日本認知科学会第 35 回大会企画シンポジウム 「身体性・社会性認知神経科学の展望」 Perspectives on Embodied and Social Cognitive Neuroscience

嶋田 総太郎[†]，永井 聖剛[‡]
Sotaro Shimada, Masayoshi Nagai
[†]明治大学，[‡]立命館大学
Meiji University, Ritsumeikan University
sshimada@meiji.ac.jp

Abstract

人間の持つ身体性・社会性認知能力については、最近の認知神経科学の発展とともに様々なことが明らかになってきた。本シンポジウムでは、自己認識、感情と社会性、コミュニケーション研究などの第一線で活躍する研究者に、最新の研究成果を紹介いただくとともに、それらを踏まえた分野全体の今後の発展性と展望について述べて頂く。これに対して指定討論者からコメントを頂き、全体討論へと拡げていく。身体性・社会性認知の研究において参加者一人一人がどのような研究を進めていくのか、考える機会としたい。

Keywords — 身体性認知、社会性認知、認知神経科学

1. 本シンポジウムのねらい

人間の認知能力が身体の物理的および脳内処理に多大に依存していることは、現在の認知科学、心理学、脳科学の分野では十分に浸透してきた。中でもミラーニューロンの発見により、社会性やコミュニケーションの根底に身体表現が介在することが示唆されると、身体性と社会性の認知科学はもはや不可分のものとして捉えられるようになってきた。さらには、人間において特に発達している「心の理論」の能力との関連についても深く掘り下げられるようになっている。

本シンポジウムでは、このような身体性と社会性をつなぐ認知神経科学分野で活躍してきた第一線の研究者３名を招き、自己認識、感情と社会性、コミュニケーションなどに関する最新の研究成果を紹介いただくとともに、それらを踏まえた分野全体の今後の発展性と展望について述べて頂く。さらに、これに対して指定討論者からコメントを頂き、全体討論へと拡げていく。ここから身体性・社会性認知科学の新たな展開が生まれる契機となることを期待したい。

本シンポジウムの詳細なプログラムは次の通りである。

講演（20 分×3 名）:
- 杉浦元亮（東北大学）
  「社会性の３階層と認知神経科学的課題」
- 梅田聡（慶應大学）
  「内受容感覚からみた感情と社会性の認知神経メカニズム」
- 川崎真弘（筑波大学）
  「ヒトとヒトのコミュニケーションにおける同期と障害」

指定討論（10 分×2 名）:
- 鈴木宏昭（青山学院大学）
- 開一夫（東京大学）

全体討論（10 分）

2. 社会性の３階層と認知神経科学的課題（杉浦元亮）

社会性は幅広い概念だが、身体性の関与の度合いによって概ね３段階にカテゴライズできる。一つは自分と他者の身体運動の相互作用自体に立ち現れる社会性（①）。もう一つは身体性の関与は間接的な、他者の見えない心中の意図や心情を忖度する社会性（②）。そして他者の固有性や身体性が消失する、抽象的な他者の集団の中における自身の位置・価値・役割が問われる社会性（③）。関連する心的現象・過程とその神経基盤でいえば、①は身体同調や模倣、共感と関係が深く、いわゆるミラーシステムを含めた運動・知覚連合処理の脳ネットワークを基盤とする。②は「心の理論」と重複の大きな概念であり、いわゆる社会脳の中心的要素である側頭頭頂接合部（TPJ）や前頭前野内側の背側領域（dMPFC）と関係が深い。③は高次の価値評価過程と関係が深く「自己」の中心的過程と位置づける論者もいるが、この過程を司る前頭前野内側の腹側領域（vMPFC；帯状回前部を含む）や帯状回後部（PCC；頭頂葉内側部を含む）などの内側皮質は安静時に活動が高いデフォルトモード・ネットワークとしても知ら

れている。

社会性の認知神経科学ではこれら３段階それぞれにフロンティアが広がっているが、もし未開拓性をフロンティア性と同一視するのであれば、個人的にはその極みは③だと感じている。①や②はすでに多様な仮説や研究のゴールが見えており、それをどうやって示すかが問われている。一方で、③についてはそもそも何を示したいのか自体が分野で共有されていない。この暗闇をどう照らすか。脳マッピング研究者にとって最強の武器は、やはり脳活動データに基づいた領域の機能の推測（悪名高き reverse inference！）であろう。今回は③の神経基盤の重要なノードの一つである PCC に着目して、PCC を賦活させる愉快な実験群から PCC 曼荼羅を描き、妄想力の翼で③の「本質」に至る道を探ってみたい。

3. 内受容感覚からみた感情と社会性の認知神経メカニズム（梅田聡）

近年，認知神経科学の発展に伴い，感情や社会性の背後にあるメカニズムが徐々に明らかにされつつある．しかしながら，研究が発展するにつれ，あらためて見えてきた点もある．それは，感情や社会性などの心の機能や，それらに関連する精神症状が起こるメカニズムを理解するためには，心理的な側面や脳活動をターゲットにしていただけでは不十分であり，身体活動の影響を十分に考慮することが必要であるという点である．ここでいう身体活動とは，心拍や血圧の変化，発汗の程度，胃や腸の状態など，主に自律神経システムが制御する身体内部の活動を意味する．特に，自身の身体内部状態の感覚である内受容感覚は，感情状態や精神症状と非常に深い関係があることが明らかにされており，その背後にあるセイリエンスネットワーク(島皮質と帯状皮質前部)の役割が注目されている．

本講演では，身体活動や内受容感覚という切り口から，感情および社会性に関連の深い「共感」に焦点を当てる．「共感」という現象は，直感的には理解しやすく感じられ，日常生活におけるさまざまな事例が容易に頭に浮かぶものの，科学的に定義しようとすると，現象が多義的であり，実体がつかみにくいという特徴がある．共感を可能にするネットワークとしては，心の理論を可能にするメンタライジングネットワークが関与することは知られているが，セイリエンスネットワークも深く関与している．そのメカニズムを探ることにより，共感の病理として捉えられる自閉症スペクトラム障害，反社会性人格障害をはじめ，さまざまな病態や症状の解明に結びつけられる．本講演では，ニューロイメージング・神経心理学・心身医学・自律神経学などのアプローチによる研究を取り上げ，それらの背後にある「脳－こころ－身体」の三者関係のダイナミクス，およびその調和的理解の重要性について述べる．

4. ヒトとヒトのコミュニケーションにおける同期と障害（川崎真弘）

ヒトとヒトのコミュニケーションの中には、我々があまり意識することはなくとも確かに存在する同期現象（ここでは相手との何か行動や考えのタイミングが揃うことと定義する）が存在する。たとえば、会話をしている際になんとなくその相手とは話がしやすいと感じることやその相手とうなずきや身振り手振りが揃っていることにあとから気づくことがあるだろう。このような同期現象は、時にはコミュニケーションを円滑にすることやヒトとヒトの関係性を良好にすることなど、重要な働きを担っている。そして近年のコミュニケーションに関係する認知神経科学は、この同期現象に関係する脳メカニズムに迫る知見を提供している。そこでは、コミュニケーション時の脳活動を観測することで、コミュニケーションの様々な要素に関係する脳活動が特定されつつある。一方で、コミュニケーションと脳活動の関係を考えるうえで、これらの観測的な知見だけでは直接的に関係する脳活動の特定には至らない。これらの知見を確固たるものにするためには、実際にコミュニケーションがうまくいかない、つまり障害が生じる際の脳活動を対象にする必要がある。このような研究として、自閉スペクトラム症（他者とのコミュニケーションの困難さと限局された興味・行動（こだわり傾向）で定義される精神疾患）を対象とした研究が重要である。本講演では、コミュニケーションの中に含まれる同期現象に関係する認知神経科学の知見を紹介するとともに、この同期現象の側面からコミュニケーション障害やその中にみられるヒト間の関係性を議論したい。

公共的人工物の利用を支援する観察学習：その効果と限界

Positive effects and limitations of observational learning in using of public artifacts

田中 伸之輔[1]，原田 悦子[2]，須藤 智[3]
Shinnosuke Tanaka, Etsuko T. Harada, & Satoru Suto

[1]筑波大学大学院，[2]筑波大学，[3]静岡大学
University of Tsukuba, Shizuoka University
s1430365@u.tsukuba.ac.jp

Abstract

How does availability of observational learning from others' behavior and/or repeating of usage affect the acceptability and the usability of a newly equipped artifact in a public space? In order to see those effects and limitations, we executed an experiment with the Automated E-Passport Gate with younger and older adults, in a realistic setting.

Participants were 16 undergraduate students (M = 20.75) and 16 healthy older adults (M = 72.44), who had some experiences to pass the passport control. They were randomly assigned into groups who could or could not observe others, and all participants passed the gate three times.

Results showed that, especially for the older adults, availability of observational learning had improved the speed for passing the gate, and decreased the rate of entrance errors, although errors in small steps of interactions remained, e.g., how to put the passport on the reader. Results implicate that a space design that can make users to be able to see other people's behavior has large possibilities to enhance usability of a public equipment in a global or macro level, such as how to enter the automated gates.

Keywords — public artifacts, observational learning, cognitive ageing, human-artifact interaction

1. はじめに

近年，公共空間に設置される人工物においても情報化・自動化が進んでいる．例えば，駅やショッピングモールなどの案内図・フロアマップは，タッチパネルが採用され，図を拡大縮小させたり，詳細情報を表示したりできるようになった．さらに，病院や市役所の受付からファミリーレストランのドリンクサーバーまで，これまで「人」に依頼して実施していたタスクが，ユーザ自身が自動化されたシステムを操作･利用することによって，多様なタスクを「いつでも誰でも」実行できるようにと無人化・機械化が進展している．しかし，こうした機器の情報化・自動化に対し，抵抗感を感じている人，あるいはその利用に難しさを感じて，利用を回避する選択をしてしまう人は少なくない．その一方で，こうした人工物が公共空間に置かれた場合には，その公共性ゆえにとりわけ｢誰にとっても｣使いやすく，最初から使える，使いたいと思うモノであることが強く求められる．こうした中で，他者に依頼するのではなく自発的に操作利用することが求められる「情報化・自動化された公共的人工物」を使う際に感じられる困難さは，どのような形で低減することができるのであろうか.

公共空間で用いられる人工物の特徴として，自分以外のユーザが操作・利用している様子をその現場で観察できる，いわば，観察学習が可能であることが挙げられる．これは，家の中で用いられる人工物（電子レンジや洗濯機，掃除機から，化粧品や食品パッケージまでの各種日用生活品まで）において観察学習の機会が少ないこととは対照的であり，公共空間にある人工物だからこそ利用可能な学習支援の可能性である.

そこで本研究では，公共空間の人工物を実験対象として取り上げ，初めてそれを使う際に，「他のユーザがどのようにそれを利用・操作しているかを見る機会がある」という観察学習がどのように機能し，どのように公共的人工物の利用・操作可能性を支援しているのか，その効果と限界について検討する．その際，特に自動化・情報化された人工物利用に困難を示す，いわば利用困難さの感度の高い参加者として，健康な高齢者を取り上げ（原田・赤津, 2003; 須藤・原田・田中・安達・日根, 2014; 田中・原田, 2015; 2017 等），こうした人工物利用の学習を苦手とする人において，観察学習がどのような効果を持つか，探索的に検討を行った.

実験は公共的人工物として，出入国管理用の自動システムである顔認証ゲートの試作機(Panasonic 社, 2017)を対象とし，模擬的に構築した空港内出入国審査場に設置して行った．参加者として健康な高齢者と若年成人(大学生)各 16 名を得た.

2. 方法

実験参加者

参加者はパスポートを所有し，１度以上の海外渡航経験を持っていること（したがって，最低でも２

回以上出入国審査を受けたことがあること）を条件に募集された. 高齢参加者は筑波大学 CUAR みんラボ（みんなの使いやすさラボ）登録者のうち，65 歳以上であり，MMSE が 26 以上であることを条件とした．若年者は大学生を対象に募集を行った．その結果，高齢者 16 名（年齢平均:72.44, *SD*:4.88），若年者 16 名（年齢平均:20.75, *SD*:2.57）の参加者が得られた．この参加者を男女数が均質になるよう，観察学習あり群となし群にランダムに振り分けた．なお，参加者のキャンセルが発生し，急きょ高齢参加者を追加募集したため, 高齢者･観察学習なし条件の 1 名は 59 歳，海外渡航経験のない参加者であった.

実験対象人工物・実験課題

実験対象人工物は，顔認証ゲート（図 1）であった．参加者に求められた課題は，自分自身のパスポートを用いて, 顔認証ゲートを通過することであり，図 2 に示した操作・段階を経て課題が達成された.

実験スペース

空港内出入国審査場を模擬したスペース（実験スペース），ならびに説明・質問紙回答スペースを隣室に設置し，実験を行った（全体図，図 3 ; 空港スペースの様子，図 4）．実際に利用可能なゲートは 1 台のみであり，それ以外は模型であった.

主観評価項目

人工物の印象を尋ねる項目（SD 法）: 12 の形容詞対（1.リラックスした - 緊張した，2.重い - 軽い，3.複雑な - シンプルな，4.きちんとした - いい加減な，5.窮屈な - ゆとりのある，6.雑然とした - 整然とした，7.速い - 遅い，8.厳格な - ゆるやかな，9.慎重な - 軽率な，10.嫌いな - 好きな，11.使いやすい - 使い



図 1 実験対象人工物:顔認証ゲート

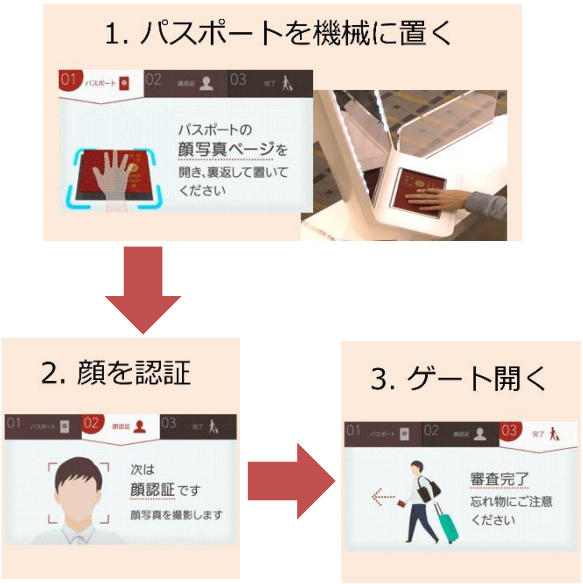


図 2 操作手順

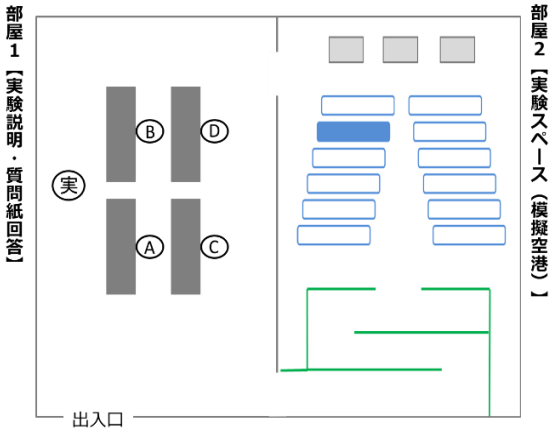


図 3 実験スペース全体図



図 4 模擬空港スペースの様子

にくい，12.やさしい - 難しい）について，6 件法で回答を求めた．システム利用前ならびに全試行終了後の 2 回実施した．

不安・大変さ・不快さ（VAS）:「安心ー不安」,「楽ー大変」,「心地よいー不快」の 3 項目について，VAS（Visual Analog Scale）で回答を求めた．システム利用前ならびに 3 試行それぞれの実施後の計 4 回実施した．

実験手続き

実験は同年代の 4 名を 1 組として(男女半数ずつ)で実施した．まず，4 名全員に実験説明および発話思考法の説明を実施，個別に発話思考法の練習を行った後，顔認証ゲート利用を 3 試行行った．

観察学習なし条件の組では，一名ずつ順に空港スペースに入り，顔認証ゲートを利用した．観察学習あり条件では，参加者全員（4 名）およびサクラ 2 人が同時に実験スペースに入り，サクラ 2 名が順次ゲートを利用した後で，参加者が順番に顔認証ゲートを利用した．したがって，参加者は少なくともサクラ 2 名，最大でサクラ 2 名と他の参加者 3 名の人工物利用を観察することができた．実験の様子は 5 台のビデオカメラ，ならびに各参加者が装着したウェアラブルカメラによって記録された．

3. 結果と考察

ゲート通過課題の成否

第 1 試行におけるゲート通過課題の成否（通過成功人数）を表 1 に示す．第 2，3 試行では全員が課題の遂行に成功した．ゲート通過課題における失敗として,「入る場所を間違えてしまい，利用可能な機器を使い始めることができない」が 2 名（高齢_個人 1 名，若年_個人 1 名),「機器を利用せず，審査官の前に並んでしまい，課題がそれ以上進行しない」が 4 名（高齢_個人 3 名，若年_個人 1 名）存在した．いずれもそのエラーの発生が確認された後，ゲート案内係によって通過可能なゲート機器に誘導されて，その後は独力でゲートを通過することができた．表 1 の課題成否の比率について条件間差を確認するために直接確率法により検定を行ったところ，有意な偏りがみられ（p=.03），高齢者個人条件で失敗人数が多いことが明らかとなった．

以上から，人工物を利用し始める以前の段階，すなわち「どの機器を使えばよいかを判断する」段階において，観察学習が重要な役割を果たしたと考えられる．人工物利用における概形情報，すなわち「大きな動きを伴う情報」については，観察学習が有効であるといえる．

また，個人条件で「入る場所がわからない」,「目標とする場所を間違える」失敗が発生したことから，公共人工物の使いやすさを考えるうえで，モノ自体の操作性のみならず，それを「利用する空間」のデザインの重要性が示唆されたといえよう．

ゲート通過時間

実験スペース内のスタートラインから顔認証ゲートを通過し終わるまで（ゲート通過 1 試行）にかかった時間を計測し，条件ごとの平均値を算出した(図 5)．年齢群(高齢者/若年成人)×学習条件（集団/個人）×試行数(1/2/3）の 3 要因混合分散分析を行った結果，年齢群（$F_{(1,28)}$=18.84, p<.01, η^2=.40; 高齢者>若年成人)，学習条件（$F_{(1,28)}$=8.81, p<.01, η^2=.24; 個人>集団)，試行数（$F_{(2,56)}$=7.28, p<.01, η^2=.21; 1>2,3）の主効果，年齢×学習条件の交互作用（$F_{(1,28)}$=4.38, p=.05, η^2=.14)，学習条件×試行の交互作用（$F_{(2,56)}$=6.17, p<.01, η^2=.18）が有意であった．

年齢×学習条件の交互作用について，単純主効果検定を行ったところ，高齢者において学習条件の単純主効果が（p<.01; 個人>集団)，また個人条件において年齢の単純主効果が（p<.01; 高齢者>若年成人）有意であった．

学習条件×試行の交互作用について単純主効果検

表 1 第 1 試行における各群の課題成否（人数）

	高齢_集団	高齢_個人	若年_集団	若年_個人	合計
成功	8	4	8	6	26
失敗	0	4	0	2	6
合計	8	8	8	8	32

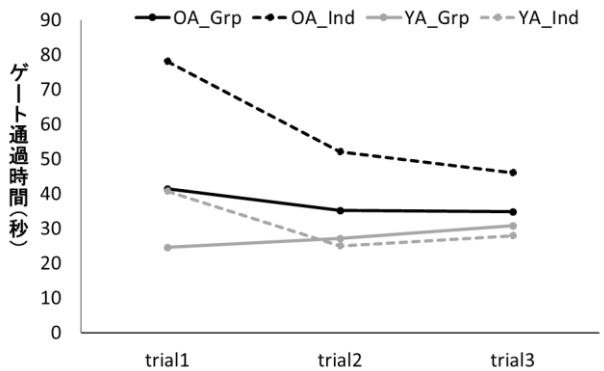


図 5 各群のゲート通過時間（秒）

表 2 パスポートを出した場所と人数

	高齢_集団	高齢_個人	若年_集団	若年_個人	合計
1.待ち場所	3	0	7	1	11
2.通路	0	0	0	0	0
3.ゲート外	0	1	0	3	4
4.ゲート内	5	7	1	4	17
合計	8	8	8	8	32

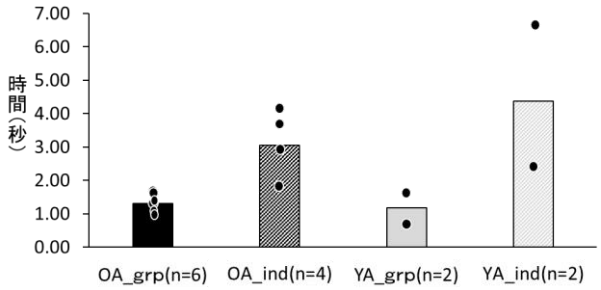


図 6 エラーが起きてから対処を始めるまでの潜時

定を行ったところ，個人条件において試行の単純主効果が(p<.01,1>2,3)，また第 1 試行において学習条件の単純主効果(p<.01,個人>集団)が有意であった．

以上の結果から，高齢者は観察学習ありのほうが，なし条件よりも早く課題を遂行しており，観察学習の効果が表れたといえる．一方で，若年成人群ではそのような差はみられなかった．また，観察学習がある場合，年齢差がみられなくなるが，ない場合には高齢者のほうが長く時間がかかることがわかり，観察学習によって高齢者は若年成人の水準にまで学習が促進されることが明らかとなった．さらに，いずれの年齢群においても観察学習ができない条件では第 1 試行では長い時間が必要とされ，2 回目以後の利用はそれよりも短くなること，観察学習条件下ではそうした試行間の課題遂行時間の変化はなくなることが示された．観察学習が「初めて自分が課題を実施する」時に必要とされる何らかの学習過程をあらかじめ与えている可能性が示唆された．次節では，このような通過時間の差が生まれた背景について，いくつかの観点から探索的に検討する．

観察学習が高齢者の通過時間を短縮させた背景

観察学習が特に高齢者の通過時間を大きく短縮させた原因の一つとして，ゲート利用前（課題開始前に）にいくつかの手続きを実施していたことを挙げられる．例えば，どこでパスポートをカバンから出したか，という点について表 2 に示した．直接確率法による検定を行なったところ，有意な偏りが見られ（p<.01），高齢者・個人条件はゲート内で，若年・集団条件は待ち場所でパスポートを出していた．特に若年成人は観察学習の中で，自らがこの後で行う操作・活動を把握し，事前にいくつかの手順を済ませておくことができたと考えられる．

もう一つは，この人工物で「エラーが起きうること」を把握していたことである．サクラは 1 名がスムーズに，もう 1 名はエラーを起こすよう構成されていた．そのため，参加者自身の試行においてエラーが起きた際，集団条件の参加者はエラーが起きてから何らかの対応に移行するまでの時間が短く（図 6 : なお，操作中にエラーを起こした人数が少なかったため，統計的な検定は行っていない），エラーが発生しうることや，エラーが起きたときには何らかのエラー音が鳴ることを理解していたと推測できる．

このような要因から，観察学習において高齢者の通過時間が短くなるという，学習の結果が現れたと考えられる．重要なことは，こうした要因は高齢者の学習には寄与したが，若年者の学習には現れなかったという点である．若年者の個人条件は種々のエラーを引き起こしながらも，通過時間には大きな影響は見られなかったといえるだろう．高齢者にとって，観察学習が補償する情報の特性を示す結果として興味深い．一方，若年者においても個人条件にのみ，試行間の学習の効果が見られた．この点からは，観察学習が若年者に全く効果が無い訳ではなく，異なる過程の学習効果があると考えられる．

顔認証ゲート機利用時の特徴的な操作エラー

研究補助者（大学生・大学院生のべ 4 名）がビデオからエラーを判断し，その発生件数をカウントした．その結果，特にパスポートの置き方のエラーにおいて，年齢差が生じていることが明らかとなった（表 3 に第 1 試行におけるパスポート置き方エラーの発生人数を示した）．縦置きエラーは，本来横向きに置くようにデザインされた盤面に，パスポートを縦に置いたエラーである．浮かしエラーは，顔認証ゲートのリーダー部にパスポートを密着させなければいけないところを，パスポートをかざすように提

表 3 パスポート置き方エラー発生数(人数)

	高齢_集団	高齢_個人	若年_集団	若年_個人
1.縦置きエラー	2	4	0	0
2.浮かしエラー	1	1	0	0
3.左右逆エラー	3	1	0	0

示して（浮いた状態のままで）認識させようとしたエラーである．左右逆エラーは，パスポートを左右逆に認識させようとしたエラーである[1]．このように，機器本体との相互作用におけるトラブル，いわゆる操作ミスについては高齢者における発生率が高いこと，そうした「詳細な操作の方法」については，観察学習からだけでは十分にはカバーできていない可能性が示された．すなわち，観察学習だけでは高齢者の「学習上の困難」がすべてカバーできていないことを示した結果とも考えられる．

総合考察

公共空間で，新たに情報化・自動化がなされた人工物を利用する際，特に高齢者にとって顕著に「他の利用者が利用している場面を観察できること」が大きな効果を持つことが示された．その効果は，特に概形的な操作（どこに行って，どういった種類の操作をするのか，どういったエラーが起こりうるのか）の学習に影響を及ぼしており，逆に人工物との詳細な相互作用の方法については必ずしも影響しないという制約が示されたといえよう．

今後，社会全体の情報化の動きの中で，公共空間での人工物もさらに情報化・自動化していくであろう．それらの利用を苦手と感じる人への支援を考えていく際，本研究で指摘した観察学習の利用は重要な観点を示すと考えられる．今後は，そうした観察学習を可能にするデザイン要件とは何か，特にその際の空間的デザインの可能性，すなわち観察学習をより効率的かつ可能にする公共空間全体のデザインを考えることが必要であろう．また遠方からの観察学習だけでは実現できない詳細部分の相互作用に関する学習についてはどのように支援していくことが可能であるのか，さらに検討をしていく必要もあるだろう．

参考文献

[1] 原田悦子・赤津裕子, (2003) “「使いやすさ」とは何か: 高齢化社会でのユニバーサルデザインから考える”, 原田悦子 (編著) “『使いやすさ』の認知科学”, 共立出版, pp.119-138.

[2] 須藤智・原田悦子・田中伸之輔・安達悠子・日根恭子, (2014). “高齢者によるタブレット型端末の利用学習：新奇な人工物の利用学習過程に影響を与える内的・外的要因の検討”, 認知科学, Vol 21, 1, pp62-82.

[3] 田中伸之輔・原田悦子, (2015) “高齢者が人工物利用時に見せる「怖がり」: オフィス用複合機利用での若年―高齢者間比較を通して”, 日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, pp851-858.

[4] 田中伸之輔・原田悦子, (2017) “高齢者が人工物利用時に示す「怖がり」: 実験室およびコミュニティ活動場面における人－人工物間相互作用分析”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol 19, pp.1-12.

[1] このエラーは当時の機器で発生したものであり，現在空港に設置されている実機では，左右が異なっていても，認識に成功するようになっている

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

情報システム開発における越境的実践
Cross-boundary practices in the information system development

中村 雅子[1]，渡部 宣弥[2]，竹中 慧[3]
Masako Nakamura, Yoshiya Watanabe, Satoru Takenaka

[1]東京都市大学，[2]NRIデータｉテック株式会社，[3]パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社
Tokyo City University, NRI Data i Tech, Ltd., Panasonic System Solutions Japan Co., Ltd.
masako@tcu.ac.jp

Abstract
In this study, the “requirement” phase of information system development was examined from the viewpoint of situated theory and boundary crossing. Based on interviews with system engineers (SEs) who engaged themselves in various types of system design cases, the authors concluded that a successful system was created by the activity which involved both members, members from client organization (user side) and from the information service company (designer side). Some instances of on-site tactics of SEs were introduced. An alternative view of information system design research was proposed based on the analysis.

Keywords — Information system design, boundary crossing, situated theory, on-site tactics, system engineer

1. 研究背景

1.1 ソフトウェア開発の課題

従来，多くのシステム開発プロジェクトでは，ウォーターフォール（WF）モデルが利用されてきた．WFモデルとは，滝の水が上から下に流れるようにプロセスが不可逆的に進行し，直前の作業フェイズの成果物を次のフェイズに利用するプロセスモデルである［1］．開発工程としては「要求定義（要求分析）」「設計」「プログラミング」「テスト」「運用・保守」といった流れが一般的である．しかし，WFモデルでは，要件定義フェイズで全ての要求（ユーザが成果物に期待する機能）を洗い出さなければならない．要件定義フェイズで成果物に含まれるべき要求が，下流工程で後から要件漏れとして発見された場合，手戻りによる再作業が発生し，多額のコストと時間のロスが発生してしまうという課題がある．

このため近年では，WFモデルに代わって，アジャイル型モデル（注1）が用いられる割合が増加している．アジャイル型モデルは，一連の作業工程を短期間内で繰り返すことで，荒削りな状態から段階的に完成に近づけるという開発手法である．これにより，WFモデルで問題となっていたユーザの要求の確認漏れや変更を，計画的に吸収することができる．

独立行政法人情報通信研究機構の調査［2］によると，アメリカを始めとする諸外国では各組織内でシステム開発が行われることが多く，開発が契約を介さないため，開発作業の予定変更に柔軟に対応しやすい．このことがアジャイル型モデルの適用を容易にしている．一方，日本では情報技術者の多くがいわゆる情報サービス企業（以下，IT企業）に就業しており，顧客企業との間で契約に基づいてシステム開発が行われるケースが多い．そのため仕様変更やそれに伴う柔軟な予算や納期の変更への対応が難しい．これが日本でアジャイル型モデルの導入が遅れ，依然として（少なくとも契約上は）WFモデルを用いるプロジェクトが多くなっている原因と考えられている．

1.2 要求工学の発想

情報システム開発において，ユーザの要求を巡る課題が開発の失敗やトラブルの重要な原因であることは早くから指摘されてきた［3］［4］．この点に主眼をおいて発達してきた要求工学では，「いかにユーザの要求を適切に引き出すか」という観点で多くの検討が行われている．ここではユーザが必ずしも自分のニーズを十分に理解していない場合があることを前提として，優れたシステムエンジニア（SE）は「利用者が本当に望んでいることをきちんと引き出して（［1］,p.3）」，ソフトウェア要求としてまとめなければならないと考える．一方，このような発想には，ユーザの要求は固定的で所与のものであるという暗黙の前提があり，WFモデルは，さらに全ての要求を事前に「引き出す」ことが可能という前提の上に成り立っている．

しかしこの暗黙の前提については状況論的な観点からの批判的検討が行われている．［中村・上野］は状況論的アプローチに立脚して，従来の要求工学にあるような「ユーザの要求を引き出す」という視点では情報システムのデザインと現場への導入を理解できないこと，システムの導入を組織あるいは活動そのものを再編するものと捉える必要があることを，事例に基づいて示した［5］．また［松嶋］でも，ユーザ側の分析ではあるが，「現場の情報化」が想定された規範的な活動

を再編し，予期せぬ結果を生み出すことを指摘している［6］．これらの議論では，組織や活動などの社会的な要素と情報システムや関連する機器・法制度などの非人間的な要素を，別々に考えるのではなく，一体のものとして捉える必要性が論じられている．

新たなシステム導入を決定した時点では，ユーザにとってシステム導入後の業務・活動イメージはまだ不明瞭であり，むしろSEから将来の職場における具体的な活動について質問され，具体的なプロトタイプやサンプルを見る中で，少なくとも一部は，SEとの間でアドホックに業務・活動が共同的に生成されると考えられる．

アジャイル型モデルでは暫定的成果物とユーザの要求との照合を複数回想定しているために，生成中のシステムがある種のプロトタイプとして機能し，ユーザとのコミュニケーションが効果的になっている可能性がある．もしそうであれば，逆にアジャイル型モデルを採用したとしても，ユーザ側とのコミュニケーションが乏しい場合（照合するユーザ代表としてプロジェクト管理者を措定したり，架空のペルソナを設定したりする例もある）には，やはり最終的に顧客企業の期待と齟齬が生じるのを防ぐことは難しい．このような意味では，アジャイル型開発も成功への「銀の弾［7］」ではないのである．

1.3　越境論からの示唆

異なるコミュニティに属する個人や集団が，互いに従来のコミュニティを超えて新しい活動や学びを生み出す「越境」は，近年，状況論，活動理論の中で重要なテーマとなっている［8］［9］．メンバーが流動的であったり，異なるコミュニティからのメンバーが協力して活動を行ったりする現代的なコミュニティや活動を捉える上で，越境が新たな主体を形成し，参加する人々に新たな学習を生じさせる重要な契機となっている．

情報システム開発は，大別すると顧客側組織とIT企業という，それぞれ異なる活動，異なる文化や規範を持つコミュニティが境界を超えて新しいものを生み出す活動であり，その意味で越境的な活動と言うことができるだろう．ここでは越境は当事者が意図的に行っているとは限らず，差し迫った現場の実践として経験を踏まえて行われているものと考えられる．

これを研究的な観点で可視化，理論化することは，越境研究の理論面に資する知見を提供するとともに，情報システム開発の実務にも多くの示唆を提供できるのではないか．

情報システムに関わる越境については，病院に導入された情報システムについて実施された障害カンファレンスと呼ばれる会議が検討された例がある［10］．この事例はシステム導入後に出てきた問題に対してIT企業側と病院側のスタッフによって行われた会議を対象にしたものだが，情報システムの新たな開発・導入においても，境界を巡る多くの活動が生まれていると考えられる．

2.　研究目的

本研究では，上記のような理由から，顧客（ユーザ）側が何をしたいかをIT企業側が明確にする段階とされる「要件定義」の具体的な実践に着目した．［渡部・竹中・中村］で行ったIT企業のシステム開発の担当者，主にSEへのインタビュー［11］の再分析を通じて，要件定義を中心とする具体的な「現場の工夫」の抽出を行った．その際に，単に会議に参加する両組織の担当者同士のコミュニケーションだけでなく，制度やモノがどのように越境の遂行に関与しているかも含め，従来の要求工学の枠組を超え，情報システム開発を取り巻くより大きな状況を視野にいれた検討を行った．この会議体がどの程度，一体感を持って情報システムの新たなデザイン主体としてプロジェクトに取り組めるかが大きなポイントとなると考えられる．

なお，本研究では，情報システムを導入する顧客企業・組織側を広い意味での「ユーザ」，またシステムの構築を実際に行うIT企業側を同様に広義の「デザイナ」と位置づけた．実際にはそれぞれの組織の中でも役割が異なり，利害・関心も一枚岩ではない． 誰が参加するかも後述するように流動的である．そのためそれぞれの事例について図式化することで具体的な構成を示した．

3.　方法

分析資料となったのは2017年に実施された12名のシステム開発者へのインタビューである．このインタビューの協力者は男性11名，女性1名，年齢は30代前半から50代まで，またシステム開発の経験も2年から 20 年以上のベテランまでと多様である．いずれもIT企業に所属し，業務系，ネットワーク系，ウェブ系などのシステム開発に従事している技術者であり，主に機縁法を用いて調査協力を依頼し，個人インタビュ

ー，グループインタビューを併用して探索的調査を実施した（調査の概要については表 1 および［11］を参照）．

今回のデータの中でも，依頼元（顧客）が他企業や省庁（他組織），親会社―子会社関係，あるいは同一企業内というパターンがあったが，いずれの場合でも，基本的にユーザ自身がシステムを開発するのではなく，ユーザとシステム開発者は異なる組織・部署だった．手がけた案件も，中央省庁の大規模システム，大企業の業務システム，教育産業の授業ネットワークシステム，小規模企業のウェブシステムなど規模や分野も多様である（1 件のインタビューで通常，取材対象者が手がけた複数のケースについての情報を得ている）．本稿では上記データのうち，自社や親会社等の関係企業でない第三者の組織を顧客とする 3 事例を取り上げて詳細を再検討した（取り上げた事例の概要は表 2 を参照）．

4. 事例の検討

3 つの事例 A,B,C は，扱ったシステムの規模も，システム開発の諸条件も異なる．また取材協力者も異なる立場，属性である．しかしながら，いくつかの点で広い範囲の情報システム開発に共通すると思われる示唆が得られた．個別事例の特殊性とともにこれらの共通性について検討する．

表１　インタビュー調査の概要（取材順）

取材番号	取材日	担当業務内容等	取材時間
1	2017 年 7 月 13 日	A さん：経営システム部長 （情報システム部門）男性	1 時間 29 分
2	2017 年 7 月 21 日	B さん：SE（設計，開発） 男性 C さん：SE（フロント SE） 男性 D さん：SE（プログラマ） 男性 E さん：関連企業　営業　男性	1 時間 38 分
3	2017 年 7 月 27 日	F さん：SE(ネットワーク系）男性	1 時間 25 分
4	2017 年 10 月 14 日	G さん：SE(Web 系）女性	1 時間 35 分
5	2017 年 10 月 30 日	H さん：SE（ネットワーク） 男性	1 時間 35 分
6	2017 年 10 月 31 日	I さん：SE（主任）男性 J さん：SE（上流工程） 男性 K さん：SE（上流工程） 男性 L さん：SE（上流工程） 男性	3 時間 5 分

4.1　省庁の業務システム

事例 A は，国の省庁の業務システムの新規構築案件である．官公庁のシステム開発では，この事例に限らず，いくつかの特殊な制約がある．まずシステム構築に先立ち，予算が国会で承認される必要があり，後から担当部署が勝手に変更・追加することはできない．近年の受注の透明性への社会的要請を受けて，仕様書の作成（要件定義を含む）までと，その後の実際のシステム構築は同じ企業が受注できないルールになっている．このため少なくとも上流工程は WF 型にならざるを得ない．また省庁の人事では，多くの職員が 2 年程度で部署を異動する．システムの提案から仕様書の確定，予算化，入札までは概ね 2 年程度を要する（取材 6）ため，開発を受注した企業は，自らが作成に関与していない仕様書や要求定義に基づいて，時にはその仕様書の作成に関わらなかった新しい省庁側担当者とともにシステム構築をしなければならない．

このような省庁の案件は極端な例ではあるが，程度の差はあれ他の業種，分野の情報システム構築でも予算の硬直性や，先立って結ばれる企業間契約の制約，顧客企業や自社での人事異動，セキュリティ保持のための情報・コミュニケーション機器利用の制約など，法的，制度的な要素がシステム開発を困難にしている事例は他でも多く見られた．

一方，省庁や大企業では，システム管理部門のような情報システムに一定の専門的知識を持つ担当部署が開発の顧客側窓口になることが多く，IT 企業側の SE や，プロジェクトの統括責任者であるプロジェクトマネージャーらとの間で技術的な情報共有がしやすい側面もある．

事例 A の取材対象者は，省庁から公開された仕様書に従って入札し，実際の開発を受注した企業の担当者チームのメンバーである．20 年以上のキャリアを持つ者も多い．彼らと顧客（省庁）側担当者の規範的なコミュニケーションでは，図 1 のように開発においてすでに確定した仕様書と要件定義内容から両者の間でシステムの基本設計のフェイズから開始することになっている．しかし実際には上述した諸条件のために，官公庁側の担当者も，IT 企業側の担当者も仕様書の記述についてその経緯や詳細を十分に把握していない．このため，まず仕様について「仕切り直し」を行うという．しかしこれは，本来は入札前に完了しているはずのフェイズなので，それに割り当てられる時間や予算は限られており，つねに厳しい状況からスタートする

ことになる．仕様の確定には多くの部署が関係しており，それらの部署のコンセンサスを得たり，情報を収集したりするために，顧客側の窓口となっている担当部署から関係者にインフォーマルに声をかけてもらい，会議に参加してもらう．IT 企業側も当該システムに関連する別の作業を受注した企業や，ハードウェア部分を受注した企業の関係者にも必要に応じて参加を要請するなど，多くの関係者が一堂に集まり，短期間（1ヶ月）に集中的に議論して，いわば要件定義のフェイズをやり直すことになる．この状況を規範的な会議体と対比させて図 2 に示した（注 2）．

関係する人数が多くなりすぎる場合には，各部署からは責任者と担当者の 2 名まで，というように人数制限をする．それでも会議の参加者は 20-30 名にも膨らむ．受注企業としては，会議回数はコストに直結するため，この事例では 4 回と定められ，その代りにほぼ終日集中的に議論したという．

コミュニティ間の境界は固定的なものではなく，図と地のように，活動の中で可視化されたり，潜在化したりするものであることが指摘されているが［8］，このような事例においても，時には顧客企業の担当部署の上司と担当者の間で，あるいは窓口部署と対象業務や予算管理の部署の間で利害や意見が異なり，コンフリクトが生まれることもある．例えば窓口部署の担当者が上司を説得するために提出する説明文書を，IT 企業側の SE が分かりやすく書いて渡すこともある．このとき，システム構築に取り組む顧客側担当部署と他組織である IT 企業の SE の間の境界よりも，省庁側担当者と内部の他部署の境界がより鮮明に浮かび上がっていると言うことができるだろう．

省庁内部の他部署の参加者については，最終的には省庁側の担当部署が判断し，他の部署との交渉の中で実現することになるため，担当者のコミットメントを強め，協力を得ることが IT 企業側の担当者にとっても極めて重要な課題になる．

開発がスムーズに進むよう，フロント SE（直接顧客との IT 企業側の窓口になる SE）はその都度，自分で書籍で勉強するなど，対象分野に踏み込んで学習に力を入れている．

一方で顧客側の担当者については，取材の中で，省庁の部署の場合，技術的には専門性の高い人材が多いが，一方で要件定義や基本設計を打ち合わせるなかで「（新しくできた）この法律に適合するようなシステムにして下さい」といった，丸投げとも思われる発言があると冗談交りながら語られたことが注目される．

情報システム開発における越境への必要性や負荷は，発注者ー受注者という関係の中で現実問題として一般的な越境論の中で語られる「水平的学習」というフラ

表 2　事例として取り上げた案件の概要

事例	A（取材 6）	B（取材 5）	C（取材 4）
開発規模	大規模	中規模	小規模
分野	行政システム／新しい法令に対応するシステムの新規案件	教育サービス業／企業移転に伴う新規構築案件	企業ウェブページの開発／リニューアル案件
実際の利用者	全国の関連部署の職員	IT 研修の講師および受講生，総務（担当者自身も含む）	一般消費者／閲覧者
顧客企業担当者	省庁の情報システム部門	総務担当者（兼務）	総務担当者（兼務）
顧客企業担当者の状況	技術については専門性があるが，案件のシステムを使う具体的な業務については詳しくなく，関係部署から情報を集めて提供．	担当者自身も使うシステムだが，ネットワークについては専門的知識が乏しくイメージも持っていない．しかし独学で関連する学習を行い，このプロジェクトの中で知識を深めている．	上司からの指示で担当しているが，ウェブシステムへの関心が低い．ウェブページのリニューアルや問い合わせ件数の向上を要望するが，具体的なイメージは乏しい．
IT 企業担当者	中堅 SE 数名（40 代が中心）がチームで従事	若手 SE（30 代前半）．プロジェクト・リーダー経験を積み始めた．	SE 経験 2 年（20 代）．小さな案件の主担当を 2 回ほど経験．
IT 企業側担当者の状況	社内でプログラミング研修はあるが，顧客とのコミュニケーションについては研修はない．自分で参考書を読んで対象業務を学習．案件終了後に関係者で報告会．	明示的な教育プログラムはなく，先輩と一緒に案件に従事しながら経験を積む．顧客とのコミュニケーションの研修はない．	わからないことは上司に相談して，その都度学ぶ．顧客とのコミュニケーションの研修はない．

ットなイメージとは異なり，非対称的である．

契約上は，システム要件は顧客側が示すべきものであり，要求がなかった機能が後の工程で判明した場合は，要求しなかった顧客側の責任になるはずだが，実際には，うまく要求を聞き出せなかったとしてIT企業側が非難されることも多い．このためIT企業や担当SEはさまざまな対策を立てる．その結果として越境的な活動をせざるを得ないという側面がある．

SEの方から機能や留意点について提案型の情報提供をして判断を仰ぐのもその一つである．上記のような発言はそれを期待したものと解釈できる．

IT企業側は，経験則として要求が上流工程で出尽くすものではないという認識があることから，そもそも予算を組み立てる段階である程度これを織り込んでいる．それでも，その想定を超えた修正や追加要望がある場合にはIT企業側が「泣いて」持ち出しで引き受け，プロジェクトが赤字になることもしばしばあるという．またSE側からは過剰な追加要求が来ないように，どこまでを実装するかとともに，どの部分が予定に含まれてないかを確認する「できないリスト」を必ず作成し，了解を取り付けておく．

さらに，IT企業のプロジェクト・マネージャの観点からは，異動が近づくと次の職場に注意が向き，プロジェクト対応が上の空になりがちな省庁側担当者の関心をどう引き止めてコミットメントを深めてもらうか，といった相手組織のメンバーのモチベーションのマネジメントまでも意識しながらコミュニケーションを行っている．

システム開発の失敗は，当然ながら顧客である省庁や担当者にとっても深刻な問題である．その点でIT企業との利害は一致しており，会議体への情報提供や他部署の関係者の参加要請などには通常，協力的な対応を得ることができる．ただし顧客側の省庁内でも，異なる部署にとってはシステム開発への協力は必ずしも自身の部署の実績にならない，本来の業務の要員を割くことになるなど，必ずしも内部で利害は一枚岩ではない．

4.2　ネットワーク管理システム

事例Bは，IT系のセミナーを行っている中規模の教育系企業の建物移転に伴うネットワークシステム構築の案件である．この事例では，顧客企業内にシステム専門の部署はなく，総務部門の担当者がIT企業との交渉の場に出ている．中小企業の場合，他の取材に照らしてもこのような例が多い．ITセミナーを行っている講師たちとPCで実習をする受講生が実際の主なユーザである（図3）．

この事例では総務担当者が講師らから要望を聞き，取りまとめて会合の場に提出した．講師はIT企業側の担当SEよりも関連知識が豊富ではないかと考えられたが（取材5より），本来業務で多忙であり，IT企業担当者と顧客側（総務）の打ち合わせに同席することはなかった．また講師への確認事項があるときも総務担当者が比較的迅速に問い合わせて内容を取りまとめてきてくれたため，IT企業担当者も同席を要望しなかった．

ただし他の取材や事例では，窓口となる顧客側担当者が取りまとめに時間がかかったり，十分な情報が得られなかったりする場合は，実ユーザ部門のメンバー

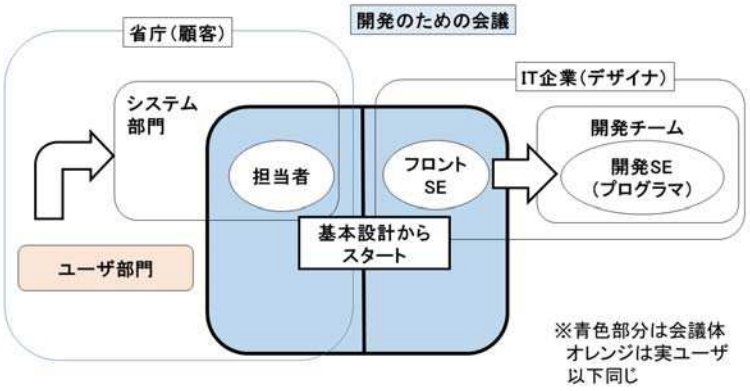


図1　事例Aの規範的な会議体の構成

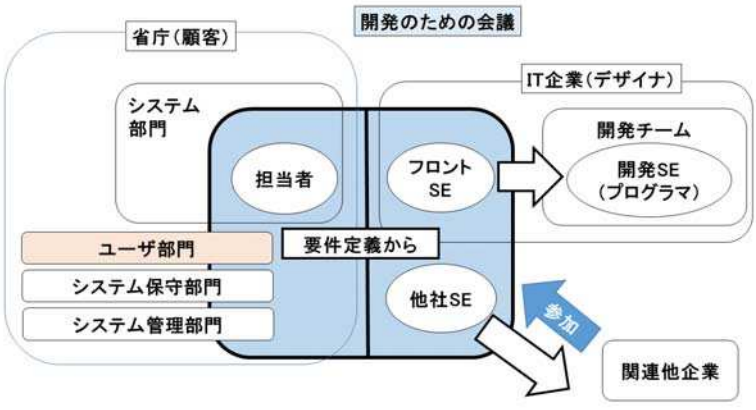


図2　事例Aの実際の会議体の構成

に参加してもらうよう依頼する場合もある発言も複数見られた.

この事例では，もともとの別な場所でネットワークを利用した授業を行っていたため, 顧客側もIT企業側もある程度イメージが共有されていた．さらにこのケースでは，総務担当者も個人的に技術の勉強をしていたという．ただしもともと情報系の専門的教育を受けた人ではなく，このシステムのためのやり取りの中でSEからも学びつつ知識を深めた. 顧客企業側の担当者からの越境が生まれた例と言えよう.

この事例でも顧客企業側から要望が上がってこなかった要素についても，SEの経験に照らして，考慮しておかないと実際の運用時にトラブルが生じると予想される点については，IT企業側担当者から提案して必要性を検討してもらった．過去の類似事例での経験，とくに失敗の経験がSEの熟達に大きく寄与している.

4.3　ウェブシステム開発

事例Cの取材協力者はまだ経験も浅く（2年），内容もウェブサイトのリニューアルで，上の2例とは性格が異なる．しかし対象となるシステムについて知識や関心が薄い担当者との交渉という点では他の聞き取り事例とも共通するところが多い.

この事例でも総務部署の担当者が兼務でSEと対応している．この事例の担当者は上司からの指示で窓口となったが，ウェブシステムについての知識も関心が低かった．当初の要望は「リニューアルと問い合わせ件数の増加」という大雑把なもので，具体的にウェブページにどのような機能や情報をもたせたいのかについて明確なイメージがなかった．ただしこれは取材対象者によれば，珍しいことではないとのことである（取材4より）.

この事例では，サイトの構成や具体的な機能について，他企業の例をサンプルとして用意して，それらを見ながら相談する形で，SE 側がかなり踏み込んで提案を行い，意見を聞きながら作り込んでは打ち合わせる形ですすめており，事実上アジャイル型的な開発になっている.

担当者の側も, IT企業担当者とのやり取りを通じて，企業のアピールポイントがどこにあるか再考したり，関係部署に理解を得て情報を出してもらう社内の社会的なネットワークを作らなければならないことに気づいたりした．実際に総務担当者がウェブで提供したいと考えたコンテンツが関係部署からの反対で削除された例もあったという.

5.　考察

越境という点から主に3つの情報システム構築の上流工程部分を見てきた．相互に大きく性格が異なる事例ではあるが，IT企業側の顧客企業との対応者であるSEの立場を中心に素描した中で, 共通する点もいくつか抽出できた. これらはIT企業担当者の取組について, より大きな諸制約の中での越境の試み，現場の工夫＝「戦術［12］」と考えることができる.

5.1　IT企業側の越境のための戦術

構築されるシステムの規模が大きくなるほど，制度的，社会的な制約が大きくなり，ユーザ側との協同的な開発が困難になっている．その中でIT企業のSEあ

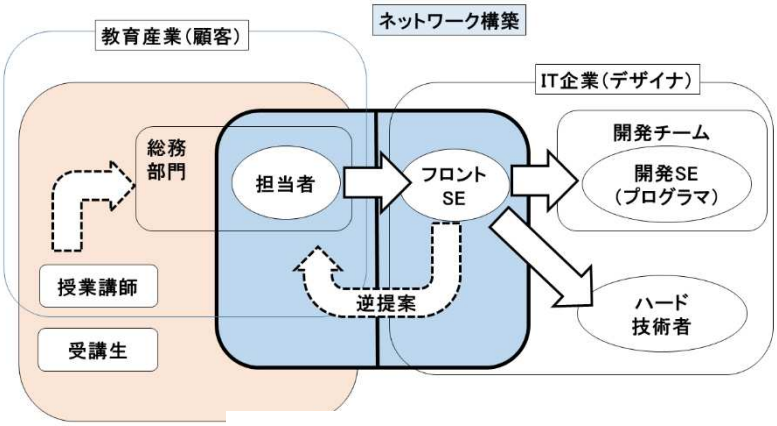


図3　事例Bの会議体の構成

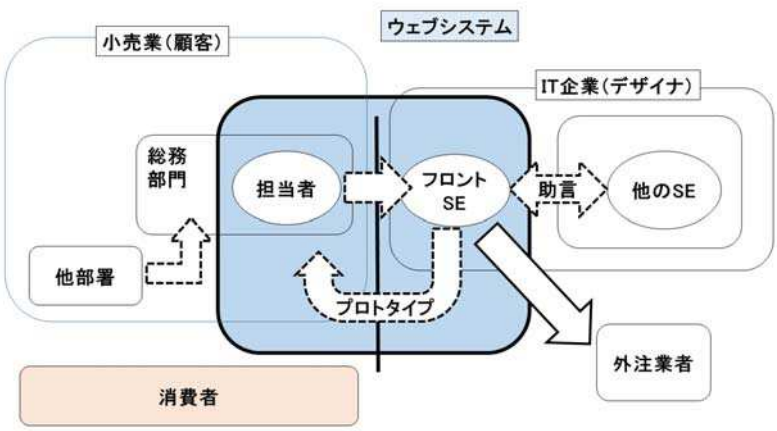


図4　事例Cの会議体の構成

るいは SE チームは越境への多様な戦術を展開しており，結果として顧客組織との関係で，規範的な開発の流れとの実践は大きく異なっている．

（1）規範的な工程からの非公式の逸脱

1-1.要件の再定義

開発に関わる顧客側，IT 企業側担当者が変わった場合，要件定義を事実上作り直してコンセンサスを作り上げ，開発を遂行している．

1-2.デザインチームの拡張

インフォーマルに参加者を増やし，顧客側の関連部署や IT 企業内の別部署，他企業関係者などに参加してもらうことで，コミットメントを持つ人々を増やし，より大きな越境の場を生み出している．

（2）対象業務への踏み込み

業務システムの構築では，SE がプログラミング能力だけでなく，顧客の業務内容についても学習して知識を身につけることが推奨されている．

（3）顧客企業側担当者の支援

境界は双方の組織の中でも重層的，流動的に顕在化，あるいは潜在化しているが，SE による顧客側担当者の支援によって，会議体がコミュニティとして強化される側面がある．

（4）予算への折り込みと「できないリスト」

システム構築の途中で新たな要望が生まれるのは，活動のプラン自体がそこで生成されているという状況的な見方からすれば当然の現象だが，実際の SE 担当者レベルでは，要件定義の失敗（要求漏れ）と認識される傾向がある．しかし一方で，要求漏れを 100%なくすことはできないという認識は広く IT 企業関係者に共有されている．予算や納期は変更が難しいが，要求漏れを顧客の落ち度として切り捨てることは，顧客の満足度を低下させ，以後の関係も悪化させる．IT 企業自身にとっても「要求を引き出す」能力が低いとされ，評価が低下する恐れがある．このため IT 企業側ではある程度の要求の追加発生は吸収できるような予算案を作成する．また予算が不足するような，あるいは実現困難な要求の場合には，却下するだけでなく「運用時点で修正する」「業務手順で調整する」などの代案を提案する．

それでも吸収できないような要求が後から出てくる可能性を減らすため，何が契約に含まれていないかを可視化する「できないリスト」を作成して了解を得ておくことも戦術の一端である．これは顧客側企業に対して，SE 側からむしろ境界を設定する行為とも言える．

（5）提案とツールの活用

ツールとして実効性が高いのが類似事例の紹介（たたき台としての提案）だった．ウェブシステムのように可視化しやすいシステムについては特に有効だった．業務システムの場合も画面イメージのペーパープロトタイプや聞き出し用のシートを作成するとの発言もあった．

（6）事例の学習

事例 A の企業では１つのプロジェクトが終了するごとに関わった社内メンバーが集まり「プロジェクト完了報告会」を行うとの言及があった．これはプロジェクトを総括して，うまく遂行できた点や問題点を検討する会である．

企業レベルでの研修については，新人へのプログラミングなどの技術研修は多くの取材対象者が実施しているとしていたが，要件定義に関わる研修を組織的に実施している例はなかった．個別プロジェクトごとに違いが大きすぎて一般論を学んでも仕方ない，という趣旨の発言もあった．一方でこのような具体的な事例の報告会が実質的にノウハウを学ぶ貴重な機会になっていると考えられる．ただしプロジェクトメンバーのみの会で，それ以外の技術者は参加していない．

5.2 顧客企業・組織の対応

今回は顧客側の立場の人々は取材していないため，そこで生じていることについては断片的・間接的な情報に留まるが，その中でもシステム構築へのコミットメントが低い担当者もいれば，自ら情報システムについて勉強をして SE にも学びながら理解を深めようとする担当者もあり，個人差が大きかった．

少なくとも IT 企業側からの一般論としては，顧客側の担当者はシステム構築やプログラミングへの知識が乏しく，またシステム構築自体への関心が薄い者が多いという認識を持っている．また IT 企業側担当者が顧客企業の組織内の境界について踏み込んで把握している例が見られ，さらにそれを乗り越えるための支援をカウンターパートである担当者に対して行っていた．これらも顧客側担当者のプロジェクトへのコミットメントを高め協働的な開発を実現するための工夫とも言える．

ユーザとのコミュニケーションという点では，ここで紹介した例も含めて，導入後のシステムを実際に使うという意味での実ユーザが会議体に参加している例はなかった．実ユーザが SE と同程度あるいはそれ以

上にシステムに詳しい場合でも（事例 B の IT セミナー講師）参加していない．ただし事例 A に関連して，たまたまインフォーマルなつながりがあって，会議体とは別に個人的に実ユーザに当たる職員らの一部と飲み会をした，という語りが得られた．その場面でシステムへの新たな要望があったとしても非公式のルートであるため，システムに反映することはできないが，自身のモチベーションには大きく寄与したという．

6．展望

越境という観点から情報システム構築の中でもユーザ側との協働がとくに必要ないわゆる「上流工程」に注目してインタビューを行ったが，このようなデータは従来ほとんど得られていないことから，小規模ではあるものの有用な知見と今後の研究への端緒が得られたのではないかと考える．

越境的な活動を大きく阻害している要因として，企業間契約や法制度といった情報システム開発を取り巻くより大きな環境を作り出す非ー人間的なアクターの存在が再確認された．

日本のアジャイル開発の調査において，実際に採用されている事例は自社開発が多く，そこでは多くの成果を挙げている［13］．また企業内に技術者がいてシステム開発を行う場合の成果については，例えば［具・久保・児島］が病院の電子カルテシステムの導入事例を紹介している［14］．ここでは顧客企業側が専属 SE を雇用したこと，病院内の全部門から代表を出してプロジェクトチームを組織し，各部署がシステム構築にコミットした状態で意見を出し合いながらシステムを構築して大きな成果を挙げ，さらに継続的な改善が可能になったことが報告されている．これらは制度や契約の制約のない状況での越境的なシステム開発の有効性を示すものである．

システムを使う企業が自社で情報系技術者の人材を育成したり活用したりすることについては，広く日本の産業構造や採用・昇進・評価などの人事慣行などが関わっているため簡単に解決できる問題ではないだろう．しかし今回，多くの厳しい制約がある状況の中で，情報システムの成功に責任を負う現場の技術者たちがどのように多様な「現場の工夫」でシステムの成功を企図しているかという「戦術［12］」の一端を聞き出すことができた．このような現場の知恵がうまく機能した場合には，多くの制約を乗り越えて IT 企業にも顧客にも満足度の高いシステム導入が実現する．

しかしすでに論じたように，方法論としてのアジャイル型モデルは，あくまで従来の要求工学的な枠組の中に留まっており，活動デザインとしての情報システム開発という認知科学的な観点からの知見を踏まえたものではない．アジャイル型モデルの導入とともに，このような視点をもつことが IT 企業の担当者にとっても重要なリソースになるものと思われる．

顧客側の企業・組織にとっても，担当者がこのような知見を踏まえて，自らの専門外の作業として任せきりにするのではなく積極的にシステム開発にコミットすることが企業にとって大きな利点になると考えられる．

越境論の理論的展開に対しては，情報システム開発だけでなく，多様な現場でのこのような具体的な事例が積み重ねられていくことが，理論的な精緻化の基礎として重要であろう．

本研究はあくまで萌芽的，探索的に情報システム開発の現場について検討したものであり，研究領域としてはまだ緒についたに過ぎない．上流工程だけでなく開発プロセス全体を対象とした研究では，今回捨象した IT 産業の数次に渡る下請構造も含めて，より複雑な開発工程全体を詳細に見ていく必要があるだろう．しかしその場合でも安易な一般論に結びつけるのではなく，具体的な個別事例に踏み込んだ分析が越境論の理論的な側面についても，研究的な豊かさをもたらすものと考える．

補注

注 1　ここでいうアジャイル型モデルは一般的な総称であり，個別の開発手法としては日本ではエクストリーム・プログラミング（XP），スクラムなどがよく知られている．

注 2　図 1，2 は［11］の対応する図に加筆修正した．

参考文献

[1] 大西淳・郷健太郎．（2002）要求工学ープロセスと環境トラックー，共立出版．

[2] 独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター．（2012）“非ウォーターフォール型開発の普及要因と適用領域の拡大に関する調査報告書（非ウォーターフォール型開発の海外における普及要因編）”，https://www.ipa.go.jp/files/000004635.pdf.（最終確認日 2018.6.24）

[3] Gladden, G.R..（1982）“Stop the life cycle, I want to get off”，Software engineering notes：an informal newsletter of the Special Interest Group on Software Engineering，Vol.7, No.2, pp.35-39.

[4] McCracken, Daniel D. & Jackson, Michael A.. (1982) “Life cycle concept considered harmful”, Software engineering notes : an informal newsletter of the Special Interest Group on Software Engineering, Vol.7, No.2, pp.29-32.
[5] 中村雅子・上野直樹. (2008)”ネットワーク指向のデザイン・アプローチの提案：情報システムの運用開発事例の分析から“, 認知科学, Vol.15, No.4, pp.627-643.
[6] 松嶋 登. (2015) 現場の情報化-IT 利用実践の組織論的研究-, 有斐閣.
[7] Brooks Jr, F. P., (1995) The mythical man-month : essays on software engineering, Addison-Wesley Pu. Co..
[8] 香川秀太・青山征彦編著. (2015) 越境する対話と学び：異質な人・組織・コミュニティをつなぐ, 新曜社.
[9] 香川秀太. (2011)”状況論の拡大: 状況的学習, 文脈横断, そして共同体間の 「境界」 を問う議論へ”, 認知科学, Vol.18, No.4, pp.604-623.
[10] 原田悦子・日根恭子・南部美砂子・須藤智. (2015)”業務電子化が引き起こす疑似越境とその修復－電子カルテ障害カンファレンスの縦断分析”, 香川秀太・青山征彦(編)『越境する対話と学び：異質な人・組織・コミュニティをつなぐ』,新曜社, pp.109-135.
[11] 渡部宣弥・竹中慧・中村雅子. (2018) “「越境」の観点から見たシステム開発のユーザニーズをめぐる現場の実践”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル, No.19, pp.103-111.
[12] ミシェル・ド・セルトー. (1987) 日常的実践のポイエティーク (ポリロゴス叢書), 山田 登世子 (訳), 国文社.
[13] 独立行政法人情報処理推進機構技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター. (2013) アジャイル型開発におけるプラクティス活用事例調査 調査報告書～調査編～, https://www.ipa.go.jp/files/000026847.pdf (最終確認日 2018.6.24)
[14] 具承桓・久保亮一・児島純司. (2005)”電子カルテの導入プロセスとその成功要因：洛和会音羽病院の事例”, 東京大学ものづくり経営研究センター(21 世紀 COE) MMRC Discussion paper no.58 , http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/pdf/MMRC58_2005.pdf. (最終確認日 2018.6.24)

リトミックにおける集団の振る舞いからみる社会性の発達
Development of Sociality from the Perspective of Children's Group Behavior during Eurhythmics

市川 淳[1]，藤井 慶輔[2]，長井 隆行[3]，大森 隆司[4]，岡 夏樹[1]
Jun Ichikawa, Keisuke Fujii, Takayuki Nagai, Takashi Omori, Natsuki Oka
[1] 京都工芸繊維大学，[2] 理化学研究所革新知能統合研究センター，[3] 電気通信大学，[4] 玉川大学
Kyoto Institute of Technology, RIKEN Center for Advanced Intelligence Project, The University of Electro-Communications, Tamagawa University
j-ichikawa@kit.ac.jp

概要

本研究では，生きるうえでの基盤であり，他者に対して良好な関係を図る態度や行動である社会性を，保育園で観察される集団の振る舞いから定量的に評価することを試みた．子どもが音楽に合わせて自由に活動するリトミックを定期的に撮影し，取得した位置データを分析した．結果，6 才ごろの活動はそれより前の月齢の活動に比べて他の子どもに向かって近づく頻度が高いことを確認した．本研究は，発達のサポートを検討する保育士に有益な情報を提供することが期待される．

キーワード：発達 (development)，集団 (group)，社会性 (sociality)，リトミック (eurhythmics)，身体表現 (body expression)

1. 導入

他者に対して良好な関係を図る態度や行動（以下，社会性と呼ぶ）[1, 2] は，人が生きるうえでの基盤になる．社会性が関係する行動としては，手をつなぐことから協力して複雑な課題や目標を達成することまでさまざまである．他者の状態を推定する心の理論 [3] や自発的に他者を助ける援助行動 [4] といった発達心理学や認知科学における重要なテーマも社会性の 1 つと言える．

社会性の発達を検討した研究のアプローチとしては，援助行動を促進させる要因を検討する統制実験（例えば，[5]）や大多数を対象にした質問紙調査（例えば，[6]）がある．しかし，実験状況および実験状況に基づく行動の生態学的妥当性や，質問紙の回答に関連する行動が実際，どのようなかたちで現れるかわからない点が問題として挙げられる．

他方で，教育現場の観察から社会性の発達を検討するアプローチもある [1]．ここでは，研究者が子どもの活動を観察し，どのように他者に関わったかなどをエピソード形式で記述する．記述から定性的に発達を検討するアプローチの強みとしては，上述した統制実験や質問紙調査に比べて，行動の詳細を検討できることが挙げられる．しかし，記述が研究者の観察スキルに依存することや，集団の振る舞いを分析することが要求された際に時間的，労働的コストがかかることが問題として挙げられる [7, 8]．例えば，活動における拡散や密集は他者との関係が物理的な距離に反映されることを踏まえると [9, 10]，社会性が関連する集団の振る舞いと言える．しかし，拡散・密集の定義や仮に拡散，あるいは密集していると主観的に評価したとしても，それを構成する個人の行動メカニズムを記述で説明することは難しい．本研究では，社会性の発達と関連づけて教育現場で観察される子どもによる集団の振る舞いの特徴を検討する．

近年，生物学やスポーツ科学の分野で鳥や魚の移動 [11, 12]，スポーツのプレー [13] を対象に集団の振る舞いについて検討されている．先行研究では各個体の位置データを用いて，個体間の距離や速度ベクトルなどを求めて分析を行っている．現場で位置を計測するだけでなく，シミュレーションを行う場合もある．重要な点として，シミュレーション研究を含めて多くの先行研究が，各個体がルールや規則に基づいて行動すると仮定していることが挙げられる．魚の群移動に関する先行研究 [12] では，各個体が「衝突を避けて逃げる」,「平均速度に合わせる」,「離れ過ぎないように接近する」という 3 つの規則に基づいて行動すると仮定しており，各行動をとる近傍半径が変わるだけで集団の振る舞いが混沌としたり，トーラスと呼ばれるドーナツ状になったり，同じ方向に向かって整列して進むことが示唆されている．

他方で，先行研究における動物やスポーツのプレイヤーと本研究で対象とする子どもの違いとして，子どもは明確な規則やルールに基づいて必ずしも行動する

わけではないことが挙げられる．一時的な動機で行動することがある．従って，子どもの集団の振る舞いを定量的に評価することはより難しいと考えられ，実際に先行研究は数少ない．Nakamae et al. [14] では，子どもに加速度センサを付けて，誰とどこで何をして遊んでいたかについて分析しているが，どのように他の子どもと関わっていたかの詳細は不明である．従って，子どもによる集団の振る舞いを評価することは挑戦的であり，集団の振る舞いに関するより深い理解に向けて意義があると考えられる．

以上を踏まえて，本研究では，保育園に訪問して子どもの活動を定期的に撮影した．そして，活動における集団の振る舞いを定量的に分析した．社会性の発達を検討したこれまでの研究のアプローチではわからなかった可能性がある，複雑で多くの動物に共通して見られるような原始的な社会性を定量的に評価することを試みた．具体的な取り組みとしては，3 段階から構成される．1 つ目は，各子どもの他者に対して良好な関係を図る行動に注目したビデオアノテーションである．どのように集団の振る舞いを分析すべきかの方針を決めるために予備的な検討を行った．2 つ目に，アノテーションの結果に基づいて，集団の振る舞いに関する月齢による差異について仮説を立てた．そして，3 つ目に，仮説を検証するために位置データを用いて集団の振る舞いを分析した．目的としては，月齢に伴い，集団の振る舞いにどのような特徴が観察されるかを社会性と関連づけて検討することである．発達のサポートを検討する保育士に有益な情報を提供することが期待される．

なお，本研究では，リトミックにおける集団の振る舞いに注目する．リトミックは音楽に合わせて身体を動かす表現活動であり，社会性や創造性などを育むことを目的とする．音楽は他者と良好な関係を促進すると言われており [15]，社会性を検討するうえでリトミックは適した環境と考えられる．

2. 対象活動

リトミックのなかでも最も単純な，走る活動を分析対象とする．これは，指導者によるピアノの演奏中，子どもが自由に会場を走る活動である（図 1）．走る活動に注目した理由としては，主に 2 つ挙げられる．1 つ目は，リトミックの実施時に活動を頻繁に行っている点である．当日のプログラムは指導者が子どもの様子を踏まえて，その場で柔軟に変更を行う．しかし，走る活動はウォーミングアップとしてよく行われるため，異なる学年の活動を定期的に撮影する場合に，クラス間での活動の比較や，クラス内における活動の変化を議論しやすい．2 つ目は，活動の自由度が比較的高い点である．指導者は，特定のスペースや誰と走るかに関する明確な，言語的な指示は行わない．従って，自発的に他者に対して良好な関係を図る行動を記録できることが期待される．



図 1　走る活動．

3. 撮影

玉川さくら保育園にご協力を頂いた．撮影やデータの収集を行うにあたって，保育園に対して事前に説明を行い，保護者には何ら不利益が生じないことを含めて事前に文書を配布した．京都工芸繊維大学，電気通信大学，および玉川大学の倫理・安全審査の承認は得られている．

同一会場（玉川さくらんぼホール，広さ：10 m × 8.5 m）で行われたリトミックでビデオ撮影を行った．学年が異なる 2 クラス分の活動を定期的に撮影した．保育園のスケジュールや会場の確保といった都合を踏まえて，2018 年 6 月現在，計 7 回（2016 年 10 月，2017 年 1 月・5 月・8 月・11 月，2018 年 2 月・5 月）の撮影を実施した．

撮影を開始した 2016 年 10 月時点における月齢のレンジは，クラス A で男児 46〜49 か月，女児 43〜53 か月，クラス B で男児 63〜66 か月，女児 56〜63 か月であった [1]．クラス B の方が 1 学年上である．なお，クラス B では 2018 年 2 月に走る活動は行われず，同年 5 月には卒園していたため，直近 2 回の分析はクラス A のみである．活動に参加した子どもの平均人数は，クラス A で男児 5.71 人 ($SD = 0.45$)，女児 6.57 人 ($SD = 0.90$)，クラス B で 4.00 人 ($SD = 0.63$)，7.00 人 ($SD = 0.63$) であった．リトミックは各クラスで約

[1] 両親から幼児の月齢に関する調査を行ったところ，クラス A で男児 1 名，女児 3 名，クラス B で女児 1 名については回答が得られなかった．さらに，クラス A の女児 1 名は，撮影期間の途中で退園したことを確認したため，以上の子どもを除く月齢を示した．

30 分間行われた．ピアノの演奏中に子どもが走った平均時間はクラス A で 69.9 秒 ($SD = 24.2$)，クラス B で 47.3 秒 ($SD = 5.61$) であった．

4. ビデオアノテーション

4.1 手続き

集団の振る舞いに関する分析方針に向けた予備的な検討として，ビデオアノテーションを実施した．手を握るなど，他の子どもに対して良好な関係を図る明確な接触行動を動画から見つけて，その内容や開始してから終了するまでの一連の時間をソフトウェア ELAN を用いてタグ付けを行った [2]．

4.2 結果

全体を通して，他の子どもに対して良好な関係を図る行動としては 4 種類を確認した．1 つ目は手・腕を握る，2 つ目は抱きつく，3 つ目はハイタッチする，4 つ目は，他の子どもを守るために攻撃的で危ないと思うスライディングなどを止めに入る行動である．

それらの行動の 1 分あたりの頻度を図 2 上段に示す．横軸が撮影日で，縦軸は頻度である．折れ線グラフの点線は新年度を迎えて学年が 1 つ上になったことを表す．注目すべき点として，クラス A で言えば 2018 年 5 月，クラス B で言えば 2017 年 5 月以降，つまり，年長である 6 才（72 か月）ごろに頻度が増加することを確認した．さらに，クラス B では，増加して到達した水準を維持する特徴を確認した．クラス B は，2017 年 5 月より前に比べて約 3 倍に頻度が増加した．

次に，どのくらい他の子どもに関わるかを表す，走る時間に対する行動 1 回あたりの時間の割合を図 2 下段に示す．横軸が撮影日で，縦軸は割合である．両クラスともに 6 才ごろに割合が増加する傾向を確認した．ただし，クラス B では推移が上下に変動する特徴を確認し，2017 年 5 月以降における変動係数は約 0.5 であった．クラス B における時間の推移は，頻度の推移とは異なる特徴であった．これは，他の子どもを気にせず走ることのみに集中したい態度や，周囲とぶつかりそうになったために手をすぐに離したことなど複数の要因が結果に影響を与えたと考えられる．

4.3 仮説：集団の振る舞いに関する月齢による差異

他者への関心や理解に関する心の理論は 6 才ごろに発達することから [3]，他の子どもに対して良好な関係を図る行動の頻度や時間が増加する傾向は，社会性の発達を示す可能性がある．ビデオアノテーションの結果を踏まえて，集団の振る舞いに関する月齢による差異について仮説を立てた．6 才ごろの活動は，それより前の月齢の活動に比べて，以下の頻度が高いことが考えられる．

1. 他の子どもと身体接触できるくらい距離が近い状態になる頻度
2. 他の子どもの方向へ走る頻度

2 つの仮説を検証するために，位置データを用いて集団の振る舞いを分析した．

5. 集団の振る舞いの分析

5.1 手続き

約 3 m の高さから俯瞰撮影した 20 fps の動画（図 1）に対して，動作解析ソフト（ディテクト社，DippMotion V/2D）を用いて 2 次元で位置のデジタイズを行った．研究の開始時期の都合上，俯瞰撮影は直近 3 回のみ行った．リトミックで定期的に撮影を行い，データ数を増やすことは今後の課題である．

本分析では 3 つの指標を求めた．模式図を図 3 の (1) から (3) に示す．(1) 子ども間の距離 d は，各時間フレームにおける子どものペア全てで算出した．(2) $\theta_{otherchild}$ は，各子どもの速度ベクトルと現在時刻 t におけるペアの位置で構成されるベクトルがなす角度である．全てのペアで角度を算出した．この角度が 0 度に近ければ，他の子どもに向かうことを示す．(3) $\theta_{centerofchildren}$ は，重心と各子どもの速度ベクトルがなす角度である．全ての子どもによる活動を通した平均的な位置を重心と定義して，固定された重心を基準に各子どもが走る方向を示す．

全ての指標で子どもごとに 1 を最大値とする正規化したヒストグラムを作成した．そして，月齢で頻度の差異を検討した．各指標において階級ごとに，月齢を被験者間要因とする 1 要因の分散分析を 5%水準で行った．要因の主効果が確認された場合は，HSD 法による多重比較を実施した．要因の水準は，クラス A の 2017 年 11 月，2018 年 2 月・5 月，さらにクラス B の 2017 年 11 月である [3]．

[2] Software ELAN URL: https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/

[3] 留意すべき点として，本来ならばクラス A のみで月齢を被験者内要因とする 1 要因の分散分析を行う必要がある．しかし，参

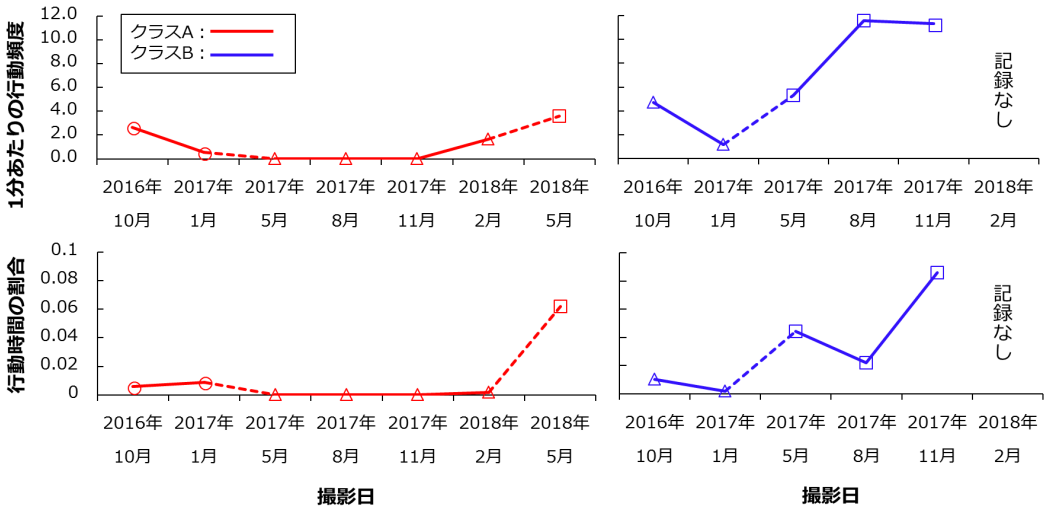


図 2　他の子どもに対して良好な関係を図る行動の 1 分あたりの頻度と走る時間に対する行動 1 回あたりの時間の割合.

