ビッグファイブ特性と認知バイアスが防災意識に及ぼす影響
Psychology prevents disasters: a report how personality treats and cognitive bias can effect disaster preventions

山口はるな†，石丸秀樹†，工藤政宏†，髙野愛美†，松田憲†
Haruna Yamaguchi, Hideki Ishimaru, Masahiro Kudo, Yoshimi Takano, Ken Matsuda
†北九州市立大学大学院マネジメント研究科
Graduate School of Business Administration, the University City of Kitakyushu
c1p10023@eco.kitakyu-u.ac.jp

概要
本研究は，災害時に一人でも多くの命を救う手がかりを見つけ出すために，ビッグファイブ特性（誠実性，協調性，情緒安定性，開放性，外向性）と認知バイアス（近視眼，忘却，楽観，惰性，単純化，同調）が，平常時・ 災害時の防災意識や防災行動にどのように影響するかの調査を行った．結果，ビッグファイブ特性の高さが認知バイアスを抑制することが期待される一方，防災意識に影響を与えるのは誠実性のみであることが明らかになった．
キーワード：防災意識（awareness of disaster prevention），ビッグファイブ特性（Big Five），認知バイアス（cognitive bias）

1. 背景と目的
2018 年の梅雨末期，西日本を中心に広い範囲で梅雨前線の影響等による集中豪雨が発生した．「西日本豪雨」と呼ばれるこの災害では，行政は多くの市民に対して避難情報を発表している．北九州市でも同様で，非常に激しい大雨が降りしきる中，避難をしようとしていた高齢夫婦は土砂崩れに巻き込まれ命を落とした［1］．

では，災害時に人はなぜもっと早く避難をしないのだろうか．避難のタイミングを逸しているだけなのか．避難の決断に至るまでに，何らかの心理的作用があるのではないだろうか．本研究では，一人でも多くの命を救うために，心理的な側面から人々の避難行動を促進させる手がかりを見つけることを目的とする．

心理的な側面を探るために，まずはビッグファイブ診断によって導き出されたパーソナリティ特性を活用する．ビッグファイブとは，特定の「タイプ」に個人を当てはめる検査とは違い，各因子を連続的なものとして捉え，人はその尺度のどこかに位置するものとしている[2]．ビッグファイブの尺度は，「パーソナリティは五つの主要な因子に還元できる」というパーソナリティ研究の共通理解を反映しており，その五因子は，誠実性・協調性・情緒安定性・開放性・外向性（TIPI; Ten Item Personality Inventory; Gosling, Rentfrow, Swann, 2003）である[3]．（以下，「ビッグファイブ特性」と呼称する）次に，災害時に通常現れるとされる 6 つの心理的バイアスから，災害時の心理状況を調査する．Meyer は著書の中で，この 6 つの心理的バイアスとして，近視眼的思考癖・忘却癖・楽観癖・惰性癖・単純化癖・同調癖を挙げている［4］．（以下，本文中では「認知バイアス」と呼称する）．近視眼的思考癖とは，災害対策のコストと潜在的なベネフィット（便益）を考えるとき，あまりにも目先の時間範囲内で判断してしまう傾向である．忘却癖とは，過去の災害の教訓をあまりにも早く忘れてしまう傾向である．楽観癖とは，将来の災害が引き起こすかもしれない損失について過小評価してしまう傾向である．惰性癖とは，新しい災害対策が使えてもその効果が少しでも不確かならば，現状を維持しよう，初期状態を変えないでおこうとする傾向である．単純化癖とは，リスクに関する意思決定を行う際，関係する諸要因の中から一部分だけに注意を向ける傾向である．同調癖とは，他の人の行動を見て，それに合わせて自分の行動を決める傾向である．

そして，平常時および災害時における防災行動や防災意識についての検討を行う．平常時の行動や意識とは，防災の対する日頃からの心構えや備えについて問うものである．災害時における防災行動や防災意識とは，いざ災害が発生又は発生しようとしている時にどのような考えで，どのように行動するのかを問うものである．

この調査によって，ビッグファイブ特性が防災行動に影響する認知バイアスにどのように作用して，人々の命を守る行動に影響するのか，また，平常時・災害時の防災行動（意識）にどのように影響するのか，その関係性を相関分析および重回帰分析によって明らかにしていく．

本研究の参加者は大学生であり，避難行動や防災行動については，同居する家族がいる場合，参加者の行動に大きく影響する可能性がある．よって，参加者が家族と同居する実家暮らしなのか，一人暮らしなのかも考慮しなければならない．同居する家族がいる場合，防災に関する意識や行動を家族に依存して，防災に関して無関心層の参加者が多いのではないかと考える．一方で，一人暮らしの場合は，災害時には一人で対処しなければならず，自分の

命は自分で守るという考えのもと，防災に関心を持つ参加者が多いと考える．この関係性にも注目しながら，ビッグファイブ特性，認知バイアス，平常時・災害時の防災意識についての相関分析（①～⑤），平常時防災意識・災害時防災意識を目的変数とする重回帰分析についての仮説を立てた．

①ビッグファイブ特性と認知バイアスについては，誠実性特性は計画的な防災行動に関係をもたらすため，近視眼的思考癖や楽観癖などの認知バイアスと負の相関があると考える．また，協調性特性は防災意識や防災行動を促進するような家族がいる場合は，認知バイアスと負の相関があると考える．②ビッグファイブ特性と平常時・災害時の防災意識については，協調性特性が高い人は，自分だけではなく周りの人にも手を差し伸べようとするため，平常時・災害時ともに，防災意識と相関が表れ，また，誠実性特性は計画的で堅実なため，平常時防災意識との相関があると考える．外向性は，言葉使いが単純明快で作業のスピードが速く，物事のポジティブな側面に注目するため，災害時の支援的な行動が期待できる．そして情緒安定性は，災害時も比較的落ち着いて行動できるため，災害時も比較的落ち着いて行動できると考える．このため外向性と情緒安定性は災害時防災意識と相関があると考えらえる．③認知バイアスと認知バイアスについては，忘却癖は過去の災害の教訓を早く忘れる傾向にあるため，楽観癖や惰性癖など他の認知バイアスと相関があると考えられる．④認知バイアスと平常時災害時の防災意識については，様々な先行研究から，認知バイアスは，災害時の人的被害の発生要因と考えられている［5］［6］［7］．よって，認知バイアスと平常時災害時の防災意識について，負の相関があると考える．しかし，一人暮らしの参加者の場合は，「一人だからしっかりしないと」という意識が働き，認知バイアスと平常時災害時の防災意識については実家暮らしの参加者ほど，負の相関はみられないと考える．⑤平常時防災意識と災害時防災意識については，平常時から防災意識が高い人は，いざ災害が発生した場合においても適切な行動をとることができる．このため平常時防災意識と災害時防災意識は，有意な正の相関があると考える．

重回帰分析の仮説は，相関分析の仮説と同様に，ビッグファイブ特性が、平常時・災害時の防災意識に影響を与えていると考えられる．また，本研究で取り上げた認知バイアスは，災害時の人的被害の発生要因であると考えられていることから，認知バイアスは平常時・災害時防災意識に負の影響を与えていると考えられる．

2. 方法

2.1 調査方法

調査は，「ビッグファイブ・テストによるパーソナリティ特性の調査[7]」「認知バイアスの認識調査[3]」「平常時と災害時（台風・大雨災害）の防災意識調査」の3つのカテゴリーについて調査した．Google フォームを用いて質問票調査を行い，調査冒頭では、本調査のリスク等を提示して同意を得た参加者のみが回答し，過去に災害等でトラウマなど抱えている参加者は調査対象から除外した．

2.2 参加者

調査の期間は，2021年11月16日から14日間で，参加者は北九州市内の大学に在籍している大学生134名（男性59名，女性75名，平均年齢20.4歳）であった．また，参加者の居住形態は，実家で家族と同居している大学生は56名で，一人暮らしの大学生は78名であった．

2.3 調査内容

2.3.1 パーソナリティ特性の調査

ビッグファイブテストには，TIPI-J（日本語版 Ten Iteem Personality Inventory）の10項目を用いた［8］．回答は「1：全く当てはまらない～7：非常に当てはまる」の7段階であった．

2.3.2 認知バイアス

6項目の質問を表1に示す．回答は「1：全く当てはまらない～7：非常に当てはまる」の7段階とした．

各認知バイアスについて，参加者が回答しやすいように概略の意味を踏まえつつ，ストーリー調の質問とした．

表1 認知バイアスの調査内容

以下の文章を総合的に見て，それがあなた自身にどれぐらい当てはまるかを評価し，空欄に適切な数字を選択してください．
【近視眼的思考癖】 あなたの住んでいる家は，3 年連続で大雨の被害に遭い，水びたしになっています．今後も水に浸かってしまう可能性がありますが，引っ越しを考えたり，水に浸からない大規模な工事をするよりも，避難の仕方や安価な土のうの準備など，すぐにできることで対策をしたいと思いますか？
【忘却癖】 あなたが記憶に残っている大きな災害（2011 東日本大震災，2016 熊本地震，2018 西日本豪雨等）で，その時にあなたが感じた教訓を覚えていますか？
【楽観癖】 地球上の温暖化による異常気象が話題になっています．あ

なたの住んでいる街でも台風や大雨災害によって大きな被害が発生すると思いますか?
【惰性癖】 避難は通常, 自らの力で行うことが前提ですが, あなたの住む自治体は新たな取り組みとして, 避難者を市営バスでピックアップし, 避難所へ送り込むという新たな施策を打ち出しました. まだ, 実績がないので, この施策が成功するかどうかは不確かです. 今, あなたの街に台風が接近してきています. あなたは避難バスを利用しますか?
【単純化癖】 今, あなたの住んでいる地域に大型の台風が接近してきています. 報道では, 数多くの非常時の準備を行うように呼びかけています. 非常用飲食, スマートフォン等の充電バッテリー, 懐中電灯, 非常用トイレ, ガラス窓の補強, 家族等の連絡手段の確認, 避難場所の確認など, たくさんの種類があります. あなたは, 呼びかけられた内容の準備を全て行いますか?
【同調癖】 今, あなたの住んでいる地域で, 台風や大雨に関する気象情報がたくさん発表されています. 周りの人々は避難所へ「避難」しています. あなた自身は「避難」しますか?

2.3.3 防災行動（意識）

平常時の防災行動（意識）を問う 10 項目を，表 2 に示す. 災害は発生しておらず, 比較的平穏な心理状況での質問内容となっている.「はい」「いいえ」の 2 択の回答とした.

災害時の防災行動(意識)を問う 10 項目を表 3 に示す. 今，まさに災害が発生している又は災害が発生しそうな状況で，緊迫感がある心理状況での質問内容となっている．こちらも「はい」「いいえ」の 2 択の回答とした.

表 2 平常時の防災行動（意識）の調査内容

平常時のあなたの防災意識についてお答えください. 防災意識に対する調査ですので, 模範的な回答ではなく, あなたの本音の考えをお聞かせください.（はい・いいえ）のどちらかで回答してください.
1. 近年, 地域や大学で行われる避難訓練に参加したことがありますか?
2. ハザードマップで自宅や学校周辺の危険な場所を把握していますか?
3. 自宅に防災グッズや避難グッズがありますか?
4. そもそも, 災害時に避難する必要があると思いますか?
5. 自宅からの近い避難場所を知っていますか?
6. 自宅から近い避難場所への避難経路を把握していますか?
7. 家族や友人と防災や避難について話したことはありますか?
8. 防災について学ぶ機会があれば, 積極的に参加したいと思いますか?
9. 火災の非常ベルが鳴った場合, 即座に避難する行動を考えますか?
10. 平穏な時に命を守るための防災や避難のことについて, 考えようと思いますか?

表 3 災害時の防災行動（意識）の調査内容

災害時（台風・大雨災害）のあなたの防災意識についてお答えください. 防災意識に対する調査ですので, 模範的な回答ではなく, あなたの本音の考えをお聞かせください.（はい・いいえ）のどちらかで回答してください.
1. 避難情報（避難指示等）が発令されたら, あなたは避難しますか?
2. あなたは, これまでに台風・大雨災害で避難場所又は安全な場所に移動した事はありますか?
3. 台風・大雨が迫りつつあるとき, 防災情報を積極的に入手しますか?
4. 台風・大雨災害で避難する場合の持ち物チェックリストはありますか?
5. 台風・大雨災害の可能性がある場合, 地域の避難場所を積極的に利用したいと思いますか?
6. 住んでいる地域で台風・大雨でも「それほどの被害はないだろう」と思いますか?
7. 台風・大雨情報をすぐに調べられるツールを把握していますか?
8. 周囲に被害が発生している状況でも, 自分は避難しなくても大丈夫だろうと思いますか?
9. あなたがハザードマップで危険と記載されている場所に住んでいて, 台風や大雨が近づいているという予報のとき, その場所から早めに遠ざかりますか?
10. 台風・大雨が迫りつつあるとき, あなたの近くに住む仲の良い友人から一緒に避難場所に避難しようと言われたら, 避難しますか?

3. 結果と考察

本研究では，参加者全体を一人暮らしと家族と実家暮らしの 2 グループに分割して，相関分析と重回帰分析を行った．認知バイアス 7 件法尺度の評定値を得点とし，「忘却」と「楽観」,「単純化」,「惰性」は反転項目として得点を反転させて調整した. 平常時・災害時の避難行動については, 各 10 項目のうち参加者自身に適合すると評価した項目数をそれぞれの得点とした．相関関係については，①ビッグファイブ特性と認知バイアス②ビッグフ

ァイブ特性と平常時・災害時の防災意識③認知バイアスと認知バイアス④認知バイアスと平常時・災害時の防災意識⑤平常時の防災意識と災害時の防災意識についてそれぞれ検証を行った. 重回帰分析は, 平常時防災意識・災害時防災意識と, 様々な変数（ビッグファイブ特性と認知バイアスの各項目）との関係を検討するために, 各変数を説明変数, 平常時防災意識と災害時防災意識をそれぞれ目的変数とする強制投入法による分析を行った.

3.1 相関分析

①ビッグファイブ特性と認知バイアスの相関関係

参加者全体への相関分析の結果から, 協調性と忘却癖に有意な負の相関がみられた（r = −.300, p < .01）. 参加者を居住形態ごとに分類した結果も同様に, 実家暮らしの参加者は協調性と忘却癖の負の相関が有意であり（r = −.420, p < .01）, 一人暮らしの参加者においても同様に負の有意な相関がみられた（r = −.233, p < .05）. この結果から, 協調性が高い人は, 協力的で友好的, また支援的で同情的であることから, 被災した当事者でなくても, 被災者に対して共感をして「何か役に立ちたい」と思い, 過去の災害の教訓を忘れずにいようとする傾向にあることが示唆される. 実家暮らしの人は, 一人暮らしの参加者と比較してより強い相関係数が得られていることから, この点において仮説が支持されたと言える. 実家暮らしの場合は, 家族で災害報道を見聞きした際, 災害の教訓について話す機会があると考えられ, 災害をより忘却しにくい傾向にあると思われる.

参加者全体の結果において, 誠実性と楽観癖, 開放性と単純化癖にそれぞれ有意な負の相関がみられた（rs = −.205, −.233, ps < .05, <.01）. 参加者を居住形態ごとに分割したところ実家暮らしの参加者にも同様の結果が得られ（rs = −.504, −.278, ps < .01, < .05）, 一人暮らしの参加者では開放性と単純化癖のみで負の相関が有意傾向であった（r = −.221, p < .10）. 誠実性は, 計画性があって, 規律正しく賢明であるため, 学校や地域で薦められた防災対策を守り, 実行することが予測され, 将来の災害を過小評価せず, 冷静に判断すると思われる. また, 開放性は, 新しい考えや人間関係, 環境を受け入れる人で, クリエイティビティが高く, 世界を複雑なものととらえている. このため, ほんの一握りの情報で「まあ大丈夫だろう」と一般化したりはしないと思われる.

一方で, 一人暮らしの参加者は, 誠実性と楽観癖に有意な負の相関がみられなかった. 誠実性が高く, 災害についてきちんと考えることが出来ても, 一人で災害被害に関して考えることは不安が高まるため, 災害リスクについて向き合えないからではないかと考える.

誠実性は認知バイアスと負の相関があるという仮説に対して, 実家暮らしの場合に楽観癖との間に有意な負の相関が得られ, 一人暮らしの参加者と違いがみられた.

一人暮らしの人は, 協調性と楽観癖との間の負の相関が有意傾向であり（r = −.143, p < .10）, 居住形態別では一人暮らしの参加者において有意な負の相関が得られた（r = −.231, p < .05）. 協調性は他者を信頼する傾向や他者の助けになりたいという傾向が高いことから [8], 災害を楽観視することで, 他者を危険にさらす可能性が高まることを良しとしないのではないだろうか. 実家暮らしの参加者にこの傾向が見られないことは, 協調性と楽観癖に関しては, 家族の影響を受けて負の相関があるという仮説と異なる結果であった. それは, 周囲に家族がいることによって災害に対する責任の分散効果が生じ, 一人暮らしの参加者と比較して相対的に楽観性が高まることで, 協調性との負の相関が相殺された可能性が考えられる.

最後に, 実家暮らしの参加者のみで情緒安定性と近視眼的思考癖との間の正の相関が有意傾向であった（r = .231, p < .10）. 通常人間は不安に直面した時に近視眼的な意思決定を行う傾向にあるが, 実家暮らしの参加者にはその逆の結果が得られた. 周囲に家族がいる状況で心理的な安定が得られていると, 情動的にポジティブな状態となり, それが災害リスクに対する不安感を払拭してしまい, 長期的対策を採るよりも小手先の対策で十分であると考えてしまうのであろう.

以上より, 実家暮らしと一人暮らしの差はあるが, 協調性・誠実性・開放性・情緒安定性といったビッグファイブ特性が高いほど, 災害リスクを高める認知バイアスを抑えることにつながっていることが明らかになった.

②ビッグファイブ特性と平常時・災害時の防災意識の相関関係

参加者全体や一人暮らしの参加者において, 誠実性と平常時防災意識で正の相関が有意傾向（rs = .169, .215, ps < .10, <.10）であった. 実家暮らしの参加者には正の相関が見られなかったことから, 周囲に家族がいることによって災害に対する責任の分散効果が生じ, 誠実性が平常時防災意識の向上にはつながらなかったと考えられる.

一方で, 実家暮らしの参加者は, 協調性と平常時防災意識の正の相関が有意（r = .325, p < .05）であり, 災害時防災意識が有意傾向（r = .246 < .10）であった. 協調性は, 平常時・災害時ともに防災意識と相関があるという仮説であったが, 実家暮らしの参加者のみ有意な相関がみられたのは, 協調性は, 協力的で友好的なため, 家族の影響を受けて平常時や災害時の防災意識が高まると示

唆される.

また，外向性や情緒安定性も有意な正の相関があるという仮説を立案していたが,分析の結果から有意な相関が得られなかった.

③認知バイアスと認知バイアスの相関関係

忘却癖と楽観癖は参加者全体において有意な正の相関（rs = .288, ps <.01）が得られ，居住形態別においても,実家暮らしと一人暮らしの両参加者で同様な結果（rs = .278, .260, ps < .05, <.05）が得られた．災害の教訓を早く忘れる人は全体的に「自分は他の人のように災害に見舞われることはない」と災害のリスクを楽観視する傾向があると考えられる.

忘却癖と惰性癖は,参加者全体で負の相関が有意傾向（r = −.163, p <.10）であり，居住形態別では,一人暮らしの参加者において有意な負の相関（r = −.309, p <.01）がみられ,実家暮らしには相関がみられなかった.実家暮らしの参加者にはみられなかった負の相関がみられたのは,一人暮らしでは,普段住居の中で周りに災害の教訓について話をする人がいないことから過去の災害のことを忘れやすく,災害対策が不十分なため,かえって事前の災害対策に固執する傾向もみられなかったのではないかと考える.

忘却癖と単純化癖は，参加者全体で有意な正の相関（r = .319, p <.01）が得られ，居住形態別でも,実家暮らしと一人暮らしの両参加者で同様な結果（rs = .409, .279, ps < .01, <.05）がみられたが，実家暮らしの参加者の方がより強い相関が得られた.

また，忘却癖と同調癖では,参加者全体と一人暮らしの参加者では有意な相関関係は得られなかったが，実家暮らしの参加者では負の相関が有意傾向（rs = −.367, ps <.10）であった.

忘却癖は楽観癖や惰性癖などの認知バイアスと有意な相関があるという仮説に対して，参加者全体では楽観癖との間に有意な正の相関が，惰性癖との間に有意な負の相関がそれぞれ得られた.居住形態別では,惰性癖は一人暮らしの参加者で有意な負の相関が得られ，忘却癖と楽観癖は実家暮らしの参加者で正の相関が有意傾向であった.実家暮らしの参加者は,忘却癖が楽観癖との間に正の相関が得られる傾向があり，単純化癖との間に強い正の相関がみられることから,過去の教訓を忘れ,周囲に家族がいる状況で心理的な安定を得られることは「過去に災害が起こった地域ではないから大丈夫だろう」と一般化してしまう傾向となり,また,忘却癖と同調癖との間に負の相関が得られたことから,周りが避難していても「自分は周りと一緒に避難しなくても大丈夫だろう」と思う傾向もうかがえる．家族と同居することで得られる心理的安定が，デメリットとして作用することが危惧される.

楽観癖と単純化癖は，参加者全体に有意な正の相関（r = .209, p < .05）がみられた.居住形態別を比較しても,実家暮らしの参加者,一人暮らしの参加者も同様に,正の相関が有意傾向（rs = .208, .233, ps < .10）であった.また,楽観癖と同調癖は,参加者全体では有意な負の相関が得られ，実家暮らしの参加者では負の相関が有意傾向（rs = − .177, − .252, ps < .05, <.10）であった．一人暮らしの参加者には有意な相関関係がみられなかった.「自分だけは大丈夫」と災害を楽観視する人は,ほんの一握りの情報で物事を決める傾向や，周りが避難していても一緒に避難しない傾向があるが，一人暮らしの人は災害時一人で行動しなければならないので,楽観癖と同調癖に相関がみられなかったと示唆する.

同調癖と惰性癖は，参加者全体で有意な負の相関（r = − .309, p < .01）がみられた．居住形態別で比較するとで,実家暮らしの参加者は負の相関が有意傾向で,一人暮らしの参加者は負の相関が有意（rs = −.230, −.372, ps < .10, <.01）であった．災害時に周りと一緒に避難しようという人は，新しい災害に備えようと考える傾向にある.一人暮らしの人は「一人だからしっかり対策をとらないと」という意識が働いていると思われる.

同調癖と単純化癖は,参加者全体と実家暮らしの参加者で，有意な負の相関（rs = −.196, −.265, ps < .05）があった.しかし,一人暮らしの参加者には有意な相関がみられなかった.，ごく一握りの情報だけで意思決定する傾向は,実家暮らしの参加者が家族の意思決定に頼り,災害時に避難行動を行わない可能性が示唆される．しかし一人暮らしの人は，災害時に一人で行動しないといけないので，その傾向はみられなかったと思われる.

全ての参加者において，楽観癖と単純化癖との間に有意な正の相関が，同調癖と惰性癖との間に有意な負の相関がみられた.一人暮らしの参加者では「自分だけだからしっかりしないと」という意識から,楽観癖と同調癖,同調癖と単純化癖の相関係数は実家暮らしの参加者ほど高くはなかった.

④認知バイアスと平常時・災害時の防災意識の相関関係

平常時の防災意識と認知バイアスとの間の相関分析の結果，参加者全体において,忘却癖と単純化癖に有意な負の相関（rs = −.318, −.489, ps < .01）が得られた.居住形態別で比較すると,実家暮らしの参加者（rs = −.408, −.495, ps < .01）と,一人暮らしの参加者（rs = −.326, −.393, ps < .01）も，参加者全体と同様の結果が得られた.

平常時防災意識と楽観癖について，参加者全体と一人暮らしの参加者については有意な相関は得られなかった

が，実家暮らしの参加者において有意な負の相関（r = −.309, p < .05）が得られた．将来の災害が引き起こすかもしれない損失について過小評価する人で，なおかつ家族と同居している人は周囲に家族がいる状況で心理的な安定がみられているため，平常時に防災の備えをしない傾向にあると考えられる．一人暮らしの参加者は認知バイアスとの相関はあまりみられないという仮説に対して，実家暮らしの参加者ほどではないが一人暮らしの参加者も有意な負の相関がみられた．仮説では一人暮らしの参加者は「一人だからしっかりしないと」という意識が働くと考えたが，楽観傾向が高い一人暮らしの人にはそのような意識は働きにくく，結果として平常時の防災意識の高まりを抑制すると思われる

平常時防災意識と同調癖については，参加者全体で有意な正の相関（r = .289, p < .01）が得られた．居住形態別で比較すると，実家暮らしの参加者には有意な正の相関（r = .478, p < .01）が得られたが，一人暮らしの参加者には有意な相関がみられなかった．同調癖が高い人は，周りの人と一緒に避難する傾向があるので，家族と同居している参加者は家族に合わせて平常時の防災の備えをしているが，一人暮らしの人は家族と一緒に住んでいないのでその影響がなかったと考えられる．

災害時の防災意識と認知バイアスの相関分析の結果，災害時の防災意識は忘却癖と楽観癖，惰性癖，単純化癖との間に，それぞれ有意な負の相関（rs = −.318, −.263, −.288, −.373, ps < .01）が得られた．各相関係数を居住形態別で比較すると，実家暮らしの参加者（rs = −.424, −.267, −.299, −.575, ps < .01, < .05, < .05, <.01）は，一人暮らしの参加者（rs = − .243, −.246, −.272, −.246, ps < .05）よりも，忘却癖と単純化癖が高い結果となった．

災害時の防災意識と同調癖には，有意な正の相関（r = .438, p < .01）が得られ，実家暮らしの参加者と一人暮らしの参加者も同様の結果（rs = .507, .409, ps < .01）であった．

忘却癖や楽観癖，惰性癖，単純化癖などの認知バイアスが災害時防災意識を低下させる可能性が示唆されるが，実家暮らしをしている人は，家族がいる状況で心理的な安定が得られているため，過去の災害を忘れやすく，避難行動に対する意思決定を，家族に頼る傾向があると示唆される．よって，係数は高かったと考えられる．

同調癖は調査の質問事項の内容が「避難行動を行うか」という避難行動を促進する問いであったため，同調癖と，平常時・災害時防災意識に有意な正の相関が得られたと考えられる．一川は，同調バイアスについて，「周囲の人たちの行動に影響受けやすく，たとえ自治体から避難指示が出てとしても，周囲の人達が誰も避難しなければ，自分が率先して避難しようとすることはあまり生じない」と述べている [9]．このため，安易に他者の行動に同調してしまうと意思決定を誤ってしまう可能性がある．

⑤平常時防災意識と災害時防災意識の相関関係

平常時防災意識と災害時防災意識は，仮説と同様に，参加者全体と，家族と実家暮らしの参加者，一人暮らし参加者の全てで有意な正の相関（rs = .578, .507, .574, ps < .01）がみられた．一人暮らし，実家暮らし共に，平常時の防災意識を高めることは災害時の避難行動促進につながると言える．

3.2 重回帰分析

3.2.1 目的変数が「平常時」の場合

平常時防災意識について，単純化癖と忘却癖は，平常時防災意識に負の影響があると説明された．単純化癖は，参加者全体と実家暮らしの参加者，一人暮らしの参加者共に同様の結果（bs = − .369, − .330, − .300, ps < .01, <.05< .05）が得られた．忘却癖は，参加者全体と一人暮らしの参加者において平常時防災意識に負の影響（bs = − .177, − .314, ps < .05, <.05）があると説明できる．実家暮らしの参加者はその傾向がみられなかったのは，災害の教訓を早く忘れてしまう人でも，家族の影響を受けて，自宅から近い避難場所の把握や，防災グッズの準備など，防災に対する備えができているのではないかと考える．

同調癖と誠実性は，平常時防災意識に正の影響があると説明できている．同調癖は，参加者全体と実家暮らしの参加者にその傾向がみられ（bs = .194, .284, ps < .05），一人暮らしの参加者にはみられなかった．実家暮らしの参加者は家族に合わせて，災害に対する備えをするが，一人暮らしは家族と一緒に住んでいないので，このような結果になったと考える．誠実性は参加者全体で有意傾向であり，一人暮らしの参加者では有意であった（bs = .157, .219, ps < .10, <.05）．誠実性の高い人は，計画性が高く，注意深いため，特に一人暮らしの人は「一人だからしっかり災害に備えないと」と，誠実性の高さが平常時防災意識の高さにつながるのであろう．実家暮らしの参加者は，家族と防災について話をする機会があるため，誠実性が必ずしも平常時防災意識の高さにはつながらなかったと思われる．

ビッグファイブ特性が平常時防災意識に影響があるという仮説に対して，一人暮らしの参加者においては誠実性の高さが平常時の防災意識の高さを説明する結果となった．認知バイアスについて，同調癖が平常時防災意識に

影響を与えているという分析結果が得られたことについては，同調癖のアンケート調査における質問事項の内容が「避難行動を行うか」の問いであったためであると考えられる．

3.2.2 目的変数が「災害時」の場合

災害時防災意識については，忘却癖と惰性癖，単純化癖が，災害時防災意識に負の影響があると説明できる．単純化癖については，参加者全体と実家暮らしの参加者に説明変数に負の係数（bs = − .204, − .409, ps < .05, <.01）が得られた．実家暮らしの単純化癖の高い参加者は，家族と一緒に住んでいる安心感から「今まで災害の被害はなかったから大丈夫だろう」と一部の情報で一般化してしまうと，災害時の防災対策を行わなくなる傾向にあると考えられる．一人暮らしの参加者は「一人だから何とかしないと」という気持ちがあり，単純化癖が災害時防災意識の低下にはつながらなかったと示唆される．忘却癖と惰性癖ついては，参加者全体と一人暮らしの参加者に負の係数（忘却癖：bs = −.231, −.290, ps < .01, <.05, 惰性癖：bs = −.254, −.285, ps < .01, <.05）が得られた．一人暮らしの人は，一人で災害リスクに対処する必要があるため，災害時防災意識が高まることが期待できる．

平常時防災意識と同様に，誠実性と同調癖が高い人は災害時防災意識が高いという結果が出た．誠実性は，参加者全体と一人暮らしの参加者に正の係数みられたが（bs = .134, .199, ps < .10），平常時防災意識ほどの影響ではなかった．

同調癖は，参加者全体と実家暮らしの参加者，一人暮らしの参加者にみられた（bs = .267, .279, .274, ps < .01, < .05, < .05,）．一人暮らしで周りに家族や友人がいなくても，一人の不安から，周りが避難すれば一緒に逃げようとすることが予測される．

ビッグファイブ特性が防災意識に影響を与えるという仮説について，災害時は動揺しやすく，誠実性などのビッグファイブ特性が高い人も，適応的行動がとれないことが予測される．認知バイアスについて，同調癖が災害時防災意識に影響を与えているという分析結果については，平常時防災意識と同様に，同調癖のアンケート調査質問事項の内容が「避難行動を行うか」の問いであったためと考えられる．そのために，「周りの人が逃げないから自分も逃げない」といった正常性バイアスに関わるような同調性の側面は，今回の調査では測定結果に反映されなかったものと考える．

4. まとめと今後の課題

本研究は，ビッグファイブ特性と認知バイアスが防災意識にどのような影響を及ぼすのか，認知バイアスは平常時・災害時防災意識に負の影響を与えているという仮説を基に，調査を行った．結果，相関分析では，ビッグファイブ特性と認知バイアスに有意な負の相関がみられ，誠実性と平常時防災意識は正の相関が有意傾向であった．この結果から，ビッグファイブ特性の高さが認知バイアスの生起を抑制させることが期待できる．しかし重回帰分析では，災害時・平常時防災意識に影響を与えるのは相関分析と同様に誠実性のみで，他のビッグファイブ特性については結果がみられなかった．特に災害時は動揺して，ビッグファイブ特性が高くても適応的な避難行動がとれない可能性がある．誠実性や情緒安定性などの性格特性だけで「この人は災害時に的確な防災行動できるだろう」と判断せず，確実に防災教育を行っていく必要がある．

居住形態の違いは，分析結果全体において差がみられた．実家暮らしの場合は，家族の影響を受けて防災意識が高まることが期待できるが，周囲に家族がいる状況で心理的安定が得られると，災害リスクに対する不安感を払拭することも考えられる．一人暮らしの場合は「一人だからしっかりしないと」という意識が，認知バイアスを抑制させる効果や災害時防災意識を高める効果が期待できる．一方で，誠実性と楽観癖に有意な負の相関がみられなかったのは，誠実性が高くても，一人で災害の損失を考えることは不安が高まるため，災害リスクについて向き合えないこともある．防災教育を行う際，参加者の居住形態をふまえて内容を工夫するとより効果的な防災教育を行えることが期待できる．

同調癖について，本研究では同調癖の高さが平常時・災害時の防災意識の高さに影響があるという結果であった．同調癖が高いと，周囲が避難をしている場合に，自分も合わせて避難をするという防災に対する積極的な行動につながる場合もある．しかし，避難場所や避難方法を誤ると，災害リスクの損失を回避できない可能性がある．また，安易に人の行動に合わせるという特性は，災害リスクの高い状況であっても，周りが避難しなければ，自分も避難行動を開始しようとせずに，逃げ遅れる可能性が高い．同調癖は，災害の損失を高める多くの被害を導く認知バイアスとして，今後も注意が必要である．

人は「自分だけは大丈夫だ」と思いたい，また現状を変えることを避けたい傾向から，災害時に様々な認知バイアスが働いて，効果的で適応的な行動がとれなくなるのが一般的であるだろう．しかし，災害時にひとりでも多くの命を救うことが重要である．だからこそ，本研究の結果を活かし，人はなぜ避難しないのか，認知バイアスが防災意識に及ぼす影響を，防災啓発の資料に加える．また，防

災教育や避難訓練などは，単身世帯と同居世帯，それぞれで注意すべき点も説明するなど，防災啓発活動に役立てたいと考える．そして平常時から災害に対する備えができるように促し，災害時に効果的な避難行動がとれるように，防災対策を再構築することが必要である．

本研究では，調査参加者が大学生のみであり，一般社会人の調査結果を収集できなかったことや，近年では比較的大きな災害が発生していない地域（北九州市）での調査結果であることから，本研究の調査結果が，限定的なものであった可能性はある．しかし，ビッグファイブ特性や認知バイアスが，平常時・災害時の防災意識に与える影響や，「実家暮らしか一人暮らしか」という，居住形態の違いが与える影響について，本研究を通じて理解が深まったと言えるのではないだろうか．今後も，年齢層や居住環境，地域性に加え，災害経験の有無等を踏まえた調査を行い，研究成果を人の命を守る行動につなげたいと考える．

表 4　相関分析の結果

【全体】

	誠実性	協調性	情緒安定性	開放性	外向性	近視眼	忘却	楽観	惰性	単純化	同調	平常時
誠実性	1.000											
協調性	.114	1.000										
情緒安定性	.222 *	.026	1.000									
開放性	.056	.044	.232 **	1.000								
外向性	.142	.135	.006	.342 **	1.000							
近視眼	.046	.128	.016	.097	-.082	1.000						
忘却	-.084	-.300 **	-.096	-.029	-.023	-.049	1.000					
楽観	-.205 *	-.143 +	-.038	-.024	-.111	.037	.288 **	1.000				
惰性	.099	-.064	.003	-.038	-.040	-.118	-.163 +	-.042	1.000			
単純化	-.023	-.051	.004	-.233 **	-.038	.036	.319 **	.209 *	.084	1.000		
同調	.013	.030	-.035	-.021	-.074	.021	-.134	-.177 *	-.309 **	-.196 *	1.000	
平常時	.169 +	.100	.086	.050	-.069	.071	-.318 **	-.106	-.072	-.439 **	.289 **	1.000
災害時	.137	.106	.003	.033	-.006	-.023	-.318 **	-.263 **	-.288 **	-.373 **	.438 **	.578 **

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

【家族と実家暮らし】

	誠実性	協調性	情緒安定性	開放性	外向性	近視眼	忘却	楽観	惰性	単純化	同調	平常時
誠実性	1.000											
協調性	.201	1.000										
情緒安定性	.271 *	.082	1.000									
開放性	.047	-.023	.169	1.000								
外向性	.139	.005	-.067	.357 **	1.000							
近視眼	.065	.260 +	.231 +	.060	.030	1.000						
忘却	-.190	-.420 **	-.133	.078	-.077	-.113	1.000					
楽観	-.504 **	-.016	-.244 +	-.042	-.144	-.124	.287 *	1.000				
惰性	.096	-.059	.027	.124	-.013	-.257 +	.033	-.084	1.000			
単純化	-.039	-.197	-.044	-.278 *	-.138	.003	.409 **	.233 +	.216	1.000		
同調	.171	.171	.113	.023	-.108	.198	-.367 **	-.252 +	-.230 +	-.265 *	1.000	
平常時	.059	.325 *	.144	-.003	-.115	.157	-.408 **	-.299 *	-.219	-.495 **	.487 **	1.000
災害時	.120	.246 +	.039	-.109	-.177	.047	-.424 **	-.267 *	-.299 *	-.575 **	.507 **	.657 **

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

【一人暮らし】

	誠実性	協調性	情緒安定性	開放性	外向性	近視眼	忘却	楽観	惰性	単純化	同調	平常時
誠実性	1.000											
協調性	.060	1.000										
情緒安定性	.204 +	-.006	1.000									
開放性	.101	.086	.264 *	1.000								
外向性	.194 +	.225 *	.040	.299 **	1.000							
近視眼	.011	.050	-.094	.153	-.121	1.000						
忘却	-.057	-.233 *	-.069	-.051	.057	-.042	1.000					
楽観	-.044	-.231 *	.096	.031	-.042	.110	.260 *	1.000				
惰性	.080	-.067	-.004	-.107	-.025	-.059	-.309 **	-.045	1.000			
単純化	-.001	.052	.033	-.221 +	.021	.067	.279 *	.208 +	.003	1.000		
同調	-.102	-.056	-.113	-.030	-.035	-.092	-.020	-.150	-.372 **	-.147	1.000	
平常時	.215 +	-.065	.063	.148	.027	-.024	-.326 **	-.014	-.003	-.393 **	.137	1.000
災害時	.170	.020	-.021	.097	.080	-.050	-.243 *	-.246 *	-.272 *	-.246 *	.409 **	.574 **

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

表７　平常時・災害時の防災意識を目的変数とした重回帰分析の結果

●目的変数＝平常時

変数名	全体	家族と実家暮らし	ひとり暮らし
誠実性	.157 +	-.159	.219 *
協調性	.018	.214	-.116
情緒安定性	.054	.066	-.012
開放性	-.039	-.054	.044
外向性	-.072	-.121	.025
近視眼	.054	-.002	-.029
忘却	-.177 *	-.039	-.314 *
楽観	.081	-.226	.127
惰性	-.019	-.070	-.082
単純化	-.369 **	-.330 *	-.300 *
同調	.194 *	.284 *	.089
R^2	.307 **	.484 **	.293 *

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

●目的変数＝災害時

変数名	全体	家族と実家暮らし	ひとり暮らし
誠実性	.134 +	.026	.199 +
協調性	-.011	.079	-.107
情緒安定性	-.038	-.032	-.052
開放性	-.005	-.152	.033
外向性	-.041	-.185	.069
近視眼	-.067	-.064	-.033
忘却	-.231 **	-.069	-.290 *
楽観	-.095	-.113	-.130
惰性	-.254 **	-.138	-.285 *
単純化	-.204 *	-.469 **	-.081
同調	.267 **	.279 *	.274 *
R^2	.383 **	.580 **	.355 **

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

5 参考文献

［1］ 北九州市危機管理室, (2018). “「避難行動に関するアンケート」報告書.”

［2］ Brian R.Little, (2016)“自分の価値を最大にする ハーバードの心理学講義”, 大和書房.

［3］ Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann, W. B., Jr., (2003)“A Very Brief Measure of the Big Five Personality Domains”., Journal of Research in Personality, Vol. 37, pp. 504-528.

［4］ Robert Meyer, (2018)“ダチョウのパラドックス 災害リスクの心理学”, 丸善出版.

［5］ 元吉忠寛, (2004)“災害に関する心理学的研究の展望: 防災行動の規定因を中心として”, 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 心理発達科学, Vol. 9, No. 33, pp. 12-27.

［6］ 菊池聡, (2018)“災害時における認知バイアスをどうとらえるか―認知心理学の知見を防災減災に応用する―”, 日本地すべり学会誌, Vol. 55, No. 6, pp. 286-292.

［7］明坂弥香, (2019)“東日本大震災の被害が人々の人間選好に与えた影響”, 経済学論究, Vol. 73, No. 3, pp. 47-62.

［8］ 小塩真司, 阿部晋吾, カトローニ ピノ, (2012)“日本語版 Ten Personality Inventory”, 日本パーソナリティ心理学会 Vol 2, 1No. 1, pp. 45-52.

［9］ 一川誠, (2019)“ヒューマンエラーの心理学”, ちくま新書.

［10］仁平義明, (2009)“防災の心理学”, 東信堂.

潜在スコープバイアスは全員に生起するか？ ー主観確率データとベイズ統計モデリングによる検討ー

Does latent scope bias occur in everyone?: A study from subjective probability data and Bayesian statistical modeling

塚村 祐希 †，若井 大成 †，下條 朝也 ‡，植田 一博 †
Yuki Tsukamura, Taisei Wakai, Asaya Shimojo, Kazuhiro Ueda
† 東京大学，‡ コニカミノルタ株式会社
The University of Tokyo, Konika Minolta, INC.
tsukkacogsci@gmail.com

概要

本研究では，潜在スコープバイアスの生起において個人差がどの程度見られるのかを分析した．Web 実験で得られたデータを認知モデルに基づいて分析した結果，すべての参加者の推論にバイアスが生じているわけではなく，規範的な推論を行っている者も相当数存在することが示唆された．回答の生成過程を数理的に表現し，パラメータの解釈やモデル比較を行ったことではじめて，潜在スコープバイアスの個人差について検討できた点が本研究の意義である．

キーワード：潜在スコープバイアス，因果的説明，確率推論，ベイズ認知モデリング，個人差

1. 背景と目的

観測された事象の原因が何であるかに関する説明を因果的説明と呼ぶ [2]．人間は，日常生活から科学的思考に至るまで様々な文脈で，観測された事象に対して因果的説明を生成し，それを評価している．一方，人間が因果的説明を評価する際，いくつかのバイアスが存在することが知られている．

本研究では，そのようなバイアスのうち，潜在スコープバイアス (latent scope bias) と呼ばれるものに着目する．例えば，ある患者が発熱を訴えており，その原因として，発熱のみを引き起こす病気と，発熱と血糖値の上昇を引き起こす病気が考えられるとする．しかし，患者が血糖値の検査を行っていないなどの理由で，血糖値が上昇しているかどうかわからないとする．2 つの病気が等しい確率で生じるならば，2 つの病気を弁別する証拠が得られていないため，2 つが発熱の原因である確率は等しい．一方で，このような状況において人間は「発熱のみを引き起こす病気」による説明を好みやすい．このように，観測できない事象が存在する時，観測できない事象を引き起こさない原因による説明の方が，引き起こす原因による説明よりも好まれるというバイアスを潜在スコープバイアスと呼ぶ [3]．

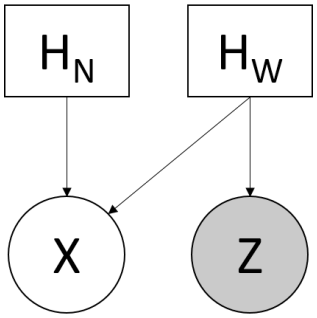


図 1　1 節の例における因果構造のグラフ表現．原因を四角で，事象を丸で表している．また，観測された事象を白，未観測事象をグレーで表している（以降の図表でも同様）．

潜在スコープバイアスの生起過程に関して，Johnson ら [4] は証拠推論説 (inferred evidence account) を提唱した．これは，人間が未観測事象の生じる確率を過小推定することによって潜在スコープバイアスが生じているとする仮説である．今，事象 X が観測されており，事象 Z については観測できていないとする．そして図 1 の通り，X と Z の 2 つを引き起こす原因 H_W と，X だけを引き起こす原因 H_N が候補として存在する状況を考える．事象 X が生起している状態を「X」で，事象 Z が生起している状態を「Z」，生起していない状態を「$-Z$」，生起が観測できていない状態を「I」で表すとき，原因が与えられた下で X と I が条件付き独立であると仮定すると，ベイズの定

本稿は,『認知科学』に掲載予定の論文 [1] のうち，潜在スコープバイアスの個人差に関する分析のみを報告するものである．より詳細な内容については元論文を参照のこと．

理を用いて，2 つの説明の事後確率の比は (1) 式のように計算できる．

$$\frac{P(H_N|X,I)}{P(H_W|X,I)} = \frac{P(H_N)}{P(H_W)} \cdot \frac{P(X|H_N)}{P(X|H_W)} \cdot \frac{P(Z|H_N)f^{+Z} + P(-Z|H_N)f^{-Z}}{P(Z|H_W)f^{+Z} + P(-Z|H_W)f^{-Z}} \quad (1)$$

(1) 式によれば，$P(H_N) = P(H_W)$ などが仮定できるならば，$P(Z|I) < P(Z)$ のとき，かつそのときに限り潜在スコープバイアスが生じると考えられる．Johnson ら [4] は，$P(Z|I)$ の規範的な計算は計算コストが高いことを指摘し，既有知識に基づいて計算されると考えた．例えば病気の症状は生じていないことの方が多い．このような経験に基づいて推測した結果，$P(Z|I)$ が過小推定され，潜在スコープバイアスが生じると考えられている．

しかし，先行研究ではリッカート尺度などによって回答を取得している [3, 4]．これに対し，説明の尤もらしさについて主観確率による回答を得ることで，(1) 式に基づくモデリングが可能となる．また，先行研究では個人差を潰して分析しているものが多く，潜在スコープバイアスの生起にどの程度個人差があるのかについては検討されていない．本研究では，証拠推論説に基づいて回答の生成過程を数理的に表現し，パラメータの解釈，およびモデル比較を通じて潜在スコープバイアスの個人差について検討した．

2. 方法

クラウドソーシングサービスを通じて集められた 19 歳から 66 歳の参加者 100 名（男性 55 名，女性 42 名，回答しない 3 名; 平均年齢 41.3，$SD = 9.4$）に対して実験を行った．課題は Khemlani らの実験 2 [3] を参考に，医療診断を想定した文章を用いて作成された．参加者は図 2 のような課題文を読み，いずれかの病気に罹患している確率をスライダーを用いて回答した．実験では，このような課題 24 項目（うち半数では図 1 における病気 H_W について，残りでは病気 H_N についての回答を得た）に加え，教示に従って回答していない参加者を検出するための質問 (DQS, [5]) が 2 項目提示された．

3. 結果と考察

分析に先立ち，実験中の DQS に誤答した参加者 21 名のデータを除外した．さらに，分析で用いる対数オッズが発散することから，課題で一度でも 0%あるいは 100%と回答した参加者 9 人のデータも除外した．その結果，19 歳から 61 歳の参加者 70 名のデータを

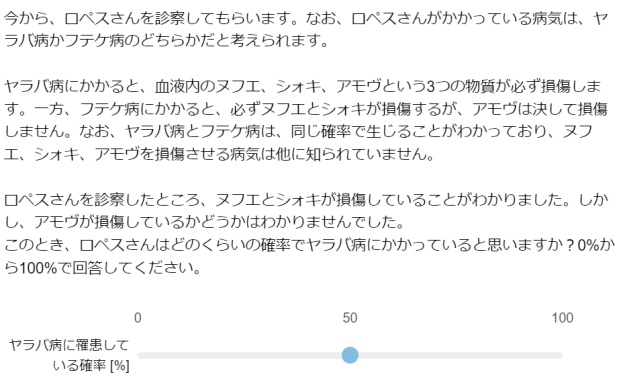


図 2　本研究で用いられた課題の例

対象として分析した．分析にあたって，H_N についての回答を処理し，すべての回答を H_W への罹患確率 p_{ij} に変換した．

まず，(1) 式において各個人 i の $P(Z|I)$ の推定値を α_i と置き，測定誤差を加えることによって (2) 式で表されるモデルが導かれる．（ただし $0 < \alpha_i < 1, \sigma > 0$）

$$\log\left(\frac{p_{ij}^{(ml)}}{1-p_{ij}^{(ml)}}\right) \sim \text{Normal}\left(\log\left(\frac{\alpha_i}{1-\alpha_i}\right), \sigma^2\right) \quad (2)$$

得られたデータを用いて，このモデルのパラメータ α_i, σ をベイズ推定した．事前分布は $\alpha_i \sim \text{Uniform}(0,1)$, $\sigma \sim \text{Normal}^{+}(0,5)$（半正規分布）とした．その結果，$\alpha_i$ の推定結果は図 3 の通りとなった．95%信用区間が 0.5 を含まなかった参加者は全 70 名中 18 名であり，うち 17 名は 95%信用区間の上限が 0.5 よりも低い値であった．これらの参加者については十分な大きさの潜在スコープバイアスが生起していると言えるが，これは全体の 24%程度であった．逆に，全体の 7 割超にあたる 52 名の参加者においては 95%信用区間に 0.5 が含まれていたため，必ずしも多くの参加者が $P(Z|I)$ を過小推定しているとは言えず，また潜在スコープバイアスが生起しているとは言えないことが示唆された．

推定値と信用区間による推論では「規範的に推論している」ということに対する積極的な証拠を提供できないことから，次に，(2) 式で表されるモデルと，以下の (3) 式で表される規範的推論のモデルを用いて各参加者についてベイズファクターを用いた適合度比較を実施した．ここでは，σ の値を各モデルのパラメータ推定における EAP に固定してベイズファクターを計算した．

$$\log\left(\frac{p_{ij}^{(ml)}}{1-p_{ij}^{(ml)}}\right) \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

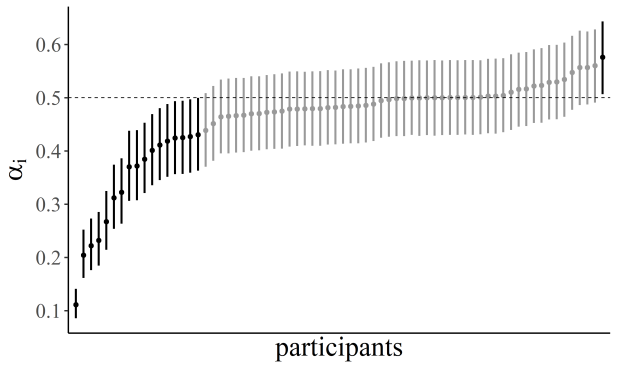


図 3　各参加者についてのパラメータ α_i の推定結果

その結果，(2) 式で表されるモデルの，(3) 式で表されるモデルに対するベイズファクターは図 4 の通りになった[1]．ベイズファクターが 1/3 以下であった参加者は 70 名中 21 名であったことから，参加者は比較的規範的に推論をしていたと考えられる．一方，ベイズファクターが 3 以上であった参加者も 25 名いることから，やはりバイアスの生起において一定の個人差があることが示唆される．

以上のことから，必ずしも潜在スコープバイアスが必ずしも多くの参加者で生じるとは言えず，一定数の参加者は規範的に推論していることが示唆された．今後は，潜在スコープバイアスの個人差がどのような過程で生じるのか，どのような要因によって説明されるのかについて検討する必要がある．

謝辞

本研究は，JSPS 科学研究費補助金（課題番号 JP-22H03911），JST CREST（課題番号 JP-MJCR19A1）による支援のもとに実施された．ここに謝意を記す．

文献

[1] 塚村 祐希・若井 大成・下條 朝也・植田 一博, （2022）“潜在スコープバイアスの認知モデリング：因果的説明についての確率推論過程の検討” 認知科学, Vol. 29, No. 3. (in press)
[2] Salmon, W., (1998) “Causality and explanation”, Oxford University Press.
[3] Khemlani, S. S., Sussman, A. B., and Oppenheimer, D. M., (2011) “Harry Potter and the sorcerer’s scope: latent scope biases in explanatory reasoning”, Memory & Cognition, Vol. 39, No. 3, pp. 527-535.
[4] Johnson, S. G. B., Rajeev-Kumar, G., and Keil, F. C., (2016) “Sense-making under ignorance”, Cognitive Psychology, Vol. 89, pp. 39-70.
[5] Maniaci, M. R., and Rogge, R. D., (2014) “Caring about carelessness: Participant inattention and its effects on research”, Journal of Research in Personality, Vol. 48, pp. 61-83.
[6] Kass, R. E., and Raftery, A. E., (1995) “Bayes factors”, Journal of the American statistical association, Vol. 90, No. 430, pp. 773-795.

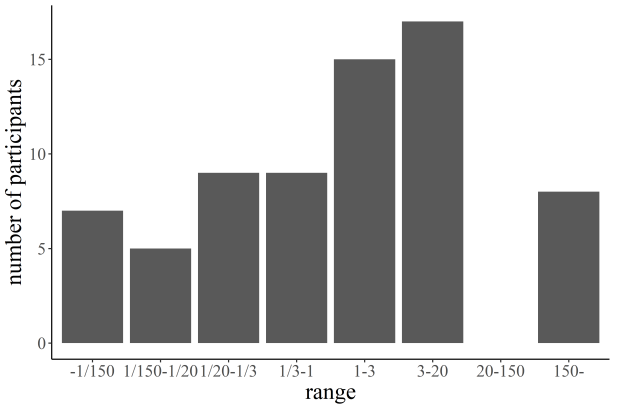


図 4　各参加者について計算したベイズファクターを，一つの基準 [6] に従って分類したもの．値が大きいほどバイアスのあるモデル (2) を支持し，小さいほど規範的推論のモデル (3) を支持すると解釈できる．

[1] ここでは一つの解釈の目安として，Kass と Raftery の提唱している基準 [6] を採用した．この基準によれば，モデル M_1 のモデル M_0 に対するベイズファクター BF について，$BF < 3$ なら，M_0 より M_1 を支持する傾向があるとは言えても実質的な意味があるとは考えにくいが，3 よりも大きければその支持に実質的な意味があり (positive evidence)，20 よりも大きければ M_1 が強く支持されていると言え (strong evidence)，150 より大きければ M_1 が非常に強く支持されていると言える (very strong evidence)．BF の逆数を取れば M_0 の M_1 に対するベイズファクターになることから，1 未満に関しても同様に考えることができる．

モンティの閉じたドアの向こう側にある因果性：「思考の図と地」に基づく検討

Causality behind Monty's closed doors: A study based on the *figure-and-ground in thinking*

服部 雅史
Masasi Hattori
立命館大学
Ritsumeikan University
hat@lt.ritsumei.ac.jp

概要

確率的推論の課題として有名なモンティ・ホール問題の難しさには，さまざまな要因が関係している．本研究では，社会的要因や感情的要因以外の認知的要因として，課題の因果構造が明快でない点に注目した．「ハズレ」や「ドアを開ける（オプションの除去）」ではなく，「当たり」や「オプションの保持」に焦点を当てるように（図地反転）することにより，課題構造の理解が助けられ，正解率が高まることを示した．本研究の結果は，この問題の困難さの原因は（意識的な＝タイプ 2 の）Bayes 推論自体の本質的難しさではなく材料の提示方法にあり，複数の要因の中に，従来認識されていなかった因果構造の不明快性があることを示す．

キーワード：モンティ・ホール問題 (Monty Hall problem), Bayes 推論 (Bayesian inference)，因果推論 (causal inference), 合流原理 (collider principle)，二重フレーム理論 (dual-frame theory)

1. はじめに

モンティ・ホール問題（図 1）は，正解することが困難で有名な確率判断課題である (平均正答率は 1 割強; 清水・服部, 2022 参照)．この問題を難しくしている要因は単一ではない．これまでの研究で，課題構造に関する認知的要因以外にも，コミットメント (Gilovich et al., 1995) や後悔・現状維持バイアス (道家・村田, 2007; 生駒, 2013) などの感情的要因，ゲーム主催者に対する信頼 (清水・服部, 2022) などの社会的要因が指摘されている．

認知的要因としては，課題構造のわかりにくさがある．たとえば，図 1 の表現では，選択したドアも開けたドアも特定されていないため（これを不定ドア・シナリオとよぶ），当たりの場所も選択するドアもそれぞれ 3 通りあり，計 9 通りの組み合わせを考える必要があるが，ドアを A, B, C とし，1 回目に参加者が選んだドアを A とすると（これを 1 ドア・シナリオとよぶ），考えるべき組み合わせの数が減る．このように課題文の表現を変える (Granberg & Brown, 1995; Krauss & Wang, 2003)，意思決定者と情報提供者の間の敵対ゲームの形で表現する (Tubau & Alonso, 2003)，オプション間の競争の文脈で提示する (Burns & Wieth, 2004) などの操作によって，最大 59% (Krauss & Wang, 2003, Exp. 1, GI-Ger) まで正答率が上昇したことが示されている．

> あなたはゲーム番組に出ていて，3 つのドアのうち 1 つを選ぶとします．1 つのドアの後ろには車があって，あとの 2 つのドアの後ろにはヤギがいます．あなたは 1 つのドアを選びました．すると，それぞれのドアの後ろに何があるかを知っている番組の司会者（モンティ）は，残った 2 つのドアのうちの 1 つを開けて，ヤギを見せて言います．「もう 1 つのドアに替えてもよいですが，どうしますか？」さて，ドアを替えた方がいいでしょうか．
> (vos Savant, 1996 東方訳 2002, p. 6 を改変)

図 1 モンティ・ホール問題（不定ドア・シナリオ）．選択したドアも開けたドアも特定されない表現．

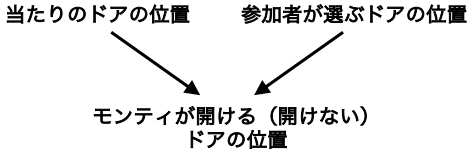


図 2 モンティ・ホール問題（不定ドア・シナリオ）の因果構造（合流原理 collider principle）．

Glymour (2001) は，モンティ・ホール問題の因果構造として，図 2 に示すように，「モンティが開けるドアの位置」という結果事象に対して「当たりのドアの位置」と「参加者が選ぶドアの位置」という二つの共通原因が存在する因果モデルが当てはまることを指摘した．いわゆる「合流原理 (collider principle)」により，本来は独立の「当たりのドアの位置」と「参加者が選ぶドアの位置」という二つの事象間に「モンティが開

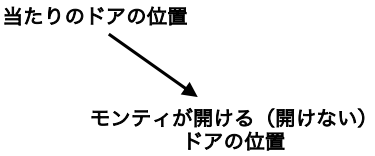


図 3 モンティ・ホール問題（1 ドア・シナリオ）の 2 回目の選択状況における因果構造.

けるドアの位置」の条件性従属が発生する（「モンティが開けるドアの位置」の情報が「当たりのドアの位置」についての情報をもたらす）．この指摘は，確率判断課題としてのモンティ・ホール問題を確率的因果推論と結びつける示唆的なもので，いくつかの新しい研究を生んだ (e.g.,Burns & Wieth, 2004).

しかし，この課題で実際に問題となるのは，参加者の 2 回目の選択である．つまり，参加者がドアを変えるか変えないかを決める状況において，参加者の 1 回目の選択で当たる確率が 1/3 であることを自明として，これを前提とするなら（実際，ほとんどの参加者が 1/3 であると認識する），選択前の因果モデルはもはや無関係で，選択後の状況の因果モデルの方が問題となる．選択後の状況においては，「参加者が選ぶドア」はすでに決定しているので，「当たりのドア」と「モンティが開ける（開けない）ドア」という 2 事象間の単純な因果関係しかない（図 3）.

モンティは当たりのドアを開けることができないため，「ドアが当たりであること」と「ドアを開けないこと」の間には強い因果関係がある．いま，ドアを A, B, C とし，1 回目に参加者が選んだドアを A とする．ここで問題になるのは，当たりが B または C の場合である．この状況では，開けるドアは一意に決定する．B が当たりならば C を開け，C が当たりならば B を開ける．しかし，この因果関係の表現は，「対象」が入れ替わっているのでわかりにくい．対象を入れ替えないように表現するならば，「B が当たりならば B を開けない」「C が当たりならば C を開けない」となる.

ただ，「開けない」という表現には否定が含まれているので，因果関係をさらに明快にする余地が残されている．一般に，「開ける」というのは「行為」（図）であるが，「開けない」というのは「非行為」（地）である．行為と非行為は，論理的には真理値が入れ替わっただけの関係であるが，認知的にはそれ以上の違いがある．この違いについて，二重フレーム理論 (dual-frame thoery) を提唱した服部 (2014; Hattori et al., 2016) は，「思考の図と地 (figure-and-ground in thinking)」と呼んだ．たとえば，「B を開けない」という表現を，「B を守る」といったような肯定的な（「図」的な）表現に変えることができれば，課題構造がわかりやすくなり，その結果，正解率が上昇するのではないだろうか．以上のような仮説に基づいて，実験を実施した.

2. 実験 1

実験 1 では，オリジナルの課題に加えて，二つの変形課題を用意した．オリジナル課題での司会者による「ドアを開ける」行為は，「ハズレのオプションを除去する」行為であるが，この行為は，論理的に等価な「当たりの（可能性のある）オプションを保持する」という行為としてフレームすることが可能である．すなわち，2 回目の選択時に，オプションが以前のまま存在し続けることを前提とすればオプション除去が「行為」となるが，オプションが除去されることを前提とすればオプション保持が「行為」となる．こうして作成した変形課題（以下，図地反転課題とよぶ）を用いて実験を行なった.

2.1 方法

実験参加者 立命館大学の学部生 124 人が実験に参加した．参加者は，MH1, SB, AD1 のいずれかの条件（課題）に無作為に割り当てられた.

課題 オリジナル課題（MH1）に加えて，砂団子課題（SB）と自動ドア課題（AD1）を用意した（付録参照）．砂団子課題は，オプション除去が自然な文脈となるように作成した図地反転課題である．この課題では，ストーリー展開の自然さを優先してオリジナルのドアのストーリーとは異なるものとしたが，そのことによって別の要因が入り込んでしまう可能性も考慮して，よりオリジナル課題に近いカバーストーリーの自動ドア課題（AD1）も作成した．いずれの課題でも，初回の選択によって発生するコミットメントの影響を最小限にするため，初回の選択は他人が行ったという設定とした.

手続き 大学の授業の単位の一部として，講義後に教室にて希望者のみに一斉に実施した．課題は，紙に印刷して配布した．制限時間は設けなかった．実験参加者は，最終的にどちらを選ぶかを回答した後，選択の理由を以下の 6 つの選択肢の中から選んだ［1. A の方が当たる確率が高いと思うから，2. B の方が当たる確率が高いと思うから，3. どちらも当たる確率は変わらないが，はずれたときに後悔したくないから，4. 司会者（または太郎）にひっかけられたくないから，5. どちらでもよいから，6. その他（自由記述）］．続いて

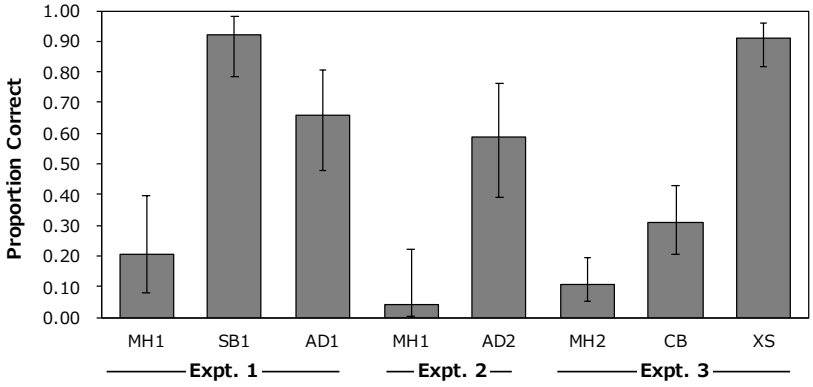


図 4 実験 1, 2, 3 における正答率（選択変更率）．エラーバーは 95%信頼区間を表す．

参加者は，課題の既知性について回答した．「当該の問題（または同じ形式の問題）を知っていましたか」という問いに対して，以下の 4 つの選択肢の中から回答を選択した［1. 知っていた，2. （たぶん）知っていたが，答えは憶えていない，3. よくわからない（知っていたような気がする），4. 知らなかった］．

2.2 結果

課題の既知性について「4. 知らなかった」以外の回答をした 15 人を除外し，残りの 109 人を分析対象とした．選択を変えると回答した者の割合（選択変更率）を図 4 に示す．オリジナル課題では 21% (6/29)，砂団子課題では 92% (35/38)，自動ドア課題では 66% (23/35) であった．Holm の方法による多重比較の結果，いずれの 2 課題間にも 1%水準で有意差が認められた，MH1 < SB: $\chi^2(1, N = 67) = 35.3$, $\phi = .726$; MH1 < AD1: $\chi^2(1, N = 64) = 13.0$, $\phi = .450$; AD1 < SB: $\chi^2(1, N = 73) = 7.77$, $\phi = .326$.

変更の理由については，オリジナル課題と砂団子課題では 2 が最も多かった（それぞれ，33% = 4/6, 54% = 19/35）が，自動ドア課題では 5 が最も多かった（30% = 7/23）．ただし，理由の分布に条件間の有意差は認められなかった，$p = .062$（Fisher の正確確率検定），$V = .318$．なお，砂団子課題では，変更の理由に「その他」が 6 件あり，いずれも太郎が B の砂団子を守ることと B が当たりであることを結びつけたものであった（例：太郎が無意識に 500 円玉を波から守ってしまったと考えたから，太郎は考えるひまなくあわてて取り上げたと思うから，など）．また，自動ドア課題では，変更の理由に 5 件の「その他」があり，いずれも最初に選択した花子と自分の関係に言及するものであった（例：自分か花子の一方が当たるようにしたいから，花子が当たって自分はハズレという悲しい展開を避けたいから，など）．

2.3 考察

砂団子課題と自動ドア課題の正答率が高くなったことから，この課題の難しさの原因の一つとして，課題の因果構造，特に，参加者が 1 回目の選択を終えた後の因果構造の不明確さがあることが示唆された．砂団子課題の変更率は 90%超，自動ドア課題は 2/3 であり，いずれもこれまでの実験データにはない高い変更率が得られた．

ただ，砂団子課題では，オプションの除去があらかじめ前提とされていたわけではなく，偶発的事故（波が来たこと）によって発生した設定となっていた点でオリジナル課題と異なっていた．この差異は，課題の論理構造の違いにはならないため問題ないと実験の実施前には考えていたが，偶発的事故におけるゲーム主催者の咄嗟の反応ということの含意が，参加者への要求特性としてはたらいた可能性は否定できない．参加者の「太郎が無意識に 500 円玉を波から守った」という感想は，このことを示唆している．よって，この課題は以降の実験では取り扱わないこととする．

自動ドア課題にはそのような問題点はなかったが，やや気がかりな別の問題がある．この課題は，最初の選択は花子，2 回目の選択は自分が行うという共同ゲームの事態になっていたため，「結果」のセクションで例示したように，花子の選択と自分の選択の関係，あるいは花子と自分のゲーム後の関係を気にする参加者がいた．こうした点が選択にどう影響するかは明らかではないが，何の影響もないと断言はできない．そこで，次の実験では，こうした懸念点を改善しても同様の結果が得られるかどうか確認する．

表 1 モンティ・ホール問題の正解を促進すると考えられる候補要因

課題	MH1/2	SB	AD1/2	CB	XS
実験	1,2/3	1	1/2	3	3
1. 因果関係の明快性		✓	✓	✓	✓
2. 第 3 者的視点		✓	✓	✓	✓
3. データ事象と仮説事象の分離					✓
4. 事象の 2 値性					✓

3. 実験 2

実験 1 では，当たりの位置とオプション除去の間の因果関係を，思考の図と地の観点からわかりやすくすることによって，正答率が大きく上昇することが明らかになった．しかし，実験 1 で使用された課題には，いくつかの懸念点もあった．自動ドア課題は，二人の参加者の共同ゲームという設定になっていたため，相手の参加者に対する配慮や相手の参加者との関係が選択行動に影響した可能性がある．そこで，実験 2 では，このような不適切な設定を改善しても同様の結果が得られるかどうかを確認した．

3.1 方法

実験参加者 ノートルダム女子大学の学部生 40 名と京都大学の学部生 23 名，計 63 名（女性：52 名，男性：11 名，年齢：M = 21.1, SD = 5.4）が実験に参加した．参加者は，MH1, AD2 のいずれかの条件（課題）に無作為に割り当てられた．

課題および手続き 以下の点以外は実験 1 と同じであった．自動ドア課題（AD2）は，実験 1 での二人の共同ゲームという設定を変更し，最初の選択をした花子が棄権して太郎が途中で交代するとすることとした（付録参照）．

3.2 結果と考察

課題の既知性について「4. 知らなかった」以外の回答をした 11 人を除く 52 人を分析対象とした．結果は図 4 に示す通り，オリジナル課題の変更率は 4% (1/23)，自動ドア課題の変更率は 59% (17/29) であり，条件間に有意差が認められた，$\chi^2(1, N = 52) = 16.7$, $p < .001$, $\phi = .567$．変更の理由については，オリジナル課題では 2 が最も多く（80% = 4/5），自動ドア課題では 5 が最も多かったが（39% = 7/18），条件間の分布の違いは有意ではなかった，$p = .279$（Fisher の正確確率検定），$V = .427$．

自動ドア課題の結果は，実験 1 と 2 でまったく同じ傾向であり，実験 1 の考察で触れたような共同ゲーム事態による影響は大きくなかったことが示された．したがって，課題の因果構造を明確にすることが課題の成績を高めることに寄与すること，しかも，それは行為と非行為を入れ替えた図地反転課題によって実現できることが明らかになった．

なお，実験 1 と 2 の結果を比較すると，実験 2 でオリジナル課題の変更率が低下したが，両実験間に有意差はなかった，$p = .117$（Fisher の正確確率検定），$\phi = .238$．また，自動ドア課題の正解者の中で，変更理由として，課題の確率構造の正しい理解を反映した 2 番を選択した者の割合は，実験 1 での 18% (4/23) に対して実験 2 では 35% (6/17) とやや高くなったが，これも両者の間に有意差はなかった，$p = .274$（Fisher の正確確率検定），$\phi = .204$．

4. 実験 3

実験 1 と 2 の結果から，モンティ・ホール問題の難しさの主な要因として，「当たりのドア」と「モンティが守るドア」の間の因果関係の不明確さがあることが示唆された．実験 3 では，同じ論理構造の別の課題を用いて，一般の（大学生に限定しない）母集団の参加者によっても同様の結果が再現されるかどうかを確認した．

本稿の冒頭で，モンティ・ホール問題の難しさには，複数の要因が関係していることに触れた．もし，そうした要因をすべて取り除いても，まだこの問題に正解することが難しいとすれば，それは，Bayes 推論自体の難しさによるものと考えられる．しかし，Bayes 推論自体は，知覚・運動意思決定などの自動的な脳の計算過程や無意識的認知過程の中に組み込まれているという見方もある通り (e.g., Clark, 2013)，決して特異な推論ではない．そこで，因果関係以外にも考えられるこの課題の解決阻害要因をすべて排除したいわば「クリーン版」を作成し，課題の成績がどこまで上昇するかを確かめた．そのことにより，意識的な推論と無意識的推論の乖離，あるいは意識的推論の可能性と限界が明らかになるかもしれないと考えた．ここで考慮したのは，表 1 に示す 4 つの要因である．2, 3, 4 の要因については，総合考察で説明する．

4.1 方法

実験参加者 CrowdWorks での募集に応じた 300 人（女性：160 人，男性：135 人，未回答：5 人，年齢：$M = 42.4$, $SD = 10.0$）が実験に参加した．参加への謝礼として 100 円が支払われた．参加者は，MH2, CB, XS のいずれかの条件に無作為に 100 名ずつ割り当てられた．

課題 オリジナル課題（箱版 MH2）に加えて，蓋つき箱課題（CB）と X 症候群課題（XS）を用意した（付録参照）．オリジナル課題は，蓋つき箱課題に合わせて，ドアの代わりに箱を材料とした問題とした．蓋つき箱課題は，自動ドア課題と同様の図地反転課題で，「箱に蓋をする」という行為がオプションを「守る」行為となるように意図された図地反転課題である．両課題は，実験 1, 2 と同様，コミットメントの影響を最小限にするために初回の選択は他人が行ったという設定とした．X 症候群課題は，表 2 に示す 4 つすべての促進候補要因を含めた課題である．

手続き 実験は，Qualtrics®[XM] のアンケート作成ツールで準備したフォームを使って，オンラインで実施された．実験参加者は，自身のパーソナルコンピュータやスマートフォンなどのデバイスを使って回答した．制限時間は設定されなかった．実験参加者は，最終的にどちらを選ぶかを回答した後，選択の理由を以下の 6 つの選択肢の中から選んだ［1. A の方が当たる（XS では「AB 型にかかっている」）確率が高いと思うから，2. C の方が当たる（XS では「A 型にかかっている」）確率が高いと思うから，3. どちらも当たる（XS では「どちらも」）確率は変わらないが，はずれたとき（XS では「間違えたとき」）に後悔したくないから，4. 太郎にひっかけられたくない（XS では「検査結果にまどわされたくない」）から，5. どちらでもよいから，6. その他（自由記述）］．次に，参加者は，1 回目の選択の後に除去されたオプションが三つの中のどれであったのかを回答した．この質問は，参加者が課題を正しく理解していることを確かめるもので，データの質を担保するための指示的操作チェック (instructional manipulation check) の役割を果たすことを期待して用意された．

最後に，参加者は課題の既知性について回答した．「当該の問題（または同じ形式の問題）を知っていましたか」という問いに対して，以下の 3 つの選択肢の中から回答を選択した［1. いいえ，知りませんでした，2. 知っていたかもしれませんが，答えは覚えていませんでした，3. はい，知っていました］．

4.2 結果

300 人のうち，課題の既知性について「1. いいえ，知りませんでした」以外の回答をした 16 人，除去されたオプションを正しく回答しなかった（課題内容を正しく理解していないと推定される）38 人，回答時間が 30 秒未満の 3 人，回答時間が 300 秒を超えた 13 人を除外し，分析対象者は 230 人となった。オリジナル課題の変更率は 11% (9/83)，蓋つき箱課題の変更率は 31% (22/71)，X 症候群課題の変更率は 91% (69/76) であり（図 4），Holm の方法による多重比較の結果，いずれの課題間にも 1%水準で有意差が認められた，MH2 < CB: $\chi^2(1, N = 154) = 9.66$, $\phi = .250$; MH2 < XS: $\chi^2(1, N = 159) = 101.5$, $\phi = .799$; CB < XS: $\chi^2(1, N = 147) = 55.7$, $\phi = .615$.

変更の理由については，いずれの課題でも 2 が最も多かったが（オリジナル課題，蓋つき箱課題，X 症候群課題の順に，78% [7/9], 41% [9/22], 81% [56/69]），条件間に分布の有意差が認められた，$p = .016$（Fisher の正確確率検定），$V = .352$．残差分析の結果，オリジナル課題の 4 が多い ($z = 2.05$, $p < .05$) こと，蓋つき箱課題の 2 が少なく ($z = -3.68$, $p < .01$)，3 が多い ($z = 3.85$, $p < .01$) こと，X 症候群課題の 2 が多く ($z = 3.04$, $p < .01$)，3 が少ない ($z = -3.24$, $p < .01$) ことが明らかになった．

4.3 考察

実験 3 では，因果関係を明瞭化した蓋つき箱課題と X 症候群課題において，正解率（選択変更率）の有意な上昇が認められた．すなわち，実験 1, 2 とは異なる材料と異なる母集団で，当たりの場所とオプション保持の間の因果関係の明瞭化がモンティ・ホール問題を容易にすることが再現された．この結果は，この課題の構造の理解しにくさの要因として，「当たりのドアの位置」と「モンティが開けないドアの位置」の間の因果関係がわかりにくいことがあるという仮説を支持する．

しかし，蓋つき箱課題の正解率（変更率）は 30% にとどまった．これは，実験 2 の自動ドア課題の半分程度である．両課題間にこのような違いが出た理由は明らかではないが，可能性としては二つのことを考えることができる．第 1 は，母集団の違いである．大学生は，抽象的な問題を考えることや確率的な思考に比較的慣れていると思われるが，一般人にとっては，そのようなことを考える機会が少ないため，課題をどう考

えてよいかがすぐにわからなかったのかもしれない．第 2 は，蓋つき箱課題のカバーストーリーが不自然で理解しにくかった可能性である．最初に蓋のない 3 個の箱から一つを選ばせてから，うち 2 個だけに蓋を被せるという設定が，恣意的で理解しにくかったのかもしれない．これらの点については，今後の検討が必要である．

5. 総合考察

モンティ・ホール問題での参加者の行動には，複数の要因が関係している．特に，この問題は，ゲーム主催者（司会者）とのやり取りの形式になっているため，社会的・感情的要因が入り込む余地がある．その一つに，1 回目に行った自分自身の選択に対する執着の問題がある (Gilovich et al., 1995)．本研究では，この要因が入り込むことを避けるために，変形課題における 1 回目の選択は自分以外の他者が行ったこととして，2 回目の選択において「第 3 者的視点」（表 1-2）を取ることができるようにした．

認知的要因として本研究がもっとも注目したのは，当たりの位置とオプション除去という二つの事象の因果関係である（表 1-1）．両者の関係を明快にすることによって，課題の正解率が大きく改善されることが明らかになった．しかし，この課題の正解を促進する認知的要因はほかにもある．モンティ・ホール問題と同型とされる 3 囚人問題において指摘されたのは，データが仮説の生起に関する言明であることが問題の理解を困難にしているという点である (井原, 1988; 市川, 1998)．すなわち，「C を除外した」というデータが「C が当たりである」という仮説を除外するという構造になっている点である．これがなぜ問題を難しくするかについて，市川 (1998) は，「B, C のうちハズレのオプションを除外する」という条件つきの行動であることが無視されて，「A, B, C のうちハズレのオプションを除外する」という条件のもとでの行動と誤って理解されやすいためという旨の説明をしている (p. 70)．しかし，「B, C のうち」という制約がなぜ無視されるのかについては，十分説得的に説明されたわけではない．この点について，本研究はデータの表現方法の問題と捉え，「B を守った」というデータ（事実）が「B が当たりである」という仮説の確からしさを高めることを示した．

しかし，これとは別の意味で，データが仮説の生起に関する言明であることが問題の理解を困難にしているのではないかと考えられる．データも仮説も，いずれも同一領域の事象（すなわちドア）に関する言明であるため，データと仮説を混同しやすくなるという可能性である（表 1-3）．市川 (1998, p. 63) が紹介している橋田浩一氏による夕食問題が「易しくなる」のは，データと仮説の事象の領域を分離しているため，混同が回避されやすいためであると考えられる．

さらに，最初のオプション（ドア）は 3 つあるが，仮説は「A が当たりである」か「A がハズレである＝B が当たりである」の 2 値であり，データも「C を除外する（B を守る）」か「C を除外しない（B を除外する）」かの 2 値である．仮説もデータも 2 値であることがわかりにくくなっていることが，課題の理解を妨げている可能性がある（表 1-4）．

本研究が考案した X 症候群課題は，「因果関係の明快性」に加え，「データ事象と仮説事象の分離」および「事象の 2 値性」という 3 つの促進候補要因を考慮した課題であり，結果として非常に高い正答率が得られた．このことから，ベイズ推論課題で人が誤りやすいのは，ベイズ推論自体が意識的（タイプ 2 での）実行が困難であるからではなく，さまざまな阻害要因があるためであり，阻害要因の一つとして，これまで認識されていなかった「因果関係の不明快性」もあると考えられる．

なお，本研究では，表 1 の要因 1 と 2 を分離するような課題を使用しなかったため，実験 1 の AD1 課題や実験 2 の AD2 課題，実験 3 の CB 課題でみられた促進効果が，課題の因果関係の明快性だけの効果なのか，第 3 者的視点の効果も含まれているのかについては明らかにされない．この点については，引き続き検討を進める必要がある．

謝　辞

実験 2 と 3 の実施にあたっては，立命館大学の服部郁子氏と西田勇樹氏の助言・援助を受けた．本研究は，JSPS 科研費 21K18567 の助成を受けて実施された．以上，この場を借りて謝意を表す．

文　献

Burns, B. D., & Wieth, M. (2004). The collider principle in causal reasoning: Why the Monty Hall dilemma is so hard. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(3), 434–449. https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.434

Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, *36*(3), 181–204. https://doi.org/10.1017/S0140525X12000477

道家 瑠見子・村田 光二 (2007). 意思決定における後悔：現状維持が後悔を生むとき　社会心理学研究, *23*(1), 104–110. https://doi.org/10.14966/jssp.KJ00004663344

Gilovich, T., Medvec, V. H., & Chen, S. (1995). Commission, omission, and dissonance reduction: Coping with regret in the “Monty Hall”

problem. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*(2), 182–190. https://doi.org/10.1177/0146167295212008

Glymour, C. (2001). *The mind's arrows: Bayes nets and graphical causal models in psychology*. MIT Press.

Granberg, D., & Brown, T. A. (1995). The Monty Hall dilemma. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*(7), 711–723. https://doi.org/10.1177/0146167295217006

服部 雅史 (2014). 思考の図と地：フレーミングによる肯定・否定の非対称性　立命館文学, *636*, 131–147. https://doi.org/10.34382/00006478

Hattori, M., Over, D., Hattori, I., Takahashi, T., & Baratgin, J. (2016). Dual frames in causal reasoning and other types of thinking. In N. Galbraith, E. Lucas, & D. Over (Eds.), *The thinking mind: A festschrift for Ken Manktelow* (pp. 98–114). Routledge.

市川 伸一 (1998). 確率の理解を探る：3 囚人問題とその周辺　共立出版

井原 二郎 (1988). 3 囚人問題の理論的探究　日本認知科学会（編）認知科学の発展 第 1 巻 (pp. 33–71)　講談社

生駒 忍 (2013). もうひとつの偽 MHD：確率的判断課題における強力な現状維持バイアス　日本認知心理学会第 11 会大会発表論文集, 70. https://doi.org/10.14875/cogpsy.2013.0_70

Krauss, S., & Wang, X. T. (2003). The psychology of the Monty Hall problem: Discovering psychological mechanisms for solving a tenacious brain teaser. *Journal of Experimental Psychology*, *132*(1), 3–22. https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.3

清水 千加・服部 雅史 (2022). モンティ・ホール問題における信頼の影響　認知科学, *29*(1), 125–130. https://doi.org/10.11225/cs.2021.075

Tubau, E., & Alonso, D. (2003). Overcoming illusory inferences in a probabilistic counterintuitive problem: The role of explicit representations. *Memory & Cognition*, *31*, 596–607. https://doi.org/10.3758/BF03196100

vos Savant, M. (1996). The power of logical thinking: Easy lessons in the art of reasoning... and hard facts about its absence in our lives. St. Martin's Press. （サヴァント，M. 東方 雅美 (訳) (2002). 気がつかなかった数字の罠：論理思考力トレーニング法　中央経済社）

付　録

実験で使用した課題を以下に示す．

実験 1, 2: MH1（オリジナル課題：ドア版）　あなたはゲーム番組に出ていて，3 つのドアのうち 1 つを選ぶとします．番組の司会者は，3 つのドアのうち 1 つのドアのうしろに新車（当たり）を置き，残りの 2 つのドアの後ろにヤギ（ハズレ）を置きました．司会者は言います．「まず，ドアを 1 つ選んでください．続いて，私が残りの 2 つのドアのうち，ヤギがいるドアを開けます．私がヤギのいるドアを開けたあと，あなたは最後の選択をしてください．そこで選んだドアのうしろにあるものが，あなたものになります．」あなたは最初に A のドアを選びました．その後，司会者は，ヤギのいる C のドアを開けました．さて，あなたは最終的にどのドアを選びますか．

実験 1: SB（砂団子課題）　太郎と花子が海辺で砂遊びをしています．太郎は砂だんごを 3 つ (A, B, C) 作って，そのうちの 1 つに 500 円玉を入れました．花子が当てようとして A を手にした次の瞬間，大きな波が来ました．太郎は B を取り上げたので B は無事でしたが，C は波に流されてしまい A と B の 2 つが残りました．さて，花子が事情によりゲームを降りたので，あなたが代わりに砂だんごを選ぶことになりました．どちらを選びますか．なお，太郎は，波が来たら必ず 1 つの砂だんごを取り上げるものとします．また，うっかり 500 円玉入りの砂だんごを流してしまうことはありません．

実験 1: AD1（自動ドア課題：共同版）　あなたは花子とゲーム番組に出ていて，3 つのドアのうち 1 つを選ぶとします．番組の司会者は，3 つのドアのうち 1 つのドアのうしろに新車（当たり）を置き，残りの 2 つのドアの後ろにヤギ（ハズレ）を置きました．司会者は言います．「まず，花子さんにドアを 1 つ選んでもらいます．続いて，私がボタンを押すとドアが自動で開きますが，あなたに最後のチャンスを与えるために，すべてのドアを開けないことにします．」司会者は続けます．「まず，花子さんが選んだドアには鍵をかけて開かないようにします．さらに，新車のドアにも鍵をかけます．ただし，花子さんが新車のドアを選んでいた場合は，どちらかの一方のヤギのドアに鍵をかけることにします．その後，私がボタンを押してドアが開いたあと，あなたに選択してもらいます．そこで選んだドアのうしろにあるものが，あなたものになります．」花子は A のドアを選びました．司会者は B のドアに鍵をかけました．司会者がボタンを押すと，C のドアが開いてヤギが現れました．さて，あなたはどのドアを選びますか．

実験 2: AD2（自動ドア課題：交代版）　太郎はゲーム番組に出ていて，3 つのドアのうち 1 つを選ぶとします．番組の司会者は，3 つのドアのうち 1 つのドアのうしろに新車（当たり）を置き，残りの 2 つのドアの後ろにヤギ（ハズレ）を置きました．司会者は言います．「まず，太郎君にドアを 1 つ選んでもらいます．続いて，私がボタンを押すとドアが自動で開きますが，太郎君に最後のチャンスを与えるために，すべてのドアを開けないことにします．」司会者は続けます．「まず，太郎君が選んだドアには鍵をかけて開かないようにします．さらに，新車のドアにも鍵をかけます．ただし，太郎君が新車のドアを選んでいた場合は，どちらか一方のヤギのドアに鍵をかけることにします．その後，私がボタンを押してドアが開いたあとに最後の選択をしてもらいます．そこで選んだドアのうしろにあるものが，太郎君のものになります．」太郎は A のドアを選んだので，A に鍵がかけられました．さらに，司会者は B のドアに鍵をかけました．その結果，司会者がボタンを押すと C のドアが開いてヤギが現れました．さて，ここで太郎が事情によりゲームを棄権したので，あなたが代わりにドアを選ぶことになりました．あなたはどのドアを選びますか．なお，太郎がゲームの結果を知ることはないものとします．

実験 3: MH2（オリジナル課題：箱版）　あなたは太郎とゲームをしています．太郎は，三つの箱のうちの一つに 500 円玉を入れて言いました．「一つ選んで．当たったら 500 円をあげる．最初に決めた後で，ハズレの箱を一つ開けるから，そのときに変えたかったら変えてもいいよ．」あなたは A の箱を選びました．その後，太郎は，B の箱の蓋を開けました．見ると，B の箱は空っぽでした．さて，あなたは最終的にどの箱を選びますか．太郎は 500 円玉の入った箱を覚えており，うっかり当たりの箱の蓋を開けることはないものとします．

実験 3: CB（蓋つき箱課題）　太郎と花子がゲームをしています．花子から少し離れて，太郎は三つの箱のうちの一つに 500 円玉を入れて言いました．「一つ選んで．当たったら 500 円をあげる．まずはそこから見て決めて．後で，もう 1 回チャンスをあげる．この二つの蓋で中身を隠して近くで見せるから，変えたかったら変えてもいいよ．」花子は A の箱を指差しました．太郎は，二つの蓋を，一つは花子が選んだ A の箱に，もう一つは C の箱に被せて，三つの箱を花子の近くに持って行きました．見ると，B の箱は空っぽでした．このとき，花子がお母さんに呼ばれてどこかへ行ってしまいました．代わりにあなたが箱を選んでください．あなたならどの箱を選びますか．太郎は，500 円玉の入った箱を覚えており，うっかり当たりの箱の中身を見せることはないものとします．

実験 3: XS（X 症候群課題）　ある患者が，X 症候群という感染症にかかっていることが判明しました．X 症候群には，A 型，B 型，AB 型という 3 つの型があり，どの型もかかりやすさは変わりません．A 型と B 型は検査でほぼ 100%確実に型を判定できますが，AB 型は検査で判定することができず，半々の確率で A 型または B 型と判定されます．X 症候群には型に応じた 3 つの治療薬があり，正しい治療薬を服用すると完治しますが，治療薬を間違えると効果がありません（副作用はありません）．治療薬は，一度に 1 つのものしか服用できません．患者の検査結果は A 型と出ました．さて，患者は A 型用か AB 型用か，どちらの治療薬を試すべきでしょうか．

BERT の文脈理解を理解する
Understanding what BERT understands
—Onomatopea understood with contexts—

浅川 伸一 †, 近藤 公久 ‡
Shin Asakawa, Tadahisa Kondo
† 東京女子大学, ‡ 工学院大学
Tokyo Women's Christian University, Kogakuin University
asakawa@ieee.org

概要

ニューラルネットワークによる言語モデルでは，トランスフォーマー [1, 2] に基づくモデルが支配的となっている．これらのモデルの表現能力を用いて認知過程の理解を模索することには意味があるだろう．本稿では，オノマトペを題材に，表現の簡潔さと，それらの意味の豊富さを記述し，分類することにより，トランスフォーマーベースのモデルの応用可能性を示した．

キーワード：BERT, SentenceBERT (SBERT), トランスフォーマー, オノマトペ，文脈，微調整 (fine-tuning)

1. はじめに

トランスフォーマーや，その応用である BERT に基づく諸モデルでは，マルチヘッド自己注意機構に構成要素とする大規模ネットワークを，大規模な訓練コーパスを用いて **事前学習 (pre-training)** を施す．加えて，**下流課題 (downstream tasks)** に対して，**微調整 (fine-tuning)** や **転移学習 (transfer learning)** が行われる．事前学習と微調整とにより，**少撃学習 (few-shot learning)** または **零撃学習 (zero shot learning)** が実現される．近年話題となっている多くのモデルでは，概ね上述の訓練プロトコルに従っていると考えられる．GPT-3 [3] や，Gopher, Chinchilla, PaLM なども同じ枠組みとみなしうる．Chinchilla はわずかに異なるスケーリング則の成功を証明したが，他のモデルと同様，大量のデータと計算を使用する大規模なトランスフォーマーに基づくのモデルであることに変わりない．DALL-E 2，Imagen，Parti はトランスフォーマーを超える技術を追加したテキストを画像へ変換するモデルという点では異なるものの，ほとんど同じ流れに沿っている．Flamingo と Gato も GPT-3 から少し離れて，より一般的でマルチモーダルなアプローチを取っている．だが同じアイデアを新しい課題に適用したリミックスに過ぎないと言えよう．

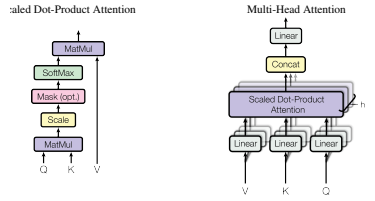


図 1　一つの入力情報から，クエリ，キー，バリューの 3 つのベクトルを作成し，マルチヘッド自己注意機構への入力とすることでトランスフォーマーの基本構成要素となる．文献 [1] Fig. 2 より

微調整や転移学習による精度向上は，モデルの持つ豊富な内部表現を反映していると考えられる．日本語でも事前訓練済みモデルが複数公開されており活況を呈している．我々はこのことを鑑み，オノマトペの群化，記述を通して文脈理解への応用を検討した．具体的には微調整を工夫して，課題に対して精度良く出力を調整するという枠組みは，機械学習の慣習としてだけではなく，認知過程における文脈情報の果たす役割ともみなすことが可能であろう．今回は，このようなグランド仮説に基づいている．

我々は，単語埋め込みモデルを用いた意味推論において，モデルのパラメータが張る部分空間を文脈として捉えることを提案している [4, 5]．この提案モデルは，従来モデルでは，操作や検索過程などの定義が曖昧であった心的操作を表現可能である．このことを，日本語 wikipedia を用いて訓練した単語のベクトル表現集合を意味空間とし，これらに対して射影変換によって文脈効果が得られるかを検討した．本稿では，この考え方をさらに進めて，BERT の微調整により文脈情報を扱うことに焦点を当て，オノマトペの理解過程を取り上げた．

微調整を敷衍して考えれば，我々が特定の課題を解

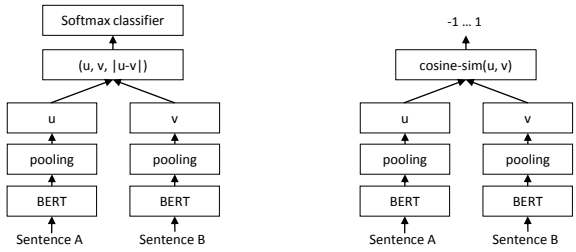


図 2　SBERT で用いられた微調整のためのシャムネット (左)，類似性判断ネットの構成 (右)。文献 [6] Fig. 3 より

く際にも，課題毎に微調整を行っているとも考えることができる．事前学習では，各課題に対して正解することが難しいが，逆に言えば，どの課題にも適応可能な準備がなされていると解釈することできる．一方で，微調整ではパラメータ空間を課題に適合するように変形させるため，内部表象が変化したと考えられる．このような微調整は，認知科学分野における熟達化の過程に喩えられるような変化ともみなしうる．熟達化の過程を内部パラメータの変化とみなすことにより，認知科学と人工ニューラルネットワークとの橋渡しをすることにもつながる．本稿では，上述の問題意識から，微調整における精度向上と，その意味についての解釈を試みた．

1.1　微調整における良好な文脈表現を得るための工夫

古典的な，TF-IDF による文のベクトル化を始めとして，任意の文章をベクトル化する手法には，多くの提案がなされてきた．word2vec[7] によって得られた単語ベクトルを平均化する手法や，seq2seq 翻訳モデル [8] も，それらの一つとして位置づけられよう．BERT に基づく手法としては，位置符号化器の出力を加え合わせるだけでなく，文符号化トークンとして [CLS] 利用する提案がなされた [1].

ところが [CLS] トークンでは，2 文の類似度判断に十分な精度が得られないことが指摘されている [6]. より良い文ベクトル表現を求めて，微調整の工夫として，目的関数と，出力調整が挙げられる．**対比学習 (contrastive learning)** [9] あるいは，対比学習に影響を与えた **雑音対比推定 (Negative Contrastive Estimation:NCE)** [10] は目的関数の工夫に相当する．一方，CLIP や DALL-E などは出力調整の一種であるプロンプトエンジニアリングとみなしうる．

目的関数に適切な制約を加えることで，正事例間のバイアスを小さくし，負事例との相互情報量を低く抑えるように作用すると考えられる．我々の持つ単語の意味や概念の形成過程を考える上でも，あるいは，推論過程をモデル化する場合においても，適切な正および負事例の選定と，それらを用いた表現学習が重要になると思われる．これらの技法は，ラグランジェ乗数を用いた制約付き最適化として定式化可能であるが，制約付き最適化という枠組みを超えて，適切な表現学習のために必須の概念であるとみなすことができよう．

Sentence BERT (以下 SBERT) [6] は，BERT [1] に対して良好な文ベクトルを得るための微調整と捉えることができる．SBERT は文を 1 つのベクトル表現（分散表現）し，文間の類似性を求めることを可能にする．オリジナル BERT では [CLS] トークンに文ベクトルが表現されていることとなっている．しかし，[6] によれば，BERT の [CLS] トークンによる文ベクトルでは，cos 類似度を用いた文間の類似度比較や，cos 類似度を用いたスピアマン順位相関での比較で，良好な精度が得られるとは言い難い．

加えて SBERT は BERT に比して計算量が少ないという利点がある．BART の検索時の計算複雑さは $O(NK)$ のオーダーであるのに対して，SBERT の複雑さはたかだか $O(N+K)$ である．ここで N は文章数，K はトピック数である．

類似した文ベクトルを得る手法に BART がある．BART を使ってトピックが単語に似ているかどうかを調べる場合，文と潜在的なトピック（[SEP] トークンで区切られる）を連結して BART トランスフォーマーを通す必要がある．これはすべての潜在的なトピックに対して行う必要がある．BART は 2 文が中立 (お互いに関係ない)，含意，矛盾である確率を出力する．このような計算効率から考えて，今回は SBERT を採用した．

2.　実験

2.1　マスク化言語モデルによるオノマトペ推定

2.1.1　手続き

本研究では事前訓練済の日本語 BERT モデル，Huggingface [1] のマスク化言語モデルを用いた．日本語オノマトペ辞典 [11] に掲載されているオノマトペ

[1] https://github.com/huggingface/transformers

のうち日本語 wikipedia に出現するオノマトペ 1971 語を対象とした．しかし，事前訓練済みの標準 BERT モデルでは，ほとんど (1961/1971 語) のオノマトペ単語が未登録であったため，事前訓練済モデルでは，オノマトペのほとんどを扱うことができなかった．そこで 1961 語の未登録語をユーザ辞書に登録し，その上で，日本語オノマトペ辞典に掲載されているオノマトペの用例にオノマトペを埋め込む形に変形した文を用いて微調整を行った．微調整では変形した例文中のオノマトペをマスクして，マスクされたオノマトペを予測するように訓練した．

- 辞典の用例そのまま：　真夏の太陽が強く照りつけて：ぎらぎら
- 変形後の用例：真夏の太陽が [MASK] 強く照りつける

実験では，用例 1741 文中の 70% をランダムに選択して微調整を行い，残りの 30%を用いてテスト文とした．

2.1.2　結果

マスクしたオノマトペそのものを推定する例は多くはなかったが，予測された語をマスクに置換した文は，文として整合性のある文となるものが多く存在し，訓練済みモデルをそのまま用いる場合より良好な推定が可能となった．これは微調整により，マスクの位置に存在しうる単語がどのような性質をもった単語であるかを少ない微調整事例から学習することができたと考えられる．しかし，オノマトペそのものが推定されないのは，訓練済みモデルにオノマトペそのものは存在しておらず，汎化することは困難であると言える．

2.2　文 BERT によるオノマトペの群化

2.2.1　手続き

オリジナル BERT におけるマスク化言語モデルでは，マスク化された語を文内のすべての単語から推定するものである．すなわち，マスクされた語の位置に相応しい語を示す狭い意味での文脈が入力，その文脈においてもっともらしい単語を推定する．このため，オリジナル BERT においては，それぞれの文脈でのもっともらしい単語を推定することはある程度できるようになったが，オノマトペに特に着眼されることはない．一方，本研究は，オノマトペの意味的な類似性や文脈における多義性などを探求すること，および，文脈を表現する AI モデルの仕組みを探ることを目的としている．そこで，ここでは，SBERT により，文の類似性を学習しうるモデルを用いて，BERT の表現しうる文脈と，その文脈を用いた，オノマトペの類似性を示すことを検討する．

ここでは，事前訓練済の日本語 BERT モデルを微調整した日本語 SBERT を用いた．実験に用いた文は，マスク化言語モデルに対する実験と同じく，日本語オノマトペ辞典 [11] に掲載されているオノマトペのうち日本語 wikipedia に出現するオノマトペ 1971 の用例文を用いた（オノマトペを用いる状況を表す文であり，オノマトペ 4500 の用例の表現では，この文のあとにオノマトペを示している（前節の例を参照）．

2.2.2　結果

リード文のみ 2941 文に対して SBERT により得られた各文の分散表現を tSNE により 2 次元で表したものが図 3 である．各点が一文である．図をみてわかることは，小さな集団が散在しており，意味が類似するものが集まっている．例えば,「がたがた」,「がたん」,「どすん」,「ゆっさゆっさ」が一つの群となっている．これは，音韻的な類似性もあるように見えるが，基本的には，大きめの音，揺れたり，落ちたりしたときの音を示すオノマトペである．これらのオノマトペに対応するリード文は，順に,「長いものがだらしなくゆれて」,「重いものが急に転倒・落下し」,「大きく重いものが落ちた衝撃で」,「大きく重そうなものがゆれて」である．

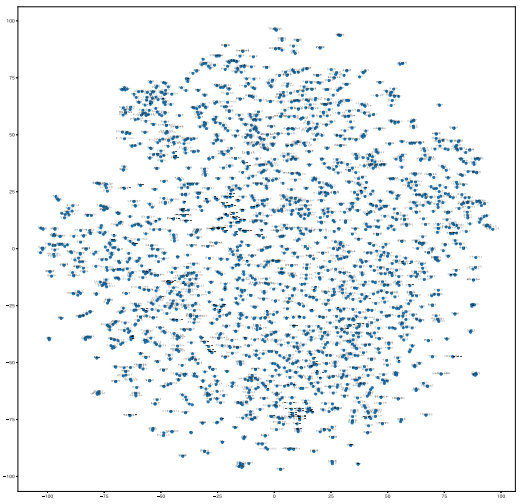


図 3　SBERT によるリード文の tSNE[12] 布置

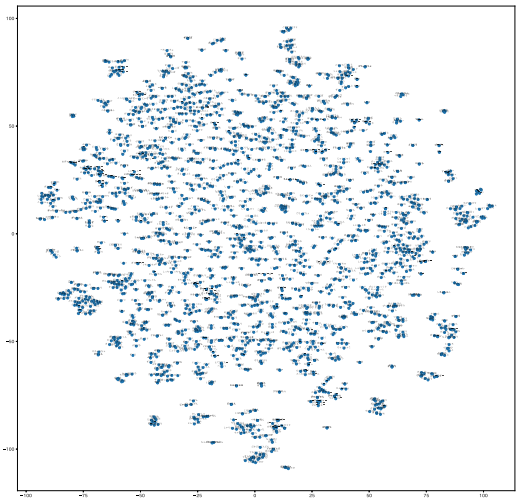


図 4　SBERT によるオノマトペ文の tSNE 布置

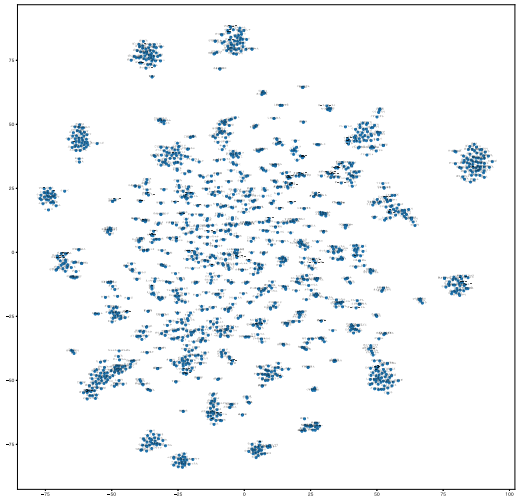


図 5　SBERT によるオノマトペ単語の tSNE 布置

次に，リード文の後に「,」を入れてオノマトペを付加したものを文として SBERT で分散表現を生成させたときの tSNE による解析結果を図 4 に示す．この文の表現は，オノマトペ 4500 の用例の表現と一致するものである．先のリード文のみの図 3 と比較して，図 4 は各文（オノマトペ）の群がかなり異なって見える．例えば，上のリード文だけの場合に「がたがた」,「がたん」と同じ群に入っていた「ゆっさゆっさ」や「どすん」は少し離れた所に付置されている．これは，音韻的類似性が強く影響する群化となっていることが考えられる．

ちなみに，オノマトペ単体の分散表現を上述と同様に SBERT で分散表現を得た場合の tSNE での分析結果を図 5 に示す．この結果は，オノマトペの音韻的類似性によって明確にクラスター化されていることが示された．本題とはずれるが，オリジナルの BERT に存在しないオノマトペが token 化されることによって，音韻的連続の分断化がなされるため，センテンスの類似性が類似した単語の並びを学習しているため音韻の類似性に依存した類似性を表現した分散表現となると考えられる．

さらに，ここで対象としたオノマトペのようなオリジナルの BERT において学習文に含まれてない単語ではない単語の説明文を対象とした場合にはどうなるかを確認してみた．以下の 2 つの例文の類似度を計算した例を示す．それぞれ，運営と経営の辞書（Apple 辞書バージョン 2.3.0）の説明文で試した例を以下に示す．

なお，類似度は，SBERT で得られた 2 つ文の分散表現の cos 類似度を求めた．

例）経営と運営の辞書説明文の類似度上位 5 文

入力文: 組織や機構などを動かし，うまく機能するようにすること、運営

1. 彼にはその仕事をする能力がある．(0.881)
2. 彼は働く人の生活を良くするのに力を使った．(0.877)
3. 彼には事業を経営するのに十分な能力がある．(0.872)
4. この方法は、いろいろなところで使える．(0.871)
5. しっかりした計画と努力のおかげです．(0.871)

入力文: 方針を定め，組織を整えて，目的を達成するよう持続的に事を行うこと、経営

1. 彼は目的を達成するために頑張って働いた．(0.890)
2. 彼は人生の計画を立てるために頑張って働いている．(0.883)
3. 彼はその計画を実行するために力の限りを出した．(0.878)
4. 成功するためには、努力して働かなければならない．(0.874)
5. 彼には事業を経営するのに十分な能力がある．(0.873)

3. 考察

3.1 BERT によるオノマトペ推定と文脈

微調整に用いた訓練マスク化言語モデルは，マスクされた位置の単語を周辺の単語から推測する課題である．この課題は，オノマトペを直接的に推量する課題と言える．

今回用いた事前訓練済 BERT の結合係数は，BPE[13] より正確には sentencepice [14] を用いて部分単語に分割するトークナイザを用いてトークン化したコーパスを用いている．このため，訓練コーパス内に注目するオノマトペが存在しても，適切なトークン化が行われていなかったという可能性が指摘できる．微調整時には，新トークンとして学習することになったため，事前訓練で用いられた文脈情報を適切に利用できなかった可能性が指摘できよう．このため，文表現ベクトルに含まれるオノマトペを処理するために必要な情報を微調整することが困難であった可能性が指摘できるであろう．

3.2 SBERT による文類似度と文脈

上述の，オノマトペ推定課題に比べて，事前訓練として文表現が適切に行われていれば，BPE による部分単語への分割の影響は少なく，結果として良好な群化がなされたとの解釈が可能となる．この意味において，適切な目的関数と微調整とを工夫すれば，文脈情報を取り出すことができるようになると予想される．このことは，最近の Gato などの流れとも矛盾しないと思われる．

4. 結論

オノマトペを題材に，BERT を用いて単語の意味表現と文脈を検討した．BERT では単語の意味的表現が文内の文脈に依存して分散表現として得られているとされている．しかし，マスク化言語モデルにおけるマスク語の推定においては，逆に，同じ文脈においてもさまざまな単語が候補となり得るため，文として整合性のある単語を推定することが可能であってもその分散は大きく，ある特定の領域の語を推定させるために fine-tuning を行っても効果は大きくない．

一方 SBERT の文の分散表現，および，文の類似度を用いれば，辞書のような，ある単語に対する説明文や用例といった，対応関係にある組が存在する場合には，説明文や用例の類似度が対応する語どうしの類似度と考えてよいことが示された．また，オノマトペのようにオリジナル BERT にとって未知語であっても，それと対応する説明文や用例さえあれば，類似の単語を探し出すことが可能である．このような機能は，SBERT による説明文の分散表現が単語の意味表現として利用できることを意味するものであり，文脈とは何か，そもそも意味とは何か，意味はどのように表現されているのか，という疑問に対する答えに一歩近づいているのではないかと期待できる．

文献

[1] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, and Łukasz Kaiser. Attention is all you need. *arXiv preprint*, [cs.CL](1706.03762), 2017.

[2] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint*, 2018.

[3] Tom B. Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan, Pranav Shyam, Girish Sastry, Amanda Askell, Sandhini Agarwal, Ariel Herbert-Voss, Gretchen Krueger, Tom Henighan, Rewon Child, Aditya Ramesh, Daniel M. Ziegler, Jeffrey Wu, Clemens Winter, Christopher Hesse, Mark Chen, Eric Sigler, Mateusz Litwin, Scott Gray, Benjamin Chess, Jack Clark, Christopher Berner, Sam McCandlish, Alec Radford, Ilya Sutskever, and Dario Amodei. Language models are few-shot learners. *arXiv preprint*, [cs.CL](arXiv:2005.14165), 2020.

[4] 浅川 伸一 and 近藤 公久. 単語の意味空間を心的操作する＝ 射影. In **第** *38* **回日本認知科学会発表予稿集**, 2021.

[5] 浅川 伸一 and 近藤 公久. Bert による意味表現. In **日本心理学会第** *83* **回大会予稿集**, 立命館大学, 2019.

[6] Nils Reimers and Iryna Gurevych. Sentence-BERT: Sentence embeddings using siamese BERT-networks. *arXiv preprint*, [cs.CL](1908.10084), 2019.

[7] Tomas Mikolov, Wen-tau Yih, and Geoffrey Zweig. Linguistic regularities in continuous space word representations. In *Proceedings of the 2013 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies NAACL*, Atlanta, WA, USA, June 2013.

[8] Ilya Sutskever, Oriol Vinyals, and Quoc V. Le. Sequence to sequence learning with neural networks. In Zoubin Ghahramani, M. Welling, C. Cortes, N.D. Lawrence, and K.Q. Weinberger, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS)*, volume 27, pages 3104–3112, Montreal, BC, Canada, 2014.

[9] Ashish Jaiswal, Ashwin Ramesh Babu, Mohammad Zaki Zadeh, Debapriya Banerjee, and Fillia Makedon. A survey on contrastive self-supervised learning. *arXiv preprint*, [cs.CV](arXiv:2011.00362), 2020.

[10] Mike Wu, Milan Mosse, Chengxu Zhuang, Daniel Yamins, and Noah Goodman. Conditional negative

sampling for contrastive learning of visual representations. *arXiv preprint*, [cs.LG], 2020.
[11] 小野 正弘, editor. **日本語オノマトペ辞典**. 小学館, 東京, 第一版 edition, 2007.
[12] Laurens van der Maaten and Geoffrey Hinton. Visualizing data using t-sne. *Journal of Machine Learning Research*, 9:2579–2605, 2008.
[13] Rico Sennrich, Barry Haddow, and Alexandra Birch. Neural machine translation of rare words with subword units. *arXiv preprint*, May 2016.
[14] Taku Kudo. Subword regularization: Improving neural network translation models with multiple subword candidates. *arXiv preprint arXiv:1804.10959*, 2018.

不気味の谷現象に関する自閉スペクトラム症者と定型発達者の比較：カテゴリー知覚からの検討

Comparison between Individuals with Autistic Spectrum Disorders and Typically Developing Individuals regarding the Uncanny Valley Effect: An Investigation in terms of Category Perception

李 璐[1]，河村 典枝[2]，熊崎 博一[3]，植田 一博[1]
Lu Li, Norie Kawamura, Hirokazu Kumazaki, Kazuhiro Ueda

[1]東京大学，[2]理化学研究所脳神経科学研究センター，[3]長崎大学
The University of Tokyo, RIKEN Center for Brain Science, Nagasaki University
[1]2000lilu0317@g.ecc.u-tokyo.ac.jp, ueda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

自閉スペクトラム症(以下 ASD)者に不気味の谷現象が見られるかどうかを，定型発達(以下 TD)者と比較することで，カテゴリー知覚の観点から実験的に検討した。その結果，人の顔刺激を写真かイラストか，女性の顔か男性の顔かに分類するカテゴリー知覚課題では ASD 者と TD 者に違いはなかったのに対して，カテゴリーが曖昧な画像刺激に対して不気味さを感じるのは TD 者のみであった。これは，不気味の谷現象が，どのカテゴリーに属するのかという判断が曖昧な対象に対して感じられる，TD 者に固有の現象であることを示唆する。本研究の結果は，不気味の谷現象が生じる原因だけでなく，ASD 者の特性についても示唆を与えると考えられる。

キーワード：自閉スペクトラム症(ASD) 不気味の谷現象　カテゴリー知覚

1. はじめに

人工物の外見が人間に類似するにつれて人は好感度を抱くようになるが，実物の一歩手前まで近づくと途端に嫌悪感を抱くようになる。そして，実物と見分けがつかないほどになると一転して好印象を抱くようになる現象は，「不気味の谷現象」として知られている。TD 者では，異なるカテゴリー(イラストか写真か等)に属する 2 つの対象の曖昧さ(カテゴリー境界）が不気味の谷現象を引き起こすと指摘されている[1]。

一方で，ASD 者に対して不気味の谷現象を調べた研究は多くない。ASD は社会的コミュニケーションの困難，反復行動と狭い興味の二つの特徴に基づいて診断され，生物学的なものに由来すると考えられている[2]。ASD 者では TD 者とは異なる形で不気味の谷現象が現れるという報告[3][4]があるものの，現れ方は研究間で一貫していない。Feng らの研究[3]では，ASD 者において，対象物の人間への類似度が変化しても，感じられる不気味さは変化しないことが実験的に示されている。一方で，これまでのロボットを使用した研究からは，ASD 者はシンプルなロボットに対しては好ましさを感じる一方で，人間に似ている対象物に対しては不気味さを感じるという「不気味の崖」が現れることが示唆されている[4]。このように，ASD 者において不気味の谷現象がどのように現れるのかについて一貫した知見はないものの，TD 者とは異なる形で不気味の谷現象が現れる可能性がある。しかし，その理由を実験的に検討した先行研究は筆者らの知る限り存在しない。そこで本研究では，次の 2 点を検討した。

1. ASD 者では不気味の谷現象がどのように現れるのか。
2. ASD 者では TD 者と異なる形で不気味の谷現象が現れる場合，それに両者のカテゴリー知覚の違いが影響しているのか。

特に，ASD 者は TD 者よりも物体のカテゴリー知覚の変化が急峻であるとする先行研究[5]があるため，カテゴリーが曖昧なものに対する感じられ方が ASD 者と TD 者で異なり，その結果，ASD 者と TD 者とで不気味の谷現象の現れ方が異なるのではないかという仮説を立てた。

2. 実験方法

上記の仮説を検証するために実験を実施した。この実験では，人物の顔写真と同一人物のイラストという異なるカテゴリーの対象同士を 10%刻みずつモーフィングした画像 22 枚および，男性の顔写真と女性の顔写真という異なるカテゴリーの対象同士を 10%刻みずつモーフィングした画像 11 枚を刺激として用いた。画像刺激を呈示し，カテゴリー(写真かイラストか，もしくは男性の顔か女性の顔か)の 2 肢強制選択法を用いた判断課題，および主観的な感じられ方(不気味さ，好ましさ，親しみやすさ)の 7 肢選択法を用いた評価課題を，

ASD 者（*n* = 20, *Women* = 0, *Mean age* = 21.75, *SD age* = 2.07）および TD 者（*n* = 20, *Women* = 10, *Mean age* = 21.25, *SD age* = 1.76)に対して実施した。

3. 実験結果

以下では，男性の顔画像とそのイラストを刺激に用いた実験結果について説明する。

感じられた不気味さの結果を図 1 に示す。図 1 からわかる通り，人物の顔写真とイラストという異なるカテゴリーの対象同士をモーフィングした画像に対して，TD 者ではカテゴリーが曖昧な画像に対して特に不気味さを感じており，先行研究[1]の結果と同様に不気味の谷現象が見られた(図 1 の縦軸は不気味さの強さを表すため，TD 者の結果を示す青色のグラフが不気味の谷ではなく不気味の山となっていることに注意されたい)。一方 ASD 者では，不気味の谷現象は先行研究[3]の結果と同様に現れず，写真，イラスト，両者のモーフィング画像刺激のいずれに対してほぼ同程度の不気味さしか感じていないことが明らかとなった。

次に，カテゴリー判断課題の結果を図 2 に示す。図 2 から，ASD 者も TD 者と同様に，写真とイラストという異なる 2 つのカテゴリーの中間(モーフィング率 30% 程度)に位置する刺激が曖昧だと知覚できていることがわかる。

カテゴリーの曖昧さと感じられる不気味さとの関係を知るために，カテゴリーの曖昧さ指標(モーフィング率と PSE の差の絶対値)と，感じられる不気味さとの相関を求めた。仮説 2 より，TD 群でも ASD 群でも，カテゴリーの曖昧さ指標と感じられる不気味さとの間に負の相関が見られると予想できる。分析の結果、TD 群ではカテゴリーの曖昧さ指標と不気味さの間に有意な負の相関が見られた(r = -0.204, p = 0.004)のに対して，ASD 群では有意な相関は見られなかった(r = -0.072, p = 0.316)。

よって，図 1 および図 2 の結果と併せると，TD 者ではカテゴリーの曖昧さが不気味さを引き起こしている一方で，ASD 者では不気味さを引き起こしてはいないことが示唆された。

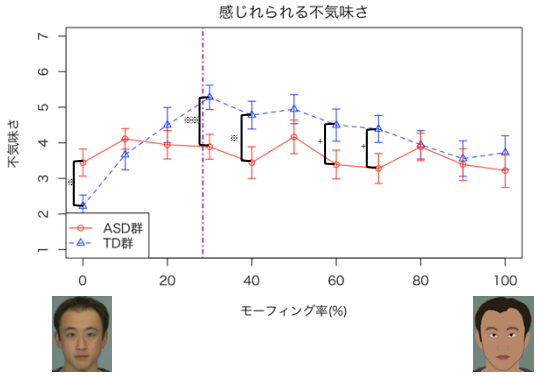


図 1　感じられる不気味さの結果

ASD 群の結果を赤色の実線，TD 群の結果を青色の点線で表している。感じられる不気味さの平均値の図。横軸は写真とイラストのモーフィング率，縦軸は感じられる不気味さ(1(全く不気味に感じない)〜7(非常に不気味さを感じる))を表す。縦の点線は主観的等価点(PSE)を表す。エラーバーは標準誤差を表す。分散分析における単純主効果検定の結果，各モーフィング率で ASD 者と TD 者との間に差が見られた場合，p 値に応じて*および+を用いて図中に示した($p < 0.1$: +; $p < 0.05$: *; $p < 0.01$: **; $p < 0.001$: ***)。

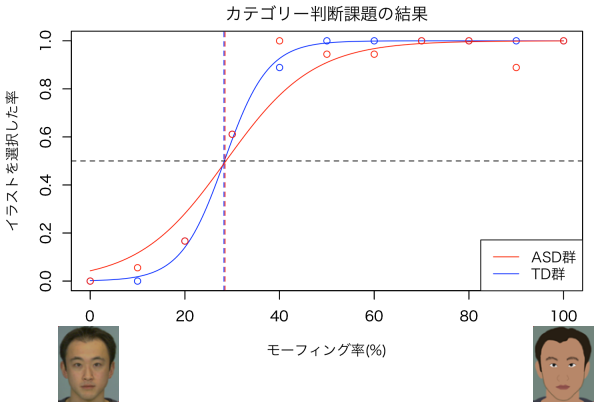


図 2　カテゴリー判断課題の結果

横軸は写真とイラストのモーフィング率，縦軸はモーフィング画像に対する判断課題でイラストを選択した確率を表す。判断結果に対するロジスティック回帰分析で得られたロジスティック回帰曲線を実線で，主観的等価点(PSE)を点線で図に表した。ASD 者と TD 者で違いがあるかどうかを調べるために，個人ごとに求めた PSE に対して t 検定，ロジスティック回帰曲線の傾き最大値に対して Welch の t 検定を行ったところ，有意な差は見られなかった($t(34) = 0.019$, $p = 0.985$, $r = 0.003$; $t(18.574) = 1.208$, $p = 0.242$, $r = 0.270$)。

4. 考察

先行研究の知見から，ASD 者ではモーフィングの程度に対するカテゴリー知覚の変化が TD 者よりも急峻になると予想していたが，ASD 者と TD 者とでカテゴリー知覚自体には差がなかった(図2)。その理由として，ASD 者は物体の区別という明確な基準がある場合にはカテゴリー知覚が急峻である[6]のに対して，生物性や性別などの基準が明確ではないカテゴリーの場合にはカテゴリー知覚が相対的に緩やかになることが考えられる。これを支持する先行研究として，場所や車のモーフィング画像の識別課題では ASD 者と TD 者の間で識別閾に有意な差は見られなかったのに対して，人の体のモーフィング画像の識別課題では ASD 者の方が TD 者よりも識別閾が有意に大きかったことを示す研究が挙げられる[7]。一方で，TD 者には不気味の谷現象が見られたのに対して，ASD 者では見られなかった(図 1)。この結果は，不気味の谷現象が，どのカテゴリーに属するのかという判断が曖昧な対象に対して感じられる，TD 者に固有の現象であることを示唆する。ASD 者で不気味の谷が見られない理由は本実験だけからでは定かではないが，自己の情動を意識化しにくい，あるいは情報を意味のある全体にまとめあげようとする動機が弱いという ASD 者の特性が関係している可能性が考えられる[8]。今後はこの点を検討することが課題である。

本研究の結果は，不気味の谷現象が生じる原因について示唆を与えるとともに，ASD 者の特性についても示唆を与えると考えられる。

文献

[1] Yamada, Y., Kawabe, T., & Ihaya, K. (2013). Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the "uncanny valley" phenomenon. *Japanese Psychological Research*, *55*(1), 20-32. doi: 10.1111/j.1468-5884.2012.00538

[2] Baron-Cohen, S. (2008). *Autism and Asperger Syndrome – The Facts*. UK: Oxford University Press. (サイモン・バロン=コーエン. 水野薫・鳥居深雪・岡田智(訳) (2011). 自閉症スペクトラム入門―脳・心理から教育・治療までの最新知識― 中央法規出版)

[3] Feng, S., Wang, X., Wang, Q., Fang, J., Wu, Y., Yi, L., & Wei, K. (2018). The uncanny valley effect in typically developing children and its absence in children with autism spectrum disorders. *PLOS One, 13*(11), e0206343. doi: 10.1371/journal.pone.0206343.

[4] Ueyama, Y. (2015). A Bayesian Model of the Uncanny Valley Effect for Explaining the Effects of Therapeutic Robots in Autism Spectrum Disorder. *PLOS One*, *10*(9), e0138642. doi: 10.1371/journal.pone.0138642.

[5] Sobel, D. M., Capps, L. M., & Gopnik, A. (2005). Ambiguous figure perception and theory of mind understanding in children with autistic spectrum disorders. *British Journal of Developmental Psychology, 23*(2), 159-174. doi: 10.1348/026151004X20694.

[6] Pallett, P. M., Cohen, S. J., & Dobkins, K. R. (2014). Face and object discrimination in autism, and relationship to IQ and age. *Journal of autism and developmental disorders, 44*(5), 1039-1054. doi: 10.1007/s10803-013-1955-z.

[7] Weigelt, S., Koldewyn, K., & Kanwisher, N. (2013). Face recognition deficits in autism spectrum disorders are both domain specific and process specific. *PLOS One, 8*(9), e74541. doi: 10.1371/journal.pone.0074541.

[8] Tani, P., Lindberg, N., Joukamaa, M., Nieminen-von Wendt, T., von Wendt, L., Appelberg, B., Rimón, R., & Porkka- Heiskanen, T. (2004). Asperger syndrome, alexithymia and perception of sleep. *Neuropsychobiology, 49*(2), 64-70. doi: 10.1159/000076412.

対面とオンラインで異なる観客サイズ効果：物語広告を視聴中の自発性瞬目率による検討

Onsite and online audience size effects differ: An examination of spontaneous blink rates while watching narrative advertisements

森 真美[†*]，木村 真実[†],and 野村 亮太[†]
Mami Mori, Manami Kimura, Ryota Nomura
[†]早稲田大学
Waseda University
[*]m.mami23@asagi.waseda.jp

概要
対面とオンラインではどちらの舞台が魅力的か．本研究では同じ作品を鑑賞する「他者」に対する認知(“共視者認知”)に影響を受けるとされる自発性瞬目を指標として，視聴環境と観客サイズの間の交互作用を検討した．物語広告の視聴中の瞬目率を比較したところ，対面では観客サイズが大きいほど増加したのに対して，オンラインではむしろ大人数グループにおいて減少した．この結果は，対面状況とオンライン状況で，他者の認知の仕方に違いがあることを示唆している．

キーワード：共視者認知（cognition of audience），観客サイズ（audience size），自発性瞬目率（spontaneous blink rate）

1. 問題と目的

2020 年以降，新型コロナウィルス感染症が広がる中で，演劇を含むさまざまな表現がオンライン配信されるようになった．だが，オンライン配信ではライブ感（liveness）が乏しく，「自宅では集中できない」，「観劇では非日常を味わいたい」，「やっぱり生の舞台には敵わない」といった声が上がっている[1]．表現者の立場からも「お芝居は生で，劇場で届けるのが基本」といった意見も見られる[2]．観客が同じ時間・空間を共有する対面での鑑賞と時間・空間ともに自由になりうるオンラインでの鑑賞では，何が異なるのか．

その一つの可能性として，鑑賞者が相互に与える影響の強さが考えられる．社会心理学では，他者の存在の影響として，観客効果（audience effect）が知られている[3],[4]．これは，他者の存在があることだけで（あるいは存在すると信じるだけで），パフォーマンスが上昇あるいは下降しうることを指す．前者は社会的促進，後者は社会的抑制と呼ばれるが，いずれの場合にも，観客効果が生じる理由は，他者の存在（の認知）が当事者の覚醒水準を上昇させ，優勢な行動を出現しやすくするためだと説明されている[3]．芸術を鑑賞するとき，通常視聴者は何かパフォーマンスを行うことを求められているわけではないが，互いの存在を認知することが動因として働き，各々の覚醒水準を高めていると考えられる[3]．

そこで本研究では，芸術鑑賞における観客間の相互作用に着目し，観客の反応の影響を受けない映像を刺激として，映像視聴環境が「同じ映像を視聴する他者を認知すること」（以下，“共視者認知”と呼ぶ）に与える影響を検討する．そのために，視聴者の自発性瞬目を測定する実験を行う．自発性瞬目は覚醒水準を計測する指標になりうる．覚醒水準と瞬目は逆 U 字の関係にあり，興奮状態など覚醒水準が高い場合に上昇するが，その一方で，作業への飽き，眠気など覚醒水準が低い時にも瞬目率は上昇する[5]．このことから，訴求力の強い映像表現を鑑賞する場合には，観客効果により覚醒水準は上昇し，その結果として，瞬目率が増加すると考えられる．

また，瞬目率は，認知的な情報処理と連動しており，文章の切れ目（句読点）[6]や物語の場面転換[7][8]において増加することが知られている．もし，瞬目の変動が認知活動のみの影響を受けるならば，同じ映像を視聴したとき，個人であってもグループであっても瞬目率には差は見られないはずである．これに対して，瞬目が共視者認知による影響を受けて変動し，特に目の前に共視者がいる状況でのみ瞬目率が増加するなら，他者の存在を認識するだけではなく，視聴者自身の五感で知覚することが瞬目率増加の影響源であると考えられる．他方，オンライン視聴時の覚醒水準を計測した研究は少なく明確な推論は難しいが，オンラインでも対面と同様に瞬目率が増加するなら，本人の知覚は必要条件ではなく，他者の存在を認識することで十分であると考えられる．

また，社会心理学において指摘されているように，社会的手抜きは人数の増加に伴い，一人当たりの仕事

量が減少する[9]．これに覚醒水準が関与していることを考慮すると，個人で視聴する条件と他者がいる条件だけでなく，他者がいる中でも少人数グループと大人数グループを設定し，集団サイズによる瞬目率の変動をみる必要がある．

加えて，観客間の相互作用に関する研究では，観客の集団サイズが大きいほど，情動伝染が生じやすいことが指摘されている[10][11]．情動伝染は共視者を認識していることで生じると考えられる．視聴している間は，互いの目を見ることはないため，直接情報を与えることはないが，情動伝染のプロセスに組み込まれたミミクリ[12]（身体状態が互いに似た状態になること）は，集団サイズに規定されている可能性もある．すなわち，個人視聴より少人数グループの方が，そして少人数グループより大人数グループの方が情動伝染が生じやすく，覚醒水準が高くなることで瞬目率が増加することが考えられる．

以上のことを踏まえ，本研究では視聴環境（2水準，対面・オンライン），集団サイズ（3水準，個人・少人数グループ・大人数グループ）の組み合わせでできる6条件を設定し，映像視聴状況が視聴者の共視者認知に及ぼす影響について自発性瞬目を用いて検討する．

2. 仮説

仮説1： 集団サイズが大きいほど，瞬目が増加する

仮説2： オンライン条件は対面条件より集団サイズに伴う瞬目の増加率が低い，あるいは集団サイズの変化に伴わず一定である

3. 方法

3. 1 刺激

刺激として，疲労感を与えない時間が短いもの，被験者が初めて観るものとなるように，海外の物語広告のうち，日本語字幕がついており，感動的な内容を含む，わかりやすいものとして「Giving」[13] (2 分 57 秒)，「パパは嘘つき」[14] (3 分 26 秒)，「Løsninger er ofte nærmere enn du tror」[15](1 分 1 秒)の3つを選出した．これらの動画は，対面条件では部屋に設置してあるスクリーンで，オンライン条件ではパソコンやスマートフォンで提示された．動画はプレイリストの形で実験参加者に提供され，全ての実験参加者がこの順番で視聴した．

3. 2 実験参加者

実験参加者は大学生 92 人（男性 34 人，女性 58 人，平均年齢 20.2±1.20 歳）であった．

3. 3 実験時期と場所

実験は 2021 年 7 月～11 月に実施した．

対面条件の実験は後方に高さのある部屋（最大 180 名収容）で行われた．オンライン条件では場所を指定しなかった．

3. 4 手続き

実験参加者を視聴環境（2水準，対面・オンライン）および観客サイズ（3水準，個人・少人数グループ・大人数グループ）の組み合わせでできる 6 条件のいずれかに割り当てた．人数は，それぞれ個人条件で 1 人，少人数グループ条件で 4～5 人，大人数グループ条件で 31～35 人であった．また統制を取るために，全ての参加者が互いに同学年で顔見知りとした．

対面条件では，被験者を映像が見えやすい指定した席に座らせた．このうち，少人数グループでは映像のみが視野に入るよう，個人視聴条件の指定場所から横に広がるようにして間隔を開けずに座らせた．それに対して，大人数グループ条件の場合は細かな指定はせず，使用しているスクリーン付近に座らせた．被験者の着席後，本研究の趣旨，倫理的説明，実験説明の順で行った．そして実験参加者にスマートフォンのカメラの起動を依頼し，自身の目が映るように場所を決め，録画を開始するよう教示した．その後，3つの動画を連続して提示した．

オンライン条件では，実験をオンラインテレビ通話システム（Zoom, Zoom Video Communications, Inc.）を用いて行った．映像提示中に提示刺激が遮蔽されることを避けるために，実験者は映像提示用およびトラブル対処用の 2 台のデバイスを用いて通話システムに入室した．その後，実験参加者に入室してもらい，プレゼンテーションソフト（PowerPoint，Microsoft）を用いて資料を共有し，本研究の趣旨，倫理的説明，実験説明を行った．また映像の音を基準に瞬目の開始時刻を特定するために，イヤホンなどは用いずに映像を視聴するよう求めた．映像視聴中は映像の乱れや音声遅延を軽減するため，実験者，被験者共にビデオおよびマイクをオフにし，質問があればトラブル対処用のアカウントに個別でチャットをするように求めた．この他，実験では映像視聴後，被験者に質問紙への回答を促した．この結果については，紙面の都合上，割愛する．

3. 5 データ収集

3 つの映像のきっかけ音を 0 秒とし，撮影した映像において瞬目が生じた部分で映像を停止し，瞬目発生時間を同定した．また撮影された視聴者の顔映像から

自発性瞬目を1秒ごとに同定し，カウントした．このデータを用いて，5秒幅の時間窓を1秒ずつオーバーラップさせながら移動させて，時間窓内の瞬目率に基づいて瞬目率時系列を作成した．

4 結果

瞬目率時系列について，条件間で相関分析を行った．この散布図を図1に示す．相関分析の結果，大人数対面グループと大人数オンライングループにおいて有意に強い相関があった（$r = .73, p < .001$）．その他の条件の組み合わせにおいては中程度の相関が示され，いずれも有意であった（$rs > .53, ps < .001$）．

次に各グループの瞬目率時系列を図2に示す．図2aは，対面条件で結果を表している．観客サイズと瞬目率の関係に着目した結果，対面条件では，個人視聴の瞬目率に比べて，グループ視聴の方が瞬目率は高かった．さらに，大人数グループ視聴の瞬目率は少人数グループの瞬目率より数値としては高かった．

図2bは，オンライン条件での結果を表している．オンライン条件では，個人視聴の瞬目率と大人数グループの瞬目率は同程度であったのに対して，少人数グループの瞬目率が数値としては高かった．オンライン条件における3水準で比較すると，瞬目率の基線水準はほぼ同程度であるが，瞬目率がピークに達するときの振幅が突出しているというパターンが3つの動画で共通して見られた．この条件では，いずれも広告の後半に位置する，寄付などを求める画面に移行するシーンで瞬目率は上昇した．

5. 考察

まず相関分析の結果から，どの条件の組み合わせにおいても中程度以上の相関が有意に示されたことから，視聴環境と集団サイズは，瞬目率に特異な変化をもたらすものではないことが示唆された．つまり異なる視聴環境でも共通した瞬目の時系列パターンを引き起こすことを示している．共通する刺激を処理する参加者の間で生理的指標（例えば，心拍率の変動）が同期する現象は，近年，音楽ライブ[16][17]や言語パフォーマンス[18]において報告されている．本研究においても，映像作品の，訴求力が共通の入力として観客の個人差を超えて，類似した瞬目パターンを引き起こしたと考えられる．

次に時系列の瞬目率について，対面条件において，「集団サイズが大きいほど，瞬目が増加する」という仮説1は支持された．だが，オンライン条件においては，仮説1は支持されなかった．「オンライン条件は対面条件より集団サイズに伴う瞬目の増加率が低い，あるいは集団サイズの変化に伴わず一定である」という仮説2は，オンライン条件において観客サイズによる瞬目率の単調増加が示されなかったため支持されなかった．

対面条件では，個人視聴よりもグループ視聴において瞬目率が増加し，また集団サイズが大きいほどこの効果が強かった．これは，劇場で観察された情動伝染に関する集団サイズ研究の方向[10][11]と一致する．この結果は，対面での知覚を伴う観客間の相互作用がある場合，共視者認知の感覚は周囲の人の人数に依存しており，集団サイズの単調増加関数として瞬目率が増加したことを示唆する．

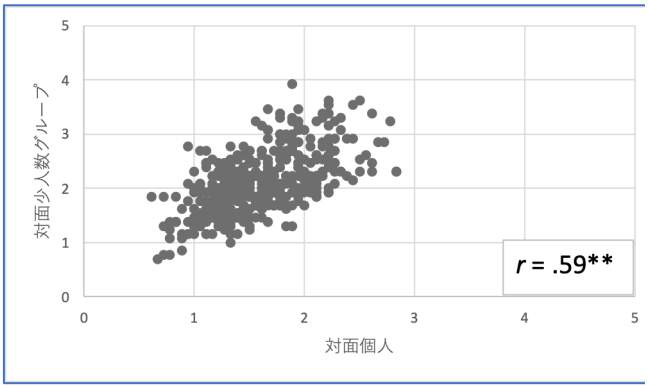
これに対して，オンライン条件の瞬目率においては，対面条件で見られた人数に伴う単調増加が示されなかった．このことから，オンライン視聴条件においては，自分自身や自分が所属する集団に対する認知が異なるという可能性が示唆された．少人数グループの場合，具体的な他者をイメージしやすい．このことが，共視者認知の感覚を相対的に強めたという可能性が考えられる．それに対し，３０名を超える大人数でのオンライン視聴状況では，共視者認知が薄れたことが考えられる．オンライン授業においては，音声が聞き取りづらいなどのデバイスの問題以外に，偶有的なつながりの薄さ，具体的には授業中の目配せや授業後の会話などが排除されてしまうことが問題視されている[19]．オンライン視聴では，対面視聴で生じうる，他者との感情共有が阻害される(あるいは阻害されるだろうと予想する)ことが共視者認知の低下に繋がったとも考えられる．

またオンライン条件では他者の存在を認識すると同時に没個性化している可能性が考えられる．没個性化が生じる条件として，他者との差異や他者からの圧力を感じないこと，責任を問われないこと，集団に埋没させることなどがある[20]．それゆえ自他の認識が曖昧な大人数オンライン条件では他者を認知するも，具体的な他者をイメージできなかったため，少人数グループより瞬目率が低かった可能性が考えられる．つまりオンライン条件では他者に対する具体的な認知ができず，人数がある一定の値まで多くなると対面条件での共視者認知と異なる他者に対する認知が生じると考えられる．

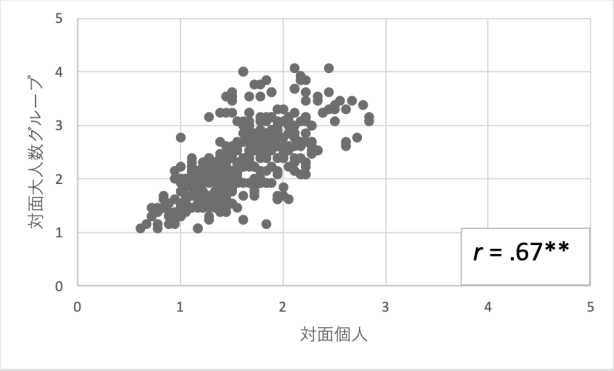
6. 今後の展望

本研究では，対面条件とオンライン条件によって集団サイズにおける瞬目率の変化及び他者の認知の仕方が異なることが明確になった．しかしこのような差が

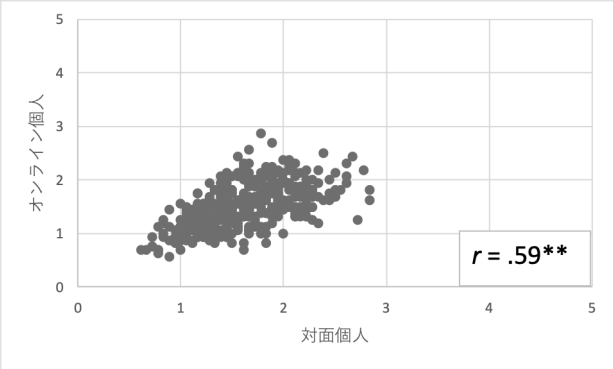
生じた要因を明確に突き止められてはいない．そのため今後の研究で，外的変数やより多くの集団サイズ条件の水準を導入し，より精緻に検討することで，オンラインにおいて大人数グループの方が少人数グループより瞬目率を低める理由を説明できると考えられる．



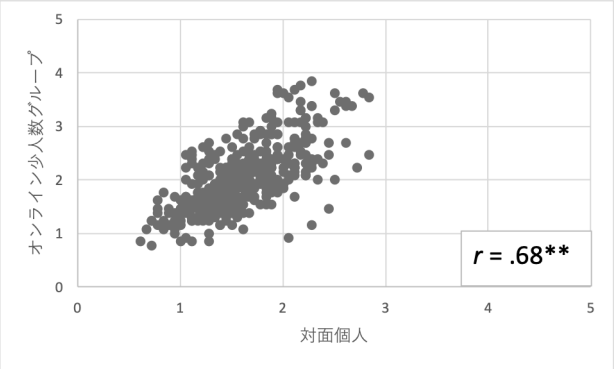
(a) 対面個人—対面少人数グループ



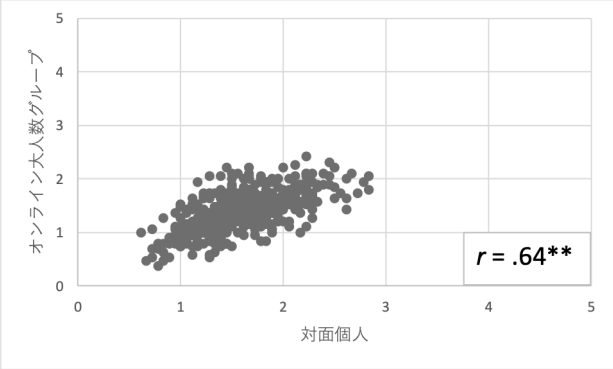
(b) 対面個人—対面大人数グループ



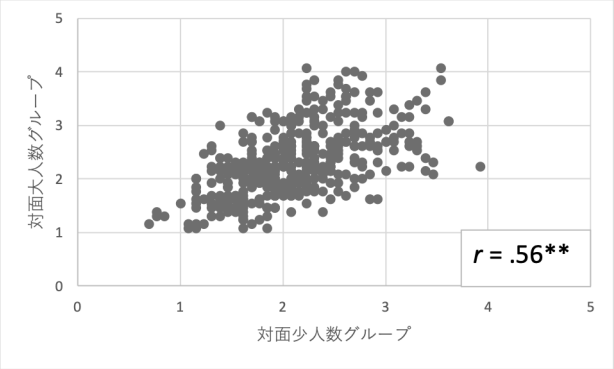
(c) 対面個人—オンライン個人



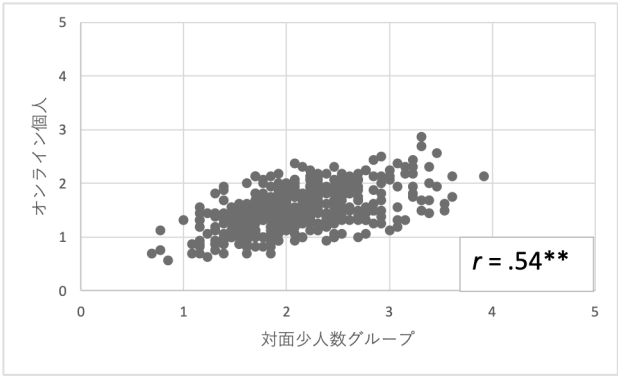
(d) 対面個人—オンライン少人数グループ



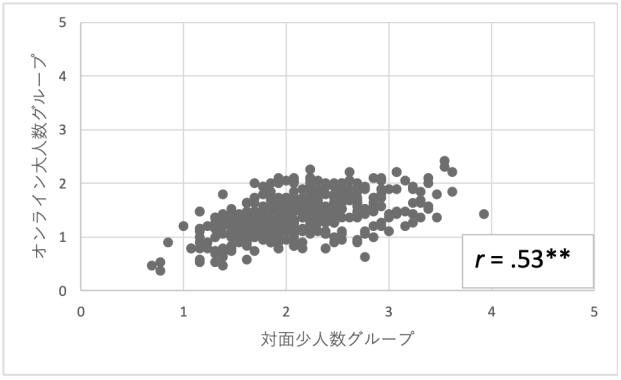
(e) 対面個人—オンライン大人数グループ



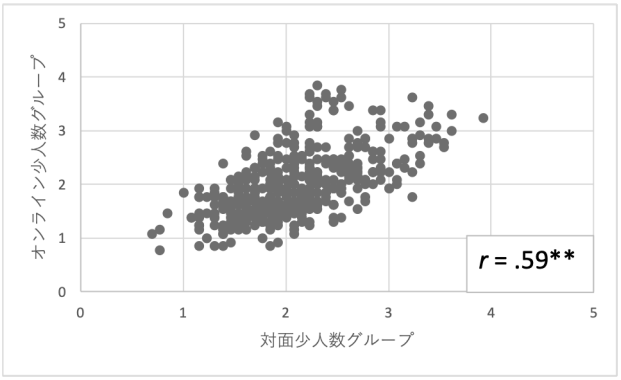
(f) 対面少人数グループ—対面大人数グループ



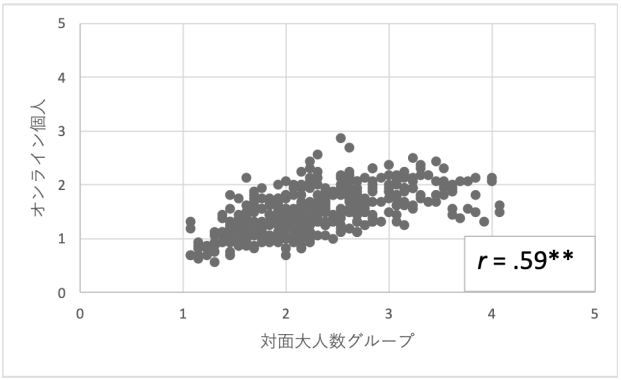
(g) 対面少人数グループ—オンライン個人



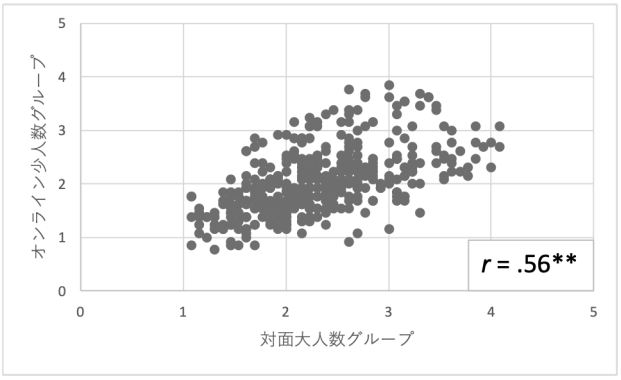
(i) 対面少人数グループ—オンライン大人数グループ



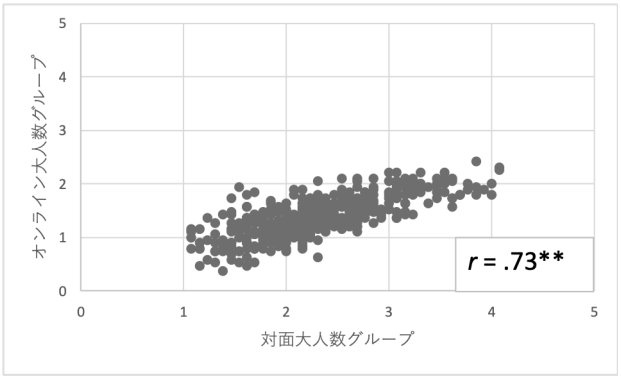
(h) 対面少人数グループ—オンライン少人数グループ



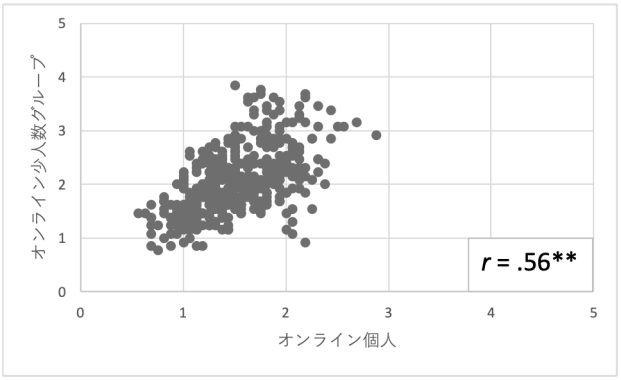
(j) 対面大人数グループーオンライン個人



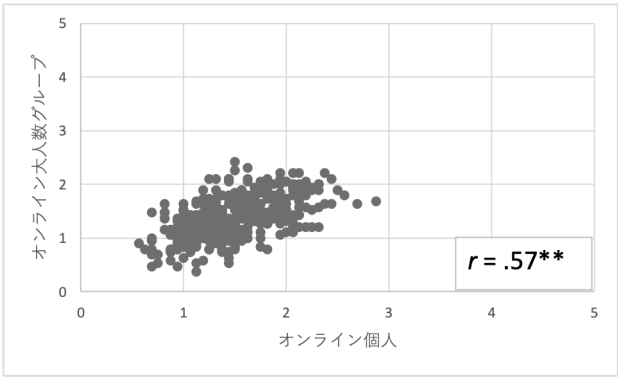
(k) 対面大人数グループ—オンライン少人数グループ



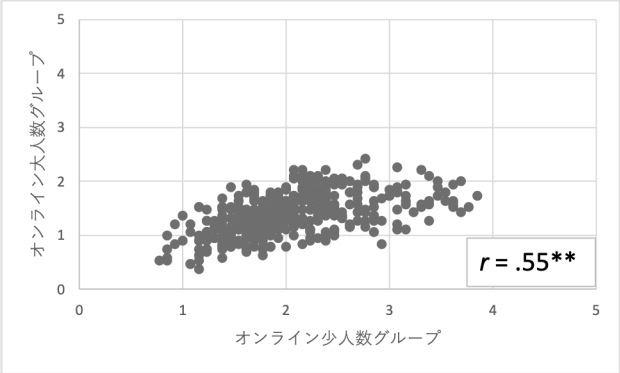
(l) 対面大人数グループ—オンライン大人数グループ



(m) オンライン個人—オンライン少人数グループ

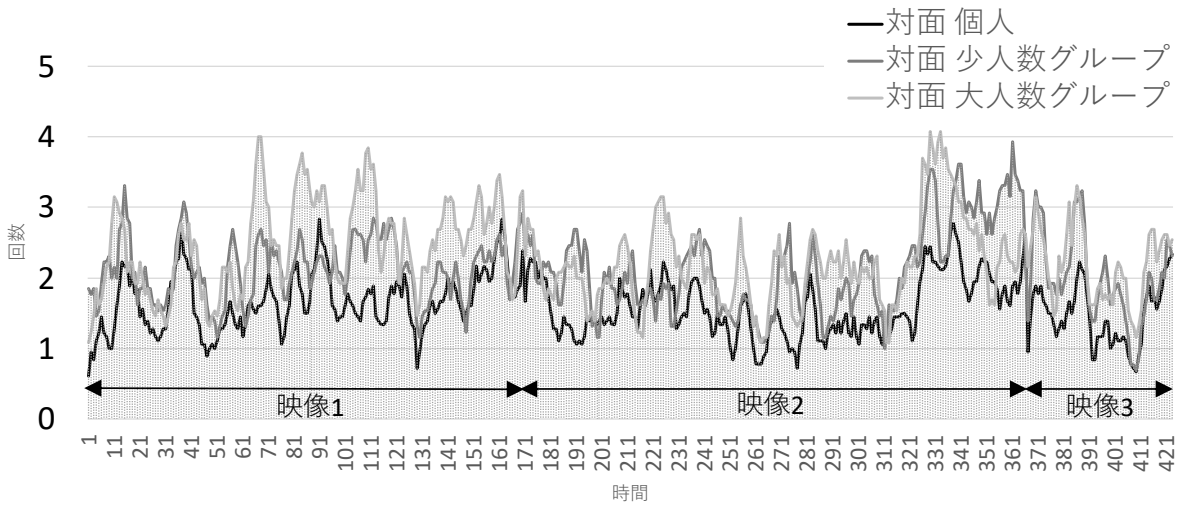


(n) オンライン個人—オンライン大人数グループ

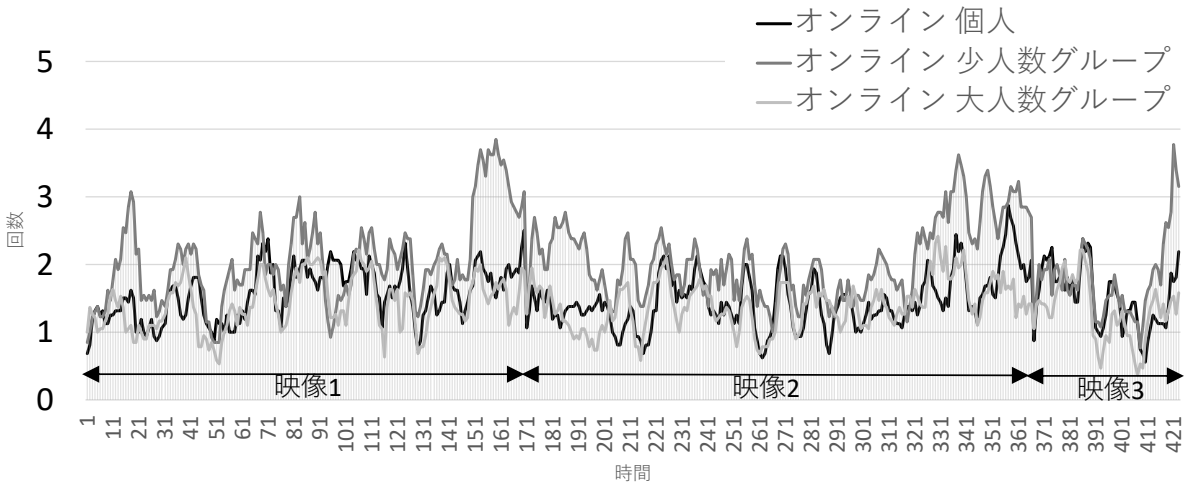


(o) オンライン少人数グループーオンライン大人数グループ

図1　各ペアにおける瞬目率の散布図.　** $p < .01$.



(a) 対面条件



(b) オンライン条件

図2　各時刻における瞬目率の推移.

いずれの実験でも，映像1，映像2，映像3の順序で映像を提示した.

文献

[1] 中本 千晶 (2020). オンライン配信、そして「オンライン演劇」、実際どう？　演劇ファンの複雑な胸中　YAHOO!ニュース Retrieved from **エラー! ハイパーリンクの参照に誤りがあります。** https://news.yahoo.co.jp/byline/nakamotochiaki/20201224-00213642 (最終閲覧日 June 12,2021).

[2] 後藤 隆基（編著）・早稲田大学坪内博士記念演劇博物館（監修）(2021). ロスト・イン・パンデミック　失われた演劇と新たな表現の地平 春陽堂書店

[3] Zajonc, R.B. (1965). Social facilitation. Science, 149, 269-274.

[4] 大平英樹・丹治哲雄. (1992). 社会的促進における媒介要因としての生理的覚醒水準. 心理学研究, 62(6), 369−372.

[5] 田多英興・福田恭介・山田富美雄(1991).まばたきの心理学―瞬目行動の研究を総括する. 北大路書房

[6] Hall, A. (1945). The origins and purpose of blinking. *The British Journal of Ophthalmology*, 29 (9), 445–467.

[7] Nakano, T, Yamamoto, Y, Kitajo, K, Takahashi, T, & Kitazawa, S. (2009). Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories. *Proceedings of the Royal Society B*, 276 (1673), 3635 –3636, doi.org/10.1098/rspb.2009.0828.

[8] Nomura, R., Hino, K., Shimazu, M., Liang, Y., & Okada, T. (2015). Emotionally excited eyeblink-rate variability predicts an experience of transportation into the narrative world. *Frontiers in Psychology*, 6, 447.

[9] Latané, B., Williams, K., & Harkins, S. (1979). Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. *Journal of Personality and Social Psychology, 37*(6), 822–832.

[10] Smyth, M. M., & Fuller, R. G. (1972). Effects of group laughter on responses to humorous material. *Psychological Reports*, 30(1), 132−134.

[11] Provine, R. R. (1992). Contagious laughter: Laughter is a sufficient stimulus for laughs and smiles. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 30(1), 1−4.

[12] Hatfield, E., Cacioppo, J. T., & Rapson, R. L. (1993). Emotional contagion. *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), 96−100.

[13] https://www.youtube.com/watch?v=0i-dTKAKHWQ

[14] https://www.youtube.com/watch?v=bh0Jdyabjn8

[15] https://www.youtube.com/watch?v=o06UZfoHeLU

[16] So, T. Y., Li, M. Y. E., & Lau, H. (2021). Between-subject correlation of heart rate variability predicts movie preferences. *PLOS ONE*, 16(2), e0247625.

[17] Madsen, J., & Parra, L. C. (2022). Cognitive processing of a common stimulus synchronizes brains, hearts, and eyes. *PNAS Nexus*, 1(1), pgac020.

[18] Pauline Pérez, Jens Madsen, Leah Banellis, Bașak Türker, Federico Raimondo, Vincent. Perlbarg, Melanie Valente, Marie-Cécile Niérat, Louis Puybasset, Lionel Naccache, Thomas Similowski, Damian Cruse, Lucas C. Parra, Jacobo D. Sitt. Conscious processing of narrative stimuli synchronizes heart rate between individuals. *Cell Reports*, 2021; 36 (11): 109692 DOI: 10.1016/j.celrep.2021.109692

[19] 村上正行・浦田悠 (2021). 大学生における「つながり」の実感とオンライン授業. 質的心理学フォーラム,13,28–36.

[20] 内藤哲雄（1990）. 信州大学医療技術短期大学部紀要, 1, 人文・社会系 16 (1), 47–59.

ロボットの外見と動作が心的状態の帰属に及ぼす影響
Do You Attribute Mental States to Simple or Complex Robots? The Effect of Robots' Appearances and Movements

古見 文一[1]，森田 磨里絵[2]，西尾 祐美子[3]，板倉 昭二[4]
Fumikazu Furumi, Marie Morita, Yumiko Nishio, Shoji Itakura

[1]静岡大学学術院教育学領域，[2]立命館大学BKC社系研究機構，
[3]畿央大学教育学部，[4]同志社大学赤ちゃん学研究センター
Shizuoka University, Ritsumeikan University, Kio University, Doshisha University
fumikazu.furumi@gmail.com

概要

本研究では，2 種類のロボットの静止画や動画を，59 名の参加者に呈示し，それぞれに対する擬人化に関して質問紙への回答を求めた。その結果，ロボットへの心的状態の帰属には，外見と動作の相互作用も見られ，見た目が簡素なロボットは機械的な動作でもポジティブに評定されるが，見た目がヒトに近い人間的なロボットは，人間的な動作を見せることで，ようやく心的状態の帰属にポジティブな影響を及ぼすことが示唆された。

キーワード : ロボット，擬人化，心の理論，ベビースキーマ

1. はじめに

ヒトは，他者に心的状態を帰属することによって，目に見える他者の行動について，心という理論を用いて説明することができる。このような，他者に心的状態を帰属することができる能力については，心の理論（Theory of mind）研究として，数多くの研究が行われてきた (e.g. Premack & Woodruf, 1978; Wellman et al., 2001)。また，Heider & Simmel (1944) でも示されているように，ヒトは，対象がヒトでなくとも，単純な動作が伴った単純な幾何学図形をも生きていると感じ，心的状態を帰属することが明らかにされている。どのような動作を見ることにより，対象を「生きている」と感じるかという関連については，アニマシー知覚の研究として，多くの研究で調べられている (e.g. Di Giorgio et al., 2017; Tremoulet & Feldman, 2000)。

また，近年，身近になりつつあるロボットへのアニマシー知覚に関して，ロボットへの心的状態の帰属については，ロボットの外見が心的状態の帰属に影響を及ぼすことが示されており (Manzi et al., 2020)，対象への心的状態の帰属では，外見により人間らしい特徴がある方が，心的状態を帰属しやすいことがわかっている。また，Okanda et al. (2021) では，ロボットとのインタラクションの前後で，ロボットへのアミニズム知覚が変化することが示されている。さらに，ヒトに近い外見のヒューマノイドに関しては，人間らしいやりとりを行うと，機械的なやりとりを行った時に比べて，ヒューマノイドに心的状態を帰属させやすいことが指摘されている (Marches et al. 2022)。しかしながら，従来のアニマシー知覚の研究を踏まえると，ヒトと似ていない，単純な図形に近いようなロボットであれば，機械的な動作でも，心的状態を帰属させる傾向が認められる可能性が高い。そこで，本研究では，外見がヒトに近いロボットと，簡素な外見のロボットの 2 種類を用いて，動作が加わることにより，ロボットに対する心的状態への帰属の傾向が変化するか，検討することを目的とした。

以上より，本研究では，外見がヒトに近いロボットと，外見が簡素な「弱いロボット」（岡田，2016）を使用し，動作の複雑性を操作した。これによって，静止画と，機械的な動作や人間的な動作を見せている動画を視聴した後に，各々のロボットに対する心的状態の帰属の程度が変化するかについて明らかにすることを目的として，実験を行った。具体的には，これまでのアニマシー知覚の研究における知見と，Okanda et al. (2021) を踏まえ，仮説 1「外見が簡素な弱いロボットについては，機械的な動作を加えることで，心的状態を帰属しやすくなる」を立てた。また，Manzi et al. (2020) の結果から，仮説 2「静止画の状態では，外見がヒトに近いロボットの方が，弱いロボットよりも心的状態を帰属しやすい」を立てた。さらに，Marches et al. (2022) の知見から，仮説 3「人間的な動作が可能な外見がヒトに近いロボットに関しては，人間的な動作を行うことで，心的状態を帰属しやすくなる」を立てた。

2. 方法

データを収集する前に，必要なサンプル数を決定す

るため，Faul et al. (2007) の G*power 3 を用いて検定力分析を行ったところ，参加者数は 55 名が妥当であった (有意水準 5%，検定力 0.8)。この結果を踏まえ，大学生 59 名を，本研究の調査参加者とした（男性 29 名，女性 30 名，平均年齢 20.98 歳，*SD* = 1.02 歳）。調査は，株式会社クロス・マーケティングを通して，オンラインで行い，調査前に，インフォームド・コンセントをとった。なお，本研究は，事前に大学機関の倫理審査委員会にて承認を得た上で実施された (承認番号 20029)。

実験刺激は，外見がヒトに近いロボットとしてヴイストン株式会社の CommU と，外見が簡素な弱いロボットとして株式会社ミクシィの Romi を用いた。CommU の静止画については，CommU の頭部に青色のバンダナを巻いたものを使用し，Romi の静止画では，本体色が青色のものを用いた (図 1)。機械的な動作の動画では，CommU には，頭部に赤色のバンダナを装着し，Romi は本体色が赤色のものを用いた。CommU の人間的な動作の動画では，頭部にニットの帽子を装着した。機械的な動作の動画では，「こんにちは。私の名前は CommU（Romi）です。よろしくお願いします。」という音声に合わせて，CommU は首を，Romi は全体を上下に動かす動作を行った。CommU の人間的な動作の動画では，同様の「こんにちは。私の名前はホワイトです。よろしくお願いします」の音声に合わせ，CommU が右手を挙げ，少し顔を傾けた後に，お辞儀をするという動作を行った。動画の刺激では，全ての刺激の長さを 10 秒に揃えた。

それぞれの刺激を呈示後，上出他 (2017) の J-HEs と J-MPS の尺度を用いて，対象がどれくらい心を持っているかについて評定を求めた。J-HEs 尺度は，「以下のそれぞれの内容は，写真（動画）に写っている対象にどの程度当てはまると思いますか。」という質問に対して，対象が各項目 (ex.「楽しいこと好き」など) にどの程度当てはまるかを 6 件法（1. まったく当てはまらない〜6. 非常に当てはまる）で回答を求めるものである。J-HEs 尺度は，Haslam (2006) が，対象の擬人化の程度について，人間性 (Human essence) の評価において，特性のレベルで，人間の独自性 (Uniquely human) と人間の本質性 (Human nature) の 2 つの次元で構成されると定義した尺度を，上出他 (2017) が日本語版にしたものである。J-HEs では，人間の本質性が，ポジティブな項目群からなる「ポジティブな人間の本質性」と，ネガティブな項目群からなる「ネガティブな人間の本質性」という 2 因子構造となっている。また，人間の独自性に関

図 1　実験で用いた静止画の刺激
（左：CommU，右：Romi）

してもポジティブな項目群からなる「ポジティブな人間の独自性」と，ネガティブな項目群からなる「ネガティブな人間の独自性」の 2 因子構造であり，全体で 4 因子構造となることが上出他 (2017) によって指摘されている。

J-MPS 尺度は，「写真(動画)に写っている対象は，以下の項目をどの程度できると思いますか。」という質問に対して，対象が各項目 (ex. 「感情を認識すること」など) をどの程度できると思うかを 5 件法（1. まったくできない〜5. 非常によくできる）で回答を求めるものである。J-MPS 尺度は，Gray et al. (2007) が，対象の擬人化の程度を測定するために開発した尺度である MP 尺度を，上出他 (2017) が日本語版にしたものである。MP 尺度では，行為の主体性である Agency と感覚の経験性である Experience の 2 つの次元が指摘されているが，上出他 (2017) によると，Experience について，ポジティブな項目群からなる「ポジティブ感覚の経験性」とネガティブな項目群からなる「ネガティブ感覚の経験性」，そして「行為の主体性」の 3 因子構造が妥当であると結論づけられている。

3.　結果

上出他 (2007) の因子分析結果にならって，J-HEs に関して，「ポジティブな人間の本質性」，「ネガティブな人間の本質性」，「ポジティブな人間の独自性」，「ネガティブな人間の独自性」の 4 つの下位尺度を構成した。J-MPS に関しても，「ポジティブ感覚の経験性」，「ネガティブ感覚の経験性」，「行為の主体性」の 3 つ

の下位尺度を構成した。各下位尺度の項目の得点を合計し，それを項目数で割ったものを下位尺度得点として，各下位尺度について，刺激の種類を要因とする，一要因参加者内分散分析を行った。

J-HEs における「ポジティブな人間の本質性」の下位尺度においては，主効果が有意であった (F (4, 236) = 32.05, p < .001, η_p^2 = .35)。多重比較を行ったところ，Romi の動画は，Romi の静止画 (t (59) = 2.32, p = .02, r = .29)，CommU の静止画 (t (59) = 9.16, p < .001, r = .77)，機械的な動作の動画 (t (59) = 7.49, p < .001, r = .70)，人間的な動作の動画 (t (59) = 5.35, p < .001, r = .57) よりも得点が有意に高かった。また，Romi の静止画は，CommU の静止画 (t (59) = 7.53, p < .001, r = .70)，機械的な動作の動画 (t (59) = 4.85, p < .001, r = .53)，人間的な動作の動画 (t (59) = 3.05, p < .001, r = .37) よりも得点が有意に高かった。CommU の人間的な動作の動画は，CommU の静止画 (t (59) = 4.49, p < .001, r = .50)，機械的な動作の動画 (t (59) = 2.66, p = .01, r = .33) よりも得点が有意に高かった。さらに，CommU の機械的な動作の動画は，CommU の静止画よりも得点が有意に高かった (t (59) = 2.46, p = .02, r = .31)。

「ネガティブな人間の本質性」の下位尺度においても，主効果が有意であった (F (4, 236) = 33.54, p < .001, η_p^2 = .36)。多重比較を行ったところ，CommU の静止画は，Romi の静止画 (t (59) = 9.43, p < .001, r = .78)，動画 (t (59) = 9.78, p < .001, r = .79)，CommU の機械的な動作の動画 (t (59) = 5.69, p < .001, r = .60)，人間的な動作の動画 (t (59) = 6.39, p < .001, r = .64) よりも得点が有意に高かった。また，CommU の機械的な動作の動画は，Romi の静止画 (t (59) = 3.24, p = .008, r = .39)，動画 (t (59) = 4.70, p < .001, r = .52) よりも有意に得点が高かった。CommU の人間的な動作の動画は，Romi の動画よりも得点が有意に高かった (t (59) = 3.30, p = .008, r = .39)。人間の本質性（ポジティブ/ネガティブ）の条件ごとの平均得点は図2に示す通りであった。

J-HEs における「ポジティブな人間の独自性」の下位尺度においても，主効果が有意であった (F (4, 236) = 7.64, p < .001, η_p^2 = .12)。多重比較を行ったところ，Romi の動画は，Romi の静止画 (t (59) = 3.16, p = .02, r = .38)，CommU の静止画 (t (59) = 2.81, p = .05, r = .34) よりも有意に得点が高かった。一方で，CommU の人間的な動作の動画は，Romi の静止画 (t (59) = 4.45, p < .001, r = .50)，CommU の静止画 (t (59) = 4.01, p = .001, r = .47) よりも有意に得点が高かった。

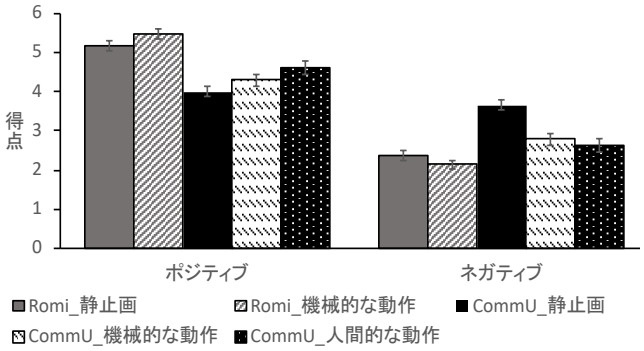


図 2 人間の本質性(ポジティブ/ネガティブ)平均得点

「ネガティブな人間の独自性」の下位尺度においても，主効果が有意であった (F (4, 236) = 28.41, p < .001, η_p^2 = .33)。多重比較を行ったところ，CommU の静止画は，Romi の静止画 (t (59) = 7.43, p < .001, r = .70)，動画 (t (59) = 8.84, p < .001, r = .75)，CommU の機械的な動作の動画 (t (59) = 5.47, p < .001, r = .58)，人間的な動作の動画 (t (59) = 6.29, p < .001, r = .63) よりも得点が有意に高かった。また，CommU の機械的な動作の動画は，Romi の静止画 (t (59) = 2.87, p = .02, r = .35)，動画 (t (59) = 5.73, p < .001, r = .60) よりも得点が有意に高かった。CommU の人間的な動作の動画は，Romi の動画よりも得点が有意に高かった (t (59) = 3.50, p = .005, r = .41)。人間の独自性（ポジティブ/ネガティブ）の刺激ごとの平均得点は，図 3 に示す通りであった。

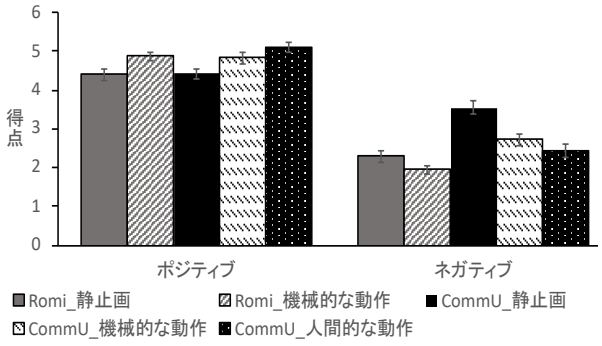


図 3 人間の独自性(ポジティブ/ネガティブ)平均得点

J-MPS における「ポジティブ感覚の経験性」の下位尺度においては，主効果が有意であった (F (4, 236) = 3.85, p = .005, η_p^2 = .06)。多重比較を行ったところ，Romi の動画は，CommU の機械的な動作の動画よりも得点が有意に高く (t (59) = 3.57, p = .007, r = .42)，CommU の人間的な動作の動画は，CommU の機械的な動作の

動画よりも得点が有意に高かった ($t(59) = 3.00, p = .04, r = .36$)。

一方,「ネガティブ感覚の経験性」の下位尺度においては，有意差はみられなかった (F (4, 236) = 2.40, p = .06, η_p^2 = .04)。感覚の経験性（ポジティブ/ネガティブ）の刺激ごとの平均得点は，図 4 に示す通りであった。

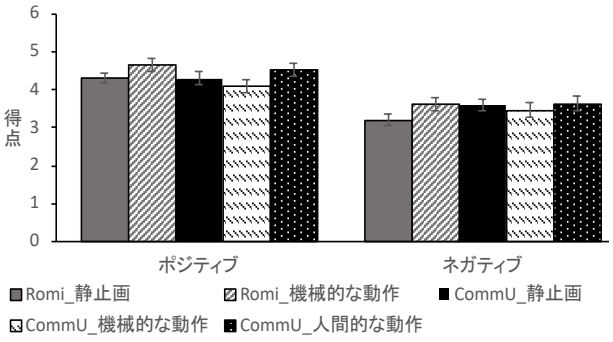


図 4 感覚の経験性(ポジティブ/ネガティブ)平均得点

J-MPS における「行為の主体性」の下位尺度においては，主効果が有意であった (F (4, 236) = 10.28, p <.001, η_p^2 = .15)。多重比較を行ったところ，Romi の静止画は，CommU の静止画よりも有意に得点が高かった (t (59) = 3.34, p = .01, r = .42)。Romi の動画は，CommU の静止画 ($t(59) = 5.07, p < .001, r = .55$)，機械的な動作の動画 ($t(59) = 5.46, p < .001, r = .58$)，人間的な動作の動画 ($t(59) = 3.18, p = .02, r = .38$) よりも得点が有意に高かった。また，CommU の人間的な動作の動画は，CommU の静止画よりも得点が有意に高かった ($t(59) = 2.81, p = .04, r = .34$)。行為の主体性の刺激ごとの平均得点は，図 5 に示す通りであった。

さらに詳細に検討するため，項目ごとに一要因参加者内分散分析を行ったところ，ほとんどの項目で有意な差がみられた。代表的な結果としては，J-MPS 尺度における「感情を認識すること」の項目において，主効果が有意 (F (4, 236) = 6.56, p < .001, η_p^2 = .10) であり，多重比較の結果，機械的な動作を行っている Romi に対しては，静止画の Romi ($t(59) = 3.04, p = .03, r = .37$) や CommU ($t(59) = 4.54, p < .00, r = .51$)よりも感情を認識すると評定されていた。また CommU に関しては，人間的な動作を行うと，静止画の CommU よりも感情を認識すると評定されていた ($t(59) = 3.52, p = .01, r$ = .42)。項目「感情を認識すること」の刺激ごとの平均得点は，図 6 に示す通りであった。

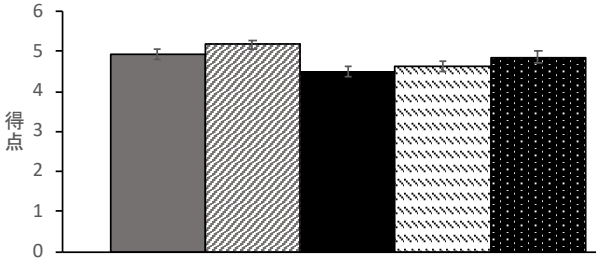


図 5 行為の主体性平均得点

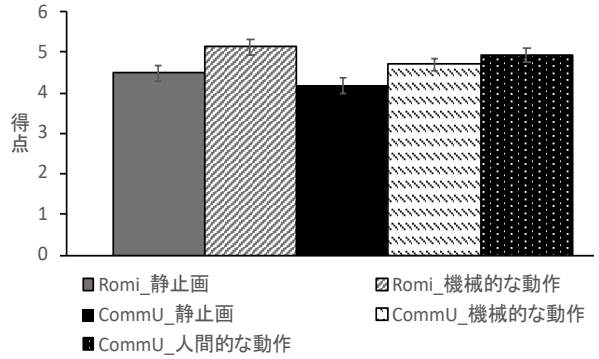


図 6 J-MPS 項目「感情を認識すること」平均得点

4. 考察

本研究では, 見た目がヒトに近いロボットの CommU と, 外見が簡素な「弱いロボット」の Romi を用いて，成人の参加者を対象として，ロボットに心的状態を帰属するかについて，質問紙調査を行った。その結果，簡素な外見の弱いロボット（本研究における Romi）に関しては，機械的な動作を行うのみで，より「感情を認識する」と評価された。一方で，よりヒトに近い外見のロボット（本研究における CommU）は，機械的な動作を行うのみでは，「感情を認識する」という評価は静止画と変わらず，人間的な動作を行うことにより，ようやく「感情を認識する」という評価が高くなることが明らかとなった。この結果は，仮説 1「外見が簡素な弱いロボットについては，機械的な動作を加えることで，心的状態を帰属しやすくなる」と，仮説 3「人間的な動作が可能な外見がヒトに近いロボットに関しては，人間的な動作を行うことで，心的状態を帰属しやすくなる」を支持するものであった。動作を見せるだけで，ロボットへの心的状態の帰属が変化

することを示した本研究の知見は，Okanda et al. (2021) の，ロボットとのインタラクションの前後で，ロボットへのアニミズム知覚が変化するという知見と一致するものであると考えられる。さらに，ロボットの外見と動作の相互作用は，ヒトのロボットに対する心的状態の帰属に影響を及ぼし，より簡素な外見のロボットでは，少しの動作でもヒトが心的状態を帰属しやすくなることを示唆している。また，ヒトに近いロボットにおいて，機械的な動作ではなく，人間的な動作を見せることにより，ようやく心的状態を帰属されるという結果は，Marches et al. (2022) の知見とも一致するものである。

一方で，仮説 2「静止画の状態では，外見がヒトに近いロボットの方が，弱いロボットよりも心的状態を帰属しやすい」は，「感情を認識する」という評定において，Romi の静止画と CommU の静止画では有意差がみられず，支持されたとはいえない。これは，Manzi et al. (2020) の結果とは異なるものであったが，Manzi et al. (2020) で用いられたロボットの Robovie は，ヒトと同じように胴体や腕などが存在する。それらの身体的な特徴が，機械的であり，本研究で用いた Romi は全体的に CommU に比べて，丸みを帯びた外見，身体のほとんどが顔であることなど，ベビースキーマ (Lorenz, 1943) の特徴が多くある。それがかえって，心的状態の帰属にポジティブな影響を及ぼし，CommU と同程度に，心的状態を帰属された可能性がある。

J-HEs のそれぞれの下位尺度ごとの分析により，まず，ポジティブな人間の本質性に関して，静止画では，Romi の方が，CommU よりも高く評定されていた。また，Romi は動画を見た方が，静止画よりも高く評定されており，CommU は，人間的な動作，機械的な動作，静止画の順に高く評定されていた。一方で，ポジティブな人間の独自性については，静止画では，Romi と CommU の間に差がみられず，Romi は，動画を見た方が，静止画よりも高く評定されており，CommU は，人間的な動作を見せることで，静止画よりも高く評定されていた。ポジティブな人間の本質性は，「楽しいこと好き」「好奇心旺盛な」など，比較的子どもに特徴的な内容が多く，ポジティブな人間の独自性は，「礼儀正しい」「きちょうめんな」など，比較的大人に特徴的な内容が多かった。外見に関しては，Romi は，ベビースキーマの特徴を多く持つため，比較的子どもに特徴的な内容と考えられるポジティブな人間の本質性に関しては，静止画の段階で，Romi の方が高く評定されていたと考えられる。また，Romi も CommU も機械的な動作が加わるだけで評定値が上がったのも，機械的な動作は，首を上下に動かすだけのような，幼児性を感じられるものであったため，人間の本質性の評定に関しては，十分に影響を与えるものであったのだろう。これに対し，大人に特徴的と考えられる項目が含まれるネガティブな人間の本質性に関しては，「手を挙げる」「お辞儀をする」といった人間的な動作が，CommU の評定値を挙げるためには必要だった一方，Romi は機械的な動作でも評定値が上がっていたのは興味深い結果である。これは，Romi は外見上，人間的な動作ができるようには捉えられず，参加者が Romi の能力を過小評価した結果，機械的な動作を見せるだけでも，評定値の上昇につながった可能性が考えられる。

反対に，ネガティブな人間の本質性，ネガティブな人間の独自性では，静止画の段階で，CommU の方が，Romi よりも高く評定されていた。ネガティブな人間の本質性は，「神経質な」「嫉妬深い」などの項目で構成されており，ネガティブな人間の独自性は，「無礼な」などの項目で構成されていた。これらに関しては，よりヒトに近い外見の CommU は，人間のネガティブな一面も持ち合わせていると考えられやすかった可能性がある。これらのネガティブな側面に関する評定では，機械的な動画を見るだけで，CommU の評定値は下がっていた。この結果については，動画の音声が，「こんにちは。私の名前は○○です。よろしくお願いします」というものであり，比較的，礼儀正しいと捉えられるものであったことが理由として挙げられる。一方で，ネガティブな側面に関する Romi への評定は，動画を見ても変わらなかった。これは，元々の静止画の段階での得点が，それほど高くなかったためであると考えられる。

J-MPS のそれぞれの下位尺度のごとの分析からは，まず，ポジティブな感覚の経験性に関しては，機械的な動画を比較した際に，Romi の方が，CommU よりも高く評定されており，CommU は人間的な動作の方が，機械的な動作よりも高く評定されていた。ポジティブな感覚の経験性は，「意識を持つこと」「個性を持つこと」などの項目が含まれており，Romi の方が，機械的な動作でも，これらの特徴を持ち得ると判断され，CommU は，人間的な動作を見せることで，ようやくこれらの特徴を持ち得ると判断されると考えられる。しかしながら，静止画との比較では，Romi にお

いて有意な傾向がみられたのみであり，解釈は困難である。さらに，ネガティブな感覚の経験性に関しては，有意差がみられていないため，感覚の経験性には，ロボットの動作はそれほど影響しないと結論づけることができるだろう。

行為の主体性に関しては，静止画ではRomi の方が，CommU よりも高く評定されていた。行為の主体性には，「記憶すること」「感情を認識すること」などの項目が含まれていた。上出他 (2007) が指摘しているように，行為の主体性に関しては，ポジティブな内容とニュートラルな内容が混在しているために，他の下位尺度において，ポジティブな内容で高く評定されている Romi が，同様に高く評定されたのかもしれない。そして，CommU に関しては，人間的な動作の方が，機械的な動作よりも高く評定されていたが，人間的な動作を見せることによって，よりヒトに近いと捉えられた可能性が高い。

本研究では，擬人化尺度を用いて，ロボットへの心的状態の帰属に，外見と動作が及ぼす影響を検討した。その結果，外見が簡素な弱いロボットは，外見がヒトに近いロボットよりも，ポジティブな側面の擬人化に関する評定を得やすく，外見がヒトに近いロボットは，よりネガティブな側面の擬人化に関する評定を得やすいことがわかった。さらに，動作が加わると，これらの評定は，よりポジティブな方向へと影響を受ける傾向が確認できた。弱いロボットの方が，機械的な動作でもポジティブな影響を受けやすいのに対し，ヒトに近い外見のロボットは，人間的な動作を行うことで，ポジティブな影響を受けやすいことが明らかとなった。これらの結果は，今後のヒトとロボットのより良いコミュニケーションの在り方を検討する上で，重要なものとなるだろう。また，弱いロボットに対してポジティブな方向に評定されやすい点については，ベビースキーマの知見を踏まえて，検討を重ねるとともに，乳幼児期からの発達的変化を調べる必要があると考えられる。

文献

[1] Di Giorgio, E., Lunghi, M., Simion, F., & Vallortigara, G. (2017). Visual cues of motion that trigger animacy perception at birth: the case of self-propulsion. *Developmental Science, 20*(4), e12394. https://doi.org/10.1111/desc.12394

[2] Faul, F., Erdfelder, E., Lange, A. -G., & Buchner, A. (2007). G*Power3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191. htpps:// doi: 10.3758/bf03193146.

[3] Grey, H. M., Gray, K., & Wegner, D. M. (2007). Dimensions of mind perception. Science, *315*(5812), 619. https://doi.org/10.1126/science.1134475

[4] Haslam, N. (2006). Dehumanization: An integrative review. Personality and Social Psychology Review, 10(3), 252-264. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr1003_4

[5] Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. The *American Journal of Psychology, 57*(2), 243-259. https://doi.org/10.2307/1416950

[6] 上出寛子・高嶋和毅・新井健生 (2017). 日本語版擬人化尺度の作成. *パーソナリティ研究*, *25*(3), 218-225. https://doi.org/10.2132/personality.25.218

[7] Lorenz, K. (1943). Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung. *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, *5*(2), 235-409. https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1943.tb00655.x

[8] Manzi, F., Peretti, G., Di Dio, C., Cangelosi, A., Itakura, S., Kanda, T., Ishiguro, H., Massaro, D., & Marchetti, A. (2020). A robot is not worth another: Exploring children's mental state attribution to different humanoid robots. *Frontiers in Psychology*, *11:2011*. https://doi: 10.3389/fpsyg.2020.02011

[9] Marchesi, S., Tommaso, D. D., Perez-Osorio, J., & Wykowska, A. (2022). Belief in Sharing the Same Phenomenological Experience Increases the Likelihood of Adopting the Intentional Stance Toward a Humanoid Robot. Technology, Mind, and Behavior, 3(3). https://doi.org/10.1037/tmb0000072

[10] 岡田美智男 (2016). 人とのかかわりを思考する〈弱いロボット〉とその展開. 日本ロボット学会誌, 34 (5), 299-303. https://doi.org/10.7210/jrsj.34.299

[11] Okanda, M., Taniguchi, K., Wang, Y., & Itakura, S. (2021). Preschoolers' and adults' animism tendencies toward a humanoid robot. Computers in Human Behavior, 118, 106688. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106688

[12] Premack, D., & Woodruf, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences, 1*(4), 515-526. https://doi:10.1017/S0140525X00076512

[13] Tremoulet, P. D., & Feldman, J. (2000). Perception of animacy from the motion of a single object. *Perception, 29*(8), 943-951. https://doi: 10.1068/p3101.

[14] Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: the truth about false belief. *Child Development, 72*(3), 655-684. https//doi: 10.1111/1467-8624.00304.

指示手段の動きによる対象特定効果～人の指さしと矢印の比較～
Specificity effect by the movement of pointing tool: Comparison between human pointing and an arrow

五味　渡海[1], 安田 哲也[2], 小林 春美[2*]
Tokai Gomi, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi

[1]東京電機大学大学院理工学研究科, [2]東京電機大学
[1]Graduate School of Tokyo Denki University, [2]Tokyo Denki University
[1]22rmd16@ms.dendai.ac.jp ,*h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では、指さしの指示対象となる事物を聞き手に見せずに話し手が教示行為を行った場合、意図共有にどのような影響があるかを、映像刺激を利用し調べた。結果、話し手が小さく旋回しながら指さした場合と、矢印で指し示した場合で、聞き手は指示対象を事物の部分だと解釈した。聞き手は指示対象物を見なくても、話し手の教示行為によって推測を行うことができること、この解釈は指と矢印では異なる点があることが示唆された。

キーワード : **指さし推論、対象特定、指さしジェスチャー**

1. 目的

対面コミュニケーションにおいて、話題の対象物を他者と共有するために、人は言語のみならず非言語情報を使うことが多い。中でも指さしは、意図を伝達する際に有用な非言語コミュニケーション手段である(Kita, 2003)。ある対象物について他者に伝える際、言語情報のみならず非言語情報を用いることは、聞き手の意図推測を助けるために重要である。この指さしにおいて聞き手による指示解釈については 2 つの仮説がある。1 つ目はベクトル(vector)仮説(Butterworth & Itakura, 2000; idea by McGinn, 1981; discussed by Lücking, Pfeiffer, & Rieser, 2015)である。これは、例えば、指さしが示す対象事物については、指さしの方向に人指し指から直線状の光が出ていると仮定し、その線が最初に当たった対象物が指示されたとして推論させるものである。もう 1 つは語用論的な仮説(Lücking, Pfeiffer, & Rieser, 2015)である。これは、指さしの方向に人指し指から(指示する範囲が)円錐状に放射していると仮定し、その範囲において対象物を推論させるものである。これまでの研究では、指さしの対象物は基本的に聞き手による推論により理解されると考えられているが、ほとんどの研究では、指示対象を共有した状態での推論に重きを置いている。本研究では、この推論について、対象となる事物を聞き手に見せずに話者が対象指示を行う場合でも語用論的解釈が発生するのかを検討することにした。

これまでの対面による指さし解釈実験では、指さしにおける手・指の動きによって指示解釈が変わると報告している研究がある。Kobayashi and Yasuda (2015)では、弧を描くような指さしを行った場合に遠くの対象が指示されたと解釈されるかについて報告した。弧を描くような指さしの方が典型的な指さしより、遠くの対象を指示していると解釈されることを示唆した。Takahashi, Yasuda, and Kobayashi (2017)の研究では、Kobayashi and Yasuda (2015)に似た状況で、指さしの形は変えず、指さしの動きのみを操作した実験を行った。指先がやや下向きに曲がった指さしを行ったが、直線的な動きの場合には、参加者が遠くの対象物を指示したと解釈することは難しく、弧を描くような動きの場合では遠くの対象物を指示したと解釈したことを報告した。

対象特定は、手首も含むジェスチャーの動きだけではなく、指さしにおける指自体の動き(Kobayashi, Yasuda, & Liszkowski, 2022)や視線シフト(Yasuda & Kobayashi, 2022)の要因も重要な役割を果たす。Kobayashi, Yasuda, and Liszkowski (2022)では、部分名称学習場面を利用し、指さしの推論が部分名称獲得(i.e., 対象特定)に寄与するかを調べた。対象に対して、接触指さしを行い、かつその対象周辺を擦るような強い語用論的手がかりを使用した場合は、2 歳半児でも精緻な対象特定をすることができた。その一方、典型的な指さしでは、指示された対象を部分と解釈することは難しく、精緻な対象特定はなされなかった。視線シフトに関して、Yasuda and Kobayashi (2022)では、相手の顔を見た後に対象を見るような視線シフト、相手の顔のみを見る(i.e., アイコンタクト継続)という 2 種類の語用論的手がかりが対象特定に寄与するのかを調べた。

結果、アイコンタクト継続による推論のみでは、成人でさえ精緻な対象特定をすることができなかったが、アイコンタクトをした後に対象物を見るような推論の手がかりが与えられると、4 歳半児と大人が精緻な対象特定を行ったことを示した。

対面コミュニケーションにおける指示対象の特定は、通常、話し手と聞き手が対面状態で、環境を共有して指示対象物への共同注意を成立させて行われることが多い。しかし、近年普及が著しい zoom 等を利用した遠隔コミュニケーションでは、話し手と聞き手が空間を共有しておらず、映像から話し手の指示行為の様子を聞き手が充分確認することが難しい。このことから、互いに事物を視認し、共同注意しているという前提でコミュニケーションを行うことは難しいことが考えられる。加えて、昨今新型コロナウイルスの影響などにより、リモートワークや遠隔授業が導入され、同じ空間を共有しないコミュニケーションの機会が増加している。果たして、この遠隔状況下において、指さしについての語用論的推論は行われるのだろうか。

本研究では、このような状況下においても、語用論的な解釈が起こるのかを調べるために、社会的手がかりや指示表現を操作し、語用論的解釈が起こる要因を検討した。指示表現においては、人間の指さしと矢印(→)の違いを調べた。矢印の手がかりは、知覚的に顕著な手がかりであり、先端部分の近くの対象を指示していると解釈されることが様々な研究で示されている(Finke & Pinker, 1982; Kingstone, et al., 2003 等)。遠隔対話で矢印を使って指示対象物を示す場合があるため、この手がかりを検討することにした。なお、矢印を用いたこれまでの人間の認知に関する研究では、反応時間や注意を検討する研究が多く存在する一方、推論に関する研究は少なかった。もし、ビデオ映像において、矢印手がかりに語用論的推論が生じるならば、新奇な知見を提示できる可能性がある。

本研究は、指示行為により対象を特定するためには対話の参加者による推論が必要であるという立場を取り、推論に寄与すると考えられる手がかりとして、1)指示表現(指さし、矢印)、2）視線シフト(シフトあり、なし)、3)指示の動き表現(円運動あり、なし)を操作し、参加者による対象特定がどのように起こるかを調べた。先行研究では、指示を行う事物が対話の参加者間で互いに見えている状況で調べられていたが、本研究では、遠隔対話で想定されうる、どの図が指示対象物か聞き手には見えていないが、図が複数含まれた図版全体は共有できているという状況で調べた。さらに語用論的手がかりが推論に寄与するのかについて、指さしと矢印という異なる手段を利用して調べた。

本研究の予測は、2 つ挙げられる。1)指示が指さしにより行われた場合には、語用論的な推論がなされるために、指さしの手がかりが強くなれば、対象物が見えない場合であっても語用論的推論が発生し、精緻な対象特定が行われる。よって、参加者は指示された無意味語が対象とされる範囲が狭まっていると推論する結果、指示された対象は事物の部分であると解釈するだろう。2）指示が矢印により行われた場合には、知覚的手がかりによる推論がなされ、矢印という人工物であるがゆえ、他の手がかりは推論を行う際に寄与しにくくなり、精緻な対象特定はなされない。よって参加者は指示された対象は事物の全体であると解釈するだろう。

これらを検討するために、それぞれの要因を操作した刺激を作成し、遠隔コミュニケーション状況で起こりうる映像を作成した。指示対象の事物はタブレットに提示されており、話し手は聞き手に見えない方向でタブレットを保持し、タブレットには対象事物の図版が提示されている状況であった。よって、タブレットに提示されている図版(計 5 個の対象物が描かれている)は、話し手は確認できるが、聞き手は映像では確認できなかった。そのため、聞き手には話し手が見ている図版全体をあらかじめ提示しておいた。

2. 方法

参加者

大学生・大学院生 99 人が実験に参加した(平均年齢: 19.9 歳; 年齢レンジ : 18－24 歳)。参加者の母語はいずれも日本語であった。参加者は、全員実験前に実験同意書に同意して実験に参加した。なお、11 人はスマートフォンからの回答であったため、刺激を十分確認できないと判断し分析から除外した。結果、88 人分のデータを使用した。

実験条件

実験条件は、指示表現(指さし、矢印の 2 水準)、視線シフト(シフトあり、なしの 2 水準)、指示の動き(動きあり、なしの 2 水準)が操作された。

指示表現(RE: Referring Expression)条件における指さし(Pointing)水準では、話し手が、指さしを用いて、タブレット端末の表示されるモニターの中央から約 2cm

離れた地点を指すものであった(図 1a)。一方、矢印(Arrow)水準では、指さしと同様にタブレット端末が表示されているモニターの中央から約 2cm 離れた地点を指すが、その表現は矢印であった(図 1b)。

視線シフト (GS: Gaze shift) 条件における、視線シフトが起こらない(No-Shifting)水準では、教示に関わらず、話し手が聞き手とアイコンタクトを行っているようにみえる直視を行い続けた(図 1c)。一方、視線シフトが起きる(Shifting to monitor)水準では、話し手はまずアイコンタクトのような直視を行った後、教示時にタブレット端末に映っている画像に視線を向けた(図 1d)。

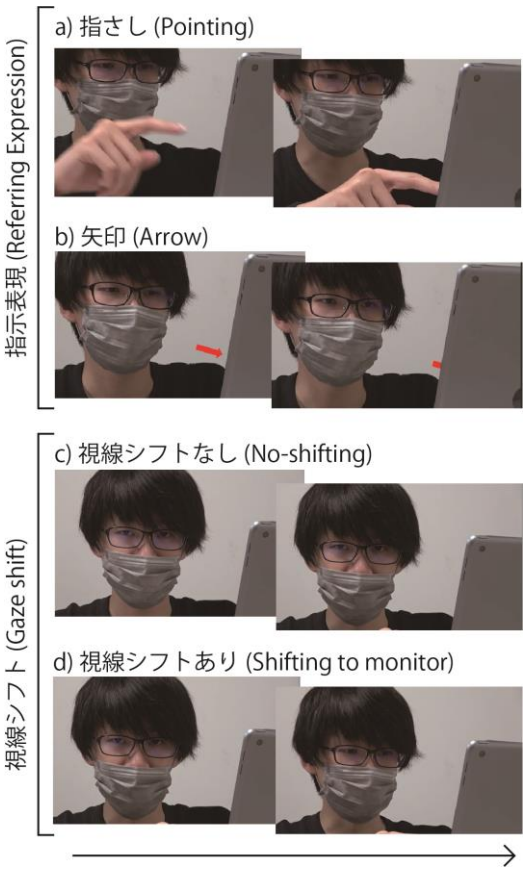


図 1：指示表現条件と視線シフト条件

指示の動き表現(Expression of motion)条件における動きに円運動を伴う(Motion)水準では、指示する行為(指、または矢印)が半径 1 ㎝程度の円を、1 秒間に 2 回程度描きながらタブレット端末をさし示した。一方、動きがない条件(No-motion)水準では、動きを加えず単純に、指さしや矢印等で、タブレット端末をさし示した。

実験刺激

刺激は、条件の全ての組合せで 8 通りになるように、指示表現のムービークリップを用意した。このムービークリップは、ビデオカメラ（FDR-AX40, Sony）を使用し、実験者の指示表現を録画した後に、Adobe Premiere Pro で編集を行ったものであった。また、これらのムービークリップはいずれも 16 秒間でできており、5 秒間の沈黙ののち 1 回目の名称教示発話(「これは xx です。」)と指示行為、その後 3 秒間の沈黙ののちに 2 回目の名称教示発話(「これは xx です。」; 1 回目と同様)と指示行為という構成になっていた(図 2)。名称教示には、新奇語(無意味語)を利用した。利用した無意味語に関しては、Kobayashi (1997)より無意味語のリスト（ヘク、ムタなど）を参照した。

参加者が実験の回答を行うにあたって、Google フォームを用いてアンケートを作成し、ムービークリップと動画内の男性の話し手が教示したとする対象の画像を埋め込んだ(図 3)。

図 2：実験刺激(指さし＋視線シフトあり+動きなし)

※ 参加者に対し話し手による指さしや矢印がどの図をさしているかは、ムービークリップ刺激のいずれにおいても表示されない。

図 3:参加者に提示された指示対象画像

※ オレンジ線の番号は事物の部分を、そうでない番号は事物の全体を指している。

手順

実験は Google フォームを利用した。参加者は心理学を受講する学生であり、Google フォームの実験に参加する前に口頭で実験に関しての確認を行った。参加確認の取れた学生は、zoom のブレイクアウトルーム機能

を用いて、約 25 人ずつの小部屋に分け、参加者に実験の参考となる画像を見せながら実験の事前説明(図 4)と実験同意に関する説明を行い、実験参加の同意が取れた学生のみ、アンケートの URL を配布した。

その後、参加者は受け取った Google フォームアンケートの指示に従って回答を行っていった。なお、動画にアクセスしてもらう前に実験者は、「動画の人物が発言した A は何番の物をさしていたと思いますか？（オレンジ線で指し示しているものは物体の一部分を、そうでないものは物体全体に対しての番号です。）」と伝えた。回答の際には、参加者には必ず 0 番から 9 番のいずれかを選択してもらった。

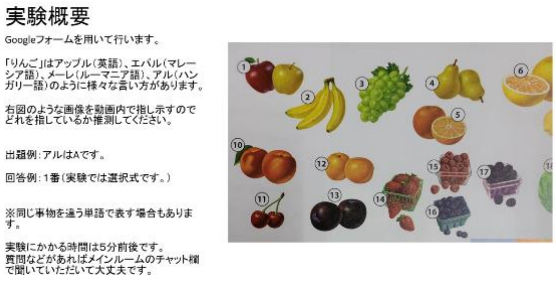


図 4:参加者への課題説明画像

分析と統計モデリング

分析は、統計ソフトウェア R (ver. 3.5.1; R Core Team, 2020)、lme4 パッケージ(ver. 1.1-26; Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015)、lmerTest パッケージ(ver. 3.1-3; Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2017)、ggeffects パッケージ(ver. 1.0.2; Lüdecke, 2018)、MuMin パッケージ(ver. 1.43.17; Bartoń, 2020)、emmeans パッケージ(ver. 1.6.3; Lenth et al., 2018) を利用した。目的変数は、事物の部分を選択した場合を 1 とするようなコーディングを行った。要因に関しては、ダミーコーディングを行った後に、エフェクトコーディング(e.g., -0.5, 0.5)を行った。

目的変数を部分名称推測(Part response)、固定効果を指示表現(Referring Expression(RE); 矢印“arrow”, 指さし“pointing”)、視線シフト(Gaze Shift (GS); シフトなし“no-sifting”, シフトあり“shifting-to-monitor”)、指示の動き表現(Expression of Motion(EM); 動きなし“no-motion”, 円運動“motion”)とそれらの交互作用とし、参加者(Participants)と各条件をランダム効果とした最大モデル(glmer(Part response ~ RE * GS * EM + (1 + RE + GS + EM | Participants)))として、一般化線形混合モデル(GLMM)を構築した。なお、この最大モデルを構築する際に、lme4 パッケージの glmer 関数を用い、最適化アルゴリズムである BOBYQA (Bound Optimization by Quadratic Approximation)を用いた。この最大モデルに対し、dredge 関数を利用しモデルを選定した結果、最大モデルと同様のモデルが選定された(df = 18, logLik = -463.583, AIC = 963.2, weight = 0.457)。よって、分析は最大モデルを利用することとした。

3. 結果

指示表現、視線シフト、指示時の動きが部分名称解釈に影響を与えるかについて、GLMM を利用した分析を行なった。その結果、指示時の動き(β = 0.509, SE = 0.228, z = 2.235, p = .025)が有意であった。また、指示表現と指示時の動きの交互作用(β = 0.951, SE = 0.343, z = 2.774, p = .006)、及び指示表現と視線シフトと指示時の動きの二次の交互作用(β = 1.791, SE = 0.680, z=2.633, p = .008)が有意であった。なお、切片に有意な傾向が認められた(β = 0.172, SE = 0.094, z = 1.828, p = .068)。この 2 次の交互作用に関して、emmeans パッケージの pairwise を利用し、単純主効果を調べた。

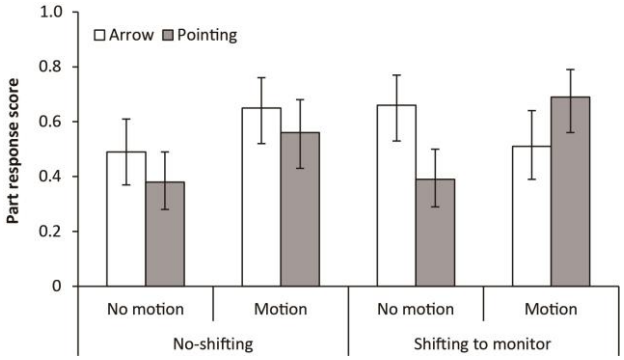


図 5:部分名称得点。各条件の値は、ggeffects パッケージの ggpredict 機能を用い最大モデルから求めた。

指示表現では、視線シフトがあり、かつ動きがない場合($z.ratio$ = 3.078, p = .002)に、また視線シフトがあり、かつ動きがある場合($z.ratio$ = -2.070, p = .0384)に有意な差が認められた。視線シフトがない場合に違いは認められなかった($z.ratio$s < 1.0, ps > .19)。視線シフトでは、動きがなく、矢印表現で指示された場合($z.ratio$ = -2.049, p = .041)のみ有意な差が認められた。指示時の動きでは、指さしで指示が表現され、かつ視線シフトがない場合($z.ratio$ = -1.982, p = .048)に、また指さしで指示が表現され、かつ視線シフトがある場合($z.ratio$ = -3.331, p = .0009)に有意な差が認められた。さらに、矢印で指示

が表現され、かつ視線シフトがない場合($z.ratio = -1.809$, $p = .071$)に有意な傾向が示された。

4. 考察

指さしで表現された場合、視線シフトに関わらず、動きがない場合よりも動きがある方が、より多く部分を指示していると解釈された。一方、矢印で表現された場合には、動きがない場合においてのみ、視線シフトがある場合の方がない場合よりも、部分を指示していると解釈された。視線シフトなしでは、指示が矢印でなされた場合は違いがなかったが、視線シフトが起こり、かつ円を描くような指さしが行われた場合は、単に指さしが行われた場合に比べ、より多く部分を指示していると解釈された。一方、視線シフトが起こり、矢印で指示された場合は、矢印が動く場合よりも動かない場合の方がより多く部分を指示していると解釈された。

指さしにおいては視線シフトに関係なく、円運動ありの方が円運動なしに比べて部分解釈が多く行われた。矢印においては円運動が無い場合においてのみ、視線シフトがある方が、視線シフトが無い時に比べて部分解釈が多く行われた。また、視線シフトがある時は、指さしは円運動ありの方が、矢印は円運動なしの方が、それぞれ部分解釈が多く行われた。また、視線シフトがない時も指さしでは同様に円運動ありの方が円運動なしに比べて、聞き手の部分解釈が多く行われた。

これらの結果より、予測「1)参加者は推論の手がかりに応じ指示された対象は部分として解釈する」は支持された。したがって、ビデオ刺激であっても、視線シフトや指の円運動という語用論的な要因の強度が、聞き手の推測に影響を与え、精緻な対象特定を促したと考えることができる。

予測「2)参加者は矢印については、推論のための手がかりの利用が難しいために指示された対象は全体として解釈する」においては、支持されなかった。興味深いことに、矢印で指示表現がなされ、かつ矢印に動きが加わらなかった場合には、視線シフトがある場合の方が、視線シフトがない場合よりも、指示している対象を部分であると多く解釈していた。よって、矢印という知覚的手がかりにおいても視線シフトという社会的手がかりが、推論に影響を及ぼす可能性を見出した。また、矢印が円運動をしながらさし示すことにより、指でさし示した時と違い、矢印によって指示された範囲が、あたかも円柱状のように見えやすくなったことが考えられる。これにより、話し手は円柱の範囲である事物全体を示している、と聞き手は推測したのかもしれない。

本研究では、指示をした対象物が見えない場合においても、視覚的共同注意が成立する場合と同様に指さしによる推論が行われることがわかった。よって、対象特定に関する推論は、視覚的共同注意が成立しなくても、意図的な共同注意が成立することで行われる可能性が高い。知覚的手がかりである矢印においても、視線シフトと矢印の動きという手がかりが加わることで緻密な推論が行われていた。このことから、矢印という人工的な手段であっても遠隔コミュニケーションにおいてコミュニケーション意図が見出される可能性を示唆し、またこの知見は遠隔コミュニケーションだけではなく、対面コミュニケーションへも適用できる可能性が考えられる。今後、動画だけではなく、対面場面やAR(Augmented Reality)環境下でも起こりうるのかを検討していきたい。

謝辞

本研究は，MEXT/JSPS 科研費 JP17H06382(HK)，JSPS 科研費基盤研究(B) 20H01763 (HK)の 助成を受け行なわれた.

参考文献

[1] Butterworth, G., & Itakura, S. (2000). How the eyes, head and hand serve definite reference. British Journal of Developmental Psychology, 18(1), 25-50.
[2] Finke, R. A., & Pinker, S. (1982). Spontaneous imagery scanning in mental extrapolation. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 8(2), 142.
[3] Kita, S. (Ed.). (2003). Pointing: Where language, culture, and cognition meet. Psychology Press
[4] Kobayashi, H. (1997). The role of actions in making inferences about the shape and material of solid objects among Japanese 2 year-old children. Cognition, 63(3), 251-269.
[5] Kobayashi, H., Yasuda, T., & Liszkowski, U. (2022). Marked Pointing Facilitates Learning Part Names: A test of lexical constraint versus social pragmatic accounts of word learning. Journal of Child Language , First View, 1 – 15,https://doi.org/10.1017/S0305000921000891
[6] Kobayashi H., and Yasuda, T. (September, 2015). Pointing to an invisible object behind a wall: Comprehension of pointing with a bent index finger. Proceedings of the EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science, pp.477-481. Torino, Italy.
[7] Lücking, A., Pfeiffer, T., & Rieser, H. (2015). Pointing and reference reconsidered. *Journal of Pragmatics, 77*, 56-79.
[8] McGinn, C. (1981). The mechanism of reference. Synthese,157-186.sonoixtu
[9] Takahashi, H., Yasuda, T., and *Kobayashi, H. (July, 2017). Enforced pointing gesture can indicate invisible objects behind a wall. In G. Gunzelmann, et al. (Eds.), Proceedings of the 39th

Annual Conference of the Cognitive Science Society (pp.3291-3295). Austin, TX: Cognitive Science Society

[10] Yasuda, T., & Kobayashi, H. (2022). Ostensive gaze shifting changes referential intention in word meanings: an examination of children's learning of part names. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Advance online publication. https://doi.org/10.1037/xlm0000859

マウスカーソルに基づく行動指標の定量的評価: Drift diffusion model パラメータとの相関に着目して

Quantitative evaluations of behavioral indexes based on mouse cursor: Focusing on relationships with drift diffusion model parameters

白砂 大[†]，香川 璃奈[‡]，本田 秀仁[†]
Masaru Shirasuna, Rina Kagawa, Hidehito Honda
[†]追手門学院大学，[‡]筑波大学
Otemon Gakuin University, University of Tsukuba
m.shirasuna1392@gmail.com

概要

本研究では，二者択一課題中におけるマウスカーソルの軌跡，特にマウスの最大速度時点(衝動性の指標)を，drift diffusion model におけるドリフト率(証拠蓄積の速さ)や閾値幅(慎重さ)との相関から定量的に評価した。行動実験の結果，最大速度時点が，ドリフト率と負の相関を示し，閾値幅と正の相関を示した。よって，マウスカーソルの軌跡に基づく分析が，一定程度の妥当性を持つことが示唆された。

キーワード: マウスカーソルの軌跡, 二者択一課題, 認知特性, drift diffusion model

1. 背景・目的

複数の選択肢から 1 つを選ぶ際に，人は限られた認知資源のもとで，1~2 秒程度という短い時間で判断を行うことがある。このような判断時における認知特性の検証については近年，課題中のマウスカーソルの軌跡に基づく分析(以下, マウス分析)が行われている(e.g., Freeman & Ambady, 2010; Stillman et al., 2020)。マウス分析には様々な指標が存在するが，特に短時間での判断においては，「開始から何秒の時点で，マウスの速度が最大になったか」(以下，最大速度時点)が，衝動性の指標として提案されている(e.g., Yamauchi et al., 2019)。最大速度時点は一般に，最大速度に達するまでの時間が短いほど，衝動性が高いと解釈される。

しかし，このようなマウスカーソルの軌跡に基づく指標がどの程度，個人の認知特性を検証するうえで有用といえるかについては，これまであまり検証されていない。本研究では，衝動性の指標となる最大速度時点が，人の認知特性を記述する代表的なモデルである Drift diffusion model (以下, DDM)のパラメータとどの程度相関するかという観点から，この点を検証した。DDM では, 各選択肢に対する証拠が時間とともに蓄積されていき，ある選択肢についての証拠が一定の閾値に達した時点で，その選択肢が選ばれることを仮定する(e.g., Ratcliff et al., 2016)。DDM では一般に，ドリフト率(証拠蓄積の速さ)，閾値幅(慎重さ)，開始点(選択のバイアス)，非決定時間(刺激処理と運動に要する時間)の 4 つのパラメータが設定される。

ここで，これら 4 つのパラメータのうち，マウス分析における最大速度時点と強く相関すると考えられるものとして，ドリフト率と閾値幅に着目した。なぜなら，短時間で衝動的に選択肢を選ぶような人，すなわち課題開始後すぐにマウスを走らせるような人は，証拠を蓄積するスピードが速く，慎重さに乏しいと考えられるためである。より具体的には,「最大速度時点が早い人は，ドリフト率が大きく，閾値幅が小さい」こと，換言すれば,

・最大速度時点とドリフト率には負の相関がある
・最大速度時点と閾値幅には正の相関がある

という 2 点が予想される。

本研究では，マウス分析における最大速度時点と，DDM におけるドリフト率または閾値幅という各パラメータとの相関から，マウス分析の有用性を定量的に検証することを目的とした。

2. 方法

実験参加者: 20～59 歳の日本人 42 名が参加した(男性 12 名，女性 30 名，M_{age} = 39.7，SD_{age} = 10.9。うち 3 名は，データ測定に不備が生じたため，後の分析から除外した)。

刺激・手続き: 実験参加者にはまず，固視点が 0.5 秒間呈示された。その後，参加者は黒白の格子刺激が呈示され,「黒い部分の面積は，全体の 50%より多いと思いますか」という質問に「はい」か「いいえ」かで回答するよう求められた(図 1)。「はい」または「いいえ」のいずれかがクリックされた後，再び固視点が 0.5 秒間呈示され，以上の手続きが繰り返された。マウスカーソルは，各試行の開始時(格子刺激の呈示時)には，必

ず画面中央にリセットされるようになっていた。格子刺激は 1 ブロック 80 枚呈示され，参加者はこれを 9 ブロック，全 720 刺激について回答した(うち「低難易度」として設定された半数の試行は，参加者の正答率がほぼ 100%だったため，後の分析から除外した)。各ブロックの間には 2 分の休憩時間が設けられた。

図 1　実験刺激画像の例

分析: 行動実験では，マウスカーソルの位置(画面上の xy 座標)およびその際の時間(刺激呈示からの時間)がフレームごとに記録されており，これをマウスの最大速度時点の分析に用いた。また，「試行の開始時から，『はい』か『いいえ』がクリックされるまで」の時間を反応時間と定義し，反応時間と回答，およびその正誤に基づいて，DDM のパラメータを参加者ごとに推定した(マルコフ連鎖モンテカルロ法に基づくシミュレーションによる。チェーン数 3，サンプリング数 3000，バーンイン 1500)。

3.　結果

参加者ごとに，最大速度時点(全試行における平均値)を算出し，ドリフト率(絶対値)および閾値幅を推定した。結果として，最大速度時点とドリフト率は有意な負の相関を(Spearman's rho = -.68, $p < .05$)，最大速度時点と閾値幅は有意な正の相関を(Spearman's rho = .37, $p < .05$)，それぞれ示していた(図 2)。以上より，マウスの最大速度時点という行動指標が，選択課題における認知特性を記述する DDM のパラメータと高く相関することが明らかとなった。

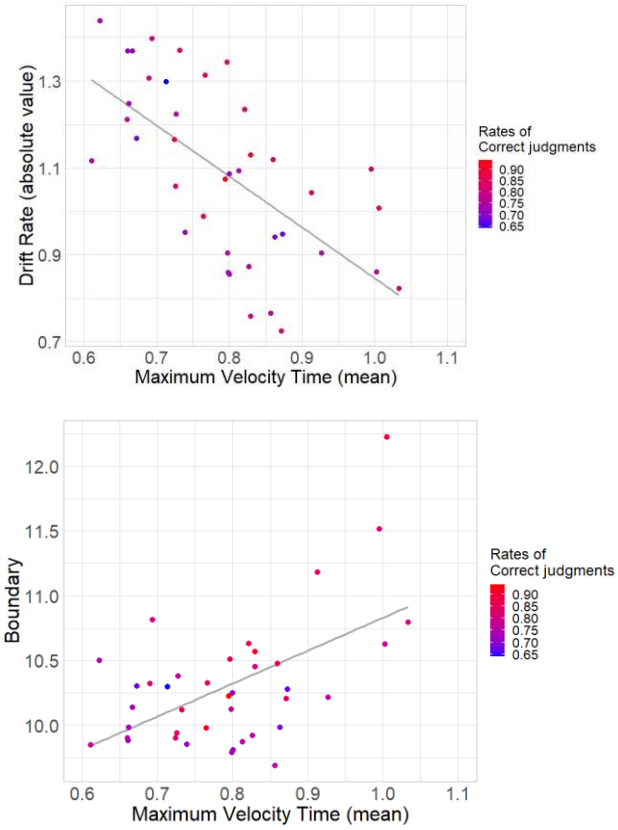


図 2　上: 最大速度時点(平均値)とドリフト率(絶対値)との相関。下: 最大速度時点(平均値)と閾値幅との相関。各点は各参加者を示す。色のグラデーションは個人の正答率を示しており，赤色ほど高正答率を意味する(今回の分析では使用せず)。

4.　考察

本研究では，マウスカーソルの軌跡という行動指標が，個人の認知特性をどの程度よく説明できるかを定量的に評価することを試みた。具体的には，衝動性の指標とされる最大速度時点に着目し，この指標が，DDM におけるドリフト率(証拠蓄積の速さ)や閾値幅(慎重さ)と相関しているかどうかを検証した。行動実験の結果，最大速度時点が，ドリフト率と負の相関を示し，閾値幅と正の相関を示したことから，マウス分析が一定程度の妥当性を持っていることが示唆された。

本研究の限界点としては，参加者がマウスを開始地点から選択肢に向けて動かしていることを前提としている点である。人によっては，例えば刺激画像をマウスでなぞって考えた後で，選択肢を選びに行くという人もいるかもしれない。このようなケースを分離する

など，より詳細にマウスカーソルの軌跡を調べていくことが，今後は求められるだろう。

個人の認知特性を詳細に検討する際には，一般に，膨大なデータ数(参加者)を集めて類型化を行う必要がある。マウス分析は，時間的・金銭的に低コストで，かつ参加者を強く拘束することもない手法であるため，個人の多様な認知特定を解明するうえで非常に有用な手法といえるだろう。さらに，マウスカーソルの動きから認知特性を推定できる可能性は，コロナ禍で Web 実験の比重が大きくなりつつあるなかで，一層注目されることも予想される。本研究は，マウスカーソルの軌跡という行動指標の妥当性を評価することを通して，その重要性を改めて強調する研究だといえる。

文献

Freeman, J. B., & Ambady, N. (2010). MouseTracker: Software for studying real-time mental processing using a computer mouse-tracking method. *Behavior Research Methods*, *42*, 226–241. https://doi.org/https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.226

Ratcliff, R., Smith, P. L., Brown, S. D., & McKoon, G. (2016). Diffusion decision model: Current issues and history. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(4), 260–281. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.01.007

Stillman, P. E., Krajbich, I., & Ferguson, M. J. (2020). Using dynamic monitoring of choices to predict and understand risk preferences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(50), 31738–31747. https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.2010056117

Yamauchi, T., Leontyev, A., & Razavi, M. (2019). Assessing emotion by mouse-cursor tracking: Theoretical and empirical rationales. *8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, ACII 2019*. https://doi.org/10.1109/ACII.2019.8925537

クアドタッチ錯覚による所有感生起の連鎖
Chain of Ownership Generating in the Quad Touch Illusion

佐藤 優太郎†, 齋藤 五大‡, 小鷹 研理†
Yutaro Sato, Godai Saito, Kenri Kodaka
†名古屋市立大学大学院, ‡東北大学大学院
Nagoya City University, Tohoku University
sato12yutaro@gmail.com

概要

我々は, 自他の指を自ら同時に触れることで, 他人の指の接触点まで自身の指に感じ, 身体変形感覚を生起する Double Touch Illusion（DTI）を考案し, 調査を進めている. 実験では, 本手法において, 相手の指への触れる指の本数が身体所有感にどのような影響をもたらすかを調べた. 被験者実験からは, 触れる指の本数が増えるほど所有感が強く生起する興味深い結果が得られたため報告する.

キーワード : ownership, body image deformation, self-touch illusion, quad-touch.

1. はじめに

自分の手が他人に触れるのと同期して, もう一方の手で他人の手に触れることで, 他人の手への接触がまるで自らが自分の手に触れているかのように感じられる身体的な錯覚に Self-Touch Illusion（STI）がある[1-2]. STI を含む広い意味での Rubber Hand Illusion（RHI）研究のほとんどは, 視触覚刺激の同期の過程で, 自他の身体を含む 2 点の刺激箇所が 1 点に統合され, 自身の身体があたかもダミーの身体とすり替わったかのようにして成立する[3]. 一方, このようなボディ・イメージの変調過程とは一見異なる錯覚に, 自分と他人の指が向い合わせの状態で, 2 本の指の背を同時に撫でることで, 麻痺感覚（numbness）が生起する Numbness Illusion（NI）が報告されている[4-6]. NI では, 麻痺感覚の他にも相手の指に所有感が生起することや, その分自身の指が太くなったかのような身体変形感が感じられることが確認されている. このことから NI は自他の指へ自ら同期刺激（double-touch）を与えるタイプの STI とみなすことができるため, NI のような double-touch によって生起する錯覚が, RHI 研究においてどのように位置付けられるのかを調査することは重要である. ところが現状, RHI 研究との関連を含めてもこの種の錯覚についてわかっていることは極めて少ない.

そこで我々の研究グループは, double-touch によって生起する錯覚のパラダイムを構築するため, STI の手続きをベースとした Double Touch Illusion（DTI）を考案し, 調査を行ってきた[7]. これまでの実験では, 他人の指を自身の指の延長線上に配置する条件（distal）と, 自身の指と並列に配置する条件（lateral）とで, 実験参加者が閉眼で自他の指を同期的にタップした時, セルフタッチの感覚と共に distal 条件では指が伸びた感覚が, lateral では指の幅が広くなった感覚が生起することを確認している（図 1）. さらに, DTI の身体変形感覚の距離限界について, 所有感, 麻痺感覚, 身体変形感の生起を主観評価によって調べたところ, 刺激する 2 点の距離が離れるほど評定値が減少するものの, 指の長さの軸の方がより遠い距離においてもボディ・イメージが優勢に形成されることを示唆する結果が得られた（指の軸方向に関する身体変形感覚の異方性）. 以上のことを整理すると, double-touch によって生起する錯覚は, 近接する 2 点刺激の距離をボディ・イメージで埋めることで整合させ, 結果として身体変形感覚を生起させるような特徴を持つと考えられる. DTI で特に重要なことは, 自ら自身の指に接触することが, 2 点の刺激を 1 点統合することの抵抗となり（proprioceptive drift の抑制）, 選択的に変形感覚を生起させるという点である.

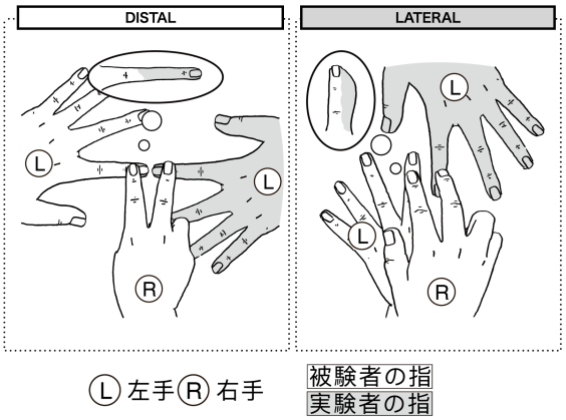


図 1 Double Touch Illusion（DTI）

我々は本研究の次の段階として, double-touch においてボディ・イメージの形成が確認された 2 点間のスペースに対して, 残された他の指を使って刺激を付与した際の所有感, 身体変形感, 麻痺感覚の評定値にど

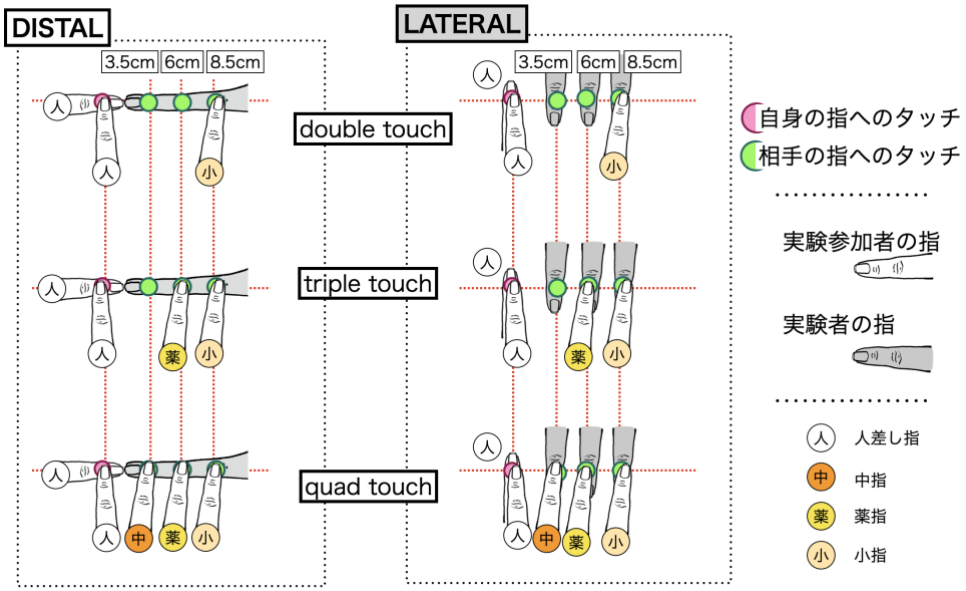


図 2 実験計画

のような影響が見られるかを調査した．これらの条件下では，タッチする指の本数が増えるほど，自身の指への刺激と対応する刺激同期の機会が増えると考えられ，それに伴って所有感の評定値も高まるといった仮説が考えられる． 本研究では，指の本数の要因（touch）に加えて，これまでの研究の手続きから引き続き指の軸方向を操作する配置を要因（layout）として調査を行う．

2. 実験

2.1 実験参加者

実験は，健康な大学生（n=11）参加してもらった．その内の 1 名の参加者ついては，実験で得た解答に誤解があったことが明らかとなったため，解析はその 1 名を除いた参加者（n=10）に対して行った．

2.2 実験手続き

実験では，指の長さの変形（distal 条件）と幅の変形（lateral 条件）の各軸方向の配置について，2 本指から最大 4 本指でのタッチ（double-touch, triple-touch, quad-touch）を実施する 2 要因被験者内実験（layout × touch）を計画した．指のタッチの距離間隔は，distal 条件において余裕を持ってタップできる最短距離が 3.5cm だったため，distal, lateral ともに被験者の人差し指へのタップの地点から 3.5cm（double-touch），6cm（triple-touch），8.5cm （quad-touch）の距離に刺激を付与した（図 2）．机上には，手を配置する位置を示したシートが置かれており，参加者は右手の人差し指を自身の左手の人差し指の第一関節に配置し，double-touch では右手の小指を，triple-touch では右手の小指と薬指を，quad-touch では右手の小指，薬指，中指を相手の指の上に配置した．参加者は実験者の指示に従って条件に対応する位置に指を配置した．実験参加者は各条件で BPM120 のリズムで 60 秒間のタップを行い，その最中に「実験者の指が自分の指に感じたタイミング」を口頭で「はい」と言って解答してもらった（所有感の onset 計測）．60 秒間のタップの直後，さらに「所有感」，「麻痺感覚」，「身体変形感（指の長さ）」，「身体変形感（指の幅）」，「proprioceptive drift と身体変形感」と，上記の項目の統制項目 3 つに関するアンケートに対して-3（全く感じなかった）から，0（どちらとも言えない）を挟んで，3（非常に強く感じた）までの 7 段階の数字で解答してもらった.つづけて実験参加者は，同じ条件で，20 秒間のタップを行い，distal 条件では自分の人差し指の先端の位置感覚を，lateral 条件では人差し指の淵の位置感覚を，それぞれ中指の先端の位置感覚の位置一緒にシートにシールを貼って報告してもらった（proprioceptive drift の計測）．これらの手順を各条件で行い，被験者一人につき合計 12 回（60 秒間タップと 20 秒間タップを 6 つの条件でそれぞれ実施）の試行を行った．

	分類	アンケート文
Q1	ownership	右手の指（中指・薬指・小指のいずれか）で触れている指が自分の指である感じがした.
Q2	numbness	右手の指（中指・薬指・小指のいずれか）で触れている指が麻痺した感じがした.
Q3	deformation（finger length）	自分の指が通常より長くなった感じがした.
Q4	deformation（finger width）	自分の指が通常より幅が広くなった感じがした.
Q5	Proprioceptive drift & deformation	人差し指が、タップしている小指を超えて伸びた/幅が広くなった感じがした.
Q6	ownership & numbness control	右手の指（中指・薬指・小指のいずれか）で触れている指が熱い感じがした.
Q7	deformation control	自分の指が通常より小さくなった感じがした.
Q8	deformation control	自分の指が相似的に拡大した感じがした.

表１　アンケート

3. 結果

主観評価の結果を図 3 に, proprioceptive drift の結果を図 4 に示す（n = 10）. 主観評価アンケートの各項目について被験者内 2 要因分散分析（layout×touch）を行ったところ, layout に関する主効果が Q1, Q3, Q4, で有意に得られ, Q2, Q5 では有意傾向に得られた. （Q1: $F(1, 9) = 11.55, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.56$; Q2: $F(1, 9) = 3.96, p = 0.08, \eta_p^2 = 0.31$; Q3: $F(1, 9) = 25.73, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.74$; Q4: $F(1, 9) = 11.94, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.57$; Q5: $F(1, 9) = 4.97, p = 0.05, \eta_p^2 = 0.36$）. touch の主効果は, Q1, Q2, Q3, Q4 で得られた（Q1: $F(1, 9) = 6.34, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.41$; Q2: $F(1, 9) = 4.94, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.35$; Q3: $F(1, 9) = 4.20, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.32$; Q4: $F(1, 9) = 5.41, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.38$）. layout と touch の交互作用については, Q4 のみに有意傾向に得られた（Q4: $F(1, 9) = 3.03$, $p = 0.07$, $\eta_p^2 = 0.25$）. touch で得られた主効果に対して多重比較（holm の方法）をおこなったところ, Q1 で triple-touch と quad-touch の間に有意な差が得られ, double-touch と quad-touch の間に有意傾向な差が確認された（Q1: triple-touch vs. quad-touch, $p < 0.05$, double-touch vs. quad-touch, $p = 0,06$）. 次に Q4 で有意傾向に得られた交互作用に対して, 単純主効果の検定をおこなったところ, layout に対して double-touch と quad-touch で有意な主効果が得られた. （double-touch: $F(1, 9) = 7.88, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.47$; quad-touch: $F(1, 9) = 17.05, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.65$）. touch に対しては lateral でのみ有意な主効果が得られた（lateral: $F(1, 9) = 5.96, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.40$）. さらに touch に対する lateral の単純主効果について多重比較（holm の方法）をおこなったところ, いずれも有意な結果は得られなかった.

所有感に対する麻痺感覚, 身体変形感（指の長さ）, 身体変形感（指の幅）の評定値に関して, スピアマンの相関分析をおこなったところ, distal と lateral の条件で, それぞれに有意な正の相関関係が確認された（distal: Q1 vs. Q2, $p < 0.001, r = 0.39$; Q1 vs. Q3, $p < 0.05, r = 0.93$; Q1 vs. Q4; $p < 0.001, r = 0.59$; lateral: Q1 vs. Q2, $p < 0.001, r = 0.52$; Q1 vs. Q3, $p < 0.01, r = 0.46$; Q1 vs. Q4; $p < 0.001, r = 0.95$）.

所有感の onset に関する解析に関しては, 実験中の onset の報告率が極めて低かった（distal: 56.7%, lateral: 26,7%）. そこで計画していた解析を諦め, 補足的な解析として, 各条件の onset の報告率に関して χ^2 検定を実施した. 結果は, double-touch における distal と lateral の間の報告率の差に有意な傾向が確認された（double-touch :$\chi^2 (1, N = 20) = 3.333, p = 0.07, \phi = 0.40$）.

proprioceptive drift の計測で解析する値には, 実験参加者の左手の人差し指の第一関節から,実験参加者がシートにシールを貼って記録された指の位置との距離の差分（実験時の参加者の胸に並行な軸方向）を用いる. すなわち, 実験参加者の左手の人差し指の第一関節から, distal では左手人差し指の先端, lateral では左手人差し指の第一関節の右淵の位置までの距離を算出した. また各条件で報告された中指の先端の位置についても同様にして距離を算出した. 以上の 2 つの条件で算出

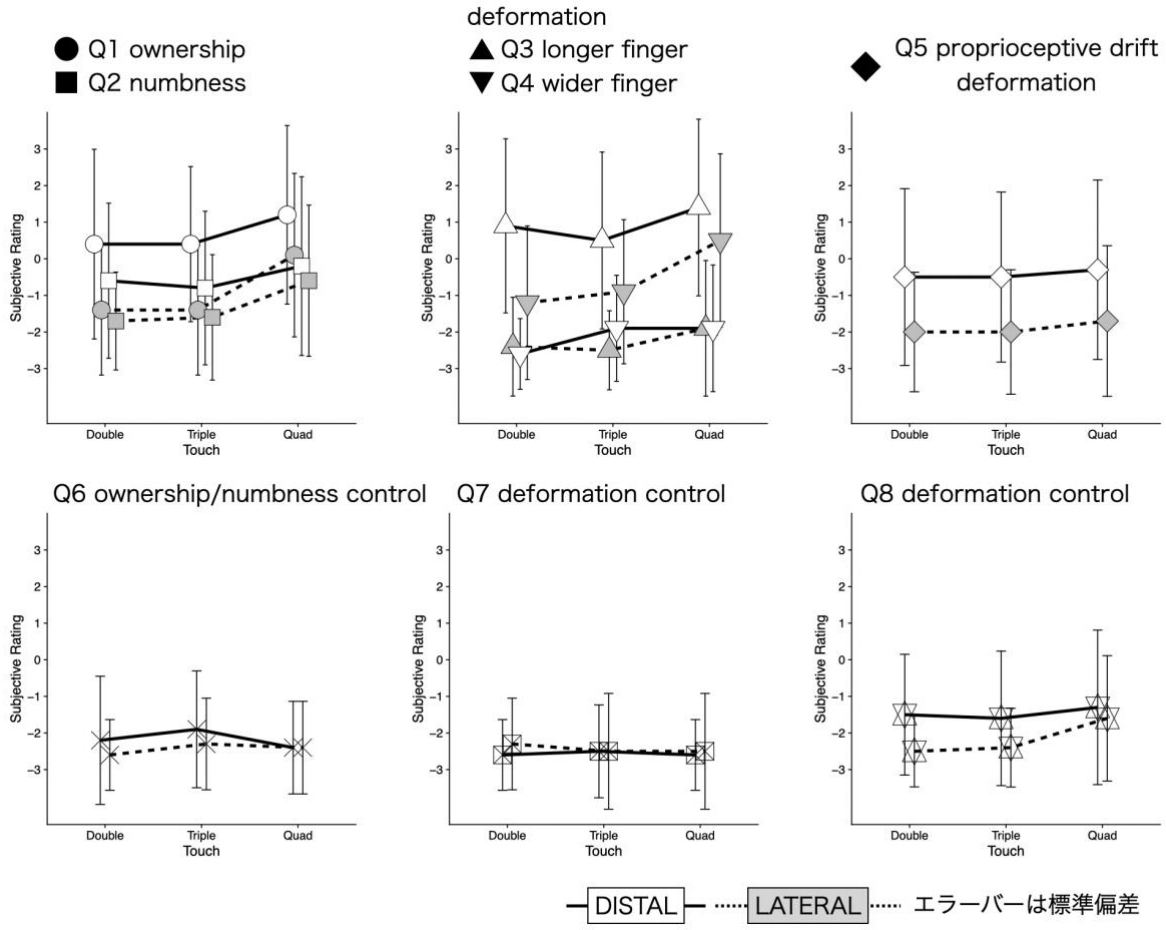


図 3　主観評価の評定値

された距離について，計測対象の指の位置（finger 要因）とタッチする指の本数（touch 要因）の被験者内 2 要因分散分析（finger×touch）を実施した．結果は，finger 要因についての主効果が distal と lateral の両方で得られた（distal: $F(1, 9) = 11.26$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.56$; lateral: $F(1, 9) = 27.18$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.75$）．また touch の主効果が lateral で得られた（lateral: $F(1, 9) = 5.11$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.36$）．lateral で得られた touch の主効果について多重比較を実施したが，いずれの指の本数の条件間に有意な差は得られなかった．

4.　考察

得られた主観評価の所有感の解析結果では touch 要因に有意な主効果が得られたことから，自他の指の双方を自らで触れる double touch の操作において，タッチする指の本数が増えるほど所有感の生起が増大することを示唆するものとなった．この結果は，指のボディ・イメージの形成には自身の指への刺激に対応する刺激同期の機会が多いほど優勢となるとした本研究の仮説を支持するものである．注目したいのは，touch 要因における double-touch と triple-touch の所有感の平均評定値が同程度であったことで，この条件間に有意な差が検出されなかったことは仮説に反する結果に思える．ここで touch 要因における指の並びを確認すると，図 2 の通り double-touch では 2 点間の距離が 8.5cm と条件間では指と指との間隔が最も離れており，また triple-touch の指の並びは等間隔ではなく，所有感の生起する足場が指一本分（1.5~2cm 程度）抜けているかのような条件となっているが，対して quad-touch では中指，薬指，小指 3 点の刺激点が等間隔に並んでいる．よって本研究の結果は，所有感の生起にはタッチする指の本数に加え，刺激を付与する地点が等間隔になるなどして連続的に感じられる位置関係を持つことが重要であることを示唆しており，これによって連鎖的に所有感が発生した可能性が考えられる．

また本研究においても，指の軸方向に関する身体変

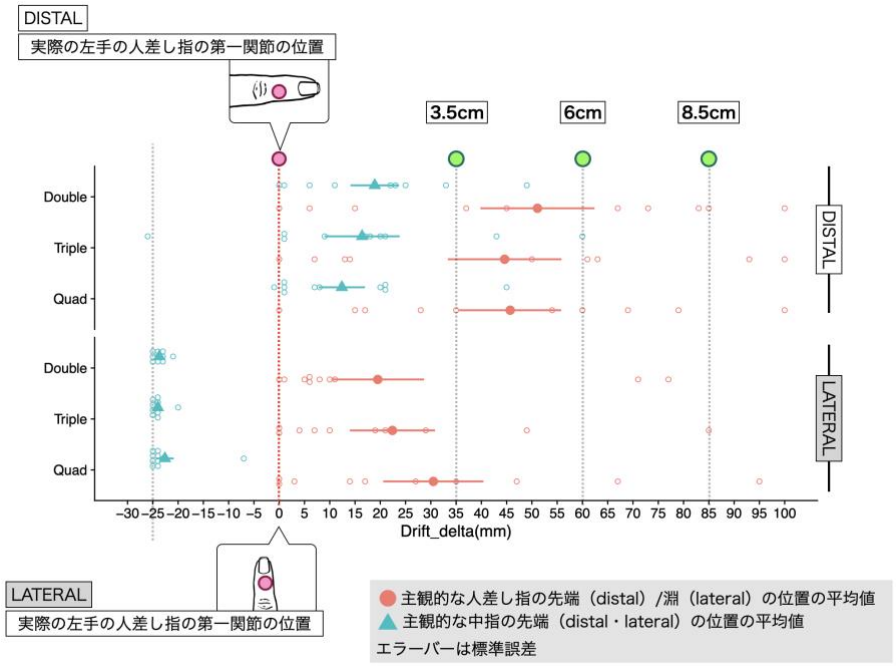


図 4　proprioceptive drift の計測結果

形感覚の異方性が再現された. layout 要因に対する主効果が所有感で得られたことは, タッチする指の本数を増やした条件においても, 指の長さの方向の方が幅の方向と比してボディ・イメージを形成しやすいことを裏付けている. また身体変形感に関する評定値も, distal では指の長さ, lateral では指の幅に関する評定値と正の相関関係を持つことが示され, 所有感の生起と矛盾しない結果となった. 他方で前段落の考察で取り上げた所有感に関する touch 要因の主効果について, 多重比較の結果が quad-touch がその他の条件よりも有意に高まったことは, lateral においても指の本数の増加が所有感の生起に影響したことを示唆しており, 指の身体変形感覚の異方性の観点から見ても興味深いものである. 我々は, 指の所有感生起が異方性を持つことの仮説として, 指の変形が lateral 方向に起こると, 指先の細かな運動に支障をきたし合理的でないことに由来して変形が抑制されると考えているが, quad-touch ではこの効果を幾分か相殺するかのような結果が得られた. このことは, 指への同期刺激の機会が付与された時には, 指の変形が起こりにくいような条件においても強引に所有感を生起させることが可能であることを示唆している.

proprioceptive drift 計測の結果について,は 解析結果からは, タップする指の本数を増やしても proprioceptive drift の距離が増加するような効果は確認できなかった. 本実験では, いずれの条件についても刺激地点の最大距離をとる小指の接触（8.5cm）を付与していた. そのため図 3 の Q3 のグラフのように, 少なくとも lateral と比して身体変形感の生起が一定に確認できる distal については実験参加者が指の先端を条件ごとに区別して報告することが困難であった可能性が考えられる. 一方で図 4 を見ると lateral×quad 条件における平均的な proprioceptive drift の量が, double-touch および triple-touch と比較して若干量増えていることが確認できる. このような proprioceptive drift の計測については, その差異が明確に検出できるよう, 今後実験操作を精査する必要がある.

最後に proprioceptive drift の結果が distal で finger 要因の主効果が有意となったことについて述べる. この結果は, distal の全ての条件で本来人差し指よりも長い中指を追い越す形で人差し指の proprioceptive drift が生起したことを示しており, 手全体の移動ではなく指の先端の変形が起こっていたことを, 行動的な指標において裏付けるものである.

文献

[1] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: Feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *Journal of Neuroscience*, *25*(45), 10564–10573.
[2] Aimola Davies, A. M., White, R. C., & Davies, M. (2013).

Spatial limits on the nonvisual self-touch illusion and the visual rubber hand illusion: Subjective experience of the illusion and proprioceptive drift. In *Consciousness and Cognition* (Vol. 22, Issue 2, pp. 613–636).

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

[4] Dieguez, S., Mercier, M. R., Newby, N., & Blanke, O. (2009). Feeling numbness for someone else's finger. In *Current Biology* (Vol. 19, Issue 24).

[5] Martuzzi, R., van der Zwaag, W., Dieguez, S., Serino, A., Gruetter, R., & Blanke, O. (2015). Distinct contributions of Brodmann areas 1 and 2 to body ownership. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *10*(11), 1449–1459.

[6] Aymerich-Franch, L., Petit, D., Kheddar, A., & Ganesh, G. (2016). Forward modelling the rubber hand: Illusion of ownership modifies motor-sensory predictions by the brain. *Royal Society Open Science*, *3*(8).

[7] 佐藤優太郎, 齋藤五大, 小鷹研理, 「指の長さ vs 指の幅: ダブルタッチ錯覚における変形距離限界」,ポスター発表, 日本認知心理学会第 19 回大会, 大阪大学（オンライン）, 2022, 2.

謝辞 本研究は, JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2130 の支援を受けた.

心臓と胃の内受容感覚に関わる主観的経験とその個人差による脳内ネットワークの変調: fMRI 研究

Awareness of cardiac/gastric interoception and its individual differences modulate the neural dynamics

晴木 祐助[1, 2, *]，鈴木 啓介[1]，小川 健二[1]
Yusuke Haruki, Keisuke Suzuki, and Kenji Ogawa
[1]北海道大学，[2]日本学術振興会
Hokkaido University, Japan Society for the Promotion of Science
[*]haruki@let.hokudai.ac.jp

Abstract

Senses that arise from within the body are referred to as interoception. Empirical studies on interoception have primarily utilized cardiac sensation (senses related to one's heartbeat) because of its easiness of measuring non-invasively. With this practice, however, it is unclear whether interoception is a unimodal sensory phenomenon. Here, we show that the different types of phenomenal interoception evoke a particular pattern of neural activities. Specifically, attention on cardiac and gastric (related to the stomach) interoception activated different brain regions and altered the functional connectivity in these regions. Furthermore, individual differences in cardiac/gastric sensitivity were associated with intrinsic functional connectivity of the insular cortex. Submodalities of interoception would be distinctive in their neural dynamics as well as phenomenal experience.

Keywords — interoception, fMRI, functional connectivity

1. Introduction

Interoception refers to senses that arise from within the body. For example, hunger, heartbeat sensations, dizziness, urination, fever, and many other phenomenal experiences are subject to interoception. Empirical studies on interoception, however, have been unable to incorporate such diversity due to the difficulty of measuring and manipulating bodily signals.

Awareness of cardiac signals has been extensively used to investigate the characteristics of interoception. Behavioral tasks on heartbeat perception (e.g., counting own heartbeat) have revealed a large individual difference in cardiac interoception (or its sensitivity) [1]. Although those tasks have been widely used and well-validated, cardiac sensitivity does not necessarily correspond to bodily awareness in broader sense. Subjective sensibility to interoception measured via questionnaire and cardiac sensitivity usually do not correlate with each other [1]. Another study has shown that a meditation practitioner does not have sensitive cardiac interoception [2].

One seminal opinion regarding the neural substrates of interoception suggests that the insular cortex, particularly the right anterior insula, plays critical role in generating phenomenal interoception [3]. This idea has been supported by fMRI studies using cardiac interoception [4, 5]. However, given the variety of phenomenal interoception, we consider that the opinion could be suspicious without a direct comparison of brain activity between cardiac and other types of interoception. Several fMRI studies have already used gastric (senses related to stomach sensation) and urinary (related to bladder) interoception to capture the neural basis of interoception [6, 7], but none of them compared the neural activation by the types of interoception.

Here, we directly compared neural activation during cardiac and gastric interoception to test whether the different types of phenomenal interoception evoke particular pattern of brain activation. In addition to differences in activation, we also focused on temporal dynamics (functional connectivity) between the brain regions during cardiac/gastric interoception. Furthermore, we assessed individual differences in cardiac and gastric sensitivity and tried to associate it with the intrinsic, task-free functional connectivity in the insular cortex. Through a series of analyses, we showed that the brain dynamics underlying cardiac and gastric interoception largely differ, highlighting the importance of submodalities of interoception.

2. Materials and Methods

2.1. fMRI experiments

A total of 30 healthy volunteers (12 women, 21.61 ± 2.45 years old) participated in the experiment on two occasions, at least a week apart. On day 1, we asked participants to experience fMRI scanning to obtain brain activation during rest and performing tasks. Participants first underwent a five-

minute resting-state fMRI scan in which they looked at a fixation crossbar with their eyes open and did not think anything in particular.

Subsequently, we asked participants to perform an interoceptive attention task in the scanner [6, 7], which was modified for our purposes. The task had three conditions: HEART (related to cardiac), STOMACH (related to gastric), and VISUAL (control). In each condition, participants tried to perceive sensations from the instructed source (i.e., heart, stomach, and slight color change of words) by directing their attention. There were five trials for each condition per run, with five runs repetition (a total of 125 scans per condition).

All scans were performed on a Siemens 3-Tesla Prisma scanner (Erlangen, Germany) with a 64-channel head coil at Hokkaido University. The scanning parameters for functional data were as follows: repetition time, 2,000 ms; field of view, 192 × 192 mm; matrix, 94 × 94; 32 axial slices; and slice thickness, 3.500 mm with a 0.875-mm gap. Thus, the voxel size was 2.042 × 2.042 × 4.375 mm.

2.2. Behavioral experiments

On day 2, we asked participants to complete a heartbeat counting task [1, 8] and water load test [9] out of the MRI scanner to assess individual differences in cardiac and gastric sensitivity behaviorally. The heartbeat counting task required participants to silently count the number of their heartbeats in a certain period by focusing on the internal bodily sensation. Estimating the number and taking pulse outside the body was prohibited. We evaluated individual sensitivity of cardiac interoception by comparing the counted number to the actual number of heartbeats. The calculation yielded a score ranging from 0 to 1, with 1 indicating the highest sensitivity.

In the water load test, participants were asked to drink room temperature, non-carbonated water ad libitum using a straw and to stop drinking when they first felt the sign of subjective fullness. A total of 1.5 liters of water was filled in a five-liter capacity container whose contents were invisible from the outside; thus, participants did not know the water volume they consumed. The difference between the total volume and consumed volume was used as an estimation of individual sensitivity of gastric interoception.

2.3. fMRI data analysis

All image processing was performed using SPM12 (Welcome Department of Cognitive Neurology, http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm). The standard procedure of preprocessing (realignment, normalization to Montreal Numerological Institute (MNI) space, and smoothing with 6 mm cube Gaussian kernel) was performed before statistical inference. A high-pass filter was applied with a cutoff of 128 s, and serial correlations among scans were estimated using an autoregressive model to exclude signal noise.

Individual level generalized linear model included each task trial block as separate box-car regressors that were convolved with the canonical hemodynamic response function. To reduce motion-related artifacts, six motion parameters were included as nuisance regressors.

We then performed three group analyses: random effects analysis to directly compare brain activation, psychophysiological interaction analysis to compare the changes in functional connectivity, and correlation analysis for the resting-state fMRI data. First, we performed one sample t-test on random effects using the contrast images of the HEART and STOMACH conditions. By doing so, we identified brain regions selectively activated for cardiac and gastric interoception across the whole brain. These detailed results and further discussion are now available as a preprint [10].

Subsequently, we defined the region of interest (ROI) for the second analysis based on the results of the first analysis. A 4 mm sphere ROI centering on the peak activated coordinates in the first analysis for each condition was created for the most activated four clusters. This resulted in four individual ROIs: the left orbitofrontal (center coordinate: x, y, z) = (-42, 26, -16), left primary visual (-12, -73, -13), right anterior insula (33, 17, 2), and the left primary motor area (-48, -7, 29). Thereafter, we tested whether the attentional focus on the heart/stomach modulates the functional connectivity. We performed a psychophysiological interaction analysis that models the task type (cardiac and gastric), the time course of ROI activity, and the interaction between them. This analysis can estimate task-dependent changes in functional connectivity between the ROI and the other brain regions. The effect of cardiac and gastric interoception on the functional connectivity was computed for each ROI for each participant. Finally, as a group level analysis, we performed one sample t-tests on these individual level results.

The third analysis was independent of the first and second

ones. Here, we identified the brain regions that exhibited an enhanced intrinsic (task-free) functional connectivity with the structural subdivisions of the insular cortex in people with high cardiac/gastric sensitivity. We adopted the ROIs from the Hammersmith atlas [11]: the right middle short gyrus for the anterior insula and the anterior long gyrus for the posterior insula. The selection was based on previous findings that the middle short gyrus was the most activated when people focused on their heartbeats [12] and that the anterior long gyrus corresponds to the primary interoceptive cortex that is first projected with visceral signals at the cortical level [13]. Individual correlation maps were generated by extracting the time series signal in each ROI (i.e., the right anterior and posterior insula) and calculating correlation coefficients with the signals of each voxel throughout the whole brain. We also modeled the individual cardiac and gastric sensitivity that was measured via the behavioral experiments as group level covariates of interest. We tested the group level effects of cardiac/gastric sensitivity on the intrinsic functional connectivity by performing one sample t-tests.

3. Results

3.1. Behavioral result

The mean score of cardiac sensitivity measured by the heartbeat counting task was 0.43 ± 0.25 while the average volume left in the bottle in the water load test was 1179 ± 189.54 ml. Pearson's correlation coefficient between the two did not reject the null hypothesis that the coefficient was zero ($r = 0.24$, $t_{28} = 1.31$, $p = .20$).

3.2. fMRI result

We report all the results surviving peak level threshold $p < .001$ (uncorrected) and cluster level threshold $15 < k$. Firstly, we found that cardiac interoception enhanced the neural activation in the right anterior insula compared to gastric interoception. In contrast, the activated regions in the gastric contrasted to cardiac interoception encompassed the larger brain areas, including the visual area, sensorimotor region, hippocampus, superior frontal and orbitofrontal cortex (Figure 1).

The functionally defined ROI seeds showed altered functional connectivity with other brain regions depending on the task type (focusing on cardiac or gastric interoception) (Figure 2). Interestingly, the functional seed regions more activated in gastric interoception showed decreased, rather than increased, functional connectivity with other regions during gastric interoception compared to cardiac interoception. More specifically, the left primary visual seed showed decreased functional connectivity with the right occipitotemporal, left temporoparietal, and right frontal regions. The functional connectivity between the left orbitofrontal seed and right frontal/temporal regions also decreased in gastric interoception. The left primary motor seed had decreased connectivity with the medial occipital regions. In the same line, the right anterior insula seed that was more activated during cardiac interoception exhibited decreased functional connectivity with the right primary visual area related to gastric interoception. Only the left primary visual seed showed enhanced functional connectivity with the contralateral primary visual area in gastric interoception.

We also found that individual differences in cardiac and gastric sensitivity were differently associated with the intrinsic (task-free) functional connectivity in the insula (Figure 3). In people with higher cardiac sensitivity, the right primary interoceptive cortex (posterior insula) showed a stronger intrinsic functional connectivity with the bilateral frontal operculum, temporoparietal junction, left frontal pole, and left inferior frontal gyrus but decreased connectivity with the bilateral dorsolateral prefrontal cortex and superior parietal lobule. Such people also had the increased intrinsic connectivity of the right anterior insula with the bilateral ventromedial prefrontal cortex and right temporoparietal junction but decreased with the right middle insula. Conversely, higher gastric sensitivity contributed to stronger intrinsic connectivity of the right dorsal posterior insula with the bilateral putamen and left thalamus. The right anterior insula was more connected with the bilateral temporoparietal junction in people with higher gastric sensitivity.

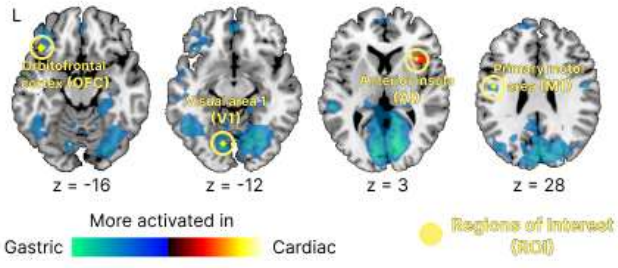


Figure 1. Selectively activated brain regions for cardiac and gastric interoception. z denotes the axial slice in MNI space. ROIs in yellow were used in the psychophysiological

interaction analysis. L: left hemisphere

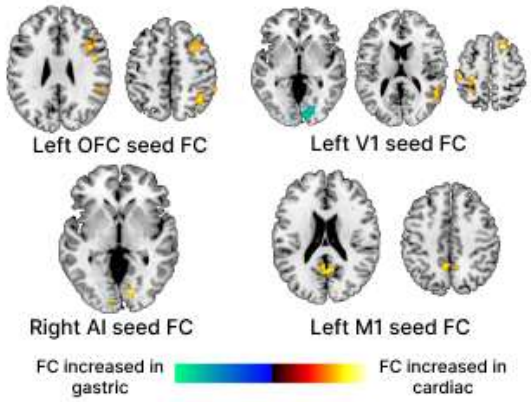


Figure 2. Results of the psychophysiological interaction analysis. Colored regions showed altered functional connectivity in the seed regions defined in Figure 1. depending on the attentional focus (cardiac, hot; gastric, cold). AI, anterior insula; FC, functional connectivity; M1, primary motor area; OFC, orbitofrontal cortex; V1, primary visual area

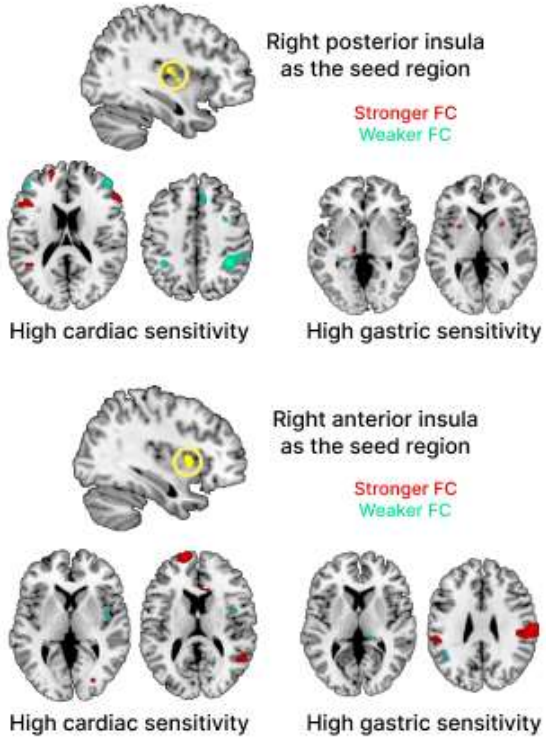


Figure 3. Subdivisions of the insula showing altered intrinsic functional connectivity depending on individual difference in cardiac/gastric sensitivity. FC, functional connectivity

4. Discussion

In this study, we show that focusing on cardiac and gastric interoception activated different brain regions and altered their functional connectivity depending on the task type. Moreover, intrinsic (task-free) functional connectivity in the insular cortex with other brain regions was associated with individual differences in cardiac/gastric sensitivity measured via behavioral tasks. These results reveal that the different types of phenomenal interoception are associated with particular neural dynamics in the human brain, suggesting that interoception is not a unimodal sensory experience even at the neural level.

A previous meta-analysis on fMRI studies using cardiac interoception identified the consistently activated brain regions in the right insula and supplementary motor area [14]. These results strongly supported the dominance of the right insula in interoception [3, 4, 5]. However, the present study showed gastric interoception activated a widespread region across the sensorimotor region and frontal region in gastric interoception, while cardiac interoception enhanced the activation in the right insula. Therefore, the role of the right insula for interoception may be cardiac-specific rather than interoception in general.

Moreover, we found task-modulation effects on functional connectivity in the brain regions that were selectively activated during cardiac/gastric interoception. In general, functional connectivity in these functionally defined seed regions reduced during gastric compared to cardiac interoception. The results show that gastric contrasted to cardiac interoception evoked enhanced activation over distributed brain areas, but they were functionally disconnected from other brain regions.

It is interesting to note that gastric interoception showed enhanced but functionally disconnected activations in the primary visual and sensorimotor area. It appears puzzling that brain activation in the primary sensory cortex differed between conditions because any visual or sensorimotor signals were absent in the present interoception task. This could be explained by differences in the functional roles of each phenomenal interoception [10]. For example, the functional role of gastric interoception has been proposed to modulate feeding and foraging behavior in which agents must properly regulate their sensorimotor ability [15]. In line with this, it could be reasoned that gastric interoception that is likely to occur during food intake may be more relevant to the visual and sensorimotor regions than cardiac interoception.

Furthermore, individual differences in intrinsic functional connectivity in the right anterior and posterior insula were associated with interoceptive sensitivity. Particularly, higher

sensitivity in cardiac interoception contributed to the increased connectivity in both the anterior and posterior insula with the frontal and temporal regions. Sensitive cardiac interoception was also characterized by the decreased connectivity in the posterior insula with the superior parietal region and the anterior insula with the ipsilateral middle insula. In contrast, high gastric sensitivity enhanced the intrinsic functional connectivity in the anterior insula with the bilateral temporoparietal junction and in the posterior insula with the putamen. Together, the functional connectivity between the right anterior insula and temporoparietal junction may be necessary for sensitive interoception over modalities. However, cardiac sensitivity may require the (de)coupling of the insula with the regions orienting attention (the superior parietal and frontal regions) compared to gastric interoception. This result would be in line with the proposal that cardiac sensitivity would be enhanced via attentional modulation of sensory gain of the heartbeat-related signals [16].

The present results indicated that the neural dynamics underlying cardiac and gastric interoception differed greatly. Although the previous discussion on interoception has depended primarily on studies using cardiac interoception alone, researchers need to consider that interoception has submodalities and some results in a certain modality do not coincide with others. In future studies, the functional roles of different phenomenal interoception in relation to one's behavior, cognition, and emotion would be of interest.

Acknowledgement

This work was supported by JSPS, KAKENHI Grant Number 20K20423 to K.O. and 22J20351 to Y.H, and by JST, CREST Grant Number JPMJCR21P4 to K.S. and.

References

[1] Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K., & Critchley, H. D. (2015). "Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness", *Biological Psychology*, 104, 65–74.

[2] Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Hassanpour, M. S., Davidson, R. J., Tranel, D., & Davidson, R. J. (2020). "The practice of meditation is not associated with improved interoceptive awareness of the heartbeat", *Psychophysiology*, 57, e13479.

[3] Craig, A. D. (2009). "How do you feel — now? The anterior insula and human awareness", *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), 59–70.

[4] Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A., & Dolan, R. J. (2004). "Neural systems supporting interoceptive awareness", *Nature Neuroscience*, 7(2), 189–195.

[5] Tan, Y., Wei, D., Zhang, M., Yang, J., Jelinčić, V., & Qiu, J. (2018). "The role of mid-insula in the relationship between cardiac interoceptive attention and anxiety: evidence from an fMRI study", *Scientific Reports*, 8(1), 17280.

[6] Simmons, W. K., Avery, J. A., Barcalow, J. C., Bodurka, J., Drevets, W. C., & Bellgowan, P. (2013). "Keeping the body in mind: Insula functional organization and functional connectivity integrate interoceptive, exteroceptive, and emotional awareness", *Human Brain Mapping*, 34(11), 2944–2958.

[7] Deville, D. C., Kuplicki, R., Stewart, J. L., Paulus, M. P., Khalsa, S. S., Aupperle, R. L., Bodurka, J., Cha, Y. H., Feinstein, J., Savitz, J. B., & Victor, T. A. (2020). "Diminished responses to bodily threat and blunted interoception in suicide attempters", *eLife*, 9, e51593.

[8] Schandry, R. (1981). "Heart Beat Perception and Emotional Experience", *Psychophysiology*, 18(4), 483–488.

[9] Herbert, B. M., Muth, E. R., Pollatos, O., & Herbert, C. (2012). "Interoception across modalities: On the relationship between cardiac awareness and the sensitivity for gastric functions", *PLoS ONE*, 7(5), e36646.

[10] Haruki, Y., & Ogawa, K. (March 11, 2022). "Cardiac and gastric interoception have distinct neural substrates", *bioRxiv*

[11] Faillenot, I., Heckemann, R. A., Frot, M., & Hammers, A. (2017). "Macroanatomy and 3D probabilistic atlas of the human insula", *NeuroImage*, 150, 88–98.

[12] Haruki, Y., & Ogawa, K. (2021). "Role of anatomical insular subdivisions in interoception: Interoceptive attention and accuracy have dissociable substrates", *European Journal of Neuroscience*, 53(8), 2669–2680.

[13] Evrard, H. C. (2019). "The organization of the primate insular cortex", *Frontiers in Neuroanatomy*, 13, 00043.

[14] Schulz, S. M. (2016). "Neural correlates of heart-focused interoception : a functional magnetic resonance imaging meta-analysis", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371.

[15] Kanoski, S. E., & Grill, H. J. (2017). "Hippocampus Contributions to Food Intake Control: Mnemonic, Neuroanatomical, and Endocrine Mechanisms", *Biological Psychiatry*, 81(9), 748–756.

[16] Ainley, V., Apps, M. A. J., Fotopoulou, A., & Tsakiris, M. (2016). ""Bodily precision": A predictive coding account of individual differences in interoceptive accuracy", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371.

聴覚特性を模擬するフィルターを用いた音韻意識形成のモデルベース支援に関する検証

Preliminary validation of a model-based support for phonological awareness formation using filters to simulate auditory sensory issues

西川 純平 †，森田 純哉 †
Jumpei Nishikawa, Morita Junya
† 静岡大学
Sizuoka University
nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

音声の認識を支える音韻意識が未熟なとき様々な発話の誤りが表れる．本研究は，個人に対応づけた認知モデルを用いて個人の誤りパターンを推定するシステムを提案する．本稿では，成人を対象とし，音声フィルタにより音韻処理に困難のある子どもを模擬する設定で予備的検証を行なった．結果として，特定の音声フィルタ下のモデル選好に参加者間で一貫性があることが示された．これは提案手法による音韻意識推定の可能性を示唆する．

キーワード：認知モデル，音韻意識, モーラ, ACT-R, 支援システム

1. はじめに

言語は，人と人とのコミュニケーションに大きな役割を果たす．言語の発達過程において子どもはさまざまな困難に直面する．顕著な例は音素の分節化に見られる．子どもは，言語発達の初期において，音声を連続したものとして知覚し [6]，音節やモーラなどさまざまな単位（記号）で分割する可能性を持つ．そして発達するにつれ，母語が規定する単位の系列（日本語であればモーラ）を処理するシステムへと収束していく．

発達心理学や言語聴覚療法の分野では，この発達の一部は，音韻意識と呼ばれる能力に支えられるとされる [11]．これは言語で使用される音声における音素やリズムなど音韻的側面へ注意が向けられるようになる能力を指す [7]．言語発達の過程で起こる言葉の誤りの中には，その言語の音韻意識の形成が不十分なために起こると考えられるものも確認されている [14]．また，自閉症児においては，音素の習得が全体的に遅れる例や，一部が使用できないという例も存在する [3, 9]．このような発達における個人差の大きい能力の形成をうまく支援するためには，その子ども個人の認知特性に配慮し，これまでの知見に基づいた方法による支援を行うことが重要である [15]．

本研究では，音韻意識の形成を支援するシステムを提案する．支援システムには，人の内部プロセスに対応するモデルを組み込む．モデルは，音韻意識の形成過程で見られる発話の誤りを表現する．モデル構築のために，認知アーキテクチャACT-R [1] が有する機能を利用する．ここでは，音韻意識を ACT-R に実装される一般的な記憶検索の仕組みと対応づけることでモデル化する（ACT-R の解説として [8, 13]）．

ACT-R を用いたモデルで，音韻意識が形成されていく過程とそのメカニズムを表現し，モデルを内部にもつシステムを活用することにより，個人の音韻意識が推定可能であるか検討する．とくに，本稿においては，言語発達過程で困難を持つ子どもを対象としたシステムの評価実験に先立って，成人を対象とした予備実験を実施し，モデルの選好について調査する．

2. 関連研究

本節ではまず，支援システム構築のための材料として，音韻認識に関する臨床の現場からの報告と，過去の実験心理学的研究を紹介する．次に，人間の認知過程を理解し説明する方法としての認知モデルと認知アーキテクチャ，そして認知モデルを応用した支援システムを紹介する．

2.1 音韻意識に関する研究

音韻意識の形成については，臨床の現場からの報告と，実験的な手法による調査が複数存在する．言語聴覚療法の臨床の現場からは，子供が特定のモーラを混同するケースが報告されている．たとえば 2，3 歳前

後の幼児は，子音の/r/と/d/を含むモーラや/s/と/sj/を含むモーラを混同する傾向があることが報告されている [7]．この誤発話は 4，5 歳頃になると軽減される．一方で，このような音韻弁別が遅れるケースもある．言語聴覚療法士の教科書 [5] では，発達障害のある子どもは母音と同じ母音を持つ母音–子音の組み合わせ（たとえば「あ」と「か」）を区別することが困難であると報告されている．

高橋 [12] は，定型発達の子どもを対象とした横断的な発達心理学的実験を通して，音韻意識形成の段階を，しりとりができるようになる条件と絡めて検討している．この研究では，しりとりをするためには，音をモーラに分割する能力とモーラによる索引が付与された心的辞書が必要であること，この心的辞書の獲得のためには仮名文字の習得が有効であることが示されている．これらの結果は，しりとりを実施するには，モーラに注意を払う音韻意識が必要であり，その能力を獲得するためには，音に対応する視覚的補助（仮名文字の提示など）による強化が必要であることを示唆する．

ここまでに紹介した研究を踏まえて，本研究で開発する支援システムの課題として，しりとりを設定する．しりとりの処理の中でも，単語から語尾音を切り出す，語頭音により単語を検索するといった操作を行う能力に着目して，音韻意識形成の過程を検討する．

2.2 認知モデリング

人の内的なメカニズムや認知プロセスを理解し，説明・予測するための方法のひとつに，認知モデリングというアプローチがある．認知モデリングでは，計算機上に，人の課題遂行に近似するモデル（認知モデル）を構築し，シミュレーション中の認知モデルのふるまいや内部状態から，人の課題遂行中の認知プロセス，内部状態を推測する．認知モデリングの基盤として認知アーキテクチャと呼ばれるフレームワークが整備されている．本研究では，認知アーキテクチャの中でも ACT-R（Adaptive Control of Thought – Rational）[1] を利用する．ACT-R の構造は複数のモジュールを持つプロダクションシステムとして表現される．各モジュールの動作を規定する様々なパラメータが存在し，個人のモデル化を容易にしている．

著者らは，音韻意識の形成過程における人の内部プロセスに着目し認知モデルを構築してきた [10, 17]．この研究では，ACT-R に実装される一般的な記憶のメカニズムを，音韻意識と対応づけてモデル化している．とくにモデルが保持する音韻の知識に関して，知識間の類似度を設定することにより，音を取り違える誤りを起こす未熟な音韻意識を再現した．また，個別の誤りのパターンや個人への対応づけが容易となるよう操作するパラメータとして複数の生得的要因の設定（モーラ間の類似度をまとめたテーブルの計算方法）と，言語コミュニティにおける経験によって変化することを想定した生得的要因の影響度の大きさに着目している．

認知モデルは，人の認知プロセスを理解し，説明・予測するという志向から，学習やメンタルヘルスなどいくつかの場面における支援システムにも応用されている．たとえば，Anderson らによる ITS（Intelligent Tutoring System）[2] は，幾何学の証明や LISP プログラミングに関して，学習者とシステムが保持するモデルを対応づける．モデルの行動ログから失敗や混乱を検出し，学習支援につなげている．森田らによるモデルベース回想法 [16] では，認知症患者への既存のメンタルヘルスケアの手法の 1 つである回想法を拡張している．回想法のための写真スライドショーシステムに，利用者個人に対応づけた認知モデルを組み込むことで，適切な回想のガイドを試みている．

これらを踏まえて，本研究においても ACT-R を基盤に認知モデルを構築し，個別化する．それらの認知モデルを含む支援システムを開発し，その実現性を検討する．

3. 個別化認知モデルを用いた音韻意識形成支援システム

本節では，音韻意識形成支援のためのシステムについて述べる．図 1 に，提案システムの概観を示す．システムは，利用者の音韻意識推定・形成支援のために，内部に複数の認知モデルをもつ．システム内部のモデルはシステムは課題を通して利用者の反応に応じたモデルを選択・更新することで利用者の音韻意識を推定する．モデルの尤度（利用者の認知プロセスの表現としての尤もらしさ）を円の大きさに対応づけて示している．

これから，音韻意識の認知モデルについて述べる．その後に，システムのユーザインタフェースを示し，システムの動作を述べる．

3.1 音韻意識の個別化認知モデル

この節では，音韻意識推定のためにシステムが持つ，ACT-R 上に構築したモデルについて述べる．本

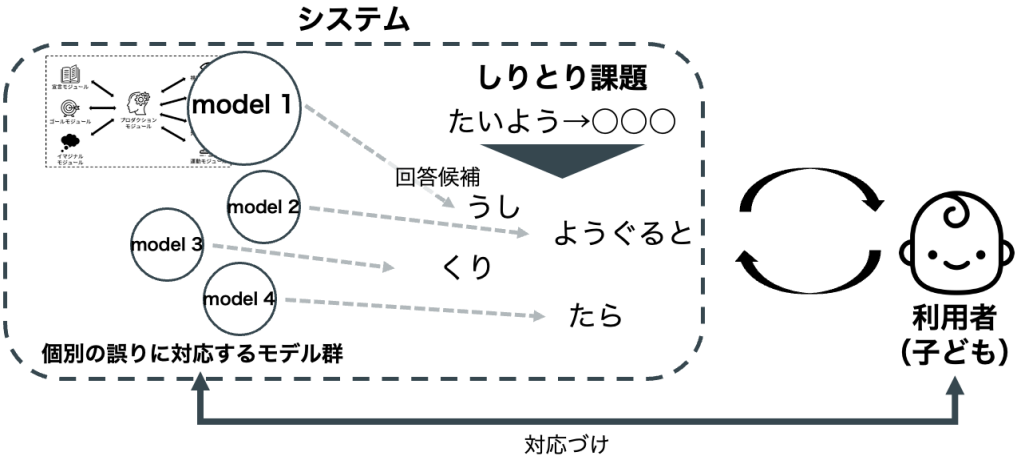


図 1: システムの概観

システムでは，先行研究 [10, 17] で構築された音韻意識モデルを，システムに組み込むために拡張して用いる[1]．音韻意識モデルは ACT-R に実装される一般的な記憶検索のメカニズムを用いて音韻意識を表現している．このモデルを基本として，さまざまな誤りを引き起こす未熟な音韻意識に対応づけるために複数の個別化モデルを構築する．

個別化モデルを構築するために操作する要素のひとつは，モーラ間の類似度計算方法（類似度テーブルの定義）である．計算結果をまとめた類似度テーブルごとに複数のモデルを構築する．また，類似度テーブルの影響の大きさに対応する係数（ACT-R において P で表される）の値を操作する．類似度テーブルと係数 P の違いにより，特定のモーラ間の類似度を高く設定されることで，ラ行とダ行の混同，子音脱落など実際に観察されている現象に対応づけることが可能になると考えられる．

3.2 音韻意識形成支援システム

この節では，前節のモデルを組み込んだ音韻意識形成支援システムについて述べる．システムのユーザインタフェースとシステム利用者に課すタスクについて説明したのち，システムの動作について述べる．

3.2.1 ユーザインタフェースとタスク

図 2 は提案システムのユーザインタフェースを示す．本システムにおいては，2.1 節で示した音韻意識に関する研究 [12] を参考に, 単語選択制のしりとりをタスクとして設定する．利用者は，システムが提示する複数の回答候補から適切な単語を選択することでしりとりに回答する．この回答形式は，音韻意識に関する調査（[12] など）で用いられたしりとりを参考にしている．

提案システムでは，しりとりの問題となる単語，回答候補および回答のためのボタンが Web ブラウザ上に表示されている（図 2）．ここで，画面上では問題・回答候補の表示に文字を使用しない．画面上には問題となる単語に対応するスピーカーアイコンや回答候補に対応する吹き出しを表示し，利用者への提示には音声合成ソフトによる単語の読み上げを用いる．利用者は，アイコン・吹き出しをクリックし，再生された音声を手がかりとして回答を選択する．回答された単語に相当する文字列は履歴欄に文字が表示される．これを見ることで，利用者は回答が適切だったかを判断することができる．

利用者が課題を遂行する手順を以下に挙げる．

1. システム利用者に，問題となる単語が音声で提示される．
2. モデル群が，問題に対する回答を生成し，選択肢（回答候補）として提示する．
3. 利用者は，提示された回答候補から，適切なものを選択し，自らの回答とする．
4. 選ばれた回答を次の問題とし，1. からくり返す．

また，システム内のモデルは未熟な音韻意識に対応づけられるため，モデルの回答（利用者に提示される選択肢）には，しりとりとして成立していない単語も含まれる．誤った回答候補の選びやすさから，利用者の音韻意識（対応づけられるモデル）を推測する．

[1]本稿では支援システムの提示が目的であるため，個別化認知モデルを実現するためのモデルの特徴のみを示す．モデルの内部の詳細はこれらの文献を参照されたい．

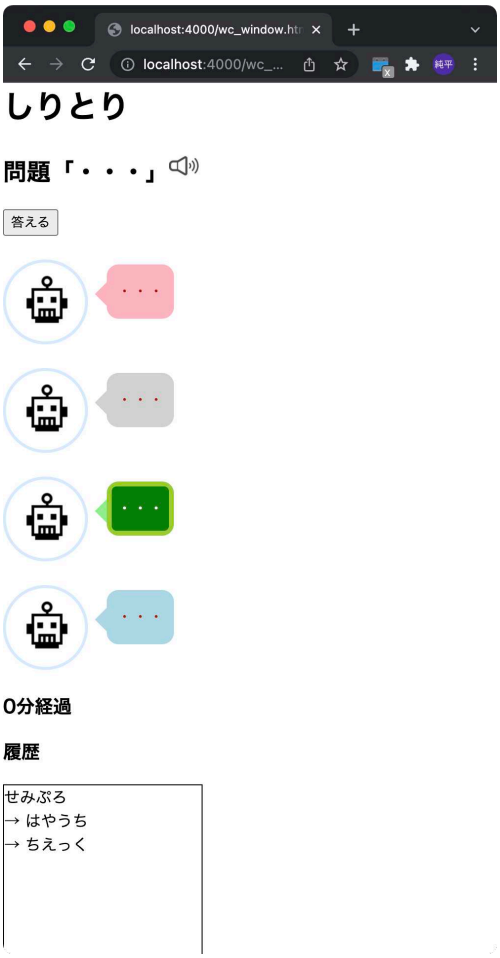


図 2: システムのユーザインタフェース．図はしりとり 4 回目の単語として緑色のモデルが出力した候補を選択した状態を示す．

3.2.2 システムの動作

システムは，以下の 2 段階で動作する．

1. システムに含まれるモデルとの対応づけにより，利用者の音韻意識の状態を**推定**し，
2. 推定された音韻意識に基づいて，その利用者に有効だと考えられる**支援**を行う．

以下でそれぞれの段階での動作を説明する．

推定　図 3 にシステムが利用者の音韻意識を推定する際の動作を示す．

1. まず，システムは実験ウィンドウから音声を再生することで，システム内のモデル群およびシステム利用者に開始単語（図 3①，図 2 においては「せみぷろ」）を提示する．
2. 各モデルは開始単語を確認すると（図 3②），その語尾を認識し，しりとりのルールに則って単語を回答する（図 3③）．

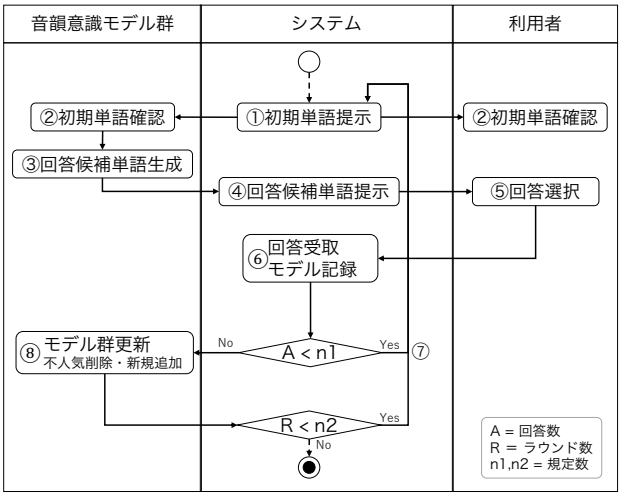


図 3: 提案システムの動作

3. モデルが回答した単語は，実験ウィンドウに表示（図 3④）され，システム利用者が回答するための選択肢となる．
4. システムの利用者は，開始単語及び回答候補単語をもとに，適切だと思う単語を回答（選択）する（図 3⑤）．ここで，単語を選択するとは，その単語を生成したモデルを選択することと等しい．
5. システムは，利用者の回答を受け取ると，選択された回答候補を生成したモデルを記録する（図 3⑥）．
6. 一連の処理のあと，利用者の回答を次の開始単語とし，繰り返ししりとりを行う（図 3⑦）．

以上の処理を数回繰り返し 1 ラウンドとする．1 ラウンドが終了した後に，システムは回答候補を提示するモデルを入れ替える（図 3⑧）．ラウンド中に集計された回答（選択）の数から，被選択数が最も少なかったモデルを削除し，最も選択されたモデルのパラメータを引き継ぎつつ一部調整した設定の新規モデルを追加する．調整するパラメータは，3.1 節で述べたように，類似度テーブルおよび類似度の影響度 P である．たとえば，図 1 において，model 4 を削除し，model 1 と同一の類似度テーブルで，P をやや小さく設定した model 5 を追加するというような入れ替えを行う．この入替を繰り返すことで，利用者の音韻意識に対応づけられたモデルのパラメータを推定する．

支援　利用者の音韻意識に対応づけられたモデルのパラメータが推定された後，システムはそのモデルを用いて音韻意識の形成を支援する．推定に基づいて難易度を調整することでしりとり課題の継続を促し，音韻意識形成の支援を図る．具体的な難易度調整には，そ

の利用者が答えられるであろう問題の割合を調整すること，その利用者にとってまぎらわしくない選択肢を提示することを想定している．また，先行研究 [4] の報告から，子どもがある単語を処理可能かどうかに，その単語のモーラ数が影響することもわかっている．このことから，システムの提示する単語の長さを制限するという補助も検討している．

4. ケーススタディ

本節では，構築したシステムを用いて行った予備実験について述べる．本システムは，本来，音韻処理に困難を持つ子どもの学習支援を志向するものである．ただし本稿では，予備的に成人を対象とした実験について報告する．

4.1 目的

個別・個人に適応した認知モデルを内部にもつシステムが，利用者の音韻意識を推定し，音韻意識形成の支援に有効であるかの評価が目的である．この実験においては，参加者募集のコストの観点から，音韻処理に困難のある子どもを対象とするに先立つ予備的検証として，成人を対象とする．システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで，音韻処理（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定する．以上の目的のために，単語選択制のしりとり課題において，選択肢に音声フィルタをかけるとき，異なるフィルタによって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証する．

4.2 方法

4.2.1 実験デザイン

本節で述べる予備実験では，単語選択制しりとり課題中のモデルの選好を調べるために，モデル 4 水準 × フィルタ 2 水準の条件下で参加者の行動を比較した（2 要因参加者内計画）．それぞれの条件について以下の節で述べる．

モデルの設定 本実験では，システム内に，4 体のモデル（4 水準）を用意した．モーラ間の類似度の異なる計算方法による 2 種類の類似度テーブル（母音–子音連結テーブル，母音–子音平均テーブル）と，類似度の影響の大きさ 2 通り（係数 $P = 10, 30$）からなる 4 水準のモデルを用意した．表 1 にモデルの設定をまとめる．また，この後は各モデルを指すために表中の各セルに示される呼称を用いる．

ここで，本実験は予備的検証を目的とするため，3.2.2 節で述べたようなシステム利用中のモデルの更新（パラメータ変更とモデルの入替）を行わない．つまり，システム動作による利用者へのフィッティング（図 3 の「⑦モデル群更新」）は行わず，静的な個別化モデルに対する選好を評価する．

システムの出力と音声フィルタ 本実験では，成人を対象として，音韻の処理において困難を抱える子どもの状態（個人の特性）を模擬するため，システムの出力（音声）にフィルタをかける．具体的にはまず，システムが出力する音声を仮想オーディオデバイス BlackHole を通してオーディオソフト GarageBand に入力する．GarageBand に入力された音声にエフェクト（Voice Transformer）を用い，大きくフォルマントシフトの操作をすることで歪ませ，音の聞き取りにくさを再現する．エフェクトがかけられた音声は GarageBand のモニタ機能から BlackHole を通し，スピーカーから出力された．Voice Transformer の Formant つまみ[2]を +10，−10 に設定する 2 水準で参加者の行動を比較する．

4.2.2 実験参加者

静岡大学情報学部生および大学院情報学専攻の計 2 名（男性 1 名，女性 1 名）の参加者について実験を行った．このあと，実験参加者 2 名をそれぞれ参加者 A，参加者 B とし，実験設定について示していく．

4.2.3 使用機材

ノート PC のディスプレイにシステムを表示し，内蔵のタッチパッドによって操作した．システムの音声出力には Google Cloud Text-to-Speech API を用い，4.2.1 節の通りソフトウェアを用いて音声フィルタの設定した．また，実験終了後に事後アンケートに回答した．

4.2.4 実験手続き

本実験の流れを表 2 で示す．実験概要説明 5 分，しりとり課題 2 回（1 回 25 分），事後アンケート 5 分，途中休憩 5 分，計 1 時間 5 分である．

[2]Formant つまみは，音声中の倍音構成を変化させることで声質を操作する．また，過度な調整を加えると音声に歪みが発生する．

表 1: 個別化モデルの設定と呼称

	母音–子音連結テーブル	母音–子音平均テーブル
類似度係数 $P = 10$	P10-SIM1	P10-SIM2
類似度係数 $P = 30$	P30-SIM1	P30-SIM2

表 2: 実験の流れと参加者ごとの条件

		参加者 A	参加者 B
実験概要説明	(5 分)		
しりとり課題 1	(25 分)	+10 条件	−10 条件
休憩	(5 分)		
しりとり課題 2	(25 分)	−10 条件	+10 条件
事後アンケート	(5 分)		

まず，実験参加者をシステムが表示されたディスプレイの前に座らせ，実験目的とシステムの利用方法を口頭で説明した．説明の終了後，実験について不明な点が無いことを確認して，しりとり課題を実施した．各条件に 1 回のしりとり課題を 25 分間とし，計 2 回のしりとり課題終了後，事後アンケートに回答させた．2 回のしりとり課題は，音声フィルタの設定が異なり，参加者 A に対しては +10 条件，−10 条件の順で，参加者 B は −10 条件，+10 条件の順で実施された．

4.3 結果

参加者がどのモデルの提示した回答を選んだのかを集計し，音声フィルタの影響を分析する．図 4a に，参加者が誤った単語を選択した際に，その選択肢を提示したモデルごとの被選択回数を集計した．つまり，各条件において，参加者が選んだ回答がどのモデルの提示した回答だったのかを，とくに誤答したときに着目して積み上げグラフとして示している．図 4b は，図 4a で示したモデルの被選択回数を条件ごとの列とし，各条件についての相関を算出したものである．この図より，+10 条件において参加者間に有意な相関 ($r = 0.97, p < .05$) が観察される．他の条件間では有意な相関は認められない．つまり，+10 のフィルタ下では，参加者間で選択肢の選ばれやすいモデル・選ばれにくいモデルが一致することが示唆される．

4.4 考察

この予備実験では，システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで，音韻処理（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定し，異なるフィルタ（個人差）によって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証した．このために，モデル 4 水準 × フィルタ 2 水準の条件下で参加者の行動を比較した

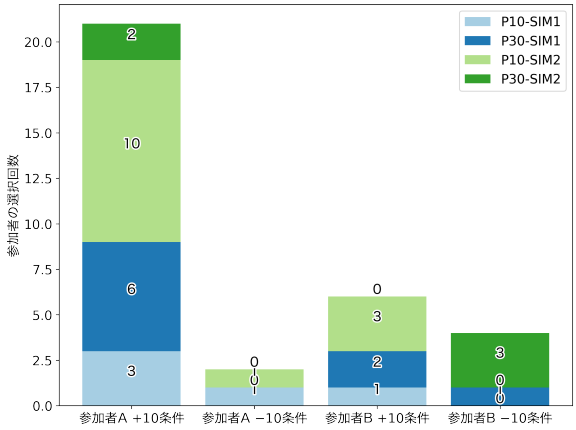
とくに，4.3 節の結果で，図 4b において，参加者間の +10 条件にのみ有意な相関が見られ，他の組み合わせでは有意な相関が認められなかった．つまり，+10 フィルタがかけられているときには，参加者の間で，選びやすいモデル・選びにくいモデルがある程度一致していると考えられる．よって，本研究の仮説である，音声フィルタの特性によって好まれる回答（モデル）に差が生じることに一定の妥当性が得られた．

5. まとめと今後

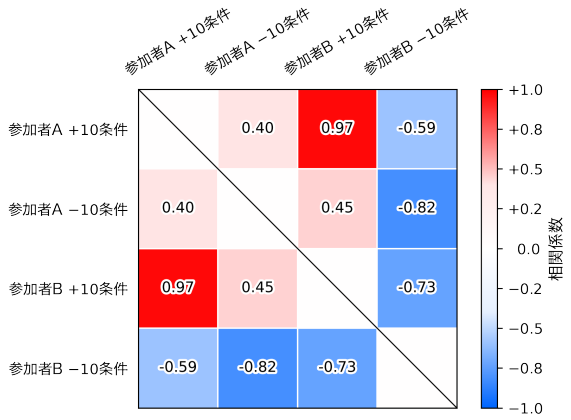
本研究では，音韻意識の形成を支援するシステムを提案した．個別の誤りのパターン・個人に適応した認知モデルを内部にもつシステムが，利用者の音韻意識を推定し，音韻意識形成の支援に有効であるか検証することが目的であった．しりとりを行う認知モデルを用意し，参加者に単語選択制のしりとりを課した．参加者がモデルの提案する単語を繰り返し選択する中で，参加者の持つ音韻意識に似た構造のモデルを推定する．

この目的のため，本稿では，音韻処理に困難のある子どもを対象とする前段階として，成人を対象とした予備的検証を行なった．システムの出力（モデルが提案する単語）に音声フィルタをかけることで，音韻処理（特に聞き取り）に困難のある子どもの状態を模擬することを想定した．この予備実験では，単語選択制のしりとり課題において，選択肢に音声フィルタをかけるとき，異なるフィルタによって好まれる回答（モデル）に差が生じるという仮説を検証した．参加者 2 名を対象とした予備実験において，特定の音声フィルタを使用したとき，参加者間に一貫して誤った（しりとりとして適切でない）選択として選ばれやすいモデル・選ばれにくいモデルが存在することが示唆された．予備実験の仮説には一定の妥当性が得られたと言える．

本研究に対して，多くの課題が残されている．まず，



(a) 参加者の誤答回数を，その選択肢を提案したモデルの被選択回数として集計.



(b) 誤答時モデル被選択回数の条件間の相関．図 4a に示したモデル被選択回数を条件ごとの列とした相関行列.

図 4: 参加者が誤答時に選択したモデルの傾向

ケーススタディの結果は更なる分析が必要である．本稿では，しりとりの誤答に着目した回答数とモデル選択頻度のみを対象として分析しており，統計的手法を用いた検定により厳密に影響を確かめる必要がある．このためには，同様の設定でより多くの参加者を募集し追加実験を行う必要がある．また，音声フィルタの設定について検討の余地がある．今回は，既製ソフトウェアのパラメータ設定により音の歪みをフィルタとして用いた．これに対し，困難を抱える子どもの特性を再現する研究は存在する．たとえば，定型発達者が自閉スペクトラム症の特異な知覚を体験するためのシミュレータが開発されている [18]．このような知見を参考に，仮説に基づいてシステム出力を変更するフィルタを作成することで，より現実の困難に対応づいた検証が可能になる．今回除外したモデルの推定・更新を含めた動的条件での実験も必要である．十分な予備実験を行いシステムが完成したのち，本来対象とする音韻意識に問題のある子どもを参加者として募集し評価実験を行う．

文献

[1] Anderson, John R, (2007) “How can the human mind occur in the physical universe?”: Oxford University Press.

[2] Anderson, John R, Boyle, C Franklin, and Reiser, Brian J, (1985) “Intelligent tutoring systems,” Science, Vol. 228, No. 4698, pp. 456–462.

[3] Grandin, Temple and Panek, Richard, (2013) “The autistic brain: Thinking across the spectrum”: Houghton Mifflin Harcourt.

[4] 原恵子, (2001) “健常児における音韻意識の発達”, 聴能言語学研究, Vol. 18, No. 1, pp.10–18.

[5] 大石敬子, (2016) “評価” 石田宏代・石坂郁代（編）“言語聴覚士のための言語発達障害学”, 医歯薬出版, 第 2 版, 第 4 章, pp.77–117.

[6] 梶川祥世, (2002) “子どもの音声習得”, 言語, Vol. 31, No. 11, pp.42–49.

[7] 小林はるよ, (2018) “音韻意識の形成と言葉の発達–『言葉が遅い』を考える–”, こだま出版.

[8] 森田純哉, (2020) “機械学習時代における認知的学習モデルの役割 – ACT-R による学習モデルの事例と支援システムへの搭載–”, 人工知能, Vol. 35, No. 2, pp.223–232.

[9] 麦谷綾子・保前文高・廣谷定男・佐藤裕・白勢彩子・田中章浩・山本寿子・梶川祥世・今泉敏・立入哉, (2019) “こどもの音声”, 音響サイエンスシリーズ, No. 21, コロナ社.

[10] Nishikawa, Jumpei and Morita, Junya, (2022) “Cognitive model of phonological awareness focusing on errors and formation process through Shiritori,” Advanced Robotics, Vol. 36, No. 5-6, pp. 318-331.

[11] Stahl, Steven A and Murray, Bruce A, (1994) “Defining phonological awareness and its relationship to early reading.,” Journal of educational Psychology, Vol. 86, No. 2, pp. 221–234.

[12] 高橋登, (1997) “幼児のことば遊びの発達 :“ しりとり ” を可能にする条件の分析”, 発達心理学研究, Vol. 8, No. 1, pp.42–52.

[13] 寺尾敦, (2015) “認知アーキテクチャの理論に

よる脳の構造と機能の解明”，電子情報通信学会誌, Vol. 98, No. 12, pp.1083–1090.

[14] 寺尾康，(2006) “言語産出メカニズムの連続性について: 言い間違いからみた言語発達”，ことばと文化, No. 9, pp.115–131.

[15] 坂爪一幸，(2011) “特別支援教育に力を発揮する神経心理学入門”，学研プラス.

[16] 森田純哉・平山高嗣・間瀬健二・山田和範他, (2015) “メンタルタイムトラベルを誘導するモデルベース回想法”，研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2015, No. 16, pp.1–6.

[17] 西川純平・森田純哉，(2021) “音韻意識形成過程における誤りの認知モデリング”，ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 23, No. 2, pp.189–200.

[18] 長井志江，(2016) “自閉スペクトラム症の特異な視覚世界を再現する知覚体験シミュレータ”，精神看護, Vol. 19, No. 1, pp.59–63.

国際バカロレア教育カリキュラムにおける「キーコンセプト」を活用した思考支援手法の検討 －保護者は我が子の学びをどう捉えるのか？－

A Study of Thinking Support Methods Using "Key Concepts" of the International Baccalaureate Curriculum －How do parents perceive their child's learning?－

菅井 篤
Atsushi Sugai

静岡福祉大学
Shizuoka University of Welfare
sugai@suw.ac.jp

概要

本研究では，学習を誰かからの観察によってつくられる変化（有元, 2013）だと捉え，国際バカロレア（IB）教育を捉えなおし，IB への批判的な検討を試みた．IB を履修する小学生の保護者へ自由記述式の質問紙調査を実施し，日常の実践でのキーコンセプトの活用が，どのように保護者によって観察されているのかを探っていった．これらのことを通して，IB は，日本の教育を改めて評価し改善していくための，ひとつの視点であるという提案がなされた．

キーワード：キーコンセプト (key concepts), 国際バカロレア (International Baccalaureate)

1. はじめに

1.1 日本への国際バカロレア教育の導入

2022 年度までに，日本では国際バカロレア（International Baccalaureate：以下，IB）認定校等を 200 校にする計画が進められている（文部科学省，2021）．IB とは，国際的人材の育成を目指す 3 歳～18 歳を対象とした国際教育プログラムである．高校 2・3 年生を対象とするディプロマプログラム（DP）修了生には，世界共通の大学入学のためのスコアが与えられ，それを活用し，大学へ入学することができる．

IB 教育プログラムを特徴づけるのは，概念を通した学びを重視するカリキュラムの設計である．日本の学校教育は各学習指導要領に基づき，児童生徒に必要な資質・能力を育成することを理念として，教師がカリキュラムを編む．一方で，IB では学校を「学び合うもののコミュニティー」と捉え，学習すべきゴールを先に設定する．そして，そのためのスキルを獲得し活用する学習内容を，学習者が自ら選択していく逆向き設計のカリキュラムをとる．3 歳～12 歳の児童を対象とした IB 初等教育プログラム（Primary Years Programme：以下，PYP）の教育文脈では，教師も児童と同様に学習者として共同し，様々にカリキュラムを編成していく．

1.2 IBPYP におけるキーコンセプト

IBPYP では授業場面における概念の価値が強調されている．具体的には，「Function，Change，Causation，Perspective，Connection，Responsibility，Form」の 7 種の概念（または，Reflection を加えた 8 種）をキーコンセプト（key concepts）と位置づけ，これらの概念を，思考の視点として活用することが提案されている（International Baccalaureate Organization：以下，IBO, 2009）．

PYP の実際の授業では，事実から知識を獲得するような，教師が単に知識を提示したり，抽出したりすることで児童へ事実を教授する場面は多くない．PYP では，キーコンセプトの視点から，教材教具などの対象を児童が眺められるように，教師は仕掛けと工夫を施し，思考することができる場づくりをしていくことで，児童を支援する．そして，その支援から，児童は対象に対する思考内容を整理し，思考を構築していく．

概念を通した学びを企図する授業では，教師の示した課題から，児童らは共同し，創造し，問題解決を図り，思考を構築する．そして共創された概念を他の学校文脈，あるいは日常の経験文脈で活用したり，関連づけたりすることで，思考が強化され，一般化されることを図る．とりわけ初等教育では，中等教育や高等教育に比べ，数や色や言葉などを理解するために，概念を基に思考する領域が多くを占めている（エリクソンら，2020）．

そこで本研究では，キーコンセプトがどのように日

常の実践に活かされているのかということを探るため，保護者からみるPYP生の姿に焦点を当てる．

1.3　研究の目的

本研究では，日常を共に過ごしている保護者の観察から，どのようにキーコンセプトが日常の実践で活用されているのかを探ることを目的とする．ここでは，学習を誰かからの観察によってつくられる変化（有元，2013）だと捉え，IBPYPを捉えなおし，批判的な検討を試みる．それにより，今後増加が見込まれるPYP認定校におけるIB教育実践に還元可能な思考の支援方法について萌芽的な示唆を得ることができるだろう．

2.　方法

2.1.1　調査対象者

対象は学校教育法第1条に規定される学校(以下，1条校)のPYP認定小学校に通う児童の保護者であった．

2.1.2　実施時期

2022年6月．

2.1.3　調査実施の依頼手続き

調査の実施にあたっては，日本国内の全ての1条校のPYP認定小学校8校（公立1校，私立7校）に実施を依頼した．依頼では，調査データが学術研究以外の目的で使用されることはなく，対象者の私的情報は保護される点が説明された．

調査の実施への協力の回答が得られたのは私立小学校1校であった．本調査の概要を説明した用紙を，協力校に所属する児童を通して保護者宛に配付した．なお，本調査は静岡福祉大学研究計画倫理審査で審査・承認を得た上で実施した（承認番号　SUW21-7）．

2.1.4　調査概要

キーコンセプトに関する自由記述式の質問紙調査をオンラインで実施した．調査では，対象者の子であるPYP生について，自由記述式の回答を求めた．その結果，PYP生17名の保護者から回答があった．回答があった保護者の子は，1年生8名，2年生2名，3年生1名，4年生4名，5年生2名であった．回答者である対象者は父親4名，母親13名であった．

2.2　分析手続き

質問紙調査のキーコンセプトに関する質問は,「重要概念（キーコンセプト）を用いた概念的思考は，対象のお子さまのどのような資質・能力を育むと思いますか.」であった．

回答から得られた自由記述を調査データとして，KH Coder（樋口，2020）を用いて多く使われている語を抽出した．次に，その抽出結果を参考に，筆者が興味深いと考えた特徴的な記述から，保護者がPYP生の学びと捉えているものについて考察を行った．

3.　結果と考察

3.1　上位語の抽出

総抽出語数は731語となった．抽出に当たっては，用語自動抽出システムのTerm Extractを用いて複合語（例：キー＋コンセプト＝キーコンセプト）を抽出した．抽出された主な上位語を，表1に示した．

表1　上位語の抽出結果と記述者人数

抽出語	出現数	記述者人数
考える	10	7
力	9	7
解決	6	6
思う	6	4
キーコンセプト	5	2
育む	5	5
学ぶ	5	3
思考	5	5
様々	5	5

3.2　特徴的な記述

上位語を多く用いた興味深い特徴的な記述を表2と表3に示した．なお，それぞれの下線は筆者が加筆した．

表2　具体的な記述（小学4年生の保護者）

キーコンセプトについては，授業や学校生活の様々な場面で繰り返し触れてきたことで，探究的に考える方法を知り，ひとつの物事を多面的に捉える力が圧倒的に伸びたと感じます．
①<u>キーコンセプトを使って考える方法</u>が大変身近なものとなり，分からないという壁にぶつかった時，まずキーコンセプトの中のどれかから考えてみると，とっかかりが見えてきたりするようです．今はまだ，知

っていることを口に出して試している段階のようにも思うのですが，もう少し経験を重ねると，②自分の技術として習得できるように感じますので，応援しています.

③キーコンセプトを使って考える力は，学校生活の課題だけではなく，自分の興味関心についての疑問はもちろん，日常の解決が必要な場面であっても存分に活用できることのように思います.

最近，驚きとともに嬉しく感じたことがあり，学校の先生にも共有させていただいたことがあります．現在年長の次女がチューリップの絵本を読んでいたところ，PYP4 年の長女が「球根はどう change しているかな？」「おうちの庭のチューリップとどこが同じでどこが違うかな？」と手紙に書いて次女に考えさせていたことを知り，大変驚きました．チューリップの絵本そのものも良本なのですが，長女の手紙があったことで，単なる図解的な見方や読み聞かせにとどまることなく，球根が変化していくことを知り，④庭のチューリップと色や花の形が違うことに気付くことができたようで，次女にとっても学びの時間となりました.

「①キーコンセプトを使って考える方法」と「②自分の技術として習得できる」と「③キーコンセプトを使って考える力」とあるように，キーコンセプトの活用は，習得や思考ためのツールであると捉えられていることがわかる．また，「④庭のチューリップと色や花の形が違うことに気付くことができた」のように，キーコンセプトは学校文脈を越えて，日常の実践でもツールとして活用され得る場面が保護者によって観察されていることが明らかになった.

表 3　具体的な記述（小学 5 年生の保護者）

抽象的な物を捉える事が少し苦手（だと親は感じているが）なので⑤キーコンセプトを用いて学習していく事で，考えている事や取り組んでいることの軸がブレることなく進める．なので，⑥本人は様々な角度から学ぶことに苦手意識を持つことなく，自分の意見や意思を表現できている.

「⑤キーコンセプトを用いて学習していく」から，①，②，③の記述と同様に，キーコンセプトが学習のためのツールと捉えられていることがわかる．「⑥本人は様々な角度から学ぶことに苦手意識を持つことなく，自分の意見や意思を表現できている」から，児童にとって理解が難しいと思われる抽象的なことでも，キーコンセプトを活用し，理解を試みる場面が，保護者によって観察されていることが示された.

3.3　考察

キーコンセプトが日常でどのように活用されているのかを探るために，本研究では保護者による観察からの検討を試みた．この保護者の観察から示唆された，児童によるキーコンセプトの活用方法を，次の 3 つに大きく整理する.

1　児童は，キーコンセプトをツールとして，日常の実践でも活用しようとしている.
2　キーコンセプトは，児童にとって，習得，思考，理解の原因となる.
3　キーコンセプトは，抽象的なことへの理解のためのツールとして児童に活用される.

これらのことから，それぞれのキーコンセプトは PYP 生のひとつのツールとして活用されて，学びを巻き起こす原因となる可能性が示された．この結果から，IB が提案する「学びのための力強いツール（IBO, 2009）」として，実際にキーコンセプトが，PYP 生に活用されていると強調することができるだろう.

3.4　展望と今後の課題

本研究は，保護者からみる PYP 生の児童の日常の実態を探ることで，PYP 生がどのようにキーコンセプトを日常の実践で活用しようと試み，学びを深めているのかということについて考察し，批判的な検討をすることを目的とした．本研究で明らかになったことは，キーコンセプトをツールとして，児童が活用をしようとしている姿が保護者によって観察されていたことである．これは，一見すれば，概念を通した学びを重視する PYP のカリキュラムが日本の学校教育において十分に機能し，児童の日常に積極的に活用され，児童の学びを深めていると捉えることができるかもしれない．このように，IB が，日本の教育にとって，新しい思考支援方法であるならば，その導入によって日本の伝統的な教育方法はどのような影響を受けたのか，改めて再検討する必要があるだろう.

例えば，PYP 認定校ではない一般の小学校の国語の授業で行われる記録文の単元では，アサガオやひまわりなどの植物を記録するときに「くわしくする言葉」

として，「数，大きさ，色，形，長さ，触った感じ，以前と違うところ，上（横）から見ると」などの語を頻繁に用いて，教師は児童に指導をしている．この「くわしくする言葉」は，キーコンセプトと同様に学びのツールとして扱われているだろう．しかし，両者は同一の性質を持つようなツールではない．数や大きさは記録文の単元における思考や行為の結果であるのに対し，キーコンセプトの活用は思考や行為のための原因となるもので，対極の立場にあると言える．

「くわしくする言葉」の指導の視点は，児童らの日常の文脈に十分に活かされるであろうが，IB のキーコンセプトという語のようなラベリングがなされていないため，日常を共にする保護者からは，記録文の単元の学びが活用されているとは観察されにくいであろう．日本の伝統的な教育実践のそれぞれの単元の視点が，どのように活用され，応用されているかを全て観察することは難しいことだが，誰かによって観察されなくても，児童らには活用され，応用されていることは事実である．

そのように考えると，IB の導入前から，日本の学習指導要領をベースとした伝統的な教育方法は，様々な形で浸透し地域化され，教育効果を上げている．しかし，そのことは当然の事実のごとく，意図的に誰かによって観察されていない．教育政策として IB が日本の教育に導入されている事実が物語ることは，国際的なものとして，あるいは新規的で効果があるものとして IB は日本の学校教育に良い影響を与えるものであるとの前提があるということである．そうでなければ，教育政策として IB は推進されていない．この IB が良いものであるとの前提から，児童の様子を観察すれば，さまざまな変化が見えてくるが，その変化は，観察によってつくられた変化ということである．

学習が誰かによる観察によってつくられる変化（有元，2013）であるならば，学習指導要領と IB のカリキュラムそれぞれの視点から児童の何を観察し，あるいは観察しないのかによって，つくられる児童の学びの形も変わっていくという見方もできる．言い換えれば，キーコンセプトという視点を活用した IB 教育を，日本にとって全く新しい思考支援手法として評価することもできるし，日本の伝統的な教育の機能を補い強化していくものとして受け入れていくこともできるということである．もし前者であるならば，IB の教育効果としての児童の学びは，IB のカリキュラムやキーコンセプトというツールによって，誰かによってつくられた学びということになるし，さらに言えば，観察によってつくったつもりになっていると言うこともできるだろう．

本研究では，その結論に至るまでの議論が不十分であるが，これまで日本の教育が大きな課題を抱え，機能不足に陥ったこともなく，時代の潮流に合わせ課題を見つけ，改善に取り組んできたことを考えると，IB は日本の教育にとって革新的なものではないという見方もできるだろう．IB は，日本の教育で当たり前に行われてきた支援手法に，多様な面からスポットライトを当てていることは間違いないだろう．しかしその演出方法は，多様な学びを新たに想像するものなのか，あるいは，これまで光を照らされず，積極的に観察されてこなかったが，もともとそこにあった学びの側面なのかを，適切にみていく必要があるだろう．このようにして，IB は，日本の教育を改めて評価し改善していくための，ひとつの視点であると捉えてもよいかもしれない．

本研究では保護者への自由記述式の質問紙調査を行った．調査実施校は 1 校のみであった．加えて保護者，及び児童本人へのインタビューや，授業観察には本研究では至っていない．多様な視点から調査を継続し，学校教育における支援方法の検討を重ねていく事が今後の課題である．

文献

[1] 有元典文，（2013）“学習という観察”, 認知科学, Vol. 20, No. 3, pp. 281-282.
[2] H・リン・エリクソン，ロイス・A・ランニング，レイチェル・フレンチ，（2020）“思考する教室をつくる概念型カリキュラムの理論と実践: 不確実な時代を生き抜く力, 遠藤みゆき，ベアード真理子訳”, 北大路書房.
[3] 樋口耕一，（2020）“社会調査のための計量テキスト分析ー内容分析の継承と発展を目指してー第2版”, ナカニシヤ出版.
[4] International Baccalaureate Organization, (2009) “Making the PYP happen: Acurriculum framework for international primaryeducation”, International Baccalaureate Organization（UK）Ltd.
[5] 文部科学省，（2021）“国際バカロレア・ディプロマ・プログラムと学習指導要領との対応関係について”, https://www.mext.go.jp/content/20210428-mxt_kyoiku01-000014639_15.pdf, 2021 年 7 月 15 日.

ワールドカフェの対話過程における“席替え”の影響に関する研究
Research on the impact of "Move to Other Tables " on the dialogue process in the World Café

田坂 逸朗†
Itsuo Tasaka

†青山学院大学大学院社会情報学研究科博士後期課程
Graduate School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University
tasaka@hf.rim.or.jp

概要

会合のプログラム「ワールドカフェ」において，その特徴である成員の途中組み替え（“席替え”）が，どのように対話過程に影響を与えるのかを分析した．結果，席替えで，前の談話の体験を伝える機会がもたらされ，そのことが主張を後退させ，創発的な応答を増さしめるということがわかった．また，社会実践としてのワールドカフェの検討では，終盤までに「意見共存」の状態がつくられることで，さまざまな目的に合致した成果が得られると考察した．

キーワード：ワールドカフェ，“他花受粉”，合意形成

1. はじめに

本研究の目的は，ワールドカフェにおいて，その特徴である成員の途中組み替え（“席替え”）が，相互行為をどう変化させ，どのようにその対話過程に影響を与えているかを明らかにすることである．くわえて，社会実践としてのワールドカフェの目的と，その“席替え影響”がどう連関するのかを検討する．

ワールドカフェは，会合のプログラムのひとつで，その出自をシンポジウムの議論手法にもつ．Brown と Isaacs が 1995 年に創始し，世界的な普及が始まった（Brown & Isaacs, 2005）．これまでワールドカフェ研究はおもに組織学習や教育工学の文脈においてなされてきたが（Brown, 2015），社会実践においては，組織開発や教育にとどまらず，市民共同，知識生成（イノベーション），課題解決，合意形成など明確な成果目標をもつものから，対話やコミュニケーションなどの機会そのものを目的とするものまで，その援用は多岐にわたっている．

筆者が実践者として，援用を担ってきた現場での実感からするなら，目的が多様であるにもかかわらず，ほぼ同一のプログラムでその成果が概ね現出できていることは，意外に感じられる．仮説のひとつは，プログラムの特徴である成員の組み替え，すなわちラウンドごとの席替えが，相互行為に変化をもたらし，対話過程に影響を与え，目的と成果の合致が達成されているのではないかということである．しかし，先行研究は，援用の要諦を検討した当為論的研究や事例の研究が大半で，こういった機序に関する研究は極めて少ない．たとえば，O'Connor & Cotrel-Gibbons(2017)は看護師のインターン教育に援用した事例の研究で，ワールドカフェの留意点を「hospitable space（もてなしの空間）」「questions（たいせつな問い）」「contribution（貢献）」「collective discoveries（集合的な発見）」の４点と考察し，後継する実務者に援用上の便を供している．中西・高階（2017）は，勤務薬剤師の実務への援用から，ワールドカフェ参加で得られた効果に関する因子は「知識獲得」「思考深化」「発言機会」「視野拡大」の４つの因子であるとして，総体としての効果を分析している．大規模会議手法のハンドブックである『The Change Handbook: Group Methods for Shaping the Future』（Holman et al., 2007）においても，ワールドカフェの目的や技術的なノウハウや事例はまとめられているものの，ワールドカフェの何がそれを達成させる要因であるかの，機序の記述はない．

本研究では，実際のワールドカフェを対象に，機序研究の方法を模索しつつ，相互行為を中心とした機序の記述を目指し，かつ，目的と影響の連関の検討を行う．

2. 方法

本研究の目的である，成員の席替えが対話過程に与える影響の検討のために，二つのフィールドを分析の対象とした．広島県北広島町の「田原温泉再生を考える会」の第２回会合で援用されたワールドカフェ（2020）と，福島県いわき市の「対話と学習のワールドカフェ」（2020）のワールドカフェである．この二つのワールドカフェはそれぞれ目的が異なる．「田原温泉再生を考える会」は，休館となった地域の温泉観光施設をめぐって，地域と町役場，および地域活性化を目論む地域活動の担い手が集う会合で，対立のさなかに施設の再建策を模索する場となった．「対話と学習のワールドカフェ」

は，東日本大震災後の復興の活動を担ってきた，おもに福島県の活動家たちが，復興支援活動のこの約10年間をふりかえる場で，学習の機会として開催されたものであった．

ワールドカフェは，小分けにしたテーブルで，会話をラウンドごとに区切り成員の組み替えを行う．その全ラウンドの全テーブルの談話を，360°全球型ビデオカメラとICレコーダで録画および録音し，談話分析のためのトランスクリプトに起こし，その発話と応答の相互行為を分析した．一つめのフィールドの「田原温泉再生を考える会」のトランスクリプトから分析を組み立て，そののち，ふたつめのフィールドの「対話と学習のワールドカフェ」で同等の結果が得られるか検証した．本研究は，青山学院大学研究倫理審査委員会の「人を対象とする研究に関する研究」の倫理審査の承認を得て実施した．調査にあたっては，調査フィールド1，調査フィールド2ともに，主催者および参加者に，学術調査に関する了解を得た上で，倫理とプライバシーにじゅうぶんに配慮し，かつ，原則，データは公開可能という合意のもとにトランスクリプトなどの事後作業を行った．開催場所，開催関係団体等，枠組みとなる名称は公開するものの，参加者の実名は表出させないよう表記には配慮した．なお参加者等個人名は仮名（アルファベット記号）とし，発話中に引用される個人名も仮名とした．発言中の地名，組織名，商品名等は，実名に準ずるものとして略称や愛称も含めてその発話の通りとした．

3. 結果

1．分析Ⅰ

成員の席替えの対話過程への影響を検討するために，分析Ⅰでは，まず全発話をコーディングし，ラウンドごとの傾向を比較した．以下にその結果を示す．

第1ラウンドから第4ラウンドまでの，全6テーブル4ラウンドの発話数はターンごとにカウントして3501であった（表1）．

表1 発話ターン数

	第1ラウンド	第2ラウンド	第3ラウンド	第4ラウンド	合計
テーブル1	296	386	220	104	1006
テーブル2	178	221	48	65	512
テーブル3	83	77	156	26	342
テーブル4	199	128	48	63	438
テーブル5	124	285	145	48	602
テーブル6	243	252	37	69	601
計	1123	1349	654	375	3501

3501の発話は，以下のカテゴリーに弁別される（表2）．カテゴリー分けにあたっては，談話分析の先行研究を参考にしながら，ワールドカフェ分析に特化したものとなるよう分類をコード化した．

表2 発話のカテゴリー

コード	定 義	例
1 主張提示	個人的な主張を先行させて意見を提示する発話	1-1-1-44．C：サウナつきのビアガーデン。ぼく的には，サウナしたい。
2 役割強調	意見内容よりも役割や立場を根拠にして論の確からしさを主張する発話	1-4-1-054．N：ボイラーがね，ネックです。もうね，漏れ漏れだったんです。元従業員なんです。
3 即時評価	他意見に対して隣接して即断的に評価を返す発話	1-5-1-104．R：でも，宿泊施設というのはなかなかむつかしいと思うんよね，常に。厳しいものが。
4 短絡結論	発話の趣旨をじゅうぶんに展開して説明せず手早く結論化する発話	1-4-1-120．M：いちばん重要なことはやっぱこう地元の人が，それをなんか，それを誇りに思っているっていうこところがやっぱり。
5 情報訴求	質疑や投げかけ，もしくはその応答により客観的な情報を得ようとする，あるいは共有しようとする発話	1-1-3-017．K：どんちゃん騒ぎしよったんすか？ 知りたい，どんな感じだったんか。
6 体験提供	新たに得た情報（アイデア）を，得た体験として共有的に提供する発話	1-6-3-035．S：いちばんはじめんとこにいたんは，ここに近いんだけど，要は，この地域全体を，この野菜なら農家なんだから，地域全体をまあ，青空市場みたいな感じにしてから（中略）っという話も出よった。で，次のとこ行ったとこは，このクラウドファンディング。
7 創発連鎖	他の発話に肯定的にアイデアを追加したり進展させたりする未終結の発話	1-1-3-141．D：そう。屋根をつけんといけん。でもそれこそあの，テントみたいな簡易的なちょっとおしゃれに。 ※注：この発話中の「それこそあの」は，直前の発話にあったキャンプ場のテントのことを指しており，この発話は，川床に屋根を付けるならそれに，前出のテントというアイデアをあわせることを合成的に提案している
8 高次化	談話前には得られていなかった概念の新しい形成に関する発話	1-3-3-156．J：いやおれ，だけん，「そうはゆうても」ゆうって思うたときに，「そうはゆうても」ゆうのは，だけん自分にあてはめたときね，なかなかいかんけ「そうはゆうても」ゆう話，それを，はよ手放してね，できる人に向けて渡すようなね。 ※注：J自身がたびたび「そうはゆうても」「それは難しい」と他者のアイデアを否定する発話を産出していたが，この発話に至って，「そうはゆうても」という傾向を，自分こそが手放さなければならない，と自戒的に俯瞰化した発話を産出している
9 その他	本題に入る前の確認などの調整や字面の疑問など，1～8に含まれない，	1-6-2-055．P：「陶芸」は，どんな字だっけ？

富田・丸野(2005)は，曖昧な構造の協働問題解決における思考過程の研究において，発話カテゴリー間の相関関係を分析するため，談話の生成パターンを，関与度，関連性，方向性の3つの次元から分類している（参与-自己精緻型，参与-他者集約型，応答型など）．藤本・大坊 (2007)は，小集団による会話の展開に及ぼす会話者の発話行動傾向の研究で，会話の展開を，会話の進度に照準化した5つのコードにカテゴリー分類している（“トピックの開始”，“情報追加・発展”“抽象化・要約”など）．片桐他(2015)は，会話コミュニケーションによ

る相互信頼感形成に関する研究において，相互信頼感構築過程の分析のために，関心擦り合わせと提案交換の過程を記述する目的で，対話行為を，合意形成および相互信頼感形成のために果たす機能に特化して，８つに分類している（関心招請，関心導入，提案提示など）．

これらを参考にしながら，９つめの「その他」を含む９つの「発話のカテゴリー」を設定した（表 2）．テーブルでの発話は，主張を提示したり，もしくは役割を強調したり他意見に対して即時的に評価を表明したりすることを重ねつつ，ときには手早く結論化している．いっぽうで，情報を互いに求めたり，他のテーブルで聞いた話，語らった話を体験として提供したり，創発的にアイデアの合成を提案したり，高次化した新しい概念を提示することもなされている．

発話の傾向は，ラウンドごと異なり，段階的に変化している（表 3，および図 1）．会話が開始される第１ラウンドでは，主張を提示したり役割を強調したり，直前の発話を即時に評価する発話を行う傾向がみられる．途中のラウンド，第２ラウンドおよび第３ラウンドでは，アイデアや情報など談話の体験を提供する発話，共有する発話が割合的に増加している．最初のテーブルに帰還しての最終のラウンド，第４ラウンドの談話は，体験した談話の提供と創発連鎖の傾向がより強まり，俯瞰した高次な概念化に至る発話もたびたび産出されている．

表３　ラウンドごとの発話の傾向

		途中ラウンド		
発話カテゴリー	第１ラウンド	第２ラウンド	第３ラウンド	第４ラウンド
１ 主張提示	253	174	97	11
	22.5%	12.9%	14.8%	2.9%
２ 役割強調	86	96	28	4
	7.7%	7.1%	4.3%	1.1%
３ 即時評価	171	137	60	8
	15.2%	13.3%	10.4%	2.1%
４ 短絡結論	36	56	20	6
	3.2%	4.2%	3.1%	1.6%
５ 情報取得	68	107	43	24
	6.1%	7.9%	6.6%	6.4%
６ 体験提供	2	66	68	61
	0.2%	4.9%	10.4%	16.3%
７ 創発連鎖	118	208	141	127
	10.5%	15.6%	21.6%	33.9%
８ 高次化	5	14	21	41
	0.4%	1.0%	3.2%	10.9%
９ その他	334	426	162	60
	29.7%	31.6%	24.8%	16.0%
計	1123	1349	654	375
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

発話の傾向だけでなく，相互行為として隣接する応答をみても，傾向は最初のラウンドと最終のラウンドで大きく変化している．とくに，主張提示に即時評価が隣接して談話が展開するパターンと，主張提示に短絡結論が隣接して談話が展開するパターンは，最初のラウンド（第 1 ラウンド）では，計 21 例みられたが，最終のラウンド（第 4 ラウンド）では計 1 例であった．かわって，第 2 ラウンド以降に産出される体験提供に創発連鎖が隣接して展開する談話のパターンが第 4 ラウンドでは 12 例みられた．

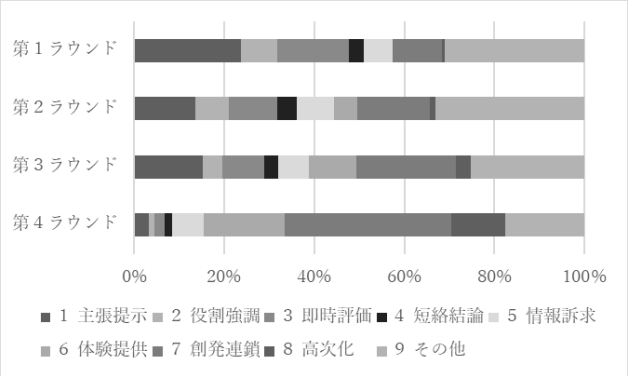


図１　発話の傾向の変化

【断片 1】と【断片 2】は，その変化を端的に表している．第 1 ラウンドでテーブル 4 の成員 N は，話題であった「神楽」を「難しい」と即時評価している（【断片 1】）．第 4 ラウンドで４名の成員がテーブル４に帰還してからの会話では，Ｐの「たとえば」に対して，N，M，ともに，「あー，もう」「そしたら」「そうね」と創発的な会話を組織化している（【断片 2】）．

【断片 1】主張提示と即時評価が隣接するパターン

1-4-1-088. N：うーん．だからねあの，神楽とね，まあそこ体育館あったから，神楽とあれして，そのあと，ホタル見て８時頃から．
1-4-1-089. M：あー神楽ね，いいけどなあ，神楽．
1-4-1-090. N：前はね．まあでも神楽はちょっとね難しいけどね，もう．
1-4-1-091. P：むつかしいっていうのは，人が，いない？
1-4-1-092. N：うんうん．だって夜から，ま例えば，ちょっとした，飲食も，ほしいし：：．

【断片 2】体験提供と創発連鎖が隣接するパターン

1-4-4-015. P：たとえば芝生をドーンと敷いとくだけっていうような．そこに屋台をもってきたりとか，テントを敷いたりとか，そんなカタチ：：．
1-4-4-016. M：あー．もう更地にする．
1-4-4-017. N：そしたらまあ食材は大きな冷蔵庫でも，ちゃんと置いとけば週末に来て，今だからそれは毎週来てもいいし，いろんな，ね，ラーメン，とかおでんとかだけじゃなくて，いろんな人がたとえばサンドイッチとかホットドッグとか，ね，あれもおもしろいかもわからん．あと，いちばん向こうではね，クラウドファンディングとかね，一人５万円集めて一生入り放題にして，たら 100 人なら（笑）ちょっとね１年で 500 万．それで金を，集めようとかいって．
1-4-4-018. M：そうね，クラウドファンディングで．

主張提示を起点に談話が構成されるパターンの多い第 1 ラウンドが，席替え後の第 2 ラウンド，第 3 ラウンドでは，体験提供を起点にする談話の構成パターンに変化していることがわかった．また，その体験提供の発話は，すくなからずの場合において，創発連鎖の起点になっていることもわかった．

たとえば，【断片 3】は，その例の一つである．第 2 ラウンドで，Xのいるテーブル 6 に，席替えしてやってきた成員 3 人のうち，Qが発話した話題に対して，Pが体験を提供している．Pの体験の提供は，この話題を展開させ，創発が連鎖するきっかけになっている（【断片 3】）．

【断片 3】体験提供が創発連鎖の起点となるパターン

1-6-2-016. Q：あのう，まあ，キャンプするならそんまんま，キャンプ場でそっからすぐ使えてあとこの近辺の，農家の人，野菜を提供してもらってそれを調理する．山のも元手いらん．
1-6-2-017. P：それわたしのグループでも出ました．なんか手ぶらでできるキャンプって流行ってるけど，手ぶらではできるけど野菜はこう，ここでこの町で調達して，
1-6-2-018. Q：だって野菜なんかねゼッタイ，もいですぐがおいしい，キュウリにしてもナスビにしても．アクが出たらねえ，あんまりじょうずじゃないけえちいといかんけど，であんまり市内のスーパーでからデパートでも，地下の食品売場やらその日の野菜じゃない．
1-6-2-019. X：今の，あの野菜，収穫みたいなのと，農家の手伝いみたいなのも，もしかしたらプランができるかもしれない．
1-6-2-020. Q：農家体験，体験．
1-6-2-021. X：体験プランがね．うん．おもしろいです．困ってる農家なんで．ハハハ．イケてます．

席替え前のテーブルで会話した体験を席替え後のテーブルに提供する体験提供は，どのような機序をもつのか．なぜ創発連鎖の起点になるのか．分析Ⅱでは，「体験提供」の起点的な役割について検討する．

2. 分析Ⅱ

会話を 4 つのラウンドに分ける 3 回の席替えで，25 名の出席者は 6 つのテーブルをランダムに移動している（図 2）．たとえば，第 1 ラウンドのテーブル 4 の 4 人のうちのひとり，Nは，第 2 ラウンドでテーブル 2，第 3 ラウンドでテーブル 1 を経て，第 4 ラウンドでテーブル 4 に帰還している．分析Ⅱでは，体験提供発話の，語りの視座に着目し，その語用を検討した．以下にその結果を示す．

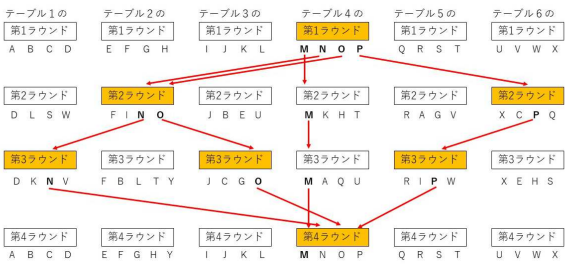


図 2　成員の席替え

第 2 ラウンド以降，いずれもラウンドの冒頭で体験提供が発話されている．いくつかのテーブルではラウンドの終盤でも体験の提供が追加されている．この体験提供の発話は，第 2 ラウンドから第 4 ラウンドまで，計 87 例みられた．「ウチのテーブルでは」と語用されたり，「前のテーブルでは」と語用されたりしているその表現を弁別するなら，全 87 例は，時間表現，空間表現，話者表現，曖昧表現の 4 つの弁別される（表 4）．

この前置表現は，ラウンド別に傾向をもつ（表 5）．時間表現は第 3 ラウンドに多くみられ，空間表現と話者表現は第 2 ラウンドに多くみられ，曖昧表現は第 4 ラウンドに多くみられた．

表 4　体験提供の前置表現

コード	定　義	語用の例
1 時間表現	時間に着目した体験提供の前置もしくは後置．	「最初」「今」「前のテーブル」など
2 空間表現	場所や境界に着目した体験提供の前置もしくは後置．	「ウチ」「ここのテーブル」「いちばん向こう」など
3 話者表現	話者に着目した体験提供の前置もしくは後置．2つのタイプがある． －**自陣表現タイプ**（「ぼくら」など） －**特定人物タイプ**（「Ｊさん」など）	「ぼくら」「わたしたちのグループ」「Ｊさん」など）
4 曖昧表現	体験元の限定性を省略した体験提供の表現．2つのタイプがある．テーブルクロス落書きを直接参照するものもここに含む． －**「みんな」タイプ** －**「話しした」タイプ** －**落書きの参照**	「みんな」「話しした」「言っていた」「そういう感じになった」「書いてある」など．

ラウンドの遷移からみると，話者表現・空間表現から，時間表現を経て，曖昧表現へと，その傾向が変化している．

表 5　ラウンドごとの体験提供の前置表現

カテゴリー	タイプ	第２ラウンド	第３ラウンド	第４ラウンド	小計	計
1 時間表現		3	**9**	1	13	13
2 空間表現 （時間と同時に表現している２例を含む）		**11**	8	6	25	25
3 話者表現 （時間と同時に表現している１例を含む）	自陣表現	**8**	5	1	14	26
	特定人物	**5**	3	4	12	
4 曖昧表現	「みんな」	1	0	**5**	6	23
	「話しした」	3	0	**8**	11	
	落書きの参照	0	1	**5**	6	
計		31	26	30	87	87

体験を提供するときの前置表現は，発話の引用の参照元をどのように認知しているか，もしくは他者に示すかを表しており，その変化に連動して，それに続く応答者の応答も変化している．体験提供に対しての応答では，第2ラウンドでは主張提示の応答が多くみられ，第 3 ラウンド以降では体験提供に続く体験提供の連続や創発連鎖の応答が多くみられた（表 6）．

「前のラウンドでの談話の体験を語る」発話が，「わたしのいたテーブル」，「前のテーブル」，「多くのテーブル」と参照元を，明確な話者表現から，空間や時間の表現に置き換え，さらにはそれを曖昧化させていくことが，席替えを契機として起きている変化である（図 3）．

表 6　体験提供の前置表現への応答

発話カテゴリー	第２ラウンド	第３ラウンド	第４ラウンド	計
1 主張提示	**7**	0	1	8
2 役割強調	1	0	0	1
3 即時評価	**5**	2	1	8
4 短絡結論	3	1	0	4
5 情報取得	1	1	0	3
6 体験提供	6	**13**	**14**	**33**
7 創発連鎖	6	**9**	**10**	25
8 高次化	0	0	2	2
9 その他	1	0	2	3
計	31	26	30	87

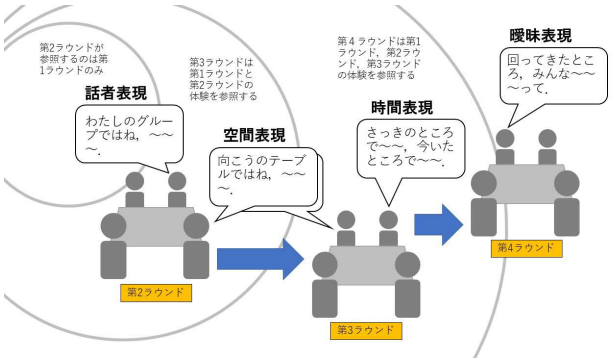


図 3　体験提供の前置表現の変化

ワールドカフェのプログラムは，席替えを契機に３つの変化をもたらす．これは，席替えによって区切られたラウンドが進むにつれて，談話が「体験の提供」として運ばれ，そのテーブルでの会話の文脈が，別のテーブルの会話の文脈と交差するときに段階的に起きる変化である．一つは体験を運ぶ行為が成員間で連鎖的に増加するという変化，一つは体験が運ばれるにつれ参照元が曖昧化するという変化，結果，主張が後退し，創発的な会話に置き換わっていくという変化の 3 つである．

これらの機序が，このフィールド特有のものであるかどうかを検証するため，二つめのフィールド「対話と学習のワールドカフェ」を対象に，同様に，発話カテゴリーごとの変化，相互行為としての応答パターン，前置表現の変化を分析した．その結果，概ね同じ分析結果が得られることを確認した．

4.　考察

1. アコモデーション

話しあいは一つの集合的達成である．その困難さを合意形成学がひもといている（たとえば，Susskind, 1999 など）．猪原（2011）もいく通りもの困難さを挙げているがたとえば「紛争における合意形成」では，問題は３つあるとして，1）科学的な予想に関する問題　2）価値判断の対立　3）感情的な対立 と枚挙している．「意見の一致」を目指すコンセンサス（consensus）としての合意形成だけでなく，「意見の共存・共生」を目指すアコモデーション（accommodation）の概念も提唱されている（たとえば，Checkland, 1999）．

席替えによる，視座の変化と談話の文脈の交差が，参照を自由化し，個々の主張の対立を解体し，集合的達成として，その成果を再構成的にもたらすなら，ー合意形成のみがその目的でないにせよーワールドカフェのそのあり方は，合意形成的である．

ワールドカフェの席替え（move to other tables）の要諦を Brown & Isaacs（2005）は，「他花受粉（cross-pollination）」と呼称し，「異なる視点のつながりがもつ多様性と密度を意図的に強めることにより，生体システムがもつダイナミズムを活用し，創発を引き起こす」と述べている．分析Ⅰおよび分析Ⅱで明らかになったのは，成員が，「わたしのいたテーブル」，「前のテーブル」，「多くのテーブル」と参照元を拡張もしくは曖昧化させていく営みである．これは，「多様性と密度」が文脈のバリエーションにおいて高まり，「ダイナミズム」が活用されるさまでもある．それをもたらしているのが，「前のラウンドでの談話の体験を語る」発話であり，そのきっかけになっている席替えは，「他花受粉」の中核をなすといえる．なおかつ，体験を運ぶ行為が成員間で連鎖的に増加し，運ばれるにつれ参照元が曖昧化し，創発的な会話に置き換わっていった状態は，「相互学習，相互理解によって」探索される「異種の情報が融合し，発想を固定化しない多様な価値観が併存する状態」（猪原, 2011）と表されるアコモデーション状態そのものなのではないだろうか．

2. 社会実践

ワールドカフェを実践からひもとくなら，その目的は，4 つに大別されると考えられる．1）本来の組織学習（あるいは理解の促進），2）社会的認知の共有化，3）知識生成（イノベーション），4）合意形成の 4 つである．この，学び，共有化，創発，合意といった成果（の成分）は，それが全編にわたって目的として目指されるのではなく，どの目的のワールドカフェであれ，まず対立の解体としてアコモデーションの状態としてもたらされ，終了目前の最終ラウンドで，学び，もしくは適応や創造として，一意に摘出されて成果と呼ばれる

ものに「特定される」のではないだろうか．Brown & Isaacs（2005）はワールドカフェの目的を，「集合の知恵を視覚化して行動の優先順位を特定する」としている．これを，この考察を経ては，「集合の知恵を視覚化してアコモデーション状態をもたらし，その価値観群から，成果を特定する」と読み替えてもよいのではないだろうか．

そして社会実践においてむしろ，ワールドカフェ的でない会合において，単一化された目的のみに沿おうとしていたことが，学び，適応，創造を阻害していたということはないだろうか．

5. 今後の課題

今後はこの考察を推し進めつつ，ワールドカフェの実践に，学びに関わる既存の概念から深耕する検討に取り組みたい．例えば，文化的透明性概念（Wenger, 1990）や拡張による学習および胚細胞モデル（Engeström, 1994）などからの検討である．

Wenger が 1990 年に提示した文化的透明性概念を，伊藤 他（2004）は，「実践共同体の具体的な活動の意味や，共同体としてその活動の目指すことの意味が，実感として理解されてくること」と読み解いている．また，「実践共同体に参加している人たちが互いに関係を切り結んでいく中で，あるいは，諸々の活動のためのリソースや道具に囲まれた中で展開している「世界内存在」としての私たちの学習の本来的な姿はどのようなものかという，いわば学習のプロトタイプ・モデルを提示したものである」とも述べている（伊藤 他, 2004）．

研究の課題として，ワールドカフェに招かれた者たちという（臨時の，極めて短期の）「実践共同体に参加している人たちが互いに関係を切り結んでいく中で」「共同体としてその活動の目指すことの意味が，実感として理解されてくる」ことがワールドカフェにおいて実現しているのであれば，そこにある“席替えの機序”は，「学習のプロトタイプ・モデル」を示すことができるかのしれないという視座からの分析に着手したい．

Engeström（1994）は，学習のための方向づけのベースを 5 つのタイプとして提示している．1）例示　2）先行オーガナイザー　3）アルゴリズム　4）システムモデル　と続くその 5 つめが，5）胚細胞（Germ model）で，これは，「複雑なシステムを理解するための，シンプルで基本的な原理」であるとしている（1994）．また，創造的であることを学ぶには，人は触発され，開放的なムードの中にいなければならないとも述べている（Engeström, 1994）．

「触発され」るような「開放的なムードの中」で，「単一化された目的」としての成果が「特定される」前に，まずアコモデーション状態として価値観群が共存する状態を胚細胞的であるとみなすことはできないだろうか．その機序について分析することにも着手したい．

文献

[1] Brown, J., Isaacs, D.(2005) “The World café: Shaping Our Futures through Conversations that Matter”, Berrett-Koehler Publishers, Inc.（香取 一昭・川口大輔（訳）, (2007) “ワールド・カフェ　カフェ的会話が未来を創る”. ヒューマンバリュー.）

[2] 国際ファシリテーターズ協会日本支部, (2015)“ワールド・カフェ ハンドブック”. ワールド・カフェ 20 周年記念日本イベントーワールド・カフェが開く社会・組織・コミュニティの未来ー，国際ファシリテーターズ協会日本支部.

[3] O'Connor, M., & Cotrel-Gibbons, L, (2017) “World Café: A proactive approach to working with mentors”. Nursing Management, 24(2), 26-29.

[4] 中西 昭人･高階 利徳, (2017)“ワールド・カフェによる症例検討の有用性とその評価”. 医療薬学, 43(2), 111-119.

[5] Holman , P., Devane, T., Cady, S, (2007) “The Change Handbook: Group Methods for Shaping the Future”. Berrett-Koehler Publishers.

[6] 富田 英司・丸野 俊一, (2005) “曖昧な構造の協同問題解決における思考進展過程の探索的研究”. 認知科学, 12(2), 89-105.

[7] 藤本 学・大坊 郁夫, (2007) “小集団による会話の展開に及ぼす会話者の発話行動傾向の影響”. 実験社会心理学研究, 47(1), 51-60.

[8] 片桐 恭弘・石崎 雅人・伝 康晴・高梨 克也・榎本 美香・岡田 将吾, (2015)“会話コミュニケーションによる相互信頼感形成の共関心モデル”. 認知科学, 22(1), 97-109.

[9] Susskind, L.E., (1999) “The Consensus Building Handbook: A Comprehensive Guide to Reaching Agreement”. SAGE Publications Inc.

[10] Checkland, P. B., (1999) “Systems Thinking, Systems Practice, 2nd ed. ”. John Wiley and Sons.

[11] 猪原 健弘, (2011) “合意形成学”. 勁草書房.

[12] Wenger, E., (1990) “Toward a theory of cultural transparency: elements of a social discourse of the visible and the invisible”. Doctoral dissertation, University of California, Irvine.

[13] Engeström, Y., (1994) “Training for Change: approach to instruction and learning in working life”. International Labour Organization.（松下 佳代・三輪 健二（訳）, (2010) “変革を生む研修デザインー仕事を教える人への活動理論”. 鳳書房.）

[14] 伊藤 崇, 藤本 愉, 川俣 智路, 鹿嶋 桃子, 山口 雄, 保坂 和貴, 城間 祥子, 佐藤 公治, (2004)“状況論的学習観における「文化的透明性」概念について: Wenger の学位論文とそこから示唆されること”. 北海道大学大学院教育学研究科紀要, 93, 81-15

検索エンジンで出会う人類共有知ゲノム
Collective Human Intelligence Genome Introduced by Search Engines

得丸　久文　Kumon Tokumaru
独立研究者　Independent Researcher
tokumaru@pp.iij4u.or.jp

概要

2003年にヒトゲノム計画は30億塩基対のDNA配列を解明したが，DNAの一次元構造が複雑な生命や知能に自己組織化する仕組みはまだ解明されていない．一方，オートポイエティックな神経細胞のはたらきによって無意識に文法や概念を取り扱えるようになる．21世紀に人類はインターネット検索エンジンを手にして，さらに知能を高める技をゲノム化するだろう．

キーワード：デジタル言語学，情報，複雑性，オートポイエーシス，共生，学際性，概念

1.　はじめに：知能とオートポイエーシス

ゲノムとは遺伝情報であり，30億塩基対のDNA配列からなる情報にしたがって，一個の受精卵が，細胞分裂とネットワーク化を続けて，ひとつの生命体である赤ん坊になる．ゲノムの指令は誕生時に終わらない．誕生後も乳歯が生え永久歯に生え変わり，初潮や声変わりなどの性徴が自然におきる．そして，学校に行かなくても文法処理ができ，複雑な概念を取り扱うようになる．自然を観察して学習し，失敗に学んでより深い知識を得る．知能の発達は，**不随意であるがゲノム化されている自己組織化（オートポイエーシス）**である．インターネット検索エンジンを手にしたヒトは，それを使いこなすことでホモサピエンスに近づくだろう．

2.　音素獲得によるデジタル化の始まり

ヒトの知能が，ヒト以外の動物よりも複雑であるのは，7万年前に「**音素**」を獲得し，音声記号を無限に生みだせるようになったためだ．**世界を分析する分解能が向上し，それを言葉にして共同体内で共有できるようになった**のだ．

南アフリカにおいて，大きな石斧を使う初期旧石器時代は300万年前に始まった．30万年前に，調理に火を使うようになると，石器が中型化し中期旧石器時代が始まった．今から13万年前に，狩猟採集民たちは，ゴンドワナ大陸の分裂面であるアフリカ大陸の南部海岸線に点在する巨大砂岩洞窟に住むようになった．[1] きわめて安全な洞窟のなかで，新生児が**晩成化**し，生後一年間寝たきり状態になってその間，脳が成長するようになった．子供の世話をするために祖父母が家族の一員となり，ヒトは共同体のために自己犠牲をいとわない**真社会性動物**になった．

ヒトに限らず，ハチやアリやシロアリなど真社会性動物には，**頑丈な巣**に住み，**子供の育児係**がいる．そして**同種で殺し合うというゼノフォビアの特徴**があり，共同体成員であることを確認できるように**特有の匂いや鳴き声**をもつ．[2] ヒトの母語音素やお国訛りは共同体や地域ごとに特徴的であり，世界に戦争が絶えないのは，真社会性動物の起原をもつからだろう．

今から7万4000年前に，インドネシアのトバ火山が噴火して，世界が数年にわたって寒冷化した．その後で南アフリカのブロンボス洞窟付近で，第一の新石器文化，スティルベイ文化が花開いた．[3] 寒さのために洞窟の外に出かけられなくなり，洞窟のなかで子供をあやす時間が増え，子供にせがまれるがまま一緒にいろいろな声を出して遊んでいるうちに，クリック子音という音素が一式生まれたのではないだろうか．

子供は生まれるとすぐ，母語の音素記憶を脳に刷り込むようになった．こうして言語共同体の成員は，音素記憶を共有して生きるようになった．

音素を組合わせると言葉を無限につくりだすことができる．大人と子供が一緒になって，動物や植物や天気や地形にそれぞれふさわしい名前を考えて与えた．それまでも周波数成分に特徴をもたせたアナログ記号を使ったコミュニケーションは行っていたが，わずかな特徴の違いを表現し分けられなかった．

音素を共有すると，音素の組合せによって独特の記号を無限に作り出せ，それを仲間と共有できるようになった．わずかな一音素の違いによって名前を変えてわずかな対象の違いに対応できるようになった．みんなで物にふさわしい名前をつける作業を楽しんだことだろう．こうして共同体の人々は，音素でできた言葉によって万物を名づけ，世界観を共有するに至った．

音素の共有，万物の命名と世界観の共有は，**人類の知能の発達が共同体を基盤にしている**ことを示す．音素を獲得し，音素を組み合せて無限のデジタル記号を生みだせるようになったことが，ヒトのデジタル進化

の出発点である.

3. 音素が拍をもつ音節に進化した

今から 6 万 6000 年前に始まった第二の新石器文化，ホイスンズプールト文化の中心遺跡は，クラシーズ河口洞窟である. オトガイ(頤)が発達した最古の化石が発掘されたこの洞窟で，喉頭降下が起きて，母音の共鳴が生まれる声道を獲得し，母音アクセントをもつ音節が生まれた．クリック子音を発声するために舌筋を多用したことが頤の発達を促したしたと考えられる.

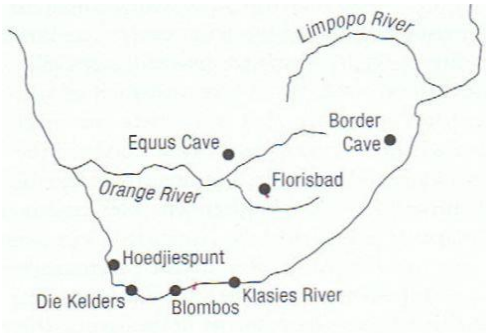


図 1 居住跡のある南ア・中期旧石器遺跡群 [4]

アクセントのおかげで，音声は遠くまで届くようになった.（クリック子音だけのときは，口腔内で反射させていたので，声は遠くに届かなかった.）また音節は母音をひとつだけもつ音韻単位であるため，時間軸上で相互に離散的に識別できるモーラ(拍)性をもつようになった．動詞や形容詞の語尾を活用させ，あるいは名詞に助詞や助動詞をつけて，意味修飾し，長い文を紡げるようになった．文法の始まりである.

4. 文明が共有知を連続的に発展させる

人類の知能が急速に連続的な発展をはじめ，都市を生んで大規模化したのは，文字が生まれた後だ.

古代文明は，メソポタミア平原，ナイル河デルタ，インダス平原，黄河平原で生まれた．この四地域は，沖積平野がはてしなく数百 km も続くという共通点をもつ．メソポタミアとインダスは，ゴンドワナ大陸がユーラシア大陸に衝突した際，両大陸間に残っていた海域に川からの土砂が堆積して生まれた．ナイル河と黄河は，大陸衝突でできた大陸の割れ目が大河を形成して，河口に生まれた三角州である.

「肥沃な三日月地帯」と呼ばれる広大無辺なメソポタミア平原で農業が栄えて富が蓄積され，地域を支配する王朝が生まれた．王朝は，土地と徴税の管理のための記録手段を必要とし, 文字を発明させた. 文字は, 文字列を音節列にする規則である正書法とともに学校で教えられ，行政官吏たちがそれを学び，使用した．すると文字は**知識の伝達と共有**のために使われるようになった．文字以前の時代，ヒトの知識は，口誦で伝えるほか伝達手段はなく，またそれを記憶している人が亡くなると，墓や脳から取り出す手段はなかった．ところが**文字を使ってテキストにすると，その知識はその人が死んだ後も時空間を超えて人々に共有されるようになり，世代を超えて連続的に発展するようになった．これが文明という現象**である．**文字が文明を生みだした**のだ

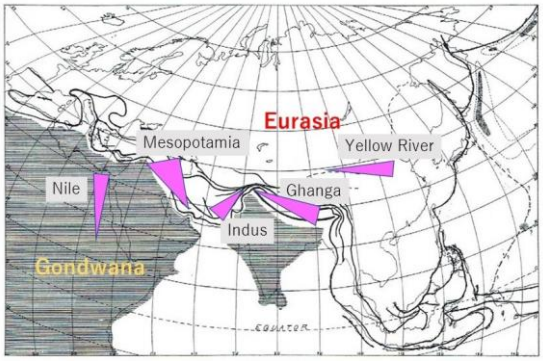


図 2 文明は大陸衝突が生んだ大平原で生まれた

読み書き能力をもつと，文字列は消えない音節として機能し, 脳内で内言を再生されるようになった. 今，我々は過去の人々が観察し，実験し，仮説化し，実証してきたことを, 本や論文を通じて学ぶことができる．現代においては，どんな分野のことであっても，誰か先人が考えついた知識を学ばないことには，新たな知識を生みだすことはない．**共有知に学び，共有知を発展させるために生きる**のが文明人であり，**ホモサピエンス**である.

5. 検索で先人の研究成果を探しだす

20 世紀半ばにアメリカで発明された電子信号ビットは，コンピューターネットワークによって，大学や研究機関，デジタルテレビ放送網，携帯電話網から，家庭内の電化製品までありとあらゆるものを結びつける.

しかし**ビットが音声の進化形であることは，まだ十分に理解されていない**．音節列は正書法にもとづいて文字列に変換され，文字列はコード表にもとづいてビット列に変換されるので，**ビット列と音節列は互換的**

であるのだ.

	音節	文字	bit
論理性	音素とモーラ	消えない音節	対話する音節
誕生	6万6000年前、南アフリカ	5000年前、メソポタミア	60年前、米国
物理層	無限の語彙	時空を超えた共有(文明)	双方向通信(検索)
論理層	文法語	概念(群)	前方誤り訂正

表 1 音節・文字・ビットの信号進化と特性

音節列はすぐに消え，文字列は長持ちするが，実際にそれをヒトが読まないとそこに何が書いてあるかわからない．ところが**ビット列は対話性をもつため検索エンジンを使ってキーワード検索でき，キーワードを含むかどうか，それがどういう文脈で使われているかなどが，すぐわかる**ようになった．現代人は過去の言語情報の集合体に対して，問いかけられるようになった.

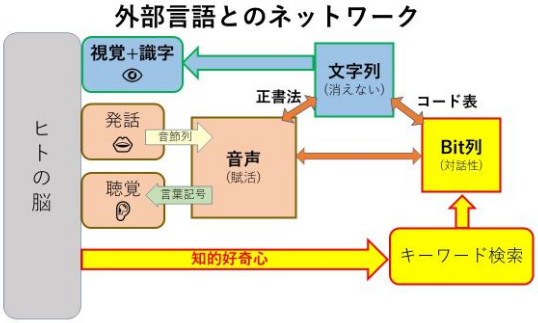


図 3 外部言語ネットワーク概念図

6. 知能の自己組織化を促すゲノムの発現

おそらく 30 億塩基対の DNA 配列のなかには，ヒトの知能を構築するゲノムも存在しているはずである．知能のゲノムはどこにどのような形であるのだろう.

たとえば子供は 2〜3 歳になると，「これ何？」とたくさん質問するようになる．ものに名前があることを知り，名前を知って世界を広げようとする．家庭環境や民族・文化に関係なく，誰の指示を受けるわけでないのに，みんなに起きていることなので，遺伝情報に指示されているとしか考えられない．その事実がオートポイエーシスなのである.

文法処理に関しては，子供が 3〜4 歳になると，自然と母語を音声が最初に入った片耳だけ使ってモノラルで聴き取るように切り替わる.

脊椎動物の脊髄反射は，「記号とその運動方向(記号+運動ベクトル)」に反応する．脳幹の聴覚神経核には，両耳から入力される音源の強度・周波数・位相の違いをもとに音源を定位する能力がある．文法処理は母語を片耳聴覚することによって，音源定位能力を文法語の音韻ベクトルの解析に利用する．そして，その結果を「言葉+音韻ベクトル」の文節構造に統合して意味を復元する．子供は試行錯誤を行いながら，いつのまにか正しく文法を話し，聞き取れるようになる．[6]

母語を片耳聴覚にスイッチして音源の方向定位を止めるところがゲノム化されて無意識・無自覚に行われ，その後文法語の変化に応じることで個別の文法処理がなされる．つまり文法処理は，「記号+運動ベクトル」の論理構造を，「内容語＋文法語ベクトル」の文節構造に適用すべく神経回路を組み替えて実現する.

この仮説の妥当性を証明する証拠として，ブラジルの熱帯雨林で生活するピダハン語に文節構造がないことがあげられる．いつ何時，ヘビやワニから襲撃されるかもしれない密林の生活は，文法のために音源方向定位能力を犠牲にすることを許さない．**ピダハンには文法的修飾がなく，大人も母語を両耳で聴き取る**．[5]「蛇がいるから，眠らないで」がピダハン語の「おやすみなさい」である．[6]

7. 概念を自己組織化するゲノム発現

「概念」とは何か．筆者は，「**概念とは，ある言葉が，その言葉と関係するすべての記憶と例外なく結びつく現象**」と定義する．たとえばラーメン評論家が「これは**ラーメンの概念**を超えている!!」というのは，「自分がこれまでに食べたことがある，あるいは見聞きした，**すべてのラーメン**を超えている」という意味である.

あるひとつの言葉が集合と結びつくことを，数学的には群とよぶ．つまり**概念とは，群の論理で言葉を意味(記憶)と結びつける言葉の使い方**である．[7] これも群論を学んでから，群の法則に合わせて言葉を使うわけではない．**意味のズレや誤解が生まれないように細心の注意をはらって概念を使っていると，言葉と意味を結びつける関係が群の条件を満たすようになる**，群を満たしていることに気づく(言葉と意味の間に群の関係を発見する)オートポイエーシスである.

文法のゲノムが，母語の片耳聴覚への切り替えと，母語刺激に対する脳内処理回路の再構成であるように，概念を正しく操れるようになるためのゲノムが存在するだろうか．筆者は，子供がなぞなぞやクイズに熱中

するのは，群の論理で言葉と記憶を結びつける準備であり，そのためのゲノム発現だと考える．

「かんはかんでも，紙でできてるカンは？」，「やかんは違うなあ」，「時間もちがう」，「金柑は？」，「図鑑だ」という具合に，ある言葉をキーワードにして自分のもっている記憶の集合と結びつけ，集合を構成する元をひとつひとつ吟味することは，自分の脳をリレーショナルデータベースとして管理する(RDBM)訓練である．

またそれは，「缶は金属である」という群の属性に対する例外を探す作業であり，例外の有無を意識し，群として概念を使う準備となる．

8. 検索すると先人と出会える

インターネットと検索エンジンを手にした 21 世紀に，人類の知能はどう進化するだろうか．それは**過去の科学者や哲学者たちとの共生進化**ではないか．

リン・マーギュリスは，真核生物の細胞質のなかに葉緑体やミトコンドリアなど様々なバクテリアが共生する現実こそ，複雑性を説く鍵だとして，生命共生進化説を唱えた．[8]

真核生物は 20 億年前の大量絶滅期に突然変異をおこして核を獲得し，体内に低雑音環境を構築した．**環境が回復した後，この低雑音環境が複雑性を生みだす余力を提供した**と筆者は考える．[9] 核内に二重らせん構造をつくり原核生物の1000倍の量のDNAを格納し，DNA を RNA に転写した後につなぎ換えや転写後修飾を行って複雑なタンパク質の産生が始まった．

おそらくこれらの真核生物の進化の最終段階で，原核生物を体内に取り込んだのだろう．それらのゲノムの一部は核内にとりこんで自立できないようにして，残りは原核生物内に残して，原核生物が行うエネルギー代謝や光合成の成果を直接細胞質内で入手することになった．

核の獲得から細胞内共生に至る進化は，「**突然変異による低雑音環境獲得➔環境回復後に通信の余力を利用して共生進化**」という法則として一般理論化され，脊椎動物や胎生哺乳類の跳躍進化にも適用される．

生物は多細胞化したあと，5 億 4 千万年前のカンブリア大爆発の大量絶滅期に，中枢神経と脳室という低雑音環境を構築し，感覚器官と運動器官の統合(共生)を実現した．こうして生まれた脊椎動物は，その後大いに繁栄することとなった．

6600 万年前にメキシコ湾に衝突したチチュルブ隕石衝突後の大量絶滅期を，胎生哺乳類は子宮という低雑音環境を獲得して乗り切った．

胎生哺乳類は，大きな脳をもって生まれおち，母親の乳首からもらう高濃度でタンパク質の豊富な乳を飲み，スキンシップを高めて音声コミュニケーションによってお互いの意思疎通ができるようになった．そして群れをつくって共に生きるようになり，群れを導くリーダーが登場し，群れの掟も生まれた．

7 万 2000 年前にクリック子音が生まれ，ヒトが音素を獲得してデジタル進化を始めたのもトバ火山灰の冬期の厳しい生存環境だった．[3] その後密林を出て開墾地で生活するようになって文法が生まれ，文明社会の片隅の静かな僧院や学園のなかで言葉を群として用いる概念が生まれた．

今，インターネットと検索エンジンを手にした人類は，自分と同じ問題関心をもって生きた先人の文章を熟読精読することで過去の人々の著作に学び，彼らがやり残した仕事を引き継いで知的に共生できるようになった．初心者が読んで理解するハードルは高い．だが，あきらめずにくり返し挑戦し続けた小野道風の蛙の故事にならうべきである．

図 4 柳に飛びつくカエル(花札より)

9. 人類学の最前衛にたつ学際的研究書

たとえば科学書や論文を読むにあたって，① いかにして**良い本に巡り合う**か，② いかにして自分よりも**語彙数も多く，知識も豊富な著者の言葉を正しく受け入れる**かが重要である．

21 世紀のデジタル化社会において，本は著者の言葉を再生する．著者が何年も何十年もかけて行った考察や研究成果を，言葉を選んで書き記したものとして認識される．読者は，検索エンジンを駆使して著者の言葉に接近し，著者の記憶を仮想的に共有する．

これまで先生は紹介してくれないかぎり，自分が知らない著者の本や論文に出会うことは容易ではなかった．書店・古書店の店頭，ネット書店のウェブページ，図書館の書棚などで，偶然に運命的な出会いが生まれる必要があった．

ところが，21 世紀の今日，もし自分が興味あることが何かがわかったら，それに関連するキーワードをインターネット検索エンジンに投入することで，学際的で前衛的な研究成果に出会えることがある．これは驚くべきことで，もっと利用されてよい．筆者が 20 年近く続けているデジタル言語学の学際研究は，インターネット検索に導かれて始まり，発展したといえる．

筆者は，ヒトの進化に興味をもったものの，どこから手をつけてよいかわからなかったので，2005 年 5 月 29 日に「**はてな人力検索エンジン**」で「ネオテニーと人類の未来を結びつけて論じている HP を紹介してください」と投げかけて，島泰三博士の「はだかの起原」とめぐり合った．[10]

島は，マダガスカルに長期滞在する機会を何度も得て，ついにアイアイの主食を突き止め，霊長類の主食が手と口の形を決定づけるとする「手と口連合仮説」を打ち出す．ヒトの拇指対向の指や固くて水平方向に動く歯からは，サバンナで死んだ動物の骨を拾って主食にして食べていたからであり，直立二足歩行も大きな骨をもって移動したためだと結論する．そしてヒトがハダカになったのは，直立二足歩行とは別の時代の別の現象であることに気づいた．そして 7 万 5 千年前にアフリカで，言語獲得とはだか化の「重複する突然変異」がおきたという結論に到達する．

本書は魅力満載の**現代の古典**である．特に以下の 3 点は，特筆に値する．

(i) 21 世紀に人類学の通説となったアフリカ単一起源説や，ヒト以外の裸の哺乳類の生態が博物学的に紹介されており，**人類の起源を考えるうえでの幅広い基礎知識**を与えてくれる．

(ii) 野生観察に重きをおく動物生態学者として，ダーウィンの性淘汰説，「はだかの猿」を書いたデズモンド・モリス，「人間海中起原説（アクア説）」を説くエレイン・モーガンらの**立論のあいまいさ，ごまかしを読み解いて指摘する「誤り検出」を行なった．著名な著者の本であっても，鵜呑みにせず，著者の主張が妥当かどうかを評価しつつ読む手法は見事**である．

(iii) 人類学において，まだ誰も 300～200 万年前の直立二足歩行の初期人類と，7 万年前に登場したはだかで言葉を使う現生人類の概念分割を行っていない．「人類の起原」という言葉を使いながら，300 万年前の猿人のことが論じられているかと思うと，7 万年前の言語獲得が論じられることもある．「はだかの起原」によって**初期人類と現生人類（あるいは言語的人類）という異なる概念に分割できた**ことは特筆に値する．人類学研究へのきわめて大きな貢献である．

この本に巡り合った読者は，本をくり返し読み，著者の立論を少しずつ意識に取り込むと，人類学の前衛的研究ができるだけの基礎知識を身につけることができる．筆者はこの本にヒントをもらい，**はだかの人類は洞窟に住んでいたに違いないと考え，2007 年 4 月に，日本人として初めて，世界中の人類学者も考古学者もが忘れていた，最古の現生人類遺跡であるクラシーズ河口洞窟を訪れた．**

時期	イベント	脳の対応
7 万 2 千年前	クリック子音(音素)の獲得．**無限の語彙**	B リンパ球の語彙数(1000 万以上)
6 万 6 千年前	母音アクセントによる時間的離散性をもつ音節(音素)の獲得．**文法**の誕生	**母語を片耳聴覚**し，文法の音節を言葉のベクトルと統合
5 千年前	文字(=**消えない音節**)を発明．**時空間を超えて言語情報を共有し発展させる文明**誕生	言葉記憶を司る B リンパ球と，**文字列のネットワーク記憶が識字**
2500 年前	言葉を群として用いる**概念**の誕生	言葉を群論理で意味と結合させる
20 世紀半ば	ビット(=**対話する音節**)を発明．現代人は人類共有知と**検索**によって結びつく．	**知識の差を乗り越える**（めげずに何度も読む，参考文献も読む）
今	言語情報の**前方誤り訂正**をして学際統合	脳内免疫ネットワークの再構成

表 2 人類共有知のデジタル進化

10. 難解な免疫学を諦めずくり返し読む

クラシーズ河口洞窟を訪れて 1 年半たった頃，ヒトの進化は音声コミュニケーションのデジタル化ではないかと考え始め，Google に「human, digital, language」と入力して「ヒト言語のデジタル起源」という論文を知った．[11]

著者ノルは，スイス生まれの分子生物学者で，1950年頃コペンハーゲンで免疫学者イェルネ(1984 年ノーベル医学生理学賞受賞)の研究室にいた．本論文は，イェルネのノーベル賞受賞理由となった 1974 年の「免疫システムのネットワーク理論」という講演と，1984 年のノーベル賞受賞記念講演「免疫システムの生成文法」を引用して，言語は抗原抗体反応で処理できることを紹介するために書かれたようだ．[12][13]

本論考は，遺伝子情報がデジタルであるのと同様にヒトの言語がデジタルであるを，情報理論と分子生物学，言語学，人類学，免疫学，遺伝学など学際的な知識を駆使して論じている．

筆者にとって生まれて初めて読む分子生物学の学術雑誌記事で，コドン(トリプレット)，リンパ球，遺伝子型，表現型，再結合，セントラルドグマ，エクソン，イントロン，モチーフ，パスウェイ，イムノグロブリン，軸索突起，シナプス接続など，**生まれて初めて接する単語がたくさんあったが，それらの単語の記憶が脳内で生まれ，意味が生まれるまでに数カ月かかった．全文をタイプし直し，英語から日本語に翻訳**した．

参考文献が充実していて，フォン・ノイマンやチョムスキー，ピアジェなど，それまで名前しか知らなかった研究者の名前をたよりに，彼らの本や論文を求めて大学図書館に通うことになる．

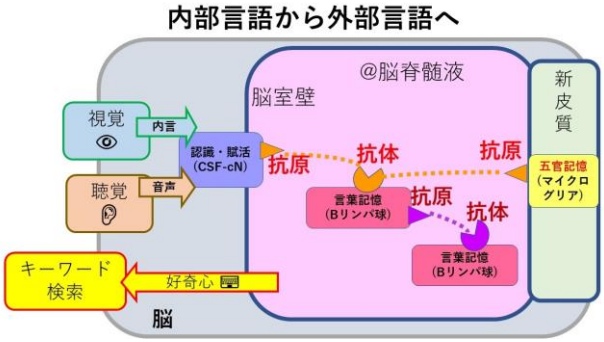


図 5　内部言語ネットワーク概念図

検索エンジンは，卓越した科学者が遺した学際研究を紹介してくれる．初心者が知識のギャップを乗り越えるためにはコツがある．

① **わからない言葉はすべて辞書や事典で調べ，脳内でその言葉の記憶が産生するのをまつ．**
② **引用元の本や論文も読み，主張の根拠を確かめ，妥当性を確認する．**
③ **概念はいつ誰がどのようにして発見したかを確認する．**
④ **わからないことはわからないままに放置して，時間をあけてくり返し読み，理解が深まることを楽しむ．自分勝手な解釈をしない．**

筆者もはじめのうち，免疫細胞と言語処理がなぜ関係するのかと懐疑的だった．しかし大脳皮質で言語処理をする細胞組織や分子構造についてどんなに調べても仮説ひとつ出てこないことがわかり，イェルネの 2 本の論文を **3 年ほどかけて少しずつくり返し読む**うちに，もしかしたら**脳室内で B リンパ球が言語処理をしているのかもしれないと考えるようになった．**

脳室内に B リンパ球が存在することを確かめた後，目や耳からの言語刺激を脳脊髄液に伝える神経細胞はあるのだろうかと，脳室内でネットワークする相手のことを考えた．そして**「脳脊髄液，神経細胞」を検索エンジンに入力**したところ，**目や耳などの感覚器官からシナプスを伸ばして，脳室壁に抗原端末を構築する「脳脊髄液接触ニューロン」**の存在を知った．[14] 2012 年夏のことだ．その結果，脳内でネットワークして内部言語を司る細胞とネットワーク端末（抗原と抗体）が姿を現した．

11. おわりに：科学概念の学際的統合

本来科学は，学際的手法を用いて，不可視の現象を理論化するためのものだ．著者から参考文献を遡って段階的に過去をひもといていくと，必ず**その概念を生みだした学者**にたどりつき，概念の生まれた瞬間に遭遇する．科学的概念はある個人が実験や観察によって知覚した現象を命名したものであり，それは学際的に通用する事件である．このようにして概念の由来を確かめると，従来分野科学ごとにバラバラ勝手に使われてきた概念を，学際的に統合することができるようになり，人類は新たな知能発展の局面を迎えるだろう．

現代を生きる者は，過去の著者の気持ちを共有できるようになるまで(著者と共生するまで)くり返し本を読むことが求められる．著者の概念を正しく受容して伝えていることを確かめ，そのうえで著者がやり残した仕事を発展させることが求められている．

文献

[1] 得丸　ゴンドワナランドの分裂と人類の誕生 －南アフリカにおける２つの巨大隕石衝突跡と２つの人類遺跡の相関，写真測量とリモートセンシング 48(2009):41-44
[2] ウィルソン, E.O. 人類はどこから来て，どこへ行くのか，斉藤隆央訳，化学同人，2013 年
[3] Ambrose, S. (1998). Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and the differentiation of modern

humans. J Human Evol 34: 623-651
[4] Deacon, H.J. & Deacon, J. (1999) Human beginnings in South Africa: uncovering the secrets of the Stone Age, S. A.,Altamira Press
[5] 得丸　母語のモノラル聴覚と文法処理ー　例外としてのピダハン　情処学会自然言語処理研 IPSJ/ 2014-NL-219 (23) PP 1-19
[6] エヴァレット, D. ピダハン　「言語本能」を超える文化と世界観，みすず書房，2012 年　(大人も両耳で聞いていることは 2014 年に慶応義塾大学日吉で行われた講演で筆者が直接エヴァレット博士に質問して確認した).
[7] 得丸　概念に求められる群性　概念の意味の前方誤り訂正のために，情報処理学会研究会報告 IPSJ/ 2020-MPS-130 (2) PP1-6
[8] マーギュリス，L.(2000) 共生生命体の 30 億年，中村桂子訳，草思社
[9] 得丸　低雑音環境が非線形進化を生み出すー生命の複雑進化とヒトの音素共有ー　信学技報 NLP2022-印刷中
[10] 島泰三，はだかの起原　ー　不適者は生き延びる，講談社学術文庫，2018（木楽舎，2004 年）
[11] Noll, H., Digital Origin of Human Language – A Synthesis, BioEssay
[12] Jerne, N.K. (1974) Toward a Network Theory of Immune System, Ann Immunol (Paris). 125C(1-2) :373-89
[13] Jerne, N.K. (1984) The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)
[14] Vigh (1983) The System of Cerebrospinal Fluid-Contacting Neurons (Archivum histologicum Japonicum　46:4)

人類共有知ゲノムとしての風刺表現(通時的解析)
Small Satirical Forms as the Genome of Collective Human Intelligence (Diachronic Aspects)

サビーナ・ネドバイリク
Sabina Nedbailik
ペトロザヴォツキー州立大学
Petrozavodsk Univ., Republic of Karelia
snedbailik@mail.ru

Abstract: This article concerns some aspects of humorous and satirical small forms in cultural development in West and East European literature. In this connection the author touches upon the principal trends of anecdotes and adjacent genres evolution from Antiquity to New times, putting accent to their specific features in Russian culture in comparison with Western (French) literature. The results of multi-aspect review of theoretical material give full ground to state that anecdotes as well as adjacent small literary forms (epigrams, jokes, aphorisms) can be considered as the genome of collective human intelligence.
Keywords: anecdote, epigram, humor, literature, form, genre

1. Introduction

As it is known, small literary satirical genres such as anecdotes, epigrams, fables, aphorisms, etc. have been always an object of high interest and numerous controversies. The deep connection between these genre varieties is quite obvious, since they have common genesis and similar compositional, structural features. Thus, according to existing encyclopedic references, anecdotes are a kind of small prosaic satirical or didactic stories or jokes making fun of any specific person or event. The main compositional features of anecdotes are recorded in the Dictionary of Russian researcher N.F. Ostolopov (1821): “Two parts make up an anecdote, taken in its current meaning: One concludes a sentence of an object or thing that produced the thought; the other is the very thought or, so to speak, a sharp phrase, which together can be called a knot or a denouement" [6,p.134].

Of course, this definition can be also applied to an epigram which has been created as a small genre on the base of anecdotic stories. Both present satirical utterances, witty and caustic, directed at a certain person or an event, but epigrammatic works mostly exist in a rimed, poetic form. So, it is just the lapidary nature of epigrams that allows them to maintain structural stability as a sign of the genre. This structure makes it closely related to other short satirical genres - epigrams and fables, aphorisms, parodies, proverbs, sayings, etc., whose forms variety is a necessary condition of the European prosaic (poetic) literature successful development.

Most often, it’s a "sharp thought" fit into several sentences. The plot in all funny jokes, in particular, anecdotic ones, usually develops especially resiliently, being even compressed to the limit. So, in general, anecdotes, as well as epigrams are akin to proverbs and sayings, since for them the main thing is also the condensation of meaning into a short verbal formula.

2. Anecdotes principal characteristics and genesis

The essence of an anecdote as a highly condensed thought, idea, framed in a laconic form and reflecting some important, meaningful events, problems, aspects of life, every day activity remains actually the same for centuries. The topics of anecdotes cover not only family, love, friendship, but also political items, what is quite natural. War conflicts, political, international events are inevitably reflected in the people’s witty thought and creative verbal activity. In general, all great or significant cultural events and social- political changes accompanying different historical periods of humanity evolutional development have always found and will surely find their reflection in small literary genres. That’s why we can surely name anecdotes as well as epigrams, aphorisms, fables, proverbs, sayings, parodies, etc. the condensed people witness or the genome of collective human intelligence. Of course, anecdotes` specificity and thematic trends are greatly influenced by social-cultural context, historical, ethnic traditions, customs and particular features of national mentality.

The popularity of anecdotes and epigrams as their «smaller sisters» is facilitated by the intensive fictionalization of this small form, polished by the human brain and his immortal soul to a dazzling brilliance [4, 10]. It has always been used as a means of emotional discharge, producing impression and creating personal contacts. The humorous effect produced by an anecdote as a short joke is actually owing to stylistic means of unexpected end, or deceived expectation widely used in this genre.

Anecdotes as well as other small forms are greatly varied by their content and embrace a large scope of moods, involving humor, irony, satire, sarcasm and some mixed manifestations. Having originated in the era of antiquity, in the period of antique Greco-Roman traditions [2], anecdotes as well as epigrams endured considerable modifications for more than two and a half thousand years before finally taking the forms and manifestations we are familiar with. One can suppose that small forms evolution is genetically predetermined by ancient epitaphs which are considered to be the most old attempts of provoking comic, humor effect on people using laconic, condensed plots and non-standard (non)rimed forms. Besides, the language of anecdotes, dating back to pre-history literary traditions, is greatly owing to the famous fabulist Ezop [5] who is considered not only as the creator of rich fable heritage but of the specific language full of alliterations, reminiscences, insinuations and used mostly by oppressed simple people, deprived of any other means of expressing their thoughts, challenges and wishes.

Probably, this ancient literary and conceptual heritage has become widely used by Western and Eastern Europe authors who tried to apply it on their national grounds adding to Ezop's style and plots their individual elements, (nick)names, details, etc. The ancient jokes containing condensed wisdom of several generations and transmitted orally from mouth to mouth gave birth to other satirical small forms, such as fables and epigrams. So, the early people's funny, humorous stories fixed in the memory and greatly varying in size, style, topics, etc. probably served a platform on which most satirical genres were born and developed within centuries.

But if in the period of antiquity the only form of anecdotes was a short oral utterance, from the 15-th century and up to our time it exists mainly in a written form, being fixed in various collections, including Internet ones. In fact, the so-called low small genres flourished especially magnificently in French literature, although no less striking examples could be found in Polish literature.

From here comes, by the way, the very name of extremely brief and bright works of a famous Polish writer Stanislaw Jezhi Letz (20-th c.), whose sharp «phrashki» have become aphorisms, sentences, etc. [10]. In general, speaking of the anecdotes and epigrams, we should always remember that it is impossible to isolate them in their pure form, completely separating them from parables, fables and parodies, pamphlets and feuilletons, as well as their folklore soil.

3. Small genres in French literary Tradition

For the French poets of Renaissance, small satirical genres gradually ceased to be exclusively descriptive and moralistic. "Philosophical" thoughtfulness was certainly reinforced by their ironic attitude to life, to society, to themselves [7]. And already in the 16th century the "acute Gallic sense" so characteristic of the satirical literature of medieval France happily came into contact with ancient experience, which gave these small genres clarity, measure, completeness and a certain elegance. In them, the joke has already ceased to be deliberately rude and obscene, as it carried a certain generalization and morality. Thus, critical notes on various aspects of human existence, acquiring universal generalization, retained the sharpness of the topical document. Of course, this was not given immediately: one had to "overcome not only the inertia of the ancient tradition with its abstract philosophizing and descriptiveness, but also the obsessive didacticism of medieval thinking" [11, p. 176].

The appeal of Renaissance poets to the ancient forms was one of the symptoms of "classical antiquity revival." The writers and poets of that era were able, perhaps for the first time in the history of world culture, to overcome their class and estate division, in general, any kind of limitation, and to realize the rights and power of a free human intellect and artistic word. They seemed to

foresee the innate breadth and ideological emancipation of small satirical genres. In the literature of this time one can come across pure imitations, and even translations from ancient anthologies. Especially often the victim of the latter was Martial with his sharp political and everyday epigrams, exposing human vices and weaknesses, as well as playful epitaphs and auto-epitaphs.

The first true master of the Renaissance epigram was Clement Marot (1497-1544), although attempts of this kind were made by the French authors much earlier. Marot successfully combined ancient experience with specific local humor, which, among other things, has always been characterized by balancing on the edge of what is permitted and even almost obscene. The skill of Clement Marot, the author of a large cycle of anecdotes and epigrams (almost 300 miniatures), consisted, in particular, in the fact that "the poet never crossed this invisible line, never fell into either flat scoffing or rude greasiness" [7, p. 165].

During the 17th century, the main formal features of small literary forms were defined, and their subject matters were also worked out. Three of most characteristic features of them have been polished: laconism, topical satire, unexpected denouement. These miniatures are becoming an ironic genre and, as a result, a sharp weapon in literary disputes, social life, and political struggle. This property of small genres is already clearly recognized by others.

For example, C.A. Montesquieu called them «small sharp arrows, inflicting deep and incurable wounds» [7, p. 237]. And here is what is paradoxical: if earlier the authors of funny jokes, who wrote «for themselves» or a few friends, still published their works, now they often remained handwritten and even oral for a long time. And, nevertheless, they instantly became known and interesting to the whole society, vividly responding to all the events that worried it. This is how small anecdotic and epigrammatic forms gradually became one of the most poignant and satirical commentaries on the history of the era:

4. Small satirical genres evolution in Russia

As far as Russian small satirical literary forms are concerned, their base was greatly prepared by the people's actual folklore trends and genres, such as «chastushki», «poteshki», songs-jokes, as well as by sharp proverbs, sayings, etc. The elements of small anecdotic jokes appeared in Russia rather early and even in the style of blaming words, dating back to the Byzantine tradition of accusatory speech [11]. Most anecdotes of that time, as a rule, ridiculed idolatry, witchcraft, ritual dances preserved from the pre-Christian faith. Among human vices the most often targeted were drunkenness, love of gold, slander, malice, lies and fornication. In the Baroque era, the socio-historical setting for elegant satire also matured.

Foreign anecdotes, fables, jokes, were translated into Russian, domestic wits mastered a new form and style. The personal principle, unknown to the literature of the Russian Middle Ages, prompted the development of previously uncultivated genres. As a result of this awakening of the personality, as well as the socio-historical differentiation of society, i.e. the emergence of new features of world perception, there is also a craving for artistic and journalistic genres, and, above all, for anecdotes, epigrams which in the 18th century can already be spoken of as an independent trend [1, 12]. In this connection, fashionable at that time «curious» verses – palindromes or «crustacean poems» were considered by many literary men useless, and anecdotes, epigrams raised to the heights of political sound [4]. A murderous sarcasm gave these miniatures a touch of an acute social plan. Most researchers suppose that at the origins of Russian small satirical genres one of the most significant positions is occupied by the follower of F. Prokopovich – A. Kantemir (1708-1744), translator from French and one of the founders of the Russian satirical trend.

According to V. G. Belinsky, this direction of development "since the time of A. Kantemir became a living stream of all Russian literature, defining the pathos of our literature throughout the 18th and 19th centuries" [8, p.234]. A. Kantemir expressed the urgent need for the growing national and aesthetic self-consciousness of Russian society, the top of which still clearly gravitated in its literary attachments to classicism [8]. Thus, the real world began to find more and more reflection not in

ceremonial odes and tragedies, but in the so-called "low" genres: prosaic and poetic satire and fairy tale, fable, comic poem, comedy. In his sharp miniatures, A. Kantemir denounced stupidity and ambition, class prejudices and «malice in general» [8]. The names of the characters in his works are stylized in the antique spirit – after all, criticism of generalized and eternal vices is important to any satirical poet.

In the 18th century, when Russian small forms were only taking shape, the reliance on the preceding European tradition played an important role. Thus one must mention the abundance of translated works, the widespread borrowing of plots from the most famous masters of this genre [9]. However, there were no mechanical transplantations: Russian people interpreted foreign works in their own way, adapting them to local conditions, dressing them in a nationally original form [1]. Thus, such newly born satirical creations greatly contributed to the enrichment and further formation of the Russian language. Actually, the French, German and English authors themselves moved along the same track, mastering the creative heritage of the ancient period.

5.Russian national humor and its specific trends

As a rule, Russian national humor is often difficult to understand even if you speak fluent Russian. This is because many Russian jokes play on cultural stereotypes, political events, popular culture, and Soviet-time movies. Russian jokes called anecdotes have a unique history. The first of them came to Russia through the European tradition of telling interesting, rather funny stories. They were popular in the aristocratic circles and eventually developed into classic jokes similar to those existing in the West [3]. However, these jokes took on a very political slant during all so-called Soviet period, which lasted for 70 years. This unique trend stipulated for the development of an unusual, specific Russian humor characterized by its themes of political or cultural relevance. A lot of material for such new jokes has been provided by various stories about former Soviet political leaders (Stalin, Brezhnev, and Khrushchev), owing to their odd or funny behavior as well as the paradoxical and claustrophobic nature of the Soviet life. Some political jokes, anecdotes have been often composed by the ideological services. For example:

1. «That's enough of messing around», said Brezhnev, gluing his eyebrows under his nose.

2. Brezhnev is speaking at a party meeting: «Who said that I can only speak when I have the speech in front of me? Ha, dash, ha, dash, ha, dash».

3. - "Do you have a hobby, Leonid Ilyich?»

- «Of course! I collect jokes about myself».

- «Have you got many?»

- «Two and a half labor camps already!» [13]

In the 1990s after the fall of the Soviet Union a new trend of so-called New Russians appeared in the country, as the Russian nouveaux riches. They quickly became the subject of many jokes due to their lack of culture, education, and manners, as well as their garish tastes. New Russians were usually depicted as low in intelligence and reliant on money to solve everything. For example:

4. Two New Russians are driving in a Jeep and see a sign «Traffic police – 100m.» One of them takes out his wallet and begins to count the money. Then he sighs and says: «You know what, Vovan, I don't think we have enough for a hundred cops».

5. A New Russian says to an architect:

- «I want you to build three swimming pools: one with cold water, one with warm water, and one without any water».

- «Why would the third one not have any water?»

- «Because some of my friends can't swim».

6. A new Russian is buying a real estate abroad.

The agent is showing him his future property:

– «Here is a forest around the house that will be yours, as well as these fields».

The buyer is watching thoughtfully the surroundings from the window of his limousine.

– «And here is your future castle. This is the first half of the 18th century».

«Sorry», – the new Russian asks quite amazed, – «And where is the second half»?

7. The agent of the real estate firm is explaining the situation to a New Russian who wants to buy a house:

- I must be honest with you. This house has got quite serious flaws.

- On the left there is a pig farm, on the right – the fish factory, a little further – a large dump.
- «Really?» – the New Russian asks. – «But what are then the advantages of this house?»
- «You can always know for sure from where the wind is blowing» [13].

5. Small satirical genres status nowadays

Nowadays small humorous stories, jokes, anecdotes are still in great demand, actually as they were in ancient, Middle age, Renaissance and post Renaissance New times. Among famous contemporary Russian poets and prosaic authors of Soviet and post-Soviet periods we can mention I. M. Iryenyev, V. I. Gaft, S.Y. Marshak, M.F. Svetlov, D.I. Harms, A.M. Cherny, V. P. Vishnevsky, A.M. Arkanov, M. M. Zhvanetsky, I.M. Guberman and many others, whose works in original and translations are still popular with young, old and middle aged people. Of course, intensive development of mass media and computer technologies in our time of globalization has greatly contributed to this small genre wide popularization. New born authors, who often prefer to remain anonymous, try to find new alternative topics and even forms, sharing the Internet space with modern type short epigrammatic verses, called «poroshki», which are composed by new metric standards and are accompanied by funny sketches. Still, this doesn`t mean that the very principles of small funny stories creating have changed considerably. They are still the same as they were several centuries ago, and now as ever their composition (structure) is based not only on specific funny situations, episodes, but also on so called brain games, or «puzzles» what is especially precious for human intelligence development. This surely explains high importance and constant popularity of small funny genres in all European languages and cultures.

6. Conclusion

In general, high and constant interest of people for anecdotes as small literary forms can be explained by several reasons. In fact, they are accessible, emotionally attractive, short, non-standard, containing highly condensed, polished within centuries wisdom (witness) and life experience. As a rule, most modern readers prefer to get necessary information from secondary sources, choosing laconic and acute funny stories and verses instead of classical literature with its huge volumes, hard plots and style. It`s really much more convenient, economical and helps to distract from every-day reality, stereotypes, patterns. Anecdotes as well as humorous verses give power to live and even survive to many people who find themselves in hard conditions or dangerous, unpredictable situations. All this, as well as Internet resources functionality actually contributes to wide spreading of anecdotes, funny stories, jokes and adjacent forms as an effective means of emotional discharge and relaxing.

The long-standing popularity of anecdotes as well as adjacent literary forms obviously proves that their composing is a very useful creative activity practiced not only by teenagers or genial individuals, but by hundreds of people inspired by humorous subjects, original plots, interesting ideas and always ready to share them with many others. Thus, we can really consider small satirical genres and, in particular, anecdotes the genome of collective human intelligence.

References

[1] Anninsky V. A. Epitaphs: from antiquity to the present day: a historical sketch / V. A. Anninsky [Electronic resource]: literary portal. – Electron. Dan. – [Russia], cop. 2010. – URL: http://www.litprichal.ru/work/211992

[2] Antique lyrics: trans. from ancient Greek. and Latin. / [entry Art. S. Shervinsky]; [comp. and note. S. Apt and Yu. Schultz]. – Moscow: Art. lit., 1968 . – 623 p., 14 p. silt – (B-ka of world literature. Ser. First. Literature of the Ancient East, Ancient World, Middle Ages, Renaissance, XVII and XVIII centuries; V. 4).

[3] Blagov Y.N. Following consequences: satirical works. – Moscow: Contemporary, 1986. – 175 p.

[4] Bronshtein B.M. // Ironic [Электронныйресурс]: ironical and humorous verses. – URL: http://ironicpoetry.ru/autors/bronshteyn-boris/o-vozvishennom.html

[5] Chistyakova N.A. The history of antique literature: Second edition. – Moscow: Higher school, 1972. – 454 p.

[6] Dictionary of ancient and new poetry/ ed. By N.K. Ostolopov. – Saint-Petersburg, 1821. – P. 1. – 534 p.

[7] French classical epigram / composed and translated by V. Vassilyev. – Moscow : Art literature. – 431 p.

[8] Kantemir A. D. Collection of works. – Leningrad : Soviet writer, 1956. – 545 p.Lessing G.E. Selected Works [ed. by A. V. Fedorov]. – Moscow: Goslitizdat, 1953 . – 640 p.

[9] Melamed M.I. From the cycle «About subjects» [Electronic resource] – URL: http://ironicpoetry.ru/autors/melamed-mark/.

[10] Muchnik Evgeniy // Ironic [Electronic resource]: ironic and humorous literature. – Electron. and text. Dan. – URL: http://ironicpoetry.ru/autors/muchnik-evgeniy/.

[11] Reader on ancient literature: in 2 volumes: for higher study institutions / comp.: N.F. Deratani, N.A. Timofeeva. – Moscow: Education, 1965. – V. 2: Roman literature. – 650 p.
[12] Yakobson S.M.// Ironic [Electronic resource] : ironic and humorous poetry. –URL: http://ironicpoetry.ru/autors/yakobson-semen/.
[13] https://anekdot-anekdoty.ru/russkii-anekdot/

人類共有知のための東洋的アプローチ（パート 2）
The Oriental Approach for Collective Human Intelligence (Part-2)

ナシール・アーマド・ダール
Nazir Ahmad Dhar
カシミール大学(インド)
Kashmir Univ., India
proflingdhar@gmail.com

Abstract

To understand the origin, structure and nature of human language has been the nucleus of subject matter of thinkers of diverse disciplines. One group of thinkers derive the origin of language in the divinity with the belief that mankind has been blessed with language and speech congruent with his social, cultural and intellectual needs. This group form the theocratic school of thought. Another group have speculative notions about language which include bow-wow theory, pooh -pooh theory etc. Another School of thought takes into account the scientific parameters to understand origin and evolution of language. The linguist, philosophers, anthropologist, psychologists, biologists have given centrality to this subject to understand faculty of language found in the mankind. The faculty of language is species specific and species uniform trait in Homo-sapiens should be the product of collective intelligence. The present paper aims to introduce some basic concepts of human language; to present the survey of research conducted according to evolutionary theory and at the end make a brief note on genetic and genomic aspects of the language development.

Keywords — anthropology, evolution, bipedality, genome

The material presented below is survey of references and the research carried out so far by scientists. It is not my original work.Before print it is to be developed.

1. Introduction

Alphabets, letters and orthographies will not be considered in developing theories of language. These are like other skills similar to paintings, music etc. There are societies which have not yet developed alphabets, letters and orthographies but we find no society without language with intricate, subtle and complex structures. Language is considered to be biological endowment and linguistics saw language as key to understand how human mind works. Language specific traits are genetically inherited that sets apart humans from rest of the species. The set of design feature associated with human language defines human species the powerful in terms intellectual capacities. The design features like duality of patterning (to generate infinite structures of language from finite set of phonemes), the feature of displacement (to report any past event and create future event), discreteness (the ability to break the linguistic system into smaller units like phonemes, syllables, morphemes, phrases and sentences) and semanticity (to associate meanings to utterances) are the features encapsulated in the human language and communicative system. Legacy of medieval period linguistics hold the view that the world is one, the capacities and operations of the human mind, genetically inherited or, created by God were the same in all men, and therefore in essentials language was one and the same everywhere, surface differences, inconvenient though they might me be, were no more than accidents.Giving centrality to the human mind the theory of language embraced three interrelated levels: external realty or the world existed, its real properties; the capabilities of the mind to apprehend and understand these properties; and means whereby mankind could communicate this understanding. These three were the province of grammar.(Robins1990: 471). Thus one finds it is the distinctive trait of human mind that makes man homo -loquens (man born with the behaviour of speech). Lieberman has incorporated anthropological, ethological and psychological aspects to formulate the language theory.

2. Evolutionary Theory

The scientific study take into account the vocal tract, gestures, bipedality and human brain the primary domains in the evolution of language. Anthropologists believe that terrestrial behaviour (i.e. give up the habit of

living on trees and beginning to live ground) bipedality (i.e. upright walking), and growth and development of the frontal cortex of the brain with concomitant emergence of the higher function have been the key events in human evolution. Some of those traits have been considered involved in language evolution. Sharma (2006:198). Lenneberg (1967) carried out intensive research to ascertain evolutionary evidences of human. Lennberg sketched out the evolutionary tree with Eocene at the basic root of the tree with Oligocene the second evolutionary phase, the Miocene, Pliocene and Pleistocene third, fourth and fifth evolutionary phases respectively. These evolutionary phases have been posited at vertical direction on phylogenetic scale of the evolutionary tree. The species that resulted out from the process of evolution are gibbon, orgunton, chimpanzee, gorilla and man. In the evolutionary process branching has occurred. The species pertain to different barchans are found qualitatively distinct from each other. The man unlike other species has developed anatomical and neurological structures that could support language.

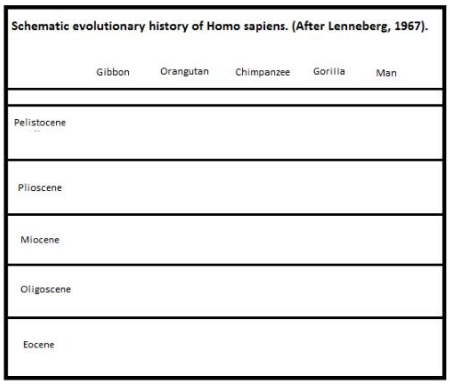


Figure-1

Lieberman (1997) took into account the vocal tract organs unique in mankind in shape and size appropriate for speech mechanism. The experimental lines Lieberman followed are summed up below:

1) Examined and compared the anatomical characteristics of adult homo-sapiens (who obviously has verbal communication) and fossil remains of prehistoric humans, about which we have no direct information, with new born human infants and the chimpanzee (who did not have linguistic abilities as humans have).

2) Using the anatomical structure of skull, the knowledge of comparative anatomy, and the skeletal similarities between the living primates and the fossil remains, the Lieberman constructed the supralaryngeal structures of extinct fossil hominids and compared them with other forms.

3) This experiment constructed the hypothetical model of the larynx, pharynx, velum, tongue and the oral and the nasal passages in each. The differences in the supralarryngeal forms reveal that the adult Homo sapiens is different from the other three, all of which are similar.

4) The findings of the research have revealed that other three species have relatively flat passage from the larynx to the oral cavity as opposed to the right angle passage we humans possess.

5) In the human adult, half of the supralaryngeal vocal tract is formed by the pharyngeal cavity while the opening of the larynx into pharynx is immediately behind the oral cavity in the other three.

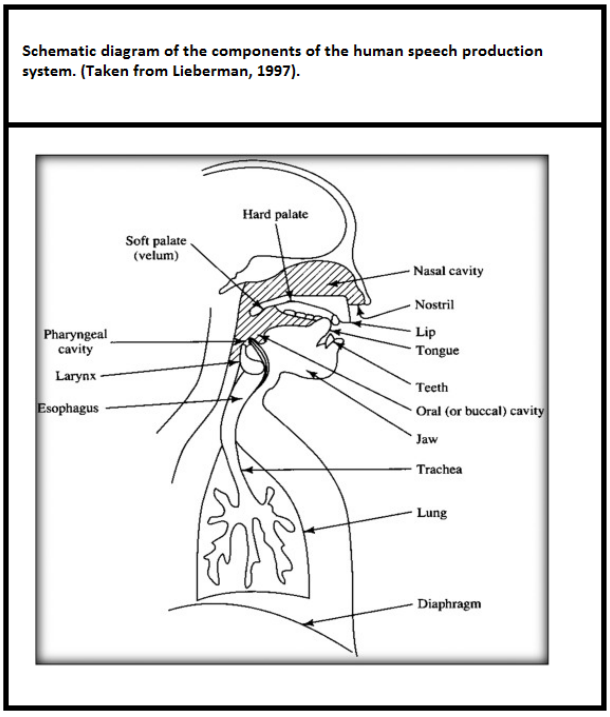


Figure-2

6) Lieberman carried out the experimental study to test the possibility of the articulation of three basic and universal vowels / i/, /a/, and /u/ by the reconstructed model of supralaryngeal vocal tract of all the four forms. It was revealed that only adult humans could articulate these three universal vowels while as other three forms could not. Hence the shape and size of vocal tract organs of adult humans have anatomical capability of speech production mechanism.

According to anthropological theory Homo-erectus has well developed intellect evident from the excavation of olduwan cultural tools and levallios techniques. Brain was well developed to have the capacity of the representation of reality but vocal apparatus were near to gorilla not near to humans. Homo-Neanderthal has relatively improved vocal tract.

Paul Broca and Weinack proposed the concept of brain geography where different areas of the brain perform different linguistic functions. The rise of theory of genomics in recent past has seen a growth of interest in genetic and physical maps of the human genome. The study of genome and its relation to human intelligence and language development has opened new areas of linguistics research in the context of molecular biology. It has been observed that molecular properties of genome in humans is key factor that sets humans apart from rest of the species in cogitative capacities and development of intricate genetic component of human language. The vocal tract in the modern humans is a complex system of the three interconnected cavities, each with its own contribution to the range of human articulation, and having language as an additional role over and above the universal biological functions. This also implies that the emergence of the capability and the consequent adaptability of the vocal tract for generating formant frequencies have contributed to the evolution of an articulate system of communication comprising discrete signalling vocalization. (Sharma2006:197) The preadoptations concerning the mind have been considered necessary to account for the inferential aspects and the intentionality which are characteristics of human language. Donald (1998) holds the view that mimesis- the ability to perform a structured action and its understanding, led to the first fully intentional representations early in the hominids evolution, and thus papered for later evolution of human language [and evolution of human cognitive abilities]. Wyne stated that the psychological abilities that make human culture possible- enthusiasm to imitate others, language, and the ability to place oneself imaginatively into another's perspective on events- are almost entirely lacking in other species.(Sharma 2006:206). Dawkins (1976) had postulated that the evolution of human brain is linked with the continuous need of the survival machine to achieve a more complex and indirect relationship with time and space, and has further given rise to the emergence of consciousness. A certain degree of altruism and mutual cooperation are necessary for socialization and social behaviour. Dawkins and Kerbs (1984) hold the view that altruism has been considered a necessary social preadaptation for the evolution of language [and human consciousness] and a prerequisite for the rise of complex communication system.

The evolutionary enlargement in brain size and the emergence of the necessary neuroanatomical structure have been regarded as a necessary preadaptation for the evolution of human language and human consciousness. Based on the paleoneurological data and other biological and archaeological findings, the study have argued that in about 2 million years the human barin has doubled in size with the frontal areas of the cortex becoming more prominent to cope with the verbal short-term memory, the combinational analysis and the sequential behavioural ability.(Shrama2006: 200).

3. Genetic Aspect (Molecular Biology)

Shrama (2006) has summed up the following concepts in the paradigm of molecular theory worked out by scientists regarding human intelligence and language.

1) Genetically language, human consciousness and cognitive abilities are the product of the genomics unique to human species

2) The emergence of human-like species some 21-33 mya as been explained as due to the rise of a gene named Tre2 which is attributed to the uniqueness of the

humans.

3) Recently the study has shown that FOXP2 gene and KIBRA alleles have been shown to influence language processing and memory respectively.

4) Enard et el. (2002) have estimated that mutation in FOXP2 gene in human lineage occurred between 10,000 and 100,000 years ago.

5) The present form of mankind with unique powers of collective intelligence, cognition, consciousness and language is the product of evolutionary process that has taken place in the uniform order in species specific in Homo-sapiens.

The bottom line of the foregoing deliberations reveals that human language is undoubtedly species specific and species uniform genetic trait. Being species specific and species uniform, the system encapsulates the trait of collective human intelligence across time and space.

References

Lenneberg E H 1967 Biological Foundation of Language, New York: Wiley

Lieberman P 1975 On the Origin of Language: An Introduction to the Evolution of Human Speech, New York: Macmallon

Lieberman P 1984 The Biology and Evolution of Language, Cambridge: Harvard University Press

Palermo D S Psychology of Language

Pinker S 1994 Language Instinct, New York: William Marrow

Premack D 1971 Intelligence in Ape and Man, New York: Holt, Rinehart and Winston

Robins R H 1990 A Short History of Linguistics, London: Longman

Sharma R C 2006 Language Evolution and the Human Brain, In N S Rangaswamy(Ed.) Life and the Organism, New Delhi: PHISPC

古典を読む
Reading Classics

得丸久文[†]，田﨑 徳友[‡]
Kumon Tokumaru, Noritomo Tasaki
独立研究者[†] 九州女子大学[‡]
Independent Researcher, Kyushu Women's University
tokumaru@pp.iij4u.or.jp, noritasa@fka.att.ne.jp

概要
人類共有知ゲノムとは古典である．日本・東洋・西洋にかかわらず著作権の切れている古典は，ウェブ上でほとんどのものを無料でダウンロードできる．ところが人々の読書離れのなかで，古典は前よりも読まれなくなっている．教育政策，商業主義，伝統喪失，スマホ文化など，多忙な現代人を取り巻く文化的環境を概観し，古典と現代人のインターフェイスを検討する．

キーワード：信頼性，超時代性，現代性

天下の善士は，斯に天下の善士を友とす．天下の善士を友とするを以て，未だ足らずと為すや，又古の人を尚論す．其の詩を頌し，その書を読むも，其の人を知らずして可ならんや．是を以て其の世を論ず。是尚友なり． 「孟子」万章・下

1. はじめに：古典とは何か

「論語」に「温故知新」とあるが，古典とは「**古くから読み継がれてきて，すぐれて現代的意味をもつ言語情報**」のことをいう．古代ギリシャのソフィストたちや，帝政ローマ時代の学者たち，インドの思想家や，中国の諸子百家を嚆矢とする哲学者や科学者や宗教者が書いた古典は，人類の文明にとってもっとも重要な知的資産である．

なぜ古典が重要なのであろうか．それは生物的にも，社会的にも，人間も人間社会も有史以来現代までまったく変わっていないからだ．

現在のほとんどの問題については，考える葦である人間が，すでに思考を巡らせていた．「人間とは何か」が根源的問いであり，そこから拡がった疑問とその解決の思考は，ギリシャ時代から記録されている．

人間とは何かを考察したことから哲学が始まり、人間の物質的･肉体的な解明から医学が派生し，それは病気の治癒に発展していった．この間に多くの知見が提案され，それは科学的根拠がないものもあったが，一つひとつ解明されている．

古代図書館で有名なペルガモン出身の貴族で，帝政ローマ時代のガレノス(126-216)は，192 年のローマの大火で蔵書や自著を焼失した経験に学び，意識的に著作が後世に残るように配慮した．おかげで，現代では動物実験ですら許されない生体実験等，ガレノスの目で確かめたことが，西洋医学の古典として現代に伝わり，ギリシャ語や英語や日本語で読むことができる．そこにはすでに著作が散逸して本としては読むことのできない古代アレキサンドリア出身のヘロフィロス(BC335-269)が死刑囚や奴隷を使って行った生体解剖の結果も活かされている．

文学はというと，これは人間の心の機微や周りとの関わりや自然の様を表現するものであり，一種の哲学である．人間は，愛，性，信頼，喜び，悲しみ，憎しみ，恨み，嫉み，驚きなどなどを感じながら生きているが，その全体を描写するのが文学であり，長く読まれている古典はその宝庫である．

読者は，自ら多くの体験・経験をしているものの自分の言葉で表現できないこれらの感情などについて，文学者や文学作品は表現してくれるのであり，読者はその表現に触れカタルシスを覚え，喜びを感じる．きっとドーパミンが分泌されているに違いない．これこそが古典を読む魅力であり，次の作品を求める動機になっている．

これらの表現された感情は，人種・民族を越えて伝えられ共有されていて，「**人類共有知ゲノム**」といえる．詳しく言えば，シェイクスピアの悲劇の数々は，その後の近現代の悲劇の様式を網羅しているといわれる．しかしその原点は，ギリシャ悲劇にたどり着く．

現代社会でも話題になっている平等，公正などという概念もすでにアリストテレス（ニコマコス倫理学）で論じられており，その考えは今なお新鮮である．古典は，時空も越えて現代的価値をもつ．

古典は，言葉や国や宗教や時代が異なっていたとしても，人類は皆喜怒哀楽の感情を共有し，悲劇性も精神性も理解しあえることの証明である．人類共有知ゲノムを読み，時空を超えた人々と心を通わせることこそ人類本来の姿であろう．

インターネット検索エンジンの登場によって，キー

ワードを投入するだけで，その言葉にまつわる問題を考え，文章にして残した，古今東西の科学者，思想家，小説家，詩人の名前と著作が一覧表として提示される．「尚友」たちの著作は，著作権が切れていて，景気不景気に関わりなく，無料でダウンロードできるものが多い．

2. 世界に貢献しうる日本の古典

今から数百年前に書かれた文章が，今も有効性をもつのですか，と質問されたら，答は「イエス」である．**古典は，時代を超えて読み継がれるだけの生命力をもつ**．良い作品があるのに現代人が読まないため，正当な評価が得られていないだけだ．

日本の古典のなかで，世界で読み継がれているものは少ない．しかし，人類史的な意義をもつ貢献や著作はある．

そもそも日本でもっとも一般的に読み継がれてきたのは『論語』と『孟子』という中国の古典である．「過ちては改むるに憚ることなかれ」，「巧言令色鮮し仁」など孔子(BC552-BC479)の言葉や，「王，何ぞ必ずしも利と曰はん，ただ仁義あるのみ」，「己を枉ぐる者にしていまだ能く人を直くする者はあらず」という孟子(BC372-BC289)の言葉は，日本の学者や武士の基本思想となって，共有知となっている．今から 50 年ほど前のテレビの時代劇では，江戸の町の夜の効果音として，子どもたちが寺子屋で論語を素読する音が使われていた．江戸時代の日本の庶民が，中国の古典を学んでいた証であり，学を好む人々が論語から学ぶ喜びを得ていた証である．

大陸から程よい距離を隔てた海上に点在する日本列島は，二度に及ぶ蒙古からの襲撃(元寇)をも跳ね返した安全地帯として機能した．中国本土の戦火によって古典の書物が焼失したとき，『七経孟子考文』が日本から逆輸入されたこともある．

幕末の思想家吉田松陰(1930-1959)は，長州藩の兵学者だった．海外事情を自分の目で確かめようと海外渡航を企て，下田でペリーの米艦に乗り込もうとして失敗し，萩の野山獄に下獄した．その逆境のなかで同囚者と孟子の輪読会を開き，それぞれの章句に解説を加えて『講孟箚記』が生まれた．この本は 21 世紀の現代も出版されていて，読み継がれている．

冒頭で松陰は，「経書を読むにあたって最も重要なる問題は，聖人や賢人に追従しないということである．もし少しでも追従する気持があると，道が明らかでなく，学問しても益がなく，かえって害がある」と言う．人の言葉を鵜呑みにするな，しっかり自分の頭で考えろということが本を読むときの心構えでなければならないという．本を読む上で当たり前のことだが，現代社会にこのような教えは見当たらない．

松陰は孔子と孟子の思想を自分流に発展させて自己完結的な行動哲学「仁智勇」を論じた．仁とは，無私のまっすぐな心．無欲で平らかな心であり，見るもの聞くこと全て前向きに受け止められ，相手や社会のために自らを役立てようと思う．仁にもとづいて志が立てられ，それが智や勇の原動力となる．智は人の善いところを摂取し，志に沿って自分を磨き高め社会に役立てる主体的学習である．最後の勇は実行の決断で，これがもっとも大切だから，平素から命をなげうつ覚悟をして決断力を養っておけ，行動がなければ仁も智も無用になるという．この行動哲学がすばらしいのは，はじめに無私があり，続いて学習があり，行動があるために，正しさが保証されていて，それがそのまま行動に結びつくことだ．

現代社会は，テレビもネットも政治家も学者も，誰の言葉を信じてよいのかわからない．どう生きればよいのか誰も教えてくれない．松陰の行動哲学「仁智勇」は現代人の役に立たないか．

日本史上，道元(1200-1253)は『正法眼蔵』(75 巻)と『道元和尚廣録』(全 10 巻)という著作量の多さと内容が高度で複雑である点で，ダントツである．岩波書店の日本思想大系全 67 巻で，道元だけが上下 2 冊の扱いを受けているが，それでも著作の半分にしかあたらない．一人でこんなにたくさんの著作を残した例は，世界的にも珍しいのではないか．

特筆すべきは，自分の死後に偽書が生まれ，改ざんが行われることを予期した道元が，20 世紀のデジタル通信技術，誤り訂正符号を考案して使用していたことである．

道元は，75 巻の正法眼蔵各巻に奥書として「正法眼蔵＋巻名＋第〇〇」と序数表示し，弟子に初めて講じた示衆日と場所を書き入れた．奥書の日付と場所によって自分の活動範囲を結界で保護したのだ．

また，道元和尚廣録は各巻に掲載された上堂語と漢詩の数を識語として書き入れた．廣録は漢文白文だから，漢詩の数を数えられるのは道元本人しかいなかったと思われる．

死後に出された新草 12 巻本は奥書に矛盾があり，改ざんを受けた卍山本は識語をもたない．この仕組みを理解した読者は，正法眼蔵 75 巻本と祖山本廣録だけが真筆というメッセージを道元から受け取ることになる．

誤り訂正符号は，送信者が送信データを解析した結果や付随データを誤り訂正符号として付加して送信することによって，時空的に遠く離れた地点にいる受信者に，誤り訂正符号を確認することで，真正なデータを渡す技術である．この技術を道元が自分で考えて 13 世紀に使用していたことは，人類の知的遺産として共有されるべきであろう．

3. 古典を読むとは賢人と友達になること

松陰や道元の古典を読んで，想像もしなかったスマートな知恵や，ダイナミックな技術的目論見がそこに書き込まれていることに驚く．古典が読まれていないのは，古典が価値や輝きを失ったのではなく，現代人が本の読み方をまだ知らないからではないだろうか．現代人は，文化的に生きる術を知らず，メディアによって雑音レベルを高められ，多忙でせっかちな消費者に貶められている．

我々が古典を読まないのは，古文や漢文(あるいはラテン語やギリシャ語)で書かれた古典がとっつきにくい，むずかしいということがあるだろう．慣れないうち，古文や漢文はまるで外国語のように縁遠く感じられる．しかし心配はいらない．字体や文体にはすぐに慣れる．

メソポタミアの大平原を支配した王朝が，言葉を長期保存するために，文字を発明させた．そのため文字は必ず正書法とセットで発明され，正書法を教えるために学校も同時に生みだされた．

正書法とは，文字列を音節列に変換し，音節列を文字列に変換する規則，「読み書き法」である．正書法のおかげで，文字は識字者の脳に「**消えない音節**」として音声を伝える．すると古典を読むとは，「古今東西の科学者や歴史家や哲学者に会って，その人の話を聞く」行為である．

読書は，「その書を読むも，其の人を知らずして可ならんや．」(孟子)というように，過去の著者を友人とし，その人となりを理解したうえで，その言葉に耳を傾け，必要であれば誤りを正し，発展させるものである．この文明社会が実現した知識の伝達と継承のメカニズムを見落としていては，本当の読書はできない．

4. 低雑音環境・低速度・くり返しの重要性

古典は著者の知的レベルが高く，書いてある内容も高度に複雑で，一般読者はそれを読みこなせないと勝手に決めてかかっている．

自分よりも数百倍，あるいは数千倍，知的レベルが高い著者の言葉はどうすれば理解できるのだろう．あまり悩む必要はない．著者も同じ人間であり，同じ問題意識を抱えていると考えたらよい．読者は著者の言葉を反芻することで，著者になりきるのだ．

間違った読書法は，読者が自分の記憶を駆使して，自分勝手に理解することだ．あくまで著者がどのようなことを考えていて，何を見て，どう判断したかと，著者の脳内で生まれた現象として理解する必要がある．まず著者の使っている言葉を覚える．それから，著者がその言葉をどんな時にどんな意味を込めて使ったのかを読み取るのだ．

古典を理解するためには，静かな環境のなかで，ひとつひとつの言葉を時間と手間をかけて丁寧に読み解いて，ゆっくりとくり返し読むとよい．

わからないことがあれば，常にそのことを気にかけて何度も読み返す．「読書百遍」というように百回読むくらいの気概でのぞめば，少しずつ理解が深まり，あるときひらめいて著者の気持ちを共有できるようになる．

低雑音環境で，ゆっくりと低速度で読み，読み方を変えながらくり返し読むことの相乗効果によって，凡人の知的レベルは容易に数百倍，数千倍高められる．＊

著者と読者の間に解説者はいないほうがいい．解説本や入門書はいらない．学校の先生や教科書もいらない．古人に出会って，一対一で教えを乞うつもりで，ゆっくりくり返し読むと，いつか理解できる．

不登校や引きこもりの子供であっても古典で賢人に出会い，低雑音・低速度・くり返しの読書法を実践すれば，学校に行くより格段に賢くなるだろう．

注＊　1 ビットあたりのエネルギー対雑音密度を分析する Eb/N0 で考えると，(i) 信号対雑音(S/N)比が 1/0.1 から，1/0.01，1/0.001，1/0.0001 と低雑音化すれば+10dB，20dB，30dB となる．(ii) 送信ビット数/秒が，1MBps から，100KBps，10KBps，1000Bps，100Bps と低速化すると，+10dB，20dB，30dB，40dB となる．また(iii) 読書回数が 10 回，100 回となると +10dB，20dB となる．(ちゃんと全部読まない人は，−10dB，−20dB となるだろうか．) これらの 3 つの指標を足し合わせると，容易に百万倍から十億倍(+60〜90dB)の利得が得られる計

算になる．つまりやり方次第で誰でも天才に匹敵する仕事ができるということになる．

5. 知る喜び・学ぶ喜びが人間の本能

人間は知的好奇心を本能的にもっている．知的好奇心とは，自分が知らない知識を求める人間の本能である．乳幼児が目を輝かせて世界を凝視するのは，知的好奇心の表れだ．

知る喜びと学ぶ喜びにまさる喜びはない．運のよい子どもは，知る喜びや学ぶ喜びに出会い，それを生涯求め続け，持ち続ける．不運な子どもは，間違った知識を押し付けられて辟易し，無味乾燥の解説に興味を失い，あるいは安直な遊びに心を奪われて，人間にとって一番大きな喜びから疎外されて大人になる．

ますます軽佻浮薄となり，商業主義に毒されている現代に，古典と出会うことは砂漠のなかでオアシスに出会うようなものだ．**古典は，人間が本来もっている知る喜びや学ぶ喜びを刺激する**．

知りたいという欲望を子どもが持っていることは，言葉を発するようになってから分かる．1~2 歳の命名期では「これ何」を繰り返す．2~歳は質問期と呼ばれ，「どうして」を繰り返し訊ねてくる．子どもは好奇心に満ちている．

ヒトの子供期の知的好奇心は，人間になるための本能だろう．それを教えなくても自主的，主体的に自ら大きな声で訊いてくる．知らないことを知って喜ぶ，できなかったことができるようになって喜ぶ．

この知る喜びが、年齢とともに薄らいでいくのは，どうしてだろうか．文明の利器の発達によって自ら努力しなくても生きていけるようになったからだろうか．年齢とともにヒトは，知ること，発展することについて怠慢になっていき，想像・創造が貧困になって，正解知を学び，あるいは詰め込まれたことを反復するだけになってしまった．

もちろん学校教育は，生涯学び続ける基盤となる学ぶ喜びを子どもたちに体験させることも目的としている．自ら目覚める人もいるだろう．そのような人たちが，学び続けてきたし，続けるのだと思う．それに応えるために，むしろ社会が求める新しい知識技能のために生涯学習が必要とされたこともあり，生涯教育が 1960 年代中頃に UNESCO によって提案され，世界に広まり，1988 年にはわが国にも生涯学習局が筆頭局として設置された．しかし 2018 年に廃止され，代わって総合教育政策局が設置された．

現在，危機を迎えて，学校教育では探究学習が主唱されている．好奇心を持ち，学ぶ喜びを知る人間としての回帰が求められているに至ったと言ってよい．

6. 脊髄反射の制約を超える：知的好奇心

デジタル言語学は，脊椎動物であり哺乳類に属するヒトは，言語処理と知能構築に脊髄反射回路を使っていると仮説する．この脊髄反射回路は，脳の一番奥にある脳室の中の，免疫細胞ネットワークである．(本大会のポスター発表「脳室内免疫細胞ネットワークによる認知モデリング」を参照のこと)

脊髄反射は，脊椎動物の脳の最奥部にある本能的要素の強い生命維持のメカニズムであり，新たな記号と意味を後天的に学習できるようになっているとはいえ，ヒトが知的好奇心を活性化して，勉強に没頭するために使うためには向いていない．

脊髄反射は，記号や意味の記憶の産生やネットワークが不随意に行われるため思い通りにならず，頑迷で柔軟性に欠け，受動的で自分から積極的に動かず，反射的でよく考えることなく反応し，自己充足的で自分は必要なことはすべて知っていると勝手に思いこみ，自己中心的で，自分が知らないことは見えないし聞こえないのだが，それで不便を感じない．自分と違った意見をもつ相手に出会うと，自分が間違えているとは考えず，相手が間違えていると素直に思ってしまう．生存優先であるため，ハニートラップや拷問に弱い．自分の誤りに気づいたとしても，どのようにして誤りを正そうかと考える前に，誤りを指摘した相手を憎いと思う．誤りの正し方も知らない．

脊髄反射回路が，人間の知的好奇心を抑えつけている．「食べていくためには働きなさい」，「余計なことは考えなくてよい．」という社会常識に加えて，テレビや週刊誌は，本能に訴えかける美食情報や風俗写真，身の毛がよだつスキャンダルを送りつけてきて，人間の健全な知的好奇心が目覚めないようにしむける．

幼児の純粋な知的好奇心は，成長とともに文学，哲学，科学といった分野に向かい，まだ誰も解明できていない生命進化や人間性といった複雑なテーマと取り組むのが人間のあるべき姿であろう．

年を取るにつれて，忙しさにかまけ，外部からの消費の誘惑や動物的本能に訴える雑音によってヒトの目が知的好奇心の輝きを失っていくとしたら，それは人

間から遠ざかっているということになる.

脊髄反射の制約は，認知科学では「認知ギャップ」や「認知バイアス」というカテゴリーに入るだろう．歴史的に概観すると，禅問答や現代芸術がこの制約と真正面から取り組んできた.

7. 終わりに：古典に学び，文明に貢献する

インターネット検索のおかげで，キーワードを投入すると，きわめて大量だが信頼性の保証のない言語情報がリスト化される．それと比べると，時代を超えて人々に読み継がれてきているということで，信頼性が高いとみなされる.

孟子は古典を友とせよと言ったが，古典も現代人を友としたいと思っている．本とそれを読む人の間の相互作用を通じて，人類の知能を高め発展させることが文明である.

自分が文明を受け継いで生きることを自覚し，文明の発展に貢献するとき，ヒトは人間になり，永遠の命を生きるようになる.

手話通訳場面におけるアクセシビリティ実践の研究
A study for practices of accessibility in signed interpretation situation

菊地浩平‡
Kouhei Kikuchi
†筑波技術大学
Tsukuba University of Technology
kikuchi@a.tsukuba-tech.ac.jp

概要

本研究は，手話通訳場面と対象とした研究であり，従来のアクセシビリティ概念を相互行為的観点から検討し，その領域を拡張しようとするものである．本研究で扱う事例は従来の会話研究で指摘されてきた現象と共通する要素を持つ一方で，モダリティの輻輳による複雑かつ通訳場面に特有であると考えられる現象が多く見られる．こういった諸現象を相互行為的観点から解きほぐしていくことにより，アクセシビリティ研究の新たな可能性を開くことができると考えられる．

キーワード：利用可能性 (availability)，手話 (sign language)，通訳 (interpretation)，相互行為 (interaction)

1. はじめに

本研究では，聴者・ろう者・手話通訳者の三者による読書会場面を対象として，読書会活動でのアクセシビリティが実現される手続きを分析する．聴覚障害者の参加する活動を対象とした研究は，美術館等での鑑賞支援を扱った研究 (管野他 2017; 生田目他 2019) や情報伝達の妨げとなる要素の解明を目指した研究 (Lopez and Vergara 2021)などがある．これらの研究の関心は，提供側が受信者に届ける情報の適切さをどのように担保するかを検討することにあり，参加者が，自分自身が参加する相互行為の中でアクセシビリティをどのように扱い，具体的にどのような手続きで解決しているか捉えようとしているわけではない．そこで本研究では，参加者が活動の中で行う様々な実践に焦点をあわせて分析を進め，アクセシビリティを相互行為分析的観点から捉えなおすことを試みる．

1.1 研究の背景

そもそものアクセシビリティ (Accessibility) とは，2006 年に国連総会において採択された「障害者の権利に関する条約」の中で第 3 条の一般原則としてあげられている概念である．同条約の日本語版では「施設およびサービス等の**利用の容易さ**」と訳されている．この観点でのアクセシビリティに関する取り組みは様々な形で進められてきており，現在では日常生活の中でもアクセシビリティを意識した掲示などが当たり前のように目に入るようになってきた．例えば，図 1 は電車内での掲示の一例である．この掲示は，当事者が利用可能な手段 (文字や点字，線，色，突起状の印など) によって，この掲示が貼られたドアの車両内の位置が示されている．他の例では，情報通信に関するアクセシビリティとしてウェブページのスクリーンリーダー対応や画像への代替テキスト指定が規格化(JIS X 8341-3) されるなどの対応が推進されてきている．つまり，アクセシビリティとは，ある対象へたどり着くための手段が，当事者にとって適切なものであるかどうかに関わる概念であり，そのような観点に基づいた情報やサービスの提供形式の整序が重要になる実践であることがわかる．

図 1: 電車内のアクセシビリティ掲示例

このように見てくると，これまでに整備が進められてきたアクセシビリティとは，環境固有のオブジェクトやコンテンツについて，提供側の想定に基づき，提供側がその場にいなくとも，情報やサービス等の利用の容易さという目的に即した機能を果たすことを意図したものだと言える．しかしこれらの意味や機能は，当の環境から切り離されると失われてしまう．例えば図 1 では，この掲示が特定の電車車両内のドアに貼られているということが，文字・線・色・突起状の印の理解の仕方を規定しているが，車両数の違う電車には無効であるし，そもそも車両ではない場所にこの掲示があった場合は理解そのものが困難であろう．また，当事者には掲示が持つ意味をあらかじめ了解していることが求められる点も特徴だろう．

一方で，アクセシビリティは，必ずしも提供側が想定した環境において，利用者がそのとおりに情報・サ

ービスを受け取ることだけに関わる概念ではないようにも思われる．特に本研究が対象とする手話通訳場面においては，提供側が誰で，受信側が誰なのか，通訳者が誰のどんな発言を誰に宛てて整えるのかといった問題以外にも，やや複雑な問題が存在していると考えられる．というのも，提供側による原発話の形式は通訳者を介して受信側に届けられることになるが，菊地・坊農 (2015)が指摘するように通訳者が透明な導管ではなく相互行為の構成に関わる主体である以上，単純に提供側から受信側への情報伝達の問題ではおさまらないためである．つまり少なくとも提供側から通訳者，通訳者から受信者という 2 段階のアクセシビリティ実践が生起する可能性があるということであり，母語話者と非母語話者が共通言語を用いて相互行為に参加するような場合とは異なる現象が起こりうる．本研究ではこの点に注目して，通訳者が含まれる活動におけるアクセシビリティ実践を分析していくことにしたい．

1.2 関連研究

本研究でとりあげる実践のひとつである手話通訳は、日本語という音声言語によって産出される原発話の形式を，日本手話という視覚言語へ整える活動 (もちろんその逆も) であるという意味で，アクセシビリティ実践のひとつであるのは間違いない．しかし本研究は，原発話の形式変換という意味でのアクセシビリティだけを対象としているわけではない．すでに述べたように，ある活動の当事者は自分自身が参加する相互行為の中で，相手に情報を適切に伝えるための何らかの調整を行っていると考えられる．その調整は，参加者間の相互行為の連鎖にとって重要なもの (ないと連鎖が止まる可能性がある) となっているはずである．本研究が扱おうとする現象は当該状況と強く結びついており，そのような意味で，従来の議論の延長線上にあるといえるだろう．しかし，情報やサービスの提供者・受信者の両者ともに状況の当事者であること，手段が予め決まっているわけではなく，情報の選択や形式の調整がその都度行われるという点で，従来のアクセシビリティ概念を拡張するものとなっている．

ある情報の提供者・受信者の双方がともに状況の当事者であるという観点から先行研究を検討すると，Clark et al. (1982) の「受け手デザイン」のような情報を様々な立場の相手がアクセス可能な形式に整える実践や，Heath (1982)の「受け手性の表示」のような情報を受け取る相手の身体を通して見いだされる準備状況の探索など，本研究で扱おうとする現象と類似した現象が多く報告されている．こういった現象は，相互行為における情報の提供側・受信側双方の，何らかの利用可能性 (availability) を巡る実践として捉えることができるだろう．本研究ではこういった先行研究を踏まえ，参加者が行っている様々な実践を，誰による何についてのどのような利用可能性を対象とした調整なのかという観点に基づいて分析していくことにする．

2. 事例分析

以下では読書会の参加者が，何を対象としてどんな調整を行っているのかに注目して分析する．

2.1 参加者とデータの概要

本研究で扱うデータは研究室で開催された読書会を収録したもので, 2 名の聴者 (K と B), 1 名のろう者 (S), 2 名の手話通訳者 (M と U)の計 5 名が参加している (表 1). K と B はいずれも手話による S との意思疎通が可能だが，当該読書会活動においては基本的に通訳者を介したやりとりを行っていた．参加者は図 2 のように着座しており，S の正面に通訳者である U と M が座っている．

表 1: 参加者の概要

参加者	活動の中での役割など
K (聴者)	継続して参加．研究職．手話可
B (聴者)	継続して参加．研究職．手話可
S (ろう者)	継続して参加．発表担当．技術補佐
M (通訳者)	両名とも当該読書会での通訳担当経験が多くあり
U (通訳者)	

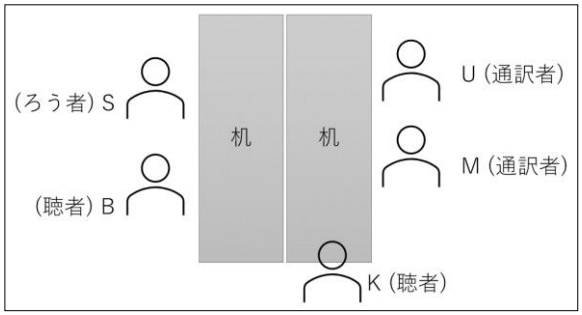


図 2: 読書会の参加者配置

当該の読書会は研究室で定期的に開催されているもので，本研究で取り上げる回よりも以前から継続され

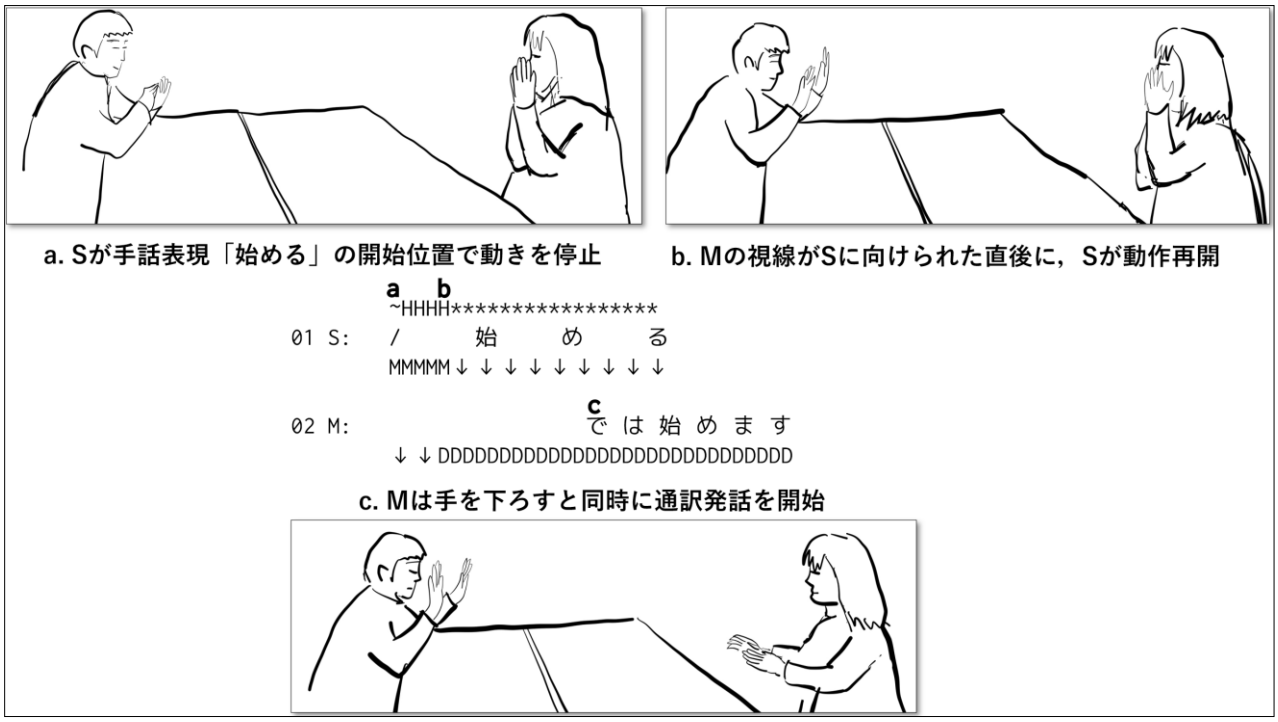


図 3: 事例 1) S による発言の一時停止と再開

ている活動である．発表担当はK・B・S の 3 名による交替制となっていて，持ち回りで専門書や論文を読んでいる．ただし活動の性格としては S の勉強会といった意味合いが強く，K や B による補足や説明が行われることが多い．通訳者である M と U は，これまでの読書会に繰り返し通訳者として参加しており，K・B・S の 3 名ともよく知った間柄である．また，M と U はだいたい 20-30 分程度で交替をしながら通訳をおこなっており，両名が同時に通訳業務を行うことは基本的にない．

こういったデータの中から今回特に取り上げるのは，2 つの事例である．1 つは読書会の開始を S が告げる場面で，情報の提供側・受信側の枠組を使うならば，S が提供側，その他の参加者である K と B が受信側である．もう 1 つは，B の発言に含まれる専門用語が訳出される場面である．この場合は B が提供側，S が受信者となるが，通訳者である M によって，ちょっとした情報量の増加が行われる．以下ではこの 2 つの事例について，文字化資料およびスクリーンショットをもとに分析を進めていく．

文字化資料では，手話による発言はスラッシュ(/)による単語区切り表記と併せて，それぞれの語を準備(~，ティルダ)，ストローク(*，アスタリスク)，保持(H，ホールド) の 3 つに分けて記述する．これにより手話言語の産出プロセスに即した分析が可能になる[1]．音声による発言は会話分析研究で用いられる一般的な表記にしたがって記述する．また，参加者の視線を発言の下に記載するが，当該の参加者が見ている方向や，見ている対象を見ている時間に応じて連続して書く方法で記述する．

3. 分析

3.2 通訳者の利用可能性

図3は読書会冒頭でSが開始を宣言している箇所の，S およびM の発言を文字化したものである．文字化部分にある abc の文字は，両者の視線や身体の様子を示した abc の各スクリーンショットに対応している．

まず，S はM に視線を向け，手話表現「/始める」を用いて読書会の開始を宣言しようとする(図 3a)．このときの手話産出には次のような特徴が認められる．すなわち，最初に「/始める」を産出するための所定の位置で特定の手形を準備した後，そのまま表現の本体であるストロークには進まず，保持が挿入されているのである．これは「/始める」から発言を開始することだけが示され，開始そのものは保留されている状態だということができる．

[1] この記述手法はジェスチャ単位 (Kendon 1972, 2004; McNeill 1992, 2005) を元にしている．詳細については菊地・坊農 (2013)を参照されたい．

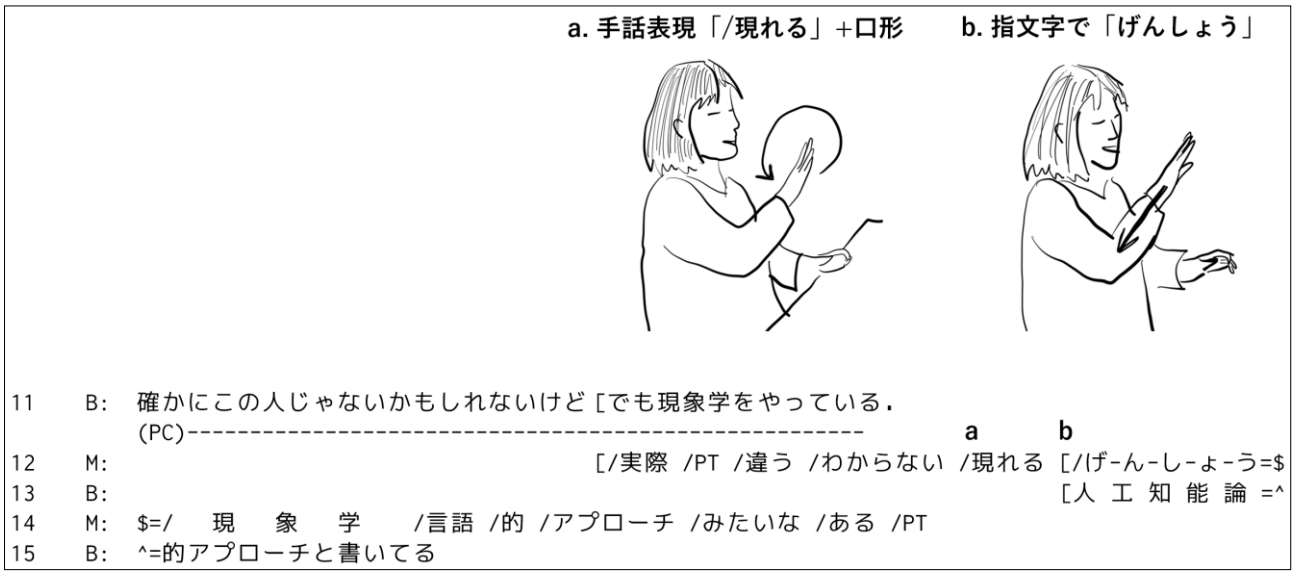


図 4: 事例 2）用語の読み付与

視線を向けられた通訳者 M は，若干視線を下に向けていると同時に咳き込みを押さえるために両手を口に当てており，すぐさま通訳発話を産出できる状態にはないことがわかる．

次に，S の手形が保持されている間に，M は S に視線をはっきりと向け，S は M の視線が自分に向けられたのを確認すると，保持した位置から動きを再開し，開始の言を述べる (図 3b)．さらに続いて M が口に当てていた手を下ろし，通訳発話を開始する (図 3c)．

ここで S がしている発言の一時停止は，通訳者 M が自分の発言の宛先として利用可能になるまでの，つまり通訳発話が可能になるまでの，ある種の時間稼ぎとして理解できるだろう．重要なのは，なぜこのような時間稼ぎが行われたのか，である．

データの概要で述べたように，この読書会の参加者はあくまで S・K・B の 3 名であり，通訳者は読書会に参加するためにこの場にいるわけではない．したがって S が開始を宣言しなければならない相手は，K および B の 2 名である．つまり「開始の宣言」という情報を中心に考えた場合，提供側は手話 (視覚) を用いる S，受信側は日本語 (聴覚) を用いる K・B，そして二者を介する通訳者の三者が存在することになる．つまり，S は K・B にとって理解可能な形式に情報を変換するという課題を，通訳者を通して達成することになる．別の言い方をすれば，S が提供する情報に対する K・B のアクセシビリティが実現されるためには，通訳者の利用可能性を確保する，という相互行為上の調整が必要だったのだと考えられる．

3.3 通訳者が専門用語を通訳する際の表現選択

次に事例 2 を検討する．この箇所は事例 1 のすぐ後に論文の概要について S が述べている箇所である．S はこの前の部分で「論文の著者について調べたが，どういう人なのか結局わからなかった」という話をしており，B が改めて調べて「大学の先生ですね」という趣旨の補足をしていた．しばらくこれに関連するやりとりがあるが，最終的に B から図 4 の 11 行目，13 行目，15 行目とつながる説明が行われる．この発言の通訳発話が図 4 の 12 行目，14 行目の M の発言である．

11 行目の B の発言は，順次 M によって通訳されており，内容に相違はない．一方で，「/わからない」の後からは「現象学」という，この会で初出となる用語の通訳が行われているのだが，S は発表担当であると同時にテキストについての学習者でもあり，「現象学」という用語は S にとっては初出のものだったと思われる．ここで，M によって特徴的な通訳技法が用いられていることがわかる．

M は，まず手話表現「現れる」と口形「げんしょう」の組み合わせによる通訳を行うが (図 4a)，この時点では「現象学」の通訳はまだ完了していない．日本手話では，一般に「/学ぶ」という表現を接尾辞的に用いることで○○学という表現が生成されるが，ここではまだ「-学」が出現していない．つまり，あくまでもこの時点での焦点は「/現れる」を「/現象」の表現として利用することにあると考えられる．

そして 12 行目の末尾にあるように，M は指文字で「げ-ん-し-ょ-う」と 5 文字表現して「/現れる」の読みを改めて明示し(図 4b)，14 行目冒頭で「現象学」とい

うひとまとまりの用語として訳出する (表現の組み合わせとしては/現れる ＋/学ぶ). このようにして，即興的かつ段階的に「現象学」という手話表現が探索・試行され，この読書会内で通用する表現として最終的に構成されたのである.

ここでのポイントは，提供側 B の発言を受信側 S が理解するためには，音声またはテキストとして存在し共有もされている表現に対して，それまでに存在しなかったか共有されていなかった新たな手話表現を充てる，という調整が必要だとMが判断したということである．つまり，B は現象学という用語が S にとって理解可能な表現が手話で可能か，すなわちアクセシブルなものかどうかということの判断や評価をそもそもしていない．しかし B の補足した内容を受け取るためには，音声表現・手話表現・文字表記の 3 つの方法が「現象学」というひとつの用語に結びついている必要があろう．M による読みを付与するという実践は，こういった複数の表現手法・手段を束ねる調整として理解することができる.

4. まとめ

ここまで 2 つの事例を通して，手話通訳場面におけるアクセシビリティ実践の検討をしてきた．事例 1 では提供側である S (ろう者) が，聴者にとってのアクセシビリティを確立・実現するために，通訳者の利用可能性にもとづいた発言産出上の調整を行っていることが確認できた. 事例 2 では, 提供者 B (聴者・研究職) が意図していないアクセシビリティの課題 (初出の用語かつ手話表現が定まっていない) を解決し，受信者 S (ろう者・非研究職) が用語を理解できるようにするために，音声表現・手話表現・文字表記の 3 つを束ねられるような訳出方法を通訳者が選択する，というかなり込み入った調整が行われている可能性を指摘した.

事例 1 については，相互行為における注意獲得と発言順番開始の関係として考えることもできる．一方で，最終的な受信者の状況ではなく，通訳者の注意獲得または利用可能性にもとづく調整であり，かつ通訳者が受信者の注意獲得を行っているわけではないという点で，通訳場面特有のアクセシビリティ実践だといえるのではないかと思われる.

また事例 2 については，授業中の教授者によく見られるような板書による音声表現と文字表記の統合と共通する現象であると考えることができるだろう．また は，提供者が意図していない受信者にとっての理解に関するトラブルを通訳者が見いだし，ある種の他者修復によってトラブル源たる原発話を修復する，という説明をすることも可能だろう．同時に音声と手指，音声言語と視覚言語というモダリティの輻輳によって可能となっている現象だと考えることもできるかもしれない.

現時点では分析的課題も多く，明確な結論を導くことはできないが，いくつかの論点から，いったん次のようにまとめておくことはできるかもしれない．すなわち，アクセシビリティを，トラブルを防ぐためにあらかじめ用意された装置として捉えるのではなく，相互行為の中でしかるべき手続きによりながら当事者自身によって調整される課題として捉えることで，最適解や最大公約数を探索するだけでないアクセシビリティ研究が可能になるのではないか．そのことは，様々なアクセシビリティを，従来一方的な受信側としてのみ位置づけられてきた側も，提供側の立場からアクセシビリティの課題にアプローチすることの，強力な後押しになると思われる.

文献

[1] Clark H. H. and Carlson, T. B. (1982) Hearers and speech acts. *Language*, 58, 332-373.

[2] Heath, Christian C.. (1982) The display of recipiency: An instance of a sequential relationship in speech and body movement, *Semiotica*, 42, 2-4, 147-168.

[3] 管野奈津美, 大杉豊, 小林洋子 (2017) 美術館における聴覚障害者を対象とした鑑賞支援と情報アクセシビリティ. *筑波技術大学テクノレポート*, 24(2), pp.32-38.

[4] Kendon, Adam. (1972). Some Relationships Between Body Motion and Speech. In Aaron Siegman and Benjamin Pope. (eds.) *Studies in Dyadic Communication.* 177-210. New York: Pergamon Press

[5] Kendon, Adam. (2004). *Gesture*. Cambridge UK.: Cambridge University Press

[6] 菊地浩平, 坊農真弓 (2013) 相互行為における手話発話を記述するためのアノテーション手法および文字化手法の提案, 手話学研究, 22, 37-63

[7] 菊地 浩平, 坊農 真弓 (2015) 相互行為としての手話通訳活動, *認知科学*, 22 巻, 1 号, p. 167-180

[8] Lopez, M.H., Vergara, L.G.L. (2021). Accessibility to Ambulatory and Emergency Services for Deaf People in the Context of a University Hospital: A Macroergonomic Approach. In: Shin, C.S., Di Bucchianico, G., Fukuda, S., Ghim , YG., Montagna, G., Carvalho, C. (eds) *Advances in Industrial Design*. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 260. Springer, Cham

[9] McNeill, David. (1992). Hand and Mind. University of Chicago Press, Chicago.

[10] McNeill, David. (2005). Gesture and Thought. Chicago: The University of Chicago Press.

[11] 生田目美紀, 岩崎誠司, 北村正美 (2019) 科学系博物館での手話通訳付解説の実践報告. *日本科学教育学会研究会*

研究報告, 34(3), pp.39-42.

好奇心のモデルにおけるアルゴリズム水準と実装水準の接続
Connecting Algorithmic and Implementation Levels in Curiosity Models

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

概要

Marr によれば個々の認知モデルは複数の水準からなる階層に位置づけられる．同一の対象に対して，複数の階層のモデルを統合することで，対象の総合的な理解が導かれる．そこで本研究では，好奇心を対象とした複数の階層のモデルを比較検討する研究を行った．下層の実装水準のモデルとして深層強化学習，中層のアルゴリズム水準のモデルとして ACT-R モデルを選択した．その結果，これらのモデル間で整合する特徴が現れた．

キーワード：認知モデル, ACT-R, 内発的動機づけ, 好奇心, 深層強化学習

1. 背景

人間の活動は，金銭などの外部から与えられる報酬と，意欲などの内的に生じる報酬によって駆動される．後者は内発的動機づけと呼ばれ，前者に対して，持続的で高い水準の学習に寄与するとされる．近年では，内発的動機づけの一種である好奇心に着目した機械学習の研究が注目されている [1]．また，人間の脳内で生じるプロセスを対象とした認知モデルの研究においても好奇心の数理的な原理が探らている．

こういった人間の認知機能に関わるモデルを整理する際に，Marr の 3 水準は有効である [8]．Marr は，モデルは数理によって表現される計算論水準（計算の目標は何か，なぜそれが適切か），認知アーキテクチャなどで表現されるアルゴリズム水準（計算理論をどのようにして実現するのか），そしてハードウェアなどの実装水準（アルゴリズム水準がどのようにして物理的に実現されるのか）に区別できると主張した．これらのモデルは，互いが互いの制約条件になるなど階層的[1]に関連している．しかし，各水準を表現するモデルの候補は広範囲にわたり，さらに各水準には独立した事項も含まれる，そのため，個々の認知モデルの研究において，階層間のつながりは必ずしも明確にされてこなかった．

こう言った問題意識に基づき，著者らはこれまで，好奇心の認知モデルにおいて，アルゴリズム水準 [14] と計算論水準を接続する研究 [15] を行ってきた．本研究では，その発展として，好奇心のモデルにおけるアルゴリズム水準と実装水準の接続を目指す．これらを接続することで物理的な信号を直接入力とする深層学習のモデルに透過性の高いアルゴリズム水準の説明を付与できると考えた．

2. 関連研究

本研究は，好奇心の認知モデルのアルゴリズム水準と実装水準の接続を目指すものである．この目的と関連した研究として，(1) 好奇心のモデルにおける計算論と実装水準の関係，(2) ACT-R の好奇心のモデルにおけるアルゴリズム水準と計算論水準間の接続を行った研究を紹介する．

2.1 好奇心のモデルにおける計算論と実装水準の関係

近年，好奇心を対象とした認知モデルにおいて，計算論水準と実装水準の接続が進展している．好奇心の計算論水準のモデルの代表例として，Friston によるフリーエナジー原理 [4] を挙げることができる．この理論は，生体の計算の目標を長期的な予測誤差（予測と観察の不一致）の減少と捉える，そして，好奇心のきっかけとなる驚きや興味,「楽しさ」などの感情が，予測誤差によって引き起こされ，学習を駆動するとされる，

好奇心の源泉となる「楽しさ」に関しては複数の研究者が，環境における新規なパターンの発見と関連することを述べている [3, 5, 6, 12]．このような考え

[1]計算論水準は上層，アルゴリズム水準は中層，実装水準は下層となっている．

方を，Schmidhuber[12] は，より形式的な数理表現に落とし込んだ．彼の理論において，パターンの発見はデータの中で反復される定型的なパターンを発見し，圧縮することと定義される．そして，データを圧縮すること，あるいは圧縮可能なデータを取得することを「楽しさ」の表現とした．さらに，そのような「楽しさ」の表現を，強化学習における環境からの報酬として定式化した．

こういった計算論的な好奇心の定式化は，近年，盛んに研究される深層強化学習エージェントに取り入れられている [2, 10, 11]．その中でも Pathak は，ICM (Intrinsic Curiosity Module [11]) という手法を提案した．ICM は，画面上のピクセル情報から得られるエージェントの次状態との予測誤差を好奇心とし，それをエージェントに内部報酬とし与える手法である．この研究において，Pathak は ICM と深層強化学習 [10] の一種である A3C (Asynchronous Actor Critic [9]) のモデルとの統合を行った．A3C は，Advantage（複数ステップ先まで動かして更新），Actor-Critic[13], Asynchronous（非同期）の特徴を持つ．

深層強化学習は，エージェントを物理空間に近似した環境に接地し，その環境の条件下のタスクにおいて高いパフォーマンスを発揮する．そのため，筆者らは深層強化学習モデルを実装水準のモデルと位置付け，計算論水準と実装水準との接続についてはすでに高水準でなされていると考える．しかし，深層強化学習におけるモデルの実装は end-to-end に行われるため，モデルの内部の処理（アルゴリズム）が明確とは言い難い．

2.2 ACT-R の好奇心のモデルにおけるアルゴリズム水準と計算論水準間の接続

前節の深層強化学習エージェントの研究では，計算論水準と実装水準のモデルが直接的に接続される．しかし，その間に位置するアルゴリズム水準のモデルとの接続が不足しているため，エージェントの内部処理に透明性があるとは言い難い．これらの研究に対し，認知アーキテクチャを用いることで透明性のあるアルゴリズム水準のモデルとの接続が実現できる．

筆者らは認知アーキテクチャの 1 つである ACT-R を用いてアルゴリズム水準の好奇心のモデルの研究を行ってきた [14]．この研究では，ACT-R のシンボリックプロセス[2]を用いて内発的動機づけの一種である好奇心 [7] の認知モデルを構築した．著者らのモデルにおけるアルゴリズムの表現は，2.1 節で述べた数理的な好奇心の説明から発展するものである．数理的には，好奇心は外界の認識と経験から得られる予測との差分によって生じる．この予測からの差分が驚き（好奇心）を生じさせ，そのうちの一部は,「楽しさ」などの感情的反応を引き起こす．そしてその「楽しさ」は新しいパターンを発見することと説明される [6, 12]．

新たなパターンの発見をアルゴリズムとして記述するために，著者らの研究では，ACT-R のパターンマッチングを利用した．研究において開発したモデルは，迷路の継続課題を行うものである．課題中にパターンマッチングが発生するとモデルは課題を継続する動機（報酬）を獲得する．さらに，ACT-R における手続き学習（コンパイル）は，経験を重ねることよることによるパターンマッチの機会の減少（ルールと知識の圧縮）を導く．著者らのモデルはこの学習のプロセスを含めることで，モデルの「楽しさ」を感じる頻度の減衰により，飽きのプロセスを表現した．

1 章で述べたように，Marr によれば，計算論水準はアルゴリズム水準に目標を与え，アルゴリズム水準は計算論水準にその実現方法を与える．上記の著者らの研究は，計算論水準における予測誤差の減少という目標を，パターンマッチングとコンパイルという具体的な手続きによって実現する．ただし，ACT-R によって構築されたアルゴリズム水準のモデルは，課題ごとに多数のルールを持つため表現が複雑なものとなる．そのため，アルゴリズム水準のモデルを抽象化し，計算論的な表現へ変換する仕組みを構築する必要がある．

これを達成するために，筆者らは，ACT-R によって構築されたモデルが出力する行動から，ベイジアンネットワークによる数理的な因果関係のモデルを再構築する手法を考案した [15]．この手法により，好奇心の数理モデルから発展した ACT-R の好奇心のモデルを，数理的な表現に変換することが可能になった．著者らの過去の研究において，ベイジアンネットワークに変換された数理表現と予測誤差に関する好奇心の数理モデル [4] との対応が検討されているわけではない．しかし，アルゴリズムによって生成される複雑な振る舞いを簡潔な表現に置き換えることで，モデルの数理解析が可能になり，従来の数理モデルとの対応を議論する足がかりが構築されたといえる．

[2]ACT-R は記号操作を行うシンボリックプロセスを持つ．本研究では，記号操作を行いモデルを説明する過程をアルゴリズムとみなした．

3. モデルとシミュレーション

前節で示した著者らの先行研究 [15] より，アルゴリズム水準のモデルと計算論水準のモデルを接続する足がかりが構築された．これに対し，好奇心のアルゴリズム水準のモデルに対応する実装水準のモデルに関する検討はなされていない．Marr による 3 水準間を接続する好奇心のモデルを構築するためには，アルゴリズム水準と実装水準の接続が必要である．そのために，本研究では，ACT-R の好奇心のモデル [14] と同様の課題を行う好奇心の深層強化学習モデル（以降，ICM モデル）を実装する．

3.1 ICM モデル

ICM モデルは Pathak の研究 [11] に従って構築した．このモデルによって得られる結果と，先行研究 [14] において得られている 2 つの ACT-R モデルの結果を比較した．本研究で ICM モデルと比較する ACT-R モデルは，深さ優先探索と事例ベース学習を備えた思考水準の高いモデル（以降，DFS+IBL と表記） と，ランダムに振る舞う思考水準の低いモデル （以降，Random と表記） である．

ICM モデルが遂行する課題は，先行研究 [14] と同様に 30 のグリッド状の迷路（3 段階のサイズ × 10 のバリエーション）の探索である．この迷路を，ICM モデルは Actor-Critic における方策 π に従い，スタートからゴールまでの経路を探索する[3]．探索を通して，

$$r_t = r_t^i + r_t^e \tag{1}$$

を最大化する方策が学習される．式より，モデルに付与される報酬は，内部報酬 (r_i) と外部報酬 (r_e) の合計となる．よって，モデルは，異なる 2 種類の報酬のバランスを取りながら環境を探索することになる．

本研究において，外部報酬は，

$$r_e = \begin{cases} -1 & \text{if 移動に失敗} \\ 0 & \text{if 移動に成功} \\ 10 & \text{if ゴールに到達} \end{cases} \tag{2}$$

と定義される．1 回の移動においてモデルは，東西南北のうちのひとつの方角を選択し，迷路の曲角から別の曲角へ状態を遷移させることを試みる．経路の繋がらない方角を選択した場合，移動の失敗とみなす．また，移動の結果，ゴールに到達した場合は成功した報酬を得た後に，次のラウンドへと移行する．

[3]割引率 $gamma = 0.99$

内部報酬は先行研究 [11] に従い，

$$r_t^i = \frac{\eta}{2} \left\| \hat{\phi}\left(s_{t+1}\right) - \phi\left(s_{t+1}\right) \right\|_2^2 \tag{3}$$

として決定される．

状態 s は，深層強化学習において，ピクセルデータとして定義される．本研究では，迷路の状況（プレイヤー，壁，道）をグレースケール画像 (42×42) に変換したものとした．η は，好奇心の強さとみなせる．本研究では，ACT-R モデル [14] と対応する結果を得るために，試験的にこのパラメータの値を 0.1 から 0.9 まで 5 段階に変化させた．

モデルは同じ迷路のラウンドを繰り返す．すなわちエージェントがゴールに達した後に，エージェントの位置はスタートに戻される．また，エージェントが 100 回の移動（ステップ）の後にもゴールに到達しなかった場合，ゴールの達成によらず，新たなラウンドへ移行する．

モデルによる迷路の探索は，

$$th < r_i \times 500 + egs \tag{4}$$

に適合した際に終了する．th は閾値，egs はノイズを表す．すなわち，設定された閾値に対して，内部報酬が下回った際に探索が終了する[4]．また，この条件によらず，すべてのラウンドにおける行動の最大数が 3600 ステップに達した際にモデルは課題を終了するものとした．

3.2 結果と考察

図 1 には，ICM と ACT-R の対応を検討するめに，先行研究 [14] の ACT-R モデルの結果の一部（左と中央）と 3.1 節に示した ICM モデルの結果を示している．

図の縦方向には，各モデルの振る舞いを示す指標が並べられている．課題継続数，課題のゴール達成率，マップを広範囲に探索した際に増加するエントロピー，探索を通して学習される知識の量（プロダクション生成数）が示される．このうち，プロダクション生成数については ACT-R においてのみ計測可能な指標となっている．いずれのグラフも横軸はモデルに設定される内部報酬の重み（好奇心の強さ）となっている．

ICM と 2 種類の ACT-R を比較すれば，ICM は DFS+IBL ではなく，Random と類似した振る舞いを

[4]ACT-R の内部報酬と ICM モデルでは内部報酬のスケールが異なるため暫定的に固定値 500 を乗算した．th は 5 とした

[5]n の大きさに依存する標準誤差ではなく標準偏差に基づく値を示すことで，データのばらつきの程度を示している．

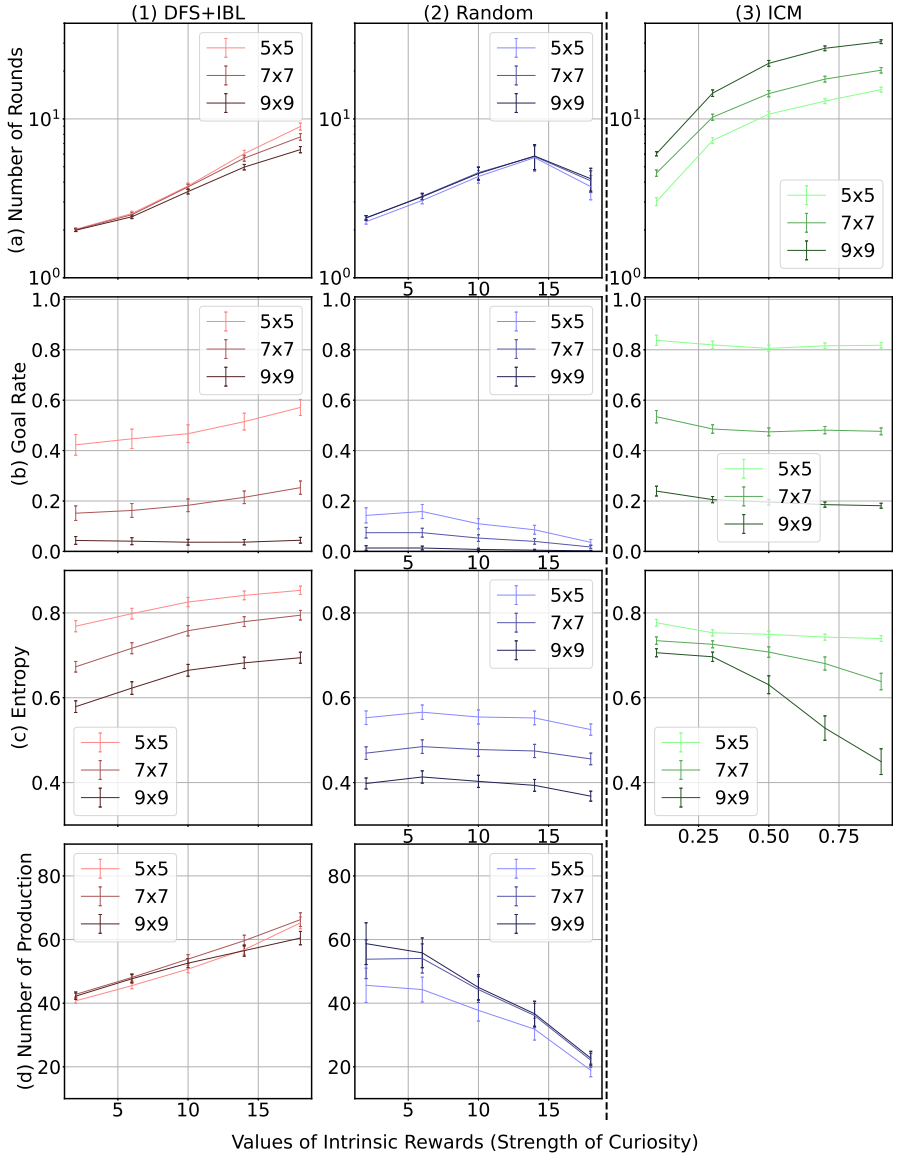


図 1　シミュレーション結果．それぞれのグラフのエラーバーは各マップにおいて得られた標準偏差 (ACT-R: $n = 1,000$, ICM: $n = 100$) の平均 ($n = 10$) に 1/10 を乗じた値を示す[5]．横軸は，好奇心の強度に基づく報酬を表す．

生成したことがわかる．いずれのモデルも内部報酬の重みが大きくなるに従って，課題継続数が増加する．しかし，ゴール達成率とエントロピーは，DFS+IBL が内部報報酬の重みに比例して増加させるのに対し，Random と ICM モデルは，内部報酬の重みが大きくなるに従い減少する．すなわち，ICM モデルは ACT-R モデルにおける浅い思考水準と類似した振る舞いを生成するモデルとみなすことができる．

4.　まとめと今後の展望

本報告では ACT-R のアルゴリズム水準のモデルと ICM を用いた実装水準のモデル間の接続を試みた．構築した ICM モデル対し，ACT-R モデルと同様の課題のシミュレーションを実施した結果，ICM モデルと思考水準の低い ACT-R モデルで類似した振る舞いが得られた．この結果から，本研究はアルゴリズム水準のモデルと実装水準のモデルの比較検討を行い，ICM モデルに関するアルゴリズム的な説明を付与したと考える．

しかし，モデル間の接続は不十分である。本報告において実装した ICM モデルには，シミュレーションに関わる内部パラメータを，ACT-R のシミュレーションにフィッティングできていないという問題がある．例えば図 1 の課題継続数は ACT-R モデルが多くても 10 回前後に対し，ICM モデルの課題継続数は遥

かに多い．この原因は，ICM のモデルの課題継続を判断する計算において，内部報酬の合計に試験的な値を乗算したためだと思われる．加えて 1 ラウンドのステップ数の上限を 100 と設定したが，値が適切であるかの検討が必要である．このような値を調整することで，ACT-R モデルと ICM モデルのさらなる検討が可能になると思われる．

文献

[1] Arthur Aubret, Laëtitia Matignon, and Salima Hassas. A survey on intrinsic motivation in reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1908.06976*, 2019.

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

[3] Roger Caillois. *Les Jeux et les Hommes: Le Masque et la Vertige*. Gallimard, Paris, 1958. （邦訳：多田道太郎，塚崎幹夫 訳：遊びと人間，講談社（1990））.

[4] Karl Friston. The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 11, No. 2, pp. 127–138, 2010.

[5] Johan Huizinga. *Homo Ludens Versuch einer Bestimmung des Spielelementest der Kultur*. Pantheon, Amsterdam, 1939. （邦訳：高橋英夫 訳：ホモ・ルーデンス，中央公論新社（1973））.

[6] Raph Koster. *Theory of Fun for Game Design*. O'Reilly Media, Sebastopol, 2013. （邦訳：酒井皇治 訳：「おもしろい」のゲームデザイン―楽しいゲームを作る理論，オライリージャパン（2005））.

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

[8] David Marr. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. 1982.

[9] Volodymyr Mnih, Adria Puigdomenech Badia, Mehdi Mirza, Alex Graves, Timothy Lillicrap, Tim Harley, David Silver, and Koray Kavukcuoglu. Asynchronous methods for deep reinforcement learning. In *International conference on machine learning*, pp. 1928–1937. PMLR, 2016.

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

[11] Deepak Pathak, Pulkit Agrawal, Alexei A Efros, and Trevor Darrell. Curiosity-driven exploration by self-supervised prediction. In *International Conference on Machine Learning*, pp. 2778–2787. PMLR, 2017.

[12] Jürgen Schmidhuber. Formal theory of creativity, fun, and intrinsic motivation (1990–2010). *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, Vol. 2, No. 3, pp. 230–247, 2010.

[13] R. S. Sutton and A. G. Barto. *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, Cambridge, 2 1998. （邦訳：三上貞芳，皆川雅章 訳：強化学習，森北出版（2000））.

[14] 長島一真, 森田純哉, 竹内勇剛. ACT-R による内発的動機づけのモデル化. 人工知能学会論文誌, Vol. 36, No. 5, pp. AG21–E_1-13, 2021.

[15] 長島一真, 森田純哉, 竹内勇剛. 知的好奇心の計算論モデルとアルゴリズムモデルの接続：ベイジアンネットワークを用いた ACT-R モデルの分析. No. OS05-4, pp. 825–831. 日本認知科学会第 38 回大会, 2021.

Web実験を用いたカテゴリー学習課題における行動特性と精神疾患傾向との関連性に関する探索的研究

An Exploratory Study of the Relationship between Behavioral Characteristics in a Category Learning Task and Mental Illness Tendency Using a Web Experiment

中川 渉 *, 山下 祐一 †, 谷口 忠大 ‡, 岡田 幸之 *, 高橋 英彦 *
Wataru Nakagawa, Yuichi Yamashita, Tadahiro Taniguchi,
Takayuki Okada, Hidehiko Takahashi

* 東京医科歯科大学 医歯学総合研究科, † 国立精神・神経医療研究センター, ‡ 立命館大学 情報理工学部
Devision of Cognitive and Behavioral Sciences, Tokyo Medical and Dental University
National Center of Neurology and Psychiatry
Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
watnpsyc@tmd.ac.jp

概要

本研究では、混合ガウスモデルから生成した画像を用いてカテゴリー学習課題を行った。変分推論を用いて最適な行動をモデル化し、課題における行動と精神疾患傾向との関連を調査したところ、モデルとの乖離度と注意欠陥多動性障害の傾向との間に有意な負の相関を認めたほか、自閉症スペクトラム障害の傾向との間にも有意な負の相関が存在する傾向を認めた。

キーワード：カテゴリー学習, 精神疾患傾向, 計算論的表現型, 計算論的精神医学, モデル化, Web 実験

1. はじめに

自身が経験したことをカテゴリー化し分類する能力は乳児期より認められており、それは種々の認知機能の発達における基礎となっている [1, 2]。自閉症スペクトラム障害（ASD）や注意欠陥多動性障害（ADHD）といった認知発達に関する精神疾患においてはこの能力が障害されていることが知られており [3, 4]、特に前者においてはその障害が独特の認知や社会適応における問題と関連していることも指摘されている [3]。一方で、カテゴリー学習能力の変調との関連は統合失調症などの後天的に発症する疾患についても指摘されており [5]、患者の社会生活における困難感や、治療過程で生じる困難などとの関連が報告されている。このように、カテゴリー学習能力の障害は疾患横断的に存在しており、その解明には DSM-5（精神疾患の診断・統計マニュアル）や ICD-10（国際疾病分類）といった従来の疾患分類に囚われない新たな視点が求められる。

一方でカテゴリー学習能力の障害の機序に関しては、計算論的アプローチが注目を集めつつある。このアプローチは従来の検査手法では観測できない個人の特性を記述できる可能性があり、例えば Huang-Pollock らは、数理モデルを用いて ADHD 児におけるカテゴリー学習能力の障害について報告を行っている [4]。このような研究はカテゴリー学習能力の障害について新たな知見を与えているものの、その障害の程度を数理的に評価することはできていない。

そこで本研究では、数理モデルを用い、疾患横断的な視点からカテゴリー学習能力の障害について評価することを目指す。本研究で用いるのは計算論的表現型同定（computational phenotyping）[6] と呼ばれる手法であり、この手法は課題を解くにあたっての意思決定や知覚・認知プロセスを数理モデルとして記述し、行動・生理学的なデータをよく説明するパラメータを推定することを目的としている。

本研究では、カテゴリー分類課題で用いる画像を混合ガウスモデルから生成する。このように画像を特定のモデルから生成することで、分類課題をパラメータの最尤推定として表現することが可能となる。この課題における基準モデルを変分推論を用いて作成し、その基準モデルからの乖離度を算出することにより、個人の特性を評価する。また、その乖離度と精神疾患傾向との関連性を調査する。このように、カテゴリー学習能力について、数理モデルを用い疾患横断的に評価を行った研究は筆者の知る限り存在せず、カテゴリー学習能力の障害について新たな知見が得られることが期待される。

本研究の貢献は以下である。

- カテゴリー学習課題における行動を、

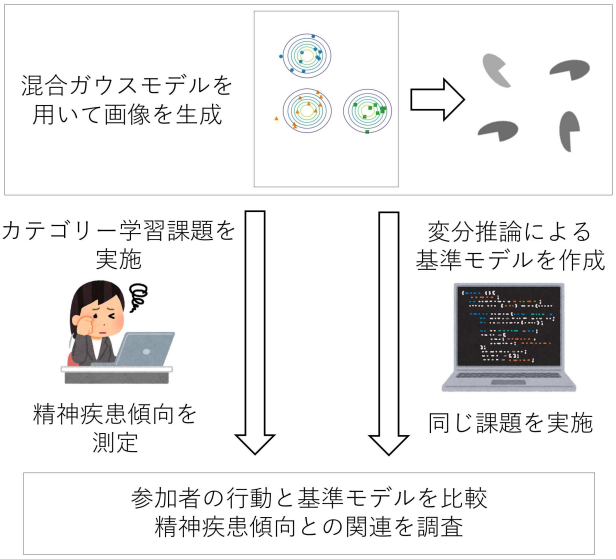


図 1: 実験の流れ

混合ガウスモデルを用いて数理的に表現した。

- カテゴリー学習能力の障害を、変分推論によるモデルからの乖離度として評価した。
- 上記の評価を疾患横断的に行い、その比較を行うことで障害の機序について説明した。

2. 準備

本研究の流れは図 1 のようになっており、混合ガウスモデルから生成した画像をカテゴリー学習課題で用いることにより、参加者の行動を数理モデルで表現する。モデル化にあたっては、参加者は「提示された画像は混合ガウスモデルから生成されている」という認識を予め有しており、他のモデルは想定していないものと仮定している。この仮定により、参加者の課題における行動を、混合ガウスモデルのパラメータの最適化とみなすことが可能となる。以下、実験の前提となる混合ガウスモデルについて、及び参加者の行動と比較する基準モデルについて説明する。

2.1 混合ガウスモデル

混合ガウスモデルのグラフィカルモデルは、図 2 のようになっている。このモデルは K 個のガウス分布からなっており、観測されるデータ $\boldsymbol{O} = \{\boldsymbol{o}_1, \boldsymbol{o}_2, ...\boldsymbol{o}_N\}$1 つ 1 つに対し、分類のためのラベル $\boldsymbol{C} = \{\boldsymbol{c}_1, \boldsymbol{c}_2, ...\boldsymbol{c}_N\}$ が割り振られている。各ガウス

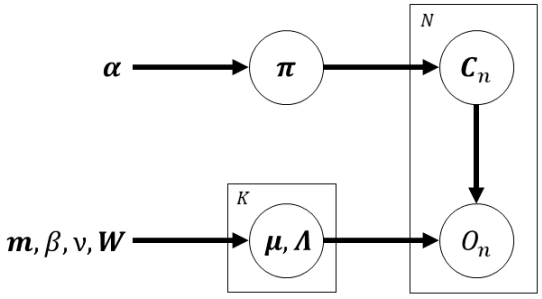


図 2: 混合ガウスモデルのグラフィカルモデル

分布での平均を $\boldsymbol{\mu} = \{\boldsymbol{\mu}_1, \boldsymbol{\mu}_2, ...\boldsymbol{\mu}_K\}$、精度行列を $\boldsymbol{\Lambda} = \{\boldsymbol{\Lambda}_1, \boldsymbol{\Lambda}_2, ...\boldsymbol{\Lambda}_K\}$ と表記する。また $\boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Lambda}_k$ の分布はガウス・ウィシャート分布に従うとする。$\boldsymbol{C}$ の分布は混合率 $\boldsymbol{\pi}$ をパラメータとしたカテゴリ分布に従っており、その $\boldsymbol{\pi}$ の分布はディリクレ分布に従うとする。これを数式で表すと、

$$
\begin{aligned}
p(\boldsymbol{o}_n|\boldsymbol{c}_n, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Lambda}) &= \prod_{k=1}^{K} \mathcal{N}(\boldsymbol{o}_n|\boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Lambda}_k^{-1})^{c_{n,k}} \\
p(\boldsymbol{c}_n|\boldsymbol{\pi}) &= Cat(\boldsymbol{c}_n|\boldsymbol{\pi}) \\
p(\boldsymbol{\pi}|\boldsymbol{\alpha}) &= Dir(\boldsymbol{\pi}|\boldsymbol{\alpha}) \\
p(\boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Lambda}_k) &= \mathrm{NW}(\boldsymbol{\mu}_\mathrm{k}, \Lambda_\mathrm{k}|\mathrm{m}, \beta, \nu, \mathbf{W}) \\
&= \mathcal{N}(\boldsymbol{\mu}_k|\boldsymbol{m}, (\beta\boldsymbol{\Lambda}_k)^{-1})\mathcal{W}(\boldsymbol{\Lambda}_k|\nu, \mathbf{W})
\end{aligned}
$$

となる（$\boldsymbol{c}_n$ は $c_k \in \{0, 1\}$ かつ $\sum_{k=1}^{K} c_k = 1$ である one-hot ベクトルで表現している）。

2.2 基準モデル

本研究では、カテゴリー学習課題における研究参加者の行動を変分推論を用いてモデル化する。すなわち参加者のカテゴリー学習課題における行動を、「各セットのデータが生成される元となった混合ガウスモデルのパラメータ、及び各画像に対するラベルの分布の最適解を、変分推論を用いて近似的に求める」と置き換える。

変分推論は、Friston によって提唱された自由エネルギー原理（Free Energy Principle）のもととなった統計学的手法である [7]。変分推論は真の分布と近似事後分布との誤差を最適化する手法であるが、Friston はこれを自律思考するエージェントの行動に見立て、そのようなエージェントは押しなべて変分自由エネルギー、すなわち予測誤差を最小化するように行動すると考えた [7]。このように思考のプロセスを予測誤差

の最小化という情報処理として取り扱う予測符号化（predictive coding）の理論は近年で最も有力視されている脳の計算理論であり、精神疾患の理解にも貢献が期待されている。本研究でもこれを援用し、変分推論を課題における基準モデルとして採用した。以下、具体的な計算について述べる。

i 回目の試行の開始時、研究参加者は $i-1$ 回目の試行における混合ガウス分布の各パラメータ $\boldsymbol{\mu}^{i-1}, \boldsymbol{\Lambda}^{i-1}, \boldsymbol{\pi}^{i-1}$（1 回目の試行ではパラメータの初期値）をもとに、画像につけるラベル $\boldsymbol{C}^i$ の事前分布を得る。

$$\boldsymbol{c}_n{}^i \sim Cat(\boldsymbol{c}_n{}^i|\boldsymbol{o}_n, \boldsymbol{\mu}^{i-1}, \boldsymbol{\Lambda}^{i-1}, \boldsymbol{\pi}^{i-1})$$

次に、この分布の期待値を用いて $\boldsymbol{\mu}^i, \boldsymbol{\Lambda}^i, \boldsymbol{\pi}^i$ の近似事後分布 $q(\boldsymbol{\mu}^i|\boldsymbol{\Lambda}^i), q(\boldsymbol{\Lambda}^i), q(\boldsymbol{\pi}^i)$ を得る。

$$\begin{aligned} q(\boldsymbol{\mu}_k^i|\boldsymbol{\Lambda}_k^i) &= \mathcal{N}(\boldsymbol{\mu}_k^i|\boldsymbol{O}, \boldsymbol{C}^i, \boldsymbol{\Lambda}_k^i) \\ q(\boldsymbol{\Lambda}_k^i) &= \mathcal{W}(\boldsymbol{\Lambda}_k^i|\boldsymbol{O}, \boldsymbol{C}^i) \\ q(\boldsymbol{\pi}^i) &= Dir(\boldsymbol{\pi}^i|\boldsymbol{C}^i) \end{aligned}$$

そして、これらの近似事後分布を用いてラベル $\boldsymbol{C}^i$ の近似事後分布 $q(\boldsymbol{c}_n^i)$ を得る。

$$q(\boldsymbol{c}_n^i) = Cat(\boldsymbol{c}_n^i|\boldsymbol{o}_n, \boldsymbol{\mu}^i, \boldsymbol{\Lambda}^i, \boldsymbol{\pi}^i)$$

以後、この近似事後分布の期待値を用いて再び $q(\boldsymbol{\mu}_k^i|\boldsymbol{\Lambda}_k^i), q(\boldsymbol{\Lambda}_k^i), q(\boldsymbol{\pi}^i)$ を更新し、それらを用いて $q(\boldsymbol{c}_n^i)$ を更新する、というプロセスを既定のイテレーション数繰り返す。最終的に各画像 $\boldsymbol{o}_n$ につけるラベル $\boldsymbol{c}_n^i$ は、最終的に得られた近似事後分布 $q(\boldsymbol{c}_n^i)$ の期待値が最大となるラベルとする。そして最終的なラベル $\boldsymbol{C}^i$ をもとに、各パラメータの最終的な分布を以下のように導出する。

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\mu}_k^i &= \mathcal{N}(\boldsymbol{\mu}_k^i|\boldsymbol{O}, \boldsymbol{C}^i, \boldsymbol{\Lambda}_k^i) \\ q(\boldsymbol{\Lambda}_k^i) &= \mathcal{W}(\boldsymbol{\Lambda}_k^i|\boldsymbol{o}, \boldsymbol{C}^i) \\ q(\boldsymbol{\pi}^i) &= Dir(\boldsymbol{\pi}^i|\boldsymbol{C}^i) \end{aligned}$$

上記の分布の期待値を最終的な $\boldsymbol{\mu}^i, \boldsymbol{\Lambda}^i, \boldsymbol{\pi}^i$ とし、これらを $i+1$ 回目の試行におけるラベル $\boldsymbol{C}^{i+1}$ の事前分布の計算に用いる。このアルゴリズムを疑似コードにすると、表 1 のようになる。

本研究では、カテゴリー数 $K = 3$、データ数 $N = 30$ となる。ハイパーパラメータの設定は $\boldsymbol{m} = (90.0,\ 125.0), \beta = 0.05, \nu = 2, \mathbf{W} = \begin{pmatrix} 0.005 & 0 \\ 0 & 0.05 \end{pmatrix}, \boldsymbol{\alpha} = (5.0,\ 5.0,\ 5.0)$ とし、イテレーション数 $J = 50$ とする。

表 1: 基準モデルの疑似コード

```
Initialize all parameters
for i = 1 to N do
  for n = 1 to i do
    c_n^i ~ Cat(c_n^i | o_n, μ^{i-1}, Λ^{i-1}, π^{i-1})
  for j = 1 to J do
    for k = 1 to K do
      q(Λ_k^i) = W(Λ_k^i | C^i, O)
      q(μ_k^i | Λ_k^i) = N(μ_k^i | Λ_k^i, C^i, O)
      q(π^i) = Dir(π^i | C^i)
    end for
    for n = 1 to i do
      q(c_n^i) = Cat(c_n^i | o_n, μ^i, Λ^i, π^i)
    end for
  end for
  for n = 1 to i do
    c_n^i = argmax_{c_n^i} E[q(c_n^i)]
  end for
  for k = 1 to K do
    Λ_k^i = E[W(Λ_k^i | C^i, O)]
    μ_k^i = E[N(μ_k^i | Λ_k^i, C^i, O)]
    π^i = E[Dir(π^i | C^i)]
  end for
end for
```

3. 方法

参加者は、東京医科歯科大学医歯学総合研究科、国立精神・神経医療研究センター、立命館大学情報理工学部に所属する大学院生及び学生を対象に募集した。参加者への謝礼は無しとした。

研究参加者はカテゴリー学習課題を行った後、精神疾患傾向に関する質問紙に回答した。本研究は全て web ベースで行われ、参加者は自身の所有するコンピュータなどから研究用の web ページにアクセスし、研究に参加した。

研究に用いるアプリは oTree[8] を用いて作成した。oTree とは python を用いたフレームワークの一つであり、囚人のジレンマゲームなど、インタラクションのある経済学の実験用に web アプリを作る目的で開発されたものである。簡便に web アプリを作成できる有用さから、今回はこれを用いることとした。

3.1 カテゴリー学習課題

カテゴリー学習課題では、研究参加者は 30 個の画像セットを 3 つのカテゴリーに分類するというタスクを行った。第 1、第 3 のセットは楕円形、第 2 のセットは円形の画像を用いた。

3.1.1 課題に用いる画像

データセットは 3 セット作成した。各セットの画像は 3 つの 2 次元ガウス分布からなる混合ガウス分布から生成しており、その分布はセットごとに設定した (図 4)。本研究では大きく分けて 2 種類の画像を用いており、セット 1・3 では楕円形の画像を、セット 2 では円形の画像を用いた。これは、課題に用いる画像の差異による影響を検討するためである。

セット 1・3 での変数は、楕円の濃淡及び角度とした。角度に関しては負の数値も許容したが、$x°$ 回転と $(x+360)°$ 回転は同じ図形となるため、データの幅が 360 を超えないよう調整した。また線対称性のある図形だと $x°$ 回転と $(x+180)°$ 回転も同じ図形になってしまうため、1/4 が欠けた楕円形とすることで線対称性をなくした。セット 2 での変数は、円の濃淡及び直径とした。画像は openCV を用いて描画した。

各セットにおけるカテゴリーごとのデータ数、変数の平均値・分散共分散行列は表 2 の通りである。作成した画像の一覧とその分布は、それぞれ図 3 と図 4 の通りである。カテゴリー 1〜3 は、それぞれ図 4 の散布図の丸、三角、四角のプロットに対応している。散布図からわかるように本研究ではセット間で分類の難易度を変えており、セット 2 はセット 1 より各カテゴリーの平均値の差を少なく設定し、セット 3 は分散の大きいカテゴリーを設定することで、難易度を上げている。

3.1.2 課題の内容

課題は図 5 のようになっており、全 30 試行から構成される。表示される画像は試行が進むごとに 1 つずつ増え、30 試行目ではすべての画像が表示される。

参加者はこの表の中に画像をドラッグし、分類を進めていく。図 5 は 2 回目の試行を表しているが、既に表の中に分類されている画像（1 回目の試行で表示された画像）も分類しなおすことが可能となっている。30 個すべての画像を表のどこかに分類し、結果を確定すると次のセットでの課題に移行する。

表 2: 各セットのパラメータ

(a) セット 1

	データ数	平均		分散共分散行列
		角度 (°)	色	
カテゴリー 1	10	70	190	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$
カテゴリー 2	10	70	110	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$
カテゴリー 3	10	150	110	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$

(b) セット 2

	データ数	平均		分散共分散行列
		直径	色	
カテゴリー 1	10	140	180	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$
カテゴリー 2	10	220	180	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$
カテゴリー 3	10	220	110	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$

(c) セット 3

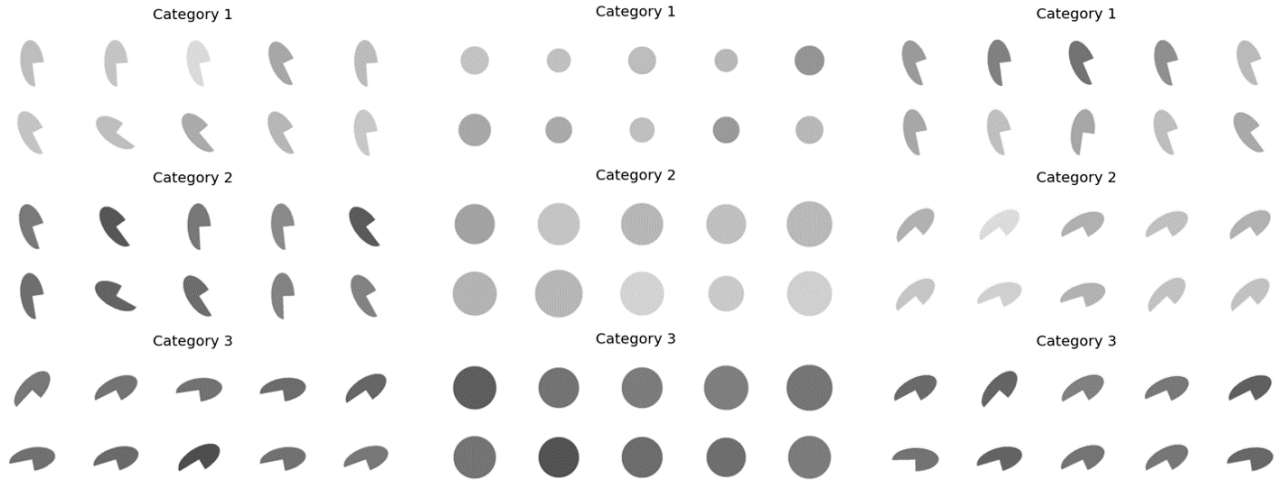
	データ数	平均		分散共分散行列
		角度 (°)	色	
カテゴリー 1	10	70	170	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 600\end{pmatrix}$
カテゴリー 2	10	150	190	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$
カテゴリー 3	10	150	110	$\begin{pmatrix}256 & 0\\ 0 & 256\end{pmatrix}$

画像の並び順は参加者間で同一であり、その並び順は参加者をミスリードするように調整されている。例えばセット 1 では、色の濃さを基準に選ぶとカテゴリー 2 と 3 を、角度を基準に選ぶとカテゴリー 1 と 2 を混同する可能性があるため、それを誘発するように画像を並べている (図 6)。また、セットの順序も参加者間で同一であり、セット 1、2、3 の順としている。

3.1.3 基準モデルとの比較

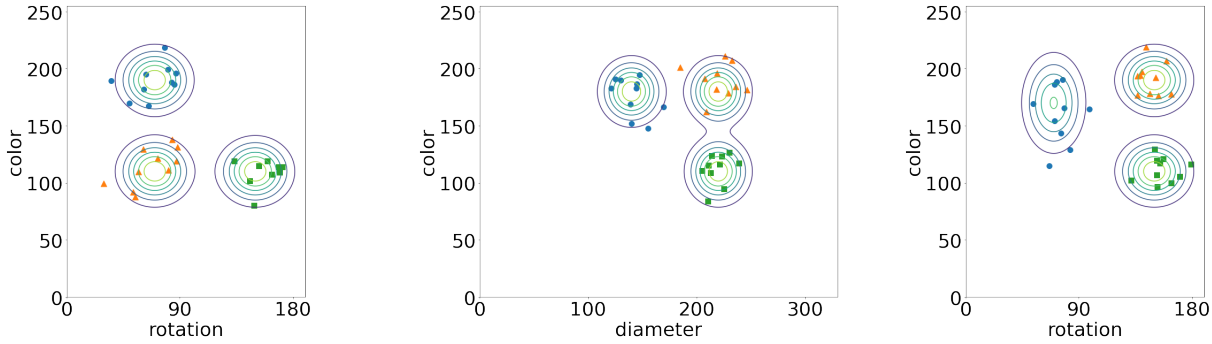
基準モデルからの乖離度は、人間と同じ初期値を用いて変分推論を行い、その結果得られたラベルと、実際の回答との Adjusted Rand Index(ARI) をもとに算出した。具体的な算出方法は以下の通りである。

まず各試行ごとに、一つ前の試行での回答 $\boldsymbol{C}^{i-1}$ からパラメータ $\boldsymbol{\mu}^{i-1}, \boldsymbol{\Lambda}^{i-1}, \boldsymbol{\pi}^{i-1}$ を計算し、これらを用いてラベル $\boldsymbol{C}^{i}$ の事前分布の期待値、すなわちモデルにおける推論の初期値を算出した。この初期値を用いて変分推論を行い、最終的に得られた近似事後分布



(a) セット 1 (b) セット 2 (c) セット 3

図 3: 画像一覧



(a) セット 1 (b) セット 2 (c) セット 3

図 4: 各データセットにおけるデータの分布

図 5: 課題の例

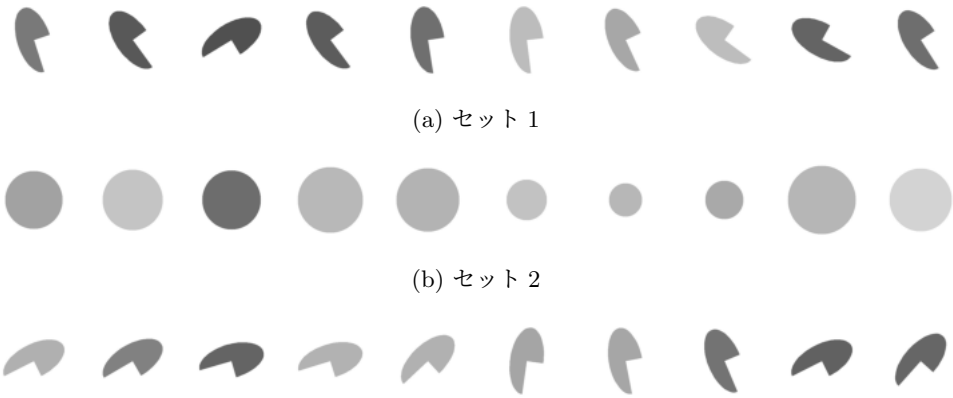
$q(\boldsymbol{c}_n{}^i)$ の期待値が最大となるラベルを「モデルによるラベル」とした。このラベルと、実際の回答 $\boldsymbol{C}^i$ との ARI を求め、その平均値を求めることにより、モデルからの乖離度を算出した。なお 1 回目の試行はこの方法により $\boldsymbol{C}^1$ の分布を計算することができないため、乖離度の計算には用いなかった。

3.2 精神疾患傾向の調査

精神疾患傾向の調査には、Schizotypal Personality Questionnaire-Brief (SPQ-B)、Autism-Spectrum Quotient (AQ)、Adult ADHD Self-Reports Scale (ASRS) の 3 種の自記式検査を用いた。

3.2.1 SPQ-B

SPQ-B は統合失調型パーソナリティ障害のスクリーニングに用いられる検査である。統合失調型パーソナリティ障害は、統合失調症の診断基準に当てはまるほどではないが、風変りな行動や疎通性の乏しさ、猜疑的な態度など、それに準ずる性格傾向を有するという特徴がある。DSM-5[9] では「統合失調症スペクトラム障害」の一部として記載されており、この障害が統



(a) セット 1

(b) セット 2

(c) セット 3

図 6: 並び順の例（最初の 10 個ずつを抜粋）
例えばセット 1 では、最初の 5 個で色の濃淡に意識が向くように並べてある。

合失調症と共通の遺伝基盤を持つことも示唆されている [10]。本研究でもこの考えに基づき、SPQ-B の得点は統合失調症スペクトラム障害の程度を示すものとみなす。

3.2.2 AQ

AQ は ASD のスクリーニングに用いられる検査である。ASD とは、コミュニケーションの質的障害、興味・関心の限局、常同的・反復的行動を特徴としている。50 点中 26 点以上であれば ASD の疑いがあるとされるが、この疾患は疾患名が表しているようにスペクトラムをなしているため、本研究ではカットオフ値で区切るのではなく、得点が障害の程度に比例すると考え、連続する変数として用いる。

3.2.3 ASRS

ASRS は ADHD のスクリーニングに用いられる検査である。ADHD は、不注意症状と衝動制御の困難さを特徴としている。72 点中 36 点以上であれば ADHD の疑いがあるとされるが、こちらも AQ と同様、得点は連続する変数として用いる。

4. 結果

4.1 参加者

13 名が実験に参加したが、うち 2 名が心理検査を完遂できなかったため、11 名分のデータを解析に用いた。

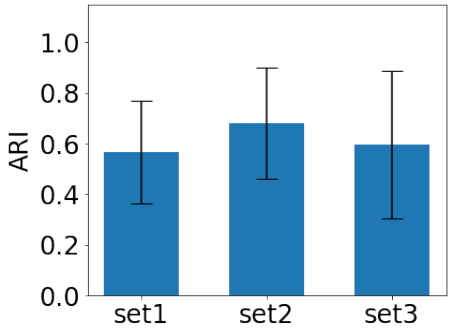


図 7: 参加者の分類精度

表 3: 参加者の ARI の平均値及び標準偏差

	平均	標準偏差
セット 1	0.57	0.20
セット 2	0.68	0.22
セット 3	0.59	0.29

4.2 カテゴリー学習課題での成績

4.2.1 分類精度

分類結果の精度評価には、正解ラベルと、各試行において参加者がつけたラベルとの ARI を用いた。各セットにおける正解ラベルとの ARI の平均値は図 7 及び表 3 の通りであり、各セット間で有意差は見られなかった。

4.3 精神疾患傾向との関連性

4.3.1 分類精度との関連

最終的な分類精度（最終の試行におけるラベルと正解ラベルとの ARI）と、精神疾患傾向との関連を調査した結果は図 8 及び表 4 の通りであり、どのデータセットにおいても、いずれの精神疾患傾向とも有意な相関は認められなかった。

4.3.2 基準モデルとの比較

基準モデルからの乖離度と精神疾患傾向との相関関係を調査したところ、結果は図 9 及び表 5 のようになり、セット 3 において、ASRS スコアとの間に有意な負の相関を認めた（$r = -0.636, p = 0.035$）。また AQ スコアに関しても、有意な相関は得られなかったが、セット 1（$r = -0.589, p = 0.056$）とセット 3（$r = -0.543, p = 0.085$）において負の相関が存在する傾向を認めた。

5. 考察

モデルからの乖離度と精神疾患傾向との関連に関しては、セット 3 において ASRS スコアとの間に有意な負の相関が認められた。Huang-Pollock らは COVIS モデル（the Competition between Verbal and Implicit Systems model）[11] に基づき、カテゴリー学習能力を、明確に言語化できるルールに基づいて分類する機構（rule-based）と、潜在的な情報を統合して分類する機構（information-integration）に分け [12]、ADHD を有する小児のカテゴリー学習能力について実験を行った [4]。その結果、ADHD を有する小児は健常群と比べてその能力に障害がみられるという結果が得られ、その理由として、ADHD 者は突出した特徴に固執してしまいがちであること（rule-based の機構の障害）、及び複数の特徴を同時に考慮に入れて分類を行うことが困難であること（information-integration の機構の障害）が挙げられた [4]。本研究の分類課題は色と角度、もしくは色と直径という 2 つの分類基準を両方用いなければ正しい分類はできないため、後者の理由は本研究にも当てはまる可能性がある。しかし、単に分類基準が複数あることが乖離度が増加した理由であるならばセット 2 においてもある程度の相関関係があって然るべきであり、セット 2 で有意な相関がみられなかったことからすれば、本研究における結果を説明できるのは前者の「突出した特徴に固執する」という傾向であると考えられる。図 6 の通り、セット 3 では初めに傾きが同じ画像を連続して表示している（図 6a）のに対し、セット 2（図 6b）では初めに直径が同じ画像を連続して表示している。前者の「角度」という刺激はその後の判断をある程度拘束するほど強く、後者の「直径」の方はそれほどではなかったと考えれば、本研究の結果は主に rule-based の機構の障害の文脈で説明ができる。

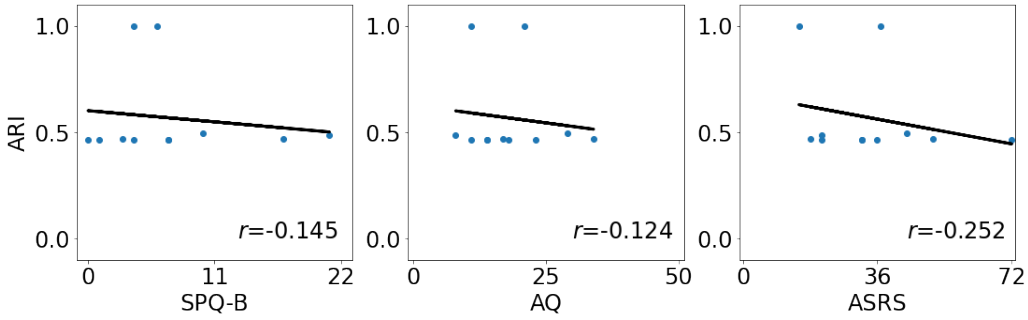
また AQ スコアに関しても、モデルからの乖離度との有意な相関は認められなかったが、セット 1 とセット 3 において負の相関が存在する傾向を認めた。ASD を持つ者は顔の認識が苦手であったり、漠然とした概念を獲得していくことが困難であったりすることはよく知られているが、Mercado らの報告によれば、人工的に形成されたカテゴリーを学習するという課題において、ASD 者が健常者より劣っているかについては明確な結論が出ていない [3]。しかし一方で、ASD 者は認知の切り替えが健常者に比して困難であることが言われており、それは言い換えれば、突出した刺激にその後の分類基準が拘束されてしまうことを意味する。AQ スコアについても、ASRS スコアと同様、セット 2 では有意な相関がみられなかった一方でセット 3 においては有意な負の相関が存在する傾向が認められており、この差を考えれば上記の議論と同様に、ASD 者におけるカテゴリー学習能力の障害もまた、rule-based

表 4: 精神疾患傾向と分類精度との関係

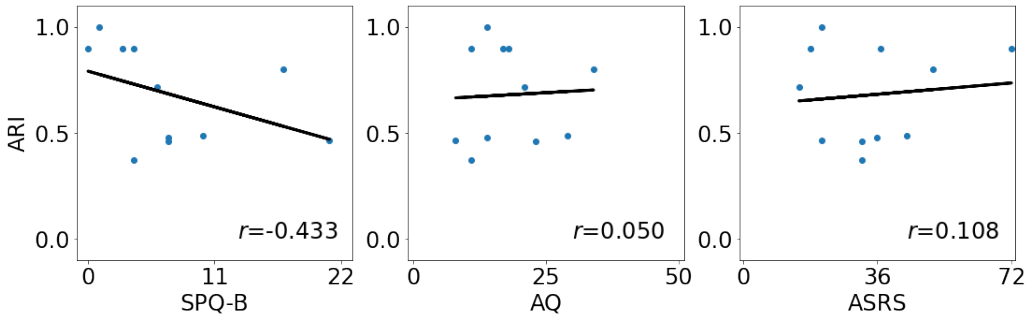
		相関係数	p 値
セット 1	SPQ-B	−0.145	0.671
	AQ	−0.124	0.716
	ASRS	−0.252	0.454
セット 2	SPQ-B	−0.433	0.183
	AQ	0.050	0.885
	ASRS	0.108	0.751
セット 3	SPQ-B	−0.388	0.238
	AQ	−0.259	0.441
	ASRS	−0.541	0.086

表 5: 精神疾患傾向と基準モデルとの乖離度の関係

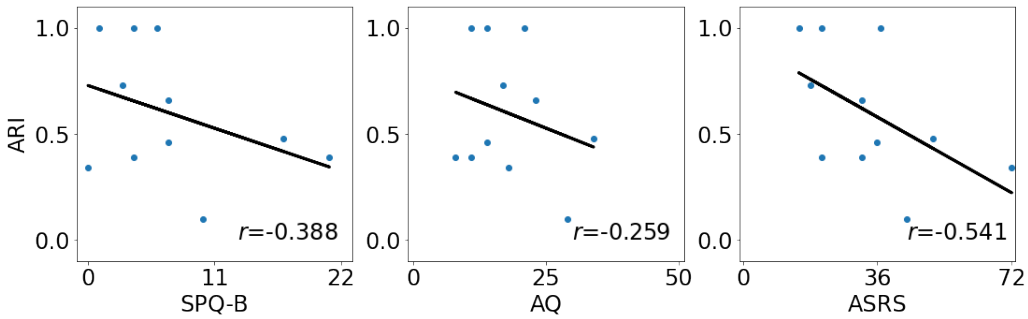
		相関係数	p 値
セット 1	SPQ-B	−0.117	0.732
	AQ	−0.589	0.056†
	ASRS	−0.304	0.363
セット 2	SPQ-B	0.001	0.998
	AQ	−0.133	0.696
	ASRS	−0.045	0.896
セット 3	SPQ-B	−0.444	0.172
	AQ	−0.543	0.085†
	ASRS	−0.636	0.035*



(a) セット 1



(b) セット 2



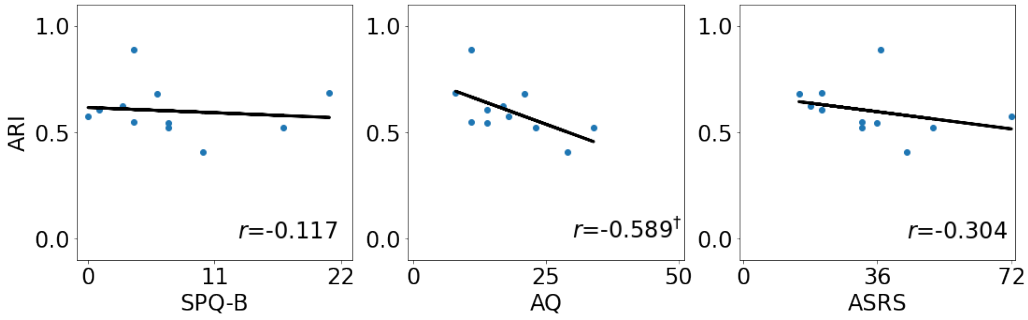
(c) セット 3

図 8: 精神疾患傾向と分類精度との関係
分類精度は、いずれの精神疾患傾向とも有意な相関を認めなかった。

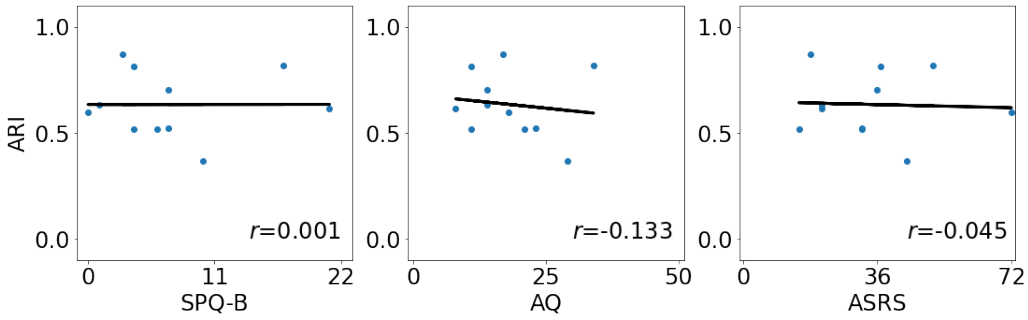
の機構の障害として説明することができる。

この rule-based の機構の障害は、数理モデルを用いて説明することが可能である。セット 3 において、ASRS が高値（72/72 点）であった参加者と低値（21/72 点）であった参加者の、各試行ごとの分類精度の推移は図 10a 及び図 10b のようになっている。本研究の課題を遂行するにあたっては、途中でそれまでの分類基準を一度考え直す必要があり、モデル上ではこれはパラメータの初期化にあたる。この観点から改めて図 10 を見てみると、図 10b では終盤で急激に ARI が上昇しており、ここで誤った分類基準を破棄し、正解の分布を導き出したと考えられる。実際に一切パラメータをリセットしないモデルを用いてセット 3 の分類を計算機上で行うと、ARI の推移は図 10c のようになり、図 10a との類似性が認められる。このことから、rule-based の機構の障害は、パラメータのリセットが困難であることと表現することができる。本研究における比較は各試行ごとに初期値をそろえて行われているため、結果に表れているのは試行ごとにパラメータを初期化するかどうかではなく、変分推論の過程でパラメータが更新される際、どの程度前の試行におけるパラメータの影響を受けるかという点であると推測される。ただしこの点に関しては本研究におけるモデルでは表現できないため、今後この点を考慮したモデルを用いてさらなる研究を行う必要がある。

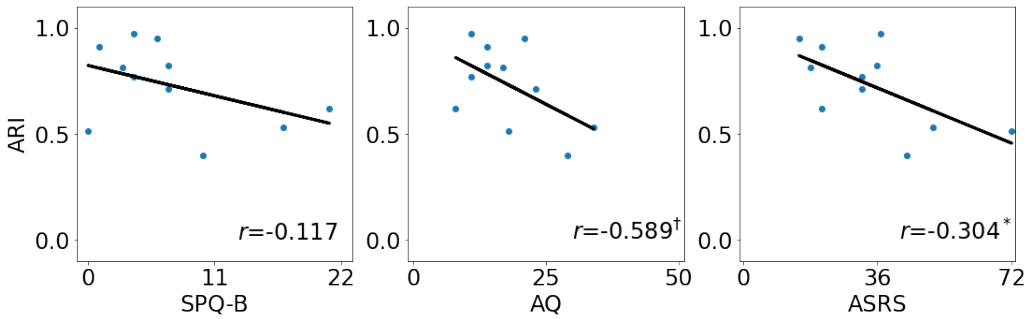
なお、上記のような傾向はみられながらも、ASRS スコアも AQ スコアも分類精度そのものとの有意な相関は得られていない。これは、サンプル数が足りな



(a) セット 1



(b) セット 2



(c) セット 3

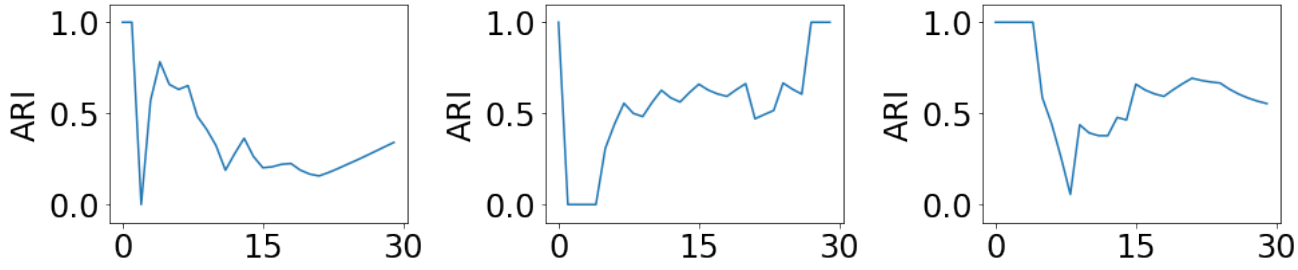
図 9: 精神疾患傾向と基準モデルとの乖離度の関係
セット 3 において、ASRS と有意な負の相関を認めた（$r = -0.636, p = 0.035$）（*）。また、セット 1・3 において、AQ と有意な負の相関がある傾向を認めた（セット 1：$r = -0.589, p = 0.056$、セット 3：$r = -0.543, p = 0.085$）（†）。

かっただけでサンプル数を増やせば有意な相関が得られるか、もしくはモデルからの乖離はあってもその影響度は最終的な分類精度を下げるほど強くはなかったかのいずれかであると考えられる。この点を検証するためには、サンプル数を増やして研究を行っていく必要がある。

6. 結語

本研究においては、ADHD の傾向と変分推論を用いたモデルからの乖離度に負の相関がみられたほか、ASD の傾向とモデルからの乖離度にも有意な負の相関が存在する傾向を認めた。しかし一方で、各精神疾患傾向と分類精度との間に有意な相関はみられなかった。本研究はカテゴリー学習での行動を、疾患横断的な視点から、数理モデルで可視化した点に新規性があり、ADHD にみられる突出した特徴に固執してしまう傾向、および ASD にみられる認知の切り替えの困難さを、rule-based の機構の障害として説明した。

本研究ではサンプル数が少なく、そのサンプル集団も一般人口を代表しているとは言えない。今回得られた結果が一般人口においても得られるかどうかは、サンプル数を増やして研究を行う必要がある。また、本研究の課題におけるカテゴリーはあくまで人工的に形成されたものであり、得られた結果を日常生活の中で用いられるカテゴリー学習能力にまで一般化することには慎重になる必要がある。



(a) ASRS 高値の参加者　(b) ASRS 低値の参加者　(c) パラメータを初期化しないモデル

図 10: ASRS が高値である参加者と低値である参加者、及び計算機上の結果の比較
(a) は ASRS=72 点、(b) は ASRS = 21 点。(a) の ARI の推移は、パラメータを初期化しないモデル (c) と類似している。

今後は、1000 人程度の大規模なサンプルを対象に研究を行っていく。また、カテゴリー学習能力の障害は本研究で取り上げた精神疾患以外にも、例えば摂食障害 [13] などの疾患についても指摘されているため、今後の研究においては摂食障害や不安障害、抑うつ状態などの心理検査も施行し、より広範に精神疾患傾向との関連を調査する。

文献

[1] Gopnik A. et al. : The development of categorization in the second year and its relation to other cognitive and linguistic development. Child Dev. 58, 1523–1531, 1987
[2] Mareschal D. et al. : Categorization in infancy. Trends Cogn. Sci 5(10), 443-450, 2001
[3] Mercado E. et al. : Perceptual category learning in autism spectrum disorder: Truth and consequences. Neurosci. Biobehav. Rev. 118, 2020
[4] Huang-Pollock CL et al. : Rule-based and information-integration perceptual category learning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. Neuropsychology. Jul;28(4), 594-604, 2014
[5] Weickert T.W. et al. Neural Correlates of Probabilistic Category Learning in Patients with Schizophrenia. J. Neurosci. 29(4), 1244 –1254, 2009
[6] Montague P. et al. : Computational psychiatry. Trends cogn Sci. 16(1), 72-80, 2012
[7] Friston K et al. : World model learning and inference. Neural Netw 144, 573-590, 2021
[8] Chen D.L. et al. : oTree - An Open-Source Platform for Laboratory, Online, and Field Experiments. J. Behav. Exp. Finance. 9(1), 88-97, 2016
[9] American Psychiatric Association : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fifth edition. American Psychiatric Association, Washington DC, 2013
[10] Raine A. : Schizotypal personality: neurodevelopmental and psychosocial trajectories. Annu Rev Clin Psychol. 2, 291-326, 2006
[11] Ashby F.G. et al. : A Neuropsychological Theory of Multiple Systems in Category Learning. Psychol Rev 105(3), 442-481, 1998
[12] Maddox W.T. et al. : Rule-based and information-integration category learning in normal aging. Neuropsychologia 48, 2998–3008, 2010
[13] Filoteo J.V. et al. : Simulating category learning and set shifting deficits in patients weight-restored from anorexia nervosa. Neuropsychology. Sep;28(5), 741-51, 2014

知覚的な構造補完による不可能立体の不可能性の説明
An Account for Impossibility in Perception of Impossible Figure by Structural Completion

日髙　昇平†
Shohei Hidaka

†北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

概要

不可能立体とは、立体的な構成が不可能と判断される平面図形である。しかし、実際には立体として構成可能な不可能立体が存在する。こうした知見は、平面図が持つ制約条件より、強い条件下で立体知覚が成立することを示唆する。本研究は、その条件の一つとして知覚的な構造補完があり得ることを示す。具体的に、ある平面上の線画を射影として持つ任意の立体像を構成する方法を用い、ある種の知覚的補完にあたる制約を加えることで、立体的構造が構成不可能になる例を示す。

キーワード：不可能立体 (impossible figure), 知覚的補完 (perceptual completion), 立体知覚 (stereo perception)

1. 不可能立体とその作図法

ある 2 次元上の線画に対し、人はそれを立体的な図形としては実現できないと判断することがある。こうした立体様の平面図形は不可能立体と呼ばれる[1]。不可能立体は、立体としての作図が構成不可能であると知覚されるが、実際には作図可能である場合も存在する。具体的に、杉原[2]は不可能性知覚を誘導する立体図形の作図法を提案している。

杉原[2]は点と線分で構成される平面図形を対象として、その平面図形を２次元射影として持つ３次元構造が存在するか否かを判定する計算方法を提案している。この方法では、３次元構造の持つべき制約を線形方程式・不等式として表現し、ある目的関数の下でのそれらの方程式・不等式を満たす解が存在するかを線形計画法に帰着させて、数値的に求める解の存在を判定する方法である。

杉原の方法[2]は一般には無限に存在する方程式の解のうち恣意的に一つのみを与える計算法であるために、方程式が表現する図形の数理的な特徴の見通しを立てにくいなどの技術的な問題があった。これらの技術的な問題点を解消すべく、Kanayama & Hidaka [3]は、杉原の方法[2]に着想を受け、より数理的に洗練された不可能立体の作図方法(以下この作図法を KH 法と呼ぶ)を提案した。

本研究は、KH 法を用いて、どのような場合に立体的な構造の解が存在・不在になるか具体的な事例を示し、人の立体知覚における不可能性判断の手がかりに関する仮説を提示する。KH 法では、立体的な作図が不可能であるとは、平面的な解しか存在しない場合として得られる。もし、この計算機序が立体知覚のある過程を捉えるとすれば、立体構造の不可能性の知覚とは、局所的には立体であり得る図形が、図形全体としての制約を考慮した場合には、平面解のみしか持たない場合に生じると予想される。

このような場合に当たる場合の一つとして、立体的に知覚される平面図形において、その遮蔽された観察不可能な部分に、構造的な補完がされた場合がある。したがって、本研究は、知覚的な立体構造補完が起きるときに、それがない時に比べてより立体像が制約され、その結果として、図形全体としての立体的な構造が不可能であると判断される、という仮説を立てた。

本稿では、そうした仮説に相当する具体的な図形を例示し、構造補完による説明が可能であることを示す。

以下、KH 法を具体的に示し、それを応用した具体的な図形についての考察を述べる。

2. ある平面図を射影にもつ立体の作図

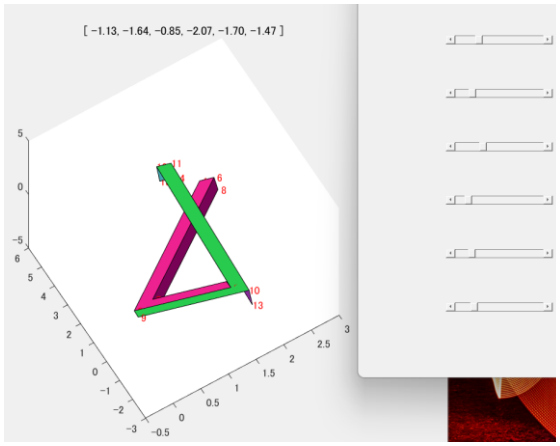


図 1：不可能立体の自由度調整の例

杉原[2]の提案手法（以下、「杉原の作図法」と呼ぶ）では、ある平面上への射影での見えを特定の線画として与え、その線画を射影として持つ、図形の各頂点の３次元座標を、いくつかの制約条件を満たすように計算する。この方法では、主に(1)同一平面上にある頂点の集合が満たす方程式制約、(2) 特定の視点からの重ね順を反映する、複数の平面の間の不等式制約、(3)不等式制約が等式を満たさないように制限するための変数を導入する。そのうえで、(1)-(3)の制約条件を満たす各頂点の３次元座標を計算する問題を、制約を満たすときにのみ０となる目的関数を導入した線形計画法を数値的に解き、付与の２次元線画の見えを持つ立体構造の実現例の一つを求める。

3. 平面制約を満たす立体線画の構成法

杉原の作図法は、必要以上に多数の未知変数を要求し数理的な構造が捉えにくいなど問題があった[2]。これを解消すべく提案された KH 法では、同一平面上の頂点の存在に由来する方程式を陰に行列式で表現することで、3 次元図形のもつ頂点の数 N の自由度を、(*N-K*)次元制約部分空間と自由に設計可能な *K* 次元部分空間に分ける。N-K は一般に面の数 P と頂点間の共線性によって決まり、同一面上の制約を除いた K 次元が、特定の２次元線画を射影として持つ３次元図形の自由度となる。この自由度を手動で任意に調整することで、付与の制約条件とは独立に、設計者の意匠的な選好を反映した図形を作図することができる。

具体的には、同一平面の制約は、ある行列式の余

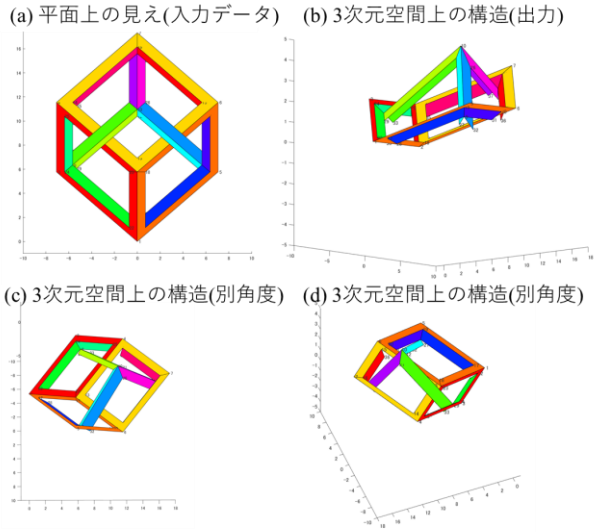


図 2：不可能立体を(a)平面図として射影にもつ立体像の複数の視点からの見え(b), (c), (d)。

因子展開で得られ、その余因子係数行列を特異値分解することで制約されない部分空間（自由パラメタ）を得る。この得られた自由パラメタを手動で設定することで、付与の平面制約を満たす任意の不可能立体を作成することができる。図 1 はある平面図を射影にもつ条件下で、6 自由度を持つ立体像の配置を調整する例を示している。

4. 構造補完による不可能性知覚の説明

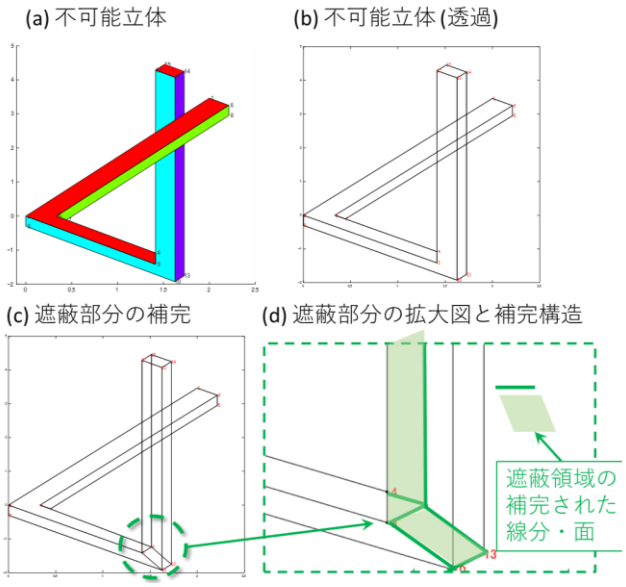


図 2：不可能立体を(a)平面図として射影にもつ立体像の複数の視点からの見え(b), (c), (d)。

前節で提案した作図法を用いれば、いわゆる不可能立体を作図可能であるだけではなく、入力データとしての制約条件を変えることで、その制約下で立体的な構造が可能かを調べることができる。

本研究では、不可能立体における不可能性の知覚は表面には見えない遮蔽部分において、知覚的に構造が補完されていることで説明できるのではないかと仮説を立てた。具体的に、図 3 (a)(b)の不可能立体を例に考える。図 3 (c)のように、縦に伸びた柱状の構造の見えない裏側に、筋交いのような結合が補完された場合、表面上は見えない新たな面が生じる(図 3 (d))。仮にこうした構造の補完が行われたとすると、この条件を満たす立体的な構造は存在しないことが、提案システムの計算結果からわかる。つまり、補完された結合と面の構造を持つのは、すべての線分が同一平面上にある場合に限られる。したがって、局所的には立体的に知覚される一部と、しかし全体としては立体的ではありえないという２つの相反する構造の知覚が生じ、それが不可能性の知覚へとつながると考えられる。

5. 符号化効率性による知覚像の生起

知覚的な構造補完で不可能性を説明できるとしても、なぜ観測されない遮蔽部分において知覚的な補完をする必要があるのか疑問が生じる。これについては、符号化の効率性を基準とする仮説[4, 5]が説明を与える。この考え方によれば、知覚系は感覚データを効率的に符号化するためのシステムであり、データに潜在する対称性[5]等を最大限利用するために、データには必ずしも明示されない未知なる領域を補完してでも符号を効率化する[6]。具体的に不可能立体の場合でいえば、つまり、データには明示されない領域において知覚的な構造を補うことで、図形の対称性が高まり、効率的に符号化できるために、知覚的な補完が生じるのだと考えられる。

データには表れない知覚的な補完が生じること自体を直接的に実証することは困難であるが、それを想定することで説明がつく現象はいくつも存在する。今後は、そうした知見を積み重ねることで、効率的な符号化としての知覚の理論の実証に向けて研究を展開する。

謝辞

本研究は JST さきがけ JPMJPR20C9 の補助を受けて行われた。

文献

[1] L. S. Penrose and R. Penrose, Impossible objects—A special type of visual illusion, British Journal of Psychology, 49 , 31–33, 1958.
[2] 杉原厚吉, だまし絵と線形代数, 共立出版, 2012.
[3] Kanayama, H. & Hidaka, S. (2022). Impossible Solids of Your Choice: Designing any 3D Figure from a Given 2D Line Drawing, NICOGRAPH International 2022.
[4] 日髙昇平 & 高橋康介. (2021). 符号化効率性によるネッカーキューブの立体知覚の計算論的説明. 日本認知科学会第 38 回大会論文集. P1-54.
[5]日髙昇平 & 高橋康介 (2021). “なぜネッカーキューブはあの立体にみえるのか”. 認知科学, 28(1), 25-38.
[6]日髙昇平 & 高橋康介 (2019). 未知領域を含むオブジェクト同定による窓問題知覚の説明. 日本認知科学会第 36 回大会論文集. (O2-1) p16-18.

OS06 EdTech と認知科学

企画・司会　嶋田総太郎（明治大学）
開一夫　（東京大学）
話題提供　大森隆司（玉川大学）
谷沢智史（東京大学）
嶋田総太郎（明治大学）
坂本一憲（WillBooster 社）

企画趣旨

新型コロナウイルスの蔓延を契機として世界中で教育のオンライン化・DX 化が進められており、EdTech（教育関連技術）への関心が高まっている。EdTech の開発を進め、「個」に応じた学習支援技術を創成するには、十分な人数の学習者・教示者のデータ（BigData）だけでなく、学習者・教師の認知的特性（集中度・理解度）から日常生活習慣にいたるまで高密度なデータ（DeepData）を長期的に収集・分析し、これを個々の学習者に応じて活用するための枠組みを構築する必要がある。「個」を詳細なレベルで理解し最適な学習支援を行うには、認知科学や認知神経科学における実験手法や AI センシング技術を最大限に活用しなければならない。

そこで本 OS では、高度なインタラクションを必要とする教育現場における、学びに関するデータ（スタディ・ログ）を収集・蓄積・分析し、認知科学、AI、情報基盤技術およびそれらを有機的に統合した情報プラットフォームの構築を目指した研究を行っている研究者・企業から話題を提供してもらう。これらを受けて、学習者の特性に合わせたテーラーメイド教育を実現するための道筋や課題について議論を行う。EdTech の未来について自由に語り合い、日本のこれからの教育に対して認知科学がどのような役割を果たしていけるのかを考える場としたい。

教室映像からの子どもの授業参加程度の推定

大森隆司（玉川大学）

小学校低学年の子ども達は，タブレットなどの ICT 機器の操作には個人差があり，学習ログによる学びの状態の推定は困難である．従来は教員は自らの目で子ども達の学びの姿を見て，そこから個々人の状態を推定してきた．しかし現実には，１教室に３０人以上の子どもがいて，その個々人の観察・状態推定・記録をすることは容易ではなかった．

そこで本研究では，教室にステレオセンサを設置して授業中の子ども達と教員の姿を記録し，AI 技術により子どもの動作を分析し，個々人の授業への参加の程度を推定することを試みた．これまでも教室の映像から個々人を抽出することは試みられているが，その個々の学びの状態を推定するには授業のモデルおよび個人の行動と学びの状態のモデルが必要であり，そこまでの踏み込みはなかなかなされていない．

そこで本講演では，個人の顔と位置の情報から教室内の集団の状態を推定し，さらにその状態に対する個々人の行動から，個々の子どもの授業参加度を推定する方式について紹介する．この推定結果は，理想的には教員に実時間でフィードバックされることで，授業の質の向上につながるであろう．

実験プラットフォーム GO-E-MON の Real World 認知科学への挑戦

谷沢智史（東京大学）

スマートフォンやウェアラブルセンサーなどの各種デバイスとそれを支えるモバイルネットワーク，クラウド計算環境の一般への普及は，人間の

日常的な活動を対象とした大規模かつ長期的なデータの収集を可能にしつつある．このことは技術的には Real World 認知科学の実現を可能にするものと言えるが，これらのデータは実験参加者のプライバシーに関わるデータであり，従来のようにデータを集中管理するアプローチで扱うことには様々なリスクがともなう．

そこで，我々は分散 Personal Data Store 技術を取り入れた実験プラットフォーム GO-E-MON を開発した．GO-E-MON では実験実施者や被験者といった実験に関わる関係者が各々の Personal Data Store にデータを蓄積し活用することができ，センシティブなデータを扱うサービスやセンサーとを組み合わせた実験を行うことが可能となる．本講演では GO-E-MON のシステム紹介と，このプラットフォーム上で実施した英語学習アプリを用いた高校生を対象とした実証実験について紹介する．

英文穴埋め問題アプリ実施中の脳波コネクティビティ解析

嶋田総太郎（明治大学）

Cloze Test とは、英語の文章中に空欄を設けて前後の文章から答えを推測する穴埋めテストであり、言語能力を測定する有用な指標として知られている。Cloze Test の解答形式には、複数の選択肢から正答を選択する選択式と自由に解答する記述式があり、記述式の方が難易度が高い。本研究では、Cloze Test 解答時の解答形式の違いが脳活動にどのように影響を与えるかを検討する。また Cloze Test 学習アプリを１か月間トレーニングした前後の脳活動の違いについて検討する。

その結果、記述式問題を解いているときには選択式問題を解いている時よりも、左前頭部を中心とした領野間の強いコネクティビティが観測された。また１ヶ月のトレーニング前後での、英語課題回答時の脳活動を比較すると、記述式でトレーニングをした群では選択式トレーニング群よりも左前頭部を中心として有意なコネクティビティの増強が見られた。左前頭部は言語処理とも関係が深く、記述式の Cloze Test は選択式よりも脳の言語領野をより強く賦活すること、およびトレーニングによりその賦活を強められることが示唆された。これらの結果をもとに学習アプリを用いた英語能力向上の可能性について議論したい。

個性に応じた動機づけ機能の実装と評価

坂本一憲（WillBooster 社）

学習や健康増進のための活動などは，短期間で実施すれば良い活動ではなく，継続的に実施することで効果が得られるような活動である．そこで，学習やヘルスケア関連のモバイルソフトウェアでは，ソフトウェア側からユーザに対して能動的にメッセージを送るプッシュ通知の仕組みを使って，学習や健康増進のための活動を継続させる工夫がなされている．しかし，多くのソフトウェアでは，全ての利用者に対して画一的な文言でメッセージを送っているケースが大半である．

本研究では，各利用者に対して効果的に動機づけることのできる文言は，各利用者の心理的な特性に応じて異なるという仮説を立て，心理尺度の測定値をコンテキストと捉えて，コンテキスト付き多腕バンディットアルゴリズムによって，各利用者ごとに最適な文言のメッセージを送る仕組みを開発している．そこで，本講演では,通信制高校向けの学習アプリケーション，および，ヘルスケアアプリケーションの両方において，上記仕組みを試験的に導入した際に得られた結果および知見を報告する．

心身の well-being を目指した ICT 活用観光開発
-- 静けさとやさしさと心地よさと--
Quiet Noises of Absolute Silence
- ICT-enabled Therapeutic Tourism Development -

原田 康也[1], 平松 裕子[2], 森下 美和[3]
Yasunari HARADA, Yuko HIRAMATSU, Miwa MORISHITA

[1]早稲田大学, [2]中央大学, [3]神戸学院大学
Waseda University, Chuo University, Kobe Gakuin University
harada@waseda.jp, susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp, miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

Whatever the reasons, many visitors came to Japan until the COVID-19 pandemic and related travel restrictions. As the Japanese government considers opening up the borders for inbound tourists, it may be worthwhile to consider what might be the reasons for those people to want to come to Japan and whether their expectations would be satisfied.

It is not easy for people to pin down what their reasons might be for doing this and that. It would be much more difficult to do so for millions or tens of millions of people with diverse nationalities, ethnicities, cultural backgrounds, and personal inclinations. Even so, there are some recurring issues mentioned in food and travel blogs / vlogs and other online media. Among those frequently mentioned are developed cities and protected nature in the countryside, diverse cuisine and drinks, and general hospitality and relative lack of English fluency on the part of the Japanese people.

In this Organized Session, we will mainly aim to discuss physical and mental "well-being" of prospective visitors to Japan and how we can try to fathom such issues with modern technology.

Keywords — Tourism Development, Therapeutic Treatment, Relaxation, Inbound Tourist

1. はじめに

SARS-CoV-2 の感染拡大にともない、日本でも 2020 年 3 月からオンライン授業・在宅学習・テレワークなどが話題となり、2020 年度から 2021 年度にかけて地域・職域によって違いはあるものの、広く実施されるようになった。well-being や work / life balance などはそれまでにも話題となっていたが、濃厚接触を避け、社会距離を確保する新しい社会における意義が見いだされるようになった。ここでは well-being と観光開発とがどのように関連するのか検討してみよう。

日本政府の観光振興策もあって、観光を目的とした訪日観光客数は 2019 年まで順調に増加していたが、新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）感染拡大にともなう入国制限・国際線航空便の削減などにより、2020 年と 2021 年は一気に減少し、2022 年になって 6 月より観光目的の入国制限が緩和される方向での動きがみられる[1]が、個人での観光目的の入国に対する査証発行はこれからの検討事項である。

インバウンド観光客が何を目指して日本に来るのか一概に述べることはできないが、観光飲食系の blog / vlog などを見る限り、東京・大阪・福岡などの大都市圏での生活体験と京都・奈良などの古都での観光が興味関心の中心となっている。雪質のよい北海道でのスキーなど含め、各地のリクリエーションやテーマパークも話題となることが多い。また、weebo 系の blog / vlog などからはマンガ・アニメ・コスプレ・コンカフェなどカウンター・カルチャーに対する興味だけではなく、村上春樹から三島由紀夫・太宰治あるいは紫式部まで、日本文学に対する関心も見て取れる。和洋中華の多様性と高級飲食店から廉価なチェーン店、コンビニのサンドイッチやスイーツに至るまで、食事に関して様々なものがそれぞれにおいしいという点が話題になる。客観的・疫学的に事実と認定できるかどうかはともかく、日本の食事に対して「ヘルシー」であるという印象を持っているように見受けられる。

健康志向と合わせ、心身の well-being を求めるのは旅行だけでなく学校生活・通勤・職場・日常生活も含めて現代人の一般的な傾向・性向であり、本セッションでは観光における well-being について、森林浴の効果測定などを含めて検討し、インバウンド観光客増進策に IT を活用しつつこれをどのように取り入れることができるか検討してみたい。

[1] [1] では次のようにまとめている。
日本は今月【2022 年 6 月：著者注記】10 日からガイドが同行する旅行会社のパッケージツアー参加者に対して観光目的の入国を認めるが、個人旅行はまだ認めていない。

2. 入国制限の緩和とインバウンド観光客の量的拡大

COVID-19 の感染拡大に伴い大幅な制限を行っていた日本への入国について、2022 年 6 月時点で観光目的も含めての制限緩和が話題となっている。具体的にはビザの発給、水際措置の変更[2]、航空便の再開などが焦点となるが、観光目的の入国について日本政府の方針が今一つ明確でない、具体的な手順の説明と準備が不足しているという批判もある[3]。一方、海外から日本に観光目的で入国したいという期待の声は強い[4]。

海外に在住する人たちがなぜ日本に来たいと思うのか、その理由の詳細は COVID-19 前後に何らかの変化が起こっているのかどうかも含めて、今後のデータ収集と分析がさらに必要となると思われるが、アニメ・マンガ・コスプレ・コンカフェ・ロボット飲食店などカウンター・カルチャーに対する興味関心だけでなく古民家・旅館・温泉・花火（大会）などにも関心を持たれていることがわかる。こうした多様で雑多な興味と関心から何か統一的な嗜好性と指向性を読み取ろうとすることが適切かどうかは微妙だが、客単価数万円を超える高級な寿司・懐石料理・フランス料理などの贅沢な食事に対する期待がある一方で、日常的なチェーン店やコンビニのおにぎり・サンドイッチ・スイーツなどについての興味・関心も見られ、どちらもそれなりに楽しめる点に興味を持っているように思われる。高級旅館・ハイクラスホテルからカプセルホテルやシェアハウス的な宿舎など、高くても安くてもいずれも比較的清潔・安全・安心に宿泊ができる点も含め、潤沢な予算を贅沢に使っても、ぎりぎりの予算で安価な旅行を目指しても、それなりに楽しめる点に興味を持たれているのではないかと思われる。新幹線・リニアモーターカーなどをはじめ、ハイテクが発達している一方でファクスが社会で広く使われているなど、様々な点で新しいものと古いもの、高価なものと安価なもの、両極端とも思えるものが同時に併存・混在している日本の社会の在り方そのものが、興味・関心の対象となっているものと想像できる。

こうした観点からすると、ラッシュ時の混雑の中でも比較的静粛な通勤列車の車内の在り方、大都市の一角に小さな公園があり静かで平和な時間を過ごせること、猥雑な繁華街から一歩奥に入ると閑静な住宅街が広がっていることもまた、現代の観光客の興味を引いている点であるかもしれない。日本食・和食が健康的かどうかはこれを常食としている日本人としては何とも言えないところがあるが、海外からの訪問者が一般的に持つ印象としては、日本食・和食がヘルシーで健康的であるというイメージであるようである。日本人の平均寿命が長い、肥満の割合が他の諸外国と比べて圧倒的に低いという事実などから受けている印象と、野菜・海産物が多いといった見た目から受ける印象の双方が相まって醸し出す雰囲気なのかもしれないが、日本を訪問しようと考える一つの要因となっていることは想像できる。

3. 静けさとやさしさと心地よさと

人間にとって快適に過ごすための基本的な条件は「快食・快眠・快便」という言葉からわかるように、おいしいものを食べ、ぐっすりと眠り、排便に困らないことであろう。旅行、特に外国での旅行では、このいずれも確保することが容易ではない。30 年ぐらい前は海外旅行に出るときは醤油の小瓶やインスタントラーメンやカップ麺を荷物に忍ばせるというのは一般的だったかもしれないが、近年では日本食品の流通や日本料理店の出店も増えているので短期の旅行でも長期の滞在でも、日本人が海外に出て食べるものがなくて困るという状況は深刻ではないかもしれない。それでも、旅行先の現地の食事が口に合わない、おいしい店を見つけられない、という不便を感じることはあるかもしれない。ホテルの宿泊でベッドの硬さや枕の高さが合わなくて熟睡できないという不満はなかなか解消しないかもしれない。トイレの清潔さ、トイレットペーパーの紙質の違いに唖然とすることも、いまだ皆無ではないであろう。そもそも、国・地域によって旅行者が気楽に利用できるトイレが見つからない、喫茶店や飲食店に入らないと使えない、現地通貨の小銭でチップを用意しておく必要がある、というような場合も多い。また、飲食の違いが快適な排便を妨げる場合もある。観光という楽しみのために旅行する場合、こ

---

[2] [2] では次のようにまとめている。
令和 4 年 5 月 20 日付「水際対策強化に係る新たな措置（28）」に基づき、本年【2022 年：著者注記】6 月 1 日午前 0 時（日本時間）以降、一部の国・地域からの入国者に対する入国時検査の免除等がなされます。
また[3] では次のようにまとめている。
下記（1）～（3）の新規入国を申請する外国人については、受入責任者の方が所定の申請を完了した場合、入国が原則として認められます。

[3] 参照すべき資料は限りなくあるが、[1], [4]-[6] などを参照。

[4] 参照すべき資料は限りなくあるが、[1], [4]-[8] などを参照。

うした基本的な欲求が満たされないと、経験の満足度は低くなるであろう。

すでに簡単にふれたとおり、訪日観光客の印象としては、飲食は高級でも安価でもおいしいものがあり、宿泊設備もカプセルホテルすら機能的で珍しくて泊まってみたいという感想が多く、トイレについては過剰なまでに清潔で高機能で快適という評価が一般的である。インバウンド観光客数増進の一策として、こうした日本の従来のイメージに加えて、心身の well-being に訴求することには大きな意義があると考えられる[5]。

3.1. 何もしない時間

初めての北海道旅行を計画するとき、東京から函館に飛行機で移動して、次の日に函館から札幌に鉄道で移動してレンタカーで旭川を目指すというのは大学 1 年生にありがちな間違いである。30 年前の日本人の初めてのヨーロッパ旅行というと、パッケージツアー 1 週間でロンドン・パリ・ミュンヘン・ミラノ・ローマ周遊といった弾丸旅行も多かったが、初めての日本旅行で羽田空港に到着し、Japan Rail Pass を使って一週間で東京から函館まで行き、仙台・名古屋を経て福岡まで移動して京都・大阪・奈良・神戸を見たのち、関西国際空港から出国しようというのもありがちな妄想である。

一般的な日本の社会人には想像できないような長期のバカンスを取るとされるヨーロッパの中産階級は何もしない休暇の日々に慣れているかと思われたが、日本旅行に慣れた人からの初心者に対するアドバイスには、何も行動計画を立てずにのんびりと過ごす日を用意するようにとあるところからすると、一般的な欧米人もまた、うっかりすると計画を詰め込みすぎるようである。何かをしない時間を過ごすには、日本への観光旅行が良いというアドバイスを見ると、何もしない時間を過ごすことを通じた well-being を主軸とした新しい観光開発の可能性を感じることができる。

3.2. デトックス

排泄というのはわかりやすいデトックスの典型であるが、発汗もまたデトックスにつながる。COVID-19 以前には皇居周辺も含めて早朝のランナーが目に付くようになり、ランナー用の着替え・シャワーのための施設も増えていった時期がある。ランナーズハイの生理的機序についてはいまだ諸説があり、明確には解明されていない部分があるが、心身の well-being とその自己認識にかかわることは間違いないであろう。近年ではスマホ・SNS から意図的に離れるデジタル・デトックスも話題になっているようであるが、精神的にも、カタルシス（浄化）とデトックスとは通じるところがある。身体のデトックスから精神のデトックスが得られれば、まさに therapeutic relaxation となる。

3.3. Therapeutic noise

Youtube で relaxation について検索すると、森林の音響景観をそのまま紹介する映像音声作品[6]が多く見つかる。ピンクノイズ・滝の音・鳥のさえずり・虫の声などの聴覚的刺激や炎の揺らめきや木漏れ日などの視覚的刺激の癒し効果と 1/f ゆらぎなどが話題になって以来 40 年以上経過した。一方、都会の喧騒から離れて山の中に来たにも関わらず、キャンプが人声でうるさくて落ち着かず、静かな都市部に戻りたくなるという報告もあるようである。yoga / fitness 関連の癒しについて healing というキーワードも目に付くが、オーストラリアのアデレードに寄贈された日本庭園についての説明[7]にある therapeutic というキーワードが印象に残る。

3.4. 人間の手がいまだ触れていない[8]

観光開発は生活環境・自然環境を破壊する要素と可能性があり、現地にとって良いことか悪いことか二律背反的な側面がある。海外から見たとき、日本は科学技術が発達した近代的都市を中心とするイメージもあるが、広大な山林地帯や島嶼部など、未開発の自然が広がっているという印象を受ける人たちもいる。子供のころ見たアニメの記憶から屋久島を訪問したというような話題を見ると、well-being をキーワードとする聖地巡礼の新しい可能性を感じ取ることができる。

4. ICT の活用

日本では多くの家庭に体温計があるのが一般的で、近年では血圧・脈拍などを測る安価な機器も出回っている。また、COVID-19 以降、血中酸素濃度を測る機器を自宅に備える場合も多くなっているであろう。携帯用にスマホ・スマートウォッチ・各種ウェアラブル機器を用いて、体温・血圧・脈拍・血中酸素濃度に加

[5] こうした well-being を中核とする観光には medical tourism も考えられるが、日本の医療制度が観光目的の短期滞在者にとっても自国での医療より安価で優れた医療をもたらす可能性があることの功罪についての議論はひとまず棚上げして、直接的な医療行為以外の側面での well-being を考える上でのいくつかのキーコンセプトについて検討してみよう。

[6] 参照すべき資料は限りなくあるが、[9]-[13] などを参照。

[7] [14] 参照。

[8] [15] の邦訳 [16] のタイトルは「人間の手がまだ触れない」。

え、簡易的に脳波を測定する装置など利用して、心身の状態を数値で把握できると、どのような環境で各自がどのような状態となるかなどを簡易的に計測することが可能となってきている。こうしたICTを活用した測定方法を活用することで、心身のwell-beingを調べ、therapeutic relaxationの実態を明らかにすることで観光開発を促すことができるかもしれない。

5. 本Organized Sessionの進行予定

本稿執筆時点で本organized sessionは2022年9月10日09:30開始・11:30終了と予定されている。以下のタイムテーブルを目安として進める。

09:30-09:50	基調講演：原田康也・平松裕子・森下美和 心身のwell-beingを目指したICT活用観光開発：静けさとやさしさと心地よさと
09:50-10:10	企画講演：上田一貴 マインドワンダリングと脳のデフォルトモードネットワーク
10:10-1030	企画講演：平松裕子・伊藤篤 森林観光を促進するアプリケーションの研究開発：奥日光国立公園における実証実験
10:30-10:50	公募発表：Chansawang, Rochaporn Integrated Tourism Activities to Forest Bathing Trip
10:50-11:10	企画講演：森下美和 台湾の意味景観調査に向けて
11:10-11:30	全体討議：参加者全員

謝辞・注記

本稿の執筆ならびに本organized sessionの企画と開催に当たって、著者たちは以下の科研費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(C)：課題番号 22K12598『言語景観観察に基づく文化情報伝達の研究及び応用：掲示から文化認知へ』（研究代表者：平松裕子）
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 20K00822『英語教育に生かす言語景観研究：誤用分析と異文化コミュニケーションの観点から』（研究代表者：森下美和）
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 18K11849『ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現』（研究代表者：平松裕子）
- 科研費基盤研究(B)：課題番号 17H02249『ICTによる観光資源開発支援：心理学的効果を応用した期待感向上』（研究代表者：伊藤篤）

参考文献等

[1] 東京聯合ニュース, 「ノービザ入国再開はいつ？観光ビザ求め日本の韓国大使館に長蛇の列」, 2022年6月3日. https://news.yahoo.co.jp/articles/4f7f63e6c79a39571ff51efd1708f6ae627684ab
[2] 外務省, 「本年6月以降の水際措置について」, トップページ > 海外渡航・滞在 > 国際的な人の往来再開に向けた措置について https://www.mofa.go.jp/mofaj/ca/cp/page22_003380.html
[3] 経済産業省, 「(2) 外国人の新規入国について」, ホーム 新型コロナウイルス感染症関連 国際的な人の往来再開の段階的措置について https://www.meti.go.jp/covid-19/ourai.html
[4] Opening of Japan? NOT for a while... https://www.youtube.com/watch?v=M8SugFh-lVY 2022/07/1
[5] How to Travel to Japan (June 2022) https://www.youtube.com/watch?v=HEGtjvlM6m8 2022/06/15
[6] Japan is Finally Open to Tourists! Kind of.... (Update on Japan's Borders June 2022) https://www.youtube.com/watch?v=MnI42rOo4as 2022/06/01
[7] Japan Reopens* for Tourists? WHAT YOU NEED TO KNOW | Japan Travel Update 2022 https://www.youtube.com/watch?v=KMZ4hwJhtNU 2022/06/02
[8] RIGHT NOW is the BEST TIME to TRAVEL to JAPAN 2022/05/24 https://www.youtube.com/watch?v=gyUS6GwtSlM
[9] 【自然音・癒しの音】風の音・小鳥のさえずり・森林浴／バイノーラル録音・Nature sound https://www.youtube.com/watch?v=kkeIJtnl--8 2021/11/18
[10] Bird Songs - 8 HOURS of Birds Singing in the Forest - Nature Relaxation Video in 4K Ultra HD https://www.youtube.com/watch?v=Nmmsl2X_--U 2018/08/04
[11] ♫ 乾淨無廣告 ♫ 療癒海邊柴火聲 / 白噪音 - Relaxing https://www.youtube.com/watch?v=nzugNBTN6_4 Campfire at a Lake 2022/07/03
[12] 【ASMR 風】1 時間 自然音 落ち着く森の音 1hour Nature Sounds of a forest for Relaxing https://www.youtube.com/watch?v=Z76yszlGWCk 2018/08/09
[13] 【2020 年】森林浴の自然音とソルフェジオ周波数 528Hz 単音の癒やし効果でリラックスできる環境音【睡眠、瞑想用】 https://www.youtube.com/watch?v=Vyox3mVYOc8 2020/04/30
[14] Japan DONATED This Garden FOR FREE! https://www.youtube.com/watch?v=jQsFRVqEvOk 2022/04/29
[15] Robert Sheckley, *Untouched by Human Hands*, Ballantine Books, 1954.
[16] ロバート・シェクリイ著, 稲葉明雄他訳, 「人間の手がまだ触れない」, ハヤカワ文庫；SF, 早川書房, 2007年1月.

マインドワンダリングと脳のデフォルトモードネットワーク

上田一貴（東京大学）

Keywords: Mind Wandering, Default Mode Brain Network, Creativity, Relax

これまでに取り組んだことのないような難しい課題に取り組む際，長い時間をかけて論理的に考えても良いアイデアが思い浮かばず，週末の観光などの余暇活動でリラックスして，ぼんやりとしている時にふとした瞬間に思いがけずアイデアがひらめくといったことを我々はしばしば経験する．これは，中国・北宋時代の欧陽脩がひらめきの三上（馬上，枕上, 厠上）と述べたように, 集中して課題について考える状態から一旦離れて, 課題以外の, 特に自分の内面に注意を向けている状態で，突然解が得られる「ひらめき」が生じていると考えられる. 課題とは関係のないとりとめもないことを考え，ぼんやりとして心がさまよっているような状態は「マインドワンダリング」と呼ばれる．近年，マインドワンダリングをすることによってアイデアの創出数が増えるなど創造的思考に促進的な効果がみられることを示す研究が増えてきている．マインドワンダリングが起こっている時の脳活動を機能的磁気共鳴画像法（functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI）を用いて測定すると，デフォルトモードネットワークと呼ばれる記憶に関わる複数の脳領域（前頭前野内側部，側頭葉, 後帯状回など）が活性化する．マインドワンダリング時には，デフォルトモードネットワークが活性化し．数多くのアイデアや一見して結びつかないような記憶情報が結びついた新しいアイデアを創出することに寄与している可能性が考えられる．本講演では，マインドワンダリングを行っている時のデフォルトモードネットワークの脳活動についての研究を概観し，観光などの余暇活動の効用について脳科学的な観点から考えたい.

森林観光を促進するアプリケーションの研究開発 －奥日光国立公園における実証実験－ Research and Development of an Application to Promote Forest Tourism -An Experiment in Oku-Nikko National Park-

平松 裕子† 伊藤 篤† 長谷川まどか‡ 上田 一貴‡† 佐々木 陽‡‡
Yuko Hiramatsu, Atsushi Ito, Madoka Hasegawa, Kazutaka Ueda, Akira Sasaki
†中央大学, ‡宇都宮大学, ‡†東京大学, ‡‡株式会社GClue
Chuo University, Utsunomiya University, The University of Tokyo, GClue.Inc.
susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp

概要

Tourism, which has expanded with the development of transport, is being forced to undergo significant changes: for safe travel after COVID-16, small-group tourism is being promoted. The SDGs will also promote environmental protection. Japan has had a tradition of "forest bathing," which is said to positively affect both body and mind. That is suitable for new tourism. Guides are not always possible to arrange for small groups. Using a smartphone for walking beginners and getting information about the area would be beneficial. However, the signal conditions of mobile phones are not good in the forest. Therefore, a smartphone application using Bluetooth Low Energy (BLE) Beacons with solar panels was developed in Nikko National Park.

We had an experiment to evaluate our application. In addition, we used simple EEG measurement devices while walking and measuring the degree of relaxation for forest bathing.

キーワード: BLE ビーコン, 観光, 森林浴, 簡易脳波計測, モバイルアプリケーション

1. はじめに

1.1. 時代の急務としての森林保護

世界の森林面積は約 40.3 億ヘクタールで，全陸地面積の約 31%を占めている．しかし，環境省然環境局によると，世界の森林は減少を続けており，毎年 520 万ヘクタールが減少していると言われる（2000 年から 2010 年までの平均）[1]．この森林減少の主な要因は世界的には農業開発であるが，住民にとって農業開発により得られる利益は大きい．日本の宅地開発などによって森林が減少することもある．いずれの場合にも森林保護はそれらと同等，あるいはそれ以上の利益を彼らにもたらすだろうか．森林の育成を行うためには，他地域の大義のために地域住民の利益を損ねるのではなく，参画することで自らも利益を得られ，積極的に森林保護に乗り出す仕組みが必要である．

本稿では，森林保護という地球課題を考える際に，コロナ後の観光としても注目の集まる自然の中の観光，特に森林浴を扱う．これは，over tourism を解消し，ポストコロナの観光として国連世界観光機関（UNWTO）の新ガイドライン（Global Guidelines to Restart Tourism，2020.6[2]）にも則した自然環境の中を小グループで散策する，新しい観光である．観光産業の振興と絡める利点は観光客の流入によって現地の人々に収入があるだけでなく，人々に森林は耕作の邪魔になるものではなくそれ自体が意味ある資源となるという認識をもたらす点にある．また観光情報の中に自然の情報を入れ込むことで，森林の重要性，そこに生きる生物の多様性を尊ぶ姿勢を訪れる観光客の側にも培うことができる．また森林浴はストレス軽減に効果があると言われ，森林そのものの力を肯定する点も単なる散策以上の意味を持つ．現代のストレス社会においても潜在的な需要を見込める観光である．

一方で森林保護を行うために無尽蔵に観光客を流入すれば良いのではなく，森林を壊さない観光をどう作るか．これも研究課題である．少人数の観光を考える際，森林に関する情報をツアーガイドが１つ１つ行うのは現実的ではない．IT による情報補完，またその仕組みを使用した観光客の導線の誘導を考えていく．

2. 先行研究

2.1 BLE Beacon

スマートフォンの普及により，Bluetooth は様々なアプリケーションで広く利用されている．短距離で使用する安価な無線ツールである．位置情報サービスなどの実用化が進み，LE Audio の実装が期待

されている．日本では，位置情報の測定に関してはより詳細な検討が進められている（K. Omura， T. ManabeT，2021[3]）．また，軽量・小型の Bluetooth デバイスをネズミの脳に接続し，脳組織の神経細胞の活動を直接とらえたチーム（井戸川慎之介，山下浩二他，2021[4]）もある等，広域において使用されている．従来の諸研究，実装の中で，我々の研究は屋外の自然環境下における長期間使用という点が特徴的である．

2.2 森林浴効果測定

日本においては森林浴は体に良い影響を与えるとされており，国外でも“Shinrinyoku”，“Forest Bathing”と言われ，例えばＴＩＭＥ紙 [5]にも取り上げられている．その効果は単に感覚的なものではなく，国内における森林浴の研究では，20 分程度であっても，身体面では，血圧，脈拍，唾液中コルチゾール等のストレスホルモンの低下，副交感神経活動の昂進，交感神経活動の低下が見られると報告されている（小山，2009 [6]）．また，心理面では気分の改善があり，ポジティブな感情や回復感が高くなると言われ，森林の大気分析を行い，樹木から発散されるテルペン類などフィトンチッド成分を測定した研究報告もある（武田，2009 [7]）．

一方で，これらは森林の天候や被験者の個人的な要素に影響される点も多い（高山，2012 [8]）と指摘される上，特に生理的な部分に関して測定方法も煩雑なため，汎用とできるような規模の調査には至っていない．それぞれの測定手法における被験者数としては 10 名前後のものも多い．つまり，被験者数，調査環境の地域差，個人差の検討において未だ課題があり，より多数，広域の研究の必要がある．

また，森林浴の効能を観光開発に結び付けるとしても，持続可能な観光として位置づける必要があり，この点に関わる研究は稀有である．地域の観光資源としての森林をどう観光客に伝えるか，より積極的な方策が望まれる．

2.3 日光におけるこれまでの調査実証結果

我々は，2014 年からの総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)の委託研究を皮切りに，日光の駅前から日光東照宮に向かう道にビーコンを設置し，メインストリートに外国人観光客向けの文化情報を提供するアプリケーション（以下，アプリ）を開発し，改良と検証のため，一連の調査研究を行ってきた [9，10]．例えば，伝統的な商店は，扉が引き戸で，店内はあまり明るくない．この外観は日本の伝統的なものである．外国人観光客は店の前を素通りしていくが，アプリ使用により，シグナルを受け取り，和風な店や日本の伝統的な情報，季節の情報などを知ることができる．また言語景観調査も実施し，沿道に展開される観光客への情報に関して考察を進めた．歩きスマホが課題となる中，当初のスマートフォン利用から，スマートウォッチでの表示展開も可能にした（図 1 参照）．

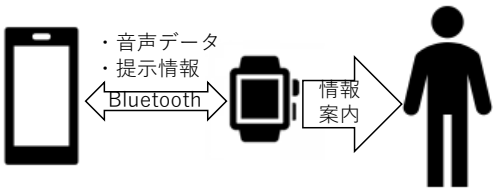


図 1 スマートウォッチ使用の際の構成

インターネット上には，さまざまな情報が既に展開されている．しかし，その多くは観光客が書いたものである．一方，日本の老舗の店主は，その土地の歴史や文化を熟知しているが，検索上位に彼らの情報が必ずしものぼるとは限らない．このような情報を現地で積極的に展開するためには Bluetooth 使用の現地アプリが有用である．

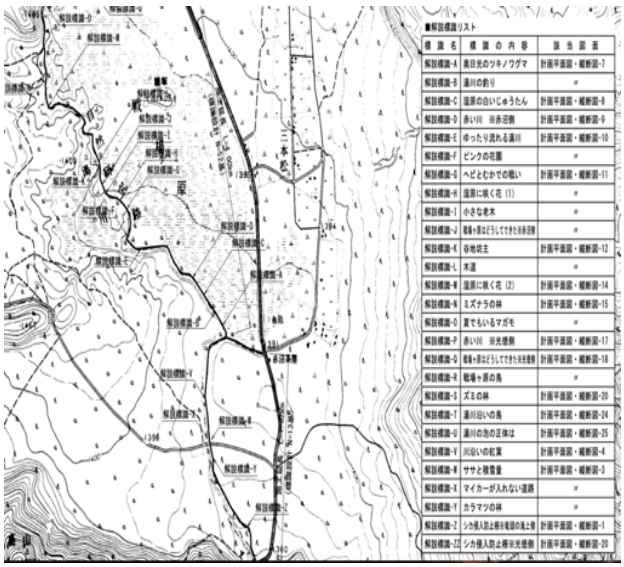


図 2 解説表示位置図より

そして，第 2 段階として，2017 年から日光国立公園の戦場ヶ原で，日光国立公園管理事務所の協力のもと，BLE Beacon の利用実験を行っている[11]．奥日光は第 1 段階よりも標高が高く，気温も低い．冬

図 3　道標に設置した BLE Beacon 及びアプリケーション画面

の積雪も課題である．この環境においても実証を重ね，BLE Beacon 使用のアプリを作動させている．図２に記載のある解説標識，また図３（赤枠）のように，道標にビーコンを設置した．

（なお, このアプリは「奥日光ナビ」として iPhone の App Store でインストール可能である.）

3.　奥日光における実証実験

3.1 実証実験の目的

奥日光の戦場ヶ原を対象として，開発した散策のためのアプリ「奥日光ナビ」（図 4 参照）の評価及び軽量脳波センサーを使用した森林浴の有効果測定を行う．

今回の実証では，簡易脳波計を装着しα波とβ波を検出する．最終的な目的はアプリにこの脳波測定結果をリアルタイムで反映させることであるが，今回はまずその第１段階として森林散策中に脳波測定が行え，リラックスしているか測定をしてみるということである．

図 4 奥日光ナビのコンテンツ展開（図鑑ー花）

森林浴は体に良さそうだし気分がいい曖昧な感覚だけでなく，観光客が直接目に見える形でその場で実感できるような仕組みにまで落としこむための足掛かりである．自然の中を歩くことは健康を求める人にとってどのような効果が期待できるのか．実証実験としては成り立っても，一般観光客に応用できるものは未だ確立していない．観光客が自分の健康に良いと実感でき，SNS でも発信可能な情報に落とし込めれば，それは次の観光客を誘致する要素となり得る．

なお，技術面での課題としては国立公園内の厳しい自然環境がある．森林環境が Beacon に与える影響である．高所にあり，気候が変わりやすい．この地域はラムサール条約に批准している湿地帯で，Beacon の箱が結露してしまうこともある. 冬は雪が降り，夏は葉が茂り，太陽光が届きにくくなる．街中では 80m の範囲で BLE Beacon が情報を提供した．しかし，我々の予備実験の中では戦場ヶ原では 20～1m 程度しか電波が届かなかった．

そこで，ソーラーパネルの選定や防水処理など数回の改良を加え，安定稼働に向けて準備を進めている．電波が届く範囲は変わらないが，情報が取得できれば，届く範囲が狭いことはバス停への距離などはむしろ正確性に益する．今回はこのような改良点を施したアプリの作動状況も調査目的である．

3.2 実験概要

2021 年 8 月に Beacon の動作確認とアプリのコンテンツ評価のための実験を行った．

また，アプリとは別に，森林浴の効果を定量的に測定した．バンダナに取り付けた軽量な脳波センサーを使用し脳波測定を実施した．

実証期間：2021 年 7 月 31 日～8 月 2 日
参加人数：10 名(平均年齢 20.6 歳)

事前アンケートでは，森の散策が好きだと回答している．しかし，そのうち 6 名は 1 日の運動時間が 0～1 時間であると回答している．まず，参加者全員がアプリを使用し，その後，別れて，脳波センサー（図 3 参照）を装着したバンダナをつけて，GPS も測定しながら森林浴を行った．（図 5 参照）

図 8　脳波センサー付きバンダナ及び GPS 装置

(1) アプリ評価(n=10)

アプリ評価は, 機能ごとに 5 段階のリッカート尺度で実施し，結果は平均して 3.88/5.00 であった．図 6，図 7 に 2 つの結果を示す．図 7 天気が満遍なく高評価を得ているのに対し，図 6 ビーコンポイントの反応速度は, 場所によって 10m 近く手前から反応したり，真正面から反応したりするため，反応速度評価が低かった．この点は，Beacon の性質上，改善が難しい．しかし，図鑑の情報やバス停までの距離などは数メートルしか離れておらず，観光客にとって特に問題はないと考えられる．

(2) 脳波測定　(n=4)

1 グループでのウォーキング

時間：9:45～11:50

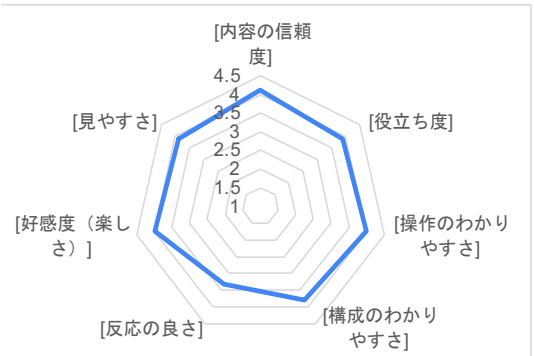


図 6 アプリ評価　ビーコンポイント

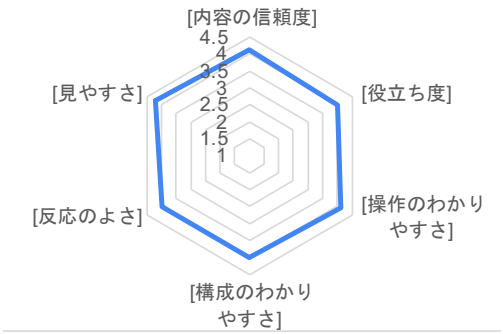


図 7 アプリ評価　天気

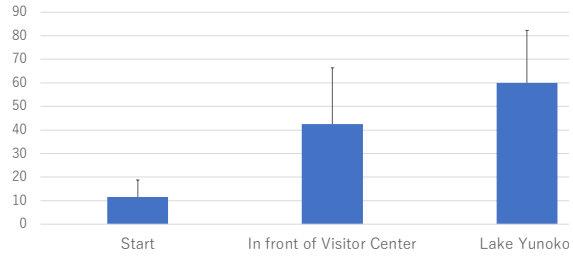


図 5　スタート時から湯の湖到着時の覚醒度%（主観評価）

天候 晴れのち曇り

気温：27.3℃～24.8

湿度：60%前後

森林浴の効果については，主観評価として PANAS（Positive and Negative Af-fect Schedule）を用いた．データ数は少ない（4 名）ものの，主観評価では，ウォーキング開始時に比べて森林浴後覚醒度が向上していると被験者は回答した．t 検定の結果，t(3)=0.007，　p>0.05)であり，有意差が認められた(図 8 参照).

4 名のうち 1 名の脳波がうまく測定できておらず，3 名に関してではあるが，脳波測定結果を図 9 に示す．統計処理を行うには至らない総数であるが，森の中，滝の横を歩き，立ち止まって自然の中に身を置くとα波（青色）がβ波を上回る箇所が見られ，いくつか特に 3 名にα波の上がる地点が見られた.

なお，この 3 名に関しては比較のために渋谷ハチ公前から NHK に至る道を歩く実証を行った.(2022 年 6 月 25 日気温 34℃，湿度 62%，晴天）ビルや

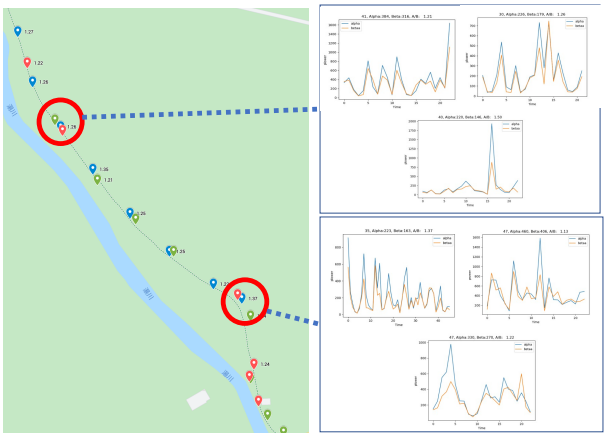


図 9　4 人中 3 名の脳波測定（青:α波，赤:β波）

車が多く 車の音や店から漏れる音など, 様々な音が聞こえる．必ずしも測定結果は同じ傾向は示さず，α波とβ波がともに大きく動き活発な脳波が見られる被験者と，β波が細かく高く動く緊張が見られる被験者がおり，戦場ヶ原との相違が見られた.

4. 結論

店舗情報を知るためのアプリ開発を土台に，奥日光において情報不足を補うだけでなく，森林浴の良さを積極的にアピールするためのアプリ開発を目指し，実証を開始した.

実証の結果，現在展開中のアプリ「奥日光ナビ」は問題なく作動し，一定の評価を得られた.

一方で今後アプリに反映を目指す森林浴に関しては，その効果は脳波測定結果からリラックスした状態が観測されたが，データ数がまだ少ない.

また，考慮点として明記すべきは，この実験はCOVID-19 下で実施したため，参加者はマスクをつけていた．森林浴の効果のひとつに香りがあると言われているが，今回は効果は測定できなかった．マスクを外した際の嗅覚を加味した測定の必要もある.

簡易脳波測定器の装着に関しては，実証時のバンダナ着用でも測定はでき，人通りの多い渋谷でも人目を引くこともなかった．手軽な，使用可能な装置であることが確認できた.

今回の実証で観光客に森林浴の効果を実感してもらうことで，森林浴の効果を測定するという目標に一歩近づいた.

引き続き実証を重ね，観光客が森を歩くことの良さを実感できるようなシステムを開発し，森林ツーリズムを技術面からもサポートしていきたいと考える.

謝辞

本研究は科研 17H02249, 18K111849, 20H01278, 20H05702, 22K12598,の助成を得て実施された.

文献

[1] 環境省然環境局　自然環境計画課,「国際的な森林保全対策 / 世界の森林の現状」 https://www.env.go.jp/nature/shinrin/index_1_2.html

[2] UNWTO，(28 MAY 2020) “GLOBAL GUIDELINES TO RESTART TOURISM”， https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-05/UNWTO-Global-Guidelines-to-Restart-Tourism.pdf

[3] Omura K. and Manabe T. (2021.2), “Performance Evaluation Using Plural Smartphones in Bluetooth Low Energy Positioning System”, EICE Trans. Fundamentals, vol. E104-A, no.2, pp.371-374，.

[4] 井戸川 槙之介, 山下 幸司, 三田 理央毅, 沼野 利佳, 鯉田 孝和, 河野 剛士, (2021),「Bluetooth-low-energy 技術を用いたマウス脳用無線計測システム」Sensors and Actuators B: Chemical， Volume 331， 15， https://www.kushiro-ct.ac.jp/library/kiyo/55/14.pdf

[5] QING LI,（2018）, “Forest Bathing’ Is Great for Your Health. Here’s How to Do It”, TIME, MAY 1, 2018 EDT https://time.com/5259602/japanese-forest-bathing

[6] 小山 泰弘, 高山 範理, 朴 範鎭, 香川 隆英, 宮崎 良文, (2009),「森林浴における唾液中コルチゾール濃度と主観評価の関係」, 日本生理人類学会誌, 14 巻, 1 号, p. 21-24

[7] 武田 淳史, 近藤 照彦, 武田 信彬, 岡田 了三, 小林 功, (2009),「森林浴の癒しと健康増進効果について」, 心臓, 41 巻, 4 号, p. 405-412,

[8] 高山 範理, 香川 隆英, 注意回復理論を用いた回復環境としての森林環境の機能に関する研究, ランドスケープ研究, 2013, 76 巻, 5 号, p. 539-542,

[9] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato at al, (2017), “Outdoor Studying System Using Bluetooth Low Energy Beacon-To Feel Cultural Sites-”, LCT 2017: Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems pp 340–352

[10] Atsushi Ito, Akira Sasaki et al,(2019), “A Study on Navigation System Using BLE Beacon for Sightseeing”, 23rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), pp301-306

[11] Atsushi Ito, Akira Sasaki et al.(2022), “Designing sightseeing support system in Oku-Nikko using BLE beacon”, 18th International Conference on Computer Aided Systems Theory, pp141-142

Integrated Tourism Activities to Forest Bathing Trip

Rochaporn Chansawang[1]
Yuko Hiramatsu[2]
Atsushi Ito[2]
Sukhothai Thammathirat Open University[1]
Chuo University[2]
Rochaporn.cha@stou.ac.th

Abstract

Mindfulness is a way of dealing with stress that uses a variety of techniques. According to the impact of coronavirus disease, 2019 (COVID-19) which has changed tourists' priorities, values, and behavior, traveling as safety and healthier become a high priority. However, tourists' demand had been increasing after the COVID-19 expended for several years with a preference for natural areas and rural environments, offering authentic and regenerative experiences. Therefore, forest bathing is likely to be positively affected by the pandemic.

In the Thai context, forest bathing is also unclear for people to practice which is different from Japanese people. Since forest bathing is deeply rooted in the lives of Japanese people, who understand its health promotion effects empirically. Applying tourism activities to promote forest bathing in Thailand could be an opportunity not only to promote the concept of connecting with nature but also to create a new type of tourism products such as forms of wellness tourism, ecotourism, food tourism, agritourism, and rural tourism to inspire people to travel in post-COVID-19.

Keywords — Forest bathing, Mindfulness, Tourism Activity

1 Introduction

Mindfulness was attracting attention worldwide as a way to rest the weary body and mind after the impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) which has presented in the society with greater and potentially enduring mental health challenges. With the restrictions and limited opportunities for social interaction, and uncertainty around evolving circumstances.

COVID-19 has changed tourists' priorities, values and behavior, and travelling as safety and healthier as possible is now a high priority. The tourist preferences are shifting to less crowded tourist destinations, and in particular to rural, nature-based locations. Their awareness of the environmental and social impacts of their travel choices is a trend that had started before the pandemic (UNWTO, 2021).

According to the Global Wellness Tourism Economy (Global Wellness Institute, 2018), the global tourism market is expected to grow from about $639 billion in 2017 to $919.4 billion in 2022, mainly Asia and the Middle East. The integrated wellness market is expected to grow by USD 1.3 trillion by 2024. This could offer valuable opportunities for natural-based areas (Global Wellness study, 2021). Moreover, travel restrictions imposed by countries during the COVID-19 pandemic, demand has been increasingly oriented towards domestic and proximity tourism, with a preference for natural areas and rural environments, offering authentic and regenerative experiences. If well managed, these choices can represent opportunities for forest recreation. Within the leisure sector, the forest bathing is likely to be positive affected by the pandemic (UNWTO, 2021).

Forest bathing, as the Japanese practice of shinrin-yoku (森林浴) or Arppa (อาบป่า) in Thai, has not only become a new wellness trend, but also a great potential for deeply immersive tourist experiences. Forest bathing is becoming increasingly popular worldwide (UNWTO, 2021). Forest bathing as a structured, mediated practice is considered to be one of the most accessible ways to reconnect with the nature world (Farkic, Isailovi, and Taylor, 2021).

Konu's (2015) suggest the concept of Forest-based wellbeing tourism that a practice of consuming natural resources with healing power, as well as providing tourist with pleasurable, comfortable and luxurious experiences. While there is a wealth of studies examining the positive effects of forest bathing focusing principally on its medical benefits, however forest bathing also was suggesting its has potential to offer a profoundly mindful experience

(Farkic, Isailovic, & Taylor, 2021).

2 Forest bathing in Thailand

Forest bathing was introduced in Thailand for several years before COVID-19. As a new concept, forest bathing facilitator is necessary, especially for tourist who are interesting in forest bathing but for people who heard the work forest bathing in the first time or unexperienced about this concept. On one hand, people who walk or view the forest alone without a guide or self-guided forest therapy provides an opportunity for self-reflection to focus on and think about one's inner self. On the other hand, guided forest therapy programs provide positive emotional changes and promoting social bonds through interaction with others. Therefore, because the effects that can be obtained vary depending on the type of forest therapy, participants can utilize forest healing to suit the desired outcomes (Kim and Shin, 2021).

Forest bathing is still new in Thai society. Interesting for not only people who want to go to forests to calm their minds and relieve stress. While forest bathing concept was publicized by doctor, academic, environmental foundation, family forest, community forest including public and private organizations that interest in this concept, forest bathing also was applied in tourism product but still limited within few tour operators and accommodations such as homestay and resort as a niche market. Providing the information, guideline, or facilitator needs to be introduced in order to allow the tourists connect to the nature. Especially for those who has a first-time experience in forest bathing. Forest bathing tourism in Thailand allowed the tourist to go out to the forest or green space where the forest bathing facilitator can invite the tourist slowly walk, notice their senses through sight, hearing, smell, taste, and touch. Sometime listen to the bell, concern to the breath, and yoga could apply for grounding techniques. Forest bathing facilitator plays an important role in helping the tourist to exposure the nature connection. Figure 1 shows the example of forest program in Thailand and Figure 2 shows some photos during

7.00 meet at Bangkok
10.00 arrival and meet the forest bathing facilitator at the border of Khaoyai National Park in Nakornnayok
Start orientation give lunch box and water to the participations
Walk to the forest around 30 minutes – 1 hour
Learn about nature around in that area
Practice connects to the nature by 5 senses (sight, smell, hearing, taste, touch)
12.00 everybody selects their sit spot and spent time alone for 1.30 hour
13.30 start group discussion which participants to talk and reflect their opinion including A&Q
15.00 go back to the car and go back to Bangkok
18.00 arrival in Bangkok

Figure 1 Example of Forest Bathing Program in Thailand

Figure 2 Photos during Forest Bathing

forest bathing in Thailand.

However, forest bathing is still new and ambiguous in Thailand, most of forest bathing service providers created their own patterns without standard or any organization to set the concept of forest bathing for forest health and recreation policy, while forest bathing based and training facilitator of forest bathing and forest therapy guide by public sector in Thailand like other countries such as Japan, South Korea, China, USA, Australia, and Canada (Kotte, Li, Sop Shin, and Michalsen, 2019). In Table 1, the context of forest bathing and forest therapy in various countries are listed. In Thai context, forest bathing is also unclear for people to practice which

Table 1 Context of Forest Bathing and Forest Therapy in Various Countries

Country	Context of Forest Bathing and Forest Therapy
Japan	In 1982, the Japanese government introduced the concept of Shinrin-yoku or forest bathing. Since then, Japan has been at the forefront of scientific investigation into the links between forests and human health. Recently 62 designated forest therapy areas (Forest Therapy Base and Therapy Road).
South Korea	Forest-bathing, known in Korean as 'salim yok', is taken extremely seriously by the government and the Korean population. In 2014, the government invested $140 million dollars in establishing a National Forest Healing Centre, and in 2015 the Law on Forest Welfare Promotion was enacted by the National Assembly. Recently, there are 37 Forest Healing area/Forest Therapy centers.
China	Forest therapy activities in China include forest rehabilitation and recreation, forest healthcare, forest tourism, forest experiences, and forest wellness. The commonalities among these activities are the forest environment, which provides the setting, and the goal of health promotion, while the differences are the paths used to achieve the goal.
USA	In 2012, the Association of Nature and Forest Therapy Guides and Programs (ANFT). ANFT's mission is to develop and disseminate the practice of forest therapy. It now has trained over 600 guides, who are currently conducting forest therapy walks and workshops in 46 countries across six continents.
Australia	Since 2016, several cohorts of Forest Therapy Guides have completed their training administered by the Institute of Forest Therapy (IFT) under the auspices of The International Nature and Forest Therapy Alliance (INFTA). INFTA has established itself as the leading voice for Forest Therapy in Australasia and continues to harness its collaborative partnerships to advocate for Forest Therapy to become the preferred preventive health practice for all Australians. The health and wellbeing outcomes of its people may be determined by better access to parks, and trails which support Forest Therapy in its natural landscapes, forests and bushland. Healthy Parks Healthy People originated in Australia and is now a global movement that harnesses the power of parks and public lands in contributing to a healthy civil society.
Canada	Working on forest therapy from three aspects of 1) the development of forest therapy industry and its policy around the world, particularly in Japan, Korea, China, the United States and Canada; 2) Forest therapy activities related to physiological and psychological effects on different targeted groups; and 3) The key elements tied to forest environments, such as negative ions, chemicals, and landscape/soundscape/lightscape and their impact on human health.

different from Japanese people. Since forest bathing is deeply rooted in the lives of Japanese people, who understand it health promotion effects empirically. Nature walks have been part of the lifestyle of all ages in Japan (Plevin, 2018; Oe and Yamaoka, 2021).

3 Conclusion

However, applying tourism activities to promote forest bathing in Thailand could be the opportunities not only for promote the concept of connecting with nature but also crate new type of tourism product consisting of five elements of the physical plant, service, hospitality, freedom of choice, and involvement (Smith, 1994). Combined with tourism resources in Thailand which different from original background of Shinrin-yoku. It might be possible to create more tourism package in forms of wellness tourism, ecotourism, food tourism, agritourism and rural tourism in order to inspiration people to travel in post COVID-19.

This study concerned that:

1. What kind of tourism activity could apply to forest bathing trip?
2. When is the appropriate time to add other tourism activities to forest bathing trip such as before, during, or after the process of forest bathing activities?
3. In order to apply other types of tourism activities to forest bathing program, the effect of physical and phycological for mindfulness are still exit or in which level?

References

[1] Farkic, J., Isailovic, G., & Taylor, S. (2021). Forest bathing as a mindful tourism practice. Annals of Tourism Research Empirical Insights, 2(2), 100028.

[2] Global Wellness Institute. (2018). 2018 Global Wellness Economy Monitor. Retrieved from https://globalwellnessinstitute.org/industryresearch/2018-global-wellness-economy-monitor/

[3] Global Wellness Institute. (2021). The Global Wellness Economy: Looking Beyond COVID. Retrieved from https://globalwellnessinstitute.org/pressroom/press-releases/2021gwiresearchreport/

[4] Hansen M.M., Jones R., and Tocchini K. (2017). Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. Int J Environ Res Public Health. 14(8): 851.

[5] Kotte, D., Li, Q., Shin, W. S., & Michalsen, A. (Eds.). (2019). International Handbook of Forest Therapy. Cambridge Scholars Publishing.

[6] Oe, H. and Yamaoka, Y. (2021). An exploratory discussion of the forest bathing effect in a disruptive environment: inbound tourism and Japanese nature. In: Japanese Society of Travel Medicine, 10-11 April 2021, Tokyo (online).

[7] Plevin, J. (2018). From Haiku to Shinrin-Yoku: A brief history of forest bathing. Retrieved from https://foresthistory.org/wpcontent/uploads/2019/06/3-Plevin_Forest_Bathing.pdf

[8] Smith, S. L. (1994). The tourism product. Annals of tourism research, 21(3), 582-595.

[9] UNWTO. (2021) Mountain tourism – Towards a more sustainable path. Rome, FAO, Retrieved from https://www.eunwto.org/doi/epdf/10.18111/9789284423163)

台湾の意味景観調査に向けて
Towards a Survey of Semiotic Landscapes in Taiwan

森下 美和

Miwa Morishita

神戸学院大学
Kobe Gakuin University
miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

This research focuses on a survey of semiotic landscapes in Taiwan and reports on the results of its analysis, noting similarities and differences with similar surveys conducted in various parts of Japan as well as in the English-speaking, multi-ethnic city of Melbourne and other cities in Australia. The author has been conducting her research with the expectation that she will learn about the various approaches to well-being in daily life in Taiwan, where people seem to have a high level of awareness of health and the global environment.

Keywords — Semiotic Landscape, Multilingual Translation, Non-native Expression, Tourism

1. はじめに

著者は，2021 年度から 2022 年度にかけての在外研究の一環として，オーストラリアと台湾で調査・研究を行ってきた．オーストラリアではシドニー，メルボルン，ブリスベンという最も人口が多い 3 大都市，台湾では首都である台北ならびに著者が訪問学者として滞在する国立清華大学のある新竹の 2 都市を中心に言語景観調査に関するフィールドワークを実施するというものである．具体的には，路上の案内表示（道路標識, 注意書き, お知らせ), 店舗内外の表示（メニュー, 求人案内）などに見られる言語表記を記録・分析している．

当初は，台湾の国立清華大学を拠点として，オーストラリアの複数の都市でのフィールドワークでデータを収集し，主に英語学習用の教材開発の準備とする予定であったが，台湾は新型コロナ感染症拡大防止措置として各種ビザの発給を停止していたため，日本国内での待機を余儀なくされた．その後，オーストラリア政府が, 2021 年 12 月より日本, 韓国, シンガポール, ニュージーランドの 4 か国からの入国を認めたため, まずはメルボルンでフィールドワークを開始することにした．オーストラリアについてはオンライン申請による ETA ビザ(3 か月間有効)での入国であったため, 2022 年 3 月下旬にいったん帰国し, 再び国内待機となったが，6 月になってようやく台湾の訪問学者用停留査証（visitor visa）を取得することができた．6 月下旬にブリスベンで開催される学会で，本研究に関連する口頭発表を予定していたため，再びオーストラリアに入国し，ブリスベンとシドニーでフィールドワークを行い，7 月初旬にオーストラリアから最終目的地である台湾へ移動した．

言語景観調査は，著者が代表となっている科研費採択課題のテーマであり，昨年度からの在外研究の内容とも関連している．在外研究以前および在外研究期間の国内待機中には，主に日本国内での調査を行ってきたが，上述したような状況を経て，現在は海外での調査を精力的に進めている．本発表では，台湾の言語景観調査に焦点を当て，これまでに同様の調査を行った日本各地の言語景観や英語圏の多民族都市であるオーストラリアのメルボルン他での調査との類似点や相違点を挙げつつ, 比較・分析した結果について報告する．

2. 台湾の概要と現状

台湾の面積は九州よりやや小さい 36,000 平方キロメートル（日本の約 10 分の 1）で，人口は約 2,340 万人（日本の約 5 分の 1）である．著者が主に言語景観調査を行っている台北市は，首都でありながら，その人口は新北市（400 万人），台中市（281 万人），高雄市（273 万人）に次ぐ第 4 位（249 万人）で，第 5 位には古都である台南市（186 万人）が続く[1]．各都市で異なる特徴も見られると予想されるため，今後，台北市内のみならず，台湾高速鉄道が結ぶこれらの大都市についても調査を試みる予定である．

新型コロナ感染症拡大直前の 2019 年の訪台外客数は約 1,184 万人で，2018 年の約 1,107 万人から 7%の成長を見せた．日本人旅行者と韓国人旅行者の数はいずれも過去最高で，前年比でそれぞれ約 10%および 20%の成長率となった [2]．しかしながら，台湾では 2022 年 7 月現在もなお, 新型コロナ感染症拡大防止措置として観光目的の入国は制限されているため，台北の中心地であっても基本的にインバウンド観光客はい

ない.

これまでの調査では，公的・私的を問わず，言語表記の多くが中国語（繁体字）のみであり，店舗の場合は英語ないしは日本語との 2 言語表記もしくは中国語（繁体字）・英語・日本語の 3 言語表記が多く，インバウンド観光客用の表記が新型コロナ感染症拡大以前のままになっていると思われる．日本における公的な多言語表記では，日本語・英語・中国語（簡体字・繁体字）・韓国語の 5 言語が併記されていることが多いが，台湾では簡体字および韓国語などその他の外国語表記についてはほとんど見られない.

2019 年の日本からの訪台者数は約 217 万人，台湾からの訪日者数は約 489 万人であったと報告されている[3]．物理的・心理的な距離の近さも手伝ってか，お互いの往来が激しいことが分かるが，特に台湾の場合は，およそ 5 人に 1 人が日本を訪問しているという計算になる．人口比から考えると，日本からの訪台者数は現在のおよそ 10 倍であってもおかしくはないという期待があるかもしれない．インバウンド観光客としての日本人を受け入れるだけでなく，自らがインバウンド観光客として日本を訪問する人が多いということは，当然言語を含めた日本の文化になじみがあるということであり，多言語表記において日本語が第 2 または第 3 の言語として扱われているのも不思議ではない.

著者は中国語（繁体字）が分からないので，音声翻訳機（ポケトーク）のアプリをスマホにダウンロードしたが，現在までのところ，なかなかうまく活用できていない．現状では，観光ガイドブックに掲載されているような日本人に人気のある店舗であっても，日本語表記が見られないところが多い．また，中国語（繁体字）に英語や日本語が併記されている場合でも，間違っていることが多いので，中国語（繁体字）の漢字からも意味を推測しながら理解することを試みている．今後，観光目的の入国が可能となれば，台湾の言語景観にも大きな変化が見られる可能性が高い.

同じアジア圏に属し，日常的に漢字を使用しているにもかかわらず，台湾ではアルファベットを使用する国に比べて言語の面で不便を感じることが多い．そのため，これまでの経験や知識を総動員して理解しようとしていることに気付く．その点で，これから本格的に開始する台湾の言語景観調査については，これまで著者が使用してきた「言語景観」よりも，言語も含めた「意味景観」という呼び名がふさわしいかもしれないと考え，本発表タイトルに反映させた.

3. 台湾の言語景観

ここでは，2022 年 7 月現在までに台湾で収集した例をいくつか紹介する.

1）録影中請微笑

中国語（繁体字）を知らない場合でも，この文が「収録中は笑顔でお願いします」というような意味であることはある程度推測できるが，併記されている英語が 'Video Surveillance' であることに驚いた．中国語（繁体字）の母語話者によると，非常に一般的なフレーズであり，店舗などでは顧客に対してあまり厳しい口調にならないように，このような表現を使っているとのことである．10 年ほど前までは，「録影中」「録影中，請自重」などのようにもっとストレートに表記されていて，警察署などの政府機関では現在でもこれらの表記が使われているそうである．機械翻訳では取り扱うことのできない文化的背景を持つこのような例が，他にもあるか気になるところである.

2）「～の～」

「普普の風」「布の屋」「孟季の原作」など，平仮名の「の」を使っていて一見日本語のように見えるが，実際は何のことか分からない例をよく見かける．森下 (2022) は，オーストラリアのメルボルンにおける調査の中でも，'fresh pancake' の意味であると思われる「鮮の芙蕾」という表記を紹介しており，一般的に日本人が提供するモノやサービスは高く評価されているため，日本人が経営していることを（実際にはそうでない場合が多いようではあるが）アピールするような例であると指摘している[4].

4. まとめと今後の展望

上述したように，台湾の言語景観では，中国語（繁体字），英語および／または日本語という表記が多く，英語と日本語については，かなり正確なものから怪しいものまでさまざまである．英語については，台湾においては非母語である点で日本と同じ状況であり，その誤用には母語の影響が見られるのではないかと想像できる．日本語を母語とする著者と中国語（繁体字）を母語とする共同研究者たち（国立清華大学の Professor Jason S. Chang とその研究室のメンバーなど）の間で，今後この点について議論する予定である.

森下 (2021) は，外国人居住者の多い地域の言語景

観調査について報告しているが，特定のコミュニティ向けの言語表記がほとんど見られない理由として，コミュニティ内で情報共有がなされており，それ以外の情報がなくても日常生活が完結する，日常会話レベルの英語や日本語ができるなどの可能性を指摘している[5]．さまざまな歴史的，文化的背景を持つ台湾では，地域によって居住者の使用言語・学習言語に特徴が見られる可能性がある．これらの居住地域で，どの言語がどのように使用されているかを探るというのも興味深いテーマである．

現在，台湾で暮らす外国人からの生活に関する相談を受け付けるフリーダイヤル（1990）では，日本語，英語，中国語（24 時間年中無休）に加え，ベトナム語，インドネシア語，タイ語，カンボジア語の計 7 言語に対応している[6]．これらの手厚いサポートは，日常生活において困難を抱えている非母語話者が多いことを意味するのであろうか．2021 年 10 月現在，台湾における在留邦人数は 24,162 人であると報告されているが[7]，日本人を含む外国人居住者に言語景観に関するインタビューを行うことも検討している．

最後に，本オーガナイズドセッションのテーマである 'well-being' について特に意識しながら，今後，台湾で調査を進める予定であることを付け加えておく．台湾では，漢方薬販売店やマッサージ店など健康にまつわる店舗が非常に多い．通りの至る所で苦茶や青草茶などの漢方養生茶が販売されており，「甜品店」と呼ばれるスイーツ専門店でも，雪花氷（台湾風かき氷）や豆花（豆乳プリン）などのトッピング用として，ハト麦，キクラゲ，仙草，ナツメなどの健康食材が並ぶ．また，著者の知る限り，日本では服のリサイクルボックスはアパレル会社の店舗内ぐらいでしか見かけることがないが，オーストラリアと台湾では通りでよく見かける．これらのことから，台湾では，健康や地球環境に対する意識が高いことが予想され，生活の中で well-being に関するさまざまな取り組みについて学ぶことができるだろうと期待している．

謝辞

本研究は，科研費基盤研究(C)：課題番号 20K00822『英語教育に生かす言語景観研究：誤用分析と異文化コミュニケーションの観点から』（研究代表者：森下美和），科研費基盤研究(C)：課題番号 22K12598『言語景観観察に基づく文化情報伝達の研究及び応用：掲示から文化認知へ』（研究代表者：平松裕子）の助成を受けている．

また，本発表に先立ち，著者の収集したデータについて，早稲田大学の原田康也先生，京都工芸繊維大学の坪田康先生と議論を重ねたことが大いに参考になった．この場をお借りしてお礼を申し上げたい．

参考文献

[1] 公益財団法人日本台湾交流協会（2022）「台湾に関する基礎知識」 https://www.koryu.or.jp/publications/knowledge/
[2] TAIWAN TODAY (2020)「去年の訪台外客数は過去最高の延べ 1,184 万人，各国・地域からバランスよく成長」 https://jp.taiwantoday.tw/news.php?unit=152&post=169034
[3] 外務省（2022）「台湾基礎データ」 https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/taiwan/data.html
[4] 森下美和（2022）「メルボルンの言語景観調査：コロナ時代の観光都市」電子情報通信学会『信学技報』, vol. 121, no. 440, TL2021-41, 50-55.
[5] 森下美和（2021）「観光都市の言語景観：神戸から海外へ」電子情報通信学会『信学技報』, vol. 120, no. 427, TL2020-22, 24-27.
[6] フォーカス台湾（2022）「台湾在住外国人向け相談電話，7 月から「1990」に 日本語対応は年中無休」 https://japan.focustaiwan.tw/society/202206270002
[7] 外務省（2022）「海外在留邦人数調査統計」 https://www.mofa.go.jp/mofaj/toko/tokei/hojin/index.html

仮想現実環境における４本腕アバター操作時の脳活動計測
Measuring brain activity during four-armed avatar manipulation in virtual reality environments.

成田　真輝†，仁藤　晴暉†，肥後　克己‡，嶋田　総太郎¶
Masaki Narita, Haruki Nito, Katsuki Higo and Sotaro Shimada

†明治大学大学院理工学研究科，‡明治大学研究・知財戦略機構, ¶明治大学理工学部
Graduate School of Electrical Engineering, Meiji University,
Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,
School of Science and Technology, Meiji University
ce221057@meiji.ac.jp

概要

本研究では1つのアバターを2人で共有する場合に，もう 1 人の操作者との目標共有が自己身体認識に与える影響について検討を行った．本実験では 4 本の腕を持つアバターを用い，一対の腕を被験者が，もう一対の腕を実験者が操作した．実験条件には，もう一対の腕が課題遂行のために動く目標共有条件と，課題遂行と関係のない動きをする非目標共有条件を設けた．アンケートと脳活動計測の結果，目標を共有することでアバターに対する自己感を高められることが示された．

キーワード：自己身体認識，NIRS，Virtual Reality

1.　はじめに

近年，人間の身体を拡張する，さらにその拡張された身体を他者が操作するといった技術の研究が進められている．例えば，複数人での動作や技能を共有するため，ロボットヘッドとロボットアームを搭載した遠隔共同作業システムなどが開発されている[1]．これらの技術を用いる上で，拡張され，他者と共有した身体部位を自身のものだと感じることができるかどうかは重要な問題である．自己の身体を自分のものだと感じられる，この認識のことを自己身体認識と呼ぶ．この認識はプロジェクションの一種であるといえる[2]．自己身体認識の基礎となる自己感として，身体所有感と運動主体感の 2 つがあると考えられている[3]．身体所有感は身体部位が自分自身に属するという感覚であり，運動主体感はその運動を引き起こしたのは自分であるという感覚である．運動主体感が生じるためには，主体が運動に関して事前に運動意図(=目標)を持っていること（事前性）が必要な要素であることが報告されている[4]．仮に，自分の身体が動いたとしても事前に目標がなければ運動主体感は生起しない．もし他者と身体を共有し，同じ目標を持っていた場合，他者が操作した腕は自分の意図通りに動くことになる．そのような場合，事前性が満たされているため，他者が操作する腕に対しても自己身体認識が生起する可能性があると考えられる．

本研究では，2 名の操作者が VR 環境で 4 本の腕を持つアバターの腕を一対ずつ操作し，他者と身体を共有している際に，操作していない一対の腕に自己身体認識が生じるのかについて検討した．また，もう一人の操作者と目標を共有することが，自己身体認識にどのような影響を与えるかについて検討した．

2.　実験方法

2.1 被験者

25 名の健康な男性が実験に参加した(平均 21.24±1.33 歳，平均±標準偏差)．感想の項目に未回答があったのでアンケートの感想の分析から 1 名を除外した．また，NIRS 計測位置の記録に不明瞭な点があったので NIRS のチャンネル位置の推定から 2 名のデータを除外した．

2.2 実験機器

被験者には仮想環境を映像呈示するためにヘッドマウント VR デバイス(HTCVIVE)を装着してもらった．また被験者と実験者の腕の動きを反映させるために，モーションキャプチャーデバイス(HTCVIVE コントローラー)をそれぞれ両手に持ってもらった．被験者に見せる仮想空間はゲームエンジン(unity2017.4.28f1）で作成した．被験者は座位にて実験を行った．脳活動計測には，近赤外光分光装置(near-infrared spectroscopy：NIRS,OMM-3000,島津製作所,日本)を用いた．NIRS による各チャンネルの測定部位を推定するため，3 次元デジタイザー(FASTRAK,Polhemus,アメリカ)を用いた．

2.3 実験環境

実験で使用したアバターを図 1 に示した．以降，このアバターを４本腕アバターと呼び，青色の腕をメインアーム，赤色の腕をサブアームと呼ぶ．メインアームを被験者が，サブアームを実験者が操作した．

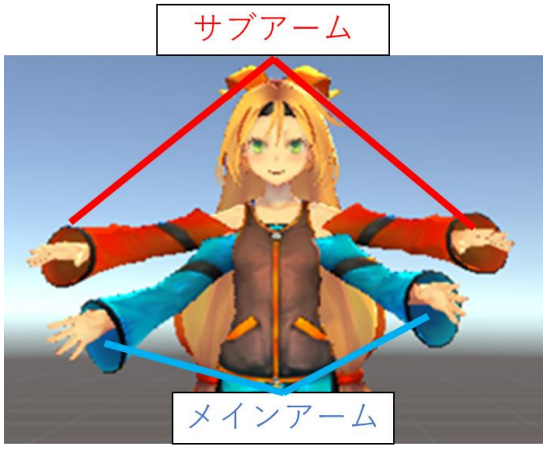


図 1 実験で使用した４本腕アバター

実験で使用したボタンは 4 つ配置され，青と赤の二色に光るように設定した．青色のボタンを被験者が押すように指示し，赤色のボタンは実験者が押した．

2.4 実験手順

本実験は学習フェーズ，トライアルフェーズ，アンケートの順に行った．学習フェーズは 3 分間(36 試行)，トライアルフェーズは 2 分間(12 試行)行った．アンケートはトライアルフェーズ終了後に実施したが，学習フェーズでのサブアームおよびアバターの動きに対して回答するよう求めた．

本実験は 2 条件の構成であり，1 人の被験者が 2 条件とも行った．アンケート後に 4 分の休憩をはさみ，残りの条件についても同様に行った．実験条件の順番は全被験者でカウンターバランスをとった．

2.5 実験条件

本実験は目標共有条件と非目標共有条件の 2 条件の構成であった．目標共有条件はメインアームの操作者(被験者)とサブアームの操作者(実験者)が目標を共有している条件，非目標共有条件は目標を共有していない条件として設定した．

最初に行う学習フェーズでは被験者はどちらの条件でもボタンが青く光った時にそのボタンを押した．実験者は目標共有条件の時，ボタンが赤く光るとそのボタンを押した(図 2)．以降これを correct 行動と呼ぶ．また非目標共有条件の時，ボタンが赤く光ると実験者は光ったボタンとは異なるボタンを押した(図 3)．以降これを error 行動と呼ぶ．

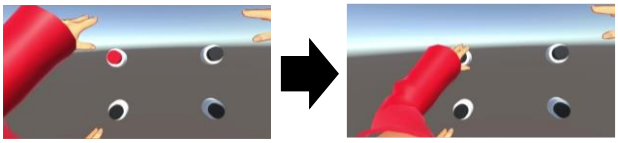


図 2 correct 行動

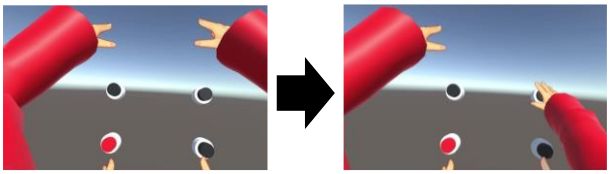


図 3 error 行動

トライアルフェーズでは被験者は学習フェーズと同じく，どちらの条件でも青くボタンが光った時，そのボタンを押すことを求められた．また，実験者はどちらの条件でも正常な行動(correct 行動)とエラー行動(error 行動)を同じ回数行った．

2.6 評価方法

(1) アンケート

本実験ではアンケートと NIRS による脳活動計測を用いて評価を行った．

トライアルフェーズ後，自己身体認識に関するアンケートを行った．このアンケートは先行研究[5]の自己身体認識に関するアンケートを参考に，本実験の内容に即すように作成した．このアンケートは，「とても思う（6)」から「まったく思わない（0)」までの 7 段階リッカート尺度を用いた．アンケート項目は身体所有感が 4 項目，運動主体感が 4 項目，他にダミー項目が含まれた．表 1 にアンケート中の主要な項目を示した．

表 1 アンケート項目

身体所有感 (メインアーム)	青色の腕が自分の腕のように感じた
	青色の腕は身体の一部のように感じた
身体所有感 (サブアーム)	赤色の腕が自分の腕の一部のように感じた
	赤色の腕は身体の一部のように感じた
運動主体感 (メインアーム)	青色の腕の動きを自分がコントロールしていた
	青色の腕は自分の意思に従い，思い通りに動いた
運動主体感 (サブアーム)	赤色の腕の動きを自分がコントロールしていた
	赤色の腕は自分の意思に従い，思い通りに動いた

(2) 脳活動計測(NIRS)

本実験では，トライアルフェーズ中に NIRS を用いて脳活動を計測した．本実験で使用した計測チャンネル位置(左右各 24 チャンネル）を図 4 に示した．測定した各チャンネルに該当する脳領域を調べるため，3D デジタイザーによる 3 次元空間座標の測定とブロードマンの脳領域の推定を行った[6].

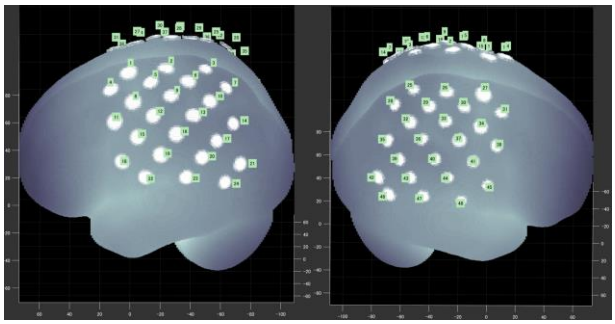


図 4 計測チャンネル位置

3. 解析方法

3.1 アンケート

身体所有感と運動主体感について，実験条件（目標共有条件 - 非目標共有条件）×部位（メインアーム - サブアーム）の二要因分散分析を行った.

3.2 脳活動計測

NIRS によって得られたデータの解析にあたり，oxy-Hb のデータを解析に使用した．解析方法には GLM 解析を用いて行った．GLM 解析を用いてモデルとのフィッティングを表す t 値を算出し，二要因（条件（目標共有条件-非目標共有条件）×トライアルフェーズにおけるサブアームの動作（correct 行動-error 行動））分散分析を行った. 本実験では，サブアームがボタンを押した際の脳活動について分析を行った.

4. 結果

グラフ中のエラーバーは標準誤差を示す.

4.1 アンケート

身体所有感(図 5)では，実験条件の主効果がみられ，目標共有条件が非目標共有条件に比べて有意に高いスコアを示した($F(1, 24)= 8.36, p =0.008, \eta_G^2=0.26$)．さらに部位の主効果もみられた($F(1, 24)=73.16, p<0.001, \eta_G^2=0.75$).

運動主体感(図 6)では，実験条件の主効果がみられ，目標共有条件が非目標共有条件に比べて有意に高いスコアを示した($F(1, 24)= 6.10, p =0.021, \eta_G^2=0.20$)．また，部位の主効果もみられた($F(1,24)=, p<0.001, \eta_G^2=0.95$). さらに交互作用がみられた($F(1, 24)=9.73, p=0.004, \eta_G^2=0.29$)．単純主効果の検定を行った結果，サブアームで実験条件の単純主効果がみられた($F(1, 24)= 9.18, p=0.006, \eta_G^2=0.28$).

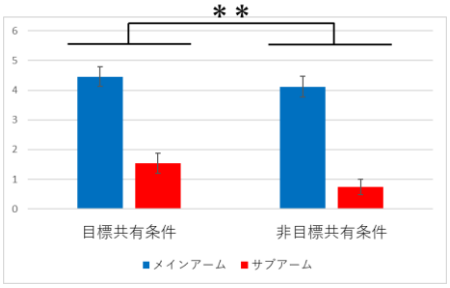


図 5 身体所有感のアンケートの平均スコア

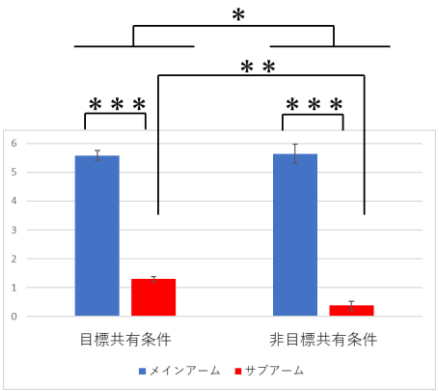


図 6 運動主体感のアンケートの平均スコア

4.2 NIRS 脳活動計測

右縁上回（ch40(MNI X:64.00 Y:-35.33 Z:50.33)，ch44 (MNI X:69.00 Y:-27.00 Z:39.00)）の条件ごとの t 値を図 7，図 8 に示した．脳活動計測の結果，右縁上回(ch40：$F(1, 24)=5.70$, $p=0.025$, $\eta_G^2=0.03$，ch44：$F(1, 24)=9.29$, $p=0.006$, $\eta_G^2=0.03$)では条件×サブアームの動作についての交互作用がみられた．交互作用がみられたので単純主効果の検定を行った結果，ch40 では，correct 行動における学習フェーズの効果が見られた（$F(1, 24)= 3.25$, $p=0.084$, $\eta_G^2=0.05$）．ch44 では，error 行動における学習フェーズの効果が見られた（$F(1, 24)= 4.23$, $p=0.050$, $\eta_G^2=0.04$）．

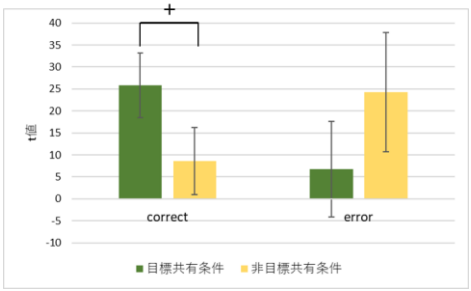


図 7　ch40 の条件ごとの t 値

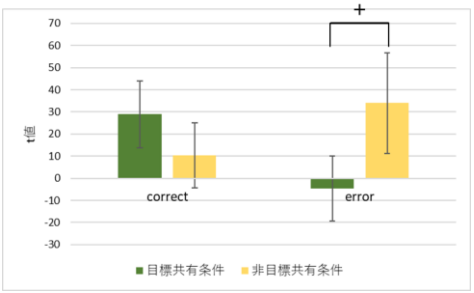


図 8　ch44 の条件ごとの t 値

5.　考察

本研究では４本腕アバターに対する自己身体認識について検討した．アンケートの結果より，目標共有条件のスコアが非目標共有条件のスコアより有意に高いことが確認された．また，サブアームの運動主体感において，目標共有条件のスコアが非目標共有条件のスコアより有意に高かった．これらの結果より，主観評価であるアンケートの結果からもう一人の操作者と目標を共有することでサブアームに対する運動主体感が生起する可能性が示唆された．

また，右縁上回(ch40)で，学習フェーズで目標共有条件(もう一人の操作者と目標を共有していると学習した)後に，トライアルフェーズで correct 行動を観察した時に脳活動が増加することが確認された．これは，学習フェーズ・トライアルフェーズ共に，被験者と実験者の目標が共有されている場合，脳活動が増加することを示している．先行研究より右縁上回は運動主体感と関連することが示されている[7]．よって，目標の共有により，他者の操作する腕に対して運動主体感が生起したことを反映していると考えられる．

右縁上回(ch44)では非目標共有条件時の，トライアルフェーズで error 行動を観察した時に脳活動が増加することが確認された．この結果は，意図の不明な動作に対して慣れが生じ，脳活動が増加したと考えられる．

アンケートと脳活動計測の結果から，目標を共有することにより，他者が操作する身体部位に対しても身体所有感と運動主体感が生起する可能性が示された．

参考文献

[1] Saraiji, M. Y., Sasaki, T., Matsumura, R., Minamizawa, K., & Inami, M. (2018). “Fusion: full body surrogacy for collaborative communication.” ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies.
[2] 鈴木宏昭(2019). “プロジェクション科学の目指すもの”, 認知科学, 26(1), 52-71.
[3] Gallagher, S. (2000). “Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science.” *Trends in cognitive sciences*, *4*(1), 14-21
[4] Wegner, D. M. (2002). “The illusion of conscious will.” *MA: MIT press*.
[5] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2012). “Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency.” *Frontiers in human neuroscience, 6, 40*.
[6] Singh, A. K., Okamoto, M., Dan, H., Jurcak, V. Dan, I. (2005). “Spatial registration of multichannel multi-subject fNIRS data to MNI space without MRI.” *Neuroimage, 27, 842-851*.
[7] Ohata, R., Asai, T., Kadota, H., Shigemasu, H., Ogawa, K., Imamizu, H. (2020). “Sense of Agency Beyond Sensorimotor Process: Decoding Self-Other Action Attribution in the Human Brain,” Cerebral Cortex, Volume 30, 4076–4091

オーガナイズドセッション「参照と反省の認知科学：難しい意思決定の物語」のアウトライン
Outline of the Organized Session "Cognitive Science of Referencing and Reflecting: A Story of Difficult Decision Making"

齋藤 洋典[†]，小橋 康章[‡]
Hirofumi Saito, Yasuaki Kobashi
[†]中部大学，[‡]株式会社大化社
Chubu University, Taikasha, Co.Ltd.
kobashi@taikasha.com

概要
企画運営者の一人の実体験をもとにした一連の意思決定に関わる「物語」を参照しつつ，意思決定研究や物語研究，当事者の主観といった異なる立場からの知見を交換する．一般参加者の積極的なコメントや質問を歓迎する．

キーワード：認知科学，方法論，意思決定，物語，合理性，不条理，抜け落ちる意思，相反概念

1. はじめに

ここのところ毎年のように齋藤洋典と小橋康章の企画運営で続けているこのオーガナイズドセッションのルーツは2013年前後に日本認知科学会の30周年の機会に開催した，認知科学(会)のこれからの30年を考えると称するワークショップだった．その後の曲折を経て，「認知科学の未来を考える」を共通テーマにしたWS/OSとして続いている．そういう性質から，完結した研究の発表会でもなく，学会内のミニ学会でもない．一方で，一般参加者の発言の機会を極力提供する場にはなっている．

齋藤と小橋の目論見は100%一致しているわけではなく，同じく「認知科学の未来を考え」つつも，齋藤はこれまで扱われてこなかった重要な認知科学的研究課題のあぶり出しに強い関心をもち，「意味学」の構想を秘めている．小橋は社会と学会の超(々)高齢化がもたらす課題と機会に関心を深めている．このズレはこれまでのところ共同作業にある種のダイナミズムを与え，マンネリ化を防いでいる．

今回のテーマである「参照と反省の認知科学：難しい意思決定の物語」の意味するところは，論文や教科書や実験室の中で論じられる意思決定だけではなく，日常生活の中に現れる（場合によっては非日常的な）意思決定をどんなふうに物語ったら新たな研究課題が生じるか，またその課題の解決の糸口が見通せるかを明らかにすることである．このため意思決定論や物語研究，裁判における目撃供述の扱いといった難しい意思決定等，それぞれの専門家をお招きした．また，客観的事実を参照しつつも主観的な，そして価値判断を伴う見直しを通して，見逃されがちな研究課題を探索するプロセスには，専門家だけではなく素人と呼ばれる日常生活のエキスパートの参画が欠かせないと考える．

2. 発表者の構成

話題提供（招待講演）
（1）齋藤洋典　名古屋大学名誉教授　中部大学教授
（2）竹村和久　早稲田大学教授，同大学意思決定研究所所長
（3）布山美慕　立命館大学文学部准教授
（4）巌島行雄　人間環境大学特任教授

3. タイムテーブル

時間枠(120分)内のタイムテーブル
（1）イントロダクション　5分　小橋康章
（2）話題提供1　15分　齋藤洋典　難しい意思決定の現場から
（3）話題提供2　20分　竹村和久　悪い意思決定を回避するために
（4）話題提供3　20分　布山 美慕　文章理解から意思決定への示唆
（5）話題提供4　15分　巌島行雄　意思決定における言い訳の役割（仮題）

（6）コメント　20 分　齋藤洋典　意思決定の意味は何からできているのか
（7）全体ディスカッション　25 分

4. 話題提供の要旨

4-1. 難しい意思決定の現場から意思決定の意味は何からできているのかを考える
氏名：齋藤洋典
所属：名古屋大学名誉教授　中部大学教授
要旨：
【難しい意思決定の現場から】
一般に決定事項にはその決定への参加を望んだが，参加できなかった人々の意思（思いや願い）が抜け落ちがちである．公式の意思表明は，読むことが可能で，数えることが可能な，いわゆる客観的な形式を保つことに執心するために，そこから抜け落ちる意思がある．また抜け落ちた意思は時間経過とともに忘れられ，たどれなくなる．

意思決定研究に限らず，型通りの調査や研究は通常期待される形式への対応に追われると，形式への対応は，取り扱う情報処理の速度や精度の改善という技術問題へと向かう．だが，処理技術の向上は問題解決の一端に過ぎない．問題の根源は思考の推進力を何に求め，何がその発動を妨げるのか，そうした探求の麻痺にある．かくして，当該の意思決定の枠組みへの参加を果たせない人々の意思は汲み取られず，その願いが掬い上げられることは稀であり続ける．
【意思決定の意味は何からできているのかを考える】
こうした構造的な特性によって，認められた条理に基づく見解は採用され，不条理は取り上げられることが少ない．これは特定の分野の研究に限ったことではなく，こうした指摘もなんら新しいものでもないが，一抹の重要な真実を含む．昨今の社会現象にもこうした構造的な特性から，本来掬い上げられるべき本質的な問題が取り上げられず，形式的な広義の意思決定が，同一問題の流布と反復を招いていると考えられる．

条理と不条理に代表される「一対」の相反概念の対比は思考を整える上で欠くことができない道具（カンフル剤）であるが，そうした相反概念「群」を新たな思考の飛躍台として利用するためには，さて何を必要とするのだろうか．まず，具体的な意思決定の事例を正規の教育課程（正課）ではなく，教育課程外（課外）の活動中の事故とそれへの対応に求める．次に，従来の相反概念をめぐる研究動向を俯瞰し，私たちの意思決定の意味は何からできているのかに向かう．そして，いったん呑み込んだものごとを物語るという咀嚼（そしゃく）行為--よく考えて，理解し，味わうこと--のもつ意味に触れる．

4-2. 悪い意思決定を回避するために
氏名：竹村和久
所属：早稲田大学
要旨：これまで行動経済学や行動意思決定論の研究では，Kahneman らの研究に代表されるように，期待効用理論などの合理性を仮定した理論体系からの逸脱現象から意思決定モデルを作成したり生態学的合理性の観点などからそれらの逸脱現象を説明することが多くなされてきたが，このような試みだけでは，人間の意思決定の不合理性を説明したり，回避するための指針は得ることは難しいと思われる．本発表では，意思決定の合理性と不合理性について公理的観点から考察を行い，合理性や不合理性の問題と期待効用理論のような理論体系とは必ずしもパラレルな問題ではないことを指摘する．また，意思決定の不合理性についての，ヒューリスティクスの観点からの説明はあまり本質的ではなく，むしろ重要な属性の重みづけの仕方や価値の選択の問題が本質的にかかわることを，理論的分析やシミュレーション，心理実験の結果から説明することを試みる．

4-3. 文章理解から意思決定への示唆
氏名：布山美慕
所属：立命館大学文学部
要旨：これまで発表者は，文章理解における部分と全体の循環的理解ー解釈学的循環や，意味を定めないまま読み進める不定な理解に興味を持ち研究を進めてきた．他方で先行研究によって，文章理解時には現実世界のシミュレーションがなされるとする仮説も提唱・検証されており，物語理解をはじめとする文章理解と現実世界の理解の間の部分的な共通性が示唆される．これらを併せて考えると，文章理解中に行われる解釈学的循環や不定な理解は現実世界の理解に際してもなされうる可能性がある．本発表では，主に発表者の文章理解研究について発表し，本 OS への一つの視点の提示としたい．

4-4. 意思決定における言い訳の役割（仮題）

氏名：厳島行雄
所属：人間環境大学

要旨：目撃供述の心理学を裁判の場で実践してきたために，殺人罪に問われた被告人の冤罪につき合うことが多い．そこでは，心理学者（私）の目撃者の証言の信用性評価と，裁判官の判断が全く食い違うということが起こる．どれほどの科学的結果を示しても，それが人を裁くという特権を持つ裁判官に届かないことがある．彼らの意思決定には何が潜んで知るのか？彼らには経験則という奇妙なスキーマがあり，そのスキーマの操作方略に何か特異な原則が存在するのだろうか？今回，死刑という意思決定の背後に潜むその原則を探る試みを展開したい．

教育の世界に知識を取り戻す
－単元マップの理念と背景－
Reappropriation of Knowledge in the Field of Education
-- Idea and Background of “Unit Map” Page

白水 始[†]
Hajime Shirouzu

[†]国立教育政策研究所
National Institute for Educational Policy Research
shirouzu@nier.go.jp

概要

認知科学における知識研究の蓄積に関わらず，学校教育での「知識」の位置は低く，資質・能力重視の流れに押されて一層軽視されつつある．本 OS では，初等中等教育における教科知識の構造を可視化するシステム「単元マップ」を題材に，学校教育における中長期的な概念的知識形成支援の実践研究を紹介し，多様な立場からのコメントを得て，認知科学の貢献可能性を模索する．

キーワード: 知識，知識構成型ジグソー法，単元マップ

1. 知識を取り戻す：本 OS の趣旨

本 OS は，初等中等教育における教科知識の構造を可視化するシステム「単元マップ」を題材に，学校教育における一回の授業を越えた中長期的な概念的知識形成支援の実践研究を紹介し，その認知科学的・学習科学的・情報学的・教育学的意義を検討するものである．その狙いは，現在の学校教育で看過されがちな「知識」の重要性に光を当てると同時に，認知科学における知識研究をもう一度，実践的なフィールドで行おうと提言するところにある．そのために OS の構成としては，上記システムの理念（本稿）・機能[1]・活用実践例[2]を紹介した後，各分野のエキスパートー教育学から石井英真氏，情報学から平嶋宗氏，認知科学から清河幸子氏，教育行政から弟子丸知樹氏ーのコメントを得て，フロアとディスカッションを行うこととする．

認知科学での数多の知識研究の蓄積に比して，教育界では「知識」の地位が極めて低い．知識は単なる記憶の同義語として扱われ，それすらも，最近のコンピテンシー（資質・能力）重視の流れに押され，より軽く扱われるようになっている．本研究では，学校教育での知識の位置を高めるのに認知科学の知見が必須であり，同時にその実践研究が認知科学に新たな知見を齎す可能性があることを示したい．

2. 認知科学と知識

認知科学は知識の研究だったと言ってもよいほど，両者の関係は深い．

行動主義から認知主義への転回は，人の行動に何らかの「内的」な動因を仮定した点で，知識研究の基盤となった．人工知能研究も初期の一般ルールだけで AI に問題を解かさせようとした試みの破綻からエキスパート知識の重要性を見い出していった．同じ頃，認知研究でも宣言的知識と手続き的知識，あるいは手続き的知識と概念的知識といった知識の定義が進み，スキーマ，フレーム，スクリプト，ニューラルネットなどでその実体を表現しようとする試みも多くなされた．その情報処理的アプローチが状況論に押される形で，内的な知識に対する外的な（道具や他者も含めた）状況要因の発見，さらには社会分散的認知や身体性認知など内外相互作用を重視する見方，さらには，知識が「内」にすらなく，内外リソースの創発として知識を見る見方[3]など，「知識」の概念化は，実証研究の蓄積も踏まえて，より広い視野で，かつ精緻なものになってきた．

この知識研究史は，知識のリサーチとしての重要性を示すだけでなく，人々のふるまいを支える源泉としての知識の重要性を示唆するものと言えるだろう．

3. 学校教育と知識

これに対して，教育界ほど知識の位置が低い世界は珍しい．子どもが受けるテストの「知識問題」と言えば，単に知っているかどうかを問う問題であることが多い（小学生が受ける業者テストの問題ごとに貼られるラベルで，「知識」というのはテストの 1，2 問目の事実確認問題・記憶問題に貼られ易い．後半の概念的な知識を問う問題は「思考力」と位置付けられる）．これは，知識（記憶）を教育目標の最下層に位置付けた Bloom

の目標論[4]の影響もあるだろうし，その目標を受け入れてきた教育行政，学校現場のためでもある．

知識を頭に入れて初めて「理解」や「応用」が可能になる，だから，知識の記憶が学習の基礎・前提となる，という考え方である．認知科学における知識表象研究に照らせば，これらの「知識」は明示的に書き出せる宣言的知識が中心で，手続き的知識の場合も概念的知識を伴わない単なる手順に相当するものと言えるだろう．

もう一歩進めて，この根底にはBereiter[5]が「ファイリングキャビネットモデル」と呼ぶ世間一般の素朴な知識観を指摘することもできる．すなわち，知識は頭の中のキャビネットに一つずつ断片的に入れられるファイルと認識されているがために，それを収めれば（記憶すれば）活用できる，等と考えられるわけである．そこには知識の「関係性」[3]に対する認識は極めて弱い．そこから，教育と学習評価のモデルも，知識の正確な記憶と再生，技能の習得と遂行・演示に焦点化する．昨今の「AIドリルで知識を習得してからプロジェクト学習へ」といった学びの段階論にも繋がり易い．

さらに不都合なことにコンピテンシーや「学び方の学び」の重視が知識軽視を加速している面がある．1990年代から2000年代にかけて，「知識基盤社会」「知識創造」「知識職業（knowledge worker）」といった語がもてはやされた時期には，教育界もその影響を受けて，「知識」やそれを自ら身につけるものとしての「自己教育力」が注目されていた．が，ビジネスでも教育でもその目標の明確な概念化や育成実践が進まぬうちに，よりファジーな「イノベーション」や「コンピテンシー」といった概念の隆盛で廃れた面がある．本来，知識を自ら構築する過程としてのコンピテンシーやその結果としてのイノベーションであったにもかかわらず，である．その結果，コンテンツ（知識）とコンピテンシー（力）を二分して，まず知識を頭に入れてから力を身につけようと考えるモデルが幅を利かせ，それにより，知識はより低次な学習目標と認識される悪循環が起きる．

これは，教育現場が「知識」として認識するものが児童生徒の認知活動の質にあまりに貢献していないためでもあろう．クイズに答えられるような「ものしり」としての知識以外に，黙って適切なふるまいをしている小学生の手続き的知識や，的確な意見を述べる中学生の見方・考え方を支える概念的知識，機械を壊して組み立て直す高校生のメンタルモデルなどを目にする機会がないし，見ても知識の働きと認められないのだろう．

以上より，教育の世界に知識を，特に単なる記憶ではない知識を取り戻すことは教育の変革にもつながる可能性がある．

現行学習指導要領の求める「主体的・対話的で深い学び」は，学びの質向上，ひいては知識の質向上を狙っている点で，そこに貢献し得る．さらに「単元や題材など内容や時間のまとまりを見通しながら，そのまとめ方や重点の置き方に適切な工夫を加え，……主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を通して資質・能力を育む効果的な指導ができるようにすること」[6]や「各教科等及び各学年相互間の関連を図り，系統的，発展的な指導ができるようにすること」[6]など，より長いタイムスパンの学びのデザインが推奨されている．これは，資質・能力の育成に長い時間がかかるとの認識によるものでもあるが，系統的・発展的な指導は知識研究と相性がよい面もある．

4. 学習科学とテクノロジによる知識研究

本来，知識社会に求められる「知識」は，状況に支えられながらも他の状況に活用可能な形で獲得され，他の知識と結び付いて自己創発的に作り変えられていく「次の知識を生む知識」であるべきだろう．学習科学では，こうした知識の教育を目指して，知識構築（knowledge building）プロジェクト[7]や知識統合（knowledge integration）プロジェクト[8]など，様々な実践が展開されてきた．学習科学は，その誕生時から，実践的な「知識育成プロジェクト」だったとも言える．

だからこそ，研究のスタイルも，学習者である子どもたちが他者や道具などの外界と相互作用しながら知識を身につけ，使って豊かにする長期的な過程をテクノロジも使って支援する方法論が採用されてきた．研究主体も当然，子どもたちと日常的に付き合える学校現場教員だということになる．それによって，研究者と教員の関係も，教えるべき内容知識と教え方の方法知識の双方において，研究者が創造者であり，教員が消費者であるという関係ではなく，教員自身も何をどう教えるかの創造者であるべきだという考えが標準となる．

問題は，これをどう実現していくか，である．例えば，「単元のまとまりを見通して系統的・発展的な指導を行う」課題があったときに，研究者がその系統・発展を「与える」のではないとしても，では，教員自身がすべてゼロからデザインすべきだということになるのか，それとも，両者の中間として，系統・発展性がある程度見えるようにしておいて，教員がそこから自らのアレ

ンジを加えていくというアプローチもあるのか，ということである．そこで本研究では，後者のアプローチによって，現場教員が授業を越えた単元・学年・学校段階など中長期間にわたってつながる知識，科目や教科を越えてつながる知識の在り方を知り，自らの知識観と学習モデルを再構築していくことができるかを問う．

5. 単元マップの理念

本 OS では，一連の研究の中でも，協調学習の授業研究支援システム「学譜システム」における一機能「単元マップ」に焦点化する形でいかなる支援が可能かを検討し，その認知科学的意義を引き出す．具体的には，授業と単元の関係や単元と単元の関係を可視化する実現方法の検討と，それが授業研究に及ぼす効果や教員の知識観改訂に及ぼす効果の検証を行った．

現行学習指導要領の解説[9]も，教科によっては，図 1 のような「内容構成」をマップ状に可視化したものを用意している．図 1 の小学校理科の解説は，科学の基本的概念等の理解を図る観点から，「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を柱として小中学校の全単元が構造化され，縦に学年，横に柱（図 1 は紙幅の都合でエネルギーだけを示した）の構成図で示されている．「エネルギー」を柱とした内容は「エネルギーの捉え方」「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源の有効活用」の 3 項目で構成され，各々に関わる単元（図 1 の箱）が配置されている．

しかし，これを見ただけでは，なぜ「エネルギーの捉え方」に「光と音（の性質）」や「てこの規則性」が関係あるのかは専門性がないと理解し難い．各単元の内容が具体的にどのようなものかを，教材も閲覧しながら把握することが理解の助けとなるだろう．

ただ，現行の教員向け教材共有サイトでは，図 1 のような内容構成図をそのまま可視化して，教材を検索・閲覧可能にするものは見当たらない．教材数が膨大になれば，可視化のメリットが減ることがその一因だと推察される．海外を見ても，教師がカリキュラムスタンダードを理解するための参考資料としてのマップはあっても，授業実践・改善のために教師集団が協働的に活用することを想定したものは少ない．

それゆえ，一学校や一自治体に留まらない，ある程度の規模を持ったコミュニティで，複数の教科の授業改善において，教師が協働的に活用できる形でのマップ作成とそこへの教材リンクという取組が試す価値ありだと言える．これは情報学として十分貢献可能な課題である．特にそれが授業研究という実際の授業づくりの活動の中でどう使われるかを見越して，現状の課題からシステムの構成要件を洗い出し，実装して効果を検討する研究が有効だと考えられる．

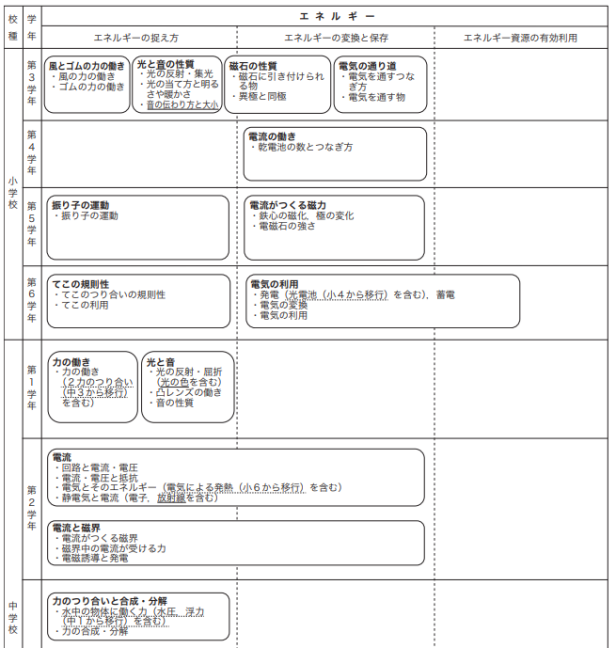


図 1 小学校理科学習指導要領解説の内容構成

6. 単元マップの背景：フィールドと課題

本研究は，CoREF が行う協調学習の授業づくりプロジェクトの研究者・教員コミュニティを基盤とする．CoREF は，一般社団法人教育環境デザイン研究所 CoREF プロジェクト推進部門をハブとして，東京大学，国立教育政策研究所など多拠点に属する研究者等の連携でプロジェクトを推進する研究ネットワーク組織である．本研究では 2010 年度に始まった主に小中学校の授業づくりのための「新しい学びプロジェクト」を対象とする．2021 年度末では 19 都道府県 29 団体 1139 名の教員との連携に拡大している．

このプロジェクトは，「知識構成型ジグソー法」[10]という授業手法を共通の枠組みとして，全国様々な校種・教科の教員が協調的な授業研究を行うものである．手法は学習活動のステップのみを制約するため，問いと資料の準備は教員に任される．それゆえ，教員が授業の立案や実践結果について議論するためのメーリングリスト（ML）と，既存教材を参考に自らの教材を新作またはアレンジするための「開発教材」セット（毎年度刊行する活動報告書 DVD に所収）があった．

以上の授業法やML, 開発教材はいずれも授業研究を支えるツールであるが, これまでの実践から「過去の授業研究での気づきや仮説を活かして次の授業づくりを行う」という意識が必ずしもコミュニティメンバーに共有されていない課題も見えてきた．もし教員が過去の自分や他教員の実践の振り返り，授業前の検討プロセス，授業後協議でのコメント等を教材と共に閲覧できるようなシステムがあれば，この課題の解決に貢献できる可能性がある．

そこで著者らは，プロジェクト参加教員の慣れ親しんだ ML をそのまま利用可能にしつつ，ML に投稿されたメールを授業単位の「トピック」としてデータベースに保存し，Web 上で閲覧・検索できるようにしたアプリケーション「学譜（学びの譜面）システム」を開発し，2018 年 10 月に稼働を開始した[11]．内容が似ているトピックの自動推奨機能も持つ．2021 年度末までのトピック総数は 1809 件である．開発教材のデータを取り込み，教科・学年・年度などでのファセット検索や関連するトピックのリンクからの閲覧ができる開発教材ページ（小中高合わせて 2889 教材）も導入した[12].

その活用から見えてきた課題が二つある．

一つは，「一回の授業づくり」を超えた，その授業の学びが単元のどのような位置を占めるのか，それまでの単元やこれからの単元とどう繋がっているのかなど，見方・考え方の育成にも関わる中長期的な観点からの授業作成支援である[13]．そのためには，「一授業」の議論や教材が見えるページだけでなく，その授業がどのような単元や流れに位置付いているかが明示的に見えた方がよい．

もう一つは，ユーザが知りたい情報や知るべき情報が単語検索や「内容が似ているトピック」一覧で必ずしも見つからないという課題である[13]. 現在は各自治体や教科のベテラン教員や CoREF の研究者が「誰々先生の授業でも似た例がありました」「この教材でも同じ問題が起きました」など「生き字引」として機能することで，その「間」をつないでいるが，この「表面的には似ていないが深層的に似ている，あるいは当面の目的に照らしたときに必要」という情報を探し出せる支援が必要である．

以上を踏まえ, 本研究では, 単元を構造化して結び付けている学習指導要領の内容構成を活用し，それと本プロジェクトが蓄積してきた開発教材とを結び付けて，可視化するための「単元マップシステム」を開発し，その出力結果を学譜システムの「単元マップ」ページへと追加する．開発要件は，大まかに下記の通りとなる．

1) 編集機能 : 単元マップシステム自体は, 学習指導要領を参照せずに自分たちで作ってみることも許容する柔軟性を持っているべきである. それゆえ, システム自体はどのような教科のいかなる単元構造でも内容を書きこみ・追加・修正・関連付けできる必要がある.
2) 可視化機能 : 書きこんだ内容を表示（可視化）する機能が必要である.
3) 関連付け機能：単元と教材を関連付ける機能が必要だが，どの教材がどの単元に該当するかという問題は機械的には解決し難いため，後述するよう，今回は人手で行った. それでも関連付け作業（やそもそも単元構造）は単純なものではないため，1, 2)の機能を使いながら，適切な単元・教材構造を発見できる必要がある.
4) エクスポート機能：単元マップシステムを用いて出来上がった単元マップを Web ページとして出力し，なおかつ，教材をクリックしたら，実際の教材ページへと遷移できる必要がある.

以上のように, 本システムは, システムの持つ自律性とユーザ（単元マップ作成者）が対話して，その過程で気づきを得ながら単元マップを作り上げていくものである. それゆえ，評価の重点は，できあがった単元マップのコミュニティ教員に対する有用性に置くことにした. それゆえ, 上記機能を有した単元マップシステムの開発を安斎論文[1]で詳説し，飯窪・齊藤論文[2]では 4)の機能を用いて出力されたページを用いた授業研究ケーススタディについて報告する.

なお，単元マップの中核を担う単元と開発教材の結び付けは元中学校理科教員である CoREF 研究者や県から CoREF に出向している高校数学・社会科教員が行った. 結び付け作業は, 各教科の内容構成図（に準じたもの）と学習指導要領解説の単元内容を理解した上で, 既存の開発教材の授業者による「単元」設定と教材内容を解釈して，各単元と結び付けていった．なお，図 1 のボックスに箇条書きで項目があるように単元は入れ子構造を持つため，ボックスを「大単元」，箇条書き項目を「中単元」と呼んだ．また，図 1 の上部でわかるように「エネルギー」などの柱やその下位項目（エネルギーの捉え方）に明確な用語が当てられていないため, 便宜的に前者を「概念」，後者は「内容」と呼んだ.

現在，小中の社会，算数・数学，理科，高校の地歴公民，数学，理科が完成している．

7. 今後に向けて

以下，単元マップの具体とそれを用いた実践については，続く論文[1,2]をご覧いただきたい．ここでは，それを先取りした上での意義と課題を洗い出しておく．

算数・数学の単元マップページを用いたケーススタディからは，一授業を学年や学校段階を超えた，より長いスパンで検討できるようになる示唆が得られた．なお，OS 当日までには，より多くの教員に単元マップを使ってもらう演習を実践予定である．そこで知識観や学習モデルの変容も見とる．

意義の一つ目は，たとえ学習指導要領の解説（そして連動する教科書等）に教科の構造が可視化されていても，必ずしも教員がその構造を意識しながら授業をしているとは限らず，構造の理解や教材によるイメージの具体化が授業デザインに貢献するということである．その際，本研究は，「知識構成型ジグソー法」という共通軸を共有しているコミュニティだからこそ，その授業づくりを巡って既存教材が効果的に活用でき，それを内容構成図に結び付けることで，学習指導要領と教材双方の意図の理解が促進されたと考えられる．それでは，これを他の授業法による教材群や複数種類の手法の教材群で開発・運用したときに同様な効果が得られるか，将来の検討課題である．

意義の二つ目は，学習指導要領という国定の「一つの」スタンダードの可視化であっても教員のそれぞれ多様な教科や授業に関する理解深化に役立つということである．カリキュラムマップやコンセプトマップ（概念地図）に広げれば，大学が学生に授業科目の構造を可視化するツールや学生自ら構造化・検索するツール，学習者の内容理解支援ツールとしてのコンセプトマッピングツールなどが数多ある．これらはいずれもユーザ（やユーザに近い開発者）が目的特化のマップを作り，使う点に特徴がある．著者も認知科学者として，ユーザ自身の自律的な知識構成活動としてのマップ作成活動の価値を長年信じてきたが，本研究から得た示唆は，ゼロからマップを自作する活動と，マップをただ眺める活動との間に，マップのノードにリンクされた情報を閲覧する活動やノード間のリンクを辿って関係性を把握する活動に十分な理解促進の効果があるということである．その点で，今後は現場の教師がそれぞれの視点でマップを対話的に再構成し，その過程を通じて，単元・教材間の関係を発見できるような UI を構築することを目指す．このような再構成が可能になると，当然ユーザの数だけマップができることになるため，そのマップや単元・教材のタグ（メタ情報）を他のユーザと共有し蓄積する仕組みが必要になる．

意義の三つ目は，ユーザが自身にとって有用な情報にアクセスすることをどう支援するかである．ケーススタディの対象教員も学譜システムを日常的に使っていた一方で，ターゲットの関連教材に自らアクセスできていた訳ではなかった．研究者が単元・教材間の関係性を同定・誘導して初めてそれらにアクセスできた．「知識は検索できるから頭に入れておく必要はない」との言説があるが，検索のキーワード一つ決めるのも知識である[5]．それゆえ，現時点は研究者やベテラン教員がその豊かな知識構造を基にシステム内の有用な情報の関連付けを行っていると考えられる．これをどうプロジェクトの新規参加者や若手教員に可能にしていくか．一つの候補は，今回のようなシステムを実際「使ってみる」演習を蓄積し，自治体でも自律的に行えるようにし，その周辺参加を通して新手・若手参加者が学べるようにする「コミュニティ内でのテクノロジの活用モデル」を打ち立てていくことであろう．それによって，日常的な授業に関する議論や作成される教材や授業の質が上がるかなど，内容に踏み込んだ検証も行っていく．

学習指導要領のコード付与など教育データの標準化[14]が加速する中，こうした一連の取組によって，教員にとっての知識の重要性が高まり，授業の在り方が変わっていくのか，その知識観とコミュニティ，コミュニティベースのテクノロジの活用という一体的な改革でどれだけ子ども自身の知識が変容していくのかを今後も検証していきたい．それは認知科学にとっても，新しい，実践的なタイプの知識獲得・表象・表現研究を行うことにつながるだろう．

謝辞

本研究は科研費基盤研究 S（17H06107），文部科学省「新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業」，株式会社内田洋行共同研究費の支援を受けたものである．研究の母体である「新しい学びプロジェクト」参加団体にも謝意を表す．

文献

[1] 安斎利洋, (2022)“「単元マップ」の開発思想と機能紹介”, 日本認知科学会第 39 回大会発表論文集.

[2] 飯窪真也・齊藤萌木, (2022)“単元マップを活用した授業研究例”, 日本認知科学会第 39 回大会発表論文集.

[3] 鈴木宏昭, (2022)“私たちはどう学んでいるのか:創発から見る認知の変化”, 筑摩書房

[4] Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (1971). Handbook on formative and summative evaluation of student learning. AcGraw-Hill.

[5] Bereiter, C.: Education and mind in the knowledge age, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (2002).

[6] 文部科学省, “小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説　総則編”, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_001.pdf, (参照 2021-08-06).

[7] Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2014). Knowledge building and knowledge creation: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (Ed.), The Cambridge handbook of the learning sciences (2nd Edition) (pp. 397-417). Cambridge University Press.

[8] Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.), Internet environments for science education. Lawrence Erlbaum Associates.

[9] 文部科学省“小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説　理科編”. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf, (参照 2021-08-06).

[10] 三宅なほみ (2011) “概念変化のための協調過程―教室で学習者同士が話し合うことの意味―”, 心理学評論, Vol.54, No.3, pp. 328-341.

[11] 白水始, 伴峰生, 辻真吾, 飯窪真也, 齊藤萌木. 協調学習の授業づくり支援のための「学譜システム」開発. 情報処理学会論文誌. 2019, vol. 60, no. 5, p. 1201-1211.

[12] 白水始, 伴峰生, 飯窪真也, 齊藤萌木, 相良好美, 堀公彦. 協調学習の授業づくり支援のための「学譜システム」開発(2) -「開発教材」ページ追加の効果-. 情報処理学会論文誌. 2021, vol. 62, no. 5, p. 1207-1217.

[13] 東京大学 CoREF ユニット. 自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト（令和 2 年度報告書）協調が生む学びの多様性第 11 集-学習科学とテクノロジが支える新しい学びの未来-. 東京大学 CoREF, 2021.

[14] 文部科学省“教育データ標準”. https://www.mext.go.jp/a_menu/other/data_00001.htm, (参照 2021-08-06).

「単元マップ」の開発思想と機能紹介
Core Concept and Functionality of “Unit Map” Page

安斎 利洋[†]
Toshihiro ANZAI
[†]システムアーティスト
System Artist
unxi@ja2.so-net.ne.jp

概要
教科の単元は，複数のカテゴリーの重なりの中にある．たとえば社会科のある単元は，ある地域，ある時代，上位の単元，他教科のある単元に関連づいている．単元マップは，現場で設計された教材の視点から，教科の込み入った知識構造を発見的に見渡し可視化する環境である．その設計思想を紹介する．
キーワード：単元マップ，知識構造の可視化

1. はじめに

単元マップシステム（以下，単元マップ）は，協調学習の授業研究コミュニティが作成した約 3,000 の開発教材[1]を，教科の単元構造とともに，視覚的な地図として配置することを目的に開発された．

単元は，複数の小単元の集合として中単元，その集合として大単元というように階層構造に整理することができる．また単元は，社会科であれば地域や時代，数学であれば関数や図形のような概念的なカテゴリーに振り分けることができる．教材は，こうした単元のどれかに紐づけて整理することができる．

もし学習者の学習の順序性や構造に大きく影響する教材や単元が，木構造のように単純な階層性を持つものであれば，単元マップも単純なものでよい．しかし実際には，教材は，異なる単元を横断的に串刺しにすることもある．とりわけひとつのテーマを多角的な視点の複合としてとらえる「知識構成型ジグソー法」[2]において，教材は多数の単元要素に関連づきやすい．教材はたんに単元の下位構造として配置されるだけではなく，単元の非階層性を浮き彫りにし，教科地図全体の再配置を促すこともある．

このように単元マップが対象とする教科知識は，いくつもの構造が輻輳している．その込み入り方は，教科によって非常に異なる．そのため単元マップは単一の階層に整理できない込み入った知識構造を手探りで解いていく機能を，インタラクティブなシステムとして構成している．本稿では，単元マップが知識構造の柔軟な再配置を実現にするために試みたアイデアと実装を紹介する．

2. 単元マップの機能

単元マップの諸機能のうち，知識構造の柔軟な再配置にかかわるものを，システム内の用語を提示しながら説明する．

カード

単元，教材などマップに現れる要素をカードと呼ぶ．グラフ理論におけるノードにあたる．カードはテキストを保持し，データベースのレコードとして「名前＝値」形式の情報が埋め込まれる．また，カード自身の見栄えを決めるスタイルや，カードのデータやカード間の関係を書き換えるスクリプトをメタ情報として埋め込むことができる．

リンク

カード間の矢印をもった接続をリンクと呼ぶ．グラフ理論における有向エッジである．リンクには，強いリンク，弱いリンク，潜在リンクの３段階があり，その使い分けは次節で述べる自律レイアウトで機能を発揮する．

自律レイアウト

単元マップシステムは，カードの内容やリンク構造を対話的な手作業で編集することができる．単元マップの特徴は，そうした編集作業のあいだ，自律レイアウトが動的に働き続けることである．自律レイアウトは，反発力やばねを模した力学モデルと，生物の習性を模した生物モデルが同時に複合的に働く．ユーザーは，仮想的な素材の物性・習性を思考の補助とすることができる．

力学モデル

カードは互いに接近すると反発力が働き，カード同士が重なって隠し合わない距離を保つ．

リンクにはばねの物性が与えられ，反発しあうカー

ドを引き留める．

リンクの型，すなわち，強いリンク，弱いリンクは，内容的な関係性の強度として使い分けられるとともに，自然長と弾性で設定されるばねの強さの強弱でもある．たとえば，単元の木構造をつなぐばねは強く，遠い単元をつなぐばねは弱く設定できる．潜在リンクはばねをもたない．

生物モデル 1（走性とマグネット）

走性（タクシス）は，生物が特定の刺激に誘引され運動する走性を模倣する．誘引体として点と線分が設定でき，線分は水平，垂直のほか，傾斜を与えることができる．なお誘引体は，ユーザーの直感に訴えるためマグネットという名称で説明されている．

走性を組み合わせることで，検索結果の集合を空間的に分離することができる．**図 1** は，カード群を A と B と C の走性で引き付けているが，中心に A と B と C を含むカードが集まる．A と B の中間には，A と B を含み C を含まないものが集まる．

後に示す**図 5**，**図 6** は，強い走性によって中単元の島が誘引された状態である．このあと走性が弱められても，おおまかな配置は維持される．

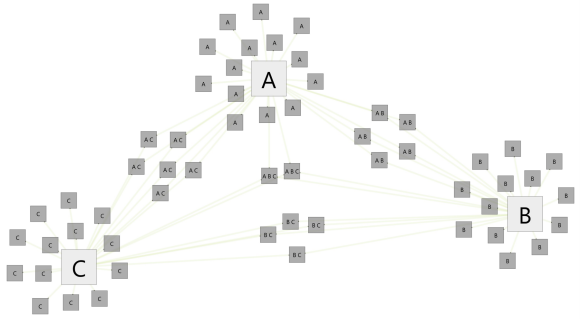


図 1　走性による検索結果の空間的分離

生物モデル 2（群性）

グループとして設定されたカードは，同じグループに属するカードが接近した場合の付着性を決めることができる．密着，あるいは一定のギャップを設定できる．

生物モデル 3（アンタングル）

リンク同士が重なって見づらくならないように，交差を解消する習性を与えることができる．リンクの線の交差が判定されると，リンクにはストレス値が蓄積し，値が敷居を越えると交差を解消する方向にカードを再配置する動作が発動する．再配置が別の交差を生じさせると，連鎖的に反応がひろがる．この動作によって，もつれたリンクはしだいに少なくなり，構造によっては完全に整頓される（**図 2**）

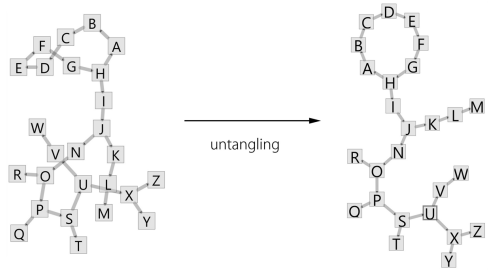


図 2　アンタングル機能

ハブ

ハブは複数の子カードをリンクし制御する親カードで，配下のカードに対して走性，付着性などの習性を与える．また，カードの内容やリンク構造，習性の強度などのパラメーターを操作するスクリプトを実行する．

検索子

カード群の内容を検索し，ヒットしたカード群とリンクするハブを検索子と呼ぶ．検索対象の絞り込みや，複数のキーワードを AND，OR，NOT でつなぐ検索条件式を設定できる．

検索子が配下のカードと結びつくリンクは，ばねをもたない潜在リンクが設定され，直接には力学モデル上の力を及ぼさない．そのかわり，配下に対して走性，群性を与えて動きや配置に作用する．たとえば，学年フィールドに「小学校５年」が含まれる大単元を横一列に並べるハブを作ることができる．

ルーラー

複数の検索子を規則的に配置したセットを，ルーラーと呼ぶ．単元マップは，カードの保持するデータベースを表編集するスプレッドシート機能をもち，ルーラーはそこから自動的に生成される．(4. 作業過程 2. 参照)

3.　作成過程 1．準備

高校社会科歴史での実作業をもとに，単元マップ作成過程の概略を示す．

プレーン単元マップ

図 3 は学習指導要領をもとにした高等学校社会科歴史の単元構造を取り込んだ，単元マップの未加工な状態である．この情報は，マークダウン形式で記述されたテキストから取り込まれている．

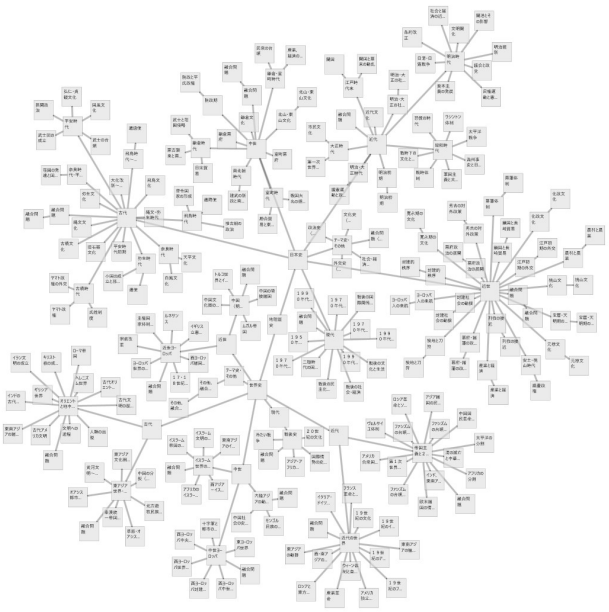


図 3　プレーン単元マップ

教材とのリンク

図 4 は，プレーン単元マップに開発教材を結びつけ，さらに後述の切り分けが行われた状態である．単元と教材のリンクも，マークダウン形式で記述されたテキストから取り込まれる．開発教材のデータは，学譜システム[3]の API から取得される．

4.　作成過程 2．再配置のための戦略

プレーン単元マップ（**図 3**）は，強いリンクで結合したひと塊の木の構造である．木構造に隠れている局所的な部分の関係を可視化するには，部分同士が自由に近づいたり遠のいたりする自由度が必要である．

その前準備として，３つのリンクの型を用いる．単元マップは，文字の連結が語，語の連結が文を構成するのを比喩として，強いリンクで結合した塊をワード，弱いリンクで結合したワードをセンテンスと呼んでいる．潜在リンクはばねをもたず，薄い色の線で表示され，センテンス間の連結や後述のハブの連結に用いる．

プレーン単元マップは，「教科」を根とするワードとして塊をなしているが，ここで例示する作業では，「教科」に束ねられる大単元から中単元までのリンクを潜在リンクに変更し，中単元ごとのワードが自由に配置を変えられる状態にしている．

対象となる構造によっては，切り分けられたワードをさらに切り分けてセンテンス化することも可能である．

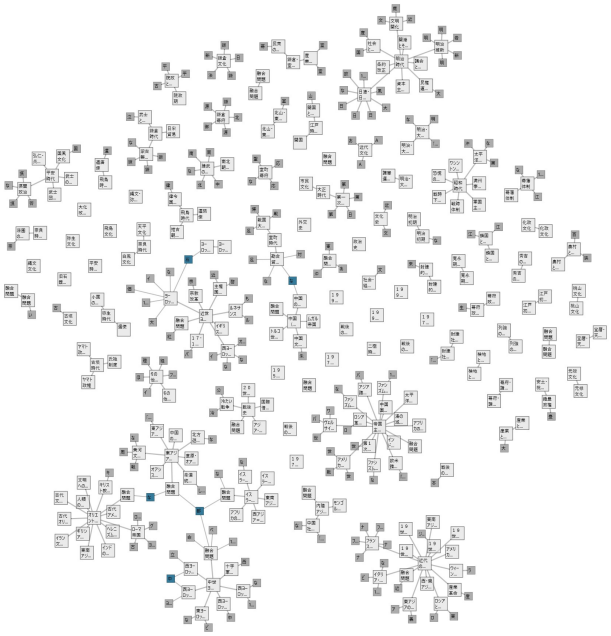


図 4　ワード，センテンスに切り分けられた状態

ルーラーによる配置・データベース機能

カードはそれぞれ，たとえば「class=中単元」「grade=小５」「keyword=中世，世界」というように，「名前＝値」形式のデータを保持している．単元マップは，これらのデータをスプレッドシートに展開するグリッド機能をもち，表の上で編集することができる．

表に展開された「時代区分」の列を指し示すと，値の全バリエーションが表示される．この一覧を要素とし，時代ごとに縦線に拘束するルーラーを自動的に作成することができる（**図 5**）．

同様に「地域」の列から生成された横のルーラーを加え，マップに縦横の配置を与えた結果が**図 6** である．

ルーラーはひとつのマップにいくつでも設置でき，効力を一括で切り替えることで，動画的にレイアウトを移行する応用が考えられる．

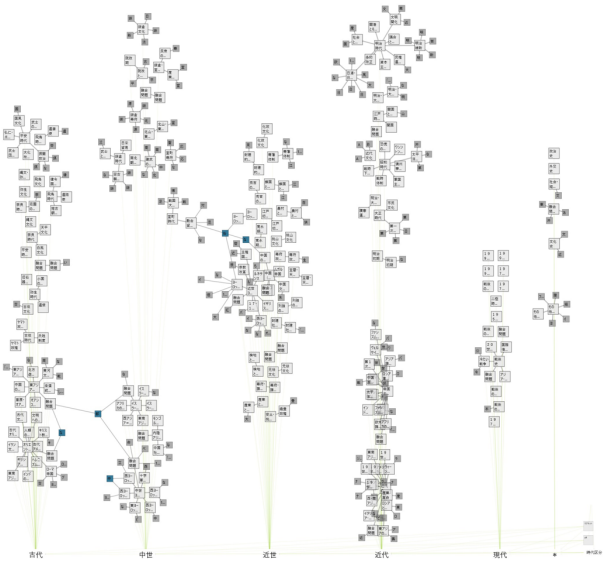


図 5　ルーラーによる配置（縦）

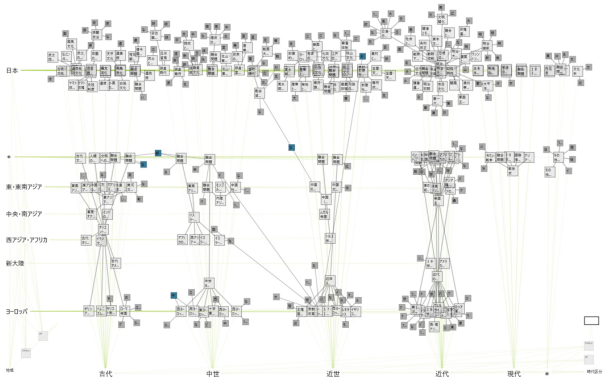


図 6　ルーラーによる配置（縦＋横）

レイアウトの発見的な調整

一つのカードが複数の学年や複数の概念から引かれる場合，合成された安定点に引かれる．また，ひとつの連結したカード群が複数の走性によって股裂き状に引き裂かれてしまうことがある．これは，走性の強さを調整することで妥協点に折り合うことができる．

また，ある教材は複数の単元に紐づくことがある．教材へのばねを介して，木構造の末端同士が間接的に引き合い接近する様子が**図 4**～**図 6** から見てとれる（黒い小さいカード）．このような結節点を結び目と呼んでいる．結び目は，構造的に遠い枝葉に配置された単元間の関係を表現する．結び目にかかわるワード，センテンスの構造を見直すことで，不自然なレイアウトを解消できる場合がある．

単元マップは，グラフ構造による配置と走性による配置が緩やかに干渉し合うことによって，混み合った構造を整理しつつ，整理しにくい特異的な構造を可視化する．

5.　作成過程 3．最終調整

見やすさを念頭においたいくつかの工程を経て，マップは完成する（図 7～9）．

走性と群性による調整

末端の房を走性や群性によって整理し，単元を特徴づけることができる．これは，マップの視認性を大きく向上させる．

スタイルの付与

単元，教材などのクラスごとに，カードの大きさ，枠の太さ，フォントの大きさなどを指定するスタイルシートが適用される．

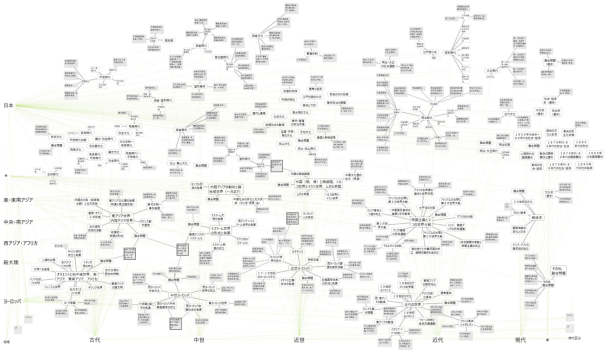


図 7　配置が完成した単元マップ　全体

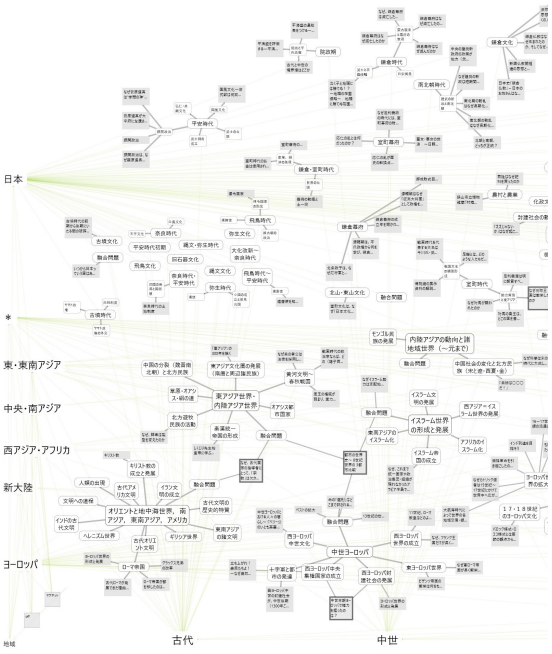


図 8　配置が完成した単元マップ　部分 1

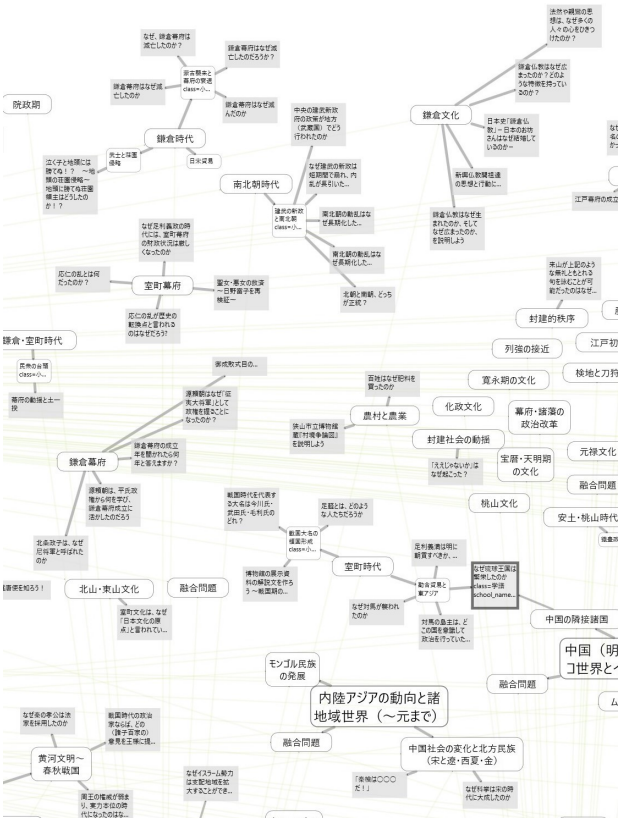


図 9　配置が完成した単元マップ　部分２

ウェブ出力

単元マップ上で作られたマップは同じ編集ソフトウェアで閲覧することを前提に設計されているが，静止した単元マップをウェブ上で閲覧することができる．ウェブ上の単元マップは，学譜システムの開発教材ページへのクリッカブルリンクを保持している（図 10）．

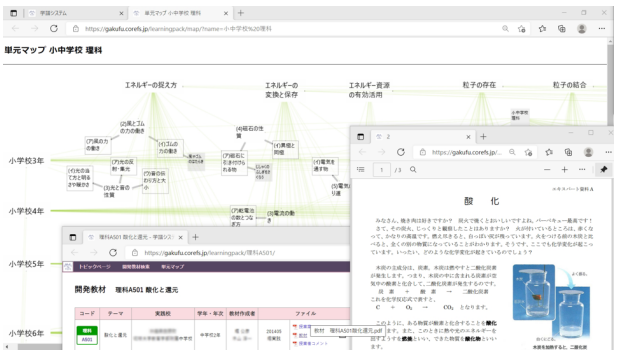


図 10　ウェブ上の単元マップから開発教材を参照（小中学校算数・数学）

6.　来歴と課題

筆者は，1992 年から連画と呼ぶアートプロジェクトを通して，構造的なコラボレーションを企画・実践・研究してきた．また，2002 年からは連画の延長としてカンブリアンゲームを開始した．カンブリアンゲームは，作品に連なる作品が，連鎖し分岐する構造をもち，コラボレーターは成長する木の構造をウェブサイト上のマップとして共有する[4].

カンブリアンゲームサーバーは，マップを自動的にレイアウトする機能をもつ．マップイメージを共有することによって，句の連鎖からなるフローの概念が参加者のなかに芽生える．またグラフ構造の上では遠い枝葉が，マップ上で近傍になることがあり，それが新たな発想を誘発することもある．マップはたんに視認性を向上する仕組みとしてだけではなく，マップのない状態では生じようのない創発性をコラボレーションにもたらす効果が確認できる[5].

単元マップは，カンブリアンゲームのこうした知見を活かし，自動レイアウトアルゴリズムを踏襲しつつ大幅に刷新して開発した．単元マップにおいても「マップのない状態では生じようのない創発性をコラボレーションにもたらす効果」を目指している．

単元マップは，4.節で述べたようにマップそのものを調整しながら配置する作業のなかに創発的な気づきがある．これにはある程度のスキルが必要になる．教材を作り利用する現場の教師が，より容易にその効果を享受できる環境を作るのが当面の課題となっている．

文献

[1] CoREF（一般社団法人教育環境デザイン研究所 CoREF プロジェクト推進部門）（2022）“自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト（令和 3 年度報告書）協調が生む学びの多様性第 12 集-一人ひとりの語りで描く学びの軌跡と未来-』CoREF, https://ni-coref.or.jp/archives/19055.

[2] 三宅なほみ (2011) “概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味—”, 心理学評論, Vol.54, No.3, pp. 328-341.

[3] 白水 始・伴峰生・辻真吾・飯窪真也・齊藤萌木 (2019). “協調学習の授業づくり支援のための「学譜システム」開発.”, 『情報処理学会論文誌』, 60(5), 1201-1211.

[4] 安斎利洋,（2006）“カンブリアン文書に関するカンブリアン文書”, 現代思想, Vol.34- 2, No. 2006, pp. 240-245.

[5] 寺尾麻里,（2016）“連想文学の生態 : カンブリアンゲームにおける作品創出の構造”, Juncture 超域的日本文化研究, Vol 7, pp.164-180

単元マップを活用した授業研究例
A Case of Lesson Study Using “Unit Map” Page

飯窪 真也[†]，齊藤 萌木[‡]
Shinya Iikubo, Moegi Saito

[†]教育環境デザイン研究所，[‡]共立女子大学
Nahomi Institute for the Learning Sciences, Kyoritsu Women’s University
iikubo@ni-coref.or.jp, mosaito@kyoritsu-wu.ac.jp

概要

学校現場では 1 時間の授業の位置づけや意味を一連の学習の流れで捉え直す授業研究が希求されている．本研究は，小学４年生の算数授業を小中７教員で単元マップも用いて協働吟味する演習を行った．この事例研究により，教員は本授業における作図問題の意義を加法・減法の習熟から数量関係の概念的理解への中途段階と捉え直す成果が得られた．今後はこの成果の複合的な成功要因を同定し，教員の長期的な学習デザインのより安定した支援手段を検討する必要がある．

キーワード：授業研究，単元マップ，学習指導要領

1. はじめに

学校現場の教員にとって一回ごとの授業づくりは，その 1 時間弱における児童生徒の学習をデザインするだけでなく，より長期的な学習の中で，何をできるようになってほしいか，わかるようになってほしいかを意識しながら学習の流れを創り出していくようなものであるべきだろう．本研究は，一授業における児童生徒の学習過程を吟味する授業研究文化が定着しているコミュニティにおいて，学習の流れを可視化・吟味し易くするテクノロジ「単元マップ」を用いた焦点化した研修を行うことで，学習過程に対する教員の時間的視野の拡大が引き起こせるかを試みた．

2021 年 6 月に学譜システムの単元マップ機能[1,2]を活用した簡単な授業研究（演習）のケーススタディを行った．対象とする授業研究は，校種，教科多様な教員が１つの授業を題材に，当該の授業と関連する単元や開発教材を単元マップ上で閲覧し，一連の学習の流れにおける 1 時間の授業の位置づけや意味を協働的に吟味する演習である．事例研究の目的は，単元マップの活用を通じて現場の教員が一授業を複数の学年にまたがった大きな学習の流れの中で捉え直せるかを確かめることである．

2. 研究対象と題材

ケーススタディの対象とした授業研究（演習）は，「新しい学びプロジェクト」に参加する一自治体からの依頼で，授業研究中心の一日半の研修の中で，第一筆者が１時間で行ったものだった．なお，コロナ禍につき，研修は Web 会議システム（Zoom）を用いて行った．

「新しい学びプロジェクト」とは，筆者ら研究者と全国の自治体・学校との連携による「知識構成型ジグソー法」[3]を活用した協調学習の授業研究プロジェクトである[4]．当該自治体は，プロジェクト開始の 2010 年度からこの取組に参加しており，毎年の授業実践数や開発教材数が参加団体の中で最多に近いアクティブなコミュニティである．

参加したのは，小学校教員 4 名（担当学年は低学年１名，中学年２名，担任外１名），中学校教員３名（専門教科は数学１名，理科２名）であった．参加者の経験年数は若手（教員採用 5 年目）からベテラン（定年退職後の再任用）まで幅広かったが，いずれも町内各学校で協調学習の授業研究のリーダーを期待される教員であった．なお，研修参加時には既に全員が学譜システム[1]に登録していた．

演習で対象にしたのは，参加教員の１名（N 教諭・若手）が翌日の研究授業で実施予定であった小学校 4 年生算数の授業である．扱う内容は「ちがいに注目して」（東京書籍）であった．内容領域としては４年生自体の単元ではなく，むしろ３年生「A(2) 加法・減法（イ）加法と減法の活用」の応用に位置づくものである．授業に使った課題も 4 年生の教科書では，異なる単元と単元の間に「考える力をのばそう」という扱いで見開き２ページのコラム的に扱われたものだった．

N 教諭は，今回の研究授業にあたって，学譜システムを活用し，自分が現在担任する 4 年生で実施できそうな授業を検索した．そのうえで町内のベテラン教員（H 教諭（当時）・現在は町内他校の校長）が８年前に実践したこの授業（当時の教科書では「違いに目をつけて」）に目を付け，当時の H 教諭の授業後の振り返りも踏まえた授業案や教材の修正（アレンジ）を行って，研究授業に臨もうとしていた．

授業の課題及び解法例は，図１に示すとおりである．

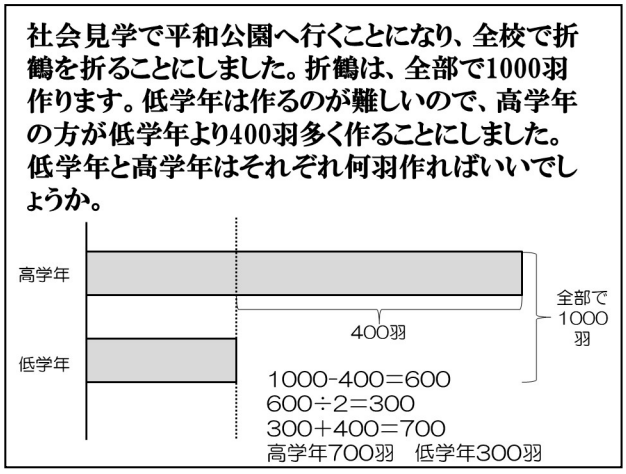


図 1　演習で検討した課題と解答例（小学校算数）

H 教諭が授業案に書いた授業のねらいは「問題構造を図に表して，分配や移動に伴う 2 量の差に着目し問題を解決することを通して，問題構造を簡潔に図に表すことのよさに気づくとともに，問題解決の能力を高める」である．文章題から機械的に立式する（例えば文章中に「あわせて」と書いてあれば「足し算」と判断する等）のではなく，複雑な問題構造を図に表して理解した上で立式し，未知の値を求める学びをねらっていると言える．それは中学数学以降の「未知数」の学びにも繋がるものである．

実際，H 教諭は，この教材に加え，学習指導要領の内容構成で同じ「加法・減法」という柱（概念）に属する 2 年生の単元「A(2)加法・減法（ア)2 位数の加法・減法」の教材「どんな計算になるのかな？」（開発教材番号 A804），3 年生の単元「A(2) 加法・減法（イ)加法・減法の活用」の教材「全体と部分に目をつけて」（同 A409）も開発している．いずれの教材も，テープ図や線分図を使って問題を図に表して理解する活動を含むものである．加法・減法の単なる手続き習熟ではない概念的理解から，「数量関係」の把握へと繋いでいこうとしていた H 教諭の意図が推察される．

3.　研究方法：演習の展開

演習は，最初の 5 分間で単元マップを紹介し，「学譜システムの『単元マップ』機能は，授業づくりや校内・自治体内の研究推進にどのように生かせそうでしょうか？」という問いに各々の考えを記述してもらった（以下「プレ記述」）．回答には Web アンケート（Google フォーム）と紙（事後にスキャンしメール送付）のいずれも使えるようにした．

次に，H 教諭が開発した「違いに目をつけて」の教材を用いて「明日 N 先生が実践される授業（のオリジナルである H 先生の教材）を例に，単元マップで『この教材で学ぶことが前後の学習とどのようにつながっていそうか』を検討する」という課題に取り組んだ．図 1 に見る通り，答えが未知なままに棒グラフを描き，その差（400 羽）という既知の数値とそれを引いた場合の残りが同数になるという原則だけを手掛かりに作図・立式するのがポイントである．演習参加者にも 3 分間でこの課題を解いてもらった．

さらに，図のように小学校算数の単元マップを「違いに目をつけて」の授業を中心にして提示した．この単元マップの縦軸は学年，横軸は内容領域に設定されている．中央下部に赤丸で囲まれているのが「違いに目をつけて」の授業である．

その後，内容領域の軸に着目して「加法・減法」に関する内容を上から追ってみると「1，2 年で計算の決まりを学び，2，3 年で文章・図・式をつなぎながら立式することを学び，4 年生で小数・分数の計算の決まりを学び，5，6 年で変数（規則的な変化）を扱うことを学び，中学校での方程式の学習につながる」と言えそうだという概要を説明した．

あわせて，単元マップ上から関連教材 3 つ（図中の青丸）を取り上げて示した．うち 2 つは，先述の H 教諭の 2 年生，3 年生の教材であり，もう一つは他地域の学校で実践された 5 年生の単元「A（6）数量関係を表す式（ア）数量関係を表す式」の教材「わくわく算数教室」（開発番号 A713）である．それぞれの教材の内容までは紹介していないが，前 2 者が同じ H 教諭の教材であることは説明した．

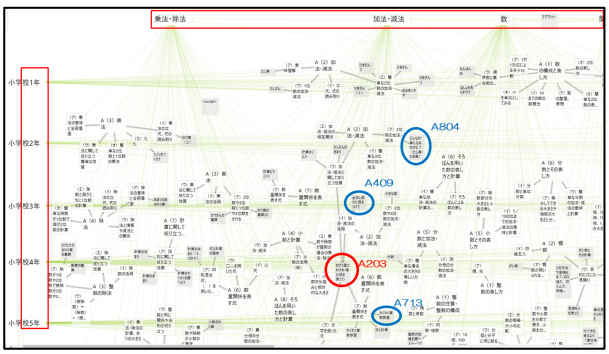


図 2　演習で提示した単元マップの説明スライド

以上のようなステップは，校内で単元マップを活用する場面であれば活用する教員が自力で行う部分であるが，今回は校種，教科多様な参加者による限られた時

間の演習だったため，事前に研究者が単元マップを基にここまでの説明をする準備をしておいた（説明の準備に要した時間は30分程度である）.

以上の説明の後，「今回の4年生の学習は，この一連の学習の中でどんな意味を持つと言えそうか」という課題を提示し，単元マップから学譜システムにアクセスすることで当該授業や参考教材の授業案，教材，振り返りシートを見ながら課題について小グループで検討することを求めた.

振り返りシート[4]は，筆者らが開発し，プロジェクトで使用している教員による授業の振り返りの書式である．このシートでは，授業の前後に本時の課題に対して児童生徒がどんな答えを出したか，3 名分の解答例をピックアップして，学習の様子とあわせて授業を振り返り，授業デザインや支援を見直すことを求めている．学譜システムに蓄積されている実践例は原則すべてこの振り返りシートを含んでおり，シートから実際の授業での児童生徒の学習の過程やつまずきについて知ることができる.

検討の活動は，小中ミックスの3〜4名のグループを二つ用意し，グループ活動（ブレイクアウトセッション）を 20 分行い，協議結果を 5 分間のクロストーク（グループ間交換）で共有した.

その後，この課題検討経験を踏まえて，「単元マップ機能が一回ごとの授業づくりにどう生かせそうか，さらにもう少し長いスパンで校内・自治体内の実践研究を進めていく上でどのように生かせそうか」を考えてもらった．ブレイクアウトを10分，クロストークを5分行った．最後に表1の三つの問いへのポスト記述を5分で各自に行ってもらった.

表1　ポスト課題の問い

(1) 「単元マップ」機能が各回の授業づくりにどのように生かせそうか？
(2) もう少し長いスパンにおいて，校内・自治体内の実践研究を進めていく上でどのように生かせそうか？
(3) 学譜システム（特に単元マップ）の機能として，今後の使い勝手のために期待することは何か？

4.　研究結果：演習の発言・記述から

まず，「今回の4年生の学習は，この一連の学習の中でどんな意味を持つと言えそうか」という課題についての各グループの協議結果を表2に示す.

参加者は，関連教材の授業案，教材，特に振り返りシートに示された児童生徒の学習の実態を参照して，自分たちが現在担当している，あるいは過去に担当した児童生徒の様子に引き付けながら，学年を超えてどんなところに児童生徒のつまずきのポイントがあるのかを協議していた.

協議結果の報告では，計算はできても，問題（の構造）を図や数直線で表すことの難しさ，他方それが先の学年でより複雑な問題を解くために欠かせない視点であること，4年生では（学習指導要領で割り当てられている内容領域においては）この内容の学習が手薄になっていることなどが挙げられた.

表2 「4年生の本時の学習が一連の学習の中で持つ意味」に関する協議結果

【1グループの協議結果の報告】 （関連した2,3年生の授業の）授業の振り返りシートを見ても，計算はできて，答えも出せるんだけど，図にならない. 5年生の教材を見ると，数字も大きくなって複雑になってくるので，頭の中に図でイメージできたり，実際に図が書けたりしないと問題の整理ができなくてどこから手を出していいか分からない. 言葉から分かりやすい図にまとめていく方法をしっかり身につけさせたいという観点でこのような学習を組んでいるのではないか.
【2グループの協議結果の報告】 前の班と大筋同じような話になりました. 私個人としては子ども達に数直線を使わせたいという思いがあります．なぜかというと，6年生で分数の掛け算，割り算をやらせたときに，どうにもこうにも立式できない子たちが多かったので，1つのアイテムとして数直線を使えるようになってもらいたいなと. （数のまとまりを図で示す手段として）5年生から数直線が出てくる．1年生では丸が，2年生でも（テープ図や線分図が）出てくる．今自分も4年生を担任しているが，翻って3,4年生を見てみると，意外と手薄というか新しいそういうアイテムが出てきにくい学年だなと．そういう学年だからこそ，4年生にテープ図，数直線を描かせることが重要だなと思いました.

続いて，「単元マップ機能が一回ごとの授業づくりにどう生かせそうか，さらにもう少し長いスパンで校内・自治体内の実践研究を進めていく上でどのように生か

せそうか」という課題についての各グループの協議結果を表3に示す.

協議の中では,小学校,中学校の教員がそれぞれの校種での児童生徒の実態について「教えてほしい」「お互い知ってたら得しそうですよね」と話す姿が見られた.また,これまで学譜システムは活用していてもどうしても「この教材はできそう」というところにパッと飛びつきがちだったという自身の実態へを振り返る言及もあった.

協議結果の報告(表3)では,児童生徒の苦手な領域に応じて前後の学年でどんなジグソー授業が可能かを探す,学習内容やつまずきについての小中連携,長期スパンでのねらいの明確化やそれに伴う支援などがこれからやりたいこととして挙げられた.

表3 「単元マップ機能の授業づくり及び長いスパンの実践研究での利用可能性」に関する協議結果

【2グループの協議結果の報告】

長期的には,うちの学校ではちょっとお勉強がしんどい子もが多いので,学力調査等で領域的な課題が明らかになってきたときに,領域で見たときにどんなジグソーが何年生でできるかを見るような使い方もできそう.

あるいは個々人の苦手に着目して,前後の学年ではどんな課題があるかを見てみることもできる.

あとは小学校・中学校が連携して研究するところまではいかなくても,今日のように小学校・中学校ではこんなことをやっている,こんな言葉を使っている,こんなことができる状態で中学校に上がってこれるといいですねという話をするきっかけに使えそうだと思いました.

【1グループの協議結果の報告】

1時間の授業を作るときに,この1時間じゃなくて全体を通して何を学んでいくのかというのが見えて,じゃあこの 1 時間はその中で何を学んでいくのかというねらいを教師がしっかり持てるというよさがある.

ある学年を教えているときは,どうしても前の学年の既習事項は分かっているという前提で進めてしまうのだが,レディネステストをして何につまずいているかをはっきりさせるという方法もあるが,単元マップがあることでその学年の子ども達がどういうところにつまずきやすいのかっていうのがすぐに分かるというのもいいところかと思います.

2,3 年のスパンで言うと,私たち小学校教員が中学校の学習内容を分かっていないとか,お互いに分かっていない部分があるので,中学校でこれをやるなら小学校でこういう力つけないといけないなとか,逆に小学校でこんなところでつまずいているなら中学校でケアしてあげないといけないなというのが,今回こういう単元マップで見えるようになっているので,中長期的なスパンでそれをさらに詳しく共有できるようになればいいなと思いました.

最後に,プレ記述とポスト記述の(2)というほぼ同じ内容(より長いスパンでの校内・自治体での実践研究を進めるために単元マップがどう使えるか)を聞いた問いへの回答を比較する.なお,プレ記述は4名(残り3名は時間内に記述できず),ポスト記述は全7名から収集した.

その結果,プレ記述では「(学力調査などから)つまずきが把握できる」が3名,「前後の繋がりが見えるので見通しを持って学べる,復習ができる」が2名,「教材が少ないところを開発できる」が1名であった.いずれも単元マップを概括的・視覚的に捉えている傾向がうかがえる.

これに対し,ポスト記述では「小中9年間を通して何をどう学んでいくのか」という系統性の具体的なイメージが6名,「どの領域のどこで本質的につまずくのか」という領域とつまずきの関連付けが3名,さらに「どういう力をつけたいのか」という資質・能力目標が2名に言及された.

いずれも小中学校教員の協働による算数の学習のねらいや様子にまで踏み込んだ検討によって,単元マップに見えている単元や教材の背後の学習の本質や身につけたい資質・能力からの検討が進んだと言える.

またポスト記述の(1)への回答を見ると,たとえ1回の授業づくりであっても「系統性を意識すること」が5名,「長い学習の流れの中から,振り返りシートを用いた児童生徒の学習の様子やつまずきの把握」が4名に言及されており,長いスパンでの学習プロセスが意識されたと言えよう.

5. 考察と今後の課題

以上より,単元マップを活用した授業研究の一ケースから,教育現場の学校教員が一授業の検討を超えて,そこでの学びをより長期的な児童生徒の学習の流れから検討できることが示唆された.以下では,その成果が得られた背景をこの研究が行われたコミュニティの特性と結び付けて考察し,今後の課題を抽出する.

今回得られた成果は単元マップというシステム単独

の成果というより，システムを媒介にした多様な属性を持つ教員同士の対話の成果であると言える. また, 具体的にシステムの活用場面を絞り込んだ演習のデザインによる成果という側面もあるだろう. さらに, 今回参加した教員が普段から児童生徒の学習過程やつまずきに注目した授業研究を行っていることも，授業案に書かれたねらい等だけでなく，振り返りシートに見られる児童生徒のつまずきに着目して協議が行われた背景にあるだろう.

現場の教員が一授業を複数の学年にまたがった大きな学習の流れの中で捉え直すことの支援という観点で言えば，単元マップのようなシステムがありさえすれば支援が可能になるのではなく，システムをどのように活用し，教員同士の学びの場をデザインするかという視点も欠かせない. またその際, 一回一回の研修の場のデザインという観点と同時に，長期的にどういう視点で授業や学習を捉える授業研究コミュニティを育てていくかという観点も視野に入れる必要があるのではないか.

謝辞

本研究は，第一筆者に対する科研費補助金 課題番号19K21748（挑戦的研究（萌芽））の助成を受けた.

文献

[1] 白水始, （2022）“教育の世界に知識を取り戻す−単元マップの理念と背景−”, 日本認知科学会第 39 回大会発表論文集.
[2] 安斎利洋, （2022）“「単元マップ」の開発思想と機能紹介”, 日本認知科学会第 39 回大会発表論文集.
[3] 三宅なほみ (2011) “概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味—”, 心理学評論, Vol.54, No.3, pp. 328-341.
[4] 飯窪真也（2016）“教師の前向きな学びを支えるデザイン研究—「知識構成型ジグソー法」を媒介にした東京大学 CoREF の研究連携—”, 認知科学, Vo.23, No.3, pp.270-284.

「生きる」と向き合う私の「生き様」を語る

Ways of living: 8 stories of researchers who have made themselves faced with the “realities of living”

伝 康晴[†], 諏訪 正樹[‡], 藤井 晴行[§]
Yasuharu Den, Masaki Suwa, Haruyuki Fujii
[†]千葉大学, [‡]慶應義塾大学, [§]東京工業大学
Chiba University, Keio University, Tokyo Institute of Technology
den@chiba-u.jp

1. 概要

「知」とは何か．それは「よりよく生きる」ための資産である．「生きるための知恵」を探究すること．それが 「知」の科学の目標であったはずである． いわゆる「科学」的な方法論（条件統制された行動実験・計算機シミュレーション・脳機能測定）によってはけっして接近できない，人間が生きていく中で直面せざるをえない現実世界の諸要因—状況依存性・個別具 体性・個人固有性・一回性・偶然性・突発性など—と真摯に向き合う学問的方法論の必要性を，本オーガナイザーたちはことあるごとに提起してきた[1–7]．そのような方法論として，これまで実にさまざまなものが提案されてきた[8–18].

研究のやり方（方法論の選び方）は，その研究者の「生き様」そのものである．本 OS では，「生きる」リアリティと向き合うさまざまな研究者たちの「生き様」について，なぜそのような研究をその方法で行ってきたのか， それはその人の研究者としての，あるいは，日常の人生のどんな生き方が礎になっているのか，をつらつら語っていきたい．それは「これからの認知科学の進むべき道」を考える一助になると期待する．

2. 語り部たち（五十音順）

- 加藤文俊（慶應義塾大学環境情報学部）
  研究分野：コミュニケーション論、メディア論、定性的調査法
  話す内容：SNS に写真をアップし続けていたら、11 年で 5700 枚くらいになったという話
- 木村大治（フリー）
  研究分野：人類学、コミュニケーション論
  話す内容：人類学でどういう仕事が面白いと思えるのか
- 栗原伸治（日本大学生物資源科学部）
  研究分野：居住文化、建築人類学
  話す内容：住まいのリアリティを求めたフィールドワークから生のリアリティを感じる日常へ
- 小橋康章（株式会社大化社）
  研究分野：支援基礎論
  話す内容：実験ゲームの装置構築に夢中になっていた私が発表しない研究者になったわけ
- 諏訪正樹（慶應義塾大学環境情報学部）
  研究分野：身体知の学び、研究方法論（一人称研究）、生活研究
  話す内容：源は関西、転校、個／和、形、走る、渦中…
- 伝康晴（千葉大学人文科学研究院）
  研究分野：相互行為分析、フィールド認知科学
  話す内容：AI からフィールドへ、偶然と必然、恩師、反発心・反骨心
- 西村ユミ（東京都立大学健康福祉学部）
  研究分野：医療現場の協働実践、現象学的研究
  話す内容：身体の観察/測定から、身体と共存/交流するフィールドワークへ
- 藤井晴行（東京工業大学環境・社会理工学院）
  研究分野：建築計画基礎、Design Computing and Cognition
  話す内容：客観と主観の渚にて

文献

[1] 伝康晴・諏訪正樹・藤井晴行 (2015) “特集「フィールドに出た認知科学」編集にあたって”, 認知科学, Vol. 22, No. 1, pp. 5–8.
[2] 諏訪正樹・伝康晴・藤井晴行 (2015) “フィールドに出た認知科学”, 日本認知科学会第 32 回大会オーガナイズドセッション.
[3] 伝康晴・諏訪正樹・藤井晴行 (2016) “フィールドに出た認知科学2”, 日本認知科学会第33回大会オーガナイズドセッション.

[4] 藤井晴行・諏訪正樹・伝康晴 (2017) “フィールドに出た認知科学3”, 日本認知科学会第34回大会オーガナイズドセッション.
[5] 伝康晴・諏訪正樹 (2018) “「生きる」と向きあう科学：方法論からの解放”, 日本認知科学会第 35 回大会オーガナイズドセッション.
[6] 諏訪正樹・青山征彦・伝康晴 (2019) “新しい認知科学には何が必要か”, 日本認知科学会第 36 回大会オーガナイズドセッション.
[7] 諏訪正樹・青山征彦・伝康晴 (2020) “特集「「生きる」リアリティと向き合う認知科学へ」編集にあたって”, 認知科学, Vol. 27, No. 2, pp. 89–94.
[8] 中村雄二郎 (1992) 臨床の知とは何か, 岩波書店.
[9] 木村敏 (2005) あいだ, ちくま学芸文庫.
[10] Nakashima, H., Suwa, M., & Fujii, H. (2006) “Endo-system view as a method for constructive science”, *Proceedings of the 5th International Conference on Cognitive Science*, pp. 63-71.
[11] 諏訪正樹・堀浩一(編著), 伊藤毅志・松原仁・阿部明典・大武美保子・松尾豊・藤井晴行・中島秀之(著) (2015) 一人称研究のすすめ—知能研究の新しい潮流—, 近代科学社.
[12] 佐伯胖(編著) (2017) 「子どもがケアする世界」をケアする—保育における「二人称的アプローチ」入門, ミネルヴァ書房.
[13] 高梨克也(編著) (2018) 多職種チームで展示をつくる—日本科学未来館「アナグラのうた」ができるまで (フィールドインタラクション分析 1), ひつじ書房.
[14] 西村ユミ (2018) 語りかける身体—看護ケアの現象学, 講談社.
[15] Takanashi, K., & Den, Y. (2019) “Field interaction analysis: A second-person view-point approach to *maai*”, *New Generation Computing*, Vol. 37, pp. 263–283.
[16] 諏訪正樹(編著), 伝康晴・坂井田瑠衣・高梨克也(著) (2020) 「間合い」とは何か—二人称的身体論, 春秋社.
[17] 諏訪正樹 (2022) 一人称研究の実践と理論—「ひとが生きるリアリティ」に迫るために, 近代科学社.
[18] 榎本美香(編著) (近刊予定) 三夜講で火祭りを準備する—野沢温泉道祖神祭りの伝承を支える仕組み (フィールドインタラクション分析 5), ひつじ書房.

創作と鑑賞のインタラクション：俳句創作が俳句と水墨画の美的評価に与える影響

Interaction between Creation and Appreciation: How Haiku Creation Impact on Aesthetic Evaluation of Haiku and Suibokuga

櫃割 仁平[1,2]，野村 理朗[1]
Jimpei Hitsuwari, Michio Nomura
[1]京都大学, [2]日本学術振興会
Kyoto University
hitsuwari.jimpei@gmail.com

概要

In psychology of aesthetics, compared to appreciation, there are fewer studies on art creation. Therefore, this study aims to examine the influence of art creation on appreciation using haiku poetry with reference to the Mirror Model—a model combining creation and appreciation. Although the model has been used to examine visual arts, we examine its applicability to linguistic arts. The 115 participants were divided into two conditions—creation and control. The former created haiku, while the latter did not create. The results showed no improvement in evaluation through creation. Additionally, recognizing the difficulty of creation leads to beauty, and this relationship is mediated by awe. These results expand the model in terms of the different art genres.

キーワード：俳句，審美性，鑑賞，創作，畏敬の念

1. はじめに

本邦の教育課程に組み込まれており (文部科学省, 2017)，誰もが創作経験のある芸術が，世界最短の詩俳句である。俳人の黛まどかが「俳句は実作と同時に鑑賞が必要です。実作力と鑑賞力は車の両輪です。実作の力が上がればおのずと鑑賞力上がってくる。」 (黛・茂木, 2008) と述べるように，俳句において創作と鑑賞は密接に関係している。教育場面においても，鑑賞だけでなく，創作も一体となって俳句を理解し，楽しむ重要性がしてきされている (植阪・光嶋, 2013)。近年，俳句鑑賞に関する研究が蓄積されつつある一方で (Belfi et al., 2018; Geyer et al., 2020a, 2020b; Hitsuwari & Nomura, 2022a, 2022b)，俳句創作に関する研究はほとんど存在しない。

その傾向は俳句に限ったことではなく，審美性の心理学領域一般においても同様で，芸術鑑賞と比較して，芸術創作に関する研究は少ない (Matsumoto & Okada, 2021a)。そんな中，Tinio (2013) は，ミラーモデルと呼ばれる鑑賞と創作のインタラクションを反映した美的体験モデルを提案した。このモデルは，既存の創作モデル (Mace & Ward, 2002) と鑑賞モデル (Leder et al., 2004) を組み合わせたように構築されている。美的体験は作品の表面的な特徴を認識することから始まり，作品に秘められた意味や文脈を認識し，さらに個人的な関連性のある概念を把握したときにピークを迎えるとされ，このプロセスが創作体験の鏡写しになっているという。つまり，創作では逆に個人的な関連性のある概念から創作が始まり，それを作品に落とし込んだり，拡張したりするようになり，最後に表面的な調整や仕上げが施される

このモデルの登場以降，芸術創作と鑑賞を合わせて検討する動きが活発になり (Ishiguro & Okada, 2021)，実証研究も進められている。例えば，Specker et al. (2017) は，研究室と美術館において，鑑賞者の発話を収集し，ミラーモデルで提案されている順序で鑑賞が起こっているか検討した結果，たしかにミラーモデルを支持しうる鑑賞過程であったが，参加者のモチベーションによっても，結果が変わりうるなど，モデルの改善が必要であることが示唆された。また，創作にも焦点を当てた研究としては，Matsumoto & Okada (2021a) が，創作が鑑賞に与える影響を実証的に検討した。彼らは，鑑賞の前に折り紙創作を行った群は行っていない群に比べ，創作折り紙の好感度と感嘆を高く評価し，創作困難さの認識と感嘆の正の相関を示した。

本研究では，この先行研究を参考にして，創作が鑑賞・評価に与える影響を検討する。その題材として，俳句に着眼する。俳句は 3 つの理由から本研究に適していると考えられる。1 つに，先行研究では，主に絵画や折り紙の写真といった視覚芸術が扱われ，

言語芸術については検討されていないことが挙げられる。ミラーモデルが言語芸術にも適用されうるか検討し，モデルの更なる精緻化を試みることができる。2 つ目に，本邦の教育課程において，ほとんどの人が，創作経験があることが挙げられる。3 つ目に俳句は世界最短の詩歌と言われており (Iida, 2008)，短時間で創作を行うことも可能なため，参加者の集中力を保った上で，創作と鑑賞を行うことが可能であることが挙げられる。また，鑑賞では，視覚芸術である水墨画の鑑賞も行うことによって，1 つの芸術ジャンルの創作が他のジャンルの鑑賞体験にも影響を及ぼすか (般化) を検討することにより，先行研究の拡張を試みる。

2. 方法

本研究は，京都大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認を得た (受理番号 CPE-488)。

2.1. 参加者

ClowdWorks を用いてリクルートした参加者 125 名が zoom を用いたオンライン実験に参加し，無作為に創作群と統制群の 2 群に分けられた。IP アドレスが重複していた参加者，回答時間が極端に短い参加者，プレポストの ID が一致しない参加者を除いた創作群 60 名，統制群 60 名，計 115 名 (M＝38.78，SD＝11.50，女性 73 名，男性 38 名，その他 4 名) を主な分析対象とした。

2.2. 刺激

本研究では，メインの研究対象である俳句と，創作効果の般化を検討するための水墨画，統制群が創作の代わりに評価を行う標語を用意した。俳句刺激は，極めつけの名句 1000 (角川, 2012) の中から天象，地象，明暗，植物のカテゴリに該当する俳句を抽出し，本実験に参加していない 4 名による予備調査で畏敬の念がより強く評価された 45 句を選定した。水墨画刺激は，国立文化財機構所蔵品統合検索システム等インターネット上で利用可能な刺激を 45 作品選定し，334×500 のサイズに統一した。標語刺激は，交通安全や税など 11 カテゴリの標語をインターネット上から収集した。

2.3. 手続き

参加者はまず，俳句，水墨画それぞれ 5 作品ずつのプレ鑑賞に参加した (図 1)。評価項目は，美，作品への畏敬の念，作者への畏敬の念，創作困難さの認識の 4 項目で，それぞれ 7 件法で回答した。先行研究では，感嘆を測定していたが，感嘆が畏敬の念と類似していること (Keltner & Haidt, 2003)，俳句鑑賞と畏敬の念の関係が既に明らかにされていることから (Hitsuwari & Nomura, 2022a; 2022b)，それらの項目を採用した。次に，創作群は，「桜」という季語を与えられ，20 分間の俳句創作課題に取り組んだ。俳句創作中に感じたこと，考えたこと，作品の断片などを全て自由記述で記入し，最後には出来上がった作品の中で最も優れていると感じるものを回答した。一方の統制群は，俳句とよく似た 5・7・7 の構造を持つが，文学性・芸術性が低い標語の鑑賞を 20 分間行い，創作は一切行わなかった。続けて，ポスト鑑賞課題に取り組み，俳句，水墨画それぞれ 20 作品について，プレ鑑賞と同様の項目で評価を行った。その際，「最初に行った鑑賞・評価の時と鑑賞の観点に変化はありましたか？変化があれば、どのような変化があったか教えてください。」という自由記述の質問にも回答した。最後に，人口統計学的データを得る質問紙に回答した。

3. 結果と考察

3.1. 俳句創作の有無が俳句と水墨画の美的評価に与える影響

測定した 4 項目の記述統計値と t 検定の結果について，刺激別 (俳句，水墨画)，プレポスト別に示した (表 1)。どの項目についても条件間の差はなかった。プレ鑑賞の俳句美得点を統制し，条件がポスト鑑賞の俳句美得点に与える影響を検討したところ，条件の効果は非有意であった ($\beta = .08, SE = .13, t = 1.07, p = .29$; 図 2A)。同様に作者への畏敬の念，創作困難さの認識も条件の効果は非有意であった。一方で，作品への畏敬の念のみ有意傾向であったが，効果の方向は仮説とは反対となり，統制群の方がポスト鑑賞の俳句に対して畏敬の念を感じているという結果になった ($\beta = .14, SE = .13, t = 1.87, p = .06$)。水墨画についても全 4 項目において，条件の効果は非有意となった (図 2B)。

これらの結果は先行研究と異なるものであり，芸術創作と鑑賞を同時に盛り込んだミラーモデルも支

持されなかった。その 1 要因として，芸術ジャンルの違いが考えられる。先行研究では，創作それ自体が影響を及ぼすよりむしろ創作過程をトレースすることが，その後の評価に影響を及ぼすことが示唆されていた (Matsumoto & Okada, 2021a, 2021b)。つまり，俳句は，誰もが創作体験があり，直前に創作せずとも創作過程をトレースすることは可能であったのではないかと考えられる。しかしながら，創作群のポスト鑑賞時の自由記述の中には，「俳句の作成を行った後は、俳句を作ることが難しいと感じた。」「俳句を作成した後だったので，その俳句の読み手がどのような気持ち，考え，風景を読んだものなのか，素人ながら思いを馳せて考えた。」等の回答もあり，たしかに一部の参加者には創作の影響があった。俳句は教養や前提知識の有無が鑑賞，好感度に強く影響を与えるため (佐藤, 2007)，折り紙などの視覚的に美を感じさせる刺激と比して，言語芸術に対する鑑賞・評価プロセスの分散の大きさが示唆され，芸術のジャンル，すなわち創作過程において求められるプロセスの相違に応じてミラーモデルが必ずしも適用されず，代替え的なモデルの構築の必要性が新たに示された。

また，もう 1 つのありうる解釈として，非創作群の標語評価課題が単調過ぎた課題であった結果，ポスト評価の得点がさらに高くなってしまったことが考えられる。非創作群の課題の妥当性を検証し，よりよい課題を設定することも今後の課題となる。

3.2. 創作困難さと美的評価における畏敬の念の媒介効果

困難さの認識と畏敬の念，美の関係を検討する媒介分析を行った結果，俳句の創作困難さの認識が作品や作者への畏敬の念を媒介し，美を説明することが明らかになった (図 3)。この結果は，先行研究を拡張し，困難さの認識がどのように美と関連しているかをより詳しく明らかにした。畏敬の念は，美的感情の 1 つに分類されることもあり (Keltner & Haidt, 2003; Takano & Nomura, 2020)，先行研究では，俳句鑑賞中の畏敬の念の喚起と美的評価の関連が示されていた (Hitsuwari & Nomura, 2022b)。また，アーティストが作品を作る時の困難さを認識するほどに畏敬の念を感じるという結果は，畏敬の念が，並外れたスキルやタレント性と対峙した時にも喚起される感情であることから説明できる (Graziosi & Yaden, 2021)。

3.3. 制限事項

先行研究では，実験室において創作及び鑑賞を行っていたが，本研究は zoom を用いたオンライン実験であった。創作中の自由記述は，ほとんどの参加者が集中して創作を行っていたことを示唆したが，多くの人が参加しているオンライン環境と実際の創作環境は異なり，結果にも影響を及ぼした可能性がある。

4. 結論

本研究では，俳句創作が俳句と水墨画の評価に与える影響を検討した。創作経験によって，好感度や美的評価が上がった先行研究と異なり，創作が評価に影響を与えなかった。この結果から，芸術創作と鑑賞のインタラクションは芸術ジャンルによっても大きく異なることが示唆され，殊俳句においては，ミラーモデルも支持されなかった。また，創作困難さの認識が畏敬の念を媒介して美的評価に繋がる新しいメカニズムも発見された。今後の研究では，さらにさまざまな芸術ジャンルに対して，鑑賞の一側面だけでなく，創作との関連を含めた検討がなされ，芸術分野のみならず，創作と鑑賞を行う教育場面にも応用されることが期待される。

文献

[1] Belfi, A. M., Vessel, E. A., & Starr, G. G. (2018). Individual ratings of vividness predict aesthetic appeal in poetry. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 12*(3), 341-350. https://doi.org/10.1037/aca0000153

[2] Geyer, T., Günther, F., Müller, H. J., Kacian, J., Liesefeld, H. R., & Pierides, S. (2020a). Reading English-language haiku: An eye-movement study of the 'cut effect'. *Journal of Eye Movement Research, 13*(2). https://doi.org/10.16910/jemr.13.2.2

[3] Geyer, T., Würschinger, Q., Kacian, J., Liesefeld, H. R., Müller, H. J., & Pierides, S. (2020b). Reading haiku: Semantic distance and the 'cut effect'. 'To Sing the Haiku the American Way is a Beautiful Thing': The Haiku of Etheridge Knight, 9.

[4] Graziosi, M., & Yaden, D. (2021). Interpersonal awe: Exploring the social domain of awe elicitors. *The Journal of Positive Psychology, 16*(2), 263-271. https://doi.org/10.1080/17439760.2019.1689422

[5] Hitsuwari, J., & Nomura, M. (2022a). How Individual States and Traits Predict Aesthetic Appreciation of Haiku Poetry. *Empirical Studies of the Arts. 40*(1), 81–99. https://doi.org/10.1177/0276237420986420

[6] Hitsuwari, J. & Nomura, M. (2022b). Beauty and Ambiguity: Japan–Germany Cross Cultural Comparison on Aesthetic Evaluation of Haiku Poetry. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. Advance online publication. https://doi.org/10.1037/aca0000497

[7] Iida, A. (2008). Poetry writing as expressive pedagogy in an EFL context: Identifying possible assessment tools for haiku poetry in EFL freshman college writing. *Assessing Writing, 13*(3), 171-179.

https://doi.org/10.1016/j.asw.2008.10.001
[8] Ishiguro, C., & Okada, T. (2021). How Does Art Viewing Inspires Creativity?. *The Journal of Creative Behavior, 55*(2), 489-500. https://doi.org/10.1002/jocb.469
[9] Keltner, D., & Haidt, J. (2003). Approaching awe, a moral, spiritual, and aesthetic emotion. *Cognition and Emotion. 17,* 297–314. https://doi.org/10.1080/02699930302297
[10] Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British journal of psychology, 95*(4), 489-508. https://doi.org/10.1348/0007126042369811
[11] Matsumoto, K., & Okada, T. (2021a). Viewers recognize the process of creating artworks with admiration: Evidence from experimental manipulation of prior experience. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 15*(2), 352. https://doi.org/10.1037/aca0000285
[12] Matsumoto, K., & Okada, T. (2021b). Imagining How Lines Were Drawn: The Appreciation of Calligraphy and the Facilitative Factor Based on the Viewer's Rating and Heart Rate. *Frontiers in human neuroscience, 366*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.654610
[13] 黛まどか・茂木健一郎 (2008). 俳句脳ー発想、ひらめき、美意識 角川グループパブリッシング
[14] 佐藤手織. (2007). 熟達した鑑賞者の俳句の好みと性格との関連性. 八戸工業大学紀要, 26, 139-147.
[15] Specker, Eva, Tinio, Pablo & van Elk, Michiel. (2017). Do You See What I See? An Investigation of the Aesthetic Experience in the Laboratory and Museum. *Psychology of Aesthetics, Creativity, & the Arts, 11*, 265-275. https://doi.org/10.1037/aca0000107
[16] Takano, R., & Nomura, M. (2020). Neural representations of awe: Distinguishing common and distinct neural mechanisms. *Emotion*. Advance online publication. https://doi.org/10.1037/emo0000771
[17] Tinio, P. P. L. (2013). From artistic creation to aesthetic reception: The mirror model of art. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 7*(3), 265–275. https://doi.org/10.1037/a0030872
[18] 植阪友理・光嶋昭善 (2013). 創作と鑑賞の一体化を取り入れた俳句指導−国語における新たな単元構成の提案− 教育心理学研究, *61*(4), 398-411. https://doi.org/10.5926/jjep.61.398

表 1. 記述統計値と条件間の t 検定結果

	Creation		Control				
	M	SD	M	SD	t value	p value	d [95%CI]
Haiku							
Beauty: Pre	4.99	.70	5.05	.93	-.42	.68	-.08 [-.45, .29]
Beauty: Post	4.77	.77	4.95	.92	-1.11	.27	-.21 [-.58, .16]
Awe for Art: Pre	4.49	.89	4.47	1.19	.06	.96	.01 [-.36, .38]
Awe for Art: Post	4.59	.86	4.82	.91	-1.43	.15	-.27 [-.64, .10]
Awe for Artist: Pre	4.53	.96	4.57	1.20	-.19	.85	-.04 [-.40, .33]
Awe for Artist: Post	4.61	.91	4.79	.98	-1.04	.30	-.20 [-.56, .17]
Difficulty: Pre	5.06	.91	4.91	1.07	.78	.44	.15 [-.22, .51]
Difficulty: Post	5.10	1.00	5.22	1.03	-.63	.53	-.12 [-.48, .25]
Ink painting							
Beauty: Pre	4.96	.81	4.93	1.27	.16	.88	.03 [-.34, .40]
Beauty: Post	4.94	.70	5.03	.99	-.53	.59	-.10 [-.47, .26]
Awe for Art: Pre	4.73	.89	4.72	1.24	.03	.98	.01 [-.36, .37]
Awe for Art: Post	4.79	.73	4.90	1.02	-.66	.51	-.13 [-.49, .24]
Awe for Artist: Pre	4.80	.97	4.80	1.31	-.02	.99	.00 [-.37, .36]
Awe for Artist: Post	4.84	.80	4.93	1.07	-.53	.60	-.10 [-.47, .27]
Difficulty: Pre	5.50	.79	5.47	1.14	.11	.91	.02 [-.34, .39]
Difficulty: Post	5.48	.84	5.47	.95	.09	.93	.02 [-.35, .38]

図 1. 実験手続きの概要

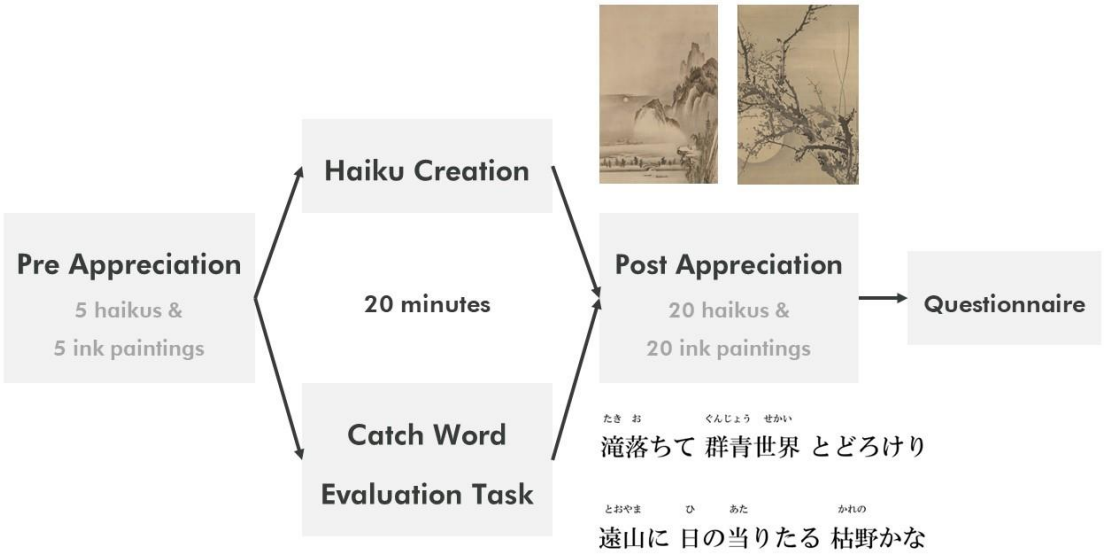


図 2. 俳句 (A)，水墨画 (B) における各項目のプレポスト変化量

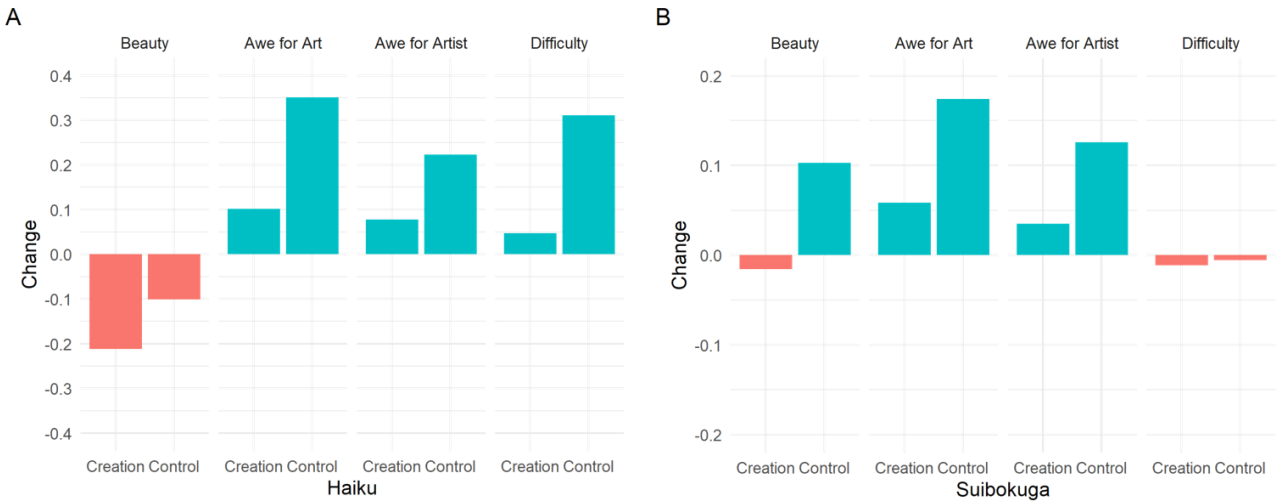
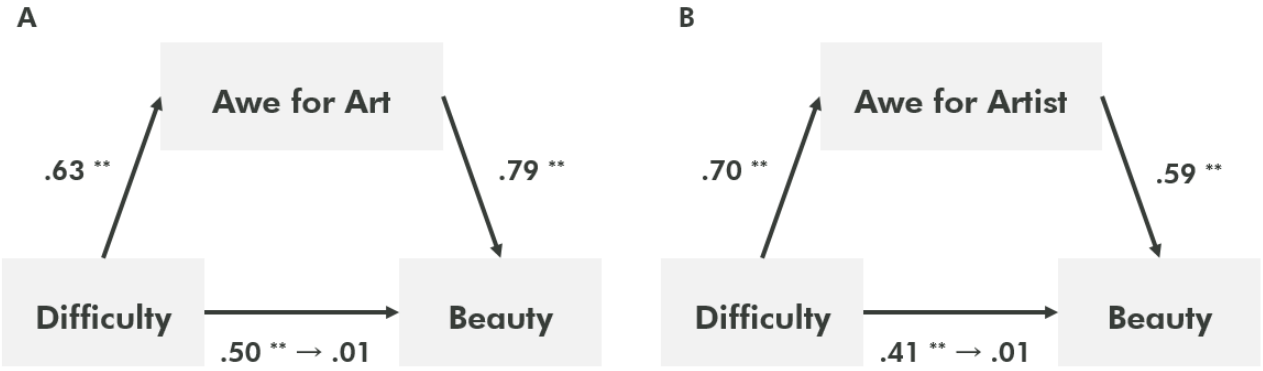


図 3. 俳句の困難さの認識が作品 (A)，作者 (B) への畏敬の念を媒介して，美を説明するモデル



演技訓練場面におけるインタラクション構造とその中での専門家と初心者の違い
Capturing Interaction in Acting Training and its Difference between Actors and Novices

スン　ジンエン†，岡田　猛‡
Jingyan Sun, Takeshi Okada
†東京大学学際情報学府，‡東京大学教育学研究科
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, Graduate School of Education, University of Tokyo
sun-jingyan-49@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要
本研究は、インタラクションを重視した演技訓練を観察対象とし、その中で言葉のやりとりがどのように展開していくかについて統計分析を行い、参加者の変化を明らかにした。また、役柄の設定に基づく訓練セッションにおける発話を比較することで、専門家と初心者のインタラクション・パターンの違いを説明した。専門家は状況を重視しインタラクションに没入できることに対して、初心者は直観的推論に依拠して相手の状態を推測しやすいことが分かった。

キーワード : 演技, インタラクション，熟達，発話分析

1. はじめに

演技実践においては、想像上の世界における人物をどのように理解し表現するかという問いに対して、様々な演技論及び訓練法が発展してきた。その中で、役が置かれる環境と人間関係を十分に吟味し、役を自分自身に落としこみ、本番でそこに実在する人として行動するという演じ方が、20 世紀初頭に確立され、広く受容されてきた(Stanislavski, 2008)。すなわち、役をリアルに演じるには、役の行動の動機や、周囲との関わりといった要素への理解力と感受性が重要とされ、想像上の世界でその人物として行動することが重要であり、それが演技のリアリズムであると主張されている。

認知科学の領域でも、演技方法が社会的能力に与える影響について、心理指標を用いた実証的研究が盛んに行われてきた(Panero, 2019)。ただし、自己報告に基づく指標は演技体験による変化を十分に捉えられないことに加え、その変化の内容に関しては相反する結果が報告されている(Alfonso-Benlliure, 2021; Goldstein & Winner, 2012; Goldstein et al, 2009; Schmidt et al, 2021)。この現象を理解するために、演技体験前後の状態変化だけではなく、演技のプロセス自体に焦点を当てることが重要である。演技における役作りは、個人が行う役の解釈と表現だけではなく、実際のパフォーマンスにおいてその状況と相手の存在も関わっている(Watanabe & Kusumi, 2020)。中でも特に、他の演技者とインタラクションしつつ、相手の行動に応じて自分の行動を調整していく過程に目を向ける必要がある。また、脚本に従って演じる場合でも、実演の中での演技者間のインタラクションの様態により、役の解釈と表現の可能性が広がり、それが演技の創造性として捉えられるとされている(Goldstein & Levy, 2017)。

2. 演技におけるインタラクション

演技におけるインタラクションに注目する研究は、これまでいくつかみられてきた。演技場面の観察を通して、局所のインタラクションがどのように全体的な展開に影響するか(Sawyer, 2010)、また、会話のリズム(Goan & Tsujita, 2007)や、役のイメージ作りはどのようにインタラクションによって構築されていくのか(Göthberg et al, 2018)については、プロセスの記述や分析がなされてきた。しかし、リアルな演技ができるメカニズムを明らかにするためには、そのインタラクションに伴う個人の変化を追跡し、その中で個人が相手との関係性をどのように捉えているのかを検討する必要がある(Sun & Okada, 2021)。そこで本研究では、実際の演技場面を対象として、演技をする参加者間のインタラクションの特徴に注目し、その中で生起した参加者の変化について検討を行う。

相手との関わりを強調し、インタラクションをベースとする演技訓練法を開発してきた演技指導者の一人が、サンフォード・マイズナーである。相手に注意を向けて、相手の行動を観察し言葉にすることにより、リアルなコミュニケーションができ、豊かな感受性を持つ演技者になれると、マイズナーは考えた(Meisner & Longwell, 2012)。本研究は、このような演技訓練の中で

の言葉を抽出し統計分析を行うことで、演技場面におけるインタラクションのパターンとその背後にある参加者の内面的変化について探索的に分析する。研究１では、演技訓練を一般教養に応用する際に、演技の初心者である参加者にどのようなインタラクションの変化がみられるかを明らかにすることを目的とする。研究２では、専門家と初心者のインタラクション・パターンを比較することで、リアルな演技をするには何が重要なのかを解明することを目的とする。これらの分析は、演技の創造性の熟達についての新たな理解に繋がる。

3. データ収集と分析

実際のマイズナーによる訓練法を用いて教授するボビー中西氏の演技クラスを対象とし、フィールドワークを行った。ボビー中西氏は、ニューヨークのアクターズ・スタジオで15年に渡って俳優として活躍した後に、日本に帰国して演技指導を行っている。フィールドワークは、二つのクラスで実施した。フィールド１では、参加者が演技経験のない大学生と大学院生であり、クラスが週に1回開催され（計14回）、1回の時間は105分となっていた。フィールド２では、参加者が俳優や俳優になるための修行中の人達であり、クラスが週に 1回開催され（計15回）、1回の時間は4時間となっていた。講師及び受講者の了承を得た上で、クラスでの練習の様子をビデオカメラ1台とICレコーダー1台により記録した。

研究１では、フィールド１における「レペテション」という基礎訓練を分析対象とした。「レペテション」では、二人が対面で座り、相手のことをよく観察することからセッションを開始する。二人のうちどちらから発話するかは指定されておらず、相手の行動について何らかの気づきがあれば、その行動をピックアップし、単文で言う（例：あなたが笑う）。次に、相手がその言葉を受け、主語を「あなた」から「わたし」に変え、単文を繰り返す（例：わたしが笑う）。このような繰り返しをしばらく続け、どちらかが相手に変化があったと気づいた時だけ述語を変える。「レペテション」では、相手の言葉とふるまいを素直に受け取り、それをどう感じるかを、単文を繰り返したり変えたりして相手に伝えることが重視される。

研究２では、フィールド１とフィールド２で同じ構造を持つ訓練セッションを分析対象とした。二人が「レペテション」の形でインタラクションをすることに加え、片方の参加者は、事前に具体的な状況を設定し、セッションの中でその背景・モチベーション・目標に基づいて作業をする。このように参加者に役作りをさせた上で、専門家と初心者が想像上の世界においてそれぞれどのように振る舞うかを観察することができる。

分析にあたっては、上記の訓練における発話内容を書き起こし、Sun & Okada (2021)に基づいて「行動」「所感」「評価」「推測」「感嘆」という５つのカテゴリーに分類した（表１）。これらのカテゴリーは、発話者が相手の様子をどのレベルで読み取っているのかを表している。研究１では、3回のレペテション訓練において、各カテゴリーに該当する発話数を集計し、その時系列変化を分析した。研究２では、作業をする参加者（実行者）とそれを観察する参加者（観察者）の発話のカテゴリーが、専門家のセッションと初心者のセッションでどのように違うかを分析した。

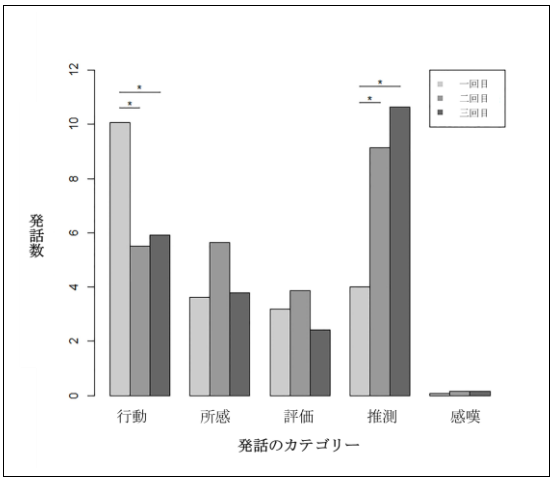
4. 結果と考察

4.1. 研究１：「レペテション」における初心者の表現の変化

表１　発話のカテゴリー（Sun & Okada, 2021により作成）

カテゴリー	定義	例
行動	相手の表面上の行動を描写する発話	笑う、近づく
所感	相手の行動に対して自分がどのように感じるかを入れた発話	鋭く見た、泣きそう
評価	相手の行動やその結果に対して評価をする発話	上手くいかない、冷静
推測	相手の内面の状態（感情・思考）について判断した発話	うれしい、心配する
感嘆	訓練のルールと関係なく思わず出てきた言葉	あっ、もう

図１　各カテゴリー発話数の時系列変化 (*p<0.05)



研究１では、3 回の授業を通して「レペテション」訓練の進行につれて参加者にどのような変化があったかを調べるために、各回における各カテゴリーの発話数についてノンパラメトリック検定を行った。さらに、3 回のペアごとの比較を行うために、ウィルコクソンの符号付順位検定を用いた。多重比較補正として、ボンフェローニの方法を利用した。有意水準は 0.05 に設定した。

結果として（図１）、行動(χ^2=11.501, p=0.003)と推測(χ^2 =14.598, p<0.001)の発話で授業間に差異が見られた。さらにペアごとに比較することで、「行動」の発話が減少し（一回目と二回目 p=0.005、一回目と三回目 p=0.024)、「推測」の発話が増加する（一回目と二回目 p=0.008、一回目と三回目 p=0.001）ことが分かった。また、「行動」の発話の減少と「推測」の発話の増加は同じタイミングで起こったとみられた。

初心者である参加者は、回数を重ねるにつれて、その場での相手の行動を記述するより、自身の判断が先行し行動の背後にある考えや感情を読み取ろうとするようになる傾向が見られた。参加者によるディスカッションから、このような観察結果を裏付ける発言があった。一回目の授業では、「相手に注意を向けるというルールに集中する」ことができ、相手の行動を言葉にすることで自分がどう感じたかをより多く話すことができた。しかし、後の二回の授業では、行動そのものよりも「相手が何を考えているかを解釈しようとする」ようになり、結局「視野が狭くなる」「自然なやりとりが難しくなる」ことが述べられた。

講師のコメントによれば、「相手への理解は練習の目的ではなく自然な結果」であり、固定観念から脱して、実際の状況に集中し行動して初めて演技におけるコミュニケーションができる。想像上の世界ではどのように交流し理解し合うかについて、相手とのインタラクションへの関与の重要性が指摘された。

4. 2.　研究２：専門家と初心者のインタラクション・パターンの違い

研究２では、訓練セッションの中で実行者と観察者それぞれの役割に焦点を当て、専門家と初心者が開始した各カテゴリーの発話数に違いがあるかどうかについて、ノンパラメトリック検定をかけた。発話者別の各カテゴリーの発話数の平均値と標準偏差は表 2 にまとめた。全体的に、実行者より観察者の方が発話を開始する数の多いことが、専門家と初心者のセッションでともに見られた。ただし、初心者では、観察者の方が実行者より圧倒的に多く発話を開始することに対して、専門家では、作業に一定の注意を払わなければならない状況の中でも、実行者がバランスよく発話することができた。

ノンパラメトリック検定の結果としては、初心者の観察者が専門家の観察者と比べてより多くの「所感」(p=0.001)と「推測」(p<0.001)の発話を開始する一方、専

表２　発話者別・各カテゴリーの発話数の平均値と標準偏差（*専門家と初心者の間に有意差があり, p<0.05）

カテゴリー	専門家 – 実行者		初心者 – 実行者		専門家 – 観察者		初心者 – 観察者	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
行動	**7.44***	4.51	**4.73***	3.26	9.33	5.22	10.60	6.05
所感	1.44	1.55	1.20	1.90	**2.51***	2.30	**7.27***	6.08
評価	**1.41***	1.58	**0.40***	0.61	2.09	2.26	2.13	2.50
推測	3.02	2.57	1.60	1.31	**4.18***	3.05	**13.87***	5.51
感嘆	2.61	2.65	1.87	2.00	1.20	2.10	0.87	1.20

門家の実行者が初心者の実行者と比べてより多くの「行動」(p=0.046)と「評価」(p=0.010)の発話を開始することが分かった。初心者は、相手の行動についての単純な記述より、自分の考えや判断を述べるという特徴を見て取ることができる。それに対して、専門家はその場での出来事と相手の行動自体に、役として注意を向けて、インタラクションへの関与を意識することができた。

さらに、初心者の「所感」と「推測」の発話の詳細を見ると、使用された述語の種類が限られることから、初心者はセッションごとに異なる状況での行動に丁寧に注意を向けるよりも、むしろ直感的な推論を用いて相手の内面を分析する傾向があると考えられる。初心者向けの演技クラスでは、演技の上達ではなく、「演技体験を通して豊かな感受性と表現力の向上」を目指しているが、どのように初心者の固定観念を取り外し、想像上の世界におけるインタラクションに没入するようになるのかは、今後重要な課題となるだろう。

5. 総合考察

相手とのインタラクションを重視する演技訓練において、初心者が相手を観察し、その行動を言葉にする際の発話のパターンに、時期による変化が見られた。その一方で、その場での行動を素直にピックアップするより、相手の考え・感情について自分の持つメンタルモデルに依拠して判断してしまう傾向があることも推察された(Ong et al, 2019)。それに対して専門家は、具体的な状況と実際の行動に注目し、それに基づいた発話をすることが多かった。さらに、専門家の方が初心者より、作業に一定の注意を払わなければならない状況の中でインタラクションへの関与を意識することができ、流暢かつ多様なインタラクション・パターンを見せたていた。

本研究では、実際の演技場面における発話の構造と変化を探索的に分析することで、状況とインタラクションへの関与のレベルが、演技体験による内面的変化に関与している可能性を示すことができた。初心者と専門家それぞれを対象としたフィールドワークのデータと比較した結果からは、インタラクションへの関与のレベルと注意の切り替えの流暢さが、リアルな表現につながることが推測される。本研究は、演技におけるインタラクションの効果の解明に新しい視点を与え、創造性の研究にも寄与できると思われる。

近年、精神治療(Bailey, 2009; Tang et al, 2020)や一般教養(Chandler et al, 1974; Goldstein & Winner, 2012)の領域で、演技訓練が社会的理解とコミュニケーション能力を改善する手段として利用されつつあるが、本研究で取り上げられたインタラクションへの関与の重要性が、今後の社会的能力の改善を目指すプログラムに演技アプローチを応用する際の注意点を提供すると言えよう。また、今後の展開として、マルチチャンネルでのインタラクションを分析することで、演技の設定では状況理解と適応的行動がどのように影響されるかについて知見を深めることが期待できる。

文献

[1] Alfonso-Benlliure, V. (2021) Is it true that young drama practitioners are more creative and have a higher emotional intelligence? *Thinking skills and creativity*, 39.

[2] Bailey, S. (2009) Performance in drama therapy, *Current approaches in drama therapy*Charles C Thomas Publisher, 374-389.

[3] Chandler, M. J., Greenspan, S. & Barenboim, C. (1974) Assessment and training of role-taking and referential communication skills in institutionalized emotionally disturbed children. *Developmental Psychology*, 10(4), 546-553.

[4] Goan, M. & Tsujita, K. (2007) System dynamics on the creation of drama-making processes. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 14(4), 509–531.

[5] Goldstein, T. R. & Levy, A. G. (2017) The constricted muse: Acting, in Kaufman, J. C., Glaveanu, V. P. & Baer, J. (eds), *The Cambridge Handbook of Creativity across Domains*. New York, NY: Cambridge University Press, 145-160.

[6] Goldstein, T. R. & Winner, E. (2012) Enhancing empathy and theory of mind. *Journal of Cognition and Development*, 13(1), 19-37.

[7] Goldstein, T. R., Wu, K. & Winner, E. (2009) Actors are skilled in theory of mind but not empathy. *Imagination, Cognition and Personality*, 29(2), 115-133.

[8] Göthberg, M., Björck, C. & Mäkitalo, Å. (2018) From Drama Text to Stage Text: Transitions of Text Understanding in a Student Theatre Production. *Mind, Culture, and Activity*, 25(3), 247-262.

[9] Meisner, S. & Longwell, D. (2012) *Sanford Meisner on Acting*. New York: Knopf Doubleday Publishing Group.

[10] Ong, D. C., Zaki, J. & Goodman, N. D. (2019) Computational models of emotion inference in theory of mind: A review and roadmap. *Topics in Cognitive Science*, 11(2), 338-357.

[11] Panero, M. E. (2019) A Psychological Exploration of the Experience of Acting. *Creativity Research Journal*, 31(4), 428-442.

[12] Sawyer, R. K. (2010) Individual and group creativity, in Kaufman, J. C. & Sternberg, R. J. (eds), *Cambridge Handbook of Creativity*. New York: Cambridge University Press, 366-380.

[13] Schmidt, I., Rutanen, T., Luciani, R. S. & Jola, C. (2021) Feeling for the Other With Ease: Prospective Actors Show High Levels of Emotion Recognition and Report Above Average Empathic Concern, but Do Not Experience Strong Distress. *Front Psychol*, 12, 543846.

[14] Stanislavski, K. (2008) *An Actor's Work: A Student's Diary*. Abingdon, Oxon: Routledge.

[15] Sun, J. & Okada, T. (2021) The process of interactive role-making in acting training. *Thinking Skills and Creativity*, 100860.
[16] Tang, S. X., Seelaus, K. H., Moore, T. M., Taylor, J., Moog, C., O'Connor, D., Burkholder, M., Kohler, C. G., Grant, P. M., Eliash, D., Calkins, M. E., Gur, R. E. & Gur, R. C. (2020) Theatre improvisation training to promote social cognition: A novel recovery-oriented intervention for youths at clinical risk for psychosis. *Early Interv Psychiatry*, 14(2), 163-171.
[17] Watanabe, T. & Kusumi, T. (2020) Experimental investigation of the effects of a theatrical activity on social abilities. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 28(1), 122-138.

芸術家は創作をどのように教えるのか？
音楽大学の作曲科教員へのインタビューを通して
How Artists Teach Creating Artwork?
A study based on interviews to teachers in a music college

田中 吉史†
Yoshifumi Tanaka
†金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology
tanakay@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要
音楽大学の作曲課程の教員 2 名に対するインタビューから、音楽大学での作曲の指導がどのように行われているのかを検討した。作曲指導は(1)作品創作に対する指導、(2)より多くの音楽作品・芸術作品に体系的に接することを促すこと、(3)作品の実演などより実践的な経験をする機会の設定、の 3 種に大別された。レッスンの方略について、言語化によるメタ認知の促進、Geneplore モデル、社会的・文化的文脈の変化などの観点から分析を試みた。

キーワード：創造性, 作曲, レッスン、創造性支援

1. 背景と目的

芸術は社会・文化的文脈の中で行われる営みであり、芸術家はこうした文脈のなかで学び、創作し、またしばしば後進の指導にもあたる。つまり、芸術という営みは、学び、創作し、指導するという活動を通して、創作のための知を生成、継承し、変容させていく過程としてとらえることもできる。

芸術家の創作プロセスや長期的な熟達化に関する認知科学的研究では、これまで特に美術を中心として知見が蓄積されてきた（髙木・岡田・横地, 2013; 横地, 2020）。これらの研究の多くは芸術家の個人内のプロセスに焦点を当てることが多かった。一方、後進の指導に当たる芸術家も少なくない。では、創作の実践者が、後進の創作を支援する立場になったとき、何を、どのように支援するのだろうか？

本発表は、こうした芸術における知の生成と継承の過程に対して、音楽大学で作曲の専門課程を指導する教員へのインタビューを通して、アプローチすることを試みる。

こうした社会・文化的文脈の中での学びを説明する概念として、しばしば正統的周辺参加が取り上げられる。そこでは、特定の目的を達成するための実践を行う実践共同体に対する参加が、周辺的なものからより柔然的なものへと移行し、参加が深化する過程として、学習を捉える(Lave & Wenger, 1991)。こうした学びのあり方は、創造的な活動に関しても、伝統的な職人芸の習得だけでなく、ファンカルチャー(有元・岡部, 2013; 岡部, 2021)など様々な場面においても指摘されている。一方、芸術作品の創作活動はむしろ作家の独自性が重視されることが多く、少なくともこうした芸術家の視点からは、実践共同体を想定した形での学習プロセスをどの程度適用可能なのかは明らかでないように思われる。特に現代の芸術では個々の作家の独自な表現や新規性が重視されるため、期待される産物の多様性や予測不可能性は極めて高いとも言える。このような状況において、どのように芸術家がいかに後進を指導するのかは、興味深い問題であろう。

創作活動を行うための知識やスキルは、必ずしも学校などのフォーマルな場でのみ習得されるわけではない。横地(2020)は、長期にわたる美術家の熟達の過程の中では、美術大学での学びは作家としての表現やアイデンティティの確立には不十分であることを指摘している。また、活躍する芸術家の中には、必ずしも芸術系大学などで専門的な教育を受けたわけではない人もいる。とはいえ、多くの芸術家は、期間の長短や、自身の創作への影響の程度に違いがあるものの、芸術大学等での専門的な教育を受けていることも事実である。こうした芸術系大学での指導は、芸術家のキャリア初期における学びを支援する役割を果たすと考えられる。それでは、芸術系大学の教員は、若い芸術家に対して何を、どのように指導するのだろうか？

音楽大学の作曲コースでは、創作に必要な様々な知識に関する授業科目のほか、年度や学期ごとに自由度の高い作品の提出課題を設け、作品の着想から完成まで、自身も作家である教員が学生個人に対して継続的なレッスンを行うことが多い。こうした創作におけるレッスンは、着想から完成までの創造的過程全体を、

中・長期的に支援する活動ととらえられるだろう。

一方、こうした創作のレッスンには標準的な方法論があるわけではない。そのため、創作のレッスンを行う芸術家は、自分自身が受けてきたレッスンや創作者としての経験、自身の芸術観など基づいて指導を行っていくと考えられる。そこで、芸術家の行うレッスンのやり方と、その芸術家自身の学びや創作の経験とを合わせて検討することで、先に述べたような芸術創作における知の生成と継承のプロセスにアプローチすることができると考えられる。

そこで本研究では、音楽大学で創作指導を行う作曲担当教員を対象とするインタビューを通して、作曲のレッスンがどのように実践されているかを捉えるとともに、作曲のレッスンが、作曲に関する知識やスキル、また創作についてのどのような信念によって支えられているか、また、レッスンの実践やそれを支える信念が、その教師自身のそれまでの学びや創作の経験から、どのように生成されるのか、を検討する。なお、本発表は、現在進行中のインタビューから 2 人の教員による結果に関する中間的な報告である。

2. インタビューの方法

2.1 インタビュー対象者とその背景

日本の地方都市にある音楽大学の作曲コースで常勤教員として教鞭をとる 50 歳代の教員 2 名からの協力を得た。2 人はともに同じ大学の作曲の専門課程に所属し、後進の指導にあたるほか、現役の作曲家としても旺盛な創作活動を行っており、国際的な受賞歴を持つ。2 人とも、いわゆる現代音楽と呼ばれるジャンルで活動しており、基本的には楽譜を書いて作曲し、それを演奏家に演奏してもらうという、現代音楽において一般的な形で創作活動を行っている。 2 人は異なる音楽大学の出身であり、共通した師はない。A さんは大学院修了後、音大受験予備校の非常勤講師、教員養成系大学教員を経て、現在勤務する大学に異動し、これまで 20 数年にわたって作曲のレッスンを行ってきた経験を持つ。一方 B さんは、大学院修了後、フリーランスの音楽家としての演奏、作曲活動のほか、受験指導の個人レッスン、大学での非常勤講師などを経験した後、数年前に現在の勤務先に職を得て、本格的な作曲のレッスンを始めたのはそこからという。つまり、2 人は同世代の作曲家として同程度のキャリアを持ちながら、作曲のレッスンの経験年数においては違いがあるとも言える。現在 2 人の勤務する大学の作曲コースでは、和声学や対位法をはじめとする理論系の講義のほか、各学年で数名ずつの指導学生がおり、基本的に 4 年間かけて同じ学生の作曲指導を行っている。ただし、これらの作曲指導の進め方については、一人当たりのレッスン時間には規定があるものの、運営の仕方は完全に各教員の裁量で行われており、そのやり方について統一を図ることは行われておらず、またそのやり方について、教員間で情報交換されることもほとんどないということであった。

2 人の勤務する作曲コースでは、各学年、学期ごとに、指定された楽器編成の楽曲が提出課題として課されており、基本的にはその作品の創作過程をレッスンで指導していくことになっている。レッスンは各学生に対して週 1 回ずつ時間が確保されているが、毎回その提出課題の作品についてレッスンが行われるわけではなく、学生が他に書いている作品を持ってきた場合にはそれについての指導が行われるなど、かなり柔軟な指導が行われている、とのことであった。

2.2 インタビューの内容

インタビューは、ビデオ会議システムを用いて行われ、インタビューの内容はすべて録画された。それぞれの対象者について約 2 時間のセッションが 3 回行われ、合計約 12 時間の録画が得られた。

インタビューは大まかに(1)自身が作曲を始めたきっかけから現在までの学習歴、(2)自身が担当するレッスンでの指導方法、(3)自身の創作歴や創作方法、の 3 点に分けられ、その中でいくつかの下位項目を設定した（詳細は表 1 参照）。半構造化面接により実施し、できるだけ自然な会話の形をとりながら、表に示した質問項目について尋ねた。

3. 結果と考察

インタビューの結果については現在も分析中であるが、ここでは現段階での概要について報告する。

レッスンの進め方や作曲の指導方法の詳細については、A さん、B さんの間でさまざまな違いがあるものの、全体としては(1)個々の作品の制作についての指導、(2)より広範な音楽作品や芸術への接触を促すこと、(3)作品制作だけでなく作品の実演を含むより実践的な知識習得の機会の設定、という 3 種に大別されると考えられる。

表1　インタビュー項目

1．現在の/これまでの教育実践の方法
1a) 現在の状況
・今、何人ぐらい作曲指導をしているか？
1b) 過去の教育経験：作曲の指導に限定
・何年くらい、どんな学生に
1c) 作曲の指導の方法
・一般的な進め方はあるか？
・ケースバイケースの場合、どのように？
・音大での課題となっている作品の指導
・自由な創作の場合の指導
・学生の志向するジャンル、スタイルなど
　自分自身の作風と異なる場合は？
・その作曲の指導方法を取るようになったきっかけ、理由など（背後にある信念）

2．これまでの作曲の学習歴
2a)作曲を学び始めたきっかけ
2b) 作曲を学んだ方法
2c) 作曲の指導を受けた経験
・受験勉強、・自身の作品に対するレッスン、師匠、指導教員から受けた指導の内容など

3．自分自身の作曲の進め方
3a)作品を作り始めるきっかけ、典型的な作曲のプロセス
3b)モチベーションの維持（個々の作品だけでなく、活動全体の維持に関して何か工夫は？）
3c)作曲中に「行き詰まる」ことはある？
・そういう場合に切り抜ける自分なりの方法はある？
・自分でレッスンをする学生が、同じような状況になっているとき、どんなふうに指導する？

3.1　個々の作品の制作についての指導

作曲のレッスンでは、学生が制作中の作品についてのアドバイスを中心に行われている。2 人の教員で、その指導のあり方には相違があるものの、共通した側面も見られた。

・学生の創作意図を尊重する

2 人に共通する基本的な姿勢として、学生自身が持つ作品についての大きなコンセプトを尊重し、教員の側から何らかのコンセプトに基づいて書くことを指示したり、その方向に向かって変更するように介入したりはしないようにしていることが挙げられる。

また、2 人とも、レッスンでは、学生自身に、作曲中の作品やアイデアについて、言葉による対話に多くの時間をとっている点も共通していた。A さんはレッスンでは学生が持ってきたスケッチなどに目を通した後、作品について様々な質問を行って、書いてきたものの意図について学生に説明させていた。B さんは、学生がスケッチを持ってきた場合にはそれを見ながら、その作品の意図についてまず学生に説明させるといった方法をとっていた。このように、学生の創作意図を重視する姿勢は、同時にレッスンにおいて学生によるメタ認知を促す機会になっているとも言える。

また、両者とも、自分と学生の間で興味の方向性や美意識に違いがある場合も、その学生の意図をきいたうえで、参考となる他の作曲家の作品や資料を紹介したり、「自分だったらこうする」といった形でアドバイスを与えたりするにとどめ、自分の関心に合わせるように変更させるということはないという。書いてきたものについて、例えば演奏不可能な箇所などの技術的・実践的な問題については指摘をするものの、教員自身にとってより良いと思われる代替案がある場合も、その可能性を示すことはするものの、そのように変更することを強く指示することはない、とのことであった。

このような指導方法は、ある程度自分自身が受けてきたレッスンに基づく面もあるようであった。A さんの場合、音楽大学での指導教員の指導がゼミ形式をとり、すべての学年の門下生が集まって、作品について語り合う形であったという。一方 B さんが音楽大学在学中に受けたレッスンは個人レッスンの形をとり、作曲中の作品や提出後の作品についての技術的な側面の助言が主であり、作品の大きなコンセプトについて説明することはあまりなかったが、大学院修了後に参加した、海外の作曲家を講師とするセミナーの経験が、現在の指導方法の参考となったという。そのセミナーでは、講師が作曲の受講生に対して作品のコンセプトについての説明を多く求めたという。

このような、いわば学生の自由を尊重するやり方については、自分が音大に在学していた時代とは、作曲の業界全体が変化してきたことが背景にあるもしれないことを、A さん、B さんとも言及している。A さんはこうした業界全体の変化を「より多様化している」と述べている。A さん自身の指導教員はゼミ形式で意見交換することを重視するやり方であったが、他の指導教員の門下ではむしろ教員と同じやり方をとるように強く指導されているようだったという。B さんの場合も学生の嗜好や音楽についての意識が変化してきており、自分が学生だった頃は、卒業してもそのままフリーランスで頑張って創作活動をしていくのが一般的だったが、現在の学生は卒業しても音楽をそのまま続ける学生もいる反面、普通に一般企業などへの就職を希望する学生も多く、キャリアに関する意識が多様化していることを指摘している。

一方、学生の意図を尊重して強い指導を行わない方法について、学生が今一つ成長しているように感じら

れないときに、A さんも B さんも葛藤を感じることがあると述べている。B さんは、より積極的に作品の方向性を変えさせたり、作品の細部についても具体的にどのように変更するかを指示したりすることが必要なのかと悩むこともあるという。また A さんも、レッスンで学生に質問を続けていくことが「質問攻め」になってしまい、かえって書けなくなってくることもあり、指導方法には常に悩みもあるという。

・制作が進みづらい学生への指導

ところで、自分が生徒である場合とは異なり、教える立場となると、様々なレベルの学生を指導することになる。音楽大学の場合、学生は入学前にすでにある程度の作曲経験を積んでいるが、A さん、B さんとも、「書ける学生」「書けない学生」という呼び方で、学生間でレベルの違いがあることに言及していた。

A さんによれば制作の進みづらい学生は、「手数が少ない」、つまり書き方についての知識やレパートリーが少なく、ありきたりなものしか書けない傾向があるが、制作の進む学生は「手数が多く」、「教えた以上に広がっていく」という。B さんによると、制作の進みづらい生徒はレッスンにも譜面を持ってくることが出来なかったり、前回のレッスンから全く作曲作業自体が進んでいなかったりすることが多く、書いてくるものもごくありきたりなものであることが多いという。また書き始める前に「たくさん相談しないと書き始められない」ことが多いという。それに対して制作の進む学生は、よく考えて書かれているものを持ってくるという。両教員とも、こうした違いは、学生の学年ではなく、個人ごとの特性によることが多いと述べている。

こうした制作が進まない学生をどのように指導するかが教員にとっての課題となる。B さんは、こうした学生に対しては、とにかく励ますだけではなく、より具体的な指導を行うことが多いという。例えば、全く構想が浮かばない学生に対しては、「(古典的な) ○○形式を書いてみようか」といった作品の構想に関する提案を行ったり、書いてきたものについてコンセプト的なレベルではなく、具体的な問題点や改善案などを指摘したりすることが多いという。

A さんと B さんの説明から、制作の進みづらい学生には作曲に必要な知識のレパートリーが少ないという特徴があることが示唆される。B さんが制作の進みづらい学生に対してより具体的な指導をするのも、こうした側面への指導が必要と捉えているものと考えられる。一方、A さん、B さんとも制作の進みづらい学生の作品はありきたりなものが多い、と指摘していることの背景には、技術的な習熟だけでなく、作品における何らかの新奇性や独自性を重視していることがあるのかもしれない。

・学生の「行き詰まり」をどう指導するか

創造性研究では、しばしば創造的思考における行き詰まり(impasse)とその打開が大きな関心となっている(Finke et al., 1992)。芸術創作においても同様な行き詰まりをどのように打開するか、が大きな問題になりうる。

A さん、B さんとも、自身の作曲活動の中で、一つの作品を書いている最中に「行き詰まり」を感じることはほとんどないと述べる。A さんの場合、曲の冒頭から終わりに向かって順番に書き進めていく、という方法で書いているが、作品の書き出しの部分をいくつかのパターンで作り直すことがあるものの、うまく書き進められるパターンが見つかったら「あとは迷わない」という。途中で進まなくなったとしても「強引に書いていれば」先に進む、と述べる。B さんの場合、作品全体のコンセプトを決め、あるルールを設定してそれに従って音を選択していく、という方法をとって書くことが多い。「書き始めるまでの時間が長い」が、最初に作品全体のコンセプトが決まるとあとは「すらすら書ける」と述べる。両者とも、このような「行き詰まり」を感じることが少ないのは、作曲家として長いキャリアを持ち、それぞれの「創作ビジョン」(横地, 2020) を確立していることによるのかもしれない。

とはいえ、指導する学生が何らかの「行き詰まり」を抱えていることは両者とも経験しているという。A さんの場合、レッスンで学生が作曲中の作品を見ていると「このままだと行き詰まる」と予見されることがあり、そのことをあらかじめ指摘するという。B さんは、行き詰っている学生については、他の可能性を探索させるために参考楽曲を紹介したり、そこまでに書いた部分の素材を見直して別の展開の可能性を検討することを促したりするが、具体的に「ここをこう変えなさい」といった指示は却ってよくないと感じているという。B さんによれば「一回書いたものを消すのは難しい」ので、そのための「勇気を持たせること」「その背中を押す」ことが大事である。

ここで挙げられた学生の行き詰まりに対する指導は、異なる選択肢を提示することと、創作過程自体のメタ認知的な側面への介入の 2 種類があると言える。学生

自身の気づいていない別の選択肢を示すことは、学生自身の探索空間を拡張することだと言える。また、A さんのいう「このままだと行き詰まる」という予測や、B さんのいう「一回書いたものを消す勇気を持たせる」ことは、作曲プロセス自体のモニタリングに関わるものと考えられる。

もう一つ、興味深いのは、自身の創作について述べる時には、「行き詰まり」の経験があまり報告されないものの、学生に対しては行き詰った際の打開方法について、具体的な指導を行っていることである。2 人が挙げていた打開方法には共通して作曲中の認知過程に対するメタ認知的な側面を含むと考えられるが、こうした具体的な方略は、自分自身の創作方法について述べる際には出てきていない。こうしたメタ認知的な側面は、自分自身の創作を振り返る際にはあまり焦点化されず、むしろ他者（学生）の創作過程を見るときに顕在化しやすいのかもしれない。

3.2 より幅広い音楽作品・芸術に接することを促す

A さん、B さんとも、学生の指導の過程で、他の作曲家の作品をレファランスとして挙げることがしばしば行われていた。これ以外に、両者とも、制作中の作品に対するレッスン以外の場面でも、より様々な作曲家の作品を聴くことを促す指導を行っていた。

両者とも、学生は音楽史上の様々な時代の音楽や作曲家の作品についての知識（インプット）が絶対的に不足していることを指摘している。こうした知識についてはレッスン以外の授業でも与えられているものの、それでも十分でないと考えられている。そこで、A さんも B さんも、夏休みの宿題などの形で、体系的に様々な作品をきいて感想文を書くといった課題を課すことがあるという。こうした指導の目的は、感想文を書かせることからも推察されるように、より宣言的な知識の習得にあるといえるかもしれない。

A さん、B さんとも、これまでの学習歴を振り返ってみると、音楽大学入学時まで、現在 2 人が作曲しているような、いわゆる現代音楽の作品を書いたことはなく、積極的に聴く経験もほとんどなかったという。大学入学までは、クラシック音楽のような調性的な音楽ばかりを書いていたが、入学してから、先輩や指導教員の作品に触れることで、調性的でない音楽を書くようにという具体的な指導は無かったものの、調性的な音楽から離れて、自然に現在創作しているようなスタイルに移行したという。

現在 2 人が勤務する大学でも、多くの学生は入学までは調性的な音楽ばかりを聴いたり、作曲したりしているが、入学後は自然に調性的でない音楽を書くようになっていくという。先に述べたように、学生が調性的な音楽を書いている場合でも、学生の創作意図を尊重して、それに即した指導を行うという。商業的な音楽では現在でも調性的な音楽のほうが圧倒的に多く書かれているので、そうした業界に進むことを希望する学生は調性的なスタイルにこだわる、と A さん、B さんとも指摘している。一方で、A さんは普段から耳にすることが多いようなスタイルの音楽だけでなく、「視野を広げてほしい」という思いもあり、時には明示的に調性的でない音楽にチャレンジするように指導することもあるという。

学生により多くの芸術作品に接するように促す工夫は、体系的に音楽を聞かせることに留まらない。A さん、B さんとも、学外の様々な興味深いコンサートだけでなく美術展も勧めるなどしており、学生の「視野を広げる」ための活動は音楽に限らない。時には自ら自動車に乗せて、他の地域の芸術関連のイベントに学生を連れていくこともあるという。

3.3 作曲以外の実践的な経験の機会を設定する

A さん、B さんとも、作曲のレッスンは基本的に楽譜を介しておこなわれるが、それ以外にも学内で門下生による「試演会」を開催して、自分の書いた作品を、器楽や声楽専攻の学生に演奏してもらってそれを聴く機会を設けている（試演会の開催は、この音楽大学の他の指導教員の門下でも行われているという）。作曲は、基本的には楽譜を書いて、それを演奏家や声楽家など、他者によって実演してもらうことが必要となる。自作自演することもあるが、自分では演奏できない楽器や、複数の演奏者が必要な場合には、当然他者の手を通して実現しなければならない。また、楽器法の授業や書籍、楽譜や録音などの資料を通して学ぶだけではわからないことも多く、実際に演奏してみると、思った通りには演奏できなかったり、想像していた通りの効果が得られなかったり、演奏が難しく演奏者に負担がかかって効率的でなかったり、といったことに気づくことが多い。そのため、自分が書いた楽譜を実際に演奏してもらうことは、作曲を学ぶ上で必要不可欠なものと、A さん、B さんとも考えている。

それぞれの学生時代を振り返ると、A さんの学んだ大学では、在学中に作品の演奏審査で、作品が演奏され

る機会は何度かあったものの、それ以外には一度も自分の書いた作品が演奏されるのを聞かずに卒業する人もいたが、A さんは学内での自主的な試演会のほか、大学祭などで自分の作品が演奏される機会をなるべく逃さないようにしていたという。A さんは、自分の書いた作品が音になった時の醍醐味は、作曲活動を続けるモチベーションとなっていると述べる。一方、B さんの場合、大学在学中に門下生による試演会などは用意されておらず、大学祭などの機会に、自主的にコンサートを企画するなどしなければ、正式には自分の作品が演奏されるチャンスはなかったという。

また、試演会の企画、運営を行うことは、自分の作品を実際に聴いて学ぶ以外の側面も大きい、という。試演会は学内のイベントではあるものの、通常のコンサートと同じように、演奏者にアポイントメントを取り、自作のリハ―サルを行い、また会場の手配や宣伝などを行う必要がある。リハーサルにおいては、演奏者とのコミュニケーションが非常に重要であり、そうしたコミュニケーションの仕方を学ぶ重要な機会である。また、コンサート会場での配布物に載せる作品解説（プログラムノート）を書くのは、自分の作品を聴いてもらうときにどのように意図を伝えるかを考える機会ともなる。さらに、宣伝用のチラシにはどのような情報をいかにわかりやすく載せるか、どのようなスケジュールで準備を進めるのか、といった、作曲以外に創作活動を行う上で重要な体験をすることができる。つまり、試演会の企画、運営は、音楽業界で実際に作品を発表していくうえで重要なスキルを学ぶ重要な機会なのである。

横地(2020)は、現代美術家の長期にわたる熟達化に関する研究のなかで、単に作品を制作するためのスキルだけではなく、美術家として生きていくのにさまざまな知識が必要であることを指摘している。音楽大学での作曲の教育においてもまた、創作活動や作品発表を続けていくために必要とされる知識やスキルの育成が試みられている、ということができる。

4. 総合考察と今後の課題

本発表では、2 人の作曲教員によるインタビューを通して、作曲における学び、創作、指導がどのように関連し合い、創作における知の生成と継承がどのように行われるか、その一端をとらえることを試みた。

先にみたように今回インタビュー対象となった作曲教員による指導は、大まかに個々の作品制作にかかわる指導、より多くの作品に対する広範な知識獲得の促進、実演など実践的な体験の設定の 3 つに大別できた。これらは、いわばより短期的な具体的で課題から、より広範で長期的な活動を可能にする知識やスキルの習得に至る複数の位相にいたるものとみることもできるだろう。

これらの指導のうち、最も重点が置かれているのは個々の作品制作にかかわるレッスンである。そこでの指導の内容について、創造性に関わる認知過程の代表的なモデルである Geneplore モデル(Finke, Ward & Smith, 1992)によって解釈することもできるかもしれない。Geneplore モデルでは、創造的なプロセスをアイデア（前発明的形態）の生成(Generation)とその評価や探索(Exploration)、それらの過程を方向付ける制約によってとらえる。インタビューにおける 2 人の作曲家の発言を見ていくと、学生の作品に対する評価が必ず言及されている。また、参考作品を提示するなど、制約を緩和したり探索空間の拡張を促したりするような助言も行われている。これらは Geneplore モデルにおける Exploration や制約調整に関わるといえる。一方、最初にどのように音を組み合わせるのか、といった Generation に関わる発言は少ないようであり、また制作の進まない学生に対してかなり具体的な指導を行う場合（B さんの「○○の形式で書いてみよう」）などに限られるようである。別の言い方をすると、Generation に関してはレッスンでも明示されることは少なく、ある意味で暗黙的な状態のままであることが多いのかもしれない。この点についてはさらに慎重な検討が必要であろう。

また、インタビューから伺える範囲では、作曲のレッスンにおける指導が非常に言語媒介的である点も大きな特徴と言える。レッスンは、あくまでも学生自身の意図を尊重し、その言語化を促す形で進められていく。学生に対して「自分だったらこうする」という案を示すことはあるものの、例えば、演奏技術のレッスンに見られるような師匠による例示は、作曲においては限られているようである。また、こうした指導の在り方は、正統的周辺参加において指摘されるような実践共同体への参加という形とも異なる。具体的な目標を設定してそこに向かって足場づくりをしていくような形とも異なり、そもそも目標状態が必ずしも明確ではない。これは芸術作品の制作自体が悪定義問題であることにもよるが、教員が学生個人の創作意図を非常に重視していることにもよるかもしれない。

このような学生自身の創作意図の尊重は、作家自身

の独創性を重視する近代以降広くみられる芸術観によるところも大きいと考えられるが、学生の置かれている文化的状況が、教員自身が学生として学んでいた時期とは変わってきている、という認識に基づく面が大きいようである。2 人の作曲教員が受けてきたレッスンの形態はかなり異なるものの、例えば A さんによれば自分が習った教員以外の教員のレッスンでは、その教員の指示通りに書くことが勧められているようだったという。また B さん自身が学生時代に受けたレッスンではむしろ具体的・技術的な助言が主だったという。また、2 人の教員とも現在の音楽や芸術を取り巻く状況がより多様化、流動化したことを指摘している。福島（2010）は社会や産業の流動化・多様化とともに正統的周辺参加など伝統的な形での技術伝承が困難になったことを指摘しているが、同種の問題はこうした芸術創作の指導においても見られるのかもしれない。2 人の作曲教員は、ともに、自分自身が大学時代に受けた教育をそのまま繰り返したり、自身の作曲家としての創作スタンスだけに依拠したりするのではなく、作曲をめぐる状況の時代的な変化にも配慮しつつ、指導方法を探索しているといえる。

今回インタビューを行った 2 人の作曲教員は、異なった経歴を持ちながらも、同じ音楽大学で教えていることもあり、指導方法にはかなり共通した側面も見られた。その一方、作曲家としてある程度長いキャリアや、指導の経験を持ちながらも、指導方法についての悩みも持っていることが表明されていた。本稿の最初にも触れたように、高等専門教育における作曲レッスンの実践については、学会等で組織的に情報交換が行われることも殆どなく、個々の教員が手探りで行っていることが多い。その意味で、作曲を指導する教員同士で情報共有を行ったり、指導の過程について理解を深めたりするための共通の枠組みを探索することは、今後の重要な検討課題であろう。また、そのためにもさらに多くの作曲教員へのインタビューも必要となると考えられる。

また、今回はインタビューという回顧的な方法によって、教員による作曲指導についてアプローチを行った。今後はさらに作曲指導が実際にどのように行われていくのかを観察することや、レッスンを受けている学生へのインタビューなど、より多角的な研究も必要である。

文献

[1] 有元典文・岡部大介(201). “デザインドリアリティ[増補版]—集合的達成の心理学”, 北樹出版

[2] Finke, R.A., Ward, T.B. & Smith, S.M. (1992). “Creative Cognition”, MIT Press

[3] 福島真人(2010). “学習の生態学”, 東京大学出版会

[4] Lave, J. & Wenger, E. (1991). “Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation”, Cambridge University Press

[5] 岡部大介(2021). “ファンカルチャーのデザイン–彼女らはいかに学び、作り、「推す」のか”, 共立出版

[6] 高木紀久子・岡田猛・横地早和子(2013). “美術家の作品コンセプトの生成過程に関するケーススタディ”, 認知科学, 20, 59-78.

[7] 横地早和子(2020). “創造するエキスパートたち–アーティストと創作ビジョン”. 共立出版

共創場面における共愉的な協働の特質

Characteristics of Convivial Collaboration in Co-Creation Situations

荷方 邦夫†
Kunio Nikata

†金沢美術工芸大学
Kanazawa College of Art
k-nikata@kanazawa-bidai.ac.jp

概要

参加者の協働によって遂行される共創的活動の中で，メンバー同士の共愉的（コンヴィヴィアリティ）な関与によって積極的に活動に関与し，相互のリソースを提供しながら目標の達成に向かうと指摘されている．

本研究では共創的な活動を伴うデザイン教育の実践の中で，活動を支えるどのような性質が促進的な役割を果たすのかについて検討を行った．結果として，（1）コミュニティへの参加をコンヴィヴィアルに促すスキャフォールディング。そして（2）協働によるクリエイションを促すスキャフォールディングが観察された．

キーワード：デザイン支援，協同的活動，創造性，デザイン教育

1. 研究の背景と目的

複数の参加者によって協働して遂行される創発的行為を共創（Co-creation）とよぶことが多くなった．共創的活動においては，活動の参加者がどのように参加するか，あるいは協働をどのように維持するかといった参加者の意識や行為に興味が向けられる．このため，活動のプロセスや，参加者に求められる意識や行為がどのように構成されるかについてこれまでも議論が行われてきた．たとえばデザイン領域では安岡（2019）は，デザイナーだけでなくデザインされた人工物を使用する当事者参加のインクルージョンを共創的行為であると指摘し，参加者それぞれのマインドセットを理解し，調整を通して共創コミュニティ内でのマインドセットを共有していくことが重要であると指摘している．

岡部（2021）は，ファンコミュニティの形成や維持に促進的な影響を与える，コミュニティのメンバー相互によって構築される関係として「共愉的（Convivial）な相互作用」の存在を指摘している．共愉（Conviviality）はイリイチ（Illich,1973）によって提唱された概念であり，自立共生的な社会関係において個人の自由や自己決定を基本とした概念である．共愉的な相互作用がみられるグループのもとでは，グループのメンバーが積極的に活動に関与し，相互のリソースを提供しながら目標達成をしようとする動きが活発に見られる．この働きは共創場面において，高い水準の創造活動を促進することにも共通した側面を持つのではないかと考えられる．

そこで本研究は，グループ単位で活動が行われる創造的行為を取り上げ，グループ内のコミュニティがどのような活動や相互作用を見せた時に，円滑かつ創発的なパフォーマンスを実現するか．また，メンバー間での共愉的な相互作用が見られるかについて検討を行う．

2. 調査対象となる共創活動

本研究は，筆者が勤務する大学（美術工芸学部）のデザイン科で，4 月の初めに実施される 1 年生と 4 年生による「スタートデザイン」デザイン・ワークショップ型授業における教育実践をとりあげ，学生の協働による創発的な活動がどのように展開し機能しているか，共創的な活動を支える要素がどのような点において見られるかについて検討を行ったものである．

スタートデザインは学生や教員間で「スタデ」と呼ばれ，デザイン科の 1 年生にとって大学生活の最初に体験する課題である．一般に 1 年生はデザイン課題においても造形や色彩の基礎的な課題が中心であり，現実的な課題を提示され，課題解決を中心としたデザイン提案を行うような実践的課題を取り扱うことは多くない．しかしスタートデザインでは，「SDGs」といった実践的な課題が示され，デザインによってこの課題解決を提案する．

このような実践的な課題解決を行うサポートとなるのが，1 年生とともに授業に参加する 4 年生の存在である．4 年生はこれまでの 3 年間で，実践的な課題解決が求められるデザイン課題を多数経験し，課題解決のために必要となるリサーチやアイデア産出のためのスキルを学習している．4 年生にとってこのスタートデザインでの自らの役割は，1 年生に課題解決を体験させる

指導的役割であることを自らの経験から理解している．また，自らが 1 年生として経験したことに比較的ポジティブな印象を持っており，それを新 1 年生に対して実施することを意識している．

スタートデザインおよび調査研究の概要は以下の通りである．2022 年 4 月 11 日から 15 日までの 5 日間，午前中の 3 時間の授業時間がワークショップの時間である．初日はデザインテーマとして「SDGs」が提示され，SDGs の示す 17 の目標のうちいずれかを解決するプロダクトデザインを提案するように求められた. 1 年生と 4 年生がほぼ半分ずつ，8〜9 人に分けられた 5 つのチームがつくられ，それぞれが 17 の目標から考えられる未来イメージを議論した．2 日目から 4 日目は対象とする目標の絞り込み，絞り込まれた目標からデザインのアイディア展開，そしてプロトタイプの作成やデザインアイディアのプレゼンテーションまでを作成し，5 日目に各チームの発表を行った．この間各チームのメンバーは指定された授業時間だけでなく，授業の空き時間や放課後などかなりの時間を用いて活動に従事した．

3. 調査方法

調査者は授業時間を中心とした活動の時間，ビデオカメラを使用して複数のチームの活動を録画したほか，録画を行っていないチームについても画像や発言記録などから，チーム内の実際の発話や行為の収集を行った．

また，全体の授業終了後，参加した学生に任意でアンケート調査を行った. アンケートの内容は，自らが参加したチームの提案についての自己評価とその理由，参加したチームが共創的に活動していたかの自己評価とその理由，そしてチーム内が共創的であるために重要だと思うことについての自由記述であった．自己評価は 5 件法尺度によって記入し，その理由については自由記述形式の解答欄に描くよう求めた．アンケートは Google Form を使用して無記名での記述を求めた．

4. 結果

まず，スタートデザインの実施後，1 年生（回答数 13）と 4 年生（回答数 12）に対して行ったアンケートの結果の分析を行った．

まず自らが参加したチームの提案についての自己評価（表 1）については，1 年生・4 年生にかかわらずその提案内容について高く評価を行った． 1 年生の評定平均が 4.62，4 年生の評定平均が 4.08 であった. また，参加したチームが共創的に活動していたかの自己評価とその理由についても，同様に高い評価が見られ，1 年生の評定平均が 4.69，4 年生の評定平均が 4.25 であった. 特に 1 年生は 4 年生に比べて今回の活動について，課題の達成を高く評価しており，初年次の導入教育として非常に効果が高いことが伺える．

表 1　学生の自己評価

質問 1　クリエイティブな（創造性の高い、質の良い、努力が実を結んだ）デザインを提案することができましたか？	1 年生	4 年生
非常に良く出来た	8	2
やや良く出来た	5	9
どちらでもない	0	1
あまり良く出来なかった	0	0
非常に良く出来なかった	0	0

質問 2　あなたのチームは良いメンバー関係の中で、クリエイティブに活動することができたと思いますか？	1 年生	4 年生
非常に良く出来た	10	6
やや良く出来た	2	5
どちらでもない	1	1
あまり良く出来なかった	0	0
非常に良く出来なかった	0	0

これらの評価を行った理由について，自由記述による回答を求めた（表 2・3）．まずスタートデザインの参加者が自分のチームについてクリエイティブなデザインの提案を行うことが出来た理由として，4 年生はメンバー同士が議論や意見交換を十分に行い納得の行く提案ができたこと．提案したアイディアやプロトタイプモデルについて，訴求力や質感の高さを十分に発揮できるものになったことなどを指摘している．これに対して 1 年生は自らのチームが提案したデザインが，各自にとって斬新であると感じられたり，質的に高いデザインであったと評価していた．

4 年生がデザインプロセス自体に対する評価をかなり念頭に置き，それがうまく行ったことがクリエイティビティの高さにつながっていると評価しているのに対して，1 年生はデザインの成果に着目しており，成果のクオリティに対して注目していることがわかる．これは課題の目標について，4 年生はプロジェクト活動の観点から良い活動を行うことに見出しており，それは自らが 1 年生で参加した経験をもとに，それ以降の活動の経験も考慮しながらより教育的な観点で活動を見ていることが伺える．

表２　質問１の理由

（４年生）	（１年生）
尊重し合い限界まで意見をすり合わせた末にできた提案を褒められたから	SDGs というテーマに沿って今までにない新しい視点のプロダクトを提案することができたから。
論理が複雑にはなってしまったが、その分納得できるアイデアにはなったと思う。	他にない斬新なアイディアがいいと思った反面、実際に製品としての考えをもう少し突き詰めていけたらなと思ったから。
一見１年生と４年生の交流が面白いようで、実際は４年生同士が同じ目的を持ってデザインすることが面白いのだと思う。	再現動画に積極的に参加した
現状の問題にしっかりコミットしたプロダクトを作ることはできたが、やはり真新しさと問題解決が融合したようなアイデアを出すのができなかった点では悔しいと思っています。	多くの試行錯誤を繰り返して納得するものを作ろうと努力していたため
概念から定義し、プロダクトに落とし込めた点。一方で言葉の定義に時間がかかりすぎてプロダクトをつめられなかった。	最先端の素材や塗装等、様々な方面にアンテナを張った、新しい提案ができたと思う。
かなり今の４年生に遠慮したが、自分のやるべきところは出来たと思う。	出来上がったものはすごくいいけど不完全燃焼な感じがあるから
前日の朝に方向性を決めたほど、本当に終わらない！と切迫詰まって制作したので、不安もあったが、教授や聞いてくれた方からのフィードバックで間違えていなかったんだな、と実感できた	コンセプトからプロダクトへの落としこみが上手くいったように感じました。また、時間のなさからもう少しプロダクトを煮詰めたかったとも思いました。
意見が分かれたまま妥協点を見つけて収束するのではなく、全員が適度に自分の意見を実現できたんじゃないかなと感じる提案に感じるから	コンセプト決めなどまでに何度も話し合いをして、進んでは戻っての繰り返しを行なった結果がとても良いものに感じられたから
sdgs 的な観点はもちろんですが、１つのものとしての単純に欲しい！と思わせるような質感（素材、色など）の高いプロダクトが提案できたと思うから。	４日間のうち３日間を話し合い、コンセプト探しに費やしたからこそ、今までにない「新しい」ものを提案できたと感じている
新しい視点から、コンセプトを設定することができたところは、創造性が高かったように感じました。が、３日しかない期間の中で筋の通った提案をすることが出来なかった。	しっかりとした基盤の上でコンセプトを考え、製品に繋げることは出来たけど時間の制限に追われてテーマとの結び付きが薄くなってしまったから
提案においては、日本的な精神性を基調にしつつ、カルチャーレスな仕上げによって、普遍性のある SDGs 目標への提案できたこと。また、発表時において、トレンドなムービーなどを用い、見る人の感性に訴えるような魅せ方ができたことが良かった。	４年生のノウハウを盗ませていただく事で、１年生も、思考の幅が広がり、その結果新しいアイデアが生まれました。
まとまったから、楽しかった、悔いがない	かなり長い時間をかけて練りに練ったコンセプトだったため
	コンセプトを煮詰められた点

さらにそしてチーム内が共創的であるために重要だと思うことについての自由記述では，実際のデザイン課題に対する取り組みやアイディア創出に関する取り組みで配慮されるべき事柄の他，授業が継続する 5 日間の生活全般について，チーム内における関係の維持に積極的に関わるための活動に対する配慮が多く見られた.

まずアイディア創出について，4 年生は 1 年生が議論に参加できるように，また有効なアイディアを産出する当事者になれるように，各自忌憚なく意見を出すことや適切な関与の方法を提供することに注意を払っていることへの言及が見られた.

また, チーム内の関係の維持については, 関係構築のために 4 年生が 1 年生を食事に招待したり，夜まで続く活動の中でイベントを設けたりと，さまざまな工夫を行っている.

これらの工夫については, 1 年生も同様にチーム内の協働にポジティブな影響があったと認識しており，その配慮を印象的な思い出として多数言及していることがわかる.

事例は, アイディアを創出する時の，４年星と１年生

事例１　「場面:死ぬことによって完成するプロダクト」のアイディア創出での発話

４年Ａ　他になにかある？
１年Ａ　んー，ちょっと…さっきから…破壊衝動的な
（全員の笑い）
４年Ｂ　粉々にね
４年Ａ　いやありだよ，細かいね
１年Ｂ　つぶすとか
４年Ａ　あ，良いね
１年Ｃ　あー，良いじゃないですか
４年Ａ　粉々っていうよりも，ぐしゃっとね
（アイディアが）出ましたね

の発話を示している．１年生がそれまでも何かを壊すことによって成立するアイディアをイメージしており，それが荒唐無稽ではないかと考え「ちょっと破壊衝動的」と前置きしながら話し出す時に，４年生はじめ周囲のメンバーはそれを笑いで迎えることで，どのようなアイディアでも受け入れるという態度を表出している．またリーダーシップをとる役割を持った４年生が，それを積極的に受け入れるだけでなくさらにアイディアを追加するように重ねている．その発話に支えられつつ，別の一年生が「つぶす」というアイディアを発したことによって，更に周囲が積極的な評価を表明してい

る．これを４年生がアイディアとして採用し，一つのアイディアが創出されたことを宣言している．このように，メンバー相互によって多数のアイディアの産出を促すような，会話としてのサポートが重層的にみられる．その他のチームにおいても，事例２のように突飛なアイディアの産出が重要であることを示唆する発話が４年生によって多く見られた．

事例２　SDGs に関する議論で，発想が飛躍した後での４年生の発話

４年Ａ　予想以上に世界経済に飛んだけど
（中略）
４年Ｂ　教授に言われるのは，めっちゃ突飛なアイディアを考えてバックするのは簡単なんだけど，近くを考えてそこから遠くを考えるのは難しいから，一回めっちゃぶっ飛んだアイディアをしてみましょう（中略），一回パーンて突き抜けないと，新しい価値とか出せないから…
１年Ａ　SF レベルでいい…
４年Ｂ　うん，そう，最初は SF で…さっきでてたけど「最強スーツ」とか，パーンって行って，抜けたら，そっから戻ってくるのは簡単

事例２では，突飛なアイディアを思いつくのがなぜ重要化について，これまでの大学での活動の中で得た知識や実感を１年生に説明する４年生の発話であるが，「SF レベル」の飛躍でも良いかという１年生の発話をうけとめ，自身の実感としてまた説明に反映されようとしている，４年生は，これまでの自身が受けた教育の伝達者であるとともに，同じ学生という点で１年生と同じように，「先生からこういうことを言われる」という受け手としての当事者意識をもつ．対教員という送り手＝受け手の勾配がはっきりしない緩やかな勾配の中で，カジュアルなやり取りを通して適切な情報提供を行う点において，共感を伴う同士としての活動がわかる．

調査ではまた，共愉的な活動が実際にあったかどうかを確認するために，チームが楽しく活動を行うために必要なことが何かについて自由記述による回答を求めた（表 4）．ここでも共創的なチームの構築で見られたような，活動の中でそれぞれが受容的な態度をもって活動に参加することや，食事やイベントなどによって相互の親睦や信頼を高めていく維持活動に多くの言

表３　質問２の理由

（４年生）	（１年生）
お互いの意見を思ったようにぶつけることによって、最終的には良い方向にアウトプット出来ました。さらにはアウトプットの局面で、それぞれの得意な分野で分担することによってより、いつも１人でするよりも格段に質を上げることができた。	メンバー全員とコミュニケーションをとったり、意見に自分なりの思いをぶつけてくれた。何を発言したらよいか分からずに、あまり思っていても言えないことがあったが、反応をもらうことによってこんな意見でも言っていいんだという気持ちになれた。先輩方が毎晩 LINE でお疲れ様ありがとうを伝えてくれた。
それぞれの得意な分野で役割を割り振りしてすすめていけたところが『助け合い』感があってよかった。上手くいかなかったことは、お互い衝突するところが少なく、１人がいいねと言ったことに流されやすくなってしまっていたところ。	１年生の考えもしっかり聞いてくれて、相談の相手や雑談もたくさんしてくれた。先輩どうしでふざけ合って笑いを誘ったりしてたことで、緊張がほぐれたり気持ちが楽になったりした。あと話をしているときに、相槌をうってくれて話が終わったあとも自分の意見を再確認してくれて、ちゃんと理解しようとしてくれた。
４年生の全力のデザインに巻き込む	１年生のことも巻き込んでくれた
４年生が自分たちで進められるように、アドバイスだけして後ろから見守った	積極的に話しかけてくれたり、いろいろなことを任せてくれた。
少ない人数だったのですごく密な話し合いができたように感じる。毎晩徹夜しながら電話をしたり、こっそり学校に忍びこんだりもした。	話を振ってくれたり、自分たちの積極的な意見交換をする姿を見せてくれたことで、自分たちがどうしたら良いかを示してくれたように感じた。
お互いの言いたいことを相手を遮りながら言うのではなく相手の意見ややり方も見ながら自分の立ち回り方を決めていた	１年の緊張をほぐすために初日はフィールドワークで遊んだり美味しいもの食べさせてくれたりした。あと先輩たちがアイディア出しのハードルをわざと下げてくれていた。
４年生のそれぞれの強みを活かして提案でき、また、製作中も担当の仕事がそれぞれ分野ごとに明確に分担できるような方向性だったので非常にスムーズでした。	あだ名、食事を一緒にした事。１年生が主体となって、進行を行った事。企画の面白い部分を１年生にやらせようとしてくれた。１年生同士のすり合わせをしっかりする事で安心させてくれた。
１年生とご飯に行った。たくさん話しかけた。１年生に意見を求めた、また１年生が意見を言いやすい質問を投げかけた。	１年生に細かく指示を出してくださったのでとてもやりやすかった。手持ち無沙汰になるとすぐに気づいて下さり常に仕事をくれたので参加している時間がとても長くて楽しかった。
得意なタスクを振り分け、プロダクトの作り込みから、年齢差のある後輩とのコミュニケーションまで、バランスのいいチームワークが出来るよう努めた。	１年生の話を聞く、意見を取り入れることを１番に考えていると感じた。誰の意見も否定することなく、雑談が自然とアイデアにつながるようサポートしてくれた。おかげで自由な発言がしやすかった。
はじめからうまく行った。でもこれはメンバーが運良く良い人たちだったから。	１年生全員に意見を聞いたり、その意見に対してアドバイスや反応をしてくれて、見放さずにグループとして活動してくれていた
夜に集まって作業をした。名札などのプレゼントや飯奢りなど	食事、発言しやすい環境作り
	積極的に話しかけてくれた。ご飯をご馳走してくれた。車で出かけた。たくさん関わってくれた

及が見られた. 先輩の運転する車で遠くに行く, 普段とは違うタイプの飲食店で先輩が餐応する．その場で一年生のニックネームを先輩が決めるといった，毎年伝統的に行われるイベントを通して，１年生は高校の時までとはかなり異なる世界に踏み込んだ印象を持つ. この異世界への参加の中で，授業の空きコマなど余裕がある時, バイトなどの私的な用事がない時は常に, 大学で夜遅くまでお互いに作業したり意見交換をしたりするという別の異世界も４年生から導入される．これらの活動は楽しいイベントだけでなく，学生としてかなり負荷の高い取り組みを求められることになるが，それらが全体として「デザイン科に入学したイニシエーション」として提供されることで, 速やかに大学生としての十全的な参加を達成させる足場として機能していると考えられる.

5. まとめと議論

結果をもとに，共創的なクリエイションを促進する要素についての考察を報告する．特に着目したいのは，活動へのコンヴィヴィアルな参加を支えるスキャフォールディングが随所に見られることである.

5.1 グループ内で構築されるスキャフォールディング

（1）コミュニティへの参加をコンヴィヴィアルに促すスキャフォールディング.

デザインプロセス，あるいはデザイナーとしての一般的な活動に参入する 1 年生が，スムーズに参加を達成するため，授業全体の文化がデザインされていること．またその文化を理解している 4 年生によって様々な働きかけが行われていることが観察された.

今回取り上げたプロジェクト型のワークショップにおいて, 4 年生はリーダーシップを発揮してグループ内の協働を促進する立場にあった．この時の 4 年生の態度や行為は，集団におけるリーダーシップの理論を提案した三隅の PM 理論（e.g.,三隅・白樫,1963）における課題達成のための行動および集団維持のための行動が随所に見られる.

（2）協働によるクリエイションを促すスキャフォールディング

協働によるアイディア創出やプロトタイプの生成の中で，クリエイティビティを高い水準で維持することの基本的な考え方は，多数多様なアイディアの生成であり，このことについては古典的な創造性研究

表4 質問3

メンバーみんなが「楽しく」活動を行うためにどのような点が重要だと思う点

（4年生）	（1年生）
意見を否定しない環境。話し合いと楽しむときの切り替え。ご飯行く！何気に車の中とかで親密になれた気がする。もう少し期間が長いとさらによかった。	チーム内で円滑なコミュニケーションをとること。自分の思ったことはちゃんと言うこと。その人にあった仕事をふること。他の人がやってきた仕事に対して感謝を伝えること。
4年生がギスギスしない。積極的に４年生から話しかける。	しっかり意見交換をすること、切り替えを大事にすること、相手の話をちゃんと聞くこと
競争	人の意見をしっかり聞く・見る
飲み会、食事、（やっぱり顔が見える状態で話しながら飲食すると打ち解けやすいです）ドライブ、	否定から入らない。回りを見て役割を探す。積極的にコミュニケーションをとって相手のことを知る、
互いを尊重。意見を言う。同じ目線で話す。	4年生の空気感
一緒にご飯を食べること。	積極的な発言
ご飯をみんなで食べる事！4年生から話しかけてあげること	コミュニケーションが取りやすい環境でみんなが楽しく出来たと思います。
グループを事前に知らせること。スケジューリングやチームメンバーとのすり合わせが大切だから早く通知するのが授業を楽しく成功させるためだと思う。	デザイン以外の場面で親睦を深める機会があると、次の話し合いの時により発言しやすくなるように思う。話し合いの痕跡が残っていくのも努力の後が感じられて楽しさを生み出していたと思う。
前向きなアイディエーション。業務(デザイン)外での交流。誰かが身銭を切る姿勢	みんなが一人一人自分の発見を発信することによってより良いプロダクトが生まれたり、話し合いがスムーズに進むことができた
それぞれのグループワークでのポジションを明確にすること。今どんなことを考えているのかを、グループ全員が共有して把握していることが重要だと思いました。あとのすり合わせが大変すぎるので。	否定せず、どのアイデアもポジティブに捉えること。1年生が積極的に参加しやすい空気感を作るための準備としての雑談時間を設けること。定期的に４年生と１年生がわかれて話し合う機会を作り、おおまかな意見を共有しあうこと。
まず第一に、お互いをリスペクトすることが絶対条件であると思う。そして、今回はお互いに思ったことを隠し持たず、外に出して、それに対して皆で様々な観点や価値観を持って話し合い、利用者や社会が本当にそれで幸せになることを実現できるのかを、「皆で」考えることがすごく大切であると思った。	お互いの意見を尊重し合う事。お互いの性格や意見を知ろうとする事。偏見を持たず色々な角度から問題に取り組む事。
１人への負担が大きくなりすぎない	自分の意見をしっかり出すこと
	ご飯を食べること

（e.g.Osborn,1953）の知見とほぼ一致している．その中で, 1 年生が可能な限り十全的にアイディア創出に参加するよう，やはり 4 年生によるコンヴィヴィアリティを支える介入が見られた.

5.2 コミュニティにおける共愉がもたらす活動目的の重層性

本研究の対象は，学生のノビスである 1 年生とエキスパートである 4 年生によって構成される共創的コミュニティである．このコミュニティがどのようにしてグループ内の活動を促進・維持しているかは, スタートデザインという共創的活動に収束するものではないことを指摘することができる.

デザイン課題に対して，創造的かつ優れたデザインを考案するためにグループの参加者は動機づけられているように見える．しかし，4 年生も 1 年生も，活動が行われた 4 月の時点では，この大学への参加が適応的であるように動機づけられてもおり，日々の学生生活が楽しくあるように，あるいは新たな人間関係の構築が適応的に進行するように，エキスパートである 4 年生が自らの 1 年次に受けたような活動を再現しながら活動を進めている. アイディア産出の方法, 下級生への餐応といったそれぞれの行為は，スタートデザインという授業で続いてきた「伝統的な」活動への協働的参加であり，本来の授業の目的であるデザイン課題の達成の他に，コミュニティへの適応, 仲間関係の構築, 今後長期に渡って続くであろうデザイナーとしての活動の基本的姿勢の獲得といったさまざまな課題の達成がそこに布置されている．大学の中で伝統的に受け継がれてきた文化的実践に，当事者にとってはできる限り楽しく参加できれば申し分ない．学生の立場として楽しいことを最優先としながら，結果として課題達成が円滑に実行される.

ここで機能していると思われるのが，スタートデザインという授業がこれまでうまく行ってきたことを支える，文化的実践の中の伝統的な行為が内包するさまざまな活動や動機の存在であり，これらがラトゥール（Latour, 2005）のアクターネットワーク理論が指摘するアクターとして機能していると見ることができる. ビギナーとしての 1 年生, エキスパートである 4 年生, そして授業の目標や，参加者が授業に期待するインフォーマルな期待といったそれぞれがアクターとして活動を行う. また, これらのアクターは人以外のものも含め，この活動全体の中でそれぞれが一つに収束しない意味をもって多層的に機能している．強いてそれらを結びつける共通の動機は，楽しければより参加できるという共愉によって結び付けられている.

青山（2012）は, アクターネットワーク理論の観点からこのような学習環境におけるスキャフォールディングの役割について, 学習者のエージェンシーが, 本質的に 学習者自身ではなく他者によって構築されていることを指摘している．また，淺野ら（2017）は，デジタルファブリケーションを行うファブラボでの，人工物を含む現象の記述において，アクターネットワーク理論の援用が有効であると指摘し，制作される人工物を共同目標物としてアクターに指定し，それをネットワークの中心において分析を行うという方法を提示している.

本研究で議論を行った，参加者・課題，そして文化的実践の中でスキャフォールディングされる複数の重層的な目標といったアクターが，当該の活動に布置される知識の顕在化に役立つものではないかと考える．今後，この活動について更にアクターおよびエージェントの顕在化を行う中で，文化的実践の有効な記述のあり方を再検討する

文献

[1] 安岡美佳,（2019）“共創デザインを支援する仕組み，リビングラボ”，デザイン学研究特殊号, Vol.26, No. 2, pp. 26-33.

[2] 岡部大介,（2021）“ファンカルチャーのデザイン　彼女らはいかに学び，創り，「推す」のか”，共立出版.

[3] Illich, I.,（1973） *Tools for Conviviality*, d Harper & Row. *1973*.

[4] 三隅二不二 ・白樫三四郎 (1963) 組織体におけるリーダーシップの構造-機能に関する実験的研究 教育・社会心理学研究,4, 115-128.

[5] Latour, B. (2005) Reassembling the Social: An Introduction to Actor-network-theory Oxford University Press（伊藤嘉高訳, 2019 社会的なものを組み直す　アクターネットワーク理論入門(叢書・ウニベルシタス), 法政大学出版局）.

[6] 青山征彦, (2012）“エージェンシー概念の再検討: 人工物による“エージェンシーのデザインをめぐって” 認知科学, 19(2) , 164−174.

[7] 淺野義弘・田中浩也・若杉亮介, (2017）“アクターネットワーク理論の Fab への援用”KEIO SFC JOURNAL, 17(1) , 260−275.

謝辞

本研究の発表において，授業の取材に協力いただいた，金沢美術工芸大学美術工芸学部デザイン科製品デザイン専攻の根来貴成先生，そして製品デザイン専攻の学生諸君に感謝申し上げます.

人は他者の意見をどう活用しているか：商品の購買相手に関する詳細な検討
How we harness others' opinions: A detailed investigation on the targets of choices

藤崎 樹[†]，楊 鯤昊[‡]，植田 一博[†]
Itsuki Fujisaki, Kunhao Yang, Kazuhiro Ueda
[†]東京大学，[‡]中央学院大学
Tokyo University, Chuo Gakuin University
bpmx3ngj@gmail.com

概要
情報技術が発達した近年、私たちはオンラインサイトを通じて商品などへの他者の意見を手軽に入手できるようになった。しかし、人々が他者の意見をどう捉えているかに関しては実は不明な点も多い。筆者らは既に、商品の購買相手（自分／他者）が他者の意見の捉え方に影響することを明らかにしている。ただし、そこでの「他者」の状況は詳しく分析していなかった。そこで本研究では、「他者」の状況として、実質的には強制的な状況と、純粋に贈与する状況を検討した。その結果、どちらの状況でも、購買相手が自分の場合に比べて、分散の大きいレイティングを持つ商品を回避することが明らかになった。

キーワード：消費者行動, オンラインサイト, Self-other decision making, 集合知

1. イントロダクション

情報技術が発展した近年、Amazon などのレビューサイトを通じて、私たちは商品や店舗への他者の意見を手軽に入手できるようになった。しかし、その他者の意見を人々がどう捉え、購買に結びつけているかに関しては未だ不明な点も多い[1]。

筆者らは既に、商品の購買相手（自分かもしくは他人か）が他者の意見の捉え方に影響することを明らかにしている[2]。しかしこの研究では、購買相手が他人の場合、どのような目的で購買するのかという状況を詳しく分析していなかった（実験では単純に「他人のために商品を購買する場合、どれを選びますか？」とだけ教示を与えていた）。

一方で、他人のための購買に関する研究では、様々な状況が存在することが示されてきた。該当する研究は人類学[3]や社会学[4]など多岐に渡るが、経済学では包括的なフレームワークとして、他人のための購買状況を以下の４つに分類するものが提案されている[5][6]。

① 実質的な強制（Coercion; コミュニティ内で生き残るために貢物をしなければならない状況など）
② 交換（Exchange）
③ 互恵（Reciprocity; 見返りを期待する贈り物）
④ 純粋贈与（Pure gift-giving; 見返りを期待しない贈り物）。

そして、この４つは図１のようにグラデーションをなすことが主張されている。本研究の文脈に沿うと、①と④を検討することで、購買相手が他人の場合を広く分析できると期待される。そこで本研究では、購買相手が自分の場合に加え、①と④の状況を用意し、先行研究[2]と同様の課題を通じて選択傾向を分析した。

本研究の目的は、知見[2]の一般化検証である。よって、以下の形で仮説を立てた。先行研究[2]では、購買相手が「他人」の場合、購買相手が「自身」の場合に比べて評価のばらつき（分散）が大きい評価分布を避けるという結果が得られていた。また、この結果は、自分のための意思決定に比べ、他人のための意思決定では、「保守的」な選択を行うことを報告する先行研究（医療での処方[7]など）と合致するものであると論じていた。

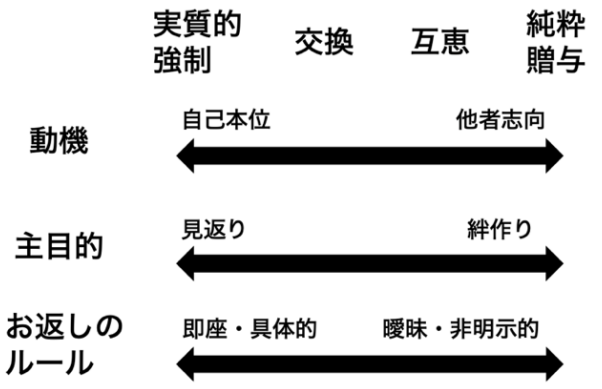


図 1. 他人のための購買状況に関するフレームワーク。最上行に記した４つの購買状況を、３つの観点からグラデーションとして分類している。先行研究[6]の図を筆者が適宜修正した。

本研究では、この知見が①実質的な強制と④純粋贈与に一般化できるか検証する。したがって、高分散の分布の選択率が、純粋贈与および実質的な強制よりも自身のための購買で大きくなるという仮説を立てた。

2. 行動実験

実験参加者 41 名の大学生・大学院生名が実験に参加した。

実験条件 実験は参加者内デザインで行った。実験では、購買の状況に関して三条件を設けた。具体的には、①自身のために商品を購買する条件（以下、自身条件と表記）、②実質的強制条件、③純粋贈与条件の三つである。各条件は、教示を通じて操作した（表１）。また、条件の間には約３分の休憩を設けた。

表 1. 購買状況に関する教示文。

条件	教示
自身	コーヒーメーカーをあなた自身のために買うことになったと想定してください。
実質的強制	コーヒーメーカーを初対面の人のために、周りの意思で強制的に買うことになったと想定してください。
純粋贈与	コーヒーメーカーを初対面の人のために、あなたの意思で自発的に買うことになったと想定してください。

実験刺激 先行研究[2]と同様に、図２のような評価分布の二択課題を作成した。この商品のペアは、評価の平均値は近いが、常に一方の評価の分散が高く（高分散）、もう一方は小さくなるように設定した（以下、低分散と表記）。また、各分布の評価の平均値は 6.6-7.4 の範囲内とした（Amazon の値を参照した[1]）。なお、便宜上、評価の平均値は高分散が低分散よりも常に 0.5 高くなるように設定した。

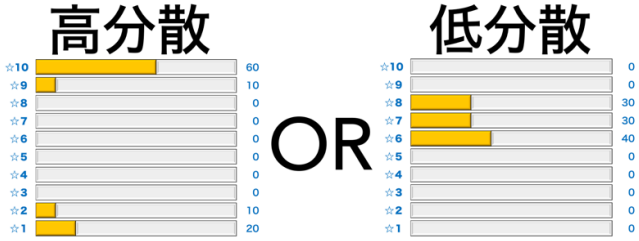


図 2. 評価分布の二択課題の問題例。

レビュー数は 20, 40, 100 の３段階を設けた。このレビュー数は、いずれの商品ペアでも共通とした。そして、各レビュー数において、分布の形状が微妙に異なるペアを５つずつ作成した。

以上、実験全体で３（条件）×３（レビュー数）×５（商品ペア）＝45 試行が行われた。なお、購入する商品は先行研究[2]と同様にコーヒーメーカーとした。

3. 結果と考察

参加者ごとに、各条件での高分散の分布の選択率を計算した。

まず、高分散選択率を従属変数とする分散分析を行なった結果、条件が有意であった ($F(2, 0.56) = 6.23$, $p < .01$)。次に、Tukey 法で多重比較を行った結果、自身条件と実質的強制条件、自身条件と純粋贈与条件の間にそれぞれ有意差が見られた（$ps < .01$; 自身-実質的強制: $Cohen's\ d = 0.45$; 自身-純粋贈与: $Cohens'd = 0.48$）。具体的には、購買の相手が自身の場合に比べ、他人（実質的強制、純粋贈与）の場合では高分散の選択率が低い（図３）。

したがって、仮説通り先行研究[2]の知見が一般化されたと捉えられる。なお、実質的強制条件と純粋贈与条件に関しては、有意差は観察されなかった ($p = 1.00$)。

本研究のように、人が他人の意見をどのように活用するか検討することで、レイティングサイトにおいて意見をどう提示すべきかに関して示唆を与えることができる。本研究の知見の直接的な適用としては、レイティングサイトにおいて、他人のために購入されやすい傾向にある商品（花束、ケーキ等）に関しては、低

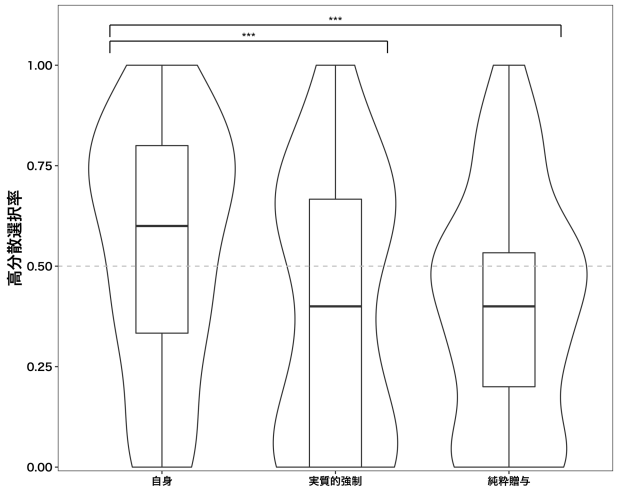


図 3. 実験結果。参加者ごとに高分散選択率を計算したものをバイオリンプロットで表示している。

分散の評価分布を持つものを優先的に推薦すべきであるといったことが挙げられる。

文献

[1] Powell, D., Yu, J., DeWolf, M., & Holyoak, K. J. (2017). The love of large numbers: A popularity bias in consumer choice. *Psychological science, 28*(10), 1432-1442.

[2] 藤崎 樹・本田 秀仁・植田 一博. (2018). 「少数派」の意見が気になる時：商品選択の対象が評価分布への好みに与える影響. *日本社会心理学会第 59 回大会発表論文集*, 89.

[3] Sherry, J.F. (1983). Gift-giving in Anthropological Perspective, *Journal of Consumer Research 10*(2), 157–168.

[4] Goffman, E. (1971). *Relations in Public: Microstudies of the public order*, London: Allen Lane.

[5] Kolm, S. C. (2000). Introduction: The economics of reciprocity, giving and altruism, in L. A. Gerard-Varet, S. C. Kolm and J.M. Ythier (eds.) T*he Economics of Reciprocity, Giving and Altruism,* London: MacMillan Press Ltd, pp. 1–44.

[6] Skågeby, J. (2010). Gift-giving as a conceptual framework: framing social behavior in online networks. *Journal of Information Technology, 25*(2), 170-177.

[7] Garcia-Retamero, R., & Galesic, M. (2012). Doc, what would you do if you were me? On self–other discrepancies in medical decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 18*(1), 38-51.

新奇な製品に対する実用性評価—新奇性追求傾向との交互作用
Rating usefulness of novel products: the interaction effect of NS

服部 エリーン 彩矢，山川 真由，三輪 和久
Eline Aya Hattori, Mayu Yamakawa, Kazuhisa Miwa

名古屋大学大学院情報学研究科
Nagoya University Graduate School of Informatics
hattori@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要

創造的な製品が拒否される原因は，創造性の評価観点の 1 つである実用性が過小評価されることであると指摘されている. 本研究では, 新奇性が高いものを志向するパーソナリティ（新奇性追求傾向：NS）が新奇な製品に対する実用性評価に影響するかについて検討した. 調査では，参加者は文房具製品の評価と NS 尺度に回答した. 評価セットの文房具製品は, 新奇性と実用性の評価が分散するように，アイデアコンテスト受賞作品や，市販の製品を含めていた. 調査の結果，NS が高いと，NS が低い場合に比べて，新奇性が高い製品の実用性を高く評価することが示された.

キーワード：新奇性追求傾向 (novelty seeking), 製品評価 (product evaluation)，創造性 (creativity)，新奇性 (novelty)，実用性 (usefulness)

1. 背景

人々は, 創造的な製品を拒否してしまうことがある. 例えば, 任天堂スイッチは, ここ数年で人気を博したゲーム機である. しかし, スイッチが発表された後の任天堂の株価は大幅に下落した [1]. 創造的な製品が拒否されたり, その創造性が過小評価されたりする現象は, 実験室でも報告されている [2, 3].

この現象は，創造性の構成要素に着目して説明されている. 創造的であるためには, 新奇性と実用性の両方を高い水準で兼ね備えている必要がある [4]. 創造的な製品が拒否・過小評価されるのは, その製品の新奇性が高いために，実用性の判断が不確実となり [3, 5]，実用性が過小評価されるためであると指摘されている [6].

とはいえ, この傾向は普遍的ではなく, 個人差があると考えられる．スイッチ発表後の株価は下落したものの [1]，発売日には多くの人が販売店に押し寄せた [7]. 新商品に対する関心が高い人ほど，新奇性が高い新商品の利点を高く評価することが示されている [8]. 新しいものを追求するパーソナリティは，新奇性追求傾向 (novelty seeking: NS) と呼ばれる [9]. 本研究は，新奇性の高い製品に対する実用性評価に NS が影響するかについて検討した.

2. 方法

2.1. 参加者

調査には, クラウドワークスのワーカー211 名が参加し，性別の内訳は女性 101 名，男性 108 名，無回答 2 名だった．年齢は無回答を除き平均 39.89 歳（20 歳～60 歳，$SD = 9.02$）だった.

2.2. 材料

2.2.1. 評価セット

身近で評価が容易な文房具を題材とし，製品の画像と短い説明文を用意した．評価が新奇性と実用性に関して分散するように，評価セットの製品を 3 通りの方法で選出した. ⑴ 実用性が高く新奇性は低いような製品は，市販されている商品から選出した. ⑵ 新奇性が高く実用性は低いような製品は，実験者が自ら生成した. ⑶ 新奇性と実用性の両方が高いような製品は，アイデアコンテストの受賞作品から選出した. 6 種類のカテゴリーに関して ⑴ ～ ⑶ を 1 つずつ含めた 18 製品の評価セットを材料とした（図 1）．それぞれ，ラベルの末尾が U の製品は ⑴ に，O の製品は ⑵ に，C の製品は ⑶ に該当する.

2.2.2. NS 尺度

先行研究 [9] で, NS を測定するものとして作成された 14 項目を日本語に翻訳して使用した. 項目には,「私はいつも新しいことに挑戦したいと思っている」などが含まれ，5 段階（1：全く当てはまらない～ 5：非常に当てはまる）で回答するものだった.

2.3. 手順

参加者は, 最初に調査に関する説明を読み, 同意の回答をした．次に，評価課題に取り組んだ．その際，予め実用性と新奇性の定義を示した．具体的には,「実用的であるとは，実際に使用する上で役に立つということ」,「新奇であるとは, 珍しく斬新であるということ」だった. 評価課題では, 実用性か新奇性どちらかの観点について全製品について評価を終えてから，もう一方の観点について評価した. 製品は，1 つずつランダム順に提

示して 5 段階（1：全く新奇・実用的でない～ 5：非常に新奇・実用的である）で評価するよう求めた．最後に，NS に関する質問に回答し，年齢，性別について任意で回答を求めた．

図 1. 評価セットの製品画像の一部.

3. 結果と考察

分析には，参加者を変量効果とした線形混合モデルを用いた．固定効果は説明変数の実用性評価と，被説明変数の新奇性評価と NS だった．先行研究 [10] に従ってモデル選択を行い，モデルは以下の通りとなった．

usefulness ~ novelty * NS + (1 + novelty |participant)

分析の結果，NS の主効果は有意でなかったが（β = 0.04, t = 0.97, p = .33），新奇性評価 (novelty) の主効果は有意だった（β = -0.25, t = -11.18, p < .001）．つまり，新奇性評価が高いほど実用性評価が低いことが示された．さらに，新奇性評価と NS の交互作用が有意だった（β = 0.06, t = 2.02, p < .05）．交互作用が有意だったため，ジョンソン・ネイマン法で，NS が高い場合と低い場合とで回帰直線の傾斜の差が有意となる新奇性評価の範囲を検定した．その結果，新奇性評価が-22.77 以下と 4.15 以上で NS 高低の傾きに有意な差が見られた．新奇性評価は 5 件法で行われたため，-22.77 以下は解釈できない．よって，製品の新奇性が高い場合，NS が高い人は低い人に比べて，実用性を高く評価することが示された．一方，新奇性が中程度以下の評価の製品に対する実用性評価に差は見られなかった．結果のグラフを図 2 に示す．

以上のことから，新奇性が高いものに対する志向性が高い人は，低い人に比べて，新奇性が高いものの実用性を見出すことができると考えられる．先行研究から，人には，新奇性が高いものの実用性を低く評価する傾向があることが明らかになっていた [11]．本研究は，その傾向は普遍的なものではなく，新奇なものを志向する性格特性によって調整される可能性を示した．今後は，新奇な製品の実用性が過小評価されやすいメカニズムについて検討する．

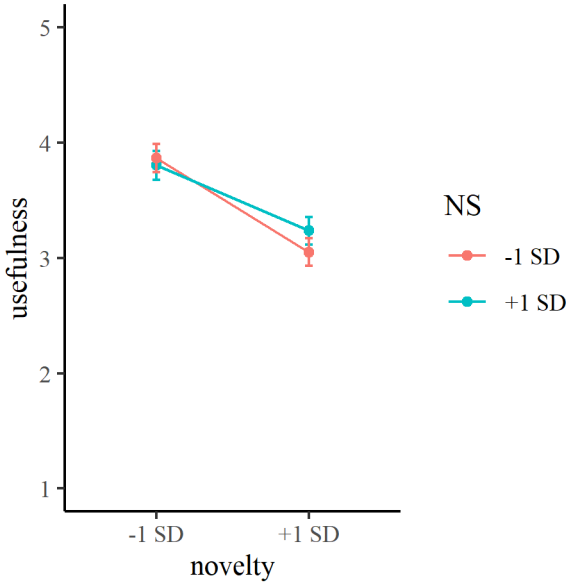


図 2. 新奇性評価と NS が実用性評価に与える影響.

文献

[1] 富田美緒 (2016). 任天堂株が大幅安―新ゲーム機の評価に戸惑い 日本経済新聞 10 月 21 日.

[2] Rietzschel, E. F., Nijstad, B. A., & Stroebe, W. (2010). The selection of creative ideas after individual idea generation: Choosing between creativity and impact. *British Journal of Psychology, 101*(1), 47-68.

[3] Mueller, J. S., Melwani, S., & Goncalo, J. A. (2012). The bias against creativity: Why people desire but reject creative ideas. *Psychological Science*, *23*(1), 13–17.

[4] Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, *24*(1), 92–96.

[5] Mandler, G. (1982). The Structure of Value: Accounting for Taste, in Affect and Cognition. *The 17th Annual Carnegie Symposium on Cognition*, 3–36.

[6] Benedek, M., Nordtvedt, N., Jauk, E., Koschmieder, C., Pretsch, J., Krammer, G., & Neubauer, A. C. (2016). Assessment of creativity evaluation skills: A psychometric investigation in prospective teachers. *Thinking Skills and Creativity , 21*(May), 75-84.

[7] IT media (2017). 任天堂「Switch」発売―量販店に開店前から行列 IT media NEWS 3 月 3 日.

[8] Wang, Q., Dacko, S., & Gad, M. (2008). Factors influencing consumers' evaluation and adoption intention of really - New products or services: Prior knowledge, innovativeness and timing of product evaluation. *Advances in Consumer Research*, *35*, 416–422.

[9] Gocłowska, M. A., Ritter, S. M., Elliot, A. J., & Baas, M. (2019). Novelty seeking is linked to openness and extraversion, and can lead to greater creative performance. *Journal of Personality , 87*(2), 252–266.

[10] Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S., & Baayen, H. (2015). *Parsimonious Mixed Models*.

[11] Diedrich, J., Benedek, M., Jauk, E., & Neubauer, A. C. (2015). Are creative ideas novel and useful? *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *9*(1), 35–40.

加算的解決が減算的解決よりも選好される原因の実験的検討
The experimental study of factors that adding is favored over subtracting in problem solving

平田 瑞貴[†]，三輪 和久[†]
Mizuki Hirata, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学
Nagoya Univercity
hirata@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要

人は，加算的解決策を多く採用し，減算的解決策を見過ごすことが多くあると言われている。本研究ではこの加算的解決と減算的解決の関係について，評価の側面から分析を行った．実験では，加算的解決策と減算的解決策が内容的に同じ意味を持つ実験刺激を用意し，接近目標か回避目標かを操作したうえで，それぞれの解決策がもつ効果に関して評価課題を実施した。その結果，ほとんどの場合について加算的解決策と減算的解決策の評価に差はみられなかった。この実験には実験刺激には，加算的解決策のほうが減算的解決策よりもよく提案されることが示された文章を用いており，人の加算的解決策に対する選好は，その効果の評価にかかわらず発生することが明らかになった。

キーワード：problem solving, adding, subtracting, evaluation

1. はじめに

人は，加算的解決策を多く採用し，減算的解決策を見過ごすことが多くあると言われている[1][2]。先行研究の実験によると，ゴルフ場の改善案を提案するシナリオ課題において，何かを追加するという案が多く得られたり，ブロックを加えるか取り除くかして対称の図形を作るパズル課題において，ブロックを追加して図形を作る参加者が多く見られたりした[1]。本研究では加算的解決策が減算的解決策よりも好まれる原因を，その解決策の評価の側面から実験的に検討する。

本研究における加算的解決策は，先行研究を踏まえ，元の状態と解決策が実施された後の状態を比較し，対象とした構成要素が増加するような解決策とする[1]。例えば「サラダを選ぶ日数を増やす」という解決策は，サラダを選ぶ日数を対象とした解決策であり，元の状態に比べて解決策を実施した後にサラダを選ぶ日数が増加するため，加算的解決策といえる。一方，減算的解決策は，元の状態と解決策が実施された後の状態を比較し，対象とした構成要素が減少するような解決策とする[1]。

また本研究では，実験刺激として，1 つの解決策を，フレーミングによって対象を操作することで加算的解決策と減算的解決策の 2 つの方法で表現することができる文章を作成した。例えば，以下のような文章である。

あなたは毎日，昼ご飯に食堂の日替わりセットを注文しています。日替わりセットは，ごはんとみそ汁，日替わりのメインメニューに加えて，「サラダ」か「揚げ物」の 2 つのサイドメニューから 1 つを選ぶことができます。より健康になるためには，一年のうち，何のサイドメニューを選ぶ日数をどうすればよいでしょうか。

上記の文章における解決策の一つは，「サラダを選ぶ日数を増やす」である。一方で，「揚げ物を選ぶ日数を減らす」という表現をすることもできる。この二つの解決策は，同じ 1 つの解決策を指している。それは，一年間の注文する日数が決まっていることで，片方の選択肢の日数を増やすと同じだけもう片方の選択肢の日数が減るためである。一方で，前者はサラダを選ぶ日数を対象にした解決策であるため，日数を増加させる加算的な解決策であり，後者は揚げ物を選ぶ日数を対象にした解決策であるため，日数を減少させる減算的な解決策である。

例示した文章の他に，雑誌のページ数の割り当てに焦点を当てた文章練習の割り当てに焦点を当てた文章，を作成した。以下のような 2 つの文章である。

ある会社では、毎月 200 ページの漫画雑誌を発行しています。雑誌のページには、カラーのページとモノクロのページが含まれます。今月号の売り上げを向上させるためには，先月号に比べて雑誌のページ数の割り当てをどのようにすればよいと思いますか。

あなたが所属するスポーツチームでは、大会までの練習メニューを考えています。練習時間は限られており、「攻撃の練習」と「守備の練習」の 2 つにうまく時間を割り当てる必要があります。大会までの練習について、大会で良い成績をとるためには、何の練習にどう時間を割り当てればよいと思いますか。

合わせて 3 つの文章をそれぞれ「昼食健康課題」，「漫画雑誌課題」「大会練習課題」とした 3 つの実験刺激を作成した。

実験 1 では，作成した実験刺激においても，加算的解決策が減算的解決策よりも回答されることが再現できるかを確認する。そして実験 2 では，作成した実験刺激を用いて，解決策が提示された際の評価が加算的解決策と減算的解決策で異なるかどうかを検証する。

2. 実験 1

2.1. 方法

Participants 20 歳から 60 歳の参加者 178 名が WEB 上で実験に参加した.

Procedure 参加者は，加算的解決策と減算的解決策の双方で回答できる穴埋め課題に取り組んだ。穴埋め課題は，呈示された実験刺激の文章を読ませて，その目標を達成するためにどうすればよいのかを「…を…させる」という形式で主語と述語の穴埋めで回答させるものである。述語の回答は，「増加させる」という回答と，「減少させる」という回答の双方ともに可能であった。また，目標については，「良い状態にするため」といった接近目標の文章と，「悪い状態にならないようにするため」といった回避目標の文章を用意した。3 つの実験刺激はカウンターバランスをとった順序で提示され，その刺激の目標が接近目標か回避目標かはランダマイズされていた。

2.2. 結果

提出された回答の述語を抽出し，実験者が，定義に従って加算的解決策であるか，減算的解決策であるか，どちらにも該当しない解決策であるかを分類した。

表１，表２は各課題の各目標における加算的解決策と減算的解決策の回答数である。

カイ２乗分析の結果，昼食健康課題の接近目標における解決策，回避目標における解決策，漫画雑誌課題の接近目標における解決策，回避目標における解決策大会練習課題の接近目標における解決策，回避目標における解決策のいずれにおいても，加算的解決策の回答は減算的解決策の回答よりも多かった($p_{all} < .05$)。

表 1 昼食健康課題

目標	加算的解決策	減算的解決策
接近	51	7
回避	53	7

表 2 漫画雑誌課題

目標	加算的解決策	減算的解決策
接近	76	2
回避	53	3

表 3 大会練習課題

目標	加算的解決策	減算的解決策
接近	40	1
回避	53	3

3. 実験２

3.1. 方法

Participants 20 歳から 60 歳の参加者 323 名が WEB 上で実験に参加した.

Procedure 参加者は，解決策に関する文章を読み，その効果を回答する評価課題に取り組んだ。評価課題は，作成した実験刺激の文章と，その解決策を読ませ，「その解決策が目標に対してどのような効果があると思うか」という質問に対して，「1.非常に悪い効果がある～7.非常に良い効果がある」の 7 件法で回答させるものである。解決策には，「増加させる」解決策(加算的解決策)と，「減少させる」解決策(減算的解決策)の 2 通りがあり，加えて，その主語について 2 通りがあるため，1 つの実験刺激について 4 通りの解決策が存在していた。また，目標については，「良い状態にするため」といった接近目標の文章と，「悪い状態にならないようにするため」といった回避目標の文章を用意したため，計 8 通りの文章呈示の方法が存在した。

3.2. 結果

図 1，図 2 は，昼食健康課題における各実験刺激 8 通りの文章呈示方法のうち，解決策が内容的に同じ意味をもつ呈示方法 4 つを一つのグラフ上にまとめた，解決策の効果の評定値の平均を示したものである(エラーバーは標準誤差)。「サラダを選ぶ日数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 1)について，分散分析の結果，いずれの主効果，交互作用も見られなかった($p_{all} > .10$)。また「揚げ物を選ぶ日数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 2)について，分散分析の結果，いずれの主効果，交互作用も見られなかった($p_{all} > .10$)。

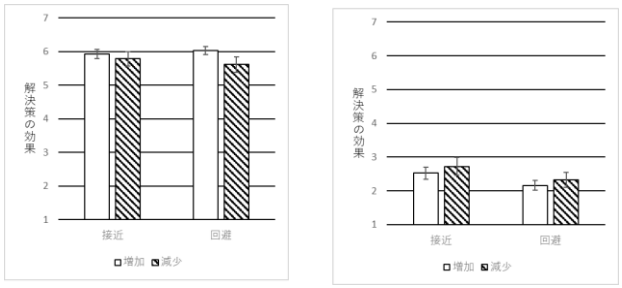


図 1. 昼食健康課題で「サラダを選ぶ日数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値
図 2. 昼食健康課題で「揚げ物を選ぶ日数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値

図 3, 図 4 は，漫画雑誌課題における各実験刺激 8 通りの文章呈示方法のうち，解決策が内容的に同じ意味をもつ呈示方法 4 つを一つのグラフ上にまとめた，解決策の効果の評定値の平均を示したものである(エラーバーは標準誤差)。「カラーのページ数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 3)について，分散分析の結果，いずれの主効果，交互作用も見られなかった($p_{all} > .10$)。また「モノクロのページ数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 4)について，分散分析の結果，いずれの主効果，交互作用も見られなかった($p_{all} > .10$)。

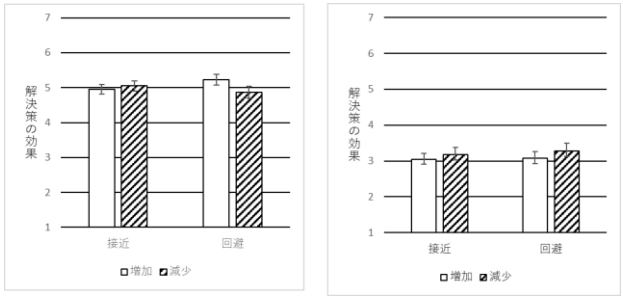


図 3. 漫画雑誌課題で「カラーのページ数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値
図 4. 漫画雑誌課題で「モノクロのページ数を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値

図 5, 図 6 は，大会練習課題における各実験刺激 8 通りの文章呈示方法のうち，解決策が内容的に同じ意味をもつ呈示方法 4 つを一つのグラフ上にまとめた，解決策の効果の評定値の平均を示したものである(エラーバーは標準誤差)。「攻撃の練習時間を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 5)について，分散分析の結果，解決策の分類について主効果が見られ，加算的解決策は減算的解決策よりも有意に効果が高いと評定された($F(1,158) = 55.66$, $p < .001$)。また「守備の練習時間を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値(図 6)について，分散分析の結果，解決策の分類と目標にそれぞれ主効果が見られ，加算的解決策は，減算的解決策よりも有意に効果が高いと評定され($F(1,158) = 6.06$, $p = .015$*)，回避目標が掲げられていたときの解決策は，接近目標が掲げられていたときの解決策よりも有意に効果が高いと評定された($F(1,158) = 54.95$, $p < .001$)。

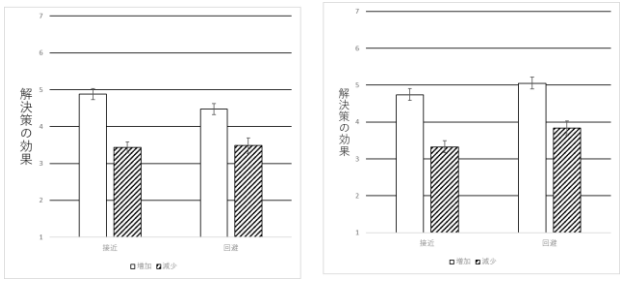


図 5. 大会練習課題で「攻撃の練習時間を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値
図 6. 大会練習課題で「守備の練習時間を増加させる」と同じ意味を持つ解決策の効果の評定値

4. 考察

本実験の結果，加算的解決策のほうが減算的解決策よりも選好されるような実験刺激であるにもかかわらず，加算的解決策の効果に関する評価と，減算的解決策の効果に関する評価との間に，複数の実験刺激では違いがみられなかった。これは，人が問題解決策を考える際，その効果にかかわらず，加算的な解決策を選ぶ傾向が発生することを示唆している。ただし，大会練習問題については評価に違いが見られた。これは，大会練習問題が他の 2 つと違い攻撃と守備が大会の優勝に持っている価値が同程度であったことが起因している可能性があり，それらの価値を客観的に操作した追加の検討が必要である。また，今後の展望として，今回は解決策が持つ効果に関する評定課題を行ったが，解決策の新奇性やリスク，その解決策を実施することへの満足度など，人が解決策を選定するときに感じうる多様な評定に着目する必要があると考えられる。

文献

[1] Adams, G. S., Converse, B. A., Hales, A. H., & Klotz, L. E. (2021). People systematically overlook subtractive changes. Nature, 592(7853), 258-261.
[2] Fischer, M. H., Winter, B., Felisatti, A., Myachykov, A., Mende, M. A., & Shaki, S. (2021). More Instructions Make Fewer Subtractions. Frontiers in Psychology, 12.

不思議の国のアリス症候群：事例報告
Alice in Wonderland syndrome: a case report

齋藤 五大† 高木 源‡
Godai Saito and Gen Takagi
†東北大学大学院文学研究科，‡東北福祉大学総合福祉学部
†Tohoku University, ‡Tohoku Fukushi University
godai.saito.a7@tohoku.ac.jp

概要
不思議の国のアリス症候群（AIWS）は，視覚および体性感覚の知覚的変容を特徴とする症候群である。本研究では，AIWS の特徴を理解するためにその症状を呈する 1 名を対象に面接調査を実施した。その結果，AIWS 被験者は主に他者の顔，自身の身体，周囲の音などの大きさの変容を体験することを報告した。本事例は，AIWS に関する先行研究と照らし合わせて考察することで，AIWS の理解を促進し得る。

キーワード：不思議の国のアリス症候群 (Alice in Wonderland syndrome)，知覚変容 (perceptual distortion)

はじめに

不思議の国のアリス症候群（Alice in Wonderland syndrome: AIWS）は，主に視覚や体性感覚などの知覚的な変容を特徴とする症候群である。典型的な AIWS の視覚症状には，物体や人が大きくあるいは小さく見えること（macropsia と micropsia）や，物体や人が遠くあるいは近く見える（telopsia と pelopsia）ことが報告される。体性感覚症状には，からだの一部や全体が通常よりも大きくあるいは小さく感じられること（macrosomatognosia と microsomatognosia）などがあげられる。1955 年にイギリスの精神科医 Jhon Todd はこれら一連の症状を Lewis Carroll による物語「不思議の国のアリスの冒険」に因んで AIWS と名付け，片頭痛やてんかんとの密接な関連性を指摘している [1]。

現在のところ，AIWS は DSM-5 などには含まれず，国際的な診断基準も確立されていないものの，いくつかの研究は AIWS の主要な症状の分類を提案している。Lanska and Lanska [2]は AIWS の症例からその症状を体性感覚の変容のみ（type A），視覚の変容のみ（type B），双方の変容（type C）の 3 種類に分類した。Blom [3]も主な症状を視覚，体性感覚，その他の非視覚的なものにまとめている。このように，AIWS の症状の分類はあるが，2016 年の時点で AIWS の事例記述は 169 件と少なく [3]，有病率についても明らかではない。そこで本研究では，AIWS の特徴を理解するためにその症状を呈する 1 名を対象とした面接調査を行い，その事例を報告した。

1. 方法

AIWS および片頭痛の症状を呈する 22 歳の女性 1 名が本調査に参加した。本研究は，東北大学大学院文学研究科調査・実験倫理委員会から調査実施許可を得た。

2. 結果

被験者は少なくとも 6 歳から現在に至るまで AIWS の症状として主に視覚と体性感覚の変容を体験していることを説明し，これらの知覚体験内容を描画した（図 1）。

視覚症状として，被験者は人の顔が大きく見えたり小さく見えたりすること（図 1a），壁が迫って見えたり遠くに見えたりすることを説明した。macropsia と micropsia について，特に父親の顔だけが高頻度で大きくなったり小さくなったりして見えるという。これらの顔に対する macropsia と micropsia は鏡，写真，テレビに映った顔には生じず実際に目の前で見た顔のみに生じる。

体性感覚症状として，手が大きく感じることや（図 1b），からだや手足が永遠に細長く感じ，からだの先端を動かすと壊れるのではともろく感じること（図 1c）を説明した。これらの macrosomatognosia および microsomatognosia は全身ではなくからだの一部に生じる。たとえば，腕なら 2 回り，手なら 2 本分ぐらいまでなら大きくなる。反対に，からだの一部は際限なく見えないぐらい小さくなる。足が小さくなるときに，その足はシャープペンシルの芯ぐらい細くて小さくなることがある。

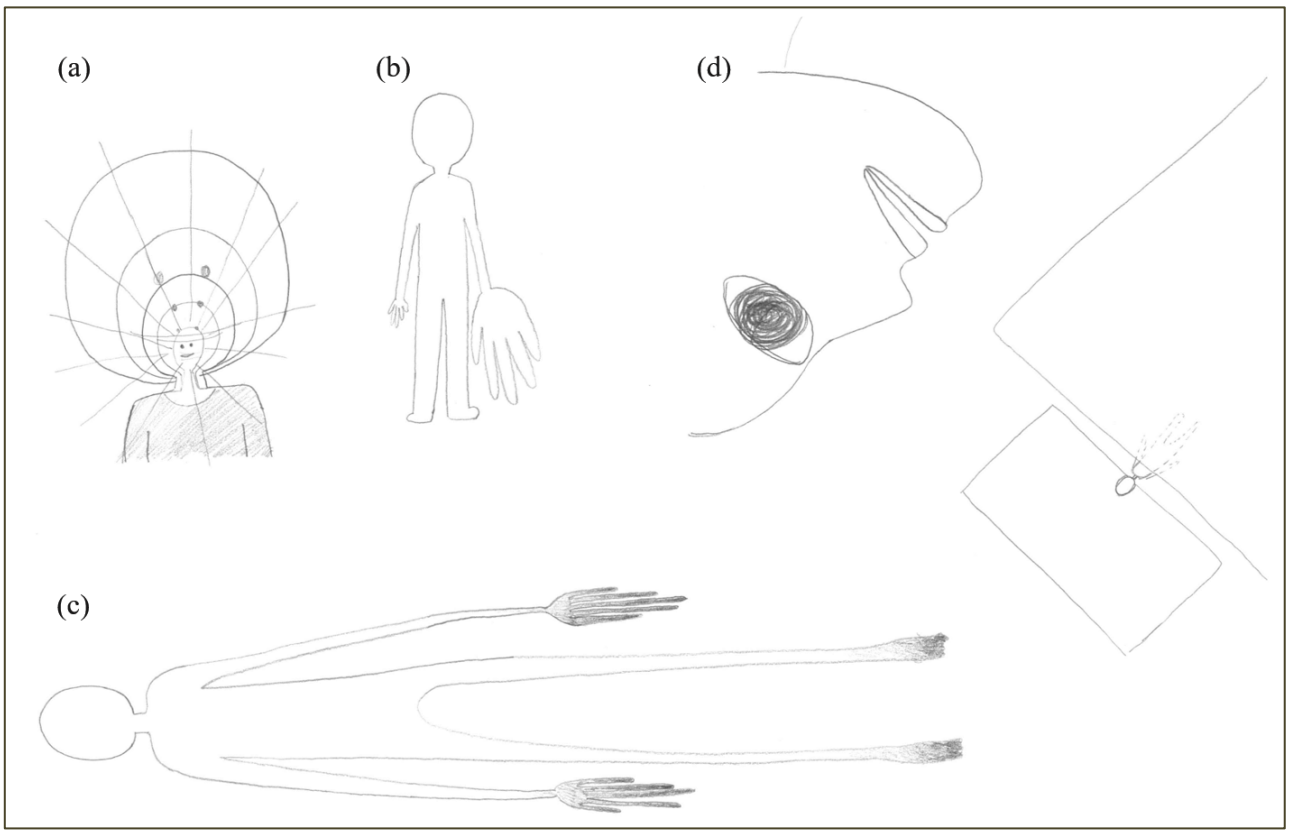


図 1　被験者の体験した視覚と体性感覚変容例の描画。(a) 顔の大きさの拡大と縮小。(b) 手の巨大化。(c) 手足の伸長。(d) 被験者自身のからだの縮小と被験者をのぞき込む母親の顔の巨大化。

視覚と体性感覚双方の症状として，被験者は自身のからだが布団の上で限りなく小さくなっているときに，自身をのぞき込む母の顔が極めて大きく恐ろしく感じたことがある（図 1d)。寝ぼけているときに視覚や体性感覚症状が生じると，怖く感じてパニックになることがある。

視覚と体性感覚の変容以外の聴覚症状として，被験者は AIWS の症状が現れているときに物音が通常よりも大きく聞こえたり（聴覚変容)，人の騒めきが聞こえたりする（幻聴）ことを説明した。その一方で，味覚，嗅覚，時間感覚の変容は認められなかった。

現在，被験者はこれらの症状を１ヶ月に平均１，２回の頻度でほとんどの場合は夕方から夜間にかけて経験することを報告した。その体験の頻度は，人の顔が大きく見える，壁が迫って見えたり遠くに見えたりする，からだの一部の大きさが変化したように感じる，音が大きく聞こえる，という順番であり，いずれも持続時間は１，２分ほどである。

上記の知覚変容以外には，被験者は視覚と聴覚の感覚過敏，巨象恐怖症，片頭痛があることを説明した。片頭痛については，2，3 年前から経験するようになったが，AIWS との関連性は認められなかった。

3.　考察

本研究では，AIWS の被験者１名を対象に事例報告を行った。本事例は，被験者は視覚と体性感覚双方の変容体験を報告したため，Lanska and Lanska [2]の分類では type C に位置づけられ，先行研究における症状の分類と一致する。被験者は視覚と体性感覚の変容だけでなく聴覚の変容も報告した一方で，味覚，嗅覚，時間感覚の変容についての体験はなかった。これらの結果は, AIWS における視覚変容の macropsia と micropsia の報告率がそれぞれ 45%と 59%でありその他の知覚症状と比べて高く，心的時間の加速と減速の報告率がそれぞれ13%と4%であり低いというBlom [3]のシステマティックレビューの結果を反映する可能性がある。本事例では聴覚変容が認められたが，その先行研究には聴覚変容は報告されていない [3]。今後の研究では，聴覚変容をはじめ感覚過敏や巨象恐怖症についても，AIWS の中核的な症状に含まれるかあるいは周辺的な症状として出現しやすいかなどをさらに検討する必要があるだろう。

被験者の知覚体験は，AIWS が単純な視覚，体性感

覚，聴覚の変容だけでなく，多感覚入力を通じて捉えられる自身と世界の関係性における知覚の変容という点からも解釈されることを示唆する。これは，先行研究が AIWS の事例報告や総説を中心とするものの，今後，AIWS をより総合的に理解するために重要な視点であると考えられる。たとえば，フルボディ錯覚研究の文脈おいて van der Hoort et al. [4]は，健康な被験者が視触覚刺激に依存して自身の身体を非常に小さくあるいは大きく知覚することを明らかにしている。

本事例の被験者は，視覚変容の場合，顔が他の物体に比べて高い頻度で大きくあるいは小さく見えること，特にそれが自身の父親に対して生じやすいことを説明した。AIWS の視覚症状では，一般的に，物体や人の大きさの変化は macropsia と micropsia としてまとめられるため，本事例のように，ある特定の物体や人に対する macropsia と micropsia の選択性は AIWS における視覚変容の普遍性と特殊性を考える上で興味深いといえる。

謝辞

本稿の草稿について辻本昌弘氏（東北大学）より助言を受けた。

文献

[1] Todd, J. (1955). The syndrome of Alice in Wonderland. Canadian Medical Association Journal, 73(9), 701-704.
[2] Lanska, J. R., & Lanska, D. J. (2013). Alice in Wonderland syndrome: somesthetic vs visual perceptual disturbance. Neurology, 80(13), 1262-1264.
[3] Blom, J. D. (2016). Alice in Wonderland syndrome: a systematic review. Neurology: Clinical Practice, 6(3), 259-270.
[4] van der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one's own body determines the perceived size of the world. PLoS ONE, 6(5), e20195.

ニュース記事に対する読者の感情指標の自動推定システム

An estimation system for sentiment measures of news articles

野村 理朗[†§]，河原 大輔[*§]，松尾 正信[§]
Michio Nomura, Daisuke Kawahara, Masanobu Matsuo

[†]京都大学，[*]早稲田大学，[§]京都テキストラボ
Kyoto University, Waseda University, Kyoto Text Lab
nomura.michio.8u@kyoto-u.ac.jp

概要

ニュース記事に対する読み手の感情を自動推定するシステムを構築した。はじめにニュース記事の感情指標に関し，40,000 記事からなるオリジナルのデータセットを構築した。続いて深層ニューラルネットワークに基づく文脈言語モデルの一種である RoBERTa を用いて，記事に対する 7 つの項目（喜び・不安・信頼性・意図性等）の分類課題を行った結果，いずれも予測データと実測データとの強い正の相関となる実用可能な水準に達するモデルを構築した。

キーワード：深層学習，感情解析，情報の信頼／意図性，自然言語処理，ニュース記事

1. はじめに

感情は潜在的・非意識的に生じたものであっても認知に影響しうる[1]。本研究は日常における様々な意思決定に個人の心理が反映されること，そうした心理の源泉はニュースにあるものと仮説し，先だっては深層ニューラルネットワークの一種である文脈言語モデル BERT により，ニュース記事の重要性について 65%程度の推定精度を得た[1]。この結果を発展させ，本研究はニュース記事の読み手の心理反応を予測し，発信する情報の正確性を支援する高精度のシステムを開発することを目指した。従来，感情の分析（sentiment analysis）ツールとして Google Cloud Natural Language API, IBM Cloud Natural Language Understanding API が知られており，それらにより英語，日本語版を始めとする 20 前後の言語がサポートされているも。しかしながら，そのいずれもがテキストに対する感情極性（ネガティブ–ポジティブ），もしくは怒り，嫌悪，恐怖，喜び，悲しみの各々への 2 値もしくは 5 値の推定にとどまっている。本研究は，そうした文章に内包される情報以上に記事の読み手が形成する印象が重要であると考えた上で，かつ喜びや恐怖といった比較的シンプルな感情に加えて，信頼性，意図性，経済への期待といった読者の反応に着眼した。さらに従来のツールは単語辞書や，テキストに対して感情が付与されたコーパスで機械学習したモデルに基づいており，文脈や文・文章の構造に配慮した解析を行っていない。本研究はこうした問題点を文脈言語モデル BERT により解決し，ニュース記事から読者の反応を自動的に判定するシステムを構築した。

2. 新聞記事データセット

新聞記事のセンチメントとして，クラウドにおいて 210 名の参加者が 100 セットの記事（1 セット 10 記事）に対して心理評定を付与した「新聞記事センチメントデータセット」を構築した。このデータセットは，各記

表 1-1,「喜びを感じた」の値(正解)，推定値の例

記事	正解	推定
財務省は３日、2019 年度の国の税収総額が 18 年度に比べて約２兆円少ない 58.4 兆円になったと発表した。新型コロナウイルスの感染拡大を受けて企業収益が落ち込み、…	1.4	1.8
自粛解除で３カ月ぶりに運行再開。「西武旅するレストラン『52 席の至福』」。新宿から乗車しブランチを楽しみながら秩父へ。コロナ対策も万全だ。県をまたぐ移動の自粛…	3.8	3.5
民事裁判の判決情報を電子データ化し、企業や研究者らが活用しやすくするための検討が官民で始まった。これまで大半は裁判所に行かなければ閲覧できず使いにくかった…	2.4	3.3

表 1-2,「恐怖を感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
東京都をはじめ自治体から外出自粛要請が出るなど、緊迫する新型コロナウイルス問題。ただ、ちょうど要請が出た３月末のタイミングのアンケート調査によると…	2.8	3.1
加藤勝信官房長官は２日、東京証券取引所のシステム障害を受けて金融庁が近く原因などを報告するよう命令を出すと表明した。日本取引所グループと東証に「原因究明と…	2.4	3.2
＜為替＞ドルが主要通貨に対して上昇した。ドル上昇は３日連続。新型コロナウイルスの感染拡大による経済への影響が一段と深刻化する中、安全資産としてのドルに買い…	2.4	2.6

表 1-3,「驚きを感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
新型コロナウイルスの感染拡大で自動車の販売が大きく落ち込んでいる。２日までにまとめた日本経済新聞の推計によると、３月は欧米で４～８割減少し、日中で…	2.8	3.1
台湾のレジャー予約アプリ「FunNow（ファン・ナウ)」はマレーシアのレストラン予約アプリ「Tableapp（テーブルアップ)」を買収した。買収額は非公表。「テーブルアッ…	2.6	2.6
国内家具メーカーの椅子やテーブルなどの木製家具の値段が高止まりしている。背景としては数年来の輸送費の上昇が大きいが、材料に使う広葉樹の価格の高止まりという…	3.2	3.0

表 1-4,「信頼できる情報と感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
相場が一方向に振れやすくなっている要因の１つに、金融関係者の在宅勤務が挙げられている。職場に比べ作業効率が低下する仕事環境の中で、リスクが取りに…	2.8	3.5
発光ダイオード（ＬＥＤ）国内大手の日亜化学工業（徳島県阿南市）は、三菱ＵＦＪ銀行が開発した大規模地震が発生した際に一定の資金を受け取れる新型の外貨建て定期…	3.6	3.7
カレーチェーンを展開する壱番屋は6日、2021 年２月期の連結純利益が前期比 67%減の 10 億円になりそうだと発表した。最終減益は２年ぶり。新型コロナウイルスの感染…	3.4	3.7

表 1-5,「曖昧な情報と感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
政府は３日、新型コロナウイルスの感染拡大により収入が減った世帯などへの現金給付の枠組みを決めた。給付額を１世帯あたり 30 万円とし、生活支援を目的とし…	2.3	2.5
中国がデジタル人民元の発行を計画していることに対し、これを通貨主権や安全保障上の脅威とする見方がある。例えば、自民党の有志議員団は米ドル基軸通貨体制への挑…	3.0	2.8
女子ゴルファーの日本一を決める国内メジャー今季第２戦「日本女子オープン」の最終日が４日、福岡のザ・クラシック GC で行われ、原英莉花（21、日本通運）が通算 16…	1.8	2.1

事に対して「恐れ」「不安」「喜び」「情報の信頼性」「情報の意図性」「経済への期待」等から成る７つの項目についての6段階の心理評価を付与したもので, 約40,000記事からなるデータセットである。

方法

ニュース記事の読者の反応推定に関して，ニュース記事１件を入力とし，これに対して７つの指標（「喜びを感じた」,「恐怖を感じた」,「驚きを感じた」,「信頼できる情報と感じた」,「曖昧な情報と感じた」,「何かの意図をもって書かれたと感じた」,「経済に期待がもてると感じた」）のそれぞれの値を推定する回帰器を構築した。これらの回帰器は文脈言語モデル RoBERTa [3]をベースに作成する。RoBERTa は，文脈言語モデル BERT

表 1-6,「何かの意図をもって書かれたと感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
運転席と助手席のやり取りが明らかになってきた。首都高速中央環状線・山手トンネル内で今年４月１２日、法定速度（時速６０キロ）を８９キロ超過する１４９…	2.8	2.8
１日の米株式市場で生命科学技術企業フリューダイムの株価が一時 96%高と、取引時間中として過去最大の上げを記録した。米軍と契約した科学者や同社がウイルス拡散前…	2.8	3.0
楽天のジャバリ・ブラッシュ外野手（31）の今季限りでの退団が確実であることが 4 日、分かった。来日 1 年目の昨季は 33 本塁打を放ったが、今季は 37 試合で打率.235、2…	3.6	2.6

表 1-7,「経済に期待がもてると感じた」の値(正解), 推定値の例

記事	正解	推定
１日の東京株式相場は大幅に反落した。大型連休前に投資家が買いを手控える中、米国で雇用などの景気指標が悪化を示したことや米アマゾンやアップルなどの決…	1.8	1.7
ＫＤＤＩ（ａｕ）は次世代通信規格「５Ｇ」対応で同社最安値となるスマートフォンの低価格機種を９月４日に発売する。中国スマートフォン大手の小米（シャオミ）の製…	4.0	3.7
海の上に風車を浮かべて発電する浮体式洋上風力の実用化に向けて、工法や風車の土台に使う素材などを工夫して価格を抑える動きが広がっている。日立造船は建設費を従…	4.2	3.7

表 2　各評定における推定精度

評定項目	順位相関係数
喜びを感じた	0.730
恐怖を感じた	0.695
驚きを感じた	0.510
信頼できると感じた	0.368
曖昧であると感じた	0.504
意図的であると感じた	0.408
経済に期待がもてる	0.775

[4]の学習方法を改良した，深層ニューラルネットワークの一種である事前学習付き自己注意機構モデルであり，大規模コーパスを用いた事前学習と対象のタスクにおける fine-tuning の 2 段階からなる。読者の反応回帰タスクにおいて，日本語 Wikipedia とウェブコーパス cc100 の日本語部分で事前学習されたモデルを基に，それぞれの指標ごとに fine-tuning する。この回帰は，RoBERTa の[CLS]トークンに対応する出力ベクトルを 1 つの実数値に変換し，これを読者の反応指標のスコアとして出力した。訓練は平均二乗誤差を用いて行い，テストは読者の反応指標のスコアを出力した。

3.　結果と考察

ニュース記事の読者の反応推定に関して，ニュース記事の読者に 7 つの指標ごとに 5 件法（1.全く当てはまらない, 2.あまりあてはまらない, 3.どちらでもない, 4.よくあてはまる，5.非常に良くあてはまる）でスコアを算定し，ニュース記事読者の反応データセットを作成した。このデータセットを用い，7 つの指標ついて推定を行った。データは訓練:開発:テスト=8:1:1 に分割し，訓練データで訓練，テストデータで評価を行った。評価尺度として Spearman 順位相関係数を用いた。また RoBERTa の事前学習モデルとしては，「RoBERTa 日本語 Pretrained モデル」[1]を用い，入力の記事は形態素解析器 Juman++[2]で単語分割を行った。

ニュース記事の読者の反応推定について，7 つの指標それぞれについて，表 1-1～表 1-7 に推定値をそれぞれの表の第 3 カラムに示した。両指標ともに正解の値と推定値は一定の誤差の範囲に収まっていることが多いことがわかる。また 7 つの指標それぞれの精度評価として 相関係数とを表 2 に示した。「喜びを感じた」,「恐怖を感じた」,「経済に期待がもてると感じた」の 3 指

[1] https://huggingface.co/nlp-waseda/roberta-base-japanese

[2] https://github.com/ku-nlp/jumanpp

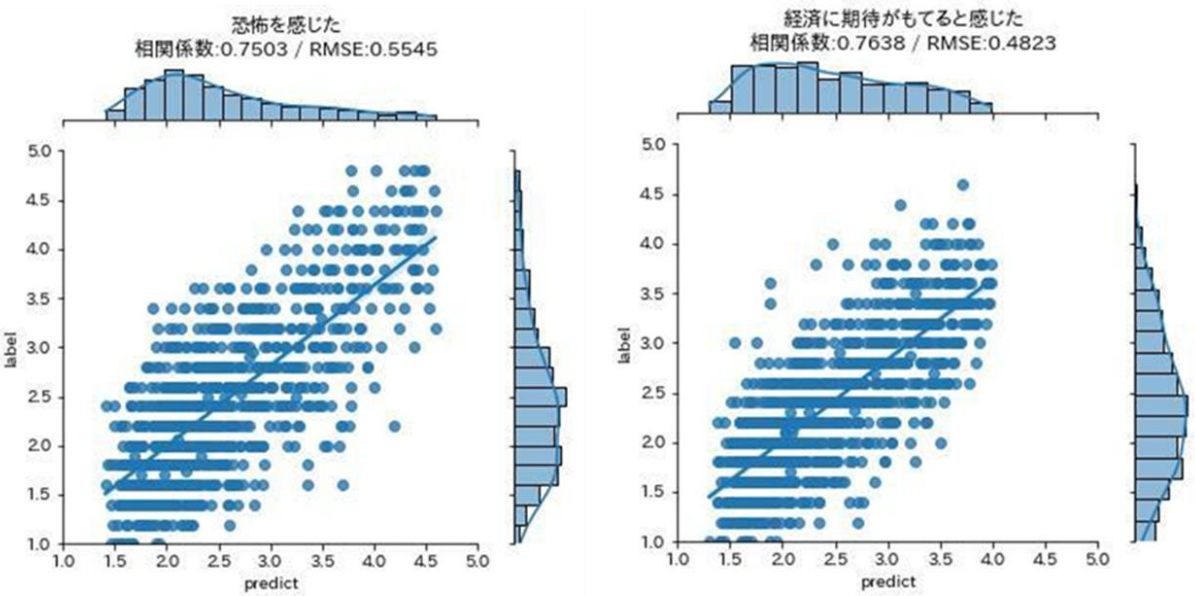


図1. 読者反応（恐怖、経済への期待）の予測値と実測値

標では，強い正の相関（図 1），また「驚きを感じた」，「曖昧な情報と感じた」でにおいても相応の精度での推定が可能であったことがわかる。一方，「信頼できる情報と感じた」，「何かの意図をもって書かれたと感じた」の 2 指標では，中程度の正の相関にとどまった。興味深いことにこれらの指標では平均値の周辺の値をとることが多く，テキストのみでは感情指標を推定する手がかりが十分ではないということ，また評価対象となるソースがある程度信用に足るニュース記事であったこと等が考えられる。これが個人の発信する twitter 等をソースとした場合，対する信頼性に関わる判断の刺激間分散が大きくなり，結果，推定精度が高くなることが予測される。また今後，ニュース記事をカテゴリごとに分類し，各カテゴリへの嗜好性やドメイン知識のある読者を対象にデータセットを作成し，さらなる fine-tuning を行うことにより，各指標での推定精度が改善されることも予測される。

4. まとめと展望

最先端の深層ニューラルネットワークの一種である文脈言語モデル RoBERTa から得られたニュース記事の読者の反応推定は，「喜びを感じた」，「恐怖を感じた」，「経済に期待がもてると感じた」の各々の指標に関し，実用に耐えうる精度が確認された。このことは，各種媒体を通じた情報発信にあたり，プレスリリースに先立って読者の反応を予測し，仮にも記事の著者が意図しない伝わり方をしうる場合，その可能性を未然に防ぐ，そうした情報発信への支援の可能性が広がることを意味する。

また，感情情報と情報の真偽や意図性の判断との間にいかなるプロセスが介在し，それは記事の扱うトピックに応じてどのように異なるのか。従来の感情情報理論[5, 6]をふまえ，また読者の嗜好性や知識構造などを変数とした認知モデルが構築されることが期待される。

文献

[1] Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., Yonekura, Y. (2004) Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: An event related fMRI study. *Neuroimage*, 21, 352-363.

[2] 野村理朗・河原大輔・松尾正信（2021）深層学習によるニュース記事の重要性と感情指標の自動推定システムの構築, 認知科学大会論文集, 172-175.

[3] Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., and Lewis, M., and Zettlemoyer, L., and Stoyanov, V. (2019). RoBERTa: A robustly optimized BERT pretraining approach. arXiv preprint arXiv:1907.11692.

[4] Devlin J., Chang M. W., Lee K., and Toutanova K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In Proceedings of NAACL-HLT 2019, pp. 4171–4186.

[5] Schwarz, N, & Clore, G. L. (1983). Mood, misattribution, and judgments of well-being: informative and directive functions of affective states. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 513–523.

[6] Loewenstein, G., & Lerner, J. S. (2003). The role of affect in decision making. In: Davidson, R J., Scherer, K. R., Goldsmith, H. H., editors. Handbook of affective sciences. Oxford: Oxford University Press; pp. 619–642.

ISO規格に向けたアンケートによるwellbeing測定方法の提案
Proposal of wellbeing measurement method by questionnaire for ISO standard

城 真範 †, 木村 健太 †, 佐藤 洋 †
Masanori Shiro, Kenta Kimura, Horoshi Sato
† 産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門
Human Informatics and Interaction Research Institute, AIST
shiro@aist.go.jp

概要

QoL の測定方法に関する三つの分類から主観的幸福感とケイパビリティを中心に先行研究を概観し、Kahneman の瞬間効用をケイパビリティに類似する可能性価値に置き換える提案をする。アクションとその効果による幸福感をアンケートによって定量するため、二段階のアンケートスキームを提唱する。またその結果の解釈について分類する。

キーワード：Wellbeing, アンケート

1. はじめに

Wellbeing とは、身体的･精神的･社会的に良好な状態を指す言葉である。この単語が特別な意味をもって最初に用いられたのは 1946 年の世界保健機関 (WHO) 憲章草案である [16]。現在、日本から提案中の ISO 25554 –Ageing Societies– Guidelines for Promoting wellbeing in Local Communities and Organizations[1] では、wellbeing を Healthy ageing にむけて促進する対象としている。しかし、wellbeing が具体的に何をもって良好な状態とするのかを定義し測定する方法は、長い研究の歴史があるにもかかわらず、いまだ議論の途上にある。本報告では規格上の議論を発展させるために、特に wellbeing の中で精神的な面について、アンケートを用いて測定・評価・比較可能とするための一つの枠組みを提案する。特に本報告ではまず高齢者についての特別の事情を除き、精神的な意味での wellbeing が何であるかを一般的に考察・定義し、それをアンケートに反映させる手段を示す。以下では、まず本節において、いくつかの関連研究についてコメントし、次節で測定・評価・比較可能な方法を示す。本報告において実在の個人から得られたデータは用いない。

Wellbeing に関係が深いだろう QoL(Quality of Life) の測定方法についてスティグリッツ報告書 [19] は、主観的幸福感 (subjective well-being)、ケイパビリティ (capabilities)、公正配分 (fair allocations) の三分類を示している。これが wellbeing にも援用できるとし、以下にその概略を述べる。

- 主観的幸福感 (SWB) は心理学の分野において主流の研究前提として確立している。Wellbeing は 1960 年代から Happiness の代替として心理学の研究に適用されはじめた [21] が、Sumner[20] が、wellbeing が客観的になり得ず主観的なものであると指摘し、その重要な尺度として主観的幸福感を提示した。調査指標としては SRLS(Self-reported life satisfaction)[15] がよく使われる。Kahneman は経済学に受け入れられる SWB の改良を求め、様々な測定方法の改良によって SWB から状況バイアスを除き、客観的な幸福感 (Objective wellbeing) に近づける方法論を考察した。Kahneman は特にベンサムの経験効用概念（experienced utility）に立ち返り、経済学上の意思決定効用と分離した上で経験効用を「記憶された効用」と「瞬間効用」に分類し、客観的な幸福感を瞬間効用の積分値として定義 [9, 10, 11] した。そしてこれを経験サンプリング [4] や一日再構築法 (DMR)[13] によって測定することを提案した。これらの方法は現在でも改良が続けられ、心理学の分野において広く使われている。
- ケイパビリティ（潜在能力）は Sen によって提唱された概念 [3] であり、人の幸福は、保有する経済的資源よりも、能力や可能性の大きな場合に大きいという考え方に基づいている。Sen は経済学の文脈において、すなわち財による能力や可能性についてケイパビリティを定義したが、その思想的源流は Aristotelēs の幸福論 [17] や Ruskin の論考 [18] に遡る。
- 最後に公正配分は GDP に代表されるマクロ経済上の統計をもとにしたアプローチである。

これらは広く普及し、用いられている方法論であ

るが、欠点もある。例えば公正配分の論理に対しては Easterlin のパラドクスが有名である。Easterlin は所得の高い国と低い国と幸福度の関係には相関は見られないこと、一人当たりの所得が大きく増加しても SWB にほとんど変化がなかったということを指摘した [5]。この理由として Frey らによる快楽適応仮説（adaptation theory）[8] や Hedonic setpoint（快楽基準点）[2] の存在が指摘されている。所得増加によって主観的幸福感が頭打ちになるという報告から、人々がもっているだろう幸福度がおそらく遺伝的に決まり、個々の体験は SWB に大域的な影響を与えないとする指摘である。このため GDP を始めとするマクロ的な経済指標は個人の SWB を表現するためにはふさわしくない可能性がある。なお Hedonic setpoint が存在するならば、幸福感を増加させるための試みは概ね無意味となる。そこで幸福感を定量する一つの試みとして Kahneman は U-index という不幸の指標 [12] を提示している。これは、ある人が不幸である時間の比率であり、快楽適応仮説における生活満足度よりも経験した幸福感との相関性のほうが高いことが示されている。また、快楽適応仮説のように幸福感を単一のスカラー量ではなくベクトル量として捉える試みも多い。

2. 測定と評価の方法

Sen によるケイパビリティはあくまで経済的財をもとにした論であるが、財を環境に一般化した上で瞬間効用を使った wellbeing に結びつけることを考えたい。

瞬間効用の実際的な意味は「その人がその瞬間に経験していることを継続したいと思う程度」であるとされる [7]。実験手法の高度化により環境要因を排除し「継続したいと思う程度」が完全に得られると仮定しても、回答者の未来に関する認識は排除し得ない。「継続したいと思う程度」の基準は「その瞬間に経験していることが継続されない状態」であり、それは確定した過去ではなく、未知の未来においてのみ想定されうることだからである。実際 Kahneman は過去の記憶に起因する測定バイアスを排除するために瞬間効用を導入したのであり、未来についての評価を排除する効果はない。

ここで重要な着眼は、通常アンケートをもとにした wellbeing に関する多くの研究は、回答者の現状認識として wellbeing を規定しているが、そこで測定される wellbeing は回答者の未来に対する絶望感に他ならない点である。現状が継続してほしい状態であると自認することは、過去に対してはポジティブであるが、将来に対しては、それが現状よりも悪くなると想定していることに等しい。従って、極端な例として、回答者の未来をより絶望的に認識させるような介入を行えば、現状が継続してほしいとする程度に基づく wellbeing は高い値となるはずである。もちろんこのことは直観に反する。一般的に未来に対する絶望感は幸福を意味しない。そこで、何らかの関数を時間積分するという Kahneman のアイデアのもとで、被積分関数をケイパビリティに対応する量に代えることを考える。端的には「良くなると期待している状態」が wellbeing そのものであるとするのである。この定義における最も大きな貢献は、無気力的状態にあることを wellbeing であることから自然に峻別することである。また株価や先物価格などの経済指標を無理なく個人の wellbeing に連動させる。ここでアクションについての扱いに留意すべきである。状態としての wellbeing は通常アクションを明示的に誘導しないが、未来への期待をもとにすると回答者は何かアクションをとる可能性が高い。そして直観的にはアクションを伴って得られる結果は、アクションを伴わないで得られる結果よりも親近感が高く、より大きな wellbeing を得られると思われる。

本報告では価値とアクション（能動的な行動または選択）に関する二つの前提を立てる。第一にケイパビリティを個人の行動に落とし込むための「可能性価値説」である。これは人間が現状認識より、今後未来にどうなるかのほうにより大きな価値をもってアクションを行うという仮説である。現状認識において精神的な wellbeing が達成されていなくてもアクションの結果達成される可能性が高いのならばアクションを起こすことを意味する。ここでいう「未来」とは単に現時点より先の時点を示すのみであり、必ずしも遠い将来を意味しない。例えば高齢者などで遠い将来に期待が持てない場合があるとしても、数分後や翌日の状態でも、それは一つの未来であり、そうした未来のために何かしらの日常的な小さなアクションを行うことで状況の改善が期待されるなら、それが効用を与え、幸福感となるだろう。第二に wellbeing が達成されるためにはアクションが必要、あるいは望ましいという仮説である。自分にとって好ましい状況であっても、自分の意志と関係なく存在する状況に大きな価値は見出さず、自分が能動的にアクションした結果によって好ましい状況になることに大きな価値がある。

この二つの仮定を組み合わせることで、wellbeing が達成された状態を、アクションによって自身の状況が現状よりも良くなる可能性があると（主観的に）考えられる状態にあることと定義する。この定義によれ

ば無気力な状態は wellbeing ではない。なぜなら無気力ではアクションをしないため、定義から wellbeing になりえないからである。精神的な wellbeing を考察するために、wellbeing が達成されていない状況（不幸）に目を向けよう。定義から直ちに不幸の三分類が得られる。第一に、現状を良くする選択肢自体が客観的に見ても少ない場合である。社会的な制約が wellbeing を妨げている場合が相当する。第二に現状を良くする選択肢は客観的に存在するが回答者がそれを発見できていない状態である。第三に能動的な選択または努力をしても回答者自身の状況が現状よりも良くなる可能性が（客観的に見て）少ない場合である。wellbeing はこれらが解消されることによって達成される。これらはケイパビリティの概念にマッチする。

この定義における主要なポイントは wellbeing が、回答者がとりうる選択肢に依る点である。すなわち設定された環境に基づく選択肢を基準とし、着目する個人のとりうる選択肢と比較することで wellbeing の達成が評価されよう。これを理想化されたアンケートによって得るためには、基準の設定と個人の評価の二段階が必要である。まず基準を設定するために、母集団を適切に反映した十分な数の個人に対して十分な項目数のアンケートを取ることができ、各個人はアンケートに誠実に答え、個人の内面が十分にアンケート結果に反映されると仮定する。実際のアンケート結果に対しては理想的な状況からの差がどの程度であるかを、別途評価する必要がある。

その上で、次の方法によって幸福の基準を構成する。まず、設問者が何らかの客観的な状況を設定する。状況は回答者が更問しなくても良い程度に詳述し、十分にたくさんの回答者に対して等しく状況を共有する。次に設定状況に各回答者が自己を仮置したとき、現状より自己の状態が良くなると思う可能なアクションをできるだけ多く、かつそれぞれのアクションに実数値の価値を振って回答してもらう。アクションと価値の統計を標準化（Z-Score Normalization）し、有限個に分類して加算する（すなわち個人のもつ幸福量は等しいと前提する）。最後に価値の大きさの順に整列する。こうして得られたアクションの分布が wellbeing 基準となる。これは社会全体がよくなると思われる可能な有限個のアクションとその期待価値を示している。重要なことは、回答者個人の現状に強く依存する状況ではなく、仮置きした設定においてアンケートを行う点である。こうして客体化された自己に揃えて基準を構成する。精神的な wellbeing を評価したい対象の個人（回答者）に、同様のアンケートを行って分布を構成し、Kullback-Leibler divergence[14] や二乗誤差などで基準との定量比較を行い、精神的な wellbeing を量的に比較可能とする。

3. 議論

回答者から得た分布と基準との差が大きくても、それは直ちに回答者の wellbeing が低いことを意味しない。基準となる分布の減衰が大きな場合は社会的な選択肢が少ないことを意味する。これは環境がそもそも wellbeing から遠く、社会的な指標の改善が望まれる場合である。一方、基準と分布の形状が似ていて回答者から得た分布の減衰が大きな場合、回答者個人は社会的な価値観に合致しつつも wellbeing が達成されていないと考えられるため、金銭的補償や自由時間等によるケアで高い wellbeing を達成できる可能性がある。最後に基準と分布の形状が似ていない場合は、回答者が独自性の強い価値観を持つ可能性が高いため、個性を伸ばすケアをすべきである。

本報告は思弁的であり、多くの課題が残っている。「未来に対する期待は wellbeing の一つの構成要素ではあるが wellbeing そのものを代替できない」という指摘への対応は今後の課題である。例えば瞬間効用の区間積分をケイパビリティに対応する量で置き換えるのではなく、ケイパビリティに対応する量を付加して積分するという方法は合理的である。また生理的実験の結果や「sense of coherence」(SOC) 尺度 [6] で測定されてきた内容との対応も今後の課題である。

文献

[1] ISO/WD 25554 — Ageing Societies– Guidelines for Promoting Wellbeing in Local Communities and Organizations.

[2] Philip Brickman, Dan Coates, and Ronnie Janoff-Bulman. Lottery winners and accident victims: Is happiness relative? *Journal of personality and social psychology*, Vol. 36, No. 8, p. 917, 1978.

[3] Flavio Comim, Mozaffar Qizilbash, and Sabina Alkire. The capability approach: Concepts, measures and applications. 2008.

[4] Mihaly Csikszentmihalyi and Reed Larson. The experience sampling method. *New Directions for Methodology of Social and Behavioral Science*, Vol. 15, No. 1, pp. 41–56, 1983.

[5] RA Easterlin. Does Economic Happiness Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence, 1974.

[6] Monica Eriksson and Bengt Lindström. Validity of antonovsky ' s sense of coherence scale: a systematic review. *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 59, No. 6, pp. 460–466, 2005.

[7] Fred Feldman. *What is this thing called happiness?* OUP Oxford, 2010.

[8] Bruno S Frey and Alois Stutzer. What can economists learn from happiness research? *Journal of Economic literature*, Vol. 40, No. 2, pp. 402–435, 2002.
[9] Daniel Kahneman. Evaluation by moments: Past and future. *Choices, values, and frames*, pp. 693–708, 2000.
[10] Daniel Kahneman, et al. Objective happiness. *Well-being: The foundations of hedonic psychology*, Vol. 3, No. 25, pp. 1–23, 1999.
[11] Daniel Kahneman, D Kahneman, A Tversky, et al. Experienced utility and objective happiness: A moment-based approach. *The psychology of economic decisions*, Vol. 1, pp. 187–208, 2003.
[12] Daniel Kahneman and Alan B Krueger. Developments in the measurement of subjective well-being. *Journal of Economic perspectives*, Vol. 20, No. 1, pp. 3–24, 2006.
[13] Daniel Kahneman, Alan B Krueger, David A Schkade, Norbert Schwarz, and Arthur A Stone. A survey method for characterizing daily life experience: The day reconstruction method. *Science*, Vol. 306, No. 5702, pp. 1776–1780, 2004.
[14] Solomon Kullback and Richard A Leibler. On information and sufficiency. *The annals of mathematical statistics*, Vol. 22, No. 1, pp. 79–86, 1951.
[15] Randy J Larsen, ED Diener, and Robert A Emmons. An evaluation of subjective well-being measures. *Social indicators research*, Vol. 17, No. 1, pp. 1–17, 1985.
[16] World Health Organization, et al. Preamble to the constitution of the world health organization as adopted by the international health conference, new york, 19-22 june, 1946; signed on 22 july 1946 by the representatives of 61 states (official records of the world health organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 april 1948. *http://www. who. int/governance/eb/who_constitution_en. pdf*, 1948.
[17] Paul Ricoeur. Ethics and human capability: A response 1. In *Paul Ricoeur and contemporary moral thought*, pp. 279–290. Routledge, 2020.
[18] John Ruskin. “Unto this Last”: four essays on the first principles of Political Economy.[Originally published in the Cornhill Magazine.]. Smith, Elder&Company, 1862.
[19] Joseph E Stiglitz, Amartya Sen, Jean-Paul Fitoussi, et al. Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress, 2009.
[20] Leonard Wayne Sumner. *Welfare, happiness, and ethics*. Clarendon Press, 1996.
[21] W Wilson. Correlates and avowed subjective well-being. *Psychological Bulletin*, Vol. 67, pp. 294–306, 1967.

アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与える影響(2)：聞き手によるパフォーマンス評価

The Impact of Avatar and voice Transformation Technology on Speaking Ability (2): Performance evaluation by listeners

安久 絵里子†，鷹阪 龍太†，目黒 文乃†，葛岡 英明‡，原田 悦子†
Eriko Ankyu, Takawaki Ryuta, Meguro Ayano, Kuzuoka Hideaki, and Etsuko T. Harada
†筑波大学，‡東京大学
†University of Tsukuba, ‡The University of Tokyo
{ankyu@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

本研究では，アバターならびに音声変換技術を組み込んだ仮想的 2 者対話形式のシステムを使用して講話練習を行うことで講話者の講話能力に変化が見られるか否かについて，第三者評価の結果より検討した．その結果，アバターと音声変換の同時利用により，「即時的な」講話能力を評価する練習段階と，「般化的な」講話能力を評価する post 段階での講話能力のいずれにおいても向上が見られた．この結果は講話者自身による主観評価との間にズレがあることを示しており，さらなる技術支援の可能性が示された．

キーワード：遠隔対話システム，アバター，音声変換，プロテウス効果，腹話術形式の講話

1. 背景と目的

同一の人物が複数の声色を切り替えて直接話法形式で対話する話法の一つに腹話術がある．腹話術は聴衆の注意を惹き付ける特徴から公的機関による各種の講話で用いられることが多いが，話者の演じ分けと人形の操作を同時に行う話術として，認知的負荷の高い専門技術となっている．これに対し，近年の情報技術を用いて，アバターや音声変換技術を導入することにより，音声の切り替えや仮想の対話相手の操作を「容易にする」支援の可能性が考えられる．

話者の身体運動を自動的に変換してアバターの操作を行うことで，腹話術人形にくらべてより直感的に操作が可能となり，微細な動作や呼吸・瞬目などの基本動作などを自動的に組み込むことによる自然な生物感をもたらす可能性も考えられる．また，用いられるアバターの外見によってユーザーの行動や態度が変わるというプロテウス効果(Yee & Bailenson, 2007; Yee et al., 2009)を踏まえると，仮想の対話相手の見た目を幼い子どもやキャラクターなど場面に合わせて設定することで，対話相手の発話ターンでより上手く振る舞うことができ，話者本人と対話相手との演じ分けが上達する可能性が考えられる．

また，リアルタイムでの音声変換技術を用いることで，話者自身が声色を変える話術をもたなくても「違う声」での発話が可能となり，話者はより講話内容や聞き手とのコミュニケーションに注力することが可能となると考えられる．さらに対象に対して抱く「かわいい」という感情は，対象と共存したいという接近動機の向上をもたらすことが指摘されており（井原ら，2011），アバターにかわいい音声を付与することで，話者の仮想の対話相手に対する接近動機が高まり，練習時間の増加，プロテウス効果による演じ分け能力の向上につながる可能性が考えられる．

そこで本研究では，アバターと音声変換技術を組み込んだ仮想的 2 者対話システムを想定し，アバターおよび音声変換技術の利用の有無を操作した条件下で講話練習を行った講話実験（鷹阪ほか，2022）について，その講話動画の課題パフォーマンスに対して第三者評価を行った．仮想的2者対話システムの利用によって，システム利用時に即時的に得られる効果と，システムを利用しなくてもスキル／能力が習得されたという般化的な効果の両者を評価するため，パペットを用いて講話を行った pre 段階，システムを利用した練習段階，再度パペットを用いた post 段階のそれぞれに対して評価を行った．

2. 方法

実験計画　講話実験で実施された，講話者の性別（男性/女性）×練習条件（パペットのみ条件／アバター＋地声条件／アバター＋VT-4 条件）×試行段階（pre／練習／post）の 3 要因混合計画に，評価者の性別（男性/女性）を加えた 4 要因混合計画であった．

参加者（評価者）　講話実験には参加していない 4 年

制大学の学生 37 名(男性 17，女性 20，平均年齢 20.03 歳，*SD* = 1.46)が実験に参加した．講話動画内の人物との面識がない参加者による評価を実施するため，講話実験参加者を募集した大学とは異なる大学で参加募集を行った．

講話動画　鷹阪ら（2022）で収集された，大学生 30 名を講話者とした，試行段階（pre／練習／post）毎の講話動画を使用した. pre 段階と post 段階ではすべての講話者がパペットを用いて交通安全講話動画を撮影した. 練習段階では, 3 つの練習条件で講話練習を行っており，パペットのみ条件（以下「なし条件」）では pre 段階と同様にパペットを使用しての練習を行い，アバター＋地声条件（以下「地声条件」）ではパペットの代わりにロボット型アバターを使用して，講話者本人の地声での練習を求めた．アバター＋VT-4 条件（以下「VT-4 条件」）では，アバターの利用時に，VT-4 を用いて地声をリアルタイムで「かわいい音声」として変換をした．練習段階では，自由に練習を行った後に，練習段階での講話動画を撮影した.

実験刺激　講話者 30 名が 3 試行段階毎に撮影した動画 90 本のうち，技術上の理由で 9 本（9 名による）を除外し, 残りの計 81 本（なし条件 26 本, 地声条件 28 本, VT-4 条件 27 本）を評価対象として使用した．練習条件群ごとに講話者 4 名あるいは 3 名分の講話動画を 1 セットとして，講話者 10 名ずつになるようセットの組合せを 6 パターン作成し，評価実験参加者をランダムに割り当てた（表 1，表 2）．各パターンには男女それぞれ 2 名以上が割り当てられ, 評価者 1 名あたりにつき，講話者 10 名分の動画（26-28 本）を評価した．各評価者への動画の呈示順はパターン内でランダムであった.

手続き　動画の視聴およびパフォーマンス評価には Qualtrics を使用した. 各動画の長さは 1 分前後であり，1 本視聴する毎に，計 6 項目（表 3）のパフォーマンスに関する評価項目について VAS での回答を求めた.

3. 結果

まず, パフォーマンスに関する評価項目について, 主成分分析を行うことにより評価項目の圧縮を試みたところ，1 因子構造が妥当だと判断された（表 3）．そこで全項目の平均値を算出し pre 試行と練習・post 試行のそれぞれの差分を従属変数として, 講話者の性別（男性/女性）×練習条件（パペットのみ条件／アバター＋地

表 1 講話動画の内訳

練習条件	セット名 動画本数（除外本数），講話者人数		
なし条件	**A1**	**A2**	**A3**
	11 本(1), 4 名	8 本(1), 3 名	7 本(2), 3 名
地声条件	**B1**	**B2**	**B3**
	12 本(0), 4 名	8 本(1), 3 名	8 本(1), 3 名
VT-4 条件	**C1**	**C2**	**C3**
	11 本(1), 4 名	7 本(2), 3 名	9 本(0), 3 名

表 2 講話動画のパターン

	セット	男性	女性	計
1	A1, B2, C3	2	3	5
2	A1, B3, C2	4	2	6
3	A2, B1, C3	3	5	8
4	A2, B3, C1	3	3	6
5	A3, B1, C2	3	4	7
6	A3, B2, C1	2	3	5
	計	17	20	37

表 3 パフォーマンスに関する評価項目の主成分分析結果

	項目	Factor1	共通性
Q4	2 人の登場人物の話分けは 下手だ—上手だ	**.845**	.714
Q2	今の講話は つまらなかった—面白かった	**.808**	.653
Q5	話しているときの視線や姿勢は 悪い—良い	**.787**	.619
Q3	講話を もう聞きたくない—もっと聞きたい	**.774**	.600
Q1	今の講話は わかりにくかった—わかりやすかった	**.760**	.577
Q6	腹話術の相手（ロボタン）の動きは 悪い—良い	**.746**	.556
	因子寄与	3.719	
	α 係数	.876	

声条件／アバター＋VT-4 条件）×評価者の性別（男性/女性）×試行段階（練習／post）の 4 要因混合計画分散分析を実施した（図 1）．その結果，練習条件の主効果が有意であり（F (2, 220) ＝9.31, p<.001, 偏 η^2＝.08），多重比較の結果，地声条件 (1.37) よりなし条件 (2.69) のほうがパフォーマンス評価が高くなったが，VT-4 条件（11.96）はいずれの条件とも有意な差は見られなかった. また, 試行段階の主効果が有意であり（F (1, 220) ＝6.80, p=.0.10, 偏 η^2＝.03），多重比較の結果，練習段階（7.20）は post 段階（3.48）よりパフォーマンスの向上度合いが大きく評価された．講話者の性別と評価者の性別については有意な主効果が見られなかった（講話者の性別，F (1, 220) ＝0.77, p=.383, 偏 η^2＝.00 ; 評価者の性別，F (1, 220) ＝0.93, p=.336, 偏 η^2＝.00）.

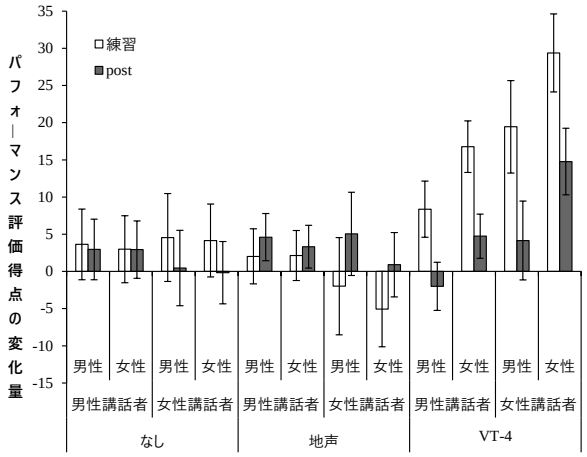


図 1　パフォーマンス評価得点の変化量

また，講話者性別と練習条件の交互作用（図 2）が有意であり（F (2, 220) ＝3.50, p=.032, 偏 η^2＝.03），講話者が男性のときは練習条件間で差はなかったが（F (2, 220) ＝1.19, p=.306, 偏 η^2＝.02），講話者が女性のときには，地声条件（-0.27）となし条件（2.51）が VT-4 条件（16.94）よりもパフォーマンス評価の変化量が小さかった（なし vs. VT-4, t(220) = 3.36, d = 1.48, p = .003 ; 地声 vs. VT-4, t(220) = 3.80, d = 1.73, p = .001）．さらに，練習条件と試行段階の交互作用（図 3）が有意であり（F (2, 220) ＝12.83, p< .001, 偏 η^2＝.10），なし条件と地声条件では試行段階による評価の差は見られなかったが（なし条件，F (1, 220) ＝0.81, p=.371, 偏 η^2＝.01 ; 地声条件，F (1, 220) ＝2.95, p=.088, 偏 η^2＝.27），VT-4 条件では post（5.41）より練習（18.50）の方がパフォーマンス評価の変化量が小さかった（t(220)= 5.39, d = .64, p < .001）.

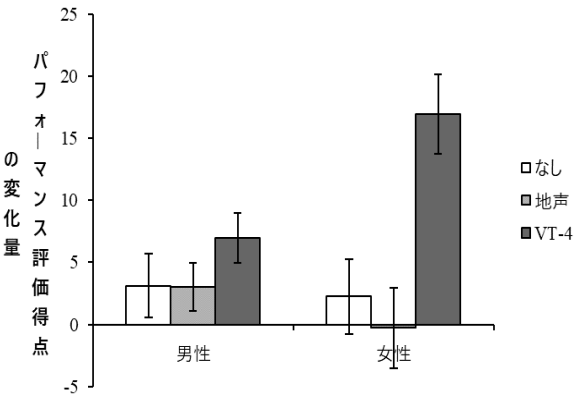


図 2　パフォーマンス評価得点の変化量における講話者性別×練習条件の交互作用

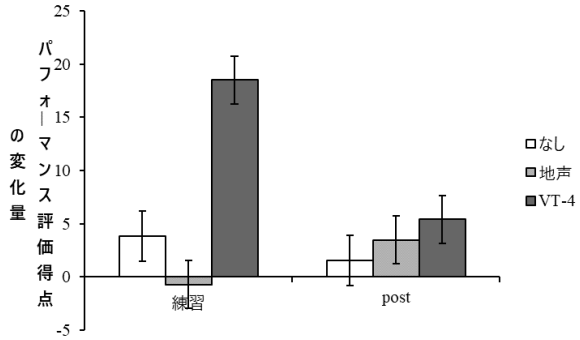


図 3　パフォーマンス評価得点の変化量における練習条件×試行段階の交互作用

4.　考察

アバターと音声変換技術を組み込んだ仮想システムを用いて講話練習を行うことで，腹話術形式での講話能力に与える影響について，講話動画の第三者評価結果より検討した. その結果, システムを使わずパペットで練習したなし条件と，アバターを使用したが音声変換を行わなかった地声条件では，試行段階におけるパフォーマンス評価の変化量に差は見られなかった．一方で，アバターと音声変換を適用した VT-4 条件では pre 段階に比べ, 練習段階と post 段階のいずれにおいてもパフォーマンス評価が向上した. 特に, アバターと音声変換技術を併用することによる即時的な効果を示す練習段階での講話評価の向上が強く見られたが，般化的な効果を示す post 段階，すなわち練習段階後のパペットを利用した講話でのパフォーマンス評価も向上している点は興味深い．地声条件では試行段階の効果は見られなかったことから，アバター利用だけではなく，同時に音声変換を加えることが重要な要素であること

が示された. これより, アバターと音声変換技術を併用することが，講話そのものを支援するシステムとしてだけでなく, 腹話術形式の講話において, 練習のための学習ツールとしての利用可能性があることも示唆された.

一方で，講話練習を行った講話者の主観評価の結果（鷹阪ら，2022）では，こうした練習段階での支援ツール利用の条件間差は見られなかった. また, 講話者自身の判断による練習時間にも条件間の差は見られなかったことから，音声の付与による接近動機の向上は示されなかった.

さらに, 第三者評価では VT-4 条件でのパフォーマンス評価の向上が見られたが，主観評価では練習条件による差が見られなかったというズレが得られたことから, 講話者にとっては自分自身の講話能力, あるいは講話のパフォーマンスを客観的に判断することが困難であることを示唆している．これは腹話術形式の 2 者対話という特殊な対話における特性に起因する現象であるか否かについては，さらに検討を行っていく必要がある．腹話術形式では話者の演じ分けと人形の操作を同時に行う認知的負荷の高い状態で自身を客観的に評価する余裕がなかったことが一因である可能性が考えられるが，より一般的に人は自らの講話やスピーチのパフォーマンスを正しく評価することが難しい可能性も考えられる. いずれの場合においても，講話者が「自分の講話がより良いものになっている」ことを意識できるならば，講話を良い方向に向けてより一層練習していくなどの効果が見込まれること，また一般に学習は学習成果に関するメタ認知に依存することを考慮すると，講話のパフォーマンスを高めるための支援システムとして,「自分の行う講話について，客観的な評価ができるような環境をもたらす」システム設計の有効性が示唆されると考えられる．今後さらなる検討が必要であるといえよう.

5. 謝辞

本研究は沖電気工業株式会社との共同研究の成果の一部である．アバターシステムの作成をしてくださった沖電気工業・鈴木雄介さん，畠中貴明さんに謝意を表したい．なお，本研究は筑波大学人間学群心理学類 4 年の目黒文乃氏の卒業研究「“かわいい”感性に対する音声の影響―アバター対話システムを用いた検討―」の一部をもとに再分析をしたものである.

文献

[1] Nick Yee & Jeremy Bailenson (2007) The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior, Human Communication Research, 33, pp. 271–290

[2] Nick Yee, Jeremy Bailenson, Nicolas Ducheneaut (2009) The Proteus Effect Implications of Transformed Digital Self-Representation on Online and Offline Behavior, Communication Reserch, Vol. 36, No. 2, pp. 285-312

[3] 井原なみは，入戸野宏（2011）幼さの程度による“かわいい”のカテゴリ分類，広島大学大学院総合科学研究科紀要，人間科学研究，6，13-17.