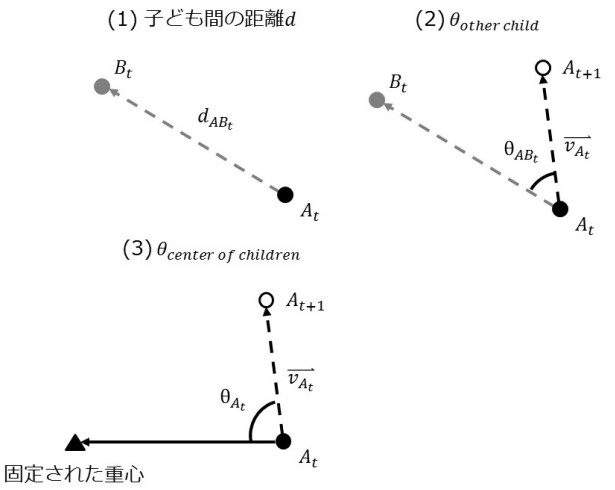


図 3　集団の振る舞いの分析指標．t から $t+1$ までのインターバルは 0.05 秒である．

5.2　結果

各指標の結果を図 4 に示す．いずれも横軸は階級で縦軸は正規化した頻度の平均を示す．エラーバーは標準誤差である．分散分析の結果，注目すべき点として以下の特徴を確認した．

(1) 子ども間の距離 d では，50 cm の階級で月齢要因の主効果を確認した ($F(3,45) = 8.68, p < .001, \eta^2 = 0.37$)．さらに，多重比較を行ったところ，クラス B の 2017 年 11 月の頻度は，クラス A の 2017 年 11 月や 2018 年 2 月，2018 年 5 月の頻度に比べて有意に高かった ($ps < .05$)（図 4 の (a, b)）．50 cm 未満という他の子どもに身体接触できる距離の階級で，月齢が 6 才に最も近いクラス B の 2017 年 11 月の活動で頻度が有意に高かった結果は，他の子どもに対して良好な関係を図る行動が関連すると考えられ，仮説 1. と一致する結果が得られたと言える．

(2) $\theta_{otherchild}$ では，比較的 0 度に近い階級で月齢要因の主効果は確認されず，仮説 2. と一致する結果は得られなかった．そこで，他の子どもへどのように近づいたかを検討するために追加分析を行った．ある時点において子ども間の距離 d が 50 cm 未満を記録した際に，そこから 0〜1 秒，1〜2 秒，2〜3 秒前の各区間に遡って，各区間でその距離が 100 cm 以上 200 cm 未満を記録した時の $\theta_{otherchild}$ を求めた．つまり，他者に近づこうとする時の角度を算出した．0〜1 秒前の区間において分散分析を行った結果，20 度の階級で月齢要因の主効果を確認した ($F(3,43) = 7.34, p < .001, \eta^2 = 0.34$)．さらに，多重比較を行ったところ，クラス B の 2017 年 11 月の頻度は，クラス A の 2017 年 11 月や 2018 年 2 月，2018 年 5 月の頻度に比べて有意に高かった ($ps < .05$)（図 4 の (c, d)）．これは，クラス B の 2017 年 11 月の活動で，他の子どもに向かって近づく頻度がより高いことを示唆しており，仮説 2. は支持されたと言える．

そして，(3) $\theta_{centerofchildren}$ のヒストグラム全体を図 4 (e) に示す．80 度，90 度，100 度，110 度の階級で月齢要因の主効果を確認した（$ps < .005$）．多重比較を行ったところ，どの階級もクラス A の 2017 年 11

加した子どもの人数が撮影日ごとに異なることを考慮して，被験者間要因で統計検定を行った．それに伴い，参考までにクラス B の 2017 年 11 月の活動を水準として加えて分散分析を実施した．

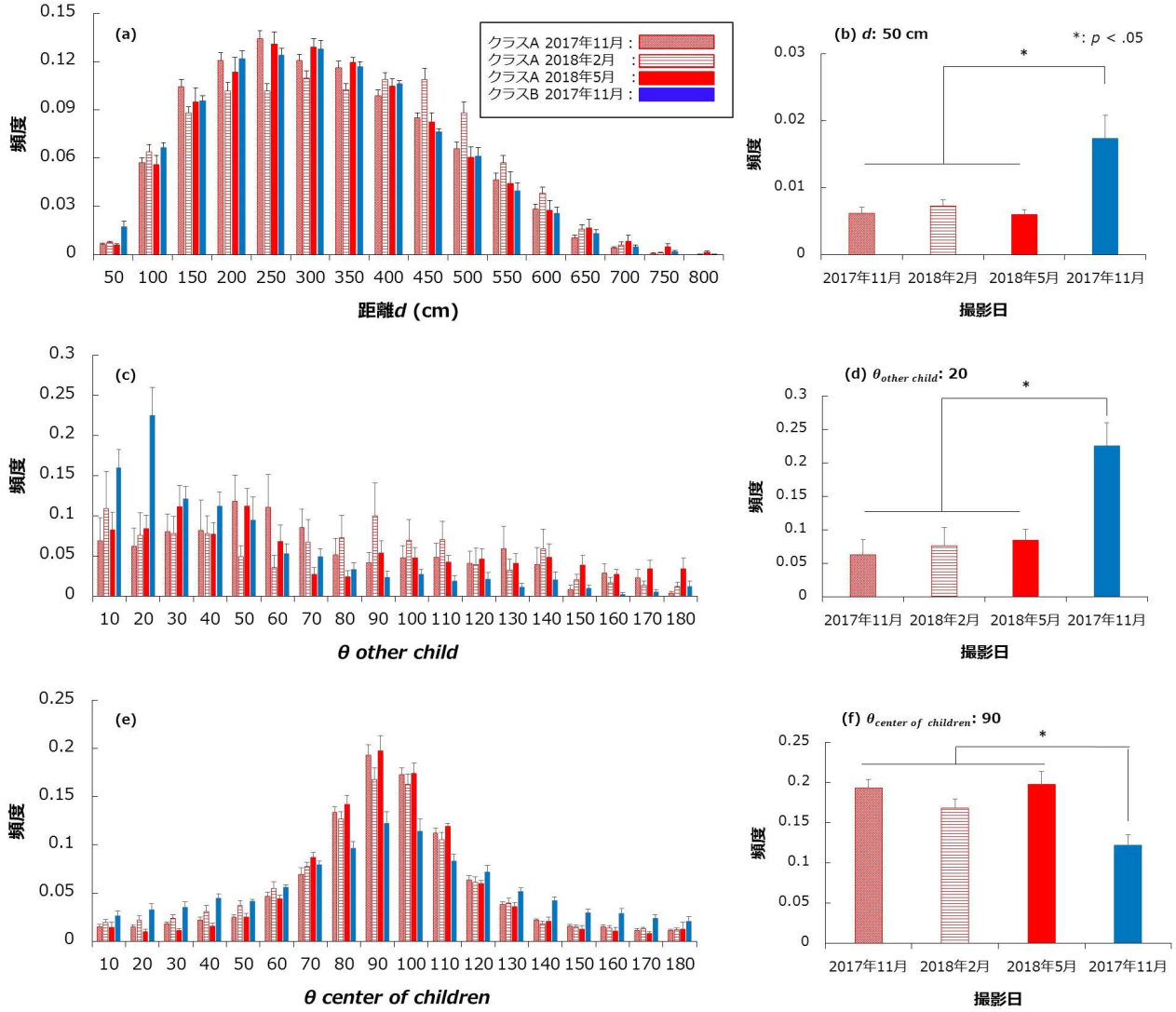


図 4　集団の振る舞いに関する分析指標のヒストグラム.

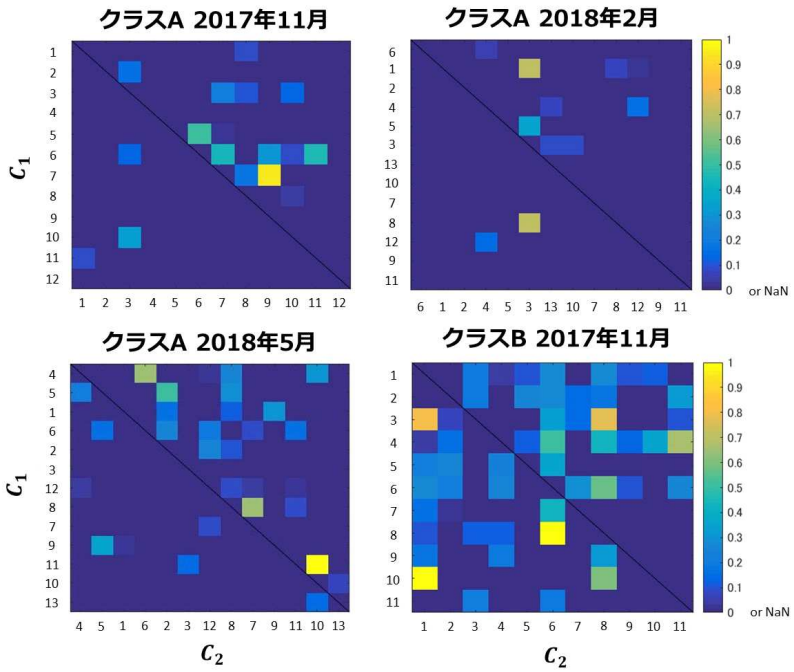


図 5　0〜1 秒前の区間における 20 度の階級の頻度を特定のペアごとに表したヒートマップ.

月や 2018 年 2 月，2018 年 5 月のいずれかの頻度が，クラス B の 2017 年 11 月の頻度に比べて有意に高かった ($ps < .05$)．参考までに 90 度の階級における多重比較の結果を図 4 (f) に示す．頻度が有意に高い階級が比較的 90 度に近い結果は，クラス A の子どもは重心を基準に円状に走る頻度がより高いことを示す．他の指標の結果を踏まえると，他の子どもを気にせず走ることのみに集中したい主体的な態度が関連するかもしれない．

6. 考察

本研究では，リトミックの走る活動を定期的に撮影した．そして，集団の振る舞いを定量的に特徴抽出することを試みた．結果，6 才ごろに，1 秒の短時間で他の子どもに向かって近づく頻度が相対的に高いことを確認した．走る活動において，指導者は「誰と走るか」や「どこを走るか」といった明確な，言語的な指示は与えていない．また，他者との距離が 50 cm 未満というのは，接触できるかつ，親しい人のみ許される距離と言われている [9, 10]．従って，上述した結果には，他の子どもに対して良好な関係を図る行動が関連すると考えられる．本研究は，教育現場において，刻々と状況が変化し，10 数人の子どもが関わるダイナミックで原始的な社会性の特徴を示唆したと考えられる．ただし，他の子どもに向かって近づく行動のなかには，スライディングするなど攻撃的な行動も含まれる可能性に留意する必要がある．

また，クラス B の 2017 年 11 月の時点では，保育園で集団生活を送った期間がクラス A の 2017 年 11 月や 2018 年 2 月，2018 年 5 月に比べて長いため，本研究で確認された特徴が，社会性の発達ではなく，単に集団生活を過ごした時間が長いことによる結果である可能性が考えられる．しかし，社会性の 1 つと言える心の理論は 6 才ごろに発達すること [3] や，6 才ごろの子どもを対象に援助行動を検討する場合があること [4] を踏まえると，集団生活を過ごした時間の長さだけによる結果とは考えにくい．撮影した動画を見ると，クラス B の 2017 年 11 月では，子どもが自発的に鬼ごっこのような活動を行っていた．幼児期における社会性の発達は，追いかけっこに代表される 1 人ではできない活動に取り組むことに関連があると言われている [16]．本研究では 1 クラスの 1 撮影日の特徴ではあるものの，これまで取り上げた先行研究の主張を考慮すると，社会性の発達を示唆していると考えられる．今後もクラス A の活動を定期的に撮影し，月齢に伴う，集団の振る舞いの変化を検討することで，本研究の結果の一般性を議論する必要がある．

他方で，図 5 は，図 4 (d) を特定のペアごとに表したヒートマップである．興味深い点として，両クラスともに，特定の他者に向かって近づく傾向があることを確認した．例えば，クラス B の 2017 年 11 月の活動では，縦軸 8 番の子どもが横軸 6 番の子どもに近づく頻度がより高い．これは，リトミックの撮影時期や活動の種類は異なるものの，計測した加速度データから模倣の類似度を検討した Nagai [8] で確認された社会性の特徴と同様であった．この研究では，特定のペアで類似度が高くなることを確認している．

課題として，指導者にクラスの対人関係についてアンケート調査を行い，普段のリトミックにおいて仲が良いと思うペアを回答してもらい，図 5 のヒートマップとどの程度，一致するかを検証する．さらに，ヒートマップを指導者に見せて，クラスの対人関係について新たに気づいたことがあるかなどの質問を行うことで，本研究の知見が保育士に有益な情報を提供するかを検討する．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (26118003) の助成を受けた．撮影に多大なご協力を頂いたリトミックの指導者である潮木玲奈氏，並びに玉川さくら保育園の関係者の皆様に感謝いたします．

文献

[1] Carr, M. (2001)“Assessment in early childhood settings: Learning stories”, London: SAGE Publications. (大宮勇雄, 鈴木佐喜子（訳） (2013) “保育の場で子どもの学びをアセスメントする :「学びの物語」アプローチの理論と実践”, 東京: ひとなる書房)

[2] 鯨岡 峻, 鯨岡 和子 (2014)“よくわかる保育心理学”, 京都：ミネルヴァ書房.

[3] Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001) “Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief”, Child Development, Vol. 72, No. 3, pp. 655–684.

[4] Eisenberg, N., & Miller, P. A. (1987) “The relation of empathy to prosocial and related behaviors”, Psychological Bulletin, Vol. 101, No. 1, pp. 91–119.

[5] Cirelli, L. K., Einarson, K. M., & Trainor, L. J. (2014) “Interpersonal synchrony increases prosocial behavior in infants”, Developmental Science, Vol. 17, No. 6, pp. 1003–1011.

[6] Parker, J. G., & Asher, S. R. (1993) “Friendship and friendship quality in middle childhood: Links with peer group acceptance and feelings of loneliness and social dissatisfaction”, Developmental Psychology, Vol. 29, No. 4, pp. 611–621.

[7] Blaiklock, K. (2008) “A critique of the use of learning stories to assess the learning dispositions of young

children", New Zealand Research in Early Childhood Education, Vol. 11, pp. 77–87.
[8] Nagai, T. (2017) "Analysis of Children ' s Motion in Eurhythmics", Proceedings of International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2017), pp. 162–167.
[9] Hall, E. T. (1966) "The hidden dimension", New York: Doubleday and Co. (日高敏隆, 佐藤信行（訳）: "かくれた次元", 東京: みすず書房)
[10] Gifford, R., & Price, J. (1979) "Personal space in nursery school children", Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement, Vol. 11, No. 4, pp. 318–326.
[11] Bialek, W., Cavagna, A., Giardina, I., Mora, T., Silvestri, E., Viale, M., & Walczak, A. M. (2012) "Statistical mechanics for natural flocks of birds", Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 109, No. 13, doi: 10.1073/pnas.1118633109.
[12] Couzin, I. D., Krause, J., James, R., Ruxton, G. D., & Franks, N. R. (2002) "Collective memory and spatial sorting in animal groups", Journal of Theoretical Biology, Vol. 218, No. 1, pp. 1–11.
[13] Fujii, K., Yokoyama, K., Koyama, T., Rikukawa, A., Yamada, H., & Yamamoto, Y. (2016) "Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group", Scientific Reports, Vol. 6, doi: 10.1038/srep23911.
[14] Nakamae, S., Kataoka, S., Tang, C. Vasilache, S., Saga, S., Shizuki, B., & Takahashi, S. (2017) "Children ' s social behavior analysis system using BLE and accelerometer", In: Yoshino T., Yuizono T., Zurita G., Vassileva J. (eds) Collaboration Technologies and Social Computing (CollabTech 2017), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10397, pp. 153–167, Cham: Springer.
[15] Kirschner, S., & Tomasello, M. (2010) "Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children", Evolution and Human Behavior, Vol. 31, No. 5, pp. 354–364.
[16] 杉原 隆, 河邉 貴子 (2014)"遊びとしての運動の重要性". （杉原 隆, 河邉 貴子（編著）"幼児期における運動発達と運動遊びの指導 : 遊びのなかで子どもは育つ", pp. 31–44, 京都 : ミネルヴァ書房）

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

異なる研究アプローチが従属変数の選択へ与える影響
Differences in selecting dependent variables between hypothesis-driven and data-driven research approaches

松室 美紀 †，三輪 和久 ‡
Miki Matsumuro, Kazuhisa Miwa
† 立命館大学，‡ 名古屋大学
Ritsumeikan University, Nagoya University
matumuro@rm.is.ritsumei.ac.jp

概要

本研究は，データ分析を行う際の，従属変数の選択に焦点を当てている．特に，特定の仮説に基づき分析を行う仮説駆動アプローチと，分析結果から仮説を構築するデータ駆動アプローチの影響を検討した．実験の結果，仮説駆動アプローチを用いると，データを加工し，仮説の検証に適したデータを自ら作成するが，類似した種類のデータを分析に用いることが示された．一方，データ駆動アプローチを用いることは，様々なデータの分析につながるが，データの加工は促進しない．

キーワード:科学的研究プロセス (scientific research process)，データ分析 (data analysis)，仮説駆動 (hypothesis-driven)，データ駆動 (data-driven)

1. はじめに

科学的研究は，一般に，実験の計画，実施，実験結果の分析，分析の結果に基づく考察からなる．本研究では実験結果の分析に焦点を当て，異なる研究アプローチがどのような分析の違いを引き起こすか検討を行った．

1.1 仮説と独立変数の選択

多くの先行研究では，特定の仮説に基づき実験を計画，実行する，仮説駆動アプローチが，科学的発見や学習に有効であるとされている [1, 2, 3, 4]．それらの研究で用いられた課題は，参加者が実験を繰り返し，規則性や事実を発見することを目標とする課題であった．仮説駆動アプローチを用いることにより，それら一連の実験で，仮説と対応する変数を体系立て操作することが可能である．そのため，先行研究では仮説駆動アプローチの利点が最大限に生かされ，効率的な発見，学習へつなかったと考えられる [1, 2, 4, 5]．

しかし，特に社会学の分野における実験や調査では，そのコストを考えると，連続的な複数回の実施は困難である．そのため，1 回の実験，調査において，様々な変数の値が測定され，それらの分析に基づき結論が導出される．分析の内容により，結論の内容や説得力が変化するため，いずれの変数をどのような方法を用い分析するかが非常に重要である [6]．

仮説駆動アプローチの利点は，主に実験の計画にあることを踏まえると，このようなデータ分析においては異なる効果を持つ可能性がある．そこで，本研究では，近年注目を集めているデータ駆動アプローチを用いた場合と，データ分析中の行動の比較を行う．データ駆動アプローチは，特定の仮説を持たずに，データの分析を行い，その結果に基づき，理論や仮説を構築するアプローチである [7, 8]．遺伝学等の様々な分野で，データ駆動アプローチによる発見がなされている．

1.2 仮説空間とデータ空間

科学的発見の過程は Klahr らにより仮説空間と実験空間の二重空間の探索として論じられている [3, 9]．しかし，この枠組みには，データ取得後の分析の過程は含まれていない．そこで，本研究では，データの分析の過程を，仮説空間とデータ空間の二重空間の探索過程として考える．図 1 に概念図を示す．

1.2.1 データ空間

データ空間は，分析に使用可能な全てのデータを含む．ここで，データとは従属変数の候補とその値の組合せと定義される [7, 10]．

データ空間の探索は統計的検定等を用い，各データを分析することにより行われる．従属変数としてその値を分析に利用された変数のみが探索されたと定義さ

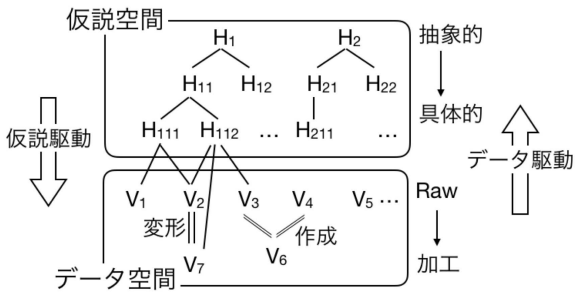


図 1　仮説空間とデータ空間．H は仮説を，V は変数を表す．

れ，利用されなかった変数は，探索されなかった範囲とされる．

もし，研究者が特定の変数や類似した変数ばかりを対象としてデータ分析を進めている場合，データ空間中の似通った部分のみの探索を行っていることとなる．そのため，探索が偏っている，つまり，探索の幅が狭いと定義される．

さらに，研究者は変数の値を加工したり，複数の変数の値を組み合わせることにより，直接的に値を測定できない変数を検定に用いることが可能である．例えば，変数の値に対数変換を施したり，プレ，ポストテスト得点の差異から得点変化量を作成したりすることにより，ローデータを分析する以上の情報が得られる．

このように，ローデータを加工することにより，多角的な検証を行ったり，特定の主張に最も適した変数を用いた検定を行うことができる．このような加工したデータを用いたデータ分析は，データ空間の深い部分の探索に当たり，ローデータを用いたデータ分析はデータ空間の表層的な探索に当たる．

1.2.2　仮説空間

仮説空間は全ての仮説を含み，それらの仮説は抽象性に基づき階層構造をなしている [2]．抽象的な仮説は一般的で多くの事象を説明するが，そこから特定の変数の値の傾向を予測することはできない．一方，具体的な仮説は，厳密で少数の事象しか説明できないが，特定の変数の値の傾向を予測する．

1.3　研究アプローチと 2 つの空間の探索

我々は，データ空間探索の幅と深さに関する仮説を導出，検証した．

1.3.1　仮説駆動アプローチ

仮説駆動アプローチを用いた場合，仮説空間からデータ空間の方向へ探索が行われる．研究者が，特定の仮説をターゲットとすると（e.g., 図 1 における H_{11}），その子に当たる仮説が検討の対象とされる（e.g., 図 1 における H_{111}, H_{112}）．その際のデータ分析には，それらの仮説の検証に必要な変数のみ（e.g., 図 1 における V_1, V_2, V_7 等）が従属変数として分析に利用される．つまり，データ空間の探索の幅は狭くなる．

また，特定の仮説を持つため，その仮説を支持する可能性のある変数を予測し，分析に利用しようとする．予測した変数がローデータに存在しない場合は，データの加工を行い新しい変数を作成し，データ空間の深い探索を行うと考えられる．

1.3.2　データ駆動アプローチ

データ駆動アプローチを用いた場合，データ空間から仮説空間の方向へ探索が行われる．研究者は，興味や目的に基づきデータ空間全体から分析対象とする変数を選択する．そのため，データ空間の探索は制限されることなく，広い探索が実施される．その結果に基づき，具体的な仮説や理論が選択され，それらに基づきより抽象的な仮説や理論が形成される．

研究者は，まずは手元に揃っているデータから興味深い結果を見つけようとするため，データの加工の必要性は低い．つまり，データ空間の探索は浅くなると考えられる．

1.3.3　本研究の仮説

上記をまとめると以下の 2 つの仮説となる．

深さ仮説 仮説駆動アプローチはデータ駆動アプローチよりも深い探索を促進する．

幅仮説 データ駆動アプローチは仮説駆動アプローチよりも広い探索を促進する．

合わせて，仮説駆動アプローチをとった際に，仮説がデータにより支持されるか否かにより，データ空間の探索が変化するかを検討する．

1.4　データ分析課題

参加者は，仮説駆動アプローチを取る仮説駆動条件と，データ駆動アプローチを取るデータ駆動条件に分

表 1　データセット中の各変数.

カテゴリ	変数名	変数の説明
学習過程	使用時間	システムを使用した合計時間
	問題数	システムを使用して解いた問題数
	使用回数	システムを使用した回数
	不正解数	システム使用中に間違った回答をした回数
学習結果	全体得点	ポストテスト全体の合計点
	基礎問題得点	ポストテストの基礎問題の合計点
	応用問題得点	ポストテストの応用問題の合計点
質問紙	熟考度	質問「よく考えて問題を解いた」への回答
	動機付け	質問「意欲を持って自宅学習へ取り組んだ」への回答
	難易度	質問「システムを使うのは難しかった」への回答
基礎学力テスト	数学	数学の基礎学力テストの得点
	国語	国語の基礎学力テストの得点
学生調査	兄弟姉妹数	兄弟姉妹合計数
	携帯電話使用時間	1 日に携帯電話を使用する時間
	塾の時間	一週間に塾で学習をしている時間

けられ，架空の実験で取得されたデータを分析するよう求められた.

1.4.1　シナリオ

参加者は，2 種類の数学の自宅学習システムを評価する実験で取得されたデータを分析することを求められた．参加者の課題は 2 つのサブタスクからなった．サブタスク 1 は，2 つの内どちらの学習システムが学習効果が高いかを明らかにすること，サブタスク 2 は，なぜそのような学習効果の差が生じたかを検討することであった.

仮説駆動条件の参加者には，参加者自身が開発したとされる新システムの方が，従来の旧システムよりも学習効果が高いという仮説が与えられた．データ駆動条件の参加者には，システムの名称はシステム 1，システム 2 とされ，優劣の予測は与えられなかった．参加者には，分析結果の考察に利用できるように，各システムの使用法が教示された.

学習効果の評価実験には，学力が同程度の 30 名の学生が参加したとした．各システムを用いた 1 週間の自宅学習中の行動データ，確認テストの得点とシステムに関する質問紙への回答が取得されたと教示を行った.

1.4.2　データセット

参加者には表 1 に示した変数の値が与えられた．確認テストの得点は，仮説駆動条件の参加者の持つ仮説を支持するよう，全体得点と応用問題得点において，新システムの方が旧システムより有意に高くなるように設定された.

新システムの学習効果が高くなる理由として，「新システムを使用するとよく考えて問題を解いていた」という理由が導出されやすいよう，次の変数で新システムにおいて，平均値が有意に大きくなるよう値が設定された．熟考度と不正解数，そして，使用時間を問題数で割った一問あたりの思考時間である．ただし，使用時間，問題数のそれぞれの値では，2 種類のシステム間に有意な差異が生じないよう調整された.

1.4.3　分析支援ツール

参加者には，分析対象とする変数を選択するだけで，統計的検定を実行できる分析支援ツールが与えられた．平均値の差異の検定（t 検定）と相関の有意性の検定が可能であった．さらに，本ツールは 2 つの変数と演算子を選択すると，新しい変数を作成する機能を持った.

各条件の分析過程は，分析支援ツールにより統制された．仮説駆動条件の参加者には，はじめに仮説を記述させた後，仮説に基づき検定方法を記述，実施させ，最後に仮説が支持されたかを判断させた.

データ駆動条件の参加者には，検定方法の記述，実施の後に，なぜそのような結果が得られたかに関する仮説や解釈を記述させた．両条件ともに，参加者は一連の流れを繰り返し行った．

2. 実験 1, 2

2 つの実験を合わせて記述する．変数の値は，実験 1 では仮説駆動条件の仮説を支持し，実験 2 では支持しないよう設定された．

2.1 方法

2.1.1 参加者

実験 1 では，各条件 23 名ずつ計 46 名，実験 2 では，仮説駆動条件に 23 名，データ駆動条件に 24 名の計 47 名の学部生が参加した．

2.1.2 手続き

はじめに，統計的検定とツールの簡単な説明を実施した．続いて，自宅学習システムと評価実験，データの教示を行い，30 分間のデータ分析をサブタスク 1 から行わせた．参加者は，自由なタイミングで学習効果の検討の結果を入力し，サブタスク 2 を開始した．最後に，分析の結果からわかったことを自由記述させた．

実験 1, 2 の手続きは同一であり，差異は与えられたデータのみであった．先述の通り，実験 1 ではデータが仮説駆動条件で与えられた仮説を支持する．実験 2 では，実験 1 で新システムに割り当てられた値を旧システムへ，旧システムに割り当てられた値を新システムへと割り当てた．つまり，仮説駆動条件で与えられた仮説は支持されない．

2.2 結果

与えられたデータの内容と自由記述の内容が一貫している参加者のデータのみが分析に用いられた．実験 1 の仮説駆動条件から 2 名，実験 2 の仮説駆動条件から 5 名，データ駆動条件から 1 名の参加者が除外された．

2.2.1 統計的検定の実施回数

図 2 に，全体，サブタスク 1, 2 における統計的検定の平均実施回数を示す．全体の実施回数は実験 1 ではデータ駆動条件の方が多い傾向が見られたが

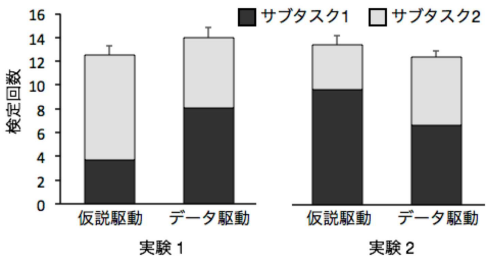


図 2 統計的検定の平均実施回数 (エラーバーは標準誤差を示す).

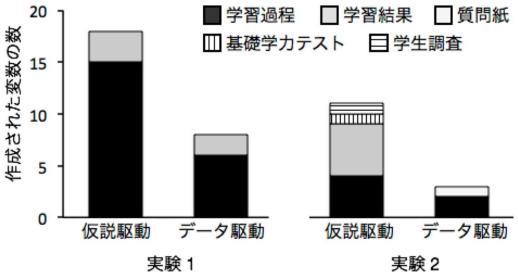


図 3 作成された変数の種類.

($t(42) = 1.304, p = .100$)，実験 2 では条件間に有意な差異はなかった ($t(39) = 1.091, p = .141$).

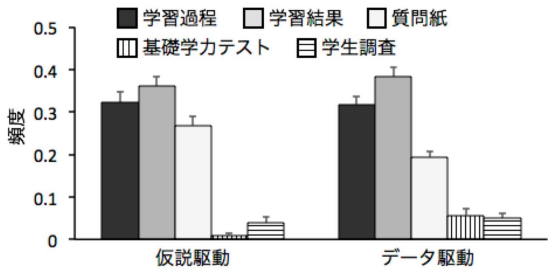
全体に占めるサブタスク 1 のための検定実施回数の割合を条件間で比較した．その結果，サブタスク 1 のための検定実施割合は，実験 1 では仮説駆動条件 (.280) よりもデータ駆動条件 (.584) において有意に多いが ($t(42) = 3.858, p < .001$)，実験 2 では，逆にデータ駆動条件 (.538) よりも仮説駆動条件 (.717) において有意に多かった ($t(39) = 2.228, p = .016$).

この結果は，自身の持つ学習効果に関する仮説が支持された場合は，学習効果の検討を素早く打切り，支持されなかった場合は長く検討を続けたことを示す．

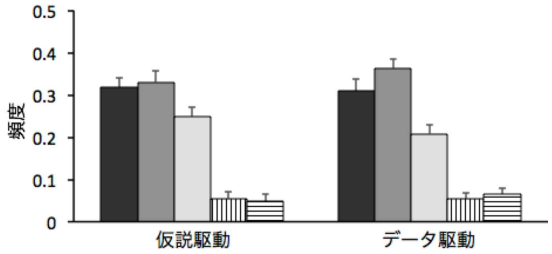
2.2.2 探索の深さ

探索の深さの指標として，新しく作成された変数の数を用いた．両実験共に，仮説駆動条件において，データ駆動条件よりも有意に多くの変数が作成されていた (実験 1, 0.851 vs. 0.348, $t(42) = 2.343, p = .024$; 実験 2, 0.600 vs. 0.136, $t(39) = 2.310, p = .030$)．ここから，仮説が支持されるか否かにかかわらず，仮説駆動条件の参加者の方がデータ空間の深い探索を行っていたことが示される．

図 3 は新しく作成された変数のカテゴリ (表 1 参照) を示す．分類は，作成に用いられた 2 つの変数のカテゴリ，および，参加者が命名した変数名に基づきなされた．仮説駆動条件に着目すると，学習効果に関する



(a) 実験 1 における検定頻度



(b) 実験 2 における検定頻度

図 4　各カテゴリに含まれる変数が従属変数として選択された頻度 (エラーバーは標準誤差を示す).

仮説が支持された実験 1 では，多くの変数は学習過程へ分類された．一方で，仮説が支持されない実験 2 では，学習結果へ分類される変数が増加している．

2.2.3　探索の幅

表 1 に示される各カテゴリの変数が検定に用いられた頻度を算出した．その結果を図 4 に示す．カテゴリ間の頻度の偏りを示す指標として，0 から 1 に範囲を調節したエントロピーを下記の式を用い算出した．エントロピーが小さいほど探索が偏っていたことを示す．

$$adjusted{-}H = \left(\sum_{C=category} P(C) \log_2 P(C) \right) / \log_2 5$$

実験 1 では，仮説駆動条件 (.708) において，データ駆動条件 (.768) よりも有意にエントロピーが小さかった ($t(42) = 1.850, p = .035$)．一方，実験 2 では 2 つの条件のエントロピーに有意な差異はなかった (仮説駆動 .765, データ駆動 .769; $t(39) = 0.102, p = .460$)．データ駆動条件では，2 つの実験でエントロピーの値がほぼ同等であったことを考慮に入れると，仮説駆動条件の参加者は，自身の仮説が支持されなかった実験 2 においてデータ空間の探索範囲の偏りを減らし，広い範囲を探索するようになったことが示される．

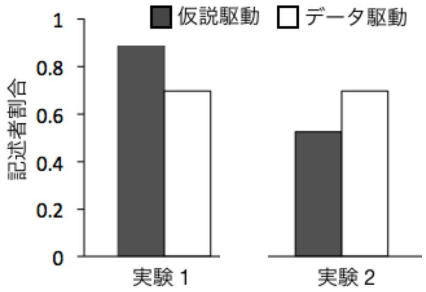


図 5　思考量の記述を行なった参加者割合.

2.2.4　自由記述

実験者により，導出されやすい理由として設定された「新システムを使用するとよく考えて問題を解いていた」に関連する記述を行なった参加者の人数を数えた．具体的には，「よく考えた」「思考量が増えた」のように，思考量に関する記述を行った参加者である．図 5 に記述者の割合を示す．実験 1 では仮説条件において記述者の割合が多い傾向があったが (fisher's exact test $p = .088$)，実験 2 では両条件に有意な差はなかった ($p = .346$).

3.　考察

本研究は，2 つの異なる研究アプローチが，データ分析における従属変数の選択に与える影響を検討した．

3.1　探索の深さ

本研究ではデータ空間の探索の深さに関して，仮説駆動アプローチはデータ駆動アプローチよりも深い探索を促進するという深さ仮説を検証した．両実験で，仮説駆動条件の参加者の方が新しい変数を多く作成したという実験の結果は，深さ仮説を支持する．

さらに，仮説駆動条件の参加者が作成した変数の種類には実験間で差異が見られた．これは，彼らが 2 つの実験において異なる仮説を検証するためにデータ空間の探索を行っていたことを示す．学習効果に関する仮説が支持される実験 1 では，仮説駆動条件の参加者は学習効果の検証を短時間で打ち切っていた．ここから，彼らは主に学習効果が生じる理由を検討するために変数の作成を行っていと考えられる．実際に，変数の作成を行った 14 名のうち 8 名は，実験者が準備した理由の検証に使用可能な，一問あたりの思考時間にあたる変数を作成していた．

一方，実験 2 では学習効果に関する仮説はデータにより支持されないが，参加者は仮説をすぐには棄却せ

ず，長い検討を続けた．この結果は，先行研究の結果と一貫している [11]．参加者は仮説を支持する証拠を見つけようと，新しく学習結果に関する変数を作成したと考えられる．これらの結果から，参加者は自身の仮説を支持する証拠が不足していると感じたときに，データ空間の深い探索を行うことが示唆される．

3.2 探索の広さ

データ空間の探索の広さに関しては，広さ仮説において，データ駆動アプローチは仮説駆動アプローチよりも広い探索を促進することを予測した．実験 1 では，データ駆動条件の参加者の方が，仮説区駆動条件よりも偏りの少ない探索を行っており，広さ仮説を支持する結果が得られた．しかし，実験 2 では，仮説駆動条件における探索の偏りは解消され，広さ仮説は支持されなかった．

実験 2 の結果は，一見，仮説が支持されない場合は仮説駆動アプローチからデータ駆動アプローチへと方略を切り替えるという Klahr の結果と一致している [12]．しかし，重要な点として，探索の深さは実験 2 においても仮説駆動条件の方が深かった．もし，アプローチを変更しているのであれば，探索の深さは浅くなるはずである．

我々は，実験 2 の仮説駆動条件の参加者は，仮説駆動アプローチを継続して用いていたと考える．仮説駆動アプローチを用いた参加者は，最初に探索を行った狭い範囲では，自身の仮説を支持するデータを見つけることができなかった．そこで，アプローチを変更するのではなく，仮説を保持したまま，データ空間の探索範囲を広げることにより，仮説を支持するデータを探そうとしたと考えられる．その結果，実験 2 では両条件の探索の偏りに差異がなくなったのである．

3.3 結果の解釈

両条件ともに参加者に同一のデータを与えたにも関わらず，実験 1 では，学習効果の説明に関して傾向ではあるが差異が生じた．実験で教示された 2 つの自宅学習アプリは，旧システムは例題を見ながら問題を解く，新システムは例題を消した状態で問題を解くというものであった．それらの特性を元に仮説をたてた場合，「新システムを使用するとよく考えて問題を解いていた」という仮説は非常には思いつきやすい．実験 1 で与えられたデータはこの仮説を支持するため，仮説駆動条件の参加者はこの仮説に着目し，分析を行い，その結果記述が増加したと考えられる．

データ駆動条件の参加者では，実験 1, 2 ともに意欲や塾に通う時間などを学習効果の理由とする，評価実験の参加者特性に着目した記述が散在した．また，同一の分析結果を得ても，同条件の他の参加者と異なる理由に帰結することもあった．これは，様々な結果を，後から統合して検討することにより，広い視点から柔軟な思考が可能であったためであると考えられる．

本実験の結果から，仮説駆動アプローチを用いると，仮説を立てる段階で一定の傾向を持ちやすく，参加者間で類似した記述が行われやすいことが示された．一方，データ駆動アプローチを用いると，分析結果に対し後から説明をつけるため，様々な解釈がなされることが示唆された．

4. 結論

データ駆動アプローチを用いた参加者はデータ空間を広く，浅く探索する一方，仮説駆動アプローチを用いた参加者はデータ空間を狭く，深く探索することが示された．ただし，仮説駆動アプローチを用いた場合，自身の仮説が支持されないと，仮説を支持するデータを求め，探索範囲を広げていくことが明らかとされた．今後は，結論に用いられた分析結果やその整合性，妥当性も検討する必要がある．

謝辞

この研究に貢献した名古屋大学情報文化学部岡村渓太君に感謝の意を表します．

5. 参照文献

文献

[1] Van Joolingen, W. R., De Jong, T., (1991) “Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation”, Instructional Science, Vol. 20, No. 5-6, pp. 389-404.

[2] Van Joolingen, W. R., De Jong, T., (1997) “An extended dual search space model of scientific discovery learning”, Instructional Science, Vol. 25, No. 5, pp. 307-346.

[3] Klahr, D., Dunbar, K., (1988) “Dual space search during scientific reasoning”, Cognitive Science, Vol. 12, No. 1, pp. 1-48.

[4] Shute, V. J., Glaser, R., (1990) “A large-scale evaluation of an intelligent discovery world: Smithtown”, Interactive Learning Environments, Vol. 1, No. 1, pp. 51-77.

[5] Chen, Z., Klahr, D., (1999) “All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy”, Child Development, Vol. 70, No. 5, pp. 1098-1120

[6] Grolemund, G., Wickham, H., (2014) “A cognitive interpretation of data analysis”, International Statistical Review, Vol. 82, No. 2, pp. 184-204.
[7] Jolaoso, S., Burtner, R., Endert, A., (2015) “Toward a deeper understanding of data analysis, sensemaking, and signature discovery”, Human-Computer Interaction, pp. 463-478.
[8] Kell, D. B., Oliver, S. G., (2004) “Here is the evidence, now what is the hypothesis? the complementary roles of inductive and hypothesis-driven science in the post-genomic era”, Bioessays, Vol. 26, No. 1, pp. 99-105.
[9] Simon, H. A., Lea, G., (1974) “Problem solving and rule induction: A unified view”, In L. W. Gregg (Ed.), Knowledge and cognition (pp. 105-127) Hillsdale, NJ: Erlbaum.
[10] De Mast, J., Trip, A., (2007) “Exploratory data analysis in quality-improvement projects”, Journal of Quality Technology, Vol. 39, No. 4, pp. 301-311.
[11] Mason, L., (2001) “Responses to anomalous data on controversial topics and theory change”, Learning and Instruction, Vol. 11, No. 6, pp. 453-483.
[12] Klahr, D., (2000) Exploring science: The cognition and development of discovery processes, Cambridge, MA, The MIT Press.

「内なる他者の意見」を取り入れるには？：個人内で集合知を生み出す手法の問題点と改善策
How can we incorporate our inner others' opinion? : Problem of "wisdom of crowds in one mind" and remedy for this.

藤崎 樹[†]，本田 秀仁[‡]，植田 一博[†]
Itsuki Fujisaki, Hidehito Honda, Kazuhiro Ueda
[†] 東京大学大学院総合文化研究科，[‡] 安田女子大学心理学部
[†] Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo
[‡] Department of Psychology, Yasuda Women's University
bpmx3ngj@gmail.com

Abstract
Previous studies have shown that one can exploit the wisdom of crowds by oneself. Especially, Fujisaki et al. (2017) proposed the following method: For a problem, one firstly answers her/his own estimate; then, the same person estimates again at the perspective of general public. However, Fujisaki et al. (2017) also reported that s/he tends to ignore this second estimate when making her/his third (final) estimate. In order for people to naturally utilize the method in Fujisaki et al.'s study, we proposed a remedy for the above method: In the final estimate, a participant was provided with the instruction emphasizing that the second estimate was also generated by her/himself. The experimental results showed that the second estimate became to be taken into consideration in the final estimate.
Keywords — Estimation, Perspective-taking, Wisdom of crowds, Wisdom of crowds in one mind

1. イントロダクション

近年, 集合知（Wisdom of crowds, [1]）を個人内で生み出す手法が提案されている．これは，問題に対し，参加者自身の回答に加え，「他人」のような推定をすることを促すというものである．具体的には，２回目の推定の際，最初の推定からタイムスパンを設ける[2]，最初の推定は的外れだったなどと想定させる[3]ことで，２回目において，最初とは異なる推定が生まれることが報告されている．そして，この２つの推定の平均値が，最初の自身の推定よりも正確になることから，個人内で集合知を生み出せることが明らかにされている．Fujisaki et al. (2017) [4]は，２回目の推定の際，世間一般の人はどう推定するか想像させ，その値を回答させるという手法を提案している．結果，先行研究[3]の手法に比べ，同等以上に正確な推定が生まれること，さらに，回答に要する時間が短く，簡便な手法であることが報告されており，個人内で集合知を生み出す効果的・効率的な手法として捉えられる．

しかし，こうした手法を実生活で利用する場面を考えると，２回目の推定を自身の推定に取り入れる（e.g., 平均化）のかという問題が残る．Fujisaki et al. (2017) は，この点を検討した先行研究[5]と同様に，２回の推定の後，この２つの推定値を呈示した上での最終的な推定を行わせた．その結果，約 60%の試行で１回目の推定が最終的な推定としてそのまま採用され，２回目の「世間一般」の推定は無視される傾向にあることが報告されている．この結果は，Advice-taking という実験パラダイムで報告されている egocentric bias[6]とパラレルな現象として解釈することができる．Advice-taking とは, 問題に対してまず自身の推定を行わせ，続いて，それに対する他者の推定値を見せた上で，再度推定させるというものである．２回目の推定で他者の推定を取り入れれば正確な推定が得られるものの，参加者は，この他者の推定を無視する傾向にあることが報告されている．この観点からすると，Fujisaki et al. (2017) での「世間一般」の推定は，あたかも他者の推定として処理される格好になったと捉えることができる．

とはいえ，ここでの「世間一般」の推定は，あくまで参加者自身が生み出したものである．この点について強調する教示を与えることで，最終的な推定において「世間一般」の推定が取り入れられる可能性がある．本研究では, 行動実験を通じてこの可能性を検討した．

2. 方法

参加者：57 名の大学生・大学院生
課題：Fujisaki et al. (2017)[4]と同一の，一般的な推定課題 20 問．問題は全て 0-100%で回答．
群：本研究の手法を適用する１群のみ．
手続き：各問題について計３回の推定を行わせた（３セット）．３回目の推定以外の手続きは Fujisaki et al. (2017) と同一である．[１セット目]参加者自身の推定

を回答させた．[２セット目]「世間一般の人はどう推定すると思うか」と教示を与え，その値を答えさせた．[３セット目]問題文と，それへの参加者の以前の２回の推定値を見せた上で，最終的な推定値を答えさせた．その際，２回目の推定もまた参加者自身が生み出したものであることを強調する教示を与えた（表１）．

問題順は参加者ごとにランダマイズされ，セット間で固定された．

表 1. ３セット目の教示全文.

研究	教示
本研究	２回目では世間一般の推定を想像していただきました．しかしこれは，同時にあなたが行ったもう一つの推定でもあります．このことをよく考え，これら２つの推定をもとに，あなたがもっとも妥当だと思う値を回答してください．
Fujisaki et al. (2017)	下のふたつの推定値は，この問題に対し，あなたが先ほど回答したものです．３回目，そして最後の推定を行って下さい．

3. 結果・考察

３回目の推定において，２回目の世間一般の推定がどの程度取り入れられたかについて，先行研究[5]に従い分析した．指標としては，３回目の推定での１回目の推定への重み付けを表すωを設けた（式１，２）．X_i は i 回目の推定値を表している．たとえば，ω ＝１は３回目の推定で１回目の推定値が採用されたこと，ω＝0 は２回目の推定値が採用されたこと，ω ＝0.5 は２つの推定の平均値が採用されたことを表している．

$$X_3 = \omega X_1 + (1 - \omega) X_2 \qquad (式１)$$

$$\therefore \omega = (X_3 - X_2) \,/\, (X_1 - X_2) \qquad (式２)$$

分析では，試行ごとにωを計算し，カテゴライズした．カテゴリーは，先行研究[5]に従い[ω＜0; ω＝0; 0.01≦ω≦0.20; 0.21≦ω≦0.40; 0.41≦ω≦0.60; 0.61≦ω≦0.80; 0.81≦ω≦0.99; ω＝１; ω＞１]を設けた(小数第三位を四捨五入)．なお，１回目と２回目の推定値が同じであった試行は分析から除外した．

結果を図１に示す．図は本研究（“the present study”）に加え，Fujisaki et al. (2017) の結果も表示している．図より，Fujisaki et al. (2017) では６割近くあった，１回目の推定が３回目で採用されるケース（ω ＝ 1）が約４割に減少していることが分かる．さらに，３回目の推定で，前２回の推定が組み合わされたことを示すカテゴリー全て（0.01≦ω≦0.20; 0.21≦ω≦0.40; 0.41≦ω≦0.60; 0.61≦ω≦0.80; 0.81≦ω≦0.99）について，その割合が上昇していた．また，これら全カテゴリーを結合した上で，カテゴリーの頻度に関してχ^2検定を実行したところ，有意差が観察された（$\chi^2(4) = 45.58$, $p < .01$）．残差分析の結果，本研究の手法でω ＝１カテゴリーが有意に少なく，２つの推定が組み合わされたことを示すカテゴリーが有意に多かった（$ps < .01$）．

以上から，Fujisaki et al. (2017) の手法の「世間一般」の推定は，自身が生み出したものだと強調することで取り入れられることが明らかになった．本研究を通じて，Fujisaki et al. (2017) の手法を自然に利用可能なものに改良できたと捉えられる．

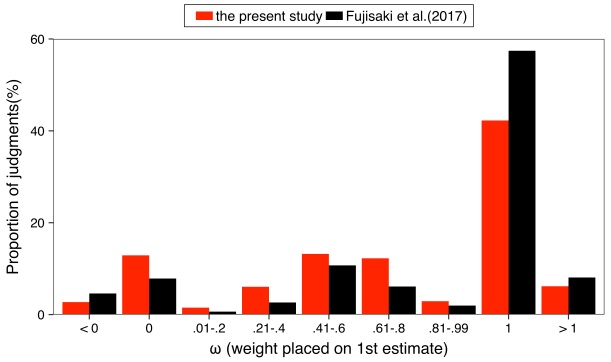


図 1. 各カテゴリーが，分析対象となった全試行のうち占める割合.

謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金，基盤研究 A（課題番号 16H01725），若手研究 B（課題番号 16K16070）による支援を受けて実施された．

参考文献

[1] Surowiecki, J. (2004). *The wisdom of crowds*. New York, NY: Doubleday.
[2] Vul, E., & Pashler, H. (2008). Measuring the crowd within: Probabilistic representations within individuals. *Psychological Science*, **19**, 645–647.
[3] Herzog, S. M., & Hertwig, R. (2009). The wisdom of many in one mind: Improving individual judgments with dialectical bootstrapping. *Psychological Science*, **20**, 231– 237.
[4] Fujisaki, I., Honda, H., & Ueda, K. (2017). On an effective and efficient method for exploiting "wisdom of crowds in one mind". In G. Gunzelmann, A. Howes, T. Tenbrink, & E. J. Davelaar (Eds.), *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2043-2048).
[5] Müller-trede, J. (2011). Repeated judgment sampling: Boundaries. *Judgment and Decision Making*, **6(4)**, 283–294.
[6] Yaniv, I., & Milyavsky, M. (2007). Using advice from multiple sources to revise and improve judgments. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, **103(1)**, 104–120.

変則的挙動に対する記憶ベース方略の ACT-R モデル検討
ACT-R Modeling for Memory-based Strategy for Anomalous Behaviors

松林 翔太[†], 三輪 和久[†], 寺井 仁[‡]
Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai
[†]名古屋大学, [‡]近畿大学
Nagoya University, Kindai University
matsubayashi@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

We usually encounter various anomalous behaviors of systems, such as machine failures, unexpected behaviors of intelligent agents, and irregular natural phenomena. In order to predict those anomalous behaviors, it is a useful strategy to infer the causal structure of target domains (the inference-based strategy). However, we assume another strategy, the memory-based strategy, to memorize the anomalous behaviors for the precise predictions. In the present study, we analyze features and benefits of the memory-based strategy, compared to the inference-based strategy using the spatial movement prediction task in the experimental approach and the model simulation approach. The Experiment revealed that participants who were instructed to apply the memory-based strategy encoded only the anomalous instances, but did not the regular instances. Additionally, the inference-based strategy was more effective for identifying the anomalous instances in a low-complexity task, whereas the memory-based strategy is more effective in a high-complexity task. In order to reveal the detailed processes of those strategies, we simulated those processes with the model based on ACT-R.

Keywords — Memory-based Handling Strategy, Inference-based Handling Strategy, Anomalous Instance, Regular Instance

1. 導入

私たちが環境に適応して生きていくためには，身の回りにあるシステムの挙動を予測することが重要である．システムによる定常的な挙動はスキーマによって比較的簡単に予測可能である．このような挙動を以下では「正則的挙動」と呼ぶ.

一方で，システムがそのような正則的挙動から逸脱した動作を行うことがある. 本研究では, そのような挙動を「変則的挙動」と呼ぶ. システムの挙動を予測するために，私たちは変則的挙動に対して複雑な認知的処理を行わなければならない．想定外の出来事に対してはスキーマ処理が中断され，注意の再分配などが行われる [1].

変則的挙動を予測する困難さは，様々な領域に共通して生じる. 例えば, コンピュータなどを使用する際に起こるシステム障害や機械故障に対峙した際，私たちはシステム挙動の予測を行う. 例えば, 航空機事故のシナリオにおいて，訓練時と同じ状況で故障が発生する場合と異なる状況で発生する場合を比較すると，前者の対応では正則的挙動の予測が達成される．しかし一方，変則的挙動を予測することが求められる後者においてはそれが困難であり，規範的ではない不適切な行動が多く見られたことが報告されている [2].

システム以外にも，人間などの自律的エージェントが変則的挙動を見せることもある．空間上を移動するエージェントの到達目標を推定する課題において，目標に向かって直進する正則的挙動から逸脱する変則的挙動が観察された場合，推定される目標はその挙動に大きく影響されることが示されている [3].

1.1. 変則的挙動の予測における方略

変則的挙動の予測は，人間の高次認知機能の重要な機能のひとつであると考えられる. 本研究では, 変則的挙動の予測を行うにあたり適用される 2 つの学習方略を考える.

1.1.1. 推論ベース方略

変則的挙動を発生させたシステムの原因構造に着目し, それを推論し理解することで, 変則的挙動を予測する.

先述した人工物の故障に対する理解行動として，要素を意味のある構造へ整理する診断が知られている [4]. 診断では，障害ログやケーブルなどの確認を通して障害の原因を特定し，その原因構造の理解が試みられる.

科学においても変則的挙動に対する推論が行われる. 科学的発見において，自身の持つ仮説にそぐわない変則的データは，理論構築において重要であると言われている [5][6][7]. 科学的発見の主要な目的はデータの説明であり，変則的データが生じたその原因構造を説明することで, 挙動を正確に予測することが望まれる.

人間は変則的挙動に直面すると，自然とその原因構造を推論しようと試みる. 空間的運動の知覚においては，エージェントの移動特性によって，そのエージェントの目標が自然と喚起される [3][8]. また文章理解では，文脈から期待される結末とは異なる結末が提示された際に，弁明や正当化など，その結末を説明する推論が行われる [9].

1.1.2. 記憶ベース方略

システムが見せる挙動を事例として記憶することで，変則的挙動を予測する.

変則的挙動の原因を理解しようと試みる推論ベース方略に対し，記憶ベース方略ではそのような理解は伴われない. 一例として, 過去の障害事例を蓄積したデータベースとして, ナレッジベースが活用されている. このデータベースにはとりあえずの対処方法が記されているのみで，障害事例の原因構造を必ずしも説明していない場合が多い. しかし十分に原因構造が明らかになっていない事例であっても，私たちはそれを参照し，障害復旧に活用している.

また，科学的発見においては変則的事例が生じた原因構造の説明が求められるにもかかわらず，変則的事例に対して説明を行わない無視や除外などの反応を示すことが知られている [10]. これらの反応は，一見科学的発見を遠ざけるものと捉えられやすいが，ケプラーの第三法則の発見など，観察データを事例として蓄積することが重要な発見に寄与した例も報告されている [11].

1.2. 目的

変則的挙動の観察を通して自然と働く推論は，そのシステムの構造やエージェントの目標を理解する助けになる. しかしながら, その構造や目標を私たちが必ずしも正しく理解できるとは限らない. 特に対象が複雑なシステムや高度なエージェントの場合には理解が困難になり, その結果, 変則的挙動の予測精度が低くなる可能性もある. また, 推論には知識と周囲の環境の統合過程が含むため [12]，多くの認知的資源を必要とし，その認知的負荷は大きいと考えられる.

一方, システムの構造を完全に理解せずとも, その挙動を事例として記憶することで得られる利点もあるだろう. 動的環境で出力を統制する課題において, その入出力の対応を記憶した場合，学習時と同じ状況では成績が高いことが示されている [13]. 以上より，変則的挙動の予測を行う状況においても，事例の記憶を試みる方略は十分な効用があると期待される.

変則的挙動を扱う先行研究の多くは，推論ベース方略を用いることを前提として議論が進められてきた. 特に科学的発見や意図推定の領域では，その推論の過程や, 推論による学習内容に主に着目されてきた. 一方で, 記憶ベース方略に関しては, その有用性が期待できる一方で，変則的挙動の予測という文脈でその機能について議論された研究は見当たらない. そこで本研究では，変則的挙動の予測の観点から記憶ベース方略に着目し，その特性と効用について検証を行う.

本研究では，心理実験および認知アーキテクチャによるモデルシミュレーションの 2 つのアプローチを用いる. まず心理実験では, 記憶ベース方略, もしくは推論ベース方略のいずれを用いるかを教示により誘導し, 変則的挙動を予測するための十分な学習を行わせる. その後のテストにて，正則的挙動または変則的挙動を見せる事例を複数提示し, その反応の違いから, 記憶ベース方略を適用した際の学習時の処理について検証を行う.

本研究の目的は，変則的挙動を予測するために行われる認知的処理を解明することであり，心理実験単独では，その詳細な処理を明らかにするには手続き上の限界がある. そこで, 心理実験で得られたデータをもとにモデルシミュレーションを実施し，変則的挙動の予測において，記憶ベース方略で行われる処理について明らかにする.

1.3. 仮説

実験では, 正則的挙動を見せる事例 (以下, 正則事例とする) と変則的挙動を見せる事例 (以下, 変則事例とする) がともに観察される状況において, それらの事例に対する方略を教示で誘導した. その後, 事例の挙動を予測させるテストをもとに，記憶ベース方略の特性と効用について，以下の 2 つの仮説を検証した.

1.3.1. 仮説 1

記憶ベース方略を適用する場合，スキーマに従う正則的事例に対しては，これをデフォルト値として認識するため処理が行われず，変則事例に対する処理のみが行われる.

視覚的探索課題において，そのシーンに存在する可能性の高い刺激よりも，可能性が低い刺激に対して選択的に素早く注意を向けやすい [14]. その根拠として,

シーンのスキーマに一致する刺激は，スキーマのデフォルト値として標準化されるという仮説が提唱されている [15]．正則事例はスキーマによって予測可能な事例であるため，記銘する必要はない．一方，そのスキーマに従わない変則事例は予測のためには記銘されると考えられる．

1.3.2. 仮説 2

複雑さが低いシステムにおいては，変則事例の予測に関して，推論ベース方略のほうが有効であるが，複雑さの高いシステムに対しては，記憶ベース方略のほうが有効である．

人工言語の学習において，その構造が単純な場合は規則への着目が，複雑な場合は事例への着目が有用であることが示されている [16]．またカテゴリ学習においては，初心者にとって，構造に着目した学習は認知的負荷が高い一方，事例を通した学習は認知的負荷が低く，有用とされている [17]．記憶ベース方略の認知負荷を軽減する特性は，多くの認知資源を要する複雑さの高いシステムにおいて特に有効に機能すると考えられる．

2. 課題

空間上を移動するボールの動きから最終的な到達位置を予測する課題を開発した (図 1)．課題画面はボールの動きが見える可視領域と，遮蔽により見えない不可視領域で構成されていた．そして不可視領域内に隠された物体を設置し，それによってまれに変則事例を生じる状況を設定した．ボールが移動中にその物体に接触し，その進行方向が変わる事例，すなわち屈折する事例を変則事例とし，接触せずに当初の進行方向から変わらない事例，すなわち直進する事例を正則事例とした．

ボールは外枠上のある初期位置からある初期角度で射出され，不可視領域内では一時的に動きが見えなくなる．その後，可視領域で再び観察可能になり，外枠上のいずれかに到達したところで停止する．

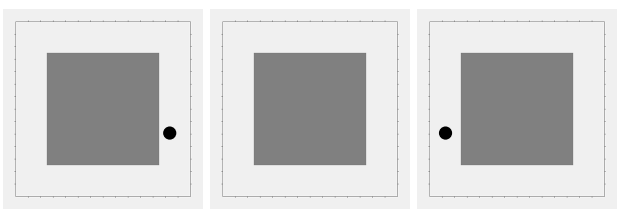


図 1　観察フェーズの画面.

2.1. 観察フェーズとテストフェーズ

本課題は，観察フェーズとテストフェーズを繰り返し交互に実施する．観察フェーズでは，ボールが射出されて再び枠上に停止するまでの様子を観察し，その後，初期位置と到達位置の確認画面が表示された (図 2)．確認画面は参加者がマウスで左クリックするまで表示された．続くテストフェーズでは，ボールが同じように射出されるが，不可視領域に入った直後にボールが一時停止し，パドルが表示される (図 3)．参加者は，ボールが最終的に到達する位置がパドルに含まれるようマウスで自由に移動させ，右クリックでパドルの位置を確定する．パドルは，ボールが仮に直進した場合に到達する位置に初期表示される．つまり，参加者が変則事例と判断した場合のみ，パドルを移動させる必要がある．その一方，正則事例と判断した場合はパドルを初期表示された位置から移動しなくても，ボールの到達位置がパドルに含まれる．なお，テストフェーズではこの到達位置の予測に関する正誤のフィードバックは参加者に与えられない．

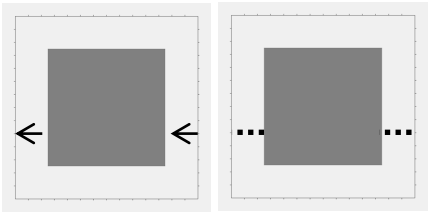


図 2　観察フェーズの確認画面．記憶条件 (左) と推論条件 (右).

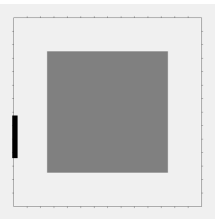


図 3　テストフェーズの画面.

2.2. 方略

本課題の観察フェーズで提示される変則事例に対して適用される 2 つの学習方略は，以下のように定義される．

2.2.1. 記憶ベース方略

観察フェーズにおける可視領域のボールの動きに着目し，入出力関係を事例として記憶することで，テスト

フェーズで変則事例を予測しようと試みる. 初期位置・角度と到達位置の組み合わせが事例ごとに記銘されることが期待される.

2.2.2. 推論ベース方略

観察フェーズにおける不可視領域のボールの動きに着目し, 隠された物体を推論することで, 屈折の原因を理解し, テストフェーズで変則事例を予測しようと試みる. 事例が提示されるごとに物体に関する表象が逐次更新されることが期待される.

2.3. 課題の複雑さ

各方略適用時における, システムの複雑さによる影響を検討するため, 不可視領域に設定された物体の形状から, 複雑さの異なる 2 つの課題を設けた (図 4). 易課題では四辺が外枠と平行な四角が設定されたため, 変則事例の屈折角度パターンが少なく単純である. 一方, 難課題では円形の物体が設定されており, 変則事例の屈折角度は複雑なパターンが存在する.

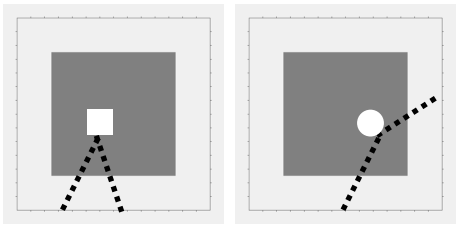


図 4 課題の複雑さの設定. 易課題 (左) と難課題 (右).

3. 心理実験

3.1. 方法

3.1.1. 参加者

大学生 46 名が実験に参加した. 記憶ベース方略条件 (以下, 記憶条件とする) と推論ベース方略条件 (以下, 推論条件とする) のいずれかに無作為に割り当てられた.

3.1.2. 手続き

参加者は, 後のテストフェーズでボールの最終的な到達位置をできる限り正確に予測するため, 観察フェーズでボールの動きを注意深く観察するように促された. また, 観察フェーズの学習方略に関する教示で条件分けを行った. 記憶条件では, 確認画面で表示される 2 つの矢印 (図 2 左) に着目し, それを記憶することが求められた. 2 つの矢印は入力と出力の組み合わせに注意を向けさせる狙いがあった. 推論条件では, 確認画面で表示される点線の軌跡 (図 2 右) に着目し, 不可視領域に隠された物体について推論することが求められた. 一続きの点線は入出力の関係性を強調し, 背後にある構造に自然と注意が向くことを期待した. ただし, 記憶条件で提示される矢印と, 推論条件における点線が持つ情報の内容は同一である.

一続きのボールの動きを 1 試行として, 観察フェーズ 12 試行, テストフェーズ 12 試行を合わせて 1 ブロックとし, 5 ブロックを連続して実施した. ブロック 2 以降で変則事例の挙動を予測させるため, ブロック 1 は観察フェーズ・テストフェーズともにすべて正則事例を提示した. ブロック 2 から 5 の観察フェーズでは, 12 試行中 9 試行が正則事例, 3 試行が変則事例で構成された. テストフェーズでは, 正則事例 6 事例, 変則事例 6 事例が提示されたが, 直前の観察フェーズで提示された既知事例, テストフェーズで新たに提示される未知事例が, それぞれ 3 事例ずつ含まれていた (表 1). 以降それぞれを, 正則-未知事例, 正則-既知事例, 変則-既知事例, 変則-未知事例と示す.

本課題は, 易課題 5 ブロックを実施し, 小休憩を挟んだ後, 難課題 5 ブロックを実施した. 難課題開始時には, 易課題からボールの動きが一新されることを強調した.

なお, これらの本課題に先立ち, 画面の確認やマウス操作の練習を行った. このとき提示された事例はすべて正則事例であった.

表 1 ブロック 2〜5 の試行構成.