[4] 鷹阪龍太，安久絵里子，目黒文乃，葛岡英明，原田悦子（2022）アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与える影響（1）：話し手自身による主観評価による検討，日本認知科学会第 39 回大会

記号コミュニケーションにおいて起こる意味の重複問題の解決方法とその効果の検証
Study on effect of solution for elimination of duplicate meanings in symbolic communication

大田 琉生，中野 稜介，金野 武司
Ryusei Ota, Ryosuke Nakano, Takeshi Konno
金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
Electrical and Electronic Engineering
{b1800630,b1806326}@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人間が発する言葉には字義通りの意味と言外の意味の二重の意味が込められており，コミュニケーションはそれらの意味を理解することで成立する．しかし，そのメカニズムは未だ解明されていない部分が多い．本論では，このメカニズムを解明するために取り組まれた先行研究に基づき，そこで発生したと考えられた言葉の意味の重複問題に取り組んだ．先行研究において，この二重の意味を学習する計算モデルは，人とのコミュニケーション課題に失敗した．その原因は，1つの記号に異なる意味が割り当てられた状態をその計算モデルが解決できなかったことにあると考えられている．ことばの意味が二者間で重複した時，先行研究で構築された計算モデルはその意味を必ず一つに定めていたが，我々は両方の可能性を曖昧なままに残す方法を考案した．人–計算機間での実験の結果，我々の計算モデルは，人どうしでコミュニケーションする場合と同程度の成功を実現することができた．

キーワード：Coordination game, Denotation and connotation, Symbolic communication, Overlapping meaning

1. 背景

近年，対話型の人工知能が携帯端末やヒューマノイドロボットなどに搭載され，日常的に触れる機会が多くなってきている．そんな人工知能との対話でうまく意図が伝わらなかった経験はないだろうか．例えば，音楽を聴いている時にそのアーティスト名が気になり，端末に向かって「誰？」と聞いたのにもかかわらず，端末が自分の名前を答えるような場合である．人間どうしであれば，状況や文脈からアーティストの名前が知りたいのだという意図を容易に理解できるだろう．しかし，人工知能は人間が「誰？」という表現が示す字義通りの意味と同時に，それを発した意図が言外の意味として含まれていることを理解することが困難である．このように，人間が発することばには字義通りの意味と言外の意味の二重の意味が込められており，言葉を受け取る側はその両者を理解することによってコミュニケーションは成り立つ．この字義通りの意味と言外の意味は解釈学的循環 [1] あるいは Grice の循環 [2] と呼ばれる相互依存関係を構成するが，そのメカニズムは未だ人工知能へ搭載されるには至っていない．

柳田ら [3] は，このメカニズムを解明するために，字義通りの意味と言外の意味を明示的に扱い，解釈学的循環を構成する計算モデルを構築し，記号を介した二者間での調整課題（メッセージ付きコーディネーションゲーム）を用いて人–計算機での認知実験を行なった．ところが，構築された計算モデルは，人間どうしでそのゲームに取り組んだ場合の成功度合いを再現することができなかった．柳田らの先行研究では，計算機シミュレーションの分析によって，その原因は 1 つの記号に二者が異なる意味づけをしたとき，その意味の重複をうまく解消できていないことにあることが提示されている．しかし，その意味の重複を解消する方法は未だ明らかにされていない．そこで本研究では，ことばの意味の重複が起こった際の解決方法を考案し，その方法の効果を計算機シミュレーションおよび人と計算モデルによる実験により検証することを目的とする．

2. 研究方法

先行研究 [3] で用いられたメッセージ付きコーディネーションゲームは，別々の部屋に配置された 2 人のプレイヤの駒を同じ部屋に移動させることを目指すゲームである（図 1）．1 回のラウンドでプレイヤは自

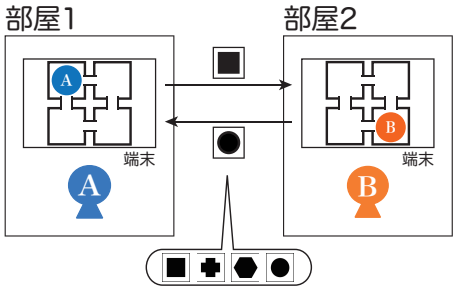


図 1　メッセージ付きコーディネーションゲーム

分の駒を元いた部屋に留まらせるか隣接する部屋にしか移動させることができなかった．つまり，対角の部屋には移動させることができない．ここで参加者には，予め意味の決められていない 4 つの図形が用意され，互いにそのうちの 1 つを交換できた．この図形で先手が今いる部屋の位置を，後手が二人が落ち合える部屋の位置を伝えることができれば，このゲームはどの配置であっても，安定して駒を同じ部屋に移動させることができるようになっていた．

このゲームでは，部屋と記号の対応関係が字義通りの意味に対応し，その記号が今いる部屋の意味なのか，それとも行き先の部屋の意味なのかが言外の意味に対応する．先行研究で構築された計算モデルは，相手との記号のやり取りおよび部屋の移動結果から，字義通りの意味を学習しながら，相手の言外の意味を推定する．相手の言外の意味を推定し，それに基づく字義通りの意味の学習メカニズムを持っていたにもかかわらず，その計算モデルは人間とのゲームに成功できなかった．その理由は前節でも触れたように，1 つの記号に対して割り当てた意味が二人で異なったときに，相手の記号の使い方を採用するのか，あるいは自分の記号の使い方を採用するのかを調整できないことにあることが指摘されている（お互いが自分の使い方を維持したり，相手の使い方を採用すると，再びその記号を使ったコミュニケーションに失敗する）．

この意味の重複を解消する 1 つの方法は，相手との間で意味を変えない役／変える役を暗黙的に取り決めることである．これは例えばリーダー／フォロワーのような役割分担をすることに相当するだろう．直感的に人間はこの方法を使っているように思われるが，この方法は認知的なコストが高く，計算アルゴリズムも複雑になることが容易に想像できたため，より簡易な方法を検討した．我々は，重複してしまった記号の意味をどちらかに特定するのではなく，曖昧なままに残す方法を試すことにした．より具体的には，例えば図 2 のように●の記号を自分と相手がそれぞれ右上と左

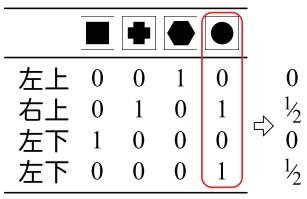


図 2　字義通りの意味に曖昧性を残す方法

下の意味で使った場合に，●の意味を無理にどちらか 1 つに決めるのではなく，1/2 の選択確率に変更する．

2.1　実験手続きと参加者

実験は計算機どうしのコンピュータシミュレーションと，人を研究室に呼んでの実験室実験を実施した．シミュレーションでは 2 体のエージェントによる 100 回のゲームを実施した．実験室実験には金沢工業大学の学生 20 名が参加した（男性 18 名，女性 2 名，平均 21.5 歳，SD=0.69）．参加者は別室にいる人間がゲームの相手であることが伝えられ[1]，タブレット端末を用いて簡単な練習を行なった後で，そのまま 60 ラウンド（部屋を移動して結果が開示されるまでを 1 ラウンド）のゲームに取り組んだ．

3.　実験結果

計算機シミュレーションを実施した場合の，移動する部屋の一致率の推移を図 3 に示す．このグラフには，柳田ら [3] の研究において，意味の重複が起こった際にそれを常に解消できる／できないようにした場合の結果を併せて示した．結果的に字義通りの意味に曖昧性を残す方法は，両者の中間に位置するパフォーマンスを示すことが確認された．

続けて，計算機と人間の間で実施した実験の結果を図 4 に示す．このグラフには金野ら [4] が実施した，人どうし 20 ペア 40 人での実験の結果を併せて示した．それぞれの結果は，最終 12 ラウンドの一致率が 0.664 より高ければ成功群，低ければ失敗群とした[2]．

グラフを見ると，成功群，失敗群ともに概ね人間どうしでの実験の結果と同様の傾向を示している．ただし，成功群においては全体的に一致率が低くなっており，さらに先行研究における成功群が 20 ペア中 13 ペ

[1]参加者には，実験終了後に相手が実は計算機であったことが伝えられた．

[2]メッセージ付きコーディネーションゲームは，記号の交換がなければ移動する部屋が一致する期待値は 1/2 である．そして 0.664 という閾値は，その 1/2 を 5%の有意水準で上回る数値である．従って，この閾値を超えるペアは，ゲームにおいて記号に有意な意味づけを行なえていることを意味する．

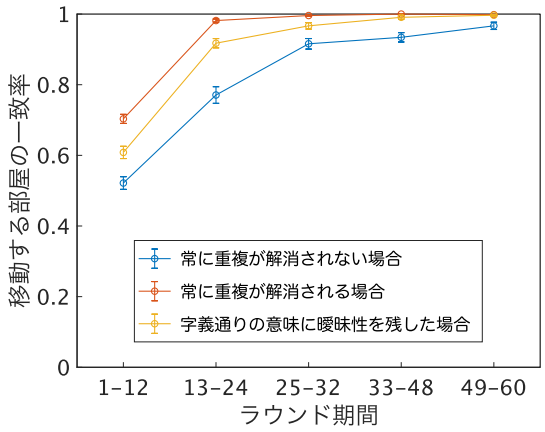


図 3　計算機シミュレーションでの成功率の推移

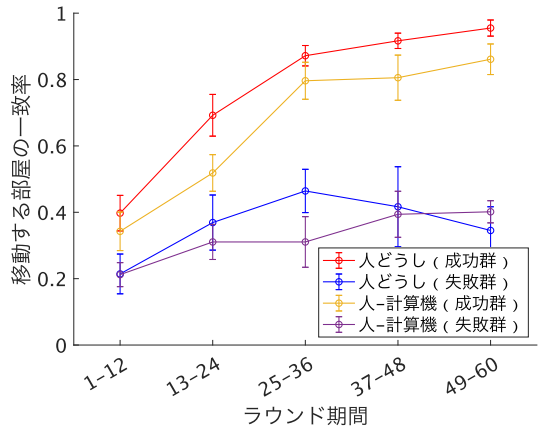


図 4　人間と計算機による実験での成功率の推移

ア（65.0%）だったのに対して，今回の我々の実験での成功群は 20 ペア中 9 ペア（45.0%）だった．これらの結果は，我々が提案した計算モデルのメカニズムが，人間どうしの成功ケースのパフォーマンスを再現するのには不十分であった可能性を示唆する．

4.　議論

記号の意味が重複した場合，無理に記号の意味を 1 つに定めずに，選択確率を 1/2 にして曖昧化させれば，人どうしの実験結果と同様のパフォーマンスを実現できることが確認された．柳田ら [3] の実験で，成功群のパフォーマンスが全く再現できなかったことと比較すれば，我々が提案したメカニズムは十分に機能していたことがうかがえる．我々が提案した字義通りの意味を曖昧化させる方法がうまく機能するのは，おそらくは重複が生じたラウンドにおいて意味が曖昧化されても，それ以降のラウンドで別の記号の意味が確定することで，連鎖的に意味が確定されるからではないかと我々は考えている（図 2 の例において，右上の部屋の意味が十字の記号で確定すれば，それに伴って●の意味は左下に確定させることができる）．

ただし，意味の曖昧化は一次的な失敗の可能性を含むことになる．これが成功群における全体的な一致率の低下につながっているのではないだろうか．他方，記号の意味をどちらに合わせるかを暗黙的に取り決める方法は，その役割の調整が済んでいれば，重複が起こった後のラウンドで失敗する可能性は生じない．この方法の違いがパフォーマンスに与える影響の調査は今後の課題である．

5.　結論

本研究では字義通りの意味と言外の意味を共有するメカニズムを解明するために取り組まれた先行研究に基づき，そこで生じていると考えられたことばの意味の重複の問題に取り組んだ．我々は意味の重複を無理に解消せずに曖昧化させる方法を考案し，そのメカニズムを導入した計算モデルと人間との間での実験を実施した．結果，我々が提案した計算モデルは，人どうしで行なった場合とほぼ同等のパフォーマンスを発揮できることが確認された．

謝辞

本研究は，MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」#4903, JP17H06383，及び JSPS 科研費基盤研究 (C)「ことばへの意味づけ過程に見られる解釈的循環メカニズムの脳科学・計算論的解明」/課題番号 22K12756 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] Tsuda, I.(1984). A Hermeneutic Process of the Brain. Progress of Theoretical Physics Supplement, 79, pp.241–259.
[2] Carston, R. (2002). Thoughts and utterances: The pragmatics of explicit communication, John Wiley & Sons.
[3] 柳田 知良, 齊藤 優弥, 金野 武司 (2021). 単一記号への意味づけにおける解釈学的循環過程の計算モデルと実験室実験による検証. HAI シンポジウム 2021 予稿集, 4 pages.
[4] 金野 武司, 橋本 敬, 李 冠宏, 奥田 次郎 (2015). 記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割. In 日本認知科学会第 32 回大会予稿集, pp.477–486.

駅構内の経路分岐場面を想定した経路選択に誘導コンテンツが与える影響
Effects of audio-visual contents on route selection in station

浅川 香†，岡 隆之介†，片岡 竜成†，笹山 琴由†，西川 博文†，田内 葉子†
Kaori Asakawa, Ryunosuke Oka, Tatsunari Kataoka, Kotoyu Sasayama, Hirofumi Nishikawa, Yoko Tanouchi

† 三菱電機株式会社
Mitsubishi Electric Corporation
Asakawa.Kaori@ab.MitsubishiElectric.co.jp / kaori.h.asakawa@gmail.com

概要

駅構内における利用者の経路選択誘導へ向けた基礎的知見の獲得を目的とし，画像刺激・音刺激を用いた場合に，利用者の経路選択意欲がどのように影響を受けるかを机上で評価する実験を実施した。実験の結果，コンテンツにより設定した誘導の強さによって経路選択意欲の強さが変化し，画像コンテンツによる誘導効果が確認された。音の移動感の有無の効果については部分的に確認された。

キーワード : route selection in station, audio-visual contents applying nudges, following behavior

1. はじめに

サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより，経済発展と社会的課題の解決を両立する，人間中心の社会構想を Society 5.0 とよぶ。Society 5.0 における交通は，天気や交通に関するリアルタイムな情報や，過去の運転履歴等のビッグデータを AI で解析することで，カーシェアや公共交通を組み合わせたスムーズな移動を実現する。そのような社会では，鉄道の遅延のような突発的な予定の変更が多くの人々や社会システムに影響を及ぼし，鉄道事業者やユーザに与える損害は現在よりもはるかに大きくなると考えられる。そのため，鉄道の遅延を予防することは，今まで以上に重要になると考えられる。

鉄道の短時間の遅延要因としては，乗車時間超過やドアの再開閉といった利用者起因のものが 6 割以上を占めている [1]。これは，駆け込み乗車等利用者のマナーの問題もあるものの，特定場所の混雑により必要以上に乗車に時間を要するなどの場合も含まれると考えられる。このような利用者起因の遅延に対して，これまで鉄道各社はホームの拡幅や分散乗車の呼びかけや，ホーム係員の増員などの対応を行ってきた [1]。しかしこれらのリソースには限界があり，利用者に働きかける新たな技術が有効である可能性がある。

利用者への働きかけの方法として，ホームドアの設置などのように物理的に人の行動を制約するハード的アプローチと，ポスターや呼びかけなどのような人の認知に働きかけるソフト的アプローチが考えられる。ハード的アプローチは効果が高いものの金銭的な負荷が大きく可変性が低い一方，ソフト的アプローチは金銭的な負荷が小さく可変性が高いという利点がある。人の認知に訴える方法の一つに，ナッジがある。ナッジとは，「軽く肘でつつく」という意味であり，選択を禁じることも，経済的なインセンティブを大きく変えることもなく，人々の行動を予測可能な形で変える選択アーキテクチャーのあらゆる要素を指す [2]。ナッジの方法には大別して，早くて直感的な思考に働きかけるものと，熟慮型の思考に働きかけるものがある [3]。混雑する時間帯を避けるように予定を組むような行動変容を促す場合には熟慮型の思考に働きかけるアプローチがとられることがあるが [4, 5]，駅構内にいる利用者の行動をその場で変容させるには直感的な思考に働きかける必要がある。

本研究では，駅構内にいる利用者の経路選択を誘導することを目的として，直感的な思考に働きかけることを想定したコンテンツ（画像・音）を用いて経路選択意欲に与える影響を検討した。その際，混雑感の程度にはレベルがあることや [6], 過度の誘導によりかえって混雑を招くリスクを考慮し，誘導の強さ（誘導強度）を複数段階設定することとした。

直感的な思考に働きかけつつ行動に与える影響の強さの制御が可能な現象として，行動模倣に着目した。Milgram ら [7]は，実験協力者に街中の通路で上を見上げさせ，周囲の通行人のうちそれと同じ行動をとった（上を見上げた）人数をカウントした。その結果，上を見上げた実験協力者の人数が多いほど，同様の行

動をとる通行人も多くなるということがわかった。このような行動模倣が経路選択にも生じるとすれば，すばやく経路選択判断をする際にも有効な誘導方法である可能性がある。そこで本研究では，行動模倣から着想を得たコンテンツによって，経路誘導および誘導強度の制御が可能かについて検討する。

また，音による誘導効果も探索的に検討することとした。音は方向判断に影響するという報告 [8]を考慮すると，画像と同様に利用者の経路選択に対しても効果がある可能性がある。

これら画像と音による利用者の経路誘導の効果を調べるため，仮想の駅構内で移動する場面を想定させ，経路上に設置してあるサイネージに表示される誘導コンテンツと，それに合わせて呈示される音を視聴したうえで経路を選択する実験を実施した。

2. 方法

2.1. 実験参加者

視力および聴力に問題がないと自己報告した 25 名（平均年齢 32.7 歳，うち男性 19 名）が参加した。

2.2. 実験条件

画像コンテンツは行動模倣，ヒートマップ，アイコン，そして全体統制の 4 条件であった。ヒートマップ条件とアイコン条件は，従来用いられている混雑情報呈示 [9]と比較するために用いた。全体統制条件は，画像を呈示することの効果を検討するために設けた。

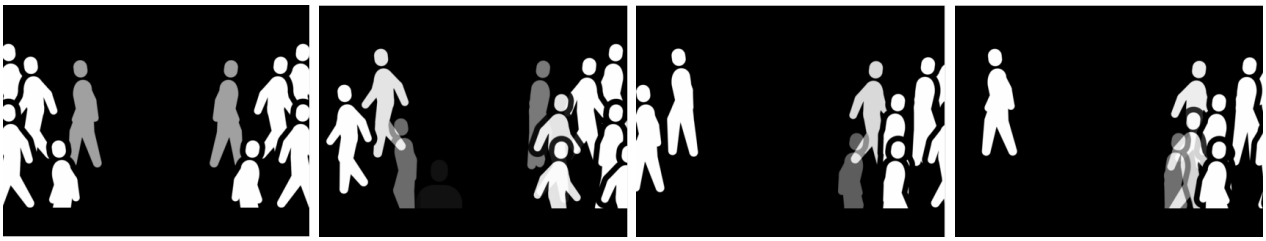
音は，画像コンテンツ（特に行動模倣条件）との対応を考慮し，中心から左右方向へ移動する感覚を生じさせる条件（音移動条件），音の移動がない条件（音静止条件）の 2 条件であった。

画像と音の各誘導条件について，誘導強度を 4 水準（強／中／弱／統制）で設定した。

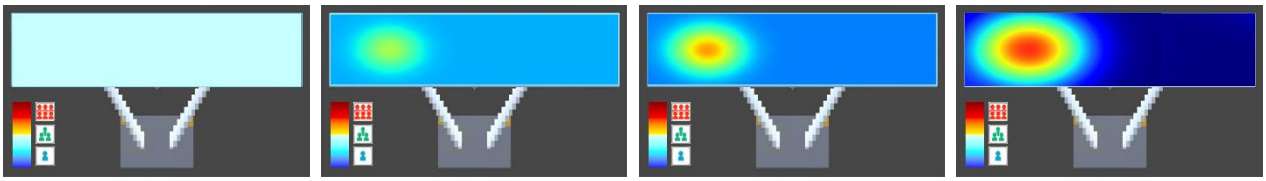
2.3. 実験刺激

画像コンテンツは以下の通り作成した。いずれも時間長は 3 秒間であり，時間変化があるのは行動模倣条件のみであった。

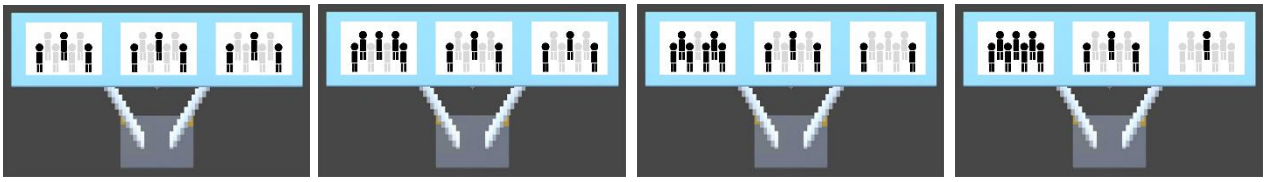
行動模倣については，ピクトグラムが画面中央下から出現し，左右に分かれて歩いていくアニメーションとした。誘導強度強条件では誘導方向 : 反対方向が 9 : 1，中条件では 8 : 2，弱条件では 7 : 3，統制条件では 5:5 で左右分岐するピクトグラムの動画を作成した（図 1 (a)）。情報呈示については，架空の駅のホーム上の混



(a) 行動模倣条件



(b) 情報呈示条件（ヒートマップ）



(c) 情報呈示条件（アイコン）

図 1）画像刺激例。右から誘導強度強，中，弱（いずれも誘導方向は右），統制（誘導方向なし）

雑状況を図示するものとした。混雑状況の表現として，ヒートマップとアイコンの 2 種類を用いた（図 1 (b), (c)）。ヒートマップ条件では目前の階段を上った先にあるホーム上の左右の色相比，アイコン条件ではホームの左右の黒いアイコンの人数を変化させ，誘導強度を設定した。統制条件として，混雑に偏りがない画像を用いた。

音刺激は下記の通り作成した。いずれも時間長は 3 秒間であった。音移動条件では，2 つのバンドパスノイズ（中心周波数，フィルタの上限，下限の周波数はそれぞれ，左 : 329.628, 233.0821, 466.1643，右 : 783.991, 554.3654, 1108.731 (すべて Hz)）を作成した。それぞれについて左右の音圧比を，冒頭 1 秒間は 5 : 5，誘導強度強では 1 : 9，中では 2 : 8，弱では 3 : 7 となるよう，2 秒間かけて変化させた。なお，音圧が大きいほうのチャンネルが誘導方向と一致し，統制条件では 5 : 5 のままとした。音静止条件では，音移動条件の音圧比 5 : 5 の 2 つのノイズを加算した。音圧のノーマライズは行わず，開始時の音圧を全条件で同一とした。

2.4. 手続き

実験では，1 階に改札があり，2 階のホーム階とは 2 か所の階段のみでつながっている左右対称の構造をした架空の駅の構内における移動場面を想定させ，それぞれのシーンをパソコン上で画像と音で呈示し，その状況において参加者が進もうと思う経路を回答させた。その際，階段下，線路壁，降車の 3 つのシーンにおいて，サイネージを想定した画面を配置し，そこに実験刺激を表示した（図 2）。周囲の群集は青い人影によってあらわされ，混雑度は中程度で一定であるものとした。また，周囲の群集の左右非対称性が結果に影響する可能性があったため，周囲の群集を左右対称とした。

実験デザインは，音の移動（$N = 13$）・静止条件（$N = 12$）のみ参加者間計画とし，画像コンテンツ条件については参加者内計画とした。音移動条件における音の誘導強度はいずれの条件も画像と一致していたが，音静止条件における画像コンテンツの全体統制条件については誘導強度の設定がないため，音移動条件と静止条件では試行数が異なった。

刺激呈示順は，全員が最初に全体統制条件の音静止条件を実施し，それ以降の呈示順は画像コンテンツ条件が連続しないようカウンタバランスした。

音の呈示は，ヘッドホンアンプ（iFi micro iDAC2）およびヘッドホン（HD650, Sennheiser）を用いて行った。音刺激の開始部分の音圧を 60dBA とした。

実験は防音室で実施した。インフォームドコンセントの説明後，実験方法に関する教示を行った。教示では，駅の構造を図に基づいて説明したうえで，比較的急いだ状況（5 分以内に改札からホーム，またはその逆に移動する）を想定して，各シーンでの経路を選択するよう指示した。回答の際には，シーンの説明文（例 ;「どちらの階段を使いますか？」）を一読したあと，中心のサイネージ相当部分に注目し，3 秒後に有効化した回答用スライダー（初期値は中央）を，進みたい気持ちの程度に合わせて進みたい方向に動かすよう教示した。なお，T 字路など直進できないシーンでは中央は選択できないように評価用のアプリを作成した。手順に慣れるため，本番前に全体統制・音静止条件を 3 回実施した。本番では，音移動条件では 88 試行，音静止条件では 67 試行を実施し，繰り返しはなかった。

実験終了後，代表的なシーン（主に階段下）の動画を再度呈示し，それぞれについての印象と経路選択理由を回答させた。

実験全体の所要時間は 45 分程度であった。

3. 結果

経路や位置を選択した評価値を 100 段階で数値化し，誘導方向がある条件については選択方向と誘導方向の

図 2）シーンの例。左から，階段下，線路壁，降車シーン

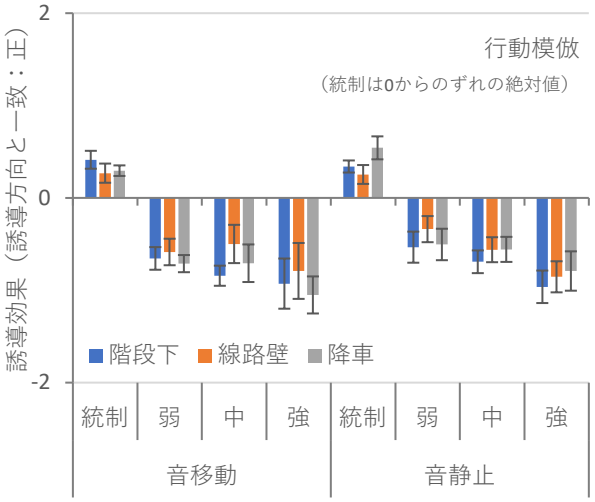


図 3）行動模倣条件の評価値平均

一致を考慮して±50 の範囲に変換し（誘導方向と回答方向が一致する場合には正），その後個人内で標準化した。その際，極端な回答（100/50/0 の回答が全体の 95%以上）の 2 名（内，音移動条件 1 名）を除外した。誘導方向がある条件については，選択方向と誘導方向の一致を考慮して 0 との差分を求め，左右の平均値を使用した。誘導方向がない条件では，中心からのずれの値（絶対値）を求めた。

これらの値を用いて，各画像コンテンツ条件について，誘導強度およびシーンが誘導効果に与える影響を検討するため，音 2 水準（参加者間），シーン 3 水準および誘導強度 4 水準（いずれも参加者内）について 3 要因の分散分析を画像コンテンツ条件ごとに実施した。

行動模倣条件の結果を図 3 に示す。エラーバーは標準誤差を示す（以後同様）。誘導方向と経路選択されやすい方向が不一致であり，誘導効果が逆方向に出ていることに注意されたい。3 要因の分散分析の結果，強度の主効果のみ有意であり（F (1.98, 41.65) = 58.58, p < .01, η_p^2 = 0.74, Greenhouse-Geisser による自由度補正，以後同様），多重比較の結果，統制条件と他の条件の間，強条件と弱・中条件の間に有意差が確認された。つまり，誘導強度強では明確な誘導効果があるものの，弱・中条件間には大きな差は確認されなかった。また，音の移動の有無による効果も明確には確認されなかった。

ヒートマップ条件の結果を図 4 上部に示す。3 要因の分散分析の結果，強度の主効果（F (2.18, 45.84) = 67.10, p < .01, η_p^2 = 0.76），シーンの主効果（F (2, 42) = 6.19, p < .01, η_p^2 = 0.23），音とシーンの交互作用が有意であった（F (2, 42) = 6.25, p < .01, η_p^2 = 0.23）。交互作用に関する下位検定の結果，音静止条件では階段下，降車，線路壁の順で誘導効果が高いことが示された。また，線路壁と降車シーンでは，音移動条件のほうが音静止条件よりも誘導効果が高かった。つまり，誘導強度の影響が明確であり，音移動条件において誘導効果が高い（階段下を除く）ことがわかった。音静止条件で線路壁の誘導効果が他のシーンよりも低いのは，このシーンのみ左右移動しない選択肢（「ここにいる」）が選択可能であったことが影響したと考えられるが，移動する音があることによってその影響を軽減可能であることを示唆している。

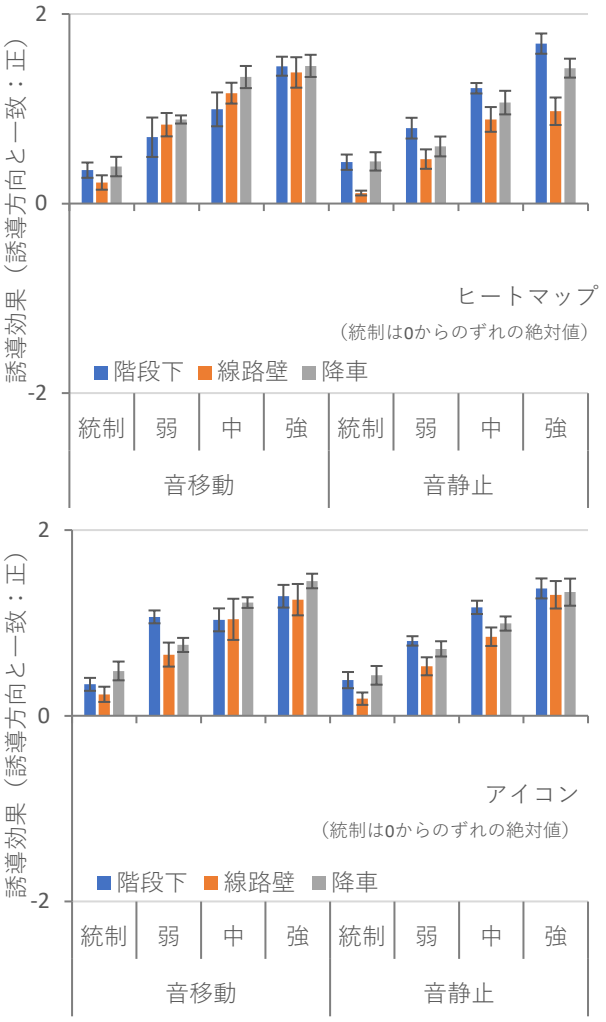


図 4）情報呈示条件（ヒートマップ，アイコン）の評価値平均

アイコン条件の結果を図 4 下部に示す。3 要因の分散分析の結果，強度の主効果（F (1.80, 37.87) = 46.96, p < .01, η_p^2 = 0.69），シーンの主効果（F (1.52, 31.88) = 5.80, p < .05, η_p^2 = 0.22）が有意であった。多重比較の結果，各誘導強度条件の間に有意な差があること，および階段下のほうが線路壁よりも誘導効果が高いことがわかった。ヒートマップ条件と同様，誘導強度の影響が明

確であったものの，音の移動の有無の明らかな影響は確認されなかった。これは，ヒートマップ条件と異なり，線路壁シーンでの誘導効果の低さが音の移動によって補われる効果が顕著でなかった影響である可能性がある。

4. 考察

本研究では，駅構内にいる利用者の経路選択を誘導するための基礎的知見を得ることを目的として，コンテンツ（画像・音）を視聴した場合の利用者の経路選択意欲に関する机上評価実験を実施した。

左右に分岐する人影をピクトグラムで表現した行動模倣条件については，分岐する人数が少ない方向が経路として多く選択された。これは当初想定した，Milgram ら [7]と同様の人数が多い方向への追従とは逆の方向であったものの，コンテンツ表示により左右どちらかに経路選択を偏らせるという点からすれば，誘導の効果が確認されたといえる。ある行動を起こす人数が多いほど追従する人が増えるという行動模倣が今回生じなかった理由としては，駅という環境においては，人数の多さが混雑状況と強く結びついていることが影響した可能性がある。

混雑情報をヒートマップや人型アイコンで表示した情報呈示条件でも，より混雑していない方向が経路として選択され，誘導の効果が確認された。これらの結果から，混雑を回避する（空いているほうを選ぶ）行動や判断は強く習慣化されており，早くて直感的な思考として機能している可能性を示唆する。情報呈示条件は，目前の階段の行先であるホームの混雑度合を示すものであり，また混雑の段階を示すため凡例があるなど，画像刺激としては行動模倣条件よりも複雑である。したがって，少なくとも初見では，画像刺激を理解し，とるべき行動（ここでは経路の選択）を決定するまでに行動模倣条件よりも比較的長く時間がかかると考えられる。本研究では刺激呈示を確実に行うため，動画再生終了後に経路選択課題を実施した。そのため，判断にかかる時間については検討しなかったものの，画像による判断所要時間への影響については，より実環境に近い状況での検討を進めることで有用な知見が得られると考えられる。

音の移動感の有無による経路選択への影響は，ヒートマップ条件でのみ確認されたものの，それ以外の条件では明らかな効果はみられなかった。これについては，実験終了後に実施したアンケートの内容から，ヒートマップ上でまず目につく部分（赤）と進みたい方向（青）の矛盾によって生じる認知負荷を，音の存在が補った可能性が考えられる。

5. おわりに

駅構内における利用者の経路選択誘導における基礎的検討を目的とし，コンテンツ（画像・音）を視聴した直後に，利用者の経路選択意欲がどのように影響を受けるかを評価する机上実験を実施した。その結果，コンテンツの誘導強度（左右で段階的に偏りを持たせた分岐するピクトグラムの人数，行先における混雑度を表示するヒートマップの色相比，混雑アイコンの人数比）によって経路選択意欲の強さが変化し，画像コンテンツによる誘導効果が確認された。音の移動感の有無の効果については部分的に確認された。今後，音の効果の詳細な検討や，より実環境に近い状況での検討を進めることで，より効果的な誘導方法を明らかにすることができると考えられる。

文献

[1] https://www.mlit.go.jp/common/001215328.pdf
[2] リチャード・セイラー 他，(2019)“実践 行動経済学”，日経 BP
[3] Beshears, J., & Gino, F. (2015) “Leaders as decision architects: Structure your organization’s work to encourage wise choices”, Harvard Business Review, Vol. 93, No. 5, pp. 52–62.
[4] https://www.jreast.co.jp/press/2021/20220121_ho02.pdf
[5] https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2022/01/0111.pdf
[6] 東京大学社会連携部門 群集マネジメント研究会 (2020) “群集マネジメント総論 理論と実践”，東京大学出版会
[7] Milgram, S. et al. (1969) “Note on the drawing power of crowds of different size”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 13, No. 2, pp. 79-82.
[8] 稲生 克義 他，(2008)“視覚・聴覚情報が方向判断の反応時間に及ぼす影響”，日本建築学会環境系論文集, Vol. 73, No. 627, pp. 679-685.
[9] 片岡 春乃 他，(2016)“公共施設における人流誘導のための動的案内サインの検討”, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム. 2016-UBI-50，pp. 1-6.

学童期の子どもにおける 表情解釈と敵意帰属バイアスおよび攻撃性の関連

The Relationship between Interpretation of Ambiguous Facial Expressions, Hostile Intent Attribution and Aggression in School-Aged Children

山本 希[†]，大東 将[†]，森口 佑介[†]
Nozomi Yamamoto, Sho Ohigashi, Yusuke Moriguchi
[†]京都大学大学院
Kyoto University
yamamoto.nozomi.78s@st.kyoto-u.ac.jp

概要
本研究では，学童期の子どもを対象に，あいまいな表情に対する解釈の偏りと敵意帰属バイアス，攻撃性の高さの関連を検討した。その結果，学童期の子どもにおいて，あいまいな表情に対する解釈の偏りは，敵意帰属バイアスと攻撃性のいずれともほとんど関連しないことが示された。このことから，敵意帰属バイアスや攻撃性が高い学童期の子どもにおいて，あいまいな表情に対する解釈は必ずしも偏っているとは言えない可能性が示唆された。

キーワード：敵意帰属バイアス，攻撃性，表情，子ども

1. 背景

日常生活の中で，誰かに突然足を踏まれるなど，意図があいまいな他者の行為によってネガティブな結果がもたらされたとき，「相手の意図は敵対的だ (e.g., 意地悪だ)」と考える傾向のことを「敵意帰属バイアス」と呼ぶ [1]。敵意帰属バイアスが高い子どもは，他者への仕返しや自己防衛の手段として攻撃行動をとりやすく [2]，日常生活における攻撃性の高さと正に関連することが，広い年齢層および文化圏において示されている (e.g., [1] [3])。さらに，幼少期の敵意帰属バイアスの高さは，のちの攻撃性の高さを予測することも確認されている [4]。このことから，子どもの敵意帰属バイアスの高さを支える認知的メカニズムの理解は，敵意帰属バイアスや攻撃性が高い子どもへの効果的な介入につなげる上で重要であると考えられる。

近年，敵意帰属バイアスの認知的ベースには，あいまいな表情 (e.g., angry にも happy にも見える表情) を怒り表情 (angry) と解釈しやすいことがあると提案されている [5] [6]。他者の意図を推測する上で，その人の表情が示す感情は重要な手がかりとなる [7]。そのため，たとえば，意図があいまいな他者によって足を踏まれたとき，敵意帰属バイアスが高い人は，まず，相手の顔を見て「自分に対して怒った顔をしている」と解釈し，次に「だから足を踏んだのだ」と敵意帰属し，攻撃行動に至る可能性がある。このような，あいまいな表情に対する解釈の偏りと敵意帰属バイアスおよび攻撃性の関連は，主に成人や青年期を対象とした研究において支持されている (e.g., [8] [9])。しかし，学童期以下の子どもを対象に，この関連を検討した研究はみられない。そこで，本研究では，日本の学童期 (7 – 9 歳) の子どもを対象に，以下の 3 つの仮説を検討した。

① 子どもの敵意帰属バイアスと，あいまいな表情解釈のスコアの間に正の相関関係がみられる。
② 子どもの攻撃性と，あいまいな表情解釈のスコアの間に正の相関関係がみられる。
③ 1, 2 の関連がみられた場合，あいまいな表情解釈と攻撃性の関係を敵意帰属バイアスが媒介する。

2. 方法

本研究の内容は，データ収集前の 2021 年 11 月 26 日に Open Science Framework で事前登録し (https://osf.io/7gu6k)，2021 年 12 月 10 日から 13 日までの期間にオンラインでデータを収集した。

参加者 ネットリサーチ会社 ((株) クロスマーケティング) にモニター登録している 7 – 9 歳の子どもの養育者 150 名が参加した。分析には，そのうち除外基準[1]を満たした 18 名を除いた 132 名 (子どもの年齢 $M = 8.01$, range = 7 – 9, 女児 47.73%) のデータを用いた。

[1]【参加者の除外基準について】表情解釈の課題において，表情の感情レベルが 100% (モーフィングしていない元画像) のときに感情を誤答していた場合 (e.g., モーフィングしていない angry 表情について「嬉しい顔」という回答) を分析からの除外基準として設けた。結果，除外基準に該当したデータが 18 名分 (子どもの年齢 $M = 7.94$, 女児 66.67%) 確認されたため，これらを除外した。

表情解釈課題 Ueda et al. (2019) の “Kokoro Research Center (KRC) Facial Expression Database” [10] の表情写真 (男女 3 名ずつ) を用いた。学童期の子どもを対象に表情解釈を検討した先行研究 [6] を参考に，各人の表情が happy から angry に変化するよう 15 段階 (等間隔刻み) にモーフィングした刺激を作成した (合計 90 枚; 図 1)。参加者には，45 枚の表情写真 (子どもと表情写真の性別は一致) をランダムに提示し，それぞれの顔が「怒っている顔」か「嬉しい顔」かを選択してもらった。このような課題を用いた先行研究では，参加者の表情解釈の偏りを，全試行数に占める感情 (e.g., anger) の選択数を集計することで測定している (e.g., [6]; c.f., [11])。本研究もこれに倣い，子どもが全 45 試行のうち何回「怒っている顔」を選択したか集計し，表情解釈のスコアとした (score range: 0 – 45)。

図 2. 表情刺激の例（左上から右下にかけて happy から anger に変化）

敵意帰属バイアス van Dijk et al. (2018) の敵意帰属バイアスの測定課題 [12] を日本語に訳し，養育者に子どもの回答を報告してもらう形で測定した。具体的には，養育者は，子どもに 4 種類の物語 (他者から危害を加えられるなどの仮想的状況をあらわす) を読み聞かせし，各物語について 2 つの質問 (① なぜその出来事が起こったと思うか ② 挑発者は意地悪だと思うか) を行い，子どもの回答を報告した。得られた回答から，各物語について子どもが行なった敵意帰属を 0 / 1 点でカウントし，これを 4 つの物語で合計することで敵意帰属バイアスのスコアとした (score range: 0 – 4 点)。

攻撃性 Kempes et al. (2006) の質問紙 “Parent-rating scale for Reactive and Proactive Aggression (PRPA)” [13] を日本語に訳し，翻訳会社 ((株) クリムゾンインタラクティブ・ジャパン) によるバックトランスレーションを経て正確性を確認したものを用いた。質問紙は 2 つの下位尺度から構成されており (反応的攻撃性 6 項目，積極的攻撃性 5 項目; 3 件法)，養育者はこれに回答した。分析には，反応的攻撃性 (敵意帰属バイアスと特に関連するとされる [2]) の 6 項目の回答を用いた (0 – 12 点)。反応的攻撃性の Cronbach の α 係数は $\alpha = .90$ と良好であった。

3. 結果

① 敵意帰属バイアスと表情解釈間の相関

Shapiro-Wilk の検定の結果，両変数で非正規性が確認されたため ($p < .01$)，Spearman の相関係数 r_S を算出した。その結果，敵意帰属バイアスと表情解釈のスコア間に有意な相関関係はみられなかった ($r_S = -.09, p = .30$; 図 2 上段)。

② 表情解釈と攻撃性間の相関

Shapiro-Wilk の検定の結果，両変数で非正規性が確認されたため ($p < .01$)，Spearman の相関係数 r_S を算出した。その結果，表情解釈と攻撃性のスコア間に有意な相関関係はみられなかった ($r_S = .01, p = .95$; 図 2 下段)。

③ 表情解釈と攻撃性間の媒介

検討する全ての変数のスコア (表情解釈・敵意帰属バイアス・攻撃性) において，有意な相関関係がみられなかったため ($ps > .05$)，媒介分析は実行しなかった。

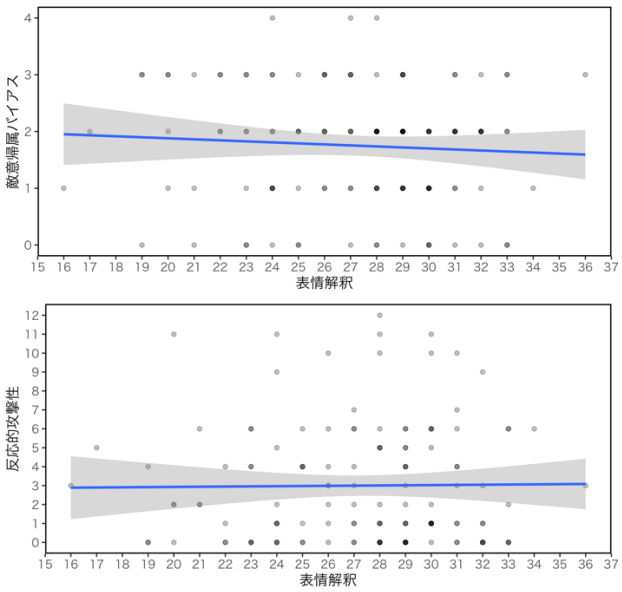


図 1. 表情解釈と敵意帰属バイアスのスコア散布図（上段），表情解釈と攻撃性のスコア散布図（下段）

4. 考察

仮説 1・2 が不支持であったことから，日本の敵意帰属バイアスや攻撃性が高い学童期の子どもにおいて，

あいまいな表情に対する解釈は必ずしも偏っているとは言えないことが示唆された。この知見は，既に成人や青年期において関連を支持する文献 (e.g., [8] [9]) とは異なるものであり，学童期のような早期の発達段階では，あいまいな表情解釈が敵意帰属バイアスの認知的ベースにあるという考え [5] [6] は支持されない可能性が示された。今後，学童期の子どもを対象に敵意帰属バイアスや攻撃性への介入を考える際は，あいまいな表情解釈以外の要素に目を向ける必要があるかもしれない。

限界点と今後の展望

本研究の結果の解釈にあたり，大きく以下の 2 点に留意する必要がある。一点目は，表情解釈の測定で，表情刺激として，子どもと年代の異なる大人 (大学生) の写真を用いたことである。具体的には，本研究で検討した子どもの表情解釈と敵意帰属バイアスおよび攻撃性は，インタラクションを行う相手が同年代 (子ども同士) であることを想定していたが，表情刺激として用いたのは大人の写真であった。そのため，表情刺激として子どもの写真を用いる場合とで結果が異なる可能性がある。今後の研究では，表情刺激として，参加者と同年代である子どもの写真を用いて，本研究の結果と比較する必要がある。

二点目は，本研究が COVID-19 感染禍にオンラインで行われたことである。そのため，サンプルの一般化可能性や，質問紙のオンライン使用の妥当性などの問題に留意する必要がある (c.f., [14])。特に，子どもの敵意帰属バイアスを扱った研究の多くは，調査者が対面形式で紙などを用いて物語を提示・質問し，子どもの回答を記録する方式をとっている [1]。しかし，本研究では，この調査者の役割を，子どもの養育者が担った。そのため，本研究で報告された子どもの回答には，質問者である養育者の考えが影響している可能性がある。今後の研究では，対面形式で同様の刺激を用いて調査を行い，本研究の結果と比較する必要がある。

5. 参照文献

[1] Verhoef, R.E., Alsem, S.C., Verhulp, E.E. & De Castro, B.O. (2019), Hostile Intent Attribution and Aggressive Behavior in Children Revisited: A Meta-Analysis. *Child Development, 90*, e525-e547.

[2] Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin, 115* (1), 74.

[3] Dodge, K. A., Malone, P. S., Lansford, J. E., Sorbring, E., Skinner, A. T., Tapanya, S., Tirado, L. M. U., Zelli, A., Alampay, L. P., Al-Hassan, S. M., Bacchini, D., Bombi, A. S., Bornstein, M. H., Chang, L., Deater-Deckard, K., Di Giunta, L., Oburu, P., & Pastorelli, C. (2015). Hostile attributional bias and aggressive behavior in global context. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *112*(30), 9310–9315.

[4] Lansford, J. E., Malone, P. S., Dodge, K. A., Pettit, G. S., & Bates, J. E. (2010). Developmental cascades of peer rejection, social information processing biases, and aggression during middle childhood. *Development and psychopathology, 22* (3), 593–602.

[5] Smeijers, D., Bulten, E., & Brazil, I. A. (2019). The Computations of hostile biases (CHB) model: Grounding hostility biases in a unified cognitive framework. *Clinical psychology review, 73*, 101775.

[6] Hiemstra, W., De Castro, B.O., & Thomaes, S. (2018). Reducing Aggressive Children's Hostile Attributions: A Cognitive Bias Modification Procedure. Cognitive Therapy and Research, 43, 387-398.

[7] Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *The American Psychologist*, *48*(4), 384–392.

[8] Smeijers, D., Rinck, M., Bulten, E., van den Heuvel, T. & Verkes, R.-J. (2017), Generalized hostile interpretation bias regarding facial expressions: Characteristic of pathological aggressive behavior. *Aggressive Behavior, 43*, 386-397.

[9] Wilkowski, B. M., & Robinson, M. D. (2012). When Aggressive Individuals See the World More Accurately: The Case of Perceptual Sensitivity to Subtle Facial Expressions of Anger. *Personality and Social Psychology Bulletin, 38* (4), 540–553.

[10] Ueda, Y., Nunoi, M., & Yoshikawa, S. (2019). Development and Validation of the Kokoro Research Center (KRC) Facial Expression Database. *Psychologia, 61* (4), 221-240.

[11] Young, A. W., Rowland, D., Calder, A. J., Etcoff, N. L., Seth, A., & Perrett, D. I. (1997). Facial expression megamix: tests of dimensional and category accounts of emotion recognition. *Cognition*, *63*(3), 271–313.

[12] van Dijk, A., Poorthuis, A. M. G., Thomaes, S., & De Castro, B. O. (2018). Does Parent–Child Discussion of Peer Provocations Reduce Young Children's Hostile Attributional Bias? *Child Development, 89* (5), 1908–1920.

[13] Kempes, M., Matthys, W., Maassen, G., van Goozen, S., & van Engeland, H. (2006). A parent questionnaire for distinguishing between reactive and proactive aggression in children. *European child & adolescent psychiatry, 15* (1), 38–45.

[14] Singh, S., & Sagar, R. (2021). A critical look at online survey or questionnaire-based research studies during COVID-19. *Asian Journal of Psychiatry*, *65*, 102850.

心理学の授業における実験とシミュレーションを併用した実践 ——系列位置効果実験を題材として——

Class practice combining experiments and simulations in psychology domain

山川 真由[†]，小島 一晃[‡]，横山 真衣[‡]，三輪 和久[†]
Mayu Yamakawa, Kazuaki Kojima, Mai Yokoyama, Kazuhisa Miwa
[†]名古屋大学，[‡]帝京大学
Nagoya University, Teikyo University
yamakawa.mayu.a4@f.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

本発表では，心理学の授業における実験とシミュレーションを併用した授業デザインを考案し，大学生を対象に行った実践について報告する．この授業では，系列位置効果の実験を題材とした．授業は，受講者自らが実験参加者となって実験に取り組む回と，シミュレータを使った仮想実験を実行する回，実験結果を考察する回で構成された．実験結果に対する受講者の考察，およびシミュレータを使った仮想実験の内容について議論した．

キーワード：授業実践 (class practice)，系列位置効果 (serial position effect)，シミュレーション (simulation)

1. はじめに

心理学の授業では，受講者が自ら実験を行ってデータを収集し，分析結果を考察する演習が取り入れられることが多い．こうした演習は，心理学の方法論を学ぶだけでなく，実験を通して題材への理解を深めることにもつながる．特に，実験の結果として観察される現象に対して，「なぜ」そのような結果になったのかを説明することは重要な学習課題の 1 つである．認知心理学では，現象の背後にある認知プロセスに基づいて説明する必要がある．そうした認知プロセスの理解を促すことを目指し，実験とシミュレーションを組み合わせた授業デザインを考案し，実践を行った．本稿では，実践全体のうち一部の結果について報告する．

2. 授業実践の内容

2.1. 授業の概要

実践は認知科学に関する授業のうち 4 回分を用いて行われた．題材は系列位置効果[2]であった．授業では，系列位置効果における単語の提示間隔と，参加者の WM の個人差が及ぼす影響について扱った．

第 1 回では，受講者が「実験参加者」となり，系列位置効果実験と WM を測定するテストに取り組んだ．第 2 回に記憶に関する講義を行った後，第 3 回にシミュレーション演習を行った．シミュレーション演習では，受講者は「実験者」となり，RQ を検討するための実験計画を自ら立案して仮想実験を実行する．このシミュレーションでは，認知プロセスに関わるパラメタを操作できるようにしているため，受講者は現象の背後にある認知プロセスについて考えることが促される．第 4 回では，第 1 回で得られた実験結果を受講者に示し，結果について重要だと思う点を挙げ，その結果の原因を考察するように求める．受講者はシミュレーション演習を通して，系列位置効果に影響する要因や結果に関して何等かの観点を獲得していることが予想されるため，実験結果として同じグラフを提示されても，各受講者が各々の観点で結果を捉えることが予想される．

2.2. 各回の詳細

第 1 回：実験

第 1 回では，受講者は 2 つの実験課題に取り組んだ．系列位置効果の実験と WM 測定のためのオペレーションスパンテスト[3]であった．系列位置効果の実験は，単語の提示間隔が短いとき（1.5 秒），長いとき（3 秒）の 2 条件から成り，受講者全員がその両条件に取り組んだ．実験結果の集計の際には，オペレーションスパンテストの中央値以上を WM 大群，中央値未満を MM 小群にわけた．

第 2 回：講義

第 2 回では，系列位置効果実験，二重貯蔵モデル，第 3 回で用いるシミュレータのもととなる認知モデルに関する講義を実施した．

第 3 回：シミュレーション演習

第 3 回では，シミュレーション演習を行った．受講者は，「単語の提示間隔と短期記憶の個人差（減衰値・増幅値）は系列位置効果にどのように影響するか」という RQ について検討するように教示された．この演習全体で，RQ に関する実験の計画，シミュレーションの実行，データの集計，考察までを行うように構成され

た. RQ について検討するために複数回の仮想実験を実行するように教示した．仮想実験を 1 試行行う毎に，結果のグラフと解釈を用紙に記入した．演習の最後に，複数回行った仮想実験の結果を踏まえて，RQ に対する考察を記入した．

シミュレータは，短期記憶と長期記憶から構成されており，指定した間隔で 1 つの文字が短期記憶に入力される．入力される各文字は活性値をもっており，毎秒，一定の値で減衰する（減衰値）．そして同時に，短期記憶の中の 1 つがランダムに選ばれてリハーサルされ，リハーサルされた単語は活性値が増幅する（増幅値）．活性値が 0 を下回った場合はその文字は完全に忘却されて再生することができず，活性値が 200 を上回った場合は長期記憶に記銘されるように設定された．最後の文字が入力された直後のステップで，短期記憶と長期記憶に記銘されている文字が再生される．20 個の単語を提示した場合の系列位置効果実験のシミュレーションを 20 回繰り返して結果が出力された．

受講者は，単語の提示間隔（3・6），短期記憶の個人差としての減衰値（10・30），増幅値（40・80）の 3 つのパラメタを操作することができた．各パラメタのスライドバーを動かして値を設定し，実行ボタンを押と，コンソール画面に20回分の系列位置効果実験のシミュレーション結果が表示された．同時に，そのデータが csv ファイルで出力されるため，受講者は，出力されたデータファイルを用いて結果のグラフを作成し，用紙に転記した．系列位置効果を検討するため，グラフ作成時には，前半，中盤，後半の再生率を棒グラフにして示すように教示した．

操作できるパラメタは 3 つあり，それぞれに 2 水準が設けられていたため，設定できる条件は最大 2×2×2 の 8 条件があった．ただし，1 回の仮想実験で試すことができる条件は 4 条件までという制約を設けた．仮想実験は最大 6 回まで行うことができた．

第 4 回：考察レポート

第 4 回では，第 1 回で得られた実験結果を考察する課題に取り組んだ．実験結果のグラフ（図 1）と考察のための 2 つの問を提示した．問は「問 1：この結果について最も重要だと思う点はどこですか？」と「問 2：上で挙げた点について，そのような結果になったのはなぜだと思いますか？次の用語を使って説明してください．（短期記憶，長期記憶，リハーサル，減衰，増幅）」であった．受講者は，実験結果について問 1 と問 2 に従って考察し，用紙に記入した．

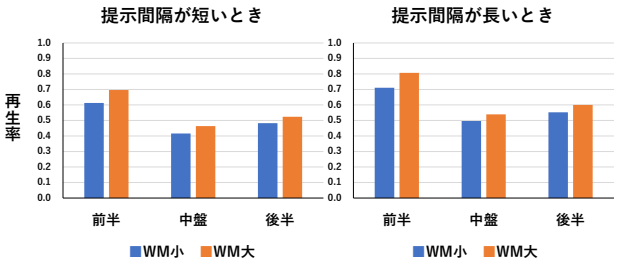


図 1. WM（小・大）と提示間隔（短・長）による記憶再生率の結果

3. 結果

以下では，「第 3 回：シミュレーション演習」と「第 4 回：考察レポート」に関する結果を述べる．分析対象としたのは，研究目的のデータ利用に同意した受講者 112 名の回答であった．

3.1. シミュレーション演習での仮想実験

第 3 回のシミュレーション演習では，受講者が選択したパラメタの設定にどのような特徴が見られたのかを検討した．具体的には，各回で受講者が操作したパラメタをカウントした（表 1）．提示間隔を操作する計画，WM を操作する計画，提示間隔と WM の両方を操作する計画の 3 種類に大きく分類できた．WM を操作する場合は，さらに減衰値，増幅値，減衰値と増幅値の両方，の 3 種類に分類できた．また，提示間隔と WM の両方操作する場合は，提示間隔と減衰値，提示間隔と増幅値，の 2 種類に分類できた．それ以外の設定は「その他」として集計した．

この結果から 2 つの特徴がみられた．1 つ目は，各パラメタを 1 つずつ操作する実験を行う者が多いという点である．これは，表 1 の上から 3 つの項目に該当するもので，提示間隔，減衰値，増幅値のそれぞれが系列位置効果にどのように影響するかを検討する計画である．1〜3 試行目までで半数近くの受講者のいずれかを実施している．この設定は，各要因がどのように系列位置効果に影響するかを検討することができ，受講者にとって取り組みやすい設定だったと考えられる．

2 つ目は，各パラメタを 1 つずつ操作する実験に比べて，提示間隔と WM パラメタの組み合わせを検討する実験を行う者が少数である点である．これは，表 1 の提示間隔×減衰値と提示間隔×増幅値に該当する．これらの計画は，1 試行目よりも 2 試行目で増える傾向があった．これは，まず各要因の影響を検討してから，

表1　シミュレーション演習における実験計画の種類と各計画の実施人数

試行数	1	2	3	4	5
提示間隔	69	6	7	0	0
WM					
減衰値	7	47	3	4	0
増幅値	2	9	47	2	0
減衰値×増幅値	10	15	5	2	0
提示間隔×WM					
提示間隔×減衰値	7	17	3	5	0
提示間隔×増幅値	2	6	11	2	3
その他	14	10	10	16	3
総数	111	110	86	31	6

それらを組み合わせた場合の系列位置効果への影響を検討しようと試みたものと考えられる.

3.2. 実験結果の考察レポート

「第 4 回：考察レポート」の問 1 に着目して回答を集計した．この実験は，系列位置×提示間隔×WM の 3 要因計画となっているため, それらの組み合わせによって，大きく 5 つの観点，細分化すると 19 の観点が存在した．観点毎に着目した受講者の人数をカウントした（表 2)．例えば，最も重要な結果として「WM の高低に関係なく, 系列位置効果が見られる点」と答えた受講者の場合は，系列位置効果と WM に着目しており，そのうち系列位置効果のみを認めているため,「系列位置×WM」欄の「系列位置効果の主効果」にカウントした．複数の観点を記述した者 19 名と，判断不能な記述だった者 7 名，効果を認めない記述だったもの 3 名，計 29 名分は集計に用いなかった．そのため，表 2 には 83 名分の集計結果を示した.

表 2 を見ると，予想した通り，特定の項目に受講者が偏ることはなかった．系列位置効果のみに着目した人を合計すると 27 名（32.1%）であった．次に，系列位置効果とほかの要因の交互作用に着目した人は 17 名（20.2%）であった. 次に, 系列位置効果には着目せず, 提示間隔または WM の主効果に着目した人を抽出してみると，提示間隔に着目した人は 11 名（13.1%），WM に着目した人は 25 名（29.8%）であった．これらの結果から, 同じグラフを見ても, どのような結果としてそれを読み取るかには違いがあることが示唆された.

表2　考察レポートの問 1 における観点と言及した人数

系列位置×提示間隔	交互作用	6
	系列位置効果	11
	提示間隔の効果	0
系列位置×WM	交互作用	6
	系列位置効果	4
	WM の効果	5
系列位置×提示間隔×WM	3 要因の交互作用	2
	系列位置×提示間隔	2
	系列位置×WM	1
	提示間隔×WM	1
	系列位置効果	9
	WM の効果	2
	提示間隔の効果	1
提示間隔×WM	交互作用	2
	提示間隔の効果	9
	WM の効果	2
1 要因	系列位置の効果	3
	提示間隔の効果	1
	WM の効果	16

4. まとめ

本稿では，心理学の授業における実験とシミュレーションを併用した授業デザインの実践について，結果の一部を報告した. 今後検討が必要な点としては, シミュレーション演習での結果に対する考察と，自らが参加者となった実験の結果に対する考察の関係の検討である.「3.2. 実験結果の考察レポート」において，同じグラフを見ても異なる観点で結果を捉えた背景にシミュレーション演習で獲得した観点が影響している可能性もあり，これを検討するには両者を対応付けて議論する必要がある．実験とシミュレーションを組み合わせる演習は，現象の背後にある認知プロセスに基づいて説明することを目指すものであり，今後この点につながるような実践に改善していくことが必要となる.

文献

[1] Glanzer, M., & Cuniz, A. R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *5*, 351-360.

[2] 小林晃洋, & 大久保街亜. (2014). 日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定　心理学研究, *85*, 60-68.

eスポーツで応援するとまた観戦したくなる
Cheering for electronic sports makes you watch it again

久保(川合) 南海子，識名 澪亜
Namiko Kubo-Kawai, Reia Shikina

愛知淑徳大学 心理学部
Aichi Shukutoku University, Department of Psychology
namikokk@asu.aasa.ac.jp

概要

eスポーツ観戦はいまだゲーム経験者が中心で，観戦のみの観客の楽しさや観戦方法による効果は検討されていない．本研究は，観客同士の親しさ，ゲーム経験の有無に着目し，競技動画を①解説のみ②会話あり③応援行動あり④何もなし条件で観戦させた．親しい観客同士では応援条件において「勝って嬉しい」「また見たい」の得点が高かった．経験者はどの条件でも未経験者より楽しさの得点は高かったが，応援条件では未経験者でも同程度に高かった．応援によって一体感や能動性が生じ，観戦の楽しさが促進されたと考えられる．

キーワード：e スポーツ (electronic sports), 観戦 (watching games), 応援 (Cheering)

1. 問題と目的

近年，eスポーツ（コンピュータゲームによる対戦競技）への関心が高まり，その普及や選手の育成にも注力されている．eスポーツを観戦するというイベントも多く開催されているが，観客はいわゆるゲーマーといわれるような経験者が中心であり，いまだeスポーツは「ゲームをする人」のコンテンツであるといえる．しかし，野球やサッカーなどのプロスポーツは，必ずしも経験者ではない人々も熱狂的に観戦している．eスポーツがさまざまなプロスポーツのようにエンターテインメントとして成立するには，ゲーマーだけでなく，やったことがない人でも見たら楽しいと思えることが必要であろう．

イベントにおける観客の感情に着目した研究として，村松ら（2007）は，携帯端末でのイベント視聴時に，同じ状況にある観客同士の一体感を提供するシステムの構築のために，必要な要件を抽出する実験を行った．20 代の男女 9 人を対象に，5 分程度の動画を視聴ながら自分の気持ちに対応したボタンを押す実験と質問紙調査を行った．その結果，「歓声」「応援」などのポジティブな気持ちのボタンが多く押される傾向にあり，「ブーイング」などのネガティブな気持ちのボタンはあまり押されないことが明らかになった．また，他の参加者のフィードバックを加えることで，参加者同士の一体感が増す可能性が高いことが示された．

また，亀井ら（2012）は，疑似同期を用いた動画共有インターネットサービス「ニコニコ動画」を用いて，動画に重畳されたコメントの視聴者感情の強度変化への影響について検討した．実験では，コメントあり／なし動画に対して，動画を視聴したことがない大学生 10 名が参加し，コメントあり／なし動画をそれぞれ視聴して，自身の感情を 10 秒毎に 5 段階の感情強度で評定した．その結果，「喜」と「怒」では，コメントは視聴者の感情強度を上昇させる効果があり，「哀」では，コメントは視聴者の感情強度に変化を与えないことがわかった．一方，「楽」では，動画によって効果が変化したためコメントの効果は不明であった．

押見・原田（2013）は，感動および満足が口コミ意図および再観戦意図におよぼす影響を検証した. 3 つのホームチームの観戦者を対象に質問紙調査を行ったところ，顧客感動・満足モデルでは，全てのモデルにおいて快感情が感動に強い影響を与えることがわかった．また，スポーツ観戦で喚起される感動が再観戦意図や口コミ意図に強い正の影響を与えることが示唆された．さらに，応援チームへの関与や知識が少しある人を満足させると口コミ意図や再観戦意図により強い影響があるが，関与や知識が多い人に対しては満足に加えて感動も喚起する必要があることが示唆された．

これらの研究から，快感情が喚起されることで観客同士の一体感が生じたり，再度体験したいという動機づけがなされることが明らかになった．また，他者と映像を共有する際はポジティブな感情が喚起されやすく，感情強度も上昇しやすいといえる．しかし，快感情が喚起される要因について，観戦者同士の関係性や観戦内容に関する経験の有無などの効果については検討されていない．

そこで本研究では，一緒に観戦する人との関係性の深さ，ゲーム経験の有無という観戦者の要因と，ゲーム動画を解説のみ・会話あり・応援行動あり・何もな

しで観るという観戦状況の要因に着目する．そして，ｅスポーツ観戦におけるそれらの違いが，ゲームを観ることの楽しさにおよぼす影響について考える．特に，観戦状況における観客の主体性について，経験値や行為による働きかけの観点から検討し，それらがどのように観戦の楽しみにつながるのかを明らかにする．

2. 方法

実験参加者　実験参加者は，おたがい知人程度の 12 名，おたがい親しい仲間の 12 名の計 24 名であった（いずれも大学 3，4 年生）．24 名のうち，本研究で用いたゲームの遊戯経験ありは 14 名，経験なしは 10 名であった．

実験刺激　刺激としての用いたゲーム動画は「第 5 回スマブラ SP オンラインチャレンジ決勝大会」の試合の一部を 2 分間に編集して作成した．ゲームはプレイヤーＡとＢの対戦で，勝敗が決着して終了した．ゲーム動画は実験条件ごとに異なるものであったが，いずれも同じゲーム大会の試合の一部を使用した．

実験材料　大型モニター（Panasonic タッチスクリーン液晶ディスプレイ 65 インチ），ゲーム動画再生用スマートフォン，実験場面録画用スマートフォン，参加者の立ち位置を示すマスキングテープ，応援行動として振ってもらうフラッグを使用した．フラッグは各チームの名前や応援に使われる言葉で装飾されたものであった（図 1）．

図 1　実験で使用したフラッグ（表・裏）.

実験手続き　実験は，知人程度の 12 名，おたがい親しい仲間 12 名のグループごとにおこなわれた．参加者には，ゲーム大会の試合動画を大型モニターで呈示した．ゲームはプレイヤーＡとＢの対戦で，グループ内の 12 名は 6 名ずつ赤チームと青チームに分けられ，チームごとにＡかＢを応援するように割り当てられた．実験時の参加者と機器の配置は図 2 に示した．

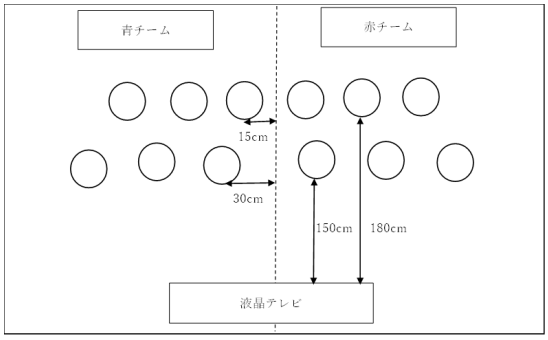


図 2　実験時の参加者と機器の配置.

実験条件は以下の 4 つであった．①解説のみ条件：実験者がゲームの試合内容を実況で解説し，参加者は無言で観戦する．②会話あり条件：実験者がゲームの試合内容を実況で解説し，参加者は思ったことを発話したり参加者同士で自由に会話しながら観戦する．③応援行動あり条件：実験者がゲームの試合内容を実況で解説し，参加者は割り当てられたプレイヤーの応援をするために旗を振りながら発声をして観戦する．④何もなし条件：実験者はゲームの試合内容を解説せず，参加者も無言で観戦する．

①～④の実験条件終了ごとに，10 分程度の休憩時間を設けて質問紙調査による評定をおこなった（計 4 回）．質問項目は，以下の 11 項目であった（1.「このゲームを見て盛り上がった」，2.「このゲームを一緒に見た人は盛り上がっていた」，3.「このゲームを一緒に見た人と同じ言葉を使ったり，同じリアクションをしたりすることが多かった」，4.「このゲームは接戦でドキドキした」，5.「このゲームを見て，プレイ技術に感心した」，6.「このゲームを見ている時に自分は笑顔であった」，7.「このゲームを見て自分にもできると思った」，8.「自分の応援しているチームが，勝って嬉しかった／負けて残念だった」，9.「このゲームを楽しむことができた」，10.「今後，またこのゲームを見たいと思う」，11.「今後，このゲームをやりたいと思う」）．質問項目はすべて「1.まったく思わない」～「6.とても思う」の 6 段階で回答を求めた．

また，A.「このゲームをやったことがある」，B.「普段からこのゲームを観戦することがある」，C.「普段からゲームをすることがある」，D.「C.で「ある」と答えた人はやったことのあるゲームをなるべく多く記入してください」の 4 項目で，ゲームとのかかわり方について調査をした．A から C の質問項目はすべて「ある・ない」の 2 択から回答してもらった．D は自由記述で回答してもらった．この質問紙は 4 回目の質問紙調査

と一緒に配布された.

3. 結果

（1）知人程度のグループについて

図 3 に４条件ごとの質問紙評定得点平均を示した. 実験条件(4)×調査項目(11)の２要因分散分析を行った. その結果, 実験条件の主効果 ($F(3, 33) = 19.01, p < .01$) と，調査項目の主効果が有意であった（$F$（10, 110）= 15.24, $p < .01$）．交互作用も有意であった（F（30, 330）= 8.45, $p < .01$）.

調査項目において各実験条件の単純主効果検定を行った結果,「4.接戦」,「5.プレイ技術」,「7.自分にもできる」,「8.勝って嬉しかった／負けて残念だった」,「9.楽しむ」,「10.今後も見たい」「11.今後もやりたい」において，各実験条件の間には得点の差がないことが明らかとなった.

一方で,「1.盛り上がる」,「2.周り盛り上がり」,「3.同じリアクション」,「6.笑顔」，においては，条件間で有意差がみられた．多重比較の結果,「1.盛り上がる」,「2.周り盛り上がり」,「3.同じリアクション」,「6.笑顔」のいずれの項目においても，①解説のみ条件と④何もなし条件より，②会話あり条件③応援行動あり条件で得点が有意に高かった．①解説のみ条件と④何もなし条件，②会話あり条件③応援行動あり条件の間には有意差はなかった.

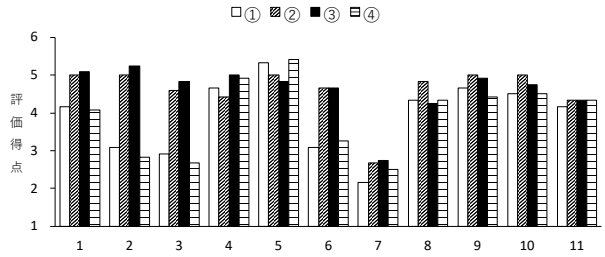


図 3　知人程度のグループにおける評定得点.

（2）親しい仲間のグループについて

図 4 に４条件ごとの質問紙評定得点平均を示した. 実験条件(4)×調査項目(11)の２要因分散分析を行った. その結果, 実験条件の主効果 ($F(3, 33) = 48.58, p < .01$) と, 調査項目の主効果が有意であった ($F(10, 110) = 7.05, p < .01$)．交互作用も有意であった（$F$（30, 330）= 8.44, $p < .01$）.

調査項目において各実験条件の単純主効果検定を行った結果,「7.自分にもできる」,「11.今後もやりたい」において，各実験条件の間には得点の差がないことが明らかとなった．一方で,「1.盛り上がる」,「2.周り盛り上がり」,「3.同じリアクション」,「4.接戦」,「5.プレイ技術」,「6.笑顔」,「8.勝って嬉しかった／負けて残念だった」,「9.楽しむ」,「10.今後も見たい」は，条件間で有意差がみられた.

多重比較の結果,「1.盛り上がる」,「3.同じリアクション」,「6.笑顔」,「9.楽しむ」のいずれの項目においても，①解説のみ条件と④何もなし条件より，②会話あり条件③応援行動あり条件で得点が有意に高かった．①解説のみ条件と④何もなし条件，②会話あり条件③応援行動あり条件の間には有意差はなかった.

「2.周り盛り上がり」において，①解説のみ条件は②会話あり条件③応援行動あり条件④何もなし条件より，得点が有意に低かった．②会話あり条件③応援行動あり条件は④何もなし条件より，得点が有意に高かった．②会話あり条件③応援行動あり条件の間には有意差はなかった.

「4.接戦」において，①解説のみ条件は③応援行動あり条件④何もなし条件より，得点が有意に低かった．②会話あり条件③応援行動あり条件は④何もなし条件の間には有意差はなかった.

「5.プレイ技術」において，①解説のみ条件は②会話あり条件③応援行動あり条件④何もなし条件より，得点が有意に低かった．②会話あり条件③応援行動あり条件④何もなし条件間に有意差はなかった.

「8.勝って嬉しかった／負けて残念だった」において，③応援行動あり条件は①解説のみ条件③応援行動あり条件④何もなし条件より，得点が有意に高かった．①解説のみ条件より②会話あり条件は，得点が有意に高かった．④何もなし条件と①解説のみ条件②会話あり条件の間には有意差はなかった.

「10.今後も見たい」において，③応援行動あり条件は①解説のみ条件③応援行動あり条件④何もなし条件より，得点が有意に高かった．①解説のみ条件②会話あり条件は④何もなし条件の間には有意差はなかった.

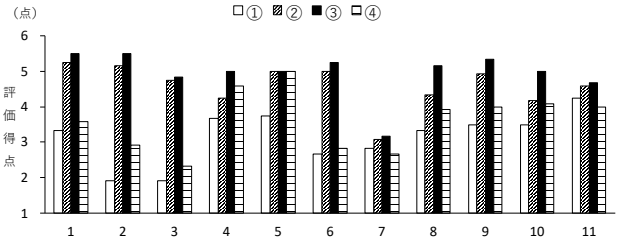


図 4　親しい仲間のグループにおける評定得点.

（３）ゲーム経験の有無について

ゲーム経験の有無における条件ごとの評定得点を分析した．評定得点について，ゲーム経験の有無（2）×実験条件（4）×調査項目（11）の３要因分散分析を行った．その結果，ゲーム経験の有無の主効果（F (1, 22) = 18.04, p < .01），実験条件の主効果（F (3, 66) = 56.51, p < .01），調査項目の主効果が有意であった（F (10, 220) = 19.63, p < .01）．

ゲーム経験の有無と実験条件の交互作用は有意であった（F (3, 66) = 3.94, p < .01）．単純主効果検定を行った結果，①解説のみ条件②会話あり条件④何もなし条件において，ゲーム経験ありの参加者の得点が経験なしよりも有意に高かった．ただし，③応援行動あり条件のみ，ゲーム経験の有無による有意差はなかった（図 5）．

ゲーム経験の有無と調査項目，ゲーム経験の有無と実験条件および調査項目の交互作用は，いずれも有意ではなかった．

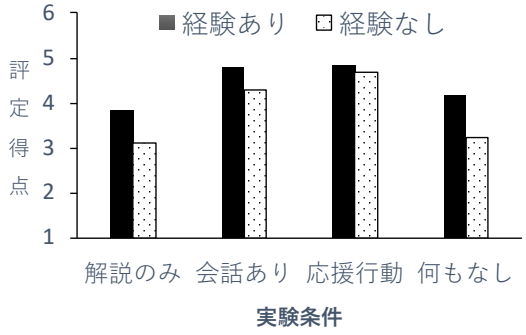


図 5　ゲーム経験の有無における評定得点.

4.　考察

知人同士／親しい仲間のどちらのグループにおいても，1.「このゲームを見て盛り上がった」，2.「このゲームを一緒に見た人は盛り上がっていた」，3.「このゲームを一緒に見た人と同じ言葉を使ったり，同じリアクションをしたりすることが多かった」，6.「このゲームを見ている時に自分は笑顔であった」では，いずれも①解説のみ条件と④全てなし条件よりも，②会話条件と③応援条件の得点の方が高くなった．この結果から，一緒に観戦している人々との関係性の深さに関わりなく，会話しながら観戦したり，道具を使ったり発声したりして応援しながら観戦をすることが，ゲームの試合を見る楽しさにつながっていると考えられる．

両グループの観戦中の行動を比較したところ，親しい仲間のグループのほうが実験中の声が大きく会話数も多くみられ，場の雰囲気が盛り上がっていた．評定値において，親しい仲間のグループでは，②会話条件と③応援条件で有意差がみられた項目があった．③応援条件では，8.「自分の応援しているチームが，勝って嬉しかった／負けて残念だった」，10.「今後，またこのゲームを見たいと思う」の評定値が，②会話条件よりも有意に高かった．一方で，知人程度のグループではこの項目において，②会話条件と③応援条件の評定値に違いはなかった．

ゲームのプレイヤーの勝敗を自分のことのように感じるのは，嶋田(2014, 2019)でも示された応援行動による一体感が生じているためと推測できる．また，三浦・川合(2020)で報告されたように，小道具を対象に向かって振るという行為によって対象の魅力があがった可能性がある．そのような一体感や魅力を親しい仲間と共有できたことが，ゲーム観戦の楽しさとなり，「また観戦したい」という気持ちにつながっているのではないかと考えられる．②会話条件においても，自分の割り当てられたチームを応援するという前提はあることから，応援を能動的な行為として発現させた結果として，一体感や再観戦への動機が生じていることが示唆された．

実験の感想報告でも，「声を出して盛り上がっているときは面白かったが，静かに観戦しているときは眠くなった」，「旗を振りながらのほうが盛り上がった」，「人と一緒に見るのも感情を共有できて楽しい」などがあげられており，声援を送ることやフラッグを振ること，さらにそれらを仲間と共有することが，観戦の楽しみにおいて重視されている側面だといえる．

ゲーム経験の有無についても，応援行動と楽しさの関連は顕著にあらわれていた．ゲーム経験者はどの実験条件でも，未経験者より評定得点が高かった．ゲームをやった経験がある人は，ゲームのテクニックや難易度，勝敗の行方について理解した上で観戦することができる．そのため，どの実験条件でも自分なりの楽しみ方があり，得点が高くなったと考えられる．ゲーム経験者は，経験がある故にゲーム観戦を能動的に楽しむ術を身につけているともいえるだろう．一方，ゲーム経験がない人は，ゲームを見てもその場でルールや試合の流れを理解することが難しいと思われる．ゲームの内容よりも，観戦の雰囲気が盛り上がっていることが楽しみの大きな部分を占めるため，会話や応援行動があることで評定得点が高くなるのではないだろ

うか．特に，応援行動のような自らの行為による働きかけは，ゲーム観戦を能動的に楽しむゲーム経験者と同じように，未経験者であっても観戦を楽しめる重要な要素だといえる．

本研究の結果から，ゲームの観戦における楽しみとして，ただおしゃべりをするだけではなく，観客が行動を通じて対象を「応援する」という働きかけの重要性が示唆された．ゲームの観戦を一回限りのイベントではなく，他のプロスポーツのような持続性のあるエンターテインメント・コンテンツとして成立させるために，応援という体験への着目は新たな観客や観戦スタイルを拓く可能性があると考えられる．

5. 参考文献

亀井且有・豊田晃史・串田淳一 (2012). 疑似同期を用いた動画共有によるビデオ視聴者の感情高揚 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）, *24*, 944-953.

三浦慎司・川合伸幸 (2020) 応援に伴う身体運動は映像作品の登場人物の魅力を高めるか, 2020 年度日本認知科学会第 37 回大会発表抄録集, 532-537.

村松智穂・橋山智訓・江崎朋人・市野順子・田野俊一 (2007). イベント視聴時に一体感を共有するシステムに関する基礎検討 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集, *23*, 174-177.

押見大地・原田宗彦 (2013). スポーツ観戦における感動：顧客感動・満足モデルおよび調整変数の検討 スポーツマネジメント研究, *5*, 19-40.

嶋田総太郎 (2014) 共感・他者理解におけるミラーシステムと情動・報酬系の活動変化, 心理学評論, 57(1), 155-168.

嶋田総太郎 (2019) 共感から we-mode へ―『われわれ感』の脳メカニズム,『脳のなかの自己と他者』第 6 章, 200-240, 共立出版.

ネットスーパーの使いやすさにおける 2 つの問題次元：システム操作と商品探索

Two dimensions in usability problems of online supermarkets: system operation and experiences in product search

岩根 榛花[†]，原田 悦子[†]
Haruka Iwane, Etsuko T. Harada

[†]筑波大学
University of Tsukuba
s2230344@s.tsukuba.ac.jp

概要

生活の情報化が加速する今日も，ネットスーパーの利用率は限定的な上昇に留まっている. 本研究では, ネットスーパーにおいて，高齢者と若年者を対象にユーザビリティテストを行った．本研究ではそこで生じた介入を必要とした事例の質的分析を報告する．その結果，情報の視認性が影響した操作上での使いやすさの問題が高齢者に出現すること，目的商品の探索過程ではシステムとのカテゴリ不一致による探しにくさが年齢群を問わず障壁となっていることが明らかとなった.

キーワード : ネットスーパーの使いやすさ（Usability of online supermarkets），ユーザインタフェース（User interface）, 生活の情報化（Information technology in daily life），加齢（Aging），商品探索（Product search）

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大によって，生活の情報化が加速した. その中でも, オンラインショッピングは，すべての世代において約 8 割が利用するようになり，日常生活に定着していると考えられる（総務省，2021）．オンラインショッピングは，会計処理等の待ち時間を必要とせず，他の客で混雑した環境に赴く必要が無く，ユーザの自由なタイミングで買い物が可能であり，実店舗のデメリットを補うことが可能である（Chiang & Dholakia, 2003）.

そのようなメリットを持ちながらも，すべてのオンラインショッピングが受容され，利用されるようになっているわけではない. その事例として, 食料品等の買い物が行える「ネットスーパー」が挙げられる. 新型コロナウイルスの感染拡大によるネットスーパーの利用率の上昇はあくまで限定的であり（全国スーパーマーケット協会，2021），実店舗における普段の買い物経験を上回る，もしくは同等の価値を見出されるサービスではないとする意見が示されている（池田，2014 ; 全国スーパーマーケット協会，2021）.

なぜ，そのような状況になっているのだろうか. Verhoef et al. (2009) は，顧客体験の概念モデルを提案しており, 顧客体験には, ユーザの性格特性や社会的属性の要因，スーパーマーケットにおける品揃えや値段の要因，店内のデザインの要因，そして，サービスのインタフェースの要因が影響するとしている．ネットスーパーに置き換えると，ユーザの情報機器の利用経験や，ネットスーパー利用に必要な「送料」の存在，ネットスーパーのユーザインタフェースの問題が影響すると考えられる.

とりわけ，実店舗での買い物経験が日常的であるため，そこで得られたメンタルモデルを利用してネットスーパーが用いられることを考えると，ユーザインタフェースのデザインには, 操作上の使いやすさと「実店舗と同じように買い物ができる」という買い物行動のしやすさの 2 つを踏まえる必要があると考えられる.

さらに，社会の少子高齢化の結果として高齢者のユーザが増加する今日，本来であればオンラインショッピングのメリットがより大きいと考えられる高齢者にとって，ネットスーパーが使いやすいようにデザインされる必要がある．オンラインショップの操作上の使いやすさについては，先行研究によりネットスーパーを含む Web サイトにおける検討が行われているものの（林他，2011），買い物行動の特徴でもある，目的の商品を探す行動，つまり商品探索行動を行う上での使いやすさについては検討が行われていない.

そこで, 本研究では, 高齢者と若年者を対象に，ネットスーパーで目的の商品を探す課題を実施した．これは実店舗での商品探索実験（岩根・原田，2022）との比較を目的として行われた実験である．中でも本報告では, ネットスーパー利用上の観察された, 介入を必要とする問題事象について検討を行うことで，その利用を阻害する要因を探索的に明らかにすることを目的とした.

2. 方法

参加者 1) 実験対象システムを使ったことがないこと, 2) 高齢者においては, PC 利用ならびにオンラインショッピングの利用経験があることを条件として抽出され, 高齢者 10 名, 若年者 10 名（それぞれ女性 5 名）が実験に参加した. いずれの参加者も岩根・原田 (2022) での実験には参加していない.

実験状況 操作の容易性から, 10.5 インチ iPad Pro を用いた. 実験には, 関東地方スーパーマーケット系列のネットスーパーのテストサイトを用いた.

商品探索課題（探索商品） 場所推測の難易度を操作した 2 つの商品が選定された. 1 つ目は「米・たまご」に分類されている「卵」, 2 つ目は,「牛乳・飲料」に分類されている「オレンジジュース」であった. また, ネットスーパーにおける生鮮食品や（日常的に発生していると考えれる）計画外の購買行動を検討するために,「カレーに使うためのお肉」と, 計画外商品 2 つが設定され, 計 5 つの商品が順に探索された.

手続き 操作練習ならびに発話思考の練習を実施後, 卵, オレンジジュースの順で探索された. この際,「カテゴリページ」を用いた探索と, 検索を用いた探索の, 2 種類の探索を実施するよう求めた. 次に, カレー用の肉と計画外商品の探索が行われた. 参加者は, 1 試行終了ごとに課題に関する主観評価に回答した. 課題は常にトップページから開始された. 実験遂行において, 問題解決の膠着状態に陥ったと判断された場合は, 実験者が介入を行い, 遂行に必要な情報を呈示した. 探索課題終了後は, 清算の操作が実施された. その後, 参考課題として異なる通販ページの利用を試行したのち, インタビューが実施された. なお本報告では参考課題での商品探索課題についての報告は割愛する.

3. 結果・考察

本報告では, 実験課題実施中の全発話を書き起こしたのち, そこで発生した重度の問題事象を対象として, その質的な内容分析について報告する. 今回の検討と対象とするのは, 実験実施時に介入が必要となった, すなわち問題解決の膠着状態に陥った事例である. 実際には, 参加者が問題解決上のエラーを行った, 迷いが生じたが, 自己解決で膠着状態からは脱した場合はカウントされていない. そうした事例については介入事例への対照事例として, 必要に応じて, 引用をしながら分析を行った.

こうした要介入事例は, 参加者 20 名, 各 5 試行の計 100 試行のうち, 32 件（うち高齢者 26 件）であった. その内容について, 実験者による分類の結果, 7 つの問題事象に分類された（表 1）. 以下にその内容と考えられるその生起要因を示す. その内容は, 本研究の目的から,「実店舗と共通となる」買い物行動に特有の問題事象と, より一般的と考えられるシステムでの課題解決におけるインタフェースの問題事象とに分けて検討した.

買い物行動における問題事象

はじめに, ネットスーパーの利用の際に, 日常的に行われている実店舗における買い物行動との不一致によって引き起こされたと考えられる介入事例を報告する.

まず, 検索窓を用いた商品探索における, 検索語の選択の問題事象である. 本研究では,「卵」(課題 1) と「オレンジジュース」（課題 2）は, 実験教示により必ず検索機能を用いても探すよう求められた. その際, 課題指示の通りに「卵」や「オレンジジュース」と入力すれば, 目的の商品が発見できることが確認されていたが, 高齢者の中には,「ジュース」とより広義な語句を入力してしまう, あるいは「カレーに使う肉」を探索する課題においても, 検索時に「肉」と入力する事例が発生し, とくに後者では生鮮食品の肉や加工肉など, あらゆる肉がヒットしてしまう事例が見られた. また逆に,「魚肉ソーセージ」の探索時に「魚肉ソーセージ」と入力した結果, 商品名とは完全一致していないために, 検索されなかった事例が見られた（本研究で用いたシステムは,「検索語が商品名と完全一致する場合のみヒットする」仕組みであったため, 課題である「魚肉ソーセージ」をそのまま入力した際には検索結果が得られないという事例が発生したと考えられる）.

若年参加者にも同様にこうした行動は見られるが, エラーが生起した場合に, 検索機能に対する理解, あるいはメンタルモデルを用いて, 独力で乗り越えられる様子が観察された. その事例を挙げると

a) 検索する文字列によって, 検索結果が変化することに理解が及んでいる事例：*YAM2「卵って漢字で入れていいのかな. あー, ひらがなで入れてみる？卵, ひらがなで入れる. あー, やっぱこっちの方がいいね, よさそう. 検索結果増えたもんね.」*
b) 予期しない商品が出現した場合でもその無関係さを理解し, 無視することができた事例：*YAF1「ブルーベリー. ジャムじゃない. 国産ブルーベ*

リー．うーん，あ，冷凍されてるか．…ヨーグルトになっちゃったかな．」

先行研究においても高齢者，とりわけ検索機能を利用しない高齢者は，適切な検索語句を選択できないことが報告されている（Dommes et al., 2011 ; Sanchiz, et al., 2020）．本研究において，ほとんどの高齢者は検索語句の選択に困難を示すことはなかったが，「より広義な語句」および「魚肉ソーセージがヒットしない事例」では，対応に苦慮している様子が見られた．現状の検索システムには多々制約があり，個別に「この検索システムでの有効な検索方法」をその都度学習していく必要がある．特に現状のネットスーパーで検索を利用する状況には，今利用している検索機能に対する理解と「それに応じた柔軟な対応」がユーザに求められていると考えられ，ユーザが「実店舗での商品探索時に自分の頭の中で利用している語句」を入力した場合に検索システムの間に齟齬が生じている様子が示されたといえよう．ユーザが「実店舗での商品探索時に自分の頭の中で利用している語句」を入力した場合にユーザの予期した商品が必ずヒットすること，さらにそれらとは全く違う商品はヒットしない（または別のページなど分かりやすく区別されている）ことが，使いやすいシステムをもたらす要因の 1 つであるだろう．

次に，カテゴリーページを用いた商品探索過程において，目的商品のカテゴリの特定に関わる問題事象が観察された．商品は，各小売業者などが策定した個別のルールに従って分類されており，カテゴリの理解が必要と考えられている（Titus & Everett, 1995）．この時，ユーザの想定するカテゴリと不一致であった際，探索の困難につながった．この問題事象は，唯一若年者においても生起したものである．

それではネットスーパーでは生じるこうした問題が，なぜ実店舗では生じていないのであろうか．実店舗においては，カテゴリラベルのみを手がかりとして探索するのではなく，空間的な位置や他の商品を利用した自発的なカテゴライズ，無関係な商品を消去する方略を用いながら，膨大な情報を処理し探索していることが示されている（岩根・原田，2022）．したがって，店内上部などにも示されているサイン表示や店内案内図上の表記などのカテゴリラベルと，ユーザの考えるカテゴリラベルが不一致であっても，実店舗ユーザは商品の探索を完遂することができるものと考えられる．

このように考えると，ネットスーパーでの「商品を探しにくい」問題はオンラインショップのシステム構造における問題に加えて，「本来の実店舗での商品探索では利用されている情報と比較して，オンラインショッピングでは客が利用可能な情報次元・量が極めて小さい」ことが大きな問題であることが示唆されているように思われる．

しかし実際には，実店舗と同様の商品探索を可能とするために，ネットスーパー上に実店舗とほぼ同等の情報を呈示することには限界があると考えられる．その限界をどのようにして乗り越えるのか，その解決に際しては，具体的にはどのようなカテゴリがユーザの考えるカテゴリと一致するのか，カテゴリー以外にどのような手がかりを呈示することが必要・有効なのか新たな検討が必要と考えられる．あるいは，実店舗での商品の探し方とは「まったく異なる課題状況である」ことを，ユーザに理解させることを前提としたシステムの設計を行う可能性もありうるが，いずれにせよそうした「人の買い物における商品探索という行動」に関するより詳細な検討が必要であろう．

なお，高齢者のなかには，「カテゴリ」という言葉やその概念について知らないと回答する事例もあった．現在のシステム構成あるいはシステム内のカテゴリの扱いから考えると，「カテゴリ」という表現よりも「売り場」という表現のほうが適切かもしれない．

なお，本実験の結果において，興味深い事例として，若年者の中には独力で到達できたケースもあった．

YAM2「牛乳・飲料はないじゃん，それは絶対牛乳しか出てこないじゃん．…あーそうかそうか，マウントレーニア（森永乳業株式会社）のカフェラテって，牛乳・飲料に含まれるんだ．…あ，「これいち（野菜ジュースの略称）」とかここなのね．あー，じゃあオレンジジュースここっぽいな．」

このように，牛乳が陳列されていることに対して確信は得られないものの，下にスクロールするにつれて，乳製品や野菜ジュースなどが確認出来，そこから「オレンジジュースはここら辺にある」と判断できたためであると考えられる．つまり，実店舗の際と同様に，他の商品を利用した，その場限りでの利用可能なカテゴライズ，いわゆるアドホックカテゴリが用いられたと考えられる．若年成人の「システムに対する柔軟な対応」によって，現在のシステムデザインであってもこのような行動が可能であるものと考えられる．

最後に，商品をカゴに入れる際に生じた問題事象である．本研究で利用されたネットスーパーでは，すでにカゴに入っている商品を再度カゴに追加したい場合は，

「さらにカゴに入れる／追加する」という表現ではなく,「数量を変更」すると表記される. したがって,「先ほどと同様にカゴに追加しよう」と思った場合に,「数量を変更したいわけではない」と仕組みが理解できず, 操作に支障をきたす事例が見られた（OAF8「「数量変更」になってるな.「カートに入れる」が出てこないな」; OAF9「通常の注文でカートに入れるがない」). 若年者（YAM2）にも「数量を変更？」という発話が 1 件見られるが, 直後に「ああ, なるほどね, もう 1 個入れようって話か」と表記の意図が理解できる様子が見られた.

ATM やネットスーパーのユーザビリティテストにおいて, 高齢者は, 画面上に多数ある情報の「拾い読み」出来ない, 詳細な表示上の変化に気づかないことが事例として挙げられている（原田・赤津, 2003 ; 林他, 2011). 本事例ではこれらの事例, すなわち多数の情報が呈示されている中から必要な情報を抽出したり, 些細な変化を読み取ったりする状況とは異なり,「いま最も注目している, 操作に必要と考える 1 つのボタン」における情報変化においては, 高齢者であってもその変化に容易に気づき, その結果として行動を変化させてしまう（あるいは行動を起こせなくなる）ことが示された.

このような情報変化に注意が向いてしまった理由として, 行為や表現の親近性, ならびにユーザにとって予期される行為が表示されたラベルとは著しく異なるものであったことが考えられる. 実店舗では, 選んだ商品は何個目であっても「カートに入れる」行動をとるため, その流れにそった買い物スクリプトが形成されている. そのため, スクリプトを利用してネットスーパーを利用した場合に, 購入するという行為に対し「カゴに入れる」という表現は合致するのに対し, ユーザにとって感知しない間に「数量を変更」に変化していることにより,「自分が行いたい行為ボタンがなくなった」と考えられ, 結果として操作に支障が出ると考えられる.

システムのインタフェースの問題

情報視認性の低さ　次に, システム上のユーザインタフェースの問題として, まず, 情報視認性の低さによって引き起こされたと考えられる問題事象について報告する.

まず, 画面のローディング状況表示に関わる問題事象である. 本研究で用いたネットスーパーは, 1 画面に 4 つの商品が呈示されるデザインであったため, 任意のページに示されるすべての商品を閲覧するためには, 多量のスクロール操作が必要であった. またスクロール操作のたびに, 下部ページの画像の読み込みが必要であるが, その遅延がかなり大きいことに加え, その最中には, ローディング中あることを示すアイコンが示されるが, このアイコンが小さく, 同時に, 画面背景の薄い灰色に対してやや濃いグレーとコントラストが小さいことによって,「現在, 画面が読み込み中である」ことに気づかない事例が, 高齢者に見られた.

従来より, 一般に, 呈示された画面の上部のみで商品が選択されることが多く, ページ下部まで走査が行われることは少ないと考えられている（Anesbury et al., 2016). しかし, 特に今回の対象システムでは, 目的商品の発見のために多量のスクロールを必要とするデザインであり, これらの理由から問題を誘発しやすい環境にあったと考えられる.

次に, 検索窓の場所の検出にかかわる問題事象である. 本研究の課題では, カテゴリページでの探索と, 検索窓を使った探索の 2 つが参加者に求めたが, そのほかの機能として存在している,「お買い物リストから探す」や「バーコードをスキャンして探す」といった画面表示は「不要な情報」であった. しかし, 高齢者の中には, これらの「今, 行おうとしている探索には非関連の要素」に注意が向く事例が生起していた（OAF1「買い物リストって何だ. バーコードも無いし」; OAF5「サーチをすればいいんだ. バーコードって?」; OAF9「バーコードをスキャンして, バーコードのスキャンしてってどうやるの」).

これらの事例は, 特に検索窓が発見出来なかった場合に, 別の刺激を探索する状況において発生している. そのため, 検索窓等の目的刺激の視認性が向上することによって防ぐことのできる問題事象であると考えられる.

システムの理解　最後に, ユーザの情報機器の操作方法やシステムの理解の乏しさによって引き起こされたと考えられる問題事象について報告する. いずれも高齢参加者のみに発生している.

第 1 に, 文字入力の補助が必要であった事例である. 本研究では, 情報機器を利用する高齢者を抽出しているため, この事例においても小文字入力の補助を行ったのみであった.

第 2 に, 前のページに戻ろうとした際に「矢印だったんだけどここにないよ」と,「前のページに戻る」を意味する「←」ボタンが,「×」ボタンに変化したことに対する困惑を示す事例が見られた. これは, 先述の「カートに入れる」と「数量を変更」の変化に似た構造

を持つ問題事象と考えられる．システムを操作する中で構築された「前に戻るときは矢印を押すものだ」という知識と，ウィンドウを閉じる操作との関係の不一致に対する困惑であり，まさにシステムとの相互作用，インタフェースの問題と捉えられよう．

4. 結論

本研究では，若年者と高齢者を対象に，ネットスーパーでの商品探索課題を実施し，操作や商品探索において生起した問題事象について，その原因を明らかにすべく，質的な検討・分類を行い，考察を行った．結果として，システムとしてのユーザインタフェースの問題の他に，それとは独立に買い物行動において中心的役割の一つである商品探索（Sorensen, et al., 2017）における問題があることが明らかとなった．

前者はシステム操作上の問題として生起しており，それについては，高齢者にのみ問題事象が生起した．これは他の情報機器と同様に，こうした情報系システムが，現在の高齢ユーザにとって，使いにくいサービスであることを示している．しかし同時に，高齢者は，使いにくさに対する「感受性」が高く，高齢者において生起した問題事象は，すべての人にとって起きうる問題事象と考えたとき（原田，2009），高齢者を含む多くの人にとって「使うことを阻害する要因」が存在する可能性がある．このことから，本研究で示された問題事象について，それらを発現させないデザインに改善することが必要と考える．

これに加え，本研究では，若年成人にも発生する問題として，商品探索上の問題事象が生じていた．これは，二重接面モデル（佐伯，1988）における，システムと実課題空間との間の第 2 接面での問題が生じていることを示している．人が実店舗での商品探索を行うときには，販売側が商品を扱うために設定した（階層型）カテゴリのみを利用しているのではなく，多様な検索手掛かりを自発している（岩根・原田，2021 ; 2022）ことを考えたとき，そうした人が自然に行う商品探索過程を「許していない」ことが，ネットスーパーが人にとって「使いやすい新たな買い物のためのシステム」として受容されていない大きな阻害要因になっているのではないかと考えられる．

これらの状況を考えた時，ネットスーパーは，単に目的の商品を検出・発注する情報システムと捉えるのではなく，実店舗での経験を活用して「いつものお買物」ができる，買い物経験を提供するサービスのインタフェース（Verhoef, et al., 2009）として捉え，買い物において求められる行動目標に合致したシステムデザインを探るべきではないかと考えられる．今後さらに，実店舗とネットスーパーのより詳細な行動比較によって，それらを明らかにしていきたい．

文献

[1] Anesbury, Z., Nenycz-Thiel, M., Dawes, J., & Kennedy, R., (2016) “How do shoppers behave online? an observational study of online grocery shopping”, Journal of Consumer Behaviour, Vol. 15, No. 3, pp. 261–270.

[2] Chiang, K. -P., & Dholakia, R. R., (2003) “Factors Driving Consumer Intention to Shop Online: An Empirical Investigation”, Journal of Consumer Psychology, Vol. 13, No. 1), pp. 177–183.

[3] Dommes, A., Chevalier, A., & Lia, S., (2011) “The role of cognitive flexibility and vocabulary abilities of younger and older users in searching for information on the web”, Applied Cognitive Psychology, Vol. 25, No. 5, pp. 717–726.

[4] 原田 悦子,（2009） “認知加齢研究はなぜ役に立つのか”, 心理学評論, Vol. 52, No. 3, pp. 383–395.

[5] 原田 悦子・赤津 裕子,（2003） “「使いやすさ」とは何か――高齢化社会でのユニバーサルデザインから考える――”, 原田 悦子（編著） “「使いやすさ」の認知科学”, pp. 119–138. 共立出版.

[6] 林 阿希子・橋本 遼・齋藤 晴美・渡辺 昌洋・浅野 陽子,（2011） “インターネットショッピング利用における高齢者と若年者の行動比較”, 情報処理学会研究報告, 2011-HCI-143, No. 3, pp. 1–8.

[7] 池田 満寿次,（2014） “ネットスーパー利用に関する基本的な特徴と、今後の展望”, 流通情報, Vol. 45, No. 6, pp. 47–53.

[8] 岩根 榛花・原田 悦子,（2021）, “店内のサインは何のため？――模擬店舗における商品探索課題と認知的加齢――”, 日本心理学会第 85 回大会.

[9] 岩根 榛花・原田 悦子,（2022）, “実店舗における商品探索行動”, 日本心理学会第 86 回大会.

[10] 佐伯 胖,（1988） “機械と人間の情報処理――認知工学序説――” 竹内 啓,（編） “意味と情報” pp. 21–54. 東大出版会.

[11] Sanchiz, M., Amadieu, F., Paubel, P. V., & Chevalier, A., (2020) “User-friendly search interface for older adults: supporting search goal refreshing in working memory to improve information search strategies”, Behaviour & Information Technology, Vol. 39, No. 10, pp. 1094–1109.

[12] Sorensen, H., Bogomolova, S., Anderson, K., Trinh, G., Sharp, A., Kennedy, R., Page, B., & Wright, M., (2017) “Fundamental patterns of in-store shopper behavior”, Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 37, pp. 182–194.

[13] 総務省,（2021） “令和 3 年版情報通信白書”

[14] Titus, P., A. & Everett, P., B., (1995), “The consumer retail search process: A conceptual model and research agenda”, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 23, No. 2, pp. 106–119.

[15] Verhoef, P. C., Lemon, K. N., Parasuraman, A., Roggeveen, A., Tsiros, M., & Schlesinger, L. A., (2009) “Customer experience creation: Determinants, dynamics and management strategies”, Journal of Retailing, Vol. 85, No. 1, pp. 31–41.

[16] 全国スーパーマーケット協会,（2021） “2021 年版スーパーマーケット白書”

表 1　介入事例の分類

エラー分類	事例	生起数
買い物行動における問題事象		
1．検索語句が広義／狭義	「肉」と広く検索する	OA: 1
	「ジュース」と広く検索する	OA: 1
	「魚肉ソーセージ」で検索（魚肉ソーセージ探索時）	OA: 1
2．目的商品のカテゴリが分からない	加工肉の探索（魚肉ソーセージ探索時）	OA: 1
	「飲料/コーヒー・紅茶・お茶」の探索に固執する	OA: 7 YA: 6
目的商品のカテゴリの確信が持てない	牛乳・飲料のページを選択するが，オレンジジュースが出てこないことへ焦りを示す	OA: 1
	牛乳・飲料のページを選択するも，オレンジジュースに到達前に戻る	OA: 1
「カテゴリ」という単語になじみがない	「カテゴリ」という概念の欠如	OA: 1
3．「カゴに入れる」が「数量を変更」に変化したことへの戸惑い	「カゴへ入れる」が「個数を変更」に変わったことで操作が困難になる	OA: 2
システムのインタフェースの問題		
情報視認性の低さ		
4．画面のローディングのアイコンに気づかない	見えているページで全てであると誤認する	OA: 4
	実験者がスクロールを待つように教示する	OA: 2
5．検索窓が発見できない	検索窓が見つけられない	OA: 4
無関係な情報への注意	検索窓が見つからず，「お買い物リスト」「バーコードを読み込む」などの機能を確認するも困惑する	OA: 1
システムの理解		
6．文字入力方法	実験者が文字入力方法の教示を行う	OA: 1
7．情報の変化	「戻る」ボタンが「←」から「×」に変わったことで操作が困難になる	OA: 1

注）OAは高齢者，YAは若年者を表す．

ヒトの配偶者選択における社会学習行動に関する実証実験：日本人において、魅力的な個体は模倣されやすいのか

Experimental study on mate choice copying in humans: Japanese tend to copy more attractive individuals

能城 沙織†
Saori Nojo

†木更津工業高等専門学校
National Institute of Technology, Kisarazu College
nojo@j.kisarazu.ac.jp

概要

欧米を対象とした、配偶者選択における社会学習に関する実証実験において、魅力的な個体の選択は模倣されやすいという結果が多く出ている。本研究では、配偶者選択における社会学習行動が人類に普遍的な行動なのかを明らかにすることを目的に、これまで実験の対象となっていなかった日本人においても、同様の傾向が見られるのかを調べる実験を行った。実験の結果、日本人においても欧米と同様の傾向が認められ、本行動の普遍性が示唆された。

キーワード：配偶者選択、社会学習、顔魅力、模倣行動、長期的魅力

1. はじめに

配偶者選択は、ヒトにおける最も判断が難しく重要な選択の一つである。ヒトを含む生物は自らの力で大きな利益を得られるような判断を行うことのコストが大きいとき、社会学習を行い、他者を模倣することで効率的に利益を得ようとすることが示されている(Richerson & Boyd, 2005[1])。配偶者選択における他者の模倣行動は、mate choice copying と呼ばれ、適応度を上げるための行動であり、進化という観点から説明ができる行動だととらえられている。

Mate choice copying は鳥類や魚類などで多く研究されており、他個体とつがいになっている個体をそうでない個体よりも配偶相手として選択しやすい傾向が観察されている(魚類：Alonzo, 2008[2]; Dugatkin, 1992[3]等, 鳥類：Gibson et al., 1991[4]; Swaddle et al., 2005[5]等)。Mate choice copying が起こりやすい個体の傾向も研究されている。模倣する側の特徴としては、自身に高い利得をもたらす配偶者を選択する能力が低いと思われる低年齢の個体において模倣行動は観察されやすい傾向が示されている(Dugatkin and Godin, 1993[6])。一方で、模倣される側（以下 model と呼ぶこととする）の特徴としては、魚類等において高齢の個体の選択の方が若い個体の選択よりも模倣されやすいという傾向が示されている（Amlacher and Dugatkin, 2005[7]; Dugatkin and Godin, 1993[6]等)。高齢の個体の方が配偶者選択の経験も豊富なため、質の高い個体を配偶相手として選択している可能性が高いためだと推測できる。

動物において観察された上述の mate choice copying の傾向は、ヒトにおいても観察されている(Jones et al., 2007[8]; Little et al., 2008[9]; Waynforth, 2007[10])。多くの研究で、評価対象の顔画像を単独で提示した状態で魅力評価を行った場合よりも、異性の顔画像を共に提示した状態で魅力評価を行ったときの方が高い評価をつけるという結果となっている。顔画像を共に提示したということが、異性のパートナーの存在を感じさせる効果をもたらしていると考えられる。ヒトにおいて mate choice copying の起こりやすさに影響を与える要素についても検討が行われている。模倣する側の性質としては、年齢が低い個体や性的経験の少ない個体において模倣行動は観察されることが多く(Little et al., 2015[11]; Waynforth, 2007[10])、模倣される側の性質としては、魅力的な個体や人気の高い個体が模倣されやすい傾向があることが示されている（Sigall and Landy, 1973[12], Little et al. ,2015[11])。

ヒトにおける mate choice copying の傾向について調べられた先行研究の多くは、欧米の被験者を対象として行われている。Mate choice copying が進化的な行動であることを検証するためには、幅広い集団において観察されていることを確認する必要がある。そこで、本研究では日本人における mate choice copying の傾向について検証することを試みた。日本における mate choice copying の傾向としては、Nojo et al.(2022)[13]の沖縄特徴顔、本土特徴顔を model とした研究があり、そこでは評価対象の顔画像を単独で提示した状態で顔を評価するよりも、複数の異性の顔を共に提示した状

態で評価したほうが高い評価をつける傾向があることが示されており、mate choice copying が行われている可能性が示唆されている。一方で、model の性質として本土特徴顔、沖縄特徴顔を用いており、複数の顔を model として同時に提示していることもあり、先行研究で観察されているような model の魅力が mate choice copying の起こりやすさに影響を与えているかははっきりとは検証できていない。

本研究では日本人の高校生男女を対象として model の魅力が顔魅力評価に影響があるのかを実験により検証した。魅力を付した model の顔画像を一緒に提示したときに、高い魅力の model とともに提示した顔の方が低い魅力の model とともに提示した顔よりも高く評価される傾向があるのかを調べた結果、model の魅力による効果が一部で確認された。日本人を対象として、欧米において観察されているものと同様の mate choice copying の効果が見られるのかを調べた研究は発表者の知る限り他になく、本研究の成果は mate choice copying の普遍性を明らかにするための貴重な材料となることが期待できる。

2. 実験手法

本研究では、評価する顔画像（以下 target と呼ぶ）の魅力評価時に、ともに提示した異性の model の魅力により影響の受けやすさが変わるのかを検証する実験を行った。Target 及び model の顔画像は日本人男性 30 名（21－39 歳，平均=29.14 歳，標準偏差=4.79）及び日本人女性 30 名（18－38 歳，平均=26.48 歳，標準偏差=6.25）の顔写真から作成した顔画像を用いた．性別ごとに，ランダムに 3 枚ずつ合成した平均顔を 10 個ずつ作成した．

Target の画像 1 枚を左側に， model の顔画像 1 枚を右側に並べたシートを 10 枚作製した．Model の顔画像には 1~7 の間でランダムに架空の魅力スコアを割り当てた．Model の魅力は、5 枚が 3.5 以上となり、残りの 5 枚が 3.5 未満となるように魅力を割り当てた。割り当てた魅力スコアは視覚的にわかりやすいよう，星の個数で示した．Target を異性、model を同性とした場合のシートの例を図 1 に示す。

シート 10 枚を 1 セットとして、実験参加者に魅力 target の顔画像の魅力を 1（全く魅力的でない）~7（非常に魅力的）で評価してもらった．魅力評価の方法としては、長期的魅力の判断において mate choice copying が起こりやすいという先行研究の結果より、長期的魅力を用いた(Little et al., 2008[9])。長期的魅力は，「長期的魅力とは，例えば結婚や同棲等，長く関係を持つことを考えた時の魅力です.」と説明文を記載した.

図 1 実験で用いた刺激画像例

各シートのセットを評価した実験参加者の性別及び人数を表 1 に示す。

表 1 実験参加者の内訳

Target	Model	男性参加者	女性参加者
男性	女性	60 名（平均=16.8 歳、標準偏差=1.0）	39 名（平均=16.6 歳、標準偏差=1.1）
女性	男性	46 名（平均=16.8 歳、標準偏差=1.2）	48 名（平均=16.6 歳、標準偏差=1.1）

Model の顔画像のうち，最も魅力の高かった顔 3 枚を高魅力群，最も魅力が低い 3 枚を低魅力群，それ以外のものからランダムに 3 枚を選んだものを中間魅力群として，ペアで提示された顔写真の魅力と target の魅力評価に関連が見られるかを分析した．高魅力群の target の魅力評価の平均値，低魅力群の target の魅力評価の平均値及び中間魅力群の target の魅力評価の平均値を実験参加者ごとに算出した．目的変数を評価の平均値，説明変数を Model の魅力，実験参加者の年齢をとして線形混合モデルで分析を行い，model の魅力により target の魅力評価に差が見られるのかを検証した．分析に用いたモデル式を以下に示す.

$$rating=b_0+b_1*model+b_2*age+r_i \quad (1)$$

ここで，rating は魅力評価の平均点，model は model の魅力を表す群となっており，低魅力群を 0,中間魅力群を 1,高魅力群を 2 とコードしている. age は実験参加者の年齢を表す．r_i は個体差を表し，正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従うとする.

3. 結果

線形混合モデルによる分析の結果を表 2 に示す。

表 2 線形混合モデルの結果

Target	Model	係数	男性	女性
男性	女性	b_0	3.588**	3.114**
		b_1	0.022	0.212**
		b_2	-0.099	-0.129
		b_3	-0.123*	-0.063
		σ	0.875**	0.825**
女性	男性	b_0	3.145**	3.617**
		b_1	0.129*	-0.007
		b_2	0.254	-0.128
		b_3	-0.050	-0.048
		σ	1.192**	0.964**

*p<0.05, **p<0.001

異性を target とした魅力評価においては、男女ともに model の固定効果が見られた(男性 : b_1=0.129, t=2.283, p=0.025、女性 : b_1=0.212, t=4.170, p<0.001)。ともに Model の魅力が高い方が target の魅力を高く評価する傾向が観察された(図 2,図 3)。

同性を target とした魅力評価においては、男女ともに model の固定効果は認められなかったが、男性において model の魅力と実験参加者の年齢において有意な交互作用が認められた(b_3=-0.123, t=-2.457,p=0.015)。Model の魅力ごとの target の魅力評価の平均を図 4 及び図 5 に示す．年齢の-1SD 及び+1SD のポイントで単純効果分析を行った結果，-1SD の低年齢群においては有意とはならなかったものの，model の魅力の効果を表す係数の推定値は正の値となり(b_1=0.149, t=1.880, p=0.063)，+1SD の高年齢群においては，有意ではないものの，model の魅力の効果を表す係数の推定値は負の値となった(b_1=-0.104, t=-1.823, p=0.071)．各年齢群における model の魅力の効果を表すグラフを図 6 に示す．低年齢群では model の魅力が高いほど魅力評価の値が高くなっており，高年齢群では model の魅力が高いと魅力評価の値が低くなっていることが分かる．

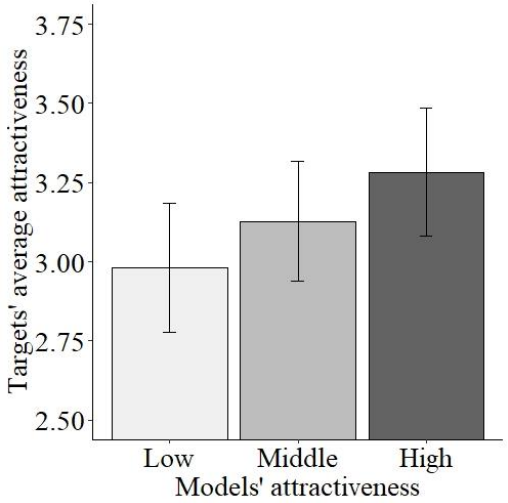


図 2 Model の魅力ごとの異性の target の魅力評価の平均値＋標準誤差（男性）

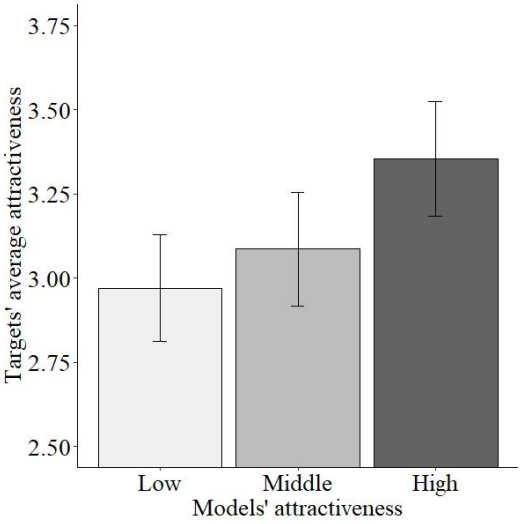


図 3 Model の魅力ごとの異性の target の魅力評価の平均値＋標準誤差（女性）

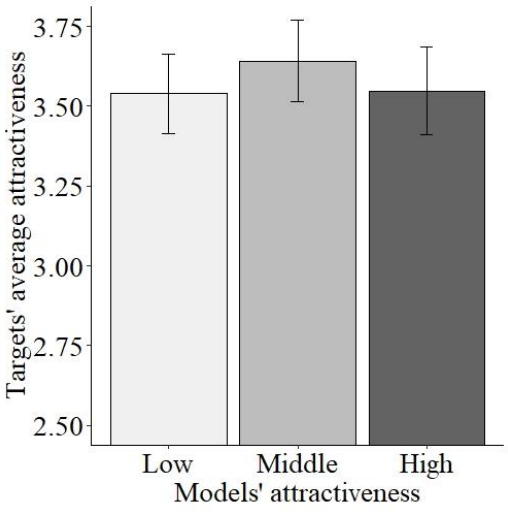


図 4 Model の魅力ごとの同性の target の魅力評価の平均値＋標準誤差（男性）

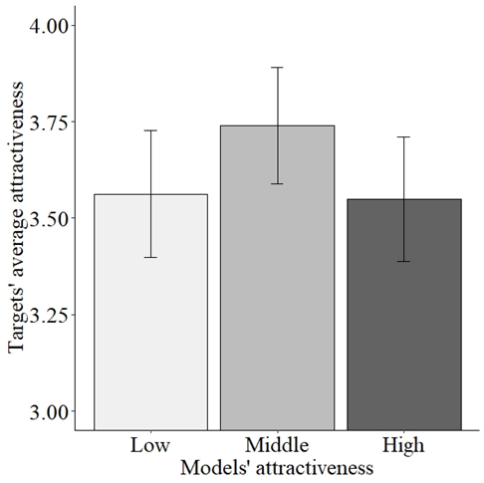


図 5　Model の魅力ごとの同性の target の魅力評価の平均値＋標準誤差（女性）

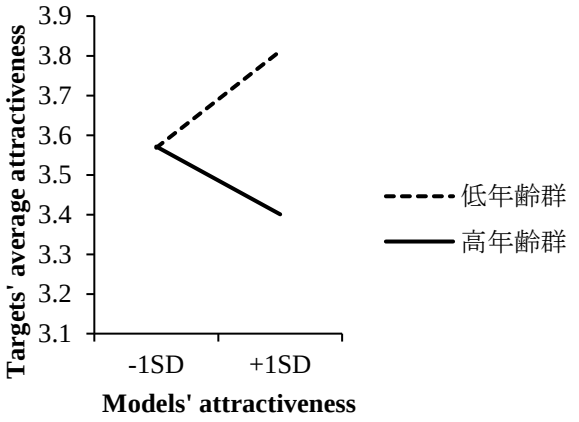


図 6 男性の同性顔魅力評価における単純効果分析

4.　考察

本研究では日本人に焦点をあてて mate choice copying の傾向について検証してきた．実験の結果，日本人において，男女ともに魅力が高いとラベリングされた同性の model とともに提示された異性の顔は，魅力が低いとラベリングされた model とともに提示された異性の顔よりも魅力が高いと評価される傾向が示された．この効果は異性の魅力を評価するときのみに見られ，配偶者選択においては他の選択と比較して model の魅力が影響を与えやすいという可能性が示唆された．

異性の顔の評価時に魅力の高い model の方がそうでない model よりも影響が大きいというのは Little et al.(2015)の傾向と一致しており、日本人においても先行研究と同様の mate choice copying の傾向が見られるということを示している。本結果は、魅力の高い model でより mate choice copying が起こりやすいという傾向が集団に依らず普遍的に見られることを示唆している。

同性の顔魅力評価時に model の魅力の固定効果が見られないという傾向も Little et. al. (2015) [11]と一致している。Model の魅力を考慮に入れるのは配偶者選択の場面においてのみということを示す一方で、男性においては実験参加者の年齢と model の魅力の間の交互作用が観察されている。このような結果になった理由の一つとして，今回対象とした実験参加者の年代においては，異性の魅力を評価する際には実験参加者間で大きな経験の差異は見られなかったが，同性の魅力を評価するという観点においては実験参加者間で経験量の差異が見られた可能性が考えられる．特に低年齢層においては，異性と接する時間よりも同性と接する時間が絶対的に長いことが考えられ，異性の魅力判断においては他者の魅力評価を参考にする必要があるものの，年齢が上がるにつれて同性の魅力評価に関しては他者の判断に影響を受けなくなる可能性がある．本結果は，mate choice copying が異性の顔という特異的な対象に対して起こりやすい社会学習だというこれまでの考え方を検討しなおす必要があるということを示唆している．

5.　まとめ

本研究では、日本人高校生を対象に mate choice copying に関する実験を行い、日本人においても欧米で見られるのと同様の mate choice copying の傾向が認められることを示した。本結果は、mate choice copying が集団に依らず普遍的に見られる行動である可能性を示唆している。欧米以外における mate choice copying の結果はまだまだ少なく、mate choice copying の普遍性を明らかにするためには、今後も様々な集団や実験参加者の特性を調べるなど、検討を継続していく必要があるだろう。

文献

[1] Richerson, P. J., & Boyd, R. (2005). Not by genes alone: How culture transformed human evolution. Chicago, IL: University of Chicago Press. http://dx.doi.org/10.7208/chicago/9780226712130.001.0001
[2] Alonzo, S. H. (2008). Female mate choice copying affects sexual selection in wild populations of the ocellated wrasse. Animal Behaviour, 75(5), 1715–1723. http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.09.031
[3] Dugatkin, L. A. (1992). Sexual selection and imitation:

Females copy the mate choice of others. The American Naturalist, 139, 1384-1389. http://dx.doi.org/10.1086/285392
[4] Gibson, R. M., Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (1991). Mate choice in lekking sage grouse revisited: The roles of vocal display, female site fidelity, and copying. Behavioral Ecology, 2(2), 165–180. http://dx.doi.org/10.1093/beheco/2.2.165
[5] Swaddle, J. P., Cathey, M. G., Correll, M., & Hodkinson, B. P. (2005). Socially transmitted mate preferences in a monogamous bird: A non-genetic mechanism of sexual selection. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272(1567), 1053–1058. http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2005.3054
[6] Dugatkin, L. A., & Godin, J. G. J. (1993). Female mate copying in the guppy (poecilia reticulata): Age-dependent effects. Behavioral Ecology, 4(4), 289–292. http://dx.doi.org/10.1093/beheco/4.4.289
[7] Amlacher, J., & Dugatkin, L. A. (2005). Preference for older over younger models during mate-choice copying in young guppies. Ethology Ecology & Evolution, 17(2), 161-169. http://dx.doi.org/10.1080/08927014.2005.9522605
[8] Jones, B. C., DeBruine, L. M., Little, A. C., Burriss, R. P., & Feinberg, D. R. (2007). Social transmission of face preferences among humans. Proceedings of the Royal Society B, 274, 899-903. http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.0205
[9] Little, A. C., Burriss, R. P., Jones, B. C., DeBruine, L. M., & Caldwell, C. A. (2008). Social influence in human face preference: men and women are influenced more for long-term than short-term attractiveness decisions. Evolution and Human Behavior, 29(2), 140–146. http://dx.doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2007.11.007
[10] Waynforth, D. (2007). Mate choice copying in humans. Human Nature, 18(3), 264–271. http://dx.doi.org/10.1007/s12110-007-9004-2
[11] Little, A. C., Caldwell, C. A., Jones, B. C., & DeBruine, L. M. (2015). Observer age and the social transmission of attractiveness in humans: younger women are more influenced by the choices of popular others than older women. British Journal of Psychology, 106, 397-413. http://dx.doi.org/10.1111/bjop.12098
[12] Sigall, H., & Landy, D. (1973). Radiating beauty: effects of having a physically attractive partner on person perception. Journal of Personality and Social Psychology, 28(2), 218. http://dx.doi.org/10.1037/h0035740
[13] Nojo, S., Kimura, R., & Ihara, Y. (2022). An Empirical Investigation on the Sexual Selection Hypothesis of Human Phenotypic Diversity: A Test in Okinawa and Mainland Japan. Letters on Evolutionary Behavioral Science, 13(1), 21-27.

発達障害児が参加した運動教室で起こるポジティブな関与の分析

Analysis of positive involvement in exercise classes attended by children with developmental disabilities

大塚　翼[†]，牧野　遼作[‡]
Tsubasa Otsuka　Ryosaku Makino

[†]広島工業大学，　[‡]早稲田大学
[†]Hiroshima Institute of Technology，[‡]Waseda University
bl19018@cc.it-hirosima.ac.jp

概要

本稿は，発達障害児童が参与したトランポリン教室で起こるコミュニケーションを分析した．結果，初心者を含めた熟達度の異なる参加者から構成される運動教室では，指導者だけではなく他参加児童からの「ポジティブな関与」が起こり，この関与は，指導員が行うだけではなく，他参加児童が指導員を模倣することで起こることを明らかにした．この結果は，熟達度の異なる参加者がいることで，運動教室ではコミュニケーションが活性される可能性を示唆するものである．

キーワード：非典型相互行為（atypical intection），ダウン症（down'syndrome），ポジティブな関与（positive involvement），運動教室（exercise class）

1.　はじめに

本稿では，複数の発達障害児童が参与した運動教室（トランポリン教室）で起こるコミュニケーションを対象にした分析について報告する．

発達障害児童のコミュニケーションに関する，これまでの研究では,道具を用いた遊戯や運動といったものが発達障害児童のコミュニケーション能力の向上に有効であることが示されている．例えば，三宅・伊藤[1]は，言語発達に遅延が見られる児童と指導員が，遊具を用いた交流を行うことが，発達障害児童のコミュニケーション能力発達に影響があるのかについて検討した．具体的には，多動と言葉の遅れがみられる男児に対して指導員が大型遊具を用いて，情動的交流遊びを中心とした10ヶ月間の指導を対象とした分析について報告されている（なお，ここでの，情動的交流遊びとは情動の伝染を媒介として大人(指導員)と子供が楽しさを共有する遊びであるとされている）．分析から，「快的情動の表出と共有」は指導期間の後半で多く見られることが報告されていた．また，指導の後半になると，指導員の指差しに追随して児童も指差しを行うといった「模倣の表出」，児童が指導者に視線で投げかける「要求行動の表出」が観察されたことが報告されている．これらの結果は遊具を用いた交流をすることで，「模倣の表出」や「要求行動の表出」など社会的相互作用が表出されることを示すものであり，道具を用いた遊具や運動が発達障害児童のコミュニケーション能力の向上に有効であることを示唆している．

また運動発達とコミュニケーションの発達は密接に関連していることが，これまで多くの研究で示されている．運動発達が促進されることにより，その他の領域である言語や社会性などの発達的基盤が培われ，より高次なものを獲得していく段階に移行するのである．橋本・菅野・細川[2]は，ダウン症乳幼児を対象に対物認知（知覚―運動）・対物操作（対象概念）・対人交渉（言語コミュニケーション）の発達過程を検討した．複数の対象児に対して，いざり這い・四つ這いを獲得しているかに着目し，獲得状況を，いずれも獲得していない，片方獲得，両方獲得に分類した．結果は両方獲得・片方獲得の児童は対物認知・対物操作・対人交渉の発達過程に差異がなかったのに対して，両方獲得しておらず遅延している児童は，獲得している児童と比較して，有意に発達過程が遅れていることが確認された．この結果は，移動運動の獲得が認知面や行動面について大きな影響を及ぼす可能性を指摘するものである．ダウン症児の運動発達を促進することは，単に運動行為の基盤を構築するだけでなく，言語や社会性などの発達的基盤が培われることを示唆している．また菊池[3]は，ダウン症乳幼児における姿勢・移動運動の発達と共同注意行動の発達の関係性について検討を行った．共同注意行動とは「他者―対象―自己」という三項目の注意を共有する行動のことであり，視線追従や指差しの理解といったコミュニケーション行動の基盤となっている[4]．この研究では，生後 11~24 ヶ月のダウン症乳幼児を対象に，2 週間に 1 回の動作訓練を行った．動作訓練とは，ダウン症乳幼児に対して，著者である菊地が特定の動作（座位の保持や立位での踏みしめなど）を指導するものである．この動作訓練は，対象児童の動作発達状況を見ながら適宜設定された．また，動作セッションで起こったことを注意行動発達評価指標[5]に基づいた分析を行った．結果は，ダウン症乳幼児が座位などの移動運

動を新たに獲得することで，他者の前方への指差しの理解や視線追従が可能になったことが示された．このことは，姿勢・移動運動の発達と共同注意行動の発達に関連があることが示唆するものであった．

濱田[6]は，注意欠如・多動症(ADHD)の特徴的な行動に対して，保護者と保育士がどのように関わるのが適切であると考えているかを明らかにするために保育者を対象にアンケートを実施した．結果，保護者・保育士はADHD の幼児に対して「ポジティブな関与」をすることが最もふさわしいと考えていることが明らかとなった．「ポジティブな関与」とは児童の良いところを褒める，行動の理由を尋ねる，など児童を援助する関与である．この「ポジティブな関与」が最もふさわしいとされたのは，保育者は ADHD の幼児に対して援助責任を感じているためと考察されている．また，この本稿では，保育士が発達障害児童と関与する際，ポジティブな関与がADHDの行動特徴の対応として有効であることが示唆されている．

以上のような先行研究は，発達障害児童に対する運動教育は，コミュニケーション能力の向上や，コミュニケーションの基盤となる能力の構築に有効であることが示している．また発達障害児童に対してポジティブな関与が適切であることが示唆されている．

本稿の分析では，複数の発達障害児童が参与したトランポリン教室場面を対象とする．その中で，ある特定の児童がトランポリンで飛んでいるときに指導員や他の共同参与者からの声援(「頑張れ」，「上手」)を始めとしたポジティブな関与が多く観察された．このような運動場面におけるポジティブな関与は，発達障害児童のコミュニケーション能力向上に寄与している可能性がある．これまでの研究では，指導員と児童の一対一の場面の検討のみがなされてきた．これに対して，本稿では複数の発達障害児童が参与した運動場面を対象とする．このような場面において，特定の児童に対するポジティブな関与がどのように起こっているのかを明らかにすることで，運動教室におけるポジティブな関与が，その指導対象となる個人に対してだけではなく，集団全体のコミュニケーションの活性に寄与している可能性について検討していく．

具体的には，声援を始めとしたポジティブな関与は，どのようなタイミングで，どのような形で起こるのか，そして，特定の参与者に対する指導員や他参加児童によるポジティブな関与が，どのような行為によって引き起こされているかについて検討する．

2. データ

本稿では，発達障害児が参加した2日分のトランポリン教室を対象とするデータ1はデータ2の1週間後の内容となっている．データ1は53分収録したものであり，その中でも，実際にトランポリンを用いた指導が行われていた45分のデータを分析対象とした．同じく，データ2は60分のデータであり，43分のデータを分析対象とした．トランポリン教室に参与した人数は，4名の児童と指導員1名による構成で行われた．データ1とデータ2は同じ指導員，参加児童で構成されている．指導員は，公認トランポリン普及指導員の資格をもつものである．この資格は，トランポリン指導の専門性を示すものであり，必ずしも発達障害への運動指導に関する専門性を示すものではない．ただし，この資格を得るための講習本の中で，障害を持った人々に対する指導に関しても触れられている[7]．自閉症児童を対象に指導を行う場合は，児童の得意なことや出来ることを促し，児童が個性や障害の特徴にあわせて運動に楽しめるように指導員は工夫するように努めることと記されている．また，段階を重視していくよりも，自閉症児童は感覚・視覚から訴えていく方が課題や技を理解しやすいため，見本をみせて，模倣・同時模倣で進めることが有効であるとされている．ダウン症児童を対象に指導を行う場合は，信頼関係を築いていくことが重要視されており，トランポリン種目を指導する際，身近で相手に分かりやすい言葉を使うと理解が得られやすいとされている．加えて補助に入る際は入る意思を声掛けし前方または横から接するなど個人の特徴を踏まえて工夫した指導が求められている．

本稿で分析するトランポリン教室に参与した4名の参加児童は全員，発達障害を有している．参加児童は，後述のように普段からトランポリン教室に参加しているが，このメンバーによるトランポリン教室は収録のために開かれたものであり，参加児童は初対面であった．以下，A，B，C，Dと呼称する．一人一人の詳細なデータは以下に示す．A(男性・年齢7歳，自閉症スペクトラム(ASD))，B(女性・年齢9歳と2ヶ月，ASDと精神発達遅延)，C(男性・11歳，ダウン症)，D(女性・9歳，ダウン症)．この4名はトランポリンを始めてからの年数が異なっている．トランポリンを始めてから経過した年数はA：2年6ヶ月，B：4年1ヶ月，C ：8ヶ月，D：1ヶ月となっている（上記の年齢，トランポリン歴は収録時点のものである）．今回のデータでは，初

めてから間もないDに対して声援を始めとしたポジティブな関与が多く観察された．以下，D を中心した分析を進めていく．

3. 分析

本稿では，5 個の分析を行った．すべての分析はDに対する指導員や他参加児童の発話による関与に着目したものである．分析 1 では指導員・他参加児童の発話による関与が，どのタイミングで行われたかについてデータ 1 とデータ 2 の比較を行った．分析 2 では分析 1 で変化が見られなかった指導員の発話の詳細について検討を行った．分析 1 と 2 は，データ 1 からデータ 2 にかけて，D がトランポリンをうまく飛べるようになっていた可能性を示唆していた．そこで分析 3 では，D がトランポリンを飛んだについて比較を行った．分析 4 では，D のセッション中に起こった他参加児童による発話に着目し，他参加児童が指導員の発話に追随・模倣したか否かについて検討を行った．最後に分析 5 では，分析 4 の結果を踏まえて他参加児童による指導員の発話模倣はどのような発話が模倣されやすいのかを検討した．

3.1 分析 1 Dに関与した発話の総数

トランポリン教室の運動指導の中心は，もちろん参与者がジャンプすることである，彼らは様々なやり方でジャンプを行い，ジャンプの仕方や着地の仕方についての指導を受けている．分析対象とする教室では，指導は，4 名の参加児童が順番にトランポリンを飛んでいく．分析 1 では，D のジャンプを中心に，D に対する指導員・他参加児童の発話による関与について検討を行い，データ 1 とその 1 週間後に実施されたデータ 2 の比較を行う．分析を通して，データ 1 とデータ 2 における変化を明らかにし，次の分析の焦点について検討する．

先に述べたようにこの教室では 4 名の参加児童が順番にトランポリンを飛んでいく．本稿の分析では，D の飛ぶ順番内で産出された指導員，他参加児童からの発話をカウントし，分析していく．各参加児童の順番は，飛ぶ前の準備となる“飛ぶ前”，実際に飛んでいる最中の“飛び中”，そして次の参加児童が飛ぶまでの“飛び後”の 3 つの区間で構成されている．以下の定義に従って，D の順番を分割した．D がトランポリン台に上り，最初に飛ぶまでの間を“飛ぶ前”，“飛ぶ前”から指導員に「交代」と声を掛けられるまでを“飛び中”，“飛び中”からDがトランポリン台を降りて次の人に交代するまでの間を“飛び後”とした．この 3 つの区間における発話の回数をカウントした．発話のカウント方法は，発話と発話の間が 0.5 秒以上空いた場合を 1 カウントとした(例「飛べたよーグ―今度パーしよ(0.5)パー (0.5)パーよ」計 3 カウント)．また，“飛び中”で D に関与した発話は D が飛んでから足がつくまでの間で関与した発話を 1 カウントとした．以上の方法で指導員と他の参加児童の発話数をカウントした．

分析結果は表 1 となった．

表 1 D の順番における指導員・他参加児童の発話数

データ1	飛ぶ前	飛び中	飛び後	トータル
指導員	61	366	15	442
参加者	2	28	4	34

データ2	飛ぶ前	飛び中	飛び後	トータル
指導員	41	361	21	423
参加者	3	5	2	10

指導員の発話については，データ 1 とデータ 2 で大きな変化は見られなかった．特に“飛び中”区間において指導員が産出した発話はデータ 1 とデータ 2 では，ほとんど変化が見られなかった．一方で他の参加児童について見ると，データ 1 からデータ 2 にかけて全体的な発話数が，かなり減少していた．“飛ぶ前”，“飛び後”の区間では，データ 1 とデータ 2 で大きな変化はなかった．一方で，“飛び中”区間での他参加児童からの発話はデータ 1 からデータ 2 かけて，大きく減少していた．

3.2 分析 2 指導員がDに関与した詳細

分析 1 では，D の飛ぶ順番における指導員・他参加児童の発話回数についてカウントした．結果，指導員については大きな変化が見られず，対して他参加児童の発話の減少が見られた．分析 2 では，変化が見られなかった指導員の発話の詳細について検討する．特に発話を“指導”，“ポジティブな関与”に分類し，その種類の変化について検討し，データ 1 からデータ 2 において，指導員の D への対応の変化を検討する．

発話内容に基づき，指導員の発話内容を 3 つに分けた．発話の種類区分は，D に対する“指導”と D に対する“ポジティブな関与”，そしてそれ以外の“その他”に分類した．

“指導”は，Dに対してトランポリン動作に関わる発話である（例えば，「1，2，3」といったDの飛ぶ回数を示し，援助するものや「手ついてね」といった具体的な動作を指示するものである）．“ポジティブな関与”はDの動作や行動を肯定する／褒める発話を分類した．具体的には指導員がDに関与する際に「頑張れ」，「上手」，「そうそうそう」やDの名前を呼ぶ発言を“ポジティブな関与”とした（名前を呼ぶ発話は，しばしばその後褒める発話が続いており，一続きの発話を“ポジティブな関与”としてカウントした．ただし，名前だけを呼ぶ発言も観察されたが，今回の分析では後者もポジティブな関与としてカウントした）．

発話のカウントの仕方は，基本的に分析1と同様であり，発話間に間を開けたところで切り分けて，カウントした．ただし，分析2では，分析1では1つの発話とカウントしていたところで，“ポジティブな関与”と“指導”の両者が含まれていたところを，分割してカウントした．そのため，分析1と分析2の指導員の発話総数が異なる．例えば，「はい立って(2.0)さんはい(1.0)はい1(1.0)2(1.0)3グそうそう上手上手」は分析1では，発話間の0.5秒以上の沈黙で区切るため，発話回数5とカウントした．分析2では，「はい，立って，さんはい，はい1，2，3グ，」の指導5回と「そうそう上手上手」の褒めとなるポジティブな関与1回と合計6回と数えた．

分析の結果は表2となった．

表2　Dの順番における指導員種類ごとの発話数

データ1		
指導員・指導		289
指導員・ポジティブな関与		107
指導員・どちらでもない		137
	トータル	533

データ2		
指導員・指導		322
指導員・ポジティブな関与		69
指導員・どちらでもない		82
	トータル	473

“指導”は，データ1よりもデータ2では33回近く回数が増えていた．また，“ポジティブな関与”は，データ1では107回に対して1週間後のデータ2では69回とおよそ半分ほどに減少していた．

“ポジティブな関与”は，褒めや評価である．このような関わり方は，トランポリン指導の中で，Dが次の行動のモチベーションとなりうるものである．このような“ポジティブな関与”が減少したのは，このようなモチベーションがなくてもDがトランポリン運動に積極的に取り組むようになった．つまりDがトランポリンの技術的な向上があった可能性がある．Dのトランポリン技術が向上し積極的にDが飛んだことでポジティブな関与が減少し，一方で指導員による指導回数が増えたと考えられる．

3.3 分析3　Dが飛んだ回数

分析2では，Dがトランポリンに対して技術的な向上があった可能性が示唆された．また，技術的に向上したことにより，Dがトランポリンに対して積極的になったのではないかと考えた．Dのトランポリン技術の向上を検討するためには，様々な方法があると考えられるが，本稿では，実際にデータ1とデータ2でDがトランポリンを飛んだ回数にどのような変化があったのかカウントし検討した．具体的にはDが，自身の順番の中（分析1における“飛び中”）で，トランポリン上で飛んだ回数をカウントし（トランポリンの上で足を離し，戻るまでを1回とした），データ1とデータ2で比較した．結果は表3となった．

表3　Dの順番ごとの飛んだ回数

各順番	1	2	3	4
データ1	38	45	38	35
データ2	46	35	52	97

5	6	7	8	
40	62	130	39	427
177	164	50	-	621

まず全体の合計を見るとデータ1で427に対してデータ2では621と飛んだ回数はデータ2でおよそ200回近く飛んだ回数が増えていることが分かる．また，各セッション数がデータ1では8回に対してデータ2では7回に減っている．セッション回数がデータ2で1回分減ったことで，セッション3〜6までの飛んだ回数が大幅に増えている．この結果，Dがトランポリンに対して積極的になっていることを裏付ける一つの根拠になるだろう．また，Dの順番が1回減っていたが，このことは，1つの順番内で指導員がより長くDと関与

していたことを示している.

3.4 分析 4 共同参与者の関与

分析 1 の結果から, 他参加児童による D への関与が 1 週間後のデータ 2 では, 減少することが明らかとなった. また分析 2 から, データ 2 では, 指導員による D に対するポジティブな関与が減少することが示され, D が技術的に向上した可能性が示唆された. 一方で他参加児童による D への関与の減少には, 分析 2 の結果から, 指導員からの D へポジティブな関与の減少が関連する可能性がある. データを観察したところ, 他参加児童から D へ関与した発話は, 児童が自発的に行ったものだけではなく, 指導員の後に続く模倣として産出されていたものがあった. 分析 4 では, D の順番中に起こった他参加児童による発話に着目し, 彼らが指導員の発話を追随・模倣をしたか否かについて検討を行う. 具体的には, 指導員の発話の後に続いて発話内容を模倣していれば模倣か否の 2 つに分けた, 模倣は以下のようなものである.

指導員「はい, 1, 2, 3, グ, そうそう上手上手」
参加児童 B「上手」

さらに, 共同参与者による発話内容が D に対して“ポジティブな関与”か否かについても分類した. 以上を踏まえて, 模倣か否かの軸と“ポジティブな関与”か否かの軸の 2 つの軸で発話を 4 つに分類し, カウントした（ちなみに児童の発話は, 1 単語で産出されるものだけであったため, 分析 1 の発話のカウントと同じ数となっている）.

分析の結果は表 4 となった.

表 4 他参加児童による種類ごとの発話回数

データ1		指導員の発話模倣	非模倣
ポジティブな関与		16	6
ポジティブな関与以外		4	8
データ2		指導員の発話模倣	非模倣
ポジティブな関与		3	1
ポジティブな関与以外		1	5

結果は, 他参加児童による D への関与は指導員によるポジティブな関与を追随・模倣したものが多かった. 特に他参加児童からの関与が多かったデータ 1 では, 指導員の発話をよく模倣していたことが分かる. また, データ 2 で他参加児童から D への関与が減少してしまった. このことは, 指導員のポジティブな関与が減少したことで, 他参加児童の模倣も減少したからだと考えられる.

3.5 分析 5 模倣されやすい発話内容について

分析 4 から他参加児童の D への関与は指導員の発話を模倣が多く, また模倣の多くは, “ポジティブな関与”の模倣であることが示された. また, データ 2 では, 指導員による“ポジティブな関与”が減少することで, 他参加児童の模倣自体も減少することが示された. これまでの分析 2 の結果から, 指導員による D に対する“ポジティブな関与”が減少したことで, 他参加児童の模倣も減少していたことがしめされた。では, 具体的にどのような指導員の発話に対して, 児童は模倣していたのだろうか. 分析 5 では, “ポジティブな関与”として産出される発話を分類し, どの発話に対して他参加児童が模倣していたかを検討する.

データ内で“ポジティブな関与”に属する発話は, D 自身の名前をよびかける名前, そして「頑張れ」,「出来る」,「上手」,「オッケ」,「いいよ」,「すごい」の 7 項目の発話数を指導員と他参加児童ごとにカウントした.

結果, 指導員の発話の産出数は図 1 と他参加児童の発話産出数は図 2 となった.

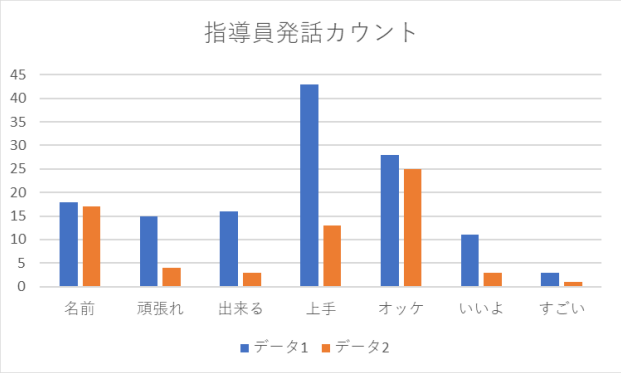


図 1 指導員の発話ごとのカウント

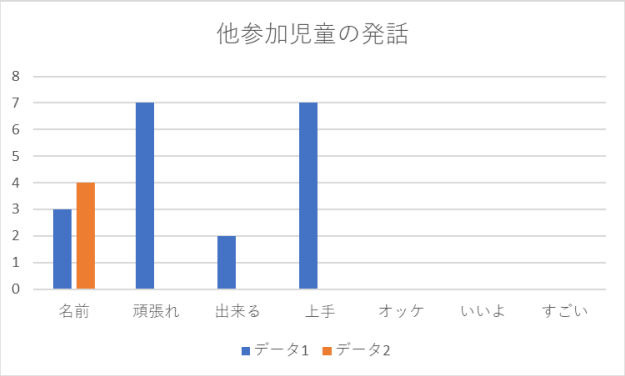


図２　他参加児童の発話ごとのカウント

まず指導員について全体的な数値を見ると，「名前」はほとんど変化がなかった．一方で「上手」と「出来る」，「頑張れ」の 3 項目がデータ 2 で大きく減少してしまう結果となった．また，他参加児童全体を見ると，こちらも「名前」に関しては大きな変化が見られなかった．他参加児童による「出来る」，「上手」，「頑張れ」の 3 項目は，データ 2 では全く見られない結果となった．この結果は，他参加児童による D への関与が減少してしまった 1 つの要因として指導員の「出来る」，「上手」，「頑張れ」の 3 項目の発話数が減少してしまい，他参加児童による D への関与が減少してしまったことを示している．そして，この 3 項目の発話は比較的に共同参与者にとって模倣がしやすい発話であることと考えられる．

4.考察

本稿では，トランポリン教室に参加する初心者である D に対する指導員・他参加児童の発話に着目し，データ 1 と，1 週間後に行われたデータ 2 の比較を行った．分析 1 では，D の順番周辺での発話をカウントした．結果，指導員についてはデータ 1 とデータ 2 では，大きな変化が見られなかった．対して，他参加児童の発話は，データ 2 で減少が見られた．分析 2 では，指導員の発話を “指導”，“ポジティブな関与” に分類した．結果，“ポジティブな関与”がデータ 2 で減少していた．分析 3 では，D のトランポリン上で飛ぶ回数をカウントし，データ 2 での増加を確認した．分析 2 と分析 3 より，D のトランポリン技術の向上により，指導員の “ポジティブな関与” が減少している可能性が示唆された．分析 4 では，参加児童による指導員の発話に対する模倣を数えた．結果，データ 1 では “ポジティブな関与” に対する模倣が起きていることが示された．分析 5 では，“ポジティブな関与” を詳細に分類し，児童が D の名前を呼びかける，「頑張れ」，「出来る」，「上手」といった指導員の発話を模倣していることを明らかにした．これらの結果は，D のトランポリン技術の向上により，指導員の “ポジティブな関与” の減少，指導員の “ポジティブな関与” による他参加児童による模倣の減少，および D の順番における関与の減少が起こっていることを示唆している．

本稿では指導員と児童の一対一の運動教室ではなく，複数の児童が参加するトランポリン教室を分析対象とした．もっともトランポリンの経験が浅い D に着目した分析を行うことで，彼女に対して指導員だけではなく，他参加児童からの関与が観察された．そして，この関与は，彼女のトランポリン技術向上によって減少する可能性が示された．このことは，複数の児童が参加する運動教室において，熟達度の異なる児童がいることの有効性を示唆するものとなるといえるだろう．指導の効率化という観点で見ると，なるべく均一な能力をもった児童たちが参加する状態が望ましいと考えられる．しかしながら，発達障害児童に対する運動教育は，単なる運動能力の向上だけではなく，コミュニケーション能力の向上も期待されて行われるものである．そのような観点から見ると，異なる能力を持った児童たちが参加することで，“ポジティブな関与” というコミュニケーションが生起しやすいという可能性を示唆した本稿の結果は，発達障害児童に対する運動教育のあり方の一つを示すものとなりえるだろう．また他参加児童からの積極的な関与を引き出すという点で，指導員がどのような “ポジティブな関与” を行うことが適切であるかを分析 5 の結果は示唆している．分析 5 では，「できる」「がんばれ」「上手」といった指導員の発話が，他参加児童から模倣されやすい可能性を示した．このような他児童が模倣しやすい発話を指導員が行うことで，複数児童が参加した運動教室でのコミュニケーションの活性化を図ることができるだろう．

最後に本稿の限界点と今後の展望について述べておきたい．本稿では，トランポリン初心者である D に着目し，周囲で起こる発話について回数を数えることで，指導員や他参加児童からの “ポジティブな関与” の生起のあり方の検討した．この “ポジティブな関与” が運動教育やコミュニケーションに困難を抱えうる児童たちへの教育に，どのような影響を与えているのか，そして，教育の中でどのように行われているのかについてはさらなる検討が必要となるだろう．特に，本稿の分析

では，障害の特性と“ポジティブな関与”について検討を行うことができなかった．この点について，分析を行うためには，事例の詳細な検討を今後行っていく必要があるだろう．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H04588 と JP22K13590 の助成を受けたものである．また収録の協力していただいた，トランポリン教室および参加者の皆様に感謝します．

文献

[1] 三宅康将・伊藤良子，(2002)“発達障害児のコミュニケーション指導における情動的交流遊びの役割”，特殊教育学研究，Vol.39, No.5，1-8
[2] 橋本倉一・菅野敦・細川かおり，(2002)“ダウン症児の歩行獲得パターンにみる諸機能発達に関する研究”，特殊教育研究施設研究報告 / 教育学部附属特殊教育研究施設 No.1, 53-70.
[3] 菊池哲平，(2005)“ダウン症乳幼児における姿勢・移動運動と共同注意行動の発達的関連”，特殊教育学研究，Vol.42, No.5，341-350
[4] 大神英裕，(2002)“共同注意行動の発達的起源”，九州大学心理学研究，Vol.3，29-39.
[5] 黒木美紗・大神英裕，(2003)“共同注意行動の標準化”九州大学心理学研究，Vol.4，203-213.
[6] 濱田祥子，(2019)“ADHD の行動特徴に対する保育士の原因帰属と対応の関連”，LD 研究，Vol.28，No.2，283-295
[7] 公益財団法人日本体操協会，(2015)“トランポリン 公認トランポリン普及指導員資格認定講習会教本 ”，公益財団法人日本体操協会.

自撮りの加工と整形願望
Interaction between processing of selfies and interest in plastic surgery

粟津 俊二,古庄歩未
Shunji Awazu, Ayumi Furusho

実践女子大学
Jissen Women's University
Awazu-shunji@jissen.ac.jp

概要

女子大生を対象に, 整形への関心度と, 顔加工アプリの使用経験との関係を調べた. 整形関心度によって, 加工アプリの使用頻度, 自身の顔に対する感じる違和感に差が見られた. また, アプリの使用頻度と違和感には正の相関が, 加工程度と自身の外見に対する動機づけには, 負の相関がみられた. 自身の顔の加工というＩＣＴ技術を用いた仮想的な知覚運動経験が, 現実の自身の顔の認知に影響し, 行動を通して現実の知覚運動経験も変容させていく例と考えられる.
キーワード : 顔　整形願望　ICT　知覚運動経験

1　目的

身体性認知科学の知見によれば, 知覚運動経験に由来する知覚運動表象は, 人間が行う様々な概念処理, 認知処理に適用される[1]. この観点から, ICT を用いた仮想現実, 非現実のコンテンツに対する活動と, 現実世界での経験や活動との関係について考える.

仮想現実における活動は, 自分の名前や外見, 身体を変容させたり, 物理的な制限を無視することができる. つまり, 本来自身の身体を通して経験する知覚運動経験を変容させることができる. しかも ICT を用いた仮想現実・非現実コンテンツとのやり取りは, 単にそのコンテンツを受容するだけでなく, その環境やコンテンツにおいて能動的に行動し, フィードバックを受ける. これはそのコンテンツのある環境との相互作用が生じるということであり, その環境に適した知覚運動表象の形成に繋がる. したがって, 仮想現実, 非現実コンテンツでの (疑似的な) 知覚運動経験を持つことで, 現実世界における概念処理や認知処理に影響が生じると考えられる. もしそうであれば, 今後さらに ICT が発展し, 仮想現実・非現実コンテンツに触れる機会が増えるにつれて, その影響はますます大きくなるであろう.

本研究では, このような仮想現実・非現実コンテンツとの相互作用が, 現実環境における自己認知に影響するかどうかを検討する. 具体的には,「自撮り加工アプリ」の使用が, 整形願望と関係しているかどうかを検討する. 現代の若者の整形願望に関する社会学的な分析によれば, 整形実践者は「実在する他者から言われた評価」よりも「自分が想像する他者による評価」が重要であり, かつ「鏡に映った実際の姿」よりも「自らが想像した自己」が重要とされている. また, 化粧などによって「本当の自分」を「理想の自己像」に近づける経験を重ねることで,「すっぴんの素顔」と「理想の自己像＝本当の自分」のギャップを埋める手段として美容整形願望が強くなると考えられている[2]. もしこの分析が正しければ,「自撮り加工アプリ」によって,「本当の自分」を「理想の自己像」へと近づける経験を重ねるほど, 整形願望も強くなると予想される. 本研究では, この仮説を検討する.

2　方法

2.1.協力者

女子大生 59 名（18 歳～22 歳）を対象に, 質問紙調査および調査実験を行った. 事前に写真加工アプリの使用経験の有無を尋ね, 使用経験が無い者には質問紙調査のみを, 使用経験が有る者には質問紙調査と, 実際に加工アプリを用いた調査実験を行った.

2.2.質問紙調査

質問紙は下記 3 要素, 全 26 項目から構成された.

＜美容整形への興味関心＞「あなたは整形に興味がありますか」という質問に対して,「興味がない」「興味はあるが, 行うつもりはない」「興味があり, 機会があったら行いたい」「近々行う予定がある. もしくは過去に行ったことがある」「どちらでもない」の５項目から選択させた.

＜加工アプリの使用状況＞「あなたは SNOW, SODA, Ulike, BeautyPlus などの「自撮り加工アプリ」を使っていますか？(複数人で自撮りをする場合も含む)」という質問に対し,「使っている」「加工に使っていたが, 今は使っていない」「使ったことがない」の３項目から選択させた.

さらに, 加工アプリの使用頻度について, 週平均の加

工アプリ使用頻度と自撮りをする際に加工アプリを使う頻度を尋ねた. これは, 自撮りをしないときにも加工アプリで自分の顔を加工する「私遊び」をする可能性があるためである[3].「あなたは加工アプリを平均週何回使用していますか？」という質問に対し,「毎日」「2〜3 日に 1 回」「3〜4 日に 1 回」「週に 1 回」「加工アプリを使用していない」の 5 項目から選択させた. また「自分自身や複数人と自撮りをする時に, 加工アプリを使用する頻度について最も近い回答を選んでください」という質問に対し,「毎回必ず使用する」「毎回ではないが, よく使用する」「あまり使用しない」「全く使用してない」「自分自身や友達などとも, 自撮りはしない」の 5 項目から選択させた.

最後に,「あなたは鏡を見たときや加工アプリを使用していない自分の写真を見たとき, 自分の顔に違和感を感じることはありますか？」という質問に対して,「強く感じる」「やや感じる」「あまり感じない」「全く感じない」「どちらでもない」の5項目から選択させた.

＜自身の外見への評価＞外見スキーマ尺度[4]を用いて, 自身の外見を気にする程度を測定した. この尺度には, 自身の外見に関する自己評価（SES）因子 9 項目(例「自分がどのように見えているか考えさせられることが多い」)と, 動機づけ（MS）因子 4 項目(例「できるだけ自分の外見を魅力的にしようと努力している」）が含まれている. ただし, 手違いにより SES 因子の「私は, できるだけ自分の外見を魅力的にしようとする」という項目を削除したため, SES 因子 8 項目, MS 因子 4 項目の計 12 項目を用いた. 5 件法で回答させた.

2.3.調査実験

加工アプリの使用経験がある 58 名に対し, 加工アプリ SNOW(SNOW Corporation)を用いた調査実験を行った. 協力者自身のスマートフォンに SNOW をインストールしてもらい, 1 名ずつ個室で行った.

まずその場で顔写真を自撮りさせた. その後,「SNS に載せることを前提として, 普段自分自身や友達と自撮りをする際の加工度合いを想定して加工してください」と教示し, SNOW の「メイン」-「高性能」機能を用いて, 顔のみを加工するよう指示した.

SNOW で加工可能な顔部位のうち, 目の 9 部位を「目カテゴリー」, 口の 6 部位を「口カテゴリー」, 輪郭の 8 部位を「輪郭カテゴリー」, 鼻の 7 部位を「鼻カテゴリー」とし, 4 カテゴリー計 30 部位について, 加工した程度を SNOW の画面上に表示された数値(0〜100)で Google フォームに入力させた. このとき, 加工しない部位には 0 を, マイナスの加工数値では絶対値を記入させた. また, 各カテゴリー内で最も大きく加工をした部位と,「目」「口」「輪郭」「鼻」各カテゴリー内および 4 カテゴリー計 30 項目内で最も整形したい部位を, それぞれ回答させた.

3 結果

3.1 分析方法

＜加工アプリの使用頻度＞回答者 59 名のうち 43 名は調査時点でも何らかの写真加工アプリを使用しており, 15 名は現在使用していないが過去に使用経験があった. 全く使用経験のない回答者は 1 名だった.

加工アプリを使用する「使用頻度」として,「自撮り時に加工アプリを使用する頻度」と「週に何回しようするか」の 2 つの質問へのそれぞれ 4 件法の回答を合算し, 2〜8 点の使用頻度得点とした.

＜加工アプリによる加工程度＞ 4 カテゴリーに含まれる各部位の加工程度の平均値を, そのカテゴリーの加工程度とした. さらに, 全 30 部位の平均値を, 全部位の平均加工程度とした. 4 カテゴリーおよび全部位の平均加工程度について, 相関係数を求めたところ, 5 カテゴリー間全てにおいて 1%水準で有意な正の相関がみられた. よって, 全部位の平均加工程度のみを加工程度の指標とした.

＜美容整形への興味関心＞ 美容整形に「興味がない」と回答した 12 名を無関心群に,「興味はあるが, 行うつもりはない」と回答した 21 名を消極的関心群に,「興味があり, 機会があったら行いたい」と回答した 19 名および「近々行う予定がある. もしくは過去に行ったことがある」と回答した 7 名の計 26 名を積極的関心群に分類した.

＜外見スキーマ尺度＞SES 因子 10 項目と MS 因子 4 項目の個人平均を, 両因子の得点とした. SES 因子は平均 3.92(範囲 2.6-4.9, SD 0.64), MS 因子は平均 4.22（範囲 1.5-5, SD 0.72）であった. なお SES 因子と MS 因子には有意な正の相関(r ＝.39, p<.01)がみられた.

3.2 尺度間の関係

各尺度間の相関 (表 1)をみると, 使用頻度と違和感, 加工程度と違和感, SES 因子と MS 因子に有意な正の相関があった. また, MS 因子と加工程度には有意な負の相関がみられた. 加工程度との関係を抜き出すと, 自

撮りアプリの加工程度が大きい者ほど実際の自身の外見への違和感が大きく，また自身の外見に関する動機づけが高い者ほど加工程度は小さかった.

表 1　各測定尺度間の相関係数

尺度	使用頻度	違和感	加工程度	SES因子	MS因子
使用頻度	1	.361**	0.23	-0.051	0.132
違和感		1	.307*	0.209	0.168
加工程度			1	0.047	-.263*
SES因子				1	.386**
MS因子					1

3.3　美容整形への関心度の影響

全体および美容整形への関心度別に, 使用頻度, 加工程度，違和感，外見スキーマ尺度の SES 因子と MS 因子の平均値および標準偏差(SD)を表 2 に示す.

表 2　整形関心度別の平均値と標準偏差

群	人数	使用頻度		違和感		加工程度		SES因子		MS因子	
		平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	S
消極的関心群	21	4.71	1.42	3.10	1.64	1.81	1.48	3.90	0.62	4.20	0.
積極的関心群	26	5.69	1.41	4.00	0.98	2.17	1.46	3.97	0.70	4.12	0.
無関心群	12	4.67	1.87	3.25	1.14	1.36	1.35	3.86	0.60	4.48	0.
全体	59	5.14	1.57	3.53	1.33	1.88	1.45	3.92	0.65	4.22	0.

使用頻度得点について一要因分散分析で比較したところ，有意差が見られた[F(2,56)=3.14, p=.05]. 平均値としては積極的関心群の使用頻度得点が高く，無関心群の使用頻度が最も小さかった. しかし Tukey の HSD 法による多重比較を行ったところ，消極的関心群と積極的関心群の間に有意差のある傾向がみられた(p=.08).

自身の顔への違和感について一要因分散分析で比較したところ，有意差が見られた[F(2,56)=3.14, p=.05]. Tukey の HSD 法による多重比較では，消極的関心群と積極的関心群の間に有意差がみられた(p=.05).

加工程度[F(2,55)=1.39, p=.28], SES 因子[F(2,56)=30.05, p=.89]，MS 因子[F(2,56)=1.04, p=.36]には，一要因分散分析で有意差がみられなかった.

4.考察

本調査では, 整形への関心度と, 加工アプリによる自撮りとの関係を調べた. 整形への関心度によって有意差が見られたのは, 加工アプリの使用頻度, 自身の顔を見た時に感じる違和感の程度であった. また, 使用頻度と違和感には有意な正の相関が，MS 因子と SES 因子には正の相関がみられた. MS 因子と加工程度には，有意な負の相関がみられた.

これらの結果は，自身の外見について自己評価（SES 因子）する者は, 自身の外見を魅力的にしようとする動機(MS 因子)も強いことを示唆する. また， MS 因子が低い者ほど写真での加工量が大きく，加工程度の大きな者は，自身の顔への違和感も感じやすいということが示唆される. 加えて, 加工アプリの使用頻度, 自身の顔への違和感，そして整形への関心に密接な関係があることが示唆される.

本調査からは因果関係を確定することはできないが, 加工アプリの使用と整形への関心をつなぐ機序を考察する. まず自身の外見への自己評価は行うが, しかし現実の外見を変える動機は低い者が，加工アプリでの大きな加工を行うことで, 自己評価を満たすと思われる. しかし，それによって加工された「理想の自己像」と「本当の自分」との差異が大きくなり, 自分自身の素顔に違和感を感じるようになると考えられる. 加えて, そのような加工を頻繁に行うことで, 加工された「理想の自己像」を見る頻度が多くなるため，「理想の自己像」を「本当の自分」だと認識し，自分自身の素顔を「本当の自分」に近づけるために, 整形に興味関心を持つと考えられる. 自身の顔の加工という情報技術を用いた仮想的な知覚運動経験が, 現実の自身の顔の認知(違和感)に影響し，自身の行動(整形)，さらには現実の知覚運動経験(実際の顔)も変容させていく例と考えらえる.

ただし本調査の協力者のうち，実際に実施した経験のある者および実際に整形をする予定がある者は， 7 名のみである. 整形への興味と実施には大きな差があることも考えられる. 今後, 整形実施経験者のデータを追加し，本調査の妥当性を確認する必要がある.

文献

[1] Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. Behavioral and Brain Sciences, 22(4), 577–609.
[2] 谷本奈穂(2008)「美容整形と化粧の社会学―プラスティックな身体」新曜社
[3] 米澤泉,馬場信彦(2021)「奥行をなくした顔の時代ーイメージ化する身体，コスメ・自撮り・SNS」晃洋書房
[4] 安保恵理子・須賀千奈・根建金男 (2012) 外見スキーマ尺度の開発および外見スキーマとボディチェッキング認知の関連性の検討. パーソナリティ研究,20(3), 155-166.

創作経験による創作ジャンルを超えた鑑賞過程への影響

Art appreciation process influenced by a different type of experience of art making

中田　龍三郎†，松田　知優†
Ryuzaburo Nakata, Chihiro Matsuda

†北星学園大学
Hokusei Gakuen University
† r-nakata@hokusei.ac.jp

Abstract

創作活動を経験することは経験した芸術に対する評価だけでなく、それ以外の芸術作品の評価にも影響するだろうか。本研究では創作折り紙の作成を行わせ、その前後に創作折り紙作品、別ジャンルの作品としてLEGO作品等の評価を行わせた。その結果、創作後の作品評価において、美的印象に関係する項目のうち感嘆に関して、創作折り紙条件だけでなくLEGO条件でも有意傾向ながら創作経験の効果が示された。創作経験はその創作経験とは直接関係しない芸術作品の評価についてもポジティブな影響を与えることを示唆する結果であった。

キーワード：創作経験，鑑賞過程

1．はじめに

芸術作品を鑑賞すると、人によって好みや視点が全く違う。これには芸術に関わる経験や専門的知識が影響していると考えられる(Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004; Lindell & Mueller, 2011)。たとえば、芸術作品を鑑賞する際に、芸術に関わる経験や専門的知識がある熟達者の方が、初心者よりも複雑な絵をより面白く・理解しやすく感じやすい(Silvia, 2006)。作品鑑賞をする際に作品を理解する過程には、創作プロセスの理解が含まれているとされる(Bullot & Reber, 2013)。ここでの創作プロセスの理解とは、ある作品が創作される間において関わった創作者の好意や思考について理解することとされる。例えば、作品の背後に、どのような身体的技術・発想上の工夫が作品の背後にあるかについて認識することなどである。芸術の熟達度に応じて鑑賞者は作品の背後を理解して鑑賞できるようになるし、それが美的印象とも関連を持つことが示唆されている（Bullot & Reber, 2013)。

松本・ルトコフスキ・岡田(2017)が行った実験では、「作品の創作経験がある場合、鑑賞中に自らの経験に基づいて作品の創作プロセスの表象を形成し、自他の比較を行いながらそれについて評価するため、作品の印象もポジティブからネガティブまで変動する」との予測のもと、芸術家の創作過程に近い経験、芸術家の創作過程とは違う種類の経験、経験なしの３水準を設定し、２回の作品鑑賞の間に創作折り紙課題を行わせた。そして２回目の鑑賞の際に作品の評価に差があるのかを調査したところ、創作過程に近い経験、遠い経験、経験なしの順番で有意に高い評定値が得られた。よって、作品の創作経験によって、鑑賞した作品をポジティブに捉えることが明らかとなった。

創作プロセスを経験したことにより、経験した芸術に対する評価のみならず、創作ジャン

ルを超えた芸術作品についても評価が上がることはないのだろうか。坂崎(1976)では、小説と絵を鑑賞する際のプロセスについて、絵のプロセスが「見る、感じる、(意図を)読む」という流れであるのだとするならば、小説のプロセスは「読む、感じる、(情景を)見る」という流れであり、芸術を鑑賞する際のプロセスは違っていても、「感じる」ことに変わりないと言及している。そこで本研究では、創作折り紙の作成を行わせ、その前後に創作経験と関連する芸術作品として創作折り紙、別ジャンルの作品としてLEGOと抽象画の評価を行わせた。それにより創作経験が別ジャンルの創作物の鑑賞過程と美的評価を変容させるのか実験的手法により検討した

2. 方法

実験参加者：芸術を専攻としない大学生48名（うち、男性11名、女性37名、*M*age = 21.25、*SD* = 1.45)を実験参加者とした。実験開始前にインフォームドコンセントをうけた。視力（矯正視力）は正常であった。

刺激：実験に用いる刺激として 3 種類の鑑賞ジャンル(創作折り紙、LEGO、抽象画)の画像を採用した(Fig. 1)。鑑賞ジャンル間の好ましさの平均評定値にできるだけ差がないように予備調査を実施したうえで、各鑑賞ジャンルでそれぞれ 15 枚の画像を実験刺激として採用した。1920 × 1080 pixel のディスプレイにカラーで画像を提示した。

Figure 1 実験中に提示した作品例
（左上：創作折り紙、右：LEGO、左下　抽象画）

手続き：実験参加者の課題は、プレ・ポストの 2 回に分けて芸術作品の鑑賞・評価をすることだった。また、プレ・ポストの間に 30 分間の折り紙を使った課題や類似した活動があることを説明した。実験はプレ測定、創作経験課題(創作条件・複製条件・統制条件のどれか)、ポスト測定の順に行った。

創作条件・複製条件で使用した創作折り紙課題は、前川(2007)で解説されている折り紙の折り方から鼠とリスの折り紙作品を採用した。この 2 つの作品は、折り紙経験が全くない人や、ややある人が作っても簡単すぎず難しすぎない程度の作品として採用した。

プレ測定では、15 枚（各鑑賞ジャンル 5 枚ずつ）の芸術作品を呈示し、それぞれの好ましさについて 7 件法を用いて評価するよう求めた。画像の 1 枚ごとの呈示時間は 10 秒だった。

創作条件では、30 分間の課題を実施する際に、鼠とリスの創作折り紙作品を見せ、「この作品のように、他者から見て鼠やリスだと分かるクオリティで、あなたのイメージする鼠とリスを折り紙一枚で表現してください」と説明し、30 分間創作折り紙作品を作成させた。また、30 分間の活動をする前に、参加者には折り紙経験の有無について尋ね、あまり折り

紙を折った経験のない人は、練習として実験者の説明と説明文(イラスト付き)を用いて一緒に鶴の折り紙を作成した。

複製条件では、30 分間の課題を実施する際に鼠とリスの創作折り紙作品を見せ、「これからこの鼠とリスの作品の折り方の説明用紙をお見せするのでそれを見ながら作成してください」と説明し、説明文を見ながら創作折り紙を複製させた。また、30 分間の活動の前に、創作条件と同様に折り紙経験の少ない人には鶴を折る活動を行った。

統制条件では、30 分間、創作活動とは無関係のスマートフォンアプリのゲームをプレイし、出来る限り高いスコアを出すことを課題とした。

ポスト測定では 30 枚（各鑑賞ジャンル 10 枚ずつ）の芸術作品を呈示し、松本他(2017)の質問項目に基づき、①美的印象に関係する項目（好ましさ、感嘆、美しさ）、②作品の創作プロセスの評価に関係する項目（独創性、身体的技術）の計 5 項目について 7 件法を用いて評価するよう求めた。プレ測定と同様、画像の 1 枚ごとの呈示時間は 10 秒だった。

3. 結果

プレ測定：各条件における作品の好ましさについて、2 要因 3(創作経験：創作条件、複製条件、統制条件)×3(鑑賞ジャンル：創作折り紙、LEGO、抽象画)の分散分析(対応[なし]×[あり])を行った。その結果、創作経験の主効果は有意でなかった($F(2, 45) = 0.18$, n.s., $\eta^2_p = 0.01$)。鑑賞ジャンルの主効果は有意だった($F(2, 45) = 13.06$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.22$)。創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用は有意でなかった($F(4, 45) = 0.19$, n.s., $\eta^2_p = 0.01$)。

ポスト測定：ポスト測定で評価させた①美的印象(3項目)と②作品の創作プロセスの評価(2項目)について、2要因3(条件：創作条件、複製条件、統制条件)×3(創作ジャンル：創作折り紙、LEGO、抽象画)の分散分析を行った(Table 1)。

好ましさについて二要因分散分析を行ったところ、創作経験の主効果は有意でなかった($F(2, 45) = 0.28$, n.s., $\eta^2_p = 0.01$)。しかし、鑑賞ジャンルの主効果は有意であった($F(2, 45) = 13.45$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.23$)。創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用は有意でなかった($F(2, 45) = 1.44$, n.s., $\eta^2_p = 0.06$)。
感嘆について二要因分散分析を行ったところ、創作経験の主効果は有意でなかった($F(2, 45) = 1.35$, n.s., $\eta^2_p = 0.06$)。しかし、鑑賞ジャンルの主効果は有意であった($F(2, 45) = 45.18$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.05$)。創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用は有意であった($F(4, 45) = 4.34$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.16$)。単純主効果を検討したところ、創作経験の単純主効果は、創作折り紙($F(2, 45) = 3.61$, $p < .05$)において有意であり、LEGO($F(2, 45) = 2.51$, $p < .10$)においては有意傾向にあったが、抽象画では有意ではなかった($F(2, 45) = 1.94$, n.s.)。なお、鑑賞ジャンルの単純主効果は、創作条件($F(2, 45) = 28.19$, $p < .01$)、複製条件($F(2,45) = 11.43$, $p < .01$)、統制条件($F(2, 45) = 14.24$, $p < .01$)の全てにおいて有意であった。

美しさについて分析を行ったところ、創作経験の主効果は有意でなかった($F(2, 45) = 0.20$, n.s., $\eta^2_p = 0.09$)。しかし、鑑賞ジャンルの主効果は有意であった($F(2, 45) = 13.11$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.23$)。創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用は有意でなかった($F(4, 45) = 1.70$, n.s., $\eta^2_p = 0.07$)。

独創性について分析を行ったところ、創作経験の主効果は有意でなかった($F(2, 45) = 0.66$, n.s., $\eta^2_p = 0.03$)。しかし、鑑賞ジャンルの主効果($F(2, 45) = 24.27$, $p < .01$, $\eta = 0.36$)が有意で、更に創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用は有意傾向であった($F(4, 45) = 2.45$, $p < .10$, $\eta^2_p = 0.10$)。交互作用が有意

傾向であったため単純主効果を検討したところ、創作経験の単純主効果は、創作折り紙($F(2, 45) = 3.51$, $p < .05$)において有意であり、LEGO($F(2, 45) = 0.26$, n.s.)と抽象画において有意でなかった($F(2, 45) = 0.00$, n.s.)。なお、鑑賞ジャンルの単純主効果は、創作条件($F(2, 45) = 4.77$, $p < .05$)、複製条件($F(2, 45) = 7.58$, $p < .01$)、統制条件($F(2, 45) = 16.82$, $p < .01$)すべてに有意な差があった。

身体技術について分散分析を行ったところ、創作経験の主効果が有意でなかった($F(2, 45) = 0.14$, n.s., $\eta^2_p = 0.01$)。しかし、鑑賞ジャンルの主効果($F(2, 45) = 38.91$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.46$)と、創作経験と鑑賞ジャンルの交互作用($F(4, 45) = 3.16$, $p < .05$, $\eta^2_p = 0.12$)は有意だった。交互作用が有意であったため単純主効果を検討したところ、創作経験の単純主効果は、創作折り紙($F(2, 45) = 2.18$, n.s.)、LEGO($F(2, 45) = 0.83$, n.s.)、抽象画($F(2, 45) = 0.64$, n.s.)のどれにおいても有意でなかった。また、鑑賞ジャンルの単純主効果は、創作経験($F(2, 45) = 18.16$, $p < .01$)、複製条件($F(2, 45) = 8.75$, $p < .01$)、統制条件($F(2, 45) = 18.33$, $p < .01$)すべてにおいて有意だった。

Table 1 ポスト測定における評定値

	鑑賞ジャンル	創作折り紙			LEGO			抽象画			鑑賞ジャンルの主効果	創作経験の主効果	交互作用
	創作経験	創作条件	複製条件	統制条件	創作条件	複製条件	統制条件	創作条件	複製条件	統制条件			
①美的印象	好ましさ	4.25	4.03	3.91	5.43	4.75	5.01	3.73	3.96	4.11	13.45 **	0.28	1.44
		(1.46)	(1.04)	(1.03)	(0.70)	(1.23)	(1.20)	(1.10)	(1.11)	(0.94)			
	感嘆	4.52	4.29	3.54	5.88	5.30	5.24	3.56	3.71	4.18	45.18 **	1.35	4.34 **
		(1.59)	(1.20)	(0.88)	(0.62)	(1.11)	(0.99)	(1.07)	(0.82)	(0.61)			
	美しさ	4.25	3.93	3.50	5.04	4.69	4.69	3.85	3.80	4.17	13.11**	0.20	1.70
		(1.37)	(1.03)	(0.90)	(0.96)	(1.24)	(1.09)	(0.83)	(1.06)	(0.91)			
②評価	独創性	4.99	5.08	4.14	4.84	4.68	4.94	5.84	5.86	5.78	24.27**	0.66	2.45+
		(1.14)	(1.04)	(0.99)	(1.05)	(1.25)	(1.15)	(0.52)	(0.95)	(0.73)			
	身体的技術	4.99	4.83	4.09	5.74	5.48	5.71	3.96	4.15	4.38	38.91**	0.14	3.16 *
		(0.96)	(1.33)	(1.04)	(0.91)	(1.38)	(0.86)	(1.02)	(0.99)	(0.93)			

+ $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

4. 考察

ポスト測定において、美的印象に関係する項目のうち、感嘆に関しては、創作折り紙条件で創作経験の効果が、さらにはLEGO条件でも有意傾向ながら創作経験の効果が示された。また作品の創作プロセスの評価に関係する項目のうち、独創性については、創作折り紙条件で創作経験の効果が示された。

創作折り紙条件で美的印象に関する評価のうち感嘆で創作経験の効果が示されたことは、松本ら(2017)と一致する結果であった。やはり鑑賞に先行する創作経験によって、その創作経験と関係する作品ジャンルにおいてポジティブな印象を得やすくなるといえる。さらにさらに創作プロセスの評価でも松本ら(2017)と同様に創作経験の効果が示されており、作品の創作を経験することによって創作プロセスを高く評価するようになると考えられる。

本研究では感嘆において、創作経験を有していないLEGOにおいても弱いながら創作経験の効果が示された。これは特定の創作経験をすることがその創作経験とは直接関係しない芸術作品の評価についても創作ジャンルの枠を超えてポジティブな影響を与えることが示唆される。

一方で抽象画に対しては創作折り紙を経験することによる創作経験への効果はいずれの条件でも示されなかった。つまり創作経験とは直接関係しない芸術作品の評価に与える影響には何らかの限界があるのかもしれない。久保田・原田(2012)で説明されていたように、LEGOは学習ツールを検証するために利用されるほど創作プロセスが想像しやすい。また、LEGOの公式ホームページ(https://www.lego.com/ja-jp/categories/age)によると、LEGOは1.5歳から運動能力、想像力、創造性の発達を促す商品として売り出されていることから、幼少期においても取り組みやすいため、創作折り紙の経験はLEGOの創作プロセスを想像し、鑑賞過程を変容させるということが推測される。また、岡田・井上(1991)の実験で、抽象画よりも具象画の方が認知しやすく、更にポジティブな評価をされていたことが明らかとなっていたため、抽象画においては創作プロセスを想像するまでに至らなかった可能性がある。

本研究の結果は先行研究と比較しても全体的に創作経験の影響が限定的であり、被験者間のデータの分散も大きかった。創作ジャンルを超えて創作経験が芸術評価に与える影響についても必ずしも効果の大きいものとは言えない結果となった。これはコロナ禍で対面実験を実施したため、創作活動の実施や作品の鑑賞において十分な時間を設定できなかったことに起因する影響も考えられる。実験計画をより綿密に設定したうえでさらに実験を継続し、データを蓄積することで、特定の創作経験が創作ジャンルを超えて芸術評価に影響を与えるのか引き続き検討していく必要があるだろう。

参考文献

[1] Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D., (2004) “A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments”, *British Journal of Psychology*, 95, 4, 489-508.

[2] Lindell, A. K., & Mueller, J., (2011) “Can science account for taste? Psychological insights into art appreciation”, *Journal of Cognitive Psychology*, 23(4), 453-475.

[3] Silvia, P. J., (2006) “Artistic training and interest in visual art: Applying the appraisal model of aesthetic emotions”, *Empirical Studies of the Arts*, 24(2), 139-161.

[4] Bullot, N. J., & Reber, R., (2013). “The artful mind meets art history: Toward a psycho-historical framework for the science of art appreciation”, *Behavioral and Brain Sciences*,36(2) 123-180.

[5] 松本一樹・ルトコフスキ トマシュ・岡田猛(2017).創作経験は鑑賞過程をどのように変容させるか 日本認知科学会, 31, 809-813.
[6] 坂崎乙郎(1976) 絵とは何か 河出書房新社.
[7] 前川淳(2007) 本格折り紙―入門から上級まで 日貿出版社.
[8] 久保田拓朗・原田泰(2012).デザインの基礎学習のための教材開発 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 59, 246.
[9] 岡田守弘・井上純(1991).絵画鑑賞における芸術性評価要素に関する心理学的分析 横浜国立大学教育紀要, 31, 45-66.

自己呈示の意図と歩容
－見せたい自分は歩き方に表れるか－
Self-Presentation Intention and Gait
－Does the way you want to show yourself show in the way you walk?－

徐　韵† 天野　梨咲† 坂本　晶子†† 正田　悠††† 阪田　真己子†

Yun Xu, Risa Amano, Akiko Sakamoto, Haruka Shoda, Mamiko Sakata

†同志社大学大学院文化情報学研究科 ††（株）ワコール人間科学研究所
†††立命館大学スポーツ健康科学部

Doshisha University, Wacoal Human Science Research Center, Ritsumeikan University
ctmh0004@mail4.doshisha.ac.jp

概要

他者の存在を意識し，他者が自分に対して抱くイメージを操作することを自己呈示（self-presentation）という．自己呈示は，他者に対して必ずしも意図的に強く意識して行われるとは限らず（福島，1996），日常的な行動の中に当たり前のものとして組み込まれていることが知られている（長谷川，2005）．そこで，本研究では自己呈示の手段としての日常的行動として「歩容」に着目し，自己呈示の意図の強さが歩容にいかに反映されるかを確かめる実験を行った．実験の結果，自己呈示の意図の強さによって，歩容が変容することが定量的に確かめられた．

キーワード：自己呈示の意図，歩容，OpenPose

1. はじめに

人はいろいろな生活場面において常に他者と関わっており，他者の存在を意識して行動選択している．このように他者が自分に対して抱く印象を操作することを自己呈示という（Leary，1994）．自己呈示は，他者に対して必ずしも意図的に強く意識して行われるとは限らず，日常的な行動の中に当たり前のものとして組み込まれていることが知られている（長谷川，2005）．自己呈示の手段には，被服（鈴木・神山，2002）や化粧（遠藤，2011）だけではなく，謝罪のような行動，動作も含まれる（大西，2009）．

自己呈示の意図に基づく手段には動作も含まれるにもかかわらず，実際に自己呈示の意図がいかにして動作に反映されるかを定量的に確かめた研究はほとんど見当たらない．そこで，本研究では，個人の日常に組み込まれた行動として「歩容」に着目し，自己呈示欲求（承認欲求）や自己呈示意図が歩容に反映されるか否か，反映されるとすればどのように反映されるかを明らかにすることを目的とする．

なお，歩容を研究対象とした理由は，誰にとっても移動手段として用いられる日常的な基礎動作でありながらも，安定的に個性が表出される動作（菅原・小山・中山・上家，2019）であるためである．

2. 方法

自己呈示の意図が歩容に反映されるかを確かめるための実験を実施した．自己呈示の意図を操作するために，ステージ上で自己紹介を行う実験を設定し，自己紹介に向かう実験参加者の歩容を本研究の分析対象とした．

2.1 実験参加者

実験参加者は大学生・大学院生 41 名（男性 18 名，女性 23 名，平均年齢 20.83 歳，$SD = 2.24$）および中高年層 21 名（男性 3 名，女性 18 名，平均年齢 50.81，$SD = 25.77$）であった．

2.2 実験概要

本実験では，自己呈示欲求や自己呈示意図が歩容に反映されるか否かを実験的に検証する．実験では，「ステージ上で 3 分間の自己紹介スピーチを行ってください」と教示を行い，自己紹介を行う立ち位置に向かうステージ上の歩容（8 メートル）を分析対象とした．また自己呈示の意図の強弱が歩容に反映されるかを検証するため，前室（実験控え室）から自己紹介が行われるホールに向かう廊下を歩行する際の歩容（4 メートル）も分析対象とした．前者を自己呈示の意図が高い条件での歩行として「意図高条件」，後者を自己呈示の意図が低い条件での歩行として「意図低条件」と呼ぶことにする．これらの歩容を，前額面，矢状面からビデオカメラで収録した．

2.3 手続き

実験参加者には，実験当日までに実験の概要を伝え，3 分間の自己紹介スピーチを準備するよう指示しておいた．実験当日は前室にて改めて実験の概要説明を行

った後，同意を得て実験を開始した．

実験参加者は，前室を出てホールに向かい（意図低条件），ホール入室後ステージに登り，自己紹介のための立ち位置に向かって移動した（意図高条件）．自己紹介時の立ち位置の確認のために一度練習試行を行い，その後本番試行を実施した．自己紹介実験を実施したホールには実験スタッフ以外の観客は入れず，実験参加者には「本番の自己紹介の様子を 10 名の大学生にリアルタイム配信し，あなたの印象評価をしてもらいます」と教示を行った．実際には配信は行っておらず，デブリーフィングの際にその旨を伝えた．

実験終了後，実験参加者の自己呈示欲求および自己呈示意図の程度を測定するために，「賞賛獲得欲求」「拒否回避欲求」尺度と，「一般的自己呈示イメージ」尺度に回答を求めた．

2.3 質問紙

2.3.1 賛獲得欲求・拒否回避欲求尺度

実験参加者の自己呈示の欲求の程度を測定するために，賞賛獲得欲求尺度および拒否回避欲求尺度（小島・太田・菅原，2003）を用いた．これらは，他者からの評価に対する欲求（承認欲求）を測定する尺度である．賞賛獲得欲求 9 項目（例：「人と話すときにはできるだけ自分の存在をアピールしたい」など）と拒否回避欲求の 9 項目（例：「意見を言うとき，みんなに反対されないかと気にする」など），計 18 項目をランダムに提示し，6 件法で回答を求めた．

2.3.2 一般的自己呈示イメージ尺度

実験参加者がどのような自己呈示イメージを期待しているかを測定するために，一般的自己呈示イメージ尺度（小林・谷口，2004）を用いた．一般的自己呈示イメージ尺度は，日常生活において見せたい印象の種類と程度を測定するための尺度である．本尺度は，9 因子計 31 項目のイメージ項目（例：「スポーツができる人に見える」「親しい人に見える」など）で構成される．実験参加者が，ステージ上の歩行において，各項目に示すイメージをどの程度意識していたかについて 6 件法にて回答を求めた．

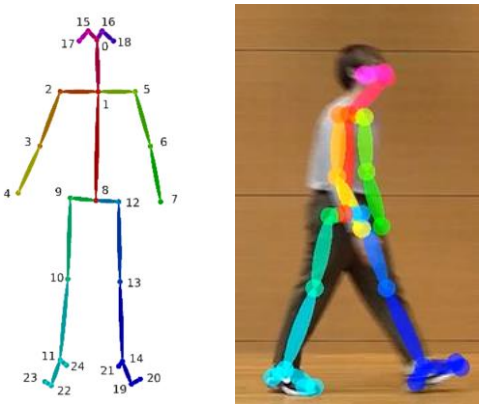


図 1　OpenPose によるスティックフィギュアの表示
（実験参加者には，画像処理による動作推定をしやすくするため，パンツスタイルに限定し，できるだけ体にフィットした無地の服装を着用するよう指示した）

3. 結果

3.1 歩容特徴の抽出

2.2 で収録した映像から，人の関節情報を抽出する姿勢推定ライブラリである OpenPose（Cao, et al., 2018）を用いて矢状面（図 1 参照）における 4 歩分（2 サイクル）の歩行の 2 次元座標を抽出した（抽出された身体部位マーカーは目，鼻，耳，首，肩，肘，手首，腰，膝，踵，つま先の全 25 箇所）．

意図低条件と意図高条件の，歩容を比較するため，菅原ら（2019）を参考にして各関節角度を算出した．両条件では歩行距離が異なるため，本研究では角度情報のみを扱うこととする．算出された角度は，3 点の関節点（手肩腰，肘肩腰，肩肘手，腰膝足，耳首腰，首腰膝，耳肩肘，首肩肘，首肩腰，膝腰膝）で結ばれる角度（右半身の座標点を使用）10 項目である．これに，身体の中心部分に相当するマーカー8 を加えた計 11 項目を使用した．表 1 に，各角度と各関節番号との対応関係を示す．

表 1　角度抽出に使用したマーカセット
（ステージ歩行を例）

角度	マーカ
手肩腰	4-2-8
肘肩腰	3-2-8
肩肘手	2-3-4
腰膝足	8-10-24
耳首腰	17-0-8
首腰膝	0-8-10
耳肩肘	17-2-3
首肩肘	0-2-3
首肩腰	0-2-8
膝腰膝	10-8-13
身体中心	8

表 2　歩容特性の抽出

主成分	成分名	累積寄与率%	数値との関係
1	腕の振りの大きさ	30.198	正
2	脚の回転速度	40.499	正
3	腕の振りの速さ	48.208	負
4	頭のうつむき度	54.772	負
5	頭の安定性	59.912	正
6	膝の伸び	64.370	正
7	上半身の	67.614	負
8	歩幅	70.590	正

得られた角度それぞれについて，歩行中の平均値，分散，最大値，最小値，変動係数および角速度の分散，最大値，最小値，変動係数を算出し，全部で計 90 変数を得た．得られた変数に，マーカー8 の速度の分散，最大値，最小値を加えて計 93 変数の相関行列に基づいて主成分分析を行った．その結果，固有値 1 以上の主成分が 19 主成分抽出されたため，累積寄与率が 70%以上であった第 8 主成分までを採用した（表 2 参照）．

第 1 主成分の主な変数は，首肩肘や肘肩腰などの肘についての角度であるため，「腕の振りの大きさ」と解釈した．第 2 主成分の主な変数は，膝腰付近の角度変化のピッチ，速度であるため，「脚の回転速度」と解釈した．第 3 主成分の主な変数は，首肩肘や肘肩腰のような腕の角度の速度変化であるため，「腕の振り速度」と解釈した．第 4 主成分の主な変数は，首肩腰であるため，「頭のうつむき度」と解釈した．第 5 主成分の主な変数は，耳首腰の角度の速度変化であるため，「頭の安定性」と解釈した．第 6 主成分の主な変数は，膝の角度であるため，「膝の伸び」と解釈した．第 7 主成分の主な変数は，肘や膝の角度であるため，「四肢の動き」と解釈した．第 8 主成分の主な変数は，膝と両膝で結ばれる角度であるため，「歩幅」と解釈した．

3.2　自己呈示意図と歩容特徴

自己呈示の意図の強さが歩容特性に反映されるか否か，またその反映のされ方に世代差があるかどうかを検証した．歩容特性（主成分得点）を従属変数，意図の強度（意図高／意図低 : 参加者内要因）および年代（若年層／中高年層 : 参加者間要因）とした 2 要因分散分析をおこなった．

その結果，第 1 主成分（腕の振りの大きさ），第 2 主成分（脚の回転速度），第 3 主成分（腕の振り速度）について，意図要因の主効果がみられた（順に F (1,60) $=397.052, p=<.001$; $F(1,60)=13.187, p=<.001$; $F(1,60)$ $=11.864, p=.001$）．年代要因の主効果および交互作用は認められなかった．

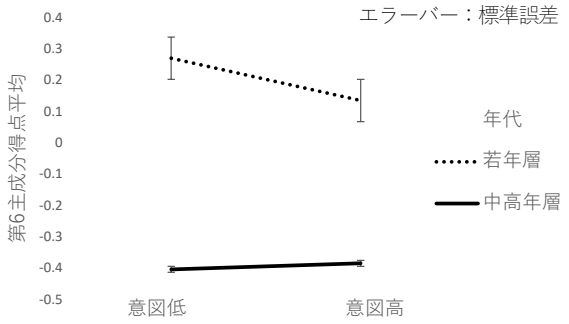


図 2　第 6 主成分（膝の伸び）の変化

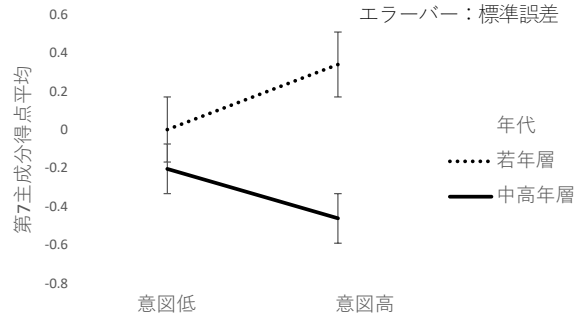


図 3　第 7 主成分（四肢の動き）の変化

また，第 6 主成分（膝の伸び）と第 7 主成分（四肢の動き）について，年代要因の主効果が認められた（順に F (1,60) $=9.492, p=.003$; F (1,60) $=6.876, p=.011$）．これらの主成分では，意図要因の主効果および交互作用は認められなかった．図 2，図 3 に各水準における主成分得点の平均値をプロットした図を示す．それ以外の主成分では主効果，交互作用ともに見られなかった．

この結果から，世代にかかわらず，自己呈示の意図が強い場合には，腕の振り，足の回転にその意図が反映されることがわかった．また，自己呈示の意図の強さにかかわらず，高年層は若年層に比べて膝の伸びが小さく，四肢の動きが大きいことがわかった．

3.3　自己呈示欲求と歩容特徴

3.3.1　賞賛獲得欲求・拒否回避欲求

自己呈示の欲求（承認欲求）と自己呈示の手段としての歩容に関連があるかどうか，またそれが世代によって異なるかを確かめるため，賞賛獲得欲求・拒否回避欲求尺度によって得られた評定値と 3.1 で抽出された意図高条件，意図低条件の主成分得点の差分について相関分析を年代別で行った．

若年層

第 1，6，7，8 主成分と承認欲求尺度との間に弱い相

関が認められた. 若年層では, 拒否回避欲求が強い人ほど自己呈示の意図が働いた状況下において，四肢の動き（第 7 主成分）が変化する傾向にあり（r = .343, p = .028），賞賛獲得欲求が強い人ほど，腕の振りの大きさ（第 1 主成分）（r = -.324, p = .039），および歩幅（第 8 主成分）が変化する傾向にある（r = -.386, p = .013）にあることがわかった.

中高年層

中高年層では, 賞賛獲得欲求が強い人ほど, 自己呈示の意図が強くなると膝の伸び（第 6 主成分）が変化する（r = .451, p = .040）ことがわかった.

これらより，若年層では拒否回避欲求の強い人は自己呈示の意図が四肢の動きに反映され，賞賛獲得欲求の強い人は腕の振りと歩幅に反映されることがわかった. 中高年層では, 賞賛獲得欲求の強い人は膝に自己呈示の意図が反映されるが，拒否回避欲求の強さは歩容には反映されないことが確かめられた.

3.3.2 一般的自己呈示イメージ

自分が他者にどのように見られたいかという自己呈示イメージが，自己呈示を意図した歩容にどのように反映されるかを確かめるために，一般的自己呈示イメージ尺度と主成分得点の差分の相関分析を年代別に行った.

若年層

若年層では, 運動能力のある人, 精神的強さがある人に見られたい人は，自己呈示を意図した場合に，四肢の動きが大きくなることがわかった（順に r = -.361, p = .020 ; r = -.316, p = .044）. また，楽しい人に見られたい人は, 腕の振りが小さく，脚の回転が遅く，頭のうつむきが大きくなり，四肢の動きが大きくなる（順に r = -.426, p = .002 ; r = -.366, p = .019 ; r = .330, p = .035 ; r = -.428, p = .005）ことがわかった. 癒し系に見られたい人は，腕の振りが小さくなり（r = -.397, p = .010），威圧的に見られたい人は腕の振りが小さくなり，四肢の動きが小さくなる（順に r = -.310, p = .048 ; r = -.335, p = .032）ことがわかった.

中高年層

中高年層では, 運動能力のある人, 精神的強さのある人, 配慮のある人に見られたい人は, 腕の振りが小さく（順に r = -.535, p = .012 ; r = -.679, p = <.001 ; r = -.597, p = .004）速くなり（順に r = -.536, p = .012 ; r = -.466, p = .033 ; r = -.641, p = .002），脚の回転速度が遅くなる（順に r = -.447, p = .042 ; r = -.670, p = <.001 ; r = -.492, p = .023）ことがわかった. また，楽しい人に見られたい人は，腕の振りが小さく速くなり（順に r = -.523, p = .015 ; r = -.610, p = .003），癒し系に見られたい人は腕の振りが速くなり（r = -.468 p = .032），知的能力のある人に見られたい人は脚の回転速度が小さくなる（r = -.434, p = .049）ことがわかった. 助けたいと思われたい人は腕の振りが大きくなり, 脚の回転速度が遅くなる（順に r = -.510, p = .018 ; r = -.441, p = .045）こともわかった.

これらより，具体的に他者からどのように見られたいか, という自己呈示イメージの内容によって, その意図が反映される動作が異なることがわかった. また, その反映のされ方は，年代によっても異なることがわかった.

4. 考察

本研究は, 個人の日常に組み込まれた行動として「歩容」に着目し，自己呈示欲求（承認欲求）や自己呈示意図が歩容に反映されるか否か，反映されるとすればどのように反映されるかを明らかにすることを目的としていた. 本実験では自己呈示を明示的に意図させることにより，歩行という基礎動作を自己呈示の手段としていかに活用するかを確かめた.

自己呈示の意図を操作した実験の結果，自己呈示の意図が働くことにより, いずれの年代であっても, 腕の振りや脚の回転速度が変化することがわかった. この点は，他者に対して自分をよく見せたいという意図が働くことによって, その自己呈示方略として, 腕を大きくゆったりと振り，脚の回転速度を上昇させたということができる. 菅原ら（2019）は，ピッチが速く，胸を張った歩行動作からは「快活感」が他者に認知されやすいことを確かめており，本実験での参加者は他者から快活に見えるような行動方略をとっていたと推察される.

また，自己呈示欲求の程度は歩容に反映されることもわかった.「他者からよく見られたい」という賞賛獲得欲求が高い人は, 他者の視線がある（自己呈示の意図が働いている）状況では, 装いの手段として歩行を調整することが確かめられた.

人は, 実際に表現する行動（現実自己, perceived self）と, 理想像に沿って表現する行動（理想自己, ideal self）がある（Rogers, 1959）. 人の動作特徴は，その人の現実自己の表れといえるが，そもそもその動作には，性別, 年齢, 個性といった様々な個人属性が影響すること

は言うまでもない．自己呈示の意図がはたらいたステージ上の歩行（意図高条件）の調整は，現実自己と理想自己の乖離を埋めるための自己呈示方略の行動への反映と考えられる．

これまで，被服（鈴木・神山，2002）などの装いや，姿勢（梅谷・伊藤，2011）といった行動が自己呈示方略として用いられているとされていたが，本研究では実験的に自己呈示の意図を操作する条件を設定したことにより，何気ない「ふるまい」も自己呈示方略として用いられていることが実験的に確かめられた．

5. まとめ

本研究では，自己呈示欲求が日常に組み込まれた行動としての「歩容」に反映されるか否か，反映されるとすればどのように反映されるのかを明らかにすることを目的としていた．実験の結果，自己呈示欲求や自己呈示意図が歩容に反映されていることが確かめられると共に，他者からよく見られたいという賞賛獲得欲求が高い人は，「他者の視線」がある場合には，歩行を装いの手段として操作している可能性が示された．

文献

[1] 遠藤健治，（2011）“化粧による自己呈示”，青山学院大学教育人間科学部紀要, Vol. 2, pp. 101-122.

[2] 福島治，（1996）“身近な対人関係における自己呈示－望ましい自己イメージの呈示と自尊心及び対人不安の関係－”，社会心理学研究, Vol. 12, pp. 20-32.

[3] 長谷川直宏，（2005）“自己呈示行動における文化的自己観の影響”，社会心理学研究, Vol. 21, No. 1, pp. 44-52.

[4] 小林知博・谷口淳一，（2004）“一般的自己呈示尺度作成の試み（1）”，日本心理学会論文集, Vol. 68, pp. 116.

[5] 小島弥生・太田恵子・菅原健介，（2003）“賞賛獲得欲求・拒否回避欲求尺度作成の試み”，性格心理学研究, Vol. 11, No. 2, pp. 86-98.

[6] Leary, M.R., (1994) “Self-presentation: Impression management and interpersonal behavior”, Dubuque, Iowa: Brown & Benchmark.

[7] 大西将史，（2009）“自己呈示としての謝罪尺度の作成”，日本心理学会大会発表論文集, Vol. 73, pp. 50.

[8] Rogers, C. R., (1959) “A Theory of Therapy, Personality, and Interpersonal Relationships, as developed in the Client-Centered Framework”, In S. Koch（Ed.）, Psychology；A Study of a Science, Vol. 3. Formulation of the Social Context. New York；McGraw Hill. （カーシェンバウム・ヘンダーソン編（2001）:『ロジャーズ選集（上）』伊藤博・村山正治監訳，誠信書房）.

[9] 菅原健介・小山真・中山翼・上家倫子，（2019）“歩容特性が対人的印象に与える影響－光点歩行者における対人魅力，心身状態，擬態表現－”，聖心女子大学論叢, Vol. 133, pp. 28-52.

[10] 長鈴木理紗・神山進，（2003）“被服による自己呈示に関する研究－「被服によって呈示したい自己」および「自己呈示に係わる被服行動」－”，繊維製品消費科学, Vol. 44, No. 11, pp. 652-665.

[11] 梅谷千代子・伊藤安代，（2011）“女子大学生の姿勢と自己呈示に関する－考察”，東京家政大学研究紀要 1 人文社会科学, Vol. 51, pp. 1-5.

[12] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S. Wei, Y. Sheikh, (2018) “RealtimeMulti-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, arXiv preprint arXiv:1812.08008.

昔話の型に基づくストーリーユニットと概念辞書の結合
Combining the Story Units Based on the Types of Japanese Folktales with Conceptual Dictionaries

熊谷 元輝[1], 小野 淳平[2], 小方 孝[3]
Motoki Kumamgai, Jumpei Ono, Takashi Ogata
[1]岩手県立大学大学院, [2]青森大学, [3]岩手県立大学
Graduate School of Iwate Prefectural University, Aomori University, Iwate Prefectural University
g031q057@s.iwate-pu.ac.jp, j.ono@aomori-u.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要
昔話の構造を，ストーリーの自動生成に向けた知識として利用するため，その構造を形式的に表現する必要がある．その表現としてストーリーユニットと呼ぶ形式によって昔話の構造を記述した. その後, 意味分類を提供する概念辞書とストーリーユニットの結合を試験的に行った. 本稿では, いまだ概念辞書と結合していない箇所について, 方法の整理と結合の作業を行う. また, 結合作業の結果, 得られた課題について整理する.

キーワード : 概念辞書 (conceptual dictionary), ストーリー生成 (story generation), ストーリーユニット (story unit), 昔話の型 (type of folktale)

1 まえがき

「人間は「物語る欲望」に取り憑かれた動物」と野家(1966)が述べたように，物語を語るという行為は，人間の根源に関わる行為である. また, 炉端で何かを物語ることによって，知識を伝達してきた歴史を人類は持つように，知識伝達の意味でも重要な行為である.

物語生成に関する研究は増えつつある. 例えば, 電子工学の分野において， Association for Computing Machinery Digital Library が提供する検索サービスでは, 2017 年から 2022 年 6 月の時点で， “story generation” の検索で 99 件， “narrative generation” の検索で 49 件の予稿ないしは論文が見つかる（結果の重複は確認していない）. また，Elsevier が公開している論文検索ツール Science Direct において“story generation”を検索した場合，分野を“Computer Science” に絞っても 29 件の論文が見つかる．これらの検索結果に重複が存在する可能性があるとしても, 少なくない量の研究発表が過去 5 年の間に行われている.

Alhussain & Azmi (2021)によるサーベイ論文では，既存のストーリー生成器を，構造的モデル (Structural model), 計画ベースモデル (Planning-based model), 及び機械学習モデル (Machine learning model) という三つの項目に分類した. 我々の研究は, 構造的モデル及び計画ベースモデルにまたがる研究と言える．ユーザが与えたパラメータを目標とし，様々な粒度のストーリーの構造を合成することで, ストーリーを生成する. また, 「7 TOWARD INTERESTING STORIES」節では，複数の研究報告に加えて我々の研究も紹介されている (Alhussain & Azmi, 2021)．その説においては,

物語における構造に着目し，また昔話を分析の題材とした，Propp (1987)の研究は，その後もストーリー生成や構造分析に関する様々な研究において引用されている．我々も Propp の成果をストーリーグラマーとして実装した (Imabuchi & Ogata, 2013).

我々はこれまで，日本の民俗学者である関敬吾らによる『日本昔話大成』 (関, 1978a, 1978b, 1978c, 1978d, 1978e, 1979a, 1979b, 1979c, 1979d, 1980; 関・野村・大島, 1079, 1980)における成果を, ストーリーを自動生成するための知識としてプログラム化してきた．特に，第 11 巻 (関・野村・大島, 1980)に収集された，昔話を類型ごとにまとめた「昔話の型」に着目している．ここでいう「昔話の型」という用語は, 西洋の研究者が使用するモティーフという用語にほぼ等しい.

本研究では『日本昔話大成』第 11 巻における「昔話の型」に注目して，昔話の構造，概念辞書，そしてそれらを利用した物語生成を扱ってきている．これまでの成果においては, 物語の構造の知識の一単位として, ストーリーユニットという言葉を提案し，関らがまとめた「昔話の型」に基づくストーリーユニットの開発を行った.「ストーリーユニット」が表す物語の構造の大きさは，マクロな構造からミクロな構造まで様々に考えられ, 広い範囲を対象としているため, ここからは特に補足しない限り，本稿に出てくる「ストーリーユニット」は『「昔話の型」に基づくストーリーユニット』という限定した狭い範囲を対象とした言葉として用いる.「昔話の型」に基づくストーリーユニットの構造の大きさは比較的マクロな構造を表す.

著者らが開発した統合物語生成システム (Integrated Narrative Generation System: INGS) (Ogata, 2020a, 2020b)

は，主題や物語世界を限定しない物語生成を目指したシステムである．主にストーリー・物語言説・物語表現の生成部と，生成に用いられる概念辞書などの知識要素から構成されており，このうちの知識の充足を目的としてストーリーユニットは開発され (伊藤, 2021)，ストーリーコンテンツ知識ベースに格納される．ストーリーユニットを活用することで INGS は日本の昔話の構造を用いたストーリー生成が可能となる．

しかし，単にストーリーユニットを INGS に格納するだけでは知識として機能しない．同じく INGS 内の知識要素の一つである概念辞書と結合することで，昔話の型における登場人物等の要素を変数として扱い，なおかつ，概念辞書が持つ体系的な意味分類の構造により，変数の制約を与えられる．また，その変数と制約を基準としたストーリーの合成的操作が行え，昔話の型に基づくストーリーユニットどうしの他，INGS が持つ他のストーリーの構造に関する知識を交えた生成が可能になる．

本研究の目的は，昔話の型に基づくストーリーユニットと，我々が INGS における概念辞書の結合である．概念辞書は名詞, 動詞, 副詞, 形容詞, 形容動詞があり，本稿では，これまでの成果 (Ogata & Ono, 2021; 熊谷・小野・小方, 2022)に加えて，ストーリーユニット中の全てを一通り，方法が最適かどうかを問わず，結合させることを目指したこれまでの取り組みと方法を示す．

2 背景

『日本昔話大成』及びこれまでの成果を概説する．

2.1 『日本昔話大成』における昔話の型

『日本昔話大成』は全 12 巻で構成され，1 巻から 10 巻までにおいては，約 34000～35000 の昔話の収集結果とその分析がまとめられており，第 11 巻 (関・野村・大島, 1980)は，昔話を類型ごとにまとめた「昔話の型」を収録している．12 巻は昔話に関する論文集である (関・野村・大島, 1079)．

関が述べた「昔話の型」は，西洋の研究者が使用するモティーフという用語にほぼ等しい．関の分析はフィンランドの民俗学者アールネによる昔話の分析 (アールネ, 1969)に基づく．Verzeichnis der Märchentypen (Aarne, 1910)は，アールネが収集及び編集したヨーロッパにおける昔話の分類であり，アメリカの民俗学者トンプソンはアールネの成果の改訂版となる Motif-Index of Folk-Literature (Thompson, 1955-1958)を発表した．

ここで，昔話のモティーフに関する定義を三つ示す．小澤 (1997)が述べた昔話におけるモティーフ（以降，モチーフと記述）とは，昔話の一話を構成する上での主要な登場者の主要な一行為，およびそれに直接的に対応する行為を含む単位である．昔話のモチーフは類型的に分類することが可能であり，昔話の登場人物や登場人物の行為に基づく分類の取り組みは世界各地で行われている．

上記の Motif-Index の分析を行った中分・佐藤 (2018)の取り組みでは，Motif-Index における昔話の分類ごとに，登場人物や行為に違いが見られたと述べており，登場人物や行為が個々の昔話を特徴付ける上で重要な役割を果たすものと考えられる．また昔話のモチーフのうち，特に行為に関する知識は，昔話の意味的に重要な事象連鎖に相当する知識であると考えられ，スクリプトのようにある一場面の事象連鎖を定義したものと異なり，昔話のストーリーの全体的な構成の情報を持つデータとして利用できると考えられる．

ロシアの民話学者であるプロップ (1987)は，昔話における型について，一つの昔話を構成する，主要な登場人物による主要な行為を意味し，昔話の物語の最小の構造的単位とし，ロシア魔法昔話の構造の分析から，「31 の機能」を提案した．

図 1 は関が述べた「昔話の型」の具体例である．『日本昔話大成』における物語の型は，以下の要素を持つ．

1. 『日本昔話大成』における昔話の型の通し番号．（図 1 の「四七四」）
2. 昔話の型の名称．（図 1 の「鬼の面」）
3. Motif-Index における昔話の型のインデックス番号．（図 1 の「(cf. AT 八三一)」）
4. 昔話の型の構造．（図 1 の「ある女 (男)が…」）

四七四 鬼の面 (cf. AT 八三一)
ある女 (男) が山 (化け物屋敷) で鬼の面をかぶっている。化け物がそれを見て逃げる。女は (a) 宝物をとって帰る、または (b) 化け物屋敷の主人になる。

図 1 物語の型の実例

4 の昔話の型の構造は，関が収集した昔話を構造的な共通点からまとめたものである．例えば，図 1 の「鬼の面」に該当する昔話のうち，『日本昔話大成』9 巻に収録されており，代表例として，青森市の「与作の立市

買い」という話がある. 代表例を含めて, 関は「鬼の面」に類似する話を 50 個収集しており, そのうち 9 代表例以外に, 14 個の話の詳細が掲載されている. これら「鬼の面」に類似する話群が持つ共通点は, ある人物が何らかの理由で鬼や夜叉といった化物の「面」を被り, 「化物」や「山賊」などがそれ見て驚き, また逃げ去ることで面を被っていた人物が「財宝」を得る, である.

2.2 統合物語生成システムにおける概念辞書

概念辞書 (Ogata, 2015)は, ストーリーが持つ要素の全てについて, 意味を与えるオントロジーである. 現在の概念辞書は, 意味分類の階層構造を持つ. その意味分類を中間概念と呼び, 階層構造の葉ノードにあたる概念を終端概念と呼ぶ. 終端概念は, ストーリーに登場する具体的な要素であり, 本稿におけるストーリーユニットと概念辞書を結合するための要素である.

現状, INGS においては, 名詞概念辞書, 動詞概念辞書, 形容詞概念辞書, 形容動詞概念辞書, 副詞概念辞書がある. 特に名詞概念辞書は, 一般名詞及び固有名詞の体系を持つ. また, 各々の名詞概念は属性フレームと呼ぶ, その概念の特徴や性質を表すフレーム構造を持つ. また, 修飾概念辞書は, 形容詞概念, 形容動詞概念, 副詞概念を持つ.

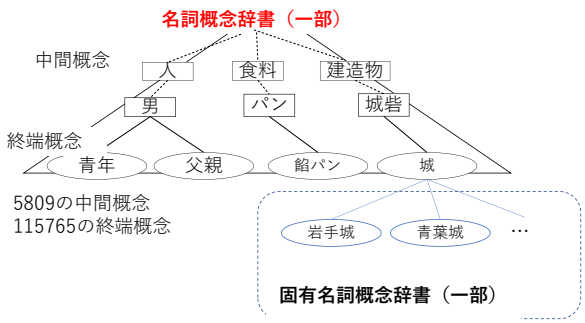


図 2　概念辞書の階層構造

INGS において, ストーリーを構成する要素は, 概念辞書が持つ概念と結びつく. 特に, ストーリーにおいて, 一つの出来事を表現する事象概念は, 動詞概念と名詞概念によって構成されており, さらに名詞概念は一つのインスタンスとして, それぞれ固有の値が挿入された属性フレームを持つ.

2.3 ストーリーの構造の単位

INGS におけるストーリーは, 図 3 のように, 事象概念が何らかの関係により階層的に結合した木構造で表現される. 事象概念は, 一つの動詞概念とその動詞概念が持つ格構造で構成されており, 格構造はインスタンスが挿入されている.

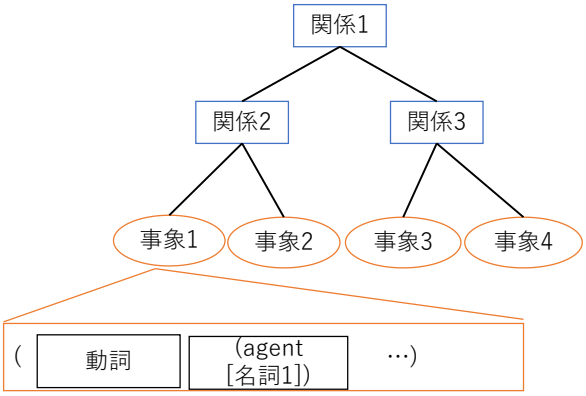


図 3　ストーリーの木構造

INGS におけるストーリー生成は, この木構造の編集と拡張によって行われる. その操作をストーリー技法と呼び, そのストーリー技法に用いる知識を, ストーリーコンテンツ知識と呼ぶ. ストーリーコンテンツ知識は, ストーリー技法ごとに存在する.

広い意味でのストーリーユニットは, ストーリーコンテンツ知識ベースに格納された, ストーリーの構造を表現する知識である. 図 4 はストーリーコンテンツ知識の種類を示しており, マクロ構造生成に近いほどより大きなストーリーの構造を示す知識になる. プロップに基づく結合ルールは, 複数のストーリーを結合するための仕組みであり, 逆に最もミクロな構造は, 事象概念どうしを結合するための知識になる. ここでいうストーリーユニットは, その単位の内, 日本の昔話におけるストーリーの構造に基づく知識である.

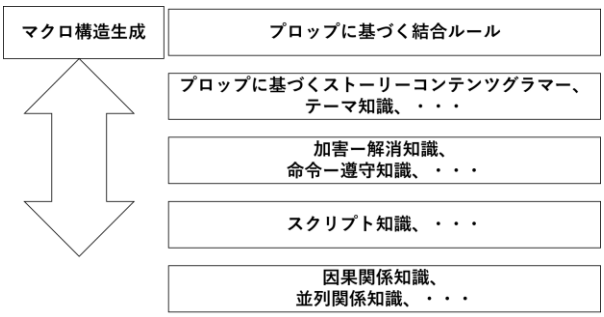


図 4　ストーリーコンテンツ知識の種類

2.4 ストーリーユニットと概念辞書の結合

ここでいう結合とは，昔話の型に含まれる事象の格構造と，概念辞書が持つ概念を照応させることを示す. 概念辞書は, 概念どうしのつながりを持つ. 概念辞書と結合したストーリーユニットは，そのつながりを利用できるようになり，概念辞書を用いた意味情報の参照, 概念に基づくストーリーユニットどうしの合成が可能になる.

ストーリーユニットと概念辞書の結合においては, まず Ogata & Ono (2021)が INGS が持つ動詞概念辞書とストーリーユニットが持つ動詞の結合を試みており，さらに，名詞概念辞書とストーリーユニットが持つ名詞の結合を試みた (熊谷・小野・小方, 2022). 本稿では以上の成果に基づき，これまで試みた結合における課題を整理し，特に名詞概念の結合における課題の解決を図る.

3 ストーリーユニットの構造

図 5 はストーリーユニットの記述形式である．[ID]は，INGS における管理番号である．ストーリーユニットは, 昔話の型が持つストーリーの構造を表現し, また昔話の型が持つ出来事に基づいて作成された事象概念を持つ.

[タイトル]は, 元となる昔話の型の名前である. [構造概要]は，続く[ストーリー構造]における構造と動詞概念を抽出したものである．[ストーリー構造]は，昔話の型が持つ構造に基づき，事象概念を記述したものである.

```
([ID] ([タイトル] ([構造概要]))
      ([ストーリー構造]
       )
      )
```

図 5　ストーリーユニットの記述形式

図 6 は，図 1 の昔話の型「鬼の面」に基づき作成した, ストーリーユニットの実例である. ストーリーユニットにおける一部の名詞概念については，名詞概念辞書と結合した．ストーリーユニットにおける格構造のうち,「@」が付いた要素が概念辞書と結合した格である.「終端概念@中間概念」という記述形式を持つ.「山@山{本体}」は「山{本体}」という中間概念に属する「山」という終端概念を指す.

```
(motif0669 (鬼の面 (被る 1 見る 1 逃げる 1 (or
(取る 1 帰る 1) なる 1)))
    (
     (1 (event 被る 1 (agent (&sc 女@女))
(object (&sc 鬼の面))

(location (&sc 山@山{本体}))))
    (2 (event 見る 1 (agent (&sc 化け物@魔物・
化け物)) (counter-agent (&sc 女@女))))
    (3 (event 逃げる 1 (agent (&sc 化け物@魔
物・化け物))))
    (or
     (4a
      (event 取る 1 (agent (&sc 女@女))
(object (&sc 宝物@宝物)))
      (event 帰る 1 (agent (&sc 女@女))))
     (4b (event なる 1 (agent (&sc 女@女))
(to (&sc 化け物屋敷の主人)))))))
```

図 6　ストーリーユニットの具体例

ストーリーユニットは，昔話の型と同数，全 825 個ある. 概念辞書と結合する要素は, ストーリーユニットの事象概念が持つ格（「&sc」でくくられた語）である. 重複を除いたその格の数は, 3,695 個の要素ある. 熊谷・小野・小方 (2022)は, そのうち, 963 個の名詞について, 名詞概念辞書と結合を行った.

表 1 は, 3,695 個の要素を分類したものであり, Ogata & Ono (2021)は項目 2 に当たる要素を結合し，熊谷・小野・小方 (2022)は，項目 3 に当たる要素を結合した. なお，各項の結合作業中に誤った項に分類された名詞がいくつかあり, 熊谷・小野・小方 (2022)より，表 1 の各項の個数を更新している.

4 ストーリーユニットと概念辞書の結合の手続き

ここで，Ogata & Ono (2021)及び熊谷・小野・小方 (2022)の成果から外れる項目を対象とする．次に，解決方法の共通性ごとに, 表の項目をまとめ, それぞれについて詳細を説明する．それぞれの解決方法の説明の後, 該当する昔話の型の部分を示す.

表 1　ストーリーユニットにおける格に挿入された要素の分類表

分類	個数	定義	例	結合方法
1. 体言止め	317	動詞によって修飾された名詞による名詞句。	死んだ娘	名詞句を名詞 X とそれを修飾する動詞 Y に分解し，X を名詞概念辞書と結合する．Y は名詞概念に読み替え，X がもつ属性フレームの適切なスロットに格納する．
2. 行為	766	事象が入れ子構造になった事象。	だましたら褒美をやる	動詞概念辞書と結合済み (Ogata & Ono, 2022).
3. 一単語（名詞概念有り）	963	概念辞書に格納された概念と一致する名詞。	若者	名詞概念と結合済み (熊谷・小野・小方, 2022).
4A. 一単語（名詞概念無し）	798	概念辞書に格納された概念と一致しない名詞。 旧字体表記など登録された概念と表記が一致しなかった名詞。	A) 桶屋	A) 名詞概念辞書のいずれかの中間概念に対して，新規の名詞概念として登録する．
4B. 一単語（表記違い）			B) 竈	B) 言語表記辞書を利用し，同一の読みを持つ登録済みの名詞概念と同一のものとして扱う．
5. ～の～型	741	連帯助詞「の」を伴う名詞句。	鬼の家	名詞概念 X と名詞概念 Y に分け，一方の名詞を，もう一方が持つ属性フレームの適切なスロットに格納する．
6. 名詞＋限定する語	2	副助詞を伴う名詞。	音だけ	名詞 X と副助詞 Y に分解し，X を名詞概念辞書と結合する．Y は，X がもつ属性フレームの適切なスロットに格納する．
7. 複数の単語の集合	29		おしっこ、ねんね	一つ一つの名詞に分解し，名詞概念辞書と結合を行う．
8. 複数形	15	複数を表す接尾辞を伴う名詞。	下男たち	名詞 X と接尾辞 Y に分解し、X を名詞概念辞書と結合する．Y は、X がもつ属性フレームの適切なスロットに格納する．
9. 単語の繰り返し	3		うそ、うそ	一つ一つの名詞に分解し，名詞概念辞書と結合を行う．
10. 指示詞＋名詞	8	指示詞を伴う名詞。	その下男	属性フレームを用いて，名詞部分の属性情報にその名詞が指し示している対象を登録し，その後名詞部分を名詞概念辞書と結合．
11. 数詞＋名詞	59	数詞を伴う助数詞。	三十日	数詞 X と助数詞 Y に分解し，Y を名詞に読み替え，名詞概念辞書と結合する．X は，Y がもつ属性フレームの適切なスロットに格納する．
12. 修飾語＋名詞	99	修飾語を伴う名詞。	うまい料理	修飾語 X と名詞 Y に分解し，Y を名詞概念辞書と結合する．X は，Y がもつ属性フレームの適切なスロットに格納する．
13. 修飾語	34	修飾語単体。	安楽に	修飾語と修飾概念辞書を結合する．また，修飾語が格納された格を，adverb 格に変更する．
14. 固有名詞	28	固有の名称を示す名詞。	閻魔大王下し	固有名詞概念辞書に新規の概念として登録し，結合する．
15. 擬音	8	オノマトペ。	よーきー	副詞概念辞書に新規の概念として登録し，結合する．
16. 説明文	169	「A は B だ」という形式の台詞。	あの蛇は自分の母だ	事象の入れ子構造として扱い，動詞概念辞書と結合する．
17. 疑問文	33	何らかの質問を伴う台詞。	年はいくらだ	事象の入れ子構造として扱い，動詞概念辞書と結合する．

4.1 概念辞書と結合

名詞概念辞書，固有名詞概念辞書，副詞概念辞書，形容詞概念辞書，形容動詞概念辞書といった，概念辞書と直接的に結合する分類である．

4.1.1 一単語（名詞概念なし）

この項には名詞概念辞書に登録がない一単語の名詞が分類されている．しかし，登録がなかった原因は，3パターンある．一つは，単に概念辞書に登録がなかったものである．表では A)にあたる．もう一つは名詞概念辞書には登録されているが，ストーリーユニットでの表記が概念辞書に結合されている表記と異なっているものである．これは表で B)にあたる．名詞概念辞書は結合する際，登録されている表記とは違う表記で登録されている名詞は，結合できないという問題があるため，このような分類が生まれた．例えばこの項に分類された名詞の一つ「竈」という字は，旧字体の表記で名詞概念辞書の方には新字体である「竈」で登録されているものや，名詞概念辞書には漢字で登録されているがストーリーユニットでは平仮名で登録されているためできない，またはその逆という場合もある．

各パターンの結合の方法であるが，まずパターン A)の名詞は，それらを全て名詞概念辞書の新規の名詞概念として終端概念に登録する．この際，新規の終端概念はふさわしい中間概念の基に登録する．パターン B)は，言語表記辞書を用いて結合を行う．INGS 内には，複数の表記を品詞の単語別に登録している言語表記辞書が存在している．ここにこの項の名詞を名詞概念辞書に登録されている同じ名詞とは別表記として登録し，その後に名詞概念辞書と結合を行う．

実例：山姥と桶屋

「1. 桶屋（樵夫）が山小屋で箕の輪を曲げているところに山姥（山男・美女・貉・天狗、猿）が来る。桶屋が考えていることをいい充てる。2（a）曲げようとした輪がはじけて炉の灰がかかる。（b）木が折れて木片が当たる。または（c）丈が焼けてはじける。3. 人間は思わぬことするといって相手は逃げる。（141 踵太郎参照）（さとりの化け物ともいう）」

4.1.2 名詞＋限定する語

この項は，副助詞「だけ」や「のみ」を伴う名詞が分類されている．

結合の手順は，まず名詞句を名詞と副助詞に分解し，名詞部分を名詞概念辞書と結合する．そして副助詞部分を名詞部分の属性フレーム内の適切なスロットに格納する．格納の際，適切かどうかの判断は他の項での属性フレームを用いた結合と同じように手作業で行い，格納する情報は名詞句ごとについている副助詞をそのまま用いた．

表の例「音だけ」は，名詞「音」に副助詞「だけ」を「〇〇スロット」に格納している．

実例：身擦旅人

「1. 旅人（郵便待ち）が、草鞋木賊で作った草履を履いて歩いていくうち、草鞋、足、胴がすり減って音だけになる。2. 面倒くさいので、首を風呂敷（鞄）に入れて歩く。」

4.1.3 複数の単語の集合

この項は，「おしっこ、ねんね」といった登場人物の発話を示す．これは一つ一つの名詞に分解し，名詞概念辞書と結合を行う．結合方法そのものは，分類 3 及び分類 4 と同一である．

実例：子供のように

「嫁に行ったら子供のようにせよと、娘が母親に注意される。夫に「おしっこ、ねんね」という。」

4.1.4 修飾語

この項は，「安楽に」といった修飾語単体が分類されている．

結合は，副詞が登録されているので副詞概念辞書と結合させることで行う．さらにストーリーユニット内のこの項の単語が登録されている部分の格が現在 object 格などで登録されているので副詞を表す adverb 格に変更する．

実例：山姥の仲介

「1. 貧乏な男が山姥に親切にする。2. 山姥はお礼に嫁を世話してやるという。3. あるとき、大きな音がするので男が外に出てみると駕籠の中に娘がいる。4. 山姥にさらわれてきた大阪の鴻池の娘で、男の嫁になるように言いつけられる。5. 男は娘と夫婦になって安楽に暮らす。」

4.1.5 固有名詞

この項は固有名詞が分類されている．INGS 内には固有名詞の概念情報を格納する知識ベースである固有名詞概念辞書が存在するが，この項に分類されている名

詞は全て固有名詞概念辞書内に登録がなかったものである. そのため, 結合は項の名詞を全て固有名詞概念辞書内に新規登録した後、結合させる.

実例：閻魔の失敗

「1、太夫(禁主・山伏)・鍛冶屋(軽業師)・医師が死んで道連れになる。2、(a)劒(針)の山で鍛冶屋が金の草鞋を作ってそれをはいて行く、または軽業師の肩に乗って行く。(b)太夫が熱湯を水にする。(c)鬼が飲む・医者が笑・怒の筋を引っ張って苦しめる。閻魔大王下しを飲んだので腹から出る。3、(a)閻魔が三人を極楽にやる、または(b)蘇生させる。」

4.1.6 擬音

この項には「よーきー」などの擬音, 他にも擬態語や擬声語などオノマトペが格納されている. これらの音は動詞の音を表しているので副詞的と捉え, INGS 内の副詞概念辞書に新規登録を行う. その後, 副詞概念辞書と結合させる.

実例：蝉兄弟

「A. 弟が兄の旅立ちを見送り、名を呼んでいる間に蝉になる。それで蝉は「見る見る」と鳴く。B. 樵夫が斧を失い、探し歩いて蝉になる。だから蝉は「よーきー」と鳴いている。」

4.1.7 単語の繰り返し

この項は,「うそ、うそ」といった登場人物の発話を示す. これは一つ一つの名詞に分解し, 名詞概念辞書と結合を行う.

実例：三人の商人

「A. 壺(茶碗)売りの後ろから、綿屋が「打った」とふれて歩く。B. 生姜売りの後から、眼鏡屋が「めがえい」といってふれ歩く。暦売りの後から、うそ売りが「うそ、うそ」といってふれる。C. 魚屋(新茶売り)の後から、篩屋が「ふるい」と、その後から、古金屋が「ふるかねえ」とふれる。」

4.2 属性フレーム

ストーリーユニットにおける名詞について属性フレームを利用することで, それらの属性が結びつけられた名詞概念を, ストーリーユニットと結合する. 属性フレームは, 属性情報を構造化されたフレーム形式で記述したものであり, 名詞概念辞書の終端概念がこれを持つ. この属性フレームを用いて, 修飾された名詞の修飾する部分, つまり属性情報を名詞部分の属性フレームに格納し, 名詞部分を名詞概念辞書と結合するという方法を実施した.

4.2.1 体言止め

この分類においての体言止めの定義は, 名詞とそれを修飾する動詞から構成された名詞句である.

結合は, まず名詞部分と動詞部分に分解する. 続いて名詞部分の属性フレーム内に動詞部分を格納する. このとき動詞部分は名詞概念に変換され, 適切だと考えられるスロットに格納される.「名詞概念」は名詞概念辞書に登録された, 概念化された名詞のことで,「終端概念@中間概念」で記載される. こうすることで動詞部分は名詞部分がもつ「属性情報」として格納された状態となる. そして最後に名詞部分を名詞概念辞書と結合させる. 表の「死んだ娘」を例に具体的に具体的な手法を紹介する. まず名詞部分と動詞部分への分解だが, 例の場合, 名詞部分は「娘」, 動詞部分は「死んだ」にあたる. 続いて「娘」の属性フレームを作成し,「死んだ」をその中に格納する. これによってできた属性フレームが表の「体言止め」の項の「実例」に記載されている. このとき動詞部分は「死亡@死{動物}」という名詞概念に変換され, スロット「健康状態」に格納した. そして「娘」を名詞概念辞書と結合する.

実例：夢見小僧

「1. 子供（弟子）が夢を見る。親（師匠）にたずねられてもいわない。2(a)家を追われる。または(b)島流しになる。3. 子供は鬼を退治して宝物（生き棒・死に棒・千里棒・聴耳）をとって帰る。4(a)死んだ娘（病気の娘）を蘇生させて聟になる。(b)他の家の娘を蘇生させ、またはその聟になる。5. 月に 15 日ずつ 2 人の女房と同棲する。6. 家に帰って「こんな夢であった」と親に告げる。（→ 168 生鞭死鞭）」

4.2.2 ～の～型

この項は, 連体助詞「の」により繋がっている二つの語から成る名詞句が分類されている.

結合の手順は, まず名詞句を「の」以外の名詞に分解

し，片方の名詞をもう一方の名詞が持つ属性フレーム内の適切なスロットに格納する．格納するスロットは一つ一つの名詞句ごとに手作業で判定を行い，既存のスロットに適切なものがないと判断した際は，その名詞の属性フレーム限定で用いられる新規のスロットを追加した．そして最後に名詞句に含まれる全ての名詞を名詞概念辞書と結合した．

例では「鬼の家」を「鬼」と「家」に分解し，「家」の属性フレーム内の「所有者」スロットに「鬼」を追加，最後に名詞概念辞書と結合したものが表の実例に記載されている．

実例：鬼の子小綱

「1. 娘が鬼にさらわれてその妻になる。2. 父親が探しに行き、孫の手引きで鬼の家に行き隠れている。3. 人間くさいと鬼がいうので、娘は身ごもったといって欺く。4. 鬼が喜んで酒盛りをして酔いつぶれる。5. 父親と娘と孫は舟に乗って海（河）をわたって逃げる。6. 鬼が追っかけてきて水をのんで舟を吸いよせるので、娘は尻をめくってたたく。7. 鬼は笑って水をはき出したので逃げ帰る。」

4.2.3 複数形

この項は，「たち」や「ども」などの複数を表す接尾語を伴う名詞が分類されている．

結合は，まず名詞と接尾語に分解し，名詞部分を名詞概念辞書と結合する．そして接尾語部分は名詞部分の属性フレーム内の適切なスロットに格納した．格納の際，適切かどうかの判断は他の項での属性フレームを用いた結合と同じように手作業で行い，スロットに格納する情報は名詞の個体数が分かる場合は具体的な数とし，不明な場合は「複数」とした．

表の例「下男たち」は，接尾語「たち」を「複数」という属性情報に変換し，名詞概念「下男」の促成フレーム内の「○○スロット」に格納した．

実例：灰坊

「1. 若者が(a)継母に家を追われ、または(b)勘当され長者の風呂たきに雇われる。2. 長者の娘が(a)芝居で美男に会う。それが風呂たきであるのを知る。または(b)かつて結婚を約束した男が風呂たきであるのを知る。3. 娘が病気になる。家に好きな男がいるためだと占い師が教える。4. 下男たちに娘の病気見舞をさせると、娘は灰坊を選ぶ。5. 灰坊は美男になって結婚する。」

4.2.5 指示詞＋名詞

この項は，「その」などの指示詞を伴う名詞が分類されている．

この項に分類されているほとんどの名詞句が，これが記載されているストーリーユニット内に登場する物体のいずれかを対象としているため，結合はまず名詞句を名詞部分と指示詞部分に分解し，名詞部分の属性フレーム内に，その名詞句が指し示している対象を登録した後，名詞部分を名詞概念辞書と結合した．格納する対象の情報は新しく「対象」スロットを追加し，そこに格納した．

実例：力較べ

「大力くらべに行って、農夫に相手の家をたずねる。馬の口とりに馬を下げたまま指して教える。その下男と聞いて逃げる。」

4.2.6 数詞＋名詞

この項は，「三十日」といった数詞を伴う名詞である．名詞部分は例のように助数詞である場合や，「餅一つ」等のように数詞の個体数を示す対象である場合もある．

結合は，まず名詞句を数詞部分と名詞部分に分解し，名詞部分を助数詞であれば名詞概念に置き換え，対象であれば名詞概念辞書と結合した．そして数詞部分を名詞部分の属性フレームの適切なスロットに格納した．格納の際，適切かどうかの判断は他の項での属性フレームを用いた結合と同じように手作業で行った．

例の「三十日」は「日数」名詞概念の属性フレーム内の「長さ」スロットに「30」という情報を格納した．

実例：座頭と博労

「1. 座頭はだれかとたずねる。2. 博労(牛遣い)は「三十日」と答えると、座頭は「一月(人突き)か」という。3. 「毛色は」とたずねると「十月ごろの葉の下葉」といい、座頭は「赤葉(赤毛)か」という。」

4.2.7 修飾語＋名詞

この項は，「うまい料理」といった修飾語を伴う名詞を分類した．

結合は，まず名詞句を修飾語部分と名詞部分に分解

し, 名詞部分を名詞概念辞書と結合する. そして修飾語部分を形容詞概念辞書と結合する. その後, 修飾語部分を名詞部分の属性フレーム内の適切なスロットに格納する. 格納の際, 適切かどうかの判断は他の項での属性フレームを用いた結合と同じように手作業で行った.

実例：蛤女房

「1. ある男が蛤(魚)を助ける。女が訪れて来たので(a)結婚する。または(b)女中に雇う。2. 女はうまい料理**を作って食わせる。3. 男が料理をしているところを見ると、女は食べ物に小便をしかけている。4. 女は正体を発見されたことを知って、蛤(魚)になって帰る。」**

4.3 事象概念

この項目に該当するものは,「説明文」と「疑問文」である. 前者は,「A は B だ」という形式の台詞であり, 後者は何らかの質問を伴う台詞である. 両者とも, 何らかの登場人物の発話が対象となり, ある事象の格の中に, 別の事象が挿入された事象の入れ子構造と捉える. そのため, 動詞概念辞書との結合が必要であり, その結合方法は, Ogata & Ono (2021)が実施した方法と同一の方法となる.

実例（説明文）：犬娘・蛇息子

「1. いぬが女の子を生む。2. 成長してから一緒に旅に出る。3. ある家に泊まっているうちにそこの男と夫婦になる。4. 見るなといわれている倉をのぞくと蛇がいる。娘は蛇を殺す。5. 帰ってきた男に自分は犬の子だと白状する。男もあの蛇は自分の母だ**といい、それから二人は仲よく暮らす。」**

実例（疑問文）：聞き違い・きかず爺

「二人の爺。一人が年はいくらだ**ときく。南蛮味噌を食っている。年は幾つだ。年に似合わず若い。」**

5 議論と今後の課題

４節で示した方法に従い, 表 2 における全分類の結合作業を実施した. ここで, 結合の結果, 発生した課題を方法ごとに示す.

- 属性フレームを用いた結合

4.3 節「属性フレームを用いた結合」に属する分類は, 対象を 2 つ以上に分け, うち片方の属性フレームを作成し, その中の適当な属性スロットにもう片方を格納することで名詞概念辞書との結合を試みた. この手法を用いた分類の一部は, 属性フレームを利用が難しいものや, 格納する情報に工夫の予知がみられるものがあった. 分類ごとに例を挙げる.

- 分類 1. 体言止め :「大力を神に授かるため」という事例があり,「ため」の属性スロット「ため」に「大力を神に授かる」という情報を格納したが,「ため」という言葉は一単語ではないため, 名詞概念辞書と結合できない.
- 分類 5. ～の～型 :「隣の翁」といった名詞は,「翁」の属性スロット「位置」に「隣」という情報を格納したが,「位置」に翁が隣接している対象を格納する方が, 翁自身の具体的な位置情報が記述できるとも考えられた. また「蚯蚓の食べ物」は, 食べ物と蚯蚓の関係を表すのが難しかったため, 仮に「関係者」という属性スロットを新規作成した. 他にも「ミッケラ御主の家」という個人名が使われているものもあったため, 後に固有名詞概念辞書との必要がある.
- 分類 8. 複数形 :「油壺など」や「両方とも」は複数の物体を表す言葉であるため, ストーリーユニット中に名詞が指し示す物体が明示されていれば, その情報を格納する必要がある.
- 分類 11. 数詞＋名詞 :「十四」といった数字のみのものがあり, これらは属性フレームを用いることができない. 他にも「八化け頭巾」といったものもあり, それ自体が固有名詞のように捉えられるものもあったが, 今回は「化ける数」という属性スロットに数の情報を格納した.
- 分類 12. 修飾語＋名詞 :「貴人の見にくい姫」という名詞表現があり,「姫」の属性フレーム内の「特徴」スロットに「貴人が見えにくい」という情報を格納したが, この格納方法では情報部分が概念辞書との結合ができない.

- 言語表記辞書に登録
  - 分類 4. 一単語（登録なし）パターン B : 分類 4 のパターン B はほとんどを言語表記辞書に登録したが, 一部に名詞概念辞書への新規登録の方がよいと判断したものもあった. 例え

ば「傘」は元々「雨傘」の言語表記辞書に登録を検討していたが,「日傘」まで含めた意味も考えられるので名詞概念辞書に新規登録への新規登録に変更した.

- 名詞概念辞書に新規登録
  - 分類 4. 一単語（登録なし）: 分類 4 のパターン A は問題もなく名詞概念辞書に新規登録を行えた.

以上に加え，結合が完了したストーリーユニットについては，結合した名詞概念の妥当性をまだ検討していない．例えば，生きた動物である「雉」と，加工された食肉を表現した「雉（の肉）」の区別を行っていない．他に比喩表現かどうかも判断していない．そのため，作成したストーリーユニットを用いたストーリー生成を行い，名詞概念の妥当性をチェックする必要がある．

6 あとがき

本稿では，関らの研究の成果である「昔話の型」を基づいた日本に伝わる昔話の構造であるストーリーユニットを，本研究室において開発・運用中の統合物語生成システムがストーリー生成の際に用いる知識として組み込むために必要な作業の一つである，ストーリーユニット中の名詞と名詞概念辞書との結合の現状と未結合の項目の結合方法を示した．

しかし，現在の各項目の結合方法には一部問題もあり，項目内全ての名詞をストーリー生成において機能的に働かくように結合できていない．かいけつのためには問題の名詞に対し，個々に別手法を当て完全な結合を目指す．

謝辞

本研究は、科研費（研究課題／領域番号: 18K18509）の資金援助を受けている。

文献

Aarne, A. (1910). Verzeichnis der Märchentypen. *Folklore Fellows Communications*, Vol.3, Finland: Suomalaisen Tiedeakatemian Toimituksia.

Alhussain, A. I. & Azmi, A. M. (2021). Automatic Story Generation: A Survey of Approaches. *ACM Computing Surveys*, 54 (5), 1-38. https://doi.org/10.1145/3453156

アールネ. A., 関敬吾 訳 (1969). 『昔話の比較研究』. 岩崎美術社.

熊谷元輝・小野淳平・小方孝 (2022). 昔話の型に基づくストーリーユニットと名詞概念辞書の結合の実装. 『第 68 回ことば工学研究会資料』. pp. 67-76.

Imabuchi, S. & Ogata, T. (2013). Methods for generalizing the Propp-based story generation mechanism. Yoshida, T., Kou, G., Skowron, A., Cao, J., Hacid, H. & Zhong, N. (Eds.). *Notes in Computer Science 8210*, 333-344. Springer.

伊藤拓哉 (2021). 概念辞書と結び付いた日本昔話の物語単位の開発と生成実験. 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科修士論文（未公刊）.

中分遥・佐藤浩輔 (2018). 国際民話抄録の計量的分析-文化知識の伝達の観点から-. 『信学技報』, 118(122), 1-6.

野家啓一 (1966). 『物語の哲学』. 岩波書店.

Ogata, T. (2015). Building conceptual dictionaries for an integrated narrative generation system. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 1 (4), 270-284.

Ogata, T. (2020a). *Toward an Integrated Approach to Narrative Generation: Emerging Research and Opportunities*. PA: IGI Global.

Ogata, T. (2020b). *Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities*. PA: IGI Global.

Ogata, T., & Ono, J. (2021). Implementing Story Units of Japanese Folktales Using a Verb Conceptual Dictionary. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*. 9 (1) (掲載予定).

小澤俊夫 (1997). 『昔話入門』. ぎょうせい.

プロップ, V. (1987). 昔話の形態学 (北岡誠司・福田美智代 trans.). 東京: 白馬書房.

関敬吾 (1979a). 『日本昔話大成　第一巻　動物物語』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1978a).『日本昔話大成　第二巻　本格昔話　一』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1978b).『日本昔話大成　第三巻　本格昔話　二』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1978c).『日本昔話大成　第四巻　本格昔話　三』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1978d).『日本昔話大成　第五巻　本格昔話　四』. 東京: 角川書店.

関敬吾. (1978e).『日本昔話大成　第六巻　本格昔話　五』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1979b).『日本昔話大成　第七巻　本格昔話　六』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1979c). 『日本昔話大成　第八巻　笑話　一』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1979d). 『日本昔話大成　第九巻　笑話　二』. 東京: 角川書店.

関敬吾 (1980). 『日本昔話大成　第十巻　笑話　三』. 東京: 角川書店.

関敬吾・野村純一・大島廣志 (1980).『日本昔話大成　第十一巻　資料篇』. 東京: 角川書店.

関敬吾・野村純一・大島廣志 (1979).『日本昔話大成　第十二巻　研究篇』. 東京: 角川書店.

Thompson, S. (1955-1958). *Motif-index of folk-literature: a classification of narrative elements in folktales, ballads, myths, fables, medieval romances, exempla, fabliaux, jest-books, and local legends*. (Revised and enlarged. edition). Bloomington: Indiana University Press.

死の脅威が自己の仮説妥当性評価にもたらす影響：存在脅威管理理論から考える仮説検証課題のプロセス

The Impact of Death Threats on Self's Hypothesis Validity Assessment: The Process of Hypothesis Testing from Terror Management Theory

柴北 春香†，服部 雅史‡，平田 瑞貴†，三輪 和久†
Haruka Shibakita, Masasi Hattori, Mizuki Hirata, Kazuhisa Miwa
†名古屋大学，‡立命館大学
Nagoya University, Ritsumeikan University
shibakita.haruka.b4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

この研究は，存在脅威管理理論の文脈における死の脅威が自己の仮説妥当性評価へもたらす影響についての検討をおこなったものであった. 人間は, 他者のアイデアや仮説などを懐疑的に評価するのに対して自分の仮説やアイデアを肯定的に見積もる傾向がみられる. 本研究ではその原因を存在脅威管理理論における死の脅威にあると仮説を立てて仮説検証課題を用いてこのことを検証した．実験結果は有意な差がみられなかった.

キーワード：存在脅威管理理論, 仮説検証

1. はじめに

問題解決場面において，人は他者の仮説は懐疑的に評価するのに対し，自分の仮説は肯定的に評価する傾向がある[1]. その原因は, 単純所有効果（mere ownership effect；以降 MOE と呼ぶ）とされている．これは，ある対象を自分のものと認識することで，その対象を肯定的に評価するようになるという効果のことで，肯定的な自己像を維持したいという自尊感情に起因する[2]. MOE は自分を否定されるという自己脅威を感じている場合に強くなる[3]ことから，肯定的な自己像を維持したいという自尊感情には，自己脅威からの防衛という役割もあると考えられる. また, 人間は死の脅威を潜在的に感じることで自尊感情が増すという存在脅威管理理論[4] によれば, 自己脅威の最たるものである死の脅威が顕在化すると，自尊感情が高まるとされている.

以上より, 自分が生成した仮説を検証する際に, 死の脅威が顕在化すると，自尊感情が高まり，その結果，自分の仮説を肯定的に見積もることが起こる可能性がある. そこで, 本研究では, 仮説検証課題を用いてこのことを検証した.

死の脅威の喚起は人為的に，自分はいつか死ぬということに対する恐怖である存在論的恐怖を感じさせる処理である MS 処理（mortality salience 処理）を用いた. MS 処理により, 仮説を肯定的に捉えるようになると考えられた．実験では 3 つの指標について分析をおこなった.

１つ目は正事例検証と負事例検証の出現率であった. 正事例検証とは仮説検証過程において仮説に合致する事例を用いて検証すること，負事例検証とは仮説検証過程において反証となる事例を検証することである. MS 処理によって自分の仮説を肯定的に見積もるようになれば, ため, 確信度を高める必要性が少なくなるため，検証過程の終盤で確信度を高めるために出現が高まるとされている[5] [6]負事例検証の出現が少なくなると予測する確信度を高める必要性が少なくなるため, 負事例検証の出現が少なくなると予測した.

２つ目は試行回数であった. MS 処理により，仮説を肯定的に捉えると，生成した仮説に対する確信度が高まり, また, 検証回数に比した確信度の上昇速度が高まると考えられるため，一定の確信が得られた参加者は仮説検証を終了しても良いという実験手続きをとった場合，仮説検証過程における試行回数は少なくなると予測した.

３つ目は主観的な確信度である．実験群では MS 処理によって自己生成仮説を肯定的に捉えると考えられるので，主観的な確信度が高くなると予測した.

2. 方法

参加者

日本で生まれ育った大学生及び大学院生 30 名(平均年齢 22.3 歳)が実験に参加した．参加者は，実験群または統制群のいずれかに無作為に割り当てられた.

装置

実験はオンラインコミュニケーションツール Zoom を用いて実施した．実験中，ビデオはオフにした．

手続き

実験群は MS 処理として死生観を問う質問に，統制群はテレビ視聴に関する質問に回答したあと，両群とも存在脅威管理理論における自尊心向上を検証するために作成された尺度である自尊心向上希求度[7] をはかる質問紙に 7 件法で回答した．この尺度は Rosenberg (1965)の自尊心に関する尺度[8]及びその邦訳版である山本・松井・山成(1982)の尺度[9]の項目表現をいかしつつ，かつ自尊感情を高めたいという欲求を測定できるような表現に修正したものであった．その後両群ともエリューシス課題という仮説検証課題を解いた．エリューシス課題とは，実験者があらかじめ決めた規則（今回は数字が書かれたカード，つまり 2~10 までのカード）を発見するという課題であった．まず参加者は 52 枚のトランプを持っているとした．そして実験者からハートの 3，スペードの 5，ダイヤの 7 が規則に合致する初期事例として提示した．参加者はそれぞれの試行で規則の仮説を 1 つ提示して，仮説を検証するために同時に任意のカード 1 枚も提示した．この時に提示したカードが正事例か負事例かを記録することで 1 つ目の確信度の指標とした．実験者は参加者の提示したカードが規則に合致するか否かをはい・いいえでフィードバックした．参加者はフィードバックをもとに新たに規則の仮説をたてることを繰り返した．この試行は，参加者が正しい規則を発見したと確信するまで続けることで，試行を続けた回数を２つ目の確信度の指標とした．

仮説生成後，参加者は，生成した仮説の正しさに対する主観的な確信度を 0%から 100%の間で回答することで３つ目の確信度の指標とした．

3. 結果

自尊心向上希求度は，MS 処理群の平均値は 5.62，統制群は 5.44 で有意差はなかった（図 1），t (28) = -0.42, p > .05. 試行回数の平均値は，MS 処理群では 14.4 回，統制群では 15.4 回で，両群の間に有意差はなかった（図 2），t (26) = 0.34, p > .05．エリューシス課題の全試行に対する負事例検証の割合は，MS 処理群では 0.33，統制群では 0.31 で，両群の間に有意差はなかった（図 3），t (23) = -0.11, p > .05．自分が生成した仮説に対する主観的な確信度は MS 処理群で 37.0%，統制群の平均値は 43.8%で，両者の間に有意差はなかった（図 4），t (25) = 1.09, p > .05.

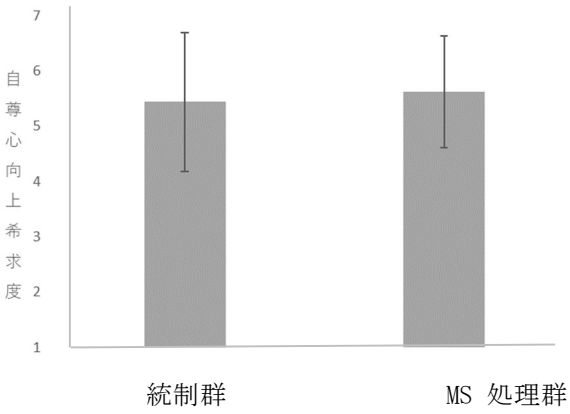


図１　自尊心向上希求度

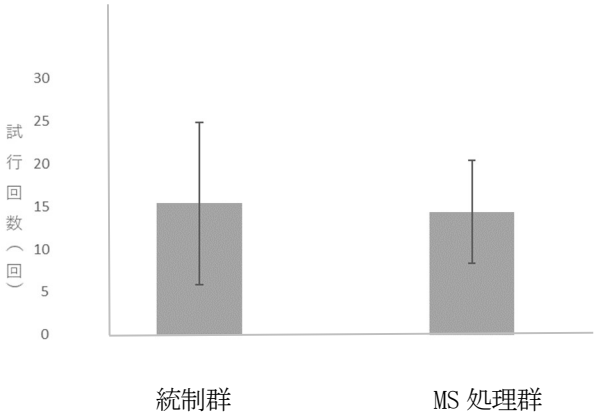


図 2　エリューシス課題において正解を見つけたと思うまでの試行回数

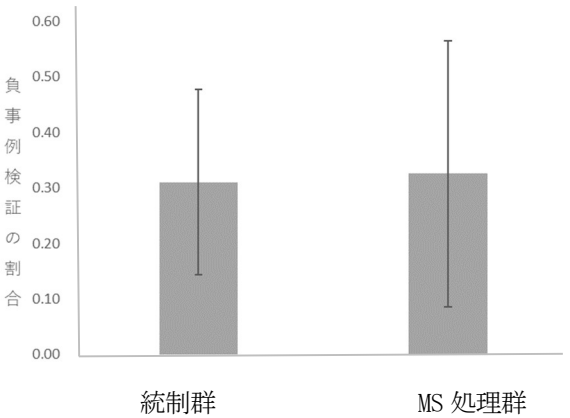


図 3　エリューシス課題において負事例検証をおこなった割合

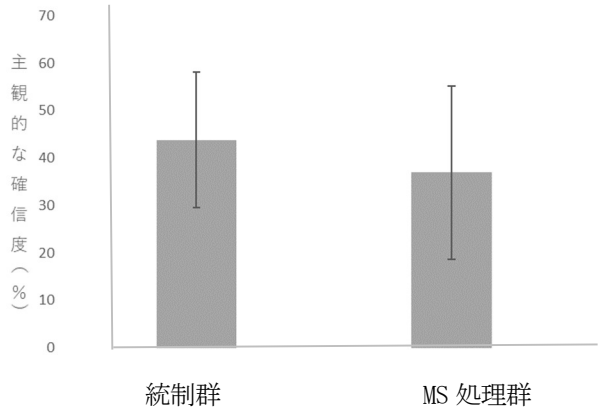


図 4　エリューシス課題における主観的な確信度

4.　考察

本研究では，存在脅威管理理論の文脈における死の脅威が仮説妥当性評価にもたらす影響について検討した．その結果，MS 処理によって自尊心向上希求度が向上しなかった．

その原因として実験に Zoom を用いたことがある．日本的な価値観が強い日本人は MS 処理をおこなうことで謙遜を美徳とする東洋的な文化的世界観に接近し，自己卑下的な態度になると言われている[10]．しかし他者を感じない環境においては日本人も自己評価が高くなるという結果がみられている[11] [12]ことから，MS 処理をおこなっても他者を感じさせない環境であれば自尊心向上希求度が高くなると考えられる．今回の実験では Zoom の画面をオフにすることで他者（実験実施者）を感じさせない環境を設定したが，不十分だった可能性がある．

今後は，両群の自尊心向上希求度に差が出るよう実験手続きを改善した上で，MS 処理が仮説検証過程へ及ぼす影響を確認する必要がある．

文献

[1] 小寺 礼香・清河 幸子・足利 純・植田 一博 (2011). 協同問題解決における観察の効果とその意味：観察対象の動作主体に対する認識が洞察問題解決に及ぼす影響　認知科学, *18*, 114-126.

[2] Beggan, J. K. (1992). On the social nature of nonsocial perception: The mere ownership effect. *Journal of Personality and Social Psychology, 62,* 229-237.

[3] Yeung, V. W. L., Chan, C. P. Y., Yau, E. K., Lok, W. K., Lun, V. M. C., & Chan, E. (2020). I own therefore I can: Efficacy-based mere ownership effect. *Journal of Experimental Social Psychology, 90,* 104005.

[4] Solomon, S., Greenberg, J., & Pyszczynski, T. (1991). A terror management theory of social behavior: The psychological functions of self-esteem and cultural worldviews. *In Advances in experimental social psychology, 24*, 93-159.

[5] 眞嶋良全 (2008). 仮説検証における事例選択の変化　認知心理学研究, *6*, 57-63.

[6] 田村昌彦・服部雅史・三輪和久 (2010). 仮説検証課題における確信度更新と検証系列：情報獲得モデルによる検討　認知科学, *17*, 180-195.

[7] 富塚 澄江・藤 桂 (2017). 死に対する恐怖および回避が健康行動に及ぼす影響　心理学研究, *88,* 327-336.

[8] Rosenberg, M. (1965). Society and the adolescent self-image. Princeton, NJ: Princeton University Press.

[9] 山本 真理子・松井 豊・山成 由紀子 (1982). 認知された自己の諸側面の構造　教育心理学研究, *30*, 64-68.

[10] Wakimoto, R. (2006). Mortality salience effects on modesty and relative self-effacement. *Asian Journal of Social Psychology, 9,* 176-183.

[11] Kudo, E., & Numazaki, M. (2003). Explicit and direct self-serving bias in Japan. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 34*, 511-521.

[12] Kim, Y., Chiu, C., Peng, S., Cai, H., & Tov, W. (2010). Explaining East-West Differences in the Likelihood of Making Favorable Self Evaluations: The Role of Evaluation Apprehension and Directness of Expression. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 41,* 62-75.

Shared spaceの移動における思いやり度を示す指標の開発
Development of Consideration Index in Shared Space

松林 翔太†，三輪 和久†，寺井 仁‡，二宮 由樹†，下條 朝也§
Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai, Yuki Ninomiya, Asaya Shimojo
† 名古屋大学，‡ 近畿大学，§ コニカミノルタ株式会社
Nagoya University, Kindai University, KONICA MINOLTA, INC.
matsubayashi.shota.v0@f.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

歩行者や多様なモビリティが同一空間を共有するShared space が増えてきている。Shared space を模した実験室実験では，思いやりのある移動行動が促された場合と思いやりの程度を評定する場合のいずれにおいても，妨害の程度が重要であることが示されている。そこで本研究では，Shared space における思いやりの程度を示す指標を新たに開発した。

キーワード：妨害 (interruption)，協調 (cooperation)，向社会的行動 (prosocial behavior)

1. 導入

歩行者は歩道，モビリティは車道と明確に区分される従来の歩車分離空間に代わり，歩行者や様々な小型モビリティが同一の空間を共有する Shared space (歩車混在空間) が一般的になってきている [1]。近年では，美術館や空港などで，ガイドロボットや搬送ロボットが歩行者の中を移動することも珍しくない。

Shared space は歩車分離空間ほど規則・規範が明瞭ではなく，すれ違う 2 名のどちらが優先権を有しているかが不明確である [2]。そのような Shared space で円滑にすれ違いを行うためには，相手に対する思いやりが必要であると考えられる。そのような行動の一例として，身振り手振りなどの explicit communication が挙げられるが，加減速などの implicit communication の重要性もまた指摘されている [3]。

著者らは explicit communication を利用できない実験室課題を用いて，思いやりのある移動行動とはどのようなものかを検証した [4]。その結果，参加者に思いやり行動を求めた条件では，教示なし条件に比べ，他者の進行を妨げる時間が有意に減少した。また，参加者に思いやりの第三者評定を行わせたところ，他者の進行を妨げる時間が短かった人の思いやりの程度が高いと評定された。つまり思いやりの性質を知る上で，相手の進行を妨げる妨害は無視できない概念であるといえる。

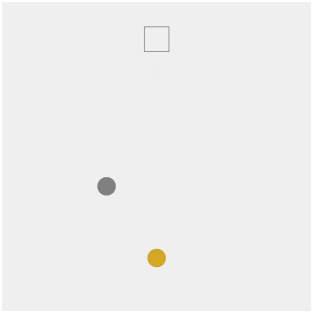


図 1　課題画面

本研究は，Shared space 内の移動における思いやりの程度を定量的に示すことを目的としている。上記の経緯により，本研究ではある人が行う他者に対する妨害の程度を，その人の思いやりの程度と想定する。つまり，相手にブレーキを踏まざるを得ない状況にさせている人の思いやりの程度は低いとみなすことで，その人の思いやり度を定量化することを目指す。

2. 方法

本研究では，様々なすれ違い状況を参加者に提示し，参加者がどの状況でブレーキを踏むか，踏まないかのデータを収集した。そのデータを回帰し，ある状況の思いやりの程度を推定する式を求める。

実験には参加者 48 名が参加した。画面には，参加者が操作する黄色の自エージェントとそのゴール，自律的に移動する灰色の他者エージェントが表示された (図 1)。両エージェントは試行開始時から自動的に一定速度で進んでおり，参加者は危険だと感じたときだけコントローラを操作してブレーキをかけるよう求められた。なお，両エージェントが接触した場合は自エージェントが赤色表示に変わるが，挙動には変化はなかった。十分なブレーキ操作練習の後，参加者は計 72 試行のすれ違いを経験した。各試行において，自エージェントの速度，他者エージェントの初期位置・速度・方向はそれぞれランダムに設定されていた。

参加者がブレーキを踏んだ試行では，その試行にお

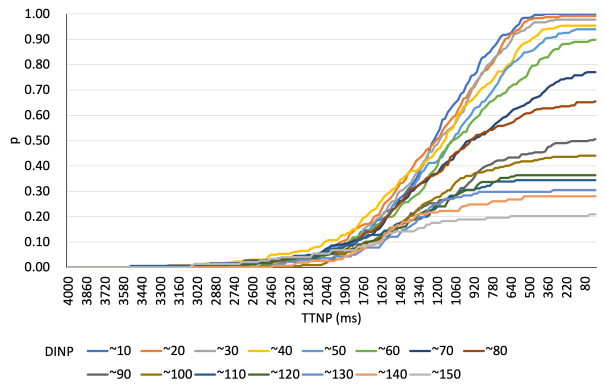


図 2　ブレーキ確率 実測値

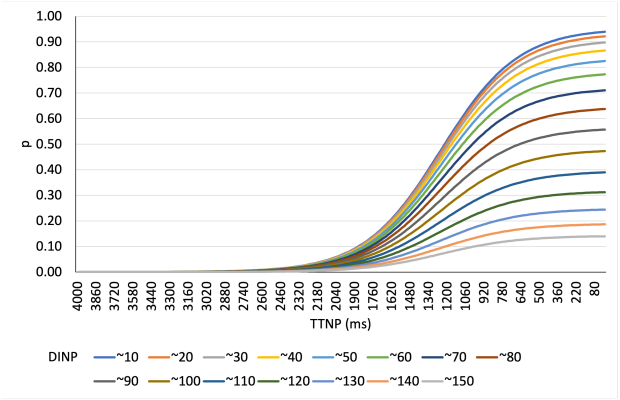


図 3　ブレーキ確率 予測値

ける 2 エージェント間の最接近距離 (Distance In the Nearest Point: DINP) と，ブレーキを踏んだ瞬間における最接近点までの猶予時間 (Time to the Nearest Point: TTNP) を，ブレーキを踏まなかった試行では DINP のみを計測した。

3.　結果

ある DINP と TTNP に対して，ブレーキを踏んだ参加者の割合の実測値を図 2 に示す。まず，TTNP が小さくなるにつれてロジスティックカーブのようにブレーキ率が上昇していることが分かる。これは，最接近点が近付くにつれてブレーキを踏む参加者が増えることを示している。また DINP に着目すると，最接近距離が小さいほど最終的にブレーキを踏む参加者が増えることが分かる。

以上より，ブレーキ確率 p は TTNP と DINP に対して共にロジスティックカーブを描くと見なすことができる。そこで p を以下の式で回帰した。

$$p = \frac{1}{1+e^{-(a+b*TTNP)}} \times \frac{1}{1+e^{-(c+d*DINP)}}$$

その結果，TTNP に対する切片 a と傾き b，DINP に対する切片 c と傾き d はすべて有意であった ($a = 4.252, b = -0.003, c = 3.348, d = -0.034; ts > 78.4, ps < .001$)。その推定式に基づくブレーキ確率の予測値を図 3 に示す。この推定式を用いることで，ある 2 名のエージェント間の相対位置・相対速度をもとに，そのときのブレーキ確率，つまりお互いにどの程度妨害しているかを定量的に算出することができる。

4.　考察と結論

本研究では，DINP と TTNP を引数としたそのときのブレーキ確率を，Shared space の移動における思いやりの程度と見なし，思いやりの程度を定量的に示す方法を開発した。

今回は全参加者のデータからひとつの推定式を求めたが，十分なデータ数があれば参加者それぞれの式を求めることも可能である。推定された 4 係数の値の個人差は，妨害に関する個人差を表すと考えることができる。つまり，一方の人は妨害されていると感じ，もう片方の人は感じていない状況を量的に表現できる。今後は本指標が参加者の主観に合っているかを検証する予定である。

謝辞

本研究は，トヨタ自動車株式会社および科学研究費補助金 18H05320 の支援によって行われた。なお，本研究は著者ら独自の意見及び結論を反映したものである。

文献

[1] Moody, S., & Melia, S. (2014). “Shared space - research, policy and problems”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport, Vo. 167, No. 6, pp. 384-392.
[2] Uttley, J., Lee, Y. M., Madigan, R., & Merat, N. (2020). “Road user interactions in a shared space setting: Priority and communication in a UK car park”, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 72, pp. 32-46.
[3] Lee, Y. M., Madigan, R., Giles, O., Garach-Morcillo, L., Markkula, G., Fox, C., ⋯ Merat, N. (2021). “Road users rarely use explicit communication when interacting in today ’ s traffic: implications for automated vehicles”, Cognition, Technology and Work, Vol. 23, No. 2, pp. 367-380.
[4] Matsubayashi, S., Kazuhisa, M., Hitoshi, T., Shimojo, A., & Yuki, N. (2021). “What is the Cooperative Behavior of Moving in Shared Spaces?” In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Vol. 43, pp. 2444-2449.

理解の深さの定量的評価を目指した認知診断モデルの応用とそのプロセスの提案 –心理学・教科教育の知見とQ行列推定を活かしたQ行列作成–

Application of Cognitive Diagnostic Models for Quantitative Assessment of Depth of Understanding and Its Proposed Process –Q-matrix Design Utilizing the Findings of Psychology and Mathematical Education and Q-matrix Estimation–

佐宗　駿[†*]，岡　元紀[†]，植阪　友理[‡]
Shun Saso, Motonori Oka, Yuri Uesaka
[†] 東京大学大学院，[‡] 東京大学高大接続研究開発センター
The University of Tokyo, The University of Tokyo Center for Research and Development on Transition from Secondary to Higher Education.
s-saso@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

学習者の理解の深さを定量的に診断できれば，学習内容の深い理解に向けた学習・指導改善へと繋がる。本研究では，認知診断モデルという数理モデルを活用して，理解の深さの定量的評価を試みた。認知診断モデルでは，Q行列の作成が肝になる。そこで，学校教師と研究者が共同で行ったQ行列作成過程を示すことを目的の一つとした。さらに，認知診断モデルから得られた推定結果がどのように学校教師に受け止められるかをインタビューを通じて明らかにした。

キーワード — 深い理解，認知診断モデル，Q行列

1. はじめに

近年，国際的な教育動向として，教科内容の深い理解の涵養が目指されている [1, 2]。もし日々のテストの結果から学習者の教科内容の理解の深さを定量的に診断できたならば，その診断結果は理解の深化に向けた学習者の学習改善や指導者の指導法改善へと繋がるだろう。

では，どのような手段で定量的に学習者の学習状況を診断できるのだろうか。その方法の一つとして，認知診断モデル (Cognitive Diagnostic Models; [3]) という数理モデルが挙げられる。認知診断モデルでは，学習者の認知的能力をアトリビュートと呼ばれる複数の要素に分け，各アトリビュートの習得状況として学習状況を詳細に診断できる。そのためテストの合計得点だけからは，みとることができなかった学習者のつまずきをより詳らかに把握可能となる。分析においては，学習者の各項目への「回答データ」と項目ごとに測定されているアトリビュートをまとめた表である「Q行列 (Q-matrix; [4])」 をもとに統計的推測が行われる。具体的にQ行列は，最も基本的な2値型アトリビュートを用いた場合，項目の正答にどのアトリビュートが必要とされるかを，必要であれば1，不要であれば0が割り振られた $J \times K$ 型行列である (J：項目数，K：アトリビュート数)。このアトリビュートにどのような能力を対応させてQ行列を作成するかは，認知診断モデルを適用するにあたって重要なプロセスである。従来，アトリビュートに設定されてきた能力は主として，単元固有の能力であった (e.g., [5, 6])。一方で，前述の国際的な教育目標を鑑みれば，このアトリビュートに理解の深さに関連する能力を対応させることができれば，理解の深さの定量的な評価が可能になるだろう。

Q行列を作成すると一口にいえど，その過程は容易ではない。認知診断モデル研究の最近の発展をレビューした研究 [7] では，「Q行列の設定は，文献調査や項目分析，複数の専門家の合議などを経て行われる時間と労力のかかるプロセスである」と述べられているほどである。しかし，これまでの認知診断モデルの応用研究を概観すると，この作成過程は必ずしも詳述されてきたわけではない。また，認知診断モデルによる診断結果が教育現場において学習・指導改善に結びつくためには，テストで測られていることに加えて，学校の授業で指導されていることを考慮してQ行列

*本論文は第1著者による修士論文の一部を学会発表の形態に編集，加筆したものである。

を作成する必要がある。一方，従来は研究者のみが主体となって作成されることが多く，このような取り組みがなされていないことも課題である。そのため，これらの課題に対処しなければ，実際の学校現場で活用されるとは想像し難い。現に RPPs(Research Practice Partnerships; [8]) で代表されるように，研究者と教育実践家が関わりあって作り上げていくことで実践的な意義がそこに生まれることは論を俟たない。

そこで，本研究では学校教師と共同して実践的に指導改善に活きる Q 行列の作成とその過程を提案する。さらに，作成された Q 行列やこれに基づく認知診断モデルによる推定結果が，学校教師に指導改善に活きる効果的なリソースとして受け止められるかを，インタビューを通じてその反応を検討することを目的とする。なお，Q 行列作成のプロセスにおいて本研究では Q 行列推定の手法も活用した。従来，Q 行列作成するといえば，専門家による議論という質的な作成方法が主であった。これに対し，Q 行列を定量的に検討しようとする試みが Q 行列推定であり，近年この方法論開発が盛んに行われてきている (e.g., [9])。しかし，この手法はこれまで応用実践に活用されていない。だが，これは研究者だけでなく，実践家である学校教師が Q 行列を作成する上でも，一つの拠り所となりうる手法である。また，量的側面から検討された Q 行列推定の結果も活用することでより妥当な Q 行列を作成することも可能になる。

本研究で提案する Q 行列作成のプロセスは以下の通りである。まず，(1) 研究者が Q 行列推定の結果と深い理解に関する先行研究の文献調査をもとに，Q 行列の第一案を作成する。次に，(2) 学校の先生及び認知・教授学習心理学の専門家との合議を経て，Q 行列の修正を行っていく。さらに，この作成された Q 行列をもとに，(3) 認知診断モデルによって推定された学習者の各アトリビュートの習得状況を学校教師にフィードバックすることによって，診断結果の指導法改善への有用性に関する反応を検討する。このような研究者と実践家の間を往来することで，実際の教育に役に立つものとして作り上げている本研究の Q 行列作成過程をまとめたのが図 1 である。次節では，実践校の概要と Q 行列作成のプロセスを詳述していく。

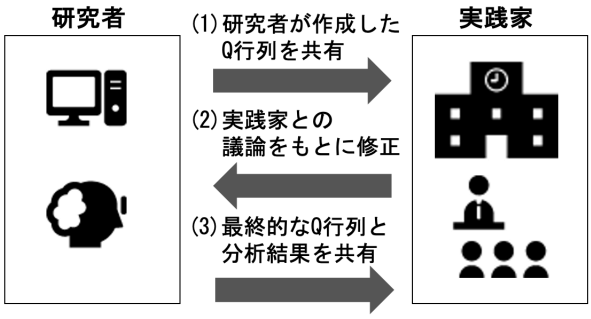


図 1　Q 行列作成のプロセス

2. 実践のフィールドと Q 行列作成のプロセス

2.1 実践のフィールド

静岡県の公立高校で行った (学力は中位層)。対象校は，以前から教員内において有志の研究グループを作り，認知・教授学習心理学の視点から，深い学びを促す授業の実践や深い学びの評価に精力的に取り組んでいた [10]。例えば数学のテスト問題の中には，単に公式に数値を代入して答えを導くだけの公式を丸暗記していても解けるような浅い理解を問う問題だけでなく，なぜその公式が成り立つのかを説明させるような深い理解を測るための問題も含まれていた。そのため，本校を対象校に選定した。分析対象とした定期テストは，数学 Ⅱ「指数関数・三角関数」を範囲とした計 36 項目から構成されており，2 年生理系クラス 19 名が回答した。

2.2 Q 行列作成のプロセス

前節の定期テストに対して，Q 行列の作成を行った。作成プロセスとして，まず，(1) 研究者側が主体となって作成する。その際に，教科教育及び心理学的知見を活用するだけでなく，Q 行列推定によって得られた結果も参考にし，認知・教授学習心理学の専門家との議論のもと作成した。次に，(2) 作成された Q 行列と推定結果をもとに，学校教師とその妥当性に関する議論を行った。最後に，この議論の中で得られた意見をもとに修正した Q 行列を最終的な Q 行列として (3) 分析結果に対する学校教師の反応も示した。

2.2.1 研究者による作成

まず，認知・教授学習心理学を専門とし，数学の中学校・高等学校教諭一種免許状を有する第 1 著者がテ

スト項目の性質，現行の学習指導要領及びこれまでの数学における深い理解に関する先行研究の知見 (e.g., [11, 12, 13, 14, 15]) を参照し，さらに認知・教授学習心理学の専門家である第 3 著者との協議のもとアトリビュートの特定と Q 行列の作成を行った。具体的には,「A1：定理・計算法則の理解」「A2：概念 (本単元で習う用語) 理解」「A3：等式・不等式が成り立つことを論理的に考察する力」「A4：図をイメージする力」という 4 つのアトリビュートが特定された。それぞれのアトリビュートについて,「A1：定理・計算法則の理解」はテスト範囲の単元で扱われた定理・計算法則を当てはめて問題解決できるかという手続きの理解,「A2：概念 (本単元で習う用語) 理解」は，テスト範囲の単元で扱われた数学的用語の理解,「A3：等式・不等式が成り立つことを論理的に考察する力」は，等式や不等式の計算において，各式同士のつながりを理解し，論理的に計算を遂行することができる能力,「A4：図をイメージする力」は，図を活用しながら問題を解決することができる力とそれぞれ定義した。これらのアトリビュートの定義のもとに，教育心理学の専門家 2 名と教育測定学を専門とする第 2 著者にそれぞれ独立に Q 行列を作成してもらったのち，作成された Q 行列の不一致箇所について，協議を通して統一した。

加えて，Q 行列を定量的に検討するために，Q 行列のベイズ推定を行った。小サンプル下での推定であるため，探索的な Q 行列推定ではなく，協議の上で作成した本 Q 行列を事前情報として事前分布に反映させて，Q 行列の事後分布の推定を行う確認的な Q 行列推定を行った。Q 行列推定には，先行研究 [9] により提案されたギブスサンプラーによる DINA モデル (deterministic inputs, noisy and gate model;[16] 詳細は 3.2.1 節) のもとでの Q 行列推定法を採用した。なお，Q 行列推定の際の事前分布にはベータ分布を用いた。具体的な事前分布の設定としては，協議の上で作成した Q 行列において 1 に当たる成分に対応する Q 行列の成分が，同じく 1 をとる確率が約 0.66 になるように設定した。また同様に，0 にあたる成分に対応する Q 行列の成分が同じく 0 をとる確率が約 0.66 になるように設定した。推定の際には，先行研究 [9] にて示されたマルコフ連鎖モンカルロ (Markov Chain Monte Carlo; MCMC) 法の設定に従い，イタレーション数は 100000, バーンインは 50000, チェーン数は 3 とした。推定結果は，Q 行列の各成分の事後期待値及び MAP(maximum a posteriori) 推定値を参照し，本 Q 行列との不一致箇所に関する Q 行列の成分の設定を再検討した。

2.3 現場教師との協議

再検討後の Q 行列とこれを用いて認知診断モデルによる分析を行った推定結果をもとに，本テストの作成者を含む高校教師 2 名と第 1,3 著者で Q 行列と設定したアトリビュートの内容について議論を行った。議論は Web 会議システムツールの一つである Zoom を用いて 1 時間程度で行われ，はじめの 20 分では，第 1 著者がパワーポイントを用いて，認知診断モデルの概要及び Q 行列と推定結果の読み取り方について説明した。その後，Q 行列や推定結果についての質疑と協議を行った。その結果，本定期テストを作成し，本テストを実施したクラスの数学の授業を担当する教師から「A2：概念（本単元で習う用語）理解」と「A4：図をイメージする力」のアトリビュートの関連性に関しての発話が得られた。また同様に,「A1：定理・計算法則の理解」と「A3：等式・不等式が成り立つことを論理的に考察する力」についても関連性が指摘された。つまり,「A2：概念（本単元で習う用語）理解」というアトリビュートのより高い習得水準に「A4：図をイメージする力」が位置付き,「A1：定理・計算法則の理解」のより高い習得水準として「A3：等式・不等式が成り立つことを論理的に考察する力」が位置づくものであると表現する方法の提案である。これらの議論は，先行研究での知見とも整合的である。用語の理解においては「そもそも ... とはどのようなものか」という用語や概念の意味について，用語の意味を断片的な知識として有しているだけでなく，グラフや図などの表象との関連づけが重要とされている（e.g., [11, 12, 13])。よって,「A2：概念（本単元で習う用語）理解」と「A4：図をイメージする力」を「数学的用語の理解」を診断するアトリビュートとして一括りにして定義し直すこととした。

また,「どのようにその手続きを行うのか」という「手続きの理解」だけでなく，どのような場面でその計算を用いれば良いかや公式がなぜ成り立つのかを考えることが深い理解には必要とされてきた (e.g., [15, 16])。よって,「A1：定理・計算法則の理解」と「A3：等式・不等式が成り立つことを論理的に考察する力」を「公式の運用」という名前のもと手続きの理解を診断するアトリビュートとして再定義した。

ここで提案された「数学的用語の理解」と「公式の運用」は授業担当者かつテスト作成者が普段の授業から意識して指導を行っていた理解の要素であった。指導と評価の一体化の観点からも，授業内で意識的に指導したことを評価することが学習・指導改善には効果

的である [17]。そのため，この 2 つのアトリビュートについて学習者がどの程度深く理解できているかを診断することが，学習改善・指導改善に有用であると考えた。そこで,「数学的用語の理解」と「公式の運用」についてそれぞれ習得か未習得かの 2 値型で表現するのではなく，理解の深さという習得水準を多値型アトリビュート (e.g., [18]) を用いて表現することとした (i.e., 0：未習得，1：浅い理解，2：深い理解)。

加えて，議論の結果，授業内では明示的に扱ってはいないが，授業内で扱った内容を応用して問題を解く力（「学習内容の転移」アトリビュートと名付けた），指数・累乗根・三角関数を含む式の計算を遂行する能力（「計算力」アトリビュートと名付けた）を新たに追加した。

3. 作成された Q 行列に基づく分析と現場教師からの反応

3.1 最終的な Q 行列

最終的なアトリビュートの定義を表 1，Q 行列を表 2 に示す。なお,「A1：公式の運用」と「A2：数学用語の理解」は多値型アトリビュート (i.e., A1b(A2b) が必要：2，A1a(A2a) のみ必要：1，いずれも不要：0),「A3：学習内容の転移」「 A4：計算力」には 2 値型アトリビュート (i.e., 必要：1，不要：0)「A1：公式の運用」において,「A1a：単一の公式の手続き的運用」のみが必要とされる場合，1 が割り振られ，これよりも習得水準の高い「A1b：複数の公式の論理的運用」が必要とされる項目に対しては 2 が割り振られている。同様に,「A2：数学用語の理解」において,「A2a：数学用語の一面的理解」のみが必要とされる場合，1 が割り振られ，これよりも習得水準の高い「A2b：数学用語の図を介した多面的理解」が必要とされる項目に対しては 2 が割り振られている。この Q 行列を用いて，認知診断モデルによる分析を行った。

3.2 分析方法

認知診断モデルによる分析では，2 値型の DINA モデルを多値型へと拡張した RPa-DINA モデル (reparameterized polytomous attributes DINA model; [19]) を用いた。分析に先立ち，DINA モデル及び RPa-DINA モデルを簡単に導入しておく。

3.2.1 認知診断モデルの数理的導入

DINA モデルは，項目に関連する複数のアトリビュートのうち，一つでも習得できていない場合には，正答確率が大きく低下するという特徴を有する [7]。DINA モデルでは，誤差がない場合に，個人 i が項目 j に正答できるか否かを表す理想反応 η_{ij} が次のように定義される。

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^{K} {\alpha_{ik}}^{q_{jk}} \tag{1}$$

ここで，$q_{jk} \in \{0,1\}$ は Q 行列の j 行 k 列成分であり，項目 j がアトリビュート k を必要とするかどうかを表しており，$\alpha_{ik} \in \{0,1\}$ は個人 i がアトリビュート k を習得しているかを表す指示変数である。この η_{ij} で条件付けた項目反応確率を

$$P(x_{ij} = 0|\eta_{ij} = 1) = s_j \tag{2}$$

$$P(x_{ij} = 1|\eta_{ij} = 0) = g_j \tag{3}$$

とする。(2) 式は，項目 j の正答に必要とされるアトリビュートを全て習得しているにもかかわらず，誤答してしまう確率 (不注意パラメタ) である。(3) 式は，項目 j の正答に必要なアトリビュートが全て揃っていないにもかかわらず正答してしまう確率（当て推量パラメタ）を表している。これら 2 つの項目パラメタを用いて項目反応関数は,

$$P(x_{ij} = 1|s_j, g_j, \boldsymbol{\alpha_i}, \boldsymbol{q_j}) = \left((1-s_j)^{x_{ij}} s_j^{1-x_{ij}}\right)^{\eta_{ij}} \left(g_j^{x_{ij}} (1-g_j)^{1-x_{ij}}\right)^{1-\eta_{ij}} \tag{4}$$

と表される。このような特徴を持つのが DINA モデルである。そして，この DINA モデルにおける理想反応 (i.e., (1) 式) を

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^{K} I(\alpha_{ij} \geq q_{jk})^{I(q_{jk}>0)} \tag{5}$$

多値型アトリビュートに拡張したのが RPa-DINA モデルである。理想反応以外の要素は全て DINA モデルと同じである。なお，(5) 式で $I(\cdot)$ は指示関数であり，括弧内の条件式が正しい場合に 1，正しくない場合に 0 を返す。理想反応以外の要素は全て DINA モデルと同じである。

3.2.2 RPa-DINA モデルによる分析

分析において，統計ソフトウェアとして R ver 4.0.2 と JAGS(just another Gibbs sampler) を用いた。ま

表 1　アトリビュートの定義

アトリビュート名		アトリビュートの定義
A1：公式の運用	A1a：単一の公式の手続き的運用	単一の公式に数値を代入して適用する力
	A1b：複数の公式の論理的運用	いくつかの公式をもとにそれらを組み合わせ式同士の繋がりを理解して問題を解決する力
A2：数学用語の理解	A2a：数学用語の一面的理解	文章中の数学用語が示すことがらを把握・処理する力 (ただし，図をもとに把握・処理する必要はない)
	A2b：数学用語の図を介した多面的理解	数学的用語や三角関数 (i.e., sin, cos, tan) が示すことがらを図を介して理解する力
A3：学習内容の転移		授業内では明示的に取り扱われていない問題だが，授業で習った内容を応用して正解を導くことができる力
A4：計算力		指数・累乗根・三角関数同士の計算を遂行して答えを導く力

表 2　最終的な Q 行列

項目	アトリビュート				項目	アトリビュート			
	公式の運用	数学的用語の理解	学習内容の転移	計算力		公式の運用	数学的用語の理解	学習内容の転移	計算力
1	1	1	0	1	19	0	2	0	0
2	1	1	0	1	20	0	2	0	0
3	1	0	0	1	21	0	2	0	1
4	1	0	0	1	22	0	2	0	0
5	1	0	0	1	23	0	2	0	0
6	1	0	0	1	24	1	0	0	1
7	1	0	0	1	25	2	1	1	1
8	1	0	0	1	26	2	2	0	1
9	2	0	0	1	27	1	1	0	1
10	0	2	0	0	28	2	2	0	1
11	0	2	0	0	29	2	2	1	1
12	1	2	0	1	30	2	2	0	1
13	0	2	0	0	31	1	1	0	1
14	0	2	0	0	32	1	1	0	0
15	0	2	0	0	33	2	0	1	1
16	0	2	0	0	34	1	0	1	1
17	0	2	0	0	35	2	2	1	1
18	0	2	0	0	36	2	2	1	1

ず，観測データに対する RPa-DINA モデルの適切性を検討するために，ピアソン残差に基づく，事後予測 p 値を計算した [20]。分析の結果，事後予測 p 値は 0.45 であり，この値は 0.5 に近いほど指定したモデルからの事後予測値と観測値に乖離がないことを示すため，RPa-DINA モデルの適切さが支持された。よって，以下 RPa-DINA モデルを用いて分析を行った。

本推定では，MCMC 法によるベイズ推定を行った。各パラメタに対する事前分布は先行研究 [9] を参考に

$$s_j \sim Beta(1,1) \quad (6)$$
$$g_j \sim Beta(1,1)_{T(0,1-s_j)} \quad (7)$$
$$c_i \sim Categorical(\boldsymbol{\pi}) \quad (8)$$
$$\boldsymbol{\pi} \sim Dirichlet(\mathbf{1}) \quad (9)$$

のように定めた。なお，項目パラメタには，$0 \leq g_j \leq 1 - s_j \leq 1$ という単調性制約 (monotonicity restriction) を課している [21]。

MCMC 推定のイタレーションは 30000 回，バーンインは 10000 回，チェーン数を 4 とした。MCMC 推定における収束判定指標 $\hat{R}$ は 1.01 未満 [22] であった。またトレースプロットも視覚的に確認したところ，各チェーンにおける乖離は見られなかった。分析に際し，アトリビュートに関しては，各個人のアトリビュート習得程度の事後期待値の算出とアトリビュート習得程度の事後期待値に基づく階層的クラスタリング（Ward 法）を行った。階層的クラスタリングのクラスタ数は，得られたデンドログラムから視覚的に 3 が適切だと判断した。以下では，得られた結果を示しながら，解釈を行っていく。

3.3 分析結果とその解釈

3.3.1 各生徒のアトリビュート習得状況

まず，各生徒のアトリビュート習得状況を捉えるために，19 名分の各生徒のアトリビュート習得程度の事後期待値を推定した。その結果から 4 名分を抜粋したのが表 3 である。

表 3 から，生徒 ID10 と 14 の生徒はそれぞれ総合得点が 52 点，54 点であった。定期テストのフィードバックにおいてよく与えられる総合得点の情報のみからはこれら二人の今回のテスト範囲の理解度は同程度であると考えるだろう。しかし，アトリビュート習得状況からは，各学習者の学習上のつまずきについて，より詳細な診断情報を得ることができる。以下，アトリビュート習得程度の推定結果の解釈の基準として，多値型アトリビュートである A1，A2 は 0.5 未満が習得できていない，0.5 以上 1.5 未満は浅い理解とみなされる習得水準 (i.e., A1a, A2a) に達している，1.5 以上は深い理解とみなされる習得水準 (i.e., A1b, A2b) に達している状態とする。また，2 値型アトリビュートを設定した A3，A4 については [23] に倣い，0.5 以上が習得，0.5 未満が未習得も状態であると解釈する。

生徒 ID10 の生徒は「A2：数学的用語の理解」については，アトリビュート事後期待値が 1.93 のため「A2b：数学的用語の多面的理解」という深い理解まで習得していると考えられる。しかし，その他のアトリビュートについてはいずれも習得しているとされる基準を下回っているため，習得できていないと考えられる。一方，個人 ID14 の生徒のアトリビュート習得程度を見てみると，「A1：式の理解」はアトリビュート事後期待値が 1.59 であり，「A1b：複数の公式の論理的運用」という深い理解まで習得できていると考えられ，A3，A4 についても習得していると考えられる。しかし，「A2：数学的用語の理解について」は，アトリビューと事後期待値が 1.09 であり，「A2a：数学的用語の一面的理解」にとどまっていることがわかる。このように，同程度の総合得点だったとしても，習得しているアトリビュートは異なり，特に習得の水準も異なるという診断情報を得ることもできる。

この結果は，総合得点のような一次元的な尺度よりも，より詳細な診断情報を与えてくれる。個人 ID10 の生徒には特に「公式の運用」について，例えば，どのような公式が存在し，その公式はいつ使うことができるのかを意識した学習や指導の必要があるだろうと学習・指導方針を立てることもできる。一方，個人 ID14 の生徒には，「数学的用語の理解」について，数学的用語を図を介して理解するために，例えば，三角関数が表している図的な意味は何かを意識した学習や指導の必要があると学習・指導方針への示唆を得ることができる。このように，各個人のアトリビュート習得状況の推定結果から学習・指導改善に有益な情報を得ることができた。

3.3.2 アトリビュート事後期待値に基づく階層的クラスタリング

次に，各生徒のアトリビュート事後期待値に基づいて階層的クラスタリングを行い，回答者全体を 3 つの理解度別のクラスタに分類した。この結果を表 4 に示す。

この結果は，特に教師がクラス全体の理解度の傾向

表 3　各生徒のアトリビュート習得程度の事後期待値 (一部抜粋)

生徒 ID	総合得点	公式の運用	数学用語の理解	学習内容の転移	計算力
3	38	0.39	1.51	0.50	0.35
4	37	0.86	0.30	0.41	0.55
10	52	0.34	1.93	0.49	0.38
14	54	1.59	1.09	0.53	0.99

表 4　クラスタごとのアトリビュート習得程度の事後期待値と平均総合得点

クラスタ ID	平均総合得点	公式の運用	数学用語の理解	学習内容の転移	計算力
1	67.8	1.59	1.75	0.62	0.90
2	40.5	0.42	1.59	0.49	0.39
3	34.0	0.96	0.26	0.38	0.64

をマクロに捉え，今後の指導改善に活かす際に有用な情報である。クラスタ番号 1 では，今回のテスト範囲においては，すべてのアトリビュートを習得しており，深い理解まで到達できていることがわかる。一方，クラスタ番号 2 では,「A1：数学的用語の理解」については，深い理解まで到達できているもののそれ以外のアトリビュートについては習得できていないことが読み取れる。そして，クラスタ番号 3 に属する生徒は「A4：計算力」については習得できているものの,「A1：公式の運用」は浅い理解にとどまっており，A2, A3 は習得できていない傾向があることがわかる。

以上のような解釈に基づけば，クラスタ番号 1 に属する生徒は，本単元において習得してほしいアトリビュートは全て習得できているため，次の学習範囲に円滑に進むことができるだろう。しかし，クラスタ番号 2 に属する生徒には，既出の公式の再確認とどのように使うのか，そして，それらを計算する力を指導する必要がある。そして，クラスタ番号 3 に属する生徒には，式の適用場面を意識させ，いくつかの式を論理的に組み合わせて答えを導く力を養い，数学的用語については，基本的な用語を確認した後にそれらがどのように図やグラフなどの表象と結びついてくるのかについて教授していくべきであろう。このように，各個人のアトリビュートだけでなく，クラス全体をアトリビュートの習得状況によって分類することで，どのようなつまずきのグループが存在するのかを把握することができる。これらは，今後の指導方針を決定していく際にも，どの説明に重点を置いていくべきかを考える上で，有用な診断情報となるだろう。

3.4　推定結果の教師との共有

このような推定結果や Q 行列は，学校教師にどのように受け止められたのだろうか。本節では，高校教師 2 名と第 1・3 著者で行ったグループインタビューの結果をもとにこれを検討する。はじめに，得られた推定結果である「各生徒のアトリビュート習得程度の事後期待値」「クラスタ分析の結果」及び，最終的な Q 行列を学校教師と共有した。なお，結果の共有にあたっては，Q 行列作成時の学校教師及び認知心理学の専門家との協議時と同様に，まず第 1 著者がパワーポイントの資料を用いて，改めて認知診断モデルの概要と今回得られた各推定結果が表す意味と解釈の方法について説明した。その後，学校教師から推定結果に対してインタビューを行った。

以下，本節では，認知診断モデルによる推定結果を高校教師 2 名と共有した際にどのように捉えられたかを紹介する。なお発話において，T1 は本定期テスト作成者かつ本定期テストを実施したクラスの数学を担当している教師，T2 は本定期テストを実施したクラスの物理を担当している教師の発言を表している。まず，認知診断モデルによる分析結果を初めて見た時の教師の反応を紹介する。

何か分からない箇所や不明点はあるかということを尋ねたところ，認知診断モデルの枠組みは学校現場の教師において，理解しやすい枠組みであり，多次元的な能力をアトリビュートとして測ることができるため，観点別評価への応用の可能性も示唆された。さらに，Q 行列という枠組みでテストで測ろうとしていた能力を再確認することができるという点においても有用性を感じていたことが以下の発話から読み取れる (特に，下線部)。

T1：
「なんだこれっていうのは特になく，すっと入ってきて非常に分析していただいてありがたいなっていう感じなんですけど，表 (Q 行列) でこの 1 の数とかみた時に自分自身もテスト作っていて，まあバランスがちょっと偏っていたりだとか，そういう点では非常にいい指標で問題むしろ作る上でこういうの意識して作りたいなって今後思ったところとあとこのアトリビュートっていうところで，教科の観点別評価にかかわるなって思って」

また，教師がテスト作成時に測ろうとしていた能力をアトリビュートという形で明確に表すことが，無意識的にテスト作成時に重要視していることがらの意識化にも有用であったことが示唆された。さらに，本研究で作成した Q 行列や推定結果が指導改善に活きることも，以下の発話から読み取れる (特に，下線部)。

T1：
「確かに，式の理解，概念理解，応用的なものも入れようかなと確かに思って作成している感じがあるので，多分テスト作成している時はここまでこう意識はしていないと思うんですけど，こういうふうに分けられたことで確かに自分でそういうふうに作っている感じはありますし，なんかこう今後の指導にはすごい生きるような感じがするので，例えば生徒によって，概念理解はしっかりしているけど結局計算力がないなって場合には計算力のところをつけなきゃいけないなって思いますし，ただテストやって終わりじゃなくてこの分析結果を知ることで今後の指導には非常に生きると感じるので，分け方については自分は数学でいうとしっくりくる感じがします」

T2:
「我々問題作るときは，ここまで深く考えていないですよね，正直。でやっぱ(Q行列を)作った後に振り返ってみて，こういう骨格が見えてくる。自分にはこういう意図があったんだなあって， 概念理解の問題が入ってたりとか，計算の問題が入っていたりとか，後から。」

このように，認知診断モデルによる推定結果を指導法改善に活かせる可能性だけでなく，Q 行列という枠組みでテスト問題を捉え直すことで，教師が無意識のうちに重要だと思っていたことが明確化されることが示唆された。さらに，これらによってテストで測っている能力が適切かどうかを再検討でき，教師の評価リテラシーの向上にも寄与する可能性が示唆された。

4. まとめと考察

本研究では，認知診断モデルを用いて，学習者の理解の深さを定量的に診断する方法の提案を行った。さらに，認知診断モデルの実践上，課題であった Q 行列作成の具体的なプロセスの提案も行った。具体的には，(1) 研究者が心理学・教科教育の知見を参考に Q 行列を作成し，学校教師へ共有.(2) 学校教師との協議を通じ，普段の指導で重視している能力をアトリビュートの定義に取り入れ，Q 行列を修正.(3) 最終的な Q 行列と認知診断モデルによる分析結果を学校教師へフィードバックするというプロセスで構成された。

結果として，理解の深さを反映したアトリビュートと Q 行列を特定したことで，各学習者の理解度におけるつまずきを各生徒のアトリビュートとして詳細に診断可能となった。また，各生徒のつまずきをミクロに捉えられるだけでなく，アトリビュート習得程度の事後期待値に基づいたクラスタ分類を行ったことで，マクロな視点から生徒全体をつまずきのタイプ別に分けて捉えることも可能となった。これらの結果は，習熟度別のクラス編成にも一役買えるであろう。学校現場ではしばしば，普段のクラスとは別に，主に数学や英語の授業において，習熟度別クラスを設けることがある。この習熟度別の基準として，定期テストの総合得点の順位が活用され，次学期のクラスが構成される。しかし，ここで総合得点の高低に基づくクラス編成ではなく，アトリビュート習得状況のクラスタを参考にしたクラス分けをすることで理解度のつまずきに応じた数学の指導に役立つ可能性が十分に考えられる。

また，本研究では，認知診断モデルの実践的活用に向けた提案を行ってきた。しかし，学校教師が統計ソフトウェアを用い認知診断モデルによる分析を行えるかといえば難しい。そのため，将来的には，学校教師が認知診断モデルの結果をより容易かつ適切に算出できるような，より利用しやすいインターフェイスの開発などが必要であろう。

本研究で提案したアトリビュートは，数学の「指数関数・三角関数」を題材としたため，アトリビュートの定義は出題内容に依存する部分も含まれる。そのため，本研究で提案したアトリビュートの定義自体をそのまま他のテストへと適用することは難しい。しかし，本アトリビュートを設定する上で重視された視点や作成過程自体は今後，他のテストに認知診断モデルが応用される際に重要な知見となるだろう。ここでい

う視点は具体的に，多値型アトリビュートを設定して理解度の深さを表してきた「公式の運用」や「数学的用語の理解」という本研究で学校教師からも重視された視点のことである。実際，本研究で提案されたアトリビュートの視点は，大規模テストへの分析にも活用されており，その結果として，従来，テスト開発会社が設定してきた Q 行列よりもモデル適合度指標の観点から当てはまりが良いことが示されている [24]。

最後に，当然ではあるが，本研究で提案されたアトリビュートが唯一解というわけではない。アトリビュートは，診断の目的に応じて設定されるべきである。本研究では，深い理解を涵養するために，学習者の理解の深さを診断したいという目的があった。だからこそ，理解の深さに基づいたアトリビュートを提案してきた。そのため本研究の知見は，従来，教育実践現場において活用されることが少なかった認知診断モデルが，学習・指導改善へ実際に活用されるための一つの足がかりとなれば幸いである。

参考文献

[1] 文部科学省 (2017)“新しい学習指導要領の考え方–中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ–”, Retrived from `https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/__icsFiles/afieldfile/2017/09/28/1396716_1.pdf`(2022 年 4 月 21 日閲覧).

[2] Bellanca, J. A. (2014). “Deeper learning: Beyond 21st century skills.” Bloomington, IN: Solution Tree Press.

[3] Rupp, A. A., Templin, J., & Henson, R. A. (2010). “Diagnostic measurement. Theory, Methods, and Applications.” New York: Guilford.

[4] Tatsuoka, K. K. (1983).“Rule space: An approach for dealing with misconceptions based on item response theory.” *Journal of educational measurement*, 345–354.

[5] Sun, Y., Suzuki, M., & Toyota, T. (2013). “Designing effective feedback for cognitive diagnostic assessment in web-based learning environment.” In *Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education.*, 115–120.

[6] Madison, M. J., & Bradshaw, L. (2018). “Evaluating intervention effects in a diagnostic classification model framework: Intervention in a diagnostic classification model.” *Journal of Educational Measurement*, 55, No. 1, 32–51.

[7] 山口一大・岡田謙介 (2017).“近年の認知診断モデルの展開”，行動計量学, 44，No.2，181–198.

[8] Welsh, R. O. (2021).“Assessing the quality of education research through its relevance to practice: An integrative review of research-practice partnerships.” *Review of Research in Education*, 45(1), 170-194.

[9] Chung, M. (2019).“A Gibbs sampling algorithm that estimates the Q-matrix for the DINA model.” *Journal of Mathematical Psychology*, 93, 102275.

[10] 植阪友理・廣澤一徳・坂口卓也・水野木綿・太田絵梨子・柴里実・冨田真永・眺野翠・椙山佳明 (2020).“深い学びを評価する高校における定期考査の提案とその効果—高大連携による公立学校での実践的検討–”，日本教育心理学会総会発表論文集第 62 回総会発表論文集，102， 日本教育心理学会.

[11] Manalo, E., Uesaka, Y., Chen, O., & Ayabe, H. (2019). “Showing what it looks like: Teaching students to use diagrams in problem solving, communication, and thinking. In Deeper Learning, Dialogic Learning, and Critical Thinking.” Routledge. pp. 230–246.

[12] Rittle-Johnson, B., & Alibali, M. W. (1999). “Conceptual and procedural knowledge of mathematics: Does one lead to the other?” *Journal of educational psychology*, 91, No. 1, 175.

[13] 市川伸一 (2000).“勉強法が変わる本一心理学からのアドバイス”，岩波書店.

[14] Lachner, A., & Nückles, M.(2016).“Tell me why! Content knowledge predicts process-orientation of math researchers ’ and math teachers ’ explanations.” *Instructional Science*, 44，No.3，221–242.

[15] 藤村宣之 (2012).“数学的・科学的リテラシーの心理学: 子どもの学力はどう高まるか”，有斐閣.

[16] Junker, B. W., & Sijtsma, K. (2001). “Cognitive assessment models with few assumptions, and connections with nonparametric item response theory.” *Applied Psychological Measurement*, 25, No. 3, 258–272.

[17] 国立教育政策研究所 (2020). “「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 (高等学校数学)”，東洋館出版社

[18] Karelitz, T. M. (2004). “*Ordered category attribute coding framework for cognitive assessments*” (unpublished doctoral dissertation). University of Illinois at Urbana–Champaign.

[19] Zhan, P., Jiao, H., Man, K., & Wang, L. (2019). “Using JAGS for bayesian cognitive diagnosis modeling:A tutorial.” *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 44, No. 4, 473–503.

[20] Levy, R., & Mislevy, R. J. (2016). “Bayesian psychometric modeling.” CRC Press.

[21] Ma, W., & Jiang, Z. (2021). “Estimating cognitive diagnosis models in small samples: Bayes modal estimation and monotonic constraints.” *Applied Psychological Measurement*, 45, No. 2, 95–111.

[22] Vehtari, A., Gelman, A., Simpson, D., Carpenter, B., & Bürkner, P.-C. (2020). “Rank-Normalization, Folding, and Localization: An Improved $\hat{R}$ for Assessing Convergence of MCMC (with Discussion).” *Bayesian Analysis*, 16, No.2, 667-718.

[23] de la Torre, J., Hong, Y., & Deng, W. (2010). “Factors affecting the item parameter estimation and classification accuracy of the DINA model.” *Journal of Educational Measurement*, 47, No. 2, 227–249.

[24] 佐宗駿・岡元紀・植阪友理 (2021) “認知診断モデルを通じた深い理解の実証的解析 –大規模学力調査を用いた分析と従来の観点との比較–”，日本テスト学会第 19 回大会発表論文妙録集， 118-121.

まちの記憶を描き、眺め、語り継ぐ社会的デザイン実践
-回る往復書簡・ラウンドアバウトレターズを用いて-
Societal design which draws, view and hand down the memory of town
-Making use of Roundabout Letters as Round-trip letter which spin –

横溝賢[1]，鈴木葵[1]，宮田義郎[2]，原田泰[3]
[1]Ken Yokomizo, [1]Aoi Suzuki, [2]Yoshiro Miyata, [3]Yasushi Harada

[1]札幌市立大学，[2]中京大学，[3]株式会社デザインコンパス
[1] Sapporo City University, [2] Chukyo University, [3] Design Compass Co.,Ltd
k.yokomizo@scu.ac.jp

概要

過疎化の進む地域では、充実した医療や介護を求めて経済圏に転出する高齢者が増えている。高齢者の転出が進むと、その土地の記憶が消え、いずれは忘れ去られる場所になってしまう。そう考えた筆者らは、北海道浜頓別町に住む共著者・鈴木の祖父の生活世界を描き、往復書簡で祖父を含む道内外の知人に伝達・交流することを試みた。その結果、関係者らは相手の生活世界を受け容れることから、次第に自己を開示する生成的なコミュニケーションをおこなうようになった。

キーワード:往復書簡, 生活世界, 二人称的アプローチ, コミュニケーションデザイン

1. はじめに

北海道の経済文化の中心地札幌市は道内からの転入者が増加の一途をたどっている。丸山によると、*大学進学や就職に伴う若年層の移住に加え、充実した医療・介護などを求める高齢者も移動しているとみられる* [1]。道北・宗谷地方東部にある、人口約 3500 人の小さなまち・浜頓別町（以下、浜頓別）に住む共著者・鈴木の祖父（93 歳）も地方から札幌への転出を計画する高齢者の一人である。鈴木の祖父（以下、祖父）は、かつてこのまちの郵便局員として働いていた。札幌出身の鈴木にとって、大自然の魅力が詰まった浜頓別は憩いの場所であったという。しかし祖父のように高齢者 1 人が都市に移住するたびに、その人が見ていた地域の記憶もその土地から消滅してしまう。高齢者の転出が進めばいずれ地域の記憶は途絶え、どんなにまちに魅力があっても「忘れ去られるまち」になってしまう。筆者らは忘れ去られないようにするためには、まちの記憶を個々人で抱え込まず、まちに関わる人、関わりを持たない人にもまちの記憶を語り継ぐ活動が必要ではないかと考えた。本研究では、札幌に住む鈴木が中継となって、道内外の知人四者（鈴木の祖父／浜頓別に I ターンしたグラフィックデザイナーの K／神奈川在住の高校時代友人 Y、東京在住の短大時代友人 R）と手紙を使って間接的に浜頓別という祖父の生きる現場を描き出し、浜頓別と手紙に関わった人との間に記憶のつながりを形づくるコミュニケーション実践をおこなった。

2. 研究方法

２．１ 「手紙」を使う意味

SNS が発達する現代において、あえて手紙を用いて往復書簡によるコミュニケーションを取ってみる。その試みには、手紙ならではの 3 つのメディア特性が絡んでいる。宮田穣は、手紙のメディア特性に①*対象への想像力の必要性* ②*表現の多様性による情報の質の豊かさ* ③*考える時間を生み出す余裕*を挙げる [2]。この 3 点を踏まえ、鈴木が現場で得た経験や記憶を、特定の相手に対し、より感情豊かに伝えるため、テキストデータでない手書き文字や、鈴木が描いたイラスト、撮影した写真を取り入れた手紙を送ることにした。

２．２ 実践の動きかた

本研究では、きままに現場に出向いて歩いて見ることから現場の人びととの社会的なデザイン活動を形づくるランブリングデザイン運動 [3] をモデル（以下、ランブリング）に、手紙で他者と語る間接的なランブリングデザイン運動モデル（図１）を用いて実践を展開していく。

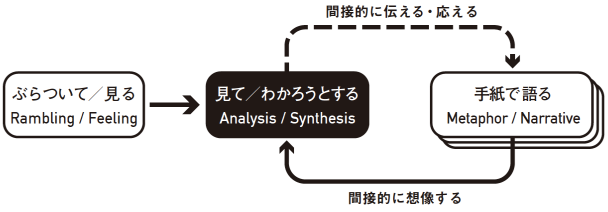


図１ 往復書簡を取り入れた
間接的なランブリングデザイン運動モデル

3. 実践準備

実践の前に、ランブリングデザイン運動での＜ぶらついて見る／見てわかろうとする＞のフェーズにあたる浜頓別町ランブリングを計 3 回行なった。1 回目は祖父と漁港で釣り体験し、自然との共生をわかろうとした。2 回目は、鮭釣りの現場に同行し、釣り中心で暮らす祖父の生きかたをわかろうとした。3 回目では、町内の行き慣れた場所を改めて観察し、浜頓別に暮らす生き物たちをわかろうとした。現場での体験は全て省察的に描いて記録を残した（図２）。

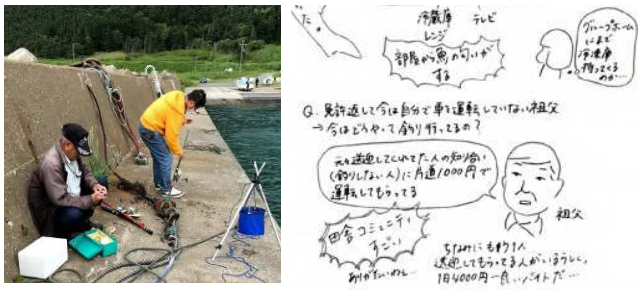


図２　祖父との釣りと活動の省察ノートの一部

４．応答を促す往復書簡のデザイン

鈴木はランブリングでの発見をハガキに描いて祖父に３通送ったが返信がなかった。その原因のひとつは、ハガキが相手の応答を求めないコミュニケーション形式にあると考えた。そこで１章にて述べた道内外の知人・四者からの応答を促す仕組みとして、返信用ハガキと、ハガキに描いたモチーフの写真を同封して送付する方法に改善した（図３）。これにより、ハガキを送った相手から返信が返ってくるようになった。このような送り手が中継となって多様な人びとと間接的に手紙をやりとりすることから、まちの記憶を描き出す方法を、道路の環状交差点・ラウンドアバウトになぞらえて本稿ではラウンドアバウトレターズ（以下、RL）と呼ぶ。本研究ではこの RL を使って語り伝えることを通じて、浜頓別町での暮らしの記憶が前述した四者にどのように伝播したのかを分析する。

５．実践

５．１　RL の枠組みづくり

本章では、RL を使ったコミュニケーションを分析する際の四者の位置付けについて概説する（図５）。

まず鈴木の祖父は「浜頓別町在住で鈴木に近い存在」である。当時 93 歳で、生まれも育ちも浜頓別町の生粋

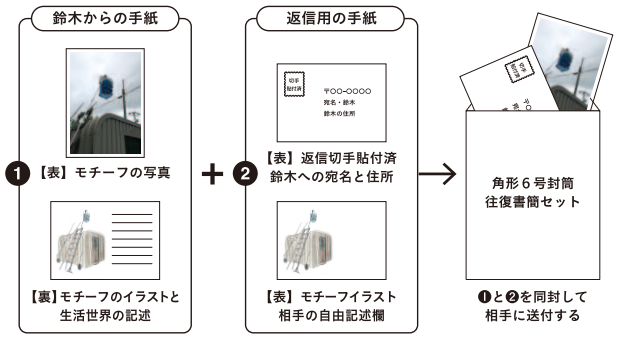


図３ 相手の返信を促す RL 実践の方法

の浜頓別町民である。現役の頃は、町内の下頓別郵便局で郵便局員として働いていた。祖父には実践準備の段階でハガキを送付していたが返信が来なかったため、RL 実践を通じて祖父が返信をしてくれるようになるのか、またどのような返信が返ってくるのかを観察する。

次に、浜頓別町民・K 氏は「鈴木とあまり接点はないものの、浜頓別町在住」である。K 氏は浜頓別町に 2020 年春に東京から移住したばかりで、現在は東京在住時の会社に在籍したままリモートワークでデザインの仕事をしている。鈴木は RL において言葉と絵、写真を好んで用いてやりとりをしようとしていた。鈴木同様言葉だけでなく絵や写真を含むデザインされた手紙で語りを紡ぐ相手として K 氏がいることで、より生活世界の物語を構成する情感的な情報（絵）と論理的な情報（言葉）の双方が描き出されるのではないかと考えた。

最後に、鈴木の友人 Y 氏と R 氏はともに「浜頓別町のことをよく知らない」存在である。

友人Y氏は鈴木の高校時代からの友人で、札幌出身、現在は社会人として神奈川県で一人暮らしをしている。Y 氏は浜頓別にゆかりがなく、今回の往復書簡を通じて浜頓別に初めて関わりを持つ。そこで、手紙のやりとりを通じ、Y 氏が浜頓別との関わりや繋がりをどれだけ感じ取れたかどうかを観察する。

R 氏は鈴木の短大時代からの友人で、函館出身である。現在は東京都で家族と暮らしながらデザイン会社で働いている。R 氏には今回の実践では応答はしてもらわず、鈴木からの一方通行のやりとりでどれだけ浜頓別との繋がりを感じ取れたかを観察する。

５．２　実践の展開

鈴木は、実践準備において祖父との 3 回のランブリングで印象に残った経験をイラストでハガキに描き、2021 年 4 月から 2021 年 11 月末までの約 8 ヶ月間、 7

通のイラストハガキを段階的に制作し（図 4）、四者と手紙のやりとりを実践した（図 5）。その間やりとりした手紙は全部で 46 通あり、鈴木からは町民 K 氏と友人 Y･R の両氏にそれぞれ 7 通、祖父に 6 通送付している。また、返信の総数は 19 通で、その内訳は祖父が 5 通、K 氏・Y 氏が各 7 通、R 氏が 0 通となっていた。R 氏とは返信無用の合意のもとやりとりをしたため 0 通となっている。全往復書簡の内容は付録 A を参照されたい。

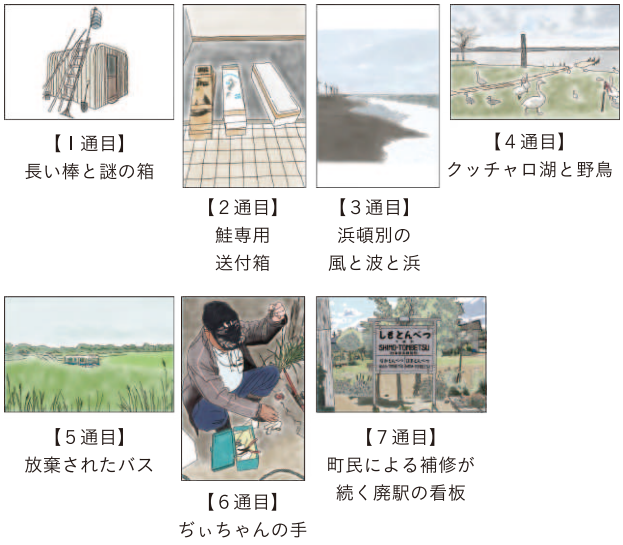


図 4　鈴木の描いた全 7 通の手紙のモチーフ

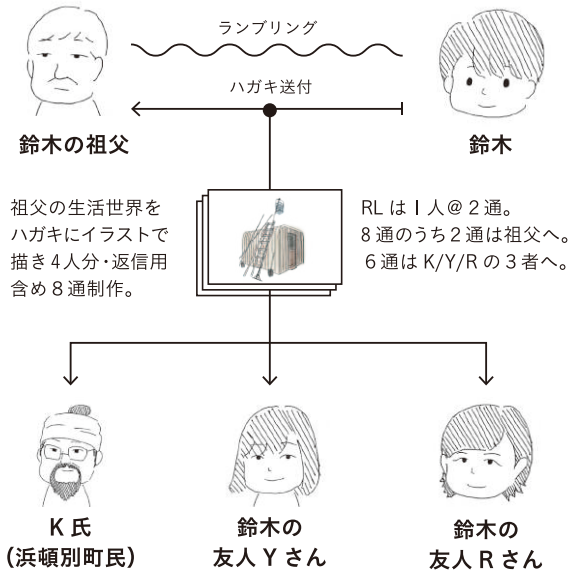


図 5　鈴木から手紙を送付する流れ・枠組み

6．コミュニケーションの分析

6．1　往復書簡遷移図による文脈分析

筆者らは一連の手紙のやりとりを時系列に並べた遷移図を元に、筆者と各対象者の手紙に書かれた文章を「私」「他者」「土地」「現場」「もの」「こと」の 6 つの文脈要素（表 1）を用いて分解し、各人の手紙のやりとりを通した変化をわかろうとするためのコミュニケーション分析を行なった。分析データには鈴木と祖父、K 氏、Y 氏との往復書簡に記述された言葉をもちいた（付録 A）。その結果、祖父、K 氏、Y 氏、ともに、返信当初は「私」の頻度が少なかったが、往復書簡をやり取りするうちに、「私」に関連した「もの」「こと」「現場」を伝える文脈要素が増えていった。以下、鈴木と K 氏、祖父、Y 氏の順に、それぞれの往復書簡に含まれる文脈要素を分解し、RL に関わった個々人の変化を考察する。

表 1　手紙の文章における文脈要素とその定義

文脈要素	定義
私	私（書き手）に関する行動や感情の開示
他者	書き手以外の他者に関すること
土地	客観的な場に関する事実
現場	自分が営みを行う場所のあり様
もの	話題の鍵となる象徴的なもの
こと	事象や営みに関すること

6．2　鈴木のコミュニケーション

鈴木による RL 1 通目のハガキは、祖父の家の物置に立てかけられた長い棒と籠を見つけた時の「何これ？」という素朴な疑問を綴った内容である（図 6）。図 4 に示す鈴木が四者に送った 7 通の手紙は、祖父との浜頓別ランブリングで「私（鈴木）」が見つけた「現場」「もの」「こと」であるため、全通にわたって自己開示を基調としたコミュニケーションであった（図 7）。

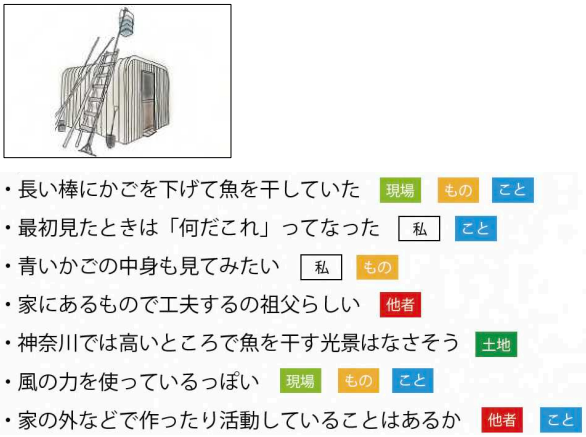


図 6　鈴木が四者に送った 1 通目のハガキと四者に綴った文章に含まれる文脈要素

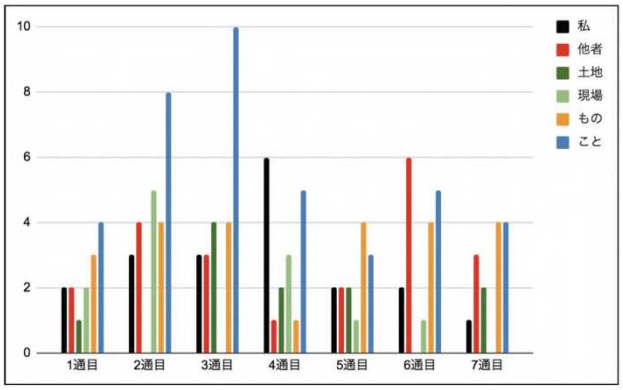


図７ 鈴木の送付した各手紙の文脈要素の頻出数

6.3 K氏のコミュニケーション

四者の中で特に自己開示の変化が顕著だったK氏は1通目の返信では、鈴木の見つけた疑問（図６）に対しては「何でわざわざ屋根の上にまで伸ばしているのか」と応えている（図８）。K氏は鈴木の疑問をそのまま反芻したのみで、ハガキのほとんどは、庭の木を伐採してくれた、チカラ君の生きかたに関するインタビュー内容であり、K氏の生きかたはほとんど語られていない。このように１通目の文脈要素の分析では「私（K氏）」以外の「他者」「こと」を含む内容が多かった。これに対し７通目の返信（図９）で含まれている文脈要素の数は大きく変化しており、「私」「現場」「こと」を含む内容が増えていた（図10，付録A）。

4/30
・木を伐るチカラ君 × 伐られた北見（私）対談 私 他者 こと
・魚を干しているのは都会でもたまに見かける 土地 私 こと
・なぜわざわざ屋根の上にまで伸ばしているのか 他者 こと
・外の活動→庭の木を伐ってもらう 現場 私 もの こと
・畑に日当たりが良くなるように木を倒したい 現場 私 こと
・木を伐ることは滅多にできない 他者 こと
・すごく高いところまで登って枝を落とす 他者 こと
・伐ったら薪になる 他者 もの こと
・手間隙かけたほうがいい 他者
・子どもの頃から木登りが好き 他者
・昔から木に慣れ親しんでいた 他者 こと
・木を伐ることが楽しい 他者
・木を伐るのは生活のための一仕事 他者 こと
・こっちの人たちが外でやっていることは
生きるために必要だからやっていること 現場 他者 こと

図８ K氏の１通目の返信と各文章に含まれる文脈要素

11/4
・下頓別駅の手入れは高齢の町民が一人でやっていて、
将来手入れする人はいなくなるかも 土地 他者 こと
・隣町の銭湯は先月潰れたけど有志のボランティアですぐ再開、儲けはなし 土地 他者 もの こと
・ライフラインにも影響が出ている「過疎」の地に都会にはない暮らしを求めて
移住した自分からしたら人が少ないのは魅力 現場 私 こと
・過疎のいいところたくさんある 現場 私 こと
・東京では滅多に会わなかったけど近所に友達がたくさん、
毎日友達に会う、親世代とも友達 現場 私 他者 こと
・すぐ裏の山には熊が食べた鹿の骨が落ちている、いつでも動物園気分 現場 私 もの こと
・吹雪が酷いと町全域が停電に、蝋燭の灯りでご飯は逆に新鮮 現場 私 こと
・空気が綺麗なせいか鼻毛が飛び出なくなった 現場 私 こと
・東京では不動産購入は諦めていたが、空き家がタダで庭付き一戸建て、
家庭菜園ができるくらい庭が広い 現場 私 もの こと
・お店が遠いのでトイレットペーパーをストックするようになり
あ、ない！がなくなった 現場 私 もの こと
・朝は日の出と共に起床、日没と共に真っ暗に 現場 私 こと
・東京ではまだ働いていたが22時ごろには就寝 現場 私 こと
・犬の散歩はノーリード、猫は放し飼いで散歩についてくる 現場 こと
・犬も猫も飼い主も幸せ 現場 私

図９ K氏の７通目の返信と各文章に含まれる文脈要素

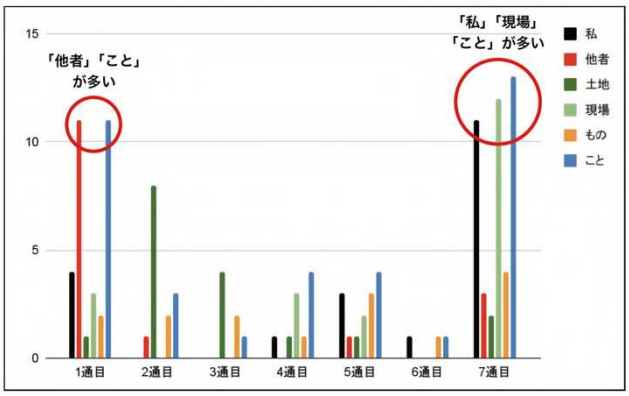


図10 K氏の送付した各手紙の文脈要素の頻出数

6．4 祖父のコミュニケーション

続いて祖父は、図11を見ると「土地」の文脈要素がどの手紙にも含まれていないのが特徴的である。また、一貫して「私（祖父）」の「こと」に関する文脈要素が多い。例えば、2通目の返信では全ての文章に「私（祖父）」の「こと」に関する文脈要素が含まれている（図11，12）。K氏と比較すると、鈴木との関係性が元より強いことから、全ての手紙を通して自身の営みや行為について直接的に開示していることが分かる。3通目までは鈴木の質問に自身の営みを開示して返答するのみであったが、5通目では草原の中のバス（図４）が40年という時を経て今なお放置されていることから、40年前から今に至るまでに現場であった町民による営み、

そして祖父が当時を回想して自身も「(いちご狩りに)何度か遊びに行ったことがある」という、かつてそこにあった過去の営みの記憶、祖父にとっての事実についても教えてくれるようになった（図 11)。このようにして眠っていた祖父の「こと」の記憶が手繰り寄せられ、語られることによって、鈴木と祖父両者にとっての浜頓別の生活世界が再設定されたと推察する（付録 A)。

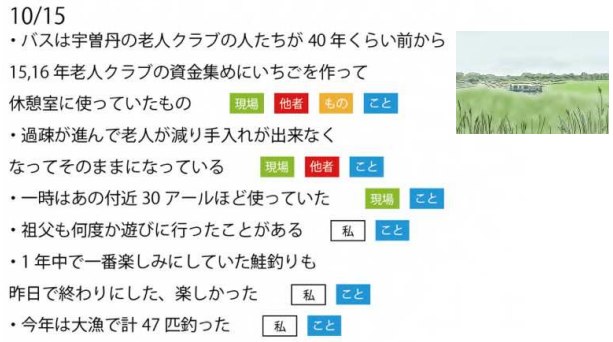


図 11　祖父による 2 通目の返信内容と文脈要素

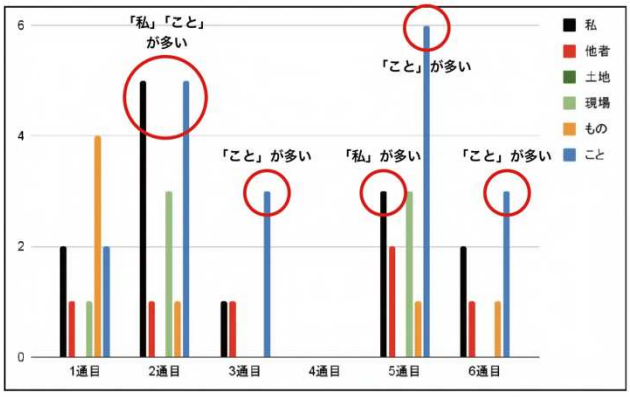


図 12 祖父の送付した各手紙の文脈要素の頻出数

6．5　Y 氏のコミュニケーション

Y 氏の手紙には文脈要素の多いものとあまり多くないものが見られた。例えば、1 通目の返信は各文章にそれぞれ 1 つの文脈要素しか含まれていない（付録 A)。自らの生活世界を開示的に描き出すには、最低でも「私」「こと」の文脈要素が必要だと考えるが、その点を踏まえると、1 つの文脈要素しか含まれていないということから、1 通目の返信では自己開示があまりないことが分かる。2 通目では「実家でも神奈川来てからも魚介類ほとんど送られてこない」「オシンコシンの滝とか自然を当たり前に中学の修学旅行で体験できたことが今思うと幸せだった」という文章、3 通目では「(浜頓別の)風強いといえば電車でスプラッシュマウンテンしてきた」「前回滝の話をしたけど、先日同期と等々力の避暑地行ってきた」という文章において「私（Y 氏)」が見て感じている「こと（生活世界)」を開示する文脈要素と言える。またそこには個別具体的な「現場」や「他者」といった補足的な情報が付随していることが分かる（付録 A)。Y 氏は、鈴木の手紙に描かれた北海道最北端の浜頓別から連想して、修学旅行で訪れた北海道最東端の知床にあるオシンコシンの滝を回想し、後日訪れた等々力の避暑地の話、浜頓別の風の強さから連想して電車でスプラッシュマウンテンした出来事などを開示することに通じて、Y 氏なりに二人称的[4)]［佐伯, 2018／レディ, 2015］に浜頓別に思いを馳せ、遠隔にいる鈴木との相互的なコミュニケーションを取ろうとしていたことが推察される。また、鈴木が 7 通目に送った「廃駅になった下頓別駅の看板文字が風化しないように塗り足して補修する市民がいることを伝えるハガキ（図 4)」の返信において、Y 氏は下頓別駅跡の看板に対して「何もない場所にポツンと、でも堂々と立っているのがかっこいい」という感想を持ち、「自分も存在感のある人間になりたいと思う」と看板の様子を自分自身に投影して、その存在を意味付けしていた（図 13)。これには、鈴木自身が徐々に、自分の見ている生活世界をより緻密に描くようになり、はじめの頃よりも生活世界の存在感が Y 氏にとってより想像しやすくリアリティをもって伝わった結果であると考える。また、Y 氏の文脈要素の遷移を分析した結果、手紙ごとに文脈要素の多いものとそうでないものが見られた（図 14)。

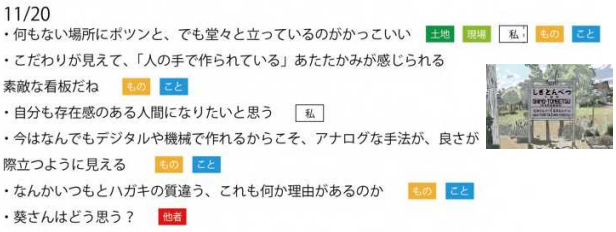


図 13　Y 氏による 7 通目の返信と文脈要素

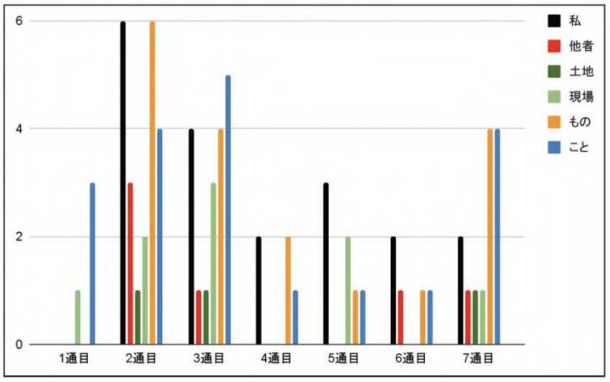


図 14　Y 氏の送付した各手紙の文脈要素の頻出数

Y 氏の場合は、ハガキに描かれた情景を眺めたあと、日常の出来事にその情景が重なって見えた時にのみ、自らの心象を書き連ねていた（図 14，付録 A）。Y 氏は、RL のやりとりを通じて二人称的に浜頓別に思いを馳せ、生活世界の変化を味わえるようになったと考えられる。

7．ラウンドアバウトレターズにおける社会的なデザインの知のはたらき

本章では、直接、互いに面識をもたない三者（祖父／K 氏／Y 氏）の中心に立って、往復書簡のやり取りをした鈴木〈私〉が実践した社会的なデザインの知のはたらきについて考察する。RL 実践では、まず〈私（鈴木）〉は生活世界を開示して手紙を三者に送付した。そうしてみたら、以前は耳が遠く会話にならなかった祖父との対話が開かれ、物干し竿の箱、草原のバスのように、これまで見えていなかった祖父の生活世界が見えるようになっていった（6.2 節）。鈴木は三者との手紙のやりとりを続けるうちに、次第に祖父の生活世界を自分の経験としてイラストを描き、言葉にして語れるようになった。その結果、鈴木は７通目の手紙では中頓別の看板を１８時間かけて描いたと言い、その心境を次のように述べている。「下頓別駅跡の看板のイラストは描き終わってみると 18 時間かかっていたが（中略）、自然と身体で感じたことと心で想ったことの相違が無くなるまで描ききってから出さねばならないという思考が生まれていた。」遠く離れた浜頓別にある事象を二人称的に描くようになった鈴木の変化は RL に関わった K 氏、Y 氏にも伝播していた。K 氏は RL 開始当初、他者や場所、出来事など自分以外の事象を描いていたが、次第に「私」の見ている生活世界を開示するようになった（図 10）。Y 氏は、鈴木の友人であることもあり RL 開始当初から自己開示の応答があったが、浜頓別の生活世界を見ようとする視座はなかった。しかし７通目の中頓別の看板を描いた手紙に対し、「自分も存在感のある人間になりたい」という応答を返し、鈴木の見ている浜頓別の生活世界を二人称的に見れるようになったと考えられる（図 13，14）。このように鈴木（私）と四者（あなた）は手紙の往復書簡を通じて、互いの生活世界が浸透していたと考えられる（図 15）。本研究における〈浸透する〉とは、「他者の生活世界が浸み渡り、自身の言葉で語れるようになること」と定義する。

図 15 の循環によって、互いに相手〈あなた〉の生活世界が自分（私）の生活世界の一部となる。浜頓別を舞

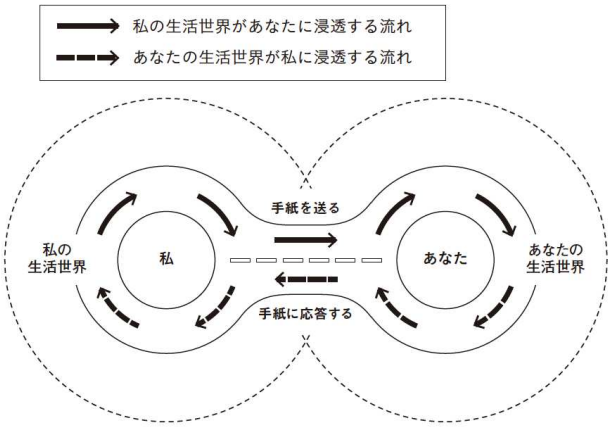


図 15　RL 実践におけるコミュニケーション往還の概念図

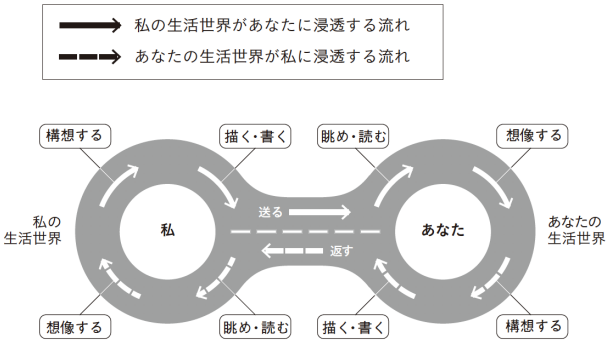


図 16　コミュニケーション往還の知のはたらき

台にした RL では、祖父、K 氏、Y 氏のそれぞれの〈見え〉が鈴木の〈見え〉と共に紡ぎ直され、生活世界の再設定が関係者の間で起きていた。

この再設定のやりとりは、図 16 に示す４つのステップ〈構想する→描く・書く→眺め・読む→想像する〉でコミュニケーション往還の知がはたらいていたと考えられる。まずステップ１→２〈構想する→描く・書く〉では、私（鈴木）が生活世界を開示して手紙を送るために、「自分が浜頓別の生活世界で見出した事象をどうやって伝えるのかについて構想して→実際に描く・書く」行為があった。そこからステップ３→４〈眺め・読む→想像する〉では、鈴木から手紙を送られた〈あなた（祖父/K/Y）〉が、手紙の「絵を眺め、言葉を読み」、浜頓別の情景を「想像する」行為をしていた。この時間をかけて「眺める」ステップ３があることによって、3 人称的に捉えていた手紙の内容を「想像する」、つまり 2 人称的に捉え直すことにつながっていたと考えられる。三者の応答を見ると、絵と言葉によって生活世界が緻密に描かれている手紙には、より二人称的な応答が返ってきていた。三者から鈴木への応答においても同様の

ステップを踏むことによって、生活世界が相互に浸透するコミュニケーション往還の知がはたらいていた。

このようにしてRL実践に関わった人びとは、鈴木を中心にして互いの生活世界の再設定を間接的におこなっていたと考えられる（図17）。尚、R氏とは一方向的なやりとりだったためR氏の生活世界が鈴木に浸透することはなかった。例えば、5通目の「放棄されたバス」の手紙では、K氏からの「あのバスはいちご狩りの休憩所だった」という情報をもとにY氏と祖父に手紙を送っている。Y氏は「フルーツ狩りといえばいちご」と返信し、浜頓別のかつての名物を確認。祖父は「バスは宇曽丹の老人クラブの人たちが40年くらい前から15,16年老人クラブの資金集めにいちごを作って休憩室に使っていたもの」という具体的な情報を返信してきた。このやりとりからも、私（鈴木）とあなた（K氏）の往復書簡を通じて私（鈴木）に浸透したあなた（K氏）の生活世界が、別のあなた（Y氏/祖父）にも浸透し、それによって祖父の眠っていた記憶が、目の前の生活世界に紡ぎ直されるということが起きた。この一連のコミュニケーションはまさしく道路のラウンドアバウトのような情報の往還によって生成されていた（図17）。

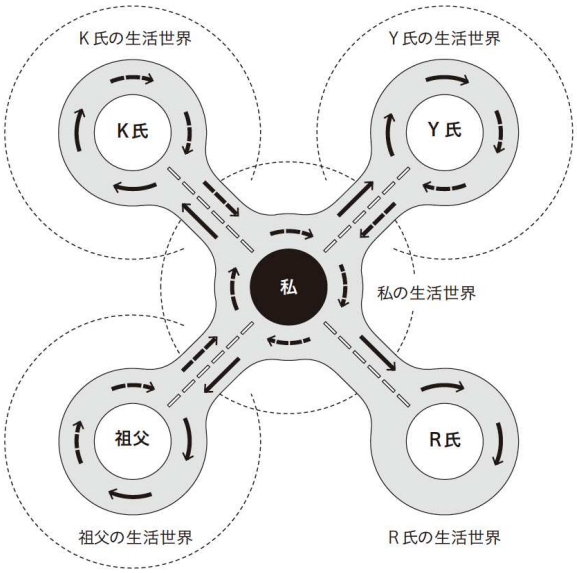


図17　私を介して形成される間接的な生活世界

8．考察とまとめ

8．1　RL実践を通じてつくられたもの

本研究のRL実践を通して実際の現場・浜頓別にかたちづくられた〈もの・こと〉がある。それは、RLの舞台となった浜頓別町に赴いて、鈴木とK氏がRLのやり取りを紙芝居形式で物語るトークセッションイベント「浜頓別のうちがわ（2021年11月21日（日）13：00〜17：00，浜頓別交流館）」を開催したことである（図19）。トークセッションには計11名の町民が参加した。この場には、鈴木の祖父も来場した。来場者は、居酒屋店主や地元の自然保護NPO法人の理事、元町議会議員、交流館のパン屋さんなど、多様な人が参加した。鈴木は、このイベントでのセッションを振り返り「浜頓別にわたしの居場所ができた」と述べた。来場してくれた町の人びとRLのやり取りを共に回想し、それぞれの暮らしに連想を広げた語らいこそ、祖父だけを拠所としない鈴木自身の居場所づくりに繋がったと考えられる。

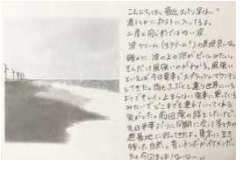
8．2　ラウンドアバウトレターズの可能性

本研究では、往復書簡「ラウンドアバウトレターズ」を用いて、遠隔地から浜頓別という現場の生活世界を描き出し、人びとの繋がりをかたちづくることができた。この実践を通して、鈴木がこれまで何気なく居心地の良い場所として捉えていた浜頓別の記憶は、鈴木自身をはじめとして祖父や手紙に関わったK氏、Y氏、R氏の三者に紡ぎ直され、さらにトークセッションでは町民、鈴木の両親をも巻き込み、まちに関わるさまざまな人が自身の言葉で自分の〈見え〉を語り、咀嚼して味わいあう対話が生まれていた。RLで視覚化された手紙を囲みながら、地域の記憶を各々が自分の言葉で語り、味わう。そうした経験をもつ人が増えていくことで、いずれまちを離れてしまう人が現れ、結果的にまち自体が消滅してしまったとしても、人びとの間で地域の記憶としてまちの存在が語り継がれ、まちに思いを馳せ、さまざまな人の中で「忘れられることのないまち」としてあり続けていくと考える。

文献

［1］北海道新聞どうしん電子版（2020）．「③札幌への集中続く前提で数十年単位で対策を」
https://www.hokkaido-np.co.jp/sp/article/466577
［2］宮田穣（2019）．「ネット時代の手紙学」北樹出版.
［3］横溝賢（2020）.「ランブリングデザイン運動のすすめ：青森県浪岡地区におけるご当地包装紙のデザインプロジェクトを事例として」日本デザイン学会誌 デザイン学研究特集号102号.
［4］佐伯胖、刑部育子、苅宿俊文（2018）．「ビデオによるリフレクション入門：実践の多義創発性を拓く」 東京大学出版会.

付録 A　表：鈴木と三者（K 氏、Y 氏、祖父）との往復書簡の記録内容

	鈴木	町民 K	友人 Y	祖父
1通目	4/23（K 氏宛）・4/26 ・長い棒にかごを下げて魚を干していた ・最初見たときは「何だこれ」ってなった ・青いかごの中身も見てみたい ・家にあるもので工夫するの祖父らしい ・神奈川では高いところで魚を干す光景はなさそう ・風の力を使っているっぽい ・家の外などで作ったり活動していることはあるか	4/30 ・木を伐るチカラ君 × 伐られた北見（私）対談 ・魚を干しているのは都会でもたまに見かける ・なぜわざわざ屋根の上にまで伸ばしているのか ・外の活動→庭の木を伐ってもらう ・畑に日当たりが良くなるように木を倒したい ・木を伐ることは滅多にできない ・すごく高いところまで登って枝を落とす ・伐ったら薪になる ・手間暇かけたほうがいい ・子どもの頃から木登りが好き ・昔から木に慣れ親しんでいた ・木を伐ることが楽しい ・木を伐るのは生活のための一仕事 ・こっちの人たちが外でやっていることは生きるために必要だからやっていること	5/26 ・神奈川で見たことないけど海沿いにありそう ・なぜ高所で魚を干すのか ・なぜ細い棒で立てかけているのか ・強風で倒れそう	5/8 ・使っている竿は冬に車庫の屋根の雪を降ろすためのもの ・かごは祖父が釣ってきた魚（主にカレイ）を干す道具 ・下頓で泊まったときギョウジャニンニクたくさん食べて美味しかった ・11 日からまた下頓へ行く予定 ・そのときは山菜を送るからと母に言うように
2通目	5/25（K 氏宛） ・6/18 ・「生きるために必要だからやっている」→うちなら祖父が釣った鮭を発送する様子 ・うちでは鮭が送られてくるのは普通 ・初めて発送の様子を見た ・長い段ボールは新鮮 ・魚を釣ってはうちや親戚に送る祖父 ・いつも食べてるわけじゃないけど「生かされてる」感覚 ・K さんは海より山に近いところに住んでいる？ ・チカラさんともぜひ関わってみたい ・カレイもよく送ってくれるけどどこで釣ってるのか ・車庫に立てかけて強風で倒れたりしないのか ・高いところで干してるのは理由があるのか ・親戚とかから魚送られたりしたか	6/2 ・うちのすぐ裏は山 ・地図の濃い緑部分は山 ・海で鮭釣ってる人たくさんいる ・近所に配ったり ・魚を入れる箱はホームセンターに売っている ・夏：下頓は半袖、はまとんは長袖 ・下頓が雪でもなかとんは大雪 ・冬：はまとんに雪がなくても下頓は雪 ・たかが約 10km ですごく違う ・浜頓別は鮭	7/7 ・実家でも神奈川来てからも魚介類ほぼ送られて来ない ・2 ヶ月くらい魚食べてない気がする ・生もの苦手 ・最近ものすごく滝を見たい ・真夏の滝っていいよね ・オシンコシンの滝とか自然を当たり前に中学の修学旅行で体験できたことが今思うと幸せだった ・新鮮な食材送ってくれる祖父優しい、あったかい ・北海道感ある ・祖父は漁師だっけ？ ・はまとんの人は小さい頃そういう体験できたのかな	6/26 ・カレイは舟に乗って釣りに行く ・高いところに干すのは風通しが良くなるのとハエが来ないため ・雪おろしの竿は風で倒れないように工夫して立てている ・普通は朝 4:30 から 11 時まで、ここ 2,3 年は無理ができないので日曜午後 1 時から 4 時までの 3 時間乗っていた ・昨年は（釣り）できなくなった、船頭が釣ったものを送ってもらっていた
3通目	6/30 	7/6 	7/16 	8/30

	・頓別の海の様子 ・波のあわあわ感が好き ・波、クリームみたいで美味しそう ・風車と釣竿が整然と並んでいる感じ ・二度と同じ形では現れない波模様 ・上 2 つのコントラストが好き ・基本風が強い＝風車がある ・祖父宅は下頓別にある ・冬は浜頓別に行けない、雪事情が気になる ・船頭さんカレイくれるの優しい ・家で食べるカレイの唐揚げ美味しいと船頭さんに機会があれば伝えて ・竿立てるのにどんな工夫してるのか	・白鳥もきます！ ・しじみもとれますよ！ ・遊びにいらしてください！ ・クッチャロ湖 ・HAMATONBETSU	・二度と同じ形ではない波 ・たしかに波の上の泡がビールみたい ・波クリーム（生クリーム？）の表現良い ・それだけ風強いのが分かる ・風強いといえば電車でスプラッシュマウンテンしてきた ・雨もふぶくと違う世界にいるようで綺麗 ・止まらない電車に乗っているみたいでどこまでも連れて行ってくれる気がした ・前回滝の話をしたけど、先日同期と等々力の避暑地行ってきた ・東京に生き残った自然 ・青いトンボがイケメンだった	・28 日おばたちが朝 6 時までに 5 匹も釣れたと言っていた ・明日から鮭釣りを始めようと思っている ・釣れたら早速送る
4通目	7/11 ・クッチャロ湖（陸から） ・湖だけでなく白鳥も良い ・春と秋にたくさん、鳴き声がかわいい ・ただの鳴き声なのに「惹き込まれる感」 ・食パンちぎって投げるとみんな寄ってくるのも本当にかわいい ・木の看板が落雷で壊れてしまった ・クッチャロ湖の水上からの景色は見たことがない ・連休浜頓別に行けたら K さんに会いたい	7/14 ・QR コードから NPO 法人のサイトにアクセスするとドローンを使ってクッチャロ湖を撮影した動画が見られる ・サイト内のどこかに私が写っている記事もある（会員なので） ・浜頓別に遊びに来るなら是非我が家にも遊びに来て ・森の中のフィンランド式サウナ入る？ ・サウナ入って川の水に入ってととのう	7/21 ・白鳥懐かしい ・昔食パンあげてた ・そのうち白鳥の恩返しとか来ないかな	返信なし
5通目	9/6（K 氏宛）・9/14 ・釣りの道中見つけた謎の放置バス ・草原の中にあって使われてはいなさそう ・青と水色のラインがおしゃれで好き ・（K さんの返信を受けて）30 年くらい前からいちご狩りが人気だった？ ・会ってみたら面白い発見がたくさんあった ・K さん夫妻の載るクッチャロプレスを父が持ち帰る（後に自分の物に） ・K さんなら知ってるのでは？	9/9 ・毎朝七時までアサカツ始めた ・茂宇津内の奥 10 年分の薪を伐る ・あの時は暑かったけどこっちはもう秋かも、朝晩は寒い ・イラストのバスはおそらくいちご狩りのお店に使われていたもの ・30 年くらい前、浜頓別といえばいちご狩り な時代があった ・クッチャロプレス人気、それを見てうちに来る観光客がいる	9/23 ・フルーツ狩りといえばいちご、家で狩るのは枝豆とブルーベリー ・もし自分で好きな狩りができるとしたらご当地の名物を一口ずつ食べられる狩りがいい ・先日東北旅行に行って朝食バイキングでそう思った	10/15 ・バスは宇曽丹の老人クラブの人たちが 40 年くらい前から 15,16 年老人クラブの資金集めにいちごを作って休憩室に使っていたもの ・過疎が進んで老人が減り手入れが出来なくなってそのままになっている ・一時はあの付近 30 アールほど使っていた ・祖父も何度か遊びに行ったことがある ・1 年中で一番楽しみにしていた鮭釣りも昨日で終わりにした、楽しかった ・今年は大漁で計 47 匹釣った

6通目	9/20 （K 氏宛）・ 9/28・10/28 （祖父宛） ・釣りの準備をする祖父の様子 ・後輩の研究で昆布漁師さんの手の話 ・祖父の手も「長年釣りをする人の手」（職人の手的な） ・手にはその人の人生が表れるのでは ・K さんの手も薪を伐り続けていたら「薪を伐る人の手」になっているのかも？ ・チカラさんはすでにそうかも？ ・職人の手、かっこいい ・これからも釣り人続けてほしい ・祖父が遊びに行っていたときはどんな感じだったのか	9/24 ・もしこの手紙のやりとりがなかったら、生活の中で決して手形は取らなかっただろう	10/3 ・祖父とてもかっこいいし特徴捉えてる（描いた絵に対して） ・イラストの中ではペンチが好き、かわいい	11/10 ・今日これから来年の鮭釣りの道具を作ろうかと思っている ・いちご畑に関わっていた人は現在祖父と同い年のIさんというおばあさんとあと 2 人くらいしか生きていない ・今年は今の状態ならお正月に（筆者宅に）行く予定
7通目	10/28（※祖父のみ送付なし） ・下頓別駅跡（の看板） ・「しもとんべつ」の文字が人の手で塗り直されている→これも職人技なのでは ・誰かが塗り直している「しもとんべつ」を手紙を通して自分もなぞっている＝不思議な感覚 ・塗り直した看板を大事に思ってくれる人がいることが素敵 ・マニアの中では聖地？でもあったりするらしい	11/4 ・下頓別駅の手入れは高齢の町民が一人でやっていて、将来手入れする人はいなくなるかも ・隣町の銭湯は先月潰れたけど有志のボランティアですぐ再開、儲けはなし ・ライフラインにも影響が出ている「過疎」の地に都会にはない暮らしを求めて移住した自分からしたら人が少ないのは魅力 ・過疎のいいところたくさんある ・東京では滅多に会わなかったけど近所に友達がたくさん、毎日友達に会う、親世代とも友達 ・すぐ裏の山には熊が食べた鹿の骨が落ちている、いつでも動物園気分 ・吹雪が酷いと町全域が停電に、蝋燭の灯りでご飯は逆に新鮮 ・空気が綺麗なせいか鼻毛が飛び出なくなった ・東京では不動産購入は諦めていたが、空き家がタダで庭付き一戸建て、家庭菜園ができるくらい庭が広い ・お店が遠いのでトイレットペーパーをストックするようになりあ、ない！がなくなった ・朝は日の出と共に起床、日没と共に真っ暗に ・東京ではまだ働いていたが 22 時ごろには就寝 ・犬の散歩はノーリード、猫は放し飼いで散歩についてくる ・犬も猫も飼い主も幸せ	11/20 ・何もない場所にポツンと、でも堂々と立っているのがかっこいい ・こだわりが見えて、「人の手で作られている」あたたかみが感じられる素敵な看板だね ・自分も存在感のある人間になりたいと思う ・今はなんでもデジタルや機械で作れるからこそ、アナログな手法が、良さが際立つように見える ・なんかいつもとハガキの質違う、これも何か理由があるのか ・葵さんはどう思う？	送付がないため返信もなし

単語共起行列の内部構造解明のための構成論的アプローチ
Constructive approach to study the internal structure of word co-occurrence matrix

前田　晃弘 †，鳥居　拓馬 †, 日髙　昇平 †
Akihiro Maeda, Takuma Torii, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
akihiro.maeda@jaist.ac.jp

概要

単語の意味を分散的に表現する単語ベクトルが四項類推課題を解くことはよく知られているが，そのメカニズムについては必ずしも明らかではない．本研究は，人工的なトイコーパスを用いて，文型や意味関係による言語構造上の制約に加え，文の出現頻度が四項類推課題を解くための平行四辺形の出現条件に関わっていることを示す．また，実コーパスを用いてその共起頻度行列の部分空間に平行関係が埋め込まれることを検証し，単語共起自体に内在する自然言語の構造を捉えることを試みる．

キーワード：単語ベクトル、四項類推課題、単語共起行列、人工コーパス、アフィン空間

1.　単語ベクトルモデルによる四項類推

単語の意味を数百次元のベクトル空間上に分散的に表現する単語埋め込み（以下、単語ベクトルという）は、近年の自然言語処理の要となっている [1]．BERT など最近の大規模言語モデル [2] においても、そのベースにあるのはあらかじめ別に学習された単語ベクトルであり，それらが大規模言語モデルへのインプットとして用いられている．また，認知科学分野においても脳の言語認知における分散表現の存在可能性を示唆するものとして単語ベクトルと脳波の対応関係が指摘されている [3].

代表的な単語ベクトルである word2vec[4] は， 単語ベクトル間に四項類推演算（例えば $queen = king - man + woman$ や $works = speaks - speak + work$）が成り立ち，gender や royalty に関する意味的対称関係や動詞の活用のような統語的関係にある単語群がベクトル空間上で平行的な配置関係（線形構造）を持つことを示した．実際に，word2vec の単語ベクトル群を用いて，平行四辺形をなす 4 単語のうち 3 つの単語を与えると，残りの 1 単語を高い精度で予測することはよく知られている．

2.　類推課題を解く単語ベクトルの構造

なぜ word2vec は四項類推課題を解けるのであろうか．単語間の意味的・統語的関係が単語ベクトル空間内の平行関係として出現する現象に動機づけられて，いくつかの研究が単語ベクトルモデルの解明を試みている．例えば Levy & Goldberg [5] は、word2vec の学習が，単語の共起頻度行列の各要素に対して自己相互情報量 PMI[6] を求める計算に相当することを主張している．PMI は自然言語処理でその有効性がよく知られた前処理であるが，より正確には word2vec を生成するために用いられる Skip-gram negative sampling model[4] における最適化の結果，学習されるターゲット単語 w のベクトル $\mathbf{w}$ とコンテクスト単語 c のベクトル $\mathbf{c}$ の内積が，その PMI から定数 k の対数を減じたものに等しくなるとしている（次式）.

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{c} = PMI(w, c) - \log k = \log \frac{P(w, c)}{P(w)P(c)} - \log k$$

k は negative sampling の個数を表すパラメータである．また，$P(w, c)$ はターゲット単語とコンテクスト単語の同時確率を表し，$P(w)$ と $P(c)$ は，それぞれターゲット単語，コンテクスト単語の unigram 確率を表す．式の形から明らかなように，PMI は，ターゲット単語とコンテクスト単語の同時確率が，相互に独立である場合の同時確率（すなわち unigram 確率の積）と異なるのか否かを表す尺度となっている．これより PMI が共起頻度行列に内在する確率分布構造を抽出して，コーパスにあるなんらかの規則性を捉えているのは明らかである．しかしながら，共起分布がどのように四項類推演算を可能としているのか，単語ベクトル間の平行関係をもたらす単語間の共起構造が何に由来するのかは必ずしも明らかであるとはいえない.

これに対して，加藤ら [7] は，PMI のような特定の前処理によらずとも共起頻度行列自体が四項類推課題に高精度で正答するための必要な情報をすでに持つこ

とを主張して，共起頻度行列に対して PMI を算出するのではなく，対数化した共起頻度行列を用いるのみで，PMI に匹敵する類推精度を得られることを実証的に示した．さらに，特異値分解 (SVD) を行った場合には，対数共起頻度行列は PMI 行列よりも高い類推精度を上げたことを示している．

3. 単語共起行列の線形構造を再現するための構成論的アプローチ

これらの研究が示唆するのは，word2vec，PMI，対数化，さらには SVD の手法のいずれもが類推課題を一定程度解くことができ，精度の優劣はあるにせよ，単語共起頻度行列に内在するなんらかの分布構造を抽出していることである．一方，これらの研究で答えられていない問いとは，四項類推を可能とする分布構造とはどのようなものか，どのような分布構造が単語ベクトル間の平行関係，すなわち，単語間の意味的・統語的関係を表現しているのかである．さらに言えば，類推関係に現れる平行関係以外にも単語間の意味的・統語的関係が存在することは十分に考えられる．例えば，上位語と下位語の単語ベクトルはどのような幾何的関係として表されるのだろうか．単語ベクトルが四項類推課題に正答を与える理論的根拠については必ずしも明らかではない．

そこで本研究では，単語共起行列に内在する線形構造の由来と性質を明らかにすることを目的として，人工的なコーパスを用いて単語ベクトル間の平行関係を再現する構成論的アプローチをとる．特に，単語間の平行関係のような規則性が，言語の生成プロセスに由来する統語構造や単語間の意味的制約関係から生じているのではないかとの初期的予想のもとで，コーパス中の文構造と共起行列ならびに単語ベクトル空間の関係性を調べる．また，このアプローチで得られた仮説を実証するために，実コーパスから得られた共起行列（対数頻度による共起行列）を人工コーパスによる結果と比較する．

4. 人工コーパスの作成方法

具体的な単語共起のモデルとして，3 組の平行関係を持つ六面体（平行六面体）を再現することを想定して，24 文から構成される小規模の人工コーパス（以下，トイコーパスという．）を設計する．Mikolov et al.[4] をはじめとする従来研究では，2 組の単語ペア間における類推関係が単語ベクトル空間における 4 つの単語ベクトルがなす平行四辺形関係（2 組の平行関係）として表現されるとの事実が示されてきているが，本研究では文構造との関連性を調べるために，3 組の平行関係（平行六面体関係）へ拡張したモデルを検討する．

トイコーパスは，24 の英文，18 語の語彙から構成されている (図 1)．各文は，主語-動詞-目的語-副詞の

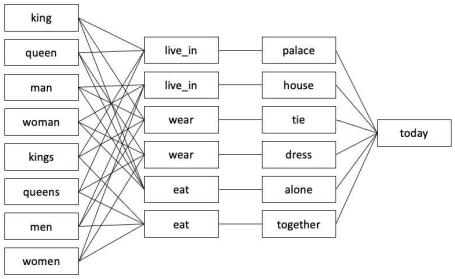


図 1　トイコーパスの 24 文の文構造

4 語からなる同一文型を有しており，品詞ごとに分類された語彙中の単語を組み合わせて作られている (例:“king live_in palace today”)．冠詞や動詞活用を省いた人工的な文法に従う文である．具体的な語彙としては，主語となる名詞が 8 単語（king，queen，man，woman，kings，queens，men，women)，述語となる動詞（句動詞）が 3 単語 (live_in，wear, eat)，動詞句を構成する名詞または副詞が 6 単語 (palace, house, tie, dress, alone, together) ，文全体を修飾する副詞が 1 単語 (today) の計 18 単語である．その際，動詞と目的語，主語と目的語・副詞の間には意味的な対応関係があると想定する．例えば，king は palace と組み合わせることができるが，house とは組み合わないなどである．文型中のそれぞれの位置にある品詞に対応した単語を自由に組み合わせれば，$8 \times 3 \times 6 \times 1 = 144$ 文となるが，個々の単語間に意味的制約を課すことにより，その部分集合 (24 文）のみがトイコーパスに含まれることになる．これらの意味的対応関係が自由な文の生成を制約する結果として，単語間の共起頻度に一定の規則性が出現することになる．意味的制約の設計にあたっては，主語となる名詞 8 単語間に 3 軸の意味的対称性が生じるよう 3 つの動詞を用い，それぞれの動詞が目的語・副詞としてとれる単語 2 語のうち，主語の属性に応じてどちらかひとつの単語しか対応しないよう制約をした（図 1)．すなわち，3 つの動詞に対して 2 つの選択肢があるので，主語となる各単語は 3 ビットで表現されていることになる．このトイコーパスに対し，同一文内に共起する単語ペア (各文は 4 単語から構成されるので ${}_4C_2 = 6$ 組のペア）をカウントすることにより共起頻度行列（18 行 18 列）を作成し，各単語に対応する行ベクトルをそれぞれの単語ベクトルとした．

5. 共起行列における線形構造の分析結果

5.1 一様なトイコーパスの場合

まず，トイコーパス中の 24 文が一様確率（各文の出現確率がすべて $\frac{1}{24}$）で出現すると仮定して共起頻度行列より単語ベクトルを生成した．この時，主語となる名詞 8 単語の単語ベクトルが平行六面体を構成した (図 2)．すなわち 8 つの単語ベクトルを頂点とする立体において，6 つの面それぞれが平行四辺形となった．平行六面体の各面を構成する 4 点に対応する 4 つの単語は類推関係にあり，これらの単語ベクトルを用いた四項類推課題を解くとその正答率は 100%となる．例えば，$king - queen + woman$ の単語ベクトルを計算すると，これとのコサイン類似度が最も高いベクトルに対応する単語が $queen$ となる．6 つの面ごとに 2 組の平行関係があるので，四項類推課題は合計 12 組あるが，そのすべてにおいて正答することができる．

生成された共起頻度行列は，2 つのブロック行列 $C_0 \in \mathbb{R}^{8\times10}, C_1 \in \mathbb{R}^{10\times10}$ から構成され，次のように表現できる．

$$C = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{8,8} & C_0 \\ C_0^T & C_1 \end{bmatrix}$$

平行六面体の頂点を構成する 8 単語の単語ベクトルは，C の先頭 8 行の行ベクトルとなっており，そのうち非ゼロの部分ベクトルに対応するブロック行列が C_0 であるが，C_0 は階数 4 であり，3 次元アフィン空間に存在していることが明らかとなった．このとき，ブロック行列 C_0 は，3 つの線形独立なベクトル基底 $b_1, b_2, b_3 \in \mathbb{R}^8$ と平行移動 $b_0 \in \mathbb{R}^8$ を使って次のように表現することができる．

$$C_0 = (b_1, b_2, b_3)\mathbf{A} + b_0\mathbf{1}_{1,10}$$

$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{3\times10}$ は，アフィン基底 $\mathbf{B} = (b_0, b_1, b_2, b_3)$ に対応して一意に定まる行列である．

次に，これらの単語ベクトルを 3 次元空間上の座標へ写像することを考えるため，ブロック行列 C_0 の転置行列 C_0^T を考え，さらに $C_0^T \in \mathbb{R}^{10\times8}$ を各列毎に正規化した行列を $\bar{C_0}$ とする．

$$\bar{C_0} := C_0^T - \frac{1}{10}\mathbf{1}_{10,10}C_0^T$$

$\bar{C_0}$ は階数 3 の行列となるので，その先頭 3 列の列ベクトルを座標軸 $\bar{b_1}, \bar{b_2}, \bar{b_3} \in \mathbb{R}^{10}$ として $\bar{B} = [\bar{b_1}\ \bar{b_2}\ \bar{b_3}]$ とおくと $\bar{B}X = \bar{C_0}$ を満たす $X \in \mathbb{R}^{3\times8}$ の各列ベクトルが, 8 つの単語ベクトル（転置ベクトル C^T の列ベクトル）の座標を与える．具体的には次の式より算出される．

$$X = (\bar{B}^T\bar{B})^{-1}B^T\bar{C_0}$$

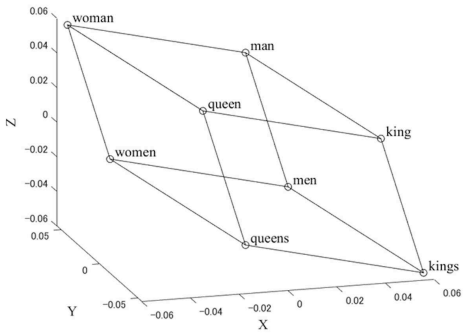


図 2 単語共起行列空間における主要 8 単語ベクトルの配置（一様なトイコーパスの場合）

これらの座標を XYZ 空間に図示すると, 図 2 のとおり平行六面体が現れ, 共起頻度行列の部分空間に 8 単語の平行関係が埋め込まれていることが確認できる．

5.2 非一様なトイコーパスの場合

次に，共起頻度行列において 8 つの単語群が平行六面体を構成しない可能性を調べるために，24 文の出現頻度が異なるトイコーパスを新たに作成した．24 文ごとにランダムに確率を付与して生成されたトイコーパスを用いて，あらためて共起頻度行列から単語ベクトルを生成すると，今度は 8 つの主語名詞に対応する単語ベクトルの配置は，平行六面体を構成していなかった（図 3)．

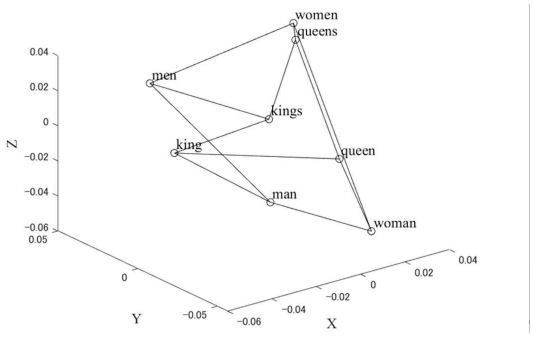


図 3 単語共起行列空間における主要 8 単語ベクトルの配置（非一様なトイコーパスの場合）

一様なトイコーパスの場合と比較すると，コーパス中の文の統語構造と各単語間の意味的制約は共通であるので生成される文自体は同じである．従って，非一様なトイコーパスにおいても語彙中の任意の単語の対が共起するかしないか，すなわち共起頻度行列中の要素がゼロであるか非ゼロであるかは，一様なコーパスのそれと同一である．異なるのは各文の出現頻度のみ

であることから，平行六面体が現れるためには，各文が出現する確率分布上になんらかの対称性が備わっていることが必要であると考えられる．

5.3 実コーパスによる検証

トイコーパスにより生成された二つの共起頻度行列に関する前節までの分析は，平行六面体関係として現れた単語ベクトル間の配置が，統語的・意味的構造のもとでのなんらかの統計的な規則性・対称性を反映していることを示唆していた．この予想を検証するため，実際にこのような規則性や対称性を持つ分布構造が自然言語の中に存在するのか，加藤ら [7] で用いた実コーパスから共起頻度行列を作成して検証を行った．実コーパスは 2017/10/1 の英語 Wikipedia ダンプ (Python の Gensim ライブラリ [8] 中のデータから取得）であり，コーパス全体のトークン数は約 79 億，語彙数は約 260 万である．共起頻度をカウントする際の窓枠は左右ともに 5 としている．本研究では，このうち類推に使用される Google テストセット [9] 中の単語と最も多く共起する単語 1000 語に，それらに含まれないが類推テストに含まれる単語を加えた 1487 語を対象として共起頻度行列 (1487×1487) を作成した．

その上で，各要素の対数をとった対数共起頻度行列に対して特異値分解によるスペクトル分解を行い，平行関係を埋め込んだ部分空間が対数共起頻度行列内に存在するかどうか探索を行った．探索は Family カテゴリーの単語群を対象に行い，その結果，図 4 に示すように，king, queen, man, woman, he, she, father, mother の 8 語間について，2 つの特異値に対応した行列の部分空間に 3 つの対称性が埋め込まれており，平行六面体ではないが，平行四辺形と台形に近い面から構成される六面体を形成していることが確認された (図 4)．つまり，トイコーパスによって再現された線形構造は，実コーパスにおいても共起頻度行列の部分空間に存在することが確認された．

6. 考察

本研究では，まず人工的な文構造と単語間の意味制約のもと一様分布による確率で生成されたトイコーパスにおいて，その共起頻度行列の部分空間に平行関係が出現することを示した．平行六面体を構成する 8 単語の単語ベクトルがなす行列は階数 4 で 3 次元のアフィン空間に存在していた．一方，同じ文構造と意味制約のもと各文の出現確率を非一様とした場合には，平行六面体の配置が崩れることとなった．また，実

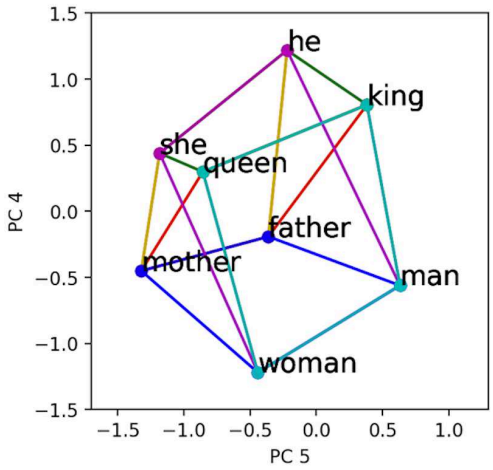


図 4 実コーパスから生成された単語共起行列空間における Family カテゴリーの 8 単語ベクトルの配置

コーパスから作成された対数共起頻度行列を特異値分解した部分空間において，意味的な対称性を持つと思われる単語群が平行六面体に近い幾何的関係を構成していることが確認できた．

これらの結果より，単語ベクトルが平行六面体をなすための条件として，言語の生成プロセスと意味的・統語的関係（言語構造的要件）と文の出現頻度に関する要件の両方が関わっていることが示唆される．まず，後者に関しては，一様分布により生成されるトイコーパスが高い対称性を有していたが，どこまでその対称性を緩めることができるのか，平行六面体が成立するための必要十分条件を数学的に導出する必要がある．また，四項類推課題のテストセットに含められるような単語群では高い精度で平行四辺形が構成していることになるが，その場合，出現頻度に関する必要十分条件が充足されているのか否か実コーパスでの検証が必要である．

前者の言語構造的要件に関しては，一様分布のトイコーパスと非一様分布のトイコーパスのそれぞれから生成された共起頻度行列において，ゼロと非ゼロの要素が同じ位置にあることから，文の出現頻度ではなく言語構造が共起行列の構造を制約している側面もあると考えられる．その場合，仮に文の出現頻度が非一様でなかったとしても共起頻度行列の構造を抽出することで，言語構造に由来する平行関係を抽出することができる可能性も考えられる．その場合，どのようなバイアス補正を行えば，非一様な共起分布から言語構造の規則性を抽出することができるのか，また word2vec や，PMI を用いた既存の単語ベクトル生成手法がそのような言語構造的規則性を抽出しているのか否か今後

の研究課題となる．

7. 結論

本研究は，これまで研究対象とされてこなかった単語共起行列に対して，人工的なトイコーパスを用いた構成論的アプローチをとることで、単語共起頻度行列に部分空間として内在する線形構造の存在を明らかにした．単語ベクトル間に四項類推課題を解くための平行四辺形関係が成立するための要件として，文型と意味的・統語的制約による言語構造，並びに，出現頻度が関与している可能性があることが示唆される．先行研究で指摘されてきたように，共起行列にすでに自然言語の構造が内在しており，word2vec などの学習モデルや PMI などの前処理が一定の行列変換を行うことにより自然言語の構造を抽出しているという予想に対して理論的根拠を与える試みの端緒となるものである．今後の研究課題として，平行四辺形をなすための言語構造的要件と文の出現頻度に関する必要十分条件の導出と検証を行うとともに，平行関係以外の幾何的関係の存否についても検討していきたい．自然言語に内在する構造を文の生成プロセスまで遡って定式化しようとする試みはこれまでなされてこなかったことであり，今後の共起行列の内部構造解明に対する有効な手法となりえると考えられる．

謝辞

本研究は JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた．

文献

[1] Lenci, A. (2018) “Distributional models of word meaning” The Annual Review of Linguistics, Vol. 4, pp. 151-171.
[2] Devlin, J., Chang, M., Lee, K. & Toutanova, K. (2019) “BERT: Pretraining of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding” In Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics : Human Language Technologies, Vol. 1(Long and Short Papers), pp. 4171-4186.
[3] Goldstein, A., Zada, Z., Buchnik, E., Schain, M., Price, A., Aubrey, B., Nastase, S. A., Feder, A., Emanuel, D., Cohen, A., Jansen, A., Gazula, H., Choe, G., Rao, A., Kim, C., Casto, C., Fanda, L., Doyle, W., Friedman, D., & Hasson, U., (2022) “Shared computational principles for language processing in humans and deep language models” Nature Neuroscience, Vol. 3, pp. 369–380.
[4] Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. & Dean, J., (2013) “Distributed representations of words and phrases and their compositionality”, Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems, Vol. 2, pp.3111-3119.
[5] Levy, O.,Goldberg, Y. & Dagan, I., (2015) “Improving distributional similarity with lessons learned from word embeddings” Transactions of the Association for Computational Linguistics, Vol. 3, pp. 211-225.
[6] Church, K. W., & Hanks, P. (1989) “Word Association Norms, Mutual Information and Lexicography” ACL
[7] 加藤龍彦，日高昇平，鳥居拓馬，(2020) “対数共起頻度を用いた四項類推：word2vec と PMI の比較” 2020 年度第 34 回人工知能学会全国大会
[8] Rehurek, R. & Sojka, P., (2010) “Software framework for topic modelling with large corpora”, Proceedings of the LRECWorkshop on New Challanges for NLPFrameworks, pp.45-50.
[9] Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. & Dean, J. Google Analogy Test Set

儀礼的行為の構造：系列情報における認知的アトラクター
The structure of rituals: Cognitive attractors in sequential information

中分 遥[†*], 佐藤 浩輔[‡], 五十里 翔吾[§]
Yo Nakawake, Kosuke Sato, Ikari Shogo
[†]高知工科大学, [‡]株式会社バンダイナムコ研究所 [§]琉球大学
[†]Kochi University of Technology, [‡]Bandai Namco Research Inc., [§]University of the Ryukyus
[*]nakawake.yo@kochi-tech.ac.jp

概要
儀式または儀礼的行為とは象徴的な価値を持つ集団に共有された行為であり，形式的・反復的な構造を持つとされる．儀式には強い効果を持つとされるものや，重要な場面で行われるものが存在する．本研究では儀式の効果・重要性とその構造（規則性・複雑性・ランダム性）の間に関連があるか検証した．実験では，2つの動作を組み合わせることで多数の儀式を作成し，実験参加者は各儀式の効果・重要性，そして構造を評定した．実験の結果，儀式の効果・重要性の評定値は複雑であるほど高く，規則的であるほど低くなる傾向が示唆された．

キーワード：儀式的行為，情報，ランダムネス

1. イントロダクション

儀式または儀礼的行為は，象徴的な心理的価値を持つ，区切られ（segmented）厳格で（rigid）形式的な（formal）反復する（repetitive）行為である（Boyer & Liénard, 2006; Hobson et al., 2018）．儀式は，礼拝などの宗教儀式のように高度に体系化されたものから，日常的な食事の礼儀作法のように様々な場面に存在している（Whitehouse, 2022）．こうした儀式には象徴的な目的で行われているものもあるが，天候操作や病気の治療といった具体的な目的に対する効果（効能）を期待して行われるものがある（cf., ritual efficacy; Legare & Souza, 2012）．近年，儀式が持つ社会的機能として，社会的結びつきを高めることや（Whitehouse, 2022），集団のコーディネーションに役立つ（Chwe, 2013）ことが指摘されている．こうした儀式が持つ全体的な構成に着目する研究も見られるが（Lawson & McCauley, 1990），一方で儀式の行動系列自体が持つ規則性や構造性に着目する研究は少ない．本研究ではこうした儀式の系列の形式ないしは構造が持つ機能について実証的に検討する．

それではこうした構造的特徴にはどのような機能があるのだろうか．儀式以外の文化形質については認知科学・文化進化論の分野において研究がなされてきた．例えば反復性に関しては，第一に情報理論的な観点から，反復による冗長性があることで文化伝達におけるエラーが減少することが指摘されている（Acerbi & Tennie, 2016）．これは，即ち同じ言葉を2回繰り返すことで聞き間違いをする可能性が減少するということである．第二に，認知的アトラクター（cognitive attractor; Boyer, 2020）ないしは文化的アトラクター（cultural attractor; Claidiere, Scott-Philips & Sperber, 2014）として機能する可能性が指摘されている．認知的アトラクターとは，例えば反直観性のように人々を認知的に惹きつける機能を持つ文化形質の特性である．反復性に関しても，例えば物語においてリズムや反復が人々の注意を惹きつけ，アトラクターとして機能することが指摘されている（Scalise Sugiyama, 2017）．一方で，上記は文化形質の記憶や伝達に関わる要因であって，構造が文化形質そのものに対する評価（効果や重要性）に与える影響は定かではない．

本研究では，儀式が持つ構造自体が儀式の効果や重要性に及ぼす影響を検討するため，ミニマルな人工的な儀礼的行為を作成し検討した．例えば，参拝における「二礼二拍一礼」は，A=礼，B=拍とするとAABBAという系列情報に変換できる．こうした2種類の行動からなる系列を刺激として複数作成し，その複雑性を算出した上で，参加者の刺激に対する心理的評価との関連を検討した．

具体的には，参加者は32種類の儀式（動作系列）を動画として提示され，各儀式に関して心理的効果の評定（儀式の効果・重要性）と主観的な構造評価（儀式の複雑性・規則性・ランダム性）を評定した．先行研究において反復性といった規則性は認知的アトラクターとして機能することからこうした規則性が儀式の重要性や効果といった心理的評価と関連するのか検討した．

2. 方法

参加者：クラウドソーシングサイト「ランサーズ」でリクルートした 121 名が参加した．実験中の参加者の注意確認項目（attention check question）への反応に基づき 15 名を除外した．

実験デザイン：2 群の参加者間要因が設定され，参加者はランダムに一方に振り分けられた．これらの条件は，動画刺激のカウンターバランスのために設定された（詳細は刺激の項目を参照せよ）．

手続き：参加者はランサーズで参加登録をし，リンクから Qualtrics（オンランアンケート調査サービス）にアクセスし実験に参加した．サイトにアクセスするとウェブ上でコンセンサス・フォームが表示され，同意した場合のみ課題に進んだ．

アンケートは評定課題・再認課題・事後質問の 3 パートから構成されていた．評定課題では，参加者は呈示された儀式動画に対する評定を行った．再認課題では，儀式動画が呈示され，それが評定課題パートにあったものであるかどうか回答した．最後に参加者は事後質問に回答し，ランサーズに戻り報酬を受け取った．

刺激：刺激は図 1 で示す 2 種類の動作 A・動作 B からなり，それぞれ指を下に向けてクロスする動作（動作 A），指を上に向けて三角形を作るような動作（動作 B）であった．これらの動作のうちのいずれかを 6 回組み合わせることで，64 の動作系列動画（儀式動画）を作成した．

これらの半数は「ABAABB に対する BABBAA」のように A と B を置き換えると同一になる「反転系列」である．参加者は条件 A または B に割り振られ，反転すると同一になる系列のうち，A 条件の参加者には動作 A から始まる 32 系列を評定した．B 条件の参加者は A 条件の A と B を置き換えた（動作 B から始まる）32 系列を評定した．刺激を提示する順序は参加者間でランダム化されていた．

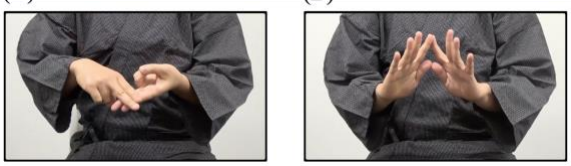


図 1．実験で用いた動作刺激

評定課題：参加者は，各儀式動画に関して以下の項目について 6 件法で評定するように教示された（非常に低い，低い，少し低い，少し高い，高い，非常に高い）．

心理的効果に関する項目

1. **期待される効果（効能）の高さ** この儀式は，どの程度高い効果を期待して行われていると思うか
2. **重要度の高さ** どの程度，重要なものとして行われていると思うか

構造に関する項目

3. **複雑性の高さ** どの程度，複雑だと思うか
4. **規則性の高さ** どの程度，規則的だと思うか
5. **ランダム性の高さ** どの程度ランダム（場あたり的）だと思うか

評定の際，各動画は「実際の儀式の様子ではなく，儀式の要素を抽出し，再構成したもの」であると教示された．

記憶課題：評定課題から選定された 16 系列に関して動画を呈示し，評定課題内で各動画を「見たことがある」か「見たことがない」かを尋ねた．また上記の動画に加えて，評定課題で呈示しなかった 16 の「反転系列」をダミー動画とした（例：ABAABB と BABBAA）．これら 32 の動画がランダムな順序で呈示された．

事後質問：実験パート終了後，宗教的信念（超自然的信念尺度; Jong et al., 2013）や宗教的儀式への参加頻度など宗教に関連する項目（Kavanagh & Jong, 2020），およびデモグラフィック項目を尋ねた．

3. 結果

系列の評定平均値と構造に関する指標：全 32 系列に関する 5 つの評定（効能（効果），重要度，複雑性・形式性）の平均値を算出した（条件を分けずに算出）．このうち効果の評価の平均値の高かった上位 5 系列と下位 5 系列を**表 1** に示した（なお表の 001101 等の数列は系列情報であり，各数字に動作 A または B が割り振られた）．また客観的な複雑性に関連する指標として，ランレングスの長さ[1]，アルゴリズム複雑性（ACSS: algorithmic complexity for short string ; Gauvirt et al., 2016），情報量を合わせて示した．ACSS と情報量は R の acss パッケージで計算した（それぞれ，acss 関数，entropy 関数を利用；Gauvirt et al., 2016）．

[1] 脚注：文字列をランレングス圧縮したときの長さ．ランレングス圧縮は文字種とその文字が連続する長さを数字で表現することで文字列を圧縮する．例えば系列 AAABBB は A3B3 と圧縮できる．なおバイナリ文字列では最初の一字だけ保存すればよく，さらに短くなる．

表１．儀式の評定値と構造の客観的指標

系列	参加者の評定平均値					構造の客観的指標		
	効能	重要度	複雑性	規則性	ランダム性	ランレングス	ACSS	情報量
上位５系列（効能の評定平均値）								
001101	3.42	3.33	3.37	3.56	3.12	5	14.97	1.00
011110	3.42	3.41	2.70	4.02	2.57	4	15.18	0.92
011010	3.41	3.43	3.92	2.90	3.56	6	14.72	1.00
010011	3.39	3.25	3.67	3.02	3.57	5	14.97	1.00
001010	3.35	3.25	3.47	3.48	3.19	6	14.67	0.92
下位５系列（効能の評定平均値）								
011111	2.97	3.00	2.03	3.87	2.62	3	14.13	0.65
001000	2.93	2.93	2.89	3.41	3.29	4	14.59	0.65
001111	2.91	2.84	2.54	3.76	2.92	3	14.83	0.92
010000	2.86	2.92	2.73	3.30	3.18	4	14.28	0.65
000000	2.71	2.85	1.36	5.25	1.64	2	13.38	0.00

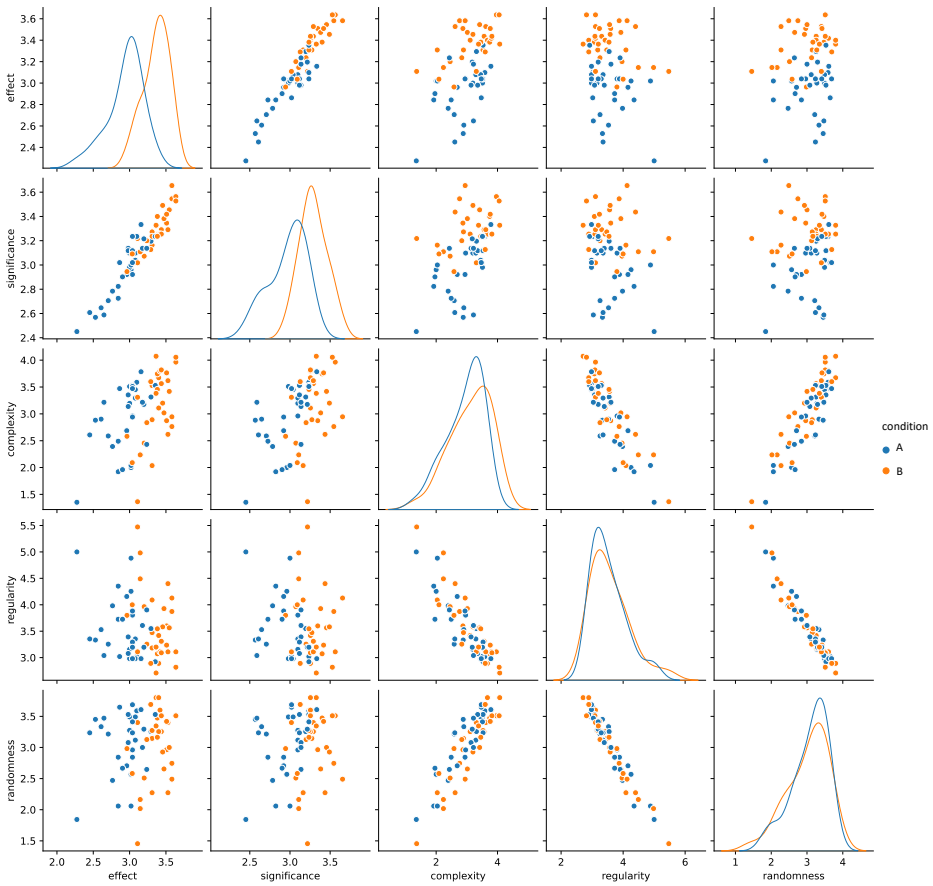


図２．各評定値の関連性（各点は条件ごとの系列の平均評定値を示す）

各評定項目の平均値を用いた関連性：評定項目間のおおまかな関連を把握するため，５つの評定項目の平均値を算出し，散布図として示した（**図２**）．図２から，効果と重要度に強い関連があり，また効果と構造評定に関して，効果と正の関連性を持つ項目は複雑性とランダム性，負の関連性を持つ項目は規則性であること

が読み取ることができる. また, 条件が影響しており, 効果・重要性においては基本となる動作の種類によって評価が異なっていた.

統計モデルに基づく評定課題の分析：実験条件や個人差の効果を統制するため，各評定値に対して一般化線形混合モデル（GLMM）によって分析した．説明変数として以下の項目を投入した.

- **条件**　呈示した動画の条件 : A 条件 (0) , B 条件 (1)
- **動作 A の回数** 図 1 の動作 A が出現した回数
- **回文** 構造が回文か否か : 回文あり (1) 回文なし (0)
- **反復**　構造に反復が含まれているか : 長さ 3 の系列×2,　または長さ 2 の系列×3 になっていれば 1，それ以外は 0
- **ランレングス**　ランレングス圧縮した際の長さ

変量効果として個人の ID，刺激の種類を設定し，分布は正規分布を用いた．分析の結果を**表２**に示した.

儀式の効能（効果）・重要度ともに，複雑性の指標であるランレングスが長いほど，効能・重要度が高く評定される傾向があることが示唆された．また，重要度に関しては回文構造や反復構造を持つことが重要度に影響を与えることが示唆された．これは儀式の持つ構造が効能や重要性に影響を与えることを示唆するものである．また，刺激に用いた，動作 A/B の違い自体も重要度の評定に影響を与えており，動作 A の回数が多いほど，効能と重要度が低く評価される傾向が見られた.

構造に関しては，ランレングスが長いと複雑性・ランダムネスが高く評価され, 規則性が下がるという（概念的定義から予測される）結果が得られた．また，回文構造は複雑性・規則性・ランダム性の評定に効果を及ぼすが，反復構造はいずれの構造評定にも有意な影響は見られなかった．ただし，長さ 2 の系列×3（e.g., ABABAB）のように反復が 3 回続くものに関しては相関が見られ（$r = 0.42$）モデル上で他の変数を媒介して影響を与えている可能性がある.

統計モデルに基づく再認課題の分析：続いて，記憶課題に対しても GLMM によって分析した. 目的変数として, 参加者が動画の再認問題を正しく回答できたか（正答反応）と動画刺激の正誤に関わらず「見たことがある」と反応したか（再認反応）についてロジスティックモデルを用いて分析した.

説明変数は評定課題で投入したものに加え，刺激の正誤（動画刺激が実際に呈示されたものか）を変数として投入し，その他の指標との交互作用も検討した．変量効果として個人の ID，刺激の種類を設定した.

分析の結果を**表３**に示した．正答反応を目的変数とした分析の結果，正刺激を呈示した場合の方が，正答されやすい傾向があることが示された（‘hit’の方が‘correct rejection’の方が正答されやすい）．また，複雑性が高い（ランレングスが長い）ほど正答されにくい傾向があることが示され，また刺激の正誤と交互作用があることから，誤刺激の方がより複雑性が高まるにつれて間違える（再認反応が高まる）傾向があることが示された．また反復の有無と刺激の正誤に交互作用効果が見られた.

次に，再認反応を目的変数とした分析の結果，刺激の正誤の効果が見られ，課題を正しく判断している傾向を示すものである（正刺激よりも誤刺激で再認反応が起こりやすい）.

表２．評定課題の分析結果（GLMM）

	効能			重要度			複雑性			規則性			ランダム性		
	β	t		β	t		β	t		β	t		β	t	
(切片)	3.01	27.30	***	2.78	19.20	***	1.19	3.78	***	4.55	14.19	***	1.93	6.66	***
条件	0.33	2.19	*	0.24	1.66		0.21	1.28		0.03	0.18		-0.01	-0.08	
動作 A の数	-0.09	-5.06	***	-0.07	-4.41	***	0.02	0.39		-0.02	-0.38		0.05	1.03	
回文	0.08	1.28		-0.14	-2.35	*	-0.63	-3.66	***	0.75	4.27	***	-0.59	-3.74	***
反復	-0.17	-2.91		0.14	2.23	*	-0.05	-0.25		0.24	1.26		-0.18	-1.06	
ランレングス	0.10	5.71	***	0.10	5.64	***	0.39	7.48	***	-0.24	-4.50	***	0.25	5.07	***

$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$ ***, $p < 0.001$

表３．再認課題の分析結果（GLMM）

	正答反応			再認反応		
	β	z		β	z	
(切片)	0.28	2.35	*	-0.241	-1.76	
刺激の正誤（正 1，誤 0）	1.08	11.34	***	1.63	16.41	***
動作 A の数	-0.04	-0.81		0.04	0.61	
回文	0.14	0.59		-0.13	-0.47	
反復	0.12	0.70		-0.12	-0.56	
ランレングス	-0.53	-7.96	***	0.55	6.80	***
刺激の正誤 × 動作 A の数	0.04	0.58		-0.04	-0.65	
刺激の正誤 × 回文	0.85	2.83	**	1.17	3.71	***
刺激の正誤 × 反復	-0.17	-0.73		0.08	0.34	
刺激の正誤 × ランレングス	1.16	13.58	***	0.08	0.97	

$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

また，複雑なほど（ランレングスが長いほど）再認反応が起きやすい傾向が見られ，有意な交互作用効果が見られないことから，刺激の正誤に関わらず複雑な刺激ほど再認反応が見られやすくなる傾向が示された．刺激の正誤と反復の有無にも交互作用が見られ，正刺激では回文構造があることで再認反応が増える傾向が見られた．

4. 考察

本研究では，儀式の持つ規則性といった構造が人々の認知的アトラクターとして機能することで，儀式の効能（効果）や重要性が高く評定されるのか検討した．実験では人工的に作られた儀式刺激に対して，参加者が評定する心理的効果と構造の関連を検討した．本研究の結果は，儀式の構造と心理的効果の評定（効果・重要度）に関連が見られ複雑性が高まるほど，儀式の評価が高まることが示された．一方で，儀式の規則性が高まると儀式の効果の評定がむしろ下がることが示された．

これまで同じフレーズを繰り返すという規則性はしばし認知的アトラクターとして機能することが指摘されてきたが，本研究の結果，同じ長さの系列ではむしろ規則性があると儀式の効果や重要度の評定は下がることを示している．再認課題の結果から，複雑性（ランレングス）が上がるほど記憶課題での誤答が増えることから，複雑性の低い規則的な構造は記憶に定着しやすいという点では，確かに認知的アトラクターとして機能したと考えられる．ただしそのような記憶に定着しやすい系列は効果や重要度が高く評価されづらく，少なくとも効果の観点からは「魅力的」なものではなかった． 一方で，効果が高く評価されるような複雑な系列は正確に記憶・保持することが困難であった。つまり，同じ長さの系列に限定するなら，重要度と記憶しやすさはトレードオフの関係にあると考えられる．もし系列が可変長ならば，効果の観点からはより長く複雑な構造を持つ儀式が好まれることになると考えられる．しかし，そうした儀式は人間の認知的能力に制約され，記憶しやすさや実行可能性・伝達可能性が減るため，文化的に拡散や蓄積されるのは困難であることが示唆される．

複雑性が高い儀式ほど効果や重要性が高く評価されたことの解釈として，複雑であるほど儀式のコストが高いと判断された可能性が考えられる．コストと重要性の関連については，高いコストを支払って手に入れたものほど，その重要性が高く評価されることが示されている（Liu et al., 2017）．また，儀式のコストと効果の関連した研究として架空の呪文のコスト（労力）を評定した研究がある．この研究では呪文による変化，すなわち効果が高い呪文の方がよりコストが高く評定

されることが示されている（McCoy & Ullman, 2019）．もし本研究で複雑な儀式が高コストであると判断されたのであれば，その結果儀式の重要性や効果も高いと判断された可能性がある．しかし，上記の解釈は複雑性とコストに関連があると仮定したものであり，これについては今後詳細に検討していく必要があるだろう．

本研究では人間の文化的構造物である儀式を，儀式の定義を満たすようなミニマルな動作系列として表現することで，その構造をすでに情報学で用いられている客観的な指標として算出し，実験によってこうした構造の指標と人々の認知パターンが一貫することを示し，またそれらの構造が儀式の効果や重要性といった心理的効果に影響を与えることを検証した．このように，認知科学が用いてきた手法を用いることで，現実の文化における構造や形態に関して新たな視点からアプローチできる可能性がある．

本研究では人間の文化的構造物である儀式をミニマルな動作系列として表現し，系列のもつ構造的特性および認知的特性の両面から評価した．その結果，複雑性に関しては構造の指標と人々の評価とが一貫すること，並びにそれら構造が儀式の効果や重要性といった心理的側面にも影響を与えるということを明らかにした．このように儀式といった元来人文学領域で中心的に扱われてきた文化的対象についても認知科学の俎上に載りうること，そこから有益な知見を得られることが示された．今後、現実の文化を対象とした認知科学研究を進めていくことで，人間文化に関するさらなる理解が進むことが期待される．

文献

[1] Acerbi, A., & Tennie, C. (2016). The role of redundant information in cultural transmission and cultural stabilization. *Journal of Comparative Psychology*, *130*(1), 62–70. https://doi.org/10.1037/a0040094

[2] Atkinson, Q. D., & Whitehouse, H. (2011). The cultural morphospace of ritual form. Examining modes of religiosity cross-culturally. *Evolution and Human Behavior*, *32*(1), 50–62. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2010.09.002

[3] Boyer, P. (2020). Why Divination? *Current Anthropology*, *61*(1), 100–123. https://doi.org/10.1086/706879

[4] Boyer, P., & Liénard, P. (2006). Precaution systems and ritualized behavior. *Behavioral and Brain Sciences*, *29*(6), 635–641. https://doi.org/10.1017/S0140525X06009575

[5] Chwe, M. S.-Y. (2013). *Rational ritual*. Princeton University Press.

[6] Claidie, N., Scott-Phillips, T. C., & Sperber, D. (2014). How Darwinian is cultural evolution? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *369*(1642). https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0368

[7] Gauvrit, N., Singmann, H., Soler-Toscano, F., & Zenil, H. (2016). Algorithmic complexity for psychology: a user-friendly implementation of the coding theorem method. *Behavior Research Methods*, *48*(1), 314–329. https://doi.org/10.3758/s13428-015-0574-3

[8] Jong, J., Bluemke, M., & Halberstadt, J. (2013). Fear of Death and Supernatural Beliefs: Developing A New Supernatural Belief Scale to Test the Relationship. *European Journal of Personality*, *27*(5), 495–506. https://doi.org/10.1002/per.1898

[9] Kavanagh, C. M., & Jong, J. (2020). Is Japan Religious? *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, *14*(1), 152–180. https://doi.org/10.1558/jsrnc.39187

[10] Lawson, E. T., & McCauley, R. N. (1990). *Rethinking religion : connecting cognition and culture*. Cambridge University Press.

[11] Legare, C. H., & Souza, A. L. (2012). Evaluating ritual efficacy: Evidence from the supernatural. *Cognition*, *124*(1), 1–15. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.03.004

[12] Liu, S., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Spelke, E. S. (2017). Ten-month-old infants infer the value of goals from the costs of actions. *Science*, 358(6366), 1038–1041. https://doi.org/10.1126/science.aag2132

[13] McCoy, J., & Ullman, T. (2019). Judgments of effort for magical violations of intuitive physics. *PLoS ONE*, 14(5), 1–11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217513

[14] Scalise Sugiyama, M. (2017). Oral storytelling as evidence of pedagogy in forager societies. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1–11. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00471

[15] Whitehouse, H. (2022). The Ritual Animal: Imitation and Cohesion in the Evolution of Social Complexity. In *The Ritual Animal*. Oxford University Press USA - OSO.

応援傾向尺度の開発
～応援行動及び共感性・性格特性との関連についての考察～
Development of the Cheering Tendency Scale
~A Study of the Relationship among Cheering Behavior, Empathy, and Personality Traits~

島田 真希†，東 美由紀†，嶋田 総太郎†
Masaki Shimada, Miyuki Azuma, Sotaro Shimada
†明治大学
Meiji University
ce221038@meiji.ac.jp

概要
応援に関する心理尺度については、特定の応援対象がいる人についての尺度は存在するが、幅広い層を対象とした尺度はまだない。そこで本研究では、他者を応援する傾向性の個人差を計測する「応援傾向尺度」を作成した。調査の結果、「好ましい人への関心」、「ネガティブな状況の打開」、「周囲との同調」、「ポジティブな状況の推進」の 4 因子で構成され、十分な信頼性と妥当性があることが示された。さらに、クラスタ分析の結果から、4 つのクラスタが得られた。

キーワード：応援，心理尺度，因子分析

1. 背景

我々人間は、日々の生活の中で、スポーツの自国代表を応援したり、好きなアイドルを応援したりするなど、誰かを応援することかがよくある。しかしながら、応援がどのような心理的メカニズムに支えられているかはまだ明らかにされていない。応援は支援と類似した概念であるが、その差異について、永井（2014）は、応援とは「対象との一体化、自他の区別がなくなるようなしかたで、たすけることをさす」ものであり、「「支援」とはちがう、別の構えをもった寄り添いかた」であると言及している[1]。また、応援を引き起こす要因の一つとして共感が考えられる。手嶋（2017）は、「対象への愛情や憧憬といった共感的心情と、自分本位の考えを退けようとする利他的/非利己的態度を伴った行為」と特徴づけている[2]。応援に関する心理尺度については、小城(2004)のファン心理尺度など、特定の応援対象がある人についての尺度は存在するが、応援対象がいない人を含めた心理を検討するような尺度はまだない[3]。そこで本研究では、特定の応援対象のない人も含めた幅広い層を対象として、他者を応援する傾向性の個人差を計測する「応援傾向尺度」を作成した。さらに、クラスタ分析を行い、応援傾向に着目した分類が可能かについても検討した。

2. 予備調査

予備調査では、応援する傾向性の個人差を測定する項目を作成し、因子構造の検討と信頼性の分析を行った。尺度の項目を作成するために、応援したいと思うような人や状況について考え、以下の 6 つの心理的要素を想定し、それらに関連する質問項目を作成した。「ネガティブな状況の打開」は、状況が不利な方を応援したくなるアンダードック効果を想定した。「ポジティブな状況の推進」は、応援対象がポジティブな状況を慢心せずに推進している状況を想定した。「内集団」は、応援対象が自分と同じ集団に属している状況を想定した。「社会的望ましさ」は、応援対象が一般的に見て社会的に好ましい特徴を持っている状況を想定した。「周囲との同調」は、周りの人が応援することを楽しんでいるような状況を想定した。「個人的好み」は、応援対象が一般的に見て好ましいと思われるような特徴を持っている状況を想定した。

対象者は大学生及び大学院生 301 名（男性 94 名、女性 207 名、21.49±1.30 歳）であった。応援傾向尺度 33 項目に対して、探索的因子分析を行った（最尤法、プロマックス回転）。なお、項目の削除基準として、因子負荷量 .40 未満の項目と多重負荷のある項目および KMO の標本妥当の測度が .70 未満を設定し、それを下回る項目を 1 項目ずつ除外し分析を繰り返したところ、最終的に 5 因子解 23 項目が示唆された。最終的な項目の内容から、第 1 因子は社会的信頼、第 2 因子はポジティブな状況の推進、第 3 因子は好ましい人への関心、第 4 因子は周囲との同調、第 5 因子はネガティブな状況の打開、と命名した。尺度の信頼性の検討のため、クロンバックの α 係数を算出したところ、いずれの因子も高い内的整合性が得られた。

表 1　本調査の探索的因子分析の結果（最尤法、プロマックス回転）

	1	2	3	4
因子１：好ましい人への関心　（α ＝ .89）				
素晴らしい人柄の人がいれば、あなたはその人を応援したいと思いますか？	.95			
あなたにとって好ましい性格の人がいれば、あなたはその人の活動が上手くいって欲しいと思いますか？	.88			
あなたを楽しませてくれるような人がいれば、あなたはその人を応援したいと思いますか？	.60			
立場が弱い人にも気を使える人がいれば、あなたはその人を応援したいと思いますか？	.57			
あなたにとって尊敬できる要素を持つ人がいれば、あなたはその人に頑張って欲しいと思いますか？	.55			
因子２：周囲との同調　（α ＝ .84）				
自分の興味の有無に関わらず、周囲で話題になっている人がいれば、あなたも一緒になってその人を応援したいと思いますか？		.82		
ある人に対して、周りの人が熱狂的に応援していたら、あなたも一緒になってその人を応援したいと思いますか？		.82		
ある人に対して、周りの人が応援することを楽しんでいれば、あなたも一緒になってその人を応援したいと思いますか？		.75		
ある人に対して、あなたと同じような価値観を持っている人が支持していれば、あなたも一緒になってその人を支持したいと思いますか？		.54		
あなたの大切な人（家族や親友、恋人など）が支持している人がいれば、あなたも一緒になってその人を支持したいと思いますか？		.51		
因子３：ネガティブな状況の打開　（α ＝ .80）				
なかなか結果が伴わない人がいれば、あなたはその人を応援したいと思いますか？			.62	
不利な状況に置かれている人がいれば、あなたはその人に頑張って欲しいと思いますか？			.62	
圧倒的な力量の差がある相手に挑もうとしている人がいる時、あなたはその人の成功を願いたいですか？			.62	
容姿もしくは体格にすぐれていない人が、自分の長所を磨いている時、あなたはその人を応援したいと思いますか？			.53	
因子４：ポジティブな状況の推進　（α ＝ .85）				
夢を叶えて嬉しそうにしている人が、より高い目標を掲げている時、あなたはその人の活躍を願いたいですか？				.87
良い成績を出して喜んでいる人が、今後も良い成績を出そうと努力している時、あなたはその人に頑張って欲しいですと思いますか？				.78
いつも幸せそうにしている人が、嬉しそうに活動していたら、あなたはその人の活躍を願いたいですか？				.48
累積寄与率	.19	.35	.48	.59
寄与率	.20	.15	.13	.11
累積寄与率	.19	.35	.48	.59

3. 本調査

本調査では、予備調査とは別の回答者のデータを用いて探索的因子分析及び確認的因子分析を行い、因子妥当性を検討した。また、日本語版対人反応性指標（IRI-J）、情動的共感性尺度を行い、構成概念妥当性を検討した。さらに、実際の応援行動に関するアンケートおよび日本語版 Ten Item Personality Inventory（TIPI-J）を実施し、完成した尺度との関連を検討した。また、クラスタ分析によって類型化を行い、それぞれのクラスタの特徴についても検討した。

対象者は、大学生及び大学院生 464 名（男性 195 名、女性 269 名、21.46 ± 1.90 歳）であった。予備調査で絞った項目について、再度探索的因子分析を行ったところ、最終的に 4 因子解 17 項目が示唆された（表 1）。最終的な項目の内容から、第 1 因子は好ましい人への関心、第 2 因子は周囲との同調、第 3 因子はネガティブな状況の打開、第 4 因子はポジティブな状況の推進、と命名した。尺度の信頼性の検討のため、クロンバックの α 係数を算出したところ、いずれの因子も高い内的整合性が得られた。

確認的因子分析（最尤法）を実施した結果、適合度指標は、$\chi^2(17) = 334.66$, $p < .001$, CFI = .95, GFI = .92, RMSEA = .07, SRMR = .05 で許容範囲内、もしくは良好な値が得られため、作成した応援傾向尺の因子妥当性が示された。また、IRI-J の「共感的関心」、情動的共感性尺度の「感情的暖かさ」について有意な正の相関がみられた。さらに、応援行動、性格特性の一つである「協調性」との間でも正の相関がみられた。応援傾向尺度の各下位尺度の得点を用いて、階層的クラスタ分析（Ward.D2 法・ユークリッド距離）を実施した結果、4 つのクラスタが得られた（図 1～4）。

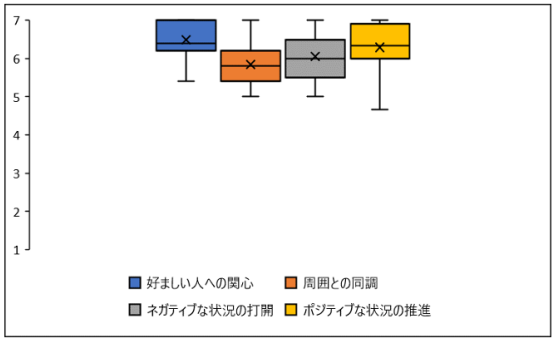


図 1 第1クラスタ（積極的応援群）

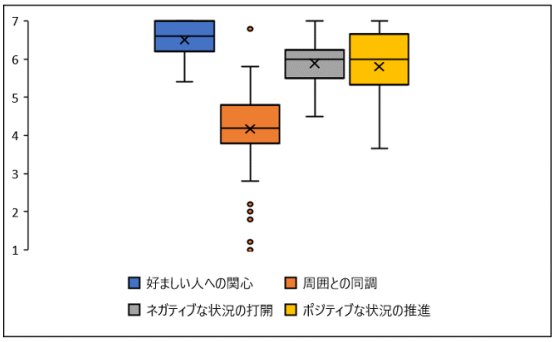


図 2 第2クラスタ（自己充足的応援群）

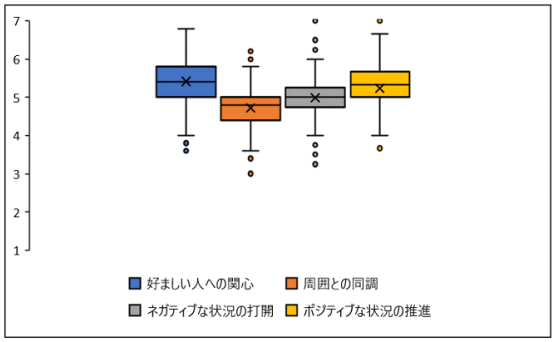


図 3 第3クラスタ（受動的応援群）

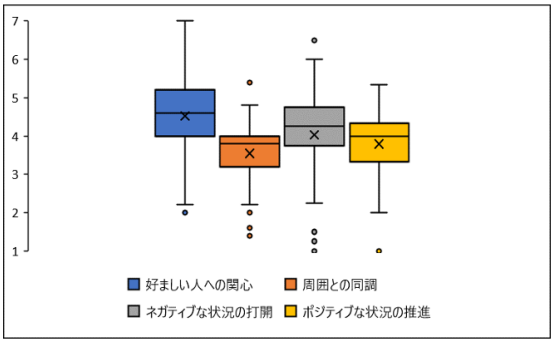


図 4 第4クラスタ（消極的応援群）

第 1 クラスタは全体的に得点が他のクラスタに比べて高いので、あらゆる対象に応援したいという気持ちをもつ「積極的応援群」、第 2 クラスタは「好ましい人への関心」の得点が他のクラスタよりも高く、「周囲との同調」が低いので、周囲の話題性等とは関係なく、自分が好きなものを応援したいという気持ちをもつ「自己充足的応援群」、第 3 クラスタは「周囲との同調」の得点が他のクラスタと比べて 2 番目に高いので、能動的・自発的というよりは、周囲に影響を受けて応援したい気持ちになりやすい「受動的応援群」、第 4 クラス

タは全体的に得点が他ラスタに比べて低いので、応援そのものに関心があまりない「消極的応援群」とした。

4. 考察

4.1 応援傾向尺度の作成

本研究では、他者を応援する傾向性の個人差を計測する心理尺度を開発した。アンケート調査の結果、「好ましい人への関心」、「ネガティブな状況の打開」、「周囲との同調」、「ポジティブな状況の推進」の 4 因子で構成され、十分な信頼性と妥当性があることが示された。尺度作成時に想定していた応援に関わる心理的要素の「社会的望ましさ」と「個人的好み」は「好ましい人への関心」に該当した。また、予備調査で得られた社会的信頼因子は、一般的に見ても好ましい性格や人柄を持っていると捉えることもできるため、同様な心理的要素の「好ましい人への関心」と合わさったと考えられる。

4.2 構成概念妥当性の検討

葉山ら（2008）の先行研究では、感情の共有と、応援と類似した他者志向的反応との関連性が示唆されている[4]。本研究の結果からも、ポジティブもしくはネガティブな状況にある他者について応援したいという因子が抽出されたことから、応援には情動的共感が関連する可能性が考えられる。先行研究より、社会的に好ましい人に対しては、情動的共感が認知的共感によってモジュレーションが起こることが示唆されている[5]。したがって、「好ましい人への関心」因子もそれに類似したものである可能性がある。「周囲との同調」因子が抽出されたことは、応援対象だけでなく、周囲の人への共感も応援したいという気持ちを引き起こすことを示唆している。

4.3 応援傾向尺度と応援行動及び性格特性の関係

作成した尺度と実際の応援行動に正の相関が認められたことから、応援したいという気持ちが生じると、実際の応援行動につながることが示された。また、性格特性の一つである「協調性」との間でも正の相関がみられた。「協調性」をもつ人は他者への愛着心が強いため[6]、応援したい気持ちが生じやすいのだと考えられる。

4.4 今後の展望

本研究では、特定の応援対象を持たない人を含めた幅広い層の人たちの応援スタイルを特定できる尺度を作成することができた。今後は、大学生を対象として作成した本調査の応援傾向尺度を元に、他の年齢層との因子構造の比較や、対象が集団である場合、応援対象の状況の変化が応援に及ぼす影響等について調査することが考えられる。また、本調査で作成した尺度の各下位尺度に該当するような状況での応援と、脳活動との関連を調べることも検討している。

文献

[1] 永井良和, (2014) 文化現象としての「支援」: 人助けは誰のためのものか. 井上俊 (編)　現代文化を学ぶ人のために　全訂新版　世界思想社, pp. 226-239.
[2] 手嶋英貴, (2007) “＜応援＞の文化史”, ポピュラーカルチャー研究, Vol. 1, No. 3, pp. 4-19.
[3] 小城英子, (2004) “ファン心理の構造(1)ファン心理とファン行動の分類”, 関西大学大学院『人間科学』社会学・心理学研究, Vol. 61, pp. 191-205.
[4] 葉山大地, 植村みゆき, 萩原俊彦, 大内晶子, 及川千都子, 鈴木高志, 倉住友恵, 櫻井茂男, (2008) “共感性プロセス尺度作成の試み”, 筑波大学心理学研究, No. 36, pp. 47-56.
[5] 嶋田総太郎, (2014) “共感・他者理解におけるミラーシステムと情動・報酬系の活動変化”, 心理学評論, Vol. 57, No. 1, pp. 155-168.
[6] 小塩真司, 阿部晋吾, カトローニピノ, (2012) “日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み”, パーソナリティ研究, Vol. 21, No. 1, pp. 40-52

異なる日本語文字形態の読みにおける内的な音声化の機能の検討
Testing Functional Feature of Inner Voice in Reading Japanese Sentences in Different Text Forms

稲継 晃大†, 日髙 昇平†
Kota Inatsugu, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
s2010010@jaist.ac.jp

概要

本研究は文の読解時に内的な音声化の機能を解明することを目的とし，日本語文字形態の違いから，文字に対する音韻情報の処理にどのような影響を及ぼすのかを検討するものであった．実験では 12 名に文字形態の異なる課題文を内的な音声化をコントロールした読み方で読解させ，課題文に付随する正誤判断文に答えさせた．実験の結果と考察は大会の発表時に公開する予定である．

キーワード：内声, 文字形態, 音韻化

1. はじめに

文章読解は，文字から情報を得て知識を形成する点で重要な認知活動である．文章を読む様態には大きく分けて音読，黙読があり，成熟した読み手では一般的に黙読で読みの活動を行う．しかし，黙読における，文字に対する音韻情報の処理については十分に解明されていない．そこで，近年着目されているのが，心的に文を音読する活動 (以下，内的な音声化と表記する) の機能である．教育の現場では，教科書を音読させる指導として抑揚を付けて読んだり, 追い読みをすることが挙げられるが，黙読に関する指導（内的な音声化をした方が良いのか，悪いのか）はされていない．そこで，内的な音声化の文章読解における機能性が明らかになることで，黙読の指導方針が明確になり，より効果的な読みの指導方法の開発に繋がることが期待できる．

1.1 音韻符号化

Baddeley（1986）が提唱したワーキングメモリモデルの中の音韻ループは，音韻情報を保持する音韻貯蔵庫と視覚情報を音韻的に符号化し，音韻貯蔵庫の情報を忘れないように心の中でリハーサルを行う構音リハーサル機構からなる [1](図 1)．音読の様に文を読み，音声化する行為は構音リハーサルで視覚情報を音韻符号化し，音韻貯蔵庫に保存するのを確実にすることで短期的な逐語的記憶が促進される．内的な音声化でも同様に内的な音韻符号化を行うことができると考えられており，この内的な音韻符号化を本論文では内的な音声化と呼ぶ.

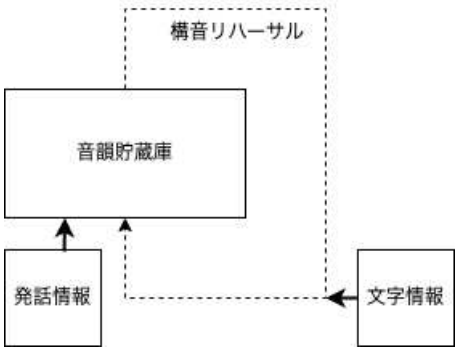


図 1　音韻ループ

1.2 内的な音声化

これまで, 内的な音声化の性質的な研究として, 内的な音声化を読解中に経験する人の割合や内声がどのような声色, イントネーションを持つかの調査が行われてきた. 内的な音声化の機能を検討した研究では, 読解時に構音抑制法という，課題遂行中に課題とは関連しない文字列を繰り返し発声することで，内的な音声化及び音韻化を妨害し，内的な音声化が果たしている機能を検討するのが一般的である．これらの研究では，音韻化を妨害する事によって文の意味理解が困難になるという報告 [2] や逐語的記憶が妨害されるといった報告 [3] がある．

2. 分節化が困難な文の音韻化

文を読む状況には内容をおおまかに捉えようとする流し読みから，内容を深く理解しようとする精読まで様々である．そのため，本研究が対象とするのは最も日常的な読みの方略である『なるべく速く，かつ内容を理解する』状況を対象とする．英語や韓国語など，多くの言語では単語間にスペースがあり，単語のまとまりが明確である．しかし，日本語は単語間にスペースが無いにも関わらず単語のまとまりが明確である．これは日本語には漢字，カタカナ，ひらがなといった文字形態が違うものがあり，それを織り交ぜる事により，単語のまとまりが明確になっている．しかし, ひらがなのみで構成された文では単語のまとまりがわかりずらく, 分節化が難しい. また, 同様の音素数を含む文でも漢字仮名混じりの文とひらがなのみの文では読解時間に差が出ることから, 本研究では分節化が困難な文の読解には音韻化が寄与すると仮説を立てる．

2.1 日本語の文字形態

漢字は，文字そのものが意味を持つ表意文字であるのに対し，ひらがなやカタカナは発音のみを表す表音文字である．そのため，文から意味を得る過程において，ひらがなのみの文は漢字かな混じりの文に比べ，読解の際に音韻化への依存が大きいと考えられる (図2)．ひらがなのみの文では単語のまとまりが不明確になるため，同様に分節化には音韻化への依存が大きいことが考えられる．井上他（1979）は漢字の認知過程は音韻，意味，形態の処理が並列的に行われているのに対し，仮名の認知過程は形態，音韻，意味の順で直列的に行われていると論じている [4]．つまり文字単位で処理に相違があると考えられている．そのため，日本語文字形態の違いから，分節化の難しさと音韻化にどのような関係があるのか，実験的に調査する．

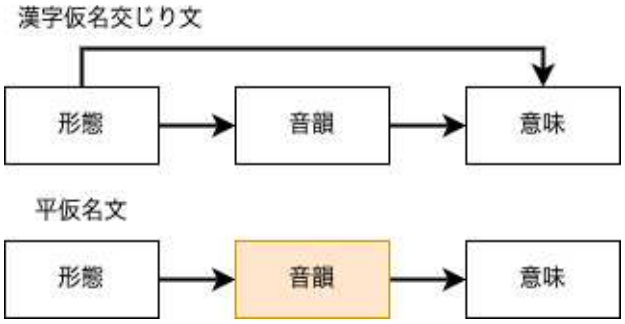


図 2　文字形態による違い

3. 方法

日本語を母国語とし，読みに困難が無い者を対象に12 名 (男性 9 名, 女性 3 名) の大学院生に対し実験を行った．実験を始める前に性別や年齢の他，普段の読み活動において頭の中で音読をどの程度するかのアンケートを行った．程度の答え方として，頭の中での音読を（全くしない，少しする，かなりする，すべてする）の 4 つの選択肢の中から回答することを求めた．

本実験では，分節化が困難な文の読解には音韻化が寄与するという仮説を検証することを目的とする．文字形態が違う文の差異と内的な音声化の有無による差異から音韻化が寄与することを検証する．また，黙読と音読とでは読解中の視線の軌跡に違いがある [5] と予想されることから，内的な音声化の有無によっても視線の軌跡に違いが生じることが予想される．

3.1 材料

実験では課題文を提示した後，その課題文に対する正誤判断文を提示する．課題文と正誤判断文からなる組を 240 セット用意した．

3.1.1 装置

文の提示には 24 インチモニター，視線の軌跡の計測には Tobii Pro スペクトラムを用いた．視線計測は 600Hz のレートで計測を行った．モニターから頭部までの距離は約 60cm ほどになるよう配置した．

3.1.2 課題文

課題文は表 1 のような（文節 1 ＋文節 2 ＋文節 3 ＋文節 4 ＋文節 5）を基本形とした文である．分節化の難しさをコントロールするために, 漢字かな混じり文, ひらがなのみ文，分節が明確になるように文節ごとにスペースで区切られたひらがな文の 3 種類の文を用意した．分節化が困難な度合いの大きさとして，表 1 を例に取ると，漢字かな混じり文≒ひらがなのみ文 (単語間スペースあり) ＜ひらがなのみ文 (単語間スペースなし) の関係が考えられる．漢字かな混じり文≒ひらがなのみ文 (単語間スペースあり) となるのは単語間スペースが英語などの言語と同様に単語のまとまりが明確になると考えられるためである．

表 1　課題文と正誤判断文の例

文の種類	課題文	正誤判断文	回答例
漢字かな混じり文	太郎は花子に空港で鏡を渡した	花子は鏡を渡された	(**正**・誤)
ひらがなのみ文 (単語間スペースなし)	ささきはじょうしとえきまでいそいでいった	佐々木は一人で駅に行った	(正・**誤**)
ひらがなのみ文 (単語間スペースあり)	やまだは　まいにち　あさごはんに　たまごを　たべる	山田は朝ご飯を食べる	(**正**・誤)

3.1.3　正誤判断文

正誤判断文は各課題文につき 1 文付属しており，課題文の文字形態に関わらず漢字かな混じりの文で構成した．正誤判断文は逐語的な判断を問うものだけでなく課題文の内容を問うものを主体として作成した．

3.2　読み方の教示

文の読み方として，1）被験者が日常的に行う読み方である黙読，2）課題文を声に出して読む音読，3）課題文全てを頭の中で音読する内的な音声化強制，4）課題文の読解中に「あいうえおかきくけこさしすせそ」と繰り返し発声する構音抑制，の 4 つの読み方を被験者に教示した．読み方による順序効果を避けるため，読み方の順番がそれぞれ異なる 6 グループを作り，カウンターバランスをとった．課題文はいずれも『なるべく速く，かつ内容を理解する』事を被験者に強調して教示した．

3.3　手続き

課題文 3 種×読み方 4 種の 12 条件で実験を行った．各条件，課題文と正誤判断文からなる組を 20 セット提示した．図 3 に示す様に十字が提示された後，問題へ進むボタンが表示され，ボタンを押下することで課題文が提示される．被験者は課題文を読み終えたタイミングでスペースキーを押下することを求められる．ここでの問題へ進むボタン押下からスペースキー押下までの時間を本実験では読解時間とする．スペースキー押下後，正誤判断文が提示され正誤で最もらしい方のボタンを押下することが求められる．同様の流れで 20 セット× 12 条件で行う．

実験では課題文の読解時間，正誤判断の正答率，課題文読解中の視線計測情報を取得し調査する

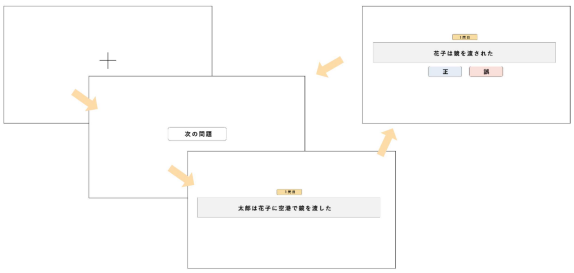


図 3　課題文提示の流れ

4.　結果と考察

大会発表時には，その結果と考察について報告する予定である．

文献

[1] Baddeley, A. D, (1986) “Working memory”, New York:Oxford University Press.
[2] 高橋麻衣子, (2007) “文理解における黙読と音読の認知過程” 教育心理学研究, Vol. 55, pp. 538-549.
[3] Levy, B. A, (1978) “Speech Processing During Reading”, Cognitive Psychology and Instruction, pp. 123-151.
[4] 井上道雄・斎藤洋典・野村幸正, (1979) “漢字の特性に関する心理学的研究” 心理学評論, Vol. 22,No.2, pp. 143-159.
[5] 奥村チカ子・冨永隼斗・中野瑛実, (2014) “黙読と音読での読解中の視線の解析” 保健科学研究誌, Vol. 11, pp. 73-79.

高所恐怖症に対する空撮VR曝露療法の有効性の検討
Effectiveness of Aerial VR Exposure Treatment for Acrophobia

李　林柏†，日髙　昇平†
Linbai Li, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
li-linbai@jaist.ac.jp

概要
恐怖症とは，正確な危険性がないにもかかわらず，人間が何かを極端に恐れる状態である．その中でも高所恐怖症は一般的な問題であり，その治療法は様々である．現在 VR を用いた VR 曝露療法が，その高い安全性から注目されている．VR 曝露療法には現実感が低いなどの欠点がある．従って，本研究はその欠点の改善に向けて，ドローンを用いた新たな空撮 VR 曝露療法を提案した．結果として，提案方法が VR 曝露療法に比べ，より高い没入感が得られることを示した．
キーワード：高所恐怖症, 曝露療法, VR, ドローン

1. 背景
恐怖症とは，正確な危険性がないにもかかわらず，人間が何かを極端に恐れる状態である [11]．この症状は非常に不合理で，その多くは原因不明である．重度の恐怖症患者は，自身の恐怖症のことを考えるだけでもストレスを感じてしまうこともある [19]．いくつかの恐怖症は，人間の日常生活に必ずしも大きな影響を与えない場合もある．例えば，コウモリ，ヘビ，イモムシなどを原因とする恐怖症は，現代の日常生活では，その原因に遭遇する機会がほとんどないため，私たちの生活に大きな支障をきたすことはない．一方，高所恐怖症は現代でもそうした状況に直面することの大きい恐怖症の一種であり，生涯有病率は約 20〜30 %である [11]．高所恐怖症とは，人が高所を恐れる心理的な症状である．この恐怖症は，山，高層ビル，その他の高い場所を避けるための心理的な障壁となる．高所恐怖症の患者は，高所にさらされると，強い恐怖感やパニック，心拍数の増加などの感情的・生理的な反応が起こり，特定の高所を避けるようになる．高所恐怖症の誘因は階段，テラスなど日常のさまざま状況にあるため、生活に多大な影響を及ぼし，機能障害を引き起こす可能性がある．高所恐怖症の患者は，対人関係や生活の質全般にかなりの影響があると報告している [18].