	事例	経験
観察フェーズ	正則 (9)	−
	変則 (3)	−
テストフェーズ	正則 (6)	未知 (3)
		既知 (3)
	変則 (6)	未知 (3)
		既知 (3)

3.2. 結果の予想

3.2.1. 予想 1

観察フェーズにおいて確認画面が表示されてから参加者がクリックするまでの時間 (以後, 観察時間とする) は, 記憶条件では変則事例より正則事例のほうが短いだろう. 仮説 1 より, 正則事例はデフォルト値として記銘されないことから, 記銘に時間を要する変則事

例との間に，観察時間の差が生じるだろう．

3.2.2. 予想 2

仮説 1 より，記憶条件では，テストフェーズの変則事例に対しては, 変則-未知事例より変則-既知事例でパドル移動試行数が多いだろう. 一方, 正則事例に関しては, 正則-未知事例と正則-既知事例の間には差がないだろう．変則事例は観察フェーズにおいて記銘されるため，テストフェーズで提示される変則-既知事例は正しく弁別できる. その結果, 記憶条件では変則事例において変則-未知事例より変則-既知事例のパドル移動試行数は多くなる．一方，正則事例は観察フェーズにおいて, デフォルトとして記銘されないと考えられる. そのため記憶条件では，正則事例における正則-未知事例と正則-既知事例のパドル移動試行数に差は生じないだろう．

3.2.3. 予想 3

テストフェーズにおける変則事例の到達位置の予測成績は，易課題では推論条件が変則-未知事例において高くなるだろう．一方，難課題では記憶条件が変則-既知事例において高くなるだろう．推論条件は易課題において，推論で得られた隠された物体に関する表象を，未知事例に対しても適用できるため成績が高くなる．一方, 難課題では, 推論条件は不十分な表象しか得られずにそれを適用できない. 対して記憶条件は, 観察フェーズで記銘された既知事例なら，正確な同定が可能であると考えられる．この同定は課題の複雑さに影響されづらいため，難課題では推論条件よりも変則-既知事例の予測成績が高くなるだろう．

3.3. 結果

マシントラブルや教示違反によりデータ欠損のあった 3 名を除外し，記憶条件 24 名，推論条件 19 名を分析対象とした．

分析はブロック 5 におけるテストフェーズのデータを対象とした. これは, 特に推論による効用が現れるためには，一定数の事例観察が必要なためである．

3.3.1. 観察時間

ブロック 5 における観察時間において，正則事例と変則事例の間において t 検定を実施した（表 2）．その結果, 記憶条件では, 易課題・難課題それぞれにおいて, 変則事例より正則事例の観察時間が短かった（易課題: $t(23) = 2.7$, $p < 05$, $r = .50$; 難課題: $t(23) = 3.0$, $p < 01$, $r = .54$）．以上より，予測 1 が確認された．

また, 推論条件においても, 易課題・難課題それぞれにおいて，変則事例より正則事例の観察時間が短かった（易課題: $t(18) = 4.3$, $p < 001$, $r = .72$; 難課題: $t(18) = 3.0$, $p < 01$, $r = .58$）．

まとめると，課題の複雑さによらず, 記憶条件・推論条件ともに，変則事例より正則事例の観察時間が短かった．以上は，仮説 1 を支持する結果がである．

表 2　ブロック 5 における観察時間（秒）.

		正則	変則	
記憶	易課題	2.04 (0.18)	3.50 (0.50)	*
	難課題	1.89 (0.08)	4.11 (0.69)	**
推論	易課題	4.25 (0.75)	7.57 (1.17)	****
	難課題	2.05 (0.22)	5.12 (0.94)	**

****: $p < .001$, ***: $p < .005$, **: $p < .01$, *: $p < .05$

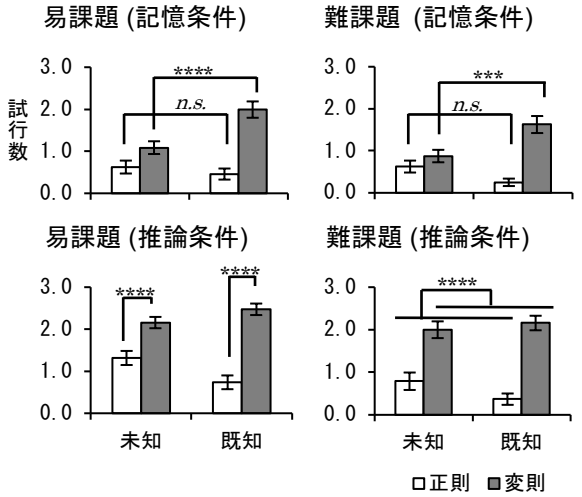
3.3.2. パドル移動試行数

ブロック 5 におけるパドル移動試行数について，2 (経験: 未知/既知) × 2 (事例: 正則/変則) の分散分析を実施した（図 5）. その結果, 記憶条件の易課題では, 交互作用が有意であった（$F(1, 23) = 12.4$, $p < .005$, $\eta^2 = .08$）．変則事例において変則-未知事例より変則-既知事例が多かったが（$F(1, 46) = 17.4$, $p < .001$），正則事例において正則-未知事例と正則-既知事例の差は有意ではなかった（$F(1, 46) = 0.5$, *n.s.*）．同様に，記憶条件の難課題でも，交互作用が有意であった（$F(1, 23) = 11.1$, $p < .005$, $\eta^2 = .10$）．変則事例において変則-未知事例より変則-既知事例が多かったが（$F(1, 46) = 8.8$, $p < .005$), 正則事例において正則-未知事例と正則-既知事例の差は有意ではなかった（$F(1, 46) = 2.2$, *n.s.*）．以上より，予想 2 が確認された．

加えて, 推論条件の易課題では, 交互作用が有意であった（$F(1, 18) = 15.3$, $p < .001$, $\eta^2 = .06$）．未知・既知事例ともに正則事例より変則事例が多かった（$F(1, 36) = 20.0$, $p < .001$; $F(1, 36) = 85.2$, $p < .001$）．さらに，推論条件の難課題では, 交互作用は有意ではなく（$F(1, 23) = 2.1$, *n.s.*, $\eta^2 = .02$），経験の主効果も有意ではなかったが（$F(1, 23) = 0.7$, *n.s.*, $\eta^2 = .00$），事例の主効果が有意であった（$F(1, 23) = 69.9$, $p < .001$, $\eta^2 = .47$）．これらの結果は, 推論条件では, 観察フェーズにおいて事例が記憶されたのではなく，隠された物体の推論を通して得た表象を，テストフェーズで活用していたこ

とを示している.

まとめると, 記憶条件では, 課題の複雑さによらず, 変則事例のパドル移動試行数は変則-未知事例より変則-既知事例が多いが, 正則事例では正則-未知事例と正則-既知事例に差がなかった. 一方, 推論条件では, 課題の複雑さと未知・既知によらず, 正則事例よりも変則事例においてパドル移動試行数が多かった. 以上は, 仮説 1 を支持する結果である.



****: $p < .001$, ***: $p < .005$, **: $p < .01$, *: $p < .05$

図 5 パドル移動試行数.

3.3.3. 変則事例の予測成績

ブロック 5 における変則事例の到達位置の予測成功試行数について, 記憶条件と推論条件の間において t 検定を実施した (表 3). その結果, 易課題の変則-未知事例では記憶条件より推論条件の予測成績が高かったが ($t(35) = 3.7$, $p < 001$, $r = .54$), 変則-既知事例では有意な差は見られなかった ($t(41) = 0.9$, *n.s.*, $r = .15$). 一方, 難課題の変則-未知事例では記憶条件より推論条件の予測成績が高い傾向が見られ ($t(24) = 1.9$, $p < .10$, $r = .36$), 変則-既知事例では推論条件より記憶条件の予測成績が高かった ($t(40) = 3.5$, $p < .005$, $r = .49$). 以上より, 予想 3 が確認された.

まとめると, 変則事例の予測成績において, 易課題では推論条件が変則-未知事例の成績が高く, 難課題では記憶条件が変則-既知事例の成績が高かった. 以上は, 仮説 2 を支持する結果である.

表 3 ブロック 5 における変則事例の予測成績.

		記憶	推論	
易課題	未知	0.63 (0.12)	1.37 (0.15)	****
	既知	1.75 (0.23)	2.05 (0.20)	
難課題	未知	0.08 (0.06)	0.37 (0.13)	
	既知	1.33 (0.20)	0.42 (0.15)	***

****: $p < .001$, ***: $p < .005$, **: $p < .01$, *: $p < .05$

3.4. 考察

心理実験では, 変則事例の挙動を予測するために用いられる記憶ベース方略の処理と効用について検証を行った. その結果から, 以下の 2 点が明らかになった.

第一に, 記憶ベース方略では, 正則的な挙動から逸脱した変則事例のみ記銘が行われ, 正則事例はデフォルト値と認識されて記銘が行われなかった. もし正則事例を記銘していたなら, テストフェーズの正則-既知事例でパドル移動は行わないため, 正則-既知事例のパドル移動試行数が正則-未知事例より少なくなるはずである. しかし両者に差がなかったことから, 正則事例は記銘されなかったと推察される.

第二に, 変則事例に対する対処として, 複雑さが低い課題では, 推論ベース方略のほうが有効であるが, 複雑さの高い課題では, 記憶ベース方略のほうが有効であった. 記憶ベース方略は, 変則事例のみを記銘し, 同一の変則事例が現れたときに, 正確な同定を行なった. 教示では記憶する事例について特に指定していないにも関わらず, 正則事例は記銘が行われなかった. これは, 記憶ベース対処方略が, 正則事例をデフォルト値と認識して記銘しないことで, 認知的負荷を軽減している可能性を示唆している.

4. モデルシミュレーション

心理実験を通して, 記憶ベース方略では, 正則事例を記銘しないことで認知的負荷を軽減し, その結果, 複雑さの高い課題において有用である可能性が示唆された. しかしこの可能性は, 主にテストフェーズにおける両条件間の反応の差異から推察されたものであり, 観察フェーズの認知的処理を直接的に確かめたものではない. つまり, 記憶ベース方略において, 正則事例と変則事例は異なる処理が行われていたのか, また, 推論ベース方略よりも認知的負荷が軽減されていたのかについては, 厳密な意味では確認されていない. 心理実験単独による検証では, その詳細な処理を明らかにする上では多くの限界が存在する.

そこで本研究では，Adaptive Control of Thought-Rational (ACT-R) モデルによるシミュレーションを通して検証を行う [18]．構築されたモデルが心理実験の結果を再現することができれば，各方略の認知的処理の検証が可能になる．エージェントの目標推定の領域では，計算モデルを用いたアプローチが多く用いられている [3][19].

本研究では，正則事例と変則事例が混在する状況において，変則的挙動の予測のために行われている認知的処理をモデル上に再現し，その詳細について検証を行う．これらは心理実験ではその手続き上，直接的に計測することは困難であり，モデルシミュレーションによる検証が有効であると言える．

4.1. プロダクションルール

ACT-R モデルシミュレーションを行うために，記憶ベース方略および推論ベース方略それぞれのプロダクションルールを作成する．そのプロダクションルールはさらに，観察フェーズおよびテストフェーズに分けて実装される．

4.1.1. 記憶ベース方略

観察フェーズではまず，確認画面で提示される 2 つの矢印の検出から行われる．すなわち，2 つの矢印それぞれを Visual-location buffer 上で検出し，初期位置と角度，到達位置と角度を Visual buffer に格納する．もし 2 つの矢印の角度が異なるなら，変則事例として記銘を行う．すなわち，2 つの矢印それぞれの位置・角度を，Imaginal buffer 上で 1 つのチャンクとして統合し，Declarative memory に格納する．一方，2 つの矢印の角度が同じなら，正則事例として記銘は行わない．

テストフェーズでは，提示された初期位置と角度をもとに，記憶の検索が行われる．すなわち，入力として与えられた初期位置と角度を Visual buffer に格納し，それと一致するチャンクを Declarative memory から検索する．もし一致するチャンクを想起することができれば，それをもとにパドルを移動する．すなわち，一致したチャンクを Retrieval buffer に呼び出し，そのチャンクに書かれた到達位置を想起し，Motor を介してパドルをその位置まで移動する．一方，一致するチャンクがなければ，パドル移動は行わない．

したがって，記憶ベース方略では，観察フェーズにおいて，変則事例に対して正則事例では発火するプロダクションルールの数が少ないと想定される．

4.1.2. 推論ベース方略

観察フェーズで行う点線の検出までのプロダクションルールは，記憶ベース方略とほぼ同じである．点線の検出後，もし 2 つの点線の角度が異なるなら，それを変則事例として，隠された物体の位置と形状を推定する．すなわち，Imaginal buffer 上で 2 つの点線を伸ばし，その交点周辺は物体が存在する確率を高く推定する．また，2 つの点線の角度差分から物体の形状を推定する．一方，2 つの点線の角度が同じなら，その軌跡上は物体が存在しない領域として推定される．すなわち，その軌跡上は，物体が存在する確率を低く推定する．推定された物体の位置と形状は，最終的に Declarative memory に格納される．

テストフェーズでは，提示された初期位置と角度から線を延伸させ，それが推定した物体と接触するかの判断を行う．すなわち，Imaginal buffer 上の入力から延伸した線と，Retrieval buffer に呼び出された物体表象とを照合する．もし接触するなら，物体形状をもとに到達位置を予測する．すなわち，Retrieval buffer 内に呼び出された物体形状から屈折角度を算出し，Motor を介してパドルをその位置まで移動する．一方，接触しなければ，パドル移動は行わない．

推論ベース方略は，観察フェーズでは変則事例のみならず，正則事例についてもプロダクションルールが発火する．また，推論ベース方略ではプロダクションルールの数が多く，さらに複雑な処理を行うことから，記憶ベース方略よりも実行に時間を要し，処理エラーも起こりやすいことが想定される．

4.2. データ再現

上記のプロダクションルールによるシミュレーションを通して，心理実験で得られた 3 つのデータの再現を行う．すなわち，観察フェーズにおける観察時間，テストフェーズにおけるパドル移動試行数，予測成績である．

これらのデータをより精度よく再現するためには，記憶ベース方略における事例の記銘時および想起時におこるエラーや，推論ベース方略における確率推定エラーの考慮が必須である．各プロダクションやパラメータの調整を行い，再現精度を高めることで，各方略における詳細な認知的処理を明らかにすることができるだろう．

5. まとめ

本研究では，変則的挙動の予測の観点から記憶ベース方略に着目し，その特性と効用について検証を行った．そのアプローチとして，心理実験と ACT-R によるモデルシミュレーションの 2 つを組み合わせて実施した．両アプローチを効果的に用いることで，記憶ベース方略の認知的処理について，引き続きより詳細に検証を行っていきたい．

参考文献

[1] Meyer, W.-U., Reisenzein, R., & Schützwohl, A. (1997) "Toward a Process Analysis of Emotions: The Case of Surprise" Motivation and Emotion, Vol. 21, No. 3, pp. 251-274.

[2] Casner, S. M., Geven, R. W., & Williams, K. T. (2012) "The Effectiveness of Airline Pilot Training for Abnormal Events" Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 55, No. 3, pp. 477-485.

[3] Baker, C. L., Saxe, R., & Tenenbaum, J. B. (2009) "Action understanding as inverse planning" Cognition, Vol. 113, No. 3, pp. 329-349.

[4] Cegarra, J., & Hoc, J. M. (2006) "Cognitive styles as an explanation of experts' individual differences: A case study in computer-assisted troubleshooting diagnosis" International Journal of Human Computer Studies, Vol. 64, No. 2, pp. 123-136.

[5] Hempel, C. G. (1965) "Aspects of Scientific Explanation, and Other Essays in the Philosophy of Science". Free Press.

[6] Hempel, C. G. (2001) "The philosophy of Carl G. Hempel: studies in science, explanation, and rationality", Oxford University Press.

[7] Thagard, P., (1992) "Conceptual revolutions", Princeton University Press.

[8] Tremoulet, P. D., & Feldman, J. (2000) "Perception of animacy from the motion of a single object" Perception, Vol. 29, No. 8, pp. 943-951.

[9] Clary, E. G., & Tesser, A. (1983) "Reactions to Unexpected Events: The Naive Scientist and Interpretive Activity" Personality and Social Psychology Bulletin, Vol. 9, No. 4, pp. 609-620.

[10] Chinn, C. A., & Brewer, W. E. (1998) "An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science" Journal of Research in Science Teaching, Vol. 35, No. 6, pp. 623-654.

[11] Simon, H. A. (1998) "Discovering Explanations" Minds and Machines, Vol. 8, No. 1, pp. 7–37.

[12] Darabi, A. A., Nelson, D. W., & Palanki, S. (2007) "Acquisition of troubleshooting skills in a computer simulation: Worked example vs. conventional problem solving instructional strategies" Computers in Human Behavior, Vol. 23, No. 4, pp. 1809-1819.

[13] Lane, S. M., Mathews, R. C., Sallas, B., Prattini, R., & Sun, R. (2008) "Facilitative interactions of model- and experience-based processes: Implications for type and flexibility of representation" Memory and Cognition, Vol. 36, No. 1, pp. 157-169.

[14] Loftus, G. R., & Mackworth, N. H. (1978) "Cognitive determinants of fixation location during picture viewing" Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol. 4, No. 4, pp. 565-572.

[15] Hollingworth, A., & Henderson, J. M. (2000) "Semantic informativeness mediates the detection of changes in natural scenes" Visual Cognition, Vol. 7, No. 1-3, pp. 213-235.

[16] Reber, A. S., Kassin, A. M., Lewis, S., & Cantor, G. (1980) "On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure" Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, Vol. 6, No. 5, pp. 492-502.

[17] Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001) "When problem solving is superior to studying worked examples" Journal of Educational Psychology, Vol. 93, No. 3, pp. 579-588.

[18] Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004) "An integrated theory of the mind" Psychological Review, Vol. 111, No. 4, pp. 1036-1060.

[19] Pantelis, P. C., Baker, C. L., Cholewiak, S. A., Sanik, K., Weinstein, A., Wu, C. C., Tenenbaum, J. B., Feldman, J. (2014) "Inferring the intentional states of autonomous virtual agents" Cognition, Vol. 130, No. 3, pp. 360-379.

自由度の時間的分化としての熟達化：投球動作の分析
Motor expertise as temporal differentiation of degrees-of-freedom: a study of ball throwing

鳥居 拓馬，日高 昇平
Takuma Torii, Shohei Hidaka

北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
{tak.torii, shhidaka}@jaist.ac.jp

Abstract

In working on a task repeatedly, our ability for the task can be improved. This process is often called “expertization”. In bodily tasks, the ability for the task can be in part of their motor control. A hypothesis in motor control studies claims that trained motor control reduces the body’s degrees-of-freedom to meet the task’s accuracy requirements. By extending this, we hypothesized that improvement in a subject’s motor control ability can be captured as a temporal differentiation of the degrees-of-freedom of the subject’s body in the task motion. To examine this hypothesis, we tracked two subjects who trained to throw a ball by their non-dominant hand, over five days. The obtained 3D motion capture data was analyzed. The results of analysis agree with our hypothesis, but it is needed more data to be collected.

Keywords — Motor control, Skill acquisition, Expertization, Degrees-of-freedom, Fractal dimension

1. 運動制御の熟達化

私たち人はある課題に何度も繰り返し取り組むうちに，その課題をより短時間でより正確に処理できるようになる．人がある課題をよりよい成績で達成できるようになることは熟達化と呼ばれる．ある個人がある課題に関して熟達したかはその課題の定める成績（評価）に照らして結果的に知ることができる．そのとき，その成績向上の原因はその個人の何らかの能力の変化にあると考えて，その能力の変化を明らかにすることは，ある課題に熟達するとはどういうことかに迫る一歩といえる．その先に，どうやれば他者を効率よく熟達させられるかは教育学上重要なテーマである．

身体動作をはじめとする身体を使う課題では，その課題の定める成績を高めるように自らの身体をうまく操れる・制御できるようになることは熟達化の一側面である．Nikolai Bernstein [1]は 1940 年代に人間の身体動作の巧みさ（dexterity）に着目し，まったく同じ身体・環境の状況は 2 度と生じないにもかかわらず，さまざまな異なる状況で同じ目標を高い成績で達成できる仕組みを論じた．生物の身体は高自由度系である．人体は約 200 本の骨と約 600 本の筋肉から構成される．筋肉だけを考えても約 600 個の変数をうまく調整することで 1 つの動作が生成される．Bernstein は自由度こそが人間を含む生物の身体動作の巧みさを実現する条件であるとし，しかしこのような冗長な自由度をもつ身体を操作できるのはいかにしてなのかと問い，運動制御の中心的問題を提示した．Bernstein は冗長な自由度を除く仕組みとして運動の協調を論じた．

最適制御理論では，運動の協調（自由度の調整）を多様体上の分散で表すとき，ある課題の熟達者の動作では，その課題の成績に影響する要所では課題の正確さを要求する方向に動作のばらつき（分散）が小さくなる（反面，正確さを要求しない方向に分散が大きくなる）という無制御多様体仮説（uncontrolled manifold）[4][6][7]がある．

この無制御多様体仮説を踏まえると，正確さを要する課題の熟達者においてはその課題の要所と呼べるような動作の箇所で自由度を小さくするように動作全体の自由度を調整していると考えられる．著者らの研究[9]では，球技経験者の動作ではボールをリリースする時点付近（課題の要所）で身体の自由度を低くしている傾向を，また球技経験の少ない被験者の動作では自由度の抑揚が小さい傾向を報告している．この研究結果[9]から，日々の練習をこなし熟達化していく過程では，課題の要所の区別なく動作全体的に自由度の抑揚があまりない運動制御から，課題の要所で自由度を小さくするように動作全体の自由度を組織化していくという運動制御の変容が生じるという仮説が立つ．この運動制御の熟達化に関する著者らの仮説では，その運動制御の変容はそれを反映した身体動作のばらつき（分散）の変化として観察できるはずである．本研究ではある課題の達成に関わる身体環境系をある種の力学系とみなす[8]．身体環境系を力学系とみなすとき，観察された身体動作の各時点の自由度はその力学系

（身体環境系）から生成された軌道（動作の軌跡）の各時点のフラクタル次元として捉えられる[2]．熟達化を調べるにあたっては，正確さを要する課題であること，課題の成績を評価しやすいこと，および，課題の要所を予想しやすいことが求められる．そこで本研究では著者らの先行研究[9]も踏まえて投球課題を用いる．本発表では投球課題の被験者実験で熟達化に関する著者らの仮説を検討すべく取り組んでいる予備実験の結果を報告する．

2. 身体技能の熟達化の実験

本研究では，投球課題を例として熟達化に伴う運動制御の組織化を捉えるため，球技経験の少ない 2 人の被験者が利き手でない腕でボールを投げる様子を連続する 5 日間に渡って計測した．各被験者は，実験室の決められた位置に立ち，正面約 2 メートル先に対面で配置されたボードに向かってボールを投げる．ボードの中央には標的を表す十字のマークが書かれており，被験者は十字マークの交点めがけてボールを投げるよう教示を受ける．この課題の各試行の評価は，ボード上でボールが当たった位置から十字マークの交点までの距離（誤差・ミリ単位）とした（ゼロに近いほどよい）．被験者には各試行の結果は数値的にフィードバックしない．各被験者は，毎日 5 分間だけ利き手でない腕でボールを投げるトレーニングをしたあと，少し休憩し，テストとして 10 回十字マークの交点めがけてボールを投げた．テストに含まれる 10 試行の評価（距離）の平均と分散をその日の成績とした（ゼロに近いほどよい）．本発表ではそのうち課題の成績向上が見られた 1 名（被験者 I と呼ぶ）の分析結果を報告する．身体動作の計測には 3 次元光学式モーションキャプチャを用い，利き手でない腕につけた 6 個マーカーをその腕の肩のマーカーを原点とした相対座標系で表し分析した．

上記の無制御多様体仮説は低自由度の場合にいくつか実証的な報告があるものの[4][6][7]，高自由度の場合にはデータからその自由度を推定するのは一般に難しい[5]．身体環境系を力学系とみなすとき，データから各データ点のフラクタル次元（自由度を特徴づける）を推定する手法が開発されている[3]．本稿では[3]の分析手法を用いて被験者の身体動作を分析した．

3. 分析結果

図 1 は，被験者 I の 5 日間の成績（ボールの当たった位置から十字マークの交点までの平均距離とその標準偏差）を示す．図から，被験者 I は毎日練習を重ねるごとにその日のテストにおいて平均距離がおおむね減少傾向にある，つまり成績が向上傾向にある．この成績の向上をもって，本稿では被験者 I は利き手でない腕を用いた投球課題に熟達したとみなす．

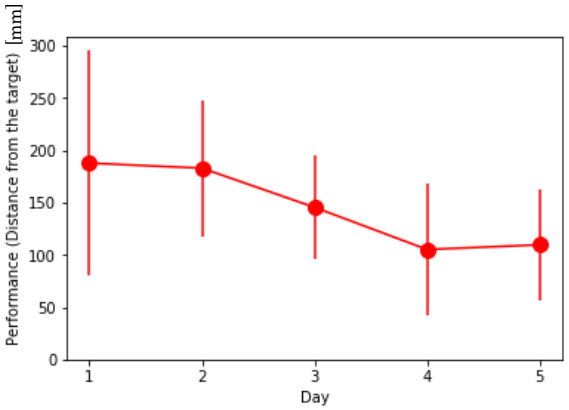


図 1. 投球課題の成績の 5 日間の変化（被験者 I）

投球課題では，室内で行われ実験環境の違いはほとんどなく，また被験者は基本的に自分の身体とボールだけを用いるので，その成績向上の原因は基本的にはその個人の運動制御の変容にあると考えられる．そこで，この被験者 I の運動制御の変容とくに動作中の自由度の構造変化を調べるため，モーションキャプチャで記録した被験者 I の運動データ（利き手でない腕のマーカーのみ）に対して力学系とみなしてその自由度を推定した．

図 2（本稿の末尾頁に掲載）は被験者 I の 5 日間の運動データから推定した自由度の変化を示す．図 2 の各図（1 日目～5 日目）では，横軸は手先に付けたマーカーの高さのピーク時点からの相対時間，縦軸は肩のマーカーからの相対的高さである．各図にはおおむね，初期のきをつけの姿勢から，ボールを投げる動作に移り，最後のきをつけの姿勢に戻るまでの一連の動きが含まれている．点の色は各点の次元（自由度を特徴づける）を示す．次元が低いほど自由度は低い．見やすさのため，各図には 5 個のマーカーの軌道および次元を各マーカー毎に全 10 試行分の平均をとって図示した．熟達化の観点から図 2 の 1 日目～5 日目を比較すると，日を経るごとに（練習を重ねるごとに）手先の高さがピークを迎えるあたりで次元が低くなり，かつ，きをつけからリリースに移行する中間の動作で次元が高くなる傾向がみえる．

4. 議論・考察

ボールを投げる動作のうち，手先の高さがピークあたりで次元が低くなる傾向は，ボール投げ動作ではこの付近はちょうどボールをリリースする時点に相当し，この投球課題で最も正確さを要求される要所だと考えられる．すなわち，課題の要所で身体の自由度を低くし正確さを高めるように，練習を通じて運動制御を変容させているのだと考えらえる．また，きをつけからリリースに移行する中間の動作で次元が高くなる傾向は，同じ被験者が同じ課題をやる場合でも厳密に同じ初期状態はありえないが，その上で安定して高い成績を達成するべくその初期条件の違いを吸収できるように高い自由度を保存しているのだと考えられる．

現時点では過度な一般化はできないが，本稿の結果から，利き手でない腕を用いた投球課題の熟達化においては，課題の要所で身体の自由度を下げて正確さを高め，それと同時に，その少し前の動作時点で自由度を上げて初期条件の違いを吸収するというような，ひとつの動作の最中でも取り組んでいる課題の状況や成績に合わせた自由度の組織化（役割の分化）が観察できたと著者らは考えている．

この結果は運動制御の熟達化とは何かを解明するうえで重要な足がかりと与えるだろう．今後は被験者数を増やし，本発表の結果が頑健なものかを確認していきたい．

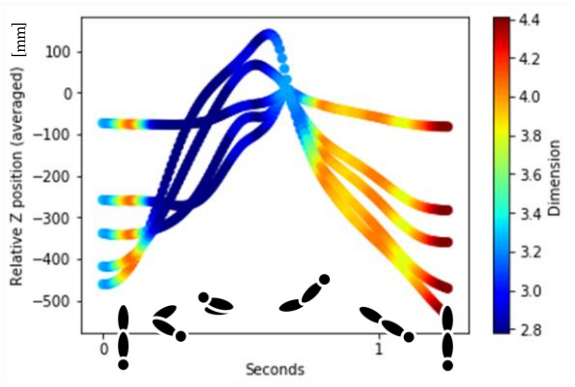
謝辞

本研究は科学研究費補助金 JP16H05860, JP17H06713 の助成を受けて行われた．

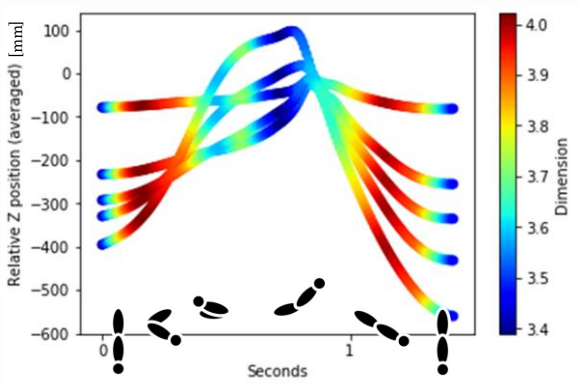
参考文献

[1] Bernstein, N.A. (1996) Dexterity and Its Development. Psychology Press.
[2] Cutler, C.D. (1993) A review of the theory and estimation of fractal dimension. In: Non-linear Time Series and Chaos: Dimension Estimation and Models, vol. 1, pp. 1-107. World Scientic
[3] Hidaka, S., Kashyap, N. (2013) On the estimation of pointwise dimension. ArXiv:1312.2298
[4] Latash, M.L., Scholz, J.P., Schoner, G. (2002) Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. Exercise and Sport Sciences Reviews, vol. 30, no.1, pp.26-31
[5] Latash, M.L., Scholz, J.P., Schoner, G. (2007) Toward a new theory of motor synagies. Motor Control, vol.11, pp.276-308
[6] Scholz, J.P., Schoner, G. (1999) The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. Experimental Brain Research, vol.126, pp.289-306
[7] Todorov, E., Jordan, M.I. (2002) Optimal feedback control as a theory of motor coordination. Nature Neuroscience, vol. 5, pp.1226-1235
[8] 日高昇平 (2013). 力学的不変量仮説：運動制御の最適化理論の上位原理として. 第 15 回身体知研究会予稿集, pp.9-15
[9] 鳥居拓馬，日高昇平 (2017) 利き手と逆の手の比較に基づく熟達技能への実験的アプローチ（大会発表賞寄稿）. 認知科学, vol.25, no.1, pp.122-125

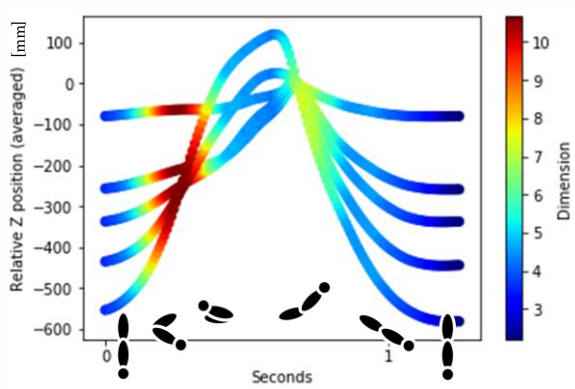
（1 日目）



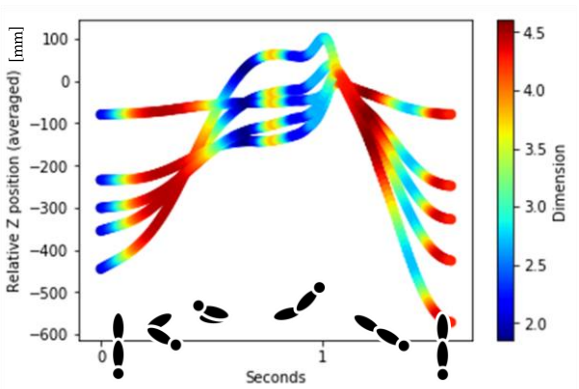
（4 日目）



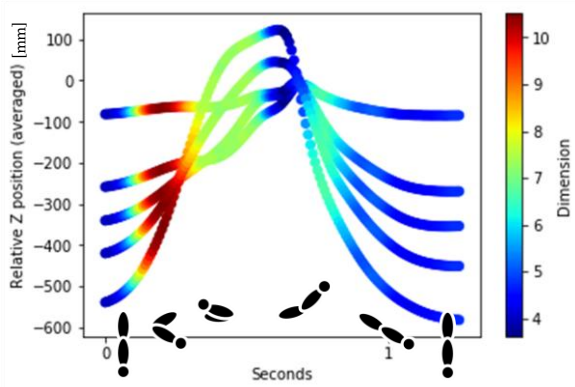
（2 日目）

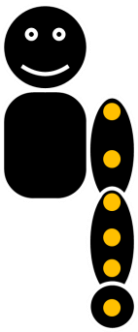


（5 日目）



（3 日目）





利き手でない腕
のマーカー配置

きをつけ（左図）
のとき縦一列に
並ぶ

図 2. 運動データから推定した投球動作中の自由度の 5 日間の変化（被験者 I）.
きをつけ → 投げ → きをつけを 10 試行繰り返したときの各マーカーの平均的高さ（Y 軸）と自由度（色）.
各図の下部にはおおまかに投球動作の各時点の腕の姿勢を模式図で示した.

認知アーキテクチャを利用した ことば遊びにおける音韻意識のモデル化

Modeling Phonological Awareness in Japanese Word Play using Cognitive Architecture

西川 純平†，森田 純哉†

Jumpei Nishikawa, Junya Morita

†静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

bi16050@s.inf.shizuoka.ac.jp

j-morita@inf.shizuoka.ac.jp

概要

言語能力に関わる脳機能障害への注目を背景に，言語の習得支援に関する研究の需要が高まっている．本研究では，認知アーキテクチャを用いてことば遊びを行う認知モデルを構築し，シミュレーションにより言語習得に必要な音韻意識のモデル化を試みた．さらに，認知アーキテクチャのパラメータを調整することによって，しりとりを活用した音韻意識の訓練が実現可能であるか検討した．

キーワード： 言語　ACT-R　しりとり

1. はじめに

言語の習得を支援することに関わる研究の需要が高まっている．この背景のひとつには，国際化と情報化の進展がある．第一言語が異なる人同士による共同作業が増加したことで，第二言語の利用が要求される場面も増えた．また別の背景として，言語の利用が困難となる脳機能障害への注目も挙げられる．人間の認知機能に関わる研究の進展によって，後天的な要因による失語症だけでなく，自閉症などの先天性の障害から来る言語発達遅滞についても，その原因や対処が理解されるようになった．

第二言語の習得や，脳機能障害を持つ人による言語の習得は，典型的な第一言語の獲得プロセスと多くの点で異なっている．典型的な第一言語の獲得プロセスにおいて，乳幼児は養育者のふるまいを観察し，その模倣を行うことで言語を獲得していく [1]．このプロセスのなかで，乳幼児は，音の分節化のパターン，記号と対象の対応関係など，膨大なパラメータの値を，共同注視や対称性バイアスなどの生得的に埋め込まれた認知的制約に誘導されながら推定している．それに対して，第二言語の習得や脳機能障害者の言語習得においては，生得的な制約を有効に活用することができない [2]．そのため，定型発達の第一言語話者と同等の言語スキルを得るにあたって，当人あるいはチュータによる多大な努力が費やされることになる．

こういった困難な学習を支援するためには，個人に応じた学習者モデルが必要である [3]．言語の習得につまずくといったとき，たとえば学習者が持っている語彙が不十分である，音節を切り出すことができていない，音節と文字の対応が取れていないなど，様々な原因が考えられる．学習支援システムのなかで，どのようなつまずきがどのような原因によって生じるのかが明確に切り分けられたモデルを参照することで，適切な介入を図ることができる．

上記の背景から，本研究では，言語の獲得に困難を抱いている個人の語彙をモデル化することを目指す．本研究の特徴は，言葉遊びを利用すること，認知アーキテクチャの知識やパラメータを，個人から受けたフィードバックをもとに推定することにある．前者のゲームとして，しりとりを扱う．後者の認知アーキテクチャには ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) [4]を用いる．

本稿の構成は次の通りである．まず，2 節にて本研究と関連する研究をレビューする．そののちに，本研究で実装を進めているプロトタイプモデルとモデルを用いたシミュレーションを示す．最後に現状のまとめと今後の課題を示す．

2. 関連研究

2.1. しりとりの利用

しりとりにおいて，参加者は，先行して答えられた単語の語尾文字を頭文字とする単語を回答する．ゲーム中で既に使われた単語や，特定の語尾文字をもつ単語を回答した場合は負けとなる．この手順は複数名で行われることが多いが，幼児向けの語彙学習の教材には，一人でのしりとり遊びを行わせるものも存在する．

しりとりは実装の容易さから，人と相互作用する様々なエージェントに組み込まれてきた．学術的には，しりとり課題中の言い淀みや間などを調整することで，ユーザによるエージェントの人間らしさの知覚を増強する研究などが行われている [5, 6].

しりとりを利用することで，学習者の語彙のモデルを構築する学習支援システムの研究も行われている．山本と柏原によるシステム [7] では，英単語を用いたしりとりを学習者と対話的に行う．そのなかで，学習者の語彙の状態を推定し，学習者のレベルに応じた支援を行う．

失語症の治療，あるいは自閉症の療育など，言語聴覚療法においても，しりとりは頻繁に用いられている．いくつかの論文の中で，療育中の自閉症児の検査にしりとりが利用されていることが示されている．しりとりを可能にする条件は，定型発達の幼児を対象とした横断的な調査によって明らかにされている [8]．音を音素に分割する音韻意識が必要であること，心的な語彙辞書に音韻による索引が付与されていることが必要であるとされている．さらに，音韻による語彙への索引付けには，かな文字の獲得が有効であることを示している．

本研究では，上記のようなしりとりを可能にする条件を，認知アーキテクチャ上にモデル化することを狙う．そのようなモデルをシステムに組入れることで，学習者の状態をモニタリングしつつ，困難な状況における言語の獲得を支援することを目指す．

2.2. 認知アーキテクチャの利用

認知アーキテクチャとは，個別の課題において生起する認知プロセスをモデル化する基盤である．認知アーキテクチャを利用したモデルにより，課題の達成に要求される種々の要因を切り分けたモデルを構築できる．様々な認知アーキテクチャが開発されるなかで，本研究では ACT-R [4] を利用したモデルに注目する．

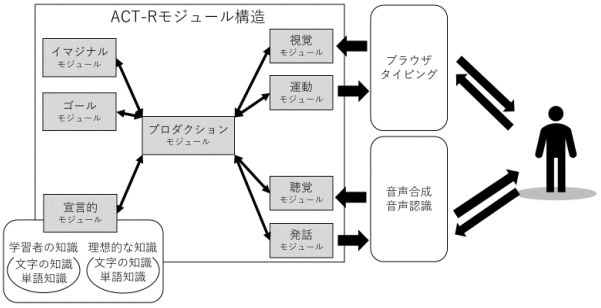


図 1 システム概要図

ACT-R は，複数のモジュールを持つプロダクションシステムである．モジュールの動作を規定する様々なパラメータが存在し，個人差のモデル化を容易にしている．また，外界とのインタラクションを受け持つモジュールを持ち，反応時間の予測が可能である. モジュールと脳部位との対応づけによって，fMRI などの生理データとの対応も可能となっている．

ACT-R を用いた言語の獲得に関する研究は多く行われている．英語の学習における不規則動詞の獲得に関わるモデル [9]，幼児による名詞の学習などのモデル [10] が構築されている．脳機能障害に関わる検討もなされており，失語症の文理解において生じるエラーを ACT-R のパラメータによって説明した研究も存在する [11].

しかし，認知アーキテクチャによるこれまでの研究において，しりとりを課題とした語彙獲得の研究は存在しない．2.1 にて述べたように，しりとりは音韻意識が関与する言語課題である．音声言語だけでなく，文字言語の習得との相関も指摘されている．つまり，しりとりは複数のモダリティが関与する言語課題である．そのようなモダリティ間のインタラクションを，ACT-R の保持するモジュール構造が有効にモデル化する可能性がある．

3. モデル

本研究が背景とする言語習得支援システムの概要を図 1 に示す．学習者の語彙構造の推定は，学習者としりとりを行うモデルのシステムを通したインタラクションから行われる．このシステムでは，ACT-R モデルと人が，ブラウザに表示されたインタフェース，または音声によってしりとりを行う．ひらがな入力と音声インタフェースを組み合わせることで，音韻意識の獲得が困難な学習者への支援が有効に行われる可能性がある．以下の節にて，既に実装されたプロトタイプモデルの内部処理を記載する．

3.1. モデルの構成

しりとりのプロセスを検討するため，簡易的なプロトタイプモデルを構築した．天野と近藤による『日本語の語彙特性』[12] に掲載されている親密度 4.0 以上の単語 2,000 単語をモデルの知識として用いてしりとりを行っている[1]．また，ユーザとのインタラクションを設けず，一人でのしりとりのプロセスを扱っている．モデルは自身の想起した単語から，語尾文字を抽出し，それを語頭に持つ単語を想起し，連結していくことになる．以下に ACT-R のモジュール構造によって，このプロセスがどのように実現されるかを示す．

3.1.1. 宣言的モジュール

ACT-R の宣言的モジュールを用いて，しりとりの遂行に必要な知識をモデル化する．ACT-R における宣言的モジュールは，チャンクと呼ばれる構成要素からなる．本研究のモデルが保持するチャンクは，単語の知識（語彙）に関するものと，文字の知識に関するものがある．前者のチャンクとして，単語の文字列情報を表す text-inf，単語の語頭文字の知識である word-heads, 単語の語尾文字の知識である word-tails というタイプを用意した．以下にそれぞれのタイプに含まれるチャンクの例を示す．

```
(ringo ISA text-inf text "ringo")
(word-head-ringo ISA word-heads
                 meaning ringo
                 head-char "ri")
(word-tail-ringo ISA word-tails
                 meaning ringo
                 tail-char "go")
```

各チャンクは，先頭にチャンク名が示され，その後にスロット名と値の組が続く．チャンクのタイプは，ISA スロットの値によって示され，それぞれが異なるスロットを持つ．text-inf をタイプとするチャンクは, text という名前のスロットを持ち, 文字列の情報 ("ringo") を保持する．word-heads タイプは，word-name スロットに 単語の知識, head-char スロットに語頭文字の情報を持つ．word-tail チャンクも同様に，単語の知識と語尾文字を組み合わせた情報を保持している．

本研究における ACT-R モデルは，上記のような単語に関わる知識の他に，文字に関わる知識をチャンクとして持つ．以下に例を示す．

```
(a ISA kana string "a")
(i ISA kana string "i")
(u ISA kana string "u")
     ⋮
(n ISA kana string "n")
```

このチャンクは，先に示した単語に関わるチャンクの構成要素となる．つまり，本研究のモデルにおいて，このチャンクに関わる操作が，しりとりにおける単語から文字を切り出す音韻意識に対応すると言える．

また，本モデルはしりとりのゲーム中で既に回答された単語に関する知識を保持するためのタイプ past を持つ．このタイプは単語の知識 past-word と単語の文字列知識 past-string からなる．past タイプのチャンクは，はじめは宣言的モジュール内には存在せず，しりとりの進行に従って生成され，格納されてゆく．

3.1.2. ゴールモジュール

ゴールモジュールは，課題の状態を一時的に保持する．本モデルでは，ゴールモジュールに保持される短期記憶は，回答単語を表すスロット(a-word)，回答単語の語頭文字を表すスロット(a-head)，回答単語の語尾文字を表すスロット(a-tail)とモデルの状態を表すスロット(state)によって構成される．これらのスロットの値はプロダクションモジュールによって逐次的に挿入，更新される．

3.1.3. イマジナルモジュール

イマジナルモジュールは，モデルの保持する内的表象を表現するために利用される．イメージした情報をチャンクとして生成する機能を持つ．本モデルの中では，単語を回答した際に，回答済みの単語を表すチャンクを新たに生成し，宣言的モジュールへ格納する役割を果たす．

3.1.4. 発話モジュール

発話モジュールは，口から言葉を発したり，頭の中で言葉を思い浮かべたりするのにかかる時間をシミュレートする．本モデルはひとりで行うしりとりを対象としているが，回答となる単語や，回答を検索するための文字を発話したり，思い浮かべたりするために，随時発話モジュールを利用している．

3.1.5. 聴覚モジュール

聴覚モジュールは，耳で聞きとった音について，位置を把握したり，内容を理解したりするのにかか

[1] 絶版により入手困難であったため，Web 上に抜粋されたリストを利用した．
http://www.ais.riec.tohoku.ac.jp/lab/wordlist/index-j.html

る時間をシミュレートする．本モデルでは，聴覚的な情報の入力があるまで常に待機しており，入力があった時には，その情報を一旦バッファに保持したのち，宣言的知識として格納する操作を行う．

3.1.6. プロダクションモジュール

プロダクションモジュールは，他のモジュールが保持する情報や状態を利用しながら，ルールを選択，適用し，モジュールを操作する様々な処理を行う．以下に，本モデルにおけるプロダクションの働きと，しりとりのプロセスを示す．

モデルは，単語の情報を受け取ると，しりとりのルールにのっとって単語を検索し回答する．図 2 は，モデルのルールをボックスで囲み，系列的に発火するルールを矢印で結んでいる．

モデルのプロセスは，回答候補を想起するプロセス（図 2 の左側の start から check-used まで）と想起された回答候補をチェックするプロセス（図 2 の check-used から右側のプロセス）に分けられる．

回答候補の想起プロセスにおいて，最初に単語の知識が，ゴールモジュールの a-word スロットに格納されている．この状態で，start ルールが発火し，a-word スロットの単語知識をもとに宣言的モジュール内の単語と語尾を結ぶ知識（word-tails をタイプとしたチャンク）が呼び出される．その後，focus-tail ルールが発火することで，語尾文字がゴールモジュールの a-tail スロットに格納される．retrieve-next-word ルールは，そのアルファベットを語頭に持つ単語 (word-heads をタイプとしたチャンク) を検索する．単語が検索されると，単語知識を次のゴール（a-word スロット）にセットする（set-next-goal ルール）．この間の単語，文字が呼び出された時点において，発話および聴覚に関わるルールが随時発火し，単語や文字の発話，聴覚情報の取得を行う．以上で回答候補を想起するプロセスは終了となる．

この後，モデルは想起された回答候補が，課題中で既出でないかの判定を行う．モデルの宣言的モジュールは，過去に想起された単語を経験として保持している（past というチャンクタイプ）． check-used ルールによってその想起に失敗した場合（過去にその単語を想起した経験がない場合），その単語を回答とし，start ルールに戻る．回答候補を手掛かりとした宣言的モジュールの検索によって，過去に想起した経験が思い出された場合（既出だった場合），回答単語の語頭文字との関連記憶を検索し（back-head ルール），語頭文字に着目し（focus-head ルール），語頭文字の知識を検索して（retrieve-head-chara ルール），再度文字知識から回答候補となる単語を検索するプロセスに入る．

また，focus-tail と retrieve-head-char ルールにおいて「ん」で終わる単語が検索された場合，back-head ルールが発火することで，既出語が検索された場合と同じく単語を再検索するプロセスに入る．

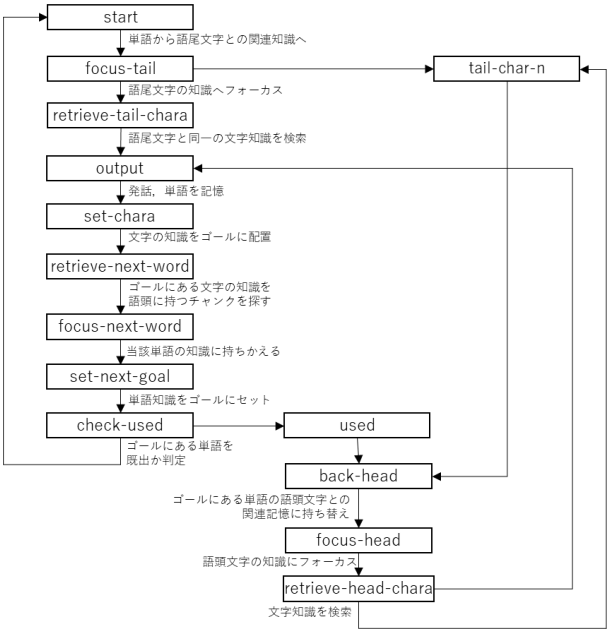


図 2 モデルのプロセス

3.2. モデルのパラメータ

ACT-R のモジュールは，数値的なパラメータによって調整される．本研究において重要なパラメータは，宣言的モジュールからのチャンクの検索に関わるパラメータである．ACR-R において宣言的モジュールに格納されるチャンクは，活性値を持つ．活性値は学習や忘却，文脈などに対応する複数の項の加算として定義される．このうち，本研究において注目するのは，学習と忘却の効果を表す以下のベースレベルである．

$$B_i = \ln\left(\sum_{j=1}^{n} t_j{}^{-d}\right) + \beta_i$$

上記の式において，B_iはあるチャンク i のベースレベルを表す．ベースレベルは，そのチャンクが参照された回数 n および ACT-R 内部でパラメータ(:bll)によって指定される減衰率 d と j 回目にチャンクが参照されてからの経過時間t_j，パラメータ(:blc)によって指定されるオフセットβ_iから算出される．

ベースレベルを項として算出される活性値は，そのチャンクの想起に要する時間に影響する（活性値の高いチャンクほど素早く想起される）．さらに，活

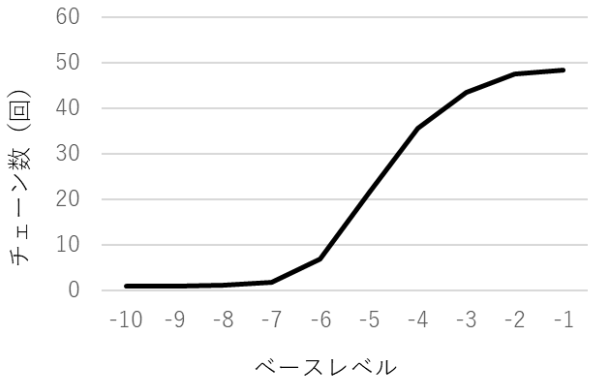


図 3 音韻意識と対応するチャンク活性による しりとりのチェーン数の変化

性値が一定(パラメータ:rt によって指定される閾値)よりも低いチャンクは，長時間の検索の試行が行われた後に失敗する．つまり，ベースレベルをシミュレーションのパラメータとして指定することで，ACT−R 内部での知識の使われやすさを制御することができる．以下に示すシミュレーションでは，ベースレベルと関連するパラメータを操作することで，しりとりの遂行における音韻意識の役割としりとりの遂行における音韻意識の獲得を検討する．

4. シミュレーション

4.1. シミュレーション 1: しりとりの遂行における音韻意識の役割

シミュレーション 1 では，しりとりの遂行における音韻意識の役割を検討した．本研究においては，人の音韻意識に対応する知識として kana タイプを想定している．よって，kana タイプの各チャンクの想起のされやすさ（活性値）は，発達過程における音韻意識の高まりと対応すると考える．

この想定から，各 kana タイプチャンクのベースレベルを複数の段階（-10〜-1）に固定するシミュレーションを行った．また，検索の成功に関わる閾値 (rt), 検索のノイズパラメータ (ans), 検索の遅延に関わるパラメータ (lf) は，ACT−R の他の研究を参考に設定した（rt = -5, ans = 0.5, lf=0.05）．kana タイプチャンク以外のチャンクの活性値は 0 に固定した．

シミュレーションの各試行において，モデルは 500 秒間しりとりを繰り返した．この試行の中で，しりとりがつながった回数をチェーン数として記録した．

図 3 にシミュレーションの結果を示す．グラフの縦軸にチェーン数（1,000 回の実行の平均），横軸に設定されたベースレベルを示す．図 3 より，ベースレベルの値が一定に達すると，チェーン数が極端に増加することがわかる．音韻意識と対応するチャンクの活性値がしりとりの成功に影響したことから，発達研究 [8]の知見と整合し，音韻意識がしりとりの成立に関与する条件となることが示される ．なお，グラフ右側において，ベースレベルが十分に高くなるにつれて傾きが緩やかになっていることは，このシミュレーションにおいて，しりとりに利用可能な単語が開始時点で登録した 2,000 語に限られ，その後増加しないためであると考えられる．

シミュレーション 2: しりとりの遂行による音韻意識の発達

シミュレーション 1 において，初期値として設定されたベースレベルは，シミュレーションの実行によって変動しなかった．それに対して，シミュレーション 2 では，しりとりを行うことで音韻意識を訓練することの可能性を検討する．つまり，しりとりを行って行く中で，モデルの保持する知識の活性が変動する状況を設定する．初期値を低く設定された kana タイプチャンクが，一度しりとりに成功することで，増加していくこと確認する．

この目的を達成するためには，シミュレーション 1 で行ったようなベースレベルを固定する操作を行うことはできない．ベースレベルの変動を計算するためには，式 1 における記憶検索のイベント j を定義しなければならない．今回のシミュレーションでは，各 kana タイプチャンクが過去に一度だけ利用され，それ以降使われていない状況を設定することで，チャンクのベースレベルの初期値を操作する．具体的には，ACT-R において各チャンクがもつ生成時間 (creation-time) のパラメータを，kana タイプチャンクについて，-1,000,000,000 秒 (31.7 年前) から 10 分の 1 ずつ減少させた 10 条件を設定する．さらに，減衰率 (bll) について，0, 0, 1, 0.5, 0.9 を設定する．減衰率が大きいほど，モデルのもつチャンクの活性値は時間の影響を大きく受けることになる．

上記の各設定について，シミュレーション 1 と同様，モデルは 500 秒間しりとりを繰り返す試行を 1,000 回実行した．Kana チャンクの creation-time を設定したこと，減衰率を設定したこと以外はシミュレーション 1 と同じパラメータの設定となっている．

シミュレーション結果を図 4 に示す．横軸は creation-time を表し，縦軸はチェーン数を表す．図より，減衰率によって，チェーン数のグラフが大きく

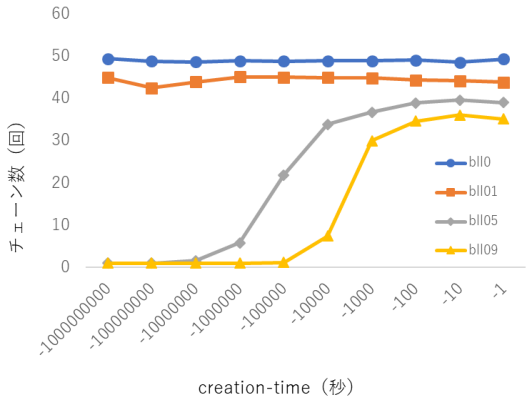


図 4 :bll と creation-time の指定による しりとりのチェーン数の変化

異なることが示される．減衰率が小さい時には，creation-time に関わらず，bll0 (bll = 0) と bll01 (bll = 0.1) のチェーン数は一定であり，他の条件のチェーン数よりも大きくなっている．減衰率は，活性値に対する時間の影響の大きさを表すため，この値が小さいときには，チャンク生成時間の影響を受けなかったものと考えられる．

一方で，減衰率が一定よりも大きい条件 (bll05: bll = 0.5, bll09: bll = 0.9) では，図 3 で観察されたものと類似したチェーン数の立ち上がりと収束が観察された．その立ち上がりは bll05 と bll09 で異なっている．bll05 は bll09 に比べ，creation-time の小さい段階において，しりとりのチェーンに成功することが示される．bll09 は creation-time がより最近にならないとチェーンに成功しないが，bll05 に比べれば，creation-time に対するチェーン数の伸びがより急激になっている．減衰率の高い状況においては，古い記憶に対して，最近検索された記憶項目の重みが大きくなる．このことから，bll09 におけるチェーン数の急激な伸びは，一旦用いられ始めた kana タイプチャンクの活性値がしりとりの遂行によって，増加していったことを示唆する．つまり，この結果は，人がしりとりを行うことによって，音韻意識を向上させる可能性を支持する．

5. まとめと今後

本稿では研究の最終的な目標を言語の習得に困難を抱いている個人の語彙をモデル化することとした．これを達成するために，ACT-R を用いてひとりしりとりを行うプロトタイプモデルを構築した．また，このモデルを用いてシミュレーションを行い，しりとり課題におけるモデルと人との類似点を確認した．このシミュレーション結果から，しりとりに利用される音韻知識や語彙知識をモデル化する手法が示唆され，それらの知識の活性値によって，音韻意識の高まりがしりとり課題に与える影響を再現できる可能性，およびしりとりを活用した音韻意識の訓練を実現できる可能性が示された．

本研究に対して，多くの課題が残されている．まず，シミュレーション結果の精査と，条件の異なるシミュレーションに対する結果の比較が必要である．また，モデルの発展が必要である．たとえば，本研究で構築したモデルは語彙に意味が欠如している．今後は，コーパスを用いることで，意味的制約を課したしりとりなどを行う語彙発達の課題により深く関わるしりとりのモデルの構築を目指す．さらに，本研究におけるモデルは，発話をするのみであり，インタラクションを実現する入出力の構造を持たない．今後，インタフェース部分やデータ保管方法に関する検討を加えることで，ユーザとのインタラクションを介した個人のモデル化を実現していく．この過程において，モデル及びシステムの妥当性を検証する実験も必要になるだろう．

文献

[1] Tomasello M., (1999) “The cultural origins of human cognition”, Harvard University Press.
[2] Baron-Cohen S, (1997) “An Essay on Autism and Theory of Mind”, The MIT Press.
[3] Anderson J. R., Boyle C. F., and Reiser B. J., (1985) “Intelligent Tutoring Systems.”, Science, Vol. 228, No. 4698, pp. 456–462.
[4] Anderson J. R., (2007) “How can the human mind occur in the physical universe?”, New York: Oxford University Press.
[5] 大藤 聖菜，妹尾 卓磨，清丸 寛一，川崎 邦将，大澤 正彦，長田 茂美，今井 倫太，(2017) “予測的認知と「間」の関係――言葉を話せないロボットによるしりとりを題材とした考察”，HAI シンポジウム 2017.
[6] 阪本 綾香，林 勇吾，小川 均，(2011) “コミュニケーションロボット PaPeRo による人間らしさの表出”，HAI シンポジウム 2011.
[7] 山本 米雄，柏原 昭博，(1989) “知識定着を目的とした開放型 CAI のモデル化”，電子情報通信学会論文誌 D-2 情報・システム, Vol. 72, No. 9, pp. 1459-1471.
[8] 高橋 登，(1997) “幼児のことば遊びの発達“しりとり”を可能にする条件の分析”，発達心理学研究, Vol. 8, No. 1, pp. 42-52.
[9] Taatgen N.A., Anderson J.R., (2002) “Why do children learn to say “broke”? A model of learning the past tense without feedback.”, Cognition, Vol. 86, No. 2, pp. 123-155.
[10] Van Rij J., Van Rijn H., and Hendriks P., (2010) “Cognitive architectures and language acquisition: A case study in pronoun comprehension.”, Journal of Child Language, Vol. 37, No. 3, pp. 731-766.
[11] Matzig P., Vasishth S., Engelmann F., and Caplan D., (2017) “A computational investigation of sources of variability in

sentence comprehension difficulty in aphasia", Proceedings of the 15th International Conference on Cognitive Modeling, pp. 1-6.
[12]天野 成昭，近藤 公久，(1999) "日本語の語彙特性 単語親密度"，Vol. 1，三省堂.

神経意味論における分散表象と意味中枢−fMRI メタ分析のために
Distributed Representation and Semantic Center in Neuro-semantics: For fMRI Meta-analysis

赤間 啓之†
Hiroyuki Akama

†東京工業大学リベラルアーツ研究教育院/生命理工学院
Tokyo Institute of Technology, Institute of Liberal Arts/ School of Life Science and Technology
akama.h.aa@m.titech.ac.jp

Abstract

This article argues that the distributed semantic processing system in the human brain can be explored through individual typological differences, based on the dataset of the 2008 Science article by Mitchell et al. on computational neurolinguistics. The crucial finding is that both modality-specific and supramodal semantic areas, which have raised critical issues in neuro cognitive semantics and its meta-analysis, could be extracted from a subgroup of subjects exhibiting mediocre precision by using different feature selection methods (ANOVA and Stability). This result might create new possibilities for human neuroscience by interlocking a single-subject analysis with methods for evaluation of individual variability and fMRI meta-analysis with collective data sources associated with various types of external knowledge system.

Keywords — fMRI, MVPA, feature selection, individual variability, semantics.

1. はじめに

人間の言語活動をめぐり、脳機能イメージングの領域に機械学習を適用し、言葉の意味処理の神経基盤を求める研究は、脳の中に辞書を地図として描く段階にまで進んでいる[1]。しかし、意味処理の神経基盤を求める研究は現在、二つの限界に直面していると言って過言でない。それは 1)voxels レベルの情報が個人的に異なる分散表象を為すという個人差の捉え方の問題と 2)モダリティ(感覚種や運動、感情などの情報)に依存しない意味処理の神経中枢をどこに同定するかという言語活動の本質論的な問題である。本研究では、Mitchell et al の Science 論文[2]に始まる計算神経言語学的アプローチを新たな視点で再分析することで、この限界を同時に扱いうる具体的なメタ分析の例を提示したい。

2. 計算神経言語学とその限界

Mitchell ら[2]は、特定の単語刺激に対する神経反応(脳機能的画像データ)と、それらの単語の言語ドキュメントコーパスにおける特徴情報(意味素性と呼ばれる基本的語彙との共起データ)を取得し、前者を従属変数、後者を独立変数とする回帰モデルを計算すれば、神経反応情報のない未知の単語による脳の賦活も予測できることを示した。この手法は計算言語学(自然言語処理)と脳神経科学を統合する画期的なものでありながら、そのアルゴリズムはきわめてシンプルである。Mitchell らの提示した下の回帰式で、v は voxel であり、左辺 y_v は v の(実験刺激に対応する)賦活値ベクトル、n は意味素性の個数(ここでは基本動詞 25 個)、$f_i(w)$ は、fMRI 実験で刺激として使われた名詞 w (60 個の名詞からなる)と i 番目の意味素性のコーパス(ここでは Google Web 1T 5-gram Version 1)における共起確率(関連性の強さの指標)、c_{vi} は意味素性 i が voxel v の賦活に貢献するスカラーパラメーターの推定値で、c_{vi} 以外は観察値である。

$$y_v = \sum_{i=1}^{n} c_{vi} f_i(w)$$

Science 論文での実験参加者は計 9 人(P1, P2, …, P9)であり、彼らは 60 個の名詞の指示対象がそれぞれ描かれたキャプション付きのデッサンを見ながら、fMRI スキャナーの中で対象の典型的属性などを想起する。この意味処理タスクは、刺激の提示順をランダムに変えて計 6 セット行われる。Mitchell らは、上記の回帰式を解くために、この 6 セットを通じて安定した賦活を示す voxels を、刺激に関する情報を有していると考えられる素性として、交差評価のステップごとに 500 個選択した。この素性選択法は安定性(Stability)指標と呼ばれ、それぞれの voxel ごとに、セット*名詞という形の賦活値行列を用意し、各セット間のコサイン類似度による一対比較をすべて加算して、500 個の最大 Stability 値を記録した voxels を素性として選択する。

交差評価は、60 個の名詞から 2 個外して、そのつど選択された 500 個の voxels に対し、上記のモデルで機械学習を行い、賦活推定値と賦活実測値の間で相関の組み合わせを 4 通り計算した上で、同一の名詞間の相

関係数の和が異なる名詞間の相関係数の和より大きい場合に、正解とする(これを leave-two-out cross-validation という)。このステップは 1770(=60C2)回反復され、正解の割合をもってこのモデルの参加者ごとの精度とする。ただし、Mitchell らの論文に明確には書かれていないが、この回帰モデルには正則化(regularization)項が加えられ、その結果、参加者ごとの精度は、それぞれ 0.83, 0.76, 0.78, 0.72, 0.78, 0.85, 0.73, 0.68, 0.82 (平均 = 0.77)で、すべて有意であると判明した。ただし Akama [3]が示したように、正則化項を加えず、単純に古典的最小二乗法で計算すると、0.82, 0.78, 0.78, 0.78, 0.75, 0.64, 0.71, 0.6, 0.65 というように、P6, P8, P9 の精度がかなり落ちる。

このように重回帰モデルを用いて、既知の単語共起データと一部の脳反応データをもとに未知の賦活予測をする機械学習モデルは、自然言語処理と fMRI の多変量パターン分析(Multivariate pattern analysis, 略して MVPA)を組み合わせて計算される。Mitchell らに始まるこの手法は、Murphy らにより、計算神経言語学(Computational Neurolinguistics)の名で呼ばれ[4]、Huth らの Nature 論文[1]につながって、現在も発展を続けている([5],[6],[7],[8],[9])。しかし、そもそも、計算神経言語学的アプローチは、本質的に単一主体分析(single subject analysis)が基本であり、そこから一般線形モデル(General Linear Model, GLM)のような機能的解剖学の結論を引き出すことはきわめて難しい。この分野では、実験参加者「間」のモデリングに限界があるため、実験参加者ごとの計算結果を並べ、モデル化の有効性や情報発現の類似傾向を示すという形で示すのが通例である。Mitchell ら以降も、正則化により参加者全員に対して統計的に有意なモデルを構築できたことから、個人差の問題はまったく議論されていない。そして方法論的な制約上、fMRI メタ分析もそこから個人間の偏差に関する知見を引き出すことは難しい。

個人差の問題と密接に関連するのは、それぞれの単語の意味処理が行われる voxels と領域が脳の全域にわたって分散しており、特定の少数領域に集中していないという、意味記憶(semantic memory)の神経基盤に見られる特徴である。これは分散表象(distributed representation)と呼ばれており、データの平滑化(smoothing)を行わない MVPA の場合は、機械学習のために選択された素性(voxels)が胡麻塩状に散らばる状況が見られる(Raizada ら[10]はこれを salt and pepper effect と呼んでいる)。意味処理の分散表象を局所的にせよ解釈する場合、有効なひとつの方法は、embodiment 認知理論を適用することである。Embodiment とは、単語や文の意味理解には、その内容と関連する脳の知覚・運動系が関与・作動することから、あたかも言語の理解者が仮想的にその状況を再現・シミュレートするようなメカニズムが必要となるという考え方である。Mitchell et al.も意味素性のひとつである”eat”という動詞の賦活推定画像において、味覚領(gustatory cortex)に大きな重みを計算出力していることで、fMRI メタ分析の知見に照らし、この数理モデルの妥当性を、Embodiment という側面から裏付けている。

Embodiment におけるモダリティの多様性は、意味処理の分散表象の内部の多様性と表裏一体になり、神経意味論の混迷を演出する要因となっている。さらにまた、知覚、運動、感情などの様々なモードを超えて意味処理一般を担う、純粋な言語活動の領域、いわゆる意味中枢に関しても、議論の対立が見られる。左側頭極の役割を強調する Hub and Spoke モデル(Patterson ら[11][12])、左中側頭回、左上側頭溝から左角回までをクロースアップする High level convergence モデル(Binder ら[13][14])など、意味中枢に関しては、左中側頭回まわりを除き諸説があり一致しない。また古典的な問題として、言語刺激のモダリティを担う領域で既に意味判別の処理は完了しているのではないかという見方もあって否定できない。意味中枢に関する議論は、fMRI 研究におけるメタ分析が不可欠であるが、コンセンサスの欠如は、まさしく、メタ分析の対象自体の存在意義に対する懐疑の念から発している。Patterson らが主張するように、左側頭極など側頭葉前部は、磁化率の異なる組成が入り組み、fMRI では信号を検出しにくい領域である、というのがその根拠である[11]。いずれにせよ側頭葉を中心とした意味処理領域において、中枢が吻側と尾側の間で動揺しながら、Embodiment の様々なモダリティ(感覚種や運動、感情などの情報)を担う領域との間でネットワークを形成し、分散処理を行っているとするのが、神経意味論の概略的な見取り図であろう。その場合、MVPA の機械学習で素性として選択された voxels が、脳内のどの領域に位置しているかを、まず実験参加者ごとに精査することが重要な意味をもつ。

3. 計算神経言語学の再分析とメタ分析

本研究の著者は、前節で示した計算神経言語学の弱点である個人差と分散表象という観点から、Mitchell らの公開データを対象に、素性選択にまで立ち戻って再分析・メタ分析を行っている[3]。すなわち、脳の賦活から意味のある素性(voxels)を抜き出すという機械学習前のステップで、実験参加者の脳がどのように個性的に働いているかを明らかにした。そこでの発見は、正則化を入れる前の古典的回帰のみによるモデル精度の差が、まさしく言語の意味処理における個人の脳活動の質的な差に対応しているということであり、それを明らかにした再分析の手法を以下にまとめる。

まず、[3]では、素性(voxels)選択の方法として、Mitchell らを始めとして多くの計算神経言語学が採用する安定性(Stability)指標に加え、Pereira ら[15]が提案する ANOVA-f 値も同時に計算し、voxel ごとに、二つの指標が持つ値の順位を比較・分析した。ここで言う ANOVA-f 値とは、刺激となる名詞ごとに 6 回の提示による賦活値の群を形成し、その群間差異(平方和)を群内差異(平方和)に対して評価した値である。

結果として、選択された 500 個の voxels を対象とした実験参加者別の箱ひげ図(上：Stability 値、下：ANOVA-f 値)が示すとおり(図 1)、正則化項無しでも良好なモデル精度は、高い Stability 値、ANOVA-f 値と関係することがわかった。特筆すべきは、P1 がこれら素性値の面で、それに続く P2-P4 のグループに比しても抜きん出て高いということである。P1 のみが、正則化項なしでも精度にほぼ変化が見られないことと、この特異な素性値分布との間には、何らかの関連性があることが予想される。さらに素性値の中位グループ(P5, P6, P7 を候補とする)を詳しく見ていくため、Stability 値と ANOVA-f 値により選択された上位 500 個の voxels について、スピアマン順位相関を計算したところ、P5 と P7 は有意な相関を記録したが、P6 に対しては有意でなく、かつ、P6 は P5, P7 と異なり、OLS のみによる精度が 70%以下、そして両指標で選択された voxels 間の食い違いが 100 以上見られた。このことから、あらためて P6 は P8, P9 とともに最下位グループを形成すると見做した。

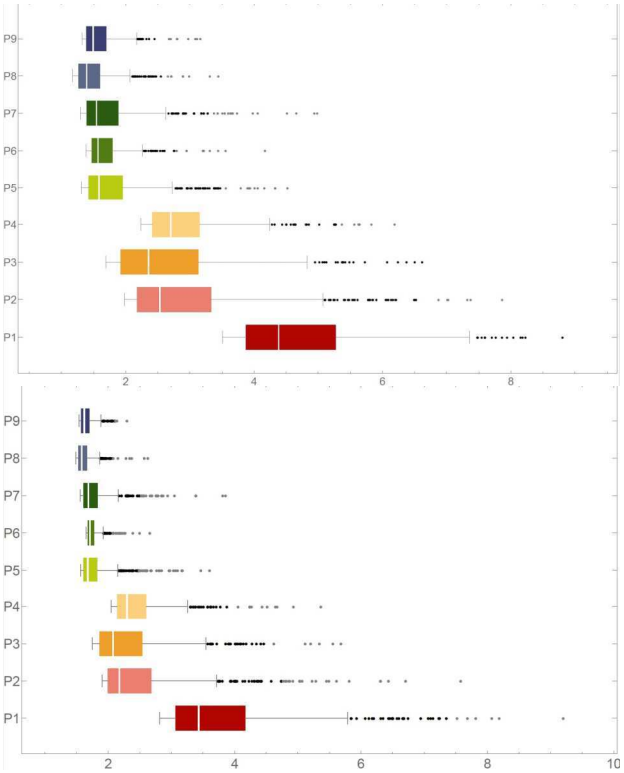


図 1 選択された素性 voxels の Stability, ANOVA-f 値

このようにモデル精度の低い実験参加者では、素性選択において安定性(Stability)指標と ANOVA-f 値により素性選択された voxels の食い違いが際立つ。しかし、後述するように、その解剖学的位置には、素性 voxels の選択法の違いに敏感なタイプと見做せるような、まさしく共通した特徴が認められ、しかもその系統的特徴は神経意味論の諸説の対立に通底するものであることが判明した。