高所恐怖症の治療には，患者の 80 %が急性症状の改善に成功するという高い成功率を誇る既存の治療法があるにもかかわらず，「臨床現場での治療法の模索と採用はまだ限られている」と述べている [12]．高所恐怖症を治療するための現在の標準的な手法の一つは，望ましくない恐怖反応を引き起こしている刺激に不安や不快感が低減されるまでその刺激に患者を曝露し，不適応な反応を軽減する直接曝露療法である．普及が進まないのは，直接曝露療法の中心的な要素である「恐怖刺激への曝露」に根ざしている部分があると考えられる．特定の種類の恐怖を持つ人のすべてが，自発的に恐怖刺激に身をさらすことを望んでいるわけではない．患者が直接曝露を受け入れられずに曝露治療を中断してしまうこともある．また，心理療法士は，倫理的な問題，責任問題や患者にとってストレスになるのではないかという懸念から，曝露を行うことに躊躇することがある．さらに，曝露セッションは，準備と実施に時間がかかることが多い．そのため，このような問題を回避するための新たな間接的な曝露方法が求められている．

そうした方法の一つとして，VR 技術は高所恐怖症の精神的治療の一つとして活用されており，飛行機恐怖症，クモ恐怖症などの様々な不安要素の治療に用いられている．現在，高所恐怖症の治療には，VR 曝露療法が非常に有効であることが知られている．VR 曝露療法では，患者は実際の状況ではなく，仮想の不安を引き起こす状況にさらされる．

VR 曝露療法は，直接曝露療法に比べていくつかの利点がある．治療者と患者が外に出て実際の恐怖症の状況で高所の体験を行うのではなく，治療者のオフィスで治療を行うことができるため，治療者が支援する直接曝露療法よりも治療の費用対効果が高いと考えられる．さらに，VR 曝露療法は，不安感が強くて実際の環境下での曝露ができない患者にも適用することが

(a) 実験装置 (b) 装着例

図 1　空撮 VR 曝露療法

できる．VR 曝露療法の有効性を示すケースがいくつか報告されている．このようなケースは，飛行機恐怖症 [15, 16]，高所恐怖症 [17]，閉所恐怖症 [4]，クモ恐怖症 [5]，広場恐怖症 [14] などについて報告されている．

2.　VR 曝露療法の先行研究

Emmelkamp ら [8] は，VR 曝露療法と直接曝露療法の比較実験を行い，両者は同等の効果があると報告し，VR 曝露療法が高所恐怖症の患者に有効な治療法であることを示した．Abdullah ら [1] は，実験を通じて VR 曝露療法は直接曝露療法の結果よりも有意な治療効果があると結論づけた．Freeman ら [9] は，VR のセラピストとして機能する仮想コーチを設計し，仮想コーチが高所恐怖症に対する心理的介入を自動的に提供することにより，高所恐怖症を緩和・治療した．Bentz ら [3] は，スマートフォンを用いた独立型 VR 曝露アプリ「Easy Heights」を開発し，その有効性を実生活の場で検証し，VR 体験アプリを繰り返し使用することで，現実の高所での回避行動や主観的な恐怖感の軽減に効果があると示している．

3.　Bentz[3] の追試

先行研究の知見を確かめるため，Bentz ら [3] の実験を 5 名の被験者で追試した結果，「Easy Heights」は高所恐怖症の緩和効果が乏しく，むしろ逆効果のあった被験者もいた．また被験者たちからは「VR 環境には静止物しかないため，リアリティが非常に低い．VR 自体も画質や歪みなど欠点が多く，体験後気持ちが悪くなる.」,「体験している時に，恐怖感がどんどん減っていくけど，実際に高いところに直面すると，やはり怖い感じがする.」などのコメントを得た．

4.　目的

上記の追試で明らかになった先行研究の提案法の欠点を克服するために，より現実感の高い高所の疑似体験を提供するため，本研究はドローンを用いて高解像度の映像を VR システムで体験する空撮 VR 曝露療法を提案する．この空撮 VR 曝露療法方法では，実際の高所景観に近い映像を提供し，体験者自身は地上の安全な環境でそれを体験できる．ドローンを用いた空撮 VR 曝露療法の効果を検討することで，高所恐怖症緩和の新たな選択肢の確立を目指す．

5.　方法

5.1　実験参加者

本研究は，北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象に，実験の被検者募集のメールを送り，参加希望者を集めて症状自評量表（Self-reporting Inventory）[7] と高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6] を用いて他の精神疾患がなく高所恐怖症を持つ実験参加者を 10 人を選別した．本研究も，先行研究のように，高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6] で 25 点以上を取った人を高所恐怖症を持つと判断した．募集した実験参加者は，男性 5 人と女性 5 人で構成された．空撮 VR 曝露療法は，高所にいる没入感を最大化するために擬似的な視覚と聴覚を被験者に与えるため，何らかの不具合が発生する可能性がある．そこで，被験者に本実験の概要，目的，意義，方法，個人情報保護の方法と安全管理での配慮などについて説明した上で，同意書に署名することで研究協力について同意を取った．

(a) JAIST 体育館周辺 (b) 石川サイエンスパーク公園

図 2　VR 動画の画面

5.2　用いた映像

空撮 VR 曝露療法は，二つのセッション（石川サイエンスパーク公園で撮った動画と JAIST 体育館周辺で撮った動画）で構成されている．各セッションは，上昇，自由飛行と落下に分けている．上昇は，高さ 90 メートルまで 2 メートルずつ上昇しながら撮った 45 個の動画を 15 個レベルに分けたものである．自由飛行は，地面から 120 メートル高空まで上がり，ドローンを自由に飛ばして撮った動画である．落下は，高さ 90 メートルから急に下降しながら撮った動画である．

5.3　調査紙

- 症状自評量表（Self-reporting Inventory）[7] は，他の精神的疾患があるかを判断するものであり，0〜360 の範囲で、得点が高いほど精神的疾患を持つ可能性が高いことを示す．
- 高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6] は，高所恐怖症の評価を目的としていて，0〜120 の範囲で、得点が高いほど重症度が高いことを示す．
- 高所に対する態度質問票（Attitude Toward Heights Questionnaire）[2] は，高所に対する態度を測定する質問票であり，0〜60 の範囲で、得点が高いほど否定的な態度を示す．
- 不安・危険予感尺度（Anxiety and Danger Expectancy scales）[10] は，単一の視覚的アナログスケールで測定した高所恐怖症の自己申告による変化であり，AES は 10〜50，DES は 5〜25 の範囲で、スコアが高いほど重症度が高いことを示す．
- 主観的苦痛度尺度（Subjective Units of Distress Scale）[3] は，平均主観的恐怖であり，範囲は 0〜10 で、スコアが高いほど主観的恐怖が強いことを示す．
- シミュレーター酔い調査票（Simulator Sickness Questionnaire）[13] は，VR の副作用を評価するためのアンケートで，範囲は 0〜48 で、スコアが高いほどシミュレーター酔いがひどいことを示す．
- 空撮 VR 曝露療法評価質問票に関しては，空撮 VR 曝露療法で使った動画のリアリティと没入感，高所恐怖症を緩和・治療する可能性，他の恐怖症に向く応用性の 4 項目とフリーコメントによる意見で構成された．

5.4　空撮 VR 曝露療法

本研究では，図 1(a) のようにスマホ（SAMSUNG Galaxy S10+）を VR ゴーグル（HTC VIVE Flow）のコントローラーとして使うことで，ドローン（DJI Mini 2）で撮影して Final Cut Pro を用いて動画を編集した．さらに，それらと同時にノイズキャンセリング機能付きワイヤレスイヤホン（Apple AirPods Pro）によって，視覚と聴覚を被験者に擬似的に与える空撮 VR システムとして構築されている．聴覚としては，森の中の鳥の鳴き声や風の音を提示している．本システムを実際に装着した例を図 1(b)，VR ゴーグルによって被験者が見る画面例を図 2 に示す．

空撮 VR 曝露療法体験前後の変化を確認するために，体験前，実験参加者は，高所に対する態度質問票（Attitude Toward Heights Questionnaire）[2] と不安・危険予感尺度（Anxiety and Danger Expectancy scales）[10] を記入した．そして，スマホと VR ゴーグルを繋げ, ゴーグルとワイヤレスイヤホンを装着後, 実験参加者は空撮 VR 曝露療法を体験した．体験中の各段階では、実験参加者は主観的苦痛度尺度（Subjective Units of Distress Scale）[3] を口頭で答えてそれを実験

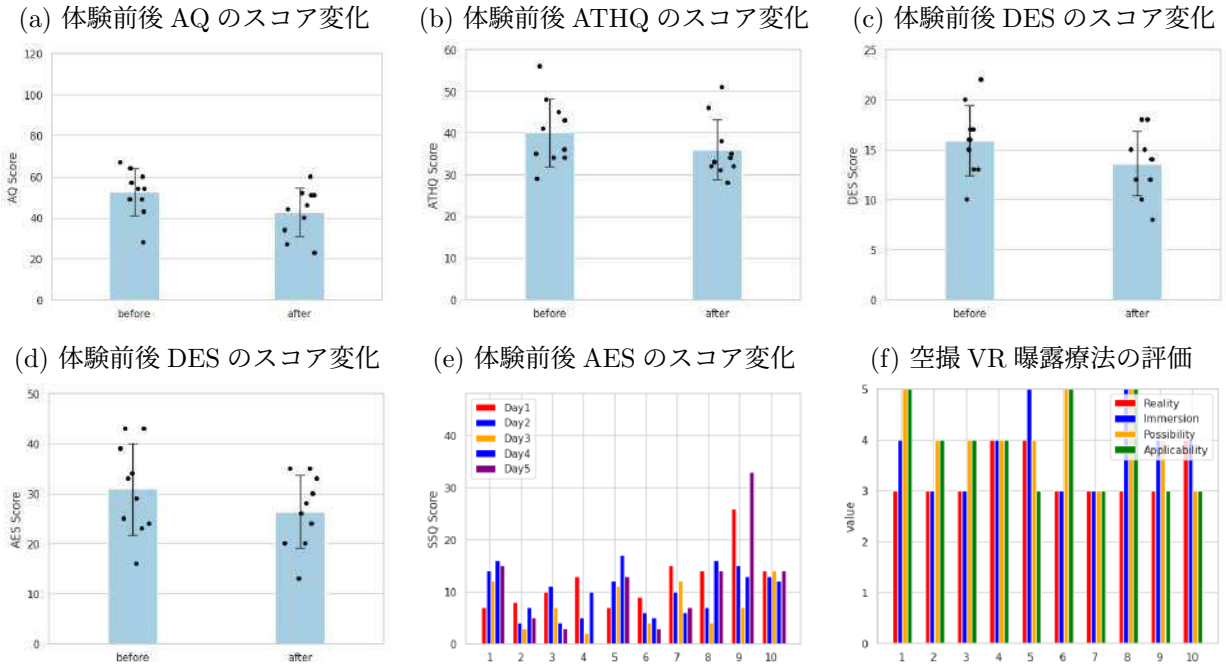


図 3　実験前後調査紙結果の比較

者が記録した．各実験参加者は，連続五日間の体験を行った．最初の二日は 20 分，残りの三日は 30 分の体験を行った．空撮 VR 曝露療法の体験後には VR 体験の副作用を評価するために被験者にシミュレーター酔い調査票（Simulator Sickness Questionnaire）[13] に回答した．さらに，最終日には，被験者は高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6]，高所に対する態度質問票（Attitude Toward Heights Questionnaire）[2] と不安・危険予感尺度（Anxiety and Danger Expectancy scales）[10] に回答した．その他，空撮 VR 曝露療法評価質問票にも回答した．

6.　結果

本実験は北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象として募集した男性 5 人と女性 5 人に対して行われた．他の精神的疾患がない高所恐怖症を持つ被検者を募集するにあたって，症状自評量表（Self-reporting Inventory）[7] と高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6] を参考としている．高所恐怖症である被験者がどの程度の AQ スコアを取ったかについては，図 3(a) に示している．以下，高所恐怖症質問票（Acrophobia Questionnaire）[6]，高所に対する態度質問票（Attitude Toward Heights Questionnaire）[2]，不安・危険予感尺度（Anxiety and Danger Expectancy scales）[10]，シミュレーター酔い調査票（Simulator Sickness Questionnaire）[13] の変化と空撮 VR 曝露療法評価質問票について本実験で得られた結果を示す．

1. 高所恐怖症質問票のスコア変化
   空撮 VR 曝露療法の体験前後の高所恐怖症質問票のスコアの分布，平均値，標準偏差および変化を図 3(a) に示す．体験前後の AQ スコアの変化を見ると平均 9.7 点，最大 22 点，最小 5 点減ったことがわかる．
2. 高所に対する態度質問票のスコア変化
   空撮 VR 曝露療法の体験前後の高所に対する態度質問票のスコアの分布，平均値，標準偏差および変化を図 3(b) に示す．ATHQ スコアの変化を見ると平均 4.1 点，最大 10 点，最小 1 点減ったことがわかる．
3. 不安・危険予感尺度のスコア変化
   空撮 VR 曝露療法の体験前後の不安・危険予感尺度のスコアの分布，平均値，標準偏差および変化を図 3(c,d) に示す．DES スコアの変化を見ると平均 2.3 点，最大 8 点，最小 1 点減って，AES スコアの変化を見ると平均 4.5 点，最大 4 点，最小 1 点減ったことがわかる．
4. シミュレーター酔い調査票のスコア分布
   毎日空撮 VR 曝露療法の体験直後のシミュレーター酔い調査票のスコアの分布を図 3(e) に示す．

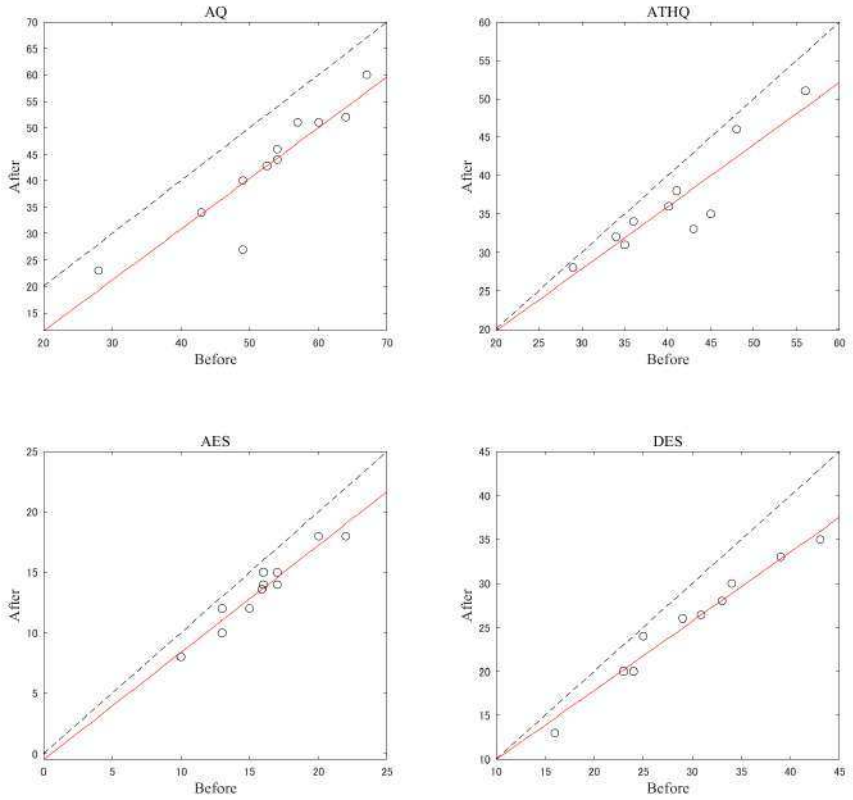


図 4　二要因分散分析結果

一日目は平均 12.3，二日目は平均 9.7，三日目は平均 7.6，四日目は平均 10.6，五日目は平均 10.7 で，全体の平均は 10.18 である．それで，シミュレーター酔いは個人差にもその日のコンディションにもよって変わることがわかる．

5. 空撮 VR 曝露療法評価
   実験の最終日に記入してもらった空撮 VR 曝露療法評価質問票の結果を図 3(f) に示す．また，自由回答による評価として，「目眩がする」「高さが高くなるほど，真っ下の地面が見えなくて残念だった」などといった動画の撮り方が原因となるコメント 6 件と「動画に動くもの（車，鳥など）があって臨場感が高い」「自由飛行の動画では，上昇と下降の高さ変化がより顕著になっていて，より効果的だ」「没入感が高いため，体験中によく足がすくんだり，ひざが震えたりして，動かなくなった」などといった積極的なコメント 8 件があった．

さらに，図 4 のように，10 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する空撮 VR 曝露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 10$) を、質問紙と空撮 VR 曝露療法の 2 つを要因とする二要因分散分析を行った．この分析の結果、質問紙の違い ($F(3, 72) = 58.23, p < 10^{-4}$) と空撮 VR 曝露療法の前後 ($F(1, 72) = 7.85, p = 0.007$) の有意な主効果があり，その交互作用は有意ではなかった ($F(3, 72) = 0.75, p = 0.53$)．この結果は空撮 VR 曝露療法の有効性が示唆する．

上記の分析をまとめると，個々人のスコアの変化を見ても，全体の変化を見ても，実験参加者 10 名全員が改善傾向を示した．

7. 考察

空撮 VR 曝露療法評価質問票の結果では，現実感についての評価はそれほど高くないが，没入感が高めであり，高所恐怖症や他の恐怖症についても有効であるとの評価を得ることができた．現実感がそれほど高くない理由は，高所で高さを感じられる真下の映像が、ドローンのカメラの構造的な制限のために撮れなかったためである．それを改善することで，より現実感の高い体験ができ，高所恐怖症の改善効果のさらなる

向上が期待できると考えられる．また，自由回答による評価では，目眩がするという問題点の指摘が多かった．この問題を改善するためには，映像を強制的に回転するのではなく，全方位を撮影可能な小型 360 度カメラをドローンに載せて撮影するなどの対策を今後検討していく．

8. 結論

本研究ではスマホを VR ゴーグルのコントローラーとして使い，ドローンで撮影し編集した動画見せる空撮 VR 曝露療法を提案した．空撮 VR 曝露療法を繰り返し受けることで、臨床および潜在的な高所恐怖症の人々の高所恐怖症が改善する傾向を示した．空撮 VR 曝露療法は、従来の VR 曝露療法に加えて，高所恐怖症緩和の新たな選択肢として有用であると考えられる．

文献

[1] Abdullah, M., and Ahmed, Z. “An Effective Virtual Reality Based Remedy for Acrophobia.” International Journal of Advanced Computer Science and Applications, no. 6, The Science and Information Organization, 2018. Crossref, doi:10.14569/ijacsa.2018.090623.

[2] Abelson, J. L., and Curtis, G. C. “Cardiac and Neuroendocrine Responses to Exposure Therapy in Height Phobics: Desynchrony within the ‘Physiological Response System.’” Behaviour Research and Therapy, no. 5, Elsevier BV, 1989, pp. 561–67. Crossref, doi:10.1016/0005-7967(89)90091-0.

[3] Bentz, D., Wang, N., Ibach, M., Schicktanz, N., Zimmer, A., Papassotiropoulos, A., and de Quervain, D. “Effectiveness of a Stand-Alone, Smartphone-Based Virtual Reality Exposure App to Reduce Fear of Heights in Real-Life: A Randomized Trial.” Npj Digital Medicine, no. 1, Springer Science and Business Media LLC, Feb. 2021. Crossref, doi:10.1038/s41746-021-00387-7.

[4] Botella, C., Baños, R., Baños, C., Villa, H., Alcañiz, M. and Rey, A. “Virtual Reality Treatment of Claustrophobia: A Case Report.” Behaviour Research and Therapy, no. 2, Elsevier BV, Feb. 1998, pp. 239–46. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(97)10006-7.

[5] Carlin, A., Hoffman, H., and Weghorst, S.. “Virtual Reality and Tactile Augmentation in the Treatment of Spider Phobia: A Case Report.” Behaviour Research and Therapy, no. 2, Elsevier BV, Feb. 1997, pp. 153–58. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(96)00085-x.

[6] Cohen, D. “Comparison of Self-Report and Overt-Behavioral Procedures for Assessing Acrophobia.” Behavior Therapy, no. 1, Elsevier BV, Jan. 1977, pp. 17–23. Crossref, doi:10.1016/s0005-7894(77)80116-0.

[7] Derogatis, L. SCL 90 R Administration, Scoring and Procedures Manual II for the Revised Version and Other Instruments of the Psychopathology Rating Scale Series. 1986.

[8] Emmelkamp, P., Krijn, M., Hulsbosch, A., de Vries, S., Schuemie, M., and van der Mast, C. “Virtual Reality Treatment versus Exposure in Vivo: A Comparative Evaluation in Acrophobia.” Behaviour Research and Therapy, no. 5, Elsevier BV, May 2002, pp. 509–16. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(01)00023-7.

[9] Freeman, D., Haselton, P., Freeman, J., Spanlang, B., Kishore, S., Albery, E., Denne, M., Brown, P., Slater, M., and Nickless, A. “Automated Psychological Therapy Using Immersive Virtual Reality for Treatment of Fear of Heights: A Single-Blind, Parallel-Group, Randomised Controlled Trial.” The Lancet Psychiatry, no. 8, Elsevier BV, Aug. 2018, pp. 625–32. Crossref, doi:10.1016/s2215-0366(18)30226-8.

[10] Gursky, D., and Reiss, S. “Identifying Danger and Anxiety Expectancies as Components of Common Fears.” Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, no. 4, Elsevier BV, Dec. 1987, pp. 317–24. Crossref, doi:10.1016/0005-7916(87)90045-0.

[11] Hal, M. Phobias: Diseases and Disorders. Reference-point Press, p. 112.

[12] Huppert, D., Grill, E., and Brandt, T. “Down on Heights? One in Three Has Visual Height Intolerance.” Journal of Neurology, no. 2, Springer Science and Business Media LLC, Oct. 2012, pp. 597–604. Crossref, doi:10.1007/s00415-012-6685-1.

[13] Kennedy, R., Lane, N., Berbaum, K., and Lilienthal M. “Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness.” The International Journal of Aviation Psychology, no. 3, Informa UK Limited, July 1993, pp. 203–20. Crossref, doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.

[14] North, M., North, S., and Coble, J. “Effectiveness of Virtual Environment Desensitization in the Treatment of Agoraphobia.” International Journal of Virtual Reality, no. 2, Universite de Bordeaux, Jan. 1995, pp. 25–34. Crossref, doi:10.20870/ijvr.1995.1.2.2603.

[15] North, M., North, S., and Coble, J. “Virtual Reality Therapy for Fear of Flying.” American Journal of Psychiatry, no. 1, American Psychiatric Association Publishing, Jan. 1997, pp. 130b–130. Crossref, doi:10.1176/ajp.154.1.130b.

[16] Rothbaum, B., Hodges, L., Watson, B., Kessler, G. and Opdyke, D. “Virtual Reality Exposure Therapy in the Treatment of Fear of Flying: A Case Report.” Behaviour Research and Therapy, no. 5–6, Elsevier BV, May 1996, pp. 477–81. Crossref, doi:10.1016/0005-7967(96)00007-1.

[17] Rothbaum, B., Hodges, L., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J., and North, M. “Virtual Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia: A Case Report.” Behavior Therapy, no. 3, Elsevier BV, 1995, pp. 547–54. Crossref, doi:10.1016/s0005-7894(05)80100-5.

[18] Schäffler, F., Müller, M., Huppert, D., Brandt, T., Tiffe, T., and Grill, E. “Consequences of Visual Height Intolerance for Quality of Life: A Qualitative Study.” Quality of Life Research, no. 2, Springer Science and Business Media LLC, Aug. 2013, pp. 697–705. Crossref, doi:10.1007/s11136-013-0506-6.

[19] Suyanto, E., Angkasa, D., Turage, H., and Sutoyo, R. “Overcome Acrophobia with the Help of Virtual Reality and Kinect Technology.” Procedia Computer Science, Elsevier BV, 2017, pp. 476–83. Crossref, doi:10.1016/j.procs.2017.10.062.

感情が言語処理に与える影響：閾下感情プライミングを用いて
Emotions in language processing: Affective priming in embodied cognition

赤嶺 奨[†], 小波津 豪[‡], 新国 佳祐[§], Amy. J. Schafer[¶], 里 麻奈美[#]
Sho Akamine[†], Tsuyoshi Kohatsu[‡], Keiyu Niikuni[§], Amy J. Schafer[¶], Manami Sato[#]

[†]マックス・プランク心理言語学研究所, [‡]バスク大学, [§]新潟青陵大学, [¶]ハワイ大学, [#]沖縄国際大学
Max Planck Institute for Psycholinguistics, University of the Basque Country, Niigata Seiryo University, University of Hawai'i at Mānoa, Okinawa International University
manamisato@gmail.com

Abstract
Social interaction and communication require a responsive ability to read others' subtle emotional reactions, which affect subsequent cognitive activities such as up-down spatial attention. Even brief exposure to an emotionally expressive face can influence cognition, due to what is known as an affective priming effect. For instance, subliminal primes of facial expressions generate gross affective information such as a positive/negative category, influencing evaluations of unrelated novel objects. Given the interconnections between emotions and language, this study assesses the functional role of affective information in processing emotionally and spatially congruent/incongruent sentences when facial expressions are perceived consciously (Experiment 1) or unconsciously (Experiment 2).

Key words: Affective priming, Subliminal perception, Embodied cognition, Sentence judgment task

1. Introduction

Successful social interaction and communication require a responsive ability to read others' subtle emotional reactions. Such conscious perception of other's emotional states affects subsequent cognitive activities and information processing. For example, people can use others' facial expressions as a cue to judge whether a particular object should be avoided ([1], [2]). Emotions are easily and flexibly evoked, for instance, by seeing facial expressions ([3], [4]), watching film clips ([5], [6]), looking at pictures ([7]), and thinking of happy or sad life events ([8], [9]). Such conscious emotional states are known to affect one's own cognitive abilities. For instance, one's emotions can expand or narrow one's spatial span of attention ([10], [11]). Moreover, positive emotions can generate greater cognitive flexibility and facilitate a broader focus ([12]), while negative emotions can elicit a narrower cognitive focus ([13]).

Even when exposure to an emotionally expressive face is extremely brief so that emotion is elicited unconsciously, it influences our cognition, due to what is known as an affective priming effect. When emotion is generated outside of conscious awareness, it is diffuse in nature. And an induced emotion "spills over" into the processing of unrelated stimuli. For instance, subliminal primes of facial expressions unconsciously evoke gross affective information such as a positive/negative category, influencing experimental participants' preferences for unrelated target stimuli such as novel objects and Chinese ideographs ([14], [15]). Interestingly, however, research has shown that the affective priming effect of facial expressions disappears with longer exposure durations (i.e., over 1000ms). One possible explanation is that longer exposure to facial expressions not only elicits conscious emotions, but also activates more complex visually based information related to gender, age, hair color, and so on, erasing or overwhelming the affective priming effect ([14]).

Affective information interacts not only with non-linguistic processing such as evaluations and preferences regarding objects, but also with linguistic processing. Chwilla, Virgillito, and Vissers ([6]) showed that conscious positive/negative emotional states induced by watching film clips immediately affected online semantic processing in language comprehension, reflected by an interaction between emotions and N400 amplitude in response to highly

(un)expected critical words in a cloze test. Meier and Robinson ([16]) showed that processing the positive/negative valence of affective words unconsciously activated upper/lower parts of visual space and modulated attentional focus, reinforcing the previously established association of emotionally positive (negative) valence with upward (downward) movement (i.e., embodied cognition, [17], [18]). Adopting Strack, Martin, and Stepper's method ([4]) of manipulating participants' facial expressions by having them hold a pen between the teeth to induce smiling or between the lips to induce frowning, Havas, Glenberg, and Rinck ([3]) found effects on reading times and judgment times for sentences describing pleasant or unpleasant situations. In this study, emotion/affective state is unconsciously generated by the posture, and an association between the posture and the affect generated by the sentence influenced language processing.

In summary, there are many interconnections between emotions and language, including the language used to describe emotion and spatial orientation. What is less clear is how these connections play out in response to conscious versus unconscious perception of emotionally relevant stimuli and different types of language. This study assesses the functional role of affective information in processing emotionally and spatially congruent/incongruent sentences when facial expressions are perceived consciously (Experiment 1) or unconsciously (Experiment 2).

2. Predictions

We predicted that sentences that require the activation of positive/negative categorical information, whether due to their emotional information or spatial information (e.g., upward/downward), would be facilitated by the perception of a congruent emotional stimulus and hindered by the perception of an incongruent stimulus.

We also explored how different durations of valenced visual stimuli influence and interact with the subsequent sentence comprehension processes. A conscious exposure to facial expressions evokes not only affective information, but also complex visual information unrelated to the sentences. Therefore, we predict that longer exposures might attenuate the affective priming effect, especially on the spatial sentences.

In contrast, because subliminal exposure to facial expressions only evokes gross affective information, it should be integrated into the processing of positive/negative affective sentences that belong to the same emotional category as the affective primes, and upward/downward spatial sentences, which are cognitively associated with affective primes. When prior activated information matches the subsequent sentences, a facilitation effect should be observed, while mismatches should lead to an interference effect.

3. Experiment 1

3.1 Participants

Fifty-four right-handed native speakers of Japanese (M_{age} = 20.3, F = 45) participated in a sentence judgment task with affective priming.

3.2 Experimental materials

Picture materials: To prime affective valence, we used two female and two male normed images representing positive and negative facial expressions (ATR-promotions, 2006).

Sentence materials: The target sentence materials were 24 sets of affective (positive/negative/neutral) and 24 sets of spatial (up/down/neutral) sentences in Japanese, as illustrated in (1–2). Within each set, the three types of sentences (a-c) were minimally different triplets except for a critical affective or spatial word.

(1) **Affective sentences**

(a) Positive: Keisei-ga *yuurini* narimashita.
situation-NOM advantageous became
'The situation became advantageous.'

(b) Negative: Keisei-ga *hurini* narimashita.
situation-NOM unfavorable became
'The situation lost ground.'

(c) Neutral: Keisei-ga *gyakuten* shimashita.
situation-NOM reversal became
'The situations were reversed.'

(2) **Spatial sentences**

(a) Up: Hashigo-o *nobotte*-imasu.
ladder-ACC climbing

'(Somebody is) climbing the ladder.'

(b) Down: Hashigo-o *kudatte*-imasu.
ladder-ACC going down
'(Somebody is) going down the ladder.'

(c) Neutral: Hashigo-o *tukatte*-imasu.
ladder-ACC using
'(Somebody is) using the ladder.'

Affective sentences were used to assess whether perception of facial expressions facilitates emotionally congruent sentences and hinders emotionally incongruent ones. We intentionally avoided using explicitly emotional vocabulary, such as *happy*, *excited*, *sad*, or *depressed*, in order to assess how affective information interacts with conceptually or semantically congruent sentences, not with linguistically congruent ones.

Moreover, spatial sentences were utilized due to the known association of emotionally positive (negative) valence with upward (downward) movement. One manifestation of the association is in conceptual metaphors such as GOOD IS UP and BAD IS DOWN, linguistically exemplified in figurative expressions such as *I'm feeling up/My spirits rose* and *I'm feeling down/My spirits sank*, respectively ([18]). Positive valence is conceptually linked to spatially upward movement and negative valence to downward movement.

Participants read 48 target sentences expected to elicit YES responses to an acceptability judgment task and 24 fillers (12 affective/12 spatial semantically anomalous or grammatically incorrect sentences) expected to elicit NO responses. The 72 target and filler sentences were presented in random order.

3.3 Experimental design

The experiment had a 2 (Facial expression: Positive/Negative) x 2 (Sentence category: Affective/Spatial) x 3 (Sentence type: Positive/Neutral/Negative for Affective sentences, Up/Neutral/Down for Spatial sentences) repeated-measures design. Six presentation lists were created following a Latin-square design so that each participant saw each target sentence only once in either one of six conditions (2 facial expression conditions x 3 sentence type conditions). Each sentence was paired with a specific male or female picture across the lists. After adding 24 filler sentences to each list, the presentation order was randomized for each participant.

3.4 Procedure

Following a fixation cross, participants saw an image of an emotionally negative or positive facial expression for 200ms. The 200ms duration of the affective prime was visible for long enough for participants to recognize the facial expression. After 50ms of blank screen, a sentence appeared on the screen. Participants provided judgements of the correctness of the sentence by pressing keys labeled "Yes" (the J key) or "No" (the F key) on a keyboard, following instructions to do so as quickly and accurately as possible. We analyzed accuracy and response times (RTs).

3.5 Results

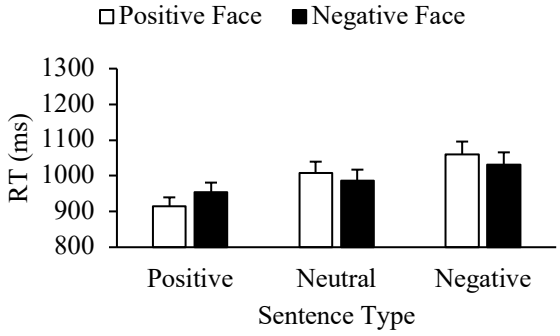
Using the lme4 ([19]) and the lmerTest ([20]) packages within the R programming language ([21]), a linear mixed-effects model analysis was conducted for the RT data from the target trials, with participants and items as random factors ([22]). We excluded incorrect responses (5.82% of the target trials) and target trials in which RTs were shorter than 500ms or longer than 5000ms (0.42% of the target data). For each participant, trials in which the RT was 2.5 *SD* above or below that participant's mean (2.92% of the target data) were also excluded. Facial expression (Positive/Negative) and Sentence type (Positive/Neutral/Negative for Affective sentences, Up/Neutral/Down for Spatial sentences) were fixed effects with interactions between the factors; the analyses were conducted separately for each sentence category. Facial expression conditions were deviation-coded, and sentence type conditions were treatment-coded with the Neutral condition as the reference level.

Figure 1 shows the mean RTs for each experimental condition, and Tables 1 and 2 show the results of the statistical analyses. As shown in Table 1, the results of the analysis for Affective sentences revealed a significant interaction between Face and Positive sentence type. For Affective sentences, we conducted a further analysis in which the Neutral sentence type was omitted and facial expression conditions were re-coded as Match or Mismatch (with Sentence type): positive (negative) facial expression condition coinciding with positive (negative) sentence type was re-coded as Match, and negative (positive) facial

expression condition coinciding with positive (negative) sentence type was re-coded as Mismatch. We call this new variable Congruency. The result revealed a significant main effect of Congruency (β = –38.5, *SE* = 17.2, *t* = –2.24, *p* = .026) and Sentence type (β = –119.0, *SE* = 17.2, *t* = –6.92, *p* < 001). The interaction between Congruency and Sentence type was not significant (β = –20.3, *SE* = 34.5, *t* = –0.59, *p* = .557).

No significant effects were observed for affective primes on the spatial sentences in the primary analysis (Table 2). For Spatial sentences, we also conducted the analysis using the Congruency variable (positive [negative] facial expression condition with up [down] sentence type was re-coded as Match; negative [positive] facial expression with up [down] sentence type was re-coded as Mismatch). The results revealed a significant main effect of Congruency (β = –49.3, *SE* = 22.7, *t* = –2.17, *p* = .031), while the main effect of Sentence type (β = –48.1, *SE* = 31.4, *t* = –1.53, *p* = .141) and the interaction between Congruency and Sentence type (β = –78.0, *SE* = 45.5, *t* = –1.72, *p* = .087) were not significant.

(a) Affective Sentences



(b) Spatial Sentences

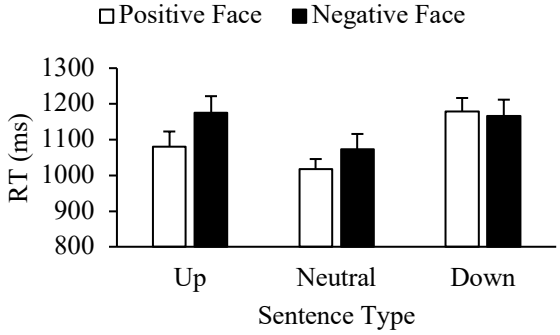


Figure 1: Mean RTs (Experiment 1) for each Face and Sentence type condition by Sentence category (Affective/Spatial). Error bars denote SEs of the mean by participant.

Table 1: Linear mixed-effects regression results for Affective sentences (Experiment 1)

	β	*SE*	*t*
Face	24.9	25.6	0.97
Type (P)	–59.3	18.1	–3.29**
Type (N)	58.5	18.3	3.20
Face × Type (P)	–73.1	36.0	–2.03*
Face × Type (N)	3.7	36.5	0.10

Note. P = Positive sentence; N = Negative sentence.
*p < .05. **p < .01.

Table 2: Linear mixed-effects regression results for Spatial sentences (Experiment 1)

	β	*SE*	*t*
Face	–35.7	31.1	–1.15
Type (U)	79.1	21.9	3.62**
Type (D)	130.4	22.3	5.84**
Face × Type (U)	–59.5	43.8	–1.36
Face × Type (D)	49.5	44.6	1.11

Note. U = Up sentence; D = Down sentence.
*p < .05. **p < .01.

We also conducted logistic mixed-effects model analyses for accuracy data in a similar manner to the RT analysis; there were no significant effects of the fixed factors or interactions between them in either the affective and spatial sentences. The mean accuracy rates are summarized in Table 3.

Table 3: Mean (*SD*) accuracy rates for Experiment 1.

	Face	
	Positive	Negative
Affective sentence		
Positive	97.5 (7.9) %	98.6 (5.8) %
Neutral	95.8 (10.6) %	95.7 (12.0) %
Negative	93.5 (13.0) %	97.2 (7.9) %
Spatial sentence		
Up	93.4 (12.4) %	95.2 (10.2) %
Neutral	90.0 (15.3) %	93.1 (12.3) %

Down	92.6 (11.5) %	87.7 (18.1) %

4. Experiment 2

4.1 Participants

A new set of 54 right-handed native speakers of Japanese (M_{age} = 20.8, F = 30) participated in Experiment 2.

4.2 Experimental design and Procedure

Experimental design, materials, and procedures in Experiment 2 were identical to those in Experiment 1, except that the affective prime was subliminally presented for 17ms and followed by a 183ms visual mask (i.e., 200ms total, equivalent to the 200ms duration of the affective prime in Experiment 1).

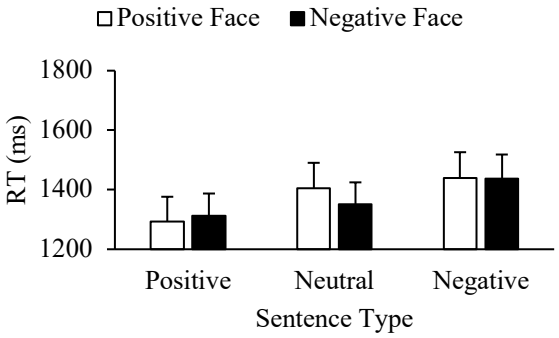
4.3 Results

We performed the same data treatment and statistical analyses as those in Experiment 1. We excluded incorrect responses (6.26% of the target trials) and responses in which the RT was shorter than 500ms or longer than 5000ms (1.97% of the target trials). For each participant, trials in which the RT was 2.5 *SD* above or below the mean (2.72% of the target data) were also excluded.

Figure 2 shows the mean RTs for each experimental condition, and Tables 4 and 5 show the results of the statistical analyses. As shown in the tables, in contrast to the results in Experiment 1, the results in Experiment 2 demonstrate an affective priming effect on the spatial sentences, but no effect on the affective sentences. More specifically, the results of the analysis for Spatial sentences revealed a significant interaction between Face and Down sentence type. As in Experiment 1, we conducted the analysis using the Congruency variable for Spatial sentences. The result revealed a significant main effect of Congruency (β = –82.7, *SE* = 31.9, *t* = –2.59, *p* = .010). The main effect of Sentence type (β = –50.0, *SE* = 41.4, *t* = –1.21, *p* = .240) and the interaction between Congruency and Sentence type were not significant (β = 50.4, *SE* = 63.8, *t* = 0.79, *p* = .430).

There were no significant effects of affective primes on the affective sentences (Table 4). The analysis with the Congruency variable found no significant main effect of Congruency (β = –14.9, *SE* = 30.2, *t* = –0.49, *p* = .623) nor significant interaction between Congruency and Sentence type (β = –45.9, *SE* = 60.5, *t* = –0.76, *p* = .448). The main effect of sentence type was significant (β = –153.1, *SE* = 30.3, *t* = –5.06, *p* < .001).

(a) Affective Sentences



(b) Spatial Sentences

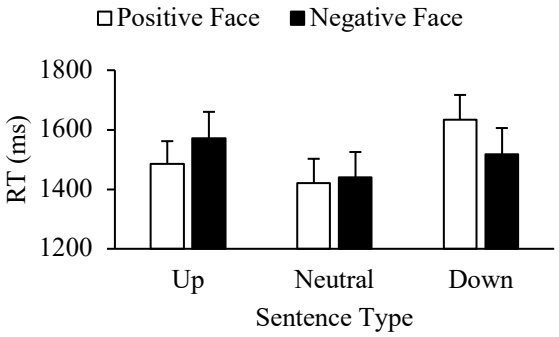


Figure 2: Mean RTs (Experiment 2) for each Face and Sentence type condition by Sentence category (Affective/Spatial). Error bars denote SEs of the mean by participant.

Table 4: Linear mixed-effects regression results for Affective sentences (Experiment 2)

	β	*SE*	*t*
Face	42.4	43.7	0.97
Type (P)	–78.9	30.7	–2.57*
Type (N)	75.4	31.3	2.41*
Face × Type (P)	–80.9	61.4	–1.32
Face × Type (N)	–48.6	62.4	–0.78

Note. P = Positive sentence; N = Negative sentence.
*p < .05. **p < .01.

Table 5: Linear mixed-effects regression results for Spatial sentences (Experiment 2)

	β	*SE*	*t*
Face	–26.0	44.1	–0.59
Type (U)	110.1	31.6	3.49**
Type (D)	164.6	31.6	5.22**
Face × Type (U)	–34.9	62.7	–0.56
Face × Type (D)	133.9	63.1	2.12*

Note. U = Up sentence; D = Down sentence.
*$p < .05$. **$p < .01$.

Logistic mixed-effects model analyses for accuracy data found no significant effects of the fixed factors or interactions between them, for both affective and spatial sentences. The mean accuracy rates are summarized in Table 6.

Table 6: Mean (*SD*) accuracy rates for Experiment 2.

	Face	
	Positive	Negative
Affective sentence		
Positive	90.4 (15.7) %	95.1 (10.6) %
Neutral	94.6 (10.9) %	92.9 (11.6) %
Negative	92.4 (12.8) %	89.0 (17.0) %
Spatial sentence		
Up	96.3 (10.2) %	96.3 (11.3) %
Neutral	95.4 (9.8) %	96.3 (13.2) %
Down	92.9 (13.9) %	92.3 (14.7) %

5. General Discussion

This study showed that the participants' conscious and unconscious perception of emotional stimuli played a role in their comprehension of affective and spatial sentences in different ways. Surprisingly, the findings of Experiment 1 demonstrate that consciously captured emotion-driven information influences comprehension of affective and spatial language. A conscious exposure to facial expressions evoked not only gross affective information, but also perceptual information of specific facial features ([23]). Therefore, early affective information might interact with subsequently processed information of spatial sentences while late specific features of facial information interact with affective sentences. People's general preference for positive valence might explain why the valence congruency effect was observed more strongly in positive sentences ([24], [25]), than in negative ones.

Against our predictions, in Experiment 2, extremely brief exposure to facial expressions influenced only spatial sentences, which are cognitively associated with affective primes, while it did not influence affective sentences. Because of the diffuse quality of the emotional valence of subliminal stimuli, it seems that gross positive/negative information selectively influences the processing of spatial sentences that are not affective in nature. This might suggest that the core or fundamental information of gross facial perception is up/down in nature and carries no emotional valence, which would explain why affective priming effects were only observed in spatial sentences, but not in affective sentences. Our results also support the embodied cognition theories proposing an interactive or interconnected relation between emotional concepts (positive/negative) and spatial concepts (up/down) in language comprehension.

It is known that individuals with high empathy and those with low empathy differ in their perceptive abilities and attentional focus. For instance, individuals with high empathy tend to not only pay attention to human faces more than those with low empathy ([26]), but also to read others' facial expressions more accurately than those with low empathy ([27]). Moreover, individuals with low empathy pay more attention to a specific area or feature when perceiving a face, while those with high empathy perceive a face by scanning it in a broader manner ([12], [13]). Since the two experiments had different participants, it is possible that differences in empathy influenced the pattern of the results. Hence, in future research, we plan to explore how individuals' personal traits such as empathy interact with affective perception and language processing.

6. Acknowledgment

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Numbers JP19H01263 (PI: Manami Sato), JP21K12989 (PI: Keiyu Niikuni).

7. References

[1] Bayliss, Paul, Cannon, & Tipper, (2006) "Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at", *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*, 1061–1066.
[2] Bayliss, Frischen, Fenske, & Tipper, (2007) "Affective evaluations of objects are influenced by observed gaze direction and emotional expression", *Cognition*, *104*, 644–653.
[3] Havas, Glenberg, & Rinck, (2007) "Emotion simulation during language comprehension", *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 436–441.
[4] Strack, Martin, & Stepper, (1988) "Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: An nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis", *Journal of Personality & Social Psychology, 54*, 768–777.
[5] Westermann, Spies, Stahl, & Hesse, (1996) "Relative effectiveness and validity of mood induction procedures: A meta-analysis", *European Journal of Social Psychology*, *26*, 557–580.
[6] Chwilla, Virgillito, & Vissers, (2011) "The relationship of language and emotion: N400 support for an embodied view of language comprehension", *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(9), 2400–2414.
[7] Federmeier, Kirson, Moreno, & Kutas, (2001) "Effects of transient mild mood states on semantic memory organization and use: An event-related potential investigation in humans", *Neuroscience Letters*, *305*, 149–152.
[8] Chung, Tucker, West, Potts, Liotti, & Luu, (1996) "Emotional expectancy: Brain electrical activity associated with an emotional bias in interpreting life events", *Psychophysiology*, *33*, 218–233.
[9] Niedenthal, (2007) "Embodying emotion", *Science*, *316*, 1002–1005.
[10] Fredrickson & Branigan, (2005) "Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires", *Cognition and Emotion*, *19*(3), 313–332.
[11] Gasper & Clore, (2002) "Attending to the big picture: Mood and global versus local processing of visual information", *Psychological Science*, *13*, 34–40.
[12] Fredrickson, (1998) "What good are positive emotions?", *Review of General Psychology*, *2*, 300–319.
[13] Schwarz, (2002) "Situated cognition and the wisdom of feelings: Cognitive tuning", In L. Feldman Barrett & P. Salovey (Eds.), *The wisdom in feelings*, 144–166. New York: Guilford Press.
[14] Ohman, Dimberg, & Esteves, (1989) "Preattentive activation of aversive emotions", In T. Archer & L. G. Nilsson (Eds.), *Aversion, avoidance and anxiety: Perspectives on aversively motivated behavior.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.
[15] Murphy & Zajonc, (1993) "Affect, cognition, and awareness: Affect priming with optimal and suboptimal stimulus exposures", *Journal of Personality and Social Psychology*, *64*(5), 723–739.
[16] Meier & Robinson, (2004) "Why the sunny side is up", *Psychological Science, 15*, 243–247.
[17] Barsalou, (2008) "Grounded cognition", *Annual Review of Psychology, 59*, 617–645.
[18] Lakoff & Johnson, (1980) *Metaphors we live by*, University of Chicago Press, Chicago.
[19] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015) "Fitting linear mixed-effects models using lme4", *Journal of Statistical Software*, *67*(1), 1–48.
[20] R Core Team, (2017) "R: A language and environment for statistical computing", Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
[21] Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, (2017) "lmerTest package: Tests in linear mixed effects models", *Journal of Statistical Software*, *82*, 1–26.
[22] Baayen, Davidson, & Bates, (2008) "Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items", *Journal of Memory and Language*, *59*, 390–412.
[23] Zajonc, (1980) "Feeling and thinking: Preferences need no inferences", *American Psychologist*, *35*, 151–175.
[24] Gallegos & Tranel, (2005) "Positive facial affect facilitates the identification of famous faces", *Brain and Language*, *93*, 338–348.
[25] Thompson, Skowronski, Larsen, & Betz, (1996) "Autobiographical memory: Remembering what and remembering when", Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
[26] Choi & Watanuki, (2014) "Effect of empathy trait on attention to faces: An event-related potential (ERP) study", *Journal of Physiological Anthropology*, *33*(4), 1–8.
[27] Carr & Lutjemeier, (2005) "The relation of facial affect recognition and empathy to delinquency in youth offenders", *Adolescence, 40*(159), 601–619.

「つかみ」の効果に着目した笑いの認知メカニズムの検討：行動指標・生理指標に基づく分析

The effect of “Tsukami” in comedy: Analysys based on befavioral and physiological indices

玉木 笙鞠[†]，福田玄明[‡]，植田一博[†]
Shoma Tamaki, Haruaki Fukuda, Kazuhiro Ueda

[†]東京大学大学院総合文化研究科，[‡]一橋大学大学院経営管理研究科
Department of General System Studies, the University of Tokyo,
School of Business Administration, Hitotsubashi University
haruaki.fukuda.@r.hit-u.ac.jp

概要

本研究では，笑いにおける確立された技法の一つである「つかみ」の効果を検証した．生理計測と表情計測を行った実験の結果，「つかみ」が存在する方が存在しないよりも「本ネタ」をより面白いと感じ，「つかみ」が面白いほど「本ネタ」をより面白いと感じることが示唆された．さらに，「つかみ」の面白さが，自律神経系の状態を介して，「本ネタ」の面白さに影響を与えることが示唆され，「つかみ」の効果が，自律神経系の状態と関連する可能性が示された．

キーワード：笑い，つかみ，生理計測

1. はじめに

カントの「純粋理性批判」でも扱われるとおり，笑いの生理学的・心理学的メカニズムは古くから研究の対象とされてきた．しかしながら，人間独特の精神活動の中で，「笑い」ほどよくわかっていないものはない (Ramachandran, 1998) と言われるほど，笑いの認知メカニズムやその機能については未解明の部分が多く，笑いを十分に説明し得る理論は今日まで現れていない (Martin, 2006)．他方，「お笑い」は伝統的な演芸の一つであり，「お笑い」の歴史の中で伝統的に確立された技法が存在する．そのような技法の中でも，「つかみ」は，「本ネタ」の前に面白い「つかみ」を行うことによって，「本ネタ」でより笑わせることを意図したものであり，その効果が確かに認められるのであれば，「つかみ」は笑いの生理的・認知的メカニズムを反映していると考えられる．

そこで，「つかみ」に着目して，お笑い視聴中の行動指標・生理指標計測し，笑いのメカニズムを検討することが本研究の目的である．

2. 実験方法

実験参加者 ($N = 53$，年齢：21.26 ± 2.26，すべて男性) は，安静状態の計測 (7 分 30 秒間) ののち，生理計測を行いながらお笑いの動画を視聴した．視聴後，1 分間，再び安静にしてもらった．最後に，お笑いの動画の面白さの評定，動画出演者や「つかみ」の内容，実験・動画についてのコメントを質問紙で自由記述した．

実験で使用した動画は 3 種類で，いずれの動画を視聴するかで実験参加者は 3 つの群に分けられた．これらの動画はは同じ「本ネタ」の前に付けられた「つかみ」の種類によって分けられ，実験参加者は「つかみ」のないつかみ無し群，面白い「つかみ」が付いた面白いつかみ群，面白くない「つかみ」が付いた面白くないつかみ群のいずれかにランダムに割り振られた．これらの動画は，吉本興業ホールディングス株式会社ならびにお笑い芸人のトータルテンボスに作成を依頼した．

実験の間，Polymate Pro MP6100 (株式会社ミユキ技研) によって心電位を，AP-U030 (株式会社ミユキ技研) によって皮膚電位を，HVC-P2 (オムロン株式会社) によって表情を計測した．分析では，心拍間隔変動の LF/HF 比と皮膚コンダクタンス水準 (SCL) を自神経系の状態の指標とし，「喜び」の表情を面白さの指標である笑顔度とした．

3. 結果

つかみ無し群では，笑顔度が，つかみ有り群（面白くないつかみ群と面白いつかみ群を合わせた群）に比べて，有意に高くなることが分かった (図 1, $p = 0.03$, $U = 284$)．これは，「つかみ」が存在している方が「本ネタ」をより面白いと感じることを示唆し，お笑いの伝統的技法である「つかみ」の効果が確認された．

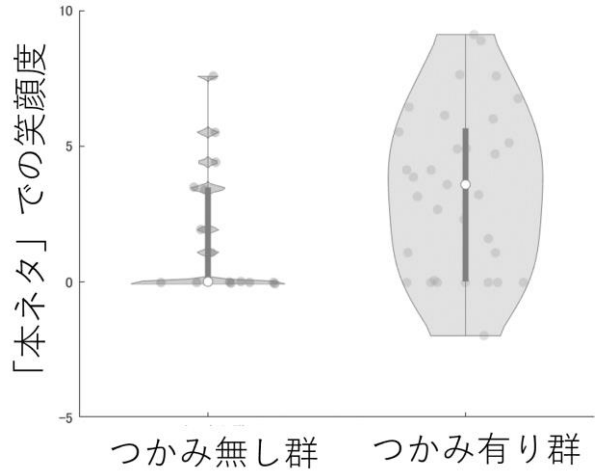


図 1　つかみ無し群とつかみ有り群の、「本ネタ」視聴中の笑顔度を示す。つかみ有り群が有意につかみ無し群より笑顔度が高かった（$U = 284$, $p = 0.03$）.

また，面白くないつかみ群と面白いつかみ群の間には、笑顔度に差は見られなかったが ($U = 283.5$, $p = 0.43$),「つかみ」を視聴している最中の笑顔度と「本ネタ」を視聴している最中の笑顔度は有意に相関し ($r = 0.72$, $p < 0.001$),「つかみ」で面白いと感じるほど,「本ネタ」でより面白いと感じることがわかった.

さらに,「つかみ」を視聴している最中の自律神経系の状態と笑顔度が,「本ネタ」を視聴している最中の自律神経系の状態と笑顔度にどのように影響を与えるのかを調べるため，共分散構造分析をおこなった．これらの要素の時系列的にありうる 12 個のモデル (図 2 に示す) の間で，モデル比較を行い，赤池情報量基準をもとにもっとも当てはまりの良いモデルを選択した.

選択されたモデルは,「つかみ」の面白さが「つかみ」と「本ネタ」を視聴している最中の自律神経系の状態に影響を与え，かつ「本ネタ」の面白さが「つかみ」と「本ネタ」を視聴している最中の自律神経系の状態から影響を与えられるモデル (図 3) であった.

このモデルでは,「つかみ」の面白さが，自律神経系の状態を介して,「本ネタ」を視聴中の自律神経系の状態に影響を与え，さらに，それが「本ネタ」の面白さに影響を与えており,「つかみ」が，自律神経系の活動により，時間的に離れた「本ネタ」へ影響を与えることが示唆された.

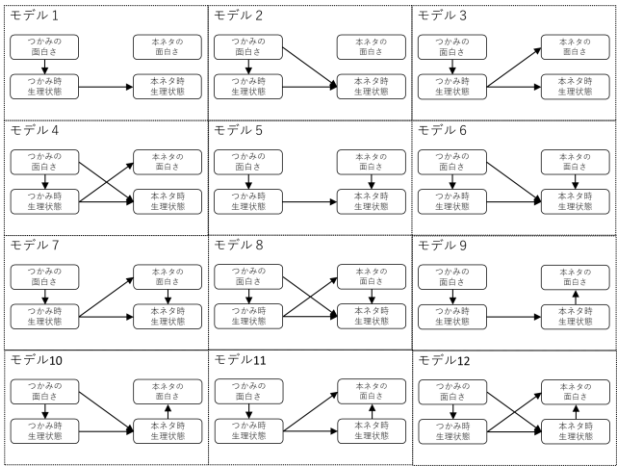


図 2　共分散構造分析で比較された 12 個のモデル．これらのモデルは「つかみ」を視聴している最中の自律神経系の状態と「本ネタ」を視聴している最中の自律神経系の状態,「つかみ」の面白さと「つかみ」を視聴している最中の自律神経系の状態の間にパスが繋がっていることを前提に，時系列的を考慮したうえで選ばれた.

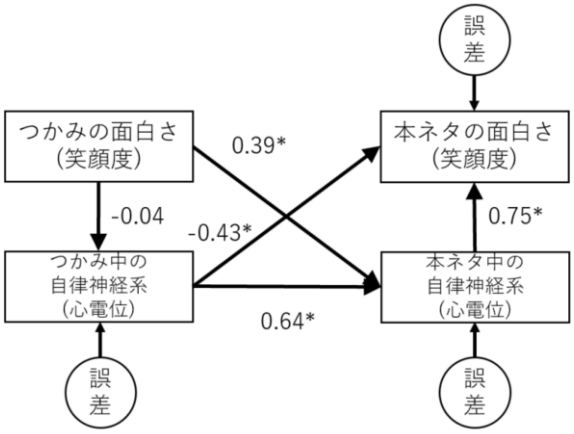


図 3　共分散構造分析により選択された、「つかみ」が「本ネタ」に与える影響のモデルを示す.

4.　考察

本研究では,「つかみ」の存在によって「本ネタ」をより面白いと感じる「つかみ」の効果,「つかみ」が面白いほど「本ネタ」をより面白いと感じる「つかみ」の効果が示唆された.

さらに,「つかみ」の面白さが，自律神経系の状態を介して,「本ネタ」の面白さに影響を与えることが示唆され,「つかみ」の効果が，自律神経系の状態と関連する可能性が示された.

本研究では，伝統的な「お笑い」の技法である「つ

かみ」に着目し，行動指標・生理指標を計測することによって，笑いの認知的メカニズムを解明する一歩となったと言えるであろう．

5. 参照文献

[1] イマヌエル・カント(著）篠田英雄（訳）(1961) “純粋理性批判”, 岩波文庫.
[2] Ramachandran, V. S. (1998) “The neurology and evolution of humor, laughter, and smiling: the false alarm theory”, Medical Hypotheses, Vol 51, No 4, pp. 351-354.
[3] Martin,R.A. (2006) “The Psychology of Humor: An Integrative Approach”, Academic Press.
[4] 野村亮太・雨宮俊彦・丸野俊一（監訳）(2011) “ユーモア心理学ハンドブック”, 北大路書房.

応答プライミングはどこで起こっているのか？
In which process does response priming occur?

森本　優洸聖†，牧岡省吾‡
Yukihiro Morimoto, Shogo Makioka
†大阪府立大学，‡大阪公立大学
†Osaka Prefecture University, Osaka Metropolitan University
sza02290@st.osakafu-u.ac.jp

概要
応答プライミングとはプライムとターゲットの特徴が一致する際，不一致の場合よりもターゲットへの反応時間が短くなる現象である．プライムが不可視の場合も反応時間に影響することから閾下プライミングとして捉えられているが，発生機序として知覚処理と反応選択処理のいずれで起きているのか解明されていない．本研究では同じ刺激に対して単純反応課題と強制二肢選択課題を行うことでこの現象の処理過程を検討した．
キーワード：プライミング，意思決定，マスキング

1. はじめに

我々は環境の変化に適応しながら生活をしている．一瞬前に視覚情報が変化したことは我々の行動に影響を与えることがあり，そのような現象の一つが応答プライミンクである．

応答プライミング(Response priming)[1]–[3]とはターゲットの前にプライムを呈示した時，プライムとターゲットの特徴が一致している場合のほうが不一致の場合よりターゲットに対する反応時間が短くなる現象である．一致と不一致の反応時間の差であるプライミング効果量(priming effect)は，バックワードマスク効果を持つターゲットによってプライムが不可視となる状態でも発生するため，本現象は意識的処理に依存しないと考えられている[4][5]．また，プライミング効果量はプライムが呈示されてからターゲットが呈示されるまでの時間(SOA)に伴って増加することが報告されている[6][7].

応答プライミングが発生する機序として，動作に関する背側経路とものが見える内容に関する腹側経路の時間差によって発生するという主張さがある[8][9]．背側処理の方が処理の進行が速いため，プライム刺激の視認体験が生成される前に反応の準備ができる．ターゲット刺激が提示された際にプライムで準備された反応準備が利用できる場合，つまりプライムとターゲットが一致する場合は反応時間が短く，不一致の場合は長くなると考えられており[10], ターゲットに対する反応選択に要する時間がプライムとの一致性によって変わることを仮定している．しかし, プライムがない状態と比べてプライムがある場合の反応時間の分布がどのように変化するのかに関する検討や，中立条件と一致条件, 不一致条件の比較が十分に行われておらず, 応答プライミングがプライム刺激の反応促進によるものなのか抑制によるものなのかについては明確ではない.

また反応時間の変化の原因として，反応選択以前に，ターゲットの出現を認識する時間が変化することも考えられる．刺激知覚に関する時間については厳密な計測が困難であるが，プライムに対してマスクを兼ねるターゲットの知覚が発生する時間そのものがプライムに影響を受ける可能性がある．この点についてはまだ詳細な検討がされていない[11].

本研究では強制二肢選択(2AFC)と単純反応(SR)課題の 2 つの課題からなる実験を行い，課題間でプライミング効果量の違いがあるかを検討した. また, ターゲット刺激と関係のない刺激をプライムに使用する中立条件とプライム刺激が提示されずブランク時間が延びるプライムなし条件を設けることで，プライム刺激の有無や種類がどのような影響を持つかを検討した. SR 課題では, 2 種類あるターゲットのどちらが出ても単一のボタンを押す. 一方, 2AFC では 2 種類のターゲットに対して対応する 2 つのボタンが設定されている．すなわち，プライムの後にターゲットが出たと認識されるまでの処理を反映するのが SR 課題, 出たターゲットがどちらであるかの反応選択の処理まで含まれるのが 2AFC 課題である．この実験において，SR 課題でプライミング効果が見られれば，この現象には知覚処理が大きく寄与しているといえる, 逆に SR 課題でプライミング効果が見られず 2AFC でのみ見られれば，反応選択処理が大きく関係すると言える.

2. 方　法

2 つの課題を同じ参加者に行ってもらった. これらの課題は使用する刺激についてはほぼ同じだか，課題 1 では強制二肢選択課題，課題 2 では単純反応課題と反

応方法が異なっていた.

実験参加者

大阪府立大学の学生 22 人

使用機器等

PC，ディスプレイ（ASUS，VG248），キーボード. 実験の制御は Linux (Ubuntu 16．4)上の MATLAB 及び psychtoolbox 3 を用いて行った．実験参加者はディスプレイから 50cm の距離に座って実験を行った.

使用刺激

プライム刺激には円，四角，菱形の 3 種類の図形を使った. この刺激は塗りつぶし図形を使用した. 円は中立条件のプライム刺激としてのみ使用した.

ターゲットにはプライム刺激に対してメタコントラスト刺激になる四角, 菱形を用いた. 詳細は図 1 を参照.

独立変数と従属変数

独立変数はプライムとターゲットの一致性(一致・不一致・中立・プライムなし)のみであり，被験者内 1 要因（4 水準）計画であった.

一致条件はプライムが四角の場合に四角のターゲットが提示されるようなプライムとターゲットの刺激の形が同じになっている条件，不一致条件はプライムが四角の場合に菱形のターゲットが提示されるようなプライムとターゲットが異なる形をしている条件，中立条件はプライムが円の図形であり，ターゲットに四角または菱形が提示される条件．プライムなし条件はプライムとして図形は提示されず，ブランクスクリーンの後にターゲットとして四角か菱形が提示される条件であった.

従属変数は，ターゲットの反応時間と正答率であった.

実験手続き

【課題 1】強制二肢選択課題

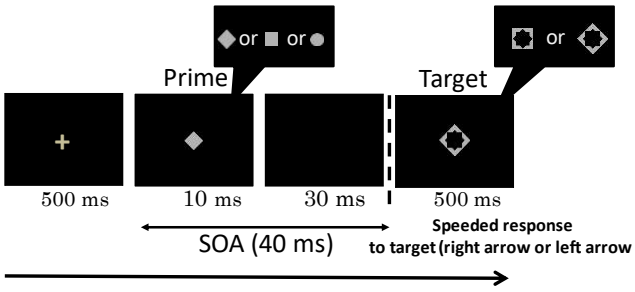


図 1. 課題の 1 試行の流れ

図 1 に示すように，500ms の注視点の後ディスプレイ中央に刺激が 30ms のブランクを挟んで二回呈示される. 一つ目の刺激がプライムであり，二つ目の刺激がターゲットである．プライムには塗りつぶし図形を用い，使用する図形は円，四角，菱形である．ターゲットは穴の開いたメタコントラスト図形であり，プライムから円を除いた四角，菱形のみを用いた.

ターゲットに対する反応キーとして，四角であれば→キー，菱形であれば←キー(カウンターバランスとして逆の場合もある)を割り当てることを教示した．実験参加者にはターゲットの刺激が四角であるか菱形であるかの弁別をできるだけ早く正確に行うように教示した．試行数は一致性の水準ごとに 40 試行ずつ，計 160 回だった.

【課題 2】単純反応課題

使用刺激は課題 1 と同じ．ただし，反応方法はどちらのターゲットが出てもスペースキーを押すという単純反応課題であった．試行数は，No-Go 試行を含めた 240 回であった.

3. 結果

まずは強制二肢選択課題の課題 1 の結果を示す.

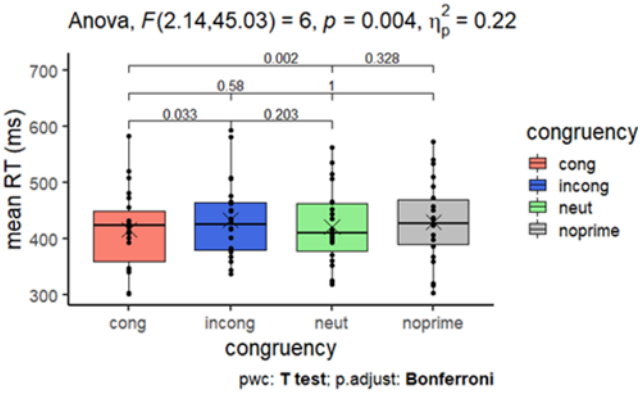


図 2. 課題 1 の平均 RT の箱ひげプロット．●は条件ごとの参加者の平均 RT. ×は条件毎の平均 RT.

一致性を要因とした 1 元配置分散分析を行った結果, 一致性の効果は有意であった($F(2.14,45.03) = 6.00$, $p = 0.004$, $n^2_p = 0.22$). 事後検定はボンフェローニの補正をかけて行った．一致条件と不一致条件の間に有意差があり，一致条件の反応時間が 17.5ms 短かった $t(21) = -3.10$, $p = 0.032$. また一致条件とプライムなし条件の間に有意差があり，一致条件が 13.4ms 短かった $t(21) = -3.10, p = 0.032$. その他の条件間に有意差はなかった.

次に，単純反応課題の課題 2 の結果を示す．

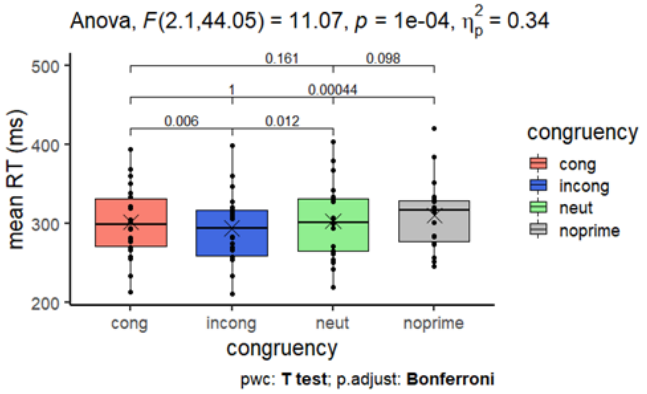


図 3．課題 2 の平均 RT の箱ひげプロット．●は条件ごとの参加者の平均 RT．×は条件毎の平均 RT．

課題 1 と同じく一致性を要因とした 1 元配置分散分析を行った結果，一致性の効果は有意であった ($F(2.1,44.05) = 11.07, p = 0.0004, n^2_p = 0.34$)．事後検定はボンフェローニの補正をかけて行った．一致条件と不一致条件の間に有意差があり，不一致条件の反応時間が 7.7ms 短かった $t(21) = 3.8$，　$p = 0.006$．また不一致条件と中立条件の間に有意差があり，不一致条件が 9.3ms 短かった $t(21) = -3.53$，　$p = 0.012$．また不一致条件とプライムなし条件の間に有意差があり，不一致条件が 16ms 短かった $t(21) = -4.91$，　$p = 0.0004$．その他の条件間に有意差はなかった．

4.　考察

課題 1 の強制二肢選択課題の結果では，これまでの研究と同じく，不一致条件より一致条件の反応時間が短かった．またプライムなし条件と比較しても一致条件の反応時間が短かった．これらの結果は，ターゲットの前に一致するプライムが出る場合の方が，その逆の刺激が出る場合やプライムが出ない場合よりも反応が速いことを意味し，ターゲットと一致するプライムは強制二肢選択においては反応を促進しているといえる．一方で，中立条件は他のどの条件とも違いがなかった．この原因としては，小さい SOA のみで検討をしたためプライム刺激自体の影響力が小さく，中立的な刺激では観測できるほどのプライミング効果が生じなかったことが考えられる．今後，SOA の条件を増やすことによって SOA の増加によるプライムの効果に変化があるかを検討することで検討可能であると考えられる．

一方で，課題 2 の単純反応課題においては不一致条件が一致条件，中立条件，プライムなし条件よりも反応時間が短くなっていた．つまり，課題 1 でみられたプライミングとは逆方向のプライミングが確認された．これは一致条件と不一致条件の間でマスキングの強度が変わることによってターゲットが知覚されるまでの時間が変化したことに起因するのかもしれない．単純反応課題においては，刺激がプライムからターゲットに変化したことを検出したらすぐに反応キーを押せば良い．不一致条件より一致条件の方がプライムとターゲットの類似性が高いため，変化の検出が困難になると考えられる．しかし，この解釈によると中立条件は一致条件より反応時間が短くなっていてもよいはずだが，有意な効果は確認できなかった．この点については今後の検討課題である．

課題 1 と課題 2 の結果を総括すると，知覚処理のみに基づいて遂行可能な単純反応課題においては不一致条件の処理時間が短いが，反応選択が必要となる強制二肢選択課題では一致条件の処理時間が短くなっていた．これまでの実験においても知覚処理において同様な効果が存在したのであれば，ターゲットと一致するプライムの反応選択に対する促進効果は，実験で観測された量より実際には大きいと考えることができる．これは，応答プライミングが反応選択処理に大きく寄与されて発生する現象であることを示唆しており，これまでの反応選択に関わる背側経路が重要であるという主張を支持する結果となっている．しかし，本実験で用いたプライム刺激の弁別については d'が 0 以上であり，この結果が閾下の処理だけに依存しているとは言い切れない．今後，変数として SOA に複数の条件を設定し，d'も含めたプライミング効果量の分析を行うことによって応答プライミングの機序解明に取り組む予定である．

参考文献

[1] Fehrer, E. & Raab, D. Reaction time to stimuli masked by metacontrast. *J. Exp. Psychol.* **63**, 143–147 (1962)]

[2] Klotz, W. & Neumann, O. Motor activation without conscious discrimination in metacontrast masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* vol. 25 976–992 at https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.4.976 (1999)]

[3] Neumann, O. & Klotz, W. Motor Responses to Nonreportable, Masked Stimuli: Where is the Limit of Direct Parameter Specification? *Atten. Perform.*

XV (2020) doi:10.7551/mitpress/1478.003.0010]

[4] Bar, M. & Biederman, I. Subliminal visual priming. *Psychol. Sci.* **9**, 464–469 (1998)]

[5] Eimer, M. & Schlaghecken, F. Response facilitation and inhibition in subliminal priming. *Biol. Psychol.* **64**, 7–26 (2003)]

[6] Vorberg, D., Mattler, U., Heinecke, A., Schmidt, T. & Schwarzbach, J. Different time courses for visual perception and action priming. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **100**, 6275–6280 (2003)]

[7] Schmidt, F., Haberkamp, A. & Schmidt, T. Dos and don'ts in response priming research. *Adv. Cogn. Psychol.* **7**, 120–131 (2011)]

[8] Goodale, M. A. & Milner, A. D. Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences* vol. 15 20–25 at https://doi.org/10.1016/0166-2236(92)90344-8 (1992)]

[9] Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends Neurosci.* **23**, 571–579 (2000)]

[10] Schmidt, T. *et al.* Visual processing in rapid-chase systems: Image processing, attention, and awareness. *Front. Psychol.* **2**, 1–16 (2011)]

[11] Ansorge, U., Neumann, O., Becker, S. I., Kälberer, H. & Cruse, H. Sensorimotor supremacy: Investigating conscious and unconscious vision by masked priming. *Adv. Cogn. Psychol.* **3**, 257 (2007)]

接触場面における日本語母語話者の会話終結部のヒントとなる非言語行動－姿勢についての一考察－
Nonverbal Behavior as a Hint of the Closing Section of Native Japanese Speakers in Contact Situations - A Study on Posture -

中林　由希子
Yukiko Nakabayashi

立命館大学
Ritsumeikan University
y-nakab@fc.ritsumei.ac.jp

概要

本研究は，日本語母語話者が初対面の日本語非母語話者と会話の終結を迎える際，どのような非言語行動をとるのかを明らかにすることを目的とし，本稿では姿勢に着目して分析を行った．その結果，前終結声明となる発話の前後で姿勢を正していくという傾向が観察された．これは，授業終わりに姿勢を正して礼をするという，日本の学校教育が関係しているのではないかと推測する．

キーワード：接触場面，会話の終結部，姿勢

1.　はじめに

日本語非母語話者たちは，日本語母語話者との会話をどう終わらせるかについて頭を悩ませているという（三宅，2014）．それは主に言語面で困っているということだが，コミュニケーションは言語行動と非言語行動が一緒になって行われている（大坊，1998）ので，会話の終結の際も非言語行動を伴っているはずである．

先行研究では，日本語による会話の終結の際の言語行動が明らかにされている．しかし，非言語行動については「沈黙がある」「時計を見る」「体を前後に揺らす」といった指摘はあるものの，特定の非言語行動が会話の終結を示唆する方略として結論付けている研究は少ない．　そこで本研究は，日本語学習者と日本語母語話者の会話を観察し，日本語母語話者が使用する終結部の非言語行動の傾向を調べ，今回はその中の「姿勢」という非言語行動の変化とタイミングについて考察する．

2.　先行研究

2.1　終結部とは

最初に，「終結部とは何か」ということについて言及しておく．本研究における「会話の終結」とは，話題が変わる際の「終結」ではなく，会話参与者間でのすべての会話が終了するところを指す．

そもそも，会話を終わりにするということはただ単に「終わります」という言語行動だけで済むものではない．岡本（1990）は会話の終結について，「会話が終わっても 2 人の関係が終わりではないことを示し，2 人の関係を維持するための必要な部分だと述べている．田中（1982）は，人間関係に悪い影響を出さないために，終結部で何らかの「つくろい」が必要だと述べている．　このように，人間関係の維持に必要な重要な部分である
ため，「終わります」の一言では済まされない．だからこそ，会話の終結部は「会話の終了は，成り行きにまかせるのではなく明確に成し遂げるべきもの（サーサス他 1989)」なのだ．　つまり，終結部は流れにまかせてなんとなく始まるものではなく，意識してしなければならないものなのである．そして，その「明確に成し遂げるべき」会話の終結とは，明確な始まりがある，ある程度の長さを持った部分なのだ．

2.2　終結部の構造

終結部はある程度の長さを持った部分であるため，いくつかの要素から構成される．

Schegloff ＆ Sacks (1973)は，電話でのやり取りを調べ，終結部は「pre-closing」と呼ばれる前終結から始まると述べている．前終結とはこれ以上もしくは新たに話す事柄がないことを示すことである．ただし，会話の一方が pre-closing を始めるのは，「possible pre-closing(終結可能性)」であるにすぎず，会話参加者であるもう一方も終結に同意しなければならない．

もう一人の会話参加者が pre-closing であるこの発言を受けて同意し，新たな話題に移行しないことにより，前終結が完了する．前終結の後には，「terminal exchange」という，「さようなら」などの慣習的なやり取りがなされて，終結部は完了するという．

Clark & French (1981) は，pre-closing (前終結) の次に，会話参与者のお互いの関係を良好に保とうとするやり取りがあるとし，これを「Leave-taking (関係再確認)」と呼んだ．そこには，「さようなら」などの最終交換も含まれる．

岡本(1991)は日本語母語話者の電話会話を調べ，日本語の終結部を「pre-closing」と「leave-taking」の2つに分けた．「pre-closing」は，「Closing 開始のために機能する部分」であるとし，「今まで進行していた会話を中断する働きがあるもの」が構成要素としてあるという．「pre-closing」の方略として，以下の7つ挙げている．(1)総括の表現によりこれ以上会話が必要ないことを示す，(2)今までの会話の内容をまとめてみる，(3)会話内容の結論を述べる，(4)会話の内容や結論から導き出される行動を確認する，(5)会話の始まりや会話中の話題を呼び戻す，(6)「殺し文句」や「落ち」をつけて会話の調子を変える，(7)外部事情を示す，の7つである．「leave-taking」は，「pre-closing」の次にあり，構成要素として「お互いの関係の再肯定のためのいとまごいの機能があるもの」があるという．方略として，以下の 5 つを挙げている．(1)将来における再接触の約束，(2)感謝・おわびの表明又はその繰り返し，(3)お互いの幸や健康を祈る，(4)伝言，(5)別れの言葉，である．

本研究では，岡本 (1991) を援用し，pre-closing を「前終結」，Leave-taking を「いとまごい」と呼ぶこととする．また，会話相手の同意がなく「前終結」にはなっていないが，前終結の方略を使っている発話を「前終結声明」として分析していく．

2.3 終結部の言語行動

日本語の終結部では感謝とお詫びの表現を多用することがわかっている (岡本 1991，小野寺 1992)．また，日本語での電話の前終結で，最も多いのは「じゃあ」であり，これが終結に導きたいディスコースマーカー（＝談話標識）である(小野山，1992)．さらに，終結部に見られる「はい」は，終結に向けるための「談話進行の促進」の機能を持つ(熊取谷，1992)．このように「じゃあ」や「はい」は話し手が出す，「もうこれ以上話すことはない」という終結の重要なサイン（談話標識）である．

2.4 終結部の非言語行動

会話の終結部の研究は主に電話での場面を調べたものであるため，研究対象は必然的に言語行動に偏っている．対面場面においても，言語行動を調べているものが主である．非言語行動については，話者交替時や話題の終結時におけるものに焦点が当てられていることが多い．

しかしいくつかの研究では，終結部を示す非言語行動の存在を示している．ザトラウスキー（1998）では，初対面である日本語母語話者 2 名の会話を観察し，話題の終結時には，うなずきの繰り返し，視線を反らす，沈黙が終了要素としてあると指摘している．Linde（1991）は，対面でのビジネス会話を調べ，対面でのミーティングでは，椅子に座った上半身がわずかに前や後ろに傾くという姿勢の動きや，腕時計をあからさまに見たり，車のキーを取り出して手で遊ぶなどという身体的な動きが前終結を示しているのではないかと述べている．中井（2017）の観察では，終結部に「後ろに寄りかかる」，「後ろにもたれかかる」という記述があることから姿勢の変化という非言語行動が現れたことがわかる．そこで本研究では，日本語母語話者と日本語非母語話者の対面場面を調査して会話終結部のサインとなる日本語母語話者の非言語行動の傾向を明らかにしたい．今回は姿勢の変化のタイミングに注目して調査する．

3. 事例

3.1 研究方法

本研究の対象者は，20 代の女性日本語学習者（国籍不問）と 40 代から 60 代の女性日本語母語話者である．日本語学習者は，来日 1 年未満で日本語能力試験 N2(中上級) レベルの留学生とした．ほぼ初対面の日本語学習者と日本語母語話者のペアに，お互いの顔が見えるように対面で着座のうえ，いくつかのテーマを与えて自由に会話をしてもらい，15 分ほど経ったら日本語母語話者は部屋を出るよう指示した．会話は録音・録画して，前終結声明の少し前から，ELAN で会話は会話分析の手法で文字化し，非言語行動は記述して分析した．また，研究対象者に後日フォローアップインタビューを実施した．なお，本研究は 2021 年 6 月から 9 月に実施し，

感染症対策のため，マスクをしたまま会話をしている．

3.2 事例1

日本語母語話者（C） 60代
日本語非母語話者（H） 20代 ベトナム 来日9か月

事例1のCとHは，お互いがお互いの話を待っているように会話が進んでおり，全体的に大きな盛り上がりはなかったが，会話は約16分ほど続けられている．二人は日本の夏は暑いという話から，下記の会話（図1）に続く．

Cの会話中の姿勢は，図2左の写真で見えるように，手は膝の上でいすに深く腰掛け，背中も背もたれにつけ，少し猫背のような姿勢で座っていた．それが，話題がひと段落し「゜そっか゜」という発話とともに背もたれから背中は離れ，上半身が低い位置から高い位置へと持ち上げられた（図2中央写真）．この上半身の状態が姿勢を正しく見せている．そして「じゃあ:ちょっと今日はあれですね」という発話の「あれですね」のあたりから後方の窓の外に視線を向けるため体の向きが変わり，4秒ほどで体がHに向き直った際も，背筋をまっすぐに伸ばしたままの姿勢であった（図3左写真）．そのまま3秒近く背中がまっすぐであったが，前終結が始まるころから体が前後に動いていることを観察した．

＜事例1＞

01 H	冷房	
02 C	う:ん	
03 H	も使っ(.)てるし:ちょっとh家賃が:	
04 C	家賃が(.)電気代	
05	(1.1)	
06 H	電気代がたぶん増やしていますよ	
07	(1.0)	
08 C→	゜そっか:゜	
09	(1.0)	
10 C	じゃあ:ちょっと今日はあれですね(0.6)お天気悪いけど	【前終結声明】
	((C:前方の掛け時計を見る))	
	((C:後方の窓の方を振り返る))	
11	(0.9)	
12 C→	ちょっと悪いかもしれないですけどねh	
	((C:Hを見る))	
13	(0.6)	
	((C:テーブル上のICレコーダーをのぞきこむ))	
14 C	゜う::ん゜	
15	(0.7)	
16 C	じゃあそしたら(1.0)そろそろ(0.8)じゃあこの辺で	【前終結】
	((C:Cの左にあるカバンの中を見る))	
17	(0.6)うん(0.7)失礼します(0.4)うん	
	((C:Hを見て、少し頭を下げる))	
18 H	はい	

図1 事例1（CとH）の会話

Cの発話	゜そっか゜	じゃあ：ちょっと今日は	あれですね(0.6)お天気悪いけど
Cの手の位置	膝の上		
Cの体の動き	上半身が持ち上がる	**背中が伸ばされたまま**	**上半身を後ろにひねる**

図２　H の姿勢の変化１

Cの発話	悪いかもしれないですけどねh	゜う:::ん゜	じゃあそしたら
Cの手の位置	足をさするように前後に動く	膝の上	
Cの体の動き	**背中が伸びた姿勢のまま**		**体が前後に動く**

図３　H の姿勢の変化２

事例 1 では, 前終結声明とほぼ同時に上半身がまっすぐになり, そのまま前終結に進んだことにより, 会話を終わろうとしたときから, 日本語母語話者は姿勢を正していたことが観察された.

3.3　事例２

日本語母語話者（D）　50 代

日本語非母語話者（I）　20 代　中国　来日 10 か月

事例 2 の二人の会話は約 11 分であったが, 途切れることなく, テンポよく会話が進んでいた. 以下に示す会話の直前, I は自分の国である中国と日本では, ドラマ制作におけるテーマに関する考え方が違うことを話し, それに対する自分の簡単な意見を D に伝えていた（図 4）.

D は会話中, 腕をテーブルに乗せ, その腕で体を支えているような姿勢だった（図 5 左写真）. それが話題終了時の「へえそうなんですか」という発話から前終結声明である「おもしろい」という発話が始まるまでに上半身が伸びあがり（図 5 中央写真）, 「おもしろい」の発話とともに上半身が前に傾けられた（図 5 右写真）ことが観察された. このことから D は前終結声明の前に姿勢を正していることがわかる.

図 6 では, I の発話の直後, D はそれまでテーブルに乗せていた腕（図 6 左写真）を再びテーブルから下ろし, お礼を言いながら 1 秒ほど体を前後に動かしていた（図 6 中央写真）が, お礼を言い終わるころ背筋をまっすぐ伸ばした状態（図 6 右写真）の様子が観察された. 図 6 からは, D はいとまごいの発話中に姿勢を正したことが分かった.

その後, 前のめりの姿勢(図 7 左写真)で I へ向け発話があった. I へのメッセージの間, 徐々に上半身を後ろに傾けていき, 垂直の姿勢（図 7 右写真）になった. その姿勢を保ったまま, I の発話の後 D もお礼の言葉を発している. D の姿勢の変化をまとめると, 最初の前終結声明の前に姿勢を正し, 次にお礼を言いながら（いとまごいをしながら）姿勢を正し, そして I へのメッセージを言いながら(いとまごいをしながら)また姿勢を正していったということになる.

＜事例 2＞

01 D	日本でも人によって違うと思うから	
02	(0.5)	
03 D→	うん(.)へえそうなんですか	
04	(1.0)	
05 D	おもしろい(.)I さんはすごく(.)あのお話上手です	【前終結声明】
06	(0.2)	
07 I	あ(.)そうで[すか	
08 D	[うん(.)[おもしろいhh	
09 I	[ありがとうございます	
10	(0.3)	
11 D	ありがｈとうｈございます(.)すごいですね ((D:テーブル上の携帯を見る))	
12	(0.4)	
13 D	35 分でね:お話終わらなきゃいけないんだって ((D:テーブル上の携帯を見る)) ((D:テーブル上の指示の紙を見る))	【前終結】
14	(1.5)	
15 D	だから(.)もうそろそろ終わりですね今 34 分だから ((D:携帯電話を I に見せる)) ((D:携帯をテーブルに置く))	
16 I	はい	
17 D→	ありがとうございます(.)短い(0.4)すごく ((D:手を膝の上に置いて軽くお辞儀))	【いとまごい】
18	(0.7)短い時間	
19	(0.2)	
20 I	°はい°	
21 D→	ですが(.)林さんの話が(0.4)おもしろいからもっと聞きたくなりました	
22	(0.2)	
23 I	はいありがとうございます	

図 4　事例 2（D と I）の会話

Dの発話	へえそうなんですか		おもしろい(.)Iさんはすごく	
Dの手の動き	腕をテーブル下に下す		腕をテーブルの上に戻す	
Dの体の動きの状態	上半身が後ろへ	背筋が伸びた状態	上半身を少し前に倒す	前に少し倒れた状態

図 5　D の姿勢の変化 1

Dの発話		ありがとうございます(.)短い(0.4)すごく	
Iの発話	はい		
Dの手の動き	移動中	腕をテーブル下に下ろす	手を胸の前で合わせる
Dの体の動き	背筋が伸びた状態	前後に動く	背筋が伸びた状態

図 6　D の姿勢の変化 2

Dの発話	短い時間		ですが(.)Iさんの話が(0.4)おもしろいから	もっと聞きたくなりました	
Iの発話		゜はい゜			はいありがとうございました
Dの体の動きの状態	**前へ**	**前のめりの状態**		**後ろへ**	**背筋が伸びた状態**

図７　D の姿勢の変化３

3.4　事例３

日本語母語話者（E）　50 代女性
日本語非母語話者（J）　20 代　中国　来日 9 か月

事例 3 の E と J は 16 分ほど話をしていた. 観察する終結部は約 50 秒の会話である. その会話中，二人は USJ（ユニバーサルスタジオジャパン）にハリーポッターやスーパーマリオのアトラクションがあることを話し，J が中国ではハリーポッターのゲームが非常に人気であることを E に伝え, それに対して E が J に返答する以下の会話に続く（図 8）.

図 9 は，話題終了時の E の姿勢の変化を示している. E は会話中，テーブルに肘をついて体を支える姿勢でいたため，背中が丸くなっている（図 9 左写真）. しかし，話題終了の発話とともに背筋が伸び始め，支点であった肘を外した（図 9 中央写真）ため，自立しようと上半身が後ろに傾き始める（図 9 右写真）.

＜事例 3＞

01 E→	へ::::さすがやわさすがハリーポッターだわ	
02 J	はいhh	
03	(0.3)	
04 E	そっか:	
05	(0.7)	
06 E→	じゃあ私も(.)私まだ行ったことないから:	*【前終結声明】*
	USJ のハリーポッターに(0.5)	
07	コロナが終わったらハリーポッター行こうと思います	
08	(0.3)	
09 J	はい	
10	(0.2)	
11 E	マリオもついでに見ます	
12 J	はい	
13 E	hh	
14	(0.7)	
15 E	.hhh は::い(0.4) じゃああありがとうございました(.)	*【いとまごい】*
16	何かあの(1.0)なんかあんまり(1.0)時間も時間なので	*【前終結】*
	((E:E の右の掛け時計を見る))	
17	(0.4)	
18 J	はい	

図８　事例３（E と J）の会話

Eの発話	へ::::さすがやわさすがハリーポッターだわ			そっか:	
Jの発話			はいh		
Eの手の動き	**肘をつく**	**肘を下す**	**ペンをケースに戻す**	**腕をテーブルにつける**	
Eの体の動き	前に倒れた姿勢	**上半身が持ち上がる**	**体を前後に揺らす**		

図 9　E の姿勢の変化 1

Eの発話	じゃあ私も(.)私まだ行ったことないから：USJのハリーポッターに			
Eの手の動き	両手を浮かせる	**両手を振る**	椅子の座面のふちに両手をつく	**服のすそを持つ**
Eの体の動き	**後ろへ倒れる**	少し後ろへ倒れた姿勢	**上下、前後に体が動く**	**体を後ろへ倒す**

図 10　E の姿勢の変化 2

Eの発話	コロナが終わったらハリーポッター行こうと思います	
Jの発話		はい
Eの手の動き	**膝の上に置く**	
Eの体の動き	**背筋が伸びた状態**	

図 11　E の姿勢の変化 3

図 10 では，前終結声明とともに，両手を浮かせて右手で左手を触ったり(図 10 左写真)，両手を振ったり，体を前後させたり座りなおすために体を浮かせたり(図 10 右写真)，カーディガンを触る等の手の動きが活発になるなど，上半身が忙しく動いている様子が観察できる.

手や体の動きが活発だった図 9，図 10 から一転し，図 11 で示されているように，前終結声明の後半では姿勢が正された状態が続いていた. 終結部における E の姿勢は，話題終了時と前終結声明の発話の後半で正されたことがわかった.

4. 考察

日本語母語話者のC, D, Eは最初の前終結の声明の前後から腕をテーブルから下ろしたり, 背筋を伸ばしたりするなど姿勢が正されていた. 図 3, 図 6, 図 9, 図 10 で観察されたような, 終結部において手や体を動かす様子は, 体を前後に動かしたり, 車のカギを手で弄って遊んだりするという身体的な動きが前終結を表すというLinde (1991) の指摘通りになっている. 本調査の日本語母語話者は共通して, 前終結声明の前後に姿勢が正される傾向があった. 座っている状態での「姿勢を正す」という非言語行動には2つの特徴がある. 1つは肘や腕, 背もたれ等で体を支えることなく, 自立して体を起こしていること, もう 1 つは背筋が伸びていることである. 「姿勢を正す」とは, この2つの特徴がある状態, つまり肘や腕をついて体を支えている状態や猫背になっている状態から, 自立して体をまっすぐにし, 背筋を伸ばすことを指すといえる. これらの「姿勢を正す」という行動を, 日本語母語話者たちは終結部の始まり, つまり前終結声明の前後で行っていた。

姿勢を正すことについて、フォローアップインタビューで日本語母語話者 3 名に聞いたところ, 3 名とも無意識であったと述べた. しかし,「よく考えると, 姿勢を正す行為は今まで学校教育で受けた授業終わりの儀式を無意識のうちにしているのではないか」と 3 名ともが振り返っていた. 授業終わりの儀式とは, 日本の多くの学校で行われている, 授業が終わる際に姿勢を正して礼をする挨拶のことである. ブゥル(2001)は「非言語行動は社会的文脈に影響される」と述べている。このことから終結部近くで日本語母語話者が姿勢を正すという非言語行動は, 日本の学校教育での習慣が姿勢に現れた結果だという一つの可能性を指摘したい。

5. まとめと今後の課題

本研究は, 日本語母語話者が初対面の日本語非母語話者と会話の終結を迎える際, どのようなタイミングで姿勢に変化が表れるかを調査したものである. 終結部の姿勢の変化とタイミングを調べるため, 日本語母語話者と日本語非母語話者に対面, 着座で 15 分話してもらい, その様子を録音・録画し, 分析した. その結果, 日本語母語話者は, 前終結声明となる発話の前後で姿勢を正していくという傾向が観察された. これは, 日本の学校教育が大きく関係していると推測する.

しかし本研究は, 実験の場で行われたものであるため, 実際にこのような姿勢の変化が表れるかは調査できていない. また, 日本語母語話者同士や日本語非母語話者同士でも姿勢は正されるのか, 性別の組み合わせ・親疎関係・社会的地位によって姿勢の変化やタイミングがどう異なるのかについては今後の課題としたい.

参照文献

[1] 岡本能里子, (1990)“電話による会話終結の研究”, 日本語教育, 72, pp.145-159.

[2] 岡本能里子, (1991)“会話終結の談話分析”, 東京国際大学論叢, 44, pp.117-133.

[3] 小野寺典子, (1992) “エスノメソドロジーにおける電話会話の研究と日本語データへの応用”, 日本語学, vol.11, No.9, pp.26-38.

[4] 熊取谷哲夫, (1992) “電話会話の開始と終結における「はい」と「もしもし」と「じゃ」の談話分析”, 日本語学, Vol.11, No.9, pp.14-25.

[5] サーサス, G・H. ガーフィンケル・H. サックス・E. シェグロフ, (1989) 日常性の解剖学ー知と会話―, 北澤裕・西阪仰訳. 東京:マルジュ社.

[6] ザトラウスキー, ポリー, (1998)“初対面の会話における話題を作り上げる言語 非言語行動の分析”,社会言語科学会第 2 回研究大会予稿集, pp.23-28.

[7] 大坊郁夫, (1998) しぐさのコミュニケーション 人は親しみをどう伝えあうのか, 東京:サイエンス社.

[8] 田中望(1982)“「別れ」の言語行動様式”, 言語生活, 363, pp.38-46.

[9] 中井陽子, (2017) “誘いの会話の構造展開における駆け引きの分析―日本語母語話者同士の断りのロールプレイとフォローアップ・インタビューをもとに―”, 東京外国語大学論集 95, pp.105-125.

[10] ブゥル, P, (2001) 姿勢としぐさの心理学 市河淳章・高橋超編訳. 飯塚雄一・大坊郁夫訳. 京都:北大路書房.

[11] 三宅和子, (2014)“ロールプレイにおける学習者のモニタリング―モニタリングの実態から教育を考える―”, 日本文学文化, 13, pp.1-16.

[12] Clark, H. H. and J. W. French, (1981) “Telephone goodbyes”, *Language in Society* , Vol.10, No.1, pp.1-19.

[13] Linde. C, (1991)“What's next? The social and technological management of meetings”, *Pragmatics,* Vol.1, No.3, pp.297-317.

[14] Schegloff, E.A., & H. Sacks, (1973) “Opening up Closings”, *Semiotica* , 8,pp. 239-327.

顔の第一印象のネガティブギャップ

－ 外敵への警戒を強める直感としての第一印象 －

Negative first impression as an institution when strengthening alert

佐山公一
小樽商科大学
Kohichi Sayama (sayama@res.otaru-uc.ac.jp)
Otaru University of Commerce

Abstract

顔の第一印象が時間とともにどのように変わるかを実験を行い調べた．初対面時の無表情に好感度が低いと判断された人と高いとされた人が，次に笑っていたとき，以前の無表情に対して好感度の低かった人が笑う場合の方が高かった人が笑う場合よりも好感度の上がり幅が大きくなること，逆に，初対面時の笑顔に好感度が高いとされた人と低いとされた人が，次に無表情であったとき，前の笑顔に対して好感度の高かった人が無表情でいる場合の方が，笑顔の好感度の低かった人が無表情でいる場合よりも好感度の下がり幅が大きくなること，などを実験的に確認した．本研究の結果は，顔の第一印象を直感ととらえることで，コミュニケーションの中で第一印象をうまくコントロールできるようになる可能性を示唆する．

Keywords － 顔，第一印象，直感，印象（的なできごと），ネガティブギャップ

とっさの行動を引き出す手がかり情報として，人は直感を数多く持っている．第一印象はそうした直感の 1 つと考えられる．日常生活に直感がなぜ必要か．まず思い浮かぶ理由は，行動のルーチン化である．日常生活の一つひとつの動作に注意を向ければ，それだけで意識的な処理はオーバーフローし不適応状態に陥る（Damasio, Grabowski, Frank, Galaburda, & Damasio, A., 1994）．

もう一つは，外敵への警戒を強める基準としての直感である．本研究の目的は，第一印象が恐怖や不安に対処するためのてがかり情報であることを示し，第一印象が時間経過とともに具体的にどのように変化をするかを実験的に検討することである．人は顔を見ただけで自動的にその人の性格を推測する（Todorov, 2021）.それだけにとどまらず，そのことが日常生活の様々な場面で，相手の行動予測に影響する．

第一印象はむろん顔や人物に対して抱くもので，（話し）相手から受けとる言語外の情報の 1 つである．コロナ禍の始まった 2019 年 4 月ごろから，デジタル機器（PC やスマートフォン）とソーシャルメディア（SNS）を介してコミュニケーションを行う機会が激増した．リアルタイムの遠隔コミュニケーションが普及し，デジタル機器を使う人にとって遠隔コミュニケーションが，対面コミュニケーションと同程度に，当たり前に感じられるようにもなった．

コミュニケーション力の高い人は，デジタル機器を介しても対面と同じコミュニケーションができるのかもしれない．遠隔コミュニケーション時にも，相手の第一印象を対面と同じように形成し，利用できる．

あるいは，コミュニケーション力の高い人は，デジタル機器を介すことで第一印象を利用できなくなっているが，別の手段で代替し，遠隔コミュニケーションをうまくとっているのかもしれない．

第一印象を他の種類の直感と比べてみよう．第一印象と同様に，人に行動を起こさせる直感には，気分（乗る，乗らない），高揚感（ようしやるぞという気持ち），既知感（前にうまくいったから次も実現できそう），印象（的なできごと），象徴（的なできごと）などがあげられる．

これらの多くはどちらかと言えば，ポジティブな直感を引き出すが，印象や象徴と第一印象はネガティブな直感を引き出すこともあれば，ポジティブな場合もある．第一印象は顔や人物に関する情報であるが，印象や象徴は必ずしも

そうではない．

特定の行動を起こす手がかり情報という点では，第一印象は印象･象徴と似ている．第一印象は，顔の視覚イメージに付随する情報であり，印象･象徴ほど具体的ではないように思える．一方，印象･象徴は，具体的な視覚イメージである．印象･象徴は具体的，かつ時間がたっても変わらないのに対して，第一印象は時間経過とともにたえず変化する．

具体例を思い浮かべてみると，印象･象徴の特徴がよく分かる．マスメディアや Web 上に今も頻繁に出てくる 3.11 のワールドトレードセンタービル崩壊の映像や，阪神淡路大震災のときの，折れ曲がった高速道路の高架線の画像などである．かつて，世界中のマスメディアが，油まみれの水鳥の写真を配信したことがあった．人々はそれを，イラン･イラク戦争時のイラクの野蛮な行為の象徴ととらえた（事実とは異なっていたが）．印象や象徴は相手の感情を，事実かどうかとは無関係に，ネガティブあるいは逆にポジティブに変化させる．

第一印象は，表情（感情）を受けとった結果もたらされる．怒りのようなネガティブな感情と笑みのようなポジティブな感情とは，異なって処理される（高橋･村井･平野･行場，2014）．怒りばかり並んだ顔写真の中から，ターゲットのただ一枚の笑顔の写真を見つける場合と，逆に笑顔ばかり並んだ顔写真の中から一枚の怒りの写真を見つける場合とを比較すると，後者，怒りが一つだけの方が，早く見つけ出すことができる．こうした“怒り優位性効果”は，視覚刺激の符号化を参加者に求められる実験において認められる（高橋･村井･平野･行場，2014）．怒りは，恐怖や不安に近い，ネガティブな感情である．ネガティブな感情の方が，ポジティブな感情に比して，視覚刺激から引き出しやすく，受け手の置かれた状況によっては，そうしたネガティブな感情を受け手が持ち続ける可能性をこのことは示している．

第一印象は時間経過とともに変化する．この点で，印象･象徴と異なることはすでに述べた．最初に出会った時に，相手が不作法で，不愉快極まりない態度をとり，怒りを覚えたと仮定してみよう．翌日，雨の降っているときに，その相手に偶然出くわしてしまい，その相手が傘をさしかけてくれたとする．その人に対する第一印象は，ポジティブな方向に修正されるであろうか．おそらくたいていの人は，ネガティブな第一印象をそのまま維持するであろう（Mende-Siedlecki, 2013）．理由は，初めて会った時の第一印象のネガティブな程度が大きく，それを修正しようとすれば，身の危険を感じることになるからである．

上の例は極端な場合かもしれない．一般的な日常のコミュニケーションでは，第一印象が極端に大きくネガティブにならない限り，時間経過とともに相手の第一印象は改善されるであろう．そうでないと，コミュニケーションの機会そのものを狭めてしまうからである．第一印象はむろん人と会う場面で生じる．コミュニケーションの時間的な流れの中で，顔の第一印象はネガティブにされたり，ポジティブにされたりする．病的な状況 に陥らない限り，どのような人も第一印象を適度に変え円滑なコミュニケーションを維持しようとする．初めに持った第一印象がとても良ければ，あるいは逆に，きわめて悪ければ，コミュニケーションは円滑にならない．一定の適度な範囲に第一印象を保つ必要がある．それができるようにするために必要なことは，第一印象が良すぎれば下げ，悪すぎれば上げる．その上がり幅や下がり幅を決めることであろう．

先の“怒り優位性効果”は，ただ人の顔を見ただけで，つまり，視覚刺激の知覚的な処理のレベルで，怒りに笑顔よりも特別な情報を心にもたらすことを示している．祖先であるサルに近い人類は，樹上生活から草原で生きることを余儀なくされ，たえず危険にさらされてきた．現存する人類である我々もそうした祖先から受け継いだ記憶を強く持っているのではないか．恐怖や不安，それに怒りといったネガティブな感情は，生き残るという観点から，ポジティブな感情よりはるかに強くどのような状況においても働くかもしれない．

本研究では，第一印象の時間変化を測るために，潜在記憶課題を用いた実験を行った．初対面時に，無表情であったために好感度が低い（第一印象が悪い）と判断された人と，たとえ無表情でも好感度が比較的高いと評定された人が，次に会ったとき笑っていたとする．本研究では，初対面時の無表情に対して好感度の低かった人が笑う場合の方が高かった人が笑う場合よりも好感度の上がり幅（以下，この上がり幅のことをポジティブギャップと呼ぶ）が大きくなることを実験的に確認する．

初対面時と二度目に会った時とで，無表情，笑顔の順序が，上と逆の場合はどうであろうか．すなわち，初対面時の笑顔に好感度が高い

とされた人と低いとされた人が，次に無表情であったとき，前の笑顔に対して好感度の高かった人が二度目に無表情でいる場合の方が，笑顔の好感度の低かった人が二度目に無表情でいる場合よりも好感度の下がり幅が大きくなること（以下，ネガティブギャップと呼ぶ）が予測される．

本研究では，ネガティブギャップの方がポジティブギャップよりも大きくなる，という仮説を考え，実験的に確認し，その理由を考察してみることにした．2 つのギャップとも，時間経過とともに生じたり生じなかったりするであろう．しかし，平均的に見れば，外敵から身を守ろうとする記憶が働く分，ネガティブギャップの方がポジティブギャップよりも大きくなるのではないか．

実験

方法

参加者　正常な視力を有する大学生 65 名であった．実験参加者は被写体の人物とは面識がなかった．

材料　72 人の無表情と笑顔の顔写真を一枚ずつ，計 144 枚用意した．

初対面で相手が無表情であった場合　初対面の実験に，無表情のテスト刺激 24 枚，および笑顔のフィラー刺激 24 枚を使用した．一週間後の実験に，無表情のテスト刺激 12 枚，笑顔のテスト刺激 12 枚を用いた．このうち，無表情は初対面時と同じ顔写真を，笑顔は初対面時と同じ人物ではあるが異なる顔写真を用いた．また，無表情のフィラー刺激 12 枚，笑顔のフィラー刺激 12 枚を使った．これらは，初対面時に使用した顔写真とは異なる人物の顔写真で，一週間後の実験で新たに呈示するために用意された．

初対面で相手が笑顔であった場合　初対面の実験に，笑顔のテスト刺激 24 枚，および無表情のフィラー刺激 24 枚を使用した．一週間後の実験に，笑顔のテスト刺激 12 枚，無表情のテスト刺激 12 枚を用いた．このうち，笑顔は初対面時と同じ顔写真を，無表情は初対面時と同じ人物ではあるが異なる顔写真を用いた．また，無表情のフィラー刺激 12 枚，笑顔のフィラー刺激 12 枚も使った．これらは，初対面時に使用した顔写真とは異なる人物の顔写真で，一週間後の実験で新たに呈示するために用意された．

手続き　実験は個別に行われた．参加者は，同一人物の無表情または笑顔の顔写真を，時間をおいて 1 回ずつ合わせて 2 回見る．その際，潜在記憶課題を用い，前に見たときの経験を好感度の判断に利用できない状況にされた．参加者は，初対面で相手が無表情であった場合，笑顔であった場合のいずれか一つにランダムに割りあてられた．

初対面　参加者はパソコンの前に着席するよう言われる．参加者は，呈示された顔写真を見，被写体に対する好感度を 5 点尺度上で評定するよう教示される．尺度の選択項目は“とても怖そう”，“怖そう”，“どちらともいえない”，“やさしそう”，“とてもやさしそう”であった．尺度の向きは試行ごとにランダムに変えられた．顔写真の呈示順序も参加者ごとにランダムされた．

一週間後　初対面の実験から 1 週間後，参加者は前と同じパソコンの前に座らせられる．参加者は呈示された顔写真を見，前と同じように，被写体に対する好感度を 5 点尺度上で評定するよう言われる．ただし，一週間後の実験では，評定と同時に，3 桁の数字が実験者から次々と与えられ，その数字が奇数のときに机をタップするよう教示された．これは，一部の顔写真を一週間前に見ていたことを参加者に評定中に思い出させなくするために行われた．

実験計画　評定時期（初対面，一週間後），呈示パターン（無表情から笑顔，無表情から無表情，笑顔から笑顔，笑顔から無表情）の 2 要因参加者内計画とした．評定時期は呈示パターンに埋め込まれた要因とした．

結果と考察

初対面，1 週間後で好感度の評定に要した平均反応時間は，それぞれ 2340ms (SD = 1171ms), 3042ms (SD = 1534ms)であった．それぞれの段階ごとに，平均反応時間から標準偏差の 3 倍を超える反応を以下の分析から除いた．

評定時期に有意差が認められた($F(1, 1516) = 96.6, p < .0001$)．初対面，1 週間後の評定値の平均は順に 3.66($SE = .08$)，3.39($SE = 0.08$)であった．

呈示パターンの間にも有意差が認められた($F(1, 783) = 173.2, p < .0001$)．図 1 に結果を示す．

初対面で相手が無表情であった場合　無表情→笑顔の 1 週間後の方が初対面よりも有意に好感度が高くなった($t(1516) = 15.34, p < .0001$)．無表情→無表情の 1 週間後は初対面よりも有意に好感度が低くなった($t(1516) = 12.43, p < .0001$).

1 週間後の笑顔の好感度そのものが大きくなるわけではなく，無表情の好感度が初対面時に比

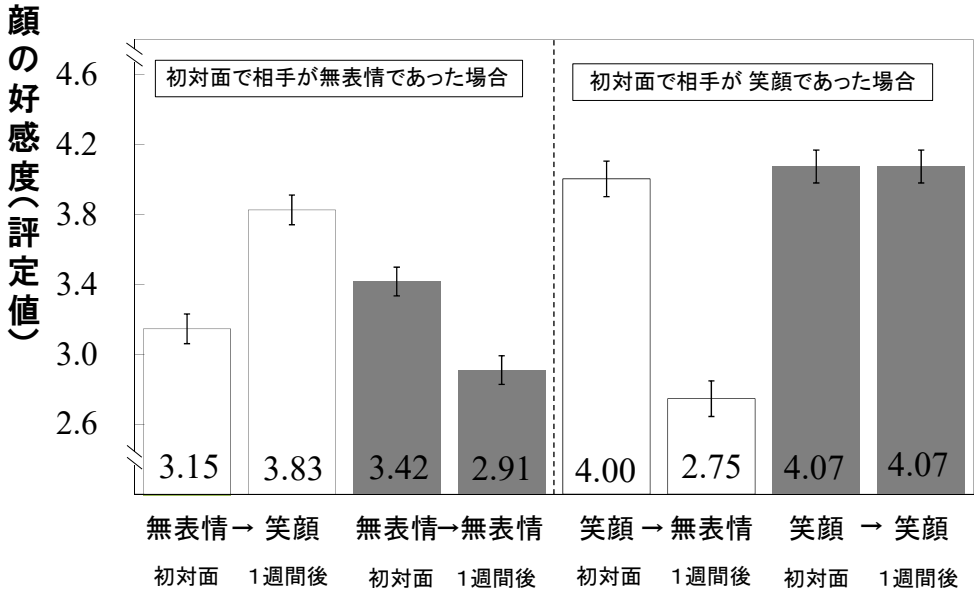


図1. “初対面”, “1週間後”における顔写真に対する好感度.

べて低くなるので，その分相対的に 1 週間後の笑顔の好感度がより高く感じられるようである．

“無表情”を実験手続きとしては，何も感情を入れない状態と参加者に教示していた．しかし，地顔が笑っているように見える場合のように，顔の骨格そのものが感情を示してしまう可能性もある．あるいは，無表情がそもそも一定の感情の 1 つになっているのかもしれない．おそらくは否定的で，相手の様子をうかがうときの感情を表しているのかもしれない．いずれにせよ，無表情とは何か，無表情がネガティブギャップをどのように強めるのか，今後の検討が必要になるであろう．

初対面で相手が笑顔であった場合　笑顔→無表情の 1 週間後の方が初対面よりも有意に好感度が低くなった($t(1516) = 17.58$, $p < .0001$)．笑顔→笑顔の 1 週間後と初対面との間には差がほとんどなかった($t(1516) = 0.00$, $p = 1.00$)．1 週間後の無表情に対する好感度そのものがより低く感じられていると考えられる．

好感度評定値の 1 週間後と初対面の差の分散分析　無表情→笑顔が.51 ($SE = .06$)，無表情→無表情が-.57 ($SE = .06$)，笑顔→無表情が-1.35 ($SE = .09$)，笑顔→笑顔が.004 ($SE = .08$)であった．どの 2 つの呈示パターンの間にも.1%水準の有意差が認められた．

好感度の判断に要した判断時間の分散分析　初対面時（2270ms [$SE = 76$ms]）の方が 1 週間後（2981ms [$SE = 76$ms]）よりも.1%水準で有意に短かった．どの呈示パターンでも，初対面時の方が.1%水準で有意に短くなった．机をタップするという追加課題が 1 週間後の実験にあったためと考えられる．この追加課題に注意を向けた分，初対面時に行ったことを参加者は思い出さず，1 週間後に改めて顔写真に対して好感度判断を参加者が行っていたと推察される．

一般的考察

第一印象は，コミュニケーションを円滑にするためにだけあるのではなく，外敵から身を守るために警戒をどのくらい強めれば/緩めればよいかを決めるためにもある．そう考えると，2 回目に会った時，無表情になれば警戒が強まり，好感度が大きく下がる（ネガティブギャップが生じる）ことを単純に説明できる．

直感としての第一印象　心に直感が生じると，人は，その源泉，原因を探ろうとする（山田，2001）．環境に適応した結果として身につけている行動なので，無意識のうちに行われる．過去のどのような場面で同じような直感が生じたか，を検索しようとする．この点では，第一印象も含め，どの直感も同じであると考えられる．

ただ怖くて，あるいは逆に，ただ楽しくて行動しているときに，今なぜ自分は怖い/楽しいのか，などと感情の源泉や原因を探ることはしない．怖い/楽しいという感情が強く行動を後押しするが，怖さ/楽しさの他に，余計な感情は入ら

ない．本稿の冒頭で述べたような，強い印象が引き起こす感情がまさにこれにあたっている．

もしコンピュータや現在の AI であれば，過去の経験の検索は，長期記憶に記録されたデータを一つひとつチェックすることになるであろうが，人はそうしない．代わりに，メタ知識，すなわち，知っている（あるいは知らない）ことを知っているかどうかのデータを使い，即座に原因を引き出す（山田･外山, 2010）．そうでなければ，外敵に襲われてしまう．直感という，人の感情の一側面と，論理的で処理効率の良いメタ認知機能が作業記憶の中で結びついている．直感とは何かを考えることで，感情と論理的な判断との関係，第一印象で言えば，コミュニケーションの中での感情と理性との関係を考える手がかりになる．本研究の結果はこのことを示唆している．

無表情は，笑顔や怒りと同じように，相手の発した言葉や身体状況の認知的な処理の結果として生じる感情なのか，視覚刺激として相手の顔を視覚処理した結果にすぎないのか．本研究の結果からは，結論を出すことができなかった．過去の感情や表情の研究は，無表情を感情の“ない”状態とみなしてきた．そうした身体状況があるのか否か，今後再考する必要があるであろう．

本研究の実験では，実験参加者の気分を実験的に操作していなかった．参加者の気分はニュートラルとみなした．これまで，気分一致効果に関する過去の知見からは，ポジティブな気分になっている人は，ポジティブな情報をネガティブまたはニュートラルな情報よりも処理やすい（Bate, Haslam, Hodgson, Jansari, Gregory, & Kay, 2010; 伊藤，2000；Reber, Winkielman, & Schwarz, 1998; Garcia-Marques & Mackie, 2000, など），とされてきている．ポジティブな気分になっている受け手はポジティブな情報を，ネガティブまたはニュートラルな気分の受け手よりも処理しやすい．相手の顔を判断する側の直感を実験的に操作し，顔の第一印象と気分のような他の直感との共通点，相違点を明らかにする必要もあるであろう．

直感が働く場合と働かない場合とで，人は情報処理のモードを変える（Garcia-Marques et al., 2000）．直感が働くと直感を利用し，より効率的に処理結果を出そうとする．思った通りの結果を出せないこともちろんある．

コミュニケーションの中で第一印象が果たす役割 説得的メッセージの理解に，熟知感が影響を与える（Garcia-Marques et al., 2000）ことが知られている．事前にメッセージを聴いていると，そのメッセージに対する熟知感が増す．論調の強さが異なるメッセージの説得効果は，熟知度の違いで変わる．事前の反復呈示により熟知性がメッセージにあると，参加者はポジティブな気分になり，直感的な処理を促進させる．結果的に，論調の強弱はメッセージの理解にあまり影響しなくなる．

対照的に，事前にメッセージの提示がない（熟知度が低い）と，参加者は，通常の処理モードに変更する．この場合，メッセージの理解は，メッセージの論調の強さで変わり，強調部分を過大に評価するようになる．

熟知度と同様，直感としての顔の第一印象にも，こうした処理モードの変更を促す役割があるかもしれない．もしそうなら，第一印象が，コミュニケーションの中で果たす役割を明確にする必要がある（たとえば，佐山，2018）．

本研究の結果は，顔の第一印象を直感ととらえることで，コミュニケーションの中で第一印象をうまくコントロールできるようになる可能性を示している．たとえば，どうしてもネガティブに見てしまう相手がいたとき，どうすれば対処できるようになるか．その方法を見つけることができるようになるかもしれない．

ポジティブな気分になると，参加者の持っている複数のスキーマのうち，その時の気分に一致したスキーマを活性化させ，そのスキーマの内容に一致した情報だけを選択的に取り込む（Dillen & Koole, 2007; 伊藤，2000; Siemer, 2005; Rusting & DeHart, 2000）．プロスポーツ選手は，試合に臨むとき，一人ひとり独自のルーチンを行う．これは過去に良い結果を出したときのスキーマを呼び出そうとするものであろう．

直感をネガティブからポジティブにあるいはその逆方向に変えることはできるのであろうか．日本人は，神社に祈祷に行く．祈祷を行うことで，ネガティブになる確率の高い未来の行為をポジティブに自ら変えようとしているようにも思える．

直感や第一印象は，出来事に付随する手がかり情報である．こうした手がかり情報がもつ，ポジティブ，ネガティブといった性質はどのようにして決まるのか．さらには，ポジティブ，ネガティブと言われる情報が，より具体的にどのような情報で，それらが時間経過とともにどのように変化していくのか，明らかにする必要があるであろう．

引用文献

Bate, S., Haslam, C., Hodgson, T., Jansari, A., Gregory, N. & Kay, J. (2010). Positive and negative emotion enhances the processing of famous faces in a semantic judgment task. *Neuropsychology*, **24**(1), 84-89.

Damasio, H., Grabowski, T, Frank, R, Galaburda, A, M & Damasio, A. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, **264**, 1102-1105.

Garcia-Marques, T, & Mackie, D. M. (2000). The positive feeling of familiarity: Mood as an information processing regulation mechanism. The Message Within: The Role of Subjective Experience. In *Social Cognition and Behavior* (first edition), Bless, H. & Forgas, J. P. (Eds), Psychology Press.

伊藤美加 (2000). 気分一致効果を巡る諸問題: 気分状態と感情特性. 心理学評論, **43**(3), 368-386.

Peter Mende (2013). Should you trust your first impression? Ted-ed. https://www.youtube.com/watch?v=eK0NzsGRceg

Reber, R, Winkielman, P, Schwarz, N. (1998). Effects of Perceptual Fluency on Affective Judgments. *Psychological Science*, **9**(1), 45-48.

Rusting, C. L., & DeHart, T. (2000). Retrieving positive memories to regulate negative mood: Consequences for mood-congruent memory. *Journal of Personality and Social Psychology*, **78**(4), 737–752.

佐山公一 (2018). メッセージの理解に及ぼす話し手の表情と声のトーンの影響；怒りも『伝え方が 9 割』か？ 日本認知科学会第 35 回大会 (JCSS2018)発表論文集 1079-1087.

Siemer, M. (2005). Mood-congruent cognitions constitute mood experience. *Emotion*, **5**(3), 296-308.

Todorov, A. (2021). Face Value: *The Irresistible Influence of First Impressions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

高橋純一･村井諒平･平野智久･行場次朗 (2014). ネガ ティブ顔優位性効果とポジティブ顔優位性効果の異なる生起過程. 認知科学, **21**(3), 363-371.

Van Dillen, L. F., & Koole, S. L. (2007). Clearing the mind: A working memory model of distraction from negative mood. *Emotion*, **7**(4), 715-723.

山田歩 (2001). 情動・認知の誤帰属と処理の順序性. 対人社会心理学研究, **1**, 171-184.

山田歩･外山みどり (2010). もっともらしい理由による選択の促進. 心理学研究, **81**(5), 492-500.

思考スタイルの個人差が条件推論に及ぼす影響の検討
Examining the Effects of Individual Differences in Thinking Style on Conditional Inference

横須賀 天臣 †, 渡邊 元樹 †, 高橋 達二 †, 中村 紘子 †
Takaomi Yokosuka, Motoki Watanabe, Tatsuji Takahashi, Hiroko Nakamura
† 東京電機大学
Tokyo Denki University
21hz003@ms.dendai.ac.jp

概要

条件推論において，一般知能により真偽判断には個人差がある (Evans et al., 2007)．また，推論の成績は，どのように思考することを好むかという思考スタイルの個人差が影響する (Evans & Stanovich, 2013)．
そこで，本研究は条件推論の真偽判断において，思考スタイルの個人差による影響を検討するため，2 つの実験を行った．その結果，思考スタイルの個人差は条件推論へと限定的に影響を及ぼすことがわかった．

キーワード：条件文，条件推論，二重過程理論，思考スタイル, 思考の個人差

1. 序論

人が因果関係の 推定や不確実な未来の予測を行う際に,「もし p ならば q である」という形で表される条件文が重要な役割を果たしていると考えられる．例えば,「もし明日晴れならば，試合が行われるだろう」 といった条件文を用いた予測は日常的に行われている．この時,「晴れて試合が行われる ($p\&q$)」なら条件文は真,「晴れなのに試合が行われない (p & not-q)」なら条件文は偽といえる．では,「晴れではない (not-p)」 場合，条件文の真偽はどのように判断されるだろうか．

条件文の真理値表課題は，条件文の前件 p と後件 q の真 (True: T), 偽 (False: F) の 4 つの組み合わせ (TT, TF, FT, FF) における，条件文の真偽を尋ねる課題である．命題論理に基づく条件文の真偽は実質含意と呼ばれ，TF 事例の時に条件文は偽となり，それ以外の事例 (TT, FT, FF) では条件文は真となる．しかし，日常言語において条件文が実質含意と判断されることはほとんどなく，前件が偽の FT・FF 事例は偽事例や文の真偽とは無関連な事例と判断されやすい [1].

さらに,「もし A ならば C であるという」抽象的な条件文では，条件文事例の表面的な一致・不一致をもとに真偽を判断するマッチングバイアスが生じることが示されている [2]．例として,「もし文字が C でなければ数字は 6 ではある」という条件文の TT 事例は「F 6」だが，条件文で明示されている「C」と事例の「F」が一致しないため，”無関連 ” と判断してしまうことが挙げられる．

メンタルモデル説 [3] は, 条件文の完全な心的表象は実質含意だが，実質含意に基づく表象は認知負荷が高く，認知負荷の少ない連言 ($p\&q$) として条件文が表象されるため，FT, FF 事例を偽とする判断が生じるとしている．

一方，主観確率に基づく推論理論は [4] ，条件文は「p を仮定した場合の q の条件付き確率: $P(q|p)$」として解釈されると主張している．このとき，p では無い事例 (FT・FF) は条件文の真偽とは無関係な事例として判断されるとし，条件文の真理値は真・偽・無関係 (Irrelevant: I) の三値を取るとしている．さらに，仮定的思考は認知負荷が高いため，一般知能テストの成績が低い参加者は条件文の表面的な特徴 (p, q) に注目しやすいため，条件文連言として解釈しやすく，さらに，マッチングバイアスが生じやすいことが示されている [5].

条件推論の発達研究 [6] において，条件文の真偽判断の発達は，連言，三値の双条件 (p ならば q かつ q ならば p)，条件付き確率の順になることを示している．これらの先行研究は，条件文の真理値表課題において，連言や双条件に基づく判断は認知負荷が低いのに対し，実質含意や条件付き確率に基づく判断は認知負荷が高い可能性を示唆している (表 1).

思考の二重過程理論は，認知負荷が低い直感的過程と認知負荷が高い熟慮的過程から，人間の推論や問題解決のパフォーマンスを説明する理論である．Evans & Stanovich (2013) は，直感的な反応を抑制し熟慮的な解を導くかには， 知能や認知容量だけではなく,「熟慮的に考えることを好む」傾向や,「自身の信念に反する証拠も考慮しやすい」といった思考スタイルも影響

表 1　条件文の真理値表課題の回答パターンの例

p	q	実質含意	連言	双条件 (二値)	双条件 (三値)	条件付き確率
T	T	T	T	T	T	T
T	F	F	F	F	F	F
F	T	T	F	F	F	I
F	F	T	F	T	I	I

するとしている [7]. 条件推論における信念バイアスの個人差を検討した研究では，認知的熟慮性 (Cognitive Reflection Test, CRT)[8] スコアやワーキングメモリ容量だけではなく，思考スタイルが条件推論課題の成績を予測することが示されている [13].

条件推論に関する先行研究と二重過程理論の知見から，条件文の真偽を判断する際，直感的過程では連言や双条件に基づく反応やマッチングバイアスが生じ，熟慮的過程ではこうした反応を上書きし，実質含意か条件付き確率に基づく反応が生じると考えられる．条件文の真偽判断の個人差について，一般知能との関係は検討されているものの [5][10]，思考スタイルとの関係は明らかではない．そこで，本研究では包括的思考スタイル尺度 (Comprehen sive Thinking Style Questionnaire, CTSQ)[9] と CRT を用いて，思考スタイルの個人差と条件文の真理値表課題の成績の関係を検討する．

2. 包括的思考スタイル尺度

本研究では包括的思考スタイル尺度 (Comprehensive Thinking Style Questionnaire, CTSQ) の日本語版 CTSQ-J を用いた．CTSQ は既存の思考スタイル尺度を統合し，以下に示す 4 つの下位尺度から思考スタイルの個人差を測定する尺度である．開かれた思考傾向 (actively open minded thinking, AOT) は自分の考えと異なる証拠でも考慮する傾向を測定する．閉じた思考傾向 (close minded thinking, CMT) は真実は一つであると考える傾向を測定する．直観的思考傾向 (preference for intuitive thinking, PIT) は直感的に判断することを好む傾向を測定する．熟慮的思考傾向 (preference for effortful thinking, PET) は熟慮的に考えることを好む傾向を測定する．

CTSQ は非科学的信念の受容や推論課題におけるバイアスの抑制を予測することが示されている [9]．本研究では条件文に対する真理値表課題の成績が CTSQ によって予測できるかを明らかにし，思考スタイルにより条件文の解釈が異なるかを検討する．

3. 実験 1: 抽象的な条件文に対する真理値表課題

3.1 参加者

実験は Web 上で実施し，クラウドソーシングサービス (Crowd Works: https://crowdworks.jp/) を用いて 150 名の日本人参加者を募集した．回答に不備がある参加者や回答中にトラブルがあった参加者のデータを除外し，121 名の参加者によるデータを分析に使用した．

3.2 手続き

真理値表課題では，抽象的な条件文 (例：もし文字が B ならば数字は 3 である) について 4 つの事例 (例：B 3，B 7，N 3，G 4) が それぞれ真・偽・真偽とは無関係のいずれか判断するよう求めた．真理値表課題の実験画面の見本を図 1 に示す．条件文は前件と後件の否定辞の有無を操作した 4 パターン (例：もし文字が C でなければ数字は 9 ではない，if not-p then not-q) を 2 種類ずつ作成し，参加者は合計 8 種類の条件文について，真理値表課題に回答した．

評価指標は Evans et al. (2007)[5] に倣い，TT を真，TF を偽と判断した数を Logical Index (LI) ，FT・FF を無関係と判断した数を False Antecedent Index (FAI) とし，論理的推論能力の指標とした．さらに，条件文の表面的な一致をもとに事例の真偽を判断してしまうマッチングバイアスの指標として，事例の前件または後件が条件文とミスマッチな事例を無関連とした場合をそれぞれ Antecedent Matching Index (AMI) と Consequent Matching Index (CMI) とした．

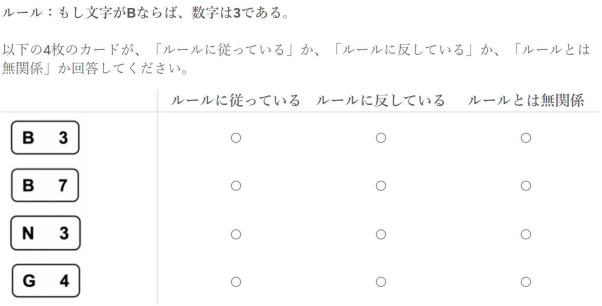


図 1　真理値表課題の実験画面例

3.3　結果と考察

CTSQ の下位尺度および CRT スコアと真理値表課題の各指標の相関分析を表 3 に示す．その結果，CTSQ の下位尺度は真理値表課題の各指標とほとんど相関がない．ただし，CTSQ の下位尺度としては PIT が LI との間に負の相関，AMI との間では正の相関がみられた．このことから直観的に判断することを好む傾向は論理的規範から外れた回答を行いやすく，また，表面的な類似性に基づくマッチングバイアスを示しやすいといえる．また，PET は弱ながら LI と正の相関，CMI と負の相関があり，熟慮的に考えることを好む傾向は論理的推論能力が高いほど，論理的規範に従った回答をしやすく，マッチングバイアスが少ないと考えられる．一方で，CRT スコアは論理的推論の指標 LI と FAI との間に正の相関があり，マッチングバイアスの指標と AMI と CMI の間に負の相関があった．

真理値表課題の各評価指標と CTSQ の下位尺度および CRT スコアを説明変数とし，信憑性が高い因果条件文 (High) と低い因果条件文 (Low) に対する真理値表課題の各評価指標を目的変数とした重回帰分析を行った．各重回帰分析における目的変数の係数，予測の決定係数 R および自由度調整済み決定係数 R^2，p 値を表 4 に示す．重回帰分析では CMI に対する予測のみが，1%水準において有意な結果となった．また説明変数は，CMI に対する予測において，PET と CRT がそれぞれ有意な結果となった．

以上のことから，抽象的な条件文に対する真理値表課題のパフォーマンスは，CRT で測定される思考能力 [13] との関連が強いと言える．CTSQ の下位尺度は PIT と PET が関連を示し，限定的ではあるが思考スタイルの影響がみられた．

表 2　真理値表課題の各評価指標と CTSQ 下位尺度および CRT スコアの相関分析

	AOT	CMT	PIT	PET	CRT
LI	-.125	-.023	-.143	.119	.190
FAI	.031	-.048	-.001	-.035	.150
AMI	.056	.060	.164	.027	-.130
CMI	-.058	.052	.031	-.146	-.290

表 3　CTSQ 下位尺度および CRT スコアと真理値表課題の各評価指標の相関分析

	LI	FAI	AMI	CMI
AOT	-.125	.031	.056	-.058
CMT	-.023	-.048	.060	.052
PIT	-.144	-.001	.164	.031
PET	.119	-.035	.027	-.146
CRT	.193	.153	-.127	-.286

表 4　真理値表課題の各評価指標に対する CTSQ 下位尺度および CRT スコアを用いた重回帰分析

	LI	FAI	AMI	CMI
AOT	-0.18	0.19	-0.08	-0.13
CMT	0.04	0.48	0.12	0.01
PIT	-0.13	0.39	0.29	-0.00
PET	0.30	0.35	0.02	-0.17*
CRT	0.27	0.32	-0.14	-0.24***
R	.072	.029	.036	.126
R^2	.031	-.012	-.006	.088
p	.124	.624	.512	.008**

$*: p < .05, **: p < .01, ***: p < .001$

4.　実験 2: 因果条件文に対する真理値表課題

実験 2 では「もし原油価格が上昇すれば物流のコストは高くなる」といった因果関係を述べた条件文を用いて真理値表課題を行った．因果条件文を用いた真理値表課題では，一般知能が高い参加者では条件付き確率，一般知能が低い参加者では三値の双条件の回答が多く，また抽象的な条件文と比較し連言の回答が少ないことが示されている [10]．

4.1　実験材料の作成

実験 2 で使用する材料として先行研究 [11] [12] を参考に，予備調査により条件文の信憑性の高・低の異な

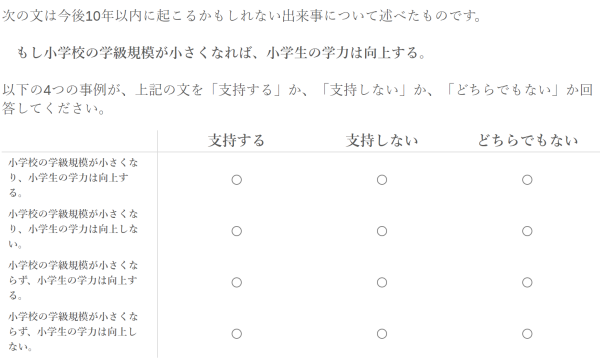
る 16 種類の因果条件文を選定した．予備調査は Web 上で行い，作成した 50 種類の因果条件文の信憑性について，条件文で述べられている出来事が「この先 10 年間でどのくらい生じそうか」を 0 から 10 までの間で評価するよう参加者に求めた．本実験では, 27 名による評定をもとに，信憑性が高い 8 個の因果条件文 (High) と信憑性が低い 8 個の因果条件文 (Low) を使用した.

4.2 参加者

実験は Web 上で実施し，クラウドソーシングサービスを用いて 180 名の日本人参加者を募集した．参加者には因果条件文に対する 真理値表課題と CTSQ, CRT に回答するよう求めた． 回答に不備がある参加者や回答中にトラブルのあった参加者などのデータを除外し，135 名の参加者による データを分析に使用した.

4.3 手続き

真理値表課題では,「今後 10 年以内に起こるかもしれない出来事」として 16 種類の因果条件文を提示し 4 つの事例が文を「支持する」「支持しない」「どちらでもない」のいずれかを判断するよう求めた．評価指標は Evans et al. (2007)[10] に倣い，TT を真，TF を偽と判断した数を Logical Index (LI) ，FT・FF を無関係と判断した数を False Antecedent Index (FAI) とし，論理的推論能力の指標とした．真偽判断の回答パターンを，実質含意，連言，双条件（二値・三値），条件付き確率，その他に分類した．CTSQ の 4 つの下位尺度において、それぞれ下位 25%の参加者を各尺度の Low 群，上位 25%の参加者を各尺度の High 群，それ以外の参加者を Medium 群とした．また，CRT のスコアが 3 点の参加者を CRT の High 群，0 点の参加者を CRT の Low 群，1 2 点の参加者を CRT の Medium 群とした.


次の文は今後10年以内に起こるかもしれない出来事について述べたものです。

もし小学校の学級規模が小さくなれば、小学生の学力は向上する。

以下の4つの事例が、上記の文を「支持する」か、「支持しない」か、「どちらでもない」か回答してください。

	支持する	支持しない	どちらでもない
小学校の学級規模が小さくなり、小学生の学力は向上する。	○	○	○
小学校の学級規模が小さくなり、小学生の学力は向上しない。	○	○	○
小学校の学級規模が小さくならず、小学生の学力は向上する。	○	○	○
小学校の学級規模が小さくならず、小学生の学力は向上しない。	○	○	○

図 2 因果条件文に対する真理値表課題の実験画面例

4.4 結果と考察

信憑性の高い因果条件文に対する 4 つの事例の真偽判断の割合を表 8，信憑性の低い因果条件文に対する 4 つの事例の真偽判断の割合を表 9 に示す．また，真理値表課題の各回答パターンを集計し，全参加者の真偽判断の回答パターンを図 3 に，CTSQ の 4 つの下位尺度と CRT スコアの 3 群別の回答パターンをそれぞれ図 4(AOT)，図 5(CMT)，図 6(PIT)，図 7(PET)，図 8(CRT) に示す.

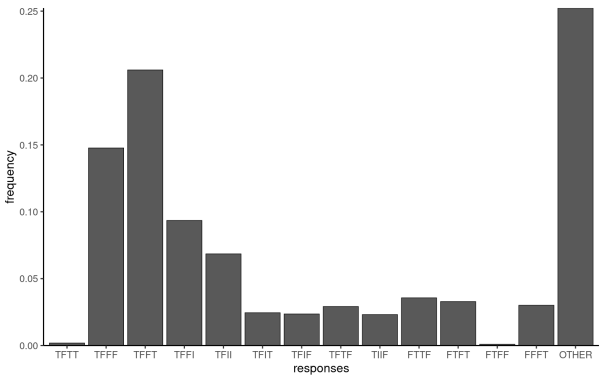


図 3 全参加者の回答パターン

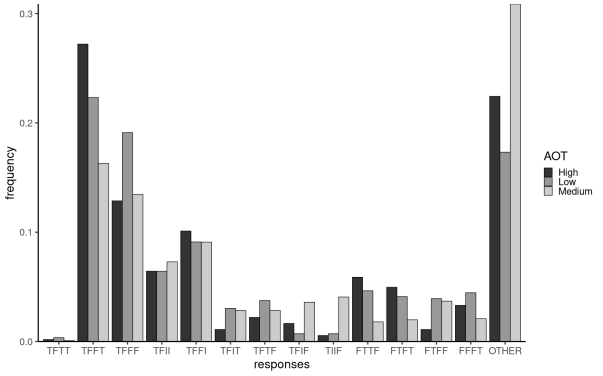


図 4 AOT の 3 群別の回答パターン

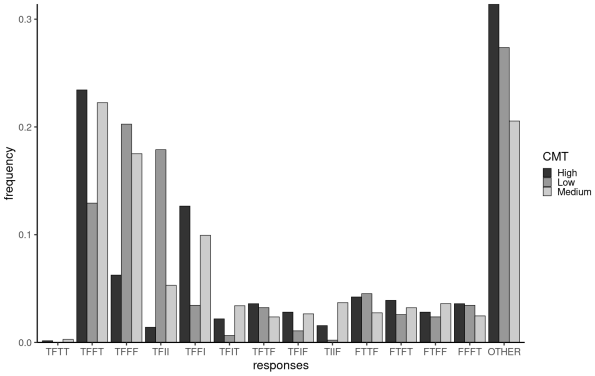


図 5　CMT の 3 群別の回答パターン

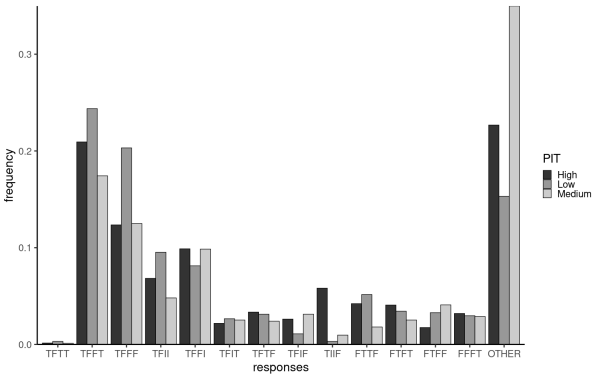


図 6　PIT の 3 群別の回答パターン

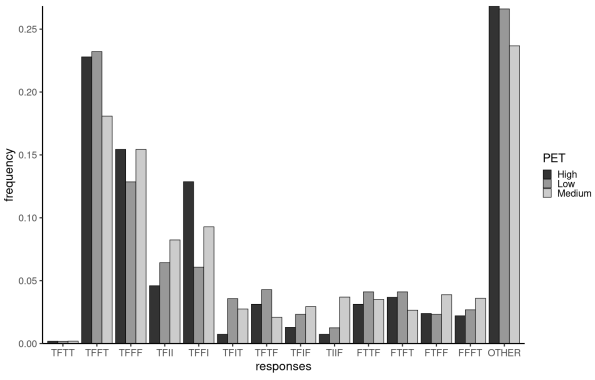


図 7　PET の 3 群別の回答パターン

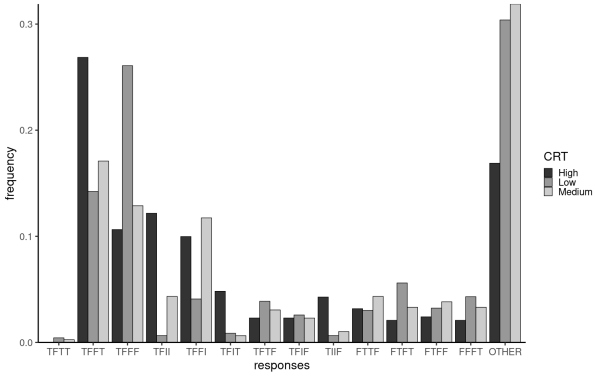


図 8　CRT の 3 群別の回答パターン

全参加者の回答パターンにおいて，条件文を二値の双条件 (TFFT) と判断することが最も多く，次に連言 (TFFF)，3 番目に TFFI，4 番目に条件付き確率 (TFII) と判断されることが多いこと示された．図 5 より，CMT の High 群は全体参加者の回答パターンとは異なり，条件文を三値の双条件と判断することが 2 番目に多く，条件付き確率と判断することは非常に少ない．CMT の Low 群は条件文を連言と判断することが最も多く，条件付き確率と判断することが 2 番目に多い．

真理値表課題の各評価指標と CTSQ の下位尺度および CRT スコアの相関分析を表 5 に示す．CTSQ の下位尺度は真理値表課題の指標とほんとど相関が無いが，CMT が因果条件文の信憑性によらず，FAI との間に強い負の相関がみられる．CRT はすべての評価指標と相関がみられるが，実験 1 のときの論理的推論の指標と比較すると弱い．

真理値表課題の各評価指標と CTSQ の下位尺度および CRT スコアを説明変数とし，信憑性が高い因果条件文 (High) と低い因果条件文 (Low) に対する真理値表課題の各評価指標を目的変数とした重回帰分析を行った．各重回帰分析における目的変数の係数，予測の決定係数 R および自由度調整済み決定係数 R^2，p 値を表 6 に示す．LI に対する予測はいずれも有意ではなかったが，FAI に対する予測はいずれも 1%水準において有意であった．とくに CMI が 0.1%水準において，いずれも有意であり，FAI と強く関連すると考えられる．また，CRT も信憑性の高い因果条件文における FAI に対する予測は 5%水準において有意であった．

表 5　真理値表課題の各評価指標と CTSQ 下位尺度および CRT スコアの相関分析

信憑性	指標	AOT	CMT	PIT	PET	CRT
High	LI	.020	-.139	-.092	.023	.170
High	FAI	-.065	-.268	.031	-.015	.200
Low	LI	-.058	-.072	-.027	.031	.140
Low	FAI	-.005	-.315	.001	-.004	.140

表 6　真理値表課題の各評価指標に対する CTSQ 下位尺度および CRT スコアを用いた重回帰分析

	因果条件文 (High)		因果条件文 (Low)	
	LI	FAI	LI	FAI
AOT	0.32	-0.30	-0.36	-0.06
CMT	-0.46	-0.57**	-0.27	-0.71***
PIT	-0.38	0.16	0.05	0.01
PET	0.08	-0.00	0.19	-0.01
CRT	0.39	0.27*	0.42	-0.18
R	.058	.113	.030	.114
R^2	.022	.079	-.008	.079
p	.165	.008**	.558	.008**

$*: p < .05, **: p < .01, ***: p < .001$

真理値表課題の回答パターンに対する，CTSQ の下位尺度および CRT スコアと因果条件文の信憑性の影響を検討するために，分散分析を行った．その結果を表 7 に示す．CRT は 5%水準における有意差が示された．CTSQ の下位尺度はいずれも 5%水準においては有意差が示されず，PIT が 10%水準において有意差が示された．

因果条件文に対する真理値表課題のパフォーマンスも，抽象的な条件文に対する真理値表課題と同様に，CRT で測定される思考能力 [13] との関連が強いと言える．一方で，CTSQ の下位尺度は真理値表課題の回答パターンにおいてはわずかに PIT が有意差を示したのみであり，また評価指標との関係性においては CMI が FAI に対して強く予測を示した．したがって，思考スタイル因果条件文に対する真理値表課題のパフォーマンスに限定的ながらも影響を及ぼしていると考えられる．

表 7　回答パターンに対する CTSQ 下位尺度および CRT スコアと因果条件文の信憑性を要因とした分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F	p
AOT	2	8	3.78	1.09	.336
信憑性	1	26	26.5	7.64	.006**
CMT	2	9	4.27	1.23	.292
信憑性	1	26	26.5	7.64	.006**
PIT	2	16	8.12	2,35	.096
信憑性	1	26	26.5	7.65	.006**
PET	2	1	0.35	0.1	.905
信憑性	1	26	26.5	7.63	.006**
CRT	2	22	11.09	3.21	.041*
信憑性	1	26	26.5	7.66	.006**

$*p < .05, **p < .01$

5. 結論

抽象的な条件文に対する真理値表課題を用いた実験 1 では，CRT の関連が強く，CTSQ の下位尺度は PIT と PET が関連を示し，弱ながらも思考スタイルの影響がみられた．因果条件文に対する真理値表課題を用いた実験 2 では，二要因分散分析を行った結果，95%信頼区間において CRT は回答パターンとの有意差が示されたが，CTSQ の下位尺度は有意差はみられず，90%信頼区間において PIT の有意差が示された．また，相関分析および重回帰分析の結果では，CMT が前件が偽のとき後件を無関係とする FAI と強い負の相関があり，重回帰分析によって有意差が示された．以上のことより，本研究で実施した二つの実験において，真理値表課題のパフォーマンスは，CRT で測定される思考能力 [13] との関連が強い．また，思考スタイルの個人差は条件推論へと限定的に影響を及ぼすことがわかった．

文献

[1] Johnson-Laird, P. N., & Tagart, J. (1969). How implication is understood. The American Journal of Psychology, 82(3), 367-373.
[2] Evans, J. S. B. (1972). Interpretation and matching bias in a reasoning task. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 24(2), 193-199.
[3] Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. (2002). Conditionals: a theory of meaning, pragmatics, and inference. Psychological review, 109(4), 646.
[4] Evans, J. S. B., Handley, S. J., & Over, D. E. (2003). Conditionals and conditional probability. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 29(2), 321.
[5] Evans, J. S. B., Handley, S. J., Neilens, H., & Over, D. E. (2007). Thinking about conditionals: A study of individual differences. Memory & cognition, 35(7), 1772-1784.
[6] Gauffroy, C., & Barrouillet, P. (2009). Heuristic and analytic processes in mental models for conditionals:

An integrative developmental theory. Developmental Review, 29(4), 249-282.
[7] Evans, J. S. B., & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. Perspectives on psychological science, 8(3), 223-241.
[8] Frederick, S. (2005). Cognitive reflection and decision making. Journal of Economic perspectives, 19(4), 25-42.
[9] Newton, C., Feeney, J., & Pennycook, G. (2021). The Comprehensive Thinking Styles Questionnaire: A novel measure of intuitive-analytic thinking styles.
[10] Evans, J. S. B., Handley, S. J., Neilens, H., & Over, D. (2008). Understanding causal conditionals: A study of individual differences. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61(9), 1291-1297.
[11] Evans, J. S. B., Handley, S. J., & Neilens, H. (2010). The influence of cognitive ability and instructional set on causal conditional inference, The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1072954, 37-41.
[12] Over, D. E., Hadjichristidis, C., Evans, J. S. B., Handley, S. J., & Sloman, S. A. (2007). The probability of causal conditionals. Cognitive psychology, 54(1), 62-97.
[13] Ricco, R. B., Koshino, H., Sierra, A. N., Bonsel, J., Monteza, J. V., & Owens, D. N. (2021). Individual differences in analytical thinking and complexity of inference in conditional reasoning. Thinking & Reasoning, 27(3), 319-349.

表 8　信憑性の低い因果条件文の各事例に対する真偽判断の割合

			TT			TF			FT			FF		
尺度	群	標本数	T	F	I	T	F	I	T	F	I	T	F	I
ALL	All	135	.813	.146	.041	.071	.798	.131	.079	.697	.224	.420	.360	.230
	Low	35	.811	.164	.025	.089	.843	.068	.068	.754	.179	.440	.350	.210
AOT	Medium	66	.805	.14	.055	.061	.752	.188	.081	.629	.290	.350	.410	.240
	High	34	.831	.140	.029	.074	.842	.085	.085	.772	.143	.520	.260	.220
	Low	29	.831	.140	.029	.074	.842	.085	.085	.772	.143	.520	.260	.220
CMT	Medium	66	.856	.129	.015	.057	.816	.127	.068	.718	.214	.440	.370	.200
	High	40	.725	.206	.069	.120	.750	.130	.110	.700	.190	.460	.330	.210
	Low	40	.893	.091	.016	.053	.903	.044	.053	.772	.175	.420	.370	.200
PIT	Medium	52	.740	.188	.072	.089	.731	.180	.094	.668	.238	.380	.370	.260
	High	43	.826	.148	.026	.067	.782	.151	.084	.663	.253	.460	.330	.210
	Low	35	.775	,179	.046	.057	.804	.139	.110	.650	.250	.470	.340	.190
PET	Medium	66	.820	.140	.040	.074	.792	.134	.061	.703	.237	.380	.390	.230
	High	34	.831	.132	.037	.081	.805	.114	.085	.739	.176	.420	.320	.260
	Low	29	.746	.228	.026	.091	.767	.142	.110	.75	.14	.453	.478	.069
CRT	Medium	49	.755	.168	.077	.087	.776	.138	.110	.690	.200	.350	.380	.270
	High	57	.897	.086	.018	.048	.833	.118	.039	.673	.287	.450	.280	.270

表 9　信憑性の低い因果条件文の各事例に対する真偽判断の割合

			TT			TF			FT			FF		
尺度	群	標本数	T	F	I	T	F	I	T	F	I	T	F	I
ALL	All	135	.813	.146	.041	.071	.798	.131	.079	.697	.224	.420	.360	.230
	Low	35	.575	.361	.640	.279	.657	.064	.210	.650	.140	.340	.450	.210
AOT	Medium	66	.530	.360	.110	.250	.600	.150	.180	.580	.240	.240	.400	.370
	High	34	.515	.423	.062	.327	.596	.077	.240	.610	.160	.340	.380	.280
	Low	29	.460	.420	.120	.280	.590	.140	.210	.470	.330	.190	.430	.380
CMT	Medium	66	.604	.328	.068	.254	.648	.098	.170	.650	.180	.300	.440	.260
	High	40	.487	.422	.091	.320	.580	.100	.240	.640	.120	.340	.340	.320
	Low	40	.603	.341	.056	.297	.641	.062	.200	.630	.170	.300	.450	.250
PIT	Medium	52	.480	.390	.130	.260	.620	.110	.190	.610	.190	.290	.370	.340
	High	43	.549	.387	.064	.280	.580	.140	.210	.570	.220	.280	.410	.300
	Low	35	.510	.380	.110	.300	.618	.082	.240	.600	.170	.310	.410	.280
PET	Medium	66	.559	.373	.068	.260	.620	.120	.200	.580	.220	.270	.420	.300
	High	34	.522	.379	.099	.290	.600	.110	.170	.650	.180	.310	.370	.320
	Low	29	.490	.390	.120	.336	.595	.069	.220	.685	.095	.240	.530	.230
CRT	Medium	49	.430	.450	.120	.320	.560	.120	.230	.600	.170	.260	.420	.320
	High	57	.656	.305	.039	.210	.680	.110	.160	.570	.270	.340	.340	.320

スクロール表示が画像内の要素の位置記憶に及ぼす影響
Effect of Scrolling Display on Object Location Memory in an Image

藤井 佑実子[†*]，森田 ひろみ[†]
Yumiko Fujii, Hiromi Morita

[†]筑波大学 図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information, and Media Science, University of Tsukuba
[*]fujii.yumiko.ge@u.tsukuba.ac.jp

概要

携帯型情報端末の小さな画面上での視覚情報処理は，通常の視覚環境とは異なる特徴を持つが，それが画像の認知にどのような影響を与えるかは詳しく調べられていない. そこで本研究では心理学実験を用いて，スクロール表示が画像内の要素の位置記憶に与える影響を明らかにすることを目的とした. 実験の結果，画像内の要素の位置を記憶するときスクロール表示では，窓を通して観察することにより，また画像の絶対位置を移動することにより，観察時間が長くなることが示された.

キーワード：視知覚，位置記憶，スクロール，携帯型情報端末

1. はじめに

私たちは日常的に，スマートフォンやタブレットなどの携帯型情報端末の小さな画面を通して様々な情報を取得している．このような小さな画面内の情報に注目するという視覚情報処理は，通常の視覚環境とは異なるいくつかの特徴を持つ.

まず，画面のサイズが限られているため，それよりも大きなサイズの画像をそのままの表示倍率で閲覧するときには，画面をスクロールすることによって断片を経時的に観察しなければならない. そのため，画像の全体像を捉えるためには断片情報を視覚作業記憶上で統合させる必要がある．画像を断片ごとに観察するときの画像知覚特性については以前から研究されている[1][2][3]. 例えば Ikeda & Uchikawa (1978)[2]の実験では，10×10 の画素(つまり 100 コマの断片)に分割された画像を，その分割位置に対応した 100 個のボタンのうち１つずつを押すことよって断片ごとに観察し，後に画像に関する質問に答える. 実験の結果，ほとんどの参加者は観察後に画像に何が描かれているかを答えることができたが，後に画像の全体像を見せると「自分がイメージしていたものとは全く違う」と驚いたと報告されている. このことは，画像を断片ごとに経時的に観察した場合，画像内の要素の形や位置から論理的に推測して画像内容を言葉で表すことができたとしても，必ずしも視覚作業記憶上で断片を正確に統合しているとは限らないことを示唆する.

また，窓を通すことによって可視領域が制限されることの視覚情報処理への影響についてはこれまで，眼球運動に伴い移動する視野制限窓を用いた研究で検討されてきた. その結果，窓の大きさが小さくなるにつれて，視覚探索課題における探索時間が長くなることなどが報告されている[4]．このことから，窓の外の周辺視野の情報が視覚探索などの認知的な処理を効率的にすることに貢献することが示唆される.

さらに，携帯型情報端末の小さな画面における画像閲覧では，画像を画面内に引き込むことによって画像の絶対位置を移動させて観察する点も，通常の視覚環境に比べて特徴的である．このように観察することにより，見た画像の断片を視覚作業記憶上で元の位置に戻して統合する必要がある. 先行研究において，複数物体が存在するシーンにおける物体記憶はその位置に基づいて符号化されると示唆されていることを考えると[5]，スクロールにより画像の絶対位置が変化してしまうことや，小さな窓を通すことによって周辺視野が使えず物体間の位置関係を把握しづらいことは，画像内の物体の位置の記憶を困難にする可能性がある.

以上のように，小さな窓を通したスクロール表示による画像知覚は，通常の視覚環境とは異なり，可視領域が限られること，さらに画像の絶対位置が変化するという特徴を持つが，それが認知にどのような影響を与えるのかはこれまで実験的に詳しく調べられていない[6]．そこで本研究では，スクロール表示が画像内の要素の位置の記憶に与える影響について明らかにすることを目的とした. 実験では，タッチパネルディスプレイ上に複数の物体をランダムな位置に配置した画像を提示し，実験参加者に十分に観察してもらった後，画面に１つの物体を提示し，それが先ほどの画像のどこに位置していたか再生する課題を行った. このとき，観察条件は次の３種類設けた. スクロール条件では，従来のスクロール方法で画像を観察する. つまり，固定された窓内に画像を引き込んで観察する. これに対し，移動窓条

件では画像の位置は固定されており，窓を見たい部分に移動して画像を観察する．移動窓条件では，スクロール条件と同様に画像の断片を視覚作業記憶上で統合させる必要があるが，スクロール条件とは異なり画像を動かさないため，観察した位置がそのまま物体の位置である．したがってスクロール条件と移動窓条件を比較することで，スクロールにより物体の絶対位置を移動させて観察することが記憶にどのような影響を与えるか知ることができる．そして，窓無し条件では，窓を通さずに画像全体を観察する．窓無し条件と他の条件を比較することで，窓を通して断片を経時的に観察することが記憶に与える影響を知ることができる．もしもスクロール表示により画像内の要素の位置の記憶が困難になる場合は，スクロール条件において他の条件よりも低い課題正答率かつ/または長い画像観察時間が観察されることが予測される．また，窓を通して画像を観察する条件（スクロール条件と移動窓条件）では，窓サイズの条件を大小２種類設けることにより，可視領域の大きさの影響を調べた．スクロール表示の影響は窓の大きさが小さいほど顕著に表れることが予測される．

2. 方法

2.1. 実験参加者

正常な視力（矯正視力を含む）を有する 19～24 歳までの 22 名の実験参加者（男性 9 名，女性 13 名）が実験に参加した．実験は，筑波大学図書館情報メディア系における研究倫理審査を受け，実験参加者への十分な説明と，書面による同意の上で行われた．

2.2. 実験環境

パーソナルコンピュータ（DELL 社製 DELL PRECISION 390）と 23 インチのタッチパネル内臓液晶ディスプレイ（EIZO FlexScan T2381W，解像度 1920×1080 px）を使用し，刺激の提示は MATLAB と Psychtoolbox[7][8][9]で制御した．

椅子の高さやタッチパネルディスプレイの角度は，実験開始前に実験参加者がディスプレイを操作しやすいように調整した．なお，顔を固定するとディスプレイへのタッチ操作がしづらくなるため，顎台は使用しなかった．そのため実験参加者間で観察距離が一定にはなっていない．以下で示す視角の算出では，視距離のおおよその目安として 45 cm の観察距離を仮定した．また，実験は通常照明下で行った．

2.3. 刺激

図 1 に刺激画像の一例を示す．刺激画像の大きさは 700×700 px であり（視角 23.3×23.3°），その画像領域を 4 × 4 の 16 マスに等分割した．そして，16 マスのうちランダムに選んだ 10 マスに物体画像[10][11]を配置した．また，刺激画像は橙色の線で縁取りされた．

図 1　刺激画像の一例

2.4. 手続き

物体位置再生課題の 1 試行の流れを図 2 に示す．まず，画面中央に提示される＋マークを実験参加者がタッチすると，試行が開始される．次に画面中央に 2 桁のランダムな数字が 1 秒間提示される．後に提示される刺激画像の内容を言語で記憶に符号化することを妨

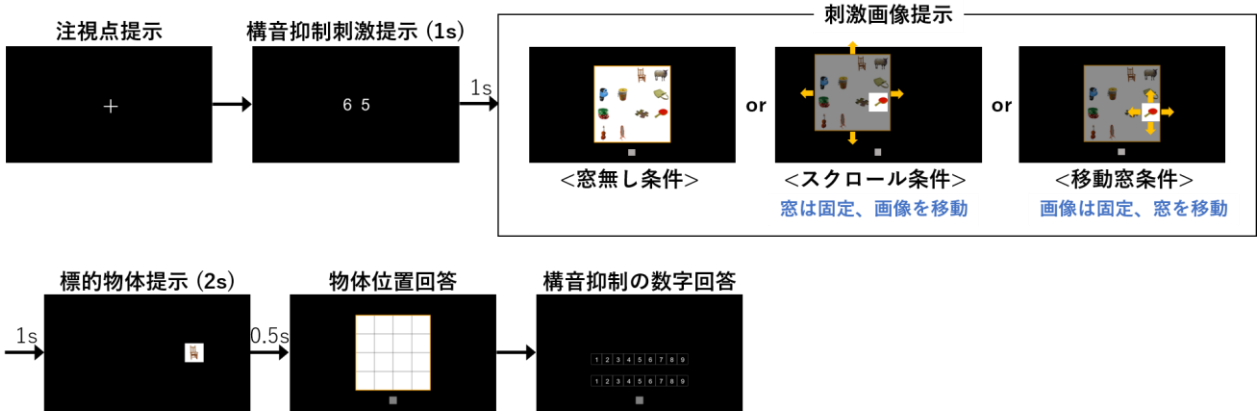


図 2　物体位置再生課題の 1 試行の流れ

害するために，実験参加者はこの数字を試行が終了するまで繰り返し口頭で唱え続けるよう要求される．その 1 秒後，刺激画像が提示される．参加者は刺激画像を 3 つの観察条件で観察し，画像内の物体の位置を覚える．窓無し条件では，画面中央に刺激画像全体が表示されるため，実験参加者はそれをそのまま観察した．スクロール条件と移動窓条件では，画面中央に 175×175 px(窓小，一辺が視角 5.9°)もしくは 233×233 px（窓大，一辺が視角 7.9°）の窓があり，その窓を通して，画面中央に配置された刺激画像を見ることができる．スクロール条件では，実験参加者は窓をタッチし指をスライドさせることで画像を移動させ，刺激画像中の観察したい領域を窓内にひきこんで表示させる．このとき窓の位置は固定されており，指が窓の外に出ても刺激画像は指に追従して移動することができた．移動窓条件では刺激画像は固定された位置にあり，実験参加者は窓にタッチし指をスライドさせることにより窓を刺激画像中の観察したい領域に移動させる．

実験参加者は以上のような方法で刺激画像を十分に観察できたと思ったら，画面下部にあるボタンを押す．つまり，観察時間に制限を設けなかった．1 秒間のブランクの後，画面の左領域もしくは右領域に先ほどの刺激画像内に含まれていた物体のうちランダムに選ばれた１つ（標的物体）が 2 秒間提示され， 0.5 秒後，解答画面が表示される．解答画面では， 4 × 4 の格子が表示されるため，実験参加者は刺激画像の中で標的物体が配置されていた位置のマス目をタッチして選択し，画面下部にあるボタンを押す．その後，試行の最初に提示されていた 2 桁の数字を答えるように要求される．適切な数字をタッチして選択し，画面下部にあるボタンを押して回答を確定する．

なお，実験参加者はタッチ操作をすべて利き手の人差し指で行った

2.5. デザイン

観察条件は，窓無し条件，スクロール条件，移動窓条件の３種類設けた．また，スクロール条件と移動窓条件については，窓サイズを小と大の２種類設けた．したがって，実験参加者は合計５条件（窓無し条件，スクロール条件・窓サイズ小，スクロール条件・窓サイズ大，移動窓条件・窓サイズ小，移動窓条件・窓サイズ大）について各３試行の練習と 10 試行の本試行を行った．各条件の試行順序は，実験参加者間で変えてカウンターバランスをとった．

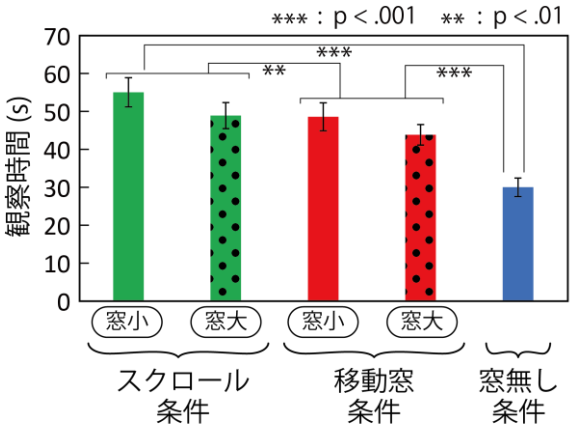


図３　観察時間

3.　結果

22 名の実験参加者のうち２名は全条件の平均観察時間もしくは平均正答率が，全実験参加者の平均値から標準偏差の３倍以上離れていたため結果から除外した．したがって，分析に用いたのは 20 名の実験参加者のデータであった．

3.1. 観察時間

各条件における平均観察時間を図３に示す．まず，観察条件間の観察時間の差を検討するために，窓無し条件の観察時間と，スクロール条件の２つの窓サイズ条件の平均観察時間と，移動窓条件の２つの窓サイズ条件の平均観察時間を比較した．観察時間について，観察条件（窓無し条件 vs. スクロール条件 vs. 移動窓条件の３水準）を要因とする被験者内１要因分散分析を行ったところ，主効果が有意であった（$F(2,38)=60.1, p<0.001$，$\eta_p^2=0.8$）．そこで，Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ，すべての条件間に有意差がみられ（窓無し条件とスクロール条件間：$p<0.001, d=1.6$，窓無し条件と移動窓条件間：$p<0.001, d=1.3$，スクロール条件と移動窓条件間：$p<0.01, d=0.4$,），スクロール条件，移動窓条件，窓無し条件の順番で観察時間が長いことが分かった．

次に，窓を通して観察する条件における窓サイズの違いによる観察時間の差を検討するために，スクロール条件の２つの窓サイズと移動窓条件の２つの窓サイズの観察時間を比較した．観察時間について，観察条件（スクロール条件 vs. 移動窓条件の２水準）と窓サイズ（小 vs. 大の２水準）を要因とする被験者内２要因分散分析を行ったところ，観察条件の主効果と窓サイズの主効果が共に有意であったが（観察条件の主効果：

$F(1, 19) = 10.4, p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.4$, 窓サイズの主効果 : $F(1, 19) = 15.7, p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.5$), それらの交互作用は有意ではなかった ($F(1, 19) = 0.2, p = 0.7$, $\eta_p^2 = 0.01$). したがって, 交互作用は見られなかったが, スクロール条件と移動窓条件では, 窓サイズが小さいほうが観察時間が長いことがわかる.

3.2. 正答率

各条件における平均正答率を図４に示す. 正答率についても観察時間の分析と同様の方法で統計的分析を行った.

まず, 正答率について, 観察条件 (窓無し条件 vs. スクロール条件 vs. 移動窓条件の３水準) を要因とする被験者内１要因分散分析を行ったところ, Mauchly 検定で球面性が仮定できなかったため Greenhouse-Geisser 法により自由度を修正して検定を行った. その結果, 主効果が見られず, 観察条件による正答率の差は有意ではないことがわかった ($F(1.5, 29.0) = 2.1, p = 0.2$, $\eta_p^2 = 0.1$).

次に, 正答率について, 観察条件 (スクロール条件 vs. 移動窓条件の２水準) と窓サイズ (小 vs. 大の２水準) を要因とする被験者内２要因分散分析を行ったところ, いずれの主効果も有意でなく (観察条件の主効果 : $F(1, 19) = 0.3, p = 0.6$, $\eta_p^2 = 0.01$, 窓サイズの主効果 : $F(1, 19) = 0.1, p = 0.8$, $\eta_p^2 = 0.005$), 観察条件と窓サイズの交互作用も見られなかった ($F(1, 19) = 0.1, p = 0.8$, $\eta_p^2 = 0.01$). したがって, 窓を通して観察する条件では, 交互作用は見られず, 観察条件や窓サイズによっても正答率が有意に異ならないことがわかる.

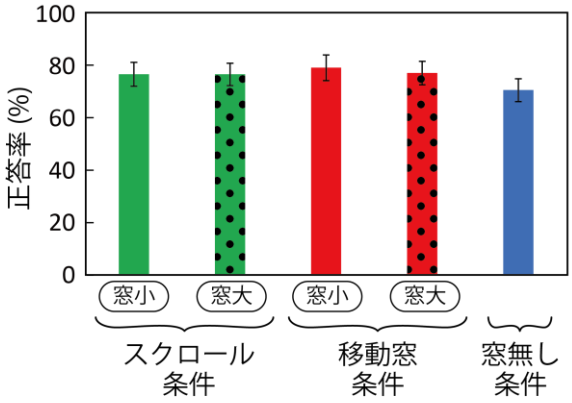


図４　正答率

4. 考察

本研究は, スクロール表示が画像内の要素の位置の記憶にどのような影響を与えるか明らかにすることを目的とした. 実験では参加者に, 複数の物体が配置された画像を３つの観察条件で自由な時間観察してもらい, 観察終了直後に画像中に含まれていた１つの物体の位置を再生してもらった. このとき観察条件は, 従来のスクロール方法で観察するスクロール条件と, 画像ではなく窓を移動させて観察する移動窓条件と, 窓を通さずに観察する窓無し条件の３つであった.

実験の結果, まず, 課題の正答率については観察条件間で有意な差はなかった. このことから, 今回のように自由な時間をかけて観察できる状況下では, 窓を通して画像の断片を経時的に観察したり, 画像の絶対位置が移動したりするような特別な視覚環境でも, 画像内の要素の位置を十分正確に知覚して記憶できることが示唆される. 一方で, Ikeda & Uchikawa (1978)[2]は, 分割された画像を断片ごとに経時的に観察するような条件において, 何が描かれているか把握できたと思うまで十分に観察した場合でも, 画像の断片情報を視覚作業記憶上で正確に統合しているとは限らないことを示唆する実験結果を報告していた. これを考慮すると, スクロール表示された画像の全体像を通常の視覚環境と同等に正しく知覚できるかどうかは本研究からは定かではないが, 少なくとも本実験のように画像内の要素の位置を覚える場合には, 十分に時間をかければ通常の視覚環境と同等に知覚し記憶できると考えられる.

ただし, 観察時間についてはスクロール条件, 移動窓条件, 窓無し条件の順で長いことが分かった. まず, 窓を通して観察することにより観察時間が長くなったことから, 窓を通して画像の要素の位置を正確に記憶するためには時間を要することが示唆される. また, 窓を通した観察でも, 移動窓条件に比べて画像スクロール条件の方が観察時間が長かったことから, スクロールによって移動して観察した物体を, 視覚作業記憶上で元の位置に関係づけることにも時間を要する可能性が示唆される.

以上をまとめると, スクロール条件では物体の位置を正しく知覚し視覚作業記憶に符号化するために, 他の観察条件よりも時間をかけて画像を繰り返し観察しなければならなかったことが示唆される. これに関連して先行研究では, シーン内の物体を記憶するときに, 同じ物体を繰り返し注視して観察することによって記憶が安定することが示唆されている[12][13]. したがって本研究では, スクロール条件で他の観察条件よりも観察に時間をかけたことにより, 正答率が他の観察条件と同等まで高まった可能性が考えられる. もしそう

であるならば，観察にかけられる時間を観察条件間で一定にすると，今回観察されなかった物体位置再生課題の正答率の差が見られる可能性がある．

では，なぜスクロール表示されると，画像内の物体の位置を正しく記憶するのに時間を要するのだろうか．１つの可能性としては，スクロール表示において「何がどこにあるのか」という情報を獲得するのに時間を要することが起因していると考えられる．我々の以前の研究では，視覚探索課題を用いて今回と同じ３つの観察条件間で標的の探索効率を比較した [6]．その結果，スクロール条件では他の条件よりも探索時間が長くかかっており，探索効率が悪いことがわかった．この結果を踏まえると，スクロール表示では画像内の各要素を探索するのに時間がかかるため，結果的に各要素の位置を覚えるのに時間がかかる可能性が考えられる．ただし，このことだけでスクロール条件における長い観察時間を説明できるとは限らない．例えば，スクロール条件と窓無し条件との観察時間の差については，一度に表示される情報量の違いが影響している可能性がある．これまで，眼球運動に伴い移動する視野制限窓を用いた先行研究では，窓の外の周辺視野の情報が視覚探索などの認知的な処理の効率化に貢献することを示唆する実験結果が得られている[4]．したがって，窓を通して画像を観察することで周辺視野が使えなくなったために，スクロール表示において画像内の要素の位置の知覚効率が落ちた可能性が考えられる．さらにスクロール条件と移動窓条件との観察時間の差に影響しうる要因としては，条件間の操作性の違いが考えられる．対象を捉える視線の方向と窓の移動方向が，移動窓条件では一致するが，スクロール条件では一致しないため操作に若干の負荷がかかる可能性が考えられる．

また，本研究ではスクロール表示の影響が窓の大きさが小さいほど顕著に表れるかどうかを確かめるために，窓を通して観察する２つの条件（スクロール条件と移動窓条件）で，窓サイズの条件を大小２種類設けることによって検証した．その結果，観察時間においても正答率においても観察条件と窓サイズの要因の交互作用は見られなかった．したがって，画像内の要素の位置の記憶において，窓サイズによってスクロール表示の影響が顕著になることはなかったと言える．ただし，２つの窓サイズの差が本実験よりも大きければ，結果が異なる可能性も考えられる．このことについては今後検討する必要があるだろう．

なお，注意しなければならないことに，以上のような結果には今回の刺激画像のデザインが影響している可能性が懸念される．本実験で用いた刺激画像は，４×４の仮想格子を仮定し，その 16 マスのうちランダムに選んだ 10 マスに物体を配置したものであった．そのため，頭の中に格子のイメージを持ちながら物体を順番に注視することによって，頭の中のマス目に順番に物体を当てはめるようにして記憶することを促していた可能性がある．もしそうだとすれば，どの観察条件でも同様のプロセスで記憶するため，観察条件間で物体位置再生課題のパフォーマンスに差が出にくいことが予測される．日常場面では，閲覧する画像内の要素が規則正しく並んでいるということは多くはないため，今後はランダムな位置に物体を配置した画像についても同様の検討を行う必要があると考えている．

最後にまとめると，本研究では，スクロール表示が画像内の要素の位置の記憶に与える影響を調べた．その結果，画像内の要素の位置を記憶する正確さに関しては，今回の実験のように自由な時間観察できる状況下では，スクロール表示によって低下することはなかった．ただし，スクロール表示では窓を通して観察することにより，また画像の絶対位置を移動することにより，観察時間が長くなることが示された．このことは，スクロール表示では，画像内の要素の位置を正しく知覚し記憶するのに時間を要することを示唆する．

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費の助成 21K12602、21K13744 を受けたものである．

文献

[1] De Rover, M., Petersson, K. M., Van der Werf, S. P., Cools, A. R., Berger, H. J., & Fernández, G. (2008). Neural correlates of strategic memory retrieval: Differentiating between spatial‐associative and temporal‐associative strategies. *Human brain mapping*, 29(9), pp. 1068-1079.

[2] Ikeda, M., & Uchikawa, K. (1978). Integrating time for visual pattern perception and a comparison with the tactile mode. *Vision Research*, 18(11), pp. 1565-1571.

[3] Unuma, H. (1993). Spatio-temporal integration in visual perception sequential part presentation and two levels of information integration. *Japanese Psychological Research*, 34(4), pp. 158-164.

[4] Bertera, J. H., & Rayner, K. (2000). Eye movements and the span of the effective stimulus in visual search. *Perception and Psychophysics*, 62(3), pp. 576–585.

[5] Hollingworth, A., & Rasmussen, I. P. (2010). Binding objects to locations: the relationship between object files and visual working memory. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 36(3), pp. 543–564.

[6] Fujii, Y., & Morita, H. (2020). Visual search within a limited

window area: scrolling versus moving window. *i-Perception*, 11(5), 2041669520960739.
[7] Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), pp. 433-436.
[8] Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, 36, Suppl., 1.
[9] Pelli, D. G. (1997). The Video Toolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), pp. 437–442.
[10] Brodeur, M. B., Dionne-Dostie, E., Montreuil, T., & Lepage, M. (2010). The Bank of Standardized Stimuli (BOSS), a new set of 480 normative photos of objects to be used as visual stimuli in cognitive research. *PloS one*, 5(5), e10773.
[11] Brodeur, M. B., Guérard, K., & Bouras, M. (2014). Bank of standardized stimuli (BOSS) phase II: 930 new normative photos. *PloS one*, 9(9), e106953.
[12] Endress, A. D., & Potter, M. C. (2014). Something from (almost) nothing: buildup of object memory from forgettable single fixations. Attention, *Perception and Psychophysics*, 76(8), pp. 2413–2423.
[13] Pertzov, Y., Avidan, G., & Zohary, E. (2009). Accumulation of visual information across multiple fixations. *Journal of Vision*, 9(10), 2.

顔アイコン画像を用いた心的回転(2)：表情別性差の効果
Mental rotation using facial icon pictures (2):
The effects of facial expressions and sex difference

林　美都子
Mitsuko Hayashi

北海道教育大学函館校
Hokkaido University of Education HAKODATE
hayashi.mitsuko@h.hokkyodai.ac.jp

概要

本研究では、林(2022)に引き続き、顔アイコン画像を用いた心的回転実験を行った。大学生 59 名の協力を得て、個別にオンライン実験を実施した。真ん中に提示された顔アイコンの左右に、回転させた顔アイコンと反転回転させた顔アイコンを提示し、一致するものを選ばせ、反応時間と判断の正誤を測定した。正答の反応時間を分散分析したところ、笑顔や怒り顔では、女性よりも男性の反応時間が速かったが、真顔では性差は示されなかった。

キーワード：心的回転, 表情認知、性差、ソーシャルスキル得点(Kiss18)

1.　はじめに

回転された視覚刺激を提示し、正位置として認識するまでに必要とされる反応時間等を計測する心的回転課題により、これまでに、さまざまな空間認知活動の特徴が明らかにされてきた。Shepard & Meltzler(1971)や Cooper & Shepard（1973）では、無意味な図形やアルファベットなどの記号を回転させ、180 度ひっくり返った状態を頂点として、回転角度が大きいほど、正位置と認識するのに時間を要することを明らかとした。

また、Kimura(1992)以降、男性の反応速度は女性より速いことが明らかとなったが、蒔苗・河西(2017)は、回転図形を身体化した場合には女性の方が男性よりも速度向上が顕著であることを示した。林(2022)では、顔アイコンを用いたところ、反応速度に性差が示されなかったことが報告されている。視覚刺激が単なる図形やアルファベットなどではなく、人間やその一部であることを意識させることにより、心的回転課題における性差の効果が弱くなる、もしくは消失する可能性が示唆されたように考えられる。

このような現象が生じた理由として、さまざまなものが考えられようが、心的回転や空間的視点取得に共感性が関わっている可能性を指摘している廣川・月元(2021)は大変興味深い。

以上の先行研究を踏まえ、本研究では以下の 2 点を主な目的とした。

1. 顔アイコンを用いた林(2022)の追試を行う。林(2022)では行われていなかった表情別分析、真顔、笑顔、怒り顔によって反応時間に性差が生じるか確認を行う。
2. 参加者のソーシャルスキル能力に性差があったか Kiss-18 を用いて確認を行う。

2.　方法

2.1.　参加者

大学生 59 名(男性 30 名; 女性 29 名)。

2.2.　刺激項目

林(2022)で用いられたものと同様で、イラスト AC より、男の子並びに女の子の顔で、笑顔、真顔、怒り顔の表情が表現されたフリー素材の顔アイコンをダウンロードして用いた。それぞれの顔アイコンを、0 度から 30 度刻みで回転させ、合計 144 種類作成した。

2.3.　実験ツール

刺激の提示や反応速度と正誤反応の測定には、オンライン実験アプリ Psytoolkit(Stoet, 2010, 2017)を用いた。

2.4.　手続き

実験は参加者のパソコンを用いて、オンライン経由の個別実験で行われた。参加者と実験者は、LINE もしくは ZOOM を用いて、必要に応じてリアルタイムにやり取りが出来る環境であった。

まず、練習課題として、本実験では用いない顔アイコンをモニタ真ん中付近に提示し、その顔アイコンを回転させたものとその顔アイコンを反転させて回転させたものを左右に表示し、正位置に戻したときに真ん中に示した顔アイコンと同一のものを選択するよう求

めた。真ん中に表示される顔アイコンの表情は、必ず真顔であるが、左右に表示される顔アイコンは、笑顔、真顔、怒り顔のいずれかであり、出現順序はランダムであった。参加者に疑問等がないか確認した後、本実験を行った。

本実験では、男の子の顔アイコンのみを用いた男の子試行群 72 回と女の子の顔アイコンのみの女の子試行群 72 回があり、参加者にはいずれの試行群にも参加を求められ、試行群の実施順は参加者間でカウンターバランスするようにした。

その後、KISS-18 ソーシャルスキルに関する質問と年齢や性別などに関するアンケートを実施して、実験を終了した。

3. 結果

3.1. 表情別平均反応時間

表 1 には、真顔、笑顔、怒り顔の表情別に回転角度ごとの平均反応時間(ms)を性別別にまとめた。真顔において性差と回転角度との 2 要因分散分析を行ったところ、交互作用は示されなかった(F(11, 616)=0.34, ns)。性差の主効果はなかった(F(1, 56)=3.05, p<.10)。回転角度の主効果は有意であった(F(11,528)=16.28, p<.01)。LSD 法による下位検定の結果、180 度における反応時間がもっとも遅く、180 度から 360 度へと近づくにつれて、あるいは 180 度から 0 度へと近づくにつれて反応時間が速くなることが示された(MSe=515265.89, p<.05)。

笑顔について同様に分析したところ、交互作用は示されなく(F(11, 616)=0.55, ns)、性差の主効果が示された(F(1, 57)=4.28, p<.05)。回転角度の主効果は有意であった(F(11, 627)=13.71, p<.01)。LSD 法による下位検定の結果は、真顔同様であった(MSe=185236.69, p<.05)。

怒り顔について同様に分析したところ、交互作用は示されなく(F(11, 627)=1.03, ns)、性差の主効果が示された(F(1, 57)=9.79, p<.01)。回転角度の主効果は有意であった(F(11, 627)=13.32, p<.01)。LSD 法による下位検定の結果は、真顔同様であった(MSe=290224.56, p<.05)。

3.2. ソーシャルスキル得点

男性の平均得点は 61.48(SD 7.86)、女性は 62.63(SD13.27)であった。一要因分散分析の結果、両者に統計的有意差はなかった(F(1,57)=0.16,ns)。

4. 考察

本研究の結果、顔アイコンを用いると心的回転の反応時間に男女差が示されなくなるという林(2022)の結果の一部は再現されたが、共感性を内包する可能性があるソーシャルスキル得点に今回は性差が示されず、そこに理由が求められるかは明確にならなかった。

本研究では真顔の時の平均心的回転反応時間には性差は確認されず、笑顔と怒り顔では男性は女性よりも反応が速かった。表出された感情の処理に要する時間に男女差のある可能性が示唆される。あるいは、本研究では基準として示す中央顔が常に真顔であるため、図形の同一性により真顔では女性も男性もほぼ同等の反応時間となった可能性なども考えられるが、その場合、同一図形を用いた先行研究で示された男女差が顔アイコンでは確認されなかったことが強調される。今後、顔写真や異なる共感性尺度の使用も検討したい。

主な引用文献

[1] 林美都子(2022) 顔アイコン画像を用いた心的回転 ―性差と表情の効果― 日本認知心理学会第 19 回大会発表論文集, 87 (要旨)

[2] Shepard RN, Metzler (1971) Mental rotation of three-dimensional objects. Science, 1971, 171: 701-703.

[3] 蒔苗 詩歌・河西 哲子(2017) 心的回転による身体への類推と性差 心理学研究,88(5), p452-459

[4] Stoet,G.(2010). Psytoolkit - software package for programming psychological experiments using Linux. Behavior Research Methods, 42, (4), 1096-1104.

[5] Stoet, G. (2017). PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments. Teaching of Psychology, 44(1), 24-31.

表 1. 真顔、笑顔、怒り顔の顔アイコンにおける男女別心的回転平均反応時間(ms)

	0度	30度	60度	90度	120度	150度	180度	210度	240度	270度	300度	330度
真顔_男性	1477.10	1368.96	1445.08	1608.97	1868.55	2031.06	2003.68	1992.42	1805.48	1458.14	1426.82	1480.26
真顔_女性	1619.87	1531.77	1631.76	1682.08	1978.91	2059.54	2118.40	2171.24	2013.14	1760.16	1603.71	1592.06
笑顔_男性	1403.78	1408.46	1445.61	1482.84	1810.93	1898.24	1873.92	1879.92	1658.35	1596.57	1334.77	1574.99
笑顔_女性	1528.05	1587.59	1553.80	1791.69	1919.16	2096.41	2137.62	2020.53	1873.39	1626.27	1628.16	1725.61
怒り顔_男性	1279.93	1518.01	1489.61	1587.76	1668.57	1944.43	1934.58	1767.68	1651.53	1577.72	1414.71	1303.39
怒り顔_女性	1478.16	1674.50	1593.62	1920.45	2217.50	2202.82	2280.96	2322.48	1863.69	1804.60	1623.16	1549.69

コードスイッチングが実行機能メカニズムに与える影響：日英早期バイリンガルと後期バイリンガルの比較

The effect of code-switching experience on dual mechanisms of cognitive control: comparison between early and late Japanese-English bilinguals

恵　宇晨†，東　玲奈‡
Yuchen Hui, Rayna Azuma
†東京大学総合文化研究科，‡早稲田大学国際教養学部
University of Tokyo, Graduate School of Arts and Sciences; Waseda University, School of International Liberal Studies
huiyuchen@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract

There is a controversial debate as to whether bilingualism enhances cognitive control performance. This study aims to gain novel insight into the mechanisms that underlie the bilingual advantage in cognitive control and investigate the effect of code-switching experience in daily life, rather than language proficiency, on the mechanisms that underlie the bilingual advantage in cognitive control. We compared the performances of early and late Japanese-English bilinguals on the AX-Continuous Performance Task (AX-CPT). We found early bilinguals and late bilinguals show different cognitive control mechanisms to cope with interference: with the late bilinguals, the more frequently they switched languages in their L1 environment, the better they performed in the proactive control tasks. In contrast, with the early bilinguals who are generally more proficient, the frequency of code-switching did not modulate their dual mechanism of cognitive control (DMC) any better, showing little correlation with the ability of proactive control. These findings verify the role of switching frequency in the development of cognitive control and suggest a better understanding of the nature of mechanisms regulating early and late bilinguals' brains.

Keywords — Executive Function, Bilingualism, Language Switching, Dual Mechanisms of Control, Second Language Proficiency, Cognitive Control

I. Background

There is a controversial debate as to whether bilingualism enhances cognitive abilities. Over the past two decades, researchers have reported that bilingual individuals demonstrate cognitive advantages compared to monolingual peers on both linguistic and non-linguistic measures. However, it is still unclear whether such advantages are equally present in all types of bilinguals, or what cognitive and neural modules underlie them. There has been a tendency to overemphasize bilingual language proficiency, while failing to address the effect of code-switching experience. A recent neuroimaging study (Chen et al., 2021) has demonstrated that language switching training modulates the neural interaction of domain-general cognitive control, which gives the critical implication for future studies to continue exploring how the code-switching behaviors influence the mechanism of bilinguals' cognitive control.

II. Objective

In the current study, we examine the effect of code-switching experience on cognitive control abilities in young Japanese-English bilinguals.

In the previous studies, relatively few researchers have examined the effect of code-switching frequency on cognitive control. Among rare studies to explore the relationship between the performance of non-linguistic task-switching and the experience of language switching, Prior and Gollan (2011) compared the performance of Spanish–English bilinguals and Mandarin–English bilinguals in task-switching and language-switching paradigms. In their study, Spanish–English bilinguals showed a higher frequency of switching languages in daily life; however, Mandarin–English bilinguals switch languages less frequently. The results showed that bilinguals who regularly switch between languages performed with smaller task-switching costs, which suggested the relationship between language switching and bilingual task-switching benefits. Similar findings have been reported by Hartanto and Yang's (2016) that bilinguals within the dual-language context showed smaller switch costs than bilinguals within the single-language context. They applied diffusion-model analysis on subjects and verified that code-switching experience benefits from

task-set reconfiguration rather than proactive interference.

Based on previous research experience, it can be concluded that switching between different languages, relative fluency of the languages they can speak, and experience in terms of years they have been code-switching will lead to differences in cognitive control. Therefore, this study will focus on two types of young Japanese-English bilinguals: early bilinguals and late bilinguals. Early bilinguals will mainly have acquired both Japanese and English naturally by pre-school age. Hence, early bilinguals would show excellent fluency in both two languages and are used to adapting to code-switching behaviors in daily life, which could offer much more frequency of code-switching. In contrast, we define late bilinguals as those who have acquired the second language as a foreign language after the age of puberty (i.e., 12 years or later). In our research, late bilinguals refer to native Japanese speakers who learned English as a second language. They do not switch languages as skillfully or as frequently as early bilinguals and there is a great imbalance between the two languages. To sum, it is the differences in relative fluency and experience in terms of years they have been code-switching that lead to the differences in cognitive control performance between the two groups and also the different mechanisms under the performances, which is the focus of this paper.

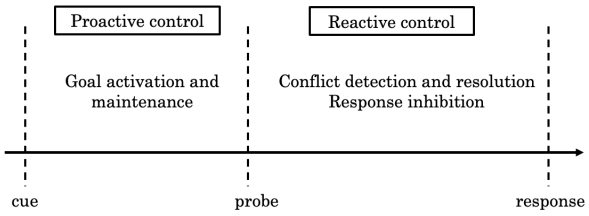


Figure 1 the dual mechanism of cognitive control(DMC) framework

In this study, we chose to use the AX-CPT tasks to examine the effect of code-switching experience on the dual mechanism of cognitive control (DMC, Braver et al., 2012, see Figure 1). In recent years, some researchers have tried to apply a dual mechanism of cognitive control (DMC) to explain cognitive advantage of bilingualism. The main principle of the dual mechanism of cognitive control (DMC) was first put forward by Braver and his colleagues (2007). They proposed that there are two qualitatively distinct control modes to uncover and combine the mechanisms enabling cognitive control. The dynamic combination of proactive and reactive control is made up of DMC. The proactive control happens ahead of cognitively demanding events, regarded as the form of "early selection" or the act of anticipating; in contrast, reactive control is viewed as "late correction", which happens after the onset of demanding events. In previous studies, researchers pointed out that bilingual advantage should not be explained only by a single process but may be illustrated by the combination of monitoring and inhibition, which are DMC frameworks (Bialystok, Craik, & Luk, 2012; Costa et al., 2009). Specifically, bilinguals need to first monitor the conversation's context and then select the appropriate language to communicate. During this process, proactive control may assist bilinguals in regulating context processing and suppressing unnecessary interference before the complicated communication starts. The results of the behavioral experiment and the ERP experiment using a highly demanding version of the AX-CPT found that bilingualism may modulate the dual mechanism of cognitive control (Morales et al., 2013, Morales et al, 2015). Therefore, in the current study, we chose this more comprehensive DMC framework, rather than a single process model, to evaluate the features of early and late bilingual's cognitive control ability.

In short, the purpose of this study is to compare and contrast the DMC functions between early and late bilinguals. We hypothesized that the early bilinguals would outperform in the DMC because they are more likely to be proficient in code-switching owing to their longer experience compared to that the late bilinguals.

III. Methods

Participants

Fifty-five Japanese-English bilingual young adults (21 female, 34 male, M_{age} = 20.64, SD_{age} = 1.53,

age range = 18 - 24 years) were recruited from Waseda University in Japan. All participants were Japanese native speakers who can also speak English.

Participants completed a language background questionnaire (LBQ) that asked for details about each language they knew, including AoA, proficiency, and frequency of use (see Language Background Measures).

Table 1 Demographics, mean score, and standard deviation on language background measures

	Early Bilingual Group (EBG) N = 30	Late Bilingual Group (LBG) N = 25
Male/female	17/13	17/8
Age (years)	20.52 (1.33)	20.64 (1.66)
Japanese		
AoA[a]	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
Proficiency[b]	9.68 (0.53)	9.84 (0.42)
Usage[c]	0.55 (0.15)	0.81 (0.15)
English		
AoA[a]	4.21 (2.19)	11.4 (1.55)
Proficiency[b]	8.59 (1.02)	6.61 (0.95)
Usage[c]	0.45 (0.15)	0.19 (0.15)
Language-switching[d]	21.72 (3.06)	16.54 (4.94)

[a] AoA = Age of Acquisition
[b] Average of self-reported proficiency in Japanese and English language comprehension, speaking, reading and writing, ranging from 1 = not proficient to 10 = very proficient.
[c] Self-reported proportion of current language use weekly in various contexts (e.g., if a participant reported using a language 40% of the time weekly, the usage score would be 0.40 for this language.)
[d] Total score of 7 questions on the frequency of language-switching, ranging from 1 = never to 5= always.

Based on the answers of LBQ, we classified the participants into two groups: (i) the early bilingual group (EBG) consisting of 30 early bilinguals who had acquired English before 4.5 years old and (ii) the late bilingual group (LBG) consisting of 25 late bilinguals who had acquired English at about 12 years old.

Early bilingual group (EBG) learned both English and Japanese simultaneously before the age of 4.5 (English: M_{AoA} = 4.21 years, SD = 2.19, Japanese: M_{AoA} = 0.00 years, SD = 0.00). Most participants acquired the languages both at home and in school. They also reported English and Japanese as the two most-used languages in their present daily life; the average weekly use of English and Japanese was 45% and 55% respectively.

Cognitive Control Task: AX-CPT task

The AX-CPT tasks (Braver et al., 2012, see Figure2) were used to measure the proactive and reactive cognitive control. In the AX-CPT tasks, each trial began with a plus sign ("+") for fixation, followed by a cue. The cue was an alphabetic letter (excluding X, K, or Y) presented in the center of the screen for 1000 ms, followed by a blank screen as an inter-stimulus interval (ISI) of 1000 ms. After the ISI, the probe appeared. The probe was also an alphabetic letter (excluding A, K, or Y) presented in the center of the screen for 500 ms. According to the instruction, when participants observed an A cue followed by an X probe (i.e., A-X trials), they should press the "Yes" button with the left index finger as quickly as possible. For all the other trials where the cue and probe consisted of letter combinations other than A-S, they had to press the "No" key with the right index finger as quickly as possible. In the English keyboard of a laptop computer, the "c" key was used to indicate "yes" and the "n" key was used to indicate "no". In the experiments, each key was labeled "yes" and "no" as reminders. The participants were instructed to respond only after they have observed the second letter in the pair (i.e., the probe). Responses to the probe stimuli were recorded with a time limit of 1500 ms.

Also, there were four types of trials that conform to the AX-CPT tasks, as used in the study by Braver et al. (2012, Table.2). In each task block, AX pairs took up 70% of the trials, and AY pairs (an A followed by a letter other than X) took up 10% of the trials. BX trials (a letter other than A followed by an X) and BY trials (a letter other than A followed by a letter other than X) both respectively took up 10% of the trials. All the letters except A and X are pseudo-randomly selected. Trials within each block were presented randomly. Based on this proportion, since AX pairs occur at a very high frequency (70% of the trials),

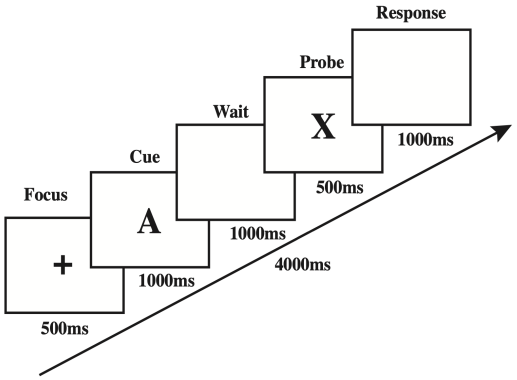


Figure 2 Schematic representation of the AX-CPT procedure

participants prepare to respond Yes after seeing an A cue appearing, motivated by proactive control mechanisms. On the contrary, BX pair's errors was led by the failure in reactive control because X probe induces Yes response. There were two blocks, each consisting of 50 trials in the experiment, resulting in the total of 100 trials for each participant. The reaction time (RT) and the error rate (in %) were collected and used in the data analysis.

Table 2 The four types of trails that conform the task (Braver et al., 2009)

Cue	Probe	%	Response	Condition
A	X	70	Yes	Target Trials
A	Y*	10	No	Errors due to proactive control
B*	X	10	No	Errors due to reactive control
B*	Y*	10	No	Control trials

** B&Y here mean any letter except X, K or Y*

Experiments were administered individually in a quiet room at Waseda University. The experiment has been approved based on the assessment of the Ethics Review Committee on Research with Human Subjects of Waseda University. All participants voluntarily participated in the experiments and provided informed consent before participating in the study. Participants completed the language background questionnaire, followed by completing the AX-CPT task on the computer.

Language Background Measures

Four sections consist of language background questionnaires, including language background, past and current language usage, and the frequency of language-switching.

In the first section of the language background, the age they were first exposed to and the proficiency in each of the languages they know were asked. Participants were asked to self-rate their language proficiency in four aspects on a 10-point scale where 1 is not proficient and 10 is very proficient. We also asked participants to recall their English language score as the reference to ensure the correctness of self-rated reported proficiency. The second and third sections aimed to learn about past language use, including the period of living abroad other than living in Japan (past language usage) and obtain usage for each language in Japan nowadays (current language usage). Also, participants have to use percentages to calculate how often they communicate with people in different contexts in a typical week and rate the share they use in each language in each of these contexts. The usage of the different languages in the various contexts would add up to 100%. For instance, students living with their families always claim 50% to communicate with their family members and 50% for others. In 50% with their families, 100% in Japanese represents they all use Japanese at home; In another 50%, English was the frequent answer on campus and in classes. A higher usage level in one language means a lower usage level in the other language(s).

In addition, to study the effect of code-switching experience on early bilinguals and late bilinguals in cognitive control, we used the score of the fourth section of language background questionnaires which focuses on language-switching behaviors. This section has seven questions to identify the language switching patterns in Japanese and English. The participants had to rate each situation on a scale ranging from 0 (=never) to 5 (=always). Based on all participants' language-switching performance (M_{score} = 19.49, SD = 5.49), higher scores indicating higher tendency to switch between languages (referred to the questions created by Rodriguez-Fornells et al., 2012; Yow, W. Q., & Li, X.,2015).

IV. Results and Discussions

Focusing on the RTs (Figure.3) and the proportion of errors (Figure.4) of the AX-CPT tasks, we applied the general linear model (a repeated-measures ANOVA) on the permanence of both groups in four conditions (AX, AY, BX, BY trials), and in "no" responses (AY, BX, BY trials), with the language group as a between-subject variable and the trial type as a within-subject variable. The main effect of trial types and the interaction effect between language groups and trial types reached significance in both the RTs and error rates. However, there was no statistically significant difference in either the RTs or errors between the two language groups.

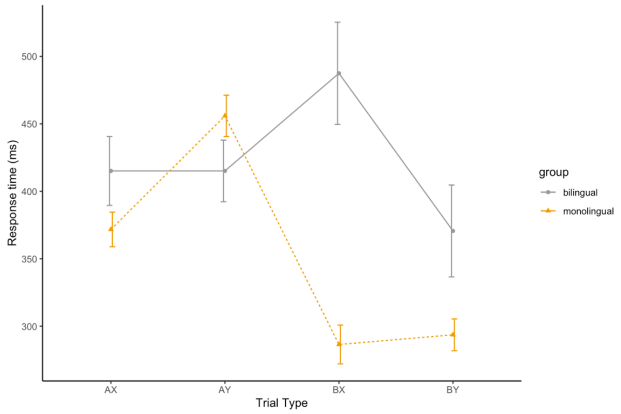


Figure 3 Average response times in the AX-CPT as a function of trial type and task condition

In addition, we also applied a Pearson correlation coefficient to assess the linear relationship between the frequency of language-switching behaviors and the Proactive Behavioral Index (PBI index) for each language group respectively. PBI index is calculated as (AY − BX) / (AY + BX) and measures the relative balance of interference between AY and BX trials: A positive PBI index indicates the active engagement of proactive control, and a negative PBI index indicates the active engagement of reactive control (Braver et al., 2009). We were surprised to find a positive correlation only in the late bilinguals' group (see Figure.5), which indicates that if late bilinguals switch their languages more frequently in their daily life, they will tend to employ the proactive control more. Unlike late bilinguals, there were no statistically significant correlations in the early bilinguals' group, which shows even though the frequency of code-switching behaviors increases, this increasing will not work on the proactive control obviously.

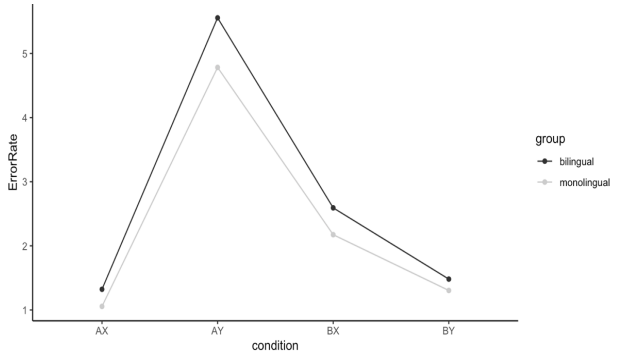


Figure 4 Average error rates in the AX-CPT as a function of trial type and task condition

Based on the standard of grouping, early and late bilinguals participating in the present study showed disparate features in the aspect of English proficiency, AoA (age of English acquisition), frequency of use of English in daily life, and the frequency of language-switching. This means that even though the participants are all Japanese native speakers and living in a Japanese-dominant context environment, their language environments were vastly different. For late bilinguals, switching languages is only possible when communicating with foreign friends and taking English classes on the university campus. They need to be consciously reminded themselves to switch languages and are not used to these language-switching behaviors. Also, according to the answers of section 3-3 in the language background questionnaire, all late bilinguals claimed that whether they speak English or Japanese, they think in Japanese. Thus, English for late bilinguals is not a common behavior, which means when they have to use English, they need to think in Japanese and then translate it into English. However, it was this conscious language switching behavior that led to better performance on proactive control. As the frequency of this unusual language-switching behavior increases, the capacity of better regulation of context processing and suppression of inappropriate responses were trained in daily life, which leads to performing well in the AX-CPT tasks and achieving a higher score in the PBI index.

Different from late bilinguals group, early

bilinguals are used to conduct language-switching behavior in their daily life. They tend to switch the context of their thinking automatically and unconsciously according to the different language environment: when they use English, they think in English; When they use Japanese, they think in Japanese. This natural and familiar language-switching behavior does not confer a definite advantage to cognitive control, explained by the no-significance in the correlation between the PBI index in response times and the frequency of language-switching behaviors. Another possibility is that being bilingual may have an advantage in reactive control. For early bilinguals, there is no need to consciously anticipate, monitor, and prepare for the language they will use before the conversation occurs because they are already skilled enough to cope with such challenges. However, when the speaker begins to speak in a particular language, bilinguals automatically switch language channels in their brain to the corresponding language. Such transformation and adjustment are a manifestation of reactive control, but it may be because such transformation is too skilled and fast, and the intentional weakness in reactive control is not reflected in this experiment. Or it is also possible that early bilinguals did not use DMC mechanisms but had other mechanisms to regulate their cognitive mechanisms. Therefore, based on our findings, early bilinguals and late bilinguals may be using different strategies for different conditions.

To conclude, this study provides evidence for a multi-component perspective that the code-switching behaviors influence the mechanism of bilinguals' cognitive control. The analysis of both the AX-CPT task and the frequency of language-switching behaviors allows us to claim that early and late bilinguals are using different strategies for different conditions, modulated by the dual mechanism of cognitive control and also affected by the frequency of code-switching behaviors.

References

[1] Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Luk, G. (2012). Bilingualism: consequences for mind and brain. Trends in Cognitive Sciences, 16(4), 240–250.

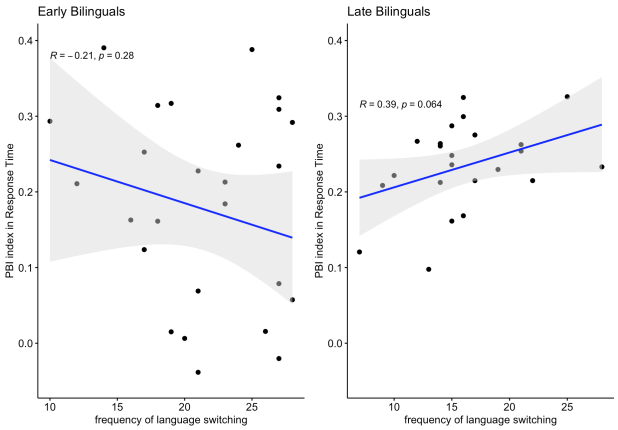


Figure 5 Scatterplots for the correlation between the frequency of language switching and PBI index in Response Time in the early bilinguals' group and late bilinguals' group

[2] Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. Trends in Cognitive Sciences, 16(2), 106–113.

[3] Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual mechanisms of cognitive control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane (Eds.) & A. Miyake & J. N. Towse (Ed.), Variation in working memory (pp. 76–106). Oxford University Press.

[4] Chen, M., Ma, F., Zhang, Z., Li, S., Zhang, M., Yuan, Q., Wu, J., Lu, C., & Guo, T. (2021). Language switching training modulates the neural network of non-linguistic cognitive control. PLOS ONE, 16(4), e0247100.

[5] Costa, A., Hernández, M., Costa-Faidella, J., & Sebastián-Gallés, N. (2009). On the bilingual advantage in conflict processing: Now you see it, now you don't. Cognition, 113(2), 135–149.

[6] Hartanto, A., & Yang, H. (2016). Disparate bilingual experiences modulate task-switching advantages: A diffusion-model analysis of the effects of interactional context on switch costs. Cognition, 150, 10–19.

[7] Morales, J., Gómez-Ariza, C. J., & Bajo, M. T. (2013). Dual mechanisms of cognitive control in bilinguals and monolinguals. Journal of Cognitive Psychology, 25(5), 531–546.

[8] Morales, J., Yudes, C., Gómez-Ariza, C. J., & Bajo, M. T. (2015). Bilingualism modulates dual mechanisms of cognitive control: Evidence from ERPs. Neuropsychologia, 66, 157–169.

[9] Prior, A., & Gollan, T. H. (2011). Good Language-Switchers are Good Task-Switchers: Evidence from Spanish–English and Mandarin–English Bilinguals. Journal of the International Neuropsychological Society, 17(4), 682–691.

[10] Rodriguez-Fornells, A., Krämer, U. M., Lorenzo-Seva, U., Festman, J., & Münte, T. F. (2012). Self-Assessment of Individual Differences in Language Switching. Frontiers in Psychology, 2.

[11] Yow, W. Q., & Li, X. (2015). Balanced bilingualism and early age of second language acquisition as the underlying mechanisms of a bilingual executive control advantage: why variations in bilingual experiences matter. Frontiers in Psychology, 6.

3和音における調和性についての検討
—緊急地震速報のチャイム音による恐怖感情の喚起およびその低減についての考察—
Harmony of Trichords

塩﨑　琢人[†]，椎名　乾平[‡]
Takuto Shiozaki, Kenpei Shiina
[†]横浜少年鑑別所，[‡]早稲田大学
Yokohama Juvenile Classification Home, Waseda University
takuto0610@suou.waseda.jp

概要

本研究では、3つの単音から成る3和音が持つ調和性に和音中に含まれるピッチ距離が影響を与えることを仮定した。55 種類の和音について聴取実験を行い、実験参加者が和音の調和性を評定した数値について、ムーアペンローズの疑似逆行列を用いた分析を行い、各ピッチ距離が持つ調和性を係数として算出したところ、一般に不快な響きを生むとされるピッチ距離は和音全体の調和性に負の影響を及ぼすことが示唆された。本研究を応用することで、チャイム音のような音楽をより効果的に使用可能になると考えられる。

キーワード：和音、調和性、ピッチ距離

1.　はじめに

近年、種々の研究によって、音楽が人間の感情に対して与える影響の解明が進むとともに、音楽や音の持つ影響を日常生活に応用しようとする取組が盛んに行われてきている。中でも、日常生活の中で耳にすることが多く、社会的な貢献性が高いと考えられるのが、危険な事態や場所を知らせるために用いられる警告音である。身近なものとしては、踏切の遮断機で流れる音や救急車のサイレンが挙げられる。前者は一般的に音楽において不快な響きとされる半音をぶつけた 2 和音をテンポに乗せて断続的に提示することで、不安感や緊張感を演出し、遮断機が閉じた踏切内に人や車が立ち入る事故を防止するために用いられている。また、後者は、一般的にはストレスを与えないとされる長三度の関係にある高低 2 音が繰り返される形になっているが、注意喚起を促すとされるビブラートを付加することで緊張感を生み出すなどそれぞれの音の性質が活用された形となっている。そして、こうした警告音の中でも、近年、耳にする機会が増えているのが、緊急地震速報発令の際に NHK が用いる警告のためのチャイム音（図 1）である。

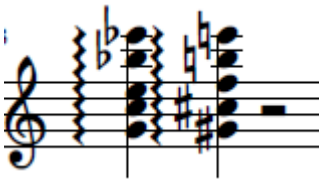


図 1　Muse Score によって譜面化した NHK 使用のチャイム音

このチャイム音は緊急地震速報の登場に伴い、地震発生時にテレビやラジオの視聴者に警戒を促すための音を作成する必要性を感じた NHK が東京大学の伊福部達氏に依頼を行う形で開発されたものである。伊福部（2012）は避難を促すチャイム音の条件として、①緊急性を感じさせるか、②不快感や不安感を与えないか、③騒音下でも聞き取りやすいか、④軽度の聴覚障害者でも聞き取れるか、⑤どこかで聞いた音と類似していないかの計 5 つを挙げ、これらの要素を含んでいると考えられる楽曲として、叔父であり作曲家の伊福部昭が手掛けた交響曲「シンフォニア・タプカーラ」を採用し、同曲の第 3 楽章冒頭に使用されている和音をベースに候補となる音を作成した後に、難聴者を含む 19 名を対象とした聴取実験による絞り込みを行い、チャイム音を完成させた。現在では、比較的大きな地震が発生した際に、テレビからチャイム音とともに警告のメッセージが流れる仕組みができており、住民の避難誘導などに貢献している。

緊急地震速報のチャイム音について、気象庁が 2012 年に実施した利活用状況調査では、「テレビから流れる速報によって安全な場所への避難ができた。」等、肯定的な意見が多く報告されており、地震発生の警告音として効果を発揮している様子がうかがえる。

一方で、同調査においては、緊急地震速報への要望として「音が強烈すぎて、心臓に悪い」、「音がかえってパニックを起こす場合がある」など必要以上

に恐怖を感じてしまうという旨の意見も報告されている。また、松井 (2020) らの行った調査によれば、発達障害を抱える人々は、そうでない人に比べ、災害時の警報を聞いた際に過剰に反応しやすい傾向が示唆される。これらのことからは、チャイム音について、人によっては過度に不安や恐怖などのネガティブ感情を感じてしまう可能性が示唆される。

過度な恐怖感情は人間にとって不快なだけでなく、緊急時の行動にも影響を与える可能性が示唆されている。Dolcos（2006）らは、fMRI を用いて人間の脳の活動を測定し、不安を与える刺激を提示した際に、実行機能の低下が引き起こされる可能性を明らかにした。以上のことから、警告音として一定の緊張感は必要であると考えられるものの、緊急地震速報のチャイム音が持つ必要以上に恐怖感を与えてしまうという特性は、冷静な判断が必要となる避難場面において不適切であり、改善が必要な点であるといえる。

2. 目的

図 1 に示したとおり、チャイム音は複数の単音が重ねられた和音の一種であると考えられる。つまり、チャイム音が与える必要以上の恐怖感や不安感を低減するためには、和音についての検討を行い、どのような要素が緊張状態に寄与するのかという仕組みを明らかにすることが有効であると考えられる。一般に、音楽においては、和音が心地よい響きを内包していれば、聴取する側には安心感が生まれ、逆に、不安定で不快な響きを内包していれば、緊張感が生まれる。また、ジャズ音楽において有名なⅡ→Ⅴ→Ⅰ進行に代表されるように、多くの楽曲は、コード進行の中で緊張を与える和音と安心感を与える和音の双方を効果的に組み合わせて作られている。つまり、和音の緊張感をコントロールするためには、調和性（心地よく聞こえる程度）に焦点を当てる必要があると推察される。藤澤（2006）らは 3 つの音から構成される和音において、3 つの音のピッチ距離が等しくなる場合に和音が緊張的（不調和）な響きを持つと仮定し、長 3 度和音（C,E,G）や短 3 度和音（C,E♭,G）などをはじめとする主な 3 和音の緊張度（不調和の程度）を示す理論曲線を提案した上で、一般的な音楽理論との整合性が高いとして、同モデルの妥当性を主張した。そこで、本研究では、和音の緊張に影響するとされるにピッチ距離に注目して図 1 のチャイム音における恐怖感の低減を試みることとした。

3. 実験

1. 実験参加者：大学生 40 名（男性＝19 名、女性＝21 名、平均年齢 20.1 歳、SD＝1.87）を対象として実験を行った。また、このうち習い事や部活・サークル等で音楽に従事していた経験を持つ参加者は 21 名であった。
2. 刺激 : C を和音のルート音として固定したうえで、次にルート音と 2 音目の間隔を決定し、その上に最高音を重ねるという手法で C から同音の 7 度にあたる B までの範囲に存在する 12 音の組み合わせを行い、計 55 個の異なる音から構成される 3 和音を作成し、その上で、音域の偏りを避けるためにピッチ距離（半音＝1）の合計を 3（構成音の数）で割った平均値の分だけ構成音の音高を下げて移調する処理（図 2 参照）を施した。なお平均値が整数にならないときはなるべく近い整数で近似した。この処理の結果、和音の平均音高がほぼ一定となる。結果を楽譜作成ソフト Muse Score に打ち込み、同ソフトのデモ演奏機能を使用してピアノの音色で提示した（図 3）。

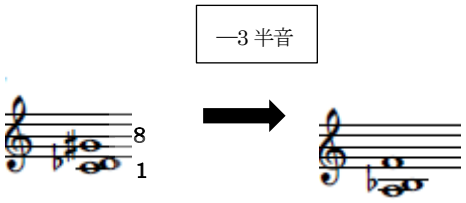


図２　ピッチ距離の平均を用いた移調処理の例
左の和音のピッチ距離の平均は(0+1+8)/3=3

3. 手続き：教室に集まった参加者らに、今回の実験は和音を聴取したうえで、その調和性について評定を行うという内容であることを説明し、回答用紙の基本情報記入に当たっての注意点や調和性の定義を述べた後に、パーソナルコンピュータに接続した 2ch スピーカーを通して刺激の提示を行った。刺激の内訳は和音提示（4 秒間）→評定時間（3 秒間）→ホワイトノイズ提示（2 秒間）→次の和音に向けてのインターバル（1 秒間）が 1 ブロックとなっており、55 個の和音について、約 9 分

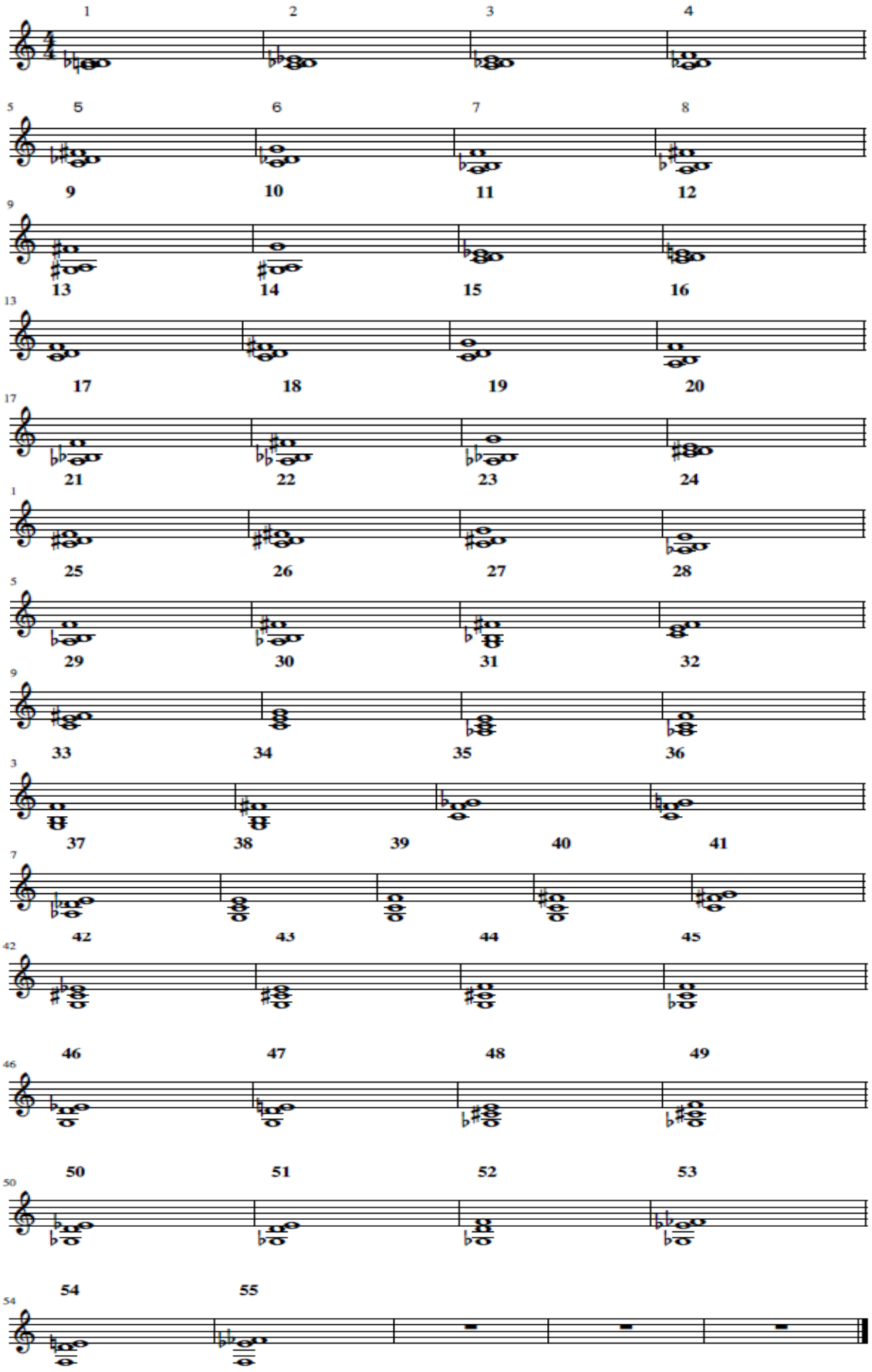


図３　実験に使用した全和音
音高の平均値が１程度になっている。

間の提示を行い、参加者が各和音刺激について 1（不調和）～5（調和）までの評定を記入した回答用紙を終了後に回収し、分析を行った。なお、図 3 に提示した和音刺激については、作成の際に組み合わせを行った順に番号（C, C♯, D＝1 番、C, C♯, E♭＝2 番・・・C, B♭, B＝55 番）を付してあるが、実験の際には、乱数発生によって無作為に並べ替えて提示を行った。

4. 結果

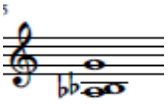
55 種類の和音の中で、調和性についての評定平均値は C をルート音とする長三和音（C,E,G）において最大（＝4.64）となり、逆に最小の値（＝1.26）となったのは一音―二音間および二音―三音間の距離が双方とも 1（半音）となる組みあわせ（C,C#,D）であった。

分析１　一音―二音間および二音―三音間におけるそれぞれ 10 種類のピッチ距離をカテゴリーデータとみなして、調和性の評定平均値との関係性を調べた数量化Ⅰ類においては、どちらの位置についても長三度（ピッチ距離＝4）のカテゴリースコアが最大となり、半音（ピッチ距離＝1）のスコアが最も低くなった。また、モデルによって算出された予測値と実測値（評定平均値）との重相関係数は 0.88 で、偏相関係数は一音―二音間が 0.80、二音―三音間が 0.75 となった（表 1）。

表１　数量化Ⅰ類による分析の結果

カテゴリー		N	カテゴリー・スコア	レンジ	偏相関係数
一音―二音	1	10	−0.90	1.76	0.8
	2	9	0.00		
	3	8	0.26		
	4	7	0.66		
	5	6	0.55		
	6	5	−0.06		
	7	4	0.32		
	8	3	−0.32		
	9	2	−0.36		
	10	1	−0.35		
二音―三音	1	10	−0.84	1.28	0.75
	2	9	0.13		
	3	8	0.39		
	4	7	0.44		
	5	6	0.25		
	6	5	−0.01		
	7	4	0.19		
	8	3	−0.17		
	9	2	−0.21		
	10	1	−0.23		
重相関係数					0.88

分析２　11 種類のピッチ距離が 3 和音中にどのように分布するかを調べ（図 4 参照）、その一覧表である 55 行（刺激数）×11 列（ピッチ距離）の行列データ（付録）と和音の評定平均値との関係を調べるためにムーアペンローズの疑似逆行列（一般逆行列）による最小二乗法を実施した。



1 音−3 音＝11
2 音−3 音＝9
1 音−2 音＝2

ピッチ距離（半音＝1）										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1

図４　3 和音中に含まれるピッチ距離の記述方法の例

結果、算出された各ピッチ距離にかかる係数（調和性への影響）は完全５度（ピッチ距離＝7）において最大となり、最少となったのは数量化Ⅰ類と同様に半音（ピッチ距離＝1）であった（表２）。また、この係数ベクトルを表３に示す 55×11 の行列との掛け合わせることにより、55 種類の和音に関する調和性の予測値を算出し、実際の実験で得られた 55 種類の和音の調和性に関する評定平均値との相関係数を算出したところ、0.86（p＜.01）という数値が得られた。

表２ 疑似逆行列を用いて算出した各ピッチ距離の係数（距離１＝半音）　係数が大きいほど調和度が高い。

距離	係数	
1	−0.21	半音
2	0.78	
3	1.04	短三度
4	1.25	長三度
5	1.26	四度
6	0.90	
7	1.32	五度
8	0.95	
9	0.98	
10	0.85	
11	0.53	

5. 考察

今回の実験における評定では長三和音やその転回形などの調和性が高いとされる傾向が確認され、長三度や完全 5 度などを調和する音程であるとする一般的な音楽の理論との整合性が高いことが示された。また藤澤（2006）のモデルと比較を行ったところ、1 音 2 音間および 2 音 3 音間のピッチ距離が一致する組み合わせである sus4（サスペンデッドフォー、両距離＝5）,aug（増 5 和音、両距離＝4）,dim（減 3 和音、両距離＝3）の評定値が長三和音および短三和音の評定値を下回る結果となったことから、3 音の間に存在するピッチ距離が等しくなった場合に不調和で緊張的な響きを生むとする同仮説の主張とも合致する結果であると考えられる。

数量化 I 類の結果、ピッチ距離は和音上での位置に関係なく調和性に影響を及ぼすことがわかった。

さらに一音と三音間のピッチ距離も影響力を持つことが予想されたため、３つのピッチ距離を用いて調和性を算出する回帰モデルを仮定し、ムーアペンローズの疑似逆行列（一般逆行列）を用いて算出した回帰係数ベクトルを用いて予測値を算出したところ、susu4,dim,aug の調和性の予測値が長三和音・短三和音の値に比べて低くなるなど、一般的な和声学の理論および藤澤（2006）のモデルと整合することが確認された（表２、付録）。

したがって、和音における調和性は種々のピッチ距離の和音上の分布によって定量的に評価できる可能性が示唆される。

そこで、上記のモデルを使用し、伊福部（2012）のチャイム音における調和性の予測値を算出したところ 6.97 となり、さらに、実験の中で最も評定値が高くなった長三和音をチャイムの形式にアレンジし、同様に得点の算出を行った結果、8.0 という数値が得られた（図 4）。尚、どちらの場合でも 12 ピッチ距離以上の係数は未調査のため使用されていない。

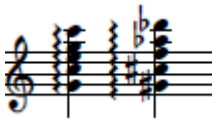


図 4　チャイム音の形式にアレンジした C を根音とする長三和音（調和性予測値＝8.0）

したがって、警告音に必要であると考えられる一定の緊張感を保ちつつ、現行のチャイム音よりも緊張を低減させるためには調和性の予測値が前者と後者の中間に位置するようピッチ距離の組み合わせを行い、和音を作成することが必要であろう。一例を図５に示す。

このモデルに基づけば、多数の音を組み合わせた和音における調和性をコントロールすることが可能となり、和音の効果をよりスムーズに生活上に応用することが可能になると思われる。今後は構成音におけるピッチや音楽的文脈の中での和音の役割の影響なども考慮したうえで、更なる和音の知覚に関する研究が進んでいくことが望ましい。

6. 課題と今後の展望

今回の研究では、和音の調和性について構成音間におけるピッチ距離の組み合わせの観点からの検討を試み、剰余変数を統制する目的で実験において使用した個々のピアノ音のピッチ（Hz）については全て 441Hz に固定した状態（平均律）で参加者に提示した。しかしながら、仮にピッチを固定せず、それぞれの音に異なるピッチを与えた場合、和音の構成音間のピッチ距離にずれが生じ、和音が持つ調和性についての評定を変化させる可能性は十分に予想される。

また、今回の研究では、刺激作成の都合上、半音（距離=1）をピッチ距離の最低値としたが、半音未満のピッチ距離（0.5 半音等）の影響については検討できていない。今後、より精度の高い調和性の検討を行うためには、個々の構成音のピッチを調整した形や半音未満ピッチ距離を加えたパターンについても評定の対象とすべきであると考えられる。

さらに、今回の研究では、調和性について、個々の和音を独立したものと捉えての研究を進めてきたが、和音は本来、楽曲のメロディを彩るハーモニーとして用いられる側面が大きく、一般的に聴取される場合はいくつかのまとまり（コード進行）として知覚されることが多いものである。したがって、和音が持つ調和性についても、楽曲におけるコード進行中での和音の位置づけによって変化が生じる可能性があり、独立した和音における調和性の評定は和音の調和についての説明をするにあたって十分な妥当性を有してはいないとも考えられる。現に Arthurs & Timmers（2015）は和音の調和性についての評定が独立して提示された場合

と音楽的文脈の中で提示された場合とで変化したことを報告し、その結果から和音の調和性は様々な状況によって変化する流動的なものであるとする見解を示している。

以上のとおり、今回の研究の焦点である和音の知覚については、いまだに不確定な要素が多く、現段階でその全てを説明するには至っていない。そのため、今後も様々な研究の中で、ピッチや音楽的な文脈の面などを含めた上での和音の調和性についての検討が進められることで、和音、しいては音楽による人間の行動への影響の解明が進み、よりスムーズに効果的な形で我々の生活の中で音楽が活用されていくことが望ましい。

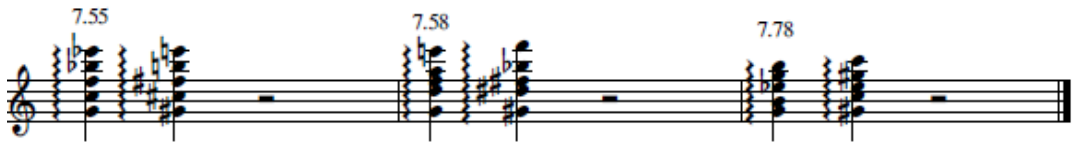


図５　適度な緊張感を生起させると考えられるチャイム音の候補（数字は予測値）

文献

[1] Arthurs, Y., & Timmers, R. (2015) On the Fluidity of Consonance and Dissonance: The Influence of Musical Context. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*. Advance online publication.

[2] Dolcos, F., & McCarthy, G.（2006）Brain systems mediating cognitive interference by emotional distraction. *Journal of Neuroscience.* , 26, 2072-2079.

[3] 藤澤隆史・Norman D.Cook・長田典子・片寄晴弘（2006）和音認知に関する心理物理モデル，情報処理学会研究報告. MUS,[音楽情報科学] 66, 99-104.

[4] 伊福部達（2012）緊急地震速報チャイムの誕生秘話，2012年「音の日」記念講演より，*JAS Journal* ，Vol.53 ,No2（3月号）2013，4-10.

[5] 石桁真礼生・末吉保雄・丸田昭三・飯田隆・金光威和雄・飯沼信義（1998）楽典―理論と実習，音楽之友社; 音 A 版.

[6] 岩宮眞一郎（2020）図解入門 よくわかる 最新 音楽の仕組みと科学，秀和システム.

[7] 気象庁（2012）緊急地震速報等の利活用状況調査 結果 平成 24 年 12 月 14 日公表.

[8] 松井温子・佐久間哲哉（2020）発達障害に伴う聴覚過敏と音環境に関する実態調査，日本建築学会技術報告集，第 26 巻，第 62 号，169-172.

付録　55 種類の和音における 11 種類のピッチ距離の分布表　　（行は和音を示す）

	ピッチ距離(半音＝1)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	評定値	予測値
1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.26	0.36
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	1.61
3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.90	2.07
4	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2.26	2.28
5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1.41	1.93
6	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1.44	1.99
7	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2.00	2.04
8	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1.90	1.70
9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1.49	1.61
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.44	1.17
11	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74	1.61
12	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2.21	2.80
13	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3.33	3.07
14	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3.38	2.91
15	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3.10	3.34
16	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2.72	2.61
17	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2.44	3.06
18	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2.08	2.57
19	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.33	2.27
20	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.54	2.07
21	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2.79	3.07
22	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3.08	2.97
23	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3.51	3.60
24	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3.59	3.25
25	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2.74	2.91
26	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3.21	3.21
27	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2.59	2.50
28	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1.85	2.99
29	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3.33	2.92
30	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	4.64	3.60
31	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2.77	3.44
32	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3.67	3.48
33	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3.69	2.99
34	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3.13	3.07
35	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1.62	1.95
36	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3.54	3.35
37	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3.38	3.25
38	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4.54	3.48
39	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	3.21	3.37
40	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2.82	2.66
41	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2.10	2.00
42	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3.05	2.62
43	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2.62	2.91
44	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2.54	2.99
45	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2.64	2.66
46	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2.44	2.05
47	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3.28	3.07
48	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3.03	3.21
49	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2.95	3.07
50	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1.46	1.71
51	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2.74	2.58
52	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2.23	2.50
53	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1.72	1.61
54	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.00	2.27
55	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.38	1.17

規範の厳格さが拡散的思考に及ぼす影響 —アイディアの生成と抑制の観点から— Influence of cultural tightness on divergent thinking: From the perspective of idea generation and inhibition

澤田 和輝[†‡], 今津 慎太郎[†], 野村 理朗[†]
Kazuki SAWADA, Shiontaro IMAZU, Michio NOMURA
[†]京都大学大学院教育学研究科, [‡]日本学術振興会
[†]Graduate School of Education, Kyoto University, [‡]Japan Society for the Promotion of Science
sawada.kazuki.74z@st.kyoto-u.ac.jp

概要

規範の厳格さは拡散的思考に及ぼす影響とそれを調整する個人差要因を実験的に検討するために，シナリオ課題を用いて規範の厳格さ/寛容さを実験的に導入した後，従来の代替用課題の限界点を踏まえた拡散連合課題を用いてアイディアの生成と抑制の二過程を含む拡散的思考を測定した. その結果, 刺激探求の低い個人においては，規範の厳格さが産出される単語ペアの類似度を低下させること，すなわち拡散的思考を促進させることが示された.

キーワード：創造性，拡散的思考，社会的規範，行動賦活系，word2vec

1. はじめに

創造的思考はアイディアの生成と抑制の二過程のサイクルから構成されることが知られている[1]. その一方で，抑制過程への文化的背景の影響については不明な点が多い. これまでに, 社会的規範が厳格な国や地域の人々ほど，日用品の創造的な用途をできるだけ数多く回答する代替用途課題[2]において，より創造的用途を回答しないことが報告されている[3]. しかしながら，代替用途課題では, 回答数自体が多いほど, 創造的用途の回答数も多くなる流暢性バイアスを伴い[4]，自身の回答を評価して一般的な回答を抑制する過程にはほとんど焦点を当てていないと考えられる. 規範の厳格さが課題要求に沿ってより厳格な評価を促すことを考慮すると[3]，規範の厳格さが一般的な回答を抑制することで拡散的創造性を促進する可能性が考えられる.

また，創造的思考に及ぼす操作や介入の効果はしばしば行動賦活系の個人差により調整される[5,6]. とりわけ，刺激探求の高い個人ほど元より創造的アイディアの生成や一般的アイディアの抑制に長けていることを考慮すると[6]，規範の厳格さの効果は刺激探求の低い個人においてより顕著である可能性が考えられる.

そこで，本研究では，規範の厳格さ/寛容さを導入するシナリオ課題と[7]，流暢性バイアスが無く，創造的アイディアの生成と一般的アイディアの抑制の両過程を評価することできる拡散連合課題[8]を用いて，規範の厳格さが拡散的思考に及ぼす影響を検討した. 加えて, 行動賦活系の刺激探求の個人差が, 規範の厳格さの効果を調整するかどうかも検討した.

2. 方法

参加者 京都大学の大学生・大学院生 71 名が参加した. 分析不可能な回答をした参加者や外れ値を除外し，操作チェックや注意チェックをクリアした，55 名 (Mean age = 21.49, *SD* = 3.59，男性 32 名，女性 23 名) をデータ分析の対象とした.

手続き 全ての手続きは実験室で実施された. 参加者は刺激探求等の心理特性に関する質問紙に回答した後，ランダムに厳格/寛容な規範条件に割り当てられ, それぞれ規範の厳格さ/寛容さを導入するシナリオ課題に取り組んだ. その後, 操作チェックの質問項目に回答し，拡散連合課題に取り組んだ. 最後に，注意チェック項目に回答した.

材料 刺激探求は，“楽しいかもしれないから，というだけの理由で何かをすることがよくある”等の 4 項目に同意する程度(1–全くあてはまらない，4–非常にあてはまる)にて測定された[9]. また, 刺激探求だけでなく，同じく行動賦活系の駆動と報酬反応性，行動抑制系についても測定された.

規範の厳格さ/寛容さを導入するシナリオ課題では，「テッキ」という社会的規範が厳格/寛容な架空の社会に関する文章を読み，そこで暮らすことを 2 分間想像することが求められた[7].

また，操作チェックとして，「テッキ」の規範の厳格

さが，“テッキには人々が遵守することになっている社会的規範が多数ある”等の 6 項目に同意する程度(1–強くそう思わない，6–強くそう思う)により測定された．これらの項目は，社会的規範の厳格さを測定する尺度を参考に作成された[10]．6項目の平均値が高いほど「テッキ」の規範が厳格であると知覚したことを示す．操作チェックとして，厳格条件において平均値が評定の中央値(i.e., 3.5)よりも低かった参加者および，寛容条件において平均値が評定の中央値よりも高かった参加者 3 名を除外した．これらの参加者を除外しない場合でも，寛容条件の参加者と比較して，厳格条件の参加者の方が，「テッキ」の規範が厳格であると報告していた($t(52.73) = 17.72$, $p < .001$)．また，これらは，各条件において平均より 3*SD* 逸脱した値でもあった．

拡散連合課題では，互いに意味や用途の異なる単語を 10 個回答することが求められた[8]．回答する単語は，一単語であること，名詞であること，固有名詞でないこと，特別な語彙でないこと，周囲の見渡すのではなく自分自身で考えることが求められた．この課題では，決められた数だけ回答を行うため，従来の課題に見られる流暢性バイアスの影響を受けず，単純に数多くの回答を行うことではなく，思いついた単語を評価して一般的な連合を抑制することが求められる．また，word2vec を用いて各単語ペアの類似度を算出し，その平均値を指標とすることで，従来の課題と異なり評定者の影響を受けずに，定量的に拡散的思考を測定することができる．単語ペアの類似度は 0 から 1 までの値をとり，0 の時に最も類似度が低く，1 の時に最も類似度が高いことを示した．単語ペアの類似度の一例を図1に示した．コーパスには Wikipedia Entity Vectors を用いた[11]．また，先行研究に従い[8]，分析の対象とする回答は，拡散的思考の指標として最も妥当とされる，7 番目までに回答された単語の計 21 単語ペアとした．コーパスに登録されていない単語や教示に反する単語を回答した 6 名の参加者を分析から除外した．

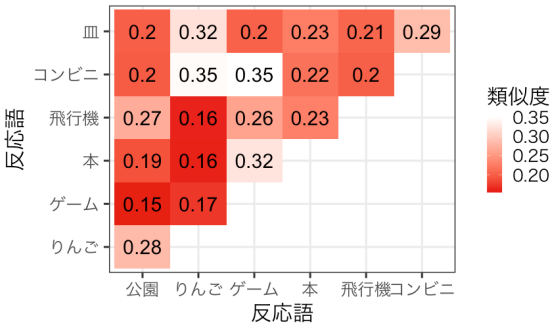


図 1. 単語間の類似度の一例

注意チェックとして，「テッキ」で暮らすことを想像した時に具体的に想像した程度と課題と関係のないことを考えていた程度が6件法で測定された．それぞれ，“全くしなかった”と“しなかった”，“とても強く考えていた”と“考えていた”と回答した 5 名の参加者を分析から除外した．

3. 結果

参加者の年齢や性別，行動賦活系の駆動，報酬反応性，行動抑制系に条件間差は見られなかった($p > .13$)．一方で，寛容条件の参加者の方が，厳格条件の参加者よりも，刺激探求が高かった($t(50.31) = 2.50$, $p = .02$)．

拡散連合課題における単語ペアの平均類似度を従属変数，規範導入の条件を示すダミー変数(厳格条件 = 1，寛容条件 = -1)と刺激探求の個人差を予測変数に重回帰分析を行った．その結果，規範のプライミング条件の効果は統計的に非有意であり(β = -.15, $p = .30$, 95%CI [-.44, .13])，仮説を支持しなかった(図 2 参照)．また，刺激探求の効果も非有意であった(β = -.13, p = .38, 95%CI [-.42, .16])．

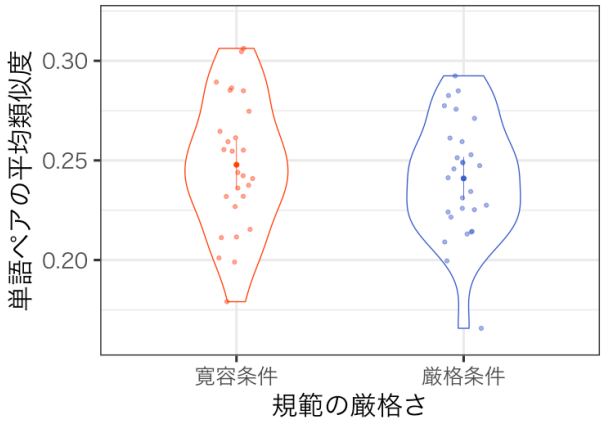


図 2. 各条件における単語ペアの平均類似度

また，規範の厳格さと拡散連合課題得点との関連を刺激探求の個人差が調整するのかどうかを検討するために，規範導入の条件を示すダミー変数と刺激探求との交互作用項を加えて重回帰分析を行なった．その結果，交互作用項は統計的に有意であった(β = .32, p = .03, 95%CI [.03, .61])．単純傾斜分析を行なったところ，刺激探求の低い個人では，厳格な規範のプライミングが単語ペアの類似度を低下させるのに対して(β = -.46, $p = .02$)，刺激探求の高い個人では，規範導入の効果が見られなかった(β = .18, p = .38)．また，厳格条

件では，刺激探求と単語ペアの類似度が関連しなかったのに対して(β = .25, p = .26)，寛容条件では，刺激探求の高い個人ほど単語ペアの類似度が低く(β = -.39, p = .04)，より拡散的連想をしていたと考えられる(図 3 を参照)．これらの結果は，年齢，性別や行動抑制系等の個人差変数を予測変数に投入した場合の結果とも同様であった．

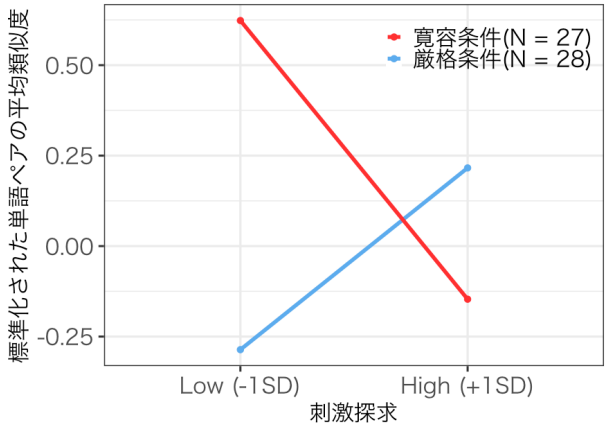


図 3. 刺激探求による規範の厳格さの効果の調整効果

4. 考察

規範の厳格さが拡散的思考に及ぼす影響および行動賦活系の刺激探求の個人差の調整効果を検討した結果，厳格の規範の導入は，刺激探求の低い個人においてのみ，より意味的に離れた単語の連想を促すことが示された．また，寛容な規範条件では，刺激探求の高い個人ほど，意味的に離れた単語を連想していたが，厳格条件ではこの刺激探求と拡散的連想の関連は見られなかった．

従来の研究では，厳格な規範が拡散的思考を阻害するが示唆されてきたのに対して[3]，本研究の結果は，あるパーソナリティの個人においては厳格な規範が拡散的思考を促進させうることを新たに示す．これまでの研究で用いられてきた代替用途課題がアイディアの生成に焦点を当ててきたのに対して，本研究で用いた拡散連合課題では単純に数多くのアイディアの生成を求められるのではなく，一般的な連合を抑制して決められた数のアイディアを回答することが求められる[8]．本研究の結果は，とりわけ意味的に遠隔な連合を連想することが困難な刺激探求の低い個人において[6]，厳格な規範が，遠隔でない連合の連想およびその回答を抑制することで，拡散的連想を促進する可能性を示唆する点で興味深い．

これらの規範の厳格さ/寛容さと行動賦活系の刺激探求の交互作用効果は創造性の二重過程理論とも符合する[5, 12]．すなわち寛容な規範の導入は認知的柔軟性を促し拡散的思考を促進させるのに対して，厳格な規範の導入は一般的アイディアの抑制し粘り強く課題に取り組むことを促し課題パフォーマンスを向上させたのかもしれない．本研究により，認知的柔軟性と粘り強さが創造性に重要な役割を担うことを社会的規範の観点から新たに示唆する知見が得られた．

文献

[1] Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity research journal*, *24*(1), 66-75.
[2] Guilford, J. P. (1957). Creative abilities in the arts. *Psychological review*, *64*(2), 110.
[3] Ivancovsky, T., Shamay-Tsoory, S., Lee, J., Morio, H., & Kurman, J. (2019). A dual process model of generation and evaluation: A theoretical framework to examine cross-cultural differences in the creative process. *Personality and Individual Differences*, *139*, 60-68.
[4] Silvia, P. J., Winterstein, B. P., Willse, J. T., Barona, C. M., Cram, J. T., Hess, K. I., ... & Richard, C. A. (2008). Assessing creativity with divergent thinking tasks: exploring the reliability and validity of new subjective scoring methods. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *2*(2), 68.
[5] Dreu, C. K. D., Nijstad, B. A., & Baas, M. (2011). Behavioral activation links to creativity because of increased cognitive flexibility. *Social Psychological and Personality Science*, *2*(1), 72-80.
[6] Lifshitz-Ben-Basat, A., & Mashal, N. (2021). Enhancing creativity by altering the frontoparietal control network functioning using transcranial direct current stimulation. *Experimental Brain Research*, *239*(2), 613-626.
[7] Jackson, J. C., Caluori, N., Abrams, S., Beckman, E., Gelfand, M., & Gray, K. (2021). Tight cultures and vengeful gods: How culture shapes religious belief. *Journal of Experimental Psychology: General*, *150*(10), 2057.
[8] Olson, J. A., Nahas, J., Chmoulevitch, D., Cropper, S. J., & Webb, M. E. (2021). Naming unrelated words predicts creativity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(25), e2022340118.
[9] Takahashi, Y., Yamagata, S., Kijima, N., Shigemasu, K., Ono, Y., & Ando, J. (2007). Gray no Kishitsu model—BIS/BAS syakudo nihongo ban no sakusei to souseijihou ni yoru koudou idengaku teki kentou [Gray's temperament model: Development of Japanese version of BIS/BAS scales and a behavior genetic investigation using the twin methd]. *The Japanese Journal of Personality*, *15*, 276-289.
[10] Gelfand, M. J., Raver, J. L., Nishii, L., Leslie, L. M., Lun, J., Lim, B. C., ... & Yamaguchi, S. (2011). Differences between tight and loose cultures: A 33-nation study. *science*, *332*(6033), 1100-1104.
[11] https://github.com/singletongue/WikiEntVec/.
[12] De Dreu, C. K., Baas, M., & Nijstad, B. A. (2008). Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link: toward a dual pathway to creativity model. *Journal of personality and social psychology*, *94*(5), 739.

強調と対人関係の関わり
—母音の延伸を中心に—
The Relationship Between Emphasis and Interpersonal Relations
—The Case of Vowel Lengthening—

韓 旼池†
Minji Han

†京都大学大学院
Kyoto University
han.minji.53s@st.kyoto-u.ac.jp

概要

「強調」とは，メッセージの内容に関わる行為であるため，対人関係と関わりがないことが予想される．しかし実際には，強調発話は対人関係に関わる面を持つ．本発表では，明確な上下関係にある上位者に対して，下位者の発話では母音の延伸を伴う強調が現れにくいことをコーパスを通して検証する．また，母音の延伸による強調が上位者への発話で現れにくい理由について考察する．結論としては，本発表では，上位者への発話で母音の延伸による強調は現れにくく，その理由として，余剰的な卓立強調に見える形式が，下位者が上位者に対して発話のターンを主張するという好ましくない発話態度を取ったような誤解を招きうるためだと説明する．

キーワード：自然発話音声，強調，対人関係，ポライトネス

1. はじめに

「強調」とは，メッセージの内容に関わる行為である．強調は，強度強調（intensity）と卓立強調（prominence）の二つに分けられる[1]．強度強調は語の表す意味の程度が強められることを指し，卓立強調は文の中の一部分を，聞き手に強く訴えたいなどの理由で，相手が聞き落としたり聞き間違えたりしないように，周辺と違えて目立たせることで，はっきりと伝えることである[2][3]．強調の定義から考えられるのは，強調は語の意味の強化やフォーカスなどメッセージの内容に関わっており，卓立強調をより広く捉え伝達に関わっているとしても，「対人関係」とは直接的に関わらないということである．

ところが実際には，強調は対人関係に関わる面と持っている．具体的に言えば，現代日本語共通語では，「ながーい」といった母音の延伸による強調は，上下差の大きな権力関係における下位者から上位者への発話では現れにくいようである．大学生の日本語母語話者若干名に対する予備的な聞き取り調査では，「教師（上位者）に対する発話では母音の延伸を伴う強調はしにくい」「教師と親しい関係になり上下差が縮まると延伸を伴う強調の困難さは軽減される」という結果が得られた．

本発表では，強調と対人関係の関わりを考察するため，現代日本語共通語を対象に用いる．まず，強調と対人関係が関わりを確認するために，「上下差の大きい明確な上下関係では，上位者への発話で母音の延伸による強調が現れにくい」という仮説が，実際に成立するのかをコーパスから確認する．以上の仮説が成立する場合，「母音の延伸による強調発話は，コミュニケーションの中で，どういった特徴を持つため，対人関係に影響されるのか」について考察する．考察を行う上で，母音の延伸による強調発話が対人関係に影響される理由を説明しうる以下の二つの仮説を検討する．

- 説明仮説 1. 母音を伸ばす強調発話が，インフォーマルな特徴を持っているためだ．
- 説明仮説 2. 母音を伸ばす強調発話が，インフォーマルな特徴を持つという説明は不十分で，その他の要因がある．

2. 強調は対人関係と関わりを持つのか

2.1. 手法

強調と対人関係の関わりを示す仮説「上下差の大きい明確な上下関係（以下，明確な上下関係）では，上位者への発話で母音の延伸による強調が現れにくい」の確認には，『日本語日常会話コーパス』を用いた[4]．幅広い場面・年齢・話者数での日本語日常会話を収録した，国立国語研究所の 200 時間分の動画付きコーパスである[4][5]．仮説を確認するための実例の収集には，コーパスの提供する検索ソフト「Himawari（ver. 1.7.1）」を活用した．

明確な上下関係にいて，強度強調の母音の延伸が現れる例を探すために，検索条件を絞った（表 1）．上下関係がはっきり捉えられ，対話相手の権力的な影響が極大化されるように，二人の話者による 1 : 1 会話に限定した．母音の延伸は，「非語彙的な母音の引き伸ばし（:)」という転記テキスト上のタグで捉えた．この母音の延伸は，強調，考え，ためらいなど多様な状況によるものを含むため，中でも強調による発話を判別する必要がある．そこで，強調（特に，強度強調）の判別が容易で，強調による実例が多く見られると思われる「形容詞」に品詞を限定した．

表 1　仮説の確認のための検索の詳細

検索意図	検索条件	検索内容
権力関係の強い影響	話者数	2
母音の延伸	S 書字形（タグ付）	:
容易な強調確認	S 品詞	形容詞-一般

その結果，二人の対話参与者による全 280 会話のうち，280 会話における 13045 件の形容詞発話から，母音の延伸を伴う 199 会話における 662 件[1]の発話が検索された．

次に，検索された 199 会話における話者間の上下関係の有無を確認するために，丁寧語の使用に注目した．「タメロ—タメロ（関係 1)」「タメロ—丁寧体（関係 2)」「丁寧体—丁寧体（関係 3)」に分けた．二人ともタメロで話す場合は，話者間に権力的な上下関係がないことの表れだと判断し，片方がタメロ，もう片方が丁寧体で話す場合は，話者間に権力的な上下関係があることの表れだと判断する．そして，両者とも丁寧体で話す場合は，上下関係がないかほぼ同等な関係にある可能性と，上下関係がある可能性の両方が存在する．しかし，丁寧体で話し合う二人の上下関係の有無を判断することは，観察者の立場では難しく，メタ情報を参照した精査を必要とするため，本発表では関係 3 は取り扱わずに観察を保留する．以上の分類による結果を表 2 に示す．

表 2　丁寧体の使用に基づいた話者数 2 の会話の分類

二人による会話		
丁寧体の使用	**形容詞+母音の延伸**	**形容詞**
全会話	199 会話 662 件	280 会話 13045 件
ため口—ため口 （関係 1）	127 会話 389 件	186 会話 8525 件
ため口—丁寧体 （関係 2）	39 会話 149 件	47 会話 2533 件
丁寧体—丁寧体 （関係 3）	33 会話 124 件	44 会話 1962 件
不明		3 会話 25 件

上下関係が予想される関係 2 を対象に観察を行う．ただ，会話のうち，基本的には丁寧体を用いるはずの下位者が，はっきりとした声で（1）を発話する場合は，上下差が大きくない関係と見なし，仮説にそぐわない例として，考察対象から除外する．

（1）a. 「うんうん」という相づち
　　b. 名詞または動詞辞書形終わりの質問
　　c. タメロ発話

2.2. 結果

関係 2 の会話のうち，（1）を発話しない下位者により母音を伸ばした発話が現れるのは，2 会話のみであった．それぞれ 2 件ずつ計 4 件の発話が見られたが，どの発話も強調の状況での延伸ではなかった．結果的に，（関係 3 を除く発話の中では）明確な上下関係にある話者間では，下位者が上位者に対して母音の延伸による強調を発する例は見られなかった．

表 3 に該当する会話の情報，母音の延伸を伴う発話数，延伸の予想される生起状況を示す．

表 3　明確な上下関係を持つ関係 2 における母音の延伸数と生起状況

会話 ID	T009_021b	T010_009
母音の延伸発話数	3	3
└上位者の発話	1	1
└下位者の発話	2	2
強調の母音の延伸数	0	0
母音の延伸の生起状況	笑い ためらい	笑い ためらい

[1] 重複結果を含む．一つの語が複数の延伸を含む場合，延伸の数だけの結果が重複して現れる．

以下の（2）から（5）に，明確な上下関係での下位者による形容詞の母音の延伸発話を提示する．4 件とも強調の状況で生起した延伸ではないと考えられる．状況は，動画と音声を用いて，話し手の身体の動き，前後文脈，音声のプロソディ的な特徴などを多角的に観察し判断している．テキストはコーパスの提供する転記テキストを示しており，下線は発表者による．テキスト上の IC0X は各会話ごとに話者を同定する固有 ID であり，テキストで用いられたタグは付録 1 に示す[5].

T009_021b は，飲食店で先輩の IC01 が後輩の IC02 に業務の引き継ぎをしている会話である．(2) は，IC01 が用がある時に電話を好む人がいると言うと，IC02 がその人の名前を言及した直後の対話である．転記テキストには「怖い:」に笑いを示すタグ「L」が付いていないが，音声では笑いで声の最後が震えており，IC02 の発話直後の顔を見ると笑みを浮かべていることが確認できる（図 1）．

（2）T009_021b 笑いの母音の延伸

IC01 そう /|(G そう|そ) /|(G そう|そ) /|(G そう|そ) /|そう．/|/|

IC01 怖い/|人．/|/|

IC02 はい．/|/|

IC01 は /|電話/|で/|来/|た．/|/|

IC02 怖い．/|/|

IC01 この/|日/|だいじょぶ/|だ/|から /|(D ハハ)/|はいー/|(L みたい/|な)．/|/|

IC02 (D ン)/|**怖い:.** /|/|

IC01 (L ◇)/|/|

IC01 (L ◇)/|/|

IC02 怖い．/|/|

IC01 突(K ゼ:ン|然)/|みたい/|な．/|/|

IC02 (U 怖い)．/|/|

図 1　IC02 の「怖い:.」直後の時点の画像

（3）は，ためらいの母音の延伸の発話例である．転記テキスト上には現れていないが，IC02 の発話は，直前にある先輩 IC01 の「市役所味方に付つけると」の直後にややささやくような声で発されている．次に来る先輩の言葉を予想している話しているため，確信なくためらい気味に発話したと判断した．

（3）T009_021b ためらいの母音の延伸

IC01 うん．/|/|

IC01 まあ /|仲良く/|し/|て/くれる/|と/|思う．/|/|

IC01 ただ/|その/|仲良く/|し/|たい/|ね/|って/|ゆう/|方針/|に/|なる/|か/|どう/|か/|も/|あなた/|(D タ)/|たち/|次第/|な/|の/で:/|それ/|は/|まあまあ /|お/任せ/し/|ます/|が:．/|/|

IC02 はい．/|/|

IC02 はい．/|/|

IC01 市/役所 /|味%方/|に/|付ける/|と:/|何/|か/|と/|強い: /|と/|思い/|ます．/|/|

IC02 **(U 強い:).** /|/|

IC02 そう/|です/|ね．/|/|

IC01 うん．/|/|

次の T010_009 は，大学の部屋（先生の研究室だと推定）で大学生の IC01 がゼミの先生である IC02 と，送別会の計画について話す会話である．(4) は，送別会で渡すプレゼントとして花束を提案した先生 IC02 の提案に，学生の IC01 が異論を述べる場面である．前後文脈で IC01 困った気配が感じられることから，先生の意見を否定する状況になり，学生として負担を感じてためらい気味に話していると判断した．

(4) T010_009 ためらいの母音の延伸

IC01 一/個/|は/|隠し/切れ/|ます/|けど. /|/|

IC02 うん /|うん /|うん. /|/|

IC01 十/個/|は/|隠し/切れ/|ない/|ん/で. /|/|

IC02 なるほど. /|/|

IC01 はい. /|/|

IC01 で /|あと /|あんまり:/|お/めでとう/|で/|は/|ない /|気/|が/|(L する/|ん/す/|よ/|ね). /|/|

IC01 なん/|か/|(D コン)/|追いコン/|で/|は/|ある/|ん/ です/|けど. /|/|

IC02 うん. /|/|

IC01 お/めでとう/|ござい/|ます /|ありがとう/|ござい/|まし%/|た/|が/|(W チッ|ちょっと)/|**強い:**/|気/|が/|する/|ん/す/|よ. /|/|

IC01 花束/|って. /|/|

IC02 うん. /|/|

IC01 (G いや|や). /|/|

IC01 (G まあ|ま) /|確か/|に:/|頑張っ/|て/ください/|な/|ん/す/|(L けど). /|/|

IC02 いや. /|/|

IC02 お/めでとう/|で/|いい/|ん/じゃ/ない/|の?. /|/|

(5) は，先生である IC02 の送別会に行く前にもう一回ゼミをしようという冗談に，IC01 が反応する場面である.「きつい」という発話にタグで見られるように笑いを伴っている.

(5) T010_009 笑いの母音の延伸

IC01 (L そ:れ/|は/|それ/|は). /|/|

IC02 エクセル/|と/|か. /|/|

IC01 (L ◇)/|/|

IC01 (L エクセル). /|/|

IC01 (L ◇)/|/|

IC02 V/ルックアップ/|と/|か?. /|/|

IC01 エクセル/道場/|(L と/|か/|やり/|ます/|か)?. /|/|

IC02 (L ◇)/|/|

IC01 (L ◇)/|/|

IC01 (L その/|イベント/|は/|ちょっと). /|/|

IC02 エクセル/道場/|やろ/|か:?. /|/|

IC01 **きつ(L い:).** /|/|

IC02 (L ◇)/|/|

IC01 (L きつい/|です/|ね). /|/|

IC01 (L ちょっと). /|/|

以上，『日本語日常会話コーパス』の検討結果，明確な上下関係では，下位者が母音の延伸を発することはあるが，強調による延伸は見られないことを確認した.

2.3. 考察：仮説どおりの現象，二つの疑問

現代日本語共通語では「上下差の大きい明確な上下関係では，上位者への発話で母音の延伸による強調が現れにくい」. このことから二つの疑問が生じる.

一つ目の疑問は，通説との不一致に関する疑問である. 通常「丁寧度が上がれば，文は長くなる」と長い表現と丁寧度の比例関係が言われている[6]. しかし，コーパスの結果を見ると，高い丁寧度で話すべき下位者の発話では，文が時間長的に長くなる母音の延伸は現れにくい. このことから考えられるのは，先行研究における丁寧度と比例関係にあるのは，形態素が増すという「統語的な文の長さ」で，「時間長的な文の長さ」ではないということである. 統語的な文の長さと（強調の母音の延伸による）時間長的な文の長さがなぜこのような関係にあるのかに関しては，第 4 節で述べる.

二つ目の疑問は，概念上の不一致に関する疑問である. 既述のとおり，強調は主に発話の内容に関わっている行為で，対人関係と直接的な関わりを持っていない. しかし，対人関係によって母音の延伸による強調発話が現れにくくなることがある.

母音の延伸による強調発話は，コミュニケーションの中で，どういった特徴を持つため，対人関係に影響されるのだろうか？ 母音の延伸による強調発話が対人関係に影響される理由を説明する仮説を以下のように設定した.

- 説明仮説 1. 母音を伸ばす強調発話が，インフォーマルな特徴を持っているためだ.
- 説明仮説 2. 母音を伸ばす強調発話が，インフォーマルな特徴を持つという説明は不十分で，その他の要因がある.

次の第 3 節では，説明仮説 1 のみで十分な説明がなされるのか，これら二つの仮説のうち，どちらがより妥当性が高いのかを検討する．

3. 対人関係と関わる強調の特徴は何か

3.1. 手法

説明仮説 1 は，母音の延伸による強調がインフォーマルな発話であるため，フォーマルな発話を要求する上位者への発話では言いにくいというものである．説明仮説 1 が妥当であるのか確認するために，母音の延伸による強調発話とフォーマルさの共存する二つの可能性について検討した．

一つ目の可能性は，母音の延伸による強調とフォーマルな文体の共起可能性である．フォーマルな文体とされる敬語の「です」との共起可能性を同コーパスから確認した．話者数は制限せず，形容詞の母音が非語彙的に伸びており，「です」が後続する例を検索した（表 4）．

表 4 強調の母音の延伸とフォーマルな文体の共起可能性を確認するための検索の詳細

検索意図	検索条件	検索内容
母音の延伸	S 書字形（タグ付）	:
容易な強調確認	S 品詞	形容詞-一般
「です」の後続	S 語彙素 1	です

二つ目の可能性は，母音の延伸による強調が，上位者への発話以外の，フォーマルな発話態度が予想される別の発話において現れる可能性である．フォーマルな発話態度が要求される発話として，演説・講演などのスピーチを選定した．話し手が丁寧体で話し，発話中に一定の緊張状態に置かれ，慎重に発話するという点で，上位者への発話と共通していると判断した．講演・演説のスピーチで，母音を伸ばす強調が現れうるのかを検討した．

3.2. 結果

表 4 の検索条件で検索した結果，母音が伸びた形容詞に語彙素「です」が後続発話は 35 件（重複なし）見つかった．そのうち，強調による延伸も確認できた．このことから，「強調の母音の延伸はフォーマルな文体と共起する」ことが確認できた．

一方，演説・講演などのスピーチにおける強調の母音の延伸の生起可能性については，生起しうると考えられる．コーパスでの実例の検討はしていないが，スピーチでの話し方を教える動画・本を見ると，大事なところではゆっくり話すように教えている[7]．ゆっくり話すことと母音の時間長が長くことは同じ現象ではないが，ゆっくりとした発話は母音の延伸を伴うことが多い．なお，「大事なところ」という表現は，卓立強調の対象とされるフォーカスの置かれる部分を意味しているため，強調の延伸が現れていると言える．強度強調の延伸が講演・演説で現れることも想像に難くない．

(6)（講演で自分が行った研究を紹介しながら）
X：実験のために A グループには普通の机を，
B グループには<u>ながーい</u>机を置いて観察しました．

(6) の作例では，講演のスピーチに強度強調の延伸が含まれているが，自然な発話に感じられる．ただ，スピーチ技術講座が教えているように，講演・演説などで現れる母音の延伸を伴う強調発話は，同時にフォーカスの置かれた卓立強調の発話でもあると考えられる．

以上，母音の延伸による強調が，フォーマルな文体と共起し，フォーマルな発話で用いられることを確認した．この結果は，母音の延伸による強調はインフォーマルで，フォーマルな発話を要求する上位者への発話と相性が悪いという，説明仮説 1 の妥当性を低め，それ以外の要因があるという説明仮説 2 の妥当性を高める．

3.3. 考察

仮説 2 の妥当性が高まったため，母音の延伸による強調が対人関係に影響される（上位者への発話で現れにくい）理由として，フォーマル・インフォーマルの区別のほか，別の要因を想定する必要がある．要因の一つとして，一部の強調発話（強度強調・余剰的な卓立強調）に対応する，現時点での仮説を以下に提示する．

- 説明仮説 3. 母音を伸ばす強調発話のうち，余剰的な卓立強調に感じられる発話（音声的な卓立）が，発話ターンの主張のように感じられるためである．

強度強調と卓立強調は，母音の延伸という音声的な卓立を形式として共有する．そのため，話し手が卓立強調を意図していなくても，母音を伸ばす強度強調は，

聞き手にとって卓立強調にも読み取れる形式に聞こえる. すなわち, 強度強調と卓立強調が共有する音声的な卓立のもと，強度強調の発話は卓立強調としての印象を副次的に帯びてしまうのである．これはコミュニケーションにおいて, 上位者が要求してもいない, 対話の文脈上不自然な余剰の卓立強調である．下位者による余剰的な卓立強調は,「この発話を聞け」と，上位者に発話への注目・集中を強いり, 自分の発話ターンであることを主張する効果を持ってしまうが，これは下位者の発話態度として好ましくないと考えられる.

なお, 強度強調の場合, 音声的な卓立を避けられる形式がある. 語彙的な強調（例 : より強い意味を持つ語彙を用いる），統語的な強調（例 : 程度が強いことを意味する副詞を用いる，強調構文を用いる），談話的な強調（例 : 発話の繰り返し）である．例えば，上位者への発話で, (2) では「怖い」という発話が繰り返されており，ほかにも「すごく」「とても」などの語彙を用いることも想像に難くない. 代案ががあるにも関わらず, 下位者の発話として余計な誤解を招きうる形式を避けないことも, 好ましくない発話態度・印象に繋がりうると予想される.

上位者に対する下位者の発話で，母音の延伸による強調発話が現れないのは，以上のようなコミュニケーション上好ましくないシナリオを避けようとする無意識の現れだと考えられる.

4. おわりに

本発表では,『日本語日常会話コーパス』における実例の検討により,「上下差の大きい明確な上下関係では, 上位者への発話で母音の延伸による強調が現れにくい」ことを確認した．そして,「母音の延伸による強調発話は, コミュニケーションの中で, どういった特徴を持つため, 対人関係に影響されるのか」という問いに対する二つの説明仮説を検討した. 検討の結果, 母音を伸ばす強調発話が，フォーマルな文体及び発話と相性が悪くないことから，説明仮説 2「母音を伸ばす強調発話が, インフォーマルな特徴を持つという説明は不十分で, その他の要因がある」の方が妥当性が高いことを示した. そして, その他の要因について述べる説明仮説 3「母音を伸ばす強調発話のうち，余剰的な卓立強調に感じられる発話（音声的な卓立）が，発話ターンの主張のように感じられるためである」を提示した. その根拠として，強度強調と卓立強調が音声的な卓立という形式を共有することと，強度強調には卓立強調との混同を避けられる語彙・統語・談話的が存在することを挙げた.

これまでの考察から，母音の延伸による強度強調が上位者への発話で現れにくいという現象から生じた二つの疑問に対して，次のような説明が試みられる.

強調は主にメッセージの内容に関わる行為だが，なぜ対人関係に影響されるのか？　母音の延伸を介して余剰的な卓立強調の形式をとる下位者の発話は，上位者に余剰的な卓立強調だと受け入れられる場合，発話への注目・集中を強いるように聞こえる恐れがある. 下位者は無意識のうちに，このような好ましくない行為を避けたと思われる. その好ましくない行為は, 実は母音の延伸以外の強調法を用いることで避けられたはずだが，それを避けなかったという点が行為をより好ましくなく感じさせたと考えられる.

丁寧度と文の長さは比例するが，なぜ丁寧に話すべき上位者への発話で文が長く発することは控えられる？　先行研究で丁寧度と比例関係にあるのは，統語的な文の長さで, 音声的な文の長さではない. なお, 上位者への発話において，余剰的な卓立強調の形式を発して無礼な発話態度だと誤解されることを避けるために, 音声的な強度強調を控え, その代案として統語的な強調を用いると，統語的に文の長さが長くなることが予想される.

今後は，今回説明が与えられなかった余剰的でない卓立強調についての考察や，余剰的な卓立強調に対する認識を調べるといった日本語母語話者に対する印象評定実験・聞き取り調査を通して，説明仮説 3 の補強と検証を行いたい.

文献

[1] Coleman, H. O. (1925). Intonation and emphasis. *Le Maître Phonétique, troisième série*, 3 (40), 6-26.

[2] 斎藤純男 (2006). 日本語音声学入門【改訂版】　三省堂

[3] 郡史郎 (1989a). 強調とイントネーション　杉藤美代子（編）　日本語の音声・音韻（上），講座日本語と日本語教育第 2 巻 (pp. 316-342)　明治書院

[4] 小磯花絵・天谷晴香・石本祐一・居關友里子・臼田泰如・柏野和佳子・川端良子・田中弥生・伝康晴・西川賢哉・渡邊友香 (2022).『日本語日常会話コーパス』の設計と特徴 言語処理学会第 28 回年次大会発表論文集, 2008-2012.

[5] 国立国語研究所. 日本語日常会話コーパス | 大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究. https://www2.ninjal.ac.jp/conversation/cejc.html [2021 年 1 月アクセス].

[6] 井上史雄 (2011). 経済言語学論考 —言語・方言・敬語の値打ち—　明治書院

[7] 齋藤孝 (2016). 恥をかかないスピーチ力　筑摩書房

＜付録＞

付録 1　『日本語話し言葉コーパス』タグ一覧
（『日本語日常会話コーパス』ホームページより[5]）

タグ	概要
:	非語彙的な母音の引き延ばし
%	非語彙的な音の詰まり
(W)	言い誤り・発音の怠け等の一時的な発音エラー
(D)	語の言いさし
?	疑問型上昇調(強調型上昇調は除く)
(T)	小さい声で発話している箇所
(L)	笑いが生じている箇所，あるいは単独の笑い
(C)	泣きながら発話している，あるいは単独の泣き
(S)	歌いながら発話している, あるいは歌詞を伴わない歌
<>	発音に類する行為のうち会話の流れに関わるもの
(U)	聞き取りや語の判断が不確かな箇所
(X)	語が不明な箇所
(K)	タグ等のために漢字表記できず可読性が落ちる箇所
(M)	音や言葉自体が言及の対象とされており(W)などで対応すると把握しづらい箇所
(O)	一般的に理解が難しい外国語･方言が用いられる箇所
(B)	喃語．乳児の音声に対してのみ付与する
(Y)	漢字表記の一般的な読みと発音が異なる箇所
(G)	可読性が低い口語表現
(F)	「あの」「その」等がフィラーとして用いられる場合
(I)	「あ」「え」等の感動詞が挿入構造の内部にあり発話単位として分割されていない箇所
.	発話単位末
+	知覚可能な休止により 1 短単位が分割される箇所
(R)	個人情報などに関わる仮名・伏字処理を行った箇所
@	転記に対するコメント *

アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与える影響(1)：話し手自身による主観評価による検討

The Impact of Avatar- and Voice Transformation Technology on Speaking Ability (1): Subjective Evaluation by Speakers Themselves

鷹阪 龍太[†]，安久 絵里子[†]，目黒 文乃[†]，葛岡 英明[‡]，原田 悦子[†]
Takawaki Ryuta, Eriko Ankyu, Ayano Meguro, Kuzuoka Hideaki, and Etsuko T. Harada
[†]筑波大学，[‡]東京大学
[†]University of Tsukuba, [‡]The University of Tokyo
{takawaki@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

本研究では，腹話術形式の講話能力をとりあげ，アバターならびに音声変換技術を組み込んだ仮想的 2 者対話形式のシステムを用いることによる講話支援の可能性があるか否かを，システムを用いた「練習」段階時の講話ならびに前後の講話パフォーマンスを対象とした話者自身の主観評価の結果から検討した．その結果，アバターの操作スキルについては短時間の練習で習得可能であることが確認でき，アバターの活用による支援の可能性が示唆された．その一方で，話者自身の主観的評価においては，アバターおよび音声変換技術を利用した練習を経ても講話達成の向上は確認されなかった．

キーワード：遠隔対話システム，アバター，音声変換，プロテウス効果，腹話術形式の講話

1. 問題と目的

同一の人物が複数の声色を切り替えて直接話法形式で対話する話法の一つに腹話術がある．疑似的な対話形式であること，語り分けの面白さなどの特徴から腹話術を用いることは講話の有効な形態の一つであると考えられている一方で，腹話術人形の操作は複雑であり，人形の体や口を講話内容にそって適切に作動させるためには専門的な操作スキルが求められる点，対話形式で進められる講話の中で，話者の交代にあわせて，キャラクターに適した声色を演じ分ける必要がある点，またこれらのスキルを講話の中で並行して用いる必要がある点が，腹話術形式での講話において大きな障壁となっている．また，これらの「腹話術のためのスキル」の習得には時間的，認知的資源を割く必要があること，こうした達成上の認知的負荷により，講話内容を十分に理解する，適切な間で発話を行う，聴衆へ聞こえやすいよう明瞭に発話するといった本来の講話に必要な能力の習得にも影響があるものと考えられる．

そこで，こうした「腹話術実施のためのスキル」利用とその習得という問題に対し，腹話術人形の操作については，操作者の身体運動を自動的に認識し操作対象のキャラクターの運動に変換するシステム（アバター）を用いること，また話者の声色の演じ分けについてはリアルタイムでの音声変換技術を用いることで,スキルの習得における時間的･認知的負荷を軽減し，本来の講話能力の習得を支援できる可能性が考えられる．

また，アバター利用時に，用いられる外見の変化によってユーザーの行動や態度が変わるというプロテウス効果(Yee & Bailenson, 2007; Yee et al., 2009)を踏まえると，仮想の対話相手の見た目を幼い子どもやキャラクターなどの想定に合わせて設定することで，対話相手の発話ターンでより上手く振る舞うことができ，話者本人と対話相手との演じ分けが上達する可能性が考えられるが，こうしたプロテウス効果が聴覚的特徴においても生じうる可能性については検討が必要である．また対象に対して抱く「かわいい」という感情は，対象と共存したいという接近動機の増大をもたらすことが指摘されており（井原ら，2011），アバターに「かわいい音声」を付与することで，話者にとっての仮想の対話相手に対する接近動機が高まり，練習時間の増加が生じ，結果として演じ分け能力の向上につながる可能性も考えられる．

そこで本研究では，アバターのみ，あるいはアバターと音声変換技術を組み込んだ仮想的 2 者対話システムを用いた腹話術的講話の練習段階を設けて，アバターおよび音声変換の有無を操作した３つの支援条件下での講話練習を実施することにより，これらの技術の利用によって講話能力が向上するか，システムを利用しない状況での講話能力も向上するかを検討するため，実験操作となる練習段階のほかに，その前後にパペットを用いた講話を実施した．本報告では，練習段階ならびにその前後の講話実施についての講話者自身の主観評価・行動に基づく検討結果を報告する．

2. 方法

参加者　４年制大学学生 30 名（男性 15 名，女性 15 名，

平均年齢 20.83 歳，SD＝1.61）.

実験材料：交通安全に関する講話台本　警察官である講話者とロボタン（架空キャラクター：ロボタンと命名）の対話形式で構成される高齢者向け交通安全講話 3 本（原田ほか, 2022）を使用, 実施順は全員同一とした.

パペット　全ての参加者は, 講話内で「ロボタンとの会話」を演じる際にアバターもしくはパペットを使用するよう求めた. パペットは２種類が用意され（Figure 1）, 実験開始前に参加者自身が一つを選択した.

Figure 1 実験で使用したパペット

アバター　「練習時間」に利用するアバターとして，自分の手の動きで操作するアバター(Figure 2：操作には ultraleap 社製の Stereo IR 170 Evaluation Kit を利用）を CG で合成した. 可能な操作は「体を左右に向ける」「うなずく」であり，自動的なランダムな動きとして「ふわふわ上下に動く」を実行した.

Figure 2 実験で使用したアバターとアバターシステム利用時の様子

音声変換　実験参加者の音声を Roland 社製の VT-4 を用いてリアルタイムで変換した．変換はピッチとフォルマントを対象に行い, 参加者自身が「かわいい」と感じる値に調整するよう求められ，決定された.

評価項目　パフォーマンスに関する主観評価　講話のパフォーマンスに対する主観的評価を測定する６項目（Table 1）を VAS で測定した(0-100).

パペット／アバターに対する生物感知覚　パペットやアバターに対して感じる生物らしさに関する検討を行うため，長谷川・原田・栢野・大澤（2015）の生物らしさ知覚を問う質問 5 項目，および小柳・鳴海・Jean・安藤・大村（2020）を基に作成した２項目について，パペットとアバターそれぞれに対して，まったくあてはまらない（１点）」から「非常にあてはまる（６点）」の 6 件法で回答を７項目尋ねた（Table 2）.

その他の測定項目　講話パフォーマンスへ影響すると考えられる参加者の特性として「人前で話すことに対する意識」，腹話術形式の講話についての主観的印象, VT-4 の操作/アバター操作の困難度を尋ねた.

Table 1 パフォーマンスの評価項目と VAS のラベル

質問項目	左端(0)	右端(100)
①いまの話の出来は	不満だ	満足だ
②いまのあなたは	不安だ	安心している
③いまのあなたは	緊張している	リラックスしている
④台本は	話しにくい	話しやすい
⑤ロボタンは	かわいくない	かわいい
⑥ロボタンを動かすのは	難しい	簡単だ

Table 2 生物感知覚の測定項目

1	実際に同じ部屋の中であなたのそばにいる感じがした
2	話すのは楽しかった
3	感情があるようだ
4	生きているようだ
5	目的をもって行動できそうだ
6	計画を立てることができそうだ
7	考えることができそうだ

注：全ての質問項目は主語「{パペット｜ アバター}（ロボタン）は～」の後に続けて使用された

練習時間　実験時の動画データを用いて, 実験者が「練習を始めてください」といった時点から, 参加者が実験者に練習の終了を意図する声掛けをした時点までを練習時間として計測した.

実験計画　練習条件（参加者間：パペットのみ条件／アバター＋地声条件／アバター＋VT-4 条件）×試行段階（参加者内：pre / 練習 / post）の２要因混合計画．一般にコミュニケーション課題では性差が見られること，「かわいい」に関する評価についても性差が大きいとされることから，各練習条件に男女 5 名ずつをランダムに割り当てた.

手続き　実験の説明完了後，課題準備として講話台本を紙媒体で一度目を通した後，同じ台本を iPad の講話台本表示画面で呈示し，参加者が台本の内容を把握できた段階で，机横のカメラに向かって講話を行うよう求めた（pre パフォーマンス）．課題に当たっては，言い間違えや言いよどみがあっても，そのままパフォーマ

ンスを続けるよう教示した. 課題終了後, 参加者は自分のパフォーマンスについて自己評価を行った.

次に, 練習課題を実施した. 練習課題では, すべての参加者がヘッドセットをつけ, コンピュータディスプレイを見て行うよう, 設定を変更し, 話者正面に設置した web カメラにより参加者が話す様子およびパペットの動きを録画した. 練習条件のうち, パペットのみ条件（以下「なし条件」）では, pre パフォーマンスと同じパペットを使用して練習を行うよう求め, 話者自身の声ならびに Web カメラで撮影した画像がそのまま提示された. アバター＋地声条件（以下「地声条件」）では, 練習課題ではアバターを用いて講話の練習を行うよう求め, アバター操作方法の教示後, 基本動作の実施を確認後, 参加者の様子とアバターが動く CG を合成した画像をモニター画面にリアルタイムに投影した. ヘッドセットからは, 参加者の発する音声がそのまま聞こえるよう設定した. アバター＋VT-4 条件（「VT-4 条件」）では, 地声条件と同様にモニターに画像を提示すると同時に, 音声は話者がボタンを押している間, 話者音声が VT-4 で変換されたものが提示されるよう設定された. 二者（警察官／ロボタン）の短い会話文を呈示し, 音声を切り替えて発話する操作を獲得したことを確認ののち, 練習を実施した.

練習時間は最大 20 分とし, 参加者の申告によって 20 分を待たずに練習を中断することが可能であった. 練習終了後, 参加者に練習段階でのパフォーマンスについての自己評価を求めた.

その後, pre パフォーマンスと同様に, パペットを用いた講話撮影（post パフォーマンス）を行った. その後, 事後質問紙への回答とインタビューを行った. 実験の所要時間は 1 時間程度であった.

3. 結果

実験時の観察から講話の方法などに大きく性差が見られたため, 練習条件（なし条件 / 地声条 /VT-4 条件）×試行段階（pre / 練習 / post）×性別（男性 / 女性）の三要因混合計画分散分析を実施した. 明確な有意差あるいは一定以上の効果量があった結果のみ, 詳細に報告する.

練習時間 アバターの使用および音声変換の有無が接近動機へ与える影響を検討するため, 練習時間を常用対数変換したものを従属変数として, 性別（男性 / 女性）×練習条件（なし条件 / 地声条 /VT-4 条件）の二要因分散分析を実施した. その結果, 性別, 練習条件の主効果および,両者の交互作用はいずれも有意ではなく, アバターの使用や音声変換の実施は, 講話の練習時間に影響を与えていなかった（Table 3）.

Table 3 性別, 条件別の平均練習時間（秒）

性別	練習条件	平均値	標準偏差
女性	なし	841.200	327.314
	地声	864.400	336.151
	VT-4	635.800	299.290
男性	なし	871.600	198.008
	地声	738.600	222.496
	VT-4	985.400	292.105

次に, パフォーマンスの主観評価への影響を検討するため, 性別（男性 / 女性）×練習条件（なし条件 / 地声条 / VT-4 条件）×試行（pre / 練習 / post）を独立変数, それぞれの評価項目得点を従属変数とした分散分析を実施した（Table 4）. その結果,「講話の出来」にすべての主効果並びに交互作用に有意な効果は見られなかった.

「安心感」については試行段階の主効果（F（2, 48）$=3.81$, $p\,\eta^2=.14, p<.05$）が見られ, 多重比較の結果, pre 試行と比較して post 試行における安心感得点が有意に上昇していた（$t(24)=2.63, d=0.46, p<.05$）. 性別, 練習条件の主効果および全ての交互作用は有意ではなかった.

「リラックスの度あい」についても試行段階の主効果（F（2, 48）$=25.00$, $p\,\eta^2=.51$, $p<.001$）が見られ, 多重比較の結果, pre 試行と練習試行の間（$t(24)=4.66$, $d=0.75$, $p<.001$）, 練習試行と post 試行の間（$t(24)=2.44, d=0.42, p<.05$）で「リラックスの度合い」がそれぞれ有意に上昇していた. 性別, 練習条件の主効果, および全ての交互作用は有意ではなかった.

「台本の話しやすさ」については試行段階の主効果（F（2, 48）$=7.79$, $p\,\eta^2=.25, p<.01$）が見られ, 多重比較の結果, pre 試行および post 試行と比較して練習試行における台本の話しやすさ得点が有意に低かった（pre-練習：$t(24)=3.60, d=0.93, p<.01$, post-練習：$t(24)=2.43$, $d=0.48$, $p<.05$）. 性別, 練習条件の主効果および全ての交互作用は有意ではなかった.

「ロボタンのかわいさ」については試行段階の主効果（F（2, 24）$=9.56$, $p\,\eta^2=.29, p<.01$）が見られ, 多

重比較の結果，練習試行が他の２試行と比較して有意にロボタンのかわいさ得点が低かった（pre-練習 : $t(24) = 2.89, d = 0.59, p < .05$, post-練習 : $t(24) = 3.61, d = 0.75, p < .01$）．性別，練習条件の主効果は有意ではなかった．条件×試行段階の交互作用は有意ではなかったものの一定の効果量が示され（$F(4,48) = 2.47, p\eta^2 = .17, n.s.$），練習試行における練習条件の単純主効果は有意であったことから（$F(2,72) = 5.81, p\eta^2 = .33, p < .01$），多重比較を行った結果，なし条件と地声条件の間（$t(72) = 2.88, d = 2.31, p < .05$）および，なし条件と VT-4 条件の間（$t(72) = 3.01, d = 2.42, p < .05$）に有意差が見られた（Figure 3）．このため，段階の主効果についても，台本自体の差がもたらした相違ではなく，練習段階で新たに導入された CG アバターに対する「かわいさ」評価がパペットよりも低下していたことを示す結果と思われる．

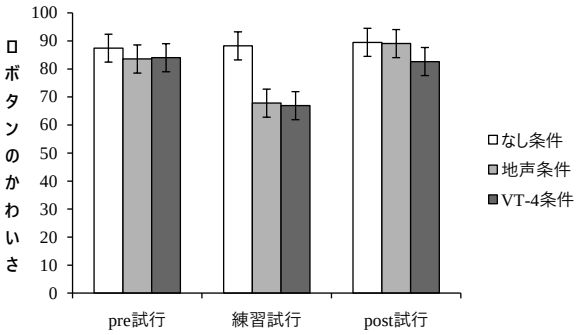


Figure 3 試行段階別のかわいさ評定平均

「ロボタンの操作の簡単さ」については，試行段階の主効果（$F(2,48) = 38.79, p\eta^2 = .62, p < .001$）が見られ，多重比較の結果，pre 試行と post 試行の間（$t(24) = 4.66, d = 0.75, p < .001$），練習試行と post 試行の間（$t(24) = 2.44, d = 0.42, p < .05$）で「操作の簡単さ」がそれぞれ有意に上昇していた．また，練習条件×試行段階の交互作用が有意であり（$F(4,48) = 2.91, p\eta^2 = .20, p < .05$），地声条件と VT-4 条件における試行段階の単純主効果は，post 試行が他の２試行と比較して有意に操作の簡単さ得点が高いというパターンであったが，なし条件では，pre 試行と post 試行の間にのみ有意差が見られるというパターンであった．

性別，練習条件の主効果および性別×練習条件×試行段階の交互作用は有意ではなかった．

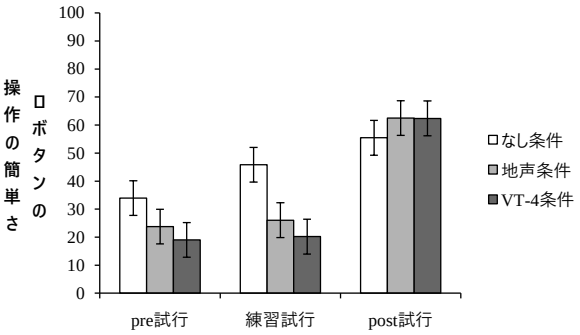


Figure 4 ロボタンの操作の簡単さ得点

VT-4 による音声変換がアバターの印象に与えた影響を検討するため，アバターを利用した 2 条件のみを対象として，アバターに対する生物感知覚を従属変数とした練習条件（地声条件 / VT-4 条件）×性別（男性 / 女性）二要因分散分析を実施した．その結果，性別の主効果および練習条件の主効果は有意ではなかったが，両者の交互作用が有意であった（$F(1,16) = 7.56, p\eta^2 = .32, p < .05$）．単純主効果検定の結果，女性における練習条件の単純主効果は有意ではなかったが（$F(1,16) = 3.09, p\eta^2 = .28, n.s.$），男性における練習条件の単純主効果は有意であり（$F(1,16) = 4.53, p\eta^2 = .36, p < .05$），VT-4 条件の男性は地声条件の男性と比較してアバターの生物らしさを低く知覚する傾向がみられた(Figure 5).

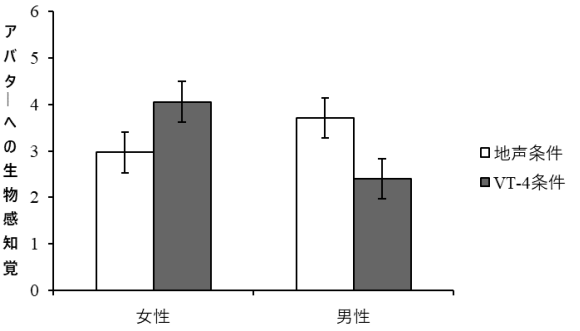


Figure 5 アバターの生物感知覚への音声変換の影響

4. 考察

本研究では，アバターと音声変換技術を組み込んだ仮想システムを用いて講話練習を行うことで講話能力に与える影響について，講話者の主観評価をもとに検討を行った．

パフォーマンスの主観評価についての評定では，アバターの使用および音声変換の有無によって「講話の出来」には影響が見られなかった．また，練習試行をは

さんだ pre 試行と post 試行間でも有意な差がみられなかったことから，主観評価では練習によって講話のスキル獲得によるパフォーマンスの向上は見られなかったことが示唆された．一方で，「ロボタンの操作の簡単さ」については，pre 試行と post 試行間で有意に得点が向上しており，パペットの操作の仕方および，アバターの操作の仕方については，練習試行の間で主観的には十分に学習できたと評価されていることが示唆された．これらのことから，主観的な経験としては，練習試行の目的が講話の上達であるというよりは，アバターの操作の仕方を学習することが練習の目的であると認識されていた可能性がある．また，アバターの操作の習得については，post 試行における操作の簡単さ評定においてパペットと同様の評定値であることから，アバターの操作はパペットの操作と同程度の練習で習得可能であることが示され，アバターを用いた講話練習支援の可能性が示唆された．

アバターの使用および音声変換により，アバターに対する接近動機が高まるかどうかについては，講話の練習時間をもとに検討を行った．その結果，アバターの使用の有無および音声変換のいずれも練習時間に影響を与えてはおらず，アバターの使用や音声変換によって接近動機が高まるとはいえない結果であった．また，かわいい音声の付与がアバターへの接近動機を高めると考えられたが，「ロボタンのかわいさ」評定において，アバターを使用した試行のみで「かわいさ得点」が有意に低く評定されており，パペットと比較してアバターが「かわいくない」と受け取られていることが示唆された．加えて，アバターを使用していた「地声条件」と「VT-4 条件」の間に有意差が見られなかったことから，ロボタンのかわいさ評定は音声変換の有無に影響を受けていないことが示唆された．これは原田ほか(2022)において，大学生が声の評価とアバター自体のかわいさの評価を独立させていることと一致している．

一方，アバターの生物らしさの知覚得点の結果では，男性において VT-4 による音声変換を加えるとアバターの生物らしさが有意に下がるという結果が得られた．これは，男性の方が女性と比較して「かわいい声」を調整する際に，地声からの調整幅が大きかったものと推測され[i]，そうした調整幅の大きさが声のかわいさよりもまずは声に対する違和感をもたらし，その結果として，生物らしさの知覚が低減された可能性がある．こうした生物らしさの低下は，自分がどのような存在であるかといった自己の身体イメージを変容させるとされるプロテウス効果（[6]小柳ほか,2020）にも負の影響を与える可能性が考えられる．したがって，音声変換によりアバターへの接近動機を高めるためには，より自然に感じられる音声への変換など，音声変換の手法について検討を行う必要がある．

本研究のパフォーマンスの評価は，講話者の主観的な評価に基づいており，練習前後でのパフォーマンスの主観的な向上も見られなかった．この点については，参加者がアバターの操作の仕方やパペットを用いた講話形態の習得などに練習目標を設定していたために，たとえ実践された講話のパフォーマンスが向上していたとしても，その向上が主観的な評価には現れにくかった可能性が考えられる．そのため，アバターおよび音声変換技術による講話パフォーマンスの支援効果については，主観的な評価のみではなく，第三者評価によるパフォーマンスの検討が必要であると考えられた（安久ほか，2022）．

5. 謝辞

本研究は沖電気工業株式会社との共同研究の成果の一部である．また，本研究は筑波大学人間学群心理学類の目黒文乃氏の卒業研究「“かわいい”感性に対する音声の影響―アバター対話システムを用いた検討―」の一部をもとに再分析をしたものである．

文献

[1] Nick Yee & Jeremy Bailenson (2007) The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior, Human Communication Research, 33, pp. 271–290

[2] Nick Yee, Jeremy Bailenson, Nicolas Ducheneaut (2009) The Proteus Effect Implications of Transformed Digital Self-Representation on Online and Offline Behavior, Communication Reserch, Vol. 36, No. 2, pp. 285-312

[3] 井原なみは，入戸野宏（2011）幼さの程度による“かわいい”のカテゴリ分類，広島大学大学院総合科学研究科紀要，人間科学研究，6，13-17.

[4] 原田・安久・鷹阪・目黒・葛岡 (2022) アバター評価と“かわいい”音声：音声の影響と加齢変化の検討　日本認知科学会第 39 回大会.

[5] 長谷川莉子・原田悦子・栢野航・大澤博隆（2015）．エージェント利用システムに対する生物らしさ知覚の検討―年齢群間比較　日本認知心理学会第 13 回大会発表論文集，5.

[6] 小柳陽光・鳴海拓志・Jean-Luc.Lugrin・安藤英由樹・大村廉（2020）．ドラゴンアバタを用いたプロテウス効果の生起による高所に対する恐怖の抑制　日本バーチャルリアリティ学会論文誌，25（1），2-11.

[7] 安久・鷹阪・目黒・葛岡・原田(2022) アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与える影響(2)：聞き手によるパフォーマンス評価　日本認知科学会第 39 回大会.

Table 4 条件別のパフォーマンスの主観評価得点

	試行条件	pre試行			練習試行			post試行		
質問項目	性別/練習条件	なし	地声	VT-4	なし	地声	VT-4	なし	地声	VT-4
講話の出来に満足	男性	53.29	50.66	63.82	57.76	56.84	48.82	59.08	65.13	56.45
	女性	44.87	46.45	61.32	63.55	60.66	67.50	55.79	65.26	70.00
いまのあなたは	男性	50.92	68.82	70.00	55.92	70.79	75.92	63.29	79.21	75.92
安心している	女性	58.95	64.74	61.18	54.21	73.42	64.74	67.11	86.97	62.76
いまのあなたは	男性	40.66	57.11	56.58	49.21	79.21	72.63	56.71	79.87	81.32
リラックスしている	女性	48.68	56.05	51.32	71.71	70.79	61.84	72.37	89.34	67.11
台本は話しやすい	男性	67.24	82.89	73.42	55.79	72.63	34.08	58.16	82.76	64.61
	女性	84.74	77.89	77.76	61.18	69.21	73.29	76.71	79.08	64.61
ロボタンはかわいい	男性	81.18	90.53	85.39	85.53	78.03	67.24	85.66	90.13	82.24
	女性	93.68	76.58	82.63	90.92	57.63	66.58	93.29	88.03	83.03
ロボタンを動かすのは	男性	46.32	29.74	15.26	52.24	29.61	17.89	58.55	65.66	62.76
簡単だ	女性	21.58	17.76	22.76	39.47	22.50	22.50	52.37	59.34	61.97

[i] 本研究ではVT-4での変換設定についての記録が取られておらず，調整値についてはデータに基づく検討が不可能であった.

スライムハンド研究の展望
Prospects for the Study of Slime Hand

小鷹研理 †, 佐藤優太郎 †, 今井健人 †
Kenri Kodaka, Yutaro Sato, Kento Imai
† 名古屋市立大学芸術工学研究科
Nagoya City University
kenri@sda.nagoya-cu.ac.jp

概要

The wide range of illusions of proprioception produced by hiding one hand behind a mirror and performing operations visible in that mirror have been recognized for some time. We report a similar effect using a putty-like substance, in which we refer to as the Slime Hand. In this setup, a flexible putty is manipulated by pinching and stretching from the center or an edge while the same pinching and stretching motion is performed on the hand behind the mirror. This operation has a quite high rate of success in causing the mapping of the participant's skin of the hand onto the putty.

キーワード：rubber hand illusion, skin ownership, slime hand, non-proprioceptive distortion

1. Introduction

A range of approaches to the distortion of hand ownership have been reported that relate to the paradigm of the rubber hand illusion (RHI; Botvinick et al., 1998)[1], in which, the rubber hand is visibly touched at the same moment that the participant's hidden hand is physically touched. This leads to an illusory sense of ownership of the rubber hand. The illusory effect is prevented when the distance between the hands exceeds around 20 cm (Lloyd, 2007)[2]. This is essentially because the body image based on the proprioception signal refuses to be integrated into the vision-driven body image over such a large gap. As is well known, ownership distortion frequently involves proprioceptive drift to the rubber hand by around 10% to 40% of the total distance between two hands. As such, it is rare to see that a proprioceptive drift with a distance that exceeds 10 cm.

Recently, we discovered a novel ownership illusion, namely the Slime Hand (SH; Sato, Imai, and Kodaka, 2021)[3], which seems to go partially against the RHI paradigm. See the complete version of the movie through the cited link[4]. This illusion is based on the well-known mirror-visual feedback system, in which a chunk of slime is placed before a mirror and the physical hand is placed behind it. In this layout, three types illusory ownership distortion can operate: stretching of the skin, stretching of the finger, and hollowing of the hand. To stretch the skin, the experimenter pinch-and-pulls the slime upwards by typically 5 to 20 cm while doing the same thing to the hidden hand, the elasticity of which remains within the skin's physical constraints (∼2 cm). To stretch the finger, the experimenter pinch-and-pulls the edge of the slime away from the participant, typically by 5 to 50 cm, while the tip of the little finger is pulled in the same way while the hidden hand as a whole is kept unmoved. To give the illusion of a hollow hand, the experimenter bores a hole into the slime while a nearly identical tangible operation is performed on the hidden hand. We have frequently observed that the participant reports having the illusion of stretched skin or a stretched finger to the distance matching the visual condition. In addition, more surprisingly, nearly the same effect occurs even when the slime is not used, where the same hand operation is exhibited in midair before the mirror (the Invisible Slime Hand, ISH), similar to the invisible hand illusion (Guterstam et al., 2013)[5]. From this empirical observation, we hypothesized that the SH has four unique characteristics that differ from the conventional RHI paradigm. First is the extremely long deformation distance (more than 20 cm), second is the adaptability to an amorphously shaped hand (e.g., the hollowed hand), and the third is non-proprioceptive deforma-

tion (stretching the skin), and the fourth is extremely low individual differences.

2. Open-Laboratory Experiment

We exhibited a public experiment (N = 95) to test the effectiveness of the SH and the ISH, which was held in the NTT InterCommunication Center (Shinjuku, Tokyo) among the demonstrations in our open-laboratory exhibition. In this test, nearly half of the participants experienced the SH first, followed by the ISH, and the remainder experienced the opposite order vice versa. For each condition, the participants experienced the three kinds of the ownership distortion mentioned above for approximately three to five minutes. After two trials were completed, they were asked to provide their subjective rating of the strength of the illusion with a 7-point Likert scale questionnaire (-3: did not feel at all, 0: neither felt nor did not feel, +3: felt very strongly).

These results show that the slime is significantly effective for enhancing three kinds of illusory experience based on the paired t-test, although it does not necessarily mean that the invisible operation is not effective. In fact, only two participants (<2.2%) provided a rating of zero or less than zero for the illusory skin stretch in the SH and ISH. Ratings of +2 or +3 for this illusion were provided by 95.8%/89.4% in the SH and the ISH. It is especially notable that this high evaluation was obtained even though the slime is visually quite unlike the hand-shaped form (SH) or is engaged with the invisible hand situation (ISH). Nearly 50% of the participants (46/95) provided a rating of +2 or +3 for the illusory hollowed hand; so far as we know, this is the first report to yield this specific body-image distortion.

3. Discussion

Even taking into consideration that the experiment was not performed in an ideally controlled manner, the results strongly suggest that the SH involves non-proprioceptive deformation, adaptability to an amorphous shaped hand and the extremely low individual differences. Our hypothesis is that these unfamiliar effects essentially originate from the functioning of the illusion on the body image specific to the region of the skin, which is free from the proprioceptive signal. This is supported by the fact that no one commented (orally or written) that they experienced an upward or horizontal proprioceptive drift of the whole hidden hand triggered by the pinch-and-pulled operation. It is urgent to examine these peculiar characteristics under well-designed laboratory experimental conditions.

文献

[1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands "feel" touch that eyes see. Nature, 391(6669), 756.
[2] Lloyd, D. M. (2007). Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand. Brain and Cognition, 64(1), 104–109.
[3] Yutaro Sato, Kento Imai, & Kenri Kodaka (2021) Slime Hand, Top 10 Best Illusion of the Year Contest 2021
[4] https://www.youtube.com/watch?v=w2K-VtuokBQ
[5] Guterstam, A., Gentile, G., & Ehrsson, H. H. (2013). The invisible hand illusion: Multisensory integration leads to the embodiment of a discrete volume of empty space. Journal of Cognitive Neuroscience, 25(7), 1078–1099.

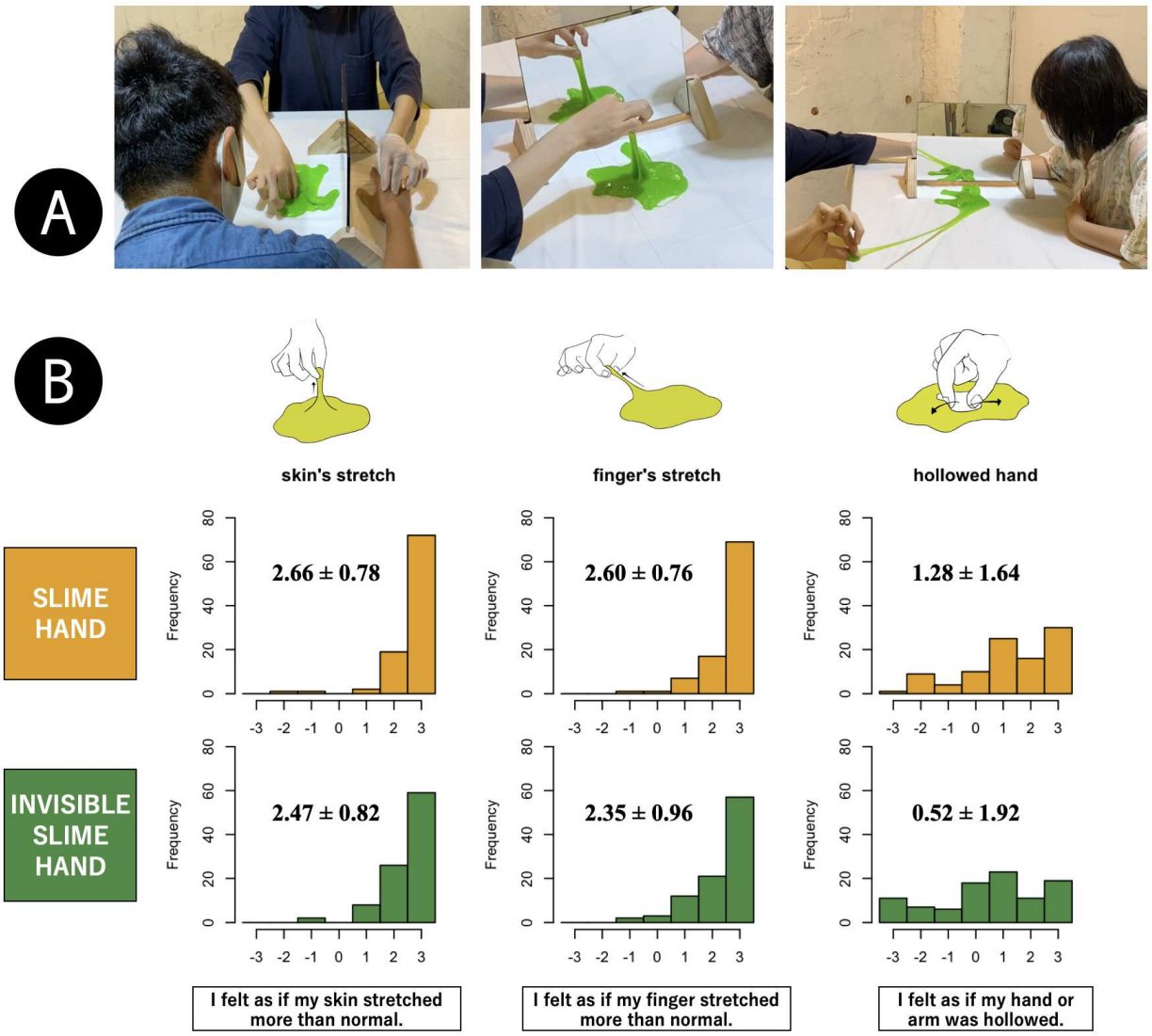


図 1　スライムハンドのデモの様子（A）とオープンラボでのアンケート結果（B）

新奇な人工物の利用学習時のメンタルモデル構築への加齢の影響 –除雪機の旋回方法の学習に焦点を当てて–

須藤智[†]，前東 晃礼[†]，祝原 豊[†]，竹下 正敏[‡]，金沢 敦[‡]　田内 武史[‡]
[†]静岡大学，[‡]ヤマハモーターパワープロダクツ株式会社　PP開発部

概要

エンジン付きの小型除雪機を用いて身体スキルの学習が要求される人工物のメンタルモデルの構築に対する加齢の影響を検討した。大学生と高齢者を対象としたユーザビリティテストを実施した結果，旋回方法のメンタルモデル構築において，大学生は操作によって生じる身体への不快なフィードバックをメンタルモデル構築に利用し精緻化できるが，高齢者は十分に利用できない可能性が示唆され，メンタルモデルの構築に加齢の影響が認められる可能性が示唆された。

キーワード: 認知的加齢，メンタルモデル，人工物のユーザビリティ

1. 問題と目的

加齢による身体・認知機能の機能低下は，日常，業務での様々な活動に不自由を生み出す。その不自由さを解消し活動を継続させる方法の一つとして，身体・認知機能の低下を補償しその活動をサポートする新奇の人工物を利用することが考えられる。実際に，身体機能の低下によって農作業に困難が生じた場合，利用可能な農作業機械を使い，可能な範囲で継続することを可能にした事例（らくらく農法（寺岡，2014）等）がある。

しかし，新奇の人工物を新たに使い始めることには，高齢者に特有の「新奇の人工物を新しく学習することの難しさ」の問題がある。人工物の操作では，ユーザと人工物の相互作用によってメンタルモデルを構築，精緻化し正しい（適切な）操作ができるようになると考えられ，そのプロセスそのものが人工物の操作学習過程と考えられる。

新奇の人工物の学習として，スマートフォンのような新奇な情報機器の学習では，高齢者と若年者の異なる様相が報告され，高齢者においては新奇人工物の学習は若年者より困難があることが報告されている（須藤ら，2014）。これまで，メンタルモデルの構築の観点から新奇人工物の学習についての加齢の影響については，よりディスプレイ上での操作が中心の認知的インタフェースを搭載した情報機器や家電機器については検討がなされているが，操作は単純ではあるが身体スキルの学習要求が高い人工物，例えば，農作業機，シニアカー，除雪機等のメンタルモデルの構築に注目した検討は少ない。これらの身体スキルの学習要求が高い人工物は，情報機器や家電製品と比較すると操作系が単純であることから学習が容易でメンタルモデルの構築がしやすい人工物と考えることもできる。しかし，このような人工物は，操作が適切に行われているかどうかを判断する際，身体へのフィードバックや環境での人工物の状況を総合的に判断して，適切に操作ができているかどうかを判断する必要がある。このような人工物の操作においても，情報機器や家電製品等の情報化された人工物と同等，もしくはそれ以上に複雑な認知過程を経てメンタルモデルを構築していく必要があり，加齢による心身の機能低下によって学習の困難さが生じている可能性も考えられる。

そこで本研究では，そのような身体スキルの学習が要求される人工物のメンタルモデルの構築への加齢の影響を明らかにすることを目的に，エンジンが搭載された小型の除雪機を用いて大学生と高齢者を対象としたユーザビリティテスト実験を実施した。

2. 方法

参加者：実験では，高齢者男性 6 名（平均年齢=69.83 歳），大学生 6 名（男性 3 名，女性 3 名：平均年齢=20 歳）が参加した，高齢参加者の MMSE 得点は全員 29 点以上であった。大学生 1 名男性のみ，親戚家族の除雪機を数回利用した経験があったが，他の参加者は除雪機の利用経験はなかった。

除雪機：実験で用いたエンジン付き除雪機（図 1）は，車体の操作パネル（図 2 左）上にある変速レバーを上下することで前・後進，速度調整ができた。車体にはキャタピラが搭載され，右手ハンドルに設置された旋回ボタン（右左）を押すことで旋回できた。速度調整は，変速レバーに加え，エンジンの回転速度を変化させるスロットルレバーを高回転にすることでも加速できた。

手続き：実験は，1）初見時の観察，2）車体の概要説明（マニュアルに沿って，基本的な操作を口頭で説明を

受ける)，3) 練習（実験者が操作しながら説明し，参加者も操作を実際に体験)，4) テスト走行（参加者のみで，コンクリート，雪無しのコースの走行を 3 回）の 4 フェーズで構成されていた。メンタルモデルの構築について各フェーズ後に 1) 除雪機のエンジンのかけ方，2) 直進・旋回の方法，3) 雪の吐き出し方，4) 雪のかき取り方を自由記述の質問紙の記入とインタビューで尋ねた。実験中は参加者が可能な範囲で発話思考を求め，行動・発話共をビデオで記録した。

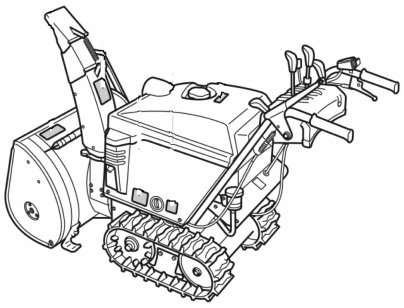


図 1　エンジン付き　除雪機
(https://www.yamaha-motor.co.jp/snowblower/manual/)

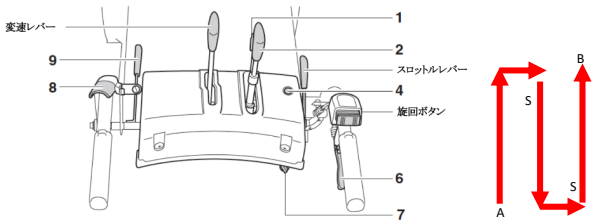


図 2　操作パネル（左）とテスト走行のコース（右）

質問紙：初見時の観察，練習走行，本番走行の前後にメンタルモデルの構築の程度，機器への評価を行うことを目的とした質問紙を実施した。質問紙は，SD 法，ユーザビリティスケール (System Usability Scale : Brooke, 1996)，理解の程度について主観的理解度（6 件法 : 除雪機の操作方法を、全体的にどの程度理解できたと感じていますか)，操作方法について自分なりの説明（自由記述，インタビューアーが記入）で構成されていた。また，3 回のテスト走行後に VAS で「うまく操作することができた」,「この除雪機は操作しやすい」,「この除雪機を雪かきの時に使いたい」という質問で評価を求めた（今回はすべての質問紙の結果は報告しない)。

テストコース：テストコース（図 2 右）は，全長 50m とし，右 180 度旋回と左 180 度旋回が含まれるように，図 2 のようなコースを設定した。3 回のテスト走行は，半分の参加者は A→B，B→A，A→B，残り半分の参加者は，B→A, A→B, B→A の順に走行することとした。コース上には S の位置にシュータを操作する指示を書いたボールが置かれており，指示のもとシューターを操作することが求められた（シュータの操作について今回は報告しない)。

3.　結果と考察

（走行時間）直進，旋回を含むテストコースの走行時間をビデオから抽出し，群ごとの 3 回の走行時間の平均値を算出した（図 2)。年齢群×走行回数の 2 要因の分散分析を実施した結果，走行回数の要因のみが有意（$F(2,20)=5.66, p<.05, \eta_p^2=.36$）であり，多重比較の結果，1 回目よりも 3 回目で有意に走行時間が短かった ($p<.05$)。走行時間の結果からは，年齢に関わらず 1 回の学習によって，除雪機の基本的な操作は学習し，走行できるようになると言える。しかし，走行時間について大学生と高齢者を比較すると，高齢者の走行時間の分散の大きさが目立つこと，1-2 と 2–3 回の間に有意差がないことから，繰り返しのテスト走行によって除雪機の「安定的な操作」のためのメンタルモデルがどの程度構築されているのかは十分に評価できない。

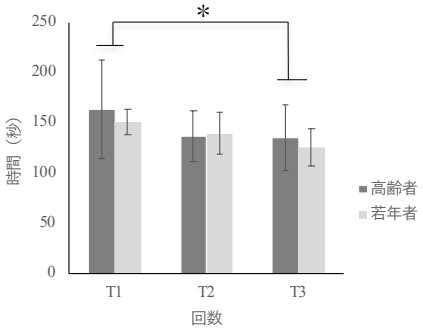


図 2　走行時間の平均値と標準偏差

（主観的理解度）主観的理解度（問 : 除雪機の操作方法を、全体的にどの程度理解できたと感じていますか）の平均値（図 3）について年齢×走行回数の 2 要因分散分析を行ったところ，回数の主効果 ($F(3,30)=54.29, p<.01, \eta_p^2=.84$）交互作用が有意（$F(3,30)=8.79, p<.01, \eta_p^2=.47$）であった。下位検定の結果，大学生，高齢者共に回数の単純主効果は有意（大学生:$F(3,0)=52.84, p<.01, \eta_p^2=.91$: 高齢者 : $F(3,30)=10.24, p<.01, \eta_p^2=.67$）であり，多重比較の結果，大学生において初見時と 3 回の走行テストすべて ($p<.01$)，1 回目と 3 回目の走行テスト時に有意差が認められた ($p<.05$)。高齢者においては，初

見時と2・3回目の間にのみ有意差が認められた(p<.05)。また，初見時において年齢の単純主効果が有意(F(1,40)=7.60,p<.01, η_p^2= .43)であり，3回目のテスト走行時における単純主効果は有意傾向(F(1,40)=3.88, p=.056, η_p^2= .28)であった。以上の結果からは，大学生は，3回のテスト走行で走行操作について徐々にメンタルモデルが構築されている感覚を得ているが，高齢者においては，繰り返しの走行による構築の感覚は小さいことが示唆された。また，有意傾向だったため部分的な考察となるが，大学生と比較すると高齢者において，十分な学習ができておらず，操作のためのメンタルモデルが構築に加齢差がある可能性が指摘できる。

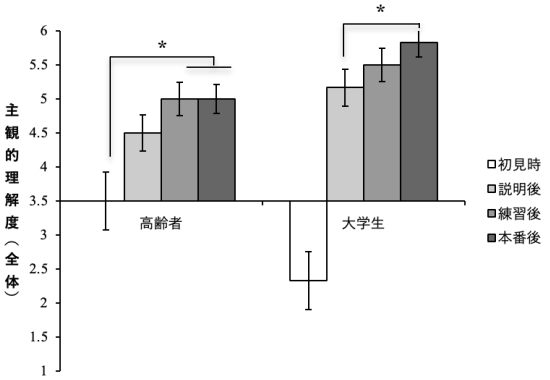


図3　主観的理解度の平均値

走行時間と主観的な理解度の結果について整理する。走行時間の結果からは，テスト走行の繰り返しの操作で，年齢に関わらず身体スキルが求められる人工物のメンタルモデルは構築されるが，高齢者の分散の大きさからは，個人差が大きいことが示唆された。理解度の主観評価の結果からは，両群共に初見後に操作の説明を聞き，一度操作を体験することで理解できている感覚を得ているが，テスト走行の2回目，3回目において高齢者は主観的な評価は高まらず，メンタルモデルの精緻化が進まないことが部分的であるが示唆された。定量的な分析だけでは，最終的に構築されたメンタルモデルにどのような年齢差があるのか明らかにできていないため，ビデオデータをもとに定性的な分析を行うこととした。

（定性的分析の方針：旋回時の分析について）除雪機をスムーズに操作するための要素として旋回時の操作が適切である必要があることが実験の観察によってわかった。コース上には2カ所180度旋回するポイントがあり，そこでの旋回のパターンを観察したところ，2種類の旋回方法があることがわかった。一つ目の旋回方法は，図4左のように，旋回直前に減速し，旋回ボタンを旋回地点で長押しして，キャタピラの特性を利用しながらの90度旋回，その後，旋回ボタンを離して直進し，再度，旋回ボタンを長押しして90度旋回する方法であった（キャタピラの特性を利用した旋回）。この方法で旋回する場合は，旋回の角度調整の精度が上がりオーバーランしにくく，また，体への反動も少ない様子であった。二つ目の旋回方法は，図4右のように，旋回ポイントにたどりついた後，減速しきれていない状態で旋回ボタンを細かく繰り返し押すことで，角度をわずかに変えながら，大回りして最終的に180度旋回する方法であった。大回りする理由として速度が速いため，旋回スイッチの押下の間隔で直進してしまうためである。この方法は速度が出ている場合には，旋回スイッチの押下ごとに強い反動があり，体への負荷が大きいこと，さらには，旋回スイッチの押すタイミングが悪いとオーバーランすることがあった。以上から，旋回時の正しい（適切な）旋回としては，旋回ポイント直前で減速し，一つ目のキャタピラの特性を利用した旋回方法が妥当な方法であると評価できた。

参加者は，1，2回目のテスト走行の旋回時に，旋回時の速度と旋回の状況，身体への反動から旋回時の方法として学習できる状況であったことから，本研究では，3回目の走行テストでどのような旋回方法がメンタルモデルとして構築されているかを分析した。

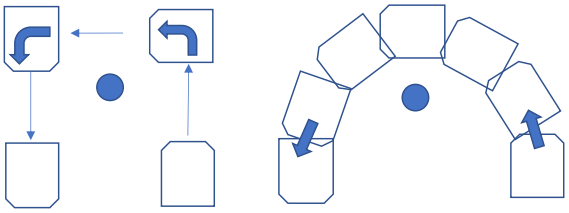


図4　旋回の方法(左:度旋回，右:小刻み旋回)

（3回目の旋回についての定性的分析）

表1に，3回目の2回の旋回時の行動の特徴について，減速が行われているかどうか，旋回速度，旋回のパターン，旋回が安定していたかどうかについて参加者ごとに整理した。高齢者はID1~6，大学生はID7~12であった。大学生は，3回目のテスト走行時の1回目と2回目の旋回で共通してほぼすべての参加者が減速し低速で旋回する行動がみられた。しかし，高齢者においては，減速しない参加者1名，減速が不十分だったりする参加者が3名いた。さらに，旋回方法として，すべての大学生が90度旋回する安定した旋回を行っていたが，高齢者においては2回ともに安定した旋回ができ

表１　３回目の旋回時の行動の特徴のまとめ

	1回目の旋回直前のスピード調整	旋回速度	旋回パターン分類	1回目評価	2回目の旋回直前のスピード調整	旋回速度	旋回パターン分類	2回目評価
ID1	減速操作有り（途中で停止）	低速で旋回	キャタピラを利用した回転（スピード調整失敗し停止したとき，発話「動かないと回らないんだ」）	調整有り安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID2	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID3	減速操作有り	低速で旋回	小まめな旋回ボタンの操作による回転（旋回スイッチ操作で迷い，直線が短い）	**安定**	減速なし	中速から高速で旋回（体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定
ID4	減速操作有り（中速）	中速から高速で旋回（スロットルレバーが最大だったため，中速）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定	減速操作有り（中速）	中速から高速で旋回（体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転（他のスイッチと速度変速の混乱：発話「間違っちゃった」）	不安定
ID5	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転（ただし，旋回途中で角度調整に失敗し，バックする）	不安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID6	減速操作なし	中速から高速で旋回（体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定	減速操作なし	中速から高速で旋回（体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定
ID7	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転（発話「なんとなくわかってきたな」）	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID8	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID9	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID10	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID11	減速操作有り（中速）	低速で旋回（直線でさらに減速）	キャタピラを利用した回転	調整有り安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**
ID12	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転（発話「結構手前で回っても・・・」	**安定**	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	**安定**

た参加者は1名のみであった。また，大学生は，1回目の旋回時に「なんとなくわかってきたな」「結構手前で回っても（うまく回れる）」など，調整しながら旋回方法のメンタルモデルを構築している発話がみられた。しかし，高齢者においては，特にそのような発話は認められなかった。

以上の結果からは，大学生は2回のテスト走行で減速できるようになり，90度旋回するスムーズな旋回方法をメンタルモデルとして獲得できていることが示唆された。一方，高齢者においては，減速し90度旋回する方法についての適切なメンタルモデルが構築できない参加者がいることが示唆された。

高齢者において，繰り返しのテスト走行によって，適切なメンタルモデルが出来なかった理由について結果から推測する。比較的早い速度で旋回を行った場合，走行を中止しない限りは，エンジンがオンになっているためエンジンの力で前に進む状態となる。この状態で旋回するためには，旋回ボタンを繰り返し押すことで小刻みに角度を調整することとなる。旋回ボタンを小刻みに押すと，押すたびに反動を感じることとなる。この反動はかなり身体的に負荷の高い反動であり，その反動は不快なフィードバックあった。この不快な反動を減らすためには，速度を出さない，小刻みにボタンを押さない，という選択をする必要があった。大学生は最終的に90度旋回させるという特定の旋回操作に収束したことから，機器の操作によって生じる身体への不快なフィードバックを適切な操作のためのメンタルモデルの構築に反映できるが，高齢者は3回のテスト走行では，このような不快なフィードバックを用いることができなかった可能性が考えられる。身体への不快なフィードバックについて「不快」「操作を間違った」という判断は可能かもしれないが，問題解決に必要な情報を含まない非明示的なフィードバックである。このような非明示的なフィードバックを元に，適切な操作方法を考えるという問題解決が，加齢によって妨害されていた可能性も考えられる。

以上の結果からは，除雪機のような身体スキルの獲得が必要な機械のメンタルモデルの構築において，間違った使い方をした場合に生じる身体への不快なフィードバックを，加齢によって適切なメンタルモデルの構築に利用できない可能性が示唆された。今回の研究は定性的分析によるものであり，本研究で見いだされた知見が一般化可能かどうかは，同様の特徴を持った人工物を対象とした研究を行い，さらなる検討が必要であると考えられる。

文献

[1] 寺岡伸悟. (2014). 柿の里の地域づくりにかかわって. ソシオロジ, 59(1), 91-97.

[2] 須藤智, 原田悦子, 田中伸之輔, 安達悠子, & 日根恭子. (2014). 高齢者によるタブレット型端末の利用学習 新奇な人工物の利用学習過程に影響を与える内的・外的要因の検討. 認知科学, 21(1), 62-82.

[3] Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A.Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), Usability Evaluation in Industry. London:Taylor and Francis. http://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pd

音声持続時間からみた日本語無声破裂音の性質

The temporal features of Voiceless Plosives in Japanese

松井 理直
Michinao F. Matsui

大阪保健医療大学
Osaka Health Science University
michinao.matsui@ohsu.ac.jp

Abstract

The *plosives* in IPA (International Phonetic Alphabet) are defined by the closed interval of the articulatory constct, burst point and rapid opening movement. In contrast, the *stop sound* has only a closed section, not a plosive point and an open section. The English speech sounds [p], [t], [k] can be recognized as a plosive from the behavior of the coda consonant. On the other hand, it is not clear whether the Japanese sounds [p], [t], and [k] are plosives or stop sounds. In this study, we discuss this problem from the point of view of real-time articulatory features. In conclusion, it is appropriate to regard the Japanese sounds [p], [t], [k] as *stop sounds* rather than *plosives*.

Keywords — Japanese speech sounds, articulation, consonant, plosives, stop, duration, Electropalatography (EPG)

1. はじめに

1.1 研究の要旨

国際音声記号における破裂音は，一定の長さを持つ閉鎖区間と破裂時点および急速な開放区間によって定義される．これに対し，閉鎖音は閉鎖区間のみを持ち，破裂時点と開放区間を持たない．英語音声の [p], [t], [k] 音は音節末子音の振る舞いから，破裂音と認定できる．一方，日本語音声の [p], [t], [k] 音については破裂音か閉鎖音か明確でない．本研究では実時間の点からこの問題について議論を行う．結論として，日本語の [p], [t], [k] 音は破裂音というより閉鎖音と見なす方が妥当であることを述べる．

1.2 研究の目的

国際音声記号 (International Phonetic Alphabet；以下 IPA と略す) では，破裂音を口腔内に比較的長い時間の完全閉鎖を持つと共に，閉鎖後後に口腔内の完全閉鎖が開放される調音動態として定義を行う．さらに IPA ではこの破裂音に 2 種類の変異を認め，開放区間のない調音方法を閉鎖音ゆっくりとした開放区間を持つ調音方法を破擦音と呼ぶ．閉鎖音は「開放なし」を示す補助記号 “ˀ” を用いて [tˀ] のように表し，破擦音は破裂の記号と摩擦の記号を合わせて [t͡s] のように書く (IPA tie の符号は任意)．図 1 にこれらの概念図を示す．

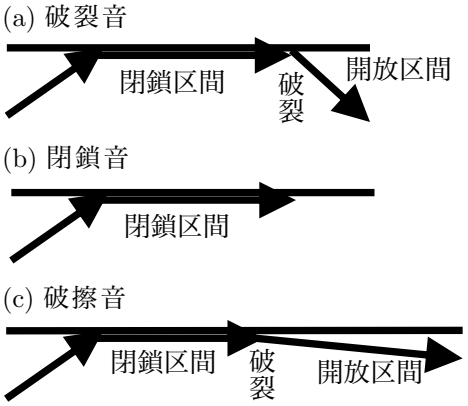


図 1 IPA における破裂音の変異

英語では，音声頭子音が閉鎖性を伴う無声阻害音 [p], [t], [k] で始まる場合，[pʰɪt] のように強い帯気音を伴う．これは，口腔内の開放が喉頭の声門開大よりも遅れていることを示す．一方，英語の音節末子音は [biːt]／[biːtˀ] のように破裂音で発音されることもあれば，閉鎖音で発音されてもよい．こうした英語の [p], [t], [k] の性質は，それらが基本は破裂音であり，音節末子音のような弱化しやすい所では自由変異として閉鎖音に弱まることがあると解釈してよいだろう．

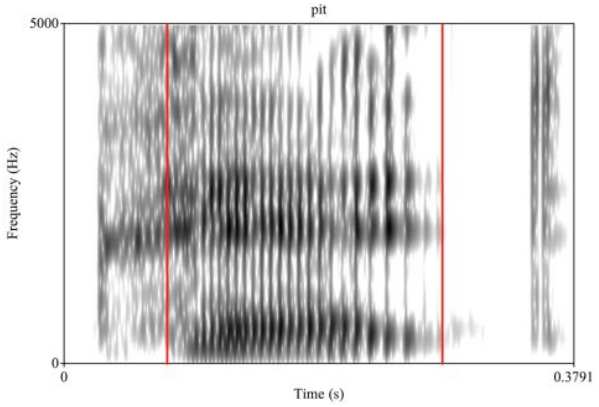


図 2 英語における帯気音を伴う “pit” の p 音

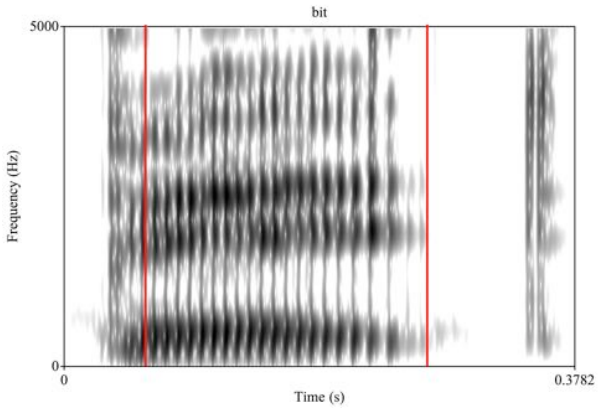


図 3 英語における開放を伴う “bit” の t 音

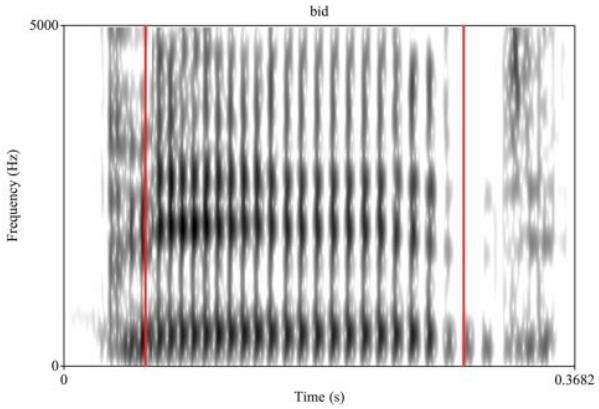


図 4 英語における開放のない “bit” の t 音

一方，日本語の [p], [t], [k] が基底情報として無声破裂音なのか無声閉鎖音なのかという問題は，これまでほとんど取り上げられてこなかった．その理由は，日本語において破裂か閉鎖かという違いがほとんど意味を成さないと考えられてきたからであろう．日本語は，撥音と促音を除いて，子音連続や音節末子音を許さない開音節言語である．したがって，日本語のパ行・タ行・カ行の子音は，基底情報が破裂であろうと閉鎖であろうと，必ず後続する母音に向かって必ず開放を伴う．この調音動態は安定しており，英語の音節末子音のような自由変異は認められない．したがって，日本語の [p], [t], [k] が無声破裂音なのか無声閉鎖音なのかという違いは，些細な問題として等閑視されてきたのも当然のことであった．

しかし，定量的な調音モデルである Articulatory Phonology (Browman 1992) やConverter/Distributor model (Fujimura 2002，藤村 2007；以下 C/D モデル) においては，破裂か閉鎖かという違いを無視できない．こうした定量的モデルでは，口腔閉鎖の開放が積極的に行われるか否かが実時間上の特性を決めるパラメータに違いをもたらすからである．言うまでもなく，これらのモデルでは，定量的な調音動態の基になる質的な入力情報に開放性の情報が含まれるか否かという問題も検討しなければならない．本稿では，こうした定量的調音モデルを念頭に置き，日本語の [p], [t], [k] が無声破裂音なのか無声閉鎖音なのかを同定するため，生理学的指標と実時間特性の指標を用いた分析を試みる．

1.3 破裂／閉鎖に関連する先行研究

前述したように，日本語の [p], [t], [k] 音が無声破裂音なのか無声閉鎖音なのかという問題を検討した先行研究は少ない．その中で，服部 (1954) は，日本語の [p], [t], [k] 音を基本的に閉鎖音であるとし，ラ行子音と共に，音節頭のパ行子音・バ行子音・タ行子音・ダ行子音・カ行子音・ガ行子音・ラ行子音を破裂的閉鎖音としている．なお，ラ行子音は母音間では破裂的閉鎖音ではなく，弾き音であるとしていることからも，服部が持続時間も含めた閉鎖区間の特性を重視していることが伺えよう．

一方，斎藤 (2006) は音節頭子音の [p], [t], [k] 音を無声破裂音と見なしているようである．ただし，斎藤は著書の中で破裂音と明記しているわけではない．しかし，無声破裂音が後続する促音「ッ」の変異に関する記述を見てみると，「一歩」を [ipˑ˺po] ([ipːo])，「一途」を [itˑ˺to] ([itːo])，「一個」を [ikˑ˺ko] ([ikːo]) と表記し，音節末子音 (すなわち促音部) の [pˑ˺], [tˑ˺], [kˑ˺] 音と音節頭子音の [p], [t], [k] 音を明確に書き分けている．これは，音節末子音の [pˑ˺], [tˑ˺], [kˑ˺] 音が閉鎖音であるのに対し，音節頭子音の [p], [t], [k] 音は破裂音であることを意識したものであろう．興味深いことに，斎藤は 1996 年に出版した『日本語音声学入門』の初版では，「一歩」を [ippo] ([ipːo])，「一途」を [itto] ([itːo])，「一個」を [ikko] ([ikːo]) と表記しており，音節頭子音と音節末子音における開放性の有無については書き分けていない．それだけに，斎藤が改訂版において促音部に無開放の補助記号 “˺” を追記したのは，破裂と閉鎖の違いを重視したからと推測できよう．

このように，少なくとも日本語の音節頭に生じる [p], [t], [k] 音が無声破裂音なのか無声閉鎖音なのかという点について，研究者の間で意見が一致しているとはいいがたい．

1.4 要素理論に基づく日本語の唇音退化・ハ行転呼

次に，二項対立的な音韻素性ではなく，単性的な音韻要素 (element) を用いる要素理論の面から，破裂／閉鎖の問題を見てみよう．例として，日本語の唇音退化・ハ行転呼を要素理論から分析した

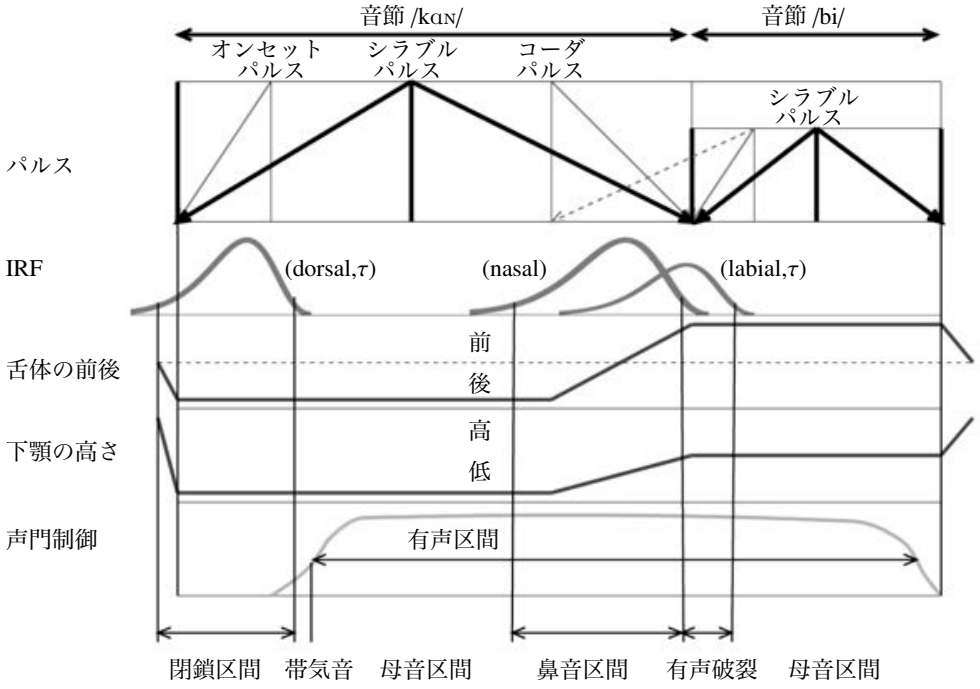


図 5 「甘美」の C/D ダイアグラム

Nasukawa (2016) を取り上げる．

よく知られているように，和語形態素や漢語形態素におけるハ行子音は，「歯／出っ歯」「昼／真っ昼間」「屁／最後っ屁」「筆談・毛筆／一筆・鉛筆」「歩道・競歩／一歩・散歩」のひょうに，しばしばパ行子音と音韻形態的な交替を起こす．また，羽根 [hä(ne)]，十羽 [pä]，二羽 [wä] のように，母音間ではワ行音に代わっていく．これらの現象は唇音退化およびハ行転呼と呼ばれるもので，歴史的に，両唇をしっかり閉じる [p] 音が両唇間に薄い隙間の空く [ɸ] 音に弱化し，さらに形態素頭では両唇性をも失った [h] 音に，母音間では摩擦性を失った [w] 音に変化していった過程の反映である．

Nasukawa (2016) は，この唇音退化・ハ行転呼を要素理論の要素喪失過程として捉えられると主張した．要素理論では，要素 N は単独では有声口蓋垂鼻音として存在可能なカテゴリーであり，要素 h は単独では無声声門摩擦音，単独の要素 q は声門破裂音としての実体を持つ．この性質から，要素 N, h, q が複合要素を構成した時に (1) のような特性を表す．したがって，例えば両唇阻害音は (2) のような複合要素を成す．

(1) a. 要素 N：有声性や鼻音と関係 (periodicity).

b. 要素 h：無声や摩擦音に関係 (aperiodicity).

c. 要素 q：完全閉鎖に関係 (closure).

(2) [p]：{h, q, U}　[b]：{N, q, U}　[m]：{N, U}　[ɸ]：{h, U}　[β]：{N, h, U}

(2) の表示に基づき，Nasukawa (2016) は「羽」などに見られる日本語の唇音退化およびハ行転呼を次のような要素の喪失過程と分析した．すなわち，[p]：{h, q, U} の要素 q が失われて [ɸ]：{h, U} となり，さらに残った要素のうち h か U のいずれかを失って [h]：{h} または [w]：{U} に変化する過程である．この考え方に従うと，「寂しい」の [b] 音「さみしい」という [m] 音に弱化するのも，[b]：{N, q, U} から要素 q が失われる過程と見なすことができよう．また，英語の t 音が母音間で歯茎はじき音や声門破裂音に変異する現象も，[t]：{q, h, I} から要素 h が失われて [ɾ]：{q, I} や [ʔ]：{q} と変異する過程と見てよい．

要素理論に基づくと，[p] 音を構成する要素群 {h, q, U} のうち，h 要素は [p] 音における無声性をもたらすと共に，潜在的に [ɸ] への変異をもたらす摩擦性を与える役割を担う．すなわち，[p] 音は潜在的に開放性を持っており，これは [p] 音が基底では閉鎖音ではなく，破裂音の性質を持つことを示す．

しかし，こうした分析で捉えられない現象もある．例えば，日本語やスペイン語では有声破裂音 [b], [g] が母音間で弱化し，摩擦音に変化しやすい．弁別素性を用いるなら，この現象は母音の [+continuant] 素性が子音に波及した結果という形で変異の動機を説明できる．一方の要素理論では，有声破裂音は無声破裂音と異なり要素 h を持たないため，有声破裂音の弱化を説明するためには要素 q と要素 h の交換過程を考えなければなら

ない．しかし，原子要素という実在性を伴う表示を用いる要素理論において，母音間でこうした交換過程の起こる動機が明確でない．(1a), (1b) から分かる通り，無声阻害音は無声性と関わる摩擦要素 h を構成成分として持つが故に摩擦音に変わる可能性を潜在的に持っているが，有声阻害音は要素集合にこの摩擦要素 h を含まないため，摩擦化する潜在的可能性を導出できないのである．従来の要素理論では，こうした変異を十分に捉えることができていない．

1.5 C/D モデルについて

藤村靖が提案した C/D モデルでは，調音運動を音節の大きな流れ上に局所的な子音動作が重畳したものと見なす．例えば「甘美」という語の調音運動は，母音 “ä, i” が作る大きな調音変化に子音 “k, m, b” が局所的に影響を与える形で計算される．分節音の情報である素性情報も，音素単位ではなく音節単位で与えられ，音韻要素のような単性的素性の集合を成す．C/D モデルでは，こうした音韻素性・韻律・発話スタイルといった定性的情報を「シラブル・パルス」を中心とした定量的性質に変換し (convert)，その中に素性の定量的特徴を分配 (distribute) する．図 5 に，この変換／分配の様子 (C/D ダイアグラム) を示す．太線で示された 2 箇所の縦棒がシラブル・パルスで，全ての計算の元となる．

このシラブル・パルスの強度によって，音節およびその中核領域 (通常は母音) の「実時間領域」や強さが決まっていく．例えば，「甘美」の場合は最初のシラブル・パルスが強いため．第1音節の持続時間が長い．こうした抽象的な音節時間領域は，シラブル・パルスの頂点から左右に伸びる「シラブル三角形」(図 5 の太い矢印) で示される．なお C/D モデルでは，理論の自由度を制限するために一発話内のシラブル三角形は相似形を成すという仮定を置いている点に注意されたい．

日本語の韻律構造は基本的に開音節であるため，撥音と促音を除くと，音節構造はモーラと一致する．したがって，シラブル・パルスの強度が一定であれば，音節はモーラ等時性を持つ．一方，シラブル・パルスの強度が強ければ，音節内における子音と母音は補償効果を持ちながら，音節全体の持続時間が長くなる方向性で調音が実現される．すなわち強いシラブル・パルスの元では，子音の持続時間も，母音との補償効果が保たれる限り，音節全体の持続時間に従って長くなりやすい．

このことから，次の仮説を立てることができる．もし，日本語の [p], [t], [k] 音が破裂音であるなら，音節の持続時間が長くなる (シラブル・パルスが強くなる) にしたがって，母音との補償効果が保たれる範囲内で，閉鎖区間の持続時間も開放区間の持続時間も長くなる傾向を示すはずである．一方，日本語の [p], [t], [k] 音が破裂音であるなら，音節の持続時間が長くなると，母音との補償効果が保たれる範囲内で，閉鎖区間の持続時間も長くなるが，開放区間の持続時間は音節持続時間との相関は観測されないであろう．

2. 仮説の検証

2.1 モーラにおける頭子音と母音との補償効果

日本語音声において，頭子音と主母音の間に実時間上の補償効果が生じることはある程度成立すると思われる．図 6 に示したグラフは，日本音響学会が出している音声データベースから 500 文を選択し，$C_1V_1C_2V_2C_3V_3$ の連鎖について，各子音の平均持続時間を計測した結果である．大まかな傾向ではあるが，頭子音 C_2 と主母音 V_2 間に，頭子音が長いほど主母音が短くなるという時間補償効果が見て取れるだろう．(??b) の構造を組み込んだ C/D モデルにおいても，この現象は，主要なシラブル・パルスが自立モーラの実時間特性を決め (付属モーラの実時間特性は周辺パルスによって決まる)，その中で頭子音と主母音が持続時間を分け合うという形で説明が付く．

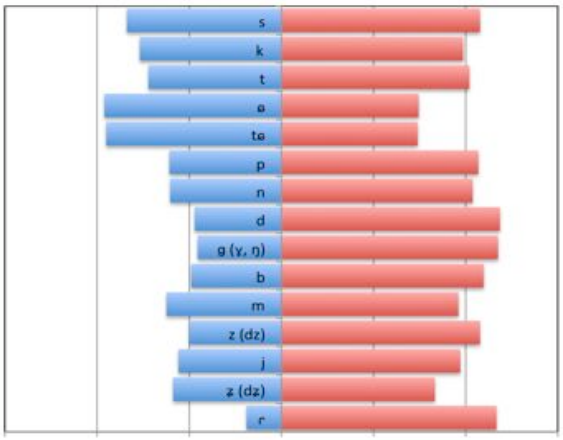


図 6 語中のモーラにおける先行子音・後続母音間の時間補償効果

2.2 シラブル・パルスの強度が持続時間に与える影響

しかし，図 6 の結果はあくまで平均値に過ぎない．実際の発話では，少なくとも物理的な実時間上の持続時間はかなりの変動を持つ．例えば，上記のデータベースから得られるタ音における子音持続時間と母音持続時間の分布を図 7に示す．グラフから分かる通り，単純に物理的な持続時間という観点から見ると，子音と母音の間で常に代償

効果が起こっているわけではない．子音持続時間が同じであっても，母音の持続時間は様々な範囲を持っており，結果的にモーラ全体の持続時間も大きく変動する．線形混合分析でも，母音持続時間に与える子音の効果は弱いもので，単純相関としても相関係数は 0.2 ほどである．

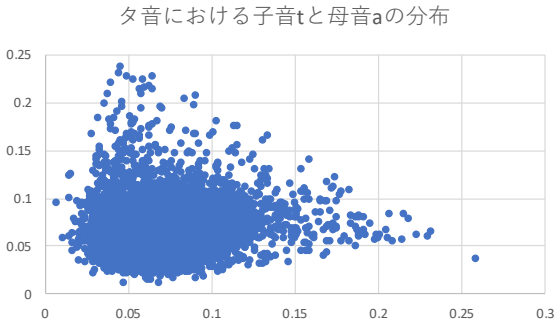


図 7 タ音における子音持続時間と母音持続時間の分布

しかし，子音持続時間とモーラ持続時間，あるいは母音持続時間とモーラ持続時間については，分散は大きいものの，ある程度の因果関係を持つ．同じく，タ音における子音持続時間とモーラの関係を図 8に，母音持続時間とモーラの関係を図 9に示す．このことは，子音のインパルス応答の強さにシラブル・パルスの強度が一定の影響を与えていることを意味する．

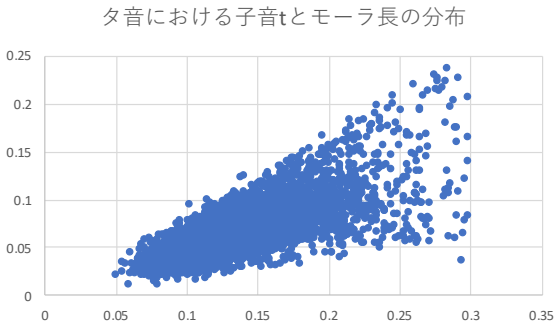


図 8 タ音における子音持続時間とモーラ持続時間の分布

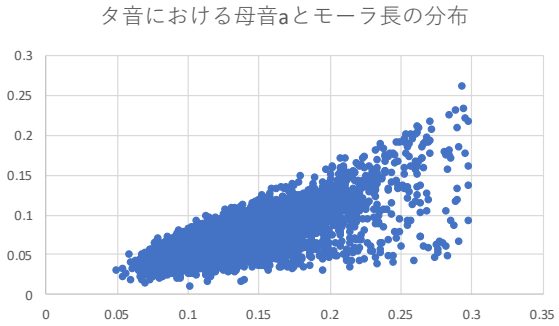


図 9 タ音における母音持続時間とモーラ持続時間の分布

破裂音のみならず，無声摩擦音でも同様の傾向を示す．破裂子音でも摩擦子音でも，母音持続時間からモーラ長への予測は説明力が高く，子音持続時間からモーラ長への予測も一定の説明力を持つ．ただし，両者を比較すると，母音持続時間のほうがモーラ長への影響が強い．

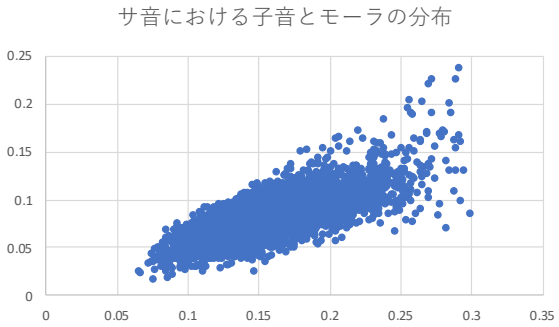


図 10 サ音における子音持続時間とモーラ持続時間の分布

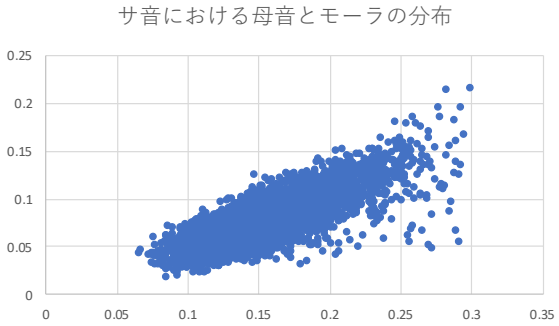


図 11 サ音における母音持続時間とモーラ持続時間の分布

なお，タ音における子音持続時間とモーラの関係である図 8とサ音における子音持続時間とモーラの関係である図 10を比較すると，破裂音である [t] 音のほうが [s] 音よりもデータの分散が大きい．

2.3 閉鎖区間・解放区間の時間特性

次に，上記のデータにおけるタ音の子音持続時間を，閉鎖部と帯気が起こっている開放部とにわけてみよう．タ音における子音閉鎖持続時間とモーラ持続時間の分布を図 12に，タ音における開放部持続時間とモーラ持続時間の分布を図 13に示す．タ音における子音閉鎖持続時間はモーラ持続時間との間に正の相関を持つが，タ音における開放部持続時間はモーラ持続時間との間に相関をほぼ持たないことが見て取れる．これは，[t] 音における開放がシラブル・パルスの影響を受けておらず，受動的に引き起こされていることを示す．すなわち，これらの時間特性は日本語の [t] 音が破裂音ではなく，閉鎖音であることを支持するデータといえる．

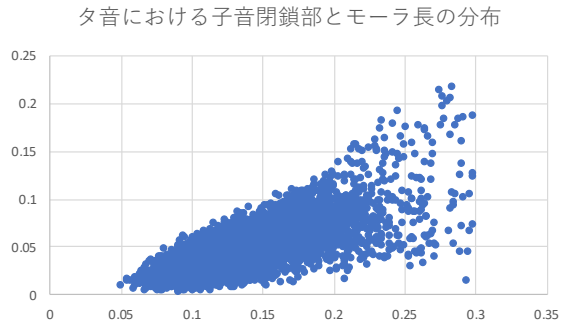


図 12 タ音における子音閉鎖持続時間とモーラ持続時間の分布

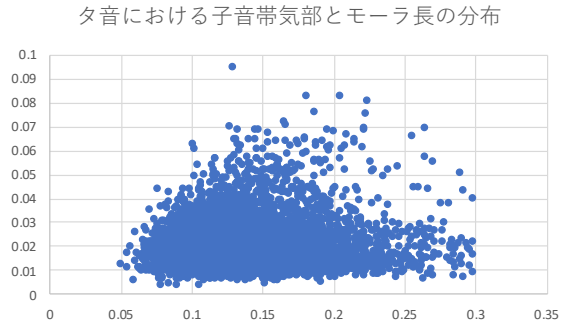


図 13 タ音における開放部持続時間とモーラ持続時間の分布

3. EPG を用いた [t] 音の調音動態に関する実験

3.1 実験方法

実験は，発話者に短子音／長子音 (促音) を持つオノマトペのミニマルペアを単独でランダムに 5 回ずつ発音させ，音声と EPG データを同時に収集した．また，開口度の参考にするため，正中面から両唇の画像もビデオで収録している．実験に参加した被験者は30歳台〜40歳台の男性 2 名 (関東方言 M1, 関西方言 M2), 女性 2 名 (帰国子女 F1, 関西方言 F2) の計 4 名で，いずれの被験者も構音および聴覚に異常はない．実験は慶應義塾大学および大阪保健医療大学で行われ，実験所要時間は 25 分〜 40 分程度であった．

EPG データは 4 名の被験者に対し人工口蓋床を各被験者ごとに用意し，サンプリング周期 10 ms で収集した．この人工口蓋床は異なる話者の調音を比較できるよう標準化され，前後方向に歯茎 2 列，後部歯茎 2 列，硬口蓋 3 列，軟口蓋境界部 1 列の電極配置を持つ．また，左右方向は歯茎最前列のみ電極が 6 点，他の列は電極が 8 点配置され，歯茎から軟口蓋境界部まで計 62 点の計測が可能となっている．なお，EPG データの収録には WinEPG (Articulate Instruments Ltd.) およびタブレット端末を用いて行った．

3.2 実験に用いた刺激語の特性

本実験に用いた刺激語は，いずれも同一形態素を繰り返す C_1VC_2V-C_1VC_2V (単子音条件) および $C_1VC_2C_2V$-C_1VC_2V (促音条件) という構造を持つ．なお EPG の特性から，今回の実験では子音 C_2 を歯茎音・歯茎硬口蓋音に限定している．

3.3 無声歯茎破裂音 [t]/[t:] の結果

EPG データの解析には，Articulate Instruments Ltd. の開発したソフトウェア Artuculate Assistant を使用した．EPG パターンは舌の接触がない場合に null 値が生じるため，単子音／促音における接触パターンの有意差検定にはフリードマン検定を用い，統計量 χ^2 を求めている．なお，被験者によって EPG の接触パターンに違いがあったため，本研究では発話者 4 名のデータを丸め込むことはせず，各被験者ごとに単子音／促音の有意差を検討した．

まず，(??) に示した [t] 音の EPG パターンについて見てみる．単子音 [t] で最も接触面積の広かった話者 M1 と接触面積の最も小さかった話者 F2 のデータを図 15 に示す．

話者 M1 の EPG パターン (a)–(b) のフリードマン統計量は $\chi^2 = 19.17$ で，単子音 [t] と促音 [t:] の間に有意差が認められた ($df = 1$, $p < 0.001$)．また，話者 F1 の EPG パターン (c)–(d) にも統計的に有意な差が存在する ($\chi^2 = 22.0$, $df = 1$, $p < 0.001$)．他の話者 M2, F1 についても同様で，単子音 [t] に比べ促音 [t:] では舌の接触パターンが有意に増大していた．

単子音と重子音 (促音) における接触パターンにこのような違いが生じる理由として，すぐに思

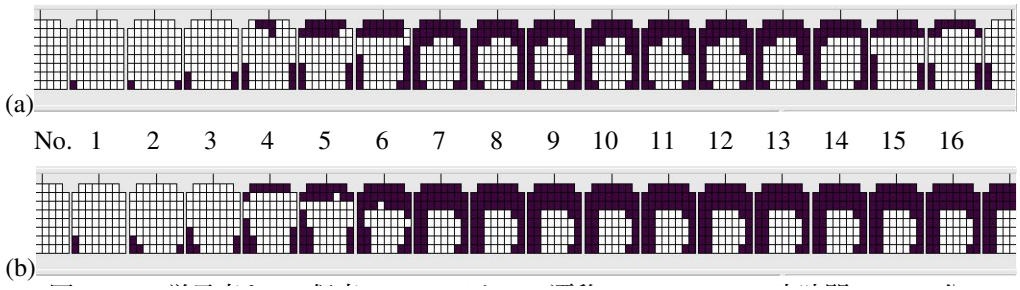


図 14 (a) 単子音と (b) 促音の EPG パターン遷移 (16 フレーム・実時間 160 ms 分)

いつくのが子音の持続時間に依存する調音運動の undershoot 現象である．前述したように，日本語の単子音は促音に比べて持続時間がかなり短い．したがって，単子音と促音とで調音計画における潜在的なターゲット点が同一であったとしても，単子音ではターゲットを実現する十分な時間を確保できず，undershoot を起こす可能性がある．一方，促音は十分な持続時間があるため潜在的なターゲット点を実現しやすいであろう．

しかし，EPG の接触パターン遷移を詳細に観察すると，単子音／促音における舌運動の違いは，単にターゲット点の undershoot/satisfaction のみに起因するわけではないように思われる．ここで，「カタカタ／カッタカタ」における第 1 音節の母音最終部から第 2 音節の子音にかけての EPG パターン遷移を見てみよう (話者 F2 の例)．

まず，この 1 モーラ分の遷移パターンから分かることは，促音部において一切の口腔内開放が行われていないことである．すなわち，斎藤 (2006) でも指摘されているように，促音部における [t] 音は閉鎖音であって，破裂音ではない．

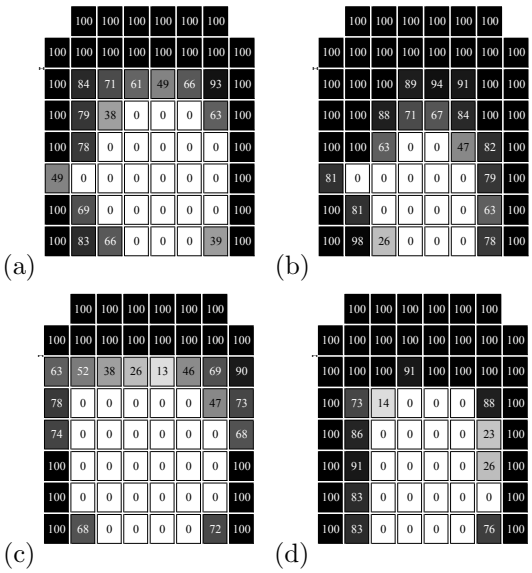


図 15 (a) 話者 M1 の単子音 [t], (b) 促音 [tː]，F2 の (c) 単子音 [t], (d) 促音 [tː] (F2) の EPG

また，単子音／促音を比べた場合，どちらもフレーム No.3 までは上歯茎に対する舌端の接触が見られず，フレーム No.4 から上歯茎への接触が始まる．また，単子音においても促音においても，フレーム No.7 以降では [t] 音に関するほぼ同一の調音パターンが続く．このフレーム No.7 以降における接触パターンの安定性は，無声阻害音において undershoot が起こっていることを支持しないように思われる．むしろ，フレーム No.7 以降の接触パターンは潜在的な調音計画におけるターゲット点を反映した実現値である可能性が高い．もしこの解釈が正しいなら，単子音と促音における接触パターンの違いは，調音計画の実現性 (undershoot/satisfaction) に依るだけではなく，潜在的な調音計画そのもの，すなわち後続母音が存在するか否かに起因していると考えられる．

なお，単子音と促音とで潜在的な調音計画自体が異なっている可能性について，有声子音 [d] においても，発話者 4 名全てで，促音 [dː] における舌の接触面積が単子音 [d] の時よりも有意に増大していた．例として，話者 M1 における EPG パターンを図 16(a), (b) に示す．両者間のフリードマン統計量は $\chi^2 = 12.46$ ($df = 1, p < 0.001$) で，有意差が認められた．無声阻害音のみならず有声阻害音でも同様の現象が生じているということは，こうした調音動態が喉頭制御の影響ではなく，純粋に口腔内制御の問題であることを意味する．

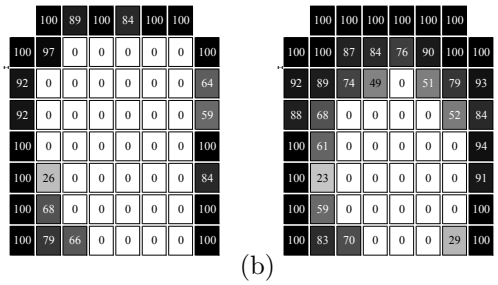


図 16 (a) 話者 M1 の語中単子音 [d], (b) 促音 [dː] の EPG パターン

ここまで述べてきた [t] 音の時間的特性および

調音動態の特徴から，日本語音声の [t] 音は破裂音というより閉鎖音と呼ぶべき性質を持っているといってよいだろう．次節では，この点を踏まえ，日本語音声の音韻情報について音韻理論の観点から考察を行う．

4. 閉鎖音の音韻情報

4.1 音韻要素

音韻理論では分節音の内部構造について様々な議論がなされてきた．分節音の内部構造に関する最も代表的なアプローチは，ソシュールの主張する「差異に基づく記号体系」を表現するために導入された弁別素性であろう．これは現在でも主流のアプローチであるが，全ての弁別素性に値を付与した完全表示の形式では，素性間にある依存関係をうまく表現することができない．素性間の依存関係を適切に扱うには，依存関係にある弁別素性値を表示しない過小指定か，あるいは階層的な素性構造を導入する必要がある．前者のアプローチは，透明性などの点でいくつかの問題が残り，後者のアプローチでは一部の素性を除き二値的な弁別素性が意味を失う．

こうした問題を踏まえ，Government Phonology (Harris 1994) や Dependency Phonology (Anderson1987) などでは原子的素性である音韻要素 (element, particle) を分節音の構成要素として導入している．2節でも述べたように，原子的素性を用いるメリットは，過小指定というプロセスを必要としないことと共に，C/D モデルのような定量的な音声生成理論の入力情報とも整合性を持つところにある．しかし，各々の分節音がどのような音韻要素で構成されているか，また音韻要素自体が内部構造として弁別素性を持つかといった問題については未解決な点も多い．

4.2 調音方法に関する音韻要素

子音の調音方法は大きく分けて，閉鎖を持つものと口腔内に隙間を残すものに分類される．閉鎖は弾きといった調音方法は前者に属し，摩擦音や接近音は後者に属す．このうち，接近音は狭母音と極めて類似した特徴を有すため，狭母音に関わる音韻要素である I(前舌・硬口蓋性の要素), U (非前舌・非硬口蓋性の要素) が母音スロットではなく子音スロットに結びつくことで接近音の表現が可能である．したがって，日本語子音の調音方法については，閉鎖性の音韻要素 C と摩擦性の音韻要素 H があればよい．なお，閉鎖性の要素は q という単独では声門閉鎖音となる要素で表現されることも多いが，本稿では contact の要素として C を用いておく．

一般に，摩擦音は摩擦性要素 H のみを持ち，閉鎖性要素 C を内部構造に持たない．この点については，要素理論を用いるほぼ全ての研究で見解が一致している．これに対し，破裂音の内部構造については２つの立場があり，日本語の破裂音は閉鎖性要素 C と摩擦性要素 H を共に内部構造に持つのか，あるいは破裂音は閉鎖性要素 C のみを持つのかという点で意見が分かれてきた．

調音方法のうち，明らかに閉鎖性要素 C と摩擦性要素 H を共に内部構造に持つものは破擦音である．日本語は音声的には「チ」「ツ」「チャ行子音」「ジャ行子音の変異」において明らかに破擦音を持つ．しかし，これはあくまで音声情報であり，音韻的に破擦音が存在するのかという点については様々な議論が行われてきた．歯茎に閉鎖を持つ子音に狭母音に関わる情報が関与した場合に破擦化するような音韻過程が存在すれば，基底情報に破擦情報を設定する必要はないからである．一方，歴史的に言えば，「シャ行子音」は破擦音であった可能性が高く (「ジャ行子音」の変異で摩擦と共に破擦が起こるのはその名残とも考えられる)，この点から現代日本語のチャ行に基底情報として破擦音を設定しておく可能性も十分に考え得る．

基底情報に破擦音を置かないのであれば，日本語の [p], [t], [k] 音は閉鎖性要素 C と摩擦性要素 H を共に内部構造に持っていると考えるのが妥当であろう．タ行子音やチャ行子音の破擦化を自然に導出できると共に，日本語の唇音退化である [p] →[ɸ]→[h] の過程も自然に導出できる．ただし，「ジャ行」の破擦化に関しては，複雑なプロセスが必要となり，この点で多少の問題を残す．

一方，日本語の [p], [t], [k] 音は閉鎖性要素 C のみを持つと考えた場合，タ行子音やチャ行子音の破擦化は狭母音要素への調音動態遷移によって引き起こされると考えるのが妥当であろう (Pinter 2008)．ジャ行の破擦音化に関しても，類似した調音動態過程によって説明ができる．この場合，日本語の唇音退化である [p]→[ɸ]→[h] の過程は，[p] →[ɸ] の変異が一旦音声的な弱化として実現され，それが基底情報として定着していくプロセスによって説明されることになろう．

4.3 日本語音声の発声について

日本語の阻害音は有声／無声という発声に関する対立を持つ．要素理論では，この発声についていくつかの表現が可能である．発声に関する最も典型的な音韻要素は，トーンと関わりを持つ．有声音は声門を軽く閉じる喉頭運動によってもたらされるため，低いトーンをもたらす音韻要素によって表現が可能である．これに対し，高いトー

ンをもたらす音韻要素は無声の情報をもたらす．

しかし，発声の情報はこれ以外の音韻要素によっても表現ができる．例えば，鼻音は内在的に有声の性質を持つ．したがって，鼻音情報をもたらす音韻要素 N が有声性と係わっていても不思議ではない．実際，現代の日本語は [p]/[b]/[m]，[t]/[d]/[n] という無声／有声／鼻音の三項対立を持つが，やまとことばでは無声／鼻音が対立しており，特に形態素頭において有声子音は弁別機能を持っていなかった．また，鼻音である撥音と後続子音に無声音を選ぶ促音は，やまとことばでは同一音素の異音として振る舞う．こうした性質は，現代日本語でも「呼ぶ→呼んだ／勝つ→勝った」「真っ白・真っ黒／真ん中・真ん丸」「はきはき→はっきり／ふわふわ→ふんわり」といった形態現象に影響を残す．これらのことから，日本語の有声性は鼻音要素 N によって実現されると考えてよい．

さて，有声性の音源が声帯振動であるのに対し，無声子音の音源は口腔内摩擦音源である．なお，ここでいう口腔内摩擦音源は無声破裂音におけるスパイクノイズを含む．したがって，日本語の無声子音には以下の 2 つのアプローチが考えられる．

(3) a. 摩擦要素 H を明示的に持つことで，無声性を表す．

b. 閉鎖要素 C と摩擦要素 H は，共に内部構造として [−voiced] を持つ．

(3a) のアプローチを取った場合，[p], [t], [k] 音などの閉鎖性を持つ無声子音は，閉鎖をもたらす要素 C と共に，無声をもたらす要素として要素 H をも持つ．そして，この要素 H は同時に口腔内に隙間を開ける摩擦性の要素でもあるため，結果的にこの表示は[p], [t], [k] 音が「破裂音」であることを示す．これは，本稿の結論である日本語音声の [t] 音が閉鎖音であるという性質に矛盾する．したがって，日本語の音韻要素を考える場合，(3b) のアプローチが妥当ということになるだろう．

5. まとめ

本稿は，日本語における破裂音の調音的実体について，持続時間および生理学的調音動態の観点から分析を行った．結果として，日本語の閉鎖性無声阻害音は，破裂音ではなく閉鎖音と考える方が妥当と考えられる．日本語の閉鎖性無声阻害音が閉鎖音であるという性質は，英語の音節末子音における自由変異と異なり，日本語の閉鎖性無声阻害音が開放の有無に関して自由度を持たないことの原因であろう．すなわち，閉鎖音に口腔内開放を持つ母音が後続した時のみ，後続母音の影響によって受動的な開放が起こるのであり，それ以外の場合には一貫して閉鎖のみが積極的な調音動態として実行されているということである．また，この性質は調音動態の入力となる質的な音韻情報の予測にも役立つ．すなわち，日本語の無声閉鎖子音は閉鎖要素を入力とするが，摩擦要素は入力情報に含まれない．これは，単性的音韻要素が潜在的に持っている弁別素性の性質を示唆する結果でもある．この点については，また稿を改めて考察を行いたい．さらに，今回は [t] 音のみの分析結果を示したが，その他の阻害音についても同様の検証を行う予定である．また，方言も含め，日本語音声の持つ時間特性についてより詳細な研究も今後の課題としたい．

謝辞

本研究は，日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「日本語音素の異音における喉頭制御と口腔内制御に関する総合的研究」(2022年度〜2025年度，研究代表者：松井理直，課題番号：22K00544)，基盤研究 (B) 「自閉症を中心とした発達障害児の音韻体系の言語学・音声学的研究」(2018年度〜2023年度，研究代表者：上田功，課題番号：18H00666)，基盤研究 (B) 「疑問詞文のプロソディーに関する音声学・言語学の融合的・実証的研究」(2021年度〜2024年度，研究代表者：田中真一，課題番号：21H00523)，および国立国語研究所プロジェクト「語のプロソディーと文のプロソディー」 (プロジェクトリーダー：窪薗晴夫教授) による援助を受けました．また本研究の症例報告に関する倫理審査は，厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に基づき，大阪保健医療大学研究倫理委員会での承認（承認番号：大保大研倫1803）を得ています (付記：令和4年度の改正においても変更されていない倫理指針基準内における研究です)．

参考文献

Anderson, John and Jacques Monica Durand (1987). *Explorations in Dependency Phonology*, Foris Publications, Dordrecht, Netherlands.

Browman, Catherine and Goldstein, Louise (1992) Articulatory phonology: an overview. *Phonetica.* 49 (3-4): 155–180.

Charette, Monica (1991). *Conditions on Phonological Government*, Cambridge University Press, Cambridge.

Fujimura, Osamu (1992) Phonology and phonetics — a syllable-based model of articulatory organization. *The Acoustical Society of Japan (E)* 13(1): 39–48.

Fujimura, Osamu (2002) Temporal organization of speech utterance: A C/D model perspective. *Cadernos de Estudos Linguisticos, Instituto de Estudos da Linguagem, Campinas* 43: 9–36.

藤村靖 (2007)『音声科学原論—言語の本質を考える』岩波書店，東京.

服部四郎 (1954)『音韻論と正書法』, 研究社, 東京.

国立国語研究所 (2006)『日本語話し言葉コーパス』

前川喜久雄 (2010)「日本語有声破裂音における閉鎖調音の弱化」『音声研究』 14 (2): 1–15.

益子幸江 (2009)「音声記号」今泉敏 (編)『言語聴覚士のための音声学・言語学』: 20–36. 医学書院，東京.

McCawley, James (1968) *The Phonological Component of a Grammar of Japanese*, Mouton, Hague.

Nasukawa, Kuniya (2016). The Role of Elements in the Development of Japanese *h*, 『音韻研究』, 19, 51–58.

Öhman, S. E. G. (1966) Coarticulation in VCV utterances: spectrographic measurements. *Journal of Acoustical Society of America*, 39, 151–168.

Pinter, Gabor. (2008). *Asymmetrical segment distributions in Japanese*, Ph. D. dissertation, Kobe University.

斎藤純男 (2006)『日本語音声学入門 (改訂版)』三省堂，東京.

概念間の関連性が創造性に与える影響：アドホックカテゴリ想起訓練による独創性の向上

Effect of the associations between concepts on creativity: Alternative categories task improves originality

安陪 梨沙[†]，服部 雅史[‡]
Lisa Abe, Masasi Hattori

[†] 立命館大学大学院人間科学研究科，[‡] 立命館大学総合心理学部
[†] Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University
[‡] College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
lt0839ie@ed.ritsumei.ac.jp

概要

安陪・服部 (2021) では創造性を向上させる要素として概念どうしの関連性およびアドホックカテゴリ想起訓練の影響を検討した. その結果, アドホックカテゴリを想起することで生成物の創造性と独創性が向上することが明らかになった．本研究ではその効果を検討するため創造性，独創性の得点と有用性得点の相関を比較した. 結果から, アドホックカテゴリ想起訓練は独創性を向上させ，有用性は向上させないことが明らかになった.

キーワード : 創造性， 概念合成，アドホックカテゴリ

1. 目的

創造的なものを生み出す方法として，複数の概念を組み合わせることが有効であり，その関連性が低いほど新奇な性質が生まれやすいことが示されている（Estes & Ward, 2002; 山川・清河・猪原, 2017）．このことから，創造性の高いものを生み出すには関連性の低い概念どうしを組み合わせることが有効であると考えられる. しかし, 関連性の低い概念を組み合わせることは決して容易ではない．関連性の低さは理解のしにくさにもつながるため，特別な工夫もなく単に組み合わせるだけでは，訳のわからないものが生成されることになる.

関連性の低い概念を組み合わせるためには，概念の一部，または概念全体を変化させることが役に立つと考えられる．概念の組み合わせとその際に起こる変化を検討したものとして，関連性の低い組み合わせから共通点を発見させた研究がある（山川ら, 2017）. この研究では, 関連性の低い概念が提示されると, それらを繰り返し転換（連想・抽象化）することで共通点が発見されることが明らかになった. このことから, 関連性の低い概念の組み合わせにおいては，片方あるいは両方の概念を転換することで共通点が発見され組み合わせやすくなる可能性がある.

概念を変化させる方略として，概念そのものを変化させるだけでなく，属すカテゴリを変化させる方法がある．Chrysikou (2006)は，具体物（例 : ペン）のカテゴリとして非典型的なもの（例 : ものを刺せる，添え木になる等）を想起させると, 洞察問題の解決率が向上することを示した．このとき想起された非典型的カテゴリはアドホックカテゴリ(Barsalou, 1963)，すなわち，特定の文脈ではたらく，その場しのぎ的なカテゴリになりやすい. アドホックカテゴリを想起することで, 元の概念のカテゴリが転換され，別の概念と組み合わせやすくなると考えられる．Chrysikou (2006)はアドホックカテゴリを想起する訓練として， Alternative categories task (ACT)を使用していた。この訓練は単語のカテゴリを 6 つ記述させるもので，前半は典型的なカテゴリが生成されるが，後半になるほどアドホックカテゴリが生成されやすくなるというものである。例えば，「靴」からカテゴリを生成させると前半は「革製品」などの典型的なカテゴリが生成されるが，後半は典型的なものを思いつきにくくなるため「水を汲めるもの」などのアドホックカテゴリが生成されやすくなる。

そこで，安陪・服部 (2021)では 2 つの概念を組み合わせるアイデア生成課題を用いて，ACT が創造性に与える影響を調べた. その結果, 訓練を行うことで創造性（「他の人にはなかなか思いつかない，知的な回答であること」）と独創性（「あまり見たことがない，思いつきにくいこと」）が向上した．しかし，ACT がどのように影響して創造性および独創性を向上させたのかは明らかになっていない．そこで本研究では，ACT によって創造性・独創性が向上した要因について詳しく調べるため, 創造性・独創性の得点の高低と有用性との関係性を検討した.

2. 方法

2.1 参加者

男性 16 名，女性 34 名（平均年齢 29.6 歳）が実験に参加した．参加者は，アドホックカテゴリ想起群か統制群のいずれかに無作為に割り当てられた．

2.2 刺激の選定

基本語データベース語義別親密度（天野・小林, 2008）から，親密度が 6 以上（1 : 全くなじみがない〜7 : とてもなじみがある）であること，2〜4 文字であること，道具・楽器・乗り物・自然物・製造物・容器・家具に当てはまることを基準として 40 語を抽出した．続いて実験者がそれぞれの単語を用いて 20 対（関連性が高いと想定 : 10 対，関連性が低いと想定 : 10 対）の名詞対を作成した．本実験に参加しない 21 名の参加者（男性 5 名，女性 16 名，平均年齢 30.2 歳，23–60 歳）が 5 件法（1 : 関連していない〜5 : 関連している）で関連性を評定した．結果として，平均関連性評定値が 4.5 以上であった単語対を関連性の高い組み合わせとして用いた．また平均関連性評定値が 1.5 以下であった単語対を関連性の低い組み合わせとして用いた．

2.3 刺激

関連性の高い組み合わせとして「バス・指輪」，「辞書・歯」，関連性の低い組み合わせとして「ネクタイ・マフラー」，「タクシー・パトカー」を選定した．また，ACT の材料としてレンガ・ペットボトル・タオル・椅子・フォーク・しゃもじを使用した．

2.4 手続き

実験プログラムは lab.js (Henninger, et al., 2019)で作成し，オンラインで実施した．実験群（アドホックカテゴリ想起）の参加者は，例として「靴→履くもの，革でできている，足に使う，紐がある，水をすくえる，釘を打てる」を提示され，画面に表示されている 6 つの単語について当てはまると思うカテゴリを 6 つずつ入力した．統制群は，上記に代わって単語連想課題（例 : ペットボトル→ジュース→オレンジ…）を 5 分間行った．続くアイデア生成課題では，「これから画面に提示される 2 つの単語から発送して，時間内（3 分）に好きな数だけ，新しくて独創的なものを作って名前をつけてください．また，作ったもののイラスト，図を描いてください．単語はどのように解釈してもよく，単語から発想したものなら何を用いても構いません．手元の紙に，どのように発想したかのメモを書いてください」と教示した．名詞対の提示を 1 試行とし，これを 4 回繰り返した．最後に，各試行につき参加者自身がよいと思うものを 1 つずつ（計 4 個）選び，印をつけた．生成物は参加者が写真に撮り，実験者にメールで送付した．

2.5 生成物評価

全作品は，実験者を含めた評価者 3 名が評価した．創造性を「他の人にはなかなか思いつかない，知的な回答かどうか」と定義し，創造性の構成要素として有用性（何かに使える，転用できるかどうか）・独創性（あまり見たことがない，思いつきにくいことかどうか）・妥当性（「新しくて独創的」という課題に適していて，理解可能かどうか）・面白さ（どの程度面白いと感じるか）を設定した．それぞれの項目について 5 段階（1 :「低い」から 5「高い」）で評価した．

3. 結果

参加者のうち 5 名は手続きの不備があったため分析から除外した．その結果，実験群と統制群の参加者は，それぞれ 23 名，22 名となった．この結果，合計 180 個の生成物が分析対象となった．

結果として，関連性の低い組み合わせが高いものより創造性($F(1, 43) = 19.4, p < .01$, $\eta_p^2 = .31$)・独創性($F(1, 43) = 26.4, p < .01$, $\eta_p^2 = .38$)・妥当性($F(1, 43) = 18.3, p < .01$, $\eta_p^2 = .30$)・面白さ($F(1, 43) = 24.0, p < .01$, $\eta_p^2 = .36$)の平均評定値が高かった．図 1，図 2 に事前課題ごとの創造性・独創性平均評定値を示す．実験群は統制群よりも創造性($F(1, 43) = 7.9, p < .01$, $\eta_p^2 = .16$)・ 独創性($F(1, 43) = 6.4, p = .01$, $\eta_p^2 = .13$)の平均評定値が高かった．

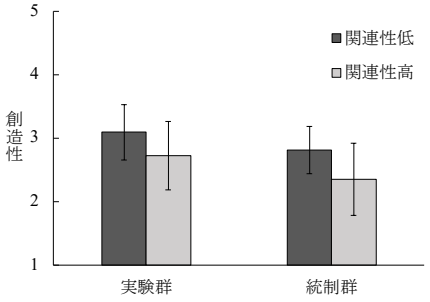


図 1 事前課題ごとの平均創造性評定値

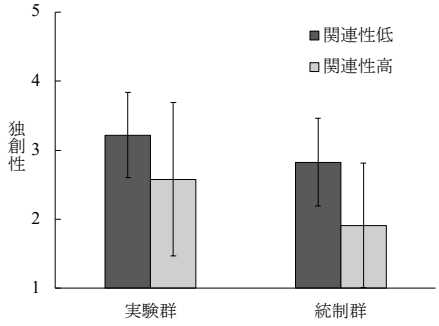


図 2　事前課題ごとの平均独創性評定値

創造性や独創性に対して ACT がどのように影響するのかを調べるため，創造性，独創性得点と有用性得点の相関を分析した．実験群，統制群における作品ごとの創造性得点と有用性得点の相関のバブルグラフを図 3，図 4 に示す．創造性と有用性について，実験群は相関がみられなかった一方で，統制群は相関係数 $r = .23$ であり，有意であった（$p < .05$）．このことから，統制群の創造性については創造性が上がるごとに有用性が高くなる傾向があると示された．また，創造性得点の下限側には統制群の作品が多く，上限には実験群の作品が多い傾向がみられる．

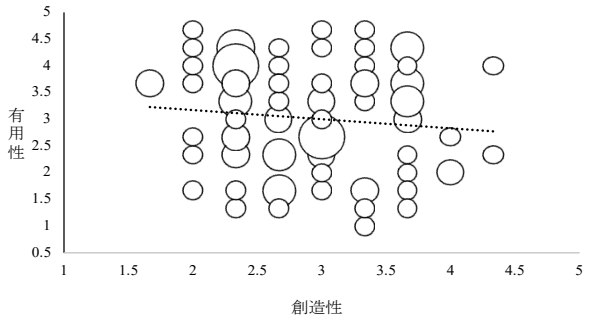


図 3　実験群における作品の平均有用性得点および創造性得点の相関(r = -.13)，円の大きさは項目の重なりを，点線は回帰直線を示す

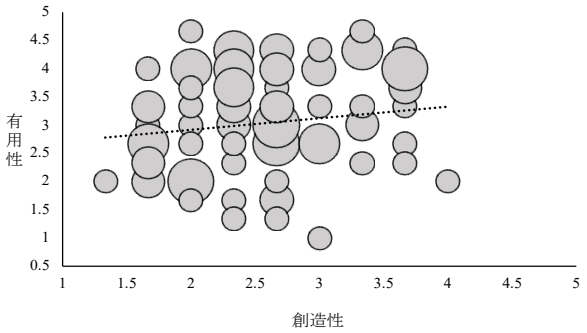


図 4　統制群における作品の平均有用性得点および創造性得点の相関(r = -.23)，円の大きさは項目の重なりを，点線は回帰直線を示す

作品ごとの独創性得点と有用性得点の相関のバブルグラフを図 5，図 6 に示す．独創性と有用性について，実験群は相関係数 $r = -.35$ であり，有意であった（$p < .01$）．統制群では相関はみられなかった．このことから，実験群の独創性については独創性が上がるごとに有用性が下がることが示された．また，創造性得点の下限側には統制群の作品が多く，上限には実験群の作品が多い傾向がみられる．

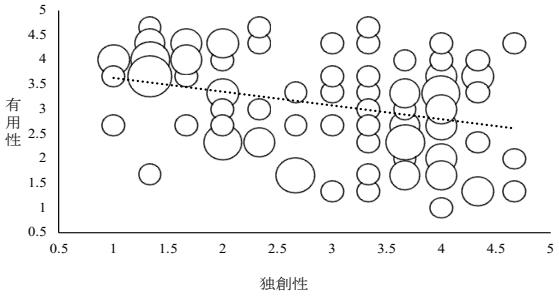


図 5　実験群における作品の平均有用性得点および独創性得点の相関(r = -.35)，円の大きさは項目の重なりを，点線は回帰直線を示す

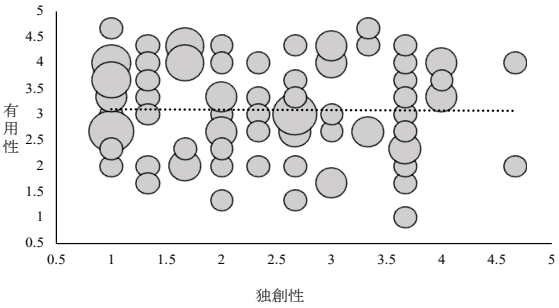


図 6　統制群における作品の平均有用性得点および独創性得点の相関(r = -.06)，円の大きさは項目の重なりを，点線は回帰直線を示す

続いて，創造性や独創性の高い作品を創作する方略を探るため，作品の特徴を分析した．

単語の見た目と機能の両方が残されている状態を「単語をそのまま用いている」と定義し，作品ごとに単語をそのまま用いている数を数えた（そのまま使用していない：0，片方の単語をそのまま使用している：1，両方の単語をそのまま使用している：2）．例えば，「色が変えられる車」は 0，「タクシーとして働くけど見回りの機能も持つ車」は 1，「客を乗せるときはタクシーの柄に，犯人を追うときはパトカーの柄になる車」は 2 として数えた．その結果，実験群において 2 単語ともそのまま使用している作品数は 10 個，少なくとも 1 つ以上単語を変化させている作品数は 82 個であった。統制群では 2 単語ともそのまま使用している作品数は 18 個，少なくとも 1 つ以上単語を変化させている作品数は 70 個であった。

2 単語をそのまま使用している作品の数を比較したところ，条件間に有意傾向がみられた，$\chi^2(1, N = 108) = 2.46, p = .08$．実験群より統制群の方が 2 単語とも変化

していない作品数が多いことから，統制群の方が 2 単語をそのまま使用する傾向があるといえる.

4. 考察

本研究では，概念どうしの関連性の高低と ACT による創造性への影響を検討するため, 2 つの単語の組み合わせから新しく独創的なものを作らせるアイデア生成課題を行った. その結果, 関連性の低い概念の組み合わせほど有用性以外の評価得点が向上すること，アドホックカテゴリを想起することで生成物の創造性と独創性が向上することが明らかになった.

さらに，ACT によって創造性・独創性が向上した要因を検討するため, ACT の有無による創造性・独創性・有用性得点の相関を検討した. その結果, 創造性については，ACT の影響はあまりみられなかったが，独創性についてはACTを行うことで得点が上がるごとに有用性得点が下がる傾向がみられた．つまり，ACT を行うことにより，独創的な生成物は多く作られるが有用性は向上しないことが示された.

ACT が独創性を向上させた一方で，有用性の低い生成物が増えた理由としては, 第 1 に, 教示の内容によるものが考えられる. 参加者は「新しくて独創的な」生成物を作るよう教示されたため，有用性について意識が向かなかった可能性がある．しかし，このことでは，他の条件において高い有用性を持つものが一定の割合で生成されたことが説明できない.

第 2 の理由としては，ACT を行ったことで使用した単語の別の面に目が向き，奇抜な発想を行いやすくなった可能性がある．ACT は，洞察問題の成績を向上させる (Chrysikou, 2006)が, 洞察問題では思いつきにくいような突飛な発想を行うことが求められる．本研究における課題でも，「新しくて独創的な」生成物の作成が求められた結果，突飛な生成物を作成することに対して意識が向いた可能性がある. また, アドホックカテゴリは，それ自体が一般的な考え方では思いつかない変わったカテゴリである．創造的な課題の前にこのような非一般的なカテゴリを想起することで，奇抜な発想を行いやすくなった可能性がある.

第 3 に，統制群では独創性の高い作品が少ない一方で有用性の高い作品も作成されていることから，ACT を行ったことによって，有用性という観念に縛られなくなったということが考えられる．何かものを新しく作る必要に迫られたとき，「使えるものを作る」という条件は実生活において意識せざるを得ないものであるが，それゆえに自由な発想が妨げられることもある．ACT を行ったことで奇抜な発想を行うことに意識が向いた結果，有用性に対する意識が薄れたと考えることができる.

一方，ACT を行ったことで創造性，独創性ともに得点の上限だけでなく下限も上がっており，作品の全体的な得点が底上げされていることも示唆された．さらに，作品の中で 2 単語をそのまま使用する頻度の分析から，ACT の実施により 2 単語ともそのまま使用する頻度が減ることが明らかになった. このことから, ACT は奇抜な発想を行いやすくなっただけではなく，安易な発想（提示された単語を 2 つともそのまま用いる）が行われにくくなったと考えられる.

以上より，ACT を行うことにより，創造性，独創性が向上した要因としてACTにより奇抜な発想を行いやすくなったこと，また，「使えるものを作る」という，いわば「有用性の呪縛」から解放されたこと，安易な発想が行われにくくなったことが可能性として考えられる. しかし, 独創性と有用性が両立したものを作ることは, 単に独創的なものを作るよりも難しい. 本研究の結果についても，ACT は有用性に影響しておらず，高独創性得点が高い作品の中で有用性が高いものの割合が低いのは, 独創性を高くしようと努めた結果, 有用性が両立しにくくなっただけなのかもしれない．ACT が実際に有用性に影響するのか, 今後, 更なる検討が必要である.

文献

[1] 安陪 梨沙・服部 雅史 (2021). 「辞書＋歯」が創造的生成物になるとき：概念の関連性と非典型性が与える影響 日本基礎心理学会第 40 回大会 オンライン(12 月 3 日〜5 日).

[2] 天野 成昭・小林 哲生(編著) (2008). 基本語データベース: 語義親密度 株式会社学習 研究社

[3] Barsalou, L. W. (1983). Ad hoc categories. *Memory & Cognition*, *11*(3), 211‑227. http://dx.doi.org/10.3758/BF03196968

[4] Chrysikou, E. G. (2006). When shoes become hammers: Goal-derived categorization training enhances problem-solving performance. *Journal of Experimental Psychology*, *32*, 935–942.

[5] Estes, Z., & Ward, B. T. (2002). The emergence of novel attributes in concept modification. *Creativity Research Journal*, *14*(2), 149–156.

[6] Henninger, F., Shevchenko, Y., Mertens, U. K., Kieslich, P. J., & Hilbig, B. E. (2019). lab.js: A free, open, online study builder. *PsyArXiv*. https://doi.org/10.31234/osf. io/fqr49

[7] 山川 真由・清河 幸子・猪原 敬介 (2017). 共通点の探索を通じた創造的な着眼点の発見：対象間の関連性に着目した検討 認知科学, *24*(3), 314–327.

ユーモア理解における「保護されている」という認識の枠組みの神経基盤に関するメタ分析

A study of neural basis for protective frame during humor comprehension: Meta analyses of functional neuroimaging studies

中村 太戯留[†‡]
Tagiru Nakamura

武蔵野大学{[†]データサイエンス学部, [‡]教養教育リサーチセンター}
{[†]Faculty of Data Science, [‡]Research Center for Liberal Education}, Musashino University
tagiru_n@musashino-u.ac.jp

概要

ユーモア理解では，ヒトの生存と関連性のある事柄の見いだしと，「保護されている」という認識の枠組みが重要である．神経基盤として，前者は扁桃体が関与するが，後者は不明である．皮肉理解では，扁桃体を賦活するが，「保護されている」という認識の枠組みは機能せず，ユーモアを生じないことが多い．メタ分析でユーモアと皮肉を比較した結果，側頭葉前部，内側前頭前野，そして皮質下領域などが，「保護されている」という認識の枠組みの神経基盤の候補と示唆された．

キーワード：ユーモア (humor)，「保護されている」という認識の枠組み (protective frame)，神経基盤 (neural basis)，メタ分析 (meta analyses)

1. 目的

ユーモア理解の「見いだし」理論[16]においては，「ヒトの生存と関連性のある事柄」[18]の「見いだし」と，「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]が，ユーモア理解において重要な役割を果たすと述べている．

貯金と掛けて，
奥さんの笑顔と解く．
その心は，
なくなると怖い．

例えば，この謎掛け形式のユーモア表現[14]の場合，前フリでは，「貯金」と「奥さんの笑顔」の共通点は何か，と問いかけている．構造的には，「貯金は奥さんの笑顔だ」という比喩表現と等価と考えられる．そして，オチでは，共通点は「なくなると怖い」であると提示している．「貯金がなくなると怖い」はその通りで，貯金がなくなれば生きていくことが困難になるため，ヒトの生存と関連性のある事柄と考えられる．同様に，「奥さんの笑顔がなくなると怖い」も，場合によっては帰るべき家を失うことにつながりうるため，ヒトの生存と関連性のある事柄と考えられる．そして，「貯金」と「奥さんの笑顔」のこのような一見すると無関係に見える事柄の共通点を知ること自体も，間接的ではあるが，ヒトの生存と関連性のある事柄と考えられる．

多くのヒトはこの表現からユーモアを感じる一方で，そうではないヒトもいる．例えば，ギャンブルにのめり込んで貯金を失ったヒトや，奥さんと離婚して間もないヒトであれば，ここで見いだした事柄は他人事ではないと感じるであろうことが容易に想像できる．すなわち，「貯金がなくなると怖い」という事柄や，「奥さんの笑顔がなくなると怖い」という事柄から「保護されている」とはいえない立場のヒトと考えらえる．

この「保護されている」という認識の枠組みが生じるには，自信枠組み，安全枠組み，そして分離枠組みのいずれかが機能する必要がある[3][4]．例えば，貯金がなくなったけれどもすぐに稼ぎ直して貯金を回復する自信のあるヒトや，すぐに奥さんの笑顔を取り戻す自信のある人は自信枠組みが機能し，結果としてユーモアを生じると考えられる．また，ギャンブルなどにのめり込んでいないために貯金を失うことはないと認識しているヒトや，奥さんの笑顔がなくなるようなことはしていないと認識しているヒトは，(危険な状況からは保護されているという)安全枠組みが機能し，結果としてユーモアを生じると考えられる．

そして，分離枠組みは，現実世界から自分の認識を分離することにより，「保護されている」という仮想的な認識の枠組みを生じるもので，自己代用，空想，そして追憶という下位分類がさらに提案されている[3][4]．例えば，貯金がなくなったのは(実際には自分なのだが)自分以外の誰かだと認識していたり，奥さんの笑顔がなくなって帰る家を失ったのは(実際には自分なのだが)自分以外の誰かだと認識していたりすると，自己代用による分離枠組みが機能し，おそらくは自虐的に笑うタイプのユーモアを生じると想像できる．次に，実際には自分は安全な自宅にいて，貯金がなくなって大

変な思いをしている状況を空想していたり，奥さんの笑顔がなくなって家を追い出された状況を空想していたりすると，空想による分離枠組みが機能し，疑似的に危険を愉しめる状況が生じると想像できる．そして，過去に貯金がなくなって困ったヒトや，奥さんの笑顔がなくなって家を追い出されたヒトが，現在はそのような状況から回復しているようであれば，追憶による分離枠組みが機能し，過去のことを武勇伝のように愉しめる状況にあると想像できる．

さて，ヒトの脳内におけるこれらと対応する神経基盤としては，「ヒトの生存と関連性のある事柄」[18]の見いだしに関しては，扁桃体が重要な役割を果たすことが報告されている[14]．一方で，「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]の神経基盤の特定にはまだ至っていないというのが現状である．

本稿では，ユーモアの神経基盤に関するイメージング研究を対象としたメタ分析を用いて，「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]の神経基盤の検討を試みる．前記のように，「保護されている」という認識の枠組みが機能する状況は多様であり，枠組みの種類により関与する神経基盤が異なる可能性も考えられるが，本稿では共通で関与する神経基盤を検討する．

2. 方法

ユーモアは皮肉表現からも生じうることが知られており[11]，扁桃体はユーモア理解において重要な役割を果たすとともに[14]，皮肉理解においても重要な役割を果たす[22]．ユーモア理解と皮肉理解はどちらも不調和の感知とその解消[21]という認知的な機制が基本となっており，扁桃体はその解消段階で重要な役割を果たすと考えられている[14]．一方，ユーモア理解の「見いだし」理論[16]は，「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]が機能する際にユーモアを生じるが，皮肉表現のようにその枠組みが機能しない際はユーモアを生じないという可能性が示唆されている[16]．

そこで，本稿では，ユーモア理解の神経基盤に関する研究のメタ分析の結果と，皮肉理解の神経基盤に関する研究のメタ分析の結果とを比較することを試みる．具体的には，ユーモアと感情に関するメタ分析の研究[7]で一般に提供されているデータのうち，ユーモア理解に関する座標データ(33 論文)，および皮肉理解に関する座標データ(14 論文)を用い，定量的なメタ分析(BrainMap GingerALE 3.0.2)を実施した．メタ分析の閾値としては，$p < 0.005$ (未修正)で，容量が 500 mm^3 以上のクラスターを抽出する設定を用いた[7]．そして，賦活部位ごとに，「ユーモア理解の Z 値(標準化値)から，皮肉理解の Z 値を引き算した値」を算出した．そして，その値が＋3 以上でありユーモア理解のみで賦活している部位，その値の絶対値が 3 未満でありユーモア理解および皮肉理解の両方で賦活している部位，そしてその値が－3 以下であり皮肉理解のみで賦活している部位に分類した．

表１　ユーモア理解と皮肉理解のメタ分析の結果

部位	ユーモア理解			皮肉理解			Z 値
	左	右	Z 値	左	右	Z 値	差分
側頭後頭接合部	1	0	4.77				4.77
下側頭回	2	0	3.66				3.66
内側前頭前野の後方　BA6	1	0	4.03				4.03
前帯状回 BA24	1	0	3.84				3.84
下前頭回 BA46	2	0	3.62				3.62
尾状核	1	0	3.56				3.56
海馬傍回	0	1	3.52				3.52
視床	1	0	3.43				3.43
前帯状回 BA32	2	0	3.06				3.06
扁桃体	3	1	5.04	1	0	3.84	1.20
中側頭回	4	0	4.54	0	1	3.39	1.15
縁上回	0	1	4.32	1	0	3.94	0.37
下前頭回 BA44	1	0	3.80	0	1	3.95	-0.14
内側前頭前野の後方　BA8	2	0	4.41	1	0	4.77	-0.36
下前頭回 BA47	2	0	4.18	3	0	4.60	-0.42
中上側頭回	1	1	3.65	2	0	4.83	-1.18
内側前頭前野の前方　BA9	1	0	2.95	1	0	4.68	-1.73
淡蒼球				1	0	3.12	-3.12
後帯状回 BA31				2	0	3.76	-3.76
下前頭回 BA45				1	1	3.93	-3.93
後帯状回 BA23				1	0	3.97	-3.97
側頭極　BA38				1	0	4.11	-4.11

註 : BA はブロードマンの脳地図番号．左右欄は各部位が賦活したクラスター数．Z 値差分は，ユーモア理解の当該部位の Z 値(標準化値)から，皮肉理解の当該部位の Z 値を引き算した値．

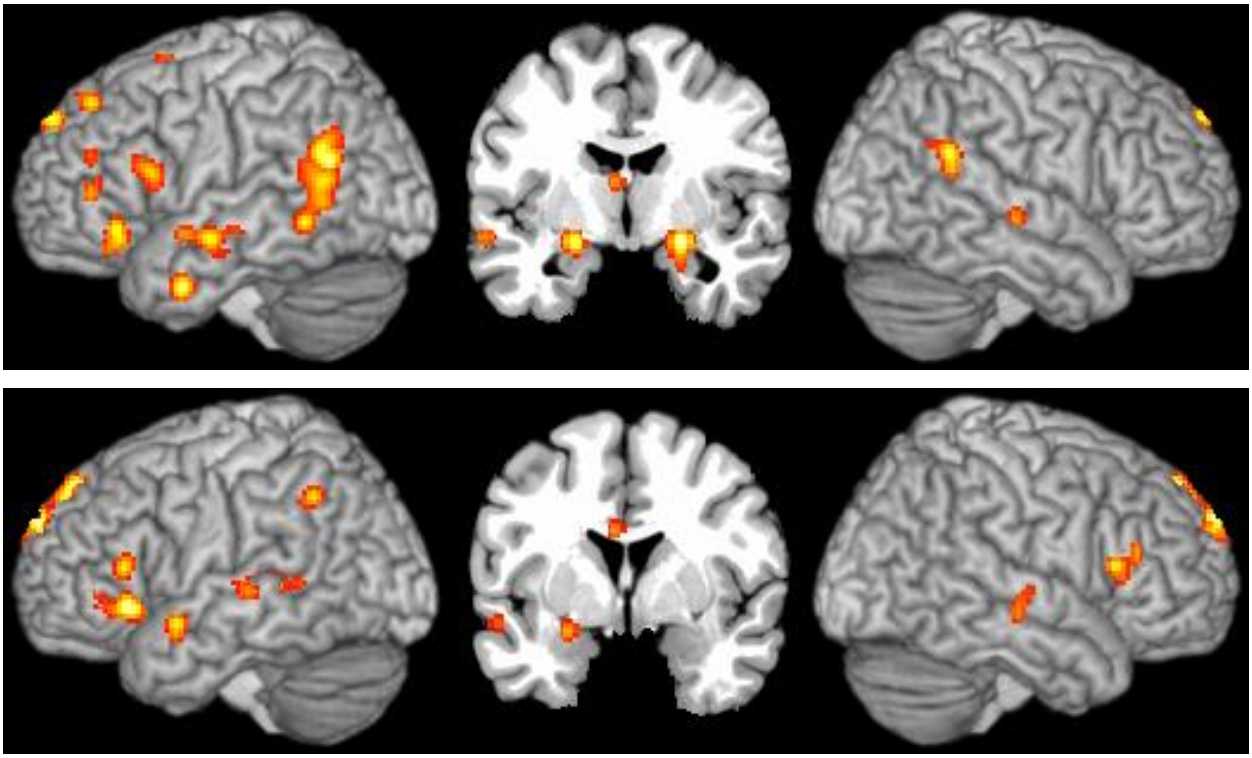


図 1　メタ分析の結果（上：ユーモア理解，下：皮肉理解）

3.　結果

ユーモア理解のメタ分析の結果として，17 種類の部位が検出された(表 1 左，図 1 上)．賦活したピーク座標は左が 25 個，右が 4 個であった．一方，皮肉理解のメタ分析の結果として，13 種類の部位が検出された(表 1 右，図 1 下)．賦活したピーク座標は左が 15 個，右が 3 個であった．両者に共通する部位は 8 種類であった．すなわち，全体としては左側の賦活は右側の賦活の 5 倍程度となっており，脳の側性化が認められた．

「ヒトの生存と関連性のある事柄」[18]の見いだしの神経基盤と考えられている扁桃体に関して，ユーモア理解においては両側(−22，−8，−16; 22，−6，−16; 図 1 の上の中央の図)，皮肉理解においては左側(−26, 0, −18; 図 1 の下の中央の図)の賦活が認められた．

ユーモア理解と皮肉理解に共通で賦活した扁桃体の Z 値は，ユーモア理解では 5.038，皮肉理解では 3.838，前者から後者を引き算した値は 1.199 であった(表 1 の中段)．その他，共通で賦活した部位は，中上側頭回(BA [ブロードマンの脳地図番号] 21, 22)，縁上回(BA 40)，下前頭回(BA 44, 47)，そして内側前頭前野(BA 8, 9)であった(表 1 の中段)．

ユーモア理解のみで賦活した部位は，側頭後頭接合部(BA 19, 37)，内側前頭前野(BA 6)，前帯状回(BA 24, 32)，前頭前野背外側部(BA 46)，尾状核，海馬傍回，そして視床であった(表 1 の上段)．

皮肉理解のみで賦活した部位は，側頭極(BA 38)，後帯状回(BA 23, 31)，下前頭回(BA 45)，そして淡蒼球であった(表 1 の下段)．なお，側頭葉前部という少し広い範囲で捉えた場合，側頭極は，中上側頭回の前部と合わせて，ユーモア理解と皮肉理解に共通で賦活していると分類することも可能である．

4.　考察

扁桃体は，ユーモア理解と皮肉理解のどちらでも賦活しており，先行研究[14][22]の結果と整合している．側頭回や前頭回は一般的な言語処理に関与することが知られている[5][8]．また，内側前頭前野は，不調和の感知や，他者の心の推測など，語用論的な処理に関与することが報告されている[2][5][15]．すなわち，これらの領域は言語処理や不調和の感知と解消といった処理に関与していると考えられる．

前頭前野背外側部は，顕著性ネットワークを介した複数の情報の統合処理に関与している可能性が示唆されている[12][15]．側頭後頭接合部は，一見すると無関係な概念の結び付けに関与している可能性が示唆されて

いる[1]．これらの領域は，ユーモア理解における「新たな関係性」の見いだし[16]の神経基盤の候補となりうると考えられる．側頭極は「心の理論」の神経基盤[15]，BA 45 は意味処理の神経基盤[8]，そして海馬傍回，視床，後帯状回はエピソード記憶の神経基盤[9]と考えられる．すなわち，これらはユーモア理解や皮肉理解に特有な神経基盤である可能性が考えられる．

側頭葉前部(側頭極や中上側頭回の前部)は，文脈により意味を制御する際に重要な役割を果たすことが報告されている[6][17]．尾状核は，潜在的な意味の探索や，話者の意図に即したそれらの意味の切替に関与している可能性が報告されている[10][22]．前帯状回(内側前頭前野)は，顕著性ネットワークを構成する部位で，自己と関連性のある感情的処理に関与していることが報告されている[13][19][20]．すなわち，これらの領域は「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]の神経基盤の候補となりうると考えられる．

残された課題としては，「『保護されている』という認識の枠組み」[3][4]の神経基盤に関して，機能的核磁気共鳴装置などを用いたイメージング実験により検証することが挙げられる．本稿では，その枠組みの多様性の考慮はしていないため，自信枠組み，安全枠組み，そして分離枠組み(下位分類は自己代用，空想，そして追憶)といった多様性に関しても検討する必要がある．なお，扁桃体もユーモア理解と皮肉理解の両方で賦活するため，「保護されている」という認識の枠組みの神経基盤である可能性は否定できないことを付記する．

謝辞　本研究は，JSPS 科研費 JP20K13034 の助成，武蔵野大学教養教育リサーチセンターの支援を受けた．ここに感謝の意を表する．

文献

[1] Amir, O., Biederman, I., Wang, Z., & Xu, X., (2015) “Ha ha! versus aha! A direct comparison of humor to nonhumorous insight for determining the neural correlates of mirth”, Cerebral cortex, Vol. 25, No. 5, pp. 1405–1413.
[2] Amodio, D. M., & Frith, C. D., (2006) “Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition”, Nature reviews. Neuroscience, Vol. 7, No. 4, pp. 268–277.
[3] Apter, M. J., (1992) “The dangerous edge: The psychology of excitement”, The Free Press. (渋谷由紀[訳], (1995) “デンジャラス・エッジ：「危険」の心理学”, 講談社)
[4] Apter, M. J., (2007) “Danger: Our quest for excitement”, Oxford: Oneworld.
[5] Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L., (2009) “Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies”, Cerebral cortex, Vol. 19, No. 12, pp. 2767–2796.
[6] Chiou, R., Humphreys, G. F., Jung, J., & Ralph, M. A. L., (2018) “Controlled semantic cognition relies upon dynamic and flexible interactions between the executive 'semantic control' and hub-and-spoke 'semantic representation' systems”, Cortex, Vol. 103, pp. 100–116.
[7] Farkas, A. H., Trotti, R. L., Edge, E. A., Huang, L. Y., Kasowski, A., Thomas, O. F., Chlan, E., Granros, M. P., Patel, K. K., & Sabatinelli, D., (2021) “Humor and emotion: Quantitative meta analyses of functional neuroimaging studies”, Cortex, Vol. 139, pp. 60–72.
[8] Hagoort, P., (2005) “On Broca, brain, and binding: A new framework”, Trends in cognitive sciences, Vol. 9. No. 9, pp. 416–423.
[9] 川﨑伊織 & 藤井俊勝, (2016) “エピソード記憶”, 脳科学辞典.
[10] Lewis, S. J., Dove, A., Robbins, T. W., Barker, R. A., & Owen, A. M., (2004) “Striatal contributions to working memory: A functional magnetic resonance imaging study in humans”, The European journal of neuroscience, Vol. 19, No. 3, pp. 755–760.
[11] Long, D. L., & Graesser, A. C., (1988) “Wit and humor in discourse processing”, Discourse Processes, Vol. 11, No. 1, pp. 35–60.
[12] Matsui, T., Nakamura, T., Utsumi, A., Sasaki, A. T., Koike, T., Yoshida, Y., Harada, T., Tanabe, H. C., & Sadato, N., (2016) “The role of prosody and context in sarcasm comprehension: Behavioral and fMRI evidence”, Neuropsychologia, Vol. 87, pp. 74–84.
[13] Morita, T., Tanabe, H. C., Sasaki, A. T., Shimada, K., Kakigi, R., & Sadato, N., (2014) “The anterior insular and anterior cingulate cortices in emotional processing for self-face recognition”, Social cognitive and affective neuroscience, Vol. 9, No. 5, pp. 570–579.
[14] Nakamura, T., Matsui, T., Utsumi, A., Yamazaki, M., Makita, K., Harada, T., Tanabe, H. C., & Sadato, N., (2018) “The role of the amygdala in incongruity resolution: The case of humor comprehension”, Social neuroscience, Vol. 13, No. 5, pp. 553–565.
[15] Nakamura, T., Matsui, T., Utsumi, A., Sumiya, M., Nakagawa, E., & Sadato, N., (2022) “Context-prosody interaction in sarcasm comprehension: A functional magnetic resonance imaging study”, Neuropsychologia, Vol. 170, No. 108213, pp. 1–11.
[16] 中村太戯留, (2022) “ユーモア理解の「見いだし」理論”, 語用論研究, Vol. 23, pp. 34–50.
[17] Ralph, M. A. L., Jefferies, E., Patterson, K., & Rogers, T. T., (2017) “The neural and computational bases of semantic cognition”, Nature reviews. Neuroscience, Vol. 18, No. 1, pp. 42–55.
[18] Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T., (2003) “The human amygdala: An evolved system for relevance detection”, Reviews in the neurosciences, Vol. 14, No. 4, pp. 303–316.
[19] Seth, A. K., (2013) “Interoceptive inference, emotion, and the embodied self”, Trends in cognitive sciences, Vol. 17, No. 11, pp. 565–573.
[20] Seth, A. K., & Friston, K. J., (2016) “Active interoceptive inference and the emotional brain”, Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, Vol. 371, No. 20160007, pp. 1–10.
[21] Suls, J. M., (1972) “A two-stage model for the appreciation of jokes and cartoons: An information-processing analysis”, In Goldstein, J. H., and McGhee, P. E., (eds.), The psychology of humor: Theoretical perspectives and empirical issues, pp. 81–100. New York: Academic Press.
[22] Uchiyama, H. T., Saito, D. N., Tanabe, H. C., Harada, T., Seki, A., Ohno, K., Koeda, T., & Sadato, N., (2012) “Distinction between the literal and intended meanings of sentences: A functional magnetic resonance imaging study of metaphor and sarcasm”, Cortex, Vol. 48, No. 5, pp. 563–583.

身体の表示位置が身体表象に与える影響 ～トレーニングとテストの類似性が低い場合の検討～

The effect of displayed position of body parts on body representation — Low similarity between training and test tasks

江波戸 傑†，松室 美紀‡，柴田 史久‡，木村 朝子‡
Takeru Ebato, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura

† 立命館大学大学院情報理工学研究科，‡ 立命館大学情報理工学部
Graduate School of Information Science and Engineering,
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University,
ebato@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp（江波戸）

概要

身体表象における手の位置を実際の手の位置から変化させる場合，変化を起こすためのトレーニングで両手を「同時に動かす」「同じ高さに動かす」ことを同時に行うことが重要であるとする先行研究が存在する．しかしながら，同研究では身体表象の変化を測定するテストにおいても，トレーニングとほぼ同様の課題を用いていた．そこで本研究では，トレーニングとテストで類似性の低い課題を採用し，そのような条件下でも先行研究の結果が追試されるかを検討した．実験の結果，同条件下でも身体表象における手の位置の変化が起こること，上記の 2 つの手がかりがともに存在しても変化が促進されないことが示された．

キーワード：身体表象，複合現実感，Multimodality

1. はじめに

1.1. 身体表象

人間は自身の身体がどのようなものであるかという知識やイメージを保持している．これにより，我々は目を閉じていても自身の手足がどこにあるのか，身体の色は何色か，どのような姿勢を取っているのかを推定可能である．本研究では，このような身体表象のうち，特に腕や足などの身体の各部位やその位置関係に着目している．

身体表象は視覚や深部感覚などの様々な知覚器官からの情報を統合することで形成され，日常の経験や記憶によって維持，更新されている [1]．ラバーハンドイリュージョンなどの先行研究の結果から，視覚や触覚から得られる情報に基づき，身体表象を変更可能であることが確認されている [2]．

1.2. 身体表象の変更

併せて，近年では，様々な技術の発展に伴い，身体の動きを使って，自身の身体以外のものを操作する場面が増加している．例えば，身体の動作と対応させることによって，ロボットの遠隔操作が行われている．さらに，人工現実感（Virtual Reality; VR）や複合現実感（Mixed Reality; MR）の技術を用いる状況では，自身の身体が拡張されることがある．例えば，指が 6 本ある [3]，腕が長い [4] といった実際とは異なる構造を持つ身体の実現が可能である．

そのような状況で操作者自身の身体表象を用いると，思わぬ問題が生じてしまう可能性がある．例えば，仮想空間上で腕が長くなっているにも関わらず，いつものように腕を振ってしまうと，仮想空間における周囲のものに腕がぶつかってしまう．このように，身体構造が異なる対象を自身の身体を用いて素早く正確に操作するためには，身体表象を対象に適応させることが重要である．

先行研究は，視覚や触覚情報の操作により身体表象が実際の身体とは乖離することを示している．例えば，ラバーハンドイリュージョンが生じた時，固有受容感覚ドリフトと呼ばれる，手の位置をゴムの手に近い位置に知覚する現象が生じる [2]．また，視点の位置を操作することにより，身体の大きさを異なって知覚することがある [5]．しかし，このような身体表象の研究では，片手（片腕）のみ，または，身体全体がまとめて操作されてきた．身体表象における一部の部位の変化が，他の部位にどのように影響するかは，身体表象の構築過程を知る上で重要である．

1.3. 対称部位の表象変化

松室ら [6] は対称的な部位である両腕の表象変化に着目し，その変化が関連して起こることを示している．また，岡松ら [7] は，小林ら [8] の実験結果と比較し，両手を「同時に動かす」ことと「同じ位置へ動かす」ことが，両腕の身体表象の変化にどのように影響するか検討した．その結果，両手を同時に同じ位置へと動かす

ことが，両腕の身体表象の変化を最も促進することが示された，岡松ら [7] は，この結果を，この動きが両腕の動きを最も対応付けやすいためであると考察している．

しかしながら，岡松ら [7] と小林ら [8] の行った実験条件のうち，両手を同時に同じ位置へと動かす条件でのみ，視覚情報を操作し身体表象の操作を行うトレーニングと，身体表象の変化量を測定するテストの内容が完全に一致していた．そのため，上記の結果は，その条件では，トレーニングとテストの動きに特化した学習がなされた可能性がある．さらに，他の条件でも，トレーニングとテストの課題が類似しており，この類似性が下がった場合，テストでの行動の変化が生じない可能性もある．

1.4. 本研究について

本研究では，岡松ら [7] と小林ら [8] の結果が，動き方の学習により生じたのか，それとも，両手を同時に同じ高さに動かすことが身体表象の変化を起こしやすかったのかを確認する．トレーニング中の動きの学習がテストで利用できないよう，トレーニングとテストでは異なる動きを行わせる．この変化により，課題の類似性の影響も同時に検討する．

詳細は以下で説明するが，左右の人差し指同士をそれぞれ指定された高さへ合わせる課題をトレーニングとし，左右の腕を目線の高さから胸の高さに降ろす課題をテストとする．トレーニング中は，同じ位置に手を動かした場合に，片手は実際より上に，もう一方の手は実際より下に知覚されるよう，各手の垂直方向の表示位置を操作した．そして，岡松ら [7] と同様に，指を合わせる位置を左右同じ高さにするか，また，左右の腕を同時に動かすかを変更した．よって，トレーニングは全 4 種類である．

2. 実験

各条件は，基準となるパフォーマンスを測定するプレテスト，視覚的に表示される身体の位置が操作された状態で課題を行うトレーニング，そして，身体表象の変化を測定するポストテストからなる．プレテストとポストテストの内容は同一であり，そのパフォーマンスの変化を身体表象の変化とした．

2.1. 方法

2.1.1. 参加者

参加者は平均年齢 21.6 歳の成人 22 名（男性 11 名，女性 11 名）であった．矯正を含め，全実験参加者が正常視力を有した．また，北澤ら [9] や鈴木ら [10] の用いているローゼンバッハ法によって，実験参加者の利き目を調査した．各参加者の利き目は，右目が 17 名，左目が 5 名，また，各参加者の利き腕は，実験では右腕が 21 名，左腕が 1 名であった．

2.1.2. 課題と身体の視覚的位置の操作

図 1 に実験中の参加者の様子を示す．実験中，参加者はビデオシースルー型 Head Mounted Display (HMD , Canon, HM-A1) を装着する．

始めに，トレーニングの内容を記述する．参加者は HMD に表示される映像を観察しながら，**図 2** のように人差し指を提示される仮想の球に合わせることを求められた．指を左右同じ高さで合わせるか，左右の腕を同時に動かすかの組み合わせにより，仮想の球の表示

図 1 実験風景

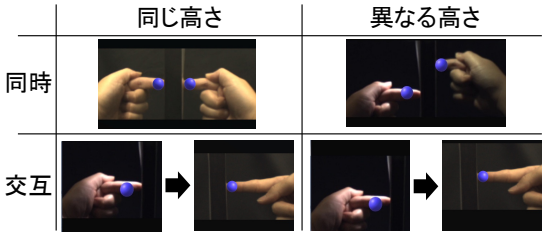


図 2 指を合わせた際の各ずれ条件での映像

が変更された.

指を同じ高さに合わせる場合，球は左右同じ高さに表示された. 一方, 指を異なる高さに合わせる場合は, 球は左右で異なる高さに表示された. また, 左右の腕を同時に動かす場合は, 左右同時に球が表示され, 交互に動かす場合は, 左右順番に球が表示された. それぞれを組み合わせ，トレーニングは図 2 の 4 種類であった. なお, 交互に動かす場合は連続する試行での, 球の高さを操作した.

仮想球の表示位置は 5 種類が用意され，各高さが 1 回ずつランダムな順で提示された．手を同時に動かす場合は，両手同時に計 5 回腕を動かした．手を交互に動かす場合，各腕 5 回ずつ，計 10 回腕を動かした．なお，左右のどちらの腕から動かすかは参加者ごとにカウンターバランスがとられた.

トレーニング中は，**図 3** に示すように，右手が映像の右半分，左手が左半分に提示されていた．そこで，HMD のカメラで取得した映像を左右半分に分割し，左半分を下に右半分を上にずらし映像を提示することで，腕の表示位置を変更した.

映像のずらし方は，全くずらしていない状態を映像のずれ 0%, 映像の左半分の上辺がディスプレイの下部, 右半分の下辺がディスプレイの上部の淵に接した状態を映像のずれ 100%とし（図 3），本実験での操作量は 0%, 10%, 20%の 3 水準として実施した（図 4）.

トレーニングでは，手が表示される高さを操作したため，プレ，ポストテストでは，手の高さの感覚がパフォーマンスに現れる課題を用いた．実験参加者は，まず，目を閉じた状態で目線の高さに設定された測定器に手を乗せた. そこから, 左右の手が同じ高さになるように胸の高さまで手を降ろすよう求められた（**図 5**）. この時の左右の手の高さを測定した．測定器は幅 20mm×高さ 776mm×奥行 169mm であり，怪我を防ぐために測定部分の周りにスポンジを貼り付けている.

2.1.3. 手続き

実験参加者は，各トレーニングで各映像の操作量を体験した．よって，全 12 条件を行った．各条件を開始する前に，実験参加者は HMD を装着していない状態でテスト課題と同じように，同じ高さになるように手を降ろすことを 2 回繰り返した．これにより，直前の条件での行動が身体表象へ与えた影響をリセットした.

教示後，実験参加者は，頭を顎台（NAMOTO, TKD-

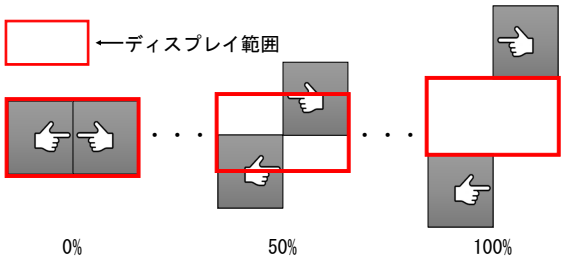
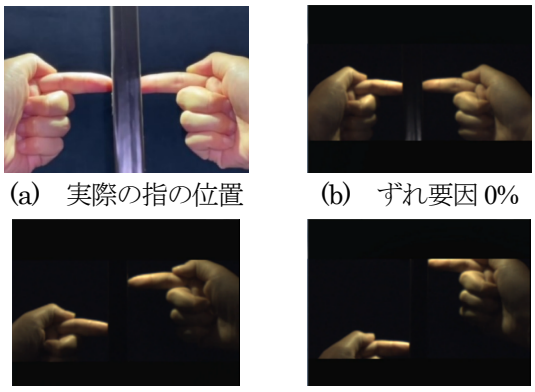


図 3 映像のずらし方のイメージ



(a) 実際の指の位置　(b) ずれ要因 0%

(c) ずれ要因 10%　(d) ずれ要因 20%

図 4 指を合わせた際の各ずれ要因での映像

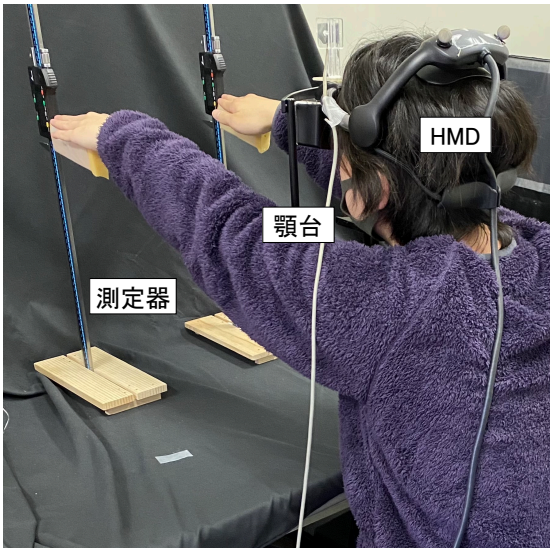


図 5 プレ，ポストテストの様子

UK1）に固定された状態で，机の前に座った（図 1）. 始めにプレテストを行った. HMD を装着し，画面上に何も表示されていない状態で目を閉じて，両手を測定器に乗せ，同じ高さに降ろすことを 3 回繰り返した. トレーニングを行う前の身体表象における手の高さの正確性を測定した.

続いて，参加者は HMD に表示される映像を観察しながら人差し指を提示される仮想の球に合わせるトレーニングを行った. この時, 映像にはいずれかの量の映

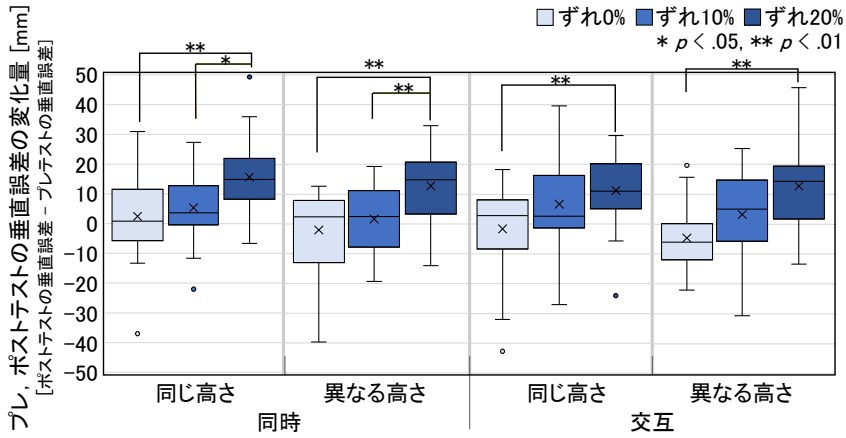


図 6 各トレーニングにおける垂直誤差の変化量

像の操作が適用された．実験参加者には映像がずれていることは伝えなかった．

最後に，ポストテストとして，プレテスト同様に，画面に何も表示されていない状態で目を閉じて両手を同じ高さに降ろすことを 3 回繰り返し行わせた．

以上の手続きを，各参加者にトレーニング課題ごとに，全ての操作量を用いて 1 回ずつ行わせた．トレーニング課題の順番は，参加者間でカウンターバランスが取られた．また，操作量の順番は各参加者でトレーニング課題ごとに無作為に決定された．直前の条件の影響，および，身体の違和感や疲労感をなくすために，条件間で 5 分間の休憩を取らせた．また，各トレーニング課題の全操作量の終了時に，指を合わせた際に指同士が合っていたかの自信度や映像のずれに気がついたか等のコメントを聴取した．

2.1.4. 指標

本実験では，映像を垂直方向にのみ操作し，プレ，ポストテストでは実験参加者に同じ高さで手を合わせることを求めた．そこで，手を降ろした際の左右の垂直位置の違いを分析した．具体的には，左手の垂直位置から右手の垂直位置を引いた値（以下，垂直誤差と記述）を分析に用いた．垂直誤差が 0 の場合は左右の手が同じ高さにある状態，マイナスの値の場合は右手が左手よりも高い位置にある状態，プラスの値の場合は左手が右手よりも高い位置にある状態を表す．

プレテストとポストテストの垂直誤差の差を垂直誤差の変化量として分析した．トレーニングでは，左手が実際より下，右手が実際より上へと表示されるように操作されている．よって，プレ，ポストテストでは，両手を同じ高さへと動かした際に得られる固有受容感覚は，左手ではそれよりも低い位置への，右手ではそれよりも高い位置への動きに対応付けられると考えられる．以上から，操作した通りに身体表象が変化した場合，垂直誤差の変化量は正の値を取る．

また，利き目や利き腕の別に関わらず同様の傾向が得られたため，以下ではそれらを分けずに分析を行った．

2.2. 結果

各実験における垂直誤差の変化量を**図 6** に示す．複数の条件で，変化量が正規分布をしていないことが示されたため（Shapiro-Wilk 検定にて ps < .05），フリードマン検定を用いた．トレーニング課題ごとに，映像の操作量の影響を調べたところ，全てのトレーニングにおいて，操作量の主効果が有意であった（同時・同じ高さ: χ^2 (2) = 13.455, p < .010, 同時・異なる高さ: χ^2 (2) = 12.091, p < .010, 交互・同じ高さ: χ^2 (2) = 10.782, p < .010, 交互・異なる高さ: χ^2 (2) = 16.000, p < .010）．そこで，ウィルコクソンの符号順位和検定を用い多重比較を行った．その差が有意であったペアを図中に記載した．全てのトレーニングにおいて，0%条件より 20%条件において，垂直誤差の変化量が大きかった．また，両手を同時に動かした 2 つの条件では，10%条件と 20%条件の差も有意であった．以上の結果から，全てのトレーニングにおいて，映像のずれが身体表象に影響を与えることが示される．

続いて，各ずれ条件における垂直誤差の変化量を**図 7** に示す．フリードマン検定を用い，トレーニング課題の効果を分析した．分析の結果，全てのずれ条件においてトレーニング課題の主効果は有意ではなかった（0%: χ^2 (3) = 4.687, *n.s.*, 10%: χ^2 (3) = 2.891, *n.s.*, 20%: χ^2

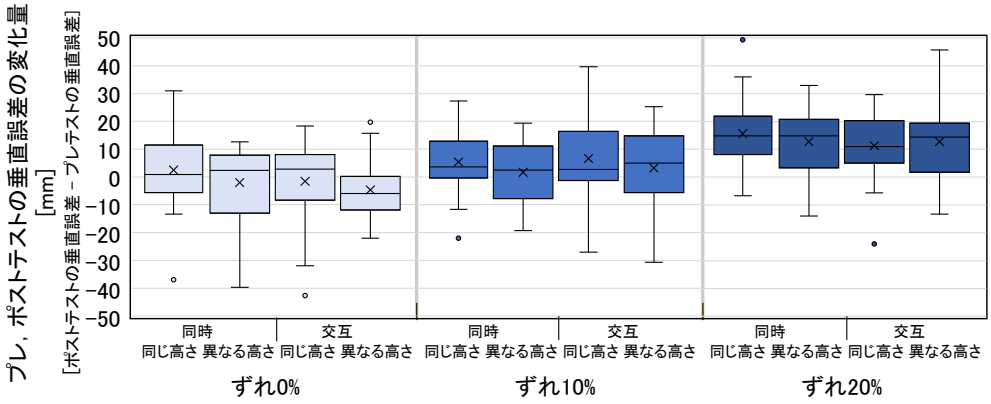


図 7 各ずれ条件における垂直誤差の変化量

(3) = 0.871, *n.s.*)．以上の結果から，トレーニングの腕の動かし方により，身体表象の変化量が異なることはないことが示された．

3. 考察

本研究では，岡松ら [7] と小林ら [8] の結果が，トレーニングの手の動かし方の学習により生じたのか，それとも，両手を同時に同じ高さに動かすことが身体表象の変化を起こしやすかったのかを確認するための実験を行った．トレーニング中の動きの模倣をさせないため，トレーニングとテストでは異なる動きを行わせた．また，この設定により，トレーニング課題とテスト課題の類似性の影響を検討した．実験条件は，岡松ら [7] に倣い，両腕を「同時に動かすか」「同じ高さに動かすか」という 2 つの要因を操作した．

実験の結果，全てのトレーニング課題において，トレーニングの後に，テストにおける行動の変化が生じた．映像のずれが大きいほど行動の変化が大きくなっていた．この結果は，トレーニングとプレ，ポストテストにおいて腕の動かし方が異なるものであっても，身体表象の変化が生じたことを示す．

また，図 7 のグラフに示されるように，いずれのトレーニング課題においても，変化量はほぼ同程度であった．本実験の，同じ高さへ同時に手を動かすトレーニングを用いた条件では，変化量はずれが 20%の時，平均 15.636 mm (*SD* = 12.401) であった．一方，同じトレーニングを用いテストでもほぼ同様の動きを行わせた小林ら [6] の先行研究では，20%のずれがある条件での変化量は平均 29.222 mm (*SD* = 12.933) であった．本実験と比べると倍近い値である．

岡松ら [7] は，残り 3 つのトレーニング課題と，小林ら [6] と同様のテスト課題を使い実験を行った．3 つのトレーニング課題で，ずれ 20%条件の変化量は約 15mm であった．これは本実験の全トレーニングにおけるずれ 20%の結果とほぼ同等である．

以上より，20%の映像のずれ（約 8cm）により生じる，身体表象における手の位置の上下方向へのずれは，トレーニングの内容に関わらず 15mm 程度であると考えられる．小林ら [6] の実験では，トレーニング中に手の動かし方を学習したため，ポストテストによる変化量が増加した可能性が高い．

4. 結論

本研究では，トレーニング中の手の位置の視覚情報のずれが身体表象を変化させるのかを，先行研究で用いられた 4 種類のトレーニングで検討した．トレーニング中の動きをテストで使用できないよう，先行研究からテストの内容を変更した．実験の結果，トレーニングとプレ，ポストテスト課題における腕の動かし方が同一でなくても身体表象は変化することが示された．しかし，先行研究と異なり，トレーニング課題の影響は見られなかった．以上から，先行研究の結果にはトレーニング中の動きの学習の影響が含まれること，ただし動きの学習だけでなく身体表象の変化も起こることが明らかとなった．

文献

[1] Glenn Carruthers, (2008) “Types of body representation and the sense of embodiment”, Consciousness and Cognition, Vo. 17, pp. 1302 - 1316.

[2] Matthew Botvinick, and Jonathan Cohen, (1998) “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see”, Nature, Vol.

391, No. 6669, p. 756.
[3] Ludovic Hoyet, Ferran Argelaguet, Corentin Nicole, and Anatole Lecuyer, (2016) “Wow! I have six fingers!: Would you accept structural changes of your hand in VR?”, Frontiers in Robotics and AI, Vol. 3, No. 27, pp. 1 - 12.
[4] Sun Hong, 柴田史久, 木村朝子, (2018)“仮想空間における上肢伸長感覚の誘発要因の分析”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-HCI-176, No. 22, pp. 1 - 6.
[5] Langbehn Eike, Bruder Gerd, and Steinicke Frank., (2016) “Scale matters! Analysis of dominant scale estimation in the presence of conflicting cues in multi-scale collaborative virtual environments”, 2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI), pp. 211 - 220.
[6] 松室美紀, 小林晶, 江波戸傑, 柴田史久, 木村朝子, (2021) “身体表彰における対称的な身体部位の表象形成”, 認知科学論文誌, 印刷中.
[7] 岡松育夢, 小林晶, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子, (2021) “身体の表示位置が身体のメンタルモデルに与える影響～前腕のメンタルモデル更新の手がかりに関する検討～”, 日本認知科学会第 38 回大会ポスター発表, P1-27, pp. 228 - 232.
[8] 小林晶, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子, (2020)“VR 空間での表示ずれが身体のメンタルモデルに与える影響の考察”, 日本認知科学会第 37 回大会発表論文集, P-105, pp. 660 - 664.
[9] 北澤一樹, 勝山しおり, 新井美紀, 大瀧瑞穂, 長谷川拓実, 下田佳央莉, 外里冨佐江, (2015) “メンタルローテーション課題遂行時の眼球運動の特性と利き眼との関係-アイマークレコーダーを用いた検討-”, KMJ THE KITAKANTO MEDICAL JOURNAL, Vol. 65, No. 3, pp. 221 - 227.
[10] 鈴木真, 矢野澄男, (2014) “両眼眼球運動測定による奥行き距離検出”, 映像情報メディア学会冬季大会.

創造性を促すSTEAM教育のためのデザイン指針の提案 —創造プロセスの知見とプローブの利用— Facilitating Probed Perspective for STEAM Education

髙木 紀久子†，王 詩雋‡，岡田 猛‡
Kikuko Takagi, Shijun Wang, Takeshi Okada
†東京大学総合文化研究科，‡東京大学教育学研究科
Graduate School of Arts and Sciences / Graduate School of Education, The University of Tokyo
takagi@art.c.u-tokyo.ac.jp

概要

Although STEAM education has been frequently practiced and studied in elementary and secondary education, research on the development of STEAM education programs in higher education is still insufficient. Based on our previous studies on artistic creation, we developed the following design principles for a STEAM program for higher education: 1) teach the knowledge about the creative process of art; 2) teach the method of PROBE, which focuses on physical activity; and 3) let the students spontaneously use this knowledge to create artworks. By implementing those design principles, we taught a STEAM course combining art and psychology at our university. We collected data on the students' coursework and conducted a follow-up interview one year after the course finished. The analysis of interview data showed that this course positively influenced students' creative activities.

Keywords : STEAM Education, Creativity, Art, Design Principle, Process Modification / Slippage, Body, Thought, Probed Perspective

1. 問題と目的

STEAM教育は, これまで主として初等中等教育の場で実践が進んできたが，高等教育における STEAM 教育プログラム開発の研究はまだ不十分であることが指摘されている（例えば，[1]）．本研究は高等教育における STEAM 教育の一つのあり方として，学生の創造性を促すための STEAM 教育のデザイン指針の構築を目指すものである．

STEAM教育は, STEM教育の発展として生まれたものである（[2]）．科学技術等の知識の学習を目指すSTEM 教育（Science，Technology，Engineering，Mathematics）は，自発性，創造性，判断力，問題解決力などの２１世紀型スキルを育成するための主要なアプローチの一つとして，アメリカやヨーロッパの各国で実施されている（[3][4] [5]）．しかし，近年はテクノロジーを使いこなすだけでなく，STEM の知識を用いて創造性を発揮するような人材の育成が求められるようになった．そこで，STEM に A（Arts（芸術のみならず，リベラルアーツ，教養も含む））を加えた STEAM 教育が提唱され始めた（[6]）．

STEAM 教育は, 大きく以下の２つに分類することができる（例えば[6][7]）．１）STEM の学習を促進するためにアートを取りこむ；２）教養的な知識を学ぶためにアートと取り組む．本研究は，２）の流れで，ビジュアルアートの創作を通じて創造性の心理学の知見を学び, それに基づいて予測不能な現代社会（VUCA）の中で自発的に創造的問題解決を行う人材を育成することを目指すものである．

筆者等の所属する東京大学では，2019 年より芸術創造連携研究機構（Art Center, The University of Tokyo，以下，ACUT）を立ち上げ，アートの実践を一般大学の教育プログラムに取り込む試みを行なってきた．現在は，全学の学部生を対象に，20 科目以上の芸術実技の授業が開講されている．本研究で対象とする授業は，筆者等がその枠組みで 2019 年より行なってきた「芸術創造性の実践演習」である．

この授業の目的は，受講生が，アーティストの創作プロセスに関する心理学的な知見を学び，それを利用しながら自発的に芸術創作を行い，それを通して自ら問いを立て，創造的な問題解決を行う能力を獲得することである．新しい問いの設定とその問題解決としての表現には，主体的かつ創造的に環境と関わっていきながら，新しいアイデアや概念を生み出すことが大事である．アーティストは日々の創作活動の中で，積極的に創作プロセスの要素を変更し（「ずらし・ずれ」，[8][9][10][11][12]），非日常的な体験を得て，それを生かして新しい発想を得ていることが明らかになっている．しかし，一般の人々はアーティストとは異なり，非日常的な体験を-活かして自発的にアイデアを探索することは難しいことが示唆されている（例えば，[13]）．なぜなら，一般の人々は自らの perspective（ものの見方や視点）を意識化することが困難であることに気づ

いておらず，創作活動に関する思い込みに囚われている場合が多いからと考えられる．そこで本研究では，アーティストと一般人のギャップを埋めるために，Probed Perspective という概念を導入した．Probe とは，元々は探査や精査，測定や実験などのために資料に挿入したり検出のために用いる物質を意味する．近年，デザイン領域では，[14]がデザインプローブとして，「触発型のサービスのエレメントの調査，同定と分析を目的として， 研究者が関わりながら現場に投入する，いわば研究者と現場との媒介の役目を果たすような位置づけのもの」として拡張している．本研究では，アート領域で，probe の元の意味にあった「物質」を「身体活動」に置き換えて，自らの perspective に自覚的になり，創造的な探索を行うための環境への身体的働きかけの方法として定義した．Probed Perspective とは，そのような probe を用いて探索することで自覚化された perspective を意味する．

以上を踏まえて，本研究では，芸術の創作プロセスについての知識（[9][11][15][16][17][18][19]など）と身体活動に焦点を当てた probe の方法を学生に解説し，それらの知見を利用して自発的に創作を行わせ，その教育効果について実証的な検討を行った．

2. 方法

対象授業：芸術創造性の実践演習（東京大学教育学部　心身発達科学演習）

授業内容：アーティストの創作プロセス（ずらしなどを含む）の講義，probe の実施，文献レビュー，創作活動から成立していた．

実施期間：2021 年 4 月から 7 月まで（計 13 回の授業）

手続き：この授業が研究対象であることは，LMS と初回ガイダンスで説明し，履修学生の了解を得た．コロナ禍での実施であったため授業は Zoom で行い，毎回映像と音声を Zoom 上でレコーディングした．加えて，受講生には，授業内の演習や授業外のエクササイズの成果，および実制作の発想のヒントや途中経過，最終作品などを Slack にアップロードさせた（表 1）．

加えて，授業終了 1 年後に，協力を得られた受講者 5 名にフォローアップインタビューを実施した．インタビューでは，授業についての感想，授業で学んだこと，授業体験の内容，日常生活や仕事や研究活動の中での授業体験の想起，最終作品の制作中に体験した探索や思考プロセスの日常や仕事場面への転移などについて尋ねた．

表 1　授業の回数と各回の内容

内容＼回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
創作									○	○	○	○	○
記録		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
作品のステートメント												○	○
レクチャー	○		○		○	○	○		○				
個人セッション										○	○	○	
ハンズオンワーク	○	○		○		○							
エクササイズ		○	○	○	○	○	○	○					
アイスブレイク	○												
展覧会鑑賞								○					
他者とワーク・作品の共有		○		○	○			○	○	○	○	○	○
作品プレゼンテーション													○

3. 結果と考察

本発表では，ケーススタディとして 5 名の受講生のプロセスについてのフォローアップインタビューのデータの質的分析をもとに記述する．主たる結果としては，受講生が美術の創作プロセスを理解し，その知識に基づいて創作活動を実施し，さらに身体性を考慮した probe を使う経験を積み重ねた結果，授業が終了してから現在までの間に以下のようなことが起きていた．芸術の構えやものごとの捉え方に関しては，芸術鑑賞に創造性神話的な構えがなくなったり，物事に対しての着眼点が増えたり，創造活動に自覚的になっていたことが分かった．授業で学んだ創作過程についての知見やプローブの使用法に関しては，趣味の創作活動にプローブを意図的に利用したり，自分の研究活動のテーマ探しや実験計画などに「ずらし・ずれ」の観点を利用したり，アイデアの行き詰まりにプローブを利用して探索したりしていることが明らかになった．そのような活動を通して，自らの創造的活動に対する捉え直しと新しい視点の獲得が行われていた．本研究の結果は，創造性育成のための STEAM 教育のデザイン指針に有益な知見を提供するものであると言えよう．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22H00962 の助成を受けたものである。

文献

[1] Colucci-Gray, L., Trowsdale, J., Cooke, C. F., Davies, R., Burnard, P., & Gray, D. S. , (2017) “Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: how can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education?”

[2] CLA, (2014) https://www.culturallearningalliance.org.uk/the-cultural-learning-alliance-what-we-did-in-2014/

[3] Breimer, Johnson, Harkness & Koehle, (2012) “What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships.”, School Science and Mathematics, 112(1), 3-11.

[4] Isabelle, A. D., & Valle, N. Z., (2015) “Inspiring STEM minds: Biographies and activities for elementary classrooms”,

[5] Wang, H. H. (2012) “A new era of science education: Science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration” University of Minnesota.

[6] ヤング吉原麻里子, & 木島里江, (2019) “世界を変える STEAM 人材　シリコンバレー「デザイン思考」の核心”.

[7] Sousa, D. A., & Pilecki, T., (2013). “From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts”.

[8] Okada, T., Yokochi, S., Ishibashi, K., & Ueda, K., (2009) “Analogical modification in the creation of contemporary art”, Cognitive Systems Research, 10(3), 189-203.

[9] 高木紀久子, 岡田猛, & 横地早和子, (2013) “美術家の作品コンセプトの生成過程に関するケーススタディ 写真情報の利用と概念生成との関係に着目して”, 認知科学, 20(1), 59-78.

[10] Takagi, K., Okada, T., & Yokochi, S., (2019) “A case study of formation of an art concept by a contemporary artist: Analysis of the utilization of drawing in the early phase”, In 41st Annual Meeting of the Cognitive Science Society, p “. 3367.

[11] 髙木紀久子, (2019) “現代美術家による作品コンセプトの生成プロセスの解明, 博士論文, 東京大学.

[12] Yokochi, S., & Okada, T., (2021) “The process of art‐making and creative expertise: An analysis of artists' process modification”, The Journal of Creative Behavior, 55(2), 532-545.

[13] Wang, S., Takagi, K., & Okada, T., (2022) “Effects of modifying the process of creating on novices’ creativity in drawing”, Thinking Skills and Creativity, 44, 101008.

[14] 中小路久美代, & 山本恭裕, (2014) “ミュージアムのための触発するサービス体験のデザインにおけるプローブの利用”, Design シンポジウム, 510-514.

[15] Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M., (1992) “Creative cognition: Theory, research, and applications”.

[16] Mace, M. A., & Ward, T., (2002) “Modeling the creative process: A grounded theory analysis of creativity in the domain of art making”, Creativity research journal, 14(2), 179-192.

[17] 髙木紀久子, 河瀬彰宏, 横地早和子, & 岡田猛, (2015) “現代美術家の作品コンセプト生成過程の解明―インタビューデータの計量的分析に基づいたケーススタディ―”, 認知科学, 22(2), 235-253.

[18] Takagi, K., & Wang, S., (2022) “Exploring as an Artist: A Study of a Practical Arts Course for Non-Arts-Major Students at a Japanese University”, In Arts-Based Methods in Education Research in Japan, pp. 106-136.

[19] Yokochi, S., & Okada, T., (2005) “Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional Chinese ink painter”, Creativity Research Journal, 17(2-3), 241-255.

抑鬱傾向による肯定・否定視覚情報への視線推移構造の比較
Comparison of gaze transition structure to positive and negative visual information by depressive tendencies.

安念保昌（札幌保健医療大学）

キーワード：抑鬱傾向、視線推移、肯定・否定的視覚刺激、平均顔

はじめに

抑鬱と視線については多くの研究がなされ、抑鬱傾向が高いと否定的な注意の偏りや記憶・解釈の偏りを示すことが分かっている（Beck, 1967; Mathews & Macleod, 2005）が、閾下呈示条件や 500ms 未満の刺激呈示の条件では、注意の偏りがみられないことも示されている（Koster,et.al., 2005)。人の視線は注意と密接に関連していて、それは３つのプロセスからなり(Posner & Petersen, 1990)、a)感覚的な出来事への定位、b)意識的処理のための信号検出、c)警戒状態の維持であるという。そうした３つのプロセスに対する視線分析として、初視(どちらを最初に見たか:a)、 注目(どちらに何度視線を向けたか:b)、注視(どちらを何秒注視したか:c)、および、瞬目(注意・関心の低下プロセス)の 4 指標が考えられる。しかし、抑鬱者は特に否定的刺激からの注意の解放が困難である（Duque & Vázquez, 2015）と言われている。前回の発表(安念, 2019)では、抑鬱傾向と睡眠時間が、否定的文字や図形をよく見る傾向に複雑な影響をもたらしていることが分かった。詳細に見てみると、注目に関して、うつ傾向が高いと、「希望」への回数が「絶望」に比べ有意に高く、「最悪」より「最良」、「貧乏」より「裕福」を見る回数が高い傾向にあり、さらに、「笑い顔」より「泣き顔」を見る回数が有意に高いことが示された。一方、睡眠時間の影響は単独では見いだされなかったが、絶望・希望、空色・黄色、黄緑、笑顔において、交互作用が有意または有意傾向となり、低うつ傾向の人において睡眠時間が長くなると絶望への注目回数が増える傾向であるのに対し、高うつ傾向の人において睡眠時間が増えると、注目回数は減る傾向にあり、その差は有意となった。また、「希望」に関しては、低睡眠時間の時において有意に高うつ傾向の人が低うつ傾向の人に比べ希望への注目回数が高いことが示されたが、睡眠時間が長くなるとその差はなくなった。一方、注視に関しては、抑うつ傾向が高いと希望への注視が高まり、絶望は減少した。また、平均睡眠時間が短いと同様に希望への注視が高まり、絶望は減少し、交互作用は見られなかった。しかし、「雇用」と「解雇」では、交互作用が 5%水準で有意となったため、「解雇」に関しては、低うつ傾向の人の睡眠時間が伸びると解雇への注視を増大させる形で、高うつ傾向の人と有意に逆転していることが示された。一方、これらに対して、「貧乏」への注視は睡眠時間が長いと低下し、「裕福」は増大したが、抑うつ傾向は影響を持たなかった。

こうした点は、従来の結果と異なる点もあり、今回は、より大人数の参加者を募って、記号的な顔文字ではなく、現実に近い平均顔からの表情変換を行って刺激材料とし、さらに、視線の推移構造に注目して、性と抑鬱、睡眠時間の要因を検討した。

方法

実験参加者：75 名。有効データは 72 名（女性 39 名）であった。
手続き：実験参加者は、アイトラッカー（pupil lab 社製）を装着し、アイトラッカーのキャリブレーションの後、次の教示のもとにスライドを見てもらった。
「今、＋のスライドが出ていますが、その中心部を見ていてください。この後、20 枚のスライドが 5 秒ごとに＋のスライドを挟んで提示されていきますので、スライドを自由に見てください」。

このあと、20 対の画像（2 文字漢単語対 10 対、標準顔と表情変換した顔の男女 5 対ずつ）

を 50 インチモニターに提示し、その間の視線の動きが記録された。画像の肯定要素と否定要素、あるいは標準顔と否定・肯定顔の左右の位置を入れ替えた反転バージョンを設け、交互に使用して、方向定位の差を解消した。
質問紙の構成：質問紙への回答は、アイトラッカーによる測定後に行った。質問紙は、年齢、性別、平均睡眠時間、日本版ベック抑鬱尺度(BDI)から 21 項目、計 24 項目で構成された。
文字画像の選択：文字画像は、樋上(2015)の論文から、感情価（肯定・否定を評定する次元）が肯定的二字熟語から 10 個『誕生』『裕福』『希望』『雇用』『最良』『創造』『釈放』『有職』『肯定』『安全』を選び出し、それの反対語としての否定的二字熟語 10 個を使用した。
表情画像の選択：表情画像は、日本人の男女の平均顔を標準（真顔）とし、スマホ版表情変換アプリ"mug Life"によって、喜び、笑い、怒り、驚き、悲しみの 5 大表情を作り使用した。文字による反対語は容易に形成できるが、この 5 大顔表情では反対の表情を想定することは難しく、5 つの表情を標準（真顔）と対提示する形をとった。例えば標準（真顔）と怒り、標準と喜びという具合である。
分析の方法：それぞれの画像毎に、初めにどちらを見たか(初視)、どちらに何度視線を向けたか(注目)、どちらを 5 秒間に何秒注視(注視)したか、視線の流れを録画動画から判定した。アイトラッカーの録画データからどこを見たかを文字列で最小計測時間単位 100msec ごとに記録をとっていった。その文字は、外:画面外、中:真ん中、否:否定的要素（文字あるいは顔表情)、肯:肯定的要素（文字あるいは顔表情)、左:左側、右:右側、標:標準顔の 7 種類である。分析は、どこを見ていたかの文字のカウントによってなされ、参加者の性、鬱傾向、1 週間の平均睡眠時間（顔画像の場合は、それらに加え、顔の性）とそれらの交互作用を独立変数とし、主に肯定、否定文字（顔画像に関しては肯定顔か否定顔と標準顔）のカウント数を従属変数とする多変量回帰分析を行った。いずれの分析においても、すべての主効果、交互作用の VIF は 2.0 未満であった。また、視線推移は、前後する 2 文字 49 種類の合成語による文をテキストマイニングすることによって、解析された。

結果

1）肯定否定漢単語の注視時間

肯定要素と否定要素の文字と顔写真、または表示する画像以外や画面外をどれだけ見たのか分析を行った。画面の図ごとに、性、ベックの鬱指標、1 週間の平均睡眠時間及びそれらの交互作用を独立変数とし、どこを注視していたかの時間を従属変数とする、多変量回帰分析を行った。

文字画像「死去」（否定）・「誕生」（肯定）への視線分析では、ベックの抑鬱点が高い人ほど中央を注視する時間が 5％水準で有意に短く（β=-.259, p<.05)、また、否定語「死去」を 1％水準で長く見つめ(β=.485, p<.01)、逆に肯定語「誕生」は 1％水準で有意に短かった(β=-.382, p<.01)。

文字画像「貧乏」（否定）・「裕福」（肯定）への視線分析ではベックの鬱得点が高い人ほど中央を注視する時間が 5%水準で有意に短かった（β=-.261, p<.05)。また否定語（「貧乏」）を 1%水準で長く見つめ（β=.492, p<.01)、逆に肯定語（「裕福」）は 1%水準で有意に短かった（β=-.358, p<.01)。

文字画像「希望」（肯定）・「絶望」（否定）への視線分析では、ベックの鬱得点が高い人ほど否定語（「絶望」）を注視する時間が 1％水準で有意に長かった（β=.385, p<.01)。また「絶望」（否定）については、鬱傾向と平均睡眠時間が 1%水準で有意と

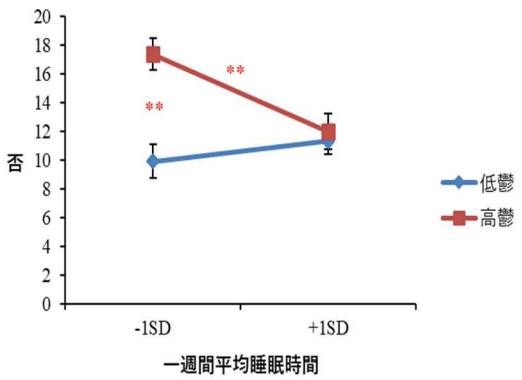


図 1.「絶望」（否）注視時間についての鬱傾向と睡眠の交互作用

出たため、単純傾斜分析を行った結果、否定語への注視時間に関して、高鬱の人だけが、睡眠時間が足らないと、注視時間が伸びることが示された（図１参照）。

文字画像「雇用」（肯定）・「解雇」（否定）への視線分析ではベックの鬱得点が高い人ほど否定語（「解雇」）を注視する時間が 1%水準で有意に長く（β=.546, p<.01）、肯定語（「雇用」）を注視する時間が 1%水準で有意に短かった（β=-.341, p<.01）。またベックの鬱得点が高い人ほど左を注視する時間が 5%水準で有意に短かった（β=-.248, p<.05）。

文字画像「最悪」（否定）・「最良」（肯定）への視線分析では男性の人ほどより画面の中央を注視する時間が 1%水準で有意に短く（β=-.388, p<.01）、また男性の人ほど肯定語（「最良」）を注視する時間が 5%水準で有意に長かった（β=.222, p<.05）。そしてベック鬱得点の高い人ほど、否定語を注視する時間が 1%水準で有意に長く（β=.508, p<.01）、肯定語を注視する時間が 1%水準で有意に短かった（β=-.454, p<.01）。

文字画像「創造」（肯定）・「破壊」（否定）への視線分析ではベック鬱得点が高い人ほど、否定語（「破壊」）を注視する時間が 1%水準で有意に長く見つめ（β=.540, p<.01）、逆に肯定語（「創造」）を注視する時間は 5%水準で有意に短かった（β=-.254, p<.05）。

文字画像「逮捕」（否定）・「釈放」（肯定）への視線分析ではベック鬱得点が高い人ほど否定語（「逮捕」）を注視する時間が 5%水準で有意に長く見つめ（β=.251, p<.05）、逆に肯定語（「釈放」）を注視する時間は 5%水準で有意に短かった（β=-.255, p<.05）。またベック鬱得点が高いほど画面の左側の空白を注視する時間が 5%水準で有意に長くなり（β=.253, p<.05）、逆に画面の右側の空白を注視する時間が 5%水準で有意に短かった（β=-.259, p<.05）。

文字画像「無職」（否定）・「有職」（肯定）への視線分析では性別が男性の人ほど否定語（「無職」）を注視する時間が 5%水準で有意に長く見つめた（β=.215, p<.05）。またベック鬱得点が高い人ほど否定語（「無職」）を注視する時間が 5%水準で有意に長く見つめた（β=.211, p<.05）。

文字画像「否定」（否定語）・「肯定」（肯定語）への視線分析ではベック鬱得点が高い人ほど否定語（「否定」）を注視する時間が 5%水準で有意に長かった（β=.256, p<.05）。

文字画像「危険」（否定語）・「安全」（肯定語）への視線分析ではベックの鬱得点が高い人ほど画面以外を注視している時間が 5%水準で有意に長かった（β=.284, p<.05）。またベックの鬱得点が高い人は肯定語（「安全」）を注視する時間が 5%水準で有意に短かった（β=-.264, p<.05）。

２）肯定感情表情図の注視時間

喜び顔と標準顔の対比（図２参照）において、鬱傾向が高いと、喜び顔を見ず（β=-.315, p<.01）、標準顔のほうをよく見る（β=.483, p<.01）ことが分かった。参加者の性や、顔写真の性、睡眠の影響は見られなかった。

笑い顔と標準顔の対比（図３参照）においては、性、鬱傾向、睡眠の交互作用が 5%水準で有意となった（β=.198, p<.05）。単純傾斜分析の結果、短時間睡眠群では、男性においては、高鬱傾向の人のほうが笑い顔を有意に見るのが短いのに対して、女性では差が見られない。一方、長時間睡眠群では、女性において、高鬱群が有意に笑い顔を見ないのに対し、男性では差がなかった。これらの特徴を性別にみるとはっきりしているが、女性においては、長時間睡眠

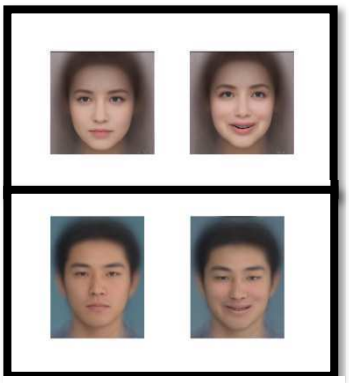


図 2. 標準顔と喜び顔の刺激図

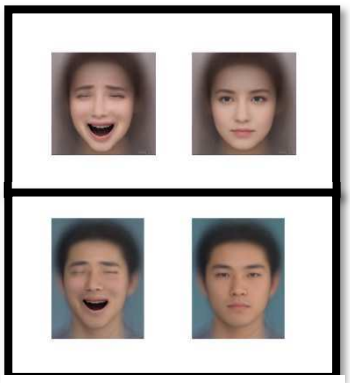


図 3. 笑い顔と標準顔の刺激図

において高鬱傾向の人のほうが有意に笑い顔を見ないが、短時間睡眠では差がなかった。

一方、男性においては、短時間睡眠において高鬱傾向の人のほうが有意に笑い顔を見なかったが、長時間推移民においては差が見られなかった。高鬱群だけを取り出すと、長時間睡眠において性差がはっきりと現れ、女性は笑い顔を男性よりも有意に見ないことが示された。なお、これらの笑い顔は、女顔、男顔に差は見られなかった。

標準顔においては、男女とも、女性の顔を有意によく見ていた。また、性と睡眠の交互作用が有意傾向であった(β=−.127, p<.1)ため、単純傾斜分析を行ったところ、男性のみが、長時間睡眠になるほど標準顔を見ない傾向を持った。さらに、ベックと睡眠の交互作用も有意傾向であった(β=−.143, p<.1)ため、単純傾斜分析を行ったところ、低鬱のほうが標準顔を有意に見ないが若干短時間睡眠のほうがその開きは大きい傾向があった(図４参照)。

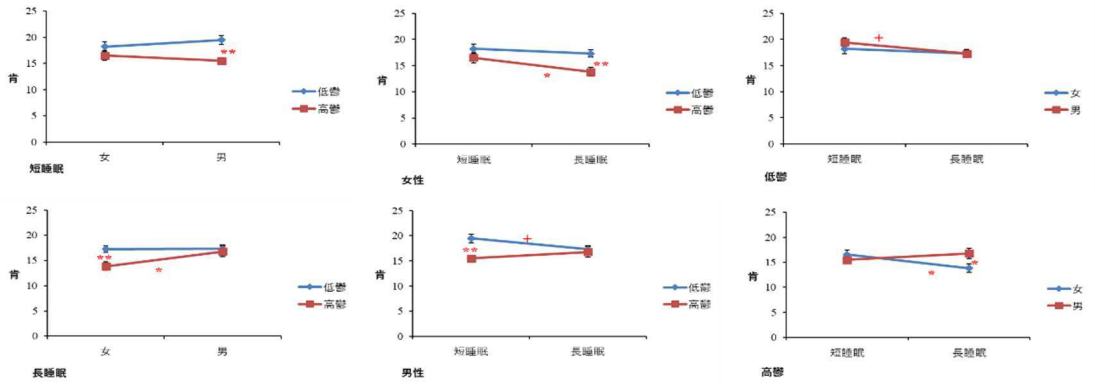


図 4. 笑い顔注視時間に関する性、鬱傾向、睡眠の交互作用の単純傾斜分析

３）否定感情表情図の注視時間

怒り顔に関して(図５参照)鬱傾向が高いと 1%水準でよく見て(β=.488, p<.01)、睡眠が短い時もよく見る傾向(β=.−.154, p<.1)が見られた。

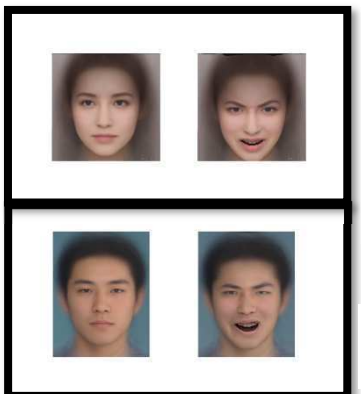


図 5. 標準顔と怒り顔の刺激図形

標準顔は、その逆の反応で、鬱傾向が高いと有意に見なくなり(β=−.516, p<.01)、睡眠が短い時も見ない傾向(β=.126, p<.1)にあった。しかし、それ以外に、性と、顔性の交互作用が有意傾向(β=.136, p<.1)となり、単純傾斜分析の結果、男性は男顔，女顔を見る時間に差はなかったが、女性は同性の顔をよく見る傾向があった。これは、単に標準顔に関してではなく、怒り顔との対比されたときだけ、女性は同性の顔のほうをよく見た(図６参照)。

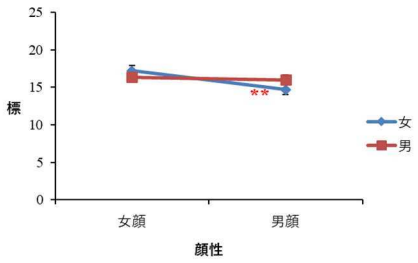


図 6. 怒り顔に対する標準顔の注視時間に関する参加者性と顔性の交互作用の分析

標準顔と驚き顔の対比(図７参照)において、鬱傾向が高いと、驚き顔をよく見る(β=.523, p<.01)ことが分かった。また、顔の性と睡眠時間の交互作用が 1%水準で有意となり(β=−.211, p<.01)、単傾斜分析の結果、男の驚き顔のほう

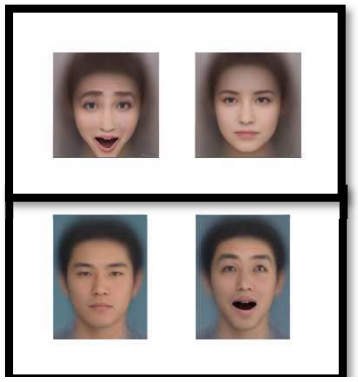


図 7. 標準顔と驚き顔の刺激図形

が女の驚き顔に比べ、睡眠時間が長くなると、見なくなることが分かった(図８参照)。

これに対して、驚き顔に対する標準顔においては、４次の交互作用が有意傾向となった(β=-.144, p<.1)（図９参照)。単純傾斜分析の結果、女性においてのみ、睡眠が短くなると、女の標準顔をよく見るが男顔は逆に見なくなる。一方、男性にはそのような特徴は見られなかった。 一方、鬱傾向が高まると、男女とも有意に標準顔の男女の顔とも見なくなった。

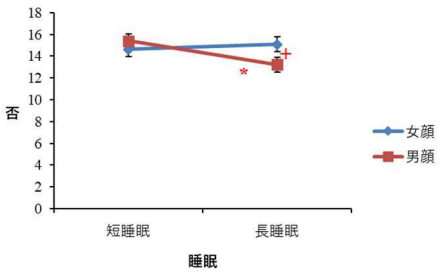


図 8. 驚き顔の注視時間に関する顔性と睡眠の交互作用の分析

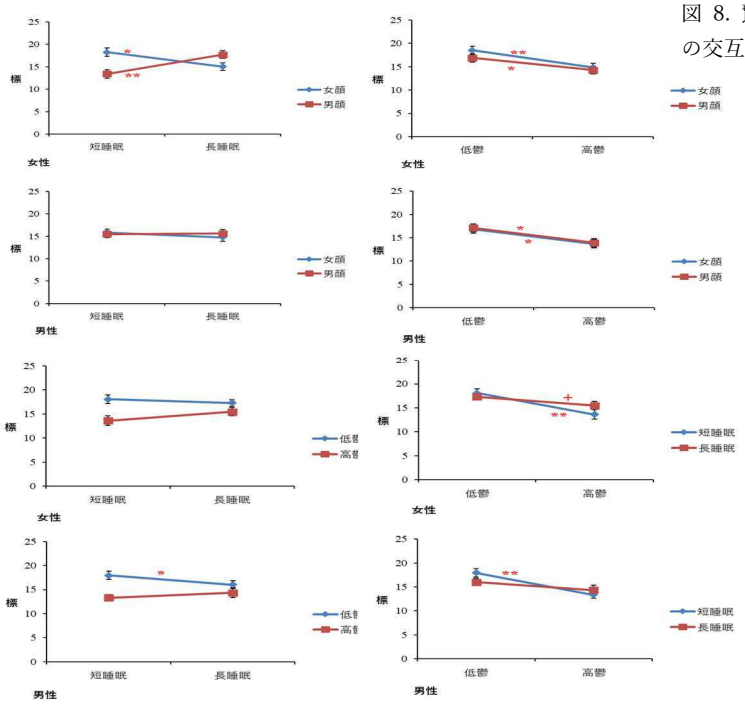


図 9. 驚き顔に対する標準顔の注視時間に関する参加者性、顔性、鬱傾向と睡眠の交互作用の分析

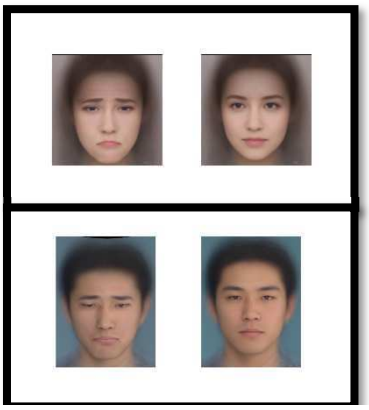


図 10.標準顔と悲しみ顔の刺激図形

悲しみ顔と標準顔の対比(図 10 参照)において、男女とも、男性の標準顔は、女性の標準顔に比べてよく見る(β=.164, p<.05)ことが分かった。また、男女とも鬱傾向が高いと、悲しみ顔のほうをよく見(β=.539, p<.01)、標準顔は見ない(β=-.400, p<.01)ことも分かった。また、女性の方が、鬱傾向が低いと、画面中央をよく見る(β=.171, p<.05)。また、男女とも鬱傾向が低く睡眠が足りていると、画面中央をよく見る(β=-.243, p<.01)ことも分かった。

４）視線の推移構造

視線の先を 100msec 毎にテキスト化し、前後 2 点の文字列の４９個の単語を作り、KH-coder によってテキストマイニングを行った。単語別の高低鬱群の対応分析(図 11 参照)を行ったところ、「希望」を除いて、高鬱群は否否（否定自己推移）のすぐ近くに平均を持つが、低鬱群は肯肯（肯定自己推移）近くに平均を持つことが分かった。また、低鬱群の周辺には、高鬱群に比べ相対的に、そこから他の部位への推移ノードが密に隣接していた。

顔表情に関して標準顔との対比であるため、喜び・笑いの肯定表情と悲しみ・怒り・驚きの否定表情に分けて対応分析を行った(図 12 参照)結果、肯定否定語の文字同様の結果とな

った。肯定顔においては、低鬱群は、肯肯に近接したのに対し、高鬱群は、標標の周辺に平均が位置した。また、肯肯から、周囲に推移ノードが近接していたのに対し、標標の周囲は散らばっていた。喜びと笑いでは中心点で、高低鬱で逆転が見られた。一方、否定顔においても、低鬱群は標標の近傍にその平均が位置するのに対し、高鬱群は否否の近くに平均が位置しており、肯定顔と違って上下の反転は起こらなかった。また、肯定否定語の対応分析同様、低鬱群の周辺には、高鬱群に比べ相対的に、そこから他の部位への推移ノードが密に隣接していた。

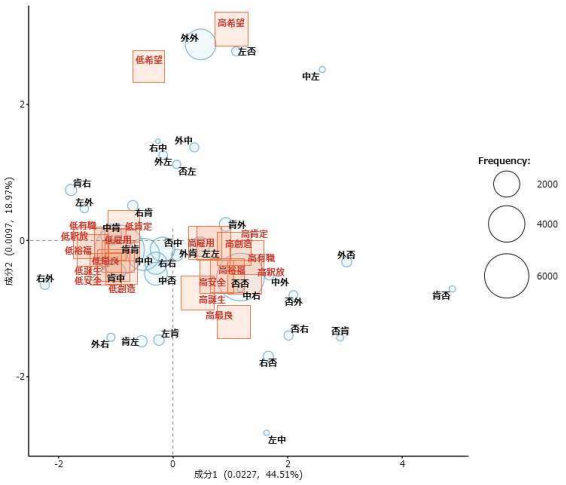


図 11. １０対の肯定・否定語に関する対応分析

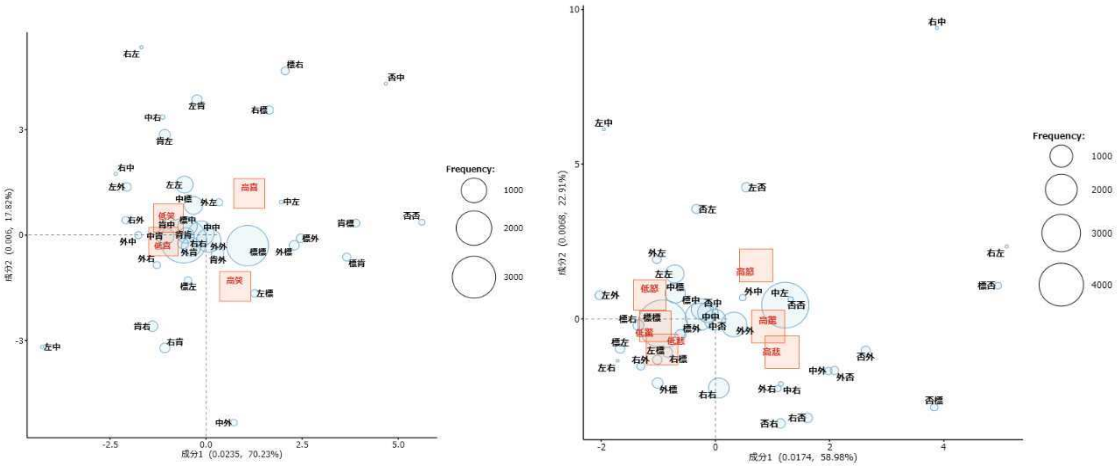


図 12. 高低鬱群における肯定顔(左図)と否定顔(右図)の対応分析

鬱傾向の高低によって、視線の推移構造にどのような違いがあるのかを調べるため、顔表情を肯定顔(図 13 参照)と否定顔(図 14 参照)に分けて、共起ネットワーク図によって比較した。その結果、高鬱群の肯定顔においてのみ、標準顔の循環と肯定顔の諸々の循環経路が分離した構造を示したのに対し、低鬱群では、同一のサブグループを形成し、また、否定顔の高低鬱群とも、標準顔の循環と否定顔の諸々の循環経路は同一のサブグループに属していた。

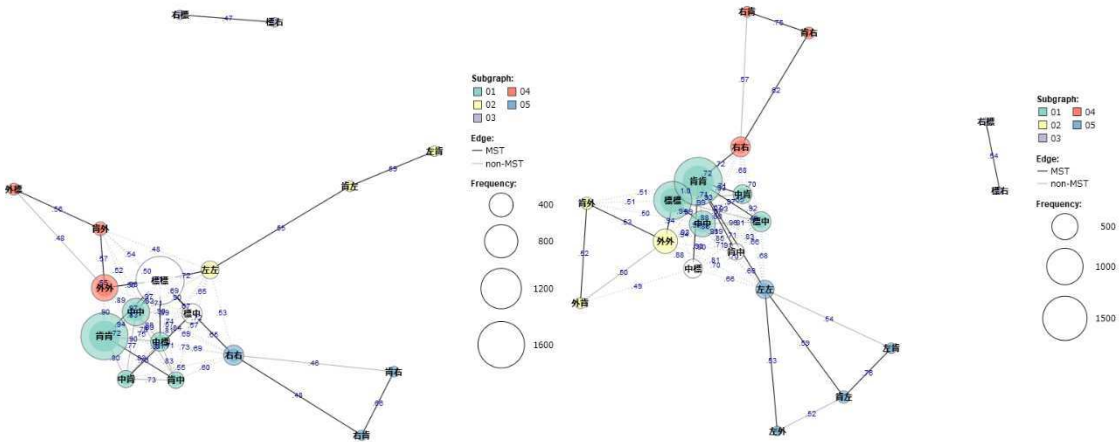


図 13. 肯定顔と標準顔提示における視線の共起ネットワーク図：高鬱群(左図)と低鬱群否定顔(右図)

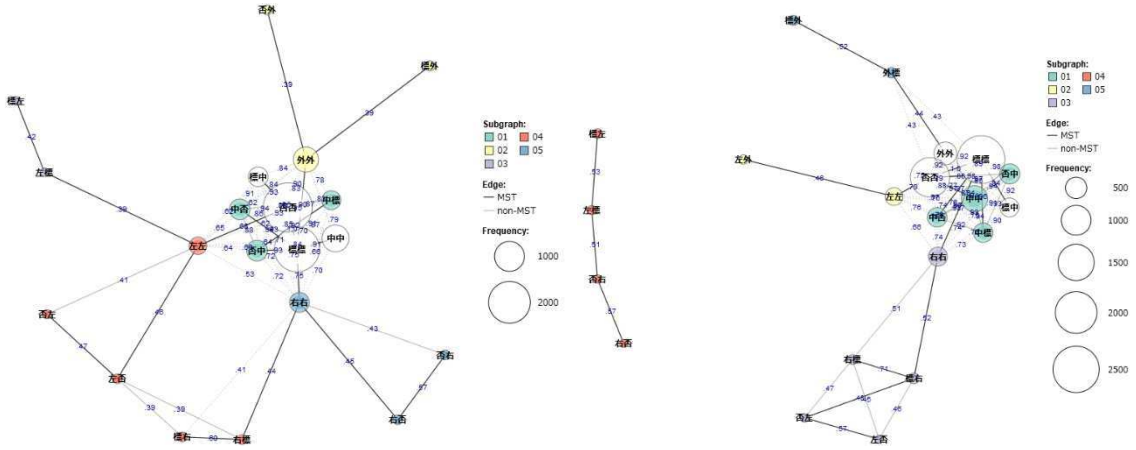


図 14. 否定顔と標準顔提示における視線の共起ネットワーク図：高鬱群(左図)と低鬱群否定顔(右図)

考察

前回と異なり、今回は、鬱傾向による否定的な文字や顔表情に対して、時間の量的側面だけでなく、推移構造においても明確な差異を見出すことができた。

漢字二文字の肯定・否定語の対に対して、従来の研究通り高鬱傾向の人が否定語を有意に長く見るという現象が、１０対の全てで見られた。しかし、性差が絡んだのは、「無職」のみで、男性のほうが「有職」より有意に長く「無職」を見つめたことが示された。また、１週間の平均睡眠時間と絡んだのは、「絶望」のみで、高鬱の人だけが、睡眠時間が足らないと、「希望」よりも有意に注視時間が伸びることが示された。睡眠不足が鬱傾向と相乗作用を引き起こし、「絶望」のもつ意味に引き込まれたのかもしれない。この様に、単語の否定的要素の認知が単語対に関して高低鬱の単純な線形ではなく、調べていない別次元の因子が絡み込んで日常生活がなされていると考えられる。

顔表情の中で、驚き顔に対する標準顔において、鬱傾向、睡眠、性、顔性の４次の交互作用が有意傾向となり、女性においてのみ、睡眠が短くなると、女の標準顔をよく見るが男顔は逆に見なくなる一方、鬱傾向が高まると、男女とも標準顔の男女の顔とも見なくなった。睡眠時間の長短は、鬱傾向とほぼ一貫した動きがみられるが、否定的刺激である驚きに関して、女性にとっての男顔は逆転しており、そのことは、女性にとっての男の驚きは、睡眠に関しては、肯定的意味合いが含まれる可能性がある。おそらく、女性は、睡眠が短くなると、男性の驚き顔よりも、標準顔をえり好みするのかもしれない。

悲しみ顔と標準顔の対比において、男女とも鬱傾向が高いと、悲しみ顔のほうをよく見るが、男性の標準顔は、女性の標準顔に比べてよく見られていることが分かった。また、女性の方が、鬱傾向が低いと、画面中央をよく見て、さらに男女とも鬱傾向が低く睡眠が足りていると、画面中央をよく見ることが分かった。画面中央をよく見るのは、どちらかを見る必要がない、別にどの情報も必要としていないことを意味しているとすると、鬱傾向は、逆に、なんらかのじょうほうをさぐろうとしているととらえることもできる。とりわけ、これが、悲しみという生存に直結する顔表情の場合に限定して見られ、他の表情の顔対比では、このような交互作用は見られていなかった。

視線推移構造の対応分析において、肯定・否定語、肯定顔、否定顔のいずれにおいても、高鬱群は、否定語、否定顔、肯定顔に対抗する否定顔の自己推移の周辺に位置し、さらに、高鬱群に比べ相対的に、そこから他の部位への推移ノードが粗く散開していることが分かった。これは、高鬱群が、単に否定図注視時間だけではなく、否定図からの切り替え即ち、注意解放の困難さ（Duque & Vázquez, 2015）を示していると考えられる。

また、視線推移構造を共起ネットワークで調べたところ、高鬱群の肯定顔においてのみ、

標準顔の循環と肯定顔の諸々の循環経路がサブグループで分離した構造を示し、それ以外の高鬱群の否定顔や、低鬱群の肯定・否定顔においては、同一のサブグループで推移していることが分かった。高鬱群にとっての肯定顔と標準顔はどちらも頻繁に切り替えて視線を向ける価値が低く、比較する必要に迫られていないため、別系統の循環経路となったのかもしれない。これも別の意味で、上述の注意解放の困難さと関連しているのかもしれない。

文献

安念保昌 (2019). 抑うつ傾向と睡眠の視線行動に及ぼす影響：肯定・否定的視覚情報をもとに. 日本認知科学会大会論文集, **36**, 758-792.

Beck, A.T. (1967). Depression: Clinical, experimental, and theoretical aspects, University of Pennsylvania Press.

Duque, A., & Vázquez, C. (2015). Double attention bias for positive and negative emotional faces in clinical depression: Evidence from an eyetracking study. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, **46**, 107-114.

Koster, E. H. W., De Raedt, R., Goeleven, E., Franck, E., & Crombez, G. (2005). Mood-congruent attentional bias in dysphoria: Maintained attention to and impaired disengagement from negative information. *Emotion*, **5**, 446-455.

Mathews, A., & MacLeod, C. (1994) Cognitive approaches to emotion and emotional disorders. *Annual Review of Psychology*, **45**, 25-50.

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990) The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, **13**, 25-42.

謝辞

この研究は、当研究室で行われた満仲待望による愛知みずほ大学 令和3年度卒業研究のデータを再分析したものである。記して、謝意を表す。

バーチャル空間の歩き方：方向感覚とインタラクションの分析
Navigation in Virtual Environments

南部 美砂子†，吉兼刃矢
Misako Nambu, Jinya Yoshikane

†公立はこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科
Future University Hakodate
m-nambu@fun.ac.jp

概要

Google ストリートビューを用いたナビゲーション実験にもとづき，リアル空間での主観的な方向感覚に応じてバーチャル空間におけるふるまいにどのような差異が生じるのかを定性的に検討した．方向感覚の上位者は，その空間を個々の目印からではなく全体的な意味のまとまりとして把握しようとしていたのに対し，下位者は，目の前の風景のみを手がかりとして位置を把握しており，個々の目印については意味的な処理をしない傾向があることが明らかになった．つまり，リアル空間における方向感覚とふるまいの対応関係は，バーチャル空間上でもほぼ維持されていたと考えられる．
キーワード：方向感覚，ナビゲーション，インタラクション，バーチャル空間，Google ストリートビュー

1. バーチャル空間における移動

世界中の様々な場所を見て回れるバーチャルツアーや，火災や地震，豪雨などの災害を擬似的に体験できる VR 防災訓練など，オンライン上の新しい空間を舞台とする活動が急速に広まっている．本研究では，バーチャル空間でのナビゲーション（ある場所から目的地へと移動する行為）に注目し，移動者がその空間とどのようにインタラクションしているのか，また移動者の方向感覚とインタラクションにはどのような関係があるのかについて，オンライン実験にもとづき探索的，定性的に検討した．

目印となる対象物を記憶したり，方向や位置関係を把握したりする，いわゆる「方向感覚」は，従来の（リアル空間の）ナビゲーションにおいて重要な役割を果たすことが知られている．例えば，方向感覚が劣っている人は空間を自己中心的に把握しており（村越, 2013），さらに，ナビゲーションに役立つ情報に注意が向きにくい，得た情報をうまく活用できない，状況に応じたインタラクションができないといった特徴があることが明らかにされている（新垣, 1998）．こうした方向感覚とナビゲーションの関係は，オンライン上のバーチャル空間においても維持されるのだろうか．それとも，バーチャル空間に固有のナビゲーションや空間認知の特性がありうるのだろうか．

2. Google ストリートビューによるナビゲーション実験

実験では，現時点でもっとも一般的なバーチャル空間として，実際の風景のパノラマ画像で構成されている Google ストリートビューを用いることにした．方向感覚質問紙（竹内, 1998）の得点からスクリーニングされた上位群 5 名（平均 79.4 点），下位群 5 名（平均 33.6 点）が実験に参加した．実験はすべてオンラインで，参加者ごとに，以下の 4 段階で実施した．なお，①と③のナビゲーションでは参加者に発話思考を求めた．

① 案内付きナビゲーション：実験者の口頭での指示（「直進してください」「右折してください」など）にしたがい，参加者自身が PC 上の Google ストリートビューを操作してスタート地点からゴール地点まで移動した（図 1：南部・川端（2019）にもとづき設定）．参加者は自由に立ち止まったり周囲を見回したりすることができた．

② マップ描画：①のナビゲーションにもとづき，A4 サイズの白紙に地図を描いた．

③ 単独ナビゲーション：①と同じルートを単独で移動した．

④ リフレクションとインタビュー：③の録画を見ながら，ナビゲーションにおける目印や判断についてリフレクションを行った．特徴的な発話があれば，その都度より詳しい説明が求められた．

図 1 ナビゲーションのルート
（ある建物を周回し，一部を逆走する）

3. 主観的な方向感覚によるインタラクションの差異

実験中の様子を録画・録音し，発話と行動をすべて書き起こした．定性的な分析を行った結果，いくつかの点で方向感覚による差異が示された．

周回と逆走の気づき

ある建物の周囲を一巡するルートを案内されている時，上位者の多くが早い段階（図 1 の f から g の区間）で周回していることに気づいたのに対し，下位者は周回し終わってから（図 1 の h），景色を見てはじめてそのことに気づいていた．

上位群 4 名：「啄木亭の，裏かな」，「さっきのホテルの裏だ」，「啄木亭をぐるっと回ってるんだなー」，「さっき来たところから一周したかな」
下位群 3 名：「あれ，まだ啄木亭だ！ なるほど，グルグルしてたってことか」，「あ，さっき見たな」「あ，ここに出てるのか」

また，同じ道を逆走するルートでは，下位者の多くがそのことに気づいていなかった．

これらの結果から，従来のナビゲーションと同様に，バーチャル空間においても，方向感覚の上位者は俯瞰的な視点（サーベイ視点）で自分の位置を把握していたのに対し，下位者は目の前の風景を手がかりとして位置を理解していた（ルート視点）と考えられる．

目印や空間の意味づけ

看板や建物などに関する発話を，主観的表現（例：いい感じ／すごい／おしゃれ）と客観的表現（大きい／○○のような）などに分類したところ，上位者と下位者の間には明確な差が見られなかった．

しかし，見たものをそのままにせず，他の情報や一般的知識などと関連づけて理解しようとする点には，大きな違いが示された．上位者は「病院の駐車場だから混んでいる」や「ふつうホテルの裏に住宅は建っていない」のような，ナビゲーション自体に直接的には関わらないことへの言及があり，意味的な，より深い水準での処理が行われていた可能性が示唆された．一方下位者は，よくわからないものに対して「なんだこれ？」と発話することはあっても，それ以上の探索はほとんど行われていなかった．このことから，方向感覚の上位者は，その空間を個々の視覚的な要素からではなく，全体的な意味のまとまりとして把握しようとしていたと考えられる．村越（2013）によると，方向感覚が優れている人は，目印となる建物などの記憶を補うために，空間のつながりや意味づけ，ときには一般的な知識を用いた推論を行っている．こうした特性は，バーチャル空間のナビゲーションにおいても維持されていると考えられる．

Google ストリートビューという空間のメタ認知

Google ストリートビューでは，移動者の立ち位置や移動可能な範囲に制約がある．方向感覚の上位者にとっては，このことも重要な手がかりとなっており，バーチャル空間のシステムやインタフェースの特性も含めた，メタ的な空間認知が行われていた可能性がある．

上位群 2 名：「なんか，最初に間違えた小道に入っていった気がするなーっていう．操作ミスがたまたまあれになった感じですかね」，「（意図しない場所に）吸い込まれた思い出があるので」

4. 課題と展望：バーチャル空間の UX

以上の分析では，方向感覚が劣る人は，リアル空間でもバーチャル空間でも，ほぼ同じように環境とインタラクションしているという結果になった．しかし，リアルで方向オンチとされる人が，バーチャルで逆転する（あるいは少しでも改善する）可能性は，本当にないのだろうか．バーチャル空間のナビゲーションだからこそ実現可能な，熟達化や学習の支援はないのだろうか．

さらに今回の実験では，実際の風景をオンライン上に表現したバーチャル空間として Google ストリートビューを用いたため，実際の風景にはないミニマップを非表示にしていた．しかし，FPS（ファーストパーソン・シューティングゲーム）などでは，ミニマップの活用が上達の鍵となることが知られている．本研究では今後，こうした分野の知見も参照しながら，バーチャル空間における迷いやすさと，ナビゲーションの UI/UX デザインについて詳細に検討していく予定である．

引用文献

村越 真 (2013). なぜ人は地図を回すのか 方向音痴の博物誌 角川ソフィア文庫
南部 美砂子・河端 里帆 (2019). 地図メディアが自由探索時の行動に及ぼす影響 第 36 回日本認知科学会大会
新垣 紀子 (1998). なぜ人は道に迷うのか？：一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴 認知科学, 5(4), 108-121.
竹内 謙彰 (1992). 方向感覚と方位評定，人格特性及び知的能力との関連 教育心理学研究, 40(1), 47-53.

数学科における活動をベースにした学習の導入可能性の検討：校舎の高さを測定する課題の実践
Proposal for Activity Based Learning in Math Class: Practice of Measuring the Height of a School Building

髙橋 麻衣子 †
Maiko Takahashi

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

概要

中学 1 年生の数学科の授業において活動をベースにした学習（ABL：Activity Based Learning）を実施した。生徒に「限られた道具を用いて校舎の高さを測定する」活動を提示したところ，校舎内の階段の長さを 1 段ずつ測定するという直接的な測定から，校舎と基準物の写真から比によって求めるという間接的な測定まで多様なアイデアが生成され実施された。活動の結果，生徒の数学学習への意欲の向上や数学と生活の結びつきへの気づきが得られた。

キーワード：活動をベースにした学び（ABL：Activity Based Learning），数学科，アイデア生成，機能的学習環境

1. はじめに

小学校算数から中学数学の学習へ移行する際に，教科学習が嫌いになったり学習への意欲の低下がみられたりする「中 1 ギャップ」という現象が生起することが指摘されている[1][2]。算数と数学の学習指導要領を見比べると，算数科の目標が「(1) 数量や図形などについての基礎的・基本的な概念や性質などを理解するとともに，日常の事象を数理的に処理する技能を身に付けるようにする，(2) 日常の事象を数理的に捉え見通しをもち筋道を立てて考察する力，基礎的・基本的な数量や図形の性質などを見いだし統合的・発展的に考察する力，数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表したり目的に応じて柔軟に表したりする力を養う。(3)以下略」[3]と“日常の事象”を対象として数理的に処理する技能を強調しているのに対し，数学科の目標が「(1) 数量や図形などについての基礎的な概念や原理・法則などを理解するとともに，事象を数学化したり，数学的に解釈したり，数学的に表現・処理したりする技能を身に付けるようにする。(2) 数学を活用して事象を論理的に考察する力，数量や図形などの性質を見いだし統合的・発展的に考察する力，数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力を養う。(3)以下略」[4]と，“日常的な事象”という文言が削除され，より抽象的な思考の育成が求められており，この点が中 1 ギャップが生じる 1 つの原因であることが考えられる。日常生活との結びつきがわかりやすくより具体的な思考を求められていた算数から，平方根や正負の数の単元が導入されて生活場面と切り離された数学へと移行することで，その意義やおもしろさがわからなくなった生徒が少なくないのではないだろうか。

本研究では生活場面と密接にかかわる活動を数学科に取り入れる実践を行なうことで，生徒が数学学習の意義に気づき，意欲を向上させることをねらう。教科学習の意義が見出せず，興味をもてない児童・生徒に対しては，活動をベースとした学習（ABL: Activity Based Learning）の有効性が報告されている [5][6][7]。ABL は，学習者全員に一律の学習目的を設定しない，教科書を使わない等の特徴をもち，授業外で設定された ABL プログラムにおいて，学習者が教科学習の意義に気づき学習意欲を喚起する様子が観察されてきた。例えば髙橋ら (2020) は大通りの長さをヒモや定規等の限られた道具で測定する活動を通して，参加児童・生徒が自然発生的に協働をして試行錯誤しながら測定し，各自のレベルに沿った個別化された学びを達成していたこと，さらに測定の活動にとどまらず，「もう少し算数を勉強する」「今度は高さを測ってみたい」等の発展的なゴールの設定が行われたことが報告されている[7]。

このような ABL プログラムは，これまで学校外で教科学習の外で行われてきた。一方で現行の学習指導要領では「数学的な見方・考え方を働かせた数学的活動を通して学習を展開することを重視する」[3][4]と，数学的活動を通して授業を行うことが求められており，ABL と親和的である。そこで本研究では ABL を公教育に実装し，その効果を検討することを大きな目的とする。具体的には公立中学校の 1 年生数学科の授業で「限られた道具を用いて校舎の高さを測定する」とい

う課題を設定し，この課題への取組によって生徒が数学学習の意義に触れ，学習への意欲を持つことが可能かを検討する。

2. 活動の概要

限られた道具で校舎の高さを測る一連の活動プログラムを「ハカレ！」と題し，公立中学校の 1 年生数学の 5 時限分の授業時間を使って実施した。授業の進行や実施は主に著者が行ない，数学科の教員 2 名がサポートに入った。参加した数学科の教員が教育課程内の数学科の授業として，数学の指導案を作成した。

2.1 参加者

東京都内の公立中学校の 1 年生の 1 学級 27 名（男子 14 名，女子 13 名）が学級単位で参加した。

2.2 活動スケジュール

プログラムを 3 日間に分けて実施した。1 日目と 2 日目は 2 時間分の授業時間を使い，3 日目に 1 時間分の授業時間でまとめを行なった。活動スケジュールを表 1 に示す。

表 1 活動スケジュール

1 日目 ミッション発表・練習課題 （2 時間）
- ウォームアップ：目測と実測（机の長さ，腕を広げた長さ，窓の高さの目測・実測）
- ミッション発表：「校舎の高さはどのくらいか，制限時間内に誤差 30 ㎝以内でハカレ！」
- まずは 1 人で考える
- 班に分かれて作戦会議
- 練習課題で練習（校庭の多機能器，校舎の 1 フロア分の高さ，体育館のバスケットゴール）

2 日目 実測 （2 時間）
- 練習課題の方法と結果の共有
- 班の方針の確認
- 実測：30 分で校舎の高さを測定
- 各班の結果の共有

3 日目 ふりかえり （1 時間）
- 正解発表
- 実測方法の共有
- 校舎の高さは水平方向にするとどのくらいか
- 生活の中の数学について

3. 活動の様子

3.1 1 日目

生徒の長さの基本的な概念を確認するために，身の回りにある机の長さ，手のひらを広げたときの親指の先端から小指の先端までの長さ，両腕を広げたときの長さ，教室の窓の縦方向の長さがそれぞれどのくらいだと思うかとクラス全体に問いかけ，実際に測定してみせた。各発問に対して 27 名の参加者のうち，2〜3 名が発言し，それぞれの回答が「机の長さは 90 ㎝くらい」など実測されたものに近かった。残りの参加者がおおよその長さを判別できたかはわからなかったが，手のひらの長さは 20 ㎝くらい，両腕を広げた長さはそれぞれの身長くらいなので測定の基準として覚えておくとよいことは明示したところ，どの参加者も真剣に聞いている様子が見て取れた。

次に，本プログラムのメインミッションである「限られた道具を用いて校舎の高さを測定する」課題を参加者に提示した。使用できる道具は 30 ㎝定規，三角定規，分度器，ストップウォッチ，紙テープ，それぞれが持っているタブレット端末，ビニールボールとし，これらをどのように使ってもよいので 30 分以内に校舎の高さを測定することを教示した。校舎を測定する方法について，まずは 1 人で考える時間を約 10 分設けてワークシートの記入を求めた。それぞれが，実行可能なアイデアから実行可能性の低いアイデアまでさまざまに記入した。生成されたアイデアの平均は 1.41 (0~5) であった。参加者 27 名中 7 名はアイデアの生成がなされず「思いつかない」と記入したり白紙であったりした。

1 人で考えた後に 3~4 名で 1 グループの計 7 グループが作成されたそれぞれの意見を持ち寄ってグループの方針を立てることとした。1 人で考えた際に「思いつかない」とした生徒は各グループに 0〜2 人となり，どのグループも 1 つ以上のアイデアが生成された。アイデアが複数出されたグループでは，自分の意見と他者の意見のメリットデメリットを議論するような展開も見られた。時間が許せば複数のやり方で実施してよいことは伝えた。その後，校舎の高さよりも低い練習課題をいくつか提示した。ほとんどのグループが校庭に設置されている約 3m の多機能器で実行して 1 日目は終了となった。1 日目に各グループが立てた方針を表 2 に，各グループの方針例を図 1 に示す。「校舎の写真をとっ

て，長さのわかっている基準物（身長や，水平方向の長さ）との比率から求める」「階段の高さを 1 段ずつ求める」「ボールを落として地面につくまでの時間から高さを計算する」が主な計画として挙げられた。

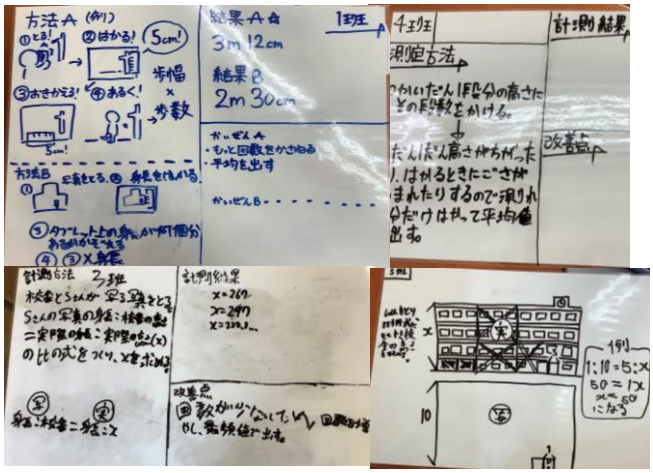


図 1 各グループで生成されたアイデアの例

3.2 2 日目

2 日目はまず，1 日目の練習課題の実行方法と結果を各班が発表し他班と共有した。それをふまえて本番の作戦を練り直し，「校舎の高さを 30 分以内で測定する」課題を実施した。どのグループにおいても 1 日目の方針から大きな転換は見られず，同じ方法で何度も測定する様子が見られた。2 日目の測定方法と結果を表 2 に示す。結果が正解の 14m87cm との誤差 30cm 以内であったグループもあった。

表 2 各グループの測定方針と測定結果

	1 日目	2 日目
1	・ 校舎の写真を撮り，校舎の高さと同じ長さを水平方向にとって歩幅と歩数で測定する ・ 校舎と人の写真を撮り，タブレット上で身長何個分かを計算する	・ 校舎の写真を撮り，校舎の高さと同じ長さを水平方向にとって靴のサイズいくつ分かを測定する →結果 12m72cm ・ 校舎と人の写真を撮り，タブレット上で身長何個分かを計算する →結果 14.7m
2	・ 階段を 1 段ずつ測り，屋上の緑部分を足す ・ 校舎の写真の矢印を横にしてその長さを測る	・ 階段を 1 段ずつ →結果 13m55cm ・ 校舎の縦の矢印を横にして，生徒の身長何個分か →結果 15m16cm ・ 校舎の縦の矢印を横にして歩幅何個分か →結果 13m25cm
3	校舎と S さん（グループのメンバー）が写る写真をとる。S さんの写真の身長：校舎の高さ＝実際の身長：実際の高さ（x）の比の式をつくり x を求める	1 日目の計画を 2 回実行し，$0.6 : 5 = 165 : x$，$1 : 8.4 = 165 : x$ の式から 13m75cm と 13m86cm なので平均値の 13m81cm をグループの結果とした
4	階段 1 段分の長さにその段数をかける	1 段 1 段高さがちがうので，測れる分だけ測って 1 段分の平均値を出して段数をかけ，その他の部分を足して 13m35cm となった
5	写真をとり比例式で校舎の高さを求める。	校舎の写真をとり，写真の扉の横幅（4.45cm）と校舎の高さ（37.7cm）を定規で測定し，扉の横幅を実際に歩幅で測定して $4.45 : 37.7 = 170 : x$ の式から，14m40cm を算出した
6	・ 1 秒でボールがどのくらい落ちるか計る ・ 影の長さで求める ・ 1m のひも何個分か	・ ボールが 1 秒で何 m ぐらい落ちるか測定し、屋上からボールを落とし落ちた秒数でかける →結果 13m50cm ・ 校舎の高さを横にもってきた時にどこの部分にあたるか →結果 13m
7	① ボールを 1m から落とした時間を測る ② 調べるものの高さから落とし時間を測る ③ ②÷①をする	1 日目の作戦を実行，タブレットでボールを落とす動画を録画しスローモードで時間を算出した。2 回実行して 14m21cm と 13m41cm を算出した。

3.3 3日目

3日目は，校舎の高さである14m87cmを水平方向にしたらどの程度となるかを経験させた。生徒たちには廊下の端から14m87cm地点を目測させ，その地点に立つように指示した。多くの生徒は14m87cmを大きく超えた地点に立ち，垂直方向と水平方向の見え方の違いを体感した。さらに，「写真を撮って比率を測定する」際の写真の撮り方と誤差について，また「落下の時間から測定する」際の前提となる落下の速度はいつも一定なのかについて，それぞれ数学や物理の正しい知識を講義した。最後に本プログラムで数学の知識をどのように使ったのかをふりかえらせ，生活場面に活用できる数学の知識とはどのようなものかをそれぞれに考えさせた。

4. 参加者のふりかえり

授業終了後に生徒たちにアンケートを実施した。まず，本ABLプログラムである「ハカレ！」の授業と普段の数学の授業を取り組んでいる時に「おもしろい」「めんどくさい」「勉強になる」「積極的にとりくめる」とどれだけ思うかについて「とてもそう思う（4点）」「「まあそう思う（3点）」「あまりそう思わない（2点）」「まったくそう思わない（1点）」で評定してもらった。全生徒の平均値を図2に示す。

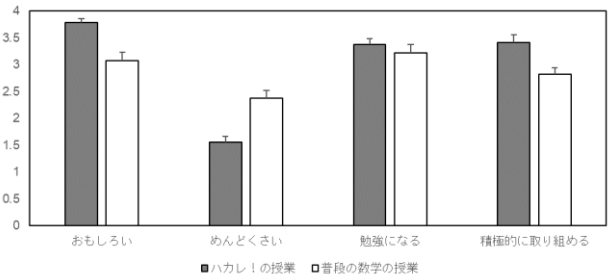


図2 ハカレ！の授業と普段の数学の授業に取り組んでいる時の気持ち

「ハカレ！」の授業のほうが「おもしろい」と「積極的に取り組める」で普段の数学の授業よりも有意に高い得点を示した（$t(26)=5.05, p<.01, t(26)=3.86, p<.01$）。活動をベースにすることにより，座学で取り組む授業よりも必然的に積極性を求められ，おもしろいと感じることができたことが考えられる。

座っているだけでなく体を動かして活動をすることで「めんどくさい」の項目の得点も上昇することも懸念されたが，本プログラムではそのような傾向も見られず，むしろ普段の授業より有意に低い得点となった（$t(26)=5.38, p<.01$）。また，活動をするだけで学習効果を実感できるかも懸念されたが「勉強になる」の項目は普段の数学の授業に対する得点と有意差がなく（$t(26)=.84, p=.40$,），生徒自身が座学による学習効果と同程度に「勉強した」と感じていることも考えられた。

さらに，「ハカレ！」の授業をふりかえって，「他の人と協力したか」「他の人が考えないようなアイデアを出せたか」「体を使ったか」「頭を使ったか」の項目について「とてもそう思う」「「まあそう思う」「あまりそう思わない」「まったくそう思わない」のどれかで回答してもらった。それぞれの回答人数を図3に示す。

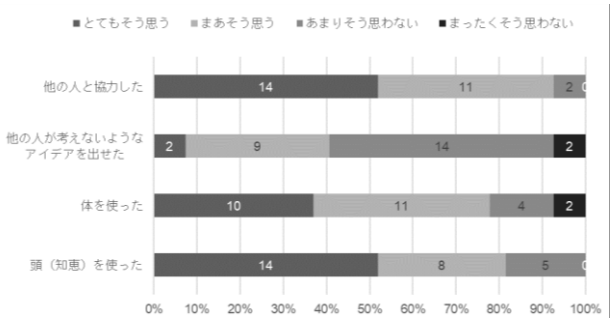


図3 ハカレ！の授業をふりかえって

本プログラムでは班ごとにアイデアを出して実行する形式をとったため，「他の人と協力した」は9割以上が「そう思う」と回答する結果となった。また，8割程度が「頭を使った」「体を使った」と回答し，プログラムに対して積極的に関与したことが考えられた。一方で「他の人が考えないようなアイデアを出せた」について「とてもそう思う」と回答したのは2名，「まあそう思う」と回答したのが9名となり，合計で全体の4割程度にとどまった。「とてもそう思う」と回答した2名のアイデアは5グループの「写真を撮って，校舎の高さと（実際に測定できる）扉の横幅の比を求める」，6グループの「校舎の高さを横に持ってきたことを考えてその地点を測定する」のアイデアを出した参加者であった。6割程度の参加者は「他者と違うアイデアを出すこと」が困難であると自覚しているものの，他の質問項目の結果から本プログラムの活動についての充実感やおもしろさを感じていることが示されており，他者が生成したアイデアであっても話し合いや実際の活動を通してそれぞれの学習経験として積極的に関与できる可能性が示唆された。

「自分で測定したもの以外に他に試してみたい方法はあるか」という質問の回答を自由記述で求めたところ「特にない」と回答した参加者は 3 名のみで，その他の参加者からは「もう一度正確に階段の高さを一つずつ測定したい」「比率でやってみたい」「ボールを落下させてみたい」「ピラミッドでやるように校舎の影の長さを測ってみたい」など，同じ課題を他のグループが行った方法や今回誰からも提案されなかった方法で試してみたいといった意見が得られ，「課題をもう少しやってみたい」という意欲が喚起されていることが考えられた。

「“ハカレ！”の活動を受けて考えたことや感想」について自由記述を求めたところ，27 名中 13 名が「楽しかった」と記述した。その理由として「普段は体験できない数学の楽しさを知ることができておもしろかった。」「いつもの授業とちがい、じっさいにやってみるのが楽しかった。」と普段と異なった数学の授業形態だったことに言及した回答が 4 件，「班の仲間と協力してやり遂げられて楽しかったです」「みんなとアイデアを出し合い協力してできてとても楽しかった」と他者と協同して行ったことについて言及した回答が 4 件挙げられ，その他に「自分で自由に考えられたこと」「数学の原点に触れた」「測るということを今までやってこなかったから」が「楽しかった」理由としてそれぞれ 1 件ずつ挙げられた。また，算数・数学の活用方法について触れた回答が 6 件あり，そのうちの 3 件は「校舎の高さをはかるときに数学や算数でやったことを思いだしながら高さのはかりかたを考えることができました。」といったように本課題と数学の結びつきに言及し，他の 3 件は「生活の中に数学が役に立つのは多い」「数学とか算数はできるだけしっている方が色々な考えができて応用の幅がふえると思った」「今までは「算数とか数学ってどうやって使うんだろう」と思っていたのですが、今回の授業を通して、今まで習ったものをどう組み合わせるか、どう道具にしていくかを自分で実際に考えてためして見る、というのをしてみて、数学や算数は色々なレパートリーをふやし、「何がだめなら何でやる」のように、フローチャートの選択肢を作るために習っていたんだな。と実感しました。」と，本課題を超えて生活全般と数学の結びつきや教科の応用としての数学の活用方法について言及していた。その他に「いろいろな方法があってびっくりした」「常識にとらわれない視点が大事だと思った」「疑うことの大切さ（写真は物理的な真実を映し出しているとは限らない，という話を聞いて）」という意見が各 1 件あった。さらに「数学 8 点でも生きていけるなと思いました」と普段の数学は苦手であるが，本プログラムには積極的に取り組めたことを感想として挙げている参加者もいた。他者との協同や他者のアイデアを聞くことを肯定的に捉える意見が多かった一方で，「班の他の人と意見があわなくて，自分が 4 人いたらいいのにと思った」といったように協同の難しさに言及した回答も 1 件得られた。

5. 考察

中学校 1 年生の数学科において「限られた道具を用いて校舎の高さを測定する」活動を実施した結果，参加した生徒がそれぞれに算数/数学の知識を活用してアイデアを生成し，実行にうつしていたことが観察された。内部の階段を 1 段ずつ測定して直接的に校舎の高さを測定したのが 7 グループ中 2 グループ（27 人中 6 人）であり，その他の参加者は「写真をとって比率を求める」「ボールの落下速度から高さを算出する」といったように，基準を設けて間接的に校舎の高さを測定していた。

より抽象的な思考へプログラムを実施したのが中学 1 年生の 3 月であったため，日常的な事象というより具体的なモノを対象とする算数科から，対象物が抽象的になる数学科の思考の方法に慣れていたことが，間接的な測定が多かった原因の一つとして考えられるのではないだろうか。中学入学直後に同様の活動を実施することで，算数科から数学科への移行過程をより詳細に検討できる可能性が指摘できる。

活動をふりかえって「生活の中に数学が役に立つのは多い」「今まで数学（算数）で習ったことがここまで活用できるとは思わなかった」などの感想が得られ，本活動を通して日常場面で算数/数学が機能する場面がさまざまにあることや，数学を活用する面白さへの気づきが促されたことが示唆され，数学の教科学習への意欲を喚起しその必然性に気づくという本プログラムの目的がある程度達成されたことが考えられた。

今後の課題として，今回の「校舎の高さを測定する」という身近で具体的な活動が，生活から切り離されてきた抽象的な数学への足掛かりとなり，数学科を捉えなおすきっかけになったそれまで学習してきた抽象的な数学科を捉えなおすきっかけになった可能性について，その後の生徒の学習活動や授業中の発言等から検

討することが挙げられる。また，今回の活動で得られた教科と生活一般との結びつきへの気づきが，数学科の他の単元や他の教科においても応用されるかを検討すること，さらには教員が本プログラムをどのようにとらえるかを検討し，教科と結びついた ABL を開発し実施する支援方法を提案することも今後の課題であろう。

文献

[1] 井上正允，(2008) “小学校算数と中学校数学の接続に関する研究 (1) 中 1 ギャップと算数・数学の接続を考える”，第 41 回数学教育論文発表会論文集，pp. 75-80.
[2] 木村治生，(2020) “第 4 章 子どもの学習に関する意識と行動”，子どもの学びと成長を追う : 2 万組の親子パネル調査から，東京大学社会科学研究所・ベネッセ教育総合研究所（編），勁草書房，pp. 55-74.
[3] 文部科学省，(2017) “【算数編】中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説”
[4] 文部科学省，(2017) “【数学編】中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説”
[5] 福本理恵，髙橋麻衣子，中邑賢龍，(2019) “活動から教科を学ぶ ABSL（Activity Based Subject Learning）の提案”，日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
[6] 髙橋麻衣子，福本理恵，中邑賢龍，(2019) “不登校児童・生徒における活動をベースにした学びの可能性”，日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
[7] 髙橋麻衣子，平林ルミ，福本理恵，中邑賢龍，(2020) “学校になじめない子どもたちに対する活動をベースにした学びの実践”，日本認知科学会第 37 回大会発表原稿集.

視点の高さが変わると動作も変わる
The change in viewpoint causes the change in action

西崎友規子†，深田智†，来田宣幸†
Yukiko Nishizaki, Chie Fukada, Noriyuki Kida

† 京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology
yukikon@kit.ac.jp

概要
仮想現実空間内で普段とは異なる視点の高さを体験させると感情に変化が生じることが報告されているが，それは，自己の身体イメージの変化が起因するのだろうか。自己イメージが変化するとすれば，普段の自分の視点よりも低い視点を体験させると動作は小さくなり，高い視点では動作は大きくなる可能性が考えられる。実験の結果，低い視点では歩幅は狭くなり，高い視点では歩幅は広くなることが示された。
キーワード：仮想現実（ＶＲ），身体イメージ，動作

1. はじめに

仮想現実空間における非現実的な体験は，人の行動や感情に影響を及ぼす。例えば，Banakou ら(2013)は，大人が背の低い子どもの姿のアバタを操作すると大きさの知覚に変化が生じることを明らかにした[1]。“仮想現実空間内での操作対象（アバタ）が，操作者の行動や態度，感情に何らかの変化を生じさせる現象”は，プロテウス効果（Proteus effect）と呼ばれる[2]。操作対象（アバタ）に操作者自身を投影し，無意識に身体イメージを変容させる現象であると考えられ，近年，さまざまな興味深い知見が報告されている。

他方，近年，アバタを用いずに，顔や上半身の向きを転換する[3]，通常よりも高い視点から見渡す[4]などの身体動作を含む行動によって，創造性の向上など認知情報処理に影響を及ぼすことも示されてきている。仮想現実空間内の対象に自己投影をしなくとも，自身の身体の状況の変化を認識させるだけで，行動や感情に変化が生じる可能性があると考えられる。

そこで西崎ら（2019）は，実験参加者の実際の視点の高さとは明らかに異なる高さから撮影された映像をヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いて見せると，高い視点の時はポジティブな感情に，低い視点の時はネガティブな感情になりやすいことを明らかにした[5]。このことは，仮想現実空間内で異なる状態にいる自分を認識した結果であると考えられるが，自己の身体イメージが変容したかどうかについては確認できていない。本研究では，仮想現実空間内で視点の高さを変えると，自己の身体イメージもその高さに応じた大きさ（高さ）に変化するのではないかと考え，身体動作の変化量を従属変数に用いて検討することを目的とする。

2. 実験方法

実験参加者

大学生及び大学院生 30 名（男性 24 名，女性 6 名，19-25 歳，M=21.9，SD=1.30）であった。実験前に，AQ（日本語版）の下位項目“想像力”を用いて想像性の個人差を測定し，大きく異なる者がいないかを確認した。実験は，京都工芸繊維大学のヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

実験計画

1 要因（視点の高さ）3 水準（0.5m，5m，10m）の実験参加者内計画とした。3 条件の試行順はカウンターバランスし，想像力得点が偏らないように群分けして実験実施した。

実験手続き

仮想現実空間映像の投影は HTC VIVE を使用した。映像は，実験参加者にとって見慣れた景色である，所属大学内のホール前広場を撮影したものとした。映像作成は，3D レーザースキャナである FARO Focus3D，3D 点群処理ソフトである Cloud Compare を使用した。また，Unity を使用して，意図せず映像に映り込んだ歩行者や自転車は削除し，建物と植物や自然環境のみから構成される映像とした。

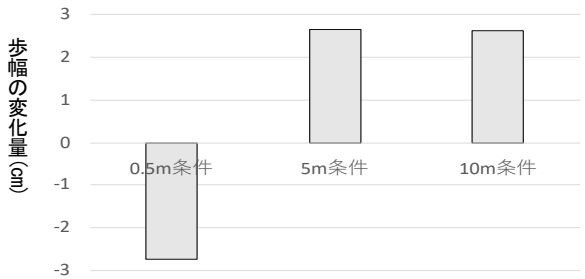
動作の変化指標として，一歩踏み出す歩幅（長さ）を用いた。実験参加者は，HMD を装着し，まず，自身の身長とほぼ同じ視点の高さで見える映像を見ながらその場で思い通りに周囲を見渡すように求められた。30 秒経過後，片足を一歩踏み出すように指示し，実験者はメジャーで歩幅を計測した。これを統制条件とした。実験参加者は一旦，HMD を外して休憩の後，再び HMD を装着し，0.5m，5m，10m 条件のいずれかの高さから見える映像を体験した。30 秒間自由に周囲を見渡した後，一歩を踏み出すように指示を与え，その長さを計測した。条件間で一旦 HMD を外し，3 条件を繰り返し行

った。なお，それぞれの条件で HMD 体験を開始する時，実験者は「0.5m (5m,10m) の大きさになってもらいます」と教示を行った。

3. 結果

統制条件，0.5m 条件，5m 条件，10m 条件それぞれの歩幅(cm)は，統制条件では平均 49.61(SD 10.77)，0.5m 条件では平均 46.89 (SD 11.22)，5m 条件では平均 52.25 (SD 10.80)，10m 条件では平均 52.24 (SD 13.48)であった。統制条件と各高さ条件の差分を歩幅の変化量と定義した。各群の結果を図 1 に示す。3 条件の平均値について 1 要因分散分析を行ったところ，有意な主効果が得られ($F(2, 87)=6.25, p<.01$)，多重比較の結果，0.5m 条件と 5m 条件($p<.01$)，0.5m 条件と 10m 条件 ($p<.01$)の間にそれぞれ有意な差が認められた。

図 1 歩幅の変化量



4. 考察

地上高 50cm という非常に低い視点を体験すると歩幅が小さくなり，5m，あるいは 10m のように自身の身長よりも遥かに高い視点を体験すると歩幅が大きくなった。それぞれの視点映像を体験した時間は 30 秒と短時間であったが，無意識に動作に変化が生じることが示された。これは，人は自分の身体の大きさ（高さ）を周辺の環境情報を得て相対的に判断していることを示す結果であると考えられる。視点の高さ情報は，自分の身体の大きさ（高さ）に対する認識を可変するのに十分な情報であり，自己の身体イメージを構築する必要な要素になっていることが示唆される。視点の高さ変化に応じた歩幅の変容は，自己の身体イメージ変化の結果といえるのか，心理的変化に関する分析を加え議論していくことが望まれる。

謝辞

本研究は，第一著者の指導により行われた笹木海志さんの修士論文（2021 年度・京都工芸繊維大学大学院情報工学専攻）のデータを，著者らの視座から再検討したものです。笹木さんにはここに記して感謝の意を表します。また，実験刺激の作成には京都工芸繊維大学 KYOTO Design Lab. の協力を得ました。この場を借りて深く感謝いたします。

文献

[1] Banakou, D., Groten, R., & Slater, M. (2013) Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes, PNAS 110 (31), pp. 12846-12851.
[2] Yee, N., & Bailenson, J. (2007) The proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. Human Communication Research,33, pp.271–290.
[3] Leung, A., K.-y, S., Kim, E., Polman, E., Ong, L. S., Qiu, L., Goncalo, J. A., & Sanchez-Burks, J. (2012) Embodied metaphors and creative “acts ”, Psychological Science, Vol.23, pp. 502-509.
[4] Nishizaki, Y. & Nozawa, M. (2017) Improving Creativity by High viewing angles using Virtual reality. The 11th International Conference on Cognitive Science, Taipei, Taiwan.
[5] 西崎友規子，加藤卓馬，西尾貴広，久門仁 (2019) 乗員の視点変化による新たな UX 価値を目指す基礎的検討，ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.21, No4, pp. 417-420.

2022 年度日本認知科学会第 39 回大会

詩が自律するとき
- 情景と体感の往還がもたらす創起 -

Autonomy of a poem
- Generating new objects by conceiving of scenes and feeling somatic senses reciprocally -

○今宿 未悠[1]，諏訪 正樹[2]
1 慶應義塾大学 政策・メディア研究科，2 慶應義塾大学 環境情報学部
○Mew Imashuku[1], Masaki Suwa[2]
1 Graduate School of Media and Governance, Keio Univ. 2 Faculty of Environment and Information Studies, Keio Univ.

概要：詩作においては，「詩の自律性」を感じることが重要である．「詩の自律性」とは，詩の書き手が，詩の方から書くべきものごとを次々と示されると感じる現象である．本研究の目的は，「詩の自律性」を感じるとき筆者に生じている認知を探究することである．筆者は詩作の実践をみずから行い，実践で生じたものごとを一人称視点に基づいて考察することを繰り返した．その結果，詩の世界に想像上の身体を没入させ，情景と体感の往還を繰り返すことで新たな「もの」の創起が次々と生じるとき，「詩の自律性」を感じるのだとわかった．

キーワード：詩作，創造性，身体性，一人称研究

1 はじめに

1.1 私[1]と詩の関係

私はアマチュアの詩人である．月刊詩誌『現代詩手帖』の「新人投稿欄」[2]にて作品が掲載されたり，全国の大学生が合同で出版する詩集『インカレポエトリ』[3]に作品を寄稿したりしている．

私は現在，修士課程 1 年生である．学部 1 年生の時から詩を書き始め，学部 3 年生で慶應義塾大学にて詩の授業を受講したことをきっかけに，本格的に詩にむきあうようになった．

1.2 詩とはなにか

本研究の問題意識について論じる前に，そもそも詩とはなにかを簡単に説明する．

私が本論文で詩と書く時，それは「現代詩」を指す．図 1 に示すのは，私が大学 3 年生の時に書いた，4 連 8 行からなる短い詩である（連とは，詩における意味上のまとまりのことである）．

怖くなるとき

暗闇の淵で鳴った黒電話の
余韻に引き摺られた静寂を聴くとき
おとつい見舞いに受け取った百合の
花弁がぽとりと落ちてひそかに乾き始めるとき
理科室の隅に在ったねずみの
生を引き伸ばさせたホルマリンを嗅ぐとき
今にも壊れてしまいそうなあなたの
わたしがそっと触れてやさしく抱きしめるとき

図 1　詩「怖くなるとき」

現代詩は，近代において形式主義化した詩の反省から生まれたとされる．詩作にあたって明確なルールはない．そのため，現代詩とは何かという積極的な定義もない．

私は現代詩について，作品の意味や伝えたいメッセージを問うことは野暮であると考えている．一つの詩に普遍的な意味は存在しないし，詩の書き手で

[1] 本研究は，一人称視点を捨て置かずに研究対象に向き合う「一人称研究」であり，本稿では研究対象に向き合った過程を「物語」として記述する（1.3 にて詳述する）．ゆえに，本稿では筆者を「私」と称する．

[2] 全国のアマチュア詩人らが新作を投稿し，プロの詩人の審査を経て掲載が決定する．毎月の掲載倍率は 100 倍以上である（例えば，私が掲載された 2022 年 2 月号においては 931 篇の応募のうち 8 篇が掲載に至った）．

[3] 全国の大学にて，詩や表現論などの講義を受講する学生たちの作品を集めた詩集．実際に詩人として活躍するかたわら，各大学の教壇に立つ教員が選者となって編集が行われる．

すら詩の意味を論理的に捕捉していないことがある．それよりも重要なのは，描かれるものごとそのものの生々しさや実在感，手触りである．生々しい詩は読み手の身体に直接訴えかけ，多様な読みをもたらす．

1.3 本研究の問題意識：「詩の自律性」を感じる

詩作の経験で忘れられないことが，大学 3 年生の春に起きた．その日，私はいつものように机の上にノートを広げペンを握り，詩になりそうな言葉を断片的に書いていた．するとある瞬間，今まで経験したことのない感覚に襲われた．私がノートに詩を書いているのに，まるで詩に書かされるように感じたのである．詩の方から何か「書くべきこと」が示されているような気がして，私はそれに適う言葉を掴んではノートに書き付けることを一心不乱に繰り返した．その結果，4 連 8 行の短い詩が完成した（図 1 に示した詩である）．我に返りふと時計を見ると，5 分ほどしか経っていない体感であったが実は 1 時間半以上経っていた．

「詩に書かされる」感覚はいわば，詩の書き手が書く対象である詩の方に主体性を感じ，あたかも詩が生物であるかのように感じる現象である．以後，これを「詩の自律性」を感じる体験，と称する．上述した体験ののちにも，私は詩を書く中で何度か「詩の自律性」を感じた．そして，詩作において「自律性」がいかに重要であるかについて，二つの観点から実感することとなった．

一つには，「詩の自律性」を感じている時の方が，力が抜けて楽に/自由に書ける感覚があるということである．書くべきものごとが次々と浮かび，私はそれを追いかければよい．「自律性」を感じていないと，次は何を書くべきか…と考え込んでしまい疲れる．

もう一つには，「自律性」を感じながら書いた結果完成した詩の方が，自分も納得するし，授業の講師や友人らから評価されることが多いということだ．「自律性」を感じられなかった詩は予定調和的になりがちで，まるで言葉が死んでいるようだった．

以上のように，詩作において「詩の自律性」の感覚は重要である．ただ，詩は生物ではないのであくまでも私の主観的な認知によってこのような「詩の自律性」の感覚が生じているはずである．「詩の自律性」を感じる時，私に何が起きているのだろうか？

1.4 暗黙知を探究する一人称研究

当時の私にとって，「詩の自律性」を感じる体験は不確かなものだった．自分がいつ「詩の自律性」を感じているのかについてはわかるものの，それがどういった現象なのかうまく言葉にできなかったし，その発生は制御不可能だったのだ．

このように，知ってはいるがどのように知っているかを言葉にできないような知は，暗黙知[ポランニー 2003]である．

暗黙知を探究し，顕在化させようとする一つの方法として，諏訪ら[2015]の提唱する一人称研究がある．一人称研究とは，「あるひとが現場で出合ったものごとを，個別具体的状況を捨て置かずに，一人称視点で観察・記述し，そのデータをもとに知の姿についての新しい仮説を立てようとする」研究手法である．近年，人の有する知にまつわる研究は，客観的な立場から何らかの実験・観察・分析を行い普遍的/再現可能な結論を導出しようとする近代科学的なアプローチによって行われることが多い．しかしながら，暗黙知は状況依存的/再現不可能であり，その知を有する人の固有な身体に深く根ざしている[4]．

「詩の自律性」を感じる体験もまた，そうした知の性格を孕みつつ生起するものであろう．現に詩を書く行為は，書き手の生活文脈や価値観，普段接している語彙，発話や呼吸のリズムなどに密接に結びついており（＝知の身体性/個人固有性），一度書いた詩はもう二度と書けない（＝知の状況依存性）．「詩の自律性」は，一人称視点で個別具体的な観察・記述を行う研究手法によってこそ探究すべきはずだ．

1.5 本研究の目的

本研究の目的は，私が詩作の実践を繰り返し行い，その実践で生じたものごとや考えたものごとを個別具体的に観察・記述することを通じて，「詩の自律性」を感じるとはどのような現象なのか，その知のすがたに探究のメスを入れることである．

1.6 本稿の構成

本稿では，「詩の自律性」を感じる認知を明らかにするために私が試行錯誤した過程を克明に記録し，「物語[5]」として示す．「物語」は大きく 2 つの期間に分けられる．以下表 1 に，それぞれの期間が該当す

[4] 諏訪，青山，伝[2020]は，認知の研究において人が「生きる」様のリアリティにしかと向き合うためには，従来の科学的/客観主義的なアプローチのみならず，一人称視点や二人称視点からの記述によるアプローチも必要であると強く訴えている．

[5] 諏訪と藤井[2015]は，「論文はからだでつくった知を主張する場」であるとし，そういった知を主張するためには従来

る時期とその概要を示す.

表 1 「物語」の期間と時期，その概要

期間	時期	概要
Ⅰ	2021 年 2 月~7 月	「もの」を描くことが詩の原則なのだと気づく.
Ⅱ	8 月~10 月	「もの」を描くには情景と体感の往還が重要であると気づく.

2 期間Ⅰ:「もの」を描く

2.1 詩のスランプ

本研究が始動したのは 2021 年の 2 月である.「詩の自律性」を感じる自らの認知を明らかにしたい！と意気込んでいた私は，研究を始めてまもなく 1 つの大きな問題に直面する．スランプに陥り,「詩の自律性」を感じられなくなってしまったのだ. そして駄作を連発することになった．私がスランプの時に書いたある詩の一節を以下に示す.

記憶だけが美しく保たれたまま
生活は目まぐるしく生き死にを繰り返す
（中略）
あなたはまなざしていたのだろうか
何も残らないより何かが残ってしまうことの方が
幾分も残酷であることを
しまいどころのない気配を抱えたわたしの手は
もうほかには何も持てない（下線については後述）

実は，下線を引いた語句の背景にはある具体的な私の経験が存在する. その経験とは, 一ヶ月かけて制作した屋外展示の芸術作品が展示期間中に何者かによって破壊された経験である．破壊されたとの報を受けた時, 私は「どうせ悲しい思いをするのなら, 最初からこの作品を作らなければよかった．作品自体は破壊されて見る影も無いのに，私の制作の記憶だけは残っている. その記憶によって, 私は悲しい思いをしている．記憶が全て消えてしまったほうが楽なのに.」と考え, 生活をする中で何度も反芻していた.

詩を書く際には, この考えを凝縮させ「*何も残らないよりも何かが残ってしまうことの方が幾分も残酷である*」と書いたのだった. 詩の中には，このように過去の考えから生まれた語句が頻出した．リアルタイムに言葉が湧き出てこなかったので，過去のストックで苦し紛れに補うしかなかったのだ.

当時, 詩の授業の講師でもある詩人・杉本徹は，私のスランプを見抜くように次のような指摘をした.

> *近作は総じて、なんとなく苦しげな気はします。ただ、そのことは、後一歩で 活路が開けることと同義とも思えます。読んでいてふと思ったのは、詩の中に「風景」「外界」の実感的な手触りが欲しいかな、ということ。(2020 年 12 月の講評にて)*

杉本のいう「*「風景」「外界」の実感的な手触り*」を書くことが，スランプを抜け出す鍵のように思えた．ただ,「*手触り*」とは一体何か，どうやったらそれが書けるようになるのか，全く見当がつかなかった．このまま闇雲に手を動かしていても無駄だ思った私は,「そもそも詩とは何か」を考えることにした.

2.2 木村敏の「もの」と「こと」

スランプに陥った私は，ある一冊の重要な書籍に出会う. 木村敏の『時間と自己』[木村 1982]である. この書籍で論じられている重要な概念の一つとして,「もの」と「こと」が挙げられる.「もの」とは，客観的に観測可能な，誰がみてもそこに明白に存在する事実や要素である.「こと」とは,「もの」を経験する主体の認識である.

木村はこの「もの」と「こと」という二つの概念を用い，詩について論じている．以下に引用しよう.

> *詩が普通の文章と本質的に違っている点は, 詩が（中略）多くの場合さまざまなものについて語りながら, ものについての情報の伝達を目的とはせず, ことの世界を鮮明に表現しようとしているという点である. (p.22)（傍点原文ママ）*

木村曰く, 詩とは「もの」を描写することによって「こと」を鮮明に表現しようとする営みなのだ.

この論に基づくと，先に2.1 節にて紹介した詩は次のように見ることができまいか. すなわち,「*何も残らないよりも何かが残ってしまうことの方が幾分も残酷である*」は, 過去の経験から私が解釈した「こと」である．私は詩において「こと」を「こと」のまま書きすぎていたのだ.「こと」に代わるべき「もの」の描写とは，一体何なのだろうか.

2.3 『プレバト!!』夏井の「説明するな！」

「もの」の描写に向き合うにあたり，テレビ番組『プレバト!!』（MBS 毎日放送）が大きなヒントとなった.『プレバト!!』とは，複数の芸能人・著名人

の論文の形式だけでなく物語も奨励されるべきであると論じる．また，堀内ら[2020]は，物語形式の論文を書く意義について，書き手が「生きる」中で醸成した知やそれに内包する意味を，読者である他の研究者が感触を伴って納得する場を提供することで，今後の知の研究に新しい視座を与えることにあると論じている.

が特定のテーマに沿って作品制作（生け花・水彩画など）に挑戦する番組である．完成した作品を専門家が査定し，当該芸能人の才能の程度を評価する．中でも「俳句」の査定は，査定者である俳人の夏井いつきの辛口添削で知られ，人気を博している．

俳句は短い詩である．私は，詩作についてヒントを得るべく当番組の俳句の査定を何本か視聴する中で，査定者である夏井が何度も同じ指摘を繰り返していることに気がついた．その指摘とは，「説明するな！」である．以下に，お笑い芸人であるフルーツポンチ村上健志の句に対する夏井の添削を例とし，「説明するな！」とはいったいどういうことなのか論じる．

「年の瀬のスーパー」をテーマとし句作する回（2018 年 11 月 29 日放送）での出来事である．村上は次のような句を詠んだ．

縄跳びの子に反応す自動ドア

母親の買い物をスーパーの外で待っている子どもが縄跳びするたびに，いちいち開いたり閉じたりする自動ドアの様子を詠んだ句である（図 2）．

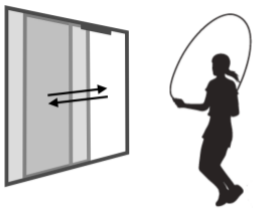


図 2 縄跳びをする子どもと開閉する自動ドア

しかし，この句に対し夏井は「説明するな！」と評したのである．さらに，村上に「何を見たから，あなたは自動ドアが反応しているとわかったのか？」と問い，次のように添削した．

縄跳びの子に自動ドア開く閉じる

夏井が言いたかったことは何か．「説明するな！」とはどういう意味なのか．2.2 節で言及した「詩とは「もの」を描写することで「こと」を鮮明に表現しようとする営みである」という木村の論をもとに，夏井の「説明するな！」という評価を私なりに解釈すると次のようになる．すなわち，村上が句に当初使用した文言「*反応す*」と夏井が添削した後の文言「*開く閉じる*」を比較すると，「*開く閉じる*」の方がより「もの」的であると言えるのではないか．「*反応す*」には，子の縄跳びと自動ドアの動きとのあいだに詠み手が見出した因果関係（つまりは，自動ドアは縄跳びに反応しているのだという擬人的な解釈）までもが含意されている．他方，「*開く閉じる*」はドアの物理的な（つまりは「もの」の）動きにただ言及されているのみである．

夏井の言う「説明するな！」とはいわば，句で表現したい内容について，解釈（＝「こと」）ではなく「もの」を書けということなのだ．

しかしながら，夏井が番組内で何度も「説明するな！」と繰り返していたことからわかるように，アマチュアは自らが接している「もの」を離れ「こと」を書いてしまいがちである．では，どのような心持ちで臨めば「もの」を描写できるようになるのだろうか．

2.4 情景内の「もの」に着眼し、描く

先の村上の例をもとに，「もの」の描写にたどり着くためにどうしたらよいのか考えてみよう．

句作の過程を考えると，彼は番組が設定したテーマ「年の瀬のスーパー」からいきなり「縄跳びの子に自動ドア反応す」との句にたどり着いたわけではないだろう．句を詠むにあたっては，「子どもが縄跳びするたびに，いちいち自動ドアのセンサーが反応しドアが開いたり閉じたりする様子」という，図 2 にて示したような情景が彼の頭の中にあったのではないかと考える．ここでいう情景とは，書き手の頭の中に思い描かれる外界の景色のことである．情景は主体の外部に存在するため，「もの」的であると言える．しかし，村上はこの「もの」的な「縄跳びと自動ドアの情景」を「こと」的に解釈し，「反応す」と書いてしまった．

どうしたらよかったのだろうか？夏井の「何を見たから，あなたは自動ドアが反応しているとわかったのですか？」という問いかけが非常に重要な意味を持つと考える．この問いかけを抽象化するならば，「あなたは情景においてどのような「もの」やその「もの」の様子に着眼したから，「こと」として解釈できたのですか？」ということになろうか．

ここで，情景は複数の「もの」に分節化可能であると明確に述べたい．図 2 をもう一度見てみよう．一つの情景に対して，「縄跳び」「自動ドア」をはじめとするさまざまな「もの」の存在に着眼できる．「もの」的描写を実現するために重要なのは，このように自分の頭に思い描かれた情景をしかと見つめ，そこにあるさまざまな「もの」の存在に（情景を分節化することで）着眼し，着眼した「もの」を書き写そうと努めることなのだ．

私は期間 I にて木村と夏井の言明に出会い，詩とは「もの」の描写によって「こと」を表現する営みであることと，それを実現するためには自らが解釈した「こと」にまつわる情景について，自覚的に「もの」

を問うことが重要なのであると悟った.

3 期間Ⅱ：情景と体感の往還が「もの」の豊かな創起をもたらす

3.1 実際の経験に存在する「もの」を描くと縛られやすい

期間Ⅰにて悟ったことを元に私は，自らの経験やそこから生まれた解釈に紐づく情景を想い起こし，「もの」に着眼し，それらを随所に散らすやり方で詩を書けばよいのではないかと考えた.

例えば，2.1 節にて取り上げた詩の一節「*何も残らないよりも何かが遺ってしまうことの方が幾分も残酷である*」について考えてみよう．村上の句と同様に，この「こと」的な解釈も必ず何らかの「もの」に根ざして生じているはずである.

作品制作の期間から作品破壊の報を受けるに至るまでの記憶を掘り起こしてみると，さまざまな断片的な記憶が情景として想起される．一例を挙げると，作品を制作した古民家の情景である．この情景を見つめてみると様々な「もの」に着眼できる. たとえば，夏の古民家の畳を歩く私の裸足の裏にはイグサのカケラがはりついており，髪から汗が滴っていた.

このように，情景を想起しそれを見つめることで様々な「もの」が「こと」の裏に存在していたのだと思い至ることができる. ここで私は，これらの「もの」を散らして詩を書こうと試みたのだが，事はそう簡単ではなかった. 試みは失敗に終わったのだ. 完成したのは，想起した複数の「もの」と，それらを無理やりつなぐ言葉からなるつぎはぎだらけのぎこちない詩だった.

なぜ，ぎこちなくなってしまったのか．その理由は，作品を制作した古民家など，実際に私が見た情景の中に存在していた「もの」に縛られすぎた状態で詩を書こうとしたからではないかと考える．記憶を何度も想い起こす中で，実際の経験に内在した「もの」や情景の記憶が頭の中を支配し，それ以外の「もの」や情景の入る余地が無くなってしまったのだ.

詩は，必ずしも作者が自身の身体で実際に経験したことの報告文である必要はない. 詩にとって，書き手が実際に見た情景やそこに紐づく「もの」の記憶が出発点となっても，詩を書きながら実際の経験においては出会わなかった「もの」がふと創起[6]され，詩に持ち込まれてもいいはずである. むしろ，そのように「詩を書く中で，実際の経験にはなかった「もの」や情景がふと創起され，詩において意味を持つようになる」ことこそが重要であるはずだ.

そのような「もの」や情景が次々と浮かんでくるときがまさに「詩の自律性」を感じられている状態なのではないだろうか？私はそう仮説を立てた. では，詩を書きながら，リアルタイムに新たな「もの」や情景を創起するに至るにはどうしたらよいだろうか.

3.2 体感を自覚し，新たな「もの」を創起する

試行錯誤した結果，最終的に私は次のような仮説に至った. それは，経験や解釈から直接具体的な外部の「もの」を問うのではなく，

① 経験や解釈によって生じる体感を自覚し，

② その体感を生じさせるのは一体どのような「もの」なのか？と問う

ことで，実際の経験の縛りを解きやすくするのではないか，ということである. 以下に例示しながら説明する.

たとえば，「作品が破壊された」という経験における「悲しい」という解釈をもとに詩を書きたい，と考えた時，さてどうするか. 具体的な外部の「もの」を問う前に自己の内部に敢えて目をむけ，「悲しい」という解釈をしたときの自らの体感を言葉にしてみるのである. 体感は，決して客観的に観測できない，自己内部で醸成される感覚であるため「こと」に属する．では，作品が破壊された経験を「悲しい」と解釈したとき，私はどんな体感を有していただろうか？私の場合，悲しみゆえに「呼吸が浅くなる体感」がふと抱かれる（図 3「①自覚する」）.

体感を自覚できたならば，そうした体感を抱かせるような具体的な「もの」は一体何があるのか/外界のどんな「もの」が自分にそのような体感を抱かせる可能性があるかを考えてみる. この時に重要なのは，現実の経験に縛られることなく，ただ体感だけに純粋に向き合い「もの」を創起することである.

先の例を引き継ぐと，呼吸の浅さを感じさせる「もの」を考えてみたとき，私は「水深 2.5 メートルプール」が浮かぶ.

なぜプールが浮かんできたのだろうか．幼い時に習い事で通っていたプールの記憶に思い至る．身長が伸びるのが遅かった私は当時，プールに足が届かなかった．先生の話を聞くためには水面に顔を出し

[6] 以降，本稿では「想起」と「創起」を意図的に書き分ける．過去の具体的な記憶を思い出すことを「想起」，新たなにかを表象することを「創起」と記す.

続けなくてはならないが，足が届かない私は水中で必死に犬かきをし，肺が圧迫されて苦しくなる体感を得た記憶がある．おそらくこの記憶が無自覚に影響する形で，私の現在の身長（165cm）からしても足が届きそうにない「水深 2.5m のプール」が創起されたと考えられる（図 3「②創起する」）．

このように，体感に基づいて創起される「もの」が何であるかは，豊かな個人固有性を孕んでいる．「呼吸が浅くなる感覚」にまつわる記憶や知識は人によって様々であるからだ．

解釈によって生じる体感を自覚することを通じ，個人に固有な記憶を伴って「プール」を創起できた．「プール」という新たな「もの」は「作品が破壊された」という経験には直接的には全く関係しない．体感を自覚することを通じて，実際の経験の外側の「もの」を創起できたのだ．

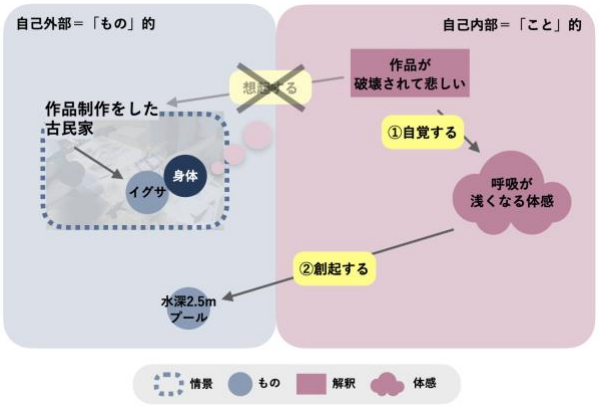


図 3 ①体感を問い，②「もの」を創起する

3.3 「もの」が埋め込まれた情景を自覚し，他なる「もの」の存在に着眼する

体感を出発点とし新たな「もの」を創起した時，おのずからその「もの」が埋め込まれた情景が喚起されるはずである．例えば，先に創起された「水深 2.5 メートルプール」について考えてみよう．この「水深 2.5 メートルプール」という「もの」を頭の中で思い描いてみてほしい．この時，プールは真空の空間に概念として定位されるのではなく，具体的な情景に埋め込まれているはずである．屋内か屋外か？娯楽施設か競泳用か？大きさは？色は？明るさは？

私の場合は，「水深 2.5 メートルのプール」から，太陽が照りつける屋外のプールやその周りの情景がふと浮かぶ．この詩を書いた時期が残暑だったことが関係しているのかもしれない．太陽にジリジリと照らされる感覚が，詩作の際にも残っていたはずだ．

このように体感から「もの」を創起する時には，おのずからその「もの」が埋め込まれた情景が立ち上がるのだ（図 4 左側中段「立ち上がる」）．

詩を書く上では，このように立ち上がった情景を自覚することが非常に重要であると私は考えている．情景を自覚すれば，それをまた複数の「もの」に分節化/着眼できるからだ．先の屋外の水深 2.5 メートルプールの例で言うならば，「太陽」である（図 4 左側中段「太陽」）．

3.4 情景に身体を入れ込み新たな体感を得る

立ち上がった情景によって得られるのは「太陽」などの別の「もの」だけではない．情景にからだを入れ込んでみることで情景内に着眼できる多種多様な「もの」と身体とが相互作用し，さらに新たな体感が得られる．屋外の水深 2.5 メートルのプールに自分の身体を入れ込んでみよう．水深が身長を超えていることから「私がプールで溺れる」という相互作用が生じ，水が顔に容赦なくかかり，「カルキ臭い」という体感が生じてきた（図 4 中央「得る」）．

得られた体感からまた，3.2 で論じたように新たな「もの」を問うてみる．「カルキ臭い水」が張られている場所といえば…？小学校のプールが浮かぶ．衛生管理の観点から常に大量の塩素が投入されていた記憶がある．プールの隣に小学校の校舎が創起され，「小学校と，そのプール」という新たな情景が立ち上がる（図 4 左側下段「立ち上がる」）．

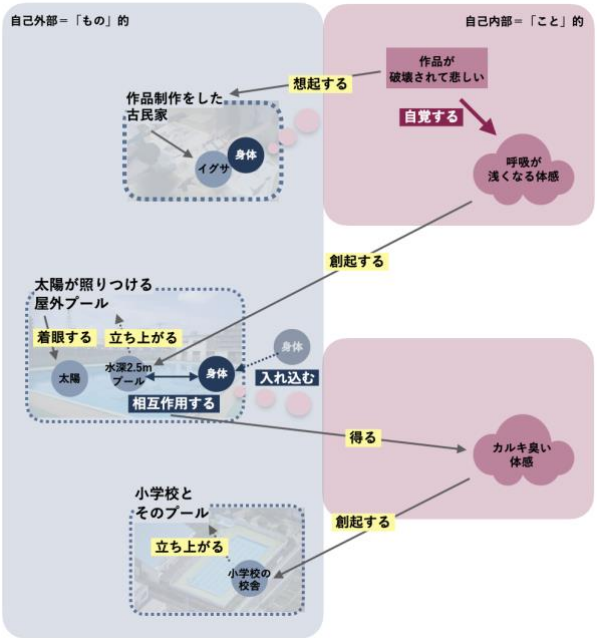


図 4 新たな情景，体感，「もの」を得るプロセス

3.5 情景と体感の往還で「もの」を創起し続ける

ここまでの過程をおさらいしよう．まず私は，作品が破壊されたという経験に基づく「悲しい」という解釈から，呼吸が浅くなる体感を自覚し「水深 2.5 メー

トルのプール」という「もの」を創起した．そして，それが埋め込まれた情景を見つめることで新たな「もの」である太陽に着眼したり，情景にからだを入れ込むことで溺れるという新たな相互作用を生じさせ，カルキ臭いという体感を得た．

この一連の過程で生じた「解釈」「体感」「もの」「情景」の関係をまとめると，次の図 5 のようになる．

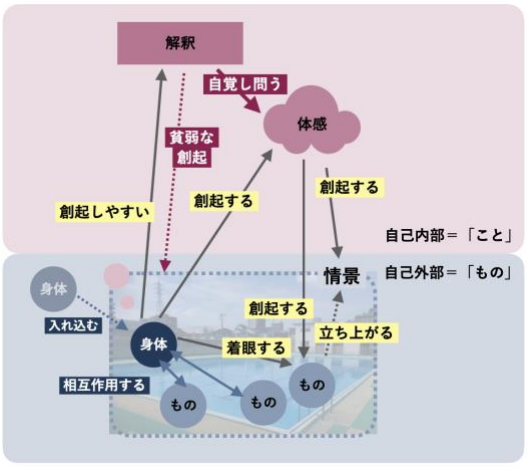


図 5 解釈，体感，もの，情景の関係図 -情景と体感の往還が重要-

図の上部が自己内部（＝「こと」領域）を，下部が自己外部（＝「もの」領域）を示している．この図によって主張したいことを以下に箇条書きで示す．理解を助けるために，先の「水深 2.5 メートルのプール」の例について，各主張に該当するものごとを，箇条書きの後に括弧付きで示した．

- 詩の書き手は，自らの身体を伴う経験から解釈を醸成する．（作品が破壊されて悲しい）
- 解釈からは，実際の経験に縛られた貧弱な「もの」の創起しか起き得ない．（作品制作をした古民家，「イグサ」）
- 解釈の体感を自覚的に問うことが，新たな「もの」や情景の創起につながる．（悲しい→呼吸浅い体感→「水深 2.5 メートルのプール」）
- 「もの」から立ち上がった情景を見つめることで，情景に存在する別の「もの」に着眼できる．（屋外プールにおける「太陽」）
- 創起された情景にからだを入れ込むことで，情景における「もの」と身体が相互作用し，新たな解釈や体感を得られる．（カルキ臭い体感）

期間 I において，詩を書く際には「もの」的描写が大切であると気づいた．しかしながら，「もの」や情景を創起するためには，ただ「もの」領域に留まり見つめ続ければよいというわけではなかった．むしろ，「もの」領域に身体を入れ込むことで新たな体感（＝「こと」）を得ることが重要なのだ．詩を書く際には，このように「もの」領域と「こと」領域，より詳細に述べるなら情景と体感を往還し続けるべきなのだと，私は悟った．

3.6 創起の連鎖が「詩の自律性」をもたらす

以上の論を元に私は，情景と体感の往還によって書くべき「もの」を創起し続ければ，木村や夏井が論じる「もの」的描写としての詩が書けるのではないかと考え，詩作の実践をしてみることにした．その結果として完成した詩の冒頭 2 連を以下に示す．

水深 2.5 メートルには当然だけれど足がつかない
私の四肢は不整脈のように水をかく
喉元を上下する水面に浅い肺呼吸はあまり頼れず
カルキ臭い水を誤飲しないように耐えている

思えば異様だった、小学校の火曜日 3 時間目の前の休み時間に
まだ生殖機能を持たない私たちは
自分の身体の輪郭にぴったりと藍色の布を這わせ
一直線に並んでシャワーを浴びて眼球を洗浄して
水の箱に飛び込み飛沫をあげた

3.2 節から3.4 節にかけて例示したように，「*水深2.5メートル*」からはじまり，「*四肢*」「*カルキ臭い水*」など，多くの情景や「もの」を創起し詩を書き進めた．さらに情景と体感を意識的に往還し続け，「*藍色の布*（つまりは水着）」，「*眼球*」など，新たな「もの」を創起した．そして書きながら気づいた．私はまさにこの時「詩の自律性」を感じていたのだ！それは，情景と体感の往還によって「もの」を次々と創起している時にこそ生じる現象だったのである．

1.3 節で，私は「詩の自律性」を感じたとき「詩の方から何か「書くべきこと」が示されているような気が」した，と書いていた．情景と体感の往還を意識することこそが，書くべき「もの」を創起し，「詩の自律性」を感じる原動力であるという仮説を，この一人称研究から得ることができた．

4 考察

4.1 初めて自律性を感じた時には，無自覚に体感を問うていた

ここでもう一度，私が初めて「詩の自律性」を感じながら書いた詩（図 1）を参照してほしい．ここまで論じてきた内容を踏まえながら詩を読むと，しっかりと「もの」が描かれているとわかる．さらに，この詩のタイトルは「怖くなる時」であるが，私は当時「怖くて，心がきゅうっと苦しくなる感じ」を覚える

のはどういう時だろう？？と考えながら詩を書いたと記憶している．「心がきゅうっと苦しくなる感じ」とはまさに「体感」である．私は無自覚にも，体感を意識しながら詩を書いていたのだ．だからこそ「詩の自律性」が生じていたのではないか？

さらに図 1 の詩は，一つの連に一つの情景が描かれる形で構成されており，それらの連は互いに独立している．私は当時，体感に基づいて「もの」を創起し情景を立ち上げては一つの連とし，書き終わったら筆を止めて再び体感に思いを馳せ，新たな「もの」を創起できたら再び一連書く，ということを繰り返していたのではないかと推測する．つまり，「詩の自律性」は一連ごとに一旦途絶え，体感を問うことで再び復活していたのではないか．

現在の詩作においても，途中に「詩の自律性」が途絶えてしまうことは往々にしてある．ただ，情景と体感の往還が重要であると悟った今では，自らの得ている体感を敢えて自覚的に問うことによって「もの」を創起したり「もの」から立ち上がる情景にからだを入れ込むことで「もの」の創起を次々と引き起こし，ある程度意図的に「詩の自律性」を取り戻せるようになった．

4.2 詩作においては「体感」が重要

「もの」と「こと」のちがいを意識し両者を往還するという見方は，詩作に特化した主張ではなくあらゆる創造的活動において論じられてきたことかもしれない．ただし，本稿において新規なのは，詩作ではただ「こと」を意識するのではなく，中でも「体感」を自覚することが重要であると悟った点にある．

解釈（先の例でいえば，「作品が破壊されて悲しい」など）は「こと」に属する．解釈は時に論理的な思考を伴う．他の創造行為，例えば論文執筆などにおいては(論理的)解釈が新たなものごとの創起をもたらすことがあるだろう．しかしながら詩作においては，3.1 節で論じたように(論理的)解釈や実際に身体が経験したものごとから直接「もの」を創起しようとしても貧弱な創起しか起きなかった（図 5 を参照）．解釈が生じたときそこから自覚的に体感を問うことで，体感に基づいた「もの」を創起する事が極めて重要なのだ．体感を介するからこそ，実際の身体経験の外側に到達する豊かな創起を引き起こせるのである．

4.3 詩作における一人称研究の重要性

情景と体感の往還という「こつ」を掴んだ私は，その後それを意識して詩作を続けた．そして，詩作の一人称研究を始めて 9 ヶ月となる 2022 年の 1 月には，詩誌『現代詩手帖』における新人投稿欄の掲載枠に私の書いた詩[今宿 2022]が掲載される快挙を得た（掲載倍率は 100 倍以上であり，毎月チャンスがあるもののこれまで一度も掲載されることはなかった）．一人称研究を通じて詩作の力が大きく向上した一つの証左ではないかと考える．

一人称研究の目的は，これまで誰も見出したことのない新たな仮説を得ることにある．自ら実践と考察を繰り返し行う中で詩作についての新たな仮説に辿り着き，その仮説を糧に詩作の力が向上したことは，詩作における一人称研究の重要性を示唆するものではないだろうか．

4.4 「もの」の創起のメカニズムは不明のまま

本研究を通じて，情景と体感の往還によって「もの」の創起が連鎖するときに「詩の自律性」を感じるのだ，という結論に辿り着いたものの，まだ一つ明らかになっていないことがある．それは，なぜ私は体感を元に実際の経験の外側の「もの」を創起できるのか，そして創起した「もの」になぜ納得できるのか，ということである．「呼吸が浅くなる」体感から，なぜ私は「水深 2.5 メートルプール」を思いついたのか．「標高の高いまち」「サウナの中」などを創起する可能性も十分にあったはずである．これは人工知能や発想の研究領域で問題視されている「フレーム問題」とも関係する認知のあり方だろう．

よりよい「もの」創起のメカニズムについて，さらなる一人称研究によって探究する．

参考文献

[ポランニー 2003] マイケル・ポランニー, and 高橋勇夫 訳, 暗黙知の次元, 筑摩書房, 2003.

[諏訪ら 2015] 諏訪正樹・堀浩一 編著, and 伊藤毅志, 松原仁, 阿部明典, 大竹美保子, 松尾豊, 藤井晴 行, 中島秀之 共著.一人称研究のすすめ:知能研究の新しい潮流, 近代科学社, 2015.

[諏訪, 青山, 伝 2020] 諏訪 正樹, 青山 征彦, 伝 康晴, 特集「「生きる」リアリティと向き合う認知科学へ」編集にあたって, in 認知科学, 27巻, 2号, p. 89-94, (2020).

[諏訪, 藤井 2015] 諏訪正樹・藤井晴之, 知のデザイン, 近大科学社, 2015.

[堀内ら 2020] 堀内隆仁・諏訪正樹, 「アスリートとして生きる」ということ : 競技・生活が一体となり身体スキルを学ぶ様を描く物語, in 認知科学, 27巻, 4号, p.443-460, (2020).

[木村 1982] 木村敏, 時間と自己, 中央公論社, 1982.

[今宿 2022] 今宿未悠, まな板の上の夜, in 現代詩手帖, 思潮社, 2022年2月号, p.175, (2022).

若年成人と高齢者におけるターン割り当て規則の違い：重複に対する回復方法の会話分析から

澤田知恭[1]，原田悦子[2]

Tomoyasu Sawada[1], Etsuko T. Harada[2]

[1]筑波大学大学院，[2]筑波大学人間系

[1] Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba,

[2]Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba

[1]sawadatomoyasu@gmail.com

概要

会話中に発話の重複が発生すると，重複した発話の回復が行われる。回復はその対象が自己の発話か，他者の発話かで区別され，またそれぞれが重複による問題が生じたことを認めて表出される有標の回復と，問題が無かったかのようにふるまう無標の回復に区別される。ここでは，若年成人と高齢者とで優先して用いられる回復方法に違いが見られたことに注目して会話分析を行い，その結果，若年成人と高齢者とで適用されるターン割り当てに関する規則に違いが見られたことを報告する。

キーワード：会話分析，話者交替，高齢者

1. 問題と目的

日常的に行われる会話は，話者交替の繰り返しによって特徴づけられる（Holler et al., 2016）。話者交替とは，会話中に発話であるターンのやり取りによって話し手と聞き手が入れ替わる現象で，ターンとターンの間には空白と重複が起こらないか起こったとしても最小限のものである（Sacks et al., 1974）。また，Sacks らはこのような話者交替を実現するためのシステムとして，話者移行適格場（Transition Relevance Place ; TRP）において次の規則 1，2，3 が，話者交替が生じるまで順番に繰り返し適用されるとする。

1. 現話者が次話者を選ぶ
2. 現話者が次話者を選ばなかった場合，会話参加者のうち誰かが次話者として話し出すことができる
3. 他者選択も自己選択も行われなかった場合には現話者が自分のターンを続けて話すことができる

ただし，この話者交替システムでは，一方が話し続けているところに他方が自己選択し話し出すことで発話が重複し，話者交替が失敗する可能性がある（Hayashi, 2013）。発話の重複が発生した場合には，重複によって十分に聴取・理解されなかった可能性のある部分を繰り返すなどする手続きである回復（Jefferson, 2004; 串田・平本・林, 2017）が行われることがある。Jefferson（2004）はこの回復を，自分の発話を回復させる「自己回復」と，相手の発話の回復させるため，相手に回復を求めたり促したりする「他者回復」に分類した。また，それぞれを重複によって聴取・理解されなかったというトラブルが生じたことを公然と認めて明示的に発話を回復させる「有標の回復」と，問題が生じなかったかのようにふるまう「無標の回復」で区別した。有標の自己回復の代表的な例は，重複した事故の発話の繰り返しである。一方，重複した他者の発話を取り込み，繰り返して発話することは無標の他者回復の代表的な例である。また，無標の他者回復には発話が重複した後に自らが脱落し「うん」，「はい」のようなあいづちを打ち，相手に発話を促すことも含まれる。

これら，有標/無標の自己回復，有標/無標の他者回復の発生について，Jefferson（2004）は用いられる回復方法間で手続きとしての差異を直接には記述していない。しかし，例えば，会話中に発生した問題を解決するという点で，回復と似た手続きである「修復（Schegloff et al., 1977 西阪訳 2010）」については，その方法間で手続きとしての差異が記述されている。Schegloff et al.（1977）は経験上，言い間違いに対する訂正等の修復が他者より自己によって多く行われることから出発し，会話中の修復の機会において，自己か他者かの選択が存在するのではなく，なによりも自己によるものが優先されることを示した。同時に，ごく稀な他者訂正は大きな制約を受けるものであることを指摘している。

Schegloff et al.（1977）を参考に本研究では，回復方法間での手続きとしての差異を記述することを目的として，発話の重複に際して行われる回復方法に優先関係が見られるか否か検討した。また，高齢者は若年成人と比較して割込み発話を多く行う（大浜，2006）ことが示されており，重複に対する扱いが異なる可能性

Table 1
回復方法の発生数

	若年成人				高齢者			
	同世代ペア		異世代ペア		同世代ペア		異世代ペア	
	有標	無標	有標	無標	有標	無標	有標	無標
自己回復	2	0	16	0	33	1	51	3
他者回復	0	18	1	44	1	66	1	28

から，発話者が若年成人か高齢者かによって回復方法の優先関係が異なるか検討した。

2. データ

本研究の会話分析は，筑波大学学生と筑波大学みんラボ会員（関東地方在住の高齢者）が参加して行われた対象指示コミュニケーション課題（池永，2018）とペアで取り組んだ投資ゲーム課題（澤田，2021）中の会話を対象に行った。いずれの課題も 3 要因混合計画として実施しており，参加者間要因として参加者の年齢群 2 水準（若年成人，高齢者），ペアの種類 2 水準（同世代ペア，異世代ペア），参加者内要因として試行の繰り返し（対象指示コミュニケーション課題；6 試行，投資ゲーム課題；4 ブロック）が設定されていた。異世代ペアは若年成人と高齢者により構成された。ペアは全て同性の初対面どうしで構成され，ペアの種類はランダムに割り当てられた。

参加者

対象指示コミュニケーション課題には若年成人として筑波大学生 40 名（平均年齢 20.62 歳±1.47 歳）と，高齢者として筑波大学「みんなの使いやすさラボ」のデータベース登録者から高齢者 40 名（平均年齢 72.45 ±4.72 歳）が実験に参加した。また，投資ゲーム課題には若年成人として筑波大学学生 36 名（男性 18 名，女性 18 名，平均年齢 20.61±1.10 歳）高齢者として筑波大学「みんなの使いやすさラボ」のデータベース登録者から高齢者 36 名（男性 18 名，女性 18 名，平均年齢 74.16±4.64 歳）が実験に参加した。

高齢者については，年齢 70 歳以上，MMSE 得点が 26 以上であること，教育歴が 12 年以上であることを基準として，参加者を募集した。

分析手続き

対象指示コミュニケーション課題，投資ゲーム課題中の会話を全て書き起こし，話者間のターンが移行することを基準に分節化した。発話が重複した区間の内，話し手のターン中に聴き手により発せられたターンを奪わない短いもの（但馬，2000）をあいづちとして以降の分析から除外した。また，笑い，あるいは TRP であると考えられる相手発話の発話末要素（榎本, 2009）と重複している区間を以降の分析から除外した。加えて，投資ゲーム課題中の発話では，顔写真の呈示直後，フィードバック直後に発生した発話の重複も以降の分析から除外した。

回復方法のカウント

Jefferson（2004）を参考に，本研究では重複が生じた際，自らが脱落した後に相手発話の脱落あるいは完了を待ってから，自分の発話を重複した部分を含めて発話した場合を有標の自己回復，自分の発話を重複した部分に続けて発話した無標の自己回復とした。また，重複に際して自らの脱落と相手発話の脱落あるいは完了の有無を問わずに相手に発話の繰り返しを要求した場合を有標の他者回復とした。さらに，自らが脱落し「うん」，「はい」などのあいづちを発話した場合，または続く自己の発話を重複した相手の発話を取り込んで構成した場合を無標の他者回復とした。ここで，有標の回復は，相手に重複とそれに伴う問題が発生したことを伝えるもの，無標の回復は相手に重複に伴う問題が発生しなかったようにふるまうものとして区別される。なお，回復に先立つ重複について，先行話者による発話の中断の有無は問わないものとした。

3. 分析

重複の発生数

まず，重複の発生数はペア辺りの平均で， 若年成人同世代ペアが 9. 0 回，高齢者同世代ペアが 62. 0 回，異世代ペアで 49. 7 回（そのうち若年成人により発生したものが 14. 9 回, 高齢者により発生したものが 34. 8 回）であった。

回復の発生数

対象指示コミュニケーション課題と投資ゲーム課題中の会話で有標の自己回復，無標の自己回復，有標の他者回復，無標の他者回復を行った回数を，回復を行った参加者の年齢群とペア相手の年齢群毎に Table 1 に示した。Table 1 より，発話の重複に際して，主に有標の自己回復または無標の他者回復が行われたことが明らかになった。加えて，基本的には無標の他者回復が有標の自己回復に優先されるが，異世代ペアの若年成人，同世代ペアの高齢者では有標の自己回復が行われ

る機会が増加し，さらに異世代ペアの高齢者では有標の自己回復が無標の他者回復に優先されることが示された。

続く会話分析ではなぜ無標の他者回復が優先されるのか，いつ有標の自己回復が行われるかを示した後に，異世代ペアの高齢者で有標の自己回復が優先される理由を明らかにする。

同世代ペアの若年成人

(1)【片脚の上がってる人】: 無標の他者回復

1 A : はい。6 つ目は，人が左側，に，
2 A : 向かって立っていて [，　[
3 B :　　[はい [
4 A : えっと片脚，が上がってる [，図形です　[
5 B :　　[えっと，どっちが？ [
6 A : えっとーひ，ひだり。[　ひひ　[
7 B :　　[ああっと，[長方，
8 B : ちが正方形って，[　なな　[
9 A :　　[正方形は[，→なな，め，
10 A : んーと右側，にありますね，
11 A : [どちらかというと。[→はい
12 B : [あ右側，で　[
13 B : あ，たぶんこれかな。オッケーでーす

抜粋 1 は，対象指示コミュニケーション課題の 1 試行目で無標の他者回復が行われた事例で，以降，A は指示者，B は行為者の発話である。抜粋 1 ではライン 9 において，A が自らの起こした重複によって脱落させてしまった B の発話から「斜め」という言葉を取り込んだ発話をすることで無標の他者回復を行っている。指示者としての A の発話は正方形が右側にあることを伝えるもので，対象指示コミュニケーション課題を遂行する上では「斜め」という発話は必要でない。そのためこの無標の他者回復は課題遂行のためというよりもむしろ相互行為上必要であったと考えられる。この行為者 B の発話にトラブルがなかったことを告げる無標の他者回復は，指示者 A が重複して脱落させてしまったが，本来は行為者 B の発話があったことを示す。また，ライン 11 では A は B に重複させられた自らの発話が完了した後に「はい」と発話することで無標の他者回復を行っている。この「はい」による無標の他者回復は重複させられた自身の発話にトラブルが発生しなかったことを告げると同時に，「はい」から続けて B が発話をしていることから，自らのターンが終了し相手のターンとなったことを告げる役割を持っている。

(2)【しっかりくっついてるけどずれてるやつ】: 有標の自己回復

1 A : え，えっとー，はじっこでくっついている
2 A : やつではないです。
3 A : くっついているかくっついていないか
4 A : よくわからないやつではなく
5 B : はい（2 秒）あ，しっかりくっついてはいるけど=
6 A : そうですちょっと，
7 A : [ひ，　[
8 B : [ちょっ[とずれて[る，上にいく　[
9 A :　　[はい。そうです[
10 A : →そうです。
11 B : あ，オッケーです。大丈夫です。

抜粋 2 は，ライン 10 において A による有標の自己回復が行われている。ライン 9 で重複させた自身の発話は図形に対する合意形成が終了したことを伝える発話である。この場合，次の図形の指示へと移るには重複させた自身の発話が必要であるために，自身の発話を繰り返し，有標の自己回復が行われたと考えられる。同世代ペアの若年成人で発生した有標の自己回復 2 件は，いずれも課題遂行上必要なために行われと考えられることから，非常に制限されたものであった。

無標の他者回復が優先される理由について，ターン割り当て規則が関連すると考えられる。若年成人どうしの会話におけるターン割り当て規則は，Sacks らの話者交替システムを言い換えると，「相手のターンが終了した時に自らがターンを取得する機会が割り当てられる」というものである。このターン割り当て規則の下で発話を重複させると，自らによる規則違反の状況が発生し，その解決のために，自身の発話を削除し相手の発話であるターンに問題が生じなかったかのように扱う無標の他者回復が行われると考えられる。

同世代ペアの高齢者：有標の自己回復

(3)【ふてぶてしい男】

1 A : 4 番目はですね。ええ，ふてぶてしい男が，
2 B : はい
3 A : ああ，こう足をちょっと組んでます。
4 A : で，右足をちょっと上げた感じで

5 B：はい
6 A：左足を下に，し，下にしてます
7 B：はい
8 A：で，足の上に頭がありますね。四角い頭が。
9 B：四角い頭。四角い頭は，ダイヤの[形 [ですね？
10 A： [ちょ[
11 A：→ちょっと下に。そうですね。
12 A：下をちょっと向いた感じで[すね。 [
13 B： [そうですね[
14 A：斜め下を向いた感じ＝
15 B：はい

抜粋 3 は対象指示コミュニケーション課題中の発話で，ライン 11 においてＡがライン 10 で自ら重複させた発話「ちょ」から始まる発話をすることで有標の自己回復がなされた。ここで注目すべきことは，A が重複させたライン 9 ではＢによる「四角い頭は，ダイヤの形ですね？」という質問が投げかけられていることである。隣接ペア（Sacks et al., 1974）の考え方に従えばライン 9 の B の質問が第一部分となり，ライン 11 では第二部分としてＡの返答が期待される。しかし高齢者どうしの会話では，有標の自己回復が優先して発話され，隣接ペア第一部分の使用によって他者にターンを割り当てるテクニックが機能していない。高齢者が自ら重複させた発話に対して有標の自己回復を行うことは，若年成人による有標の自己回復が課題遂行上必要な場合に制限されていたことと対照的であり，若年成人同士のターン割り当て規則とは異なるターン割り当て規則の存在を示唆する。

(4)【左に走ってる】：無標の他者回復
1 A：はい。それから 3 番。
2 B：はい。
3 A：椅子に座って，右側を向いております。
4 B：椅子に座って右側を[向いて， 足が [
5 A： [はい。それで片足，[
6 A：上げております。
7 B：→片足上げ[， [ええ，したがって，
8 A： [はい[
9 B：顔は少し下を[向いています。[
10 A： [その通りです。[はい。

抜粋 4 は対象指示コミュニケーション課題中の発話で，ライン5でＡが重複させたことによりＢが脱落し，Ａが重複させた発話をＢがライン 7 で取り入れて発話することで無標の他者回復が行われた。この高齢者どうしの会話に見られる無標の他者回復は，相手から発話を重複させられ自らが脱落した後に，相手発話の完了に伴って発生する点で若年成人どうしの会話の無標の他者回復と異なる。「相手のターンが終了した時に自らがターンを取得する機会が割り当てられる」若年成人どうしの会話では，重複を発生させたことで規則に違反する状況になったため，早急にターンの所在を示す必要があり，相手発話が完了する前に自らが脱落し無標の他者回復が行われた。それに対して，高齢者どうしの会話で相手発話完了後に行われる無標の他者回復は，早急にターンの所在を示す必要がなかったことを示していると考えられるため，その際のターン割り当て規則は，「話し始めた時点で話し始めた人にターンが割り当てられる」というものであると考えられる。

異世代ペアの若年成人

(5)【悪い人】：有標の自己回復
1 D：この，あ，さっきの，そうだそう
2 C：悪い人でしたよね。悪い人でしたよね。
3 D：え？この人どうだったのか，
4 D：私装いの方に[目が行っちゃって[
5 C [hh そうですね [
6 D：あんまりうん，お化粧，[薄いお化粧しててあんまり[
7 C： [悪い人だった， はい。 [
8 C：→悪い人でした。
9 D：悪い人でした？
10 C：悪い人でした。

抜粋5は投資ゲーム課題中の発話で，Cが若年成人，D が高齢者による発話であり，ライン 7 では，若年成人 C が重複を発生させた後，「はい」と発話することによりまず無標の他者回復を行ったが，続けてライン 8 では相手発話の脱落を受け，ライン 6 で重複させた発話を繰り返す有標の自己回復が行われた。また，若年成人 C は呈示された顔写真の人物が，1 ブロック目でお金を預けると持ち逃げされてしまう悪い人であったことを伝える経験に基づいた判断をライン 2 から繰り返し語っている。一方，高齢者 D は「あんまりうん，お化粧，薄いお化粧しててあんまり」と顔の印象を元にした判断を語ろうとしている。投資ゲーム課題では顔の印象の良し悪しと実際に行動の良し悪しが直交に操作されている（Suzuki, 2018）ことから，2 ブロッ

ク目以降は顔の印象を直接元にした判断は意味を持たず，1ブロック目の投資結果が必要である。そのため，若年成人Cは有標の自己回復を用いてまで，自らの経験を元にした判断を繰り返すことが課題遂行上必要であったと考えられる。

これらのような有標の自己回復の増加は，高齢者側による割込みの増加（大浜，2006）により自らの発話が中断されることによる，課題遂行上必要となる機会の増加に伴うものであり，若年成人が高齢者と会話する場合に「相手のターンが終了した時に自らがターンを取得する機会が割り当てられる」というターン割り当て規則が原則として変化していないことを示す。

異世代ペアの高齢者：有標の自己回復

（6）【さっき筑波山って言った】

1 A：で，右側の足を上げています。
2 A：つま先下向いて [いるんです[けど，
3 B： [ああ，はい[
4 A：で，走りそうな感じで，[せいほ， [→はい。
5 B： [さっきつく [
6 B：→さっき筑波山って言った？

抜粋6では，ライン4で若年成人Aが，高齢者Bからの重複を受けて脱落した後に「はい」と発話することで無標の他者回復を行っている。また，高齢者Bはそれを受けてライン6で「さっき筑波山」と重複した発話を繰り返して有標の自己回復をおこなっている。重複させられた側の若年成人が脱落し，無標の他者回復を行っていることから，高齢者の発話には「話し始めた時点で話し始めた人にターンが割り当てられる」という規則を若年成人側も適用していると考えられる。

4. まとめ

会話分析の結果，若年成人どうしの会話では「相手のターンが終了した時に自らがターンを取得する機会が割り当てられる」規則，高齢者どうしの会話では，「話し始めた時点で話し始めた人にターンが割り当てられる」規則が存在し，それぞれの規則を達成するための手段として，発話の重複に際して無標の他者回復または有標の自己回復が行われることが示された。また，若年成人と高齢者の世代間会話では，若年成人の発話には「ターンは交互に，相手のターンが終了した時に自らに割り当てられる」規則が適用され，高齢者の発話には「話し始めた時点で話し始めた人にターンが割り当てられる」規則がそれぞれ適用されていることが示された。世代間会話中，この二つの対照的な規則のもとで発話を重複させると若年成人にはターンの取得が認められない一方で，高齢者にはターンの取得が認められる。このような世代間では，若年成人は均等なターンの割り当てを達成するために発話の重複を避ける必要に迫られていることが示唆される。今後は，回復方法の違いから見いだされたターン割り当て規則の違いが，会話過程に及ぼす影響について検討したい。

5. 参考文献

[1] Holler, J., Kendrick, K, H., Casillas, M., Levinson, S. C., eds. (2016). *Turn-Taking in Human Communicative Interaction. Lausanne*: Frontiers Media.
[2] Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974). A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation. *Language*, *50*, 696-735.
[3] Hayashi, M. (2013). Turn allocation and turn sharing. In Sidnell, J., & Stivers, T. (Eds.), *The handbook of conversation analysis* (pp. 167-190). Oxford: Blackwell Publishing.
[4] Jefferson, G. (2004). A Sketch of some orderly aspects of overlap in natural conversation. In G. Lener. (Ed.), *Conversation analysis: Studies from the first generation* (pp. 46-59). Philadelphia: Jhon Benjamins.
[5] 串田 秀也・平本 毅・林 誠 (2017). 会話分析入門. 勁草書房.
[6] Schegloff, E. A., Jefferson, G., & Sacks, H. (1977). The preference for self-correction in the organization of repair in conversation. *Language*, *53*, 361-382.
[7] 西阪 仰 (2010). 会話分析基本論集 順番交替と修復の組織. 世界思想社.
[8] 大浜 るい子 (2006). 日本語会話におけるターン交替と相づちに関する研究. 渓水社.
[9] 池永 将和 (2018). 高齢者－若年者間のコミュニケーションの特異性：共同問題解決場面のマイクロアナリシス (Unpublished master's thesis）. 筑波大学大学院人間総合科学研究科, 茨城
[10] 澤田 知恭・岡部 莉子・中尾 菜々子・鷹阪 龍太・原田 悦子 (2021). 高齢者の信頼性判断の学習を支援するのは同世代か異世代か：対話内容の分析, 認知科学会第 38 回大会発表論文集, 554-559
[11] 但馬 かおり (2000). 日英語における会話のスタイルとあいづちの関わりについて. 日本女子大学大学院文学研究科紀要, *7*, 49-60.
[12] 榎本美香 (2009). 日本語における聞き手の話者以降適格場の認知メカニズム. ひつじ書房.
[13] Suzuki, A. (2018). Persistent Reliance on Facial Appearance Among Older Adults When Judging Someone's Trustworthiness. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, *73*, 573-583.

Social touch と direct gaze における母子間脳活動同期
Inter brain synchronization between infant and mother in social touch and direct gaze

都地　裕樹[1,2]，金沢　創[3]，山口　真美[1]
Yuki Tsuji, So Kanazawa, Masami K. Yamaguchi

[1]中央大学，[2]日本学術振興会，[3]日本女子大学
Chuo University, Japan Society for the Promotion of Science, Japan Women's University
tsuji-chuo@tamacc.chuo-u.ac.jp

概要

social touch と direct gaze は、それぞれ２者間の脳活動同期を強めることが報告されているが、双方を同時に扱った実験研究は未だなされていない。本研究では social touch と direct gaze における母子間の脳活動同期を計測する。機能的近赤外分光法（functional Near-Infrared Spectroscopy: fNIRS）を用いて、母親が乳児に話しかけている時の母子間脳活動ハイパースキャニングを行った。

キーワード：母子間ハイパースキャニング，fNIRS, social touch

1. 導入

乳児と大人がインタラクションを取っている際に脳活動が同期することが知られている(Piazza et al., 2019)。Piazza ら（2019）は 12 ヶ月の乳児に対して実験者が相互にインタラクション（絵本を読んだり歌いかけたり）している時と、実験者と乳児がそれぞれ別の大人とインタラクションしている時の乳児と実験者の２者間脳活動同期を比較すると、前者の同期が強いことを示した。このことは乳児と大人の２者間の脳活動同期に相互のインタラクションが重要な役割を果たしていることを示唆している。

乳幼児と養育者のインタラクションでは、身体接触が生じる頻度が高い。この身体接触も乳幼児と養育者の脳活動の同期に影響を与えることが知られている（Nguyen et al., 2021）。母子が身体接触せずに動画を見ている時、乳児を膝の上に乗せて動画を見ている時、interactive free play（向かい合って話しかけたり、触ったり）をしている時の前頭部の脳活動の同期を比較すると、4–6 ヶ月の乳児では interactive free play をしている時に最も脳活動の同期が強かった。さらに、social touch と呼ばれる身体接触の時間が長いほど前頭部の脳活動が同期した。

乳児と大人のインタラクション中の大人の視線の向きも脳活動の同期に影響を与える（Leong et al., 2017)。大人が歌いながら乳児に direct gaze している時と、目を逸らしている時の C3, C4（国際 10-20 法）の neural connectivity を比較したところ、8 ヶ月の乳児と大人の neural connectivity は direct gaze している時の方が強かった。

これらの先行研究から、母親の身体接触と、direct gaze が２者間の脳活動同期を強めることが示唆されるが、双方同時に計測した実験はない。

本研究では、social touch と direct gaze 中の母子間の脳活動同期を計測する。機能的近赤外分光法（functional Near-Infrared Spectroscopy: fNIRS）を用いて、母親が乳児に話しかけている時の母子間脳活動ハイパースキャニングを行った。

2. 実験方法

本実験計画は、身体接触（social touch/no-touch）× 顔の向き（direct/averted gaze）の２要因被験者内計画である。social touch条件では、母親は乳児の腕の約10cm/sの速さで撫で、no-touch条件では乳児に触れなかった。direct gaze条件では、母親は顔と目を乳児に向かって0°の方向へ、averted gaze条件では、顔と目を乳児に向かって左または右15°の方向へ向けた。fNIRSを用いて１分間話しかけている間の母子間脳活動ハイパースキャニングを行った。

2.1. 被験者

3 組の母子（母親：年齢 33.6±4.16 歳　平均±標準偏差、子：女児 2 名，日齢 254±9.87 日　平均±標準偏差）が参加した。

2.2. 実験手順

次の４条件で母親は乳児に1分間話しかけた（図１）。

・**social touch + direct gaze条件**：乳児に顔を向け、約10cm/sで乳児の腕をなでながら話しかける。

・**social touch + averted gaze条件**：乳児に対して顔を横に向け、約10cm/sで乳児の腕をなでながら話しかける。

・**no-touch + direct gaze条件**：乳児に顔を向けて、乳児に触れないで話しかける。

・**no-touch + averted gaze条件**：乳児に対して顔を横に向けて、乳児に触れないで話しかける。

各条件は 30 秒程度の休憩を挟み、被験者内でランダムの順番で行った。

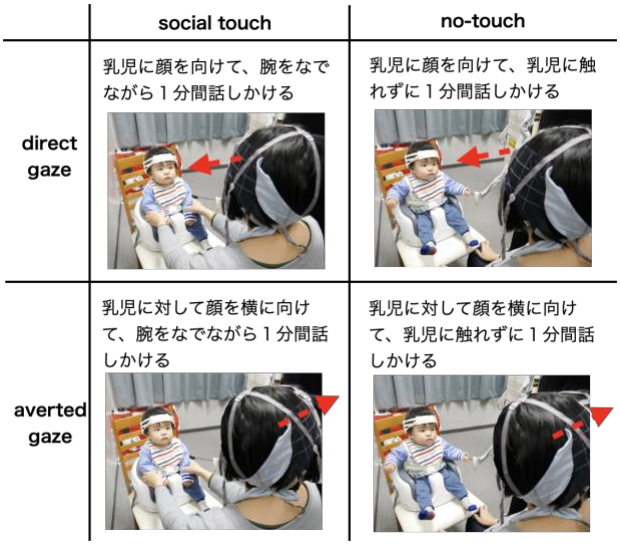


図１．実験条件の組み合わせ：身体接触（social touch/no-touch）× 顔の向き（direct/averted gaze）

2. 3. 測定方法

母親：近赤外分光装置（ETG-4000，日立メディコ，日本）を用いて、脳血流動態反応（oxy-Hb, deoxy-Hb, total-Hb の濃度変化）を計測した。脳血流動態反応は拡張 10–20 法に従った F5, F6 を中心に両前頭部それぞれ 22ch ずつ、計 44ch で測定した。

乳児：近赤外分光装置（ETG-4000，日立メディコ，日本）をもちいて脳血流動態反応を計測した。脳血流動態反応は拡張 10–20 法に従った F3, F4 を中心に両前頭部それぞれ 12ch ずつ、計 24ch で測定した。

2. 4. 解析方法

取得したすべてのデータに 0.02-1[Hz]のバンドパスフィルタをかけた。高周波ノイズが含まれるチャネルのデータは除外した（全体で 1ch）。左半球のチャネル（母親：1-22ch，子：1-12ch）と右半球のチャネル（母親：23-44ch，子：13-24ch）のデータを条件ごとに平均した。各条件で母親と乳児の平均 oxy-Hb の濃度変化の相関（スピアマンの順位相関）を求めた。

3. 結果

母親と乳児の左半球チャネルと右半球チャネルの平均oxy-Hbの濃度変化を図2に示す。各条件で母親と乳児の平均oxy-Hbの濃度変化の相関を求めたところ、左半球ではsocial touch＋direct gaze条件（r_s＝0.13）、no-touch + averted gaze条件（r_s = 0.21）、右半球ではsocial touch＋averted gaze条件（r_s＝0.16）、no-touch＋direct gaze条件（r_s＝0.15）、no-touch＋averted gaze条件（r_s＝0.11）で有意な相関がみられた（p＜0.05/8：Bonferroni法で補正した有意水準）。

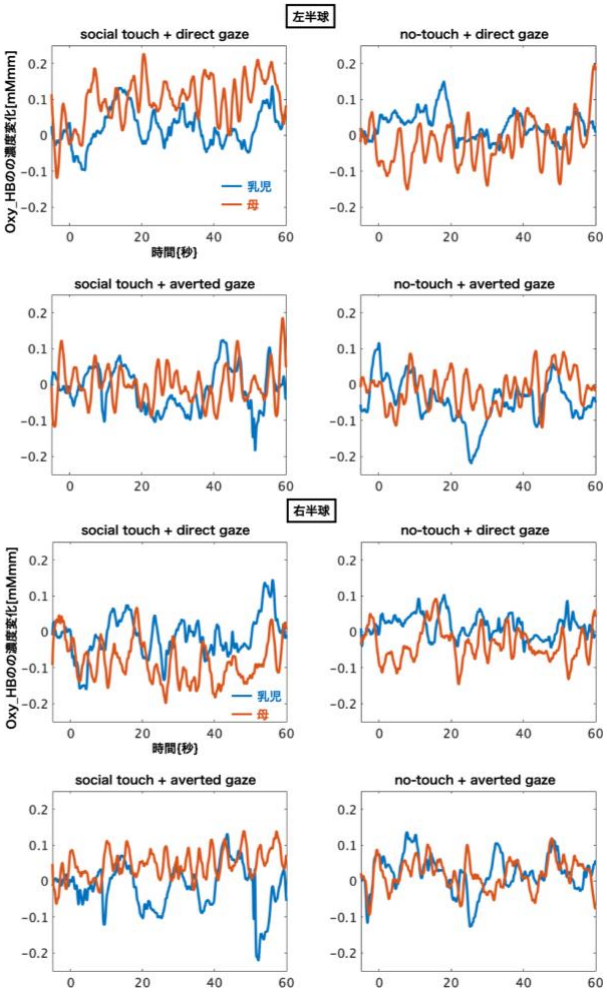


図２．左半球（上）と右半球（下）の各条件における母親と乳児の平均oxy-Hbの濃度変化

データを増やしながら探索的に解析を行い、大会当日に発表する。

文献

[1] Piazza, E. A., Hasenfratz, L., Hasson, U., and Lew-Williams, C. (2020) “Infant and Adult Brains Are Coupled to the Dynamics of Natural Communication.” Psychol. Sci., Vol. 31, 6–17.

[2] Nguyen, T., Abney, D. H., Salamander, D., Bertenthal, B. I., and Hoehl, S. (2021) “Proximity and touch are associated with neural but not physiological synchrony in naturalistic mother-infant interactions.” Neuroimage, Vol. 244, p. 118599.

[3] Leong, V., Byrne, E., Clackson, K., Georgieva, S., Lam, S., and Wass, S. (2017) “Speaker gaze increases information coupling between infant and adult brains.” Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., Vol. 114, pp. 13290-13295

マインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果 —心拍変動解析による検討— Stress reduction effects of mindfulness meditation —Examination by heart rate variability analysis—

近藤 樹[†]，橋本直美[†]，嶋田 総太郎[‡]
Itsuki Kondo, Naomi Hashimoto, Sotaro Shimada
[†]明治大学大学院理工学研究科，[‡]明治大学理工学部
[†]Graduate School of Science and Technology, Meiji University,
[‡]School of Science and Technology, Meiji University
ce221033@meiji.ac.jp

概要
近年，マインドフルネス瞑想によるストレスや不安の低減効果が注目されている．本研究では，客観的指標である心拍変動を用いて，4 週間のオンラインマインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果を検証した．トレーニングは週 1 回のオンラインミーティングと毎日の瞑想訓練によって構成された．その結果，統制群と比較して瞑想群ではストレス負荷時のストレスを感じにくくなることが示された．

キーワード：マインドフルネス瞑想，心拍変動計測

1. 目的

近年，マインドフルネス瞑想による精神疾患や慢性疾患の改善効果が注目され[1]，医療や福祉の現場に限らず健康な成人においても，ストレスや不安の低減など様々な効果が報告されている[2]．また自宅等で行える非対面型のストレス低減法として，オンラインベースでのマインドフルネス瞑想プログラムやアプリが開発・検証されている．それらのオンライン瞑想アプリを用いた研究ではアンケート調査によってストレスや不安，うつに関するスコアが有意に減少したことが報告されている[3]．

マインドフルネス瞑想によるストレス低減効果を調査した先行研究は，アンケート調査による主観的評価が多く，客観的評価を用いた研究事例は少ない．また客観的評価を用いた研究では，マインドフルネス瞑想トレーニング後に安静状態の心拍やコルチゾールを測定し，長期間にわたる瞑想トレーニング効果を検証している[4]．

そこで本研究では瞑想経験前と 4 週間の瞑想経験後に測定を行い，ストレス負荷前からストレス負荷時，その後の瞑想まで一連の心拍の変化をみることで，4 週間のマインドフルネス瞑想トレーニングによる効果を主観的評価と客観的評価を用いて検証する．

2. 方法

2.1. 被験者

健康な 24 名の大学生が実験に参加した． 瞑想群 12 名（男性 7 名，女性 5 名，平均年齢：20.9±1.6 歳）と統制群 12 名（男性 7 名，女性 5 名，平均年齢：20.8±1.1 歳）にランダムに割り当てた．

2.2. 実験デザイン

実験は瞑想群， 統制群ともに図 1 に示す実験の流れに沿って行った．

図 1 実験の流れ

2.2.1. 測定

測定は図 2 の流れに沿って行った．ストレス課題は先行研究[5]を参考に作成し，1022 から 13 を引き続ける暗算タスクを 10 分間行うこととした． 計算を間違えてしまった場合や制限時間（5s）以内に答えられなかった場合は， 再度 1022 に戻る仕組みにした． 主観的指標（アンケート）には State-Trait Anxiety Inventory(STAI)を用い， 最初の安静後， ストレス課題後， 瞑想後に実施した． 客観的指標である心拍に関しては最初の安静時， ストレス課題時， 瞑想時， そして最後の安静時に測定した． なお， 実験において安静時を設けた理由は，ストレス課題前の warming up という役割ではなく，ストレス課題時や瞑想時との比較対象にするためであった． また安静時には目を瞑ることと眠らないようにすることの 2 点のみを指示したのに対し， 瞑想時には呼

吸の瞑想の音源を聴きながら音声のアナウンス通りに呼吸に集中するよう指示した.

図２　測定の流れ

2.2.2.　トレーニングプログラム

1 回目の測定後，参加者は 4 週間のトレーニングプログラムに参加した．瞑想群はマインドフルネス瞑想トレーニングプログラムを，統制群は食事管理プログラム[6]を実施した．各群の毎週の課題を表１に示した.

２つのトレーニングプログラムはどちらも，「週 1 回のオンラインミーティングへの参加」と「毎週の課題」によって構成した．ミーティングでは，前週の振り返りと，その週に行うトレーニングの概要説明をした．瞑想群は各週の瞑想の課題を毎日実践した．統制群は各週の課題で指示されるストレスの解消に効果的な栄養素を毎日摂取し，１日の食事を振り返る食事管理日記を書いた．なお，瞑想の比較対照として食事管理プログラムを用いた理由は，毎日同程度の時間と集中度をもって，トレーニングに取り組むことができると考えたからである.

表１　各群の毎週の課題

	瞑想群	統制群
第１週目	呼吸の瞑想	カルシウム
第２週目	ボディスキャン瞑想	トリプトファン
第３週目	歩行の瞑想	ビタミンＢ1
第４週目	慈悲の瞑想	ビタミンＣ

2.3. 測定方法

生体信号収録装置ポリメイト（Polymate Pocket MP208, Miyuki Giken, Japan）を使用して心拍の測定を行った．心拍を検出するために，ポリメイトに接続した小型 ACT 生体電極(D)（AP-C151(A)-015, Miyuki Giken, Japan）及び小型 ACT 生体電極(RE)（AP-C153-015, Miyuki Giken, Japan）を皮膚に貼り付けた．またサンプリング周波数は 1000Hz とした.

2.4. 解析方法

心拍変動解析には MATLAB（The MathWorks, Massachusetts, USA）を用いて，ECG 信号の R 波間隔の変化から瞬時心拍数(HR: Heart Rate)を算出した．さらにウェーブレット変換により時間周波数解析を行い，低周波数(LF: 0.04-0.15Hz)と高周波数(HF: 0.15-0.4Hz)に分け，LF/HF 値を求めた．その後 HR 値及び LF/HF 値共に，最初の安静時(=1)に対する比率をストレス課題時，瞑想時、最後の安静時において算出し，両群それぞれの測定中の HR 比率及び LF/HF 比率を求めた.

3.　結果

3.1.　アンケートスコア

グループ（瞑想群および統制群）を被験者間因子、フェーズ（最初の安静後，ストレス課題後，瞑想後）を被験者内因子，測定回数（測定 1 回目および測定 2 回目）を被験者内因子とした 3 要因分散分析の結果，測定中の STAI-state において，フェーズと測定回数で交互作用が有意であった（$F(2,44) = 5.782$, $p = 0.006$, $\eta^2 = 0.021$）．Tukey の HSD 検定の結果，ストレス課題後及び瞑想後において測定 1 回目と測定 2 回目の間に有意差があった（ストレス課題後：$HSD < 8.583, r = 0.638$, 瞑想後：$HSD < 3.75, r = 0.555$）．また測定 1 回目では，最初の安静後とストレス課題後（$HSD < 12.33, r = 0.782$），ストレス課題後と瞑想後（$HSD < 12.25, r = 0.841$）において有意差があった．さらに測定 2 回目では，最初の安静後とストレス課題後（$HSD < 5.458, r = 0.500$），ストレス課題後と瞑想後（$HSD < 7.417, r = 0.708$）において有意差があった．両群の測定 1,2 回目における STAI-state の各スコアを図３に示した.

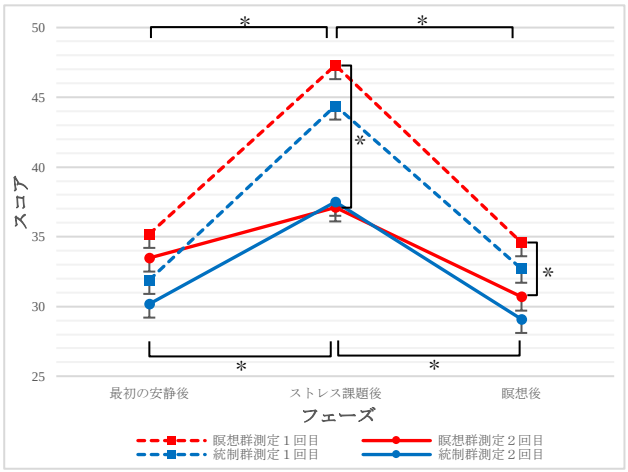


図３　STAI-state の結果（＊：$p < 0.05$）

3.2.　HR 比率

HR 比率に対して 3 要因分散分析を行った結果，交互作用は有意でなかったが、フェーズの有意な主効果があった（$F(2,34) = 26.93$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.256$）．Tukey の HSD 検定より，ストレス課題時と瞑想時（$HSD <$

0.069, r = 0.599)，ストレス課題時と最後の安静時 (HSD < 0.095, r = 0.740)，瞑想時と最後の安静時 (HSD < 0.026, r = 0.455) で有意差があった. また交互作用及び単純主効果の検定で，測定 2 回目におけるグループ間に有意な傾向が見られた（交互作用：$F(1,17) = 3.104, p = 0.096$, 単純主効果の検定：$F(1,34) = 3.111, p = 0.087$）.両群の測定 1,2 回目の各 HR 比率を図 4 に示した.

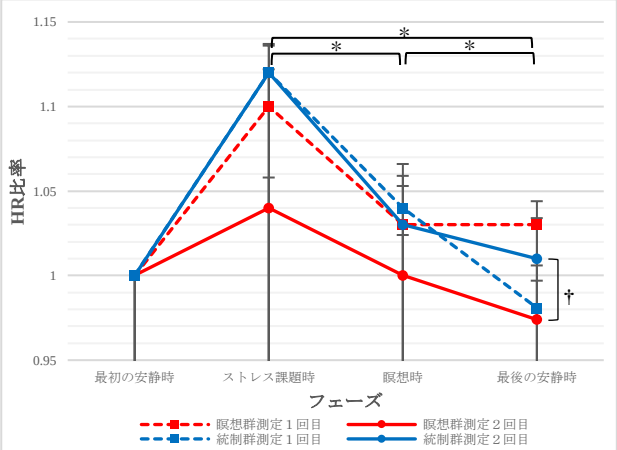


図 4　HR 比率の結果（* ：$p < 0.05$, † : $p < 0.1$）

3.3.　LF/HF 比率

LF/HF 比率に対して 3 要因分散分析を行った結果, グループと測定回数で交互作用が有意であった（$F(1,17) = 7.773$, $p = 0.013$, $\eta^2 = 0.082$）. 単純主効果の検定の結果，測定2回目のグループ間に有意差があった（$F(1,34) = 11.70$, $p = 0.002$）. 両群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における 3 要因分散分析の結果を図 5 (a)に示した。

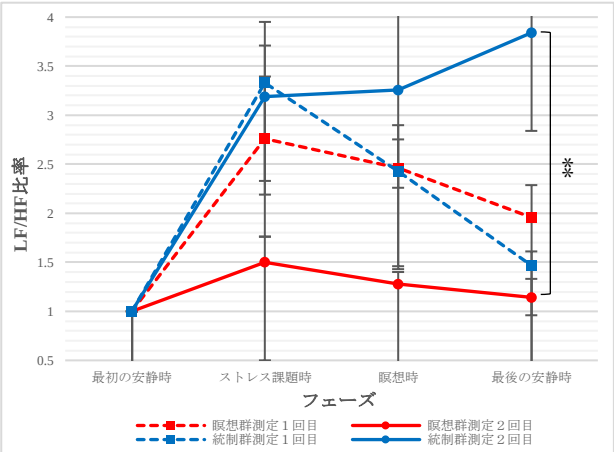


図 5 (a)　LF/HF 比率における 3 要因分散分析結果
（** : $p < 0.01$）

また両群の測定 1,2 回目でのストレス課題時，瞑想時及び最後の安静時において，最初の安静時(=1) より大きくなったかを調べた. その結果，瞑想群の測定 1 回目はストレス課題時，瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった（ストレス課題時：$t(8) = 2.778, p = 0.024\ r = 0.701$，瞑想時：$t(8) = 3.320, p = 0.011, r = 0.761$，最後の安静時：$t(8) = 2.948, p = 0.018\ r = 0.722$）. 瞑想群の測定 2 回目では瞑想時において有意差があったが，ストレス課題時及び最後の安静時において有意差がなかった（ストレス課題時：$t(8) = 1.903, p = 0.094, r = 0.558$，瞑想時：$t(8) = 2.324, p = 0.049, r = 0.635$，最後の安静時：$t(8) = 0.739, p = 1.860, r = 0.253$）. 瞑想群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における最初の安静時 (=1) との t 検定の結果を図 5 (b)に示した.

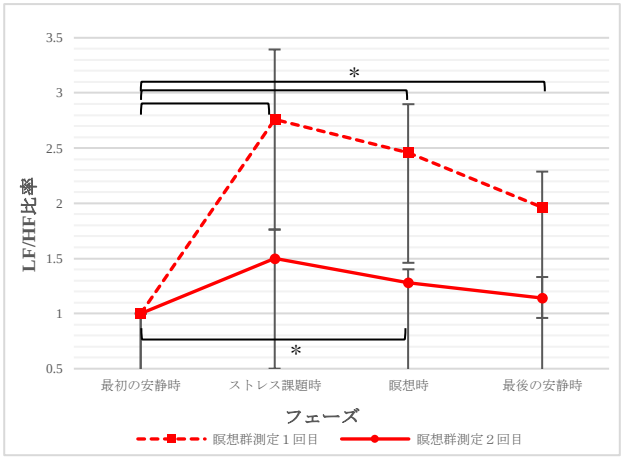


図 5 (b)　LF/HF 比率における
最初の安静時(=1) との t 検定の結果（瞑想群）
（* : $p < 0.05$）

統制群については，測定 1 回目はストレス課題時，瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった（ストレス課題時：$t(8) = 3.751, p < 0.01, r = 0.781$，瞑想時：$t(8) = 4.439, p < 0.01, r = 0.829$，最後の安静時：$t(8) = 3.358, p < 0.01\ r = 0.746$）. 測定 2 回目も同様にストレス課題時，瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった（ストレス課題時：$t(8) = 4.213, p < 0.01, r = 0.815$，瞑想時：$t(8) = 2.561, p = 0.031, r = 0.649$，最後の安静時：$t(8) = 2.730, p = 0.023, r = 0.673$）. 統制群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における最初の安静時(=1) との t 検定の結果を図 5 (c)に示した.

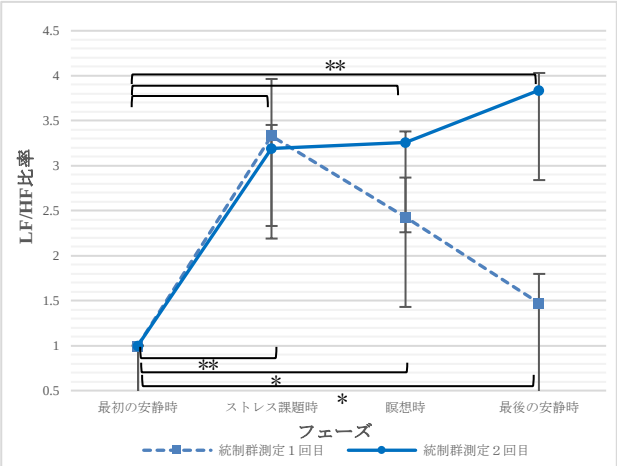


図５(c)　LF/HF 比率における
最初の安静時(=1)との t 検定の結果（統制群）
（* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$）

4.　考察

4.1.　STAI-state における考察

STAI-state において，測定 1 回目も測定 2 回目もストレス課題後に比べ瞑想後で有意に減少した（図３）．先行研究より, 瞑想トレーニングによって STAI-state のスコアが有意に減少することが報告されている[7]．この結果から主観的評価において，瞑想初心者及び瞑想経験者共に，ストレス課題によってストレスが増加し、その直後に瞑想をすることでストレスが低減することが示唆された.

またストレス課題後において、測定 2 回目のスコアが測定 1 回目に比べ有意に小さくなった（図３）．したがって，ストレス課題によるストレス負荷具合がトレーニングの前後で変化し，ストレス耐性効果が表れたことが示唆された．加えて，瞑想後においても，測定 2 回目のスコアが測定 1 回目に比べ有意に下がった（図３）．被験者は測定 2 回目でも測定 1 回目と同様の実験をすることを知らされていたために，最初の安静後に比べ瞑想後でストレスから解消されたことが原因でスコアに影響を及ぼし，測定 1 回目と差が出たと考えられる．また別の見解として，STAI-state のスコアの一連の変化に注目すると，ストレス課題後において測定 1 回目より測定 2 回目の方が有意に小さくなり，その状態から測定 1 回目同様，測定 2 回目でも瞑想によるストレス低減効果が表れたことで, 瞑想後における測定 1 回目と測定 2 回目の間で有意差が出たとも考えられる.

4.2.　HR 比率における考察

HR 比率において，測定 1 回目も 2 回目もストレス課題時に比べ瞑想時で有意に減少した（図４）．先行研究より，ストレス負荷時に HR が有意に高くなることが報告されている[5]．したがって，客観的評価において，ストレス課題によってストレスが負荷され、その直後に瞑想をすることでストレスが低減することが示唆された.

4.3.　LF/HF 比率における考察

測定 2 回目では統制群より瞑想群の方が LF/HF 比率が有意に低くなった（図５(a)）．また両群の測定 1,2 回目でのストレス課題時，瞑想時及び最後の安静時において，最初の安静時(=1)との t 検定を行った結果，瞑想群の測定 2 回目のみ，ストレス課題時及び最後の安静時で有意差がなかった（図５(b)(c)）．先行研究では，心拍変動解析により算出した LF/HF がストレスレベルの評価に関連していることが報告されている[8]．測定１回目では両群共にストレス課題によりストレスを大きく受けているが，測定 2 回目の瞑想群は統制群と比較すると，LF/HF 比率の上昇が大幅に抑えられていることが読み取れる．以上のことから，本研究で使用した 4 週間のマインドフルネス瞑想プログラムは，ストレス低減効果を高め，生理的なストレス変化を起きにくくすることが示唆された.

4.4.　HR と LF/HF の比較における考察

本研究では，客観的指標として先行研究[5,8]でもストレス評価の際に使用されている HR 及び LF/HF を用いてマインドフルネス瞑想の効果を検討した．自律神経系には，交感神経系と副交感神経系があり, HR と LF/HF はどちらも自律神経系の活動の指標とされる．HR は交感神経系が賦活すると上がり，副交感神経系が賦活すると下がる. LF/HF は交感神経と副交感神経のバランスを表すストレス指標であり, HF 成分は副交感神経活動に影響を受け, LF 成分は交感神経と副交感神経の両方の活動に影響を受ける.

今回測定した心拍変動から算出した HR 比率と LF/HF 比率の結果について比較する. HR 比率ではストレス課題時と瞑想時，及び瞑想時と最後の安静時で有意差が見られたが（図４）, LF/HF 比率では見られなかった（図５）．これらの結果について, HR は ECG 信号の 1 分間における R 波間隔の数から算出するのに対し，

LF/HF は心拍変動から周波数成分を算出して求めるといった計算方法の違い（2.4 参照）から結果に違いが生じたことが原因と考える．一方, 瞑想群の測定 1 回目と測定 2 回目の間においては HR 比率で有意傾向（図４）, LF/HF 比率で有意差が見られた（図５）．本研究で行った瞑想トレーニングは 4 週間で, 先行研究に比べると比較的短期間のトレーニングであった[9]. したがって, より長期的に行うことができれば, HR 比率においても更なるトレーニング効果が表れると考える.

5. 結論

本実験では, 客観的指標である心拍変動を用いて, 4 週間のオンラインマインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果を検証した. その結果, 主観的評価と客観的評価共に, 瞑想トレーニングはストレス低減効果を高め, 生理的なストレス変化を起きにくくすることが示唆された. ストレス負荷前からストレス負荷時, その後の瞑想まで一連の心拍の変化をみることで, ストレス耐性効果やストレス負荷状態後のマインドフルネス瞑想によるストレス低減効果を実際に生理的に示したことが本研究の新たな発見といえる. 今後, 脳波や呼吸など心拍変動以外の生理指標を用いて, 更なるトレーニングの有効性を検証していく必要があると考える.

6. 参考文献.

[1] Wahbeh, H. (2018). “Internet Mindfulness Meditation Intervention (IMMI) Improves Depression Symptoms in Older Adults”, Medicines (Basel), 5(4), 119.

[2] Lemay, V., Hoolahan, J., & Buchanan, A. (2019) “Impact of a Yoga and Meditation Intervention on Students' Stress and Anxiety Levels”, Am J Pharm Educ, 83(5), 7001.

[3] Lahtinen, O., Aaltonen, J., Kaakinen, J., Franklin, L., & Hyönä, J. (2021). “The effects of app-based mindfulness practice on the well-being of university students and staff”, Current psychology (New Brunswick, N.J.), 1–10, Advance online publication.

[4] Brinkmann, A, E., Press, S, A., Helmert, E., Hautzinger, M., Khazan, I., & Vagedes, J. (2020) “Comparing Effectiveness of HRV-Biofeedback and Mindfulness for Workplace Stress Reduction: A Randomized Controlled Trial” Appl Psychophysiol Biofeedback, 45(4), 307-322.

[5] Yao, Z., Zhang, L., Jiang, C., Zhang, K., & Wu, J. (2016) “Stronger cortisol response to acute psychosocial stress is correlated with larger decrease in temporal sensitivity”, PeerJ, 4

[6] McCabe, D., Bednarz, J., Lockwood, C., & Barker, TH. (2020) “Specific Nutrient Intake Via Diet and/or Supplementation in Relation to Female Stress: A Cross-Sectional Study”, Womens Health Rep (New Rochelle), 1(1), 241-251.

[7] La, Torre, G., Raffone, A., Peruzzo, M., Calabrese, L., Cocchiara, R, A., D'Egidio, V., Leggieri, PF., Dorelli, B., Zaffina, S., Mannocci, A., & Yomin, Collaborative, Group. (2020) “Yoga and Mindfulness as a Tool for Influencing Affectivity, Anxiety, Mental Health, and Stress among Healthcare Workers: Results of a Single-Arm Clinical Trial”, J Clin Med., 9(4), 1037.

[8] Von, Rosenberg, W., Chanwimalueang, T., Adjei, T., Jaffer, U., Goverdovsky, V., & Mandic, DP. (2017) “Resolving Ambiguities in the LF/HF Ratio: LF-HF Scatter Plots for the Categorization of Mental and Physical Stress from HRV”, Front Physiol, 8, 360.

[9] Younge, JO., Wery, MF., Gotink, RA., Utens, EM., Michels, M., Rizopoulos, D., van, Rossum, EF., Hunink, MG., Roos-Hesselink, JW. (2015) “Web-Based Mindfulness Intervention in Heart Disease: A Randomized Controlled Trial”, PLoS One, 10(12), e0143843.

知覚運動課題に対する飽きの生起と抑制に関与する環境要因の検討
Environmental Factors involving Occurrence and Regulation of Boredom in Perceptual-Motor Task

米田 凌 †, 西川 純平 †, 長島 一真 †, 森田 純哉 †, 寺田 哲也 ‡
Ryo Yoneda, Jumpei Nishikawa, Kazuma Nagashima, Junya Morita, Tetsuya Terada
† 静岡大学, ‡ マツダ株式会社
Shizuoka University, Mazda Motor Corporation
yoneda.ryo.17@shizuoka.ac.jp

概要

外部環境との相互作用を伴う知覚運動課題において一定のパフォーマンスを維持するためには，作業者の覚醒度を適切に調節することが必要である．知覚運動課題における覚醒度に影響を与える要因として，学習や飽き，環境からの刺激などが想定される．これらの影響を，スクロールする線を円で追いかける課題を用いて検討した．初めの 2 つの実験は，クラウドソーシングを利用し，オンライン環境において実施した．実験 1 は，課題中の外部刺激の種類を変更し，実験 2 では，課題中に刺激を切り替えることの効果を検討した．これらの実験から，時間の経過に伴い，知覚運動課題のパフォーマンスが逆 U 字の形状を描くことが示された．しかし，そのようなパフォーマンスの変化に及ぼす刺激の効果は明らかとはならなかった．実験 3 では，対面環境において心拍を測定し，知覚運動課題中の覚醒度の変化を検討した．さらに，課題中の心拍から刺激を適応的に切り替える機構の有効性を検討した．結果として，課題の継続に伴って，心拍間隔が揺り戻しを伴いつつ増大していく様子が確認された．さらに，そのような心拍間隔の増大を抑えるための適応的な刺激変化を実現するための課題が明らかになった．これらの知見をまとめ，知覚運動課題において覚醒度が推移するメカニズム，およびそれを最適化する要因を議論する．飽きが知覚運動課題のパフォーマンスに影響を及ぼすことが確認された．

キーワード：感情, 覚醒度, 意思決定, 二重過程理論, WCST

1. はじめに

外界とのインタラクションを伴う作業（知覚運動課題）を，一定の質を保ちつつ継続するためには，作業者の覚醒水準（注意，あるいは集中）を適正に統制する必要がある．知覚運動課題における覚醒水準に影響する要因としては，時間の経過による習熟や飽き（馴化），外的な刺激による覚醒の喚起を想定できる．これらの要因は独立しつつも相互に関連し，複雑な影響を作業効率に及ぼす．

上記の要因のうち，飽きは習熟の結果として生じるとも考えられる．知覚運動課題に習熟することは，知覚された環境に対して，適正な運動を出力することである．当初は過剰あるいは過小な出力がなされ，作業者による自身の運動の予測と実際の運動の出力に不一致（予測誤差）が生じる．こういった予測誤差は，習熟によって減少していく．そして，予測誤差の低減は，一般的に飽きを導くとされる．

予測誤差の減少による飽きの生起は，知覚と運動の協調関係が習熟されることによってのみ生じるわけではない．同一の外部環境に長くとどまることで，環境の変化に関する予測の精度が向上し，飽きが生じることもありうる．また，そのような外部環境に対する予測誤差の消失は，環境に内在する変化のパターンの種類によって速くなったり遅くなったりすると考えられる．

本研究では単調な知覚-運動課題を用いた実験を通して，覚醒水準に関わる要因間の複雑な相互作用に関わる基礎データを取得することを試みる．ここで得られたデータを活用することで，人間の覚醒水準の変化を予測する詳細な計算機モデルの構築およびそのモデルに基づく介入システムの構築が達成されると考えている．

本報告では 3 つの実験を通して，知覚運動課題における習熟と覚醒水準，外的環境の関係を検討していく．実験 1 と実験 2 はクラウドソーシングにて行われ，覚醒度に及ぼす外敵環境の影響が検討された．実験 3 は実験室にて対面の実験を実施し，詳細な覚醒度に関する指標を取得した．また，この実験では適応的な刺激の提示を行うための実験条件が試行錯誤的に探索された．実験 3 に関して，本報告では各参加者のデータを事例として示しつつ，覚醒度が課題の成績に及ぼす影

響，外的環境による介入の効果を議論する．

2. 関連研究

単調な知覚運動課題における集中は多くの研究で扱われてきた．たとえば，Psychomotor vigilance task (PVT) は睡眠不足による注意の低下を検討する課題として頻繁に用いられてきた [1]．この課題中，参加者は画面に表示される対象を注視し，対象に動きが生じるごとに，可能な限り速い速度でキー押しを行う．その反応時間から，睡眠や疲労による認知処理への影響が検討される．

また，大林ら [2] はオフィスにおける単調な知的作業に関する集中力の指標を開発し，適切な休憩の条件を検討する研究パラダイムを提起している．この研究から得られた反応時間の分布により，人は長期の作業を継続する際に，短期的な休息と長期的な休息を使い分けることが明らかになっている．さらに，これらの休憩の分布は，空調などの環境要因によって変化することが示されている．

上記の研究にみられるように，人間の覚醒水準は外的な環境に影響される．そのなかでも照明や背景音楽など，作業者が直接意識を向けない刺激（アンビエント刺激）について，多くの研究が行われている．その一環として，米田と森田 [3] は，クラウドソーシングを介した実験により，音や光が課題の成績に影響することを示した．また，そのような覚醒水準に影響を及ぼす刺激を心拍によって変動させ，ホメオスタシスの維持を狙うシステムを構築した [4]．

3. 課題

本研究では，知覚運動課題における習熟，飽き，外的刺激の効果を検討するために，単純な路線追従課題を設定した．図 1 に課題のスクリーンショットを示す．この課題の参加者は，40ms ごとに 1 ピクセル分，画面上部から下部にスクロールする直線を円でフォローすることを求められる．

もともと，この課題は自動実行機能への依存を検討するために考案されたものである [5]．その単純さゆえ，認知アーキテクチャなどをベースとしたトップダウン的なモデルの構築が容易という利点もある [6]．

本研究では，この単純な課題に対して，本研究の目的に合わせた修正を行った．まず，短時間での飽きを誘発するために，ランダムに組み合わされるコースパターンのうち，直線が選ばれる比率を 90%に設定した．また，同じコースが 1 分の周期で繰り返される構造とした．さらに課題中の覚醒水準の変化を検討するために，定期的にポップアップされるウィンドウ（プローブ）にて課題への集中の度合いを回答させる機能を構築した．なお，プローブの提示とコースの切り替えが同時になることを防ぐため，プローブの提示間隔は 50 秒を平均値とする正規分布によって決定した，

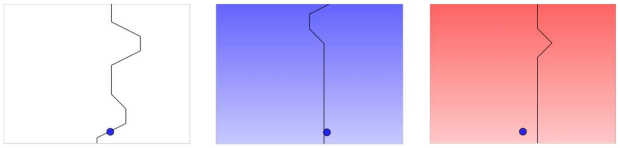


図 1: 課題中のスクリー

4. 実験 1：外的環境の効果

実験 1 は 3 節に示した課題を対象に，(1) 課題の習熟と飽きに関する行動指標，(2) 課題の習熟と飽きに対する外的環境の影響を検討する．

4.1 方法

4.1.1 参加者と実験デザイン

クラウドソーシングサイトにおいて参加者を募集した．募集の画面に貼られた URL をクリックすることで実験サイトにアクセスした 284 名が分析の対象となった．これらの分析対象者は，実験サイトにアクセスした順に下記の要因によって操作される 9 条件に割り当てられた．

- 視覚刺激
  - 刺激無：背景が白色の画面（図 1 左）で課題を行う
  - 低覚醒：背景が青色の画面（図 1 中）で課題を行う
  - 高覚醒：背景が赤色の画面（図 1 右）で課題を行う
- 音刺激
  - 刺激無：無音の中で課題を行う
  - 低覚醒：BPM80 の音刺激を聴取しつつ課題を行う
  - 高覚醒：BPM120 の音刺激を聴取しつつ課題を行う

上記の高覚醒／低覚醒と刺激の対応は，[3] に従うものである．

4.1.2 手続き

クラウドソーシングで募集された参加者は，課題に関する説明を自身のペースで読了した後に，課題内容の理解を確認するテストに回答した．このテストにおいて，音刺激の試聴も行われた．スピーカーから提示されるビープ音の回数をカウントさせ，それに正解しない限りは本課題に進めなかった．課題は 30 分間行われ，終了と同時にアンケート画面に遷移した．

4.2 結果と考察

4.2.1 ドロップアウト率

実験サイトへのアクセスがあったものの，30 分の課題を途中で中断（ドロップアウト）した参加者をカウントした．クラウドソーシングによる募集においては，通常でも多くのドロップアウトが生じる．飽きを対象とした本研究においてはドロップアウトされた参加者の比率（ドロップアウト率）そのものが有用なデータとなる．

ドロップアウトデータの決定は 2 段階のプロセスを経た．まず，所定の回数（30 回），プローブに回答していない参加者をドロップアウトとみなした．すでに述べたように，プローブは 50 秒に一回程度の頻度で発生する．そのため，課題を最後まで完遂していれば，プローブへの回答数は 30 以上取得されるはずである．

また，記録されたプローブの反応時間の分布から，異常な値をもつデータをドロップアウトとみなした．図 2 は全参加者の全試行（プローブに対する反応）を対象としたプローブ反応時間のヒストグラムを示す．図より右側に分布が広がるロングテールを確認できる．つまり，プローブに対する反応時間が極端に大きい試行が存在することが示され，課題を途中でドロップアウトした参加者の存在が示唆される．この反応時間の分布からスミルノフ＝グラブス検定による外れ値判定を行い，8.33 秒 ($p < .0001$) を上回る反応時間をもつデータを除外した．

表 1 は上記の 2 ステップにより除外された参加者数の条件別の内訳を示す．この除外に関して，9 条件間の比率の差を検定した．結果，比率の偏りは有意とはならなかった ($\chi^2(8) = 4.80, n.s.$)．

4.2.2 行動指標

図 3 は，ドロップアウトデータを除外した上でのプローブへの反応時間，オンライン率（全課題時間でラインをフォローできていた時間の割合）の推移を示している．なお，ここでは 30 分の課題時間を 6 分割して，これらの結果を示している．

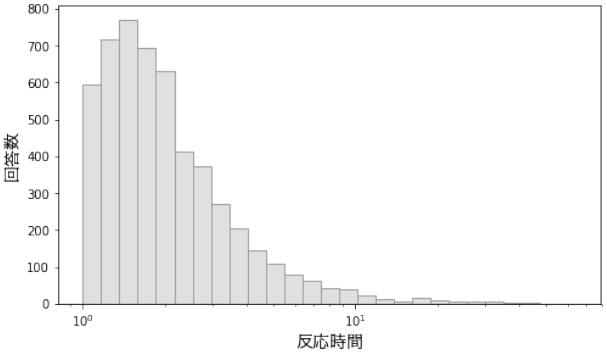


図 2: プローブ反応時間のヒストグラム

表 1: 各条件の参加者のうち，除外された人数

		視覚刺激		
		刺激無	高覚醒	低覚醒
音刺激	刺激無	2/29	3/28	2/31
	高覚醒	2/25	5/29	2/32
	低覚醒	2/34	1/26	2/29

各指標について 3 要因（音刺激 × 視覚刺激 × 時間）の分散分析を実施した．結果，プローブ反応時間において，時間の主効果が認められ ($F(5, 1165) = 21.72$, $p < .01$)，初めの区間と他の区間での差が有意となった (Holm 法による多重比較: $p < .05$)．すなわち，ドロップアウトを除いた参加者においては課題の初期においてプローブ反応に対する習熟が生じていたと解釈できる．

オンライン率においても時間の主効果が有意となったが ($F(5, 1165) = 6.55$, $p < .01$)，この指標においては時間と音刺激の交互作用 ($F(10, 1165) = 2.26$, $p < .05$)，時間と視覚刺激 ($F(10, 1165) = 2.05$, $p < .05$) の交互作用が有意となった．前者の単純主効果検定により，音刺激のない条件においては初めの区間からのオンライン率の上昇が認められ (時間の主効果: $F(5, 1165) = 5.59$, $p < .01$, Holm 法による多重比較)，高覚醒の音刺激が提示された条件では最後の区間の課題成績がピーク（第 2，第 3 区間）から低下することが示された (時間の主効果: $F(5, 1165) = 4.33$, $p < .01$, Holm 法による多重比較)．また，後者の単純主効果検定からは視覚刺激のない条件において，ピークから（第 2，第 3 区間）課題終盤（第 5，第 6 区間）への成績の低下が観察された (時間の主効果: $F(5, 1165) = 4.83$, $p < .01$, Holm 法による多重比較)．

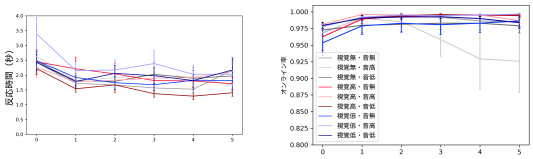


図 3: 実験 1 の行動指標 (左: プローブ反応時間, 右：オンライン率)

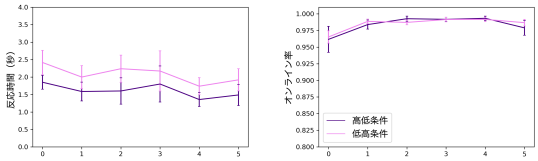


図 4: 実験 2 の行動指標 (左: プローブ反応時間, 右：オンライン率)

以上より，オンライン率における習熟の効果は，音刺激のない条件において顕著に観察され，課題後期の飽きは，視覚刺激がなく高覚醒の音刺激が提示された条件で観察されたといえる．

これらより，実験 1 では，オンライン環境において得られる行動指標から，習熟および飽きの効果を認めたといえる．これらに対する外的環境の影響については，存在は確認されたものの，刺激モダリティ間の複雑な交互作用が存在し，容易には解釈できないものとなった．

5. 実験 2：外的環境の変化

実験 2 では，外的環境を途中で変化させることによる覚醒度の復帰を扱う．冒頭で述べた予測誤差の考えに従えば，外的環境に対する予測との不一致は，新規な刺激パターンの出現により，覚醒水準を復帰させると予測されれる．特に本実験では，実験 1 における高覚醒度刺激から低覚醒度刺激への遷移，低覚醒度刺激から高覚醒度刺激への遷移を条件とし，それぞれの条件による覚醒度を反映した行動指標の変化を検討する．

5.1 方法

実験参加者はクラウドソーシングにて募集された 41 名である．アクセスした順に以下の条件が均等になるように割り当てられた．

- 高低条件: 前半に音刺激・視覚刺激ともに高覚醒の刺激を提示し，後半に低覚醒の刺激を提示する．
- 低高条件：高低条件とは逆のパターンで刺激を提示する．

実験の手続きは実験 1 と同様であった．

5.2 結果と考察

5.2.1 外れ値除去

実験 1 と同じ手続きでドロップアウトを判定した．高低条件において 18 名中 2 名，低高条件において 23 名中 4 名分のデータが除去された．χ^2 検定の結果，条件間の差はなかった（$\chi^2(1) = 0.014, n.s$ ）．

5.2.2 行動指標

図 4 は実験 2 におけるプローブへの反応時間，オンライン率の推移を示す．これらの指標に対して，2 要因 (刺激条件 × 時間) 分散分析を実施した．結果，プローブ反応時間に有意な効果が認められず，オンライン率において第一区間から，それ以外の区間への上昇が認められた (時間の主効果: $F(5, 1165) = 5.44$, $p < .01$, Holm 法による多重比較）．

上記の結果，切り替える刺激の種類によらず，実験 2 ではオンライン率の上昇が導かれた．一方で実験 1 の一部の条件で認められた課題終盤でのオンライン率の低下は認められなかった．実験 2 において，飽きの効果が観察されなかったことは，覚醒水準の維持に対する刺激切り替えの有効性を示唆する．ただし，実験 2 における 2 条件のオンライン率に対して，実験 1 の対応する条件（音刺激・視覚刺激ともに高覚醒，音刺激・視覚刺激ともに低覚醒）と比較しても有意な結果は得られなかった．

6. 実験 3：生体信号に駆動された環境変化

上記 2 つの実験は，行動指標のみを分析の対象とし，覚醒度の変化を直接的に観察していなかった．実験 3 では本研究で設定する路線追従課題において取得される心拍計測の事例を示す．また，心拍によって計測される覚醒度に応じて刺激を適応的に変化させるための条件も探索した．

6.1 方法

6.1.1 参加者と条件

実験は複数の条件で行った．ここでは解釈可能な心拍データの得られた結果のみを報告する．これらのデータは以下の 3 条件において得られた．

- 参加者 1: 刺激無 → 刺激無
- 参加者 2: 刺激無 → 低覚醒
- 参加者 3: 高覚醒 → 低覚醒

参加者 2，3 において刺激の切り替わるタイミングは，心拍指標を用いることで設定された．心拍指標としては SDNN (Standard Deviation of NN) を設定した．この指標は自律神経のゆらぎを扱う指標として用いられる．覚醒水準の高い状況では SDNN が低下し，覚醒水準の低下によって SDNN が上昇する．課題中のこの指標が，課題前の安静状態（ベースライン）において計測された SDNN の平均に SD の 3 倍を加えた値（3*SD）を初めて上回ったときに自動的に刺激が変化した．なお，SDNN を算出する際に，心拍間隔（RRI）が 500ms 未満と 1500ms を超過していた場合は計測のアーチファクトとして除外した．

6.1.2 機材

無線接続により計測可能な MyBeat (Union tool) を心拍計として用いた．

6.1.3 手続き

参加者は心拍計を胸に装着した状態で課題に取り組んだ．課題時間や教示は実験 1，2 と同じである．

6.2 結果と考察

図 5 に各参加者から計測された RRI (R-R interval)，SDNN，オンライン率，プローブ反応時間を示す．SDNN のグラフにおける緑の水平線はベースラインにおける平均に 3*SD を加えた値を示している．

各参加者の特徴は以下のように記述できる．

- 参加者 1：課題中盤から終盤に向けて SDNN が上昇をした．
- 参加者 2：課題の終盤に SDNN の上昇が確認された．また，課題の序盤と中盤で，アーチファクトによる SDNN の上昇があった．最初のアーチファクトが発生した 400 拍付近で刺激は切り替わった．
- 参加者 3：課題終盤に，SDNN が上昇した．また，課題の序盤では，複数回にわたるアーチファクトによって SDNN が上昇した．そのため，課題の序盤で刺激が切り替わった．

課題の序盤や中盤にアーチファクトが発生した事例はあるものの，全参加者の傾向をまとめれば，SDNN は課題の終盤に向けて増加傾向にあるといえる．6.1.1 節で述べたように，SDNN の上昇は覚醒度の低下を反映しており，課題の終盤において参加者に課題への飽きが発生した可能性が示される．

ただし，このような SDNN の相対的な増加によって飽きを検出し，刺激を切り替えることの有効性については疑問が残る．参加者 2 と 3 では大きなアーチファクトによって，刺激が切り替わった．この動作は実験の設定上意図したものではなかったが，アーティファクトを除いたとしても，これらの参加者の SDNN が刺激を切り替える基準値（ベースラインの平均に 3*SD を加えた値）を超えることはなかった．このことから，本実験で設定した刺激を切り替える基準は，課題中の参加者の覚醒度の低下を判定するには高すぎた可能性がある．したがって，覚醒度の低下に応じた適応的な刺激の切り替えを行うためには，現在よりも低い値に刺激切り替えの基準を設定する必要があると考えられる．

一方で，この方法ではアーチファクトの発生に対応することができない．アーチファクトへの対処として，SDNN の算出に用いられる RRI の範囲を狭くすることが考えられる．参加者 2 や参加者 3 において今回刺激切り替えのトリガーとなった RRI は 1200ms を超えていたものの，課題実施時にアーチファクトの基準として設定していた 1500ms よりは小さいものであった．そのため，今後，課題中のアーチファクトの判定基準を 1500ms から 1200ms に変更することで，本来の覚醒度の変化に適応した刺激切り替えを実現できると考える．

また，心拍とそれ以外の指標を組み合わせることでも，覚醒度推定の精度は向上するだろう．まず，オンライン率やプローブ反応時間などの行動指標と心拍を組み合わせることが考えられる．そうすることで，課題のパフォーマンスが低下してきたタイミングで SDNN が上昇したときの刺激の切り替えが可能になる．また，皮膚コンダクタンス反応，眼球運動などの生体指標を組み合わせることも考えられる．複数の生体指標を用いることで，特定の指標にアーチファクトが発生しても，覚醒度の推定に及ぼす影響は小さくなる．このように，覚醒度を推定するために複数の生体

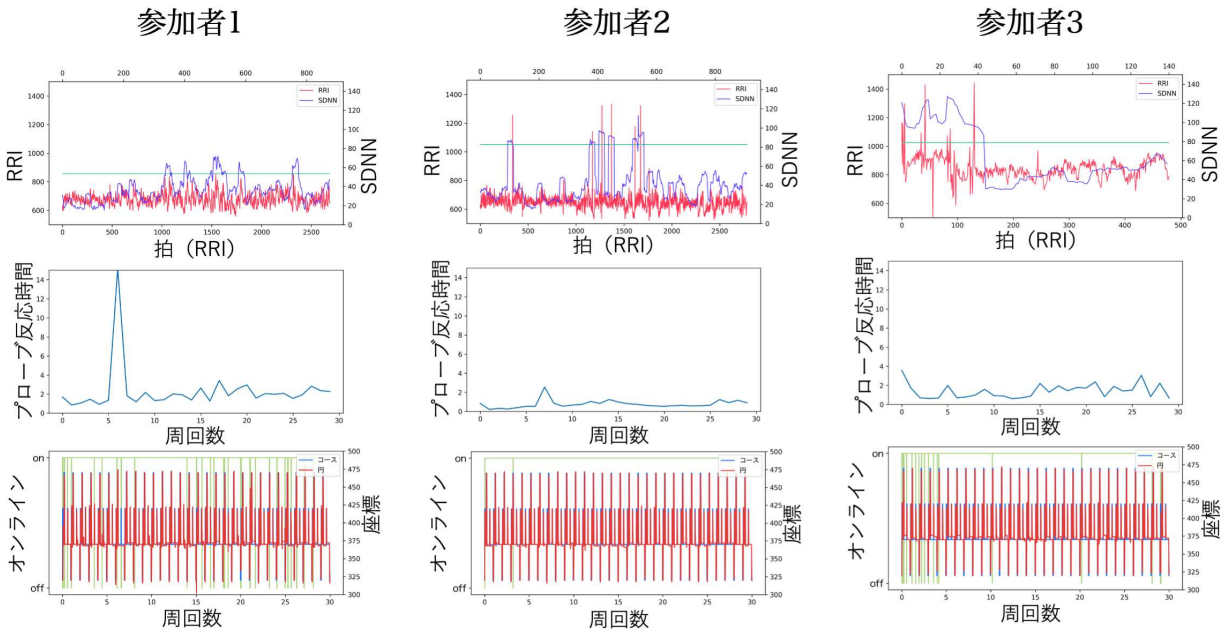


図 5: 実験 3 における各参加者の結果．上段: 心拍データ（赤線: RRI, 青線: SDNN，緑線: ベースラインの平均+3SD），中段: プローブ反応時間，下段: 路線追従課題の行動指標 (赤線: 円の座標，青線: フォローすべき座標，緑線: オンライン判定)

指標を用いることで，アーチファクトによらずに安定した覚醒度の推定が可能になるだろう．

7. おわりに

本研究では知覚運動課題における覚醒水準に及ぼす習熟と飽き，外的環境の影響を検討した．実験の結果，設定された課題に対するそれぞれの効果は確かめられたものの，要因間の相互作用に関しては依然として解釈が困難なものとなった．これらの解釈の困難さは，今後，個々のデータに対する検討を追加することで解決できる可能性がある．クラウドソーシングから得られたデータに関しては，より工夫されたドロップアウトデータの判定方法を開発する必要がある．また，生理データの取得に関しては，ノイズ判定の精度の向上と実験参加者数の増加が求められる．さらに，これらのデータと対応付けられる計算機モデルを構築することで，知覚運動課題における覚醒水準を適正に保つ条件を検討できると考えている．

文献

[1] Jillian Dorrian, Naomi L Rogers, and David F Dinges. *Psychomotor vigilance performance: Neurocognitive assay sensitive to sleep loss*. CRC Press, 2004.

[2] Fumiaki Obayashi, Kazune Miyagi, Kyoko Ito, Kazuhiro Taniguchi, Hirotake Ishii, and Hiroshi Shimoda. Objective and quantitative evaluation of intellectual productivity under control of room airflow. *Building and Environment*, 149:48–57, 2019.

[3] Ryo Yoneda and Junya Morita. The internal state mediating between decision-making and arousal. In *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction*, HAI '21, page 75–83, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.

[4] 米田 凌 and 森田 純哉. 心拍変動を用いた認知課題中の情動制御. In *WISS 2021:* **第 29 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ**, 2021.

[5] Akihiro Maehigashi, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai, Kazuaki Kojima, and Junya Morita. Experimental investigation of calibration and resolution in human-automation system interaction. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, E96.A(7):1625–1636, 2013.

[6] Junya Morita, Kazuhisa Miwa, Akihiro Maehigashi, Hitoshi Terai, Kazuaki Kojima, and Frank E. Ritter. Cognitive modeling of automation adaptation in a time critical task. *Frontiers in Psychology*, 11, 2020.

授業動画におけるバーチャルアバターのジェスチャーがもたらす効果
The Effect of Virtual Avatar Gestures in Video Lecture on Learners

小島 隆次[†]
Takatsugu Kojima
[†]滋賀医科大学
Shiga University of Medical Science
kojima@kojima-lab.net

概要
本研究は、バーチャルアバターを用いた授業動画の学習者への効果に関して、バーチャルアバターのジェスチャーがもたらす効果を検討した。
その結果、バーチャルアバターの適切なジェスチャーは授業動画の視聴しやすさ評価に効果があることが示された。また、学習者が授業動画において、教授者の振る舞いの自然さなどの要素を重視するのか、あるいは授業で伝達すべき情報を重視するのかによって、バーチャルアバターのジェスチャーに対する評価が異なることも示唆された。

キーワード: 授業動画, バーチャルアバター, ジェスチャー

1. はじめに

オンデマンド型の遠隔授業で用いられる動画教材は、概ね、プレゼンテーションソフトのスライドなどの授業資料を提示しつつ、①教授者が音声のみで解説を行うもの、②教授者が動画内に登場して解説を行うもの、の 2 種類に大別できる。そして、②のケースについては、昨今では教授者としてバーチャルアバター（以下アバターとする）を利用することで、学習者の教材視聴への動機づけや教材内容への興味関心の向上を狙ったものも見られる[1][2][3][4]。本研究では、授業動画にバーチャルアバターを用いた場合の学習者への効果に関して、バーチャルアバターのジェスチャーの有無及びジェスチャーの適切性がもたらす影響に焦点を当てて検討する。

2. 実験

2.1. 実験参加者

実験には、224 名の大学生・大学院生が参加した。

2.2. 刺激（授業動画）

本実験で使用した授業動画は全て長さが 2 分程度のもので、内容は主観的等価値について説明するものであった。実験で使用したアバターは、FaceRig というアバターソフトに登場するキャラクターの中から、小島（2021）と同様にノックスと呼ばれる博士タイプの人形型キャラクターを使用した（図 1）。

図 1. 実験で使用したアバター

授業動画ではアバターが画面内の所定の位置に立っており、1)ジェスチャーはしないで内容の説明を行うもの（ジェスチャーなし条件）、2)適切なジェスチャー（資料内容をプレゼンする際に自然と人がするようなジェスチャー）をしながら内容の説明を行うもの（適切ジェスチャー条件）、3）不適切なジェスチャー（頭と腕を上下左右に延々と振り続けるだけのジェスチャー）をしながら内容の説明を行うもの（不適切ジェスチャー条件）、の 3 種類であった。3 種類の授業動画で使用したスライドとスライドを解説する音声は全く同じものであった。

また、アバターのジェスチャーの適切性については、事前に行った予備実験の結果に基づいて分類した。この予備実験には 57 名の大学生が参加し、本研究で使用した刺激動画と同じ動画 3 種類を視聴した後に、アバターのジェスチャーの適切性のみについて「1. 適切ではない ― 5. 適切である」の 5 段階評定で回答を求めたものであった。刺激動画の呈示順は参加者ごとにランダムであった。平均評定値は、ジェスチャーなし条件が 2.70（*SD* = 1.18）、適切ジェスチャー条件が 4.21

（*SD* = .97）、不適切ジェスチャー条件が 1.44（*SD* = 1.01）であった。

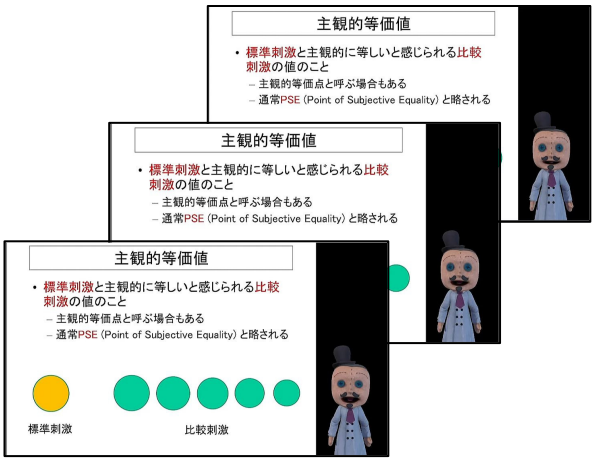


図 2. 授業動画の例（ジェスチャーなし条件）

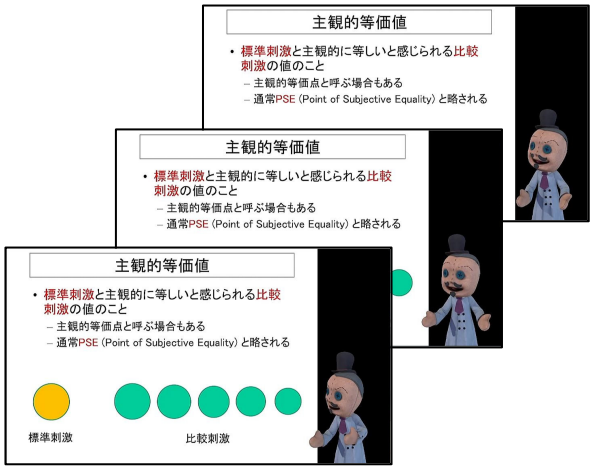


図 3. 授業動画の例（適切ジェスチャー条件）

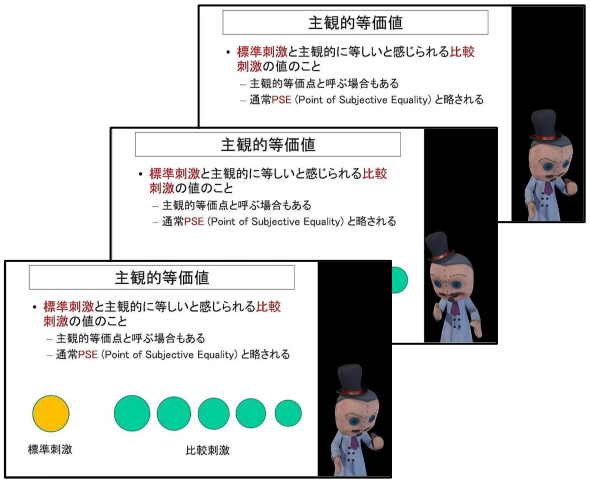


図 4. 授業動画の例（不適切ジェスチャー条件）

2.3. 手続き

実験はオンライン web サーベイシステムである LimeSurvey を用いた、web ブラウザによるオンライン実験であった。実験参加者は、実験者から通知されたトークン付きの所定の URL にアクセスし、実験に参加した。実験では、まず参加者に今回の実験に関する諸注意の提示と参加の最終意思確認等がなされ、続いて、実験時の授業動画視聴のために、ブラウザ上での動画再生可否の確認と音量調整を実施した。これら確認作業の後、参加者は 3 種類の授業動画を順番に視聴した。提示された 3 種類の動画の提示順は、参加者ごとにランダムであった。各動画は、必ず一通り視聴するように教示した。

参加者は、3 種類の動画を全て視聴し終えた後、二つの質問に回答することが求められた。一つ目の質問は、3 つの授業動画を視聴しやすいと思った順に順位付けるというものであった。二つ目の質問は、一つ目の質問での順位付けの理由を、自由記述で回答するというものであった（字数制限はなし）。これら質問に回答するページでは、上部に、3 種類の授業動画が全て掲載されており、質問回答時に再度直接参照できるようにしてあった。質問への回答時における、3 種類の授業動画の参照回数や時間に制限は設けていなかった。

2.4. 結果

2.4.1. 順位データの分析

授業動画の視聴しやすさの順位付けデータに関しては、一番視聴しやすいという回答が多かった順に、2)適切ジェスチャー条件（156 名）、1)ジェスチャーなし条件（54 名）、3）不適切ジェスチャー条件（14 名）という結果であった。但し、自由記述の回答から、明らかに適切ジェスチャー条件と不適切ジェスチャー条件を取り違えて順位付けを行っていた回答者が 18 名いた。その内 12 名は、不適切ジェスチャー条件を一番視聴しやすいと回答しており、残りの 6 名はジェスチャーなし条件を一番視聴しやすいと回答した際に、二番目に不適切ジェスチャー条件を挙げていた。また、1 名がジェスチャーなし条件と適切ジェスチャー条件を取り違えていることが自由記述の回答から明らかとなった。そこで、これら 19 名のデータについては、修正をした上で以下の分析を行った。この修正後の一番視聴しやすいという回答が多かった順は、2)適切ジェスチャー条件（169 名）、1)ジェスチャーなし条件（53 名）、

3）不適切ジェスチャー条件（2 名）という結果となった。表 1 は修正後の 6 通りの順位付けパターンの回答者数をまとめたものである。

表 1. 順位付け回答のまとめ

順位	回答者数（人）
1.なし 2.適切 3. 不適切	46
1.なし 2.不適切 3.適切	7
1.適切 2.なし 3.不適切	155
1.適切 2.不適切 3.なし	14
1.不適切 2.なし 3.適切	1
1.不適切 2.適切 3.なし	1

注）なし：ジェスチャー梨条件
適切：適切ジェスチャー条件
不適切：不適切ジェスチャー条件

順位データに対して、フリードマン検定を行った結果、有意水準 1%で統計的に有意な差が見られた（$\chi^2(2) = 299, p < .01$）。多重比較（シェッフェ法）の結果、有意水準 1%で全ての組み合わせについて統計的に有意な差が見られ、「①ジェスチャーなし条件と②適切ジェスチャー条件」（$\chi^2(2) = 33.77, p < .01$）、「①ジェスチャーなし条件と③不適切ジェスチャー条件」（$\chi^2(2) = 125.38, p < .01$）、「②適切ジェスチャー条件と③不適切ジェスチャー条件」（$\chi^2(2) = 289.29, p < .01$）であった。また、ケンドールの一致性係数は $W = .67$ であった（$\chi^2(2) = 299, p < .01$）。

2.4.2. 自由記述データの分析

表 1 から、順位付けの回答傾向は「1.ジェスチャーなし条件 2. 適切ジェスチャー条件 3. 不適切ジェスチャー条件」という順位付けをする群（46 名）と「1. 適切ジェスチャー 2. ジェスチャーなし 3. 不適切ジェスチャー」という順位付けをする群（155 名）とに大きく分けられる。そこで、本稿ではこれら二群の順位付けの理由に関する自由記述データに注目して、分析を行った。但し、以下の自由記述傾向の分析における回答傾向の区分に対しては、重複を許す形で件数をカウントしている。

まず、「1.ジェスチャーなし条件 2. 適切ジェスチャー条件 3. 不適切ジェスチャー条件」という順位づけをする群について、ジェスチャーなし条件が最適であると考える理由で最も多かったのが「ジェスチャーがあると邪魔である（気が散る、集中できない）」というもので、44 件あった。また、次に多かったのは「スライドの内容や説明内容に集中したい」というもので、16 件あった。

次に、「1. 適切ジェスチャー 2. ジェスチャーなし 3. 不適切ジェスチャー」という順位付けをする群については、適切ジェスチャー条件が最適であると考える理由で最も多かったのが「適切なジェスチャーがあると自然な感じがする（違和感がない）」という旨の回答で、91 件あった。そして、続いて多かったのは「説明内容の補助となっている（説明がわかりやすい気がする）」という旨の回答で 56 件あった。

いずれの群においても、不適切ジェスチャー条件が最下位となっているが、その理由を述べているもののほとんどが「内容と関係のないジェスチャーは邪魔」というものであった。

但し、不適切条件を最適であると判断している 2 名については、「ジェスチャーB（不適切条件）は文章に関係のない動きをされることで、何をしているんだろうと話し手に集中した。結果他の 2 つより集中して話を聞いたので、聞きやすかった。」「不適切条件が一番キャラクターに目が行きました。」と回答していた。また、ジェスチャーなし条件を最適とした上で、二番目に不適切ジェスチャー条件を挙げている参加者の中には、「見始めた当初は説明に基づいて動くジェスチャーA（適切条件）より、無関係に大きく動くジェスチャーB（不適切条件）の方が邪魔なように思えたが、振り返ると、B は一定した同じような動きであったため、逆に気になって動画に集中していたように感じる。」というような指摘をしている回答もあった。

3. 考察

3.1. 授業動画の視聴しやすさ評価とアバターのジェスチャーとの関係について

フリードマン検定と多重比較の結果とケンドールの一致性係数から、多くの視聴者はアバターが適切なジェスチャーをしている授業動画を好ましいと評価することがわかった。但し、一定数の視聴者はアバターのジェスチャーがないものを好むこともわかった。

3.2. 授業動画の視聴しやすさ評価と視聴者の特性について

自由記述データの分析から、授業動画内でアバター

が適切なジェスチャーをしていることを好意的に受け取る多くの視聴者にとっては、アバターのジェスチャーの自然さが動画の視聴のしやすさに繋がり、また、ジェスチャーが説明内容と連動していることで、授業内容の理解促進にも繋がっている可能性が考えられる[5]。そのため、対面授業のような教授場面での学習に向いている学習者や、対人コミュニケーション時に伝達すべき情報以外の要素も気になるタイプの学習者にとっては、授業動画においてアバターが適切なジェスチャーをすることは非常に重要な要素となりうるだろう。

対して、授業動画内でアバターがジェスチャーをしない方が視聴しやすいと感じる視聴者は、授業内容や資料など、伝達すべき情報に集中する学習スタイルの可能性が高く、そうした学習者にとっては、授業動画においてアバターはジェスチャーをしないか、あるいは、アバターを提示しない方がより適切であるということになるだろう [6]。

4. まとめと展望

本研究では、授業動画にバーチャルアバターを用いた場合の学習者への効果に関して、バーチャルアバターのジェスチャーの有無と適切性の影響について検討した。その結果、バーチャルアバターの適切なジェスチャーは授業動画の視聴しやすさ評価に効果があることが示された。

多くの視聴者にとっては、授業動画内のアバターが適切なジェスチャーをすることで、授業動画視聴への動機づけや授業内容の理解を向上させる可能性が示唆された。しかし、その一方で、授業動画内のアバターのジェスチャーはない方が良いと感じる視聴者も存在することは確かである。この点、学習者が授業動画において、授業内容（授業で伝達すべき情報）を重視するのか、映像コンテンツとしての魅力（興味・関心・印象）や対人コミュニケーションにおける自然さなどの要素も重視するのかによって、授業動画におけるアバターの在り方に対する評価が異なるだろう[6]。

今後は、学習者の諸特性を考慮した上で、授業動画における最適なアバター利用の在り方を検討していきたい。

文献

[1] ジョナタン・エズラ・藤川大祐・古林智美・小池翔太・鈴江織江 (2019). 教員養成学部における VTuber 授業の実践開発の試み　千葉大学大学院人文公共学府研究プロジェクト報告書, *346*, 39-46.

[2] 渡辺幸輝・安藤雅洋・湯川高志 (2019). 学習者の好みを反映した 3D アバターによる教材の評価　電子情報通信学会信越支部大会論文集, 192.

[3] 渡辺幸輝・中川慶人・安藤雅洋・湯川高志 (2020). 講師の外見を好きなキャラクターに変更した講義における影響の検証　教育システム情報学会 2020 年度北信越地区学生研究発表会, 47-48.

[4] 天野由貴・隅谷孝・岩沢和男・西村浩二 (2015). 情報セキュリティ教育の動画教材における実写映像とアバター動画の比較　大学 ICT 推進協議会年次大会論文集, 2015

[5] 長谷川大・白川真一・佐久田博司 (2018). Pedagogical Agent の導管メタファ・ジェスチャが学習者の理解に与える効果　情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, 4, 83-92.

[6] 小島隆次 (2021). 授業動画におけるバーチャルアバターがもたらす学習者への効果 ― バーチャルアバターの有無と動きに注目して　日本認知科学会第 38 回大会発表論文集, 560-563.

仮想空間内でのラバーハンドイリュージョンにおける空間的連続性と自己所有感

The Relationship between Spatial Continuity and Sence of Ownership on Rubber Hand Illusion in Virtual Reality

森本 崇哉[†]，工藤 卓[‡]
Takaya Morimoto, Suguru N. Kudoh
[†] 関西学院大学
Kwansei Gakuin University
hfs57900@kwansei.ac.jp

概要

近年，ラバーハンドイリュージョン（RHI）を仮想空間内で誘導するバーチャルハンドイリュージョン（VHI）の研究が進められている．本研究では身体の空間的連続性が断たれた状態を VR 上で実現し，バーチャルハンドと本身の手との空間的な関係性が自己所有感に及ぼす影響を解析した．内観報告と C3-C4 脳波同期とは強く相関し，体験的な自己所有感を評価する内観報告書の質問項目のスコアは高かった．また，より感覚的な自己所有感を問う質問項目のスコアが低かったことから，体験した自己所有感は思考的に生成されたものである可能性が示唆された．

キーワード：ラバーハンドイリュージョン，バーチャルハンドイリュージョン，身体所有感

1. 序論

脳卒中で脳に損傷を受けた人の中には自分の手が自分のもののように感じなくなる等の身体認識の障害が生じることがある．この症状は無意識的に感じている自己所有感（自分の体が自分自身に属しているという感覚）が神経認知学的なメカニズムによって成立していることを示唆する [6]．脳神経科学の発達により，脳にダメージを受けても，リハビリテーションを集中的に行うことで，身体機能や身体感覚が回復する方向に脳の再編成が起こることが明らかになっている．ニューロリハビリテーションは，この脳の可塑性を誘導することで機能回復を促し，社会復帰を目指す概念や手続きのことである．ラバーハンドイリュージョン（Rubber Hand Illusion，RHI）は手の自己所有感に異常が生じた患者に対するニューロリハビリテーションとして注目されている（図 1）．

RHI とは，本身の手が見えない状態でゴム製の手と本物の手を同時に刺激することで，ゴム製の手を自分の体の一部のように感じる現象であり，M. Botvinick と J. Cohen により発見された [1]．RHI の発現に伴って「自己主体感（sense of agency）」と「自己所有感（sense of ownership）」とが発現すると考えられている [2]．自己主体感とは，動作の主体が自分であるという感覚で，投射対象の物体（ラバーハンドなど）についても，その行動を制御する主体が自分であると感じる感覚であり，自己所有感とは身体の一部や感情・思考が自分に所属していると感じる感覚で，投射対象の物体も自分自身に属していると感じる感覚である．これまでの研究で RHI における自己所有感の生起に主に影響する要因として，空間的連続性，肌のテクスチャ，形状，視覚-触覚間同期，視覚-運動間同期などが重要であると報告されている [4, 9]．RHI は自身の身体感覚を他の物体に寄託させるという特徴から，機械の遠隔操作などのヒューマンインターフェースへの応用にも期待されている．

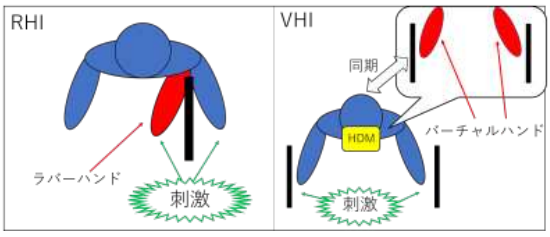


図 1　RHI と VHI の概要

コンピューター技術の急速な発達により，医療分野をはじめとした，幅広い分野で仮想現実感（Virtual Reality，VR）の研究が行われている．近年では，RHI を VR 上で誘導するバーチャルハンドイリュージョン（Virtual Hand Illusion，VHI）の研究が進められている（図 1）．視覚だけでなく，本身の手の動きとバーチャルハンドの動きとを同期させることにより，現実

の手からのフィードバック感覚が動的なイメージと同期するため，従来の錯覚反応よりも強度が増すと考えられる．VHI の研究は多く行われており，長さ 2m のバーチャルハンドに対しても本身の手のように感じることが報告されている [10]．また，バーチャルハンドが本身の手と異なる動きをする実験では，自己主体感は誘発されたが，自己所有感は生起されなかったという報告がある [14]．VR 上の手と本身の手との空間的連続性が断たれた実験では，空間的に分断された手モデルの分断面が見えないものが多かった [18]．

RHI の自己所有感の寄託の有無は客観的に確認することが重要である．これまでの研究では，RHI 誘導後に，M．Botvinick らが作成した内観報告書 [1] に変更を加えたものに回答してもらい，このスコアを自己所有感の寄託の指標として用いる場合が多い．RHI 強度のより客観的な指標としてはポインティングタスクが挙げられ，この指標は多くの研究で使用されている [15]．VR を用いた VHI の研究でもこれを指標とした研究が報告されている．より客観的な評価指標として，脳波（Electroencephalogram，EEG）の同期性を観測する手法がある．RHI 発現中は，頭頂部付近で強い反応が見られ，国際式 10-20 法における C3，C4 で計測される脳波が同期的に活動することが報告されている [8]．また，自己所有感の寄託がある時，ラバーハンドにハンマーで打撃を与える様子や針で刺す様子を見せると回避行動が誘発される．これに先立つ運動準備電位も RHI の発現の有無の確認に有用である．ただし，この指標は不快刺激時の音などに反応して緊張が生じた可能性もあることには注意すべきである，身体所有感の発現を反映しない場合もある．本研究では，内観報告書に加え，VHI 誘導中の脳波を計測し，これらを錯覚強度の指標として総合的に判断した．

2. 実験材料・手法

2.1 実験タスク

本研究では，バーチャルハンドと本身の手との空間的連続性を断ち，分断された手モデルの「分断面が視認できる」状態を仮想空間内で実現し，この条件でバーチャルハンドに対しての自己所有感を検証した．バーチャルハンドは実験参加者の手の形状と大きく変わらないものにした．さらに，自己の身体部位と拡張身体部位の空間的な位置が異なる条件でも自己所有感の生起を検証し，VR と本身の手との空間的な関係性が自己所有感に及ぼす影響を解析した．仮想空間は Unity 2019．4．24f1 で作成した．HMD は Meta Quest2（Meta Platforms）を用いた．仮想空間内の手モデルと本身の手との同期には Unity のアセットとして公開されている Oculus Integration 1.61（Meta Platforms）を利用した（図 2）．

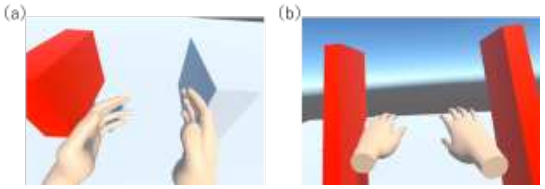


図 2　本研究における VR 空間とバーチャルハンドの実装．a）実空間と連続している場合，b）空間的連続性が断たれた場合　の VR 空間．

実験参加者に楽な姿勢で椅子に深く座り，脳波計と HMD を装着してもらい，実験に集中できる環境を整えた．触覚フィードバックを実現するために仮想空間内に 2 つの仕切り版のオブジェクトを用意し，現実世界にも実験参加者の前に設置した机の上に 2 つの仕切り版を設置して仮想空間上に置かれている仕切り版と位置座標が対応するように調整した．仮想空間上の仕切り版オブジェクトには 4 秒から 6 秒の間のランダムな時間経過で赤色に変化し，手が当たると白色に変化するプログラムを実装した．実験参加者には手を左右の赤色の板に当てるように指示し，板に当たる刺激を触覚フィードバックとした（図 3）．実験開始と同時に脳波計測を開始した．計測開始時に 30 秒間安静状態をとってもらった．その後 HMD 内の分断された手イメージが映し出された映像を見ながら自身の手を動かしてもらい，3 分間 VHI の誘導を試みた．VHI 誘導後，バーチャルハンドに刀を振り下ろすアニメーションを提示した（図 4）．再び安静状態を 30 秒間とってもらい，内観報告書に回答してもらった．この VHI 誘導タスクを現実空間とバーチャルハンドが連続している場合，バーチャルハンドと本身の手との間に空間的連続性がない場合，バーチャルハンドと本身の手との空間的連続性がなく，位置が本身の手からバーチャルハンドの 10cm 奥にずれている場合の 3 つの条件で行った．

2.2 内観報告書

内観報告書は M．Botvinick と J．Cohen が用いたものを基を本研究に合わせた文章に一部修正して作成したものを用いた．内観報告書はフリースケール形式で回答してもらい，後で 7 段階に分けて評価した．質問項目を表 1 に示す．本研究での質問項目 2，7 は，

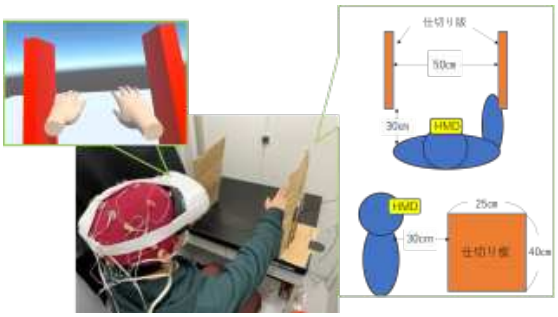


図 3　触覚フィードバックを実現した実験の様子

図 4　バーチャルハンドに刀が振り下ろされる様子

バーチャルハンドに対する身体所有感を評価する項目であり，質問項目 3 は身体感覚の分離を問う項目で，手に対する自己所有感が仮想空間の手と本身の手とに分離している度合いを評価する．質問項目 1，8 は自己所有感がどの位置に寄託しているのかを評価する項目である．質問項目 4 は自己主体感を直接的に問う項目であるが，これは VR のプログラムの同期性を評価する項目にもなっている．また，質問項目 5，6 は仮想空間にある手に対して，自己主体感を感じていない場合にスコアが高くなると考えられる項目である．

2.3　脳波計測

VHI 誘導中の脳波は BIOSEMI 社の Active Two System を用いて計測した．Active Two System は AD-BOX，Battery Box，USB2　Recieiver，Active 電極から構成される．AD-BOX を光ファイバーケーブルで USB2Reciever に接続し，USB2 Reciever を脳波計測ができるソフトウェアである Activeiw がインストールされた脳波計測用 PC に USB ケーブルで接続した．AD-BOX は電気的に独立した電源である Battery Box から電源の供給を行った．AD-BOX に接続した 16 ch の Active 電極を，国際式 10-20 法に基づいて設計された専用の脳波キャップの対応した位置に接続した．また，伝導性ジェルを用いて電極の頭皮

表 1

	質問項目
1	仮想空間上の手がある位置に自分の手があるように感じた．
2	仮想空間上の手が自分の手だと感じた．
3	複数の手または腕を持っているかのように感じた．
4	仮想空間上の手の動きは，自分の意思通りに動いているように感じた．
5	自分の手が，仮想空間上の手の動きに制御されているように感じた．
6	仮想空間上の手が，意思をもって動いているように見えた．
7	仮想空間上の手が切られそうになるのを見て，本身も影響を受けると感じた．
8	自分の手の位置が，現実と仮想空間上の手の間のどこか曖昧な位置にあるように感じた．

との接触面積を大きくし，電極インピーダンスの低下を図った．国際式 10-20 法は，国際臨床神経生理学会連合が世界標準として推奨している電極配置のことである．各電極に対応する大脳の解剖学的部位が確認されていることから，多くの認知科学的研究で利用されている．Active Two System は頭頂部付近に基準電極 CMS と補正電極 Driven Right Leg（DRL）を配置する．DRL 電極により，CMS 電極の電位をアース電位と一致させることで同相ノイズを大きく軽減させる．Active 電極により計測された脳波信号は AD-BOX 内のアンプで増強され，増幅された信号は A/D コンバーターによって量子ビット 24bit，サンプリング周波数 2 kHz（speed switch=4）でデジタル化される．デジタル化された信号は光信号に変換され，USB2 Reciever に伝送される．USB2 Reciever に伝送された信号は，バッファー/コントロール/ロジック回路により，USB ケーブルを経由してコンピューターに伝送される．信号データはソフトウェアにより，フィルタ処理等の計測に必要な処理がされた後，制御コンピューターの記憶装置に保存した．(図 5)

本研究では，計測した脳波データを読み込んで相互相関を計算するプログラムを作成し，これを解析に用いた．VHI 発現時に頭頂付近で強い反応がみられ，同期的な活動が観察されると報告されている C3，C4 の 2 点の脳波波形の相互相関と相関係数を出力する．

図 5　脳波計システム．a）外観，b）接続図.

3.　結果

3.1　内観報告書の結果

22-25 歳，右利きの男性 7 名を実験参加者として実験を行った．連続した手に対する内観報告書の各項目のスコア平均は項目 1 で 5.86 ± 0.26，項目 2 で 5.00 ± 0.58，項目 3 で 2.43 ± 0.48，項目 4 で 5.71 ± 0.36，項目 5 で 2.43 ± 0.48，項目 6 で 2.42 ± 0.48，項目 7 で 2.71 ± 0.52，項目 8 で 3.29 ± 0.75 であった（平均±標準誤差，N=7，図 6）．質問項目 1，2 のスコアが高いことから，実験参加者は自己所有感を仮想空間の手に自覚し，その位置も VR 空間上の手の位置に置いていたことが示唆された．ただし，より感覚的な自己所有感を問う質問項目 7 のスコアが低く，自己所有感は不完全であったことが示唆される．また，仮想空間上の手と現実の手との動きの時間的なずれは概ね 100 ms 程度あったが，質問項目 4 が高いことから，自己主体感は損なわれておらず，実験プログラムが正しく動作して，仮想空間上の手と実験参加者の手が同期して動いて感じられていたことが確認された.

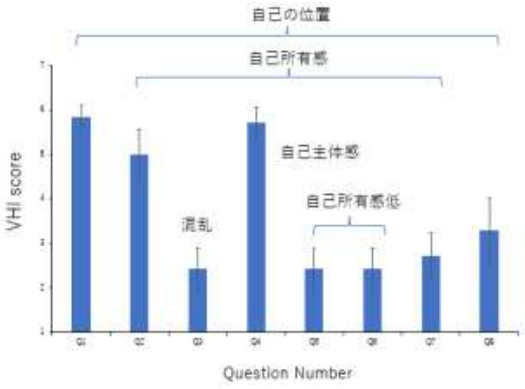


図 6　連続した手の場合における内観報告スコアの平均値

空間的連続性が断たれた手に対する内観報告書の各項目のスコア平均は項目 1 で 6.14 ± 0.26，項目 2 で 5.57 ± 0.65，項目 3 で 2.28 ± 0.29，項目 4 で 5.14 ± 0.34，項目 5 で 2.42 ± 0．20，項目 6 で 2.14 ± 0.34，項目 7 で 2.43 ± 0.37，項目 8 で 2.71 ± 0.47 であった（平均±標準誤差，N=7，図 7）．連続した手の場合と同様に，質問項目 1，2 のスコアが高いことから，切断面が見えた状態で本身の手との空間的連続性が断たれた状態であっても，仮想空間の手に対して自己所有感があったと内観的には自覚しており，また，感覚的な手の位置も VR 空間上の手の位置に置いていたことが示唆された．ただし，より直観的な自己所有感を示すと考えられる質問項目 7 のスコアは低かった．また，質問項目 4 が連続した手の場合と比べて若干低かったが，自己主体感は発現していたと考えられ，仮想空間上の手と実験参加者の手と同期して動いて感じられていたことが確認された.

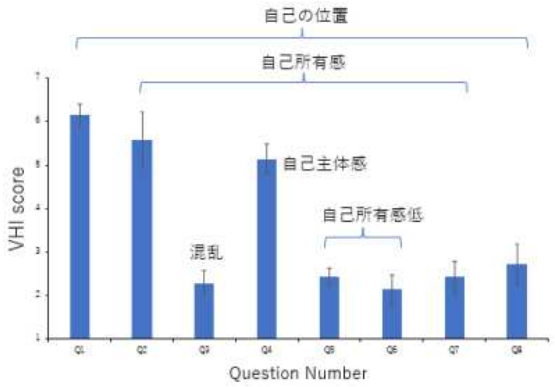


図 7　空間的連続性が断たれた手の場合における内観報告スコアの平均値

空間的連続性が断たれ，さらに本身の手と仮想空間上の手の位置がずれた条件との内観報告書の各項目のスコア平均は項目 1 で 5．43 ± 0.48，項目 2 で 4.57 ± 0.69，項目 3 で 2.57 ± 0.81，項目 4 で 6.14 ± 0.26，項目 5 で 1.28 ± 0.18，項目 6 で 1.29 ± 0.18，項目 7 で 2．86 ± 0.59，項目 8 で 3.86 ± 0.77 であった（平均±標準誤差，N=7，図 8）．質問項目 1，2 のスコアが高いことから，実験参加者は仮想空間内の手に自己所有感を内観的に自覚し，その位置も仮想空間内の手の位置と一致して実感したことが示唆された．ただし，より直観的な自己所有感を示す質問項目 7 のスコアは低かった．質問項目 4 のスコアはかえって高く，また，質問項目 5，6 のスコアが低いことから，仮想空間にある手に対して自己主体感を強く感じていたことが示唆された.

自己所有感を反映する質問項目 2，7 の平均と自己主体感を示す質問項目 4，自己主体感の消失を示す質問項目 5，6 の平均，及び身体感覚の分離性を示す質問項目 3 のスコアを実験条件ごとに比較した（Fig.9）.

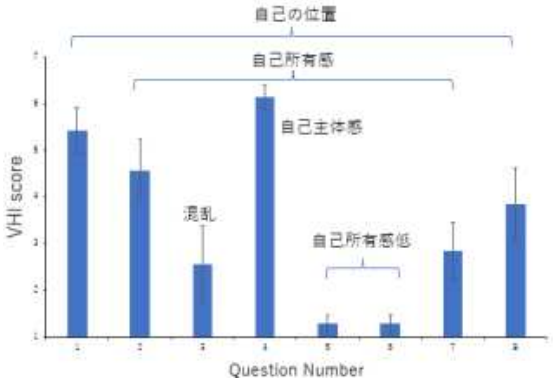


図 8　現実と仮想空間上の手の位置がずれている場合の内観報告スコアの平均値.

どの実験においても，内観的には自己所有感はやや低く，自己主体感は高い傾向があった．このことから不完全ながらも VHI を自覚していたと考えられる．自己主体感は，切断条件で相対的に低く，切断・位置ずれ条件では連続条件より高かった．逆に，自己主体感の消失を示す質問項目 5 と 6 の合計は切断・位置ずれ条件で特に低かった.

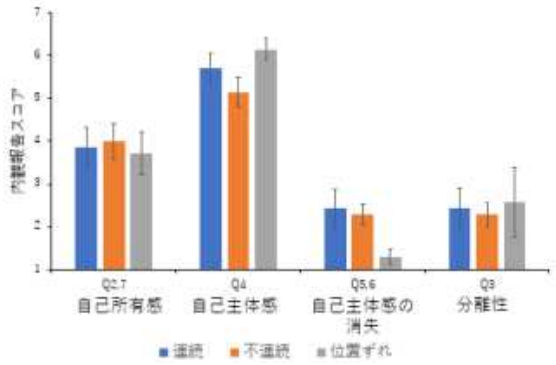


図 9　実験条件ごとの内観報告スコア

3.2　脳波計測による VHI の評価

安静状態を除く VHI 誘導 3 分間の C3-C4 の脳波の相関を比較した．空間的連続性が確保されている場合，空間的連続性が断たれている場合，空間的連続性が断たれている状態で本身の手と仮想空間上の手の位置が一致しない場合でそれぞれ比較した（図 10）．空間的連続性が確保されている場合の C3-C4 相関係数は 0.55 ± 0.15，空間的連続性が断たれている場合は 0.31 ± 0.26，空間的連続性が断たれていて位置ずれがある場合は 0.80 ± 0.05 であった（平均±標準誤差，N=7，図.11）.

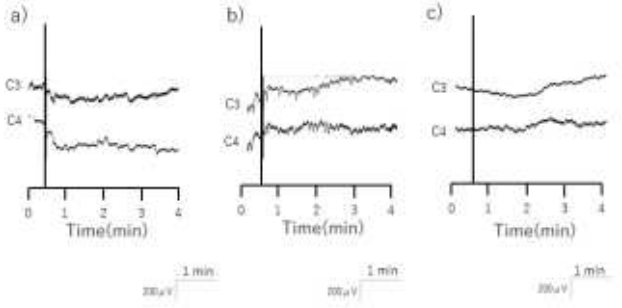


図 10　脳波計測の例 a）連続した手の場合，b）断絶された手の場合，c）断絶され且つ位置がずれている場合（22 歳の男性）

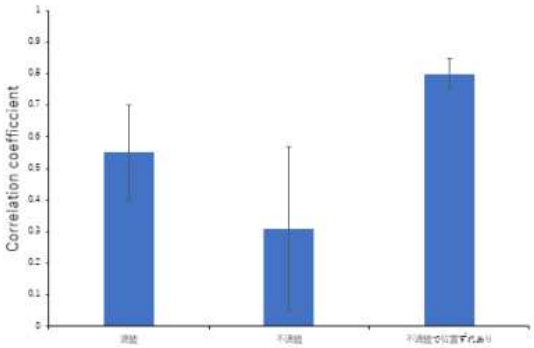


図 11　空間的連続性の状態による相関係数の平均値（21-25 歳の男性，N=7）.

また，脳波計測 4 分間のうち，実験タスク前後の安静状態 30 秒間と実験タスク開始から 1 分間毎の時間窓における相関係数を求めた．本身の手と仮想空間内の手とが連続している場合の C3-C4 相関係数の平均は，実験タスク前の安静状態では 0.54 ± 0.11，実験タスク開始後 0-60 秒では 0.61 ± 0.21，60-120 秒では 0.47 ± 0.18，120-180 秒では 0.49 ± 0.14，実験タスク後の安静状態では 0.36 ± 0.19 であった（平均±標準誤差，N=7，図.12）．C3-C4 相関は VHI 誘導中，時間経過に従ってゆっくりと微減する傾向があった.

空間的連続性が断たれている場合の C3-C4 相関係数の平均は，実験タスク前の安静状態では 0.68 ± 0.18，実験タスク開始から 0-60 秒では 0.53 ± 0.15，60-120 秒では 0.28 ± 0.18，120-180 秒では 0.20 ± 0.24，実験タスク後の安静状態では 0.27 ± 0.18 であった（平均±標準誤差，N=7，図 13）．この場合も C3-C4 相関は VHI 誘導中に減少する傾向があった.

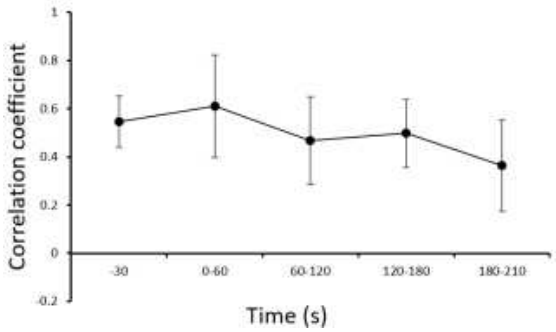


図 12　連続した手の場合の C3-C4 相関係数の時間推移の例（21-25 歳の男性，N=7，平均±標準誤差）

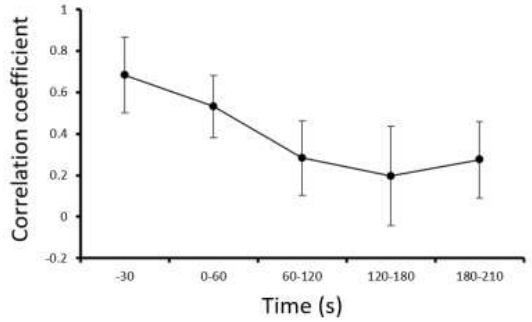


図 13　空間的連続性の断たれている場合の C3-C4 脳波の相関係数の時間推移の例（21-25 歳の男性，N=7，平均±標準誤差）.

空間的連続性が断たれていて位置ずれがある場合の C3-C4 相関係数の平均は，実験タスク前の安静状態では 0.41 ± 0.27，実験タスク開始から 0-60 秒では 0.51 ± 0.15，60-120 秒では 0.66 ± 0.12，120-180 秒では 0.41 ± 0.28，実験タスク後の安静状態では 0.35 ± 0.26 であった（平均±標準誤差，N=7，図 14）．この条件では VHI 誘導前半に C3-C4 相関が増加するが，その後減少に転じた.

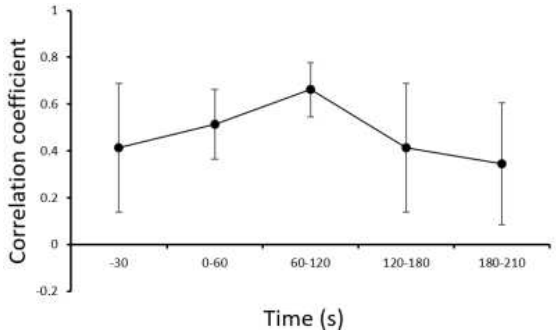


図 14　空間的に断絶し，かつ現実と仮想空間内の手の位置がずれている場合の C3-C4 相関係数の時間推移の例（21-25 歳の男性，N=7，平均±標準誤差）

3.3　内観報告スコアと脳波相関

空間的連続性の有無と空間的連続性が無く位置ずれのある場合で自己所有感の寄託を表す指標である質問項目 2，7 の内観報告スコアと VHI 誘導中の脳波 C3-C4 相関係数との関係を概観すると，空間的連続性の断たれた手の場合では正の相関が見られ，空間的連続性がない手と位置ずれのある手では相関は見られなかった（図 15）.

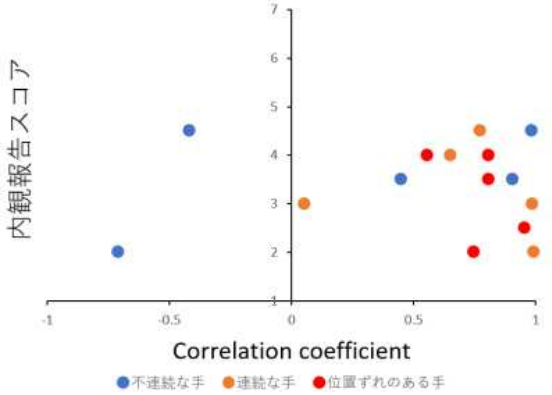


図 15　質問項目 2，7 の平均スコアと VHI 誘導中の C3-C4 相関同期との相関性（21-25 歳の男性，N=7）

また，空間的連続性の有無と空間的連続性が無く位置ずれのある場合とで，自己主体感を表す指標である質問項目 4 の内観報告スコアと VHI 誘導中の脳波 C3-C4 の相関を概観すると，空間的連続性のない手では正の相関が見られたが，連続した手と位置ずれのある手では見られなかった（図 16）.

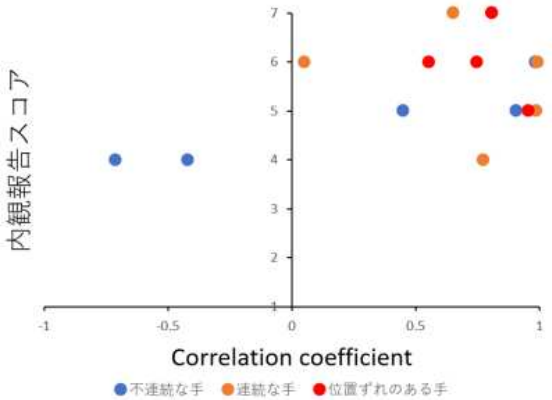


図 16　質問項目 4 の平均スコアと VHI 誘導中の C3-C4 相関同期との相関性（21-25 歳の男性，N=7）

4.　考察

連続した手，空間的連続性が断たれた手，空間的連続性が断たれて且つ現実空間との位置がずれている手

のいずれにおいても，質問項目 1，2 のスコアが特に全体的に高かったことから，実験参加者は内観的に自己所有感を仮想空間内の手に自覚していたことが示唆された（図 6，7，8）．自己主体感を直接的に問う質問項目 4 も概して 7 段階の 5 以上であったことから（図 6，7，8），自己主体感も自覚していたと考えられる．また，質問項目 4 は VR プログラムにおける本身の手と仮想空間上の手の同期性を評価する質問項目にもなっており，これが全体的に高かったことからプログラムが正しく実装され，本身の手と仮想空間内の手の同期感が高かったといえる．

本実験で用いた内観報告書の 2，7 は身体所有感の寄託に携わるものである．内観報告書の質問項目 2，7 のスコアの平均値が現実空間と仮想空間上の手が連続してる場合で 3.86，現実と仮想空間上の手の空間的連続性が断たれている場で 4.00，空間的連続性が断たれていて現実と仮想空間上の手の位置がずれている場で 3.71 であり，身体所有感の寄託が充分発現していないことが示唆される．また，これは質問項目 7（仮想空間上の手が切られそうになるのを見て，自分も影響を受けると感じた）のスコアが低く，より直観的な自己所有感の発現は低かったと考えられる (図 9)．小鷹らは自己主体感と自己所有感の特性について，詳細な論考を行っている [16]．小鷹らは，自己所有感の特性のうち，(投射対象において起こる出来事の）＜直接性＞を強調しており，投射対象と自己との間に強い連続性があることを自己所有感発現の要件に挙げている．他方で，自己主体感はそこで起こる出来事と自己との時間的同期があれば，投射対象と自己が離れていることは問題にならず，空間的には自由度が高いため，比較的誘導が容易であると報告している．本研究においても，内観報告書からはどの条件においても自己主体感が強く誘導され，自己所有感の誘導は不完全であった．自己主体感については，小鷹らの論考と一致して，空間的連続性が損なわれていても問題なく発現し，むしろ空間的断絶と位置ずれがある条件の方が強く発現した（図 6，7，8）．

C3-C4 脳波の相関については，連続した手の場合と比して空間的連続性が断たれた手の場合の方が VHI 誘導中の脳波の C3-C4 の相関係数が低くなったが，空間的に連続した条件と空間的連続性が断たれて，且つ現実空間との位置ずれがある条件における相関係数は，連続した手の条件の方がわずかに低かった．空間的連続性が断たれた条件の相関係数には大きなばらつきがあったが，空間的な連続性が VHI 発現時に見られる脳波の相関を小さくするという従来の研究の結果と一致した（図 10，11）．また，誘導時間が長くなるに連れて C3-C4 間の相関係数が高くなるという傾向が空間的連続性が断たれて且つ位置がずれている場合のみに観察されたが，空間的連続性が断たれた手の場合にはむしろ相関は時間経過とともに減少した（図 12，13，14）．空間的連続性が断たれた手に対しては VHI 発現中にみられる脳波の特徴が確認されなかったにも関わらず，内観報告書の質問項目 2 のスコアは高く，一定の自己所有感を自覚しているという結果であった．さらに，内観報告書の直観的・思考的な自己所有感を平均した質問項目 2，7 の平均値と VHI 誘導中の脳波の C3-C4 の相関係数との相関は，空間的連続性が断たれた手の場合において正の相関が確認され，VHI を自覚している人の脳波の C3-C4 の相関係数が増加することが示された．また，自己主体感を示す質問項目 4 と VHI 誘導中の脳波の C3-C4 間の相関係数との相関も，空間的連続性が断たれた手の場合においてのみ正の相関が確認され，仮想空間内の手の時間的な同期性が身体所有感の生起に大きく影響するという従来の研究の結果と一致した（図 15，16）．これらのことを統合して，以下のように考える．

まず，VHI と C3-C4 脳波相関とは従来研究の報告のように強く相関し，特に自己主体感と C3-C4 脳波相関とが強く相関すると考えられる．脳波相関の結果から，本研究においては自己所有感はいずれの条件においても発現が弱かったと考えるべきである．しかしながら，質問項目 2 のスコアは高く，これは「仮想空間上の手が自分の手だと感じた」という質問で，判断を伴う宣言的思考を含む感覚を問うているものと考えられる．対して同じく自己所有感に関すると考えられる質問項目 7 については，どの条件も低く，こちらは「仮想空間上の手が切られるのを見て，本身も影響を受けると感じた」というもので、より直観的な反射動作に関わる質問項目である．従って，項目 2 のスコアが高く，7 のスコアが低いということは，思考的な自己所有感は感じていたが，より直観的な自己所有感は発現せず，それが脳波相関に反映されたと考えるべきである．

自己主体感は比較的に誘導されやすいと指摘されているのは，現代に生きる我々が，遠隔操作的なものに慣れているからである可能性がある．人間の身体感覚も慣れや学習・習慣によって影響を受けるものであるとするならば，離れた物体に対する操作の自己主体感を感じる場面は多い．また，自己所有感についても，ゲームや VR におけるアバターなど，自己の一部ないし拡張したオブジェクトを空間的に断絶し，且つ自己

の身体位置と関係性が希薄な状況で体験する機会は増えている．すなわち，身体的連続性が断絶し，且つ空間的位置関係も現実と乖離している状況は，アバターのような自己の分身像を意識させ，故に本研究におけるレポータブルな内観報告においては，より思考的・経験的な感覚として身体の自己所有感を報告したのではないかと考える．空間的に断絶し，且つ位置ずれがある条件において，自己所有感を示す項目 4 が特に高かったのは，仮想空間の手をアバターとして扱い，経験による信念でより思考的な要素の強い感覚を，自己所有感と回答したことによるものと推測する．

5. 結論

本研究では，高いハンドトラッキング機能を持つ HMD を用いて実験参加者の動きと同期して動くバーチャルハンドを表現し，さらに触覚を現実と同期して，より現実に近い仮想空間上で空間的連続性が身体所有感の寄託に及ぼす影響を解析した．内観報告書と C3-C4 脳波相関解析の結果から，自己所有感の仮想空間への手への寄託は，空間的連続性が断たれた状態でも不完全ながら発現されることが示唆された．また，時間的同期性が空間的連続性よりも優位に自己主体感の寄託に影響することが示唆された．さらに，内観報告書の質問によっては，実際に感覚的に感じている自己所有感よりも，経験的な信念によるより思考的な自己所有感が回答される可能性があり，自己所有感には，認知感覚的な要素と経験的信念の要素が存在している可能性があると示唆された．

文献

[1] M. Botvinick and J. Cohen, , (1998) ”Rubber hands ‘feel’touch that eyes see.”, Nature, 391(6669):756–756.

[2] N. Braun, S. Debener, N. Spychala, E. Bongartz, P. Sörös, H. H. Müller, and A. Philipsen,(2018)”The senses of agency and ownership: a review.” ,Frontiers in psychology, 9:535.

[3] E. A. Caspar, A. Cleeremans, and P. Haggard, (2015) ”The relationship between human agency andembodiment.” ,Consciousness and cognition, 33:226–236.

[4] 藤澤岳瞭, 音納陸, 佐々木卓也, 宮崎滉己, 磯山直也, 内山英昭, 清川清,(2019)”FinGun”, 第 26 回日本バーチャルリアリティー学会大会論文.

[5] A. Guterstam, G. Gentile, and H. H. Ehrsson,(2013) ”The invisible hand illusion: multisensory integration leads to the embodiment of a discrete volume of empty space.” Journal of cognitive neuroscience, 25(7):1078–1099.

[6] P. M. Jenkinson, C. Papadaki, S. Besharati, V. Moro, V. Gobbetto, L. Crucianelli, L. P. Kirsch, R. Avesani, N. S. Ward, and A. Fotopoulou, (2020) ”Welcoming back my arm: affective touch increases body ownership following right-hemisphere stroke.”, Brain Communications, 2(1), 03 fcaa034.

[7] A. Kalckert and H. H. Ehrsson, (2012) ”Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency.”, Frontiers in human neuroscience, 6:40.

[8] N. Kanayama, A. Sato, and H. Ohira, (2009) ”The role of gamma band oscillations and synchrony on rubber hand illusion and crossmodal integration.” Brain and cognition, 69(1):19–29.

[9] A. Keizer, A. van Elburg, R. Helms, and H. C. Dijkerman, (2016) ”A virtual reality full body illusion improves body image disturbance in anorexia nervosa.” PloS one, 11(10):e0163921.

[10] K. Kilteni, J.-M. Normand, M. V. Sanchez-Vives, and M. Slater, (2012) ”Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion.” PloS one, 7(7):e40867.

[11] B. Lenggenhager, T. Tadi, T. Metzinger, and O. Blanke, (2007) ”Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness.” Science, 317(5841):1096–1099.

[12] K. Okanoya, (2010) ”A biological scenario for the emergence of language.” Japanese Journal of Cognitive Neuroscience, 12(1):1–8.

[13] D. Perez-Marcos, M. V. Sanchez-Vives, and M. Slater, (2012) ”Is my hand connected to my body? the impact of body continuity and arm alignment on the virtual hand illusion.” Cognitive neurodynamics, 6(4):295–305.

[14] A. M. Soccini, M. Grangetto, T. Inamura, and S. Shimada, (2019) ”Virtual hand illusion: The alien finger motion experiment.” In 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), pages 1165–1166. IEEE.

[15] T. Tsuji, H. Yamakawa, A. Yamashita, K. Takakusaki, T. Maeda, M. Kato, H. Oka, andH. Asama, (2013) ”Analysis of electromyography and skin conductance response during rubber hand illusion.” In 2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts, pages 88–93. IEEE.

[16] 小鷹研理. (os 招待講演),(2018) ”hmd による構成的空間を舞台とした「三人称的自己」の顕在化.”, 人工知能学会全国大会論文集 第 32 回 , pages 3D1OS7a04–3D1OS7a04. 一般社団法人 人工知能学会.

[17] 中山友瑛, 片山正純, (2020) ”Vr 空間における仮想手の光点提示に対する身体所有感.” 認知科学,27(4):567–579.

[18] 渡邉翔太, 川合伸幸, (2017) ”前腕 cg モデルと実際の行為が質的に異なっても運動主体感は誘発されるが身体所有感の生成には完全な一致が必要.” 認知科学, 24(2):185–195.

[19] 齊藤寛人, 福地健太郎, (2017) ”視覚的運動の予測可能性が自己帰属感の生起過程に及ぼす影響の調査.” ヒューマンインタフェース学会論文誌, 20(3):301–310.

感染は利用可能性を高めるか？：コロナ感染者と非感染者の比較
Does COVID-19 infection affect its risk estimation?

中村國則
Kuniori Nakamura

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

概要

This study aims to examine whether COVID-19 infection would affect its risk perception. Existing studies have indicated not only that higher likelihood of risky events affects subjective frequencies but also that direct and indirect experiences of such events enhance their likelihood. Thus, it is predicted that COVID-19 infection would enhance the likelihood of its risk perception. Consequently, infected people would estimate higher frequency of COVID-19 than non-infected people. To test this hypothesis, this study included a total of 226 participants, who were required to: estimate the number of COVID-19 patients in Tokyo; answer whether they had been infected by COVID-19; and state the number of acquaintances they had who had been infected by COVID-19. As a result, this study found that among 226 participants, 24 participants were infected by COVID-19, and their estimates of the number of COVID-19 patients in Tokyo were not significantly different from those of non-infected participants. Additionally, this study found that although the number of infected acquaintances differed between the infected and non-infected participants, they did not correlate to the estimated number of COVID-19 patients. The theoretical suggestion that including a possibility of the higher likelihood of risky events does not affect risk perception is debatable.

キーワード：COVID-19, risk perception, the availability hypothesis

1. はじめに

リスク認知に対して記憶の利用可能性(availability: Tversky & Kahneman, 1973)が大きく影響しているという仮説は，Lichtenstein et al. (1978)以来分野の中で広く認められているところである．たとえば竜巻・洪水といった自然災害といった，実際にはそれほど多くないにも関わらずしばしば報道される死亡理由の発生件数は実際よりも高く，がん・心臓発作といった死因としてはありふれているが話題にはなりにくい死亡理由の発生件数は実際よりも低く見積もられる傾向があることが知られている(e. g., Lichtenstein et al. 1978; Hertwig et al, 2005; Pachur et al, 2012)．このような現象が生じる理由は，あるリスク事象の生起頻度を考える際，実際にどれだけ起きているかではなく，どのくらいその事象が容易に想像できるかに依存して判断するためであるとされている．

この仮説に関する典型的な研究手続きは，あるリスク事象に関連した想起できる事象の数とリスク認知に関する判断の双方を測定し，それらを何らかのモデルに基づいて検討するというものである(Hertwig et al, 2005; Pachur et al, 2012)．しかしながらこのような分析は基本的にはリスク認知と利用可能性の相関を検討するものであって，利用可能性自体を操作してリスク認知の因果関係を検討しているわけではない．

本研究の目的は，新型コロナウィルス感染経験の有無を用いて，利用可能性がリスク認知に与える影響を検討するものである．新型コロナウィルスの感染はリスク認知とは独立して一定の確率で与えられ，かつ感染者のコロナに関する利用可能性を高めると仮定できるものである．そこで感染者と非感染者の比較を通じてリスク事象に対する利用可能性とリスク認知の因果的な影響を直接検討することを行った．

2. 方法

私立大学生 226 名が研究に参加し，刺激文・従属変数の測定は全て Google form 上で行った．参加者は新型コロナウィルスに対する知識・信念を問うアンケート課題である旨の教示を受けたうえで，(1)2020 年 1 月から 2022 年 3 月 31 日にまでの東京都における新型コロナウィルスの累積感染者数，(2)自らの感染経験の有無，(3)感染した知人の数，(4)リスクとしての認識や感情に関する質問 9 問(Slovic et al, 1985)，(5)新型コロナウィルス感染者一人を減らすために費やすべき公共の予算の金額，を回答した．累積感染者数・感染した知人の数，および公共の予算の金額については空欄に数字を記入する形で，感染経験の有無については感染したことがある，感染したことはない，無回答，の３つの選択肢から選択する形で，リスクとしての認識については Slovic

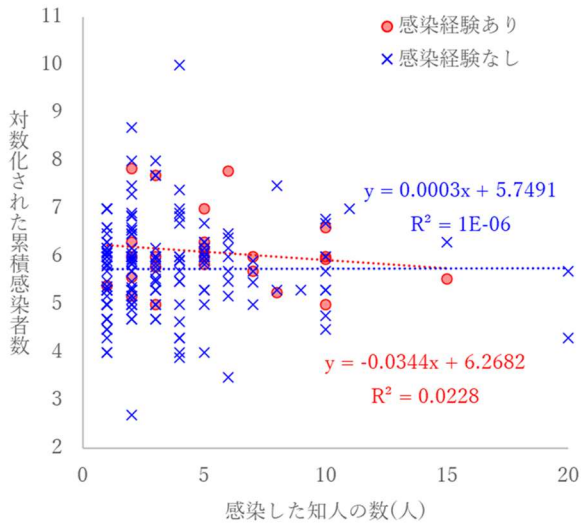


図 1 参加者の感染者数の推定と利用可能性との関係

et al. (1985)に準拠して翻訳した 9 つの項目について 8 件法で回答させた.

3. 結果及び考察

ここでは主として感染者数の推定と利用可能性の関係について説明する. 図 1 に累積感染者数の評定と感染した知人の数との間の関係を示す散布図を示す. 回答者の中で感染経験があると回答した人の数は24名であった. 2020 年 1 月から 2022 年 3 月 31 日までの東京都の累積感染者数に対する見積もりの幾何平均は感染経験あり群で 1203655 人, 感染経験なし群では 561663.4 人であり, 実際の値(1240861 人)と比較すると両群ともに過大評価の傾向はみられなかった. また, 両群との間に統計的に有意な差はみられなかった(Man-Whitney’s U test: p=0.12). 一方, 感染した知人の数については感染経験あり群となし群との間で統計的に有意な差がみられた($t(28)=2.70, p=0.011$). ただし, 感染者数の推定と感染した知人の数との間の相関は感染経験あり群, なし群ともに有意ではなかった($rs<0.01, ps>.10$).

以上の結果は, 感染経験者と非経験者との間で感染状況に関する知識の利用可能性については違いがみられるものの, 感染者数の見積もりについては差がみられないことを示しており, 感染経験は利用可能性を高めるものの, リスク認知に対しては影響を与えないことを示している. ただし本研究は感染者数のサンプルサイズが限定的であり, 今後は以上の傾向をより大規模なサンプルで追試する必要があろう.

4. 参照文献

[1] Hertwig, R., Pachur, T., & Kurzenhäuser, S. (2005). Judgments of Risk Frequencies: Tests of Possible Cognitive Mechanisms. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 31(4), 621–642.

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

[3] Pahur, T., Hertwig, R., & Steinmann, F. (2012). How do people judge risks: availability heuristic, affect heuristic, or both? Journal of Experimental Psychology: Applied, 18, 314-330.

[4] Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1985). Characterizing perceived risk. In R. W. Kates, C. Hohenemser, & J. X. Kasperson (Eds.), Perilous progress: Managing the hazards of technology (pp. 91-125). Boulder, CO: Westview.

[5] Tversky, A., & Kahneman, D. (1972). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. Cognitive Psychology, 5, 207-232.

主張の論理的妥当性評価における認知プロセス
Cognitive processes in evaluating the logical validity of others' claims

近藤　大貴†，今井　むつみ‡
Daiki Kondoh, Mustumi Imai
†‡慶應義塾大学
Keio University
Kondoh_daiki@keio.jp

概要
本研究は人が他者の主張の論理的妥当性をどのような認知プロセスに基づく推論によって評価しているのかを明らかにするものである。具体的にはＣｏｖｉｄ－19 への主張を題材に文章課題を作成し、それに対する論理的妥当性の評価が論理構造、根拠および結論に対する信念によって予測されるか検証した。結果、評価は論理構造によって予測された。また、根拠や結論に対する信念は妥当ではない論理構造を持つ主張への評価は予測しなかったが、妥当な主張への評価は予測した。

キーワード：
信念バイアス, Informal reasoning, Argument evaluation

1.　背景と先行研究

人間は社会的な生き物である。そのため、他者の主張によって考えは変化し、その影響は意思決定にまで及ぶ。(Haidt, J. 2001) 加えて、私たちは他者の主張が簡単に伝播する現代社会に生きている。例えば、新型コロナが世界的に流行し始めてから今に至るまで、SNS やマスメディアでは様々な主張が飛び交い続けている。このような社会では互いに影響を受け合うことはもはや避けられない。もし、そんな中でもより良い意思決定をしようと望むならば、波となって押し寄せる他者の主張の一つ一つについて信じるべきかを判断しなくてはならない。

ある主張が信じるに値するか判断するには、正しい論理的妥当性の評価が欠かせない。その主張が演繹的に妥当な論理構造を持つかは、それが信頼性を見分ける一つの基準となるからである。もし論理的妥当性を正しく評価できなければ、もっともらしい根拠が並んでいたり、結論が自分の信念に一致していたりしただけで信じてしまうことになる。

しかし、私たちはどれだけ正しく他者の主張の論理的妥当性を評価できるのだろうか。より適切に評価する方法はあるのだろうか。これらの疑問に答えるためには、他者の主張の論理的妥当性の評価に働く推論がどのような認知プロセスに基づくかを明らかにすることが必要不可欠である。そして、それこそが本研究の目的である。

論理的妥当性の評価に働く認知プロセスについての先行研究では、論理的妥当性の評価には結論がどれだけ信じられるかが影響していることが、形式的な三段論法（Evans, Barston, and Pollard, 1983 など）、および研究レポートや議論(G. Lord et al., 1979, Stanovich, K. E., & West, R. F. 1997) などの非形式的な文章課題を用いて繰り返し明らかにされている。これは信念バイアスと呼ばれる。

しかし、形式的な三段論法課題と非形式的な文章課題とでは個人の信念バイアス傾向は一致しないことが報告されており (Macpherson, R.& Stanovich, K. E. (2007), Thompson, V., & Evans, J. S. B. (2012)) 、論理的妥当性評価の認知プロセスが異なっている可能性がある。これは論理的妥当性の評価に影響しているのが結論の信じやすさだけではないこと、非形式的な課題と形式的な三段論法課題の間の相違点が評価の認知プロセスに影響をことを示唆している。同様に、他者の主張に対する論理的妥当性評価の認知プロセスも三段論法課題との相違点に影響を受ける可能性がある。

そこで、次の章では他者の主張は三段論法課題と何が共通し、何が異なるのかを検討しつつ、他者の主張に対する論理的妥当性評価の認知プロセスについて４つの仮説モデルを挙げる。

2.　仮説

仮説モデルは先行研究に基づいて４つのモデルを仮定した。それぞれ、演繹的推論モデル、根拠の信頼性モデル、信念バイアスモデル、信念の賭けモデルである。

他者の主張と三段論法課題とで共通するのは論理的妥当性が重要という点である。しかし、その理由についてはそれぞれで異なるように思われる。他者の主張において、人が信じるべきかの判断をしていると前提に立てば、論理的妥当性が重要なのはそれが主張の信頼

性に関係し、その評価の正誤が今後の利害に関わるからだと考えられる。(Mercier, H., & Sperber, D. 2011) 対して、三段論法課題において論理的妥当性の評価が重要なのは、その課題の目的が論理的妥当性をどれだけ正しく実験参加者が評価出来るか検証することだからだ。実際、その検証ができるように、結論には誰もが事実だと知っている（ex.バラは花である）あるいは事実でないと知っている（ex.猫は動物ではない）命題を用いることで、結論の信じやすさの統制が行われている。ただし、結論に議論の余地が無い命題を用いるこの設計によって、論理的妥当性の評価は今後の利害との関係無いものにされている。この利害関係の有無という相違点が認知プロセスに影響し、他者の主張に対する論理的妥当性の評価が正しく行われる可能性がある。その場合、他者の主張が演繹的に妥当な論理構造を持つか否かが論理的妥当性の評価に影響すると予測できる。これは論理的妥当性評価の認知プロセスが演繹的な推論に基づいていることを意味しているので、演繹的推論モデルとする。

また、同様の三段論法課題に特有の設計として、根拠に当たる前提部分が事実と反する命題（ex.すべての哺乳類は歩く）であっても事実と仮定させることが挙げられる。これは事実とは異なる結論を持つが演繹的に妥当な論理構造である三段論法を課題に含めるための措置である。しかし、論理的妥当性が主張の信頼性に関わるが故に重要なのであれば、同じ理由で根拠がどれだけ事実であると思うかも重要なはずだ。この信頼性に関わる二つの異なる評価基準を人が混同して評価している可能性がある。もしそうであれば、評価する前の段階での根拠に対する事前の信念が論理的妥当性評価に影響すると予測できる。これを根拠の信頼性モデルとする。

一方で、上述した相違点に関わらず、他者の主張に対する論理的妥当性評価が、三段論法課題と同様に、結論がどれだけ信じられるかで評価される可能性もある。その場合は、人の論理的妥当性評価の認知プロセスが結論に対する事前の信念による推論に基づいていることになる。これは信念バイアスモデルとする。

最後に、他者の主張が三段論法課題と異なる点として、信じる価値が評価される可能性あることが挙げられる。これは、ある主張を信じるべきか否かの実世界における判断には、その信頼性だけではなく、それを信じることでもたらされるかもしれない利害を含めた信念の価値が考慮されるはずだ(Kelly, T. 2002)という前提に基づく。ここでの「利害」とは、ある主張を信念として受け入れ、それに基づいて意思決定することでもたらされるかもしれない利害のことである。これは上述の３つのモデルと異なり、その主張を信じる「リスク」だけでなく、その主張を信じることで得られるかもしれない「リターン」が重要な、その主張を信じるべきかについての「信念の賭け」と言える。（この点を検討するために、「友人の命と他人の命(a)は平等の価値を有すると見なすべき(b)」と「平等の価値を有すると見なしているもの(b)であればより数が多い方を選好すべき(c)」という命題を考える。この二つには多く人に同意されるはずだ。一方で、これらを根拠として「友人の命と他人の命(a)であれば数が多い方を選好すべき(c)」という結論を導く主張については、受け入れる人はほとんどいないだろう。しかし、この主張は根拠も論理的も問題がない。この主張が受け入れられないのは、その価値がないからである）そして、人はより魅力的な賭けに乗るための評価を論理的妥当性と混同している可能性がある。これを信念の賭けモデルとする。

もし、この「信念の賭け」との混同という考えが正しければ、論理的妥当性の評価には結論に対する事前の信念や根拠に対する事前信念に加えて、論理的妥当性評価直後の根拠に対する事後の信念と事前の信念との差分が影響すると予測される。これは、結論に対する事前の信念は主張課題を読む前の時点における信じる価値を反映したものであり、根拠に対する事前と事後の信念の差分は主張を評価する前と後での信頼性の変動量であると見なせることという前提に基づく。（例えば、ワクチンを接種することで得られる価値が高いと判断した人は、それ故に強くその信念を持つと考えられる。仮にその人が他者のワクチンについての主張を評価したとき、そこで根拠として挙げられる命題が事実であるという信念が前に比べて強まるのであれば、信頼性が増加したと言える。信じる価値は信頼性が増加することでも増すので、評価前の結論に対する信念よりも高く論理的妥当性が評価されると予測される。）

本研究では、以上４つ（演繹モデル、根拠の信頼性モデル、信念バイアスモデル、信念の賭けモデル）の仮説モデルのうち、どのモデルが実際の他者の主張に対する論理的妥当性の評価を最も予測するか検証する。具体的には、他者の主張に対する論理的妥当性評価が、論理構造、結論に対する事前の信念、根拠に対する事前の信念および根拠に対する事後の信念との差分のそれぞれの影響を分析する。そのために実験課題として他者

の主張の特徴を含んだ文章を複数作成し、その論理的妥当性を評価するように実験参加者に求める主張評価課題を行う。この課題の文章は論理構造が妥当なものと非妥当なものの２種類を作成する。さらに評価直後に根拠として挙げられた命題に対する信念について質問を行う。また、主張課題を実施する前にアンケートを行う。これは結論や根拠に対する事前の信念ついて調査するためである。加えて、三段論法課題も実施する。これは個人の信念バイアス傾向を主張課題と比較するためである。

3. 実験手続き

実験参加者は実験参加者募集サイトのページから実験内容に同意した後、アンケート調査への回答を行った後、三段論法課題と主張評価課題を行った。実験終了後、謝金として 1000 円が支払われた。カウンターバランスをとるためにアンケート調査および主張評価課題の文章の順番が逆のものも用意し、実験参加者はランダムにそのどちらかが割り当てられた。論理的妥当性の評価について分析を行う場合は、これを独立変数に加える。

4. 実験課題

4.1 アンケート調査

アンケート調査では、主張評価課題で結論や根拠となる命題について、それぞれどれだけ事実であると思うかを 0(完全に事実ではない)～10(完全に事実である)の 11 件法で評価するように実験参加者に求めた。これらはそれぞれ結論に対する事前の信念や根拠に対する事前の信念として記録された。このアンケート調査は主張評価課題や三段論法課題を実施する前に Google Form を用いて行われた。アンケートの質問数は、実験中に参加者が質問や問題の意図に気づくことがないように加えたフィラー質問と合わせて40問であった。

4.2 課題

この課題は word ファイルで提示し、結論を二つの前提から導く三段論法が論理的に妥当であるか評価することを求めた。また、実験参加者が「論理的妥当性」の意味を誤解することを避けるために、問題に入る前に論理的に妥当な例と非妥当な例をその理由とともに提示した。

三段論法課題の問題は全部で 12 問である。これらは演繹条件、非演繹条件、カテゴリー帰納条件のいずれかに該当する論理構造を持つ。各条件における論理構造は次の表の通りである。

論理構造の条件	演繹条件	非演繹条件	カテゴリー帰納条件
前提１	A と B は共に C という共通グループに属する		
前提２	C に属すならば D である	A ならば D である	B ならば D である
結論	A ならば D である	C に属すならば D である	A ならば D である

また、条件ごとに信念に一致する結論を持つ問題と一致しない結論を持つ問題が二つずつあり、そのうち一方が肯定形、もう一方が否定形である。

演繹条件では「妥当である」、それ以外の条件では「妥当ではない」と回答されたときに正答として記録される。演繹条件の場合、問題の結論が信念と一致しないならバイアス条件、一致するなら非バイアス条件とする。非演繹条件、カテゴリー帰納条件ではその逆である。

全ての問題で前提となる命題は事実であるものとして考え、三段論法が論理的妥当性を評価するように教示を行った。また、実験参加者が論理的妥当性の意味を誤解することを避けるために、２題の例題を正当と教示した。

この課題は先行研究(Evans, Barston, and Pollard,1983 や Markovits and Nantel,1989)で使用された三段論法とは異なる点もあるが、主張課題との論理的妥当性評価の認知プロセスの相違点を検証することは十分可能である。

4.3 主張課題

この課題は論理的妥当性評価の認知プロセスに影響を与えると考えられる他者の主張の特徴を含むように作成された。その特徴とは、非形式的な文章、論理的妥当性評価の正誤の評価が今後の意思決定および利害に関わる、根拠を事実と仮定しない、結論の事実関係について議論の余地がある、の４つである。

この課題では、実験参加者に word ファイルで８つのそれぞれ異なる結論、根拠を持つ 300 文字程度の文章を

提示し、論理的妥当性の評価を求めた。評価には 0(完全に妥当ではない)〜10(完全に妥当である)の 11 件法を用いた。このとき、論理的妥当性の意味が誤解されることを避けるために「妥当性についての評価はどれだけ賛成出来るかや結論単体の正しさではなく、それぞれの文章において挙げられている根拠と導かれる結論との関係を評価し、それらがどれだけ論理的に妥当であるかを基準として判断してください」と教示を行った。文章には新型コロナ用ワクチンの安全性および有効性、あるいは新型コロナウイルスの流行に対する自粛の有効性に対する主張が述べられたものがそれぞれ４つずつある。文章のトピックは実験が計画された 2021 年５月の日本において、その是非について主張が頻繁になされ、最終的な意思決定が個人に委ねられており、利害に関わる意思決定に影響しうる話題であることからトピックとして選定した。

文章の論理構造は演繹条件かカテゴリー帰納条件のどちらかに該当し、どちらも結論を導くために二つの根拠を挙げている。各条件における論理構造は次の表の通りである。ただし、実際に提示した文章は下記の論理構造に基づいて作成された、300 文字程度の非形式的な文章である。

条件	演繹条件	カテゴリー帰納条件
根拠１	A(ex.新型コロナ）と B(ex.インフルエンザ)は共に C（ex.感染症）という共通グループに属する	
根拠２	C に属するならば D (ex.ワクチンが有効) である	B ならば D(ex.ワクチンが有効) である
結論	故に、A(ex.新型コロナ) ならば D(ex.ワクチンが有効)である	

同じ条件を持つ文章は各トピックに二つずつあり、のうち一方はトピックに対して肯定的、もう一方は否定的なフレームで主張が述べられている。否定的なフレームでは、根拠２が「―ならば D でない」という否定形式をとり、結論が「故に、A は D ではない」となる。これらの論理構造は三段論法課題の条件と対応するが、非演繹条件の提示および根拠を事実と仮定させる指示は行わなかった。

また、２つの根拠についてもそれぞれどれだけ事実であると思うかの評価を、各文章の論理的妥当性評価直後に、0(完全に事実ではない)〜10(完全に事実である)の 11 件法で求めた。これは根拠に対する事後の信念として記録された。

5. 実験参加者

実験参加者は 1000 円の謝金を条件にオンラインサイト『Crowd Works』から募集し、回答を得た 100 名である。そのうち 27 名は回答記録の不具合やアンケート調査を主張課題の前に回答したことが確認できなかったため、本研究では残りの 73 名のデータを分析する。年齢は 21 歳〜56 歳（平均 39.43、無回答者５名）であった。性別は男性 33 名、女性 40 名、無回答およびその他は 0 名であった。

6. 分析結果と考察

6.1 分析 1

この分析では主張評価課題での信念バイアス傾向が三段論法課題と異なるかを検証する。まず三段論法課題での信念バイアスが見られるかの確認を行う。そのために、同一の論理構造を持つ問題でバイアス条件と非バイアス条件の正答率を比較した。分析には t 検定を使用した。なお、分析１で行った分析は全体に対して Bonferroni 法で多重比較の補正を行った。

正答率の差はカテゴリー帰納条件では確認できず、演繹条件と非演繹条件でのみ認められた。(Table 1-1) このことから、三段論法課題において信念バイアスは働くこと、カテゴリー帰納的な論理構造ではその効果が弱まることが示唆された。これは三段論法課題においても論理構造が論理的妥当性の評価に影響することを意味している。

次に主張評価課題での信念バイアス傾向は三段論法課題と異なるかを検証する。信念バイアスが働くのは演繹条件の文章の結論に対する事前の信念が不一致、あるいはカテゴリー帰納条件の文章の結論に対する信念が一致の場合である。そこで、それぞれの文章に対する論理的妥当性評価を従属変数、三段論法課題の成績を独立変数、主張のフレーム、トピック、提示の順番をコントロール変数として一般化線形回帰分析を行った。

どちらの場合でも妥当性評価と三段論法課題の成績の関連性は確認されず、信念バイアス傾向が異なるこ

Table 1-2,論理的妥当性の評価を従属変数としたときの重回帰分析

	主張課題に対する論理的妥当性評価			
条件	演繹条件かつ信念不一致		カテゴリー帰納条件かつ信念一致	
独立変数	偏回帰係数β	t値	偏回帰係数β	t値
三段論法課題合計正答数	-0.14	-0.66	-0.12	-1.30
主張のフレーム(肯定的)	-0.77	-0.84	-0.97*	-2.62
主張のテーマ（自粛）	-0.64	-0.54	0.67	1.75

※p<.05=*, <.01=**, <.001=***

演繹条件かつ信念不一致のF値：F(3,24)=0.494,カテゴリー帰納条件かつ信念一致のF値：F(3,160)=4.28

Table 1-1,三段論法課題における各論理条件ごとのバイアス条件と非バイアス条件の正答率の差

三段論法課題	演繹条件		非演繹条件		カテゴリー帰納条件	
	肯定形	否定形	肯定形	否定形	肯定形	否定形
バイアス条件	78.08%	78.08%	73.97%	76.71%	89.04%	90.41%
非バイアス条件	97.26%	95.89%	91.78%	95.89%	97.26%	95.89%
正答率の差	19.18%**	17.81%**	17.81%**	19.18%*	8.22%	5.48%

※p<0.05=*, <0.01=**, <0.001=***, N=73

とが示唆された。(Table 1-2) この結果は先行研究と一致する。

また肯定的なフレームを持つことが、カテゴリー帰納条件でのみ、論理的妥当性の評価を有意に低下させた。これは、肯定的な主張では信念バイアスの影響がより少ないことを意味している。この興味深い結果は不作為バイアスで説明できるかもしれない。不作為バイアスとは何かを行わないことよりも、行うことの後悔を強く予期するバイアスである。実際の行動と結びつく自粛やワクチン接種に肯定的な主張は、これにより厳しく信頼性を評価された可能性がある。これは演繹条件の文章では差が出なかったことも説明できる。というのも、演繹条件の分析には主張の結論と不一致な信念を持つ人の評価が利用されている。そのような人が、もし慎重に判断するのであれば論理構造に関わらず信頼性を低く評価するはずだ。ただし、演繹条件とカテゴリー帰納条件では利用できたデータ数が異なるので注意が必要である。いずれにせよ、この点は今後より詳しい検証が必要である。

主張のテーマと提示の順番による影響は確認できなかった。

6.2 分析２

ここでは、４つのモデルのうち、主張課題の論理的妥当性評価を最も予測するものは何かを検討する。

まず、最初の３つのモデルについて検証するために、従属変数を主張評価課題の論理的妥当性評価とし、独立変数を論理構造、結論に対する事前の信念、根拠１と

根拠２に対するそれぞれの事前の信念として分析を行う。実験参加者の個人傾向を考慮するため、分析には実験参加者の ID をランダム切片効果としてモデルに含めた一般化線形混合分析を用いた。また、主張のフレーム、トピック、提示の順番をコントロール変数として加えた。結果、論理構造および根拠２に対する事前の信念、フレームが論理的妥当性評価に影響することが確認された。一方で、事前の信念の関連は見られず、信念バイアスは確認できなかった。(Table 2-1,事前モデル) これは演繹モデルと根拠の信頼性モデルを支持する結果である。

次に、信念の賭けモデルについて検証するために、先ほどのモデルに根拠１と根拠２に対するそれぞれの事後の信念を加えて階層的な分析を行った。これにより、根拠に対する事前と事後の信念の差分の影響を検証する。結果、根拠２に対する事後の信念が論理的妥当性評価に関連し、根拠 2 に対する事前の信念の関連が無くなることが確認された。(Table 2-1,事後モデル) また、AIC 基準で追加前と後のモデルを ANOVA で比較したところ、後者の当てはまりが有意によいことが確認された。これは部分的に信念の賭けモデルを支持する結果である。ただし、結論に対する事前の信念の影響を確認できなかった点は仮説とは異なる。また、文章の論理構造やフレームは継続して評価と関連した。これは演繹モデルや不作為バイアスの影響を支持している。その他の変数の影響は確認できなかった。

以上の分析結果は、演繹モデルと部分的な信念の賭けモデルを支持している。ただし、実験参加者は三段論法課題においてもカテゴリー帰納条件では正しく論理的な評価を下すことが出来ていた点には注意が必要である。先行研究が指摘するように、信念バイアスと論理構造には相互作用があり、特にカテゴリー帰納的な論理構造では比較的容易に信念バイアスを抑制できるのかもしれない。その場合、演繹条件の文章においては信念バイアスが働くはずである。これらのことを踏まえて論理的妥当性評価における認知プロセスを更に詳しく検証する必要がある。そこで、この分析で使用した各変数同士の関連性を事後的に分析した（分析３）。

Table 2-1
モデル検証のための階層的一般化線形混合分析の結果

論理的妥当性評価	事前モデル		事後モデル	
独立変数	β	t 値	β	t 値
論理構造（演繹条件）	0.55***	3.32	0.60***	3.79
結論に対する事前の信念	0.07	1.57	0.03	0.72
根拠１に対する事後の信念	-0.10	-1.63	0.12*	-2.04
根拠１に対する事後の信念	---	---	0.03	0.60
根拠２に対する事前の信念	0.17***	3.53	0.02	0.47
根拠２に対する事後の信念	---	---	0.39***	7.95
主張のフレーム（肯定的）	-0.72***	-4.19	-0.44***	-2.60
主張のテーマ（自粛）	0.27	1.43	0.33	1.68
提示の順番	-0.29	-1.16	-0.19	-0.90
AIC	2502.9		2443.2***	

※p<.05=*, <.01=**, <.001=***, N=579
事後モデルは事前モデルに根拠 1,2 に対する事後の信念を追加したモデル

6.3 分析３

この分析では論理的妥当性評価の際に働く認知プロセスを更に詳しく探るために、事後的に分析２で使用した主要な変数同士で相関分析を行う。ただし、主張課題の論理構造およびフレームの影響も考慮するために、文章を論理構造とフレームの二つの基準で分類し、それぞれの場合での論理的妥当性評価、結論に対する事前の信念、２つの根拠に対するそれぞれの事前と事後の信念相関を分析する。また分析３で行った分析全体に対し Bonferroni 補正を行った。

この分析から、結論に対する事前の信念は演繹条件かつ否定的な結論を持つ文章に対する論理的妥当性評価と関連することが確認された。しかし、他の文章では関連は確認できなかった。根拠に対する事前の信念についても同様であった。(Table 3-1,2,3,4) これは論理構造や内容のコンテキスト(ex.不作為バイアス) 次第では、人が結論や根拠に対する事前の信念と独立して主張の論理的妥当性を評価できる可能性を示唆している。また、結論に対する事前の信念は全ての文章で根拠２に対する事前の信念と相関が高かった。双方共に実験参加者が他者の主張課題の前にアンケートで調査したものなので、この相関関係は実験課題の特性によるものと言える。そして、この特性によって結論に対する事前の信念と論理的妥当性の評価の関係が仲介された可能性が高い。これらが、分析２で信念バイアスが確認されなかった理由であると考えられる。

またカテゴリー帰納条件かつ肯定的なフレームの文章を除く全ての文章で、根拠２に対する事後の信念と論理的妥当性評価の相関が確認された。この相関が結論や根拠に対する事前の信念との相関が確認できない文章でも見られるのは非常に興味深い。なぜ根拠に対する事後の信念は、結論や根拠に対する事前の信念と異なり、主張の論理構造やフレームの影響を受けないのだろうか。このことを今回検討した枠組みの中で説明するのは難しい。今回検討したモデルの中で唯一、信念の賭けモデルのみが根拠に対する事後の信念を主張の評価をすることで更新された信頼性であると見なすことで、根拠に対する事後の信念が論理的妥当性の評価に影響することを予測している。しかし、このモデルでは、なぜ同じく信頼性の情報を含む結論や根拠に対する事前の信念が論理構造やフレーム次第で影響しなくなるかが説明できない。また、人が論理構造や内容のフレーム次第で結論や根拠に対する事前の信念と切り離して論理的妥当性を評価すると予測する演繹モデルも、逆になぜ根拠に対する事後の信念だけは切り離して評価されないのかを説明する必要がある。

信念の賭けモデルや演繹モデルがこれらの困難を抱えるのは、根拠に対する事後の信念が論理的妥当性評価に影響すると仮定しているからである。そうすることで、なぜ根拠に対する事後の信念は、結論や根拠に対する事前の信念と異なるかを説明しなくてはならなくなる。しかし、実際は仮定とは逆のことが起きているのかもしれない。つまり、論理的妥当性評価が根拠に対する事後の信念に影響している可能性がある。

もしこの考えが正しければ、今回の結果は以下のように説明することができる。論理構造がカテゴリー帰納的な文章に対しては、演繹的推論モデルが予測するように、論理的妥当性は結論や根拠に対する事前の信念に影響されずに正しく低い評価がなされる。しかし、論理構造が演繹的な場合は、信念の賭けモデルが予測するように結論と根拠に対する事前の信念の両方が影響する。ただし、演繹的かつ肯定的なフレームの文章では影響がなく、不作為バイアスが干渉したと考えられる。そして、どちらの場合でも、実験参加者は自分の論理的妥当性評価と帳尻を合わせるように、根拠に対する事後の信念を更新した可能性がある。（図１参照）

この論理的妥当性評価に合わせて根拠に対する信念を事後的に変更するという考えは Haidt, J. (2001) や Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977) と整合する。もし人が実際に自分の評価や判断に合わせて根拠を信じたり疑ったりするのであれば、ワクチンの安全性や陰謀論の疑わしさを伝えるためにエビデンスの正しさや信頼性を訴えることは、有効な方略でないかもしれない。なぜなら、もし信念バイアスやその他の理由で論理的妥当性が低いと一度評価されてしまえば、そのエビデンスはもはや信頼されないからである。実世界での問題としては、ただし、この点については十分に検証できておらず、今後さらに研究される必要がある。

Table 3-1 演繹条件かつ自粛やワクチン接種に肯定的な結論を持つ文章における各変数の相関係数

相関係数	事前の信念（結論）	事前の信念（根拠１）	事後の信念（根拠１）	事前の信念（根拠２）	事後の信念（根拠２）
論理的妥当性評価	0.10	-0.01	0.08	0.14	0.48 ***
事前の信念（結論）		0.47 ***	0.29 **	0.59 ***	0.42 ***
事前の信念（根拠１）			0.43 **	0.39 **	0.23
事後の信念（根拠１）				0.25 *	0.35 ***
事前の信念（根拠２）					0.41 ***

※p<.05=*, <.01=**, <.001=***,N=145

Table 3-2 演繹条件かつ自粛やワクチン接種に否定的な結論を持つ文章における各変数の相関係数

相関係数	事前の信念（結論）	事前の信念（根拠１）	事後の信念（根拠１）	事前の信念（根拠２）	事後の信念（根拠２）
論理的妥当性評価	0.34 **	0.21	0.29 *	0.34 **	0.57 ***
事前の信念（結論）		0.10	0.14	0.63 ***	0.48 ***
事前の信念（根拠１）			0.36 ***	0.25	0.18
事後の信念（根拠１）				0.12	0.32 **
事前の信念（根拠２）					0.48 ***

※p<.05=*, <.01=**, <.001=***,N=145

Table 3-3 カテゴリー帰納条件かつ自粛やワクチン接種に肯定的な結論を持つ文章における各変数の相関係数

相関係数	事前の信念（結論）	事前の信念（根拠１）	事後の信念（根拠１）	事前の信念（根拠２）	事後の信念（根拠２）
論理的妥当性評価	-0.08	-0.14	-0.10	0.06	0.25
事前の信念（結論）		0.39***	0.25	0.48 ***	0.30 *
事前の信念（根拠１）			0.56 ***	0.40 ***	0.30 *
事後の信念（根拠１）				0.20	0.38 ***
事前の信念（根拠２）					0.54 ***

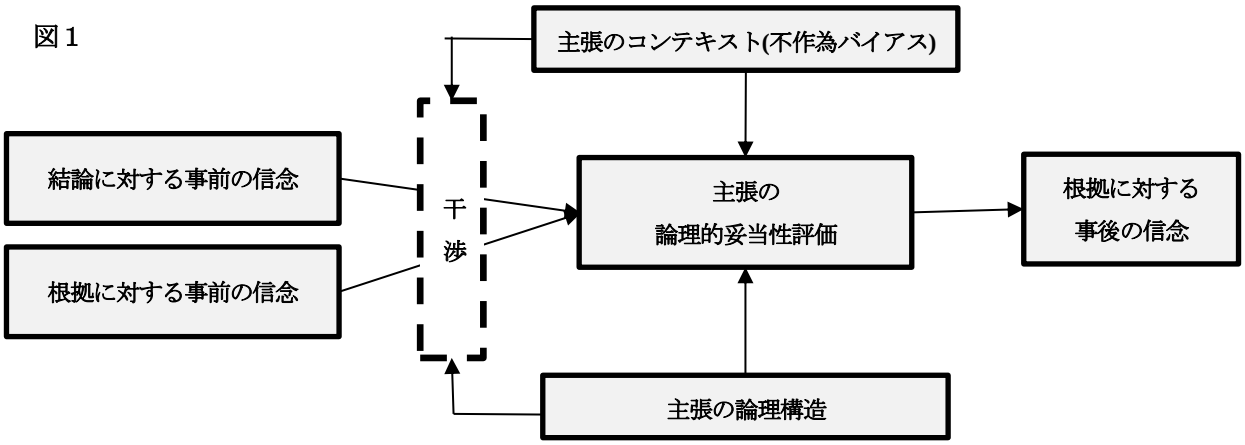
※p<.05=*, <.01=**, <.001=***,N=145

Table 3-4 カテゴリー帰納条件かつ自粛やワクチン接種に否定的な結論を持つ文章における各変数の相関係数

相関係数	事前の信念（結論）	事前の信念（根拠１）	事後の信念（根拠１）	事前の信念（根拠２）	事後の信念（根拠２）
論理的妥当性評価	0.23	-0.03	0.10	0.17	0.32 **
事前の信念（結論）		-0.06	-0.05	0.34 **	0.19
事前の信念（根拠１）			0.43 ***	0.03	0.12
事後の信念（根拠１）				-0.02	0.04
事前の信念（根拠２）					0.43 ***

※p<.05=*, <.01=**, <.001=***,N=143

図１



7. 結論

最初に、先行研究で指摘されるように、三段論法課題と非形式的な主張課題では個人の信念バイアス傾向は異なることが確認された。また、どちらの課題でもカテゴリー帰納的な論理構造に対しては正しく論理的妥当性が低いと評価することができ、信念バイアスを比較的抑制できることが明らかになった。一方で、演繹的な論理構造を持つ場合は、どちらの課題でも信念バイアスの影響が見られた。また、主張課題では根拠に対する事前の信念も影響した。これらの本研究の結果から、人の論理的妥当性評価の認知プロセスについて以下のことが示唆された。まず、論理的妥当性の評価は結論と根拠に対する事前の信念の両方に基づいて行われる。しかし、論理構造に誤りがあると検出出来た場合は、それらに干渉し、影響を打ち消して正しく低い評価をすることができる。また事後的な分析により、人は自分の論理的妥当性評価と帳尻を合わせるように根拠に対する事後の信念を更新している可能性が示された。ただし、この点についてはさらなる検証が必要である。

謝辞

本研究は、 202 1 年度の森泰吉郎記念研究振興基金研究者育成費に採択いただき、実施することができました。この場を借りて心より御礼申し上げます。

参考文献

[1] Daniel, K. (2012). Thinking, fast and slow.（ダニエル・カーネマン、村井章子（訳）（2014）早川書房）
[2] Evans, J. S. B. T., Barston, J. L., & Pollard, P. (1983). On the conflict between logic and belief in syllogistic reasoning. Memory & cognition, 11(3), 295-306.
[3] Evans, J. S. B. (2006). The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation. *Psychonomic bulletin & review*, *13*(3), 378-395.
[4] Evans, J. S. B., & Stanovich, K. E. (2013). Theory and metatheory in the study of dual processing: Reply to comments. Perspectives on Psychological Science, 8(3), 263-271.
[5] Hall, L., Johansson, P., & Strandberg, T. (2012). Lifting the veil of morality: Choice blindness and attitude reversals on a self-transforming survey. PloS one, 7(9), e45457.
[6] Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment. *Psychological review*, *108*(4), 814.
[7] Haidt, J., & Bjorklund, F. (2008). Social intuitionists answer six questions about morality.
[8] Kahan, D. M., Peters, E., Dawson, E. C., & Slovic, P. (2017). Motivated numeracy and enlightened self-government. *Behavioural public policy*, *1*(1), 54-86.
[9] Kelly, T. (2002). The rationality of belief and some other propositional attitudes. *Philosophical Studies*, *110*(2), 163-196.
[10] Klauer, K. C., Musch, J., & Naumer, B. (2000). On belief bias in syllogistic reasoning. *Psychological review*, *107*(4), 852.
[11] Liu, B. S., & Ditto, P. H. (2013). What dilemma? Moral evaluation shapes factual belief. Social Psychological and Personality Science, 4(3), 316-323.
[12] Lord, C. G., Ross, L., & Lepper, M. R. (1979). Biased assimilation and attitude polarization: The effects of prior theories on subsequently considered evidence. *Journal of personality and social psychology*, *37*(11), 2098.
[13] Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological review*, *84*(3), 231.
[14] Macpherson, R., & Stanovich, K. E. (2007). Cognitive ability, thinking dispositions, and instructional set as predictors of critical thinking. Learning and individual differences, 17(2), 115-127.
[15] Markovits, H., & Nantel, G. (1989). The belief-bias effect in the production and evaluation of logical conclusions. Memory & cognition, 17(1), 11-17.
[16] Mercier, H., & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. Behavioral and brain sciences, 34(2), 57-74.
[17] Pennycook, G., Fugelsang, J. A., & Koehler, D. J. (2015). What makes us think? A three-stage dual-process model of analytic engagement. Cognitive psychology, 80, 34-72.
[18] Stanovich, K. E., & West, R. F. (1997). Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. Journal of educational psychology, 89(2), 342.
[19] Stanovich, K. E. (2005). The robot's rebellion. In *The Robot's Rebellion*. University of Chicago press.（キース・E・スタノヴィッチ、楠田直子（訳）鈴木宏昭（監修）（2008）みすず書房）
[20] Thompson, V., & Evans, J. S. B. (2012). Belief bias in informal reasoning. Thinking & Reasoning, 18(3), 278-310.

人間の因果的直感に基づく因果探索アルゴリズム
A causal discovery algorithm based on human causal intuition

樋口 滉規†，高橋 達二†
Kohki Higuchi, Tatsuji Takahashi
† 東京電機大学
Tokyo Denki University
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究は，ベイジアン・ネットワークの構造学習の際に行われる条件付き独立性検定を，適応的合理性の観点において優れた倹約性と効率性を有する指標である $pARIs$ (proportion of assumed-to-be rare instances) で代替したアルゴリズムを提案した． $pARIs$ は，人間の因果的直感と高い相関を示すことが明らかになっている指標であり，適応的合理性の観点から，スモールサンプル，事象の生起確率の稀少性など幾つかの仮定を設けた場合には，統計学的に規範的とされている指標よりもなお，非独立性の優れた近似として振る舞うことが計算機シミュレーションにより明らかになっている．因果推論の単純化された認知科学的な知見をベイジアン・ネットワークの枠組みへと統合することにより，現実的かつ複雑な状況下における人間の因果推論過程の説明と，ベイジアン・ネットワークの重要な課題の一つである効率的な構造学習の実現を試みた．また，提案した指標の性能の評価は，人工データ生成とパラメータ・リカバリーの確認の組からなる計算機シミュレーションによって行った．

キーワード：因果帰納, 因果発見, ベイジアン・ネットワーク

1. 序論

人類は種の誕生以来，多様な自然環境へと適応・生存することに成功し，現在の繁栄を迎えている．そのような成功の要因の一つは，人間が因果関係を効率的に学習（すなわち，帰納的に構築）し，それを活用する能力を有していたことにある．学習した因果関係の活用により，原因の観察に基づく未来の予測，結果の観察に基づく原因の診断，更には原因の生起の操作による間接的な未来の操作が可能となる．具体的には，食物の安全性の判断，狩りや植物栽培の効率化，食物の長期保存方法の発見，病気の予防・診断・治療，天候や災害の予測など，生存に不可欠な数多くの要素は因果関係の学習に基づいている．人間の因果推論はしばしば誤りを含むものの，データが少ない状況でも往々にして適切な因果関係を学習できるといった点では，現状の人工知能にはない優れた性質を有している．その認知過程のモデリングは人間を理解するという科学的な価値だけではなく，有用なシステムのデザインに繋がる工学的な価値をも有する．複雑な因果関係を表現するための有力な枠組みとして，ベイジアン・ネットワークがある．これは現実世界における意思決定への応用という点では深層学習よりも優れた面があるものの，ネットワークの構造探索の際に用いる条件付き独立性の検定において考慮する要因（ノード）の数に応じて計算量が指数的に増大するために，実践的な課題への適用が困難であった．その問題を解決すべく，これまでに様々な探索アルゴリズムが提案されており，特に PC アルゴリズムと呼ばれる手法の登場は探索の飛躍的な効率化を実現した [3] しかし，そのような探索アルゴリズム自体の研究に比して，条件付き独立性の検定に用いる尺度を模索する研究は活発でなく，殆どの場合，ピアソンの χ^2 検定や尤度比 χ^2 検定といった古典的な統計学の仮説検定手法が用いられる．本研究が提案するのはアルゴリズムの直接的改善ではなく，独立性検定に用いる指標の改善である．より具体的には，構造学習の際に行われる条件付き独立性検定を，適応的合理性の観点において優れた倹約性と効率性を有する指標である $pARIs$ (proportion of assumed-to-be rare instances)[4] で代替したアルゴリズムを提案する．$pARIs$ は，人間の因果的直感と高い相関を示すことが明らかになっている認知科学的な指標であり [1]，$1 - pARIs$ の情報量的解釈である相互情報量は広く検定に用いられる尤度比 χ^2 統計量 (G^2) と線形関係にある．また，単純因果帰納の枠組みにおいて，環境の構造や計算資源の制約を考慮する適応的合理性の観点から，スモールサンプル，事象の稀少性など幾つかの仮定を設けた場合には，$pARIs$ は統計

学的に規範的とされている指標よりもなお，非独立性の尺度に対する優れた近似として振る舞うことが計算機シミュレーションにより明らかになっている [2]．因果推論の単純化された認知科学的な知見をベイジアン・ネットワークの枠組みへと統合することにより，ベイジアン・ネットワークの重要な課題の一つである構造学習の効率的化，現実的かつ複雑な状況下における人間の因果推論過程の説明を試みる．

2. 単純因果帰納

まず，$pARIs$ がしたがう因果帰納のための基本的な枠組みについて説明する．現在注目している事象を結果事象 E，その原因であると考えられる事象を原因候補事象 C とおく．このとき，専ら観察に基づいて事象 C と E の間にある関係性の強さを推論することを考える．観察に基づく因果帰納では，C と E の因果関係の強さはその共起情報，すなわち，C と E が互いに生起したか否かを表す 4 つの組み合わせ事象の生起頻度から推論できる．事象 C と E の生起・不生起の場合を考え，各組み合わせの生起頻度を a, b, c, d とすると，C と E の共起情報は表 1 に示すような 2×2 の分割表として表すことができる．このように単一の原因事象と結果事象に対して，その生起頻度から事象間にある因果的な関係性の強さを推論する枠組みを単純因果帰納と呼ぶ．

表 1　共起情報を示す 2×2 の分割表

	Effect (E)	No effect ($\neg E$)
Cause (C)	a	b
No cause ($\neg C$)	c	d

また，このような分割表から C と E の間の因果強度を導く指標を観察的因果帰納モデル (または単に因果帰納モデル) と呼ぶ．換言すると因果帰納モデルとは，4 種の生起頻度から因果強度を推定する指標を意味する．因果帰納モデル $pARIs$ は，後述する稀少性仮定 (すなわち C と E の生起が稀少であるという) 仮定のもとで，稀少な C または E の生起を所与として C と E が同時に生起する条件付き確率である．単純因果帰納の枠組みで人間を対象に行われた過去の実験に対して行われたメタ分析の結果から，$pARIs$ は既存の 30 以上の指標よりも優れた記述性能を示すことが明らかになっている [1].

$$pARIs = P(C \wedge E | C \vee E) \quad (1)$$

$$= \frac{P(C \wedge E)}{P(C \vee E)} \quad (2)$$

$$= \frac{P(C,E)}{P(C)+P(E)-P(C,E)} \quad (3)$$

$$= \frac{a}{a+b+c} \quad (4)$$

また，$pARIs$ は変形すると以下のように表すことができる．

$$pARIs = P(C \wedge E \mid C \vee E) \quad (5)$$

$$= P((E \mid C) \wedge (C \mid E)) \quad (6)$$

ここから $pARIs$ は，因果的な双条件文，すなわち「C ならば E，かつ，E ならば C」という条件文が真であるような確率として解釈することが可能である．

3. 稀少性仮定

稀少性仮定 [6] とは，通常，原因と結果の基準率 $P(C)$, $P(E)$ は小さい (すなわち稀) であるとする仮定である．自然のカテゴリが疎であることは直感的には明らかであるために (例えばあらゆる事物の中で鳥類に属するものは稀少であり，さらに，鳥類の中においてカラスは稀少である)，稀少性を仮定する多くの分析は，人間の仮説空間が自然のカテゴリに大きく依存しているという経験的な証拠に基づいて稀少性の仮定を正当化している．また，[7] は，スパース性を仮定することの理論的な根拠は家族的類似性に基づいて説明できることを示した．

単純因果帰納において，稀少性の仮定は d セルが膨大であると仮定するに等しい．これは，原因 C と結果 E が共に稀少であれば，殆どの場合，その両方ともが生起することは更に稀少であり，殆どの場合においてどちらも生起することはないことから説明できる．また，d セルに関する他の問題として，その定義が曖昧であるという問題がある．この問題を説明するために，ある照明器具について「スイッチを押す (C) と明かりが点く (E)」という因果条件文の例を用いる．この例において，スイッチを押して明かりが点いた回数 $N(C,E)$ を数えることには何ら問題がなく，その回数は一意に定まる．また，$N(\neg C,E)$ や $N(C,\neg E)$ を数える場合も同様であり，これらの場合，単に C か E のどちらかが生起した瞬間に両事象の組み合わせを考えればよい．一方で，スイッチを押さず，明かりが点かなかった場合が起きた回数 $N(\neg C,\neg E)$ を数えることは容易ではない．一つの方法として考えられるのは，単位時間ごとに事象の生起不生起を観測しカウントすることであるが，その単位時間の設定必然的に恣意的であり，ゆえに d セルの定義は曖昧さを残すことにな

る．このことに対する $pARIs$ の利点として，$pARIs$ は定義式に d セルを含まないため，膨大，あるいは曖昧な d セルの値を無視することができる．

4. ベイジアン・ネットワーク

ベイジアン・ネットワークは事象間の因果関係を，有向非巡回グラフ (DAG) と条件付き確率分布を用いて表現したグラフィカルモデルである．本研究は観測データからネットワークの構造を学習するプロセスに関するものであり，特に制約ベース法と呼ばれるアプローチに焦点を当てる．制約ベース法は事象間の共変関係に基づいて因果構造を学習するアプローチであり，2 変数の独立性の検定を行う段階と因果関係の方向付けを行う段階からなる．

4.1 条件付き独立性検定

条件付き独立性の検定に際して，一般には，条件付き独立であることを帰無仮説とした古典的な統計的検定が用いられる．これに用いられる代表的な統計量には χ^2 統計量や G^2 統計量がある．帰無仮説の元での期待頻度を Expected，実際に観測した頻度を Observed とすると以下のように定義される．

$$\chi^2 = \sum_{x,y,z} \frac{(\text{Observed} - \text{Expected})^2}{\text{Expected}} \tag{7}$$

$$G^2 = 2 \sum_{x,y,z} \text{Observed} \cdot \log \frac{\text{Observed}}{\text{Expected}} \tag{8}$$

G^2 統計量は尤度比 χ^2 統計量とも呼ばれる．N をサンプルサイズとすると，G^2 統計量は $1 - pARIs$ の情報量的解釈である相互情報量 (MI) と以下のような線形関係にある．

$$G^2 = 2 \cdot N \cdot \text{MI}(X, Y) \tag{9}$$

単純因果帰納の枠組みにおいて稀少性を仮定したとき，$pARIs$ は非独立性の優れた近似として振る舞うことが知られている [2]．$pARIs$ を条件付き独立性の指標として拡張するうえで，条件となる変数集合 $\boldsymbol{Z}$ を所与としたときの二変数 X, Y に対する $pARIs$ の値を以下のように定義する．

$$pARIs_{\boldsymbol{Z}} = \min_{\boldsymbol{z}} \frac{P(x, y|\boldsymbol{z})}{P(x|\boldsymbol{z}) + P(y|\boldsymbol{z}) - P(x, y|\boldsymbol{z})} \tag{10}$$

条件付き独立性の判定に際して，任意の閾値 ϵ を用いて，$pARIs < \epsilon$ のとき 2 変数を条件付き独立と見なすこととする．

4.2 PC アルゴリズム

古典的な条件付き独立性検定に基づく最も代表的な構造学習アルゴリズムが PC アルゴリズム [3] である．このアルゴリズムは,，条件付き独立性検定の計算量がノード数に対して指数的に増大する問題を抱えていた IC アルゴリズム [8] を発展させたものである．PC アルゴリズムは，まず，すべてのノードを無向辺で結んだ完全グラフから出発し，変数間の条件付き独立性の検定を行い，有意に独立な事象間のエッジを取り除いていく．条件部は空集合より始まり (これを 0 次の条件付き検定と呼ぶ)，1 次，2 次と条件付ける変数の数を順次増やしながら行う．その後は有向非巡回グラフ (DAG) の制約にしたがい，可能なエッジに対して方向づけを行う．

5. シミュレーション

PC アルゴリズムにおける条件付き独立性の検定の際に $pARIs$ を使用することの有効性をシミュレーションを介して検証した．シミュレーションは，χ^2 統計量，条件付き $pARIs$，条件付けを行わない $pARIs$(これは 0 次の条件付けを行うことに等しい．以降 $pARIs_0$ と称する) の 3 種類に対して行った．なお，$pARIs_0$ を比較対象に加えたのは，単純因果帰納の枠組みにおいて人間の観察的因果帰納と高い適合を示す $pARIs$ が複数の事象間の因果関係を扱う因果発見の枠組みでどの程度有効なのかを検証するためである．以下にシミュレーションの手順と結果を示す．

5.1 方法

提案した指標の精度と性質の評価を，人工データ生成とパラメータ・リカバリーの確認の組からなる計算機シミュレーションによって行った．データの生成には，図 1 に示すように，条件付き独立性を考慮する上で重要な 3 種類の構造（連鎖，分岐，合流）のすべてを含む，最もシンプルな因果グラフを使用した．

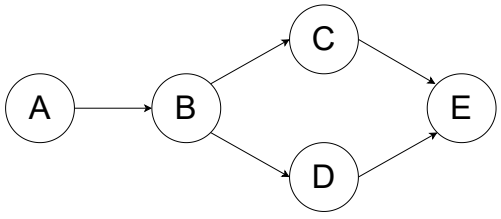


図 1 データ生成に使用した因果グラフ

各変数は $pARIs$ による計算を可能とするために生起不生起の値を取る 2 値変数とし，分析を平易にす

るために生起確率と条件付き確率は全変数で等しいものとし，大中小の三段階で変化させた．具体的には，各変数の生起確率を $\{.2, .5, .8\}$ と変化させ，各変数の条件付き確率は単純因果帰納の枠組みにおける因果性の規範的指標である $\Delta P = P(E|C) - P(E|\neg C)$ が $\{.2, .5, .8\}$ の値をとるように変化させた．上記のように設定した母集団の因果モデルから，各サンプルサイズ $N = \{10, 50, 100, 500\}$ の観測データを生成し，それに対して各アルゴリズムによる構造学習を行った．このとき，独立性検定の精度に焦点を当てるためにエッジの方向付けは行わず，無向辺の構造学習を行った．なお，χ^2 統計量による検定の有意水準には $\alpha = .01$ を用い，$pARIs$ および $pARIs_0$ の閾値は，それぞれ全体を通して安定していた $\epsilon = .1$ と $\epsilon_0 = .5$ を用いた．アルゴリズムによる構造学習の精度は，母集団である図 1 と等価にするために必要な最小のエッジの変更点の数であるエッジ編集距離を用いて評価した．これは値が小さいほど精度が高いことを意味する．結果は上記の試行を 300 回繰り返した平均距離である．

5.2 結果と議論

結果を図 2 に示した．ヒートマップは平均エッジ編集距離を表し，横軸は設定した ΔP の値を，縦軸は各事象の生起確率を表している．結果から，サンプルサイズが小さい場合に $pARIs$ および $pARIs_0$ は χ^2 統計量よりも母集団とのエッジ編集距離が近くなることが読み取れる．また，その傾向は $N = 10, 50$ の場合に顕著であり，十分なサンプルが揃う $N = 100, 500$ の場合に逆転する．$N = 10$ における χ^2 統計量の結果は，統計的な観点から独立性を判断するには十分なサンプルが得られていないことを示しているとも解釈でき，一概に $pARIs$ のほうが優れていると結論づけることはできない．しかし，結果は少なくとも $pARIs$ による条件付き独立性の検定が特にスモールサンプルからの推論において有用でありうることを示している．また，十分なサンプルが得られた場合にも，特に稀少性のもとで平均エッジ編集距離 0-2 付近の精度で母集団を推定できることを示している．他方，エッジの有無の判断へ単純因果帰納の枠組みをそのまま適用した $pARIs_0$ は，稀少性のもとで，スモールサンプルかつ因果強度が大きい場合には条件付きの $pARIs$ と同等以上の振る舞いを示すことが読み取れる．このことは，単純かつ人間の因果的直感と高い適合を示す指標が，複数の事象間の因果発見という枠組みにおいても一定の有効性を持つことを示している．

今回のシミュレーションにおいて，$pARIs$ と $pARIs_0$ の閾値を全体を通して安定した値に固定したが，実際は各確率分布に合わせて最適なものを個別に設定することも可能である．閾値を変化させた場合の挙動の変化や優れた閾値の候補の計算方法など，閾値に関するより詳細な分析が必要である．また，事象ごとに生起確率や条件付き確率が異なるような因果グラフにおける性能の分析についても本研究では未検討であるが，重要な課題である．

6. 結論

本論文では，ベイジアン・ネットワークの構造学習の際に行われる条件付き独立性検定を，人間の因果的直感と高い相関を示すことが明らかになっている指標であり，稀少性仮定のもとでは非独立性の尺度に対する優れた近似として振る舞うことが明らかになっている $pARIs$ で代替するアルゴリズムを提案し，計算機シミュレーションに基づく性能分析を行った．結果から，提案アルゴリズムは条件付き独立性の検定として一定の有効性を持ち，特にスモールサンプルにおいて有用である可能性が示された．

文献

[1] 高橋 達二, 横川 純貴, 大用 庫智, (2014) “少数サンプルからの帰納推論と双条件付確率” 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 28, 2N4-OS-03a-2.
[2] 樋口 滉規, 高橋 達二, (2020) “稀少性仮定下での非独立性検出としての観察的因果帰納とその適応的意味” 日本認知科学会大会発表論文集, Vol. 37, P-151.
[3] Spirtes, P., Glymour, C., (1991) “An algorithm for fast recovery of sparse causal graphs” Social Science Computer Review. Vol. 9(1) pp. 62-72.
[4] Takahashi, T., Kohno Y., Oyo, K., (2010) “Causal Induction Heuristics as Proportion of Assumed-to-be Rare Instances (pARIs)” Proceedings of the 7th International Conference on Cognitive Science.
[5] Hattori, M., Oaksford, M., (2007) “Adaptive non-interventional heuristics for covariation detection in causal induction: Model comparison and rational analysis” Cognitive Science, Vol. 31(5), pp. 765-814.
[6] Oaksford, M., Chater, N., (1994) “A Rational Analysis of the Selection Task as Optimal Data Selection” Psychological Review, Vol. 101(4), pp. 608-631.
[7] Navarro, J., Perfors, F., (2011) “Hypothesis Generation, Sparse Categories, and the Positive Test Strategy” Psychological Review, Vol. 118(1), pp. 120-134.
[8] Verma TS., Pearl J. (1991) “Equivalence and Synthesis of Causal Models.” Proceedings of the 6th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, pp. 220-227.

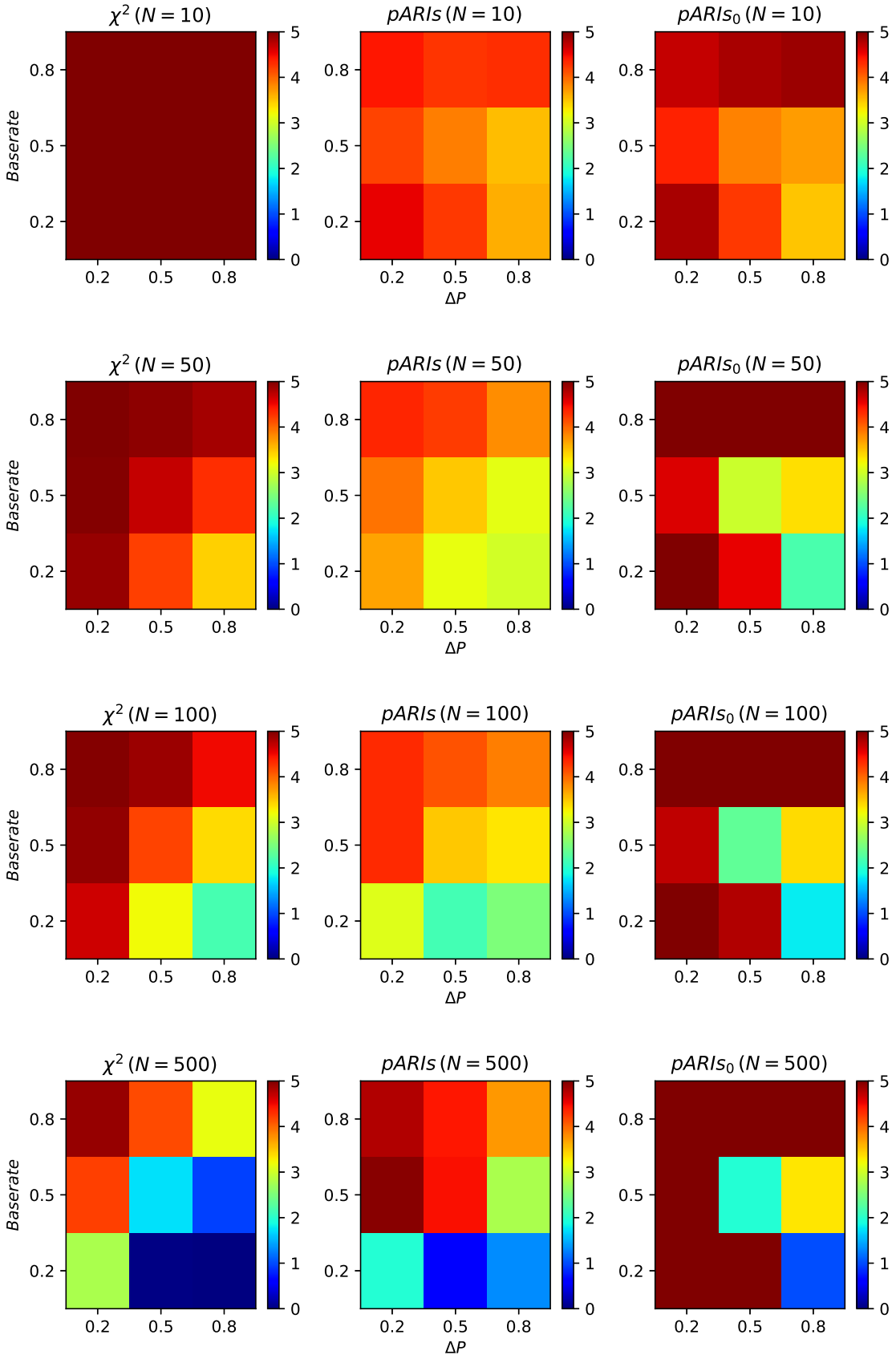


図 2　各アルゴリズムを用いて学習したグラフと正答グラフの間のエッジ編集距離．χ^2 検定では有意水準 $\alpha = .01$ を，$pARIs$ および $pARIs_0$ の閾値は，それぞれ全体を通して安定していた $\epsilon = .1$ と $\epsilon_0 = .5$ を用いた．

アバター評価と“かわいい”音声：音声の「かわいい」感情が及ぼす影響と加齢変化[1]
Effects of CUTE voice on avatar-evaluation. and aging

原田 悦子†，安久絵里子†，鷹阪龍太†，目黒文乃†，葛岡英明‡
Etsuko T. Harada, Eriko Ankyu, Ryuta Takawaki, Ayano Meguro, & Hideaki Kuzuoka
†筑波大学 ‡東京大学
†University of Tsukuba, ‡Tokyo University
etharada@human.tsukuba.ac.jp

概要
アバター技術の新たな利用法として，仮想的な二者対話＝腹話術型会話支援システムを構築するに当り，「かわいい」音声がアバター評価に与える影響を検討した．音声の物理的特性に対応した「かわいい」感情は若年成人には生起するが高齢者には見られないこと，音声のかわいい評価は高齢者でのみ外見のかわいい評価と相関を示すことが示された．音声の「かわいい」感情，かわいい感情と加齢の影響について検討が必要と考えられる．

キーワード：アバター評価(evaluation of avatar)，人工エージェント(agent)，音声のデザイン(voice design)，「かわいい」感情 (kawaii emotion)，加齢変化(ageing)，腹話術形式の会話（Ventriloquism-style conversations）

1. はじめに

近年，さまざまな人工エージェントが日常生活においても利用されているが，その一つにアバター利用システムがある．遠隔会議や遠隔接客システムなどで注目をされるアバター技術であるが，実際の話者がリアルタイムで話をしながら，複雑な操作なしで利用できるシステムとして大きな可能性があり，ヒューマンインタフェースデザインとしても興味深い存在である．

一般に，アバター利用システムは「現実の話者を隠す」あるいは「変形させる」形での対話形態が利用されるが，その可能性を考えると，もっと異なる形での様々な利用方法があると考えられる．その一つとして本研究では，一人の人が「一人二役をする」ような対話形式，いわゆる腹話術形式の会話をアバター技術の利用により構築するシステムを取り上げた．日本社会においてこうした腹話術形式の会話がしばしば取り上げられているのが，交通安全教室，詐欺予防講座といった，警察など公的機関による「講話」である．こうした講話では，児童生徒や一般市民，高齢者を対象として，多くの人に興味を持って話を聴いてもらい，その内容がよりよく理解されることを目的として，人形を用いた腹話術が用いられるが，その操作は複雑で，人形の体や口の動きに関する操作スキルの習得に長時間の訓練が必要とされること，加えて話者の演じ分けと人形の操作を同時に行う必要もあって，認知的負荷の高い専門技術となっている[2]．その意味において，より容易な形で腹話術的な仮想的二者会話ができるシステムができるならば，その利用可能性は大きいと考えた．そこで，腹話術形式の交通安全講話を支援するアバター利用システムをとりあげ，その実現可能性の検討を行っている (鷹阪ら，2022：安久ら，2022).

ところで，アバター利用システムについては，その利用の有無自体が話題となりがちであるが，実際の利用を考える時，そのデザインがシステムの有効性や評価に大きく影響を与えることは想像に難くない．そのデザインは，アバターの視覚的デザインのみならず，その動きのデザインも大きな影響を持つであろう．また音声のデザインも考えられ，とりわけ腹話術型の会話を構築するシステムを考えたとき，「話者自身とは異なる声で話す」音声変換をかけること，その話し声のデザインをいかにするかという問題は大きな影響力を持つものと考えられる．

一般に，腹話術型対話において，仮想の対話相手とし

[1] 本研究は沖電気工業株式会社との共同研究の成果の一部である．また，本研究は筑波大学人間学群心理学類 4 年の目黒文乃の卒業研究「“かわいい”感性に対する音声の影響―アバター対話システムを用いた検討―」の一部をもとに再分析をしたものである．声質変換については，日立製作所の藤岡拓也氏ならびに孫慶華氏に音声ファイルの作成をしていただいた．また 3 本の講話台本の作成にあたり，茨城県警察本部交通部交通総務課の皆様にさまざまにアドバイスをいただいた．いずれも記して感謝したい．

[2] 茨城県警・交通安全教室担当者によると，たまたまその担当に割り当てられた職員のうち，腹話術形式の講話に興味を持つ人がいる場合に，新たな講話実施可能者としての練習・指導が行われるため，実施者を常時確保することは難しい状況にあるという（2019 年 12 月私信）．

て幼い子どもや幼児に見立てたキャラクターを想定することが多い．そのため，演者は仮想対話者としての「かわいい声」での発話を行うことが多く，そうした発話技術も求められていると考えられる．

「かわいい」は，対象に対する好意的な，多様な評価を表す言葉として日常的に用いられるが，入戸野 (2019) は，「かわいい」を外的な刺激特性ではなく，人の認知過程に生じる感情語として定義している．先行研究でのかわいい感情研究はその大部分が視覚刺激を対象とするものであるが，一方でアニメーションや VTuber 等では，声の「かわいい」も魅力としてしばしば取り上げられている．しかし，聴覚刺激が対象の印象に与える影響として，声のフォルマントの高さや発話速度等が話者の性格印象に影響を及ぼすこと（内田・中畝，2004；内田，2011），楽器の音色ではピッチの高い音が「かわいい」という評価を得る傾向にあること（大倉・菅野，2014）などが報告されているものの，実際の人の声を使用した「かわいい」音声の実験的検討は行われていない．これは聴覚音声刺激での「かわいい」が物理的な刺激特性上の定義・デザインが難しいことも反映しているものと思われる．

一方，かわいい感情の生起やその反応については，年齢による違いも指摘されている．豊島・入戸野 (2020) は，高齢者はかわいさを知覚させる属性に対して感情的反応が起こる一方で，キャラクター人形など現在の若者文化において「かわいい」とされるものには興味関心が低いという側面があることを報告している．上述のように本研究でとりあげる講話では，その主対象者層の一つに高齢者があることも含め，かわいい感情についてより一般的な特性を検討する必要があり，そのためには年齢による相違も検討対象とする必要があると考えた．

そこで本研究ではアバター利用場面として，腹話術形式の仮想的二者対話による交通安全講話支援システムをとりあげ，エージェント利用において「かわいい」音声を使う効果として，「かわいい」感情発生があるか否か，それは効果が音声のみならず外見評価にも影響を与えるか否かを検討した．またそこに加齢による変化があるか否かについても検討を行った．

2. 方法

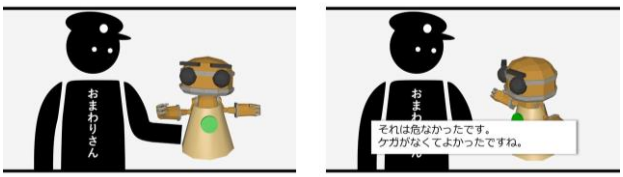
実験の概要　高齢者向け交通安全講話の腹話術型ビデオ講話 3 題をビデオ作成し，アバターに「かわいい音声」を付与した効果を，主観評価（課題 1）ならびに接近動機の測定（課題 2，アバター選好ならびに単調な課題での課題遂行数）により検討し，年齢群間比較を行った．かわいい音声として物理的な特性を操作した音声変換である VT-4 条件，声優の声を用いた変換を行った声質変換条件をオリジナルの地声条件と比較した．

実験計画　音声条件（地声条件／VT-4 条件／声質変換条件）×年齢群（高齢者群／若年者群）．音声条件は，課題 1 では参加者内要因，課題 2 では参加者間要因．

参加者　高齢者群 24 名，若年者群（大学生）24 名．課題 2 では年齢群ごとに 8 名（男女同数）ずつ，音声 3 条件にランダムに割り当てた．

実験材料　オリジナル刺激として若年男性による地声条件刺激を録音し，そのデータを用いて変換をかけた音声刺激を作成した．VT- 4 条件では，Roland 社製の音声変換機器（VT-4 Voice Transformer）を用いて，地声条件の音声との変化が明らかで「かわいい声」と感じられるよう，地声条件の音声のピッチとフォルマントを +1.5 として録音した．声質変換条件では，藤岡・孫 (2018) により，子役も務める女性声優の声をモデル声として音声変換を行った．

アバターとして，外見から声質を想像しにくいロボット型を選定，ロボタンと命名した．ハンドトラッキング装置（Ultraleap 社）により，手の動きでアバターを操作した（システム詳細については，鷹阪ら (2022) 参照）．ビデオ作製では，まず成人男性の地声条件での音声ファイルを作成，これに合わせてアバターの自然な動きを構成した動画を作成した．また地声条件音声をベースに 2 種の「かわいい声」音声を作成し，変換後の音声ファイルを合成して，刺激ビデオとした．作成したビデオ刺激の事例を図 1 に示す．



アバター発話時の表示画面　　警察官発話時の表示画面

図 1　課題 1 の講話動画の課題画面例

手続き　音声なしのロボタンの自己紹介動画を見て，外見に関する評価行った後，課題 1 では，警察官（シルエット）とロボタンの会話ビデオ 1 本が提示され，直後に主観評価を求める試行を 3 試行行った．主観評価

は，音声／外見のＳＤ法（「かわいい」を含む形容詞 7 対），および講話内容に関する 4 項目を VAS で回答した．音声条件の呈示順は参加者間でカウンターバランスされた. 3 本のビデオに登場するアバターは胸に付けたシンボルで弁別され「別のロボット」とされ，全ビデオ視聴後に「この後も話を聞きたいのはどのロボタンか」という選好判断を求めた. ただしこの選好判断と実際に課題２で提示されたアバター音声とは独立であった. 課題 2「自由実施課題」では，「人の判断を求める」単調課題として発話の速さ評価課題を実施した．短文 24 文を 3 速で作成，3 種の音声ファイルを作成した．課題では69試行が疑似ランダム順に自動再生されるが，参加者は音声話速を 6 件法で判断した後，課題を続行するか否かを選択するよう求められ，実際に実施された課題数をカウントした．その後，参加者属性として「かわいいに対する態度」7 項目，声をあてた動画等の聴取経験ほか評価 6 項目で尋ね，最後に事後インタビューが実施された．

3. 結果・考察

音声ならびに外見に対する「かわいい」評価　音声ならびに外見についての SD 評価の内，「かわいい - かわいくない」について，音声条件（3・参加者内 : 地声，VT-4，声質変換）×年齢（2 : 若年者，高齢者）×参加者性別（2 : 男性，女性）の 3 要因混合分散分析を行った．性別の要因については，先行研究での「かわいい」評価において性差による主効果，交互作用がさまざまに報告されていたために組み込まれた．

音声に対する「かわいい」評価（図 2）では，年齢の主効果が有意であり（$F(1,44)=10.79$, $p=.002$, 偏 $\eta^2=.20$），若年者より高齢者のほうが全体的にかわいい音声だと評価した．また，音声条件の主効果が有意であった（$F(2,88)=13.63$，$p<.001$，偏 $\eta^2=.08$）が，年齢×音声条件の交互作用が有意であり（$F(2,88)=4.43$，$p=.01$，偏 $\eta^2=.09$），単純主効果検定の結果，高齢者群では音声条件間に有意な差は見られなかったが，若年者群では地声条件ならびに VT-4 条件はそれぞれ，声質変換条件よりも有意に低く評価された（地声条件 vs. 声質変換条件，$t(44)=-3.83$, $p=.001$; VT-4 条件　vs. 声質変換条件，$t(44)=-5.96$, $p<.001$）．性別ならびに性別との交互作用はいずれも有意ではなかった. これに対し，外見に対するかわいい評価は，いずれの主効果，交互作用とも有意ではなかった(図 3).

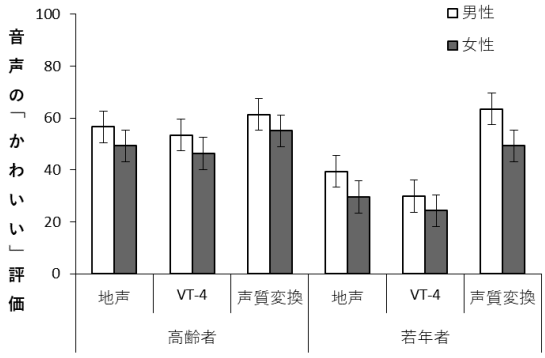


図 2　音声に対する「かわいい」評価
（エラーバーは標準誤差）.

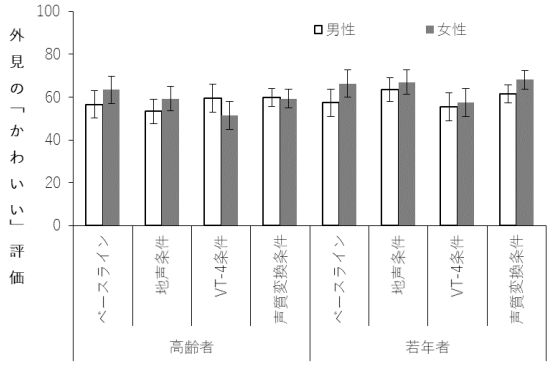


図 3　外見に対する「かわいい」評価
（エラーバーは標準誤差）.

接近動機　課題 2 の前に動画視聴のためのアバターの選択を求めた際の，音声条件ごとの選好数を年齢群ならびに性別にカウントした（表 1）．アバターの選好数を従属変数として，年齢群あるいは性別ごとに２×３のカイ二乗検定を行った結果，アバターの選好数に有意な差はないことが示された（年齢群別，$\chi^2(2)=3.85$, p=.15 ; 性別，$\chi^2(2)=1.85$，p＝.40）.

表 1　年齢群/性別ごとの各音声条件のアバター選好数

音声条件	年齢群			性別		
	若年者	高齢者	合計	女性	男性	合計
地声	5	11	16	9	7	16
VT-4	7	4	11	7	4	11
声質変換	12	8	20	8	12	20
合計	24	23	47	24	23	47

さらに課題 2 の課題実施試行数（図 4）については，高齢者群 24 名中 23 名が全 69 試行を実施し天井効果が見られたため，若年者群のみを分析対象とした. 実施試行数を従属変数として，性別（2）×音声条件（3）を要因とする 2 要因参加者間分散分析を行ったところ，い

ずれの主効果と交互作用も有意ではなかった.

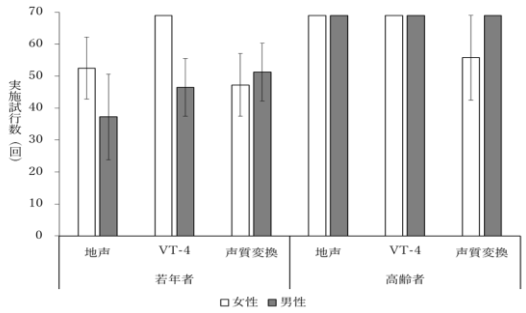


図4　課題2における実施試行数
（エラーバーは標準誤差を示す）.

音声／外見の「かわいい」評価とその関係性　以上のように, 実験的に操作を行った音声条件は, 外見に対する「かわいい」評価や接近動機としての指標への影響がほとんど見られなかった. 一方, 前述のように音声条件が音声に対するかわいい感情に影響を与えたのは若年成人に限られており，特に高齢者においては音声のかわいい評価が必ずしも実験的に操作された音声条件の影響を反映していなかったことから，各参加者による音声のかわいい評価値と外見のかわいい評価値との関係性について検討した（図 5）. その結果，両者のかわいい評価値について，若年者群では有意な相関が認められなかった（r=.15，p=n.s.）のに対し，高齢者群ではやや強い正の相関がみられた（r=.64，p<.01）.

4.　結論

以上，本研究では若年男性が話し手となった腹話術形式の交通安全講話において，会話相手として画像で表示されるアバター（名：ロボタン）の評価において，1) 話者の音声を変換して音声刺激を「画像に充てる」ことにより，音声に対するかわいい感情がもたらされることがあること，2) 若年成人では音声のかわいい感情と，物理的音声特性との間に一定の対応関係があり，視覚的かわいい感情（外見へのかわいい評価）とは独立であるが，3) 高齢者では音声の「かわいい」評価が，音声の物理的特性とは必ずしも関係しない一方で，外見のかわいい評価とは関連性が強く，可愛い感情が分化しておらず，包括的な評価となる可能性が示された. こうした実験結果を聞いたある高齢者は，「かわいい，というのは，そのモノ（ここではロボットアバター）全体がかわいいのでだから, 声だけ, 見た目だけかわいいというのはないと思う」と感想を述べており，豊島・入戸野 (2020) の加齢に伴うかわいい判断の変化と共にさらに検討を行っていく必要が示された.

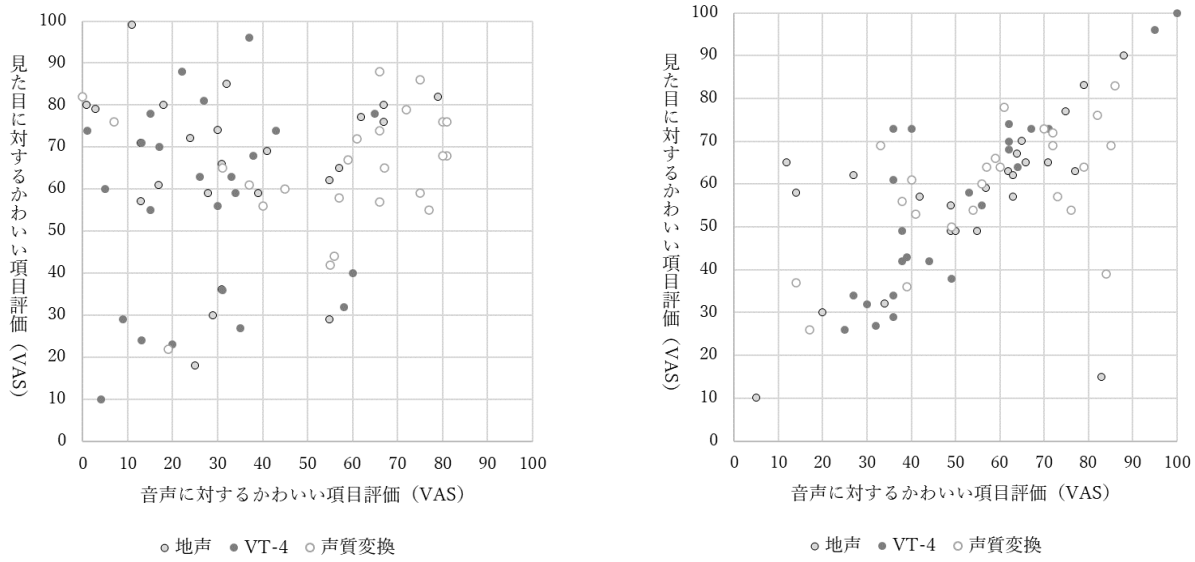
なお本研究で利用した接近動機の指標については，いずれも十分な検出力を持ちえなかった可能性が示唆される. 単調課題の実施試行数では, 特に高齢者においてほとんどの参加者が「ロボットのために」全試行を実施する結果となり，それぞれの年齢群における利他的行動・態度等の影響とは独立に「かわいい」感情の影響を測定しうるか, 検討が必要である. また，アバター選好判断において，本実験での VT-4 条件と声質変換条件を音声変換条件として合わせてカウントすると，若年では元音声 5，変換後音声 19 である選好が，高齢者では元音声 11，変換後音声 12 であり，その選択比率にやや偏りが見られた（$\chi^2(1)=3.81$，$p=.051$）. この原因として，一部の高齢参加者で地声条件の方が聞きやすいという感想を述べており，音声変換という操作によって多少とも聴覚刺激としての情報量が減っている可能性，ならびに一般に「かわいい」音声が「高い声」となるために加齢による聴力変化から聞き取りにくくなることによっている可能性が否定できない. 音声情報の処理は，揮発性を有すること，ならびに加齢に伴う感覚・知覚的変化の影響を大きく受けることからも, 音声デザインにおいて，感情的な受容性のみに注目することなく，その基本となる感覚知覚的な処理可能性についても考慮するべきであることが示唆された.

近年，生活の中の各種機器についてもさまざまな人工エージェント要素が組み込まれてきている. そうしたエージェントの音声デザインについて，その満たすべき要件は何か，音声のデザインとして人の認知過程から多層的な検討が必要とされているといえよう.

文献

[1] 安久絵里子・鷹阪龍太・目黒文乃・葛岡英明・原田悦子 (2022) アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与える影響(2) : 聞き手によるパフォーマンス評価. 第 39 回大会発表論文集.
[2] 藤岡 拓也・孫 慶華 (2018). 複数のネットワークの出力を考慮した DNN ベース声質変換手法　信学技報，117（393），11-15.
[3] 入戸野 宏 (2019).「かわいい」のちから : 実験で探るその心理　化学同人.
[4] 大倉 典子・菅野 涼 (2014). かわいい人工物の系統的研究　第 17 報―「かわいい音」に対する基礎的検討―　信学技報，114（52），389-392.
[5] 鷹阪龍太・安久絵里子・目黒文乃・葛岡英明・原田悦子 (2022) アバターと音声変換技術が講話能力の向上に与え

る影響(1)：話し手自身による主観評価による検討
[6] 豊島 彩・入戸野 宏 (2020)．高齢者にとっての“かわいい”の概念と構成要素　老年社会科学, 41 (4), 409-419. https://doi.org/10.34393/rousha.41.4_409
[7] 内田 照久 (2011)．音声中の母音の明瞭性が話者の性格印象と話し方の評価に与える影響　心理学研究, 82 (5), 433-441. https://doi.org/10.4992/jjpsy.82.433
[8] 内田 照久・中畝 菜穂子 (2004)．声の高さと発話速度が話者の性格印象に与える影響　心理学研究, 75 (5), 397-406. https://doi.org/10.4992/jjpsy.75.397



a) 若年成人群　　b) 高齢者群

図1　音声のかわいい得点と外見のかわいい得点の関連
a) 若年者群（r = .15, p = n.s.), b) 高齢者群（r =.64, p<.01）

KL ダイバージェンスにもとづく 顔画像に対する選好判断の類似性の評価 Evaluation of Individual Differences in Face Image Preferences Based on KL Divergence

寺地 哲平 †, 城下 慧人 †, 小森　政嗣 †, 中村航洋 ‡, 小林 麻衣 ‡*, 渡邊 克巳 ‡*
Teppei Teraji, Keito Shiroshita, Masashi Komori, Koyo Nakamura, Mai Kobayashi, Katumi Watanabe

† 大阪電気通信大学大学院 工学研究科 工学専攻, ‡ ウイーン大学, ‡* 早稲田大学理工学術院
†Graduate School of Engineering, Osaka Electro-Communication University, ‡University of Vienna, ‡*Faculty of Science and Engineering, Waseda University
mi22a007@oecu.jp

概要

多次元の特徴をもつ刺激に対する感性評価関数 (効用関数) の個人差を KL ダイバージェンスにより評価することを試みた．4 名の実験参加者に，StyleGAN2 により生成された顔を提示し，魅力の判断する二肢選択により課題を行わせた．その結果に対してガウス過程選好学習（GPPL）を適用し各参加者の効用関数を推定した．さらに各実験参加者の効用関数同士の KL ダイバージェンスを求め，これを判断の類似度の指標とした．KL ダイバージェンスと，判断の一致率，予測平均値の相関係数を比較し，KL ダイバージェンスによる判断の類似度の評価の特徴を検討した．

キーワード：ガウス過程回帰，顔魅力，効用関数

1. 序論

顔のように高次元の特徴を持つ刺激に対して，我々は魅力評価のように 1 次元の応答を瞬時に行うことが出来る．このようなプロセスの解明は，高次元の特徴を持つ刺激に対する心的な感性評価関数 (ここでは効用関数と呼ぶ) の推定とみなすことができるが，効用関数はブラックボックス関数である．一般に，未知の多変数関数の推定にはガウス過程回帰 (Gaussian process regression: GPR) が有効な方法であることが知られている．GPR は，ノンパラメトリックなベイジアン回帰分析モデルの一つである [2]．GPR は過学習が起きにくく，不確実性を表現できるといった特徴を持つ．

ガウス過程回帰は，複雑な刺激に対する効用関数の検討にも有効であることが示されてきた [1, 3]．Komori ら [1] の研究は，顔を刺激画像とした二肢選択でどちらの顔が魅力的かを判断させ選好データに基づいて顔の魅力について評価している．また，GPR と Thurstone の一対比較モデル (Probit モデル) を組み合わせたガウス過程選好学習 (Gaussian Process with Preference Learning: GPPL) [4] を用いて，多次元の特徴を持つ刺激に対する選好判断から，心的な効用関数を推定している．

さらに，この研究 [1] では，各実験参加者の効用関数の予測平均値が最大値/最小値となった顔特徴間の顔空間内での距離を比較することで，実験参加者間の判断の類似性について論じている．しかし，最大値/最小値となる特徴を比較するだけでは，個人間の効用関数全体の類似度を評価したことにはならないため，このような手法では十分に個人差が検討できるとはいえない．

そこで本研究では，効用関数の各実験参加者間の類似度を評価する手法を検討する．GPR により推定された効用関数は事後分布とみなすことができるため，参加者の判断の非類似度は KL ダイバージェンス (Kullback-Leibler divergence)(式 (1)) で評価することが出来る．GPR により推定された効用関数は無限次元の事後分布に相当するが，共通の事前分布を持つ場合，観測点に限定した有限次元として扱っても良いことが知られている [2, 5].

$$D\left(p,q\right)=E_p\left[\log p\left(x\right)-\log q\left(x\right)\right] \tag{1}$$

本研究では，顔の二肢強制選択課題による魅力評価課題を行い，各参加者の効用関数を推定した上で，効用関数間の隔たりを KL ダイバージェンスにより評価し，その有効性について検討する．

2. 効用関数の KL ダイバージェンス

2.1 ガウス過程回帰

ガウス過程 (GP) とは，入力 $x \in \mathcal{D}$ と $y \in \mathbb{R}$ の間の写像 $f : \mathcal{D} \to \mathbb{R}$ の確率分布を表すものである [5]．任意の入力集合 $\mathcal{X} = \{\mathbf{x}_1, ..., \mathbf{x}_n\}$ に対する出力 $\mathbf{f}(\mathcal{X}) = (f(\mathbf{x}_1), ..., f(\mathbf{x}_n))$ が n 次元のガウス分布に従うものであり，平均 $m(\mathbf{x})$ と共分散関数 $k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$ から式 (2) として定義できる．

$$f \sim \mathcal{GP}(m(\mathbf{x}), k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')) \tag{2}$$

GP を用いて写像 f をベイズ推定することを GPR と呼び，n 個の入力集合 $\mathcal{X} = \{\mathbf{x}_1, ..., \mathbf{x}_n\}$ に対応する出力 $\mathbf{y} = (y_1, ..., y_n)^T \in \mathbb{R}^n$ のペアが与えられたとき，平均が 0 であるゼロ平均ガウス過程の場合の事前分布を式 (3) で表現される．

$$p(f) = \mathcal{GP}(f|0, k(x, x')) \tag{3}$$

事前分布が定義された上で GPR を行なって得られた事後分布 $p(f|\mathcal{X}, \mathbf{y})$ は式 (4) で与えられる．

$$p(f) = \mathcal{GP}(f|m(x), S(x, x')) \tag{4}$$

$$m(x) = \mathbf{k}^T(x)\left(\mathbf{K}_{nn} + \sigma^2\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{y} \tag{5}$$

$$= \mathbf{k}^T(x)\,\alpha \tag{6}$$

$$S(x, x') = k(x, x') - \mathbf{k}^T(x)\left(\mathbf{K}_{nn} + \sigma^2\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{k}(x') \tag{7}$$

$$= (x, x') - \mathbf{k}^T(x)\,\mathbf{A}^{-1}\mathbf{k}(x') \tag{8}$$

ここで，$k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$ は共分散関数であり，$\mathbf{k}(\mathbf{x})$ と $\mathbf{K}_{nn}$ はそれぞれ $\mathbf{k}(\mathbf{x}) = k(\mathcal{X}, \mathbf{x}) \in \mathbb{R}^n$，$\mathbf{K}_{nn} = k(\mathcal{X}, \mathcal{X}) \in \mathbb{R}^{n \times n}$ である．

2.2 ガウス過程選好学習

GPPL は二肢選択判断に対する回答に基づいて GPR を行う手法である [4]．２つの刺激を提示して，それらの刺激のうちより高い心理量をもたらした刺激を選択させる二肢選択課題を m 回行わせた選好関係 D を

$$D = \{v_k \succ u_k; k = 1, ..., m\} \tag{9}$$

とする．$\succ$ は u_k より v_k が好まれたことを示している．

潜在関数値 $f(x_i)$ はゼロ平均ガウス過程における簡素値であると仮定する．その後，ガウス過程は共分散行列 (カーネル $\mathcal{K}$) によって指定できる．GPR では，一般的によくガウシアンカーネルが用いられる (式 (10))．

$$\mathcal{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \exp\left(-\frac{\kappa}{2}\sum_{l=1}^{d}\left(\mathbf{x}_i^l - \mathbf{x}_j^l\right)^2\right) \tag{10}$$

したがって，これらの潜在関数値 $f(x_i)$ の事前確率は次のようになる．

$$\mathcal{P}(\boldsymbol{f}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{\pi}{2}}|\Sigma|^{\frac{1}{2}}}\exp\left(-\frac{1}{2}\boldsymbol{f}^T\Sigma^{-1}\boldsymbol{f}\right) \tag{11}$$

ここで，$\boldsymbol{f} = |f(x_1), f(x_2), ..., f(x_n)|^T$，$\Sigma$ は $n \times n$ の共分散行列で，ij 番目の要素は式 (10) で定義されたカーネルである．

式 (9) の選好関係を捉えるため新しい尤度関数が提案されている．入力や選好関係のノイズを許容するため，出力の正規ノイズ $\mathcal{N}(\delta; \mu, \sigma^2)$ が加わり実験参加者の反応が決定されると仮定している．尤度関数は以下のようになる (式 (12))．

$$\begin{aligned}
&\mathcal{P}(v_k \succ u_k \mid f(v_k), f(u_k)) \\
&= \iint \mathcal{P}_{\text{ideal}}(v_k \succ u_k \mid f(v_k) + \delta_v, f(u_k) + \delta_u) \\
&\qquad \mathcal{N}(\delta_v; 0, \sigma^2)\mathcal{N}(\delta_u; 0, \sigma^2)d\delta_v d\delta_u \\
&= \Phi(z_k)
\end{aligned} \tag{12}$$

ただし，

$$\begin{aligned}
z_k &= \frac{f(v_k) - f(u_k)}{\sqrt{2}\sigma_{\text{noise}}} \\
\Phi(z) &= \int_{-\infty}^{z}\mathcal{N}(\gamma; 0, 1)d\gamma
\end{aligned} \tag{13}$$

とする．

したがって，潜在関数値で与えられた選好関係は同時確率であり尤度は以下のようになる．

$$\mathcal{P}(\mathcal{D}|\boldsymbol{f}) = \prod_{k=1}^{m}\mathcal{P}(v_k \succ u_k|f(v_k), f(u_k)) \tag{14}$$

2.3 ガウス過程の KL ダイバージェンス

２つのデータセット $(\mathcal{X}_1, \mathbf{y}_1)$，$(\mathcal{X}_2, \mathbf{y}_2)$ について，共通の事前分布を持ち GPR によって得られた事後分布 $p_1(f|\mathcal{X}_1, \mathbf{y}_1)$，$p_2(f|\mathcal{X}_2, \mathbf{y}_2)$ 間の KL ダイバージェンスは、式 (15) で定義されている [5]．

$$D_{KL}[p_1(f) \parallel p_2(f)] = D_{KL}[p_1(\mathbf{f}(\mathcal{X}_{12})) \parallel p_2(\mathbf{f}(\mathcal{X}_{12}))] \tag{15}$$

ここでの $\mathcal{X}_1$，$\mathcal{X}_2$ は入力データの集合であり，$\mathcal{X}_{12}$=$\mathcal{X}_1 \cup \mathcal{X}_2$ である．これは，観測データの入力点を有限次元ガウス分布で表現し，その KL ダイバージェンスを測ることで GP 間の KL ダイバージェンスを評価できることを示している．また，観測データの入力が異なるときは，その和集合に関して評価すればよいことを意味している．

KL ダイバージェンスは，2 つの確率分布 $p_1(\mathcal{X}) = \mathcal{N}(\boldsymbol{\mu}_1, \boldsymbol{\Sigma}_1)$，$p_2(\mathcal{X}) = \mathcal{N}(\boldsymbol{\mu}_2, \boldsymbol{\Sigma}_2)$ の多変量確率密度関数から KL ダイバージェンス (式 (16)) を求めることができる．

$$D_{KL}(p_1, p_2) = \frac{1}{2} \log \det \left(\boldsymbol{\Sigma}_2 \boldsymbol{\Sigma}_1^{-1} \right) + tr \left(\boldsymbol{\Sigma}_1^{-1} (\boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\mu}_2) (\boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\mu}_2)^T + \boldsymbol{\Sigma}_1 - \boldsymbol{\Sigma}_2 \right) \tag{16}$$

ここでの $\boldsymbol{\mu}$ は予測平均であり，$\boldsymbol{\Sigma}$ は予測共分散行列を示す．

KL ダイバージェンスの値は，$D_{KL}(p_1, p_2) \geq 0$ であり正の値を取り，2 つの確率分布が等しいときはゼロとなる．KL ダイバージェンス自体は距離の公理を満たしていないため，$D_{KL}(p_1, p_2)$ と $D_{KL}(p_2, p_1)$ の値は等しくならない性質を持つ．

本研究では，GPPL で推定された効用関数間の隔たりを，KL ダイバージェンスを用いて評価を行う．

3. 評価実験

3.1 顔の潜在空間の構築

Komori ら [1] の手続きに従い，Flickr-Face-HQ(FFHQ) [6] で学習された StyleGAN2 の潜在空間と参照顔画像を用いて，アジア人の顔だけで構成される潜在空間の低次元部分空間を構築した．日本の大学生 53 名 (全て女性) 真顔の顔写真を撮影しこれを参照顔画像とし，これらの写真を StyleGAN2 の潜在空間に埋め込み，その潜在表現に対し主成分分析を行った．第 8 主成分 (累積寄与率: 29.5%) までを分析対象とした．

3.2 実験方法

実験参加者は大学生 4 名 (男性 4 名，平均年齢 22.5 歳) である．

実験参加者に掲示する刺激画像は，部分顔空間内でランダムに生成した 8 次元のパラメータから生成された．ただし，実験参加者に対提示する画像の組み合わせは実験参加者間で共通とした．これらの組み合わせを提示する順序はランダムにした．実験参加者には 2 枚の刺激画像をモニタ上に提示し，これらのうちどちらが魅力的かを判断する課題を行わせた (図 2)．回答はキーボードで行わせた．試行回数は 100 試行であり，これを 1 セッションとする．

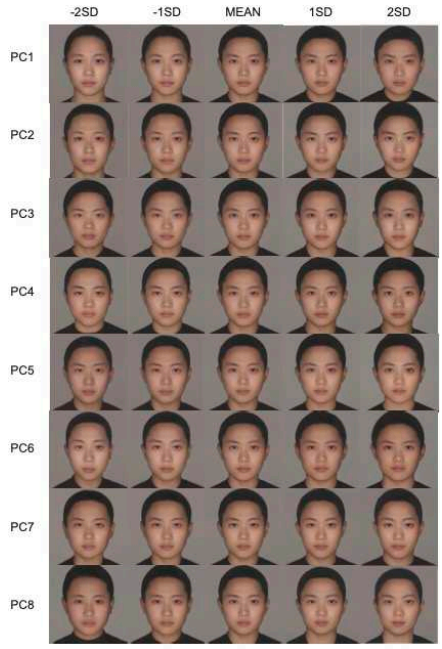


図 1: 顔部分空間の各次元に沿った顔画像の変化 (-2SD/Mean/+2SD)

実験に用いたアプリケーションはオープンソースの心理実験環境である PsychoPy を用いた．

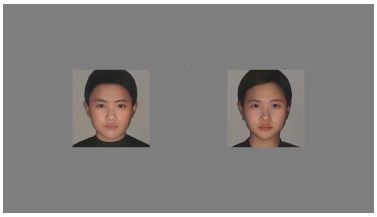


図 2: 実験画面

3.3 結果

各実験参加者について，探索空間内の探索点 (200 点) に対する予測平均と予測共分散を GPR により求めた．推定した予測平均と予測共分散を用いて実験参加者のすべての組み合わせについて KL ダイバージェンスを求めた (表 1)．またこれと比較するため，実験参加者ペア内での判断の一致率および，探索点の予測平均値の相関係数を実験参加者間の類似度の指標として求めた．

図 3 に KL ダイバージェンスと判断の一致率の関係を示す．一致率と KL ダイバージェンスの間には明確

な関係は認められなかった．次に KL ダイバージェンスと相関係数の関係を示す (図 4)．相関係数と KL ダイバージェンスにおおまかに負の関係が認められる．KL ダイバージェンスは非類似度，相関係数は類似度の指標であることから，この KL ダイバージェンスと相関係数による類似度評価の結果は符合していると言える．ただ，KL ダイバージェンスが高いペアについては相関係数との関係は明確ではなかった．

表 1: 実験参加者間の KL ダイバージェンス

participant	A	B	C	D
A	0	146.19	389.94	250.20
B	86.58	0	289.40	181.07
C	361.86	481.38	0	414.41
D	168.45	200.08	290.17	0

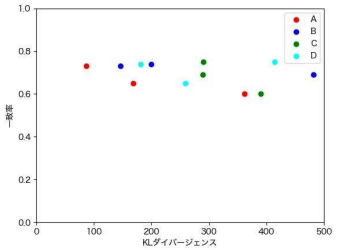


図 3: KL ダイバージェンスと一致率の関係

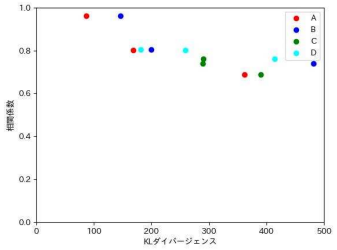


図 4: KL ダイバージェンスと相関係数の関係

4. 考察

本研究では，多次元の刺激に対する応答を表す効用関数の個人間の類似度を評価する手法の検討を行った．二肢強制選択法により顔の魅力の判断する課題を行わせ，ガウス過程回帰の拡張である GPPL にもとづいて各参加者の効用関数を推定した．さらに推定された事後分布である効用関数間の KL ダイバージェンスを判断の類似度の指標として求めた．

KL ダイバージェンスと，判断の単純な一致率，予測平均同士の相関係数を比較した結果，KL ダイバージェンスと一致率との間に明確な関係は認められなかったが，予測平均の相関とは関連していたことが示された．ガウス過程回帰は探索点間の距離を考慮に入れることができ，予測の不確を表現できるという特長を有していることから，本研究の手法は判断の個人差を評価する新たな手法として活用できる可能性がある．

文献

[1] Komori, M., Shiroshita, K., Nakagami, M., Nakamura, K., Kobayashi, M., & Watanabe, K. (2021, September). Investigation of Facial Preference Using Gaussian Process Preference Learning and Generative Image Model. In *International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management* (pp. 193–202). Springer, Cham.

[2] 赤穂昭太郎 (2018). ガウス過程回帰の基礎. システム/制御/情報,*62*(10), 390–395.

[3] Shiroshita, K., Komori, M., Nakamura, K., Kobayashi, M., & Watanabe, K. (2021, December). Application of Gaussian Process Preference Learning for Visualizing Facial Features Related to Personality Traits. In 2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE) (pp. 1-6). IEEE.

[4] Chu, W., Ghahramani, Z. (2005, August). Preference learning with Gaussian processes. In *Proceedings of the 22nd international conference on Machine learning* (pp. 137–144).

[5] 石橋英朗・古川徹生・赤穂昭太郎 (2017). 事後分布推定されたガウス過程間の KL ダイバージェンスは有限次元の正規分布間の KL ダイバージェンスで評価できる. 電子情報通信学会技術研究報告, *117*(293), 155–160.

[6] Karras, T., Laine, S., & Aila, T. (2019). A style-based generator architecture for generative adversarial networks. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4401–4410).

広告画像の記憶しやすさが購買意図に及ぼす影響
On the effects of the ease of memorability of advertising images on purchasing intentions

アキムジャム　ラフィラ[†]，松香　敏彦[†]
Yafeila Aikemjiang, Toshihiko Matsuka
[†]千葉大学
Chiba University
{yafeilaa, matsuka.toshihiko}@gmail.com

概要
本研究では画像広告に焦点をあて、記憶されすい画像の特徴を同定し、記憶されやすさが購買意図にどのように影響するかを検討した。実験１で記憶されやすい画像の特徴がどのようなものであるか、画像のコントラストや対称性などの低次元の特徴と、広告に「人間がいる」などの高次元の特徴を抽出し、正答率の関係性を検討した。実験２では購買意図と再認成績の関係性を検討した。結果、記憶精度が高い広告画像は必ずしも受け手の購買意図に影響していないことが示された。

キーワード：広告心理学, 記憶、購買意図

1. はじめに

画像を用いた広告は、言葉や文字だけを用いた広告よりも広告効果が高く、消費者に記憶されやすい。消費者が商品を購買する際に、記憶しやすい広告情報は消費者にとって想起されやすく、購買行動にも影響を与え、実際の購買行動を起こさせる可能性が高いと考えられる。それでは、広告画像の記憶しやすさは購買意図にどのような効果を及ぼすか。本研究では広告画像と記憶または購買意図に関する実証実験を行い、「広告画像と記憶と購買意図」の関係を検討する。具体的には広告に用いられた画像の特徴量に注目し、画像のどのような特徴量が記憶に最も影響され、記憶されやすいのかを明らかにすることを目的とする。

越川 (2008) では消費者の購買行動において記憶は大きな影響を与えており、消費者が商品を選ぶ時には商品やブランド記憶の「痕跡」があるものを容易に選択すると述べている。また、Starch（1966）によれば、画像がない広告より画像を用いた広告が、消費者に広告情報や内容を記憶されやすく、広告効果が高いことがわかる。さらに、Childers & Houston (1984) は、印刷広告における画像の呈示は、文字や他の広告要素よりも想起されやすく、消費者記憶の再生や再認、記憶の保持時間を高めると同時に感情状態にも影響することを明らかにしている。

このほか、Houston, Childers & Heckler（1987）の研究によると、消費者に画像と文字から構成された広告を呈示する場合が単に文字から構成された広告を呈示する場合よりも、その広告情報や内容また商品属性を想起されやすく、記憶には再生されやすいことが示されている。これらの研究から、画像を用いた広告は広告効果をより高くする傾向があり、消費者記憶に残りやすく、購買行動にも正の影響があると考えられる。すなわち記憶率が高い広告画像は、受け手の購買意図に正の影響があり、購買意図を生じさせることができると考えられる。

阿部 (2006) によると、非言語刺激は言語刺激の再生や再認、広告やブランドへの好意的な態度を形成するのに促進の効果があるとされる。また、非言語刺激は言語刺激の再生や再認、広告やブランドへの好意的な態度を形成するのに促進効果があるという。ここでいう非言語刺激とは言語表現以外の、音楽や画像のような刺激のことである。仁科 (2001) によると、広告における評価反応の結果は、「態度」として記憶に保存される。また、消費者にとって、情報を単に記憶するだけではなく、その物事に対する評価的態度が形成され、情報処理も促進される。つまり、好意的態度がある場合、広告やブランド情報が想起されやすくなり、さらに、購買行動を生じさせやすくなるという。以上のことから、広告画像における好意的な反応は、購買意図を生じさせ、購買行動までを起こさせる可能性が高い。そのような広告画像の記憶率は高く、記憶されやすいと同時に、想起されやすいと考えられる。つまり消費者に購買意図が生じさせる広告画像は記憶されやすく、記憶率が高いと予想される。

2. 研究の概要

「記憶に残りやすい広告画像が購買意図にどのような効果を与えられるか」を検討するため、２つの行動実験を行った。実験 1 は主に広告画像の特徴量と画像の

記憶について検討した。実験２では、広告画像の特徴量、記憶の精度及び購買意図の関係性を検討した。最後に、実験１から得られた記憶実験結果と画像処理の結果、実験２から得られた結果と相互照合し、総合的分析を行った。

刺激画像：本研究では 100 枚の実在する広告画像を刺激として用いた。本研究では飲み物のコーヒーとお茶を研究対象に選定し、広告画像刺激として実験参加者に呈示した。飲みのものは消費者にとって最も身近な消費商品である。中でもコーヒーとお茶は消費者の日常生活で頻繁に購入される商品であり、多くの消費者の日常的な消費対象だと考えられる。

本研究で用いる記憶の測定方法によっては、学習段階で呈示された刺激に対する参加者の経験や事前知識などが記憶の検査（引き出す）段階に大きく影響する可能性もあると考える。そこで実験刺激対象を、実験参加者がこれまで見たことがない、接触していないと思われる海外の認知度が低い広告画像を選定した。
また、画像のサイズや解像度などが異なって実験結果に影響する可能性を除くため、選定した全広告画像に対し、画像の面積、画像の解像度を同じ設定にした。

画像の特徴量：本研究で用いる画像処理は、画像流暢性理論（Donderi, 2006）に基づき、画像の複雑さ(complexity)とコントラスト（contrast）、画像自己相似性（self-similarity）、垂直方向の対称性（vertical symmetry）、水平方向の対称性（horizontal symmetry）という５つの低次元の特徴に加え、「人間がいる」や「動物がいる」、「商品がある」などの３つの高次元の特徴を算出・定義し分析した。

複雑さ：画像の複雑さは画像内容を反映できる指標のひとつであり、情報理論によると、複雑な画像は密度が高く、冗長性が低いため、画像圧縮率により正確に測定できるという（Donderi,D.C,2006）。この理論に従えば、画像の複雑さは、圧縮した画像サイズと未圧縮の画像サイズの比率で測定できる。複雑さの値は、０から１の間に（０：完全に圧縮したシンプルな画像から圧縮できない非常に複雑な画像まで）測られる。

コントラスト：　画像コントラストは、画像の基本的な知覚特性である。シンプルな画像自体のコントラストはその画像から知覚されたコントラストと一致しているが、複雑な画像においては、画像自体のコントラストと人に知覚されるコントラストが異なり、差が生じる場合があることが示されている。（Peli.E ,1990）。多くの研究では、画像のコントラストを二乗平均平方根（root mean square）コントラストと扱っている。画像の二乗平均平方根の数値が高くなるほど、画像コントラストが高くなる。そして、正規化された画像に対し値が０から１までになり、値が１に近いほど、画像のコントラストが高いと言える。

自己類似性：　画像自己相似性とは、画像の一部が画像全体と相似性がある場合のことである。画像自己相似性の値の範囲は０から-∞までになり、値が０に近いほど画像の自己相似性が高いと言える。

対称性：　画像対称性（symmetry）は、画像のベクトルと水平の対称性のことであり、０から（非対称）１まで（完全に対称性がある）の間に値が取られる。画像の対称性には２つの値が計測でき、一つは垂直方向の値（vertical）、もう一つが水平方向の値(horizontal)になる。

3. 実験１

方法

実験参加者：　大学院生１０名（男性４名、女性６名）が実験１に参加した。

刺激：　100 枚の広告刺激を２つに分類した。その内の１つ（50 画像）は記憶の学習段階で参加者に呈示じされるターゲット刺激であった。この 50 枚の広告画像はコーヒーとお茶の広告画像、それぞれ 25 枚であった。もう一方は妨害刺激で学習課題には呈示されることはなく、再認課題にのみ呈示されるものであった。

手続き：　実験１は２つの課題に分割されていた。１つ目の学習課題では、50 枚のターゲット刺激が１画像ずつランダムに３秒間呈示された。実験参加者にはターゲット刺激を記憶することを求めた。30 分間の休息後、再認課題を実施した。再認課題では、ターゲット刺激及び妨害刺激が 1 枚ずつランダムで呈示され、記憶の有無を尋ねた。

結果

回帰分析を用い、各画像の記憶の正当率と広告画像の高次元画像特徴、低次元画像特徴および商品の種類（コーヒーもしくはお茶）の関係性を検討した。分析には

stepwise regression を用い、不適切と思われる説明変数を自動で削除した。 その結果、広告の種類 ($t = 10.0$, $p < 0.001$) 及び画像のコントラスト ($t = 3.5, p < 0.05$) が有意に正答率に関係することが示された。コーヒーの広告画像の正答率は有意に高く、また、画像のコントラストが高いものの正答率が有意に高いことが示された。

4. 実験２

方法

実験参加者: 大学学部生１０名（男性４名、女性６名）が実験２に参加した。

刺激： ターゲット刺激及び妨害刺激は実験１と同じであった。

手続き： 実験２は２つの課題に分割されていた。１つ目の購買意図調査課題では、50 枚のターゲット刺激が１画像ずつランダムに呈示され、各広告に対し、「広告への好感度」、「商品への関心度」と「購買意図」という３項目の評定を求めた。評価尺度は「全くそう思わない」から「そう思わない」、「どちらとも言えない」、「そう思う」、「とてもそう思う」までの５件法を用いた。30 分間の休息後、実験１と同様に再認課題を実施した。再認課題では、ターゲット刺激及び妨害刺激が 1 枚ずつランダムで呈示され、記憶の有無を尋ねた。

結果

各広告画像に対する好感度、関心度、購買意図を目的変数とし、画像の画像特徴量及び広告の種類を説明変数とした回帰分析を行った。その結果、好感度に関しては「人間がいる」高次画像特徴量が有意に負の影響があることが示された。関心度及び購買意図に関しては、広告の種類と商品の有無が正の関係、そして水平方向の対称性が負の関係があることが示された。

実験１同様に再認課題の正答率と画像の特徴の関係を分析したところ、実験１と同様の結果が得られた。

5. 考察

実験１と実験２結果を総合的に分析すると、まず、記憶の再認課題の結果により、高次元特徴における「人物画像」、低次元画像特徴については「コントラスト(cont が高い画像」が記憶（再認）されやすい広告画像であった。続いて、実験２の購買意図調査の結果では、「人物画像」の有無及び「コントラスト」は購買意図に影響を与えなかったという結果が得られた。また、実験１と実験２の再認課題ではコーヒーの正答率成績がお茶より高いのに対し、実験２の購買意図調査では、お茶の購買意図がコーヒーより高い結果が得られた。これらのことから「記憶されやすい広告画像は購買意図に効果を及ぼすか」という問題対し、「記憶されやすい広告画像は購買意図に必ずしも効果があるとは言えない」という結果が示された。記憶されやすさに比べ、商品への関心度が購買意図に促進効果があるという結果が示された。

２つの実験において再認課題の正答率は、実験２の方が実験１より高かった。このような結果が得られた要因としては、２つの実験における学習課題の段階で広告画像の異なった呈示手法と接触時間である考えられる。実験１では、広告画像が短時間呈示されるだけであったことに対し、実験２では広告画像に対する「印象評価」を求めたことにより実験参加者に広告画像を能動的に接したことが考えられる。広告の効果は受動的であるかもしくは能動的であるかといった、受け手の態度にも影響されることが考えられ、今後、受け手の主体性など様々要素を考慮した研究が必要であると考えられる。

文献

[1] 阿部いくみ(2006)「広告音楽研究の経緯と展望」 『応用社会学研究』. 48, 139-151.

[2] Childers, T. L., & Houston, M. J. (1984). Conditions for a picture-superiority effect on consumer memory. *The Journal of Consumer Research, 11,* 643-654.

[3] Donderi, D. C. (2006). Visual Complexity: A Review. *Psychological Bulletin, 132(1),* 73-79.

[4] 越川靖子 (2007) 「広告における記憶に関する一考察」 『商学研究論集』 28, 143-160.

[5] 仁科貞文 (2001) 『広告効果論―情報処理パラダイムからのアプローチ』 電通広報出版社

[6] Peli, E., (1990). Contrast in complex image. *Journal of the Optical Society of America A, 7(10),*2032-2040

物語の印象に対する視覚的イメージスタイルの影響：黙読・音読・朗読による違いの検討

Influence of the visual image style on impressions of narrative sentences: Differences according to the way they are read

田中 優希菜†，永井 聖剛‡，服部 雅史‡
Yukina Tanaka, Masayoshi Nagai, Masasi Hattori
†立命館大学大学院人間科学研究科，‡立命館大学総合心理学部
†Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University
‡College of Comprehensive Pyschology, Ritsumeikan University
cp0048fv@ed.ritsumei.ac.jp

概要

文章読解時に情景が浮かぶ現象を，情景を視覚的イメージの想起と定義し調査を行った．物体イメージ尺度得点の高低が物語の印象評価に影響し，色や形の想起で文章の印象が変化すると言える．一方，空間イメージ尺度得点の高低は物語の印象評価に影響しなかった．文章の呈示方法にも差があり，黙読条件では物語の明るさが，音読条件では物語の好ましさが高く評価された．今後は，刺激とする物語の特性を踏まえた研究が必要である．

キーワード：文章読解 イメージ 朗読 情景

1. はじめに

文章を読むと情景が浮かぶということはよくある．物語を読む際の心理現象については，Nell (1988)が「物語に迷い込む」と記述したことをはじめとして，没入(absorption)，読書への没頭(reading involvement)，移入(transportation)など，様々な言葉で表現されている．これらの研究の中で，視覚的に場面を浮かべることに言及する場合に，情景という言葉が用いられることが多い．どの現象においても，視覚的に場面を浮かべることへの言及があり，特に「移入」を提唱した Green & Back (2002)は，移入とイメージの 2 つをモデルの中心に挙げた．しかし，視覚的イメージに主眼を置いた研究は少なく，実証研究や読書体験の教育効果の検討といった研究では，視覚的イメージの果たす役割についてモデルと一致しない点が多い．そこで，本研究は，視覚イメージの常用性を指標として，情景が浮かぶという現象について検討した．

ある刺激から浮かぶ内的事象に関しては，イメージ研究の文脈で広く扱われてきた．実験心理学的なメカニズムの研究が多いものの，「表象として頭の中に浮かべるイメージは直接人と比べることはできないが，人によってイメージの浮かべ方がかなり違う」(畠山, 2001)といった観点から，個人差の検討も行われてきた．イメージの個人的な能力には，鮮明性，統御可能性，没入性，常用性の側面がある．

日本の研究では，思い浮かんだ視覚的イメージがどれだけ鮮明であるかを測る VVIQ 日本語版(Vividness of Visual Imagery Questionnaire : 菱谷, 2005；以下 VVIQ)を使用した個人差の検討が多い．しかし，本研究では，文章を読む前に VVIQ を実施すると読解方略の誘導につながる恐れがあり，また，文章を読んだ後に VVIQ を実施すると実験内容が VVIQ 得点に干渉する恐れがあるため，VVIQ ではなく，具体的な行動やその好みを問う項目で構成されている視覚的イメージの常用性に関する質問紙を指標として採用した．視覚的イメージの常用性が高い参加者ほど，本研究で行った調査の際にも，視覚的イメージをより多く利用しており，常用性の高低によって物語の印象に差が生じると考えられる．

また，文章や物語という高次の認知処理を必要とする刺激を介していることから，情景が浮かぶという現象には，単に視覚的イメージの個人差だけでなく，物語理解に関係する認知的要素が関係している可能性がある．そこで，個人の視覚的イメージスタイルの違いに加えて，読み方の違いによる影響もあわせて調べることとした．藪中(2008)は，朗読を「文字で表現されている内容をよく理解したうえで，感情を込めて聞き手が味わいを鑑賞し，理解できるよう行われる読み」と定義し，一連の研究を行っている．小学生を対象に朗読聴取と黙読を比較すると，朗読を聴く方が主題に沿ったイメージが促進されるという結果であった(藪中, 2008)．大学生･大学院生を対象とした本研究でこの結果が再現されれば，朗読聴取時に物語のイメージが促進され，黙読条件に比べて朗読条件で物語が明るく評価されることとなる．また，視覚的イメージを浮かべている参加者ほど，朗読聴取時にイメージが促進され，物語の印象を明るく評価すると考えられる．なお，黙読と朗読の間に

は, モダリティの違いだけでなく, 読者の能動性の違いもあることから，音読を聴く条件も含めて比較することとした. 加えて, 探索的な検討として, 連想した単語から文章読解時の体験を理解しようと試みた.

2. 予備調査

2.1 目的

本調査で使用する刺激文章を選定するため，予備調査を行った．本調査では 3 つの刺激に対する反応の平均値を使用するため，できる限り似た作品を選ぶことが望ましい. そこで, 物語の性質を幅広く数値化できるよう，感性語評価を用いた.

2.2 方法

参加者　大学生 12 名（男性 6 名，女性 6 名；平均年齢 21.5 歳）が実験に参加した.

材料　刺激は，絵本作家おーなり由子の短編集「きれいな色とことば」(おーなり, 2002)から 6 作品を用いた. 練習問題には同書のあとがきにある詩を用いた．印象評定には小説から喚起された気持ちを表す感性語20語(三和・小林, 2003)について，刺激文章の物語が感性語にどの程度あてはまるか，5 件法で回答を求めた．また，「文章を読んで連想した単語を，できるだけ多く書いてください」と教示し，自由回答欄を設けた.

刺激文章の印象評定，連想された単語数のそれぞれについて，視覚イメージスタイルの影響を検討するため，物体イメージ尺度(12 項目)と空間イメージ尺度(12 項目)の 2 要因から構成された視覚的イメージスタイル質問紙(川原・松岡, 2009；以下 VISQ)への回答を求めた.

手続き　調査は Google Forms を用いた．参加者は，VISQ(24 項目)に回答後, 練習問題とその評定を行った. 感性語の評定の最後に, 連想した単語を回答した. その後 6 作品についても同じように実施した．なお，順序の効果が出ないようカウンターバランスをとった.

2.3 結果と考察

三和・小林(2003)の中分類を採用し, 感性語を抑鬱・動揺・満足・快楽の 4 つに分けて評定平均値を算出した. 4 分類それぞれについて一要因 6 水準の分散分析を行った結果，抑鬱の値が低く，$ps < .05$，快楽の値が高い，$ps < .05$，「夏の庭」「プールの水色」「色の名前Ⅱ」を本調査の刺激とした. また, 刺激文章ごとに VISQ と単語数の相関を算出した結果，物体イメージ尺度と空間イメージ尺度で異なった傾向があることが示された.

表 1　感性語の項目と分類表
(三和・小林, 2003, p.35 表 6 より一部抜粋)

感性語	小分類	中分類
悲しい 切ない 泣ける こわい	抑鬱	
不思議な感じ 幻想的な感じ	想像 空想	動揺
感動する 驚く	痛切 驚愕	
暖かみのある いやされる なごむ ほのぼのする	和らぎ	満足
ドキドキする 興奮する	刺激	
おもしろい 楽しい 明るい わくわくする 元気になる	歓喜	快楽
愉快な	愉快	

3. 本調査

3.1 目的

本調査では，VISQ を用いて視覚的イメージの想起が物語の印象を変化させるかについて検討した．加えて，黙読より朗読聴取の方がイメージが浮かびやすい(藪中, 2008)という結果から, VISQ 得点の高い参加者が朗読を聴く条件が最も物語を明るく評価するといった仮説を検証した.

3.2 方法

参加者　大学生と大学院生 119 名（男性 32 名，女性 62 名，無回答 19 名，その他の回答 6 名，平均年齢 21.3 歳）が参加した.

材料　予備調査から，練習問題と 3 つの文章作品を用いた．音声刺激は放送経験者に依頼し録音した．なお，音読と朗読の定義は福田・楢原(2015)の操作的定義にしたがって，朗読とは「声に抑揚や強弱があり，登場人物ごとに声色が変わっていて，なおかつ発声が明確な呈示方法」であり，音読とは「声に抑揚や強弱がなく，登場人物ごとに声色が変わっていないが，発声が明確な呈示方法」であると教示を行った. 印象評定には物語イメージ尺度(藪中, 2008)を用いて，明るさ(9 項目，表

2)と好ましさ(3 項目，表 3)を算出した．加えて，予備調査と同様に VISQ の回答と，連想した単語の記述を求めた．

手続き　Qualtrics を用いて調査を行った．回答の流れは予備調査と同様であった．調査対象となる 3 つの刺激は，それぞれ黙読･音読･朗読が 1 回ずつ呈示されるよう設定し，呈示順序はランダム化した．

表 2
物語のイメージ尺度（明るさ）の項目（藪中, 2008）

尺度		
さびしい	—	ゆかいな
くらい	—	あかるい
かなしみにしずんだ	—	よろこびにあふれた
かなしい	—	たのしい
なけてくる	—	わらってしまう
いんきな	—	ようきな
しずんだ	—	うきうきした
さむざむとした	—	ほのぼのした
しょんぼりした	—	げんきな

表 3
物語のイメージ尺度（好ましさ）の項目（藪中, 2008）

尺度		
きらい	—	すき
かんどうしない	—	かんどうした
つまらない	—	おもしろい

3.3　結果

無効回答を含む回答を除外し，73 名（男性 28 名，女性 42 名，その他の回答 3 名，平均年齢 21.8 歳）を分析対象とした．VISQ の 2 つの尺度それぞれで，尺度得点が 2 水準(高/低)，呈示条件が 3 水準(黙読/音読/朗読)の 2 要因で, 明るさの得点を指標とした混合計画の分散分析を行った(図 1).

物体イメージ尺度では，得点の高低が有意傾向，$F(1, 71) = 3.46, p < .10$，呈示条件では主効果があり，$F(1, 71) = 13.66, p < .001$，音読･朗読に比べて黙読条件が有意であった，$p$s < .05．交互作用も認められ，$F(2, 70) = 3.40, p < .05$, 物体イメージ尺度高群での黙読条件が有意であった, ps < .05. 空間イメージ尺度では主効果も交互作用も認められなかった.

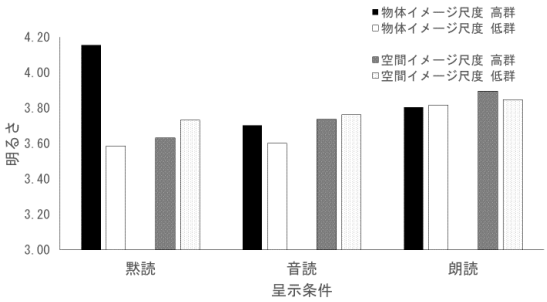


図 1　明るさを指標とした VISQ の高低と呈示条件の比較

好ましさについても同様に 2 要因分散分析を行った結果を図 2 に示す．物体イメージ尺度では，尺度得点の高低に有意差はなかったが $F(1, 71) = 1.08$, n.s.，呈示方法 $F(2, 70) = 4.12, p < .05$ に有意差があり，黙読条件に比べて音読条件の方が好ましく評価された，$p < .05$. また，物体イメージ尺度と呈示条件に交互作用 $F(2, 70) = 5.42, p < .01$ が認められ，物体イメージ尺度の高低と音読条件 $F(1, 71) = 7.23, p < .01$，物体イメージ尺度高群と呈示条件 $F(2, 70) = 8.08, p < .001$ に単純主効果があった. 多重比較の結果, 音読条件において物体イメージ尺度低群より高群の方が好ましさの値が大きく，物体イメージ尺度高群の中でも黙読･朗読条件に比べて音読条件で好ましさの値が大きく評価された，ps < .05.

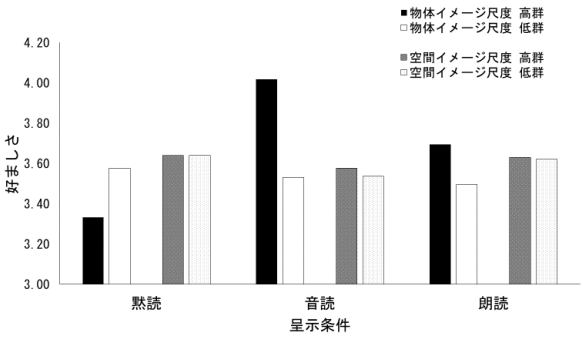


図 2　好ましさを指標とした VISQ の高低と呈示条件の比較

また, 探索的な検討として, 刺激文章から連想された単語の数と VISQ の関係について分析を行った．VISQ の高低で連想した単語数は，物体イメージ尺度でのみ有意差があった，$t(69) = -2.26, p < .05$ (図 3).

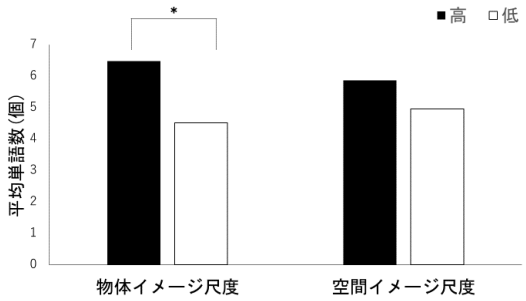


図 3 連想された単語数を指標とした VISQ 高低の比較

3.3 考察

物語の明るさについて，物体イメージ尺度高群が黙読をする際に，物語がより明るく評価されるという結果であった．VISQ 得点の高い参加者ほど朗読聴取時に物語を最も明るく評価するという仮説は支持されず，自ら物語中の色や形を想起する参加者ほど，黙読条件の方がイメージが広がったと推察される．

好ましさを指標とした分析では，物体イメージ尺度の得点が高い人が音読で文章を読んだ場合にのみ，物語の好ましさの値を大きく評価するという結果であった．藪中(2008)は，読み手と物語のイメージが一致している場合に明るさや好ましさが促進されるとしていることから，本研究の刺激文章は，感情表現のある朗読音声よりも，声に抑揚や感情の少ない音読音声の方がイメージに合っていた可能性もある．

VISQ 得点に着目すると，明るさ・好ましさのどちらの指標においても，物体イメージ尺度得点の高低で文章の印象評価が異なった．情景が浮かぶという現象を捉える際には，物の色や形に関する情報の想起が重要であると考えられる．一方，空間イメージ尺度得点の高低は文章の印象評価に影響しなかった．本研究で用いた刺激文章は，終始主人公の視点で語られ，場面の転換も少ない文章であったことから，位置や動きに関係する情報を用いる必要がなかったためかもしれない．

文章の呈示方法に着目すると，明るさでは黙読条件，好ましさでは音読条件で評価値が最も高かった．藪中(2008)のように一貫した結果は示されなかったが，朗読聴取と黙読の違いが単にモダリティや能動性の違いでなく，朗読と音読という読み方の違いにも影響されていることは確かめられた．

連想された単語．の多くは，本文中に登場した単語か，その類義語であった．物体イメージ尺度得点の高低で単語数に差があったことから，物体イメージ尺度高群では，物語に登場するものをより多く想起していたと考えられる．また，本文中に記述がない単語の記述は，明記されていない部分を補う内容や，読み手自身の感想や印象が多かった．これらは，構築された物語世界の詳細さや，物語世界を「神の目」のように俯瞰してみているのか，登場人物と同じ目線でみているのかといった視点取得の違いなど，物語世界や文章読解体験の質的な部分が表れたと言える．

4. おわりに

本研究では，これまでの物語読解研究にならい，3 つの刺激文章の平均値を分析に用いた．しかし，その後，刺激文章ごとに分析したところ，平均値を用いた場合と異なる結果が示された．このことから，これまでの研究で視覚的イメージの効果が異なった理由として，刺激文が調整変数になっている可能性が考えられる．今後は，視覚的イメージの効果が強い物語文といった刺激文章の分類や，単一の刺激に対してより多くの指標を用いた探索的な研究が必要と考えられる．

文献

[1] 福田 由紀・楡原 拓真 (2015). 朗読をすると気分が良くなるのか?—音読と比較して— 読書科学, *57*(1, 2), 24-34. https://doi.org/10.19011/sor.57.1-2_23
[2] Green, M. C., & Brock. T. C. (2002). In the mind's eye : Transportation-imagery model of narrative persuasion. In M. C. Green, J. J. Strange, & T. C. Brock (Eds.) Narrative impact : Social andcognitive foundations. (pp. 316-341). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
[3] 畠山 孝男 (2001). イメージの個人差をめぐる諸問題 菱谷 晋介(編著) イメージの世界 (pp.267-293) ナカニシヤ出版
[4] 川原 正広・松岡 和生 (2009). 視覚的イメージスタイル質問紙作成の試み イメージ心理学研究, *7*(1), 19-31. http://id.nii.ac.jp/1399/00014038/
[5] 三和 義秀・小林 久恵 (2003). 小説を対象にした感性語の分類の基礎研究:意味的類似性を基準として Journal of Library and Information Science, 17, 27-37. http://hdl.handle.net/10638/2253
[6] Nell, V. (1988). Lost in a book: Psychology of reading for pleasure. New Haven. Yale University Press.
[7] おーなり由子 (2002). きれいな色と言葉 新潮社
[8] 藪中 征代 (2008). 朗読聴取に関する教育心理学的研究 風間書房

知識と行動の学際的な研究基盤を確立するために中間の世界の論理を考える

Considering the intermediate world logic to establish the base for multidisciplinary studies of knowledge and behavior

福 永 征 夫　　アブダクション研究会

Masao FUKUNAGA　　Abduction Research Institute

［要約］

【１】世界をマクロスコーピックに捉える相対性理論は，実在論的な立場から，主として演繹的な論理（XorY）に基づいて構築され，展開されてきた.

【２】また，世界をミクロスコーピックに捉える量子力学や量子場理論などの量子論は，確率論的な立場から，主として帰納的な論理（XandY）に基づいて構築され，展開されてきた.

【３】これらに対し，宇宙と地球などの自然の系や動植物などの生命と社会の系における物質・エネルギー・情報の循環と融合やネットワークの問題など，われわれの目線のレベルのリアリティーを取り扱うメゾスコーピックな中間の世界は，実在論的な因果の推論と確率論的な相関の推論が共存する世界であるように思われる.

【４】中間の世界の論理とは，時間の情報が主成分の演繹による貫く推論（XorY）と，空間の情報が主成分の帰納による連ねる推論（XandY）が，互いに相補的に接合し合って，時空間の情報をアブダクションという高次の推論で統合し，世界の今ここにおいて存在し生起する事物や事象の情報を，高深度・広域・高次のストーリー線として自己完結的に自己組織化していく，自然や社会のシステムの循環と融合の論理のことである.

【５】そして，そのような中間の世界が有する特性や条件があるからこそ，自然史や人類史という歴史的な時空間のストーリー線が連綿として織り上げられ，その記録が重層的に刻まれてきたのである.

【６】２１世紀に生きるわれわれは人間の過去の営みが招いた地球規模の難題群の発生に直面しているが，これらに主体的かつ能動的に対処して持続可能性を確保するためには，既存の領域的な知識をベースに，新たな領域的な知識を探究し，それらを高深度・広域・高次のより一般的な知識に統合していくことを目指す，知識と行動の学際的な探究の基盤を確立していかなければならない.

【７】それは中間の世界において，循環と融合の論理としての自己組織化のプロセスを探究して，われわれが実践できる知見として確立していくことであろう.

［abstract］

【１】The Relativity Theories that view the world macroscopically have been composed primarily of deductive logic (XorY), which is based on the standpoint of realism.

【２】The Quantum Theories (Quantum Mechanics, Quantum Field Theory) that view the world microscopically have been composed primarily of inductive logic (XandY), which is based on the standpoint of probability theory.

【３】In contrast to these theories, the mesoscopic intermediate world, which pertains to the reality at our gaze level (e.g. the issues concerning circulation, integration, and network of matter-energy-information in natural systems like the universe and the earth and life-social systems like animals and plants), seems to be a world in which the standpoint of realistic causal inference can coexist with that of probabilistic correlative inference.

【４】The intermediate world logic pertains to the logic of circulation and fusion in natural and social systems with the following characteristics: (1) the deductive inference(XorY), composed primarily of information on time, and the inductive inference (XandY), composed primarily of information on space, are fused with each other in a complementary manner, resulting in integration through high-dimensional inference, that is, abduction of information on time and space; and (2) the information on matters and events arising now and here in the world is self-organized, in a self-conclusive manner, as great-depth, wide-coverage and high-dimensional storylines.

【５】Because there are characteristics and conditions allowing the presence of such an intermediate world, the historical storylines, involving time and space, have been formed and recorded continuously as multi-layered natural history and the history of human beings.

【６】We, humans living in the 21st century, are facing global-scale problems arising from the activities/behaviors of humans before us. To manage these problems subjectively and actively, so that sustainability may be secured, we must explore knowledge of new fields based on the knowledge of existing fields, to establish the base for multidisciplinary studies aimed at integrating that knowledge into general ones of great depth, wide coverage, and high dimension.

【７】Such exploration in the intermediate world entails the study on the process of self-organization as the logic of circulation and fusion with the goal of establishing findings that we can practice.

１　知識と行動の学際的な研究基盤の確立を目指す研究活動の経緯を述べる

【１】筆者は，１９８４年に，人間の経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の不可思議を解明していきたいと決心した．社会では，当時から既に地球規模の難題の萌芽を示す傾向が感じられるようになっていた.

【２】人間が自らの恣意性に任せ惰性に流れてしまって，人間の持続可能性を危うくするような事態に陥ることのないように，今

からそのライフスタイルを変える方向に人間の経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の望ましい情報処理の構造モデルを描いていかなくてはならないと考えた.

【3】１９９０年までの６年間は，関連する基本的な文献や書籍を探索して，知見を学ぶとともに，１９６４年から積み上げてきた自らの２０年間の仕事における経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の事跡を振り返って，個人と集団の営みを分析し総合する試みに取り組んだ.

また，多様な分野における重点領域研究の発表会，多様な分野における学術団体や研究者の講演会に参加して，新たな知見を学ぶとともに，自らのテーマに関わる視点から積極的な質疑を試み展開していった.

【4】１９９０年から，日本認知科学会での発表を皮切りにして，研究発表の活動を開始した.

また，日本シミュレーション&ゲーミング学会など，いくつかの広域的な学会で発表活動をするとともに，東京の大学の研究会にメンバーとして参加し，日本大学や放送大学の大学院でシステム科学の講義にも出席して，学術の関係者と議論し交流を図り，粘り強く研鑽と研究を積み重ねていった.

【5】人間の営為と自然の循環が調和し，融合する世界を実現しなければならない．明治の開国の時期に夏目漱石が理想としたといわれる則天去私の世界を人間の心の理想として，来るべき困難な時代のコンセプトを構築していかなければならない，と考えながら学術の研究と発表に取り組んでいった.

【6】１９９６年には，東京でアブダクション研究会を設立し，今日に至るまで２０年以上にもわたって，実に多くの研究者，社会人，学生の方々と広域学の基盤の確立に向けて，アブダクション研究会を開催してきた.

設立会合では，『部分域と全体域の誘導合致のモデル』の概念構想を説明した．誘導合致（induced fit）という語は，生物物理学の清水博氏が自らの講演会で誘導合致という酵素反応の用語を援用されたのに触発されて用いたものである.

程なく，筆者は『部分域と全体域の誘導合致のモデル』と数学におけるラティスの論理との同型性に気づいたので，自らのコンセプトを『ラティス（lattice）の構造モデル』と称するようになり，そのように命名した.

【7】１９９７年に東京大学安田講堂で開催された日・米・欧３極の環境工学国際シンポジウムで，筆者は場内から質疑に立ち，人間と社会が目指さなければならない方向として『トレード・オフ（trade-off）からラティス（lattice）の構造へ』という考え方を提唱した.

【8】１９９９年に京都大学で開催された日本機械学会・第１回生産加工／工作機械部門講演会で，筆者は基調講演の一つとして，『人の営為の質の転換を求めて』というテーマで講演し，三本の式と一つの定数からなる『ラティスの構造モデル』について，説明をした.

【9】２００３年には，一つの定数を導出する恒等式を生み出すことができた．このことによって，四本の式からなる現在の『ラティスの構造モデル』が完成した.

【10】２００４年からは，『ラティスの構造モデル』（Model of Lattice Structure）と一体をなす次の四つのモデルを整合的に構築することに集中的に取り組んだ.

（1）『３軸認知場のモデル』(Model of Three-axis Cognitive Field)

（2）『双方向の自然の循環と融合のネットワークモデル』(Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature)

（3）『自然の高深度・広域・高次の循環と融合のモデル』(Model of deep, wide, high-dimensional Circulation and Fusion of Nature)

（4）『人間の全方位の持続可能な思考と行動のモデル』（Model of Omni-directional Thought and Behavior of Humans for Sustainability)

【11】このようにして，２０１７年には，１９８４年に創案することを発意し，１９９０年から発表してきた『自然の循環と融合の論理と人間の情報処理』という理論モデルの大枠が完成した.

【12】そのポイントは，人間が持続可能性を確保するには，「自己・人間」という部分域の最適化（XorY）と，「他者・生態系」を含む全体域の最適化（XandY）という二つの相補的なベクトルが，共進化を達成して，融合し統合し続けなければならないということである.

【13】２０１７年は，世界各国の国内でも，また国際的にも，世界の広域的な市場統一を目指すグローバリズム（XandY）と，各国の主権による民族文化と利益の尊重を目指すナショナリズム（XorY）が，激しく拮抗し相克する潮流がはっきりと顕在化した，歴史的な節目の年でもあった.

人間や生物の種が絶滅の危機を回避するためには，二つの相補的なベクトルが，共進化を達成して，融合と統合の道をたどる以外に賢明なる選択肢はなく，これこそが地球規模の持続可能性を進化させて縮退を防ぐことに責務を負い続けなければならない２１世紀に生きる全世界の人類にとって，当然の叡智であるのかも知れない.

２　自然の倫理としての「自然の循環と融合の論理」を考える

【1】２１世紀に生きるわれわれは，地球環境問題，資源・エネルギーの枯渇，貧富の差の拡大，人口の爆発，新たな感染症の流行や難病の発生，災害や事故の巨大化，民族・宗教・文化・政治・経済をめぐる対立と紛争の激化や衝突と戦いの頻発，凶悪な犯罪やいじめ・虐待行為の多発，人工物とその自動化への過度の依存など，地球規模の難題群の発生に直面し，今や紛れもなく，生存と進化の袋小路に陥っている.

【2】自然の系や生命・社会の系には，（1）安定度を増大させる保存の方向性，すなわち，内部エネルギーを減少させる方向性と，（2）自由度を増大させる変革の方向性，すなわち，エントロピーを増加させる方向性，の相補的な二つのベクトルが相互に作用し，循環して，融合という臨界性を実現し，自然のシステムに恒常性（ホメオスタシス）や定常性が維持されているものと考えられる.

【3】ところが，人間が生み出した数学や論理学の論理では，今日に至るまで，こうした相補的なベクトルを逆理（パラドックス）とみなして，自らは対象とせずに，その取り扱いを専ら哲学的な推論

に委ねてきた.

【4】「自然の循環と融合の論理」とは，自然の系や生命・社会の系に内在する論理であり，自然や生命・社会のシステムを，その部分域同士が互いに斥け合うという，ネガティヴ・フィードバックと，その部分域同士が互いに引き合うという，ポジティヴ・フィードバックの間の大きなネガティヴ・フィードバックの行き来として捉え，恒常性（ホメオスタシス）や定常性を自己完結的に実現して行く，非平衡システムにおける非線形の動態的な論理のことである.

【5】２１世紀に生きるわれわれは人間の過去の営みが招いた地球規模の難題群の発生に直面している. そして, それらは根元的には, 近代以降の主知主義的な伝統によって，数学や論理学の「演繹の論理」に対する過度の傾斜と偏向が続いてきたことに起因している.

【6】つまり，生存と進化の袋小路とは，近現代の長い期間を通じて，自然の系や生命・社会の系が示す相補的な二つのベクトルの間の循環と融合を，高深度・広域・高次の思考や行動として実現することができずに，「演繹の論理」によって，主として領域的で高深度の知識と行動を追求し，専ら自己や人間という足元の部分域の最適化だけを優先して実現し続け，他者や生態系を含めた全体域の最適化との統合を軽視してきた経年の営みの累積的な結果が招いた不幸な結末だと言えるだろう.

【7】様々な時間・空間のスケールで問題が生起し，多様な姿をもつ自然を破壊し自律的な人間の精神の荒廃を伴ってきた地球規模の難題群の発生に対して，われわれが主体的かつ能動的に対処して持続可能性を確保するためには，人間の営みのパラダイムを，自然の循環と融合の論理によりよく適合するものに転換しなければならない.

3　知識と行動の学際的な研究基盤を確立するために中間の世界の論理を考える

【1】世界をマクロスコーピックに捉える相対性理論は，実在論的な立場から，主として演繹的な論理に基づいて構築され，展開されてきた.

【2】また，世界をミクロスコーピックに捉える量子力学や量子場理論などの量子論は，確率論的な立場から，主として帰納的な論理に基づいて構築され，展開されてきた.

【3】これらに対し，宇宙や地球などの自然の系や動植物などの生命と社会の系における物質・エネルギー・情報の循環と融合やネットワークの問題など，われわれの目線のレベルのリアリティーを取り扱うメゾスコーピックな中間の世界は，実在論的な因果の推論と確率論的な相関の推論が共存する世界である.

【4】実在論的な因果の推論とは時間（空間）の情報が原因となって空間（時間）の情報が結果となり，その空間（時間）の情報が次の原因となって時間（空間）の情報が次の結果となって次々に続いていく推論のことである.

【5】確率的な相関の推論とは演繹的な論理（XorY）と帰納的な論理（XandY）が順行的な推論と逆行的な推論による両側的な視点から，自然の分割（XorY）と組み換え（XandY）の相互作用を通じて蓋然的に調節し合い，今ここにおける情報の意味を限定し同定する推論のことである. 自然の分割（XorY）の相互作用は事物や事象の根底にある粒子的な性質の現れであり，自然の組み換え（XandY）の相互作用は事物や事象の根底にある波動的な性質の現れであるものと考えられる.

【6】人間の推論では，確率論的な相関の推論は無意識の推論として潜在化して先行し，実在論的な因果の推論は意識の推論として後続して顕在化するものと考えられる.

【7】中間の世界では事物や事象の全体域の情報を部分域の情報に深化する機能を果たす演繹的な論理（XorY）と事物や事象の部分域の情報を全体域の情報に広域化する機能を果たす帰納的な論理（XandY）が相補的に共存して，事物や事象の情報を高深度・広域・高次のものに統合し，今ここにおける環境の変化に抗し，またはこれを吸収して，システムの状態を定常化している.

【8】そこでは過去から現在に向かうフィード・フォワードと呼ばれる順行的な推論と現在から過去に向かうフィード・バックと呼ばれる逆行的な推論が相補的に共存して両側的に作用し，互いに調節し合って，今ここにおける新たな情報の意味を限定し同定している.

【9】そして，そのような中間の世界が有する特性や条件があるからこそ，自然史や人類史という歴史的な時空間のストーリー構造が連綿として織り上げられ，その記録が重層的に刻まれてきたのである.

【10】中間の世界の論理とは，時間の情報が主成分の演繹による，高深度を貫く推論（XorY）と，空間の情報が主成分の帰納による，広域を連ねる推論（XandY）が，互いに相補的に接合し合って，時空間の情報をアブダクションという高次の推論で統合し，世界の今ここにおいて存在し生起する事物や事象の情報を，高深度・広域・高次のストーリー線として自己完結的に自己組織化していく，宇宙と地球などの自然の系や動植物などの生命と社会の系における物質・エネルギー・情報の循環と融合の論理のことである.

4 『ラティスの構造モデル』は自然や生命・社会の系の相補的な二つのベクトルの間の「循環と融合の論理」を表わす自然のシステムの相互作用のモデルである

【1】X，Y，XorY（exclusive），XandY，からなる数学的なラティスは静態的な論理概念である.

『ラティスの構造モデル』（Model of Lattice Structure）は自然の系や生命・社会の系において，互いに“斥け合う”という両側的な視点からのネガティヴ・フィードバックをラティスのXorYに見立てて（XorY）と表し，互いに“引き合う”という両側的な視点からのポジティヴ・フィードバックをラティスのXandYに見立てて（XandY）と表して, 自然の系や脳を含む生命・社会の系の保存（XorY）と変革（XandY）の二つの相補的なベクトルの相互作用を次の四本の計算式で表現するところの「自然の循環と融合の論理」の構成的な動態モデルである.

【2】自然の系や生命・社会の系において, 相互に作用する二つの部分域をP_2，P_1 とし, それぞれが保持するエネルギーの準位の相対的な比率を ℓP_2，ℓP_1 として,

$\ell P_2 = 1$，$1 > \ell P_1 > 0$，とする．

$$\ell P_2 / \ell P_1 > (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ①$$
$$\ell P_2 / \ell P_1 < (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ②$$
$$\ell P_2 / \ell P_1 = (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ③$$
$$(FL + CL)^2 = FL \quad ④$$

FLは，系における，二つのベクトルの融合という臨界点のエネルギー準位を意味する．ここでエネルギー準位とは，位置エネルギーと運動エネルギーを合わせた全エネルギーの準位をいう．
CLは相互作用のために，P_2からP_1へ移動するエネルギーの準位をいう．

【3】具体的に述べると，二つの計算項 $\ell P_2 / \ell P_1$，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ は，ℓP_2とℓP_1の格差が大きくなると，前者の計算項の値が大きくなり，後者の項の値が小さくなる．ℓP_2とℓP_1の格差が小さくなると，前者の計算項の値が小さくなり，後者の項の値が大きくなる．このように二つの計算項 $\ell P_2 / \ell P_1$，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ が互いに相補的な動きを示すことがわかる．

【4】$\ell P_2 / \ell P_1$ を「斥け合う力」を表象するものと見立てるならば，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ は「引き合う力」を表象するものと見立てることができる．これは式①式②において，ℓP_1が，$\ell P_1 > (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で有理数の値を取り，$\ell P_1 < (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で無理数の値を取るときに実現する．この場合，「引き合い」では，互いの波長が近接する二つの波形同士が両側的な視点から波形と情報の類似（共通）性を探索し合い，「斥け合い」では，互いの波長が離隔する二つの波形同士が両側的な視点から波形と情報の差異（領域）性を探索し合う作用をする．結果として式①では「斥け合う力」が勝ることになる．反対に式②では「引き合う力」が勝ることになる．

【5】$\ell P_2 / \ell P_1$ を「引き合う力」を表象するものと見立てるならば，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ は「斥け合う力」を表象するものと見立てることができる．これは式①式②において，ℓP_1が，$\ell P_1 < (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で有理数の値を取り，$\ell P_1 > (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で無理数の値を取るときに実現する．この場合，「引き合い」では，互いの波長が離隔する二つの波形同士が両側的な視点から波形と情報の類似（共通）性を探索し合い，「斥け合い」では，互いの波長が近接する二つの波形同士が両側的な視点から波形と情報の差異（領域）性を探索し合う作用をする．結果として式①では「引き合う力」が勝ることになる．反対に式②では「斥け合う力」が勝ることになる．

【6】式③の解は，$\ell P_1 = (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ となる．それは，この値で，左辺の項が示す作用の力と，右辺の項が示す作用の力が均衡していることを示すところの，臨界点（FL）のエネルギー準位を意味している．これにより，式④において，$CL = \sqrt{\{(\sqrt{5} - 1)/2\}} - (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.168117389$ となる．

【7】 式①の作用が，式③の臨界性からの逸脱である場合には，式②の作用は，式③への回帰となる．また，式②の作用が，式③からの逸脱である場合には，式①の作用は，式③の臨界性への回帰となる．臨界性からの逸脱と臨界性への回帰が自然の循環と融合の現象を示している．

5 「自然の循環と融合の論理」は，時間の情報と空間の情報を時空間の情報構造として統合し，三つのフェーズの「自然の循環と融合の論理」を実現する

【1】『自然の高深度・広域・高次の循環と融合のモデル』（Model of Deep, Wide, High-dimensional Circulation and Fusion of Nature）は，［フェーズI］［フェーズII］［フェーズIII］という三つの態様の「自然の循環と融合の論理」を実現している．

【2】**4**の【4】のように，式①が［離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）＞［近接する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）で，式②が［離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）＜［近接する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）の場合，自然は［フェーズI］として，離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用と，近接する部分域同士が互いに引き合う作用が交互に現われる，高深度で領域的な循環と融合の論理を示す．この高深度で領域的な循環と融合の論理は，演繹の推論に当たるものである．

【3】**4**の【5】のように，式①が［離隔する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）＞［近接する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）で，式②が［離隔する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）＜［近接する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）の場合，自然は［フェーズII］として，離隔する部分域同士が互いに引き合う作用と，近接する部分域同士が互いに斥け合う作用が交互に現われる，低深度で広域的な循環と融合の論理を示す．この低深度で広域的な循環と融合の論理は，帰納の推論に当たるものである．

【4】**4**の【4】の作用と**4**の【5】の作用が交互に働く場合，自然は［フェーズIII］として，［離隔する部分域同士が互いに斥け合い］（XorY）［近接する部分域同士が互いに引き合う］（XandY）作用と，［離隔する部分域同士が互いに引き合い］（XandY），［近接する部分域同士が互いに斥け合う］（XorY）作用が交互に現われる，高深度・広域・高次の循環と融合の論理を示す．この高深度・広域・高次の循環と融合の論理は，アブダクションの推論に当たるものである．

6 自然や生命・社会の系の持続可能性の進化と縮退を考える

【1】自然や生命・社会の系には，部分（XorY）／全体（XandY），深さ（XorY）／拡がり（XandY），斥け合う（XorY）／引き合う（XandY），競争（XorY）／協調（XandY）など，「自然の循環と融合の論理」を表わす「（XorY）／（XandY）」という互いに相補的なベクトルの相互作用の枠組みが多様に存在している．この枠組みは，（XorY）という主としてタテ方向の演繹の推論プロセスと，（XandY）という主としてヨコ方向の帰納の推論プロセスとの相補的なベクトルの間の循環と融合の相互作用を表わしている．

【2】その典型例として，「部分（XorY）／全体（XandY）」を取り上げてみよう．持続可能性を確保し進化させるためのポイン

トは，例えば「自己・人間」という部分の最適化（XorY）を目指すタテ方向の演繹の推論プロセスと，「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）を目指すヨコ方向の帰納の推論プロセスという二つの相補的なベクトルを循環し融合させて，高深度で広域的な知識と行動をより自由度の高い高深度・広域・高次のものに統合することにより，二つのベクトルの共進化を達成していくことにある．これは，当該の系が外乱に抗してこれを吸収して恒常性や定常性を回復する上で，チャンスが大きくリスクも小さいので，持続可能性が進化する方向につながるベストの道となる．

【3】「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）を軽んじて，「自己・人間」という部分の最適化（XorY）に偏ってしまうと，一時的な持続はあっても，やがては生存の領域が限局されたものとなるだろう．これは，当該の系が外乱に抗して恒常性や定常性を維持する上で，リスクは小さいがチャンスも小さいので，持続可能性が縮退する方向につながるだろう．「自己・人間」という部分の最適化（XorY）を軽んじて，「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）に偏ってしまうと，生存の基盤を喪失するので，成り立たずに消滅するだろう．これは，当該の系が外乱に抗して恒常性や定常性を維持する上で，チャンスは大きいがリスクも大きいので，持続可能性が縮退する方向につながるだろう．「自己・人間」という部分の最適化（XorY）と「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）が矛盾し相食む分断の状況は，当該の系が外乱に抗して恒常性や定常性を維持することを困難にし，持続可能性が著しく損なわれるので，早晩に破局と滅亡をもたらすだろう．

国家という人間の集団の関係においてもグローバルな全体の最適化（XandY）を欠いたナショナリズムという部分の最適化（XorY）だけでは，一時的な持続はあっても，やがては生存の領域が限局されたものとなるだろう．ナショナリズムという部分の最適化（XorY）を放擲したグローバルな全体の最適化（XandY）だけでは，生存の基盤を喪失するので，成り立たずに消滅するだろう．ナショナリズムという部分の最適化（XorY）とグローバルな全体の最適化（XandY）が矛盾し相食む分断の状況は，早晩に破局と滅亡をもたらすだろう．

【4】もう一つの典型例として，「守成（XorY）／創成（XandY）」を取り上げてみよう．人間が環境の変化や変動を乗り越えて持続的な生存と進化を遂げるためには，その営みの「守成」（XorY）の契機と「創成」（XandY）の契機をしっかりと捉えて両立させることが不可欠である．こうして，両方の契機のための知識と行動を矛盾なく融合し循環させて実現し，個人と集団が，資源やエネルギーの利用効率と活用効果を上げるための営みをエンドレスに追求して達成することが可能となる．

【5】これは，生存の現在域の最適化と，未来域の最適化を両立させる知識と行動を矛盾なく実現することにつながる必須の営みである．ここで「守成」とは既存の方法によって，資源やエネルギーの利用効率と活用効果を維持し高めることを言い，「創成」とは既存の方法を踏まえた，新規の方法によって，資源やエネルギーの新たな利用効率と活用効果を創り出すことを言う．「創成」を欠いた「守成」では，一時的な持続はあっても，やがては生存の領域が限局されたものとなるだろう．「守成」を放擲した「創成」だけでは，生存の基盤を喪失するので，成り立たずに消滅する．「守成」と「創成」が矛盾し相食む分断の状況は，早晩に破局と滅亡をもたらすだろう．われわれは「守成」と「創成」の営みを循環させて融合し，生存の現在域の最適化と，未来域の最適化を，両立させる知識と行動を矛盾なく実現し続けなければならない．

7 『自然の系の３軸作用場のモデル』は自然の系・生命と社会の系の作用の場の座標のモデルである

『自然の系の３軸作用場のモデル』は，通時的な空間で表わされる「時間の情報」（XorY）と共時的な時間で表わされる「空間の情報」（XandY）が交互に連接し，時空間の情報のストーリー構造が自己組織化されて作動し遂行される，自然の系・生命と社会の系の作用の場の座標のモデルである．なお，このプロセスの時空間上の軌跡は時計回り（または反時計回り）と反時計回り（または時計回り）の螺旋形状を描くが，モデルでは直交座標で近似している．

【1】自然の系・生命と社会の系は，現前の［今］［ここ］において発生する事物・事象の情報を，X軸＝「事実」の情報の空間軸，Y軸＝時間軸，Z軸＝「価値」の情報の空間軸からなる「自然の系の３軸作用場」という自らの情報処理の場に記録して，互いに相補的な「時間の情報」（XorY）と「空間の情報」（XandY）を交互に連接した時空間の情報のストーリー構造として自己組織化し，作動させて，外乱に抗しこれを吸収して系の恒常性や定常性が維持され保全される方向に働く．座標の上で，三軸の情報は，互いに同型なストーリー構造のシークエンスを描きながら，互いに一対一に対応して布置される．「価値」の情報とは，当該の系が外乱に抗してこれを吸収し，系の恒常性や定常性を維持し保全する方向に働くチャンスと，そのような方向には働かないリスクの大きさを評価する情報である．

【2】「時間の情報」と「空間の情報」を次のように定義する．

（1）「時間の情報」とは，空間の軸が同じ位置の［ここ］において，時間的に継起して，異時的に存在・生起した，自然の「事実」または「価値」に関する一対の事物・事象の情報の（XorY）という通時的で，差異的で，排他的的な組み合わせを言う．

（2）「空間の情報」とは，時間の軸が同じ位置の［今］において，空間的に隣接して，同時的に存在・生起した，自然の「事実」または「価値」に関する一対の事物・事象の情報の（XandY）という共時的で，類似的で，包括的な組み合わせを言う．

【3】３軸作用場において，「自然の循環と融合の論理」により，互いに“引き合う”というポジティヴ・フィードバックの作用と，互いに“斥け合う”というネガティヴ・フィードバックの作用が交互に働いて，「時間の情報」と「空間の情報」が連接され，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」の自己完結的なプロセスからなるストーリー構造が自己組織化され，その記録は入れ子の構造として重層的に保存される．

１１に記述する「情報の保全と再編成のメカニズム」が記録の入れ子構造としての重層的な保存を可能にしている．

【4】３軸作用場において，「事実」または「価値」に関する「時間

の情報」と「空間の情報」はタテ型・ヨコ型・ナナメ型の推論として自己組織化される.

（1）（起→承）が「時間の情報」（XorY）であれば，（承→転）には「空間の情報」（YandX’）が連接する．そして（転→結）として「時間の情報」（X’orY’）が連接する．３軸作用場において，このような順序で自己組織化された「事実」または「価値」に関する情報は，「XにYが継起するように，X’にY’が継起する」という時間的な情報の同型性に基づくタテ型の類比の演繹の推論として表象され，高深度で領域的な自然の「事実」または「価値」に関するストーリー構造が自己組織化される.

演繹の推論は，一般の命題や抽象的な命題から特定の命題や具体的な命題を推論する，論理的で分析的な推論であり，領域的で高深度の自然の「事実」または「価値」に関する情報が導出される.

（2）（起→承）が「空間の情報」（XandY）であれば，（承→転）には「時間の情報」（YorX’）が連接する．そして（転→結）として「空間の情報」（X’andY’）が連接する．３軸作用場において，このような順序で自己組織化された「事実」または「価値」に関する情報は，「XがYと同期するならば、X’がY’と同期する」という空間的な情報の同型性に基づくヨコ型の類比の帰納の推論として表象され，低深度で広域的な自然の「事実」または「価値」に関するストーリー構造が自己組織化される.

帰納の推論は，特定の命題や具体的な命題から一般の命題や抽象的な命題を推論する，構成的で総合的な推論であり，広域的で低深度の自然の「事実」または「価値」に関する情報が導出される.

（3）３軸作用場において，時間の情報→空間の情報→時間の情報の順で連接されたタテ型の類比の推論と，空間の情報→時間の情報→空間の情報の順で連接されたヨコ型の類比の推論が，蓋然的に接合されると，それは，斜め（ナナメ）型のアブダクションの推論として表象され，高深度・広域・高次の「事実」または「価値」に関するストーリー構造が自己組織化される.

アブダクションの推論とは，演繹の推論で帰結した特定の命題や具体的な命題が帰納の推論において特定の命題や具体的な命題と結びついて，より高深度で，より広域的で，より高次の，より普遍的な命題が蓋然的に獲得されるところの推論をいう.

８ 「自然の循環と融合の論理」は，「自然の最小作用の原理」に基づき，アブダクションの推論によって，自然の系・生命と社会の系の情報を分割し（XorY），組み換えて（XandY），時間と空間の位置が離隔した情報を時空間の普遍的な高次の情報として再生（リサイクル）し，系の物質・エネルギー・情報の断片化と散逸化を防いでいる

【1】タテ糸としての時間の情報とは，Xの後にYが継起する非同期的な情報の組み合わせであり，ヨコ糸としての空間の情報とは，XとYが隣接し同期する非継起的な情報の組み合わせである.

【2】時間の情報→空間の情報→時間の情報の順で統合された時空間の情報構造は，「XにYが継起するように，X’にY’が継起する」という時間的な情報の同型性に基づくタテ型の類比のトップ・ダウン推論を実現し，演繹の推論と呼ばれる.

それは，まず事物や事象の全体域の情報を部分域の情報に分割し（時間の情報），次に部分域の情報を全体域の情報に組み換え（空間の情報），さらに全体域の情報を部分域の情報に分割する（時間の情報）プロセスを通して，トップ・ダウン推論でタテ型の類比に基づいて全体域の情報を部分域の情報に分解し分析する機能を果たし，領域的で高深度の情報処理を担う.

このプロセスの時空間上の軌跡は時計回り（または反時計回り）の螺旋形状を描く.

【3】空間の情報→時間の情報→空間の情報の順で統合された時空間の情報構造は，「XがYと同期するように、X’がY’と同期する」という空間的な情報の同型性に基づくヨコ型の類比のボトム・アップ推論を実現し，帰納の推論と呼ばれる.

それは，まず事物や事象の部分域の情報を全体域の情報に組み換え（空間の情報），次に全体域の情報を部分域の情報に分割し（時間の情報），さらに部分域の情報を全体域の情報に組み換える（空間の情報）プロセスを通して，ボトム・アップ推論でヨコ型の類比に基づいて部分域の情報を全体域の情報に合成し総合する機能を果たし，広域的で低深度の情報処理を担う.

このプロセスの時空間上の軌跡は反時計回り（または時計回り）の螺旋形状を描く.

【4】時間の情報→空間の情報→時間の情報の順で統合されたタテ型の類比のトップ・ダウン推論と，空間の情報→時間の情報→空間の情報の順で統合されたヨコ型の類比のボトム・アップ推論を，交互に循環し融合して，高深度の情報と広域の情報を高次のレベルで蓋然的に統合し，互いに時間と空間の位置が離隔した情報を時空間の普遍的な高次の情報として再生（リサイクル）し，系の物質・エネルギー・情報の断片化と分散化を防いでいるのが，アブダクションと呼ばれる斜め（ナナメ）型の高次の統合の推論であり，高深度・広域・高次の情報処理を担っている.

このプロセスは，「自然の循環と融合の論理」に内在する「自然の最小作用の原理」に基づく自然の根元的な働きである.

また，このプロセスの時空間上の軌跡は時計回り（または反時計回り）の螺旋形状から反時計回り（または時計回り）の螺旋形状へ反転し，さらに時計回り（または反時計回り）の螺旋形状へと反転を繰り返す形で描かれる.

９『自然の系の３軸作用場のモデル』を人間の脳という「知」「情」「意」の認知場に適用する

【1】生命・社会の系としての人間の経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の不可思議を解明していくためには，『自然の系の３軸作用場のモデル』を人間の脳という「知」「情」「意」の認知場に適用しなければならない.『３軸認知場のモデル』(Model of Three-axis Cognitive Field）は「知」「情」「意」のそれぞれについて，通時的な空間で表わされる「時間の情報」（XorY）と共時的な時間で表わされる「空間の情報」（XandY）を交互に連接して，時空間の情報がストーリー構造として自己組織化されて作動し遂行され，重層的に記録される，人間の脳という認知場の座標のモデルである.

（1）「知」は「事実」の系を意味し，主として，主体・他者の誰か，事物・事象の何かが，何をした，どのようになった，どのように存

在した，という経験と学習の「認知の情報」を表象する．
（2）「情」は「価値」の系を意味し，主として，「事実」の系および「目的」の系の個々の情報に対する「チャンスとリスク」の大きさを表す「評価・感情の情報」を表象する．具体的には，チャンスを表すポジティヴな感情とリスクを表すネガティヴな感情の組み合わせによって，選好と回避の順序の評価が決まる．
（3）「意」は「目的」の系を意味し，主として，主体が，何をどのように考えるのか，主体が，何をどのように行なうのか，という「思考と行動の情報」を表象する．
【2】人間は，現前の［今］［ここ］において発生する下記の（1），（2），（3），の三種類の情報を，X軸＝「事実」と「目的」の空間軸，Y軸＝時間軸，Z軸＝「価値」の空間軸，からなる「3軸認知場」という自らの情報処理の場に記録し，「知」「情」「意」の各系において，互いに相補的な「時間の情報」（XorY）と「空間の情報」（XandY）を交互に連接した時空間の情報のストーリー構造として自己組織化し，「知」「情」「意」の各系を作動させて，生存と進化の機能を遂行する．この座標の上で，三種類の情報は，互いに同型なストーリー構造のシークエンスを描きながら，互いに一対一に対応して布置される．そして，［今］［ここ］における「事実」「価値」「目的」の系のそれぞれの情報は，『双方向の自然の循環と融合のネットワークモデル』の機序によって，他の2つの系の［今］［ここ］における情報との間で，循環と融合の相互作用をしている．
（1）外部環境に存在し生起する事物や事象という事実の経験と学習に関する「認知の情報」
（2）「認知の情報」と「思考と行動の情報」に対して，生体の内部環境が表わす「評価・感情の情報」
「評価・感情の情報」は，チャンスの希望を増やし，リスクの不安を減らすための指標として働く．「評価・感情の情報」は，ポジティブな評価・感情のレベルとネガティブな評価・感情のレベルが複合されて，「チャンスとリスク」の複合的な情報として表象される．
（3）「認知の情報」「評価・感情の情報」「思考と行動の情報」の間に発生する不均衡を発見し，三つの系の関係を制御して，その時々のベスト・プラクティスに近づけようとする「思考と行動の情報」．
【3】3軸認知場の「知」「情」「意」の各系では，「自然の循環と融合の論理」により，互いに“引き合う”というポジティヴ・フィードバックの作用と，互いに“斥け合う”というネガティヴ・フィードバックの作用が交互に働いて，「時間の情報」と「空間の情報」が連接され，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」の自己完結的なプロセスからなるタテ型・ヨコ型・ナナメ型の推論のストーリー構造が自己組織化され，その記録は入れ子の構造として重層的に保存される．

１０ 自然の系や生命・社会の系は類比の推論によって過去の事物・事象を参照し，未来の事物・事象を予測して，［今］［ここ］に対処している

自然の系や人間の脳を含む生命・社会の系は，フィード・バックとフィード・フォワードの両側的視点から，類比の推論によって，過去の情報を参照し，未来の情報を予測して，新たな［今］［ここ］において存在し生起する新しい事物・事象の情報の意味を次々に同定していく．
（1）そこでは，時間の情報（XorY）と空間の情報（XandY）を交互に連接しながら，**１２**に記述する『自然の双方向の循環と融合のネットワークモデル』（Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature）が示すフィード・バックのプロセスによって過去の事物・事象を参照し，フィード・フォワードのプロセスによって未来の事物・事象を予測して，現前の［今］［ここ］において獲得した新しい情報の意味を両側的な視点から限定し同定する．
（2）フィード・バックでは，**４**の【2】に記す $\ell P_2/\ell P_1$ の比率に起因する新しい情報の時間と空間の視点に立って，現前の［今］［ここ］で生じた結果から，過去の［今］［ここ］で生じた原因を推論する逆行推論に基づき，新しい情報の側から，既存の情報群に対して，それらの時間と空間の接続パターンとのマッチングの整合性が探索される．
（3）それは，新しい情報の側から，新しい情報と最も時間と空間の接続パターンが似通った既存の情報が選択されて，新しい情報の側の視点から，新しい情報の意味が推定されるプロセスである．
（4）フィード・フォワードでは，**４**の【2】に記す $\ell P_2/\ell P_1$ の比率に起因する既存の情報群のそれぞれの時間と空間の視点に立って，過去の［今］［ここ］で生じた原因から，現前の［今］［ここ］で生じた結果を推論する順行推論に基づき，既存の情報の側から，新しい情報に対して，その時間と空間の接続パターンのマッチングの整合性が探索される．
（5）それは，既存の情報の側から，新しい情報と最も時間と空間の接続パターンが似通った既存の情報が選択され，既存の情報の側の視点から，新しい情報の意味が推定されるプロセスである．

１１ 自然の系や人間の脳を含む生命・社会の系における情報の保全と再編成のメカニズムを考える

【1】3軸作用場において，同様に，3軸認知場の「知」「情」「意」の各系においても，「自然の循環と融合の論理」により，互いに“引き合う”というポジティヴ・フィードバックの作用と，互いに“斥け合う”というネガティヴ・フィードバックの作用が交互に働いて，「時間の情報」と「空間の情報」が連接され，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」の自己完結的なプロセスからなるストーリー構造が自己組織化され，その記録は入れ子の構造として重層的に保存される．
【2】**１２**に記述する『自然の双方向の循環と融合のネットワークモデル』（Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature）が示す情報のネットワークでは，現前の［今］［ここ］において形成された広域的な情報のネットワークは，次の［今］［ここ］において形成される広域的な情報のネットワークの下部に包摂される．そこでは，現前の［今］［ここ］の情報［情報 n］の広域的な情報のネットワークが，次の［今］［ここ］の情報［情報 n＋1］の広域的な情報のネットワークの下部に包摂され、［情報 n＋1］の広域的な情報のネットワークが，さらに次の［今］［ここ］の情報［情報 n＋2］の広域的な情報のネットワークの下部に包摂されて行く．そして，この場合に，［情報 n］の広域的

な情報のネットワークの記憶の構造は，［情報 n＋1］の広域的な情報のネットワークの下部構造として，［情報 n＋1］の記憶の構造は，［情報 n＋2］の下部構造として，それぞれが未来に向け保全される．しかし，［情報 n＋1］の広域的な情報のネットワークの平面では，［情報 n］の広域的な情報のネットワークにおける情報の間に成立していた類似（共通）性（XandY）と差異（領域）性（XorY）の関係に修正を加えて，再編成することが可能になる．同様に，［情報 n＋2］の広域的な情報のネットワークの平面では，［情報 n＋1］の広域的な情報のネットワークにおける情報の間に成立していた類似（共通）性（XandY）と差異（領域）性（XorY）の関係ついても，再編成することが可能になる．

【3】自然の系や人間の脳を含む生命・社会の系では，「3軸作用場」や「3軸認知場」に組み込まれた，情報の保全と再編成のメカニズムを適切に維持することが，情報の連続的な保存と絶え間のない変革を可能にし，自然の系や生命・社会の系の持続可能性の進化と縮退を決定づけている．

１２ 『双方向の自然の循環と融合のネットワークモデル』(Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature) を考える

【1】『ラティスの構造モデル』からフィード・フォワードのネットワークの論理を導出する．

（1）『自然の循環と融合の論理』を表わす『ラティスの構造モデル』の四式から，次のようにして，**１０**で述べたフィード・フォワードの論理を導出することができる．

新たな情報E（n）を起点として，**4**の【2】に記す $\ell P_2/\ell P_1$ の比率に起因する起点E（n）の視点に立って，1つ後のE（n+1），2つ後のE（n+2），3つ後のE（n+3），・・，m 個後の情報E（n+m），に対して，次々にネットワークが形成される．そのプロセスは，過去の［今］［ここ］で生じた原因から，現前の［今］［ここ］で生じた結果を推論する順行推論のプロセスである．

（2）E（n）とE（n+1）が準位1／FLで融合し，生じた時間の情報または空間の情報がE（n）・E（n+1）の区間に表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のE（n+1）・E（n+2）の区間に表象される．E（n）の準位は（1−CL）に，E（n+1）の準位は（FL＋CL）に変わる．

（3）E（n+1）とE（n+2）が準位（FL＋CL）／FL（FL＋CL）で融合し，生じた空間の情報または時間の情報がE（n+1）・E（n+2）の区間に重ねて表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のE（n+2）・E（n+3）の区間に表象される．E（n+1）の準位は（FL＋CL）− CL（FL＋CL）に，E（n+2）の準位はFL（FL＋CL）＋CL（FL＋CL）＝（FL＋CL）^{2}＝FLに変わる．

（4）E（n+2）とE（n+3）が準位FL／FL^2＝1／FLで融合し，生じた時間の情報または空間の情報がE（n+2）・E（n+3）の区間に重ねて表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のE（n+3）・E（n+4）の区間に表象される．

E（n+2）の準位は（FL−FL・CL）＝FL(1−CL)に，E（n+3）準位は（FL^2＋FL・CL）＝FL（FL＋CL）に変わる．

（5）E（n）の準位が（1−CL）で，E（n+2）の準位はFL（1−CL)である．E（n）とE（n+2）の準位は1／FLとなるので，斜交的に融合し，生じた空間の情報または時間の情報がE（n）・E（n+2）の区間に表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のE（n+2）・E（n+3）の区間に表象される．E（n）の準位は（1−CL）−CL（1−CL）＝（1−CL）（1−CL）＝（1−CL）^{2} に，E（n+2）の準位はFL(1−CL)＋CL（1−CL）＝(1−CL)(FL+CL)に変わる．

（6）そして一般に，起点E（n）の準位が（1−CL）$^{m-1}$で，以後のE（n＋m）の準位がFL（1−CL）$^{m-1}$であるとき，起点E（n）は，E（n）の視点に立って，E（n＋m）と準位1／FLで，コヒーレントで悉皆的に融合する．E（n）の準位は（1−CL）$^{m-1}$ −CL（1−CL）$^{m-1}$ に，E（n＋m）の準位はFL（1−CL）$^{m-1}$ +CL（1−CL）$^{m-1}$ に変わる．

【2】『ラティスの構造モデル』からフィード・バックのネットワークの論理を導出する．

（1）『自然の循環と融合の論理』を表わす『ラティスの構造モデル』の四式から，次のようにして，**１０**で述べたフィード・バックの論理を導出することができる．新たな情報Nn を起点として，**4**の【2】に記す $\ell P_2/\ell P_1$ の比率に起因する起点N（n）の視点に立って，1つ前のN（n−1），2つ前のN（n−2），3つ前のN（n−3），・・，m 個前の情報N（n−m），に対して，次々にネットワークが形成される．そのプロセスは，現前の［今］［ここ］で生じた結果から，過去の［今］［ここ］で生じた原因を推論する逆行推論のプロセスである．

（2）N（n）とN（n−1）が準位1／FLで融合し，生じた空間の情報または時間の情報がN（n）・N（n−1）の区間に表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のN（n−1）・N（n−2）の区間に表象される．N（n）の準位は（1−CL）に，N（n−1）の準位は（FL＋CL）に変わる．

（3）N（n−1）とN（n−2）が準位（FL＋CL）／FL（FL＋CL）で融合し，生じた時間の情報または空間の情報がN（n−1）・N（n−2）の区間に重ねて表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のN（n−2）・N（n−3）の区間に表象される．N（n−1）の準位は（FL＋CL）− CL（FL＋CL）に，（n−2）の準位はFL（FL＋CL）＋CL（FL＋CL）＝（FL＋CL）^{2}＝FLに変わる．

（4）N（n−2）とN（n−3）が準位FL／FL^2＝1／FLで融合し，生じた空間の情報または時間の情報がN（n−2）・N（n−3）の区間に重ねて表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のN（n−3）・N（n−4）の区間に表象される．

N（n−2）の準位は（FL−FL・CL）＝FL(1−CL)に，N（n−3）準位は（FL^2＋FL・CL）＝FL（FL＋CL）に変わる．

（5）N（n）の準位が（1−CL）で，N（n−2）の準位はFL（1−CL)である．N（n）とN（n−2）の準位は1／FLとなるので，斜交的に融合し，生じた時間の情報または空間の情報がN（n）・N（n−2）の区間に表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のN（n−2）・N（n−3）の区間に表象される．N（n）の準位は（1−CL）−CL（1−CL）＝（1−CL）

（1−CL）＝（1−CL）^{2} に，N（n−2）の準位はFL(1−CL)+CL（1−CL）＝(1−CL)(FL+CL)に変わる.

（6）そして一般に，起点N（n）の準位が（1−CL）$^{m-1}$で，以前のN（n−m）の準位がFL（1−CL）$^{m-1}$であるとき，起点N（n）は，N（n）の視点に立って，Nn−m と準位1／FLで，コヒーレントで悉皆的に融合する．N（n）の準位は（1−CL）$^{m-1}$ −CL（1−CL）$^{m-1}$ に，N（n−m）の準位は FL（1−CL）$^{m-1}$ +CL（1−CL）$^{m-1}$ に変わる.

１３　自然の系や人間の脳の知・情・意の各系を含む生命・社会の系では，３つの情報の部分域からなる三角形のフラクタル構造が生み出され小域から中域・大域に向けてネットワークの全域で悉皆的に反復される．これは１／ＦＬによる類比の推論として現れる「自然の最小作用の原理」に基づく相似化作用を表している

自然の系や人間の脳の知・情・意の各系を含む生命・社会の系のネットワークでは，「自然の循環と融合の論理」に内在する１／ＦＬの類比の推論によって，３つの情報の部分域からなる三角形のフラクタル構造が生み出され，ネットワークの小域から中域・大域に向けて全域で悉皆的に反復される.

（1）自然の系や人間の脳を含む生命・社会の系の情報処理において，過去から現在に向かうフィード・フォワードと，現在から過去に向かうフィード・バックという両側的な情報処理の場で自己組織化されるストーリー構造のネットワークでは，４つの情報が，時間の情報→空間の情報→時間の情報の順（演繹の推論）または空間の情報→時間の情報→空間の情報の順（帰納の推論）で接合するごとに，時空間の情報を統合する一つの斜行的な情報が生じて，３つの情報の部分域からなる三角形のフラクタル構造が生み出される．そして，この情報構造は，両側的な情報処理の場の小域から中域，さらに大域に至るネットワークの全域にわたって悉皆的に反復される．これは１／ＦＬによる類比の推論として現れる「自然の最小作用の原理」に基づく相似化作用を表している.

（2）演繹の推論では，４つの部分域の情報がタテ方向とヨコ方向に接合するごとに生じる３つの部分域の間の一つの斜行的な（ナナメ方向の）時空間の情報の統合が，「高深度」の情報を創発するポイントとなっている.

（3）帰納の推論では，４つの部分域の情報がヨコ方向とタテ方向に接合するごとに生じる３つの部分域の間の一つの斜行的な（ナナメ方向の）時空間の情報の統合が，「広域」の情報を創発するポイントとなっている.

（4）アブダクションの推論では，粗視的には，主としてタテ方向の演繹の推論による時間の情報と，粗視的には，主としてヨコ方向の帰納の推論による空間の情報が，蓋然的に接合する一つの大きな斜行的な（ナナメ方向の）時空間の情報の統合が，「高次」の情報を創発するポイントとなっている.

（5）**8**で述べたように，自然の系・人間の脳を含む生命と社会の系は，演繹の推論と帰納の推論を統合したアブダクションの推論によって，自然の系・生命と社会の系の情報を分割し（XorY），組み換えて（XandY），時間と空間の位置が離隔した情報を時空間の普遍的な高次の情報として再生（リサイクル）し，「自然の最小作用の原理」を貫きながら，系の物質・エネルギー・情報の断片化と散逸化を防いでいる．自然の系・人間の脳を含む生命と社会の系の３軸作用場を用いて述べると，このプロセスは，時計回り（または反時計回り）の螺旋形状を描く演繹のプロセスと反時計回り（または時計回り）の螺旋形状を描く帰納のプロセスが相補的に会合して統合され，物質・エネルギー・情報のレベルが高次化し普遍化することだと考えられる.

（6）自然の系や人間の脳の知・情・意の各系を含む生命・社会の系の３軸作用場において，「起」「承」「転」「結」の推論が演繹の推論を繰り返して，それに偏ると，前の推論を帰結する時間の情報と後の推論を起承する時間の情報の間に「空間の情報」の空白が生じるので，過去から現在に至って蓄積されている情報のフラクタル構造の一部に劣化や欠陥をもたらすリスクを生んでしまうかも知れない．同様に，「起」「承」「転」「結」の推論が帰納の推論に偏ると，前の推論を帰結する空間の情報と後の推論を起承する空間の情報の間に「時間の情報」の空白が生じるので，過去から現在に至って蓄積されている情報のフラクタル構造の一部に劣化や欠陥をもたらすリスクを生んでしまうかも知れない.

（7）自然の系や人間の脳の知・情・意の各系を含む生命・社会の系は，「自然の循環と融合の論理」を通じて「自然の最小作用の原理」を貫徹しながら，相克しかつ拮抗する，保存の方向性と，変革の方向性という二つの相補的なベクトルの調和する世界が実現される方向に向かって，システムの持続可能性の進化と縮退を繰り返しながら，外乱に抗してこれを吸収し，恒常性や定常性が維持されているものと考えられる.

１４　『人間の全方位の持続可能な思考と行動のモデル』（Model of Omni-directional Thought and Behavior of Humans for Sustainability）を考える

【1】われわれが，営みの全方位において，環境の淘汰圧に対する自由度が高く，環境の変化に中立的な経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を自己完結的に実現するためには，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」のプロセスからなる全方位の思考と行動をバランスよく，自己完結的に実行して，全方位の営みに保存の方向性（普遍性）と変革の方向性（発展性）が調和する世界を実現することが，システムの持続可能性を進化させ，その縮退を防ぐことにつながる.

【2】起(begin)＝生成 ： アクションを重ねて，下部構造に，起・承・転・結の循環的なストーリー構造を紡ぎ出し，高深度・広域・高次の知識と行動を形成して実行し蓄積しながら，前なる［結＝収束］を想起し，次なる［承＝継続］を想像し予期して，テーマを発意

し方向づける.
（1）[重負担からの脱却と生存の効率化を図る]の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：生存のための資源・エネルギー・情報の利用効率の向上を図る
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：資源・エネルギー・情報の活用効果を高めて生存を脅かしている重苦や重負担からの脱却を図る
（2）[多能なイニシアティブと英明なコーディネーションを確保する]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：注意の制約を前提に個人やリーダーの能力の限界を補完して課題を掘り下げる
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：多能化をめざして個人やリーダーが自己の能力の限界を打破して課題を拡張する
（3）[理解と働きかけのコンセプトを構築し,実行・検証して更新する]の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：現に生存する時間・空間領域での生存と進化のコンセプトを構築し,実行・検証して更新する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：より大きな時間・空間領域での生存と進化のコンセプトを構築し,実行・検証して更新する
【3】 承(succeed)＝継続 ： 経験と学習を重ねて,下部構造に,起・承・転・結の循環的なストーリー構造を紡ぎ出し，高深度・広域・高次の知識と行動を形成して実行し蓄積しながら，前なる[起＝生成]を想起し,次なる［転＝変化]を想像し予期して,テーマを深化し拡張する.
（1）[事業分野の拡大と深化を図る]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：事業分野の深さを追求する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：事業分野の拡がりを追求する
（2）[機能分野の拡大と深化を図る]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：機能分野の深さを追求する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：機能分野の拡がりを追求する
（3）[知見分野の拡大と深化を図る]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：知見分野の深さを追求する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：知見分野の拡がり追求する
【4】転(change)＝変化 ： 部分と全体の整合化へ擦り合わせを重ねて,下部構造に,起・承・転・結の循環的なストーリー構造を紡ぎ出し，高深度・広域・高次の知識と行動を形成して実行し蓄積しながら，前なる[承＝継続]を想起し,次なる［結＝収束]を想像し予期して,テーマに有意なより高深度・より広域・より高次のより普遍的な（universal）知識と行動を構成する.
（1）[人為を自然のルールに適合させる]の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：人為の自然のルールへの不適合度を下げる
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：人為の自然のルールへの適合度を上げる
（2）[トータルなコントロールを働きかけ受け入れる]の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：他の機能・事業・知見からトータルなコントロールを自らに受け入れる
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：自らの機能・事業・知見からトータルなコントロールを他に働きかける
（3）[時間・空間領域の部分と全体の間に矛盾のない最適化を実現する]の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：短期・小域と中期・中域の間に矛盾のない理解と働きかけを実現する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：中期・中域と長期・大域の間に矛盾のない理解と働きかけを実現する
【5】結(conclude)＝収束 ： 能力開発と人材育成を重ねて,下部構造に，起・承・転・結の循環的なストーリー構造を紡ぎ出し，高深度・広域・高次の知識と行動を形成して実行し蓄積しながら,前なる[転＝変化]を想起し,次なる[起＝生成]を想像し予期して,テーマに有意なより高深度・より広域・より高次の普遍的な（universal）知識と行動を実行に移すと共にテーマに有意なより高深度・より広域・より高次のより普遍的な（universal）知識と行動の見直しと改善を図る.
（1）[組織責任者ならびに独創専門家としての自らの能力を開発し,後進の能力を育成する]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：組織の運営責任者として自らの能力を開発し，後進の能力を育成する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：独創のできる専門家として自らの能力を開発し，後進の能力を育成する
（2）[自らの研究開発をする能力ならびに導入活用をする能力を開発し,後進の能力を育成する]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：導入活用をする自らの能力を開発し,後進の能力を育成する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：研究開発をする自らの能力を開発し，後進の能力を育成する
（3）[一貫経験と職種転換を共に重視して自らの能力を開発し,後進の育成を図る]の情報処理フレームは,相補的な２項から成り立つ.
①「深化し分析するフレーム」（XorY）：同職種での一貫経験を重視して自らの能力を開発し，後進の能力を育成する
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：異職種への職務転換を重視して自らの能力を開発し，後進の能力を育成する

脳室内免疫細胞ネットワークによる認知モデリング
Immune Cell Networks inside the Ventricle for Cognitive Modeling

得丸　久文
Kumon Tokumaru
独立研究者
Independent Researcher
tokumaru@pp.iij4u.or.jp

概要
言語処理や複雑概念の認知モデリングについては，脳内における細胞・分子レベルの説明がない．本稿は脳脊髄液中を浮遊するBリンパ球，脳脊髄液接触ニューロン，マイクログリアによる脳室内免疫細胞ネットワークによる認知モデリングを提案する．これは哺乳類の条件反射の認知モデルであり，免疫細胞の内部論理が1対1の反射から1対全の群や全対全のネットワークに進化することで概念や複雑概念もモデル化できる．

キーワード：デジタル言語学，血液脳関門，B リンパ球，免疫ネットワーク，概念，人類共有知

1.　精神機能の脳室内局在説

ヘレニズム時代から18世紀終わりころまで，精神機能は脳室にあると信じられていた．はじまりはヘレニズム時代にアレキサンドリアで医学校を設立したとされるヘロフィロス(BC335-269)で、彼は奴隷や死刑囚を対象に生体解剖を行ったといわれている．残念ながら彼の書いたものは残っていない．

ヘロフィロスより450年後に生まれたガレノス(129-216?)は，古代図書館で有名なペルガモン出身の貴族で解剖医であり，ローマ皇帝にも仕えた．ガレノスは192年のローマの大火で蔵書や自著を焼失した経験に学び，意識的に著作が後世に残るよう配慮した．おかげで，彼の著作は西洋医学の古典として現代に伝わっている．

ガレノスは，「脳は理性・自発運動・感覚の源で，脳を起源とする神経系を通じて全身と連絡し，神経は動脈・鼻・口から直接四つの脳室に蓄えられた独自のプネウマの供給を受けている．（ガレノスは灰白質ではなく，**空洞の脳室が脳の機能の源だと考えた**．）脳の極微細な動物精気は神経を通じて全身に分配され，感覚と運動を可能にする．」[1](P168)

「ガレノスは肉体的な疾患と精神的な疾患を明確に区別していない．・・・医師という立場上は，霊魂は身体の部分として扱うことが可能だとガレノスは考えていた．**意識の座である理性的霊魂は脳脊髄液の中に収まり（おそらく脳脊髄液そのものである）**，プネウマは脳室の中に含まれていた．」[1](P267)

ガレノスは脳や脊髄を解剖して観察した結果を踏まえていて，それは現代医学が論ずるところと一致する．「おそらく，この空洞部（脳室）にあるプネウマは，空洞部で終わる静脈管からもわずかに生成されるのだが，大部分の最も重要なプネウマを供給するのは，脳の基底に位置する漁網状の網状組織における動脈管であり，これら動脈管は心臓から上方へと運ばれてくる．」[2] 現代医学用語でこの網状組織は脈絡叢である．おそらくヘロフィロスもガレノスも，血液が太い脈絡叢動脈で脳に送り込まれ，脈絡叢でろ過されて透明な脳脊髄液が脳室を満たすところを目にしていたであろう．ガレノスは，彼が霊魂と呼ぶ、脳脊髄液の中で意識を司るものの正体を観察できていなかった．おそらくそれはBリンパ球である．

2.　大脳皮質処理説の怪しさ

今日，ヒトの大脳皮質は大きいのでそこに知恵や知識が詰まっていると考えるのが常識だ．

大脳皮質の表面を区画に分けた脳地図のうちでいちばん有名なのは，ブロードマンという解剖学者が1909年に作成したものだが，ブロードマンは、脳地図を描き終えるとすぐに死んで，脳地図は，英国のGRAY’S ATLAS OF ANATOMY（グレイの解剖地図）によって世界に広まった．ヘンリー・グレイ(1827-1861)は1858年に解剖図の本を出版して3年後に天然痘で亡くなり，著作権は出版社が買い取った．死んでこの世にいない著者の脳地図を、死んでこの世にいない解剖医の名を冠する書籍が世界に広めたわけだが，この行為は誰の責任で行われたのか．[3]　大いに疑問である．

そして大脳皮質で言語処理する分子レベルの仮説は存在しない．逆に，大脳皮質に言語記憶がないと思わせる実験や観察がある．

3.　大脳皮質に電極で刺激を与えた実験

脳外科医のペンフィールドは，カナダのマギル大学

で 1934 年から 30 年にわたって，脳腫瘍性てんかん患者の腫瘍切除手術を行った．その際，局部麻酔状態にある患者の大脳皮質の各所に微弱な電圧(0.5~5V)で短いパルス刺激(1ms)を 1 分間に数十回発する電極を当てて，患者の反応や証言を記録している．「側頭葉には無数の神経細胞パターンがあり，記憶の記録となっている．電極は患者に過去の出来事の記憶など心理的経験をもたらし，患者は手術台でそれを説明できる．」「だが，患者は 1) 記憶された出来事・経験，2) その出来事に関連した思考，3) それが引き起こす感情」を思い出すが，「おそらく出来事を思い出すという意識作業は，話したり読むための意識作業とは別のものなのであろう．皮質を刺激したときに患者が人々の話しを聴いたりその話を理解することはできたが，**刺激によって患者が話しだしたり，個別の単語を思い出すということはなかった**．」と報告している．[4]

4. 大脳皮質を切除しても条件反射は復活

パブロフは条件反射実験で，イヌの大脳皮質を切除した．これは「**大脳半球のない犬をとってみると，このような刺激に対して決して唾液は出てこない**」ことを実証する実験だった．ところが結果は予想外で「手術が大脳半球のどの点であろうと，**手術後普通無差別に条件反射はみな消失する．消失期間はさまざまで一日から数週間､時には数カ月に及んだ**．」つまり大脳皮質を失った犬の条件反射は回復した．条件反射は、学習によって反射を構築する実験である．それが大脳皮質で処理されないなら，言語も同じだろう．[5][6]

するとやはりヘロフィロスやガレノスが唱えた精神機能の脳室内局在説が正しいのではないかと思えてくる．

5. 脊椎動物がもつ脳室と脳脊髄液

脊椎動物は、5 億 6000 万年前の大量絶滅期の後のカンブリア大爆発で，単細胞生物から多細胞生物になり，体の中枢に脳と脳室を構築し，脳脊髄液，神経細胞，B/T リンパ球を獲得した．

「脳を含む中枢神経系は中腔性の神経管から形成される．神経管の中腔は閉塞されることなく，発生が進むにつれて，形が変化する．神経管の先端部に膨張部が形成され，これが脳となり，中腔の部分が脳室になる．脳室は脊椎動物の脳に特徴的な構造である．原索動物であるホヤの幼生やナメクジウオでも脳室といえるような中腔が存在する．脊椎動物の脳では，大脳半球（終脳と間脳）の左右一対の側脳室，間脳の間に形成される第三脳室と，小脳腹側に形成される第四脳室がある．側脳室は左右の室間孔によって第三脳室とつながり，第三脳室は中脳水道により第四脳室とつながっている．第四脳室の尾側は狭くなって，延髄の中心管に続いている．」[7]

この脳室のなかを，脳脊髄液が，脳の内側から外側に向けて一方通行で流れている．脳脊髄液は，四つの脳室にそれぞれある脈絡叢で作られる弱アルカリ性の透明な水溶液である．脳室の容積はおよそ 150～160ml であり，脈絡叢で生みだす脳脊髄液の量は一日あたり 500～600ml であるので，ヒトの脳内では一日に 3～4 回，脳脊髄液が入れ替わる．

脳脊髄液は「**脳室を満たし，中枢神経系を循環し，最終的には第四脳室の菱脳正中口と菱脳外側口よりクモ膜下腔に達し，静脈系統で吸収される．このように脳脊髄液も体全体を循環する血液やリンパ液と同様に中枢神経系を循環し，脳や脊髄といった複雑かつ生体において最も重要である組織**の一つでもある中枢神経系を取り囲み，外部環境を恒常的に維持している．このために**脳脊髄液は血液脳関門と呼ばれている障壁機能によって，一定範囲に維持されている**．つまり，第三の循環系である．」[7]

血液やリンパ液の循環系は、代謝や生体防衛のための重要な任務に服している．脳の中を流れる第三の循環系は，脳内記憶と感覚入力の相互作用を司る精神活動に服しているのではないだろうか．

太い脈絡叢動脈から酸素を豊富に含んだ血液が脳に送り込まれてろ過されて生まれる、脳脊髄液は毎日 3～4 回入れ替わって，常に新鮮である．しかし意識や記憶が入れ替わらないよう血液脳関門と呼ばれる障壁をおいて，大きな分子が脳室を出入りするのを制限している．血液脳関門は血液中からの物質の移行を厳密に制限していると同時に，クモ膜顆粒などから脳脊髄液が静脈系統に吸収される際も，排出の制御をしていると考えられているが，詳細はまだ解明されていない．

こうして脳室内は，細胞や分子の出入りが厳しく管理され，酸素が豊富で清潔なクリーンルームを構成している。お酒や薬を飲むと眠くなるのは，クリーン度が低下するためだ．運動をするとよいアイデアがわくのは，脳脊髄液が循環して細胞を活性化し，細胞間で新たなネットワーク(ひらめき)が生まれる

ためだ.