興味深いことに、OLS のみによるモデリング精度が 70%以下の参加者 P6, P8, P9(下位グループ)では、安定性(Stability)指標と ANOVA-f 値で選択した上位 500 個の voxels のうち、100 以上のものが異なっており(それぞれ 183, 146, 124)、食い違い数は全体の平均より 1 標準偏差だけ異なっていた。以下の図 2 は、P1, P6 を例に、両指標で選択された voxels を、それらが持つ各指標での順位を座標として二次元平面にプロットしたものである(全実験参加者についての図は[3]を参照のこと)。各実験参加者に対応するグラフで、赤の水平線で区切られたものは、Stability で選択された voxels の ANOVA-f 値における順位、赤の垂直線で区切られたものは、ANOVA-f 値で選択された voxels の Stability における順位を表している。各指標で選択された voxels の食い違いは、P1 ではわずか 13 個と最小であるのに対し、P6 では 183 個と最大値を記録している。これらの

食い違う選択結果は、図では赤線の外側(上もしくは右)に分布するドットによって示される。

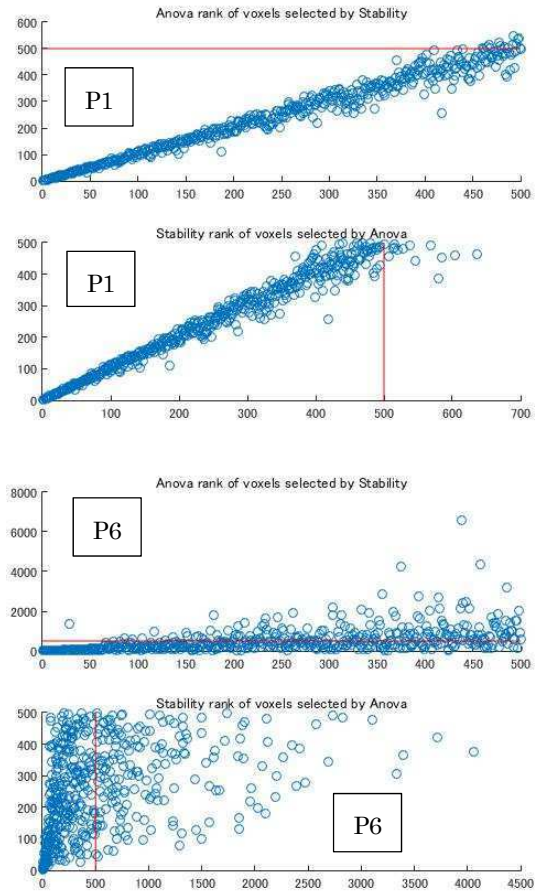


図 2 素性 voxels の Stability, ANOVA-f 値の順位

P6, P8, P9(下位グループ)では、指標の排他的特有性を示す素性 voxels が、参加者ごとに 100 以上見られるので、それらに絞って空間的な分布の特徴を探ってゆく。そのため AAL(Automated Anatomical Labeling)[16]の脳地図を利用し、この 3 者において排他的特有素性を示す voxels を網羅的に取り上げ、それらの解剖学的なラベルを検索し、これをもって排他的特有素性領域とした。さらに下位グループに共通する排他的特有素性領域を抽出し、そこに帰属する排他的特有素性 voxels の出現個数を指標ごとに計算した。

その結果、下位グループでは、安定性(Stability)指標で選ばれるが ANOVA-f 値では選ばれない素性 voxels(これをタイプ 2 と呼ぶものとする)の多くは、中後頭回や紡錘状回など視覚モダリティに関連している領域から抽出されていることが判明した。この指標は Mitchell らが採用したものだが、いわゆる言語の意味処理関連の領域に属する素性 voxels はほとんど見出せなかった。反対に ANOVA-f 値で選ばれるが安定性(Stability)指標では選ばれない素性 voxels(これをタイプ 1 と呼ぶ)は、左中側頭回を筆頭に左弁蓋部など言語の意味処理領域からも多くが抽出されることがわかった。タイプ 1 とタイプ 2 の存在領域の差は際立っており、重なる部位がほとんど存在しない。このような現象は、モデル精度の良好な実験参加者では、ふたつの素性選択法で結果がほぼ変わらないため見出せなかった。しかし、モデリングの最高精度(82%)を記録する P1 を見ると、両指標に共通する 487 個の素性 voxels は、そのほとんどが後頭葉・側頭葉の視覚領域に集中し、左下前頭回・三角部のような古典的言語野からは選ばれていないことがわかった。

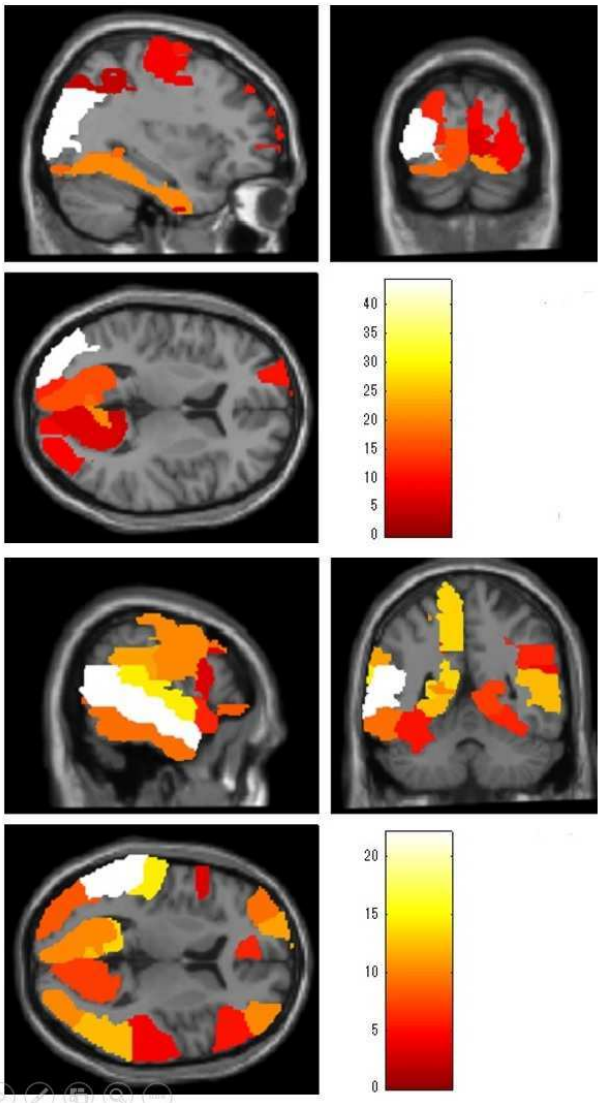


図 3 素性 voxels の存在領域(下位グループ)

図 3 は、下位グループ内で共通な素性 voxels の存在領域に限定し、タイプ 2(上)、タイプ 1(下)の素性 voxels が何個 AAL の領域に出現するかをカラーマップで表したものである。それぞれの右下カラーバーで示したとおり、最大帰属数を記録する領域は白で塗られており、Stability でのみ選ばれるタイプ 2 の素性

voxels が中後頭回(Occipital_Mid_L)まわりに集中するのに対し、ANOVA-f 値でのみ選ばれるタイプ 1 の素性 voxels が左中側頭回(Temporal_Mid_L)に多く見られることが理解される。

こうした結果はメタ分析の視点からも重要な意味をもつ。言語の意味処理領域に関する Binder らのレヴュー論文[14]が示すとおり、embodiment 認知におけるモダリティ(感覚種)の中で、視覚は知覚シミュレーションなどを通じ、超感覚種的(supramodal)な意味処理への相互作用を行うという位置づけが可能である。むろん Mitchell ら[2]が抽出した視覚システムに偏る素性選択は、言語の意味理解の深いレベルにまで降りてゆかず、単に表面的な視覚刺激の弁別だけに関与しているという見方もありうる。ただし、先述したように、Mitchell らが“eat”という動詞の推定神経反応に味覚領を見出した embodiment 解釈は、その延長で下位グループに見られるような、Stability 指標と感覚モダリティとの親和性(タイプ 2)においても有効である可能性が残されている。その場合、安定性(Stability)とは、その計算定義からして概念の「同一性」を 指向するものなので、刺激の参照する指示対象のインスタンスと関わりあう具体的な感覚知覚体験を反映しやすいという見方も考えられる。一方、下位グループにおいては、ANOVA-f 値と結びつく素性 voxels(タイプ 1)は、Binder ら[14]の言う超感覚種的(supramodal)な意味中枢、すなわちモダリティ固有の情報が高次元で収斂する脳領域に多く見出される。その代表が、左中側頭回であることは、メタ分析間でもさほどの異論はなく、ここに論理的、抽象的、超経験的な意味処理の座を求められることは、ANOVA-f 値の計算定義からしても十分に整合的である。なぜなら安定性(Stability)指標と異なり、ANOVA-f 値はここで言語象徴間の「差異」(分散)の大きさを評価しているからである。現代言語学の父、ソシュールの発想を継承する形で、言語の記号体系を差異の系統的関係によってとらえ、超感覚種的(supramodal)な意味計算を行ううえで、fMRI のメタ分析が明らかにする高次元収斂領域の果たす役割には大きな意味があるだろう。

むろん実験参加者の個人差から素性選択間の矛盾を介し脳科学の認識論、ひいては哲学まで根源的な議論を拡げていくには、まだ多くの情報が欠如していることは言うを待たない。ただし、こうした議論の端緒になるのが、fMRI の機械学習モデリングにおいて相対的に精度が「低い」実験参加者のデータであるということは、注目して良いことだと思われる。すなわち、弱い賦活コントラストしか示さない実験参加者の特徴に、意味論の様々な関心領域が、異なる素性選択法を通じて体系的に出現すると言う、興味深い現象が起きている。しかもそれらは、データのスムージングを行う以前の段階で、意味ある現象として記録されている。このことは、脳機能イメージングにおける、所謂「優秀でない」、「ノイズの多い」、「悪い」データのうちに、「良い」データが隠してしまう重要な情報が潜在している可能性を示唆している。この可能性は、ひいては脳機能イメージング研究のあり方そのものの問い直しにつながるのではないかとさえ思われる。

5. 考察と将来の展望

このように、脳の賦活予想を行う機械学習のモデリングは、個別の実験参加者レベルで完結するばかりでなく、正則化などの手法適用以前のデータに、ヒトの脳が細部でいかに個性的に働いているかをめぐり、かなり本質的な情報が潜んでいることが明らかになった。こうした細微な情報を活用し、個人差のモデル化を指向することは、バイオマーカーの設定と言う医療健康科学の文脈のみならず、言語機能の解明においても大いに資する点があるように思われる。脳反応の推定モデルを計算する多変量パターン分析(MVPA)では、情報量の大きい領域やタスクへの応答性が個人で異なるため、横断的な実験参加者「間」脳反応解読モデル(一人の参加者で計算した推定モデルを他の参加者に適用するもの)の精度は、参加者「内」の精度に較べては十分ではない。たしかに参加者間分析の精度低下を克服するため、hyperalignment[17]や Joint Rank Feature selection[18]を始めとする様々な手法が考案されている。参加者「間」モデルの不具合は脳の構造面、機能面での個人差のどちらから、どの程度起因するのか、二つの要因間の重み付けがいかに可能かなど、様々な問いにつながるものではある。しかし、そもそもそうした観点では、個人差をあくまでペナルティーの面から解釈するだけで、積極的な情報源としてとらえる指向性が見られない。むしろ、本研究のように、脳反応をめぐる個人差が、そこに類型を仮設定でき、個人差のモデリングにつながりうることが予見される以上、貴重な情報源として精査し活用するのが生産的ではないだろうか。すなわち、個人差の分析を通じ、ヒトの脳をめぐる機能と構造の間のミッシングリンクを埋める可能性が開かれうるという視点である。

良く知られているように、Marr は脳をコンピュータとの対比によって定義し、ハードウェアにおける実装の階層、システムの機能を扱う計算論の階層、その内部処理のメカニズムを扱うアルゴリズムの階層に分けた上で、それらを統合することによる脳研究の必要性を説いた。しかし、ヒトの認知的活動を神経システムに根差したものとして統合的に考えるに当たり、Barsalou[19]の示唆するように、脳の機能と構造を集団レベルで対応付けるマッピングだけでは、アルゴリズムの階層、特に一人ひとりの脳がどのように個性的に働いているかを明らかにすることはできない。Embodiment 認知理論の泰斗である Barsalou のこの議論は、Mitchell の回帰モデルを応用した Huth ら[1]の意味的タイリング(semantic tiling)に対する痛烈な批判の形で展開されている。Huth らの目標は各個人の脳の中に、単語や同系列単語群とその意味処理の位置を結合させ、三次元で視覚化された脳内辞書(mental lexicon)を描くというものである。この MVPA 研究において、Huth らは、意味素性--Barsalou はトピック語(topic words)と呼んでいる--と fMRI の刺激語の共起ベクトル--Barsalou は基底関数(basis function)と呼んでいる--から、集団レベルで４つの意味次元を有意な分散の大きさを示すものとして抽出している。しかし、それは全体の情報量の 20%しかなく、しかも個人レベルで、基底関数に対応する神経活動を示すものとして抽出された場合、それらの主成分はたかだか 35%にしか相当しない。そのため、意味処理の脳反応はきわめて強力な個人差を示すと、Barsalou は喝破している。

脳反応における個人差に体系的にアプローチするには、むろん背景となるサンプルに十分なサイズが必要である。しかし、神経意味論に絞っても MVPA 研究での実験参加者数は、機械学習データの voxel レベルでの単変量化を除いて、せいぜい一桁を超える程度のケースが多い。だが、本研究で明らかになったのは、Mitchell らのデータ再分析が示すように、わずか 9 名の参加者数でもそこに類型化の兆しが見られるということであった。そこでまず考えられるのは、脳情報における個人差を、脳科学外の遺伝学的・生理学的・心理学的情報によって説明し、個性化プロファイルを行って、そこから機械学習モデリングの素性を選択するという方向性である。さらに、ここで想起すべきは、計算神経言語学が、そもそも、少ない個人の神経反応の記録を、集団的反応の記録である言語コーパスからの共起・関連性情報と接合させ、データが存在しない条件での脳の賦活を予測するという設計概念である。もし、fMRI データの相対的希少性にもかかわらず、神経反応の一次レベル(参加者レベル)で既に構造化の見通しがつくのであれば、そこに言語コーパス情報と同じく、外部の集団的知識体系を、しかも直接的に導入することの有効性が想定できよう。そのような外部、あるいは間接化された集団的知識体系とは、fMRI のメタ分析の結果にほかならない。Mitchell らのデータの再分析で明らかになった個人差には、言語の意味処理に関する脳神経科学のメタ分析上の矛盾として解釈できるものが垣間見られた。そもそも fMRI のメタ分析をさらに高次のメタレベルで精査すれば、脳の機能と構造のぞれぞれのレイヤーを繋ぐ、様々な情報のネットワークを計算することが可能である。もし意味素性を中間の入出力層、すなわちBarsalou の言うアルゴリズムの階層において、メタ分析と言語コーパスという二つの集団的外部知識ネットワークを接合すれば、われわれは Mitchell や Huth らの計算した個人別の差のある神経言語反応に関し、--統一的な集団的学習ネットワークを踏まえ--そのパラメーター値の多様な分布、あるいは部分的な設計構造の変異としてシミュレートすることが可能になるのではないか。ただし、これは将来の課題であり、開かれた問いとして提起するにとどめておくものとする。

参考文献

[1] Huth AG, de Heer WA, Griffiths TL, Theunissen FE, Gallant JL, (2016) Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex, Nature, Vol. 532, pp. 453–458

[2] Mitchell TM, Shinkareva SV, Carlson A, Chang KM, Malave VL, Mason RA, Just MA, (2008) Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns, Science; DOI: 10.1126/science.1152876.

[3] Akama H, (2018) Individual typological differences in a neurally distributed semantic processing system: Revisiting the Science article by Mitchell et al. on computational neurolinguistics, F1000Research, 2018, doi: 10.12688/f1000research.14584.1

[4] Workshop on Computational Neurolinguistics, NAACL HLT 2010 Workshopshttps://sites.google.com/site/compneurowsnaacl10/

[5] Bullinaria JA, Levy JP, (2013) Limiting Factors for Mapping Corpus-Based Semantic Representations to Brain Activity, PLoS ONE; doi:10.1371/journal.pone.0057191

[6] Anderson AJ, Binder JR, Fernandino L, Humphries CL, Conant LL, Aguilar M, Wang X, Doko D, Raizada RDS, (2016) Predicting Neural Activity Patterns Associated with Sentences Using a Neurobiologically Motivated Model of Semantic Representation, Cerebral Cortex; doi: 10.1093/cercor/bhw240

[7] Pereira F, Detre G, Botvinick M, (2011) Generating Text from Functional Brain Images, Frontiers in Human Neuroscience; DOI: 10.3389/fnhum.2011.00072
[8] Akama H, Miyake M, Jung J, Murphy B, (2015) Using Graph Components Derived from an Associative Concept Dictionary to Predict fMRI Neural Activation Patterns that Represent the Meaning of Nouns, PLoS ONE; DOI: 10.1371/journal.pone.0125725
[9] Devereux, B., Kelly, C., Korhonen, A, (2010) Using fMRI activation to conceptual stimuli to evaluate methods for extracting conceptual representations from corpora. Proceedings of First Workshop on Computational Neurolinguistics, NAACL HLT 2010, pp.70-78.
[10] Raizada, R.D.S. and Lee, Y.S. (2013) Smoothness without smoothing: why Gaussian Naive Bayes is not naive for multi-subject searchlight studies. PLoS ONE, PLoS ONE 8(7): e69566. doi:10.1371/journal.pone.0069566 PDF.
[11] Patterson K, Nestor PJ, Rogers TT, (2007) Where Do You Know What You Know? The Representation of Semantic Knowledge in The Human Brain, Nature Reviews Neuroscience; DOI: 10.1038/nrn227
[12] Rice GE, Lambon Ralph MA, Hoffman P, (2015) The Roles of Left Versus Right Anterior Temporal Lobes in Conceptual Knowledge: An ALE Meta-analysis of 97 Functional Neuroimaging Studies, Cerebral Cortex; DOI: 10.1093/cercor/bhv024
[13] Binder JR, Desai RH, Graves WW, Conant LL, (2009) Where Is the Semantic System? A Critical Review and Meta-Analysis of 120 Functional Neuroimaging Studies, Cerebral Cortex; DOI:10.1093/cercor/bhp055
[14] Binder JR, Desai RH, (2011) The neurobiology of semantic memory, Trends in Cognitive Science; DOI: 10.1016/j.tics.2011.10.001
[15] Pereira F, Mitchell T, Botvinick M, (2009) Machine Learning Classifiers and fMRI: A Tutorial Overview, NeuroImage; DOI: 10.1016/j.neuroimage.2008.11.007
[16] Tzourio-Mazoyer N, Landeau B, Papathanassiou D, Crivello F, Etard O, Delcroix N, Mazoyer B, Joliot M, (2002) Automated Anatomical Labeling of Activations in SPM Using a Macroscopic Anatomical Parcellation of the MNI MRI Single-Subject Brain, Neuroimage; DOI: 10.1006/nimg.2001.0978
[17] Haxby JV, Guntupalli JS, Connolly AC, Halchenko YO, Conroy BR, Gobbini MI, Hanke M, Ramadge PJ, (2012) A common, high-dimensional model of the representational space in human ventral temporal cortex. Neuron;doi:10.1016/j.neuron.2011.08.026
[18] Akama H, Murphy B, Lei MM, Poesio M, (2014) Cross-participant Modelling Based on Joint or Disjoint Feature Selection: An fMRI Conceptual Decoding Study, Applied Informatics, Springer, doi:10.1186/2196-0089-1-1
[19] Barsalou, LW, (2017) What does semantic tiling of the cortex tell us about semantics?,Neuropsychologia; doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.04.011.

画像刺激による虚再認の生起 —DRM パラダイムによる検討—

The occurrence of false recognition by image stimulation under DRM paradigm

神浦 駿吾†，佐藤 裕‡
Shungo Miura, Yutaka Sato
†大阪府立大学，‡徳島大学
Osaka Prefecture University, Tokushima University
mcb04026@edu.osakafu-u.ac.jp

Abstract

我々の記憶において実際に起こっていないことを誤って想起することを虚記憶と呼ぶ．本研究では，虚記憶の生起を検証するDRMパラダイム下において視覚イメージ刺激に対して虚記憶が生じるのかどうかを検討した．実験の結果，画像刺激に対する虚再認はほとんど生起せず，文字刺激との比較において生起率がより低いことが確認され，虚再認においても画像優位性が確認されることが示唆された．

Keywords — False Memory, Visual Memory, DRM Paradigm

1. 問題と目的

我々の記憶において，実際に起こっていないことを誤って想起することがある．これは虚記憶 (false memory) と呼ばれ，記憶の想起が，実際に体験されたことをそのままに取り出すといった単純な過程ではなく，体験したことの断片を再構築する複雑な過程に基づいていることを示している (Roediger, 1996; Schacter, 1995)．また，虚記憶は様々な事例で起こり得ることが確認されている．例えば，一連の画像が呈示された後に，画像の内容に関する誤った情報が示されると，その誤情報は画像に含まれていた情報である，と誤って判断される実験結果 (Loftus, 1991; Loftus et al., 1978) や，スペースシャトルの爆発事故について，事故直後には爆発事故を友人から聞いて知ったと報告しているにもかかわらず, 2 年後には, 爆発を直接テレビで見たと知ったと強い確信を持って思い出した事例 (Neisser & Harsch, 1992)がある．また，ある行為を実際に行わずとも，他者が行う様子を観察すると自分で行ったとする虚記憶が生じる実験結果 (Lindner et al., 2010) もある．つまり虚記憶とは，何らかの原因で連想される言葉や事象が自然と想起され，誤って再認されたり再生されたりするというものである．このうち，誤って再認する現象は虚再認，誤って再生する現象は虚再生と呼ばれている．

従来の研究では，日常的な環境の設定，複雑な刺激，テストまでの長い遅延期間，といった虚記憶を誘発させるための特殊な操作が行われてきた(Reyna & Lloyd, 1997)．このことは生態学的妥当性を重視した結果である一方で，測定された虚偽記憶の基礎となる心理過程を系統立てて検討することを困難にしてきた (鍋田ら, 2009)．そういった従来の研究上の難点を補う手法が DRM パラダイムと呼ばれる手続き (Deese-Roediger-McDemott paradaim: Roediger & McDemott, 1995)である．この手続きではリスト学習で容易に条件を統制することが可能であり，かつ強い虚記憶を再現することができる．

Deese (1959) は，参加者に相互に意味的関連のある単語リストを呈示し，後に自由再生をさせると，実際には呈示されていない意味的関連の強い単語が誤って再生されることを報告した．Roediger & McDermott (1995) がこれを発展させ, DRM パラダイムという虚再認について検証する手法を作成した．この手続きでは，まずリストを記憶させ後からそのリストについての再認を求める．リストは, 学習時に実際には呈示されないルアー項目 (例えば，空) の連想語 (例えば，星，月など) から構成される．テスト時には学習項目とルアー項目，その他の未学習項目からなるリストを呈示して再認判断を求める (図 1)．するとルアー項目は，他の未学習項目と比較して，高い確率で誤って再認される．

ルアー項目 (学習時には未呈示)	学習項目 (ルアー語の連想語)	未学習項目
空	星 月 雲 …	電気 足 犬 …

図 1 再認リストの一部

本来 DRM パラダイムとは，前項の例のように単語をそのまま文字として呈示し，学習させるものである．先述した Loftus (1991) や Loftus et al. (1978) の研究のように，虚記憶の生起は画像を学習させた際にも確認されており，視覚イメージを用いて DRM パラダイムを行

った場合も虚再認が生起する可能性があるが，その報告例はない．記憶の二重符号化理論 (Paivio, 1971) によれば，言語的情報と非言語的情報は異なるネットワークを形成しているため，ネットワークの相違による連想活性化過程への影響を検討する必要がある．そこで本研究では，視覚イメージ刺激でも DRM パラダイムによる虚記憶が起こるのかどうかを検討する．また，視覚イメージ刺激と文字刺激における虚記憶の生起数に相違があるのかを調べ，その違いの差から，画像刺激と文字刺激に対する記憶や認識の機構にどのような相違があるのかを考察することで，虚記憶に関して新たな知見を得ることを目的とする．

また，作業記憶と虚記憶の関連についてもあまり議論されていない．今回はリーディングスパンテストを行い，各参加者の作業記憶容量と虚再認の生起率を比較し，作業記憶と虚記憶の関連について明らかにする．なお，記憶力と虚記憶の関係について，川上 (2017) の研究では，単語の記憶課題の遂行成績が低い群が，虚記憶の生起率が高いことを示している．また，Ayers & Reder (1998) では，誤った情報の影響による虚記憶について，情報源の混乱が主要な原因であると考えられている．これらのことから，作業記憶における成績が低いと，誤った情報と正しい情報が混乱し，虚記憶が引き起こされやすいと考えられる．これらの要因が虚記憶の生起にどのように影響するのかについても検討する．

記憶材料の特性によってその保持が異なることはよく知られている．とくに絵などの画像的なものが単なる文字としての語よりも記憶成績がよいことは，画像優位性効果として知られている．本研究の仮説は，画像呈示群は画像優位性によって，文字呈示群よりも情報源の混乱が起こりにくく，虚再認の生起する確率が低くなる，である．実験の結果，虚再認において画像呈示条件と文字呈示条件の間に差が生まれなかった場合，画像優位性効果が働いていないことになるので，虚記憶においては画像優位性をはじめこれまで得られていた記憶に関する知見とは異なるメカニズムが働いている可能性が示唆される．

2. 方法

2.1 画像刺激実験

参加者：A 県内の大学に通う大学生・大学院生 20 名 (男性 10 名，女性 10 名:平均年齢 21.5 歳)

刺激材料：

学習リスト：学習リストは，1 リストにつきルアー項目 1 項目，学習項目 15 項目の計 16 項目からなり，本実験では 16 リスト使用した．山田 (2009) と宮地ら (2002) の DRM リストを参考に, 画像として表現することが困難な単語 (例えば空気, 硬い, 古代など) を除き，梅本 (1969) の連想基準表をもとに画像として置き換えることのできる単語に入れ替えた．画像として表現できない単語を除くにあたって，単語と画像が対応しているかを大学生 9 名(男性 8 名，女性 1 名，平均年齢：20.3 歳)に 5 段階で評定させ, 3.0 以下を基準として評価値が低いものを除いた. 各 16 リストにおけるルアー項目は，足・椅子・泳ぐ・太陽・逃げる・飲む・速い・焼く・切手・遠足・押す・公園・新聞・田舎・机・電波であった．例えばルアー項目が足からなるリストであれば，学習項目は，手・長い・歩くなどとなる．このリストについて，文字によって呈示する刺激と，画像で呈示する刺激を作成し，画像刺激実験では画像刺激のみを使用した．

手続き：本研究では，ルアー項目の虚再認を目的としているので，偶発学習を行った．まず，学習セッションでは, 偶発課題として, 意図的に記銘することのないよう，呈示された項目に対して固いか柔らかいかを 5 段階で評定させた．参加者 1 名につき，8 リスト呈示し，リストの呈示順序は参加者ごとにランダムにした．刺激は Microsoft power point を用いて，パソコン (SONY SVJ202) のディスプレイ上に呈示された. 刺激は 5 秒毎に呈示され，参加者は用紙に評定結果を記入した．リスト内項目の呈示順は， 山田 (2009) に従い，ルアー項目からの連想価の高い順に呈示した．課題終了後，翌日の実験への参加を要請した後．実験内容，関連性については一切言及しなかった．翌日再認課題のテストセッションを行った．参加者には単語が呈示され，その単語が昨日呈示された単語であるかどうかを出来るだけ早く，深く考えずに判断するよう教示した．テスト項目はパソコンのディスプレイ上にランダムな順で視覚呈示した．また，再認課題を実施するにあたり，参加者が用紙に記入した後，参加者自らがキーを押して次の刺激を呈示した．再認課題終了後，参加者には内省報告を実施してもらった．

再認課題：再認課題は，山田 (2009) に従い合計 64 試行実施され，その内訳は，学習項目 24，学習統制項目(未学習リストの学習項目)24，ルアー項目 8，ルアー統制項目(未学習リストのルアー項目) 8 個であった．学習項目，学習統制項目の項目は， Roediger & McDemott (1995) に従い，各リストの 1，8，10 番目の項目の 3 つであった．

リーディングスパンテスト：テストセッション終了後，5 文条件のリーディングスパンテストを行った．画面に太文字の二字熟語一語を含む文を，一文ずつ表示し，参加者に音読させた. 5 文繰り返した後それぞれの太文字二文

字熟語を尋ね，実施者が記録した．この試行を 5 回繰り返した．

2.2 文字刺激実験

参加者：A 県内の大学に通う 11 名（男性 5 名，女性 6 名: 平均年齢 21.8 歳）

材料：学習リストの呈示に Microsoft word 2016 を使用した．フォントは MS ゴシック，サイズを 120 ポイントにて呈示した．なお，文字数が 6 文字以上の文字についてはサイズを 90 ポイントに設定した．

その他の方法においては，画像刺激ではなく文字刺激を使用する点以外は画像刺激実験と同様であった．

2.3 分析方法

・正再認率について

呈示されたという反応を old 反応とし，呈示されていないという反応を new 反応とする. 山田（2009）に従い，学習項目の old 反応数から正再認率を算出し，そこから学習統制項目における old 反応を減じて，修正正再認率を算出した．この修正正再認率を正再認率として本研究では扱う．

・虚再認について

山田（2009）に従い，ルアー項目の old 反応数から虚再認率を算出し，そこからルアー統制項目の old 反応数を減じて，修正虚再認率を算出した．虚再認率よりもルアー統制項目の old 反応数の方が多い場合，修正虚再認率は負になる．この修正虚再認率を虚再認率として本研究では扱う．

・分析

正再認率と虚再認率を画像呈示群と文字呈示群間で比較するため，t 検定を実施することとした．また，参加者のリーディングスパンテストの平均を算出し，画像呈示群と文字呈示群間で t 検定を実施した．さらに，文字呈示群と画像呈示群におけるそれぞれの虚再認率とリーディングスパンテストの成績の相関を求めた．リーディングスパンテストの得点化において，正規性の保証される総正再生数もしくは正再生率という得点化方法を利用することが望ましいとされている（大塚・宮谷，2007）ので，本実験では正再生率による得点化を行った．

3. 結果

内省報告より，学習セッションにおいて項目を意図的に記銘したり，記憶テストを予期していた参加者はいなかった．そのため，全参加者の結果を分析対象とした．

図 2 に各群の平均正再認率を示す．平均正再認率について群間で t 検定を行ったところ，画像呈示条件，文字呈示条件の間に有意な差があり（t (29) = 5.10, p < .01），画像呈示条件のほうが文字呈示条件よりも正再認率が高いことが明らかになった．

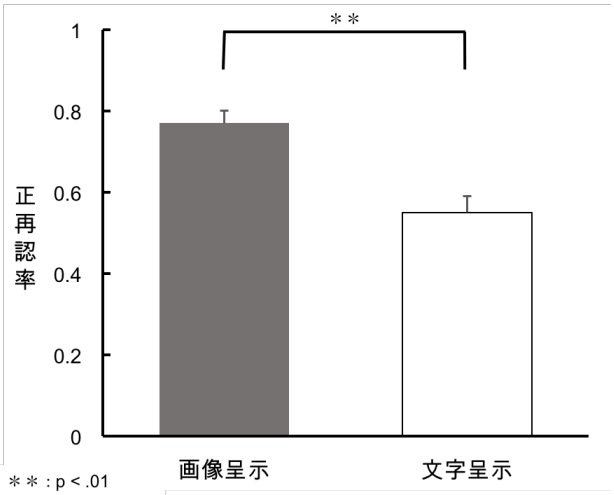


図 2 画像呈示群と文字呈示群における平均正再認率. エラーバーは各群の標準誤差を示す.

図 3 に各群の平均虚再認率を示す. Levene による等分散検定の結果が有意（F = 10.38, p < .05）であり，Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定を行ったところ，p < .01 で有意となったため，Mann-Whitney U-test を用いた．その結果画像呈示条件，文字呈示条件の間に有意な差があった（Z = -3.40, W = 241.0, p < .01）．このことから，文字呈示条件のほうが画像呈示条件よりも虚再認率が有意に高いことが明らかになった．なお，正規性を満たしていないが参考のため各群の平均虚再認率について t 検定を行ったところ t(29) = 4.53, p < .01 であった．

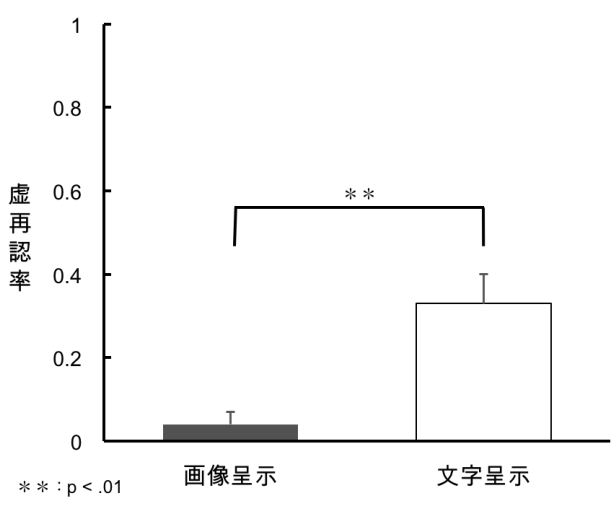


図 3 画像呈示群と文字呈示群における平均虚再率.エラーバーは各群の標準誤差を示す.

作業記憶について

画像呈示群と文字呈示群のリーディングスパンテストの成績を図 4 に示す.各群間で t 検定をおこなったところ，各群の間に有意な差はなかった (t (29) = 0.61, p > .01).文字呈示群における虚再認率とリーディングスパンテストの成績の分布を図 5 に示す.両者の相関を求めたところ, この 2 変数の間に正の相関が認められた(r = .64, p < .05).また，画像呈示群における虚再認率とリーディングスパンテストの成績の分布を図 6 に示す.それぞれの相関を求めたところ，相関は認められなかった (r = .02, p > .05). なお，虚再認率については先述した通り正規分布が認められなかったので, Speaman の相関分析を用いた.

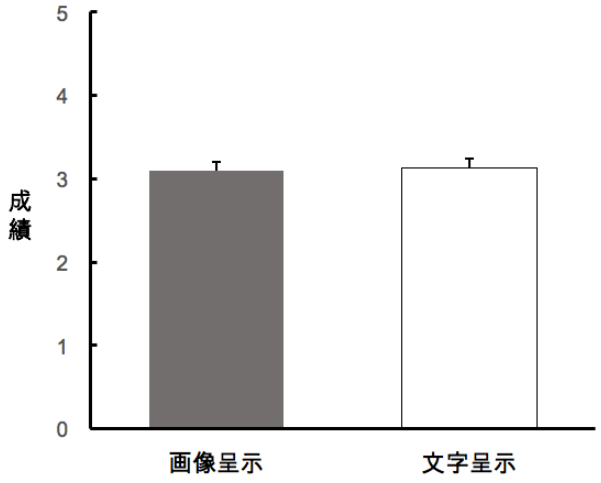


図 4　画像呈示群と文字呈示群におけるリーディングスパンテスト成績.エラーバーは各群の標準誤差を示す.

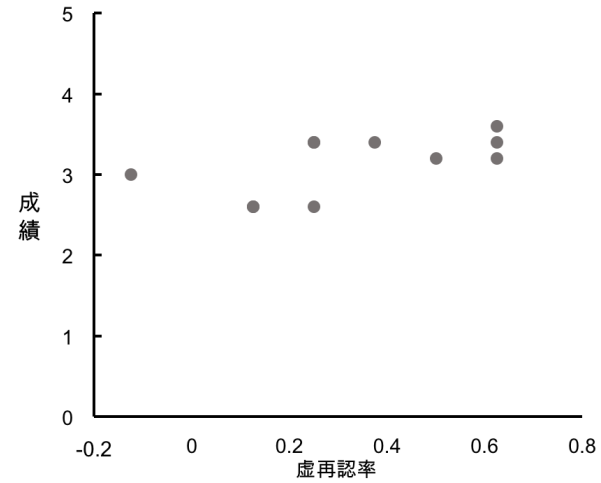


図 5　文字呈示群におけるリーディングスパンテストの成績と虚再認率の分布図

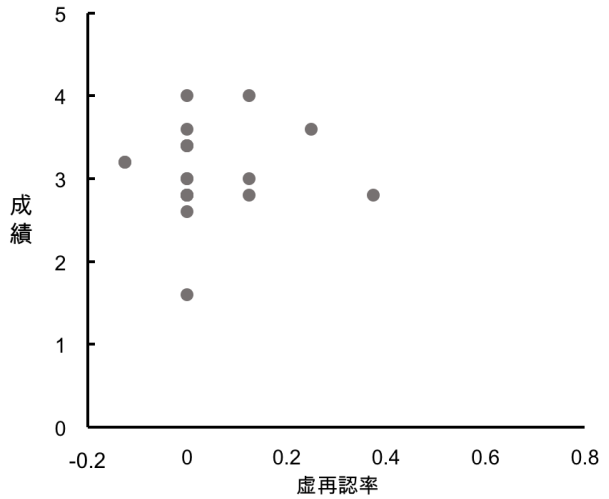


図 6　画像呈示群におけるリーディングスパンテストの成績と虚再認率の分布図（データに重なりのある部分がある．）

4.　考察

4.1 虚再認率の比較

本研究では，画像刺激を用いた DRM パラダイムにおける虚再認の生起があるのかどうか，また文字そのものを呈示する従来から用いられる文字刺激と画像刺激の差を検証した.

今回の実験の結果，画像刺激においてはほとんど虚再認が生起しなかった．また，文字刺激と比較した場合において生起率が低いことが確認された．この結果は仮説を支持するものである．つまり，文字刺激においては，ルアー項目は学習時に呈示されていないにもかかわらず，学習したリストにより意味的に活性化され，テスト時に虚再認として誤った想起が引き起こされたと考えられる．一方画像刺激では，画像が語よりも項目内精緻化において優れている画像優位性あるいは画像と文字の二重符号化により，記憶が定着しやすく，記憶の混同が起こりにくいことから，ルアー項目に対する再認がほとんど生起しなかったものと考えられる.

正再認においては，画像刺激のほうが文字刺激より正再認率が高いことが確認された．つまり，画像刺激のほうが記憶課題の成績がよくなることが追認された.

文字刺激における虚再認率について，本実験と山田 (2009) の実験の結果を比較すると，本研究の方が虚再認率が低かった. 本研究は山田 (2009) や宮地ら (2002) の DRM リストを参考にしてリストを作成した．しかし，語意を画像として表しづらいもの (例えば空気，硬い，古代など) をリストから除き, 梅本 (1969) の連想基準表を参考にしてリストを再編したことで，先行研究よりも虚再

認率が低い結果となったと考えられる．また，本実験は画像呈示条件群と条件を整えるため，文字呈示条件においても画面に文字を呈示して実験を行った．しかし，山田 (2009) の実験では学習リストを聴覚呈示している．言語的材料を用いた場合，しばしば視覚的符号化よりも聴覚的符号化のほうが，リハーサルが容易になるため，保持がよいことが知られている (鹿取ら, 2017)．このことから，符号化の違いが虚再認率においても差を生んだ可能性がある．

また，画像刺激においては山田 (2009) や川上 (2017) と比較して虚再認率が大幅に低かった．また，正再認率についてもこれらの先行研究をより高かった．この 2 つの先行研究では刺激が言語的に呈示されていたため，本研究の画像呈示群と文字呈示群との比較と同様に，画像優位性あるいは二重符号化の働きのために差が生じたと考えられる．

本研究により，虚記憶においても画像優位性が起こるということが明らかになった．このことは，虚記憶のメカニズムが正再認などと共通していることを示唆している．

4.2 リーディングスパンテストの結果について

リーディングスパンテストの成績については，画像呈示群と文字呈示群とで有意な差が生まれなかった．このことは，今回の実験に関して，各実験群の間で，作業記憶容量に有意な違いがなかったことを示している．

また，リーディングスパンテストの課題成績と文字刺激群の虚再認率における相関において，本実験では正の相関が認められた．これは，仮説とは異なった結果であり，リーディングスパンテストの成績が良い方が文字刺激群による虚再認の生起が起こりやすいという結果であった．この原因として，リーディングスパンテストの成績は読書量や言語知識と相関していると考えられており (Farmer, et al., 2017)，言語知識量の多い参加者において学習時に意味的活性が拡散されやすく，虚再認が起こりやすくなったことが考えられる．

4.3 今後の課題

今回は実験時間の短縮のためリーディングスパンテストの 5 文条件のみを作業記憶の課題として設定していたので，大塚・宮谷 (2007) の研究と同じように全ての文章数の条件で行うことでより正確に検討が可能であると考えられる，また，作業記憶はモダリティによって容量が異なると考えられていることから，視覚的作業記憶課題，例えば Corsi block-tapping test (Corsi, 1972) や Picture span test (Tanabe & Osaka, 2009) などの成績との関連を調べる必要がある．

また，画像刺激に対する虚記憶の生起率について，本研究では文字呈示群ほどではなくとも発生すると仮説を立てていたが，実際には画像呈示群の平均虚再認率は 0.03 となった．この原因として，画像と文字の意味の対応率が低かったことが考えられる．画像から得られる情報量は単語と比較して多く，参加者が画像を見たときに，画像と対応していた単語だけでなく，他の要素を想起していた可能性が考えられる．今回は予備実験として，画像を見せ単語と対応しているかどうかについて確認はしていたが，今後はリスト作成の際に，画像に含まれる情報量を考慮し，画像においても虚再認の生起率が高くなると予想されるリストを作成する必要があるだろう．また，一連の画像が呈示された後に，画像の内容に関する再生を行わせる実験 (Loftus, 1991; Loftus et al., 1978) では，実際には画像に含まれていなかった情報が，含まれていたと誤って判断されるという虚再生の生起が認められている．そのため，画像の虚再認についても，DRM パラダイムのようにリストを呈示するような方法より，画像の内容について再認させる実験の方が，生起率が高くなると考えられる．

5. 参考文献

[1] Ayers, M. S., & Reder, L. M. (1998). A theoretical review of the misinformation effect: Predictions from an activation-based memory model. Psychonomic Bulletin & Review, 5, 1-21.

[2] Corsi, P. (1972). Memory and the medial temporal region of the brain. Unpublished doctoral dissertation), McGill University, Montreal, QB.

[3] Deese, J.(1959). On the prediction of occurrence of particu1ar verba1 intrusions in immediate recall Journal 01 Experimental Psychology, 58, 17-22.

[4] Farmer, T. A., Fine, A. B., Misyak, J. B., & Christiansen, M. H. (2017). Reading span task performance, linguistic experience, and the processing of unexpected syntactic events. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 70(3), 413-433.

[5] 鹿取廣人・杉本敏夫・鳥居修晃 (2017) 心理学, 第 5 版, 東京大学出版会

[6] 川上正浩 (2017) 成人期の虚記憶について 大阪樟蔭女子大学研究紀要, 7. 11-20.

[7] Lindner, I., Echterhoff, G., Davidson, P, S. R., & Brand, M. (2010).Observation inflation: Your action become mine. PsychologicalScience, 21, 1291-1299.

[8] Loftus, E. F. (1991). Made in memory: Distortionsin recollection after misleading information.In B. H. Gordon (Ed.), The psychology of learning and motivation: Advances inresearch and theory, Vol. 27. San Diego, CA:Academic Press, pp.187-215.

[9] Loftus, E. F., Miller, D. G., & Burns, H. J. (1978). Semantic integration of verbal informationinto a visual memory. Journal ofExperimental Psychology: Human

Learning and Memory, 4, 19-31.
[10] 鍋田智広・楠見 考 (2009) Deese-Roediger-McDermott (DRM)手続きを用いた虚偽記憶研究－虚偽記憶の発生過程と主観的想起経験－, 心理学評論, 52(4), 2009, 545-575.
[11] Neisser, U., & Harsch. N. (1992) Phantom flashbulbs: False recollections of hearing the news about challenger. In E. Winograd & u. Neisser (Eds.), Affect and accuracy in recall: Studies of "flashbulb memories" (pp. 9-31). New York: Cambridge University Press.
[12] 大塚一徳・宮谷真人 (2007) 日本語リーディングスパンテスト におけるターゲット語と刺激文の検討 広島大学心理学研究, 7, 19-33.
[13] Pavio, A. (1971) Imagery and verbal processes. Holt, Rinhart & Winston.
[14] Reyna, V. F., & Lloyd, F. (1997) Theories of false memory in children and adults. Learning and Individual Difference, 9, 95-123.
[15] Roediger, H. L., III. (1996) Memory illusions. Journal of Memory and Language, 35, 76-100.
[16] Roediger, H. L., III, & McDermott, K. B. (1995) Creating false memories: Remembering words not presented in lists. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21, 803-814.
[17] Schacter, D. (1995) Memory distortion: History and current status. In D. Schacter, J. Coyle, G. Fishbach, M.-M. Mesulam, & L. Sullivan (Eds.), Memory distortion: How minds, brains, and societies reconstruct the past (pp.1-43). Cambridge, MA: Harvard University Press.
[18] 高野陽太郎 (1995) 認知心理学 2 記憶 東京大学出版会
[19] Tanabe, A., & Osaka, N. (2009). Picture span test: Measuring visual working memory capacity involved in remembering and comprehension. Behavior research methods, 41(2), 309-317.
[20] 梅本堯夫 (1969) 連想基準表 : 大学生 1000 人の自由連想による 東京大学出版会
[21] 山田恭子 (2009) DRM パラダイムを用いた虚再認の生起に及ぼす環境的文脈の効果, 広島大学大学院教育学研究科紀要, 3, 58, 177-182.
[22] 宮地弥生・山 祐嗣 (2002). 高い確率で虚記憶を生成する DRM パラダ イムのための日本語リストの作成 基礎心理学研究, 21, 21-26.

日英通訳体験による脳賦活様態の変化：6 年間の縦断研究
Brain restructuring through 6-year interpreting experiences

田浦　秀幸†
Hideyuki, Taura
†立命館大学
Ritsumeikan University
htaura@fc.ritsumei.ac.jp

Abstract

This study attempts to explore how brain restructures itself through 6-year long professional interpreting experiences. Linguistic and brain-activation data were first collected from a novice Japanese-English interpreter who was then tracked for the following six years. A spontaneous oral narrative task was used to examine the interpreter's English skills in terms of fluency, accuracy, complexity, and vocabulary. The functional Near-Infrared Spectroscopy device (Shimadzu OMM-3000, a 42 channeled machine) was used to collect brain-imaging data. Linguistic data analyses revealed that high accuracy and narrative style were kept unchanged while slightly higher type-token ratio was observed in the first year onwards and slightly faster speech delivery was noticed in the fourth and fifth years. Neuro-linguistic analyses showed economical use of resources after two years of being an interpreter in that more resources were allotted for a less dominant language.

Keywords — fNIRS, interpretation, brain, restructure

1.　はじめに

翻訳トレーニングにより左脳内のネットワークが強化されるが，通訳トレーニングでは右脳強化に繋がるとの報告(Babcok & Vallesi, 2017)がある．また，通訳トレーニング受講最中の人達に比べて，熟達した通訳者は音声処理やワーキングメモリーに関する脳部位の体積が大きいとの研究成果(Hervais-Adelman et al, 2017)も報告されている.これらが横断研究であるのに対して，イギリス滞在期間(LOR)が平均 10 年の英語非母語話者(平均渡英時年齢 8 歳)の 3 年後(LOR13 年)を調査した DeLuca & Pliatsikas (2017)も,音声処理を司る皮殻や宣言的記憶にかかわる海馬及びコードスイッチを引き起こす尾状核での体積増を確認し，より効率的な処理に繋がる当該部位の体積増に繋がったと結論付けた．本研究では,これまで研究例が少ない言語間距離の遠い日本語と英語を対象言語とする通訳になったばかりの新米通訳者を 6 年間(22～28 歳)追跡し,英語力・ナラティブ力と脳賦活度合いの関連性を調査した.

2.　研究手法

島津製作所 42 チャンネル OMM-3000 近赤外分光法機器を用いて，背外側前頭前野・腹外側前頭前・吻外側前頭前野での酸素化・脱酸素化ヘモグロビン値を日英言語流暢性タスク遂行時に収集した．英語力の経年変化は，"Frog, where are you?" (Mayer, 1969)を用いて即興ナラティブデータを収集し，正確さ・流暢さ・複雑さ・語彙力・ナラティブ力分析を行った.

3.　結果

言語データ分析により，Myers-Scotton による 4-M モデルに基づく正確さに関しては一貫して 100%に近い傾向に変化は無く，流暢さに関しては安定した産出スピードに至るまで 4 年間を要したことが，語彙密度は初年度から二年目にかけて大きく伸びたがその後一定であることが，ナラティブに関しては初年度から聞き手を考慮した発話ができていたことが判明した．つまり，正確さとナラティブに関しては通訳職に就く以前からの高いレベルに変化はなかったが，流暢性と語彙密度に関してはそれぞれ、4 年目と初年度に大きな向上が認められた.

一方で脳賦活データ（酸素化ヘモグロビン値）分析の結果，左右脳ともに英語産出時の値は 6 年間ほぼ増加を続けたが，日本語産出時左脳（言語野）では一定して低下傾向が見られ，右脳では全く変化が無く最も低い賦活であることが判明した. 各年度の 4 データ（日本語産出時の左右脳と英語産出時の左右脳の賦活度）を比較した結果，3 年目以降英語産出時の右脳の賦活が最も高く，次ぎに英語産出時の左脳，次ぎに日本語産出時の賦活と続く傾向が一貫して見られるようになった（それぞれ分散分析において有意差あり）．つまり，英語力が高いとは言え日本語力の方が高い被験者にとって，通訳時により多くのリソースを第 2 言語である英語に割り当てる事ができるように，母語である日本語産出時にできるだけ脳賦活を行わないような傾向が 3 年目以降顕著に見られた.

本研究を通して，大学卒業時に既に高い英語力を持つ新米通訳者も 6 年間の内に語彙密度や流暢さは向上

し，脳賦活もより堪能な母語賦活を抑えることで第 2 言語にリソースを多く割り当てる経済的な賦活様態に変化してきていることが判明した.

参考文献

[1] Backcock, L., and Vallesi, A. (2017). Training in interpretation and translation lead to differential changes in white matter structure. Paper presented at the 11th International Symposium on Bilingualism in Limerick University, Ireland.
[2] DeLuca, V., and Pliatsikas, C. (2017). Structural effects of linguistic immersion on the bilingual brain: a longitudinal study. Paper presented at the 11th International Symposium on Bilingualism in Limerick University, Ireland.
[3] Hervais-Adelman, A., Moser-Mercer, B., Murray, M., and Goelstani, N. (2017). Cortical changes induced by simultaneous interpreting training. Paper presented at the 11th International Symposium on Bilingualism in Limerick University, Ireland.

本研究協力者には多年にわたるご協力に深く感謝します. 尚, 本研究は立命館大学での倫理審査(衣笠-人-2010-10, 衣笠-人-2012-4, 衣笠-人-2-17-13)を経て，科研費(B#25284111, #25580143, 16K13225)や立命館大学研究推進経費等の研究助成を得て実施されました.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

グループワークの発表
Group Work

サマースクール参加者†
Summer school participants
†日本認知科学会
JCSS
summer2018@jcss.gr.jp

概要

本OSに先立ち、合宿形式のサマースクールでグループワークを行っている。それぞれのグループにシニア研究者がチューターとしてつき、「良い理論を見極め、適切な仮説を生成すること」に関して議論した成果をワークショップにおいて、グループごとに発表する。

キーワード：JCSS, 認知科学 (cognitive science)

1. サマースクール

認知科学会のサマースクールは 2011 年から始まり，今年で第 8 回となりました。これまで，安西先生のレクチャーをはじめ，シニアの先生方の解説、若手研究者の発表とシニアの方々とのディスカッション，学生・若手・中堅・シニアの方々の忌憚のない交流，などが実現されてきました。シニアの先生方の長い経験に培われた深い事象の理解や考え方がこのような交流を通じて伝えられることは，若手の方々の研究のスタートに極めて有用であり，それを組織的に行うことをサマースクールは目指しています。研究者は往々にして先端的な知識を得ることこそが，より発展した研究につながると考えます。しかし実際には，先端的な知識もまた基礎的な知識の延長であり，基礎的な事象の深い理解がなければ先端に行きつくことはできません。また，他分野の研究者との深い議論は，私達の頭をゆさぶり，一人ではローカルミニマムにはまっていた思考を新しい領域に引き出してくれます。実際には，このような議論や交流が，先端を切り開く新しい発想につながるのだと思います。

異分野についての学習，特に深い理解は心的な負担が大きいのは事実です。本サマースクールの参加者には，そのような壁を乗り越え，多くの方々との深い議論を通じて，新しい研究分野を開拓してほしい。認知科学会はそのようなチャレンジを積極的に支援します.

2. 良い理論を見極め、適切な仮説を生成すること

認知科学の研究には、実験や観察、調査がつきものですが、何の理論や仮説もなくデータを収集することはできません。それらは、必ず何らかの仮説（理論）に基づいて取得されます。しかし理論や仮説には「良い理論」と「あまりよくない理論」があります。良い理論（仮説）とはどのようなものか、まず物理学の理論をモデルに議論し、良い理論とはどのようなものかを理解してもらうことを目指します。

研究者は、実験によって事実を集め、自分の考えが正しいことを証明しようとします。あるいは事実を積み重ねることで帰納的に仮説を構築します。研究者が行っている活動は、事実に基づいた主張（結論）をすることです。しかし、ある事実が得られれば、自動的に主張（結論）が決まるわけではありません。たんに事実だけを提示しても、それだけでは議論として不十分です。そこには、かならず暗黙の仮定（論拠）が必要です。事実（根拠）と論拠が合わせて提示されることで、はじめて主張（結論）が受け入れられます。

研究者としてさらに一歩踏み出すためには、自身が行っている議論のうち、なにが事実・論拠・主張であるかを明確に意識し、それらをうまくつなぐスキルが必要です。

このセッションでは 2 日間のサマースクールに参加し，考えたこと. 感じたことをグループごとに発表し，参加者とともにディスカッションを行います．サマースクールおよびこのセッションを通じて、無自覚に受入れていた「もっともらしい仮説や説明」を批判的に咀嚼し、自身の研究で生成する仮説をより高いレベルのものにしてもらうことを期待しています。

理論，説明，仮説とは
What is Theory, Explanation, Hypothesis?

川合　伸幸[†]，鈴木　宏昭[‡]，岡田　浩之[*]
Nobuyuki Kawai[†], Hiroaki Suzuki[‡], Hiroyuki Okada[*]
[†]名古屋大学，[‡]青山学院大学，[*]玉川大学
Nagoya University, Aoyama Gakuin University, Tamagawa Univeristy
h.okada@eng.tamagawa.ac.jp

概要
サマースクール参加者のグループワークの発表を受け、メンターとしてサマースクールに参加した研究者が「良い理論を見極め、適切な仮説を生成すること」についてディスカッションする。

キーワード：サマースクール，理論，説明，仮説

1.　サマースクールとの連携企画

本セッションはこれに先立つ 2 日間の合宿形式のサマースクールと連動した企画である．2 日の間集中して議論を行い，様々な知見を得られたことと思う．
ここでは，さらに今回のテーマである「よい理論を見極め，適切な仮説を生成すること」に関して，特にメンターとしてサマースクールに関わった参加者のパネルディスカッションを行う．
もちろん，サマースクールに参加しなかった方の聴講も大歓迎である．

２．よい理論を見極め，適切な仮説を生成するレッスン

良い理論とは

認知科学の研究には、実験や観察、調査がつきものですが、何の理論や仮説もなくデータを収集することはできません。それらは、必ず何らかの仮説（理論）に基づいて取得されます。しかし理論や仮説には「良い理論」と「あまりよくない理論」があります。良い理論（仮説）とはどのようなものか、まず物理学の理論をモデルに説明します。いくつかの練習問題を通じ、良い理論とはどのようなものかを理解してもらうことを目指します。

仮説の検証方法

良い理論はよい仮説を生成します。しかし、認知科学の仮説や説明は、物理学や生物学のように物質や細胞などに還元できるものは多くありません。認知過程や心の働きを説明するためには、媒介変数や隠れた前提を仮定したり、いくつかの仮説（前提）をつなげる必要が生じることがあります。帰納法に演繹法を組み合わせることで、天王星の軌道の動きを説明できなかった当時のニュートン力学が海王星の存在を予測し実際に発見されたように、これまでの多くの事象を説明するとともに、新たな予測（仮説）を生成するもあります。

このような推論をアブダクション（仮説推論）といい、認知科学や多くの科学分野では、アブダクション（仮説推論）を一般的に行っています。しかしなかには、「風が吹けば桶屋が儲かる」ほどではないにしても、後づけの説明が塗り重ねられ、とても論理的な説明になっていない、と思えるようなものもあります。

仮説は実験や観察によって検証されねばなりませんが、認知科学の研究では仮説そのものの真偽を直接観察できないこともあります。そこで、アブダクション（仮説推論）によって仮説が正しいかを検証することになります。仮説推論は、非演繹的な推論の１つですが、演繹法とも組合わさっているので、まず帰納法と演繹法、さらに仮説推論との相違を説明します。そして、仮説推論で生成された仮説が妥当なものとして受け入れられるためには、「検証」だけでなく「反証条件」も与えている必要があるということを説明します。実際にいくつかの例題で、隠れた前提などを考えてもらいます。これらを通じて、正しい（科学的に妥当な）仮説の生成方法を理解してもらいます。

人間や動物行動に関する「よくない理論」と「良い理論」

認知科学に近づけて考えるために、人間や動物行動に関する「よくない理論」と「良い理論」を紹介します。良い理論は適切な仮説を生成する原動力となりますが、なかにはまったく仮説を生成できない「理論」もあります。いっぽうで、直感と反する仮説を生成し、実際にそれが確かめられるような理論もあります。それらの例として「バイオリズム理論」と「連合学習理論」を取り上げ、良い理論や仮説に必要な条件（検証（反証）可能性、簡潔性、普遍性、多産性、データとの整合性）について整理します。そしてその「良い理論」が David Marr の 3 つの水準とどのように対応するかや、「強化学習理論」とどのように対応しているかを確認します。

そして、強化学習と脳機能画像に関する２ページほどの学術論文（邦訳済み）を読み、そこではどのような仮説が提示され、どのような事実でもってそれが検証されたか、前提はなにか、反証条件は与えられているか、などを読み解いてもらいます。また、その研究は、Marr の３つの水準とどのように対応しているかを考えてもらいます。

このセッションでは 2 日間のサマースクールに参加し, 考えたこと. 感じたことを参加者とともにディスカッションを行います. サマースクールおよびこのセッションを通じて、良い理論とはどのようなものかを理解してもらうことを目指します。

認知研究における理論・仮説・データとは ～時代を画す認知科学方法論を創り出そう～ What is Theory, Explanation, Hypothesis?

サマースクール実行委員会[†]，安西 祐一郎[‡]
Summer School[†], Yuichiro Anzai[‡]
[†]日本認知科学会，[‡]日本学術振興会
JCSS, JSPS

概要

認知に関わる幾多の研究の中で、「時代を画した研究」はどんな特徴を持っているのだろうか？それ以前に、認知研究におけるデータ、仮説、理論とは何だろうか？また、心理学や医学を源とするさまざまな実験方法論は常に妥当なのだろうか？特に、多くの研究者が関心を持っている（ようにみえる）「心のプロセス」に関わる研究について、データ、仮説、理論とはいったい何を指しているのだろうか？

キーワード：理論，仮説，データ

1. 「時代を画した研究」とは？

認知に関わる幾多の研究の中で、「時代を画した研究」はどんな特徴を持っているのだろうか？
それ以前に、認知研究におけるデータ、仮説、理論とは何だろうか？ また、心理学や医学を源とするさまざまな実験方法論は常に妥当なのだろうか？特に、多くの研究者が関心を持っている（ようにみえる）「心のプロセス」に関わる研究について、データ、仮説、理論とはいったい何を指しているのだろうか？

これらの設問は、多くの認知研究にあてはまる設問と考えられるが、そのうえで、時代を画する認知研究は、どんな特徴を持ち、どのようにして革新を引き起こしたのだろうか？

この講演では、演者が３０歳のころに行った認知方略の学習に関する研究（Y.Anzai and H.A.Simon, The Theory of Learning by Doing, Psychological Review, 86(2), 124-140, 1979）を中心として、(1)経験科学における帰納と理論の関係、(2)「心」の研究におけるデータと概念および観察と説明の関係、(4)「心」の研究における機能主義と構造主義の相克の克服などについて述べる。（この論文は、当時の心理学的研究ではほとんど受け入れられていなかった発話プロトコール分析とコンピュータシミュレーションを併用し、認知スキルの研究に新しい時代を拓いただけでなく、人工知能から臨床研究に至る多様な分野に影響を与えた。講演ではさらに、この論文で述べた理論を船の操舵に適用した研究（Y.Anzai, Cognitive Control of Real-Time Event-Driven Systems, Cognitive Science, 8(3), 221-254, 1984）も参考にする。）

２．「時代を画す」認知科学方法論

本講演に先立つサマースクールでは、２日間の議論を通じて、「時代を画す認知科学方法論」を参加者一人ひとりが自ら創り出すことを考えてきた.

重要なことは、参加者が

(1)従来の学問分野に囚われない自由闊達な心を持つこと

(2)分野・学会・研究室などによって固定されがちな研究方法や実験方法などに囚われない自由闊達な心を持つこと、ただし

(3)「心」という対象が、古今東西の俊秀を吸い寄せ、また撥ねつけてきた、興味深いがきわめて複雑な研究対象であることを自覚すること、そして

(4)そのような対象に対して、大雑把な演繹的かつ素人的推論でなく、多様な現象から帰納的かつ緻密に推論したプロフェッショナルな理論を提示し、理論と現実のギャップを体験することで現実を深く理解していく営為には、簡単ではないがワクワクする面白さがあることなどを理解し共有することである。

知覚、記憶、情動、イメージ、思考、言語、社会性、インタラクション、学習、発達、進化、その他、参加者が関心を持つテーマを中心に、多様な分野における理論・仮説・データの問題について、「時代を画す認知科学方法論」の創造を目標に、活発な議論できればと考えている。

参考文献

[1] Y.Anzai and H.A.Simon, The Theory of Learning by Doing, Psychological Review, 86(2), 124-140, 1979
[2] Y.Anzai, Cognitive Control of Real-Time Event-Driven Systems, Cognitive Science, 8(3), 221-254, 1984

注意の制御とワーキングメモリ：注意の誘導と抑制の側面からの検討
Working memory and the control of visual attention: attentional guidance and inhibition

川島 朋也†
Tomoya Kawashima
†神戸大学国際文化学研究推進センター
Research Center for Promoting Intercultural Studies, Kobe University
tomoyakawashima4@gmail.com

Abstract
Cognitive control refers to the ability to select task-related information among competitive distractors. Recent studies have shown that individuals can strategically control the attentional guidance toward an object that matches representations in working memory in a goal-directed manner. In addition, it has been reported that people often failed to notice the presence of the tone under high perceptual load. Here I reviewed some recent experimental studies to discuss the role of working memory in attentional guidance and distractor inhibition.