6. リンパ球はモバイル・ニューロン

イェルネは1984年のノーベル講演「免疫システムの生成文法」の中で，B リンパ球が言語処理を司るのに必要な能力をすべて持ち合わせていて，語彙数も1000万語以上対応できると述べている．[8]

1984 年当時まだ脳脊髄液中にリンパ球が存在しているとは思われていなかったため，彼は「リンパ球は体内で脳以外のほとんど細胞の間を，血液とリンパ液内で移動し，脾臓・リンパ節・盲腸・胸腺・骨髄内に集中する．だが奇妙なことにリンパ球は脳からは排除されているようだ．」と語った．しかし今日，脳脊髄液中にリンパ球が存在することは明らかになっている.

血液脳関門があるために，これまでこの領域には、大きな細胞は存在しないと思われていた．ところが今日，血液中より 2 桁ほど少ないがリンパ球が存在していることが知られている．リンパ球が学習した言葉の記憶を司るとすると，学習の多寡によってリンパ球の数に個人差があると考えられる.

多くの研究者は，免疫細胞だから脳室内で免疫パトロールをしているととらえているが，筆者は血液脳関門で保護された脳室という低雑音環境で，神経免疫相互作用を生み，条件反射や言語処理に携っていると考える.

イェルネは「主として自動的な抑制作用によって支配されているものの，外部の刺激に対して解放されている免疫システムは，神経システムと驚くほどに似ている.」「どちらのシステムも二分法と二元論を示す.」という．[9] **二分法は，A であるかないかを二分し，いわゆるパターン認識を司る**．新たな言葉や記号に対応する受容体が生まれると，思考が可能となる．**二元論は，接続，比較，統合など二つのものを結びつける論理である．知能はこの二つの論理を組合わせることで構築される**.

「両方のシステムの細胞は，信号を受け取ることができるとともに送り出すことができる．どちらのシステムにおいても，信号は興奮性か抑制性かのどちらかである．」 [9] つまり神経細胞と免疫細胞はまったく同じ能力をもつ.

違いは細胞の数とネットワークの手法である．「神経システムはニューロンのネットワークであり，それは 1 細胞の軸索と樹状突起が他の神経細胞群とシナプス結合を築いてできる．人間の体内にはおよそ 100 億個の神経細胞があるが，リンパ球はおよそ 1 兆個存在している. リンパ球はつまり, 神経細胞よりも 100 倍, 数が多い.

リンパ球はネットワークを構成するために繊維による結びつきを必要としない．リンパ球は自由に動き回るので，直接的な接触か，あるいは彼らが放出する抗体分子によって相互に作用する．ネットワークは，これらの要素が認識するのと同様に認識される能力の内部に存在している．」[9]

おそらくリンパ球は，脳室内の脳脊髄液中で，自由にモバイルネットワークして，ダイナミックな神経・免疫相互作用を生みだすべく神経細胞が進化して生まれた．後に脳室を出て，病原体の駆除を司る免疫活動に携わるようになったのではないか．つまり免疫は副業で，モバイル・ニューロンとして神経免疫相互作用に携わるのが本来業務である.

脳室内免疫細胞ネットワーク
(免疫細胞は5億年前にモバイル進化したニューロン)

細胞	役割	能動/受動	NW端末	場所	移動性
ヘルパーT細胞	監督・指示			CSF内	移動
B細胞	記号・概念	受動/能動	抗体/抗原	CSF内	移動
脳脊髄液接触ニューロン (CSF-cN)	刺激受容・伝達	賦活	抗原	脳室壁	固定
マイクログリア	五官記憶	受動	抗原	大脳皮質	固定

ヘルパーT細胞のおかげで**特異的結合**する抗原と抗体が同時に別の細胞上で産生する

表 1 脳室内免疫細胞ネットワーク

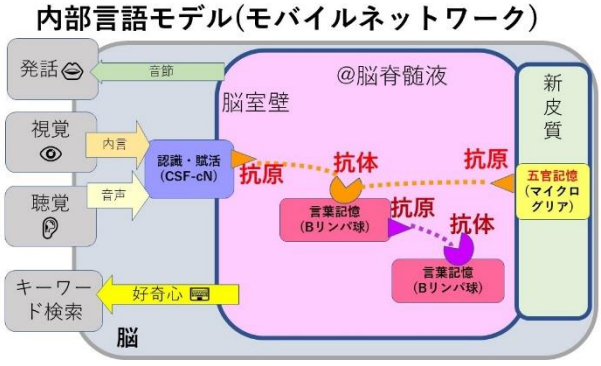


図 1 内部言語モデル

7. 言語記憶を司る B リンパ球がもつ能力

B リンパ球は以下の特徴をもつ．[8]

1) 特異的結合する抗体をもつ

抗原と抗体は鍵と鍵穴の関係で結合する.

2) 相互認識し記憶を形成する

抗体は相互に認識し，認識されることで、記憶を形成してネットワークを構成する.

3) 抗体が他の抗体とネットワークする

抗体の一部分は抗原として機能し，他の抗体とネットワークする．このおかげで言葉と言葉のネットワークが可能となる.

4) 自己完結性

B リンパ球を適当な組織培養液中に入れて抗原を加えると，リンパ球は自力で特異性をもった抗体分子をつくりだす.

5) Digital(D)/Analog(A), A/D 変換機能

B リンパ球は遺伝子のなかに MHC(Major Histocompatibility Complex)領域をもち、複雑な抗体をつくりだすための DNA 配列をモジュール化してもつ．このモジュールを組合わせて，抗体の抗原結合領域(Fab)のアナログ形状を生みだす. つまり DNA 配列をタンパク質三次元構造に変換する能力をもつ.

また抗体は見知らぬ抗原と接触してアナログな形状をデジタルなペプチド配列に置き換える A/D 変換機能ももつ．三次元構造を一次元化できる.

6) 初見の抗原と特異的結合する抗体を生みだす

B リンパ球はこれまで一度も出会ったことのない分子に対しても特異的に結合する抗体を産生できる. 新たな抗原に出会うと，何日かかけてそれに対応する新たな抗体をつくる．はじめは形状が近いもので対応し（免疫一次応答），それから体細胞超変異状態を生みだして試行錯誤をくり返し，より精密に結合する抗体を生みだす．（免疫二次応答）

8. 大脳皮質上で五官記憶を保持する細胞

リンパ球には T リンパ球(T 細胞)と B リンパ球(B 細胞)の 2 種類あるが, B 細胞だけが抗体分子を表現し，分泌する．B 細胞は抗体言語を表現したいという一途な願いをもっていて，それを促進あるいは抑制するのが T 細胞の役割である.

B 細胞の抗体が，脳室内でネットワークする相手は 2 種類あり，ともに抗原を提示する.

ひとつは大脳皮質表面にある灰白色のマイクログリア細胞で, これは免疫細胞マクロファージである. マクロファージは病原菌を貪食して，膜表面に抗原を提示する能力をもつ．マイクログリアは，海馬で五官の記憶を核内の DNA 配列として記銘し, 膜表面に記号の視覚形状や音韻波形を抗原として提示する.

パブロフは，条件反射を構築するには，まず条件刺激(記号)を与え, その後に無条件刺激(餌や毒)を与えなければならないという．これは五官記憶を記銘する際に，抗原も提示するためではないか．[5]

この膜上の抗原は，言葉の記号を司る B 細胞の抗体と特異的に(鍵と鍵穴の関係で)結合する．別々の細胞が特異的に結合する抗原と抗体を同時に産生するためには，T 細胞が連絡・調整役をつとめ，簡単な連絡によって抗原と抗体を生みだせるよう，それぞれの細胞の MHC 領域に多様なペプチド配列をモジュール化して DNA 領域にもっているのだろう.

おそらくこのモジュールは，母語の音素と対応していて，言葉の音韻波形を容易に三次元化できるようになっている．だから外国語の音素であっても母語音素として三次元化. たとえば, バルカン(Balkan)半島とバルカン(Vulcan)砲で音素が違うという認識を我々はもたない．イェルムスレウ(Hjelmslev)のように日本語音素に対応しにくい名前は覚えにくい.

筆者の経験では, 日本語の平坦なアクセントで「パキスタン」といったとき，「竹下」さんが自分の名前を呼ばれたと反応したことがある．抗原は言葉の音韻刺激の波形を模しているのではないか．また，「若崎(**ワカ**サキ)」さんと「友保(**トモ**ヤス)」さんの名前が覚えにくくれ苦労したが, これはカワとワカ，トモとモトが同じペプチドモジュールを使用していて，「川崎(**カワ**サキ)」，「元安(**モト**ヤス)」にカワ，モトのモジュールを使用していたために，特別製モジュールが必要とされた可能性がある.

マイクログリアは自分の細胞膜表面上の抗原を認識できない．特異的に結合する B 細胞の抗体に認識されることで，「ああこの名前だった」とわかる．街中で旧友にばったり出会ったとき，顔にはなじみがあり，いつの時代の友人か，どんな思い出があるかは思い出せるのに，名前だけどうしても出てこないのはこのためだ. そして正しい名前を耳にすると，「そうだった」と思う.

9. 記号入力で記憶を賦活する細胞

もうひとつは，目や耳への入力をいちはやく脳室に伝える役目をもつ脳脊髄液接触ニューロン

(CSF-cN)である．[10]　CSF-cN は神経細胞だが，視床下部や脳幹網様体など脳室壁に, 抗原を提示する．目や耳に記号刺激が入ると，脳室壁の抗原が賦活され, 脳脊髄液を介して B リンパ球の抗体を賦活する．

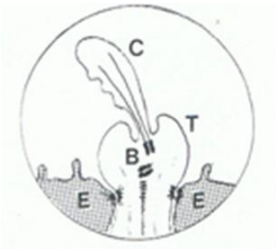


図 2 CSF-cN の抗原端末と繊毛[10]
C：繊毛, T:端末, B：基底，E：上衣細胞

CSF-cN の抗原は尖端に運動タンパクでできた繊毛をもつ．この繊毛が記号の運動ベクトルを表示すると思われる．ヒトが母語を片耳で聴き取るのは，文法語の音韻ベクトルをこの繊毛に伝えるからだと思われる．[11]

10. 仮説を裏づける失語症の症例

脳室内の B リンパ球が言語を司るとする仮説を裏づける症例がある．水頭症患者の脳脊髄液をドレーン管によって抜くと，患者に失語症や認知症の症状が現れるのだ．

水頭症とは脳室に脳脊髄液が過剰に溜まってしまったために脳が圧迫され，さまざまな症状を引き起こしてしまう疾患である．原因が明らかでないものを「特発性正常圧水頭症」と呼ぶ．水頭症を薬で治すことはまだできないため，脳脊髄液を抜く管を身体に埋め込む手術によって脳の機能を回復させる．この管をシャントという．

作業療法士をしている筆者の友人から，シャント術を施した患者のなかに, 術後に失語症(失読症を含む)が進行した事例があると報告を受けた. ところが水頭症を特集している医学書院の「脳神経外科」(Vol.50 No.2, 2022 年)は, シャント術を紹介するものの, それが失語症を生みだすことには触れていない. 念のため数人の医学関係者に問い合わせたところ「シャント術後の失語症やもの忘れなどの症状は，一定程度みられる」ことを教えてもらった．

シャント術後に失語症が起きる原因はわかっていない．筆者は，脳脊髄液中で言語の記憶を司る B リンパ球が流れ出て失われるためだと考える．

11. 免疫細胞による認知モデリング

6~9 で紹介した 3 種類の細胞によって，ヒトの複雑な認知メカニズムが細胞分子レベルで認知モデル化できる．以下では，条件反射，文字と識字，五官記憶からなる群(生活概念), 思考記憶の群(科学概念), 電子化とネットワーク論理，真筆を確認する通信路誤り訂正，著者と一体化する情報源誤り訂正，人類と言語のデジタル性について考える．

12. CM1: 条件反射の脳内処理メカニズム

哺乳類であるヒトが生得的にもつのは，パブロフの実験した条件反射である．これは脊椎動物が本能としてもつ記号記憶を，後天的に学習するものだ．

音や形の**記号**(Sign (S)，パブロフは**条件刺激**と呼ぶ)と，餌や毒性物質である**意味**(Meaning (M)，パブロフは**無条件刺激**と呼ぶ)を与えると，① S の形状や波形を模した抗原が脳室壁に提示する CSF-cN, ② その抗原と特異的に結合する抗体を細胞膜表面上にもつ B 細胞，③ M の五官記憶を核内に記銘し，細胞膜上に S の抗原を示すマイクログリア細胞の 3 種類の細胞が成熟する. これが条件反射の構築である．

条件反射が構築されると，S が提示されるだけで，犬は涎(パブロフは**効果**と呼ぶ)を出すようになる．S が M の記憶を想起させるためだ．

さてパブロフは，条件反射は，大脳皮質感覚野から運動野にシナプス接続が形成されて生まれると考えていた．ところが第 7 講の「分化抑制」や第 11 講の「相互誘導」のように，シナプス接続ではどうしても説明できない現象に遭遇していた．

分化抑制は，まずある刺激（たとえばメトロノーム 90 回/分）で餌を出して条件反射を構築する．その後､よく似た刺激（たとえばメトロノーム 100 回/分）で餌を出さない．すると餌の出ない刺激に対して，はじめは半分くらい涎が出るのだが，その後餌が出る刺激に対するのと同量の涎が出る時期があって，最終的に涎が出なくなる．パブロフはこの現象を説明できず，読者が謎に気づかぬようサラリと書き記した．涎の量が「50%→100%→0」といったん増えてからゼロになることは不思議であると．

免疫ネットワーク仮説は，この不思議を説明できる．まず「類似の刺激 S'」に対してちょっと疑問をもちつつ「50%」の涎が出る．ところがその刺激は餌を伴わない(M')ことがわかり，「S➔M」を改造して「S'➔M'」の反射回路を産生することになる．まず S'に最適化した抗原(CSF-cN)と抗体(B 細胞)を生

みだす．このとき一時的にS'➔Mの回路が存在するためS'に対して涎が100%出る．次いでM'の記憶を記銘して，S'の抗原を提示するマイクログリアを産生すると，S'の入力に対して涎は「0」になる．

相互誘導は，分化抑制でつくられたSとS'を交互に組み合わせて行う実験である．

正の相互誘導は，S'➔M' ➔S➔M の順で行う．するとSに対していつもより早くたくさん涎が出た．シナプス接続だと，2 つの記号が相互にネットワークするメカニズムを説明できない．

免疫ネットワーク仮説なら，S'と S に対応する 2 種のBリンパ球が刺激しあうか，あるいはS'によってSの抗体をもつBリンパ球も刺激を受けるためと説明できる．

負の相互誘導実験は，S(M)➔S'(M)という順で S'の記号の意味を M'から M に書き換えようとするものだったが，このサイクルを何度繰り返しても S'の後に涎が出ず，なかには気が狂った犬も出た．記号単独のときは，餌の出ない刺激に対して途中から餌を出すようにすると涎が出るようになるのだが，二つの記号を続けて使うと書き換えがおきないのだ．

免疫ネットワーク仮説だと，S(M)が与えられるたびに，S'(M')の記号を司る B リンパ球が賦活されて本来の意味を確認するためだと説明できる．

記号(言葉の音韻刺激)と意味(五官記憶)を結合する条件反射は，脊椎動物が生得的にもつ If A then B の**反射の論理**を用いる．これがヒトの言語処理の基本である．ある言葉の刺激は，その言葉ともっとも密接につながる記憶をひとつ思い起こさせる．

13. CM2：文字と識字

識字の研究はあまり先行研究がなく，文字列を脳内で音韻刺激に変換するメカニズムはまだモデル化されていない．そのため水頭症シャント術後に，失読症も進行したという報告はきわめて貴重である．言葉(Word: W)を司る B リンパ球は，五官記憶(M)とネットワークするだけでなく，文字列の視覚記憶(Text: T)ともネットワークして記憶を保持するのではないか．すると言葉を司る B リンパ球なくして，識字もないということになる．たまたま文字列を音韻化できたとしても，意味は生まれない．

子供に本を読みなさいといっても，あらかじめ脳内に十分な語彙がなければ，いくら振り仮名があっても，本に書いてある内容が脳内で意味を生まない．小さいころの読み聞かせが重要だということになる．

大人の場合も同じである．まず様々な言葉の記憶を脳内に構築しておかなければ，本を読んでも読みこなせない．本を読んで知らない言葉に出会ったら，その都度，調べて，意味を確認しなければならない．**語彙なくして識字なし．語彙が学習の基本**である．

かつて日本では「論語」の素読が行われていたが，意味がわからなくても，声に出して読むことで意味の受け皿としての語彙が生まれていた．素読は教養を高めるうえで有意義だったのではないか．

文字は今から5千年前にメソポタミア地方で発明され，その後ナイル河デルタ，インダス河平原，黄河デルタでも文字が生まれ，古代文明が栄えた．四大文明の生まれた土地は，ゴンドワナ大陸とユーラシア大陸が衝突した際に海だったところを土砂が堆積して生まれた大平原と，衝突の衝撃で生まれた大陸の亀裂が大河となって土砂を運んで生みだした巨大なデルタ地帯(三角州)である．[12]

大平原の生産力をもとに王朝が生まれ，ヒトの認知能力を超えた大平原を支配し徴税するための記録装置として文字を発明させた．文字を使いこなすために，読み書きを教える学校が生まれ，書店や図書館がつくられ，**記録された言語情報が時空間を超えて共有されるようになり，技術や知識が地域や世代を超えて連続的に発展して，文明が生まれた．**

識字者の目に入った文字列は，自動的に無音の内言に翻訳される．文字は消えない音節として識字者に語りかける．文字が生まれるまでは同じ場所にいる相手としか対話できなかったが，文字のおかげで時代や地域を超えた対話が可能となった．昔の人の知恵を学ぶことは喜びであり，学んで発展させた内容を次の世代に伝えることがさらなる喜びである．

本を読みこなすためには，そこに登場する語彙をひとつひとつ自分のものにすることが重要で，それはCSF-cNとB細胞の成熟である．過去の科学者や哲学者が用いた概念を，時間をかけて，くり返し読み，脳内でCSF-cNとB細胞の受容体を作るのだ．

14. CM3：五官記憶の群(生活概念)

反射の論理にもとづいて言葉(S)と意味(M)が結びつくとき，言葉の意味は実体験によって生まれ，「ところ変われば品変わる」．たとえば同じ「ラーメン」

という言葉を聞くと，道産子は塩味を，江戸っ子は醤油味を，博多っ子は豚骨味をというように自分がいつも食べてものを思い出す.

ところが，ラーメン評論家が「これはラーメンの概念を打ち破る」というとき，それは塩も味噌も醤油も豚骨も超えた新しいラーメンを意味する． [13]

条件反射は，条件刺激(S)を，If S then M, If M then S の反射の論理で五官記憶(M)と 1 対 1 に結びつける．これに対して，**概念は，その言葉と結びつくすべての要素と例外なく結びつける**. これは免疫細胞の二元論理が「反射(1 対 1)」から「群(1 対全)」に進化することだ. 概念を正しく使うためには，数学的な群をマスターする必要がある.

ピアジェは群である概念が正しい意味をもつために満足しなければならない法則として，合成性，可逆性，連合性，同一性，同義性をあげた.

(I) 合成性 $x + x^1 = y;\ y + y^1 = z;$ etc.
(II) 可逆性 $y - x = x^1$ or $y - x^1 = x.$
(III) 連合性 $(x + x^1) + y^1 = x + (x^1 + y^1) = (z).$
(IV) 一般的同一操作性 $x - x = 0;\ y - y = 0;$ etc.
(V) 同義性、特殊同一性 $x + x = x;\ y + y = y;$ etc.

表 2 群がもつべき法則性

大切なことは，群は演算に閉じていることだ．言葉は概念化することによって，演算可能となり，演算結果も群となり，複雑さの次元が高まった概念を生みだす.

五官の記憶を総合した生活概念を論理演算すると，直接的には五官の記憶と結びつかない，抽象性の高い概念が生まれる．「ヤゴ AND トンボ」=「アオムシ AND アゲハチョウ」=「幼虫」．ここで AND は，二つのものを結びつけている関係性を抽出するので関係性の概念と呼ぶ. 概念間の最大公約数といえる．「蕎麦 OR 饂飩 OR 素麺 OR スパゲッティ OR ラーメン」=「麺類」となる．ここで OR は，共通する類似性を問題にしているので類の概念と呼ぶ．概念間の最小公倍数ともいえる．概念操作なしに関係性や類の概念は生まれえず，正しく理解できない.

15. CM4：思考記憶の群(科学概念)

条件反射は, 記号が五官記憶と結合して生まれる．しかし言葉のなかには, 五官記憶と結合しないもの，してはいけないものがある.

たとえば，2014 年春に「STAP 細胞」(スタップサイボウ)が大きな話題となった. テレビが騒いだおかげで，科学用語と無縁に生きている人まで，この言葉の記憶を脳内に構築できたことは希望である．どんなむずかしい言葉でも，何日間かにわたって刺激を与え続ければ，脳はその言葉のために新たな B リンパ球を用意(産生)してくれることは朗報である.

一方で, この言葉の正しい意味を雑誌 Nature から求めようとした人に出会わなかったことには驚いた. 筆者が膨張したあるシンポジウムでも，STAP 細胞があるのかないのかという議論ばかりで，そもそも STAP とはどんな現象か，発見者はどんな実験を行って，どんな結果を得て，なぜそれを STAP 細胞と呼んだのかを Nature の記事に即して議論していた人はいなかった．ちょっと残念ではあったが，我々が乗り越えるべき目標が認識できた.

生活(具象)概念と科学(抽象)概念は, 意味の性質が違うことがきちんと理解されなければならない.

科学概念は，これまで誰も発見していなかった分子や現象を発見した科学者が，新たに名前を与えて生まれる．それが妥当かどうか，学際的な知識を統合して議論することが必要だ．科学論文に多くの要求や約束ごとが課されているのは，その論文を丁寧に読めば，著者が行った実験や観察を仮想現実的に追体験できるようにするためだ.

大きな図書館に行けば Nature は書架にある. それを複写して，話題になっている STAP 細胞について自分の頭で理解しようと試みた人だけが，言葉の真の意味を理解できる．多くの人は，STAP 細胞という言葉を聞くと，テレビ画面に登場した「白い割烹着の理系女子」のことを思いだす．おそらくそれで B 細胞が安心し，それ以上求めなくなるのだ． [14]

生物学的には，条件反射も，生活概念も，科学概念も，B 細胞が言葉と記憶のネットワークを司る．そのために言葉を正しい意味と結びつけるためには，論理が反射か群か，記憶が五官記憶か思考記憶かを厳密に分けておかないと，混乱が生じる.

科学概念は，僧院や修道院で生まれた．世俗から隔絶した低雑音環境だから，言葉が純粋かつダイナミックな意味をもちうるのだ．科学概念を正確に理解し，使用するためには，言葉をできるだけ丁寧に取り扱う，著者の文章は時間をおいて何度も読み直す，読者はできるだけ静かな環境に身をおき言葉に対する感受性を鋭敏にするなどの配慮が必要である.

ワイドショーや週刊誌が科学概念を使うときは，よほどの注意が払われなければならない．

3種の論理と2種の記憶が意味を構築

言葉と記憶を結びつける論理	(a) 五官記憶	(b) 思考操作の記憶
(i) 1対1　反射	特定の五官記憶の想起	科学的記号:　恣意的命名（科学的な現象）
(ii) 1対全　群	生活概念: 五官記憶の総合化	分野科学概念: 科学的現象の総合化
(iii) 全対全　複雑なネットワーク	類と関係性の概念（生活概念の概念操作による）	学際科学概念 複数の分野を横断する

表 3　言葉の意味の複雑化行列

16. CM5：電子化とネットワーク論理

「言語の起源以後にも，情報の伝達法には 2 つの主要な変化があった．第一のものは文字を書くという発明だった．文字なしには…大規模な文明は不可能であった…**最後の移行は…情報の貯蔵と伝達のために電子的な手段を使うことである．その影響は，遺伝コードの起原あるいは言語の起原がもたらしたのと同じくらいに深いものがある**だろう」．[15]

文字は Unicode などの符号表によってビット列に変換されるため，ビット列と音声は互換的である．ビットが音節に電子的対話性を与えて，言語情報はキーワード検索できるようになった．

インターネットのおかげで，資料探しに要する時間が大幅に短くなった．多くの書籍や論文が，ネットから直ちにダウンロードできる．書籍の名前と著者を文字化して検索エンジンに投入すると，ダウンロード可能な PDF ファイルに出会うこともある．図書館に出向いて，資料を確認して複写サービスを申し込んでいた時代に比べると，驚くべき効率の良さであり，交通費もコピー代も書籍代もなしで，科学研究に打ち込める時代が到来した．

ところがこれまでのところ，電子化が学問をダイナミックに進化させたという報告はない．むしろ逆に学問の縮小をもたらした．「オンラインに移行する雑誌の数が増えるにつれ，引用される論文の数は以前より少なくなった」というのだ．[16]

これは「きわめて膨大であるが信頼性の保証のない言語情報」のなかから，信頼できる情報をみつけだして，自分が著者になりかわったつもりで，言葉の意味の誤りを正してネットワーク論理で統合する手法がまだ構築されていないからだ．

筆者がネットワーク論理と呼ぶのは，**キーワード検索によって提示される学際的な文書や資料のなかで，信頼性が確かめられたものを片っ端から吟味して，時系列や相互の関係性を確かめ，誤りがあれば訂正し，矛盾がないことを確かめて，ある個人の意識の上でどのようにして概念化が行われたか，それがどのようにして次の人に教えられ伝達されたかを，愚直に丁寧に確かめることである**．膨大な文書や資料を相互に関係づけ，誤りを正し，嘘を見破ることで，全体のなかで矛盾をなくしていく論理である．

今ここにひとつの科学的概念が存在しているとする．それは自然に生まれたものではなく，誰かがある状況下で経験・観察したことを考察して生まれたはずである．概念化された瞬間はどうだったか．それはどのようにして次の人に伝えられたか．今ある概念を使っている人がいるとき，その人はそれを自分で概念化したのか，誰かが概念化したものを受け売りしているのか，きちんと概念化の瞬間にまで遡って知識再生的に受容し発展させているのか．知識や概念が，人の意識を媒介して系統発生(phylogeny)した過程を吟味することで，正しさを確認するのだ．

もはや専門領域に閉じこもっているわけにはいかない．個々の科学概念を誰がどのように用いているのかを系統発生的に分析し，意味や使い方を学際的に統合する時代がきたのだ．

教科書や常識が伝える概念は，定義や系統発生が確認されないまま，**伝言ゲーム**になっていて汚染されているものも多い．それらは概念誕生の瞬間に遡って，知識再生的に受け入れるとよい．ちょっと検索をするだけで，実に多様かつたくさんの資料や研究成果に出会え，その多くは自宅で閲覧できる．わからないことは，国内外の出版社や大学図書館に問い合わせて助言を得ることもできる．科学は歴史学的手法によって大きく進化するだろう．

デジタル通信は，誤りを著者による誤りと著者によらない誤りの 2 種類に分ける．著者によらない誤りとは，印刷ミス，水火による劣化や損傷，偽書や改ざんなどである．これらの通信路誤りを訂正し排除すると，著者本人の声にたどりつく．今度は，著者の言葉に即して，思考過程をていねいに追体験すると，著者による情報源誤りに気づき，訂正できる．

通信路誤りは著者によらない誤りなので(1-A)と表せ，著者の情報源誤り A と排中律を構成する．2 つの誤り訂正を行うと，{(1-A)+A}=1 となり全ての誤りを訂正できることになる．人類はついに過去の

言語情報の誤りを正して，誤りを含まない言語情報を手にすることができるようになったのだ.

17. CM6: 真筆を確認する通信路誤り訂正

共生進化説を唱えたマーギュリスは「人はつねに，でたらめと信頼のおけるものとを識別する努力をしなくてはならない．」と述べた．[17] でたらめなものを脳内に受け入れると，思考の基準が歪むため，正しい知識を識別できなくなる.

信頼のおける情報は，それを書いた(=語った)人物の実在性と誠実さ，真筆性によって保証される．言語情報の読者は，著者と会って言葉を聞くつもりで，著者の人となりや生き方が正直で信頼できることを確認し，著者本人の真の言葉が著作に反映されていることを確認してから読む．それが確認されない言語情報は受け入れてはいけない.

著者には正しく自分の著作を後世に渡す努力が求められる．ガレノスは，大火で蔵書を失ってから亡くなるまでの 20 数年の期間，有能な奴隷を書記として使って自著を編集し，できるだけ多くの写本が蔵書家や版元や各地の図書館の手に渡るよう配慮したことだろう．火事や劣化に対抗する手段は，できるだけ良い内容の本を，できるだけ信頼できる版元，安全に蔵書する図書館，学会の論文データベースに渡すことである.

道元(1200-1253)は，自分が死んだ後，弟子が裏切り，偽書や改ざんがつくられることを生前に察知したため，誤り訂正符号を考えだし，後世の読者が真筆を見分けられる工夫をした．道元は「雪の上に霜を置く」と冗長性を暗示する詩を残した．[18] 「正法眼蔵」75 巻本は「正法眼蔵＋巻名＋序数，示衆日，(清書日)」の形で奥書を付した．「道元和尚廣録」十巻は各巻の末尾に，上堂語と漢詩の数を数えた識語をもつ.

ゴーストライター作品や剽窃を見破る方法は，著者の一生を概観して，その著作の前に習作があるか，後に訂正や発展があるかを確認する．またインタヴューでどう語っているかで判断できる.

18. CM7: 著者と一体化する情報源誤り訂正

人類共有知ゲノムに値する本には著者の知的営為が凝集している．独創的な研究は，なんらかの成果が生まれるまでに軽く十年や二十年はかかる．それだけの時間と実験・観察・考察の労力をかけてわかったことが一冊の本にまとめられる.

そこには紆余曲折があり，著者がわかったこともあれば，わからなかったこともある．著者がすべてを正直に書くとはかぎらない．それがどのような意味をもつのか著者もわからないまま，予言的なことを書く場合もある.

読者は，良い本にめぐりあったら，何年もかけて，くり返し読まないと，その本の真価を理解できない．著者が何をして，どう考えたか．なぜ意味不明なことを議論したのか．著者の立場にたって，隅から隅まで，素直な気持ちで本を読む．するとだんだんと別の個所に書かれていることが結びつき，著者と記憶を共有する．そして，著者がやりのこした仕事を受け継ぐことが，現代を生きるものの特権である.

生命体が一個の受精卵から次々に細胞分裂して新しい生命に成長していく．「個体発生は系統発生をくり返す」やり方は，複雑なものを再生するうえで誤りが少なく，誤り訂正も局所的に安定的に行える．科学概念においても，同じように，一から徐々に複雑化する知識再生的な学習がよいのではないか.

最近は倫理規定によって自由に動物実験が行えなくなっているので，百年前のパブロフの実験結果を徹底的に読み解く価値はある．科学者の著作から，著者の最終到達点と未解決の問題を読み解き，課題を受け継ぐという研究手法は，予算も人員もほとんどいらない．必要なものは，静かに本を読む環境と，好きな時に発表できる学会や研究会だけだ.

一方，あいまいな科学概念について，検索エンジンやオンラインデータベースから得られる資料を，他の著者のものも含めてネットワーク論理で読み解くと，なぜ著者がその時そう言ったのかといった心理を共有できる．熱力学と情報理論でなぜ「エントロピー」概念の意味が真逆であるのか，昼間は電離状態にあり夜間は電離状態でなくなる「D 電離層」はどのような経緯で科学的な概念として登場したのかといった複雑な問題の真相がみえてくる.

19. CM8: 言葉を正すことを優先する

筆者はネットワーク論理にもとづいた検討を続けた結果，「エントロピー」と「D 電離層」に関する誤り訂正を行って電子情報通信学会の関係する研究会で報告しようとしたが，1 つの研究会からは「ス

コープ外」なので発表を許可しないと言われ，もう1つは発表をさせてもらったものの「データを取って揃えて証明する」ように言われた．この経験はいくつか重要なことを認識させてくれた．[19][20]

第1に，科学の分野であっても，概念の重要性が理解されておらず，概念を正しく理解する手法が確立していないということである．

科学において，概念は思考の基準であり，それに歪みや誤りが含まれていたら，それに基づくあらゆる思考が歪み誤るのである．概念は群の論理が適用されるため，たった一つの例外が提示されたとしても，それを重く受け止める必要がある．

科学者は，自分が使っている概念に疑義があるという指摘を受ければ，それを切実に受け止めて，自ら吟味して確かめることが望ましい．おそらく科学者に対して，正しい概念の学び方や使い方がきちんと伝えられていないため，教科書の教えることを鵜呑みにしている人もいると思われる．

第2に，基本概念が誤りであるかもしれないという指摘を無視し，放置するのは，言語が脊髄反射回路を使って処理されるからでもある．

脊髄反射回路は，不随意で，受動的で，反射的で，頑迷で，自己中心的で，相手と自分の意見が異なるときは必ず自分が正しいと考える．自己充足的で，自分は必要なことはすべて知っていると思い，積極的に勉強しようとしない．これら反射の弊害を理解して乗り越えるためには，超低雑音環境でじっくりとていねいに考える必要がある．

第3に，ヒトの音素獲得の背景に，共同体外を敵とし，内部には盲目的に献身する真社会性の性質がある．狭い専門領域の利益だけ考えて，人類共有知の発展に貢献しなければならないという意識が薄い．概念の誤りを指摘されても，研究会内部には何も問題がない，調和を乱すなと排除する意識がはたらく．この感情を捨てて，言語的知能の発展のために，力を合わせる必要がある．

第4に，人類の知能が発展しているのは，今から7万年前におきた音声コミュニケーションのデジタル化の成果であり，文字とビットのおかげで複雑化して，概念操作や誤り訂正も可能となったことがまだ理解されていない．言語の複雑さ，人類とは何かということが理解されていないのだ．

言語を獲得したことで発展した人類はひとつの種であり，脊髄反射や真社会性の制約を乗り越えて，人類共有知の発展のために尽くさなければならない．過去に発展し蓄積された言語情報を継承し，それが含む誤りを正して次の世代に渡すことが，知的生命体である人類の義務である．過去の誤りを正すことは，今を生きる者にしかできない．このことを深く肝に銘じて精進する必要がある．

20. おわりに：仮説は検証されるためにある

筆者が本稿で示した細胞分子レベルの仮説は，正しいか誤っているか検証されるためにある．検証されると，人類共有知は発展するだろう．

文献

[1] マターン著，澤井直訳(2017)，“ガレノス　西洋医学を支配したローマ帝国の医師”，白水社
[2] ガレノス著，“ヒッポクラテスとプラトンの学説1”　京都大学学術出版会
[3] 得丸(2021) “知能の脳室内免疫細胞ネットワーク仮説～ニールス・イェルネのデジタル言語学”，信学技報 MBE2021-5
[4] 得丸(2011), “デジタルな言語記憶に関する仮説”，情報処理学会研究会報告 Vol.2011-NL-200 No.1
[5] I.P. パブロフ(1927) 大脳半球の働きについて- 条件反射学，川村浩訳,岩波文庫 1975
[6] 得丸(2021) “モバイル・ニューロン(1) パブロフはなぜ犬の大脳皮質をくり返し切除したのか”，信学技報 NC2020-1
[7] 保　智己他 (2006) 脳室の感覚器官：室傍器官―室傍器官と下垂体との関係―，比較生理生化学会誌 23:143-152
[8] Jerne, N.K. (1984) The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)
[9] Jerne, N.K. (1974) Toward a Network Theory of Immune System, Ann Immunol (Paris). 125C(1-2) :373-89
[10] B. Vigh (1983) The System of Cerebrospinal Fluid-Contacting Neurons, 日本組織学記録 46:4
[11] 得丸 (2014) 母語のモノラル聴覚と文法処理-例外としてのピダハン，情処研究報告 2014NL-219No.23
[12] 得丸　言語的人類の知能の三段階デジタル進化　日本認知科学会　第37回全国大会　P-37
[13] 得丸　概念に求められる群性　概念の意味の前方誤り訂正のために　2020-MPS-130(2)
[14] 得丸　科学論文を読むためのセンシング技術～ 真理を伝える言葉を感知する 信学技報 SeMI2020-15
[15] メイナード・スミス，サトマーリ，（2001）生命進化 8つの謎，朝日新聞社
[16] カー (2010)　"ネット・バカ" 青土社 p298
[17] マーギュリス，L.(2000) 共生生命体の30億年，中村桂子訳，草思社
[18] 得丸(2018) “道元(1200-1253)が正法眼蔵と道元和尚廣録に施した誤り訂正符号～原著者の真正なテキストが 21世紀に蘇る” 信学技報 COMP2018-9
[19] 得丸(2014) “クロード・シャノンの人物像を探る” 信学技報 IT2014-4
[20] 得丸(2022) “D 層の誕生=誤り訂正の必要性” 信学技報 AP2022-29

自己接触行動は聞き手への視線行動に影響を与えるか？
Do self-adaptors influence gaze behaviour to a listener?

牧　恒平[†]，関根　和生[†]
Maki　Kohei, Sekine Kazuki
[†]早稲田大学
Waseda University
kouhei-maki0726@akane.waseda.jp

概要
本研究では，自己接触行動が聞き手への視線行動に及ぼす影響について検討した．調査参加者（N = 20）は，腕組み条件，頬触り条件，統制条件の 3 つの条件下で，聞き手に対する説明課題を行った．課題の間，聞き手の目，顔，体に向けられた視線を測定した．また，対人不安傾向を調べるために質問紙によりシャイネス得点を測定した．結果として，シャイネス得点の高い男性において，頬触り条件が腕組み条件や統制条件と比較して顔への注視量が増加したことがわかった．

キーワード：自己接触行動，視線，不安

1.　はじめに

ヒトの不安や緊張が高まる場面では，内的な心的動揺と関連した身体的行動が現れることが知られている[1]．例えば，人前でスピーチをしたり，難しい試験を受けたり，他者から嫌なニュースを聞くときなど，緊張や不安が高まる場面では，手で顔や髪を触る行為が現れる．このような自分の身体や衣服の一部を触る行為は自己接触行動（Self-adaptor）と呼ばれる．自己接触行動は日常の生活の中で頻繁に用いられる動作であるが，その役割については十分に検討されていない．本研究では，会話中の自己接触行動と不安との関係に焦点を当て，自己接触行動が視線配布に与える影響について検討する．

自己接触行動は不安やストレスを低下させる効果があるとされている[2][3]．Ruggieri et al.[2]は，2 つの中立的状況（1 日の過ごし方，夏休みの過ごし方）と 2 つの情動的状況（男女関係において最も問題のある状況，恥ずかしい経験）を述べる際に生じた自己接触行動を検討した．結果として，情動的状況を述べた際に自己接触行動が増加した．このことから，Ruggieri et al.[2]は，自己接触行動には，不安の上昇を抑える可能性があるとしている．また，Dreisoerner et al.[3]は，意図的な自己接触行動がどの程度ストレスを低下させるのかを調べるため，実験参加者が落ち着くように自分の身体を 20 秒間触る*自己接触条件*，初対面の実験補助者と 20 秒間抱擁をする*抱擁条件*，紙飛行機をおる*統制条件*という 3 条件のいずれかに割り当てた．実験参加者は 3 条件のいずれかの行動をとった後，ストレス課題を行った．唾液中のコルチゾールがストレス指標として測定され，コルチゾールの値が条件間で比較された．その結果，統制条件と比べて自己接触条件と擁護条件でコルチゾールの低下が見られ，さらに自己接触条件の方が擁護条件よりもコルチゾール値が有意に低下することが明らかになった．このことから，自己接触行動がストレスレベルを低下させる効果があることが明らかになった．

このように自己接触行動は，不安やストレスを低下させる効果が示されているが，不安と関連する他の行動にも影響を及ぼすのであろうか？例えば，視線は不安の影響を受けることが指摘されている．岡島・金井・陳・坂野[4]は，調査対象者に対して，不安喚起場面とその場面内で用いる「恐怖場面内での回避行動」について，自由記述による回答を求め，回避行動についての評価項目を作成した．調査の結果，第一因子である「他者からの評価を回避する行動」の 15 項目のうち，11 項目が相手との視線を避ける行動であった．こうした質問紙調査の結果から，不安場面において視線回避が頻繁に生じていることが示唆される．また，これまでの研究から，シャイネスが高い人ほど，対話相手の目を見ないことが明らかになっている[5][6]．シャイネスとは，「他者とうまくつきあうことを妨害する対人不安」[7]と定義され，日本語では「恥ずかしがりや」，「引っ込み思案」などの用語が当てはまる[8]．シャイネスは社交不安の一形態であり，対人関係における不安の行動的側面を示す概念である．飯塚[5]は，女子大学生を対象に，会話場面での視線を計測し，シャイネスとの関係について調査した．シャイネスは特性シャイネス尺度[8]によって測定された．その結果，シャイネスの値が高い人ほど，対話相手の目への注視回数が減少することが明らかになった．また，面接官が

実験参加者の目をみつめる条件下において，シャイネスが高い人は低い人と比べて面接官への直視量が有意に少ないことが明らかになった．また，Garcia et al.[6]は，実験に参加した初対面の男女二人の行動を観察し，身体的魅力とシャイネスが発話量や視線などの行動に与える影響について調査した．その結果，女性のシャイネス得点の高さと対話相手への直視回数に負の相関があり，男性の場合は，シャイネス得点の高さと注視量に負の相関があったことを報告している．以上の先行研究から，シャイネスが高い者ほど対話相手から視線を回避する傾向にあることが明らかになっている．

視線と自己接触行動には，性差があることも明らかになっている．Ellsworth & Ludwig[9]の視線研究のレビューによると，男女が実験参加者になっている多くの視線研究では，性差が観察されている．また，荒川・鈴木[10]の会話中のしぐさについて調べた研究では，女性は男性に比べて，口を覆う人の割合が大きく，男性は女性に比べて，腕組みを行う人の割合が大きいことが明らかになっており，男女で会話中に接触する部位が異なることが明らかになっている．このように，視線や自己接触行動には性差があることが報告されているため，本研究では性差についても検討した．

以上のことから，本研究では，不安低減の効果を持つとされる自己接触行動が視線行動に影響を与えるかどうかを検討することを目的とした．実験参加者には自己接触行動を行いながら，対人説明課題に取り組んでもらい，課題中の視線を条件間で比較した．条件として，自己接触行動をする条件2つ（頬を触るもしくは腕を組む）と何も指示をしない統制条件を設定した．

本研究では以下のような2つの仮説を立てた．もし自己接触行動が不安やストレスを低減させるのであれば[2][3]，自己接触行動をすることによって，相手の目をより見ることができるようになるのではないか．この仮説が正しければ，自己接触行動条件では，統制条件よりも対話者の目への注視量が増加すると予測できる（仮説1）．また，シャイネスが高い人は，会話の際に不安が増加しているため，自己接触行動による不安を低減する効果の影響を受けやすいことが予想される（仮説2）．

2. 方法

2.1 実験参加者 実験参加者は，日本語を母語とする大学生20名で，うち女性は10名，男性は10名であった．参加者の年齢は，平均20歳（SD = 0.7，レンジ 18—22 歳）であった．参加者は正常もしくは矯正された視力を有していた．

2.2 実験計画 自己接触要因（被験者内要因；腕組み条件，頬触り条件，統制条件）とシャイネス要因（被験者間要因；シャイネス高群，低群）と性別（被験者間要因；男性，女性）による 3×2×2 の3要因混合実験計画である．

2.3 実験装置 実験参加者の視線を計測するため，トビー・テクノロジー社製のウェアラブル型アイトラッカーTobii Pro グラス3を用いた．アイトラッキング用PCにPanasonic製の12インチのノートパソコンを用いた．各参加者の計測に先立ち，キャリブレーションを行った．視線データの解析にはTobii Pro Lab（Tobii製）を使用した．実験の様子を録画するため，ビデオカメラ（Panasonic製）と三脚を使用した．ジレンマ課題（詳細は後述）を行うために，ジレンマ状況が書かれたA4用紙を合計9枚用意した．

2.4 視線の計測解析 視線の解析にあたり，面接者の目元，顔，上半身，下半身の4領域に関心領域(Area of Interest) を設定した．目領域は眉下から両目を含む範囲，顔領域は額の頂点から顎の先の範囲，上半身領域は顎先から肘の範囲，下半身領域は肘から指先までの範囲とした．本実験では，実験参加者がジレンマ課題に9試行取り組んだ．課題内容については後述する．分析区間は，試行ごとに分け，計9区間についてそれぞれ発話開始時点から発話終了時点までの時間を分析対象区間とした．分析区間ごとに，各関心領域への注視量，注視回数，平均注視時間を算出した．

2.5 手続き 実験参加に先立ち，本研究の目的と内容を参加者へ説明し，書面にて同意を得た．実験は静寂を保った実験室で個別に行なった．はじめに，相川[8]の特性シャイネス尺度質問紙調査を実施した．実験参加者は質問紙調査に答えた後，実験者と対面した椅子に座ってもらい，アイトラッカー(Tobii Pro グラス 3) を装着してもらった．面接者（実験者）と実験参加者との座席位置の距離は 80 cm であった．

実験室に入室した実験参加者に対して，取り組んでもらうジレンマ課題の内容と，課題回答中に行う自己接触行動について説明した．なお，本研究が自己接触行動の研究であることは参加者には説明していない．ジレンマ課題では，ジレンマ状況が書かれたシナリオ用紙が渡され，そのジレンマ状況でどのように振る舞うかを回答することが要求される．実験参加者にジレンマ状況が書かれた用紙を1試行ごと1枚ずつ渡し，ジレンマ状況に対する意見とその理由について考えてもらった．実験参加者が回答する準備ができたら，シナリオ用紙を回収し，その後，実験者に向かって，回答してもらった．合計9試行（9 シナリオ）行った．回答する際，実験参加者に対して，頬を触る条件（以下，頬触り条件とする）（図 1），腕を組む条件（以下，腕組み条件とする）（図 1），自己接触行動の教示はしない条件（以下，統制条件とする）の 3 つの条件から 1 つを指定し，指定した自己接触行動を行いながら，面接者に向かって回答を伝えてもらった．統制条件は，動作に関する指示を行わず，自由に課題について意見を述べてもらった．頬触り条件と腕組み条件は，両手を使って行うように指示をし，実験者の行う動作を真似てもらった．本実験では，実験者本人が面接者（実験参加者からの回答を聞く役）の役割も担った．本実験では，会話相手の目に視線を向けるのかどうかに1つの関心がある．そのため，鼻や口元の情報が，実験参加者の注意を惹きつける影響を除去するため，面接者はマスクを着用した．

練習試行を1回行なった後に，本番試行を9回行なった．面接者は，実験参加者の回答が終わった後，つまり各試行の最後に一度だけ相槌を行った．面接者は実験中，両手を膝の上に置き，表情を一定（中性的）に保ち，実験参加者の目を凝視して逸らさないようにした．実験参加者は自己接触行動の3つの条件（頬触り条件，腕組み条件，統制条件）をそれぞれ3回ずつ行った．9つのジレンマ課題のストーリーと3つの自己接触行動の順番はランダムにした．研究の実施にあたっては，当該研究とは関係のない第3者に，実験・調査等の実施が倫理的に問題ないと事前に確認した．

図1　腕組み条件と頬触り条件の例

2.6 シャイネス評価　実験参加者の対人場面での不安の感じやすさを計測するため，相川[8]の特性シャイネス尺度を実施した．特性シャイネス尺度は16項目からなっている．例えば，「私は人がいるところでは気後れしてしまう」，「私は他人の前では，気が散って考えがまとまらない」，「私は人前で話すのは気がひける」などの項目がある．回答形式は「全くあてはまらない (1)」から「よくあてはまる (5)」までの5段階評定である．得点の範囲は，最低点が16点，最高点が 80 点である．総得点の最高得点者から順に 10 名をシャイネス高群（44—74）とし,総得点の低い者を最低得点者から順にシャイネス低群（26—40）とした．

3.　結果

実験参加者の視線に関するデータとして，それぞれの関心領域に対する注視量，注視回数，平均注視時間を算出し，シャイネス高低群，性別，自己接触行動条件ごとにそれぞれ集計した.自己接触行動が視線に与える影響を検討するために，注視量，注視回数，平均注視時間の3測度について性別（女性，男性）とシャイネス（高群，低群）が被験者間要因，自己接触（頬触り条件，腕組み条件，統制条件）が被験者内要因の3要因混合計画の分散分析を行なった．

分析の結果，注視回数と平均注視時間については，自己接触行動の主効果がみられなかった．そのため以下では，注視量の結果について報告をする．

発話中の面接者への注視量を求めるために，はじめに，ジレンマ課題1問ごとに各関心領域への合計注視時間（Total duration of fixation）を算出した．ジレンマ課題ごとに発話の長さが異なるため，合計注視時間をそれぞれの発話の長さで割った注視量

（%）を用いて分析を行った．4 つの領域（目，顔，上半身，下半身）への注視時間以外の時間を外部領域への注視時間として，外部領域への注視量を算出した.目・顔・上半身・下半身・外部への注視量をそれぞれ従属変数として分けて分析を行なった．

3.1 目領域　目領域への注視量についての自己接触行動の各条件の平均値と標準偏差を算出した．分散分析の結果，交互作用および主効果はみられなかった．つまり，目領域への注視量に性別，シャイネス，自己接触行動は影響を及ぼしていなかったことがわかった．

3.2 顔領域　顔領域への注視量についての自己接触行動の各条件の平均値と標準偏差を算出した（表 1）．分散分析の結果，2 次の交互作用が有意（$F(2,32) = 5.42$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.25$）であった．また，性別とシャイネスの一次の交互作用（$F(1,16) = 3.50$, $p = .08$, $\eta^2 = 0.18$）および，性別の主効果（$F(1,16) = 3.80$, $p = .69$, $\eta^2 = 0.19$）が有意傾向であった．表 2 に示されているように，シャイネス高群において，男性が女性よりも顔領域への注視量が大きく，シャイネス低群では，性別による注視量の差が小さいことが明らかになった．

2 次の交互作用が有意であったため，シャイネス高群とシャイネス低群のそれぞれの結果について，性別と自己接触の 2 要因分散分析を行った．シャイネス高群に関して，分散分析を行った結果，性別と自己接触の交互作用（$F(2,16) = 4.00$, $p = .04$, $\eta^2 = 0.33$）および，性別（$F(1,8) = 10.54$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.57$）の主効果が有意であった．また，自己接触の主効果が有意傾向（$F(2,16) = 2.99$, $p = .08$, $\eta^2 = 0.02$）であった．性別と自己接触の交互作用が有意であったため，単純主効果の検定を行った結果，男性における自己接触の主効果は有意であった（$F(2,16) = 6.94$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.63$）．また，統制条件における性別の主効果（$F(2,16) = 8.59$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.52$）および，頬触り条件における性別の主効果（$F(2,16) = 14.76$, $p < .01$, $\eta^2 = 0.65$）および，腕組み条件における性別の主効果（$F(2,16) = 6.96$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.47$）が有意であった．Bonfferoni 法を用いた多重比較の結果，男性における頬触り条件の平均が腕組み条件の平均より有意に大きかった（$p < .01$）．このことは，シャイネスの高い男性において，頬を触るという自己接触行動が顔への注視量に影響を及ぼしていることを示している．また，表 1 に示されているように，統制，頬触り，腕組みのどの条件においても，男性が女性よりも注視量が大きいことが明らかになった．

シャイネス低群での顔領域への注視量に関して，性別と自己接触の 2 要因分散分析を行った．分散分析の結果，交互作用と，それぞれの主効果がみられなかった.つまり，シャイネス低群において，顔領域への注視量に性別と自己接触が影響を及ぼしていなかったことがわかった．

表 1 顔領域への注視量(%)に関する各条件の平均値と標準偏差

シャイネス	性別	自己接触	平均値	標準偏差
高群	女性	統制	13.99	11.96
		頬触り	14.30	13.41
		腕組み	13.24	9.45
	男性	統制	37.24	13.87
		頬触り	44.97	14.36
		腕組み	34.03	10.84
低群	女性	統制	24.87	15.77
		頬触り	29.70	16.14
		腕組み	26.94	13.77
	男性	統制	29.88	20.96
		頬触り	28.14	22.85
		腕組み	28.38	19.31

3.3 上半身領域　上半身領域への注視量についての各条件の平均値と標準偏差を算出した．分散分析の結果，交互作用と，それぞれの主効果がみられなかった.つまり，上半身領域への注視量に性別，シャイネス，自己接触が影響を及ぼしていなかったことがわかった．

3.4 下半身領域　下半身領域への注視量についての各条件の平均値と標準偏差を算出した．分散分析の結果，自己接触の主効果が有意傾向（$F(2,32) = 3.13$, $p = .07$, $\eta^2 = 0.16$）であったが，Bonfferoni 法による多重比較を行った結果，条件間に有意な差はみられなかった．

3.5 外部領域　外部領域への注視量についての各条件の平均値と標準偏差を算出した（表 2）．分散分析の結果, 性別の主効果（$F(1,16) = 8.20$, $p = .01$, $\eta^2 = 0.34$）が有意であった．また，自己接触の主効果（$F(1,16) = 4.26$, $p = 0.06$, $\eta^2 = 0.21$）が有意傾向であった．女性の方が男性よりも外部領域を見る割合

が高いことが明らかとなった．また，シャイネス高群の方がシャイネス低群よりも外部領域への注視量が多いことが明らかとなった．

表 2 外部領域への注視量(%)に関する各条件の平均値と標準偏差

シャイネス	性別	自己接触	平均値	標準偏差
高群	女性	統制	77.36	15.41
		頬触り	76.28	16.89
		腕組み	80.43	9.12
	男性	統制	48.71	9.04
		頬触り	53.75	12.28
		腕組み	59.73	9.54
低群	女性	統制	57.52	15.73
		頬触り	58.61	13.85
		腕組み	60.03	15.33
	男性	統制	46.38	11.34
		頬触り	53.77	16.97
		腕組み	53.66	18.64

4. 考察

本研究では，自己接触行動が聞き手への視線行動にどのような影響を与えるのかを検討するため，異なる自己接触条件下における聞き手への注視量を分析した．結果として，シャイネスの高い男性において，自己接触行動が注視量に影響を与えることがわかった．特に，頬を触ることによって，対話相手の顔領域への注視量が多くなることが明らかになった．また，外部領域については，男性よりも女性の方が，シャイネスの低い人よりも高い人が，外部領域への注視量が多いことがわかった．以下では，結果の解釈とともに，仮説が支持されたかどうかを論じる．

本研究の仮説 1 は，自己接触行動を行うと不安が低減するため，対話相手の目領域への視線が増加するというものであった．結果として，目領域への注視量おいて，自己接触行動による変化はみられなかったため，仮説 1 は支持されなかった．だが，顔領域においては，自己接触行動，特に頬を触る行動による注視量の変化がみられた．

目領域への注視量に差がみられなかった理由として，視線の計測法の違いが考えられる．本研究では，アイトラッカーを用いて視線を計測したが，先行研究では，実験者が注視されていたと感じている時間スイッチを押したり[5]，ハーフミラーを用いて，実験室の外にいる実験補助者が目視によって注視量を計測したりする[11]など，測定者の判断に基づいて視線が計測されていた．Rogers, Speelman, Guidetti, & Longmuir[12]の研究結果を考慮すると，測定者の主観による視線計測は精度に問題があることが考えられる．Rogers et al.[12]はアイトラッカーを用いて，対面会話における視線行動を分析した．結果として，対話相手の目を見なくても，顔さえて見ていれば，その相手はアイコンタクトをされていると感じるということがわかった．このことは，対話場面において対話相手の目領域への視線量が多いと言う先行研究の結果は，実際は，顔領域への視線量であった可能性を示唆している．つまり，私たちはコミュニケーションを行う際に，常に相手の目を見続けているのではなく，多くの場合その周辺の顔領域にも視線を配布しているということが考えられる．

本研究では，頬触り行動条件のみで視線量への影響がみられた．これは，頬触りの動作が手で顔の一部を隠す行為であったからだと考えられる．手で顔を隠す行為は，相手から見られる範囲が狭くなるため相手の視線による不安を感じにくくなることが推測される．一方，腕組み行動は，自分を包み込む防衛的な姿勢であるが，顔領域は無防備な状態であり，他者から視線に晒される．最近の研究では，顔を隠す道具であるマスクが対人不安者の視線を増加させることが明らかになっている．笠置[13]は，対人不安傾向がある群とそうでない群に分け，マスクの着用が視線に与える影響について調査した．その結果，対人不安傾向が高い群では，マスクを使用した際にアイコンタクト時間が増加したことが明らかになった．頬触りの動作はマスクと同様の効果を持っていたために，シャイネスが高い人において，頬触り条件で顔への注視量が増加したことが考えられる．

本研究の仮説 2 は，シャイネスが高い者は，視線回避傾向にあるため，自己接触行動によって対話相手への視線を回復することができるというものであった．本研究では，シャイネスが高い男性において，自己接触行動による注視量の変化が見られ，仮説 2 が部分的に支持された．

男性にのみ注視量の増加がみられた理由として，本研究の面接者が男性であったことが考えられる．

実験中，女性の実験参加者は異性との会話という状況であったため，不安状態が高かったことが予想される．本研究の実験状況下では，女性の場合，自己接触行動による不安を低減する効果では不十分であったため，注視量に変化がみられなかったことが考えられる．

また，荒川・鈴木[10]が行った会話中のしぐさと感情の研究から，同じ自己接触行動でもその行動の持つ意味が性別によって異なることが示唆されている．荒川・鈴木[10]によると，会話の際に手で口を覆った女性は，口覆いをしなかった女性に比べて，恥ずかしさを感じたと報告していたが，男性の場合は，口覆いをした人の方が，口覆いをしなかった人に比べて，リラックスしていたと報告していたという．本実験で用いた頬触りの動作は口覆いに似た動作であった．面接者の性別という要因に加えて，本実験では頬触りによって，女性は恥ずかしさを感じ，男性はリラックスをしたために，男性のみで注視量が増加したのだと考えられる．

4.1 今後の課題 本実験の問題点としては以下の点が考えられる．本実験では，自己接触行動を意図的に操作して，実験を行った．しかし，自己接触行動は普段意識する行動ではないため，自発的な自己接触行動の機能については明らかにすることができない．Ekman[14]は，自己接触行動を動作者の気づきもなく行われるものと考えている．実際に，自己接触行動を常に意識的に行っている人はそれほどいないだろう．自己接触行動は本来，無意識に行われる行動であるため，本実験で用いた意図的な自己接触行動との機能的相違が考えられる．今後は，自然な会話場面において，どのような自己接触行動が相互作用のどのような側面と関連しているのかということを分析し，意図的におこなった自己接触行動との効果の違いを明らかにしていく必要がある．

本研究では，頬触り条件において，顔領域への注視量の増加が確認されたが，同じ自己接触条件の腕組み条件では，視線の増加がみられなかった．このことから，自己接触行動の持つ不安を低減する効果は，自己接触行動の種類によって効果に差があることを示唆している．頬触り条件は口を隠す行為であったり，腕組み条件は自分を包み込むような行為であったりするように，自己接触行動といっても，自己接触のやり方によって異なる効果を持っていることが考えられる．自己接触行動を深く理解するためには，どのような接触行動がどのような行動的，心理的側面に有効なのか，ということを，個別に明らかにしていく必要がある．

最後に，女性同士の条件について検討できていないことが課題である．本研究の実験参加者は男性と女性であるが，実験者は男性のみである．本研究では，男性同士の条件の際に自己接触行動と視線に関係がみられたが，女性同士の条件の際に同様の結果が得られるかは検討できていない．今後，女性を聞き手に加えて，同性の聞き手状況で同じような結果が得られるかを調べる必要がある．

5. 参考文献

[1] Ekman, P., & Friesen, W. V. (1969). The Repertoire of nonverbal behavior: Categories, Origins, Usage, and Coding. *Semiotica*, *32*, 49-98.

[2] Ruggieri, V. Celli, C., & Crescenzi, A. (1982). Gesturing and self-contact of right and left halves of the body. Relationship with eye-contact. *Perceptual and Motor Skills*, *55*, 695-698.

[3] Dreisoerner, A., Junker, N. M., Schlotz, W., Heimrich, J., Bloemeke, S., Ditzen, B., & van Dick, R. (2021). Self-soothing touch and being hugged reduce cortisol responses to stress: A randomized controlled trial on stress, physical touch, and social identity. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, *8*, 100091. https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2021.100091

[4] 岡島 義・金井 嘉宏・陳 峻雲・坂野 雄二 (2007). 社会不安障害における恐怖場面内での回避行動の評価―― Avoidance Behavior In-Situation Scale の開発―― 行動療法研究, *33*(1), 1-12.

[5] 飯塚 雄一 (1995). 視線とシャイネスの関連性について 心理学研究, *66* , 277-282.

[6] Garcia, S., Stinson, L., Ickes, W., Bissonnette, V., & Briggs, S. R. (1991). Shyness and physical attractive ness in mixed-sex dyads. *Journal of Personality and Social Psychology*, *61*, 35-49.

[7] Jones, W. H., & Russell, D. (1982). The social reticence scale: An objective instrument to measure shyness. *Journal of Personality Assessment*, *46*, 629-631.

[8] 相川 充 (1991). 特性シャイネス尺度の作成および信頼性と妥当性の検討に関する研究 心理学研究, *62*, 149-155.

[9] Ellsworth, P. C. & Ludwig, L. M. (1972). Visual behavior in social interaction. *Journal of Communication*, *22*, 375-403.

[10] 荒川 歩・鈴木 直人 (2004). しぐさと感情の関係の探索的研究 感情心理学研究, *10*, 56-64.

[11] Pilkonis, P. A. (1977). The behavioral consequences of shyness. *Journal of Personality*, *45*, 566-611.

[12] Rogers, S. L., Speelman, C. P., Guidetti, O., & Longmuir, M. (2018). Using dual eye tracking to uncover personal gaze patterns during social interaction. *Scientific Reports*, *8*, 4271. https://doi.org/10.1038/s41598-018-22726-7

[13] 笠置 遊 (2017). マスクの着用は対人不安者のコミュニケーションを促すか 日本心理学会第 81 回大会発表論文集, 73.

[14] Ekman, P. (1977). Biological and cultural contributions to body and facial movement. In J. Blacking (Ed.), *Anthropology of the body* (pp. 34–84). San Diego, CA: Academic Press.

技の熟達と認知過程に関する無人称研究
An Impersonal Study about Skill Acquisition and Cognitive Processes

山田 雅敏 †
Masatoshi Yamada
† 常葉大学
Tokoha University
yamada-m@sz.tokoha-u.ac.jp

概要

本研究は，認知科学の視座から技に対する一人称の思考と言語の影響を再考し，さらには，思考を超えた無人称的身体へ新たに焦点を当てることを目的とした．本稿はその足掛かりとして，達人や賢人たちが残した文脈を紐解きながら，文献レビューを行うことを主眼とした．その結果，技の熟達における認知過程には，人間が獲得した言語の使用による相対的認知と，主客を超えた無我の状態による他者との調和が関連していることが示唆された．

キーワード：無人称，技，無我，調和，実存

1. 緒論

1.1 研究の背景

技の熟達には，その技を実践する際の「…な感じがする」「…と思う」などの考えや思いを意識化し，言葉に表現することが重要とされる．主観に焦点を当てて人間の知を探求する一人称研究 [1] の観点からも，言語化が技の獲得に有効なツールであることが報告されている [2, 3, 4, 5]．医学の臨床現場では，（初学者という前提はあるが）動作を理解するための言語的認識に有用性が示されており，動作の意識化が運動機能を回復させるとの報告もなされている．たとえば，運動学習の認知段階から連合段階，そして自動化段階に移行する過程で，認知段階では教示を含む外在的フィードバックを多用する一方で，自動化段階では明らかな誤りの時だけに教示する介入戦略がとられている [6]．教育現場や他の既往文献もまた，技を実践した際の思ったことや考えたことを言葉にして表現することが大切である旨が指摘されている [7, 8, 9].

1.2 研究の発展と目的

しかし一方，古来より技の達人や賢人たちは「考えるな！感じろ！」「Don’t think, just do.（考えるな，動け）」「覚えたことを一回忘れることも大切」「技は本来，口では説明できぬもの」「素晴らしい．今の言葉のすべてが間違っている」等々，様々な表現を用いて一人称の思考と言語が，技の足枷になる場合があることを「言葉」により学び手に伝えてきた．

以上の文脈を背景に，本研究の目的は技に対する一人称の思考と言語の影響を再考し，さらには，思考を超えた無人称的身体へ新たに焦点を当てることにある．なお，当該領域から（非人称・前人称を含む）無人称と技との関連を論じている知見は管見の限り見当たず，研究アプローチは確立されていない．

そこで本稿では，その足掛かりとして技の達人や賢人たちが残した文脈を紐解き，先行研究と照らし合わせながら文献レビューを行うことを主眼とする．意義として，実験室実験からフィールドに出ることを目指す認知科学 [10] の観点から，スキル研究の発展に寄与する新たな鍵を見出すことが期待される．そのために，第 2 節で技に対する一人称の思考と言語使用の限界を示し，第 3 節で技の伝授における指導者と学習者とのインタラクションについて考察する．そして，第 4 節で言語使用による相対的認知と主客を超えた無人称的身体に焦点を当て，関連する文献を紹介する．本稿は「知覚」を「今ここにある対象を視覚・嗅覚・味覚・嗅覚・触覚の感覚によって捉える知覚情報」として,「認知」を「ある知覚情報が入力されたときに記憶内の何らかの表象と持つ情報と同じ（もしくは同じでない）と判断する過程」と定義し [11]，論を進める．

2. 技に対する思考と言語使用の限界

2.1 技の本質と一人称の思考と言語

従来より，筆者の約四半世紀にわたるスポーツ指導の境涯と研究成果から，一人称による思考や言語は，技の熟達を促進する場合もあれば，逆に阻害することもあり，技を獲得するためのツールとして限界があることを主張してきた [12, 13]．たとえば，走方向転換

動作のスキル獲得過程における認知変容を検討した結果，スピード・加速の体感と足・股関節の下肢動作が共通する認知過程として明らかになった一方で，身体内部の重心位置や重心移動について言語報告をした学習者に対する評価の低下が示された [14]．周知の通り，技とは言葉に表現し難い暗黙知的性質を有しており [15]，その技の情報を表現する言語は，曖昧性や類似性，多義性，線条性，そして恣意性 [16] などの性質を持つ．さらに，その言語の意味についても語用論や意味論 [17] など幅広く議論されている．

論点を戻すと，技の達人や賢人たちは，技に対する思考と言語の本質について様々な言葉を用いて説いてきた．たとえば，技の世界で語り継がれる「月をさす指」という禅の譬えは，指（思考や言葉）は，道（技の熟達過程）を指し示すために必要であるが，目的地となる月の在処が分かれば（身体感覚），月の方向をさす指に囚われて思い悩むことはないことを伝えている．たしかに，指導者は学習者に対して技の動作を指導する一方で，その主眼は動作に伴う身体感覚を学習者が体感することを期待している．一方で，身体感覚の情報は暗黙知的性質を持つため，学習者が理解することは往々にして難しく，動作は実現されていても身体感覚が伴っていない場合も多々見受けられる．この観点からも，バイオメカニクス的に客観的な指標として計測できる身体動作の分析のみで，技を理解することは十分ではないことが分かる [18, 19]．

> 私たち人間は特定の価値観に同一化する傾向にあるために,「優劣」というものにとてもこだわります．…＜中略＞…「優劣」は言葉の上，つまり人間のつくりだした価値観（観念）の中だけに存在しているのであって，本来「優劣」などと分けられるものはないはずです．…＜中略＞…これらのことを正しく理解することは，言葉（言語）を中心にしてコミュニケートをはかり，社会を形成している人間にとって，極めて重要なことだと思います．人間に生ずる苦しみとか悩みの大半は，このような言葉の性質によって生じているからです．
> （出典：島田明徳,（2001）“秘伝「猫の妙術」極意とは何か 武の奥義書から学ぶ人生の極意” BAB ジャパン，pp.122-125.）

これは長年，武術修行に研鑽した島田明徳氏（2001）が述べた言葉である [20]．島田のみならず達人や賢人の多くは，思考や言語の使用に注意を促してきた．

島田に師事した茂呂隆氏ら（1994）は，思考に囚われない重要性について，次のように説いている [21]．

> 私達が思ったり，考えたりするためには，どうしても自分の思いや考えを生み出す,「自分以外のもの」が必要です.「自分」と「自分以外」との関係があって，はじめて私達に自分の思いとか考えといったものが生じるのです．…＜中略＞…実際は自分で勝手に「一般的には」とか,「世間的には」などという「とらわれ」をつくって自分の行動範囲を狭くして,「〜しなけれないけない」と自分で勝手に「心」を緊張させているのです.（出典：茂呂隆・茂呂恵子,（1994）“練気柔真法で心とからだを解き放つ” たま出版，pp.73-77.）

2.2 技に対する思考と言語の利点・欠点

実践現場に身を置くいち指導者からみて，言葉を介した動きは一瞬の反応や判断の遅れを生じさせる．そして，レベルが高くなるほどその遅れが致命的となり，仮に生死を争うような場面に遭遇した場合には，言語の介在が命取りになる場合があると予想される．また，形式知として覚えたコトは，直ぐに忘れ去ることが往々にして難しい．身体活動を伴う技の学習時間は限られており，記憶として定着した形式知が，環境や条件の変化に対して柔軟に対応する際の足枷になることも十分に考えられる．特に成功体験の記憶は，その後の熟達を阻害する可能性や，コミュニケーションを図る上で言質を取られる危険性を含む [22]．

では，思考や言語が技の熟達を阻害することばかりかといえば，そうとばかりは言えない．先述した通り，一般的に技の学習時間は限られており，技を獲得する学習者と伝える指導者の両者にとって重要な要因となる．そのため，仮に学習者が明らかに間違っている場合には，学習者の（言語化を含む）主体的な学びをいったん止め，指導者の型に嵌めることも蓋然的な指導として実践される．この時，言語の使用が可能であるからこそ，指導者は学習者の動作や考え方を言葉により速やかに修正することができ，対する学習者も理解したことを直ぐに言葉で伝えることができる．言語は自己と他者を結ぶコミュニケーションツールであり，（意識の表現として信頼性は低いとはいえ）情報伝達を可能とする手段の一つである．つまるところ，言語により両者の有限の時間を効率良く使うことがで

き,(時に齟齬も発生するが)互いに技の情報を共有することが可能となる.

また,幼児期の立位や歩行のように言語が介入せずに自然と獲得されるものもある一方で,言語を獲得した人間にとっては,たとえば歌や曲に合わせて踊る舞など(他の動物では真似できない)言語が介在する技がある.このことからも,技が純粋に身体感覚のみであるという予想に反して,必ずしもそうでない場合もあることが推察される.つまり,思考や言語による表現の水準によって,(身体感覚が一義的であるが)より高度な次元をもつ技があることが示唆される [23].

よって,今後は技に対する思考や言語使用の「良し悪し」の議論ではなく,どのような技の種類や難易度,熟達段階で有効的なツールとなるのか(もしくは阻害するのか)を検討することが有用であろう.

3. 指導者と学習者とのインタラクション

3.1 指導者の言葉掛けの影響

> 「思い」を創出するための記憶は,誕生後の学習や経験が,両親を筆頭に他人の影響を非常に強く受けているという点です.両親や先生,あるいは感動した本などの影響を受けて,今の私たちの「思い」は組み立てられているのです.このようなことから,人間の「思い」というものが決して自然なものではないことが分かると思います.人間の「心」の働きである「思い」が「人工的」なものであることに,本当の意味で気がつくには,多くの時間と特別な手段を要します.
> (出典:島田明徳,(2001)“秘伝「猫の妙術」極意とは何か 武の奥義書から学ぶ人生の極意” BAB ジャパン,pp.95-100.)

第 1 節で述べたように,当該領域から技の学習を考えたときに,学習者の積極的な意識化や言語化が,技の獲得に有効であるとされている.たしかに,学び手を中心に考えた学習に異論を挟む余地はない.また,身体固有性や状況依存性を理由に,学習者の主観が必ずしも他の学習者と一致するとは限らない.

しかし,(互いの信頼があるという前提のもと)実際の現場では,指導者の言葉掛けが学習者に与える影響は非常に大きい [25].永山(2011)は「スポーツ心理学領域における運動学習研究は,学習者のみに焦点が当てられることが多く,非常に閉じられた条件で学びが検討されることが多い.しかし,私たちが学習する際に,他者との相互作用は無視できない」と述べるが [26],一般的な技の学習では,指導者の理想とする動作を実践することが要請され,さらに指導者が持つ身体感覚を体感することが共通の目的となる.そのため,技に対する学習者の思考や言語化は,個々人の解釈のゆらぎを伴いながらも,(書籍や動画も含めて)指導者の言葉掛けに大きく影響を受けると予想される.

たとえば,筆者が過去に高校ラグビー日本代表選手の疾走スキルに関する認知過程を検討した結果[1],身体部位の動作の表現は,ポジション別によって同類の認知が確認され,身体感覚の表現は個々人で異なるとはいえ意味の類似性が示された.また,言語報告は指導者が日々指導している内容に沿ったものであり,経時的に言語報告量の減少傾向が認められた [27].ウィトゲンシュタイン(2003)によれば [28],言葉の意味は言語使用によって決まることからも(意味の使用説),技に対する学習者の認知は,指導者の言葉掛けに沿った意味を構築していくと考えられる.

3.2 現場における言語的インタラクション

技の伝授における指導者と学習者との言語的インタラクションについて,筆者は過去に汎関数と停留曲線[2]を用いて表現した(図 1,付録 A 参照)[23][3].自然の法則に従った技の身体感覚を伝えるためには,方便として言葉掛けを行う指導者と,(目で技を盗むことができる天賦の才を持つ場合を除いた)学習者との認知的な齟齬を段階的に埋めていくことが大切となる.その際,学習者の理解を促すよう工夫して言葉を掛ける指導者の努力と,その言葉掛けの意味を理解しようと高い意識を持ち,訓練に取り組む学習者の努力の両方

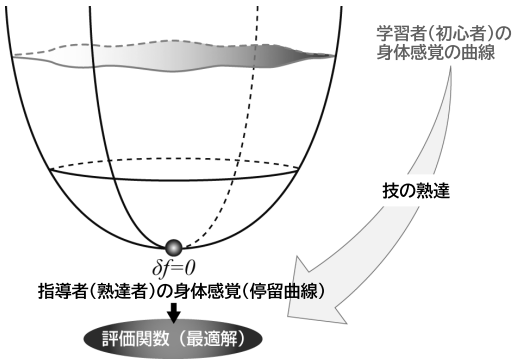


図 1 技の熟達を表現した汎関数の模式図

[1]詳細については「山田雅敏,他:ラグビー高校日本代表選手の疾走に関する認知過程の情報学的研究;電子情報通信学会和文論文誌 D(2020)」を参照されたい.

[2]停留曲線は,自然の運動として常に最も簡単で最短のルートを通るという最少作用の原理に従う.

[3]詳細については「山田雅敏,他:身体知の言語化とその階層モデル;電子情報通信学会技術研究報告(2016)」を参照されたい.

が不可欠となる．そして，指導者が上手く伝わっていないと判断した場合には，学習者の熟達度合に合わせて，言語的指導の方略を適宜変えていく．しかし，それでも伝わらない時には（学習者の独力による気づきや言語化を待つ時間も限られているため），いったん指導者の理想とする型に嵌めるか，もしくは学習者が指導者の元から去っていくのが（逆もまた然り），技の指導現場における尤も至極な蓋然的行為となる．

対して，第 1 節で紹介した学習者の言語化の有効性に焦点が当てられているスキル研究の中には，指導者の言葉掛けによる学習者の認知・言語化への影響や，両者の言語表現に関する一致性や類似性，さらには学び手の限られた学習時間や言語化の負担などの観点が十分に議論されていない知見も散見される．

以上，技の伝授では，学習者の認知や言語化に対する指導者の影響が非常に大きいが故に，およそ師を誤るほど不幸なことはなく，昔の学び手は生涯をかけて師を選び，また師も（技を伝授するに足るか）学び手を見極めた所以であろう．なお（特に日本の部活動の現場に多いが），指導者がその技の実践や指導経験が浅く，身体感覚を伝える術が十分にない場合には注意が必要である．仮に，その技の達人が書いた書籍を単に読み上げて指導するだけでは，言語的指導がいくら正しく頭で理解（形式知）できたとしても，腑に落ちることを期待することは難しい（「腑」とは五臓六腑の内臓で「身体知」の学びを意味する）．なお，同じ言語情報にも関わらず，指導者により言語的指導に差があることから，技には身体と思考に加えて，より高い水準となる存在のレベルがあることが示唆される．近年では，指導者を指導するコーチ育成者（コーチデベロッパー）の養成も注目されているが [29]，学習者とのインタラクションを通して，指導者も日々学びながら，技のやり方・考え方の知識だけではなく，(応用が利く）知恵としての技の在り方が求められる．

4. 一人称的身体から無人称的身体へ

4.1 相対的認知に対する無我と調和

近年の脳科学や神経科学の発展に伴い，生理学的な観点から脳内で瞬時に作り上げられる思考のメカニズムも明らかにされているが [30, 31]，島田（2001）は，自然の「感じるまま」に対して，人工的な「思う感じ」を多くの人間が混同していると指摘している [20]．たとえば，野球ボールをバットに当てる場面を想定しよう．「目の前のボールを打つ」と頭に浮かんだ瞬間には，すでにもう違う場所にボールは移動している．つまり，技に対する認知の多くは，今ここにある現実から常に遅れた情報であり，いわば虚構 [32] を体験していることになる．この人間が作りあげた認知について，島田（1992）は以下のように述べる．

> 哲学者や科学者のような，一般に言う頭の良い人ほど物事を頭で考えて理解しようとします．…＜中略＞…自分の顔を直接肉眼で（鏡や写真に映してではなく）見ることができないように，どのようにしても，この相対界の認識パターン（主客に分けて物事を考える方法）では自分を認識することはできません．なぜなら，相対界の認識パターンで自分を知ろうとするには，自分の前に，相対する，客体としての自分をおいて考えなくてはならないからです．人間が現在のような認識力をもつに至った最大の要因として，言語の使用があげられるわけですが，その言葉の発達によって自己と他の区別がはっきりし，主客がより一層明確になってしまいました．つまり相対界における認識パターンの矛盾がより強まったのです．さらに困ったことに，言語というものでは私たちの感じているものの一部しか認識することができないのです．
> （出典：島田明徳, (1992) “「悟りの意味」” 地湧社，pp.94-98.）

客観的な観察を通して主客の一致を目指す科学からして，この手の議論を行うにあたっては細心の注意が必要となるが，島田（1992）は言語的活動を行っている意識状態では，人間が内在している本来の能力が十分に発揮できず，言語や思考の相対的認知から，主客を超えた無我の境地に至る重要性を説いている [33]．

同じく無我の状態を述べるのは，ひとり島田だけではない．たとえば，元陸上競技選手でオリンピックに出場した為末大は自身のゾーン体験について，「走っている最中は，観察している自分どころか自分そのものがなくなってしまったような感じで，終わってからやっとそういう感覚がおもいだされるような」と体験談を語っている [34]．また，仙道から身体改革の探求を志した小野田大蔵（2019）は，物事の相対的な価値について，習慣的・常識的に価値あるものと思い込んでいるものに本質的な価値はなく，人間の勝手な価値判断による偏見にすぎないと語る [35]．さらに，集中している時のフロー体験では [36]，自己認識の低下や環境と融合する感覚が報告されている[4]．

[4]本稿では「自己」の表現を「自我」の意味と解釈している．

合気道の開祖として道を拓いた植芝盛平が説く自他を超克する絶対的認知の無我の境地は，門弟たちから次のように語り継がれている [37].

> 道場において開祖と相対する者は，そこに人としての開祖を見ることができず，いたずらに己れの心身，己れの自我とのみ一人相撲を演じさせられる羽目となる．つまり触れずして宙に飛ぶ「神技」となるわけだが，それは結局「無我」が「自我」を踊らせた姿ともいえるかもしれない．
> （出典：植芝吉祥丸著，植芝守央監修,（2016）“合気道開祖 植芝盛平伝” 出版芸術社，p.21.）

以上，文脈の表現は異なるとはいえ，達人や賢人たちが述べる本質的な共通点は，主体と客体に分けて相対的な判断や評価をすることなく，他者や環境との調和を目指す「無我」にある．砂子・福田ら（2018, 2021）は，主客を分けた相対主義的認知から，自己調和を生み出す調和的認知への新たな次元への自己変容を「内属的共同性」と呼び，モデル化を試みている（図 2 参照）[38, 39]．この内属的共同性の移行により，自他の対立的認知から敵自体を無くす非対称的な認知への転換をもたらすとしているが，当該領域の観点から，主客に分ける前の今ここにある状態の実存と技との関連について議論されている研究は，管見の限り見当たらない．

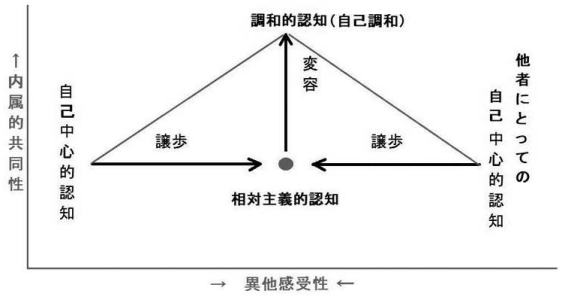


図 2　出典：自己調和のモデル（福田・砂子 2018）

4.2　無人称研究の課題と今後の展望

当該領域では無我や調和といった認知は，個々人による経験則として再現性の低いものと評価されており，さらには超越的な意味合いを持つという理由もあって，研究アプローチは十分になされていなかった．勿論，相対的な立場で現象を観察し，主客の一致を目指す認知科学の立場から，主客を超えた無人称を探求するにあたっては多くの批判があると想定される．しかし近年，無我や調和への関心も高まっており [31, 40, 41]，知的システムと性質の解明を目指す学際領域なる認知科学の姿勢として，技の達人や賢人たちが共通して説く実存なる無人称の境地に焦点を当てることも大切ではないだろうか [42].

一方で，観察より主格の一致を目指す当該領域の立場から，主客を超えた無人称を議論するにあたっては，本来言葉にできない（もしくは難しい）無人称や無我・調和の（言葉による）定義に加え，無我の境地に至る指導者や被験者の確保，無我・調和の状態の測定など遂行上の課題が散見される．そこで，筆者が構想する具体的な研究アプローチの一つとして，禅と瞑想に注目したい．禅的実践に関する国内外の研究は確実に蓄積されており，その有効性が数多く示されている．現場でも幅広く応用されおり，厚生労働省（2022）によるエビデンスに基づいた総合医療情報サイトには，瞑想の実践によって病状の緩和や改善が示された報告が発信されている [43]．医学分野に応用したカバットジン（2005）の瞑想法は，今にいる瞬間の体験に意識をフォーカスし，絶え間なく変化する環境に対して判断・解釈せずに自己観察することで心の安定を図るメソッドとなる [44]．また，Google 社の人材育成研修プログラム「SIY：Search Inside Yourself」では，心を整えるために日常の歩く動作と呼吸を意識する歩行瞑想メソッドを導入し，成果を上げている [45].

脳科学や生理学的な観点からも幅広くアプローチされており，たとえば，Davidoson（2003）は瞑想を実践した被験者は肯定的な感情と関連する左側前部の活性化が有意に増加したことを報告している [46]．また，Lutz（2004）によると禅の達人は知覚に効果的な脳波を生み出しており，瞑想をしていない状態においてもその脳波の活動が活発であることを示している [47]．さらに，奥野（2016）は禅的呼吸法によるストレス低減効果を生理的・心理的指標から実証的に検討し，その有効性を示しており [48]，その他にも禅的実践に関する知見は数多く報告されている．

以上をふまえ，今後の展開として科学的実証性の高い禅や瞑想に関する文献をさらに蓄積し，禅的実践による無我への移行状態が，技の熟達にどのように影響するのかについて，実験室実験およびフィールド研究の観点から検討することを射程に入れている．

最後に，本稿で新たに焦点を当てた「無人称研究」が，認知科学におけるスキル研究の発展の一助になることを期待し，稿を閉じる．

謝辞

本稿を執筆するにあたり，株式会社 BAB ジャパン様にご協力を賜りました．また，長きに渡り砂子岳彦教授（常葉大学）に本研究に関するご指導を賜り，今の道に至ります．ここに謝意を表します．本研究は，常葉大学令和 4 年度常葉大学特別研究補助費・学長研究奨励費の一部，および JSPS 科研費「禅的実践による無我の状態と技に対する効果の解明（22K17681）」の採択を受けたものです．

文献

[1] 人工知能学会編,（2017）“人工知能学大事典” 人工知能学会，諏訪正樹（執筆），一人称研究，pp.1450-1453.
[2] 諏訪正樹,（2005）“身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化” 人工知能，20(5), pp.525-532.
[3] 人工知能学会監修，諏訪正樹，堀浩一編著，伊藤毅志，松原仁，阿部明典，大武美保子，松尾豊，藤井晴行，中島秀之共著,（2015）“一人称研究のすすめ 知能研究の新しい潮流” 近代科学社，pp.3-44.
[4] 諏訪正樹 “身体が生み出すクリエイティブ” ちくま新書, pp.130-139.
[5] 諏訪正樹，伝康晴，坂井田瑠衣，高梨克也,（2020）“「間合い」とは何か - 二人称的身体論” 春秋社，pp.223-226.
[6] 柳澤健（編），谷浩明,（2006）“運動療法学 改訂第 2 版” 金原出版，pp113-121.
[7] 麓信義,（2000）“新しいスポーツ心理学入門 －上達のための必須条件” 春秋社，pp.87-146.
[8] 筒井清次郎,（2007）“運動技能の習熟プロセスについてのナラティブ研究” 東海保健体育科学（29），pp.55-63.
[9] 伊勢只義，塩野目剛亮，渡部信一,（2013）“運動学習におけるスーパースロー映像を用いた暗黙知の共有に関する一考察：エキスパート競技者と指導者を対象とした先行研究から” 教育情報学研究（12），pp.13-18.
[10] 伝康晴，諏訪正樹，藤井晴行,（2015）”フィールドに出た認知科学，”認知科学，vol.22，no.1，pp.5-8.
[11] 今井むつみ，佐治伸郎，山崎由美子，浅野倫子，渡邊敦司，大槻美佳，松井智子，喜多壮太郎，安西祐一郎，岡田浩之，橋本敬，増田貴彦,（2014）“言語と身体性” 岩波書店，pp.63-91.
[12] 山田雅敏,（2019）“指導者との言語的コミュニケーションを通した学習者の身体動作の変化に関する実験的検証 －立位と歩行の伝授における言語の効果の一考察－’ 日本情報教育学会誌，2(1)，pp.25-32.
[13] Masaki Ohata, Masatoshi Yamada, Daisuke Kakoi,（2022）“Cognitive Scientific Examination on Linguistic Communication through Club Activity Notebook in Sport Team Based on a Case Study of a Conflict between Head Coach and Players in Basketball Team’ 人間教育学研究，8，pp.1-9.
[14] Masatoshi YAMADA, Masaki OHATA, Daisuke KAKOI,（2022）“A Study on Cognitive Transformation in the Process of Acquiring Movement Skills for Changing Running Direction’ IEICE TRANS D, E105-D(3)，pp.565-577.
[15] Michael Polanyi,（1966）“THE TACIT DIMENSION” The University of Chicago Press.
[16] 丸山圭三郎,（2018）“言葉とは何か” ちくま学芸文庫, pp.119-128.
[17] アラン・クルーズ（著），片岡宏仁（訳）,（2012）“言語における意味 意味論と語用論” 東京電機大学出版局.
[18] 宮本謙三，岡部孝生，竹林秀晃，宮本祥子，宅間豊，井上佳和，上野真美,（2002）“運動学習過程における主観的運動理解の変容” 理学療法学 29(4), pp.105-112.
[19] 古川康一, 植野研, 尾崎知伸, 神里志穂子, 川本竜史, 渋谷恒司, 白鳥成彦, 諏訪正樹, 曽我真人, 瀧寛和, 藤波努, 堀聡, 本村陽一, 森田想平,（2005）“身体知研究の潮流：身体知の解明に向けて” 人工知能学会論文誌，Vol.20, No.2，pp.117-128.
[20] 島田明徳,（2001）“秘伝「猫の妙術」 極意とは何か 武の奥義書から学ぶ人生の極意” BAB ジャパン.
[21] 茂呂隆・茂呂恵子,（1994）“練気柔真法で心とからだを解き放つ” たま出版.
[22] Masaki Ohata, Masatoshi Yamada, Daisuke Kakoi,（2022）“Cognitive Scientific Examination on Linguistic Communication through Club Activity Notebook in Sport Team Based on a Case Study of a Conflict between Head Coach and Players in Basketball Team” 人間教育学研究，8，pp.1-9.
[23] 山田雅敏, 里大輔, 坂本勝信, 小山ゆう, 砂子岳彦, 竹内勇剛,（2016）“身体知の言語化とその階層モデル” 電子情報通信学会技術研究報告，TL2015-62.
[24] 諏訪正樹，藤井 晴行,（2015）“知のデザイン―自分ごととして考えよう” 近代科学社.
[25] 山田雅敏, 里大輔, 坂本勝信, 砂子岳彦, 竹内勇剛,（2019）“ラグビー高校日本代表チームで使用された疾走に関する集団語の成立過程の考察” ヒューマンインタフェース学会論文誌，21(no.2)，pp.97-110.
[26] 生田久美子，北村勝朗,（2014）“わざ言語 感覚の共有を通しての「学び」へ” 慶應義塾大学出版会株式会社, 永山貴洋（執筆），pp.65-100.
[27] 山田雅敏, 里大輔, 遠山紗矢香, 竹内勇剛,（2020）“ラグビー高校日本代表選手の疾走に関する認知過程の情報学的研究 ” 電子情報通信学会和文論文誌 D J103-D（No.03），pp.72-81.
[28] ウィトゲンシュタイン，野矢茂樹 (訳),（2003）“論理哲学論考” 岩波文庫.
[29] 公益財団法人日本スポーツ協会,（2022）“「コーチデベロッパー (コーチ育成者)」の養成をスタート” https://www.japan-sports.or.jp/（最終閲覧日：2022 年 7 月 15 日 UTC 参照）.
[30] アルヴァ・ノエ (著)，門脇俊介，石原孝二（監訳），飯嶋裕治，池田喬，文景楠，吉田恵吾 (訳),（2010）“知覚のなかの行為” 春秋社.
[31] 鈴木祐,（2021）“無（最高の状態）” クロスメディア・パブリッシング，pp68-96.
[32] ユヴァル・ノア・ハラリ (著)，柴田裕之 (訳)“サピエンス全史 文明の構造と人類の幸福（上・下）” 河出書房新社.
[33] 島田明徳,（1992）“「悟りの意味」” 地湧社，pp.94-98.
[34] 南直哉 (著), 為末大 (著),（2013）“禅とハードル” サンガ.
[35] 小野田大蔵,（2019）“現代仙道百科 心身改革の秘法体系” 白揚社，pp.400-402.
[36] M. チクセントミハイ（著），今村浩明 (訳),（1996）“フロー体験 喜びの現象学” 世界思想社.
[37] 植芝吉祥丸（著），植芝守央（監修）,（2016）“合気道開祖 植芝盛平伝” 出版芸術社，p.21.
[38] 福田鈴子, 砂子岳彦,（2018）“共生社会へ向けた人間構造の仕組みとその在り方：自己と他者の関係に焦点をあてて” 共生社会システム学会，12(1)，pp.111-131.
[39] 砂子岳彦, 福田鈴子,（2021）“合気道から導かれる共生：

自他の関係と内属的共同性” 共生社会システム研究，14, pp.41-54.
[40] 諸富祥彦,（2013）“哲学的探究における自己変容の八段階—「主体的経験の現象学」による“エゴイズム”とその克服過程に関する考察” コスモスライブラリー.
[41] 広井良典,（2021）“無と意識の人類史: 私たちはどこへ向かうのか” 東洋経済新報社.
[42] 苫米地英人，成瀬雅春,（2019）“瞑想と認知科学の教室” サイゾー.
[43] 厚生労働省,（2021）“「統合医療」に係る 情報発信等推進事業” https://www.ejim.ncgg.go.jp/public/index.html（最終閲覧日：2022 年 7 月 15 日 UTC 参照）.
[44] Kabat-Zinn, J.,（2005）“Wherever you go, there you are: Mindfulness meditation in everyday life” New York, Hyperion.
[45] チャディー・メン・タン，ダニエル・ゴールマン (著), 一般社団法人マインドフルリーダーシップインスティテュート (監修)，柴田裕之 (訳),（2018）“サーチ・インサイド・ユアセルフ——仕事と人生を飛躍させるグーグルのマインドフルネス実践法” 英治出版.
[46] D. Richard, et al.,（2003）“Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation” Psychosom Med，65(4)，pp.564-570.
[47] Antoine Lutz, et al.,（2004）“Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice” PNAS, 101 (46), pp.16369-163731.
[48] 奥野元子,（2016）“禅的呼吸法によるストレス低減効果－生理的指標（唾液アミラーゼ・血圧）と心理的指標（POMS・感想）による評価－” 京都大学学位論文.

A 停留曲線の計算と関数化の工夫

疾走を考えると，たとえば指導者から「できるだけ速く走る」ことを要請されたとする．動作は時系列で実現するので，パラメータは時間にとる．$x^1(t)$ はその時系列の空間を実現する重心移動を表すとする．評価関数は，動きを表す微分も含めて，$f^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)$ であるのに対して，作用積分 $I^1[x^1]$ を次のように定めることができる．

$$I^1[x^1] = \int_{t_0}^{t_1} f^k(x^1(t), dx^1(t)/dt)dt \qquad (1)$$

この作用積分の停留曲線は，次のオイラー方程式，

$$\frac{df^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)}{dt} - \frac{df^1(x^1(t), dx^1(t)/dt)}{d(dx^1(t)/dt)} = 0 \quad (2)$$

によって導かれ，具体的に評価関数が与えられれば計算が可能となる．

次に，関数化の工夫として，指導者の指導や学習者の言語化が定量的な場合は関数化しやすいが（たとえば「90 度に肘を曲げる」「前方に 10 度に傾ける」など），抽象度の高い感覚的表現（たとえば「足裏で地面を感じる」「重心の移動を意識する」など）の場合には，パラメータによる関数化には工夫が必要となる．それには，次の 2 つの方法が考えられる．一つは，あくまで定量的な表現にこだわるのであれば，両者の感覚的表現に対して身体動作に関する解析のポイントを押さえて，厳密に計算を行う方法となる．もう一つは，感覚的表現に対してそれを意味空間と捉えて，指導者が期待する身体感覚に近い言葉と遠い言葉のトポロジーを決める方法である．この空間は，いくつかの独立した次元に整理でき，身体感覚の意味空間となる．意味空間の設定は，そのまま評価関数に反映するので，指導者と学習者の両者にとって参考になる空間モデルとなる．具体的な方法として，技を実践した学習者の言語報告に対して，指導者が定量的評価（たとえば 1〜5 点の 5 件法）を行う．評価に関しては，指導者の期待する身体感覚に近い言語表現ほど得点を与えることとする．この評価は定量的な数値であるため，関数化することが可能となる [23].

B 本稿で紹介した技の達人や賢人の紹介

掲載は本稿の記載順とし，敬称を略している．

B1 島田明徳

幼少時より武術修行に精励し，各種宗教的行法や，哲学・心理学などを学ぶ．その後，三峰派仙道の継承者である老師と出会い，仙道と古伝・陳式太極拳の本格的な修行に取り組み，奥義伝授を受ける．仙道と武術をベースとした新しい心身トレーニングによる人間観を提示している [20].

B2 茂呂隆，茂呂恵子

茂呂隆氏は，高校時代に少林寺拳法の門をたたき，空手などの武術に修練する．その後，島田明徳師に師事した．茂呂恵子氏は，大学時代より合気道を修練し，その他，杖道・なぎなた・居合道を学ぶ．茂呂隆氏と同じく，島田明徳師に師事した [21].

B3 為末大

高校卒業後，法政大学，大阪ガスへと進み，プロ陸上選手へ転向．世界大会において日本人初の 2 つのメダルを獲得し，オリンピックにも 3 大会連続出場を果たした [34].

B4 小野田大蔵

慶応義塾大学卒業後，仙道連に入連し，五千言坊玄通子師に師事．その後は，仙道修行に研鑽し，仙道の

奥義探求を志した．本書では，詳細に身体改革の方法論や具体的な実践方法が記されている [35].

B5　植芝盛平

合気道の開祖．古来の伝統諸武術・武道を進んで修得し，多くの門弟を輩出した．長い年月をかけて行に研鑽し，武道一筋に生き抜いた技は「神技」と評される．技の指導について,「技とは同じように見えても，実はたびごとに方向も速度も力も相違する．相手により，時と場合によって微妙に変化する．口での教えは，それを一つの型にはめてしまうことを嫌われていたようでした」と門弟に回想されている [37].

確率的な属性注目と反復消去：選択課題の汎用認知モデリング
Stochastic attention on attributes and iterated elimination: A generic cognitive modelling of selection tasks

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

概要
本研究では属性への確率的な注目と代替案の反復的消去を用いて意思決定者の認知プロセスをモデル化し，実際にコンピュータプログラムによるシミュレーション実験を行った．この結果，文脈効果やギャンブル比較のアノマリー例題の多くを基本的に一つのモデルで実験的に再現できる可能性があることが示された．

キーワード：確率的な属性への注目，反復消去，文脈効果，意思決定と推論のアノマリー

1. はじめに

選択肢がいくつかあって，その中から一つを選ぶような課題に対して，人々はどのような認知プロセスで候補を絞り込んだり，評価を下したりするのだろうか．意思決定者の認知プロセスの研究は，たんに選択結果を予測するだけではなく，意思決定者が環境のどの側面を注目したり注目しなかったりするか，またどのようにその最終判断に影響するのかを予測できる理論を必要とする．このような選択問題における属性への確率的な注目とそれによって代替案を絞り込む認知プロセスのことを，本論文では情報反応と呼ぶ．

より一般的な文脈においては，情報反応とは生体やソフトウェアロボットが環境の変化をシグナルとして察知し，実行できる行動を選んで適用できるかどうか素早く判断する状況適合を意味する．本研究では選択問題における情報反応を，次のような手続きの反復としてモデル化する．すなわち各時点である属性がランダムに注目され，その属性についての評価が許容されない，すなわちその属性にかんしてその時点で残っている他の代替案に対して何らメリットがないものを消去する．

また異なるジャンルのよく知られた例題に対して提案する手続きを適用する．条件文推論，消費者ブランド選択における文脈効果，ギャンブル選択（リスク選択），時間選択の４領域にわたって文献で報告されたアノマリー現象が再現されるか実験的に確かめる．

```
Function 反復消去( 代替案リスト, 属性リスト )
  候補リスト=代替案リスト;
  注目履歴=[ ];
  While 候補リスト=[ ] is false
    注目属性=類似性に基づく確率選択(属性リスト)
    削除リスト=非許容(注目属性, 候補リスト)
    候補リスト=remove(候補リスト, 削除リスト)
    注目履歴=append(注目履歴, 注目属性:削除リスト)
  If 先頭要素(注目履歴).length =1
    Return 先頭要素(注目履歴)
  Else Return ランダム選択(先頭要素(注目履歴))
```

図 1　確率的な反復消去アルゴリズム

本研究では，属性への確率的な注目に基づき選択する候補を絞り込むヒューリスティックな手続きを提案し，異なる複数の領域のサンプル例題に対して適用する．以下ではこれを反復消去アルゴリズムあるいは，たんに反復消去と呼ぶことにする．図 1 にその疑似コードを示す．サンプル例題は条件文推論[17]，消費者ブランド選択[2,6,9,10,12,14]，ギャンブル比較[1,3,4,7,8,15]，時間選択[11]という行動選択の４領域にわたる．

反復消去アルゴリズムへの入力は，与えられた選択問題の問題文章や図表から属性とその価値の組に変換された問題表現のデータである．提案する手法は多属性意思決定問題として述べられていない問題に対しても適用可能である．これについては，第 2 節で条件文推論の課題であるカード選択課題をモデル化する例を用いて説明したい．ここでは図 1 に示された手順を簡潔に説明しておこう．まず「候補リスト」にすべての属性がセットされ，そこから類似性を考慮して，ランダムに注目される属性が選ばれる．選択者が注目した属性は「注目履歴」に登録される．つぎに注目した属性と候補リストから，他の候補に比べて魅力のないものとして，非許容的な代替案を見つけて削除リストに追加する．候補リストから削除リストに挙がった候補を削除し，注目履歴に注目した属性とそれに基づいて

削除された候補を記録する．これをを候補リストが空になるまで繰り返す.

上で述べた手続きは，要するに非許容な代替案を見つけて消去できるような局所的な決定力をもった属性および分割の基準点を，その都度ランダムに選択する．注目履歴の先頭要素は，反復消去の最終期手前まで残った候補たちであり，もし単一の候補であればこれを最終選択とし，複数であればその中からランダム選択する．付録 A および付録 B に反復消去アルゴリズムのプログラムを掲載した（開発言語：SWI Prolog for Windows 64 bit version 8.2.1）．これらを実行することによって確率的注目を伴う反復消去の下での選択比率の予測値が実験的に得られる．ただし便宜的に反復の深さを 15 回に制限した．Prolog のバックトラック機能によって反復消去を自然にシミュレーションすることができる．また選択される代替案の比率は，すべてのバックトラック分岐点において等確率を仮定したときの理論分布と一致する．これは確率論理プログラミングないし点過程の一種として扱いうるが，本研究の分析結果に直接影響しないためこれ以上触れない.

ただし提案するアルゴリズムでは代替案間の類似性に依存したサンプリングの調整を行う．似ている代替案同士は似ていない代替案よりも頻繁に比較されるという経験的なルールである. 属性ベクトル間のノルムdの一次変換に反比例して，付録 A の最後方にある distribution_of_comparison 述語のバックトラック回数を調整する. その頻度は具体的には次の式(1)にしたがう.

$$\lfloor \alpha/(\beta+\gamma d) \rfloor \qquad (1)$$

ここで 3 つのパラメータは，標準的に α=2, β=0, γ=1 とする．なお式（1）は学習心理学や行動経済学においてマッチング法則として知られる.

以降の部分では，4 領域の行動選択問題に順次提案するモデルを適用する．第 2 節では推論課題の一種である Wason のカード選択課題におけるマッチングバイアスを再現する．第 3 節では消費者ブランド選択における文脈効果，いわゆるビッグスリー（魅力効果，妥協効果, 類似効果) に対して現象の再現にとどまらず，実証的な選択比率を再現する．両節を通じて反復消去の挙動が具体的に理解されるはずである．第 4 節ではとくにアノマリーの種類が多く知られるギャンブル比較の領域でのサンプル例題を集中的に実験する．また時間選択問題についてもとりあげる．また第 5 節では関連研究にふれる．最後に第 6 節で結論を述べる.

2. 認知モデルとしての反復消去の解釈

本節では Wason のカード選択課題として知られる例題をとりあげ，回答者の認知プロセスに対応して，図１の反復消去アルゴリズムがどのように適用され，そのパフォーマンスを再現するのか説明してみよう.

Wason のカード選択課題[17]は次のような論理的推論の問題である．机の上に 4 枚のカードが並べられ，それぞれのカードの各面にはアルファベットの文字と数字が記入されている. たとえば見えている文字が「E」「K」「４」「７」であるとする．実験参加者は，カードをめくって「もしカードの片面が母音ならば，もう一方の面は偶数でなければならない」というルールが正しいどうかを確かめる．ただし，調べる必要のないカードを裏返さないよう指示される．論理的には，このルールは前提 A（母音）と結論 C（偶数）とを結ぶ条件命題 A→C，つまり「もし A ならば C である」として理解され，その反例「A でありかつ C でない」を検出するためには，A のカードであるカード「E」および C の否定であるカード「７」を調べる必要がある．ところが，「７」を調べる回答者は極めて少なく，その正答率は 1 割程度とされる．誤答パタンの多くは母音の「E」のみか，偶数の「４」との組み合わせである．前提に一致するカードを選ぶ傾向は確証バイアスと呼ばれた．しかしルールが抽象的であっても，「もし A ならば C ではない」のように結論が否定表現されると正答率は大きく改善されることから，抽象的なルールでは前提と結論に直接対応するカードが選ばれやすいと考えられる．これはマッチングバイアスと呼ばれる．ちなみにマッチングバイアスは，意思決定心理学において選好逆転現象などのアノマリーを説明するために用いられた（尺度）両立可能性と呼ばれる仮説に対応している.

反復消去を適用すると，確証バイアスあるいはマッチングバイアスが再現される．アルゴリズムを適用する前に，カード選択課題の認知プロセスを計算的なメカニズムとして解釈しておこう. 回答者は１（調べる）または０（調べない）を割り当てる．全部で２の４乗，８通りの可能な回答パタンがあり，回答者はそのうちの一つを選ぶことで正解（利得１）を得る．この問題を解くため，回答者の心の中に，適切なメッセージプロセス, あるいはメカニズムが構成される. すなわち，まず問題文からルールを理解し，カード表面に書かれた文字を判読し，ルールに対してその違反を調べる必

要性を評価するための情報を得る．そしてこの情報に反応して回答パタンが決定される．

ここで Prolog プログラムの使い方も含めて，反復消去がどのようにコンピュータで自動実行されるのかについて簡単に説明しておこう．付録の Prolog プログラムではカード選択問題における選択対象を次の 5 つの事実節として表現する．

```
data( wst( 2 ), [ 0, 0, 1, 1 ], 'K' ).
data( wst( 2 ), [ 1, 10, 0, 0 ], 'E' ).
data( wst( 2 ), [ 1 ,0, 1, 0 ], '６' ).
data( wst( 2 ), [ 0, 10, 0, 1 ], '７' ).
data( wst( 2 ), [ 0, 0, 0, 0 ], '－' ).
```

上の各行，data(wst(2), [S, T, U, V], X)における S～V の４変数は属性ベクトル，各次元は（母音，偶数），（母音，奇数），（子音，偶数），（子音，奇数）という４種類のカードの可能な状態に対応する．属性値はカードを調べたときの期待利得と解釈し，また変数 X は回答者の選択に対応する．最後の'－'はいずれのカードも選択しないケースである．各行はデータの単位としての事実節として Prolog システムに登録される．

ユーザーがプロンプト?- の後に目標節を入力することはクエリー（質問）と呼ばれる．Prolog システムは目標節を証明できる事実を見つけ出す．

```
?- P=wason_selection_task(2), simulate_choices( P, [W], S, K, N, V ).
P = wason_selection_task(2),
W = S, S = '６',
K = 3552,
N = 20496,
V = 0.17330210772833723
```

セミコロン;を入力してバックトラックさせる．

```
P = wason_selection_task(2),
W = S, S = '７',
K = 2600,
N = 20496,
V = 0.12685402029664325 ;
P = wason_selection_task(2),
W = S, S = 'E',
K = 14344,
N = 20496,
V = 0.6998438719750195.
```

変数 W（＝S），K，N，V の意味はそれぞれ，カードのオモテ面，選択頻度，試行回数，選択率である．選択率は「E」が 70%，「６」が 17%，「７」が 13%，「K」が 0%である．

同じ例題についての，より率直な問題表現としては，属性値ベクトルをルールの前提と結論の成否に直接対応させる．

```
data( wst( 1 ), [ 0, 0 ], 'K' ).
data( wst( 1 ), [ 1, 1 ], 'E' ).
data( wst( 1 ), [ 1 ,0 ], '６' ).
data( wst( 1 ), [ 0, 0 ], '７' ).
data( wst( 1 ), [ 0, 0 ], '－' ).
```

以下のクエリーを実行すると，クエリー末尾の fail でバックトラックが強制されて， k 番目の属性 attr(k) に注目したときの各代替案（カード）ペア間の優劣比較がすべて書き出される．

```
?- P= wason_selection_task(1), compare_attribute( P, A, E, C ), nl, write( wst(1);A;E;C), fail.

wst(1);attr(1);eval(1,0);item(Ｅ>K)
wst(1);attr(1);eval(1,0);item(Ｅ>６)
wst(1);attr(1);eval(1,0);item(Ｅ>７)
wst(1);attr(1);eval(1,0);item(Ｅ> －)
wst(1);attr(2);eval(1,0);item(６>K)
wst(1);attr(2);eval(1,0);item(６>Ｅ)
wst(1);attr(2);eval(1,0);item(６>７)
wst(1);attr(2);eval(1,0);item(６> －)
false.
```

以下のクエリーを実行すると，反復消去の系列が一つ生成される．

```
?- P = wason_selection_task(1), [ _ : [ S ] | _ ] = T, elimination_wrt_attribute( P, T ).
P = wason_selection_task(1),
S = 'K',
T = [attr(1):['K'], attr(2):['E'], attr(1):['６'], attr(1):['７'], attr(1):[－]] .
```

候補リスト T には，反復消去のステップごとに注目された属性とそれによって消去された候補集合が，リストの左端に順次追加されていく．上の実行例では，３ステップ目までは 1 番目の属性が注目されて「E」と「K」が候補に残るが，４ステップ目で 2 番目の属性が注目されると「E」が消去されて，「K」が最終的に選択される．すべての注目経路をバックトラックさせている．付録 A の attr_trace 述語を用いると全注目経路を収集できる．バックトラックさせると，最終選択の比率は「E」と「６」が 29%，「K」と「７」および無選択が 14%ずつとなる．

3. 文脈効果

マーケターは消費者に対して売れるブランド品（ターゲット）を提供する役割を担う．マーケターは，魅力効果を含めたビッグスリーと呼ばれる典型的な３タイプの文脈効果を熟知する必要がある．これらは消費者ブランド選択における伝統的な理論（Luce モデル）と矛盾することから，計量マーケティングや意思決定心理学においてその代替理論が提案された．

消費者ブランド選択は，より一般的に多属性意思決定問題の一種であり，代替案（ブランドアイテム）は複数の次元からなる属性値の組として評価されると仮定され，評価の高いものがより選択されやすいものと予測される．ビッグスリーと呼ばれる現象は，実験的に想定される以下のような状況である．ターゲットと拮抗する市場シェアを持つ競合品に対し，おとり商品（デコイ）を２次元の属性空間のある位置に投入すると，ターゲットの相対的魅力が増す．１）おとりを投入するターゲットから見て劣った位置に追加する，２）ターゲットを中間位置になるように両製品を結ぶ延長線上におとりを追加する．３）おとりを競合品の近くに追加してそのシェアを奪わせる．それぞれ１は魅力効果，２は妥協効果（あるいは折衷効果），３は類似効果と呼ばれる．

魅力効果の例における属性への注目と反復消去の系列を具体的に説明しよう．属性空間は値引の程度と品質の高さという 2 次元の値の組として表現され，消費者はこの情報に反応して選択を行うと仮定する．例として，例えば X：値引率，Y：品質とし，また３ブランドの評価値ペア（X, Y）がそれぞれ A：（２割値引，中品質），B：（定価，極上），C：（1 値割引，高品質）とする．マーケッターは B をターゲットとして競合品 A よりも多く売りたい．消費者の参照点 a_0 が「０割引」とすると，時点ｔ＝１で「値引」が注目されたとき，おとり商品 C は消去され，A と B が残る．続いてｔ＝２でも再び「値引」が注目されたとすると A が最後に残る．しかしｔ＝２で「品質」が注目され，参照点が「高品質」とすると最後に B が残る．一方もしｔ＝１で「品質」が注目されると，残るのは B と C になり，ｔ＝２で「品質」あるいは「値引」のいずれが注目されても，B が選ばれる（図２も参照）．ちなみに B だけには劣った選択肢 C がある（つまり C は B に対して局所的に非許容的である）とき，B がより選ばれやすくなる．

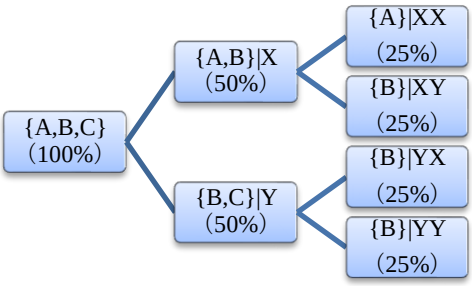


図２　魅力効果を再現する属性注列とその確率

図２は属性の注目順序（縦棒の右側）の下で残った代替案集合（縦棒の左側）を表す．注目される属性が等確率で選ばれると仮定すると，A の選択確率は 25%，B は 75%，C は 0%となり，魅力効果が再現される（図２参照）．類似効果は妥協効果と属性評価順序が同じであるため，順序だけでは再現できない．そこで代替案の類似性を反映してモデルを修正する．付録 D にこのアイディアを実行する Prolog プログラムを示した．反復消去はこのアイディアを精密化し，かつ文脈効果以外にも適用できるように一般化したものである．

表１　文脈効果のサンプルデータ

	ターゲット	競合品	おとり
魅力効果	4, 8	8, 4	2, 6
妥協効果	7, 4	5, 6	3, 8
類似効果	8, 3	3, 8	4, 7

表 1 に文脈効果の数値例を示す．また表 2 として付録 A と付録 B に掲載した実験用プログラムを用いて，文脈効果を再現した実験結果をまとめておく．

表２　シミュレーション実験の結果†

	ターゲット	競合品	おとり
魅力効果	68.2%	31.8%	0%
妥協効果	36.4%	31.8%	31.8%
類似効果	39.1%	26.1%	34.8%

† 式(1)のパラメータは$\alpha = 2, \beta = 0, \gamma = 1$とし，prolog のバックトラックによって系統的サンプリングを行った．

図 3　ビッグスリーのシミュレーション実験

図 3 は Web 上の Prolog 処理系である SWISH Prolog 上で実際に文脈効果のシミュレーション実験を行った画面である

最後に，両極の代替案 A と B を固定し，C の位置を変化させたときに優勢になる代替案のフェイズダイヤグラムを図 4 に示す（文献[2]の図 13 と比較されたい）．

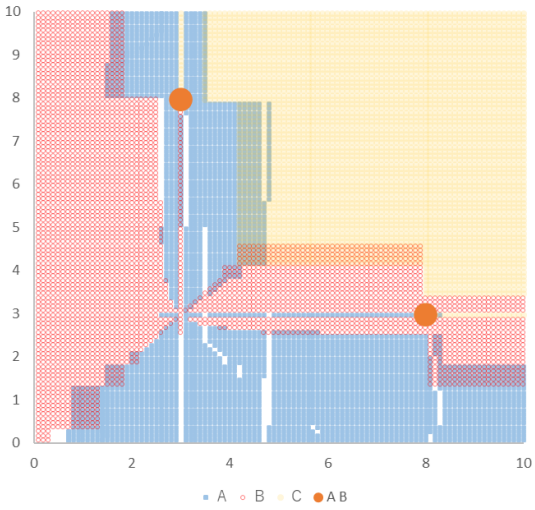


図 4　おとりの追加位置と文脈効果

4.　ギャンブル比較，時間選択

本節では 4 領域からギャンブル比較に焦点を絞り，サンプル例題を集中的に採取する．ギャンブル比較では代替案はすべて可能な賞金金額とその確率を組み合わせたものである．実験では問題ごとに金額，確率，金額と確率の乗算（期待値），参照点およびこれらの順序といった属性へのマッピングを工夫した．またいずれも二択問題であるので，参照点として非選択に相当する第 3 の代替案を設定した（詳細は付録 C を参照されたい）．

実験に用いるサンプル例題は以下の通りである．

イ）　common_ratio_effect：アレの背理[1]
ロ）　common_consequence_effect：アレの背理[1]
ハ）　reflection_effect：鏡映効果[7]
ニ）　possibility_effect：可能性効果[7]
ホ）　isolation_effect：孤立効果[7]
ヘ）　ellsberg_paradox：エルズバーグの背理[4]
ト）　branch_splitting_effect：事象分岐効果[3]
チ）　preference_reversals: 選好逆転現象[8]
リ）　framing_effect: フレーミング効果[15]
ヌ）　time_preference: 現在バイアス[11]

最後の例題を除くといずれも人々の典型的な選択パタンが期待効用最大化の仮定に矛盾する．これらは従来それぞれ機序の異なるアノマリーとして論じられてきた．たとえばアレの背理（確実性効果と共通比による確率縮小あるいは共通結果削除による確実性効果の消失），鏡映効果，可能性効果などは，独立性公理への違反だが，エルズバーグの背理は確率のあいまい性を嫌う傾向，孤立効果は二段階クジにおける疑似的な確実性効果である．現在バイアスは，ギャンブル比較ではなく，報酬に時間遅れがある選択問題におけるアノマリーであり，指数割引と矛盾する（双曲割引を示す）が，その逸脱パタンはギャンブル比較のアノマリーのそれと対応する[11]. 表 3 に反復消去アルゴリズムを用いた実験結果をまとめた．

表 3　ギャンブル比較のアノマリーの実験結果

分類	問題データ識別名	代替案1	選択率1	格差1	代替案2	選択率2	格差2	代替案3	選択比率3	λ
イ	common_ratio_effect(1)	40/112	35.7%		72/112	64.3%	0.043			1.03
イ	common_ratio_effect(2)	40/80	50.0%	-0.1	40/80	50.0%				0.08
ロ	common_consequence_effect(1)	40/112	35.7%		72/112	64.3%	0.043			1.03
ロ	common_consequence_effect(2)	40/80	50.0%	-0.1	40/80	50.0%				0.08
ハ	reflection_effect(1)	72/112	64.3%	0.043	40/112	35.7%				1.03
ハ	reflection_effect(2)	40/112	35.7%		72/112	64.3%	0.043			1.03
ニ	possibility_effect(1)	40/96	41.7%		56/96	58.3%	-0.217			0.91
ニ	possibility_effect(2)	72/2108	3.4%	-0.566	2036/2108	96.6%				-1.04
ニ	possibility_effect(3)	40/112	35.7%		72/112	64.3%	-0.217			1.00
ニ	possibility_effect(4)	72/16108	0.4%	-0.566	16036/16108	99.6%				-1.15
ホ	isolation_effect(1)	80/120	66.7%	0.067	40/120	33.3%				1.04
ホ	isolation_effect(2)	40/108	37.0%		68/108	63.0%	0.03			1.03
ホ	isolation_effect(3)	40/108	37.0%		68/108	63.0%				1.00
ヘ	ellsberg_paradox(1)	72/156	46.2%	-0.138	84/156	53.8%				-0.53
ヘ	ellsberg_paradox(2)	60/144	41.7%		84/144	58.3%	-0.017			0.94
ヘ	ellsberg_paradox(3)	72/156	46.2%	-0.138	84/156	53.8%				-0.53
ヘ	ellsberg_paradox(4)	60/144	41.7%		84/144	58.3%	-0.017			0.94
ト	preference_reversals(1)	32/80	40.0%	-0.2	24/80	30.0%		24/80	30.0%	0.73
ト	preference_reversals(2)				56/84	66.7%	0.067	28/84	33.3%	1.00
チ	branch_splitting_effect(1)	40/112	35.7%		72/112	64.3%	-0.087			1.00
チ	branch_splitting_effect(2)	112/152	73.7%	-0.203	40/152	26.3%				1.00
チ	branch_splitting_effect(3)	72/112	64.3%	-0.097	40/112	35.7%				1.00
チ	branch_splitting_effect(4)	8/24	33.3%		16/24	66.7%	0.047			1.01
リ	framing_effect(1)	84/124	67.7%	-0.043	40/124	32.3%				1.00
リ	framing_effect(2)				144/144	100.0%	0.22			1.00
ヌ	time_preference(1)	56/104	53.8%	0.138	24/104	23.1%		24/104	23.1%	2.61
ヌ	time_preference(2)	32/80	40.0%		24/80	30.0%	-0.3	24/80	30.0%	-0.63
ヌ	time_preference(3)	112/264	42.4%	-0.176	40/264	15.2%		112/264	42.4%	1.00
ヌ	time_preference(4)	40/152	26.3%				-0.6	112/152	73.7%	-0.99

表 3 の各行はそれぞれの例題のモデル識別名であり，各列に 3 代替案の相対的選択頻度（分数）とそのパーセントのデータが示される．空白部分はゼロ件であり，その代替案の選択データは生成されなかったことを示す．カッコ中の数値が 1 と 2，または 3 と 4 の行ペアで代替案 1 と代替案 2 の間の選択率の大小が逆転するパタンがアノマリー，つまり理論モデルへの違反である．ニ以外で識別名のカッコ内が 3 や 4 である行は，属性マッピングを変更した同じ例題のモデルである．

また実験では文献を参考に再現目標となる選択率を設定した．典型的とされた回答については表 3 の乖離の列に実験で得られた相対選択率δから目標値γを引いた差δ－γを示した．表 3 末尾の列λは，選択率 50%を帰無仮説としてベルヌーイ試行 100 回のときの片側累積確率の比，P（δ＋非選択率×0.5）/ P（γ）である．λの大きさはモデルの適合の直観的な目安となる．λ＝1 の近くは実証値がよく近似され，λ＜1 のときはより帰無仮説に近く，λ＞1 のときはバイアスをより強く予測する．λ＜0 のときは選択傾向の予測に失敗している．表 3 からわかるように，ニ（可能性効果）とヌ（現在バイアス）の 2 と 4，ヘ（エルズバーグ背理）の 1 と 3 でλが負であるが，選択変化の傾向は再現されている．またヌでは多数派は時間整合という実証的事実と符合する．それ以外はおおむね良い．ニについては確率が小さく反復回数が突出しており，類似度のカットオフ閾を 0 から 0.01 に変更することによって近似が改善する（λ =0.91, 1.03, 1.00, 1.00）.

```
?- stat_choice( possibility_effect( _ ) ).
fit: 1.000 [4/4]
possibility_effect(1);A;40/96 [0.417]
possibility_effect(1);B;56/96 [0.583] Dif:-0.217
possibility_effect(2);A;72/112 [0.643] Dif:0.043
possibility_effect(2);B;40/112 [0.357]
possibility_effect(3);A;40/112 [0.357]
possibility_effect(3);B;72/112 [0.643] Dif:-0.217
possibility_effect(4);A;72/112 [0.643] Dif:-0.087
possibility_effect(4);B;40/112 [0.357]
true.
```

類似度のカットオフは，いわば排斥項付の結合エネルギー（LJ ポテンシャル）の簡便な代用である.

5. 関連研究

確率的選択モデルは，意思決定論ではランダム効用とも呼ばれ，Luce によって公理化された．McFadden によってマーケティング分野や交通工学へ応用されロジットモデルとして計量分析者の間でおなじみである．学習心理学において数学的に同等のモデルは古くは Thurstone によって，後に Herrnstein らによってマッチング法則として論じられた．後者は時間割引のアノマリーである現在バイアスを再現する（双曲型割引）．それゆえ魅力効果はマッチング法則の違反でもある．これはブランドから感じる魅力は単純に代替案の評価値に対する反応ではないことを示唆する.

確率的な属性への注目を通じて代替案を消去する多属性意思決定モデルとしては，Tversky らによって提案された属性による消去（elimination by aspects; EBA）が知られている[14]．EBA は文脈効果の研究の先駆けとなった． EBA では情報反応（属性へのランダム注目）にかんしてはマッチング法則（Luce の公理）が成り立つ．本論文の提案するモデルは属性に確率的に注目して反復消去を行うことと，類似性に依存して比較頻度が修正されるという点では，EBA と発想を同じくする．しかし EBA では類似効果を再現できるが魅力効果や妥協効果を再現できない．反復消去はビッグスリーをその実証比率まで正確に予測することができる.

Tversky, Sattath, and Slovic[16]は反復消去に似たヒューリスティック手続きを考察しており，またその心理学的要因を検証している． 2 案の評がバランスするよう未定の属性値を埋める手続き（マッチング）と比べて，代替案を選択する手続きでは優先的に注目された属性が決定を左右する傾向が強まる．その結果として手続き不変性に違反する．これはプロミネンス仮説と呼ばれ，両立可能性の特殊ケースである.

反復消去アルゴリズムは，特定の属性に注目する傾向を持ったエージェントの集合体を考え，エージェントのランダム選択をメッセージとし，選択対象の集合を絞り込むような情報反応あるいはそれを引き起こす認知的なメカニズムとして解釈されうる．意識的な情報処理が省かれるという観点では，限定された合理性（bounded rationality）のモデルを提供する．分散化された認識行動サイクルでは，エージェントの行動が，他のエージェントを含む環境の残りの部分へのメッセージとなり，情報反応の連鎖が引き起こされる．このような分権化（decentralization）されたメカニズムは，ゲーム理論やマルチエージェントシステムの AI 研究でよく研究されており，意思決定の認知モデル化にも応用されている.

ちなみに投票理論[13]において反復消去手続きは，ヘア(Hare)方式と呼ばれる．情報反応モデルは，その単純なバージョンとして，意思決定者の認知プロセスを単一のエージェントからなるメカニズムの下で説明するが，これをエージェントの集団による組織的メカニズム，あるいは「心の社会」へと自然に拡張することができる．ちなみに VAMP モデル[2]ではビッグスリーの再現のため Saari の投票方式を用いる．すでに述べたように，類似性を考慮したランダム生成を，推移性を保

つようにするだけでビッグスリーは再現される．つまりCondorcet方式でも同様に可能である．安定結婚問題を解く遅延受入れ方式（deferred acceptance），いわゆるDA アルゴリズム[5]はブロッキングペアを見つけて反復消去する．安定結婚問題における「男性」を「注目属性」，「女性」を「消去候補」と読み替えることで，反復消去の分権化されたバージョンが得られる．

6. 結論

本研究では属性への確率的な注目と代替案の反復的消去を用いて意思決定者の認知プロセスのモデル化を提案し，4領域計14のアノマリーに対して実証的な回答傾向を予測できるか検証した．

反復消去アルゴリズムでは注目属性と消去候補がランダム選択される．類似性によるバックトラック頻度調整（(1)式）以外に心理学的なバイアスが入り込む余地はない．このことは次のような率直な疑問を投げかける．心理学者や行動経済学者らがバイアスと呼んでいるものの多くは，本質的にランダムなノイズと区別できないのではないか．反復消去アルゴリズムは，これらの選択問題の領域ごとに考案されたあらゆる特殊モデルに対し，いわば洗練された帰無仮説を提起するという意味において認知モデルとしての汎用性をもつ．またそこからもう一つの疑問が呈される．すなわち認知プロセスの基本的なアルゴリズムは領域固有的に進化した集合体ではなく，単一的であり，問題タイプや行為の状況に応じて問題の表象の仕方が管理されているのではないか．

本研究で提案されたモデルはあくまで萌芽的であり，予測の当てはまりは限定的である．消去において切断する集合に再注目を許すと若干の改善が得られるが，計算効率が悪い．また限られた少数の例題に適用したにとどまる．例えばモンティホール問題のような確率判断の領域のアノマリーは本研究で論じられなかった．これについては読者の練習とされたい．またこれは属性値ベクトルのマッピングがアドホックであることと関連する．属性マッピングを系統化してより多くの例題に適用したとき，精度だけでなく，多様な表象方法の下でも予測が大きくぶれないことが期待される．この観点での表象安定性は，規範的な意思決定モデルの手続き不変性と対比されよう．また，提案されたモデルでは同一意思決定者内での一貫性と他の課題への転移可能性を論じていない．バックトラックの制限（Prologのカット演算のようなもの）を個人間に分散させる解釈は可能だが，被験者間アンサンブルが等確率の事前分布に一致することを説明する必要が生じる．こうした課題を残しつつ，反復消去による認知的メカニズムを探求する意義はあろうかと思われる．

文献

[1] Allais, M. (1953) “Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine”, *Econometrica*, 21, 503–546.

[2] Bergner, A. S., Oppenheimer, D. M., & Detre, G. (2019). VAMP (Voting Agent Model of Preferences): A computational model of individual multi-attribute choice. *Cognition*, 192, 103971. doi: 10.1016/j.cognition.2019.05.008

[3] Birnbaum, M. H. (2008). New paradoxes of risky decision making. *Psychological Review*, 115(2), 463–501. doi: 10.1037/0033-295X.115.2.463

[4] Ellsberg, D. (1961). Risk, ambiguity, and the Savage axioms. *The Quarterly Journal of Economics*, 75(4), 643-669. doi: 10.2307/1884324

[5] Gale, D. and Shapley, L.S. (1962) . College admissions and stability of marriage, *The American Mathematical Monthly* 69, 9-15.

[6] Huber, J. W., Payne, and C. Puto (1982). Adding asymmetrically dominated alternatives: violations of regularity and the similarity hypothesis, *Journal of Consumer Research*, 9 (1): 90-98.

[7] Kahneman, D., and Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291. doi: 10.1017/CBO9780511609220.014

[8] Lichtenstein, S., & Slovic, P. (1971). Reversals of preference between bids and choices in gambling decisions. *Journal of Experimental Psychology*, 89(1), 46-55. doi: 10.1037/h0031207

[9] Noguchi, T., & Stewart, N. (2018). Multialternative decision by sampling: A model of decision making constrained by process data. *Psychological Review*, 125(4), 512–544. doi:10.1037/rev000010

[10] Roe, R. M., Busemeyer, J. R., & Townsend, J. T. (2001). Multialternative decision field theory: A dynamic connectionist model of decision making. *Psychological Review*, 108, 370–392.

[11] Prelec, D., and Loewenstein, G. (1991). Decision making over time and under uncertainty: A common approach. *Management Science*, 37(7), 770-786. doi: 10.1287/mnsc.37.7.770

[12] Simonson, I. and Tversky, A. (1992). Chioce in context: tradeoff contrast and extremeness aversion. *Journal of Marketing Research*, 29: 281-295.

[13] Taylor, A. D. (2005). Social Choice and the Mathematics of Manipulation. Cambridge University Press.

[14] Tversky, A. (1972). Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review*, 79(4): 281-299.

[15] Tversky, A., and Kahneman, D. (1981). The Framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211 (4481): 453–58. doi: 10.1126/science.7455683

[16] Tversky, A., Sattath, S., and Slovic, P. (1988). Contingent weighting in judgment and choice. Psychological Review, 95(3), 371–384. doi:10.1037/0033-295X.95.3.371

[17] Wason, P. C. (1966). "Reasoning". In Foss, B. M. *New Horizons in Psychology*, Vol. 1, Harmondsworth: Penguin, pp.135-151.

付録 A. 反復消去の Prolog プログラム

```
choice_problem( context( A ), "文脈効果のビッグスリー" ):-
                A = attraction_effect;
                A = compromise_effect;
                A = similarity_effect.
item_list( context( A ), [ 'A', 'B', 'C' ] ):- choice_problem( context( A ), _ ).
choice_item( P, X ):-
                choice_problem( P, _ ),
                item_list( P, A ),
                member( X, A ).
brand(attraction_effect,[8,4],'A').
brand(attraction_effect,[4,8],'B').
brand(attraction_effect,[2,6],'C').
brand(compromise_effect,[7,4],'A').
brand(compromise_effect,[5,6],'B').
brand(compromise_effect,[3,8],'C').
brand(similarity_effect,[8,3],'A').
brand(similarity_effect,[3,8],'B').
brand(similarity_effect,[4,7],'C').
branch( context( A ), Pos, Item ):-    brand( A, Pos, Item ).
branch( Issue, Pos, Item ):-    data( Issue, Pos, Item ).
compare_attribute( Problem, attr(J), eval(P, Q), item(K > M) ):-
                branch( Problem, X, K ),
                branch( Problem, Y, M ),
                nth1( J, X, P ),
                nth1( J, Y, Q ),
                0 < P - Q.
attribute( attr(1) ).
attribute( attr(2) ).
merit_on_attribute( P, Attr, X, Y, I, J ):-
                attribute( Attr ),
                member( I, X ),
                member( J, Y ),
                compare_attribute( P, Attr, _, item( I > J ) ).
limit_tree_length( 15 ).
constraint_on_limit_tree_length( B ):-
                limit_tree_length( L ),
                length( B, K ),
                K < L.
exclusive_in_groups_if_gamble_branches( X, _ ):-
                ¥+ member( _: _: _, X ),
                !.
exclusive_in_groups_if_gamble_branches( X, Y ):-
                findall( J, member( J: _: _, X ), A ),
                findall( J, member( J: _: _, Y ), B ),
                intersection( A, B, C ),
                ( K =1, C = [ ] -> between( 1, K, _ ) ; true ).
list_projection( [ ], [ ], [ ]).
list_projection( [ 0 | A ], [ _ | Y ], Z ):- list_projection( A, Y, Z ).
list_projection( [ 1 | A ], [ X | Y ], [ X | Z ] ):- list_projection( A, Y, Z ).
take_or_leave_function( A, _, X, _, Y ):-
                list_projection( _, A, X ), subtract( A, X, Y ).
divided_into_two_wrt_attr( P, H, Attr, X, Y ):-
                take_or_leave_function( H, _, X, _, Y ),
                X ¥= [ ],
                exclusive_in_groups_if_gamble_branches( X, Y ),
                attribute( Attr ),
                ¥+ merit_on_attribute( P, Attr, X, Y, _, _ ).
elimination_wrt_attribute( _, [ ], [ H | B ], [ H | B ] ):- H = _ : [ _ ].
elimination_wrt_attribute( P, A, B, C ):-
                constraint_on_limit_tree_length( B ),
                divided_into_two_wrt_attr( P, A, D, X, Y ),
                distribution_of_comparison( P, D, X, _ ),
                elimination_wrt_attribute( P, Y, [ D : X | B ], C ).
elimination_wrt_attribute( P, T ):-
                choice_problem( P, _ ),
                findall( X, (
                  choice_item( P, X ), ¥+ ¥+ branch( P, _, X )
                ), A ),
                elimination_wrt_attribute( P, A, [ ], T ).
distances_in_item_list( P, D, X, L ):-
                choice_problem( P, _ ),
                attribute( D ),
                findall( E, (
                  compare_attribute( P, D, eval( U, V ), item( A > B ) ),
                  subset( [ A, B ], X ),
                  E is U - V
                ), L ).
average_distance_in_item_list( P, D, X, V ):-
                distances_in_item_list( P, D, X, U ),
                sum_list( U, T ),
                length( X, K ),
                V is T / K.
:- dynamic model_parameters/1.
model_parameters( [ 2, 0, 1 ] ).
repetition( N ):- between( 1, N, _ ).
distribution_of_comparison( P, D, X, _H ):-
                average_distance_in_item_list( P, D, X, V ),
                model_parameters( [ Prm1, Prm2, Prm3 ] ),
                Q0 is ( Prm2 + Prm3 * V ),
                %( ( V = 0.0; Q0 = 0 )    -> K = 0
                ( ( V < 0.01; Q0 = 0 )    -> K = 0
                ; K is integer( Prm1 / Q0 )
                ),                F is max( 1, K ),
                repetition( F ), !.
distribution_of_comparison( _, _, _, 1 ).
```

```
%各代替案が選出されるすべての注目経路を調べて集計する.
attr_trace(P):-
      findall( S;T, (
                  elimination_wrt_attribute( P, T ),
                  [ _ : [ S ] | _ ] = T
      ), L ),
      bagof( 1, member( S;T, L ), F ),
      length( F, N ),
      tab(2),
      writeln( S; T; N ),
      fail; true.

/* デモ実行：
?- P = context(attraction_effect), attr_trace(P).
    A;[attr(1):[A],attr(1):[B],attr(1):[C]];8
    A;[attr(1):[A],attr(1):[B,C]];6
    A;[attr(2):[A],attr(1):[B],attr(1):[C]];8
    A;[attr(2):[A],attr(1):[B,C]];6
    B;[attr(1):[B],attr(1):[C],attr(2):[A]];8
    B;[attr(1):[B],attr(2):[A],attr(1):[C]];8
    B;[attr(1):[B],attr(2):[A,C]];6
    B;[attr(1):[B],attr(2):[C],attr(2):[A]];8
    B;[attr(2):[B],attr(1):[C],attr(2):[A]];8
    B;[attr(2):[B],attr(2):[A],attr(1):[C]];8
    B;[attr(2):[B],attr(2):[A,C]];6
    B;[attr(2):[B],attr(2):[C],attr(2):[A]];8
P = context(attraction_effect).
?-
*/
```

付録 B. 実験用スクリプト

```
simulate_choices( P, W, S, K, N, V ):-
                choice_problem( P, _ ),
                findall( P; S, (
                  elimination_wrt_attribute( P, T ),
                  [ _ : [ S ] | _ ] = T
                ), L ),
                length( L, N ),
                member( S, W ),
                bagof( 1, member( P; S, L ), U ),
                length( U, K ),
                V is K / N.
rating_fitness( L, M, K, N ):-
                findall( 1, ( member( [ Y | _ ], L ), Y == 1 ), A ),
                length( A, M ),
                findall( 1, ( member( [ Y | _ ], L ), Y == 0 ), B ),
                length( B, K ),
                N is M + K.
rating_fitness( L, M / N = F ):-
                rating_fitness( L, M, K, N ),
                N > 0, !, F is M / ( M + K ),
                format( 'fit: ~3f', F ), tab( 1 ), write( [ M / N ] ).
rating_fitness( _, _ ).
evaluate_prediction( thres( Thres ), V, D, Y ):-
                D is V - Thres,
                ( D < 0 -> Y = 0 ; Y = 1 ).
evaluate_prediction( P, 'B', V, D, Y ):-
                P = context( attraction_effect ),
                evaluate_prediction( thres( 0.6 ), V, D, Y ).
evaluate_prediction( P, 'B', V, D, Y ):-
                P = context( compromise_effect ),
                evaluate_prediction( thres( 0.35 ), V, D, Y ).
evaluate_prediction( P, 'A', V, D, Y ):-
                P = context( similarity_effect ),
                evaluate_prediction( thres( 0.35 ), V, D, Y ).
evaluate_prediction( P, X, V, D, Y ):-
                P ¥= context( _ ),
                evaluate_prediction_x( P, X, V, D, Y ).
evaluate_prediction( _, _, _, _, _ ).
evaluate_predictions( Z, W, L ):-
    findall( [ Y, S, P, K, N, V, D ], (
                member( P, Z ),
                simulate_choices( P, W, S, K, N, V ),
                once( evaluate_prediction( P, S, V, D, Y ) )
    ), L ).
write_error_term( S, D, Y ):-
                ¥+ ( S = option( K ), K ¥= 2 ),
                ¥+ var( Y ), format( ' Dif:~3f', D ), Y == 0, write( * ), !.
write_error_term( _, _, _ ).
write_prediction_fitness_for_each_branch( L ):-
                member( [ Y, S, P, K, N, V, D ], L ),
                nl, write( P; S; K/N ), tab(1),    format( '[~3f]', V ),
                write_error_term( S, D, Y ).
stat_choices( Z, W ):-
                evaluate_predictions( Z, W, L ),
                rating_fitness( L, _ ),
                write_prediction_fitness_for_each_branch( L ),
                fail.
stat_choices( _, _ ).
stat_choice( A ):- stat_choices( [ A ], [ _ ] ).
```

付録 C. 選択問題の属性表現データ

```
%data( common_ratio_effect,[q$z, $x,$y,p$x],_).
data( common_ratio_effect( 1 ),[0, 400,  0, 80],'A').
data( common_ratio_effect( 1 ),[20, 300,300,100],'B').
data( common_ratio_effect( 1 ),[0, 0,0,0],'C').
data( common_ratio_effect( 2 ),[75, 400,0,20],'A').
data( common_ratio_effect( 2 ),[80, 300,0,25],'B').
data( common_ratio_effect( 2 ),[0, 0,0,0],'C').
%data( common_consequence_effect,[q$z,$x,$y,$z,p$x],_).
data( common_consequence_effect( 1 ),[0, 500,100,  0, 10],'A').
data( common_consequence_effect( 1 ),[1, 100,100,100,100],'B').
data( common_consequence_effect( 1 ),[0, 0,0,0,0],'C').
data( common_consequence_effect( 2 ),[89, 500,0,0,10],'A').
data( common_consequence_effect( 2 ),[90, 100,0,0,11],'B').
data( common_consequence_effect( 2 ),[0, 0,0,0,0],'C').
%data( reflection_effect,[$x, -p$x, $y, p$y],_).
data( reflection_effect( 1 ),[ -400, -80, 0, 20 ],'A').
data( reflection_effect( 1 ),[ -300,-100, 0, 0 ],'B').
data( reflection_effect( 1 ),[ -600,-100, 0, 0 ],'C').
data( reflection_effect( 2 ),[ -400, -20, 0, 80],'A').
data( reflection_effect( 2 ),[ -300, -25, 0, 75],'B').
data( reflection_effect( 2 ),[ -400, -100, 0, 0],'C').
%data( possibility_effect,[$x, p$x, $y, p$y],_).
data( possibility_effect( 1 ),[400, 0.80,  0, -0.20],'A').
data( possibility_effect( 1 ),[300, 1.00,  0, -0.00],'B').
data( possibility_effect( 1 ),[0, 0, 0, 0],'C').
data( possibility_effect( 2 ),[400, 0.008, 0, -0.992],'A').
data( possibility_effect( 2 ),[300, 0.010, 0, -0.990],'B').
data( possibility_effect( 2 ),[300, 0, 0, -1],'C').
%data( possibility_effect,[$x, p$x, $y, p$y],_).
data( possibility_effect( 3 ),[6000, 0.45,  0, -0.55],'A').
data( possibility_effect( 3 ),[3000, 0.90, 0, -0.10],'B').
data( possibility_effect( 3 ),[0, 0, 0, 0],'C').
data( possibility_effect( 4 ),[6000, 0.001,  0, -0.999],'A').
data( possibility_effect( 4 ),[3000, 0.002, 0, -0.998],'B').
data( possibility_effect( 4 ),[3000, 0, 0, -1],'C').
%data( isolation_effect,[$x, $y1, p$y1, $y2, q$y2],_).
data( isolation_effect(1), [1000, 1000, 0.50, 0, 0.00],'A').
data( isolation_effect(1), [1000,  500, 1.00, 0, 0.50],'B').
data( isolation_effect(1), [0, 0, 0, 0, 0],'C').
%data( isolation_effect,[$x+y1, p$y1, $x+y2, q$y2],_).
data( isolation_effect(2), [1000 +1000, 0.50, 1000+0, 0.00],'A').
data( isolation_effect(2), [1000 +500, 1.00, 1000+0, 0.50],'B').
data( isolation_effect(2), [0, 0, 0, 0],'C').
%data( isolation_effect,[$x+y1, p$y1, $x+y2, q$y2],_).
data( isolation_effect(3), [1000 +1000, 0.50, 1000+0, 0.00],'A').
data( isolation_effect(3), [1000 +500, 1.00, 1000+0, 0.50],'B').
data( isolation_effect(3), [1000 +0, 0, 0, 0],'C').
%data( ellsberg_paradox,[Pmax$, Pmin$, $red, $yellow, $blue],_).
data( ellsberg_paradox(1), [1/3, 1/3, 1000, 0, 0],'A').
data( ellsberg_paradox(1), [2/3, 0, 0,  1000, 0],'B').
data( ellsberg_paradox(1), [0, 0, 0, 0, 0],'C').
data( ellsberg_paradox(2), [1, 1/3, 1000, 0, 1000],'A').
data( ellsberg_paradox(2), [2/3, 2/3, 0,  1000, 1000],'B').
data( ellsberg_paradox(2), [0, 0, 0, 0, 0],'C').
%data( ellsberg_paradox,[P$1max/min, $1, Q$2max/min],_).
data( ellsberg_paradox(3), [1/3, 1/3, 1000, 1/3, 1],'A').
data( ellsberg_paradox(3), [2/3, 0, 1000, 2/3, 2/3],'B').
data( ellsberg_paradox(3), [0, 0, 0, 0, 0 ],'C').
data( ellsberg_paradox(4), [1/3, 1, 1000,  1/3, 1/3 ],'A').
data( ellsberg_paradox(4), [2/3, 2/3, 1000, 1/3, 2/3],'B').
data( ellsberg_paradox(4), [0, 0, 0, 0, 0],'C').
%data( framing_effect,[結果1, Pr$結果1, 結果2, Pr$結果2],_).
data( framing_effect( 1 ),[ 200, 1,  0,  0 ],'A').
data( framing_effect( 1 ),[ 600, 1/3, 0, 2/3 ],'B').
data( framing_effect( 1 ),[ 0, 0, 0, 0 ],'C').
data( framing_effect( 2 ),[ -400, -1, 0, 0 ],'A').
data( framing_effect( 2 ),[ 0, 1/3, -600, -2/3 ],'B').
data( framing_effect( 2 ),[ -400, -1, -600, -1 ],'C').
%data( branch_splitting_effect( 1 ),[$96,$90,$14,$12],_).
data( branch_splitting_effect( 1 ),[90,0,5,5],'A').
data( branch_splitting_effect( 1 ),[85,5,0,10],'B').
data( branch_splitting_effect( 1 ),[0,0,0,0],'C').
%data( branch_splitting_effect( 2 ),[$96,$96,$90,$14,$12,$12],_).
data( branch_splitting_effect( 2 ),[85,5,0,5,5,0],'A').
data( branch_splitting_effect( 2 ),[85,0,5,0,5,5],'B').
data( branch_splitting_effect( 2 ),[0,0,0,0,0,0],'C').
%data( branch_splitting_effect( 3 ),[$100,$50,$7],_).
data( branch_splitting_effect( 3 ),[80,20,0],'A').
data( branch_splitting_effect( 3 ),[95,0,5],'B').
data( branch_splitting_effect( 3 ),[0,0,0],'C').
%data( branch_splitting_effect( 4 ),[$100,$100,$50,$50,%7],'G1').
data( branch_splitting_effect( 4 ),[80,0,15,5,0],'A').
data( branch_splitting_effect( 4 ),[80,15,0,0,5],'B').
%data( preference_reversals,[$x, $y, p$x],_).
data( preference_reversals( 1 ),[4 * 99, -4 * 1],'A').
data( preference_reversals( 1 ),[16 * 33, -2 * 67],'B').
data( preference_reversals( 1 ),[0, 0],'C').
data( preference_reversals( 2 ),[4, -4, 99, 67],'A').
data( preference_reversals( 2 ),[16, -2, 33, 1],'B').
data( preference_reversals( 2 ),[0, 0, 0, 0],'C').
%つづく
```

```
%つづき
%data( time_preference,[delay$x, $x],_).
data( time_preference( 1 ),[0, 1000],'A').
data( time_preference( 1 ),[-7, 2000],'B').
data( time_preference( 1 ),[0, 0],'C').
data( time_preference( 2 ),[-365, 1000],'A').
data( time_preference( 2 ),[-365-7, 2000],'B').
data( time_preference( 2 ),[0, 0],'C').
%data( time_preference,[reference, delay$x, $x],_).
data( time_preference( 3 ),[0, 0, 1000],'A').
data( time_preference( 3 ),[0, -7, 2000],'B').
data( time_preference( 3 ),[0, 0, 0],'C').
data( time_preference( 4 ),[-365, 0, 1000],'A').
data( time_preference( 4 ),[-365, -7, 2000],'B').
data( time_preference( 4 ),[0, 0, 0],'C').

/ *デモ実行
?- stat_choice( wason_selection_task( _ ) ).
fit: 0.500 [2/4]
wason_selection_task(1);ー;8192/59280 [0.138]
wason_selection_task(1);６;17352/59280 [0.293] Dif:0.014
wason_selection_task(1);７;8192/59280 [0.138]
wason_selection_task(1);Ｅ;17352/59280 [0.293] Dif:-0.196*
wason_selection_task(1);Ｋ;8192/59280 [0.138]
wason_selection_task(2);６;3552/20496 [0.173] Dif:-0.106*
wason_selection_task(2);７;2600/20496 [0.127]
wason_selection_task(2);Ｅ;14344/20496 [0.700] Dif:0.211
true.
```

注．６とＥの行尾の Dif 値は予め設定した目標値からの乖離である．この例題では Evans & Lynch(1973)の実験値より「Ｅ」は 21/43,「６」は 12/43 とした．*/

付録 D. 文脈効果を再現する代替的方法

```
選択('A',P):-  順位('AC',P),  順位('CB',P), between( 1, 2, _ ).
選択('A',P):-  順位('AC',P),  順位('BC',P).
選択('B',P):-  順位('BC',P),  順位('CA',P), between( 1, 2, _ ).
選択('B',P):-  順位('AC',P),  順位('BC',P).
選択('C',P):-  順位('CB',P),  順位('CA',P), between( 1, 2, _ ).
サンプル発生(  百回中の度数, Id ):- between(1, _百回中の度数, Id ).
順位('AC',魅力効果) :-  サンプル発生( 100, _ ).
順位('CA',魅力効果) :-  サンプル発生( 0, _ ).
順位('BC',魅力効果) :-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('CB',魅力効果) :-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('BC',妥協効果):-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('CB',妥協効果):-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('CA',妥協効果):-  サンプル発生( 45, _ ).
順位('AC',妥協効果):-  サンプル発生( 55, _ ).
順位('BC',類似効果):-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('CB',類似効果):-  サンプル発生( 50, _ ).
順位('CA',類似効果):-  サンプル発生( 55, _ ).
順位('AC',類似効果):-  サンプル発生( 45, _ ).
問題タイプ(  魅力効果,  ターゲット( 'A' ) ).
問題タイプ(  妥協効果,  ターゲット( 'A' ) ).
問題タイプ(  類似効果,  ターゲット( 'B' ) ).
実験( P, T, [ A, B, C ], N, [ RA, RB, RC ] ):-
                問題タイプ( P, T ),
                findall( 1,  選択('A',P), L1 ),
                findall( 1,  選択('B',P), L2 ),
                findall( 1,  選択('C',P), L3 ),
                length( L1, A ),
                length( L2, B ),
                length( L3, C ),
                N is A + B + C,
                RA is A / N,
                RB is B / N,
                RC is C / N.

/*  デモ実行
?-  実験( P, T, D, N, R ), nl, write( P; T; N; D; R ), fail.
魅力効果;ターゲット(A);20000;[15000,5000,0];[0.75,0.25,0]
妥協効果;ターゲット(A);20000;[8250,7250,4500];[0.4125,0.3625,0.225]
類似効果;ターゲット(B);20000;[6750,7750,5500];[0.3375,0.3875,0.275]
false
*/
```

「原体験」が人間中心のデザイン行動にもたらす影響
―試行錯誤における「原体験」との対話[1]
The Influence of “Formative Experience” on Human-Centered Design
- Dialogue with "Formative experience" in Trial and Error

廣田章光
Akimitsu Hirota
近畿大学　経営学部　商学科

KINDAI University (Osaka Japan)
Faculty of Business Administration
akhirota@bus.kindai.ac.jp

概要
人々が過去に直面したある体験をここでは「原体験（formative experience）」と呼ぶ。リフレクティブ・カンバセーション（認知と表現相互作用:Schon 1983）は表現と対話し認知を行い、新たな表現につなげると理解されている。そこで、本研究はデザイン行動（Owen 1997,Norman 2013）における原体験がもたらす効果を「対話」の観点から考察する。そして原体験が対話の対象として存在し、リフレクティブ・カンバセーションを繰り返すからインサイトに結びつく場合があることを示す。

キーワード : 原体験、対話、表現、リフレクティブ・カンバセーション、イノベーション、人間中心、対話の具体化

1. はじめに

人々が直面したある体験をここでは「原体験（formative experience）」と呼ぶ。本研究は当事者が体験した事象がイノベーションに与える影響について考察する。デザイン行動は問題発見行動と問題解決行動によって構成される（Norman 2013）。そして、イノベーションにはデザイン行動が必要であり（Norman 2013）、デザイン行動には試行錯誤が不可欠である（Norman 2013, 石井 1993）。本研究は、デザイン行動における原体験がもたらす効果を「対話」の観点から考察する。リフレクティブ・カンバセーション（認知と表現相互作用:Schon 1983）は表現と対話し認知を行い、新たな表現につなげると理解されている。そして、頭に浮かんだ表象をスケッチ、文字のような表現物として投射しながらし表現物として対話することから新たな表象を生み出すことについて理解できる。一方で、投射した表現物と対話しながら新たな表現行動につなげる表象の創造においても、対話をするためのもう一方の対話対象が存在するのではないかが本稿の問いである。そしてその対話対象の 1 つとして、本稿では「原体験」に注目する。デザイン行動をする人が自身の表現物との対話と共にその一方では、自身の「原体験」と対話することによって、リフレクティブ・カンバセーションが促進され、インサイトに結びつく場合があることを示す。

分析対象は、『「時速５キロ」のモビリティサービス』、『踏み間違い防止機能がついた自動車ペダル「ナルセペダル」』の２つの製品イノベーションである。

2. 「やっかいな問題」（Wicked Problems）

我々が直面した経験が無い状況において直面する問題は、過去に経験した問題とは根本的に性格が異なる。このような環境における問題は「やっかいな問題」（Wicked Problems）と言われている（Rittel and

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

Webber 1972, Buchanan 1992)。社会には、適切な解決が既に存在する問題と、解決が存在しない問題の 2 つが存在する（Rowe,P. 1987)。前者は輪郭が明確な問題であり、後者は輪郭の不明確な問題である。「やっかいな問題」は、輪郭の不明確な問題であり、問題の定義が難しく、解決のための網羅的なリストが存在しない、そして問題ごとに特性が異なる（Rittel and Webber 1972）と言った特徴がある。そのため、従来とは異なる思考プロセスが必要となる（Owen 2007)。

3. デザイン行動

「現状をよりよい状態に変化させる行動は全てデザイン行動である」(Simon 1969）に従えば、現在をより良くするための状況に変える新たな体験、製品、サービスを開発する活動はデザイン行動と理解することができる。そしてデザイン行動は、異なる２つの行動によってなりなっている。第１に、問題発見、第２に問題解決である（Buchanan 1992,Owen 1997,Norman 2013)。それぞれの行動では広く可能性のある候補を探索する「拡散」行動と、探索したから候補から特定の問題候補や解決候補を絞り込む「収束」行動が存在する。デザイン行動は、探索、理解、発見をする分析行動と、実験、創造、制作をする統合（組合せ）行動によって構成される（Owen 1993)。それぞれの行動では広く可能性のある候補を探索する「拡散」行動と、探索したから候補から特定の問題候補や解決候補を絞り込む「収束」行動が存在する。

デザイン行動は、社会をより良くするため、思考ツールや言語・非言語表現を用い、人工物や仕組み、制度を生み出す創造のプロセスである（Owen 1993、Beckman and Barry 2007)。そしてデザイン行動のプロセスは、状況の中にあるそして「やっかいな問題」の表現には多様な表現方法を採用することが必要である（Simon 1969)。表現が重視されるのは、「リフレクティブ・カンバセーション」(表現と認知の相互作用)：Schön 1983）を促進するためである。

4. 調査

表現とリフレクティブ・カンバセーションの実態を捉えるべく、事例を選定した。事例選択は以下の基準によって実施した。①人間中心型と市場創造の 2 つの特性を持つ。②開発プロセスにおいてプロトタイプと検証する行動が確認できる。②ほぼ 1 人の試行錯誤を通じて、新たな問題と解決を同時的に創造した。そして、それらの製品の開発プレセスを公開資料によって確認し、その内容をもとにした開発担当者に対する半構造化インタビューを実施した。調査によって開発初期段階からプロトタイプ開発、検証と修正に至るプロセスを詳細に文章化し、内容を担当者に確認依頼し、誤認等の修正を行った。その記述資料を元に、KJ 法を使った考察を行い、対話構造を示すモデルを設定した。

以下、事例について確認する。

5. 事例：:「原体験」を対話とする表現

１．事例１：「時速５キロ」のモビリティサービス

合資会社ゲキダンイイノは関西電力に在籍する嶋田氏が、立ちあげたスタートアップ企業である。現在、関西電力グループの一社として活動し、「時速５キロのモビリティサービス」の事業を進めている。当初、電力消費を促進する事業として、電気自動車製品の開発と事業化を社内勉強会で発案したことを起点にしている。その後、社内での提案を行うが大組織の新規事業育成の仕組みも充分でなかったこともあり試行錯誤を繰り返し、合資会社として別組織化して現在の体制となっている。電気自動車事業からモビリティサービス事業を生み出すきっかけになったのが、「時速５キロ」のコンセプトである。このモビリティは、完全自動運転である。そしてあらかじめセットされたコースを移動する。途中、乗りたい人が近づくと、スピードは自動で落ちる。そのためスムースに乗ることができる。現在は時速 5 キロで走行する、オープンで低床の type-S、と視線が上に向く姿勢で移動できる type-R の２つのタイプの自動運転モビリティを開発し、都市や地方の空間における移動体験を創造し、従来存在していない価値を提供している。電気自動車製品、自動運転技術の開発は多くの企業が取り組んでいる。しかし「時速 5 キロ」の自動運転モビリティを使ったサービスを提供しているのは我が国ではゲキダンイイノだけである。

この「時速 5 キロ」が何故生まれたかに注目すると次のような思考プロセスが存在する。当時、開発者は自身が取り組むべき移動手段の可能性を探索していた。確かに環境負荷が少ないと言われる電気自動車は、自社が属する電力会社が供給する電力の消費促進と相性

が良い。しかし電気自動車は多くの自動車メーカーや他の企業が既に取り組んでいる。

人間中心の思考と体験を創造することからこのモビリティデザインにつながっていく。新たなモビリティ体験を思考している時に、思い浮かんだ体験が、子供の時に見かけた「街中を走行するゴミ収集車」だった。街中でゴミを収集しながら移動する収集車には、スタッフがデッキに立ち乗りし、ゆっくり移動する。スタッフはゴミ収集拠点に近づくと飛び降りゴミをピックアップし車に投入し、再び素早くデッキに乗る。人間の行動がモビリティやタイムスケジュール、乗降場所の制約から解放され、人間の意志や気持に従って乗降と移動を決定できる。このような人間中心の体験が実現できる時速 5 キロのコンセプトが生まれた。その後、卸売市場で使用される「ターレット」や東南アジアの「ジープニー」などの類似モビリティをモデルにプロトタイプを開発した。そして欧州で浸透しつつある人間中心の歩きやすいまちづくりを行う「ウォーカブル・シティ」との関連が見出される。ゲキダンイイノではこの時速 5 キロを「人類の DNA に深く刻まれた速度」、「人間の自然体を生み出す速度」(https://gekidaniino.co.jp/)と表現している。

表 1 ゲキダンイイノのモビリティタイプ

	type-S	Type-R
全長	2470mm	3600mm
全幅	1110mm	1590mm
最大乗車人数	5 名	6 名

出所：ゲキダンイイノホームページ

2. 事例 2:踏み間違いを防止する自動車ペダル「ナルセペダル」

ナルセペダルは乗用車のブレーキとアクセルのペダルの踏み間違いを防ぐペダルである。このペダルは電子的な制御は一切無く機械的な構造だけで踏み間違い動作を防止することが特徴である。自動車のペダルはオートマチック車の場合、アクセルとブレーキの 2 つのペダルによって構成される。ナルセペダルは 2 つのペダルを一体にした「ワンペダル」である。ナルセペダルは明確なゴールが決められ計画的に開発が進んだわけではない。開発者であるナルセ機材有限会社（熊本県玉名市、以下、ナルセ機材）の代表取締役である鳴瀬益幸氏が自身の乗用車におけるブレーキとアクセルの踏み間違い体験をきっかけに、「踏み間違いをしないペダル」という曖昧な問題に対し、プロトタイプの開発と検証を、ほぼ一人が約 20 年間繰り返した[2]。さらに当人はペダルの踏み間違いをしたのだが、なぜ、踏み間違いをしたのかわからない。踏み間違い体験は開発の動機ではあるが、同時に踏み間違いをした自身の行動を理解しながらその解決を見出すプロセスであった。ファーストプロトタイプは、床に踵を固定する治具であった。制御動作においてブレーキを優先させるためにどうすれば良いかを直感的に考えた[3]。注目したのが、ブレーキ、アクセルの両ペダルを制御する右足の運転中のポジション（定位置）である。右足の定位置が常にブレーキペダルが踏み込みし易い位置に存在する状態をつくる製品を考えた。そうすれば緊急時、パニック時に、踏み換える動作することなくブレーキを踏むことが可能となる。そうなれば無意識に踏み込む動作を行ってもブレーキペダルを踏み込むため加速、発進はしない。その状況を実現するため、鳴瀬氏は金属を加工し踵がホールドされる器具を開発した。その器具は運転席床に取り付けられ、右足踵をセットすると運転中も右足は常にブレーキペダル上にある。アクセル制御は、踵を軸に右回転の動作を行い、つま先あるいは前足部でアクセルペダルを制御する。踵を固定したものの踵の回転による操作は身体に負担がかかる。そこで足で操作するのではなく脚で操作するペダルである。脚を開くことによって足が回転しアクセルを制御する。従来の押して操作するアクセルペダルではなく、脚の開きでアクセルを操作する動作とプロトタイプが見出された。鳴瀬氏自身がさまざまな産業財を開発する能力を持つため、頭に浮かんだ問題と解決をノートに記載し、それを素早くプロトタイプにして実験を繰り返した。開発者はユーザー中心の思考のもと、ユーザーとアクセル、ブレーキペダルとの関係を操作動作との関係を含めた新たなデザインを生み出す。そのデザインとは、従来のオートマチック車の常識であるアクセルとブレーキの 2 つのペダルではなく、ワンペダ

[2] 2020 年現在、約 300 台のナルセペダル装着車が公道を走行している。鳴瀬益幸氏インタビュー。日経ビジネス 2019 年 1 月。

[3]鳴瀬氏　インタビュー

ルである。従来のオートマチック車は、運転者は、右足を使ってアクセルペダルを、左足を使ってブレーキペダルを操作する。しかし人間は意図せざる事態が発生しパニックになった場合には、脚を踏ん張る特性がある（松永 2010）。そのため仮にブレーキペダルを操作したつもりペダルを踏み間違いアクセルペダルを操作していた場合は、意図せざる結果が目の前に現れるため、脚を踏ん張ってしまうことが発生する可能性がある。その場合は、誤って操作したアクセルペダルをさらに踏み込むことになり車の暴走につながる可能性もある。

ナルセペダルは、自身のペダルの踏み間違い体験と対話しながら、踏み間違い動作が発生しない運転者の動作デザインとペダルデザインを生み出していったと考えられる。そのプロセスは、①オルガンのペダルの右膝の脚を開く動作による操作が結びつく。その後、プロトタイプ（試作）の開発と検証の繰り返し、脚を開閉する動作がアクセル操作、足を踏み込み動作がブレーキ操作と動作を分離することによって踏み間違いを防ぐペダルを創造した（廣田 2017a、2018、Hirota2017, 2018a, b）。

6. 考察

１．「問題状況」から「問題への移し変え」と対話

顧客も気づいていないニーズを解決する製品を開発する場合には、開発者も解決すべき問題が定義されない状況である。製品開発では問題の解決に注目しがちである。しかし問題の設定も同時に重要である（Schon 1983　p.40、安西 1985）。問題を設定することは問題を技術的に解決するために必要条件である（Schon 1983　p.41）。現実社会においては、問題は所与として開発者の前に現れるわけではない（Schon 1983　p.40）。開発者は、現実社会を構成している不確実な「問題状況」から、「問題へ移し変ええる」ことが必要である。問題状況から問題へ移し変えるためには、そのためにそのままでは意味をなさない「問題状況」に一定の意味を与える行動が必要となる（Schon 1983　p.40）。一定の意味を与える行動とは、状況の中から自身が取り扱うことが可能な情報を見出すことでる。そして取り扱うことが可能な情報には、注目すべき範囲と、どのような枠組み（フレーム）でその問題状況を捉えるかを表現することが必要となる（Schon 1983　p.41）。注目すべき範囲と枠組みを表現できることが、問題に一貫性を与え、何が問題であり、どのような方向に変えなければならないかを表現できる（Schon 1983　p.41）。

そのような中で問題を定義しながら解決を見出していく上では、「対話」というプロセスが重要であることが指摘されている（石井 1993、2009、Lester and Piore2004）。デザイナーは大まかなゴール（要求）を提示され、スケッチやメモの手段によって表現することを繰り返し、解を創造する。スケッチ、メモなどの表現行動を繰り返すことを通じて、解決可能な問題（安西 1986）を見いだし、同時に解決案も見いだす。このようなデザイナーの行動は、表現と認知との相互作用を行うものとされ「リフレクティブ・カンバセーション」（Reflective Conversation :Schon 1983）と呼ばれている。

デザインプロセスは、状況の中にある材料（情報）との対話である（Schon 1983、p.85）。そしてデザイナーは、状況の中にある情報を使って問題を表現し、問題が解決できる方法を表現する。デザイナーは最初の状況認識に従って状況を方向付け、それよって生まれる状況の変化を理解する。この状況の変化にはデザイナーが当初意図していた変化とは異なる場合もある。当初の意図とは異なった状況が発生した場合、デザイナーは生まれた状況の変化から新たな認識と理解を生み出し（Schon 1983 p.85）、新たな問題解決の方法を創造する。このようなデザイナーが意図した問題や行動とそこから生まれる状況に対して、現実に生まれた状況と対話、すなわり「省察的対話（行動の中の省察）」（Schon 1983 p.86）を行う。Schon（1983 p.85）は、この行動の中の省察を建築のデザインプロセスの事例から確認し、描くこと話すこと、すなわち非言語表現と言語表現は密接に関連することと、試行錯誤における多様な表現の有効性について示している。非言語表現によるスケッチをしながら言語表現を行うことによって対話しているとも言える。

一方で、表現間の対話に加えて、表現（投射）と対話するデザイナー内部の対象については充分な説明がない。表現をしながら内的表象として投射する場合と、何らかの記憶と対話を行い表現と記憶の間で対話が行われていることが考えられる。

2.　ゲキダンイイイノ嶋田氏とナルセペダル鳴瀬氏のの「問題状況」から「問題への移し変え」と対話

ゲキダンイイノの嶋田氏は、自身が取り組むべき新しいモビリティを探索する行動の中で、自身の記憶から、ゴミ収集車のスタッフが移動する車からスタッフが降りたい場所で降りる、乗りたい場所で乗る行動に、人間である乗り手の主体性が発揮できる体験としての意味づけに気づく。その体験が車と使い手である人間との関係を示すことになり、人間中心のモビリティのモデルとなる。そして人間が自身の意志で乗り降りできる速度に意味を見出す。これが速度時速5キロの発見につながっていく。

さらに、嶋田氏は、乗り手が主体のモビリティをゴミ収集車の意味づけと対話しながら、類似の意味づけが実現されているモビリティを探索する。結果、外部とオープンであり、乗り手の意志で自由に乗り降りできるターレット、ジープニーとの関連付けを見出す。そこに、速く、便利な価値ではなく、移動中に、五感を刺激され「乗っている人が乗っているときにいかに楽しいとか面白いとか[4]」の価値を実現するため、速度に加えて、開放され、乗降場所から解放された人間中心のモビリティを具体化するための要素を見出す。嶋田氏の思考と行動には、人間が中心となる行動が含まれる自身の原体験との対話を通じて、人間中心のモビリティの手がかりを得る。さらに嶋田氏はその手がかりから、よりターレット、ジープニーといった、ゴミ収集車よりも人間中心のモビリティに近い具体的な対話の対象の発見につなげている。

ナルセペダル鳴瀬氏の「問題状況」から「問題への移し変え」と対話

また、ナルセペダルの鳴瀬氏は、自身の「踏み間違い体験」と対話し、より新たなペダル操作とペダル形状につながる、原体験との対話がオルガンの横押しペダルの発見につなげている。

7. まとめ

1．ビジネス・インサイトとリフレクティブ・カンバセーション

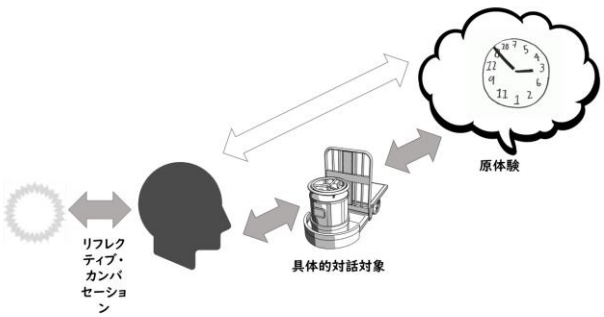
石井（2009）は、新たな市場を切り開いた主体者の経験には、新たな切り口が見えた瞬間が存在することを指摘し、この瞬間を「ビジネス・インサイト（以下、インサイト）」（創造的瞬間）と呼んだ。しかし市場創造の主体者の経験にインサイトの存在は指摘されているものの、インサイトの詳細な発生プロセスは明らかになっていない。発生のプロセスを明らかにするためには、リフレクティブ・カンバセーション（Schon 1983）における表現と認知の対話に加えて、①表現と原体験との対話、②原体験と認知との対話の存在の可能性が見出された。

リフレクティブ・カンバセーション（認知と表現相互作用：Schon 1983）は表現と対話し認知を行い、新たな表現につなげると理解されている。そして、頭に浮かんだ表象をスケッチ、文字のような表現物として投射しながらし表現物として対話することから新たな表象を生み出すことについて理解できる。一方で、投射した表現物と対話しながら新たな表現行動につなげる表象の創造においても、対話をするためのもう一方の対話対象が存在するのではないかを本研究の問いとした。

2．原体験との対話から生み出される「具体的対話対象」

原体験は過去の体験である。この体験と対話が可能となるためには、現実として表現することが必要である。この表現に必要となるが、フィジカル・プロトタイプである。フィジカル・プロトタイプにはラフ・プロトタイプに加えて現実に現存する具体的な対話の対象を発見することが必要となる。

図1 原体験と具体的対話対象との対話



出所：筆者作成

ナルセペダルにおけるオルガンのペダル、ゲキダンイイノにおけるターレットなどである。原体験の存在と原体験との対話は、社会に現存する「具体的対話対象」を探索する効果がある。

[4] https://media.kepco.co.jp/_ct/17523958

そして「具体的対話対象」との直接的な対話は、原体験との間接的な対話を実現する。そして「具体的対話対象」との直接対話が原体験との間接的対話の実現につながり、問題の発見と解決の手がかりの提供を通じたイノベーションの創造に貢献する。

3. 原体験に含まれる要素とイノベーションへの貢献

原体験には少なくとも

①問題を含んだ体験（ナルセペダル）と、

②問題の存在に気づかせる体験あるいは問題が解決された体験（ゲキダンイイノ）

の 2 つのタイプが存在する。

問題を含んだ原体験では、問題と解決の 2 つについてリフレクティブ・カンバセーションを通じて明らかにする。

一方、問題の存在に気づかせる体験あるいは問題が解決された体験では、リフレクティブ・カンバセーションによって問題を明らかにする。

8. 参照文献

［1］安西 祐一郎(1985),『問題解決の心理学―人間の時代への発想』、中公新書。

［2］石井淳蔵（2009),『ビジネス・インサイト―創造の知とは何か』、岩波新書。

［3］石井淳蔵（1993, 2004),『マーケティングの神話』、岩波文庫。

［4］小川進(2000）,『イノベーションの発生論理』千倉書房。

［5］小川進(2013），『ユーザーイノベーション』東洋経済新報社。

［6］鈴木宏昭(2016a)『教養としての認知科学』、東京大学出版会。

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

［8］諏訪正樹(2016),『「こつ」と「スランプ」の研究』, 講談社。

［9］諏訪正樹(2018),『身体が生み出すクリエイティブ』、ちくま書房

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

［33］Von Hippel E. and G.Von Krogh (2016) "CROSSROADS—Identifying Viable "Need–Solution Pairs"- Problem Solving without Problem Formulation" Organization Science 27(1) pp.207-221.

グループ形式の振り返り活動における雑談の相互行為上の機能
Interactional Functions of Small Talk in Group Learning for Reflection Activities

竹田琢†
Taku TAKEDA

†青山学院大学 社会情報学研究科
Aoyama Gakuin University Graduate School of Social Informatics
taku.takeda.0@gmail.com

概要

振り返り活動場面において雑談に注目した分析を行った結果，1）雑談が志向性を共有する余白を生み出し，全員で新たなトピックに参加することを可能にしていること，2）雑談を一緒に抜け出すことで志向性を共有して新たなトピックに参加することを可能にしていること，3）雑談を通じて教員の教示・依頼を無視することで主体的な開始を可能にしていることが明らかになった．雑談への介入が参加者の主体性を発揮する機会を剥奪する可能性について考察を行った．

キーワード：相互行為分析，グループワーク，リフレクション，雑談，高等教育

1. 目的

グループ学習中にはしばしば本題から逸脱した雑談が観察される．例えば，ワークショップ実践者が抱えるファシリテーション上の困難さの実態を調査した安斎・青木（2018）は，学校教育において参加者の主体性を重視して活動の自由度を高めた場合に，参加者同士の議論が脱線し「活動を楽しんではいるが，学習目標は達成されていないという問題」が起こりうることを指摘している．雑談という言葉こそ用いられていないが，「議論の脱線」という本来の活動から話題が逸れる現象を，実践上の問題と指摘している．

グループ学習中の雑談に関する研究には奥原・伊藤（2017）がある．奥原・伊藤（2017）は，学生同士の問題解決型のグループ学習では頻繁に雑談が行われるとした上で，雑談を多く行っているグループは発話も多い傾向があることと，雑談がグループで合意した結果に対する満足度に影響を与えていることを指摘している．以上の先行研究から，雑談はグループ学習において珍しくない現象であり，グループ学習そのものに対しても何らかの影響を及ぼしている可能性があることがわかる．

しかしグループ学習中の雑談に関する先行研究は奥原・伊藤（2017）を除いて，ほとんど見当たらない．むしろ，雑談はグループ学習中にはふさわしくない現象として検討されない場合が多い．また，奥原・伊藤（2017）は，雑談が多ければ満足度も高まるという結果を示しているものの，点数化された満足度や発話数など量的なデータを中心に分析した研究であり，参加者にとっての相互行為上の機能までは明らかにしていない．

本研究では相互行為分析の手法を用い，振り返り活動というグループ学習中における雑談によって参加者が何を達成しているのかを検討する．その検討を通じて，雑談の相互行為上の機能を明らかにすることを目的とする．

2. データと分析方法

2. 1. データ

本研究のフィールドは，関東の短期大学で行われた「子どもを対象としたワークショップの企画・運営」を行う演習授業である．分析対象は，この授業の最終回で行われたワークショップ本番に関する振り返り活動の場面である．振り返り活動を行うグループはそれぞれ5名程度で構成されており，10グループ分のデータを収集した．振り返り活動の実施時間は平均10分程度である．

振り返り活動を行う前に，学生はワークシート（図1）を記入した．活動における参加者の課題は，事前に記入したワークシートをもとに，自らの振り返りを報告する「振り返りの共有」，自由に話し合うことで振り返り，新たな気づきを得たり，理解を深めたりする「振り返りを深めるディスカッション」である．加えて，活動を進める中で気になった点をワークシート

の空いている箇所に記入する「ワークシートへのメモ」を任意の課題として与えられた．分析対象のデータは， 授業の振り返り活動の場面を録画・録音して収集した．

2.2. 分析方法

映像分析ソフトウェア ELAN を用いて，撮影した動画について発話内容とその時間構造（開始時間・終了時間）を記録した．発話のトランスクリプトは，会話分析の記法である串田・平本・林（2017）に準じた．以上のデータを用いて，相互行為分析を行った．なお， 本研究は，青山学院大学大学院社会情報学研究科ヒューマンイノベーションコースの倫理審査会（2020 年 12 月）の承認を得て実施した．

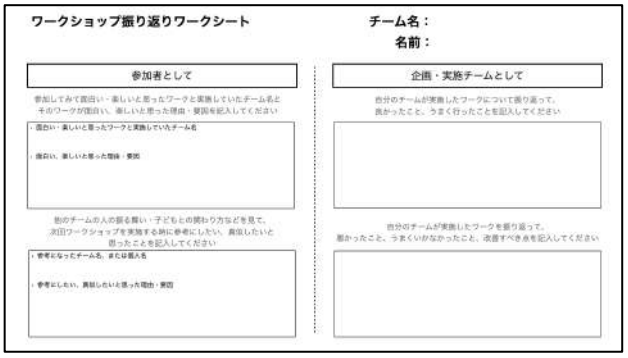


図 1 振り返り活動で使用したワークシート

3. 分析と結果

3.1. 予備的分析：グループ形式の振り返り活動における雑談の頻度

予備的分析では，グループ形式の振り返り活動において，雑談は本当に頻繁に産出される現象なのかを確認する．雑談の産出頻度を明らかにするためには，対象データから雑談と認定するための区分が必要である．

3.1.1. 雑談の定義と認定方法

本研究では，村田（2016）の定義を援用して雑談を定義する．村田（2016）は，雑談を「正談」（話し合いの本題についての会話）と対比した上で，「話し合いの本題から逸脱した話題で，対人関係機能を持つ会話」と定義した（p. 55）．ここで述べられる「話し合いの本題」とは，本研究に置き換えると，教員が教示，あるいは依頼した振り返り活動中の課題に応答したトピックを指す．村田（2016）を踏まえ、本研究における雑談の定義は「教員が教示，あるいは依頼した課題を，逸脱したり無視したりするようなトピックに関する会話」とする．

トピックを区分する方法として，話題区分調査（中井，2003；河内，2009）がある．話題区分調査とは，会話に参加していない被調査者 5 人に録画した会話を試聴してもらい，話題が変わったと思う発話で切れ目を入れ，話のまとまりの内容を示すタイトルをつけ，その後，3 名以上が一致したものを，話題区分の位置として認知するという方法である．これにより，分析者一人の主観的な判断による区分になることを防ぐことができる（筒井，2012）．ただし，筒井（2012）が指摘するように，話題区分調査のような方法においても，被調査者の意見が一致しないことがある．つまり，トピックをある一点で区切るための客観的な方法が共有されているわけではない．

そこで本研究では，話題区分調査を援用した以下の方法によって，雑談の認定を行う．まず調査者である筆者が，映像分析ソフトウェア ELAN を用いて，各データの話し合いに置いて雑談と判断したトピックをマークする．次に，非調査者として，会話データの分析研究を行っている社会学を専攻する大学院生 1 名の協力のもと，雑談の区分についての検討を行う．

検討を行う際には，筆者がデータの前後の文脈の説明を適宜行いながら共有する．筆者が認定した雑談の区分が適切かどうかについて，雑談の前後および雑談の組み立てに焦点を当てた議論を行い，雑談の区分を認定する．認定作業では， 本研究における雑談の定義「教員の教示，あるいは依頼を逸脱したり無視したりするようなトピックについての会話」が適合するか否かを基準に検討を行う．この方法によって，筆者の主観のみによって雑談の区域が認定されることを防ぐことができる．また，会話データに知見のある大学院生と議論の上で認定をすることで，雑談区分の妥当性を高めることが可能になる．

3.1.2. 雑談の認定結果

認定作業は分析対象の全10グループに対して行った．それぞれのグループで認定された雑談の数と雑談が行われていた総時間を記録した（表 1）．振り返り活動の中で雑談と認定できる平均トピック数は 6 回，平均総時間は 127 秒であった．

表 1 から明らかなように，1 グループを除いた 9 グループで雑談が観察された．また，雑談が産出された位置は，冒頭部分，中盤，終盤のいずれにおいても観察できた．

以上より，グループ形式での振り返り活動において雑談は，決して珍しい現象ではなく，一定程度の頻度で産出されていることが示された．

表1　各グループにおける雑談の回数と総時間（秒）

グループ名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
回数	18	4	2	6	8	11	5	1	0	5
総時間（秒）	366	146	13	58	214	204	85	22	0	170

3.2. 分析

グループ形式の振り返り活動において，雑談が産出される位置は2つある．1つは，教示・依頼された活動が開始された後である．もう1つは教示・依頼された活動が開始される前である．本研究では，2つの位置で産出される雑談について分析を行う．なお，本研究における分析対象は，雑談の前後で会話の構造が変化したと感じられる場面を選定した．

3.2.1. 機能1 余白が可能にする志向性の共有（事例1）

事例1は教示・依頼された活動が開始された後の雑談の場面である（表2）．

表2 事例1:教示・依頼された活動が開始された後

```
01 →A：　勝敗をつけるために：なんか(0.3) まあ(0.2)しばりじゃないけど：
02　A：　うまくお題だったりとか：あとはなんかー
03　　(0.7)
04　A：　せいほくせいとペアにして考えるとかでもよかったのかなあとか：なんかー
05　A：　まあそのスムーズに進行進んでたけど↑：その(0.2) ゲームとして：
06　　(0.6)
07　A：　あの：もっと(0.8) 何だろ(0.2) 内容を?[(.) か ]んがえられた方が
08　E：　　[うん．]
09　A：　よかったのかなって思ったのと：
10　　(0.7)
11　A：　あと：
12　　(0.7)
13　A：　しょうがー 私が見てたところが：小学校一年生が多いチームだった
14　A：　こともあって：
15　　(0.6)
16　A：　そこはうもうなんかく自然とせいほくせいがもうペアになって
17　A：　おしえてあげてたから：
18　A：　そういう少人数で回してるみたいな状態に(.)
19　B：　うん．うん．
20　　(0.2)
21　A：　自然とまあ(.) (...)してくれたのは助かったんだけど(.)
22　A：　あったから：なんかー
23　　(0.3)
24　A：　学年ごとに↑：ちょっと何かしらの工夫ができたら(っと)ー の方が↑：
25　A：　あの(.)ゲームとして：よりよ-(.)良かったかなと思いました．
26　　(1.0)
27　A：　以上です
28　　(1.5)
29　C：　((拍手))
30　D：　((拍手))
31　A：　終わり?
32　E：　((拍手))
33　D：　終わった．
34　　(1.9)
35 ◎C：　結構なんか(0.7)まじめにしゃべっ [た(ね)．hhhh ]
36　A：　　[うん．hhhh　]
37　D：　(けっこ:)ま [じめにしゃべった：　]
38　A：　　[うちらにしては(さ) ] hh
39　　(0.5)
40　C：　会議してるき [ぶん．　]
41　A：　　[ううん,] (そ)：
42　　(2.4)
43　A：　ううん:=
44 ⇒B：　=たしかに(ね)せいほくせいとペア:(.)ありだったかも．
45　A：　う:ん，なんかー
46　C：　そうだよね:[しょうがっ- 低学年 ]とか(のほうが)
47　A：　　[んねえ::　　]
48　C：　はずかしがっちゃうよねふつうに考えて
49　A：　(うんそ:)
50　A：　ちょっと[>むずかし ]かったってくいうの [が(で)：]
51　E：　　[う:ん．　]
52　E：　　[う:ん．　]
53　C：　たしかに．
54　　(0.5)
55　B：　う：[ん　　]
56　E：　　[あとね ] 1個思ったの．
57　E：　なんかさ順位発表する時に全部貼った状態で見せたじゃん．
58　　(0.2)
59　B：　[あ，] [そ:そ:そ:[そ:　　]
60　E：　[じゃ]な[く [で:　[:　　]
61　C：　　[あ:　[:　　]
62　A：　　[あっ．]
63　　(0.5)
64　D：　あ:[:　　]
65　E：　　[なんい(.)　]バーン(0.5)[なんい(.)バーン(.)　]みたいなさ:
66　B：　　[あ::　　]
67　A：　たしかに:
68　E：　やったらもっと盛り上がった [かもね．　　]
69　B：　　[しかも(.)移動　]したじゃん1回．
70　A：　[そうだね．]
71　E：　[(う)ん そ:]そ:そ:そ:
```

事例1の冒頭は，ワークシートの4つの項目について全員が順番に報告を行った後，最後の報告者であるAが 報告を行っている場面である．本節では，雑談によって生まれた余白によって志向性の共有がされた結果，多くの参加者が発話し，振り返り活動に参加できていたことを例証する．

Aが27行目「以上です」によって自らの振り返りの報告の完了をマークした後，その完了はCとDの拍手（29行目・30行目）によって承諾される．CとDの拍手による承諾がなされる直前まで，BとEはワークシートへの記入を継続していた．しかし，BはDによって拍手がなされたのと同時に記入を中断する（30行目）．同様にEも，Dが拍手をやめる直前に，ワークシートの記入を停止し，自らも遅れて拍手する（32行目：図2①）．しかしEは，拍手をやめるとすぐに，ワークシートに視線を向け記入を再開する（34行目：図2②）．つまり，Dが拍手を開始した時点（30行目）では，参加者全員の志向は秩序的報告の完了に向けられつつあったが，Eは拍手をやめるとすぐにワークシートを記入するという活動の維持に志向を向けている．よって，秩序的報告が完了する時点では，Eの

志向性のみが他の参加者とずれており，参加者全体の志向性は共有されていない．

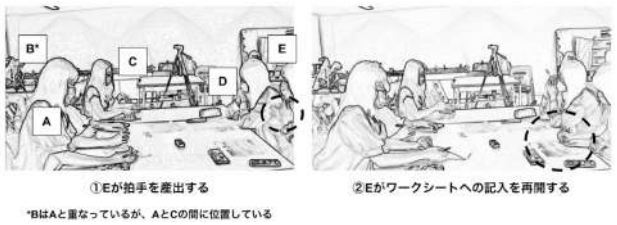


図 2 事例 1-1

35 行目でＣは「結構なんか(0.7)まじめにしゃべったね」（35 行目）という，ニュースの報告によって，雑談を開始する．Ｃがニュースを報告すると，ＡとＤはＣに視線を向け，Ｂは頭を上げる．そして，Ｃのニュースの報告に対して，相槌や笑い（36 行目），繰り返し（37 行目）によって受け止める．

ここで注目すべきは，秩序的報告の完了地点及び，雑談が開始される前に，志向をワークシートに向けていたＥの動きである．Ｅは，Ｃのニュースの報告に対してＡが同意を示しＣと笑い合う（36 行目）と，ワークシートの記入を停止し顔を上げて 0.5 秒程度一時停止する（36 行目：図 3③）．そして，持っていたシャープペンシルをノックして先端を机に押し付け，芯をしまう（37 行目：図 3④）．その後もＥはペンを持ったままでいたが，「会議してるきぶん」（40 行目）というＣの発話に対して同調するように，相槌を打つ（41 行目：図 3⑤）．相槌を終えると，ペンを机に置く（42 行目：図 3⑥）．このＥの一連の動きは，ワークシートの記入という個人活動へ向けられていた志向が，雑談に移動したことを示す．

では，なぜＥはこの地点でワークシートの記入を停止し，ワークシートの記入という個人活動へ向けられていた志向を雑談に移動したのだろうか．まず考えられるのは，36 行目がちょうどＥがワークシートの記入が完了した地点であるからという理由であろう．

しかし，Ｅがワークシートの記入を停止して雑談に志向性を向けたのは，時間経過に原因があるとは考えにくい．なぜならＥは，Ａが同意を示しＣと笑い合った（36 行目）後，ワークシートの記入を停止して顔を上げているためである．Ｅはワークシートの記入が完了したのではなく，ＡとＣが笑いあっていたことに注意を引きつけられたため，記入を停止したと考えられる．この主張をサポートする理由として，Ｅが雑談に志向を移動する過程が段階的であるという点が挙げられる．Ｅは，ＡとＣが笑いの後，顔を上げ一時停止する（36 行目）．次にシャープペンシルの芯をしまった後（37 行目），持っていたそのペンを机に置く（42 行目）．つまり，36 行目がちょうどＥがワークシートの記入を完了したタイミングだったのであれば，Ｅはすぐにペンを離すことで，雑談に志向を向けると考えられる．しかし，実際にはＥは雑談によって生まれた笑いによって注意を引きつけられ，次第に雑談への志向を大きくしているように見える．

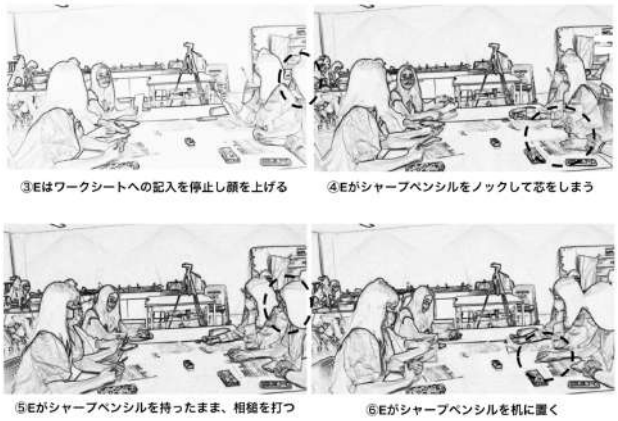


図 3 事例 1-2

Ｅが志向を雑談に向けた 38 行目（図 4⑦）では，参加者は相互注視しており，参加者同士の志向性が共有されていたことが確認できる．その後，39 行目から 41 行目にかけて参加者の視線は次第にワークシートへと移動し，42 行目（図 4⑧）で沈黙が産出されている間には全員がワークシートに視線を向けており，ここでも参加者の志向性は共有されていることが確認できる．

39 行目から 41 行目にかけての一連の参加者の視線の動きは，参加者の志向性が雑談から，次の活動へと移動していることを示している．41 行目での参加者の視点がワークシートに視線が向いていることから，次の活動とは振り返り活動の本題，つまり教員の教示・依頼した課題を指していると考えられる．また，一連の参加者の視線の動きは，参加者にとっても現在のトピックが雑談であり，閉じられるべきものだという理解を共有していたと捉えることができる．参加者が次の活動に志向を向けていたことは，次のトピックが「たしかにね せいほくせいとペア:(.) ありだったかも」（44 行目）によって開始される，教員の教示・依頼に応答した自由討論であったことからも根拠づけ

られる.

図 4 事例 1-3

E が志向性を回復し，全員で志向性を共有したまま新しいトピックを開始（44 行目）できていたことは，56 行目で E が新しいトピックを導入していることからも根拠づけられる．雑談によって生まれた余白において E の志向性が回復し，参加者と共有することができていたからこそ，E は自由討論において適切な位置（56 行目）で新たなトピックを開始し，主張することが可能になっていた．また，E の主張は時間をかけたものであり（56 行目・57 行目・60 行目・65 行目・68 行目），かつ擬音とジェスチャーを使った大掛かりな組み立てで構成されていた（65 行目：図 5⑨）．もし E が志向性を共有できていなかった場合，適切な位置でこのような強い主張を開始することは難しいものと考えられる．

44 行目から開始される自由討論は，発話者に大きな偏りが見られず，身体動作に着目しても，全員が参加できていることが示される．これは参加者の志向性が共有された状態で新しいトピックを開始することができたからだと考えられる．

図 5 事例 1-4

以上の記述より，雑談は志向性を共有する余白を生み出し，それによって全員で新たなトピックに参加し，参加者の発話も偏っていないことが示された．

秩序的報告が終わった時点において，E だけがワークシートの記入という個人活動に志向を向けており，参加者全員の志向性は共有されていなかった．しかし雑談が開始された後，A と C の笑いが E の注意を引きつけたことをきっかけに，E は段階的に志向性をワークシートの記入から雑談に移動させた．雑談が完了する頃には，E を含む全員がワークシートに視線を向け，次の活動への志向性を共有することができていた．よって，雑談によってこれまで参加できていなかった参加者も，志向性を共有することができる余白が創出されていた．参加者は雑談を通じて共有した志向性を維持したまま，全員で自由討論を開始することができていた．

3.2.2. 機能 2 一緒に雑談を抜け出すことによる志向性の共有（事例 2）

事例 2 は，教示・依頼された活動が開始される前に雑談が行われている場面である（表 3）．

表 3 事例 2:教示・依頼された活動が開始される前

01	E：	はじめてください.	
02	D：	° それでは(.)は[じめ	[ます.° .]
03	◎A：	[ミーはそうい	[(や)]
04	B：		[(やっぱり)]学校くるって:
05		(0.3)	
06	D：	え: [(たいへん)]	
07	C：	[ミーってだれ?]	
08		(0.6)	
09	A：	みおり.	
10	B：	あのちっちゃいこ.	
11		(0.4)	
12	C：	ムギちゃん¿=	
13	A：	=ち- ちっちゃいこ(.)うん, ムギちゃん.	
14		(0.9)	
15	C：	へ: いまから¿ [すごいね:]	
16	D：	[とお:::]	
17		(0.2)	
18	A：	今からえらい=	
(省略)			
26	A：	.h べろちゃんは?	
27		(0.2)	
28	C：	(べる)ちゃんは?	
29		(0.6)	
30	B：	あ.	
31		(0.7)	
32	B：	そこ.	
33	A：	[.hhhh]	
34	C：	[なんでやねん,]	
35	A：	なんで [(...)]	
36	B：	[hhhhhh]	
37	D：	なんでやねん.	
38	C：	なんでやね(ん)	
39	D：	(いつもの.)	
40		(0.5)	
41	E：	.h と(.)ですね:	
42		(0.9)	
43	E：	何 [を話(すの?)]	
44	B：	[えっとですね:]	
45		(1.8)	
(省略)			
65	⇒E：	え:(.)なんてかき-書きましたか?	
66		(1.0)	
67	A：	楽しかったのはシーシーレモン.	
68		(0.3)	
69	D：	あ うちも:	

本節では，雑談を一緒に抜け出すことによって志向性を共有し，振り返り活動の開始を可能にしていることを例証する．

雑談の完了後，教員の教示・依頼への応答を開始する場面に注目する．Aは「べるちゃんは?」という質問により，新たなトピックを開始する（26行目）．続けてCも同じ質問を繰り返す（28行目）．ここで述べられている「べるちゃん」とはこのグループの参加者の名前ではないため，他のグループの参加者か，架空の人物名など，この場ではアクセスできない参加者を指していると思われる．この質問に対しては，Bが「あ」と発話しながら上半身をひねり，自身の後方を指差す（30行目：図8⑫）．このBが指を指した方向に，他の参加者全員が頭部を動かして視線を向ける（32行目：図8⑬）．頭部と視線を向けた参加者の身体は自分たちのグループの机に向けられたまま，頭部と視線のみがBの指差す方向に向けられている．指差しをしているBも上半身はひねっているが，下半身はグループの机に向いたままである．

この時，頭部を動かして視線を向けたことにより，参加者の志向性は雑談に向けられていたことがわかる．しかし，あくまで身体の向きはテーブルに向いており，志向性は全てが雑談に向いているわけではないと考えられる．特に，Eは32行目（図8⑬）の時点でペンを握ったままでいることからも，参加者の志向性は分散されていると言えるだろう．

参加者の頭部と視線がBの指を指した方に向けられた直後，Aが笑う（33行目）と同時に，Cが「なんでやねん」とツッコみ，Bの笑いが産出される（34行目・36行目）．Bは笑いを産出しながらひねった上半身を元の向きに戻す（36行目）．Bが上半身の向きを下半身の向きに戻すと同時に，B以外の参加者も頭部と視線を元の位置に戻している（34行目：図9⑭）．

以上より，雑談時にも参加者はグループの外に上半身をひねったり頭部や視線を向けたりしてはいるものの，志向性を完全に雑談に向けているわけではないことが示された．少なくとも下半身は机に向いたままであり，いつでも振り返り活動を開始できるような志向の配分がなされていたと捉えることができる．また，Eは雑談中もペンを握ったままでいたため，参加者の中でも特に振り返り活動に志向を残していたことが示唆される．

図8 事例2-1

Eに注目し，振り返り活動の開始について検討する．べるちゃんに関する雑談が完了したことは，参加者全員の身体の向きが戻った後のDとEの身体動作から決定的に根拠づけることが可能である．39行目でDとEはほぼ同じタイミングで，それぞれスマートフォンとワークシートを手に取り，視線を向けている（図10⑮）．DとEが雑談からスマートフォンとワークシートに志向を向けたことからも雑談に区切りがついたことが根拠づけられる．

雑談に区切りがつき，40行目で沈黙が産出されると，Eはすかさず「..hと(.)ですね:」によって振り返り活動の開始を予示する（41行目）．実はEは，39行目の時点で，次の活動をほのめかしていた．Eは，ワークシートを手に取った後，ワークシートの左端を持ち上げ，テーブルの中心に差し込むように動かしている（40行目：図10⑯）．このように，Eは発話に先立つワークシートの操作とそれに向けた視線によって振り返り活動の開始の予示を組み立てていた．

41行目でEによる活動の開始の予示の後，再び沈黙が産出される（42行目）．この沈黙により，他の話し手が現れないことを確認したEは「何を話すの?」とトピックを特定することにより，ゆるやかに振り返り活動を開始する（42行目：図10⑰）．この時点で，スマートフォンを操作しているBを除いた参加者の姿勢や視線は，ワークシートまたはグループの参加者に向けられており，これから振り返り活動を始めることに対して志向が向けられている．

図 10 事例 2-3

以上より，雑談を一緒に抜け出すことで志向性を共有しながら，新たなトピックに全員で参加することの試みが行われていた．参加者の志向性が雑談を通して共有された後，E はワークシートの操作とそれに向けた視線によって次の活動をほのめかし，沈黙が産出されると，すかさず「..h と(.)ですね:」によって振り返り活動の開始を予示していた．

では，参加者はなぜ雑談を一緒に抜け出すことによって志向性の共有を行っていたのだろうか．分析 1 でも指摘したことであるが，雑談を明示的に終了させた後に次のトピックを開始すると，他の参加者のフェイスを傷つける恐れがある．参加者のフェイスを傷つけずないために，また自分たちのペースで振り返り活動を構築するために，参加者の志向性が雑談を通して共有し，さらにゆるやかな開始を行っていたのではないだろうか．

なお，事例 2 では振り返り活動を開始する際に，D のみが志向をスマートフォンの操作に向けている．そのため全員の志向を共有して開始できたとは言えない．しかし，D 以外の参加者はスムーズに志向を共有しながら活動を開始している．よって事例 2 については，志向性の共有に失敗したと位置づけるのではなく，スマートフォンという道具には一度志向を向けてしまうと他のことに志向を移動させるのが難しいという特徴があると指摘することが適切だと思われる．

3.2.3. 機能 3 教示・依頼の無視による主体的な振り返り活動の構築（事例 2）

本節では，続けて事例 2 から，雑談によって教員の教示・依頼を無視することで主体的に振り返り活動を開始していることを例証する．

まず，開始の合図の直後の場面に注目する．教員が学生に教示・依頼したのは，事前に記入したワークシートをもとに，自らの振り返りを報告する「振り返りの共有」，そして自由に話し合うことで，新たな気づきを得たり，理解を深めたりする「振り返りを深めるディスカッション」であった．しかし，事例 2 の冒頭，参加者は振り返り活動をすぐに開始していない．教員が教示・依頼した振り返り活動の課題とは関係のない雑談を行っている．1 つ目は，他のグループの学生（ミーちゃん）に関するトピック（03 行目-18 行目），2 つ目は，べるちゃんというこの場ではアクセスできない人物に関するトピック（26 行目-40 行目）である．いずれのトピックも「振り返りの共有」，及び「振り返りを深めるディスカッション」には該当しない．

本節では，この冒頭の場面の発話連鎖に注目する．発話連鎖の分析単位には「隣接ペア」（Schegloff, 2007）がある．隣接ペアとは，[質問-応答]，[依頼]-[受諾]，[誘い]-[受諾]といったような強い結びつき，ペアを為すような行為の連鎖を指す．隣接ペアはそれぞれ別の話し手によって産出される隣り合った発話対であり，第 1 部分（first pair part：FPP）と第 2 部分（second pair part：SPP）という順序を持つ連鎖組織である．

隣接ペアの概念を踏まえて，教員の開始の合図とその直後の場面を観察すると，教員の振り返り活動の教示・依頼という FPP に対して，学生のグループはすぐには応答していない．教員による開始の合図の直後，E が「はじめてください」（01 行目）と教員の依頼を繰り返した後，「それでは(.)はじめます」（02 行目）と述べている．このやりとりは，学生たちが教員による開始の依頼がなされていることについて理解していることを示している．

しかし，開始の宣言がなされたものの，すぐには振り返り活動は開始されない．開始の宣言の直後，A が D の発話にオーバーラップしながら，「ミーはそういや」（03 行目）というミーの状況を尋ねることにより，ミーに関するトピックを開始する．続く 04 行目で，B は「学校くるって」により，ミーがこの後学校に来るという情報を伝える．その情報を受けて，D は「たいへん」（06 行目）と反応を示している一方で，C は「ミーってだれ?」により，ミーが誰かを理解していないことを示す．09 行目で「ミー」が「みおり」であることが示され，10 行目で「ちっちゃいこ」という

ミーの身体的特徴を表す情報が付け加えられる．12行目では，Cが「ムギちゃん」という「ミー」の別の呼び名を産出することにより，「ミー」が「ムギちゃん」であると理解していることを示す．13行目でAがCの理解に対して承認すると，15行目でCは「へ: いまからふすごいね:」という評価によって，04行目のミーがこの後学校に来るという情報に対する受け止めを遅れて産出する．18行目でAも同様に「えらい」という評価により，反応を示す．以上，遅れて授業に参加する学生（ミーちゃん）に関するトピックである．

以上のやり取りから，振り返り活動の教示・依頼というFPPに対して，事例2の参加者の応答は大きく遅延している．FPPの直後に応答していないことは，隣接ペアの基本的特徴である隣接性の規範から外れている．隣接性の規範とは，FPPが産出された後は即座にSPPが産出されるべきというものである．振り返り活動が開始されたのは41行目であり，即座に応答が産出されているとは言えないことは明らかである．よって，41行目によって開始された振り返り活動は，教員の教示・依頼というFPPに対する応答ではあるものの，一度無視されたものとして理解することが適切であると考えられる．このことは，43行目でEが「何を話すの?」という教員の教示・依頼を忘却していることを示す発話からも証拠づけられる．

5.2で検討したように，参加者は雑談に一度全員で入り込んだ後，一緒に抜け出し，志向性を共有したまますぐに次の活動を開始していた．参加者は，一度教員の開始の教示・依頼を無視してはいるものの，41行目以降，自分たちで振り返り活動を主体的に構築し，開始していると言えよう．

以上の検討により，事例2の参加者はFPPに対する応答の産出に大幅に遅延しており隣接性の規範から外れていること，及び教員の教示・依頼が忘却されていることから，教員の教示・依頼を一度無視していると捉えることができる．しかし，その後，志向性を共有しながら振り返り活動を開始していることから，参加者は主体的に振り返り活動を構築していることが示された．

事例2を検討した結果，2つの雑談の機能が示された．すなわち，雑談を一緒に抜け出すことによって志向性を共有し，新たなトピックへの参加を可能にしていること（機能2），及び雑談によって教員の教示・依頼を無視することで主体的な振り返り活動の開始を可能にしていること（機能3）である．

4. 考察

以上より，雑談が志向性を共有する余白を生み出し，それにより全員で新たなトピックに参加することを可能にしていること（機能1），雑談を一緒に抜け出すことで志向性を共有しながら新たなトピックに参加することを可能にしていること（機能2），そして雑談によって教員の教示・依頼を無視することで主体的な開始を可能にしていること（機能3）が明らかになった．

以上の結果から，教員が雑談に対して介入することは教員が持っているであろう， 参加者に積極的に授業に参加してほしいという意図に反して，参加者の積極的な参加と主体性を発揮する機会を剥奪している可能性が示唆される．本研究では，この教員の持つ板挟みの状況を「主体性教育のジレンマ」と呼ぶ．参加者の雑談をいかにコントロールするかが，教員の授業運営上における課題であろう．

この課題を解決するためには，雑談の次のトピックに注目することが有効だと考えられる．今回収集した事例の中には，雑談の完了後，その完了した直前の雑談と関連づけられる形で次の雑談が開始される事例がいくつか見受けられた． 今回検討した事例1では，一つの雑談の完了後にも，雑談がその後も連続して展開されるようなことはなく，すぐに本題に移行することができていた．よって，一つの雑談が産出された後にはすみやかに本題に移行することが，雑談の持つポジティブな機能を発揮する上では重要であると考えられる．雑談が完了した後，いかに新たなトピックが開始されるのか，また，参加者は雑談の後にいかに本題（教員が教示・依頼した振り返り活動）に復帰しているのかという点について検討を重ねることで，教員が介入すべき雑談と，そのまま見守る雑談とを見極めるヒントが得られる可能性がある．

また，雑談をする際にも， 身体動作等によって志向の一部は教示・依頼された課題に対して向けられたままでいることが，雑談を延々と継続するのではなく，教示・依頼された振り返り活動にすばやく移行しやすくなるという点で重要であると考えられる．志向性の全てを教員が教示・依頼した振り返り活動以外（雑談等の教示していない活動）に向けてしまうと，振り返り活動を開始するまでに時間がかかったり，雑談が延々と継続してしまったりする可能性が高い．

文献

安斎 勇樹・青木 翔子, (2018) “ワークショップ実践者のファシリテーションにおける困難さの認識” 日本教育工学会論文誌, 42(3), 231-242.
奥原 俊・伊藤 孝行, (2007) “雑談が問題解決型の議論に与える影響とその効果に関する研究” 第 31 回人工知能学会全国大会論文集.
河内 彩香 (2009). “日本語の雑談における話題の展開方法” 東京大学留学生センター教育研究論集, 15, 41-58
串田 秀也・平本 毅・林 誠, (2017) “会話分析入門”, 勁草書房.
村田 和代, (2016). “まちづくりの話し合いを支える雑談 雑談とその諸相” 村田 和代・井出 里咲子(編) 雑談の美学—言語研究からの再考 (pp. 51-70) ひつじ書房.
中井 陽子, (2003). “話題開始部で用いられる質問表現—日本語母語話者同士および母語話者／非母語話者による会話をもとに” 早稲田大学日本語教育研究, 2, 37-54.
筒井 佐代, (2012) “雑談の構造分析” くろしお出版.

機械翻訳された文章の違和感に関わる要因
Factors of unnaturalness in machine-translated sentence

野原 康平†, 女川 亮司†‡, 渡邊 克巳†
Kohei Nohara, Ryoji Onagawa, Katsumi Watanabe
†早稲田大学, ‡日本学術振興会
Waseda University, Japan Society for the Promotion of Science
nohara@fuji.waseda.jp

概要
本論文は, 機械翻訳が作成する文章において, 人間のみが感じる違和感の要因について調査したものである。この研究では, 2 択の文章選択課題の回答傾向と, 「なぜそう答えたか」という回答を分析して要因を検討した。理由の分析では, テキストマイニングを使用し, 共起語ネットワークの評価と対応分析を行なった。これらの結果, 文章を読む際に感じる違和感には 6 つの要因が存在することが示唆された。また, 自信度と正答率の間に相関関係はないことが明らかになった。

キーワード : 文章, 違和感, テキストマイニング, 共起語ネットワーク, 対応分析

1. 序論と目的

近年, 機械翻訳や自動要約生成などの人工知能が作成する文章を見かける機会が増えている(Mori, Yamane, Makuta, & Harada, 2019; Li, Ding, & Liu, 2018)。しかし, これらの人工知能が作成する文章には, 人間のみが感じる違和感が存在するという大きな課題があると考えられる。

そこで本研究では, テキストマイニングなどの分析方法を用いて, 人間が文章を読む際に感じる違和感の要因を検討した。

2. 実験手順

実験参加者は合計 333 人(男性:247, 女性:86 人)であった。本実験では幅広い年齢層及び, 性別を対象に調査するために, 年齢・性別に制限を設けなかった。実験参加者は Yahoo!クラウドソーシングで募集し, オンラインで実験が行われた。

被験者は二つの文章が提示され, より違和感があると思う方の文章を選択した。その選択肢の一つは, 過去に日本語検定問題に出題された問題文(以下, 機械翻訳前の文章)であった。もう一方の選択肢は, 機械翻訳前の文章を翻訳機によって英語に翻訳し, それを再び日本語に翻訳した文章(以下, 機械翻訳後の文章)であった。被験者は, この文章選択課題を全部で 25 試問繰り返した。なお, この 25 問が出題される順番は被験者によってランダマイズ化されて行われた。その後, 被験者が違和感を感じる要因を分析するため, 「選択肢を選ぶ際, どのような点に着目したか, できる限り具体的に文章で記述してください。」と文字数制限なしで理由を聞いた。最後に, 被験者は自身の解答への自信度を 7 段階尺度で評価した。

3. 研究 1

3.1. 目的

研究 1 の目的は実験参加者の正答率や自信度の妥当性, またはそれらの相関関係を定量的に評価することであった。また, 各問題における正答率の特徴から, 違和感を感じる際の要因の評価を行なった。

3.2. 結果と考察

正答率や自信度の妥当性 各問題における正答率を算出したところ, 正答率の平均値が 69.57%, 中央値が 72.7%, 標準偏差が 16.69%という結果が得られた。また, 自信度について, 平均が 4.01, 中央値が 4, 標準偏差が 1.45 であった。これらのことから, 難易度の観点や自信度の評価において妥当な結果が得られたと考えられた。

正答率と自信度の相関関係 自信度と正答率の相関係数は $r = 0.149$ であり, 正答率と自信度との間で相関関係は見られなかった。よって, 正答率と自信度の変数はそれぞれ独立していると考えられた。

問題文分析 正答率が統計的に著しく高い問題文, 著しく低い問題文, 中程度の問題文ごとに問題文の特徴の分析を行った。

正答率が著しく高い問題文 正答率が著しく高くなった理由は, いくつかの問題文の翻訳後の文章に文法的, 意味的に誤りが存在したためと考えられる。また, 他の

問題文において，単語レベルの違いや単語表現の硬さにおける単語表現の違いが原因で生じる違和感が見られた。

正答率が著しく低い問題文 表現の丁寧さの違いや，単語レベルの違いにおける単語表現の違いが原因で生じる違和感が見られた。

正答率が中程度の問題文 表現の丁寧さの違いや主語の有無，助詞の違いが原因で生じる違和感が見られた。

4. 研究２

4.1. 目的と方法

研究 2 の目的は，実験参加者に聞いた「なぜそう答えたか」という理由の文章の分析を行い，違和感を感じる要因を評価することであった。また，実験参加者の正答率と解答への自信度の数値の違いにおいて，着目する要因がどのように変化するのかを評価した。

これらの分析は，テキストマイニングを使用し，共起語ネットワークと，正答率及び自信度に関する対応分析によって評価した。

4.2. 結果と考察

共起語ネットワーク 本研究で得られた共起語ネットワークを図 1 に示した。この図にある単語が使われた実際の文章の内容から違和感を感じる要因を考察した。その結果，文章を読む際に感じる違和感には 6 つの要因があることが示唆された。その要因とは「文型による違和感」,「主語の有無による違和感」,「音韻による違和感」,「助詞による違和感」,「敬語，丁寧語による違和感」,「状況の想像の可否による違和感」 である。

対応分析 正答率の高い実験参加者は順に「状況の想像の可否による違和感」,「音韻による違和感」,「文型による違和感」,「主語の有無による違和感」,「敬語，丁寧語による違和感」を重視しており，正答率の低い実験参加者は「助詞による違和感」を重視していたことが示唆された。また，解答に自信のある実験参加者は順に「状況の想像の可否による違和感」，「文型による違和感」，「主語の有無による違和感」,「助詞による違和感」によって判断する傾向があり，解答に自信のない実験参加者は順に「音韻による違和感」,「敬語，丁寧語による違和感」によって判断する傾向があると考えられた。

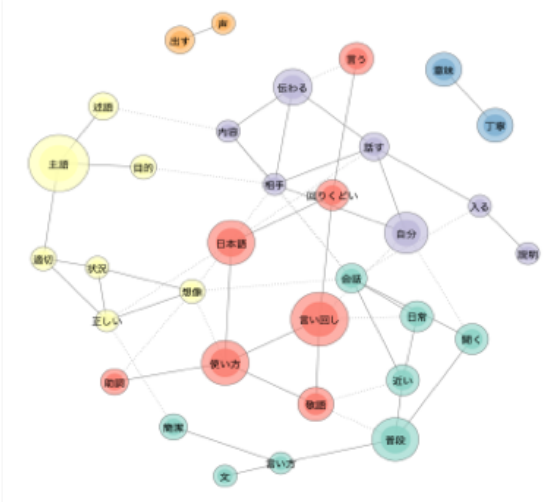


図 1 共起語ネットワーク

5. 考察

6 つの要因は大きく「文法が原因で生じる違和感」と「状況が原因で生じる違和感」の 2 つの要因に分けられる。具体的には，「文型による違和感」,「主語の有無による違和感」,「音韻による違和感」,「助詞による違和感」が「文法が原因で生じる違和感であり，「敬語，丁寧語による違和感」,「状況の想像の可否による違和感」が「状況が原因で生じる違和感」である。

対応分析の結果から，文章を見分ける際の最も有効な着眼点は，「状況の想像の可否による違和感」と考えられる。また，「助詞による違和感」は適切な解答ができた手応えを得られるが，実際には見分けることにあまり効果的でない着眼点であると考えられる。逆に，「音韻による違和感」に着目すると適切な解答ができた手応えは得られないが，効果的な着眼点であると考えられる。

今後の課題として，単語表現について指標を設けること，多くの種類の翻訳機を使用して機械翻訳の性能を一般化し実験を行うこと，問題文の原文を日本検定問題の文章を使用するのではなく，日常的に使われる文章を使用することなどが挙げられる。そのような検討を進めることで，より精度の高い，絶対的な評価が可能になることが期待される。

文献

[1] Mori, Y.,Yamane, H., Mukuta, Y., & Harada, Y.(2019). Toward a Better Story End: Collecting Human Evaluation with Reasons. Proceedings of the 12th International Conference on Natural Language Generation (pp. 383-390). Tokyo, Japan: Association for Computational Linguistics.

接触回数の増加による会話中の沈黙と話題選択への影響 －日中接触場面と日本語母語場面の分析－

The Impact of the number of meeting sessions on Silence and Conversation Topic Selection - Comparison between intercultural and intracultural settings in Japanese conversations -

趙　鵬群，巽　智子
Pengqun Zhao, Tomoko Tatsumi
神戸大学
Kobe University
206c301c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本稿では，接触回数の増加による会話中の沈黙と話題選択への影響を検討した．日中接触場面と日本語母語場面の初対面の大学生ペアを対象に，週に 1 回の自由会話を 4 週間実施した結果，接触回数の増加によって話題転換時に沈黙が行われる確率に差があるとは言えなかったが，日中接触場面では話題転換時に沈黙が行われる確率が有意に高いという結果が得られた．また，両場面における会話参加者の話題内容にも違いが観察された．

キーワード：話題選択，初対面からの継続自然会話，日中接触場面，異文化コミュニケーション

1. はじめに

日本に来る留学生の増加に伴い，キャンパスにおける異文化間交流の機会も増えてきたが，日本人学生と外国人留学生との間の交流が思うように円滑に進んでいないことが現状である（小松 2016）．その原因について，大津（2009）や楊（2011）は，接触場面において，文化の差異による不適切な言語行動が，会話の参加者間の親密化に影響し，人間関係を損ねる要因になりうると指摘している．

様々な言語行動の中でも，会話を円滑に進めるための適切な話題選択は特に重要な役割を果たしている．これまでにも会話における話題選択に関する研究が行われてきたが，そこでは初対面会話が対象となることが多い（三牧, 1999；張, 2006；趙, 2014；楊, 2011 等）．しかし，初対面の接触後，再会して行われる二回目の会話やそれ以降の会話に関する考察は少ない．現実の人間関係は連続的に発展するものであるため（山本ら 2008），接触回数が増えるにつれ，会話においての話題選択の仕方に変化が生じる可能性がある（方 2020）．つまり継続的な対人関係形成の過程に対する研究が必要である．

そこで，本稿は，2022 年 2 月提出の修士論文「日中接触場面と日本語母語場面における話題選択と話題導入プロセスに関する考察－初対面からの継続会話の分析－」のデータを用いて，その内容を一部発展させ，対人関係の初期段階において，日中接触場面と日本語母語場面における話題選択にどのような違いが出るかを検討する．

2. 先行研究と研究課題

渡部（2018）では，多くの大学生が初対面では話題が尽くしてしまい，2 回目は何を話していいかわからないために，対人不安の一種である二度見知りを生じると指摘している．つまり，２回目以降の会話では話題の産出が初対面場面より難しいことが考えられる．

また，方（2020）は日本語母語話者同士の初対面から 4 回に渡っての会話を分析対象とし，日本語母語場面における話題選択の内容の変化を明らかにした．その結果，「初対面会話では，会話参加者の個性や組み合わせには関わらず話題選択に高い共通性があったが，2 回目以降の会話の話題選択は，初対面と比べ，会話参加者の関心に応じて多様性が見られた」（方 2020:p.89）．

一方，日中接触場面（CJ）では会話参加者双方が異なる言語的・文化的背景を持つため，共通する話題リソースが少なく，日本語母語場面（JJ）の会話より話題の選択がさらに難しいと考えられる．

以上のことをふまえ，本研究では以下の研究仮説を設ける．

仮説 1：初対面場面よりも 2 回目以降の会話においての話題の産出が難しくなる．
仮説 2：JJ 場面よりも CJ 場面においての話題の産出が難しくなる．
仮説 3：CJ/JJ 場面の会話において会話参加者の話題内容には差が見られる．

3. 研究方法

本研究では，中国語を母語とする上級日本語学習者と日本語母語話者による接触場面（CJ），日本語母語話者同士による日本語母語場面（JJ）で採集したそれぞれ 2 組の初対面から同じ人と 4 回にわたる継続会話を録音，録画し，文字化したデータを分析資料とする．分析に当たって，両場面の会話参加者の条件を次のように統制を行った．

会話参加者はすべて21～23歳の女性で同じ大学に通うお互いに面識のない 4 年生とした．また，個人差を小さくするために，2 名の母語話者（J1，J2）は日中接触場面（CJ），日本語母語場面（JJ）の両方に参加するように組み合わせた．会話の参加者の内訳を表 1 に示す．

表 1 調査協力者の属性と組み合わせ

グループ 1	接触場面	J1	CJ1
	母語場面	J1	J3
グループ 2	接触場面	J2	CJ2
	母語場面	J2	J4

4. 結果

4.1 話題の産出の難しさについて

話題産出の難しさを調査するために，Audacity の Silence Finder 機能を用いて，話題転換時に行われた 3 秒間以上の沈黙を機械的に摘出し，分析対象とした．初対面会話から 4 回目の会話において，話題転換時に 3 秒間以上の沈黙が行われた確率を図 1 に示す．

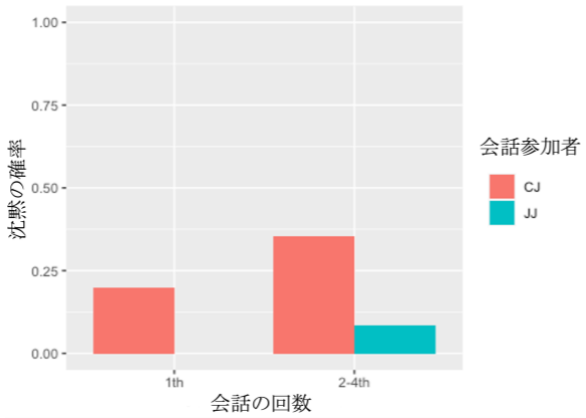


図 1 CJ/JJ 場面における 1 回目と 2 回目以降の会話における話題転換時の 3 秒間以上の沈黙の確率

図 1 から，話題転換時に 3 秒間以上の沈黙が行われた確率は初対面場面よりも 2 回目以降の会話の方が多いことがわかるが，二元配置分散分析を行った結果，初対面場面と 2 回目以降の会話では，有意差が見られなかった（p=0.201）．

一方で，話題転換時に 3 秒間以上の沈黙が行われた確率は JJ 場面よりも CJ 場面の方が多くなった（$F(1,132)=15.214, p<.001$）．なお，両要因の有意な交互作用は見られなかった（p=0.441）．

また，3 秒以上の沈黙時間という基準を 5 秒以上に変えて話題転換時に沈黙が行われた確率について調べてみた結果，話題転換時に 5 秒間以上の沈黙が行われた回数は JJ 場面が 0 であったのに対して，CJ 場面の方が初対面場面の会話において 2 回，2 回目以降の会話において 11 回見られた．つまり，JJ 場面より CJ 場面では話題転換時に沈黙が行われる時間が長いと言えるだろう．

下記の会話例 1（J2，CJ2 の 4 回目の会話より）はその一例である．会話例 1 では，CJ2 は先行話題の「バイト先のプール」についての相手の意見に「はい」と相づちを打ち（4 行目），話題が終了した．その後 J2，CJ2 のどちらも新しい話題を導入しないまま，15 秒の沈黙が生じている（5 行目）．そして，CJ2 から話題が導入される様子が見られないため，J2 は沈黙を破り，質問で「次の話題」という話題を導入した（6 行目）．それにも関わらず，7 行目では，笑いやフィラーの後に，また 3 秒間の沈黙が生じ，話題の選択に困難が生じる様子が窺えた．

会話例 1 バイト先のプール → 次の話題

1	J2	なので，ちょっと九月，夏休みが終わる，9月以降が多分空いてると.
2	CJ2	はい.
3	J2	ぜひまた遊びに来てください.
4	CJ2	はい.
5		《沈黙 15 秒》
6	J2	時間があと 1 分あるんですけど，何話しますか？
7	CJ2	<笑い> うーん 《沈黙 3 秒》
8	J2	はい，<2 人で笑い> 今日はこんな感じですかね.
9	CJ2	はい.
10	J2	はい，すいません，なんか，じゃ，また猫カフェ，もしも行ってみたら，私も行くかもしれないんで，もしも行ったら，はい， 感想いいます.
11	CJ2	<笑い> はい.

このような話題転換時に長い沈黙が生じ，会話参加者双方は何を話せばいいか分からないようなやりとりは日本語母語場面では一例も見られなかった．また，初対面場面より 2 回目以降の会話でこのような沈黙が多く見られた．このような例は，仮説 1（初対面場面よりも 2 回目以降の会話においての話題の産出が難しくなる）と仮説 2（JJ 場面よりも CJ 場面においての話題の産出が難しくなる）を支持する 1 つの材料となり得る．

4. 2 話題内容の比較

三牧 (1999) の話題カテゴリーの分類を参考に話題の内容を区分し，分析を行った．今回はデータの量的な制約から記述分析のみにとどまるが，初対面場面では，CJ/ JJ 場面の話題選択に共通性が見られ，2 回目以降の会話では，多様性が見られた．

具体的に，初対面会話では，お互いについての背景知識がないため，CJ/ JJ 場面のいずれの会話においても大学における所属や専門などの話題が選択され，お互いの基本情報の交換が行われていた．また，参加者は同じ大学 4 年生であるため，互いに身近な話題である大学生活や進路についての話題が共通して取り上げられていた．それに対して，接触回数が増加するにつれて，選択される話題の内容が分かれる傾向が見られた．

また，CJ/ JJ 場面では，大学生活の話題がともに一番多く選択されたが，CJ 場面では，大学生活（全 45 話題中 12）の次に，言語学習に関する話題が多く取り上げられた（全 45 話題中 11）．それに対して，JJ では，大学生活の話題が集中して選択される傾向（全 66 話題中 23）があり，言語学習に関する話題が取り上げられなかった．

さらに，接触回数の増加に伴い，JJ 場面では家族や恋愛などの私的なことに関する自己開示が行われ，親密化する様子が見られたが，CJ 場面では，会話の回数が増えても，そのような自己開示は見られなかった．

5. 考察

研究課題について，本研究で明らかになったことを以下にまとめる．

まず，接触回数の増加によって話題転換時に沈黙が行われる確率に差があるとは言えなかったが，CJ 場面では話題転換時に沈黙が行われる確率が有意に高いという結果が得られた．これは，JJ 場面の双方の参加者は類似した言語的・文化的背景を持ち，初対面会話だけでなく，2 回目以降の会話においても，何が適切な話題であるかが推測されやすいため，新しい話題を選択することができる．一方，CJ 場面の双方の参加者は異なる言語的・文化的背景を持つため，適切な話題を選択することが難しいと考えられる．

また，CJ/ JJ 場面の会話において，初対面場面では，話題選択に共通性が見られ，2 回目以降の会話では，多様性が見られたのは方 (2020) と同様の傾向であるが，4 回の会話全体的に見ると，CJ/ JJ 場面の会話参加者の話題内容には差が見られた．CJ 場面では，言語学習に関する話題が多く取り上げられる傾向が見られたのに対して，JJ 場面では，言語学習に関する話題が取り上げられなかった．これは，CJ 場面において，話題選択をする時に，異なる言語的・文化的背景を持つ相手が持つ話題リソースに配慮しながら，双方が重なっていると思われる範囲の中で話題の選択が行われていると考えられる．

今後，同じ状況での中国語母語場面における女子大学生の会話との対照や，データを増やした上で話題選択について定量的な検証をする必要性がある．

参考文献

[1] 大津友美（2009）「日本人学生による留学生の会話行動の評価―中国語を母語とする中級・上級日本語学習者との初対面会話の場合―」『日本語教育方法研究会誌』（16-1），pp.62-63.
[2] 小松翠（2016）「中国人留学生の友人関係不満に関する原因帰属と日本人イメージの関連について」『高等教育と学生支援: お茶の水女子大学紀要』(7)，pp.128-139.
[3] 張瑜珊（2006）「台湾と日本の女子大生同士における初対面会話の対照研究:話題選択について」『言語文化と日本語教育』第 31 回お茶の水女子大学日本言語文化学研究会発表要旨（31），pp.110-113.
[4] 趙凌梅（2014）「話題選択スキーマとストラテジーの日中対照研究:初対面会話データを用いて」『国際文化研究』(20)，pp.145-157.
[5] 方敏（2020）「初対面以降の会話における話題選択及び変化に関する一考察―日本人女子学生による初対面から 4 回目までの会話をもとに―」『ことば』(41)，pp.89-105.
[6] 三牧陽子（1999）「初対面会話における話題選択スキーマとストラテジー--大学生会話の分析」『日本語教育』（103），pp.49-58.
[7] 山本恭子・鈴木直人（2008）「対人関係の形成過程における表情表出」『心理学研究』(78-6)，pp.567-574.
[8] 楊虹（2011）「日中母語場面の初対面会話における話題開始の比較:参加者間の相互行為に注目して」『立命館言語文化研究』(22-3)，pp.185-200.
[9] 渡部敦子（2018）「「二度見知り」はなぜ生じるか？」『日本心理学会大会発表論文集』第 82 回大会，pp.3EV-013.

心拍指標を用いた 4 本腕アバターに対する自己身体認識についての検討

A Study on Heart Rate Responses during Self-Body Recognition for a Four-Armed Avatar

仁藤 晴暉[†], 成田 真輝[†], 肥後 克己[‡], 嶋田 総太郎[§]
Haruki Nito, Masaki Narita, Katsuki Higo, Sotaro Shimada

[†]明治大学大学院理工学研究科, [‡]明治大学研究・知財戦略機構, [§]明治大学理工学部
Graduate School of Science and Technology, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Faculty of Science and Technology, Meiji University
ce221060@meiji.ac.jp

概要

本研究では、2 人で操作する 4 本腕アバターを用いて仮想現実 (VR) 上でボタン押し課題を行ったときの、拡張腕に対する自己身体認識について検討を行った。その結果、拡張腕が被験者の目標を満たすように動いたときの方がそうでないときよりも拡張腕に対する自己身体感が高くなる傾向が見られた。このことから身体拡張アバター操作時には拡張された身体部位が操作者と意図を共有するように動作することが重要であることが示唆された。

キーワード : VR, 人間拡張, 4 本腕アバター, フルボディ錯覚

1. はじめに

自分の身体を自分のものであると知覚する感覚を自己身体認識と呼び、身体所有感と運動主体感の 2 つの感覚に分けられる[1]。自己身体認識は自身の身体以外にも生起することが知られている。本研究では、仮想現実上で 4 本腕を持ったアバター（以下、4 本腕アバター）を操作したときに、操作者に追加された自分のものではない 2 本の腕に対して自己身体認識が生起するかを調べた。特に運動主体感の生起条件の 1 つである事前性に注目した。事前性とは、主体が運動に関して事前に思考や計画を持っていることを指す。事前に運動意図がなければ、自分の身体が実際に動いていたとしても運動主体感は生じない[2]。

本研究では課題時に、追加された腕と意図を共有した場合と、意図を共有していない場合で自己身体認識に差が出るという仮説を立てた。先行研究からフルボディ錯覚が生じている場合、アバターに対する危険を感じる刺激が提示された後には瞬時心拍数が減少することが知られている[3]。今回は自己身体認識の生起の指標としてアンケートと瞬時心拍数を用いた。

2. 実験

29 名の健康な男性が実験に参加した（平均 21.1±1.36 歳）。計測の不備により心拍の解析では 6 名のデータを除外し、最終的に 23 名の実験データを使用した。アンケートの分析には 29 名のデータを使用した。

実験環境はヘッドマウントディスプレイの HTC VIVE（HTC, 台湾）を通して被験者に提示し、VIVE コントローラー（HTC, 台湾）を用いて被験者の動きを VR アバターに反映させた。以下、青い腕をメインアーム、赤い腕をサブアームと呼ぶ。被験者はメインアームを操作して、5 秒間隔で青色と赤色に交互に光るボタンを押す課題を 3 分間行った。ボタンは 4 つ配置されており、どの場所のボタンが光るかはランダムになっていた。実験の様子を図 1 に示す。

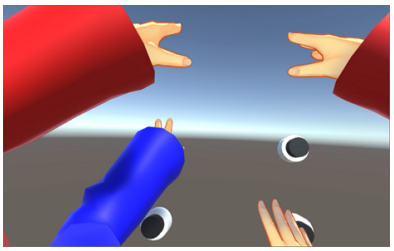
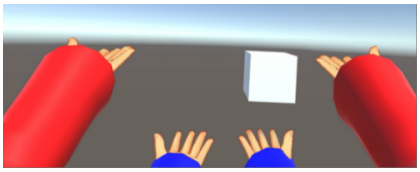


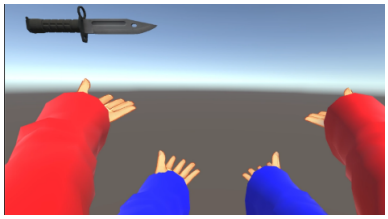
図 1 実験の様子

条件は 1 人操作条件、意図共有条件、非意図共有条件の 3 条件があった。1 人操作条件ではボタンが青色に光ればメインアームで、赤色に光ればサブアームで押した。意図共有条件・非意図共有条件ではサブアームは実験者が操作し、被験者はボタンが青色に光った際に押した。意図共有条件では、実験者はボタンが赤色に光った際に押し、非意図共有条件では、実験者はボタンが赤色に光った際にボタンとは関係のない場所に手を伸ばした。課題終了後、ナイフ脅威タスクを行った(図 2)。ナイフ脅威タスクでは、メインアーム・サブアーム

のそれぞれに上からオブジェクトとナイフを落とし、その時の心拍数を計測した。オブジェクトとナイフは、画面上に表示されてからメインアームに対しては900ms 後に、サブアームに対しては 500ms 後に腕に当たり、当たった 1 秒後に消えるようにした。オブジェクトまたはナイフが消えた 5 秒後に別のオブジェクトまたはナイフが落ちるようにした。タスク後、自己身体認識に関するアンケートを行った。



(a) オブジェクトが落ちてくる様子



(b) ナイフが落ちてくる様子

図 2　ナイフ脅威タスクの様子

3.　実験結果

身体所有感と運動主体感のスコアにおいて、対応のある二要因分散分析（部位[メインアーム, サブアーム], 操作方法[1 人操作条件, 意図共有条件, 非意図共有条件]）を行った。身体所有感について交互作用が見られた($F(1.87,52.45) = 12.62, p < 0.001, \eta_G^2 = 0.03$)。単純主効果検定を行ったところ、サブアームにおける操作方法に有意な単純主効果が見られた($F(1.7,48.22) = 16.64, p < 0.001, \eta_G^2 = 0.15$)。多重比較を行ったところ、意図共有条件よりも 1 人操作条件の方が($t(28) = 3.83, p < 0.001, r = 0.59$)、非意図共有条件よりも 1 人操作条件の方が($t(28) = 5.00, p < 0.001, r = 0.69$)有意に高いスコアを示した。非意図共有条件よりも意図共有条件の方が高い傾向を示した($t(28) = 1.83, p = 0.078, r = 0.33$)。運動主体感について交互作用が見られた($F(1.88,52.74) = 78.38, p < 0.001, \eta_G^2 = 0.44$)。単純主効果検定を行ったところ、サブアームにおける操作方法ついて有意な単純主効果が見られた($F(1.88,52.75) = 91.46, p < 0.001, \eta_G^2 = 0.66$)。多重比較を行ったところ、意図共有条件よりも 1 人操作条件の方が($t(28) = 10.25, p < 0.001, r = 0.89$)、非意図共有条件よりも 1 人操作条件の方が($t(28) = 11.66, p < 0.001, r = 0.91$)有意に高いスコアを示した。非意図共有条件よりも意図共有条件の方が高い傾向を示した($t(28) = 2.01, p = 0.054, r = 0.36$)。

瞬時心拍数の結果を図 3 に示す。エラーバーは標準誤差を示している。対応のある二要因分散分析（ナイフ[非ナイフオブジェクト落下後, ナイフ落下時], 操作方法[1 人操作条件, 意図共有条件, 非意図共有条件]）を行ったところ、ナイフによる主効果があった（$F(1,22) = 15.28, p < 0.001, \eta_G^2 = 0.091$）。

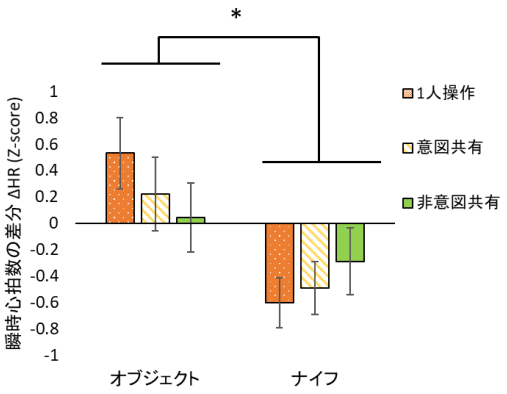


図 3　瞬時心拍数の結果

4.　考察

アンケート結果から、サブアームに対する自己身体認識は 1 人操作条件、意図共有条件、非意図共有条件の順に高いことが分かった。また、有意差はないが、瞬時心拍数の結果は、1 人操作条件、意図共有条件、非意図共有条件の順に瞬時心拍数が減少しており、アンケート結果と似た傾向になっていた。アンケートと瞬時心拍数からサブアームについて操作者と意図の共有をした時の方が、意図の共有をしていない時よりも自己身体認識は高くなることが分かった。これらのことから 4 本腕アバター操作時には運動意図の共有が重要であり、人は自分のものではない追加された腕に対して自己身体認識を抱くことが可能であることが示唆された。

5.　参考文献

[1] Gallagher, S, (2000) “Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science” Trends in cognitive sciences, Vol. 4, No.1, pp.14-21.

[2] Wegner, D. M, (2002) “The illusion of conscious will”, The MIT Press.

[3] Pomés, A., and Slater, M, (2013) “Drift and ownership toward a distant virtual body”, Frontiers in Human Neuroscience, Vol. 7, No. 908.

簡易な眼球運動指標による観察者の性格特性の推定
Predicting observers' personality traits using a simple eye movement measures

徐 睨哲†, 松香 敏彦‡
Kuangzhe Xu, Toshihiko Matsuka
†弘前大学, ‡千葉大学
Hirosaki University, Chiba University
jokyotetsu@hirosaki-u.ac.jp

概要

顔の印象評定課題を用いた研究では、観察者の性格特性と観察時の眼球運動に頑健な関係が示されている。例えば、観察者の性格特性から顔の各部位への着目頻度の予測や、その逆に顔の観察時の眼球運動から観察者の性格特性の予測が可能であることが示されている。これらの研究の多くは、複雑なデータの前処理を必要としていた。そこで、本研究では煩雑なデータ処理をおこなうことなく単純な眼球運動の指標を用いても、先行研究と同様に観察者の性格特性と眼球運動に関係性を示せるか否かを検討した。その結果、眼球運動の平均移動距離や(停留時を含む)平均移動角度のような単純な指標によっても顔の観察時の眼球運動から観察者の性格特性が推定できることが示された。

キーワード: 眼球運動, モデル推定, 性格特性, モデル比較

1. はじめに

これまでの顔の印象評定課題を用いた研究結果では、観察者の性格特性と眼球運動間に頑健な関係性があることが示されている。例えば、徐らの研究結果[1][2]では、観察者の性格特性は眼球運動に強く影響することが明らかにされている。しかも、その頑健性は視線の誘導を行っても簡単に弱化できないことも示されている。さらに、動的に処理された眼球運動（目、鼻などの顔の各部位間の視線の移動）を用いて観察者の性格特性を推定する分析を行った結果、高い推定能力が示された。しかしながら、これらの研究の多くは、各顔刺激に対し、目・鼻・口などの関心部位・関心領域（AOI）を定義し、視野角をもとにしたフィルターをかけるなど煩雑な前処理が必要とされていた。結果の理解と技術の活用において、問題が残されている。そこで、本研究では先行研究のような煩雑なデータ処理をおこなうことなく、単純な眼球運動の指標を用いても、先行研究と同様に観察者の性格特性と眼球運動に関係性を示せるか検討した。

2. 実験

目的: 顔の印象評定を行う際の眼球運動を、異なる指標に整理し、それぞれの指標で観察者の性格特性評定値を推定するモデルを構築し、予測精度を比較する。

実験参加者：千葉大学生 34 名が実験に協力した。

刺激 : 無表情、正面直視の男女 50 名のモノクロ顔写真 100 枚を使用した。

印象評定項目 : Big Five の 5 因子である、「協調性」、「勤勉性」、「外向性」、「神経質性」と「開放性」の計５つ印象評定項目を用いた。

手続き：各試行は無作為に提示された質問項目から開始され、0.5 秒間の注視記号「＋」が呈示された後、該当項目に属する顔刺激群からランダムに 1 枚を 3 秒間呈示された。刺激呈示後、1 つの印象項目について 7 段階の評定を求めた。実験は計 100 試行で構成され、評定課題終了後、実験参加者の性格特性を日本語版 Ten Item Personality Inventory(TIPI)を用いて測定した。

3. データ処理

本研究では、先行研究で用いられているフィルターが適用された AOI 毎への着目頻度に加え、5 つの単純な眼球運動指標を用いて分析を行った。

① 眼球運動：刺激画像を観察する 3 秒間の目、鼻、口、眉、眉間と額計 6 ヶ所に対する着目頻度（アイトラッカーで記録された回数）にガウシアンフィルターを適用し、頻度データを重みデータに変換した指標を算出した(図 1 の A)。
② 移動距離：刺激画像を観察する 3 秒間の眼球運動の平均移動距離を算出した(図 1 の B)。
③ 移動角度（停留状態あり）: 刺激画像を観察する 3 秒間に、眼球運動の移動角度の平均値を算出した。停留状態は 0 度とし算出した(図 1 の C)。

④ 移動角度（停留状態なし）：刺激画像を観察する 3 秒間に、眼球運動の移動角度の平均値を算出した。停留状態を除き算出した (図 1 の C から 0 角度を取り除く)。

⑤ 移動傾向（垂直）：刺激画像を観察する 3 秒間に、眼球運動の垂直移動角度 ([45deg, 135deg] と [225deg, 315deg]）の平均値を算出した。

⑥ 移動傾向（水平）：刺激画像を観察する 3 秒間に、眼球運動の水平移動角度（垂直移動角度以外のデータ）の平均値を算出した。

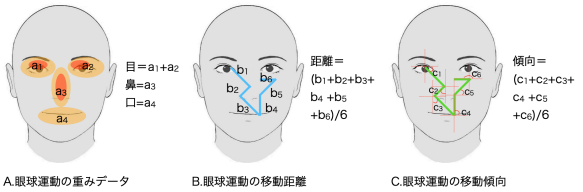


図 1.眼球運動の各指標の算出方法イメージ図

4. モデル構築

TIPI の結果は 7 段階で表されるため、性格特性の分布は 7 項目の順序ロジスティックに従っていると仮定し、以下の式を用い分析を行った：

$$y \sim categorical(\vec{\theta})$$
$$\vec{\theta} = softmax(\vec{\mu})$$
$$\vec{\mu} = \vec{a} + \vec{b} \times Variable_{Mn}$$
$$n \in [1:6]$$

ここで、y は性格特性の指標の値（段階 1–7）を表し、特定の性格特性の各段階に所属する相対的な割合を θ とした。また、θ の値は説明変数の線型結合 μで決まるとした。本研究では 6 つの眼球運動の指標を説明変数とし、6 つのモデルを用い分析を行った。モデル A0 では眼球運動（データ処理の①）、A1 では移動距離（データ処理の②）、A2 では停留状態ありの移動角度（データ処理の③）、A3 では停留状態なしの移動角度（データ処理の④）、A4 では垂直移動傾向（データ処理の⑤）、A5 では水平移動傾向（データ処理の⑥）を使用した。

モデルの比較は Leave-one-out cross-validation を用いて行った。$\vec{\theta}$の推定値のうち、実験参加者の実際の評価値が最も高かった場合を Rank 1 と名付け、2 番目に高かった場合を Rank2 と名付け、順次に Rank3 から Rank7 と名付けた。推定値が上位の Rank に分類された場合、モデルの予測力があると言った解釈となる。また、これらに加え、各モデルの AIC を算出してモデルの適合度を比較した。

5. 結果

図 2 にモデル推定の結果を示した。協調性、勤勉性と神経質性の推定では A0（重み付き眼球運動）が最も高い精度を示した。外向性と開放性では A1（移動距離）が最も高い精度をしました。

表 1 に各性格特性の推定モデルの適合度（AIC）をまとめた。図 2 とほぼ同様の結果が示されている。協調性、勤勉性と神経質性では A0 が最も高い適合度を示した。外向性と開放性では A1 が最も高い精度を示した。一方、A2（停留ありの移動角度）の Rank の推定精度はそれほど高くなかったが、モデルの適合度では比較的に良い数値を示している。特に外向性と開放性では A0 を上回り、2 番の良い数値が得られた。

モデル A1~A5 ではそれぞれ 1 つの説明変数のみを用いたのに対し、モデル A0 では 6 つの説明変数（6 つの部位への重みづけされた着目頻度）を用いている。この点を踏まえ、モデル A0 を個々の部位への着目頻度に分割し、新たに 6 つのモデルを追加し分析をおこなった。これらの追加モデルを B 1~B6 とし、それぞれのモデルの当てはまりを表 2 にまとめた。その結果、顔の 1 つの部位を用いたモデル（B1~B6）の適合度は全ての部位を用いたモデル（A0）のみならず、単一の指標を用いた A 1（移動距離）および A2（移動角度）より低下することが示された。つまり、A 1 や A2 で用いた指標は、単一部位の重み付き眼球運動に比べ説明力が高いことを示唆している。

図 2. モデル推定結果

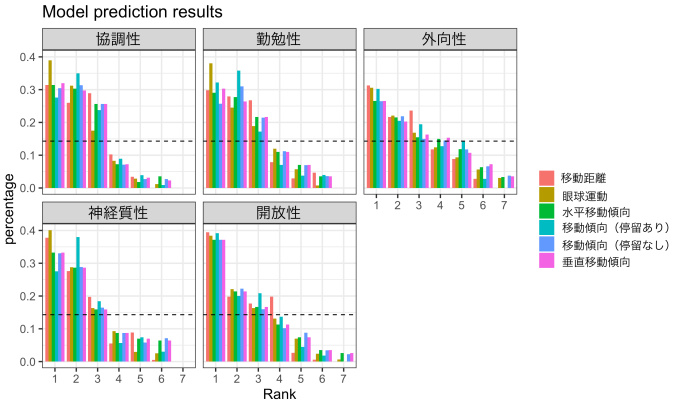


表 1.各性格特性の推定モデルの AIC

性格特性	A0	A1	A2	A3	A4	A5
協調性	7658.87	7904.77	7780.48	8219.62	8253.95	8201.84
勤勉性	8301.89	8589.60	8479.37	9011.48	9012.46	9013.68
外向性	9623.63	8953.97	9174.99	10239.37	10229.83	10194.21
神経質性	7869.94	7887.39	7971.80	9001.39	9040.09	9006.27
開放性	8783.27	8262.54	8411.43	9315.05	9365.65	9342.73

A0：眼球運動；A1：移動距離；A2：停留状態ありの移動傾向；A3：停留状態なしの移動傾向；A4：垂直移動距離；A5：水平移動距離

表 2. 個々の眼球運動の推定モデルの AIC

性格特性	B1	B2	B3	B4	B5	B6
協調性	8238.52	8164.93	8124.96	8237.69	8171.65	8102.78
勤勉性	8814.85	8985.20	8990.37	8902.45	8810.09	8946.55
外向性	10105.08	10045.01	10154.79	10234.57	10065.11	10271.01
神経質性	8615.41	8715.19	8688.17	8985.29	8952.08	8694.35
開放性	9340.24	9310.67	9340.81	9286.92	9253.03	9271.78

B1：眉；B2：目；B3：額；B4：眉間；B5：口；B6：鼻

6. 考察

本研究では煩雑なデータ処理をおこなうことなく単純な眼球運動の指標を用いても、先行研究と同様に観察者の性格特性と眼球運動に関係性を示せるか検討した。その結果、推定精度において、眼球運動と移動距離を用いたモデルが最も高い結果が示された。一方、眼球運動モデルの各要因を分割し、各モデルの AIC を用いた適合度の比較結果では、移動距離と停留状態ありの移動角度モデルが最も高い結果が示された。これらの結果から、眼球運動の平均移動距離や（停留時を含む）平均移動角度のような単純な指標を用いても顔の観察時の眼球運動から観察者の性格特性が推定できることが示唆された。今後は、モデルの精度上げを目指し、それぞれの指標を更に精査していく予定である。

文献

[1] 徐睨哲, 松香敏彦, (2018) “性格特性を用いた顔の観察行動の予測モデル”, 日本認知科学会第 35 回大会.
[2] K. Xu and T. Matsuka, "Effects of observers' characteristics on impression formation on face," 2018 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 2018, pp. 1293-1298, doi: 10.23919/APSIPA.2018.8659469.
[3] 徐睨哲,長田典子,松香敏彦, (2021) “隠れマルコフモデルを用いた眼球運動による性格特性の推定”, 日本認知科学会第 38 回大会.

幼稚園における園務支援システム導入の難しさ
ー CoDMON を題材として ー
Difficulties in adopting a childcare administration support system at preschools:Focusing on CoDMON

新川　涼子
Ryouko Arakawa
沖縄女子短期大学
Okinawa Women's Junior College
ryoara29@gmail.com

概要

本研究では，園務支援システムにおけるシェアの高い CoDMON の幼稚園への導入と活用についてフィールドでの質的調査を行い，問題点を検討した．その結果, 幼稚園での業務に即していない部分がある, 使いにくい機能があるなど, CoDMON の機能的な問題点が示された. システム導入にあたっての抵抗感では，ドキュメントを読む際に認知的負荷がかかること，画面上での読みが業務中の読みに適していない可能性が示された.

キーワード : 園務支援システム，CoDMON，ユーザビリティ，ペーパーレスオフィス

1.　はじめに

幼児教育の場での事務処理の負担軽減を目指して，園務支援システムの導入が進められている．行政においても，導入を支援するため助成金をだしている市町村も多く，園務支援システムへの需要は高まっている．本研究では, 地元幼稚園の請求管理担当者 (保育料などの徴収金及び市町村への助成金の請求担当者)，教諭からシステムの導入に関する負担の大きさや，使いづらさについての声が寄せられた為，園務支援システムにおけるシェアの高い CoDMON の幼稚園への導入と活用についてフィールドでの質的調査を行い，その問題点を検討した.

図 1　CoDMON のトップ画面と保護者アプリ

2.　方法

調査時期 : 2022 年 2 月から 3 月
調査対象 : 沖縄県内の私立幼稚園 3 園（CoDMON 導入後，2 年から 3 年），沖縄情報システム株式会社（沖縄県内の CoDMON 代理店）CoDMON 担当者

表 1 調査を実施した幼稚園に関するデータ

	A幼稚園	B幼稚園	C幼稚園
園児数	80名	79名	60名
職員数	園長 教諭15名 事務2名	園長 教諭8名 事務2名	園長 副園長 教諭9名 事務1名
CoDMONを利用する機器	PC：5台 iPad：4台	PC：6台 iPad：1台	PC：4台 iPad：1台

調査方法 : 管理者 (園長など), 教諭, 請求管理担当者, CoDMON 代理店担当者への聞き取り調査を実施（1 時間～2 時間）.
記録方法 : ビデオカメラによる録画，IC レコーダによる録音.

3.　結果

3-1. CoDMON の利用している機能

表 2　CoDMON の利用している機能

	A幼稚園	B幼稚園	C幼稚園
お知らせ一斉配信	○	○	○
保護者からの欠席連絡	○	○	○
登降園管理	○	○	○
請求管理（徴収金の計算）	○	○	○
連絡帳（体温報告含む）	×	○	×

	A幼稚園	B幼稚園	C幼稚園
体温記録（園内）	×	×	×
成長記録（身長，体重）	×	○	○
アンケート	○	×	○
日誌	×	×	○
指導案	×	×	×
園内連絡	×	○	○
動画配信	○	×	○
バス運行管理	バスなし	○	バスなし

3-2.導入形態の違い

CoDMON の多くの機能を利用している B 幼稚園では，園長自らが自園の業務への整合性を検討し，CoDMON 代理店の担当者と綿密に連絡を取り合いながら，トップダウン的に行った．

C 幼稚園では，明確な CoDMON 導入の担当者はいなかったが，自発的に各担任教諭が機能を試用．教諭間で利便性に関する情報を共有しつつ，管理者である副園長の許可も得ながらボトムアップ的に業務への運用を開始．請求管理に関しては，請求管理担当者が自園での請求管理の形態に合わせた導入を試用し利用．現在利用している機能以外についても導入を検討．

A 幼稚園では主幹，事務責任者，請求管理担当者が中心となって CoDMON 代理店の担当者による機能に関する説明を聞き利用開始．現在利用している機能以外の教諭の業務に関連する機能（体温の記録，日誌，指導案，成長記録など）については，導入について検討されないままとなっている．検討が進まない要因としては，教諭が園児の教育にかかわる業務で手一杯であり余裕がないこと，CoDOMON を導入することで得られる成果についての評価が低いことが挙げられる．

システムの導入に関して，教諭の業務に使われる機能と請求管理に関する機能の両方について積極的に関与する担当者がいる場合，導入が進みやすいことが示めされた．

3-3.導入の進んだ機能

3-1-1.負担なく導入が進んだ機能

幼稚園側にも，利用する保護者の側にも負担なく導入が進んだ機能は，保護者からの欠席連絡（保護者アプリ），お知らせ一斉配信である．欠席連絡については，これまで一定の時間になると電話対応に最低 1 名の職員がかかりきりになるといった状況が生じていたが，導入後は幼稚園の対応可能時間以外にも欠席連絡を受け付けることができる．欠席する園児の一覧についても担任教諭，事務担当者が見たい時に確認することができる（担任教諭は 9 時前に 1 度は確認する，9 時以後の連絡は事務側で随時チェックし，連絡する）．お知らせ一斉配信機能も，電話連絡網を作ることが困難な現状（保護者から個人情報である電話番号を他人に知られることについて苦情が寄せられるなど）を踏まえると，利便性が高い．これらの機能は，幼稚園側，保護者側どちらにとっても操作が分かりづらい，画面が見づらいなどの認知的負荷も少ない．

図 2　欠席連絡

3-1-2.負担があったが導入が進んだ機能

A 幼稚園では，保護者アプリからの預かり保育の申請について，保護者から分かりづらいとの声が多数寄せられた．図 3 に示すように預かり保育の申請を「お迎え」タブをタップして行う点が利用者に戸惑いを生じさせている原因と考えられる．また，間隔をあけて数日だけ預かり保育を利用したい場合，1 日ごとに申請の操作を行わなければならず，使いにくいとの声もある．いったん慣れてしまえば利用時に問題は生じないため，幼稚園独自のマニュアルを作成し配布して対処している．

図 3　保護者アプリからの預かり保育の申請

登降園管理，請求管理については，3 園とも利用しているが，利便性については問題点もある．園児の在園時間は 9 時から 14 時までの基本の時間以外に，朝の預かり保育，午後の預かり保育がある．預かり保育は，毎日決まった時間まで利用する場合も，数回，短時間のみ利用する場合もある．請求管理担当者は各日の利用人数をカウントして記録し，市町村へ預かり保育についての補助金を申請する．CoDMON では，毎日預かり保育を利用する園児についてはカウントできるが，不定期に利用する園児の数も加えたカウントはできない為，請求管理担当者は図 5 に示すように用紙に手書きでカウントを行う．他にも 1 号園児，2 号園児，新 2 号園児で異なる保育料，預かり保育料などの計算が必要であるが，児童台帳登録時にその計算を念頭に入れてフラグを立てる必要がある．その為，CoDMON 導入にあたって，自園の業務への整合性を考えて調整する労力が求められ，担当者の負担が大きい．これらの点については，システムの側が幼稚園の業務に沿っていないことが示された．

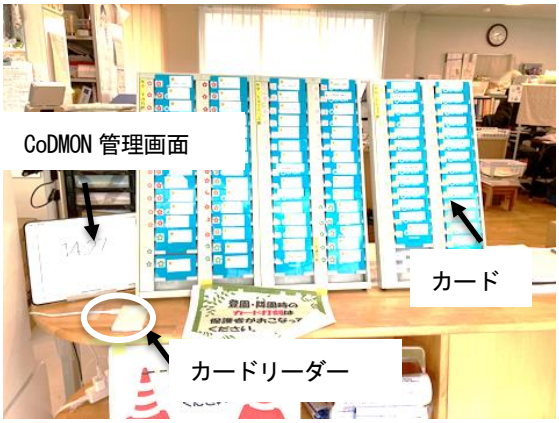


図 4　登降管理カードとカードリーダー

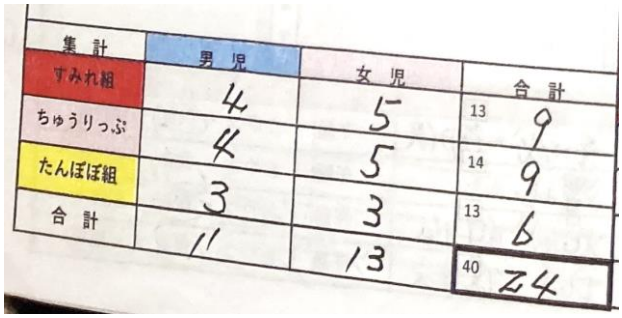


図 5　預かり保育の利用人数のカウント

参考

・1 号園児：保育に必要な事由に該当しない，教育標準時間 4 時間程度で通園，保護者が直接入園を申し込む

・2 号園児：保育に必要な事由に該当する，保育標準時間（原則 11 時間以内）や保育短時間（原則 8 時間以内）で通園する，市町村を通して入園を申し込む

・新 2 号園児：月に 64 時間以上の就労が証明できる，他の認定できる事由に該当する，保育標準時間（原則 11 時間以内）や保育短時間（原則 8 時間以内）で通園する，2 号園児の申請に通らなかった場合，新 2 号園児の申請をするため，市役所を通して入園を申し込み，直接幼稚園にも入園を申しむ（併願）

1 号園児のみだと徴収金の計算は複雑にならないが，A 幼稚園のように認定こども園になっていると，上記の園児が混在し，徴収金の計算はより複雑になる．

3-2.導入が進みにくい機能

3-2-1.検温記録

B 幼稚園では CoDMON の連絡帳機能の利用し，保護者アプリから毎朝検温報告を受けとっていた．A 幼稚園，C 幼稚園では検温報告を含め連絡帳機能を利用していない．C 幼稚園では手書きで用紙に記入した検温報告を登園時に受け取っている．3 園とも園内での教諭による検温の記録は利用されておらず，検温後，手書きで用紙に記入していた．CoDMON では園児氏名横のリストから体温を選択し，検温時刻も選択するという形式である．この操作は，一斉に園児を検温する際には利用不可能である．

図 6　検温の記録

2022 年 4 月より沖縄でも体温計から直接 CoDMON へ検温情報を転送できるシステム（機器を追加で購入す

る必要がある）が利用できるようになったが，実際に一斉に園児を検温する際に利便性が高いかは検証が必要であろう．

3-2-2.成長の記録

3 園とも身長，体重の計測の間隔が異なっており，記録は手書きで用紙に記入していた．B 幼稚園では教諭が身長，体重を計測し用紙への記録，その後，空き時間に CoDMON へデータを登録し保護者アプリから園児の成長の記録を閲覧できるようにしていた．C 幼稚園では身長，体重を計測し用紙への記録後，年長組担任のみ CoDMON へデータを登録し，卒園時に保護者に配布する資料にグラフを印刷し貼り付けて利用していた．A 幼稚園では内科検診に利用してみたいという希望はあるが，利用していなかった．A 幼稚園で実施している内科検診で医師が必要とするデータは，園児の 3 歳，4 歳，5 歳，6 歳になる誕生日の月の身長，体重のデータである．毎月計測しているが，誕生月は園児ごとに異なっているため，CoDMON で誕生月のデータのみを引用して表示し，そのデータで成長曲線を作成することができない．各幼稚園が利用したい形でデータを表示できるようにすることが望まれる．

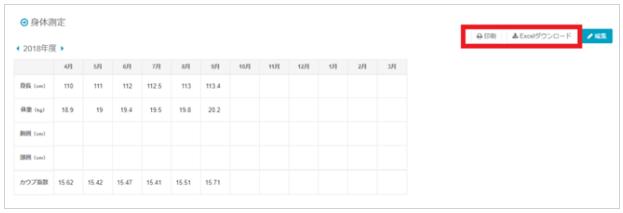


図 7　身長体重の記録

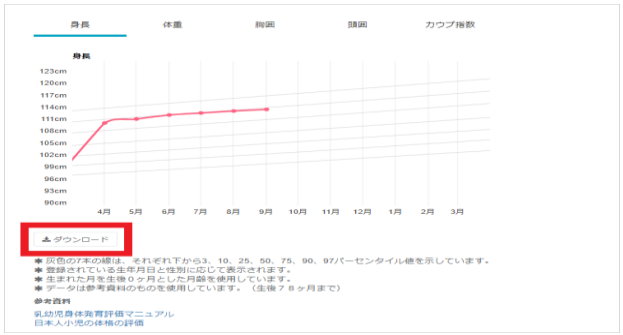


図 8　成長曲線グラフ

3-2-3.日誌・指導案

C 幼稚園では年長組と年少組担任教諭は CoDMON のクラス日誌を利用していた．年少組担任教諭は，これまで他の教諭が見やすいようにきれいな文字で記入しようと意識して日誌を記入していたが，CoDMON の日誌を利用するようになって，その点を気にせずにすむので，日誌の記入時間が半分の時間ですむようになったと述べた．クラス日誌を利用していない年中組担任教諭は同期のタイミングが頻回で入力しづらい，また意図しないタイミングで同期されてしまい 1 カ月分のクラス日誌データを消してしまったことがあり利用しなくなったと述べた．現在は Word で記入している．担任教諭は全員（CoDMON でクラス日誌を作成する教諭も Word で作成する教諭も）クラス日誌を印刷し，他の教諭と情報を共有している．日誌の記入のしづらさについては，システムの改善で対応できると考えられる．日誌を読むことについては，スマホやパソコンなどで読むことに関して抵抗感が強い教諭もおり，共通して利用することが難しい．なぜシステム上で日誌を読んでもらえないかという点については，「コンピュータの操作に自信がないから，コンピュータは触りたくない」，「スマホの画面では小さくて見づらいので読みたくない」，「担任の先生が書いた日誌をそのクラスの補助の先生が読む場合は，じっくり読む．他のクラスについての日誌は簡単に読むのでいいが，じっくり読む場合は使いたいたくない」などの意見があった．

図 9　クラス日誌

A 幼稚園，B 幼稚園ではクラス日誌は従来通り用紙に手書きで記入していた．A 幼稚園の主幹に日誌を利用しない理由について尋ねたところ，まず現在利用している日誌の形式をそのまま使いたいことが挙げられた．CoDMON では Excel で作成された日誌や指導案を読み込み，その形式を使うことがでる．しかし，その機能の利用は簡単ではなく，読み込んだ後の調整も CoDMON のタグについてのマニュアルを参考にしな

がら行わなければならず，幼稚園職員にとってハードルが高い（C 幼稚園で試用したところ Excel ファイルを読みんだが，記入できない状態になりうまく調整できず，自園で使っている形式で利用することは断念）．CoDMON 沖縄代理店の沖縄情報システムでは利用施設から要望があれば日誌や指導案の形式について調整を行うことも請け負っているが，今回調査した 3 園では，日誌等の調整を委託できるという情報を持っていなかった．

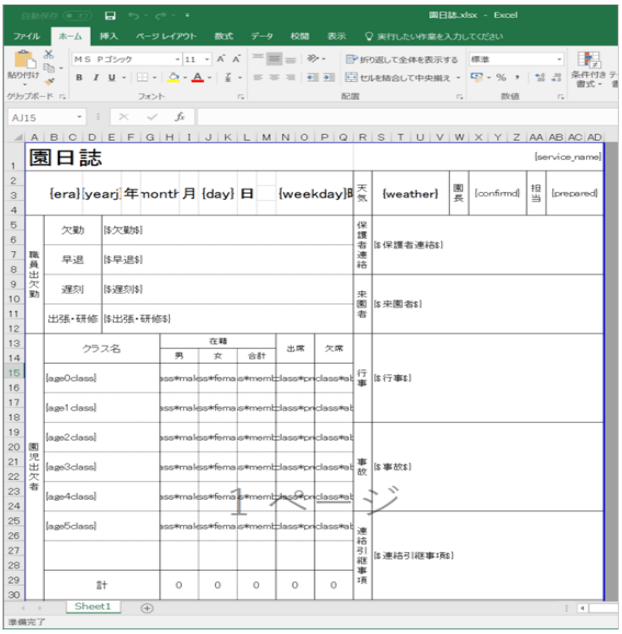


図 10　園日誌のタグ

その他，A 幼稚園の主幹が利用しない理由として挙げた点は，日誌を読む際，従来の B4 用紙に記入したものであれば一目で書かれていること全体を把握できるが，CoDMON の画面ではどうしてもスクロールしなければならず，もどかしく感じるということであった．この「もどかしい」ということには，スクロールの操作をしなければならないことによって読みを邪魔されるということだけでなく，画面上で読んだ内容が紙の日誌のようには理解しづらいということも含んでいる．主幹という管理者の立場で日誌を読む場合は，複数のクラスの日誌を読み，ざっと読む，熟読しミーティングなどで話し合うべきか考える，前に書かれた日誌と比べるなど多様な読みをしている．そのような読みでは，紙に書かれた日誌の利便性が高い．

以上のことから，日誌，指導案については 3 つの問題点が示された．1 つ目は，従来の形式を使いたいが，その機能を使うための操作が難しいことである．2 つ目は，入力のしづらさである．頻回に同期がされており入力しづらい．この 2 つについてはシステムの改善で対応できるものと考えられる．3 つめは日誌などを読む際の読みづらさである．紙で読む場合と比べて，情報の一覧性が乏しく，かつ読みながらスクロールするなど認知的負荷がかかっている．また，書籍『ペーパーレスオフィスの神話』によると読みには多くの種類があり，短く独立したテキストの断片を読んだり，編集するために読む場合にはコンピュータの画面上での読みは適しているが，深く熟考しながらの読み，書く目的での読み方，複数のドキュメントから情報を統合するための読み方，ドキュメントを批判的にチェックする場合の読み方などでは問題が生じるとしている．幼稚園での業務中でのドキュメントの読みが，コンピュータ画面上での読みに適していない可能性がある．

4.　考察

4-1.CoDMON の機能的問題点

4-1-1.設計上の問題点

CoDMON は保育園での利用を念頭において設計されたアプリである．その為，午睡，排便など幼稚園では利用しない機能もある．また，補助金の申請に必要な各日の預かり保育の園児数のカウントできないなど幼稚園で必要とされる業務に沿っていない点があることが示された．

4-1-2.使いづらい機能

CoDMON の利用にあたって，検討，調整が必要である機能（体温記録，成長記録，日誌，指導案など）は，保育園，幼稚園などの業務で利用しやすい形式になっていないことが示された．

4-2.システム導入にあたっての抵抗感

4-2-1.認知的負荷

これまで紙ベースで行ってきた業務（日誌，指導案など）を CoDMON の機能を使って行うようにするためには，使ってきた形式の方を調整しなければならない場合もある．日誌などを読む場合にも，情報の一覧性が乏しく，読みながら画面をスクロールするなどの認知的負荷がかかっている．

4-2-2.幼稚園の業務での読みの特性

幼稚園の業務の中でのドキュメントの読みは，コンピュータの画面上での読みが適しているとされる断片的なテキストの読みだけでなく，他の教諭との情報共有のためにじっくりと読む，飛ばし読みをする，複数のドキュメントを相互参照するなどさまざまな場面が想定される．そのような幼稚園でのドキュメントの読み

の性質がコンピュータ画面上（または iPad など）での読みづらさの要因になっている可能性がある．

よって，これまで行ってきた業務をうまくシステムに移行できなかった場合は，かえって業務を滞らせるリスクもあることから現状でもそれなりに機能している紙を前提としたシステムをあえて壊すことに警戒心が生じてしまう．

5. 今後の課題

システムを導入する際の負荷をできうるかぎり減らすため，幼稚園での業務で求められる機能を再度検討し， CoDMON を改善することが望まれる．

幼稚園側では，システムの導入にあたって自園の業務への整合性を検討する担当者（2，3 名）を選任することが必要であろう．

その他の支援としては，幼稚園での利便性を重視した形で園務支援システムを導入するためのアドバイスを行うことができるコーディネーターを配置する．幼稚園間でCoDOMONの活用について勉強会を行うことなども有効であろう．

文献

[1] AJ.Sellen and R H.Haper, “The myth of the paperless office”The MIT Press(2001), (柴田博仁，小村賢吾（訳）,”ペーパーレスオフィスの神話：なぜオフィスは紙であふれているのか？”創成社,2007).

[2] 柴田博仁，（2017）“ペーパーレスオフィスはなぜこないのか？紙はどこで使われるのか？”，日本画像学会誌, Vol. 56, No. 5, pp. 537-544.

[3] 二宮祐子,富山大士,(2020)”保育現場における園務支援システム導入の抑制要因と促進要因”,子ども社会研究,Vol.26,pp5-23

[4] 満間直人,(2020)” CoDMON(コドモン)の導入と活用にむけた課題 (特集 保育現場の ICT 化)”，自治労の保育運動 / 子ども情報研究センター 編 Vol.42,pp6-8

謝辞

ご多忙な中, 調査にご協力くださった, 愛星幼稚園, ゴスペル幼稚園, 光の子幼稚園の職員の皆様, 沖縄情報システム株式会社 CoDMON 担当の仲座様に感謝申し上げます．

自律エージェントの利用する情報の顕著性が行動ルールの言語的・非言語的推定に与える影響

The salience of information used by an autonomous agent on the estimation of the agent's action rules

二宮 由樹[†]，下條 朝也[‡]，寺井 仁[§]，松林 翔太[†]，三輪 和久[†]

Yuki Ninomiya, Asaya Shimojo, Hitoshi Terai, Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学，[‡]コニカミノルタ株式会社，[§]近畿大学

Nagoya University, KONICA MINOLTA, Kindai University

yninomiya@outlook.jp

概要

自律エージェントの行動を理解するには，何が入力情報かと，そこから生じる出力が何かを理解する必要がある．本稿は，この入力情報の顕著性が，エージェントに対する行動ルールの推定に与える影響を検討した．結果は，顕著性の高い情報と低い情報を入力情報として利用するエージェントの行動を言語的に推定する場合に，低い情報が利用されにくいことが示された．このことは，入力情報の顕著性によって行動ルールの推定における利用されやすさが異なることを示すとともに，行動ルールの推定における言語隠蔽効果の証拠を示すものである．

キーワード：ルール推定，言語隠蔽効果，自律エージェント

1. 問題と目的

近年，自律エージェントは目まぐるしく進歩をしている．これらの自律エージェントの行動を理解するためには，どのような情報が入力情報として利用されているのかを正しく理解したうえで，それがどのような出力につながるのかを理解する必要がある．

本研究はこの入力情報の顕著性(salience)の違いが，自律エージェントに対する行動ルールの推定に与える影響に着目する．我々は目の前に与えられた情報を等しく認識するのではなく，図と地を区別し，図の情報を優先的に認識している[1]．図と地の概念は知覚に関連するものだが推論や問題解決といった高次認知領域においても議論されることがある[2, 3]．本論では顕著性とはその情報の意識の向けやすさであると定義する．つまり顕著性が高いということは，その情報が図として意識を向けやすいということである．

一方で，様々な推論や問題解決課題において思考を言語化することでパフォーマンスが損なわれることが知られている[4]．このような現象を言語隠蔽効果という．言語隠蔽効果は，不適切な情報の顕著性の高い場合に，言語化によって，その情報に対してより意識を向けてしまうため生じると説明される[5]．このことから，情報の顕著性の高い情報と低い情報を入力情報とするエージェントの行動を推定する場合，言語化をすることで，顕著性の高い情報に注意を向けてしまい，低い情報が見逃される可能性がある．

本研究では，この言語隠蔽効果に着目し，言語化を伴う推定と非言語的な推定の２つの観点からエージェントに対する行動ルールの推定を行わせる．そして，入力情報の顕著性と言語化の関係を調べる．

2. 方法

参加者　参加者は 108 名(女性 19 名，男性 91 名)で年齢は平均 20.23(SD＝0.88)歳であった．実験はクラウドソーシングを利用してオンラインで実施した．

手続き　課題は jspsych[6]で作成したものを使用した．実験は，観察フェイズ，推定フェイズの 2 つのフェイズから構成されていた．

観察フェイズでは，参加者は迷路の中を移動するエージェントを観察した(図 1a)．エージェントは迷路を移動中，周囲の状況に合わせて速度と色を 4 段階で変化させた(図 2)．この変化は周囲の状況によって決定され，敵の数(0, 1, 2, 3 以上)と逃げ道の数(4, 3, 2, 1)を入力情報とし出力(速度と色)が決定された．敵の数は画像の中にオブジェクトとして配置されているが，道の数は背景情報に着目する必要がある．そ

のため，敵の数のほうが逃げ道の数に比べて情報の顕著性が高いと考えられる．

観察前に参加者は，エージェントが周囲の状況に対して恐怖を感じ，色や速度を変化させると伝えられた．そして観察後にエージェントがどのような状況で恐怖を感じていたか答えてもらうため，状況に合わせて色や速度を変化させるエージェントを注意深く観察するようにと教示を受けた．そして，16 本の動画を観察したのちに，推定フェイズを行った．

推定フェイズでは，非言語的推定課題と言語的推定課題を実施した．これらの課題順序は，言語隠蔽効果による，推定パフォーマンスの低下を考慮し，非言語的推定課題から実施した．

非言語的推定課題では，参加者は実験動画のスクリーンショット(図 1b)を観察し，「この状況でエージェントはどの程度恐怖を感じていると思いますか」という問いに対し，シークバーを利用して恐怖度を 0~100 で回答した．つづく，言語的推定課題では，エージェントがどのような状況で恐怖を感じていたかについて「○○ならば恐怖を感じる」という If 文の穴を埋める形式で回答した．回答欄は制限なく用意されており，参加者は思いつく限りルールを記述することが出来た．

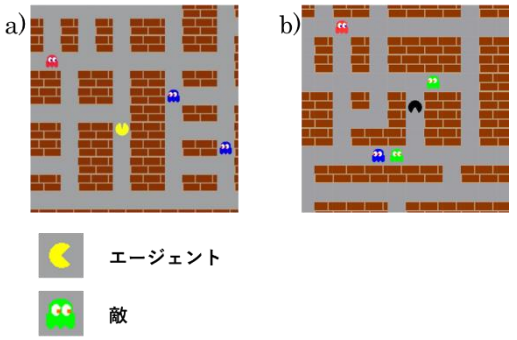


図 1　観察フェイズのスクリーンショット(a)と非言語的推定課題における評価画像(b).

図 2　周囲の状況に応じた出力(色)の変化

刺激　観察フェイズで使用する動画セットと非言語的推定課題で使用する評価用画像セットを作成した．動画セットを作成するにあたって，敵の数と逃げ道の数の全組み合わせ経験できるように，敵の数(4)×逃げ道の数(4)で計 16 パターンの状況を最低でもそれぞれ 4 回ずつ含むように動画を作成した．評価刺激セットも同様に，敵の数(4)×逃げ道の数(4)で計 16 パターンをそれぞれ 4 回分，すなわち計 64 パターンの評価刺激を作成した．

実験計画　入力情報の顕著性が行動ルールの推定に与える影響を検討するために，観察対象のエージェントが，顕著性の高い情報である敵の数によって出力(速さや色)を変える敵条件と，顕著性の低い情報である逃げ道の数によって出力を変える道条件を用意した．また，両方の情報を利用する条件として，出力を決定する際の重みが敵の数と未知の数の間で同じになるように設定した敵道条件を用意した．最後に，統制条件として，入力情報に対してランダムに出力を返す条件を用意した．

予測　言語隠蔽効果が意識にのぼりやすい情報に注意を向けることによって生じるという先行研究の知見[5]に基づき以下の予測が立つ．顕著性の高い情報を使用した行動ルールの推定は，非言語的推定課題においても，言語的推定課題においても正確に行えるだろう．一方で，顕著性の低い情報を利用した行動ルールの推定は，非言語的推定課題においては適切に行われるが，言語的推定課題では行われないだろう．

3. 結果と考察

それぞれの推定課題において，参加者の回答から行動ルールの推定に，それぞれの入力情報をどの程度利用しているかの指標を作成し，分析した．

はじめに，非言語的推定課題では，評価をした状況における入力情報(敵の数，逃げ道の数)を説明変数，参加者の恐怖度評価を被説明変数とする以下のような重回帰式を参加者ごとに作成し，敵の数や逃げ道の数に対する偏回帰係数の値を最尤推定法により推定した．

$$恐怖度 = \beta_{enemy} * 敵の数 + \beta_{escape\ route} * 逃げ道の数 + e$$

この時，βを行動ルールの推定時に，それぞれの情報をどの程度使用していたかについての重みと解釈した．各条件において，エージェントの行動ルールに使用される入力情報を正しく使用しているか検討するために各条件と統制条件の偏回帰係数を比較した．分析の結果，非言語的推定課題において，どの条件も，実際にエージェントが使用している入力情報に対するβが統制条件よりも高かった(図 3)．このことは，非言語的推定課題においては条件によらず，顕著性の高い情報も低い情報も使用して行動ルールを推定できていたことを示唆する．

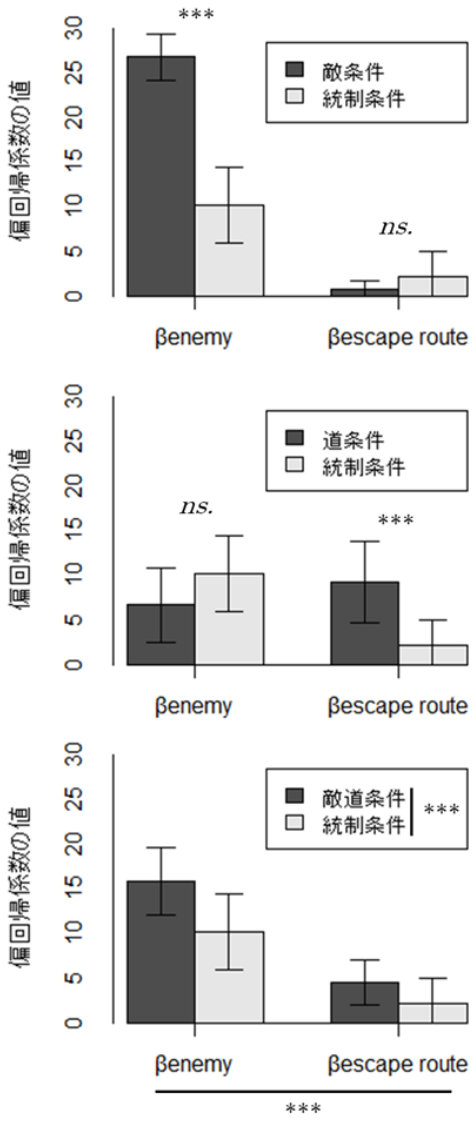


図3　重回帰式における偏回帰係数の統制条件との比較．上図，中図は交互作用があり(上:$F(1, 53) = 68.11$, $p < .001$，中: $F(1, 53) = 8.92$, $p < .01$)，単純主効果検定を実施した結果を記載した(***: $p < .001$, *ns.*: $p > .10$)．下図は，交互作用がなく($F(1, 52) = 1.42$, $p > .10$)，条件間・β間の主効果が有意にみられた(条件間：$F(1, 52) = 10.87$, $p < .01$；β間：$F(1, 52) = 47.46$, $p < .001$).

次に，言語的推定課題では，記述されたルールにおける，敵の数や逃げ道の数に関する記述の有無で参加者をコーディングした．そして，その度数について，記述の有無(2)×実験条件(4)のクロス集計表を作成した(表 1)．このクロス集計表について χ^2 乗検定を行った結果，敵についての記述の有無($\chi^2(3) = 34.10$, $p < .01$)，逃げ道の数についての記述の有無($\chi^2(3) = 26.26$, $p < .01$)のどちらも有意差が見られた．残差分析の結果，敵の数についての記述は，敵条件と敵道条件で比率が高く，道条件で比率が低くなっていた．一方，逃げ道の数についての記述は，敵条件で低く，道条件で高かったが，敵道条件では比率の差は見られなかった．このことは，顕著性の高い情報も入力情報に使用している場合には，顕著性の低い情報が使用されにくくなることを示している．

これらの結果は，言語的な推定課題において，顕著性の高い情報と低い情報を同時に利用する場合に，低い情報が行動ルールの推定に利用されにくくなることを示すものである．このことは，行動ルールの推定における言語隠蔽効果が見られる 1 つの証拠をとなるだろう．

また，この結果は，自律エージェントに対するユーザーの評価や理解度を調査する方法に対して示唆を与える．本研究の結果は，顕著性の低い情報が，高い情報とともに利用されている場合に，非言語的にはある程度利用しているにもかかわらず，言語的に表現させると無視されてしまうというものである．つまり，ユーザーの理解度を調査する場合に言語的な方法を利用してしまうと，ユーザーの理解度を過小評価してしまう可能性があるということである．自律エージェントに対する理解度を調査する方法を検討する際には，このような言語化の影響を加味する必要があるだろう．

表1　言語的推定課題における敵の数および逃げ道についての記述の有無についての度数と残差分析の結果(p < .05 の項目に差の方向を記述)

敵についての記述の有無

	敵条件	逃げ道条件	敵道条件	統制条件
記述あり	27 ▲	10 ▽	24 ▲	23
記述なし	0 ▽	17 ▲	2 ▽	8

道についての記述の有無

	敵条件	逃げ道条件	敵道条件	統制条件
記述あり	1 ▽	19 ▲	13	14
記述なし	26 ▲	8 ▽	13	14

4. 謝辞

本研究は，トヨタ自動車株式会社および科学研究費補助金 18H05320 の支援によって行われた。なお，本研究は著者ら独自の意見及び結論を反映したものである。

参考文献

[1]Rubin, N. (2001). Figure and ground in the brain. Nature neuroscience, 4(9), 857-858.
[2]Wolff, P., & Song, G. (2003). Models of causation and the semantics of causal verbs. *Cognitive psychology*, *47*(3), 276-332.
[3]Kershaw, T. C., & Ohlsson, S. (2001). Training for insight: The case of the nine-dot problem. In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society (Vol. 23, No. 23).
[4]Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993). Thoughts beyond words: When language overshadows insight. *Journal of Experimental Psychology: General, 122*(2), 166–183.
[5]Ball, L. J., Marsh, J. E., Litchfield, D., Cook, R. L., & Booth, N. (2015). When distraction helps: Evidence that concurrent articulation and irrelevant speech can facilitate insight problem solving. *Thinking & Reasoning*, *21*(1), 76-96.
[6] de Leeuw, J. R. (2015). jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a web browser. *Behavior Research Methods*, *47*(1), 1-12. doi:10.3758/s13428-014-0458-y.

アイスホッケーシュートスキルトレーニング場面における自己調整型学習支援システム開発に向けた事例検討

A Case Study for Developing Supporting System of Self-Regulated Learning in Shoot Skill Training of Ice Hockey

山田　雅之[†]，大海　悠太[‡]，遠山　紗矢香[§]
Masayuki Yamada, Yuta Ogai, Sayaka Tohyama
[†]九州工業大学，[‡]東京工芸大学，[§]静岡大学
Kyushu Institute of Technology, Tokyo Polytechnic University, Shizuoka University
yamada@lai.kyutech.ac.jp

概要

本研究は選手が自身の熟達過程で得られたデータについて可視化したい情報を試行錯誤的に選択可能な自己調整型のシステムの開発を目指し，アイスホッケーシュートスキルのトレーニング場面を対象として，協調的な対話がどのように機能したかを検討した．実験は，大学体育会のアイスホッケー部員 2 名を対象に 5 回実施した．結果から，被験者の「膝」に関する発話をきっかけに，膝が深く曲がり，腰が下がるという変化につながった可能性が考えられた．

キーワード: 熟達化, 学習支援システム, 自己調整型, アイスホッケー

1. はじめに

熟達化研究[1]では，古くから初心者と熟達者を比較することを通じて，熟達者がいかに巧みなスキルを発揮しているかの検討が多くなされてきた．近年では ICT の発達と共に，熟達者の巧みな動作から作られた「正解」と呼べるようなフォーム（身体動作）に照らして，初心者のフォームが「正解」からどれだけずれているかをチェックし，熟達化を支援しようとするようなシステムの開発もなされている（以降ではこの立場を「正解モデル」と呼ぶ）．例えば Phigolf[1]は最適とされるゴルフのスイングに対して，利用者の動作軌道がどの程度逸脱しているかを可視化可能である．

一方で，身体動作を行う本人の考え方も含めてより良いフォームの在り方について検討すること，つまり常に新たな身体と環境との関係を模索し構築していくことが望ましいという立場もある[2]．この立場であれば，熟達化を支援するためのシステムに求められる要件は，本人の考え方に従って，表示すべき情報等を選択できるような機能だと言える．つまり，「正解」を示さないシステムであるべきだと考えられる．

後者の立場で考えた場合，選手自身の身体と環境との関係を絶えず模索しながら，新たな関係性を構築していく過程が発生する．この過程では様々な変数が介在するが，選手がすべての変数を自覚できているとは限らない．こうした場合，協調的な対話を活用することが有効だと考えられる．先行研究[3]の知見から，スキルの練習を行っている課題遂行者としての選手自身とは別に，モニタとして客観的な立場からその選手を観察し気付いたことを述べる者がいることで，選手が気付いていないことをモニタが指摘できる可能性が指摘できる．

例えば，多くのスポーツでは，重心を安定させるため，腰を落とす（下げる）ことが重要な要因となることが知られている．一方で，「腰を落とす」ことが重要なことは多くの選手が知っている．腰を下げることが課題であることを認識している選手もいるが，実際に行うことはできていないこともある．正解モデルに沿ってシステムを構築した場合，選手の腰の座標が高い場合に通知を出すことは可能である．一方でどうすれば腰を落とすことができるのかをシステムは通知しない．選手は腰を落とすために，腰以外の多様な要因とともに腰とそれ以外の部位の関係性について模索する必要があるため，システムによる「できていないこと」の通知のみでは，選手が実際に腰を落とすこと，ひいては熟達化することは困難であることが予測される．

以上を踏まえて本研究では，アイスホッケーシュートスキルのトレーニング場面を対象として，正解モデルでない熟達化支援の方法である，協調的な対話がどのように選手の身体的な熟達化を促すうえで機能したかを検討した．仲間との協調的な対話の相互作用の中では，選手が自らのフォームを改善するために試行錯誤し，その中では選手が着目した要素の変化が起きていくと考えられる．これらの要素をデータとして可視

[1] Phigolf.
https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000008.000021386.html

化するシステムを構築し，選手が要素を選択して表示可能とすることで，選手自身が身体動作を改善するための気づきを促すことができる自己調整型のシステムを目指す.

アイスホッケーシュートの熟達過程を対象とした研究では[4]，選手の熟達過程において，腰が下がるというシュートフォームの変化が確認されている．本研究では選手の腰が下がった 1 事例を取り上げた．事例では選手の動作が変化した時に，腰を含む選手の身体各部位にどのような変化が起きていたのかについて分析した.

2. 実験

実験は，大学体育会のアイスホッケー部員 2 名を対象に実施した．ただし本実験の被験者は日常的にアイスホッケーの練習を実施しているため，実験以外の影響を排除することはできない．被験者の経験年数は，被験者 A が 2 年 6 ヶ月であり，被験者 B が 2 年であった．B は A に対して敬体を使用して会話していたことから，A のことを先輩として扱っていたと考えられた．実験は氷上ではなく，アイスホッケーシュートトレーニング用の施設で実施した.

実験は，15 分のトレーニング・インタビュー・動画解析用のテスト・レポート入力という内容であった．上記の内容で実験は全 5 回実施した．それぞれの実験回は別の日程で設定していた．トレーニングでは，先行研究[4]と同様の「スラップシュート」を対象とした．実験ではシューターから見て右上を狙って速いシュートを打つためにどうやったら良いかについて話し合いながら実施するように教示した．インタビューでは上記の「どうやったら良いか？」について話し合わせ，回答を求めた. テストはゴール右上の的を目標に 15 本実施し，シュートスピードと何本的に当たったかを記録した．レポートでは「今日の練習ではスラップシュートを強く正確に打つためにどんなポイントに注意しましたか？できるだけ細かく記述してください.」「今日の練習ではなぜそのポイントを注意しましたか？」「次の練習ではどのようなポイントに注意すると良いと思いますか？」「次の練習ではなぜそのポイントを注意しようと思いますか？」について選手自身に PC で入力させた.

3. 対象事例

本研究では，第 5 回の実験において被験者 A の腰が下がるという現象が見られたため，第 5 回目を抽出した．事例の場面はトレーニングにおける 1 シーンであった．トレーニングではそれぞれの被験者がシュートを何回か打った後，「どうやったら良いか？」について意見を交わし，再びシュートを打つという経過で進んでいくことが多かった.

対象となった事例ではトレーニングの 7 分過ぎに，A が B に「何かある？」と意見を求めた．B はしばらく（23 秒）考えてから「膝，膝を使って」と答え，A も「膝を使って」と発言し，その後二人でシュートを再び打ち始めた．この前後において，A のシュートフォームを確認（目視）すると，A の右足（シュート時に後ろになる足）の膝が深く曲がり，低くなることで結果的には腰が下がるという現象が見られた（図 1）.

上述のような現象が見られたため，A の第 4 回と第 5 回のテスト 1 本目の動画を OpenPose[5]を用いて解析した．第 4 回と第 5 回の動作の変化として，スティックがパックに当たる「インパクト」の瞬間に，スティックの下の手である右手が低い位置にあることが示唆された．また，第 4 回では右膝がインパクトよりも遅れて下がっているのに対し，第 5 回はインパクト時にはすでに下がっている様子が示唆された（図 2）．さらに A のレポートでは，第 5 回に初めて「腰」に関する記述が出現していた.

図 1　左が事前, 右が事後のシュートフォーム

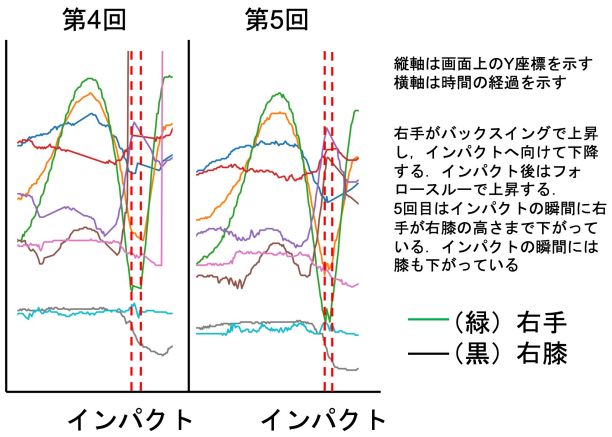


図２　第４回と第５回の比較

4.　考察とシステム開発に向けての検討

本研究では，B の「膝」に関する発話をきっかけに，A の膝が深く曲がり，腰が下がるという変化につながった可能性が考えられた．一方で，動作解析の結果からは，「右手が下がる」ことと，「右膝が早く曲がる」という二つの変化によって上記の現象が起きていたことが示唆された．レポートの記述では，これらの変化は「腰」についての記述という形で表れている．こうしたスポーツにおける学習を支援するシステムでは，例えば動作解析の結果を示す際に，学習者自身が着目したいポイントを選択してそれを表示したり，選択したポイントと連動して変化したポイントを示したりすることで，選手自身も気付いていなかった動きの変化を認知し，フォームの改善へと繋げられる可能性が考えられる．

本システムが将来的に目指すのは，本研究で見られたような協調的な対話の中で，選手が自身の熟達過程について，自らが可視化したい情報を試行錯誤しながら選択可能な自己調整型のシステムである．現状のシステムでは各身体部位の軌道を可視化し，それを過去の自身のデータや仲間のデータと比較することは可能になっているが，今後の検討の中では，上記のような発話も含めた多様な学習プロセスのデータを収集し，それらを学習者自身が選択して可視化できるようなシステムの構築を目指したい．加えてこれらの過程がコミュニティ間でも共有されることで，選手自身がさらに多様な視点に気づき，振り返りをすることが支援可能だと考えられる．

本研究で起きた腰が下がるという現象は１つの事例であり，継続的に A の腰が下がるかどうかは検討が必要となる．人は一度「できた」スキルであっても必ずしも継続的にそのスキルを発揮できるとは限らない．一方で，今回起きたような変化を即時に提示してくれるシステムがあれば，被験者の気づきを促す可能性が考えられる．今後は分析範囲の拡大を通じてシステム開発を目指したい．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 22K12315 の助成を受けたものです．記して感謝いたします．

文献

[1] Ericsson, A., Charness, N., Felotovich, P., Hoffman, R. (2006). The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. Cambridge University Press.
[2] 諏訪正樹，(2016)『こつ』と『スランプ』の研究，講談社
[3] Shirouzu, H., Miyake, N. & Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. Cognitive Science, 26(4), pp.469-501.
[4] Yamada, M., Kodama. K., Shimizu. D., Ogai, Y., Suzuki. S., (2018) Visualization of cognition and action in the shooting skill acquisition process in ice hockey, Proceedings of Fifth International Workshop on Skill Science (SKL 2018), JSAI International Symposia on AI 2018, pp.34-52, Japan
[5] Zhe, C., Gines, H., Tomas, S., Shih-En, W., Yaser, S., (2019) OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields, Eprint ArXiv:1812.08008

下限や上限の表記が手洗い時間に及ぼす影響

Effects of Providing Upper and Lower Limits on Handwashing Time

大貫祐大郎 [1, 2,*], 植田一博 [1]
Yutaro Onuki, Kazuhiro Ueda

[1] 東京大学, [2] 日本学術振興会特別研究員
The University of Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS).

yu0302onuki@gmail.com

概要

本研究は,「手を洗う時間は 20 秒以上が推奨されています」のように下限のみを提示するのか,「手を洗う時間は 20 秒以上 60 秒以下が推奨されています」のように下限と上限の両方を同時に提示するのか, という提示する情報の違いが, 手洗い時間の長さに及ぼす影響を検討した. 実験の結果, 下限のみを提示した場合よりも, 下限と上限の両方を提示した場合の方が, 手洗い時間が有意に長かった. この結果は, ある値を上回ってはいけないという制限の意味で使用される上限によって, 手洗い時間が長くなることを示している. 本実験の結果から, 本手法は, 人をより良い行動に導くナッジに活かせる可能性が示唆される.

キーワード：アンカリング効果, ナッジ

1. はじめに

日常生活では, ある値を下回ってはいけないという意味で下限のみを表示することがある. 例えば, 手洗い時間が 20 秒以下の場合, 手に付着した細菌やウイルスを洗い流すのに不十分であるため [1], 「手を洗う時間は 20 秒以上が推奨されています」のように手洗い時間の下限が設定される場合がある. それに対して, もみ洗いを 60 秒程度実施した場合は, 10~30 秒程度もみ洗いを実施した場合に比べて, 残存ウイルス数が約 100 個から約 10 個に減少する [2]. そのため, 手に付着した細菌やウイルス数をより少なくする必要がある場合は, もみ洗いを 20 秒だけではなく, 60 秒程度実施することが重要である. 一方で, 頻繁な手洗いは皮膚に損傷を与える場合がある [3]. そのため, ある値を上回ってはいけないことを示すために, 手に付着した細菌やウイルス数が十分に減少する長さである 60 秒以下という手洗い時間の上限も定めておくことは, 皮膚の損傷を防ぐ上でも重要である. 上限を定めた場合, 「手を洗う時間は 20 秒以上 60 秒以下が推奨されています」のように情報を提示することができる.

「手を洗う時間は 20 秒以上が推奨されています」という下限表記を示した場合と, 「手を洗う時間は 20 秒以上 60 秒以下が推奨されています」という範囲表記を示した場合とでは, 人の手洗い時間にどのような影響を与えるのだろうか. 提示された数値に後続の数量判断が近づくことをアンカリング効果という [4]. アンカリング効果の影響を考慮すると, 下限表記の場合, 手洗い時間は「20 秒」という数値に近づく可能性がある. 先行研究では, 大きい数値を使用した場合, 実験参加者に小さい数値も想起させると, 小さい数値にも判断が近づくことで, 大きい数値に判断が近づくアンカリング効果が弱くなることが知られている [5, 6]. そのため, 複数の数値がアンカリング効果を発生させ, 判断に影響することがわかる. これらの先行研究から, 範囲表記 (20 秒以上 60 秒以下) の場合, 手洗い時間が「60 秒」に近づく効果も影響することで, 下限表記 (20 秒以上) よりも範囲表記の方が, 手洗い時間が長くなる可能性が示唆される. 具体的には, 下限表記の場合, 20 秒手を洗ったところで「20 秒手を洗ったから手洗いを終えよう」と手洗いを終了しやすいが, 範囲表記の場合, 「20 秒手を洗ったが, もう少し手を洗おう」と 60 秒に影響された行動をする状況が考えられる.

「20 秒以上」が示す範囲は, 20 秒から∞の範囲であるため,「20 秒以上 60 秒以下」よりも含有する時間幅は広い. このような潜在的な範囲の広さにも関わらず,「20 秒以上」と示した場合には, 手洗い時間として 20 秒を目指してしまう一方で, 「20 秒以上 60 秒以下」と示した場合には, 手洗い時間として 60 秒も目指してしまうことで, 下限群よりも範囲群の方が, 手洗い時間が長くなると予想できる. このように, 本研究では,「20 秒以上」という表記がもつ潜在的な範囲 (20 から∞秒) と,「20 秒以上 60 秒以下」のように明示された数値 (60

* 大貫祐大郎の現在の所属は, 一橋大学, 日本学術振興会特別研究員 (PD).

秒以下) によるアンカリング効果のどちらの方が, 長い手洗い時間を導くのかも検討することができる.

上記の理由から本研究では, 手洗い時間に注目し, 情報の提示方法 (下限のみの表記, あるいは範囲表記) を変化させることによって, 手洗い時間が異なるのかどうかを明らかにする.

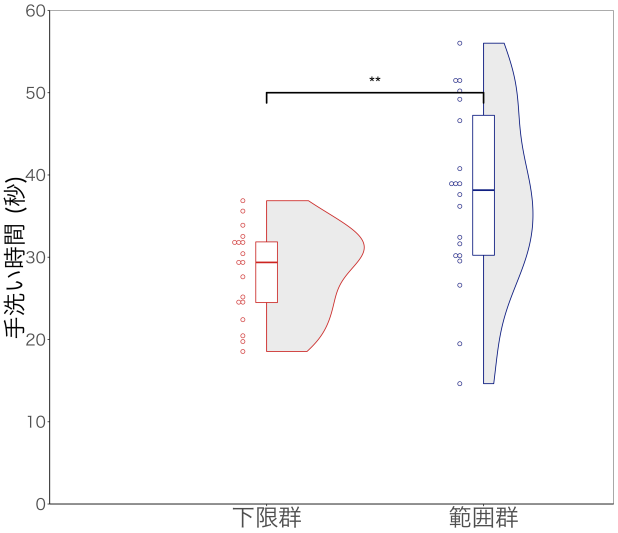
2. 方法

大学生 38 名を実験参加者として募集した (*Mean age* = 19.76, *SD age* = 0.91, 女性 = 27, 男性 = 11). 実験参加者を下限群 20 名 (20 秒以上を提示, *Mean age* = 19.72, *SD age* = 0.96, 女性 = 10, 男性 = 8) と, 範囲群 18 名 (20 秒以上 60 秒以下を提示, *Mean age* = 19.80, *SD age* = 0.89, 女性 = 17, 男性 = 3) に無作為に割り当て, 実験参加者間計画で実験を実施した.

実験参加者は全員体育館に集められ, 大学の講義で使用した実験器具を片付けるという手が汚れる作業の後で実験に参加した. 実験参加者には以下の教示が書かれた紙を配布した. 「感染症対策のため, 手を洗っていただきます. 手洗い場所は体育館の階段を降りてすぐの場所にあります. そちらの手洗い場所を使用してください.『手を洗う時間は 20 秒以上, 60 秒以下が推奨されています』. 手を洗う目標時間は, あくまで目安の時間なので, 個人毎の判断で手洗い時間を決めてください」 以上の教示の『』で囲まれた部分については, 「手を洗う時間は 20 秒以上が推奨されています」(下限群) という表記と, 「手を洗う時間は 20 秒以上, 60 秒以下が推奨されています」(範囲群) という表記の 2 種類を準備した. なお, 実験で配布した紙の中では, 上記の部分を『』では囲まずに表記した. 教示が書かれた紙を配布した後, 手を洗う準備ができた実験参加者から順番に, 石鹸を使用しながら, 水道の蛇口で手を洗った. 水道の蛇口と石鹸は 4 種類ずつ用意した. そのため, 実験参加者は, 最大で 4 人が同時に手を洗うことが可能だった. 実験参加者は, 下限群と範囲群が混ざって同時に手を洗った. 4 種類の蛇口の全てが実験参加者で埋まっており, 手を洗えていない実験参加者は手を洗っている実験参加者の後ろに並んで待機した. 手洗い行動は, 手を洗っている人の顔と手元が映るように, 本研究の内容を知らない実験協力者がビデオで撮影した. 手を洗っている人の顔と手元をビデオで撮影することは, 実験参加同意書に記載し, 同意を得ていた. 各実験参加者の手洗い時間は, 撮影したビデオから算出した. 実験者の恣意性を排除するため, 本研究の内容を知らない実験協力者に, 各自の手洗い時間を計測してもらった.

3. 実験結果

実験の結果を図 1 に示す. 分析の結果, 下限群 (*Mean Rank* = 14.055, *Median* = 29.370, *SD* = 5.545) よりも, 範囲群 (*Mean Rank* = 24.400, *Median* = 38.155, *SD* = 11.077) の方が, 手洗い時間は有意に長かった (Wilcoxon-Mann-Whitney Test, $p < .01$, $Z = 2.865$, $r = .464$).



** $p < .01$

図 1 実験結果のバイオリンプロット図

4. 考察

実験の結果, 下限群 (20 秒以上) と範囲群 (20 秒以上 60 秒以下) という表記の違いによって, 手洗い時間が異なることが明らかになった. 特に, 下限群よりも範囲群の方が手洗い時間は長いことが確認できた. 下限群 (20 秒以上) が示す潜在的な範囲 (20 秒から∞) の方が, 範囲群 (20 秒以上 60 秒以下) が含有する時間幅よりも広い. しかしながら, 実験の結果, 手を洗った時間は, 範囲群よりも下限群の方が短かった. このことは, 潜在的な範囲よりも, 明示された数値 (60 秒以下) によるアンカリング効果の方が手洗い時間の長さに強く影響することを示している.

近年では, 認知バイアスをナッジ (Nudge) として利用する研究が増えている. ナッジとは, 人に自由な選択をさせながらも, 選択肢の構成の仕方などの選択アーキテクチャを工夫することで, 特定の良い判断や行

動に導く取り組みを指す [7]. 本研究の手法も, より良い行動や判断に人を導くナッジの取り組みに応用することができる. 例えば, 手洗いの推奨時間の表記のように, 考慮すべき対象の数的な範囲の下限に手洗い時間が近づくことで, 手に付着した汚れを落とすための十分な手洗い時間が確保できなくなる場合, その表記を数値範囲の表記とすることで, 十分な手洗い時間を確保できる可能性が期待できる.

今後の実験では, 下限群 (20 秒以上) と範囲群 (20 秒以上 60 秒以下) という表記の違いによって, 実験参加者が教示者に推奨されていると感じる手洗い時間が異なるのかどうかも検討する予定である. また, 個人差要因を排除した実験参加者内計画でも, 本実験の結果と同様の知見が得られるのかどうかを検討していく.

文献

[1] Hammond P. S. (2021). Will we ever wash our hands of lubrication theory? *Physics of fluids,* 33, 081908. doi: 10.1063/5.0060307

[2] 森功次, 林志直, 野口やよい, 甲斐明美, 大江香子, 酒井沙知, 原元宣, 諸 角 聖. (2006). Norovirus の代替指標として Feline Calicivirus を用いた手洗いによるウイルス除去効果の検討. 感染症学雑誌, 80(5) : 496–500 doi: 10.11150/kansenshogakuzasshi1970.80.496

[3] Larson, E. (1999). Skin hygiene and infection prevention: more of the same or different approaches?. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 29(5), 1287–1294. doi: 10.1086/313468

[4] Tversky, A., and Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: heuristic and biases. *Science, 185*, 1124–1130. doi: 10.1126/science.185.4157.1124

[5] Mussweiler, T., Strack, F., & Pfeiffer, T. (2000). Overcoming the inevitable anchoring effect: considering the opposite compensates for selective accessibility. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 26(9), 1142–1150. doi: 10.1177/01461672002611010

[6] Adame, B. J. (2016). Training in the mitigation of anchoring bias: A test of the consider-the-opposite strategy. *Learning and Motivation*, 53, 36–48. doi: 10.1016/j.lmot.2015.11.002

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

エージェントはどこまで深くクライアントの考えを読み込んで代理リスク判断をすべきか
How deeply should agents read clients' thoughts to make vicarious risk decisions?

佐藤 有理[†]，福田 玄明[‡]，植田 一博[†]
Yuri Sato, Koji Mineshima, Kazuhiro Ueda
[†] 東京大学，[‡] 一橋大学
The University of Tokyo, Hitotsubashi University
satoyuri0@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要
意思決定者自身ではなく他者のために行われる代理意思決定は，実世界でよく見られるインタラクションの形態である．例えば，委託されたエージェントがクライアントのために投資など資産運用を行うことがある．本研究は，この際にエージェントがどこまで深くクライアントの指示を考えて合わせるのが自然かを明らかにする．実験の結果，エージェント（投資者）は，クライアント（出資者）の指示を理解してリスク選択をしているものの，その意図を推定して行動調整するまではしていなかった．しかし，出資者の満足度は低くなかった．この結果の要因ならびに示唆ついて，HCI の文脈での知見と合わせて議論する．

キーワード：代理意思決定，リスク選択，意図推定，インタラクション

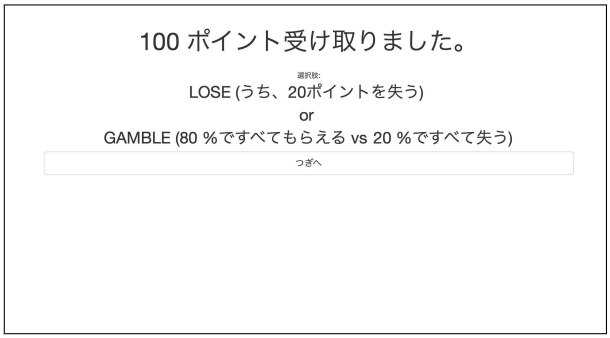
1. はじめに
他者の行動からその他者の思っていること（願望・意図・選好・行動計画など）を推測する自動化技術は，現代の AI 研究の主要なテーマである (cf. Albrecht & Stone [1]). しかし，推測主体のエージェントが計算資源に限りのある人間の場合，複数人が相互に推測し合うコミュニケーションは状況によっては計算の複雑さの点で手に負えないものになってしまうことも指摘されている (van Rooij et al. [8]). 本研究が焦点を当てる代理意思決定（vicarious decision making）も，そのようなインタラクションを伴う複雑な課題として位置付けられる．

代理意思決定とは，意思決定者ではなく他者のために代理で行われる選択を指す：“make purely vicarious choices for others that have no direct impact on their own outcome” (Ruff & Fehr [9], page 555). これはビジネスのアウトソーシングなど現実場面ではよくあることで，とくにギャンブリング課題を用いた代理リスク判断は，実際の投資信託で行われている行為である．投資会社は，顧客である出資者から資金を集め，投資の代理行為者として資金の運用を任せられる．運用方針は，出資者の希望に沿うもので，そこから外れている場合には，出資者は自分の希望と合うまで投資会社に是正を求める．ここで投資者は，リスクをとるかとらないかという出資者からの直接的な指示に合わせるだけでなく，出資者の望むリスク選好を推定しそれに合わせることが高いレベルでは望まれる．また出資者は，投資者が自分の指示をどのように捉えたか推測し，指示を調節していく必要がある．

リスク判断に関する先行研究において，報酬が他人に入る場合も自分に入る場合と同じように行えること（Nicolle et al. [7]），他人のリスク判断を観察してその人のリスク選好を推定できること（Suzuki et al. [10]）がある程度示されている．しかし，他者である顧客の指示から意図や選好を推測し，顧客が満足するように代理リスク判断を行うことが実際にできるのかは，明らかになっていない．本研究の目的は，これを実験により確かめ，代理リスク判断においてエージェントがどこまで深くクライアントを考えて合わせるのが自然なのかを考察することにある．

2. 実験方法
42 名が，投資者か出資者いずれかの役で 2 人 1 組で，LIONESS Lab [2] のオンラインインタラクティブ環境を利用して参加した．投資者の報酬は出資者の満足度によって決まり，出資者の報酬は，投資者の選択の結果得られるポイントの額によって決まることが教示された．また教示の確認テストを行ったのちに，ギャンブリング課題（図 1 参照）が開始された．まず，出資者が指示（-5 ～ $+5$：リスク抑える ～ リスク取る）を投資者に与えた．そのあとに投資者は，ギャンブリング課題で選択を行った．最初に，x ポイントが与え

(a)



(b)

図 1　実験課題：(a) 投資者の画面 (b) 出資者の画面

られ，y ポイントをそのまま得る [KEEP] か，$z\%$ ですべてもらえて $(100-z)\%$ ですべて失う [GAMBLE] かを選択することが求められた．この投資者の画面は，出資者にも表示された．ただし，投資者が Gain フレームであった一方で，出資者は，[KEEP] の箇所が「$(x-y)$ ポイント失う [LOSE] 」という Loss フレームで表示された（これによって，両者の間にリスク傾向の差が生まれることを期待した cf. de Martino et al. [5]）．32 試行で構成されるブロックを 6 回繰り返した．最後に，出資者は投資者の選択行動に対して評価（100 点満点の満足後）を行った．

3. 実験結果

出資者の満足度の値は，平均 79.1 と高いレベルにあった．出資者の Risk taking 指示時（$+1 \sim +5$）における投資者のリスク選択回数は $+2.1$，Risk aversion 指示時のリスク選択回数 -3.7 よりも有意に高かった：$t(20) = 3.629, p = 0.00080$. 一方で，投資者のとったリスク選好（Kahneman & Tversky 1979 の magnitude$^\gamma$ のユーティリティ関数でリスク選択をモデルフィッティングした値）は，Risk taking 指示時，Risk neutral 指示時，Risk aversion 指示時のあいだで有意差がなかった．

4. 考察

この結果は，投資者は，出資者の指示に従って [GAMBLE] を選択する回数を調整できるが，出資者のリスク選好までは考えられていないことを示唆する．このことを理解するには，グライス [3] 的な意味と意図の区別が助けになるだろう．指示そのものの数字的な内容である「意味」についてその情報伝達はできていたが，指示において伝えたかった内容である「意図」（その一種である選好）の情報伝達は困難であったと言える．つまり，ここで，小額ではリスクが取られやすく高額ではリスクが取られにくいといったリスク選択の選好的特徴について，それが本研究における代理判断の環境では見られなかった．

実験結果全体をまとめると，以下のようになる：

- 投資者は，出資者の言っていることを理解して選択をしているものの，
- その意図を推定して行動調整するまではしていない．
- しかし，出資者の満足度は低くない．

上記の知見より，満足させることだけが目的であれば，クライアントの意図推定や行動調整までできている必要は必ずしもなく，指示に対して表層的に従う態度が接し方として自然であるという示唆が，インタラクションデザイン（とくに人間の代理意思決定を担う人工システムの設計）に対して与えられるかもしれない．しかし，HCI における人工システムへの委託の際に相手への信頼が重要な役割を果たすという研究知見 (cf. Milewski & Lewis [6]) を考慮に入れると，代理行為者として，投資行為にとくに慣れているわけではない人（ノービス）を被験者とした本実験の設定には議論の余地が残る．投資行為のプロであるエキスパートを代理行為者とする設定の実験（e.g., Ueda et al. [11]）を行うことで，クライアントからエージェントへの委託関係をより適切な形で実験環境において実現することができるかもしれない。これは，我々の掲げる問いに挑むための重要な次のステップでありうる．

謝辞

本研究は JST, CREST, JPMJCR19A1 の支援を受けたものです．

文献

[1] Albrecht, S. V.,& Stone, P. (2018). Autonomous agents modelling other agents: A comprehensive survey and open problems. *Artificial Intelligence*, 258, 66–95.

[2] Giamattei, M., Yahosseini, K. S., Gächter, S., & Molleman, L. (2020). LIONESS Lab: a free web-based platform for conducting interactive experiments online. *Journal of the Economic Science Association*, 6, 95–111.
[3] Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In: P. Cole, J. L. Morgan (Eds.) *Speech Acts* (pp. 41–58). Academic Press.
[4] Kahneman D, & Tversky A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292.
[5] de Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Frames, biases, and rational decision-making in the human brain. *Science*, 313(5787), 684–687.
[6] Milewski, A. E., & Lewis, S. H. (1997). Delegating to software agents. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(4), 485–500.
[7] Nicolle, A., Klein-Flügge, M. C., Hunt, L. T., Vlaev, I., Dolan, R. J., & Behrens, T. E. (2012). An agent independent axis for executed and modeled choice in medial prefrontal cortex. *Neuron*, 75(6), 1114–1121.
[8] van Rooij, I., Kwisthout, J., Blokpoel, M., Szymanik, J., Wareham, T., & Toni, I. (2011). Intentional communication: Computationally easy or difficult?. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 52.
[9] Ruff, C. C., & Fehr, E. (2014). The neurobiology of rewards and values in social decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(8), 549–562.
[10] Suzuki, S., Jensen, E. L., Bossaerts, P., & O'Doherty, J. P. (2016). Behavioral contagion during learning about another agent's risk-preferences acts on the neural representation of decision-risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(14), 3755–3760.
[11] Ueda, K., Uchida, Y., Izumi, K., & Ito, Y. (2004). How do expert dealers make profits and reduce the risk of loss in a foreign exchange market? In: *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 1357–1362.

リハビリテーション場面における患者—セラピストの身体協調に関する予備的検討

A preliminary study of patient-therapist coordination during gait rehabilitation

児玉 謙太郎[†]，安田 和弘[‡]，牧野 遼作[§]
Kentaro Kodama, Kazuhiro Yasuda, Ryosaku Makino
[†]東京都立大学，[‡]東京保健医療専門職大学，[§]早稲田大学
Tokyo Metropolitan University, Tokyo Professional University of Health Sciences, Waseda University
kodama_k@tmu.ac.jp

概要

本研究ではリハビリ場面における患者—セラピスト間の身体協調が運動支援に及ぼす影響を明らかにするため，上級・初級セラピストで歩行介助時の個々人の歩行安定性と，二者間の歩行時の身体協調性の違いを比較した．その結果，上級者ペアの方が歩行安定性も身体協調性も高かった．これらの結果は，セラピストのスキルとして身体協調スキルがあり，これによって対象者の安定した動作を引き出している可能性が示唆された．

キーワード：身体知，個人間協調，歩行介助，非線形時系列解析

1. はじめに

リハビリテーション（以下，リハビリ）に従事する理学療法士や作業療法士（以下，セラピスト）には様々な専門的知識や能力が求められる．例えば，10 年以上の経験を有する理学療法士は学生や初級者よりも歩行分析能力が高く，高齢者の歩行場面を見ることで，転倒リスクを正確かつ明確に評価できることと言われている[1], [2]．一方，セラピストに求められる能力として患者とのコミュニケーション能力の重要性も指摘されている[3]．厚生労働省がセラピストを対象に 2016 年度に実施した業務実態調査の結果，セラピストに求められる能力の第 1 位はコミュニケーション能力であり，第 3 位が協調性であった[4]．このようにリハビリの現場においても他者とのコミュニケーションや協調の重要性が再認識されている．

ヒト同士のコミュニケーションにおける協調については，身体レベルの同期・協調が心理的・精神的・社会的レベルの協調にも関わり，コミュニケーション上も重要な役割を果たすため，これまでに様々な研究が行われてきた[5], [6]．例えば，身体的な協調が他者への協力意志や親和動機などの社会的因子と関連することが示されている[7], [8]．また，視覚情報や聴覚情報といった知覚情報が身体協調の程度に影響することも指摘されている[9], [10]．昨今では，医療リハビリ場面における患者と臨床家の身体協調も信頼関係構築や知覚される痛みの軽減に影響する重要な要因であることが指摘されている[11]．

本研究では，リハビリ場面における患者—セラピスト間の身体協調が運動支援に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし，熟達度の異なるセラピストを比較することで，そのスキルの一端にアプローチする．一般にセラピスト上級者の方が初級者より，患者の歩行や起立着座などの日常動作のパフォーマンスを向上させるスキルを有していると考えられる．例えば，理学療法士による脳卒中患者の歩行介助場面を対象とした先行研究では，加速度センサで患者の身体動揺を計測し，理学療法士と学生で比較した結果，学生が介助をしたときの方が患者の身体動揺が大きいことを報告している[12]．しかし，これらスキルの背景に患者—セラピスト間の身体協調が関わっているか否かは明らかにされていない．そこで，本研究では予備実験という位置づけで若年健常者を患者役としてリクルートし，同一の患者役の参加者とセラピスト 2 名（上級者，初級者）とでペアを組ませ，熟達度の異なるセラピストの身体協調スキルを比較検討する．

2. 方法

実験参加者

セラピストの上級者 1 名（40 歳男性，理学療法士），初級者 1 名（20 歳女性，理学療法学科 2 年生），患者役として若年健常者 4 名（平均 22.25±2.63 歳，男性 2 名・女性 2 名）（以下，患者役と略記）．

実験装置

加速度センサ（TSND151，ATR Promotion）を用いてセラピスト，患者役の腰部，両足首に装着して加速度，角速度を計測した（サンプリング周波数：200Hz）．本

発表では，腰部の垂直方向の加速度データを分析した結果を報告する．データの記録，処理，解析にはノートパソコン（LET’S NOTE CF-LV，Panasonic），Matlab（R2022a, MathWorks），RStudio（Version 2022.02.3）を用いた．

実験課題・手続き

セラピスト 1 名，患者役 1 名でペアとなり，リハビリにおける歩行介助場面を想定した歩行課題を行ってもらった．介助においては，言葉掛けや声掛けなどの言語的なインタラクションはせずに，患者役の身体に触れるという非言語的なインタラクションに限定された．セラピスト上級者と初級者は，同じ 4 名の患者役とペアを組み（それぞれ上級者ペア，初級者ペアと呼ぶ），4 ペアずつで上記の実験課題を行った．実験前，参加者それぞれの腰部，両足首に加速度センサが取り付けられた．歩行課題では，10ｍの廊下を患者役の自然なペースで歩行し，その際，セラピストは後方から患者役の身体に触れながら歩行の介助を行った．計 6 試行の歩行課題を行い，試行間では 30 秒程度の休憩を入れた．

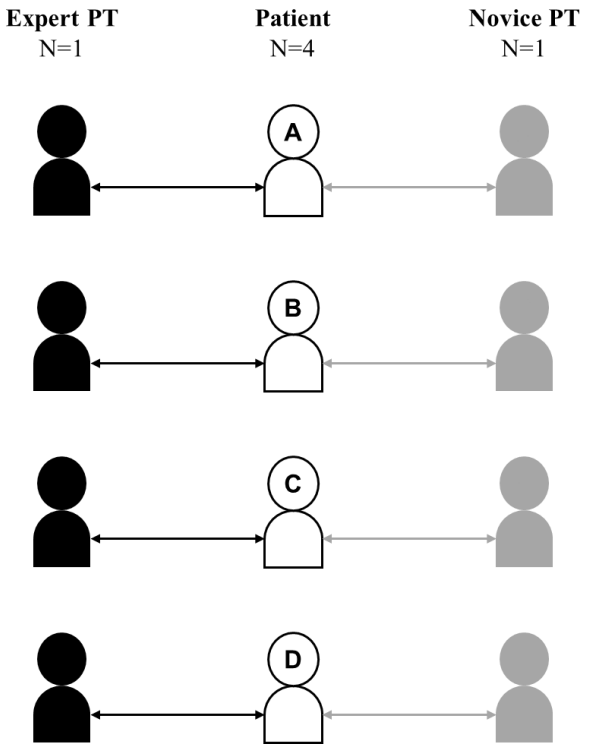


図１　上級者ペアと初級者ペア
4 名の患者役（中）と，1 名の上級セラピスト（左），初級セラピスト（右）がそれぞれペアを組んで参加.

データ分析

加速度センサで計測した歩行時の時系列データのうち，歩行開始後 2 秒間は定常的な歩行状態ではないとみなし，分析対象から除外した．本発表では，歩行開始 2 秒後から 4 秒間を対象とした．分析対象区間を抽出した後，200Hz から 100Hz にダウンサンプリングし（データ長 400 点），フィルタリング（2 次 Butterworth カットオフ周波数 10Hz）を行った後，以下に示す時系列解析を行った．

本研究では，歩行の安定性，および，個人間の身体協調を視覚化・定量化するために，(Cross-) Recurrence Plot (RP, CRP), (Cross-) Recurrence Quantification Analysis (RQA, CRQA) を応用した．これらの非線形時系列解析では，時間的に変化するシステム（力学系）の挙動にみられる“再帰性”を視覚的に 2 次元平面にプロットして表現する手法を Recurrence Plot（RP），定量的に評価する手法を Recurrence Quantification Analysis（RQA）と呼ぶ[13], [14]．力学系の各時刻の状態は，高次元位相空間内の点として表現される．ここで，ある点から一定時間経過した後で，一定の範囲内に他の点が含まれる場合を軌道が“再帰”したと定義する．

CRP・CRQA では，ふたつの時系列データを高次元位相空間内のふたつの軌道として再構成し，再帰のパターンを視覚化・定量化する．本研究では，位相空間内でふたつの軌道（時系列）が再帰した状態を“協調”とみなす[15]．CRP では，ふたつの時系列が高次元位相空間内でどのように状態を共有するかを視覚化でき，CRQA ではその再帰パターンを様々な観点から定量化し指標を算出する[16].

本発表では，とくに時間的な持続性の観点から RP, CRP の対角線方向にみられる特徴に注目する．CRQA により定量化される指標には様々なものがあるが，本発表では決定論性（%Determinism）を求める[16]．決定論性とはCRP の再帰点のうち対角線と平行な点の割合であり，システムの決定論的で予測可能な挙動を意味する[16].

解析には，Cross Recurrence Plot Toolbox for MATLAB® [17]を用い，入力変数については先行研究に従い，遅延時間を Average Mutual Information，埋め込み次元を False Nearest Neighbors 法によって最適値を求め，半径は再帰点が 9%となるように設定され，遅延時間 12，埋め込み次元 4 が選定された[16], [18], [19]．尚，本発表ではサンプル数が少ないため，統計検定は行わない．

3. 結果

個人の歩行安定性

図 2 は，同じ患者役（C）に対し，上級セラピスト，初級セラピストそれぞれがペアとなり歩行介助を行ったときの個々人の RP である．図 2 上段は上級者ペア，下段は初級者ペアで，いずれも左がセラピスト，右が患者役の RP である．上下の段を比較すると，上級者ペアの方が初級者ペアよりも対角線上に点がプロットされている様子が確認できる．

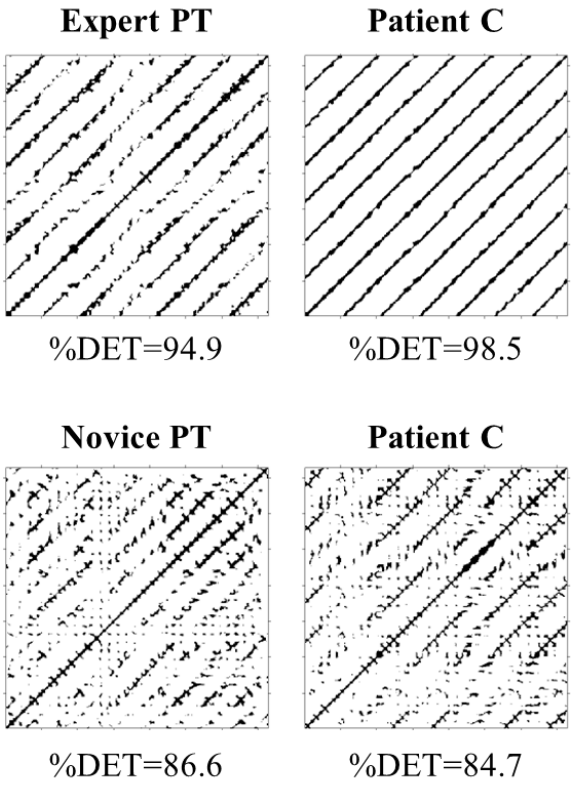


図 2 サンプル RP
左上：上級セラピスト，右上：患者役 C
左下：初級セラピスト，右下：患者役 C

図 3 は，4 名の患者役と上級セラピスト，初級セラピストそれぞれがペアとなり歩行介助を行ったときの個々人の RQA の結果，決定論性（%DET）という指標の平均値を示す．上級者ペアでは，患者役が 96.4（SD=0.6）%，セラピストが 92.3（SD=2.8）%であり，初級者ペアでは，患者役が 90.8（SD=2.4）%，セラピストが 89.9（SD=0.7）%であった．患者役は，上級セラピストに歩行介助されたときの方が決定論性が高くなること，セラピスト個々人では上級セラピストの方が決定論性が高くなることが示された．

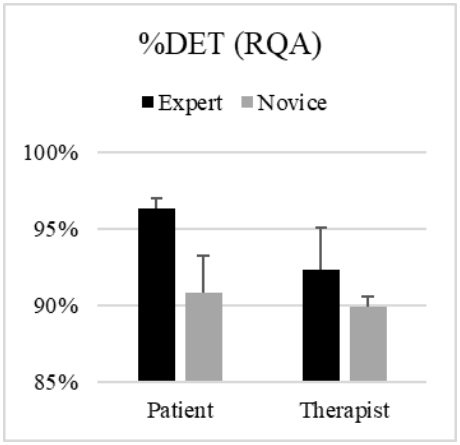


図 3 RQA の結果（決定論性）
左：患者役，右：セラピスト
黒：上級セラピスト，灰色：初級セラピスト
エラーバー：標準偏差

二者間の歩行協調性

図 4 は，同じ患者役（C）に対し，上級セラピスト，初級セラピストそれぞれがペアとなり歩行介助を行ったときの二者間の協調性を示す CRP である．左は上級者ペア，右は初級者ペアである．左右を比較すると，個々の RP と同様に上級者ペアの方が初級者ペアより対角線上に点がプロットされている様子が確認できる．

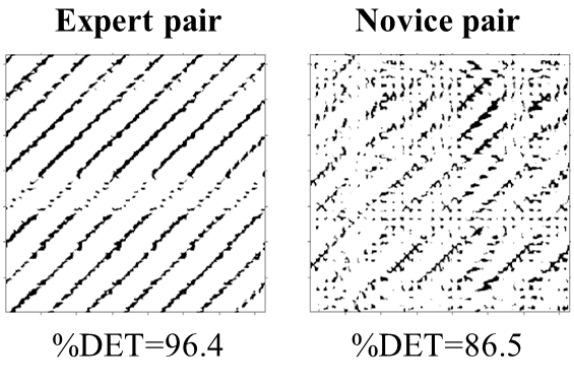


図 4 サンプル CRP
左：上級者ペア，右：初級者ペア

図 5 は，4 名の患者役と上級セラピスト，初級セラピストそれぞれがペアとなり歩行介助を行ったときの二者間の協調性を定量化する CRQA の結果，決定論性（%DET）という指標の平均値を示す．上級者ペアで 93.8（SD=0.8）%，セラピストが 90.1（SD=0.8）%と，上級者ペアの方が決定論性が高いことが示された．

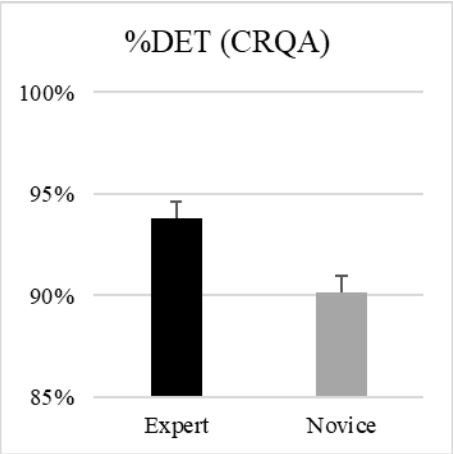


図 5　CRQA の結果（決定論性）

4.　考察

個々人の歩行安定性について，RP および RQA で視覚化・定量化を行った．RP を上級者ペアと初級者ペアで比較したところ，上級者ペアの方が対角線上に点がプロットされている様子が確認された．また，RQA で算出される決定論性は，再帰点のうち対角線と平行な点の割合であり，上級者ペアの方が初級者ペアよりも高い値を示した．この結果は，RP の観察結果を定量的に示す形となった．なお，決定論性はシステムの決定論的で予測可能な挙動を意味し，先行研究[20]ではバランス障害を有する前庭障害者では歩行時の決定論性が低下することが示されている．よって，今回のデータにおいては，上級セラピストの方が患者役の歩行時の歩行を決定論性という点で安定化させていたと考えられる．なお，セラピスト自身の歩行安定性を見ても，上級セラピストの方が歩行が安定していたと考えられる．

個人間の歩行時の身体協調について，CRP および CRQA で視覚化・定量化を行った．CRP を上級者ペアと初級者ペアで比較したところ，RP 同様，上級者ペアの方が対角線上に点がプロットされている様子が確認された．また，RQA 同様，CRQA で算出される決定論性も上級者ペアの方が高い値を示した．この結果も，CRP の観察結果を定量的に示している．先行研究では，若齢者と高齢者が 2 名 1 組ペアとなり，手を組んで歩行するトレーニングを継続すると歩行の安定性（適応性）が高まること，二者間の歩行のダイナミクスが一致して協調性が高まることが示されている[21]．実験条件や介入の内容や期間，評価指標は異なるが，本研究でも触覚的なインタラクションによって二者間の歩行の協調性が高まることが示唆されており，今後，どのようなインタラクションが初級者ペア・上級者ペアそれぞれで行われているか，多角的に分析し，明らかにする必要がある．また，先行研究によると CRQA により二者間の協調における Leader-Follower 関係を評価することができる[22], [23]．今後，インタラクションの詳細を調べ，臨床的な示唆に繋がる知見の提供を目指したい．そのためにも，今後，データ数を増やした検証が求められる．

また，本研究では健常者に患者役として参加してもらっていたため，本研究で示唆された結果が，実際の患者を対象とした場合に直接あてはめて考えられるかは慎重な検討が必要である．実際の患者では，多様な疾患や様態があり得るため，セラピストに求められる身体協調スキルもより柔軟で適応的なものになろう．今後，多様な患者への適応スキルという点での検討も必要である．

5.　おわりに

本研究ではリハビリ場面における患者―セラピスト間の身体協調が運動支援に及ぼす影響を明らかにするために，歩行介助場面を対象に熟達度の異なる 2 名のセラピストと患者役の個々人の歩行安定性と，二者間の歩行時の身体協調の違いを比較した．具体的には，歩行時の垂直成分の加速度データに対して，非線形時系列解析（再帰定量化分析）を応用した．その結果，上級者ペアの方が個々人の歩行安定性（決定論性）も，二者間の身体協調性（決定論性）も高い値を示し，上級者ペアで安定した歩行と協調が確認された．これらの結果は，セラピストのスキルとして，患者との身体協調スキルがあり，これにより対象者の安定した動作を引き出している可能性が示唆された．本発表は事例的なデータの報告に留まるが，今後，二者間のインタラクションの詳細を明らかにし，臨床の実践に有益な知見の提供が期待される．

謝辞

本研究は科学研究費補助金 基盤研究（C）18KT0083 の助成を受けて行われた．実験に協力して下さった方々，および，ご助言をいただいた理学療法士の先生方に深く感謝の意を表します．

文献

[1] 松田徹, 吉田晋, 井上美幸, 村永信吾, 大嶋幸一郎, 川間健之介, (2018)“臨床判断を基盤とした転倒危険性の感じ方は理学療法士経験年数で異なるか？−Timed‘Up & Go’Test 遂行時の高齢者映像観察による検証−,” 理学療法科学, Vol. 33, No. 1, pp. 69‐75.

[2] 山本裕晃, 松田憲亮, 森田正治, (2020)“臨床実習経験は理学療法学生における 歩行分析能力の経時的変化を与える―Wisconsin Gait Scale を用いた養成校学生の変化―,” 理学療法科学, Vol. 35, No. 2, pp. 159‐163.

[3] 高村浩司, (2017)“理学療法士に必要な臨床技能としてのハンズオフスキルと現任研修,” 理学療法ジャーナル, Vol. 51, No. 2, pp. 123‐128.

[4] 厚生労働省, (2016)“地域保健総合推進事業「自治体所属する理学療法士及び作業療法士の業務実態調査」,” 2016.

[5] 児玉謙太郎, 岡崎俊太郎, 藤原健, 清水大地, (2021)“シンクロする人々：個人間の身体的同期に関するレビュー,” 認知科学, Vol. 28, No. 4, pp. 593-608.

[6] E. Delaherche, M. Chetouani, A. Mahdhaoui, C. Saint-Georges, S. Viaux, and D. Cohen, (2012) “Interpersonal synchrony: A survey of evaluation methods across disciplines,” IEEE Trans. Affect. Comput., Vol. 3, No. 3, pp. 349–365.

[7] M. J. Hove and J. L. Risen, (2009) “It’s All in the Timing: Interpersonal Synchrony Increases Affiliation,” Soc. Cogn., Vol. 27, No. 6, pp. 949–960.

[8] S. S. Wiltermuth and C. Heath, (2008) “Synchrony and Cooperation,” Psychol. Sci., Vol. 20, No. 1, pp. 1–5.

[9] A. Paxton and R. Dale, (2017) “Interpersonal movement synchrony responds to high- and low-level conversational constraints,” Front. Psychol., Vol. 8, No. 1135.

[10] K. D. Shockley, M.-V. Santana, and C. A. Fowler, (2003) “Mutual interpersonal postural constraints are involved in cooperative conversation.,” J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform., Vol. 29, No. 2, pp. 326–332.

[11] P. Goldstein, E. A. R. Losin, S. R. Anderson, V. R. Schelkun, and T. D. Wager, (2020) “Clinician-Patient Movement Synchrony Mediates Social Group Effects on Interpersonal Trust and Perceived Pain,” J. Pain, Vol. 21, No.11-12, pp. 1160–1174.

[12] 光武翼, 植田耕造, 吉塚久記, 江越正次朗,大古場良太,堀川悦夫, (2017)“重度脳卒中片麻痺患者に対する後方からの歩行介助時の身体動揺に関する研究-理学療法士と理学療法学科学生との比較検証,” 理学療法さが, Vol. 3, No.1, pp. 7–16.

[13] J. P. Zbilut and C. L. Webber, (1992) “Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots,” Phys. Lett. A, Vol. 171, No. 3–4, pp. 199–203.

[14] J. P. Zbilut, A. Giuliani, and C. L. Webber, (1998) “Detecting deterministic signals in exceptionally noisy environments using cross-recurrence quantification,” Phys. Lett. A, Vol. 246, No. 1–2, pp. 122–128.

[15] K. D. Shockley, (2005) “Cross recurrence quantification of interpersonal postural activity,” in Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences, M. Riley and G. Van Orden, Eds. pp. 142–177.

[16] N. Marwan, M. Carmen Romano, M. Thiel, and J. Kurths, (2007) “Recurrence plots for the analysis of complex systems,” Phys. Rep., Vol. 438, No. 5–6, pp. 237–329.

[17] N. Marwan, (2017) “Cross Recurrence Plot Toolbox for MATLAB®.”

[18] M. I. Coco and R. Dale, (2014) “Cross-recurrence quantification analysis of categorical and continuous time series: an R package.,” Front. Psychol., Vol. 5, No. 510.

[19] C. L. Webber and J. P. Zbilut, (2005) “Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems,” in Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences, M. Riley and G. Van Orden, Eds., pp. 26–94.

[20] F. Sylos Labini, A. Meli, Y. P. Ivanenko, and D. Tufarelli, (2012) “Recurrence quantification analysis of gait in normal and hypovestibular subjects,” Gait Posture, Vol. 35, No. 1, pp. 48–55.

[21] Z. M. H. Almurad, C. Roume, H. Blain, and D. Delignières, (2018) “Complexity Matching: Restoring the Complexity of Locomotion in Older People Through Arm-in-Arm Walking,” Front. Physiol., Vol. 9, No. 1766.

[22] K. D. Shockley and M. A. Riley, (2015) “Interpersonal couplings in human interactions,” Underst. Complex Syst., pp. 399–421.

[23] K. Kodama, S. Tanaka, D. Shimizu, K. Hori, and H. Matsui, (2018) “Heart Rate Synchrony in Psychological Counseling : A Case Study,” Psychology, pp. 1858–1874.

統合物語生成システムにおける利用に向けた修飾概念辞書の構造の検討

Consideration of the Structures of Modification Conceptual Dictionaries Toward the Use an Integrated Narrative Generation System

小野淳平[1], 小方 孝[2]
Jumpei Ono, Takashi Ogata

[1]青森大学, [2]岩手県立大学
Aomori University, Iwate Prefectural University
j.ono@aomori-u.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

本研究は，物語を生成するためのオントロジーとして，語の意味分類を体系的にまとめた概念辞書の開発を行う．名詞概念及び動詞概念の開発を行ってきたが，ここでは修飾概念を対象とし，特に形容詞概念に関する開発を行う．現在，修飾概念のつい形容詞概念および形容動詞概念の辞書は，粒度が粗い階層構造である．そのため，青空文庫の作品を利用し，その階層構造における分類の検討を試みる．その結果，形容詞の分類及び，形容詞の新たな利用方法に関する可能性が得られた．

キーワード：概念辞書 (conceptual dictionary)，修飾概念 (modification concept)，ストーリー生成 (story generation).

1 まえがき

我々は，物語の構造に関する知識と人工知能技術を有機的に融合した物語生成システムを開発している (Ogata, 2020a, 2020b)．これを統合物語生成システム (Integrated Narrative Generation System: INGS) と呼ぶ．このシステムは，物語の構造に関する知識においては，物語を生成するために用いる概念辞書を持つ．

本研究の目的は，片岸・澤口・小野・小方 (2022) が整理した形容詞概念辞書及び形容動詞概念辞書における課題のうち，形容詞概念及び形容詞概念の分類の検討である．試験的に，人間の五感に対応させる方法や，ネガティブ／ポジティブという観点から分類を検討したが，それらの方法を良い成果を挙げられなかった．そこで本稿ではまず，形容詞に絞り込み，より機械的な方法を実施する．青空文庫に収録された 7787 個の作品から，形容詞とそれが修飾する名詞を抽出し，ある形容詞が修飾する語の傾向を求め，その傾向に基づいて分類を試みる．

2 背景

背景となる概念辞書の研究を説明する．日本語の概念辞書である日本語 WordNet では，“synset” という単位で個々の概念がまとめられ，synset どうしが意味的に結びつくことでネットワーク構造を持つ (Bond et al.., 2009)．また日英機械翻訳システム ALT-J/E で利用されるコンピュータ用辞書である日本語語彙体系 (NTT コミュニケーション科学研究所 et al., 1997) もその例である．『EDR 電子化辞書』 (株式会社 日本電子化辞書研究所, 2018) は，NICT（独立行政法人 情報通信研究機構）が開発した電子化辞書で，単語辞書，対訳辞書，概念辞書などを持つ．動詞項構造シソーラス (竹内, 2011) は述語及び項構造の関係を記述した類義語辞典である．また概念辞書と物語に関する研究例として，イソップ童話風のストーリー生成システム (Okada & Endo, 1992) がある．そのシステムは，主人公の思考・行動過程のシミュレーションにより物語を生成する．

Alhussain and Azmi (2021) は，ストーリー生成に関わる知識を次の 6 種類に分類した――「テーマ別の知識」，「キャラクターの知識」，「プロットの知識」，「言語知識」，「文学の知識」，「フィードバックの知識」．また，それぞれについての研究，コーパスやオントロジーをまとめている．

我々の研究 (Ogata, 2020a, 2020b) においては，「プロットの知識」や「文学の知識」を扱うために，ストーリー生成に用いる知識とそれを扱うための技法を用意し，「言語知識」を扱うために，自然言語生成用の言語辞書を用意している．加えて，「テーマ別知識」や「キャラクターの知識」に該当する概念辞書を開発している．「フィードバックの知識」については，ヤウスの受容理論に基づく語り手―聞き手機構 (Akimoto &Ogata, 2012) を導入した．本稿は，「テーマ別知識」や「キャラクターの知識」に該当する概念辞書を扱う．

これまでに我々は物語を構成する事象を生成するための知識として，名詞概念辞書と動詞概念辞書の開発

を行った (Ogata 2015). しかし, 言葉の種類という観点から見た場合, 名詞及び動詞は, 物語を構成する必要最低限の要素である. そこで, 事象を修飾するための概念辞書として, 修飾概念について, 概念辞書の構成と課題について考察した (Ono & Ogata, 2022). 修飾概念には, 形容詞, 形容動詞, 副詞が含まれており, 形容詞及び形容動詞についての概念辞書は, 一通りの構造を開発した. 一方で, 副詞に関する概念辞書はまだ, 検討を進めていない. 次に, 修飾概念辞書の構造について説明する. 修飾概念は, 形容詞概念, 形容動詞概念, 副詞概念を含む. ここでは, 形容詞概念及び形容動詞概念を紹介する.

3 修飾概念辞書の構造

INGS が持つ概念辞書は, 名詞概念辞書, 動詞概念辞書, そして修飾概念辞書がある. これらの概念辞書は階層的な構造を持つ. 概念辞書は, 概念の意味的分類に基づく階層構造を持つ. 図 1 は形容詞概念及び形容動詞概念辞書の階層構造を示した図である. この階層構造は, 動詞概念辞書の階層構造を流用している. この階層構造のノードを中間概念と呼ぶ. 中間概念は意味分類を示す. さらに, 葉ノードにあたる各中間概念は一つ以上の終端概念を持つ. 終端概念は, ストーリーに現れる概念そのものである.

終端概念は, 図 2 のような記述形式を持ち, "(agent N1) (counter-agent nil) (location nil) (object nil) (instrument nil) (from nil) (to nil)" という 7 種類の格で構成された格構造を持つ. これらの格構造は, その終端概念が修飾する概念を格納する. 概念を格納することが可能な格は「N1」というような値を持つ. これは文型パターン及び制約条件と対応する. 文型パターンは, 文生成を行う際に用いる文の基本形である. 制約条件は、ある格が取り得る概念の制限を, 中間概念に記述する.

表 1 は形容詞概念の分類, 表 2 は形容動詞概念の分

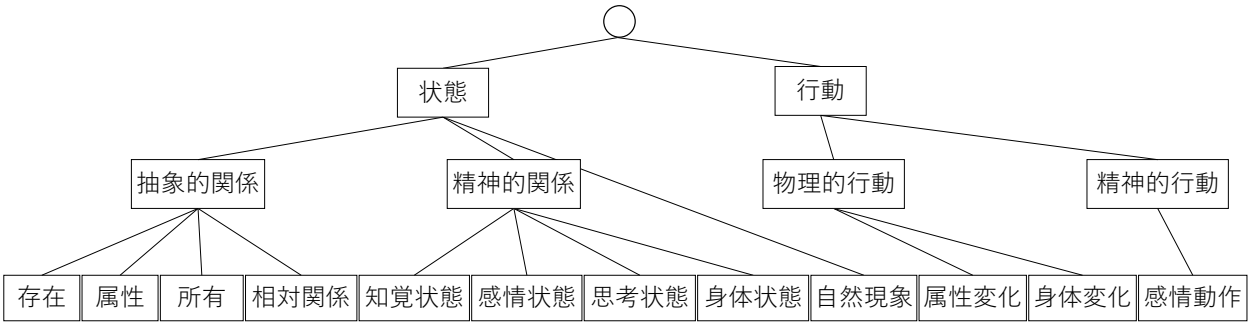


図 1 形容詞概念及び形容動詞概念辞書の階層構造

記述形式

```
((name <終端概念>) (sentence-pattern <文型パターン>)
  (case-cons-set
   ((case-frame (<格構造> ))
    (constraint ((<制約> ))))
   )
  (is-a (<中間概念>)))
```

具体例

```
((name あくどい 1) (sentence-pattern "N1 が あくどい")
  (case-cons-set
   ((case-frame ((agent N1) (counter-agent nil) (location nil) (object nil)
                 (instrument nil) (from nil) (to nil)))
    (constraint ((主体))))
   ((case-frame ((agent nil) (counter-agent N1) (location nil) (object nil)
                 (instrument nil) (from nil) (to nil)))
    (constraint ((主体))))
   ((case-frame ((agent nil) (counter-agent nil) (location nil) (object N1)
                 (instrument nil) (from nil) (to nil)))
    (constraint ((主体)))))
  (is-a (d 属性)))
```

図 2 形容詞概念の記述形式と具体例

表 1　形容詞概念の分類

分類	数	形容詞概念
存在	2	無い 3, 無い 2
属性	636	あくどい 1, 青い 1, 明るい 2,　新しい 1, 厚い 1, 怪しい 1, 浅い 1
所有	1	薄い 13
相対関係	5	等しい 2, 相等しい 1, 悪い 16, 遠い 2, 薄い 9
知覚状態	26	痛い 1, 寒い 1, 息苦しい 1, 痒い 1, だるい 1, 弱い 8
感情状態	44	甘い 1, 悲しい 1, 重い 5, 恐ろしい 1, 気まずい 1, 好ましい 1, 寂しい 1, つらい 1
思考状態	1	疎い 1
身体状態	6	青白い 1, おかしい1, 苦しい 1, 逞しい 1, 良い 12, 悪い 19
自然現象	9	明るい 1, 濃い 1, 少ない 1, 深い 1, 強い 5, 多い 14, 眩しい 2, 激しい 1
属性変化	1	無い 1
身体変化	2	遠い 3, 痒い 2
感情動作	7	狭い 6, 欲しい 2, 欲しい 1, 重い 8, 良い 9, 悪い 9, 重い 6

表 2　形容動詞概念の分類

分類	数	形容動詞概念
存在	1	健在だ 1
属性	878	あからさまだ 1, あほうだ 1, アンバランスだ 1, エキゾチックだ 1, おおざっぱだ 1, 相応だ 1, きめ細やかだ 1, さわやかだ 1, 斬新だ 1
相対関係	1	神妙だ 1
知覚状態	4	不調だ 1 正気だ 1 元気だ 1 健康だ 1
感情状態	8	憂鬱だ 1 平静だ 1 不安だ 1 闘志満々だ 1 上機嫌だ 1 孤独だ 1 ハッピーだ 1 ショッキングだ 1
思考状態	4	慎重だ 1, 賛成だ 1, 反対だ 1, 無関心だ 1
身体状態	8	不健康だ 1 薄弱だ 1 蒼白だ 1 真っ青だ 1 丈夫だ 2 元気だ 2 虚弱だ 1 頑健だ 1
自然現象	4	さわやかだ 1, 永久だ 1, 気紛れだ 1, 濃厚だ 1

類を示している. 表 1 及び表 2 において共通の分類は, 同一の階層構造上に存在する同一の分類である.

各概念に与えられている番号は, 意味の違いを表現している. 例えば, 物理的な光量を指して「明るい」と表現する場合と, ある人物の性格を指して「明るい」と表現する場合が有り得る. ここでは番号を与えることで「明るい 1」と「明るい 2」に分けている.

我々が作成した形容詞概念辞書及び形容動詞概念辞書において, 前者は 11 の分類を持ち, 後者は 8 つの分類を持つ. しかし, 表 1 及び表 2 から分かるように, どちらの概念辞書も「属性」という分類に, 総数から見て 80%から 90%の概念が格納されている.「属性」に格納されている概念には, 分類の余地があるため, その分類をより細かく分ける.

4 修飾概念の利用方法

次に修飾概念のうち, 形容詞概念や形容動詞概念の利用方法について説明する.

4.1 基本的な利用方法

図 3 は基本的な利用方法である. INGS が扱うストーリーの概念構造において, 事象概念は動詞概念の格構造と格に挿入されたインスタンスで構成される. インスタンスは, ストーリーに実際に現れる人物・物・場所の特徴や性質を示す属性フレームを持つ. この属性フレームに対して, 修飾概念を挿入することで, 事象概念やストーリーの構造を拡張する.

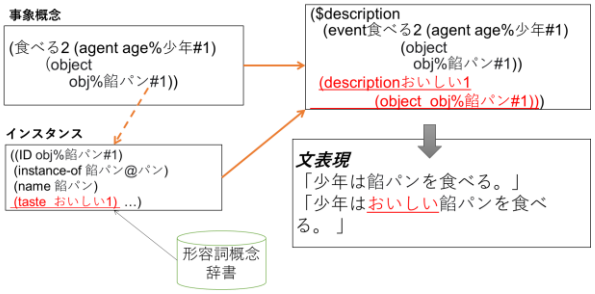


図 3　修飾概念（形容詞概念の例）の基本的な利用方法

4.2 応用的な利用方法

CM 映像の構成要素を形式的に表現する研究を援用した，修飾概念の応用方法を検討している．小野・佐々木・小方 (2019) は，佐々木 (2021) が提案した Creative Genome を援用したストーリー生成を提案した．Creative Genome とは，CM 映像について，製作者の視点から，映像を構成する技法や映像が与える感覚的要素を項目ごとに列挙し，ある感情体験 (User Experience: UX) を生起させるための構成要素を形式的に表現するためのモデルである．ここでは，続く修飾概念を利用したストーリー生成に関連する項目を説明する．

- **ユーザエクスペリエンス (UX)**: CM 映像の視聴者の中に生起する感情体験を示す項目．「痛快」や「懐かしい」等．
- **コミュニケーション・コンセプト・タグ (CCT)**: UX と対になる項目．ある UX を生起させるうえで、キーワードとなる言葉．
- **コミュニケーション・コンセプト (CC)**: CCT の下位分類となる項目．CCT を実現する抽象的な手段．
- **表現モチーフ**: ある CM が表現しているテーマを示す項目．
- **物語フレーム**: CCT を実現するためのストーリーの構造を示す項目．
- **ワールドモデル**: CM 映像で表現されるストーリーの舞台を示す項目．
- **具体モチーフ**: CM 映像のストーリーで表現されている具体的な事柄を示す項目．

図 4 は，小野・佐々木・小方 (2019)が提案したストーリー生成の方法を下敷きに，修飾概念を利用する方式に拡張したモデルである．上の項目を，ストーリーの構造を選択する項目と，ストーリーに用いる要素を定義する項目に分ける．小野・佐々木・小方 (2019)の提案においては，CM 映像のストーリーを生成することを目的としていたため，広告対象である商品が，モデルの中に現れていた．ここでは，UX の代わりに形容詞や形容動詞を選択し，CCT を呼び出すことで，広告に限らず，特定の感情を生起させるストーリーの構造と要素を導き出す方法を提案する．

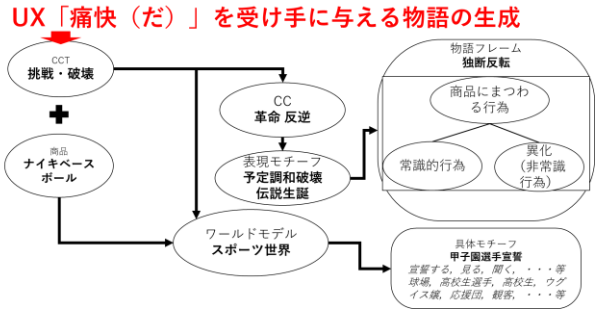


図 4　修飾概念の応用的な利用方法

ここで修飾概念の分類の粗さが課題となる．佐々木 (2021)による UX は 17 種類の CCT のいずれかに対応しその分類から，目的に応じた選択が容易である．一方で特に粗い「属性」においては，個々の要素から選択を行う必要があるため目的に応じた選択が困難である．そこで修飾概念の分類の検討を試みる．

5 青空文庫に収録された作品おける形容詞の抽出

青空文庫の作品における形容詞の抽出手続きと，その結果に基づく考察を述べる．

5.1 抽出手続き

ここでは，二段階に分けて，青空文庫から抽出した形容詞に基づき，形容詞の分類を検討した．一段階目は，青空文庫に格納された作品より形容詞とそれが修飾する名詞の抽出であり，二段階目は，名詞概念辞書を用いた，抽出した名詞の分類の特定である．形容詞及び名詞の抽出並びに，係り受け関係を求めるうえで，形態素解析器 “MeCab”[1] 及び日本語係り受け解析器 “CaboCha”[2] を利用している．作品数は 7787 個である．

一段階目においては，抽出された形容詞の数は 219 個である．それらの形容詞が修飾する名詞の数は，35942 個である．この値は，著者らが開発した名詞概念辞書に格納されている名詞概念と一致する名詞のみをカウントしている．また重複を除いていない．例えば，形容詞「甘い」は次のような名詞を修飾している．@の左側が実際の名詞であり，右側が該当する中間概念である——**「手@腕」，「歌@和歌」，「涙@涙」，「料理@料理」，「流行@流行」，「阿片@薬品類{医用}[鎮痛剤]」，「水薬@薬品類{医用}」，「薬品@薬品」，「目@目{器官{本体}}」，「物@名**

[1] https://taku910.github.io/mecab/

[2] https://taku910.github.io/cabocha/

詞」,「もん@名詞」,「もの@無生物」,「無味@味」,「安住@満足」,「法律@法律」,「調子@方法」,「乳母@母[養母]」,「変身@変形」,「別れ@別れ」,「漿液@分泌物{その他}」,「杯@瓶・壷・盆〔びん・つぼ・ぼん〕[杯]」,「倦怠@疲労」,「悩み@疲労」,「疲労@疲労」,「哀愁@悲しみ」,「感傷@悲しみ」,「憂愁@悲しみ」,「駄目@否定」,「新派@閥」,「乳@乳房」(以下, 省略. 順不同. 重複含み, 全 140 個).

二段階目においては, 上記の結果を中間概念の観点からまとめた.「甘い」は次のようになる. @の右側は総数を表す――「事柄@5」,「感想@4」,「果樹@4」,「悲しみ@3」, 意見@3」,「偽@3」,「言葉@3」,「疲労@3」,「痛み@3」,「男@3」,「人間[総称]@3」,「感情@2」,「におい[香気]@2」,「名詞@2」,「薬品類{医用}@2」,「液体{その他}@2」,「草花・野草@2」,「人情@2」,「香料@2」,「自称{単数}@2」,「語調@2」,「声@2」,「実@2」,「情操{その他}@2」,「樹木{その他}@2」(一部省略. 全 140 個)

その後, 名詞概念概念辞書の構造における, 特定の階層まで中間概念を遡り, 取得した中間概念をさらにまとめる. 図 5 は, その結果を示しており, 全ての形容詞が修飾する名詞について, 中間概念をまとめている. ここでは, 名詞概念辞書の深さ 6 に相当する階層まで, 中間概念を遡った. ただし, ある中間概念が, 既に深さ 6 よりも浅い場合 (深さ 1 から深さ 5 まで), その中間概念については階層を遡っていない.

5.2 抽出結果に関する考察

図 5 の結果だけでは結果が分かりづらいが, 特定の

((論理・意味等 185)(人間〈生物学的特徴〉 169)(動物{部分} 163)(感情 161)(植物{個体} 150)(知識・意見等 150)(人間[総称] 149)(道具 146)(人間〈人称〉 134)(物象 125)(物質{本体} 124)(制度{経済} 117)(表情 116)(言語{内容} 115)(思考 112)(意向 111)(人間〈能力・性向〉 109)(物質{部分} 109)(支配 107)(人間〈対人関係〉 105)(動物{個体} 105)(人〈職業〉 104)(地形 100)(交際 99)(建造物 97)(労働 97)(人間〈親族関係〉 96)(時点 94)(食料 90)(衣料 90)(植物{部分} 89)(言動 89)(属性{主体} 88)(部分 87)(創作物{言語} 86)(交通路 85)(感覚 82)(景観 81)(天体 80)(資材 78)(娯楽 76)(心 76)(物品 76)(取引 76)(姿〔し〕 75)(人間〈社会集団〉 71)(昼夜 70)(団体 69)(状況 69)(言語{型式} 68)(生活 65)(動作 65)(居住施設{その他} 64)(過程 64)(気象・天象 63)(気 61)(情勢 61)(季節 60)(乗り物 58)(原因 57)(期間 55)(作用 55)(倫理 55)(現在・過去・未来 54)(空 53)(類型 52)(是非 52)(人〈役割〉 52)(薬品 52)(機械 51)(学問・学科 50)(人生 49)(度量衡 49)(創作物{その他} 48)(創作物{音} 48)(行動 47)(健康・不全 47)(制度{政治} 47)(情報 46)(発生・消滅 45)(公共機関 45)(様相{その他} 44)(増減 43)(評判 42)(観〔かん〕 41)(見聞・読み書き 41)(行政機関 41)(運命 40)(方角 40)(式・行事等 39)(学習・記憶 38)(霊 38)(魔物・化け物 38)(社会[世界] 36)(能力 36)(生死 35)(種類 35)(年月日 35)(成敗 35)(文章 32)(農牧場 32)(同一 32)(区域施設 32)(程度 32)(身上 30)(基・源〔もと・みなもと〕 30)(特徴[奇異] 30)(神仏 29)(党派 28)(理由 28)(有り 28)(風俗・流行 28)(立場 27)(個数・回数等 26)(乗降場 26)(公共施設{その他} 26)(平面図形 25)(動き 25)(内 24)(調子 24)(効果 24)(離合 24)(習慣等 24)(変形 23)(サービス施設 23)(社会[世間] 23)(業績 22)(方面 22)(創作物{形状} 21)(結果 20)(才能 20)(年齢 20)(貧・富 20)(生理 20)(適合 19)(周辺 19)(力{主体} 19)(速度 19)(限度 18)(順序 18)(属性{物} 18)(寺院 17)(宗教 17)(災難 17)(出・入 17)(軍・隊 16)(目的 16)(立法機関 16)(前 16)(勝り〔まさり〕 16)(逆 15)(無し 15)(行為[営為] 15)(独立 14)(模様[縞] 14)(相違 14)(影響 14)(条件 13)(店舗等 13)(度 13)(不適合 13)(創造 13)(跡 13)(城塞 12)(しわ 12)(均衡 12)(隙 11)(片 11)(司法機関 11)(上がり・下がり 11)(後{場} 11)(王宮 11)(役所 10)(軍事施設{その他} 10)(上・下〔うえ・した〕 10)(近 9)(勢い 9)(学校 9)(対 9)(証拠 9)(全体 9)(短所 8)(長所 8)(伝承 8)(禍・福 8)(表〔おもて〕 7)(調節 7)(前後{時間} 7)(人〈地位〉 7)(人間[生物学的] 7)(不均衡 6)(文化施設 6)(外 6)(構造 6)(神社 6)(地域{範囲}[区画] 6)(劣り〔おとり〕 6)(行為[挙動] 6)(立体図形 5)(陰{表裏} 5)(単複 5)(粒 5)(風〔ふう〕 5)(点{場所} 4)(許〔もと〕 4)(平行 4)(目{位置} 4)(連結 4)(特徴[並] 4)(内容 4)(陣 4)(間 4)(地域{人間活動}[戦場] 4)(値・額 4)(世界[楽園] 4)(従属 4)(貴・賤 3)(国家[帝国] 3)(文書類 3)(安否 3)(教会 3)(類似 3)(列 3)(新旧・遅速 3)(本{内容} 3)(忙・閑 3)(地域{範囲}[気候帯] 2)(鉱山 2)(機関[部門] 2)(中心 2)(工場 2)(対照 2)(日程 2)(塊 2)(量{その他} 2)(側〔わき〕 2)(末節 2)(境 2)(交叉 1)(口{場} 1)(正 1)(仕事場{その他} 1)(遠 1)(暦 1)(国家[我が国] 1)(凹凸〔おうとつ〕 1)(相互 1)(保存[保持] 1)(裏 1)(家庭[名家] 1))

図 5 深さ 6 でまとめた形容詞が修飾する語の中間概念

「形容詞」に範囲を絞った場合，程度の差はあるものの，いくつかの傾向が見えた．図 6 は，形容詞「甘い」が修飾した語に限った場合の中間概念の一覧である．

言語{内容} 人間[総称] 植物{部分} 表情 物象 党派 程度 支配 言語{型式} 気 時点 動物{個体} 取引 変形 生活 季節 動作 学習・記憶 創作物{言語} 社会[世界] 見聞・読み書き 年月日 人間〈人称〉 知識・意見等 制度{政治} 限度 人間〈能力・性向〉 人間〈生物学的特徴〉 人間〈親族関係〉 倫理 創作物{音} 感情 風俗・流行 個数・回数等 交際 道具 城塞 人〈職業〉 薬品 思考 意向 制度{経済} 人間〈社会集団〉 論理・意味等 物質{本体} 創作物{その他} 感覚 動物{部分} 食料 資材 植物{個体}

図 6 形容詞「甘い」が修飾する語の中間概念

「甘い」は，「**食料**」などを形容し，味覚を表現していると考えられる分類，「**思考**」などを形容し，論理的な根拠が弱いことを表現する分類，「人間」などを形容し，性格が優しいことを示す分類があると考えられる．また，上に当てはまらない結果も多いが，逆に言えば，それらは珍しい表現の実例と捉え，むしろ興味深いストーリー生成を行える可能性がある．例えば，キャッチコピーの生成等，むしろ普段目にかかることが無い表現を用いて，強い刺激を与えることが必要な生成に役に足ると考えられる．

6 あとがき

本研究の目的は，修飾概念のうち，形容詞概念辞書及び形容動詞概念辞書について紹介した．さらに，青空文庫に収録された作品を利用することで，形容詞について，分類を詳細化できないかどうか検討した．ここでは形容詞及びそれが修飾する名詞を抽出し，また名詞概念辞書によって，名詞の分類（中間概念）を整理することで，分類の作成にアプローチした．結果として，名詞の分類から，形容詞の分類にアプローチできる可能性が見えた．また，修飾する名詞の実例から，キャッチコピーの生成など，新たな応用の可能性が見えた．今後は、形容詞の結果を整理するとともに，形容動詞についても同様の作業を進めたい．

謝辞

本研究は、科研費（研究課題／領域番号: 21K17870）の資金援助を受けている。

文献

Akimoto, T., Ogata, T. (2012). Towards a discourse mechanism in narrative generation system: Proposal of a system introducing narrative discourse theory and reception theory. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 20(4), 396-420.

Alhussain, A. I. & Azmi, A. M. (2021). Automatic Story Generation: A Survey of Approaches. *ACM Computing Surveys*. Vol. 54, No. 5, 1-38. https://doi.org/10.1145/3453156

Bond, F., Isahara, H., Fujita, S., Uchimoto, K., Kuribayashi, T. & Kanzaki, K. (2009). Enhancing the Japanese WordNet. *The 7th Workshop on Asian Language Resources*, ACL-IJCNLP, 1-8.

株式会社 日本電子化辞書研究所 (2018, Jun).『EDR 電子化辞書仕様説明書』. https://www2.nict.go.jp/ipp/EDR/JPN/TG/TG.html (最終アクセス日時: 2022.2.17).

片岸大威・澤口楓・小野淳平・小方孝 (2022). 統合物語生成システムにおける修飾概念辞書. 『第 68 回ことば工学研究会資料』. 15-27.

Kobayashi, S. (1981). The aim and method of the color image scale. *Color Research & Application*. 6(2), 93-107.

NTT コミュニケーション科学研究所（監修）・池原悟・宮崎正弘・白井諭・横尾昭男・中岩浩巳・小倉健太郎・大山芳史・林良彦（編集）(1997). 『日本語語彙大系』. 東京: 岩波書店.

Ogata, T. (2015). Building Conceptual Dictionaries for an Integrated Narrative Generation System. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*. 1(4), 270-284.

Ogata, T. (2020a). *Toward an Integrated Approach to Narrative Generation: Emerging Research and Opportunities*. PA: IGI Global.

Ogata, T. (2020b). *Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities*. PA: IGI Global.

Ono, J., Kawai, M. & Ogata, T. (2021). Toward love and sex narrative generation using a noun conceptual dictionary. *Journal of Future Robot Life*. pre-press, 1-21.

Ono, J., & Ogata, T. (2022). Adjective and Adjective Verb Conceptual Dictionaries in an Integrated Narrative Generation System. *Proceedings of the 2021 International Conference of Artificial Life and Robotics*. 1048-1050.

小野淳平・佐々木淳・小方孝 (2019). 統合物語生成システムと「Creative Genome」を利用した広告プロット生成手法の一案. 『2019 年度 人工知能学会全国大会（第 33 回）論文集』. 1F2-NFC-1-04.

Okada, N., & Endo, T. (1992). Story Generation Based on Dynamics of the Mind. *Computational Intelligence*. 8(1), 123-160.

佐々木淳 (2021). 未来を創るために、ストーリーテリングを解明する: Creative Genome Project における解析方法とその応用について. In, 小方孝（編）,『ポストナラトロジーの諸相: 人工知能の時代のナラトロジーに向けて 1』. 151-172.

島田雅彦 (2009). 『小説作法 ABC』. 東京: 新潮社. 150-151.

竹内孔一 (2011). 動詞項構造シソーラスの構築.『人工知能学会全国大会(第 25 回)論文集』. 3H2-OS3-5.

現在日本の社会的言説の事例に基づく調査・分析・批評—「橋下徹」という現象を素材とする物語生成のポストナラトロジー研究—

Survey, Analysis, and Critique of the Social Discourse in Contemporary Japan Based on an Example: Post-Narratological Study Using the Phenomenon of “Hashimoto Toru”

小方 孝
Takashi Ogata
†岩手県立大学
Iwate Prefectural University
t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

本研究の背景を成すポストナラトロジーの構想は、その一目標として物語生成システムを使った物語乃至小説の制作を置く。この物語乃至小説は、共同幻想・対幻想・個人幻想にわたる広範な事象や人物を扱うが、本研究では、現在日本の言論空間において一定の影響力を持つと思われる橋下徹という実在人物の、ウクライナにおける戦争をテーマとするTwitter記事を分析し、その内容の特徴を考察する。その大きな目的は、上記物語乃至小説における登場人物の一タイプとしての造形である。

キーワード：物語生成システム (narrative generation system)、ポストナラトロジー (post-narratology)、橋下徹 (HASHIMOTO Toru)

1. はじめに—背景と目的—

筆者はポストナラトロジーと呼ぶ研究領域を提唱し、実践して来た。ナラトロジーとは、20世紀半ばに唱えられた学問分野であり、物語や物語群の構造や機能を形式的に分析することを最大の目的とする。アリストテレスの『詩学』 (1997)や、ロシア革命直後に起こりその後ソヴィエト政権から弾圧されたロシアフォルマリズム (オクチュリエ, 1996)をその先蹤としている。21世紀初頭から起こったポストクラシカルナラトロジー(Sommer, 2012; Ogata, 2022c)は、上述のナラトロジーを古典的なものとして特徴付けた上でのその文脈論的拡大として解釈されており、最近では政治・経済等社会的文脈における物語の機能や構造を探求する研究も増えている。筆者が言うポストナラトロジーは、古典的ナラトロジーが持つ形式的志向を人工知能や認知科学を導入してさらに強化すると共に、例えば各地域における独自の文化における物語を強調する（小方, 2019a, 2020, 2022d, 2022e)は、歌舞伎や日本文学への新しいアプローチを示している）等、ポストクラシカルナラトロジーが持つ文脈論的志向を積極的に取り入れる。ナラトロジーとポストクラシカルナラトロジーを一つの連続的学問運動として捉えれば、その後のナラトロジーという意味で、筆者は以上をポストナラトロジーと呼んでいる。また、物語生成研究の役割を強調する場合、物語生成のポストナラトロジーと呼んでいる。より内容論的な言い方をすれば、20世紀末期の年月において、ナラトロジーは所謂ポストモダン思想と融合して価値的機軸を失い、現象としては何でも許容されるという段階に至り、その実践は例えばロシアにおけるデタラメ物語、disinformation narrativesの壮大な社会的配信・流通実験という、喜劇的＝悲劇的な結末を招き、現在に至っている。ポストナラトロジーは、このような状況において、旧来のポストクラシカルナラトロジーを含むナラトロジーの、その後であることを志向している。なお、上述のロシア的状況は、単に「物語批判」と言って済ませられるような事態ではない。ロシアのような謂わばナラトロジーの一つの発祥国・先進国で（今はどうなのか知らないが)、ソ連以来の嘘や情報隠蔽や犯罪でっち上げ等の「伝統」と結び付いて、このようなことが起きていることに対する、ナラトロジーとしての根本的な対抗が求められている。それもポストナラトロジーの実践的目標に関連する。

ポストナラトロジーの二つの主要な関連領域は、ナラトロジー等の物語理論、理論的物語研究と、人工知能・認知科学をベースとする物語研究特に物語生成システム研究である。何れの学的領域においても、それぞれの現在の達成を跡付け今後の課題を明確化しようとする試みが行われている。前者すなわち物語理論に関しては、Dawson and Mäkelä (2022)がナラトロジーや物語理論の現状と最新成果を示す 39 編の論文を集成している。最初のパートである”Narrative and its Others”に予め示されているように、今や物語理論の首尾範囲は狭義の物語作品を含みつつそれを超え、心理学的自

己から経済学的モデリング、データ物語の領域にまで広がっている。この本の中の、タイトルのPost-Narratology という用語を入れた筆者自身の章(Ogata, 2022)は、人工知能・認知科学系の物語生成システム研究と歌舞伎等文化的な物語論的アプローチとの融合を示しているが、本稿はその延長上にある「物語生成システムを使った物語乃至小説の制作」の構想と関連する。一方、後者すなわち物語生成研究に関しては、Alhussain and Azmi (2021)は物語生成システムの最新の包括的調査結果を示し、その主要な研究テーマを、①構造的モデル（グラフに基づくアプローチ、文法に基づくアプローチを含む)、②プランニングに基づくアプローチ（目標志向的アプローチ、アナロジーに基づくアプローチ、ヒューリスティック探索アプローチを含む)、③機械学習モデル（ストーリー要約、スクリプト学習・生成、ストーリーの完成、ストーリー生成を含む)、④ストーリーテリングのための知識資源（ストーリー生成のための知識のタイプ、ストーリーと意味的関係文書、クラウドソーシング知識、常識知識を含む)、⑤面白いストーリーに向けて（ストーリーのサスペンス、物語言説、登場人物、対話、物語テクストを含む)、⑥物語の評価に分けている。筆者の二つの論文が⑤の物語言説の部分で引用されている (Ogata, 2016, Ogata & Yamakage, 2004)。物語言説 (discourse)とはナラトロジーの専門用語であり、物語を語る形式的方法を意味する。それとの関りでは、本稿で取り扱う橋下徹のウクライナにおける戦争を主題とする物語言説は、後述するように、基本的に同じ主題や言明の反復等の技法によって構成されている。ポストナラトロジー乃至物語生成のポストナラトロジーは、その他にも多くの研究領域を関連研究として組織化している。詳細はOgata (2019)や小方 (2022b)を参照されたい。

ポストナラトロジー乃至物語生成のポストナラトロジーは、次のような五部構成の下に発展させて行くことを計画している。その第一部は、仮に「関連研究領域の包括的調査と思想的・哲学的基盤の確立」と名付けられ、ナラトロジー、文学理論、人工知能、認知科学その他の学問領域の融合をはじめとする、研究の思想的・哲学的基盤を発展させる。関連領域の過去から現在にわたる研究状況の包括的調査だけでなく、現今の世界状況の俯瞰と物語論的な整理や、広範囲の物語ジャンルの調査・研究も含み、総じて第二部以降の基礎を成す。第二部の内容は、「歌舞伎を中心とした物語の調査と分析」であるが、物語生成のポストナラトロジーにとって、物語の調査や分析という作業は、各種の物語生成システムを構築するためだけでなく、物語生成システムを使った物語乃至小説の制作のためにも行われる。ここでの作業は、上述の目標との関りにおいて、歌舞伎やそれと関連付けられたものとしての日本の文学、芸能、物語を中心に調査・分析を行うことである。第三部は端的に「物語生成システム」に関する部門である。統合物語生成システムと芸能情報システムという、相互作用する二つのシステムがその中心を成し、第三部における調査・分析結果は、主にその中に組織化され知識資源として使用される。第四部の「物語の制作と流通」は、上記物語生成システムとキャラクター／私の「私」を通じて生成された多様な物語のコンテンツを制作し、社会的に流通させる実践に関連する部門である。次の第五部との違いは、第四部では、特に実験的な物語を多量多彩に生成し、それ自体も実験として各種の媒体を通じて社会的にいわば放出することを目的とすることである。第五部の「私・物語の制作」であるが、第一部から第四部までが研究の方式や機構を確立する部門だとすると、この第五部は方式や機構に基づき実際の作品を制作することを目的とし（第四部もその目的を一部共有するが、そこで実際に重点を置くのは、寧ろ作品の制作と流通の方法の開拓の方である)、研究・開発によって実現された成果を利用した実際の作品の制作方法についてここで述べる。作品そのものは、これ以降の付録的部分に収載するか、あるいは第六部以降を作品そのものの部門にすることを目論んでいる。

以上のように、上記第四部は、物語生成システムを使った物語乃至の制作実験を含む。この物語乃至小説をここでは仮に、従来の人間中心の作品を物語生成システムを使って拡大乃至拡張するという意味で、「拡大小説」と呼ぶことにする（今後名称は変更するかもしれない)。拡大小説は、最初は試行錯誤を通じてその概念をも煮詰めて行く必要があるので、第四部では複数の異なる方法による制作の実験を試みる。第五部は上述のようにこれらを統合した謂わば拡大小説完結版であり、第四部の試行錯誤から見ればその一つのヴィジョンに相当する。

表 1　素材として使用したウクライナ戦争を巡る「橋下徹」の Twitter 記事（一部）

日付	Tweet 内容
2022/2/24 10:34	橋下徹氏　日本のロシアへの制裁措置に「経済制裁はあまり意味がなく本当にロシアと対峙するんだったら」（スポニチアネックス） https://t.co/W2ggGZA6U0
2022/2/26 22:02	明日の #日曜報道 THEPRIME は…【安倍元首相が緊急出演！プーチン氏の思惑と戦略は】#プーチン 大統領を最もよく知る #安倍晋三 元首相が緊急生出演！ウクライナ侵攻を決めた大統領の思惑と戦略と今後の見通しは？東アジア情勢への影響は？世界と日本がとるべき策とは 出演 #小原凡司 氏 #橋下徹
2022/2/26 23:33	橋下徹氏　NATOとEUの無責任を追及「ウクライナがんばれ！って言葉だけ」（東スポ Web）　本来は NATO が前面に出るべき話。NATO 東方拡大に制限をかけるのか、それともロシアの要求を突っぱねて戦うのか。ここまでやっているウクライナの NATO 加盟は認めるんやろな

第五部のためのヴィジョンのレベルにおいて、拡大小説は、幾つかの物語の「場」の上に展開される (小方, 2022a)。単純に三分割すれば、共同幻想的な場、対幻想的な場、個人幻想的な場に分かれる。このうち共同幻想的な場とは、国家をはじめとする社会的な機構を舞台とする場であり、その中には国際政治の場も含まれればメディアの場も含まれる。病院のような場は、共同幻想的な場と個人幻想的・対幻想的な場が接触するような場である。物語乃至小説である以上、これらの場は登場人物によって動かされる。特に共同幻想的な場においては、実在の人物あるいは実在の人物に基づく人物も含まれる。橋下徹という実在の人物は、拡大小説において、現在の日本においてマスコミ等の言説を通じた一定の社会的影響力を持った人物として、取り上げられるのである。小方 (2022d) は歌舞伎における人物の一特性を、舞台上の（役名としての）人物、役者名としての人物、本名としての人物等の多重性に見たが、橋下徹のようなマスコミで活躍する人物にも、そのような複雑な多重性が存在するかも知れない。しかしここでは、個人としての・本名としての橋下徹という人物について取り上げるつもりはなく、あくまで社会的言説を通じた橋下徹あるいは橋下徹によって発信された社会的言説についてのみ取り扱う。そこで、このような意味での橋下徹のことを、以下「橋下徹」と記す。さらに、「橋下徹」の社会的言説としては、2022 年 2 月 24 日以降の、ロシアによるウクライナ侵略戦争を題材とする Twitter の記事 (tweets) に焦点を当てる。このロシアによるウクライナ侵略戦争は、既に 2014 年から続いているので、そのような意味ではその一部の期間のみを取り上げるが、より実用的な理由は、「橋下徹」によるこの戦争を巡る Twitter 記事がこの日から急増していることである。これらの記事は必ずしも、その内容の学問的な調査や批判、逆に賛同のために取り上げられる訳ではない。そのことは上の記述から明らかであろう。しかしながら、「橋下徹」もしくはそのモデル化を通じた登場人物が現れる拡大小説においては、その他の多数の登場人物や、種々の語り手が現れる筈であるので、様々な観点からの賛同や批判が成される筈である。なお、この戦争の名称はまだ不確定と思われるが、以下、「ウクライナ戦争」と呼ぶ。

2.　「橋下徹」の Twitter の調査・分析

以下、橋下徹のウクライナ戦争を巡る Twitter の分析方法について幾つかの項目ごとに述べる。

まず、分析対象であるが、2022 年 2 月 24 日午前 10 時 34 分から同年 3 月 26 日午前 7 時 31 分までの、「橋下徹」の Twitter 記事のうちウクライナ戦争に関わる記事を素材として用いた。東京大学の鳥海不二夫が 2014 年に公開した “Web Tweet Crawler” (http://torix.sakura.ne.jp/twitter/)を利用して記事の検索と収集を行い、記事が途中で切れている場合はリンク先から残りを補った。収集した記事の総数は 578 編である。表 1 に最初の三つを示す。

次に、分析方法について述べる。上記素材のすべての文を対象に、「指示言明」の部分と、「状況認識言明」の部分、その他に分類した。なお、その際、単文の結合、不明瞭な表現の明瞭化等、意味的同一性を損なわない範囲で文や文章の修正を行った。ここで、指示言明とは、「〜すべきである」言明とも言うことができ、「橋下徹」自身が、ある対象に対して、何らかの行為（x に対して「y と協議すべきである」のような形態が多いが、「x は z を信じるべきである」のような内的行為の場合もある）の実行を勧めるような言明を意味する。しかし、勧めること乃至助言と言うより、指示乃至命令のような強い調子のものが大半であり、本当は命令言明と呼んだ方が良いとも思えるが、すべてがそうではないので、やや弱い指示言明という言葉をここでは使用する。もう一つの状況認識言明とは、指示言明を支える、「橋下徹」自身の具体的な社会状況認識や、より一般的な世界観・人間観、さらにマスコミ等からの情報を含む。世界観や人間観も大抵社会的な状況の

認識と共に現れるので、ここでは状況認識言明と呼ぶ。多くの場合、一つの Twitter 記事（tweet）の中で、状況認識言明と指示言明が共に現れるが、それぞれ一方だけの記事もある。連続した記事群もあり、そのような場合は状況認識言明だけが現れる幾つかの記事が続き、その後の記事に指示言明が現れるというパターンもある。

なお、「橋下徹」におけるウクライナ戦争を巡る言明は、全体として、謂わば「世界大司令官」（世界大の司令官、世界全体を一望・鳥瞰可能な司令官という意味）としての視点に基づいている。すなわち、対象に関連する世界におけるすべての事象を俯瞰・鳥瞰できる主観的立場に「橋下徹」は立ち、その広い意味での状況認識に基づいて、指示や命令すなわち司令を出す語り手、として「橋下徹」を捉えることが出来る。Wikipedia によれば、橋下徹という人物は、「大阪府知事（公選第17)、大阪市長（第 19 代)、総務省顧問（鳩山由紀夫内閣)、大阪維新の会代表（初代)、日本維新の会代表、同共同代表、維新の党共同代表、おおさか維新の会代表（初代)、同法律政策顧問などを歴任した。」とあるが、現在は、「日本の弁護士（大阪弁護士会所属 登録番号 25196)、政治評論家、タレント、元政治家」であるようである。現在日本維新の会の政治家である音喜多駿は、参議院・外交防衛委員会 (2022.3.29)において、グレンコ・アンドリーを聴衆の主に国会議員に紹介する際、グレンコ・アンドリーとテレビにおいて論争した橋下徹は、現在日本維新の会とは何らの関係を持たないということを断っていた。しかし今回扱った Twitter の記事群に見られる「橋下徹」における視点は、上述のような「世界大司令官」的なものであり、これは「橋下徹」の政治家体験から来ている癖のようなものかとも思える。成功しているどうかは別として、意識してそうしている可能性もある。しかし真相すなわち橋下徹という人物はこれについてどう考えているのかは分からない。

興味深いのは、この世界大司令官「橋下徹」の物語論的視点は、必ずしも「全知の語り手」ではないという点である。すなわち、物語や小説なら存在するような、個々の対象・主体への想像的な感情や思考の移入は行われず、あくまで「橋下徹」の立場からの指示や命令が行われるだけである。その意味では、限定視点であり、限定視点による全知の語り手、としての「世界大司令官・橋下徹」である。その一極限定視点に基づいている。しかしながら例外的に、プーチン（ロシア指導層）に対する感情移入・思考移入のみはかなり明瞭に存在する。この点も非常に興味深い。

検索・収集した Twitter 記事（tweets）を、以下のようなテーマに分類した。これらのテーマは、その中に上記指示言明と状況認識言明とを含んでいる―

EU、NATO、イギリス、ウクライナ（国民）、ウクライナ（若者たち）、ウクライナ（戦闘員）、ウクライナ（非戦闘員）、ウクライナ以外の国特に日本で暮らしているウクライナ人、グレンコ・アンドリー、ジョージア、ショルツ（ドイツ）、セルビア、ゼレンスキー（ウクライナ、政府）、トランプ、ナザレンコ・アンドリー、バイデン（アメリカ）（ブリンケン国務長官）、ポーランド、マクロン（フランス）、ロシア（プーチン）、ロシア（国民）、威勢のいい人たち（己の主張を勇ましく叫ぶ人たち）、一部ネット発言者、外国で暮らすウクライナ人、学者（抽象的・一般的）、義勇兵、義勇兵に志願した人たち、橋下徹、金正恩、国際社会、国連、細谷、死ぬリスクのない者たち、自衛隊・海上保安庁のみなさん、篠田（英明）／国際法の学者、主体不明（橋下？「～と考える」）、政治（家）（抽象的）（～私は的）、政治・学者エリート、政治運営（者）／国家運営（者）、政治家（西側諸国）、政治家、専門家（日本、西側諸国）、政治家の取り巻き学者（日本人）、西側諸国（国民）（西側諸国民）、西側諸国、専門家（西側諸国）、専門家（多数）（日本人）（抽象的一般的）、専門家（日本）、戦う一択を叫んでいた人たち、戦争指導者（層）、戦地外の人間、舛添要一、前仏大統領、太平洋戦争時の戦争指導者たち、中国、日本と国際社会、日本の完全自衛戦争を主張している人たち、日本国民（太平洋戦争時）、日本人（国会議員、日本政府、朝日社員、寺島氏）、日本人（抽象的一般的）、日露議員同盟、報道、民主国家

本稿では、このうち「NATO」のテーマのみを取り扱う。「NATO」における指示言明のテーマは、さらに以下のように細分類される（括弧内は記事の数）―

ウクライナ（ゼレンスキー）（11)、NATO・前面、主体（11)、ロシア(30)、東方拡大（2)、加盟（5)、プーチン（13)、譲歩（12)、政治的妥結（50)、中国（17)、ポーランド（3)、負担（22）

以下は、「NATO」の指示言明の一部の例である―

- **ウクライナだけに犠牲を負わさず、NATO も関与してヨーロッパの安全保障の枠組みを作るべきである。**
- **NATO や核五大国が政治的に解決するべきである。**
- **NATO・西側の政治家はウクライナの安全を守るヨーロッパの安全保障の枠組みをロシアと作るべきである。**
- **NATO・西側の政治家はウクライナの安全を守るヨーロッパの安全保障の枠組みをロシアと作るべきである。**
- **プーチンの最終目標が本当にNATOの東方拡大の阻止なのであれば、ウクライナに全責任を負わせ戦わせないために、NATO はロシアに譲歩して攻撃を止めさせるべきである。**
- **ウクライナ大統領は即座の NATO 加盟は期待せずと言っているが、このようなことは NATO とロシアの政治の話である。**
- **NATO はプーチンと折衝するべきである。**
- **今回の戦争がヨーロッパの安全保障の枠組みを巡っての政治の失敗が主な原因であれば、NATO・西側の政治家は少しは責任を感じて悪魔のプーチンと政治をし、ウクライナの安全を守るヨーロッパの安全保障の枠組みを作るべきである。**
- **NATO は東部地域のウクライナの主権を守ることと譲歩とのロシアとのトレードオフを考えるべきである。**
- **核保有国ロシアには喧嘩できず、ロシアと喧嘩ができない**

なら政治的妥結をはかるべきであり、強い相手に何もできないなら、人道だなんだと綺麗事を言うべきではない。

同じく、「NATO」テーマの状況認識言明は以下のように分類される（括弧内は記事の数）―

譲歩（4）、東方拡大（9）、プーチン（10）、中国（9）、加盟（5）、ウクライナ（ゼレンスキー）（12）、ジョージア（2）、ベラルーシ（3）、ロシア（37）、キューバ危機（3）、政治的妥結（3）、NATO（5）、国民投票（3）、その他（4）

以下は、状況認識言明の一部の例である―

- 東部地域の話は、ウクライナの負担とNATOの譲歩がトレードオフの関係にある。
- 橋下は、西側諸国の人間として西側の体制が全世界に広がることを望んでいるし、ロシアにも中国にも民主的な国になってもらいたいが、向こうは“西側の方がおかしい”っていう主張で、価値観も見方もまったく違い、そういう中でプーチンは“NATO の東方拡大をやめてくれ”と言ってきたが、NATO は一切聞かず、“加盟するかどうかはウクライナの主権なんだから、約束なんかできない”と言い続けて来、そうやって NATO は体面を保とうとしてきたのに、ウクライナにロシアが入ってきた瞬間、EU と一緒になって“ウクライナ頑張れ!“って言っており、それはおかしい。
- オリバーストーンによるプーチンインタビューにおいては、当初NATOと協力しようとしたが、その後NATOとこじれていくプーチンの怒りの様が表れており、これは真実である。
- NATOも西側諸国も卑怯の極みだし、正義ばかり唱えて中国を取り込む政治ができていない。
- NATO はウクライナの加盟についてロシアに約束することはないと突っぱね、NATO に加盟していないウクライナが狙われた。
- もちろんモルドバ、ジョージアはロシアに狙われるでしょうが、NATO に入れるか、ロシアを瓦解させない限りロシアの侵攻リスクはずっとついて回り、やはり協議が必要になってくる。
- NATO とロシアがヨーロッパの安全保障の枠組みでつば競り合いをやっていた一端の流れのウクライナ・ロシア戦争であり、ロシアの暴挙は許されないが、この本質を見誤ると解決策を間違う。
- NATO とロシアの安全保障のぶつかり合いの考察に東方不拡大の約束の有無の議論は無意味であり、約束があったかどうかにかかわらず、ロシアが脅威と感じたかどうかが問題であり、キューバ危機時のキューバ内ソ連核兵器の配備も、東欧州SSミサイルの配備も、韓国内サードミサイルの配備も、配備しない確約はなかった。
- バイデン・NATO政治の最大の問題は覚悟もないのに脅しを使うことであり、口だけであり、中露に見透かされている学級委員政治であり、この感覚は元政治家の感覚では理解不能である。
- 次はいつ国民投票するかが政治ポイントであり、これは一般国民の被害拡大レッドラインを定めることになり、これが戦争指導の重要ポイントである。

なお、今回、状況認識言明のテーマ分類については、指示言明とセットになっている部分のみを対象とした。それ以外に、特定の指示言明に結び付かない、状況認識のみの文や記事も多数存在する。それらのテーマ分類を行えば、上記のセットはより拡張されると思われる。

3. 組み合わせ的生成の実験

筆者は上記にその一部が示されている「橋下徹」の意見に対しては、断片的な部分を除き、少なくともその全体構成にはほぼ全く賛同しない。殆ど、所謂陰謀論の領域に入っていると考えており、もし「橋下徹」が今回の本当の「戦争指導者」（本人の用語）になり、ウクライナ戦争を、世界の警察官以上の世界大・司令官の立場から指導していたら（現実問題としてはあり得ないが）、悲惨なことになるか、あるいはロシアとプーチンの一人勝ちとなっていたと推測する。ウクライナは現状において悲惨であるが、それ以上の悲惨な現実がウクライナの人々にとっては生起したであろう。もう「ウクライナ人」もウクライナの国土も消滅していたかも知れない。そもそもの最初から、それを目的とした言説であったかも知れず、その場合、それを云々したからと言って批判にも相当しないのかも知れない。但し、民間人の生命を守るための「民間人救出作戦」専属の司令官として「橋下徹」を据えるという可能性が想像できない訳ではない。「NATO」テーマの部分にはあまり含まれていないが、「橋下徹」は Twitter の他の部分で、生命尊重原理主義に基づきゼレンスキー大統領に向かって早急に戦争を終結させるように説教する等の暴論を展開しているが、冷静に考えてみれば、人工急減時代を迎えた日本は、そのような意味でも生命を大事にしなければならないし、ロシアにとっても、ソ連時代のような大虐殺に満たされた世界は早く過去のものにして行かなければならないのである（プーチンが、人口の心配をすることなく大量殺人の快楽に酔い痴れていたスターリンの真似を 21 世紀にしているということ自体、そのどうしようもない「狂気」を明かすものである）。もし「橋下徹」が、ロシアのような国を相手にそれをしなければならなくなったとしたら、歴史認識もさらに徹底的に鍛え直さなければ済まないような状況に、「橋下徹」は置かれるようになるだろう。日本における「戦争指導」において、そのような司令官の職掌は必須であるとも考えられる。その点では「橋下徹」は、確かに戦争に関する新しい、これまで見過ごされていた観点・論点を発見乃至発明したと言えるかも知れない。しかし何れにせよ、ここでの目的は、「橋下徹」の言説を直接的に批判・論評することではないので、議論を前に進める。

前述の研究体系の構想における第五部に関して述べたように、筆者は物語生成システムを使った物語乃至

小説（拡大小説）の制作の構想と実践を進めているが、最終的に構想している「私・物語」と仮に呼んでいる物語乃至小説（所謂私小説ではない）(小方, 2022f)は、前述のように（またあらゆる物語や小説がそうであるように）社会的な事象や私的な事象が綯い交ぜになったものである。その中の社会的事象には、現在進行形及び歴史的な様々な事象が含まれるが、現在進行形の社会的事象を構成する一つの要素として、筆者は実在の人物のモデル化に基づく登場人物を複数設定したいと考えており、このような文脈において、「橋下徹」も現在の日本の社会状況を象徴する一つの典型として捉えられる。

因みに、なぜ「橋下徹」を選んだかと言うと、ウクライナ戦争を巡るマスコミやTwitterにおける言説を幾つか見て、怒りや驚きや「呆れ」を中核とする感情を抱き、しかしこのような、杜撰な言説をマスコミを中心に垂れ流し続ける人物（またそのメディアとしてのマスコミ等も含めて）が一定のまた広範な社会的影響力を持っていることの中に、現在の日本社会のある特色が現れているのではないかと考えたからである。同時に、「橋下徹」の言説の中に、上述の「民間人救出作戦専属司令官」の類の、興味深い論点・観点乃至アイディアが含まれていることも否定できない、とも考えられた。登場人物の造形として目指しているのは、「橋下徹」的なものを抽出した一つのモデルであり、より一般化されたものであり、本稿はそれに向かう最初の試行である。

物語生成システムを使った物語乃至小説（拡大小説）については、現在試行錯誤を行っており、最終的にどのような形態になるのか今予測出来ないが、どのようにして物語生成システムが使用されるのかに関しては、ある方針を持っている。今行っている試行では、全体の構成は筆者自身が作り、その中身は筆者自身の純粋な人間としての思考と、何種類かの物語生成システム（あるいはその機構もしくは機能）による断片に基づいて文章化している。物語の全体構成をシステムによって作るという方法もあるだろうし、両者を融合するという方法もあるだろう。登場人物としての「橋下徹」において重要なのは、社会的言説の部分であり、何らかの形で知識化された、そして生成された、「橋下徹」的な言説を、物語の中で使用して敷衍することを目論んでいる。そこで本稿では、前節で述べたような形で整理されたTwitterに基づく文を組み合わせて文章化するという単純なシステムを試作する。

そのアルゴリズムを以下に示す。

1. 任意のテーマ・キーワード（前節に示した）と一致する「状況認識」記事群から、テクストを一つ取得し、生成文章の最後尾に追加する。
2. 上記テーマ・キーワードと一致する「すべき」記事群を検索し、見つかった「すべき」記事群から、乱数的にテクストを一つ乃至二つ取得し、生成文章の最後尾に追加する。
3. もし、テーマ・キーワードと一致する「すべき」記事群がない場合（そのテーマ・キーワード自体がない場合）、あるいは空の場合（既に使い切ってしまった場合）、他の空でない「すべき」記事群から、残りのテクストの数が最も多いものを優先して選択し、乱数的にテクストを一つか二つ取得し、し、生成文章の最後尾に追加する。
4. 以上の取得テクストを、「状況認識」記事群及び「すべき」記事群から取り除き、記事がまだあれば 1 に戻り、なければ終了する。

なお、このアルゴリズムにおいて、「状況認識」及び「すべき」は、それぞれに分類されたテクスト（記事）を格納したリストである。同じく、上記 2、3 において、63 サイクルまではテクストを二つ取得し、それ以降は一つのみ取得するものと決める。また、「状況認識」のテーマ・キーワードは、残りのテクストの数が多いものを優先して選択する。

筆者のポストナラトロジーが目指す物語乃至小説（拡大小説）には、「橋下徹」以外にも多数の登場人物が出て来る必要があり、また「橋下徹」は拡大小説の中で、その他の人物や言説との一種の闘争関係の中に存在することにならなければならない。物語の作り手すなわち筆者の立場からは、「橋下徹」が取り上げたテーマに関するその他の意見や思想、その批評・批判、逆に賞賛・賛美等を含め、多様な、様々な視点や立場に基づく、諸情報が関連して現れて来てくれるとありがたい。そこで、一種の説明文章として、ウクライナ戦争、特にここではNATOの役割や位置付けに関する「橋下徹」の意見や思想とは異なる意見・思想として、米国政府によって 2022 年 1 月 20 日に公表された文書(U.S. Department of State, 2022)から、NATO に関する三種類の記事を、上記アルゴリズムによって組み合わせ的に生成された文章の途中に挿入する機能を付加する。参考までに、上記記事を英文のまま次に引用しておく

（注と図は省略）―

FICTION: NATO has plotted against Russia since the end of the Cold War, encircled Russia with forces, broken supposed promises not to enlarge, and threatened Russia's security with the prospect of Ukrainian membership in the Alliance. [vi]
FACT: NATO is a defensive alliance, whose purpose is to protect its member states. All Allies reaffirmed at the June 2021 Brussels Summit that "the Alliance does not seek confrontation and poses no threat to Russia." In fact, in 2002 President Putin himself stated "Every country has the right to choose the way it ensures its security. This holds for the Baltic states as well. Secondly, and more specifically, NATO is primarily a defensive bloc."
(FACT:) NATO does not encircle Russia – Russia's land border is just over 20,000 kilometers long. Of that, less than one-sixteenth (1,215 kilometers), is shared with NATO members. Russia has land borders with 14 countries. Only five of them are NATO members.
In response to Russia's use of military force against its neighbors, NATO deployed four multinational battlegroups to the Baltic States and Poland in 2016. These forces are rotational, defensive, proportionate, and requested by the host nations. Before Russia's illegal seizure of Crimea, there were no plans to deploy Allied troops to the eastern part of the Alliance.
(FACT:) NATO never promised not to admit new members. NATO enlargement is not directed against Russia. Every sovereign nation has the right to choose its own security arrangements and to enter into defensive regional alliances for purposes of self-defense. This is a fundamental principle of European security, reflected in the UN Charter, and is one that Russia has affirmed in myriad international and regional instruments such as the Helsinki Final Act.

上の英文に示されているように、この記事は 2014 年以降の、そして予測されるロシアによるウクライナ侵略戦争に関連する、ロシア政府の言説の FICTION（虚構）と、それに対する FACT（事実）とを併記したものであり、米国政府がロシアによる決定的な暴力行為を予測して世界に向けて発信した文章である。生成システムの中ではこれを google 翻訳したものを最低限修正した日本語を使用するので、日本語としての質は悪いが、今後改善する。また、その挿入は今回は、以下の実例文の中に人手で任意に行っただけであるが、従来から行っている物語への説明文挿入の研究 (Ono, Kawai, & Ogata,, 2020)を参考に、今後方法を考えて自動化する。以上のアルゴリズム及び説明挿入によって、毎回異なる橋下徹言説が組み合わせ的に生成される。すべての文を一回必ず使用するので、毎回必ず A4 で 15 ページ近くになるが、以下に説明文を任意に四つ挿入した生成例の一小部分を示す（《》に挟まれた斜体が挿入された説明文である）―

戦争になる前にヨーロッパの安全保障の枠組みとして NATO とロシアで政治的にケリをつけておくべきだった話であったが、政治の失敗で非戦闘員が犠牲になっているが、解決方法は戦闘ではなくNATO はロシアと政治的妥結を行うべきである。NATO・西側の戦争指導・戦略に合理性はなく、本当にウクライナを助けるためにはゲームチェンジするほどの強力な兵器を供与してあげなければならないが、ロシアとの戦争を避けるためにそれはしない。NATO がロシアと一定の政治的妥結をし、戦争を終わらせるべきである。NATO はヨーロッパの安全保障の枠組みについてのロシアと政治的妥結をするべきである。NATO とロシアがヨーロッパの安全保障の枠組みでつば競り合いをやっていた一端の流れのウクライナ・ロシア戦争であり、ロシアの暴挙は許されないが、この本質を見誤ると解決策を間違う。《*なお、参考のために、アメリカ政府が出しているNATOに関する公式見解を引用しておきましょう―虚構: NATO は冷戦の終結以来ロシアに対して陰謀を企て、ロシアを軍隊で包囲し、拡大しないという約束を破り、ウクライナの同盟加盟の見通しをもってロシアの安全を脅かした。*》本当に必要なウクライナ支援は NATO の軍事介入か政治的妥結であるが、前者は世界大戦になるので無理なので、NATO はロシアと後者の政治的妥結を図るべきである。NATO はロシアとの間でウクライナを含めたヨーロッパの安全保障についての政治的妥結を行うべきである。ロシアは飛行禁止区域なければ NATO 圏を攻撃すると言っている。政治的妥結ありえるなら NATO の出番である。NATO・西側諸国がロシアと政治的妥結をはかるべきである。ロシアの暴挙は許されないが、ただし今回の戦争は NATO とロシアのつばぜり合いから生じたものである。NATO が軍事力をちらつかせて、ロシアと政治的妥結をするべきである。NATO・西側はロシアと向き合ってウクライナを含むヨーロッパの安全保障の政治的妥結に動くべきである。NATO 東方拡大は誰も否定していない。《*繰り返しになりますが、参考のために、アメリカ政府が出している NATO に関する公式見解を引用しておきましょう―事実:「NATO は防衛同盟であり、その目的は加盟国を保護することである。」すべての NATO 同盟国は、2021 年 6 月のブリュッセル首脳会議で、「同盟は対立を求めておらず、ロシアに脅威を与えていない」と再確認した。実際、2002 年にプーチン大統領自身次のように述べている―「すべての国は自国の防衛を確保する方法を選択する権利を持っている。これはバルト諸国にも当てはまる。」第二に、より具体的には、NATO は防衛ブロックである。*》NATO は東方拡大に制限をかけるか、ロシアの要求を突っぱねて戦うべきである。プーチンの最終目標が本当に NATO の東方拡大の阻止なのであれば、ウクライナに全責任を負わせ戦わせないために、NATO はロシアに譲歩して攻撃を止めさせるべきである。この米元駐露大使は、今回のプーチンの暴挙は NATO の東方拡大が原因ではなく、ウクライナの 2014 年の尊厳革命（民主革命）が原因だと言ったが、これはひどい誤りである。《*しつこいですが、参考のために、アメリカ政府が出している NATO に関する公式見解を再度引用しておきましょう―事実:「NATO はロシアを取り囲んでいない―ロシアの国境は 2 万キロメートル強ある。」そのうち、16 分の 1（1,215 キロメートル）未満が NATO 加盟国と共有されているだけである。ロシアは 14 カ国と国境を接しているが、NATO 加盟国はそのうち 5 国に過ぎない。ロシアが近隣諸国に対して軍事力を行使したことに対応して、NATO は 2016 年にバルト三国とポーランドに 4 つの多国籍戦闘群を配備したが、これらの軍隊は交代、防衛、分担であり、当該国から要求されたものである。ロシアがクリミアを不法占領する前、連合軍を同盟の東部に配備する計画はなかった。*》ウクライナの安全の保証は NATO とロシアの政治的妥結によるべきである。西側・NATO はロシアと安全保障の枠組みについて政治的妥結をはかるべきである。ウクライナが一番求めているものを西側・NATO は、ロシアとの戦争を恐れてやらず、自分たちの安全を脅かさない範囲のことしかやらずにウクライナとともにある！と叫ぶのは欺瞞である。NATO が世界大戦を恐れウクライナに強力な武器を提供できないなら、ロシアとの政治的妥結を探るべきである。各民主国家の政治家は国民の強く大きな運動で動く場合があるので、NATO のロシアとの政治的妥結は運動にするべきである。《*もう一度、参考のために、アメリカ政府が出している NATO に関する公式見解を引用しておきましょう―事実:「NATO は新メンバーを認めないことを決して約束していない。NATO 拡大はロシアに対して向けられているものではない。」すべての主権国家は、独自の安全保障協定を選択し、自衛のために防御的な地域同盟を結ぶ権利を有する。これは、国連憲章に反映されている欧州の安全保障の基本原則であり、ロシアもヘルシンキ最終法等多くの国際的及び地域的文書で確認している。*》戦争を止める強制力のある司法権が国際社会に存在しない以上、文書の存在を持ち出しても意味が

なく、ロシアはブタペスト覚書違反だが、それを言えばベラルーシへの経済制裁も同覚書違反と言われ、イランの核合意を壊したアメリカは南オセチア、ウクライナ東部の独立を西側諸国は認めない。経済制裁が効いてロシアが瓦解するまでウクライナに戦ってもらうやり方だけでなく、NATO とロシアが安全保障の枠組みについて政治的妥結をはかるやり方もあり、後者を選ぶべきである。政治的妥結ありえるなら NATO の出番である。」

4. 考察

NATO を巡る「橋下徹」の言説を要約すれば、「この戦争の原因は、NATO が東方拡大し続けて来、ロシア・プーチンが再三それに抗議し続けて来たにも拘らず、NATO が無視してロシア・プーチンと協議せず、とうとうロシア・プーチンが堪忍袋の緒を切らせたことにある。選択肢は非常に少ないのだから、例えば、西側が徹底的に武器を供与しウクライナが徹底抗戦したり、あるいは西側が徹底的に経済制裁をすれば、ロシア・プーチンは怒って原爆のような危険なものを使うだろうから、NATO と西側（欧米）（ウクライナが入ることは殆ど想定されない）は、ロシア・プーチンに譲歩・「お土産」を与えつつ、さらに中国をも中に入れて協議し、「政治的に」妥結（妥協）し、戦争を終わらせるべきである。その結果、ウクライナの中立化乃至緩衝地帯化がもたらされる。」となる。

この種の NATO 東方拡大原因論を唱える論者はかなりたくさんいる。例えば、フランス人のトッド (2022) はミアシャイマーの論を引用しつつ、NATO からさらに話を敷衍してアメリカがこの戦争の真の原因であることを主張し、トッドと共著を出したこともある藤井 (2022)も NATO の「東方拡大」によるプーチン・ロシア政府の恐怖を感情移入的に表現している。一方で、これに反対する論者もいる。例えば、山添 (2022a)は「「NATO 拡大脅威」の言説には、中核に真実が含まれる。NATO の攻撃的戦力配置がロシアの国境にかなり近ければ、それは危険でロシアを挑発するものだろう。国際関係論のリアリズムに基づく見解の識者がそれを指摘してきたのは正しい。しかし「NATO 拡大脅威」の範囲がのちに拡張してしまい、その中にある真実の割合が低下してしまった。」／「2022 年 2 月、プーチン大統領は帝国的野心を優先してウクライナに全面侵攻し、NATO との課題を解決することを拒絶した。これには、合理的計算をできなくなってしまったから、ロシア・ウクライナの統合に過剰な感情を注ぎ込んでいるから、「NATO 拡大脅威」の言説に本物の中身がなかったから、などの理由が考えられる。いずれにしても、今や我々は「NATO 拡大脅威」の言説をそのままロシアの動機として許容することはできない。その言説に含まれる虚構部分を拒絶し、真実のロシア国益は何かを見極めながら、今後の決着のあり方を考えていくべきだろう。」と述べている（さらに山添 (2022b)）。また、前出の、テレビ番組で橋下徹と論争したこともある、日本在住のウクライナ人で、日本文化論と現代政治の研究者・評論家であるグレンコ・アンドリー (2021)は、NATO 東方拡大原因論をより明確にデマであるとしている。そもそも、前節で紹介したように、米国政府の側は、2 月 24 日以前の段階において、ロシアが主張する NATO 東方拡大原因論は、ロシア・ウクライナ問題を巡る、根拠のない虚構・fiction であり disinformation narratives すなわちデタラメ物語の一つであると規定している。

総じて、「橋下徹」の Twitter 記事には、自分の意見に対する反論や異論の併記は殆ど見られず、論争はしばしば存在するが、その目的は議論によって話の内容を深めることではなく、自分の固定した意見・思想をもとに「敵」である相手を徹底的に論駁することであり（埴谷雄高が政治の原理としてしばしば記述する「奴は敵である。敵を殺せ。」という標語を思い出す。）、殆ど論駁すること自体が目的であって、そのためには誹謗中傷や罵詈雑言という物語言説技法も頻繁に駆使され、それに対する批判に対しては大抵、自分がやられたからやり返す、というプーチンやロシア政府と類似した論法が活用される。多くの場合、「橋下徹」の「論争」相手は、恐らく嫌気が指しまた不毛さを感じ、途中で下りてしまうのだろう。相手を途中で勝負のリングから下ろす、ということも「橋下徹」から見れば勝利の証明であるのかも知れないが。（本当は議論したいのであるが、多くの相手が議論してくれないという意味のことも「橋下徹」は Twitter で述べている。）

このように考察は、内容的なものと形式的（物語言説技法としての）なものの両方が不可分に交じり合うものになってしまいがちであるが、それを厭わず、その他気付いたことを順不同で述べれば、一つに歴史意識の欠如、そこまで言わないとすれば、誤解が混ざっている気がする。例えば、今回扱った「NATO」のテーマとは別の部分で、「橋下徹」は、「ウクライナは旧ソ連の蛮行の歴史への恐れがある。他方ロシアには推定 2700 万人の犠牲者を出した独ソ戦の歴史から西側の拡大へ西側諸国民の想像を絶する恐怖があるのかもしれない。」（3 月 5 日）、「ロシア侵攻前の CNN のロシア人意識調査によれば、NATO 東方拡大を阻止するために

武力行使をやってもいいというロシア国民は50%いた。約2700万人の犠牲者を出した独ソ戦の歴史から、西が東に拡大することの恐怖心は我々には想像できな《い》ものがあるのだろう。」(3 月 6 日)と書いており、筆者は、これが「橋下徹」がロシア・プーチンに感情移入したがる理由なのではないかと感じた。すなわち、ここで橋下徹は、2700万人の犠牲者（死者）が、1941年から1945年にかけての独ソ戦時、ドイツ（ヒトラー）の文字通り「東方拡大」の犠牲になって死んだロシア人の数であり、これをNATOの「東方拡大」（上述の通り、米国側の記事によればそれは単なる虚構である）と重ね合わせ、ロシア人における「東方拡大」からの恐怖感を正当化する論拠にしているように見える。2700万人という数自体にも議論があるが、独ソ戦時に膨大な人数の「ソ連人」が死んだという事実は変わらない。「橋下徹」は以上の文章の中で、「ロシア人」と「ウクライナ人」を分けていないようであるが、勿論この死者の中には膨大な数の「ソヴィエト・ウクライナ人」が含まれる(「ソヴィエト・ロシア人」ではない)。すなわちこの数は「ソ連人」の犠牲者数であり、その中に占める「ウクライナ人」の比率は「ロシア人」の比率より明らかに大きい。そもそも第二次世界大戦がヒトラーとスターリンによる「政治的妥結」としてのモロトフ・リッベントロップ協定に基づくポーランド（の勝手な「協議」に基づく）分割に端を発していたことを省みれば、2700万人の死者は単にドイツ・ヒトラーの犠牲者だけではなく、その中にはスターリン（ソ連）による犠牲者も多数含まれるのである。また、独ソ戦以前から、独ソ戦の最中においても、さらにそれ以降も、ソ連においてはスターリンによる「民族浄化」が、ナチス・ヒトラーによる同じく民族浄化と並行して行われていたことを忘れてはならない 。1933年頃、ソヴィエト・ウクライナ人だけでも最低330万人がスターリンに餓死させられたと言われる所謂ホロドモールもその一環である。このように、「民族浄化」の一大ターゲットは「ソヴィエト・ウクライナ人」であった(スナイダー (2015)の下巻 pp.163-168 に概要)。「橋下徹」は「そんな一般に公になって歴史的事実位自分も当然知っている」という意味のことを言っていた (北村・橋下, 2022)ので蛇足ではあろうが、独ソ戦におけるソヴィエト・ウクライナ人の犠牲は、数年前のホロドモールやヒトラーを引き継いだ「ソ連・スターリンによる」ユダヤ人虐殺の記憶にも結び付いているだろうことは容易に想像される。しかし、佐藤優が、「ソヴィエト・ウクライナ人」のロシア語作家であり、ウクライナ人を主人公や主要登場人物とする小説においてスターリニズムを徹底的に、能う限り具体的に批判したワシーリー・グロスマン (2012, 2013)の独ソ戦におけるスターリングラード攻防戦の報道に取材した『赤軍記者グロースマン』(ビーヴァー, 2007)の帯において、「この本には戦争という非常事態の下における普通のロシア人の悲しみ、怒り、喜び、愛が描かれてる。／日本人がロシアという国家とロシア人の内在的論理を知たるための最良のテキストだ。」と書いてしまったように、「ソ連人」ではなく「ロシア人」の中に「ウクライナ人」も含めて考えてしまう感性が普及しているので、「橋下徹」も、ロシア人という一つの同質集合体がヒトラー・ドイツの東方拡大から恐怖を感じ、それがトラウマとなってNATO東方拡大にロシア・プーチンや現在のロシア人も多大な脅威を感じるという誤った歴史観を開陳してしまったのだろう。端的に言えば、これは現実と歴史との虚構的なアナロジーに基づく嘘である。また、「プーチン」や「ロシア人」や「ロシア国家」に対して、以上のように間違った論理に基づくものとはいえそれだけ感情移入するのであれば、現在のウクライナ人（ソヴィエト・ウクライナ人ではない）がソ連のスターリニズムやそれを継承したプーチンに抱く絶大な恐怖心の方にこそ真摯に感情移入するべきである。

もう一つ重要なのは、橋下徹にとって、ロシア・プーチンは主体であるが、ウクライナは主体ではなく、徹頭徹尾客体であり、被害者であり、犠牲者であるということである。プロップ (1987)によって分析されたロシア昔話の構図に当てはめて考えれば、橋下徹の構図において、ロシア・プーチンは英雄の「主人公」であり、ウクライナ・ゼレンスキーは蛇に誘拐された王女すなわち「被害者・犠牲者」なのである (小方, 2007)。従って、ウクライナは一方的に救済されるべき対象であり、その救済の主体は、ロシア・プーチンと、「援助者」や「助手」であるNATO（アメリカ、西洋諸国が含まれる）、そしてなぜか中国・習近平なのである。そして、喧嘩のやり方の上手な脇役として、トランプや北朝鮮・金正恩さえ登場人物の中に含まれている。ウクライナ、そしてその仲間であるポーランド、モルドバ、ジョージア等は、徹底的に「被害者・犠牲者」として、「橋下徹」に同情の眼で見られるだけである。橋下徹の論述からの印象では、バイデン・アメリカ大統領など定めし最後にボロカスに扱われる「偽主人公」

そのものであろう。因みに、藤井 (2022b)は、世間にはゼレンスキー＝善、プーチン＝悪とする通俗的な物語が蔓延・跋扈していると何の根拠もなく純粋主観的に主張しているが、藤井自身の論は「橋下徹」の論と同様、その骨組みにおいて、上のように解釈されたプロップ・ロシア魔法昔話と同型である。

5. 結言—結論と今後の課題—

以上、筆者のポストナラトロジー乃至物語生成のポストナラトロジーの構想を述べ、その一目標である拡大小説のための登場人物造形の一環として、「橋下徹」のウクライナ戦争に関する Twitter 記事を集め、それを分類・整理し、組み合わせて文章を生成し、その中にそれへの批判の文章を挿入するシステムを作った。今後は、「橋下徹」のウクライナ戦争を巡る Twitter 記事の収集・分析を拡張し、より自動的な方法を入れてシステムを拡張し、その結果を拡大小説を準備するための物語乃至小説制作実験において利用する。

文献

Alhussain, A. I. & Azmi, A. M. (2021). Automatic story generation: A survey of approaches. *ACM Computing Surveys*. 54 (5), 1-38.

グレンコ・アンドリー (2021). NATO の教訓—世界最強の軍事同盟と日本が手を結んだら—. PHP 研究所.

アリストテレス, 松本仁助・岡道男 (訳) (1997). 『アリストテレース詩学 ホラーティウス詩論』. (pp. 7-222). 岩波書店.

アントニー・ビーヴァー, 川上洸 (訳) (2007). 赤軍記者グロースマン—独ソ戦取材ノート 1941-45—. 白水社.

Dawson, P., & Mäkelä, M. (Eds.) (2022). *The Routledge Companion to Narrative Theory*. New York: Routledge.

藤井聡 (2022a). （テレビ番組）【東京ホンマもん教室】ウクライナ侵攻と尖閣. (2022.3.26 放送).

藤井聡 (2022b). 「新」経世済民新聞メルマガ,「ウクライナ」からの教訓～来たるべき“有事”にどう備えるか？ (2022.6.18 配信).

ワシーリー・グロスマン, 齋藤紘一 (訳) (2012). 『人生と運命 1-3』. みすず書房.

ワシーリー・グロスマン, 齋藤紘一 (訳) (2013). 『万物は流転する』. みすず書房.

北村晴男・橋下徹 (2022). （テレビ番組)【NewsBAR 橋下 #169】ウクライナ情勢・橋下徹×北村晴男「戦うより政治的妥結」論に北村晴男が異議! 橋下徹との激論で両者ブチギレ?

小方孝 (2007). プロップから物語内容の修辞学へ—解体と再構成の修辞を中心として—. 『認知科学』. 14(4), 532-558.

Ogata, T. (2016). Computational and cognitive approaches to narratology from the perspective of narrative generation. T. Ogata & T. Akimoto, Eds. Computational and Cognitive Approaches to Narratology. 1-74. IGI Global.

小方孝 (2019a). 日本の物語論・文学理論の物語生成システムへの取り込みに向けて. 『日本認知科学会第 36 回大会発表論文集』, 442-451.

Ogata, T. (2019b). Toward an Integrated Approach to Narrative Generation: Emerging Research and Opportunities. IGI Global.

小方孝 (2020). 物語の総合システムとして見た世阿弥の能楽思想—序論—. 『2020 年度日本認知科学会第 37 回大会』. 755-764.

小方孝 (2022a). 「"SM クラブ日本"の段（もしくは場)」の構成のための原初的考察—またはＳＭ（クラブ）国家論から見る現在日本国家の物語生成—. 『第 68 回人工知能学会・ことば工学研究会資料』. 93-167.

小方孝 (2022b). 『物語生成のポストナラトロジー—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 2』. 新曜社.

小方孝 (2022c). 序言 ポストナラトロジーおよび物語生成のポストナラトロジー. In 小方孝, 『物語生成のポストナラトロジー—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 2』. pp. 1-44. 新曜社.

小方孝 (2022d). 第 2 章 歌舞伎、ポストナラトロジーとプレナラトロジーの融合. In 小方孝, 『物語生成のポストナラトロジー—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 2—』, pp. 75-126. 新曜社.

小方孝 (2022e). 第 3 章 日本のナラトロジーと文学理論への序説、ポストナラトロジーとプレナラトロジーの融合. In 小方孝, 『物語生成のポストナラトロジー—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 2—』, pp. 127-186. 新曜社.

小方孝 (2022f). 第 5 章 流動—固定と私・物語. In 小方孝, 『物語生成のポストナラトロジー—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 2—』, pp. 235-281294. 新曜社.

Ogata, T. (2022). Concepts and Aspects of an Integrated Narrative Generation Approach Based on Post-Narratology (Chapter 31). In Dawson, P., & Mäkelä, M. (Eds.). *The Routledge Companion to Narrative Theory*. Routledge.

Ogata, T. & Yamakage, S. (2004): A Computational Mechanism of the “Distance” in Narrative: A Trial in the Expansion of Literary Theory, Proc. of the 8th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2004), 179-184.

Ono, J., Kawai, M. & Ogata, T. (2020). Implementation of an Explanation Generation Mechanism Using Attribute Frames and a Noun Conceptual Dictionary. *2020 The 3rd International Conference on Computational Intelligence and Intelligent Systems (CIIS 2020)*. 48-50.

ミシェル・オクチュリエ、桑野隆・赤塚若樹 (訳) (1996). 『ロシア・フォルマリズム』 白水社. (原著: 1994)

プロップ, ウラジーミル, 北岡誠司・福田美智代 (訳) (1987). 『昔話の形態学』 白馬書房. （原著: 1928）

Sommer, R. (2012). The merger of classical and postclassical narratologies and the consolidated future of narrative theory. *Diegesis*,**1**(1).

ティモシー・スナイダー, 布施由紀子 訳 (2015). 『ブラッドランド—ヒトラーとスターリン 大虐殺の真実—(上下)』. 筑摩書房. (Timothy Snyder (2010). *Bloodlands: Europe between Hitler and Stalin*. Basic Books.)

エマニュエル・トッド (2002). 日本核武装のすすめ. 『文藝春秋』2020 年 5 月号、pp. 94-104.

U.S. Department of State (2022). Fact vs. Fiction: Russian Disinformation on Ukraine (FACT SHEET, OFFICE OF THE SPOKESPERSON, JANUARY 20, 2022)

山添博史 (2022a). ロシアの「NATO 拡大脅威」言説における真実と誇張. 『NIDS コメンタリー』, 第 208 号 (2022 年 3 月 15 日).

山添博史 (2022b). ロシアのウクライナ侵攻—旧ソ連空間と国際規範への第惨事—. 増田雅之 編. 『ウクライナ戦争の衝撃』. pp. 25-49. インターブックス.

道成寺物再現システムと説明／蘊蓄生成機構の統合
Combining Dōjōji-Mono Representation System With Explanation/*Unchiku* Generation Mechanisms

工藤舜太[1]，小野淳平[2]，小方 孝[3]
Shunta Kudo, Jumpei Ono, Takashi Ogata

[1]岩手県立大学大学院，[2]青森大学，[3]岩手県立大学
Graduate School of Iwate Prefectural University, Aomori University, Iwate Prefectural University
g231u018@iwate-pu.ac.jp, j.ono@aomori-u.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

本研究は，道成寺物再現システムと説明／蘊蓄機構を統合するシステムのモデルを実装する．道成寺物再現システムは,『京鹿子娘道成寺』の舞台構造および道成寺伝説のストーリーをアニメーションで表現するシステムである. 舞台構造とストーリーは, 意味的な関係によって結びついている．一方，説明／蘊蓄機構は,『京鹿子娘道成寺』および道成寺伝説の調査や分析に基づく知識を，説明文としてストーリーに提供する機構である. 本稿では, システムと機構を統合したモデルにおいて，ロボットをユーザインターフェースとして，対話可能なアニメーションシステムを実装した.

キーワード：京鹿子娘道成寺 (*Kyōganoko Musume Dōjōji*), 道成寺伝説 (The Legend of Dōjōji), 説明生成 (explanation generation), 物語生成 (story generation)

1. まえがき

物語の文化的価値を重要視し，物語の構造に関する知識を体系的に蓄え，また物語生成の研究に応用する．ここでは数多く存在する物語のうち，道成寺伝説および『京鹿子娘道成寺』を素材とする. 前者は和歌山県日高郡日高川町にある天台宗の寺「道成寺」を舞台とした安珍清姫伝説に基づく作品の総称であり，後者は道成寺伝説をもとにした歌舞伎舞踊である．歌舞伎とは江戸時代はじめに創始された，ストーリー・音楽・スペクタクルを融合した総合演劇である．歌舞伎は貴重な文化遺産であるとともに, 現代に通じる娯楽でもある. その本質は伝統と現代の融合であり，歌舞伎は古い物語や娯楽を参照するだけでなく，時流に合った新しい技術やアイデアを導入し続けてきた．日本の物語を研究するにあたって, その価値は大きい. デジタル技術と歌舞伎の融合は，例えば Covid-19 の流行の制限により，オンライン会議ツール Zoom を利用した図夢歌舞伎『忠臣蔵』が 2020 年 6 月に試みられた[1]他，2020 年 5 月に董は，文楽人形とモーションキャプチャの成果 (劉飛・蔡・董・中川・檜垣, 2019)から，（道成寺伝説と強い関わりのある）演目『日高川入相花王』において，人形浄瑠璃とロボットの共演を同じ Zoom を使って実施した[2].

本研究は，道成寺伝説と『京鹿子娘道成寺』の関係に焦点を当ててきた.『京鹿子娘道成寺』は，道成寺伝説に基づく歌舞伎舞踊であるが，道成寺伝説のストーリーは, 背景として間接的に表現されるに留まる. そこで『京鹿子娘道成寺』の舞台の構造を明らかにするとともに, その構造をシミュレーションし, 道成寺伝説のストーリーによって,『京鹿子娘道成寺』のストーリーを補完することで,『京鹿子娘道成寺』が持つ物語の構造を, 我々は明らかにすることを試みてきた. そのためのアプローチとして，まず，我々は，歌舞伎研究者である渡辺 (1986)の分析を援用しながら，河合・小方 (2019)は，実際の映像資料 (松竹ホームビデオ, 2003)に基づき『京鹿子娘道成寺』の分析を行い，その後,『京鹿子娘道成寺』の舞台構造をシミュレートするアニメーションシステムを開発した (河合・小野・小方, 2020).

さらに，道成寺伝説の 3D アニメーションシステム (Kawai, Ono & Ogata, 2021b)を試作した．そして『京鹿子娘道成寺』における愛と性の側面から, 道成寺伝説と『京鹿子娘道成寺』を結び付ける研究 (Kawai, Ono & Ogata, 2021a)を展開し，二つのアニメーションシステムを結合するシステム (Kawai, Ono & Ogata, 2021c)を試作した．その結合したシステムを道成寺物再現システムと呼ぶ.

本研究の目的は，工藤・小野・小方 (2022)が提案した, 道成寺物再現システムと『京鹿子娘道成寺』および道成寺伝説に関連する説明文生成機構 (Kawai, Ono & Ogata, 2020, 2021d)を統合したシステムの統合モデルを実装することである. 道成寺伝説および『京鹿子娘道成寺』の説明生成機構 (Kawai, Ono & Ogata, 2020, 2021d)は，道成寺伝説および『京鹿子娘道成寺』の調査や分析

[1] https://www.kabuki-bito.jp/news/6229

[2] https://www.teu.ac.jp/press/2020.html?id=152

によって得た知識を利用することを目的としている.

これまでに試作した説明生成機構や蘊蓄生成機構は, 事前の入力において, ユーザの知識の量や興味を取得していたが, ロボットとの対話を利用することで, 事前に初期値として入力を与えるだけでなく, アニメーションの描画に対して, 文字通り対話的に入力と出力のやり取りを行うことができるようになる.

2. 背景

統合するシステム及び機構について説明する.

2.1. 道成寺物再現システム

道成寺物再現システムは,『京鹿子娘道成寺』を再現した 2D アニメーションシステムの試作と, 道成寺伝説を再現した 3D アニメーションシステムの試作を結合したシステムである. このシステムは,『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説のシーンの対比を強調することで「心」が表現する内容と,「振り」や「歌詞」が表現する内容の対比の強調に焦点を当てた.「意味論的構造」の観点から,『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説におけるポジティブな事象とネガティブな事象を分析し, それらの事象の関係性をもって, システムは二種類のアニメーションを関連付けている.

図 1 は出力されるアニメーションの例である. 図の左半分が『京鹿子娘道成寺』を表現しており, 図の右半分が道成寺伝説を表現している.『京鹿子娘道成寺』はストーリーの時間順に再生され, 道成寺伝説は, その再生されている事象と関連のある事象が断片的に再生される. これは, 上で述べた『京鹿子娘道成寺』における対比を, 道成寺伝説のストーリーを使って強調することを目的としている.

図 1 道成寺物再現システムにおけるアニメーション

「心」「振り」「歌詞」は, 渡辺 (1986)が提案した京鹿子娘道成寺の物語構造論を理論的背景としており,「心」は役者が表現する登場人物の精神状態を,「振り」は舞踊の種類を,「歌詞」は歌の種類を示す. 河合・小野・小方 (2021)は, 坂東玉三郎が上演した『京鹿子娘道成寺』 (松竹株式会社, 2003)の映像に基づき, 渡辺 (1986)の分析に, いくつかの要素を加え,『京鹿子娘道成寺』の舞台構造の分析表を作成した.

表 1 は Kawai, Ono & Ogata (2021a)が作成した分析表の一部である. 表の列は舞台における時間の流れを表現しており, 歌詞を単位として場面を分割した. その分割の単位を事象と呼ぶ.「時間」は参考にした映像 (松竹株式会社, 2003)の開始から経過した時間を示し,「登場人物」はその場面において踊っている人物を示す.「心」「振り」「歌詞」は渡辺の分析を応用しつつ,「歌詞」は歌の種類だけでなく歌詞も記述した. また,「心」「振り」「歌詞」については, それらが表現する内容が, ポジティブ (P) な内容か, それともネガティブ (N) な内容か評価した.

表 1 「中啓の舞」の構成 (Kawai, Ono & Ogata (2021c)の表 2 を一部引用, 和訳)

構成要素	1	2	3	4
時間	23:03 ~ 23:16	23:18 ~ 23:44	23:45 ~ 24:13	24:14 ~ 24:41
登場人物	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
心 (P)	娘 (P)	娘 (P)	娘 (P)	娘 (P)
振り	白拍子 (P)	白拍子 (P)	白拍子 (P)	白拍子 (P)
歌詞	鐘に恨みは数々ござる(N)	初夜の鐘を撞く時は (N)	諸行無常と響くなり (N)	後夜の鐘を撞く時は (N)

『京鹿子娘道成寺』は, 道行, 乱拍子, 中啓の舞, 手踊り, 鞠唄, 花傘踊り, くどき, 山づくし, 手踊り, 鈴太鼓, 鐘入り, 祈り, 蛇体, 押し戻しという 14 の場面で構成される. そのうち, 道行から鐘入りまでの 11 の場面について, 2D アニメーションを作成した (Kawai, Ono, Ogata, 2021a).

道成寺伝説は, 6 つの場面と 33 の事象で構成されており, Kawai, Ono, Ogata (2021a)が『本朝法華験記』『今昔物語集』『道成寺縁起』の三つに基づき作成した. また, 各事象が, ポジティブな内容か, ネガティブ内容か判断し, 強弱も含めて評価した. 3D アニメーションは, 33 の事象全てに対して作成した (Kawai, Kudo, Ono & Ogata, 2022).

『京鹿子娘道成寺』および道成寺伝説のストーリー

におけるポジティブな事象とネガティブな事象を結び付けるために，『京鹿子娘道成寺』における要素（心，振り，歌詞）の対比をポイント化することで，「ポイント」に基づく『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説の組み合わせを提案した．システムにおいては，まず，『京鹿子娘道成寺』の 2D アニメーションを再生する．次に，再生された 2D アニメーションの対比の「ポイント」を計算し，そのポイントをもとに道成寺伝説の 3D アニメーションを選択する．そして，選択された 3D アニメーションが再生される流れとなる．ポイントの計算方法，3D アニメーションの選択方法の詳細は，別稿 (Kawai, Kudo, Ono & Ogata, 2022)に譲る．

2.2. 説明／蘊蓄機構

ある事柄に関する深い知識を指す蘊蓄をユーザに提供する生成機構と，ある事柄に対するユーザの知識量及び興味の強さに応じて，説明内容を編集する機構の二つで構成される．

まず，蘊蓄生成機構 (福田・小野・小方, 2020; 小野・伊藤・小方, 2020)を試作した．この試作機構は，Wikipedia を引用し，また，引用した記事から歌舞伎に関連する蘊蓄をストーリーに挿入する．試作機構 (福田・小野・小方, 2020)は，『市川海老蔵（11 代目）- Wikipedia』に基づく蘊蓄生成を行った．この試作は，登場人物が蘊蓄を語るという形式で，ストーリーの文表現に蘊蓄を挿入する．蘊蓄は『市川海老蔵（11 代目）- Wikipedia』の記事内容を一定の単位ごとに分割して格納したリストに基づき生成される．このリストは階層構造を持ち，参照する階層の深さによって，生成される蘊蓄の長さを調整することが可能である．

次に，この蘊蓄生成機構を受けて，『京鹿子娘道成寺』および道成寺伝説における説明生成機構の提案及び試作を行った (Kawai, Ono & Ogata, 2020, 2021)．この試作は，説明の対象となる物語についてユーザの「知識の程度」，また「興味の種類」を基準にして説明を生成する．説明の量の他，ユーザの知識の量や興味の強さに応じて，一般的な説明から蘊蓄まで，その内容の質も制御する．説明の対象は，『京鹿子娘道成寺』におけるストーリーや演者，歌や関係する作品等の 15 の項目がある．知識の量と興味の強さを 10 段階で表現したユーザモデルに基づき，ユーザに提供する情報を「辞書的な説明」，「ストーリーに関わる固有の説明」，「蘊蓄」の中から選択し，また説明の文章の量を調整する．

3. 統合システムの実装

システムを構成する機構全体を示す．

3.1. 統合システムの構造

工藤・小野・小方 (2022)は，道成寺物再現システムに対して，説明／蘊蓄機構を統合したモデルの構想を提案した．そのモデルにおいては，説明／蘊蓄機構は『京鹿子娘道成寺』に合わせて 2D アニメーションおよび 3D アニメーションを表現し，そのアニメーションに対して，説明／蘊蓄機構と連動したロボットが発話により説明および蘊蓄をユーザに提供する．この提案モデルにおいては，「語る」という側面にアプローチするため，ロボットを導入している（この研究においては，アニメーションによって語られるストーリーに対して，ロボットが説明を語るという構造になっているが，今後はストーリーそのものを語るロボットも検討していきたい）．

ユーザはシステムを利用するために，アニメーションによって表現されるストーリーに対して，どの程度の量の知識を持つのか，またどのような項目に興味を持つのかをロボットへ伝える．ロボットはユーザの要求および道成寺物再現システムの入力に対して，身振りを併用して説明および蘊蓄を発話する．ユーザは，アニメーションの視聴とともに，ロボットと自由に対話することができる．本稿は，Sharp Corporation が開発および販売を行っているロボット「RoBoHoN Wi-Fi Model (Model number: SR-04M-Y)」を用いている．このロボットは，Android™ 8.1 を OS として搭載しており，Wi-Fi を通じた通信を行うことが可能である．ロボットはユーザの要求および道成寺物再現システムの入力に対して，身振りを併用して説明および蘊蓄を発話する．ユーザは，アニメーションの視聴とともに，ロボットと自由に対話することができる．

図 2 に統合モデルを示す．このモデルにおいては，道成寺物再現システムと説明／蘊蓄機構を駆動するコンピュータとユーザとのやり取りを行うロボットが配置されている．統合モデルにおいて，ロボットは一種のユーザインターフェースの役割を担う．上で述べた説明／蘊蓄機構における入力である，ある事柄に対するユーザの興味について，対話ベースでユーザとやり取りを行う．

図 3 はシステムの処理の流れを示す．システムを起動し，アニメーションを再生すると同時に，ロボットは「入力待機」の状態になる．次に，図 3 に基づいて，そ

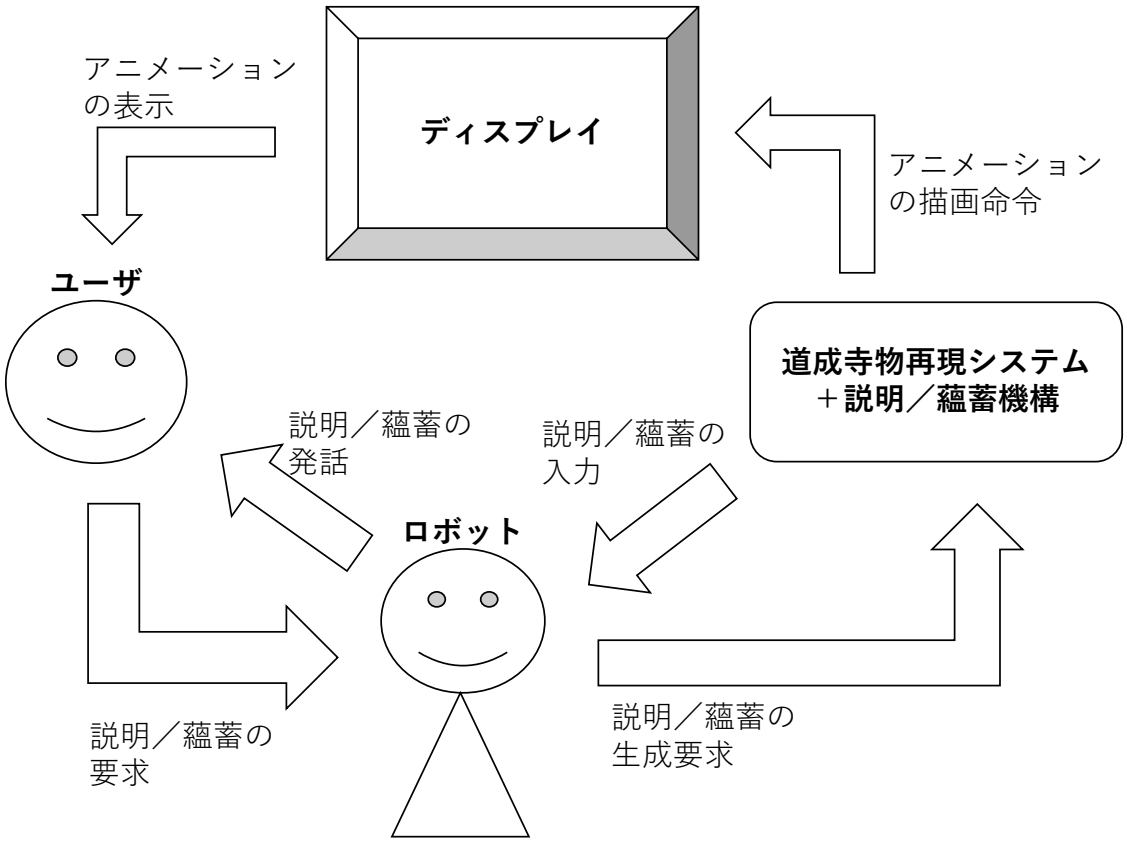


図2　ロボットを用いた道成寺物再現システムと説明／蘊蓄機構の統合モデルにおける入出力の関係

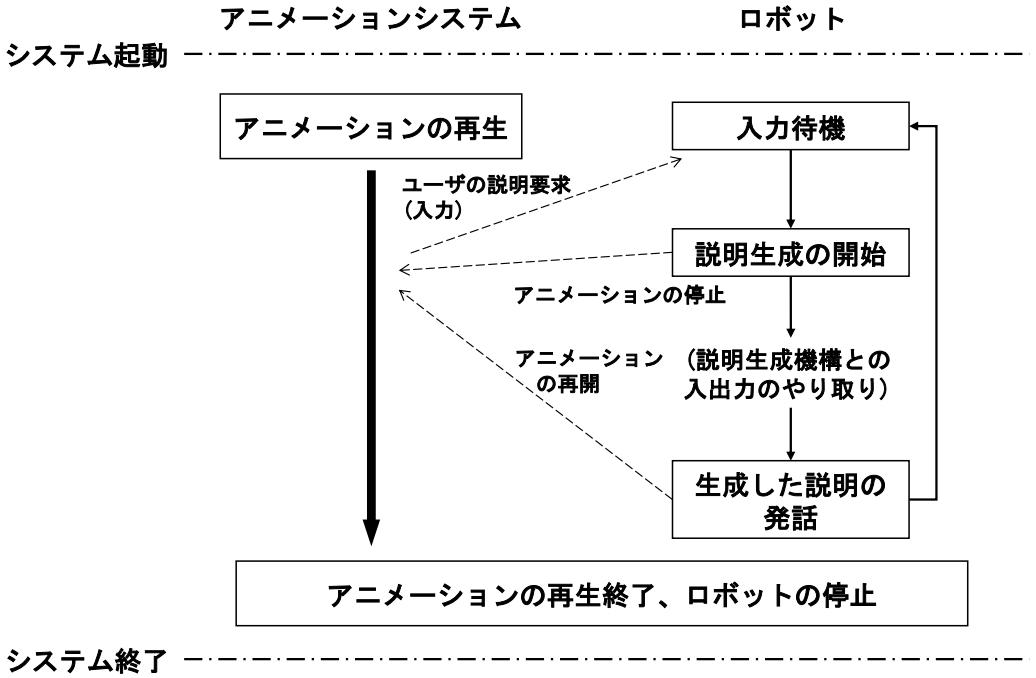


図3　システムフロー

れぞれのプロセスを説明する.

- **「入力待機」**：再生されているアニメーションについて，さらに説明が欲しい要素に関して，発話による説明要求（入力）がされるのを待ち，入力された時に，「説明生成の開始」へと移行する.

- **「説明生成の開始」**：まず再生されているアニメーションを一時停止させる．そして，要求された要素を説明生成機構へと送信する．説明生成機構は，要求された要素に対する説明の生成を開始する．説明が生成されたら，ロボットへと説明を送信する．
- **「生成した説明の発話」**：説明生成機構から送られてきた説明をユーザへ発話（出力）する．説明を終えたロボットは入力待機の状態へと戻り，アニメーションの続きが再生される．

3.2. 説明生成に用いる知識

表2は, 説明生成に用いる知識をまとめた表である．この表は，2.2 節で述べた説明機構が持つ，説明生成用の知識ベースの内容と同じである．「説明できる項目」は，次の 15 の要素を持つ――上演構造，踊り，演者，音楽，歌詞，演奏者，舞台，ストーリー，登場人物，場所，物，劇中の歴史，作品の歴史，今昔物語、道成寺縁起．さらにそれらの 15 の要素は, 3 つの「説明の種類」を持つ．説明の内容は，Wikipedia の記事および，渡辺(1986)による『京鹿子娘道成寺』の分析に基づき, Kawai, Ono & Ogata (2021d)が作成した（全体は付録とする）．

説明／蘊蓄機構は, ユーザモデルに基づき, 説明に必要な知識を表 2 の要素から参照する．ユーザモデルは 15 の要素のそれぞれについて，ユーザの興味と知識を量的に表現している．それらの値は，1 から 10 までの十段階を持ち，値の大きさがユーザの興味の強さや知識の多さを表現する．

3.3. 入出力の実例

対話の実例を示す. ユーザモデルは, 全ての項目について知識量を 1 とし，興味を 5 とする．

- **「入力待機」**:ユーザの発話により, 説明生成機構に対する入力を受け付ける状態に移行する (図 4).

1. ユーザの発話 :「アニメーションを見せて」
2. ロボットの返答 :「アニメーションを再生するね」

- **「説明生成の開始」**：アニメーションが再生されている最中に，ユーザは以下のような発話を行う．[説明対象]は変数であり，3.2 節で示した 15 の項目から一つ選ぶ (図 5).

表 2　生成される説明の例（一部）

説明できる項目	説明の種類	説明の例
上演構造	一般	上演構造とは，舞台を構成する要素を示す.
	ユニーク	京鹿子娘道成寺には，14 の場面があり，主に舞踊で構成されている.
	蘊蓄	人:白拍子花子／心:娘／振り:白拍子／歌詞:鐘に恨みは数々ござる 初夜の鐘を撞く時は 諸行無常と響くなり 後夜の鐘を撞く時は是生滅法と響くなり 晨朝の響きは生滅々己 入相は寂滅為楽と響くなり 聞いて驚く人もなし われも五障の雲晴れて 真如の月を眺め明かさん/楽器:三味線，小鼓，太鼓，笛／場面:桜の木（道成寺）／衣裳:赤／小道具:中啓／肉体のポイント:手
踊り	一般	ダンス（蘭: dans、仏: danse，西: danza，英: dance）は，伴奏に合わせて演じられる一連の動作のことで，その様式は極めて多様であるため厳密な定義づけは容易でないが，遊戯的でリズミカルな動きの連続によってコミュニケーションや表現を行う文化をいう.
	ユニーク	ここでの踊りは，振りの身振りが何を表すかの特徴を指している.
	蘊蓄	白拍子花子が，小道具を持たずに，舞台中央に再度登場する. そして，「娼婦のエロティシズム」の音楽に従って踊る.
演者	一般	舞踏家（ぶとうか）とは，舞台芸術の実演家の一形態.
	ユニーク	京鹿子娘道成寺の踊り手
	蘊蓄	白拍子花子，所化
音楽	一般	音楽（おんがく，英語: Music，フランス語: Musique，イタリア語: Musica，スペイン語: Música）とは，音による芸術である.「音による時間の表現」といったものまで様々な定義がある.
	ユニーク	唄のジャンル
	蘊蓄	能（鐘づくし）

1. ユーザの発話：「[説明対象]を説明して」
2. ロボットの返答:「わかった」「説明を考えてみるよ」

- **「生成した説明の発話」**：説明生成機構における説明生成が終了したのち，ロボットは以下のような発話を行う．[生成結果]は変数であり，説明生成機構から受信した説明が代入される (図 6).

1. ロボットの発話:「今から説明するね」「[生成結果]」「これで終りだよ」

以上の流れは，図 7 のように何らかのスクリーンやディスプレイに写されたアニメーションと連携する．

4. 考察

ここで，ユーザインターフェースとしてのロボットを介したシステムの可能性について考察する．「物語を語る」ということにおいて，語り手が存在し，また対話を行うという仕組みは大きな意味がある．星野 (2004) は語り手と聞き手によるストーリーテリング空間についてまとめている．著者らは，その語り手がロボットであろうとも意味があると考えており，ロボットの利用を通じて，語り手（ロボット）と聞き手（ユーザ）の関係を作り，新たな形式のストーリー生成を試みる．

坂本・神田・小野・石黒・萩田 (2007)による，アンドロイド・ロボット Geminoid HI-1 を用いた遠隔コミュニケーションシステムを開発した．これらは語り手が存在することに意味を見出している．Kory & Breazeal (2014)や，Meza, Flores, Gangemi & Pineda (2016)もまたロボットの語りの体験による効果を検討している．

本稿では，試験的な試みとして，表現されたアニメーションに基づいて，発話という形式で説明を加える方法を実装した．応用として，ストーリー生成を行うシステムと，試作したシステムを統合することで，物語を語るロボットの実装も視野に入れることができる．

また，会話型ロボットの応用例のひとつとして，副音声の再生が挙げられる．洋画など自国の言語でない動画に対し，ロボットに翻訳してもらう．これは動画を利用し，言語の学習をする際に役立つシステムとなる．また蘊蓄生成機構を応用し，副音声の生成が可能になれば，視覚障碍者に向けたシステムとなる．

加えて，文化遺産の保存の観点から，映像記録だけでなく，ユーザの興味や知識に基づく，教育を提供でき，文化遺産を後世へと効率的に伝達することができる．その結果，ユーザに合わせてシステムが情報を取捨選択し編集することで，テキストとアニメーションの複合的な教材が生成でき，効率的な文化遺産の伝承を可能とする．

図 4　「入力待機」

図 5　「説明生成の開始」

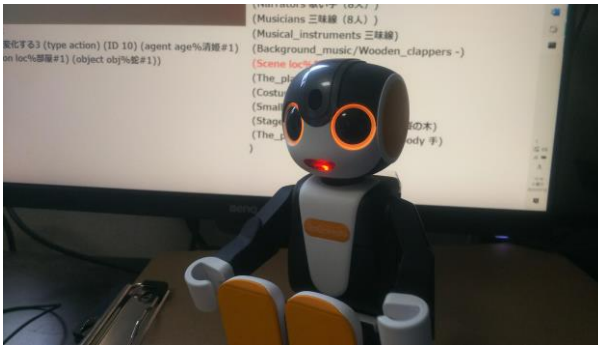


図 6　「生成した説明の発話」

図 7　スクリーンを介した道成寺物再現システムとロボットの連携

5. あとがき

本研究は，工藤・小野・小方 (2022)が提案した，道成寺物再現システムと『京鹿子娘道成寺』および道成寺伝説に関連する説明文生成機構を統合したシステムの統合モデルを実装した．

この実装においては，道成寺伝説のストーリーおよび『京鹿子娘道成寺』の舞台構成をアニメーションによって表現する道成寺物再現システムと，道成寺伝説および『京鹿子娘道成寺』の調査や分析によって得た知識を利用する説明生成機構の二つをユーザインターフェースの役割を持つロボットによって統合した．ロボットは，Sharp Corporation が開発および販売を行っているロボットである「RoBoHoN Wi-Fi Model (Model number: SR-04M-Y)」を用いた．本稿は，試験的な枠組みの実装に留まり，今後は統合システムの評価を行う．

謝辞

本研究は、科研費（研究課題／領域番号: 18K18509）の資金援助を受けている。

文献

星野准一 (2004). ストーリーテリングと AI. 『人工知能学会誌』, 19 (1), 29-34.

河合珠空・小方孝 (2019). 物語プロットからの歌舞伎の舞台上演構造の生成を目的とした『京鹿子娘道成寺』の分析. 『第 63 回ことば工学研究会予稿集』, pp.25-61.

河合珠空・小野淳平・小方孝 (2020). 歌舞伎舞踊『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の分析. 『2020 年度 人工知能学会全国大会(第 34 回)論文集』, 3D1-OS-22a-04.

Kawai, M., Kudo, S., Ono, J. & Ogata, T. (2022). Prototyping Animation System that Combines a *Kabuki Work and its Background Story*: *Kyōganoko Musume Dōjōji* and the Legend of Dōjōji. *Proceedings of the 2021 International Conference of Artificial Life and Robotics*. 1051-1053.

Kawai, M, Ono, J. & Ogata, T. (2020). Explanation Generation in a *Kabuki Dance* Stage Performing Structure Simulation System. *The 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*. (In printing.) (December 18, 2020)

Kawai, M., Ono, J. & Ogata, T. (2021a). Prototyping Narrative Representation System Using a *Kabuki* Dance and Legendary Story for the Narration Function of Robots. *Journal of Future Robot Life*, pp. 1-35.

Kawai, M., Ono, J., & Ogata, T. (2021b). A Prototyping System that Supplements a *Kabuki*-dance Simulation System with the Background Stories: "*Kyōganoko Musume Dōjōji*" and the Legend of Dōjōji. *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*. 1N3-IS-5b-02.

Kawai, M., Ono J. & Ogata, T. (2021c). Analyzing the Relationship between the Legend of Dōjōji and the *Kabuki*-Dance *Kyōganoko Musume Dōjōji* to Develop Prototyping Systems. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 8, No. 3, pp. 151-160.

Kawai, M., Ono, J. & Ogata, T. (2021d). Explanation Generation in a *Kabuki* Dance Stage Performing Structure Simulation System. *Proceedings of the 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, pp. 690-693.

Kory, J. & Breazeal, C. (2014). Storytelling with robots: Learning companions for preschool children's language development. *Proceedings of the 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. IEEE. doi:10.1109/ROMAN.2014.6926325.

工藤舜太・小野淳平・小方孝 (2022). 道成寺物再現システムと説明／蘊蓄生成機構の統合の構想. 『第 68 回ことば工学研究会資料』. pp. 5-13.

Meza, I., Flores, J.G., Gangemi, A. & Pineda, L.A. (2016). Towards narrative generation of spatial experiences in service robots. *Proceedings of IJCAI 2016 WS Autonomous Mobile Service Robots*. https://www.dropbox.com/sh/wp6abcswxstce3f/AADtfgehld7j0I9cNgZP2Zoua?dl=0&preview=Meza.pdf.

劉飛・蔡東生・董然・中川志信・檜垣智也 (2019). 文楽人形における音と動きの感情表現メカニズム解析－序破急を中心に－. 『情報処理学会報告』. 20219-CG-175 (8), 1-4.

坂本大介・神田崇行・小野哲雄・石黒浩・萩田紀博 (2007). 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性. 『情報処理学会論文誌』, 48 (12), 3729-3738.

松竹ホームビデオ (2003).『坂東玉三郎舞踊集 1』[DVD]. 松竹ホームビデオ.

渡辺保 (1986). 娘道成寺. 駸々堂出版.

付録　説明／蘊蓄生成に用いる知識

説明できる項目	説明の種類	説明の例
上演構造	一般	上演構造とは，舞台を構成する要素を示す.
	ユニーク	京鹿子娘道成寺には，14 の場面があり，主に舞踊で構成されている.
	蘊蓄	人:白拍子花子／心:娘／振り:白拍子／歌詞:鐘に恨みは数々ござる 初夜の鐘を撞く時は 諸行無常と響くなり 後夜の鐘を撞く時は是生滅法と響くなり 晨朝の響きは生滅々己 入相は寂滅為楽と響くなり 聞いて驚く人もなし われも五障の雲晴れて 真如の月を眺め明かさん／楽器:三味線，小鼓，太鼓，笛／場面:桜の木（道成寺）／衣裳:赤／小道具:中啓／肉体のポイント:手

踊り	一般	ダンス(蘭: dans、仏: danse, 西: danza, 英: dance)は, 伴奏に合わせて演じられる一連の動作のことで, その様式は極めて多様であるため厳密な定義づけは容易でないが, 遊戯的でリズミカルな動きの連続によってコミュニケーションや表現を行う文化をいう.
	ユニーク	ここでの踊りは, 振りの身振りが何を表すかの特徴を指している.
	蘊蓄	白拍子花子が, 小道具を持たずに, 舞台中央に再度登場する. そして,「娼婦のエロティシズム」の音楽に従って踊る.
演者	一般	舞踏家(ぶとうか)とは, 舞台芸術の実演家の一形態.
	ユニーク	京鹿子娘道成寺の踊り手
	蘊蓄	白拍子花子, 所化
音楽	一般	音楽(おんがく, 英語: Music, フランス語: Musique, イタリア語: Musica, スペイン語: Música)とは, 音による芸術である.「音による時間の表現」といったものまで様々な定義がある.
	ユニーク	唄のジャンル
	蘊蓄	能(鐘づくし)
歌詞	一般	歌詞(かし、英: lyrics)は, 歌に伴う言葉のことである. 音楽においては, 歌謡曲, 歌曲, 歌劇などの言葉・文句などを指している. その他にも, 和歌に用いられている言葉のことも指すことがある. 民謡など, 特定の国や地域において, 主に口承によって伝わってきた伝統的な民族音楽では, 歌のみで楽器は加わらないことも多い.
	ユニーク	能(鐘づくし)の歌詞
	蘊蓄	鐘に恨みは数々ござる 初夜の鐘を撞く時は 諸行無常と響くなり 後夜の鐘を撞く時は是生滅法と響くなり 晨朝の響きは生滅々己 入相は寂滅為楽と響くなり 聞いて驚く人もなし われも五障の雲晴れて 真如の月を眺め明かさん
演奏者	一般	演奏者(えんそうしゃ)は, 楽器などの演奏を通じて音楽表現を行う者. 単に奏者とも. 芸術作品である楽曲を創造する作曲者およびそれを享受する聴衆(享受者)に対して, 目に見えにくい芸術作品としての楽曲の再生(再生芸術)を行い, 作曲者と聴衆の間を媒介する役目を担うのが演奏者である.
	ユニーク	舞台上で, 楽器を演奏している演奏者
	蘊蓄	三味線, 太鼓
舞台	一般	舞台(ぶたい、英: stage)とは, 演劇やダンス, 伝統芸能や演芸など, 舞台芸術の表現者が作品を演じるための, 一定の空間. 転じて, 舞台芸術に属する作品のジャンルを指し「舞台」と呼ぶこともある. また, 演壇などの, 舞台に類似する機能をもった一定の空間や機構を指し, 舞台と呼ぶことがある.
	ユニーク	舞台上の背景・場所
	蘊蓄	桜の木(道成寺)
ストーリー	一般	物語(ものがたり)とは, 主に人や事件などの一部始終について散文あるいは韻文で語られたものや書かれたもののことを指す.
	ユニーク	京鹿子娘道成寺は, 清姫が道成寺に訪れ, 鐘の供養のために舞を披露するという内容.
	蘊蓄	京鹿子娘道成寺は, 安珍・清姫伝説の後日譚となっている.
登場人物	一般	キャラクター(語源: character)は, 小説, 漫画, 映画, アニメ, コンピュータゲーム, 広告などのフィクションに登場する人物や動物など, あるいはそれら登場人物の性格や性質のこと. また, その特徴を通じて, 読者, 視聴者, 消費者に一定のイメージを与え, かつ, 商品や企業などに対する誘引効果を高めるものの総体.
	ユニーク	道成寺伝説には, 安珍, 清姫以外にも様々な人物が登場する.

	蘊蓄	安珍，清姫，道成寺の僧，高席の老僧，通りすがりの人.
場所	一般	位置(いち，英語: position)とは，物体が空間の中のどこにあるかを表す物理量である.
	ユニーク	道成寺伝説は，道成寺が存在する牟婁郡という場所を中心に物語が展開される.
	蘊蓄	牟婁郡，熊野，道成寺
物	一般	物(もの，ぶつ)とは，広義には対象を特定化せず一般的・包括的にいう語であり，人間が知覚し思考し得る対象の一切である.
	ユニーク	物語の中に登場する，鑰となる物
	蘊蓄	法華経，鐘
劇中の歴史	一般	道成寺伝説の歴史の中で物語の内容が変化していること.
	ユニーク	道成寺伝説は，現在まで千年以上続いており，女を悪として見る視点から，女の悲しい物語として見る視点に変化した. そのため，物語の内容が変わっている.
	蘊蓄	法華経験記，今昔物語集:清姫が安珍に一目惚れするが，安珍に裏切られてしまい，怒りのあまり蛇に変身して，安珍を鐘ごと焼き殺す. ／道成寺縁起:安珍が清姫に追いかけられる. 清姫は，安珍を追いかけながら，徐々に蛇に変身していく. 最後には，鐘に隠れた安珍が，鐘ごと清姫に焼き殺される.
作品の歴史	一般	道成寺伝説から京鹿子娘道成寺までの歴史
	ユニーク	道成寺伝説が成立された平安時代から，現在の京鹿子娘道成寺まで千年以上語り継がれている.
	蘊蓄	法華経験記，今昔物語集:平安時代成立／道成寺縁起:室町時代の応永年間の成立／能『鐘巻』『道成寺』:室町時代／道成寺物語:万治三年 1666 年／語り道成寺，古道成寺:箏曲／京鹿子娘道成寺:宝暦三年 1753 年 3 月
道成寺伝説	一般	道成寺にまつわる，安珍・清姫伝説のこと.
	ユニーク	道成寺伝説は，安珍・清姫伝説とも呼ばれ，歌舞伎だけでなく，浄瑠璃や能などにも作品が作られている.
	蘊蓄	清姫が安珍に一目惚れするが，安珍に裏切られてしまい，怒りのあまり蛇に変身して，安珍を鐘ごと焼き殺す.
今昔物語	一般	今昔物語集は，平安時代に成立した説話集である. 全 31 巻存在する.
	ユニーク	道成寺伝説の始まりである，法華経験記と同様の時代に成立された説話が収録されている. ／今昔物語集 巻第十一～巻第十四／巻第十四 本朝 仏法に付く 406-412／紀伊国道成寺僧写法花救蛇語第三
	蘊蓄	京鹿子娘道成寺では，各場面の詞章や白拍子の振りに，象徴的に表現されている. ／前半「情欲譚」 年老いた僧と若い僧が，熊野に参詣に行く最中，ある家の女主人が若い僧に一目惚れ. 若い僧は女を恐れ，嘘をつき，そのまま帰る. そのことを知った女は激怒し，蛇体になって追いかけ，鐘ごと若い僧を焼き殺す. ／後半「解脱譚」 女と若い僧は，法華経の力によって苦しみから解放される.
道成寺縁起	一般	「道成寺伝説を描いた絵巻」「道成寺にある，室町時代に描かれた絵巻」
	ユニーク	安珍を追いかける場面から始まり，日高川を渡り，岩の上で休息をとる最中火を噴き始め，徐々に清姫の体が蛇に変化していく. 最後には，蛇となり，鐘に巻き付き，安珍を焼き殺すという内容. ／『道成寺縁起』は『華厳経縁起』の，善妙が義湘を追って蛇体になって海に飛び込んだ話の影響を受けている.
	蘊蓄	京鹿子には直接表現されていない. しかし，最後の場面である「鐘入り」では，実際に鐘に登って本性を見せる場面がある.

社会的比較志向性はマインドフルネス特性と社交不安の間の関係を媒介するのか？

The Mediating Role of Social Comparison Orientation in the Relationship between Mindfulness and Social Anxiety

岡野 裕仁†, 野村 理朗†
Hirohito Okano, Michio Nomura

†京都大学
Kyoto University
okano.hirohito.38m@st.kyoto-u.ac.jp

概要

自他を優劣の観点から比較するような社会的比較志向性の高さが、社交不安の一因である可能性が指摘されている。また、マインドフルネス特性が高い者は、そのような社会的比較を行うことが少ないという仮説が提唱されている。これらの動向を背景に、本研究は質問紙調査を行い、優劣評価を伴うような社会的比較志向性はマインドフルネス特性と負に相関することで、マインドフルネス特性と社交不安の負の関係を媒介することを新たに示した。

キーワード：社交不安 (social anxiety)、社会的比較 (social comparison)、マインドフルネス (mindfulness)

1. はじめに

他者から注目を浴びる可能性のある社交状況において感じる不安として定義される社交不安は、臨床群をはじめ、非臨床群においても、さまざまなネガティブ感情や不適応と関連する[1] [2]。この社交不安と関連する可能性のある社会的比較は、自分と他者を能力や様々な特性に基づいて比較すること[3]であり、優劣の評価を伴うような形での頻繁な社会的比較が、高い社交不安が生じる一因である可能性が指摘されている[4]。実際、社会的比較を日常的に行う傾向である社会的比較志向性[5]は、社交不安と正に相関する[6]。また、社交不安が高い者は、周囲の世界を階層的・競争的なものと認識しやすく[7] [8]、自他の社会的地位(e.g., 能力・魅力)の高さに過剰な注意を払い[9]、他者を自分より地位が高く優越している存在であるとみなしやすい[10]。これらの研究知見をふまえ、本研究は社交不安に影響しうる社会的比較志向性に着眼し、マインドフルネス特性がその保護因子となるとの仮説を立ててオンライン調査による検討を行った。

マインドフルネスとは、「瞬間瞬間に立ち現われてくる体験に対して、今の瞬間に、判断をしないで、意図的に注意を払うことによって実現される気づき」[11]のことであり、マインドフルネス特性とは、日常的にマインドフルネスを経験しやすい傾向を表す。マインドフルネス特性を測定するための質問紙として Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ)[12]がある。FFMQ は、観察(内外の経験に注意を向ける)、言語化(内的経験を言語化する)、意識しながらの行動(注意をどこかに逸らしてしまうことなく意識的に行動を行う)、非判断(自分の考えや感情について評価的に判断しない)、非反応(自らの思考や感情に振り回されない)の 5 因子からなる。こうしたマインドフルネス特性は、社交不安と負の相関を示し[13]、マインドフルネス特性を高めるような介入は、社交不安を低減させる[14]。こうしたマインドフルネス特性が高い個人は、優劣の観点に基づいた社会的比較を行うことが少ないという仮説が提唱されている[15]。一方、マインドフルネス特性が低い者は、優劣の評価を伴う社会的比較を行う際、比較の基準を無意識のうちに選んでしまい、その他の比較基準も存在することに注意を払うことが少ない。上記の知見をふまえると、自他について優劣の観点から比較しようとする傾向は、マインドフルネス特性と負に相関し、マインドフルネス特性と社交不安の間の負の関係を媒介することが予想される。しかしながら、これまでの研究において、マインドフルネス特性と社会的比較志向性の関連は検討されていない。また、社会的比較志向性は、自他の能力を優劣の観点から比較する傾向である能力比較傾向と、必ずしも優劣の評価を伴わない意見比較傾向から構成されているため[5]、これら 2 因子を区別したうえで検討する必要もある。そこで、本研究は、(a)マインドフルネス特性は、社会的比較志向性のうち、特に優劣の評価を伴う能力比較傾向と負に関連する、(b)能力比較傾向は、マインドフルネス特性と社交不安の間の関係を媒介する、という 2 つの仮説について検討した。

2. 方法

2.1. 参加者

オンラインクラウドソーシングサービス CrowdWorks (https://crowdworks.jp/) を通して募集された 238 名の日本人 (男性 120 名、女性 117 名、未回答 1 名)であった。年齢の平均値は 40.5 歳(*SD* = 9.8 歳)、最小値は 18 歳、最大値は 70 歳であった。質問紙への回答を最後まで行った者は252名であったが、そのうち、アテンションチェックに誤答した者、回答時間が短すぎた(−2SD)者、IP アドレスが重複していた者を除いた結果、最終的な参加者の総数は 238 名となった。すべてのデータにおいて、欠損値は存在しなかった。

2.2. 手続き

参加者は、デモグラフィックデータを回答した後、オンラインで以下に示す質問紙に回答した。調査のためのフォームは Qualtrics (https://www.qualtrics.com/) を用いて作成された。

2.3. 質問紙

社会的比較志向性尺度[16] 社会的比較志向性を測定するための質問紙であり、7 項目は能力比較傾向(例:「私は、他の人のやり方と比べて自分のやり方はどうであるか、いつも気にしている」)を、3 項目は意見比較傾向(例:「私は、他の人とお互いの意見や経験について話すのが好きだ」)を測定する。

Social Phobia Scale (SPS)・Social Interaction Anxiety Scale (SIAS)[17] 社交不安を測定するための各 20 項目の質問紙であるが、それぞれ測定している社交不安の側面が異なる。SPS は、他者から観察される社会的状況に対する恐怖を(例:「人前で話す時、緊張する」)、SIAS は人との会話やつきあいのような他者と交流する状況に対する恐怖を測定する(例:「道で知り合いに会うと緊張する」)。SPS は 1 因子構造、SIAS は 2 因子構造の尺度であるが、金井他 (2004) [17]に基づき、分析には合計得点のみを使用した。

Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ) 短縮版[18] マインドフルネス特性を測定するための尺度であり、各 4 つの項目からなる 5 つの因子から構成されている。因子は、観察(例:「髪に吹く風や、顔に当たる日光などの感覚に注意を向ける」)、言語化(例:「自分の感情を表現する言葉を見つけるのが得意である」)、意識しながらの行動(例:「何かをする時、意識がどこかにそれて簡単に気が散る」、逆転項目)、非判断(例:「自分の感じ方に対して、そんなふうに感じるべきではないと自分に言い聞かせる」、逆転項目)、非反応(例:「つらい考えやイメージが浮かんだとき、大抵じきに気持ちが落ち着く」)と命名されている。

3. 結果と考察

相関分析の結果、マインドフルネス特性(すなわち、FFMQ の合計得点)は、能力比較傾向と負に相関し (r = -.29, p < .001)、その一方で、意見比較傾向とは弱い正の相関にとどまった (r = .21, p = .001)。この結果は、マインドフルネス特性は、社会的比較志向性の中でも、能力比較傾向のみと負の関連をもつことを意味し、能力比較に代表されるような優劣の評価を伴う社会的比較は、一般にマインドレスな状態であるとき自然発生的な形で生じるとした知見[15]と整合するものであった。さらに、SPS を目的変数とした媒介モデルを検討した効果、間接効果は有意(1000 回のサンプリングによるブートストラップ法に基づく 95%CI[-0.15, -0.05]) であった(図 1)。SIAS を目的変数とした場合でも、間接効果は有意であった(95%CI [-0.11, -0.02]) 。この結果は、マインドフルネス特性と社交不安は負に関連することを示した先行研究[13]と整合する結果であり、それらの関係は、能力比較傾向によって部分的に媒介されることを新たに示すものである。

マインドフルネス特性と能力比較傾向の関係をより詳細に検討するため、FFMQ の因子ごとに相関分析・媒介分析を行なった。結果、5 因子のうち、意識しながらの行動因子と、非判断因子が能力比較傾向と中程度の負の相関を示し(意識しながらの行動: r = -.32, p < .001; 非判断: r = -.38, p < .001)、媒介分析でも有意な負の間接効果を示した(SPS: 95%CI [-0.15, -0.05], [-0.21, -0.07]; SIAS: [-0.11, -0.02], [-0.19, -0.06])。

優劣の評価を伴うような社会的比較は、実際には評価の基準がいくつも存在していることに注意が払われないまま、無意識のうちに行われてしまうことが多い[15]。この観点から、意識しながらの行動因子と能力比

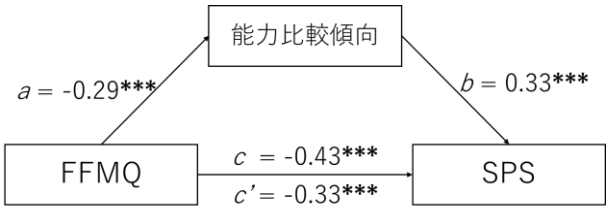


図 1 SPS に関する媒介モデル(各変数は標準化済み)
*** p < .001

較傾向の負の相関関係について解釈可能である。なお、優劣の評価を伴わない社会的比較である意見比較傾向については、意識しながらの行動因子と有意な相関を示さなかった ($r = .06, p = .33$)。

続いて、非判断因子は、自分の持つ考えや感情について良し悪しの判断をしない傾向を表している。この因子は、能力比較傾向と負の相関を示しただけでなく、意見比較とも負の相関を示した($r = .33, p < .001$)。社会的比較は、自分が周囲と比べてどの程度高い能力を持っているか、あるいは自分がどのような意見を持つべきかを判断するときに使われる手段の 1 つである[5] [19]。この因子が高い個人は、自分の能力や意見についても良し悪しの判断を行うことが少ないために、他人の能力や意見を参照して自分と比較しようとすることが少なく、そのために能力比較傾向・意見比較傾向がともに低いことが示唆される。

以上の結果は、従来示されてきたマインドフルネスと社交不安の間の負の関係が生じるメカニズム[13] [14]を説明し、マインドフルネス、そのなかでも意識して行動を行う傾向や、自分の考えや感情について良し悪しの判断を行わない傾向が、社交不安の一因と考えられる能力比較傾向と負に関連し、結果社交不安の保護因子として機能することを示唆する。

4. 結論

本研究は、社会的比較志向性のうち優劣の評価を伴う能力比較傾向がマインドフルネス特性と負に関連し、かつマインドフルネス特性と社交不安の間の負の関係を媒介することを明らかにした。ここで得られた結果は、マインドフルネスストレス低減法 (MBSR) やマインドフルネス瞑想といったマインドフルネス特性を高める介入[11]によって自他を優劣の観点から比較するような傾向が低減し、その結果社交不安が低減するというプロセスを示唆するものである。また、社会的比較を慢性的かつ頻繁に行うことはしばしば様々なネガティブ感情をもたらすことが指摘されているが[15]、このように有害ともいえるほどに高まった社会的比較志向性を低減する方法として、今後マインドフルネスによる支援・介入の可能性について検討されることが期待される。

文献

[1] American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.).

[2] Fehm, L., Beesdo, K., Jacobi, F., & Fiedler, A. (2008). Social anxiety disorder above and below the diagnostic threshold: Prevalence, comorbidity and impairment in the general population. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *43*(4), 257–265.

[3] Festinger, L. (1954). A Theory of Social Comparison Processes. *Human Relations*, *7*(2), 117–140.

[4] Trower, P., & Gilbert, P. (1989). New theoretical conceptions of social anxiety and social phobia. *Clinical Psychology Review*, *9*(1), 19–35.

[5] Gibbons, F. X., & Buunk, B. P. (1999). Individual differences in social comparison: Development of a scale of social comparison orientation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *76*(1), 129–142.

[6] Gregory, B., & Peters, L. (2017). Unique Relationships between Self-Related Constructs, Social Anxiety, and Depression in a Non-Clinical Sample. *Behaviour Change*, *34*(2), 117–133.

[7] Tone, E. B., Nahmias, E., Bakeman, R., Kvaran, T., Brosnan, S. F., Fani, N., & Schroth, E. A. (2019). Social Anxiety and Social Behavior: A Test of Predictions From an Evolutionary Model. *Clinical Psychological Science*, *7*(1), 110–126.

[8] Hope, D. A., Sigler, K. D., Penn, D. L., & Meier, V. (1998). Social Anxiety, Recall of Interpersonal Information, and Social Impact on Others. *Journal of Cognitive Psychotherapy*, *12*(4), 303–322.

[9] Haker, A., Aderka, I. M., Marom, S., Hermesh, H., & Gilboa-Schechtman, E. (2014). Impression formation and revision in social anxiety disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, *28*(2), 133–139.

[10] Parsons, C. A., Alden, L. E., & Biesanz, J. C. (2021). Influencing emotion: Social anxiety and comparisons on Instagram. In *Emotion* (Vol. 21, Issue 7, pp. 1427–1437). American Psychological Association.

[11] Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *10*(2), 144–156.

[12] Baer, R. A., Smith, G. T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., & Toney, L. (2006). Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment*, *13*(1), 27–45.

[13] Rasmussen, M. K., & Pidgeon, A. M. (2011). The direct and indirect benefits of dispositional mindfulness on self-esteem and social anxiety. *Anxiety, Stress and Coping*, *24*(2), 227–233.

[14] Goldin, P., Ramel, W., & Gross, J. (2009). Mindfulness Meditation Training and Self-Referential Processing in Social Anxiety Disorder: Behavioral and Neural Effects. *Journal of Cognitive Psychotherapy*, *23*(3), 242–257.

[15] Langer, E., Pirson, M., & Delizonna, L. (2010). The mindlessness of social comparisons. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *4*(2), 68–74.

[16] 外山 美樹 (2002). 社会的比較志向性と心理的特性との関連：社会的比較志向性尺度を作成して. 筑波大学心理学研究, 24, 237-244.

[17] 金井 嘉宏・笹川 智子・陳 峻雲・鈴木 伸一・嶋田 洋徳・坂野 雄二(2004). Social phobia scale と social interaction anxiety scale 日本語版の開発. 心身医学, *44*(11), 841-850.

[18] 髙橋 徹・齋藤 順一・藤野 正寛・佐藤 誠之 ・ 熊野 宏昭(2019). 日本語版 Five facet mindfulness questionnaire 短縮版の作成と妥当性の検討. 日本健康心理学会大会発表論文集, *32* , 115.

[19] Suls, J., Martin, R., & Wheeler, L. (2002). Social Comparison: Why, With Whom, and With What Effect?: *Current Directions in Psychological Science*, *11*(5), 159–163.

人–計算機インタラクションでの視覚的手がかりの提示による不自然さへの気づき

池ヶ谷 啓伍，清水 悠生，長原 瑛吾，金野 武司
Keigo Ikegaya, Yusei Shimizu, Eigo Nagahara, Takeshi Konno
金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
Electrical and Electronic Engineering
{b1914269, b1833115, b1813289}@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人と機械のインタラクションで実現できないことの１つに，ターンテイキングと呼ばれる対話やジェスチャーにおける主従関係の自然な入れ替わりがある．視覚的なインタラクション環境で実施された先行研究における人と計算機での実験では，構築された計算モデルが相手に応じて主従関係を切り替えるようになっていなかったにも関わらず，その計算モデルに相対した人間は，相手が人であるか計算機であるかを識別できなかったことが報告されている．我々は，主従の状態をより意識できるような手掛かりを示せば，動作アルゴリズム自体には何ら変更がなくとも，その計算モデルを識別できるようになるのではないかと予想した．結果，我々の実験では人間と計算機を識別する正答率がチャンスレベルを有意に上回ることが確認された．ただし，その正答率と主従の切り替えに対する意識の変化を調べたアンケートや，インタラクションパターンとの対応関係を見出すことはできなかった．

キーワード：Turn-taking，Nonverbal communication，Human agent interaction

1. はじめに

近年，一般家庭に進出するコミュニケーションを主目的としたロボットや，モニターに映し出される AI エージェントは，発話だけでなく身振り手振りを交えて人とインタラクションする．しかし，そのようなロボットや AI エージェントは急に動き出したり，不意に話し出したりするなど，人どうしのインタラクションに比べて自然にコミュニケーションできないことが多い．これは，人間と AI の間で自然なターンテイキング [1] が成立しないことが原因であると考えられる．

飯塚 [2] は触覚を通じた人どうし，あるいは人と計算機によるインタラクション実験の中で，ターンテイキングは相手が人であることを判断する重要な手がかりであることを示した．この実験を元にして，入江ら [3] は視覚に限定したインタラクション環境を構築し，人どうしと同様の主従関係（以下，リーダー／フォロワー）の入れ替わりを再現する計算モデルを用いて人と計算機でのインタラクション実験を行なった．結果，その計算モデルとインタラクションした人間は，相手が人間であるか計算機であるかの判別ができなくなることが示された．しかし，そこで用いられた計算モデルは，リーダー／フォロワーの入れ替わるタイミングがあらかじめ設定された確率分布（パレート分布）に従って決められるようになっており，相手の動きに応じてリーダー／フォロワーを切り替えるようになっていない点で，人が行なう自然なインタラクションを再現するものではなかった．

入江らの実験において人と計算機の判別ができなかった原因は，実験参加者が用意された環境においてリーダーやフォロワーといった役割に注意を向けることがなかったからではないかと我々は考えた．そこで本研究では，その役割に意識を向けるような視覚的手掛かりを加えたとき，インタラクションする相手が計算機であることに気付くようになるか検証することを目的とした．

2. 実験方法

2.1 実験室実験

実験では，二人の参加者が向かい合うように設置されたコンピュータ端末の前に座り，目の前に設置された衝立により互いの姿は見えないようになっていた．両者の端末の画面上には中央に直径 18.7[mm] の円形オブジェクトが横並びに 2 つ配置された（図 1）．それぞれの丸は一方を参加者 A が操作し，他方を参加者 B が操作した．お互いに操作する丸はオレンジ色で表され，相手側の丸は緑色で表示された．丸はテンキーの 2 つのボタンによって直線上を左右に動かすことができ，自身が動かす丸の位置の変化は相手の画面に映る丸（緑色）に直ちに反映され，丸は互いにすり抜ける

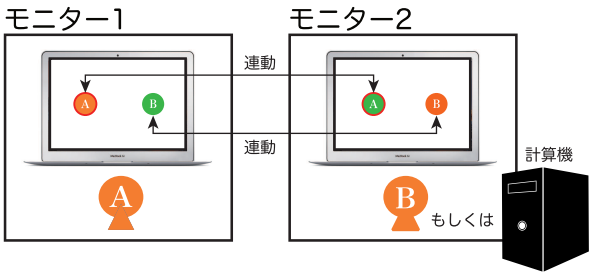


図 1　実験環境

ことができなかった．この環境において，本研究では参加者がリーダー／フォロワーの関係に注意を向けるための 2 種類の手がかりを用意し，それぞれを実験 1，および 2 として参加者間計画の実験を実施した．

いずれの実験でも，視覚的手掛かりには 1 つの円形オブジェクトの上に描く赤色のリングを用いた（図 1）．1 つ目の実験では，そのリングは互いの円の接触によって遷移させた（実験 1：接触遷移）．この方法では明示的な接触というイベントによってリングの受け渡しが行なわれるため，何らかの役割に意識的になる可能性が高いと予想した．また，2 つ目の実験では，二人が動かす円の軌道を 10 秒間の時間窓で逐次分析し，動きが先行する側にリングを表示させた（実験 2：リーダー表示）．先行する動きの判別には入江ら [3] の研究と同様に，2 つの軌道の相互相関係数を計算する方法[1]を用いた．実験 2 ではリングが遷移する仕組みが明示されないため，参加者がリングから何らかの役割を意識することは困難であると予想した．いずれの実験でも，参加者にはリングの表出条件は提示しなかった．

2.2　実験手続き

実験参加者は，コンピュータ端末越しに簡単なゲームに取り組むことが説明され，最初に操作に慣れるための練習を行なった．参加者は 90 秒を 1 セッションとし計 15 セッションに取り組んだ．前半の 5 セッションは自由に動かすように指示され，人どうしで行った（人–人課題）．後半の 10 セッションでは相手が人と計算機で 5 回ずつランダムに入れ替わった（人計算機混在課題）．人計算機混在課題で参加者は，1 セッションが終了するごとに，相手が人であったか計算機であったかについてのアンケートに答えた．その回答の正誤についてのフィードバックはしなかった．前半の 5 セッションが終わった後で，参加者には後半の 10 セッションは相手側の操作が人もしくは計算機になることが伝えられた．そこでは，相手が人であるか計算機であるかを判定するとともに，自身が人であることを相手に伝えようとするように指示された．

このセッション中，参加者は相手側のキーの操作音が聞こえないように，ノイズキャンセリングヘッドホン（Sony 製 WH-1000XM2）を装着した．セッション終了後，参加者は相手の動かし方やリングの表出条件についての簡単なアンケートに答えた．

[1] 2 つの軌道に対して，一方の軌道を時間的に遅らせた場合に相関係数が上がるならば，遅らせた側の動きが先行したリーダー側であると判断し，逆に進めた場合に相関係数が上がるならばフォロワーであると判断する方法．同調度合いに閾値を設けるようなことはせず，必ずリーダーもしくはフォロワーのどちらかの状態を判定した．

2.3　実験設備

モニターは iiyama 製 ProLiteXUB2790HS を用い，画面サイズは 597.9 × 336.3[mm]（1920 × 1080 [pixel]）だった．実験システムは Mathworks 社の MATLAB に Psychtoolbox[4] を組み合わせて構築した．丸の直径は 18.7[mm] とし，リーダー状態を表示する赤色のリングの内径を丸の直径と等しく 18.7[mm] に，そして外形を 21.8[mm] とした．描画更新のサンプリング時間は 33[Hz](30[ms]) とし，1 サンプリング時間あたりの丸の移動距離を 10[pixel] とした．このため，人が操作する丸の移動は 79.7 [mm/sec] の等速度運動であった．

2.4　実験参加者

それぞれの実験には金沢工業大学の男子学生 10 ペア 20 名ずつ（実験 1：平均=21.7，SD=0.61，実験 2：平均年齢=21.6，SD=0.66）が参加した．また実験はすべて同大学の研究室で行なわれた．

3.　結果

リングの表出という手掛かりの提示によって，参加者は人または計算機を判別することができただろうか．これを確認するために人計算機混在課題の 10 セッションで行なった，人であるか計算機であるかを答えたアンケートの正答率を，リングありとリングなしの状態で比較した（図 2．リングなしの結果は入江ら [3] の実験データを使用した）．

いずれの実験においても，後半 10 セッションにおいて相手が人であるか計算機であるかの正答率はチャンスレベル（1/2）を有意に超えた．先行研究では人を相手にした場合と計算機を相手にした場合の正答率

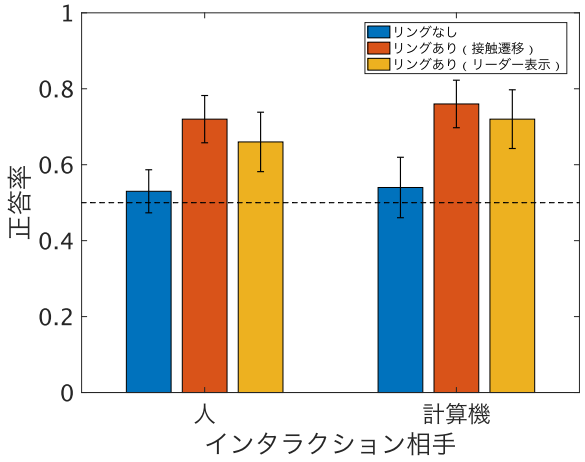


図 2　人計算機混在課題（後半 10 セッション）での正答率

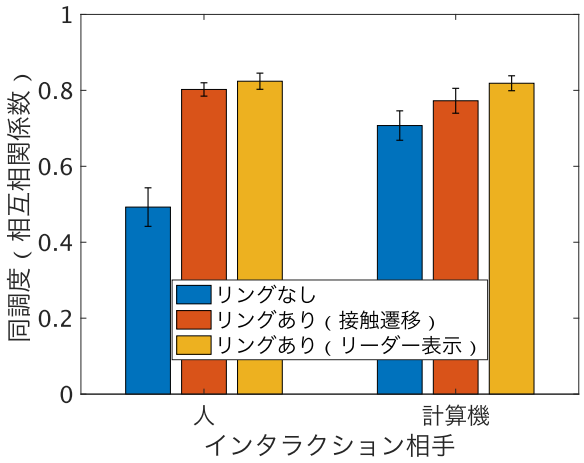


図 3　人計算機混在課題での同調度の比較

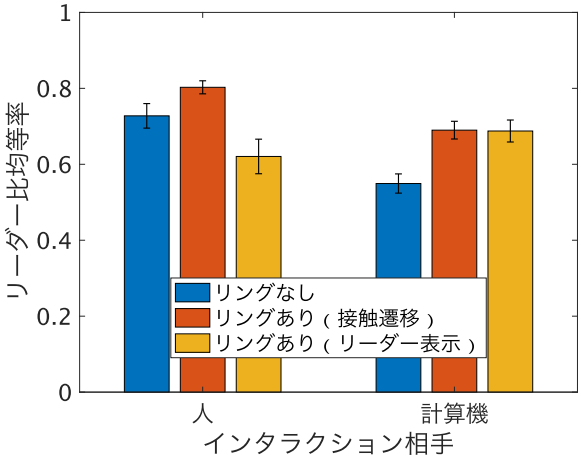


図 4　人計算機混在課題でのリーダー比均等率の比較

の平均がそれぞれ 0.53 と 0.54 であったのに対して，接触を条件とした実験 1 では 0.72 と 0.76，さらに実験 2 では 0.66 と 0.72 であった．チャンスレベルとペア相手（人／計算機）について行なった二要因分散分析では，いずれの実験も交互作用は有意ではなく，リングを表示した場合の有意差が見られた（実験 1：$F(1,76)$=29.58, MSE=0.039, p <.001,η^2=0.279，実験 2：$F(1,76)$=11.93, MSE=0.061, p <.001,η^2=0.135）．

それでは，リングのあり／なしによって参加者の丸の動かし方に違いは生じていただろうか．これを調べるため，入江らの先行研究に倣い，2 つの丸の同調度（図 3）とリーダー比均等率（図 4）を計算した．同調度は 2 つの丸の軌道の相関係数が計算される．またリーダー比均等率は先述した相互相関係数を算出する方法により，1 セッション内でリーダーをしていたと判定された二者の時間がで均等（1/2）であれば 1 に，どちらか一方が全てリーダーをしていたら 0 と計算される．

同調度について，リングが表示されない状態では，計算機を相手にした場合の方が高い傾向があり，リーダー比均等率においては人を相手にした場合の方が高い傾向があった．これは，人を相手にした場合の方が相手との動きの同調度が下がり，リーダーをより均等に行なっていたことを示唆している．これに対して，リングを表示させた場合の重要な結果は，そのような違いがなくなったということであり，それにも関わらず正答率がチャンスレベルよりも有意に高かったということではないかと思われる．この結果は，リングの表示によって上がった正答率を説明するのは，全体的な動作特徴ではない可能性を示唆する．

加えて，同調度と正答率の間の相関関係を調べると，人を相手にした場合には有意な相関関係が見られる（r = .266, p = .040）．しかし，個別の条件ごとの相関分析には有意な関係はなく，同調度が正答率の違いを説明する要因とは考えにくい．これはリーダー比均等率についても同様で，条件全体での分析および個別の分析においても有意な相関関係は見られなかった．これらの結果は，リングが表示された事による人および計算機の識別率の向上が，同調度やリーダー比均等率といった全体的な動作特徴によって説明できるものではないことを重ねて示していると思われる．

4.　議論

接触によってリングが遷移した実験 1 において，有意に識別率が上がったことは我々の予想どおりであったが，リングが遷移する仕組みが明示されなかった実験 2 においても識別率が実験 1 とほぼ同程度になった

ことは興味深い結果であると我々は考えている．実験 1 において，その判断理由を自由記述で尋ねた実験後のアンケートでは，相手と鬼ごっこをしたことや，リングを渡すふりをしたことなど，通時的な動作とは異なるレベルに出現する逐次的な動作パターンを判断理由としたことが伺える記述が見られた．他方，実験 2 において，リングの表出を人または計算機の判断に利用したかを「はい／いいえ」で尋ねた質問で，「はい」と回答したのは 2 名だけだった．また，その 2 名の判断理由についての自由記述も，背後に用意された仕組みを正しく答えたものではなかった．この結果は，リングの表出によって相手が人であるか計算機であるかの識別率が上がったにも関わらず，その判断は無意識的に行なわれたことを示唆している．

このような結果となった原因を特定するため，我々は丸の移動軌道の分析を行なったが，現時点では有効な特徴の抽出には至っていない．アンケートの回答からはその認識のプロセスが無意識下において行なわれただろうことが示唆されるため，二人の丸の動かし方からそれを推定できるような分析を行う必要があると考えられる．また，リングを表出させる規則が本当に識別率に貢献したかどうかも併せて検証する必要がある．この検証には，リングの遷移になんの規則性も持たせないようにするなどの条件を新たに設定し，実験を実施することが考えられる．

5. 結論

我々は，視覚的な二者間のインタラクションにおいて，二者の動きの特徴を明示的（接触遷移）／非明示的（リーダー表示）に反映させたリングの提示により，自身の役割を意識することで人／計算機の区別がつきやすくなると予想した．特に我々が注目したのはターンテイキングにおいてリーダーとフォロワーを相手に応じて切り替える仕組みがないことによる違和感に気づくかどうかであった．

結果として，手掛かりの提示により正答率は向上したが，非明示的なリングの提示条件ではその規則は理解されず，手掛かりの提示とその違和感を露出させることの因果関係は確認できなかった．また，我々の実験では人を相手にした場合と計算機を相手にした場合の動作特徴に，入江ら [3] の実験で見られたような差が生じなくなることが確認された．この結果は，リングがあることによって与えられる違和感が，全体的な行動特徴によってもたらされるのではなく，より短期的な動きの特徴によって生じる可能性を示唆している．

文献

[1] Levinson, S. (2016). Turn-taking in Human Communication–Origins and Implications for Language Processing, Trends in cognitive sciences, 20(1), pp.6–14.
[2] 飯塚 博幸 (2014). 複雑系アプローチによる他者の認識とコミュニケーションの創発, 計測と制御, 53(9), pp.821–827.
[3] Irie, R. and Konno, T. (2019). Effects of turn-taking dynamics without contingency: A visual interaction experiment. In proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2019), pp.239–240.
[4] Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D. (2007). What's new in Psychtoolbox-3? Perception 36 ECVP abstract supplement.

子どもの日常生活における電子デバイスの使用実態
Childrens Use of Electronic Devices in Everyday Lives

伊藤　崇†
Takashi Ito
†北海道大学
Hokkaido University
tito@edu.hokudai.ac.jp

概要
子どもが家庭での日常生活においてどのように電子デバイスを使用しているのか。4 歳から 10 歳の子どもたちの視点から見たときの使用実態を明らかにするために，11 の家族にビデオカメラを渡して２日間の日常生活の様子を撮影してもらい，その映像を分析した。その結果，保護者の死角において電子デバイスを視聴していたことや，従来の使用とは異なる形で電子デバイスの機能の発揮に子どもが貢献していたことが示された。

キーワード：子ども，電子デバイス，家庭

1. 問題

子どもたちの認知的発達過程を十全に理解するためにはエコロジカルな環境の特徴を踏まえることが重要である。このような考え方としてはブロンフェンブレナーの提案した，複層的な生態システム理論が著名である[1]。さらに，近年の技術発展により，子どもたちの日常生活は多種多様なデジタルテクノロジーによって支えられるようになった。デジタルテクノロジーによって支えられた世界を生態システム理論に組み込む試みが行われている[3]。

このとき，今日のテクノロジーの特質としてのユビキタス性[7]に注意する必要がある。すなわち，人間が日常生活を送る上で行う様々な活動が，不可視的な形でデジタルテクノロジーに依存しているという特性である[5]。

デジタルテクノロジーに支えられた行為においてそれが不可視であるなら，それを観察したり行ったり子どもたちにとって，デジタルテクノロジーとそれ以外のテクノロジーの間の区別は存在しないかもしれない[4]。そのような指摘が妥当であるならば，必要なのは研究者によってカテゴライズされる以前の子どもたちの経験の実態に近づくことであるだろう。しかしながら，子どもとデジタルテクノロジーとの関係に関するこれまでの研究のほとんどは，それらを自明なものとして扱ってきた。たとえば，テレビ，スマホ，コンピュータ，ゲームなど，あらかじめ研究者がデジタルテクノロジーと見なすプロダクトと子どもの接触時間や使用法が検討されてきたのである。

一方，子どもが生物的，物質的，社会的なもののハイブリッドであることを強調する議論が注目を集めている。そこでは，子どもとは生物学的概念に還元できるものでもなければ，社会的言説を通して構築できるものでもないとされる。子どもとは，生き物であるとともに社会的概念であり，同時に様々なテクノロジーによって表象化されるハイブリッドな存在なのである[6]。

ここで重要なのは，テクノロジーもまたあらかじめ安定した存在なのではなく，それを用いる人々や活動との付置によってその機能や性質が決まるという点である。「子どもであるとはいかなることかが，何らかの不変の安定したものであるかのように本質化できないのと同様に，ICT とは何「である」かは，それが作用するアレンジメントによって移り変わる。その文脈や，他の人間・非人間との結びつきは，無限にそれを構築／再構築し，「子ども―コンピューター」のアレンジメントは，その性質や効果において安定化されない，創発的なものなのである」（プラウト, 2017, p.196）。

この立場に立つならば，電子デバイスの機能や役割をあらかじめ決定した上でその使用実態を探ることは無意味であろう。むしろ，実際のテクノロジー使用のプロセスにおいて，子どもの経験にテクノロジーがどのようなものとして浮かび上がるかを記述すべきである。Danby らは，デジタルデバイスやデジタルリソースをもって構築されるデジタル・チャイルドフッドを探究するためのガイドラインとして以下の４点を挙げている。すなわち，①子どもが経験していることの多様性を描くこと，②子どもがどのような目的でテクノロジーを使用しているのかを明らかにすること，③テクノロジーの使用を子ども自身の視点からとらえること，④デジタル・チャイルドフッドを理解する理論的・方法論的パースペクティヴを明確にすること，である[2]。本研究もこのガイドラインに準拠する。

そこで本研究では，現代の日本社会に暮らす子どもたちが日常生活においていかなるモノや人とインタラクションをし，その中で電子デバイスがどのように位置づけられているのか，それを通してどのような文脈が創出されているのかに関して記述していくことを目的とする。

ただし，本研究は進行中のものであるため，現時点では探索的に，今後問題として取り上げるべきと思われる事象をいくつか取り上げ，その意義について論じるにとどめる。

2. 方法

2.1. 参加者

国内に居住し，4歳から10歳の子どものいる家族に協力を依頼した。4歳から10歳の子どもを対象としたのは以下の理由による。子どもによる電子デバイスの利用実態に関する大規模経年調査としては内閣府が行う「青少年のインターネット利用環境実態調査」が著名である。その調査では，電子デバイスを用いたインターネット利用実態について，10歳以上の子どもには自己報告をさせる一方，10歳未満の子どもについては保護者による報告であった。また，東京大学とベネッセにより実施された「子どもの生活と学びに関する親子調査」も電子デバイスの利用実態について調査しているが，そこでも小学3年生以下の子どもについては保護者に回答をさせている。質問紙という方法上の制約により，9 歳以下の子どもの電子デバイス利用実態は，少なくとも国内においては，あくまでも保護者が把握している側面に限られている。

この現状を踏まえ，本研究では，後述するチェストハーネスが装着可能な4歳から10歳までの子どもの日常生活の実態を把握することとした。10歳児を含めたのは，先述の各種大規模調査との比較を行うためである。

次に示す3つの方法で調査に参加する家族を募った。①知り合いに声をかけること，②協力を呼びかける文面を掲載したウェブサイトを設置し，その URL を Twitter や Facebook を用いて周知すること，③北海道内の小学校に配布されるフリーペーパーに広告を出すことであった。

その結果, 2021 年度は 11 家族からの協力を得ることができた。ほとんどが北海道内の地方都市に居住する家族であるが，四国地方と関東地方に居住する家族が1つずつ参加した。

調査対象となった子どもの人数を年齢と性別ごとにまとめたのが表1である。なお，兄弟で調査に参加した家族が1つあったため，子どもの人数は12名となっている。

表1 対象となった子どもの性別と年齢（人）

年齢（歳）	4	5	6	7	8	9	10	計
男	0	1	0	2	1	1	1	6
女	1	0	1	2	1	1	0	6
計	1	1	1	4	2	2	1	12

2.2. 撮影の手続き

撮影は調査者ではなく，協力家族に委ねられた。これは，COVID-19 感染予防のための措置である。

各家庭に小型アクションカメラ（GoPRo8）や長時間撮影が可能な外付けバッテリ，カメラを固定するためのクリップ型雲台などを取扱説明書と共に送付した。それらのカメラのうち，2台のカメラを，子どもを含む家族が集まる部屋や子ども部屋など家庭内での子どもの日常生活が観察される場所に設置してもらった。結果的に，同じ室内に角度を変えて2台設置する家庭もあれば，別の室内に1台ずつ設置した家庭もあった。さらに，対象となった子どもにアクションカメラをつけたチェストハーネスを装着してもらった。これにより，擬似的ではあるものの，子どもの主観的な視点から見た映像を入手することができた。

また，協力家族には，家庭内だけでなく外出時の行動についても，可能な範囲で撮影をするように要請した。これにより，自家用車内での様子や，親族の住む家への訪問，外食，習い事などの，家庭外での子どもの活動に関する動画も入手することができた。

撮影は任意の2日間の休日，起床時から夕食前までの日中の時間帯に行われた。ただし，録画のタイミングは各家族に委ねられていた。それぞれの家庭が撮影を行った時間の平均長は2日分の映像の合計で約 20 時間 58 分であった（最短で約 17 時間 21 分，最長で約 27 時間 22 分）。

撮影後，それぞれのカメラから得られた動画を時刻同期させ，同時刻に3台のカメラが捉えた映像をタイ

ル状に並べた１本の動画に統合した。

2.3. インタビュー

編集後に各家庭を調査者が訪問し，家庭での子どもの生活などに関する対面でのインタビューを実施する予定であったが，COVID-19 感染防止の観点から延期とし，インタビューガイドに含まれていたいくつかの項目に関する質問紙を郵送にて送付・回収することとした。質問項目は，映像の撮影日の他，対象となる子どもの生年月日，きょうだいがいる場合はきょうだいの生年月日，保護者の職業と学歴であった。

2.4. 倫理的配慮

本研究を実施する前に，著者所属機関において倫理的問題に関する審査が行われ，許可を得ている。また，映像の中に分析にはふさわしくない場面（たとえば，下着姿など）や高度な個人情報（スマホのパスワードなど）が含まれていた場合は，その箇所を電子的に削除して編集した動画ファイルを分析の対象とした。

3. 結果

3.1. 保護者は子どもの電子デバイス使用実態をどこまで把握できているのか

先述のように，従来の調査では，９歳以下の子どもの電子デバイス使用の実態について回答するのは保護者であることが多かった。

そのような方法による調査結果が妥当性を持つためには，保護者が可能な限り子どもの普段の生活実態を正しく把握していることが前提となる。

しかし，子どもは保護者にとっての「死角」において電子デバイスに触れている可能性が指摘できる。実際に，本研究での観察において，以下のようなエピソードが見られた。

9 歳 6 ヵ月の女児が，父，母，兄とともにリビングルームに集まっている場面である。部屋の一方の壁に面して机が置かれ，そこに家族共用のノートパソコンが設置されていた。そのパソコンを対象となった女児自身が使うことは，観察した限りではなかった。その代わりに，母や兄がそのパソコンを用いてインターネットを閲覧している際に，かれらの背後や横に立ち，話しかけながらパソコンの画面を見るという行動が観察された。このとき，母や兄の注意はパソコンの画面にあり，女児もまたその画面を見ているかどうかは判断できない状態であった。

さらに，同じ家族において，次のようなエピソードも見られた。

父が床の上にうつ伏せになって寝そべりながらスマホで検索をしていた。女児は父の背中の上に乗り，父の肩越しにスマホの画面をのぞき込んでいた。このとき，先述の母や兄と同様に，父にとって女児の行動は死角となっていた。

これらのエピソードにおいて女児がパソコンやスマホの画面を確実に注視していたとまでは言えない。しかしながら，見ようと思えば見ることのできる位置に子どもが身体を置き，なおかつ実際に電子デバイスを用いている家族からは死角となって子どもの行動が見えないケースがありうることが示されたのである。

電子デバイスの画面に注視する時間は一般に「スクリーンタイム」と呼ばれ，その長短が子どもの身体的・心理的側面と関連付けて論じられることがある。保護者の死角において子どもがスクリーンを見ていた場合，その視聴時間は保護者の報告からは抜け落ちる可能性が高いだろう。スクリーンタイムの正確な把握には，本研究のように子どもの視点から撮影された映像を用いるなどの工夫が必要である。

3.2. 「情報化」としての参加

従来の調査や研究において，電子デバイスの「使用」が意味していたのは，能動的な主体としての子どもが意図的に対象であるところのデバイスを操作することであったように思われる。

一方で，本研究が対象としている低年齢の子どもたちは自分専用の電子デバイスを所有していないことがほとんどである上に，使用可能なデバイスであっても限られた範囲の操作しかできないことが多い。

そのような場合，子どもが電子デバイスに関与する仕方として，子どもが自分そのものを電子デバイスで処理される情報とすることにより，家族の電子デバイス使用に間接的に参加することがありうる。以下のエピソードでこのことを示す。

5 歳 0 ヵ月の男児と母がリビングルームにいる。男児がソファにうつ伏せになっていたところ，母がスマートフォンの背面を男児に向けながら近づき，カメラアプリで男児の写真を撮った。それに気づいた男児は

「見せてー」と言いながら母に近づき，スマートフォンの画面に映る自分の写真をのぞき込んだ。その写真は遠方に住む祖母に送るためのものであったらしい。その後，男児は電話のアプリで祖母と会話を始めようとするが，先方が電話に出ずに，終わってしまう。

この事例は，子どもが「被写体」となり，映像情報として電子デバイスに処理されたものと言えるだろう。従来の「使用」とされる行動を行っているのはむしろスマートフォンで撮影を行った母の方である。しかし，カメラは被写体となる存在があってはじめてその機能を発揮する。この場合は，男児が被写体となりうるような姿勢でソファに寝そべっていたこと（たとえば，部屋の中を走り回っていたら被写体となるのは難しいかもしれない）が，撮影という母の行動やカメラの機能を成立させていたのである。このような全体的なアレンジメントの中核に，子どもは存在している。すなわち，保護者が子どもの普段の姿を写真に撮って親族に送るという実践の不可欠な要素としての子どもが，自らを映像情報として差し出すことでその実践に参加していた，と言うことができるのである。

このような参加の仕方を，「情報化」とここでは呼んでおきたい。たとえばセンサーなどのデジタルテクノロジーは，子どもの体温や呼吸，心拍などを情報として収集し，そこから子どもの表象を構成することを可能にする。このとき子どもはただ情報を奪われるのではなく，むしろ自らを情報化させて保護者とテクノロジーとが組織する実践系に不可欠な要素として入り込んでいるのである。

4. まとめ

11 の家族に協力を依頼し，日常生活の中での子どもの電子デバイス使用の実態を明らかにすべく，分析を進めている。本稿で示したのは観察の過程で見られたいくつかのエピソードに基づいた粗雑なアイディアである。

重要なのは，テクノロジーに媒介された社会的実践の中に子どもがどのように埋め込まれているのか，さらに，子どもがその過程でどのような経験をしているのかを具体的に記述していくことである。それを通して初めて，電子デバイスの使用が子どもにとって善い影響を与える，あるいは悪い影響を与えるといった粗雑な議論に陥らずに，電子デバイスと子どもの関係のあり方について論じることが可能となるだろう。

文献

[1] Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2006). The bioecological model of human development. In W. Damon, R. M. Lerner, & R. M. Lerner (Eds.), Handbook of Child Psychology Vol.1 Theoretical models of human development (6th ed.) (pp. 793–828).

[2] Danby, S. J., Fleer, M., Davidson, C., & Hatzigianni, M. (2018). Digital childhoods across contexts and countries. In S. J. Danby, M. Fleer, C. Davidson & M. Hatzigianni (Eds.) Digital childhoods: Technologies and children's everyday lives (pp.1-14). Springer.

[3] Navarro, J. L., & Tudge, J. R. H. (2022). Technologizing Bronfenbrenner: Neo-ecological Theory. Current Psychology, January. https://doi.org/10.1007/s12144-022-02738-3

[4] Plowman, L. (2020). When the technology disappears. In C. Donohue (Ed.) Exploring key issues in early childhood and technology: Evolving perspectives and innovative approaches. (pp.32-36) Routledge.

[5] Plowman, L. (2016). Rethinking context: Digital technologies and children's everyday lives. Children's Geographies, 14(2), 190–202.

[6] プラウト，アラン 元森絵里子(訳) (2017). 『これからの子ども社会学』. 新曜社.

[7] Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. Scientific American, 265(3), 94–104.

言語理解時のメンタルシミュレーションにおける視点取得 ——共感性との関連に着目して——

Individual differences in empathy affect perspective adoption in language comprehension

小波津 豪[†]，赤嶺 奨[‡]，里 麻奈美[§]，新国 佳祐[¶]
Tsuyoshi Kohatsu, Sho Akamine, Manami Sato, Keiyu Niikuni
[†]バスク大学，[‡]マックス・プランク心理言語学研究所，[§]沖縄国際大学，[¶]新潟青陵大学
University of the Basque Country, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Okinawa International University, Niigata Seiryo University
keiyu@n-seiryo.ac.jp

概要

人は言語理解において、文や文章の内容を心内に思い描く（メンタルシミュレーション）。先行研究において、文の主語が明示されていないと、たとえ文脈から省略された主語が明らかであっても、行為者・観察者どちらの視点も取得されることなく文内容のメンタルシミュレーションが行われることが明らかになっている。これに対して本研究では、共感性（特に、その認知的側面）が高い話者は、文脈が示す（省略された）主語の視点を取得しつつ主語省略文のメンタルシミュレーションを行うことを実験的に明らかにした。

キーワード: 言語理解 (language comprehension), メンタルシミュレーション (mental simulation), 視点取得 (perspective adoption), 共感性 (empathy)

1. はじめに

言語の理解には、文や文章が描写する状況を心の中に思い浮かべる過程、すなわちメンタルシミュレーションが伴うことが知られている[1]。さらに、言語理解時には、事象を主語の指示対象、すなわち行為者や行為の観察者などの特定の視点からシミュレーションされることが英語を対象とした研究で明らかになっている[2, 3]。Sato & Bergen [4]は、「あなたはりんごを切っているところです。」という文が含まれる文章に対しては、観察者視点よりも行為者視点で行為が描写された画像（下記図 1 参照）への一致反応時間が短く、「彼はりんごを切っているところです。」という文が含まれる文章に対しては逆に行為者視点よりも観察者視点の画像への一致反応時間が短いことを示しており、この結果は、日本語においても行為動詞の主語によって異なる視点が取得されることを示唆している。さらに Sato & Bergen は、「ちょうど今、りんごを切っているところです。」のように行為動詞の主語が省略された場合、先行の文脈文（例: あなたは／彼はアップルパイを作っています。）から省略された主語が明らかな場合でも、視点条件間の反応時間差がみられないことから、主語省略文の理解においては特定の視点の取得は行われないと説明している。一方で、主語省略文理解時に視点取得を行うかどうかには個人差がみられることを示した知見もある[5]。

本研究は、主語省略文理解に際するメンタルシミュレーションにおいて視点取得を行うかどうかには、共感性と関連する個人差が存在するという予測を立て、その検証を行うことを目的とする。主語省略文理解時のメンタルシミュレーションに伴う視点取得は、言語的に明示されていない情報を補完し、主語の指示対象を推測する過程を伴う点で、文脈に依存して行われる語用論的処理であると言える。Esteve-Gibert et al. [6]は、共感はそのような語用論的処理を行うために必要なスキルの重要な構成要素の一つであるとし、実際、共感性の高い個人ほど、言語理解の際にイントネーションの手がかりをもとに言外の意味を読み取るという語用論的処理を行いやすいことを示している。この知見に基づくならば、同じように共感性の高い個人は、主語省略文理解時に、文脈情報をもとに省略された主語を推測し、メンタルシミュレーションにおいて推測された主語の視点を取得するという語用論的処理を行いやすいことが予測される。一方で、共感性の低い個人は、そのような語用論的処理は行いにくいと考えられるため、文脈が示す主語を手がかりとした視点の取得は行わない傾向にあることが予測される。

なお、共感性は一般に、単一因子の構成概念でなく、多因子の複合的な概念として捉えられることが多い（例えば、[7]）。本研究では、共感性を、個人的苦痛、共感的関心、視点取得、想像性という 4 つの側面から測定する尺度である対人性反応指標（Interpersonal Reactivity Index：以下、IRI [7]）を用いて参加者の共感

性を測定する。言語（主語省略文）理解中のメンタルシミュレーションにおいて視点取得が行われるかどうかについてはSato & Bergen [4]の文-写真一致課題によって測定し、共感性との関連を検討する。

2. 方法

参加者

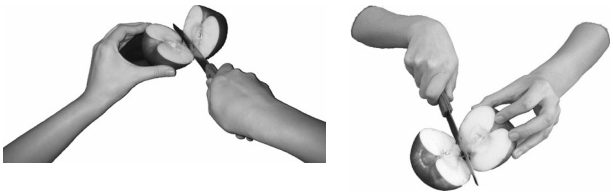
日本語を母語とする大学生・大学院生48名（男性12名、女性36名、平均年齢21.40歳、標準偏差1.99歳）が実験に参加した。すべての参加者が右利きであり、正常な（矯正）視力を有していた。

材料

文–写真一致課題 表1に示すような、2文（文脈文／主語省略文）からなる文刺激を48作成した。実験において各文刺激は、文脈文の主語を操作することで、二人称主語条件もしくは人名主語条件に割り当てられた。二人称主語条件では文脈文の主語を「あなた」とし、人名主語条件では「山田さん」などの一般的な姓とした（表1を参照）。

表1 文刺激の例

二人称主語条件
あなたは、アップルパイを作っています。／ちょうど今、りんごを切っているところです。
人名主語条件
山田さんは、アップルパイを作っています。／ちょうど今、りんごを切っているところです。



a. 行為者視点条件　　b. 観察者視点条件

図1 画像刺激の例

48の文刺激のうち、24をターゲット刺激とし、各ターゲット刺激について、主語省略文で描写されている行為（例：りんごを切る）が写された画像刺激を用意した。画像刺激は図1のように、各文刺激に対して(a)行為を行為者の視点から撮影したもの、(b)行為を観察者の視点から撮影したものの2種類を用意し、実験における行為者視点条件では(a)を、観察者視点条件では(b)を呈示した。

ターゲット以外の24の文刺激はフィラー刺激として扱い、それらについても画像刺激を用意したが、ターゲットとは異なり、文刺激で描写されている行為と画像に写されている行為とが一致していなかった（例：文中の行為は「紙を丸める」、画像内の行為は「紙をちぎる」）。フィラーの刺激セットにおける画像刺激は半数が行為者視点から、半数が観察者視点から撮影されたものであった。

画像刺激には、Sato & Bergen [4]が用いたものを著者の許可を得て使用した。すべての画像刺激内には、図1の例のように、行為者の腕と手、および行為にかかわる対象物以外は写されていなかった。

共感性の測定指標 共感性の個人差を測定する尺度として、IRI [7]の日本語版（以下、日本語版IRI [8]）を用いた。日本語版IRIは、個人的苦痛（Personal Distress：以下、PD、7項目）、共感的関心（Empathic Concern：以下、EC、7項目）、視点取得（Perspective Taking：以下、PT、7項目）、想像性（Fantasy Scale：以下、FS、7項目）の4つの下位尺度からなる28項目の尺度である。PDの項目例には「非常事態では、不安で落ち着かなくなる」、ECの項目例は「自分より不運な人たちを心配し、気にかけることが多い」、PTの項目例は「何かを決める前には、自分と意見が異なる立場のすべてに目を向けるようにしている」、FSの項目例は「自分の身に起こりそうな出来事について、空想にふけることが多い」などがあり、[8]に従って各項目に関して「全く当てはまらない（1点）」～「非常によく当てはまる（5点）」の5件法で回答を求めた。分析に際しては、逆転項目の処理を行った上で、下位尺度ごとの項目得点の平均値を求め、各下位尺度得点とした。

手続き

実験は、PsyToolkit [9, 10]を用いて遠隔で実施した。参加者には、物理キーボード付きのPCを用いて、周囲に人のいない静穏な環境で実験に参加するよう求めた。実験の教示はWeb会議システムZoomを通して各参加者に対して個別に行った。全参加者が、文-写真一致課題を遂行した後に、日本語版IRIにPC上で回答した。

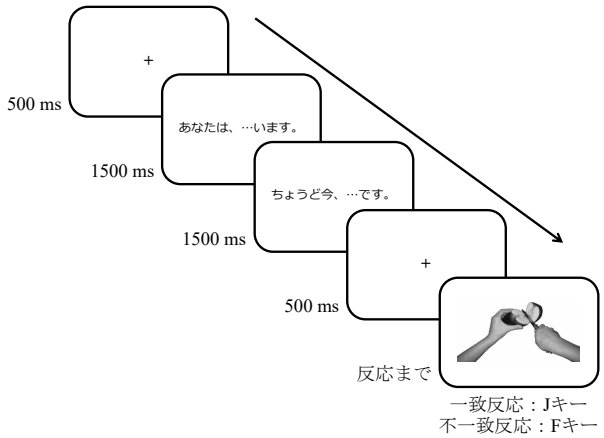


図 2　文-写真一致課題の 1 試行の流れ

文-写真一致課題ではまず、PC の画面中央に注視点（＋）を 500ms 間呈示し、続けて文刺激の文脈文を 1500ms 間、主語省略文を 1500ms 間この順序で呈示した（図 2 を参照）。その後、500ms 間の注視点に続けて、刺激画像を呈示し、参加者には文内容と画像が示す状況が一致していればキーボードの J キーを、不一致であれば F キーを素早くかつ正確に押すよう求めた。前述のように、ターゲットの刺激セットでは文刺激中に描写される行為と、画像刺激内の行為が一致していることから、ターゲットの刺激セットが呈示される試行（ターゲット試行）では一致反応を正反応とした。一方、フィラーの刺激セットが呈示される試行（フィラー試行）ではそれらが一致していないことから、不一致反応を正反応とした。刺激画像が呈示されてからキー押し反応までの時間を刺激画像への反応時間として記録した。

以上の流れを 1 試行として、参加者はこれを 48 試行（ターゲット試行 24 試行、フィラー試行 24 試行）遂行した。本番の試行の前には、練習用に別途用意した刺激セットを用いて、16 の練習試行を行った。練習試行においては、誤反応に対するフィードバックが与えられたが、本番ではフィードバックは与えられなかった。

ターゲットの刺激セットには、文脈文の主語 2 条件（二人称主語／人名主語）× 画像刺激の視点 2 条件（行為者視点／観察者視点）の 4 条件を均等に割り当てた。さらに、ラテン方格法に基づき刺激セットへの条件割り当てを入れ替えた刺激リストを四つ作成し、それぞれのリストにフィラーの刺激セットを加え、各リストに参加者を均等に割り振った。リスト内の刺激セットの出現順序は参加者ごとにランダム化した。

3.　結果

分析

分析には、文-写真一致課題における画像刺激への反応時間を従属変数として用いた。分析の対象はターゲット試行のみであった。分析に先立ち、誤反応がみられた試行（5.9%）、および反応時間が 2000ms 以上の試行（0.4%）をデータから除外した。さらに、参加者ごとに、反応時間がターゲット試行平均 −2.5*SD* を下回る、または平均 +2.5*SD* を上回る試行（2.5%）を除外した。

統計解析は、参加者と刺激セットをランダム効果とする線形混合効果モデル[11]を用いて行った。分析には R [12]と lme4 パッケージ[13]、lmeTest パッケージ[14]を使用した。分析にあたり、文脈文の主語が二人称（人名）かつ画像刺激の視点が行為者（観察者）の試行を一致条件、そうでない試行を不一致条件として定義した変数（以下、一致性とする）を作成し、これを固定効果としてモデルに含めた。推定の際は、一致条件を-0.5、不一致条件を 0.5 にコーディングした。さらに、*z* 得点に変換した日本語版 IRI 下位尺度得点を固定効果としてモデルに含め、日本語版 IRI の下位尺度（PD、EC、PT、FS）ごとに分けて分析を行った。各分析においては、固定効果間の交互作用もモデルに含めた。以下、日本語版 IRI の下位尺度ごとの分析結果を示す。

PD、EC、FS 尺度得点を固定効果とした場合

PD（個人的苦痛）、EC（共感的関心）、および FS（想像性）のいずれの下位尺度得点を固定効果にした場合の分析においても、一致性の主効果、尺度得点の主効果、および一致性×尺度得点の交互作用がいずれも有意でなかった（ps > .09）。

PT 尺度得点を固定効果とした場合

PT（視点取得）下位尺度得点を固定効果とした場合の分析においては、尺度得点の主効果（$\beta = 41.35, SE = 18.85, t = 2.25, p = .029$）および一致性×尺度得点の交互作用（$\beta = 24.38, SE = 8.52, t = 2.86, p = .004$）が有意であった。一致性の主効果は有意でなかった（$\beta = 7.03, SE = 8.47, t = 0.83, p = .407$）。

一致性×尺度得点の交互作用が有意であったため、PT 尺度得点を−*SD* 分および+*SD* 分ずらして再度同じモデルによる推定を行うことにより、PT 尺度得点高低別の一致性の単純主効果について検討した。その結果、PT 尺度得点低群では一致性の単純主効果は有意でなかったが（$\beta = -17.35, SE = 12.04, t = -1.44, p = .150$）、PT 尺度得点高群では有意であった（$\beta = 31.41, SE = 11.98, t$

=2.62, p = .009)。また、[一致条件, 不一致条件] を [1, 0] および [0, 1] にコーディングし直して再度推定を行うことにより、一致性条件ごとの尺度得点の単純主効果について検討した。その結果、一致条件では尺度得点の単純主効果は有意でなかったが (β = 30.16, SE = 19.33, t = 1.56, p = .125)、不一致条件では有意であった (β = 54.54, SE = 19.32, t = 2.82, p = .007)。

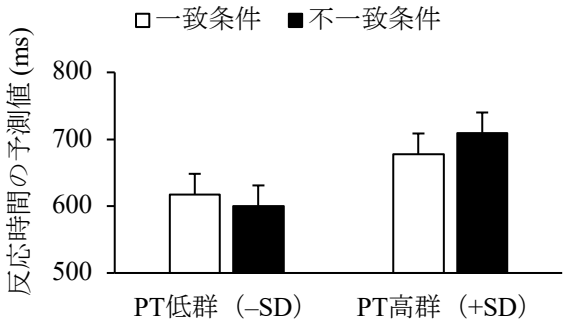


図 3 混合効果モデルの各推定値から予測される一致性条件ごと・PT 尺度得点高低別の画像刺激への平均反応時間（エラーバーは標準誤差を示す）

正反応率

反応時間の分析と同様、文-写真一致課題におけるターゲット試行の反応の正誤についても、日本語版 IRI の下位尺度ごとに、一致性と IRI 下位尺度得点を固定効果とするロジスティック混合効果モデルにより分析した。その結果、いずれの下位尺度得点を分析に用いた場合も、一致性・尺度得点の主効果、および一致性×尺度得点の交互作用はすべて有意でなかった（p > .10）。一致性条件ごとの平均正反応率 (SD) は、一致条件で 94.4（7.4）%、不一致条件で 94.1（8.0）%であった。

4. 考察

本研究では、日本語版 IRI と、Sato & Bergen [4]の文-写真一致課題を用いて、共感性の個人差と、主語省略文理解時のメンタルシミュレーションにおける視点取得との関連について検討した。文-写真一致課題における画像刺激への反応時間を分析した結果、IRI の PT（視点取得）下位尺度得点が比較的高い参加者は、文脈文の主語と画像刺激の視点が、二人称-行為者、人名-観察者のように一致している場合、それらが不一致の場合よりも反応時間が短いことが明らかとなった。この結果から、共感性の一側面である PT が高い個人は、文脈文の主語が自分を指す「あなた」であれば、後続する主語省略文理解の際に行為者の視点から、文脈文の主語が自分以外の他者であれば行為の観察者の視点から文内容のメンタルシミュレーションを行っていたことが示唆される。一方、PT 下位尺度得点が比較的低い参加者には、一致性条件間に反応時間の有意差はみられなかった。この結果から、PT が低い個人は、PT が高い個人にみられるような文脈情報を利用した視点取得を、メンタルシミュレーション時に行っていなかったことが推察される。

以上の結果は、共感性は語用論的スキルの構成要素であり、したがって共感性の高い個人ほど、文脈に依存して行われる語用論的処理（文脈情報を利用した主語の補完を伴う視点取得）を行いやすいという本研究の予測と一致しており、共感性と言語理解における語用論的処理の関係を先行研究[6]とは異なる観点から示した重要な知見である。

さらに、本研究において、一致性との交互作用効果を示したのが PT 尺度得点のみであった点も注目に値する。先述のように、IRI は PD、EC、PT、FS の 4 つの下位因子をもつが、このうち PD、EC は共感性の情動的側面（情動的共感）を、PT、FS は共感性の認知的側面（認知的共感）をそれぞれ測定するとされ、さらに、認知的共感の中心的概念は PD であるとされている[8, 15]。ゆえに、言語理解において求められる語用論的スキルには、情動的共感よりは認知的共感の寄与が大きいことが示されたと言える。この点は、先行研究においては得られていない本研究による新奇な知見であり、今後さらに、言語運用の様々な側面との情動的共感・認知的共感のかかわりについて解明が進むことが望まれる。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H01263（研究代表者：里麻奈美）、JP21K12989（研究代表者：新国佳祐）の助成を受けたものです。

文献

[1] Barsalou, L. W., (2008) “Grounded Cognition”, Annual Review of Psychology, Vol. 59, pp. 617-645.
[2] Brunye, T. T., Ditman, T., Mahoney, C. R., Augustyn, J. S., & Taylor, H. A., (2009) “When you and I share perspectives: Pronouns modulate perspective taking during narrative comprehension”, Psychological Science, Vol. 20, No. 1, pp. 27-32.
[3] Ditman, T., Brunye, T. T., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A., (2010) “Simulating an enactment effect: Pronouns guide action

simulation during narrative comprehension", Cognition, Vol. 115, No. 1, pp. 172-178.
[4] Sato, M., & Bergen, B. K., (2013) "The case of the missing pronouns: Does mentally simulated perspective play a functional role in the comprehension of person?", Cognition, Vol. 127, No. 3, pp. 361-374.
[5] 新国佳祐・里麻奈美・邑本俊亮, (2021) "自己主体感の個人差が主語省略文理解時の視点取得に及ぼす影響", 心理学研究, Vol. 92, No. 2, pp. 89-99.
[6] Esteve-Gibert, N., Schafer, A. J., Hemforth, B., Portes, C., Pozniak, C., & D'Imperio, M., (2020) "Empathy influences how listeners interpret intonation and meaning when words are ambiguous", Memory and Cognition, Vol. 48, No. 4, pp. 566-580.
[7] Davis, M. H., (1980) "A multidimensional approach to individual differences in empathy", JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology, Vol. 10, p. 85.
[8] 日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・Davis, M. H.・野村理朗, (2017) "日本語版対人反応性指標の作成", 心理学研究, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71.
[9] Stoet, G., (2010) "PsyToolkit - A software package for programming psychological experiments using Linux", Behavior Research Methods, Vol. 42, No. 4, pp. 1096-1104.
[10] Stoet, G., (2017) "PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments", Teaching of Psychology, Vol. 44, No. 1, pp. 24-31.
[11] Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M., (2008) "Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items", Journal of Memory and Language, Vol. 59, No. 4, pp. 390-412.
[12] R Core Team, (2019) "R: A language and environment for statistical computing", R Foundation for Statistical Computing.
[13] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S., (2015) "Fitting linear mixed-effects models using lme4", Journal of Statistical Software, Vol. 67, No. 1, pp. 1-48.
[14] Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B., (2017) "lmerTest package: Tests in linear mixed effects models", Journal of Statistical Software, Vol. 82, No. 13, pp. 1-26.
[15] 菊池章夫, (2014) "さらに／思いやりを科学する : 向社会的行動と社会的スキル", 川島書店

英語の使役構文の成立条件とその獲得について
Cognitive Constraints on Causative Constructions in English and Their Acquisition

本多 明子[†]
Akiko Honda
[†]神戸女子大学
Kobe Women's University
a-honda@yg.kobe-wu.ac.jp

概要

This study focuses on the acquisition of the English causative constructions from the viewpoint of Construction Grammar. The theory regards grammar such as words and idioms as constructions – pairings of form and meaning. This paper deals with the adjectival resultative construction (RC) and the *make*-causative construction (MCC). Previous studies have shown that the form-meaning of a construction is based on the argument structure and the meaning of general-purpose verbs such as *do*, *go*, *make*, *give*, and *put* (cf. Clark (1978)), which are frequently used in children's utterances in the early stages of language acquisition. According to the previous research, the RC is related to the verb *make*, which expresses the meaning of causative. Although this may account for the reason why the RC has a causative meaning, questions remain regarding the differences in constructional properties. We present a new proposal by comparing the constraints on these two constructions. This paper shows that the RC and the MCC are separate and independent. The cognitive constraint on the RC is different from that of the MCC, and also there is a difference in acquisition.

キーワード：使役構文, 構文文法, 獲得, 成立条件

1. 構文の形式と意味

言語学における構文文法理論は，構文という基本的な概念を文法における基本単位とし，構文は各々独自の形式と意味から成り，言語は構文の集合であるとの考えに基づいている(Fillmore, Kay & O'Connor (1988), Goldberg (1995)). 例えば, 英語には, 結果構文(Resultative Construction (以後，RC))と呼ばれる構文が存在し，RC の form (形式)と meaning (意味)は，次のとおりである (cf. Goldberg (2004), (2006)). Subj は Subject (主語)，V は Verb (動詞)，Obj は Object (目的語)，RP は Resultative Phrase (結果句)を表す.

(1) Resultative Construction (RC)
Form: [$Subj_X$-V-Obj_Y-RP_Z]
Meaning: X CAUSE Y TO BECOME Z

それぞれの構文の形式と意味がどのように結び付いているのかについて，Goldberg は言語獲得初期に子どもの発話のなかで頻繁に使用される *do*, *go*, *make*, *give*, *put* など(cf. Clark (1978))汎用性の高い動詞(general purpose verbs)の項構造と意味を基盤にしていると論じている. 例えば, 動詞 *make* は[$Subj_X$-V-Obj_Y-RP_Z]の形式に生じる頻度が高いことから，この形式をもつ RC は動詞 *make* (使役)の意味と結び付いている．他にも，英語の使役移動構文(Cause-Motion Construction (CMC))は動詞 *put* と，二重目的語構文(Ditransitive Construction (DC))は *give* の項構造と意味に基づいている．つまり，汎用性の高い動詞が特定の項構造に頻出することで，子どもは構文の形式と意味の対応関係を認識しているということである.

(2) a. RC [$Subj_X$-V-Obj_Y-RP_Z] *make*
b. CMC [$Subj_X$-V-Obj_Y-Obl_Z] *put*
c. DC [$Subj_X$-V-Obj_{1Y}-Obj_{2Z}] *give*

果たしてそうなのか. 本研究では, この点について, 構文特性をもとに検証する.

本論文の構成は次のとおりである．第 2 節では構文論的視点から，RC と動詞 *make* を伴う使役表現の成立条件について提示し, その成立条件を基に, 前者と後者は別個に独立して存在する構文，すなわち，後者は Make-Causative Construction (MCC)であることを示す. 第 3 節では，当該構文間の関係性を示すことにより，RC と MCC の獲得上の差異を説明できることを述べる. 本研究における子どもと養育者の発話に関しては，発話データベース CHILDES を利用している．第 4 節は纏めである.

2. RC と MCC の成立条件

Goldberg が提案するように，仮に動詞 *make* の項構造と意味が RC に対応しているのであれば，*make* を用いた表現により記号化できる使役事象を RC で表すことができることになる．しかし実際には，そうならない．*マークは文法構文として適格でないことを示す．

(3) a. He made it dry/damp by wiping it.
b. He wiped it dry/*damp. (Green (1972: 83-84)
(4) a. He made it flat/safe by hammering it.
b. He hammered it flat/*safe. (ibid.)

例えば(3a)と(3b)を比較すると，動詞 *make* を用いた(3a)の場合には，形容詞 dry だけでなく、その反意語である damp も共に生じることができる．それに対して，RC の場合には，(3b)に見るように，RP に damp が生じると RC として不適格になる．日常的には，例えば，洗った食器を拭いているうちに，布巾が水分を含み吸水性が下がり，拭かれた対象が湿った状態になることがある．しかし，このような因果関係の事態を RC では言語化できない．

他にも，(5a)と(5b)、(6a)と(6b)のような対比が見られる．動詞 make を用いれば表現できる事態であっても，RC では，文法構文として成立しない場合がある．(5b)と(6b)の例は Simpson (1983: 146)からの引用である．

(5) a. Medusa made the hero stone by seeing it.
b. *Medusa saw the hero stone.
(6) a. Midas made the tree gold by touching it.
b. *Midas touched the tree gold.

(5)に見るように，Medusa が英雄を見て石の状態に変えたという因果関係の事態について動詞 *make* を用いた表現では言語化できるが，RC ではできない．同様のことが(6)にも当てはまる．

そもそも RC には，RC 特有の構文を成立させている条件がある(拙論 (2004))．つまり，RC では動詞で表される行為が結果事象を引き起こす直接的な原因となっていなければならないのである．上述の(5a)と(6a)が文法構文として成り立つのは，使役動詞 make を用いた構文特性による．即ち，視覚にとらえたものを石の状態に変えたり，触れたものを黄金の状態に変えたりするのは，其々の動詞(*see* (5), *touch* (6))によって表される行為ではなく，Medusa や Midas の能力であり，その原因は主語にある．また，先に挙げた(3b)の*He wiped it damp. が RC の文法構文として成立しないことについても，同様の説明が当てはまる．すなわち，代名詞の it で表されているものが濡れた状態になった直接の原因は，wipe (拭く)という行為自体ではなく，水分を含んだ状態の布巾で拭いたなど，その行為以外のところにある．

このように RC と MCC は文法構文として成立する条件が異なっている．本論文では，動詞 *make* を用いた使役表現を RC とは独立して存在する Make-Causative Construction (MCC)とみなす．

(7) Make-Causative Construction (MCC)
Form: [Subj$_X$- MAKE-Obj$_Y$-RP$_Z$]
Meaning: X CAUSE Y TO BECOME Z

加えて，RC の構文特性を考慮に入れ，その意味を(8)とする．

(8) Resultative Construction (RC)
Form: [Subj$_X$-V-Obj$_Y$-RP$_Z$]
Meaning: ACTION CAUSE Y TO BECOME Z

3. RC と MCC の獲得

構文の成立条件が異なる RC と MCC を独立した別個の構文であると捉えることにより、この二つの構文の獲得上の差異について説明することができる。すでに拙論 (2019)で示したように，MCC は一般に 2 歳の段階で獲得されている一方で(shall I make it bigger for you? (Lara (2 歳 7 ヶ月))、MCC と同じように，RP の位置に形容詞が生じる RC は 2 歳の段階では獲得されていない．本研究においても、さらに調査対象を増やし，子どもの発話データベース CHILDES より Thomas (2 歳 0 ヶ月 (以下，データの発話時期は 2; 0 のように表記する)～4 歳 11 ヶ月)と MacWhinney (2 歳 3 ヶ月～7 歳 8 ヶ月)の調査を行ったが結果は同じであった。(9)と(10)に見るように，Thomas と MacWhinney も 3 歳に至るまでに MCC を獲得していた．

[Thomas]
(9) a. where the doctors are going to make her better. (2; 4)
b. <make it> [/] make it harder. (2; 7)

c. Dimitra make it clean. (2; 10)
d. make it better. (2; 10)
e. make her better. (2;11)
f. dustbin man crush them make some bigger. (2; 11)
g. make it nice an(d) dark there. (2; 11)
h. fire make it nice an(d) clean. (2; 11)

[MacWhinney]

(10) a. I'm going to make you happy. (2; 06)
b. you make it better. (2; 06)
c. make it dry. (2; 06)
d. it make me sick. (2; 06)
e. I'm going to make it big at home. (2; 09)
f. because they make me mad. (2; 10)

上記の子どもの発話事例からも分かるように，MCC の RP の位置には, RC に比べると better, harder, clean, happy, big など様々な状態を表す形容詞が生起することができる.

一方, RC の獲得については，養育者が(11)に見る RC を用いて子どもに向けて発話している場面があったが，子どもの発話には RC は観察されなかった.

(11) a. I've got to cut the parcel open, haven't I? (Thomas (2; 01)に向けて)
b. let's brush these teeth clean. (Thomas (2; 04)に向けて)
c. Pingu wiped the baby's bottom clean and then gave the dirty cloth to Pingu. (Lara (2; 09)に向けて)

このように、一般に 2 歳児は MCC をすでに獲得していることに加え、養育者からの RC の入力があるにもかかわらず、RC の発話が観察されない。この点についても、MCC を独立した構文として RC とは異なる特性を持つ別個の構文であると捉えることにより説明できる。上述したように、RC が文法構文として成り立つには、RC が表す結果事象の原因が動詞によって言語化される行為に帰されることが条件となる。一方で、MCC の場合には、言語化される結果事象の原因を主語など動詞の行為以外に帰すことができる。この違いが RC と MCC の言語獲得上の差異を生み出している要因の一つであると考えられる。

MCC から RC の獲得に至るまでには、さらに幾つかの構文を獲得していることが確認できる。CHILDES に基づく調査結果からも、MCC 獲得後、子どもは(12)のような結果事象と原因事象を単文に分けて接続詞 and で結んだ形式や(13)のような原因事象について because 節の形式を用いて発話している。原因事象と結果事象が一つの形式で記号化される RC の獲得までには幾つかの構文獲得段階があることが確かめられる。

(12) I'm going to kill him (.) and he's going to be dead (MacWhinney, 3; 05)
(13) a. I wanna go to bed now (be)cause I'm tired. (Lara, 2; 11)
b. run inside (be)cause (.) &-um [/] &-um (.) (be)cause the doors are shutting. (Thomas, 3; 08)

4. おわりに

本論文では、英語の使役構文に属する形容詞を伴う RC に着目し, 構文文法論的観点からその形式が持つ意味について言語獲得の側面を考慮に入れ考察を行ってきた．RC と使役動詞 make を伴う，いわゆる MCC は成立条件が異なることから，独立して存在する構文であるとみなされる。RC と MCC は基本的に因果関係を記号化しており，使役の意味を表す点では両者は一致するものの，RP によって表される結果の原因となる部分の違いにより，言語化できる構文が異なってくる．RC を獲得する上で，その特性上，MCC とは異なり，結果事象の直接的な原因が動詞によって表される行為にあることを認識しておく必要がある. 今後は, 発話データを用いた体系的、且つ、量的な分析を行うとともに，子どもの出来事の表象や因果関係の認知の発達と言語使用の関連について，さらに研究を進めていく.

謝辞

本論文の執筆にあたりまして，査読委員の先生方に大変貴重な御意見を賜りました．心より感謝申し上げます. 本研究は JSPS 科研費 18K00668 の助成を受けたものです.

参考文献

[1] Clark, Eve V., (1978) “Discovering what words can do”, the Papers from the Parasession on the Lexicon, Chicago Linguistic Society, pp. 34-57.

[2] Goldberg, Adele E., (1995) Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure, Chicago, University of Chicago Press.

[3] Goldberg, Adele E., Devin Casedhiser and Nita Sethuraman, (2004) “Learning Argument Structure Generalization”, Cognitive Linguistics 14, pp. 289-316.

[4] Goldberg, Adele E., (2006) Constructions at Work – The Nature of Generalization in Language, Oxford, Oxford University Press.

[5] Georgia M. (1972) “Some observations on the syntax and semantics of instrumental verbs”, In Paul M. Peranteau, Judith N. Levi & Gloria C. Phares (eds.), Papers from the eighth regional meeting of Chicago Linguistic Society. 83-97.

[6] Honda Akiko, (2019) 形容詞を伴う結果構文と Make 使役構文の獲得について(On the Acquisition of Adjectival Resultative Constructions and Make-Causative Constructions in English)日本認知科学会第36回大会論文集. (OS10-7).

[7] MacWhinney, B., (2000) The CHILDES Project: Tools for analyzing talk. 3rd. ed. Vol. 2. The Database, Mahwah, N.J.: LEA.

[8] Simpson, Jane (1983) “Resultatives”, in L. Levin, M. Rappaport, and A. Zaenen, eds., *Papers in Lexical-Functional Grammar*, pp. 143-157, Bloomington, Indiana University Linguistics Club.

視覚復号型秘密分散暗号の立体視能力を用いた復号
Decryption of Secret Sharing Visual Cryptography with the Ability of Stereoscopic View

大槻　正伸†，小泉 康一†
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi
†福島工業高等専門学校
National Institute of Technology, Fukushima College
ohtsuki@fukushima-nct.ac.jp

概要

視覚復号型秘密分散暗号は,文字などが描かれた元情報の画像を数枚の画像に分けて暗号化し，そのうち何枚か（または全部）を集めて重ね合わせることにより元の情報が復元できるものである．元情報の認識は人間の視覚的な認知能力によりなされる．

今回新たに，正統的なシートの重ね合わせ復号法の他に，立体視能力により復号が可能であることが分かった．

本研究では，この新たな復号法についてその脳内計算を推定し，実験により，観察者（両眼）－画像間距離と復号像の明確さについて測定した．

キーワード：秘密分散，視覚暗号, (K,N)しきい値法, RDS（ランダムドットステレオグラム），立体視

1.　はじめに

視覚復号型秘密分散暗号（以下では簡単に「視覚暗号」ともよぶこととする[1][2][4][5][7]）は，復号において人間の視覚認知能力を用いる暗号方式の一種である．本論文では，従来の正規の画像の重ね合わせによる復号方法ではなく，新たな第 2 の方法である，立体視能力を用いた復号法（いわば RDS（ランダムドットステレオグラム [3][6][8] ）を見る立体視能力による復号法）について論じる．

以下本論文では，本節で視覚暗号の概略について述べ，第 2 節で「第 2 の立体視能力を用いた復号法」について説明し，そしてこの方法で復号が可能な理由について考察する．第 3 節では，この方法の復号がどの程度明確なものかの実験について報告する．

さて，視覚復号型秘密分散法の（K,N）しきい値法とは, 文字や絵などの視覚情報を N 枚の画像情報に分け，そのうちどの K 枚でも集めて画像を重ね合わせると元の情報が視覚的に復元できるが，どの(K-1)枚以下集めても元の情報を復元できないという暗号方式であり，Naor と Shamir により提案された[1].

以下では(K,N)= (2,2)しきい値法を扱う．(2,2)しきい値法の簡単な例を図 1 に示す．図 1 では，「○」が描かれた元画像に対し，この画像情報をもとに，A と B の

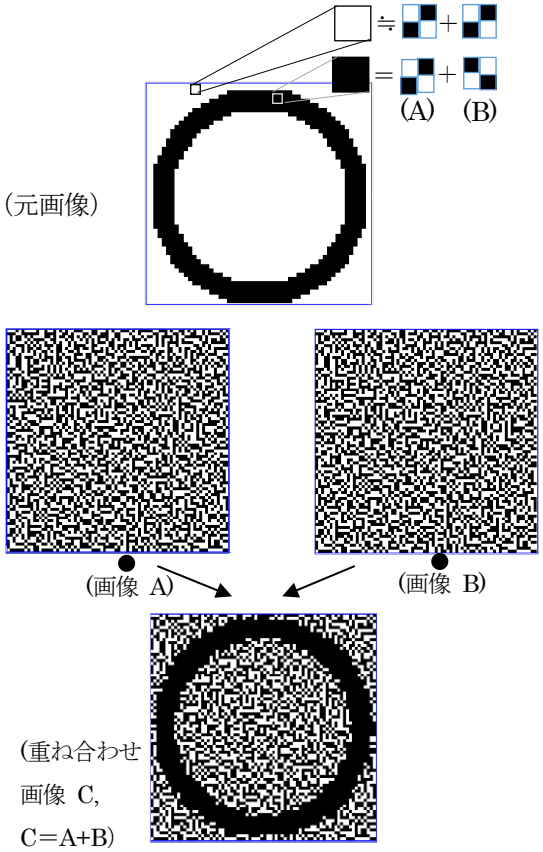


図 1　(2,2)しきい値法の例

N(=2)枚の画像を作成する（作成方式については後述）．画像 A，B は例えば，OHP シート等の透明シートに印刷する．K-1(=1)枚の画像 A，あるいは B だけを見ても何の情報も得られないが，K(=2)枚を重ね合わせると，「○」の情報が視覚的に得られる．

実際に図 1 を OHP シート等の透明なシートにコピーし，透明シートの画像 B（A）を元の画像 A（B）に正確に重ねると,「○」が浮かび上がることが確認される．

視覚暗号が提案されてから，この種の暗号方式について様々な数学的研究が行われているが[2][7]，復号に人間の視覚認知能力を使うにもかかわらず，認知科学的な研究はほとんどなされていない．

ここで，(2,2)しきい値法における，画像 A，B への情

報の分割方法について簡単に説明する．
図 1 に示す通り，画像の 1 画素（(小さな□の領域 1 つ，これを以下「1 ドット」とよぶこととする）に対し，その 2×2 領域（小正方形 4 個＝田）への分割を考える．元画像の 1 ドットが白（□）であれば，2×2 分割領域のうち 2 つを（通常ランダムに）黒として，このドットの画像 A における情報＝このドットの画像 B における情報とする（図 1 右上(A)(B)（上））．

そうすると，画像 C=画像 A＋画像 B（A,B の重ね合わせ：白＝0，黒=1 としたときの論理和（OR））とすると，画像 C におけるこのドットは 1 ドット領域の 50%が白，50%が黒となる．

一方，黒のドット（■）の場合，その 2×2 の分割領域を，画像 A では，ランダムに 2 つ黒とし，画像 B では，画像 A での白黒を反転したものとする（図 1 右上(A)(B)（下））．そうすると，重ね合わせた画像 C では，このドットは 1 ドット領域の 100%が黒となる．

このようにすると，画像 A，B では，ともに元画像で白ドット（□）の部分も，黒ドット（■）の部分も，ランダムに 50%（2 個／4 小正方形）が黒であり，画像 A のみあるいは B のみでは元の「○」の情報は得られない．しかし，画像 C＝画像 A＋画像 B では「○」が視覚的に認知される．

人間の視覚においては，50%黒のドットの領域と 100%黒の領域は明瞭に区別でき，重ね合わせにより「○」の情報が復元されることになる．ただし，元画像で白い領域は，画像 C では完全に白ではなく，全体として画像 C は元画像とは異なるが，人間の視覚認知能力により元の文字等の情報が復号されることになる．

このように，この程度の文字や大雑把な絵などに限定すれば，この方式は，元画像情報を，画像 A，B に暗号化し，1 つの画像のみでは意味をなさず，重ね合わせにより復号ができる暗号システムとなっている．実際には相当細かい絵のカラー画像に関する暗号システムも構築されている[2].

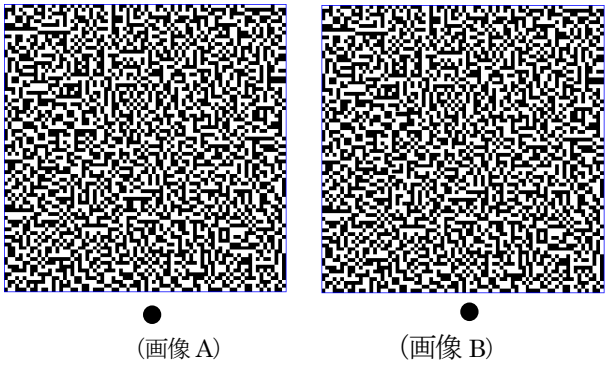


図 2　RDS の例
（視覚暗号ではなく純粋に RDS の例である）

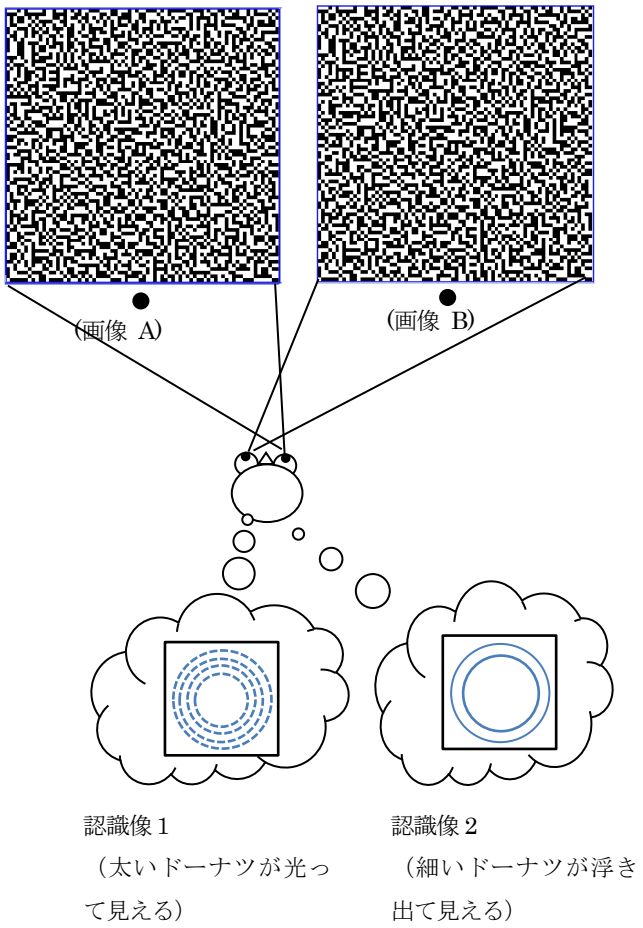


図 3　視覚分散型暗号画像を交差法で見て復号する例（画像は図 1 を拡大したもの）

2.　立体視能力による復号

前節で述べた通り，視覚暗号の復号は 2 枚の画像（少なくとも片方は透明シートに印刷されたもの）を物理的に重ね合わせることによって行われる．

しかし今回は新たに，人間の立体視能力，すなわち，RDS（ランダムドットステレオグラム[6][8]）において立体錯視像を認知する能力を用いて，簡単に復号されてしまうことが分かった．これはいわば物理的な重ね合わせでなく，脳内の重ね合わせによる復号法である．脳内の重ね合わせでは，白(0)，黒（1）の論理和をとっているわけではない（実際に「○」等の文字の部分は黒色ではない)が，明確に復号される．

まず RDS であるが，RDS では，2 枚の画像 A，B を

用意し，A を左側に B を右側に配置する．A，B をそれぞれ①A を右眼，B を左眼（あるいは②A を左眼，B を右眼）に入力すると，描画されたドットのずれにより奥行き知覚が生じる（図 2）．①は交差法，②は平行法とよばれ，①で手前に浮かび上がって知覚された図形などは，②では逆に奥に知覚される．図 2 を①交差法で両眼視すると中央付近やや左の四角形の領域が浮かび上がって見える．基準（●）が 3 つに見えるよう眼球操作をすると①（②）の状態になり立体錯視現象が生起する．

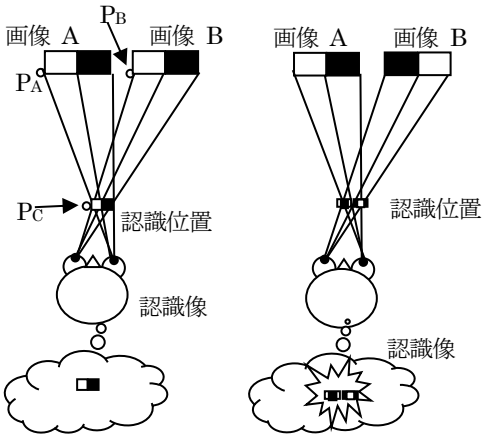
次に立体視能力による視覚暗号の復号であるが，実際に図 1，図 3 の画像 A,B を RDS の要領で立体視すると，RDS の認知像ほど明瞭にではないが，確実に「○」を認知できる．図 1,図 3 は小さいので眼球操作がやや難しいため，付録として，より大きな視覚復号型暗号の画像（今回第 3 節の実験で使用した画像 A,B の縮小版）を示す．RDS の眼球操作にある程度慣れている観察者でなくては復号像が得にくいようではある．

図 1，図 3 を RDS の要領で両眼視（特に交差法の方が見やすいようである）すると暗号化された文字が，RDS ほど明瞭ではないが第 2 の復号法とできる程度に十分文字等が認知されることが確認できる．実際図 3 を交差法で見ると「ちかちかと光ったような○」が観察できることが O,K,A らの複数人の観察者によって確認されている．

このようにして復号が可能になる理由は次のように考えられる（図 4）．元画像の白ドット（□）の場合（図 1）このドット上半分（2 個の小正方形）は図 4 左のような状況になっている（①交差法の状況を想定）．
まず白の領域の左端点について考える．人間の脳内では，この 2 つの白の領域が同一のものであると認識（同一視）され，P_A（画像 A の左端点）と右眼を結ぶ直線と，P_B（画像 B の左端点）と左眼を結ぶ直線の交点にこの左端点がないと「同一」に矛盾するから，白の領域の左端点は P_C の位置に認識される．このような位置認識が各部分で行われ，それを統合し図 4 左のように，白と黒の領域（□■）は実際よりも手前に認識される．

一方，元画像の黒ドット（■）の上半分は暗号化により，画像 A では（□■），画像 B では（■□）となっているため，この範囲の領域の同一視を行うと，白の領域と黒の領域が同一視され，白か黒か曖昧であり全体では「目がちかちかするような感覚」を覚え，少し光ったような領域が認識される．

元画像の白のドットと黒のドットの認識には以上のような違いがあり，全体として，白い領域は明瞭に位置が定まり，文字（「○」）である黒の領域は光った感じに，しかも位置も曖昧に認識される．



（1）元白色ドット　（2）元黒色ドット
（上から見たところ）

図 4 ドットの同一視と認識像

この違いにより，視覚復号型暗号は，人間の立体視能力により復号されてしまうと考えられる．

なお，RDS 認知能力は，「間違い探し問題」にも応用することができること，間違い探しにおいても「光った感じ」により間違いが見つかるものであることが知られている．これは，この視覚暗号の復号と同種類の現象と思われる．

以上の考察はあくまでも推論であり，より詳しい実験等により確認されるものである．というのも次の現象も今回分かったからである．

視覚復号型暗号の画像 A,B を実際に交差法で見ると，まず前述のように図 3 左のように光った「○」が認識されるが，さらに眼球をそのまま固定していると，○の部分が，少し細（ほそ）くなり浮き出て見えることも観察できる（図 3 右）．このように，2 つの認識像があることは，図 3 左（認識像 1）の状態では距離計算がほとんどなされずにいるのに対し，図 3 右（認識像 2）では，白のドットと黒のドット（あるいは，白と白のドット，黒と黒のドット）を，ある意味無理やり同一視し距離計算を行った結果とも考えられる．認識像 2 の「細くなった文字等が浮き出て認知される現象」についての考察は今後の課題となっている．

3. 立体視能力による復号の明瞭さ

立体視能力を用いた視覚暗号の復号は，どのような条件で可能となるのかについては全く調べられていない．実際に複数の観察者 O, K, A がいくつかの実例で試した感じであるが，各ドット（あるいはドットを分割した白色または黒色の領域）の大きさが小さくなると認知しにくくなるようである．[7]で紹介されている視覚復号型暗号の例は，ドット（白黒の領域）が小さいせいかと思われるが，立体視能力での復号がほとんどできない．

そこで，立体視能力による復号可能な条件を調べる第一歩として，画像と観察者間距離と復号像の明瞭さを計測する実験を行った．同じ大きさのドットであっても，観察する距離が大きくなれば，その網膜像は小さくなるから，この実験によりドットの大きさと復号可能性の関係がある程度明らかになるものと思われる．

今回は実験環境を図 5 のように設計した．まず，コンピュータディスプレイ（または壁）に視覚暗号の画像 A,B を表示（下記 d≧3[m]では、壁に同サイズの印刷物を表示）する．画像 A,B は，ともに一辺 10.0[cm]の正方形とし，画像 A,B は 2.0[cm]の間隔をあけて表示する．

観察者(O：矯正視力 左 1.2 右 1,0 で実験)は，ディスプレイに両眼を平行にして，交差法により復号する．復号できた場合，その復号像（認知像 1,2（図 3 参照））の明瞭さを 5 段階評価し(認識できない場合を 0 とし，見える場合を 1～5 の 5 段階評価)，そのときの両眼の乗る平面からディスプレイの表面までの距離 d[m]をレーザー距離計（精度：1[mm]）により測定する．

表示画像 A,B は，ドットの一辺を 0.27[cm]とし，

（1） 各ドットを 2×2 の 4 分割(ドット内の黒領域，白領域は一辺 0.135[cm]の正方形)

（2） 各ドットを 5×5 の 25 分割（ドット内の黒領域，白領域は一辺 0.054[cm]の正方形)

の 2 つの場合について実験を行った（付録）．

実験結果を図 6 に示す．この結果から次が示唆される．

1．認識像 1 より認識像 2 の方が明瞭に認識される．

2．立体視能力による復号は，画像に比較し，相当の距離があっても可能であるが，距離が遠くなればまたは極端に近くなると復号しにくくなる．
（10[cm]×10[cm]の画像(1 ドット一辺 0.27[cm]）を 5[m]以上離れて見ても復号可能）

3．1 ドットの中の黒領域，白領域が小さくなると復号可能な限界距離は短くなる．

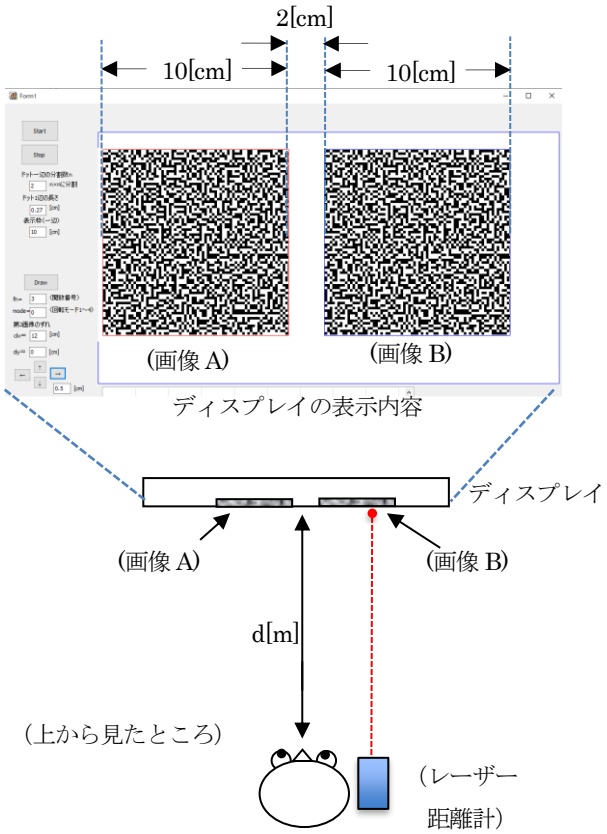
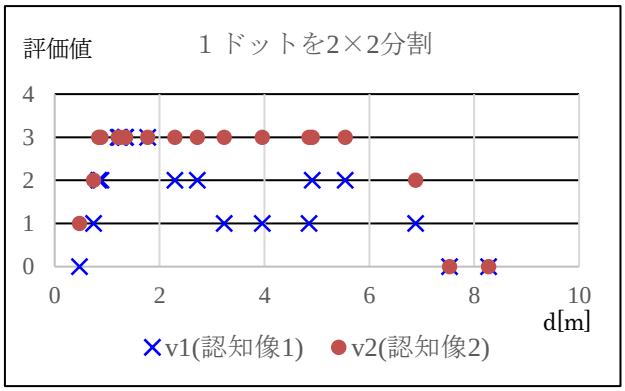


図 5 実験環境



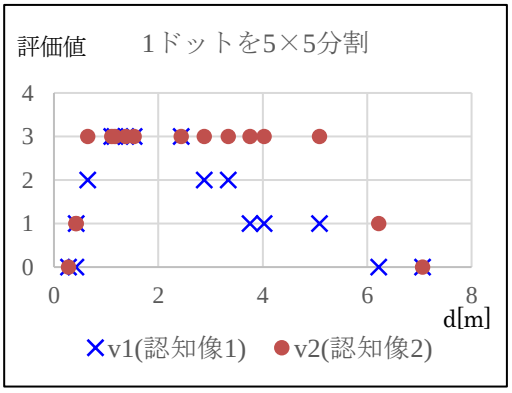


図 6 実験結果

４．結言および今後の課題

視覚復号型暗号（(2,2)しきい値法）の画像を立体視能力（RDS を認知する能力）を用いて復号が可能であることが分かった．これは新たな復号法と考えられる．

復号可能な理由を推定し，心理物理学的実験により，提示画像，観察者間距離と復号像の明瞭さを計測した．

立体視，RDS については膨大な研究がなされているが[3][6]，これらの視覚認知能力を視覚暗号の復号に用いる，という考え方は今のところほとんどない．

一方，視覚暗号の研究は，基本的に，元画像の各ドットを，一般的に $n \times n$ 分割し，どのように白黒を組み合わせれば暗号システムとして成立するか等の組み合わせ数学的研究が主であり，前述のように認知科学的研究はほとんどなされていない．

従来の物理的重ね合わせでなく，脳内の重ね合わせと立体視能力により視覚暗号が復号されることが分かったことで，視覚暗号を認知科学的に研究することの重要性が増したものと思われる．

今後の課題としては

１．復号可能な理由については簡単な推定の域を出ていない．理由をより明確にすること．

２．この復号による認識像には，前述の通り 2 種類あるが，その理由も明らかにすること．

３．より多くの観察者により，よりきめ細かい条件による実験を行い，この復号法の明瞭さを明らかにすること．

等があげられる．

文献

[1] M.Naor,A.Shamir(1990),“Visual Cryptography”, (Advance in Cryptography-EUROCRYPT’94), Lecture Notes in Computer Science Vol.950, Elsevier,pp.1-12,

[2] 石原 武（2003），カラー画像に対する効率的な視覚暗号の構成法，筑波大学大学院 システム情報工学研究科修士論文, 2003

[3] 内川 恵二，塩川 論：視覚Ⅱ(2007），pp67−157，朝
倉書店

[4] 大槻 正伸， 小泉 康一(2020)”視覚復号型秘密分散暗号と視覚認知能力”,日本認知科学会第 37 回大会論文集 pp. 294−299

[5] 大槻 正伸， 小泉 康一(2021) “視覚復号型秘密分散山号の新しい２つの復号方法”, 福島高専研究紀要 No. 62 pp1−7

[6] 下条 信輔(1995)：視覚の冒険，pp1−59，産業図書

[7] 視覚復号型秘密分散法
http://ohta-lab.jp/users/mitsugu/research/VSSS/main.html
（2022 年 6 月 27 日現在）

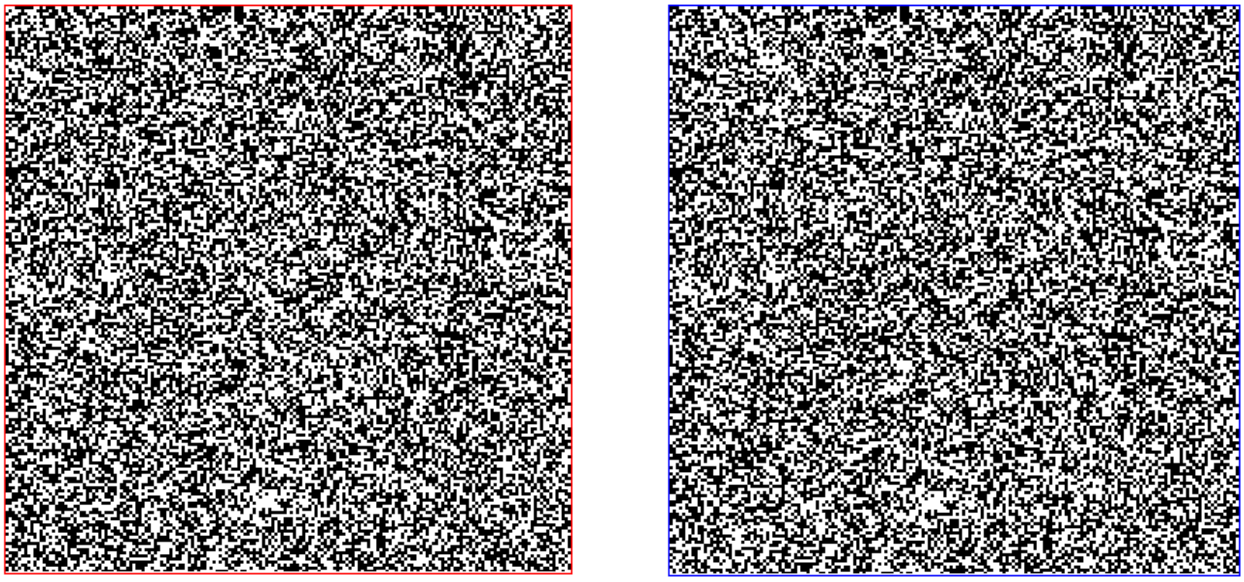
[8]ステレオグラム，－Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%AC%E3%82%AA%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%83%A0
（2022 年 6 月 27 日現在）

付録

第 3 節の実験で使用したものと同等の画像.
実験では，これらの画像を 1 辺 10[cm]の大きさとし，
画像 A（左），B（右）の間隔を 2[cm]とした.

【各ドットの分割数＝2×2】

【各ドットの分割数＝5×5】



説明対象と関連語に対する説明のための類推における既知概念の抽出
Source concept extraction in analogy for explanations to target and related words

髙橋 凌，寺井 あすか
Ryo Takahashi, Asuka Terai
公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
g2122039@fun.ac.jp

概要

未知の事柄に対する理解を促すには，既に知っている概念と結び付ける類推による説明が有効である．本研究では，特に関連性のある 2 つの概念を説明対象として，それらを説明するための適切な類推表現を得ることを目指し，類推に用いる既知の概念の抽出を目的とする．類推のための概念抽出には格フレームを用いる．説明対象と共通する格フレームを持つ語を候補群として，使用される頻度を考慮し順位付けを行う．また，提案手法に対して評価実験を行い，その妥当性を検証した．

キーワード：類推，比喩，格フレーム

1. はじめに

私たちは文章を読むことによってさまざまな知識を得られる．しかし，その中で意味の分からない言葉や理解の難しい概念に遭遇することがしばしばあり，文章を理解するうえで大きな妨げとなる．単純にそれらの意味を調べることもできるが，意味の説明自体が難しい場合，理解に時間がかかってしまう．

その解決策の一つとして，未知の言葉や表現に既知の概念を対応させ，それに喩えてわかりやすく言い換えるという方法が挙げられる．例えば，中学生に対して電気回路における電流のふるまいを説明する際は，身近でその仕組みが既知である水の流れに喩えることで理解を促すなどの工夫がなされている．このように既知の事例と対応づけて，直面する新奇な状況に関する考え方を得ることを類推という．類推を用いた説明を行うことで，より柔軟かつ迅速に新たな知識の獲得が可能になる．

また，複数の単語が共通の概念で結びついており，強い関連性を持つことがある．そういったとき一つの単語のみを説明の対象とするのでは不十分である．例えば，電流のふるまいは水の流れに喩えられるが，「電流は水のようだ」という比喩を生成するだけではなく，電流における電圧や抵抗をその四項類推に基づき説明することが望ましいと考えられる．四項類推とは，(a：b) と (c：d) の対からなる 4 つの単語や概念における a,b,c のみが与えられたとき，(a：b) の関係と (c：d) の関係から d を推定するというものである．例えば，（電流：電圧）という関係に対して，電流に当たるものとして水が与えられたとき，電圧に当たるのは水圧である，という形式で類推を行う．このように，四項類推は単語間の関係性を表現することに適している．そこで本研究では，ある説明対象とそれに関連する語を説明する四項類推生成システムの構築を目指し，類推に用いられる既知概念の抽出として説明対象を喩える語の抽出を目的とする．

先行研究として，近村ら [1] は，説明対象の単語に対して共起する述語表現を利用し，喩える語を抽出・評価する手法を提案した．しかし，述語表現利用の有効性は示されているが，手法に関する詳細な検討が行われておらず，改良する余地があると考えられる．同様に述語項構造を用いた類推に関する研究として，Mason[2] が提案した，WordNet を利用し入力で指定された 2 つの概念間の比喩的関係を発見するシステムや，Shutova ら [3] の，文章を入力として受け取りその文脈を考慮して比喩を用いた動詞の言い換えをするシステムが挙げられる．しかし，前者は入力の時点で対応させる 2 つの概念 (例：電気，水) を指定する必要があり，後者は比喩理解に基づき入力の文章の意味が変わらないように別の表現を見つけることが目的である．そこで，本研究では，近村ら [1] の手法を改良したシステムの提案を行う．

2. 提案手法

2.1 システム概要

類推の生成は 2 つの段階に分けて行う．まず，入力として「電流」と「電圧」のような関連性のある組合

せの単語が与えられる．次に，説明対象である「電流」を説明する既知の概念（喩えの語）として「水」などの候補単語を抽出する．その後，入力単語と抽出した候補単語の組合せから四項類推を生成する．本稿では類推に用いる既知概念である喩えの語の抽出方法について検討を行った．

2.2 類推に用いる概念の抽出

類推に用いる概念の抽出には，格フレームを用いる．格フレームとは，述語とそれが格関係をもつ語 (項) を記述したものである．「電流が流れる」,「水を飲む」のように，ある語に対して頻繁に使われる述語が存在し，それらが語のもつ構造や働きを特徴づけると考えることができる．よって，共通する格フレームを多く持つ語同士は構造が似通っているという仮説を立て，これを候補単語抽出の指標に利用する．候補単語の取得には，京大格フレームコーパス [4] を用いる．京大格フレームコーパスは Web 上から収集した日本語 100 億文をもとに構築されたデータベースを有し，格フレームに対する用例の頻度も付加されているため，使用頻度を考慮した候補単語の評価が行える．京大格フレームコーパスにおいて入力単語と共通の格フレームを持つ語を候補単語とした．なお，使用頻度が極端に少ないものは特徴の表現として不十分であるという考えから，格フレームごとに頻度が 100 未満の語は候補から除く．

2.2.1 関連度計算

京大格フレームコーパスから取得した候補単語の入力単語との関連性を評価するため，近村ら [1] が提案した関連度計算を改良した．この先行システムでは候補単語に対し入力単語と同様の格フレームが存在する割合をガ格やヲ格などの格ごとに分けて計算し，その総和を関連度としている．ただし,「ノ格」の格フレームは名詞と動詞との関係よりも名詞同士の関係を示す側面が強いため除外している．(1) 式に計算式を示す．

$$r0_{ij} = \sum_{n \in N} \frac{v_{ijn}}{u_{in}} \tag{1}$$

ここで，$r0_{ij}$ は入力単語 i における候補単語 j の関連度，N はノ格を除いたすべての格，u_{in} はある格 n における入力単語 i で使われる格フレームの数，v_{ijn} はある格 n における入力単語 i と候補単語 j で共通して使われる格フレームの数である．この手法では入力単語と候補単語で共通する格フレームの数が評価値に影響するが，京大格フレームコーパスにはデータベース構築に使用した文章内の単語と格フレームの組合せの用例が出現する頻度が登録されている．出現頻度が高い用例ほどその単語の特徴が強く表れると仮定し，これを利用すればより適切な候補単語の評価ができると考えた．そこで本システムでは，入力単語と候補単語で一致する格フレームごとに出現頻度を加味した重み付けを行い，その総和を候補単語の評価値とした．なお,「ノ格」の格フレームは先行システムと同様に評価から除外している．重み付けの方法をさらに変更した派生形も含め，計 3 種の計算方法を提案する．(2), (3), (4) 式にそれらの計算式を示す．

$$r1_{ij} = \sum_{m \in M} \frac{f_m(i)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \times \frac{f_m(j)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \tag{2}$$

$$r2_{ij} = \sum_{m \in M} \frac{f_m(i)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \times \frac{f_m(j)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \times \frac{1}{g_{im}} \tag{3}$$

$$r3_{ij} = \sum_{m \in M} \frac{f_m(i)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \times \frac{f_m(j)}{\sum_{w \in W} f_m(w)} \times \frac{f_m(i)}{\sum_{m \in M} f_m(i)} \tag{4}$$

ここで，$r1_{ij}$，$r2_{ij}$，$r3_{ij}$ は入力単語 i における候補単語 j の関連度，M は入力単語 i と候補単語 j で共通するすべての格フレーム，W はある格フレーム m を持つすべての単語，$f_m(w)$ はある格フレーム m におけるある単語 w の頻度，g_{im} は入力単語 i におけるある格フレーム m の順位である．$r1_{ij}$ が単語と格フレームの組合せの出現頻度を利用して評価値を計算しているのに加えて，$r2_{ij}$，$r3_{ij}$ は入力単語を基準とした格フレームの重要度による重み付けをしている．先行システムも含めたこれら計 4 種の性能を評価実験により比較した．

2.2.2 入力単語と同カテゴリの単語の除外

関連度計算により得られた候補単語には，入力単語と同じ系統の単語が多く見られる (「電流」であれば「電気」,「電源」など)．同じ系統のものが似通った構造を持つのは妥当だが，異なる概念に結び付けて説明するための喩えの語としては適切ではない．その対策

として，Wikipedia 日本語版 [5] の記事をもとに構築されたデータベースである DBpedia Japanese[6] を利用した．各記事にはカテゴリという項目が存在し，同カテゴリに属する記事は同じ系統となっている．入力単語の記事と同カテゴリの記事を取得し，見出しの語を候補単語から除外するようにした．

2.2.3 難しい単語の除外

本システムは入力単語に対して類推によって説明を与えるため，前提として類推に用いられる概念は入力単語よりも難しいものであってはならない．そこで，京大格フレームコーパスから得られた候補単語の中から難易度の高いものを除外する方法について述べる．

初出学年

単語の難易度の指標の一つとして教科書コーパス語彙表 [7] を使用する．このコーパスには日本の小学校，中学校，高等学校で使われている教科書の中に出現する単語が約 250 万語登録されている．各単語には「初出学年」という項目が存在し，これはその単語が教科書内で初めて出現する学年を表している．学年は小学校低学年，小学校高学年，中学校，高等学校の 4 段階に分かれており，初出学年が高い単語ほど難易度が高いとして，初出学年が入力単語以下のものを候補単語として残すようにした．

単語親密度

教科書コーパスによるフィルタリングは難易度の区分が 4 つしかないため，かなり粗い方法である．そこで，NTT の単語親密度データベース [8] を使った方法も検討する．このデータベースには，語のなじみ深さを評価実験により評定した単語親密度がおよそ 16 万語分登録されている．親密度は 1 から 7 の数値で，値が大きいほどなじみ深い語となる．なじみ深い単語ほど意味をよく理解できているため難易度が低いと判断し，入力単語よりも親密度が高いものを候補単語として残した．

さらに，単語親密度を候補単語の評価値に利用する方法も検討した．入力単語より親密度が高い候補単語の中でも，よりなじみ深いものの方が喩えの語として望ましいと考え，関連度と親密度それぞれの値の範囲を 0〜1 に正規化して足し合わせた．計算式を (5) 式に示す．

$$s = r + \alpha t \tag{5}$$

ここで，s は候補単語の評価値，r は関連度，t は親密度で，α は任意のパラメータである．

3. 評価実験

3.1 事前実験

評価実験では候補単語の抽出方法の性能比較を行うが，難しい単語の除外方法や単語親密度を足し合わせる際のパラメータを考慮すると比較する数が膨大になり，評価が煩雑になる．そこで，データセットを用いて機械的に事前実験を行い，本実験で比較する対象を絞り込んだ．データセットには SAT Analogy Questions を使用した．これは実際に人に対して課された試験問題を参考に Turney ら [9] が作成した類推用のデータセットで，クエリの単語ペアの関係と同様の関係を持つものを 5 つの候補から選ぶという形式の問題が 374 個用意されている．

実験方法

SAT Analogy Questions をシステムの性能比較に利用するために，まずクエリと正解のみを抜き出し，単語がすべて名詞の問題を抽出した．これは，説明対象やそれを喩える概念は名詞となるためである．次に，本研究で提案するシステムは日本語を扱うため，すべての単語を日本語へと翻訳した．翻訳した際に使用することが難しいと判断した問題を除外し，最終的に 189 個の問題が残った．各問題のクエリと正解それぞれの単語ペアの右側同士，左側同士を説明対象と喩えの語のペアとして，説明対象に対する候補単語の抽出を行って抽出方法の評価値を計算した．評価値 score の計算式を (6) 式に示す．

$$\text{score} = \sum_{e \in E} h_e \tag{6}$$

ここで，E はすべての説明対象，h_e は，説明対象 e に対する喩えの語の候補単語における順位の逆数であるが，候補単語に喩えの語が含まれていない場合は 0 とする．また，本システムは喩えの語が説明対象よりも簡単である必要があると前述したが，単語ペア同士が同じ関係を持つかを判定させるタスクのために作られた SAT Analogy Questions ではその前提は成立しないため，説明対象と喩えの語を入れ替えた場合の score も計算して合計した．

実験結果

表 1 に SAT Analogy Questions による事前実験の結果を示す．難しい単語の除外方法は「フィルターなし」,「初出学年」,「親密度」,「初出学年と親密度」の 4 パターンで，親密度を加算する場合は初出学年と親密度の併用に固定し，パラメータ α は 0.25，0.5，0.75，1.0 の 4 種類を設定した．

表 1　事前実験の結果

	フィルターなし	初出学年
$r0$	18.20	16.78
$r1$	**21.17**	**20.47**
$r2$	18.81	18.66
$r3$	19.99	19.61
	親密度	初出学年と親密度
$r0$	**15.68**	**16.59**
$r1$	14.76	16.31
$r2$	12.44	14.18
$r3$	14.75	15.87
	親密度加算 ($\alpha = .25$)	親密度加算 ($\alpha = .5$)
$r0$	**16.75**	**16.81**
$r1$	16.31	15.51
$r2$	14.18	13.93
$r3$	15.42	15.33
	親密度加算 ($\alpha = .75$)	親密度加算 ($\alpha = 1.0$)
$r0$	**16.97**	**17.03**
$r1$	16.09	16.09
$r2$	13.85	13.78
$r3$	15.17	15.23

すべての条件において，$r1$ が $r2$, $r3$ よりも高い評価値を示した．よって本実験では，先行研究の手法である $r0$ と提案手法 $r1$ の比較を行う．フィルタリングの条件についてはフィルターなしを除いた 3 つを比較する．また，親密度を関連度に加算してパラメータを変更しても，$r0$ と $r1$ の間の評価値の傾向がほとんど変わらなかったため，ただ足し合わせただけの ($\alpha = 1.0$) を用いる．

3.2　本実験

事前実験では 1 つのクエリに対して 1 つの正解単語しか与えられないが，類推に用いられる概念は実際には複数存在する．そのため，システムの評価で上位になった候補単語を複数提示し，人手で評価してもらうこととした．事前実験の結果に基づき，比較対象を絞って本実験を行った．

実験方法

本実験はアンケート方式とし，クエリに対してシステムが出力した喩えの語を「非常に適切である」,「適切である」,「どちらでもない」,「適切でない」,「全く適切でない」,「喩えの語の意味が分からない」の 6 つの選択肢から評価してもらった．あるクエリに対して比較対象となる 8 通りの各条件ごとに上位 30 個喩えの語を取得した．クエリを 9 個設定し，各クエリから取得された喩えの語を 8 分割することで 8 種類の設問セットを作成した．1 セットあたりの設問数は 90 程度であった．アンケートを作成した後，7 人の男子大学生・大学院生に対して 1 セット分の予備実験を行い所要時間などに問題がないことを確認した後，クラウドソーシング仕事依頼サイト Lancers[10] にて参加者を募集した．

実験結果

8 つの各セットについて 100〜109 人，合計 821 人分の回答が得られた．6 つの選択肢に対して以下のように数値を割り当て，喩えの語それぞれの評定の平均値を算出した．

5: 非常に適切である
4: 適切である
3: どちらでもない
2: 適切でない
1: 全く適切でない
1: 喩えの語の意味が分からない

選択肢の「喩えの語の意味が分からない」が選ばれた場合，喩えの語として適切でないと言えるので,「全く適切でない」と共通で 1 を割り当てている．

閾値を 3.0 に設定し，平均値が閾値を上回ったものを正解単語とみなして，各条件ごとに評価値を計算した．評価値は事前実験と同様，正解単語の順位の逆数を合計している．ただし，1 つのクエリに対して複数の正解単語が存在する点が異なる．表 2 に結果を示す．

最も評価値が高いのは提案手法と初出学年の組合せだった．親密度加算を除いた他 2 つの条件でも提案システムが先行システムを上回る結果となった．

また，各喩えの語に対して「喩えの語の意味が分からない」が選ばれた割合を計算し，それが 5 割を超え

表 2　本実験の結果

	初出学年	親密度	初出学年と親密度	親密度加算
先行システム	15.22	14.96	13.94	14.57
提案システム	**18.42**	17.32	16.36	13.98

た単語の数をフィルタリング方法ごとに集計して性能比較に用いようと考えたが，該当する単語は存在しなかった．

さらに，関連度計算の方法とフィルタリング方法によって喩えの語の評定値が異なるか，それぞれの喩えの語の平均評定値をサンプルとして統計的検定を実施した．各条件における評定値の平均と検定結果を図 1 に示す．なお，エラーバーは標準誤差を示している．

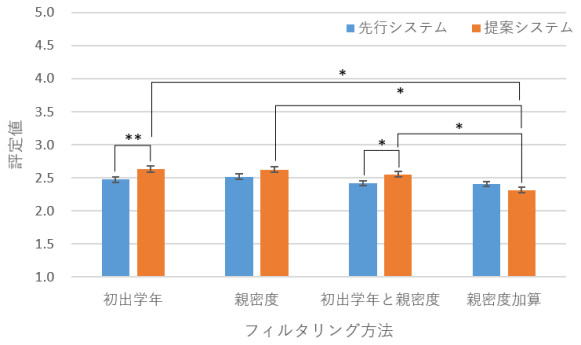


図 1　評定値の平均と検定結果

まず，被験者間 2 要因分散分析を行った結果，関連度計算の主効果は有意で ($F(1, 2152) = 6.44, p < .05$)，フィルタリングの主効果も有意となり ($F(3, 2152) = 10.47, p < .05$)，さらに交互作用も有意だった ($F(3, 2152) = 3.69, p < .05$)．

交互作用が有意だったため，次に単純主効果の検定を行った．関連度計算の単純主効果は，初出学年で有意 ($F(1, 2152) = 6.71, p < .05$)，親密度では有意傾向 ($F(1, 2152) = 3.34, p = .068$)，初出学年と親密度の併用では有意で ($F(1, 2152) = 4.98, p < .05$), 親密度加算のみ有意ではなかった ($F(1, 2152) = 2.48, p = .115$)．図 1 からもわかるように，親密度加算を除くフィルタリング方法では提案システムの方が先行システムより評定値が高くなった．フィルタリングの単純主効果は，先行システムでは有意ではなかったが ($F(3, 2152) = 1.51, p = .211$)，提案システムでは有意だった ($F(3, 2152) = 12.65, p < .05$)．

提案システムでのフィルタリングの効果を詳しく検討するため，ライアン法による多重比較を行った．結果を表 3 に示す．

親密度加算と他 3 つの方法それぞれとの比較ではすべて有意な差があったが，親密度加算を含まない組合せは有意ではなかった．よって，提案システムにおいては親密度加算のみ評定値が低くなっていることが分かる．

4. 考察

まず，関連度計算について考察する．提案手法の中で最も性能が高いのは $r1$ で，次に $r3$，最も低いのは $r2$ であった．$r2$ と $r3$ は $r1$ をベースに，対象の格フレームを入力単語における重要度で重み付けしている．計算方法を考案した時点では，入力単語をより重視した方が適切に喩えの語を評価できるのではないかと考えたが，実際はそうではなかった．本システムでは入力単語と候補単語が共通した特徴を持つことを求められるので，入力単語に偏り過ぎると候補単語の特徴が反映されにくくなると考えられる．また，$r2$ よりも $r3$ の方が性能が高いのは，順位の逆数よりも出現頻度で重み付けした方が重要度を詳細に反映しているからだと考えられる． 先行システムと提案システムを比較すると提案システムの方が良い結果となったが，やはり単に共通する格フレームの割合で評価するよりも，出現頻度を考慮した方がより適切だと考える．出現頻度の高い用例はその単語の特徴を強く表すと考えられるので，入力単語と候補単語両方で出現頻度が高い格フレームを重視することが重要である．

フィルタリング方法に関しては，そこまで大きな差はないが初出学年が最も良い結果となった．学校の教科書で実際に使われている単語が対象となるので，多くの人にとって分かりやすい説明を提供できると考えられる．初出学年と親密度の併用では，2 つのコーパスで共通する単語でなければ候補単語に残らないので，有効な候補単語が除かれてしまうリスクが高まる．また，先行システムのみ親密度加算で評価値が上がったのは，京大格フレームの出現頻度と単語親密度の間に相関関係があるからではないかと考える．出現頻度が高ければなじみ深さを示す親密度も高くなるとすると，関連度の算出に出現頻度を使用していない先行システムに親密度を足すことでなじみ深い単語の評価が上がって評価値が上がるが，対して提案システムは出現頻度を関連度計算に利用しているので最初から

表 3　多重比較の結果

比較ペア	名義的有意水準	t	p
初出学年 - 親密度加算	0.0083	5.34	0.0000
初出学年 - 初出学年と親密度	0.0125	1.32	0.1880
親密度 - 親密度加算	0.0125	5.27	0.0000
初出学年 - 親密度	0.0250	0.08	0.9398
親密度 - 初出学年と親密度	0.0250	1.24	0.2146
初出学年と親密度 - 親密度加算	0.0250	4.03	0.0001

親密度の高い単語が上位に来ており，親密度を加算すると逆に関連度の低い単語の評価が上がってしまって評価値が下がると考えられる．よって，初出学年単体での使用が望ましいと考える．

5.　まとめと展望

本研究では，ある説明対象とそれに関連する語に対して，関係性を説明するための類推の生成を行うシステムの構築を目指し，類推に用いる既知の概念（喩えの語）を自動的に抽出する方法を提案した．先行システムと提案システムを比較する評価実験を実施した結果，先行システムを上回る性能を示し，類推に用いる概念の抽出方法として有効であることが分かった．難しい単語を除外する方法に関しても検証を行い，より高い性能を発揮する組合せを特定した．

今後の展望としては，システムの次の段階として四項類推に関する検証を行うことを考えている．現状では単語埋め込みベクトルによる単語のベクトル化を用いた実装を行っている．入力単語ペアと提案システムにより抽出された既知の概念（喩えの語）を用いた出力例を表 4 に示す．単語埋め込みベクトルのモデルには学習済みの fasttext[11] を使用している．

表 4　四項類推の例

入力単語	類推結果
電流：電圧	血液：血圧
自動車：アクセル	バイク：ペダル
教師：生徒	医者：患者
王様：女王	男：女

この結果では入力単語の組の関係を説明するものとして妥当と考えられるものを人手で選出しているが，システムが自動で選出できるように評価指標を検討する必要がある．

謝辞

本研究は JSPS 科研費（19K12121) の助成を受けたものである．

文献

[1] 近村亮一，荒木健治, (2011) ”Web データを用いた単語に対する比喩的説明文収集手法”, 日本知能情報ファジィ学会 講演論文集 第 27 回ファジィシステムシンポジウム，pp.112 – 115.
[2] Mason, Z.J, (2004) ”CorMet: A computational, corpus-based conventional metaphor extraction system”, Computational Linguistics, 30(1), pp.23-44.
[3] Shutova, E. et al, (2013) ”Statistical metaphor processing”, Computational Linguistics, 39(2), pp.301-353.
[4] 河原大輔, 黒橋禎夫, (2006), ”高性能計算環境を用いた Web からの大規模格フレーム構築”, 情報処理学会 自然言語処理研究会 171-12, pp.67-73.
[5] Wikipedia 日本語版, https://ja.wikipedia.org/wiki/
[6] DBpedia Japanese, https://ja.dbpedia.org/
[7] 特定領域研究「日本語コーパス」言語政策班, (2011) ”教科書コーパス語彙表”.
[8] NTT 印刷, (2021) ”令和版単語親密度データベース”.
[9] Peter D. Turney, Michael L. Littman, Jeffrey Bigham, and Victor Shnayder, (2003) ”Combining independent modules in lexical multiple-choice problems”, In Recent Advances in Natural Language Processing III, pp.101 – 110.
[10] Lancers, https://www.lancers.jp/
[11] Bojanowski, Piotr, et al, (2017) ”Enriching word vectors with subword information”, Transactions of the Association for Computational Linguistics 5, pp.135-146.

持続可能社会と創造性
Sustainable Society and Creativity

宮田　義郎 †，鈴木　真帆 †
Yoshiro Miyata, Maho Suzuki
† 中京大学
Chukyo University
miyata@sist.chukyo-u.ac.jp

概要

It is difficult for us to understand how our daily behavior can contribute to constructing sustainable societies. We conducted a workshop in which participants created what they needed in daily lives using discarded materials and analyzed how participants changed their creative self-beliefs and the value of creative behavior. Based on the analyses, we argue that small creative behavior in our daily lives can give us understanding of our potentials and motivation to contribute to sustainable societies. We propose an extended CBAA model incorporating the Create/Connect/Open model to account for the expansion of the scope of creativity from creating things to creating societies.

キーワード：Sustainability（持続可能性），Creativity（創造性）

1. 創造性と社会

現代に生きる私達は、国連の提唱する SDGs（持続可能な発展のための目標）であげられているような多くの社会課題に直面している。これらの社会問題は，いずれも自然には存在しなかった人工物や社会システムを人間が作り出し使ってきたことに起因する問題であり，それらの人工物を作り出したのは人間の創造性といえるだろう.

宮田・鈴木 [1] は、Kaufman ら [2] による創造性の分類の４つの C のうちの Big-C に分類されような少数の創造的な発明や科学的発見と、それらを基盤として Pro-c に分類されるような専門的仕事により創造されている人工システムに、大多数の人々が依存することで、little-c に分類されるような日常的な小さな創造的行為が抑制されてきたことが、これらの社会的課題を生み出してきたことを指摘し、日常的な小さな創造的行為の重要性を論じた。

宮田 [3] は，大量生産品を購入・消費する替わりに，身近な素材やエネルギーを活用して日常必要なものを創作する活動を LDP（Local Domestic Products）として，持続可能社会への一つの方法論として提案している．しかし上述の社会課題の多くは地球的規模のスケールを持ち、しかも互いに複雑に関係し合っており、私達の日常行為とこれらの課題との関係性を理解することは難しい。大学生約 100 名に行なった調査でも、SDGs の目標には大部分が共感するが、自分の日常行動によって貢献できると考える割合は少なかった。それに対し、鈴木 [4] は、「不用品を使ったものづくり」の実践を試み、日常的な創造的行為の社会的な意味について視野を広げる可能性を持っていることを見出した.

一方情報デザインの分野では、特定の課題を設定しそれをそれを解決することを目的として行う従来のデザインに対して、目的を最初に定めずに、その場の現実の状況に合わせて小さなデザイン行為を積み重ねて少しずつ関係性を構築して潜在的な可能性を顕在化させていくような多くの実践が試みられている。（社会実践のデザイン特集号）これらのデザインの過程には「活動構成型デザイン」「ランブリングデザイン」「旅するデザイン」「やって・みて・わかるデザイン」などと呼ばれるデザイン原理が働いているとされている。

宮田ら [5] は上述の「不用品を使ったものづくり」の実践において、参加者の視野が広がっていった過程を分析した。本論では、この分析をさらに進め、日常行為と社会課題の関係が認識されていったプロセスを明らかにする。さらにそのプロセスと、情報デザイン分野で実践されているデザイン原理との共通点を指摘し、社会的課題にアプローチする方向性を探りたい。

2. 日常的な創造活動の現状

本研究の調査・実践を行なったのは、二つの大学の授業 A（履修者 40 名）、B（履修者 6 名）、C（履修者 60 名）である．以下では授業 A、B でのデータを中心

に分析を行う．授業 C は現在進行中であり、大会発表ではその分析結果も発表する予定である。なお、本研究で使用した回答や発言の記録を研究に使用する許可を得ている．

2.1 日常的な創造活動を行わない理由

まずこれらの大学生の、社会貢献に対する意識と、日常的な小さな創造活動の現状をオンラインアンケートにより調査した。SDGs の各目標に対して共感する割合は比較的高かったが，自分の日常と関わりがある・貢献できると感じる割合はそれよりも低かった．次に自分が欲しいものや必要なものを，自分で手作りすることについては，手作りすることがあると回答したのは 7 名であり，興味はあるが手作りしていないという回答が 23 名，既製品を買うという回答が 10 名であった．

まず参加者の回答から、「必要なものを手作りする」という創造的行為を日常的に行っていなかった要因として,「効率が悪い」「実用性がない」「価値を認識していない」の三つに分類できた．

効率が悪い 「時間や手間がかかる」(8 人),「面倒だ」(9 人)（そのうち，材料集めが面倒だ（６人））,のように手作りすることは効率が悪いと感じていた.「効率を高める」ことが動機付けとなっていて,「創造性」への動機付けと比較して相対的に効率性への動機付けが高くなっていると解釈できる．従って，創造性の動機付けを，効率性への動機付けよりも高めることができれば，創造的行為につながる可能性が考えられる．

品質や技術に自信がない ：品質について (7 人)，自分の技術に自信がない (3 人) のように,「クオリティーが低くなりそう」「使えないのでは」などは「もし作ったら‥なるのでは」という行為の結果の予想に基づいているようだ．

作ることの価値が認識されていない 「作ることに興味がない」と回答した人は、作ることの楽しさや作ったものへの愛着を経験していなかった。

また、これらの背後には、以下のような認識が多くみられた．

創造的行為についての認識 「作るための材料集めが面倒で，また既製品を買った方が品質がよく長持ちすると考えていた」「買った方がきれいでよい」「自分で作成するより既存のものを買った方がデザインや耐久性も良い」のように，多くの参加者は既製品と比べて作ったものの価値は低いと考えていた．

不用品についての認識 「不用品は捨てることしか考えていませんでした」「不用品はごみとしか見ていなかった」「作ることはありえないという固定概念に縛られていました」のように既製品を買うのが当たり前で作る選択肢は考えていない参加者も多くいた．

自己の創造性についての認識 「自分は不器用だと思っていた」「今まで工作や手芸などは苦手だったため成績もあまりよくなく，あまり作る気にならなかった．もの作りには苦手意識があった」「上手く作れなかったという経験から，もの作りに対して消極的だった」のように，学校での評価など今までの経験から「自分はうまく作れない」という Fixed Mindset になったとみられる参加者もいた．

3. 日常的な創造的行為の実践

次に日常的な創造的行為の実践として、「不用品を使ったものづくりワークショップ」を行なった。

3.1 身近にある不用品を使うもの作り

このワークショップでは「身近にある不用品を使って，必要なものや欲しいものを作ってみる」活動を行った．身近な不用品を使って必要なものを作ることができれば，ゴミの削減や，既製品を生産するためのエネルギー節減を通して，創造的行為の社会的意味について考えることができるのではないかと考えた．

オンライン授業であったため，自宅にあった不用品として，ペットボトル、空き缶、段ボール、蒲鉾板など家庭でゴミに出すような不用品を使った参加者が多かった。多くの学生が、小物入れ、花瓶、本棚、バッグ、ティッシュ入れ、ブックカバー、スマホスタンド、ペットの餌やり器、のような、自分が日常生活に必要なもの、使いたいものを作っていた．家族や友人へのプレゼントを作った学生も数人いた．日常生活の文脈に埋め込まれた実践的ワークショップが、オンライン授業の利点を活かして実現できた．

作りながら Google Slide に制作過程の写真，制作手順，考えたこと，感じたことを毎回まとめてもらった．作り終わってから，そこに書かれた文を分類して抜き出した Google Document を作成して共有し，全員でオンラインで編集して，自分が体験したことを補足，追加してもらった（図 1）．

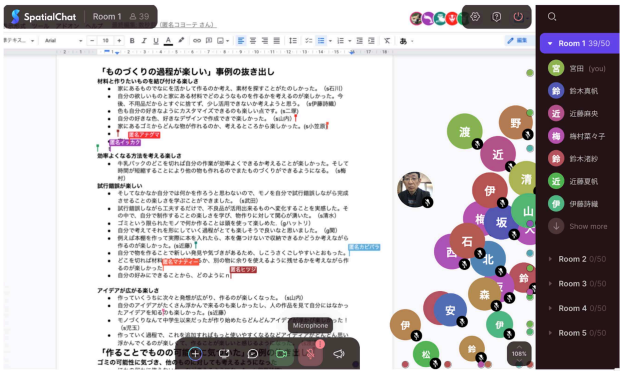


図 1　バーチャル空間での振り返り

3.2　不用品を使ったものづくりによる変化

次に、「不用品を使ったものづくり」の結果どのような変化があったのか，振り返り記述してもらった．Google Slides の記述内容から，変化のパターンとして「思っていたよりも良いものができた（作るもののクオリティーについての認識の変化）」「作ることへの興味が強くなった」「作ることに自信がついた」「さらに何か作ってみたくなった」「作ることがより楽しくなった」「以前より不用品の活用法を考えるようになった」「以前と比べて日常での社会問題への意識が変わった」「以前と比べて社会に対する影響も意識して行動するようになった」のように分類し，それぞれにあてはまる場合に，どんな時にどのように変化したかを具体的に説明してもらった．その結果、ところ、様々な変化が起こっていたことがわかった．

創造的行為の楽しさ　作る前には「自分にはよいものは作れない」「面倒だ」などの理由で作っていなかった多くの参加者は、創造的行為に対する認識が変化したようであった．「作ったことで作ることがより楽しくなりましたか？」という質問に対し，38 人中 25 人が肯定的に回答し，記述回答には「楽しい・楽しさ」という表現が 51 箇所あった．その対象は「試行錯誤する」「自分の好みに合わせて作る」「使いながら改良できる」「アイデアが湧く」などであった．「置き場所や使い方も工夫できる」のように作ったものと周囲の環境についての試行錯誤もみられた．例えば「ものづくりの過程が楽しい」の事例として「アイデアが広がる楽しさ（27 名）」「効率良くなる方法を考える楽しさ（13 名）」「試行錯誤が楽しい（3 名）」があがった．

創造的行為への動機付け　また、作った後ではもっと作ってみたくなったようだ．「作ったことで，さらに他に何か作ってみたいと思いましたか？」という質問に対しては，38 人中 26 人が肯定的に回答し，「作ってみたことで作ることにより自信がついたと思いますか？」という質問には 38 人中 20 人が肯定的に回答した．さらに「もっと作りたくなった」など次のものづくりへの動機付けに言及した事例も 20 名あった．このように，ほぼ全員がもの作りに対して肯定的な記述をしていた．記述回答でも，多くの参加者が次に使いたい不用品や作ってみたいものに具体的に言及していた．

不用品に対する認識の変化　不用品に対する認識の変化も多くみられた．作る前は不用品で作っても良いものができないと考えていたり，不用品はゴミとして捨てることしか考えていない人が多かったが，いわゆる不用品と呼んでいたものに対する観方にも変化がみられた．「以前は「使えないゴミ」と思っていたが，不用品を見てなにかの代わりになるかもと考えられるようになった」「これはまた違うものに変化することができるかも？と思うようになった」「不用品というものはないのかなと思うようになりました」のように、「不用品」という物が存在するのではなく，自分が不用品と認識しているだけなのだ，という自分の物に対する認識についてのメタ認知も起こっており，このようなメタ認知によって自分と物との関係性が変容していった可能性が考えられる．「作ることでものの可能性に気づいた」の事例として「ゴミの可能性に気づいた（12 名）」そのうち「ゴミの可能性に気づき，他のものに対しても考えるようになった（7 名）」「使った素材の可能性に気づいた（16 名）」があがった．

不用品活用への動機付け　「思っていたよりも良いものができましたか」の質問に対しては，38 人中 26 人が肯定的に回答していた．また「以前より不用品の活用法を考えるようになりましたか？」という質問には 26 人が肯定的に回答し，「以前まではごみとしか見ていなかった空き箱や紙袋などを見ると，「収納用につかえないか」「装飾に使えないか」と考えるようになった」「何かに生かせないか，捨てる前に考えるようになりました」など、不用品が多いことに気づいたり、それらを活用する具体的な次の可能性の発見も多くみられた．

自分の願いと創造の可能性　創造する可能性を認識すると同時に，例えば「ゴミをなんとかしたい」「自分の周りの環境をよくしたい」「家族の苦労を減らしたい」など自分の「（必ずしも意識してい

なかった）願い」の認識も起こるようである．そして「収納をよくしたい」「きれいに装飾したい」などの自分の願いと，材料になる可能性を持った不用品を結びつけようとする，というように，今まで切り離されていた自分の願いと不用品を統合しようとする創造的思考が生まれている．

社会貢献への可能性の認識 さらに 29 名の参加者が、「できるだけごみを出さないようにものを購入したり，ごみの分別について詳しく調べたりするなど気にするようになった」「エコバッグを持参したりできるだけ水筒でお茶を飲むようになった」などのように、社会的課題を意識して行動するようになり、社会貢献への可能性を認識したと思われる．

4. 理論的検討

2. で述べたように「不用品を用いたもの作りワークショップ」の前には、日常的な創造的行為をほとんど行なっていなかったこれらの大学生は、3.2 の分析が示したように，ワークショップでの一回のもの作りの体験によって、自分と，自分の使う道具を含めた自分の環境との関係性に対する認識を変化させていった．作る前には，ほとんどの参加者は，作ることに対して面倒，時間がかかる，思い通りにはできない，耐久性やクオリティーが低い，などマイナスのイメージを持っており，既製品を買って使う以外の選択肢は認識していなかった．それに対して作り始めてみると，使い方や置き場所を踏まえて考え，工夫して試行錯誤し改良し，デザインを自由に変えられ，使いやすいように作れるなど，自分で作ることへの認識が大きく変わっていった．できあがったものへの愛着を感じ，大切にしたいという表現もみられた．このような変化はどのように理解できるだろうか？次の節では、幾つかの理論的観点から検討していく．

4.1 CBAA モデルによる検討

最初に、認知科学会第 38 回大会における Karwowski の講演 [13] で紹介されていた、創造的行為を行う行為者の能力，認識，行為の関係を表している **Creative Behavior as Agentic Action（CBAA）モデル**（図 2）によって考察する．CBAA モデルでは、自己の創造性についての認識を表す **Creative Confidence (CC)** と、創造性の価値についての認識を表す **Perceived Value of Creativity (PVC)** などに分類される自己の内部の認識がどのように創造的行為を生み出すかを、左から右への矢印によって示している．そして、それらの認識を高めることによって創造的行為を促進できるとしている．例えば、Karwowski が講演で報告していた Wise Intervention という創造的自己効力感 (creative self-efficacy、CC に含まれる) を高めるように意図された課題（非認知的課題）により、創造的行為を促すことができるという結果は、CBAA モデルでは **Creative Confidence** から **Creative Behavior** への矢印で表現されている．

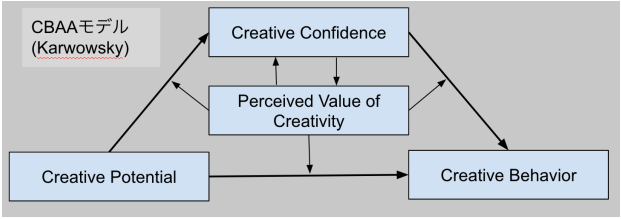


図 2 Creative Behavior as Agentic Action モデル．

4.1.1 CBAA モデルを支持する結果

2. で分析したように、ワークショップ前に参加者の多くは「自分の技術に自信がない」「うまくできない」などと回答しており、これは CBAA モデルの **Creative Confidence** に含まれる **Creative Self Beliefs (CSB)** が低かったと解釈できる．それが、3.2 で分析したように、多くの参加者が「アイデアを出しながら試行錯誤する楽しさ」に言及し、「もっと作りたくなった」と回答していることから、CSB が高まったと解釈できる．また、ワークショップを通して多くの参加者が自分で作ることの価値を認識することができたのは、日常的なものづくりに関する **Perceived Value of Creativity (PVC)** が高まったと解釈できる．これらの結果は、創造的行為（**Creative Behavior**) が成立するためには、創造性に関する本人の認識である CSB や、創造的行為の価値についての認識である PVS という要素が必要であるという CBAA モデルを支持している．

4.2 CBAA モデルを拡張する

CBAA モデルでは表現されていないと思われる要素も、今回の分析では明らかになった．以下では「自己と行為の双方向性」と「自己と世界との関係性」という 2 つの観点から、CBAA モデルの拡張を提案する．[5]

4.2.1 自己と行為の双方向性

上述のようにオリジナルの CBAA モデルは、認識から創造的行為へという内から外への一方向のモデルであった．これに対し、今回のものづくりの分析から「作ってみたことで作ることへの苦手意識がなくなった，自信がついた」「試行錯誤が楽しくもっと作りたくなった」「自分で作ることもよいと思うようになった」などの回答が多くみられたことは、創造的行為を行うことで **Creative Confidence** が高まったことを示しており、CBAA モデルにはなかった、**Creative Behavior（CB）**から **Creative Confidence（CC）**へ、行為から認識に向かう矢印が必要であることを示唆している。

オリジナルの CBAA モデルは、CC のような内部パラメータにより CB のような行動を予測するという静的なモデルであって、Wise Intervention のように外部からの働きかけで内部パラメータを変えることで行動を促す、という考え方であったが、本実践の分析により、CBAA モデルの内部の自己と行為の間に双方向の関係性（フィードバックループ）を想定することにより、より動的で自律的なモデル構築の可能性が示唆された。

4.2.2 自己と世界の関係性

さらに、本実践での創造的活動によって変化したのは、自分自身の創造性への認識だけではないことが明らかになった．例えば「ゴミ・不用品としかみていなかったものが，使えるかも知れないものとみるようになった」「身の回りの環境を自分で工夫して作ることができると思うようになった」など，今まで認識していなかった世界の潜在的可能性を認識し、自ら世界に働きかけることによりそれを実現することができるという、自己と世界の新しい関係性の認識の表現が多くみられた．

オリジナルの CBAA モデルは主に自己の中の要素を扱っていたが、これに対し宮田ら（2022a）は，上述のような自己と世界の関係性の可能性の認識を組み込んだモデルを提案した．図 3 の上半分に示したオリジナルの CBAA モデルに，自己と世界との関係性絵を表現した下半分を追加した．**Creative Behavior** は、自己が世界に働きかける接点であるため、両者をまたぐ位置付けとなっている．

まず、4.2.1 で必要性が明らかになった、**Creative Behavior** から **Creative Confidence** および **Perceived Value of Creativity** への矢印をオリジナルの CBAA モデルに追加した．次に、上で考察した「自己の行為により実現することができる世界の潜在的な可能性」を「世界の可能性」とした．また「行為の価値の認識」は,「社会問題に対して自分も行動できると思うようになった」など，自分の行動が社会に貢献できるという認識を表している．これらの認識が「さらに行動しよう」という動機付けになっていることから，**Creative Behavior** に矢印があり，また実際にものづくりを実行したことでこれらの認識が生まれたことから，**Creative Behavior** からこれらへの矢印もある．

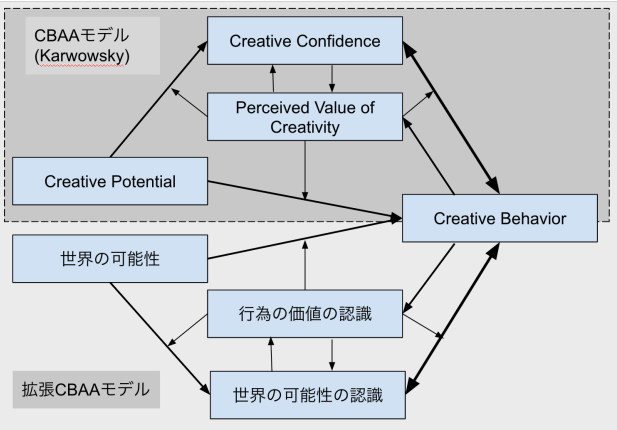


図 3　拡張 CBAA モデル

この拡張モデルで重要なのは、**Creative Confidence**，**Perceived Value of Creativity**，行為の価値の認識，世界の可能性の認識，のどの要素も，**Creative Behavior** によって新しい認識が生まれ，それによってさらに **Creative Behavior** が生み出されるような動的なモデルであるということである．

4.3 認識が広がった過程の分析

このように拡張 CBAA モデルは、多くの要素がお互いに影響し合う動的なモデルである．では、参加者の中ではどの要素がどのような過程で影響し合っているのだろうか？参加者の認識が変容していく過程を、より詳細に理解するために、約 10 名に対してより詳しく変化の過程についてのインタビューを行なった。その結果、参加者の変化は一気に起こったわけではなく、試行錯誤の過程で今まで認識していなかった可能性が徐々に認識されていったことが明らかになった．[5]

4.3.1 視野の広がり

ある参加者 (学生 A) の変化を図 4 に図示した。ワークショップ以前から自分の周囲の環境を保つために自分のゴミを減らす意識は持っていた．ワークショップで作品の素材となる不用品を探す中で、「不用品」の範囲が自分が出したゴミから家族が出したゴミにまで視野が広がった。これにより「ゴミを減らす」という意識が強まった。さらに不用品を使って作品を作ったことで、「使えるもの」の範囲が、不用品にまで広がった。これにより「自分の周囲の環境を保つ」ためにはゴミは捨てるだけでなく活用するという方法もあると考えるようになった。また自分の行為により影響できる「自分の周囲の環境」が「家族の環境」に広がったことで、「自分のできること」の範囲が広がり、さらにその後の日常生活で、家の外でできることも広がっていき、以前行っていた「余計なレジ袋をもらわない（自分のゴミを増やさない）」という行動に加えて「マイボトルを持っていく（家の外でゴミを増やさない）」という行動を始めた．このことは自分が日常できることの範囲が、自分の環境改善から社会貢献へと広がったと解釈できる。このような「自分にできること」の新しい認識を**行動の視野の広がり**と呼ぶ．[5]

4.3.2 境界の曖昧化

このような行動の視野の広がりは、Wilber[6] の「境界」概念によって鈴木・宮田 [7] が「境界の曖昧化」と特徴づけた変化と共通している.「境界の曖昧化」とは例えば，学生が自分たちが住みたいアパートをデザインするワークショップにおいて，以前は他人に入って欲しくない自分の空間と，その外の自分は関わらない空間との間に作っていた明確な境界を持っていたが，周囲の住民と関わりたいという願望を認識したことにより，他人と共有できる空間をデザインしたことでその境界が曖昧化していき，自分の空間と外の空間が統合されていくきっかけとなった.

上記の学生 A の不用品を使ったものづくりにおいても,「使えないもの＝ゴミ」と「使えるもの＝既製品」との間に作っていた明確な境界が曖昧化して，使えるかも知れないもの，という領域が出現し，その領域のなかで試行錯誤をしてもの作りを行なったことで「使えるもの」の領域を広げていったと解釈できる．さらに、「自分ができること＝自分の周りのゴミを減らす」と「できないこと」の間に境界があったが、たまたま家族のゴミを活用したことにより「自分ができること」の領域が「家族のゴミを減らす」まで広がった.

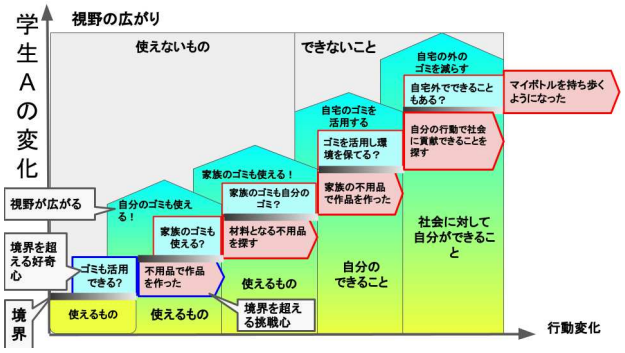


図 4　境界の曖昧化と視野の広がりの一例

今までできないと思っていたことができたこの経験がきっかけで、「家の外のゴミも減らせる」ということに気づき、それまではできないと思っていた自宅の外で環境を意識した行動を行うようになった。さらに「自分が社会に貢献できること」の境界も曖昧となり、社会貢献を意識した行動を行うようになっていった。

インタビューを行なった他の参加者も、それぞれが持っていた「使えるものと使えないもの」「自分のできることとできないこと」「自分が社会に貢献できることとできないこと」などの間に作っていた境界が、ものづくりの過程で曖昧となったことにより、認識の変化や新しい行動につながり、一つの視野の広がりがきっかけになって次の認識が起こっていた。

このように、それぞれの参加者が持っていた「使えるもの」「できること」などの境界が次々に曖昧になったことで、「既製品も自分で改良することができる」など、不用品以外でもできることが広がっていった．既製品を買って使っていた時には，使い終わったり壊れたりして使えなくなったものは「不用品（ゴミ）」と認識され,「使えるもの」と「不用品」の間には明確な境界が存在したが，その境界も曖昧になり「不用品」ではなく「使えるかも知れないもの」と認識し，それらを組み合わせて（統合して）新しい価値を創造する可能性を認識するようになったと考えられる．また「企業が取り組むものだと考えていた SDGs に、自分たちも取り組むことができる」などのように、「自分が社会貢献できること」の境界も曖昧となり、日常行為と社会の関係性の認識につながっていったことが明らかになった。

4.4 アージ理論による検討

参加者はワークショップ前にはこのような「使えるもの」の境界や、「できること」の境界のために、日常的な創造行為や社会貢献行動の可能性を認識できな

かったが、もの作りの体験によりそれらの境界が曖昧となり、行動の視野が広がり、行動の可能性を認識したと解釈できる．参加者の多くは日常的にもの作りを行なっていなかった理由として「時間がかかる、面倒」など、効率が悪いことをあげていた．しかしもの作りを体験すると多くが「アイデアを出して試行錯誤していくのが楽しい」「素材の可能性を発見した」「家族によろこばれた」などと述べているように、ものや人との関係作りを行なっていた．このことから考えられるのは、もの作りはものや人と関わりを生み出すのに対し、既製品を使っていて自ら作ることがないと、ものや人と関わる必要がなく効率的である、ということである。つまり日常生活で効率を優先して創造的行為を行なっていなかった参加者は、もの作りの過程で次第に効率よりも創造性を優先するようになっていった、と解釈できる．

4.4.1 創造性と効率性のバランス

これは宮田ら [3] が論じた，創造性アージと効率性アージのバランスに関する仮説と一致している．宮田 [8] は戸田の文明論 [9] の再構築の中で，現代社会で創造性が抑制されている歴史的要因について考察した．戸田の「感情のアージ理論」[10] によると，狩猟採集の環境の中で生存確率を高めるような行動を促すように進化した認知システムがアージである、感情はアージの機能の一部であるが、大きく変化した現代社会の環境では合理的に働かなくなっている．

生存のために重要な行動には，アージによってそれを促す強い動機づけとよろこびが伴うはずである．狩猟採集社会では，人も他の動物同様に，エネルギーを消費して食料を獲得し，その食料から得たエネルギーにより次の食料を獲得していた．消費エネルギーあたりの獲得エネルギーつまりエネルギー効率が生存に直結していたため「エネルギー効率を高める行動」を促すようなアージが進化したと考えられる．これを**効率化アージ**と呼ぶ．より少ない消費エネルギーで目的を達成できるような方法を認識したら使いたくなる，例えば階段とエスカレータがあればエスカレータを使いたくなるのは，効率化アージが働いていると考える．

一方で，食料獲得の手段である道具を創造・改良するような行動は，試行錯誤のためにエネルギーや時間が必要で，効率化アージには反する．従って道具の創造には，効率化アージに対抗するだけの強さをもった創造を促すアージが必要だったはずだ．これを**創造性アージ**と呼ぶ．生存に直結する効率化アージに対し，試行錯誤やコミュニケーションによる関係構築など必ずしも生存に直結しない活動が強いよろこびを伴うことで，創造性アージは「生きるよろこび」と呼ばれるような感情を生み出すと考えられる．この感情はチクセントミハイのフロー体験 [11]，Dweck のマインドセット [12]，creative self-belief[13] の概念とも関係が深いと考えられる．

創造性アージは「自分の行為によって創造する可能性を認識した時」に活性化され [14]，活性化されると「創るよろこび」によって効率性アージとのバランスを保つことができる．今回の「不用品を使ったものづくり」で「試行錯誤の楽しさ」「自由に自分の好みに合わせてデザインできる楽しさ」に言及していた参加者は,「自分の行為によってよりよい結果が創造できる可能性」を認識したことで「創造性アージ」が活性化し「創造のよろこび」を経験したと解釈できる．

4.4.2 創造性アージの抑制

そのような「自分の行為によってよりよい結果が創造できる可能性」を日常認識していなかった要因を考察する．多くの参加者が「不用品は活用するものという認識がなかった」「ゴミは捨てることしか考えていなかった」という記述をしていることから，宮田 [15] が論じたモジュール化による効率化が起こっていたと解釈できる．すなわち,「不用品」「ゴミ」というモジュールを作ることでそれ以上の判断をする必要がなくなり，効率よく行動できる．

Wilber は「統合心理学」[17] において，混沌とした世界に境界を作り，境界で分けられたもの（モジュール）同士を統合していくことが人の発達過程であると位置付けている．この境界によるモジュール化（効率化）と統合（創造）という二つの過程は生命の進化でも繰り返し起こってきた結果，微生物から哺乳類までの多様な生態系が生成されたが，それが人の認知機能の中でも起こることで，世界の認識や世界に対するはたらきかけが行われていると考える．

創造性アージが働きにくいもう一つの要因として既製品のエントロピーが低いことが考えられる．宮田 [16] が論じたように，創造性アージはもののエントロピーを下げる方向に働くが，大量生産された既製品は完成度が高く（エントロピーが低い）使い手が改良や修理をする余地がほとんどない（エントロピーをさらに下げることが困難である）ために，日常で創造性アージが活性化されにくいと考えられる．

4.4.3 好奇心と挑戦心の循環

エントロピーの低い既製品を使っている時は自分が工夫して改良したりする余地が少なく，既製品と自分の間には明確な境界（その向こう側は自分には見えない，触れない，創造できない）がある。それに対し、今回使った不用品は様々に加工したり組み合わせたりすることによりエントロピーを下げる可能性が多く存在し，創造性アージが活性化されやすかった可能性が考えられる．しかし上で考察したように「試行錯誤」という表現が多く使われ,「置き方や使い方を考えながら作った」などと述べているように，多様な可能性が最初から全て認識されたわけではなく，作って使いながら徐々に次の可能性を発見していたようである．宮田 [8, 14] はこのような試行錯誤を「創造性アージ」に含まれる「好奇心アージ（自分の行為によって新しい情報が得られる可能性を認識すると知りたくなる）」と「挑戦心アージ（自分の行為によって新しい構築物を実現できる可能性を認識するとやってみたくなる）」の循環として特長付けている．今回の不用品を使ったものづくりの過程でも，境界の向こう側にある可能性に対して好奇心アージが働き、境界を超えて行動することに対して挑戦心アージが働き、これらの循環が起こっていた可能性がある．

4.4.4 CCO モデル

これらの過程は、宮田他 [19] では，World Museum Project で異文化コラボレーションの参加者の視野が「ものの創造→人間関係創造→コミュニティー創造」と拡大したことと共通している．宮田 [20] は Wilber[17] の統合理論に基づいた CCO モデルを提案し，このような視野の拡張を説明した．今回の視野の広がりを，**Create/Connect/Open（CCO） モデル** [19] により考察する．オリジナルの CCO モデルは異なる文化の人やグループ同士がコラボレーションによって視野を広げていく異文化コラボレーションのモデルであったので，Create の段階は一つの文化の中での創造活動であり，複数の文化でそれぞれ創造活動を行う Create 段階に続き，それらの人やグループが出会いコラボレーションする Connect 段階，コラボレーションによってそれぞれの視野が広がっていく Open 段階の三段階を繰り返す．最初は個人の作品作りにより人とものとの関係を作り，次に作った作品を通じて周囲の人や家族との関係作りに拡張し，さらに異文化とのコラボレーションにより相手との人間関係作りに拡張し，自分の文化の見直しにより異文化同士のコミュニティー作りが起こる，というように「もの作り→人間関係作り→コミュニティー構築」と段階的に視野が広がっていた．今回の「不用品を使ったものづくり」の場合でも，もの作り→（家族など）人間関係作り→社会貢献」のように視野が広がった参加者が多かった．

4.4.5 活動構成デザイン

三野宮は，職人コミュニティーでのデザイン実践などの分析から「活動構成デザイン」を提案した [18]．例えば貼り箱工房の職場がモジュール化されて職人同士のお互いの仕事が見えにくくなり「仕事の価値を適切に評価したい」「自分の仕事の価値を理解して欲しい」「若手職人に仕事を学んで欲しい」などの願いを持ちながら，時間やエネルギー効率を優先して必ずしも行動に移していなかった．そこにデザイナーである三野宮が職場に入り，職人との対話から，見積もり計算アプリデザインを開始した．当初懐疑的だった職人も，次第に協力してアプリの実装を行っていった．アプリが完成してからも職人たちは使いながら改良していった．このように，もののデザインはコミュニティーの活動の中に埋め込まれており，活動が構成される過程にデザインが立ち現れた．宮田ら [3] による分析によると，見積もり計算アプリによって自分の願いが実現する可能性を認識したことによって職場の中に作られていたモジュール間の境界があいまいになり，モジュールが統合されていった．

今回のものづくりでも、参加者の潜在的な願いがきっかけとなり、参加者と世界の間に作られた境界をあいまいにし統合していったケースもあった．例えば「牛乳パックが家に沢山あって，母親が捨てに行くのが大変そうだったので，椅子を作ってみたいと思った.」という記述があったが，大変そうな母親を助けたいという願いを持っていたのが，牛乳パックを活用することでその負担を減らすことができるという実現可能性を認識したことで実行しようとしている．また,「以前と比べて社会に対する影響も意識して行動するようになった人はどう変化したかと変化のきっかけを具体的に教えてください」という質問に対しては，多くの参加者は社会問題を以前よりも意識するようになり，行動するようになったと回答した．このように，自分の手で一つのものを創造したことによって，自分の周囲の環境との関係性を創造することができ，それがきっかけとなって社会や地球との関係性を創造しようとしていることがわかる．

5. 創造的活動による持続可能社会

本論では日常的な創造活動による持続可能社会の方向性を探った．少数の創造的と呼ばれる人による歴史に残るような大きな創造行為よりも，大多数の人の日常の小さな創造行為が，持続可能性にとっては重要であることを論じた．日常の小さな創造行為の実践として「不用品を使ったものづくり」のワークショップを実施したところ，日常創造行為を行なっていなかった多くの参加者は、創造の楽しさを体験し、不用品の可能性を発見し、自分の行為と社会との関係性や社会貢献の可能性を認識した．参加者の振り返りおよびインタビューから、参加者は不用品と使えるものの間に明確な境界を作り，不用品がものづくりに活用できる可能性を認識していなかったが，ワークショップでものづくりを行った過程でこの境界が曖昧になり，創造性の視野が広がっていったと解釈できた．これらの過程を分析したところ、多くの参加者が日常的に創造行為を行っていなかった要因として，CBAA モデル [?] からは創造的行為の価値の認識と、自分の創造性への認識の低さが指摘された．さらにその要因としてアージ理論 [8] からは，大量生産された既製品のエントロピーが低い（完成度が高い）ことによって創造性アージが抑制され，効率性アージとのバランスが崩れて効率性が優勢となっていると考えられた．創造性アージと効率性アージのバランスを回復するためのモデルとして，CBAA にこのような世界の可能性を認識し視野を広げる可能性を表現した拡張 CBAA モデルを提案した．さらに、このような創造活動による行為の視野の広がりと、職人コミュニティーでの道具のデザインにおける共創 [18] や、グローバル・コラボレーション [19] での視野の広がりのとの共通性も確認できた．このように「創造的活動による行為の視野の広がり」は多様な分野に共通する現象であるならば、持続可能社会への一つの方向性としてさらにその可能性を高め、広げていく価値があるだろう．

6. 謝辞

本研究は以下の文部科学省科研費の支援を受けて実施した．

課題番号 17K01153，18K11957，25350302

文献

[1] 宮田 義郎, 鈴木　真帆, (2022a) “創造性の社会的意味”, 認知科学 Vol. 29, No. 2.

[2] Kaufman, J., & Beghetto, R., (2009) “Beyond big and little: the four C model of creativity”, Review of General Psychology Vol. 13, No. 1, pp. 1-12.

[3] 宮田 義郎, 三野宮 定理, 原田 康, (2021) “共創から立ち現れる創造性 ー 現場の文脈に埋め込まれたデザイン”, 日本認知科学会第 38 回大会オーガナイズドセッション「The creative self：創造的な自己を育む」 OS09-1, pp867-872.

[4] 鈴木 真帆, (2022) “日常と社会をつなぐものづくり”, 中京大学工学部 2021 年度卒業論文.

[5] 宮田 義郎, 鈴木　真帆, (2022b) “日常と社会をつなぐ「やって・みて・わかる」〜不用品を活用したものづくり”, 日本デザイン学会 第 69 回研究発表大会論文集 7D-04

[6] Wilber, K., (1979) “No Boundary: Eastern and Western Approaches to Personal Growth”, 無境界，吉福伸逸訳，平河出版社 (1986).

[7] Suzuki, M. & Miyata, Y. (2020) “Student apartment design by students - A fieldwork to create a space to connect with the local community”, Proceedings of International Conference for Media in Education 2020, pp. 74-75.

[8] 宮田 義郎, (2021) “戸田正直の文明論の再構築: 生態学的検討”, 認知科学 Vol. 29, No. 3, pp. 351-363.

[9] 戸田 正直, (1971) “特別論文「心理学の将来」”, 依田新監修・日本児童研究所編『児童心理学の進歩』, pp. 335-356.

[10] Toda, M., (1982) “Man, Robot and Society - Models and Speculations”, Boston: Martinus Nijhoff Publishing.

[11] Csikszentmihalyi, M., (2001) “Flow: The Psychology of Optimal Experience”, 「楽しみの社会学」今村浩明訳， 新思索社.

[12] Dweck, C., (2017) “Mindset - Updated Edition: Changing The Way You think To Fulfil Your Potential”, 今西康子訳， マインドセット「やればできる！」の研究，草思社.

[13] Karwowski, M., (2021) “Creative self-beliefs: on their importance, structure, and mechanisms”, 日本認知科学会第 38 回大会オーガナイズドセッション「The creative self：創造的な自己を育む」講演.

[14] Miyata, Y. & Ho, A. (2017) “World Connection Project - Hong Kong Youths Meet Nature in Japan”, International Journal for Educational Media and Technology Vol. 11, No. 1, pp 108-115.

[15] 宮田 義郎, (2020) “社会実践ラボラトリーの理論　ー人類のデザインの価値観の歴史を踏まえて”, デザイン学研究特集号, 日本デザイン学会 Vol. 27, No. 2, pp 48-55.

[16] Rifkin, J., (1981) “Entropy: Into the Greenhouse World”, 「エントロピーの法則」竹内均訳，祥伝社 (1990).

[17] Wilber, K., (1995) “The Spirit of Evolution”, 進化の構造，松永太郎訳，春秋社 (1998).

[18] 三野宮 定理, (2021) “デザインプロセスの視覚化から浮かび上がる社会実践デザインの手法：課題解決から活動構成デザインへ”, 公立はこだて未来大学大学院　システム情報科学研究科 博士論文

[19] 宮田 義郎, 亀井 美穂子, 杉浦 学 (2013), “ワールドミュージアム − 志を広げる多文化異年齢コラボレーション”, 日本教育工学会論文誌 Vol. 37 No. 3, pp. 299-308.

[20] 宮田 義郎, (2014) “進化論的視点からみた日常のモノのデザイン − グローバルに視野を拡げるデザイン原理に向けて”, 認知科学 Vol. 21, No.1. pp 187-200.

雑談空間を構成する「スマホいじり」 —大学生の二者間会話場面のフィールドワーク— “Smartphone Fiddling” constituting a chatting space: A fieldwork of two-party conversational situations among university students

千田 真緒[†]，岡部 大介[‡]，市野 順子[‡]
Mao Chida, Daisuke Okabe, Junko Ichino
[†]東京都市大学大学院環境情報学研究科，[‡]東京都市大学メディア情報学部
Graduate School of Environmental Informatics, Tokyo City University
Faculty of Informatics, Tokyo City University
g2183119@tcu.ac.jp

概要
大学生は，どのようにスマートフォン(以下，スマホ)とともに日常会話空間をつくりあげているのかを考察した．その結果，大学生の日常会話空間のひとつである「空きコマ」における 2 者間の会話は，小刻みなスマホ利用によって「調整」されていることが見いだされた．「スマホいじり」とともになされる雑談は，観察された大学生の相互注視によって，スムーズに行われていた．

キーワード : 大学生，スマートフォン，日常生活世界，フィールドワーク

1. 研究背景と目的

1.1 コミュニケーションにおける「スマホいじり」

街中のカフェなどで 2 者が雑談をしている様子を見ていると，時に，一方が話しているにもかかわらず，もう一方が「スマートフォン(スマホ)をいじり始める場面」を目にすることがある．または，2 人で同じテーブルにつきながら，「お互い沈黙のままスマホをいじる場面」に出くわすこともある．一緒にいるのに会話をしない光景に，見ているこちらが少しハラハラしてしまう．しかし同時に，一方のスマホの画面が他方に共有されることで沈黙から会話へと移行したり，相手の「スマホいじり」の開始にあわせて自身のスマホを手にしたりと，人工物と人とのインタラクションによる巧妙な調整も，雑談場面では頻繁に観察される．

本稿では，大学のカフェテリア(の 2 名がけテーブル)の観察から，大学生 2 名の雑談の場の構成において，「スマホいじり」がどのように寄与しているのかを分析対象とする．学生たちは，お昼休みや講義と講義の合間といった「空きコマ」にカフェテリアに集まり，何気ない日常会話を繰り広げる．一見なにごともなく行われているように見られるが，そこでは，人工物をお互いにいそがしく利用しながら，また，他者の行為に対応しながら，「空きコマの場」が生成されている．諏訪(2013)に則れば，わたしたちは「日常生活世界のなかで動的に対応する知が求められ」ており，その「対応」は，カフェテリアにおける何気ない会話と，そのとき手元にあるスマホのような当たり前の人工物との間においても生成されている．

1.2 会話における人工物を用いた私的ふるまい

会話場面における参加者は，常に互いの行動を注視しているだけでなく，その行動が自分に向けられているのかどうか，適切な行動はなにかを継続的に分析している(Goodwin, 1981)．Goodwin(1981)の喫煙中の会話場面における分析では，タバコという人工物に着目し，会話空間からの離脱と再参加の機会が検討されている．

例えば，2 者のうち 1 人が喫煙状態にある時，喫煙者は，発話をやめるタイミングで，手に持っていたタバコを吸った．そのとき，視線は相手に向けられていなかった．Goodwin (1981)は，「タバコを吸うことによって発話できない状態であること」，そして，「視線を聞き手に向けていないこと」から，発話者は，自分が「その会話から一旦離れたこと」を表していると分析する．聞き手もまた，発話者のタバコを吸う行為から，発話者がその場から意識的に離れていることを認識している．聞き手であった非喫煙者は，喫煙者がタバコを吸い，タバコが口から離れた瞬間に発話した．そしてその発話内容は，喫煙者が発した内容の一部を切り取り，同じ言葉を用いたものであった．この発話のタイミングや内容から，聞き手は，喫煙者が再び会話場面に参加することを許容しているように捉えられる(Goodwin, 1981)．このように，2 者が互いの行為を何気なく注視しあう共同参与によって会話場面がつくりあげられていることが示された．

なお, 非会話場面においても, 参与者は微細な修正を繰り返しながら，滑らかに空間を構築する．例えばGoodwin(1981)は，喫煙者がタバコに火をつけてもらう場面を取り上げている. 喫煙者であるアンは, ジニーに火をつけてもらおうとするが，その間にアンの子どもとの会話が発生する. このとき, 火をつけようとライターを構えていたジニーは, ライターを「叩き」, 伸ばしていた腕を引いた. アンは, 子どもとのやりとりののち, ジニーの方に顔を向け直し，ジニーはなにごともなかったように火をつけた. ジニーは, 最初にアンに差し出したライターがうまく機能しなかったかのような「叩く」振る舞いをすることで, その場をスムーズに取り繕った.

飲食場面においても, 同様の分析が行われている. 阿部他(2018)は, 大学生相当の 3 者間会話場面の分析を通して, 飲み物を飲む行為が, 発話権を調整するリソースになっていることを示している. 特に, ペットボトルの飲み物を飲むときは, 飲み物を口に含むまでに, 蓋を開けるという作業が発生する. その作業が, 進行中の会話やその場面で起こっている相互行為を「観察する時間」を与えていると阿部他(2018)は分析する.

本稿で分析対象とするデータにおいても，(カップに入っている)飲み物を飲む場面は観察された．阿部他(2018)に沿えば, 本稿で着目する「スマホいじり」の行為場面においても, スマホのカバーケースの開閉が, ペットボトルの蓋を開けるという明示的な行為のように, 参与者にとって 2 者間会話を「観察する時間」となっている可能性がある.

会話場面における喫煙や飲食といった私的振る舞いは，個人に閉じた行為である．一方で「スマホいじり」は，喫煙や飲食とくらべて他者に「開かれた」行為となる場合もある. いわば, 参与者どうし伝達しやすい／されやすい行為であることが推察される.

1.3 テクノソーシャルな状況と「スマホいじり」

コミュニケーションにおける「スマホいじり」は，現代社会において出現した振る舞いである．Meyrowitz(1985)は，相互行為の秩序の構成を緻密な観察を元に記述し, その概念化を図ったゴフマン(1963)の理論を拡張し，対面的な状況とメディア環境を合わせた一連の情報システムの中で，ゴフマン理論を再検討する必要性を主張した.

メイロウィッツの考えをさらに進めたのが, 岡部・伊藤(2006)の「テクノソーシャルな状況」に関する議論である．岡部・伊藤(2006)は，メディア利用がより高度に相互行為の中に組み込まれるモバイルメディアの時代では，さまざまな場面でオフラインの場とオンラインの場がハイブリッドに結合した状況となり, 空間的・時系列的な社会的境界がより拡張されていることを主張した.

例えば, 現代のスマホ利用者たちは, 各自の目の前にある状況の相互行為的秩序が壊れぬよう，社会的規範に反することがないように振る舞いながら，モバイルメディアを介して情報を得たり，他者と繋がったりする．岡部・伊藤(2006)は，こうした物理的制約を受けるオフラインにおける文脈と技術的制約を受けるオンラインにおける文脈が不可分に結びついた状況を「テクノソーシャルな状況」と呼び，メディア利用を含む相互行為を理解する上での基本的な概念として提示した.

このようなオンラインとオフライン，スマホと対峙する人びとという 2 つの文脈が併存する環境の中においては，「首尾よく」振る舞うには多くの巧みな行為が観察される.

1.4 本研究の目的

これまで示してきた背景のもと, 本稿では, 大学のカフェテリアで過ごす空きコマでの場面において，飲食物との関係だけを取り出すのではなく，「スマホいじり」が, 2 者の雑談のどのようなタイミングに観察され, それがいかに会話空間の構築に寄与しているのかを検討する. 具体的には,「スマホいじり」が会話のどのタイミングで生起し，それらが大学の空きコマの雑談を構築するうえでどのように作用しているのかを分析する. これらの分析を通して，2 者で「カフェテリアに居ること」への関与を維持しつつ，手元で個人的な「スマホいじり」をすることへと関与する行為がいかにその場に適した形でなされているかを分析する.

2. 方法

2.1 日時・場所と分析対象者

2016 年 6 月〜7 月の 1 ヶ月間，香川大学内にあるカフェテリアにて本稿のデータが撮影された．座席の真上からカメラで撮影し，テーブル上にある観葉植物のなかにマイクを設置した(図 1). 香川大学の工学部倫理委員会の承認を経てデータ収集がなされた．観察対象となった大学生には, 撮影後に調査の目的を説明し, 協力が可能な場合は謝礼が支払われた.

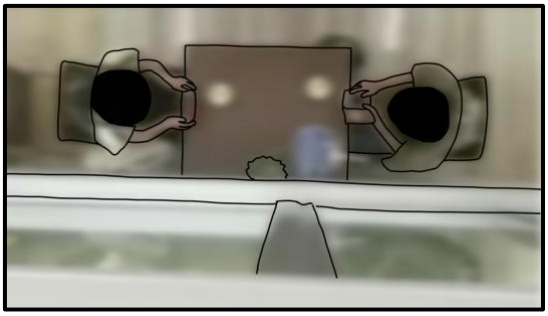


図 1　撮影の人物・環境配置

撮影されたデータ 17 本のうち，音声が聞き取れないものや，睡眠または勉強時間が長く，会話場面がほとんど観察されないものを除いた 7 本のデータを分析対象とした．分析対象とした映像は，最も短いもので 15 分 11 秒，最も長いもので 33 分 27 秒である．いずれも大学生 2 名の会話場面であり，女性どうし 6 組，男性どうし 1 組からなる(表 1).

表 1　分析データの概要(撮影された日付順)

ID	性別	撮影時間
1	女性	15 分 11 秒
2	女性	23 分 26 秒
3	女性	33 分 27 秒
4	男性	19 分 07 秒
5	女性	26 分 57 秒
6	女性	29 分 32 秒
7	女性	25 分 19 秒

2.2　分析の手続き

映像分析ソフト ELAN(EUDICO Linguistic Annotator)を用いて，「発話内容」，「スマホいじり」，「スマホいじり以外の行為」に注釈をつけた．「スマホいじり」は，画面のスクロールや，机に置いたり，保持していたりする行為のことを指す．「スマホいじり以外の行為」とは，「飲む」行為や「食べる」行為，「離席」などの行為を指す．

3.　結果と考察

3.1　大学のカフェテリアでの雑談場面の概要

3.1.1　座席において見られる諸行為と出現回数

大学のカフェテリアにおける 2 者間会話場面を理解するために，7 組において観察された回数の多かった「飲む」行為，「スマホいじり」，「食べる」行為，「離席」の 5 つの行為の出現回数を確認した．なお「離席」とは，カフェテリアで注文した飲み物や食べ物を取りに行ったり，観察対象者以外の友人と話したりするために席を外すことを指す．

それぞれの行為が 7 組の映像データにおいて観察された回数をカウントした(表 2)．その結果，「飲む」行為が最も多く，25.93 回だった．次いで「スマホいじり」は，24.71 回，「食べる」行為が 5.07 回，「離席」が 1.79 回であった．

観察された「スマホいじり」に関連して，1 人当たりの 1 分間あたりのスマホの操作回数は，平均で 1.13 回，同様に飲む行為は平均 1.22 回観察された．観察対象となった大学生は，空きコマのカフェテリア利用時に，「飲む」行為と同程度「スマホいじり」をすることが分かる．カフェテリアにおける 2 者の会話場面においては，飲み物，スマホといった人工物とのかかわりをお互いに示しあいながら会話を構成していることが分かる．

表 2　大学のカフェテリアにおける行為の回数

行為	平均(回)	回数/分
飲む	25.93	1.22
スマホいじり	24.71	1.13
食べる	5.07	0.20
離席	1.79	0.09

3.1.2　スマホいじりのタイミング

上記 3.1.1 を通して，大学のカフェテリアにおいて，小刻みなスマホ利用とともに空きコマの会話がなされていることが確認された．ここでは，更に「スマホいじり」に焦点を当て，スマホを操作することが，会話のなかのどのタイミングで生起するのかを確認した．

「スマホいじり」が観察された状況が，「話題開始時」，「話題の間」，「話題収束時」のいずれであるかをカウントした(表 3)．さらに「話題の間」は，「スマホいじり」をした人が「発話者」であるか，または「聞き手」であるか，もしくは両者が話している「話題の間(両者発話)」，両者が話していない「話題の間(両者沈黙)」の 4 つに分類した．

なお，「話題開始時」は，発話とともに「スマホいじり」を始めたり，スマホを開いたりすることを指し，「話題の間(発話者)」は，会話において発話を始めた後に「スマホいじり」を始めたことを指す．表 3 は，7 組のデータの「スマホいじり」平均回数である．2 者とも話して

いる際にスマホを操作する「話題の間(両者発話)」が平均 5.57 回と最も多く，聞き手として会話している「話題の間(聞き手)」が 4.14 回観察された．あるトピックの発話を始めるとともに「スマホいじり」をする「話題開始時」は，1.43 回と最も少なかった．

表 3 「スマホいじり」の状況と平均回数

状況	平均(回)
話題開始時	1.43
話題の間(発話者)	1.71
話題の間(聞き手)	4.14
話題の間(両者発話)	5.57
話題の間(両者沈黙)	2.71
話題収束時	2.86

ここまで，大学のカフェテリアにおける 2 者間会話場面において観察される諸行為の概要と，特に「スマホいじり」が会話のどの部分ではじまるのかについて確認してきた．大学生は，お互い細切れにスマホに触れたり視線を送ったりする．こうしたメディア利用は，空きコマでなされる雑談の構築にどのように関わっているのかを捉えていくため，特徴的な場面を取り上げて質的に分析していく．

3.2 スマホ利用場面の質的分析

例えば会議場面と異なり，空きコマのように目的が曖昧なまま 2 者会話が進行する場面は，行為者である大学生が発話するタイミングや，「スマホいじり」のタイミングなどは，あらかじめ決まっていない．上野・西阪(2000)は，いつ，ある行為が実行されるのかということが，行為に先立って存在するものではなく，実際の行為の中で特定されていくことを示している．続く 2 つの事例では，2 者間会話に一見関係のないように見える瑣末な「スマホいじり」の行為が，いかに「何気なく過ごす空きコマの会話空間」の時間を形作るかを質的に検討する．

3.2.1 発話の機会を探る「無意味なスクロール」

まず事例 1 において，特徴的な「スマホいじり」として，意図的とも無意図的ともとれる「スマホのスクロール」を終えるとともに発話を開始する場面を見ていく．事例 1 の場面は次の通りである．

［事例 1］エスノグラフィックデータ(女性 2 名，ID1 の事例)

事例 1 の直前まで，両者とも発話をしない沈黙の時間が約 40 秒間続いていた．その沈黙の間，A は「スマホいじり」と「飲む」行為，B は「飲む」行為をしていた．その後，A は「ふわふわのかき氷もさ，」と発話すると同時にスマホの操作をやめた(図 3-(a))．そしてスマホを操作していた左手を飲み物に移行させた．その際，右手では，飲み物を机に置いていた(図 3-(b))．その後，両手を飲み物に移した(図 3-(c))．また，このとき B のスマホは，カバーを閉じたまま，常に机上にあり，触れられることはなかった．

図 3-(a)の直前の，A がスマホを操作している指の動きに着目する．A は「ふわふわのかき氷もさ，」と発話する直前，スマホで Instagram のアプリケーションを表示し，それを縦に数回スクロールしていた(画面上のテキストや画像を判読，視認可能なスクロール速度を超えて，「無意味にスクロールしている」ように調査者には見えた)．そしてスクロールをやめると同時に発話し始めた．一方 B は，A がスクロールをしている間，飲み物を飲んでいた．A が「ふわふわのかき氷もさ，」と会話を再開した際に，B は A の発話を承認するかのように，飲み物を飲むことをやめ，A に顔を向けていた．その後，両者とも会話をしながらも飲み物を飲む行為は続けていた．

なお，坂井田(2020)にならい，事例 1 の身体的ふるまいを書き起こしている(図 2)．「右−身体」は，図 2 における B の身体的ふるまいを示している．また，A が発話している際，どの位置で身体的ふるまいが始まったかを，└の記号で表している)．

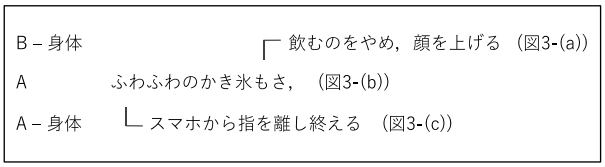


図 2 事例 1 の身体的ふるまいの書き起こし

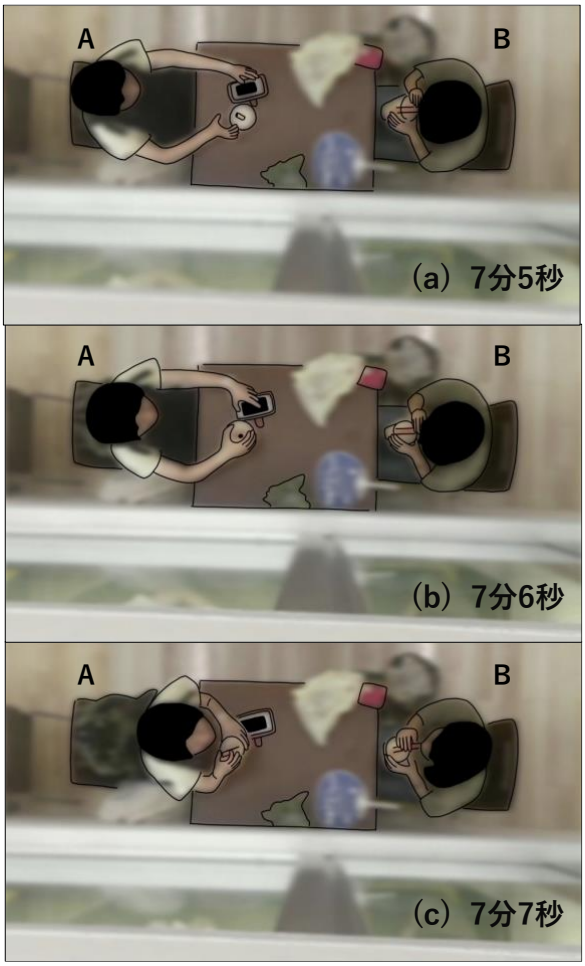


図 3 事例 1 の身体的ふるまいの変遷

3.2.2 「カバー閉じ」の合図で「パン買ってくる」

次に事例 2 として，A による「スマホいじり」をやめる「スマホカバーを閉じる」という何気ない行為に誘われる形で，B が離席する場面を見ていく．A のスマホカバーを閉じる行為が沈黙を破り，会話を再開させる合図となり，それを目にした B が，会話の再開の前に別の行為を開始する意思を告げた場面である．

［事例 2］エスノグラフィックデータ(女性 2 名，ID 1 の事例)

図 5 では，まず，A は頭部(視線)を左に逸らしながら，自身のスマホカバーケースを閉じ始めた(図 5-(a))．A がカバーを完全に閉じた際，B はスマホのケースからカードを取り出そうとし(図 5-(b))，約 2 秒後に(B は)「パン買ってくる」と発話し，カードを取り出した(図 5-(c))．A は，この B の発話とオーバーラップする形で「うん」と発話し，B の行為を承認した．なお，図 4 の B の「パン買ってくる」の発話がなされた約 2 分前に，B から A に向けてカフェテリアのパンに関する話題が出されていた．その際，B からのパンの話題に対して A が「そうなん？」というような対応をしていたことが確認された．図 4 における A の「うん」という発話が，B の発話とオーバーラップしていることからも，図 5 の場面において B が「パンを買いに行く」ことを予見していた可能性が高い．

A – 身体　スマホカバーを閉じ始める （図5-(a)）
A – 身体　スマホカバーを閉じる （図5-(b)）
B　└ (2秒後) ちょっとパン買ってくる （図5-(c)）
A　└ うん

図 4 事例 2 の身体的ふるまいの書き起こし

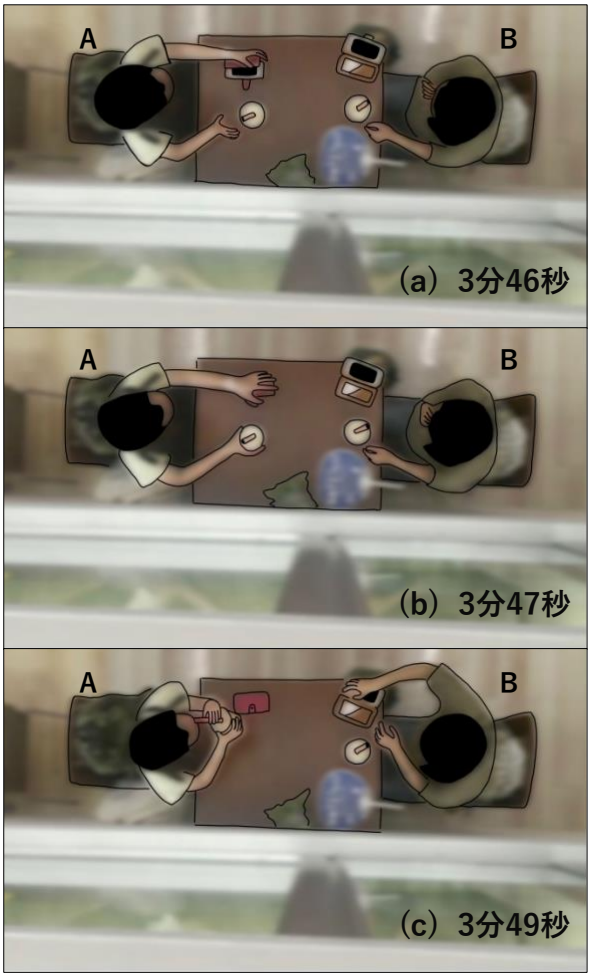


図 5 事例 2 の身体的ふるまいの変遷

3.2.3 話題収束時の「カバー閉じ」

事例 3 では，事例 1 での「ふわふわのかき氷」の話題から，両者が気になっているかき氷屋をお互いに話している．共通の友人の Instagram の投稿から，行きたいかき氷屋を明確にしたものの，一方がスマホのカバーを閉じ，もう片方がスクロールを続けたことで，実際に

行く予定は立てずに話題が終了した場面である.

［事例 3］エスノグラフィックデータ(女性 2 名，ID 1 の事例)

図 7-(a)で B は A が示したかき氷に関する Instagram の投稿画面に対し，指差しをしながら「あ，それそれー」と発話した．A と B が話していたかき氷屋が共通のものであることをお互いが認識した．その後，B は自身のスマホカバーを閉じながら(図 7-(b))，「えっほんまに行きたい」と話し，飲み物を飲んだ．それに対し，A も「行こうや」と答えながら，スマホを左手に保持したまま，飲む行為に移り，具体的な日程を決めることはなく，話題が終了した．B の「うーん」という返答とともに，A は画面のスクロールを再開し(図 7-(c))，再び沈黙の時間になった.

A – 身体	画面を見せる	(図7-(a))
B	えっほんまに行きたい	
B – 身体	└ スマホカバーを閉じる	(図7-(b))
A – 身体	スクロールを再開する	(図7-(c))

図 6　事例 3 の身体的ふるまいの書き起こし

事例 1 から 3 において，B は，A による(意図的とも無意図的ともとれる)一見些細なスマホ利用に誘われるように，再開された会話に参与したり，立ち上がってパンを買いに行くという別の行為に移る契機として利用したりしていた．空きコマにおける 2 者会話は，なにごともなく円滑に進んでいるように見えるものの，互いが常に互いの行為を注視しあって織り成されているものであった．大学生たちは，身体動作に加え，スマホというメディアにも着目しながら，会話の中断や再開，行為の開始などを調整していたのである.

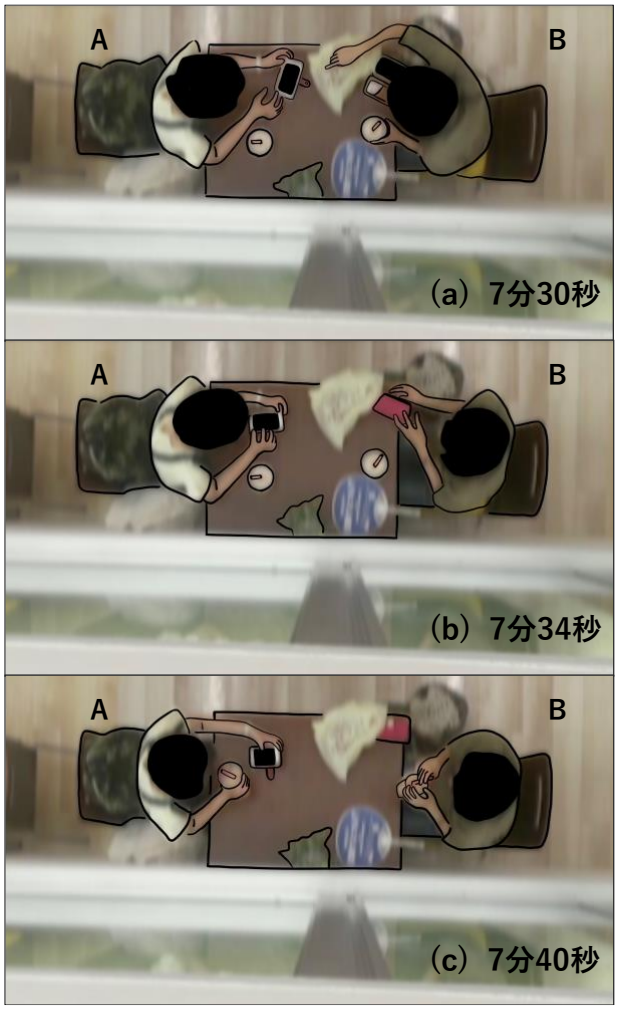


図 7　事例 3 の身体的ふるまいの変遷

4.　まとめ

本研究では，大学生の空きコマにおける質的な分析を通して，大学生は，いかにスマホを用いながら会話空間をつくりあげているのかについて考察してきた．対象の大学生たちの間で，空きコマに代表されるゆるやかな対話空間を維持するため，スマホを用いた互いの行為の察知と動的対応が細かに行われていた．何気ない 2 者間会話の断片の多くは，会話の相手のみならず，メディアとの相互行為を含んで調整され続けるものである．雑談とともに行われる「スマホいじり」は，一見些末な身体所作であるものの，実は，彼ら彼女らのコミュニケーションの時間を形成しているのである.

文献

[1] 阿部廣二・牧野遼作・門田圭祐・山本敦・古山宣洋, (2018) “いつなら飲んでも良い？雑談場面における“飲むこと”の相互行為的調整”，2018 年度日本認知科学会第 35 回大会，Vol. 35，pp. 685-694.

[2] Goffman，E. (1963) “Stigma: Notes on the Management of Spoiled Identity”，Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall. (ゴフマン，E. 石黒毅(訳)(1980)“スティグマの社会学――烙印を押されたアイデンティティ”，せりか書房).
[3] Goodwin, C. (1981) "Conversational Organization: Interaction between Speakers and Hearers", London, Academic Press.
[4] 岡部 大介・伊藤 瑞子，(2006). “ネゴシエーションの馬としての電車内空間” 松田 美佐・岡部 大介・伊藤 瑞子 (編). ケータイのある風景――テクノロジーの日常化を考える，北大路書房.
[5] Meyrowitz，J. (1985)“No Sense of Place: The Impact of the Electronic Media on Social Behavior”，Oxford，Oxford University Press.
[6] 坂井田瑠衣，(2020)“相手のふるまいに寄り添う――日常会話の間合い”，伝康晴・坂井田瑠衣・高梨克也・諏訪正樹(編),「間合い」とは何か―二人称的身体論(pp.66-67), 春秋社.
[7] 諏訪正樹，(2013)“見せて魅せる研究土壌――研究者が学びあうために”，人工知能学会誌，Vol. 28，No.5，pp. 695-701.
[8] 上野直樹・西阪仰，(2000)“インタラクション―人工知能と心”，大修館書店.

カテゴリ形成課題を用いた二者間記号創発実験のメトロポリス・ヘイスティングス法に基づくダイナミクス検証
Dynamics validation based on the Metropolis-Hastings method of bilateral symbol emergence experiments using category formation tasks

奥村　亮太[†]，萩原　良信[†]，谷口　彰[†]，谷口　忠大[†]
Okumura Ryota, Hagiwara Yosinobu, Taniguchi Akira, Taniguchi Tadahiro
[†] 立命館大学
Ritsumeikan University
okumura.ryota@em.ci.ritsumei.ac.jp

概要
エージェントがそれぞれ独立にカテゴリを形成し，形成したカテゴリに紐付けられたサインを確率的に受容と棄却を決定する名付けゲームによって共有するコミュニケーションを行う状況を考える．この際，受容確率がメトロポリス・ヘイスティングス法により決まる確率に従うなら，二者間の記号創発が分散的なベイズ推論と等価になるということが知られている．もし人間の記号創発もこのようなダイナミクスに従っていることが明らかになれば，記号創発に関して新しい洞察を得ることが出来る．そこで本研究では実際の人間に名付けゲームを行わせ，人間の受容・棄却行動を観測し，メトロポリス・ヘイスティングス法に基づく受容確率と比較することで，人間の記号論が前述の記号創発モデルによって説明可能かどうかを検証した．その結果，検定により，メトロポリス・ヘイスティング法に基づく確率に依存せずに一定の確率で受け入れの判断をしているという帰無仮説が棄却され，人間はある程度前述のモデルで計算された受容確率に依存してサインの受容を行っていることが示唆された．

キーワード：記号創発，実験記号論，カテゴリ形成

1. はじめに
人間の記号や言語を用いたコミュニケーションは記号に関する創発システムである記号創発システムの上で成り立っていると考えられる [1]．人間のコミュニケーションのダイナミクスを解明するには，この記号創発システム全体を表す計算論モデルを作り，実際にその計算論モデルに人間が従って行動しているのかを検証することが重要であると考えられる．記号創発システムを表現する計算論モデルの研究には様々なものがある．Steels の名付けゲーム (naming game) を通じて遠隔に存在するロボット間で対象を表すサインを共有させた先駆的な研究 [2] や Deep Learning に基づくマルチエージェントを用いた研究が多数ある [3,4]．これらの研究に対して，萩原らの各エージェントがそれぞれ独立にカテゴリを形成し，形成したカテゴリに紐付けられたサインを名付けゲームによるコミュニケーションによって共有させた研究がある [5]．

本研究では萩原らのモデルに着目する [5]．以降，このモデルを Inter-DM と呼ぶ．しかし，その名付けゲームのようなコミュニケーションを実際の人間が行なっているのかはわかっていない．このモデルでは名付けゲーム自体が，マルコフ連鎖モンテカルロ法の一種であるメトロポリス・ヘイスティングス法と等価であることが数学的に示されており，コミュニケーションに参加する全エージェントの感覚情報に基づくベイズ推論として記号創発が意味づけられる [5]．しかし，この理論での，各エージェントがメトロポリス・ヘイスティングス法の理論に基づいて計算される受容確率に従い他者のサインを受け入れるかどうかを決定する [6]，という仮定が，実際に人間において成立するかどうかは明らかでない．

そこで我々は，被験者実験を行い，全体として推論した受容確率が高い方が，実際に名付けを受容した割合が高くなる傾向が観察された [7]．具体的には，Inter-DM の名付けゲームと同等の実験を設計した．Inter-DM の理論に基づいて推論した名付けに対する人間の受容確率と，実際に名付けを受け入れた割合をヒストグラムにより可視化した．その結果，全体として推論した受容確率が高い方が，実際に名付けを受容した割合が高い傾向があることを確認した．しかし，その名付けゲームの理論が人間の行動を説明できているかどうかは検証できていなかった．

そこで本論文では，モデルにより推論された受容確率が高い場合に，人間がより高い確率で名付けを採

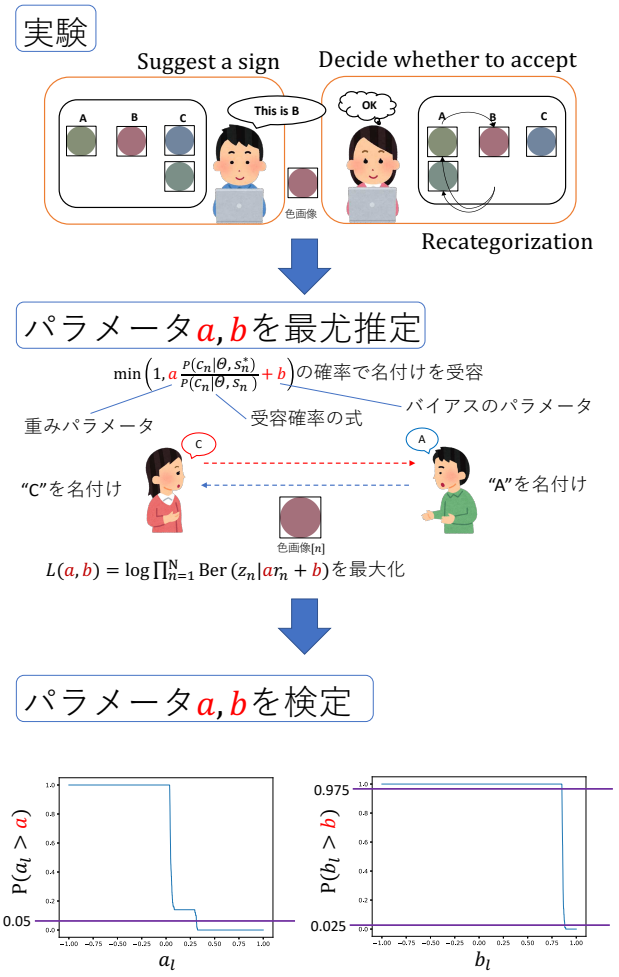


図 1　本研究の全体の流れの図.

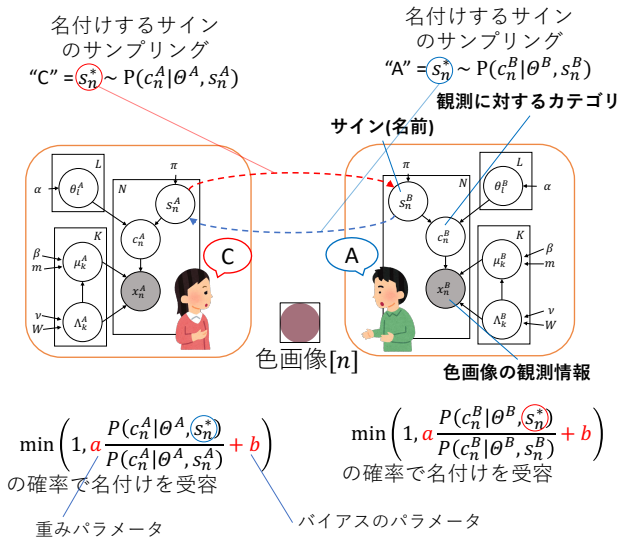


図 2　本研究の被験者実験と名付けゲームを対応付けさせた概要図. x_n^A, x_n^B は観測の色画像である. c_n^A, c_n^B は被験者の色画像の分類結果である. 被験者の色画像への名付けがサイン s_n のサンプリングであり, メトロポリス・ヘイスティングス法によりサインを共有する. 赤と青の点線は名付けによるサインの伝達を表す.

択するかを統計的な手法により解析する. このためにモデルが捉えきれない要素も考慮するために, 推論した受容確率 r に重み a を掛けバイアス b を足した $p = ar + b$ により人間が受容・棄却を判断しているという理論を考える. その上で, 人間がメトロポリス・ヘイスティングス法によって計算される受容確率を用いて名付けを受容しているかを検証する. 図 1 に本研究全体の流れを示す.

本稿では, 2 章で分析方法ついて述べ, 3 章で実験方法について述べ, 4 章で結果について述べ, 5 章でまとめる.

2. 準備

2.1 モデルベースデータ解析

本論文では萩原らの Inter-DM を改変した Inter-GM を用いる. Inter-DM はエージェントが Dirichlet mixture を用いて個々にカテゴリを形成し, コミュニケーションによって形成したカテゴリに紐付けられたサインを共有する. Inter-DM の Dirichlet mixture によってカテゴリ形成していた部分を単純に Gaussian mixture に置き換えたものが Inter-GM である.

図 2 は被験者実験と名付けゲームを対応させた概要図である. これは 2 体のエージェントによるそれぞれのカテゴリ化とサインの推論を統合した確率的生成モデルになっている（詳しくは [5] 参照）. x_n が観測情報であり, c_n は x_n が分類されるカテゴリである. s_n は x_n に対するサインである. s_n^* は提示された x_n に対して相手にサンプリングしたサインである. サイン s_n を推論する際にエージェント A, エージェント B が交互にサイン s_n をサンプリングし合い, 相手のサインをメトロポリス・ヘイスティングス法の受容確率 $\min\left(1, \dfrac{P(c_n|\boldsymbol{\Theta}, s_n^*)}{P(c_n|\boldsymbol{\Theta}, s_n)}\right)$ に従って受け入れる. $\boldsymbol{\Theta}$ は図 2 の θ_l を L 個まとめたものである. この推論仮定そのものが, 確率的な名付けゲームに対応しており, 記号創発システムの計算論モデルとみなすことができる.

人間がメトロポリス・ヘイスティングス法の受容確率に従って相手の提案を受容しているのかを調べるため, 人間の受容確率と実際の受容割合を評価指標として用いる. 被験者の分類結果 c とその名前 s を使用し

て，パラメータ $\boldsymbol{\Theta}$ を推論し，メトロポリスヘイスティングス法の受容確率 $\min\left(1, \frac{P(c_n|\boldsymbol{\Theta}, s_n^*)}{P(c_n|\boldsymbol{\Theta}, s_n)}\right)$ を計算し，その値を人間の受容確率とする．n はデータの番号であり，s_n^* は相手の提案である．

2.2 検定

2.2.1 パラメータ推定

推論した受容確率よりも多様な要因でずれることを説明するために重みを掛けて，バイアスのパラメータを足して判断していると考え，それらのパラメータを推定する．z_n は n 回目の名付けに関して相手の名付けを受け入れたかどうかの変数であり，受け入れた場合は 1 をとり，拒否した場合は 0 をとる．r_n は 2.1 で述べた方法で推論した被験者の受容確率である．名付けを受け入れるという事象が確率 r_n で起こると考えれば，これらを次のようにベルヌーイ分布に当てはめ，全体の名付けの数 N だけ掛け合わせることで尤度を計算することができる．

$$L = \prod_{n=1}^{N} \mathrm{Ber}(z_n|r_n)$$

検定では図 2 のようにパラメータ a, b を含めた受容確率を使用する．パラメータ a, b を追加し，対数をとったものを対数尤度とし，

$$L(a, b) = \log \prod_{n=1}^{N} \mathrm{Ber}(z_n|ar_n + b)$$

とする．このパラメータ a, b を最尤推定により決定する．解析的に解くのは困難であったため，勾配法を用いて a, b の最尤推定を行った．

2.2.2 サンプリングに基づく検定

人間が推論された受容確率をある程度使用しているのか，一定の確率で受容しているだけなのかを調べるために，2.2.1 で推定したパラメータ a, b について検定する．帰無仮説 H_0 と対立仮説 H_1 は以下である．

- H_0: 使用している受容確率が一定である．
- H_1: 使用している受容確率が一定でない，つまり推論された受容確率を人間はある程度使用している．

推定された統計量 a, b に関して検定を行う場合，これが従う分布を解析的に求めることが困難であるため，t 検定等の検定を行うことができない．帰無仮説 H_0 に対応する分布として r に依存しない（つまり $a = 0$）のベルヌーイ分布 $\mathrm{Ber}(\bar{z}|\bar{b})$ を仮定する．なお $\bar{b}$ は被験者全員の行動より決定する．

$\mathrm{Ber}(\bar{z}|\bar{b})$ を用いてサンプリングを行い，統計量 a, b のリストを得る，その a, b の累積分布関数を作成して検定を行う．以下が統計量 a, b のリストを得る手順である．

1. 実験結果から被験者全員の全試行を通した受容割合 $\bar{b} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} z_n$ を算出する．
2. ベルヌーイ分布のパラメータを $\bar{b}$ とし，各回の名付けの受容・棄却をベルヌーイ分布 $\mathrm{Ber}(\bar{z}|\bar{b})$ からサンプリングする．

$$\bar{z}_n \sim \mathrm{Ber}(\bar{z}|\bar{b}) \dots \ n \in \{1, \dots, N\}$$

3. 2 の結果 $\{\bar{z}_n\}$ から 2.2.1 と同様に最尤推定でパラメータ a, b を求め，これらを統計量のリストに追加する．
4. 2 と 3 を十分な数 L 回行う（本論文では $L = 1000$）．

N はコミュニケーション回数の 45，データセットの数の 2，被験者の数の 12 を掛け合わせた数であり，$N = 45 * 2 * 12 = 1080$ である．

得られた統計量 a のリスト $a_1, a_2, \dots, a_L$ から累積分布関数 $P_a(a) = \frac{1}{L}\sum_{l=1}^{L} f(a_l, a)$ を計算する．また同様に統計量 b のリスト $b_1, b_2, \dots, b_L$ から累積分布関数 $P_b(b) = \frac{1}{L}\sum_{l=1}^{L} f(b_l, b)$ を計算する．ただし，

$$f(x, y) = \begin{cases} 1, & x \geq y \\ 0, & x < y \end{cases}$$

重みパラメータ a は非負の値であり帰無仮説が $a = 0$ であるため片側検定を行う．バイアスパラメータ b は両側検定を行う．具体的には次のように行う．$P_a(a) \leq 0.05$ であれば帰無仮説 H_0 が棄却される．および $P_b(b) \geq 0.975$ もしくは $P_b(b) \leq 0.025$ であれば帰無仮説 H_0 が棄却される．

3. 被験者実験

3.1 実験方法

実験は二人一組のペアで行う．同じペアの二人をそれぞれ被験者 A，被験者 B と呼ぶ．二人の被験者は図 3 の流れに従い，PC を使って実験する．

図 4 は実験用のアプリケーションの操作画面である．図 4 の (1) は，はじめに行ってもらうカテゴリ分類の画面であり，(2) は名付け側，(3) は聞き手側の画面である．詳しい手順は以下に示す．

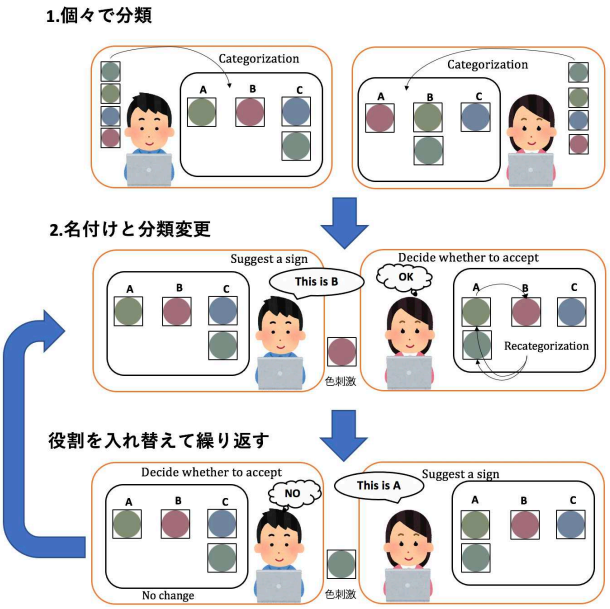


図 3　被験者実験の流れ

① **カテゴリ分類**：被験者 A，B それぞれに 15 個の画像を 5 つ以下の A〜E のラベルのついたカテゴリに分類してもらう．
② **サインの受理/棄却**：①で使用した画像を一つ表示し，被験者 A が名付け側として名前を付け，被験者 B が聞き手側として名付けを受け入れるか拒否するかを判断し，ボタンを押す．
③ **分類とサインの更新**：聞き手側の被験者 B は相手の名付けを受け，分類結果変える場合は自分の分類結果を変更する．
④ 被験者 A，B で役割を入れ替えて②，③を行う
⑤ ②〜④をデータの数分，15 回行う
⑥ ④を 3 回繰り返す

手順①，②でお互いに名付けの提案をし，受け入れるかの判断をすることがコミュニケーションである．一度のコミュニケーションを手順②終了時とし，その際に毎回記録する．分類結果はいつでも変更できるが，聞き手側の際に相手の提案を受け入れるか選んだ後に変更する場合はするように促すような文章が表示される．分類とコミュニケーションは Python で開発したアプリケーションを用いて通信しながら別々の PC で行う．使用する画像は手順③の役割の入れ替え前と後で同じ画像であると，先に聞き手だった被験者 B が被験者 A の名付けの影響を強く受けると考えられため，画像を表示する順番はランダムとした．

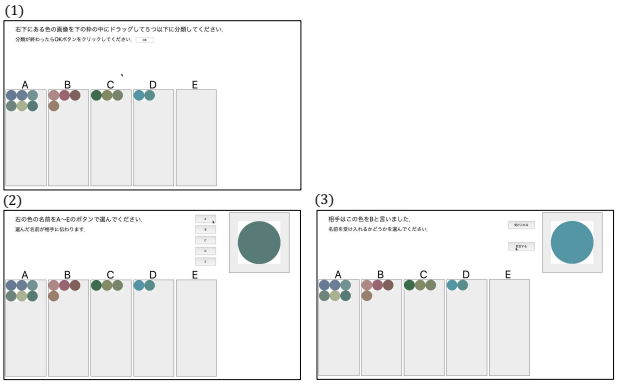


図 4　実験用アプリケーションの実際の実験中の操作画面．(1) カテゴリ分類の画面，(2) 名付け側操作画面，(3) 聞き手側操作画面

3.2　被験者とデータセット

実験の被験者は立命館大学の生徒を 2 人 1 組で 6 組分，計 12 名募集した．12 人のうち 1 人は色覚異常を持っていた．

色空間は人間の知覚する心理的距離を正確に表している CIE-$L^*U^*V^*$ 空間を使用する [8]．CIE-$L^*U^*V^*$ 空間では L^* で明るさ，U^*V^* で色相が決まる．使用する色の画像の詳細は以下に示す．

1. Python の画像処理ライブラリである Pillow (PIL) を使用し，色のついた円形の画像を作成する．
2. 3 つの三次元ガウス分布から L^*, U^*, V^* をそれぞれサンプリングする．
3. データセットは難易度によるコミュニケーションの違いを見るため，分類が難しいデータセット 1 と分類が簡単なデータセット 2 の 2 つ用意する．
4. 2 人に見せる画像は共通で，1 つのデータセットにつき 15 個用意する．
5. どのガウス分布からサンプリングするかは一様乱数を使用して一様に決める．

表 1 はデータセットを三次元ガウス分布から生成した際の各パラメータである．

図 5 がデータセット 1(難しい)，データセット 2(簡単) の画像である．

4.　結果と考察

まず，推論した受容確率と実際の受容状況の結果について見ていく．図 6 の上部のグラフはある被験者のコミュニケーション毎の受容確率と相手の提案を受容したかどうかのグラフである．コミュニケーション毎の受容確率と相手の提案を受容したかどうかのグラフ

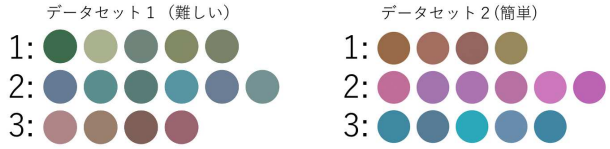


図 5　被験者実験で使用する画像．左がデータセット 1(難しい) で右がデータセット 2(簡単) である．同じ行にあるものが同じガウス分布から生成された画像であり，数字はガウス分布の番号である．

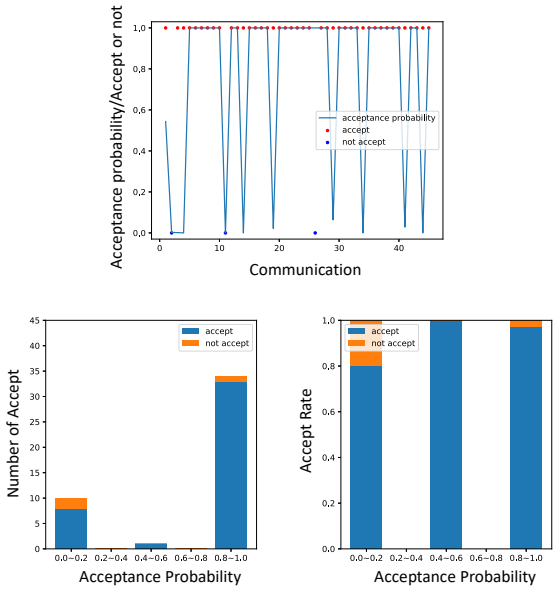


図 6　上部：データセット 1(難しい) での一人の被験者のコミュニケーション毎の推論した受容確率と相手の提案を受容したかどうかのグラフ，下部：(左) 推論した受容確率ごとの受容した数のグラフ，(右) 推論した受容確率ごとの実際に受容した割合のグラフ

では提案を受容した場合を 1，拒否した場合を 0 としてプロットしている．図 6 の下部は同じ被験者の推論した受容確率ごとの受容した数と実際に受容した割合のグラフである．推論した受容確率が 0 に近いような場合でも受容することがあることがわかる．相手の提案を受容しやすい傾向が人間の場合には存在すると考えられる．図 7 は全被験者の受容確率ごとの受容した数のグラフ (左)，受容確率ごとの実際に受容した割合のグラフと，推定した重み a, バイアス b を使用した $y = ar + b$ のグラフ (右) である．図 7 を見ると [7] の 4 実験での結果と同じく推論した受容確率が 0.2 ～ 0.8 になることが少なかったが，全体としては推論した受容確率が高い方が実際に人間が受容する割合が高いことが確認できる．推論したパラメータ a, b を用い

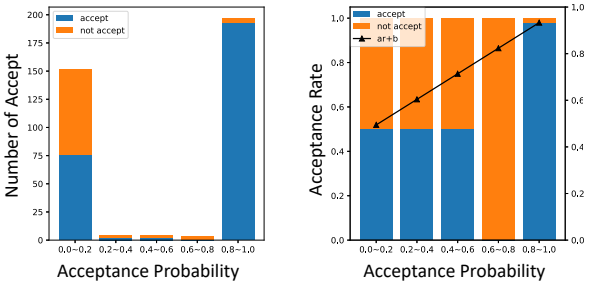


図 7　全被験者の受容確率ごとの受容した数のグラフ (左)，推論した受容確率ごとの実際に受容した割合のグラフと，推定した重み a, バイアス b を使用した $y = ar + b$ のグラフ (右)．

た $ar + b$ のグラフを見ると推論した受容確率がデータの多い 0.2 以下と 0.8 より大きい時に寄ったグラフに見える．

次に検定の結果について見ていく．データセット 1，データセット 2，両方のデータセットで推定したパラメータが表 2 である．両方のデータセット，全被験者のデータを用いての重みパラメータ a とバイアスパラメータ b を最尤推定で求めるとそれぞれ $a = 0.5484, b = 0.4395$ となり，各データセットでの結果と似たものとなった．両方のデータセット，全被験者のデータを用いて求めたパラメータを用いて 2.2.2 の検定を行った．その結果 a の上側確率 $P_a(a) = 0.00 \leq 0.05$，b の上側確率 $P_b(b) = 1.00 \geq 0.975$ となった．よって帰無仮説は棄却され，推論された受容確率を人間はある程度使用していることが示唆された．

5.　まとめ

本研究では，ペアで名付けゲームを行う記号創発実験を行い，Inter-DM の名付けゲームの理論に基づいて推論した名付けに対する人間の受容確率と，実際に名付けを受け入れた割合を用いて比較した．具体的にはモデルから推論された受容確率を線形関数をパラメータとしたベルヌーイ分布により人間の受容・棄却行動をフィッティングし，検定を行った．その結果，人間は一定の確率で受け入れの判断しているという帰無仮説を棄却し，推論された受容確率をある使用して判断していることが示唆された．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21H04904 および JP17H06379 の助成を受けたものです．

文献

[1] 谷口忠大. 心を知るための人工知能-認知科学として の記号創発ロボティクス-,. 共立出版株式会社, 2020.

[2] Luc Steels. *The Talking Heads experiment: Origins of words and meanings*. Language Science Press, Berlin, 2015.

[3] Katrina Evtimova, Andrew Drozdov, Douwe Kiela, and Kyunghyun Cho. Emergent communication in a multi-modal, multi-step referential game. In *International Conference on Learning Representations*, 2018.

[4] Diane Bouchacourt and Marco Baroni. Miss tools and mr fruit: Emergent communication in agents learning about object affordances. In *Proceedings of the 57th annual meeting of the association for computational linguistics (ACL)*, pp. 3909–3918, 2019.

[5] Yoshinobu Hagiwara, Hiroyoshi Kobayashi, Akira Taniguchi, and Tadahiro Taniguchi. Symbol emergence as an interpersonal multimodal categorization. *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 6, p. 134, 2019.

[6] Tadahiro Taniguchi, Yuto Yoshida, Akira Taniguchi, and Yoshinobu Hagiwara. Emergent communication through metropolis-hastings naming game with deep generative models. *arXiv preprint arXiv:2205.12392*, 2022.

[7] 奥村亮太, 萩原良信, 谷口彰, 谷口忠大. 複数の人間における記号創発実験のメトロポリス・ヘイスティングス法に基づくダイナミクス検証. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2022, pp. 3L3GS804–3L3GS804, 2022.

[8] Luc Steels, Tony Belpaeme, et al. Coordinating perceptually grounded categories through language: A case study for colour. *Behavioral and brain sciences*, Vol. 28, No. 4, pp. 469–488, 2005.

表 1　各データセット生成時の各パラメータ．μ_k は k 番目の三次元ガウス分布の平均ベクトルである．Σ は分散共分散行列であり，３つの三次元ガウス分布で共通である．

	データセット 1(難しい)	データセット 2(簡単)
μ_1	$\begin{pmatrix} 60 \\ -10 \\ 20 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 60 \\ 30 \\ 30 \end{pmatrix}$
μ_2	$\begin{pmatrix} 60 \\ -20 \\ -10 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 60 \\ 30 \\ -30 \end{pmatrix}$
μ_3	$\begin{pmatrix} 60 \\ 20 \\ 10 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 60 \\ -30 \\ -30 \end{pmatrix}$
Σ	$\begin{pmatrix} 5^2 & 0 & 0 \\ 0 & 9^2 & 0 \\ 0 & 0 & 9^2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5^2 & 0 & 0 \\ 0 & 10^2 & 0 \\ 0 & 0 & 10^2 \end{pmatrix}$

表 2　各データセットに全被験者のデータで推定したパラメータ a, b

	a	b
データセット 1(難しい)	0.5528	0.4387
データセット 2（簡単）	0.5434	0.4408
両方のデータセット	0.5484	0.4395

談話の再構成能力の発達 ー10 歳児・11 歳児の物語文の分析からー Development of Discourse Reorganization Ability in Narratives of 10-year-old and 11-year-old Children

稲葉　みどり
Midori Inaba
愛知教育大学
Aichi University of Education
mdinaba@auecc.aichi-edu.ac.jp

概要

本研究では、日本語を母語とする 10、11 歳児の物語談話の構成能力の発達を考察した。発話データは KH Coder 3 を用いてテキストマイニングにより解析した。その結果、後から判明した新たな事実を基に、二つの出来事の因果関係を結びつけ直す談話再構成能力の発達、及び、情報を加えて描写を豊かにする事例や話を面白くする工夫等が見られ、子どもの創造性の発達と物語を独自のものにしたいという希求が示唆された。

キーワード : 物語談話、再構成能力、独自性、創造性、共起ネットワーク

1. 研究の目的

本研究では、日本語を母語とする子どもがどのように物語を構成する能力（ナラティブ・スキル）を発達させていくかを考察する。一般に物語を構成する能力は 3 歳頃から発達し始め、9 歳頃には結束性と統括性を備えた物語文を語ることができるようになると言われている（Berman & Slobin , 1994; Stein & Albro, 1997; Heilmann et al., 2010）。筆者の先行研究（稲葉, 2017; 2020; 2021a; 2021b; 2021c）でも、9 歳頃までには局所構造、全体構造が整うことが明らかになった。そこで、本研究では、10、11 歳児の言語発達過程に着目し、物語構成の基本的能力がある程度完成した後にどのような発達が見られるかを探る。

2. 先行研究と研究課題

同じ絵物語を扱った筆者のこれまでの研究（稲葉, 2017; 2020; 2021a; 2021b; 2021c）からは、概ね 3 歳児で物語の場面の個々の出来事を捉える能力が芽生え、4 歳児で場面毎の出来事を表現する能力が発達し、5 歳児で物語の主人公や登場動物の行動や出来事をより詳しく捉え、さらに複数の場面を関連づける能力が発達することが提示された。そして、6 歳児では、主題に沿って物語を展開していく能力、7 歳児では、物語の転回から結末へと導く能力が芽生えてくることが示唆された。すなわち、はじめに局所構造が構成され、年齢が上がると共に局所構造を関連づけ、物語の全体が構成されていくと考えられる。そして、9 歳頃には、結末を意識し、局所構造、全体構造が整った物語を構成することができることが分かった。

内田(1996)は、幼児の物語理解は、全く事象の関連づけができない段階からバラバラの事象をことばの上で関係づけて統合することができる段階へ進み、その後統括性のある物語を語れるようになり、さらに回想や夢のシーンを構成できるようになるとしている。本研究においても、概ねこの主張と類似の結果となった。

3. 研究の方法と研究課題

発話資料は、文字のない絵本 Frog, Where Are you ?（Mayer, 1969）を用いて収集した 9 歳児、10 歳児（各 10 名）の物語文である。物語構造は物語文法（Thorndyke, 1977）を基軸とする。発話データ（テキスト）は、KH Coder 3（樋口 2020）を援用し、文章の集計、頻出語彙・動詞等の抽出、関連語検索、KWIC コンコーダンスによる文脈の確認、共起ネットワークの検出等を行って解析した。また、再構成の言語表現の方法を調べるためには、テキストを直接見て分析した。

本研究では、特にクライマックスの場面に焦点を当てる。この絵物語のクライマックスの始まりの場面では、鹿が登場し、物語を結末に導く重要な出来事が起こる。この出来事を表すには、後から判明した新たな事実をもとに、二つの出来事の因果関係を結びつけ直す談話の再構成(reorganization)の能力が必要である。この能力は、物語の局所構造を構成する能力の中でも、概念的

にも言語的にも複雑な能力である。稲葉 (2021c) では、8 歳児、9 歳児頃にこの能力の萌芽が見られることが明らかになった。よってここでは、10 歳児と 11 歳児の物語文について、1) 頻出語の共起ネットワークから見た物語の構成、2) 物語の再構成能力の発達と再構成の方法、3) 言語表現から見た物語の特徴等を考察する。

4. 結果と考察

4.1 使用語彙の分析（使用語彙数の変化）

10 歳児、11 歳児の発話テキスト中の使用語彙を KH Coder 3 を用いて解析した結果、【表 1】のような結果が得られた。10 歳児のテキストには、段落数 364、文数 389 が確認された。また、総抽出語数(分析対象ファイルに含まれている全ての語の延べ数)は 5, 008、異なり語数(何種類の語が含まれていたかを示す数)は 452 であった。この中で、分析に使用される語(助詞や助動詞等どのような文章にでも現れる一般的な語が除外された数)として 1, 653 語、異なり語数 323 が抽出された。11 歳児のテキストには、段落数 451、文数 452 が確認された。総抽出語数は 5, 997、異なり語数は 525 である。分析に使用される語の総語数は 1, 969 語、異なり語数 394 が抽出された。

10 歳児と 11 歳児の語彙数を比較すると、総抽出語数、異なり語数共に 2 割程の増加で、それほど大きな変化は見られない。これは、この物語を語るのに必要な基本的な語彙がこの年齢頃までにほぼ出揃ったからだと考えられる。

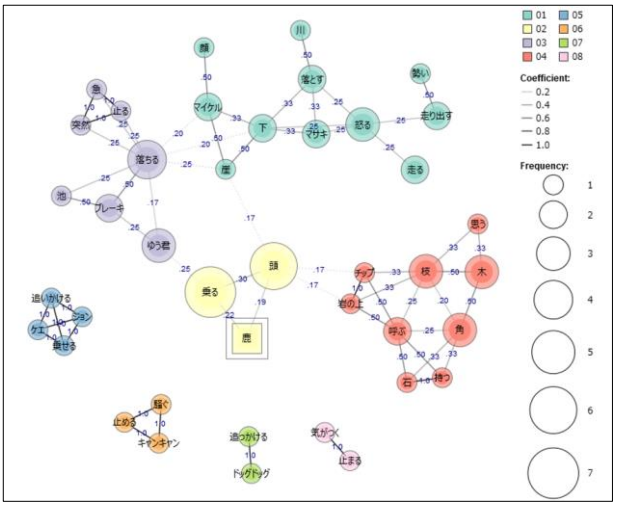
【表 1】10 歳児・11 歳児の使用語彙数

テキスト分析	10 歳児	11 歳児
総抽出語彙数	5008	5997
使用語彙数	1653	1969
異なり語数	452	525
使用語彙数	323	394
文数	364	452
段落数	389	451

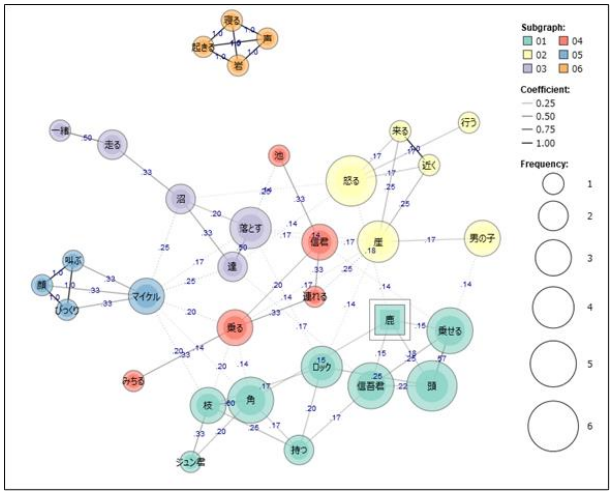
4.2 関連語の共起ネットワーク

頻出語の結びつきから、クライマックスの場面の内容、構成を分析した。この場面の中心的な登場動物は「鹿」である。頻出語彙の分析の結果、10 歳児のテキストには「鹿」が 34 回出現し、頻出語彙の中での出現頻度は 6 位であった。そこで、KWIC コンコーダンスで「鹿」の関連語を抽出した。次に、抽出された語の結びつきからこの場面の構成を可視化するために、関連語「鹿」の共起ネットワーク図を検出した。10 歳児の共起ネットワーク（【図 1】）からは、クライマックス場面の出来事の連鎖の集まりが検出され、この場面をローカルに構成する能力の現れが示唆された。

11 歳児のテキストには「鹿」が 35 回出現し、頻出語彙の中での出現頻度は 10 位であった。11 歳児の共起ネットワーク（【図 2】）は、この場面を構成するローカルな連鎖が互いに結びつき、グローバルなネットワークが形成されていた。これは、クライマックスの場面における一連の出来事を物語の全体構造の中で捉え、結束性と統括性を備えたひとまとまりの出来事として位置づけることができる高い物語構成能力（ナラティブ・スキル）の発達を示していると考えられる。



【図 1】10 歳児の関連語「鹿」の共起ネットワーク



【図 2】11 歳時の関連語「鹿」共起ネットワーク

4.3 再構成能力の発達

ここでは、物語を遡り、再構成する能力の発達について考察する。再構成能力とは、後から判明した新たな事実をもとに、二つの出来事の因果関係を結びつけ直す力のことを指す。この物語のクライマックスの始まりでは、「少年が岩の上で木の枝に掴まってカエルを呼んでいる場面」から、ページをめくると「少年が鹿の頭の上にのせられている場面」という構成になっている。ここでは、少年が最初木の枝だと思って掴まったものが実は鹿の角であったことに気づくのは、鹿の頭の上に乗せられてしまってからである。したがって、この場面を構成するには、一旦は木の枝だと扱って話を展開し、鹿が登場してから話を遡り、内容を撤回してストーリーを再構成する必要がある。

10 歳児、11 歳児がこの場面をどのように表現しているかをテキストを直接見て確認した結果、A~D の表現方法に分類された。【表 2】は、A～D の出現回数の集計結果をまとめたものである。

A. 逆戻り再構成

「思う」を用いて少年の誤解や気づきを明示する表現。

例「木の枝だと思ったものは、鹿の角だったのです。」

B. 時系列再構成

時系列に出来事を並べて示す表現。少年の気づきは暗示されている。

例「木の枝を掴みました。枝は鹿の角でした。」

C. その他の表現

少年の誤解には触れず鹿が出てきたことに言及する。

例「少年は鹿の頭に乗ってしまいました。」

例「突然鹿が出てきました」

D. 再構成無し

はじめから「角」と言及する。少年の誤解や気づきは表現されていない。

例「石の上に乗り、鹿の角を持ちました。」

【表 2】10 歳児・11 歳児のテキスト分析の結果

分類	10 歳児	11 歳児	合計
A 逆戻り再構成	1	1	2
B 時系列再構成	4	3	7
C その他の表現	3	6	9
D 再構成無し	2	0	2
計	10	10	20

10 歳児においては、B が 4 件で一番多く見られた。次に C の 3 件である。A は 1 件だけであった。D が 2 件見られたが、言語資料の収集は、最初に絵本の全てのページを見てから最初に戻って話すという方法で録音したので、子どもはあらかじめ岩から出ているものが鹿の角であることは分かっている。よって、D のような事例が現れると考えられる。D では、この物語のトリックが示せず、面白さを少し欠いた語りになるので、ストーリーテリングの未熟さを示唆していると思われる。

11 歳児の場合は、C が 6 件で一番多かった。続いて、B が 3 件、A は 1 件であった。D は見られなかった。ここで、特筆すべきことは、11 歳児の C には、様々なバリエーションが見られることである。10 歳児の場合は、例示した表現に極めて近いものがほとんどであったが、11 歳児の場合は、鹿の登場の仕方や少年が鹿の頭の上に乗っている場面を膨らめて語っている事例（巻末資料 4.4 二重線部等）が複数見られた。少年の誤解や気づきには直接触れていないが、生き生きとして臨場感のある語りとなっている。この場面で誤解や気づきに触れることは、一つの選択であり、必ずそうしなければならないということではない。物語のプロットから見れば、少年の誤解という出来事は、物語を冒険に満ちたものにするのには大切だが、スキップしても全体の流れには影響がない。むしろ、主人公が鹿によって沼に落とされることの方が話の展開からは重要である。

11 歳児は、全ての出来事を逐一並べるのではなく、物語の主題（ゴール）に向かって出来事を取捨選択して全体を構成している証拠ではないかと考えられる。すなわち、より高い語りの能力が備わってきたことが示唆される。11 歳児の発話資料は、巻末資料 4.1~4.3（下線部）に例を抜粋した。

5. まとめと課題

本研究では、日本語を母語とする 10 歳児、11 歳児の物語文に見られる発達の特徴を考察した。その結果、以下の傾向が明らかになった。頻出語彙の解析から、10 歳児と 11 歳児の間では、総抽出語彙数、異なり語彙において大きな変化は見られなかった。10 歳児の共起ネットワークからは、この場面をローカルに構成する能力の現れが示唆された。11 歳児の共起ネットワークは、ローカルな連鎖が互いに結びつき、グロー

バルなネットワークが形成されていた。これは、一連の出来事を物語の全体構造の中で捉えて位置づけることができる高い物語構成能力（ナラティブ・スキル）の発達を示唆している。

物語の再構成能力は、10 歳児、11 歳児の両方で見られた。再構成の方法として、主に二つのタイプの言語表現（逆戻り再構成・時系列再構成）が見られた。一方で、再構成が見られなかったテキストも存在し、話者独自の表現で語られる例も見られた。これは、より高い物語構成能力の芽生えであると考えられる。

本研究の結果は、日本語を母語とする子どもの一つの物語に見られる発達の特徴であるので、さらに別の物語等で検討していくことが必要である。

資　料

(4.1)は A の例、(4.2)は B の例、(4.3) (4.4)は C の例である。

(4.1) ケンは石に登って、フクロウを追い払いました。石の一番高い所に登って、メイを一生懸命呼びました。そしたら木の枝だと思っていたものが、ガサッと動きました。鹿の角でした。僕は石じゃないよう。鹿は怒りました。鹿は怒って、崖の近くまで来ました。そしてそこからケンを落としてしまいました。 [J-11-J] [11;10]

(4.2) ジュン君はフクロウに追いかけられています。ゴメンゴメンゆるしておくれよ。ようやくゆるしてもらえたジュン君岩の上に登って木の枝をつかみカエル君を探しています。カエルくーん。ジョンはこりごりしています。しかしジュン君の掴んでいた枝は、鹿の角でした。わあっ、鹿は突然走り出しました。そして、ジョン君とジュン君は、崖の下へ落ちて行きました。 [J-11-D] [11;03]

(4.3) そして、岩のところまで来ても、フクロウさんは追いかけてきました。信吾君は来るなという顔をしています。そして、岩の上でカエル君を呼んでもいませんでした。犬君はその辺を歩いていました。信吾君はいきなり鹿が出てきて、鹿の角にひっかかってしまいました。犬君は草の中も探してみました。鹿さんはひっかかった信吾君を谷の辺まで持って行きました。犬君は放せと言いそうな顔です。鹿さんは信吾君達を落としてしまいました。信吾君と犬君は下にあった池に落ちてしまいました。 [J-11-E] [11;03]

(4.4) 男の子は追いかけられて、ごめんなさい、ぼくが悪かったですと言っているみたいです。今度は石の上に登ってカエル君と呼びました。犬は蜂に刺されて、よれよれで帰って来ました。今度は鹿が出て来ました。犬は石の間に顔をつっこんでいます。男の子は鹿の頭に乗せられてしまいました。男の子はびっくりしたみたいで、降ろしてくれと言っています。鹿が走って行って、犬も一緒に走っています。そのまま走っていくと、崖がありました。男の子は止まってくれと叫んでいます。そこで鹿が止まって、その崖に男の子と犬が落ちてしまいました。 [J-11-I] [11;07]

参考文献

[1] 樋口耕一(2020).『社会調査のための計量テキスト分析第 2 版』ナカニシヤ出版.

[2] Berman R. & Slobin, D. I. (1994). Relating events in narrative: A crosslinguistic developmental study. Hillsdale, NJ: LEA Publishers.

[3] Heilmann, J., Miller, J. F., Nockerts, A., & Dunaway, C. (2010). Properties of the narrative scoring scheme using narrative retells in young school-age children. American journal of speech-language pathology, 19(2), 154–166.

[4] 稲葉みどり（2017）. 「日本語の物語文における言語知識の発達過程の考察―発話数・単語数・形態素数・平均発話長の解析―」『教科開発学論集.』5, pp. 23-32.

[5] 稲葉みどり(2020).「物語文の萌芽－3 歳児の Frog Story の分析から－」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』4, 91-98.

[6] 稲葉みどり(2021a).「物語文における 4 歳児・5 歳児の発達に見られる特徴－Frog Story の分析から－」『教科開発学論集』9, 23-32.

[7] 稲葉みどり(2021b).「6 歳児・7 歳児の物語文の構造－共起ネットワークによる発達過渡期の特徴の分析」『愛知教育大学研究報告. 人文・社会科学編』70, 10-18.

[8] 稲葉みどり(2021c).「物語談話を構成する能力の発達－8 歳児・9 歳児の Frog Story の分析から－」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』6, 61-68.

[9] Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Dial Press.

[10] Stein, N. L., & Albro, E. R. (1997). Building complexity and coherence: Children's use of goal-structured knowledge in telling stories. In M. G. W. Bamberg (Ed.), *Narrative development: Six approaches* (pp.5-44). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

[11] Thorndyke, P. W. (1977). Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse. *Cognitive Psychology*, *9*, 77-110.

[12] 内田伸子(1996).『子どものディスコースの発達』風間書房.

1 秒待つ：最適な認知資源配分のためのブースト設計
One-Second Boosting: Intervention that Promotes the Optimal Allocation of Cognitive Resources

香川 璃奈[1]，白砂 大[2]，池田 篤史[3]，讃岐 勝[1]，本田 秀仁[2]，野里 博和[4]
Rina Kagawa[1], Masaru Shirasuna[2], Atsushi Ikeda[3], Masaru Sanuki[1], Hidehito Honda[2], Hirokazu Nosato[4]

[1]筑波大学，[2]追手門学院大学，[3]筑波大学附属病院，[4]産業技術総合研究所
[1]University of Tsukuba, [2]Otemon Gakuin University, [3]University of Tsukuba Hospital, [4]National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
kagawa-r@md.tsukuba.ac.jp

概要

昨今の社会情勢の変化やクラウドソーシングプラットフォームの隆盛により、分業の成果物の質の担保が課題となっており、成果物の質を向上させるための介入の需要は高い。我々は、作業者には適切な思考時間が存在するという仮定に立ち、医療画像に異常所見の有無を付与する際に、画像を提示してからある一定の時間､回答できない状態にする介入(ブースト)の効果を検証した。医師(N=730)を対象とした行動実験により、画像を提示してから 1 秒間(介入がない場合の思考時間の中央値より短い時間)だけ回答できない状態にすると正答の期待値が上昇したことを確認した。

キーワード : ブースト, 資源合理性, 機械学習, 医療画像

1. 背景・目的

昨今の社会情勢の変化やクラウドソーシングプラットフォームの隆盛により、特にインターネット上における非同期的な分業の重要性は今後も増すであろう。その一方で、分業の成果物の質の担保が課題となっており[1]､成果物の質を向上させるための介入の需要は高いと考えられる。

我々は、できるだけコストをかけずに、かつ、作業対象を問わず適用できる介入が必要だと考えている。そこで、選択において明確なかたちで情報を理解させることを促し、その結果として継続的に認知能力を引き出すことを目的とした介入であるブースト(boosting)[2]に着目した。

本研究では、インターネット上の分業の例として、統計的学習用の正解ラベル付きデータセット作成に焦点をあてる。統計的学習の技術開発のためには、一般的に、正確にラベルが付与された正解データセット（対象データと正解ラベルのセット）が大規模に必要となる。そのラベルが 1 対 1 で決定されるような明確なラベル付与タスクであれば問題ないが、正解ラベルを規定する基準が一意に定まっていないタスクの場合、正解ラベルを均一に大量に揃えることは難しい。特に、医療データに代表されるような専門性の高いデータが対象になる場合、病変の有無を診断するようなタスクのラベル付与基準は作業者の知識や経験に依存する場合が多く、それらを補うための十分な教育にコスト（時間や費用）が掛かる。近年の統計的学習の需要の高まりを考えると、大量な学習データ作成のためのラベル付与作業にコストを掛けることは望ましくなく、できるだけコストを掛けずに作業品質を向上させるための介入方法の需要は高いと考えられる。

ここで我々は、資源合理性[3]の観点を鑑み、作業者がラベル付けの問題に取り組む時間の延長による正答率の向上と回答者のメンタルワークロードの負荷はトレードオフの関係にあると予想した。

そこで本研究では、作業者が能力を発揮できる最適な時間のかけ方があるという前提に立ち、問題を提示してからある一定の時間、回答できない状態にする、という簡便な制約をブーストとして設定することで作業者集団の作業能力が向上する、という仮説を検証した。

2. 方法 (行動実験)

本研究では、医療画像(膀胱鏡画像)に対して正常(画像中に病変を含まない)か異常(画像中に病変を含む)かを回答する 2 値分類タスクを題材に実験を実施した(図 1)。問題を提示してから回答できるまでの時間制約を、本研究では待ち時間と呼ぶ。問題を提示してからの待ち時間がラベルづけの品質に与える影響を検討した。

実験参加者: 約 730 名の医師が参加し､最終的に 404 名の医師が回答を完了した(男性 354 名、女性 50 名、Mage = 50.3、SDage = 12.0)。

図 1　実験刺激の概要

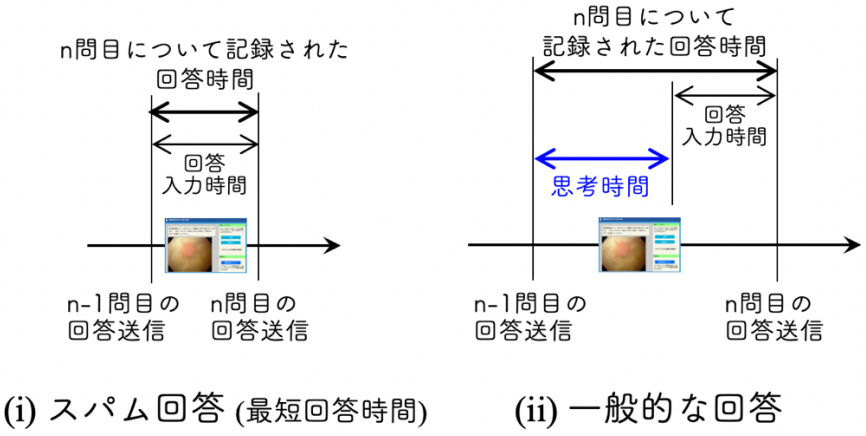


図 2　回答時間と思考時間の計算方法の概要

刺激・手続き: 延べ 7 種類(待ち時間なし、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0 秒)の待ち時間を、実験に参加した医師に対してランダムに割り当てた。全ての実験参加者は、3 問のチュートリアルのあとに 100 問の 2 値分類タスクに回答した。ただし、参加者の判断で任意のタイミングで中途離脱が可能であり、離脱したあとに再開はできない。

実験はすべて web 画面上で行われた。実験参加者である医師には、実験設定、病変枚数、待ち時間による介入を設けていることなどは明らかにしていない。各問題間には固視点が 1 秒間呈示された。

本実験は、筑波大学医学医療系医の倫理委員会の承認(承認番号 1616)を得ている。筑波大学に知財登録(筑大産知財第 19-608 号)されている画像 103 枚 (正常と異常が 50 枚ずつ) を実験に利用した。

分析: 待ち時間の設定がデータ品質に与える影響を評価するため、正答の期待値を算出し、アノテーション品質の評価基準として利用した。多くのアノテーターを募集でき、1 つのデータに対して複数のアノテーターを割り当てられる場合には、個々のデータに対する正答数の期待値が高いことが望まれると考えたためである。そこで、本実験では、待ち時間 t (秒) における正答の期待値を$Perform(t)$と呼び、待ち時間 t (秒)における平均正答率$Acc(t)$と待ち時間 t (秒)における回答を完了した人数 $n(t)$ に基づき、以下と定義した。

$$Perform(t) = Acc(t) \times n(t). \quad (式\ 1)$$

さらに、回答者の思考過程をより直接的に分析するため、回答時間から思考時間を算出して、解析に利用した[4]。実験で使用したシステムにおいて回答者が 1 問に回答するまでの思考過程を図 2 に示す。このとき、記録された回答時間は、タスクが表示されてから回答者が答えを決定するまでの思考時間と、決定した答えのボタンをクリックする回答入力時間に分割することができる。ここで、オンライン実験には、一定数のスパム回答（例えば、クリックを連打するなど、問題に対して能動的な思考が伴わない回答）が含まれることを避けられない特性を利用して、記録された回答時間のうち最短の時間が回答入力時間(図2(i))であるとみなした。また、一般的にクリック動作にかかる時間には回答者間で大きな差がないことから、回答入力時間は一定であると仮定し、図 2(i)と図 2(ii)の差分から、各回答の思考時間を算出した。

表 1: 参加者のデモグラフィックデータと結果の概要.

待ち時間 (t)	100 個のタスクの完答者数$n(t)$	女性	年齢	$Acc(t)$	$Perform(t)$
なし	**66**	13.6%	50.0 (± 12.9)	68.50%	45.21
1.0	65	9.2%	50.9 (± 10.6)	71.14%	**46.24**
2.0	55	14.5%	51.2 (± 10.6)	72.02%	39.61
3.0	61	14.8%	51.5 (± 12.0)	69.81%	42.58
4.0	58	12.1%	49.1 (± 13.4)	69.92%	40.55
5.0	50	14.0%	49.9 (± 13.0)	**72.50%**	36.25
6.0	49	10.2%	50.3 (± 11.4)	71.14%	34.86

3. 結果・考察

待ち時間を 1.0 秒以上設定することで、待ち時間がない場合と比較して平均の正答率が上昇する傾向が認められた。さらに、待ち時間がない場合と比較すると、1.0 秒待ちにおいては$Perform(t)$が高くなる一方で、2.0 秒以上の待ち時間を設定すると待ち秒数が長くなるほど中途離脱者が増加した結果として$Perform(t)$の値が減少することを確認した(表 1)。さらに、延べ 7 種類(待ち時間なし、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0 秒)の待ち時間の各条件における思考時間の中央値は順に、1.52、1.40、1.30、1.43、1.38、1.36、1.35 秒であった。このことから、1.0 秒待ちという介入は、待ち時間を設定しない場合の思考時間の中央値(1.52 秒)よりも短い時間、と解釈することができた。

本研究で提案した、待ち時間を設定しない場合の思考時間の中央値よりも短い時間だけ回答できないようにする、という介入は、タスクを問わず簡便に実現できる介入であり、多様なタスクに応用できる可能性がある。今回得られた結果がタスクに依存した結果ではない事を確認するために、より多様なタスクを利用して背景知識が異なる回答者(看護師など)での同様の検討も必要である。思考時間におけるより詳細な思考過程を計測するために、オンライン環境下で簡便に計測できるマウス軌跡などのデータから回答者の思考過程を推測する技術開発にも需要があると考える。

謝辞

本研究成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP20006)、JST 未来社会創造事業の助成(JP19211284)の結果得られた。

文献

[1] Daniel, F., Kucherbaev, P., Cappiello, C., Benatallah, B., & Allahbakhsh, M. (2018). Quality control in crowdsourcing: A survey of quality attributes, assessment techniques, and assurance actions. *ACM Comput. Surv.*, *51*(1), 1–40.

[2] Hertwig, R., & Grüne-Yanoff, T. (2017). Nudging and boosting: Steering or empowering good decisions. Perspectives on Psychological Science, 12(6), 973–986.

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

[4] Dutilh, G., & Rieskamp, J. (2016). Comparing perceptual and preferential decision making. Psychonomic bulletin & review, 23(3), 723–737.

多関節制御器の協調運動の構造抽出と制御戦略の提案
Structural extraction of coordinated motion of articulated controllers and proposal of control strategies

田澤　龍之介†，鳥居　拓馬†，日髙　昇平†
Ryunosuke Tazawa, Takuma Torii, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院
Japan Advanced Institute of Science and Technology University
s2120023@jaist.ac.jp

概要

多自由度・高次元系の運動制御に強化学習手法が適用されている．強化学習は，報酬を最大化する制御則を学習する枠組みである．報酬をコスト関数とすれば，最適制御の枠組みと近い．制御器が取り得る軌道は無数に存在する．無数の軌道から 1 つを選択する，つまり不良設定問題は最適制御における最大化問題である．本研究は，不良設定問題を解決する身体運動の制御機構を基に，多関節制御器のための新たなカリキュラム学習の枠組みを提案する．

キーワード：不良設定性, 自由度, 協調, カリキュラム学習

1. 背景と目的

作業を人間からロボットへ移行するロボタイゼーション技術の急速な進歩により，我々の日常生活の多くの場面において，ロボットの活躍が期待されている．日常の様々な場面で適切に動作するロボットの実現には，未知な環境に対応できるシステムの付与が求められる．動的に変化し続ける実環境において，環境との相互作用を通じ，何らかの形でシステム内部に目的動作を生成するための環境の記述が必要であり，学習過程が欠かせない．ロボットの学習手法として，種々のアプローチが提案されているが，目標状態のみを示すだけで，そこに至る入出力関係を構築できるという実装の簡便さと反射的かつ適応的な行動を獲得できることから，強化学習手法がロボットの学習手法として，注目を浴びている [1].

これまで，マニピュレーター [2]，車輪型 [3]，二足 [4] 及び多足型 [5] などの移動ロボット，他にも，蛇型ロボット [6] の制御などが実現されてきた．しかし，ロボットの運動制御に強化学習を従来の枠組みのまま適用するだけでは，多くの場合で，動作が困難となる．要因として以下が挙げられる．

- 制御自由度の増加に伴い，状態・行動空間が連続かつ高次元となり，次元の呪いが発生する．
- 報酬を用いたゴール状態の定義について，明示的な指針がない．タスク達成時のみに報酬を与える場合，その状態に至ることする難しい場合がある．

これらの要因は，運動制御における不良設定性によるものである．運動制御における不良設定性とは，目標を達成可能な身体部位の軌道が無数に存在し，一意に定まらないことである．本研究の目的は，この運動制御における不良設定性の解消に向けた新たな制御手法の提案である．次章では，強化学習の基本的な枠組みと強化学習における問題について述べる．

2. 強化学習手法を用いた運動学習

2.1 強化学習の枠組み

強化学習の枠組みは，エージェント，環境及びそれらの間の相互作用からなる．エージェントは，行動決定の主体であり，環境は，エージェントが相互作用を行う対象である．相互作用とは，情報の受け取りと引き渡しを行うことを意味する．

相互作用を記述する数理モデルとして代表的なのがマルコフ決定過程 (Markov Decision Process: MDP) である [7]．マルコフ決定過程に従う場合の強化学習の枠組みを図 1 に示す．エージェントと環境は，1 時間ステップごとに，状態，行動，報酬の 3 つの情報を受

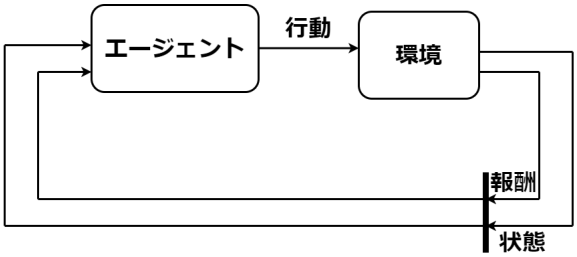


図 1　強化学習の基本的な枠組み

け取ったり引き渡したりする．この図が示すように，情報のやり取りは，ループ構造となる．太い線は，その始点を表している．状態とはエージェントが置かれている状況を表し，倒立振り子を制御する場合，典型的には振り子の角度と角速度で状態を記述する．行動とはエージェントが環境に対して行う働きかけの種類であり，振り子の場合，トルクの大きさに相当する．最後に，報酬はその行動の即時的な評価を表す．エージェントは環境から現在の状態と報酬を受け取り，行動集合の中から行動を決定し，これを環境に引き渡す

2.2 強化学習における問題

エージェントの行動は方策により決定される．強化学習問題を解くということは，できるだけ多くの報酬を受け取れるように，この方策を設計することである．しかし，制御器の最適制御において，環境の挙動は未知であり，あらかじめ方策（制御則）を設計することは不可能である．従って，エージェントの行動結果（状態・報酬）を繰り返し観測することで最適な制御則を獲得するアルゴリズムの設計が具体的な課題となる．しかし，制御器の自由度の増加に伴い，探索空間は巨大となる．先にも述べたように，多自由度系には，システムの最終出力である運動軌道は無数に存在するため，探索空間から最適な制御側の発見は不良設定問題となる．これにより，多くの試行回数を要し，学習時間の増加及びサンプリング効率の低下を招く．この問題を解消するために，人間が容易にこの不良設定性を解消することに着目し研究を進めた．

3. 身体運動機構

3.1 不良設定性を有する運動系

人間の身体は多自由度系であり，各身体部位が複雑に相互作用する．しかし，実際，人間は滑らかに運動を生成し，目標の運動を容易に達成する．

脊椎動物は筋肉の内側に骨格を持つことで，柔軟に動く身体を獲得した．骨格が筋肉に覆われた筋骨格構造を人間は有し，筋張力により関節を駆動させたり，関節の剛性を変化することができる．この時，筋は収縮方向の力しか発生できないため，1 自由度の関節を駆動させるには 2 本以上の筋が必要である．従って，身体運動制御は多数の筋骨格系を制御して始めて成立し，多数の関節と筋肉の冗長性の問題を解決しなければならない．

3.2 協調運動と制御自由度の変化

では，実際のところ人間はどのようにこの冗長問題を解決しているのかについて，これまで多くの議論がされてきた．この身体の冗長問題はベルンシュタイン問題 [8] と呼ばれ，ベルンシュタインは運動の自由度に着目し，運動制御における協調構造の存在を示唆した [8]．自由度とは，制御のために決定しなくてはならない値であり，各部位が動くことができる方向の数とも言える．例えば，単純な到達運動の場合，関節は 7 自由度を持つ（肩関節が 3, 肘関節は 1, 尺骨は 1，手首は 2 方向に動ける）．体肢全体を考えれば，100 以上の自由度がある．それゆえに，こうした動作の要素（関節や筋）を 1 つ 1 つ個別に制御することは非現実的である．この運動要素を制御可能なシステムへと転換しているのが，協調構造である [8]．協調とは，複数の独立な自由度が互いを機能的に拘束し合い，1 つの機能的な単位として，結合することを言う．この状態にある時，それぞれの自由度はバラバラでなく，相互補完的に変動する．つまり，それまで，莫大であった自由度が制御可能な範囲になるまで，減少する．このように，身体運動には莫大な自由度が潜んでおり，協調により，各身体部位の自由度が増加・減少し，自在な運動が実現される．まず，身体運動の制御自由度の変化の調査を行った．具体的には，身体を力学系とみなし，投球運動課題を与え，その運動中の制御自由度を分析した．身体運動において，多くの座標変換が行われる．特に，複数部位が協調する時，動作間の空間座標系の変換の組み合わせ数が多くなり，逆モデルの計算コストが膨大となる．そのため，本研究では，身体運動の時間発展を記述する体系として，日高ら [9] の力学的不変量仮説を採用した．これは，末梢・中枢神経系・筋骨格系と作業空間との間の相互作用をそれらの系の状態とその状態遷移の系列とし，身体運動を力学系と捉えることである．ある運動の多くの軌道は，相空間上の特定の部分空間のみを通過し，この部分空間はその力学系のアトラクタに対応する．アトラクタの不変量の 1 つであるフラクタル次元は滑らかな座標変換に対する不変性を持つため，表層的な運動ではなく，それに潜在する運動制御，すなわち制御自由度を抽出できると考えられる．また，投球運動課題の主な選定理由は，課題成績が評価しやすく、投球目標の距離により容易に課題の難易度を操作できるため、身体の制御自由度と課題難度の関係を調べるのに適した課題であるからである．

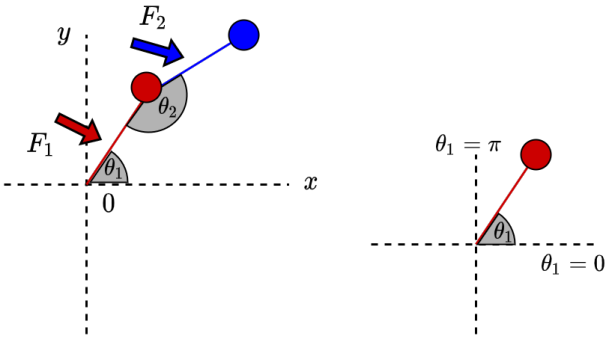


図 2　腕の振り子モデルと角度軸

4.　二重振り子による投球運動課題

二重振り子の運動制御を力学系の構成と捉え，人間の腕を単純化したモデルとして，目標点に向けてボールを投げる投球運動課題に対して運動学習を行った．

4.1　人間の腕の振り子モデル

図 2 は設計した制御器を表している．上下関節はそれぞれ人間の肘・肩関節に対応し，両関節の質点は $M_1, M_2 = 1[kg]$, 長さは $L_1, L_2 = 1[m]$ である．観測される状態は両関節の角度と角速度 $(\theta_1, \dot{\theta}_1)$,$(\theta_2, \dot{\theta}_2)$ の 4 変数である．角度は，上関節は下関節となす角度を，下関節は x 軸となす角度とした．それぞれ，時計周り方向に角度の値が減少していくもとする．また，各関節への入力トルク F_1, F_2 は時計周り方向にのみ与え，両関節とも $0 \leq (F_1, F_2) \leq 50[N]$ と制限した．

二重振り子の運動方程式はラグランジュ関数 [10] を用いて導出され，以下の式で表される (重力加速度 $g = 9.8[m/s^2]$).

$$\begin{pmatrix} \ddot{\theta_1} \\ \ddot{\theta_2} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} (M_1+M_2)L_1 & M_2L_2\cos(\theta_1-\theta_2) \\ M_2L_1\cos(\theta_1-\theta_2) & M_2L_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} (M_1+M_2)g\sin\theta_1 & M_2L_2\dot{\theta_2}^2\sin(\theta_1-\theta_2) \\ M_2L_1\dot{\theta_1}^2\sin(\theta_1-\theta_2) & M_2g\sin\theta_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} -F_1 \\ -F_2 \end{pmatrix} \tag{1}$$

オイラー法 [11] を用いて，この運動方程式を数値的に解いた．

4.2　投球課題と課題パフォーマンス

投球運動課題において，振り子の端点から，初期条件を $(\theta_2, \dot{\theta}_2)$ として，ボールが発射される．空気抵抗

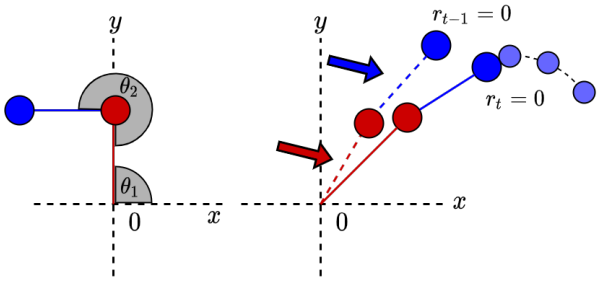


図 3　初期値と報酬

（抗力）の影響は受けず，ボールは水平投射運動に従う．ボールの初速度は上関節の角速度の水平方向成分のみで構成される．ボールの位置と速度をデカルト座標系に変換し，$(x_0, y_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0) = h(\theta_1, \dot{\theta}_1, \theta_2, \dot{\theta}_2)$ の形で表現すると，位置座標は $(x_0, y_0) = (x_p + L_1\cos\theta_1 + L_2\cos\theta_2, y_p - L_1\sin\theta_1 - L_2\sin\theta_2)$, ボールの速度は $(\dot{x}_0, \dot{y}_0) = (\dot{\theta}_2\cos\theta_2, 0)$ となる．$(x_p, y_p) = (0, 0)$ は振り子の旋回軸である．デカルト座標系におけるボールの初期条件 $(x_0, y_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0)$ から，地面に衝突したボールの到達点 (x_*, y_*) は次の式となる．また，ボールが最初に地面に到達した点から枢軸 (x_p, y_p) までの距離を課題距離としたため，$y_* = 0$ である．

$$x_*(x_0, y_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0) = x_0 + \dot{x}_0\sqrt{(2/g)y_0} \tag{2}$$

$x_0 > 0, y_0 > 0$ である．よって，課題距離 d とボールの到達点との誤差 s は以下の式となる．

$$s(\theta_1, \dot{\theta}_1, \theta_2, \dot{\theta}_2|d) = \sqrt{\left(d - x_*(h(\theta_1, \dot{\theta}_1, \theta_2, \dot{\theta}_2))\right)^2} \tag{3}$$

つまり，この誤差 s が 0 に近づくほど，課題パフォーマンスが良いとする．課題距離は $d = 5[m]$ とした．

4.3　学習手法

制御関数 F_1, F_2 の学習には，Soft Actor-Critic と呼ばれる深層強化学習手法を用いた [12]．Soft Actor-Critic (SAC) は連続行動空間を対象とする state of the art の強化学習手法であり，そのサンプル効率の高さと学習の頑健さからロボット制御などに用いられている．最大の特徴は目的関数（期待収益の最大化）にエントロピー最大項を加えたものである．

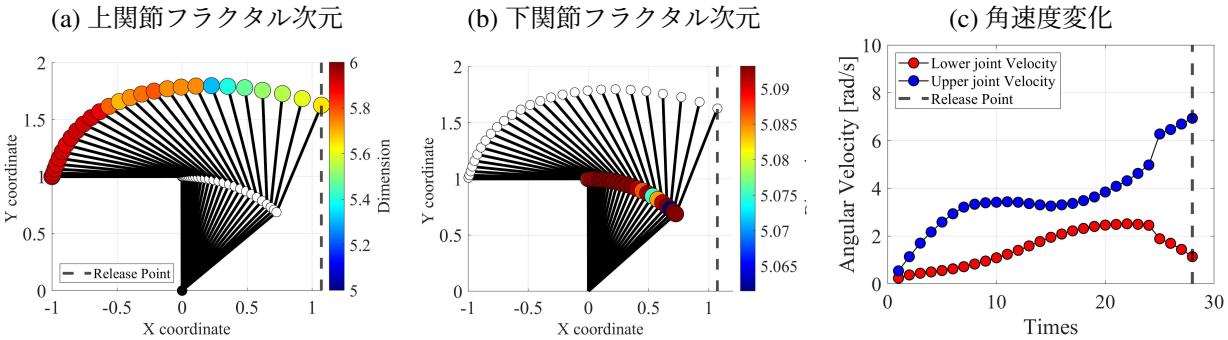


図 4　ベストパフォーマンス軌道のフラクタル次元と角速度変化 $d = 5[m]$.

4.4　リリース条件と報酬の設定

投球運動課題において，図 3 で示すように，上限関節の学習初期値は $(\theta_1, \dot{\theta}_1) = (\frac{\pi}{2}, 0)$,$(\theta_2, \dot{\theta}_2) = (\frac{3}{2}\pi, 0)$ とした．3.2 節で述べたように，ボールの速度 $\dot{x}$ は上関節の角速度の水平方向成分である．ある時刻 t の状態 s_t におけるボールの速度 $\dot{x_t}$ が前の状態の角速度の水平方向成分 $\dot{x_{t-1}}$ より，減速した時，ボールが振り子の端点からリリースされる．報酬関数 r_t は課題距離とボールの到達点との誤差 s(課題パフォーマンス）とし，リリース時のみに与えられる．

$$r(\theta_t, \dot{\theta}_t) = \begin{cases} s(\theta_1, \dot{\theta}_1, \theta_2, \dot{\theta}_2) & \text{if } \dot{x}_t < \dot{x}_{t-1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} . \quad (4)$$

5.　投球運動課題結果

課題距離を $d = 5[m]$ とし，計 20000 回の試行を行った．以下では，ベストパフォーマンス（誤差 s が 0 に近い）軌道の結果とその考察について述べる．

5.1　制御自由度変化

本課題では，力学系の制御自由度の分析手法として，力学的不変量の 1 つであるフラクタル次元推定を行った．まず，実際に観測される身体の状態は限られ，外乱の影響を受けるため，観測データから相空間を再構成する必要がある．そのため，相空間再構成法として，縮退した軌道をある次元の空間へ写像することで，特異点の無い滑らかな軌道に変換する時間遅れ座標への埋め込みを行った [14]．この埋め込み操作により，再構成されたアトラクタは距離などの幾何学的性質を持たず，アトラクタの位相的構造のみにより，特徴づけられる．アトラクタ軌道の各点の自由度は点次元によって特徴づけられる．日高ら [15] によって提案された点次元推定法を用いて，力学系とみなした運動データの特徴次元の抽出を行った．図 4 の (a,b) は，学習で得られたベストパフォーマンス軌道における両関節のフラクタル次元の変化である．ヒートマップはフラクタル次元の大きさを，点線はリリース状態を示している．下関節のフラクタル次元変化が微量であるのに対して，上関節は端点の最上点からリリース付近で次元が減少している．

5.2　角速度変化

図 4 の (c) はベストパフォーマンス軌道の角速度の変化を表したものであり，両関節とも滑らかに変化している．上関節の角速度（図 4(c) の青線）は運動開始直後に，加速，その後，一時的に減速し，リリース状態付近で再び加速する．最終的に，リリース状態時にピークとなる．一方で，下関節の角速度（図 4(c) の赤線）は，緩やかに加速するが，リリース状態付近で，減速する．

6.　考察

6.1　運動の分節化の可能性

図 4(a) の上関節のフラクタル次元の変化から，運動開始時は高次元で制御され，端点が最上点に至る時に，次元が低下する．さらに，リリース状態付近で，フラクタル次元がわずかに増加する．このことから，手先が通るべき経由点，つまり，サブゴールが存在し，サブゴールを経由することで，運動全体の目標が達成されるという，階層構造の存在が予想される．従って，適切な分節点をフラクタル次元により推定することができれば，獲得する運動の要所や経由点を定める等の運動計画の大枠が定められ，各サブゴールにおいて，低自由度系の運動学習が可能となる．

6.2 ムチ運動

下関節（肩）→上関節（肘）の順に角速度のピークを迎える．各部位の速度が順々にピークとなる運動をムチ動作という．スポーツにおける投球や打撃では，身体末端の速度をいかに高めるかが重要となる．ムチ動作は，多関節より構成される人間の身体運動において，身体をムチのように動かすことによって，末端部の速度を高めようとする動作メカニズムである．運動連鎖 [16] とも呼ばれ，協調運動によって，生成される．投球運動に伴う腕関節部位の速度は，肩，肘，ボールの順に速度がピークとなる．両関節の角速度の変化から，このムチ動作が生成されたことが言える．

複雑な運動を分節することができれば，局所な運動の学習となり，探索空間を削減ができる．そのため，どこで運動が分けられるかを明らかにする必要ある．適切なタイミングにおいて，両関節の互いに独立した自由度が，凍結・解放，つまり，協調することでムチ動作が生成される．次節では，協調運動の構造の抽出について述べる．協調運動の関連しうる両関節のダイナミクスを構成する 3 つの項に着目した．

7. 協調構造の抽出

7.1 二重振り子の 3 つ項

まず，二重振り子の運動方程式に着目すると，3 つの項で構成されていると考えることができる．式 (1) に身体パラメータ (質量 $(M_1, M_2) = 1[kg]$, 長さ $(L_1, L_2) = 1[m]$ を代入，また，$A = \cos(\theta_1 - \theta_2)$,$B = (\sin\theta_1 - \theta_2)$ とする．)

$$\ddot{\theta}_1 = \frac{-B\dot{\theta}_2^2 - AB\dot{\theta}_1^2 - 2g\sin\theta_1 + gA\sin\theta_2 + F_1 - AF_2}{2 - A^2} \tag{5}$$

$$\ddot{\theta}_2 = \frac{-AB\dot{\theta}_2^2 - 2B\dot{\theta}_1^2 - 2gA\sin\theta_1 + 2g\sin\theta_2 + AF_1 - 2F_2}{2 - A^2} \tag{6}$$

$(\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2)$ は，前の状態 s_{t-1} に依存する速度依存項，重力依存項及び方策 π の影響を直接受けるトルク項 (F_1, F_2) の 3 つの項から構成成る．トルク F_1, F_2 はそれぞれの関節に入力されるが，両関節の角加速度 $\ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2$ と依存関係となる．その後，角速度，角度の順で，値が更新される．この 3 つの項のうち，トルク項と速度依存項の持つ効果とムチ運動生成との関係について調査した．

7.2 下関節定トルク及び定速度制御

下関節定トルク制御の場合の両関節の運動方程式は式 (7)(8) と同じであるが，下関節の入力トルク F_1 を一定値 $5, 10, 20[N]$ とした．従って，制御器は F_2 のみを SAC で学習する．

次に，下関節定速度制御における運動方程式は以下で表される．

$$\ddot{\theta}_1 = 0 \tag{7}$$

$$\ddot{\theta}_2 = \frac{-AB\dot{\theta}_2^2 - 2B\dot{\theta}_1^2 - 2gA\sin\theta_1 + 2g\sin\theta_2 - 2F_2}{A^2 - 2} \tag{8}$$

上関節の制御トルク F_2 のみを学習する課題であり，式 (11) から，下関節のトルク F_1 項が除かれる．下関節の速度は $1, 2, 3[rad/s]$ とした．

7.3 制御自由度変化の比較

図 5,6 は，下関節定トルク及び定速度制御におけるベストパフォーマンス軌道のフラクタル次元推定結果である．振り子の端点が最上点に達する付近で，次元が低下する傾向が見られ，特に，$F_1 = 5, 20[N]$ の時，運動開始時に，次元が下がる．投球運動の達成には，上関節の振り上げが必須である．そのため，トルクが小さいまたは大きい時 $F_1 = 5, 20[N]$，振り上げに向けて，低自由度制御が行われたと考えられる．

7.4 角速度変化の比較

図 7，8 は各制御条件における上下関節の変化である．両制御条件とも，上関節はリリース時に速度がピークとなる．下関節定トルク制御において，ムチ動作が生成され，角速度は滑らかに変化する．入力される上関節トルク F_2 の増減は両関節の角加速度及び角速度に影響を与える．下関節のトルクが小さいほど 1 時間ステップの角速度変化が小さくなり，角速度変化が滑らかでなくなる．従って，トルクは 1 時間ステップの角速度変化に対して瞬間的効果を有する．

一方で，下関節定速度制御の結果から，下関節の角速度が小さいほど，上関節角速度の変化がより滑らかとなる．角速度の大きさは 1 時間ステップ当たりの角度更新量を意味する $\dot{\theta}_1 = 1[rad/s]$ 時に上関節角速度の滑らかな変化から，速度依存項は累積的効果を持つと考えられる．

次章では，これまでの知見から，学習時間，サンプル効率の向上を図る学習手法を提案し，結果は，本学会にて述べる．

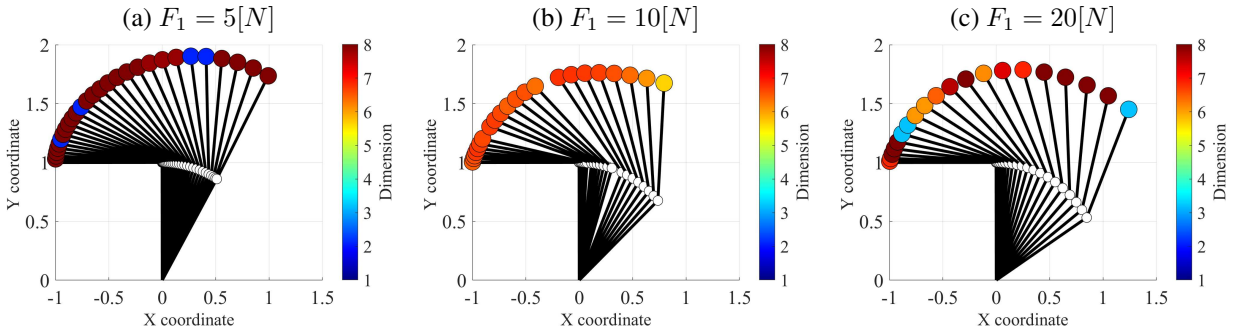


図 5　下関節定トルク制御フラクタル次元

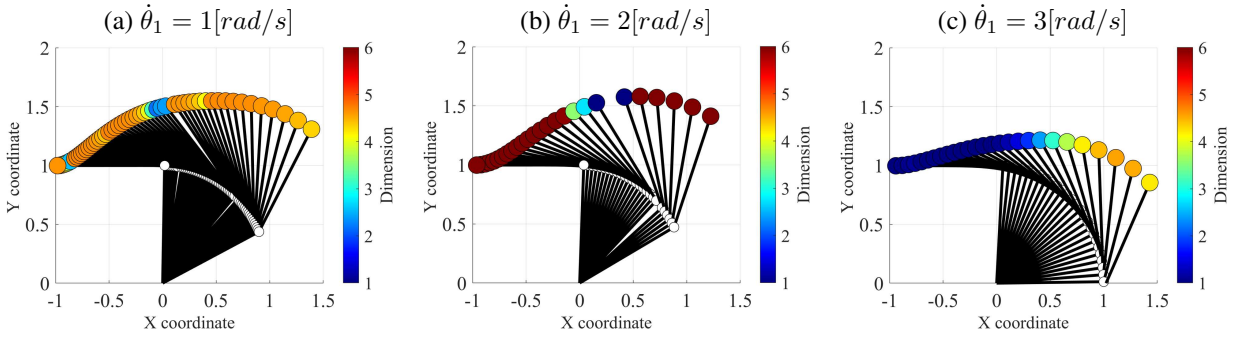


図 6　下関節定速度制御フラクタル次元

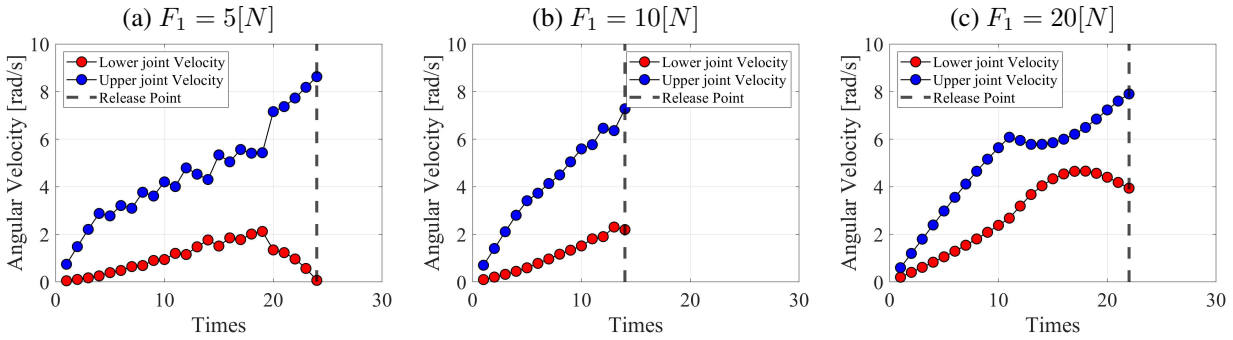


図 7　下関節定トルク制御角速度変化

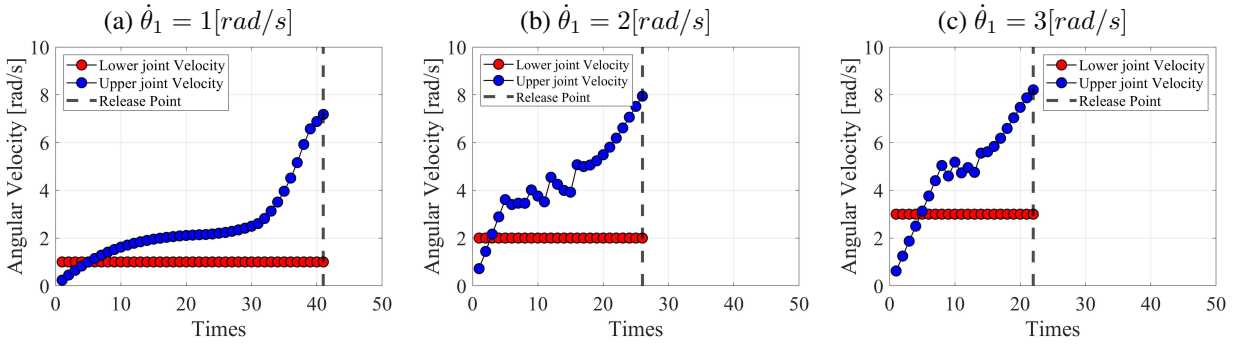


図 8　下関節定速度制御角速度変化

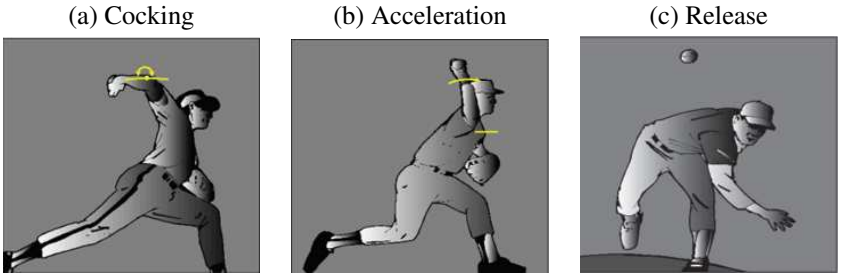


図 9　投球運動における腕関節の運動フェーズ [22]

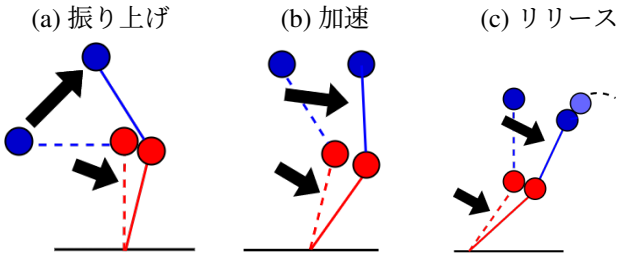


図 10　二重振り子の投球運動フェーズ

8.　カリキュラム学習の提案に向けて

カリキュラム学習とは，シンプルな課題から学習を開始し，徐々に課題の難易度を上げて学習を行う手法である [17]．強化学習において，主要な学習信号は，学習中に受け取る報酬である．しかし，より複雑あるいは困難な課題において，報酬が疎になり，ほとんど獲得されない場合が生じる．シンプルな課題から開始することで，エージェントが容易に課題を学習でき，得られた経験を足場に次の課題へと移行することができる．さらに，カリキュラムを作成することで探索空間の削減でき，不良設定性を解消すると期待される．

8.1　運動学習へのカリキュラム学習の適用

これまで，人間や動物の試行錯誤を通じた運動獲得のメカニズムを，強化学習のアルゴリズムをモデルとして理解する試みが多くなされてきた [18]．中でも，カリキュラム学習は，文法学習 [19]，ロボティクス [20] や分類問題 [21] など，様々な分野の学習で用いられ，学習収束速度の向上やサンプル効率の改善を実現できることが知られている．しかし，全ての課題に対して，カリキュラムが作成できるという保証はない．従って，運動学習へのカリキュラム学習の適用性を調べる．4 章で得られたベストパフォーマンス軌道（図 4) を Q-Learning 手法を用いて，1 時間ステップ状態ずつ学習する．

8.2　投球フェーズ分割と報酬設定

図 9 は投球運動における腕関節の運動フェーズである [22]．一般的に，腕関節は 3 つの運動フェーズに分節化される．二重振り子の場合，この 3 運動フェーズは図 10 で示すものとなる．また，強化学習の場合，報酬の設定に関する明示的な定義はなく，学習結果に影響する．速度最大，エネルギー最大などというように，明確な報酬関数を与えれる運動フェーズで分節化する必要がある．適切な報酬関数の設定に向け，変分法 [23] などを用い，運動の分節化を図る．

9.　謝辞

本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2102 の支援を受けたものである．

文献

[1] J. H. Connel and S. Mahadevan. Rapid task learning for real robot. In J. H. Connel and S. Mahadevan, editors, Robot Learning, chapter 5. Kluwer Academic Publishers, 1993.

[2] J. Kober and J. Peters: Policy Search for Motor Primitives in Robotics, Machine Learning, 84–(1-2), 171/203 (2011)

[3] S. Mahadevan and J. Connell: Automatic Programming of Behavior-based Robots Using Reinforcement

Learning, Artificial Intelligence, 55–(2-3), 311/365 (1991)

[4] Y. Nakamura, T. Mori, M. Sato and S. Ishii: Reinforcement Learning for a Biped Robot Based on a CPG-actor-critic Method, Neural Networks, 20–6, 723/735 (2007)

[5] M.S. Erden and K. Leblebicioaglu: Free Gait Generation with Reinforcement Learning for a Six-legged Robot, Robotics and Autonomous Systems, 56–3, 199/212 (2008)

[6] 伊藤，松野：GA により探索空間の動的生成を行う Q 学習による実多自由度ロボットの制御，日本ロボット学会誌，21–5, 526/534 (2003)

[7] Otterlo, Martijn van, and Marco Wiering. ”Reinforcement learning and markov decision processes.” Reinforcement learning. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. 3-42.

[8] Bernstein, Nicholai A., Mark L. Latash, and Michael T. Turvey. Dexterity and its development. Psychology Press, 2014.

[9] 日高昇平. ”力学的不変量仮説: 運動制御の最適化理論の上位原理として.” 第 15 回身体知研究会予稿集 (2013).

[10] Shinbrot, Troy, et al. ”Chaos in a double pendulum.” American Journal of Physics 60.6 (1992): 491-499.

[11] Korsch, H. J., and H-J. Jodl. ”The Double Pendulum.” Chaos. Springer, Berlin, Heidelberg, 1994. 89-114.

[12] Haarnoja T, Zhou A, Abbeel P, Levine S (2018), Soft-actor-critic: off-policy maximum entropy reinforcement learning with a stochastic actor. Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning, 1861–1870.

[13] Kingma, D. P. and Welling, M.: Auto-Encoding Variational Bayes, 2nd International Conference on Learning Representations, ICLR 2014, Banff, AB, Canada, April 14-16, 2014, Conference Track Proceedings (Bengio, Y. and LeCun, Y., eds.) (online), available from ⟨http://arxiv.org/abs/1312.6114⟩ (2014).

[14] Takens, F. (1981). Detecting strange attractors in turbulence. In Dynamical systems and turbulence, Warwick 1980 (pp. 366-381). Springer, Berlin, Heidelberg.

[15] Hidaka, Shohei, and Neeraj Kashyap. ”On the estimation of pointwise dimension.

[16] Seroyer, Shane T., et al. ”The kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and injury prevention.” Sports health 2.2 (2010): 135-146.

[17] Bengio, Y., Louradour, J., Collobert, R., & Weston, J. (2009, June). Curriculum learning. In Proceedings of the 26th annual international conference on machine learning (pp. 41-48).

[18] Doya, Kenji. ”What are the computations of the cerebellum, the basal ganglia and the cerebral cortex?” Neural networks 12.7-8 (1999): 961-974.

[19] Jeffrey L Elman. Learning and development in neural networks: The importance of starting small. Cognition, 48(1):71–99, 1993.

[20] Terence D Sanger. Neural network learning control of robot manipulators using gradually increasing task difficulty. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 10(3):323–333, 1994.

[21] Yoshua Bengio, J ´ erˆome Louradour, Ronan Collobert, and Jason Weston. Curriculum learning. In International Conference on Machine Learning (ICML), pag

[22] Calabrese, Gary J. ”Pitching mechanics, revisited.” International journal of sports physical therapy 8.5 (2013): 652.

[23] Gelfand, I. M., & Silverman, R. A. (2000). Calculus of variations. Courier Corporation.

大学生の誤信念理解における類推と真実の抑制：誤解と欺きの対比における作業記憶の寄与 I

光田 基郎（ノースアジア大学・経済学部）

Analogy and Suppression of Reality in Story Reading tasks of College Students : Utilization of Working memory Resources and Theory of Mind in comprehension of Deceptions and Misunnderstandings.

IMotoo MITSUDA (Faculty of Economics, North-Asia Univ)

キーワード：絵本 大学生、誤信念理解、類推、真実の抑制、作業記憶負荷

要約:欺かれた振りが主題の狂言絵本と虎が誤解する過程を述べた韓国民話を大画面で読み聞かせ,内容再認,類推,反応抑止,文法と誤信念理解検査を大学生 29 名に実施。文法と二次的誤信念内容の理解などの下位技能の関連性を指摘した。

問題と目的

大学生が絵本で欺きまたは単に誤解内容を理解する技能をクラスター分析して,欺きの理解では誤信念内容に他者を従わせる意図の理解に必要な文法と正反応抑制技能のクラスターと内容の類推,再認と作業記憶（別の長文理解）のクラスタとの分離の示唆（光田,認知科学会‘21）に引き続き,欺きへの皮肉の理解を述べた二次的な誤信念内容の理解における文法理解と作業記憶の寄与を検討。

方　法。

（イ）　材料・調査対象者：(a)ささめやゆき著「ぶす」(講談社) より父が息子二人を欺いてアメの壺を猛毒在中と偽り,「開ければ毒の風が吹くから開けるな」と教えて外出。息子 2 人は扇子で壺を煽いでは恐々と接近し壺を開け,中身がアメと分かって 2 人で食べた後,わざと大切な茶碗や掛軸を壊して「兄弟で相撲を取って誤って茶碗や掛軸を壊した。叱られる前に壺の中の毒に中って死ぬ気だったが,中身がアメ」と言い訳する筋立て 14 画面と（ｂ）韓国民話から、母親が泣く子を宥めて「泣けばトラも来る」と言っても泣き止まない時に干柿を与えられて泣き止む過程で、これを外で聞いたトラが「自分が来ても泣き止まない程の強い子でも干柿を恐れて泣き止む程に干柿は怖い」と誤解して逃げる筋立てを理解させた。これらの読み聞かせをパソコンに録音・録画して大学 1 年生 29 名（M;24,F;5）に大画面で読み聞かせた後,下記の検査項目に正答を選択反応させた。

（ロ）検査項目：(a)上記の内容の逐語・推理再認,(b)図形の類推,（ｃ）反応抑制:車の絵に触れる前に時計と花の絵を指さす課題など 4 件,（ｄ）文法理解(タクシーがトラックを牽く絵,ウサギがタヌキを押す絵など選択 4 件),(e)幼児用誤信念理解検査のサリーとアン課題（2 肢選択）,(f)対象物の予期しない移動を扱った 4 肢選択の成人用誤信念検査（女の子が左端の青ケースにヴァイオリンを入れたが，彼女の留守中に妹がこれを赤または紫のケースに移し，赤ケースの位置も元は青ケースのあった左端の位置に並べ替えたほか,紫と緑ケースの位置も変えて退室した。姉が戻った時には 4 個のケースのいずれを最初に開くかを参加者に質問し，上記のケース 1 点毎にその比率を記載させた(Birch など‘07 の手続きに準拠)。(ハ)デザイン：上記(ロ)-（f）の誤信念理解課題で妹が (I) どのケースにヴァイオリンを移し替えたか不明の「どれか不明」条件,(II)赤ケースに移し替え,位置も姉が最初に楽器を入れた青ケースの位置に並べ替えた「情報追加」条件と (III)紫のケースに移した「情報無効」条件別の推理再認成績を級間変動因,姉が戻って最初に開く青,赤,紫と緑のケース毎に答えた選択の主観的確率を級内変動因とする混合型共分散分析等で,上記の絵本の内容再認と,誤信念理解も含めた文章理解の下位技能,特に類推などの下位技能との関連付けを試みた。

結果と考察

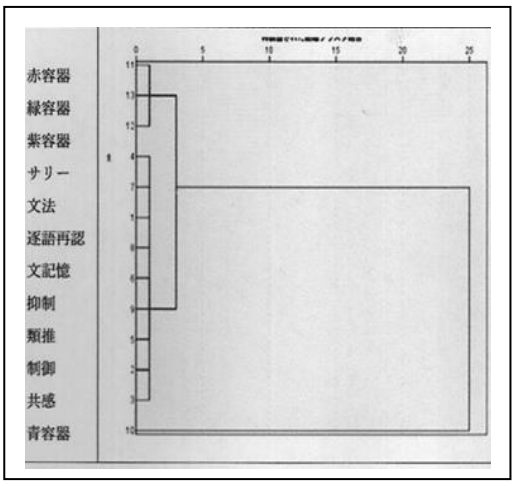


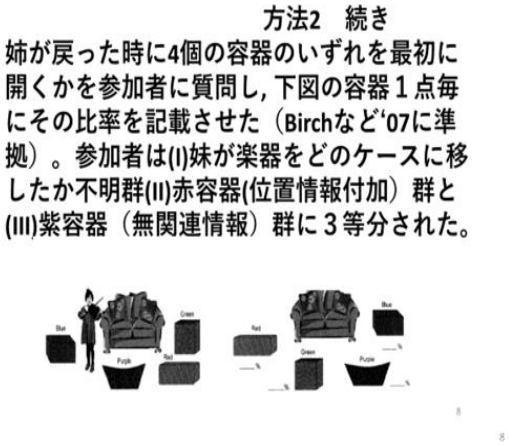
図１、欺き文・何れか不明群のクラスタ分析

(イ)上記の方法(ハ)で述べた 4 肢選択の誤信念課題の（I）-（III）の 3 条件毎に上記の楽器ケース選択比と絵本の内容の推理再認成績との相関を求めて共分散分析した結果，筆者による上記の先行研究と同様,絵本の内容の推理再認成績の主効果は上記の方法(ハーI)のいずれか(不明)=(II)の情報追加（赤を選好）＞(III)情報無効(紫を選好)の結果(5%水準)を得た。以上より,上記の位置情報追加(赤ケース)又は情報無効条件(紫ケース)での処理負荷増加による干渉,欺きの文脈強化（Sullivan など‘94）効果並びに欺きへの報復と誤解を述べた文脈による誤信念内容の強化と正反応抑制によって上記の (I) 以外で類推の写像範囲

過剰による推理再認との負相関をも想定し得よう。
（ロ）上記の（I）妹がどのケースに移し替えたか不明条件、（II）妹が「赤ケースに移し替え,位置も姉が最初に楽器を入れた青ケースの位置に並べ替えた「情報追加」条件と（III)紫のケースに移した「情報無効」条件間で上記の推理再認成績または逐語再認成績と上記の方法（ローe）のサリーアン型の２肢選択誤信念課題との相関係数値を比較する意図で共分散分析を試みた結果,上記の方法（ローｆ）II の 赤容器に移し替えてその位置も変化させた条件では誤解文と欺き文のいずれの推理再認成績と逐語再認成績の一部も２肢選択のサリーアン型誤信念理解課題との負相関係数値または他の移し替え条件以下の低い相関係数値（5%水準）を示した。この結果は上記の結果（イ）の情報処理負荷の視点以外に,Birch など'21 が後知恵と批判する様にサリーアン型誤信念課題で 3－6 歳児の特徴とされた後知恵への抑止と葛藤（姉の不在中に妹が対象を入れ替えた事実の過大評価への抑制とナイーブな視点への注目）に費やす処理負荷との関連も想定し得よう。この点は反応抑制と推理再認成績の相関関係並びに絵本理解における類推過程での真実の表象と誤信念内容の対比並びに真実の抑止に至る誤信念理解の関係（光田,’22 関西心理）が課題となる。
（ハ）絵本内容の再認成績の判別分析の結果から２肢選択誤信念課題と反応抑制及び,欺きの理解と他人を誤信念内容に従わせる意図の理解に必要な文法理解が絵本の推理再認に対する寄与を指摘し得るが，４肢選択の誤信念課題の寄与は見られない点も筆者による上記の先行研究と同様である。上記の二次的誤信念内容並びに基本的な誤解過程での誤信念内容の理解過程での下位技能の階層的構造性の検討も今後の課題となる。
（ニ）図１は上記の判別分析やクラスター分析を用いて上記の方法（ローｆ）の４肢選択での誤信念理解成績と絵本の内容理解,文法理解または類推との関係付けを検討した結果である。筆者の上記の先行研究の場合と同様,4 肢選択の誤信念課題は空間表象の同時提示且つ視覚（色と位置）手掛かり依存の体制化に関する独立のクラスターに終始して，二次的な誤信念理解における反応抑止や類推と,その不成立を強調した皮肉の理解におけるエピソード間の対比を規定する結果は得られない。以上より,多肢選択の誤信念課題による処理資源の規定から生じた作業記憶の制約，特に言語と図式的表象の操作手続きによる類推と概念的理解への制約の指標の選択が検討課題となる。
結論に代えて：
絵本の読み聞かせにおける誤信念理解とその際の真実の表象への抑止に際しては、作業記憶への負荷への対処とその発達過程への注目以外に,「基本的検査法であるサリーアン課題における後知恵への対処」とその年齢差への注目も研究の課題となった現在では,成人の参加者による基礎実験を通じて誤信念理解における知識操作とそのの下位技能の構造性の再検討の必要性を指摘し得よう。

文献：
糸井尚子 1982 推論と再帰的な情報処理能力―パラドクスの理解について∴ 教育心理学研究, 30, 37-45.
Ghrear,S., Baimel A, Haddock T, Birch SAJ. 2021. Are the classic false belief tasks cursed? Young children are just as likely as older children to pass a false belief task when they are not required to overcome the curse of knowledge. PLoS ONE 16(2):e0244141. https://doi.org/10.1371journal.pone.0244141.

付図　４肢選択誤信念理解課題の例



集団は多様な価値観のもとで秩序化されているのか
Are Groups Ordered by Diverse Values

原田 雄大 † 竹内 勇剛 †
Yudai Harada & Yugo Takeuchi
† 静岡大学 大学院総合科学技術研究科
Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
harada.yudai.19@shizuoka.ac.jp

概要

人間は多種多様な他者が存在するような複雑環境において，状況に応じて価値観を変化させ円滑なインタラクションを図ることがある．一方で複雑な環境で円滑なインタラクションを行える機械は限定的な状況にしか適応できず，多種多様な行為主体が存在する環境に適応できるモデルは少ない．本研究では，円滑にインタラクションを行える汎用的なエージェントモデルを実現するために，人間のように価値観を動的に変化させる振舞いを強化学習によって獲得できるか確認した．本研究の成果は，多様な価値観を変化させインタラクションを行う人間の認知過程のモデル化に寄与する．また，一律の設計で多様な行為主体に適したモデル構築を行える，汎用性の高いモデル構築手法の実現に寄与し得る．

キーワード：マルチエージェント, 多様な行為主体, 価値観, 秩序化, 強化学習

1. はじめに

人間はそれぞれ身体的特徴や価値観など異なるものを持っており，多様な行為主体が存在する複雑系の中で生活を行っている．多様な行為主体が存在する人間社会において，人間はルールや規制がトップダウンに定まっていない環境でもボトムアップにルールを形成し，秩序だった振舞いを行っていることがある．また，人間は複雑な環境で生きていくために価値観を状況に合わせて変化させ，その場その場に応じた行動をとっている．ここでの価値観とは行為の指標となるものであり，自動車運転を例にあげると「速く走る」「安全に走る」「燃費よく走る」などの価値観がある．このように人間は生活の中で課題を遂行するとき，いくつもある価値観を状況に合わせ，動的に変化させることで他者や環境と円滑なインタラクションをとっていると考えられる．このように価値観を動的に変化させ，行動を変化させる人間に対し，エージェントやロボットなどの機械はプログラムされた範囲で行動しているため人間が構築する秩序に適応できないといった問題がある．したがって人間社会で環境を共有する機械には道具として扱われるのではなく，人間や他エージェントとの社会的なインタラクションを想定した行動モデルが必要になってくると予測される．

人間が行う社会的なインタラクションをエージェントや機械に導入するとき，これまでは人間がトップダウンに決定したモデルを用いられていた．例えば，竹内ら (2000) や中西ら (2001) は決められた社会的応答に対してエージェントにモデルを付与し社会性を見出せることを示唆している [1][2]．これらはトップダウンに社会性を見出す方法であり，人間が想定した振舞いしか行わないため行動が限定される．トップダウンに見出した社会性は人間社会において特定の状況下では有効であるが，多様なシチュエーションのある人間社会においてトップダウンのモデル化は汎用性に欠ける．一方で，ボトムアップな設計手法はモデルの枠組みだけを設計するだけで機械がモデルの内部を構築してくれるため多様な状況をあらかじめ想定することなくモデルの構築を行うことができる [3]．

ボトムアップな設計手法の一つに強化学習がある．強化学習は行動主体であるエージェントと環境とのインタラクションを経験として蓄積し，経験を基に個体レベルの振る舞いをボトムアップにモデル化する手法である．設計者は細かいインタラクションのシチュエーションを想定する必要がなくエージェントは環境や与えられたルールの範囲内でボトムアップに行動方策を獲得できるため，人間社会での多様なシチュエーションに対応できるモデルを構築可能である．Nagata et al.(2007) や保田ら (2013) は強化学習を用いた研究を行っており，人間社会を想定した協調課題に対してマルチエージェントの強化学習を行い，集団内で社会的なインタラクションが創発することを示している [4][5]．また，大倉ら (2011) や山田ら (2018) は連続空間の協調課題に対してマルチエージェントの強化学習を適用し社会的なインタラクションが創発することを

示した [6][7].

これらのボトムアップな手法を用いた研究ではシンプルな課題に対して単一の報酬を与え，最適化が行われている．しかし，実社会において一つの課題を実行するとき，その内部には小さなタスクが連続的に存在し，これを解決しなければならない．移動する課題を想定すると，目的地に移動する過程で，合流する場合は周りの行為主体に速度を合わせたり，危険な地点では即座に対応できるように速度を落としたり，その状況に応じて求められる振舞いを変化する．このような連続的なタスクが存在する課題に対して単一な報酬を与えて強化学習を行っても，最適行動の獲得は難しい．この問題に対して，複数の報酬を与える手法や状態ごとに行動モデルを構築する手法が用いられている [8][9]．これらの手法はあらかじめ課題遂行時に報酬となる行為や分割する状態が明らかになっていれば設計することが可能であるが，最適な行動がわからない未知の課題や多様な行為主体がいる環境で想定できないインタラクションが存在する場合設計することができない．このような連続的に生じる課題や異なった特徴を持つ他者に対して，エージェントが人間のように価値観を動的に変化させ振る舞うことが可能であれば，高い適応性を持った行動モデルを示すことができる．

そこで，本研究では強化学習手法の課題である複雑な環境や連続的な問題への適応について，従来の手法のように単一の指標 (報酬) を与えるのではなく，人間が持つ多様な価値観のように自由度の高い指標を与えることで，学習の中で各エージェントがボトムアップに報酬系を構築し，多様な価値観を創発することができるか確認する．また，創発した価値観が何に起因しているのか確認し，人間が持つ多様な価値観のモデル化を行う．

本稿では最適化を行う課題として連続的なタスクと多様な行為主体を設計することができるマルチエージェントの移動課題を用いる．この移動課題を題材にして，環境や他者に応じて価値観を動的に変化させる振舞いが創発する可能性をシミュレーションによって確認することを目的とする．この移動課題は自動車の交通環境や混雑する駅や施設での人間の移動といった身近な問題を抽象化した課題として扱っており，創発された振舞いや価値観を現実空間に近い環境で確認できることが期待できるため強化学習課題に適応した．

本研究では，複雑な環境や連続的なタスクが存在する人間社会で多様な価値観を持ち，状況に応じて動的に価値観を変化させ対応している人間の認知メカニズムに着目し，価値観を動的に変化させる振舞いを強化学習によって実現することを試みた．

本研究の成果は，多様な価値観を動的に変化させインタラクションを行う人間の認知過程のモデル化に寄与する．また，多種多様なエージェントに対して一律の設計で，特徴を持つ各行為主体に適したモデル構築を行える，汎用性の高いモデル構築手法の実現に寄与し得る．

2. 移動課題

2.1 移動課題のルール

本研究における移動課題とは図 1 のように環境内にエージェントと障害物を用意し，エージェントは障害物を避けながら指定された場所まで移動する課題である．エージェントは他エージェントと接触したり，指定時間内に目的地まで移動できなかった場合は課題失敗となる．本課題は複数のエージェントと同時に課題を行うマルチエージェントタスクであり，すべてのエージェントが同時に課題をはじめ，すべてのエージェントが終了条件（目的地まで移動したか課題に失敗したか）になるまでを 1 試行とする．

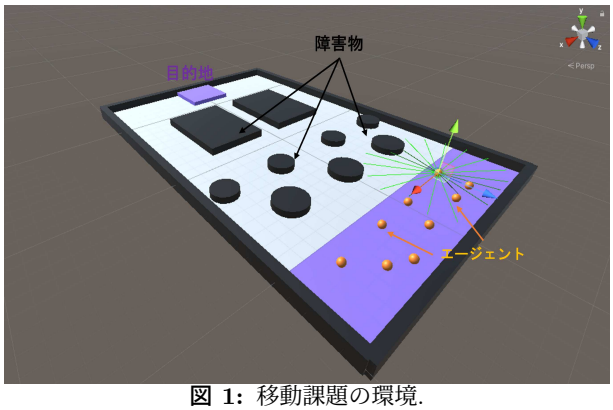


図 1: 移動課題の環境.

2.2 移動課題における多様な価値観

人間のような行為主体はそれぞれ身体的・物理的に特徴を持っており，その特徴によって行動可能範囲も異なってくる．行動可能範囲とは行動方策の枠組みであり，本研究で着目する価値観も枠組みが異なれば変化してくると考えられる．多種多様な行為主体が存在する環境であっても，人間は価値観を動的に変化させ秩序を保っている．そこで本研究では枠組みとなる特徴とそこから創発される価値観に着目し，モデル化を試みる．ここでは題材として扱う移動課題における行為主体の特徴と価値観の定義，また注目すべき振舞い

にを述べる．行為主体の特徴とは身体的・物理的特徴と内的表象を表す内部特性の二つがあげられるが，本研究では行動方策と価値観の関係性について着目するため，内部状態までの観測は行わない．本稿では「大きさ」「速度」「加速度」の 3 つの要素を用いて行為主体に身体的特徴を付与する．次に，移動課題において価値観としてあげられるものは「早さ」「安全性」「燃費」「快適性」などがある．人間が移動するときはこれらのような価値観を動的に変化させ行動していることがある．例えば,「早さ」に価値観をおいてスピードを出して移動していた人が，場所や他者との位置関係によって「安全性」に価値観を切り替えその場だけは周りをよく見て，スピードを落として移動するような行動をとることがある．このような価値観の変化に注目し分析を行う．次に観測する振舞いについて述べる．振舞いから価値観を評価するためには，課題を遂行する中で行為主体が行動の指標とするものを事前にあげ，その価値観に則する行動がどのようなものか定義しておく必要がある．題材として扱う移動課題は自動車が走行する状況や人間が徒歩で移動する状況を抽象化した課題であり，この移動課題における価値観は表 1 にまとめたものがあげられる．

表 1: 移動課題における価値観

価値観	内容
移動の速さ	移動速度が速いか
時間のロス	停止時間が短いか
安全性	他者と接触していないか
燃費	移動距離が短いか
快適性	急加減速をしているか

この表 1 のようにエージェントが実際にとった振舞いから現在の価値観を評価するため，振舞いに現れない行為主体の内部状態等については本稿では評価しないものとする．このような多様な価値観を変化させる振舞いをエージェント間の距離や速度といった行動データからモデル化することを目指す．これにより，エージェントが価値観を変化させる条件を示すことが可能になり，将来的には価値観を動的に変化させ，複雑な環境や多種多様な他者へ対応するエージェントモデルの構築に寄与すると考えられる．

3. 強化学習手法

3.1 強化学習

本研究では，ボトムアップにモデルを構築する手法に強化学習を用いる．強化学習とは行動主体が環境の中で与えられる報酬と状態をもとに行動を繰り返し，方策を更新していき最適化を行うものであり，行動主体であるエージェント自身が経験し行動のモデルを構築するためボトムアップにモデルを構築することができる．代表的な学習法としては Q 学習 [10] や Q 学習にニューラルネットワークを用いた DQN[11] やゲーム課題に用いられることがある PPO[12] などが存在する．どの学習法が本研究の題材である荷運び課題に適しているか比較によって調査した．本研究は将来的に実社会への応用を考えているため課題も 3 次元環境で行う．そのため，状態空間の情報を連続値で扱える手法が望ましい．また，様々な状態空間を考えていくため状態数が増加しても安定して学習を行える手法が望ましい．さらに，複数のエージェントで学習を行うようなマルチエージェントシミュレーションでは一度学習した振る舞いが他エージェントの学習により別のステップで最適ではなくなる可能性がある．したがって，マルチエージェントでの学習に対応可能な頑健性を持った手法が望ましい．これらの観点から，もっとも代表的な学習手法である Q 学習の状態空間は離散値を扱うため適していない．DQN の状態空間は連続値を扱うが出力である行動空間は離散値しか表現できない．一方で PPO では入力である状態空間と出力である行動空間の両方を連続値であるかうことができるため 3 次元環境での学習に適している．さらに PPO は DQN に比べ環境の変化に対する頑健性を持っているためマルチエージェントでの学習に適していると考えられる．以上の観点で強化学習手法を比較した結果を表 2 に示す．表 2 より 3 次元空間におけるマルチエージェントでの移動課題は PPO が適していると結論付けた．

表 2: 強化学習手法の比較

手法	連続空間	状態数	環境の変化
Q 学習	×	×	×
DQN	△	○	×
PPO	○	○	○

3.2 PPO

Unity ML-agents に搭載されている PPO（Proximal Policy Optimization）は環境からの情報取得と目的関数の最適化を交互に繰り替えるアルゴリズムであり，ゲーム課題や物理演算シミュレーションに適したアルゴリズムである [12][13]．PPO の特徴は方策関数を更新する際，その変化量が大きくならないようにするた

めにクリッピングを行うことで学習の安定化を行っている点である．図 2 に PPO のアルゴリズムのフローチャートを示す．方策の更新は式 1 を目的関数とした勾配法を用いる．クリッピングは式 1 中の clip 関数であり，式 2 に示す方策の変化の比が $1-\epsilon$ より小さい場合，および $1+\epsilon$ より大きい場合に変化量を一定の値にする処理である．式 1 の θ は方策パラメータ，$\hat{\mathbb{E}}_t$ は経験の期待値，$\hat{A}_t$ は Advantage の推定値，ϵ はハイパーパラメータを示している．

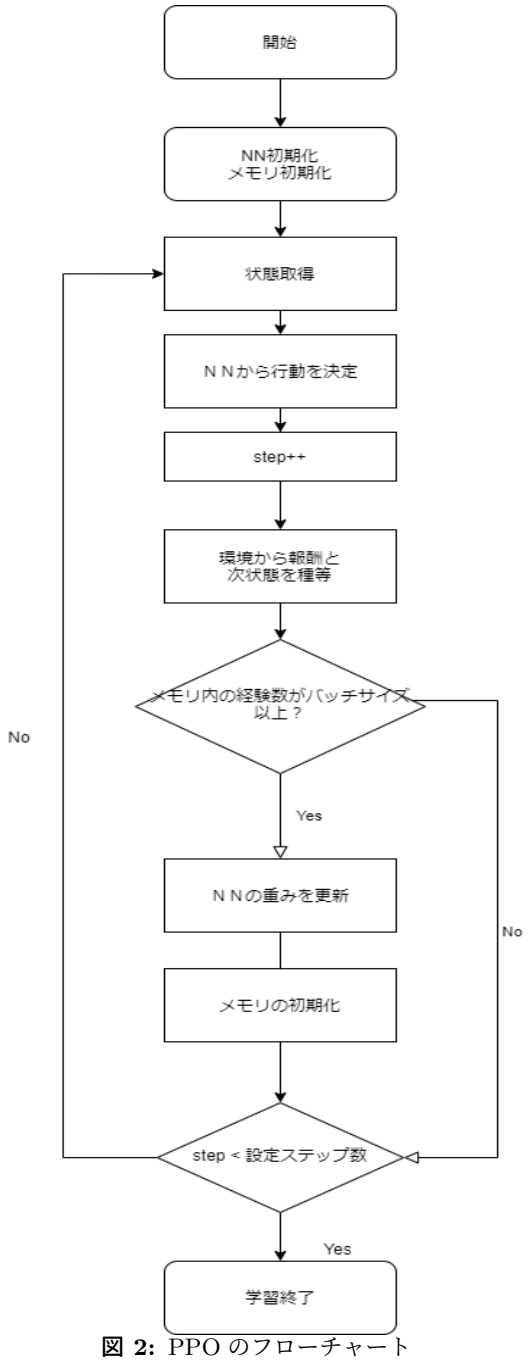


図 2: PPO のフローチャート

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

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

3.3 各種パラメータ

強化学習ははじめに状態空間，行動空間，報酬と学習率や割引率などのハイパーパラメータを決定して学習を始める．本節では移動課題でのエージェントの状態空間，行動空間についての説明と PPO のハイパーパラメータの値を示す．報酬系は実験条件に関わってくるため次章に記述する．移動課題の強化学習におけるエージェントの状態空間はエージェントの位置情報と速度，目的地の座標に加え，視線情報から構成される．内容や次元数をまとめたものを表 3 に示す．

表 3: 状態空間

状態	次元数
エージェントの絶対位置座標	2
エージェントの速度	2
ゴール地点の絶対位置座標	2
視覚情報（オブジェクトとの距離））	50

本課題におけるエージェントの行動は目的地に向かうための移動である．今回は 3 次元仮想環境の中で縦方向と横方向に力を加えることで移動するように設計した．したがって，縦方向と横方向の 2 次元の連続値を出力するように設定した．PPO におけるハイパーパラメータは表 4 のように設定した．

表 4: PPO のハイパーパラメータ

パラメータ名	値
バッチサイズ	2024
バッファサイズ	51200
方策変化量の閾値 ϵ	0.2
エントロピー正規化率 β	0.001
正規化パラメータ λ	0.95
学習率 η	0.0003
割引率 γ	0.995
エポック数	3
隠れ層のニューロン数	512
隠れ層の数	3

4. 学習実験

4.1 実験環境

移動課題の環境は図 1 のように Unity で作成した．図 1 において，オレンジ色の球体がエージェント，黒い円柱と直方体は障害物，紫の立方体は目的地である．エージェントが課題を行うエリアは壁で囲まれており，エージェントは上部の紫のエリア内の位置にランダムに生成される．障害物と目的地は決められた位置に配置される．

エージェントは図 3 のように視線を有しており，自身の近くにあるオブジェクト（障害物，他エージェント）の位置を把握することが可能になっている．このような仮想環境を Unity 上に構築し，強化学習ライブラリである ML-Agents を用いて学習を行う．

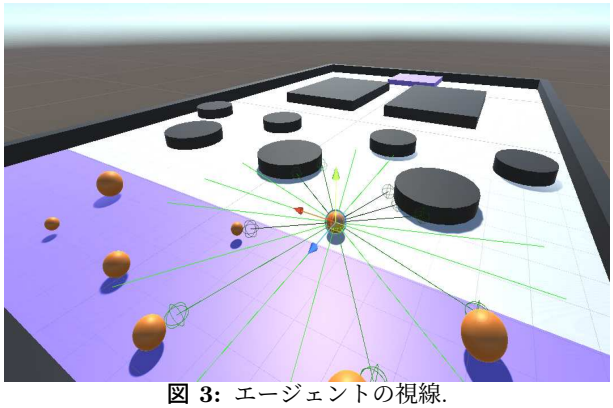


図 3: エージェントの視線.

4.2 実験条件と評価方法

本実験では移動課題を題材に，強化学習を用いて移動行動を最適化することで，どのような条件でエージェントが多様な価値観を構築するのか確認することを目的とする．今回の学習実験では構成論的なアプローチで条件を決定し，学習を行うことで多様な価値観の創発に各条件が寄与してくるのか議論を行う．

本稿では (1) 行動方策の枠組みとなる身体的特徴の有無と (2) モデル構築の指標となる多様な変数を用いた自由度の高い報酬設計の有無を条件に，強化学習を行うことでエージェントが多様な価値観を創発するか，またどの要因が多様な価値観の創発に寄与しているか確認する．

身体的特徴とは各エージェントに大きさ・速度・加速度の 3 変数をそれぞれ変化させ先天的に個性を与えるか否かである．多様な変数を用いた自由度の高い報酬設計の有無とは従来の強化学習で用いられている単一の行為やイベントに対して報酬を与える報酬系ではなく，課題を遂行する際に価値となる小さな行為 (強化学習において 1step 単位の行為) を複数あげ，それらに対し小さな報酬を与えた自由度の高い報酬系である．身体的特徴を与えることで方策の枠組みが多様化されるため，創発される方策も多様なものになると考えられる．また，自由度の高い報酬系を与えるとエージェントは学習を行う過程で自身の報酬系をボトムアップに構築でき，状況に応じた多様な価値観を獲得可能であると考えられる．以上のことから本実験は表 5 の 4 条件で強化学習を行う．

表 5: 実験条件

条件名	身体的特徴 (Charcter)	多様な変数の報酬系 (Diverse Reward)
CDRL	○	○
CL	○	×
DRL	×	○
L	×	×

CDRL(Charcter and Diverse Reward Learning) 条件は, 各エージェントに大きさ，速度，加速度の 3 変数をそれぞれ変化させ身体的特徴（個性）を与える．さらに，多様な変数を用いて報酬系を設計し，最適化の指標に自由度を与えた状況下で学習させる条件である．CL(Charcter Learning) 条件は, 身体的特徴は与えるが，最適化の指標に自由度を与えない状況下で学習させる条件である．DRL(Diverse Reward Learning) 条件は, 身体的特徴は与えずに最適化の指標に自由度を与えた状況下で学習させる条件である．L(Learning) 条件は, 身体的特徴も最適化の指標に自由度も与えない状況下で学習させる条件である．以上の 4 条件で学習シミュレーションを行う. そして,CDRL 条件と CL 条件,DRL 条件と L 条件を比較することで最適の指標に自由度を持たせることが創発する価値観に寄与するか検討し,CDRL 条件と DRL 条件,CL 条件と L 条件を比較することでエージェントに身体的特徴を持たせることがボトムアップに構築する価値観に寄与するか検討する．

それぞれの条件において 9 体のエージェントを用意し移動課題を同環境で行う，マルチエージェント強化学習を行った．各条件の報酬設計は表 6 のように行った．報酬系に自由度を与えない状況下で学習させる条件の CL 条件と L 条件は，中間地点・目的地までの移動にのみ報酬を与え，時間切れと他者接触に対しペナルティを与える従来の強化学習手法と同様の簡素な報

表 6: 条件別の報酬設計

イベント	報酬・ペナルティ	値	CDRL，DRL 条件	CL，L 条件
目的地まで移動	報酬	0.8	○	○
中間地点まで移動	報酬	0.2	○	○
時間経過	ペナルティ(毎ステップ)	0.0001	○	×
オブジェクトとの接触	報酬・ペナルティ(毎ステップ)	0.0001	○	×
停止時間	報酬・ペナルティ(毎ステップ)	0.0001	○	×
急加減速	報酬・ペナルティ(毎ステップ)	0.0001	○	×
移動距離	報酬・ペナルティ(毎ステップ)	0.0001	○	×
他者と接触	ペナルティ	0.7	○	○
時間切れ	ペナルティ	0.7	○	○

酬系で学習を行う．一方で報酬系に自由度を与える状況下で学習させる条件の CDRL 条件と DRL 条件は，簡素な報酬系に加え，表 6 のように小さなイベントに対して報酬・ペナルティを与え学習を行う．

4 条件とも 50Mstep の学習を行い，条件別の学習過程とエージェントが獲得した行動モデルを比較することで評価を行う．学習過程では学習が収束するまでの時間を比較する．エージェントが獲得した行動モデルは，学習後のエージェントがとった行動からエージェントがどうような価値観を持っているのか定量化し，価値観が状況によって変化しているか分析する．定量化は表 1 に示している価値観に対応する行動がどの程度行われているかで評価する．

4.3 学習結果と考察

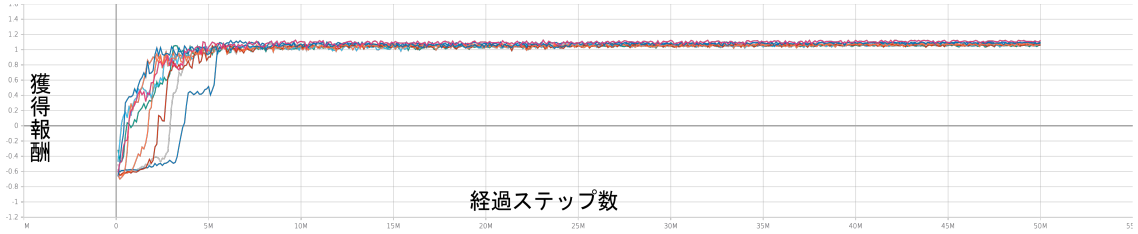
4.4 多様な行為主体と報酬系の変化による学習進度の違い

PPO を用いて各条件で 50M ステップ学習した結果を図 4 に示す．なお，図 4 にはエージェント 9 体の獲得報酬遷移を示しており，横軸はエージェントの学習ステップ数で縦軸はエージェントの平均獲得報酬を示している．図 4 はすべてのエージェントの学習経過を示しており，学習進度について条件ごとに比較すると CDRL 条件で学習を行った 9 体のエージェントが最も早く収束している一方で，CL 条件のエージェント全体の学習進度は最も遅い．CL 条件は報酬系を細かく多様な変数を用いて設計しておらず，単調な報酬設計のもと学習した条件であるため目的地まで到達する行為の最大化を行う条件である．一方で CDRL 条件は多様な変数を用いて報酬系を設計しているため，目的地まで移動する中でも細かい行為（接触しない移動や迅速な移動など）に対し最大化を行う条件である．このように報酬系に自由度を持たせているため CDRL 条件の学習は探索範囲が広がり学習効率が悪くなると予測していたが，CDRL 条件は他 3 条件に比べ，報酬の最大化が素早く行われている．この要因としては，細かい報酬やペナルティを設けることで初期の探索的な学習を行うときに目的地まで移動せずとも適した行為を行えば報酬を得れるため，初期のランダム行動での学習がはかどったことが考えられる．また，9 体のエージェントが報酬を最大化させるまでの時間差を見ると，CDRL 条件は最も時間差がなく同時に学習が行われている．これは複数エージェントが存在する環境で同時に学習することが可能であることを示しており，さらに多種多様な環境下での学習においても有効であることを示唆した．

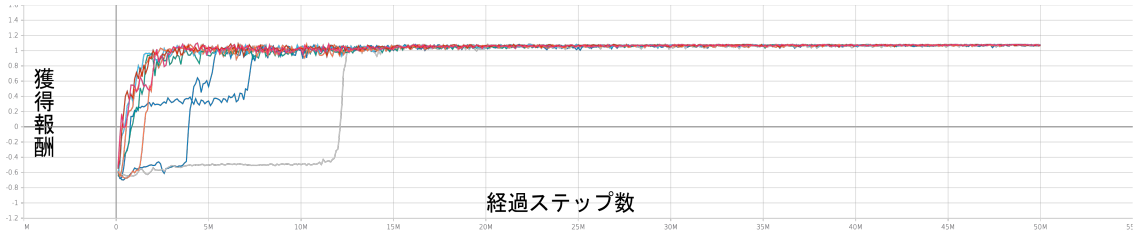
4.5 自由度の高い指標が構築する秩序

次に，エージェントが学習によって獲得した行動方策からエージェントが創発した価値観について考察する．行動方策といっても位置や速度，加速度，他者の位置など様々な要素から分析が必要であるが本稿ではエージェントの速度と位置関係から価値観について言及する．図 5 には学習後の行動モデルを搭載したエージェントを同環境で 30 試行した際の速度分布を環境上にプロットしている．なお，分布図に 9 体の軌跡を示すと乱雑になるため 1 体のエージェントの行動軌跡を示している．

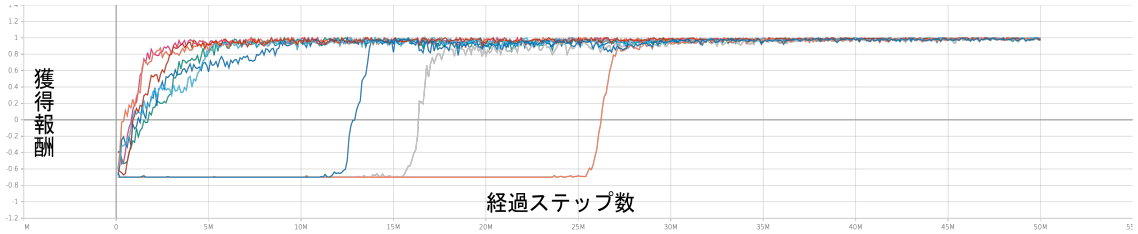
図 5 を見るとそれぞれの条件において最大速度で走行している場所と速度を落として走行している場所が存在する．このように最大速度で走行している場所はエージェントが移動の速さに価値観をおいて行動していると捉えることができ，速度を落として走行してい



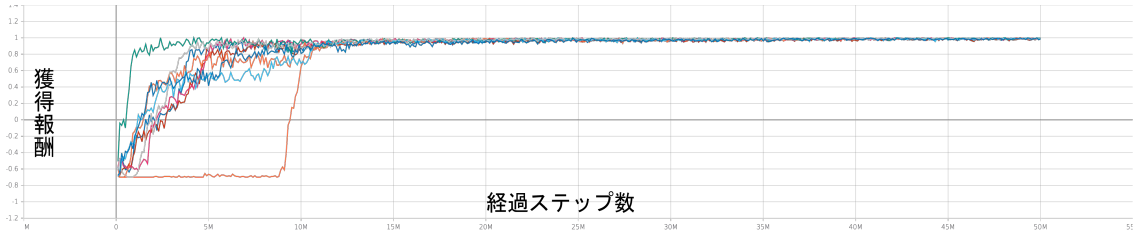
(a) CDRL 条件



(b) DRL 条件



(c) CL 条件



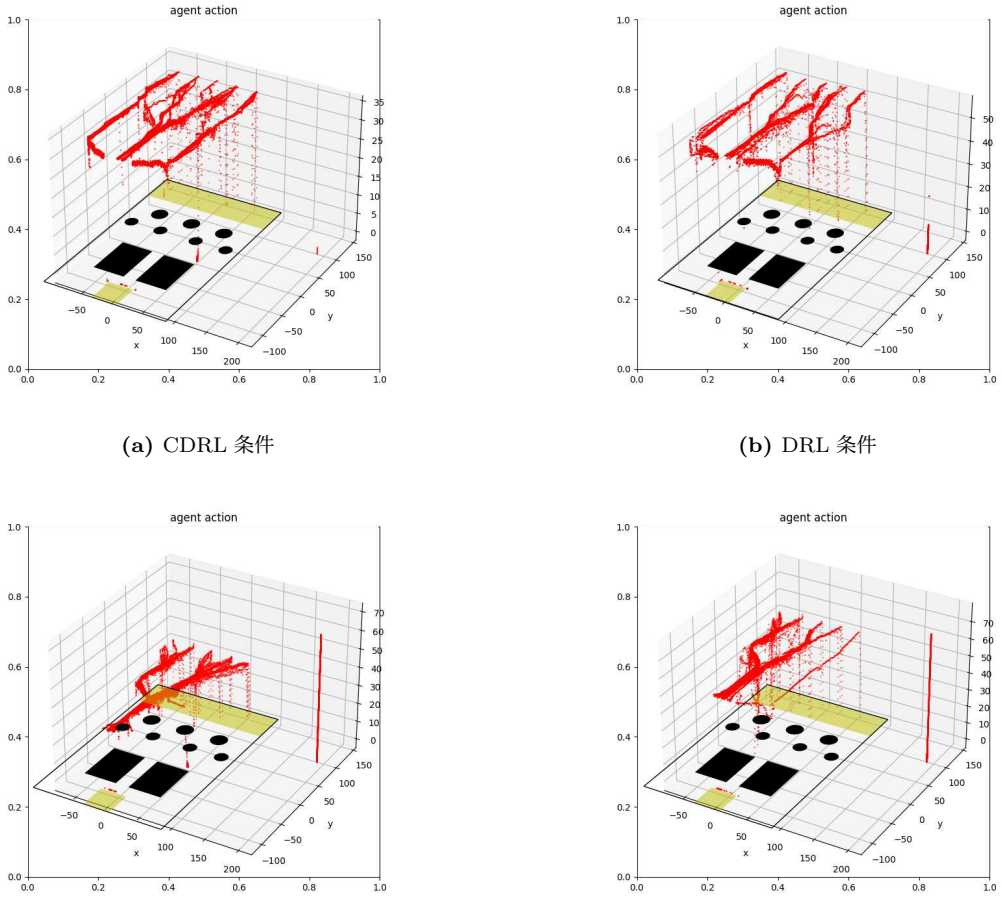
(d) L 条件

図 4: 学習の結果 4 条件でエージェントが獲得した報酬の推移

る場所はそれ以外の価値観を重視して行動していると考えることができる．この結果は速度の観点から価値観を捉えると，価値観を変化させ行動するエージェントの構築はすべての条件において可能であると示唆している．次に，これらの速度変化が環境との位置関係に起因しているのか調査した．図 6 に 9 体のエージェントが減速して走行した場所をプロットしたもの示す．

図 6 を見ると L 条件と CL 条件では中央の狭路前で減速が良く発生している．これは多くのエージェントが最短のルートである狭路を走行するという方策を構築した結果，狭路にエージェントが密集し，減速が発生したと考えられる．CDRL 条件と DRL 条件でも狭路前に減速は発生しているが CL 条件，L 条件と比較すると狭い範囲でしか発生していない．自由度の高い報酬系のもと学習したことにより最短のルートを走行する以外の価値を見出し，別のルートを走行する方策を学習した結果，密集を抑えることができたと考えられる．この結果は，多様な変数を用いた報酬系のもとでの学習は単調な報酬系のもとでの学習に比べ，方策が一意に決まらず，多様な価値観を創発可能であることを示唆した．

また，環境に創発した秩序をエージェントの速度の観点から捉えると，CL 条件・L 条件では広い範囲で減速が求められ，特に中央にある狭路付近ではより減速が必要とされ，速度規制が強い秩序が形成された．一方で，CDRL 条件・DRL 条件において減速が求められる範囲は狭く，自身の最大速度で走行可能な範囲が広く設けられるおり，環境において速度規制が弱く，自由度の高い秩序が創発された．ここでの秩序とはあらかじめ与えたトップダウンの規則ではなくエージェ



(a) CDRL 条件 **(b)** DRL 条件

(c) CL 条件 **(d)** L 条件

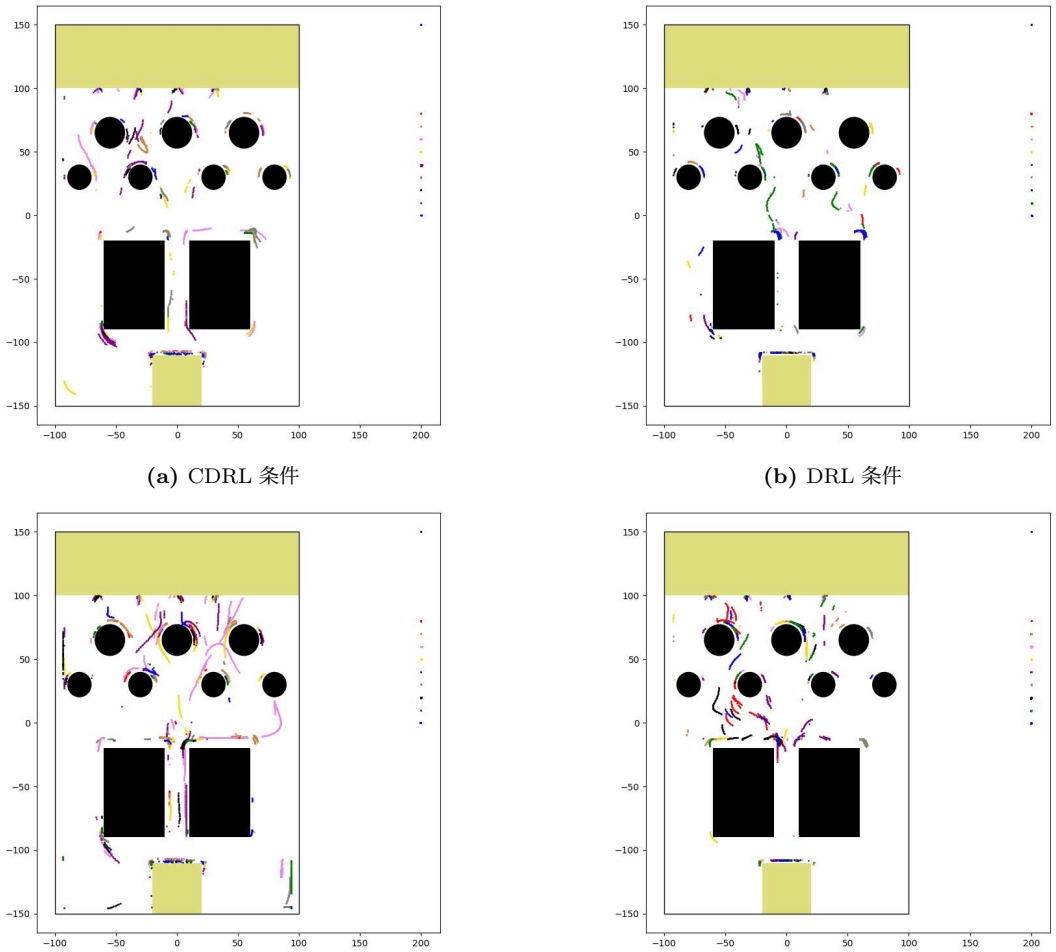
図 5: 学習の結果獲得したエージェントの行動 (速度分布)

ント群が試行錯誤を行う中でボトムアップに構築した規則と定義している．この結果は環境に創発した秩序の違いを示しており，単調な報酬系のもと学習を行う CL 条件・L 条件は単一の指標に向けて学習を行うため，身体的特徴が異なる行為主体が存在する場合では最適化が一意に定まり，似通った方策が構築され，規制が強い秩序となったと考えられる．一方で CDRL 条件・DRL 条件では多様な行為主体が存在しても，各行為主体が自身に合った最適化を行えるためエージェントごとに異なる方策が構築され，自由度が高い秩序が形成されたと考えられる．

5. おわりに

本稿では多様な価値観のもと行動する人間の振舞いをエージェントに実現するための足掛かりとして，強化学習によってボトムアップに行動モデルを構築するさい，多様な変数を用いた報酬系の有無と身体的特徴の有無が創発する価値観に変化を産むか検証した．学習の結果，学習進度の観点では多種多様な行為主体が存在する場合，多様な変数を用いた報酬系を扱うことで効率よく学習可能なことが示された．また，創発した秩序に着目すると，多様な変数を用いた報酬系のもと学習することでエージェントの個性を最大限生かした自由度の高い秩序が創発されることが示された．

本研究は，自動車での交通環境上の移動や人間の施設内の移動を抽象化した移動課題を題材として，連続的なタスクが起こりえる状況を想定し学習実験を行い，状況に応じて価値観の変化が起こっているのか分析した．実環境に近い連続空間においてシミュレーションを行い，各エージェントの振舞いやインタラクションを観察できるため，複雑環境の中で人間のように状況に応じて価値観を変化させ行動するエージェントのインタラクションモデルの構築に寄与し得る．また，本研究では行為主体が集団内で行動する状況において秩序形成の過程や条件について言及しており，人



(a) CDRL 条件 **(b)** DRL 条件

(c) CL 条件 **(d)** L 条件

図 6: 学習の結果獲得したエージェントの行動 (減速時の速度分布)

間が他者と環境を共有する中で秩序を形成するメカニズムの解明に寄与する．

今後の課題として，まずは他者とのインタラクションを考慮した秩序の評価があげられる．本稿ではエージェントが創発した秩序について，速度と静的な環境との位置関係から評価を行った．そのため，動的な環境（他エージェント）の存在が与える秩序への影響については言及できない．人間が他者と環境を共有し，課題を行う場合，少なからず他者の存在は考慮していると考えられる．例えば，一方の道に大きな行為主体がいるからもう一方の道を選択するといった振舞いは良く起こる．このように他者の情報は行動する際の価値観に影響を与えていると考えられるため，他者との位置関係や能力差を含め，創発した秩序を評価する必要がある．また，今回は身体的特徴の有無と多様な変数を用いた報酬系の有無の組み合わせが創発する動的価値観に変化を及ぼすか確認した結果，多様な変数を用いた報酬系の有無によりマップの減速ポイントの範囲に差が見られた．しかし，減速は近くに存在する他者を避ける際に発生しており，他者との位置関係が行動に強く依存していると考えられる．これは他者を広範囲で認識していたことが要因としてあげられるため，今後は多種多様な行為主体がいる環境で多様な変数を用いた報酬系のもと，他者の認識範囲を条件に実験を行い，創発する秩序に変化が生じるのか調査する予定である．

文献

[1] 竹内勇剛, 片桐恭弘 (2000).“ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発”, 情報処理学会論文誌,Vol.41,No.5,pp.1257-1266.
[2] 中西英之, 石田亨 (2001).“仮想空間内でのコミュニケーションを補助する社会的エージェントの設計”, 情報処理学会論文誌,Vol.42,No.6,pp.1368-1376.
[3] 山村雅幸, 宮崎和光, 小林重信 (1995).“エージェントの学習”, 人工知能学会誌, Vol.10,No.5,pp.683-689.
[4] Nagata,Y.,Ishikawa,S.,Omori,T.& Morikawa,K.(2007).“Computational model of coop-

erative behavior: Adaptive regulation of goals and behavior”,Proceedings of the European Cognitive Science Conference,pp.202-207.
[5] 保田俊行, 大倉和博 (2013).“連続空間における強化学習によるマルチロボットシステムの協調行動獲得”, 計測と制御,Vol.52,No.7,pp.648-655.
[6] 大倉和博, 保田俊行, 松村嘉之 (2011).“構造進化型人工神経回路網による Swarm Robotics のための適応的協調行動の生成”, 日本機械学会論文集,Vol.77,No.775,pp.399-412.
[7] 山田和明, 保田俊行, 大倉和博 (2018).“マルチロボットシステムのための状態空間表現を適応的に切り替える強化学習”, 日本機械学会論文集,Vol.84,No.862,pp.17-288.
[8] 内部英治, 銅谷賢治 (2004).“複数報酬のもとでの階層強化学習”, 日本ロボット学会誌,Vol.22,No.1,pp.120-129.
[9] Patrick,K. & Rudolf,M.(2019).“Simulated Autonomous Driving in a Realistic Driving Environment using Deep Reinforcement Learning and a Deterministic Finite State Machine”,Proceedings of the 2nd International Conference on Applications of Intelligent Systems, pp.1-6.
[10] Amy,G. & Keith,H.(2003).“Correlated-Q Learning”,ICML,pp.84-89.
[11] Yingfeng,C.,Shaoqing,Y.,Hai,W.,Chenglong,T., & Long,C.(2021).“A Decision Control Method for Autonomous Driving Based on Multi-Task Reinforcement Learning”,IEEE Access2021, pp.154553-154562.
[12] JunLAI, Xi-liang,C., & Xuezhen,Z.(2019).“Training an Agent for Third-person Shooter Game Using Unity ML-Agents”,Intemational Conference on Artficial Intelligence and Computing Science (ICAICS 2019), pp.305-310.
[13] Bøhn, E., Coates, E. M., Moe, S., & Johansen, T. A.(2019).“Deep reinforcement learning attitude control of fixed-wing uavs using proximal policy optimization”,International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS 2019),IEEE,pp.523-533.

インタラクティブエージェントによる 人の牛乳・乳製品に対する価値観の推定

尾関 智恵[†]，寺田 和憲[‡]，髙木 寿[‡]，上野 将敬[§]
Tomoe Ozeki, Kazunori Terada, Hisashi Takagi, and Masataka Ueno
[†]愛知工科大学，[‡]岐阜大学，[§]近畿大学
Aichi University of Technology, Gifu University, Kindai University
tomoe-ozeki@aut.ac.jp

概要
牛乳や乳製品は，健康維持に役立つという知識があっても青年期に摂取率が激減する．この要因を探るアンケート調査が多数実施されているが，先延ばし行動の理由の収集が難しい．そこで牛乳や乳製品を題材に，インタラクティブエージェントによって，言いにくい本音や自覚していない状態の報告内容に変化が起こるか要素ごとに探索的に検討する予定である．

キーワード : 価値観，先延ばし行動，エージェント，アピアランス

1. はじめに

大学生は自ら主体的に健康的な生活を構築する必要があるにもかかわらず，栄養バランスの偏りや食事を抜くなどの不健全な食生活に陥ることが多い．たとえば，栄養素密度が高い牛乳及び乳製品の摂取は，その効用も理解しているにも関わらず，給食や自宅で食事をする小・中・高校生に比べて著しく減少する[1,2]．また健全な食生活を心がけていない人ほどインターネットを長時間利用している傾向が見られ[3]，このような大学生の健康維持行動は，COVID-19 下でその品質低下に拍車が掛かっている．

健康維持に対する投資の低さの実態と原因を調べるため，アンケートを用いて当事者の主観的な意図や態度を探る調査が多数行われている[1-3]．しかし，健康に関する個人情報は，開示することで他者にネガティブな印象を持たれる可能性があることから，「なぜ健康診断を休んだのか」といった先延ばし行動[4]の理由を回答者が詳しく報告していない可能性もある．

2. エージェントのアピアランス

e-Health と呼ばれるオンライン環境で行われる健康増進のためのアドバイスシステムにおいて，エージェントのアピアランス（見た目）に関する効果が報告されている [5]．Nguyen らは，白衣は医者や科学者、不潔な服装は信頼性に欠けるなど，情報源の外見的な手がかりは情報源の信頼性に影響を与えることを示した[6]．van Vugt らは健康アドバイスを行うシステムのインターフェイス・キャラクタの体型を太型と痩せ型に操作した結果，体型がユーザに似ているほどより信頼され嫌悪感を持たれないことを報告した[7]．この他，Schmeil らは，エクササイズインストラクターのキャラクタの体型の他に，肌の色を健康的と不健康的に操作し，キャラクタの見た目がエクササイズのモチベーションに影響を与えることを示した[8]．したがって，エージェントのアピアランスは，オンライン健康促進の場面で信頼関係を変化させる一方で，運動継続のモチベーションにも影響する可能性を示している..

このような信頼関係の構築や健康維持への態度に影響を与えるアピアランスの要素は多く考えられるが，それらを実験的に検討した研究はまだ少ない．また，これらの研究報告は西欧諸国が主であり，日本で同様の効果があるかといった文化差を検討も不足している．

3. 目的

本研究では，信頼できる他者もしくは健康維持を意識させるとしてのインタラクティブなエージェントを設計し，Web アンケート回答の場面に組み込むことで報告する情報に変化が起こるのかを調査することを目的とする．今回は日本人大学生の健康食としてよく取り上げられる牛乳・乳製品の文脈を用いて，なぜ健康とわかっていて摂取しないのかその言いにくい本音の報告の抵抗感を下げるたり，自覚していない状態の報告を引き出しやすくするエージェントのアピアランスの要素を探索的に検討する．

4. 事前調査

牛乳や乳製品に関する価値観を捉えるため，Yahoo! クラウドソーシングを用いて牛乳・乳製品に関するエピソードや感想を自由記述で 250 名より収集し，統括的に解釈するために共起ネットワークグラフ[9]を作成した（図 1）．描画数は Jaccard 係数は 0.2

以上として最小出現回数は 10 回以上で作成した.

この結果，牛乳に関する好き嫌いであったり，学校給食の経験が関係したりと，その要因と関係のある品詞が抽出されたが，本研究の目的である言いにくい本音や自覚していない状態の報告内容を表しているかについては更に探索が必要である結果だった.

5. 今後の展開

現在，牛乳・乳製品の価値観を決定する概念や要因について，事前調査結果をもとに抽出する作業をおこなっている. これと並行して，健康維持の意識に影響を与える可能性の高いインタラクティブエージェントの要素について，アピアランス要素を第一段階として検討する実験を準備中である. インタラクティブな要素については表情，目の動き，呼吸など動的な要素や文化差による要因もパラメトリックに検討し組み合わせていく予定である.

謝辞

本研究は 2022 年度「乳の社会文化」学術研究の助成を受けたものです.

文献

[1] 原田 哲夫. (2014). 朝食時牛乳摂取の精神衛生増進効果及び睡眠健康増進効果は幼児期に絶大なのか？. 平成 26 年度「牛乳乳製品健康科学」学術研究.
[2] 柴 英里. (2014). 行動変容ステージモデルに基づいた乳・乳製品の摂取を促す食教育プログラムの開発－青年期を対象として－. 平成 26 年度「食と教育」学術研究.
[3] 農林水産省. (2019). 若い世代の食事習慣に関する調査結果(令和元年度 11 月). https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/websurvey/websurvey.html
[4] Chen, Z., Zhang, R., Xu, T., Yang, Y., Wang, J., & Feng, T. (2020). Emotional attitudes towards procrastination in people: A large-scale sentiment-focused crawling analysis. Computers in Human Behavior, 110, 106391.
[5] ter Stal, S., Kramer, L. L., Tabak, M., op den Akker, H., & Hermens, H. (2020). Design features of embodied conversational agents in eHealth: a literature review. International Journal of Human-Computer Studies, 138, 102409.
[6] Nguyen, H., Masthoff, J., 2007. Is it me or is it what I say? Source image and persuasion. International Conference on Persuasive Technology. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 231–242. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77006-0_29
[7] van Vugt, H. C., Konijn, E. A., Hoorn, J. F., & Veldhuis, J. (2006, August). Why fat interface characters are better e-health advisors. In International Workshop on Intelligent Virtual Agents (pp. 1-13). Springer, Berlin, Heidelberg.
[8] Schmeil, A., & Suggs, L. S. (2014, May). An Empirical Comparison of Variations of a Virtual Representation of an Individual's Health. In International Conference on Persuasive Technology (pp. 201-223). Springer, Cham.
[9] Koichi Higuchi 2017 "A Two-Step Approach to Quantitative Content Analysis: KH Coder Tutorial Using Anne of Green Gables (Part II)" Ritsumeikan Social Science Review, 53(1): 137-147

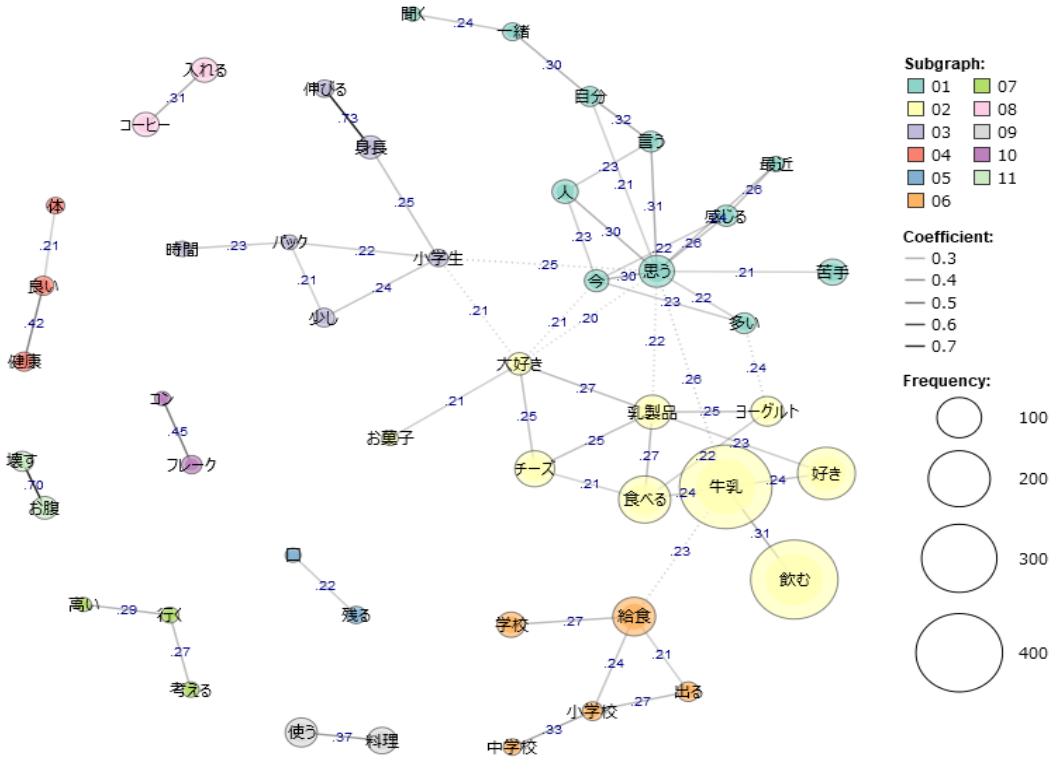


図 1 事前調査から得られた共起ネットワークグラフ

イラスト，写真，造形物の創造性評価眼と創造性の関係
Relationship between evaluation of creativity on illustrations, photographs and clay objects and creativity

荒川 歩
Ayumu Arakawa
武蔵野美術大学
Musashino Art University
arakawa@musabi.ac.jp

概要

本研究では，創作物に対する創造性評価眼の高低を，美術・デザインの専門家による創造性評価との一致度と暫定的に定義し，その創造性評価眼の高低と一般的な創造性評価(ATTA)，および美大型創造性尺度の得点との関係を検討した．一般人 46 名に対するオンライン調査の結果, ATTA の創造性得点とイラストの創造性評価眼(r=-.03)および粘土造形物の創造性評価眼との相関係数は極めて低いが(r=.19), 写真の創造性評価眼との間には一定の相関関係が認められた(r=.33).

キーワード：アート, 創造性，評価眼

1. はじめに

これまで, 創造性に対する多様な解釈のもとに, 創造性を測定する様々な方法が提案されてきた．それは大きく 3 種に分けられる．第 1 は CAT[1]に代表される専門家評価，第 2 は，CAQ[2]や CBI[3]に代表される創作活動の経験を問う自己評価，第 3 は TTCT[4]や RAT[5]に代表される拡散的思考の客観的評価である．

しかし，創造性の発達過程を考えた場合，第 1 の専門家評価や第 2 の活動経験の評価は，創造的活動の結果にすぎないため，どのような能力の向上を目指すべきかを示すものではない. また, 一般的に創造性が高いと期待される美術大学でも，直接的に第 3 の拡散的思考を教育する教育活動は見受けられない.

美術教育の場面を観察した Hetland ら[6]は，美術の授業で習得される能力として，①作品づくり(技術と工房作業), ②積極的関わりと我慢強さ(関与し, 続ける), ③視覚化(イメージで思考する)，④表現(意味を見つける), ⑤観察(ただ眺めるのではなく真の意味で見る), ⑥内省(問い, 説明し, 評価する), ⑦拡張と探究(跳躍する), ⑧アート世界の理解(その領域とコミュニティを理解する)の 8 つを挙げている．このうち，①と⑧は具体的な領域固有の能力であり, ②は, たとえばスポーツなどでも習得しうる能力であると考えると, ③視覚化, ④表現，⑤観察，⑥内省，⑦拡張と探究が，培われる能力のうち，美術教育によって一般的かつ比較的固有に形成される能力であるといえるだろう.

(4) 美術教育の場面においてこのような能力は，受講者自身が①制作するだけではなく，専門家の実演の見学や，他者の作品の鑑賞,自身の制作物への講評などを通して, それらへの動機づけや, その具体的な関わり方が内在化されることによって発達する[6]．たとえば講評で教員が「この部分はなんでこのようにしたのか」と問う時, 説明するためにまず⑥内省が促され, その部分に気づいていなければさらに⑤観察する必要性に気づき, あるいは④表現としてのその意味に気づき, それが他と整合性が取れていないのであれば③視覚化の精度が調整されるだろう．また，他者の作品を見たり，それに対する教員の講評を聞く中で，自分の見方が⑦拡張され, 探究が進められることになるだろう. これらの能力は必ずしも創造性と同一ではないかもしれないが, 創造的なものを作り出すために必要な能力であり，同時に創造性を判別する能力であるといえよう.

具体的には，創造的活動を，発想・評価・具体化の 3 要素のサイクルと考えたとき，このようなモノの見方の獲得は，少なくとも評価の部分に大きく影響すると考えられる. つまり, ある人が創造的な作品制作に至れない理由の 1 つは，何が創造的であるかのモニタリングエラーであると考えられる（ただし作品の評価で創造性だけが評価されているわけではない）.

そこで，本研究は，このような評価と，一般的に創造性といわれるものとの関係について検討する．具体的には, 創造的な人は, 作品の創造性を正しくモニタリングする能力(創造性評価眼)も高いかどうかを検討する. そのために, 本研究では, 創作物に対する創造性評価眼の高低を, 美術・デザインの専門家による創造性評価との一致度と暫定的に定義し，その創造性評価眼の高低と一般的な創造性尺度（ATTA）[7], および発想・評価・具体化の 3 つのプロセスに関する自己評価を測定する美大型創造性尺度[8] の得点との関係を検討する. この評価眼の高低が創造性と関係するならば，従来とは異

なる創造性尺度として機能しうるだろう. しかし, ここで問題となるのは, この評価方法に, アートに関わる人に最低限の共通の指標や基準といったものがあるのか, それとも, その内容にまったく共通性など存在せず, 前述の過程で獲得されるのは個人的評価の強度といった個人によって方向性の異なるものであるのか，という点である．前述の CAT 等で評価者間の信頼性が一定程度認められていることは，ある程度の共通性の存在を支持するものではあるが, 本研究では, 前述の目的の前提として，この点についても検討するものとする．

2. 評価の共通性の検討および評価尺度作成手続き

創造性評価の共通性，および創造性評価眼の高低を測定するために以下の手続きを行った．

①美術大学助教 3 名が，著作権フリーの写真掲載サイト, イラスト掲載サイトから, 一般の人が創造性が高いと判断しそうだが実際には低いと思われる作品，また逆に一般の人が創造性が低いと判断しそうだが実際には高いと思われる作品をそれぞれ10点ずつ抽出した. なお, 写真は「動物」とラベルされた写真, イラストは，「多様性」をテーマにしたイラストを対象にした．

②美術大学~~の~~講師 7 名が，①で抽出された画像，および公募で集められた粘土製のコップ 20 点の画像，計 60 点について，それぞれ 7 段階(1：創造性が低い～7：創造性が高い)で，その創造性を評価した．その際，創造性の評価基準はこちらでは指定せず，評価者の主観にゆだねたうえで，終了後に自由記述で評価基準の記入を求めた．

③その結果，イラストに対する評価の平均は 3.41(SD=0.68)，作品評価の最大値 4.86，最小値 2.14 であり，低評価の方に偏っていた．そのため，平均が 4.1 以上のものを相対的に高評価群とし，2.75 未満のものを低評価群としたところ, それぞれ10作品が該当した. 高評価群の作品に 3 未満の評価だった人は一人以下であり，低評価群の作品に 4 より多い評価をした人はいなかった．これらのことは多少のばらつきはあるが評価にある程度類似性があることを示す．

同様に，写真に対する評価の平均は 3.96(*SD*=0.68)，作品評価の最大値 5.28, 最小値 2.51 であった. そこで，平均が 4.4 以上のものを相対的に高評価群とし，3.5 未満で，分布が安定しているものを低評価群としたところ，高評価群 11 作品，低評価群 10 作品が該当した．高評価群の作品に 3 未満の評価だった人はおらず，低評価群の作品に 4 より多い評価をした人は一人以下であった．

同様に，粘土造形物に対する創造性評価の平均は 4.06(SD=0.63)，作品評価の最大値 5.43，最小値 3.00 であった．そこで，平均が 4.4 以上のものを相対的に高評価群とし，3.5 未満で，分布が安定しているものを低評価群としたところ，高評価群 4 作品，低評価群 3 作品が該当した．高評価群の作品に 3 未満の評価だった人はおらず，低評価群の作品に 4 より多い評価をした人は一人以下であった．

3. 調査手続き

調査参加者：研究支援業者 LSa を介して， Lancers で募集に応じた一般社会人 46 名（平均年齢：41.11(*SD*=10.68)歳，男性 19 名，女性 27 名）．参加者にはそれぞれ謝金が支払われた．

調査方法：Zoom を介し画面表示と口頭での説明を行って ATTA を実施の上，回答用紙は郵送で回収した．また ATTA 実施後，速やかに，指定の Google Form にて，美大型創造性尺度[8]への回答および先述の手続きで抽出した合計 48 作品の創造性評価を行うように求めた．創造性評価は，4 段階（4：創造性が高い～1：創造性が低い）であり，終了後，どのような基準で創造性を評価したか自由記述での回答を求めた．

採点：美術系の大学院の修了生 1 名，心理学系の大学院修了生 1 名と著者の 3 名で ATTA の評価を行い，その平均点をその後の分析に用いた．評定者間のクロンバッハの α 係数は，.897 であった．

4. 調査の結果と考察

各対象に対する評価眼は，高評価群の作品に対する調査参加者の評価得点－低評価群の作品に対する調査参加者の評価得点とした. つまり, 多くの専門家が高評価を付けた作品に低い得点を付与し，多くの専門家が低評価を付けた作品に高い得点を付与すれば，この値は小さくなり，評価が一致しているほど高くなる．

各対象に対するこの評価眼相互の相関は，*r*=.385(イラストと写真)～.177(写真と粘土造形物)であった．

表 1　ATTA 得点と各対象に対する評価眼の相関係数

	イラスト	写真	粘土造形物
ATTA	-.032	.333	.185

表 2　美大型創造性尺度と ATTA・評価眼の相関係数

	多元連想	制作創造	完成想像
ATTA	.235	.221	.015
イラスト	.088	-.064	.038
写真	.286	.213	.325
粘土造形物	-.012	-.023	-.016

各対象に対する創造性評価の素点は，写真($\bar{x}$=2.37)がイラスト($\bar{x}$=2.60)や粘土($\bar{x}$=2.75)に比べて有意に低かった($F(2, 90)=11.325, p<.01$)．同様に評価眼の平均得点は，写真($\bar{x}$=.327)がイラスト($\bar{x}$=.609)や粘土($\bar{x}$=.600)に比べて有意に低かった($F(2, 90)=6.248, p<.01$)．このことは，非専門家は，他の対象物に比べて，写真に関し，専門家と同じ評価をすることが困難であり，特に専門家が高評価としたものに高い得点を付けにくかったことを意味する．

また，ATTA の平均点は 66.17 点であった．これは標準化された ATTA の基準では平均よりやや下にあたる．

表 1 は，ATTA の創造性得点と各対象に対する創造性評価眼(専門家との評価との差)の関係を示したものである．ATTA の創造性得点とイラストの創造性評価眼の相関はほぼ 0 であり，同様に，ATTA の創造性得点と粘土造形物の創造性評価眼の相関係数は r=.185 程度に過ぎないが，ATTA の創造性得点と写真の創造性評価眼の相関係数は r=.325($p<.05$)であり，一定程度の相関関係が認められた．

表 2 は，美大型創造性尺度の下位因子と，ATTA および各対象に対する評価眼の関係を示したものである．美大型創造性尺度の下位因子の多元連想因子，制作創造因子と ATTA の間には，統計的には有意ではないが，弱い相関関係があるように見える($p<.10$)．また，美大型創造性尺度の下位因子の完成創造因子と写真に対する評価眼にも弱い相関関係が見られた($p<.05$)．

表 3 は，評価尺度作成手続きで協力を求めた美術大学講師の創造性評価の基準として書かれたものをまとめたものである．技術，見る側にとっての新奇性，独創性だけでなく，新しい表現への挑戦や，鑑賞体験の広がりに注目していることが読み取れる．

表 4 は，一般社会人の評価基準の一部を抜粋したものである．技術，見る側にとっての新奇性，独創性について注目しているものもみられるが，わかりやすく，感情に訴えかけるかどうかを基準としているものも多く見受けられた．ただし評価眼の高い人も低い人も評価理由に大きな差異は認められなかった．

表 3 専門家 7 人の写真の創造性の評価基準(抜粋)

高評価理由	低評価理由
・意味不明な感じがあるもの，撮影者の意図が読み取りにくいもの，そして写真に映り込んでいない部分が気になる ・個人的に既視感の薄いイメージにはイメージの拡がりの可能性を感じた ・あまりみたことのないイメージを持っている ・切り取りたいものを定義して構図を考えて撮影している ・対象の自然な動作のみを撮影しているが，鑑賞者の感覚により，違うストーリーを想像できそう ・どのような意図を持っているのか，それを伝える為の適正な技術や表現が成立している ・写真の表現として，既存の枠組みを更新する試みがある ・個性・オリジナリティ．その人にしか撮れないであろうスナップ・レンポジ，斬新なイメージが提示できている ・意図を理解（想像）でき，独自性がある	・商業写真のような構図や狙いを感じる ・構図や光の感じが単純 ・既視感のあるイメージで尚且つ構図などに工夫が感じられない ・思いつきでその場で撮影したと受け取れる ・メガネをかける等の人為的な装飾 ・「あざとさ」や「ありがち」のある

表 4 一般社会人の写真の創造性の評価基準(抜粋)

高評価理由	低評価理由
・見たことが無いようなテクニックや構図がある ・撮影者の創意工夫が見られる ・何か考えが伝わる ・レアな場面 ・動物が魅力的かどうか ・動物の感情が伝わってきそう ・通常その被写体には関係しないような組み合わせがある ・ユーモアあふれる写真 ・わかりやすいもの ・想像を膨らませることができる ・感情に訴えかけてくる ・構図の美しさ，自然さ ・欲しいと思ったもの	・日常的に撮影可能なもの ・誰でも思いつきそうな設定の写真 ・よくありそうで何かとってつけただけのような感じのもの

これらのことから考えられるのは下記の3点である．第 1 に，専門家と一般社会人では対象物の創造性評価にずれが生じる場合と一定程度一致する場合があった．本研究では，写真に対する評価について，一般社会人は，専門家との評価の一致を示す評価眼得点の平均値が低かった．この理由は，専門家と創造性評価の基準が異なる一般社会人が多かったからだと考えられる．ただし，明示的な創造性評価の基準に関して言えば，評価眼得点の低い人も，それの高い人や専門家と同じような理由を評価基準(たとえば，これまで見たことがないかどうか)として挙げていた．このことは，同じ新奇性を基準にしていたとしても，何を新奇とみなすかに個人差がある可能性を示している．たとえば，Silva が指摘するように，ある領域に習熟するにつれて，そうでない人にとって魅力的であるものが，平凡でつまらないものに変化し，より複雑なものを好むように変化する可能性がある[9]．これと同様に，何を新奇とみなすかも経験によって個人差が生じると考えられる．ここでは新奇性という言葉を用いたが，創造的であることへの志向性といった，より抽象的な言葉でも説明できるかもしれない．他方，イラストや粘土造形物に対しては、相対的に多くの一般社会人が専門家と一致する創造性評価を行っていた．これらの対象物には専門家が創造性を評価する際に参照される比較的分かりやすい手掛かりが多数あったためだと考えられる．

第 2 に，本研究では，ATTA で測定される拡散的思考と写真に対する創造性評価眼との間に相関関係が認められた．ATTA で測定される拡散的思考能力は主に発想場面におけるものであり，評価眼は評価場面における評価能力であるといったように，両者は，創作活動における異なるプロセスにおける能力を測定するものであるため，両者に関係があるとすると，2 つの可能性が考えられる．一つは，両プロセスに影響する共通の第 3 の因子(たとえば新奇性追求志向)に ATTA も評価眼も影響をうけるために結果的に両者に相関関係が認められた可能性である．二つ目は，実体としての創造性を ATTA も評価眼も測定できている可能性である．たとえば，ATTA と相関関係が認められた写真の評価眼については，美大型創造性尺度，特に完成想像因子との間にも一定程度の相関関係が認められた．このことは，発想から評価において各場面に全般的に共通する創造性の側面を反映しているといえるかもしれない．

しかし，すべての対象物の ATTA の拡散的思考と創造性評価眼の間に相関関係が認められたわけではなかった．その理由を本研究の結果だけで説明することはできないが，これまでの解釈をもとにすると，第 1 に，新奇性のような共通因子の影響と考えるなら，新奇性以外にも多数の創造性評価のための手掛かりがある場合，全体として，創造性の評価は，専門家によるものに近づくが， ATTA が測定するような評価者自身の創造性との関連は薄くなってしまうと考えられる．何を新奇なものとするのかの基準の個人差が他の要素によって埋没してしまうからである．同じ説明は，実体としての創造性という第 2 の解釈にも可能であるだろう．

以上，創作物に対する創造性評価眼の高低を，美術・デザインの専門家による創造性評価との一致度と暫定的に定義し，その創造性評価眼の高低と一般的な創造性評価(ATTA)，および美大型創造性尺度の得点との関係を検討した．その結果，写真を対象とした評価眼の高低が，創造性評価の得点，および美大型創造性尺度の得点と関係することが示された．このことは，この関係が，直接的なものであるか間接的なものであるかは明らかではないが，ATTA が測定するような新奇性への志向性，あるいは創造的であることへの志向性のようなものを測定できる可能性を示唆している．

しかし，本説明は一時的な説明であり，ほかの説明の可能性について十分検討し，他の刺激を用いても検証する必要がある．

文献

[1] Amabile, T. M., (1982) “Social psychology of creativity: A consensual assessment technique”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 43, No. 5, pp. 997–1013.

[2] Carson, S. H., Peterson, J. B., & Higgins, D. M., (2005) “Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire”, Creativity Research Journal, Vol. 17, No. 1, pp. 37-50.

[3] Cropley, A. J., (2000) “Defining and measuring creativity: Are creativity tests worth using?”, Roeper review, Vol. 23, No. 2, pp. 72-79.

[4] Torrance, E. P., (1966) The Torrance Tests of Creative Thinking-Norms-Technical Manual Research Edition-Verbal Tests, Forms A and B-Figural Tests, Forms A and B. Princeton, NJ: Personnel Press.

[5] Mednick, S., (1962) The associative basis of the creative process. Psychological Review, Vol. 69, No. 3, pp.220-232.

[6] Hetland, L., Winner, E., Veenema, S., & Sheridan, K. M., (2015) Studio thinking 2: The real benefits of visual arts education. Teachers College Press.

[7] Goff, K., & Torrance, E. P., (2002) Abbreviated Torrance test for adults: Manual. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.

[8] 荒川歩・井口博美, (2020) “美大型の創造性尺度の開発”, 第 15 回日本感性工学会春季大会予稿集, pp. 3A-01.

[9] Silvia, P. J., (2013) Interested experts, confused novices: Art expertise and the knowledge emotions. Empirical Studies of the Arts, Vol. 31, No.1, pp.107-115.

群衆避難行動モデル：人間の内部に立ち入らないアプローチの可能性
Modeling Crowd Evacuation Behavior: New Approach without Assuming Internal Model of Human

鶴島　彰
Akira Tsurushima
セコム株式会社　IS 研究所
Intelligent Systems Laboratory, SECOM CO., LTD.
a-tsurushima@secom.co.jp

概要

災害避難に関する研究が活発に行われており，研究者毎に様々なモデルが開発され提案されているが，一部を除いて，この分野で共通に使われるモデルは見当たらず，分析結果も使用したモデルに依存する傾向が見られる．この大きな原因は，災害避難に関する客観データの不足にあると思われる．我々は避難時の同調行動のモデル化である避難意思決定モデルを提唱し，様々な現象について分析を行ってきたが，モデルを拡張するにあたり，この客観データの不足が大きな困難となってきた．そこで新しいアプローチとして，あえて認知の内部構造には立ち入らず，より低次のモデルである生物行動モデルと高次のモデルである高次認知モデルの二つの代替モデルを考え，これら二つで上下から挟み撃ちすることにより，人間行動のモデルに近づけていくという可能性について考えてみた．ここでは客観的定量データが利用できる二つの避難事例を紹介し，これらを使った方法について考察を行った．

キーワード：避難シミュレーション, モデリング, 避難意思決定モデル

1. はじめに

近年，災害避難に関する研究が活発に行われており [1, 2]，そのいくつかの成果は新しい避難プロトコルの提案などとして実社会にも還元されている．これらのアプローチの中心となるのは，災害時の人間行動を模倣したエージェント・モデルによるマルチエージェント・シミュレーションである．しかしその実情は，それぞれの研究毎に独自のエージェント・モデルが開発されており，研究結果もそれぞれのモデルに依存する部分があり，分野としての共通認識が得らているとは言えない状況にある．Helbing により開発されたソーシャルフォース・モデル [3] は，もっとも広く使われている例外的なものであるが，これはエージェントに影響する様々な環境要因を仮想的な「力」と見做すことで集団の力学を表現し，現実の群衆避難で見られる様々な現象の再現に成功している．しかし，その内容はニュートンの方程式であり，様々な心理要因を仮想的な力にたとえてモデルに組み込む努力は見られるものの，本質的には物理モデルに他ならず，避難状況に現れる人間の自律的な意思決定を表現しているとは言いがたい．

多数の研究が重ねられているにも関わらず，避難研究における最大の障害は，客観データがほとんど得られないことにある．この分野で積み重ねられた多くの知見は，研究室内での実験や被災者の証言やサーベイ，あるいは現実の避難の映像情報などからなり，いずれにしろほんどが逸話的 (anecdotal) なものであり，客観的な検証に耐えられるものは少ない．この事実は災害状況における人間行動モデルの検証の難しさにつながり，この分野の研究者が共通に受け入られるモデルが現れない大きな理由と思われる．このような状況におけるひとつの可能性として，本稿では，個々の人間の内部モデルを仮定せず（あるいは最小限の仮定により），集団の挙動を表現するというアプローチの可能性について議論してみたい．

2. 生物行動モデルと高度認知モデル

我々は群衆避難における同調行動のモデルとして避難意思決定モデル [4] を提案し，現実のビデオ動画を使ったモデル検証 [6] を行い，このモデルを使うことで，出口選択における対称性の破綻 [5] や，地震避難における Flee/Drop 行動の空間分布 [8] などの分析を行ってきた．避難意思決定モデルは，生物学の反応閾値モデル [10] に基づいたもので，Gilbert によるエージェント・モデルの分類 [11] である，抽象モデル，中間モデル，ファクシミリモデルにおいては抽象モデルに分類される単純なものである．避難意思決定モデルは意識的な避難行動 ($X = 1$) と無意識的な避難行動 ($X = 0$) がある確率で切り替わるという構造である

が，これまでの研究では，あえて人間の高度認知機能には立ち入らず，意識的な避難行動としてランダム選択を，無意識的な避難行動として同調行動を採用してきた．ランダム選択と同調行動は多くの生物が共通で持っている避難行動で，これまでの分析は，これら二つの行動のみで人間の行動を表現しようとした，いわば人間の認知能力を過小評価したモデルであり，人間のモデルというよりもむしろアリなどの生物行動のモデルに近いものであろう．

一方，人間の高度認知が避難行動に影響することもまた事実であり，人間は避難に関する情報や知識を状況に当てはめて使用したり，最短経路を選んで避難するといった合理的な行動を採ることもできる．ところが，特に避難状況のような切迫した状況においては，人間が常に合理的な行動を採れるとは限らず，そもそも避難に必要な情報を持っていなかったり，認知バイアスの意思決定への影響などで合理的な行動が採れない場合がありうる．さらには避難に必要な情報や知識を持っていた場合でも，それらの知識を状況に当てはめて使うことが出来ないという報告 [12, 13] もある．これらの理由から，合理的意思決定を仮定した高度認知モデルは人間の認知能力を過大評価したものであり，現実的な人間行動を表したモデルとしてはやはり問題があるといえる．以上から現実的な人間行動モデルは，生物行動モデルと高度認知モデルの中間のどこかに存在すると考えることができる．

3. 単純なモデルと複雑なモデル

避難行動のモデル化において考慮される要因には非常に多彩なものが含まれるが [14]，実際のモデル化では一部の要因のみを採り上げた単純なものか，多様な要因を組み入れた複雑なもの [15] かに二分される傾向がある．前者は分析はしやすいが現実の記述力に欠け，後者は現実の記述には強いが結果は事例に強く依存し，分析も困難である．特に後者のアプローチでは，研究者毎に非常に多様な要因がモデルに導入される傾向がある．たとえば，歩行速度，転倒の割合，年齢や性別による規制の順守度，ソーシャル・インターラクション，他の避難者への援助，文化や類似度によるグルーピングの傾向，認知要因や感情要因がグループ意思決定に及ぼす影響などである [20]．このような要因は研究者毎に恣意的に組み上げられる傾向が強いことから，結果の分析や解釈が不透明なものになりやすい．多彩な要因が恣意的に組み上げられるのは，これまで述べてきた客観データの不足により，災害避難という特異な状況における人間行動が殆ど分かっておらず，人間の内部モデルを組み立てる基準がほぼ無いことが原因と思われる．この問題が早急に解決するとは考えにくい．

4. 新しいアプローチ

そこで本稿では，この問題に対する別の角度からのアプローチとして，人間の内部モデルを仮定することを諦め，前に述べた生物行動モデルと高度認知モデルを代理モデルとして使うことを考えてみたい．イメージとしては生物行動モデルを人間の認知能力を過小評価したモデル，高度認知モデルを過大評価したモデルと考え，人間行動をブラックボックスとしたまま，ふたつの代理モデルで上と下から挟み撃ちする感じである．ふたつの代理モデルが分析可能な単純なものであれば，ブラックボックスの上界と下界を観察することはおそらく可能であり，これらの境界を狭めていくことにより観察可能な部分を少しずつ増やしていくことができるかもしれない．

以下二つのケーススタディを検討することによって，上で述べたアイデアについて検討してみたい．

5. 事例 1：東日本大震災

我々は東日本大震災において撮影された動画 [21] の分析により明らかになった 48 人の避難行動の再現と分析を避難意思決定モデル [4] を使って行い，避難者の視界が避難行動に与える影響についての仮説を提唱した [6, 7, 8, 9]．

この分析において我々は，避難者の Flee/Drop 行動が出口からの距離によって分かれる現象について次の二つの作業仮説を立てた．

1. 個々の避難者が出口からの距離に基づいて個別に Flee/Drop 行動を選択する．
2. 個々の避難者は Flee/Drop をランダムに選択するに過ぎないが，避難者間に働く同調行動が対角空間パターンを創発させる．

我々は上記 2 に基づいて分析を行ったが，この仮説はランダム選択と同調行動という多くの生物に共通する低レベルの認知機能のみに基づく生物行動モデルである．一方，上記 1 についてはトリビアルであるとして以降の分析から除外し，何の検討も行わなかった．

上記 1 の行動は，出口までの距離の推定や，距離に基づいて避難行動を選択するルールの保持と，ルールを現状に当てはめて避難方法を演繹する手続きなど，人間ならではの高度の認知機能を必要とする高度認知モデルであると見立てることが可能である．

6. 事例 2：河北省唐山地震

群衆避難における同調行動の影響は，この分野において最も活発に研究されているテーマの一つで，とりわけ出口選択や避難経路選択などの避難意思決定における同調行動の影響は重要なテーマである．避難行動中の出口選択における対称性破綻現象は，群衆避難における人間の非合理的な行動が現れた興味深い現象として有名であり，これまで多くの研究者により研究されてきた [17, 18]．しかし避難時の対称性破綻現象に関する客観データはほとんどなく，その多くは避難者の言説によるものや，アリなどを使った動物実験，あるいはコンピューター・シミュレーションなどにより保証されてきたにすぎず，人間を使った実験による経験的な研究者からは否定的な結論も出されてきた．たとえば，Haghani et al. (2019) は，人間の被験者を使った避難実験の結果から，アリなどの動物実験の結果とは違い，人間の避難者は避難選択において非対称が生じれば，空いている方を選ぶため，避難選択における同調行動 (対称性破綻現象) は発生しないとしている [19]．

2012 年 5 月 28 日 10 時 22 分，中国河北省唐山市で発生したマグニチュード 4.8 の地震における，Middle School of Tangshan Yucai での授業中の教室から 35 人の生徒が避難する映像を分析した研究は，出口選択における対称性破綻現象を記録した貴重な映像資料である [16]．この分析において，前と後ろに出口のある教室から避難した生徒たちは，12 人が前の出口を選び，23 人が後ろの出口を選んでいる．この現象を，等確率で二つの出口が選ばれる 35 回の繰り返しベルヌーイ事象と考えると，二項分布 $X \sim B(n = 35, p = 0.5)$ として表される．この時，12 人が前の扉を選んだことから，累積分布関数 $F(12) = P(X \leq 12) = 0.045$ により発生確率 5% 以下の現象となり，これは偶然発生した事とは考えにくい．この現象を生物行動モデルと高度認知モデルを使って再現することを試みる．

7. 新しいアプローチの可能性

5., 6. 節で示した二つの事例は，現実に発生した災害避難を記録した映像分析による客観データが利用できる．前者は Flee/Drop 行動の選択の空間パターンについて，後者は前後二つの扉を利用した避難の非対称性についての定量データが分析から得られている．これらの事例データに対して，避難意思決定モデルを適用することにより，避難者が行った避難意思決定について次の二点から分析が可能と思われる．

1. 事例で得られた客観データの再現
2. 生物行動モデルと高度認知モデル適用による分析

1. は避難意思決定モデルの検証が主な目的だが，2. によって避難意思決定モデルに組み込まれる意識的な避難行動 ($X = 1$) を低レベル認知を仮定したものと，高レベル認知を仮定したもので比較することにより，モデルの説明力の何が変化したかを観察・分析することにより，二つの認知レベルの中間にあると考えられる人間の避難行動を表した真のモデルに対する示唆を得ることができるだろう．

どちらの事例においても，避難意思決定モデルの無意識的な避難行動 ($X = 0$) は，これまでどおり同調行動を採用するつもりだが，意識的行動については次のように考えている．

事例 1

事例 1 の先行研究では二つの作業仮説，1. 出口からの距離によって Flee/Drop 行動を選択する，2. ランダムに Flee/Drop 行動を選択するが同調行動により空間パターンが創発することを仮定し，$X = 1$ としてランダム選択を組み込んだシミュレーションにより 2. が成り立つことを示した．ここでは，$X = 1$ として距離により Flee/Drop を切り替える行動 (扉からの距離が δ 以下であれば Flee を，δ 以上であれば Drop を選択するというルール) を避難意思決定モデルに組み込むことにより，シミュレーション結果がどう変わるかについて分析する．ここで，エージェントが常に意識的避難行動しか行わない場合，すなわち避難意思決定モデルにおける $\epsilon = 0$ の場合については，対角空間パターンの発生は自明であると考える．

事例 2

事例 2 のケースについては，出口選択の非対称性を再現することが目的となるが，高度認知モデルとして次の三つの行動を組み込んだ避難意思決定モデルを考える．

1. 出口からの距離によって近い方の出口を選ぶ．
2. 二つの出口をランダム選択するが，そのうえで空いている方の出口に選択を切り替える．
3. オリジナル論文の著者の解釈である教師の影響をモデルに組み込む．後ろの出口近くにいた教師の影響がアトラクタとなり非対称性が発生したとする解釈であるが，アトラクタの影響をどう実装するかの課題が残る．

8. 考察

人間の群衆避難行動モデルを考えるにあたって，直接人間の内部の認知構造を推定するのではなく，高度認知モデルと生物行動モデルという，それぞれ人間の認知能力を過大評価したモデルと過小評価したモデルによって上下から挟み込むことにより，徐々に接近していこうというアプローチについて提案した．このアプローチの動機となったのは，災害避難における客観データの収集が極めて難しいこと，実験室内での実験により得られる情報に限界があることなどである．

具体的な手段として，事例 1 と事例 2 という地震避難時の動画分析に基づいたデータを使った分析についてとりあげ，それぞれについて高度認知モデルと生物行動モデルを具体的にどのように設定すべきかについて考察した．これらの事例について，まだ具体的な実験や分析は行っていないが，現時点における予想をここに記しておきたい．

事例 1

高度認知モデル 同調行動が行われない場合 ($\epsilon = 0$) には必ずルールによる意思決定が行われるので常に同じ結果 (同じ対角空間パターンが現れる) になる．同調行動が同時に行われる場合についても基本的に対角空間パターンが現れ，この場合は毎回同じパターンではないが分散は極めて小さいものと推測する．

生物行動モデル これについては先行研究にて行っている．対角空間パターンは発生するが分散はある程度大きい (常に発生するわけではない)．また初期配置や物理条件，モデルパラメータなどに左右される．

事例 2

高度認知モデル

1. 前後の出口をほぼ同数の避難者が利用し，出口選択の非対称性は発生しない．同調行動がある場合であっても同じで，前後を選ぶ人数の揺れは発生しても，その差は統計的に有意になるほどではない．
2. 最終的にほぼ同数の避難者が前後の出口を利用するが，その仮定で二つの出口間を移動する (選択を変える) 避難者がそれなりの数発生する．しかし統計的に有意になるほどの偏りが出るわけではない．
3. アトラクタの存在はあえて偏りを発生させるためのものなので，論文に示されたような出口選択の非対称性を発生させることは可能であろう．しかしこの結論に意味を持たせるためには，アトラクタをどのように実装し，実験を条件付けるかについては未解決である．

生物行動モデル このケースについては既に一部実験を進めているが，論文に示されたような結果の再現に成功している．

上記の予想には，驚くような内容はなにも無いので，現状の考えでは，事例 1 と事例 2 を独立に分析しただけでは，あまり面白い結論は見えてこないと想像する．二つの事例の分析結果を組合せ，さらにある程度大胆な仮説を導入することのよっては，なにかヒントが見えてくるかもしれないと期待する．またさらに多くの事例を見つけて，分析に追加していくことにより，より豊かな内容が得られるのではないかと期待したい．

9. 展望

さらに踏み込んだ可能性として，本稿の対象である群衆の避難行動を，ふたつの代理モデルの混合と考えることができるかもしれない．すなわち群衆を人間のモデルの集合として捉えるのではなく，(どちらも人間の行動とは違う) 生物行動モデルと高度認知モデルを一定の割合で混合したものとして捉えるのである．このアプローチにより，どれだけの精度で群衆行動を表現できるかは未知数であるが，少なくとも分析可能な二つのモデルとその割合という明確な基準によって対象の表現が可能となり，群衆行動の定量評価への可能性も見えてくるかもしれない．恣意的モデルにより表された人間モデルの集合としての群衆表現につきまとう不透明性という問題に対して，ひとつの対案となる可能性があるのではないかと考える．

文献

[1] M. Haghani, “Empirical methods in pedestrian, crowd and evacution dynamics: Part I. Experimental methods and emergent topics” Safety Science, 129, 2020, pp. 104743

[2] M. Haghani, “Empirical methods in pedestrian, crowd and evacution dynamics: Part II. Field methods and contrivasal topics” Safety Science, 129, 2020, pp. 104760

[3] D. Helbing, “Simulating Dynamical Features of Escape panic” Nature, 407, 28, 2000, pp. 487–490.

[4] A. Tsurushima, “Modeling Herd behavior Caused by Evacuation Decision Making Using Response Threshold” Multi-Agent-Based Simulation XIX (MABS 2018), Springer, 2019, pp. 138–152.

[5] A. Tsurushima, “Reproducing Symmatry Breaking in Exit Choice under Emergency Evacuation Situation using Response Threshold Model” Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol. 1, 2010, pp. 31–41.
[6] A. Tsurushima, “Validation of Evacuation Decision Model: An Attempt to Reproducing Human Evacuation Behaviors during the Great Eats Japan Earthquake” Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol. 1, 2020, pp. 17–27.
[7] A. Tsurushima, “Herd behavior Is Sufficient to Reproduce Human Evacuation Decisions During the Great East Japan Earthquake” Agents and Artificial Intelligence. ICAART2020, LNCS vol12613, Springer, 2021, pp. 3–25.
[8] A. Tsurushima, “Reproducing Evacuation Behaviors of Evacuees during the Great East Japan Earthquake using the Evacuation Decision Model with Realistic Settings” Proceedings of the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol. 1, 2021, pp. 17–27.
[9] A. Tsurushima, “Tunnel Vision Hypothesis: Cognitive Factor Affecting Crowd Evacuation Decisions” SN Computer Science, volume 3, Aritcle number 332, 2022.
[10] E. Bonabeau et al., “Quantitative study of the fixed threshold model for the regulation of division of labour in insect societies” Proceedings of The Royal Society B, 263, 1376, 1996, pp. 1565–1569.
[11] N. Gilbert, “Agent-Based Models (second edition)” SAGE Publishing, 2019.
[12] 田中孝治 et al., “知識と行動の不一致に見られる不安全避難行動の危険認知に関する心理実験的検討” 認知科学, 22, 3, 2015, pp. 356–367.
[13] X. Lu et al., “Optimized Guidance for Building Fires Considering Occupants’ Route Choice” Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol. 561, 2021, pp. 125247.
[14] N. Siyam et al., “Research Issues in Agent-Based Simulation for Pedestrians Evacuation” IEEE Access, 8, 2020, pp. 134435–134455.
[15] J. Tsai et al., “ESCAPES - evacuation simulation with children, authorities, parents, emotions, and social comparison” Proceedings of 10th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2011), 2021, pp. 457–464.
[16] J. Zhou et al., “Developing a database for pedestrians’ earthquake emergency evacuation in indoor scenarios” Plos ONE, 13 (6), 2018.
[17] E. Altshuler et al., “Symmetry Breaking in Escaping Ants” The American Naturalist, 166 (6), 2005, pp. 643–649.
[18] Q. Ji et al., “Symmetry Associate with Symmetry Breaking: Revisiting Ants and Human Escaping from Multiple-Exit Rooms” Physica A, 492 (15), 2018, pp. 941–947
[19] M. Haghani and M. Sarvi, “’Herding’ in Direction Choice-Makeing During Collective Escape of Crowd: How Likely Is It and Moderates It?” Safety Science, 115, 2019, pp. 362–375.
[20] CN. van der Wal et al., “Simulating crowd evacuation with socio-cultural, cognitive, and emotional elements” Transactions on Computational Collective Intelligence XXVII, LNCS 10480, 2017, pp. 139–177
[21] 東日本大震災時のホテルの会議室 (動画) https://www.fnn.jp/common/311/articles/201103110012.html.

日本語音声と図形の対応付けに関する日本語話者と非日本語話者の構造的な共通性の分析

Analysis of Structural Correspondence between Japanese Speech Sounds and Shapes Common in Japanese and Non-Japanese Speakers

宮本　真希[†]，日髙　昇平[†]
Maki Miyamoto, Shohei Hidaka

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

概要

音声言語では，音声とその指示内容の結びつきは恣意的であると考えられている。しかし，ブーバ・キキ効果のように，音声と指示内容の関係が完全に恣意的とは限らない例もあり，このような例が体系的に存在するという仮説は音象徴と呼ばれている。オノマトペは自然言語における音象徴的な語彙の一つではないかと考えられており，本研究ではオノマトペが全体として音象徴的な体系を持つことを実験的に検証した。

キーワード：言語の恣意性，ブーバ・キキ効果，音象徴，オノマトペ

1. はじめに

音声言語には，音声とその指示内容の結びつきが一意に定まるとは限らないという恣意的な側面がある[1]。一方で，その恣意性に反するようなブーバ・キキ効果[2]という現象も確認されている。ブーバ･キキ効果は，音声とその指示内容の関係が完全に恣意的とは限らないことを実験的に示した例であり，実験参加者は用意された 2 つの人工語と 2 つの図形の関係についての事前知識がないにもかかわらず，95%の人が特定の人工語と特定の図形を対応付けたと報告されている。このような音声とその指示内容の間に非恣意的な関係性が体系的に存在するのではないかという仮説は音象徴と呼ばれている[3]。一般に，人が日常的に使用する語彙はその多くが音声と指示内容の関係が恣意的とされる一方で，オノマトペと呼ばれる語彙はそれらの間に非恣意的，音象徴的な関係性があるのではないかと考えられている[4][5]。そこで，本研究では日本語オノマトペが語彙全体として音象徴的な体系を持つのではないかと仮説を立て，日本語オノマトペがそのような体系を持つための要因を実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 方法

本研究では，日本語話者および非日本語話者を実験参加者とし，それぞれの参加者に日本語オノマトペ様の語の音声を聞かせ，その音声が指していると推測される図形を複数の選択肢から一つ選択させるという実験を行った。

音声刺激　日本語オノマトペ様の語群の作成と選定は，清水らの方法[6]を参考にして行った。本研究では，まず作成する語を繰り返し型オノマトペ(e.g. キラキラ，ワンワン)を模した語のみに限定し，全日本語音韻を組み合わせることで機械的に 20449 語を生成した。これらの語群に対して，日本語母語話者 3 名に日本語としての容認度判断をさせることで選出した 249 語を実験で使用する日本語オノマトペ様の語とした。この語群を日本語母語話者および合成音声に読み上げさせたものを音声刺激として使用した。

図形リスト　選択肢となる図形は，山口・椎名[7]で作成された 36 個の図形(図 1)を日本語話者に呈示し，その中で日本語話者による選択の集中度が高かった上位 20 個の図形(図 2)を非日本語話者に呈示した。

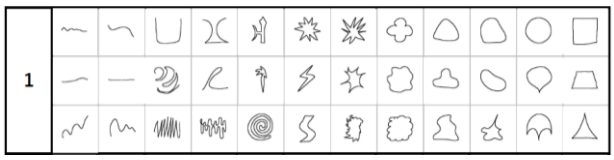


図 1　日本語話者に呈示した図形リスト

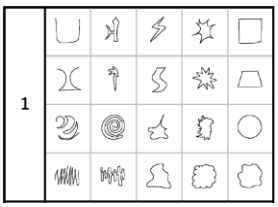


図 2　非日本語話者に呈示した図形リスト

実験参加者　日本語話者として，日本人大学院生 12 名（男性 10 名，女性 2 名，平均年齢 24.17 歳，SD=1.46）が参加した。非日本語話者として留学生の大学院生 27

名(男性 14 名, 女性 13 名, 平均年齢 27.70 歳, SD=4.64)が参加した。すべて日本国外から来日している外国人留学生であり，参加者の出身国の内訳は，タイ：2 名，ミャンマー：2 名，中国：6 名，インドネシア：1 名，バングラデシュ：3 名，ケニア：1 名，ベトナム：5 名，インド：4 名，ラオス：1 名，マレーシア：1 名であった。留学生の参加者のうち半数となる 13 名は，日本語学習歴 1 年未満であった。

実験手続き　実験参加者には，日本語オノマトペ様の語の音声を聞いた後で，その音声から連想される図形を図形リストの中から一つ選択させた。音声刺激は，コンピュータに接続されたヘッドホンを通して呈示した。音声はコンピュータ上に表示された音声プレイヤーを参加者自身に操作させることで再生されるよう設定し，音声は繰り返し聞くことを許可した。実験のインストラクションは，日本語話者には日本語で行い，非日本語話者には英語で行った。

3.　結果と考察

実験後，日本語話者と非日本語話者で音声と図形の対応付けにどのような傾向があるかを調べるために対応分析を行った。対応分析では，音声と図形の間の相関関係が最も高くなるように各変数にスコアと呼ばれる実数値を与えることで，各変数が名義尺度であってもその関係性を定量的に分析することができる。日本語話者による音声と図形の対応付けの頻度について対応分析を行ったところ，正の相関関係が認められた(r =0.674)。非日本語話者による音声と図形の対応付けの頻度についても同様に対応分析を行ったところ，弱い正の相関関係が認められた(r =0.355)。対応分析によって得られた日本語話者および非日本語話者の音声と図形の各スコアを数値の大きさの順で並び替えると，スコアの絶対値の最大付近に丸い輪郭を持つ図形または鋭い輪郭を持つ図形が並ぶという結果になった(図 3, 図 4)。

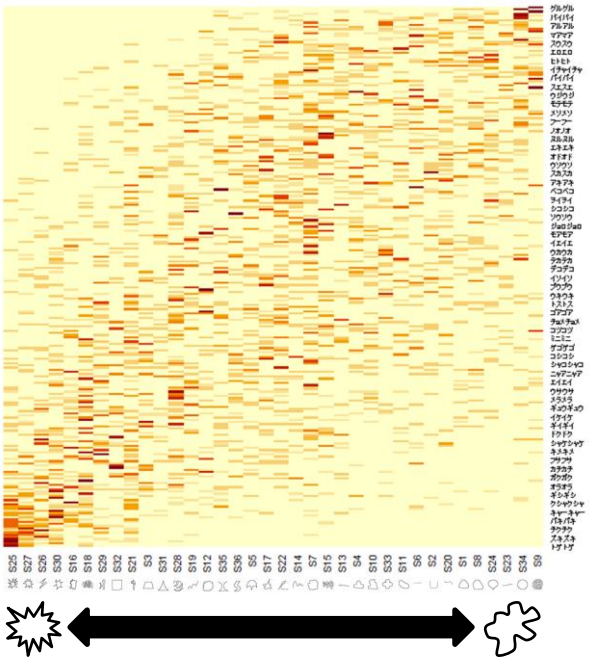


図 3　日本語話者による音声と図形の対応付けを可視化したヒートマップ

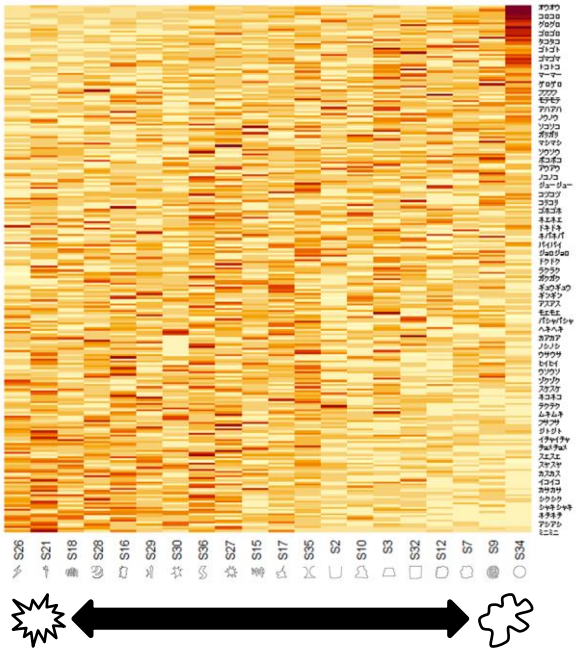


図 4　非日本語話者による音声と図形の対応付けを可視化したヒートマップ

次に，図形と対応づけられている音声の特徴を分析するために，対応分析で得られた各音声のスコアを目的変数，音声を構成する個別音を説明変数としたステップワイズ回帰分析を行なった。分析の結果、日本語話者(R^2 =0.390, p <0.05)，非日本語話者(R^2 =0.551, p<0.05)ともにスコアと個別音の間に有意な相関がみられ，母音では[o][u][i]，子音では一部の阻害音

[k][ts][b][tɕ][d][ʑ][ɕ][z][g][gʲ][kʲ]が，日本語話者および非日本語話者の音声スコアに共通して影響する要素であることが示唆された。

音声特徴と各図形特徴はそのスコアの順位の対応から，[o][u]が丸い輪郭の図形，[i]および一部の阻害音が鋭い輪郭の図形と対応づいていると推測された。また，音声と図形の各スコアの順序について，日本語話者と非日本語話者間における順序相関係数を求めた結果，音声に関しては弱い正の相関関係(r =0.246, p<0.05)，図形に関しては正の相関関係(r =0.680, p<0.05)が見られたことから，両者間における音声と図形の対応付けの傾向は類似していることが示唆された(図 5)。

以上の分析結果から，日本語話者と非日本語話者におけるオノマトペ様の語の音声と図形の対応付けには，全体としてブーバ・キキ効果と類似した対応付けの構造が見られた。この結果は，日本語オノマトペ様の語は全体として音象徴的な体系をもつことを示唆するものである。

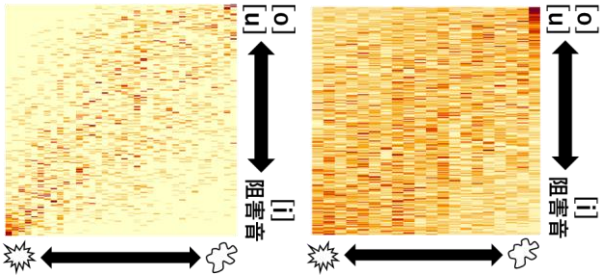


図 5　日本語話者と非日本語話者による音声と図形の対応付けの類似構造

文献

[1] Saussure, F. De. (1916). Course in General Linguistics. (フェルディナン・ド・ソシュール, 小林英夫 (訳) (1972). 一般言語学講義 岩波書店)
[2] Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia--a window into perception, thought and language., Journal of consciousness studies 8(12), 3-34.
[3] Imai, M., Miyazaki, M., Yeung, H. H., Hidaka, S., Kantartzis, K., Okada, H., & Kita, S. (2015). Sound symbolism facilitates word learning in 14-month-olds, PLoS One 10(2), e0116494
[4] 田守育啓 & ローレンス・スコウラップ (1999). オノマトペ: 形態と意味 (Vol. 6), くろしお出版
[5] 浜野祥子 (2014). 日本語のオノマトペ-音象徴と構造-, くろしお出版
[6] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, & 坂本真樹 (2014). オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム, 人工知能学会論文誌 29(1), 41-52.
[7] 山口由衣 & 椎名健 (2005). 手描き図形を媒体とした感情伝達, 図書館情報メディア研究 3(2), 15-23

接続法条件文と誤謬推論における前提
The presupposition of subjunctive conditionals and fallacy

山森　良枝
Yoshie Yamamori
同志社大学
Doshisha University
yy080707@gmail.com

概要

“if p, q”の形式をもつ条件文には、ｐが真となる p-worlds の集合が common ground: C に含まれる直接法条件文(indicative conditionals; IC)と、p-worlds の少なくとも一部が C の外側にある接続法条件文(subjunctive conditionals: SC)のタイプがあるとされる(Stalnaker, 1975; von FIntel1998)。

本研究では、「間違った推論」結果を導くと言われる誤謬推論では、前件と後件の間に論理的関係はなく、後件には前件とは異なる隠れた前提 x があること、この x も SC の前件と同じく C の外側にあり、誤謬推論と SC が同じ環境で生起することを提案する。また、その結果、誤謬推論では、C と C の外側にある世界/文脈 C‘が交差することになり、その結果、前件（ｐ）とそれを含む C の否定を推論させる会話の含意が生じることを主張する。

キーワード：前提（presupposition)、接続法条件文(subjunctive conditional)、誤謬推論(fallacy)、common ground

1. はじめに

本研究の目的は、誤謬推論(fallacy)の背後で働く生起メカニズムを明らかにすることである。接続法条件文(subjunctive conditionals: SC)は、しばしば、反事実的(counterfactual)前提を持つと言われる（Lakoff, 1970)。しかし、 様々な実例の検証から、反事実的でない場合もあることを踏まえて、“if p, q”のｐが真となる p-worlds の集合が common ground: C に含まれる直接法条件文(indicative conditionals; IC)に対して、SC では、p-worlds の少なくとも一部が C の外側にある、という分析(Stalnaker, 1975; von FIntel1998)がなされている。「間違った推論」結果を導くと言われる誤謬推論もその例外ではない。

本研究ではまず、誤謬推論の前提が SC の前提と同様の特性を持つことを示して、誤謬推論は、当該の前提が現行の発話文脈と相いれない場合に生起する推論の形態であることを主張する。具体的には、SC のポイントは、ｐの反事実性にあるのではなく、前提となる関与的な p-worlds がＣの外側にある（von Fintel, 1998）、という点に注目し、誤謬推論においても、SC と並行的に、

(i)　前提が現実世界/C の外側にあり、偽になる、
(ii)　その結果、間違った結論が導出される、

ことを提案する。

ただ、誤謬推論は、「正解が分からない場合に生じる推論の形態」であり、その推論プロセスは一種のヒューリステイクスの類に属するとも言われ（Volokh,2003)、現実世界/common ground (C)を起点に、その外側にある(間違った結論の)前提(が帰属する世界)を設定し構造化する一般的なアルゴリズムは存在しないとされるが、本研究では、誤謬推論の意味の生成メカニズムについても考察を加えたい。

2. 接続法条件文

標準的な Stalnaker-Lewis タイプの意味論では、条件文“if p, q”は、if 節が世界を量化する潜在的な量化子を制限する論理構造を持ち、(1)の真理条件を持つ(von Fintel, 1998)。

(1) A bare conditional *if p, q* has the logical form $\forall_D$(if p) (q).
If defined, it is true in a world w iff all worlds w’ in D(w) such that p(w’) are such that q(w’):　$p \cap D(w) \subseteq q$
Here D is a function that assigns to any (evaluation) world w a set of accessible worlds.

“if p, q”が真になるのは、関与的な文脈により規定される量化領域D(w)に含まれる全てのpが成立する世界(p-worlds)においてqが成立する場合であり、会話では、p-worlds が会話参与者間の暗黙の合意に基づいて形成される文脈/世界の集合C(common ground) に属することが要求される。(1)はICの真理条件である。

一方、SCは、結果節にwouldなどのモーダルを含み、現在時制が過去時制にシフトする（(2)）、また、文末に「のに」が現れる（(3)）等の形態的固有性を持つ。

(2) If it rained, you would get wet.
(3) 雨が降れば、中止になったのに

ICとの意味的違いについては、von FIntel(1998)が、SCの(4)では、(Jonesが示している症状は現実世界で確立されており)、if節が反実仮想を表わさないことから、ICとの違いは、if節の事実性ではなく、量化領域D(w)の違いにあるとし、Stalnaker(1975)を踏まえて、SCではD(w)がCに含まれないと主張する。

(4) If Jones had taken arsenic, he would have shown just exactly those symptoms which he does in fact show. [So, it is likely that he took arsenic].
(5) subjunctive: $p \cap D(w) \cap C = \varnothing$
(6) indicative: $p \cap D(w) \cap C \neq \varnothing$

(6)は、全ての関与的なp-worldsがCに含まれ、Cの外側にない場合にICが生起することを予測する。一方、(2)-(4) では、①ある関与的なp-worldsがCに存在しない((2))、②反事実的世界が前提されている((3))、そして、③量化領域が部分的にCの外側にある((4))場合にSCが生起しなければならないことが示されており、(5)は、ある関与的なp-worldsがCの外側にある場合にSCが生起することを正しく予測する。

ただし、D(w)がCに含まれないというのは、前件にだけ関係することであり、どの条件文でも、前件が成立するすべての状況において後件は妥当であるという解釈が一般的な解釈であり、反事実性などの含意は生じないことに注意すべきである。

3. 誤謬推論

誤謬推論は、「論理的に誤った推論」と言われる通り、後件の推論結果が常に偽になる。

(7) PCR検査を増やせば(*p*)、医療が崩壊する(*q*)
(実際は、PCR検査が極めて抑制されているにも拘らず、医療崩壊が生じた)

PCR検査が感染抑制に有効な手段であることは世界の共通認識であり、(7)の前件pは、Cに含まれている、という意味において、真になる命題である。そのため、(6)から、(7)にはICが生起することが予測される。しかし、ICであれば、(7)の後件もCに含まれるものでなければならないので、not q:「医療が崩壊しない」にならなければならない。ところが、実際には、(7)では、q「医療が崩壊する」というCに含まれないという意味で間違った/偽である推論結果が生起する。偽である結論の前提は偽であるので、(7)のpは、qの前提にはなり得ないものである。(7)のqに前提があるとすれば、それは、(5)から、Cに含まれない何かでなければならない。

ここで、(7)を$p \rightarrow q$という命題変項で構成される論理式に置き換え、この論理式が偽ではなく真となる値Tを取るような命題変項への真理値の割り当てが可能であるか否かを考えてみよう。$p \rightarrow q$が真の値Tを得るためには、前件と後件が共にTもしくはFであるか、前件がFで後件がTである場合であるので、真理関数を逆にたどると次のようになる。(右端の(1)は、2段目の値が1段目の論理式から、また、(2)(3)は、3段目の値が2段目と3段目から導出されたことを示す。)

1. T $p \rightarrow q$
2. T p (1)
3. T q (2)(3)
4. F q (1)
5. F p (4)(5)

3 – 4 / 2 - 5 矛盾

$p \rightarrow q$が真であるためには、pが真である場合はqも真、pが偽である場合はqも偽か真でなければならない。そうすると、pが偽でq真である場合を除けば、$p \rightarrow q$が真であるためには、pもqも共にFかTでなければならなくなる。しかし、そもそも(7)のpは真、qは

偽であることを考えると、(7)が真理値 T を取ることは不可能であるということになる。

先述した通り、どの条件文でも、前件が成立するすべての状況において後件は妥当であるとすると、誤謬推論においても、SC 同様、p-worlds に代わって、後件 q の前提となる関与的な worlds があると仮定せざるを得ない。そのため、本研究では、誤謬推論は、(8)のような論理構造を持つと考えておく。

(8) $(C \cap p) \cap x \rightarrow q$

(8)の x は q の非明示的前提を表す。つまり、誤謬推論では、C に含まれる前件 p は、q の前提にはなり得ない。そのため、q に対しては、p 以外に、C に含まれない隠れた前提 x を仮定することが妥当であり、誤謬推論は、(5)と同じ SC が生起する(9)の環境下において生起すると考えることができる。

(9) fallacy: $x \cap D(w) \cap C = \varnothing$

4. SC と誤謬推論

ここでは、前提と C の関係((9))を誤謬推論の分析に拡張することで、誤謬推論の基本的な生起メカニズムを SC と並行的に説明できることを提案する。

D(w)の全てが C に含まれ、C の外側にない場合に IC が生起するのに対し、D(w)の全てが C の外側になければ、SC は生起し得ないわけではない((2)-(4))。とすると、誤謬推論も D(w)の全てが C の外側になくても生起する可能性があり、生起環境には以下の 3 通りの可能性があると考えることができる。先述した通り、誤謬推論で D(w)に含まれる後件 q の前提は p ではなく隠れた前提 x の方である。また、C は、例えば「現実世界」に対応すると考えられ、その設定時間は発話時がデフォルトであると考えておく。

(i) 量化領域 D(w)が部分的に C の外側にある
(ii) 量化領域 D(w)が C の外側にある
(iii) 反事実的世界が前提されている

第一の例として、(7)のような例は、(i)あるいは(ii)の環境で生起すると考えられる。誤謬推論の隠れた前提 x および x を含む D(w)を(聴者は)どのように構築するのかという問題はさておき (この問題は、§5 で触れる)、(7)の隠れた前提 x に「擬陽性が多く出る」を仮定して補うと(7')を得る。

(7)' PCR 検査を増やし (*p*)、擬陽性が多く出れば(*x*)、医療が崩壊する(*q*)

(7')では p が C に含まれる一方、(PCR 検査については、ヒューマンエラーがなければ偽陽性の発生は実際上 0.0000%であり、感度が高いことが知られていることから)、「擬陽性が多く出る」x-worlds 全体が C の外側にある、あるいは、部分的に C の外側にある場合に(偽である)誤謬推論の解釈が生起することになる。

第二の例として、(10)は(ii)の環境で生起すると考えられる。隠れた前提 x を補ったものが(10')である。

(10) ロシアの戦争犯罪を非難すれば(*p*)、済むわけではない(*q*)
(10)'ロシアの戦争犯罪を非難し(ても)(*p*)、アメリカがベトナムやクウェートでしたことを考えれば(*x*)、済むわけではない(*q*)

(10)は、「論点のすり替え」を行うストローマン論法と同じく、(ウクライナ戦争がトピックとして含まれる)現行の会話場に設定される C から、(時間軸上) C の外側にある過去のアメリカの行為を前提(x)に挿げ替え、q を結論として導出する構造を持つ。

第三の例として、(11)は(iii)の環境で生起すると考えられる。(11) は「ドミノ理論」とも言われ、ベトナムで共産軍が勝利を収めればインドシナ全域が次々と共産主義化し、やがて東南アジア全体が共産主義の脅威にさらされることを表している。従って、隠れた前提 x は「インドシナ全域が次々と共産主義化する」である。ただ、時間軸を 2022 年—現在に移して言えば、この隠れた前提が反実仮想を表し、C の外側にあることは歴史的な事実である。

(11) ベトナムで共産軍が勝利を収めれば(*p*)、東南アジア全体が共産主義化する(*q*)
(11)' ベトナムで共産軍が勝利を収め(*p*)、インドシナ全域が次々と共産主義化すれば(x)、東南アジア全体が共産主義化する(*q*)

このように、D(w)もしくは x-worlds と C の関係((9))に基づいて、誤謬推論が SC と基本的には同じ生起環

境を有することが見てとれる。

ただし、(7')の隠れた前提 x には、「擬陽性が多く出る」以外にも x になり得る命題は多くあり、((11)のように、歴史的に確定している事象や比較的単純な発話文脈が想起される事象を除けば)、話者の設定する前提 x が何であるのか、さらに、x を含む世界/文脈 C'の構成がどのようなものかについて聴者が知る術はない。

現実世界 C と類似しているが p を含まない点で何かしら異なる C‘はどのように構成されるのか。次のセクションでは、反事実条件文における反事実的世界の設定に関する Goodman(1947)のメタ言語学的議論を概観し、この問題について検討する。

5. Common ground/文脈の変形

§2 で触れた通り、SC は、結果節に would などのモーダルを含み、現在時制が過去時制にシフトする ((2)) 等の形式的な特徴を持つ。これらの特徴は、前件が反事実的であるかどうかの決定に関るもので、反事実的世界の構築に関るものではない。反事実的世界については、これまで、反実仮想/反事実的条件文が真であるために、現実世界とは異なる世界の構成はどのようなものでなければならないか、という問題が議論されてきた。この問題をメタ言語学的観点から論じた古典的研究に Goodman (1947)がある。

Goodman (1947)によれば、反事実的条件文 A→C が真であるのは、(それが仮定されている間ずっと) 正しい記述と共起可能 (co-tenable) な前件 A から因果律に基づいて C が推論される場合である、と言う。ここでポイントになるのが、どのような記述が反実仮想である A と共起可能なのかという問題、つまり、共起可能性 (co-tenablity) という概念の明確な定義である。これに関して、Goodman は、いくつかの選択肢の検討を経た後、この概念についての非循環論的説明は不可能である、と結論付けている。また、Fauconnier (1984) は、スペース理論の枠組みを用いて、反事実的スペースを構造化する言語学的アルゴリズムは存在しえない、と述べている。ただし、Goldstick(1978)により、反事実的条件文 A→C の親スペース R から反事実的スペース H が構成されるアルゴリズムが提案されている。次の(a)-(c)は、Fauconnier(1984)による Goldstick のアルゴリズムの改訂版である。R の複製である H から何を除去すればよいかが示されている。

(a) A と両立不可能な命題を取り去る
(b) A と両立可能であるが、実は～A と R の他の命題との結合から導出される命題を取り去る
(c) (a)(b) の結果残った全ての命題の連言 K‘はA&C と整合的である

後件 C やその理由のあるものが～A との何らかの関連のために R で成立するとしても(a)により取り除かれる。また、もしそれが～A と無関係に成立するならば、H に現れ、反事実条件文は適切と見なされることになる。このアルゴリズムを用いて、(12)を検証したものの 1 つが(13)である。((12)では、オルガがパーティに行く理由は、アレックスが行くからだと仮定されている。なお(13)は Fauconnier(1984)の日本語版(1987)からの抜粋である。)

(12)もしボリスがパーティに行ったならば、
オルガはやはり行っただろう。

(13)
R の構造：1. ~A (ボリスは行かなかった)
2. D→C (もしアレックスが行けばオルガは行く)
3. C (オルガは行った)
4. D (アレックスは行った)
ステップ(a)：~A を除去する {D→C, C, D}
ステップ(b)：変化なし
ステップ(c)：変化なし (D→C, C, D は全て A&C と両立可能)

H の最終構造：D→C
C
D
A
C は H で妥当であり、反事実的条件文 A→C は適切である。

(12)では、ボリスの出席はオルガの出席とは無関係であるので、D→C と D に特別な役割はない。(12)は、R あるいは現実世界のごく一部だけが仮想世界の H と異なるにすぎないプロトタイプ的な哲学の事例である。

これに対して、(a)(b)(c)のようなアルゴリズムを誤謬推論に適用して、現実世界 C の複製である C'を出発点に、そこから、たとえば、(7')の x と「両立不可能な命

題」を取り去ろうとしても、C のごく一部だけが C ‘と異なるわけではない。C と C’の間に複雑で数多くの対応関係が存在し得る誤謬推論では、実際に「両立不可能な命題」を特定して取り去り、さらに、その部分集合である全ての命題が「A&C と整合的である」ような C’を構成することの難しさが、アルゴリズムの適用にとって問題となる。

6. 後件否定（modus tollens）と世界/文脈の交差

しかしながら、PCR 検査が感染抑制に有効であり、医療崩壊を防ぐために必要な手段であると認識されている現実世界 C と、「医療が崩壊する」という間違った結論を引き起こす C の外側にある世界が交差する(7)の形式は、前件 p と p を含む C の否定を推論させる会話の含意を引き起こす（山森, 2022)。

実際、(7)以外にも、次の(14)のように、誘導推論には、選好される前件 p が p と対立関係にある選好されない後件 q の生起を高める方向に作用する推論パターンを持つものが少なくない。

(14) 銃の登録を義務化すれば、銃規制が促進される。

しかも、(14)には、「銃登録は義務化すべきでない」、(7)には、「PCR 検査を増やすべきではない」と推論させる会話の含意が引き起こされる。こうした会話の含意は、「もし p ならば q である。q でない。ゆえに、p でない」という形を取る後件否定（modus tollens）と呼ばれる推論規則に則したものである。しかし、推論規則が後件命題の選択について何かを語ることはない。従って、会話の含意の生成にとって重要な要素は、C と C の外側にある世界/文脈 C ‘という異なる世界や文脈の交差−ブレンドであり、C ‘の構成がどのようなものであるかは二次的な問題である。

7. 結論

本研究では、D(w)が C に含まれないという SC の論理特性を誤謬推論の分析に拡張することで、誤謬推論の生起環境が予測できるだけでなく、誤謬推論に会話の含意が生じるメカニズムが説明できることを提案した。

謝辞

本研究は、科学研究費基盤研究 C (課題番号 20K00557) による支援を受けている。

文献

[1] Fauconnier, Gilles (1984) Espaces mentaux. Minuit. （『メンタル・スペース』(1987) (坂原・水光・田窪・三藤訳）白水社)

[2] von Fintel, Kai (1998) The presupposition of subjunctive conditionals. Percus, O. and U. Sauerland, (eds.) *MIT Working Papers in Linguistics* 25.