Keywords — cognitive control, visual attention, working memory, visual search, distractor inhibition

1. 認知コントロール

ヒトは常に多くの情報の中から目下の目的に合った情報を選択して行動している。このような場面で，認知コントロール（cognitive control）は感覚情報処理から問題解決場面に至るまで重要な役割を果たしている[1][2]。認知コントロールは，課題非関連な情報を排除し，課題関連の情報に注意を焦点化する能力のことを指す[3]。本稿では，近年の実証研究を概観することで，注意とワーキングメモリの処理機構における認知コントロールについての検討を試みる。

注意は不要な情報の中から必要な情報を選択するという，コントロールの基本的な機能の一つとして考えられている[4]。一方，ワーキングメモリは必要な情報を一時的に保持し，操作もしくは処理するメカニズムを含んだシステムである[5][6]。注意は視覚環境中に存在する感覚情報を選択的に処理し，ワーキングメモリは現前しない感覚情報を処理するものとして区別されることが多い。しかし，注意とワーキングメモリは関連のある概念であることが示され[7][8]，近年は双方向的な関係があるものとして捉えなおされてきた[9]。

本稿では，第一に，ワーキングメモリに保持した情報と注意の誘導・抑制とのかかわりについて議論する。近年の実証的研究を概観し，注意の誘導と抑制には異なった処理がはたらくことを示す。第二に，ワーキングメモリ容量の個人差と聴覚刺激の聞き落としとの関係について議論する。近年の実証的研究を概観し，ワーキングメモリにおける中央実行系の個人差が聴覚刺激の聞き落としと関連することを示す。以上の研究を通して，記憶と注意の処理機構における認知コントロールについての検討を試みる。

2. 注意誘導の認知コントロール

ヒトの認知システムには容量限界があるため，全ての知覚入力を処理することはできない。適応的に日常生活を送るためには，必要な情報を選択し，不要な情報を排除する選択的注意の機能が必要となる。例えば，冷蔵庫から牛乳を取り出そうとするとき，牛乳に関する情報を思い浮かべながら冷蔵庫に向かうだろう。このような特定の標的刺激の探索は，環境中の顕著な情報によるボトムアップな処理ではなく，トップダウンの注意のコントロールを必要とする。近年の実証的研究や注意の理論は，このような注意のトップダウンのコントロールはワーキングメモリに探索対象の表象を保持することで実行されていることを示している[10][11]。

ワーキングメモリに保持した情報が注意の向けられる対象を決定する場合がある。複雑な環境の中から特定の刺激を探索するとき，探索の対象の刺激の表象が探索テンプレート（search template）としてワーキングメモリに保持されていると考えられている[12][13]。この考えによると，複数の感覚入力のうち，ワーキングメモリ内の表象と一致する入力に対して重みづけがなされ，結果としてその刺激の信号の感度が他の刺激よりも高くなり，選択される。

ワーキングメモリに保持した情報による注意の誘導は意図的にコントロールできる[14][15][16][17][18]。Kawashima & Matsumoto [18] は実験参加者に，視覚

的な刺激 (e.g., 色のついた四角形) もしくは単語 (e.g., 「赤」) をワーキングメモリに保持しながら視覚探索課題を遂行することを求めた。このとき，保持した刺激と標的刺激が一致する確率を操作し (20%, 50%, 80%)，実験参加者に教示した。実験の結果，保持した表象の種類によらず，記憶した刺激による注意の捕捉効果は確率によって変化した。この結果は，視覚的・言語的表象の両方が視覚的注意を制御することを示唆する。

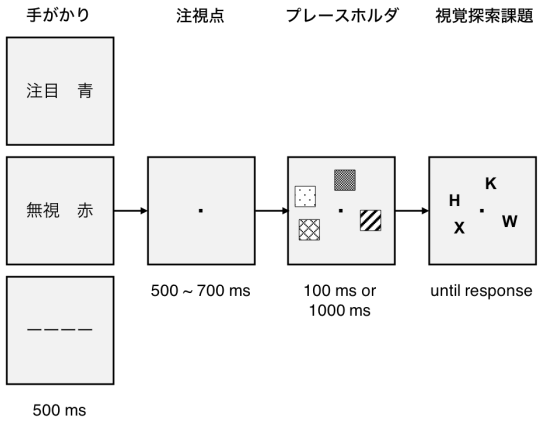


図１．試行の流れ [20]．試行のはじめに，標的刺激が出現するプレースホルダの色手がかり（注目手がかり），妨害刺激が出現するプレースホルダの色手がかり（無視手がかり），または視覚探索課題について無情報の手がかり（中立手がかり）が与えられる。

視覚探索課題の前に課題に関連する情報を手がかり呈示すると（注目手がかり：例　注目「青」），より早く標的刺激を検出できる[19]。無視すべき情報を手がかり呈示することで (無視手がかり：例　無視「赤」)，妨害刺激に注意を向けないようにすることによっても標的刺激はより早く検出されうる。Kawashima & Matsumoto［20］は視覚探索での注目手がかりと無視手がかりの効果を比較し，能動的な注意のコントロールの背景メカニズムを検証した (図１)。この研究では，視覚探索課題の前に探索項目の色と位置が同じプレースホルダを呈示し，その呈示時間を操作した（SOA 条件：100 ms vs. 1000 ms)。その結果，SOA が 100 ms の条件では中立手がかり（i.e.,「－－－－」）と比較して，無視手がかりによる反応時間の損失が認められ，SOA が 1000 ms の条件では無視手がかりによる反応時間の利得が認められた。この結果は，無視手がかりを用いた視覚探索の遂行には，無視すべき項目を検出し，ついで抑制するという２段階の処理を必要とすることを示唆する[21]。また，プレースホルダの色の数によってセットサイズを操作し，探索勾配（search slope）を分析した。探索勾配とは，１項目あたりの探索時間のことで，急峻であるほど探索が非効率であることを示す。分析の結果，SOA が 1000 ms の条件において，無視手がかりの探索勾配は注目手がかりの探索勾配よりも急峻だった。これらの結果は，無視手がかりが有効となるには一定以上の時間を必要とし，無視手がかりが有効となっても，その探索効率は注目手がかりを用いた探索よりも悪いことを示唆する。

これら一連の研究は，ワーキングメモリ内の表象が注意をコントロールすることを示している。ワーキングメモリ内の表象は，視覚環境内のどの刺激を優先的に処理するかを決定するだけでなく，どの刺激を能動的に抑制するかを決定すると考えられる。

3.　ワーキングメモリ容量と非注意性難聴

認知コントロールに関する知覚負荷理論(perceptual load theory）は，課題の知覚負荷が課題非関連な刺激がどの段階まで処理されるかに影響することを示している[22][23]（近年の考え方として[24][25])。この理論では，課題の知覚負荷が低い場合，課題で要求される処理資源が少ないために余剰が生じ，余った資源が自動的に妨害刺激に割り当てられるために妨害刺激による干渉を受ける一方で，課題の知覚負荷が高い場合，課題に処理資源を多く割り当てたために資源が枯渇し，妨害刺激による干渉を受けないと説明する。このように，課題の知覚負荷が低い場合では，課題非関連な情報を排除することが困難となる。

近年，知覚という単一のモダリティだけでなく，クロスモダルの文脈でも知覚負荷の効果が見られることが示されている。視覚課題と聴覚課題を同時に行う二重課題において，視覚課題の知覚負荷が高い場合は，知覚負荷が低い場合よりも聴覚刺激の聞き落とし（非注意性難聴：inattentional deafness）が有意に増加する[26]。Macdonald & Lavie [26]［は視覚課題として線分の色を判断する課題（低知覚負荷条件）もしくは線分の長さを判断する課題（高知覚負荷条件）を実験参加者に課した。最終試行に予告なく聴覚刺激を視覚刺激と同時に呈示した。その結果，低知覚負荷条件では参加者の 75%が音刺激に気づいた一方で，高知覚負荷条件で音刺激に気づいた参加者は全体の 25%だった。この結果を彼らは，知覚負荷が低い場合には処理資源に余剰があるために聴覚刺激に注意が配分される一方で，知覚負荷が高い場合には処理資源が枯渇するために聴

覚刺激が処理されなかったと説明する。

Raveh & Lavie [27] は聴覚刺激を実験参加者に予告して呈示する場合においても非注意性難聴が認められることを示した。彼らは視覚探索課題において，標的刺激以外の探索項目が全て「o」で構成される低負荷条件と，複数のアルファベットで構成される高負荷条件を設けた。全体の 50%の試行で，視覚探索課題と同時に聴覚刺激が呈示され，実験参加者は聴覚刺激の有無を回答した。その結果，低負荷条件では聴覚刺激の正報告率は 86%だった一方で，高負荷条件では正報告率は 59%だった。この結果は，聴覚刺激に対して能動的に注意を分配できる場合でも，知覚負荷が高い場合には聴覚刺激は処理されないことを示唆する。

財津・川島・松本 [28][29] は非注意性難聴の生起と関連する機能としてワーキングメモリの個人差に着目した。これらの研究では，実験参加者の視覚的ワーキングメモリ容量（視空間記憶課題）と中央実行系の容量（N バック課題）を測定し，聴覚刺激の聞き落としとの関連を検証した。聴覚刺激の呈示が予告されていない場合では，低知覚負荷条件において，4 バック課題の成績が高いほど聞き落としが少なかった一方で，視空間記憶課題の成績は非注意性難聴を予測しなかった[28]。聴覚刺激の呈示が予告されている場合では，高知覚負荷条件において，4 バック課題の成績が高いほど聞き落としが少なかった一方で，視空間記憶課題の成績は非注意性難聴を予測しなかった[29]。以上の結果は，非注意性難聴は視覚性のワーキングメモリよりも，中央実行系の容量と関連することを示唆する。

これらの研究は，知覚負荷が高い場合，聴覚刺激の検出が低下することを示している。このことは，視覚と聴覚のモダリティで注意資源が共有されていることを示唆する。また，聴覚刺激の聞き落としは，視覚性ワーキングメモリの個人差ではなく，中央実行系の個人差が関連することが示された。この結果は，視覚刺激の見落としである非注意性盲目（inattentional blindness [30]）がワーキングメモリの中央実行系と関連するという知見[31]と整合する。

4. まとめと展望

本稿ではワーキングメモリと注意との関連に着目し，実証的研究を概観した。ワーキングメモリ表象は，注意を課題関連の情報に向けたり，課題非関連の情報からそらしたりするコントロールに重要な役割を果たしていることが示された。また，ワーキングメモリの中央実行系の個人差は，視覚課題と聴覚課題を同時に行う二重課題下において，聴覚刺激の検出と関連することが示された。

これらの知見は 2 つの認知制御過程を仮定した DMC モデル（dual mechanism of cognitive control [32]）の枠組みから統一的に説明できるかもしれない。DMC モデルは認知コントロールの実行のタイムスケールに注目しているもので，順向性制御（proactive control）と反応性制御（reactive control）の 2 つの制御過程を仮定する。順向性制御は，特定の認知的に負荷のある事象が生じる前に，目標に関連した情報を持続的に保持することで，適した行動をとることができる認知処理のことを指す。例として，高速道路を運転中に「落下物注意」の電光掲示板を見たとき，落下物があるという情報を保持しながら運転し，その落下物を見つけたときに適切に行動することが挙げられる。一方，反応性制御は，事象が検出された後に，刺激駆動的に行動を導く即時的な認知処理のことを指す。例として，自動車を運転中に道路上に予期せず落下物を見つけたときに，適切な方向へハンドルを切ることが挙げられる。順向性制御には行動目標の持続的な保持を必要とすることから，処理資源を消費するものの，事象が生起する前に準備する事ができる。一方，反応性制御は事象の検出を必要とし，事象が生起した後に実行されるため，制御には時間がかかる。

ワーキングメモリ容量と聴覚刺激の検出の関連を検討した一連の研究により，聴覚刺激の存在が予告されていないとき，課題の知覚負荷が低い条件において，中央実行系の容量が大きいほど聞き落としが少なかった[28]。これは，知覚負荷が低く処理資源に余剰がある場合に，中央実行系の容量が大きい個人は予期せぬ聴覚刺激を検出することに余剰の資源を使用するという反応性制御を駆動できたと解釈できる。一方，聴覚刺激の存在が予告されているとき，課題の知覚負荷が高い条件において，中央実行系の容量が大きいほど聞き落としが少なかった[29]。これは，中央実行系の容量が大きい個人は，事前に知らされた聴覚刺激の検出という行動目標を持続的に保持することにも処理資源を割り当てることができ，聴覚刺激に対して反応できたという順向性制御をはたらかせることができたと解釈できる（図 2）。ワーキングメモリ容量と認知コントロールとの関連を，順向性制御および反応性制御に切り分けて理解するというアプローチが可能かもしれない（例として[33]）。

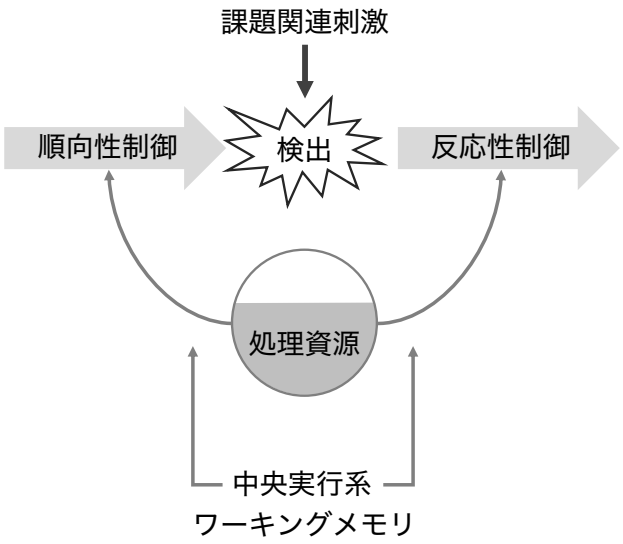


図 2. 認知処理とワーキングメモリによる資源分配．聴覚刺激が出現するという事象を予期できていた場合，余剰の処理資源を順向性制御に割り当てる。事象が予期できていなかった場合，余剰の処理資源を反応性制御に割り当てる。この資源の割り当てにはワーキングメモリの中央実行系が機能を担う。中央実行系の個人差が処理資源の分配と認知処理の駆動による事象の検出成績を説明すると考えられる。

視覚探索における標的刺激や妨害刺激の色を事前に手がかり呈示した課題において[20]，注目手がかりの呈示は，注意を課題に関する情報に焦点化させ，より早い標的刺激の検出につながることが示された。この認知処理には，課題に関連する情報を持続的に保持して注意を割り当てる順向性制御が関連したと考えられる。一方，無視手がかりを使用した視覚探索の遂行には一定以上の時間を必要とすることが示された。さらに，探索勾配の分析から，注目手がかりを用いた視覚探索よりも非効率であることが示された。これらの結果は，無視手がかりを用いた視覚探索には，無視すべき情報を持続的に保持した順向的な干渉の予防に加えて，事象を検出した後に反応的にはたらく認知処理とともに機能する必要がある可能性があることを示唆する。また，妨害刺激の反応的な抑制は一時的ではなく，持続的にはたらくことによって実現されている可能性がある（図3）。視覚的注意研究においても，妨害刺激の抑制において順向性制御と反応性制御が区別され，検討が進められてきている[34]。このように，DMCモデルの枠組みから注意・ワーキングメモリ・認知コントロールを統合して検証することは，ヒトの柔軟な行動の基盤にある認知メカニズムの統合的な理解につながるかもしれない。

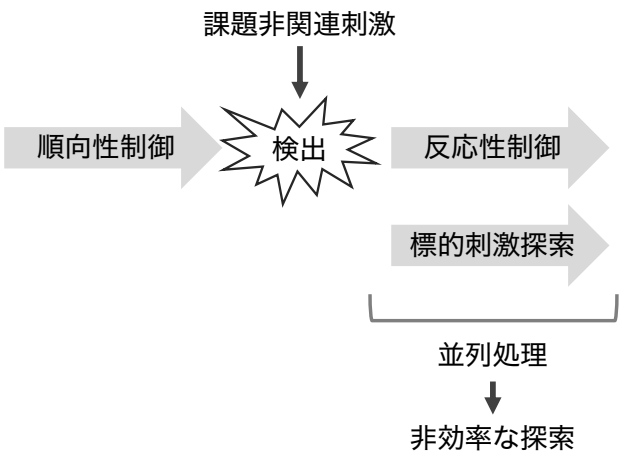


図 3. 無視手がかりを用いた視覚探索．課題に非関連な妨害刺激の特徴が手がかり呈示されたとき，無視すべき情報を保持する順向性制御がはたらく。課題非関連刺激を検出したとき，抑制の処理が反応的に駆動される。この処理は一時的なものではなく，標的刺激を検出するという別の行動目標のための処理と並列に処理される。そのために無視手がかりを用いた探索は非効率なものになると考えられる。

また，近年，注意の配分のコントロールにはワーキングメモリだけではなく長期記憶も重要な役割を果たすことが示されている[35][36]。例えば，無視手がかりを用いた視覚探索は，試行を繰り返す学習によってより効率的になる[37][38]。今後は，長期記憶を含めたシステムとして認知コントロールのメカニズムを検討していく必要があるだろう。

参考文献

[1] Cohen, J. D. (2017). Cognitive control: Core constructs and current considerations. In Egner, T. (Ed.), The Wiley Handbook of Cognitive Control, West Sussex, UK: John Wiley and Sons, pp. 3–28.

[2] 西田 勇樹・服部 雅史・織田 涼 (2018). 洞察問題解決におけるアイデア生成――抑制メカニズムに関するレビュー――. 立命館人間科学研究, 37, 91–102.

[3] Amer, T., Campbell, K. L., & Hasher, L. (2016). Cognitive control as a double-edged sword. Trends in Cognitive Sciences, 20, 905–915.

[4] Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. Annual Review of Neuroscience, 35, 73–89.

[5] Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In Bower, G. A. (Ed.), The Psychology of Learning and Motivation, New York: Academic Press, pp. 47–89.

[6] Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. Annual Review of Psychology, 63, 1–29.

[7] Awh, E., Vogel, E. K., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. Neuroscience, 139, 201–208.

[8] Gazzaley, A., & Nobre, A. C. (2012). Top-down modulation: Bridging selective attention and working memory. Trends in Cognitive Sciences, 16, 129–135.

[9] Hutchinson, J. B., & Turk-Browne, N. B. (2012). Memory-guided attention: Control from multiple memory systems. Trends in Cognitive Sciences, 16, 576–579.

[10] Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. Trends in Cognitive Sciences, 12, 342–348.

[11] Olivers, C. N., Peters, J., Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2011). Different states in visual working memory: When it guides attention and when it does not. Trends in Cognitive Sciences, 15, 327–334.

[12] Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. Psychological Review, 97, 523–547.

[13] Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. Annual Review of Neuroscience, 18, 193–222.

[14] Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2011). Automatic and strategic effects in the guidance of attention by working memory representations. Acta Psychologica, 137, 217–225.

[15] Han, S. W., & Kim, M. S. (2009). Do the contents of working memory capture attention? Yes, but cognitive control matters. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 35, 1292–1302.

[16] Kiyonaga, A., Egner, T., & Soto, D. (2012). Cognitive control over working memory biases of selection. Psychonomic Bulletin & Review, 19, 639–646.

[17] Kawashima, T., & Matsumoto, E. (2014). Electrophysiological evidence that top-down knowledge controls working memory processing for subsequent visual search. NeuroReport, 27, 345–349.

[18] Kawashima, T., & Matsumoto, E. (2017). Cognitive control of attentional guidance by visual and verbal working memory representations. Japanese Psychological Research, 59, 49–57.

[19] Vickery, T. J., King, L. W., & Jiang, Y. (2005). Setting up the target template in visual search. Journal of Vision, 5, 81–92.

[20] Kawashima, T., & Matsumoto, E. (under revision). Negative cues lead to more inefficient search than positive cues even at later stages of visual search.

[21] Moher, J., & Egeth, H. E. (2012). The ignoring paradox: Cueing distractor features leads first to selection, then to inhibition of to-be-ignored items. Attention, Perception & Psychophysics, 74, 1590–1605.

[22] Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 21, 451–468.

[23] Lavie, N. (2010). Attention, Distraction, and Cognitive Control Under Load. Current Directions in Psychological Science, 19, 143–148.

[24] 川島 朋也・松本 絵理子 (2014). フランカーと妨害刺激の処理の類似性による干渉抑制への影響. 基礎心理学研究, 33, 1–8.

[25] Giesbrecht, B., Sy, J., Bundesen, C., & Kyllingsbæk, S. (2014). A new perspective on the perceptual selectivity of attention under load. Annals of the New York Academy of Sciences, 1316, 71–86.

[26] Macdonald, J. S., & Lavie, N. (2011). Visual perceptual load induces inattentional deafness. Attention, Perception, & Psychophysics, 73, 1780–1789.

[27] Raveh, D., & Lavie, N. (2015). Load-induced inattentional deafness. Attention, Perception, & Psychophysics, 77, 483–492.

[28] 財津 昌弘・川島 朋也・松本 絵理子 (2016). ワーキングメモリ容量が非注意性難聴の生起を予測する. 第 14 回日本ワーキングメモリ学会大会, 京都大学芝蘭会館別館.

[29] 財津 昌弘・川島 朋也・松本 絵理子 (2017). 非注意性難聴の生起：ワーキングメモリ成績および視覚課題負荷との関連. 日本心理学会第 81 回大会, 久留米シティプラザ.

[30] Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. Perception, 28, 1059–1074.

[31] Fougnie, D., & Marois, R. (2007). Executive working memory load induces inattentional blindness. Psychonomic Bulletin & Review, 14, 142–147.

[32] Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. Trends in Cognitive Sciences, 16, 106–113.

[33] Wiemers, E. A., & Redick, T. S. (2018). Working memory capacity and intra-individual variability of proactive control. Acta Psychologica, 182, 21–31.

[34] Geng, J. J. (2014). Attentional mechanisms of distractor suppression. Current Directions in Psychological Science, 23, 147–153.

[35] Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2015). Using working memory to control attentional deployment to items in complex scenes. In Fawcett, J.M., Risko, E.F., & Kingstone, A. (Ed.), The Handbook of Attention. MIT Press, Cambridge, MA., pp.171–197.

[36] Vecera, S. P., Cosman, J. D., Vatterott, D. B., & Roper, Z. J. (2014). The control of visual attention: Toward a unified account. Psychology of Learning and Motivation, 60, 303–347.

[37] Cunningham, C. A., & Egeth, H. E. (2016). Taming the white bear: Initial costs and eventual benefits of distractor inhibition. Psychological Science, 27, 476–485.

[38] 川島 朋也・松本 絵理子 (2016). 妨害刺激抑制のメカニズム：学習過程と持続性. 日本基礎心理学会第 35 回大会, 東京女子大学.

うまくいっているときにタイプ２は働くのか ー正のフィードバック下でのタイプ２の起動と潜在的モニター過程の関係ー

How are Type 2 processes activated in a favorable situation? —Relationship between activation of Type 2 processes and unconscious monitoring process under positive feedback—

二宮 由樹[†]，寺井 仁[‡]，三輪 和久[†]
Yuki Ninomiya, Hitosi Terai, Kazuhisa Miwa
[†]名古屋大学，[‡]近畿大学
Nagiya University, Kindai University
ninomiya@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

We need to control automatic cognitive processes like intuition when required normative judgment and behavior. In previous studies, conscious control over automatic judgment is said to occur by monitoring that automatic judgment fails. However, in these explanations, although we can explain the mechanism of control when the intuition is wrong, we cannot explain the mechanism of control when intuition is correct. Therefore, in this research, we conduct experiments on how type 2 processes are activated when intuition judgment is correct .

1. はじめに

私たちは様々な場面で自分の行動を制御することが求められる. 例えば, 医者に糖分を控えるように言われたら, ケーキが食べたい欲求を抑えて, 自分の行動を制御しなければならない. 欲求のような自動的な思考にあらがうには意識的にそれを制御する必要がある.このような自分の思考や行動の制御は欲求の制御に限らず, 様々な場面で要求される.

自動的な思考とその制御の問題は，二重過程理論の文脈の中で説明されている. 二重過程理論では, 人が, 速く, 認知資源を必要としない, 自動的な思考であるタイプ 1 と，遅く，認知資源を必要とする，制御的な思考であるタイプ 2 の 2 つの思考を使い分けていると説明される[1,2,3,4]. 通常，自動的な思考であるタイプ 1 は適応的に働くことが知られているが, 時に確率・論理規則などの規範的規則から逸脱した判断や行動につながることが知られている. このような規範からの逸脱を避けるためには，タイプ 2 を働かせ，タイプ 1 による判断を吟味し，介入するかを決定することが必要である. つまり, 自動的な思考や行動を制御するためには, タイプ 2 を起動させ，自動的な思考を制御することが必要だということである.

先行研究では，タイプ 2 の起動は，タイプ 1 の判断が規範的規則から逸脱する状況で，それをどのように制御するのかについて研究されてきた. 例えば，DeNeys & Glumicic(2008)はヒューリスティックと確率・論理規則に基づく規範的直観の間の競合(conflict)を潜在的にモニターされており，この競合の検出がタイプ 2 が働く手掛かりになると説明した[5]. また，タイプ 1 による判断を下す際には，評価自体は意識にはのぼらないレベルで行われ，その結果は意識化できる経験であるメタ認知的経験として，タイプ 1 の判断の正しさの感覚(FOR)を得ており，その FOR の高低もタイプ 2 がタイプ 1 を制御するための手掛かりになることが示されている[6].

以上の研究は，競合やタイプ 1 の正しさなどを潜在的にモニターし，タイプ 1 の判断についての負のフィードバックを得ることでタイプ 2 が働くことを明らかにした. 一方，これらの研究はタイプ 1 がうまくいっている際にタイプ 2 は働くのかという視点が抜けている. つまり，これまでの研究では，タイプ 1 がうまくいかない場合に，タイプ 2 が起動し，それがどのように働くのかについて議論しているが，タイプ 1 がうまく働いている場合にも, タイプ 2 は起動し得るのか, また, それはどのようにして起こるのかについては検討されていない.

うまくいっている状況におけるタイプ 2 の起動や制御について検討することは，行動や思考の制御の問題を検討するうえで重要である. 例えば, 主観的にタイプ

1 の出す判断が正しいが，それが最適解とは限らないような状況では，タイプ 2 の制御によってタイプ 1 の判断をとらえ直すことで，パフォーマンスのさらなる向上を見込むことが出来る．

このようなうまくいっている場面について検討するために，本研究では構え効果とその解消のメカニズムに着目する．構え効果が見られる代表的な課題にルーキンスの水がめ問題がある[7].この課題は a，b，c の 3 つの大きさの異なる水がめを使い，ある量の水のくむ方法を考える課題である(表 1)．例えば，表 1 では初めの数問は B−A−2C で解けるため，参加者は B−A−2C で解けるという構えを形成する．そのため，5，6 題目のようなより簡単な回答(C−A，C+A)がある課題でも，それに気が付かず B−A−2C で解いてしまう．このような構え効果は，先行経験をもとに形成された解法に固執し，より良い解法の検討を妨げるために起こる．つまり，構えという自動的な解がうまくいっているために，より良い方略に変更できない状態といえる．また，構えを解消する際には，意識的な制御による注意の切り替えが必要だといわれている[8,9]．後述するように，水がめ問題を改変することで，問題解決初期に採用した方略を使い続けることはできるものの，よりよい解法が存在するため，タイプ 2 による制御により構えの解消を行うことでパフォーマンスの向上が見込めるという状況を作り出すことができる．

表 1　水がめ問題[7]

問題	水がめの容積 A	B	C	組みだす量	解答(計算式)
1	21	127	3	100	B−A−2C
2	14	163	25	99	B−A−2C
3	18	43	10	5	B−A−2C
4	9	42	6	21	B−A−2C
5	23	49	3	20	A−C，B−A−2C
6	15	39	3	18	A+C，B−A−2C

2.　目的

以上より本研究では，これまでの研究で扱われてきたうまくいっていない状況を「タイプ 1 による判断によって負のフィードバックが得られる状況」，うまくいっている状況を「タイプ 1 による判断によって正のフィードバックが得られる状況」と定義し，うまくいっている状況におけるタイプ 2 の起動について検討する．

本研究では初めに，水がめ問題をベースにタイプ 1 による判断がうまくいっている状況でタイプ 2 による制御が意味を持つ課題を作成する．もし，構えに基づいて答えている状態がうまくいっている状態であるならば，水がめ問題を解く反応時間は，構えに基づく解法を適用した際に必要となる計算時間に近づいていくと考えられる．

次に，そのようなうまくいっている状況において，タイプ 2 による制御が起こるのか？また，その際にどのような認知プロセスを仮定することができるのかについて，反応時間（実験 1）と眼球運動（実験 2）により検討を行う．洞察問題解決において，解答者が意識的に解答に気が付く前に，眼球運動が先行して変化することが示されている[10，11]．本研究においても，解答の変化(構えの解消)を意識的な解法の変化とすると，構えの解消以前に眼球運動の変化が見られれば，うまくいっている場面でも潜在的なモニターの働きを想定することが出来る．

3.　実験 1a

実験 1 の目的は，本研究で使用する課題が「うまくいっている状況でタイプ 2 による制御が起こる課題」という目的にかなう課題になっているかを確認することである．そこで実験 1a では，水がめ問題における構えに基づく解とは別に，簡単な解が存在する場面における構えの解消を観察する．もし，この構えの解消がうまくいっている状況において起こっているならば，構えに基づいて回答している参加者はほとんど考え直しを行うことなく答えを出していると考えられる．つまり，もしこの課題の状況がうまくいっている状況であるならば，参加者が構えに基づき課題を解く際の反応時間は，構えに基づく解法を用いて解く計算課題の計算時間と同等になると考えられる．

3.1. 方法

3.1.1. 参加者　参加者は大学生 22 名，最大 90 分で実験は行われ，謝礼として 2000 円が支払われた．

3.1.2. 材料　課題はデスクトップ PC(富士通株式会社，CLN6ESC1)を使用し，22 インチのディスプレイ(富士通株式会社，DF0154145)に提示された．課題の説明については用紙を配布しそれに基づいて行われた．課題は，本課題，計算課題，事後課題の 3 つの課題からなっていた．

本課題では，水がめ問題[7]をベースとして作成した

ものを使用した(図 1). 課題は 5 つの水がめを使用して，必要な水の量を求めるというものであった．すべての数字が 3 桁で構成されていた. 本課題は 30 施行からなり，初めの 3 題は構えに誘導するために，容易に発見することができる 1 つの解（C-D-E）しか存在しない課題（誘導課題）となっている．次の 5 題は構えを強固にするためのこの後の課題と同じ難易度で，C-D-E でしか解けない課題（構え形成課題）とした．そして，続く 20 題が，C-D-E に加えて C-A というより簡単な解が存在する課題（構え解消課題），最後の 2 問が参加者の課題への取り組み方を評価する課題であり，C-A のみが成り立つ課題（テスト課題）となっていた(図 2 参考)．実験 2 における眼球運動の計測を想定し，水がめを横 1 列に並べ，構えに基づく回答(C-D-E)が真ん中から右の数字，より簡単な回答(C-A)が真ん中から左の数字になるように設定した．

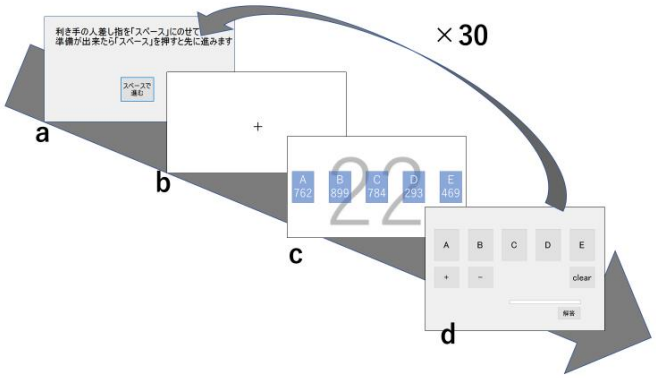


図 1　課題の構成(a:教示，b:注視点，c:問題提示[1〜3 問目：誘導課題，4〜8 問目：形成課題，9〜28 問目：解消課題，29〜30 問目：チェック]，d:解答入力)

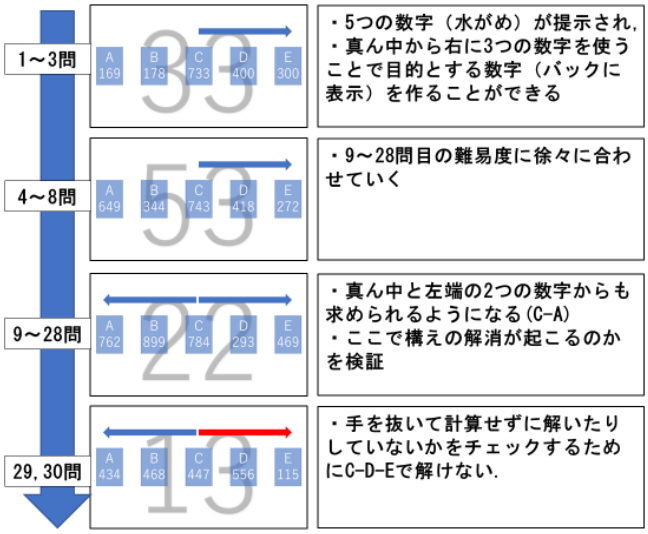


図 2　課題の内容

計算課題は，本課題で要求される課題における計算時間のベースライン(以下 BL)を測定することを目的に作成した．この課題は本課題における構え解消課題における C－D－E の計算の難易度と同程度のもの 10 題からなっていた.

事後課題では，参加者の WMC を測定した．WMC の測定には JOSPAN(日本語版オペレーションスパンテスト:[12])の測定を行った.

3. 1. 3. 手続き　参加者には数的能力についての調査として，実験の参加を募集した．参加者は初めに，実験の内容についての説明を受け同意書への記入を行った．参加者は初めに本課題を行った．参加者は本課題の解き方と進め方についての説明を受け，説明が理解できているかを確認するための練習を行った．練習が問題なく行えたのを確認したのち，課題を開始した.

この課題は 4 つのフェイズ(教示, 注視点, 問題提示, 解答入力)から構成されていた．そして問題提示，解答入力それぞれにおいて反応時間を測定した．30 施行終了後参加者には，課題の経験などを含む簡単なアンケートに答えた．参加者は自分のペースで課題を進めた．本課題は 30 分経過したところで，最後まで解けていなくても終了とした．本課題終了後，10 分程度の休憩をとり，計算課題と事後課題(JOSPAN)を行った．計算課題は本課題と同じく問題提示，解答入力のフェイズに分かれており，問題提示の際の反応時間を取得した．事後課題における JOSPAN は[12]の手続きにのっとり行った.

3. 2. 結果と考察

3. 2. 1. 構えの解消

22 名の参加者のうち，構えを形成した参加者は 14 名，構えを形成しなかった参加者は 2 名，最後まで解けないもしくは分類が困難であった参加者は 6 名であった．ここでは 9 問目の時点で構え(C-D-E)に従った解き方を行っていない参加者を構えの形成をしていないと判断した.

構えを形成した 14 名の参加者の内，構えの解消を行えたのは 4 名であった．また構えを解消せずに 28 問目まで C-D-E で解いてしまう参加者が 10 名であった．分類が困難な参加者の内訳は，課題を最後まで解けない参加者(4 名)，解答に不備がある参加者(2 名)であった.

実験 1a では，構えを解消した参加者は，構えを形成した参加者 14 人中 4 人と非常に少なかった．実験

では3ケタの計算でかつ引き算の際，繰り上がり繰り下がりが必ず生じるという非常に難易度の高い課題を使用している．そのため，構えの解消をするには計算の難易度が高すぎた可能性が考えられる．最後まで解けない参加者が4名いたこともこの課題の難易度の高さを裏付けている．

3.2.2. 反応時間の分析

実験に用いた課題が，うまくいっている状況かどうといえることを確認するために，課題解答中の反応時間を検討した．まず，構えを解消した4名の参加者について構えを解消した施行(n)の前の施行(n-1)の反応時間を検討した．

BLとの比較を行うため平均を比較した(表1)．その結果，n-1施行目の反応時間と，BLの間の有意な差は見られなかった($t(5.88) = .39$, $p = .71$)．このことは，構えを解消する際，参加者は前の施行において，計算にかかる時間同じ程度の時間で課題を解決していたことを示している．

これらの結果から，参加者が構えに基づいて課題を解決する際には，反応時間の面からみるとうまくいっている状況であると考えることが出来る．

表1 n-1におけるBLと思考時間(s)の平均(*SD*)

実験1a	BL	18.02 (8.08)
(n = 4)	思考時間	15.60 (9.35)
実験1b	BL	4.79 (1.18)
(n = 6)	思考時間	4.70 (1.14)

4. 実験1b

実験1aではタイプ2を働かせて構えを解消させた参加者は22名中4名であり，参加者の多くが構えを解消することが出来なかった．本研究の目的はうまくいっている状況において生じるタイプ2の起動を観察することである．そのため，構えの解消の生じる参加者が増える条件を検討する必要がある．

実験1aでは3ケタの難易度の高い計算を行っていたため，構えの解消に必要な認知資源が使用できなくなっていた可能性がある．そこで実験1bでは，課題の計算の難易度を下げることで，構えの解消が促進されるかを検討する．

また，構え解消課題の問題数を増やすことで単純に構え解消の機会を増やすことが出来る．そこで構え解消課題の問題数も20題から50題に増やした．

4.1. 方法

4.1.1. 参加者 参加者は大学生21名で，実験1aと同様，最大90分で実験は行われ，参加者には謝礼として2000円が支払われた．

4.1.2. 手続き 実験1aと同じ手続きで実験を行った．ただし，構えの解消が生じる程度を操作するため，課題に使用する数字を2桁にし，繰り上がり繰り下がりの操作が乗じないようにした．

また，問題数が増えることで，構えの解消が促進される可能性も考え，構え解消課題の問題数を50題に増やした．

4.2. 結果と考察

4.2.1. 構えの解消

21名の参加者のうち，構えを形成した参加者は13名，構えを形成しなかった参加者は6名，分類が困難であった参加者は2名であった．構えを形成した13名の参加者のうち構えを解消したのは7名であった．

構えを形成した参加者のうち構えを解消した参加者は，実験1aに比べて，参加者全体の1/5 (1a)から1/3 (1b)に増加した．ちなみに実験1aと同じ課題数(28施行)までに構えの解消を起こしたのは7名のうち6名であった．

4.2.2. 反応時間の分析

実験1bのような計算が簡単になった場合においても，課題がうまくいっている状況といえるかを検討するために，n-1施行目の反応時間について検討した．外れ値（±3SD）が1つ見られたので，構え解消した参加者(7名)からその参加者のデータを除いた6名を反応時間の分析の対象とした．

次に，n-1施行目の反応時間とBLとの関係を調べるために，それぞれの平均を算出した(表1)．その結果，n-1施行とBLの間に有意な差は見られなかった($t(9.99) = .14$, $p = .89$)．このことから，実験1bにおいても，構えを解消した参加者はほとんど計算時間のみで回答をしており，うまくいっている状況であったと考えられる．

以上のことから，課題の難易度を下げた実験1bも，参加者にとってうまくいっている課題であるということが，タイプ1が正答を出すという課題設定に加えて，反応時間の面からも支持された．

4.2.3. WMCと構えの解消

最後に，実験1a,1bのそれぞれにおいて測定したWMCの個人差が，構えの解消に与える影響を検討し

た．個人の WMC の大きさの測定に JOSPAN の総合得点を使用した．

課題の計算の難易度と WMC の個人差の関係について検討するために分散分析を行った．方略の変更に関する先行研究では，認知負荷の大きい状況において，より認知負荷の少ない方略への移行が促されることが示されている[13]．そこで，実験間のWMCの個人差による効果を検証するため，構え解消(有・無)×実験条件(難計算・易計算)の２×２の分散分析を行った(表2)．

その結果，構え解消，実験条件による主効果は見られなかった(構え解消 ：F(1, 23) = .42, 実験条件 ：F(1, 23) = 4.10, *ps* > .05)．しかし，構え解消と実験条件の間の交互作用が見られた($F(1, 23) = 5.62$, $p = .03$)．そこで，多重比較(Ryan 法)を行った．その結果，構え解消有における実験条件間の効果($F(1, 23) = 9.66$, $p = .005$)と，実験 1a における，構えの解消の効果($F(1, 23) = 4.55$, $p = .044$)が有意であった(図 3)．

つまり，実験 1a では構えの解消が見られた参加者のほうが，WMC が低かったが，実験 1b では構えの解消が見られた参加者と見られなかった参加者の間に WMC による差がないということである．

以上より，計算の難しい課題では WMC の低い者はより多くの認知負荷がかかるため，認知負荷による方略変更の促進が起こり構えの解消が起こったが，計算の易しい課題では，WMC の大きさに関わらずほとんど負荷の大きさは変わらないため，認知負荷による構えの解消の促進が見られなくなったのだと考えられる．つまり，難課題においては負荷というううまくいかなさを WMC の低い参加者のほうが受けるため，構えの解消が生じやすいと解釈できる．このことから，難課題(実験 1a)に比べて易課題(実験 1b)のほうがうまくいっている状況を検討する課題として適していると考えられる．

表2 構え解消有無とWMCの平均(SD)

	構え解消有	構え解消無
実験1a	64.3(4.1)	77.9(12.7)
実験1b	84.1(6.8)	76.3(12.0)

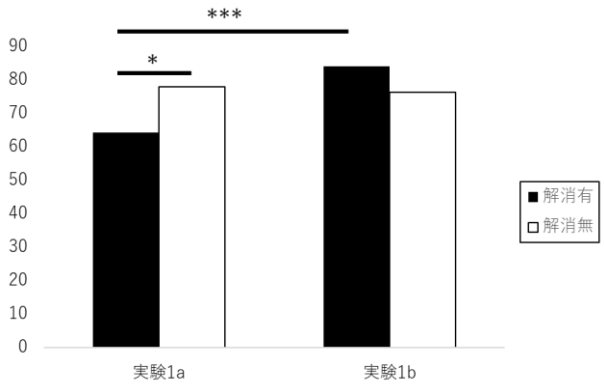


図 3 構え解消(有・無)×実験条件(難計算・易計算)の分散分析(*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$)

5. 今後の課題

実験の結果，（1）本研究で作成した構え解消課題が，うまくいっている状況を作り出していることを，そして，（2）反応時間についての分析から，うまくいっている状況で構えの解消が起こりえることが確認された．また，実験 1a と 1b の間の比較から，1b の条件のほうが，構え解消数や WMC の個人差から，うまくいっている状況におけるタイプ 2 の働きを検討しやすいと考えられる．

そこで，実験 2 では，うまくいっている状況における認知プロセスについて検討するために，実験 1b 条件の課題を使用し，眼球運動を測定を通して，うまくいっている状況におけるモニターの働きについて検討する．

参考文献

[1] Evans, J. S. B. (2008). Dual－processing accounts of reasoning, judgment and social cognition. *Annual Review of Psychology,* **59**, 225－278.

[2] Evans, J. S. B. T. (2009). The duality of mind: A historical perspective. J. Evans & K. Frankish (Eds.), *In two minds: Dual processes and beyond*. New York: Oxford University Press. pp.1－29.

[3] Evans, J. S. B. T., & Stanovich, K. E. (2013). Dual－process theories of higher cognition Advancing the debate. *Perspective on Psychological Science,* 8(3), 223－241.

[4] Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow.* New York: Farrar, Strauss, Giroux.
(カーネマン, D. 友野典男(解説)・村井章子(訳)

(2012). ファスト&スロー(上・下):あなたの意志はどのように決まるか？ 早川書房)

[5] De Neys, W., & Glumicic, T. (2008). Conflict monitoring in dual process theories of thinking. *Cognition*, **106**, 1248－1299.

[6] Thompson, V. A., Turner. J. A. P., & Pennycook, G. (2011). Intuition, reason, and metacognition. *Cognitive Psychology, 63*, 107－140.

[7] Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. Psychological Monographs, 54(6), i－95.

[8] Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior, In Davidson, R. J., Schwartz, G. E., & Shapiro, D. (Ed.), *Consciousness and Self－Regulation*, pp 1－18.

[9] Sheridan, H. & Reingold, E. M. (2013). The Mechanisms and Boundary Conditions of the Einstellung Effect in Chess: Evidence from Eye Movements, *PLoS one,* 8(10), e75796.

[10]寺井 仁・三輪 和久・古賀 一男 (2005). 仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決過程. 認知科学, *12,* 74－88.

[11]Ellis, J. J., Glaholt, M. G., & Reingold, E. M. (2011). Eye movements reveal solution knowledge prior to insight. Consciousness and Cognition, 20, 768-776.

[12]小林 晃洋・大久保 街亜 (2014). 日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定. 心理学研究, 85(1),60-68.

[13]Hoffmann, J, A., B, Helversen., & J, Rieskamp. (2013) Deliberation's Blindsight: How Cognitive Load Can Improve Judgments. Psychological Science, 24(6-S), 869-879.

グラスの中身は半分“空”か“一杯”か？ フレーム選択における参照点の影響と顕在的選択理由の分析

Is the content of the glass “half empty” or “half full”? Effect of reference point on frame choice and analysis of its explicit reason

本田　秀仁[†i]，白砂 大[†]，松香　敏彦[‡]，植田 一博[†]
Hidehito Honda, Masaru Shirasuna, Toshihiko Matsuka, Kazuhiro Ueda

[†]東京大学 [‡]千葉大学
The University of Tokyo, Chiba University
hitohonda.02@gmail.com; m.shirasuna1392@gmail.com; matsuka.toshihiko@gmail.com; ueda@gregorio.c.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Previous studies have shown that when choosing one of the logically equivalent frames (e.g., “half full” or “half empty”), speakers tend to choose one based on a reference point. For example, when the amount of water in a glass with 500ml capacity was originally 0ml (or 500ml) and then increased (or decreased) to 250ml, speakers tended to express the content of water in the glass as “half full” (or “half empty”). We conducted three behavioral experiments using a frame choice task. In particular, participants were asked to choose one of two logically equivalent frames and answer the choice reason. Participants were presented with a task-relevant (story-based, Experiment 1) or task-irrelevant (prime-based, Experiments 2 and 3) reference point and then asked to choose a frame and answer the choice reason. We found the following two points. First, when participants were presented with story-based reference point, they chose a frame based on the reference point with explicit reason. Second, when participants were presented with prime-based reference point, such reference point also affected participants' frame choice, but the participants did not notice the effect of prime (i.e., no participants reported its effect in their choice reasons). These results indicated that the effect of reference points on frame choices was robust and that people did not always notice the effect explicitly.

Keywords — frame choice; reference point hypothesis; reference point; explicit reason for frame choice

1. はじめに

同じ情報を伝達する場合でも表現（フレーム）を変えることによって意思決定が変化するフレーミング効果について (Tversky & Kahneman, 1981)、多くの研究が行われてきた (e.g., Keren, 2011)。一方で近年、話者がどのようにフレームを選択しているのか、という視点からの研究も注目を集めている(e.g., Honda & Matsuka, 2014; Keren, 2007; McKenzie & Nelson, 2003; Sher & McKenzie, 2006, 2008)。

McKenzie and Nelson (2003), Sher and McKenzie (2006, 2008)は話者のフレーム選択に関して、参照点仮説を提唱した。この仮説では、量的情報についてフレーム選択をする際、話者は量の変化に注目してフレームを選択すると予測する。例えば、500ml 中 250ml の水が入っているグラスについて“half full” “half empty”の中からより自然な表現を選択する際、元々の水量が 0ml で変化の結果として 250ml になった場合のほうが，元々 500ml の水が 250ml になった場合よりも水量は“half full”と表現されやすいと予測する。つまり参照点（ここでは元々の水量）からの量の変化に基づいてフレームが選択されると予測し、これまで様々な行動実験で、この仮説と整合的なフレーム選択が観察されている。

これまでの先行研究では、水量が変化したことをカバーストーリーによって提示するという形で参照点を操作した上で、フレームの選択行動の分析がなされてきたが、以下の２点について検証がなされていない。

まず１点目として、フレーム選択時に実験参加者は顕在的に参照点に注目しているのか、という点である。先行研究では選択結果の分析に基づいており、顕在的にどのような理由で一つのフレームが選択されていたのか不明確である。特に、参照点仮説が述べるように、実験参加者は参照点に注目してフレームを選択していたのか検討されていない。

２点目として、関連性のない参照点がフレーム選択に影響を与えるのか、ということが検討されていない。先行研究では前述のように、問題となる文脈において重要な意味を持つ参照点が提示され、それがフレーム選択に与える影響について検討がなされてきた。そして、参照点仮説は会話行動を幅広く説明できることを示しており、参照点は私たちの会話行動の認知プロセスにおいて大きな影響を与えている可能性が示されている。このことを踏まえると、フレーム選択の文脈とは関連性がないと考えられる参照点が、フレーム選択に影響を与える可能性も考えられる。しかしながら先行研究ではこの点について検討がなされていない。

以上から、本研究では、フレーム選択後にその選択

理由を聞くことで顕在的に参照点が注目していたのかを分析する（Payne, et al., 2016）。またプライミング課題をフレーム選択課題前に実施して、プライム（フレーム選択文脈において、関連性のない参照点）が影響を与えるかを検証する。

2. 実験 1

以下のような実験（フレーム選択課題）を実験参加者間要因で実施した。先行研究（McKenzie & Nelson, 2003）の方法に則り、グラス（最大で 500ml 入る）内の水量が 0ml から 250ml に増加したこと（低参照点群、n = 100）、あるいは 500ml から 250ml へ減少したこと（高参照点群、 n = 100）をカバーストーリーで提示し、現在のグラス内の水量を "半分一杯", "半分空"どちらで表現することがより自然であるかの選択を求め、またその選択理由について回答を求めた。

選択結果を図１左に示す。参照点仮説の通り、低参照点群のほうが、"半分一杯"の選択率が有意に高くなった（$\chi^2(1) = 7.64, p < .01, h = 0.42$）。また参照点仮説の予測と一致するフレーム選択を行なった実験参加者に関して、その選択理由について調べた。図２左に参照点に基づいてフレームを選択を行っていたと理由を書いた実験参加者の割合を示す。低参照点の場合と、高参照点の場合で割合は異なっていたが（$\chi^2(1) = 14.15, p < .001, h = 0.79$）、全体で約 50%の実験参加者が、参照点に基づいてフレーム選択を行なっていたと回答していた。以上から、先行研究のような形で、フレーム選択文脈において重要な意味を持つ参照点をカバーストーリーで提示してフレーム選択が求められた場合、多くの実験参加者は顕在的に参照点に注目し、またそれに基づいてフレーム選択を行っていることが明らかになった。

3. 実験 2

以下のような実験（プライミング課題・フレーム選択課題）を実験参加者間要因で実施した。プライミング課題では、図 3 のような画像を提示して（低参照点群, n = 75；高参照点群, n = 75）、グラス（最大で 500ml 入る）内に水が何 ml 入っているかを回答してもらった。そのあとでフレーム選択課題が実施された。図 3 に示しているような、画像を提示し、500ml 中、250ml 入っている現在のグラス内の水量を "半分一杯"、"半分空"どちらで表現することがより自然であるか、またその選択理由について回答を求めた。

なお、プラミング課題とフレーム選択課題におけるグラスの内の水量の関係性については一切述べていない。そのため、プラミング課題において提示したプライム画像は、フレーム選択課題時に提示したグラス内の元々の水量を考えていく上で、関連性がない参照点と考えることができる。

選択結果を図１中に示す。参照点仮説の予測通り、低参照点群のほうが、"半分一杯"の選択率が有意に高くなった（$\chi^2(1) = 4.61, p < .05, h = 0.38$）。また参照点仮説の予測と一致するフレーム選択を行なった実験参加者に関して、その選択理由について尋ねたところ、参照点に基づいてフレーム選択を行なっていたと回答した実験参加者は皆無であった。以上から、フレーム選択文脈において関連性のない参照点（プライム画像）はフレーム選択に影響を与える一方、その影響について顕在的に気がついている実験参加者は皆無であった。

実験２では、プライミング課題とフレーム選択課題における液体の色は同一である。選択理由で述べた実験参加者はいなかったものの、実験参加者はこれらを同一のグラスであるとみなしていた可能性が否定できない。そこで、この可能性を排除するための、実験３を実施した。

4. 実験 3

以下のような実験（プライミング課題・フレーム選択課題）を実験参加者間要因で実施した。図３のような画像を提示して（低参照点群, n = 122 ; 高参照点群, n = 121）、グラス（最大で 500ml 入る）内に水が何 ml 入っているかを回答してもらった。そのあとでフレーム選択課題が実施され、図３に示しているような、画像を提示し、500ml 中、250ml 入っている現在のグラス内の水量を "半分一杯"、"半分空"どちらで表現することがより自然であるか、またその選択理由について回答を求めた。

実験３におけるプラミング課題では水の色が異なる画像を提示しており、実験２のように、実験参加者が同じグラスであるとみなす可能性を減らした。

図１右にフレーム選択結果を示す。参照点仮説の通り、低参照点群のほうが、"半分一杯"の選択率が有意に高くなった（$\chi^2(1) = 7.11, p < .01, h = 0.36$）。また参照点仮説の予測と一致するフレーム選択を行なった実験参加者に関して、その選択理由について尋ねたところ、参照点に基づいてフレーム選択を行なっていたと回答した実験参加者は皆無であった（図２右）。

以上から、フレーム選択文脈において関連性のない参照点（プライム刺激）はフレーム選択に影響を与える一方、その影響について顕在的に気がついている実験参加者は皆無であった。

5. 総合討論

３つの行動実験の結果は以下の２点にまとめることができる。まず１点目として、文脈において重要な意味を持つ参照点が提示された場合、実験参加者はその参照点に注目し、それに基づいたフレーム選択を行うことである（実験１）．次に、文脈において関連性のない参照点が提示された場合、実験参加者のフレーム選択は参照点の影響を受けるものの、その影響に実験参加者は気がつかない（実験２、３）ということである。

以上から、話者のフレーム選択に対して参照点は頑健な影響を与えること、また話者は顕在的に気がつかない要因の影響を受けたフレーム選択を行っていること、これらの可能性が示された。

謝辞

本研究は JPSP 科研費 18H03501, 16H01725 ならびに 16K16070 の 支援を受けて実施された。

参考文献

[1] Honda, H., & Matsuka, T. (2014). On the role of rarity information in speakers' choice of frame. *Memory and Cognition*, *42*, 768-779.
[2] Keren, G. (2007). Framing, intentions, and trust-choice incompatibility. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *103*, 238–255.
[3] Keren, G. (Ed.). (2011). *Perspectives on framing*. New York: Psychology Press.
[4] McKenzie, C. M., & Nelson, J. (2003). What a speaker's choice of frame reveals: Refer-ence points, frame selection, and framing effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, *10*, 596–602.
[5] Payne, B. K., Brown-Iannuzzi, J. L., & Loersch, C. (2016). Replicable effects of primes on human behavior. *Journal of Experimental Psychology: General, 145*, 1269–1279. http://doi.org/10.1037/xge0000201
[6] Sher, S., & McKenzie, C. R. M. (2006). Information leakage from logically equivalent frames. *Cognition*, *101*, 467–494.
[7] Sher, S., & McKenzie, C. R. M. (2008). *Framing effects and rationality*. In N. Chater & M. Oaksford (Eds.), *The probabilistic mind: Prospects for Bayesian cognitive science* (pp. 79–96). Oxford: Oxford University Press.
[8] Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, *211*, 453–458.

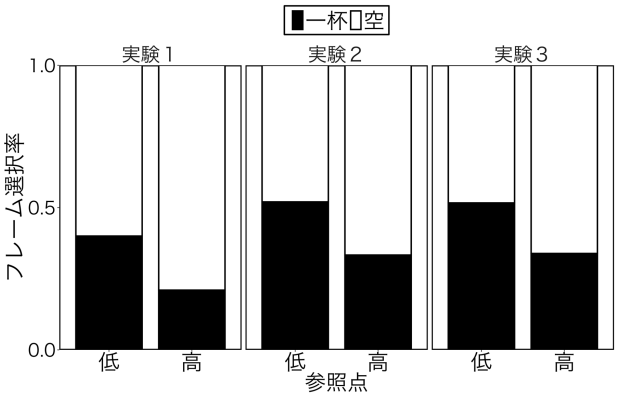


図１　フレーム選択の結果.

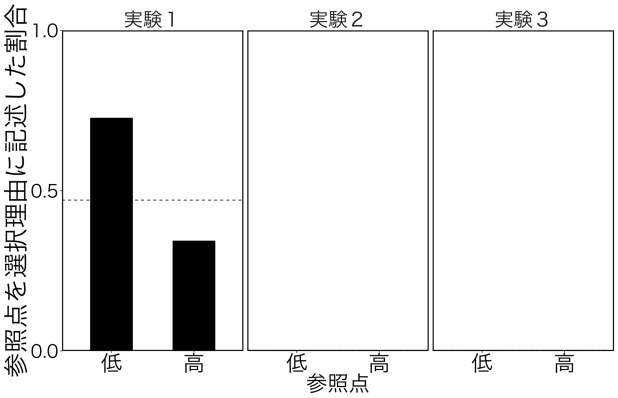


図２　参照点仮説通りのフレーム選択を行なった人の中で参照点を選択理由で記述していた人の割合. 点線（実験１）は全体の割合を示す.



図３　実験２・３で提示されたグラスの画像.

[i] 現所属：安田女子大学

洞察問題における課題と認知的負荷の相互作用
Interaction Between Task and Cognitive Load in Insight Problem Solving

小田切 史士[†]，山田 優志[‡]，鈴木 宏昭[§]
Hitoshi Otagiri, YuushiYamada, Hiroaki Suzuki
[†]青山学院大学社会情報学研究科，[‡]青山学院大学教育人間科学部，[§]青山学院大学
Graduate School of Social Informatics, College of Education, Psychology and Human Sciences, Aoyama Gakuin University
chrono_brake@hotmail.co.jp

Abstract
Recent studies on insight problem solving have demonstrated an interesting relationship between insight and working memory capacity (WMC). While some research showed that WMC positively related to the performance in insight problem solving, others showed the opposite. This study aims at exploring this controversial issue, with the special focus on the relation between the task characteristics (visual vs. verbal) and the load on the components of working memory (visuo-spatial sketchpad vs. phonological loop). The results showed that the load on the visuo-spatial sketchpad impairs a spatial insight problem, while that on the phonological loop does a verbal one. These results were discussed in terms of the special process view and the business-as-usual ones of insight problem solving.

Keywords — Insight problem solving, Working memory, Dual task, Phonological loop, Visuo-spatial sketchpad

1. 洞察問題解決

1.1 Working Memory と洞察問題解決

洞察問題解決とは非定型的な解法の発見が必要とされる問題で，解決時には閃くような印象を伴う創造的問題解決のことを指す．閃きは当初，The Wizard Merlin perspective と呼ばれるなど [1]，人間の意識とは異なるいずこかから解が生じる神秘的な現象であり，実験的に検討することが不可能と考えられていた．しかし 90 年代に入ると，制約緩和 [2][3] などの理論が生まれ，洞察は実験的に検討することが可能であることが示されていった．そして近年では Working Memory を媒介として，洞察は Business-as-Usual view と Special-Process view と呼ばれる 2 つの考え方による論争が生じている．Business-as-Usual view とは洞察問題も通常の問題解決と同様，意識上で徐々に解決へと近づいていくとする立場であり，WM への負荷は解決を悪化させるという考え方である．対して Special-Process view とは，洞察は意識外における潜在的な処理過程に依存するという立場であり，WM への負荷は解決に影響を及ぼさないとするものである．ただし近年では WMC が低い，あるいは負荷のかかっている人間は手がかりとなる情報を無意識下で利用しやすくなることが指摘されており [4]，負荷によって解決が促進するのであれば，それは Special-Process view の立場を支持するものであると考えられる．

しかし負荷と容量のどちらの方法にせよ，現状は一貫した研究結果が得られていない状況にある．例えば WMC の高い方が 9 点問題の解決に至りやすいという事例が報告されている [5]．しかしその一方で，20 近くの数の洞察問題と中央実行系の注意の切り替え能力との関係を調べたところ，両者には相関関係は見られなかったという事例も報告されている [6]．また WMC 容量が小さい時の方が遠隔連想テスト（RAT: Remote Associates Test）を解決しやすいケースも存在することが報告されている [7]．

また負荷との関係を検討する場合も同様である．RAT の最中に数列を保持させておくと，保持する桁数が大きい時の方が解決を阻害すると報告されている一方 [8]，反対に構音抑制や音楽の同定課題などで負荷をかけると，10 コイン問題のような言語を介さない問題の解決が促進するという事例も報告されている [9][10]．

1.2 問題解決と WM の相互作用

一貫した結果が得られない理由として考えられるのは，使用する洞察課題と測定する WMC，あるいは負荷の性質との相互作用の影響を考慮した事例が少ないことが挙げられる．Working Memory の構成要素である音声情報を扱う音韻ループ，視覚的情報を扱う視空間スケッチパッド，それから注意資源の割り当てを担当する中央実行系にはそれぞれ，個別の容量が存在すると言われている [11]．そのため使用する洞察課題が解決の際に必要となる容量が音韻ループなのか，あるいは視空間スケッチパッドなのかというのと，測定する WMC やかける負荷がどの構成要素に対するものなのかは非常に重要な問題である．

例えば言語的な洞察問題である RAT であれば，解決には音韻ループの容量が割かれていることが考えられ

るが，この時 WM への負荷も音韻ループにかかっていると，容量オーバーを起こして解決が阻害されることが考えられる. 対して 10 コイン問題のような視覚的な操作を必要とする洞察問題を用いた場合，視空間スケッチパッドの容量が割かれていると思われるが．この時に音韻ループに負荷をかけたとしても，割かれる容量が異なる部位となるため，解決を阻害しないと考えられる.

そこで本研究では二重課題を用いて，音韻ループに負荷をかける場合と，視空間スケッチパッドに負荷をかける場合における洞察問題解決時の影響を比較する. また使用する問題も実験 1 では視覚的な洞察課題を用いるが, 実験 2 では言語的なものを用いて検討を行う. つまり負荷と洞察問題がそれぞれ音韻ループに関与する場合と，視空間スケッチパッドに関与する場合の相互作用を検討することで，どのような負荷と問題の組み合わせの時に解決が阻害，促進，あるいは無関係となるのかを検討する.

2. 実験 1

2.1 実験参加者

青山学院大学に通う大学生42名を分析対象とした. ランダムに14名ずつ，統制群，言語的負荷群，視覚的負荷群のいずれかに振り分けた.

2.2 課題・装置

視空間性の洞察問題として, Cunningham et al. [12] の12コイン問題を修正したものを用いた (図1) ．この課題は一辺につき4枚ずつコインを並べることを求める課題であり，本来の正解は，六角形の各角にコインを2枚ずつ重ねることである．ただし本研究では小出・鈴木 [13] に倣い, 重ねることを禁じる旨を課題文に付け加える修正を施している．そのため正解に至るためには辺の上ではなく，六角形の各角に接するようにコインを配置し，また内と外で挟む必要がある．しかし問題解決者は，辺の上にコインを一列に並べてしまうことから抜け出すのが容易ではなく，解決が困難となる課題である．課題はIPadの画面上に表示され，大きさはコインが直径55ピクセル，六角形が縦480ピクセル，横415ピクセルであり，各コインはドラッグによって操作することが可能となっていた．また画面の下方には課題の説明文が表示された.

言語的負荷群に対しては，音韻ループへ負荷をかけることを目的として，10種類の5桁の数列が用意された. それらのうちの1つがランダムに選ばれ，15秒ごとにIPadの画面全体を切り替える形で提示された．実験参加者は数列が表示される度に，1つ前に見た数列と現在提示されている数列が同じかどうか判断することが求められた.

また視覚的負荷群に対しては，視空間スケッチパッドへの負荷を目的として，10種類のデーヴァナーガリー文字 (図2) の中から1つがランダムに選ばれ, 15秒ごとにIPadの画面全体を切り替える形で提示された．こちらでも実験参加者は，1つ前に提示されたデーヴァナーガリー文字が現在提示されている文字と同じかどうか判断することが求められた．なお保持の際に，音声化することで視空間スケッチパッドではなく，音韻ループへの保持に変わってしまう可能性を排除するために，使用したデーヴァナーガリー文字は，特徴の言語化が困難な形状のみを採用した.

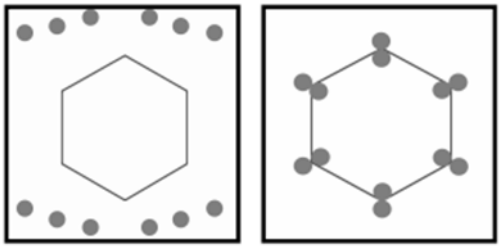


図1 実験課題 （左図が初期状態. 右図は正解配置）.

ळ ज ड ण ञ

य ल स ह द

図2 使用したヴァナーガリー文字

2.3 手続き

言語的負荷群と視覚的負荷群に割り振られた実験参加者にはまず実験全体の趣旨として，定期的に提示される数列 (視覚負荷群の場合は画像）を記憶しつつ，問題を解くことを伝えた．続いて12コイン問題のルールとして，制限時間6分の間にコインを重ねることなく，

各辺にそれぞれ4枚ずつ並べる方法を探す課題であることを伝えた．また問題に挑戦中，15秒ごとに数列 (視覚的負荷群は画像) が画面上に現れるため，1つ前に見た数列 (画像) と今見た数列が同じものかどうかをその都度，口頭で答えるように求めた．その後，問題解決に成功するか，6分が経過した時点で実験は終了とした．

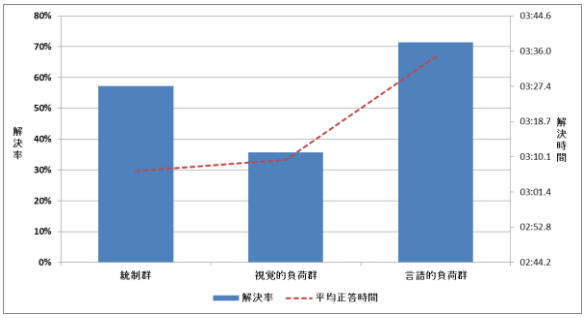
統制群に対しては6分間の間，パズルに挑戦する旨を伝え，12コイン問題のルールについて説明した後に，15秒毎にIPadの画面が真っ白なものに切り替わるため，この画面が出ている間は問題を解こうとしないように指示した．負荷有りの2群と同じく，6分以内に問題を解決するか，制限時間を迎えた時点で実験を終了とした．

2.4 結果

条件毎の解決者数は言語的負荷群が10人，視覚的負荷群が5人，統制群が8人であった．3群の自力解決者数に対してχ^2検定を行ったところ，解決者数に差は見られなかった．

続いて条件毎の解決者の平均解決時間は言語的負荷群が3分34秒，視覚的負荷群が3分9秒，統制群が3分6秒となり，条件を独立変数，平均解決時間を従属変数とする一元配置分散分析を行ったが，こちらでも差は見られなかった．

図3 実験1 条件毎の解決率.



2.5 考察

実験1では二重課題を用いて音韻ループへ負荷をかけた場合 (言語的負荷群)，視空間スケッチパッドへ負荷をかけた場合 (視覚的負荷群)，何も負荷をかけていない場合の3つの条件における，視空間的な洞察問題の成績への影響の比較を行った．その結果，解決者数と平均解決時間のどちらにおいても有意差は見られなかった．

しかし統計的に差は見られないものの，解決者数の順位は言語的負荷群，統制群，視覚的負荷群の順に多く，また言語的負荷群と視覚的負荷群における人数の差は，二倍にまで広がる結果となった．このことを踏まえると，用いる負荷がWMの構成要素のどこにかかるかと，使用する洞察問題の性質が言語的なのか視覚的なものなのかによる相互作用によって，解決への影響が変化することが示唆されたと言えるだろう．ただしこれが音韻ループへの負荷によって解決が促進されたのか，はたまた視空間スケッチパッドへの負荷によって解決が阻害されたのかは，実験1の結果から判断することは難しい．

続いて実験2では，洞察問題の性質を視空間的なものから言語的な性質を有するものに変えた上で，音韻ループへ負荷をかけた場合，視空間スケッチパッドへ負荷をかけた場合，何も負荷をかけていない場合の3条件における解決への影響の違いを検討する．

3. 実験 2

3.1 実験参加者

実験1の時に参加した42名が実験2でも分析対象となった．実験1で統制群であった者はそのまま統制群として参加したが，負荷有りの二群に関しては，負荷に対する慣れの可能性を排除するために，負荷を入れ替える形で実験は行った．

3.2 課題・装置

言語的な洞察課題として，寺井·三輪 [14] 作成の日本語版RATから6題を採用した．RATとは，3つの言葉に共通した要素を持つ言葉を想像して答える課題である．日本語版RATの場合は3つの漢字を与え，それらの漢字と熟語を作ることのできる，共通した漢字1字を考えさせる問題となっている．寺井·三輪 [14] のRATは，問題語の下にフィラー語が1字存在する状態で提示され，実験参加者はフィラー語を無視して，3つの問題語に共通する1語を回答することが求められる．図4の例題であれば，問題語となる「倒・両・独」の下にそれぞれ，フィラー語として「配・業・醸」の3字が接続した状態で提示され，実験参加者は「立」を回答することが求められる．また寺井·三輪 [14] のRATは，フィラー語と問題語の間のチャンク (外的な刺激や心的概念のまとまりの良さ) の強度によって，難易度を調整することが可能になっており，今回採用した6題は，フ

ィラー語と問題語の間に意味的なチャンクがないものの中から，解決率が60%程度のものを採用した．また6題のうち最初の1題は，実験参加者にRATを理解させるための例題として利用した．使用したRATは全てノートパソコンのディスプレイに提示される形式であった．

負荷に関しては言語的負荷，視覚的負荷ともに実験1と同一のものを採用し，15秒毎にパソコンの画面全体を切り替える形で提示された．

例題：倒配・両業・独醸　正解：倒立・両立・独立

問１：監晩・審景・探師　正解：監査・審査・探査
問２：連屑・氷書・団録　正解：連結・氷結・団結
問３：怪度・筆近・商別　正解：怪談・筆談・商談
問４：契存・好願・待雨　正解：契機・好機・待機
問５：持語・接期・断夜　正解：持続・接続・断続

図4　使用した日本語版RATの一覧.

3.3　手続き

実験1の終了後，実験参加者をノートパソコンの置かれたテーブルの前へと移動させ，次の問題はディスプレイに提示されるが，大まかな流れは実験1と同様であることを説明した．またこの時，負荷有りの群に割り振られた者には，記憶課題の内容が画像 (あるいは数列) に変化することも伝えた．その後，これから取り組ませる問題のサンプルとして，例題のRATをパソコンのディスプレイに提示し，課題の説明を行った．また回答は口頭で出来上がる熟語を全て答えるように求めた．全体としての制限時間は5分であり、各RATの制限時間はそれぞれ1分ずつとした．

3.4　結果

各群のRATの平均解決数は言語的負荷群が3.21個，視覚的負荷群が4個，統制群が3.57個となった．条件を独立変数，平均解決個数を従属変数とする一元配置分散分析を行ったところ，条件毎の解決個数の差は有意傾向となり（$F(2,41)=2.50, p<0.1$），効果量は$\eta p2=.11$であった．多重比較の結果，言語負荷群と視覚負荷群の平均解決個数の差が，有意傾向であることが示唆された．

続いて各群の解決者の平均解決時間は言語的負荷群が17.95秒，視覚的負荷群が18.30秒，統制群が16.96秒となり，条件を独立変数，平均解決時間を従属変数とする一元配置分散分析を行ったところ，解決時間に差は見られなかった．

3.5　考察

実験2では言語的な洞察問題を用いて，実験1の時と同様に言語的負荷群 ，視覚的負荷群 ，統制群の3つの条件の成績を比較した．その結果，実験1の結果とは対照的に，視覚的負荷群の成績が最も高く，逆に言語的負荷群の成績が最も低いものとなり，その差は有意傾向であった．

この結果は実験1の時と同様に，洞察課題と負荷の性質の相互作用が成績に影響することを示唆している．即ち，洞察問題の性質とWMの構成要素のどこに負荷をかけるかの組み合わせによって，解決への影響が変化すると言える．具体的には，問題解決と負荷の両方において，同じWMの構成要素の容量を要求してしまう状況下では解決が上手くいかず，それぞれが異なるWMの構成要素の容量を要求する場合においてはその限りではない．

4.　総合考察

本研究は二重課題を用いて，音韻ループに負荷をかける場合と，視空間スケッチパッドに負荷をかける場合における，言語的な洞察課題または視空間的な洞察課題への解決時の影響を比較した．実験 1 では統計的に有意な差は得られなかったものの，視空間的な洞察問題解決を用いる場合は，音韻ループに負荷をかけた時の方が視空間スケッチパッドに負荷をかけた時よりもより良い成績が見られた．また実験 2 では言語的な洞察問題を利用したところ，今度は視空間スケッチパッドに負荷をかけた時の成績の方が，音韻ループに負荷をかけた時よりも優れた結果となり，その差は有意傾向となった．

しかし両実験ともに統制群との間に差が見られていないことから，この結果が従来の WM と洞察問題解決との関係を検討した研究にしばしば見られる，負荷が解決を促進した事例と言えるのか，または解決を悪化させた事例と言えるのか，それとも負荷と問題の組み合わせによってはその両方が起こり得るのかについては，判断が難しいところである．この点に関しては各群における人数の少なさや，実験 1 における解決時間の短さ，実験 2 で使用した RAT 問題の数の少なさが影響していた可能性が考えられる．今後これらの点を改善する形で更なる検証を行うことで，統制群に対する

差を示していく必要があるだろう．

ただし，あくまで参考程度には留まるが，本研究と近い実験形式の研究例をいくつか取り上げて考えると，本研究の結果は，負荷による促進効果が生じていたと言える可能性が高い．例えば小田切・小出・鈴木 [15] では同じ修正版 12 コイン問題に取り組ませる際に，数字の暗唱を並行する形で WM に負荷をかけて実験を行った．その結果，解決者数に差は見られなかったものの，制約の緩和率が高まっており，行為レベルでは負荷によってより良い選択がされやすくなっていたことを指摘している．また Gilhooly et al. [16] は言語的あるいは視空間的な創造的課題 (アイディアを出来るだけ沢山生成する類のもの) に取り組ませる際に，課題の途中で別の課題に取り組ませる孵化期間を挟んでから，再度課題に取り組ませる実験を行っている．その結果，アイディアの生成数や生成したアイディアそのものの評価の高さは，言語的な創造的課題の時には視空間的な作業を孵化期間に行ったものの成績が他の群よりも有意に優れており，またこの時，孵化期間無しの群と言語的な作業を行った群の間には，差が見られていない．逆に視空間的な課題の時には言語的な作業を行ったものが最も優れる結果となり，孵化期間無し群と視空間的な作業を行った群の間には差が見られないものであった．彼らはこの結果から課題から離れている孵化期間であっても，人間の潜在処理は課題への挑戦を継続しており，またその際には WM の容量を用いている可能性を指摘している．そのため孵化期間中に．課題と同じ性質の作業に容量を割いてしまうと，潜在処理過程が充分に機能できなくなっていたと考えられる．彼らの実験は WM の容量を消費させるタイミングが課題に取り組んでいる最中ではないため，一概に同一視することはできないが，WM と創造性の相互作用を検討した事例として見ると，本研究の結果に非常に類似したものであると言えるだろう．

また，本研究の結果には別の解釈の余地が残されている点には留意しなくてはならない．例えば今回，実験 1 では言語的負荷群の成績が最も優れており，実験 2 では視覚的負荷群の成績が最も優れたものとなった．しかし本研究の実験参加者は実験 1，実験 2 ともに同じ 42 名の大学生であり，また負荷に慣れてしまう可能性を避けるため，実験 1 と 2 ではかける負荷を入れ替える形で実験を行った．そのためこの結果は，実験 1 では言語的負荷群，実験 2 では視覚的負荷群に割り当てられた 14 名が偶々，洞察問題に秀でていた可能性が存在している．また本研究では言語的負荷には 5 桁の数列を用いたのに対して，視覚的負荷群ではデーヴァナーガリー文字が 1 文字だけ画面上に表示される形式を採用した．そのため視覚的負荷が言語的負荷と比較して，負荷が軽くなってしまっていたことが何か結果に影響を及ぼしていたかもしれない．ただし 1 文字とはいえデーヴァナーガリーは日本人にとっては馴染みが薄く，奇異な形状をしたものであることを考慮すると，たった 1 文字であってもそれなりの負荷がかかっていたのではないかと推測される．これらの点も踏まえて，今後は各群の実験参加者の選出や，どの程度のチャンクを用いて負荷をかけるのかを統制した上で，検証を行っていく必要があるだろう．

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤（B）(15H02717) の助成を受けて行われた．本研究で用いた 12 コイン問題は，小出諒氏が開発したものを利用している．また査読者の御 2 人には，本研究に関する非常に有益なご指摘を頂いた．

参考文献

[1] Seifert, C. M., meyer, D. E., Davidson, N., Patalano, A. L., & Yaniv, I. (1995). Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind perspective. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight,* 65–124. Cambrige, MA: MIT Press

[2] 鈴木 宏昭・開一夫 (2003) 洞察問題解決への制約論的アプローチ．*心理学評論*, **46**, 211-232.

[3] Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem-solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **25**, 1534 – 1555.

[4] 西田 勇樹・服部 雅史・織田 涼 (2018)．洞察問題解決におけるアイデア生成―抑制メカニズムに関するレビュー―，立命館人間科学研究，**37**, 91-102.

[5] Chein, J. M., Weisberg, R. W., Streeter, N. L.,

& Kwok, S. (2010). Working memory and isight in the nine-dot problem. *Memory & Cognition*, **38**, 883–892.

[6] Gilhooly, K. J., & Fioratou, E. (2009). Executive functions in insight versus non-insight problem solving: An individual differences approach. *Thinking & Reasoning*, **15**, 355–376.

[7] Ricks, T. R., Turley-Ames, K. J., & Wiley, J. (2007). Effects of working memory capacity on mental set due to domain knowledge. *Memory & Cognition*, **35**, 1456–1462.

[8] Ball L. J., Marsh J. E., Litchfield D., Cook R. L., Booth N. (2015). When distraction helps: evidence that concurrent articulation and irrelevant speech can facilitate insight problem solving. *Thinking & Reasoning*, **21**, 76–96.

[9] 服部 雅史・織田 涼 (2013) . 認知的負荷が洞察をもたらすとき：洞察問題解決におけるプライミングとニ重課題の効果, 日本心理学会第77 回大会.

[10]Baddeley, A. (2007). Working Memory, Thought, and Action. Oxford. University Press. (井関龍太・斎藤 智・川崎 恵里子 (訳) (2012). 『ワーキングメモリ：思考と行為の心理学的基盤』誠信書房) .

[11]Baddeley, A. (2007). Working Memory, Thought, and Action. Oxford. University Press. (井関龍太・斎藤 智・川崎 恵里子 (訳) (2012). 『ワーキングメモリ：思考と行為の心理学的基盤』誠信書房) .

[12]Cunningham, J. B., MacGregor, J. N., Gibb, J., & Haar, J. (2009). Categories of insight and their correlates: An exploration of relationships among classictype insight problems, rebus puzzles, remote associates and esoteric analogies. *Journal of Creative Behavior*, **43**, 262-280.

[13]小出 諒・鈴木 宏昭 (2016). 洞察問題解決における潜在的情報処理についての生理指標を用いた検討. 2016年度日本認知科学会第33回大会発表論文集.

[14]寺井 仁・三輪 和久(2013) . 日本語版 Remote Associate Test の作成と評価. *心理学研究*, **84**, 419-428.

[15]小田切史士・小出諒・鈴木宏昭 (2017). 負荷が制約緩和に与える影響. 日本認知科学会第 34 回大会発表論文集. 703-709.

[16]Gilhooly, K. J., Georgiou, G., & Devery, U. (2012). Incubation and creativity: *Do something different. Thinking & Reasoning*, **19**, 137-149.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

「生きる」ことに向き合う研究方法論の模索
Exploring Methodology for Being Faced with People's "Living"

諏訪正樹†
Masaki Suwa
†慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University
suwa@sfc.keio.ac.jp

Abstract
This article presents discussions on what research methodology is needed to be faced with people's living. First, we will present a reflective view on the history of cognitive science and thereby pose discussions on what missing pieces of cognitive science are to go for new research paradigms. Then, we will argue that "research with/on first-person's viewpoint" may be effective to be faced with people's living because it will generate "second-person's relationship" between the researcher and the target field.

Keywords — subjectivity, people's life, research methodology, paradigm change, research with/on first-person's viewpoint, second-person's relationship

1. はじめに

1.1 知識とは

知識とは、よりよく生きるための資産である。人の知を探る研究は、資産となる知識を見出すためにある。研究の知見が普遍的に成り立つ一般法則であるとわかれば、環境を制御したり対処したりする術を与え、よりよく暮らすための「何か」を入手させる。ガソリンの燃焼から生まれるエネルギーを機械的動力に変えて高速で走る「自動車」をつくるとか、害虫から稲を守る農薬をつくったりすることは、その「何か」の好例である。

一般に、知識とは何ぞやと問えば、研究途上で得られた仮説、客観的な事実として、もしくは普遍的に成り立つ法則として検証された知見を指すと考えるのが普通である。物質世界の現象はそれでよい。どんな燃焼が機械動力への変換効率が高いのかについて普遍的な知見が得られなければ、安定した走りは達成されない。

一方、人の心の領域について知見を得ようとするならば、客観的な事実を見出し、普遍的な法則として検証するという研究方法論に縛られていてよいのか（諏訪ら 2015b）？　本論文はそういう問題意識を有する。

1.2 知識を享受し世界に向き合うとはどういうことか

人の心の有り様において、主観は重要である。世の中をどのように見て、何に着眼し、何を感じるかが、次なる自己を形づくる基盤になる。何に着眼してどう感じるかを決めるのは、世の中で正しいとされた知識のこともあれば、（検証はされていないが）本人の中で指針となっている人生訓や基本思想のこともある。

では、検証された知識をどう享受するのかを考えよう。例えば、「間口の狭い細長いカフェの奥の壁が、（奥行き方向に直角ではなく）斜めの角度を有している。斜めが形づくる鋭角の角付近に、もし大きな開口部があったら（例えば、大きな窓ガラス）、視線は斜めの壁に沿って鋭角側に誘導され、その開口部から視界が外に逃げることによって、自由な感覚が増す」という知見があったとして、多くの人の賛同を得ていた（検証されていた）としよう。

「多くの人がそう思っていると知らされたから」、「検証された知識だから」というだけの理由で、その知見を鵜呑みにして、カフェの空間を感じようとする人は、カフェ空間に本当の意味で向き合っていることにはならないと、筆者は思うのである。

本来大切であるはずの、ほかならぬ自分の主観はどこに行ってしまったのかと問いたい。自分の主観を脇に置いて、どこからか聞いてきた外部知見をひょいと適用することは、身体でカフェ空間を感じることを放棄した態度である。よりよく生きることにはならないし、自己を醸成することにも繋がらない（諏訪ら 2015a）。

2. 認知科学の歴史

2.1 心脳問題

「本来大切であるはずの、自分の主観はどこに行ってしまったのか？」と関連する問いとして、「そも

そも認知科学とはどういう学問として勃興したのか？」が挙げられる。認知科学と聞いたときに、「人が何を考えているかを扱う学問」と思うことは、概ね間違っていない。ここで認知科学の歴史を振り返ってみよう。

脳科学は認知科学の一分野であるけれども、その全てではない。「何を考えているか」は、素直に読めば「心に何が生じているか」である。脳科学は「脳というモノの中で何が起きているか」を調べる。心脳問題という言葉がある。心が脳の上に立ち現れていることは確かなのだが、心は物質的現象ではない。脳で何が起きているかを調べただけでは、心は捉まえきれない。

心脳問題は、従来の意味での「科学」が、心を扱うに十分な装備がなされていないことを示している。デカルトの心身二元論が端緒であると言われている科学的方法論のテーゼは、客観性、普遍性、論理性である。中村雄二郎（1992）は著書『臨床の知とは何か』で、近代科学は知性を扱うには限界があると説いている。

論点は幾つかあるが、何よりも、人の心は客観的に観測できない点が挙げられる。脳科学は、主に、脳の各部位の血流を測定することで、被験者に与えたタスクと部位活性度の関係を捉え、脳各部位の働きや繋がりを推定しようとする。脳を客観的に観測しようとすると当然そういう方法になるのではあるが、やっていることは、モノとしての脳で起きている客観的に把握可能な現象の観測である。しかし、生身の人間として自分の心で生じていることをはたと考えてみれば、それは脳の物質的現象とは程遠いことがわかる。心脳問題とはそのジレンマのことである。

2.2 内省から行動主義へ

認知科学はそのジレンマと闘ってきた学問である。20 世紀初頭の心理学は、心を扱う手法として内省（レトロスペクション）に重きを置いていた。しかし、内省は主観に過ぎない（客観的ではない）という批判が強まり、心理学は「科学」にならんとした。

そこで生まれた流派が「行動主義」である。科学たらんとして主観的な観測を廃し、客観的観測だけで心を扱おうとした。人に与える刺激（S）とそれに応じて人がなす反応（R）をペアとみなし、S-R の関係性から内部の心を推定しようとしたのだ。S も R も客観的に観測可能である。例えば、犬に餌を見せる（S）と涎を流す（R）。そこから心を読み取ろうとする。

行動主義には、当然のこととして、批判が集まることとなる。扱っているデータは表面的現象であり、肝心の心がブラックボックスのままではないかと。心を扱いたいのであればブラックボックスのままでよいはずがない。その批判を糧にして、そして、時を同じくしてコンピュータが初めて世に登場したことと関連を持ちながら、新しい学問としての「認知科学」が勃興した。この動きを「認知革命」（cognitive revolution）という。

2.3 情報処理モデル

コンピュータは、情報を蓄えるハードディスクと、処理容量としてのメモリーと、データの入出力機能を有する。人は、過去に獲得した「知識」を蓄える長期記憶を有する。知覚系により得た情報を、「知識」を使って処理し（計算し）、計算結果に基づいて、運動系が世界に働きかける。知識を使って処理するためのエリアとして短期記憶も有する。当時の認知科学は、コンピュータのアナロジーで人の心をモデル化することで、行動主義におけるブラックボックス状態を打破しようとした。「情報処理」というモデルである。心で考えることを、情報を処理（計算）することと同義だと捉えたのだ。

このパラダイムは約 30〜40 年もの間、認知科学や心理学の主流となり、人工知能という学術領域も生むことになった。70 年代後半から 80 年代前半、人工知能は第二次ブームを迎え、情報処理モデルを礎として、数多くのエキスパートシステムが制作された。専門家が有する「知識」をコンピュータに格納して情報処理をさせれば、コンピュータにもエキスパートな振る舞いができるのではないかと、研究者を含め世界中が夢見た。筆者も大学院生の時に、身近な例題で幾つかのエキスパートシステムを制作した一人である。

2.4 情報処理モデルの限界

しかし、やがて（世が発展する際の常として）、情報処理モデルの限界が叫ばれ始める。80 年代から 90 年代にかけてである。自分でプログラミングするとよくわかるのだが、エキスパートシステムは人の心の知的さからは程遠い。それはそのまま、情報処

理パラダイムの限界であるといっても過言ではない。改善すべき点は多岐にわたる（現在でもその全てが解明されてはいない）のだが、ここでは一部だけを指摘するに留める。

第一に、人の知的さを支えているのは暗黙知（身体はわかっているけれど、言葉にしにくい知）であるが、それを明示的な「知識」として専門家（人）から取り出せないという点である。逆の言い方をすると、「知識」として明確に記述できることだけをコンピュータに格納しても、知的な振る舞いは期待できない。「知識獲得というボトルネック」問題として80年代後半に顕在化し、これが第二次人工知能ブームを衰退させる一因になった。

情報処理モデルの第二の問題点は、心と外部環境を完全に切り分け、両者の接点を、知覚（という入力）と行動（という出力）だけに限定した点である。なかでも、知覚を、単に外界の信号を無自覚的に／受動的に受け入れる装置と捉えたことは大いなる難点である（諏訪 2016）。現に、コンピュータの原型として有名なチューリングマシンは「テープを読み取るヘッド」を有するとされている（高岡 2014）。

しかし、生身の人の実情は、世界に存在するすべての信号に等しく注意を向けることはしない。受け入れるものごとを能動的に選択している。これを心理学では selective attention と呼ぶ。つまり、本来は、知覚は、そのとき何を考えているか（思考）や、どんな行動を取っているか(行動)に影響されて刻々かわる。認知の基本をなす行為は、知覚、思考、行動の3つであると言われているが、互いが他に影響を与えながらそれぞれが変化するのだ。80年代後半以降「認知カップリング」と呼ばれた新しい考え方である（諏訪 2016）。

この考え方の根底を為すのは、人の心と環境は完全に切り分けられるものではないという思想である。環境からの入力（知覚）を決めるのは心や身体なのだから。心や身体と環境の境界は常に揺れ動いている。人の心を機械論的に「情報を処理するマシン」だと捉えてしまうと、知覚の仕方（入力の仕方）も予め記述したくなるわけなのだが、そうしてしまうと、この現象は蚊帳の外になる。

2.5 状況に埋め込まれた認知（Situated cognition）

「認知カップリング」の思想においては、環境はもはや人の心の外側の存在ではなく、心と環境は一体となった一つのシステムである。情報処理モデルという機械論的な見方から、「状況に埋め込まれた認知（situated cognition）」へのパラダイムシフトが、80年代後半から90年代にかけてアメリカの西海岸を拠点にして起こったわけである。

環境は常に揺れ動く。人の知覚も、思考も、行動も、それに臨機応変に反応する。環境がどう揺れ動き、環境の中のどういう要素が心と関係を結ぶかについては、基本的には、予め想定できない。situated cognition の考え方は、「モデル化」という文言が内包するような明確さは持たない。

明確でないのなら「モデル」にはなりえないし、それは研究指針にはならない！と考える諸氏も多かろう。筆者は別の考え方をしている。「モデル」は、あまりにトップダウン的に現象を見過ぎてはいないだろうか？　トップダウン的に現象を見てしまうと、そのモデルに合わないものごとは全て蚊帳の外になる。Situated cognition の考え方は、まさに人の認知がそうであることを訴えたのである。

同様に、客観性の縛りが強い研究方法論は、主観的なものごとは人の知の根幹を成すことを顧みずに、主観性を蚊帳の外に置きがちである（中村 1992）。

situated cognition の思想は、明確なモデルを提供しようとしたのではない。知の現象にしかと向き合うための「新しい視点を提示」した（従来の情報処理モデルが捨象してきた知の重要側面に光を当てた）のである。

2.6 身体性

「情報処理モデル」に致命的に欠けていたのは何か？　それは「身体」の存在であろう。暗黙知とは身体を持っているが故に生じる現象である。環境と心のあいだに厳然として横たわっているのは身体であり、身体を媒介して（身体の発露として）、心は環境の揺れ動きに臨機応変に応じる。クリエイティブな思考や行動の源泉は、身体にある（諏訪 2018）。「身体性」という概念を私はそう解釈している。身体性が状況に埋め込まれた認知（situated cognition）を生じさせている。

2.7 パラダイム閉塞感の打破

内省主義、行動主義、情報処理（認知革命）、状況に埋め込まれた認知（situated cognition）、身体性と、数々の遍歴を遂げてきた認知科学であるが、日

本の認知科学研究の多くは、いまだ、情報処理パラダイムに留まっているものが多い。その閉塞感を打破することが認知科学の未来を築くことにつながるという想いから、『「生きる」と向き合う科学：方法論からの解放』のセッションを千葉大学の伝さんと立ち上げた。

パラダイムの隆盛、衰退は、歴史上くり返されてきたことである。従来のパラダイムが研究対象(我々の場合、人の知)の実情と合わなくなってきたとき、どうそれを打ち破るか？　従来のモデリングの枠内を出て新しいモデルを立てたり、知の現象にしかと向き合う新しい視点を提示したりすることが、これからの認知科学に必須である。

3.　研究者は対象世界にどう向き合うか

人の知の実情にしかと向き合うことは、「生きる」に資する研究態度はどうあるべきかを問うことにつながる。人の知の領域に関する限り、研究者は、知見の普遍性を検証して世に広めるという「与えるパラダイム」に則っているだけでは足らない。人が主体的にその知見を受けとめる「学びのあり方」も考慮に入れた研究を目指すことが必要になろう。

では、研究者は、対象世界にどう向き合うのがよいのか？　従来の研究観は、「客観的な立ち位置を遵守し、対象から距離をとって干渉せず、三人称的に観察可能なことだけをデータとして収集し、そのデータから一般法則を見出す」である。物質世界における現象はそれでよいが、人の知の領域にその研究観で臨んでも、知の実情にしかと向き合えないであろう。

研究者として研究対象に向き合う行為は、一般人が身の回りの世の中に向き合うのと同様である。研究対象を選ぶことから始まる。その対象にどんな問題意識を抱き、どんな側面に着眼するのか？　(当初から明確にわかっている必要は必ずしもないが)最終的にはそれを明確化することになる。

そして、対象にどんな仮説を抱くのか、も重要である。仮説は簡単に得られるとは限らない。長期間その対象に向き合って、時には詳細な分析を遂行して初めて、面白い仮説が見出されることもある。

「研究は客観性を担保することが必要だから」と従来の方法論に縛られていては、客観性が担保できる研究対象しか選べない。方法論に縛られて、研究対象として本来価値があるかもしれない現象を無視してしまうかもしれない。

「過去の研究で、これこれこういう仮説があるから」と言って、安易に仮説を借りてきてしまうと、身体で感じ取ることが可能だったかもしれないポイントから目を背けてしまうかもしれない。

「生身の人」としての全人格的な生活感覚をもって、ほかならぬ自分の身体で研究対象に向き合い、着眼し、過去に誰も生み出したことのない仮説を見出してみたいものである。それが、人の知の領域で、「研究対象に向き合う」ということではなかろうか？

4.　一人称研究という方法論

「一人称研究」とは、身体感覚を研ぎ澄まして対象世界に相対し、一人称視点から、自分と対象世界のあいだのインタラクションの様を観察／記述して、そのデータをもとに、対象世界を見る新しい視点を提案したり、その世界で成り立つ新たな仮説を見出したりする研究手法である。数名の人工知能／認知科学研究者と共著の『一人称研究のすすめ　−知能研究の新しい潮流』(諏訪ら 2015b)、『知のデザイン自分ごととして考えよう』(諏訪ら 2015a)や、拙著『「こつ」と「スランプ」の研究　身体知の認知科学』(諏訪 2016)に詳しく解説している。

一人称研究は、対象世界に「しかと向き合う」ための研究方法論として有望ではないかと考えている。それはなぜか？　次節では、「二人称的関わり」という概念を持ち出して、この問題を論じてみたい。

4.1 二人称的関わり

「二人称的関わり」とは、一般に、複数の人やものごとが互いに交わり、折り合いをつけるなかから、当事者たちのあいだに生まれる新しい関係性である。例えば、転校生が新しい学校に馴染んでいくプロセスを考えよう。転校生から見ると、その学校の生徒の間では何がよしとされ、何がタブーなのか、最初はわからない。受け入れる側から見れば、どんな性格でどんなものごとが好きな生徒なのか、わからない。お互いに押し引きを繰り返し、その反応から次第に、相手の思考回路や趣向が見えてくる。

どちらのサイドも、自分の主張を全て押し付けるわけでもなく、相手の趣向に完全に言いなりになるわけでもなく、互いに折り合いをつけはじめる。佐伯ら(2017)はこういう関係性を「二人称的関わり」

と称した。

どちらのサイドも、最初は一人称視点で相手を観察する。やがて、相手の趣向が見えはじめると、一人称視点に相手の視点から見た関係性も混じえてものを考えるようになる。互いに、赤の他人から勝手知ったる他人に昇格する。その段階に至れば、新しい趣向と秩序が創成された状態になる。

二人称的関わりは、外から（第三者的な位置から）客観的に観察しても了解できるものではない。関わりが現在進行形で生起するプロセスに直接触れて初めて（内側からの視点を持ってはじめて）、そのダイナミクスや意味するところがわかる。

親は、所詮、転校生と既存の生徒の押し引きを身体で感じる位置に立てない点で、まさに外側からの視点しか持たない。自分の子どもから、転校生がやってきたことを聞き、成績がよいかどうかとか、出身地とか、親はどんな方なのかの情報を得たり、父兄参観で転校生の様子を観察する。それらの情報と観察を総合して、転校生を表現する幾つかの言葉（ラベル）を考えたとしても、「頭で」転校生を理解したに過ぎない。

4.2 内側から世界を見る

結論から言えば、一人称研究は、対象世界と二人称的関わりを結ぶことで、対象世界を身体で理解するという方法論ではないかと筆者は考えている。対象世界と（研究者としての）自分の押し引きを身体で経験し、対象世界の内側からその世界のダイナミクスに向き合うということである。対象世界が人や社会であっても、ものであっても、同じである。

例えば、「お酒の味わい」という研究対象について考えてみよう。お酒はモノであるが、「味わい」は、飲む人の身体とモノの関係の上に成り立つ。お酒の味を客観的に評価しようとすると、酸度、糖度、アミノ酸の種類や量、使っている酒米、製法など，誰が観察しても結果が同じになるデータを集めることになろう。しかし、そういった情報を総合しても、お酒好きが「味わい」という言葉に込める意味合いからは、かなりかけ離れている。お酒の味わいに「しかと向き合っている」ことにならない。

お酒の味わいを探究するためには、まずは自らの身体で味わい、お酒好きな生活者としての一人称視点から、対象世界（お酒の味わい）を表現することから始めるのがよい。「自分勝手な主観的な視点からのデータを収集しているだけではないか！」という批判があることは予想に難くない。しかし、そうではない。

筆者自身の一人称研究の知見によれば、お酒の味わいを言葉で表現する習慣を続けていると、次第に、どういうお酒が好きで、どういうお酒が嫌いであるかの区別をつけようとして、様々な「味の変数」に敏感になろうとする意識が働く。どんな感触の味の要素が、どのタイミングで、口腔や鼻腔のどのあたりに、どんな速度で出現するか？　総体として、どんな心的風景が立ち現れ、どんな心地になるか？様々な諸変数を一つずつ分化し、各々に適切なワーディングを探し出すことになる。

筆者は舌の脇にじっとりと残る酸味が嫌いであった。ある時、自分はいつも「残る」という動詞を使っていることを自覚した。「残る」は実にアバウトである。残り方にもいろいろあるのに、一様に「残る」と表現するのでは表現分解能が粗い、とフラストレーションを感じはじめた。

フラストレーションを抱えたまましばらく続けていると、ある日、「舌の脇が帯電するかのようだ」とか、「降り積もるように静かに溜まっていく」といった、新しい表現がふと浮かんだのである。一人称視点で記述する習慣の継続は、感じ方の分解能を上げ、表現する言葉の分解能も上げる。

4.3 一人称視点はやがて二人称的関わりを生む

この時点では、対象世界を見る分解能が増したとはいえ、まだ、一人称視点の世界にとどまっている。それからしばらく経った日のことである。それまでただ嫌いだと思っていたお酒の味わいに、ある種の共感を覚えはじめたのである。

共感と言っても「好き」になったわけではない。好きではないが、「これも許せる」とか「まあ、この酒米でこういう味になるのもわかる」とか言い出したのである。対象世界に対する（この場合は、お酒の味わい）「二人称的な関わり」が生起したと解釈できる現象ではないか？　佐伯（2017）が「共感的関わり」[1]と呼ぶできごとである。

もちろん、対象（お酒）は人ではないので、相手が主語になってこちらのことを二人称的に理解して

[1] 佐伯は「共感的関わり」を「同感的関わり」と明確に区別している。

くれるわけではない。あくまでも一方向的ではあるが、私の見方が単なる一人称視点ではなくなり、「相手の言い分もわかる」という視点が混ざりはじめたことが、実に面白い。

探究対象にしかと向き合うとは、そういう状態になることではないかと思うのである。いきなり二人称的関わりが生起することはありえない。転校生の事例でも、お酒の事例でも、まずは一人称視点から自分と世界の関係を観察記述することに端を発するからこそ、その場を介して、次第に相手からの視点も混じりはじめる。

4.4 一人称視点があってこその二人称的関わり

一人称視点で世界を観察することを続けていると、次第に二人称的関わりが生起するのはなぜであろうか？ それは、世界が必ずしも自分にとって「優しい」ものごとばかりではないからではないかと、筆者は解釈している。いつまでも一人称視点にしがみついて自分勝手に解釈していると、優しくないものごとには「心を閉ざす」しかない。しかし、対象世界と自分の間のインタラクションを、優しいことも優しくないことも含めて、その全てを観察して解釈する環境に身を置いていると、（心を閉ざさないとするならば）相手の視点と折り合いをつける以外に生きる道はない。

要は、他ならぬ自己を有して一人称視点で世界と相対することから始めるからこそ、二人称的関わりへとモードが切り替わるということかもしれない。

研究対象に二人称的な関わりを持つ（そのスタートは一人称視点）ことが、これからの認知科学の一つの有望な研究手法になり得る。

参考文献

［中村 1992］中村雄二郎. (1992). 臨床の知とは何か. 岩波書店.

［佐伯 2017］佐伯胖（編著）(2017). 「子どもがケアする世界」をケアする – 保育における「二人称的アプローチ」入門. ミネルヴァ書房.

［諏訪ら 2015a］諏訪正樹, 藤井晴行. (2015). 知のデザイン – 自分ごととして考えよう. 近代科学社.

［諏訪ら 2015b］ 諏訪正樹, 堀浩一（編著）, 伊藤毅志, 松原仁, 阿部明典, 大武美保子, 松尾豊, 藤井晴行, 中島秀之（著）. (2015). 一人称研究のすすめ – 知能研究の新しい潮流. 近代科学社.

［諏訪 2016］諏訪正樹. (2016). 「こつ」と「スランプ」の研究 – 身体知の認知科学. 講談社選書メチエシリーズ, 講談社.

［諏訪 2018］諏訪正樹. (2018). 身体が生み出すクリエイティブ. 筑摩書房.

［高岡 2014］高岡詠子. (2014). チューリングの計算理論入門. 講談社.

物的世界との相生に至る身体運動知覚の掛け替えに関する一考察
A study on the change of perception about body movement to harmony with the material world

榎本 美香†
Mika Enomoto

† 東京工科大学大学メディア学部
Sclool of Media Science, Tokyo University of Technology
menomoto@stf.teu.ac.jp

Abstract

In this research, I present a cognitive model for coordinating the body with the physical world, based on my practices of swiming and surfing. The brain controls the body movements with clues of words that are represented by others or oneself, and the body movements physically manipulate the world. When this manipulation is valid, we construct a control system in the brain that enables such body movements.

Keywords — body movement, material world, representation, change of perception, learning

1. はじめに

本研究の目的は，重力のかかる大地や浮力をうける海中といった物的世界と調和的に存在できるよう自己の身体運動を捉えなおしていくヒトの認知活動について考察を試みることにある。我々は初めて行う方法で世界に向き合わねばならぬ時、生まれたての子鹿のように覚束ない動きから初めねばならない。ところが、大地に対する適切な力のかけ方とバランスを見出した時、立つということは造作もなくなる。この世界に対して適切に対応できるようになる瞬間を「腑に落ちる」瞬間と呼ぼう。本研究では、著者自身が水泳とサーフィンを学習する場面を一人称視点で分析し、「腑に落ちた」過程を分析する。個々の事例は、その日の波の荒さ高さといった自然事象の一過性や突発性、コーチの特性や著者の身体能力と二人の相性といった個別性・状況依存性の高いものであり、統制的実験や計算機シュミレーションの範疇外である。しかし、世界の物理的法則の中へ自身の身体を滑り込ませるに至る知覚形成はまぎれもなく認知科学的課題である。本研究では、自身の身を世界に晒すことにより、世界との調和に至る身体の認知モデルを構築する。

著者は今年の1月に水泳を習い始めた頃、クロールをすると15m付近で溺れていた。この付近がちょうど息継ぎのタイミングだからである。息を吸い込もうとして水を飲むか、ただ口を開けるだけで息が吸い込めないかである。ところが、「腕ではなく肩を回してください」というコーチの言葉を契機に、水をぐぐっと押す感覚、長く水を掴んでいる感覚を得た。その瞬間、水に沈んでいくしかなかった身体がふわっと前に進んだのである。「肩を回す」という表現が腑に落ちた瞬間であった。

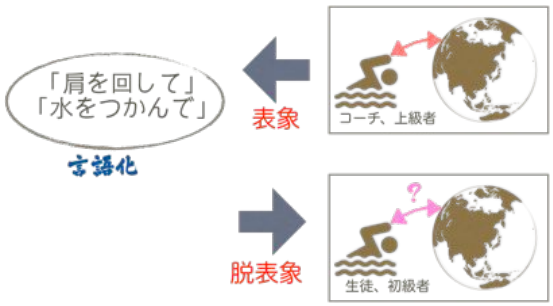


図 1　教授場面における表象・脱表象

諏訪 (2015b) は、人のことばの受け売りで理解や実践をしようとしてもスキルは向上せず、そのことばに自分なりの安定した体感を紐付けられるようになることがシンボルグラウンディングであり、そこに〈からだでの学び〉があるという。そもそも、身体運動を言語化することはある身体の動きと世界との関係の記号化であり、個人的な表象である。それを他者が理解／実践するためには、再度自身と世界との物理的な関係へと脱表象化する必要がある(図1)。脱表象化のためには、再度、世界との接地面の中において自身の身体でもがきながら、世界からの手応えとその時の認知・身体活動との関係性を掴み取る必要がある。「肩を回す」というコーチの表現は、生徒が水を掻く中で再構築されねばならない。

本研究では、スポーツ学習場面に焦点をあて、身体と世界に関する認識が覚醒する瞬間を追う。

2. 分析1: 水泳

水泳を習おうと思った動機は極めて世俗的なものである。2018年2月に同僚の女性4人でハワイに



図 2　ハワイのNorth Shore

遊びに行くことになった。ハワイは約1年前の2016年12月に初上陸し、その浮かれたパラダイス感にはまった。その旅行で特に印象的だったのはNorth Shore という海岸で体験した波の力強さだった(図2)。波の引き際の間に急いである水深まで行かない限り、次の寄せ波に巻き込まれ砂浜へ押し戻されて七転八倒することになる。一方、このゾーンを抜けられた時は、浮き輪を頭の上へ持ち上げて波を超え沖へ出ていける。そこから高波に持ち上げられ叩き落とされながら岸辺へたどり着くのは何とも言えないスリルであった。ただし浮き輪で出ていけたのはせいぜい岸辺から50M程度である。そのさらに50Mほど先の沖でサーファーたちが波乗りをしていて、よほど羨ましかった。

再びハワイである。サーフィンをしなければならない。4泊5日の旅程のうち、3 日間サーフィンレッスンの予定を入れた。一緒に行く同僚にそのことを伝えたら、「(ハワイに)行く前に泳ぎの練習をしてくださいね!」と言われる。水泳をしたのは中学生時代で、確か平泳ぎは何とか25M、クロールの最長記録は22Mであった。確かに、これではNorth Shore の荒波に立ち向かえないかもしれない。通勤路の途中にあった水泳スクールへ駆け込む。2018年1月22日が初めてのレッスンであった。その日の同僚へのメールが以下である

> ちなみに、朝から、水泳教室に行ってきました。近所のスイミングスクールで、オリンピック選手も輩出しているという。
>
> 今日は、クロールの息継ぎの原理が分かりました。息を吸う前に水中で吐いておく、体全体を傾けて息を吸う、というのがまだ上手くできていませんが、お腹から後ろに水を掻くことで推進力を得る、バタ足は水中までキックすることで水を押して進むことができる、など新情報満載でしたね。

およそ原理しか分かっていないのである。

この時から、東京ドルフィンクラブで、1月に4回、2月に3回、3月に1回、4月に5 回(各1時間計14回)習い、その後引っ越してイオンスポーツクラブで5,6月に計5 回(各30分)習った段階で本稿を書いている。以下に水との格闘史を分析する。

2.1　クロール：バタ足(キック)

クロールで最も最初に習うのがバタ足(キック)である。ビート板を持って、足だけ動かす。コーチの指示は以下である。

(1) 太ももから上げる
(2) ひざから下で水を打ち下ろす
(3) 足の甲で水を押す
(4) 親指どうしが擦れるぐらいの内股で
(5) 足の力を抜く



図 3　バタ足のアップキック(柴田(2014)より)

「太ももから上げる」とは、足を打ち下ろした後に足を上げる動作で、太ももと起点に膝、甲を真っすぐ伸ばしたまま水面ギリギリまで上げる動作を指す。水泳教本(柴田, 2014)の写真と説明も付記しよう(図3)。バタ足というと、膝から下でバシャバシャするイメージだが、足の付根から動かすのがミソのようである。

太ももから上げようとすると全身が力んでしまい今度は真っ直ぐのまま足を打ち下ろそうとしてしまう。しかし、下にキックするときには、太ももが下限にきたあたりで、「ひざから下で水を打ち下ろす」必要がある(図4)。最後に足をヒレのようにしならせ「足の甲で水を押す」そうである。しかも、「少し内股で」「力を抜いて」である。

難しいのは、片方の足をまっすぐ上へ上げている一方で、もう片方の足をしなやかに打ち下ろさねばならないところである。これが最初は何度やってもできない。翌日は大臀筋や大腿筋がバリバリの筋肉痛になって歩行も困難である。ビート板を持って一人区民プールで自主トレをする。おそら

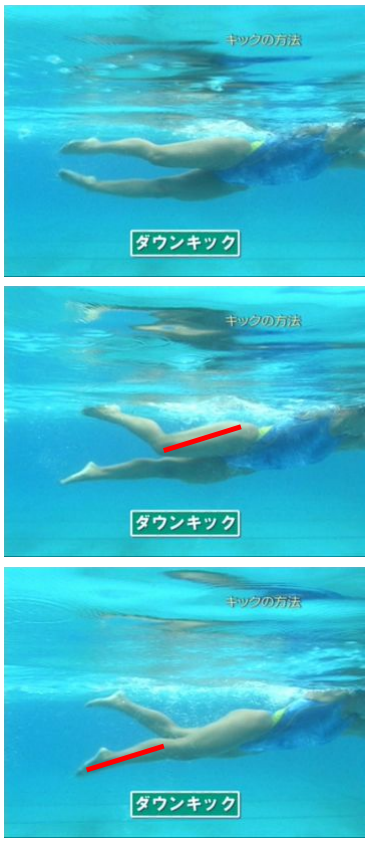


図 4　バタ足のダウンキック(柴田(2014)より)

くは上げる方にはそれほど注力しなくてよく、打ち下ろす方に集中した方が良いのではないか。いや、打ち下ろすためには最初に高く上がっていなくてはならないが、水面から出るほどではない。足の甲で水を押すというが、ひらっとさせるということか。試行錯誤を繰り返すうちに、水音が変わる。顔を水中に入れているので自身のバタ足の水音が聞こえるのだが、ああ今できたのではないかという瞬間に、音が「バッタン、バッタン」と変化した。「バッ」で太もも部分の下げによる軽い音、「タン」で膝から下の下げの重い音というリズムである。同じ泊程度の長さのリズムで両足で交互にこの音をゆっくり出していくと、推進力が上がった気がした。次に水泳教室でこれを披露した時にコーチから「できてるじゃないですか」と言われたので正しいバタ足なのだろう。足の動きを音として認知した時、太ももや膝下や甲といった個々の独立の部位の動きではなく、全体の調和としてバタ足動作が行えるようになったのである。

2.2　クロール：ストローク

クロールの推進力は主に手のストロークから生まれるとされる。スクロールは次の5つから成る(図5)。入水はできるだけ遠くへ指先を沈め(1)、手のひらで水を腹の下へ寄せてきて(2)、そこから一気に太ももの脇へ掻き抜く(3)。抜いた手を大きく回して(1)の状態へ戻る間に(5)、息継ぎもする(図6)。

(1) 伸ばしている手の先へもう片方の手の指先を滑り込ませる(キャッチ)
(3) 腹の下まで水をプル
(4) 腹から太ももの脇までプッシュ
(5) 肘を高く(腕を伸ばして)リカバリー



図 5　ストローク(柴田(2014)より)

クロールといえば、このストロークの手の動きと息継ぎのイメージである。22M しか泳げなかった中学校時代にもしていたし、今もとりあえず泳いでみろと言われれば見よう見まねでできる。し



図 6　息継ぎ(柴田(2014)より)

かし、息継ぎをしようものならずぶずぶと水中に沈んでいくのである。沈むので、水を飲む。水を飲まないでおこうとすれば、息は吸えない。水を飲めばむせて立ってしまうし、息が吸えなければ苦しいのでそのうち泳ぎ止める。それがちょうど15Mからせいぜい22M付近なのである。これで中学時代の記録の謎が解けた。他人から見れば、なぜ後3M我慢できなかったのか?となるが、そこが息継ぎができなくても行ける最遠なのだ。コーチは「後頭部(ちょうど髪の毛のポニーテールの頂点あたり)が伸ばしている手にあたるように」とか「もっと上を向いてもいいですよ」と指示をくれる。しかし、上を向けば体勢がさらに崩れ、その先が泳げない。

スクールに通いだして7回目のレッスンであったと思う。あるコーチがストロークは 1 周「腕ではなく肩を回してください」という表現をした。どういうことかは良くわからない。空中でやって見せてくれる。リカバリーだけでなく、前向きに掻いているときも内に肩を入れろということのようである。見よう見まねで空中でやってみる。肩を回すという行為自体はできなくはない。続いて、実際に泳ぎながら肩を回すことを意識してみる。すると、プルからプッシュに移るあたり(感覚的には手が腹の下を通過するあたり)で、ぐぐっと水を押す手応えがある。一気に加速し身体がふわっと斜め上に進む。すぐに息継ぎのタイミングが来るが、肩を背中側に回すと、ぐるんとローリングして、ゆるゆると顔が水面にでる。今までできなかった息継ぎができたのである。プル・プッシュ・リカバリーという一連の手の動きで水をどう押し出し、体勢をどう回転していくのか、その時の水の手応えや運動に伴う水中での推進力がいかなるものであるかが一気に腑に落ちた瞬間であった。

2.3　その後

このように書くと、今ではスイスイとクロールで泳いでいるようなイメージだが、そうではない。25Mは泳げるようになったが、そこでゼイハー息を切らせている。周囲の人からは綺麗に泳げていると言われるが、見かけだけ優雅なのであって、本人は至って必死である。息継ぎだって２，３回に一回ぐらいは失敗して水が口に入ってくる。その時は次のタイミングまで我慢する。いつもは右サイドで息継ぎをしているが、この前試しに左サイドでしてみた。全く感覚がつかめず、ズブズブと沈んだ。水との調和的世界から引き剥がされ、また暗中でもがく思いがした。左右交互の向きで息継ぎができるようになるには、まだ時間がかかるようである。禅宗の用語に「漸修頓悟」という用語があるが、水に対してどう身体を動かせば水と自己の関係がスムーズに行くのか腑に落ちるまで足掻くことになるだろう。

3.　分析2: サーフィン

最初に断っておきたいが、まだ自力で波に乗れるようになっているわけではない。ハワイで約1時間ずつ3回、日本でも1時間程度を1回習ったきりである。インストラクターにボードのテールを押してもらって(波に乗せてもらって)、ようやく立てるというレベルである。全くの初心者なりの経験を分析したいと思う。

3.1　パドリング

パドリングとは、ボードに腹ばいになり、移動のために手で水を掻くことである。教本的には図7のようになる(NALU SURFTRIP JOURNAL, 2015)。

サーフィンはパドリングに始まりパドリングに終わると言われるほどである。どの教本にも最初に載って、片手ずつ交互に、ボードの下側に手を差し入れて強く後方へ水を押すよう指示されている。

さて、いよいよサーフィン初体験、2018年2月14日ダイヤモンドヘッド東岸である[1]。インストラクター(サーフィンをするために10年ほど前にハワイに移住したという日本人)から、パドリングは両手を同時に動かしたほうが良いと習う。「胸のやや前くらいから軽く両手を水に入れ、後ろへ動かす」とだけ予め教わる。漕ぎ出して、必死にパドリングしすぎていると注意される。「もっとゆっくり軽く」しないと、すぐに疲れてしまうそうである。

沖へ出るには、タイミングや位置も重要であるとされる。大波が立て続けにやってくる「セット」を避け(待っているとひとりでにおさまる時がくる)、海底が少し深くなっていて岸へ寄せた波が引

[1]ちなみに、この時はまだクロールはできていない。遭難したら、無理に戻ろうとせず仰向いて浮かんでいること、とスイミングスクールのコーチから秘策を授かっていた。



図 7　パドリング (SURFTRIP JOURNAL 編集部 (2015) より)



図 8　チャンネル (主婦の友社 (編) (2016) より)

いてく「チャンネル」から出て行くのが良いというのがお題目である (図8, (主婦の友社 (編), 2016))。しかし、海を前にそんな小難しいことは習わなかった。「こちらです」と言われる方へ行くばかりである。「こちら」も早く追いつかないと、どんどん遠ざかって見えなくなる。

ここで私が掴んだもう一つのコツが有る。同じ調子で漕ぎ続けるのではなく、休む時と頑張る時をつくるのである。これは、昨年度North Shoreで浮き輪で沖へ向かう時に編み出した技である。寄せ波の時にはどんなに頑張って沖へ漕いでも押し返されるので、ただその場に浮かんでいるのがよい。チャンスはその寄せ波が引き波に変わった時である。ざざーっと水が沖へ押し戻されるので、この流れに乗る。カレントといえども寄せ波のあおりを受ける。この時は休憩である。静かに波の上へ押し上げられることにする。それが終わった瞬間、パドリングを開始すれば、引き波に乗れる。

翌15日、同じくダイヤモンドヘッド東岸、ずいぶん波が高くなっていた。この日は同僚の女性もサーフィンのレッスンを一緒に受ける。高い白波に中々沖へ出られない。インストラクターは波間を押してスルスル沖へ行くが、我々は高波を超えられない。横へ避けようとした瞬間、ボードの真横から波を受けて回転しながら岸へ押し戻される。これを何度も繰り返した後、海面をよく見ると、我々がセットの真っ只中に漕ぎ出していることに気づく。その横には海面の平らなところがある。かなりの回り道だがそちらを迂回して沖へ行く。波の来る位置や向きは刻一刻と変化し、最初に漕ぎいだしたチャンネルがいつまでもチャンネルではないことに気づく。

これに懲りた同僚は早々に岸へ引き上げ、まだもう少しやってみるという私を見ていてくれたようである。沖へ漕ぎ出す私を不安に思い、インストラクターに「ほら、もうあんなに遠くまで行っちゃったけど」と言うと、「気の済むまでやるでしょ、放っておきましょ」と言われたという。三度目のレッスンの時、「あの波であんなに速く沖に出られるんだから、パドリングは上手ですよ。たとえ１０人の初心者が居たとしても一番上手いでしょう」と褒められた。これは自慢である。

3.2　テイク・オフ

波に乗る瞬間、立ち上がった瞬間をテイク・オフという。教本による説明が図9である (「大人のためのサーフィンはじめてBOOk」)。

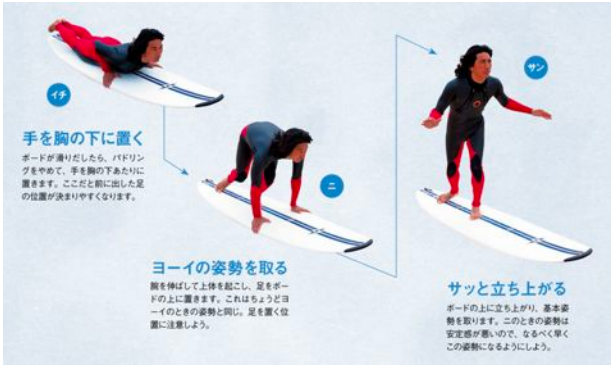


図 9　テイク・オフ (主婦の友社 (編) (2016) より)

この本同様、まずは陸地でテイク・オフの体勢移動について習う。ポイントは以下の２つである。

(1) ボード上での待機姿勢: 手を伸ばしてうつ伏せになる。手先の位置はボード上の「NSP」の文字の少し後ろにくること (図10)[2]。

(2) 立つ位置: 中心の２本の線の間であること。重心をこの２本の線内に置くこと。

[2]なぜこの位置なのかは聞きそびれたが、ちょうど重心が真ん中にくる位置なのであろう



図 10　ボード上身体の位置

パドルアウトし、さらに詳細に習う。

(1) 位置確認: 待機姿勢がとれているか
(2) 準備: 手を胸の横に脇を締めてつく(図9の一)
(3) 四つ這い: 板が滑り出したら四つ這いに
(4) 直前動作: 足先を真横に向けて開く(図9の二)
(5) 立つ: 手を離す(図9の三)

「さあ行きますよ」と言って、私のボードのテールを押さえた状態でインストラクターは沖を見出す。準備姿勢を取った状態で、「僕が合図をしたら、立ってください」とのこと。ある波に対して「はい」と言われる。その直後にテールを押され、波の前に行く。四つ這いから、すばやく足を横向きに持ってきて、立とうとするもそのままバランスを崩して海へ落ちる。

海へ落ちたなら、速やかにボードに乗り直し、インストラクターの居る沖までパドリングで戻る。「そんなに急いで立たなくていいんです」「本に書いてあったことは忘れて、今日は私の言うことだけ聞いてください」「一息ついてリラックスしてから立って」「さあ行きますよ」「はい」また、押してもらってやり直すが、やはりすぐに海へ落ちる。そして戻る。「下を向いて立ってましたが、前を見てください。下を向いたって人生良いことは何もないんです」「前、ということはあのダイヤモンドヘッドあたりを見るんですか?」「進みたい方向、ちょうどあの正面の木の辺りを見てください」「行きますよ、はい!今です」とまた押してもらう。前を見ることを頭に置きすぎて、今度は足を横にすることを忘れる。戻る。「肩に力が入り過ぎているので、手を離す前にフッっと息を抜いてね」

色々言われすぎて、何をどうするか分からなくなる。沖へ戻りながら頭の中で整理してみる。要は、四つ這いの状態から立ち上がるまでが問題なのである。まず、四つ這いの段階でもう前を見ていなくてはならない。そこからゆっくりと足をストリンガー上で横に向けて(腰からしただけ横を向いて)、ここで息をフッと抜いてから、手を離す、と。これを「前・横・フッ」と名付けよう。前を見て、足を横に、フッと力を抜く、そして手を離すこと。

次に押してもらった時、「前・横・フッ」とゆっくり唱えながら、身体をそろそろと動かしていく。すると、立てたのである。波の上をスーッと滑って岸へ近づく。おお、浮いている!沖へ戻ってインストラクターに報告する。「前・横・フッでいけました」と。キョトンとされるが、再度この作戦で行ってみる。やはり立つことができる。海面の上を滑っていく感覚である。

少し余裕ができて、「はい、今です」の合図がいつなのかに注意を向ける。波のトップが過ぎたすぐ後、テールを押される。するとボードが海面をシャーと滑り出すのである。その時が「今」なのだ。この日はこの後数本やったが、もはや落ちる気がしなかった。

翌日は高波の日である。沖へ出るのが大変だが、インストラクターにボードを押してもらって、シャーとなったら、「前・横・フッ」で必ず立てる。30分で4回乗らせてもらった。この日初めて参加した同僚は、パドルアウトに手こずっていたが、なんと初体験であるにもかかわらず 2 本目で立つことができた。最初に「今日の波だと30分が限界で、それで立てれば大成功」と言われていた。同僚が立てた段階で休憩となる。休憩中、インストラクターが別のグループの指導に行ったので、一人で沖へ出てみる。これが先に書いた「放っておきましょ」の時である。しかし、一人では波に乗るシャーという状態に行かなかった。これについては後述する。

2日後 3 回目のレッスンはアラモアナ沖であった。この度一番の晴天で、定規で測ったような規則正しいサイズと長さの波が押し寄せている。「今日は一番沖まで行きますよ」とのこと。200M以上沖へ出る。先日と同様にボードを押されて板が波に乗るも、すぐにバランスをくずして落ちてしまう。色々と忘れている。インストラクターに「何でしたっけ?」と言われ、「前・横・フッ」と答える。すぐに次の波へ押される。すぐに立つことができる。波が後から後から規則正しくくるので、波から波へ乗り継いでずっと海上を滑っていける。滑りが止まったときに振り返れば、沖のインストラクターが殆ど見えないほど、岸へ近づいていた。戻りが大変である。

沖へ着くと、止まり方を習う。ボード上にうつ伏せの状態へ戻り、手か足を水に突っ込むと抵抗によって止まるらしい。次の波へ。戻るのを楽にするために、第 1 波が終わったら、先程習った止

まり方で止まる。そのままボード上に寝そべって、沖へ引き返そうと反転しかけた時である。ボードの真横から第２波が打ちつける。ボードとともに回転しながら波にまかれ、ボードがすごい勢いで沖から私へ突進してきた。鼻を強打する。あんなに穏やかで規則正しい波が、これほど暴力的なパワーを持っていたことが驚きである。海中でもがいている時に見た水中の景色はこの度一番の鮮烈な記憶となる。

沖へ戻ると、鼻の頭から「血が出てる」とのこと。板から降りる時の注意点を教わる。

- 絶対にボードが滑るのが止むまで，ボードを止めない(勢いのあるボードは危険！)
- 波に巻かれて海中に落ちたら、頭を手でかかえ、身体を小さく丸めて防御姿勢をとること(ボードがぶつかってきた時のため)
- ボードから落ちる時は、必ず沖側へ(岸側だとボードが沖から波に載って向かってくる)

次から注意しよう。

この後の数本では、板の上での姿勢を習う。

- 足はストリンガー上
- 肩まで軽く横向き
- 目線は進行方向
- 身体の重心は垂直に真下へ

この4つ目の「垂直に真下」というのが最初できなかった。重心を低くしようとして膝を曲げて、前かがみになってしまうのである。するとその向きにボードが円弧を描いてしまう。膝から曲げるのではなく、腰を垂直に落とす、すると自然に膝も曲がるということらしい。「熱いお茶を持ってこぼさずに屈む」イメージだそうである。最後の1本はこの綺麗な姿勢が取れたので、お開きとなった。

3.3 一人立ち

今のところ、テールを押してもらって、ボードが波に乗ってから立つというレベルに留まっている。自力でボードを波に乗せて初めて、テイク・オフできるようになったと言えるのではないか。２度目のレッスンで、荒波を押して一人でも沖に出ていったのはこれを練習するためである。これが一朝一夕にはいかない。

まず、来たるべき波に対して垂直になるようボードを向けて待機する、というのができない。こちらから沖を見ただけでは、どのさざ波が大波になるのか予測がつかない。大波になりかけて動いたのでは、垂直な位置どりに達する前に波が来てしまい、そのパワーをボードにぶつけることができないため、波に置いていかれる。どうせ置いていかれるのだから、ずっと同じ向きで待っていて、たまたま良い向きに波が来た時に乗ればいいんじゃないかと思う。確かに、ごく稀に例のシャーとなる感覚を得ることがある。しかし、その滑る力が弱すぎて立つ前にボードが沈んでしまう。おそらく角度が違うのだろう。波の前面でパドリングしてスピードをつけなければならないというのもあるだろう。

後でインストラクターに「乗れましたか？」と聞かれたが、「全く」と答えるしかなかった。これに対し、「それも経験です」と言われる。彼がサーフィンを初めた時は２週間は乗れなかったという。その当時はこういったレッスンもなく、皆自力で見よう見まねでやるしかなかったそうである。波に乗るにはパドリングが必要かと聞くと、あのロングボード(12フィート)であれば、パドリングしなくても乗れるという。では波を捉えられるか否かであるかと問うと、ひとつとして同じ波はなく、それが難しいところなのだそうだ。

その後、江ノ島でも一度レッスンを受けたが、同様に押してもらえれば乗れるものの、自力で波を捕まえるまでには至っていない。

4. 考察

個々の私的な体験について述べてきたが、いずれにおいてもコーチやインストラクターの教示をそのまま実践して何かができるようになった例はない。かといって、教示が無駄であったものもない。教示を手がかりに繰り返し水の中で四苦八苦もがくことで、ある瞬間ふいに何かができるようになるのである。これをモデル化すると図11のようになる。

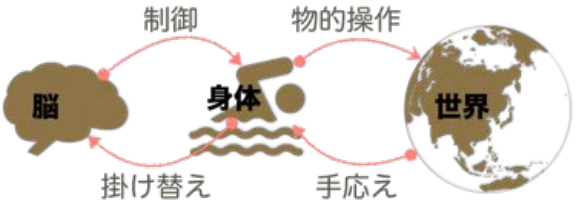


図 11 身体運動知覚の掛け替えモデル

脳は身体運動を行う指令をだし、どの部位をどのように動かすかを制御する。その運動は世界を何らかの形で物的操作することになる。バタ足が左右ちぐはぐであろうと息継ぎで沈もうと水を押しのけている。ところがこの段階では、言われたままに個々の身体部位を動かしているに過ぎない。その部位を動かすと世界の何をどう操作することになるのか掴めていない状態である。ところが、何かの拍子に手応えが得られる時がある。試行錯誤をする中で正解の動きに偶然出くわす。脳は速やかにこの物的操作が有効になった瞬間の身体運動を認識する。すると、手応えを得た時の身体制

御のあり方に制御システムを組み替える。往々にして、身体の各部位の動きの連動が制御できた時、操作が有効になることが多いように思う。

バタ足で推進力を得られた時は、両足交互に太もも→膝下→甲の順に水を蹴れた時であった。息継ぎが楽に自然にできた時、手のプッシュで推進力を得た後に肩を回すことによる身体軸のローリングを体験していた。パドリングで速く楽に進むためには、寄せ波と引き波のリズムやチャンネルという場所を利用することが重要であった。テイク・オフを確実にしたのは、「前・横・フッ」とゆっくり唱えるリズムに体勢変化と重心移動を合わせられた時である。コーチやインストラクターの教示は、身体による世界の操作のあり方に根ざしたものであろう。しかし、そこから言語という形に表象化されたものをそのまま身体運動として実行している間は脱表象化することはできない。受け売りの状態である。しかし、その動きの中で有効な世界の操作にヒットすることがある。その瞬間、言葉が表していた身体と世界の間の結びつきを知覚するのである。

諏訪 (2015a)の挙げる〈からだメタ認知〉という概念を考えてみよう。「からだメタ認知は、自分が使う言葉や記号の裏に自分の体感を貼り付けること」とされる。体感は「自己受容感覚で、身体を動かすことで筋肉や関節や腱、靭帯などが連動して動き、それにともない身体を流れる信号の総体として人が感じる感覚」とされる。たとえばネコに遭遇したときには、「毛並み」「髭」「丸い瞳」といったことばとそれに抱く体感とが紐付けられているという感覚と説明される。「身体と環境の間で生じていることをことばで表現する」とからだメタ認知の表現がしやすい、と述べられていることから(諏訪, 2016)、体感はただ身体と言葉の関係だけではなく環境とも結びついたものであると理解できる。本研究でいう身体と世界の結びつきの知覚はここでいう体感に相当すると考えられる。言語はこの体感に紐付いている。さらに諏訪は、ことばが連想や状況や知識によって互いに関連性を持って増えていくと、それに伴う体感も増殖すると考える。

さてこの考えを参考に、ことばと身体だけでなく、世界との関連性を表したものが図12である。教示で与えられた言葉はどれも相互に関連している。「体側まで抜いて」というのはプッシュであるし、「指先を滑り込ませる」は「キャッチ」である。そして、それぞれの言葉は身体運動に連結している。「キャッチ・プル・プッシュ」「体側まで掻いて」は「水を押す」「水に乗る」という身体運動になる。そして、身体運動は世界の中で身体を物理的

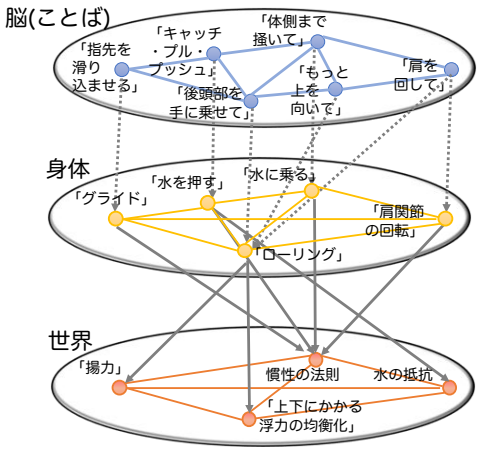


図 12　ことば―身体―世界の相生モデル

法則に乗っ取らせることにつながる。たとえば、「水を押す」と「水の抵抗」を利用して身体を前に押し出すことになり「慣性の法則」に乗ることになる。このモデルを用いれば、最初に教えてもらっている間に言われた言葉「後頭部を手に乗せて」「もっと上を向いて」で息継ぎに失敗していたのに、「肩を回す」という言葉ですべてが一気にできるようになったことを説明できる。肩関節の回転は、すべてのストローク動作に繋がっており、それは体軸のローリングにも繋がっている。連動した動きへの入り口としてどの言葉を契機にするかが問題になるだけであり、一度入り口さえ見つかれば、すべての言葉が遡及的に連関する。さらに言えば、単にことばに紐付けられた体感が増えるというだけでなく、すべての体感とことばの結びつきに覚醒するのである。また、水を押したりローリングをしたりすることは、水の抵抗や慣性の法則といった物理的世界の中に身体を落し込むことになる。その結果大きな推進力が得られたという手応えを生む。これが翻って、今経験した身体運動の有効性を知覚させるのである。

参考文献

NALU SURFTRIP JOURNAL編集部 (2015). 『サーフィンスタートBOOK』. 東京: エイ出版社.

主婦の友社(編) (2016). 『大人のためのサーフィンはじめてBOOK』. 東京: 主婦の友社.

柴田善晴 (2014). 『ゆったりクロールで長く、楽しく泳ぐ！』東京: ナツメ社.

諏訪正樹 (2015a). モノへの眼差しがからだと記号をつなぐ―からだメタ認知メソッド. 『知のデザイン―自分ごととして考えよう』, 65–90. 東京: 近代科学社.

諏訪正樹 (2015b). 一人称研究だからこそ見出せる知の本質. 『一人称研究のすすめ～知能研究の新しい潮流』, 3–44. 東京: 近代科学社.

諏訪正樹 (2016). 『「こつ」と「スランプ」の研究ー身体知の認知科学』. 東京: 講談社.

購買活動における「価値」概念の記述のされ方 －会話分析と行動経済学による一考察－

Describing the Concept of Value in The Purchase Activity: Conversation Analytic and Behavioral Economic Perspectives

黒嶋 智美†，萱場 豊‡，小俣貴宣‡‡
Satomi Kuroshima, Yutaka Kayaba, Takanobu Omata

†玉川大学，‡東京大学，‡‡ソニー株式会社
ELF Center, Tamagawa University
skuroshi@lab.tamagawa.ac.jp

Abstract

This article presents the analysis of the interaction between a ceramic artist and a customer regarding the ceramics made by the artist herself, and attempts to discuss the interactional phenomenon from the behavioral economic perspective. In particular, it will shed light on the conversational practices by which the ceramic artist explains the "value" of the ceramics. It is suggested that the accounts based on the interactional analyses can be further grounded on the existing theory of behavioral economics. In this way, the article will explore the ways in which two distinctive research methodological frameworks can be introduced to describe the practices of ordinary people with regard to the economic concept of "value".

Keywords — Conversation analysis, Behavioral economics, Value, Concept, Interaction

1. はじめに

製品の購入にあたり、顧客はその製品に対して期待する経済的、機能的、心理的ベネフィットと、入手から廃棄に伴う様々なコストを意識的に、そして無意識的に見積もる。その製品に対して知覚されたベネフィットから、その製品に対して知覚されたコストを差し引いた際、ベネフィットが上回れば、そして、その差分が代替品に対する差分よりも上回れば、顧客はその製品の購入に至る可能性がある（Kotler and Keller, 2014）。

ここで重要なのは、顧客はこうした過程を必ずしも全て合理的に行っているわけではない点である。行動経済学の一つの潮流は、通常利用される商品等の選択の意思決定データに加えて生理学的データを利用することで、経済の意思決定が、どのような要因（注意、感情等）を踏まえて意思決定が行われるのか、その具体的なプロセスを明らかにすることである（例えば、Knoepfle, Tao-yi Wang, and Camerer (2009), Reutskaja, Nagel, Camerer, Rangel (2011)）。一方、購買活動が現実世界での「生」の営みであることを踏まえると、実際の購買場面で展開されるひとびとのことばや身体によるやり取りを観察することも意思決定プロセスの解明に欠かせない。行動経済学において、会話のデータを具体的に利用した既存研究は筆者らの知る限り存在しないが、会話の内容も、生理学的データと比べてユニークなかたちで、意思決定の具体的プロセスを明らかにすることに寄与すると思われる。

売り手が訴える価値には、商品が備えている実用性・デザインといった客観的な価値と、制作過程にかけた労力という、売り手の主観的な価値がある。伝統的な経済学の観点からは、後者は sunk cost（準備等のために事前に請け負ったコスト）であり、その結果として商品に反映された特性以上に、買い手が sunk cost を価値として評価することは非合理であると考えられているが、行動経済学においては、そうした sunk cost が実際に交渉の場面において、sunk cost を負担した側に有利になるよう評価されていることが明らかにされている（例えば、Ellingsen and Johannesson (2005)）。本研究では、そのような価値が交渉の中で具体的にどのようなプロセスを通じて実現されているのかを明らかにする。

さて知覚されるコストにおいて、価格はその代表的な指標であると言える。それ故、価格設定は製品を提供する側にとって重要な要因の１つである(上田, 1995)。しかしながら市場には価格設定が比較的あいまいな製品も存在する。たとえば作品性のある陶芸や絵画などは、スーパーマーケットや百貨店で売られているような製品と比較すると、一般的な顧客にとってどの程度の価格が適切なのか判断が難しいのではないだろうか。製品を提供する側にとって高く販売することが望ましいが、その反面、その価格が顧客にとってベネフィットに見合うものでないと知覚されてしまう可能性があるため、適切な価格設定を検討する必要に迫られる。

本研究では、こうした価格設定のトレードオフにおける意思決定過程を調べるため、価格設定が困難な製品を対象に、売り手と買い手との間で取り交わされる会話の相互行為に焦点を当てた。また本研究において取り扱う製品として、作家性のある陶芸品を対象とし，作家のアトリエ兼ギャラリーでの展示販売の場面を分析対象に選んだ。この理由は以下の４点である。

1. 作家性のある陶芸品は、一般的に価格設定が曖昧であると思われる点。
2. 作家の創作行為は顧客における何かしらの問題解決を志向したものであると想定される点。すなわち顧客に対して何かしらのベネフィットを提供することを仮定している点。
3. 陶芸作品は作家自身が実際に販売を行うことがある点。作家は展示即売会などで自身が作成した陶芸品を販売することがあり、その際、作家自身が仮定している顧客へのベネフィットを来客に対して直接訴求することができる。
4. 実際の販売環境において実験を行うことができる点。実験室など特殊な環境における相互行為よりも、より現実世界に近い状態でのデータを取得することが期待される。

３に関して、作家自身は、販売に対して専門性があるわけではないことから、製品の訴求において、販売の専門家よりも劣る点がある可能性があるが、作家自身を実験における対象とすることで、作家自身が想定した顧客ベネフィットを第３者に伝達することなしに、すなわち伝達における情報の欠損がないまま相互行為を分析することができることから、本研究では作家自身と顧客との相互行為を対象とした。

会話分析の分野では、客と店員という素人―専門家間のやりとりを扱った研究はこれまでにもいくつかあり、その多くはサービスを授受するための、「注文」「支払い」「勧め」などの特定の活動がどのような構造をもち、どのようなことに志向することによって達成されているのかなど、その組織を明らかにしてきている（平本・山内，2017; Kuroshima, 2010; Merritt, 1976; Sorjonen & Raevaara, 2014）。いっぽう、「価値」といった経済的概念が実際のやりとりでどのように扱われるのかというような分析的焦点からの記述は、会話分析においてあまり試みて来られていない。そのため、本研究では，記述される参加者の志向性によって、その概念使用の実践を、理論的水準で議論することも可能になることがさらに期待される。つまり、会話分析という既存の方法論による分析結果に対して、行動経済学の理論的裏付けを行なうことで、一つの方法論だけでは議論しきれなかったような日常的な現象をより多角的に捉えることを試みる。

2. データ・研究手法

本研究で使用するデータは 20 代から 60 代までの男女 15 名に客として陶芸作家のアトリエを訪問してもらい気に入った作品があれば購入してもよいことを条件に作家とやりとりをしているところを録音・録画したものである。一件あたりの長さは約 30 分で全部で約 7.5 時間の会話データのうち、特に「価値」概念に関連のあるやりとりについて，会話分析の転記方法で記録してトランスクリプトを作成し、会話分析の手法、方針によって断片を分析した（串田他，2017; 高木他，2017）。その分析結果を、行動経済学の理論的枠組に照準することによって、ひとびとの実践における「価値」概念の使用を理論的立場からも裏付けることを試みた。

3. 展示販売での相互行為分析

本研究で具体的に扱う対象は、陶芸作家とその作品に接した客との陶芸作品をめぐるやりとりである。客は予め、気に入ったら陶芸作品を購入してもよいということを条件に、陶芸作家とアトリエで出会い、ことばを交わす。そのやりとりの中では，たびたび、作品についての、視覚や手に取った触覚だけでは分からないような、意味付けが行われていた。このような意味付けは、作家によって、客との相互行為において達成されるとき、その作品についての「価値」を付加する行為として参加者らに認識される。その経験的事実は、陶芸作品のような、一般の実用品とは異って，その「価値」が一見して判断しにくい部類にカテゴリーされる商品が，まさにその特性ゆえに、芸術作品としても認識されていることの裏付けになるだろう。このような芸術的価値も持つ商品の「価値」が、やりとりにおいて、何らかのやり方で参与者によって志向される時、客と製作者である、陶芸作家の間では決定的に異なる陶芸作品についての様々な事実が、個別の作品についての「知識」として、その「価値」を決定づける基準となってやりとりを方向付けていく。たとえば，次の断片のようなやりとりである。

この断片の直前では、50代の男性客（CL）がある小皿を指して、その用途は何かを尋ねていた。それに対して、作家（SP）はそれが「豆皿」という種類に分類されることを述べ、醤油入れや箸休め、さらには壁飾りやアクセサリー入れにもなることを説明していた。つまり、小さい見た目にもとづいた分類とさらに視覚的に確認することが可能な使用方法を提示することで、その用途が説明されていた。客はそれを受け止めた後、42、44、47行目で、値段の説明を求めていく。この質問は、これまでになされてきた商品用途についての説明が、客の知覚や経験に照らしあわせた時に、まさに、値段＝価値を裏付ける証拠がまだありえること、言い換えれば、先の説明が不十分であったということを示唆するだろう。その不十分さを説明するように，客の質問はデリケートな質問として組み立てられてもいる。それはまず、「こういうの」ということで、質問の対象をいま説明のあった特定の皿ではなく、広く豆皿一般にしていること、「どれぐらい」（42行目）という値段を直接聞く言い方から、「どうなんですか」という説明を求める聞き方に言い換えていることなどに示されている．その質問のやり方が問題の対象であることが示唆されたのに応じて、客は47行目でより明確な言い方に言い換えている（Schegloff, Jefferson, & Sacks, 1979）。

断片(1)

42 CL: こういうのって：，[どれぐｒ-
43 SP: [はい，
44 CL: お値段て，ど-どうなんですか.
45 (0.5)
46 SP: ん-(.) どうって.
47 CL: え？（お）：：いくらぐらい
[なん'すかね.
48 SP: [あ，
49 SP: これ三千円ですね.
50 CL: あ：：：：：，
51 SP:→ というのは：，
52 CL: う：：ん，
53 SP:→ これは：：，こっち：：らのタイプ，
書いてるんですね？[筆で.
54 CL: [う，う：：ん，
55 SP:→ ですけど，これは，<象嵌>(.)
っていいまして：：，
56 CL: う：：：ん，
57 SP:→ あの：：，黒い土で最初お皿の形を
<作っ[て>：：，
58 CL: [う：：：ん，
59 SP:→ でここの：シルエットの部分を：，
60 CL: う：：ん，
61 SP:→ 一段，こう掘-（. ）なん-一ミリぐらい
掘ってるんですよ.
62 SP:→ .hh で[そこに白い土を埋め[て：：：，
63 CL: [は：：：： [ああ：：：：
64 SP:→ で磨いてるので：，
65 CL: う[：：ん
66 SP:→ [ちょっと触って-あの河原の小石
み[たいな感じ.
67 CL: [あ，
68 CL: あ，ほんとですね：：
69 CL: で両面やってるんですね？[それを(h)：
70 SP: [あ↑あ：：-
71 (.)
72 SP:→ ので，[ちょ-<ちょっと>
73 CL: [そういうことですか.
74 SP:→ 単価が[°高い°，コストという[か，°はい°
75 CL: [ああ：：：：：： [あ，

客からのこの端的な情報要求に対し、作家はまず、値段を特定の皿を指して49行目で答えている。一般的な分類をした対象物（「こういうの」）の値段にたいする質問に、単体の値段で答えるやり方（「これ三千円」）は、ここで指示された対象があくまでも、客の問いの対象の一例として示されていることが認識可能となるだろう。その答え方には、ここでまた質問への応答が完了しないことを強く予期させる。じっさい、それが客によって妥当なものとして受け止められた（50行目）後、51行目以降、作家はその値段の根拠となる説明を展開していく。つまり、作家は，先の客の質問を単に値段を知るためにしているものではなく、この皿に分類される対象物が、どのような値段をつけられるものなのか、いわば、商品の価値の説明を求めているといえるだろう。

そのような文脈で、語られているのは、一見して分からない、つまり知覚しにくい制作過程についての詳細である。特に、55行目では「象嵌」という特殊な工程が説明され、61行目で、「1ミリ」という具体的で正確な単位を用いるなど、制作にどれだけの労働がかけられているのか知っている者として相手に説明するやり方になっていることにも注目したい。そしてこ

の説明は、75行目で客に問題なく（根拠の妥当性を疑われることなく）受け止められている。本事例では、一見して分からない、見た目以上の価値が客によって志向された際に、その価値を製作者だから持っている知識の提示によって説明することがなされていた。

次の事例でも、同様に、見た目や手に取った触覚など直接知覚出来る作品についての諸特徴が客によって志向されたとき、作家がその作品についての説明をその価値を記述することで行っている。断片(2)では，30代後半の男性客（CL）が、あるカップを棚から手にとるところからである。1行目でカップを手に取りながら，客はその見た目のよさを、気づき（Schegloff, 2007）として提示する。気づきを起点とするやりとりが、いったん7行目で客が笑いこれ以上展開しないことが示唆された時点で、作家（SP）は8行目から客の気づいたカップのデザイン（きつねの尻尾に当たる部分をあえて形にしていない）に説明を与えていく。

断片(2)

1 CL: ああ，このカップいい，すごく．これ，
すごく良いですね：：.
2 SP: ↑ああ：：ありがとうございます：：.
ワオ[キツ-
3 CL: [これちょうどしっぽがない（のが）=
4 CL: =ここ[とここ.
5 SP: [そう，
6 SP: ¥そうなんですよ：[：¥.hh
7 CL: [eh heh heh heh heh
[heh .hh
8 SP: [¥そこはちょっと繋げないん：¥hhh .hhh
9 CL: ¥そうですよね[：：¥
10 SP: [そう，想像して
＜もらう：：->[いたいな：
11 CL: [ああ：：：：：
12 SP: と思って.
13 (0.8)
14 CL: あでもこれすごく軽くて[↓いいなあ：：,
15 SP： [う：ん，う：：ん.
16 (1.0)
17 SP:→ 割りと入りますね，<意外と入ります.
18 CL: あ，[そうですか,
19 SP:→ [それは量が.
20 CL: へ[：：：：
21 SP:→ [にひゃくごじゅう：°三百ぐらい
入るかな．°
22 (3.0) ((CLがカップを棚に戻す))

10、12行目で語られているのは、作家の「繋げない」意匠への意図（「〜たい」）の説明として組み立てられている。つまり、断片1と同じように、作家自身にしか分からないことがらが提示されている。「想像してもらいたい」は、客が動作主として組み立てられていることから、客が行えること（想像する）が見た目では分からない「価値」として示されているのである。「想像する」のように実際に行なうかどうかが、その作品の使用に直接的にかかわらないことであることからも、この説明が「価値」を付加することの達成になっているといえる。

続けて、客は14行目で別のカップを持ち、「軽い」ことを肯定的に評価していく。この評価も、持った直後に産出されていること、「あでも」といった気付きの標識が用いられていることなどから、持つことによる触覚にもとづいて、「軽さ」に気づいたということが示されている。それを受け止めた後（15行目）、作家は，その気付きの対象であるカップについて、17行目から、量が「割りと入る」ことを「意外」なもの、つまり見た目や持った感触からは想像しない程度であると説明を加えている。すなわち、客にとっては分かり得ないことがらとして、そのカップに付いての知識を提供しているといえる。また、「量が入る」という言い方は、「量が〜しか入らない」という言い方に比べて、肯定的にそのことを評価しているといえる。このように，客の触覚によって気づかれたことがらは、作家の自身が独自に持つ知識を相手に提示することで、その価値を付加されている。

このやりとりでは、すなわち、客による視覚、あるいは触覚に基づく「気づき」のやりとりの後、作家が気づきの対象に関して相手の知らないことがらを知識として提示していた。このやりとりを決定的に方向付けていたのは、気付きの対象が、受け手である作家の知識領域に属するものであったことにあるといえる。客がそのような気づきを提示することによって、作家にその対象についてさらに説明をさらにおこなっていくこと、それによって「価値」を付加していくことを達成する、そのような機会が設けられていたといえる。

5. 行動経済学からの分析の裏付け

本研究では、商品の価値が買い手にとって必ずしも明確でない、不確実性のある、陶器を対象に、売り手

がどのように価値を訴えて、買い手に価値の「学習」を促す、その具体的なプロセスを会話分析の手法を用いて明らかにした。

そこでは、本来その財の評価されるべき側面であるが、一見しただけでは理解に及びづらい側面（カップが軽い、カップの容量が一見したよりも大きい、デザインの工夫等）を、具体的に商品を用いて解説しながら、客観的に訴える行動が見られた。商品の売り手と買い手という、互いに利益相反の関係において、売り手の主張が真実であること、すなわち cheap talk（Crawford and Sobel (1982)、ここでは、売り手の発言内容が利益相反な状況で一方的に自分の方に利益誘導すること）でないことを、その場で財を用いて客観的に訴えるプロセスが明らかになった。

より興味深いことは、制作過程の労力という sunk cost についても、上記と同様なプロセスで価値を訴えていることである。伝統的な経済学においては、sunk cost 自体は、商品の価値に影響を与えないことが示されている。「象嵌」という制作の結果がもたらす商品の特性が買い手の価値に反映されることはあっても、その制作過程の労力という sunk cost 自体が価値に反映されることは非合理的であるとされる。また、制作過程の労力は、「象嵌」という制作の結果以上には、商品から客観的に理解できるものではなく、また、今回はその労力をその場で客観的に担保する証拠もないため、この売り手の訴えは cheap talk となる状況である。それにも関わらず、売り手は「象嵌」の制作過程における労力を、他の客観的に評価可能な陶器の価値と同様のプロセスで訴えている。

行動経済学においては、sunk cost を被った者が交渉で有利になることが明らかにされているが、本研究では、その交渉における具体的なプロセスが明らかにされたといえる。

6. まとめ

本研究では、会話分析と行動経済学という全く異なる既存の方法論と理論的枠組を用いて、同一の社会的相互行為における現象を検討することで、一見して、購買活動や展示販売活動といった経済的活動の具体的な場面と記述されうるやりとりが、相手の知識の領域に関わることに気づいたり、あるいは端的に説明を求めたりする社会的行為によって組織されているのだということの一端を明らかにすることが出来たといえるだろう。商品購入のための価値判断において、ひとびとがそれを決して合理的に経済的な利益獲得のためだけに行っているわけではないという先の主張は、このような作家と客がそれぞれの立場に期待される仕方で振舞っていることの現われなのではないだろうか。現に、cheap talk となりえた「象嵌」の過程の説明には、このような商品価値に関して知識がまったくないことを主張した客に、単にどれだけの労力がかかっているのかを訴える（つまり cheap talk）のではなく、そのような特殊な製作技術を用いることが出来ることを具体的に示すことで、商品価値の説明をする者ではなく、作家としてその価値の説明を行っているといえるだろう。

本研究では、またこれだけでなく、行動経済学の分野にも貢献する知見が得られた。前述の通り、会話分析は、行動経済学で利用されてきた生理学的データとは異なる、ユニークなかたちで、購買の意思決定が行われる具体的なプロセスを明らかにした。つまり、財の価値が不確実である場合に、その財の価値を訴え、買い手の価値の「学習」を促す具体的なプロセスを明らかにした。その際、その財が客観的にもつ価値と、sunk cost である制作過程の労力が、同様のプロセスで売り手によって訴えられていたこと、特に後者に関しては、今回の設定では cheap talk になる状況であったにも関わらず、同様であったことが明らかになった。

7. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP25885019 及び JP18K12742 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] Daniel T. Knoepfle, Joseph Tao-yi Wang, Colin F. Camerer. (2009). Studying Learning in Games Using Eye-Tracking. *Journal of the European Economic Association, Vol. 7*, Issue 2-3, pp. 388-398.