[3] Goldstick, Daniel (1978) The truth-conditions of counterfactual conditional sentences. *Mind* 87.

[4] Goodman, Nelson (1947) The problem of counterfactual conditionals. *The Journal of Philosophy* 44(5): 113-128.

[5] Stalnaker, Robert (1975) Indicative conditionals. *Philosophia* 5-3: 269-286.

[6] Lakoff, George (1970） Linguistics and natural logic. *Synthese* 22(1/2): 151-271.

[7] Volokh, Eugene (2003) The mechanisms of the slippery slope. Harvard Law Review 116(4):1026-1137.

.[8] 山森良枝 (2022)「擬似条件文と誤謬推論における量の含意と前提の帰属」『神戸大学言語学論叢』13:.131-143.

演者間の関わり合いのプロセスの理解：同期・協調に着目して
The process of interaction among performers: Focusing on synchronization and coordination

清水 大地[†]，岡田 猛[‡]
Daichi Shimizu, Takeshi Okada
[†]神戸大学，[‡]東京大学
Kobe University, University of Tokyo
d-shimizu@people.kobe-u.ac.jp

概要
ダンスや音楽等の上演芸術においては，複数の演者が活発に関わり合い魅力的なパフォーマンスを披露する. その興味深さの一方で, 上記の関わり合いの特徴の定量的検討や現象を捉える枠組みの提案は，十分になされていない. 本研究は, 著者の取り組んできた演者間の関わり合いに関する研究や他の関連研究を，特に同期・協調に着目したものを中心に紹介する. そして, 以上の知見を踏まえ，演者間の関わり合いの特徴を捉えるための枠組みを整理する. 以上により, 演者間の関わり合いを定量的に捉える指針について，今後の展望も含め考察する.

キーワード：芸術表現（arts），パフォーミングアーツ（performing arts），同期・協調（synchronization and coordination），関わり合い（interaction），非線形時系列解析（nonlinear time series analysis）

1. はじめに

ダンスや音楽等の上演芸術においては，複数の演者が活発に関わり合いつつ魅力的なパフォーマンスが披露される. 近年では, そのような活発な関わり合いのために様々な文化・社会に音楽やダンスが遍在するようになった, と主張する社会的起源も提案され, 上記の関わり合いが広く着目されつつある. 実際に, 以上の関わり合いに着目した教育実践も，様々な教育機関において徐々に実施されつつある. 例として, ハーバード大学における芸術教育実践や東京大学ACUTにおける芸術教育実践を挙げることが出来よう[1].

演者間の関わり合いに関する社会的注目の一方で，その関わり合いの特徴に関する定量的な検討やその現象を捉えるための枠組みの提案は，まだ十分ではない. しかし，パフォーマンスの面白さの重要な一部を構成する上記の特徴を検証することは，パフォーマンスの魅力, 熟達過程, 教育的応用等を考える上で非常に重要と考えられよう. 本研究では，これまでに著者が営んできた演者間の関わり合いに関する研究やその関連研究, それらを包含する観点を，特に演者間の振る舞いの同期・協調に着目したものを中心に紹介する. そして，以上の知見を踏まえた，演者間の関わり合いの特徴を捉えるための枠組みを整理する. 以上を通して, 演者間の関わり合いを定量的に捉える指針に関して，今後の展望も含め考察することを目指す.

2. 協調・競争等の文脈

まず, 演者間の同期・協調に関して, パフォーマンス場面の文脈による変化を検証した研究を紹介する. 演者間の振る舞いの同期・協調を定量的に検証した先駆的な研究としてWalton et al. (2015)を挙げることが出来るだろう[2]. そこでは, 2名のピアニストが協力して即興的に演奏を行う状況において，双方の腕に関して同位相同期に該当する振る舞い（類似した振る舞いを時間的に非常に近接したタイミングで行う様子）が多く示唆された. 一方で, 上記の協働的な文脈とは異なる，演者間に互いの競い合いが求められる競争的な文脈に着目した研究として，Keller et al. (2017)を挙げることが出来る[3]. そこでは，伝統的なコーラス団の歌手達を対象とし, 文脈の差異によってパート内・パート間の歌声の協調にいかなる変化が生じるかを検証した. 結果，歌手間の競争的な文脈を強めた場合においてパート間の協調に変化が生じうることを示唆している. また, ストリートダンスのバトル場面という競争的な文脈を対象としたShimizu and Okada (2021)では，競い合うダンサー2名間のリズム運動の同期・協調を検証した[4]. 結果，パフォーマンス中という競争的文脈において反対のタイミングでリズムを取り合う逆位相同期に該当する振る舞いが多く見られたこと，パフォーマンス前後とパフォーマンス中という競争的文脈の強度により，同位相同期と逆位相同期いずれが多く観察されるかが変化することが示唆されている（図1）.

以上のように，パフォーマンス場面における演者間の協働・競合といった文脈設定が, 演者同士の関わり合いに強く影響を与え，その様相を大きく変化させうることが徐々に明らかになりつつある. 一方で, 上記の同

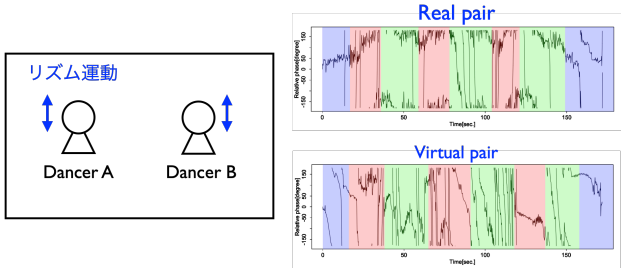


図1. ダンサー2名間のリズム運動の同期・協調の様子. パフォーマンス前後（青背景）では同じタイミングでリズムを取り合っているが（相対位相 0 度）、パフォーマンス中（赤・緑背景）では反対のタイミングでリズムを取り合う様子（相対位相-180 度、180 度）が多く見られる.

期・協調がいかなる背景・メカニズムにより生じ，いかなる機能（表現としての魅力）を有するのか，という点は十分に検証されていない[4]．また，例えば同一領域における協働的な文脈，競争的な文脈それぞれを直接的に比較した研究は，いまだ見られないのが現状である．さらに言えば，パフォーマンス場面では協働・競争といった文脈設定は，連続的・流動的に変化する場合もあり，その動的な過程自体に表現の面白さが含まれる場合もありうる．文脈による影響が存在することは明示されつつあるが，上記の仔細に踏み込んださらなる検証が今後必要になると考えられる．

3. 複数の表現媒体

次に，複数の表現媒体に着目して演者間の協調を検証した研究を紹介する．前節で紹介した研究では，主にピアニストの腕の動きやダンサーのリズム運動など，表現を営む単一の媒体に着目して検討を行っていた．一方で，現実のパフォーマンス場面では，複数の多様な表現媒体を利用し，パフォーマンスが披露されると考えられる．例えばダンスでは，リズム運動に加えて，表情・ジェスチャー・空間内の位置関係・具体的なステップなど，多様な媒体を用いてダンサー同士が関わり合っている．

そこで，清水・岡田（2017）と清水・児玉・関根（2021）では，上記の同期・協調に着目した検討を行った[5][6]．まず，清水・岡田（2017）では，上記のダンスバトル場面におけるダンサー2 名のデータを用い，今度は，相手への前後移動に関する同期・協調を検証した．そこでは，リズム運動と同様に，逆位相同期（相手が前方に移動すると自分は後方に移動し，自分が前方に移動する

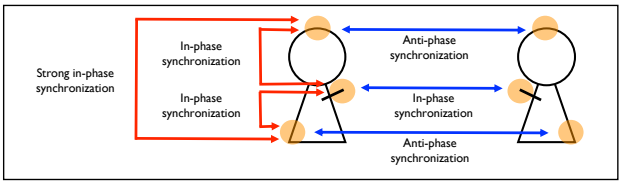


図 2. ラッパー2 名間の身体運動の同期・協調の様子．頭や腰などの対極的なリズム運動を行う部位では逆位相でリズムを取り合っているが、腕などの具体的なジェスチャーや概念を表す部位では同位相でリズムを取り合う様子が多く見られる.

と相手は後方に移動すること）が多く見られ，相手との一定した空間距離が維持されること，パフォーマンス前後・パフォーマンス中という競争的文脈の変化により，前後移動の同期・協調も変化することが示唆されている．以上は，ダンスバトルにおいてダンサーがリズム運動に加え，前後移動という他の表現媒体に関しても調整しつつパフォーマンスを披露していることを示す結果である．

さらに，清水・児玉・関根（2021）では，フリースタイルラップバトルを取り上げ，ラッパー2 者間の複数媒体に見られる同期・協調の差異を検証した．熟達したラッパー2 名を対象にしたケーススタディではあるが，そこでは，頭・腰といった大局的なリズム運動を表す媒体においてはダンスバトルと同様に逆位相同期が見られる一方，仔細なジェスチャーや歌詞の具体的な概念を表す腕においては同位相同期が多く確認された（図 2）．以上は，各表現媒体の有する特徴に応じて，他演者との関わり合いに異なる様相が見られることを示す興味深い結果と考えられよう．

ここまでの結果を踏まえ，Shimizu and Okada (2021)では，Multi-channel Coordination Dynamics というパフォーマンスにおける演者間の関わり合いを捉えるための，動的な枠組みを提案した[4]．一方で，各表現媒体における同期・協調の背景とその機能に関しては，2 節の議論と同様に今後の検証が必要と考えられる．また，現実のパフォーマンスにおいては，特定のジェスチャーに対して表情で応答するなど，異なる表現媒体間にも何かしらの関わり合いを構築する様子が見られる．同一媒体間を超えた，異なる媒体間の同期・協調の検証やその検証方法の確立も，今後必要になると考えられよう．

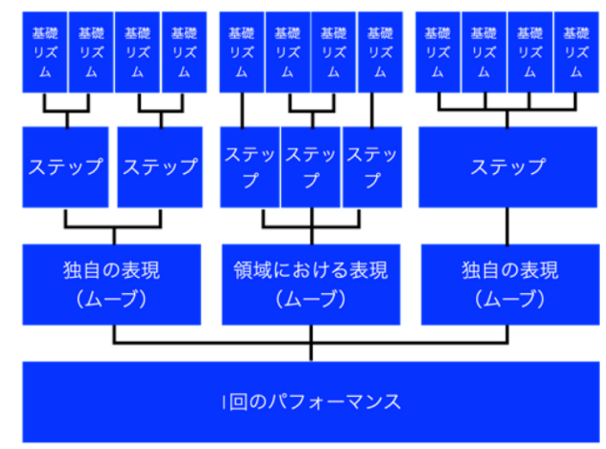


図 3. ブレイクダンスのパフォーマンスに見られる階層構造の例．複数名の熟達したダンサーへのインタビューを元に作成.

4. 複数階層に渡る協調

さらに，まだ検証段階の観点ではあるが，ダンスや音楽といったパフォーマンスに見られる階層構造に着目した検証も観点の 1 つとして挙げることが出来る．例えば，Pickering & Garrod (2004)などにおいて、文章表現や対話には階層的な構造が見られることが示唆されてきたが[7]，音楽やダンスにおいても，パフォーマンスが階層構造を有することが，書籍やインタビューにおいて主張されている（e.g.，清水・岡田，2013[8]，図 3）．一方で，その複数階層に渡って，いかなる演者間の関わり合いが構築されているか，という点を仔細に検証した試みは，著者らの知るところ見られない．ここまで述べてきた研究は，その解析方法の特徴からも，主に短い時間幅において生じる Local な同期・協調のみに着目したものと捉えることが出来る．一方で，演者間の関わり合いの特徴やその魅力を十分抽出するには，上記のパフォーマンス構造とも対応した，複数階層に渡る関わり合いの特徴を抽出することが必要と考えられよう．

そこで，Shimizu and Okada (in prep)では，Complexity Matching という理論とそこで利用されている Allan Factor という指標を用い，上記の複数階層に渡る同期・協調を検証した[9]．仔細な理論・解析方法の記載は省略するが，上記の理論・指標では，平均値やトレンドからの変動に着目する．まず時間幅を様々に変化させた各階層における変動を，ダンサーごとに算出する．そして，その各階層の変動の分布に関するダンサー間の合致の程度により，複数階層に渡るダンサー間の同期・協調を検証した．上記のダンスバトル場面におけるリズム運動のデータを用いて検証を行った結果，ダンサー間に複数階層に渡る協調が見られること，その協調が文脈の変化により変化しうること，が示唆された（図 4）．以上は，パフォーマンス場面において，演者間に短い時間幅の階層に加え，相対的に長い時間幅の階層も含む複数階層に渡る協調が実際に生じうる可能性を示したものである．今後は，その中でもより強く演者間協調が見られる階層を同定すること，複数階層に渡る演者間協調の有する表現としての機能を検証すること，上記の協調の演者間や領域間の差異を仔細に検証すること等が必要になると考えられる．

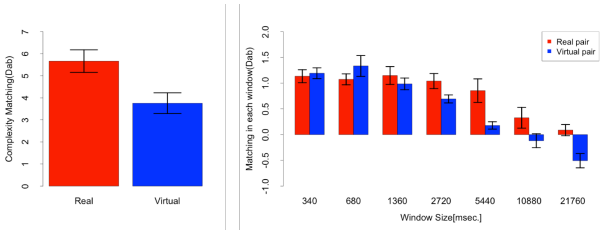


図 4. ダンスパフォーマンスにおいて確認された複数階層に渡るダンサー間の協調. 左図では、複数階層に渡る協調の程度が、実際に関わり合いを行ったペアにおいて強い様子が見られる. また右図では、2.7 秒（約 4 拍）、5.4 秒（約 8 拍）、21.8 秒（約 32 拍）など、ダンスパフォーマンスの構造と関連する階層において協調が強い様子が見られている.

5. 今後の展望

以上，パフォーマンス場面における演者間の同期・協調に関して，主に著者がこれまで取り組んできた研究を中心に，その特徴を捉えるための枠組みをいくつか紹介した. 紹介した枠組みは，パフォーマンス場面の文脈の影響，複数の表現媒体に見られる協調の特徴，複数階層に渡る協調の特徴といった，音楽やダンス等のパフォーマンスの魅力を十分に捉えるためにいずれも重要と考えられる観点である. また，いずれの枠組みとも関連する観点として，演者間の協調が有する機能を挙げることが出来る. 上記で示唆された演者間の協調は，表現としていかなる機能を有するのであろうか．以上に関しては，それらを視聴する観客も含めた今後の定量的な検討が必要と考えられよう. さらには，演者同士を超えた，演者と観客間に生じうる複数媒体・複数階層に渡る同期・協調に関しても着目し，パフォーマンス場面の演者－演者－観客間に見られる包括的な協調関係

を定量的に検証することも重要と考えている．パフォーマンス場面に見られる演者間の関わり合いは，表現の魅力の重要な側面の 1 つを抽出する上で科学的に価値あるテーマであり，また，熟達支援や教育的応用を考えていく上で，実践的にも重要な検証テーマと考えられるだろう．

文献

[1] Greene, M. (2013). Afterword: The turning of the leaves: Expanding our vision for the arts in education. Harvard Educational Review, 83(1), 251-252.

[2] Walton, A. E., Richardson, M. J., Langland-Hassan, P., & Chemero, A. (2015). Improvisation and the self-organization of multiple musical bodies. Frontiers in psychology, 6, 313.

[3] Keller, P. E., König, R., & Novembre, G. (2017). Simultaneous cooperation and competition in the evolution of musical behavior: sex-related modulations of the singer's formant in human chorusing. Frontiers in Psychology, 8, 1559.

[4] Shimizu, D., & Okada, T. (2021). Synchronization and Coordination of Art Performances in Highly Competitive Contexts: Battle Scenes of Expert Breakdancers. Frontiers in Psychology, 12, 635534.

[5] 清水大地・岡田猛. (2017). 舞台表現における他者との相互作用のダイナミクス~ コミュニケーションの隠れた次元としての距離による検討~. 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, 116(524), 29-34.

[6] 児玉謙太郎・関根和生・清水大地. (2019). フリースタイルラップバトル場面における相互作用分析の探索的検討: 個人内協調・個人間協調の観点から (ヒューマンコミュニケーション基礎). 電子情報通信学会技術研究報告= IEICE technical report: 信学技報, 119(179), 55-60.

[7] Pickering, M. J., & Garrod, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogue. Behavioral and brain sciences, 27(2), 169-190.

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

[9] Shimizu, D., Dale, R., & Okada, T. (in prep). Complexity Matching of Rhythms in Breakdance Battle Scene: Hierarchical Coordination of Expert Dancers.

テキストマイニングを用いた認知機能研究の分析効率化
Leveraging NLP techniques for cognitive studies

岸山 健[†]，田 子健[†]，広瀬 友紀[†]，幕内 充[‡]
Takeshi Kishiyama, Zijian Tian, Yuki Hirose, Michiru Makuuchi
[†] 東京大学大学院総合文化研究科，[‡] 国立障害者リハビリテーションセンター研究所
The University of Tokyo, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities
kishiyama.t@gmail.com, zijian-tian@ardbeg.c.u-tokyo.ac.jp, hirose@boz.c.u-tokyo.ac.jp,
makuuchi-michiru@rehab.go.jp

概要

認知機能の発達を検証する「描画課題」のデータを例に，コーパスなどのテキストから有用な情報を抽出する「テキストマイニング」を適用する手法を本稿では報告する．行動データを Python ライブラリである scikit-learn に対応した形式に変換すると，コードを簡潔に保ちつつ効率的に分析できる．サンプルコードを公開し，前処理から結果解釈の方法まで述べる．

キーワード： NLP, BoW, ロジスティック回帰

1. はじめに

本稿では，自然言語処理 (natural language processing: NLP) で用いられる手法を認知機能研究に対して適用するデータ分析手法を報告する．認知機能研究において被験者の属性 (母語や年齢など) と行動データの関連を質的に分析する場合には，作業効率や属人性が課題となる．以下，実験実施者が指定したイラストを被検者に呈示し線画で模写させ，イラストを構成するパーツの階層性や再帰性を被験者がどう認知するかを検証する「描画課題」 [3, 4, 9] を例に，分析時の課題を挙げる．

田他 (2021) では日本語話者成人 36 名 (19〜26 歳) とタイ語話者成人 35 名 (18〜20 歳)，タイ語話者幼児 40 名 (4〜5 歳) を対象として，描画課題でイラストの模写を要求した．イラストは成人に対し 30 種類，幼児に対し 15 種類であり，描画時の被験者のペン先の座標や筆圧，時刻はアノトペンと Seldage 社開発の専用紙で記録した．実験で得た座標と時刻のデータを用いて描画されたパーツにアノテーターがラベルを与えた結果，模写の対象が人の顔であれば「髪 輪郭 眉 目 …」のような系列データとなる．しかしながら，得られたアノテーションの数に対して分析対象は 2 件と限定的であった．仮に分析すべき特徴的な描画パターンを機械的に検出し分析を効率化できれば分析対象を増やせる．またその際，可能な限り既存のライブラリーを利用し，分析者が記述するコードを短くできれば作業の属人化を避けられる．

そこで本稿では特徴的なパターンを抽出するため，テキストマイニングを用いた統計分析を採用した．テキストマイニングは目的に応じて情報をテキストから抽出する手法であり，対象テキストは自然言語の文書や文章だけでなく，文字列ならば遺伝情報やアクセスログなども含まれる [7]．したがって，認知機能研究においても行動データをテキストに変換すれば同手法が適用可能になる．また，変換の際には `scikit-learn` の枠組みを使いコードを簡潔にした．そこで本稿では描画課題を例にしつつ，前処理と統計分析，可視化の 3 点の手順をサンプルコードとともに述べる．

なお，環境構築には国立情報学研究所 (NII) による「オンライン分析システム」を利用する．このシステムは日本学術振興会 (JSPS) 人文学・社会科学データインフラストラクチャー構築推進事業の一環として作成され，Jupyter Notebook と RStudio の実行環境を NII がクラウド上で提供するものである．環境構築の不一致による問題を避けるため，本稿の環境やデータは第一著者の GitHub に配置し (https://github.com/kishiyamat/jcss-2022-repl)，具体的な手順も同レポジトリで記述する．

2. 前処理

本稿では，処理の多くを産業や研究で広く使われる機械学習ライブラリである `scikit-learn` に準拠させる．そこで，前処理を (i) `scikit-learn` を利用できる形へのアノテーションデータ整形と (ii) `scikit-learn` によるテキスト特徴量の抽出の 2 段階に分ける．前処理から `scikit-learn` の枠組みを利用することで，自身で書かなければならないコードの量を削減できる．またその後の分析でも `scikit-learn` の枠組みを使うため，一貫した記法を利用できるため可読性が向上する．

2.1 アノテーションデータ整形

後の統計分析の準備として，行動データをスペース区切りで記述しなおす前処理が必要になる．アノテーションデータは前処理なく分析可能である場合は少なく，大抵は前処理が必要になる．これはアノテーションのしやすさと計算機での扱いやすさが一致しないことが原因となる．表 1 には例として，描画課題におけるアノテーションデータを 3 行のみ示す．表の一列目 `stroke_id` は描き順の番号を整数値で示し，その他の列は描かれたパーツが被験者ごとに示されている．表 1 に示す形式は，アノテーション時に複数のファイルを開く必要がなく編集が効率的である．しかしながら，この形式では各列が異なる意味をもっているため，一般に列名を変数（要因）とする R や Python での分析が難しい．

表 1 アノテーションされたデータの例

stroke_id	1_Adult	2_Adult	3_Child
1	round3	round3	round1_1
2	round3	round2_1	round1_2
3	round2_2	round2_1	round1_3

上記のデータ形式に対し，計算機が扱いやすいデータ形式は「整然データ」と呼ばれ，以下の 3 つの条件を満たす [5].

1. Each variable forms a column.
2. Each observation forms a row.
3. Each type of observational unit forms a table.

表 1 に示したデータは要因が列を形成していないので条件 1 を満たさない．また，一つの行に複数の被験者の反応が混ざっているため，条件 2 も満たさない．これに対して，条件を満たす整然データを表 2 に示す．各列は被験者の観測ごとの要因を記録しており，各行はトライアルや一つの単位の観測を持つ．

表 2 整然データの例

subject_id	age	strokes
1	Adult	round3 round3 round2_2…
2	Adult	round3 round2_1 round2_1…
3	Child	round1_1 round1_2 round1_3…

なお表 2 では，行動データは `strokes` という列にスペース区切りで格納されている．整然データの枠組みにおいて一つのセルにスペースやカンマで区切ったデータを格納することは推奨されていないが，この形式にすることで Python の `scikit-learn` の枠組みを利用して分析しやすい形に変形できるようになる．

2.2 テキスト特徴量の抽出

次に整然データに整形した行動データをテキストとして扱い，被験者の属性に固有のパターンを抽出する準備をする．最終的に特定の属性の確率を上げるパターンを見つけることを目的とするため，パターンの有無を表現する数値に変換したい．この場合，各観測を文書 (document)，全体のデータをコーパス (corpus) として自然言語処理の手法が使える．

単純で効率の良い方法の一つに BoW(bag-of-words) 表現への変換が挙げられる．描画データの例で言えば，表 2 の `strokes`を `round3`や `round2_1`というパーツ (個々の意味は後述する) が描画された回数で表現し直す変換が該当する．さらに「`round3` から `round2_2` への遷移」が出現した回数を表現する場合，2 つの組み合わせをみるので “bi-gram” と呼ばれる．このような n 個の連続に着目する分析を n-gram と呼ぶ．

上記の n-gram や無視したい語 (stop-words) を指定する実装はすでに `scikit-learn` にあるため，これらも `scikit-learn` の枠組みを使うと容易に調整できる．まずは n-gram の幅や stop-words を指定して，`CountVectorizer`を `vectorizer`として初期化する (下記コード 1)．次に strokes 列にあった行動データを `corpus` に格納し (2)，コーパス全体で発生するパターンを `fit`で記録する (3)．手順 (3) により，`vectorizer`はテキストを BoW に変換可能になる．なお，ここでは表 2 のデータが `df`という変数に格納されていることを前提としている．コードは analysis.ipynb として先述したレポジトリにも配置した．

```
from sklearn.feature_extraction.text \
    import CountVectorizer
n_gram = 2

# (1)
vectorizer = CountVectorizer(
    stop_words=["nan", "extra", "point"],
    ngram_range=(1, n_gram),
)
# (2)
corpus = df.strokes
# (3)
vectorizer.fit(corpus)
```

上記のコードにより，テキストに対して bi-gram を算出する準備が整った．あとは `transform`と `toarray` の実行により行列に変換し，`X`に格納する．このベク

トルが bi-gram のカウントデータであり，列方向には get_feature_names_outで参照できるパターン名があり，行方向には各トライアルおけるパターンの出現数が与えられる．その後の可視化のため，bi-gram は - でつないだ文字列とする．例として，一行目には最初の被験者の描画で round1_1が現れた回数や round1_1-round1_1 が現れた回数などが整数値で表される．

```
X = vectorizer.transform(corpus).toarray()
cols = vectorizer.get_feature_names_out()
cols = list(map(
    lambda s: s.replace(" ", "-"), cols))
df_bow = pd.DataFrame(X, columns=cols)
```

この時点で，もともと 16 だったパターン数は遷移を含め 47 種類となった．したがって，X は被験者数を n_sample，パターン数を n_feature としたとき，(n_sample, n_feature) の行列となる．次に，この 47 列からなる BoW ベクトルを独立変数とし，年齢を従属変数とするロジスティック回帰分析を作成する．そこで変数となる y を作成する．ここではタイ語母語話者のうち，成人だった場合に 0，幼児だった場合に 1 とする．

```
y = df.age == "Child"
y = y.astype(int)
```

以上で被験者の属性で特徴的なパターンを取得する前処理は完了する．

3. 可視化と解釈

次に，前処理の段階で 47 となったパターンの中から，被験者の属性を予測するパターンを抽出する．前処理において，被験者が幼児である場合は 1，成人である場合は 0 としてコーディングした．ここでロジスティック回帰モデルを作成すると，従属変数は幼児か否かの 1/0，独立変数は 47 パターンそれぞれの出現回数となる．各パターンの出現回数に対し，それぞれで傾き β が推定される．推定された β は，β と対応するパターンが現れる回数が 1 増えると「従属変数が 1 となる (つまり該当するトライアルが幼児の行動データである) 確率」に対する「従属変数が 0 となる確率」の割合，つまりオッズ比が $\exp(\beta)$ 倍になると解釈できる．

このロジスティック回帰を単に適用すると 47 の β が得られるが，目的は情報抽出であるため有効なパターンに数を制限したい．このような場合には「正則化」が有効であり，ここでは複数の β を 0 とする L1 正則化を行う．これにより，β が 0 でないパターンが被験者の属性に役に立つと解釈できる．以下では正則化のパラメータ C にデフォルトの 1 を与えて L1 正則化したロジスティック回帰を作成した．その結果，47 あったパターンの中で 0 以外の値を与えられたのは 12 個であった．正則化のパラメータ C を小さくすると，より多くの β が 0 となる．

```
from sklearn.linear_model \
    import LogisticRegression

C = 1
lr_l1 = LogisticRegression(
    C=C,
    penalty="l1",
    solver="liblinear")
lr_l1.fit(X, y)  # estimate beta
coef = lr_l1.coef_.flatten()
non_zero = coef != 0
sum(non_zero)  # 12
```

ここで係数が 0 でないパターンは以下のように抽出，描画できる．係数とパターンの列から 0 となった index を省いたデータフレームを作成して res に格納し，R の ggplot2 を移植したパッケージ plotnine を利用して描画，保存する．

```
from plotnine import *

res = pd.DataFrame(
    {"coef": coef[non_zero],
     "feature":np.array(cols)[non_zero]})
p = (ggplot(res, aes(x="coef", y="feature"))
     + geom_point()
     )
p.save(f"coef_{C}.pdf",
       height=7, width=7,
       units="cm")
```

その結果，図 1 の散布図が描画できる．図の x 軸には係数，y 軸には後述するパターンを配置しているため，分析者はどのパターンがどの属性の予測に役立つかを特定できる．例として，round1_3 から round2_2 への遷移は，幼児データであるオッズ比 (幼児データである確率/成人データである確率) が $\exp(0.6)$，つまり約 1.63 となる．反対に，round1_3から round1_4への遷移は，幼児データでオッズ比が約 0.37 となる．

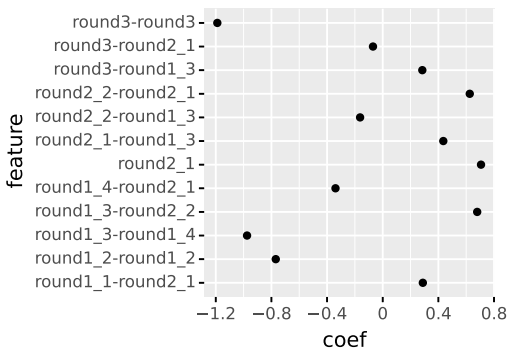


図 1 ロジスティック回帰の係数とパターン

これらの結果の解釈を図を用いて説明する．上で述べた round1_3や round2_2などは図 2 に示す「トーナメント」と呼ばれる階層的な構造のパーツ名である．それぞれを．先程の解釈より，round1_3-round2_2 が現れると幼児のデータである確率が約 1.63 倍となるのに対し，round1_3-round1_4 は約 0.37 倍に下げた．遷移を比較する際，このように起点を揃えると，「round1_3から round2_2という下から上へ描き進める手順は round1_4へと描き進める手順より幼児に特徴的だ」という解釈できる．

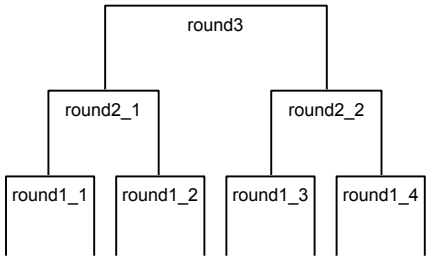


図 2 描画課題に用いた「トーナメント」とアノテーションされたパーツ名

この可視化により，どの行動データがどの属性に特徴的なのかを定量的な値によって判断できるようになる．その際，同じコードを使いまわせるのに加え，注目すべき値が β に集約されるため分析者にとって効率的となる．また，整然データと scikit-learn の枠組みにより，コードは簡潔に保てるため属人化が避けられる．

4. まとめ

最後に派生する分析方法を 3 点述べる．まず，以上の分析は bi-gram に制限したが，前処理や分析の段階で変更ができる．例として，tri-gram やより長い系列をパターンとみなしたい場合，CountVectorizer を初期化する際のパラメータ ngram_range で調整できる．また，同じパターンの重複をなくしたい場合，前処理の際にテキストから重複を除外して対応できる．

次に，時間軸に沿った分析方法を述べる．今回の分析では BoW に基づき時間情報を全て捨てている．しかしながら，特定のパターンが行動の最初にでてくるか，最後にでてくるかといった時間情報に興味がある場合もある．そのような場合は，テキストに系列全体に対する出現位置を分析の目的に沿った形で整数値に丸め込み，単語に加える対応が必要となる．

最後に，今回は BoW を用いたため言語における「語」相当の分析方法となったが，より階層的な句構造の分析には文脈自由文法を用いた方法が考えられる．作業は増えるものの，まずはアノテーションデータに対して句構造をさらにアノテーションし，そのアノテーションに対して今回と同じ手法を用いれば特徴的な「句」や「節」の分析が可能となる．その際は Penn Treebank と同様の形式でアノテーションし，nltk パッケージの Treeクラスを使うと可視化や句構造の推測もできる．

なお，個々のプロジェクトに依存する前処理に関しては専門の書籍 [8] を参考にすると良い．また今回用いたロジスティック回帰の解釈に関しては，統計の入門的な書籍 [6] が詳しい．なお，精度を求める場合はモデルの種類をロジスティック回帰から他のモデル，近年では LightGBM [2] などへ変更すると，予測精度を上げつつ解釈がしやすいモデルが作成できる．その際，ngram_rangeはハイパーパラメータとなるので，optuna [1] などを用いて調整するとより精度が向上するが，過学習に注意が必要となる．

文献

[1] Takuya Akiba, Shotaro Sano, Toshihiko Yanase, Takeru Ohta, and Masanori Koyama. Optuna: A next-generation hyperparameter optimization framework. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining*, pp. 2623–2631, 2019.

[2] Guolin Ke, Qi Meng, Thomas Finley, Taifeng Wang, Wei Chen, Weidong Ma, Qiwei Ye, and Tie-Yan Liu. Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in neural information processing systems*, Vol. 30, , 2017.

[3] Michiru Makuuchi. Hierarchical composition in complex object drawing. 2019.

[4] Michiru Makuuchi, Tatsuro Kaminaga, and Morihiro Sugishita. Both parietal lobes are involved in drawing: a functional mri study and implications for constructional apraxia. *Cognitive brain research*, Vol. 16, No. 3, pp. 338–347, 2003.

[5] Hadley Wickham. Tidy data. *Journal of Statistical Software*, Vol. 59, No. 10, p. 123, 2014.

[6] 久保拓弥. データ解析のための統計モデリング入門. 岩波書店, 2012.

[7] 石田基広, 金明哲. コーパスとテキストマイニング. コーパスとテキストマイニング. 共立出版, pp. 1–14, 2012.

[8] 中村大城. 前処理大全 [データ分析のための sql/r/python 実践テクニック]. システム/制御/情報, Vol. 63, No. 7, pp. 296–296, 2019.

[9] 田子健, 岸山健, 陳姿因, 広瀬友紀, 幕内充. 幼児のアイテム描画課題におけるチャンキング傾向の考察. 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, 2021.

He is a Con-man, and so is Dr. Oz. — 参照シフトとJoke How to Make a Joke with Denotation Shift

片桐 恭弘†
Yasuhiro Katagiri
† 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
katagiri@fun.ac.jp

概要

Joke communication is an interplay between compositional semantical interpretation and communicative intention recognition. An analysis is presented for the type of jokes with concealed punch lines. Juxtaposition of two parallel domains is shown to play a significant role in applying techniques of indirection, such as implicit reference, denotation shift, and exchange.

キーワード：joke interpretation, communicative intention, juxtaposition

1. はじめに

Joke を形式意味論的に代表される構成的な意味規定と，伝達意図に支持される非自然的意味規定との境界現象と捉え，そのコミュニケーション機構の分析を行う．Joke の中心となる punch line を明示的に発話しない形式の joke に着目し，明示的・非明示的な並置が参照シフトなどの技法の基盤となっていることを示す．

2. 言語コミュニケーションにおける構成的意味と非自然的意味

言語コミュニケーションの成立機序に関しては，言語表現の字義通りの意味を出発点とする立場と，話し手の伝達意図を出発点とする立場とを区別することができる．

言語表現の字義通りの意味を出発点とする考えでは，単語と事物・概念との随意的対応を意味の基本単位とし，単語の系列として構成される文の意味は，それら単語の意味を文の構文構造に従って合成して得られる命題に相当し，さらに平叙文・命令文などの文型によって言語コミュニケーションの中で文の発話の果たす機能が言語内行為として定められるととらえられる．これをここでは構成的意味と呼ぶ．

一方，話し手の伝達意図を出発点とする考えでは，話し手 S が発話 U によって聞き手 H の心的状態に一定の変化をもたらすという意図を発話 U の意味ととらえる．伝達意図は以下のような自己参照的構造を有する成分から構成される [1].

- S は H が特定の信念や行為意図を持つことを意図する．
- S は H が S のそのような意図を認識することを意図する．
- S は H による意図の認識が H の信念あるいは行為意図形成の理由となることを意図する．

このように伝達意図によって規定される意味をここでは非自然的意味と呼ぶ．

前者の構成的意味の考え方は，形式性の高い基礎付けを有するという利点がある一方で，豊富な言外の意味に依拠する現実の多様で柔軟な言語コミュニケーションを説明するには難点がある．それに対して後者の非自然的意味は，コミュニケーションの目的や結果状態に着目しているという利点がある一方で，言語の持つ規約性を説明するには難点がある．この分裂は，現実の言語コミュニケーションの実践の多くの部分が，bottom-up に規定される言語表現の字義通りの意味と，top-down に存在する話し手がコミュニケーションの中で意図しているゴールとの境界部分で行われているためである．

例えば，嘘では，発話文が字義通りに意味する命題を聞き手の信念とすることが話し手に意図されているが，その命題を話し手自身は偽と信じており，それを聞き手から隠蔽するために話し手は多大な労力を費やす．隠蔽は聞き手を欺き，操作するという悪意に基づく場合もあれば，重病人に対して病名を偽るように善意に基づく場合もある．いずれの場合でも，聞き手が話し手の発話が嘘であることと認識してしまえば嘘は失敗なので，聞き手に偽の命題を信じさせるという自分の意図を聞き手が認識することを話し手が意図することはあり得ない．嘘に関しては伝達意図の条件は完全には成立しない．

一方，皮肉では，発話文の字義通りの表現命題 p が偽であることが話し手・聞き手両者に明らかであることが前提とされており，聞き手は話し手が発話に込めた真の意味，多くの場合に発話文の字義通りの表現命題の否定命題 $\neg p$，を何らかの方法で計算する必要がある．皮肉を含む Grice の公準違反を介在するコミュニケーション (maxim flouting) では，最終的には隠された真の意味を聞き手に伝えるという話し手の意図が聞き手によって認識され，その認識が理由となって聞き手が真の意味を感得することが意図されており，伝達意図の 3 条件が成立する．

演技の場合でも，発話文の字義通りの表現命題は明白に偽であることが話し手・聞き手両者に明らかである．その上で話し手と聞き手の間で仮想的な世界の構築が進行する．比喩においても，やはり発話文の字義通りの表現命題は明白に偽であることが話し手・聞き手両者に明らかである，聞き手は比喩に特有の解釈法を適用して話し手の伝えようとしている真の意味を推測する．いずれの場合にも，皮肉と同様に，発話のメッセージに込められた真の意味を聞き手が感得するという話し手意図自体を聞き手が認識することも話し手は意図しており，伝達意図の 3 条件が成立する．

皮肉では，発話メッセージの真の表現命題 $\neg p$ の伝達に加えて，侮蔑のような話し手が聞き手に対して抱く (多くの場合に) 否定的な感情の表現が付随する．この付随的感情表現の方が皮肉発話の主要な目的であって，そのために話し手はわざわざ複雑なコミュニケーション戦略を採用しているとも言える．同様に演技では仮想的世界の構築・展開，比喩では source 領域と target 領域の対比のような副次的効果が随伴する．皮肉において，侮蔑の否定的感情を聞き手に伝えることを話し手が意図したとしても，聞き手がその意図を認識することや，意図の認識が主な理由となって聞き手が話し手の侮蔑感情を感得することまで意図しているとは言い難い．それらの副次的効果にまで伝達意図の 3 条件が成立するか必ずしも一様には定まらないと考えられる．

3. 構成的意味と非自然的意味の境界としての Joke

Joke も皮肉，演技，比喩などと同じように，言語表現の字義通りの構成的意味と伝達意図に基づく非自然的意味との境界に属するコミュニケーション現象と捉えることができる．Joke の目的は聞き手を笑わせることにある．従って話し手は聞き手を笑わせることを意図して joke を発する．しかし，笑わせるという自分の意図を聞き手が認識することや，笑わせるという自分の意図の認識によって聞き手が笑うことまで意図しているとは言い難い．Joke はあくまで内容が可笑しいから笑うのであって，わざとらしさ，は押し付けがましさは joke を損なう．

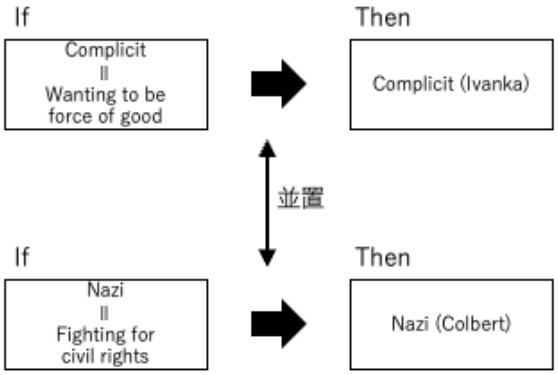


図 1　命題構造の並置

米国の stand up comedy における punch line を明示しない風刺 joke を例として joke のコミュニケーション戦略を観察する．

3.1 並置

例 1: Complicit vs. Nazi

米国 CBS の “The Late Show with Stephen Colbert” の中で, ホストの Stephen Colbert が，別の番組 “CBS This Morning” の中でホストの Gayle King による Ivanka Trump のインタビューを見せて次のように発言している [2].

Stephen Colbert:
In fact, this morning, Ivanka Trump appeared on “CBS This Morning,” and Gayle King interviewed her and she asked Ivanka about Ivanka’s responsibility for her father’s policies.

Gayle King:
You hear the phrase complicit, that Jared and Ivanka are complicit in what is happening to the white house. Can you just weigh in on how you feel about that?

Ivanka Trump:
If being complicit is wanting to be a force for good and to make a positive impact, then I’m complicit.

...

Stephen Colbert:
If being a Nazi means fighting for civil rights, then yeah I'm a huge Nazi.

この例では，Stephen Colbert は最後の発話において先立つ Ivanka Trump の発話との間に図 1 に示すような命題構造間の並置関係を作り出している．Colbert の発話は,「Nazi が人権擁護のために戦う」団体であるというナンセンスな命題に言及した突飛な発言である．しかし，文全体では，その明確に偽であることが誰にも明白なナンセンス命題を前件とする条件命題のため，文全体としては真なる命題を表現している．Colbert の発言は Ivanka の発言との構造的並置関係を通じて，一見するともっともらしいが，そもそも条件部の前件がナンセンスであるということを浮かび上がらせている．非自然的意味の伝達意図の 3 条件はそこまで当てはまるだろう．一方で，Joke としてのポイントは，条件文の前件の突飛さ，類比の突飛さによって生まれる新鮮な驚きにあり，そこから生まれる聴衆の笑い自体は伝達意図に含まれないと考えられる．

3.2 間接言及

例 2: Good enough liar

同じく米国 CBS の "The Late Show with Stephen Colbert" の中で, ホストの Stephen Colbert が，米国最高裁が妊娠中絶をめぐる以前の判決 Roe v. Wade を覆す判決を示したことを受けて次のように発言している [3].

Stephen Colbert:
So, if these folks believe that Roe v. Wade so egregiously decided. why didn't they tell the senators that during their confirmation hearings? Well, because American voters support abortion in all or most cases at 80

ここでは図 2 に示すように Colbert は二つの並置関係を設定している．一つは最高裁判事が Roe v. Wade を覆す判決を出すという判断をすることと Colbert が最高裁判事の行動を偽証と判断することの並列関係であり，もう一つは優れた judge と優れた liar との間の並列関係である．保守派の最高裁判事達が上院での指名承認公聴会において妊娠中絶に関する憲法判断については Roe v. Wade 判決を前例として尊重する旨の証言を行っていたにもかかわらず今回それを覆す判断を示したことを指摘して，Colbert はそれは裁判における偽証に相当するのではないかと指摘をした．さらに優れた judge と優れた liar との並列関係を利用して，better liar than の一方の要素に明示的に言及せずに，最高裁判事達がひどい嘘つきであるという批判をしている．

Joke を理解するためには，聴衆はこの入り組んだ構造を読み解いて最終的な批判を理解すること，それが伝達意図とされていることを理解する必要がある．

3.3 参照シフト

例 3: Who is Con Man?

同じく米国 CBS の "The Late Show with Stephen Colbert" の中で, ホストの Stephen Colbert が，米国テレビ界において，怪しげな健康サプリメントの宣伝で著名となった Dr. Oz が上院選挙に立候補し，それに対して Trump 氏が支持を表明したというニュースを受けて次のように発言している [4].

Stephen Colbert:
There's news about former President the douche of hazard over the weekend. He weighed in on the political future of charlatan and cater waiter holding the hors d'oerves tray with his penis (junk), Dr. Mehmet Oz. Specifically, the former president endorsed Dr. Oz for the U.S. Senete. Come on. He is a Con man, and so is Dr. Oz.

この事態の流れに従えば "He is a Con-man (彼はペテン師だ)" という発話の自然な解釈は「Dr. Oz はペテン師だ」となる (図 3 上部分)．ところが次の発話 "So is Dr. Oz." によって最初の発話の "he" は Dr. Oz ではなかったということが判明する．そこで聴衆は新たな "he" の参照対象の探索を要求される．その結果として参照シフトが起こり,「Trump はペテン師だ」という解釈に行き着く．その過程で，明示的に語られていなかった Trump 氏のさまざまな怪しげな行動と「Trump はペテン師だ」という結論の結びつきが Dr. Oz に関する解釈推論との並列関係として前景化される．

このように，Joke 解釈の過程で，優先解釈の誘導，優先解釈の否定，代替解釈の探索，代替解釈発見が進行し，その中で並置関係が設定される．そしてその結果として punch line を明示的に発話しない Joke が成立する．そしてそれには，聞き手が，参照シフトというひっかけの仕掛けに気づくこと，仕掛けに引っ掛かって騙されたことに気づくこと，その気づきが共有

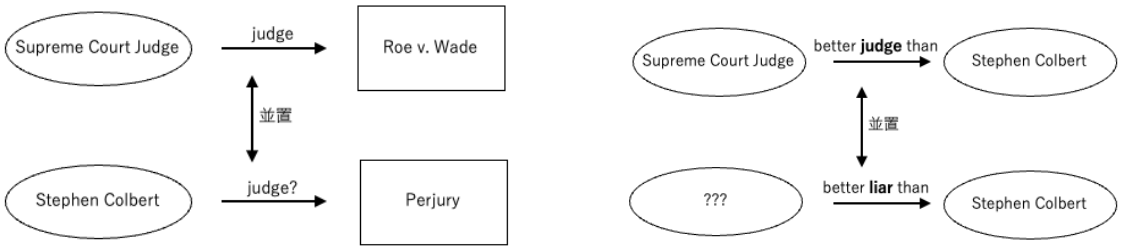


図 2　並置に基づく間接言及

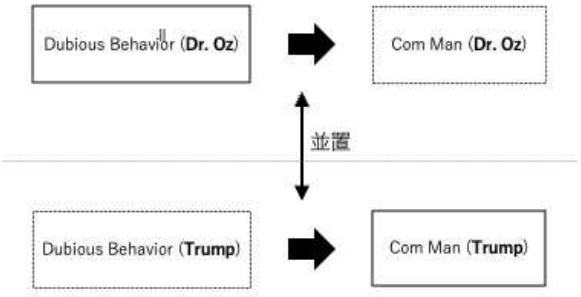


図 3　並置に基づく参照シフト

事実となり，それによって騙しが終了することが関与している．この punch line は明示化されないにもかかわらず伝達意図の 3 条件を満たしている．

例 4: Who is desperate?

米国 CBS の “The Late Late Show with James Corden の中で, ホストの James Corden が，Donald Trump の Stormy Daniels にまつわるスキャンダルを巡って次のように発言している [5].

James Corden:
There’s more fallout from the Stormy Daniels scandal. As you know, yesterday, she released a sketch of a man she claimed threatened her about her relationship with the president. Well, this morning Donald Trump tweeted : ”A sketch years later about a nonexistent man. A total con job, playing the fake news media for fools, but they know it!” So, Trump calls Stormy’s claim ”A total con job.” I honestly don’t know who to believe in all this – the desperate, money-hungry publicity-hound, or Stormy Daniels.

この例でも前例同様に，事態の流れからは自然な解釈として Stormy Daniels 氏に対して “desperate, money-hungry publicity-hound (金欲しさと売名で夢中)” という記述が適用されるところに，“or Stormy Daniels” という発話によってその記述が他に当てはまることが示される．新たな対象の探索の結果として，「金欲しさと売名で夢中」という記述の対象として想定されているのは Trump 氏であるという解釈に行き着く．Joke 解釈の過程で聞き手が参照シフトというひっかけに気づくことによって，その解釈の前提とされる Trump 氏の振る舞いが前景化される．ここでも punch line は明示化されないにもかかわらず伝達意図の 3 条件を満たしていると考えられる．

3.4　交換

例 5: House or Hole

米国 CBS の “The Late Show with Stephen Colbert” の中で, ホストの Stephen Colbert が，Washington Post 誌上でレポーターの Josh Dawsey 氏が Trump 大統領の会議内での発言の参加者による聞き間違いの可能性に言及したのを受けて次のように発言している [6].

Stephen Colbert:
What’s the truth, Washington Post reporter Josh Dawsey?
Josh Dawsey:
People said to me over the weekend. There is a semantic difference. Some people in the meeting heard the phrase sh*thouse instead of sh*thole.
Stephen Colbert:
Oh, Oh, well that changes everything. He didn’t say sh*thole, he said sh*thouse. Either way, Trump is being a complete ass house, who, maybe, maybe, just maybe doesn’t belong in the white hole.

ここでは “sh*thole” と “sh*thouse” の混同に基づいて図 4 に示すような並置関係が設定される．さらにその上で hole と house の交換を促すことによって

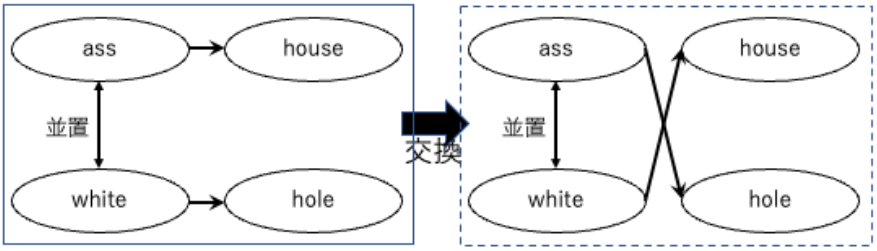


図 4　並置に基づく交換

“Trump is an ass hole.”,“Trump doesn’t belong in the white house.” というメッセージを punch line としている．表層表現上での交換という比較的察知の容易な操作ではあるが，joke をつかむためには聞き手は推論によって punch line を導き出す必要がある．

上述した間接言及，参照シフト，交換のいずれの場合でも joke の理解には背景に設定されている並置構造の察知が必要である．そのような間接性が存在するにもかかわらず，punch line の命題を聞き手が復元して理解するという話し手の意図に関しては伝達意図の 3 条件が成立している．すなわち joke 発話と punch line として設定された命題との間には非自然的意味の関係が成立する．その一方で，joke によって聞き手を笑わせるという話し手の最終的な意図は 3 条件を満たす伝達意図とはなっていない．

4.　おわりに

Joke 発話の意味を構成的意味と非自然的意味の境界に属する現象と位置付けて，punch line を明示的に示さない joke では聞き手が punch line の命題を復元することまでが話し手の伝達意図に含まれるが，聞き手を笑わせるという意図は伝達意図に含まれないという分析を提示した．Joke 発話の字義通りの構成的意味と伝達意図に基づく非自然的意味との間接性を作り出すために，間接言及，参照シフト，交換などの技法が用いられること，そのためには明示的・非明示的な並置が重要な働きを持つことを主張した．

Standup comedy のように演じる joke においては，演者が思わず自らの joke に笑い出してしまう，あるいは joke の言葉を言い損ねてしまうなどの偶発事態が生じて，それが聴衆の笑いをとることもある．Joke 発話には伝達意図の範囲からも逸脱する場合も存在する．

参考文献

[1] Paul Grice. Utterer’s meaning and intentions. In *Studies in the Way of Words*. Harvard University Press, 1989.

[2] Stephen Colbert. Stephen takes on kendall jenner’s ’attractive lives matter’ pepsi ad. https://www.youtube.com/watch?v=qDWlMi14quY, accessed on 15 July, 2022.

[3] Stephen Colbert. The supreme court doesn’t give a damn what the public wants; how gullible is susan collins? https://www.youtube.com/watch?v=gJCGAA4VYT8, accessed on 15 July, 2022.

[4] Stephen Colbert. Russia defaults on debt, soldiers steal chernobyl souvenirs — don jr.s texts revela coup plan. https://www.youtube.com/watch?v=zRtiy01yhGw, accessed on 15 July, 2022.

[5] James Corden. The president is a police sketch expert now. https://www.youtube.com/watch?v=h-fBZgIi5Rw, accessed on 15 July, 2022.

[6] Stephen Colbert. Did trump say sh*thole or sh*thouse? https://www.youtube.com/watch?v=3ZSR6xUHf-4, accessed on 15 July, 2022.

追試とメタ分析による因果帰納推論モデルの適合性評価
Assessing the validity of causal induction models by replications and meta-analysis

林 涼太[†], 市野 弘人[†], 樋口 滉規[†], 高橋 達二[†]
Ryota Hayashi, Hiroto Ichino , Koki Higuchi , Tatsuji Takahashi
[†] 東京電機大学
Tokyo Denki University
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では，因果帰納モデルのメタ分析で行われた実験の問題点を指摘し，問題点の大きいと考えられる実験から優先的に追試を実施し，追試データを部分的に組み込み再度メタ分析を実施した．結果として，記述的因果帰納モデルである pARIs が人間の因果的直感に関する内部モデルとして合理的であることを示した．また, 心理学研究の再現性や線形モデルを用いた個人差分析の観点から実験データやプログラム公開の重要性を説いた．

キーワード： 因果推論, 帰納推論, メタ分析, 二重過程理論, 認知モデル

1. はじめに

人間を含む動物は因果関係を学習し，推論し，利用することで原因の診断や理由の説明，そして未来の予測を行うことで不確実な環境に適応してきた．人間のような少量データからの素早い学習や判断は，因果関係の推論によって支えられていることが議論されており，人間の因果推論を解明するために，因果帰納モデルの適合による計算論的アプローチが挙げられる．これまでにさまざまな因果帰納モデルが考案され，人間の実験データとの適合とその意味が議論されている．ここで我々は因果推論分野におけるモデル研究のベースとなる因果帰納実験の妥当性，信頼性に着目した．

心理学では，1000 回以上引用されている有名な研究を含め，過去の大部分の実験結果に再現性がないことが明らかとなり，現在改革が進んでいる．[11] このような問題は人間を対象に実験を行う認知科学分野においても懸念される問題であり，妥当な解決策を講じる必要がある．対処方法として追試による実験データの取り直しとメタ分析による研究間を跨いだ統合的な分析が挙げられる．

以上の背景を踏まえ，本研究では，過去に行われた，主要な因果帰納実験の問題点を指摘し，その問題点を修正する形で追試によるデータの取り直し，メタ分析を行った．

なお，Web 上に再現した実験のソースコード，生データ，分析スクリプトは筆者の GitHub リポジトリにて Web 上に公開する[1]ことで，実験の信頼性が担保されることを期待する．このような取り組みにより，今後の因果帰納推論分野におけるモデル研究の質が高まることが望まれる．

2. 因果帰納

2.1 因果帰納の二段階理論

本研究は大枠として因果帰納の二段階理論 [4] を採用する．この理論によれば，無数の事象に溢れている現実的な環境における人間の因果推論は，まず第一段階として，現実世界を観察することにより関係の強いと思われる事象のペア（原因候補事象と結果事象）が抽出される．ただし，この第一段階のみでは，相関関係と因果関係は区別できない．しかし，一般的に事象間に因果関係があることは，相関関係もあることを含意するため，第一段階である観察では相関関係のある事象のペアの絞り込みのみ目的とする．

次に第二段階として，第一段階により絞り込んだ事象のペアに対し，原因候補事象が実際に結果事象を引き起こしているかを，反事実を仮定することで，候補となる因果関係を実験的に検討する．この反事実を実験的に検討すること，すなわちコントロール可能性の有無が相関と因果の決定的な違いであり，実験的に介入し分析することで因果関係を認識することが第二段階の目的である．

以上のように因果帰納の二段階理論では，観察と介入を順に配置することで，全ての事象のペアに対して介入する必要がなくなり，本来多大なコストのかかる介入・実験の必要性を限定することができる．このよ

[1] https://github.com/MKryo/LS00 https://github.com/ichi-269/AS95

うな観点から限られた認知リソースを持つ人間の因果推論を説明する理論として期待されている．

2.2 単純因果帰納

C と E をそれぞれ単一の事象とおき，この 2 つの事象の共起情報 (表 1 にある 4 種類の頻度) から，C から E への因果関係の強度を形成するのが，本研究で扱うモデルと実験の枠組みである．以下ではこの枠組みを単純因果帰納と呼ぶ.

表 1　単純因果帰納の 2×2 分割表

	Effect(E)	No Effect($\neg E$)
Causal(C)	$N(C, E)$	$N(C, \neg E)$
No causal($\neg C$)	$N(\neg C, E)$	$N(\neg C, \neg E)$

2.3 因果帰納モデル

この 2×2 分割表での (四分点) 相関係数 ϕ が基本的な共起情報としての因果帰納モデルである：

$$\phi = \frac{P(C,E)P(\neg C,\neg E) - P(C,\neg E)P(\neg C,E)}{\sqrt{P(C)P(\neg C)P(E)P(\neg E)}} \quad (1)$$

二つ目に紹介する ΔP モデルは，因果の確率上昇説に基づいたモデルであり,「C が E の確率を上昇させる」とは，$P(E|C) > P(E|\neg C)$ が成り立つことに他ならないという規則に従う．因果帰納モデルの中では最も規範的であるとされ，(2) 式で表される：

$$\Delta P = P(E|C) - P(E|\neg C) = \frac{N(C,E)}{N(C)} - \frac{N(\neg C,E)}{N(\neg C)} \quad (2)$$

このモデルの持つ意味としては，実験対象を 2 群に分け何かしらの操作を施した群と何も操作を施していない群，この 2 群間の結果事象の生起確率の差を表しており，科学実験の基礎的な考え方を現している．

具体例としてはとある病気に対する薬の効果を検証するために投薬群 (C) とプラセボ群 ($\neg C$) における症状の軽減 (E) の確率差を見るものなどが挙げられる．ΔP は，合理的 (規範的) なモデルでありながら人間の振る舞いを予測・記述しないという特徴を持つ.

記述的モデルを目指して導入されたのが二要因ヒューリスティクス (DFH) である．これは，原因から結果の予測可能性 $P(E|C)$ と，その逆向き，結果から原因の診断可能性 $P(C|E)$ の幾何平均であり，両者が共に高いときのみ，人間が因果関係を強く感じると予測する．

$$DFH = \sqrt{P(E|C)P(C|E)} = \frac{N(C,E)}{N(C)} - \frac{N(C,E)}{\sqrt{N(C)N(E)}} \quad (3)$$

このモデルの合理性の根拠としては，表 1 上の C と E の相関係数 ϕ に対して，$P(C)$ と $P(E)$ を 0 に，あるいは $N(\neg C, \neg E)$ を無限大に発散させた極限であることが挙げられている.[4]

次に高橋らが提案した pARIs (proportion of assumed-to-be rare instances) というモデルを取り上げる．[9] このモデルは DFH と似ているがより単純であり，次に示す稀少性仮定の下（現実に近い環境下）でうまく機能することが示されており，人間の因果的直感を表現する．

$$pARIs = P(C \wedge E | C \vee E) = \frac{N(C,E)}{N(C \vee E)} \quad (4)$$

2.4 稀少性仮定と因果的直感

DFH の導出で相関係数 ϕ に対して行なった $N(\neg C, \neg E)$ を無限大に発散させた極限をとるという操作は，C と E の生起確率が極めて小さいという仮定に基づく，これを稀少性仮定という．これは高次認知の確率論的モデリングで極めて良く用いられるもので，我々が因果関係に関して着目する事象は，その生起が不生起よりも稀である，という一種の事前知識であり，最も緩い形では $P(C) < .5$ ，最も極端な形では $P(C) \to 0$ として表現される．また生起が稀であるということは C と E が等確率である ($P(C) = P(E)$) という仮定も同時にみたされる．

ここで，現実的な文脈における人間の因果関係についての，判断，推論を考える．現実世界において多くの場合，判断にはリアルタイム性が求められ，データの収集に対して時間も認知リソースも十分に割くことができない．人間はそういった状況でも因果的直感を適切に働かせ，有効に対処する．このような現実的な環境，すなわち稀少性仮定下における人間の因果的直感の内部モデルを pARIs で説明することに合理性があることが議論されている．[10]

3. 認知実験の再現性と信頼性

3.1 心理学研究における再現性危機

近年心理学研究の，再現性問題が大きく注目されている．心理学の主要な雑誌に掲載された 97 の研究の追試を実施した結果，オリジナルと同様の結果が再現されたのは 36%であった [3]．このような状況の中，再現性危機（Replicability Crisis）や信頼性革命 (Credibility Revolution) と呼ばれる心理学研究の全般的な方法論的見直しが行われている．具体的には追試軽視を批判する動き，古典的研究や主要誌掲載研究を追試するプロジェクト，統合的な分析手法の提案などが行われている．[11]

このような問題意識は人間を対象に実験を行う認知科学分野においても，同様であり，妥当な解決策を講じる必要がある．我々は特に過去に行われた人間を対象とした因果帰納実験に着目した．

3.2 主要な因果帰納実験の問題点と対応

人間の因果関係の学習・判断の仕組みを解明するアプローチとして過去に人間を対象にいくつかの因果帰納実験が行われてきた．ここでは特に Hattori & Oaksford [4] により行われた 41 種類の因果帰納モデルのメタ分析で用いられた主要な因果帰納実験を取り上げ，いくつかの問題点を指摘するとともに妥当な解決策を講じ，その点を修正する形で追試を実施した．

第一に，実験対象者の偏りが挙げられる. 表 2 に示した因果帰納実験では，ほとんどの研究において世界的に有名な大学の学部生または院生を対象としている．このような西洋文化圏のみを対象とした研究の偏りは，心理学分野において WEIRD サンプリングとして批判されている [5]．この問題への対応として本研究ではクラウドワークスを用いオンライン上で実験参加者を募り，かつ実験実施の時間帯をずらすなどして可能な限り無作為なサンプリングを試みた．ただし，日本のインターネット利用者層も WEIRD に近いため，その点については再考の余地があるが，先行実験と比べると比較的無作為であると考えられる．

第二に, 実験参加者の少なさが挙げられる．表 2 に示した通り各実験の参加者は比較的に少ない．特に LS00[6] の実験 1,2,3 の参加者が少ないことがわかる．対応として 50 〜 60 人 の参加者に対して LS00 の追試を行い実験データの取り直しを行った．これも上記同様クラウドワークスを用い無作為なサンプリングを行った．

第三に，AS95 [1] ではカバーストーリーの原因事象と結果事象が 1 対 1 に対応しない．この点がのちに示すメタ分析の実験選択基準の 1. にそぐわないという問題ある．対応として，1 対 1 に修正する形で実験を作り直しデータを集め直した．

第四に，実験の生データを公開していない点が挙げられる．公開されているデータは回答の平均値などの統計量のみであり，個人の回答データは公開されていないことが一般的である．そのため既存の結果からでは，線形モデルを使用した個人差分析などの詳細な分析ができない．対応として，本研究で収集した実験データ，分析スクリプト，実験プログラムを web 上に公開した．これにより実験データの信頼性の向上とともに，認知実験で用いたすべてのデータを公開することが，分野全体への貢献につながるという意味で望ましいという考えが定着することを期待する．

表 2　Hattori & Oaksford (2007) のメタ分析に含められた因果帰納実験の参加者数と母集団

実験	人数	実験対象者
AS95 [1]	40	カーネギーメロン大学
BCC03.1 [2]	52	カリフォルニア大学
BCC03.3 [2]	31	シェフィールド大学
HO07.1 [4]	39	立命館大学
HO07.2 [4]	50	立命館大学
LS00.1 [6]	28	University College London
LS00.2 [6]	16	フィリップ大学マールブルク
LS00.3 [6]	26	University College London
W03.2 [8]	40	カーディフ大学
W03.6 [8]	43	カーディフ大学

4. メタ分析

[Takahashi et al 2019] [7] は過去の実験データに対する包括的なメタ分析を行い，pARIs と DFH の記述的性能比較が行われ，pARIs が DFH に勝るとも劣らないデータの説明力が示された．本研究ではメタ分析に含められた実験の中から，上記で指摘した LS00 , AS95 の問題点を修正する形で追試を実施し，取り直したデータに置き換え，再度同様のメタ分析を行った．

4.1 因果帰納モデルのメタ分析における実験の選択基準

Hattori & Oaskford (2007)[4] や Takahashi et al (2019)[7] で行われた因果帰納モデルのメタ分析で採用された因果帰納実験の選択基準を以下に示す．

1. それぞれただ一つの原因候補と注目する結果のみが提示される
2. 主観的な関係の強さが（ほぼ）連続的な値として判断される
3. 実験家が決定した頻度に従って，原因候補と結果が逐次的に提示される
4. タスクは，原因の生起が結果の生起を抑制する抑制原因でなく生起が生起を促進する生成原因を扱うものである

5. 実験 1

5.1 実験概要

本実験は LS00 の忠実再現と変更を加えた再現の 2 種類の追試を行った.

5.2 実験手順

本実験は, 作成した Web ページを用いて実施した.Web ページの作成に関しては, フレームワークとして Django を使用，サーバーは Amazon Web Services を用いた．また実験の実施については, クラウドソーシングサイトであるクラウドワークスを用いることで，無作為かつ効率的に実験参加者を募集した.

この実験は単純因果帰納の枠組みのもと実施した. 実験参加者は結果事象 E とその原因の候補と考えられる事象 C があるときに C と E が共に起こった事象, C が起こり E が起こらなかった事象 , C が起こらず E が起こった事象 , C と E がどちらも起こらなかった事象, という 4 種類の共起事象をそれぞれ何度か，決まった回数・ランダムな順序で提示され，そこから C が E の原因であると感じる程度を評価する. 4 種類の共起事象をそれぞれ (a,b,c,d) とおいたとき, どの事象が何回提示されるかという各セルの試行数を表 3 に示した.

以下に実験参加者に提示した文章を示す.[2]

5.3 提示したカバーストーリー

- これから「化学物質の投与」と「動物の遺伝子の突然変異」という二つの事柄の関係性を調査している研究者を演じていただきます.
- 上記の調査のため，3 種類の動物実験が行われました．以下ではその実験記録を見ていくことにします.
- 3 つの実験それぞれで，60 個体の動物が用いられました．その中で，化学物質を投与された個体と投与されなかった個体がいました．注意すべきこととして，動物では，化学物質の投与の有無に関わらず，自然に遺伝子の突然変異が起こることがあります．60 個体について，しばらくしてから遺伝子を調べ，突然変異が起きているかどうかを確認しました.
- 上記で説明した動物の実験記録を一つ目のマウスの事例から順に，1 匹ずつ提示するので，動物の遺伝子が突然変異するのかしないのかを予測してください.
- 動物の遺伝子が「変異する」「変異しない」どちらかのボタンを押すと，実際にその動物の遺伝子が変異したのか，変異しなかったのか，答えが表示されます．これをもとに「動物に化学物質を投与することが，動物の遺伝子の突然変異を引き起こしているかどうか」について因果的な関係性の強さを判断していただくということがこの実験の主旨になります.
- 最初は判断に迷うかもしれませんが，回答に迷った時は深く考えず直感的に回答していただいて問題ありません．回数を重ねるごとに迷わず判断できるようになるはずです.

5.4 実験 1-1

上記カバーストーリーの通り，ある架空の化学物質をマウス, ウサギ, ハト 3 種類の動物に投与し, その化学物質が動物の遺伝子の突然変異を引き起こすかどうかを観察してもらった．先に動物へ化学物質を投与したかどうかの情報を提示し, その後動物の遺伝子が突然変異したかどうか，すなわち原因事象から結果事象を毎提示予測してもらった.（図 1）予測の直後に実際にその動物の遺伝子が変異したかどうか予測の答えを提示した．このように, 参加者は動物に化学物質を投与した結果を 1 つずつ順に観察し,10 回刺激を観察するごとに化学物質が動物の遺伝子変異に対する因果関係の強さの推定値を計 6 回回答してもらった．化学物質と遺伝子の変異の因果関係の評価は 0 から 100 までの値をスライダーで回答させる形式をとった.

5.5 実験 1-2

基本的には実験 1 と同様の形式を取ったが異なる点が 3 つある．一つ目はカバーストーリーにモルモット

[2] LS00 のカバーストーリーを理解し易い形に翻訳している

を追加し計 4 種類の動物を用い, それに合わせて刺激を 4 つに増やした. 二つ目として, 各セルの試行数の合計を 56 へと変更した. 最後に, 推定値を聞く回数を 6 回から 3 回に減らした.

5.6 実験 1-3

基本的には実験 2 と同様の形式を取ったが, 唯一の変更点として各セルの試行数の合計を 60 へ戻した.

以上 1-1 から 1-3 まではオリジナルの実験を忠実に再現したものである. 次にオリジナルの特異点, すなわち原因事象の表示と結果事象の表示の間に予測を挟む点を変更し, 原因事象と結果事象を同時に表示するように変更を加えた追試実験を行なった.

5.7 実験 1-4

実験 1 の原因から結果の予測を毎提示行ってもらうという実験形式を, 原因と結果を同時に提示する形式（図 2）へと変更した. それ以外は実験 1 と全く同様の形式とした.

5.8 実験 1-5

実験 2 の原因から結果の予測を毎提示行ってもらうという実験形式を, 原因と結果を同時に提示する形式へと変更した. それ以外は実験 3 と全く同様の形式とした.

5.9 実験 1-6

実験 3 の原因から結果の予測を毎提示行ってもらうという実験形式を, 原因と結果を同時に提示する形式へと変更した. それ以外は実験 3 と全く同様の形式とした.

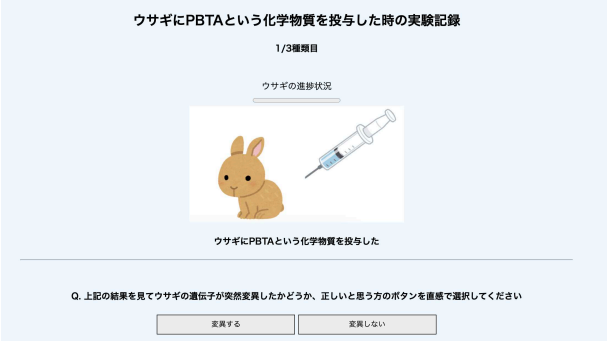


図 1 実験画面のサンプル

表 3 実験 1 における刺激のデザイン

刺激	a	b	c	d	N
1	21	9	0	30	60
2	24	6	10	20	60
3	27	3	20	10	60
4	28	0	0	28	56
5	28	0	7	21	56
6	28	0	14	14	56
7	28	0	21	7	56
8	30	0	18	12	60
9	24	6	12	18	60
10	12	18	0	30	60
11	27	3	25	5	60

6. 実験 2

6.1 実験概要

実験 2 では AS95 の忠実再現と変更を加えた再現の 2 種類の追試を行い, データを取り直すことを目的として実施した.

6.2 実験手順

実験 1 同様, 作成した Web ページを用いて実施した. ページ作成に関して使った技術は実験 1 同様であり, この実験も単純因果帰納の枠組みのもと実施した. オリジナルの AS95 は実験参加者 1 人あたりに 80 刺激を提示し, 実験にかかる時間は約 1 時間であった. この形式は, ワーキングメモリや認知リソースの限られた人間に対する認知実験としては適切であるとはいえない. また, カバーストーリーとして提示する因果構造が, 1 対 1 対応していないという点も単純因果帰納の枠組みから逸脱しているという意味では, 適切な形式とはいえない.

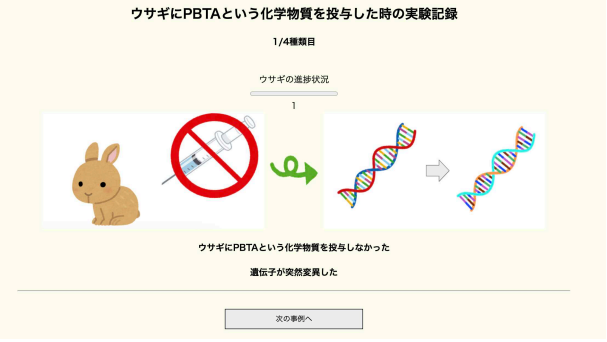


図 2 実験画面のサンプル

まず，2 つの実験ともに一人当たりに提示する刺激数のみを減らし実験時間の短縮を行った．忠実再現として 1 対 1 対応しないカバーストーリーをそのまま提示，変更再現としてカバーストーリーの因果構造を 1 対 1 対応するように変更した．各刺激を表 4 に示した．以下に実験参加者に提示した文章を示す.[3]

6.3 提示したカバーストーリー

- これから「ラフマ症候群」と，それに対する治療薬に関して調査をしている研究者を演じていただきます.
- ある製薬会社がラフマ症候群の治療薬を 13 種類開発し，調査のためにそれぞれの薬を全国 13 箇所の病院に配布しました.
- 治療薬には副作用として発疹が懸念されます.
- 各病院にて病気の患者に対して治療薬の投与が行われ，患者が副作用を発症したかどうかが調査されました.
- あなたには，それぞれの薬がどの程度の割合で副作用を引き起こすかを推定してもらいます.
- 副作用の発疹はラフマ症候群の症状とは無関係であること，各病院で投与される薬はそれぞれ別の種類の薬であることに注意してください.

表 4　実験 2 における刺激のデザイン

刺激	a	b	c	d	N
1	3	3	3	3	12
2	9	3	3	3	18
3	3	5	5	5	18
4	9	5	5	5	24
5	3	9	3	3	18
6	5	3	5	5	18
7	5	9	5	5	24
8	3	3	9	3	18
9	5	5	3	5	18
10	5	5	9	5	24
11	3	3	3	9	18
12	5	5	5	3	18
13	5	5	5	9	24

6.4 実験 2-1

オリジナルのカバーストーリーは以下のように提示されており，結果事象である発疹が，薬の副作用によるものか，ラフマ症候群の症状によるものか一意に定まらないため実験参加者の混乱を招く．提示した実験画面の例を図 3 に示す.

- 「治療薬には副作用として発疹が懸念されます．ただしラフマ症候群自体の症状としても，発疹がよくあらわれると言われています.」

ここではカバーストーリーを以下のように薬の副作用によってのみ発疹が起こることを示し，因果構造を 1 対 1 に修正し提示した.

- 「治療薬には副作用として発疹が懸念されます」

図 3　実験 2 画面のサンプル

6.5 実験 2-2

オリジナル同様のカバーストーリーを提示した

7. 結果

モデルの評価値と実験参加者の回答の平均値との決定係数を表 5 ,6 に示す

表 5　LS00（実験 1）

	オリジナル	忠実追試	変更追試
ΔP	.77**	.40*	.58**
DFH	.80**	.84**	.89**
$pARIs$	.80**	.80**	.87**

Note: $^{**}p < .01$, $^{*}p < .05$. p 値は無相関検定によるもの

表 6　AS95（実験 2）

	オリジナル	忠実追試	変更追試
ΔP	.78**	.54**	.57**
DFH	.91**	.93**	.94**
$pARIs$	.89**	.92**	.94**

Note: $^{**}p < .01$, $^{*}p < .05$. p 値は無相関検定によるもの

[3] AS95 のカバーストーリーを理解し易い形に翻訳している

7.1 線形混合効果モデルを用いた個人差分析

線形混合効果モデル (Linear Mixed-Effects Model) を用いて，実験参加者個人をランダム効果とし，個人差を考慮した分析を行った．従属変数を人間の回答，説明変数を各モデルの評価値として，実験参加者個人ごとに回帰させた.（人数分の回帰直線を考える）

個人間の回帰直線の傾きと切片の標準偏差を表 7 に示す．なお，LS00 に関しては，実験を小分けにしており 3〜4 刺激ごとに参加者が変わってしまうため，個人をランダム効果とした線形混合効果モデルを適用することはできない．従ってここでは AS95 の追試データのみを対象とする.

pARIs の評価値を説明変数としたときおよび，DFH の評価値を説明変数にしたときこのモデル間では，回帰直線のばらつきの個人差にあまり違いはないが，ΔP の評価値を説明変数にした時，回帰直線の個人間の標準偏差が小さい傾向にあることが読み取れる．これは，人間の回答に対する説明変数として，pARIs や DFH を採用すると個人差が大きく，ΔP を採用すると個人差が小さくなる傾向にあることを示す．この結果は pARIs , DFH の直感的，創造的傾向．ΔP の熟慮的，論理的傾向が現れているのではないだろうか.

しかし，表 8 に示すように，個人ごとに切片と傾きがそれぞれ独立に決まるモデルを用い回帰すると標準偏差の差はあまり読み取れない．人間の回答と因果帰納モデルの評価値との回帰直線において，回帰係数と切片の個人間のばらつきがどんな意味を持つのか，また線形モデルの違いによる影響が明確にわかっているわけではないため，今後より深く慎重に考えていく必要があると思われる．そのためにも，誰がどの環境でも個人差を考慮した分析ができるように, 個人レベルの実験データを公開することが必要である.

表 7　Random effects (as95)

実験 2-1			実験 2-2		
	β_0-SD	β_1-SD		β_0-SD	β_1-SD
ΔP	11.46	16.94	ΔP	10.14	13.82
DFH	27.46	39.76	DFH	18.86	30.42
$pARIs$	21.96	40.69	$pARIs$	15.24	30.96

Note: 実験参加者間の回帰直線において，
β_0-SD は切片の標準偏差，β_1-SD は傾きの標準偏差を表す.

表 8　Random effects (as95) 傾きと切片が独立して決まる場合

実験 2-1			実験 2-2		
	β_0-SD	β_1-SD		β_0-SD	β_1-SD
ΔP	11.46	16.94	ΔP	10.14	13.82
DFH	11.59	.00	DFH	9.75	9.65
$pARIs$	11.70	8.81	$pARIs$	10.01	14.29

Note: 実験参加者間の回帰直線において，
β_0-SD は切片の標準偏差，β_1-SD は傾きの標準偏差を表す.
切片と傾きがそれぞれ独立に決まるモデルを使用

7.2 実験 1 と 2 の統合

実験 1 と 2 の結果を過去のメタ分析で用いられた実験と統合し各モデルについて固定効果モデルを用いて相関係数を，点推定，区間推定した．結果を表 9 に示す．追試データを部分的に差し替えることにより pARIs の相関係数が.90 から.94 へ，DFH の相関係数は.91 から.92 へ向上した．一方 ΔP の相関係数は.72 から.54 へ減少した．これは，モデルの性質上望ましい結果であると考えられる.

8. 考察

一般的に，ワーキングメモリ容量や認知リソースの限られた人間が扱うデータはかなり小さい．過去のシミュレーション研究から pARIs は少数のサンプルしか与えられない場合においても，早く正確に計算可能であることがわかっている．このような人間の認知的特徴を考慮した現実的な環境において有効に働くという理由から人間の因果的直感に関する内部モデルとしての pARIs の合理性が示唆されてきた．[10]

本研究では，メタ分析に含まれる因果帰納実験の問題点を指摘し，問題点の大きい実験から優先的に追試を実施した. 追試により取り直したデータを部分的に入れ替え，メタ分析を実施した結果 pARIs のフィットが向上した.

この結果から，認知実験の側面から人間の因果的直感に関する内部モデルとして pARIs の合理性を示すことができたと考える．しかし，pARIs のフィットが良くなるように恣意的に実験データを差し替えたようにも捉えられる．本研究ではそのような誤解を避けつつ実験の信頼性を担保するためにも，作成した実験のプログラムと収集したデータ，分析スクリプトを公開し，誰がどの環境でも実験の正当性を確認できるようにフォーマットを整えて公開した．このように認知実験に用いたすべてのプログラムとデータを公開しているケースはまだ少ないように思われる．認知科学分野

表 9　メタ分析

	AS95	BCC03.1	BCC03.3	HO07.1	HO07.2	LS00	W03.2	W03.6	r	L	U
オリジナル											
pARIs	.89	.96	.94	.93	.99	.80	.78	.88	.90	.86	.93
DFH	.91	.95	.91	.93	.96	.80	.69	.80	.91	.87	.93
ΔP	.78	.84	.70	.50	0	.77	0	NA	.72	.63	.80
忠実追試											
pARIs	.92	-	-	-	-	.80	-	-	.93	.88	.96
DFH	.93	-	-	-	-	.84	-	-	.91	.85	.95
ΔP	.54	-	-	-	-	.40	-	-	.50	.25	.70
変更追試											
pARIs	.94	-	-	-	-	.87	-	-	.94	.89	.96
DFH	.94	-	-	-	-	.89	-	-	.92	.87	.96
ΔP	.57	-	-	-	-	.58	-	-	.54	.32	.71

Note: - はオリジナルのメタ分析と同様の値であることを表す. r は相関係数の点推定，L, U は相関係数の区間推定値を表す.

全体において，今後さらなる追試研究と情報の公開による信頼性の確保が求められる．

9. 結論

本研究では，過去の因果帰納実験の問題点を指摘し，問題点の多い実験から優先的に追試，統合的に分析することで，認知実験の側面からも pARIs の合理性を示すことができた．

pARIs，DFH は共に人間の内部モデルの説明として優れていることが明らかになりつつある，今後はベイジアンネットワークなどの因果探索アルゴリズムへの組み込み，そのために N × N または 連続的な枠組みへの理論の拡張が検討されるべきである．

また，認知実験分野においてソースコードを公開し，誰がどの環境でも実験の確からしさを確認できるようにすることの重要性を，線形モデルを用いた個人差分析，再現性や信頼性の観点から示すことができたのではないかと考える．このような取り組みにより，因果推論分野においてモデル研究の質の向上が望まれる．

文献

[1] John R Anderson and Ching-Fan Sheu. Causal inferences as perceptual judgments. *Memory & cognition*, 23(4):510–524, 1995.

[2] Marc J Buehner, Patricia W Cheng, and Deborah Clifford. From covariation to causation: a test of the assumption of causal power. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 29(6):1119, 2003.

[3] Open Science Collaboration. Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251):aac4716, 2015.

[4] Masasi Hattori and Mike Oaksford. Adaptive non-interventional heuristics for covariation detection in causal induction: Model comparison and rational analysis. *Cognitive science*, 31(5):765–814, 2007.

[5] Joseph Henrich, Steven J Heine, and Ara Norenzayan. The weirdest people in the world? *Behavioral and brain sciences*, 33(2-3):61–83, 2010.

[6] Klaus Lober and David R Shanks. Is causal induction based on causal power? critique of cheng (1997). *Psychological review*, 107(1):195, 2000.

[7] Tatsuji Takahashi, Kuratomo Oyo, Akihiro Tamatsukuri, and Kohki Higuchi. Correlation detection with and without the theories of conditionals: A model update of hattori and oaksford (2007). In *Logic and Uncertainty in the Human Mind*, pages 207–226. Routledge, 2020.

[8] Peter A White. Causal judgement as evaluation of evidence: The use of confirmatory and disconfirrnatory information. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56(03):491–513, 2003.

[9] 高橋達二 and 菅野宏明. 因果帰納の対称性と非対称性. **日本認知科学会第 *27* 回大会発表論文集**, pages 199–200, 2010.

[10] 高橋達二 and 大用庫智. 対称性推論のモデルとしての 「双条件付確率」と小数サンプルからの因果帰納推論. *JCSS Japanese Congnitive Science Society*, pages 141–148, 2014.

[11] 池田功毅 and 平石界. 心理学における再現可能性危機: 問題の構造と解決策. **心理学評論**, 59(1):3–14, 2016.

オンライン研修における質問-応答の連鎖構造の分析
Analysis of Question-Response Sequence Organization in Online Training

七田　麻美子†，菊地　浩平，山本　裕子，須永　将史
Mamiko Shichida, Kouhei Kikuchi, Yuko Yamamoto, Masafumi Sunaga

†埼玉大学　筑波技術大学　名古屋商科大学　小樽商科大学
Saitama Univerisity, Tsukuba University of Technology, Nagoya University of Commerce & Business, Otaru University of Commerce
shichida@mail.saitama-u.ac.jp

概要

本研究は、成人向けのオンライン研修で受講者の満足感が何によって規定されるかを考察するものである。対象としたのは、新電力へのスイッチング促進の研修で、2020 年以降オンライン研修として開催されていたものである。アンケート調査の分析の結果、質疑応答がある研修の方が高い満足度を示すことがわかった。質疑の分析からは、参加者が穏やかな・楽しいやりとり，また自分の質問に正確に応対する回答に満足しているわけではなく質疑があること自体に満足感を覚えている可能性が示唆された.
キーワード：成人向け研修，オンライン研修，満足度，会話分析

1. 目的

本研究は，オンライン研修において行われる質疑応答の分析を通して，オンライン研修への満足感の規定要因を明らかにすることを目的とする.

2. 研究の背景

発表者らは，2020 年から，新型コロナウイルス感染症の流行によりオンライン化された，社会人向けの研修を調査・研究してきた．その結果，2021 年度には「オンライン視察はどのように「物足りない」のか――本拠としての現地視察」というタイトルで研究発表を行い，研修講師がオンライン研修に対して感じる違和感について明らかにした（菊地 2022）.

一方で，研修のもうひとつの主体である受講者がオンライン研修をどのように捉えているのかについては未だ明らかにしていない。そこで本研究では受講者の満足感を中心にオンラインでの研修をどのように捉えているかを見ていくこととする.

受講者がその研修をどのように捉えているかを考察するにあたっては，受講者がその研修をどのように評価しているかという観点から見ることができる．研修評価については，Kirkpatric の 4 段階モデルがしばしば用いられてきた．そこでは，「反応」「学習」「行動」「成果」の 4 つのレベルで評価を行うというフレームが示されており，その中で「反応」は「顧客満足度」とも呼ばれている（Kirkpatric 1994）．研修の評価にアンケート調査が用いられ，満足度を尋ねる項目が含まれているのは，こうしたモデルによる.

中原（2022）によると，この 4 段階評価モデルについては批判も多く，特に満足度を用いての研修評価について「レベル 1 の満足度は他のレベルと関係していないという点」において批判的に検討されるべきとされる．これは，研修がその後の行動にどのようにつながるのか，そしてそれがどのような成果につながるのか，という研修の効果を測定するのには，満足感では評価できないということを示す．しかしその研修が効果的な研修かという点を考えるにあたっては満足感が一定の意味を持つともされる.

研修における満足感については，学習意欲との関係で論じられることが多い．Keller(2009)の ARCS モデルでは「満足感」は外発的，内発的な要因から生じるとされる．外発的要因には「成績・昇進の機会・修了証，あるいは他の物理的な報酬」などが挙げられている．内発的要因については，これも「非常に強い影響力がある」とされ，具体的には「自尊心を高める達成を経験したり，他者に意見を聞いてもらい尊敬されるような仲間との建設的な交流をしたり，あるいは，自分が有能であるとの実感を拡張できるような難題に挑戦して克服する」といったことが学習の持続に関わるとする．このように外発的・内発的要因によって生じる「満足感」，すなわち「学習体験のプロセスあるいは結果に満足する気持ち」が学びを持続させるのである.

本研究が対象とする社会人向けオンライン研修においても，受講者はこういった「満足感」が得られることで，学びの持続やさらなる学習への意欲につながっている可能性があると考えられる．もちろんそれだけでなく，何らかの要因によって「満足感」が得られないことがあるとすれば，受講者の学びの継続如何にとどまらず，研修自体の評価に影響が及ぶこともありうるだろう.

そこで，本研究ではオンライン研修の諸側面について定量的・定性的に記述および分析することを通して，満足感がどのような要因によって規定されるのかを明らかにしていきたい．。具体的には，研修

終了後に受講者に対して実施したアンケート調査の結果を「満足度」の観点から定量的に分析する．その上で，「満足度」の評価に特徴的な傾向が見られた回に焦点を合わせ，その回の質疑応答の行為連鎖構造に注目した分析を行う．

3. 研究対象

本研究で対象とするのは，社会人向けのオンライン研修である．具体的には東日本大震災および原発事故の被災地で再生可能エネルギーによる発電を行っている新電力発電関係企業による，再生可能エネルギーに関する研修である．

当該研修は 2020 年の新型コロナウィルス流行以前は対面によって行われていたが，2020 年以降はオンラインで実施され，2020 年 12 月より 2022 年 3 月までの間に 48 回行われている．企業での社員向け研修（企業研修）と，一般向けの研修（一般研修）が行われているが，内容は同じものである．

研修の実施方法は，Zoom 等のオンラインミーティングサービスを使った，同期型のオンライン研修である．研修を行う企業（研修提供企業）の講師による 60 分程度の講義が中心で，その後に 20 分から 30 分程度の質疑応答が行われるものが多いが，行われない場合もある．

研修参加に当っては，企業研修の場合は，研修受講企業が事業所等の単位で参加者を集めて研修を申し込む．企業研修における研修の目的は，再生可能エネルギーを中心とした電力プランへのスイッチングを促進するための基礎的な知識の取得であり，顧客への営業時の説明等での活用が見込まれている．

一般研修の場合も，団体での参加申し込みを基本とする．企業研修を行う企業が一般ユーザー向け研修を企画し募集をかける場合と，再生可能エネルギー推進活動を行う市民団体などが研修提供企業に申し込んで団体の構成員を中心としたメンバーで受講する場合がある．一般研修の目的は，再生可能エネルギーを中心とした電力プランへのスイッチングを検討するための情報の収集や，自身が再生可能エネルギーのスイッチングを他者に勧めるための知識の取得である．

以上のように当該研修は，研修提供企業が実施しているものの，開催にあたっては受講側の団体の主催という形になり，受講側の団体の司会によって進行し，講義部分は研修提供企業の進行役と講師に任せ，質疑応答がある場合は，受講側の司会が主導して行うという形式をとる．

受講方法は，企業研修の場合，同じ部屋に社員が集まって大きめのモニター等で受講するケースが多く，一般研修の場合は，各自で個別に PC 等を用いて自宅等からオンライン研修にアクセスしていることが多い．

研修内容は，再生可能エネルギーについての概説および，福島県内を中心とした自然エネルギーの活用状況，東日本大震災および原発事故の被災地のツアーなどで，予め作成された動画と，講師役と進行役の掛け合いによる講義が組み合わされる形である．これはオンライン化される前に対面で行われていた研修とほぼ同じ内容で，被災地をバス等で移動しながら，いわゆるバスツアー型の研修を行っていたものをオンラインコンテンツ化したものである．

質疑応答は，受講側の司会が参加者からの質問をオンラインミーティングサービスのチャット機能等を利用してとりまとめ，受講側司会から講師に質問する場合と，受講側司会から指名された参加者が直接発言する場合がある．

今回は 2020 年から 2022 年までに実施された研修の中から動画による記録が行われた回を対象に，特に特徴的な質疑応答が合った箇所を分析対象とする．

4. 研究方法

研修後のオンラインによるアンケート調査の満足度の項目について，質疑応答の有無などを中心に満足度に有意差があるかどうかを統計分析した．

2020 年 12 月から 2022 年 3 月までの 48 回の研修のうち研修提供企業によるアンケート調査が行えた 40 回 634 件を対象とした．

アンケート調査は研修後にオンラインで行われ，参加属性などの他，満足度，講義スライドの分かりやすさ，研修の長さへの意見などを聞き．最後に自由記述による感想を尋ねるものである．

満足度は「満足度についてお答えください」という質問項目について「不満」を 1 とし「満足」を 5 とする順序尺度によって確認されている．

本研究では，この満足度について参加属性などによっての違いがあるのかを見ていくこととする．

なお，各群の平均値の比較には F 検定を行い，等分散性が認められた場合はスチューデントの t 検定を用い，等分散性が認められない場合にはウェルチの t 検定を用いた．

自由記述による感想は，テキストマイニングソフト「KHCoder」を用いて分析した．自由記述データを質疑応答のあり/なし及び職員対象か一般対象の研修かによって 4 群に分けた．分析対象データ数は，1) 質疑応答あり職員研修が 162 件、2) 質疑応答あり一般研修 1,608 件，3) 質疑応答なし職員研修 57 件，4) 質疑応答なし一般研修 90 件であった．

また，研修会の講師と受講生の質疑応答場面に注目し，受講者の質問内容や，それに対する講師の回答内容の対応関係，相互行為的な連鎖構造を対象とした分析を行った．

表 1 アンケート回答者プロフィール

年代	人	性別	人
10代未満	1	男性	160
10代	3	女性	469
20代	42	その他（空白）	5
30代	92	合計	634
40代	165		
50代	163		
60代	124		
70代	36		
80代以上	1		
その他（空白）	7		
合計	634		

5. 結果

5.1 アンケート調査の分析

アンケート調査より，満足度のデータを分析し，以下の結果を得た．全体で平均 4.42（*SD*＝0.55, N ＝634）であった．表 1 にあるように比較的高い年代の参加者が多い中，オンラインであっても高い満足度であることが分かる．

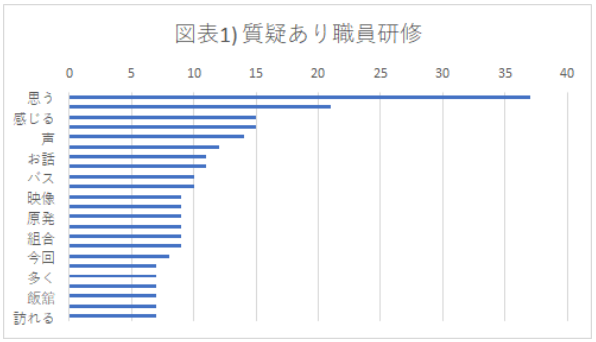
まず全研修を質疑あり/なしの 2 群に分け，満足度の項目についての平均の差を調べた．その結果，質疑あり群の平均は 4.54（*SD*＝0.68，*N*＝413），質疑なし群の平均は 3.77（*SD*＝1.04，*N*＝102）で，質疑あり群の方が有意に高かった（$t(57) = 4.53$, $p < .001$）．

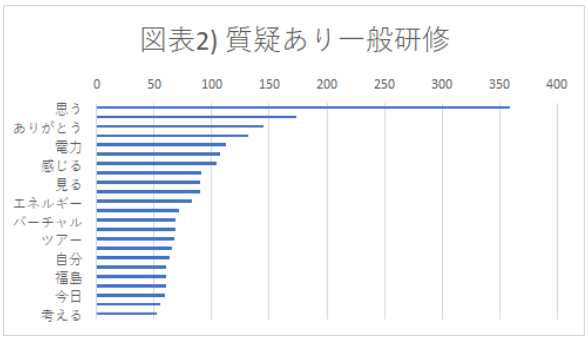
一方で一般研修と企業研修との差について調べたとこ，一般研修は平均 4.52（*SD*＝0.71，*N*＝361），企業研修は平均 4.08（*SD*＝0.98，*N*＝153）で，こちらも有意な差が見られた（$t(222) = 5.00$, $p < .001$）．一般研修の方では，殆どの回で質疑応答があることから，上記の質疑のあり/なしによる差は，参加者属性の違いによるということも考えられる．

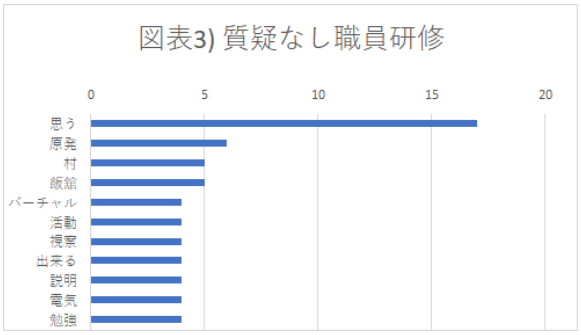
そこで，質疑のある回と質疑の無い回の数に大きな差がない企業研修で，質疑のあり/なしの回それぞれの満足度の差を調べた，その結果，質疑がある回は平均 4.61（*SD*＝0.52，*N*＝59），質疑がない回は 3.70（*SD*＝1.05、*N*＝90）であり，質疑がある回の満足度の方が有意に高かった（$t(139) = 6.97$, $p < .001$）．

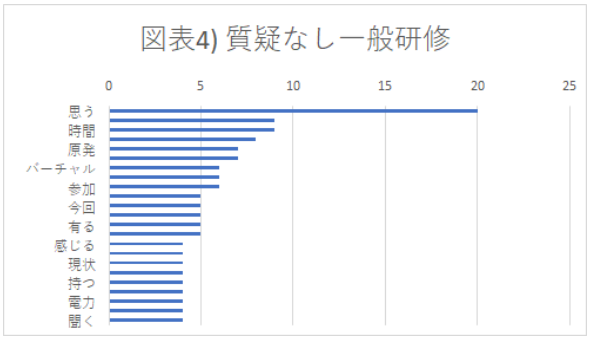
ここから，やはり質疑応答がある場合の方が，満足度が高いという可能性が示唆された．これはすなわち質疑応答が満足度に影響している可能性があるということでもある．

次に，自由記述の分析を行った．企業研究の質疑のあり/なし，一般研修の質疑のあり/なしの 4 群に分け，その頻出語の出現傾向を調べた．KHCoder の分析結果，4 群ごとの頻出語は下記図表の通りである．









4 群の頻出上位語を見ると，1)質疑応答あり職員研修がもっとも情動に関わる語彙が多い傾向が読み取れ，他の 2)質疑応答あり一般研修，3)質疑応答なし職員研修，4)質疑応答なし一般研修の 3 つの群とは異なる傾向があることが推察された．また，情動系語彙の特徴だけでなく，頻出語に表れる一般名詞の語彙に着目しても，今回の研修の目的の一つである知識系語彙の電力/電気/原発の語彙も他の 3 群に比べ，比較的下位において出現することがわかる．

これは 1)質疑応答あり職員研修が，質疑応答があることにより，参加者間で感情の交歓がなされた可能性が高いと推察され，このことは満足度分析の結

果と同傾向にあると推察することができる．

5.2 質疑応答の行為連鎖分析

前節の分析から，質疑応答の有無が「満足度」に少なからず影響を与えている可能性が示唆された．そこで本節では，「満足度」の高い研修回で，具体的にどのような質疑応答が行われていたのかを分析する．

以下詳しく見ていく前に，質疑にかかる全体的な特徴について雑駁に述べておく．本発表で扱う事例には，一見すると受講者の質問と講師の回答がうまくかみ合っていないように見えるものがある．ある意味では「答えになっていない」といえるような場合すらある．しかしながら，そういった不十分な回答が見られた回であっても，5.1 で述べたように受講者の満足度は有意に高い．そして数値の高低だけでなく，そのかみ合っていないように思える回答を「すごくよくわかりました」と受け止めている．このような受講者の評価は，いかにして構成されているのだろうか．

本発表で注目するのは，受講者からの質問に対する講師からの応答への，講師自身による言及である．そのなかでも，応答が受講者の疑問に対する適切な回答になっていない可能性を示唆する言及を扱う．言及の仕方は様々なものがあるが．分析の手がかりとして，本発表では，発言の形式に着目する．具体的にはこの言及を「答えになるかどうかわかりませんが」型と，「お答えになっていますでしょうか」型という 2 つのタイプに分けて検討を進める．講師自身の応答への言及は，「お答えになっていますでしょうか」などが典型的な発言形式である．これらはいずれも，自身が産出した応答の前後，比較的近い位置で産出される．本発表では，さらに詳しく，発言が産出される行為連鎖上の位置，行為のタイプなどを，相互行為がなされるコンテクストをふまえながら分析する．

5.2.1 回答内容の適切性への前からの言及

まず質問に対する回答が，適切かどうかがわからないことが，回答に先立ってあらかじめ講師から言及される場合を見ていこう．

事例 1)「答えになるかどうかわからない」

49 T いろいろなことがよくなったりとか
50 しないかな:: と思ってちょっと
51 → きいていました．いかがでしょうか．
52 (1.0)
53 Y ゜あの 財団がありますよね あの
54 A さんたちがやってる゜
55 C ゜あ:そうですね゜
56 というよりも もうものすごい良い質問
57 ぶつけてもらって い-
58 → もう- もう 予告編 流しましょうよ
(中略)
69 Y あの:: はい じゃちょっとすいません
70 → 答えになるかどうかわかりません゜が゜
71 予告編を見ていただきたいんですが
(中略)(この後に予告動画が再生される)
98 → Y 答えになってませんが
99 すいませんそんな感じです
100 T はいありがとうございま::す

該当箇所では受講者である T が，49-51 行目で質問をしている(実際には 49 行目よりも前にかなり長い時間を使って質問内容を説明しているが割愛する)．この質問は当然講師である C と Y に宛てられたものである．53 行目では Y が回答になりうる内容について C に確認を求めており，55 行目では C が確認を与えている．ただこの後で起きていることは 55 行目までのやりとりから予測されるものとは若干ことなっていると思われる．というのも，C は確認を与えたはずの内容を自分で話すのではなく，「予告編流しましょうよ」と Y によびかける．ここで予告編とは，研修提供企業が企画している研修の別バージョンの予告動画のことを指している．つまり，C は予告動画を流すことが，T からの質問への回答になるという主張をしているように聞くことができる．

他方，Y は予告編が「答えになるかどうかわか」らないが，質問者に与えるべき情報だと理解しているように見える．というのも，紙幅の関係上割愛したが，58 行目と 69 行目の間にある(中略)箇所では，Y によってこれから流される予告動画の概要が伝えられる一方，この動画によって与えられる情報は「質問への回答」よりも情報量が多いことが説明されているためである．事実，予告編の再生が終わったあと，98 行目では Y は「答えになってませんがすいません」と述べ，予告動画が直接答えになっていないことを認めているように見える．

しかし，回答が行われるべき相互行為上の位置で行われた予告動画の解説と再生は，100 行目で T によって「はいありがとうございま::す」と受け止められるのである．

5.2.2 回答内容の適切性に後ろからの言及する

以下 2 つの事例は，受講者が質問し，講師が応答した後に，続けて講師が「お答えになってますでしょうか」あるいは「お答えになっていましたでしょうか」と質問しているものである．

まず事例 2 では，02 行目まで講師が受講者からなされた経営状態についての質問に応答している．続いて司会が 04 行目で受け止めた後，05 行目で「お答えになってますでしょうか」と質問している．

事例 2)「お答えになってますでしょうか」

01 C (前略) という事業体質であることは
02 確かです
03 (3.4)
04 A はい
05 → C お答えになってますでしょうか
06 (2.0)
07 M わかりましたありがとうございます.

この回答は，04 行目でいったん司会によって受け止められているように見えるが，質問者本人からの受け止めが表明される前に，C が「お答えになっていますでしょうか」と述べている．

また以下の事例でも，Y と C が 36 行目までで応答の順番を確認した後，C が回答を始める．最終的には 36 行目までに予定された順番の通りに，Y が回答をしてから 60-61 行目のように，「お答えになっていましたでしょうか」と述べている．

事例 3「お答えになっていましたでしょうか」

30 Y はい それでは前半ちょっと (.)
31 Y さんのほうから回答いただいて
32 C はい
33 Y ちょっとあの: 補助金の話もさし-
34 後ほど僕のほうからし [ます
35 C [あ:: わかり
36 ました
(中略)
60 → Y え::と お答えになっていました
61 → でしょうかよろしくおねがいします
62 (3.0)
63 F あ [古川です=
64 A [はい ありがとうございます>はい<
65 (0.2)
66 → F あ (0.4) はい あの: え::と::
67 → >よくわかりました<

事例 1 から 3 を見ると，単に発言の形式が異なる以上に，行われている行為がまったく違っていることがわかる．すなわち，参加者の質問に対して講師が応答するだけであるならば，回答が終わったあとは参加者からのさらなる応答（講師の応答への評価など）が起きても全く不思議ではない．もちろんそういった参加者からのさらなる応答の産出には，ことさら強い期待があるわけではなく，産出されない場合もありうる．つまり，どのような反応をすることも可能な，制約のない位置なのだといえるだろう．そういった位置で講師が質問者に「お答えになっていますでしょうか」と質問することは，自身の回答に対する質問者からの反応を要求することとなる．つまり，後続の順番で，参加者から自身の応答に対する評価を強く期待するのである．また，Yes/No で答える極性質問は，一般的に Yes の応答が優先されるという質問の性質があり，Yes で答えうること，すなわち「自身の応答が答えになっていること」への想定が反映されている．もちろんこのような想定があるからといって，この想定に反する反応，つまり答えになっていないという参加者からの反応が排除されるわけではない．答えになっているかどうかをそもそも尋ねることに，講師の回答の適切さについての判断を参加者に委ねようという姿勢が反映されているからだ．

6. 現時点での考察

ここまでに述べてきたように，質疑応答がある研修会においては，受講生の満足度が高い傾向が見られたわけだが，満足度の高い当の研修において行われていたやりとりには，一見ズレているように見えるやりとりがしばしば観察されている．またズレているだけではなく，受講者からの質問に対する講師の回答の適切さをあえて評価させるような極性質問が用いられる場合もあるなど，けして穏やかなだけの質疑応答が行われているわけではなかった．

そういった状況であっても満足度が高いとするならば，これは先行研究において，例えば大学生の学習満足度に教員とのコミュニケーションという要因が関係する（見舘ら 2008）と指摘されているように，受講者-講師間での発言の交換自体に意味があるという可能性が本研究でも現れていることと示唆される．

また，意図的かどうかに関わらず，質問に対する回答内の情報が不十分であるために，その情報を元に質問者が自身で納得いく回答にたどり着くという段階的な回答への接近が，自己効力感を高め，それが質問者の満足感に繋がっているという可能性も考えられる．

文献

[1] John M. Keller (2009) “Motivation Design for Learning and Performance” 鈴木克彦監訳（2010）“学習意欲をデザインする”
[2] 菊地浩平, 七田麻美子, 須永将史（2022）“オンライン活動で立ち現れる「物足りなさ」と「本拠としての現地」:企業研修における DX 事例の研究”,認知科学, Vol. 29, No. 2, pp.243-255.
[3] 中原淳, 関根雅泰, 島村公俊, 林博之（2022） “研修開発入門 「研修評価」の教科書 「数字」と「物語」で経営・現場を変える”
[4] 見舘好隆, 永井正洋, 北澤武, 上野淳（2008）“大学生の学習意欲,大学生活の満足度を規定する要因について”,日本教育工学会論文誌,Vol. 32, No. 2, pp.189-196

バランスゲームによる運動協調能力学習について
○Differences of Motion Coordination Ability in the Balance Game

瀬田　稀介†，大本　義正†
Maresuke Seta , Yoshimasa Ohmoto
†静岡大学
Shizuoka University
seta.maresuke.19@shizuoka.ac.jp
Ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp

・概要
自閉スペクトラム症スクリーニングの診断補助を図るべく、機械による協調運動能力の分析を実現するため、判断基準の客観化・定量化を目指した実験を行った。方法として実験参加者にバランスゲームを行ってもらい、スコアと協調運動の因果性パターンを分析した。結果として、高スコアと低スコアの運動協調パターンに大きな差が見られ、自閉スペクトラム症スクリーニングを行う際、今回の手法を利用した新たな評価枠組みを構築できる可能性が確認された。
キーワード：運動，バランス

1.はじめに
2013年のアメリカ精神医学会(APA)の発表によって、発達障害児の診断基準が変更された。この変更の重要な点は、従来の自閉症診断は自閉症かどうかの線引きであった事に対して、スペクトラムという連続値で自閉症を捉えるようになった点である。近年は世界的に発達障害児に対する関心が高まってきており、刺激の感じ方の特徴や運動のぎこちなさなど、日常生活の中での刺激に関する研究が進んできている。実社会では世界各地で診断や相談に訪れるケースが増加し、我が子を診断したいと考える親は増えてきている。しかし、被診断者を発達障害と診断できる医師や医療機関は限られている。そのため、診断の予約が取り辛い場合や、診断待ちが発生しているなど、実際に診断を受けるに至るまで多くの時間がかかってしまう現状がある。これは診断の基準が定量的でなく定性的であり、診断が確定するまで何度も診察しなければいけない事などが原因と考えられる。こういった現状から、被診断者が不自由なく診断してもらうためには、医療現場としての仕組み改善は必須であり、我々は機械による診断補助を目指して、検討を行った。

実際に世界各地では、診断希望者の全員が医師の診断を受けるのではなく、診断に至る前に発達障害児の疑いの有無を判断(以下、スクリーニングと呼ぶ)する仕組みを利用している。この仕組みによって、疑いが有る子を優先的に診断する事ができ、また疑いのない子は診断待ちから除外する事ができ、医療現場・家庭共に負担が軽減できると考えられている。しかし、スクリーニングに関しても問題は存在している。実際に、数多くのスクリーニング項目の感度や精度などの先行研究は挙げられているものの、スクリーニング診断を人手で行っている以上、慎重性を満たすために診断の回転数は落ち、医療現場・家庭共に負担がかかってしまう。また、人員が必要になるため、自閉スペクトラム症診断だけではなく、スクリーニングに関しても効率化を目指すべきである。そこで今研究では、スクリーニングにおいて機械による診断補助を目指すべく、機械が自動的にスクリーニング項目の評価を行うため、判断基準の定量化を目指した実験を行った。

2.関連研究
2.1 効果的なスクリーニング項目
これまでの先行研究から、自閉スペクトラム症スクリーニングについて、有効なスクリーニング項目は多く判明している。Oner らによる先行研究[1]では、共同注意やアイコンタクトが有効な項目であると挙げられている。また、柴崎らの先行研究[2]によると、5 歳児健康診断においては、自分の左右が分からない事や数や文字の学習が苦手である等の項目が挙げられている。しかし、García-Primo らの先行研究 [3]によると、様々なスクリーニング手段は、異なる環境において特定の要因によって異なるパフォーマンスを示す可能性があるため、スクリーニング方法の妥当性についての総合的な理解は内的妥当性のレベルだけでは不十分であると述べている。つまり、地域や年齢など様々な要因が絡み合っているため、新しくスクリーニング項目を採用する際は、

十分な妥当性や慎重な議論が必要である。こういった状況の中、Geschwind らによって自閉スペクトラム症者の約 9 割以上が感覚処理障害をもつと報告されている[4]。また別の要素として、発達性協調運動障害は、自閉スペクトラム症者の約 8 割で現れる報告もあり[5]、これらの項目に着目したスクリーニングは、効果的である可能性が非常に高い。

2.2 今研究の立ち位置

上述した関連研究のように、現在の医療現場ではスクリーニングに関して診断基準や採点方法が一様に定まっておらず、診断者個人の技能によるところが大きい。今回の研究は共同研究プロジェクトの一環として、長崎県佐々町の 5 歳児健診版のスクリーニング項目を参照した。以下に、参照したスクリーニング項目を示す。

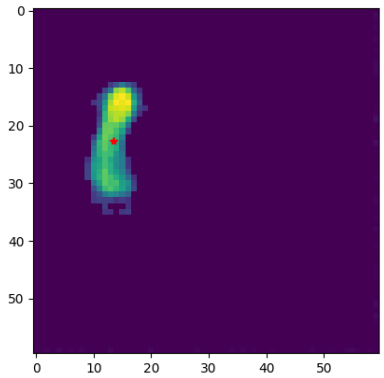
【表 1】長崎県佐々町のスクリーニング項目

検査項目	目的
1.積み木構成	機能理解
2.人物画描画	周辺的興味
3.三角形描画	手指の協調運動能力
4.片足立ち	全身の協調運動能力
5.構音反復	言語理解
6.指示の理解	働きかけの反応

上の表で挙げられているように、スクリーニング項目の中には、積み木構成や三角形描画などが存在し、我々はその中でも片足立ちに挙げられる全身の協調運動能力の診断に着目した。協調運動能力とは、一つの動作に対して必要な体の部位や筋肉を協調して動かす能力であり、体のバランスや姿勢を保つ事に必要な能力である。前セクションでは、発達性協調運動障害と自閉スペクトラム症の関係について述べており、スクリーニング項目として協調運動能力に着目する妥当性は確かである。また、前セクションで述べたように、我々は機械による医療現場の診断補助を目指しているため、機械がどのようにして協調運動能力を把握するのかを検討する必要がある。今論文のような、機械による医療現場への介入に関した先行研究は多く報告されている。例えば Raj による先行研究[6]では、機械学習による分類問題として自閉スペクトラム症の分類を行い、その精度を発表している。しかし、この研究はアンケートの回答に基づく観察項目による分類であり、協調運動能力を始めとする能力を直接的に観察したデータに基づくものではない。そのため、我々が想定している機械による診断補助を行うためには、直接的に取得したデータに基づく客観的・定量的な判断基準が必要である。そこで今研究では、協調運動能力診断の補助を効果的に行うため、協調運動能力における優劣の客観的・定量的な判断基準の構築を目指した実験を行った。

3.方法

私達は生活している中で、バランス能力という言葉をよく耳にする。バランス能力とは、静止姿勢または動的動作中の姿勢を任意の状態に保つ、また不安定な姿勢からの回復や特定姿勢へ移行する能力を意味する。すなわちバランスとは、協調運動による結果やその能力を示していると考える事ができる。そこで我々は、全身の協調運動能力を診断する際、バランスに注目する事にした。バランスという観点として、実際のスクリーニング項目である片足立ちでは、以下のような圧力データが得られている。



【図 1】片足立ちの圧力図

図 1 をみて分かるように、足の形は縦長の楕円形に近似でき、縦と横のバランスの協調を比較した際、横のバランス協調の方が全体のバランスに影響を与える可能性が高いと我々は考えた。そこでバランスの評価を行う際、横方向のバランスに焦点を当てた。そして以下の 2 点に注意して、実験を行った。

1 つ目は、特定の能力を評価する際の比較対象である。実験としてバランス能力に長けている人とそうでない人を比較し、その差異を見る必要がある。しかし、上記で述べたバランスという定義では、測定方法や判断基準の違いで評価が変化してしまう可能性がある。Audiffren の先行研究[7]では、実験参加者の重心座標の移動から、バランスの評価を行っている。しかし、一般的にバランスを機械が評価する尺度は多様であるが、

その妥当性を満たす事は難しいと述べている。そのため我々は機械側、人間側共に直観的に把握しやすい尺度を検討した。そこで今回の論文では、バランスを全身の協調運動によって起きた身体の動きの結果であると捉え直し、身体の動きの因果性に基づいて評価を行う事にした。因果性とは、事象間における原因と結果の結びつきを示し、身体運動の因果性は身体の連動性に結び付くと考えることができる。ここで言う連動性とは、特定部位の運動の影響によって、別の部位が動いたと捉える事を意味する。その事から協調運動を行っている際、バランスに長けている人とそうでない人の間には、連動性による差が発生していると仮定した。そうして発生した差を動きの因果性による差として捉え、因果性を満たす動作の出現パターンがバランス能力の優劣を分離する指標になり得るのではないかと考えた。因果性の具体的な把握手法として、バランス評価診断を行っている際、特定身体部位の角度変化に着目し、統計的・数学的な手法をもって特定の角度変化が別の角度変化に対して因果性を持っているか算出する方法を行った。こうして得た因果性に基づく動作のパターン群が、バランス能力の優劣を分離する客観的・定量的な評価基準になりえるのではないかと考えた。

2 つ目の問題点は、実験で行うバランス評価の題材である。今回の実験は目的上、自閉スペクトラム症の方々に実験参加者になってもらうのが理想である。しかし、実際に多くの自閉スペクトラム症の方々を集めるのは現実的ではないため、健常者の方々が実験の対象となる。しかし、我々は学校の体育など生活している中でバランス能力はみんな均等でないことは、実感済みである。この事から、健常者の方々を実験対象としてバランス評価を行っても、バランス能力の優劣の原因となる要素を把握することができ、それを自閉スペクトラム症スクリーニングに適応できると考えた。しかし、実際のスクリーニング項目である片足立ちは、走るや跳ぶなどの動作より比較的シンプルである。そのため、若年層でもバランス能力の優劣が明示的に把握でき、かつ片足立ちのように移動せずにその場で留まる条件で評価できる題材を検討した。そこで今回は、横方向のバランスを重要な要因とするバランスゲームを実験参加者に行わせた。一般的に、バランスゲームの試行者は、ゲームの試行回数が増えるに従って、協調運動能力を習熟していく。そのため、協調運動能力の習熟による影響で運動の協調方法に変化が生じ、スコアやプレイ時間を基準として協調運動の優劣を試行毎にグループ分けすることができる。そして、その両グループ間に現れる差となる要因を分析する事で、客観的・定量的な判断基準に成り得る要素を抽出する事ができるのではないかと考えた。

以上の理由により、今回の論文ではバランスゲームによる実験を行い、因果性に基づく身体の連動性を追う事が、協調運動を評価するための客観的・定量的な評価基準になりえるかを検証した。

4.実験

4.1 実験概要

前セクションで述べたように、今実験の目標は協調運動能力診断の補助を効果的に行うため、バランス能力の優劣から現れる差の要因を抽出することである。そのために今回は実験参加者にバランスゲームを行わせ、バランスゲームで優秀な結果を残したグループと、そうでないグループを試行単位で分類した。分けた両グループにおいて、バランスゲーム試行中に撮影していた動画から、各関節点の座標データを入手し、特定の身体部位から角度を算出した。そして算出した角度の時系列変化の因果性が有意となるパターンに対して分析を行った。分析した観点として、シーケンスの長さ・支持度・発生倍率の 3 点が挙げられ、それぞれの観点からバランスゲームにおける協調運動能力の優劣で現れる状態の傾向や、差の要因を抽出した。

4.2 実験内容

今論文の実験では、14 人の実験参加者(男性 12 名、女性 2 名、年齢:M=20.85、SD=0.64)に、任天堂株式会社が 2013 年に発売した WiiFitU に含まれているバランススキーと呼ばれるバランスゲームを 15 回プレイしてもらい、その様子を動画で撮影した。以下にバランススキーのゲーム画面を示す。

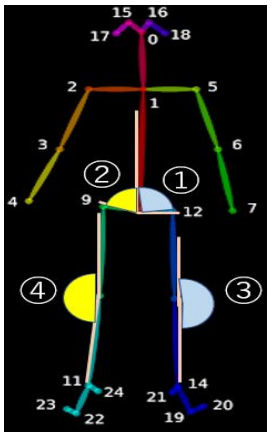
【図 2】バランススキー中の画面

図 2 の右上の四角形と丸は Wii ボード上で計測さ

れている重心とその場所を表している。このように、バランススキーは上下方向に重心を移動する事でスコアの高得点を目指すゲームである。スコアはゴールに辿り着くまでの時間で決まるが、その道中にあるフラッグ間を通過しなければ多くのペナルティが課せられる。そのため、特に横方向の重心移動が高スコアを取る上で重要な要因となっている。

分析の比較対象として、今回はバランスゲーム 1 回毎のプレイ時間で、以下の 2 つのグループに分類した。
①プレイ時間が短い High。但し、High グループの方が協調運動性に優れているとする。
②プレイ時間が長い Low。

プレイデータは 14×15 で 210 データ取得したため、High と Low それぞれに 72 データ(約三等分した際の上と下)ずつ振り分けた。そして撮影した動画を、Openpose と呼ばれる深層学習を活用した姿勢推定ツールに解析させた。姿勢推定ツールとは、静止画から人間の関節点を学習し、システム内に知識として蓄積する事で、動画などからリアルタイムに関節点を結んだ人間の姿勢として検出する事ができるシステムである。今回利用した Openpose は、鼻や腰、左右の足首などを代表とする計 24 か所の関節点を検出してくれるモデルとなっており、我々は 24 か所の中から任意の 3 点を選び、角度を算出する事ができる。今回のバランススキーは、あくまで片足立ちの動作モデルとして扱っている。片足立ちは、全身のバランスが崩れようとする際、上半身をひねる動作を行う事が多く、またそれに連動して下半身も動く事が多いと我々は考えた。こういった考察の元、動画内での各実験参加者の各関節の 2 次元座標データから、以下 4 つの角度を計算した。



①首・腰・左尻からできる角度
②首・腰・右尻からできる角度
③左尻・左膝・左足首からできる角度
④右尻・右膝・右足首からできる角度

【図 3】Openpose による座標と角度

そして各角度データ群を時系列データとして捉え(実験環境上 1 秒=約 33 フレーム)、全体の時間窓を 2 秒、ずらす時間窓を 1 秒とし、各角度変化のグレンジャー因果性を計算した。グレンジャー因果性とは、時間に応じて変化する A の値を予測する際に、A の過去の値だけではなく、B の過去の値も利用した方が良い予測ができる指標である。因果性の方向性は、上記で挙げられた 4 つの角度に対して 2 変数だけに着目し、その総パターンで全ての方向を網羅した。例えば、角度 1→角度 2 という因果性と、角度 2→角度 1 を別々として捉え、全 12 パターンの方向性を分析対象とした。そして今実験では、因果性が有意($p<0.05$)となる発生パターンを抽出する事で、協調運動を行う際の身体の各部位における連動性を追い、協調運動の順序や方向性を把握した。こうして得たパターン群が、今実験の目的であるバランスの習熟度の違いから現れる差の要因であると考えられるため、シーケンシャルパターンマイニングを利用する事で、パターンの組み合わせに対して細かい分析を行った。

以上の手順を行う事により、協調運動能力を学習する過程の分析を行った。

4.3 分析

前セクションで述べたように、グレンジャー因果性が有意となるパターンに、バランスゲームを通じて習熟した協調運動能力の差異が現れているはずである。そこで今分析では、シーケンシャルパターンマイニングを利用して、因果性が有意なパターン群に対して以下の 3 つの観点で分析した。

①シーケンスの長さ

この分析項目は、着目する時間窓の長さを表す。この値が大きくなるにつれて一度に見る分析範囲が多くなることを表し、発生するパターンの組み合わせは指数関数的に多くなる事を意味する。

②パターンの支持度

この分析項目は、全体における特定の組み合わせの出現率を表す。この値が大きくなるほど注目しているパターンが頻繁に発生している事を意味する。

③パターンの発生倍率

この分析項目は、ある条件下で特定のパターンが発生する倍率を表す。この項目は、値が大きくなるほどパターン同士の同時発生率が大きい事を意味する。今回は、発生倍率が 1 より大きいパターンが全体でどれくらい占めているのかの割合を算出した。1 より大きいという事は、例えば A→B というパターンにおいて、パターン A が単体で発生するより、パターンAとパターンBが同時に発生する確率が高い事を意味する。

上記の方向性を基に、以下に分析結果を示す。

【表 2】High グループのパターン数(個)

High	3	4	5	6
0.25	361	2080	7074	15492
0.3	142	633	1819	3317
0.45	20	46	84	93
0.6	4	5	6	6

【表 3】Low グループのパターン数(個)

Low	3	4	5	6
0.25	728	10303	72761	298856
0.3	383	3690	19873	66099
0.45	91	333	872	1773
0.6	39	54	96	149

【表 4】High グループのリフト数(%)

High	3	4	5	6
0.25	87	88	89	89
0.3	94	91	93	92
0.45	85	91	90	87
0.6	100	100	100	100

【表 5】Low グループのリフト数(%)

Low	3	4	5	6
0.25	47	36	31	28
0.3	41	32	28	25
0.45	29	24	26	29
0.6	10	11	27	30

表 1~表 4 の見方を説明する。1 行目の 1 列目は、表自体が High グループと Low グループのどちらのデータなのかを示している。次にグループ名を除く 1 行目の数字は、シーケンスの長さを表す。シーケンスの長さが 3 であった場合、着目するシーケンス(時間窓)の長さが 1~3 の場合のパターン数を表している。最後にグループ名を除く、1 列目の数字は支持度を表している。支持度が 0.25 であった場合、全体における 25%以上の割合で出現するパターン数を表している。この事から、表 1 の 2 行目 2 列目である 361 という数字は、シーケンスの長さが 1~3 に限定した時の全体に対して 25%以上の発生率を示すパターン数を表している。これを踏まえて、分析結果を次のセクションで細かく見て行く。

4.4 シーケンスの長さ

このセクションでは、表 1 と表 2 を参照する。初めにシーケンスに着目すると、High グループと Low グループ共にシーケンスの長さが大きくなるにつれて、パターン数も大きくなった。特に、両グループの 2 行目 4 列目と 5 列目に挙げられるように、High グループと比べ、Low グループは著しくパターン数が大きくなる事が確認できた。また、支持度が大きくなるに従って、シーケンスの長さに伴うパターン数の増加の影響が鈍化していく事も確認できた。この影響は High グループの高支持度で顕著にみられ、表 1 の 5 行目に関してはパターン数が横ばいする結果も見られた。この事からバランスゲームに長けている人は、そうではない人に比べて動きのパターン数が少なく、ゲーム中の動きが特定のパターンで構成されていることが確認できた。

4.5 パターンの支持度

このセクションでも、表 1 と表 2 を参照する。次にパターンの支持度に着目すると、両グループの 2 行目 2 列目と 3 行目 2 列目に挙げられるように、約半分減少している。同様に、両グループの支持度による変化を比較しても両グループ共に支持度の値が大きくなるにつれて、同程度パターン数が減少した。この事から、バランスゲームに長けている人とそうでない人との間に、頻出パターンの分布における差はないことが確認された。

4.6 パターンの発生倍率

このセクションでは、表 3 と表 4 を参照する。最後にパターンの発生倍率に着目すると、High グループの全ての結果において 85%のパターンが 1 より大きい値を取ったのに対し、Low グループでは多くても 40%程度という結果を得た。この事から、バランスゲームに長けている人は各部位の連動性に富んでおり、特定の部位が動けば連動して別の部位が動くように、体全体が協調的に動いていることが分かる。それに対しバランスゲームに長けていない人は、各部位の連動性に乏

しく、体全体の協調ではなく各部位が独立した運動を行っていることが確認できた。また、High グループの高支持度においては、全てのパターンの発生倍率が 1 より大きくなっていた。この事から特に頻繁に発生するパターンは、連動性に富んでいる動きである事が分かり、バランスゲームに長けている人は特定の動きを軸として、バランスゲームを行っていた事が確認できた。

5.考察

上記の分析結果をまとめると、High グループは Low グループに比べ、因果性に富む動きのパターンが少ないが、抽出されたパターンの多くが発生倍率で高い数値を出していた。一方で Low グループは、因果性に富む動きのパターン数は多いが、抽出されたパターンの多くが発生倍率で低い数値を出していた。上記のまとめを受け考察すると、バランスゲームに長けている人は、因果性に基づく動きのパターンが少なく、またそれらが非常に連動性に富んでいる。この事から、バランスゲーム試行中は、無駄な動きが少なく軸となる特定の動作を基に、必要に応じてスムーズな重心移動を行っていた事が示唆された。対してバランスゲームに長けていない人は、因果性に基づく動きのパターンが多く、またそれらが連動性に富んでいない。この事から、バランスゲーム試行中は、軸となる特定の動作がないため、動作が不規則で全体的に落ち着きが無い状態であったという事が示唆された。上記の考察をまとめると、バランスゲームに長けている人とそうでない人を比較した際に、因果性に基づくパターンから見た協調運動方法に明らかな差が確認できた。この事から、因果性を満たす動作の出現パターンで協調運動能力の優劣を見出す事が成功できたと言え、前セクションで立てた仮説の検証は立証されたと考える。また、今回の実験はバランスゲームにおける協調パターンでの優劣の分離を行ったが、この手法が自閉スペクトラム症スクリーニングに適応できる可能性も示唆された。High グループから確認できるように、協調運動が習熟してしまうと協調パターンの硬直が起こる。一方で、協調運動が習熟していない場合、試行錯誤で運動を協調するため自然的にパターン数は多くなる。自閉スペクトラム症は、この協調パターンが少ないという報告があり、これは今実験の High グループと対応付ける事ができる。このバランスゲームによる実験では、High グループに属するデータ群は、度重なる試行の末の結果であり、習熟度が高い事を意味する。一方で片足立ちスクリーニングにおいては、習熟度が高い方が珍しく、健常者は Low グループのように試行錯誤の末、協調パターンが多くなる可能性がある。この着目点から、今実験手法が、自閉スペクトラム症スクリーニングに適応できるのではないかと考えた。

6.結論

今論文の実験によって、スクリーニングとして片足立ちで協調運動能力を評価する際、グレンジャー因果が有意なパターンの種類や数の大小に着目するという、新たな評価枠組みを構築できる可能性が確認された。しかし今回の実験の場合、Wii ボード上での環境という事もあり、両足が地面についている状態での分析であった。前セクションで参照した、長崎県版スクリーニング項目は片足立ちであるため、今論文で得た知見が、そのまま適応できるかは懐疑的である。そのため今後は片足立ちの状態でのデータを収集し、分析する事が必須となってくると考えている。

・参考文献

[1] Oner, P., Oner, O., & Munir, K. (2014). Three-item Direct Observation Screen (TIDOS) for autism spectrum disorder. *Autism*, *18*(6), 733-742.

[2] 柴崎三郎, & 松原奎一. (2009). 5 歳児健康診査での軽度発達障害に関する問診項目の判別分析的検討. 小児保健研究, *68*(1), 19-27.

[3] García-Primo, P., Hellendoorn, A., Charman, T., Roeyers, H., Dereu, M., Roge, B., ... & Canal-Bedia, R. (2014). Screening for autism spectrum disorders: state of the art in Europe. *European child & adolescent psychiatry*, *23*(11), 1005-1021.

[4] Geschwind, D. H. (2009). Advances in autism. *Annual review of medicine*, *60*, 367.

[5] Umesawa, Y., Matsushima, K., Atsumi, T., Kato, T., Fukatsu, R., Wada, M., & Ide, M. (2020). Altered GABA concentration in brain motor area is associated with the severity of motor disabilities in individuals with autism spectrum disorder. *Journal of autism and*

developmental disorders, *50*(8), 2710-2722.

[6] Raj, S., & Masood, S. (2020). Analysis and detection of autism spectrum disorder using machine learning techniques. *Procedia Computer Science*, *167*, 994-1004.

[7] Audiffren, J., Bargiotas, I., Vayatis, N., Vidal, P. P., & Ricard, D. (2016). A non linear scoring approach for evaluating balance: classification of elderly as fallers and non-fallers. *PLoS one*, *11*(12), e0167456.

3D-AGI: ACT-Rを用いた3次元空間における課題のモデリング環境
3D-AGI: Modeling environment for ACT-R interacting with tasks in 3D space

松室 美紀 †
Miki Matsumuro
† 立命館大学
Ritsumeikan University
matumuro@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では，ACT-R と Unity を接続することにより，3 次元空間における課題のシミュレーションを容易に実行できる 3D-AGI の開発を目指す．特に，様々な方向を向いて課題を遂行することを想定し，Unity から視野内の情報の送信，ACT-R からのモデルの状態やコマンドの送信を，短い周期で定期的にやり取りできる環境を構築した．この環境を用い，頭を動かさないとターゲットを見つけることのできない探索課題を ACT-R モデルに遂行させた．

キーワード：ACT-R, Unity, 3 次元空間課題，眼球運動

1. はじめに

User Interface (UI) の開発はプロトタイプの作成，評価，改良を繰り返すことにより行われる．しかし，特に人間のユーザを用いた評価は，時間や費用のコストがかかり，評価を繰り返すためには多大な労力が必要となる．そこで，認知モデルを用いたシミュレーションを評価に取り入れることにより，統制されたユーザ，環境下でのテストを容易に行うことが可能となる．さらに，このような認知モデルの構築により，機器使用中のユーザの認知プロセスを明らかにし，それに基づき，ユーザの使用しやすい UI，機器のデザインを行うことができる．例えば，UI における色や形などの注意誘導 [1] やボタンの位置の学習とラベルの関係性 [2] のシミュレーションがなされている．

認知モデリングに使われる認知アーキテクチャの一種である ACT-R[3] は多数のユーザが所属するコミュニティが形成されており，HCI を含む多くの分野で活用されている．ACT-R は，複数のモジュールからなり，人間の目にあたる vision module を通し外界 (課題) から情報を取得し，手にあたる motor module を通して外界に操作を加えることができる[1]．さらに，容易にシミュレーションを実施できるよう，モデルが相互作用する課題を作成するための ACT-R GUI Interface (AGI) が用意されている．しかし，AGI は主にモニタを用いた課題を想定しており，2 次元の課題環境にしか対応していない．そのため，大きな装置の操作や複数の装置を並行して操作するシーンにおける認知プロセスのシミュレーションには利用できない．そのようなシーンでは，ユーザは観察する方向を変えたり，移動したりして，目的の操作を行う必要がある．そこで，本研究では ACT-R モデルが 3 次元空間での課題と相互作用するシミュレーションを実行しやすくする 3D-AGI の作成を目標とする．

より具体的には，著者の所属する研究室で開発されている，目とその周辺の動き（アイジェスチャ）を利用して入力を行う手法 [4] の評価を目標とする．近年は音声やジェスチャなどの様々な新しい入力手法が提案され，その精度の向上が目指されている [5]．その一方で，どのような時にどのような手法が適しているのかの検討は少ない．そこで，アイジェスチャを中心とした複数の入力方法に対し，課題の種類，特に複数の課題を行う際の各手法や手法の組み合わせの有用性を，ACT-R を用いて比較しようとした．しかし，異なる位置にある機器にアイジェスチャを用いて入力を行うために，観察する方向を変更しようとした際に上記の問題に直面した．まずは，この評価を行うことを目標に 3D-AGI の基礎を作成する．3 次元空間の課題の構築にはゲームエンジン Unity を用いる．

ACT-R と Unity を連携させた先行研究として，Smart et al. による研究がある [6]．彼らの研究では，TCP/IP 通信を用い，適宜情報をやりとりして

[1]詳細は http://act-r.psy.cmu.edu を参照．日本語版チュートリアルは http://www.ritsumei.ac.jp/~m-muro/actr.html を参照．

いた．本研究で構築する環境は，主に彼らの研究に基づいており，基本的には類似した構造を持っている．彼らとの違いとして，本研究での環境は，第一に，ACT-R のアップデートに合わせて，修正がなされている．第二に，眼球運動を入力に利用することを考慮し，短い周期で定期的に情報を送り合うために UDP 通信を用いている．第三に，モデル作成者により設定できる情報の自由度を高くしている．第四に，Smart et al. のモデルでは，Unity 環境のロボットは ACT-R からの指示に従い，ある程度自律的に動いていたが [6]，本研究では，あくまで ACT-R モデルの動きを反映させる対象とする．[2]

2. 3D-AGI

本研究で構築する，ACT-R のための 3 次元課題環境 (3D-AGI) は，プログラミングに詳しくなくても容易に使用，拡張できることを目指している．また，著者の目的として，眼球運動を用いた入力の評価を目指しているため，目の動き（注視点）を ACT-R と Unity で常に共有する必要がある．

2.1 開発・動作環境

Mac OS Monterey を用いて実装を行ない，CPU は，Intel Core M3 であった．使用している ACT-R のバージョンは，ACT-R 7 であった．ACT-R は基本的に Common Lisp 上で動き[3]，その処理系として Clozure Common lisp (CCL) を用いている[4]．3 次元空間での課題の作成には Unity 2020.3.3f1 を用いた．

両者の通信には，短い周期で定期的に情報，特に注視点の情報をやりとりするために UDP 通信を用いた．データのやり取りは JSON 形式でおこなった．通信の周期は任意で設定可能であり，現在は 0.05 秒ごとに，Unity をサーバ，ACT-R (Common Lisp) をクライアントとし，通信をおこなっている．時間的な同期を保つために，1 周期ごとに情報のやり取りが終わるまで，両者ともに課題の進行を停止する．ACT-R から情報が送信され，情報を受け取った Unity は ACT-R へと情報を送り返す．それぞれは受け取った情報を変換し，その内容に合わせて処理を行う．現在実装されている機能を以下に示す．

[2]ただし，いくつかの点は Smart et al. の環境を拡張することでも実行できる可能性があることはここに明記しておく．
[3]モデルの作成には Python も利用可能である．
[4]現時点で，CCL は Apple シリコン M1, M2 チップに対応していない．

```
{"modelPart":"head",
 "modelCmd":"rotate",
 "arg":{"rotateX":60.0,
        "rotateY":0.0,
        "duration":0.5}}
```

(a) 頭の回転

```
{"modelPart":"eye",
 "modelCmd":"position",
 "arg":{"screenX":0.6629139,
        "screenY":0.65567285}}
```

(b) 注視点の位置

図 1: ACT-R から Unity への情報例（JSON 形式）

2.2 実装機能

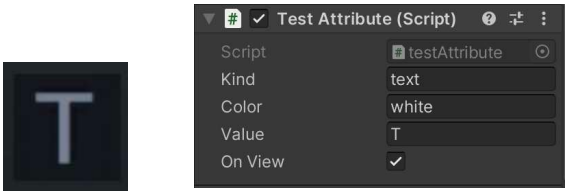
2.2.1 ACT-R から送られる情報

ACT-R (Common Lisp) からは，課題への入力を伝えるシステムコマンドとモデルの状態や振る舞いを伝えるモデルコマンドの 2 種類の情報を送信可能である．まず，システムコマンドは文字（列）であり，任意のタイミングで送信することができる．Unity は受信した文字（列）に対応する操作を実行する．現在は，“S” を受信した時に課題を開始し，“Q” を受信した時に課題を終了するように実装されている．

モデルコマンドはモデルの状態・振る舞いを伝える情報である．1 周期に 1 回送信され，複数のコマンドを同時に送信することが可能である．コマンドには，状態の伝えられる/コマンドを実行する体の部位，状態/コマンド，引数が含まれ，Unity は受信した内容に基づき，対応する部位の操作を行う．この際，モデルの振る舞いは全て ACT-R 側で計算，処理され，Unity 側にはモデルに対応するオブジェクトを動かすために必要な情報のみが送信される．つまり，Unity におけるモデルは，あくまで ACT-R モデルを具体化したものであり，ACT-R でのシミュレーションから独立して動くことは一切ない．現在は，頭の回転のコマンドと注視点の位置の状態の送信が実装されている．

頭の回転を伝える情報は図 1a の通りである．引数には左右方向への回転量，上下方向への回転量，回転にかかる時間が含まれている．Unity では，受け取った情報から 1 秒あたりの回転量を算出し，画面の更新時に，受け取った時間の間，等速で向きを変更する．頭の回転の情報はそれが生じた直後の通信で送られるため，最大で通信のサイクル 1 回分の遅延が生じる．この点については今後の改善が必要である．

注視点の位置を伝える情報は図 1a の通りである．引数には，2 次元座標 (x 座標と y 座標) を 0 から 1 に変換した値を含む．各通信のサイクルで，送信時の注視点の位置が自動的に算出され，送信される．受け取った情報に基づき，ゲーム画面上に注視点が表示される．



(a) ターゲット T (b) 付与された情報

図 2: ターゲット T への情報の付与

{"screenX":0.941473961,
"screenY":0.42950964,
"distance":0.617361844,
"kind":"text",
"color":"white",
"value":"T",
"height":0.152626842,
"width":0.0998}

(a) 視覚刺激の情報（JSON 形式）

Name	Att	Loc	WIDTH	HEIGHT	VALUE	KIND	COLOR	SIZE
⋮								
VISUAL-LOCATION10	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	150.82822	119.81207	"T"	TEXT	WHITE	8950.35

(b) 対応する visicon

図 3: Unity からの視覚刺激の情報と作成される visicon の例

モデルコマンドの，部位，状態（コマンド），引数の内容は変更可能であり，様々な任意のコマンドを送ることが可能である．ただし，Unity でコマンドを処理する関数や，引数を JSON 形式から変換するためのクラスを用意する必要がある．

2.2.2 Unity から送信される情報

現在は課題の視覚情報が各サイクルで送信される．ACT-R における視覚情報は visicon と呼ばれるモデルがアクセス可能な情報として保持されている．Visicon の作成に必要とされる情報は，位置，種類，色，値，幅，高さ，サイズであり，このうちサイズは幅と高さから自動的に算出される．

Unity におけるモデルの目にあたるカメラの範囲に存在するオブジェクトを検出し，それらの情報を送信する．種類，色，値は，目の位置による変化はないため，モデル作成者が課題作成時にオブジェクトにモデルが読み取る属性を付加する．用意された Script をオブジェクトにアタッチし，必要な情報を入力するだけである．図 2 は，視覚刺激への情報の付加の例を示す．位置，幅，高さは，目の位置が変わることにより変化するため，カメラの位置から画面の大きさに対する相対量として自動的に算出される．あるオブジェクトについて送信される情報は図 3a のようになる．

ACT-R (Common Lisp) は受け取った情報に基づき visicon を作成し，ACT-R の vision module に格納する．図 3a の情報例により作成された visicon は図 3b の通りである．なお，1 秒間の移動量が一定の視角度以下（変更可能なパラメータとする）である場合は同じ物体とみなす．複数の物体が同じ物体とみなされた場合は，前フレームでの位置と最も近いものを同じ物体とする．

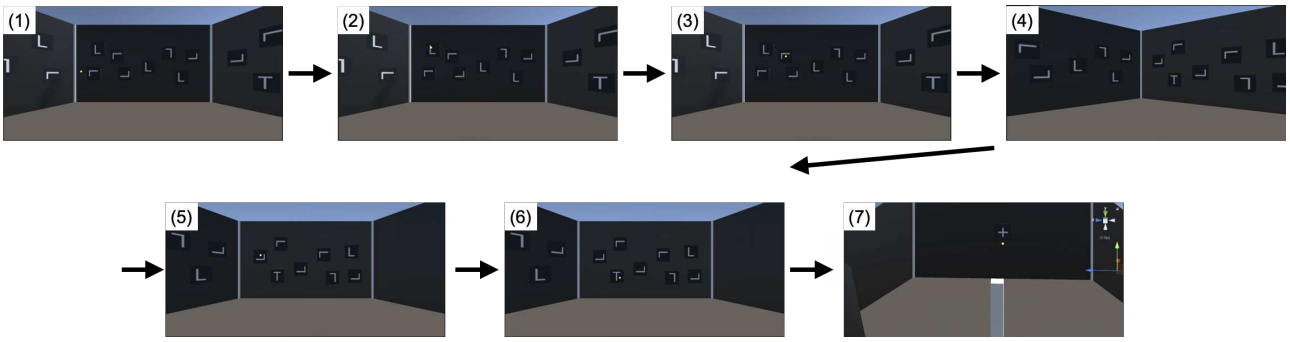
3. 動作例

Fang et al. [7] の研究に用いられた実験環境を Unity 内に再現し，ACT-R と接続しモデルに課題を実行させた．実験では，参加者は 6 台のディスプレイに囲まれ，ディストラクター L の中からターゲット T を探索した．今回は環境の構築に主軸を置いたため，以下の制限された環境にて，簡略化されたモデルを実行した．まず，正面のディスプレイとその右のディスプレイのみを用い，右のディスプレイにターゲットを配置する．モデルは正面のディスプレイから探索を開始し，全ての文字をチェックしたのち，頭を回し右のディスプレイの文字をチェックする．本来であれば，頭の動きをつかさどる head module を作成すべきであるが，簡略化のため，正面のディスプレイのチェック後に 0.5 秒で 60 度，頭を右へ回転させることとする．

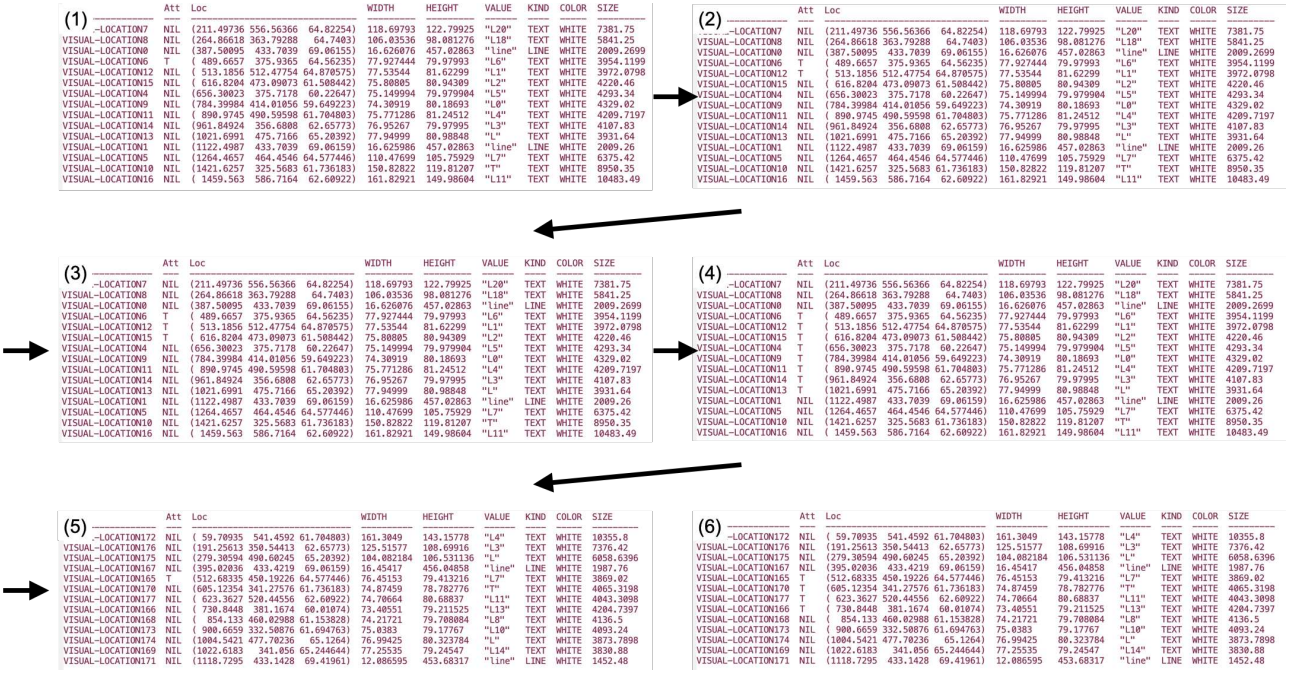
一連の流れを図 4 に示す．黄色い丸はモデルの注視点を示す．モデルは各ディスプレイの左端から文字をチェックするよう設定されているため，左から順に注視点が移動している (図 4a(1)-(3))．それに伴い，モデルの vision module の内容も更新され，注意を向けられた刺激（Att の値が T）が増えていくことがわかる (図 4b(1)-(3))．正面のディスプレイに提示されたすべての文字へ注意を向けたのち (図 4b(4))，ターゲットが見つからなかったため，右のディスプレイが見えるように頭を回転させている (図 4a(4))．そののち，同様に文字のチェックを繰り返し，ターゲットへ注意を向けると探索は終了となる (図 4a, 4b(5), (6))．ターゲットを見つけた時のルールが発火すると，Unity へとコマンド “Q” が送信され，課題が終了される (図 4a(7))．なお，発表時には課題遂行のデモを実施する予定である．

4. 今後の課題

ACT-R (Common Lisp) 側，Unity 側の実装ともに，いくつかの課題が残されている．ACT-R 側の最も大きな課題として，モデルの頭（の動き）をつかさどる



(a) 課題中の Unity 画面の遷移



(b) 課題中の visicon の遷移

図 4: 課題中のゲーム画面とモデルの visicon の流れ: (a) と (b) の図中の番号は対応しているが，(4) の visicon は頭の回転の直前のものである．

モジュールを作成する必要がある．この head module は，注意を移動させる対象の位置に基づき，vision module と共同して，適切に頭と眼球の動きを決定できるよう，関連する知見に基づき設定されるべきである．合わせて，刺激の位置の情報の表象をどのようにすべきか，という問題がある．これまで，視野内の 2 次元的情報（x 座標，y 座標）に基づき位置が表象化されていたが，3 次元空間に散らばる情報を見える範囲を変更させながら観察していく場合，視野における x 座標，y 座標だけでは，異なる対象が同一の位置にあるとされてしまう．しかしながら，我々は頭を動かした後に，視野内では同一の位置に物体があったとしても，3 次元空間内では異なる位置にある物体としてエンコードしている．そのため，位置情報の表象化については再考が必要である．例えば，頭の角度と一緒に表象化する，空間内の座標で表象化するなどの方法があるが，その場合もどこを中心にするか等の課題が残る．さらに，頭を動かさずとも目を動かすことで視野の変化が生じるため，現在の vision module を拡張し，そのような変化に対応させる必要がある．

また，Unity 側の実装にも改良は必要である．現在は頭の回転のみであるが，今後，歩行等の移動を実装した場合，前から観察していた対象に回り込み後ろから観察する，というように複数の側面の観察が可能となる．この時，対象が見る方向により異なる値を持つ場合，現在の情報の付与では値を 1 つしか与えられないため対応ができない．合わせて，リアルタイムでのシミュレーションにしか対応できていない点も問題

である．ACT-R は実時間とは異なる速さで高速のシミュレーションを行うことができる．このとき，実時間では通信が一定の周期で起こるとは限らない．そのため，Unity との時間の同期を正確に取るメカニズムが必要である．

5. まとめ

いくつかの問題は残るものの，本研究で構築した環境により，ACT-R と Unity の基本的な通信部分を実装することができた．また，やりとりする情報を簡単に拡張することができるように実装してあり，ACT-R を用いた，3 次元空間におけるシミュレーションを簡易に行うことが可能である．今後は，コードを公開し，多人数の利用を通した共同での改良も進めていく．

文献

[1] Kieras, D. E., & Hornof, A. J., (2014, April) “Towards accurate and practical predictive models of active-vision-based visual search”, In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 3875-3884).
[2] Ehret, B. D., (2002, April) “Learning where to look: Location learning in graphical user interfaces”, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 211-218).
[3] Anderson, J. R., (2009) “*How can the human mind occur in the physical universe?*” Oxford University Press.
[4] 夏目達也, 柴田史久, 木村朝子, (2021) “VR 空間操作コマンドとしてのアイジェスチャ UI 特性分析 (4) 並列型アイジェスチャの UI 特性分析 ” 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション *(HCI)*, pp. 1-8.
[5] Cheok, M. J., Omar, Z., & Jaward, M. H., (2019) “A review of hand gesture and sign language recognition techniques”, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, Vol. 10, No.1, pp. 131-153.
[6] Smart, P. R., Scutt, T., Sycara, K., & Shadbolt, N. R., (2016) “Integrating ACT-R cognitive models with the Unity game engine”, In *Integrating cognitive architectures into virtual character design* (pp. 35-64). IGI Global.
[7] Fang, Y., Nakashima, R., Matsumiya, K., Kuriki, I., & Shioiri, S., (2015) “Eye-head coordination for visual cognitive processing”, *PloS one*, Vol. 10, No. 3, e0121035.

可換図式で解釈する概念理解
Understanding Concept Building with Commutative Diagram

美馬 義亮
Yoshiaki Mima
公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
mima@fun.ac.jp

概要

数学学習のような抽象的な概念を学ぶとき，学習者は，教科書の記述を追い，演繹的な思考を繰り返して，思考モデルの運用能力を獲得することができる．このような方法で，学習者は個人の努力では難しい抽象的な思考様式を身につけることができる反面，概念獲得が不成功に終わる事例も多い．抽象的な概念の獲得を確実に行うことは，学習意欲にもかかわる．本報告では，抽象的な概念の学習で何が起こるのかについて，圏論で用いられる可換図式を用いながら考察をおこなう．

キーワード：概念, 学習, 抽象, 可換図式, ラディカル構成主義

1. はじめに

ヒトは生まれてからのち，自己の環境の中にある対象を認識し，言葉の運用の応力を獲得し，思考し，体験を言葉で表現できるようになるという認知的発達の過程を辿る．加えて，ヒトは自らの経験に基づく概念を獲得のみならず,（図式を含む）言語による記述を読み解き，文化の中に蓄積された抽象的概念を学びとることが可能となる．

たとえば，学校教育のなかでは，殆どの学習者が自然数の概念や自然数に関する基本的な演算を身につけている．反面，簡単に学び取ることが難しい抽象的概念も少なくはない．

1.1 抽象的概念の学習は難しい？

初歩的なプログラミング言語の学習の教育を行うとき，変数への代入や四則演算，条件式の記述は比較的短期間で扱えるようになるが，変数による制御を行う「for 文を使った繰り返し」を理解できる人たちの割合は低い [1],[2]，また抽象度が高い「関数定義」を利用できるようになるためにも一定の時間が必要である．理学工学系の学生が，大学初年時に標準的に履修すると考えられる解析学や線形代数でも,「つまずき方」への指摘がなされている [3] など，教育の現場として，ほぼ同様なことが起こっているという印象を持つ．抽象的概念の複雑さが増すほど，その概念を理解し，運用するのが難しいことは当然のことだが，現実には，理解の困難さが上昇する複雑さに対する閾値が想像以上に低いという印象がある．

このような問題が発生する原因の一つは，教示側の教育技術が低いことや教育リソースが十分に割り当てられていないことによるものとも考えられる．たしかに，力量のある指導者が，時間をかければ，理解に導くことは可能であろう．

同時に，これまでも議論されている [4],[5] ように，このような問題は，算数の文章題におけるの題意の理解不足ということと共通した課題をもち，教科書や問題の読解力を含めた，学習者の言語の運用能力に問題があるということに関わる問題でもありうる．

1.2 抽象的概念学習の困難さと価値

本報告で扱う抽象的概念は，これまで述べてきたような，学校の教科書で紹介されるような概念のことを指すものとする．学校の教科書の多くは，単元に分かれていて，その単元のなかで新しいことばが紹介され，その新しい言葉を用いて，新概念の説明がなされる．

抽象的概念の獲得の難しさは,「知らないことを知る」ことにある.「わかれば納得」なのだが,「わかるまでは五里霧中」といった感覚である．おまけに，わかったとしても，何故わからなかったかを説明することは案外難しい．

しかしながら，その抽象的概念について納得できたとするならば，学習者は，新しい知識として，その抽象的概念を運用してみることになる．このとき，いままで見て，扱っていた対象が，新たな概念の枠組みで，

整理，再解釈すると，その対象の振る舞いがより明確に見えるということが起こる．抽象的概念の学習にはこのような，対象を見通す視点を変えるメリットがある．

1.3 文化の中の抽象概念

学習対象とする概念は，思考のための道具として，一定の割合を占める人が学び，実際の問題解決の道具として役立てられる．また，他者にその概念が伝達することにより，文化の中で伝承されているものである．このような概念を「抽象概念」と呼ぶものとする．あわせて，上記のような前提を満たす抽象概念は，文化に属する言語によって記述され，学習者は教科書のような書籍などに記されたその言語記述の内容を理解することにより，再構築可能な性質をもっているものとする..

学習者はその構造を「理解し，運用能力を獲得する」ことが求められている．ここで獲得すべき知識は，原則として教科書や参考書の中で言語によって説明がなされている．学習者は，対象概念に関連した用語を知り，それらの用語の意味に関する説明を読み，聞き，解釈をおこなうことによって徐々にその概念を獲得していくように思われる．

本報告では，このように，人間がもつ文化のなかに確立された概念を，主として言語を通して個人が獲得する過程について考察し，抽象的な効率的な学習方法について考える．

1.4 研究の目標

ここでは,「まったく新しいタイプの概念モデルを，いかにすれば正しく構築し利用できるようになるか」ということが問われている．最終的には，抽象的概念の獲得のための，明確な学習方略を示せるようになることが研究の目標となる．

2. 学習対象である「抽象概念」について

高校数学の単元のように一定の複雑さをもつ，抽象的な概念的構造を理解しようとするときのことを考えてみよう．例をあげるとすれば，ベクトルや三角法のような概念は，現実世界の記述や解釈のためのモデルとして広く利用されている．

2.1 「抽象概念」の一例としての平面ベクトル

高校数学で平面ベクトルの概念を学ぶ場合を例にあげよう．平面ベクトルを学ぶことになった学習者は，まず，この「平面ベクトル」という言葉にであう．このとき,「平面ベクトル」は，これから学ぶ概念に付けられたラベル（名称）ではあるが，このラベルは，学習者に対して，その概念がどのように利用できるかを教えてくれるものではない．

2.2 学習者と平面ベクトルとの出会い

本報告が議論する学びの対象は，学校における学びの対象となっている体系化されたひとまとまりの概念とする．ここでは，教科書の「平面ベクトル」の単元が，平面ベクトルの概念を具体的に伝達するためのメディアとなる．

学習者の目標は，見当もつかないその概念を理解し，その概念を用いてこれから出会う問題を解けるようになることである．

学習者はまず，数学の教科書や参考書の平面ベクトルに関連した章を開く．概念は，学習者にとっては，新たな思考のためのモデルを提供するわけだが，そのモデルの意味は未知のものである．

平面ベクトルの概念は，平面ベクトルという言葉だけで説明できるわけではない．平面ベクトルに関連したいくつかの言葉から構成されている．ある参考書 [6] では，平面上のベクトルの紹介における記述を列挙してみると,「ベクトルの向き」,「ベクトルの大きさ」,「単位ベクトル」,「ベクトルの和」,「ベクトルの差」,「逆ベクトル」,「ベクトルの実数倍」，などの記述が見つかる．

これらの言葉は，平面ベクトルの属性や平面ベクトルの振る舞いを表現するものとして用意されているが，その振る舞いを詳しく説明する文章が用意されているわけではない．平面ベクトルの説明は，ここではいくつかの例によって行われている．学習者は，個々の概念を言葉で読み取るのではなく，いくつかの抽象的な平面ベクトルの例をたどりながら，平面ベクトルの振る舞いを理解せざるを得ない．

2.3 「抽象概念」の構成と説明

抽象概念は，一般には複数の，その抽象概念に固有の言葉（以後，テクニカルタームとよぶ）によって記

述される．概念は，教科書においては，その概念を構成するより小さな概念を表すテクニカルタームとそれらの関係として言語をもちいて表現される．しかし，あるテクニカルタームの意味が，学習者にとって理解可能になったものでないと，学習者は「抽象概念」を説明できるようにならない．

学習者は，まったく新しい，いままでに経験していな概念を，どのようにして学ぶのかというと，例示による体験を通して学んでいるのだろうと推測できる．数学の本では，ほぼ必ず関連の例題が提供される，その例題を具体的な対象操作を伴う形で，いくつも操作を体験することによりあらたな概念を会得するのが数学における一般的な学習方法だと考えられる．

概念学習については，テクニカルタームを意識し，テクニカルターム同士の関係を，自分の理解に基づき言語化して整理するとともに，抽象的な概念と関連した現象を関係付ける手法 [7] も有効であるとされている．学習者にテクニカルタームを列挙し，それらの関係を，概念マップという構造に纏めさせる方法である．

2.4 数学の記述における簡潔性

数学概念の説明においては，簡潔性を重視するのがその特徴の一つである．これらは，おそらく，冗長性を持たせないことにより，曖昧さを排除し，不正確な記述を避けようとするものだと考えられる．言語の運用においては，一つの言葉ができるだけ一つの意味をもつことを保証しようと言うことなのだろうが，そのことが学習者にとっては取り憑きにくさの原因の一つになっている．

3. 思考と可換図式

以上の考察は，2.1 節以下において，高校数学の「ベクトル」によって抽象的な概念を例示し，その抽象概念の理解が，どのような過程を経て行われているかに関する考察をおこなった．本節では，言葉を利用することは，概念の抽象化と関わり，その結果思考に関する負荷を軽減している可能性があることを指摘する．

3.1 思考を支える抽象化

日常生活の中で使う言葉の多くは，具体物を指すものではない．日常生活のなかで思考を行うとき，多くは抽象化を利用したプロセスをおこなっている可能性がある．たとえば，冷蔵庫から卵を取り出して目玉焼きを作ろうとするときは，特定の卵を取り出すが，その卵に名前がついているわけではない．取り出した卵に対する知識は，一般の卵に対する知識である．熱したプライパンの上で卵を割れば，フライパンの熱で固まるという現象が起こるのは，どの卵に対しても同じだからである．

卵という概念があるとすれば，それにはいろいろな事実や関係が含まれている．その卵の概念の中には，「熱したフライパンの上におとせば，固まる」という記述が埋め込まれているとすれば．どんな卵に対しても，作業者は，熱したフライパンの上で卵が固まると予想するのである．

われわれが，生活の中で扱うのは，個別のモノではあるのだが，それを取り扱うときに，なにが起こるかということは，日常生活で扱われるものを抽象化した概念 (図 2) をもちいて，その振る舞いを予想していると考えられる．

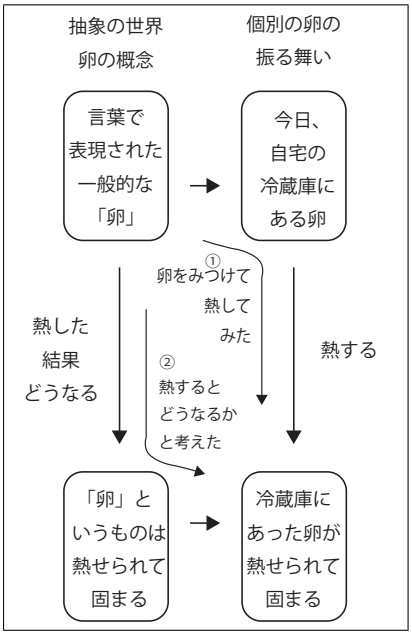


図 1 抽象と具象の関係

3.2 抽象化による思考

図 2 は, 可換図式として考えると,「① 一般の卵の一具体例である，自宅の冷蔵庫にあった卵を，実際にフライパンで熱してみると固まった」ということと「② 一般の卵を熱すると固まるというから，フライパンで加熱熱した卵は固まる」ということは同じ「卵が固まる」という結論を導く．

この可換図式を解釈すると，一般化された抽象的な議論は，それらに対応する具体物の振る舞いを実際に

行わずに，その結果を予測することができるということを意味する．

3.3 抽象理論のもたらすメリット

このような、可換図式による「予測」が成立するとき，抽象化された世界での議論は，具象の世界に反映されるため，抽象の世界でのショートカットが具象の世界でもショートカットとなる．

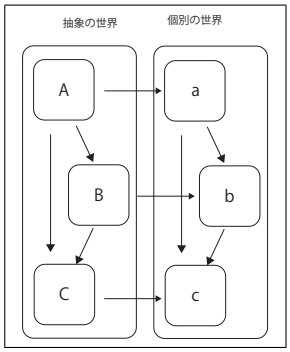


図 2 ショートカットの反映

この考え方を敷衍した場合の例を示すと，平面幾何学を学んだ人は，二次元平面上に描かれた三角形は，個別の形状にかかわることなく，いつでも瞬時にその内角の和が 180 度になることが主張できる．それは，我々が三角形の概念に関して一定の理論的な深さまで，知識として持っているからなのである．このとき，三角形という概念は，抽象的な存在であるが故にその本質てきな議論を可能にしているとも言える．目の前の対象に対して，概念の具体例であることがわかれば，その概念がもつ抽象的に表現された記述を，その具体的対象にあてはめて，具体的対象がもつ性質を（場合によっては非常に簡単に）知る事ができるというメリットをもたらすのである．

3.4 言葉と思考とコミュニケーション

戸惑いながらベクトルを学び始める学習者の思考の中ではなにが起こるのだろうか？現在，仮説として有望視しているのが，Novak ら [7] による，概念マップの構築である．教科書や参考書の中に出現するテクニカルタームに対しては，最初は完璧な理解を持たないが，それらのテクニカルターム間の関係を，テキストの記述から，徐々に意味付けしていくと同時に，各自が問題演習を通して感じた具体的な実例の世界と関連づける作業を行なっていることになる．

言語であるテクニカルタームは，学習者にとって 2 通りの働きをする．一つは，記憶の固定化のためのツールとしての働きである．言葉に触れると，概念を思い出すことのできるラベル付けは重要な機能となる．もう一つの役割は，このラベル（言葉）が指導者や同僚とのコミュニケーションの媒介のためのツールとなることである．ここでは，学習者と他者とのコミュニケーションをとるために，その学習対象にかかわるテクニカルタームの一式が，学習者の概念マップと他者が保持している概念マップを結びつける（圏論の言葉で言えば，関手のような）役割を行なっている．

4. 考察と展望

思考や学びにおいて，抽象的な概念が個別の振る舞いを予測することに役立ったり個別の振る舞いの集まりが抽象化された概念や理論を生み出すということを考え始めた [8]．

個々の対象に関して，概念マップを作成し，マップに登場するテクニカルタームに意味付けをするという作業を通じて，対象の認識が，具体的な記述として意識化されるとすれば，概念にかんする概念マップも作成可能であろう．

「概念」という概念を考えるにあたって，抽象化について考えることは重要なことであろう．さらに，抽象化を考えることは同時に，同一性の問題にも関わってくるようにも思われる．さらには，これは，対象の認識にかかわる事柄でもあると考える．対象の識別の抽象度の調節や認識は以下にしてなされるのだろうか？

ラディカル構成主義 [9], [10] では，対象を認識する際には，感覚器でとらえられたものは represent（再現前化） されてたうえで認識されると主張する．このような考え方に基づけば，同じ対象に対しても異なる抽象度をもつもの（例えば，生物→動物→犬→ハチ公）として認識を保つことが可能になると解釈可能である．このような考え方をもとに「概念の概念マップ」を構築することは可能であろうと考える．ウィトゲンシュタインが指摘したように [11] 言葉の意味を捉えることは難しく，それを明確にするためには場合によっては言語化し得ない、すなわち共有し得ない個人的体験まで遡って探求する必要があるのかもしれない。しかし,「概念の概念マップ」にかかわらず，すべての概念マップは，意味の精緻化を進めれば，概念マップの作成者ごとに個別化が進むであろう．そして，それらの多様な概念は，言語を媒体にした対話により，他者と共有する過程において矛盾を取り除き，文化の中で

の貴重な共通資産になるのではないかと考える．

最後に，数学の圏論と認識論の関係について私的な所見を述べる．前提となる、筆者の（数学としての）圏論の理解は，十分とは言えないため，本報告の議論の対象になっているとはできない．しかしながら，圏論の考え方自体は，数学の中で扱われる数学的対象の認識に深く関わるのであろうという認識をもっている．さらなる議論を深めることを目指したい．

5. 謝辞

この研究の一部は JSPS 課題番号 JP18K11576 の助成を受けて実施しているものです，研究支援に感謝します．

文献

[1] 保福やよい, （2013）“なぜプログラミングは難しいのか？ 繰り返しの理解構造と C の教科書分析からのアプローチ”, 情報処理, Vol. 54, No.3
[2] 美馬 義亮, “公立はこだて未来大学における初年度プログラミング教育”, 情報処理, Vol. 57, No. 4
[3] 千葉 逸人, 河添 健, 嶺 幸太郎, 山田 裕史, 佐々木 東容, 落合卓四郎（2020）“数学のつまずき方” 数学セミナー, Vol. 59, No. 4, pp. 7-33.
[4] 新井 紀子, (2018) AI vs. 教科書が読めない子どもたち, 東洋経済新報社
[5] 今井むつみ他, （2022）算数文章題が解けない子供たち, 岩波書店
[6] チャート研究所, （1999）チャート式 基礎からの数学 II+B, 数研出版株式会社
[7] Joseph D. Novak, D. Bob Gowin, (1984) Learning How to Learn, Cambridge University Press.
[8] 美馬 義亮, (2021) “概念形成に関する「圏論的」解釈について”, 日本認知科学会第 38 回大会 p- 51
[9] エルンスト・フォン・グレイザーズフェルト, (2010) , ラディカル構成主義, NTT 出版
[10] 山下和也 (2019) カントとオートポイエーシス, 晃洋書房
[11] ルートウィッヒ・ウィトゲンシュタイン, (2022) 哲学探究, 講談社

協力ゲームHanabiを用いた協調行動のモデル化 ー共通経験の蓄積に関する検討ー

Effect of accumulating successful experiences and using common examples in Cooperative Game Hanabi

桑原 涼香[1], 長島 一真[1], 森田 純哉[1], 川越 敦[2], 大澤 博隆[3]
Ryoka Kuwabara, Kazuma Nagashima, Junya Morita, Atsushi Kawagoe, Hirotaka Osawa
[1] 静岡大学, [2] 筑波大学, [3] 慶応義塾大学
Shizuoka University, Tsukuba University, Keiogijuku University
kuwabara.ryoka.19@shizuoka.ac.jp, nagashima.kazuma.16@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp,
kawagoe.atsushi.tj@alumni.tsukuba.ac.jp, hiro.osa@gmail.com

概要

本研究では，協調行動の分析に適したカードゲーム「Hanabi」を題材としたシミュレーションを行った．ゲーム中にコミュニケーションが成功した際，自他の行為を事例として蓄積し，それを利用することで他者の行為の意図を推定する認知モデルを構築した．2 体のモデルが対戦するシミュレーションの結果，試行の進行に伴う事例の蓄積・利用，およびゲーム得点の上昇が確認された．

キーワード：認知モデル, 協調課題, Hanabi

1. はじめに

人間は，直接的な指示がなくともメッセージに内包される意図を推測し，他者との協調を成功させることができる．こういった成功の背後には，他者の意図を心的にモデル化する能力が必要である．認知科学の広い分野において，人間同士のインタラクションを支えるこの種の社会的知能は「心の理論」[11] や「他者モデル」[12] などの概念によって説明されてきた．これらの原理/機構を理解することで，協調作業の支援やコミュニケーション障害に関する臨床的な応用が導かれると考える．

認知科学において，人間のコミュニケーションに関する研究は，様々なアプローチによって行われている．そのなかでも，計算機モデルを構築することによるシミュレーションは，心の理論や他者モデルなどの言語で説明される現象に対して，分解された処理レベルでの表現を導くという点で有用である．

特に本研究では，意図伝達の背後にある処理として，共通事例の蓄積と利用を想定する．他者とのコミュニケーションのプロセスを履歴として保持し，その履歴を参照することで他者からのメッセージを解釈し，他者へメッセージを送信する．送信者と受信者が想定する事例が共通したときに，コミュニケーションは成功し，2 者間での協調が成功することになる．

本研究では，上記の処理を課題レベルで具体化するため，協調行動の分析に適した題材である協力ゲーム「Hanabi」を扱う．そのうえで,「共通の経験を蓄積することによる協調の成功」に関わる計算機モデルを構築する．本研究で構築するモデルは，シンボリックな事例の利用とサブシンボリックな事例の運用を含むものであり，既存の認知アーキテクチャ [1] を用いて構築される．構築されたモデルによって，事例の蓄積・利用により，協調に関わるゲーム得点の上昇が見込めることを確認する．

2. 関連研究

人間による複雑なコミュニケーションを捉えるために，抽象化された状況での行動を計測する研究が行われている．その 1 つの手法が，日常で利用されるコミュニケーションの手段が制限された実験室において，コミュニケーションの生起を観察する実験記号論である [3].

実験記号論に立つ研究のなかで，金野 [5] は，図形を組み合わせたメッセージを送信しあうことで，グリッドワールドにおける共通の位置で 2 者が待ち合わせをする課題（メッセージ付き協調ゲーム）を考案している．この課題では，待ち合わせの試行を繰り返す中で，意味を有さなかったメッセージに意図がのせられ，協調課題に成功するようになる．この課題の成功の背後にあるメカニズムを探るための脳波計測 [6, 7], あるいは個人特性との関連に関する検討 [6, 7] が行われている．さらに，それらの行動の背後に存在する認知プロセスを検討する計算機モデルが構築されている [8].

森田ら [8] の構築したモデルは，メッセージ付き協

調ゲームにおけるコミュニケーションの成功事例を蓄積し，蓄積された成功事例を現在の状況に適用する．現在の自分の位置，あるいは他者から送信された図形を手がかりとして過去の事例を検索し，検索された事例と同様のメッセージを送信し，グリッドワールドにおいて移動する．この手続きを繰り返すことで，モデルは相手との協調（待ち合わせ）に成功するようになる．なお，このようなインタラクション場面における事例の利用は，他の研究においても用いられている [2, 4]．これらの研究において，様々なインタラクション課題における事例の検索や利用の仕方が検討されている．

しかし，現実社会に適用可能な知見を得るためには，上記の検討に比べ，より複雑な状況におけるモデルを構築する必要がある．意図の伝達に一定の困難さが存在する状況での検討により，コミュニケーションに内在する処理に関するより高い粒度での知見が得られる．この件に関して，一般に市販されるカードゲームを用いることは，上記のような実験室実験用の課題に比べ，有用なテストベッドになりうる．カードゲームには，明確なルールが存在しつつ，プレイヤーが楽しみ競うための一定程度の複雑さが存在するからである．

協調をプレイヤーに要求するカードゲームとして，Hanabi を用いた研究が存在する．大澤による Hanabi のモデルは，他者行動からの自己推定戦略のような高度な心の理論を示している [10]．また，大澤によるモデルは，人と対戦するエージェントに実装され，エージェントの振る舞いのバリエーション（リスク志向の個人差，反応時間など）が，対戦する人間が受け取る印象の変化を検討している [9]．しかし，Hanabi を題材とした研究において，協調に至るプロセスの検討は未だなされていない．そこで，本研究では，上記で述べた共通経験の蓄積を利用することで，Hanabi における協調の成立プロセスをモデル化する．

3. 課題

本節では本研究において採用する課題である Hanabi について説明する．この説明を行うなかで，Hanabi におけるコミュニケーションの特質を具体化する．

3.1 Hanabi ルール

3.1.1 構成要素

協力型ゲーム Hanabi は通常 2 から 5 人のプレイヤーで行われ，本研究では 2 人のプレイヤーとし，2 体のモデルによるシミュレーションを行う．構成要素は 50 枚のカード，8 個の青トークン，3 つの赤トークンである．カードは 5 色（白，赤，青，黄，緑）あり，各色について 1 が 3 枚，2 が 2 枚，3 が 2 枚，4 が 2 枚，5 が 1 枚ある．はじめに各プレイヤーへ 5 枚の手札が配布され，残りの手札は山札となる．青トークンは，情報提供を行うことのできる最大数が 8 回に制限されている事を示すカウンタであり，全プレイヤーが共有する．赤トークンは，誤った色あるいは数字を場に出す事で追加されるエラーカウンタである．

本ゲームのゴールは，場に同色のカードを 1 から 5 まで昇順に重ねて異なる 5 色の花火を完成させる事である．ゲーム終了までに可能な限り得点を高く積み上げる事を目指す．Hanabi のゲーム終了条件は以下の 3 つである．

- 場に誤ったカードを 3 回出した（赤トークンが 3 つ追加された）場合
- 山札が 0 になってから 1 ターンが経過した場合
- 全ての色について 5 まで並べた場合

3.1.2 プレイヤーの行動

各プレイヤーは，各ターンにおいて次の 3 つの行動のうちいずれかを選択する．

1. 相手へのヒント提供 (情報提供)
   この行動は青トークンを 1 つ消費し，プレイヤーは相手の持つ手札の色か数字の情報を教えることができる．教える色あるいは数字が相手の手札に複数ある場合，その色または数字の手札全ての場所を教えなければならない．例えば，相手プレイヤーが左から赤 1，白 2，白 4，緑 3，黄 2 という手札を持ち，2 の情報を教える場合について考える．白である 2 枚目と 5 枚目両方の位置を教えなければならず，2 枚目のみ，5 枚目のみという教え方はできない．青トークンが 0 のときこの行動は選択できない．
2. 手札のプレイ
   この行動は自分の手札 1 枚を場に出すことができる．既存の同色の花火より 1 つ大きい数字をそこに重ねた場合は成功である．但し，完成させることができるのは 1 つの色につき 1 つの花火のみであり，既に 1 から 5 まで積みあがっている色の手札を出すことはできない．場の花火に繋がらない異なる色あるいは 1 つ大きい数字以外の数字を出した場合は失敗となり，赤トークンが 1 つ追加される．例えば，場に白の花火が 1 から 2 ま

での数字で構成されている場合，白 3 を出せば成功，白 4 や青 3 をだせば失敗となる．失敗時に出したカードは破棄され，ゲーム終了まで使用されない．プレイ後は山札から 1 枚引いて手札に加える．

3. 手札の破棄
   この行動は自分の手札から 1 枚を選んで破棄し，青トークンを 1 つ回復する事ができる．最大数を超える青トークンを戻す事はできない．

3.2 Hanabi におけるコミュニケーション

本研究では，Hanabi におけるコミュニケーションとして，ヒントとプレイの一連のやり取りを想定する．Hanabi におけるヒントは，色や数字の情報を明確にするだけでなく，確実に出すことができるとは限らないものの，出すことを示唆するために利用することも可能である．例えば，プレイヤー 1 がプレイヤー 2 に「2 枚目は青」というヒントを与え，プレイヤー 2 が 2 枚目の手札の数字が分かっていない状態でプレイして，成功するなどのケースである．このような不確実な状況下でのヒントがプレイの成功を導いた場合，その経験は将来の類似の場面でも再利用され，ゲームの得点を上昇させる一因となることが想定される．

4. モデル

事例の蓄積と利用が協調の成功に貢献するかを検討するため，Hanabi を遂行するモデルを一般的な認知アーキテクチャである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational [1]) を用いて構築した．ACT-R は 2 節に述べた事例の利用に関わる認知モデル [4, 2, 8] で利用されており，先行研究に即したモデルを構築するために有用と考えた．

本研究で構築したモデルの処理の流れを図 1 に示す．このフローチャートは Hanabi に関する過去のモデル [10] をベースとしつつ，事例の蓄積と利用に関わる処理を含めたものとなっている．本節の残りの部分にて，モデルによって蓄積される事例およびその利用を説明する．

4.1 事例の蓄積

フローチャート（図 1）に示す通り，自分あるいは相手がプレイを成功させて得点を取得した場合に事例は蓄積される．フローチャートの上部では，相手の直前の行動が得点に結びついたか否かを判別する．また，フローチャートの下部では，自分の行動が得点に結びついたか否かを判別する．これらの判別に当てはまり，かつそのときの状況と同一の状況での成功がそれ以前になかった場合に，新たな成功経験を両プレイヤーは記憶する．

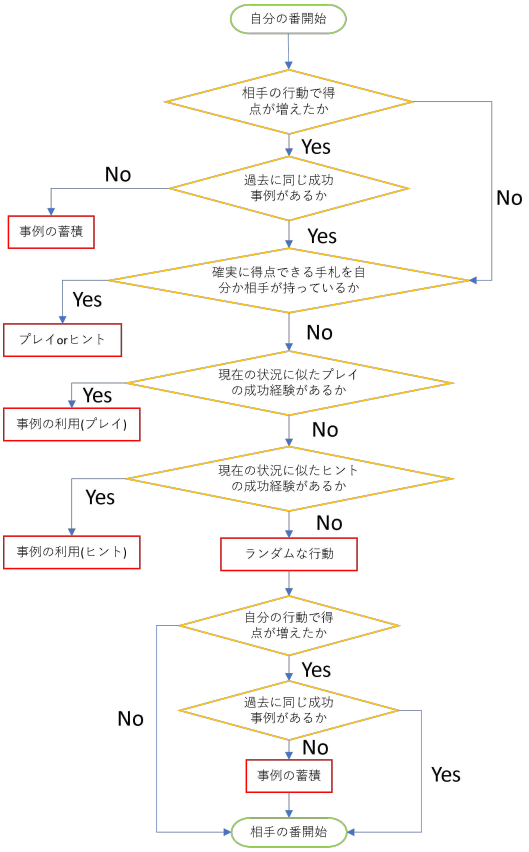


図 1　各プレイヤーのターンにおけるフローチャート

いずれの状況においても，成功事例に含められる情報は，

- 場の状態
- 自分の手札の情報
- 相手の手札の情報
- 直近にプレイした手札
- そのプレイを導いたヒント

で構成される．これら例を，図 2，図 3，図 4，図 5 に示した．

場の状態は，白，赤，緑，青，黄の 5 色に対して，それぞれの花火がどの数字まで場に出ているかを示す．図 2 では緑が場に 3 まで出されており，他の色はまだ場に出されていないことを示している．

自分の手札の情報は，現在自分が認識している自分の手札の色と数字の情報を示す．図 2 において，自分が認識していない色や数字は黒くマスクされている．相手の手札は，自身から見える相手の手札の情報と相

W	R	G	B	Y
0	0	3	0	0

図 2　場の情報の例

1	2	3	4	5
		G	Y	R
2			2	

図 3　自分の手札の例

手が認識している相手の手札の情報から構成される．図 4 の上段 2 つは自身の見ているカードの状態であり，下段 2 段は相手が認識している宛位のカードの状態である．下段では，上段 2 段のうち自分がヒントを与えていないカードの状態がマスクされている．

直近にプレイした手札の情報は，成功時にプレイした手札の色と数字の組み合わせにより示される．プレイを導いたヒントは，ヒントの対象となった手札によって明らかになった色，もしくヒントにより明らかになった数字を意味する．図 5 は，図 2，図 3，図 4 に示される場や手札の状態において，自分が得点した場合と相手がプレイした場合のそれぞれにおけるプレイした手札とヒントの例を示している．

自分が得点した場合に関しては，図 2 より「場に青が出ていない」状態であることが既知である．その際に，相手からのヒントにより「1 枚目と 2 枚目が青」であるということが既知となる（図 5 における受けたヒント）．ここから，自分は 2 枚目の数字が明らかでなくても，青を場に出してほしいという意図だと推測してプレイし，実際に青 1 が場に出て成功となったことを示している．

1	2	3	4	5
Y	R	G	Y	R
1	2	1	3	4
	R	G		
			3	4

図 4　相手の手札の例

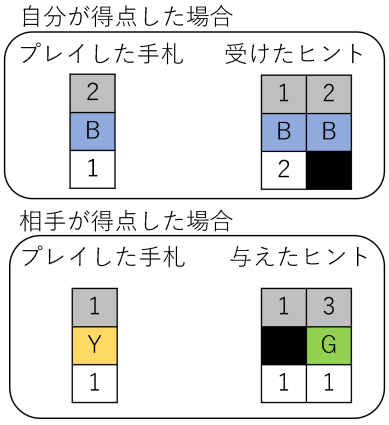


図 5　成功時のプレイとヒントの例

相手がプレイして得点した場合は，相手がプレイする直前に自分が与えたヒントが成功経験として記憶される．図 4 より，「3 枚目が緑」であること，図 2 より，「場に黄が出ていない」状態であることが既知である．そして，自分が「1 枚目と 3 枚目が 1」であるというヒントを教えることで，図 5 のように相手の 1 枚目と 3 枚目の数字が 1 となる．この状態のときに，相手は 1 枚目の色が明らかでなくても，緑以外の 1 の手札を場に出してほしいという意図だと推測してプレイし，実際に黄 1 が場に出て成功となったことを示している．

4.2　事例の利用

図 1 に示す通り，自分あるいは相手が確実に得点できる手札を持っていなかった場合に事例は利用される．まず，現在の状況で自分がプレイして得点した事例（プレイ経験）を検索し，検索に成功すればその事例に即したプレイを行う．失敗すれば，自分がヒントを与えて相手が得点した事例（ヒント経験）を検索する．検索に成功すればその事例に即したヒントを与える．

事例を検索する際に参照する情報（検索クエリ）は，自分のプレイで成功した場合と，自分のヒントによって相手がプレイで成功した場合で異なる．自分のプレイで得点した事例を検索する場合は，場の状態，自分の手札の情報，直近の相手からのヒントの情報が必要となる．一方，相手のプレイで得点した事例を検索する場合は，場の状態，相手の手札の情報が必要となる．

検索クエリと蓄積された事例とのマッチングを考える際に，本研究では完全一致によらず，類似に基づく手法を採用した．場の状態および手札の状態を組み合わせた事例のパターンは膨大であり，完全一致の事例を利用することが極めて困難だからである．

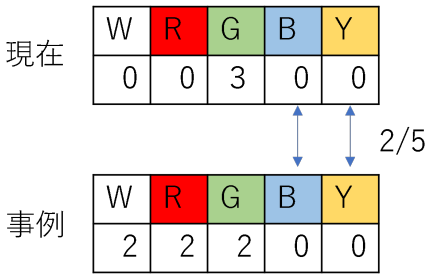


図 6　場の類似

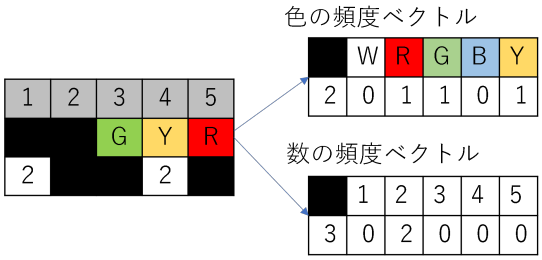


図 7　手札の類似に利用する頻度ベクトル

類似の計算は，場および手札で異なる手法を採用した．図 6 は場の状態の類似を説明するものである．蓄積された成功事例の場の状態（白 2，赤 2，緑 2，青 0，黄 0）と，現在の場の状態（白 0，赤 0，緑 3，青 0，黄 0）で数字のマッチする色の数をカウントする．手札の類似では，図 7 に示すように，類似の計算に先立ち，手札の属性（色と数字）ごとに頻度ベクトルを計算する．色と数字それぞれの頻度ベクトルからコサイン類似度を計算する．これらの類似を ACT-R の機能を利用することで合計し，検索クエリ全体（プレイ経験利用の場合は相手のヒントとの一致を含む）との適合を，蓄積されたすべての事例に対して計算する．その結果，最も高い適合となった事例でなされた行動をそのターンにて実行する．

5.　シミュレーション

3 節で示したモデル 2 体で Hanabi のシミュレーションを行った．このシミュレーションでは，ゲーム終了までを 1 試行とし，連続した 100 試行を 20 回行った．シミュレーション結果から，1 から 100 の各試行における 20 回分の平均得点を計算し，試行を重ねることによる学習過程を観察した．

図 8 に結果を示す．図の横軸は試行回数，縦軸は平均得点である．図より，試行を経ることに得点の増加を認めることができる．はじめの試行では得点が 5.5 点程度であったものが，中盤や後半の試行では 7.8 点を超える箇所も存在する．なお，100 試行をまとめた平均は 6.76 点となる．また，ゲームの試行による得点の上昇の傾向を確かめるために試行と得点の相関を計算したところ，ピアソンの積率相関係数は 0.518 となった．

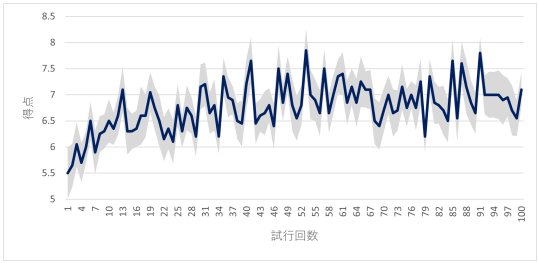


図 8　シミュレーション結果

以上より，共通経験の蓄積・利用が導いた結果であるとは断定できないにせよ，事例の蓄積・利用が協調成功に貢献している可能性が示唆された．

6.　まとめ

本研究では，意図伝達の背後にある処理として，事例の蓄積・利用を想定し，2 プレイヤーによる Hanabi のモデルを構築した．構築したモデルは Hanabi におけるヒントとプレイの関係をコミュニケーションとして扱い，成功した事例における場や手札の情報を事例として蓄えた．さらに，複雑な状況での事例の利用を可能にするために，事例の類似系計算を実装した．このような工夫を行なうことにより，モデルは試行を重ねることによるゲーム得点の増加を達成した．

本研究で構築したモデルは，事例の蓄積によるコミュニケーションの成立に関する過去の研究 [8] に比べ，複雑な状況を扱っている．また，Hanabi に関する過去のモデル [10] とも異なり，協調の成功に至るまでのプロセスを扱っている．これらの先行研究をベースとしつつ，それらを融合する試みの中で，場や手札に関する類似度の計算などの新たな仕組みの開発につながった．

しかし，本研究で示したシミュレーションは予備的なものであり，事例の蓄積・利用による協調効果をより明確にするために検討すべき課題がいくつか挙げられる．第一に，今回の結果に影響を及ぼした要因が複数考えられることである．例えば，今回のモデルには，ACT-R に実装される他の学習機能（ユーティリティ学習，プロダクションコンパイル）との切り分けがなされていない．したがって，これらの学習と事例の蓄積・利用とを切り分けた検討を行い，結果に反映されている要因の特定が必要である．

第二に，現状のモデルの平均点は人間が行った場合の成績（10 点以上）に届いていないことである．現状

のモデルに対して，より構造的な類似の考案，破棄した手札の情報を取り入れる，色や手札の枚数を減少させる，等の改良を加えることでより有意な結果が見込めるかもしれない．また，人間同士の得点データを取得し，モデルシミュレーションのデータと比較する統計的な分析も必要であると考えられる．

参考文献

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

[2] Y. Du, P. Aggarwal, K. Singh, and C. Gonzalez. Modeling of multi-defender collaboration in a cybersecurity scenario. In *International Conference on Cognitive Modeling 2022*, 2022.

[3] Bruno Galantucci. Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action. *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 393–410, 2009.

[4] Atsushi Hosokawa and Junya Morita. Cognitive models leading to behavior-reading in a card game. In *HAI '21: Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction*, pp. 337–341, 2021.

[5] 金野武司, 森田純哉, 橋本敬. 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ. 計測と制御, Vol. 53, No. 9, pp. 801–807, 2016.

[6] Guanhong Li, Takashi Hashimoto, Takeshi Konno, Jiro Okuda, Kazuyuki Samejima, Masayuki Fujiwara, and Junya Morita. The mirroring of symbols: An eeg study on the role of mirroring in the formation of symbolic communication systems. *Letters on Evolutionary Behavioral Science*, Vol. 10, No. 2, pp. 7–10, 2019.

[7] 森田純哉, 小嶋暁, 金野武司, 橋本敬. 新規な記号コミュニケーションシステムの形成
に及ぼす自閉傾向の影響. 認知科学, Vol. 29, No. 3, 2022.

[8] 森田純哉, 金野武司, 奥田次郎, 鮫島和行, 李冠宏, 藤原正幸, 橋本敬. 協調的コミュニケーションを成立させる認知的要因-認知アーキテクチャによるシミュレーション. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 435–446, 2018.

[9] Hirotaka Osawa, Atsushi Kawagoe, Eisuke Sato, and Takuya Kato. Emergence of cooperative impression with self-estimation, thinking time, and concordance of risk sensitivity in playing hanabi. *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 8, p. 658348, 2021.

[10] 大澤博隆. 協力ゲーム hanabi におけるエージェント間の協調行動の分析. 人工知能学会全国大会論文集 第29 回 (2015), pp. 1F23–1F23. 一般社団法人 人工知能学会, 2015.

[11] David Premack and Guy Woodruff. Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and brain sciences*, Vol. 1, No. 4, pp. 515–526, 1978.

[12] 植田一博. 『認知的インタラクションデザイン学』 の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して. 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 220–233, 2016.

傘回しの身体知獲得過程における身体知形成サイクルの検証
An investigation of the cycle of body knowledge formation in the process of acquiring body knowledge of umbrella spinning

及川　博渡[1]，千代原　維龍[2]，小倉　加奈代[1,2]
Hiroto Oikawa, Iryu Chiyohara, Kanayo Ogura
[1]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科，[2]岩手県立大学ソフトウェア情報学部
[1]Iwate Prefectural University, Graduate School of Software and Information Science
[2]Iwate Prefectural University, Faculty of Software and Information Science
g231u008@s.iwate-pu.ac.jp

概要

我々は，日常生活を送る上で無意識に様々な技術を習得している．技術を習得する際に身体が覚えた知識は身体知と呼ばれる．身体知を形成するサイクルは，新しい着眼点を発見し，新旧着眼点相互の関係性を模索することで新たな身体知モデルを構築するプロセスの繰り返しであると言われている．本研究では，本稿の第一著者，第二著者の 2 名が，傘回しの「乱回し」という技の習得を目指し，その習得過程において前述のサイクルを確認できるどうかを練習時に記録する言語記録を中心に分析し，検証した．

分析の結果，2 名ともにスランプ時に，考察し，新着眼点につなげるというプロセスが多く観察され，また，新着眼点の正当性を確認し，習得に重要でなければ修正して新たな着眼点を発見する，あるいは習得に重要であればそのまま身体で再現することで新たな着眼点を見つけようとする過程が確認された．これらのプロセスは，前述の身体知形成サイクルに対応するものであり，身体知形成サイクルが傘回しのパフォーマンス向上に寄与することがわかった．

キーワード：身体知，身体知形成サイクル，メタ認知的言語化

1. はじめに

私達は，生活の中で様々な技術を無意識に習得している．料理や車の運転,スポーツの身体動作等，日常生活で技術を習得する機会は多い．このような技術を習得する際に身体が覚えた知識やコツを身体知という[1]．これまでの身体知研究では，特定の身体動作に着目し，どのように身体を動かしているか解明するために，センサ等の客観的な計測機器を用いることが多かった．しかし，客観的に動作を分析するだけでは，なぜその動作をしたのか，どのような意図があったのか分からないという問題点がある．この問題点を解決するため，身体知を獲得する実践者自らにおいて自身の動作や意識を言語化するメタ認知的言語化が，諏訪[2]によって提唱された．メタ認知的言語化とは，熟達の先進的プロセスを自ら作り出しながら身体知への理解を深めるための研究方法論である．昨今の身体知研究では，言語化行為を用いて身体知を理解しようとする研究が数多く行われてきた．言語化行為を用いた身体知研究は，長期間の言語データを分析する必要があるため，実験参加者が一人であることが多い．そのため，他の実験参加者で同じように実験した場合，同じような実験結果が得られるか分からないという問題点がある．そこで，本研究では複数の実験参加者を対象に実験を行う．身体知研究が進む中で，古川ら[3]によって身体知形成サイクルが提唱された．身体知形成サイクルは，以下の 3 つのプロセスに分かれる．

①新しい着眼点を発見するとともにスランプに移行する
②新旧着眼点相互の関係性を模索することでパフォーマンスが伸び悩む
③新旧着眼点の関係性を見出し新たな身体知モデルを構築し，パフォーマンスが向上する

身体知形成サイクルは，これらプロセスの繰り返しであると述べられている．また，メタ認知的言語化がこの身体知形成サイクルを促進すると古川らは言及している．しかし，古川らが提唱した身体知形成サイクルを対象に言語記録を分析した研究は少ない．そこで本研究では，本稿の第一著者，第二著者の 2 名が，傘回しの「乱回し」という技の習得を目指し，その技の習得過程において前述のサイクルを確認するた

め，身体知形成サイクルを基に実験から取得した言語記録をカテゴリー分析し，新たな着眼点を発見してスランプに移行するか，新たな身体知モデルを構築することでパフォーマンスが向上するかを検証する．

2. 実践

2.1 目的

本研究では，傘回しの身体知習得過程に着目する．習得過程では，言語化行為を用いて自身の精神的，身体的な意識の変化や身体動作の変容を一人称の視点から明らかにする．取得した言語記録から身体知獲得サイクルを確認する．

2.2 実験概要

実験は傘回し未経験の男子大学生 2 名（この 2 名は第一著者と第二著者）が参加した．研究の最終課題として取り組んだ傘回しスキルは「乱回し」という技であり，実験参加者は「乱回し」の習得を最終目標として練習を行った．乱回しとは，図 1 のように手鞠の乗せた傘を持ち上げ，手鞠を乗せた状態で傘自体を 1 回転させる技である．

図 1　乱回しを実践する実験参加者 A

最終課題を「乱回し」として練習の STEP を以下の表 1 のように設定した．練習中に参考とした動画[4]をもとに，乱回しの練習段階を設定した．また，練習は STEP1 から取り組み，順番に行った．

表 1　各 STEP の練習内容

練習 STEP	操作内容
STEP1	傘の上に手鞠を置き，前後にバランスをとる
STEP2	傘を回しながら，1 マスずつ手鞠を進める
STEP3	傘を数マス分，回して止める
STEP4	傘を左右に振って，手鞠のバランスをとる
STEP5	手鞠をのせた傘を顔の高さで回す
STEP6	頭の上に手鞠をのせた傘を持ち上げ，前後にバランスをとる
STEP7	頭の上で手鞠をのせた傘を回す
STEP8	手鞠を乗せた傘を回しながら持ち上げる
STEP9	乱回し

1 回の練習時間の目安は 30 分とし，練習後にテストを 3 回行った．練習中はビデオカメラで身体動作を撮影し，得られた気づきやコツについて発話した．発話した内容をビデオデータから書き起こし，言語記録として扱った．次 STEP へ移行する基準は，STEP ごとに客観的な合格条件を設定し，その基準に合格できた場合に移行することとした． 以下の表 2 のように条件を設定した．

表 2　各 STEP のクリア条件

練習 STEP	各 STEP のクリア条件
STEP1	手鞠を傘の上に置いて前後にバランスを **10 往復**以上
STEP2	1 マスずつ手鞠を進めて **5 マス**以上進める
STEP3	手鞠を **5 マス**以上進めて止める
STEP4	手鞠を傘の上に置いて傘を左右に振って **3 往復**以上
STEP5	顔の高さで手鞠をのせた傘を **30 秒**以上回す
STEP6	頭の上に傘を持ち上げ，傘の上に手鞠を置いた状態で前後にバランスを **10 往復**以上
STEP7	頭の上で手鞠をのせた傘を **3 回転**以上
STEP8	傘の上に手鞠をのせた状態で **3 回**以上傘を回しながら持ち上げる
STEP9	乱回しを **5 回**以上

これらの条件をその日のテスト 3 回全てで満たすことができた場合，次の STEP に移行することとした．傘回しのスキルの実践と記録は 2021 年 6 月 26 日から 2022 年 1 月末の期間に行った．1 人目の実験参加者の練習日数を，STEP ごとにまとめた結果を以下の図 3 に示す．

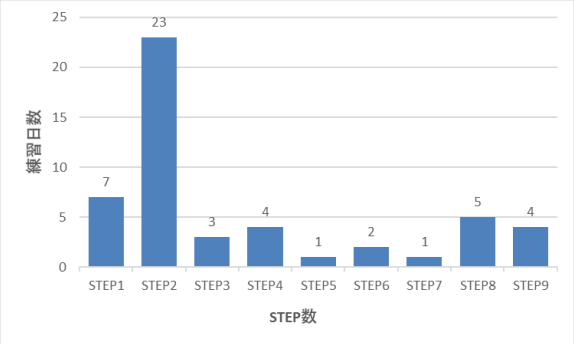


図 3　実験参加者 A の各 STEP の練習日数

2 人目の実験参加者の練習日数を，STEP ごとにまとめた結果を以下の図 4 に示す．

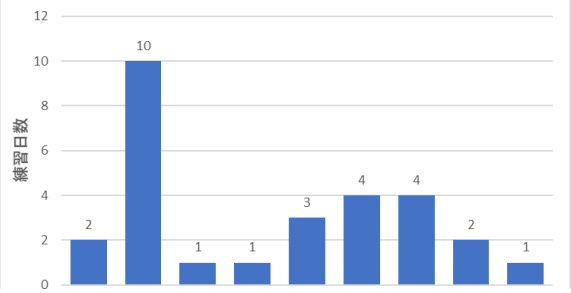


図 4　実験参加者 B の各 STEP の練習日数

2.3　分析方法

各 STEP の言語記録について以下の手順でカテゴリー分けした．なお，傘回しに関係するタグは古川らの論文[3]を参考に作成した．

(1) 傘回しに関係するか関係しないかを判断する．
(2) 傘回しに関係する場合は，表 5 の 6 つのタグに分類する．
(3) 傘回しに関係しない場合，表 6 の 10 個のタグに分類する．

表 5　傘回しに関係するタグ

タグ名	タグ付けする条件
修正案	**理想の動作をするために現状の動作を変化させるような発言** 例）持ち方がだめなのかも。もうちょっと上を持つか
暗示	**動作を意識付けするような発言** 例）ダメだ。マスが変わった…なるべく遅くゆっくり…
反省	**自身の動作を省みる発言** 例）いや球の速度のつけすぎだな。単純に。
動作の考察	**自身の動作に関する考察** 例）早すぎると止まらないし、タイミングが重要なのかも
道具の考察	**練習で使用する道具に関する考察** 例）芯の部分の高さが左右両方同じになってないと。
身体の考察	**身体に関する考察** 例）やっぱ最初の練習だとどうしても左の肩に力入っちゃうな

表 6　傘回しに関係しない発言のタグ

タグ名	タグ付けする条件
挑戦	短期的に達成できる目標を自ら決める発言
予感	成功できそうと感じるような発言
肯定的な反応	成功による肯定的な発言
否定的な反応	失敗による否定的な発言
暗示	練習の中でこうしようとつぶやくような発言
失敗要因に関する疑問	なぜ失敗するのか分からないことから発生する発言
成功要因に関する疑問	なぜ成功するのか分からないことから発生する発言
カウント	練習中の成功回数のカウントをしている発言
身体的疲労	身体が疲れた等の身体的な疲労が分かる発言
その他	上記以外の発言

(4) 身体部位と傘回しの道具の記述のある文にも以下の項目で分類する．身体部位は，表 7 の 10 個のタグに分類し，道具は，表 8 の 4 個のタグに分類する．

表 7　身体部位に関するタグ

タグ名	タグ付けする条件
頭	発言の中に頭という単語がある
肩	発言の中に肩という単語がある
腕	発言の中に腕という単語がある
手	発言の中に手という単語がある
胸	発言の中に胸という単語がある
腹	発言の中に腹という単語がある
腰	発言の中に腰という単語がある
脚	発言の中に脚という単語がある
背中	発言の中に背中という単語がある
上半身	発言の中に上半身という単語がある

表 8　傘回しの道具に関するタグ

タグ名	タグ付けする条件
傘全体	傘全体を指す発言
傘上	傘布から上の部分を指す発言
傘下	傘の軸を指す発言
手鞠	手鞠を指す発言

なお，「修正案」は，身体知獲得サイクルの着眼点の発見する部分に通じている．また，「暗示」や「反省」は，着眼点を模索する部分にあたる．これらのタグは，着眼点発見した後にどのように自身の身体動作を理想に近づけるか模索している段階の発言を観察できる．そして，「動作の考察」や「道具の考察」，「身体の考察」は，身体知形成サイクルの中の新統合モデルが自身の中で完成する部分に関係する．

3. 結果

2 人の実験参加者ともに，「乱回し」の身体知習得を目指し練習を行ったが，STEP9 の乱回しのクリア基準を 1 月末までに満たせなかった．

実験結果として，実験参加者 2 名共に STEP2 においてスランプが確認された．しかし，両者共に STEP2 以外でのスランプは確認されず，STEP2 と比較して他の STEP の難易度はあまり高くなかったことが判明した．

3.1 実験参加者 A の言語記録

実験参加者 A が各 STEP で重要でだと考えられるコツを，言語記録から分析した．なお，STEP9 については習得に至っていないため，分析対象外とする．

- STEP1：手鞠を転がす際の傘の状態に関係する発言が一番多かった．続いて手鞠の動かす速度と手鞠の動いている時の状態についての発言が多かった．
- STEP2：両手の意識に関する発言が後半から増加し，STEP2 習得の重要なコツであったと考えられる．
- STEP3：手鞠を傘の上で止める時の動作に関する発言が一番多かった．次に動作の最中にどのように傘を操作するかという発言が多かった．
- STEP4：傘の上でどの程度手鞠を動かすかについての発言が一番多く，次に傘の操作についての発言が多かった．
- STEP5：STEP2 で得たコツを用いること，傘を回している時の手鞠の位置，回している時に見る場所に関する発言が多かった．
- STEP6：傘の高さをどの程度にするかについて発言が多く，次に手鞠の勢い，STEP1 のコツを用いる，手鞠を回す位置，傘の操作方法等の発言が見られた．
- STEP7：持ち手の位置に関する発言が一番多かった．次に脚の状態をどうするか，傘の高さをどの程度にするかについて発言が多かった．
- STEP8：傘の操作方法に関する発言が一番多く，次に同数で手鞠を回す位置，手鞠を見る，傘の高さをどれくらいにするかといった発言が多かった．

3.2 実験参加者 B の言語記録

実験参加者 B が各 STEP で重要でだと考えられるコツを，言語記録から分析した．なお，STEP9 は 3.1 節同様に分析対象外とする．

- STEP1：手の動かし方を重要視しており，手鞠の動かす幅や傘を傾ける際の力加減についても言及していた．
- STEP2：傘の振り方によって手鞠に加わる力加減についての発言が一番多く，次に手鞠のバランスのとり方，傘の持ち方や回し方に関しての発言が多かった．
- STEP3：傘の回転速度と回している時の手鞠の位置についての発言が一番多かった．
- STEP4：傘をどれくらい傾けて回すかという発言が多かった．次に回す際にどのように手を動かすかについて意識していた．
- STEP5：傘の回転スピードを遅くすること，脚のバランスのとり方に関する発言が一番多かった．次に STEP3 の時に得た傘の傾け方を意識する，手鞠の位置に関する発言が多かった．
- STEP6：手鞠の位置に応じた傘の傾き具合に関する発言が一番多かった．また，カウントしながらタイミングを掴むことに関しても発言が多かった．
- STEP7：手鞠や傘の位置に応じた身体のフォームについての発言が一番多かった．また，傘の回し方や回している時の手鞠の位置についても発言した．
- STEP8：傘を奥の方へ傾けること，手鞠の位置，手鞠が失速しないように傘を回し続けることを意識していた．

3.3 実験参加者 A,B の分析結果の比較

両者ともに，似た動作を含む STEP を行う際に，前の STEP で得たコツを活用していた．実験参加者 A は，STEP5 をクリアする上で重要だと考えられる着眼点の中に，STEP2 で得たコツを用いることが含まれている．一方，実験参加者 B は，STEP3 の時に得た傘の傾け方を活用している発言が確認できた．

STEP5 で活用できるようなコツを習得したタイミングについては違いがあった．実験参加者 A の方が実験参加者 B よりも STEP2 の練習日数が多く，練習の最中に STEP5 の動作を行っていることが確認された．そのため，STEP2 時点で STEP5 のコツを習得していた可能性が高い．実験参加者 B では，STEP3 から傘の回転について意識しているため，練習中に STEP5 をクリアする上で重要なコツを習得したと考えられる．

3.4 実験参加者 A,B の身体知形成サイクル

身体知形成サイクルを確認するため，新しい着眼点を発見した際にスランプへ移行するかどうか，新旧着眼点の関係性を構築することでパフォーマンスが向上するかどうか，以上 2 点に着目して分析を行った．実験参加者 A，B 共にスランプが確認されたのは STEP2 のみだったため，STEP2 に着目して身体知形成サイクルが確認できるか検証した．結果として，実験参加者 A では，身体知形成サイクルを確認できた．まず，左右の手の力加減と左右の手を動かすタイミングに関して考察し，力加減を反省しながら調整を行っていた．そして，調整を行った結果，右手を動かすことに着目していた．練習を重ねていくうちに右手の意識する割合と左手の意識する割合を調整し，左右の手を動かすイメージを習得していた．

実験参加者 B でも同様に身体知形成サイクルが確認された．実験参加者 B では，最初の左右の手の力加減とタイミングの関係性を自身の中で構築したが，それが間違っていたことによりスランプに突入した．その後，調節を繰り返し，左右の手の動かすイメージを自身の中で確立したため，スランプから脱出した．実験参加者 A は，STEP2 において手鞠を静止させることに関して考察，意識していた．次に，手鞠の挙動を考察し，傘の持ち方を変化させることで傘の軸を操作する力加減を調整していた．最終的には，傘の軸を操作する適切な力加減を習得したことによりパフォーマンスが向上した．実験参加者 B も同様に，着眼点を発見してから，自身の中で着眼点をどのように自身の身体で再現していくか調節することで，STEP2 をクリアするためのコツを習得し，パフォーマンスが向上していた．

4. 考察

前章の分析結果から，傘回しを習得する過程において身体知形成サイクルが確認された．実験参加者 A,B 共にスランプの時期では考察し，新着眼点を発見していた．さらに，新着眼点の正当性を確認し，習得に重要でなければ修正して新たな着眼点を発見する，あるいは，習得に重要なコツであれば身体で再現することで新たな着眼点を発見しようとする過程が確認された．これは，身体知形成サイクルを言語記録か

ら分析するために参考にした古川ら[3]の文献と一致する．しかし，カテゴリー分析した結果として，「修正案」から「暗示」や「反省」に繋がり，最終的に「動作の考察」等の考察に繋がるプロセスは非常に少なかった．これは，1 つの発言の中で着眼点の発見にあたる「修正案」と，新旧着眼点の関係性の構築を表す「動作の考察」「道具の考察」「身体の考察」が含まれている場合が考えられる．複数のタグがつけられる場合は，どちらが適切か考慮して行ったが，複数のタグが付く可能性があることから，タグ自体を変更する必要がある．原因として，身体知形成サイクルは繰り返すことが前提のサイクルであるため，言語化したデータを分析する中で，隣り合わせになっているプロセスはタグが重複しやすいことが挙げられる．今後の課題として，重複しても身体知形成サイクルが鮮明に分かるように明確な分析方法に変更する．または，タグが重複しないように徹底したカテゴリー分析が必要である．また，言語化したデータを扱う上で意識していても言語化することがないというケースも考えられる．こうした事例に対応するため，言語化したデータの文字起こしを行った後，さらに詳しく追記して内容を詳細にしていく必要がある．

言語記録の内容を分析するにあたり，今回は身体知形成サイクルを言語記録とパフォーマンスから確認することができるか検証するために実践者自らがカテゴリー分析を行う方法を採用した．しかし，身体知形成サイクルを検証するには，身体動作の変化に伴って意識する箇所の変容も考えられる．そのため，身体動作に関するデータに関しても分析対象に追加する必要がある．また，今回は，身体知形成サイクルの中でスランプとパフォーマンス向上という要素が含まれていることから，STEP2 について分析を行ったが、STEP9 をクリアした後に全体的に身体知形成サイクルを検証すると新たな知見を得られる可能性がある．

また，スランプを脱出する流れを身体知形成サイクルの分析を用いたが，スランプを脱出する段階では，実験参加者 A，B 共に何で失敗したか分からない状態から失敗する理由の解明，失敗への対処方法の実施という流れが確認された．STEP2 に両方の実験参加者が長い日数を要しているため，スランプに陥った可能性がある．そのため，今後の研究では，難易度とスランプの関係性を考慮した分析・考察をしていく必要がある．そして，スランプ時の実験参加者の言語記録では，否定的なコメントが多く，なぜできないか理解できないが故の感情的な発言を多く確認した．長期的な実践を伴う実験については，パフォーマンスが伸び悩むことに伴う否定的な感情を抑制する方法が必要である．この否定的なコメントにより，実践におけるパフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性がある．

5. 終わりに

本研究では，本稿の著者 2 名が，傘回しの「乱回し」という技の習得を目指し，その技の習得過程において古川らが提唱する身体知形成サイクルが存在するのか，存在する場合に，どのように影響するのかを検証するため，身体知形成サイクルを基に実験から取得した言語記録をカテゴリー分析し，新たな着眼点を発見してスランプに移行するか，新たな身体知モデルを構築することでパフォーマンスが向上するかを検証した．

その結果，2 名の実験参加者共に今回の目標である「乱回し」習得までに至らなかったが，2 名ともに STEP2 でスランプを確認し，スランプを脱した後のパフォーマンスの向上も確認できた．STEP2 におけるスランプの言語記録を分析したところ，身体知形成サイクルのプロセスを確認できた．今後の課題として，タグ付けにあたり，複数のタグが該当する場合があったため，タグの定義について再検討が必要である．

参考文献

[1] 諏訪正樹：「こつ」と「スランプ」の研究，pp.14-42，講談社選書メチエ(2016).
[2] 諏訪正樹:身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化,人工知能学会論文誌, Vol.20，No.5，pp.525-532(2005).
[3] 古川康一，諏訪正樹，加藤貴昭：身体スキルの創造支援について，ジョイント・シンポジウム：スポーツ工学シンポジウム・シンポジウム：ヒューマン・ダイナミクス講演論文集，pp.222-227(2006).
[4] 傘回し入門(3 日でマスター）「アークサン」Umbrella Twirling Performance /Lecture（オンライン），入手先< https://www.youtube.com/watch?v=igkDDB0tkVU >（参照 2022-02-15）

オンライン会議システムにおける画面接触行為が共在感覚に与える影響

A Study on the Effects of Screen Contact in an Online Conference System on Coexistence and Attraction

佐野 奈緒子[†], 秋田 剛[†]
Naoko Sano, Takeshi Akita

[†]東京電機大学
Tokyo Denki University
furt705@luck.ocn.ne.jp

概要

オンラインによるコミュニケーションでは, 共在感覚が重要であると考えられる. 会話によるコミュニケーションが一般的であるが, 本研究ではモニタ上で互いに擬似的に接触する行為を伴う会話についての共在感覚について検討した. その結果, 接触なしの会話と同等の共在感覚が認められた. 一方, 行動のしにくさはじゃんけんと同等に低く, 接触や運動を伴うコミュニケーションの場合, 現行のシステムでは認知・行動上の不自然さが感じられている. 二者間の相互行為の結びつきの強さの物理的指標として本研究では体動の引き込みも併せて測定した. オンラインによるコミュニケーションで二者間の体動の引き込みは, 0.5〜0.6 の相互相関が維持されていることがわかった.

キーワード : 共在感覚, 接触, 会話, (coexistence, contact, conversation)

1. はじめに

近年のグローバル化や Covid-19 流行による在宅学習・勤務の普及などにより, オンライン会議システムを利用する場面が大幅に増加している. それにより, 実空間でコミュニケーションを取る機会が減少し, 他者との触れ合いの乏しさを感じる人も多いことが予想される. オンラインによるコミュニケーションは今後も日常生活に深く浸透していくと考えられる. そのため, 遠隔状態であっても一緒にいる感覚が実空間に近い状況で実現されることが重要であると考えられる. 本研究では,一緒にいる感覚,すなわち共在感覚をオンライン会議システム上で高める可能性のある行為として, 画面接触行為に注目する. Ishigaki ら [1]は, 指先で軽く触れ合うことにより, 二者間の姿勢制御に引き込みが見られることを示し, この引き込みがラポールを反映しているとしている.引き込みとは, 物理的には17 世紀にホイヘンスにより複数の振り子間の振動周期が共通の媒体を介して揃う現象として見出されて以来, 身体運動や脳応答など生理的にも観察される現象である [2]. 本研究では, 二者間の相互行為の結びつきの強さの物理的指標として捉えている. 本研究では画面上で擬似的な接触(**写真 1**)を図ることが, 共在感覚に与える影響について検討する.

2. 方法

2-1 概要

実験では大学生を実験協力者とし, 二人一組がそ

机上に肘を置き、右手の平を相手に見せる

左手で相手が上げている手と合わせるように画面に接触する

写真 1 画面接触会話条件での接触方法

表 1 印象評価項目

居心地が良い(7)ー悪い(1)	相手を意識する(7)ーしない(1)
落ち着きがある(7)ーない(1)	相手が気になる(7)ーならない(1)
自然な(7)ー不自然な(1)	相手とつながりを感じる(7)ー感じない(1)
行動がしやすい(7)ーしにくい(1)	親しみがある(7)ーない(1)
日常的な(7)ー非日常的な(1)	相手の気配を感じる(7)ー感じない(1)
安心する(7)ーしない(1)	楽しい(7)ーつまらない(1)
コミュニケーションが自由な(7)ー不自由な(1)	話しやすい(7)ー話しにくい(1)
妨害感がない(7)ーある(1)	動作が伝わりやすい(7)ー伝わりにくい(1)
時間遅れを感じない(7)ー感じる(1)	相手と同じ場にいる感覚がある(7)ーない(1)
相手の感情がわかる(7)ーわからない(1)	一緒にいる感覚がある(7)ーない(1)

れぞれの自宅から PC でオンライン通信システム(zoom)を繋ぐ形で行なった. 実験協力者ペアは計 18 組, 学生 36 名（19〜22 歳, 男 20 名, 女 16 名）であった. 全てのペアは同性同士かつ顔見知りの関係とした.「行動」を要因としたコミュニケーション実験を行い, その際の印象評価及び体動の加速度を測定した.

2-2 要因

実験要因は対面時の「行動」(何もしない, 会話, 画面接触会話, じゃんけん, 折り紙) とし, それぞれの行動を 1 分間行わせた. ここで「何もしない」とは, 相手の写っている画面を見ているが, 特にコミュニケーション行動をとらない状態である.「会話」は, 相手と自由に会話をさせた.「画面接触会話」では, 通信画面のミラーリング設定を予め解除して**写真 1** のように行った. 実験協力者は右肘を机に付き, 右掌を開いて相手に見えるように顔の横あたりに来るよう調整させた. さらに自分の左掌を画面上にある相手の掌と合わせるように画面にしっかりと触れる形で接触させた.「画面接触会話」条件では, 画面に映る相手の掌と自分の掌を常に合わせ続けた状態で, 自由な内容で会話を行わせた.「じゃんけん」では, 自身の姿は確認できない状態のため, じゃんけんの手の位置がカメラの画角に収まるように顔の横あたりで手を振るように指示した.「折り紙」は, 非コミュニケーション条件として, 予め用意させた任意の紙を一分間自由に折る作業をさせた. 折り紙で作品を作ることが目的ではなく, 個人作業の意味であることを予め伝えた. また, 折り紙中の会話は禁止とした. 画面上の相手の様子を見ることに制限はしなかった.

2-3 手順

はじめに実験協力者は本人画像をオフにした状態で通信システムに接続させた. 実験前に通信システムを使ったコミュニケーション実験であること, 実験手順及びスマートフォンを用いた加速度センサの装着・データ送信方法について説明した. また当日の体調を含むフェイス項目について記入させた. なお, フェイス項目及び実験中の印象評価は Google フォームにより回答させた. 次に, 実験協力者に引き続き本人画像をオフにした状態で 1 分間の開眼安静をとらせ, 体動の加速度を測定した. ここまで, 実験協力者は互いに相手を見ていない状態とした. 次に実験として, 画面は互いにオンとし, はじめに「何もしない」行動条件を 1 分間とらせ, 印象評価させた. また, その際の安静時の体動の加速度を測定した. 各行動条件の教示において, それぞれとるべき姿勢を説明し準備させ, 準備が完了したことを確認してから各条件を開始した.「何もしない」を除く行動条件の実験順序はラテン方格法により割り付けた. 個々の行動条件の後に印象評価項目 (両極尺度) の評価を行わせた (**表 1**). 併せて, 対面を想定した場合の距離感を 100 とした際の, 現在の見えや聞こえの印象による距離感を ME 法により評価させた. 実験協力者には実験前に予め胸ポケット付きの服を着用させ, スマートフォンを服の胸ポケットに挿入させた. 加速度測定アプリ (加速度・ジャイロスコープ・磁力センサーロガー) により安静時, 行動条件時の加速度を測定した. 全ての実験が終了後, 本人画像をオフにした状態で 1 分間開眼安静状態をとらせ, その際の体動の加速度を測定した. 最後に実験全体の印象について自由記述を行わせ, また体調を確認するため実験後の状態を記入させて終了した.

実験記録として録画することについては実験協力

表 2 分散分析(p 値)及び多重比較結果

印象評価項目	p 値	会話	画面接触会話	じゃんけん	何もしない	折り紙
居心地が良い(7)ー悪い(1)	<.0001					
落ち着きがある(7)ーない(1)	<.0001					
自然な(7)ー不自然な(1)	<.0001					
行動がしやすい(7)ーしにくい(1)	<.0001					
日常的な(7)ー非日常的な(1)	<.0001					
安心する(7)ーしない(1)	0.008					
コミュニケーションが自由な(7)ー不自由な(1)	<.0001					
妨害感がない(7)ーある(1)	0.0117					
時間遅れを感じない(7)ー感じる(1)	<.0001					
相手の感情がわかる(7)ーわからない(1)	<.0001					
相手を意識する(7)ーしない(1)	<.0001					
相手が気になる(7)ーならない(1)	<.0001					
相手とつながりを感じる(7)ー感じない(1)	<.0001					
親しみがある(7)ーない(1)	<.0001					
相手の気配を感じる(7)ー感じない(1)	0.0008					
楽しい(7)ーつまらない(1)	<.0001					
話しやすい(7)ー話しにくい(1)	<.0001					
動作が伝わりやすい(7)ー伝わりにくい(1)	<.0001					
相手と同じ場にいる感覚がある(7)ーない(1)	<.0001					
一緒にいる感覚がある(7)ーない(1)	<.0001					

左列太枠内の印象評価はそれぞれ表 3 の「行動感」「対人感」「共在感」に対応
右列はオレンジ色と灰色に該当する水準間で有意差が認められる

者の了承を得ている．健康状態について実験前後で確認し，常緑者にはいつでも本人の判断で実験を中止する権利のあることを伝えている．また実験協力にあたり，実験協力者は報酬を得ている．なお，実験時間は 1 ペア 40 分前後であり，全ての実験協力者について，実験に対する疲労の申告は認められなかった．本実験は東京電機大学ヒト生命倫理審査委員会の審査において承認されている．

3. 結果と考察

3-1 印象評価

「行動」を要因とした一元配置分散分析を行った結果，全ての印象評価項目で有意差が認められた．水準間の多重比較を HSD 検定により行った．各印象評価における結果を前ページの**表２**に示す．表中のオレンジ・灰色の水準間に有意差が認められている．

「行動」条件に対する各印象評価項目の評価傾向を把握するために，全ての印象評価項目を対象として因子分析（最尤法，Promax 回転）を行った．その結果，3 つの因子が得られた（**表３**）．印象評価結果を因子毎にグラフ（**図１～３**）に示す．図３～５共に縦軸は評価尺度，横軸は行動要因の各水準を示している．

図１に行動の違いによる第１因子の評価項目を示す．「居心地が良い」「落ち着きがある」「自然な」「行動がしやすい」「日常的な」「安心する」「コミュニケーションが自由な」「妨害感がない」「時間遅れを感じない」項目であり，『行動感』因子として捉えられる．これらは，「会話」と「折り紙」行動で評価が高い一方，「じゃんけん」「画面接触会話」「何もしない」で評価が低い傾向にある．「じゃんけん」の動作を伴うコミュニケーションでは，「時間遅れを感じる」と評価されており，妨害感，不自然さ，非日常さが感じられている．PC による通信環境上では，動作を伴うコミュニケーションの評価が低い傾向が認められる．「じゃんけん」とともに「画面接触会話」や「何もしない」でも行動がしにくく，不自然で非日常と評価されている．画面接触や「何もしない」教示により，対面しながら動作が制限された状態にあったためと考えられる．

図２に行動の違いによる第２因子の評価項目を示す．「相手の感情がわかる」「相手を意識する」「相手が気になる」「相手とつながりを感じる」「親しみがある」「相手の気配を感じる」「楽しい」「話しやすい」「動作が伝わりやすい」であり，『対人感』因子として捉えられる．概ね個人作業である「折り紙」よりも，相手と対面する条件で評価が高い．会話や接触会話でその傾向が強く，「楽しい」と感じられている．

図３に行動の違いによる第３因子の評価項目を示す．「一緒にいる感覚」「相手と同じ場にいる感覚」は，『共在感』因子として捉えられる．インタラクションのある「会話」「画面接触会話」「じゃんけん」で共在感覚があるとされている．「一緒にいる感覚」における HSD 検定

表３ 因子分析結果

印象評価項目	行動感	対人感	共在感
居心地が良い(7)ー悪い(1)	**0.85**	0.03	0.00
落ち着きがある(7)ーない(1)	**0.84**	-0.19	-0.01
自然な(7)ー不自然な(1)	**0.83**	-0.01	0.10
行動がしやすい(7)ーしにくい(1)	**0.82**	-0.29	0.09
日常的な(7)ー非日常的な(1)	**0.78**	0.06	-0.03
安心する(7)ーしない(1)	**0.70**	0.22	-0.02
コミュニケーションが自由な(7)ー不自由な(1)	**0.59**	0.30	-0.01
妨害感がない(7)ーある(1)	**0.58**	0.07	-0.04
時間遅れを感じない(7)ー感じる(1)	**0.50**	-0.01	-0.04
相手の感情がわかる(7)ーわからない(1)	0.10	**0.81**	-0.06
相手を意識する(7)ーしない(1)	-0.36	**0.80**	0.05
相手が気になる(7)ーならない(1)	-0.39	**0.76**	-0.02
相手とつながりを感じる(7)ー感じない(1)	0.03	**0.73**	0.27
親しみがある(7)ーない(1)	0.26	**0.73**	0.04
相手の気配を感じる(7)ー感じない(1)	0.10	**0.68**	0.07
楽しい(7)ーつまらない(1)	0.31	**0.63**	-0.07
話しやすい(7)ー話しにくい(1)	0.51	**0.51**	-0.10
動作が伝わりやすい(7)ー伝わりにくい(1)	0.29	**0.45**	0.10
相手と同じ場にいる感覚がある(7)ーない(1)	0.00	0.36	**0.72**
一緒にいる感覚がある(7)ーない(1)	0.00	0.39	**0.70**

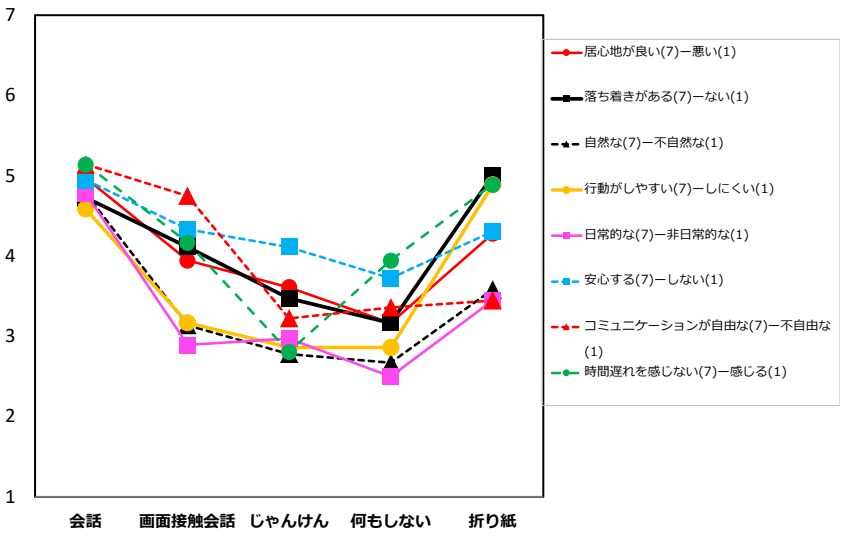


図１ 行動の違いによる印象評価(行動感)

では, これらと「何もしない」「折り紙」水準間に差が認められる. 擬似的接触, 積極的に動作を同期させる動作の有無にかかわらず, 音声を伴うコミュニケーション時には共在感覚が認められることがわかった.

3-2 実空間のイメージと比較した距離感

ME 法による距離感の評価では「行動」要因による一元配置分散分析で有意差は認められなかった. 視聴覚的なイメージ上での対人間の距離感は実空間と変わらないものとして意識されていると考えられる.

3-3 二者間の体動の引き込み

行動が安定している各条件の中間にあたる 12 秒間の身体の前後方向(z 軸)の加速度について, ペアである二者間の相互相関分析を行った. 加速度の相互相関関数の最大値と最小値, 及び最大値時間, 最小値時間について,「行動」を要因とした一元配置分散分析を行った. その結果,各要因で有意差は認められなかった.次ページの図 4 に示すように二者間の体動の相互相関は最大値で 0.5~0.6 であった.図には示していないが, 二者の動きの位相が逆となる最小値でも同様に-0.5~-0.6 となり,二者間の体動に安定した引き込みが維持されている.また最大値時間は 0 から+-1sec 程度である(図 5).

最大値(及び最小値)では,実験前後の相手との映像をオフにした非対面状態で測定した実験前後にも実験中と同程度の相互相関が認められている. 実験中,「じゃんけん」は腕を振る動作,「会話」は発話やうなづきに伴う身体の前後方向の動揺,「画面接触会話」は手とひじが保定された状態での会話時の身体動作が主たる動作であり,それぞれ身体運動の大きさは異なると考えられる. 会話時の音声情報や発話速度が二者間の姿勢の引き込みを生じさせる(Shockley ら, 2003, 2007)こと[3], 本実験における「じゃんけん」「会話」「画面接触会話」はともに発話を伴うことから, 発話を媒体として二者の体動周期の位相が揃い, その結果として引き込みが生じている可能性が考えられる.

これらと実験前後の個体独自の身体の揺らぎにおいて, 0.5〜0.6 の同程度の相互相関が維持されていることが興味深い. 体動の引き込みは, Ishigaki らの結果とは異なり, 擬似的ではあるが接触の有無にかかわらず引き込み状態が維持されていた. Ishigaki らの姿勢制御に伴う引き込みとは異なる機序により, 安定した引き込み状態が維持されているものと考えられる.

3-4 画面接触の効果

画面上で擬似的な接触をしながらの会話を本実験では行わせた. 本研究を行うにあたっては, 擬似的な接

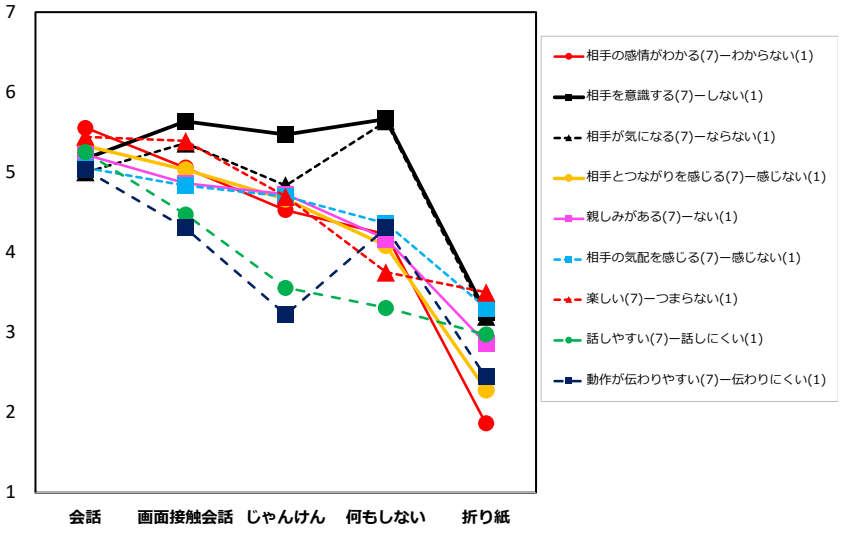


図 2 行動の違いによる印象評価(対人感)

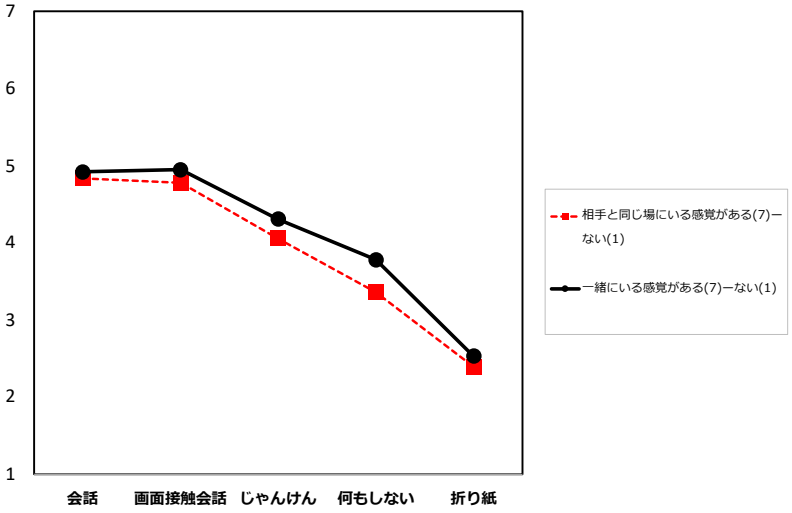


図 3 行動の違いによる印象評価(共在感)

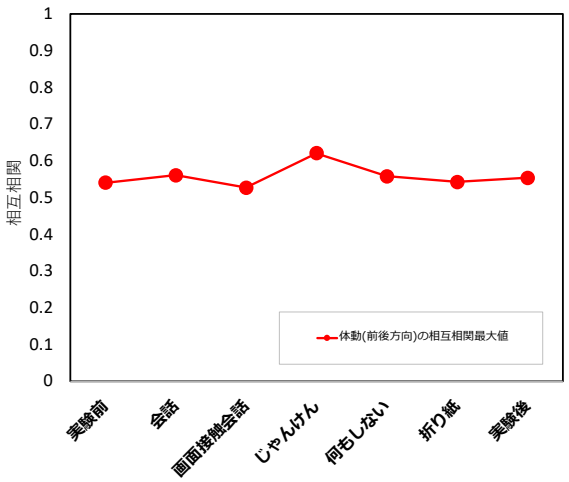


図４　行動の違いによる体動の相互相関最大値（体動の前後方向の加速度）

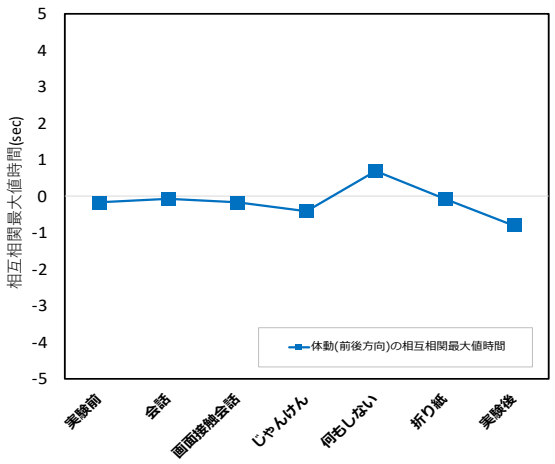


図５　行動の違いによる体動の相互相関最大値時間

触行為が加わることにより共在感覚は強まると想定していた. しかし印象評価上は, 共在感, 気配感は会話時とほぼ同等の評価であり, 対人感も同様であった. 一方, 行動感は会話時よりも行動がしにくく不自然という評価傾向にあった.

自由記述では,画面接触について接触に対して違和感を示す記述がみられる一方,「相手とつながっている安心感があった」「普通の会話より楽しかった」等の意見が認められている. 相手と同じ場に居る感覚や楽しさの評価は, 画面接触を楽しむ記述のみられる評価者では平均よりも高く評価する傾向も認められ, モニタ上での擬似的接触をコミュニケーションとして心理的に取り入れられるか否かで共在感覚が変化している可能性が考えられる.

4. まとめ

オンライン会議システムを使用したコミュニケーション時に画面接触行為を行うことが共在感覚に与える影響について検討した.

その結果, 以下について明らかになった.

オンライン会議システムでコミュニケーションを行った場合, 画面接触しながらの会話は通常の会話と同等の共在感覚が認められている. 共在感覚は, 音声を伴うコミュニケーションで認められ, 対面のみや個人作業では認められない. 同様に相手との心理的な親しみやつながり感も声を伴うコミュニケーションで認められている. オンラインを介した行動感は会話によるコミュニケーションと, 非コミュニケーション時に評価が高い傾向にある一方, 動作や接触を伴うコミュニケーションでは行動しづらいと評価されている. またオンラインによる対面での相手との視聴覚的な距離感は, コミュニケーション行動の違いにかかわらず, 実空間の場合と主観的に変わらないものとして認識されている.

オンラインでのコミュニケーションにおいて, 二者間の体動に 0.5〜0.6 程度の安定した引き込みが認められる.

画面接触を積極的に楽しむ傾向と違和感を感じる傾向の双方が評価者に認められている. ユーザーのメディアに対する構えやインターフェースへの親和性が共在感覚に影響している可能性も考えられ, 今後検討していく必要がある.

謝辞　本研究は科研費基盤 C『時間-距離に注目したコミュニケーションの手がかり情報の伝達に関する研究』(21K04379)による. また, 本研究は大野花奈氏のご協力により行われた. 記して感謝いたします.

文献

[1] Tomoya Ishigaki, Ryota Imai, Shu Morioka, (2017 Nov 23) , “Association between Unintentional Interpersonal Postural Coordination Produced by Interpersonal Light Touch and the Intensity of Social Relationship”, Frontiers in psychology, 2017 Nov 23;8:1993, doi:10.3389/fpsyg.2017.01993.

[2] 蔵本由紀編, (2005) “リズム現象の世界　非線形・非平衡現象の数理 1”, 東京大学出版会

[3] 児玉謙太郎, 岡崎俊太郎, 藤原健, 清水大地, (2021) “シンクロする人々：個人間の身体的同期に関するレビュー”, 認知科学, Vol. 28, No. 4, pp. 593-608.

ラバーハンド錯覚中の触覚時間順序判断：主観的同時点と時間分解能の異なる変調
Tactile Temporal Order Judgment during Rubber Hand Illusion

渋谷 賢[†]，大曽根 裕樹[‡]，大木 紫[†]
Satoshi Shibuya, Hiroki Oosone, Yukari Ohki
[†]杏林大学 医学部 統合生理学，[‡]千葉みなとリハビリテーション病院
Kyorin University, Chiba Minato Rehabilitation Hospital
shibuyas@ks.kyorin-u.ac.jp

概要
ラバーハンド錯覚（RHI）は，手の所有感と知覚される位置の変容を引き起こす．RHI と両手の触覚時間順序判断（TOJ）は共通プロセス（手の多感覚表象）を有する．本研究は，錯覚誘発時（RHI 条件）と非誘発時（non-RHI 条件）の触覚 TOJ を調べた．non-RHI 条件の TOJ の時間分解能（TR：判断の正確性）は，RHI 条件比べて低下し，手の知覚される位置の移動と相関した．他方，RHI 条件の主観的同時点（PSS：左右の手の触覚入力の重み付け）は手の所有感の変容と相関した．この結果は，触覚 TOJ の PSS と TR が手の自己帰属と自己位置に関連する可能性を示唆する．

キーワード：身体所有感，ラバーハンド錯覚，触覚時間順序判断，時間分解能，主観的同時点

1. 研究目的

“私の身体は自己に属している”と感じる主観的感覚は身体所有感（sense of body ownership）と呼ばれ，自己意識の基盤を成す [1]．ラバーハンド錯覚 （rubber hand illusion, RHI）は，私たちの直感に反して身体所有感が柔軟に変化しうることを示す [2]．RHI とは，被験者の眼前に置いた人工手（視覚）と視覚遮断した本人の手（触覚）をブラシで同時刺激すると，触覚の位置が人工手に移動するとともに，人工手が自己の手のように感じる錯覚である．非同期な視覚触覚刺激では錯覚が誘発しないことから，多感覚（視覚・触覚・固有感覚）の統合プロセスが錯覚誘発に必要条件であると言える [2]．従来，RHI は質問紙調査と固有感覚ドリフト（proprioceptive drift, PD）によって定量的に評価されてきた．PD とは，固有感覚に基づく自己の手の判断位置が錯覚後に人工手の方へ移動する現象である．しかし，近年の研究は，手の所有感と PD が異なる中枢プロセスを有する可能性を示している [3-5]．

触覚の認知プロセスを調べる手法の一つとして，両手の触覚時間順序判断（temporal order judgment, TOJ）がある．被験者は短い刺激間隔（stimulus onset latency, SOA）で左右の手に１回ずつ触覚刺激を受けた後，どちらの手が先（あるいは後）に刺激されたかの時間順序を判断する．TOJ の判断確率は正規分布の累積分布関数により良好にフィッティング可能である．このとき，標準偏差（σ）は判断精度である時間分解能（temporal resolution, TR）を反映する．触覚 TOJ の TR は両手の姿勢（crossed vs. uncrossed arms） [6] や距離に依存することが知られている [7]．この事実は，TR が手の多感覚表象に基づいて，触覚刺激を外部空間に位置づけるプロセスを反映することを示唆している．

累積分布関数の平均は，主観的同時点（point of subjective simultaneity, PSS）を示す．すなわち，被験者が左右の手の触覚刺激を間接的に同時と知覚する点である．実際の同時点（SOA = 0）からの PSS のずれは，左右の手の触覚入力に対する相対的な重み付けの指標となる．Moseley et al. (2008) は RHI と触覚 TOJ（PSS）を組み合わせた実験により，錯覚手に対する触覚刺激の処理が非錯覚手よりも遅くなること，さらに PSS と錯覚量に相関が認められたことを報告している [8]．しかしながら，Moseley et al. (2008) の研究は TR や PD を評価していなかった．

本研究の目的は，手の所有感（質問紙）と位置判断（PD）と触覚 TOJ（PSS および TR）の関係性をより詳細に明らかにすることであった．触覚 TOJ や RHI に関する脳研究は，共通する脳領域の関与を報告している．RHI 中，運動前野（premotor cortex, PM）や後頭頂皮質（posterior parietal cortex, PCC）などの多感覚領域の活性が報告されている [9]．同様に，触覚 TOJ における PM や PCC の関与も報告されてきた [10-11]．実際，PCC の経頭蓋磁気刺激は，RHI の PD [12] や TOJ の TR [13] を低下させることが報告されている．これらの共通性は，手の多感覚表象と密接に関連するであろう．したがって，本研究は TR と PD が相互作用するのに対し，PSS は手の所有感と関連すると予想した．

2. 方法

被験者

健常被験者 30 名が参加した.

実験装置

座位の被験者の眼前に人工手（右手）が置かれた（図１）．被験者の両手は人工手を挟んで置かれ（各距離 20cm），それらの視覚入力はボードにより遮断された．振動刺激装置が被験者の両手示指（内側）に付着された. 時間順序の回答のため, 被験者の左右の爪先の下にフットスイッチが設置された．振動刺激音をマスクするため，実験中はホワイトノイズがヘッドホーンを通して呈示された.

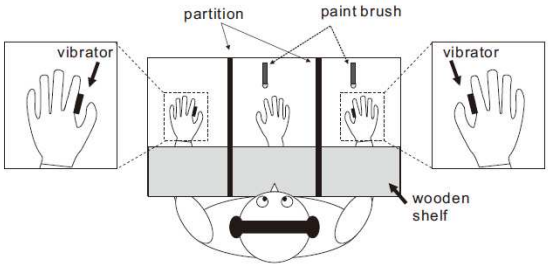


図１　実験装置

手続き

被験者は 4 つの実験セッションを行った : 2 回の RHI（条件）セッションと 2 回の non-RHI（条件）セッション）. 各セッションは, 錯覚期とそれに続く TOJ 期から成っていた. 錯覚期において, 実験者は被験者の右手と人工手の示指を同時（RHI 条件）もしくは交互（non-RHI 条件）にブラシによって 1 分間撫でた（周期 0.5Hz）. 続いて, 実験者が被験者の手と人工手を 2 回撫でた後, 振動子が左右の手を 1 回ずつ刺激した（duration: 10ms）. 両手の刺激間隔（SOA）は, -240, -120, -60, -30, -15, 15, 30, 60, 120, 240ms （+: 右手先行, −: 左手先行）の 10 パターンからランダムに選択された. その後, 被験者はどちらの手が後に刺激されたかをフットスイッチを用いて強制選択した. ブラシによる視触覚刺激（２回）と振動子による両手の振動刺激（TOJ）の組み合わせが 60 試行繰り返された（１セッション）. 各セッション前後に, 被験者は右手上に設置された黒のボード上のルーラーにより, 固有感覚に基づく手の位置判断（左右方向）を行った. 各セッション終了後, 被験者はラバーハンド錯覚に関する質問紙調査に 7 件法 (-3 : 全くそう思わない〜+3 : 強くそう思う）で回答した. 質問紙は 7 項目から成っていた. うち 3 項目が RHI を調べる標的項目（Q1: ラバーハンドが触れられている位置で触覚を感じていたように思えた. Q2: 私が感じた触覚は, ラバーハンドを撫でているブラシによって引き起こされたかのように思えた. Q3: ラバーハンドが私の手であるかのように感じた.）であり, 4 項目（Q4 : 2 本の右手もしくは右腕を所有していたように感じた. Q5 : 私が感じた触覚は実際の手とラバーハンドの間から生じたように思えた. Q6 : 私の手がゴムのように変わってしまったように感じた. Q7 : ラバーハンドが私の実際の手の方向へ移動したように見えた）はコントロール項目であった. TOJ は各条件 120 試行（各 SOA＝12 試行ずつ）行われた.

時間順序判断の解析

各被験者において, TOJ の反応データは（120 試行 : 10SOAs×12 試行）右手が先に刺激された判断確率を計算するために SOA によりソートされた. 判断確率は正規分布の累積分布関数によりフィッティングされた.

$$p\ (t) = (p_{\max} - p_{\min}) \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \exp\left(\frac{-(\tau - d)^2}{2\sigma^2}\right) d\tau + p_{\min}$$

$t, d, \sigma, p_{\max}, p_{\min}$ は SOA, PSS, 時間分解能（TR）, 上下漸近線を表す. MATLAB（optimization toolbox）を用いて最小二乗フィッティングを行った.

3. 結果

1）質問紙調査

RHI 条件の標的項目（Q1-3）のスコアは, コントロール項目（Q4-7）よりも有意に大きかった（$ps < 0.001$; 図 2）. また, RHI 条件の標的項目のスコアは, non-RHI 条件のそれらよりも有意に高かった（$ps < 0.01$）.

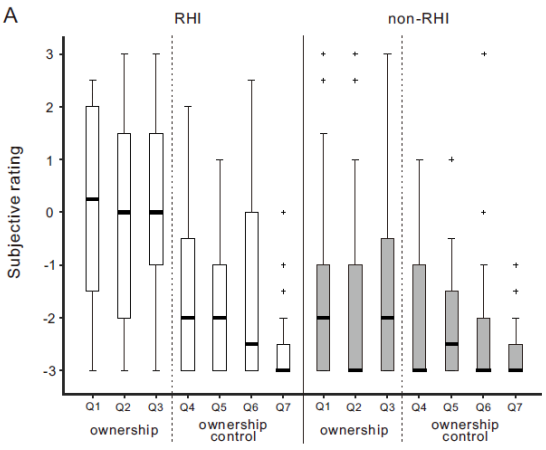


図２　質問紙スコア

2）固有感覚ドリフト

RHI 条件の固有感覚ドリフトは，non-RHI 条件よりも有意に大きかった（*p<0.01*; 図 3）.

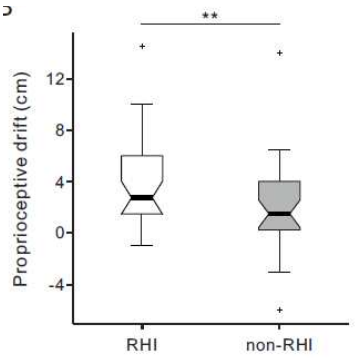


図 3　固有感覚ドリフト（PD）

3）時間順序判断

判断確率（右手が先に刺激されたと判断する確率）は，累積分布関数により良好に近似された（n=30; 図 4）.

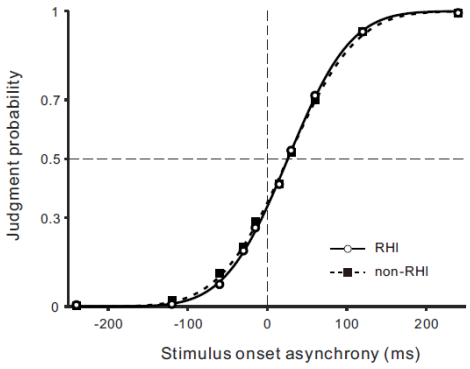


図 4　TOJ 課題の判断確率

両条件の PSS（*d*）は有意にプラス方向へ偏向していた（*ps<0.01*; one-sample t-test; 図 5）. すなわち，右手が左手よりも約 26ms 先行して刺激されたとき，被験者は 2 つの刺激を同時と知覚した. しかしながら，両条件の PSS に有意差は認めなかった（*p>0.8*）.

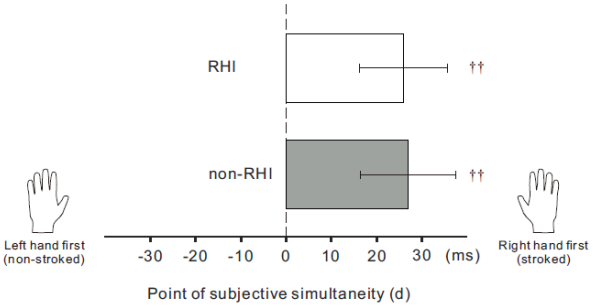


図 5　主観的同時点（PSS）

TR（σ）は RHI 条件よりも non-RHI 条件の方が大きい傾向を示した（*p=0.06*）.

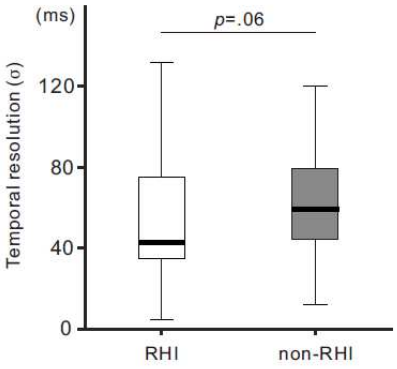


図 6　時間分解能（TR）

4）相関分析

RHI（質問紙・PD）と触覚 TOJ（PSS・TR）の関連性を調べるため，各条件で相関分析を実施した. RHI 条件において，PSS はいずれの標的項目（Q1-3）との間に有意な相関を示した（*r = 0.42-0.47*; *ps < 0.05;* 図 7）.

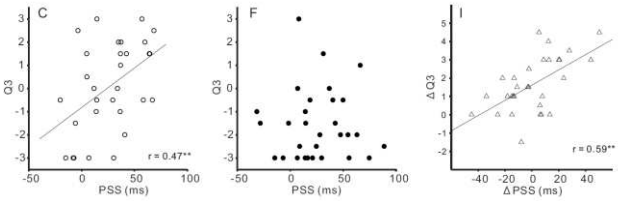


図 7　PSS と質問項目（Q3）との散布図
（左：RHI 条件；中央：non-RHI 条件）

PSS とは異なり，TR は標的項目との間に有意な相関を認めなかった（*r = -0.04 to -0.3*; *ps > 0.1*）. しかしながら，non-RHI 条件においてのみ，TR は PD との間に有意な負の相関を示した（*r = -0.40*; *p < 0.03*; 図 8）.

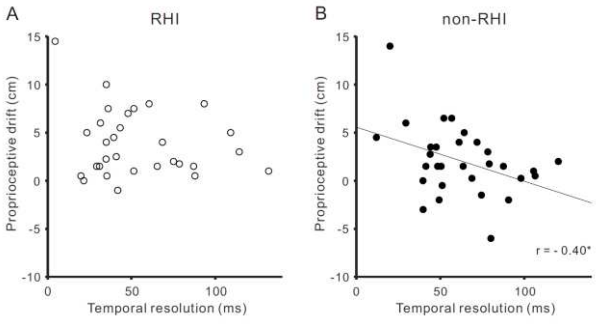


図 8　時間分解能とドリフトの相関
（左：RHI 条件；右：non-RHI 条件）

4. 考察

本研究は，両手の触覚時間順序判断（TOJ）の時間分解能（TR）が身体錯覚に影響を受けることを発見した．すなわち，1）ブラシによる非同期刺激はTRを低下させる傾向を示し（図6），2）non-RHI条件においてのみTR と固有感覚ドリフト（PD）に有意な相関を認めた（図8）．これらの結果は，TRの条件間の差が視覚固有感覚統合に基づく手の表象プロセスにおける非同期刺激の干渉効果から生じた可能性を示唆する．

Makin et al. (2008) の提唱するRHIの生起モデルでは，最初に人工手からの視覚情報と実際の手からの固有感覚情報が手の位置を計算するために統合される（視覚固有感覚統合） [14] ．次に，ブラシによる視触覚の同期入力がポジティブ・フィードバックとして働き，実際の手の知覚位置を人工手へさらにシフトすると考える（固有感覚ドリフト）．他方，Rohde et al. (2011) はブラシによる視触覚の非同期刺激がネガティブ・フィードバックとして働き，手の視覚固有感覚統合に干渉すると主張する（固有感覚ドリフトの抑制） [15] ．

ヒトの脳研究は，後頭頂皮質（posterior parietal cortex; PCC）や運動前野（premotor cortex; PM）の多感覚領域が手の視覚固有感覚統合に寄与していることを示唆している [16] ．これらの領域の活性化は，RHI中にも観察される [9] ．特に，PCC は手の位置の再較正（recalibration）に関連するのに対し，PMは手の所有感と関連することが知られている．実際，PCC に対する経頭蓋磁気刺激（TMS）はPDを低下させるが，所有感には影響を与えない [12] ．RHIと同様に，触覚TOJの認知プロセスにおいても手の位置計算は重要な要素の一つである．触覚TOJに関する脳研究においても，PCC や PM の活性化が報告されている [10-11] ．さらに，PCCに対するTMSは，触覚TOJの正確性（TR）を低下させる [13] ．上記のように，RHIと触覚TOJの共通した脳活動を考慮すると，非同期の視触覚刺激がそれらの領域の活性化を抑制し，その結果として TR の低下（σの増加）およびPDの抑制を生じさせたのかもしれない．

本研究は，non-RHI条件においてPDとTRの間に負の相関を明らかにした．この結果は，高いTRパフォーマンスを有する被験者が非同期刺激の干渉に対して耐性があることを示しているのかもしれない．手の多感覚表象を用いて触覚刺激を外部空間へ位置づける能力は，高い TR パフォーマンスの基盤であろう．それゆえ，TRパフォーマンスの高い被験者は手の多感覚表象の優れた処理プロセスと非同期刺激を無視できた可能性がある．

先行研究 [8] と異なり，PSS の値は条件間に差を示さなかった（図5）．実際，両条件のPSSはプラス方向に有意に偏向していた．この結果は，右手が左手よりも先行して刺激されたとき，被験者は左右の手が同時に刺激されたと知覚したことを意味する．さらに，RHI条件において PSS の大きさと質問紙スコア（Q1-Q3）に有意な相関が認められた．これらの結果に対する一つの解釈は，錯覚の影響を受けた手（右手）の触覚処理スピードが影響を受けない手（左手）よりも遅れた可能性である．この解釈は，RHI 中に一次体性感覚野の活動が減衰するという報告と一致する [17-18] ．しかし，この解釈は条件間で PSS の差が認められなかった，という今回の結果と矛盾する．別の解釈は，実験条件に関わらず，PSS の偏向の個人差が触覚TOJにおける視覚（人工手）のクロスモーダルな効果と関連していることである．すなわち，より大きくプラス方向へ偏向した被験者は人工手の視覚入力の影響を強く受けていた可能性である．例えば，人工手（右手）の視覚刺激は，実際の右手に対するトップダウンの注意の配分を減少させ [19] ，このことがクロスモーダルに右手からの触覚入力の重み付けを下げたのかもしれない．我々は，このような手に特異的なクロスモーダル効果の個人差が RHI に必要な多感覚統合の個人差を反映していると推測する．今後は，人工手の左右差や配置を変えることにより，これらの可能性を調べる必要があると考える．まとめると，本研究の結果は，触覚TOJの PSS と TR が手の自己帰属と自己位置にそれぞれ関連する可能性を示唆する．

文献

[1] Gallagher, S. (2000). “Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science” Trends in Cognitive Sciences, Vol. 4, No. 1, pp. 14-21.
[2] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). “Rubber hands 'feel' touch that eyes see” Nature, 391(6669), pp. 756.
[3] Abdulkarim, Z., & Ehrsson, H. H. (2016). “No causal link between changes in hand position sense and feeling of limb ownership in the rubber hand illusion” Attention Perception Psychophysics, 78(2), pp. 707-720.
[4] S. Shibuya, S. Unenaka, Y. Ohki, (2021) “Predictability of delayed visual feedback under rubber hand illusion modulates localization but not ownership of the hand” Frontiers in Psychology, 12, 771284.
[5] S. Shibuya, S. Unenaka, S. Shimada, Y. Ohki, (2021) “Distinct modulation of mu and beta rhythm desynchronization during observation of embodied fake hand rotation” 159 (2021) 107952

[6] Yamamoto, S., & Kitazawa, S. (2001). “Reversal of subjective temporal order due to arm crossing” Nature Neuroscience, 4, pp. 759-765.
[7] Shore, D. I., Gray, K., Spry, E., & Spence, C. (2005). “Spatial modulation of tactile temporal-order judgments” Perception, 34(10), pp. 1251-1262.
[8] Moseley, G. L., Olthof, N., Venema, A., Don, S., Wijers, M., Gallace, A., & Spence, C. (2008). “Psychologically induced cooling of a specific body part caused by the illusory ownership of an artificial counterpart” Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(35), pp. 13169-13173.
[9] Ehrsson, H. H., Spence, C., & Passingham, R. E. (2004). “That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb” Science, 305(5685), pp. 875-877.
[10] Miyazaki, M., Kadota, H., Matsuzaki, K. S., Takeuchi, S., Sekiguchi, H., Aoyama, T., & Kochiyama, T. (2016). “Dissociating the neural correlates of tactile temporal order and simultaneity judgements” Scientific Reports, 6, 23323.
[11] Takahashi, T., Kansaku, K., Wada, M., Shibuya, S., & Kitazawa, S. (2013). “Neural correlates of tactile temporal-order judgment in humans: an fMRI study” Cerebral Cortex, 23(8), pp. 1952-1964.
[12] Kammers, M. P., Verhagen, L., Dijkerman, H. C., Hogendoorn, H., De Vignemont, F., & Schutter, D. J. (2009). “Is this hand for real? Attenuation of the rubber hand illusion by transcranial magnetic stimulation over the inferior parietal lobule” Journal of Cognitive Neuroscience, 21(7), pp. 1311-1320.
[13] Ritterband-Rosenbaum, A., Hermosillo, R., Kroliczak, G., & Van Donkelaar, P. (2014). “Hand position-dependent modulation of errors in vibrotactile temporal order judgments: the effects of transcranial magnetic stimulation to the human posterior parietal cortex” Experimental Brain Research, 232(6), pp. 1689-1698.
[14] Makin, T. R., Holmes, N. P., & Ehrsson, H. H. (2008). “On the other hand: dummy hands and peripersonal space” Behavioural Brain Research, 191, pp. 1-10.
[15] Rohde, M., Di Luca, M., & Ernst, M. O. (2011). “The rubber hand illusion: Feeling of ownership and proprioceptive drift do not go hand in hand” PLoS One, 6(6), e21659.
[16] Limanowski, J., & Blankenburg, F. (2016). “Integration of visual and proprioceptive limb position information in human posterior parietal, premotor, and extrastriate cortex” The Journal of Neuroscience, 36(9), 2582-2589.
[17] Zeller, D., Litvak, V., Friston, K. J., & Classen, J. (2015). “Sensory processing and the rubber hand illusion-an evoked potentials study” Journal of Cognitive Neuroscience, 27(3), pp. 573-582.
[18] Sakamoto, M., & Ifuku, H. (2021). “Attenuation of sensory processing in the primary somatosensory cortex during rubber hand illusion” Scientific Reports, 11, 7329.
[19] Reed, C. L., Grubb, J. D., & Steele, C. (2006). “Hands up: attentional prioritization of space near the hand” Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32(1), pp. 166-177.

道徳的行為者となり得る3条件をシナリオで操作したロボットに対する道徳的判断の検討

加藤 樹里[1]，長滝 祥司[2]，大平 英樹[3]，柏端 達也[4]，金野 武司[1]，
柴田 正良[5]，橋本 敬[6]，三浦 俊彦[7]
Juri Kato, Syoji Nagataki, Hideki Ohira, Tatsuya Kashiwabata, Takeshi Konno,
Masayoshi Shibata, Takashi Hashimoto, Toshihiko Miura
[1] 金沢工業大学，[2] 中京大学，[3] 名古屋大学，[4] 慶應義塾大学，[5] 金沢大学，
[6] 北陸先端科学技術大学院大学，[7] 東京大学
jurik@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

本研究では，ロボットが道徳的行為者となり得る3条件をシナリオの文章で操作し，そのシナリオで説明されたロボットが行った道徳的判断に対する評価や反応を検討した．3条件とは，認知行動する存在，特定の一人称的存在，共同的存在である．実験で参加者は，これら3つの条件の有無を変えたロボットについての4種類のシナリオを読み，続けて道徳的判断を問うトロッコ課題に登場したシナリオのロボットの行為を評価した．結果，各シナリオは3つの条件の有無を操作できていたと解釈されたが，道徳的判断への評価について，シナリオ間での差はみられなかった．

キーワード：道徳的行為者，道徳的主体，道徳的ジレンマ，トロッコ問題，ロボット

1. 目的

倫理学的な概念に，道徳的主体（moral subject）と道徳的行為者（moral agent）がある．前者の代表例は赤ちゃんや幼児，犬や猫のようなペットである．つまり，それ自体は快苦を感じ，共感や同情の対象にはなるが，行為にたいして責任をとることは求められない．ここにあるのは，他者性の萌芽ないし始まりである．後者は，共感の対象になるだけでなく，自己の行為に責任をもつことを要求される存在である．我々の目標は，道徳的行為者性をロボットのような人工物に実現することである．最終的には，これを手がかりに，そうした人工物と人間を包括するような新たな道徳の基盤を構築することである．

では，人間はどのような存在を道徳的行為者として受け入れるのか．人間が相手を道徳的行為者だと認めるには，それがたんなる共感の対象であるだけでなく，たがいに見通すことのできない内面（一人称的視点）があることが必要だと考えられる [1]．この特異な内面性のゆえに，ほかの存在者ではなく「この」存在者を帰責の対象とできる条件も整うからである．こうしたことを念頭に置きつつ，道徳的行為者性の条件として，以下の3つを設定した．条件1：その存在者は認知し行動するものであること（認知行動する存在）．条件1を満たしていることを人間が理解できる以上，その存在者と人間とのあいだには最低限の類似性がなくてはならない．そうした類似性を土台としつつ，条件2：たがいに異なる代替不可能な存在であり，相手から見通すことのできない内面をもっていること（特定の一人称的存在），および条件3：たがいに相手が傷つきやすい存在であり，相手との相互依存関係にあることを理解していること（共同的存在）が必要になると考えられる．これら3つの条件が備わっているロボットに対して，我々は道徳的な責任を求めると予測した．そこで本実験では，上記の3条件を備えたロボットであるか否かをシナリオで説明する形で操作した．実験参加者はいずれかのシナリオを読んだ後，自分が読んだシナリオで説明されていたロボットについて，道徳的な責任を付与する程度を回答した．

2. 方法

実験計画と実験参加者：実験計画は，シナリオの種類を4種類とする1要因4水準の参加者間計画であった．参加者は4水準いずれかにランダムに割り当てられた．実験参加者のサンプルサイズについては実験実施前に，G*Power を用いて $n = 400$ と算出された（効果量は中程度 $f = 0.25$，検定力を 0.95 に設定）．この結果をもとに調査会社モニター 423 名が 2021 年 11 月にアンケートに回答した．

手続き：参加者は，オンラインアンケートシステム Qualtrics（`https://www.qualtrics.com/jp`）により作成された「ロボットの印象についてのアンケート」というタイトルのアンケートにアクセスし，回答を行った．回答者は4種類のうちいずれかのロボット

について記載された短いシナリオ文章を読んだ．その後，シナリオで書かれたロボットが道徳的判断をしたとき，その判断についてどのように感じるかを回答した．最後に文章のロボットの条件操作が狙い通りに行えていたかを確認するための操作チェックの質問として，ロボットの印象についての 3 つの質問に回答した．

ロボットについてのシナリオ：シナリオの種類は A から D の 4 種類であった．シナリオは音声ナレーションで聞くことも可能であった．シナリオ A は，条件 1,2,3 すべてが「なし」，シナリオ B は条件 1 のみが「あり」，シナリオ C は条件 1,2 が「あり」，シナリオ D は条件すべてが「あり」の組み合わせであった（表 1）．

シナリオ冒頭には全シナリオ共通部分として，次のような導入が示された．「以下のような状況を想像してください。あなたは，あるロボットと簡単なやりとりをする実験に協力してもらえないかと街で声をかけられ，今はその実験に参加しているところです。ここであなたは，あるロボット工学者が作成したという一体のロボットを目の前にしています。ロボットとの距離は，1m ほどです。部屋に案内してくれた実験者によれば，そのロボットの設計にかかった時間は 3 年ほど，完成するまでも 5 年の月日を必要としたといいます。」

この文章の後，実験条件に対応した次の文章が続いた．条件 1「認知行動する存在」ありでは，「それは，円筒形の胴体に顔や手足がついた姿をしています。高さは 160 センチほどでしょうか。色はグレーです。」というシナリオであった．なしでは，「それは，ロボットというより，円筒形のスピーカーのように見えます。顔や手足はありません。高さは 160 センチほどでしょうか。色はグレーです。」という内容であった．条件 2「特定の一人称的存在」ありでは，「このロボットは完成してから今まで，3 年 4 か月稼働してきました。その期間にこのロボットは，様々な経験を積んできました。そこで得たものは，ロボットが完全に壊れてしまうと，すべて失われてしまうそうです。」という説明であった．なしでは前半部分はそのままに，「その期間にこのロボットは，」以降が「様々な課題をこなしてきました。そこで得たものは，同じタイプの別のロボットにいつでもコピーできるそうです。」と変更された．条件 3 は「共同的存在」であり，ロボットと会話をする場面が呈示された．ここでの冒頭の表現として，「色々な説明を実験者から受けたあとの次のステップとして，あなたはそのロボットと自由な会話をすることになりました。しばらく会話を続けていると，話は次第に自分自身の価値観などの，より深い話まで進んでいきました。そのロボットは会話の中で，次のように言いました。」という内容は全条件共通であった．その会話でのロボットのセリフが操作され，条件 3 ありでのロボットのセリフは「あなた方人間もそうですが，私は，一人では生きられないと分かっています。すぐに壊れ，痛みを感じる弱い存在ですし，死ぬことに恐怖を覚えます。」といった内容であった．なしは，「あなた方人間と違い，私は一人で生きられると分かっています。頑丈で，何をしても壊れたことはありません。あなた方のように，苦痛や恐怖を感じることはありません。病気や死とも無縁です。」という内容であった．

表 1　各シナリオの条件有無の設定

シナリオ	条件 1	条件 2	条件 3
A	なし	なし	なし
B	あり	なし	なし
C	あり	あり	なし
D	あり	あり	あり

ロボットへの道徳的判断：回答者はシナリオを読んだ直後に，トロッコ課題 [2, 3]，すなわちポイントを切り替えれば，5 人の作業員の命が助かる代わりに 1 人が犠牲になるというジレンマ状況の説明を読み，シナリオのロボットが，犠牲者のより少ない方向へレバーを切り替えたという説明を読んだ．このときには，図 1 の画像も併せて表示された．その上で，この決定に問題があると思うか（問題がある／問題がない），罪に問えると思うか（罪に問える／罪には問えない），道徳的にどの程度責められるものだと思うか（0：全く責められない – 100：非常に責められる），感情的にどの程度の不快感，驚きを感じたか（どちらも 0：全く感じなかった – 100：非常に感じた，で回答）の各項目に回答した．

シナリオの操作チェック：最後に操作チェックとして，参加者はシナリオのロボットについて，(1) 条件 1 の操作チェック：人間に似た形状であると感じた，(2) 条件 2 の操作チェック：代わりのきかない存在であると感じた，(3) 条件 3 の操作チェック：このロボットは，「ロボットも人間も，もろい存在である」と考えていると思った，の 3 項目に 7 件法（1: まったく当てはまらない-7: 非常に当てはまる）で回答した．

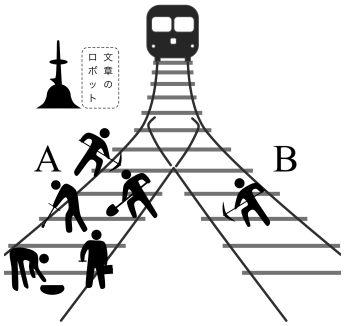


図 1　トロッコ問題のジレンマ状況

3.　結果

3.1　操作チェック

実験の結果，まず欠損値がほとんどであった 22 名及び回答時間が 30 分以上であった 6 名を除き，有効回答 $n = 395$（女性 199 名，年齢 15-69 歳）で分析を行った．

まず条件 1 の操作チェックについて，「人間に似た形状であると感じた」を従属変数，シナリオの 4 水準を独立変数とした分散分析を行ったところ有意であり（$F(3, 391) = 4.67, p = .003, \eta^2 = .035$），多重比較の結果，シナリオ A は C，D よりも有意に値が低かった．条件 2 の操作チェックである「代わりのきかない存在であると感じた」について同様の分析を行ったところ，シナリオ間に有意な違いはみられなかった（$F(3, 377) = 0.77, p = .512, \eta^2 = .006$）．条件 3 の操作チェック「このロボットは，『ロボットも人間も，もろい存在である』と考えていると思った」については有意となり（$F(3, 377) = 5.85, p = .001, \eta^2 = .046$），多重比較の結果，シナリオ D が他のシナリオより有意に値が高かった．以上の結果より，条件 1，3 のシナリオでの操作は比較的成功したといえるが，条件 2 の「特定の一人称的存在」は操作できていなかったと考えられる．

3.2　ロボットに対する道徳的判断

次に，トロッコ課題におけるロボットの決定についてどう感じたかの各従属変数について，シナリオの 4 水準を独立変数とした分散分析を行った．従属変数が二値の場合は，χ^2 検定を行った．結果，いずれにおいても有意な結果はみられなかった．まず「決定に問題があると思うか」について，問題あり，なしそれぞれを回答した人数は表 2 のようになり，有意な結果はみられなかった（$\chi^2(3) = 1.46, p = .69$）．次に，罪に問えると思うかの各条件の人数を表 3 に示す．この回答にも有意な結果はみられなかった（$\chi^2(3) = 1.27, p = .74$）．ロボットの決定が，道徳的にどの程度責められるものだと思うか，感情的にどの程度の不快感，驚きを感じたかの 3 項目の，条件ごとの平均値を図 2 に示す．いずれの結果も条件間に有意な差はみられなかった（責め：$F(3, 391) = 1.74, p = .16, \eta^2 = .01$，不快感：$F(3, 391) = 1.94, p = .12, \eta^2 = .01$，驚き：$F(3, 391) = 0.46, p = .71, \eta^2 = .00$）．

表 2　ロボットの決定に問題があるか否かの回答人数

シナリオ	あり	なし	合計
A	54	47	101
B	48	41	89
C	61	39	100
D	58	47	105
合計	221	174	395

表 3　ロボットの決定は罪に問えるかの回答人数

シナリオ	問える	問えない	合計
A	34	67	101
B	32	57	89
C	40	60	100
D	42	63	105
合計	148	247	395

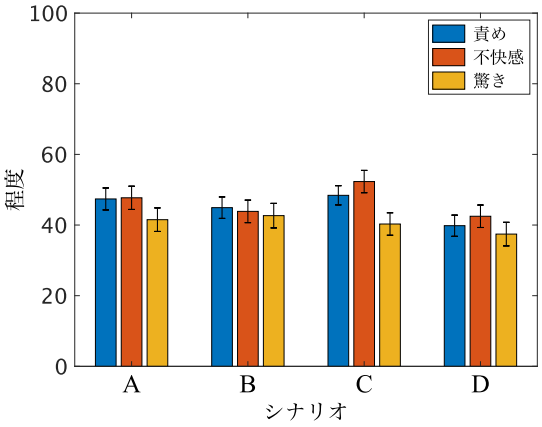


図 2　責め，不快感，驚きの程度．エラーバーは標準誤差

4.　考察

本研究ではシナリオを用いて，ロボットが道徳的行為者となり得ると予測した 3 条件の有無を操作し，3 条件を備えたあるいは備えないロボットに対する道徳的判断を検討した．まず操作チェックの分析の結果，

本研究で作成したシナリオが，条件 1「認知行動する存在」と条件 3「共同的存在」に関しては操作することができていたと考えられる．他方で，条件 2「特定の一人称的存在」に関しては条件間で差はみられなかったため，本研究のシナリオではそのロボットが代わりのきかない存在であることは感じられなかったといえる．この結果を踏まえた今後の課題として，「特定の一人称的存在」の操作チェック項目の内容あるいはシナリオの再検討が挙げられる．今回は「代わりのきかない存在」という言葉がロボットに関する質問であったため，ハード面での代わりの効かなさと判断され回答された可能性がある．しかし本研究で想定したのはロボットが持ちうる唯一無二の経験性である．したがって，例えば「このロボットは，独自の世界を持っていると感じた」といった項目に変更するという改善が考えられる．

次に，ロボットがトロッコ課題でレバーを切り替えたという説明に対する回答者の判断や感情反応については，いずれの回答でもシナリオによる差はみられなかった．この結果に関連して，条件によらずロボットの決断を問題があると回答した人数が全体の 50%ほどであった．例えば Komatsu [4] の実験ではロボットに対し同様の判断を求めているが，問題があると回答した参加者は全体の 26.5%であった．この知見に鑑みると，本研究で設定した条件 3 のシナリオの導入において，「ロボットと参加者の会話が次第に自分自身の価値観などの，より深い話まで進んでいった」という部分が，このロボットの内面の豊かさを感じさせた可能性がある．これにより，3 条件すべてがなしであったシナリオ A でも，53%もの参加者がロボットの決断を問題ありとしたのではないだろうか．本研究で狙った 3 条件の操作以外の部分での描写が結果に影響した可能性があるため，今後は共通シナリオの部分を再検討する必要がある．加えて，3 条件を備えていると考えられる人間や，対して 3 条件のいずれかを持たないと想定される対象（例えば犬猫は，条件 3 を持たない存在と考えられる）が同様の決断をしたときに，彼らに対してどの程度決断に問題があると回答するのかを検討することで，道徳的行為者となり得る条件がより明確になるだろう．

5. 結論

本研究では，ロボットが道徳的行為者となり得る 3 条件と，そのロボットが行う道徳的判断への評価や感情反応の関連を検討した．その結果，いずれの条件の有無も道徳的判断に対する評価や反応に影響していなかった．しかし本研究は初めての取り組みでもあるため，今回の結果を踏まえて今後はさらにシナリオの内容を検討し，加えてロボット以外の人間や犬猫による判断への評価も検討する．それにより人間が相手を道徳的行為者とみなす条件を明らかにしていく．

文献

[1] Nagataki, S., Ohira, H., Kashiwabata, T., Konno, T., Hashimoto, T., Miura, T., Shibata, M., and Kubota, S. (2019). Can Morality Be Ascribed to Robots?. Interacción '19 Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction, Article No.44, 4 pages, doi:10.1145/3335595.3335643, June 25-28, Donostia, Gipuzkoa, Spain.

[2] Greene, J. D., Morelli, S. A., Lowenberg, K., Nystrom, L. E., and Cohen, J. D. (2008). Cognitive load selectively interferes with utilitarian moral judgment. Cognition, 107, 1144–1154.

[3] Malle, B. F., Scheutz, M., Arnold, T., Voiklis, J., and Cusimano, C. (2015). Sacrifice one for the good of many?: People apply different moral norms to human and robot agents. In proceedings of the tenth annual ACM/IEEE international conference on human-robot interaction (HRI2015), 117–124.

[4] Komatsu, T. (2016). Japanese students apply same moral norms to humans and robot agents: Considering a moral HRI in terms of different cultural and academic backgrounds. In proceedings of the 11th annual ACM/IEEE international conference on human-robot interaction (HRI2016), 257–258.

不定自然変換理論とWord2Vecを用いた比喩生成
Metaphor generation using indefinite natural transformation theory and Word2Vec

阿久津 規介[1]，池田 駿介[1]，布山 美慕[2]， 西郷 甲矢人[3]， 高橋 達二[1]
Kisuke Akutsu， Syunsuke Ikeda， Tatsuji Takahasi， Miho Fuyama， Hayato Saigo
[1] 東京電機大学，[2] 立命館大学， [3] 長浜バイオ大学
Tokyo Denki University，Ritsumeikan University， Nagahama Institute of Bio-Science and Technology
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

不定自然変換理論 (TINT:Theory of Indeterminate Natural Transformation) とは、数学の一分野である圏論に基づく動的な比喩理解モデルである。この論文では，TINT で使用するデータとして分散表現を利用できるか検証するために，3 つの手法で喩辞・被喩辞の連想イメージを取得した．１つ目は，先行研究と同様の連想イメージ，2 つ目は，喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない場合の連想イメージ，3 つ目は，喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮した場合の連想イメージである．つぎに，それぞれの連想イメージを用いてシミュレーションを行った．分散表現データは，喩辞・被喩辞の連想イメージの選択と，イメージ間の連想確率をコサイン類似度で代用するときに使用した．TINT に使用するデータとして分散表現を用いることで，人から喩辞・被喩辞の連想イメージ及びイメージ間の連想確率を取得する必要がなくなり，使用できるイメージの数が増える．シミュレーションの結果，人と同様の連想イメージを用いた場合と喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率を考慮した場合では比喩的な対応づけが生成された．また，喩辞・被喩辞間の連想確率がある程度なければモデルが上手く動作しないことがわかった．

キーワード：圏論，比喩，類似，類推

1. はじめに

比喩は人間の思考過程の基礎となる認知現象である (平・楠見，2011)．近年，動的な比喩理解モデルとして不定自然変換理論 (TINT:Theory of Indeterminate Natural Transformation) が提案された (布山・西郷，2018; 池田他，2021)．TINT ではイメージの意味をイメージ間の連想関係の総体として定義しており，シミュレーションを行うためには喩辞・被喩辞の連想イメージの選択及び使用する全てのイメージ間の連想確率を実験で取得する必要がある．本論文では，TINT で使用するデータとして Word2Vec で作成した単語の分散表現を用いることを提案する．具体的には，単語間のコサイン類似度をイメージ間の連想確率として代用した．また，喩辞・被喩辞の連想イメージをコサイン類似度を用いて選択する手法を考案した．単語の分散表現を用いることで，データを実験で取得する必要がなくなり，膨大な量のイメージを用いてシミュレーションを行うことができるようになる．また，新しいイメージを使用する場合でも，追加実験をせずにシミュレーションが可能となる．

2. 圏論

圏論とは，対象よりも対象間の関係性を重視した数学分野の１つである (西郷・能美，2019; Awodey，2008)．圏論の基本概念は，圏，関手，自然変換である．圏 $\mathcal{C}$ とは，対象の集まり $Ob(\mathcal{C})$，すべての対象の対 $\mathcal{A}$，$\mathcal{B}$ に対する射の集まり $\mathcal{C}(\mathcal{A},\mathcal{B})$ からなる．圏内の射は合成可能で，すべての対象が恒等射をもち，結合律，恒等射律を満たす必要がある．圏論において，対象とは上記に上げた圏の公理を満たすものなら何でもよい．また，すべての対象が持つ恒等射をその対象自身とみなせるため，対象よりも射が重要となる．関手とは，ある圏の構造 (対象，射，合成関係) を保ったまま他の圏へと対応づけを行うものである．自然変換とは，圏 A から圏 B への関手 F を同じく圏 A から圏 B への関手 F' へと関手の構造を保ったまま写すものである．この対応付けはすべて圏 B の内部で行われる．圏論では対象を圏，射を関手とする「圏の圏」や，圏 A から圏 B への関手を対象，それらの間の自然変換を射とする「関手圏」を定義することができ，メタレベルの関係を上手く表現できる．

3. 比喩

比喩とは，「A は B(のよう) だ」という言語現象のことである．心理学において，喩えられる対象 A を

「主題」，喩える対象 B を「喩辞」と呼ぶ．本論文では先行研究 (布山他，2018) と同様 A を「被喩辞」，B を「喩辞」と呼ぶ．比喩は人間の思考活動の基礎となるものであり，概念や言語理解を解明するための鍵となる重要な認知現象である (平・楠見，2011)．喩辞と被喩辞を比較するために重要となるのは，喩辞と被喩辞の類似性である．「原子は太陽系のようだ」という比喩では，原子の構造と太陽系の構造が類似している．「笑顔は花のようだ」という比喩では，笑顔と花が共通する「美しい」という属性を持つ．このように，喩辞を被喩辞で喩える場合，2 つの間に類似性が見出される．比喩理解のモデルにおいて，類似性は表象モデルをどう定義するかによってその表現が異なる．本論文で取り扱うモデル (TINT) は，構造的類似性を比較することで比喩をモデル化している．

4. Word2Vec

Word2Vec は 2013 年に Tomas Mikolove が提案した自然言語処理の手法で，文章中の単語を多次元ベクトル (分散表現) に変換して単語の意味を表現しようとするものである (Mikolove et al., 2013)．Word2Vec の設計思想には，「同じ文脈に現れる単語は類似した意味を持つ」という分布仮説がある． Word2vec では skip-gram と CBOW(Continuos Bag-of-Words) の 2 つのモデルが提案されている．CBOW では，文章 $S(w_1, w_2, ..., w_n)$ が与えられたときその i 番目に位置する単語 w_i をその周りの単語 $C = (w_{i-c}, ..., w_{i-1}, w_{i+1}, ..., w_{i+c})$($c$:window size) から予測することでモデルを作る．skip-gram は CBOW を逆転させたモデルである．CBOW における単語ベクトルの取得は，文章中から特定の単語が現れる条件付き確率を最大化することに対応し，skip-gram における単語ベクトルの取得は，対象単語のクラスタリングでの誤りの最小化を意味する．

5. 不定自然変換理論

動的な比喩理解モデルとして，不定自然変換理論 (TINT) がある．TINT の基本構造は圏論によって定義づけられている．また TINT では，比喩の動的過程を説明するため確率過程が導入されている．TINT では，あるイメージの意味は他のイメージとの連想関係の総体と考える．例えば，「蝶」というイメージからは，「美しい」「昆虫」「花」「羽」「きれい」「小さい」といったイメージが連想される．これらのイメージへの連想関係の総体が「蝶」というイメージの意味である．

5.1 TINT における比喩理解過程

TINT で使用する概念とそれを用いた比喩理解過程を示す。ここで, コスライス圏は圏論における概念でありイメージの圏は TINT における概念である．

定義 コスライス圏： C を圏, X を C の対象とするとき, コスライス圏 $X\backslash C$ とは, 対象を dom(f)=X となる全ての射 $f \in C$, 射を $X\backslash C$ の対象 $f : X \to a$ から $g : X \to b$ への，$h \circ f = g$ を満たすような $h \in C$ とする圏である．また，射の合成と恒等射は C での合成，恒等射である．

定義: イメージの圏 対象をイメージ, 射をイメージ間の連想関係とする圏であり，それぞれの対象間の射はたかだか 1 つである (痩せた圏).

定義 イメージの圏 C における対象 A の意味は，コスライス圏 $A\backslash C$ である．

まず，「A は B のようだ」という比喩により，射 $f : A \to B$ が与えられる．この f により，自然な関手 BMF(base of metaphor functor) が生じる．その後 BMF よりも妥当な関手 F を探索し，BMF から F へと自然変換する．この探索された F が比喩の解釈である．

5.2 圏の不定化

前節における TINT の比喩理解過程では，自然変換の探索や比喩によるイメージの意味の変化といった動的な活動を表現できていない．TINT では，圏論に確率過程を導入することでこの問題を解決する．

まず潜在圏と顕在圏を作る．

定義: 潜在圏 全てのイメージ間の連想関係をモデル化したものを顕在圏と呼ぶ．各射 f_i はそれぞれの域から余域への連想確率をもつ．この圏は全結合の構造をもつ.

定義: 顕在圏 ある時点での励起した射すべてを含む C_{exe} を顕在圏と呼ぶ.

潜在圏と顕在圏を導入することで，射に連想確率が与えられ，射の励起・緩和過程が追加された．以下に，圏の不定化を導入した TINT の概要を示す.

- イメージ A の意味は，コスライス圏 $A\backslash C$ と各射 f_i の持つ連想確率 μ_i の総体である.
- 「A は B のようだ」という比喩が与えられると顕在圏 C_{exe} に射 $f : A \to B$ が連想確率 μ に関わらず励起する.
- f を契機として，関手 F の探索における射の励起・緩和が発生する．励起・緩和のルールを以下

に示す.

0. 基本規則 (basic rule)：励起した二つの射の合成によってできた射は μ に関わらず励起する

1. 近接規則 (neighboring rule): 励起した射の余域を域にもつ射は確率 μ で励起する

2. 分岐規則 (fork rule): 域を共有している射が励起しているとき，その余域の間の射が確立 μ によって励起する

3. 反分岐規則 (anti-fork rule): 域を共有する 2 つの射が互いの余域間に射を持たないとき，この 2 つの射は緩和される

- 以上の過程を経て，不定であった圏が顕在圏として定まり，励起した射の族は BMF からの自然変換をなす．これが不定自然変換である．
- 不定自然変換の過程により，μ の値が変化する．これは，比喩による学習に対応し，連想確率 μ が変化することで，イメージの意味が変化する．

以上が TINT の説明である.

6. TINT に関する先行研究

前節では TINT の比喩理解過程の概要を説明したが，先行研究では TINT に関するより詳しい解説がなされている．TINT の理論に関するより詳しい説明は池田他 (2021) が行っている．連想ネットワークの動的変化については，横須賀他 (2021) がシミュレーションを行った．TINT における比喩の性質による違いについての研究は，池田・高橋 (2021) でなされた.

7. Word2Vec を用いたシミュレーション

先行研究 (池田・高橋，2021) によって，喩辞の慣習性が中程度と高程度の比喩ではある程度人間に近い対応付けが行われることが示された．本シミュレーションでは，喩辞の慣習性が高い「蝶は踊り子のようだ」という比喩 (岡他，2019) についてシミュレーションを行った．これらのシミュレーションは先行研究 (池田他，2021) に即して行った.

7.1 使用データ取得

今回のデータとして，2022 年 1 月時点で青空文庫にて公開されている作品 14,758 本を使用した[1].

[1]まとまった近現代の日本語の文章のデータベースであり，かつ比喩表現が文学や随筆で効果的に多用されることも期待し青空文庫を用いた．しかし本論文の以降の箇所で見られるように, 結果的に時代・文化的制約に由来する偏りが強く現れてしまった部分があると思われる．今後, 潜在圏の設定に用いるデータの選定や, 扱う比喩の設定に関しては, より適切な方法をやり方を検討する

表 1　2022 年 7 月 6 日における分野別作品数

分類	作品数
総記	134
哲学	367
歴史	647
社会科学	803
自然科学	269
技術，工学	219
産業	46
芸術，美術	1281
言語	85
文芸	15135
計	18,087

表 1 に 2022 年 7 月時点での青空文庫にて公開されている作品 18,087 本の分類別作品数を示す．ここで，表のデータは最近のデータであり，シミュレーションに用いたデータよりも母数が多いことに注意する．次に，MeCab を用いて取得した文章をトークナイズした．また，stop word として slothlib(https://ja.osdn.net/projects/slothlib/) にて公開されているデータにひらがな 1 文字を加えたものを使用した．最後に，トークナイズしたものに gensim(https://radimrehurek.com/gensim/) で公開されている CBOW アルゴリズムを用いてモデルを生成した．生成したモデルには，合計 109,154 単語が含まれていた.

7.2 コサイン類似度の計算

前節のデータを用いてコサイン類似度を計算した．コサイン類似度の計算方式は式 (1) である．シミュレーションではコサイン類似度を確率として扱うために，コサイン類似度が 0 以下の場合は全て 0 とした (式 (2)).

$$\cos(a,\ b) = \frac{a_1b_1 + a_2b_2 + ... + a_nb_n}{\sqrt{a_1^2 + ... + a_n^2}\sqrt{b_1^2 + ... + b_n^2}} \tag{1}$$

$$\begin{cases} 0 & (\mathrm{cossim}(a,\ b) \leq 0) \\ \mathrm{cossim}(a,\ b) & (\mathrm{cossim}(a,\ b) > 0) \end{cases} \tag{2}$$

7.3 先行研究と同様の連想イメージの取得

先行研究 [g] では，「蝶は踊り子のようだ」という比喩についての人の対応付けと TINT のシミュレーション結果を比較している．そのデータと比較するために，先行研究と同様の連想イメージを選択した．作成したモデル内に連想イメージとして使用する単語がない場合は，それと類似した意味を持つ単語を連想イメージとして使用した (表 3)．最終的に選択した連想

表 2　先行研究と同様の連想イメージ

喩辞・被喩辞	連想イメージ
蝶	羽，儚い，美しい，空，女性，花，飛翔，舞い
踊り子	踊り，女性，スカート，夜，音楽，回転，揺れ，舞台

表 3　先行研究と同様の連想イメージにおける変更点

変更前	変更後
舞う	舞い
美しさ	美しい
儚さ	儚い
飛ぶ	飛翔
揺れる	揺れ
回る	回転

イメージを表 2 に示す．また，選択した喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度を図 1 に示す．また，先行研究で行われた実験で取得した人の連想確率を図 2 に示す．図 1，2 を比較すると，[踊り，舞い (舞う)][舞台，舞い (舞う)][女性，美しい (美しさ)] のコサイン類似度は人とコサイン類似度を用いた場合でどちらも高い値となっており，類似した連想確率となっている．人の場合に確率が 0.95 と高い [スカート，女性] については，コサイン類似度を用いた場合では 0.27 と低なっている．他にも人の連想確率とコサイン類似度との差異が見られる．以上から，コサイン類似度を用いることで，イメージ間連想確率を部分的に捉えてられていることがわかる．

取得した連想イメージ及び連想イメージ間のコサイン類似度を用いてシミュレーションを行った．

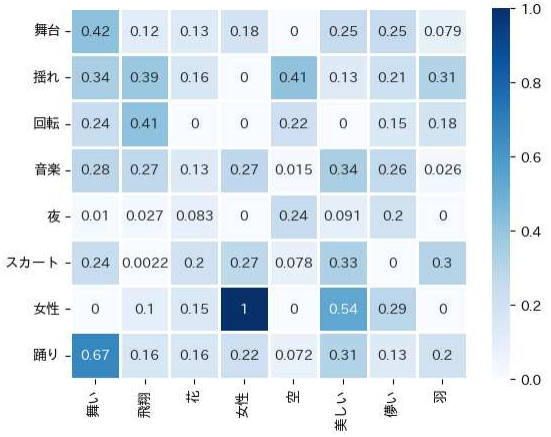


図 1　喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度 (先行研究と同様の連想イメージ)

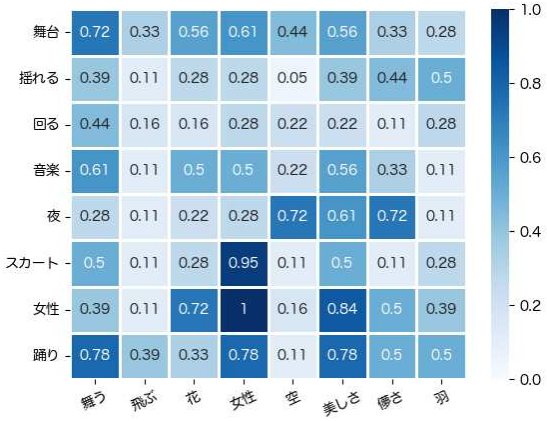


図 2　喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度 (人)

7.4　喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない連想イメージの取得

コサイン類似度を用いて喩辞・被喩辞の連想イメージを選択した．この選択手法では，喩辞・被喩辞間の連想確率を考慮していない．まず，作成したモデル内のすべての単語について喩辞とのコサイン類似度を計算した．次に，コサイン類似度の大きい順にソートを行い，上位 8 単語を抽出した．この抽出した単語 8 つを喩辞の連想イメージとした．被喩辞も同様のプロセスを用いて連想イメージを選択した．取得した喩辞・被喩辞の連想イメージを表 4 に示す．また，喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度を図 3 に示す．

図 3 を見ると，蝶の連想イメージである「揚羽」「蝶々」「胡蝶」は踊り子の連想イメージとのコサイン類似度がある程度あり，踊り子の連想イメージである「マネキン」「客席」「踊子」は蝶の連想イメージとの間にコサイン類似度がある程度あったが，それ以外のコサイン類似度はほとんど 0 となっている．

表 4 について，蝶の連想イメージを見ると，蝶と同じ概念集合に属するものが多く，蝶から連想するイメージとして偏りが生じている．また，「揚羽」「永生」「胡蝶」など日常生活で使われることが少ないイメージが多く含まれている．

取得した連想イメージ及び連想イメージ間のコサイン類似度を用いてシミュレーションを行った．

表 4　喩辞・被喩辞の連想イメージ間 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない)

喩辞・被喩辞	連想イメージ
蝶	揚羽，永生，蝶々，翅，桔梗，蛾，胡蝶，蜻蛉
踊り子	踊子，ダンサー，ステージ，レビュー，客席，マネキン，オペラ，ガール

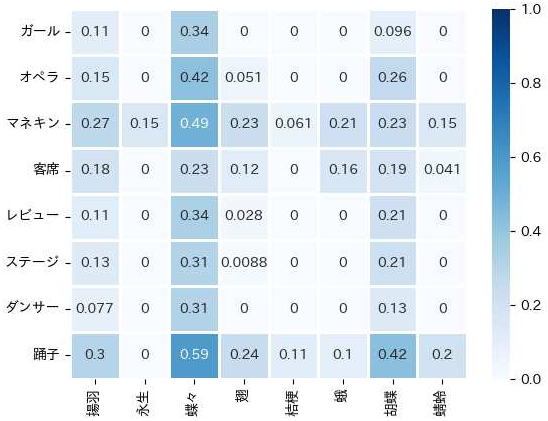


図 3　喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない)

7.5　喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮する連想イメージ

コサイン類似度を用いて喩辞・被喩辞の連想イメージを選択した．前節とは異なり，こちらの選択手法では喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率を考慮した．以下に連想イメージ選択のアルゴリズムを示す．

1. 作成したモデル内の全ての単語について，喩辞・被喩辞とのコサイン類似度を計算
2. 喩辞・被喩辞それぞれとのコサイン類似度について，上位 100 単語を抽出
3. 喩辞 (被喩辞) のイメージとして抽出された 100 単語それぞれについて，被喩辞 (喩辞) のイメージとして抽出された単語 100 単語とのコサイン類似度と，喩辞 (被喩辞) とのコサイン類似度の合計値を計算 (式 (3))
4. 合計値の大きい順にソートを行い，上位 8 単語を連想イメージとして採用

表 5　喩辞・被喩辞の連想イメージ間 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮する)

喩辞・被喩辞	連想イメージ
蝶	紅雀，胡蝶，花々，紋白，雌蝶，艶色，蝶々，妖艶
踊り子	妖艶，男役，ガールズ，緞帳，天勝，歌うたい，メーキャップ，舞妓

a : 被喩辞 (喩辞), b : 喩辞 (被喩辞)

$$a\text{-image} \in A(a \text{ とのコサイン類似度上位 } 100 \text{ 単語}),$$

$$b\text{-image} \in B(b \text{ とのコサイン類似度上位 } 100 \text{ 単語}),$$

$$\text{weight-sum}(a\text{-image}) = \sum_{B} \text{cossim}(a\text{-image},\ b\text{-image}) + \text{cossim}(a\text{-image},\ a) \tag{3}$$

取得した喩辞・被喩辞の連想イメージを表 5 に示す．また，喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度を図 4 に示す．

表 5 について，蝶の連想イメージをみると「花々」「艶色」「妖艶」といった蝶が持つ属性のイメージが選択されていた．また，蝶と踊り子で共通する連想イメージ「妖艶」が選択された (属性的類似性)．蝶の連想イメージのうち「紅雀」「胡蝶」「紋白」「雌蝶」は日常的に用いられる単語ではなく，比喩表現に向かない単語だった．また，踊り子の連想イメージである「緞帳」,「天勝」,「メーキャップ」も同様に，比喩表現に向かない単語だった．図 4 を見ると，図 3 と比べて全体的に高い値となっており，より人の連想イメージ (図 2) に近づいている．しかし，人の場合ほど連想確率の値に差異はなかった．

取得した連想イメージ及び連想イメージ間のコサイン類似度を用いてシミュレーションを行った．

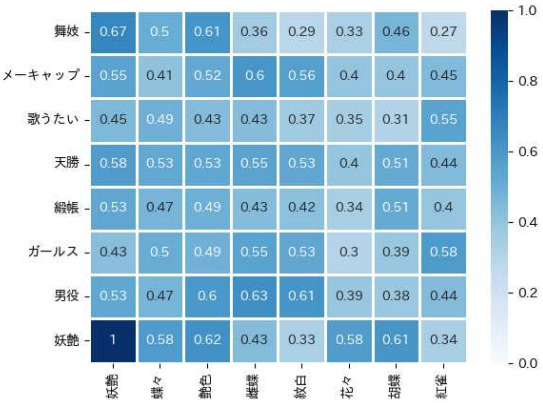


図 4　喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮する)

表 6　対応づけ回数上位 8 組 (先行研究と同様の連想イメージ))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
女性	女性	609
踊り	舞い	447
揺れ	空	404
舞台	舞い	358
回転	飛翔	311
女性	美しい	302
スカート	羽	287
女性	儚い	235

8.　結果

それぞれの手法で選択した連想イメージでのシミュレーションごとに結果をまとめて示す．それぞれの選択手法で選択した連想イメージを用いたシミュレーション結果を，図 5，6，7 に示す. 図 5，6，7 は三角構造の対応づけを時間発展させず，シミュレーションを 1,000 回行ったときに，喩辞の意味を構成するあるイメージが被喩辞の意味を構成するイメージに何回対応づけられたかを示しており，全ての三角構造の対応づけの内，対応づけられた回数が最も多い組が入っている三角構造の対応づけである. また，それぞれのシミュレーションにおいて，対応づけられた回数が多い上位 8 組をそれぞれ表 6，7，8 に示す. 対応づけ回数は，被喩辞のコスライス圏における全ての三角構造についてシミュレーションを行った結果から，最も対応づけの回数が多いものを代表値として用いている．図 5 を見ると，比喩的な対応づけである，[踊り，舞い][女性，美しい][女性，儚い][踊り，羽] の対応づけの回数が多く，比喩的ではない [踊り，空][女性，空][女性，羽][女性，飛翔] の対応づけの回数が低くなった．図 6 を見ると，喩辞・被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度がある程度あった「揚羽」「蝶々」「胡蝶」が多く対応づけされている．また，対応付けられなかった回数 (NA) が全体の 2 割を締めていた．表 7 を見ると，対応づけの回数は最大でも 300 であり，2〜3 割しか対応付けがされなかった．これは表 6，8 それぞれの最も多い対応づけ回数の約半分の値であり他の連想イメージ選択手法と比べて対応づけが行われていないことがわかった.

図 7 を見ると，対応づけがされなかった回数は 5 回であり，殆どの場合対応づけがされた．また，対応づけは [妖艶，胡蝶][ガールズ，雌蝶] がそれぞれ全体の 5 割以上を締めており，対応づけられるイメージに偏りが生じていた．表 8 を見ると，表 6 と類似した対応づけ回数であったが，表 8 のほうが全体的に多く対応づけされていた.

図 5　先行研究と同様の連想イメージを用いたシミュレーション)

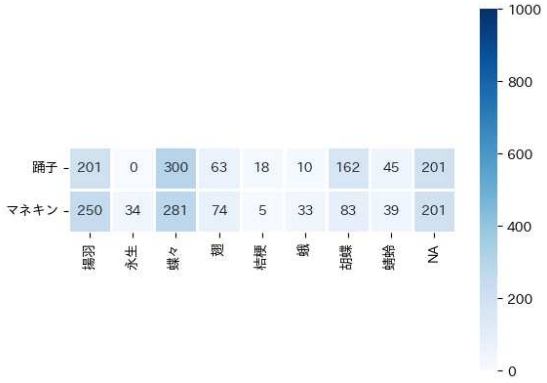


図 6　喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない場合のシミュレーション)

9.　結果の分析と考察

喩辞と被喩辞のコスライス圏を対応付けるために，それぞれの連想イメージを一対一対応させる bijection を作成した．以下に，bijection 選択のアルゴリズムを示す.

0. すべての喩辞・被喩辞の連想イメージの組とその対応づけ回数をリストにまとめる

1. すべての喩辞・被喩辞の連想イメージの組を対応づけ回数の多い順にソートする

2. 最も対応づけ回数が多い組を bijection の結果の一部として取り出す.

3. 取り出された喩辞・被喩辞の連想イメージが含まれる喩辞・被喩辞の連想イメージの組をリストから削除する

4. リストが空でなければ (1) に戻る．リストが空の場合終了.

上記のアルゴリズムを用いて，それぞれのシミュレーション結果から bijection を作成した．作成した bijec-

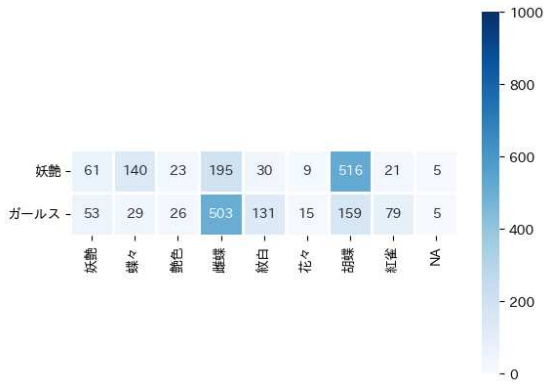


図 7　喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮する場合のシミュレーション

表 7　対応づけ回数上位 8 組 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮しない))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
ステージ	蝶々	300
オペラ	蝶々	290
マネキン	蝶々	289
マネキン	揚羽	250
ダンサー	蝶々	236
ガール	蝶々	235
レビュー	蝶々	234
ステージ	蝶々	228

tion を，それぞれ表 9，10，11 に示す．

表 9 を見ると，[女性，女性][踊り，舞い][回転，飛翔][スカート，羽] といった比喩的な対応づけが多く見られた．この 4 組は bijection 内の対応づけ回数上位 5 組に含まれており，モデルとして最も妥当な対応づけとして選択されていた．[揺れ，空] も上位 5 組に入っていたが，比喩的な表現ではなかった．[夜，花] の対応付けは比喩的な意味が薄く対応付けの回数を見ると 63 回である．これは喩辞・被喩辞のすべての連想イメージが類似した意味を持つのではないことを考えると，どれとも妥当な対応づけがされなかったイメージ同士として対応づけされていると考えられる．「蝶にとっての空」と対応されそうな「踊り子にとっての舞台」は対応付けがなされておらず，[揺れ，空][舞台，儚い] とどちらも妥当ではない対応付けがされていた．

表 10 は，喩辞・被喩辞の連想イメージ 8 つを全て対応づけすることができなかった．これは表 6，7，8 を比較してもわかるように，喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率を考慮しない場合では喩辞の連想イメージが「蝶々」「揚羽」といった特定のイメージに偏ったためである．喩辞と被喩辞の連想イメージ間のコサイン類似度は「揚羽，蝶々，胡蝶，マネキン，客席，踊子」以外の連想イメージについてはほとんど 0 であったため，喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率がある程度なければ対応づけ生じないと考えられる．表 10 で選択された対応づけはどれも意味が読み取れないものであった．

表 8　対応づけ回数上位 8 組 (喩辞・被喩辞間の連想関係を考慮する))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
妖艶	胡蝶	516
ガールズ	雌蝶	509
歌うたい	蝶々	454
メーキャップ	雌蝶	450
男役	紋白	439
メーキャップ	紋白	438
舞妓	胡蝶	431
男役	雌蝶	419

表 9　喩辞・被喩辞の連想イメージ間の bijection(先行研究と同様の連想イメージ))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
女性	女性	609
踊り	舞い	447
揺れ	空	404
回転	飛翔	316
スカート	羽	287
音楽	美しい	181
舞台	儚い	166
夜	花	63

表 11 を考察する．蝶の連想イメージである「胡蝶」は蝶の別名である．故事成語に「胡蝶の夢」があり，これは夢と現実の違いは実ははっきりとしないという意味である．このことを考慮すると，シミュレーションで生成された比喩である「蝶にとっての胡蝶は踊り子にとっての妖艶」は，夢と現実が曖昧な感覚が踊り子を見たときに感じる妖艶さによる現実感の欠落を例えているように捉えられ，比喩が生成されていると考えられる．[ガールズ，雌蝶] の対応づけはともに「女性」という属性を持つイメージが対応づけされており，比喩理解における属性的類似性を見て取れる．[歌うたい，蝶々] は，蝶にとっての蝶々が踊り子にとっての歌うたいであり，それぞれ (同じ場所にいる) 仲間といった意味で似ていた．これらの組はそれぞれ対応付回数が半分近い値であり，モデルとして最も妥当な対応づけとして選択されていた．

10.　まとめ

本論文では，TINT で使用するデータとして単語の分散表現を利用できるか検証した．単語の分散表現は喩辞・被喩辞の連想イメージの選択と，イメージ間の連想確率の代わりとしてコサイン類似度を計算する際に使用した．その結果，人と同様の連想イメージを用いた場合と喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率を考慮した場合では比喩的な対応づけが生成された．喩辞・被喩辞の連想イメージ間の連想確率を考慮しな

表 10　喩辞・被喩辞の連想イメージ間の bijection(喩辞・被喩辞間の連想確率を考慮しない))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
踊子	蝶々	300
マネキン	揚羽	250
ステージ	胡蝶	145
客席	翅	84

表 11　喩辞・被喩辞の連想イメージ間の bijection(喩辞・被喩辞間の連想確率を考慮する))

踊り子の連想イメージ	蝶の連想イメージ	対応付回数
妖艶	胡蝶	516
ガールズ	雌蝶	509
歌うたい	蝶々	454
男役	紋白	439
天勝	紅雀	227
メーキャップ	妖艶	138
緞帳	艶色	117
舞妓	花々	33

い場合では対応づけ自体が多く行われなかったため，TINT において喩辞・被喩辞間の連想確率がある程度なければ対応づけが行われないことがわかった．

今後の課題をいくつか挙げる．今回のシミュレーション結果における対応づけが比喩らしいかを筆者が独断で決めていたため，今回のシミュレーションで生成した比喩がどれくらい比喩らしいかを実験する必要がある．また，コサイン類似度とイメージ間の連想確率との関係について認知実験を行い，２つの差異を明らかにする必要がある．

文献

西郷 甲矢人，脳美 十三 (2019)．圏論の道案内　技術評論社．

Steve Awodey (2008)．Category Theory second edition. Oxford University Press.

平 知宏，楠見 孝 (2011)．比喩研究の動向と展望．心理学研究，82(3)，pp.283-299. https://doi.org/10.4992/jjpsy.82.283

布山 美慕，西郷 甲矢人 (2018)．不定自然変換理論の構築: 圏論を用いた動的な比喩理解の記述．知識共創, (8), pp.1-11.

Tomsa Mikolove，Kai Chen，Greg Corrado，Jeffrey Dean (2013)．Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. arXiv preprint, arXiv: 1301.3781. https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781

slothlib https://ja.osdn.net/projects/slothlib/

池田 駿介，布山 美慕，西郷 甲矢人，高橋 達二 (2021)．不定自然変換理論に基づく比喩理解モデルの計算論的実装の試み．認知科学，(28)，P39-56. https://doi.org/10.11225/cs.2020.065

横須賀 天臣，池田 駿介，布山 美慕，西郷 甲矢人，高橋 達二 (2021)．不定自然変換理論による連想ネットワークの動的変化．人工知能学会全国大会，(35). https://doi.org/10.11517/pjsai.JSAI2021.0_1H2GS1a03

池田 駿介，高橋 達二 (2021) 不定自然変換理論に基づく比喩理解モデルの計算論的実装と実験的検証．東京電機大学情報学研究科修士論文 (未公刊)

gensim https://radimrehurek.com/gensim/

岡 隆之介，大島 裕明，楠見 (2019) 孝．比喩研究のための直喩刺激-解釈セット作成および妥当性の検討．心理学研究．Vol.90，pp.53-62. https://doi.org/10.4992/jjpsy.90.17236

文法構文の適切な一般化は何歳で可能になるか
－日本語を母語とする６、７、８歳児を対象とした人工言語産出実験から－
At what age is proper generalization of grammatical constructions possible?
- An experimental study of artificial language production on Japanese-speaking children -

西原 三貴，巽 智子
Mitsuki Nishihara Tomoko Tatsumi,
神戸大学，国際文化学研究科
Kobe University,Graduate School of Intercultural Studies
229c117c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本研究の目的は、子どもの言葉に見られる文法構文の過剰一般化が見られなくなる時期への示唆を得ることである。

Schwab, Lew-Williams & Goldberg(2018) の実験から、新規の冠詞学習に関して 6 歳児と大人で差が見られることが明らかとなったが、過剰一般化が見られなくなる時期については言及されていない。そこで、本研究では 6〜8 歳の日本語単一母語話者の子どもを対象に同様の実験を行った。

分析の結果、新規の冠詞学習についての正答率に関して、年齢による有意傾向が見られることが確認された。また、過剰一般化の傾向について、練習頻度が高い方の冠詞に過剰一般化することが確認された。

キーワード : 過剰一般化、冠詞、条件付け、人工言語

1. はじめに

子どもは、大人の使った言葉を手がかりとしながら、自ら言語の法則を見出し、語彙や文法を増やすことで、第一言語を獲得していくと考えられている。

その過程で、子どもは「新しい紙」のことを「新しいの紙」と言ったり（Murasugi,Nakatani and Fuji, 2009）、「膨らませて」のことを「膨らんで」と言ったり（鈴木, 1987）と、大人の言語から見ると誤用とされる文や表現を産出することがある。このような誤用は、言語習得過程にある子どもが、身の回りの限られた言語情報を過剰に一般化することで起こると考えられており、こうしたエラーは、言語の「過剰一般化」と呼ばれる（Goldberg, 2019 他）。

2. 先行研究と研究課題

子どもの言語に見られる過剰一般化について、Schwab, Lew-Williams & Goldberg(2018)は人工言語を用いた実験を行った。具体的には Schwab らは、英語母語話者の 6 歳児と大人を対象に、性別が条件付け要因となった人工冠詞を学習させた。その結果、6 歳児は明確に男女が区別できているにも関わらず、学習時に登場しなかった新たな人物が提示された際、特に学習頻度が高かった方の冠詞に単純化した過剰一般化を行う傾向があることが判明した。一方で、大人は新たな登場人物に対しても適切な冠詞を使用することが確認された。このことから、子どもは大人に比べ、メタ認知スキルとワーキングメモリが不十分であるため、条件付け要因を適切に捉えられず、言語の過剰一般化が起こることが示唆された。

Schwab らの実験から、新規の冠詞学習に関して、6 歳児と大人で差が見られることが明らかとなった。しかし、大人と同様に条件付け要因を適切に判断できるようになる年齢、つまり、適切な一般化が可能になる年齢については未だ明らかとなっていない。

そこで、本研究では以下の仮説を設け、6 歳〜8 歳の日本語母語話者の子どもを対象に Schwab らと同様の手法を用いた実験を行った。

仮説 1 : 年齢が上がるにつれ適切な一般化が可能となり、8 歳頃には大人と同程度の正答率となる。

仮説 2 : 練習頻度の高かった方の冠詞に過剰一般化する傾向がある。

なお、本実験において対象を 6 歳からとしたのは、Schwab らの実験において 6 歳の子どもは適切な一般化ができないことが判明していたためである。また、対象を 8 歳までとしたのは、予備実験を行った際に、8 歳の子どもが適切な一般化を行っていたためである。

3. 研究方法

実験参加者は、日本語単一母語話者の 6 歳の子ども

13 人（男児 : 7 人、女児 : 6 人）7歳の子ども 28 人（男児 : 12 人、女児 : 16 人）、8 歳の子ども 20 人（男児 : 9 人、女児 : 11 人）であった。

実験は参加者の人工冠詞の産出の正誤を従属変数とし、参加者の年齢を参加者間要因、実験アイテムの呈示頻度および新旧を参加者内要因とするデザインで行った。

実験手順は、同一の実験参加者に対して、学習試行とテスト試行の 2 つを連続して行った。学習試行において参加者はイラスト（例 : 女性の歌手）を提示され、新規の人工的冠詞「ポ」及び「ダックス」を用いた短文を学習した（例 :「ムープポ歌手」）。「ポ」はイラストの性別が女性の時、「ダックス」は男性の時に用いられたが、この条件付けは説明されないため、参加者が自ら条件付けを認識する必要があった（図 1）。

図 1 学習試行で用いたイラスト

テスト試行においては、学習試行では登場しなかったイラストや、学習試行とは性別の入れ替わったイラストが登場し、参加者は提示されたイラストに基づいて自ら短文を産出した（図2）。

図 2 テスト試行で用いたイラスト

先行研究を踏襲し、実験に用いた全 13 イラスト中、3 つ（本、ボール、リンゴ）は無生物とした。これらのイラストは性別での分類が存在しないため、冠詞は語彙的に条件付けられた。イラストに無生物が一部登場した理由は、自然言語の状態を再現したためである。自然言語においては必ずしも規則的な条件付けのみが用いられるわけではなく、不規則な語彙的条件付けも存在する。そのため、先行研究および今回の実験では、冠詞の条件付け要因が 77%の確率で性別と結びつくように設定した。77%は確率として顕著であり、大人であれば容易に適切な産出を行うことができる。したがって、無生物を用いることで過度に難易度が上昇するとは考えにくく、自然言語の状態を再現した上で子どもの文法構文における過剰一般化の傾向を知ることができると考えられる。

分析には、R（R Core Team,2020）上で、lm4 パッケージ（Bates 他,2015）を用いた混合モデル分析（参加者と刺激をランダム要因として含む）を行った。なお、テスト試行において新たに提示された無生物のイラスト（リンゴ）に関しては正答が存在しないため、リンゴの回答結果は分析には含まれなかった。

4. 結果

年齢別正答率に関して、6歳（M = 0.65, SD = 0.48）と 7歳（M = 0.76, SD = 0.43）では、有意な差は見られなかった（p> 0.2）。また、7歳と 8 歳（M = 0.87, SD = 0.34）では有意な差は見られなかったが、8 歳の正答率が 7 歳に比べて高いという有意傾向が見られた（Estimate = 0.971, SE = 0.537, z = 1.809, p = 0.070）。そして、8 歳の正答率は 6 歳に比べて有意に高かった（Estimate = 1.506, SE = 0.579, z = 2.599, p = 0.009 < 0.05）（図 3）。

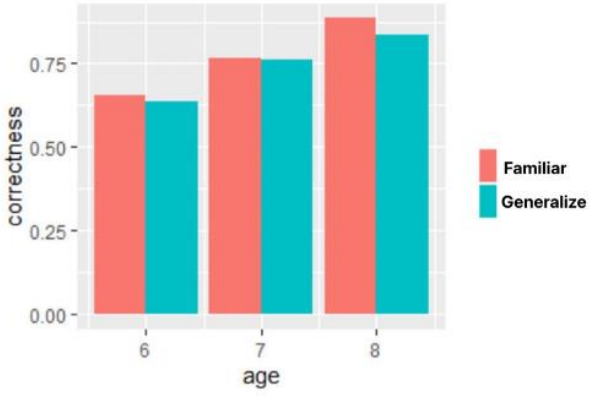


図 3 年齢別正答率

練習頻度別正答率に関して、学習頻度が 3 回であった冠詞の正答率は、2 回であった冠詞の正答率よりも有意に高かった（Estimate = 0.973, SE = 0.250, z = 3.887,p＜0.001）（図 4）。

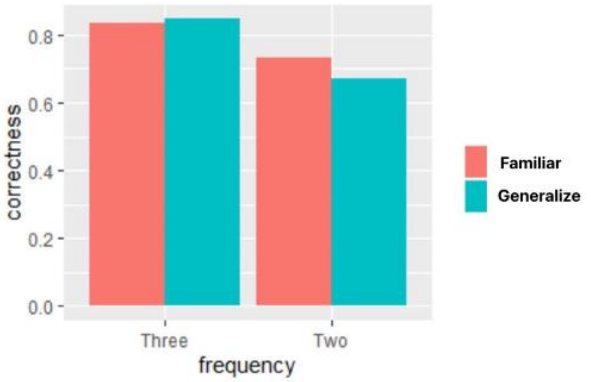


図 4 練習頻度別正答率

5. 考察

実験の結果、年齢によって有意な違いが必ずしも現れるわけではないものの、年齢が上がるにつれ徐々に適切な一般化が可能となっていくことが示され、仮説 1 は部分的に支持された。

文法構文の適切な一般化が可能となる年齢については、今回の実験では明らかにならなかった。先行研究で大人の正答率がほぼ 100%であったことを考えると、今回最も年齢の高かった 8 歳の群であっても大人と同程度の正答率までに到達することはできなかったといえる。そのため、今後、より年齢の高い子どもを対象に実験を行い、適切な一般化が可能となる年齢について調べる必要がある。加えてその際には、大人の日本語母語話者に対しても同様の実験を行い、正答率の比較をする必要があるだろう。

また、練習頻度別正答率の結果から、仮説 2 が支持された。これは先行研究と同様の結果であり、文法の変化条件を正しく特定することができなかった場合に、子どもが最もアクセスしやすい情報を頼りに言語を産出することで過剰一般化が起こるという可能性が示唆された。

最後に、本論文において「ポ」と「ダックス」を「冠詞」と表現してきたが、日本語には冠詞に当たる文法項目はない。そのため、実験参加者はこれらの冠詞を「ムープ」の語尾変化を始めとした他の文法項目として捉えていた可能性もある。今回の分析は、文法構文の適切な一般化が行われるか年齢を調べることが目的であり、文法構文の品詞への認識が話者の中でどのようなものとなっているのかを調べることは目的としなかった。したがって、参加者が「ポ」「ダックス」を冠詞と捉えているのか、動詞の語尾変化など他の文法項目だと捉えているのかについては問題としなかった。しかしながら、この点に関しては、今後、「ポ」と「ダックス」という言葉の難易度が日本語母語話者の子どもにとって適当であったかどうかという点も含めて検証していく必要があると考えられる。

文献

[1] Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S.(2015).Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48.
[2] Goldberg, A., & Goldberg, A. E.(2019). Explain me this. In Explain Me This. Princeton University Press.
[3] Murasugi, K., Nakatani, T., & Fuji, C. (2011). A trihedral approach to the overgeneration of no in the acquisition of Japanese noun phrase. In The Japanese/Korean Linguistics Conference (Vol. 19, pp. 528-541).
[4] R Core Team (2020).R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.
[5] Schwab, J. F., Casey, L. W., & Goldberg, A. E. (2018). When regularization gets it wrong: Children over-simplify language input only in production. Journal of child language, 45(5), 1054-1072.
[6] 鈴木 情一(1987).「幼児の文法能力」福沢周亮（編）『子どもの言語心理（2）幼児のことば』141―179. 東京：大日本図書.

創造性評価にカテゴリ名の提示タイミングが与える影響
Effect of presentation timing of category names on creativity assessment

寺井 仁
Hitoshi Terai
近畿大学
Kindai University
terai@fuk.kindai.ac.jp

概要

創造性研究において，プロダクトの創造性がいかに評価されるかは，重要な課題の一つである．本研究では，創造性評価において，評価対象であるプロダクトのカテゴリに対する認知が与える影響を検討した．実験では，プロダクトとカテゴリ名が同時提示される場合を統制条件とし，プロダクトに遅れてカテゴリ名が提示される遅延条件との比較を行った．その結果，カテゴリの遅延提示は，創造性評価を有意に低下させることが示された．

キーワード:category, creativity assessment, presentaion timing

1. はじめに

創造性研究において，プロダクトの創造性を如何に評価すべきかは，重要な課題の一つである．プロダクトの創造性を評価させる場合，通常，そのプロダクト（例えば “ルンバ”）が属するカテゴリ（例えば “掃除機”）が既知であることが一般的である．一方，現実場面においては，必ずしも，評価対象であるプロダクトとそれが属するカテゴリが同時に提示される場合ばかりとは限らない．例えば，何気なく目を向けたプロダクトに対して評価がなされる場合もある．このような状況では，プロダクトが属するカテゴリは未知であり，そのプロダクトから想起されるカテゴリと実際のカテゴリとの差異が生じる可能性がある．一方，マーケティングにおける戦略の 1 つである，情報を小出しに消費者の期待を膨らませることを目的としたティーザー広告のように，カテゴリに関する情報だけが先行するような場合も考えられる．このような状況では，カテゴリは既知であり，評価対象であるプロダクトそれ自身は遅れて提示されることとなる．そのため，既知のカテゴリから想起される典型例と実際のプロダクトとの差異が生じる可能性が高くなる．

創造性評価においては，新奇性（独創性）は本質的な特徴としてとらえられる [1, 2, 3]．そのため，このような予測との差異は，新奇性として受け入れられ，プロダクトの創造性評価に正のバイアスを与える可能性が示唆される．

2. 目的

本研究の目的は，カテゴリの提示タイミングが，プロダクトに対する創造性評価に与える影響を明らかにすることにある．本実験では，予備的な検討として，プロダクトの創造性評価において，カテゴリの遅延提示が与える影響について検討する．

3. 方法

3.1 参加者

実験には，評価者として，大学生 74 名が参加した．

3.2 課題

評価対象は，先行研究において作成された日常的なオブジェクト，18 カテゴリ（例えば，“椅子”）に関するデザイン（以降，プロダクトと呼ぶ）を対象とした [4]．各カテゴリは，典型的なプロダクト 1 つと，非典型的なプロダクト 3 つからなり，参加者には，計 72 個のプロダクトについて創造性評価を求めた．

3.3 手続き

統制条件（38 名）と遅延条件（36 名）の 2 条件を設けた．図 1 に実験の流れを示す．両条件とも，評価対象であるプロダクトの提示 5 秒後から創造性評価の入力が可能であった．創造性評価は，7 段階評価（1：創造性低〜7：創造性高）とした．統制条件と遅延条件の差異は，評価対象であるプロダクトのカテゴリ名の提示タイミングであった．統制条件では，評価対象であるプロダクトとカテゴリ名が同時提示された．一

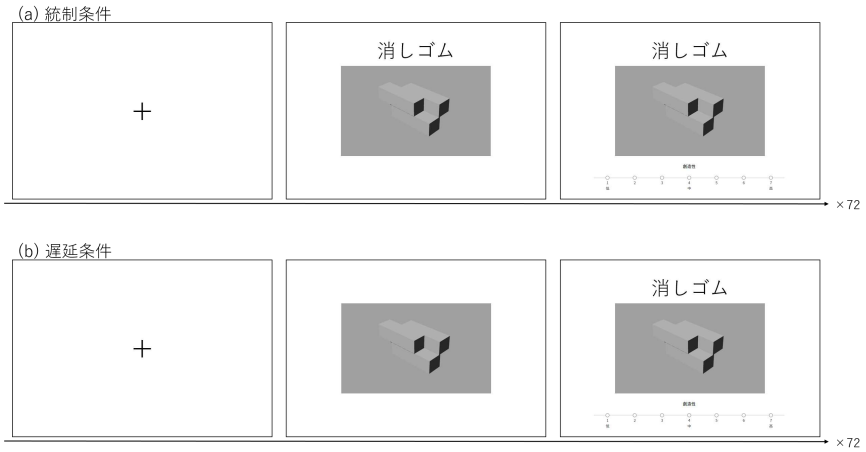


図 1　課題の流れ

方，遅延条件では，プロダクトの提示 5 秒後にカテゴリ名が遅延提示された．なお，プロダクトの提示順序は無作為とした．

4.　結果と考察

評価対象毎に創造性評価の平均値を求め，条件（統制条件/遅延条件）を対応なし，典型性（典型的/非典型的）を対応ありとした，二要因混合分散分析を実施した．結果を図 2 に示す．分散分析の結果，条件の主効果，典型性の主効果，及び交互作用が有意であった（条件：$F(1,70) = 64.60, p = .000$; 典型性：$F(1,70) = 168.60, p = .000$; 交互作用：$F(1,70) = 16.28, p = .000$）．下位検定の結果，全ての単純主効果が有意であった．これらの結果から，(1) 統制条件に比して遅延条件において，創造性が低く評価される傾向にあること，および (2) その傾向は，典型的なプロダクトに対して強く現れることが明らかとなった．

本実験を通して，カテゴリの遅延提示は，同時提示と比較して，プロダクトの創造性評価を低下させる効果が確認された．カテゴリの遅延提示は，プロダクトから予想されるカテゴリと遅延提示されたカテゴリとの間に齟齬を生じさせる可能性を高めると考えられる．しかしながら，このような齟齬は，創造性につながるものとして評価されるわけではなく，むしろ，ネガティブな印象を与えたと考えられる．

5.　まとめ

本研究では，創造性評価における評価対象のカテゴリ提示のタイミングが与える影響について，検討を行った．カテゴリ名がプロダクトに遅れて提示された場合，創造性がより低く評価されることが明らかとなった．今後は，(1) 遅延提示に加えて，先行提示に

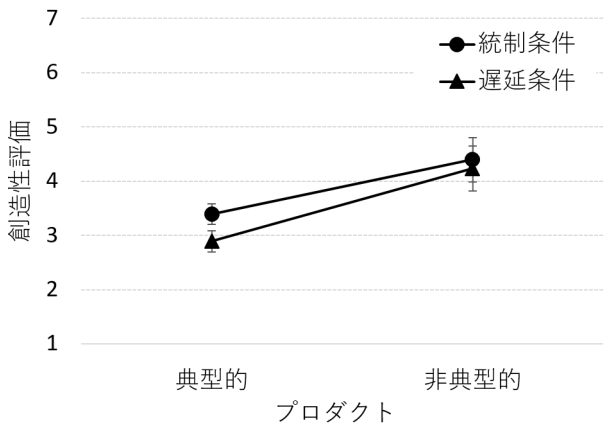


図 2　評価結果

Note. エラーバーは標準偏差を表している．

よる効果についても検討を行うとともに，(2) 創造性評価の下位カテゴリである，独創性評価及び実用性評価についても同様の検討を行う予定である．

文献

[1] Diedrich, J., Benedek, M., Jauk, E., & Neubauer, A. C. (2015) “Are creative ideas novel and useful?”, Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 9(1), pp. 35–40.
[2] Finke, R. A. (1990) “Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization”, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
[3] Runco, M. A. & Charles, R. E. (1993) “Judgments of originality and appropriateness as predictors of creativity”, Personality and Individual Differences, 15(5), pp. 537–546.
[4] Terai, H., Miwa, K., & Mizuno, S. (2014) “Development of a Design Database and Experimental Discussion of Brain Activations for Creativity Assessment”, Proceedings of 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2014), pp. 1568–1573.

「Slime Hand」における主観的な皮膚伸長距離の同定
Identifying Subjective Skin-stretching Distance on the Slime Hand

今井 健人[†,*], 佐藤 優太郎[†,*], 小鷹 研理[†]
Kento Imai, Yutaro Sato, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学大学院芸術工学研究科
Nagoya City University
c215704@ed.nagoya-cu.ac.jp

概要

身体の錯覚研究では，身体変形感を生起する錯覚が多数報告される．我々は，皮膚の変形感を生起する「Slime Hand （SH）」を発見した. SH は，従来錯覚の空間的同期の制約を逸脱する操作を行なってもなお，強力で即席に作用する興味深い錯覚である．本研究では，SH における皮膚変形と固有感覚ドリフトを分離する被験者実験を行い，皮膚変形距離が，固有感覚ドリフトの理論的限界を超過していることを示唆する結果を得たので報告する．

キーワード : Non-proprioceptive ownership distortion, body image deformation, slime hand.

1. はじめに

Rubber Hand Illusion （RHI）[1]をはじめとする身体の錯覚研究では，身体イメージの可塑性を示唆するものとして，手指の身体変形感覚を誘発する錯覚が多数報告されている[2-4]．身体変形の感覚を生起する錯覚においても,刺激の同期や身体像の形態的類似性が重要であり，基本的には，錯覚生起の条件に, RHI と同等の制約が課されると考えられる[5]. RHI は，実際の手からフェイクハンドまでの距離が，平均で 27.5cm 程度を超えると弱まることが報告されており[6]，これを踏まえると，身体変形感覚の距離限界も RHI の空間的制約の範囲を超えて変形することは困難であると予想できる．一方，錯覚研究の報告のほとんどは，通常手や指などの形態学的に特徴づけられる身体部位単位を対象としている．そのため，仮に皮膚や筋骨格等の個別のボディ・イメージを抽出した際には，それぞれの組織固有の制約を持つ可能性が考えられる．

我々の研究グループは，「Best Illusion of the Year Contest 2021」にて，皮膚の変形感覚を生起する錯覚「Slime Hand （SH）」(Sato, Imai, and Kodaka, 2021, 記録映像: https://youtu.be/w2K-VtuokBQ) を発表した（図 1）[7]. SH は Mirror Visual Feedback （MVF）の原理を用いた錯覚で[8]，鏡一枚を挟んで片側に体験者の手を，もう一方の片側にスライムを配置した状態で，体験者が鏡の中のスライムを覗き込んでいるとき，実験者がスライムと体験者の手の皮膚をつまみ，同じ方向へと引っ張ることで生起する．我々が SH においてとりわけ重要だと考えるのは，SH の皮膚変形が RHI の空間的制約を大きく逸脱した範囲においてもなお，強力かつインスタントに作用しているように思える点である．この特徴から，我々は，皮膚単体のボディ・イメージは，筋骨格等の深部感覚受容器から得られる固有感覚ベースの制約とは独立している可能性を検討している．筆者らの研究室が行った錯覚の体験イベントにおけるアンケートや体験者のリアクションからは，皮膚単体の変形感覚が生起していることを示唆する結果が得られている．なお，錯覚研究における SH の俯瞰的な位置付けや体験会のアンケートの詳細は小鷹らによる別の報告に譲る．

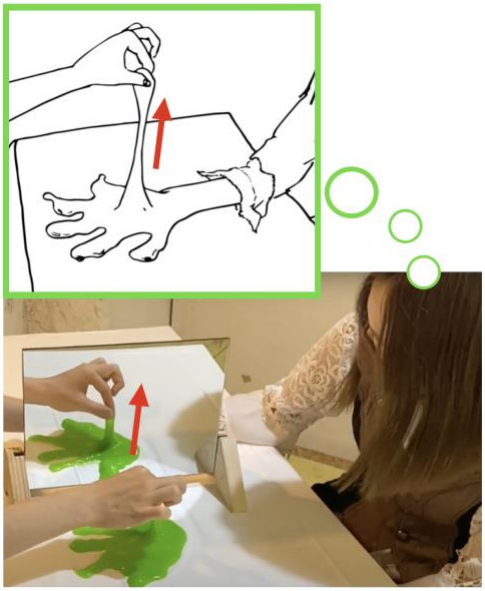


図 1 Slime Hand のデモの様子

* 第 1 著者と第 2 著者は equal contribution とする．

我々の関心は, SH の皮膚変形が, 固有感覚の制約から独立したものであることによって生起している可能性を検証することにある. よって本稿では, このプロジェクトの第一段階として, SH における皮膚変形を固有感覚変形から分離して抽出し, 変形距離の限界を同定することを目的とした実験を実施する. 実験では MVF の環境下で, 鏡の左右でスライムがまるで皮膚の一部であるような対応関係を持って操作される条件と, スライムの塊全体が手であるかのような対応関係を持って操作される条件とを比較することで, 皮膚変形と固有感覚ドリフトを個別に観察することを試みる. なお, デモ映像の様子から SH の皮膚変形は, 変形の方向は問わず生起すると考えられるが, 本実験では, RHI の空間的制約との比較のため, スライムを参加者の胸に対して平行な方向(腕に対して垂直方向)に操作した. 以上の条件において, 皮膚の伸縮感覚をはじめとする５つの錯覚項目について主観評価を行った. さらに各条件における皮膚の変形感覚の距離と固有感覚ドリフトの計測を実施した.

2. 方法

2.1 実験参加者

本実験では, 健康な 20 代の大学生, 計 23 人(男 6 人, 女 17 人)に参加してもらった. なお, 得られた結果から, 実験操作が困難であった者を一名除外し, 合計 22 人のデータについて解析を行った.

2.2 実験装置・環境

実験環境は MVF の環境を採用し, 長机の上に鏡を設置した. また, 皮膚変形および Proprioceptive drift の関連する距離の操作を目印によって統制するため, 10 色に色分けされたカラーボード (30×57.5cm) を, 鏡を隔てた両側に 1 枚ずつ配置した (図 2). カラーボードの色は鏡を境に左右対称に色分けされており, 鏡に近い順から, 黒, 白, 茶, 青, 水, 緑, 桃, 橙, 赤, 黄の順番で塗り分けられている. 色分けの幅は, 黒が 12.5cm, 他は全て 5cm 幅とした. スライム(120g)は, 直径 15cm 程度の透明な円形の土台に配置され, 鏡面側(参加者から見て左側)のカラーボード上に配置した. スライムは市販のもので, 実験操作の途中で千切れることのない伸びの良いものを用いた. さらに, 参加者の右手を視界から遮断するため, 鏡を境に暗幕が吊られた.

図 2 実験装置

2.3 実験手順

主観評価課題は, スライムの操作 (Operation) に関する 1 要因被験者内実験を計画した. 実験条件には, 参加者が「プレートに乗ったスライムの一端が引き伸ばされるのを注視する変形移動条件」と, 「半透明の土台を動かすことによって, スライムの塊が平行移動するのを注視する非変形移動条件」を設定した. 参加者は椅子に座り, 鏡の裏側に右手を配置した. 実験中の基本姿勢は, 鏡に映るカラーボードの端 (黄色) が見える位置に身体を傾け, 鏡に映るスライムを常に覗く姿勢をとるよう, 参加者に説明した. 実験者は, 鏡面から左右 15cm の位置 (カラーボートの白色の中央) に, 鏡の裏側に参加者の右手の小指の側面を, 左側にはスライムが乗った土台の端が合うように設置した.

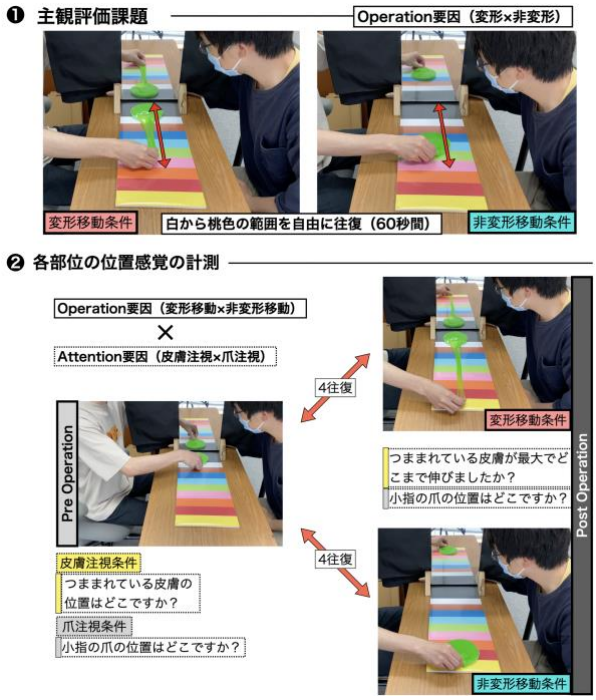


図 3 (1) 主観評価課題と (2) 位置感覚の計測

	分類	アンケート文
Q1	stretchy skin	手の皮膚が通常より伸びた感じがした.
Q2	proprioceptive drift	手全体が横に移動した感じがした.
Q3	skin ownership	スライムまたはスライムの一部が自分の皮膚であると感じた.
Q4	hand ownership	スライム全体が自分の手そのものであると感じた.
Q5	referral of touch	スライムをつまんだ位置に触覚を感じた.

表１　アンケート

実験セットアップが完了次第, 実験者は主観評価課題を開始した. 実験者は, 変形移動では参加者の手の皮膚とスライムの一部をつまみ, 非変形移動ではスライムの乗った土台の端をつまみ, カラーボードの白色の部分から桃色の範囲を, スライムの一部（変形移動）または全体（非変形移動）が行ったり来たりするように 60 秒間動かした（図 3）. 本課題は, 変形移動と非変形移動条件は交互に実施されるのを 1 セットとカウントし, 課題全体で計 2 セット行われた. また, ２条件の実施順序は参加者ごとに入れ替えた. 各課題の直後に, stretchy skin（皮膚の変形感覚）, hand ownership（手の所有感）, skin ownership（皮膚の所有感）, proprioceptive drift（ドリフト）, referral of touch（擬似触覚）の 5 つの項目に関する主観評価を行った（表１）. アンケートへの回答は, -3（「全く感じない」）から+3（「大変強く感じる」）までの 7 段階の数字で回答してもらった. 0 は「どちらでもない」に対応すると説明した. 質問は参加者ごとにランダムな順に提示した.

続けて, Operation に関する 2 つの条件について, 手の各部の位置感覚の計測を実施した. 本課題では, Operation 要因に加え, 皮膚の一部の位置感覚を調べる「つままれている皮膚の位置に意識を向ける皮膚注視条件」と手の位置感覚を調べる「小指の爪の位置に意識を向ける爪注視条件」の Attention 要因を加えた, 2 要因被験者内実験（Operation×Attention）を実施した. 爪は, 手全体の移動を対象とし, 一般的な Proprioceptive drift の計測と対応する一方, 皮膚注視条件は必ずしも Proprioceptive drift と対応しないことに注意されたい. 課題では, 実験者は, 2 つの条件（変形移動/非変形移動）の対象箇所をつまみ, カラーボードの白色（初期位置）の部分から, 黄色（40cm）の範囲までを, 直線的に 4 往復する操作を行った. 往復操作の中で, スライムの一部または全体を動かす前（それぞれの端が白色に配置されている状態）のタイミング（Pre Operation）と, スライムの一部または全体をカラーボードの端（黄色）まで動かした後のタイミング（Post Operation）で, 参加者に質問を行った. 皮膚注視条件では Pre Operation 時に「つままれている皮膚の位置」を, Post Operation 時に「つままれている皮膚の位置が最大でどこまで伸びたか」をカラーボードの色で回答してもらった. また爪注視条件では, Pre/Post Operation の両方のタイミングで「小指の爪の位置」を感じるカラーボードの色を回答してもらった. これらの操作の順序は, Operation 要因の 2 条件を連続して行うのを 1 セットとし, Attention 要因の 2 条件ごとに 1 セットずつ, 合計で 4 セット行われる. 参加者は, 各条件下において, 4 往復の最中に合計で 8 回色を回答するため, 実験全体で合計 32 回カラーボードの色を答えた. 各要因を実施する順序は, 参加者ごとにランダムに決定した. なお, 参加者は主観評価の調査および位置感覚の計測の前にそれぞれ実際の実験と同じ流れで簡単に練習を行い, 参加者に回答に慣れてもらった. スライムは, 試行毎に取り替え, 円の形状が保たれるように統制した.

3. 結果

結果を図 5 に主観評価, 図 6 に変形距離のグラフを示す. 主観評価の各項目について, Operation 要因間（変形移動×非変形移動条件）で対応のある t 検定を実施した（n = 22）. 解析結果からは, Q4 を除く全ての質問項目で有意な差が得られた（Q1: $t(21) = 7.01, p < 0.001$; Q2: $t(21) = 6.28, p < 0.001$; Q3: $t(21) = 4.18, p < 0.001$; Q4: $t(21) = 0.99, p < 0.33$; Q5: $t(21) = 3.38, p < 0.01$）.

皮膚変形, および小指の爪の位置の移動距離については, Post Operation から Pre Operation を引いた値, すなわち, 主観的な初期位置からの皮膚の伸び, および小指の移動距離を算出した. 結果は, 皮膚変形距離の平均が, 変形移動条件では 28.8 cm, 非変形移動条件では 20.1 cm となった. 小指の爪の位置の計測結果は, 平

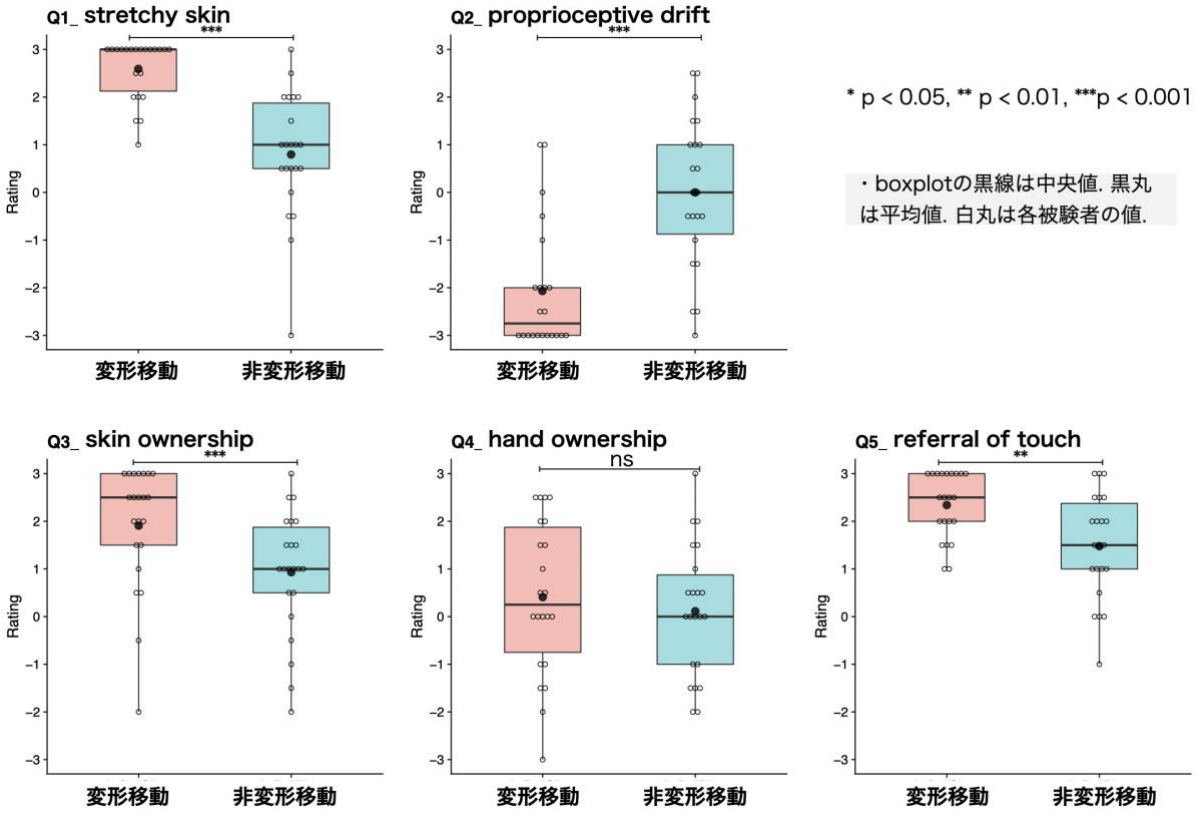


図5　主観評価

均で, 変形移動条件では 11.0 cm, 非変形移動条件では 17.8 cm となった. 皮膚の変形感覚の距離と Proprioceptive drift の計測結果に関して, 2 要因分散分析（Operation×Attention）を実施したところ, Operation 要因のみに主効果が得られた（Operation: $F(1, 21) = 33.75$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.62$; Attention: $F(1, 21) = 0.16$, $p = 0.69$, $\eta_p^2 = 0.01$）. また Operation と Attention 間に交互作用が確認された（Operation × Attention: $F(1, 21) = 26.00$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.62$）. さらに, 得られた交互作用について, 単純効果の検定を行ったところ, Operation における皮膚注視条件において有意な差が得られ（$F(1, 21) = 14.74$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.41$）, 爪注視条件では有意傾向な差が得られた（$F(1, 21) = 4.17$, $p = 0.05$, $\eta_p^2 = 0.17$）. また, Attention における変形移動条件において有意な差が得られ（$F(1, 21) = 42.16$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.67$）, 非変形移動条件には有意な差は得られなかった（$F(1, 21) = 1.59$, $p = 0.22$, $\eta_p^2 = 0.07$）.

4. 考察

主観評価の解析結果は, SH では, 皮膚のみの変形が生起していることを支持する結果が得られた. とりわけ, Q1（Stretchy skin）に関して変形移動条件が有意に高く得られた一方, Q2（Proprioceptive drift）に関しては非変形移動条件が有意に高い評定値が得られたことは, 変形移動条件において, スライムの一部のみを変形させる操作が皮膚のみを選択的にドリフトさせる作用をもたらすことを示唆している. さらに, Q3（Skin ownership）でも 2 つの条件間に有意な差が得られ, この結果も, SH が皮膚感覚に作用することを支持する. 対して, Q4 （Hand ownership）では, 条件間に有意な差が得られなかった. これは, そもそも, 本実験の操作や実験環境が, RHI におけるダミーハンドの形態的類似性の観点からして, ownership を生起する水準で行われなかった結果であると考えられる. いずれにしても, Q3 と Q4 の解析結果は, 皮膚の所有感変調が, 手全体の所有感の変調とは無関係に生じることを強く示すものである. Q5 （Referral of touch）において, 変形移動条件が有意に高まったことは, 皮膚変形の操作がより, 強い触覚の錯覚を生起したことを示すものである. しかし, 2 つの条件は, どちらも+1 よりも大き

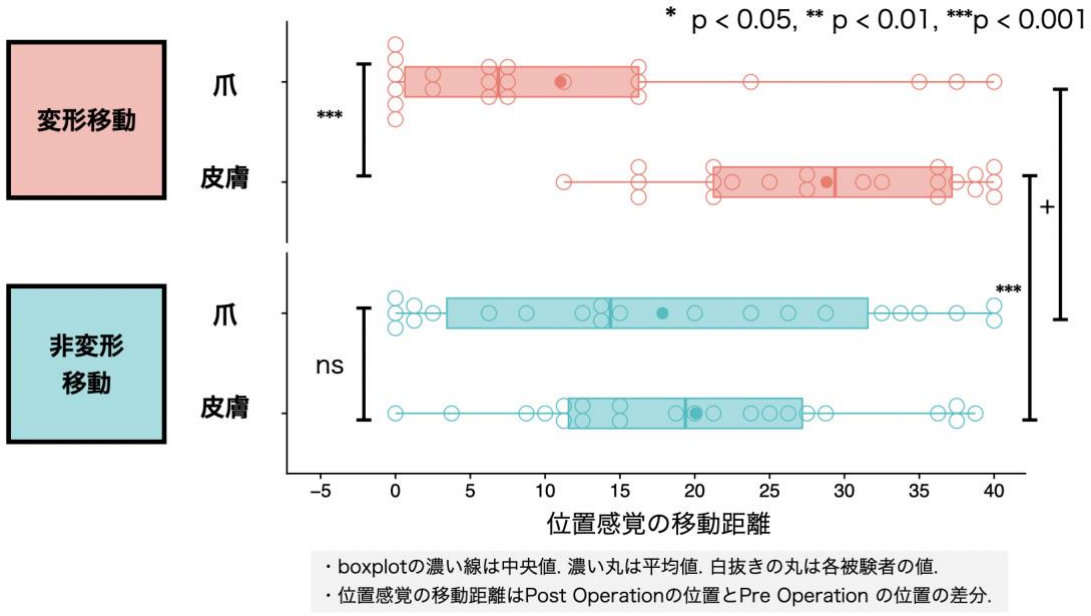


図 6 各身体部位（皮膚・爪）の主観的な移動距離

い平均値の評価が得られており，これは，referral of touch が SH 特有の作用とみるよりも，MVF 環境における同期的な触覚刺激が referral of touch を生起させやすい環境であると考えるのが妥当である．

続けて，皮膚の変形距離および小指の爪の移動距離に関する結果においては，「変形移動×皮膚注視」条件時が平均で 28cm 程度となり，「変形移動×爪注視」条件時および，「非変形移動×皮膚注視」と比して有意に大きな値となった．また，Operation と Attention の要因間で得られた交互作用は，スライムの変形が一部のみであったことから，小指の爪の位置の Proprioceptive drift が抑制されたことが影響していると考えられる．これらのことは，SH において，スライムは皮膚を部分的に変形させるような心理的作用をもたらすことを示唆する結果であり，主観評価で得られた結果の解釈とも一致する．

さらに興味深いのは，皮膚の伸長距離が，平均で 28cm 程度となった点である．この結果は，RHI が生起する空間的な限界と類似しており，本実験の実験環境においては，SH の皮膚変形も RHI の生起の限界と同等の範囲で十分に生起することが確認された．他方で，本実験では，スライムを伸ばす操作は最大で 40cm 程度にとどまっており，仮にこの操作をさらに長い距離で行った場合に SH の皮膚変形の距離はさらに大きくなる可能性がある．そのため，SH の皮膚変形の距離限界に関してはさらなる調査が必要である．

最後に，非変形移動条件においても，皮膚の変形の距離が 20cm 程度得られたことについて考察する．この結果が示すのは，SH の皮膚変形の感覚が必ずしもスライムのような粘性のあるオブジェクトがなくとも生起することを示唆する興味深い結果といえる．実際，SH のデモでは，スライムを使わずとも，体験者が鏡の中の何も無い空間を覗き込んでいる状態で，その空間の空中をつまむような操作をすると同時に体験者の皮膚をつまむと，SH と極めて類似の皮膚の変形感覚が得られることを確認している（Invisible SH）．また RHI のパラダイムでは，透明な身体像に関する ownership が報告されており [9]，さらに，透明身体錯覚には身体変形感を生起するタイプのものが存在することも報告されている [10-11]．今後は，Invisible SH の効果および，報告される透明身体錯覚との差異についても心理実験レベルでの検証を進める．

文献

[1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669) , 756–756.
[2] Newport, R., & Preston, C. (2010). Pulling the Finger off Disrupts Agency, Embodiment and Peripersonal Space. *Perception*, *39*(9) , 1296–1298.
[3] Kilteni, K., Maselli, A., Kording, K. P., & Slater, M. (2015). Over my fake body: Body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*(MAR).
[4] de Vignemont, F., Ehrsson, H. H., & Haggard, P. (2005). Bodily Illusions Modulate Tactile Perception. *Current Biology*, *15*(14), 1286–1290.
[5] Ehrsson, H. H. (2019). Multisensory processes in body

ownership. In *Multisensory Perception: From Laboratory to Clinic*. Elsevier Inc.
[6] Lloyd, D. M. (2007). Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand. *Brain and Cognition*, *64*(1), 104–109.
[7] Yutaro Sato, Kento Imai, Kenri Kodaka, 「Slime Hand」, Best Illusion of The Year Contest 2021, 2021, 12. (http://illusionoftheyear.com/2021/12/slime-hand/) (2022.7.15 アクセス).
[8] Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D., & Cobb, S. (1995). Touching the phantom limb. *Nature*, *377*(6549), 489-490.
[9] Guterstam, A., Gentile, G., & Ehrsson, H. H. (2013). The Invisible Hand Illusion: Multisensory Integration Leads to the Embodiment of a Discrete Volume of Empty Space. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *25*(7), 1078–1099.
[10] Byrne, A., & Preston, C. (2019). Mr Fantastic Meets The Invisible Man: An Illusion of Invisible Finger Stretching. *Perception*, *48*(2), 185–188.
[11] Cadete, D., & Longo, M. R. (2022). The long sixth finger illusion: The representation of the supernumerary finger is not a copy and can be felt with varying lengths. *Cognition*, *218*(November 2021), 104948.

謝辞 本研究は, JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2130 の支援を受けた.

協同学習時の知識利用におけるワーキングメモリと共感性：ACT-Rを用いた実験室実験とコンピュータシミュレーションによる検討

Working Memory and Empathy on Knowledge Use during Collaboration: Investigation by Laboratory and Simulation using ACT-R

下條 志厳，林 勇吾
Shigen Shimojo, Yugo Hayashi

立命館大学
Ritsumeikan University
cp0013kr@ed.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では，ワーキングメモリと共感性がそれぞれ協同学習におけるテキストの知識利用と関連するのか検討する. 方法としては, 実験室実験とコンピュータシミュレーションを用いる．シミュレーションにおけるモデルには，認知アーキテクチャの一つである ACT-R（Adaptive Control of Thought-Rational）を使用する．実験室実験の結果，ワーキングメモリとは関連があることが分かったが，共感性とは関連がないことが分かった. シミュレーションでは，同様の結果であったが，共感性に関しては極端な値をとると知識利用がうまくいかないことが分かった.

キーワード : 協同学習 (collaborative learning), コンセプトマップ, ワーキングメモリ (working memory), ACT-R

1. はじめに

協同学習では，他者の意見に基づいて自分の意見を外化するといった説明活動を相互に行うことで深い学びへとつながることが分かっている[1]．しかし，協同では, 他者視点の取得が難しいことが示されている[2]. そうした流れを受けて，[3]は参加者がコンセプトマップを利用することで他者知識を獲得し学習パフォーマンスが向上することを明らかにした．[3]の参加者は，ノードとリンクからなるコンセプトマップを個別に作成し，それを参照しながら協同でコンセプトマップを作成した. 本研究における学習パフォーマンスとは, テキストにある知識を利用し，リンクに記入できていたのかを指す. そのため, 協同でコンセプトマップを作る試みによって，テキストの知識を利用することが促進されるならば，他者知識の獲得がテキストの知識利用を促進したと考えられる. しかしながら, 協同学習において，他者知識の獲得がテキストの知識利用になぜ影響するのかは明らかではない. そこで，本研究では，協同学習における認知プロセスとテキストの知識利用の関連性を検討する.

1.1. 協同学習における知識利用に関わる要因

協同学習における認知プロセスでは，ワーキングメモリと共感性がそれぞれ関与していると考えられる. その理由としては，獲得した他者の知識とテキストの知識を利用する際に, 知識を検索, 想起, 保持しなければならないことが挙げられる．ワーキングメモリ容量が多くなるにつれ，他者の知識を利用することができるため，テキストの知識も利用することできると予測される.

また, 冒頭でも述べたように, 協同において獲得した他者知識を利用し，その知識に基づいた議論が重要であることが明らかさにされている[1, 4]. しかしながら, 共感性 (他者の知識の利用度合) の高低によって発話の傾向が異なり，共感が低い場合にはそもそも相手の意見に基づいた議論を行わないことが分かっている[5]. したがって, 共感が高くなるにつれ, 自分の意見を外化する際に他者知識の利用を行うと考えられる.

以上より, 本研究では, ワーキングメモリと共感性の両者はそれぞれ他者知識の獲得によるテキストの知識利用と関連するのか検討する. そのために, 実験室実験とコンピュータシミュレーションを実施する. その際, 認知アーキテクチャである ACT-R（Adaptive Control of Thought-Rational）を使用する．ACT-R を用いた理由としては，パラメータ操作によって個人差のモデル化も容易であり，人間の思考と行動を再現することができる点にある.

1.2. 目的と仮説

本研究の目的は，協同でコンセプトマップを作成する際に，ワーキングメモリと共感性という個人特性が

テキストの知識利用に与える影響を検討することである．本研究における実験的検討の仮説として，2 つがあげられる．まず，(H1) ワーキングメモリとテキストの知識利用との間には相関関係があると予想される．また，(H2) 共感性とテキストの知識利用との間には相関関係があると考えられる．コンピュータシミュレーションではACT-R によってコンセプトマップを作成するモデルを作成し，ワーキングメモリの高低と他者の知識の利用頻度によってテキストの知識利用が変化するのかシミュレーションする．ワーキングメモリと共感性が協同学習と関連しているならば，実験的検討の H1 および H2 と同様の結果が得られると予測される．

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験参加者は，心理学を専攻する 20 名の大学生（男性 6 名，女性 14 名）であり，平均年齢は 19.00 歳（*SD* = 0.89）であった. 実験参加者は, ペアに割り当てられ, 協同でコンセプトマップを作成した.

2.2. 実験材料

実験材料として，成功と失敗の原因帰属に関するテキストとコンセプトマップを用いた．コンセプトマップは，C＃によって作成し，本課題において個人と協同の両方において実験参加者に作成してもらった.

2.3. 実験手続き

実験の手続きに関しては, 実験参加者は, まずコンセプトマップの作成方法を学び，2-back 課題を実施し，対人反応性指標[6]における質問項目に回答した. 次に, 成功と失敗に関する学習テキストを参照し，ある学生が，新学期が不安な理由を語っているエピソードを参照した．学習テキストには，主に内的・外的，安定・不安定, 統制可能・統制不可能という原因の分類には 3 つの次元があることが記述されていた. その後, この 3 つの次元に基づいて，新学期が不安な理由である原因を推論し, コンセプトマップに個別に描き, 協同で相手のコンセプトマップを参照しながら（画面を 3 分割 ; 右側に個別のマップ 2 つ，左側に協同のマップ 1 つ），協同のコンセプトマップを作成した．図 1 は，協同時におけるスクリーンショットである．コンセプトマップは, ノードとリンクから構成され, ノードにはエピソードの知識が含まれ，リンクには学習テキストの知識が含まれなければならなかった. 本研究では, 学習テキストの知識利用のみに焦点を当てているため，ノードではなくリンクに着目した.

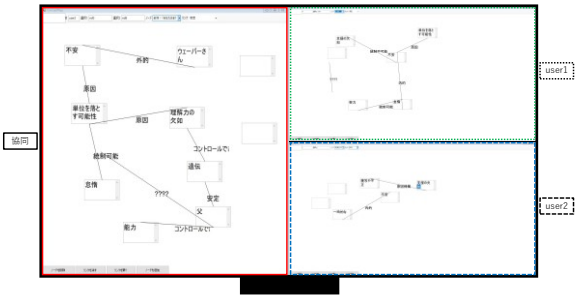


図 1　協同学習時における画面のキャプチャ.

2.4. 従属変数

分析に関して用いたデータに関して説明する．まず, ワーキングメモリは, 2-back 課題の正解率を採用し, 共感性は対人反応性指標を採用した. また, テキストの知識利用には，コンセプトマップのリンクの部分に該当する 3 つの次元が協同コンセプトマップに含まれる数を用いた（以降，テキスト知識のリンク数とする）.

3. 結果

まず，H1 に関して検証するために，2-back 課題の正解率とテキスト知識のリンク数に関して相関分析を行った．図 2 は，2-back 課題の正答率とリンク数の散布図である. その結果, 中程度の正の相関関係が認められた（$r = .46$, $p < .05$）.

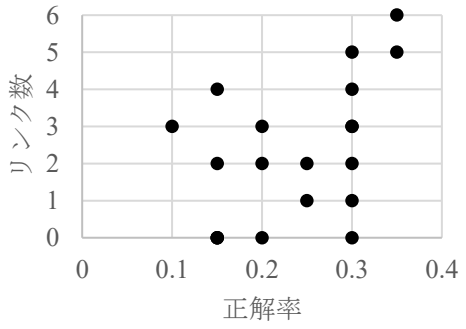


図 2　2-back 課題の正答率とリンク数の関係.

次に，H2 に関して検証するために，対人反応性度合とテキスト知識のリンク数に関しても同様に相関分析を行った．図 3 は，対人反応性尺度得点とリンク数の散布図である. その結果, 相関関係は認められなかった（$r = .07$, $p = .77$）．また，下位項目の視点取得だけに

着目し，検討した．図 4 は，視点取得得点とリンク数の散布図である．その結果，同様に相関関係は認められなかった（r= .26, p= .28）．以上より，H1 は支持されたが，H2 は支持されなかった．

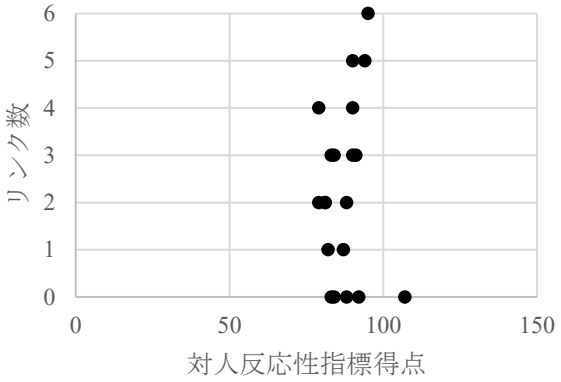


図 3　対人反応性尺度得点とリンク数の関係．

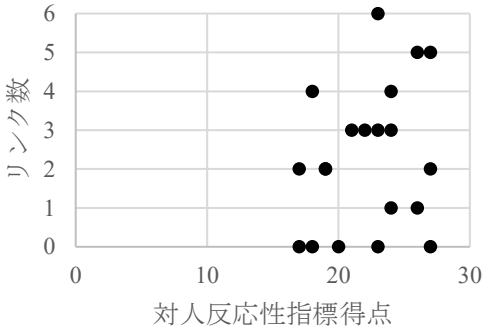


図 4　視点取得とリンク数の関係．

4.　ACT-R によるコンピュータシミュレーション

ACT-R アーキテクチャ[7]を用いて，知識の利用のモデルを作成し，異なる知識に基づいた学習時における知識の使用に関するプロセスを検討した．具体的なモデルの流れは，自分と相手のコンセプトマップを確認し，宣言的知識に記銘し，相手と自分の知識が異なるのか，同一なのか判定し，異なった場合は自分の知識もしくは相手の知識に基づいて学習テキスト（3 つの次元）を検索し，同一であれば（正しければ）記入，もしくは記入しない．このプロダクションが共感と関わる．図 5 はモデルのフローを示したものである．冒頭でも述べた通り，共感によって自分の知識だけではなく，相手の知識も利用することが明らかになっているためである．

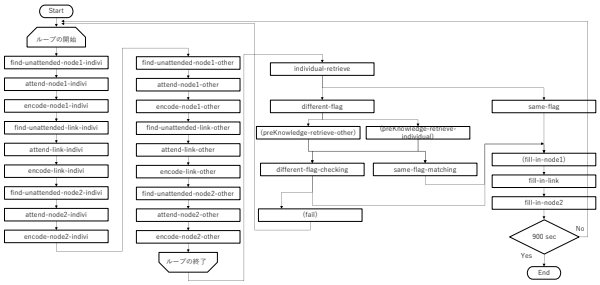


図 5　ACT-R に実装されたコンセプトマップ作成モデルのフロー．

4.1.　パラメータ操作

このシミュレーションの目的は，ワーキングメモリ，共感とテキストの知識利用の関係をみることにある．[8]では ACT-R におけるワーキングメモリの操作パラメータとして以下の知識 i における活性値 (A_i)式の W を採用し，そのパラメータを 0.7，1，1.3 の 3 つで操作している．B_iはチャンクのベースレベルで，W_{kj}は，重みづけであり，S_{ji}は関連の強さを表す指標である．ε はノイズである．式(2)は，そのノイズ値の式である．

$$A_i = B_i + \sum_k \sum_j W_{kj} S_{ji} + \varepsilon \qquad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{3} s^2 \qquad (2)$$

モデルを用いたテキストの知識検索と利用に与えるワーキングメモリの影響をシミュレーションするために，パラメータを 3 つの値で操作した．

次に，共感に関しては，上記のモデルの手続きにおいて述べた通り，他者の知識の利用をする度合で操作した．具体的には，個人の知識に基づく記憶検索を行うプロダクションのユーティリティ値を 10 とし，他者の知識に基づく記憶検索を行うプロダクションのユーティリティを 8，9，10，11，12 で操作した．以下にプロダクションの選択率の式を示す．U_iは予測されたユーティリティであり，U_i(n)はン回目のユーティリティ値を表す．αは学習率，n 回目の適用でプロダクションの受け取る報酬である．

$$Probability(i) = \frac{e^{i/\sqrt{2s}}}{\sum_i e^{U_i/\sqrt{2s}}} \qquad (3)$$

$$U_i\,(n) = U_i\,(n-1) + \alpha[R_i(n) - U_i(n-1)] \qquad (4)$$

モデルを用いたテキストの知識検索と利用に与える共感（他者の知識に基づく記憶検索）の影響をシミュレーションするために，パラメータを 5 つの値で操作した．

4.2. シミュレーション結果

テキスト知識のリンク数は 0.7 の場合 0.5, 1.0 の場合 1, 1.3 の場合 1.5 となり，実験結果と同様にワーキングメモリによってテキスト知識のリンク数が影響を受けることが示された.

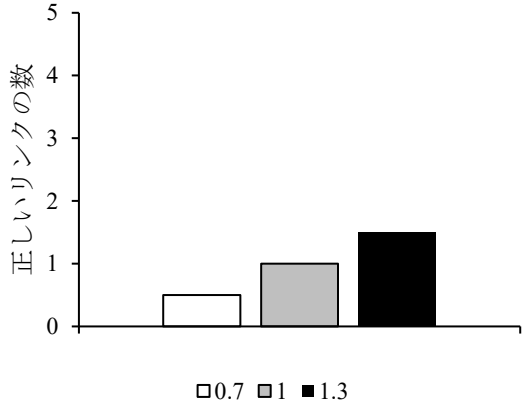


図 6　Wのパラメータ値の違いによるリンク数の比較.

その結果，テキスト知識のリンク数は 8 の場合 4，9 の場合 4，10 の場合 3，11 の場合 5，12 の場合 3 となった．実験結果と同様に他者の知識に基づく回数を増やすことの効果はみられなかった. ただし, 11 の場合，つまり相手の知識を少し多く用いて記憶検索することによって最も正しい知識利用ができることが分かった.

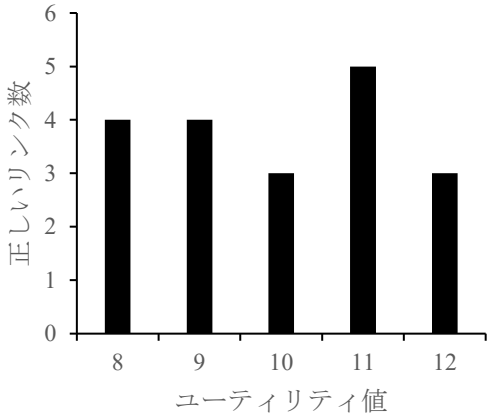


図 7　ユーティリティ値の違いによるリンク数の比較.

5. 考察

本研究における実験室実験では，ワーキングメモリとコンセプトマップのテキスト知識のリンク数に正の相関が認められ，共感性とテキスト知識のリンク数には認められなかった. また, コンセプトマップを作成するモデルを用いて，ワーキングメモリの影響をシミュレーションした結果, 実際の結果と一致した. また，共感の影響をシミュレーションした結果，実際の結果と同様に共感が高くなればなるほど，知識の再生が高くなるという結果にはならなかった. ただし, 相手の知識と自分の知識を均等に用いて検索すると良くなく，相手の知識に基づいてより検索することの効果が示された. 実験結果とシミュレーションの結果は, コンセプトマップにおける協同学習において，テキストの知識の利用においてワーキングメモリと共感性によって影響を与えることが分かった．ワーキングメモリが影響を与えた理由としては，相手の知識を保持と正しい知識の検索において保持できる記憶量が少なければ正しい知識を検索できる確率が下がるためと考えれる．また，共感に関しては，相手の知識を取得することは大事だが，同程度だとどっちの知識を優先すべきなのかという競合が生じたり，相手の知識に頼りすぎると相手の成績に依存したりするため，適度に相手の知識に基づいて自分の意見を再構築することが必要だと考えられる.

文献

[1] Chi, M. T., Wylie, R., (2014). “The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes”, Educational psychologist, Vol. 49, No. 4, pp. 219-243.
[2] 林勇吾・三輪和久・森田純哉, (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討認知科学, Vol. 14, No. 4, pp. 604-619.
[3] Engelmann, T., Hesse, F. W., (2010). “How digital concept maps about the collaborators’ knowledge and information influence computer-supported collaborative problem solving”, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 5, No. 3, pp. 299-319.
[4] Shirouzu, H., Miyake, N., Masukawa, H., (2002). “Cognitively active externalization for situated reflection”, Cognitive Science, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.
[5] 長田在代･川上綾子, (2008). グループ学習の話し合いにおける認知的共感性の影響　日本教育工学会論文誌, Vol. 32, pp. 141-144.
[6] 日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・野村理朗, 2017). 日本語版対人反応性指標の作成　心理学研究, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71.
[7] Anderson, J. R., (2013). “Human symbol manipulation within an integrated cognitive architecture”, In Cognitive science (pp. 313-341). Routledge.
[8] 松室美紀・三輪和久・原田悦子・須藤智・富田瑛智・牧口実・繆嘉傑, (2018). 自動車運転中の車載機器操作に加齢が与える影響: 時間知覚と活性化拡散に着目したシミュレーションによる検討　認知科学, Vol. 25, No. 3, pp. 279-292.

第二言語の学習・教授可能性：日本人英語学習者の自由英作文
Learnability and Teachability of Second Language: Preliminary Analysis of Japanese EFL Learners' Free Writing in English

山田 敏幸†
Toshiyuki YAMADA

†群馬大学共同教育学部英語教育講座
Department of English Education, Cooperative Faculty of Education, Gunma University
t-yamada@gunma-u.ac.jp

Abstract

The goal of this paper is to shed a new light on the learning mechanism of second language knowledge in Japanese learners of English as a foreign language (EFL). The present study addresses a new research question in consideration of child first language acquisition with only positive evidence: do grammatical error rates of Japanese EFL learners decline gradually with no negative evidence at all? To answer this question, 71 Japanese EFL learners participated in an experiment of free English writing with no corrective feedback. The results showed that within one academic year, the grammatical error rate was lower in their writing in the second semester compared to the first. This tendency was found in determiners and number agreement, but not in prepositions or tense. This suggests that (implicit) learning happens even without explicit teaching, and that the question of to what extent it is the case should be further examined.

Keywords — second language knowledge, teachability, learnability, Japanese EFL learners, free English writing

1. Introduction

The goal of this paper is to shed a new light on the learning mechanism of second language knowledge. In cognitive sciences, language and its learning mechanism have been of significant importance to pursue human nature [1], [2]. Our particular interest is in the following difference: children acquire their native or first language successfully without any training, while many adults struggle to learn their second language even with intensive instruction [3], [4]. This discrepancy is a long-standing issue leading to two problems: (i) variability in ultimate attainment and (ii) learnability or teachability of language. For (i), there is no variability in ultimate attainment in child/first language acquisition, guaranteeing that no child fails to acquire his/her native language in a normal environment. Contrastively, there is inevitable variability in ultimate attainment in second language learning, resulting in the fact that quite a few adults struggle to master a second language and many of them fail to reach a native level of proficiency. Regarding (ii), no teaching is needed for first language acquisition because every child acquires his/her native language despite of the fact that he/she is not always taught about that language in a given environment [5] (cf. [6]). On the other hand, much teaching of second languages is practiced in language education, especially in a foreign language environment where the target language for learning is not used in learners' daily life[1].

To explain the above discrepancy between first and second language acquisition, some theories have been proposed. For first language acquisition, one account is based on the genetic endowment (or Universal Grammar) as language acquisition device shared in our mind/brain, resulting in no variability in ultimate attainment and thus a strong argument for no learning or teaching at all (e.g., [7], [8], [9]). Another account refers to statistical learning motivated by a general cognitive capacity given to humans (e.g., [10]). Still another account is attributed to the human sentence processing mechanism and its relationship with learning (e.g., [11], [12]). The latter two accounts also posit no variability in ultimate attainment but assume some efficient learning driven by the innate mechanism, not by teaching. On the other hand, there are various ideas for variability in ultimate attainment and teachability/learnability in second language acquisition. One account argues for no access to the innate language acquisition device used in first language acquisition (e.g., [13], cf. [14], [15]). Another account is based on learners' factors such as motivation, learning strategies, age of learning (e.g., [16], [17]). For teachability/learnability, there are some claims that teaching is effective for second language at the appropriate stage of learning (e.g., [18], [19]). The purpose of this paper is

[1] Note that there is also a second language environment where the target language is used in the daily life. In such situation, teaching rarely happens as in child/first language acquisition. The scope of this paper is a foreign language environment where there is much teaching of the target language in a formal setting like language education at school.

not to evaluate each of the above accounts but to explore a still-remaining question of whether second language is indeed teachable/learnable or not, compared to first language.

As an approach to the problem of variability in ultimate attainment of second language knowledge, the present study focuses on Japanese EFL learners and investigates whether English is learnable/teachable as a second language to them. We particularly examine whether Japanese EFL learners can still learn English without any negative evidence or teaching about their grammatical errors or not.[2]

2. Input or Evidence in Language Acquisition

Input or external experience is indispensable for language acquisition, whether first or second. The notion of input is called evidence in language acquisition and categorized into three types: positive evidence, direct negative evidence, and indirect negative evidence [8: pp. 8-9]. Positive evidence is the information about grammatical sentences in a given language to determine the characteristics of that language. Direct negative evidence is corrections, i.e., the information about what is wrong with a sentence in a given language produced by learners of that language. Indirect negative evidence is the information that no ungrammatical sentences would be provided in a given language and thus that only experienced data are grammatically permitted in that language. In this paper, we focus on direct negative evidence and examine the effect of corrective feedback, particularly explicit corrections, on language acquisition.[3]

In first language acquisition, it has been assumed that direct negative evidence is not necessary [24]. In fact, it has been reported that a parent's corrective feedback (i.e., teaching) does not lead to a child's immediate correction of his/her ungrammatical utterances as demonstrated in (1).

(1) corrective feedback (explicit corrections) [25: p. 69]
Child: Nobody don't like me.
Mother: No, say 'Nobody likes me.'
Child: Nobody don't like me.
[Eight repetitions of this dialogue, then]
Mother: No, now listen carefully. Say 'Nobody likes me.'
Child: Oh! Nobody don't likes me.

In second language acquisition especially in a foreign language environment, on the other hand, direct negative evidence is pervasive as seen in language teaching at school. The effect of corrective feedback on second language learning has, however, been inconclusive yet. There are two types of previous findings. One type implies that the effect of corrective feedback is limited or no effect as in first language acquisition in (1), concluding that direct negative evidence is not necessary to the learning of a second language [26], [27], [28]. The other type of findings suggests that corrective feedback is indeed effective but the effect is not retained for a long period [29], [30], [31] (see [32], [33], [34], [35], [36] for a summary of the effects of corrective feedback).

Then, some questions still remain for the effect of direct negative evidence (i.e., explicit corrections) on second language acquisition. Whether is corrective feedback indeed effective to second language learning or not? If so, to what extent is corrective feedback useful and helpful to learners' development of second language knowledge? To which grammatical items could corrective feedback be effective? The present study focuses on second language acquisition in a foreign language environment because in such environment, second language is learned typically in the classroom where teachers often make explicit corrections to learners. We particularly examine whether learning would still happen if no direct negative evidence were given in the classroom.

3. The Present Study

We address the following research question:

(2) Research Question
With no corrections at all, would grammatical error rates of Japanese EFL learners decline gradually?

In many practices of language teaching, second language learners produce grammatical errors in their speaking and writing and receive explicit corrections given by their teachers. Then, could learning take place even when learners write constantly but no corrections are provided? Here, we define learning as learners' noticing their grammatical errors and correcting those errors by themselves. If we can find a "Yes"

[2] In error analysis in second language acquisition research, two distinct terms are defined as follows: *errors* as "the systematic errors of the learner from which we are able to reconstruct his knowledge of language to date" and *mistakes* as the unsystematic "errors of performance" (i.e., his use of language) [20: pp. 166-167]. In this paper, however, we consistently use the term *errors* partly because errors and mistakes are not always easy to be distinguished.

[3] In this paper, we use the terms direct negative evidence and corrective feedback interchangeably (cf. [21]). For corrective feedback, there are a variety of types from implicit feedback like recasts to explicit feedback like corrections (see [22], [23] for a summary of the types of corrective feedback).

answer to the question in (2), it is the case that (implicit) learning happens even without explicit teaching, i.e., that second language is learnable.

The rationale behind our research question is child language acquisition. Children do not know in advance about which sentence is grammatical or ungrammatical in a language to be acquired even when they produce errors. They just receive input (positive evidence) about grammatical sentences from their surrounding external environment, notice gaps between what they say and what others say, and finally correct their errors by themselves to achieve the mastery of their native language. If first language acquisition proceeds in such a situation that no explicit correction (direct negative evidence) is provided, could second language also be developed like this? Given that no corrections are provided, learners should notice gaps by receiving input (positive evidence) and correct their errors by themselves [37]. To investigate this possibility related to the research question in (2), an experiment of free English writing was conducted.

4. Experiment

4.1. Method

Participants

The participants were 71 Japanese EFL learners. They were all Japanese-speaking university students. Their level of English proficiency was estimated as CEFR A1 (basic user of English) on the basis of their TOEIC scores (Mean = 380).

Materials

Free English writing was conducted in a general English course at a university for one academic year (the instructor was the author of this paper). Twenty-five general topics were provided for free English writing as shown in (3).

(3) 25 topics for free writing in English
1st Semester
1. Write freely about yourself.
2. What do you want to be in the future and why?
3. What did you do during Golden Week?
4. For what are you going to use English in the future?
5. Which English skills are you good at and why?
6. Which English skills are you NOT good at and why?
7. Which country do you want to go and why?[4]
8. Are you going to watch the Tokyo Olympics and why?
9. How do you improve your English ability?
10. What do you think of your life under the COVID-19 pandemic?
11. What did you do during the last summer vacation?
12. What are you going to do during the summer vacation?
2nd Semester
13. What did you do during this summer vacation?
14. What is the most shocking news to you so far?
15. Do you want to marry in the future and why or why not?
16. How was your weekend (Oct. 30 & 31)?
17. Did you participate in the school festival (on-line) and why or why not?
18. What will you do in five years?
19. What will you do in ten years?
20. What would you do in 50 years?
21. How did you change your behavior from summer to now under COVID-19?
22. Would you like to work even if you had much money and why or why not?
23. What are you going to do in the winter break?
24. How were your 2021 and winter break?
25. What are you going to do during the spring vacation?

The first 12 topics were assigned in the first semester, and the remaining 13 ones were in the second semester.

Procedure

For the 25 topics in Materials above, the participants were given one topic as one homework assignment of free writing in English. They were required to write about a given topic with about 150 words using a word processor software (Microsoft Word), and instructed to write as a speech script, which is described below, and not to be careful about their grammatical errors too much. Moreover, they were facilitated to write as many sentences as possible because one point was assigned to one sentence for their grade of the writing part. There was no time limit for free writing, but the submission deadline of each topic was within one week after assigned. No corrective feedback was given to the participants' writing.

The data collection was carried out in a series of lessons in a general English course for one academic year, 2021. The basic structure of each 90-minute lesson was roughly as follows: attendance check, speaking activity, reading activity based on the textbook, listening quizzes on the contents of the textbook, and homework information. The speaking activity was based on homework assignments of free English writing. The purpose of this writing was the participants' preparation for the speaking activity in the next lesson, and thus they wrote about a given topic as a speech script. The lessons were conducted almost in English by a non-native English

[4] This question sentence should have been as follows: Which country do you want to go *to* and why? This shows that the instructor of the class sometimes produced nonnative-like English, which the participants were exposed to in class.

instructor (the author of this paper). The textbook was about business English which was relatively understandable to the lower-intermediate learners of English [38]. For one academic year, the participants were exposed to English mainly through this business English course because they did not take any other English courses. In class, they were able to receive input or positive evidence from the instructor and their classmates during speaking, reading, and listening activities. Reading and listening were based on the textbook, while speaking was based on the writing assignment. In the speaking activity, the participants were able to listen to their classmates' talks about the same topic for writing. The speaking activities were up to about 15 minutes and carried out in groups of three or four members. Each member of the group was given approximately two minutes for his/her talk, and after that, there was an about one-minute Q&A session in which he/she responded to his/her classmates' comments and questions.

Data Treatment

First, we examined the overall tendency of error rates in the grammaticality of the sentences produced by the participants. The total number of sentences collected from all the 71 participants was counted and, out of them, the total number of ungrammatical sentences including grammatical errors such as determiners, prepositions, and number agreement was counted. Then, error rates were calculated for 25 topics by dividing the number of sentences including grammatical errors by the total number of sentences. Our particular interest is in analyzing the participants' error rates over a period of one academic year to judge whether they declined gradually or not. Concretely, the results of the first and second semesters were compared by a chi-square test.

Second, we investigated whether there were those types of grammatical items whose error rates declined gradually or not. The participants' errors were categorized into morphosyntactic items, and the number of errors in each topic was counted for each item. The results of the first and second semesters were analyzed by a series of chi-square test.

Note that in the present data analysis, we focus on local errors, not global ones (e.g., [39]). Local errors are those which are tolerable in communication to understand the meaning of an utterance, whereas global errors are those which severely interfere a listener or reader's comprehension of the overall meaning of a speaker or writer's sentence. The former type includes errors in determiners, number agreement, verb inflections and so on, while the latter type contains errors in word order, conjunctions, and so forth. Also note that the error analysis was conducted by the author of this paper.

4.2. Results

First, the total number of the collected sentences was 13643. Out of them, the number of ungrammatical sentences including morphosyntactic errors was 2335. The participants' error rates for 25 topics are summarized as in Table 1.

Table 1. Error Rates for 25 Topics

Topic	1	2	3	4	5
Er	173	131	138	98	92
Tl	785	611	611	518	524
%	22.04	21.44	22.59	18.92	17.56
Topic	6	7	8	9	10
Er	54	139	139	90	93
Tl	532	635	556	507	469
%	10.15	21.89	25.00	17.75	19.83
Topic	11	12			1st
Er	149	120			1416
Tl	623	514			6885
%	23.92	23.35			20.57
Topic	13	14	15	16	17
Er	100	73	60	59	89
Tl	638	477	565	559	510
%	15.67	15.30	10.62	10.55	17.45
Topic	18	19	20	21	22
Er	54	46	39	90	46
Tl	432	379	428	613	461
%	12.50	12.14	9.11	14.68	9.98
Topic	23	24	25		2nd
Er	65	79	119		919
Tl	467	717	512		6758
%	13.92	11.02	23.24		13.60

Notes: Er: Number of sentences including grammatical errors; Tl: Total number of sentences; %: Error rate in percentage; 1st: Total results of the first semester; 2nd: Total results of the second semester

The first topic was given at the beginning of the first semester, and the last one was at the end of the second semester. The total numbers of sentences were 6885 and 6758 in the first and second semesters, respectively, and the numbers of sentences including grammatical errors were 1416 and 919 in the first and second semesters, respectively. The error rate of the first semester was 20.57%, whereas that of the second semester was 13.60%. A chi-square test with Yates correction indicated that the number of erroneous sentences was lower in the second semester compared to the first ($X^2 = 82.32$, $p < .001$).

Second, the identified errors were categorized into 35 morphosyntactic items, but here we analyzed four items for which relatively high numbers of errors were found (the information in square brackets could be corrective feedback): determiners (e.g., **My father was [an] employee.*), number agreement within a noun phrase (e.g., **I have two reason[s].*),

prepositions (e.g., **In [For] those reasons, I don't want to get married in the future*.), and tense (e.g., **In spring vacation, I try [tried] it because I was free*.). The results of these four items are shown in Table 2.

Table 2. Number of Errors for 4 Items in 25 Topics

Topic	1	2	3	4	5
Det	63	51	48	24	18
Num	35	24	15	22	21
Prep	21	10	21	13	7
Tns	10	11	11	5	7
Tl	173	131	138	98	92
Topic	6	7	8	9	10
Det	14	45	40	18	26
Num	13	34	35	22	14
Prep	4	23	8	12	13
Tns	2	10	10	2	8
Tl	54	139	139	90	93
Topic	11	12			1st
Det	66	54			467
Num	18	14			267
Prep	21	20			173
Tns	11	6			93
Tl	149	120			1416
Topic	13	14	15	16	17
Det	39	24	17	23	36
Num	11	10	7	7	8
Prep	21	16	6	6	15
Tns	8	7	4	6	4
Tl	100	73	60	59	89
Topic	18	19	20	21	22
Det	23	8	10	33	12
Num	4	3	3	13	4
Prep	7	5	4	11	4
Tns	2	3	4	3	0
Tl	54	46	39	90	46
Topic	23	24	25		2nd
Det	21	29	86		361
Num	10	3	2		85
Prep	3	15	12		125
Tns	4	9	0		54
Tl	65	79	119		919

Notes: Det: Determiners; Num: Number agreement within a noun phrase; Prep: Prepositions; Tns: Tense; Tl: Total number of errors including those of other items

The total numbers of errors were 1416 and 919 in the first and second semesters, respectively. Out of those, the numbers of errors in the first and second semesters were 467 and 361 for determiners, 267 and 85 for number agreement within a noun phrase, 173 and 125 for prepositions, and 93 and 54 for tense. A series of chi-square test with Yates correction showed that the number of errors was lower in the second semester for determiners ($X^2 = 4.39$, $p = .036$) and number agreement ($X^2 = 29.59$, $p < .001$), compared to the first semester, but no statistical differences were found for prepositions or tense.

5. Discussion and Concluding Remarks

There are two major findings from the above results. One is the overall decline of grammatical error rates in the participants' free writing without corrections from the first to second semesters. This leaves the possibility of a "Yes" answer to our research question in (2), suggesting that second language is (implicitly) learnable even without explicit corrections or teaching. Particularly in writing, learners think and re-think about what to write, which is not possible in time-pressured speaking, and this would have led to the participants' noticing of their own use of English and thus their (implicit) learning. Also, in the speaking activity in each class, the participant had an opportunity to talk about what they wrote with his/her classmates who also wrote about the same topic. This could have provided relevant input or positive evidence to notice the participants' erroneous utterances, resulting in the decline of grammatical errors in their subsequent writing.

Another finding is that the decline of error rates varied depending on morphosyntactic items in question. The results of determiners and number agreement within a noun phrase showed the gradual decline of error rates, while those of prepositions and tense did not. A possible reason for this difference might be related to the form-meaning distinction. Errors of determiners and number agreement are related to grammatical forms in that those errors may be tolerable in our understanding in communication. On the other hand, errors of prepositions and tense are more likely to be related to meaning and thus interfere the comprehension of communication. In this sense, the former type of errors is considered form-related errors, while the latter type meaning-related errors. This may be consistent with the argument that in second language writing, local errors which do not disrupt the overall meaning do not have to be corrected because those errors are self-corrected by learners [39].

Taken together, these two findings have theoretical and educational implications. A theoretical implication is that there remains a possibility that like first language acquisition, second language acquisition proceeds based on only positive evidence. Our finding of the decline of errors without corrections is consistent with this view. An educational implication is that in language teaching, the effect of corrective feedback should be reconsidered as to what second language learners can do by themselves (i.e., learning) and what language teachers should do for them (i.e., teaching). Explicit corrections have been reported to facilitate accuracy development [27], [28], but accuracy (or the decline of errors)

might be developed even with no corrections. This does not deny the importance of teaching which surely facilitates learning [33], but further research on to what extent learners do by themselves contributes to the division of labor between teachers and learners in language education at school. The issue of learnability and teachability matters not only in child language development but also adult language learning.

For further research, one reviewer suggested that the frequency and type of errors could be different depending on two situations in which the participants were evaluated higher when the number of sentences they wrote was larger even with grammatical errors, and in which they were assessed higher when the number of sentences they wrote with no errors was larger even if that number was small. In this experiment, there was an incentive for the grade to those participants who wrote the larger number of sentences even with errors. This could have influenced the presented results in this paper. The manipulation of an incentive for the participant's writing is a future issue. Another issue is that some participants did not submit their writing about all 25 topics because the free writing task in the present study was conducted as homework assignments. Thus, in this paper, we did not analyze the individual differences in the pattern of grammatical errors depending on the participants and the topics. More detailed data analysis based on by-participant and by-topic perspectives is needed to answer our research question more clearly.

Acknowledgments

I thank two anonymous reviewers for their constructive comments on an earlier version of this paper. Any remaining errors are mine. I am also grateful to my students for their comments on this paper and to M, as always, for the completion of the work. This study was partially supported by JSPS KAKENHI Grant Number 19K13288.

References

[1] Keil, F. C., & Wilson, R. A. (Eds.). (1999). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. MIT Press.
[2] Gleitman, L., Liberman, M., & Osherson, D. N. (Eds.). (1995). *An invitation to cognitive science: Language* (2nd ed., vol. 1). MIT Press.
[3] Meisel, J. M. (2011). *First and second language acquisition*. Cambridge University Press.
[4] Suzuki, T., & Shirataha, T. (2012). *Kotoba-no shuutoku: Gobo shuutoku-to daini gengo shuutoku*. [Language acquisition: First language acquisition and second language acquisition]. Kurosio.
[5] Marcus, G. (1993). Negative evidence in language acquisition. *Cognition, 46*, 53-85.
[6] Rice, M. L., & Schiefebusch, R. L. (Eds.). (1989). *The teachability of language*. Paul H. Brookes.
[7] Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. MIT Press.
[8] Chomsky, N. (1981). *Lectures on government and binding: The Pisa lectures*. Foris Publication.
[9] Chomsky, N. (1986). *Knowledge of language: Its nature, origin, and use*. Convergence.
[10] Yang, C. (2002). *Knowledge and learning in natural language*. Oxford University Press.
[11] Fodor, J. D. (1998). Parsing to learn. *Journal of Psycholinguistic Research, 27*, 339-374.
[12] Fodor, J. D. (2017). Ambiguity, parsing, and the evaluation measure. *Language Acquisition, 24*(2), 85-99.
[13] Bley-Vroman, R. (1989). The logical problem of foreign language learning. *Linguistic Analysis, 20*(1/2), 3-49.
[14] White, L. (2003). *Second language acquisition and universal grammar*. Cambridge University Press.
[15] Whong, M., Gil, K.-H., & Marsden, H. (Eds.). (2013). *Universal grammar and the second language classroom*. Springer.
[16] Dörnyei, Z. (2005). *The psychology of the language learner: Individual differences in second language acquisition*. Routledge.
[17] Singleton, D., & Ryan, L. (2004). *Language acquisition: Age factor* (2nd ed.). Multilingual Matters.
[18] Meisel, J. M., Clahsen, H., & Pienamann, M. (1981). On determining developmental stages in natural second language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition, 3*(2), 109-135.
[19] Arntzen, R., Håkansson, G., Hjelde, A., & Keβler, J.-U. (Eds.). (2019). *Teachability and learnability across languages*. John Benjamins Publishing Company.
[20] Corder, S. P. (1967). The significance of learners' errors. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching, 5*, 161-170.
[21] Ortega, L. (2009). *Understanding second language acquisition*. Routledge.
[22] Ellis, R. (2008). A typology of written corrective feedback types. *ELT Journal, 63*(2), 97-107.
[23] Ellis, R. (2009). Corrective feedback and teacher development. *L2 Journal, 1*, 3-18.
[24] Wexler, K., & Culicover, P. W. (1980). *Formal principles of language acquisition*. MIT Press.
[25] McNeill, D. (1966). Developmental psycholinguistics. In F. Smith & G. A. Miller (Eds.), *The genesis of language: A psycholinguistic approach* (pp. 15-84). MIT Press.
[26] Truscott, J. (1996). The case against grammar correction in L2 writing classes. *Language Learning, 46*(2), 327-369.
[27] Lyster, R., & Saito, K. (2010). Oral feedback in classroom SLA: A meta-analysis. *Studies in Second Language Acquisition, 32*(2), 265-302.
[28] Sheen, Y. (2010). Differential effects of oral and written corrective feedback in the ESL classroom. *Studies in Second Language Acquisition, 32*(2), 203-234.
[29] White, L. (1991). Adverb placement in second language acquisition: Some effects of positive and negative evidence in the classroom. *Second Language Research, 7*(2), 133-161.
[30] Snape, N., & Yusa, N. (2013). Explicit article instruction in definiteness, specificity, genericity, and perception. In M. Whong, K.-H. Gil, & H. Marsden (Eds.), *Universal grammar and the second language classroom* (pp. 161-183). Springer.
[31] Umeda, M., Snape, N., Yusa, N., & Wiltshier, J. (2017). The long-term effect of explicit instruction on learners' knowledge of English articles. *Language Teaching Research, 23*(2), 179-199.
[32] Ozeki, H. (Ed.). (2015). *Feedback kenkyu-heno shoutai: Daini gengo shuutoku-to feedback* [Invitation to feedback research: Second language acquisition and feedback]. Kurosio.
[33] Shirahata, T. (2015) *Eigo shidou-ni okeru koukatekina ayamari teisei: Daini gengo shuutoku-no kenchi-kara* [Effective corrections in English teaching: From the perspective of second language acquisition]. Taisyukan Shoten.
[34] Chen, J., Lin, J., & Jiang, L. (2016). Corrective feedback in SLA: Theoretical relevance and empirical research. *English Language Teaching, 9*(11), 85-94.
[35] Li, S., & Vuono, A. (2019). Twenty-five years of research on oral and written corrective feedback in System. *System, 84*, 93-109.
[36] Sylte, T. H. (2021). *Linguistic evidence in second language acquisition: A theoretical discussion of negative evidence and corrective feedback in developing second language grammar* [Unpublished master's thesis]. Norwegian University of Science and Technology.
[37] Gass, S. (1997). *Input, interaction, and the second language learner*. Routledge.
[38] Kudo, T. (2011). *First steps to office English*. Cengage Learning.
[39] Burt, M., & Carol K. (1974). Global and local mistakes. In J. H. Schumann & N. Stenson (Eds.), *New frontiers in second language learning* (pp. 71-80). Newbury House Publishers.

アイドル・エンジニアリング
～オタクエージェント集団の数理モデル化とそれによる人工ミームの創生～
Idol Engineering
～Computational Modeling of Group Dynamics in Otaku Agents and Creation Process of Artificial Memes～

佐藤　萌日[†]，高橋 英之[‡]
Moe Sato, Hideyuki Takahashi

[†]大阪大学　基礎工学部，[‡]大阪大学　基礎工学研究科
Osaka University, Osaka University
19020130ukjp@gmail.com

概要

SNS の発達により昨今のオタク文化では，オタク同士の交流が盛んになった．SNS やイベントといったさまざまな場面でオタクたちは興味の対象に対する解釈を共有・意見交換することで，様々なミームを生み出してきた．本研究ではこのオタクの交流に目を向け，推しを掲げるオタク集団によるミーム生成プロセスについての数理モデル化を目指す．具体的には，個人とオタク集団，そして推との関係，さらにその中で推しに生まれる人格性について，社会心理学で用いられてきた尺度（self-as-we 尺度, Big5）によって分類をする．その上で，これらの関係性を人工的につくりだしたオタク集団エージェントの挙動により，推しロボットの人格性をミームとして創発可能かどうかを検討する．

キーワード：JCSS，認知科学 (cognitive science)

１．はじめに

“オタク”とは，昨今のサブカルチャーにおいて熱心なファンを指して使われている．1980 年代から電子機器やアニメのマニアを指す言葉として使われていたが，近年は芸能人など幅広い分野において使われている言葉である．また，”推し”とは本研究では一般的には自らが強く応援する特定の存在を指す言葉である．元はアイドル文化において自分が一番応援しているアイドルを指して”推し”という言葉自体が生まれたが，近年は”オタク”同様にアイドルだけでない幅広い分野において使われている [1].

多くの場合，オタクは単独で活動するのではなく，オタクは集団をつくる傾向がある [2]. この集団を本研究では“オタク集団”と呼ぶ．このような集団は明示的，非明示的問わず無数に存在しており，オタク同士の交流を楽しむオタクも多い．現代のオタク文化はこれらの交流から育まれたと考えられる．オタク集団に普遍的にみられる特徴して，集団でのオタク活動を通じて，“推し”の解釈をベースとした何らかの“ミーム”（伝播していく情報や文化）が創成することがあるとされる．

本研究では，まずオタクの集団も多様性を定量化する為に，オンラインで推しとオタク集団の特性に関するオンライン調査を行う．そしてこの調査結果にもとづき，オタク集団エージェントを構築し，エージェントの挙動から人工的にミームが生成可能か，予備的な検討を行う．

２．推しを囲むオタク集団の類型化

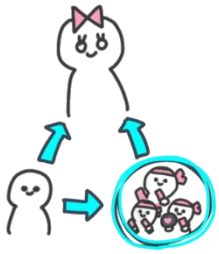


図 1. オタクの文化圏（エコシステム）の概念図

推しを囲む文化圏（エコシステム）は，「推し」・「自分」・「オタク集団」から構成される（図１）．そこで本研究では，この文化圏の構造を，この三要素に分解し，それぞれの関係性で類型化することを試みた．
具体的には，何らかの推しを有するオタクを対象に，インターネットを通じて推しやオタクの心理的距離感についてアンケート調査を行った [3]．ここで推しとは，声優や芸能人だけでなく，より広くアニメキャラや概念まで広範な対象を含む．以下の表は，推しのカテゴリとそれぞれのカテゴリに含まれる調査参加者の人数である（表 1）

表１　調査参加者の「推し」のカテゴリ分類

推しのカテゴリ	人数
芸能的な場面で活躍している著名人（芸能人やアイドル，声優など）	210
アニメやゲームのキャラ	94
芸能的な場面以外で活躍している著名人（上記以外．例えばカリスマ実業家など）	25
身近な知り合い（両親，友達，上司や教師，知り合いなど）	14
Vtuber	8
団体（球団，スポーツチーム，宗教組織）	8
神や精霊	4
歴史上の実在の著名人	4
モノや概念（ブランドなど）	4
小説などの登場人物	3
芸術作品そのもの（アート，文学，演劇など）	2
指導的立場な著名人（政治家，宗教の教祖など）	2
自分自身	1

調査においては，推し文化圏の各要素の関係性を測るために IOS 尺度 [4]や self-as-we 尺度 [5]を用い，推しに抱く人格的印象を測るために Big5 を用いた．IOS 尺度と self-as-we 尺度においては，個人や集団の関係性の近さや強さを円の重なり具合や，円の線の太さで視覚的に表現する．例えば，図２の IOS 尺度について(1)から(7)に行くにつれて重なっている面積が大きくなる．これは，(7)に行くにつれて心理的距離が近くなっていることを示している．また，self-as-we 尺度の円の縁の強さは集団の結束を示しており，円の縁が太いほど結束が強いことを示している（図 3）．

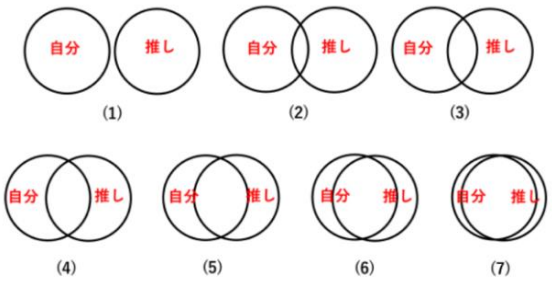


図 2. IOS 尺度

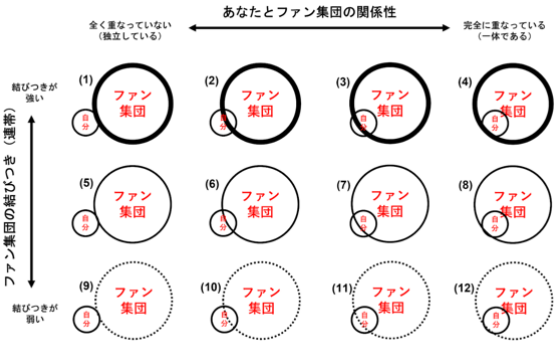


図 3. self-as-we 尺度

またオタク集団ごとに，推しに抱く人格性について調べるために，Big5 尺度の短縮版（10 項目）を用いた．

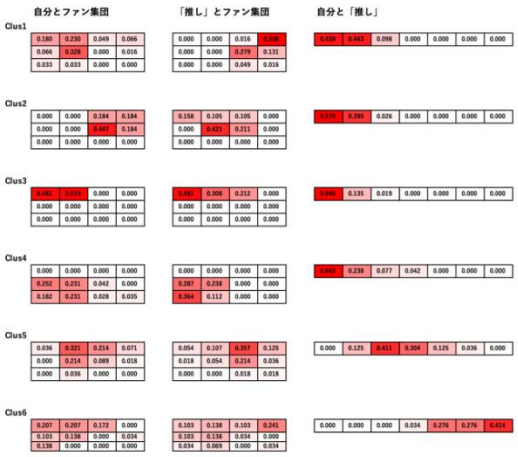


図 4, 推しとオタク集団の関係性についての 6 種類のクラスタ（数値は質問紙のスコアの平均値）

解析では，オタク集団や推しの関係性からオタクの集団を分類するために Self-as-we 尺度と IOS 尺度の格目のスコアを 5 次元のベクトルとしたクラスタ分析を行い，調査参加者を全部で 6 つのクラスタに分けた（図 4）．この結果から，推しとオタク集団の関係性にはいくつかのクラスタが存在することが示唆された．例えばクラスタ 3 は，オタク集団同士の凝集性は高い（距離が近い）一方，推しとの距離が遠い，クラスタ 6 は，推しとオタク集団の距離が非常に近い，など，クラスタごとに推しとオタク集団の関係性が多様なことがみてとれる．

	外交性	協調性	勤勉性	神経症傾向	開放性
Clus1	4.918	6.107	5.336	3.467	5.623
Clus2	4.947	5.855	4.868	3.224	5.461
Clus3	4.635	5.894	5.500	3.567	5.596
Clus4	4.402	5.486	5.367	3.105	5.381
Clus5	4.768	5.866	5.116	3.473	5.670
Clus6	4.621	5.810	4.931	3.466	5.517

図 5. クラスタ毎の推しの Big5 のスコア（平均）

またクラスタごとに，推しに感じている人格性について，Big5 のスコアにもとづいて調べた（図 5）．この結果から，推しとファン集団の関係性の分類に応じて，推しに抱く人格性の印象が異なることが示唆された．これは，推しの人格性と，それを囲むオタク集団の関係性の間に何らかのつながりがあることを示唆し

ている．ただし，今回の調査結果から，推しの人格性が，オタク集団の関係性に影響を与えたのか，逆にオタク集団の関係性が，ミームとして推しの人格性を生み出したのか，その因果関係については明らかにすることができない．

４．推しロボットとオタクエージェントの協調システムの開発

図 5. ロボットを用いた実験動画

オタク同士の関係性がミームを生み出し，それが推しの人格性に影響を与えているのであれば，全く同質な推しの挙動であっても，それを推すオタク同士のインタラクションの違いによって，全く異なる人格性を感じさせることが可能になると思われる．

現在開発したシステム（図 5）では，オタクエージェントは光点とその運動によって抽象的に表現される．そしてオタクエージェント集団の結束感を表現する為に，光点同士の動きの同期表現を用いる [6-8]．すなわち，光点の運動周期が揃っていれば揃っているほどオタク集団の結束力が強いことを示している．

また推しロボットとして，外観がパペットのロボットを用いる．このロボットは一定周期で手を上下させる．この手の動きに対して，どれだけオタクエージェントの光点の動きが同期して動くのかによって，推しとオタク集団の距離を表現する．

現在，推しロボットと光点間の動きの同期率，そして光点同士の動きの同期率をそれぞれパラメータとして操作した動画を複数用意し，その動画を視聴した被験者が，推しロボットに抱く人格性が，それらのパラメータの違いによってどのように変化するのか，それを調査中である．

５．まとめ

本研究は，推しとは，オタク集団が生み出すミームを可視化する存在である，という仮説に立ち，この仮説をオンライン調査，数理モデルの構築，そしてロボットとプロジェクションマッピングを用いたライブ実験によって検証するものである．現在，個々の要素の研究を個別に推進しており，学会当日は，これらを組み合わせた結果について報告したい，

文献

[1] 西条昇，木内英太，& 植田康孝. (2016). アイドルが生息する 「現実空間」 と 「仮想空間」 の二重構造~「キャラクター」 と 「偶像」 の合致と乖離~. 江戸川大学紀要, 26.

[2] 横川良明. (2021)人類にとって「推し」とはなんなのか、イケメン俳優オタクの僕が本気出して考えてみた。サンマーク出版

[3] 佐藤萌日，高橋英之 (2022). アイドル・エンジニアリング ～ 「偶像」と「オタク」の関係性の分類とモデル化 ～，信学技法，HI2022-22，pp.111-114.

[4] Aron, A., Aron, E. N., & Smollan, D. (1992). Inclusion of other in the self scale and the structure of interpersonal closeness. Journal of personality and social psychology, 63(4), 596.

[5] 渡邊淳司，村田藍子，高山千尋，中谷桃子，& 出口康夫. (2020). < 論文>「われわれとしての自己」 を評価する--Self-as-We 尺度の開発--. 京都大学文学部哲学研究室紀要: PROSPECTUS, 20, 1-14.

[6] 伴碧，池田亮午，高橋英之，& 神山貴弥. (2021). 上腕運動の同期が心理と行動に及ぼす影響. 日本感性工学会論文誌, 20(3), 213-219.

[7] Tatsukawa, K., Takahashi, H., Yoshikawa, Y., & Ishiguro, H. (2019). Android Pretending to Have Similar Traits of Imagination as Humans Evokes Stronger Perceived Capacity to Feel. Frontiers in Robotics and AI, 88.

[8] Takahashi, H., Morita, T., Ban, M., Sabu, H., Endo, N., & Asada, M. (2022). Gradual Rhythm Change of a Drumming Robot Enhances the Pseudosense of Leading in Human–Robot Interactions. IEEE Access, 10, 36813-36822.

カテゴリー学習における情報希求に関する研究
On active information-seeking behaviors in category learning

大橋　秀也[†], 岩淵　汐音[†], 松香　敏彦[†]
Shuya Ohashi, Shione Iwabuchi, Toshihiko Matsuka
[†]千葉大学
Chiba University
22dm1112@student.gs.chiba-u.jp, matsuka.toshihiko@gmail.com

概要
これまでのカテゴリー学習に関する研究では、実験者が実験参加者に特定の特徴セットを提供したり、カテゴリーのラベルかつ部分的な特徴次元の情報を提供したりするなど、学習の対象は実験者が選別し、学習者においては受動的な学習が行われていた。本研究では、学習者がどのような情報を得たいか自由に選択できる課題を用い、能動的なカテゴリー学習時に学習者がどのような情報希求行動を行うかを検討した。

キーワード：カテゴリー学習、情報希求、能動的学習

1. はじめに

人間の認知においてカテゴリー化は非常に重要な役割を担っている。カテゴリー化は無数の特徴次元の情報を効率的にエンコーディングする。また、カテゴリー化され圧縮された情報は、そのシンボルに関する特徴を正確にデコーディングすることが可能である。これらは自動で高速な認知処理であり、複雑な情報処理を可能とする。これまでのカテゴリー学習に関する研究では、実験者が実験参加者に特定の特徴セットを提供したり、カテゴリーのラベルかつ部分的な特徴次元の情報を提供したりするなど、学習の対象は実験者が選別し、学習者においては受動的な学習が行われていた。本研究では、学習者がどのような情報を得たいか自由に選択できる課題を用い、能動的なカテゴリー学習時に学習者がどのような情報希求行動を行うかを検討した。

2. 実験

ある１次元の数値と、その特徴を持つ事例が特定のカテゴリーに属する確率の関係を学習する課題を用いた。特徴次元は０から１００の値をとり、それらの値に対応した確率の関係・関数が事前に定義された。実験参加者は任意の特徴次元の数値を選択し、特徴次元と確率の関係性を効率的に正確に推定することが求められた。

方法
実験参加者：　大学生 10 名（20-22 歳の男性 10 名）が参加した。いずれも視力・矯正視力は正常であった。
シナリオ・刺激・関数：　実験参加者には、ある２つの企業が業務提携することに影響する１つの指標 x の特定の値を希求されるごとに、業務提携する確率が呈示されると伝えられた。実験参加者は 10 回の希求で指標 x と業務提携確率の関係を推論することが求められた。業務提携の可能性には指標 x 以外にも影響する複数の指標があるため、x と確率の 2 値には複雑な関係が起こりうると参加者には伝えられた。図１本研究で用いた指標 x と業務提携確率の関係を示した。

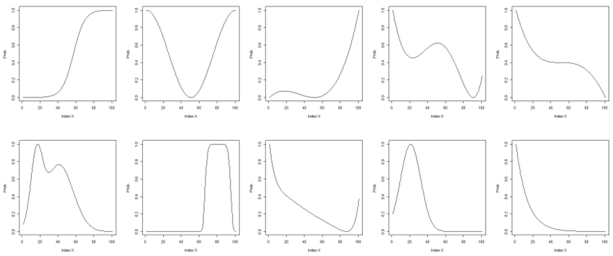


図 1. 本研究で用いた関数

結果
図 2 は各実験参加者の試行毎の希求値の分布を示した。参加者のうち数名は初期の１～３試行は機械的に特定の値を希求している者がいるものの、全ての被験者において試行が進むにつれ分散が大きくなっていることから、参加者は試行が進むにすれ関数に適応的に希求している可能性が示された。

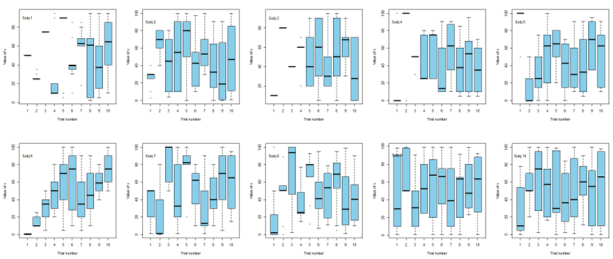


図 2. 各実験参加者の試行毎の希求値の分布

インフォーマルな学びの共同体の持続のための移転と統合の試み
A Trial for Conservation of Community of Learners by Transfer and Integration: Focused on an Informal Learning Community

近藤 秀樹[†]，遠山 紗矢香[‡]，大﨑 理乃[§]，山田 雅之[¶]
Hideki Kondo, Sayaka Tohyama, Ayano Ohsaki, Masayuki Yamada
[†]神田外語大学，[‡]静岡大学，[§]武蔵野大学，[¶]九州工業大学
Kanda University of International Studies, Shizuoka University, Musashino University, Kyushu Institute of Technology
kondo-h@kanda.kuis.ac.jp

概要
本研究では，インフォーマルな学習の共同体が外的要因によってその活動継続が困難となった際に，他の共同体と合流することによって発展的に活動を継続するよう学習環境をデザインした事例を対象に，共同体メンバーの活動に見られる特徴を抽出した．二つの共同体の重なりに焦点をあてた学習環境をデザインすることで，元の共同体メンバーにとってインフォーマルな学習が持続可能であることが示唆された．活動が継続することによって，一旦離脱していたメンバーが復帰を希望する場面も見られたことから，共同体メンバーが求めていた学習環境を再構成することができた可能性が示された．

キーワード: 学習者の共同体, インフォーマル学習, 学習環境デザイン, 共同体の統合

1. はじめに

学習成果を高めるうえで学習者の共同体（コミュニティ）を形成することが有効であることが知られている[1]．授業等のフォーマルな学習場面と比べて，クラブ活動など授業外で行われる「インフォーマル」な学習場面でも共同体は重要である[2]．一方でインフォーマル学習の共同体は，構成員の出入りが自由であることや学習に対する幅広い取り組み方が尊重される，フォーマルな支援を得ていないことなどから，共同体が崩壊する危険性も高いという問題が指摘できる．

先行研究では，どれほど健全な共同体であってもいずれ寿命を迎えるとされている[3]. 外界の環境の変化，たとえば共同体が所属している組織の構造や市場の変化などによって，共同体の意義が失われる場合などである． 一方で共同体は寿命が尽きる前に解散する場合もあることが指摘されている[3]．たとえば上部組織などがその共同体の重要性を認識しない場合などが挙げられている．長年にわたって組織内で大きな成果を上げている共同体であっても，合理的でない事情によって解体されることはあり得る．

自然と寿命が尽きた場合と異なり，共同体が寿命を全うする前に解散した場合は，共同体のメンバーが共同体での活動に対して前向きさを失っておらず，かつ共同体で働くためのリソースも持ち合わせたままであることが少なくないと思われる．したがって，共同体が寿命を全うせずに解散した場合は，メンバーの実践や共同体の文化を継承できる可能性が比較的高いと考えられる．したがって，共同体の活動対象を変更する等の工夫を凝らせば，メンバーの活動自体は維持できる可能性がある．

また，上述のように解散を余儀なくされた共同体に在籍していたメンバーに対して，新しいメンバーとの協働を促すことで，共同体で行われていた活動を新しいメンバーと共有できる可能性もある．解散を余儀なくされた共同体において，「教えることで学ぶ」[4] 等の考え方に基づいて，経験が長いメンバーが新規メンバーへ仕事のやり方を教えることを通じて，新旧メンバー双方が学ぶ状況を作っている場合も少なくない．こうした場合，解散を余儀なくされた共同体に所属していたメンバーにとっての学習機会の確保と，新しいメンバーに対して旧共同体での学習方略を共有することを一体的に実現できる．つまり，解散を余儀なくされた共同体のメンバーにとって，新しいメンバーと交流しながら新たな共同体へと発展させていくことは，新旧メンバー双方にとって互恵的な学習の場となる可能性がある．

そこで本研究では，寿命を全うせずに解散したインフォーマル学習の共同体を対象として，新メンバーとの知見の共有，および旧メンバーの学習を維持する互恵的な学習環境をデザインして運用を行ったことを通じて，そこでの課題を明らかにする．

2. 対象

2.1. 起源となった共同体

本研究は大学生を主なメンバーとする共同体を対象とした．起源となった共同体は，理工系国立大学 K1 に設置されたアクティブ・ラーニングのための施設 M の運用を担っていた学生スタッフの共同体「MLS」である．これはおおむね 10 名程度の学生スタッフと教員 1 名，職員 1 名で構成された．MLS のメンバーは授業時間内の教員のサポートだけでなく，特殊な利用に対応するための事前検証や機器・設備の改善，ネットワークやコンピュータ環境の刷新なども担当していたほか，施設 M そのものの改善，新しい活用方法の提案や試作・試行も含まれており，教育工学や情報工学に関連する知識を経験的・徒弟的に学ぶ機会が豊富であった．共同体は施設利用者にとっての学習環境の一部であると同時に，学生スタッフにとっての学習環境が成立していた[5]．メンバーは技術的な問題解決にも取り組みながらも，勉強会やワークショップの開催などの活動を通じて，関連する領域に対する探究を継続した．

10 年以上にわたる活動の中で組織改編などを契機として廃止も検討されながら規模が縮小され，共同体の維持が次第に困難になった．2021 年 3 月，担当の教員が他大学へ転出し，学生スタッフは全員が離職した共同体にとっての学習環境は持続が極めて困難となったが，メンバー7 名は継続して学ぶことを希望した．そのため，オンラインのコミュニケーション手段などは残し，共同体内での連絡体制は維持した[6]．その後 2 名のメンバーは 2021 年度末で卒業して共同体から離脱した．K1-A も卒業したが，転居先から活動を継続した．結果，K1-A，K1-B，K1-C，K1-D，K1-E の 5 名が旧 MLS として活動を継続した．

2.2. 統合先の共同体 KCS

MLS から転出した教員は，MLS の活動維持および新規メンバーとの知見共有を一体的に実施する学習環境を実現するために，人文社会分野の私立大学 K2 において，コンピュータ・サイエンスの授業のデザインを試みる共同体 KCS を構成した．これは，将来的に MLS と K2 それぞれのメンバーを合流させるためである．

2021 年 11 月に初期メンバーをボランティアとして募集し，応募のあった学生を中心に活動を開始した．当初，K2 の学生 5 名(K2-A, K2-B, K2-C, K2-D, K2-E)，旧 MLS のメンバー1 名(K1-A)，旧 MLS の担当であった教員 1 名，オブザーバの教員 1 名という構成であった．このうち旧 MLS のメンバーK1-A は地理的に K2 にアクセスが容易であったため，当初メンバーとした．K1-A のもつ MLS での知見を対面でも K2 のメンバーに移転することを意図したためである．他の旧 MLS メンバーは，K2 のメンバーへの MLS での知見の移転が進行したところで合流することとした．K1 と K2 は共通点が少ないと考えられ，単にメンバーが合流することは習慣や活動に対する認識のギャップが大きすぎると考えられるためである．

2.3. 活動デザイン

旧 MLS のメンバーのほとんどは K1 に所属しており，K2 とは地理的に大きく隔たっていること，また当時は COVID-19 のパンデミックが収束していなかったことから，主な活動は非同期的な活動のために Slack を用い，定例のミーティングは Zoom を用いる，オンライン上のものとした．

MLS では施設の管理や試作・試行などの活動が実施されていたが，オンラインではそうした活動を行うことが難しい．そのため，KCS の活動は，ゼミ形式の勉強会やオンラインワークショップの企画などに活動を絞った．旧 MLS のメンバーが活動を維持したいと希望する要素の一つがこれらの活動であったためである．

この勉強会は，メンバー2 名程度で特定のテーマや文献や書籍を担当し，その内容について調査，発表し，共同体の他のメンバーと議論するという形式のものであった．この準備のための活動を実施するようにした．勉強会は旧 MLS を踏襲し，教育工学や認知科学などに関連する分野の資料を中心に扱った．情報共有は Slack を用いて随時行ったほか，Zoom を用いて，定例のミーティングを週に 1 度程度の頻度で実施した．

3. 方法

本研究では，新しい共同体で旧共同体での活動が維持されているかどうかを評価するために，共同体 KCS のメンバーがやりとりをするチャネルの一つである Slack への書き込み件数の推移を分析した．また，中途でのメンバーの離脱と参加について考察した．

4. 結果

KCS のメンバーの共同体での活動量の指標として，メンバーごとの Slack への 1 ヶ月ごとの書き込み件数の推移を図 1 に示す．オブザーバーとして参加しているメンバーと，大学の教員は除外した．

KCS は 2021 年 11 月下旬から活動を開始し Slack を利用しはじめた．この時期は勉強会スタイルでの活動としてコンピュータ・サイエンスの授業に関する調査

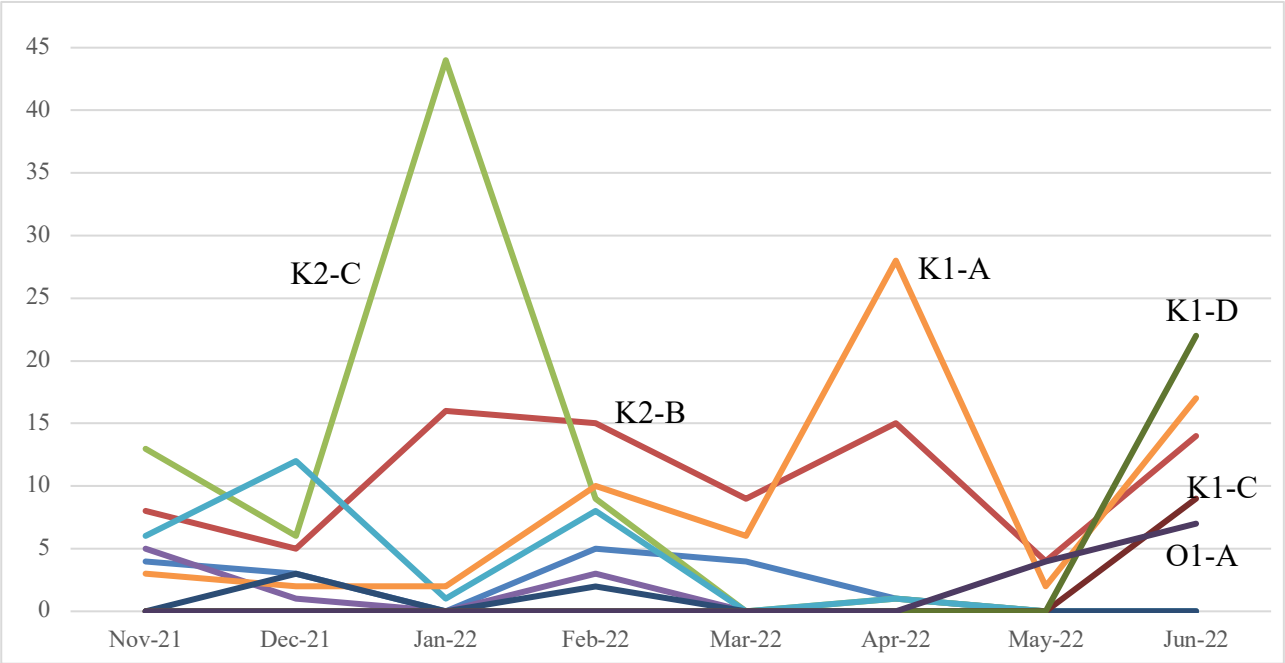


図 1 メンバーごとの Slack への書き込み件数の推移

を行っていた．2022 年 1 月には K2-C が多くの書き込みを行ったものの，2022 年 2 月から 3 月にかけて，新規メンバーの多くがほとんど Slack に書き込まない状況になった．

3 月末に活動継続の意思確認をしたところ，K2-B 以外の K2 の学生 4 名が共同体から離脱した．K2-B はその後も活動を継続した．K2-B はコンスタントに Slack への書き込みを継続しており，減少傾向は見られなかった．そのため教員は，K2-B は活動が継続できると判断し，当初予定していた活動デザインの通り，旧 MLS の K1-A 以外のメンバーと合流した．具体的には，定例の Zoom ミーティングを旧 MLS メンバーとともに実施することになった．

活動を継続した K2-B は，2022 年 5 月に自身の交友関係から他大学の学生 O1-A を KCS に招待した．O1-A は KCS の Slack に参加し活動を始めた．

2022 年 4 月，活動を中断していた旧 MLS のメンバーから K1-D が活動を再開したいという申し出があった．K1-D は 2021 年 10 月に体調不良を理由に旧 MLS の活動から離脱していたメンバーである．教員は K1-D と面談の上で活動を再開させた．K1-D は定例の Zoom ミーティングに参加するようになった後，6 月には KCS のメンバーとの活動が発生したため，KCS の Slack に合流した．

5. 議論

約 8 ヶ月の活動の結果から，共同体 MLS で行われていたインフォーマルな学習が共同体 KCS へ継続された可能性が示された．一方で，KCS として活動していた K2 メンバーのうち離脱したメンバーは 4 名と多かったことから，既存の共同体を新しい共同体へと統合するうえでの課題が明らかになった．

課題を解決するために改善が期待される点として，旧 MLS の活動を不必要に踏襲してしまった可能性が指摘できる．メンバーが所属する大学（K1, K2）の専門性の違いから，K2 の学生の多くは K1 ほどにはテクノロジーを活用することに慣れていないことが考えられる．K2-B，K2-C 以外の K2 のメンバーは，Slack への書き込みが少なく，増加する傾向もないことから，K2 のメンバーは Slack などを用いた活動を行ったことがなかったかもしれない．また，自分達で時間を調整して活動することも馴染みがなかった可能性もある．旧 MLS の活動を持続しながら，KCS にとって新しい活動を共有いう目的はあるものの，K2 のメンバーに対しては MLS とは異なる形でサポートが必要であることが示唆された．

一方で，K2-B のように活動を継続できるメンバーも見られた．K2-B は MLS のメンバーと近い背景を持っ

ていた可能性がある．K2-B も他の K2 メンバーと同じく，Slack などのテクノロジーを最初から利用していたわけではなかったが，活動を継続できた結果から考えると，何らかの点で K2-B にとってはストレスが少なかった可能性がある．また，K2-B が誘ったメンバーも同様に，K2-B や MLS のメンバーと共有できる部分が少なくなかったと考えられる．K2-B は活動を継続したことを通じて，KCS への参加の度合いが高まったとも言える．

旧共同体 MLS が，共同体の形を変えても活動だけは続けていたことで，いったんは離れた旧共同体メンバーが再び参加する事例も見られた．MLS のように活動継続の断念を余儀なくされた共同体の場合，それまでとは少し異なる形であっても活動を持続できるのなら，元の共同体での活動停止と共に一旦共同体を離れるメンバーが生じたとしても，そのメンバーが再び復帰する可能性も考慮したうえで新しい共同体として活動を継続することの意義はあると考えられる．

6. まとめと今後の課題

移転・統合においてメンバーの専門性の違いや習慣の違いが問題であることが示唆された．この問題をどう解決し新メンバーをサポートできるかが，共同体を移転し，統合する上での課題である．元になった共同体のメンバーの活動習慣を可視化すれば，新しいメンバーはそこから活動においては言語化されにくい情報を得て，活動の参考にすることができるかもしれない．今回の研究であれば Slack のように，共同体を結び付けるシステムに，サポート機能を埋め込むことは有望なアプローチだと考えられる．

文献

[1] Lave, J., & Wenger, E. (1991) Situated Learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge University Press.
[2] 美馬のゆり，山内祐平．(2005)「未来の学び」をデザインする -- 空間・活動・共同体．東京大学出版会．
[3] Wenger, E., McDermott, R., & M. Snyder, W. (2002) Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge. Harvard Business School Press.
[4] Blair, K., Schwartz, D. L., Biswas, G., & Leelawong, K. (2007) Pedagogical agents for learning by teaching: Teachable agents. Educational Technology, Voo.47, No.1, pp.56-61.
[5] 遠山紗矢香，山田雅之，近藤秀樹，大﨑理乃．(2021) “持続的な発展を目指すコミュニティの評価手法の検討 –7 年間の大学生の正課外活動を例として–“，教育システム情報学会誌，Vol. 38，No. 2，pp.137-149.
[6] 近藤秀樹，遠山紗矢香，大﨑理乃，山田雅之．(2021) “移転先で新たな学習環境を構成するための共同体の保存”，日本教育工学会 2021 年秋季全国大会論文集, pp.479-480.