[2] Elena Reutskaja, Rosemarie Nagel, Colin F. Camerer, Antonio Rangel, (2011). Search Dynamics in Consumer Choice under Time Pressure: An Eye-Tracking Study, *American Economic Review, Vol. 101*, No. 2, pp. 900-926.

[3] Kuroshima, S. (2010). Another look at the service encounter: Progressivity, intersubjectivity, and trust in a Japanese sushi restaurant. *Journal of Pragmatics*, *42*(3), 856–869.

[4] Merritt, M. (1976b). On questions following questions in service encounters. *Language in Society, 5*(03), 315–357.

[5] Philip Kotler & Kevin Keller Lane (2006), Marketing Management (12 Edition), Person Education（恩蔵直人監修・月谷真紀訳（2008）『フィリップ・コトラー&ケラーのマーケティング・マネジメント（第 12 版）』ピアソン・エデュケーション。）

[6] Schegloff, E. A., (2007). *Sequence Organization*. Cambridge University Press. Cambridge.
[7] Schegloff, E. A., Jefferson, G., & Sacks, H. (1979). The preference for self-correction in the organization fo repair in conversation. *Language 53*(2), 361-382.
[8] Sorjonen, M-L. & Raevaara, L. (2014). On the grammatical form of requests at the convenience store: Requesting as embodied action. In Drew, P., & Couper-Kuhlen, E. (Eds.). *Requesting in Social Interaction,* 243–268. Amsterdam: John Benjamins.
[9] Tore Ellingsen and Magnus Johannesson, (1982). "Sunk costs and fairness in incomplete information bargaining", *Games and Economic Behavior, Vol. 50*, pp. 155-177.
[10] Vincent P. Crawford and Joel Sobel, (1982). "Strategic Information Transmission", *Econometrica, Vol. 50*, No. 6, pp. 1431-1451.
[11] 上田隆穂、価格決定のマーケティング（1995）．有斐閣（編著）
[12] 串田秀也・平本毅・林誠，(2017). 「会話分析入門」．勁草書房.
[13] 平本毅・山内裕．(2017). "第 1 章どんな店か，どんな客か"，「ワークプレイス・スタディーズ はたらくことのエスノメソドロジー」，ハーベスト社.
[14] 高木智世・細田由利・森田笑，(2017). 「会話分析の基礎」ひつじ書房.

「意識の働き」を組み込んだ感覚運動制御の計算モデル
Computational Approach to Human Sensorimotor Mechanism Involved in Function of Consciousness

阪口　豊†
Yutaka Sakaguchi
†電気通信大学
University of Electro-Communications
yutaka.sakaguchi@uec.ac.jp

Abstract
本稿では，身体技能の遂行・習得メカニズムを明らかにする方法論として，随意運動制御の計算モデルに意識の働きを組み込むことについて議論する．ヒトの運動制御の本質的な難しさが身体の多自由度性にあることを指摘するとともに，意識に上る認知の働きと無意識の下で働く運動計画・運動制御の働きがこの問題を解決するうえでどのように機能するかを考察したうえで，意識の働きを計算モデルに組み込むうえでの課題について論じる．

Keywords — 身体技能，感覚運動システム，身体の多自由度性，注意，計算モデル，計測制御システム

1. はじめに

ヒトの感覚運動メカニズムを解明するためのアプローチの一つに計算モデルや計算理論がある．この方法論は，身体運動の実行や学習にかかわる脳内計算過程を数理モデルや制御モデルに基づいて説明するもので，脳の知覚・運動制御やその学習の原理を理解するうえで有用な視点を提供してきた[1]．このような計算理論における中心的話題は，物理的・神経的実体としての身体運動メカニズムであり，身体を操る認知の働きが議論の対象となることはまれであった．しかし，身体技能を習得する際に個体がさまざまな試行錯誤を繰り返すプロセスを思い起こせば，現実の運動，特に技能的動作の遂行・習得において認知や意識といった精神的機能が果たす役割が大きいことはいうまでもない[2]．

本稿の目的は，身体技能の遂行・習得過程の理解を念頭において，このような認知プロセス（あるいは意識）の働きを，感覚運動制御の計算モデル・計算理論に組み込む方法論について議論することである．

神経科学を背景として発展してきた脳の計算理論の流れを考えれば，計算モデル研究の多くが，問題をその要素問題に切り分けてそれらの意味を個別に検証するアプローチをとっていることや，客観的に測定できない認知の働きにかかわる問題を避けてきたことは理解できることである．しかし，過去 30 年以上にわたるこのような方法論によって主要な問題が解決されてしまったためであろうか，（あくまで私見ではあるが）少なくとも運動制御の問題に関しては，近年計算モデル研究に手詰まり感を感じることは否定できない．後述するように，ヒトの運動制御問題の本質的困難が身体の多自由度性にあることや，運動遂行において意識上と意識下のプロセスが相補的に働いていることを考えれば，還元主義的アプローチの枠を乗り越えて，新しい方法論を模索する時期が来ているといってよいのではないだろうか．

以下では，「脳の計算モデル」という方法論について概観したのち，ヒトの運動制御の本質的問題が身体の多自由度性にあることを指摘し，それが運動制御における意識の働きとどのような関係にあるかを議論する．そのうえで，主観的な身体感覚の違いが運動の特性に影響を与える例を取り上げて，その現象をもたらす意識上と無意識下のプロセスの役割に関する計算モデルを構築する試みについて議論したい．

2. 脳の計算モデル

脳の計算モデルとは「脳の構成的研究」とも呼ばれるもので，脳内で行なわれていると想定される情報処理の内容を数理モデルやアルゴリズムとして記述し，その振舞いを現実の現象と対照することで，脳の情報処理メカニズムを間接的に理解しようとする方法論である．認知科学における「情報処理モデル」も基本的にはこれと同じものであるが，認知科学における多くの情報処理モデルが系の構造をブロック線図で表した概念モデルであるのに対し，脳の計算モデルでは，処理の内容が数式やアルゴリズムとして記述され，モデルの振舞いが神経細胞の活動頻度や身体運動軌道などの実験データと定性的・定量的に比較できる点で，より具体的なモデルであるといえる．運動制御の領域で例を挙げれば，上肢到達運動（手を目標に運ぶ運動）において手先が描く軌道は，躍度最小化規範，トルク変化最小化規範などの基づく計算モデルによりかなり

正確に再現できる[1].

ところで，随意運動の発現においては脳からその運動に関わる筋に対して運動指令が送られるが，運動指令を生成・送出する過程が我々の意識に上ることはない（意識に上るのは「手を動かす」ことであって「○○筋に対する運動指令を決めたり送ったりする」ことではない）．従来の計算モデルが説明しようとしていた対象が，運動課題の内容が規定されたときにその実行に必要な運動指令を計算・生成するメカニズムであったことを考えると，計算モデルは「無意識の情報処理過程」を説明するモデルであったといえる．

3. 身体の多自由度性

ヒトの運動制御を難しくしている問題の一つが「冗長性問題」であることは，これまでの計算理論の中で明確に指摘されている[1]. 上肢到達運動を例にとれば，手を目標に運ぶ際にとりうる手先軌道の可能性は無数にあり，軌道計画における冗長性問題と呼ばれている．先に述べた躍度最小化，トルク変化最小化といった規範はこの冗長性問題を解決するための規範であり，軌道計画の計算モデルでは，躍度やトルク変化量といった評価量を最小化する軌道を求めることによって，軌道の解を一意に定めてきた．

しかし，ヒトの運動制御において最も重要な冗長性はその身体自由度の大きさにある．ヒトの身体には 200 を超える関節，数百の骨格筋があり，身体技能の遂行（特に，身体の微妙な調整が要求される高度な技能）ではこの多自由度性が活用されていると推測される．したがって，ヒトの運動制御メカニズムの解明には，身体の多自由度性が本質的な要素となる問題を対象とした計算モデルの構築が望まれるところであるが，現実にはこの問題を正面から取り扱った議論はあまり見られない．上肢到達運動の例をみれば，この運動の特徴としてしばしば参照される「手先はほぼ直線経路を描き，接線方向速度はベル型の時間波形を描く」という性質は，肩を固定して上肢を肩と同じ高さの水平面内に制限した状況（つまり，上肢の動きを肩と肘の 2 関節の屈曲・伸展だけに制限した状況）での行なわれた行動実験において得られたものであり[3]，また，この現象を再現する計算モデルの数値シミュレーションも肩と肘の 2 関節から構成される冗長自由度のない条件で行なわれている[1]（注：このような制約を与えずに，到達運動中の全身の動きを計測した実験報告[4]もある）．測定条件を一定に保ち，データの再現性を高めるために自由度に制限を加えることは自然科学の方法論として当然のことではあるが，結果として身体の多自由度性を封印した条件で議論が行なわれているもまた事実である．

身体の多自由度問題を取り扱う概念として，シナジー（motor synergy）という考え方が提案されている[5]. この概念の意味する内容は研究者ごとに違うが，基本的には，複数の身体自由度を協調的に機能させる脳神経系の仕組みを指す．シナジーの有力な考え方の一つは，「筋シナジー（muscle synergy）」と呼ばれる複数の筋への指令を支配する中間変数という位置づけである[6]．この考え方の下で，筋活動や脳神経活動の解析を通じて中間変数の神経実体の解明が進んでいるほか，ネコの歩行時の四肢の協調関係を議論した計算モデルも提案されている[7]．ただし，随意運動制御においてどのようにして多自由度問題を解決・活用するかという観点での議論はあまり進んでいないようである．一方で，運動のパフォーマンスを左右する変数（性能変数）の変動を抑えるように冗長自由度を相補的に変動させるなど身体自由度の大きさを積極的に活かす機能をシナジーと呼ぶ研究者もいる[4]．シナジーのこのような捉え方は運動制御における身体多自由度性をポジティブに捉えている点で，随意運動発現における多自由度性の本質を捉えているように思えるが，このアプローチに基づく研究は身体運動軌道を解析するなど現象論的な研究が中心で，その計算過程や神経実体を議論するには至っていない．

このように，身体の多自由度性を取り扱う運動制御方式の構築という問題はアプローチが困難な問題である．この問題が運動制御の計算理論やアルゴリズムとして難しい問題であるのであれば，現実に身体を操っている人間（脳）自身にとってもそれが難しい問題であることは明らかである．多くの身体技能がその習得に多大な時間を要するのは，大きな自由度が作る巨大な空間の中で，目的の動作を実現する適切な解を探索する必要があるからである．そして，この巨大な探索問題の解決には意識の働きが大きく関与しているといえる．というのも，我々は新たな身体技能を習得しようとするときさまざまな試行錯誤（＝探索）を行なうが，この試行錯誤の担い手は意識の働きであるからである．

4. 運動制御における意識や注意の働き

前節までは，随意運動メカニズムについて身体とい

う物理的実体とその制御を担う計算過程という観点から議論してきた．一方で，随意運動において運動の内容を決めるのは意識の働きである．個体は，（随意運動であるならば）一つ一つの動作をする際に自分の身体や外部環境の状態を知覚・認知して動作内容を決めているのであるから，このような意識の働きは知能の働きにおける中心的問題であると同時に，随意運動制御の重要な要素である．

動作内容に関する意識の働きとは，「運動課題の内容をどのように捉えるか」ということである．上肢到達運動の例をとれば，この運動は物理的・客観的には「手の位置を目標位置に一致させる運動」である．そして，従来の計算モデルでは，手の位置と目標の位置とのずれ（誤差）が零になるような運動指令の生成方法を議論してきた．そこには，個体がどのようにして手や目標の位置情報を知覚するのか，どのようにして目標に到達したことを感じるのか，といった視点は含まれていない．しかし，現実には，個体はこのような主観的な感覚・知覚に基づいて運動を遂行しているのであり，また，このような「運動の捉え方」はただ一つ決まるものでもない．すなわち，到達運動は「目で見た手先が目標と重なるように動かす運動」として捉えることも，「手先が目標に触れるまで動かす運動」として捉えることも可能である．どのような感覚手がかりに基づいて運動を実行するかは個体の任意性に委ねられている．運動遂行時に参照する感覚手がかりを選択する機能を「注意の働き」と呼ぶのであれば，これは「注意の任意性」といってもよい．この任意性は異なる個体のあいだにも同じ個体の中にも存在し，これが，個体間や試行間の運動の変動を生み出す要因となる．

また，「運動の捉え方」にこのような主観性・任意性があることは，外見上は他人が自分と同じ動作を実行しているように見えても，他人は自分とは異なる感覚手がかりに基づいてその動作を実行している可能性があることを意味している．相手がどのような感覚手がかりに基づいてその運動を実行しているかを理解せずに同じ運動について議論すれば，両者のあいだに理解の齟齬が生じうることは容易に想像できる．すなわち，運動に対する主観的な捉え方の違いは，技能コミュニケーションを左右する重要な要素でもある．

このような注意の働きは，特に，前節の最後で述べた技能習得過程（運動学習）における試行錯誤において重要である．注意（選択的注意・焦点的注意）という概念は，感覚情報処理において，多数の情報源のうちの特定のものに焦点を絞りそれを選択的に処理する機能として捉えられるが，運動制御においても「参照する感覚手がかりの選択」という意味で本質的な役割を果たす．随意運動の習得において注意の働きが重要である根本的理由は前節で述べた身体の多自由度性にある．自由度が少なければ注意を向けるべき先は限られるので，情報源選択という注意の働きは意味がなくなる．身体の自由度が多いからこそ，注意の向け先（どの感覚手がかりに注目するか）の候補が無数に存在し，その選び方が問題になるのである．

実際，運動学習中の試行錯誤において，我々は，身体や環境のさまざまな部分に注意を向けてパフォーマンスを向上させる上で有効な手がかりを探している．例えば，「腕に○○という感覚があった時に良い結果が得られた」といった経験をすれば，腕の感覚に注意を向けて，その感覚が再現できるように練習を繰り返すことになるであろう．そのような意味で，身体技能習得における試行錯誤とは，身体の動かし方の探索であると同時に，感覚手がかり（注意の向け方）の探索でもあるといえる．

さて，注意が運動パフォーマンスに与える影響については，注意を身体の外部に向ける条件（外的注意：external focus）の方が，身体の内部に向ける条件（内的注意：internal focus）と比較して一貫してパフォーマンスが高くなることが Wulf らの一連の研究によって明らかにされている[8,9]．彼女は，内的注意が働くと，無意識下で働く自動的プロセスに対して何らかの制約が加わり，その本来の働きが阻害されるため，結果として運動パフォーマンスが低下するという仮説（constrained action hypothesis）を提案している[10,11]．これは，Gulway による二つのセルフの議論[12]，すなわち，意識上の自己であるセルフ１が過剰に働くと，無意識下の自己であるセルフ２の働きを阻害して自分の本来もっている力を発揮できないという議論と同等の内容であると考えられる．

このように，随意運動遂行に関わる脳内計算過程を意識上のプロセスと無意識下のプロセスに分けて，これら二つのプロセスをつなぐ窓口として注意の働きに着目する枠組みは，すでに複数の研究者によって提案されている．以下で述べるように，筆者の枠組みも基本的にこれらの考えを踏襲するものである．一方で，Gulway や Wulf の主張・仮説はいずれも認知科学における情報処理モデル，すなわち，情報処理の仕組みを概念として表現することに留まっており，それがいか

なる感覚運動制御メカニズムの下で生じる現象であるかを具体的に議論するところまで進んでいない．また，これらの議論には「身体性」，すなわち，ヒトの身体がもつ物理的特性や神経系に内在する情報処理上の制約（例えば，信号伝達の遅れ）が含まれていない．ヒトの感覚運動制御の特性は，身体や環境のもつ物理的特性や神経系のもつ情報処理特性の下で発現するものであり，これらの要因を考慮することで初めて理解できることがあるはずである．

このように考えると，意識や注意が関わる認知プロセスの働きを考慮したうえで，物理的実体として環境と相互作用する感覚運動制御プロセスの仕組みを検討するという方法論に行きつくことになる．これが，本論のテーマである「意識の働きを組み込んだ計算モデル」である．2 節で述べたように，いったん運動の内容が規定されればそれを実現する運動指令を計算・生成するのは無意識下の計算過程であり，それはまた従来の計算モデルが解決してきた問題である．したがって，意識上の認知プロセスにおいて「運動の捉え方」を定め，その下で，意識下の感覚運動制御プロセスが運動実現に必要な運動指令が生成するという枠組みを設定すれば，意識上の働きと意識下の働きをつないだ随意運動制御の計算モデルを構成することができる．

5. 意識の働きの計算モデルへの組み込み

前節までの考察に基づけば，意識の働きを計算モデルに組み込むには，まず，前節で参照した Wulf や Gulway らの提案, すなわち,「意識上の情報処理過程」（＝認知プロセス）が「無意識下の情報処理過程」（＝感覚運動制御プロセス）に干渉するという構造からスタートするのが妥当であろう．ここでは，筆者が以前に提案した枠組み（図１）に沿って，想定する計算モデルの構成について説明する[13].

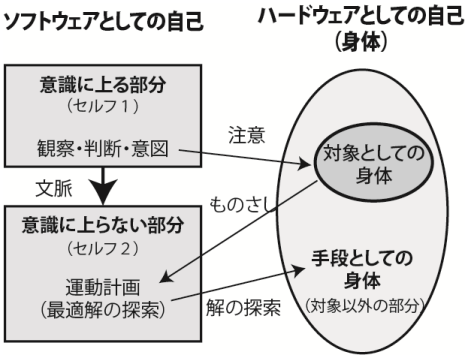


図１ モデルの大まかな枠組み（文献[13]）

ここで，脳は身体のあらゆる感覚器官，運動器官と何らかの形でつながっていることを考えれば，感覚運動制御プロセスは全身のあらゆる感覚情報へのアクセスが可能で，また，全身の筋をコントロールする役割を担っていると考えてよいであろう．ただし，感覚情報へのアクセスや筋のコントロールが可能であることと，実際にそれらを利用したり制御したりすることとは別であることに注意が必要である．

一方，認知プロセスは，注意の働きによって意識下のプロセスが収集した情報の一部を選択的にアクセスして「知覚」を得るとともに，それに基づいて意思決定して行動の方向付けを行なう．いかなる行動を起こすか（＝行動の選択），行動をいかなる運動課題として定式化するか，運動課題の遂行状況をいかなる感覚手がかりに基づいて評価するか（＝運動の捉え方と評価），といったことを決めるのが認知プロセスの働きである．

感覚運動制御プロセスは，このような認知プロセスによって定められた方向付けの下で実際に運動指令を決定する．以下では，この運動指令を決定するメカニズムについて述べる．

前述したように，運動制御の計算モデルにおいては，実現したい運動の中身を評価関数（例えば，手と目標の位置誤差や軌道の躍度など）として表現し，それを最適化するような運動指令を求める．また，運動制御システムには，身体や環境の状態や運動指令を表す変数（信号）のほかに処理の特性を定めるパラメータ（例えば，フィードバック制御のゲイン）があり，これらのパラメータの値を変えれば運動の性質は変化することから，運動指令を直接決定するのではなくて，システムのパラメータを決定することで間接的に運動指令を定めることも可能である．いずれにしても，認知プロセスが定めた「運動の捉え方」の中身を評価関数の形で感覚運動制御システムに伝えることができれば，「意識の働き」を運動制御に反映させることができる．到達運動を例にとれば，従来の計算モデルが，（手先や目標の位置情報を常に正確に入手できるという前提の下で）手先と目標の誤差を小さくするような評価関数を設定していたのに対し，ここでは，個体それぞれがどのような手がかりに基づいて手や目標の位置を知覚し，どのような手がかりに基づいて自分の運動をモニタしているかといった認知プロセスの中身を運動指令生成の評価関数に組み込むことによって，個体の意識の働きに沿った運動制御の働きを説明することをめざす（注：自動化の進んだ動作では，認知プロセスはも

はやそのような内容を一つ一つ意識しなくなっていると考えられるが，自動化する以前はそのような内容も意識に上っていたはずであり，自動化後はその中身が「自動的に」想起・設定されるようになったものと考えればよい)．

これにより，運動遂行において認知プロセスで行なわれる意思決定や試行錯誤の中身は，試行ごとの運動指令生成プロセスに反映されることになる．このような定式化を行なうことにより，個体ごと，試行ごとの運動の変動やばらつきを単なる確率的なゆらぎとしてではなく，因果性のある変動として扱うことができるようになる．

なお，このような個体ごと，試行ごとの変動は，外形的な身体運動だけでなく，運動に際して個体が主観的に感じる知覚内容にも現れる．前述したように，意識に上る知覚内容は，感覚運動制御プロセスの中に表現されている何らかの変数に注意が向けられて選択されたものである．したがって，外見上は同じ動作であっても個体が感じ取る内容は多様であること，つまり，物理的には同じ状態でも主観的な感じ方・捉え方が異なることは，注意の働きの違いとして理解することができる．そして，そのような注意の働きの違いが，その個体のその後の運動内容に影響を与えていくことになる．

運動制御における認知プロセスのもう一つの重要な機能は，運動学習のためのサンプリングにバイアスを与えることである．

感覚運動制御システムにおいて運動指令を計算する際には，過去の経験を通じて得られた身体や環境に関する内部モデルを参照する（評価関数に基づいて運動指令の良し悪しを評価するには，その運動指令を生成した際に生じる運動を予測するモデルが必要である)．このことは，逆にいえば，過去に経験したことのない動作については，それに関する内部モデルが構築されていないために，その動作が積極的に選択・生成される可能性が低いことを意味する．同様にして，それまでに使ったことのない感覚手がかりは運動の良し悪しを定める指標として採用される可能性も低いと考えられる．このように，感覚運動制御システムが身体のすべての感覚器官や運動器官にアクセスできたとしても，運動実行時に参照する感覚情報や生成する運動指令においては，その資源がすべて活用されているとは限らない．この問題は強化学習における「探索と知識利用のジレンマ」(exploration-exploitation dilemma）と同質の問題である．

認知プロセスが，論理的推論やヒューリティクスなど，無意識下の感覚運動制御システム単体では生成することが困難な新しい試みを発想し，新奇の動作や感覚手がかりの下で運動を繰り返すように行動を方向づけすることができれば，その下で感覚運動制御プロセスにおける内部モデルの学習を促進できる．いったん内部モデルの学習が進めば，感覚運動制御システムは獲得した内部モデルを用いて運動指令を生成できるようになる．

このように考えると，身体技能習得における練習とは，さまざまな感覚手がかりに注意を向けながら試行錯誤を繰り返すことによって，感覚運動制御システムがもつ内部モデルの拡充を進める過程であるとみなせる．身体の多自由度性を考えれば，身体全体に関する内部モデルの獲得に莫大な回数の試行と経験が必要であり，ヒューリティクスを使っても優れた運動の獲得に長時間を要することは，我々の日常的経験が証明していることである．それでも，注意を向ける先や使う運動器官を適切に定めることによって，内部モデル獲得の向けた効率的なサンプリングが実現されれば，内部モデルの学習が素早く進むものと考えられる．また，複雑な内部モデルを獲得するうえで，単純な課題解決から複雑な課題解決へと段階を踏んでいくといったサンプリングのコントロールも重要な問題であると考えられる．練習における指導者の役割の一つは，学習者の状態に応じて適切なサンプリングを導くことであるといってよいであろう．

6. ケーススタディ：仮想的知覚の効果

前節では，意識の働きを感覚運動制御の計算モデルに組み込む枠組みの概略について説明した．しかし，このような枠組みを示すだけでは，技能遂行・習得に関わる脳内メカニズムを具体的に議論するには不足している．実質的な議論をするには，具体的な例題を設定して，この枠組みの下でその問題を解決してみせる必要がある．

いま，ある研究者の頭の中に，現実の身体技能に関して興味のある問題や仮説があったとする．その研究者がその仮説を検証したいと思っても，現実の身体技能に関わる問題をそのままの形でモデル化して議論することは多くの場合不可能である．例えば，モデル構築時に参照する行動実験データを得ることが困難である，関係する変数が多すぎて身体モデルの記述が困難

であるといった理由で，計算モデルの形にすることができないのが通常である．

したがって，計算モデルとして有意義な研究にするには，関心をもった問題に含まれる重要な要素を抽出して本質的な問題意識に昇華し，それと同質の問題を包含する単純な例題を設定して議論する必要がある．「それでは従来の還元主義的方法論と同じではないか」という批判があるかもしれないが，これはバランスの問題である．以上で述べてきたように，ヒトの感覚運動制御の特徴は身体の多自由度性とその解決に関わる認知の働きにあると考えるのであれば，これらの要素を包含したまま問題を単純化することは，「意識の働きが感覚運動制御に影響を与えるメカニズム」を研究するうえでは妥当な選択である．どのような例題を設定するかは研究者としてセンスが問われるポイントである．いずれにしても，本質的問題を浮き彫りにした例題を設定し，その例題の中でヒトの多様な振舞いを説明できる計算モデルを構築することができれば，そこで明らかになったことを一般化して現実の身体技能に投影し，その意味を考察することができる．

以下では，このようなアプローチのケーススステディとして「仮想的知覚の効果」という問題[14]を取り上げて，この問題に関する筆者自身の試みについて説明する（文献[15]は注意を向ける先が身体運動の協調性に与える効果を調べる単純化した実験例である）．

スポーツ，楽器演奏といった分野を問わずに，技能指導の場面では，指導者が学習者に対して「○○のように感じながら△△しなさい」と教示する場面がしばしばある．例えば，クラシックバレエでは「胸を天井からロープでつりさげられているような感じで」といった指導が行なわれる．この指導はおそらく体幹部の姿勢を整えるためのものと推測される（あくまで推測である）が，ここで重要なことは，指導者が「姿勢をよくしなさい」という指示ではなく，あえて「ローブでつりさげられている感じで」という指示を出す理由は何かという点である（注：この例は「外的注意」の一種のようにも見えるが，「ロープにつりさげられている」ことは運動課題の成績に関係しているわけではないので，従来の研究が扱ってきた問題とは明らかに異なる問題である）．このような指示を受けた学習者は何を感じようとし，その主観的感覚が学習者の運動制御にどのような影響を与えるのであろうか？

このような疑問を解決しようとしたときに，実際にダンサーを対象とした行動実験やダンサーの身体モデルを使ったシミュレーション実験を行なうことは難しい．そこで，「○○のように感じながら」という要素を含む，実験室内で実験できる運動課題を設定することを考える．筆者は，「他者に導かれているように感じながら手を動かす」という課題を設定して行動実験を行った[14]．

この実験で，被験者は椅子に座った状態で，垂直に立てられた円柱上の二点間（膝の高さから目の高さまで）の到達運動を行なった．課題遂行中の被験者の身体運動は光学的モーションキャプチャ装置により測定した．実験条件は「（自然に）目標まで手を動かす」通常条件と「だれかに手を引かれているように感じながら目標まで手を動かす」誘導条件の二つである．実験では，通常条件，誘導条件，通常条件の順番でそれぞれ 20,20,10 回ずつ試行を行なった．二つの条件での身体運動軌道を比較したところ，

①誘導条件では，手先軌道の湾曲が減少して直線性が増すとともに，試行ごとの軌道のばらつきが減少すること（図２），

②誘導条件では，手首や肘の位置が相対的に高くなり，運動中の前腕の仰角の変化分が小さくなること，

③一部の被験者では，誘導条件において体幹や頭部の動揺が減少すること

が明らかになった．

この結果が明確に示していることは，「手を引かれているように」と仮想的に感じながら運動することによって，「手首や肘を高く保って運動する」という，仮想的知覚とは直接的には関係のない身体運動の変化が生じることである．このような変化はいかなるメカニズムによって生じるのであろうか？この仕組みを制御の問題として考察する計算モデルの役割である．

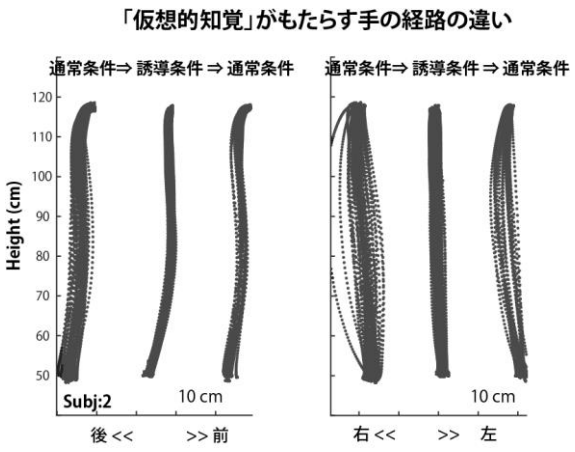


図２　「仮想的知覚」指示の効果

まず考慮すべきことは「手を引かれているように感じる」という指示が運動中の認知プロセスに与える影響である．このような指示のない通常条件では，運動者は手の身体感覚に特段の注意を向けることなく，目標までほぼ一息で（弾道的に）手を運ぶであろう．これに対し，このような指示のある誘導条件では，運動者は「誘導者が自分の手をどの方向にどれくらいの速さで引くのか」を感じながらそれに追随するように手を動かす必要があるので，必然的に，自分の手に加わる力の大きさや向きなどの感覚に注意を向けながら，手を漸次的に動かすことになるであろう．

このように考えると，「手を引かれているように感じながら」という指示には，運動者の身体感覚に対する注意のあり方や運動の実行方式，つまり，運動遂行の捉え方・規範を変容させる効果があると考えられる．そして，認知プロセスにおけるこのような規範の変化が，感覚運動制御プロセスに対して，手にかかる力を感じとりやすい体勢を維持しながら，誘導に追随する（つまり，手にかかる力が一定に保つ）制御方式を選択するように「指示」を出すものと推測できる．実際，行動実験で観察された「手首や肘を高い位置に保つ」という動作は，手関節を「手にかかる力を感受するセンサ」として使い，また，手関節をセンサとして使いやすい体勢を維持しながら手を動かすために，肘主導で運動を実行するという方略が動員されたために生じたものと推測できる（体幹の安定性が増した現象も，そのような体勢を維持するための副作用として解釈可能である）．

以上では，行動実験で観察された現象の原因を「外力を検出するためのセンサ機構を作る」「センサ機構を安定して動作させる」「検出される外力が一定に保たれるように腕を動かす」といった計測制御工学の言葉を使って論理的に考察してきた．実験で得られた現象論に対してこのような工学的考察を加えることも「脳の構成的研究」として一定の意義はあると考えられるが，このような考察は，筆者が自身の工学的知識に基づいて推論して得たものであって，実験に参加した被験者の頭の中でこのような考察が行なわれているわけではない．重要な点は，（仮に脳内で現実にこのような制御方略が取られているとして）このような制御方略が無意識のうちに形成されていることである．つまり，運動者自身は，意識の上では「手を引かれているように感じる」ことだけを思っているのであって，「手首の姿勢やスティフネスを一定に保ちながら肘主導で運動しよう」などと考えているわけではない．繰り返しになるが，このような方略は，「手を引かれているように」感じようとしている意識の働きに伴って無意識下で働くメカニズムが生み出したものであり，ここに，意識上の認知プロセスと意識下の感覚運動制御プロセスとの役割分担が見てとれるのである．

感覚運動制御プロセスにおいてこのような方略が生み出されるのは，過去の経験を通じて，手にかかる力を感じ取りやすい体勢，また，手先にかかる力を一定に保つための制御方略に関する「知識」を獲得しているためであると考えられる．あるいは，過去の膨大な感覚運動体験を経て，種々の体勢をとったときの外力の大きさと姿勢変化との関係性，運動指令に対して生じる手の動きやそれに伴って生じる知覚の変化，といった種々の関係性に関する内部モデルを獲得しているためと言い換えてもよいだろう．そのような内部モデルの中身やそれが形成された過程は非常に複雑で，極めて難しい問題である．後述するように，このような内部モデルの複雑さが計算モデルを具体的に実装しようとするときの大きな障害となる．

議論をもとにもどすと，以上では，「仮想的知覚」という教示方法が意識上における身体感覚に対する注意のあり方を変容させ，それが無意識下の運動方略の変更を誘導する，という原理的仮説を工学的な表現を用いて述べてきた．計算モデル研究の次の段階は，この原理的仮説に従って具体的なモデルを組み立ててシミュレーション実験を行ない，行動実験で観察された現象が再現できるかどうかを検証することである．

この作業は次の二つの段階を経て行なう．まず，上記の原理を数式やアルゴリズムとして，また，対象となる運動に関連する身体や環境の特性を数理的なモデルとして記述し，両者を接続して全体を一つの制御システムとして組み立てる（以上は，Marr の唱えた計算モデルのレベルでいえば「表現レベル」に相当する）．次に，数値シミュレーションによってその振舞いを検証するため，制御モデル，身体モデル等をすべてプログラムとして実装し，全体を一つのコンピュータプログラムとして動作させなければならない（Marr のいう「実装レベル」）．多自由度性を有する身体を扱う上で現実に一番難しいのはこの実装レベルでの作業である．実際，複雑な構造をもつ身体の特性を一つ一つ具体的に記述し，プログラムの中に組み込んでいくことには膨大な手間を要する．また，言葉としては一言で表される「内部モデル」についても，多次元の入出力関係

をいかなる形式で表現し，学習させるかを解決しなければプログラムとして実装することができない．

表現レベルの計算モデルとしては，「手を引く力を感じとって相手の誘導についていく」ことは，「手のかかる力の大きさや向きに関する感覚情報量を最大化すること」「相手から受け取る力の大きさを一定に保つこと」という規範として書き下すことができる．したがって，運動計画・制御のアルゴリズムは，これらの規範に対応する評価関数を設定し，それを最適化する運動指令や制御パラメータを求めることとして定式化される（この作業は，従来の計算理論・計算モデル研究で行なわれてきたことと同じである）．前述したように，この計算によって適切な運動指令やパラメータが得られるのは，過去の経験を通じて身体や環境の内部モデルを獲得していて，評価関数を最適化する体勢や運動指令が計算できるからである．このほか，相手からの誘導を受け取る手に注意を向ければ，手周辺の機構をセンサとして利用しようとする働きが生じることが事前に組み込まれていると考えることもできる．

図３に示したものは，そのような表現レベルの計算モデルの一例である．ここに示したものはブロック図にすぎず，認知科学における情報処理モデルの域を出るものではないが，この図のなかのボックス一つ一つの中身を数式やアルゴリズムとして記述することで，計測制御システムとしてのモデルが構成されることになる．例えば，評価関数のボックスの中身としては，手に加わる外力変化に対する情報量や，受け取る外力の方向や大きさを一定に保つと高評価となる評価関数を組み込むことになる．そして，運動計画器ではこれらの評価関数を最適化するような運動指令を内部モデルを参照しながら計算する．なお，「仮想的知覚」の場面では，現実には誘導者は存在せず，誘導者の動きも自分の「想像の中で」作り出すことになるが，ここでは，そのような「想像」は認知システムの役割であり，想像した結果を運動目標として感覚運動システムに伝えるものと想定している．なお，ここに示したのは可能性のある候補モデルの一例であり，ここに示したもの以外にも可能性のあるモデルは考えられる（このような複数の候補のうちいずれが脳のモデルとして妥当であるかを検証するには，次の数値シミュレーションが必要になる）．

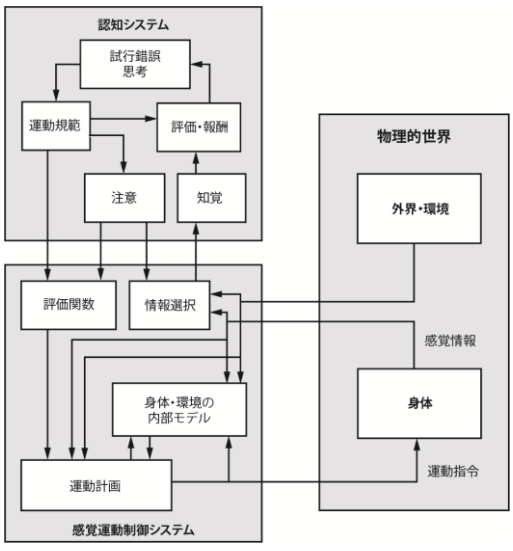


図３　制御モデルの全体構成

このようにして制御系全体の枠組みを客観的に記述できれば，次は，実装レベルのモデル化へと進むことになる．計算モデル研究の目的は単純化された問題での動作を確認することにあるから，モデルの実装にあたって現実の問題に対して徒に忠実な設定（例えば，解剖学的構造に忠実な複雑な身体モデルを使うなど）を使う必要はないが，少なくとも，行動実験データの再現に必要な設定は必要である．例えば，上述の行動実験では，通常条件では肩関節は主として屈曲方向に動くが，誘導条件ではむしろ外転の働きが大きくなる（肘を高く維持する姿勢は，肩関節の屈曲では実現できず外転が必要になるため）．また，肩関節の外転によって肘を上げたときに前腕の向きを一定に保つには前腕の回外が必要である．このようなことを考えると，この例題を取り扱うには，肩関節の屈曲・伸展，外転・内転，外旋・内旋の自由度，肘関節の屈曲・伸展，前腕部の回内・回外の自由度，手関節の屈曲・伸展を考慮する必要がありそうである．いずれにしても，「主観的な運動の捉え方に依存して運動が変化する」という問題を扱う以上身体の多自由度性を取り扱うことは必要であり，単純化した問題設定であっても，従来の計算モデル研究ではあまり扱われたことのない大自由度のモデルを組み込んだ実装が求められることになる．

大自由度の身体モデルの構築はそれ自体がたいへんな作業であるが，筆者は現在，このような身体モデルの実装方法として，身体力学シミュレータシステムの一つである OpenSim[16]の活用を検討している．OpenSim は，Stanford 大学の Delp が中心となって開発しているオープンソフトウェアで，Matlab などの外部ソフトウェアと連携して身体運動の制御系を構築する機能を有している．このシステムには標準的な全身身体モデルが用意されているほか，上肢についても 2

関節 6 筋モデルのほか，MoBL-ARMS dynamic musculoskeletal model などの多自由度モデルが提供されていて，これらを利用することが一つの解決策であると考えている．このようなオープンシステムを通じて同一のモデルを複数の研究者が共通して利用すれば，モデル動作の再現性や透明性確保，また，将来のモデル拡張の可能性の点でも望ましい．このシステムを用いた身体モデルの実装はまだ実現できておらず，引き続き作業を進めていきたい．

なお，身体モデルの実装においては，このような筋骨格系の力学モデルだけではなく，筋紡錘などの感覚受容器の特性のモデル化も必要である．上述の例題では，誘導者がもたらす外力を感度よく知覚する体勢を求めるうえで，筋紡錘の感度が筋の収縮状態に応じてどのように変化するかは重要な問題である．筋紡錘の感度問題はγ運動ニューロンの働きも関与する複雑な問題であるが，一定の仮定を置いて議論を進めていくしかない．

7. 今後の展開とむすび

本論では，身体技能の遂行・習得過程の理解を念頭において，意識の働きを組み込んだ感覚運動制御の計算モデルという方法論について論じてきた．この方法論は，意識上での認知プロセスと無意識下の感覚運動制御プロセスの相互作用の仕組みを理解するための有効なアプローチであると筆者は考えている．

しかし，上で述べてきたように，筆者自身，現在この方法論の下で模索を続けている最中であり，まとまった成果をあげているわけではない．これはまさに「言うは易し行なうは難し」アプローチであり，時間をかけても少しずつ前進していくしかないと考えている．少なくとも，この方法論が市民権を得るためには，このアプローチでの成功例を示さなければならない．

最後に，本研究の社会的な意義について述べておきたい．この試みは，元来，身体技能の習得や指導・伝承の支援を想定して取り組んでいるものである．スポーツ，楽器演奏，演舞・演技，工芸などの身体技能の習得には長期間の学習を要するが，その過程では無数の試行錯誤が繰り返されている．上述したように，この試行錯誤の過程で指導者の果たす役割は大きい．おそらく，優れた指導者と呼ばれる者は，学習者の振舞いから学習者の主観的感覚（何をしようとしているのか，何を感じようとしているか）を読み取る能力を獲得していて，そこに介入することで生徒の試行錯誤を方向づけているのであろう．優れた指導者がこのようなことができるという事実は，逆にいえば，学習者の身体運動の中に学習者の主観的な感じ方が現れていて，指導者は過去の経験からそのような主観的感覚と客観的動作の対応関係を学んでいることを示唆している．本論の試みは，このような主観的世界と客観的動作のつながりを具体的な運動制御アルゴリズムとして記述することである．この方法論が確立できれば，主観的感覚が身体動作に作用する過程をシミュレートすることで，学習者の試行錯誤過程を支援するツールが提供できるのではないかと考えている．

参考文献

[1] 川人正男，（1996）脳の計算理論，産業図書.
[2] 諏訪正樹，（2016）「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学，講談社.
[3] Morasso, P., (1981) “Spatial control of arm movements”, Experimental brain research, Vol. 42, No. 2, pp. 223–227.
[4] Kaminski, T. R., Bock, C., & Gentile, A. M., (1995) “The coordination between trunk and arm motion during pointing movements”, Experimental Brain Research, Vol. 106, No. 3, pp. 457–66.
[5] Latash, ML., (2008) Synergy, Oxford University Press.
[6] Bizzi, E., & Cheung, V., (2013) “The neural origin of muscle synergies”, Frontiers in Computational Neuroscience, Vol. 7, No. 51.
[7] Ting, L., & McKay, L., (2007) “Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement”, Current Opinion in Neurobiology, Vol. 17, No. 6, pp. 622–628.
[8] Wulf, G., (2007) Attention and motor learning, Human Kinetics.
[9] Wulf, G., (2013), “Attentional focus and motor learning: a review of 15 years”, International Review of Sport and Exercise Psychology, Vol. 6, No. 1, pp. 77-104.
[10] Wulf, G., McNevin, N.H., & Shea, C.H., (2001) “The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus”, Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol, 54A, pp. 1143—1154.
[11] Wulf, G., & Lewthwaite, R., (2016) “Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning”, Psychonomic bulletin & review, Vol. 23, No. 5, pp. 1382–1414.
[12] Gallwey, W.T. (1975) The inner game of tennis, Jonathan Cape, 1975 （後藤訳: インナーテニス，日刊スポーツ新聞社，1978）.
[13] 阪口 豊, (2017) “身体の主観的分節構造が技能動作に与える影響”, 第 31 回人工知能学会大会論文集（JSAI-2017），1O3-OS-30c-2.
[14] 阪口 豊, (2017) “課題実行時の主観的感覚が身体運動に与える影響”, 第 11 回 Motor Control 研究会，B26.
[15] 阪口 豊，(2017) “主観的課題規範に依存した身体運動の協調関係の変化”, 第 27 回日本神経回路学会全国大会論文集(JNNS2017), P-42.
[16] OpenSim Homepage, http://opensim.stanford.edu/

ヴァナキュラーな文化に埋め込まれた知恵と近代科学技術の相克
Conflicts between the intelligence embedded in a vernacular culture and the modern scientific technologies

藤井 晴行[†]，篠崎 健一[‡]
Haruyuki Fujii, Ken-ichi Shinozaki
[†]東京工業大学，[‡]日本大学
Tokyo Institute of Technology, Nihon University
fujii.h.aa@m.titech.ac.jp

Abstract
This article tries to presents the mechanism, which relates the perception and recognition of things and their representation for designing, underling the conflicts between the style of a vernacular architecture and its reformed styles, by focusing on the spatial schema that are embodied by the structure of those architecture. A small village in an island in Okinawa prefecture is the field of investigation. Photo Diary method, observation of vernacular houses and the life in those houses, and informal conversation are the core pillars of our investigation.

Keywords — Spatial Schema, Vernacular, Design Science, Photo Diary, Architecture

1. はじめに

本研究は地域の風土や文化に根ざした〈生きる〉ための工夫に利用される知と近代科学に基づく技術と相克しつつも共存する状況の背景にあるものごとを、人間と環境との空間的な関係の理解の基本となる〈空間図式〉に注目し、〈臨床の知〉[1][2]という概念を援用して、浮き彫りにすることを目的とする。

2. 世界について知ること

2.1 自覚的経験（subjective experience）

人間は環境からの作用を受けるとともに環境に作用する。身体を環境に曝し、環境からの働きかけを蒙る（中村雄二郎）。私たちは行為をしながら環境と自分を変えると同時に環境（外的環境）と自分（内的環境）を観る。このような環境と自分の関係を自分の側から観ることを自覚的経験（subjective experience）とよぶことにする。ここで、〈観る〉とは、関係を客体として見ることに加えて、自分の身体を通して環境と作用し合う世界の一部として見ることを指している。自覚的になされる記憶と想起、想像、思考も自覚的経験に含んでいる。複数のものごとに共通する特徴を包括的・概括的に捉える思考の構成単位である概念（concept）を認識していることも自覚的経験であると仮定している。

私たちは自覚的に経験しているものごとについて、そのすべてではないが、ことばを用いて語ることができる。そういう意味で、自覚的経験の一部は記号表現が可能である。私たちは、また、ことばを用いて語ることができるものごとを式で表現し、そのようなものごとについてことばを用いて行なう思考を式の操作に置き換えることができる。すなわち、記号表現が可能な自覚的経験の一部は形式表現が可能である。記号表現（symbolic representation）は、自然言語や絵などの、ものごとを意味したり象徴したりする媒体を用いる表現である。形式表現（formal representation）は、数式や論理式のように、文法や意味を形式的に定義した形式言語を媒体として用い、ものごとを指し示そうとする記号表現である。

2.2 近代科学的な説明

近代科学が語ることができる〈近代科学的に真な〉世界は、〈普遍性〉、〈論理性〉、〈客観性〉という近代科学の三つの原理[1][2]に基づく命題の集合によって記述することが可能な世界である。〈普遍性〉は理論が例外なく広く適用されるという性質である。普遍性を得るためにものごとを抽象化することによって多くのものごとに共通する性質を取り出す。それ以外の性質は捨象される。〈論理性〉は主張がきわめて明快に首尾一貫しており、理論の構成や用語に多義的な曖昧さを含まないという性質である。適切な形式体系の利用によって担保される。一義的な記号や文法を定義（記号体系）し、その記号体系を用いて健全な公理群や推論規則を表現することによって、思考は記号の操作として形式化される。この形式体系を適切に利用することによって近代科学の原理のひとつである〈論理性〉が担保される。〈客観性〉はものごとが明白な事実として、

個々人の感情や思いから独立して存在するという性質である。

知覚したり認識したりしているがことばで直接的に指示することができないものごとについて、日常生活においては、必要に応じて、比喩や内包的表現や擬音や文脈によって、間接的にではあるが、言語表現（記号表現）をしようとする。しかし、そのようなものごとを形式体系で扱うことができなければ、〈近代科学的に真な〉世界では捨象されている。

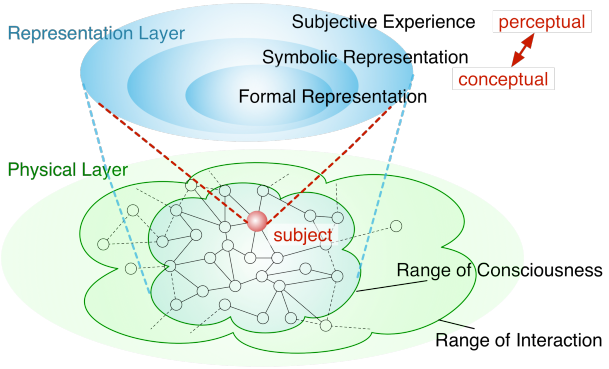


図１　自覚的経験、記号表現、形式表現の包含関係

2.3 臨床の知

私たちの生活を成り立たせている具体的な世界（生活世界）は〈近代科学的に真な〉世界よりも「豊か」な世界である。〈生きる〉ための知には客観的に正しいとされる〈知識〉に加えて、主観的・非合理的な〈信念〉も含まれる。

〈臨床の知〉[1][2]は、近代科学における、〈普遍性〉、〈論理性〉、〈客観性〉の三つの原理が捨象する、〈コスモロジー〉、〈シンボリズム〉、〈パフォーマンス〉に光をあてている。〈コスモロジー〉は固有（個別）の「意味に充ちた空間」への眼差し、〈シンボリズム〉（象徴表現）は「機能本位ではなくて、もっと意味や固有の質を持った空間を生かそう」という多義性や多面性への眼差し、〈パフォーマンス〉は身体を環境に曝すとともに環境からの働きかけを蒙るということへの眼差しである。

私たちが探究している〈臨床の知〉は伝統的な民家や集落の形態や生活様式に埋め込まれている知である。伝統的な民家の様式はそこに住まう人と風土や社会との良好な関係をつくる仕方が長い年月に渡る経験を通して形成され、試行錯誤を経て取捨選択されてきているものである[3]。このような〈臨床の知〉は、私たちが生活空間を形成し、生きる上で重要な役割を担っている[1]。伝統的な民家の形態や集落景観の姿は近代的な建築技術に凌駕されて変容しつつある。生活の快適性や安全性、築造や運用の効率性や経済性に注目すれば、これらの変容は自然な成り行きであり、生活の質の向上のために変容されざるを得なかったある時代の〈伝統的〉な形態を現代の生活に適合させることは合理的ではないという主張には一理ある。一方、機能本位の観点によって、それらでは測れない生活空間の象徴的な意味や風土や文化に根ざした固有の質は消滅しつつある。「近代科学の発展によって、そのために見えなくなってしまったもの[1]」、「人間の知恵として、人間の能力として持っていながら、近代科学のあまりにも見事な成果に目を奪われてしまい、見えなくなったもの[1]」が、伝統的なものごとに潜在しているとすれば、それらの〈臨床の知〉を顕在化し、現代の住意識（注；住生活や住まいに関わる理念、欲求、意図などの総称）と対応づけることによって、近代的な技術の導入によって存亡の機に直面している伝統的民家や文化的景観とそこに埋め込まれた知を継承する術を見いだせるのではないかと考えている。

3. 研究方法

研究は知を創造する行為である。〈生きる〉ための知の研究は〈生きる〉ための知の創造である。創造した知が〈生きる〉ための知であることの実証を繰り返し、知を蓄積することが研究の進め方の基本である。そのために実践できることは成功事例に埋め込まれた知を顕在化することや、創造した知の適用が成功事例の実現に寄与することを示すことである。

本研究は〈空間図式〉の探究に端を発している。人間と環境がつくるものごとの空間的な関係の知覚や認識を方向づける心的な構造を〈空間図式（spatial schema）〉とよび、〈空間図式〉を顕在化するために、2014 年 9 月より、いくつかの研究方法を並行し、気づきを契機として改良しながら、FNS サイクル[4][5]を意識し、下記 1〜4 を構成的に繰り返している。〈空間図式〉は〈臨床の知〉を人間と環境の空間的な関係として表現するものである。2014 年 9 月の最初の訪問から直近の 2018 年 6 月の伊是名村での地域共創のための官民学共同事業についての提案と実行計画の打合せまでの 3 年 9 ヶ月の間に 22 回の臨地調査を行っている。探究は、個別の探究課題の探究と、通奏的な課題発見や深化のための探究の同時進行による。前者（下

記 1,2）は、例えば、集落民家の実体的な構造や空間構成の整理から民家の変遷過程を推論するといった視点や方法を限定した探究であり、後者（下記 3）は写真日記によるフィールドにおける発見的探究である。探究が相互に影響し合うことにより、探究の視点や内容が変化する。また、生活と空間構成についての議論のために、民家の空間構成や家具の配置の実測調査と住まい方についての住み手の語りの採集を継続している。これらの調査によって得られた成果を 2016 年 3 月に伊是名村の教育委員会に報告したことから、伝統的な民家や文化的景観が残る伊是名区後辺（くしひん）地区の全民家（49 棟）を官学共同で調査する機会を得ている。この調査を遂行するための研究サテライトとして、2017 年 4 月より、伊是名区前浜（めーひん）地区の民家（空家）を伊是名リビング・ラボ（臨地研究室）として利用している。大学院生たちがほぼ常駐して生活し、伊是名村の祭祀や行事に参与し始めたことから、私たちと〈空間図式〉の探究に関する伊是名村の居住者や伊是名村役場の関心が高まっている。生活者や村役場の方々との関わり方が深くなるにつれて、私たちは村の居住者に近づいた視点を持つようになっている。

上記の調査を含むこれまでの探究の成果を2018年3月に村に報告したことを契機として、後辺地区の伝統的民家と文化的景観の生きた生活の中にある継承と再生、及び、地域共創を実現するための具体的な事業についての村役場や村民たちとの話し合いが始まっている。

〈空間図式〉の探究は学術的な関心に端を発する調査・研究であるが、フィールドである伊是名村の日常生活に参与する期間が長くなり、日常的な生活の経験を蓄積するにつれて、〈空間図式〉や副次的な研究成果を、地域共創を推進する事業のデザインに活用しようという意識が強くなっている。そのため、2018 年 2 月以降、下記 5,6 を活動に加えている。

1) 家屋や敷地の構成、家具や道具の配置などの実測と分析[6]、
2) 住まいを訪問しての、住まいや住まうことに関する居住者との談話[7][8]、
3) 住まう場所の経験とその経験についての〈写真日記〉の作成と構造化[9][10][11][12]、
4) 生活者たちとの懇談、
5) 伝統的民家や文化的景観の保全と生活の質の持続的な向上を実現するための課題を発想する〈写真日記〉の作成と構造化[13]、
6) 伝統的民家や文化的景観の保全と生活の質の持続的な向上の両立を目指す官民学共同事業についての村役場への提案と生活者たちとの懇談。

本研究で留意していることは、探究を生活の文脈の中で行うということである。

私たちは実践的研究を旨とする学究の徒であり、研究的実践を旨とする建築士である。民家や集落は研究の対象であると同時に創造の対象である。よく〈生きる〉ことに貢献する学理を追究するとともに、よく〈生きる〉ことに貢献すると信じるものごとを実践している。観察するものごとは自分たちが変化させるものごとでもある。よく〈生きる〉ことに貢献すると信じるものごとが実際にそうであるかどうかは「やって見なければわからない」。本研究はこのような性質を持つ営みであるから、構成的方法を用いることは必然的である。

4. 〈臨床の知〉を継承・共創するための課題

ここでは前節で説明した方法を並行して繰り返す過程で私たちが気づいた地域共創の課題を〈臨床の知〉に関連づけて説明する。

〈生きる〉ための知のひとつの原型は、生存にとって好ましいものごと、もしくは、生存にとって好ましくないものごとを、それぞれ、そうではないものごとから区別することである。好ましいものごとに接近し、好ましくないものごとを忌避することによって生存の可能性が高くなる。〈内部〉、〈外部〉、〈境界〉を構成要素とする〈囲い〉の空間図式と〈内部〉と〈全体〉という空間図式に注目している。民家の構成要素には好ましいものごとをそうではないものごとから区別する〈境界〉を具現化したものが多々ある。居住者は〈境界〉の好ましい側に居ようとする。民家の構成要素のひとつひとつは〈生きる〉ための場所という〈全体〉を構成する〈部分〉である。

4.1 〈普遍性〉に駆逐された〈固有性〉に再び意味を持たせる

かつては利用されていた人工物が利用されずに放置されているのは、利用されていた当時にはその人工物に与えられていた意味が、現在は、ほぼ、失われてしまっているからであろう。

石垣や繧紛やフクギなどの屋敷囲いには家屋を囲っ

て強風から庇護するという役割を担うという意味があった。その役割の意味は、コンクリートブロックや鉄筋コンクリートによって外壁を補強し、アルミサッシュの建具をはめることによって、屋敷囲いがなくても強風に耐え得るようになっている今日の家屋にとっては、必ずしも強くはない。家屋の軒の低い屋根は、屋敷囲いを構成する石垣、繖紛（ひんぷん）、フクギなどの〈部分〉と共に、家屋やそこで営まれる生活を庇護する役割を担う〈全体〉をつくっている。家屋の低い軒、それよりも僅かに低い高さの石垣と繖紛、石垣よりも高い位置に枝葉を繁らせるフクギは、家屋にあたる風を遮り、外壁に吹き付けたり、屋内に吹き混んだりする風を和らげている。伝統的民家の形態は、家屋の構成要素と家屋の周辺にあって敷地を構成する要素が関係し合い、家屋や生活を護る役割を担うという一つの意味を持っている。これに対し、木製の雨戸を、対風圧性、水密性、機密性の高いサッシュの窓に変更した家屋は、低い軒や敷地囲の構成要素と連携する必要なく、それ自体で独立して、家屋や生活を強風や豪雨から護る役割を担い得る。〈部分〉的な構成要素が連携して一つの〈全体〉をつくるという関係性が薄れ、石垣や繖紛やフクギには、防風防雨とは別の意味が存在するようになっている。地下水を汲み上げる井戸の意味も上水設備によって弱められている。

しかし、それらが持つ全ての意味が消滅したわけではない。琉球地方に固有の文化的な景観は琉球という風土における人々の日常生活に根ざしているとともに、琉球地方の人々の人と風土との関係についての自己了解が具現化されている。低い軒や石垣や繖紛やフクギや井戸は、琉球地方の伊是名の特徴的な固有の景観という〈全体〉を構成する要素（〈部分〉）であるという意味を持つし、それらが活躍していた時代から今日に至る〈生きる〉ための知の形成の軌跡を想起させるという意味を持つ。これらは集落を「意味に充ちた空間」にしている（〈コスモロジー〉）。これらの意味にさらなる価値を見出し、安全性や利便性を実現する〈全体〉を構成するという観点からは、現在は、役割をもたないものとして放置されてしまっている〈部分〉的なものごとを、他にもある〈全体〉を構成するという役割を失わないように利活用する方法を考えることが好ましい。

4.2 〈固有〉の文化と〈普遍的〉な要求を共存させる術を探す

琉球の伝統的な民家の外壁の開放性は改築によって変化しつつある。例えば、木製の桟をもつ障子や木製の雨戸をアルミサッシュのガラス戸に変更したり、一番座の掃き出しの開口部を腰壁のある開口部に改造したり、一番座の前の雨端をコンクリート・ブロックの壁で囲ったりというような改築の事例が典型的である。改築がなされても二番座の前は、アルミサッシュのガラス戸であっても、開放されており、旅人をもてなすことに始まるというイヒャジューテーの習慣は続いている。一番座を寝室として用い、そのためのプライバシーを確保しようとする住意識と二番座の前を訪問者に対して開放しようとする住意識が共存している。安全性や快適性などの住宅性能を向上させることは生活の質を向上させるひとつの側面である。しかし、その手段としてアルミサッシュやコンクリート・ブロックのような風土に根ざして造られたわけではない普遍的な建築部位を無批判に移入して適用することは、伊是名の生活様式や民家の形態として具現化されている琉球の文化の〈固有性〉を失わせるかもしれないという危険性を孕んでいる。

風土に根ざして造られたわけではない製品や建築部位が伝統とは異なる住意識や感覚を生じさせることもある。木製の雨戸や木と紙でできた障子が開口部に嵌められている状況では、これらを開放することがあたりまえであると感じ、必然的に開放的になる家屋で伝統的な生活を営んでいたにもかかわらず、堅牢なアルミサッシュのガラス戸に変更することで、ガラス戸を閉め切っている状態が自然であると感じるという生活者の証言がある。気密性の高いアルミサッシュのガラス戸は閉め切っていても光を通すが、換気や通風を困難にする。すなわち、建具の変更により、建具が選択して透過するものごとが変容し、家屋という、生活空間を形成する〈境界〉の質が、伝統的な様式を継承する〈固有性〉のある形態が保持する開放的な質から、風土という文脈から切り離されてつくられた、耐風圧性、水密性、気密性、防虫性という〈普遍的〉な性能を提供する形態が保持する閉鎖的な質に変化している。低い軒とフクギによる室内の熱取得の抑制、換気と通気による排熱などは、蒸暑の気候において、風土に根ざした工夫が実現した仕組みであろう。家屋の外壁が具現化する〈境界〉の質が、微視的にはある側面では閉鎖的になりある側面では開放的になるという具合に、巨視的には室内が外部と切り離されて人工環境化が進んでいるという具合に変化しつつあるように思える。

建築のある部位を改築することによって意図されて

いること（例えば、〈境界〉がもつ特定の質の具現化）を充足し、かつ、伊是名の生活や民家の好ましい固有性を継承し得る技術を開発することが課題である。軽微な改築においては、住民が確認申請を受けずに自分の裁量で材料や構法を選択することができる。この選択が充足させたい住意識の観点、実現の簡便性、費用対効果の観点などからなされることは想像に難くない。このような選択をしたとしても、風土や文化に根ざした民家や景観が形成され続けるような材料や構法を考案することが一つの方向である。

4.3 〈普遍的〉な技術を加えて〈固有〉の知を更新する

伝統的なものごとの姿は琉球地方に固有の知の現われである。家屋や集落を現代の生活に適合させるために新たに導入された住宅設備や建築材料は、琉球地方の家屋や集落のために独自に開発されたものではなく、日本全国のどこでも用いることができるように開発されたものである。これらが同じ空間に同時に存在することが違和感を生んでいると考えられる。例えば、屋敷囲いの石垣やコンクリート・ブロックは家屋を強風から護るために設置されている。かつては海から採取してきた珊瑚石を積んで築造されていた石垣に籠められた家屋を風から護るという意図が工場で生産されたコンクリート・ブロックの塀を築造することによって充足されるようになってきている。石垣の採取が禁止されたこと、コンクリート・ブロックが登場した当時には近代を象徴するものであり、石垣よりも施工が容易で堅牢であると売り込まれたことなどが、関与していると考えられる。一方では、石垣が形成する景観を継承しようという動きもある。今日の家屋の構造補強や新築の際のコンクリートブロックの適用は、材料調達の平易さや施工の簡便性、経済性も理由であると考えられるが、熱や水分の移動といった蒸暑地域の風土に適合する環境を形成するという側面からの工夫を要する。木造にしても他の構法を適用するにしても、建築物の安全性や快適性を担保するために全国レベルで〈普遍的〉に適用することを前提として定められた法令が規定する構法や仕様と、風土に根ざして構成されて継承されてきた〈固有〉の伝統的な構法や仕様との間を橋渡しする方法を考案することが好ましい。

培ってきた伝統的な〈臨床の知〉が普遍的な技術によって駆逐されつつある状況であると解釈することも可能であるし、伝統的な〈臨床の知〉にこの地域にとっては外来の普遍的な技術を付加して新しい〈臨床の知〉を創造する過渡期の状況であると解釈することも可能である。意図を充足する手法が、外来のものであっても、風土や文化と適合するように姿を変え、伝統的な〈臨床の知〉と融合したり、新しい伝統となりうる〈全体〉を構成したりしていくことによって、違和感は次第に解消されていくのかもしれない。

4.4 〈固有性〉のある知と〈普遍性〉のある知との好ましい重なり方を探る

家屋、石垣、屋敷林、電柱、電線などは生活に適した環境を形成するために設置された人工物である。伝統的な様式の家屋や石垣や屋敷林は琉球地方や伊是名地域に固有の景観を生み出している。この景観が好ましいと感じられるのは、それが、長い時間をかけた試行錯誤を経て獲得された、この風土で生活する環境を創出するための知の現れであることを無意識のうちに感じ取っているからではないだろうか。このような景観に電柱や電線という新たな〈部分〉が現れると、風土に根ざした文化的景観を、典型的な〈全体〉として、愛でようとする眼には、違和感があるものに移る。慣れ親しんできたものごとへの愛着と郷愁だけではない。景観を構成する伝統的な要素に籠められている意味を失うことへの焦燥もある。その理由は、電柱や電線は日本のいたるところで用いられている、日本国内においては、〈固有性〉のない人工物であり、それ以外の景観構成要素が形成した〈全体〉において目立つ存在であるからではないかと考えている。〈固有性〉を有する〈部分〉が形成する〈全体〉と〈普遍的〉な〈部分〉が不適合を起こしているのである。地域の生活に根ざした〈固有性〉のある〈臨床の知〉の現われと地域を限定しない〈普遍的〉な知の現われが、共存できる新しい〈全体〉としての意味を形成することなく、視覚的に具象化された姿で重なっているからではないだろうか。

新たな〈部分〉や既存の〈部分〉の意味、これらの〈部分〉の関係が生む新たな〈全体〉に意味を与える方法を考案することが好ましい。家屋という〈全体〉と建築要素や設備機器などの〈部分〉の間関係、家屋と屋敷囲いの構成要素などの〈部分〉やそれらがつくる民家という〈全体〉の間の関係、民家という〈部分〉とそれらの群がつくる集落という〈全体〉の間の関係など、様々なスケールでの〈部分〉-〈全体〉関係が大きな〈全体〉をつくっている。

5. まとめ

風土や文化に根ざした〈生きる〉ための工夫に利用される知と近代科学に基づく技術と相克しつつも共存する状況の背景にあるものごとを、〈空間図式〉に注目し、地域における〈臨床の知〉の共創と継承のための課題を題材として、浮き彫りにした。浮き彫りにしたものごとはいくつかの研究方法を並行して繰り返す過程で生じた気づきを契機とする考察による仮定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金「基盤研究（B）（一般）（16H03014, 代表：藤井晴行）」、同「挑戦的萌芽研究（15K12295, 代表：篠崎健一）」を受けている研究の方法と成果を題材とする。また、臨地調査や調査結果の整理と分析において、日本大学篠崎健一研究室のメンバー、東京工業大学藤井晴行研究室のメンバーの協力を得ている。ここに謝意を表す。

参考文献

[1] 中村雄二郎, （1992）“臨床の知とは何か”, 岩波書店, 1992.
[2] 中村雄二郎, （1993）“デザインする意志”, エッセー集成 6, 青土社.
[3] 和辻哲郎, （1931）“風土–人間学的考察”, 岩波書店.
[4] 中島秀之, 諏訪正樹, 藤井晴行, （2008）“構成情報学の方法論からみたイノベーション”, 情報処理学会論文誌, Vol. 49 No. 4, pp. 1508-1514, 2008.
[5] 藤井 晴行, 中島 秀之, （2010）“デザインという行為のデザイン”, 認知科学, 第 17 巻・第 3 号, pp.403-416.
[6] 大久保崇, 篠崎健一, 藤井晴行, （2015）“沖縄伊是名集落民家の空間構成への住意識の現れ”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 5291, pp.581-582.
[7] 篠崎健一, 藤井晴行, （2016）“聞き取り調査から描きだされる伊是名の民家の空間図式”, 2016 年度日本認知科学会第 33 回大会, OS09-6, pp.221-218.
[8] 篠崎健一, 藤井晴行, (2017) “伊是名集落における生活者の語りから導かれる空間図式の探究”, 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会, OS04-7, pp.213-220.
[9] 篠崎健一, 藤井晴行, 片岡菜苗子, 加藤絵里, 福田隼登, （2015）“空間図式の身体的原型の実地における空間体験に基づく研究–写真日記を基礎資料とする KJ 法の試み”, 認知科学 第 22 巻・第 1 号, pp.37-52.
[10] 福田隼登, 藤井晴行, （2015）“身体性に注目した空間体験の図式表現方法に関する研究”, 日本建築学会計画系論文集, 80 (709), pp.559-567.
[11] 藤井晴行, 篠崎健一, （2016）“写真日記を調査資料とする空間図式の構成”, 2016 年度日本認知科学会第 33 回大会, OS09-7, pp.229-236.
[12] 藤井晴行, 篠崎健一, (2017) “写真日記を作成することによる空間図式探究”, 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会, OS04-5, pp.201-209.
[13] 藤井晴行, 篠崎健一, （2018）“主観性と客観性を共存させる方法による臨地探究に基づく地域創生デザイン課題のデザイン”, 2018 年度人工知能学会全国大会（第 32 回）, 2B2-OS-19a-03, 3p.

要約

風土や文化に根ざす生きるための知と科学技術が相克しつつも共存する背景にあるものごとを、空間図式に注目し、地域にある臨床の知の共創と継承のための 4 つ課題を通して浮き彫りにした。1)普遍性に駆逐された固有性に再び意味を持たせ、2)固有の文化と普遍的な要求を共存させる術を探し、3)普遍的な技術を加えて固有の知を更新し、4) 固有の知と普遍的な知の折り合い方を探ることである。これらはいくつかの研究方法を並行して繰り返して気づいた仮定である。

私の行動に出会うために
ー二人称的現実と意のままにならない物質から始まる認知科学ー
Encountering My Own Behavior: Cognitive Science of Second Person Reality and Intractable Materiality

高梨 克也
Katsuya Takanashi
京都大学
Kyoto University
takanasi@sap.ist.i.kyoto-u.ac.jp

Abstract
Uncertainty in agent's actions is an inevitable fact. This uncertainty arises from two aspects of externality. On the one hand, meaning of an action by an agent must be constructed on second person viewpoint relative to other's understanding and response. On the other, a bodily behavior must be conducted in the not fully predictable material world. This article is an attempt for laying out a direction in cognitive science built on an agent's experiences of "encountering his/her own behaviors" triggered by the externality.

Keywords — Action, Experience, Externality, Second Person Reality, Intractable Materiality

1. 背景：フィールドインタラクション分析

本発表者は近年，人々の日常的な相互行為を対象として,「フィールドインタラクション分析」(高梨近刊)という新たな方向性を提示する試みを進めている．その動機となっているのは，相互行為が行われている社会的・物質的環境の複雑さを，統制・限定せずに，参与者にとっての価値の観点から把握したいという願いである．実社会において人間が行っている相互行為という活動について，当事者たちの認知や関心からかけ離れた視点からの研究を行うことには，研究成果の社会的意義の面だけでなく，科学的事実の解明の営みという意味でも，重要な歪みや欠落があるのではないかと考えている．

一般に，フィールド研究は，実験室内に閉じ込めることの難しい複雑な社会的・物質的環境について理解するのに有効な方向性である．ここで「方法論」と呼ばず，あえて「方向性」という表現を選択したのは，フィールド研究は多くの場合，より確立された既存の方法論のもつ何らかの限界を超えていくことを目指して行われるからである．そこに限界や問題があると認識していないならば，フィールド研究という不確かであるにもかかわらず膨大な労力が必要となるアプローチを選択する理由はない．本学会でも近年提唱されている「フィールド認知科学」(伝他 2015)のように，特に「認知」という，従来実験室実験などによって研究されてきた現象や領域を対象とする場合，このような「批判に基づく乗り越え」という動機は重要であると考えられる．

上記の社会的・物質的環境の複雑さといった要因は，中心的（であると研究者が考える）認知能力の解明にとっては，できることなら統制もしくは排除したい「周縁」的要素であると見なされることが多かった．しかし，もし「周縁」だと思われていた現象こそがわれわれの認知的パフォーマンスにとって必須のものであったり，さらには，それらこそがわれわれが認知能力を駆動する原動力であったとしたら，この排除の構図は成り立たなくなる．こうした強い主張をするのでなくても，少なくとも，従来「統制したいが難しい」と考えられてきた要因の方こそがまさに研究上「知りたいこと」である場合には，既存の中心ー周縁という構図が挑戦されなければならないものとなることは確かであろう．

フィールドインタラクション分析においては，主体の認知および行動を考える際，次の二つの「外部性」が必須のものであると考えられる．まず，社会的環境の複雑さに関しては，自身の行為・振る舞いの意味は他者（第一義には相互行為の相手）によって解釈されることによってはじめて論じうる社会的事実となるということ．次に，物質的環境の複雑さに関しては，環境内の対象物との関わりは，やってみる前に予測できる側面とやってみて始めて分かる側面との間の対話であり，一方を他方に還元することはできないということ．そして，これらの二つの外部性は，日常生活環境においては，ウェイトの置かれ方こそ異なれ，自己ー他者ー環境の三項関係の形で相互に浸透しあっている．

2. 主張：私の行動に出会う

本 OS の目的は「生きる」と向きあう科学としての認知科学のあり方を模索することである．この目的にとって，次の Dewey の言葉を重要な出発点となる．

> 「理性」は偽りの単純性，斉一性，普遍性を仮定するものであり，科学のために架空の安易な道を開くものである．この道は，知的な無責任と怠慢とを生む．無責任というのは，合理主義が，理性の諸概念は自足的且つ超経験的であるがゆえに，経験による確認は不必要であり不可能である，と主張するからである．怠慢というのは，この同じ主張が人間を具体的な観察や実験に対して無関心たらしめるからである．（Dewey, 1920，邦訳 pp.88-89）

行動を扱う多くの通常科学においては第三者である分析者がその行動の意味を外在的に定義づけていたのに対して（これが「客観的」だと呼ばれる），本発表の主張は「私は私の行動に出会わなければならない」というものである．これは，Dewey の言葉を借りれば，行動に主体の「経験」の次元を取り戻す試みであるといえる．

Reed(1996a)は，Dewey のいう意味での「経験」を重視し，これが現代社会におけるさまざまな側面において軽視されていることに警鐘を鳴らしている．

> 経験のこの再生がないかぎり，われわれは空虚な確実性と感覚の無意味な断片の間で揺れ動かざるをえない．･･･生きているということは，危険を享受し，間違いから学ぶことである．ところが，大半の制度はわれわれに対して日常における危険も間違いも認めていない．（Reed, 1996a，邦訳 p.97）

現代社会におけるこうした傾向の原因として，Reed はデカルト以来の近代哲学がもつ「不確実性への恐怖」という傾向を指摘しているが，この傾向は「客観性」という基準に過度に志向する現代通常科学に伴う常識的価値観にそのまま引き継がれているといえるだろう[1]．これに対して，Peirce から Dewey を経て Mead に至るプラグマティズム，特にその核心である探究の論理においては，意外な出来事への着目やアブダクションの概念などに端的に現れているように，不確実性を認め，これを肯定的に捉え直すことにその特徴がある（魚津 2006，笠松・江川 2002 など）．

もちろん，行動を主体の「経験」の観点から捉え直すということは，行動主体が自身の行動の意味を知っている，自身でその意味を決定できるというナイーブな独我論的主張ではありえない．そのことは Dewey の次の言葉からも明らかだろう．

> 有機体は，自分の構造―単純であれ，複雑であれ―に応じた方法で環境に働きかけるものである．その結果，環境に生じた変化が，有機体とその活動とに反作用する．こうして，生物は，自分の行動が生んだ結果に出会い，その結果を受ける．この能動と受動との密接な結合が，経験と呼ばれるものを形作っているのである．
> （Dewey, 1920, 邦訳 pp.78-79, 傍点は著者による）

上記で，行動主体自身でさえ，自分の行動に「出会う」必要があるとしていたのはこうした理由による．すなわち，行動主体が自身の行動の意味を知る（経験する）には，自身にとって全面的には把握・制御できない「環境」との相互作用が不可欠なのである．

行動主体が自身の行動を経験する最も端的な契機は行動の「失敗」であろう．次の引用は，行為の失敗こそが行為者が自身の行為に「出会う」ための重要な契機としての積極的な価値を持つという考え方を端的に示している．

> 意識的要素としての感覚は，既に始められている行為のコースが中断されることを意味する．･･･感覚は，今までの適応が中断されたことから生ずる変化のショックなのである．･･･感覚は，行動の再適応の中心点として働く．･･･感覚は，やがて認識に終わるべき探究行為への挑戦であり，刺戟であり，挑戦である．（Dewey, 1920，邦訳 pp.80-82）

そこで，本稿においても，行為主体を取り巻く不確実性について，失敗の積極的な価値を評価する立場から考察していくことにする．ポイントは，不確実性が不可避であることを認めることと，不確実性に恐怖しない方法を発見すること，の 2 点であるが，とはいえ，これは日常的生活者が普通に行っていることの再発見に過ぎない．

なお，上記の引用において Dewey は「環境」と一括りにしているが，本稿ではこれを「他者」と（それ以外の）「環境」の二つに便宜的に分けて考察していく．まず，第 3 節では，「他者」の役割については，「自分の発話の意味は自分で決められる」というナイーブな

[1] 「不確実性への恐怖」という指摘が当てはまるのは，科学哲学における厳密な議論のレベルにおいてというよりも，通常科学に携わっている多くの平均的な研究者や科学を過信する一般市民の水準においてであろう．その意味で，この指摘は科学社会学的なものであると理解していただきたい．

先入観[2]に対する会話分析などを中心とした立場からの批判について振り返る．同時に，この視点は「発話の意味は第三者が客観的に認定すべきものである」という科学主義的な立場への批判ともなる．次に，「環境」の役割については，「自分の身体的行動は自分だけで自己完結的に制御できている」というナイーブな制御感覚がターゲットになるだろう（第 4 節）．これに対しては，主に生態心理学の観点から，行為の失敗の不可避性と不可欠性という観点での考察を行う．

3. 観点 1：発話の意味という二人称的現実

3.1 連鎖分析

話し手の発話の意味は言葉の字義通りの意味によって常に一意に決まるわけではない．語用論は長年この問題の解決に取り組んできたが，おそらくは上述の「不確実性への恐怖」により，結果としてその議論は泥沼状態に陥っていたとも言える．一言で言うならば，そこになかったのは聞き手との共同行為という発想であり，こうした共同行為を捉えるための方法論であった（Clark, 1996）．こうした方向性を厳密な方法論として定式化することにこれまで最も成功してきたのは会話分析における「連鎖分析」（Schegloff, 2007）である．これは，聞き手が話し手の発話をどのように理解したかは聞き手の次の発話（応答）に観察可能な仕方で表示される，なので，話し手の発話を分析する分析者もこうした聞き手の応答を分析の際に最重要視しなければならない，という考え方だと要約できるだろう．

連鎖分析の考え方が最も端的に分かるのは，会話における誤解の修復の例であろう．次例において，T2 の B の反応から A が気づくことができるのは，B が T1 を先行告知（ニュース告知の前置き）と理解したのだろうということ，そして純粋に（情報を求める）質問をしようとしていた A としては「誤解された」ということだろう．

【事例 1】
T1 A：明日誰が来るか知ってる？
T2 B：誰誰？
T3 A：知らないのよ．
T4 B：ああ．林先生じゃないかなあ．

このように，「聞き手の応答（T2）は直前の話し手の発話（T1）に対する理解を表示する」ということは，裏を返せば，T1 の発話の話し手にとって，聞き手がこの T1 を誤解したことが明らかになるのも T2 の発話においてだ，ということでもある（Schegloff 1992）．つまり，話し手の発話の意味は聞き手だけが一方的に決められるものであるわけではない．

連鎖分析の考え方に含まれている思想は，まずは話し手の発話の意味を決めるのが「他者」である聞き手だということだが，それだけだと，文学理論における受容理論の流れが「何でもあり」の解釈主義に陥っていったのと同じ危険もあるように見えるかもしれない（Selden, 1985）．そこで重要なのが，聞き手の理解が聞き手の頭の中にあるのではなく，応答やその他の振る舞いとして，元の話し手にとって観察可能な仕方で現れる，という点である．本稿の文脈に照らして再解釈するならば，これによって，話し手が自身の発話の意味に「出会う」ことが可能になっているという点が重要である．「話し手の一人称」から単に「聞き手の一人称」へと移行するのではなく，両者の間の意味の共同構築（ある場合には協議や争いも含む）のプロセスをも含みこんでいるという意味で，このアプローチは発話・行為の意味に対する真に「二人称」的なものであるといえる．

加えて，上記の「聞き手が話し手の発話をどのように理解したかは聞き手の次の発話（応答）に観察可能な仕方で表示される」という考え方には，これらの表示とその過程が会話参与者同士の間だけでなく，第三者である観察者にも利用できる情報となっているということもまた含まれている．そのため，発話の意味を観察者は外部観測的にしか測定できないというある種の悲観論を軽減し，第三者が参与者にとっての意味に接近する道を拓く考え方ともなっている．

以上の流れは，客観主義的三人称視点とこれを批判する（反動としての）主観主義とをともに超え，二人称視点とこれを経由した新しいタイプの三人称視点とに向かう方向性を示しているといえるだろう．

3.2 遡及的連鎖

その一方で，現時点での連鎖分析の手法にはまだ必ずしも完成品であるとはいえない点もある．

[2] デリダ(2005)が批判する「現前の形而上学」の典型はこのような「私が話すのを聞く」という視点である．

【事例 2】

01 A：どこ？ 高校
02 C：高校？ 高校は江戸川: 東ってゆうこれまた
　　これ［またマイナーなうん
03 A：　　［あ，そうなんや：
04 C：公立公立［：
05 B：　　［へ［：
06 A：　　［へ：．K 大来た人おった?
07 C：K 大来た人六人かな［：　【評価対象】
08 A：　　［六人［もおるん
　　【第一評価】
09 B：　　［へ：
10 C：うん六人，多いんかな［：【第二評価】
11 A：　　［多いよ［：
12 C：　　［なんか私
　　：少ない［とか思っとったけど
13 A：　　［いや，うちあたしだけやも：ん

8A の「第一評価」と 10C の「第二評価」の間の関係は評価連鎖（Pomeranz, 1984）と呼ばれるものである．これだけならば，連鎖分析の基本となる隣接ペア（Schegloff,2007）と類似のものである．しかし，本稿の観点から重要なのはそのことではない．重要なのは，8A の第一評価では，直前の 7C で示された「K 大学に合格した人が 6 人だった」という事実に対して A が驚いており，そのためこの事実を「評価を示すべき対象 assessable」（Goodwin&Goodwin,1987）として捉えているという点である．人によってはこの事実に対してここでことさらに評価を示さないこともありうるだろうという点からは，7C が評価対象としての地位を獲得するのは直後の 8A がこれをそのように扱ったからだということになる．このように，評価連鎖における第一評価の中には，直前の発話を評価対象として遡及的にハイライトする（Schegloff(2007)のいう遡及的連鎖）という役割をもったものもあることが分かる（高梨 2010，2016）．

このことを C の立場から捉え直してみよう．本稿の観点から重要なのは，7C で「K 大来た人六人かな」と回答した C は「6 人」が「多い」とは考えていないため，これに驚きを示した A の反応に対して驚くことになるだろう，という点である．つまり，C は A からの反応を受けて自身の発話に含まれていたある側面に「出会う」のである．Mead(1934)は，自分の発した身振り，それが招く相手からの反応，結果として進行する相互行為，の 3 つの間の関係から「意味」が形作られてくると考えている（徳川(2002)も参照）．この点は相互行為の中のあらゆる発話や身振りに共通して当てはまるものだが，遡及的連鎖は特にこの「出会い」の側面がきわめて端的に現れた現象であるといえる．そして，この点は，有名な Mead(1934)の自己論が Me と I とのある意味では「出会い」という着想を核としていたこととも対応している．このようにして，発話者である私は発話という自身の行為を「経験」することが可能になる．

3.3 二者関係から三項関係へ

Goodwin&Goodwin(1987)は，評価連鎖の中で各参与者の表明する態度が異なりうるのは両者の間で評価対象についての経験やアクセスが異なるためだと指摘している（図 1）．結果として，二人の参与者と一つの対象物を含む，価値判断を伴った関係は，乳児と養育者の間での原初的コミュニケーションとして重要な「共同注意」の場面と同様の構造の三項関係となる（高梨 2016）．

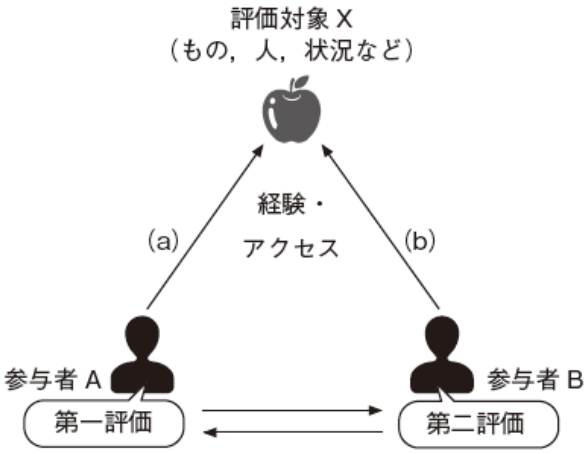


図 1 三項関係図式

4. 観点 2：意のままにならない環境

4.1 身体行動の失敗

「私が私の行動に出会う」ための契機は「他者」だけではない．「環境」やその中での自身の行動が「意のままにならない」側面を持っているということもその契機の一つとなる．第 2 節の最後で述べたように，私の行動は事前に計算済みの「確実」な世界の中で行われるわけではない．私の行動はその中で環境と出会い（Reed, 1996b），また，この出会いを通じて，私は私の行動に出会うことが可能になる．

不確実性が避けられない環境と関わる身体行動はしばしば失敗する．失敗の頻度や失敗による損害を小さくしようとすることは日常的生活者にも当然見られる傾向だが，こうした不確実性をゼロにしようとするこ

とは第 2 節で述べたような意味で不健全な志向である．むしろ，行為者が失敗を通じて環境および自身の行為について何を学んでいるかという点を積極的に評価する方が実り多い発見があるのではないだろうか．

しばしば見落とされがちであるように思われるのだが，環境や対象物の持つ「アフォーダンス」といっても，そこには，A. やってみる前に分かる側面と B. やってみなければ分からない側面の少なくとも二つがあるはずである[3]．例えば，ある椅子が座ることをアフォードしているという表現には，当該の対象物がその形状や大きさ，（見た目の）材質において「座れそうに見える」という知覚を表しているといえるだろうが，これは「座っても絶対に大丈夫」ということが保障されているということではありえない．そして，A と B のずれの大きさは環境や動作の性質に応じて変化するだろう．

4.2 状況 1：雪上での木遣り

ここで取り上げるのは野沢温泉村の道祖神祭のための準備作業場面である．この場面では二人の作業者が既に保管されていた材木の山の中から 1 本ずつを引き出し，横に並べていく作業をしている．材木は長さが 2 メートル以上で，垂直方向に半分に割られており，鳶口を使って引き出して運ぶ方法（木遣り）が選択される．各材木に対する作業は「曳出し」と「スライド」という 2 つのフェーズから構成され，各フェーズには連続する数回程度の運搬動作（ストローク）が含まれる．

【事例 3】



図 2 フェーズ 1「曳出し」



図 3 フェーズ 2「スライド」

この作業に特徴的なのは失敗の多さである．前半の曳出しでは 46 回のストロークのうちの 12 回，後半のスライドでは 40 回のうちの 7 回で失敗が生じている．失敗の種類は力を込めた瞬間に鳶口の先が材木から抜けてしまう場合（「抜け」）と力を込めたが材木が動かなかった場合（「不動」）の二種類であった（高梨 2017, 2018）．このように，「できそうだ」と判断して試みた身体行動が実際には失敗するということは当然のこととして起こりうる事態である[4]．

そして，一方で，込める力が大きくなるほど「抜け」が多くなるが，他方で，力が小さすぎると「不動」となりやすいというように，これら二種類の典型的な失敗の間にはトレードオフの関係がある．そのため，この作業において，作業者が志向していることは失敗を生じさせる不確実性を全面的かつ抜本的に消去することなどではありえない（もちろん失敗の可能性を可能な範囲内では軽減しようとはしているわけだが）．むしろ，彼らが実践していることは，「失敗」を契機として自身の行動に出会い，この経験に基づいて次のストロークを調整する，という学習のサイクルである．

こうした状況では，4.1 節の表現を用いるならば，A) やってみる前に分かる点と B) やってみなければ分からない点とがずれていた，といえるだろう．そして，鳶口の抜けの場合，当該の行為者自身にとっては，鳶口が抜けたという事実は「鳶口の柄に込めた力に対する材木の重さによる抵抗の突然の消失」という触覚-身体運動感覚を通じて迅速かつ正確に経験されるであろう．材木の不動の場合，掛けた力のわりに材木が動いていないことが鳶口を通じての重量感や抵抗力として知覚されるはずである．こうした経験は本稿の前半で引用した Dewey の以下の議論と符牒する．

[3] 私自身もまだ正確に論じる準備ができていない点だが，これらの二つの側面を「二種類のアフォーダンス」と呼ぶのは，両者の間のつながりを見失わせる恐れがあるという意味で，おそらく正しくない．

[4] 特にこの作業において失敗が生じやすくなる原因や失敗の発生がある意味では不可避であるという点に関するより詳細な議論については高梨(2017, 2018)を参照されたい．

> 意識的要素としての感覚は，既に始められている行為のコースが中断されることを意味する．･･･感覚は，今までの適応が中断されたことから生ずる変化のショックなのである．･･･感覚は，行動の再適応の中心点として働く．･･･感覚は，やがて認識に終わるべき探究行為への挑戦であり，刺戟であり，挑戦である．（Dewey, 1920，邦訳 pp.80-82）

このように，身体行動の失敗は，当該の行為主体自身にとって，それまで意識していなかった環境の諸特徴が意識される契機となると考えられる．Gibson (1966)は，行動をするための「遂行的」な運動ものと環境情報をピックアップするための「探索的」な運動とを区別しているが，この観点からは，身体行動の失敗は，遂行的だった運動の失敗によって，それまで意識化されていなかった，遂行に潜在的に伴っている環境「探索」という側面が顕在化する契機としての価値を持っていると考えられる．特に「触覚装置は，行為遂行の制御に溶け込んでいるので，私たちは，その知覚を生じさせる能力に，内観では気づかない．だから，私たちは，意識において視覚システムが優位を占めることを許している」（Gibson, 1966；邦訳 p.155）が，行為の失敗はそれまで意識が向けられることの少なかった触覚-身体運動感覚モダリティにおける情報の重要性を行為主体自身にとって再認識させることになるだろう．

そして，このことは相互行為としての協同作業においても重要な意義を持っている．このような身体行動の失敗を契機とした知覚システムのモード変更によって新たな環境情報がもたらされるという経験をそれぞれの行為主体が有していることこそが，協働という相互行為における相互理解を支えるマルチモーダルな認知基盤として不可欠であると考えられるのである．

4.3 状況 2：サッカーにおける 1 タッチ目

プロスポーツの選手であっても，当然プレーに失敗することはある．サッカーにおいては，一人のボール保持選手が 1 回以上のボールタッチを連続して行う「ボール保持区間」（高梨 2015）が観察されるが，失敗という観点からは，当該のボール保持区間における 1 タッチ目は 2 タッチ目以降とは区別すべきであると考えられる．2 タッチ目以降は直前で自身が行ったボールタッチから続く継続的なボール操作の行動連鎖の中にあるため，自身のボールタッチの身体的記憶の刻印を引き継いでいるのに対して，1 タッチ目は直前まで自身が操作していなかったボールを（当該のボール保持区間内において）初めて操作し始めるものであるため，動いているボールの速度や回転などについての身体的記憶を照合できず，そのため失敗も多くならざるを得ないためである．そこで，今回はボール保持区間の最初のボールタッチ（通常はトラップ，1 タッチだけの場合はパス，シュート，クリアなどのキック）に着目することにする．

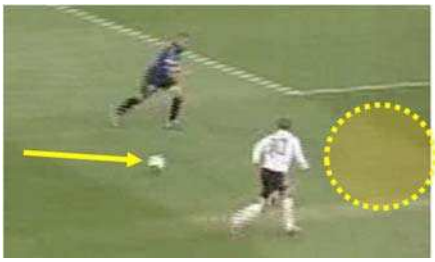
小野伸二選手（S30）が歴代の日本のサッカー選手の中でもトップレベルの優れたボールコントロール技術を持つことは多くの識者の見解の一致するところだと思われるが，そういった選手でも当然失敗はする．

【事例 4】

[1] S30（丸印）が右コーナー付近の広大な空きスペースを見つけ，そこへのパスを要求する（点線矢印）．



[2] パスが出されたので，ダイレクトでクロスを上げるためのボールと自身の到達位置（点線丸印）を予測しながら走り込む．



[3] 軸足を踏み込みはじめてから，予想よりもボールが長かった（速かった）ことに気づくが，バランスを失い（⇒），転倒する．

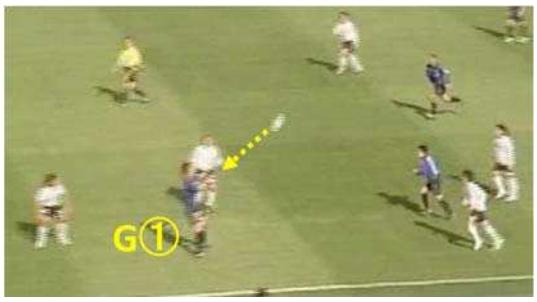


このプレーでは，ボールの到達とキックのための準備動作との間にごくわずかな時空間的なずれが生じて

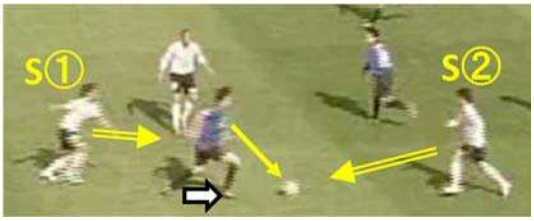
いる．その結果として，バランスを崩して最終的に転倒していることから，これが「失敗」であることが誰の目にも明らかである．これに対して，次の事例においては何を「失敗」とすべきかは必ずしも自明でない．

【事例 5】

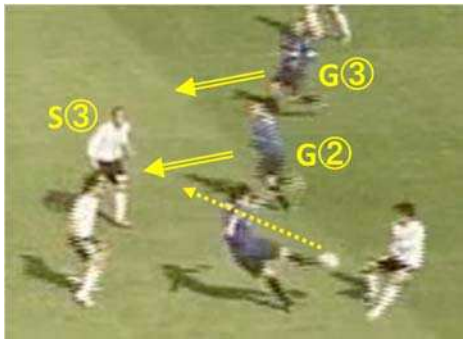
[1] G①が後方からのスローインを胸でトラップしようとする．



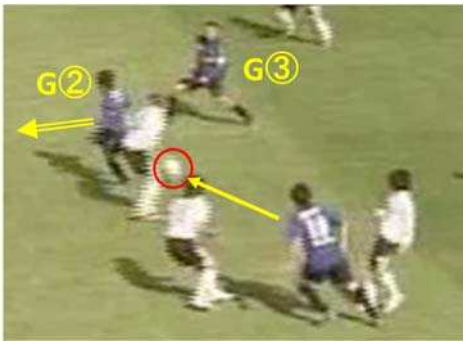
[2] このトラップがごくわずかに大きくなったのを見て，敵選手 S①と②がすかさず接近を開始する．



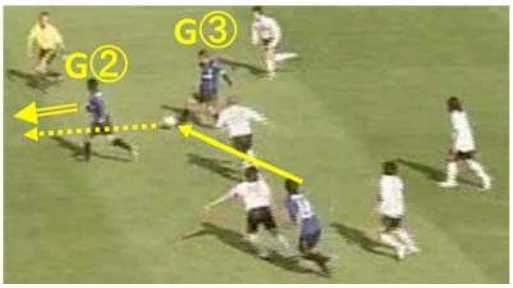
[3] わずかの差で G①の方が S②よりも早く足が届き，ボレーで横パスする．この時，既に G②と③は縦に走り出している．



[4] このパスは S③の目の前（G②の背後）を通り抜け，G③に到達する．



[5] G③が前方に走り出していた G②へダイレクトでパスし，カウンター攻撃へ移行する．



[2]において，敵選手 S①と S②がボールへのアクセス（関根・高梨 2012）を速めたのは，G①の胸トラップにわずかな失敗が含まれていたことに気づいたことによるだろう．サッカーにおいては，各選手のプレーはボールへの予測到達時間（高梨 2015）にきわめて感応的であるため，こうした瞬時の反応は自然なものである．一方，ここでの「行為主体」である G①についてはどうであろうか．G①自身も自らのトラップにごくわずかながら失敗が含まれていたことにすぐに気づいたと思われる（後述）．しかし，ここでの一連のプレーの流れを見ると，この若干失敗したトラップが敵選手を引きつけたことが，結果として G①→G③→G②という流れでのカウンター攻撃の起点となったというのも事実である．つまり，より大局的な視点から言えば，この最初のトラップは攻撃側チームにとって望ましい結果をもたらしている．

さて，ここが研究上の分かれ目である．今回本稿では，この最初のトラップを肯定的に評価するのではなく，あくまでも（少なくとも一旦は）「失敗」と記述する立場をとる．

まず，当該のトラップについて観察できる事実として，行為主体 G①は自身のトラップの直後に，このトラップに対する（後述の意味での）「リアクション」として，複数回の細かいステップを通じて，重心を後ろから前へと素早く移動させることによって（[2]の白抜き矢印），浮いているボールに右足を大きく伸ばしている．結果として，G①の方が S②よりも先にボールに触れているが，サッカー経験者などが注意深く見れば，このプレーには「焦り」が観察できるはずである．

次に，このことをより抽象化するならば，まず，スポーツのプレーにおいても，また，日常的なさまざまな身体行動においても，行為者は複数の動作からなる系列（連鎖）に関するプランを何らかの形で持ってい

るであろう[5]．そのため，流暢な行動において，行為者は自身の個々の直前の動作に対して意識化可能なレベルでそのつど「リアクション」しているとは考えない方がよい[6]．これは従来の認知科学においても行為の「自動化」と呼ばれてきた一般的な事実である．この観点から言えば，逆に「失敗」という現象は，当該行為主体が自らの行為の予測された結果を流暢な動作系列と照合しつつ知覚することによって，この失敗によって新たに生じた環境に対して「リアクション」をとっているもの，と規定できるだろう．このように，失敗は本人に速やかに「気づかれる」可能性を持っているという点が重要である[7]．

これに対して，望ましい結果を生んだという点を肯定的に評価する上記の大局的な視点は，第1節で述べた意味で三人称的かつ事後的なものであり，この視点では，ここで見てきたような，プレーする行為者自身の知覚と行為のリアルを捉えられていないといえるだろう．

5. 議論：失敗が創発させるもの

これまでの事例とその要点を振り返ってみよう．

まず，事例2の評価連鎖においては，元の話し手Cは「他者」であるAからの応答を手かがりとして自身の発話に潜在していた側面を発見している．事例3の木遣りでは，各行為者は鳶口の「抜け」や材木の「不動」といった失敗を契機として，自身の身体行動とそこに含まれる環境の特性を経験している．同様に，サッカーにおけるトラップの失敗の事例5においても，行為主体は自身のトラップの結果を知覚し，これに対する「リアクション」を開始している．それぞれの事例における行為者にとっての不確定要素は事例2は「他者」，事例3と5では対象物などの物理的な「環境」というように異なっているが，反面で，予測とは異なる結果という意味での「失敗」が自身の行為に「出会う」契機となっているという点では共通しているといえるだろう．「学習」という観点からは，このような「経験」が行為主体をさらなる「探究」（Dewey）や「探索」（Gibson）へと導くという点が重要であろう．

相互行為という観点からは，行為の失敗が相互行為の失敗に帰着すると考える必要がないという点が重要である．むしろ，上記のいずれの事例においても，行為の失敗が相互行為の展開を創発させている．事例2では，「K大来た人（が）六人」という事実がAとCとの間での判断の相違を相互に顕在させ，両者の間での協議の端緒となっている．事例3では，自身の身体行動の失敗の経験が同じ作業に従事する他者の失敗の理解可能性を開くことを通じて，より円滑な協同作業が可能となっていく．事例5では，トラップの失敗に反応した敵選手のアプローチがかろうじて不発に終わることによって，カウンター攻撃への端緒が開かれている．事例3と5は相互行為が協力的か競争的かという点では対照的だが，行為の失敗が相互行為の創発を促しているという点では共通している．

6. おわりに

私の行動には「他者」および「環境」という二つの方面での外部性が不可避なものとして伴っている．しかし，これらは行動の不確実性を生じさせる元凶として排除されるべきものなのではなく，むしろ，私の行動を支えることによって，私の経験を可能ならしめているものなのである．

逆に言えば，失敗の可能性のない「確実」な行動というものがたとえ可能だとしても，そこには学習の生まれる余地はない．さらに言うならば，行動の確実性が保障された環境という考え方は，行為主体にとっての学習の可能性自体を排除しているという意味で，そもそも発達や進化という事実と相容れないものであると見なされるべきものである．

謝辞 本研究は科研費基盤(B)「祭りの支度を通じた共同体〈心体知〉の集団学習メカニズムの解明」，科研費若手研究「成員カテゴリーを用いた会話の連鎖・参与構造の記述モデルの実証的研究」の補助により行われた．

[5] 「何らかの形でプラン（あるいは「予測」）を持っている」ということはそれを「計算主義的に処理可能な表象の形で持っている」ということやその「プランの内容を行為者が意識している」といったことを自動的に意味するわけでは全くない．表象主義的なプランモデルに対する批判が（勢い余って）プランの存在自体までを否定しようとするのは，人間や動物の運動の流暢さを考慮するならば，非生産的な議論であろう．

[6] ここで焦点としている現象は「マイクロスリップ」とは異なるものであると（少なくとも一旦は）考えている．マイクロスリップは行為者による（意識されざる）「調整」であり，そのため，re-actionとは呼びにくいと考えられるためである．

[7] 「焦りは禁物」という格言もあるが，アージ理論（戸田1992/2007）など，情動のもつ環境適応上の機能を重視する観点から言えば，当然ながら，「焦りは大切」でもある．

参考文献

[1] Clark, H. H.(1996) *Using Language*. Cambridge University Press.
[2] 伝康晴・諏訪正樹・藤井晴行(2015)「特集「フィールド

に出た認知科学」編集にあたって」,『認知科学』, 22(1), 5-8.
[3] デリダ, J. (2005)『声と現象』, 林好雄（訳）, ちくま学芸文庫.
[4] Dewey, J. (1920) *Reconstruction in Philosophy.* Henry Holt.（清水幾太郎・清水禮子（訳）,『哲学の改造』, 岩波文庫）
[5] Gibson, J. J. (1966) *The Senses Considered as Perceptual System.* Houghton Mifflin Company.（佐々木正人・古山宣洋・三嶋博之（訳）,『生態学的知覚システム：感性をとらえなおす』, 東京大学出版会, 2011）
[6] Goodwin, C., & Goodwin, M. H.(1987) Concurrent operations on talk: Notes on the interactive organization of assessments. *IPRA Papers in Pragmatics*, 1（1）, 1-54.
[7] 笠松幸一・江川晃(2002)『プラグマティズムと記号論』, 勁草書房.
[8] Mead, G. H., (1934) *Mind, Self, and Society: From the Standpoint of a Social Behaviorist.* University of Chicago Press.（河村望（訳）,『精神・自我・社会』, 人間の科学社, 1995）
[9] Pomeranz, A.(1984) Agreeing and disagreeing with assessments: Some features of preferred / dispreferred turn shapes. In Atkinson, J. M., & Heritage, J. (eds.), *Structures of Social Action: Studies in Conversation Analysis.* Cambridge University Press, 57-101.
[10] Reed, E. S. (1996a) *The Necessity of Experience.* Yale University Press.（菅野盾樹（訳）,『経験のための戦い：情報の生態学から社会哲学へ』, 新曜社, 2010）
[11] Reed, E. S. (1996b) *Encountering the World: Toward an Ecological Psychology.* Oxford University Press.（細田直哉（訳）,『アフォーダンスの心理学：生態心理学への道』, 新曜社, 2000）
[12] Schegloff, E. A. (1992) Repair after next turn: The last structuallyprovided defense of intersubjectibityin conversation. *American Journal of Sociology*, 97（5）, 1295-1345.
[13] Schegloff, E. A. (2007) *Sequence Organization in Interaction: A Primer in Conversation Analysis; 1.* Cambridge University Press.
[14] 関根和生・高梨克也(2012)「サッカーにおける守備側選手が攻撃側選手との時間的と空間的ズレを埋めるための手がかり」,『認知科学』, 19(2): 244-248.
[15] Selden, R. (1985) *A Reader's Guide to Contemporary Literary Theory.* Brighton: Harvester Press.（栗原裕（訳）,『ガイドブック現代文学理論』, 大修館書店, 1989）
[16] 高梨克也(2010)「インタラクションにおける偶有性と接続」, 木村大治・中村美知夫・高梨克也（編著）,『インタラクションの境界と接続：サル・人・会話研究から』昭和堂, 39-68.
[17] 高梨克也(2015)「サッカーにおける間合いを記述するための基本概念」, JCSS SIG Maai, Vol. 2015, No. 1: 1-6.
[18] 高梨克也(2016)『基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法』, ナカニシヤ出版.
[19] 高梨克也(2017)「協働作業において相手の環境との関わり方を観察するー野沢温泉村道祖神祭りの準備における氷点下の木遣りの事例からー」,『日本認知科学会第 34 回大会発表論文集』, 573-580.
[20] 高梨克也(2018)「瞬発的運動のジレンマー雪上での木遣りの事例分析から」, 第 7 回日本生態心理学会予稿集.
[21] 高梨克也（編著）(近刊)『多職種チームで展示をつくる：日本科学未来館「アナグラのうた」ができるまで』, シリーズ「フィールドインタラクション分析」(高梨克也監修), 第 1 巻, ひつじ書房.
[22] 戸田正直 (1992/2007).『感情：人を動かしている適応プログラム』（新装版）. 東京大学出版会.
[23] 徳川直人(2002)「相互行為論の端緒ーミードの社会観ー」, 伊藤勇・徳川直人（編）,『相互行為の社会心理学』, 北樹出版, 47-66.
[24] 魚津郁夫(2006)『プラグマティズムの思想』, ちくま学芸文庫.

認知ミラーリング：その背景にある障害の捉え方・設計原理・効果
Cognitive Mirroring: Its design principle and impacts on developmental disorders

長井 志江 †
Yukie Nagai
† 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター
CiNet, National Institute of Information and Communications Technology
yukie@nict.go.jp

概要

自閉スペクトラム症などの発達障害に対する新たな支援技術として，筆者らの研究グループは「認知ミラーリング」を提案した．計算論的手法を用いて発達障害者の認知機能を鏡のように映し出し，観測可能にすることで，感覚・運動レベルの非定型性が社会性の問題に与える影響を解明し，障害の自己理解や周囲による困難さの共有を促進することが期待できる．本稿では，認知ミラーリングの設計原理とそれによる効果，そして本課題に取り組む学際融合研究プロジェクトを紹介する．

キーワード：自閉スペクトラム症，認知神経ロボティクス，予測符号化，当事者研究，障害者支援

1. はじめに

近年の社会問題の一つとして，発達障害者数の急激な増加とそれに対応しきれない環境整備の遅延が挙げられる [1]．全国の小中学校を対象にした文部科学省の調査（H24 年）では，通常の学級に在籍する生徒のうち学習・行動面で著しい困難を示し，発達障害の可能性があると判断される児童の割合が 6.5%に上ることが明らかになった．このうち 38.6%の児童はまだ支援を受けておらず，早急な支援策の検討が望まれる．就労に関しては，発達障害者を含む知的・精神障害者の就労率が 6.2%と報告されており，身体障害者の就労率 28.9%に比べて大きく下回ることが知られている（H27 年内閣府，厚生労働省）．知的・精神障害と身体障害は診断の基準や社会生活での難しさが異なるため，一概に比較はできないが，前者に特有の課題があることが示唆される．一方で，障害者の社会参画を推進するため，事業主に一定の割合で障害者の雇用を義務付ける法定雇用率も制定されているが（H30 年 4 月に 2.0%から 2.2%に引き上げ），それを達成している企業の割合は 50.0%にとどまるのが現状である（H29 年厚生労働省）．



(a) 従来の発達障害の捉え方



(b) WHO が提唱する新たな発達障害の捉え方

図 1　発達障害の捉え方．従来は，社会性の問題を全て個人に帰属させていたのに対して (a)，新たな定義では，個人に帰属する機能障害と周囲の人や物が持つ環境要因の相互作用として，社会的活動における能力障害が生じると考える (b)．

これらの社会問題に対処するため，内閣府は全ての国民が障害の有無によって分け隔てられることなく，相互に人格と個性を尊重し合いながら共生する社会の実現を目的に，障害者差別解消法を施行した（H28 年 4 月）．障害を理由とする差別の解消を目指して，個々の障害者の困りごとに合わせて合理的配慮を提供することを義務付けた．例えば，会話で意思を伝え合うことが困難な人に対しては，絵や写真のカードやタブレット端末を利用することで，意思疎通を支援するよう提案し，大きな音に対して敏感な児童がいる学

校では，机や椅子の引きずる音を減少させるため，全ての机と椅子の脚に防音加工を施すよう提案した．しかし，これらの配慮はそれぞれの状況に特化した事例ベースによるもので，合理的配慮の一般的な設計指針は示されていない．

このような課題が生じる理由として，大きく二つの要因が考えられる．第一に，発達障害者の困りごとが周囲に見えにくいことが挙げられる．身体障害に比べて，発達障害は当事者が何に困っているのかが周囲に伝わりにくいため，当事者にとって真に役立つ配慮が適切に選択されないという可能性がある．そして同時に，見えにくさの問題は発達障害当事者側にも起きている．社会生活での困難さが，感覚から運動に至る認知機能のどの段階で生じているのか，またどのような内的・外的要因によって生じているのかが当事者にも分かりにくいため，適切な配慮を求めることも困難となる．第二の理由は，障害の帰属性の曖昧さである．障害が個人の機能的な非定型性によるものなのか，環境要因によって引き起こされるのかが区別されていないため，ときに過剰に個人の問題と認識されることがある．図 1 に，発達障害の捉え方を図示する．従来は，社会性の問題が全て個人に帰属されることが多く，支援に限界を生じていた (a)．これに対して，世界保健機構（WHO）は困難さの原因を個人に帰属する機能障害と周囲の人や物が持つ環境要因に分け，その相互作用として社会的活動における能力障害が生じると提案した (b)．

本稿では，上記の考えに基づく新たな障害者支援のアプローチとして，「認知ミラーリング」を紹介する [2, 3]．認知ミラーリングとは，計算論的手法を用いて発達障害者の認知機能を鏡のように映し出し，観測可能にすることで，これまで見えにくいとされていた発達障害者が抱える困難さを，見える化する知的情報処理技術である．困難さを発達障害当事者やその周囲の人々が共有し，さらに計算論的アプローチを生かして発達障害モデルを用いた仮説検証を繰り返すことで，障害の帰属性を明らかにし，個人や状況の変化に対応した適切な合理的配慮の設計を提案する．以降の節では，認知ミラーリングの基本アイディアとその背後にある認知（障害）原理仮説，そして，それを用いた発達障害者支援の方針を説明する．また，本目的を達成するために構成した学際融合研究プロジェクト，戦略的創造研究推進事業（CREST）「認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援」（代表：長井志江，期間：2016 年 12 月-2022 年 3 月）の取り組みを紹介する．



図 2　認知ミラーリング．定性的で直接には観測困難な人間の認知機能を，ロボットなどの人工システムが相互作用を通して計算モデルの中に学習・推定することで，定量的に観測・評価可能にする．

2.　認知ミラーリング

筆者らの研究グループは，人間の感覚から運動に至る認知機能を鏡のように映し出し観測可能にする知的情報処理技術として，「認知ミラーリング」を提案した（図 2）[2, 3]．人間が視覚や聴覚などの感覚器から入力される信号を知覚し，身体運動や発話などの行動を決定するまでの過程は，従来の認知心理実験では直接観測・評価することは困難である（図 2 左）．脳イメージング研究との融合により，認知課題遂行中の神経活動の計測を通して認知機能を司る神経基盤の解明も試みられているが，神経活動というミクロな現象と認知行動というマクロな現象をつなげることは容易ではない．また，近年では発達障害当事者研究 [4, 5] という新たなアプローチによって，当事者が内部観測者視点から認知機能とその障害の原理を探求する試みも注目されているが，報告が定性的であるといった課題を残す．

これに対して，認知ミラーリングは構成的・計算論的アプローチから，上記の課題を解決する新たな手法を提供する．核となるアイディアは，直接には観測が困難で定性的解釈にとどまっていた人間の認知機能を，脳の機能を模した神経回路モデルや確率モデルを用いて鏡のように映し出し，操作可能な形で具現化することで，定量的に観測・評価することである（図 2 右）．具体的には，

(a) ロボットが人との相互作用を通して，人の認知機能を計算モデル内に学習・推定する
(b) 認知心理実験により人が自己の認知過程（主に知覚）を再現し，それを計算論的にモデル化する

の 2 通りの方法を提案する．これにより，人間の行動特性を説明するモデルパラメータを推定し，定型発達

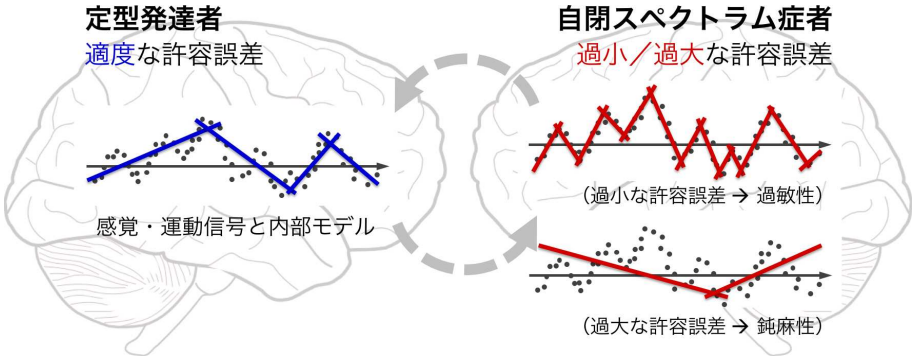


図 3　予測符号化理論に基づく認知（障害）原理仮説．定型発達者と比べて，ASD 者では内部モデルにおける感覚・運動信号への許容誤差が過小／過大となることで，非定型な感覚特性や社会的能力の困難さを生じると考えられる．

から発達障害に至るスペクトラムを，パラメータ変動として定量的に評価することが可能になる．

3.　予測符号化理論に基づく認知（障害）原理仮説

認知ミラーリングの設計原理として，また人間の認知発達および発達障害を統一的に説明する理論として，筆者らは予測符号化理論 [6–10] に注目している．発達障害の一種である自閉スペクトラム症（ASD: autism spectrum disorder）は，診断基準 DSM-5 によると，社会的コミュニケーションや社会的相互作用における持続的な欠陥と，限定された反復行動・興味・活動といったさまざまな特徴で定義される．これに対して，近年の認知神経科学研究や当事者研究は，社会性や高次の認知機能における多様な障害は，その背後にある共通した低次の感覚・運動レベルの非定型性に起因する可能性を指摘している [4,5,11,12]．一般に，人間の脳では感覚器から入力された信号を時空間的に統合し，さらに統合した表象から感覚信号を予測することで環境認識や行動決定を行うが，その過程で発達障害者は定型発達者と異なる情報処理を行なうことで，高次の認知機能である社会的能力に問題を生じたり，知覚過敏や知覚鈍麻などの非定型な知覚症状を発現するというものである．

筆者らは上記の考えを計算論的視点から考察することで，予測符号化理論に基づく認知（障害）原理仮説を提案した（図 3）[13,14]．人間の脳は環境からボトムアップに入力される感覚信号と，脳の内部モデルに基づきトップダウンに予測する信号の誤差（予測誤差）を最小化するように構成されており，自己の感覚・運動経験を通した内部モデルの更新や，環境への働きかけによって予測誤差最小化を実現している．筆者らの仮説では，定型発達者は予測誤差に対して中程度の許容範囲を持つのに対して（図 3 左），ASD 者は予測誤差に対する感度が過小もしくは過大であると推測される（図 3 右）．同じ環境を共有している場合でも，定型発達者は適度な許容誤差のおかげで環境の変化に対して柔軟に適応できるのに対して，ASD 者は過小もしくは過大な許容誤差により，環境変化に対して過敏または鈍感になり，突発的な状況においてパニックなどの過剰な反応を示したり，新しい環境に適応できないなどの困難さを抱えるのではないかと考えられる．

4.　当事者視点からの発達障害の理解と支援

前節の原理に基づき認知ミラーリングシステムを開発することで，発達障害の正しい理解とそれに基づく支援を実現する．ASD 者の認知特性を社会性の欠陥や限定された行動・興味といった表層的な指標だけで測るのではなく，内部観測者視点から予測符号化理論に基づく神経基盤の変容として解析することで，当事者による自己理解とそれを通した自己肯定感の向上が期待される．さらに，これまでは当事者の困りごとが周囲に見えにくく，困難さの共有が難しかった発達障害を，認知ミラーリングによって見える化することで，当事者にとって真に役立つ支援と合理的配慮の設計を可能にする．

これは，従来の発達障害者支援とは一線を画すアプローチである．例えば，欧州では DREAM [15]，BabyRobot [16]，DE-ENIGMA [17] など，複数の EU プロジェクトがロボティクス技術を応用した発達障害者支援を推進している．しかし，これらは主に発達障害者の社会性の問題に注目し，行動療法におけるコミュニケーション相手としてヒューマノイドロボットを導入するなど，療育者視点での支援設計を目指している．本稿で提案する認知ミラーリングは，発達障害者による内部観測者視点の重要性を主張するもので，

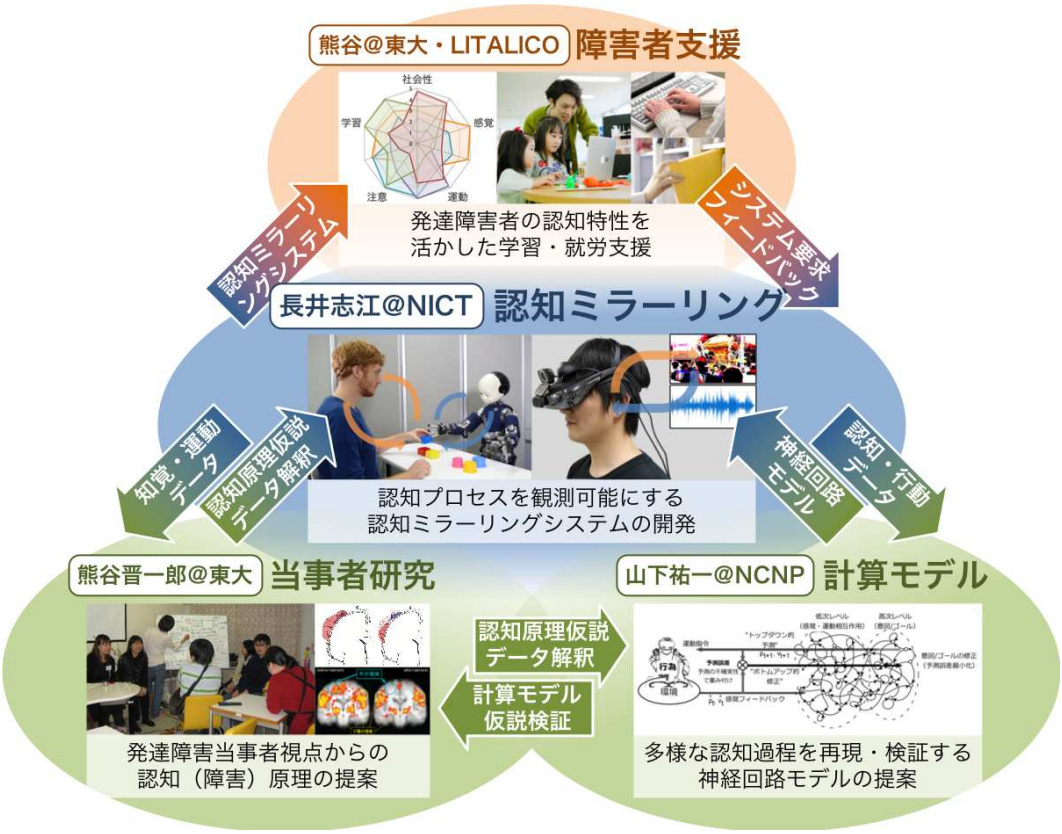


図 4　認知ミラーリングによる発達障害の理解と支援を実現する学際融合研究チーム．発達障害者の内部観測者視点から認知（障害）原理仮説を提案する当事者研究グループ（左下），神経回路モデルを用いて原理仮説を具現化・検証する計算モデルグループ（右下），認知（障害）原理に基づき認知機能を観測可能にする知的情報処理技術を開発・評価する認知ミラーリンググループ（中央），認知ミラーリングシステムを用いて発達障害者の認知特性を評価・支援する障害者支援グループ（上）の 4 グループから構成される．

世界に類のない障害者支援を実現する．

5.　学際融合研究プロジェクト：CREST「認知ミラーリング」

これまで説明してきた認知ミラーリングの理念を具現化するため，筆者らの研究グループは，2016 年 12 月に CREST「認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援」（代表：長井志江，期間：2016 年 12 月-2022 年 3 月）を始動した [2,3]．図 4 に本プロジェクトの全体構成を示す．本プロジェクトは異なる専門分野をもつ 4 グループから構成されており，システム開発と評価を担う認知ミラーリンググループ，認知（障害）原理を探求する当事者研究グループと計算モデルグループ，そして社会実装を担う障害者支援グループが密に連携することで，学際融合かつ産学連携を両立した体制を実現する．

5.1　認知ミラーリンググループ

筆者を中心とした認知ミラーリンググループは，人間の認知機能を観測可能にする認知ミラーリングシステムを開発し，実験室環境でシステムの有効性を検証することを目的とする（図 4 中央）．筆者らはこれまでに，多様な認知機能の発達を統一的に説明する枠組みとして，予測符号化に基づく認知発達原理を提案した [13,14]．予測誤差の最小化を規範として，感覚・運動経験を通した内部モデルの更新と内部モデルに基づく他者への働きかけが，自己認知や自他識別 [18]，模倣 [19]，他者の意図推定 [20] や情動推定 [21]，利他的行動 [22] の発達につながることを，認知ロボット実験により示した．また，ASD 者の視覚過敏・鈍麻の発生過程を明らかにし，それを再現するヘッドマウントディスプレイ型視覚体験シミュレータを開発した（図 5）[23]．本シミュレータは認知ミラーリングの設計案 (b)（2 節参照）を具現化したもので，感覚の非定型性と社会性の問題の関係を解明する重要な一歩となる．



(a) ASD 視覚体験シミュレータ　(b) シミュレータが再現する ASD 者の視覚過敏・鈍麻の症状

図 5　ASD 者の視覚過敏・鈍麻を再現するヘッドマウントディスプレイ型 ASD 視覚体験シミュレータ

本プロジェクトではこれらの研究を拡張することで，発達障害を客観的・定量的に評価可能にする認知ミラーリングシステムを開発する．人との相互作用を通して認知機能を学習・推定するロボットには，計算モデルグループが開発する神経回路モデルを応用し，モデルのパラメータ変動として認知特性を定量化できることを示す．知覚体験シミュレータに関する研究では，当事者研究グループと協働で ASD 者を対象にした構成的認知心理実験を行い，多様な感覚様式における ASD 者の知覚特性を明らかにし，予測符号化理論に基づいた発生機序のモデルを提案する．そして，これらの研究開発過程で得られる知見を，当事者研究グループと計算モデルグループにフィードバックすることで，認知（障害）原理仮説の精緻化に貢献する．さらに，開発したシステムは障害者支援グループとの協働で学習・就労支援の現場に実装することで，認知（障害）原理の理解に基づく障害者支援を実現する．

5.2　当事者研究グループ

東京大学の熊谷を中心とした当事者研究グループは，発達障害者の内部観測者視点から認知（障害）原理仮説の提案と行動実験による仮説検証を行う（図 4 左下）．熊谷と綾屋 [4,5] は世界に先駆けて当事者研究を推進し，発達障害者の社会性の問題が，社会性以前の感覚・運動レベルの非定型性や，それらの信号をまとめあげることの困難さに起因し得ることを指摘した．また，予測符号化理論に着目し，ASD 者では内臓感覚の誤差精度が亢進することで，内臓感覚と外受容感覚の統合不全が生じ，内部モデルの獲得や選択に困難さを生むことを提案した [24]．

本プロジェクトではより大規模で長期的な当事者研究を実施することで，仮説の精緻化に取り組む．当事者研究会で収集される発達障害者の主観的エピソードや行動・臨床実験を通して得られるデータ，さらには認知ミラーリンググループから提供される知覚・運動データをもとに，多様な行動特性を予測符号化理論に基づいて統一的に説明することを試みる．そして，生成した仮説を計算モデルグループに提供し，神経ロボティクス実験を通して仮説の検証と更新を繰り返すことで，統一的な認知（障害）原理を生成する．

5.3　計算モデルグループ

国立精神・神経医療研究センターの山下を中心とした計算モデルグループは，人間の認知機能を再現する計算モデルを開発し，構成的アプローチから認知（障害）原理を探求する（図 4 右下）．山下らは，人間の脳の機能的階層性を模した多時間スケール回帰型神経回路モデル（MTRNN）[25] や，信号の予測機能に加えて予測精度の推定機能も有した統計的連続時間回帰型神経回路モデル（S-CTRNN）[26] などを提案してきた．これらのモデルは予測符号化仮説に基づくもので，人間の適応的な運動生成機能を再現するだけではなく，ノイズの付加により統合失調症などに観察される非定型な運動生成も説明することができる [27]．

本プロジェクトでは，当事者研究グループとの密な連携により，認知（障害）原理を予測符号化モデルに基づき具現化し，定型発達から発達障害に至る多様な認知特性をモデルのパラメータ変動として説明することを目指す．当事者研究グループにはモデル実験の結果をフィードバックすることで認知（障害）原理仮説の精緻化を促進し，認知ミラーリンググループには認知（障害）原理を具現化する神経回路モデルを提供することで認知ミラーリングシステムの開発を促す．そして，同グループから提供される認知・行動データをもとに神経回路モデルを改良することで，相補的に認知（障害）原理の解明に貢献する．

5.4 障害者支援グループ

（株）LITALICO と熊谷を中心とした障害者支援グループは，認知ミラーリングシステムを学習・就労支援現場で運用し，発達障害者の認知特性を活かした支援を実現する（図 4 上）.（株）LITALICO は，様々な障害者のための就労支援を提供する LITALICO ワークス（59 拠点，登録者 1, 900 名）と学習支援を提供する LITALICO ジュニア（76 拠点，登録者 8,314 名），そしてポータルサイト LITALICO 発達ナビ（メール会員 25, 000 名）を中心に，障害のない社会づくりを目指している [28]．障害は人ではなく社会の側にあるという理念のもとに，当事者研究との協働により障害の帰属性を明らかにし，当事者の視点に立った支援設計を提案している．

本プロジェクトでは上記の理念のもと，認知ミラーリンググループが開発する認知ミラーリングシステムを用いて，当事者が抱える困難さの見える化と他者との共有による効果を定量的に評価する．発達障害当事者を対象とした実験では，認知ミラーリングにより認知機能を客観化・定量化することで，自己の理解や自己肯定感の向上に与える影響を確認する．家族や支援者，教師，企業などを対象とした実験では，認知ミラーリングシステムの体験・研修会を実施することで，発達障害者の認知特性を社会と共有し，当事者に対するスティグマの軽減や合理的配慮の設計提案につなげる．そして，これらの活動を通して得られる当事者や支援者からの要望を認知ミラーリンググループにフィードバックすることで，システム改善と新たなシステム設計に貢献する．

6. おわりに

本稿では，発達障害者支援の新たなアプローチとして，認知ミラーリングを紹介した．認知ミラーリングによって発達障害者の認知機能を鏡のように映し出し，観測可能にすることで，障害の帰属性とその発生機序を明らかにすることが期待できる．これは，療育者視点で設計されていたこれまでの障害者支援と一線を画すものであり，当事者視点に立った真に役立つ支援設計を可能にする．

筆者らが推進する研究プロジェクト CREST「認知ミラーリング」は，計算論的アプローチと発達障害当事者研究を融合することで，上記理念を達成することを目標とする．これまでに，臨床介入実験による当事者の首尾一貫感覚の向上効果の確認や，当事者研究の普及に向けたマニュアル化，ASD 者の適応能力の不全を予測符号化仮説に基づき説明する神経回路モデルの設計などを達成した．また，聴覚過敏・鈍麻特性の解明や，予測符号化仮説に基づく視聴覚過敏・鈍麻の発生モデルの開発，そして，発達障害者の家族や支援者を対象とした ASD 視覚体験ワークショップの定期的開催なども実現し，順調に成果をあげている．特に，ASD 視覚体験シミュレータは，周囲による理解が困難であった ASD 者の困りごとを見える化し，共有可能にする全く新しい情報処理技術として，メディアからも高い注目を集めている．世界に類のない当事者視点を重視したアプローチによって，発達障害の正しい理解と当事者にとって真に役立つ支援設計の実現が期待される．

謝辞

本研究は，JST CREST「認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援」（課題番号：JPMJCR16E2）の支援を受けたものである．研究遂行にあたり多くの議論を重ねた東京大学 熊谷晋一郎准教授，国立精神・神経医療研究センター 山下祐一博士，（株）LITALICO 鈴木悠平氏，他メンバーに感謝の意を表する．

文献

[1] K. Weintraub: “Autism counts”, Nature, **479**, 22-24 (2011).
[2] 長井：“認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援”, 生体の科学, **69**, 1, pp. 63–67 (2018).
[3] “戦略的創造研究推進事業（CREST）「認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援」”, http://cognitive-mirroring.org (2016).
[4] 綾屋, 熊谷：“発達障害当事者研究〜ゆっくりていねいにつながりたい”, 医学書院 (2008).
[5] S. Kumagaya: “Tojisha-kenkyu of autism spectrum disorders”, Advanced Robotics, **29**, 1, pp. 25–34 (2015).
[6] K. Friston, J. Kilner and L. Harrison: “A free energy principle for the brain”, Journal of Physiology Paris, **100**, 1-3, pp. 70–87 (2006).
[7] K. Friston and S. Kiebel: “Predictive coding under the free-energy principle”, Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences, **364**, pp. 1211–1221 (2009).
[8] K. Friston: “The free-energy principle: a unified brain theory?”, Nature Reviews Neuroscience, **11**, 2, pp. 127–138 (2010).
[9] R. P. N. Rao and D. H. Ballard: “Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects”, Nature Neuroscience, **2**, pp. 79–87 (1999).
[10] A. Clark: “Whatever next? predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science”, Behavioral and Brain Sciences, **36**, pp. 181–253 (2013).
[11] U. Frith and F. Happé: “Autism: beyond “theory of mind””, Cognition, **50**, 1-3, pp. 115–132 (1994).

[12] F. Happé and U. Frith: “The weak coherence account: Detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders”, Journal of Autism and Developmental Disorders, **36**, 1, pp. 5–25 (2006).
[13] Y. Nagai and M. Asada: “Predictive learning of sensorimotor information as a key for cognitive development”, Proc. of IROS2015 Workshop on Sensorimotor Contingencies for Robotics (2015).
[14] 長井：“認知発達の原理を探る：感覚・運動情報の予測学習に基づく計算論的モデル”, ベビーサイエンス, **15**, pp. 22–32 (2016).
[15] “DREAM: Development of Robot-Enhanced therapy for children with AutisM spectrum disorders”, http://www.dream2020.eu.
[16] “BabyRobot - Child-Robot Communication and Collaboration: Edutainment, Behavioural Modelling and Cognitive Development in Typically Developing and Autistic Spectrum Children”, http://www.babyrobot.eu.
[17] “DE-ENIGMA Project: Playfully Empowering Autistic Children”, http://de-enigma.eu.
[18] Y. Nagai, Y. Kawai and M. Asada: “Emergence of mirror neuron system: Immature vision leads to self-other correspondence”, Proc. of the 1st IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics (2011).
[19] J.-C. Park, D.-S. Kim and Y. Nagai: “Learning for goal-directed actions using rnnpb: Developmental change of “what to imitate””, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems (available online).
[20] J. L. Copete, Y. Nagai and M. Asada: “Motor development facilitates the prediction of others’ actions through sensorimotor predictive learning”, Proc. of the 6th IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics (2016).
[21] T. Horii, Y. Nagai and M. Asada: “Modeling development of multimodal emotion perception guided by tactile dominance and perceptual improvement”, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems (available online).
[22] J. Baraglia, Y. Nagai and M. Asada: “Emergence of altruistic behavior through the minimization of prediction error”, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, **8**, 3, pp. 141–151 (2016).
[23] 長井：“自閉スペクトラム症の特異な視覚世界を再現する知覚体験シミュレータ”, 精神看護, **19**, 1, pp. 59–63 (2016).
[24] T. Inui, S. Kumagaya and M. Myowa-Yamakoshi: “Neurodevelopmental hypothesis about the etiology of autism spectrum disorders”, Frontiers in Human Neuroscience, **11**, 354 (2017).
[25] Y. Yamashita and J. Tani: “Emergence of functional hierarchy in a multiple timescale neural network model: A humanoid robot experiment”, PLoS Computational Biology, **4**, 11, p. e1000220 (2008).
[26] S. Murata, Y. Yamashita, H. Arie, T. Ogata, S. Sugano and J. Tani: “Learning to perceive the world as probabilistic or deterministic via interaction with others: A neuro-robotics experiment”, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, **28**, 4, pp. 830–848 (2017).
[27] Y. Yamashita and J. Tani: “Spontaneous prediction error generation in schizophrenia”, PLoS ONE, **7**, 5, p. e37843 (2012).
[28] “（株）LITALICO”, http://litalico.co.jp.

感覚過敏の神経生理過程が明かす自閉スペクトラム症者の感覚経験
Sensory experiences of individuals with autism spectrum disorders revealed by the neurophysiological processing of sensory hypersensitivity

井手正和
Masakazu Ide

†国立障害者リハビリテーションセンター研究所
Research Institute of National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities
ide-masakazu@rehab.go.jp

Abstract
自閉スペクトラム症（ASD）者の多くは，外界の多種多様な刺激に過剰に反応する感覚過敏をもつ．著者らは，ASD 者が高い課題成績を示す感覚情報処理に着目し，感覚過敏の神経生理機序を検討してきた．他者からの共感が得にくい感覚の特性について，定量的データを用いて説明することで，理解が深まる様を目の当たりにしてきた．本稿では，当事者との対話から明らかになってきた，感覚特性と共存するその内的世界を論じる．

Keywords — 自閉スペクトラム症，感覚処理障害，感覚過敏，時間分解能，スティグマ

1. ASD の感覚処理障害の理解の困難

自閉スペクトラム症（Autism spectrum disorder: ASD）の診断基準の中で，感覚過敏と感覚鈍麻（以後，これらをまとめて表現する場合，感覚処理障害と呼ぶ）がその重要な位置を占めるようになったのは，2013 年 5 月の精神障害／疾患の診断・統計マニュアルの改訂（DSM-５）の影響が大きく，本稿が執筆された 2018 年 6 月まで，5 年以上が経過した．このおよそ 5 年間で，感覚処理障害，とりわけ感覚過敏に関して，社会における認知度は上がっていると感じられる．しかし，当事者を取り巻く周囲の人たちが，この問題について深く理解し，その理解に基づいた共生を図るための道のりはまだまだ長い．

感覚処理障害に関して，周囲の人たちの理解を難しくさせている理由は，当事者が経験している感覚を他者が共感することが難しく，時に本人でさえも，自分の感覚によって生じる生活上の負担や困難が，他者とは異なる感覚に依るものだと自覚していないことであろう．それゆえに，感覚の問題が原因でとった行動が，周囲からは“わがまま”や“忍耐不足”だと捉えられる．基礎科学者は，この障害に関連して，当事者の知覚認知的処理の特徴と，それに関連する脳の解剖学的・機能的な特徴について，データに基づいて，当事者の感覚を客観的に記述することが期待される．加えて，そこから読み取ることのできる当事者の感覚経験を，非当事者に伝えることも，これからの基礎科学者には望まれている．当事者の感覚を事実に即して共有できれば，具体的にどのような配慮が必要とされているのかについて，周囲の者たちが考えるきっかけとなる．

2. 感覚の“可視化”：質問紙のスコア

ASD 者の感覚処理障害を何らかの方法で評価することは，それを“可視化”することであり，当事者を取り巻く周囲が，感覚を共有するための手段となり得る．こうした評価の中でも，代表的なものが，臨床で用いられてきた感覚プロファイル（Sensory profile: SP）である（Dunn & Westman, 1997; Dunn, 1999）．感覚プロファイルは，聴覚，視覚，触覚，口腔感覚などに関する質問項目から構成され，4 つの象限（低登録，感覚探求，感覚過敏，感覚回避）に分類される．「低登録」は，刺激に対して反応が低下（感覚鈍麻）した状態を指し，「感覚回避」は，低登録と表裏一体となって刺激を積極的に求める状態を指す．「感覚過敏」は，刺激が与えられた時の知覚的・情動的に過剰な反応を指し，「感覚回避」は，過敏さによって刺激を避ける特徴を指す．SP は，3 歳～82 歳までを対象とし，125 項目からなる（短縮版感覚プロファイル [Short sensory profile: SSP] は 38 項目）．乳幼児感覚プロファイル（Infant/Toddler sensory profile: ITSP）は，0 ヵ月～36 ヵ月までを対象とし，36 項目からなる．SP，SSP，ITSP は保護者記入式であるのに対し，青年・成人感覚プロファイル（Adolescent/Adult sensory profile: AASP）は自己記入式で，11 歳～82 歳を対象とする．SSP を用いた 228 名の ASD 児を対象としたオーストラリアにおける調査では，感覚の特性に基づいて，“刺激への適応（Sensory adaptive）”，“味覚・嗅覚への過敏（Taste smell sensitive）”，“姿勢への不注意（Postural inattentive）”，“一般化された感覚の変容

（Generalized sensory difference）”という 4 つの下位グループに当事者を分類できると報告している (Lane et al., 2014). このことは，ASD の感覚処理障害は，一続きの軸の片側の端を感覚過敏と捉え，その反対を感覚鈍麻と捉える形で，連続した軸上のどこかに一個人が位置すると考えるのではなく，いくつかの感覚の状態が組み合わさって，当事者の実像ができていることを示唆している.

3. 感覚の“可視化”：知覚認知実験

ASD 者の感覚処理障害に背景にある知覚認知特性を，実験的に可視化しようとする試みも行われてきた．ここでは，感覚過敏に結びつく可能性のある ASD 者の精度の高い知覚認知処理を示唆している先行研究を主に取り挙げる.

Cascio et al. (2008)らは，指先に振動を提示した際，どの程度の振動の強さ（変位量）で検出できるか（検出閾）を調べたところ，ASD 児では定型発達児に比べて，小さな振動でも検出が可能であったことを報告した．この低い触覚の閾値に関しては，いくつかの研究グループからも同様の報告がなされた (Blakemore et al., 2006; Puts et al., 2014）ものの，定型発達者と変わらないという報告もある (Guclu et al., 2007）.

Bonnel et al. (2003）では，純音を提示し，その周波数とカテゴリーの弁別の課題を行った．その結果，ASD 児は，周波数弁別とカテゴリー弁別の両課題ともに，定型発達児に比べ，高い弁別感度をもつことが示された．Lin et al. (2015）らの研究では，ランダムに変化する複数の周波帯域の音の中から，ターゲットの音を検出する課題において，ASD 者ではより小さな音圧でもターゲットの検出が可能であることを報告している.

触覚，聴覚に限らず，様々な感覚で ASD 者が高い感覚情報処理の精度を示す例は，これまで多く報告されてきた．しかし，こうした知覚認知特性が，当事者の日常における感覚過敏と関連しているかを検討した例は，極めて少ないのが現状である.

4. 感覚過敏に関わる神経生理学的特徴

感覚過敏に関わる神経生理学的特徴についての研究を見ていきたい．これらの研究は，感覚過敏の原因を，副交感神経系の機能的な特徴によって理解しようとする立場と，刺激によって駆動される感覚処理経路上の生理的反応の特徴によって理解しようとする立場に大別できる.

副交感神経系の特徴に着目した研究には，眼に光を当てた際，瞳孔径が収縮するまでの速度の遅延や収縮量の減少が，副交感神経の機能的な変容に関係することに着目したものがある．Daluwatte et al. (2013) は，光を提示した際の瞳孔径を計測し，ASD 児では，収縮が生じるまでの潜時の遅延，収縮量の減少，収縮時間の短縮を報告している．また，瞳孔径の収縮量が減少しているほど，SP で評価した感覚過敏の訴えが強いことも明らかにした (Daluwatte et al., 2015).

一方で，感覚処理経路自体の特徴に着目した研究では，刺激を提示した際の脳活動を種々の脳機能計測を用いて検討している．例えば，ASD 児の手首の正中神経に微弱な電気刺激を提示した際の誘発電位の計測では，体性感覚刺激に由来する脳活動が生起するまでの潜時の遅延が見られた (Cascio et al., 2015). Matsuzaki et al. (2014) は，脳磁図（Magneto-encephalography: MEG）を用いて，1000 Hz（80dB）の純音を提示した際の脳活動を計測した．その結果，聴覚過敏をもつ ASD 児では，聴覚過敏をもたない ASD 児，定型発達児に比べ，音に対する反応に関連した M50 成分の活動が増加し，その活動の持続時間が長いほど，SP の聴覚過敏に関する評定値が高かった.

以上のように，副交感神経系と中枢神経系の機能的な特徴のそれぞれによって感覚過敏を説明しようとする立場がある．著者は，これらの特徴は 1 個人内で共存し，当事者の感覚処理障害の全体像を形成していると考えている．副交感神経系の特徴は，主に刺激に対する覚醒や情動的に強い反応に関連し，刺激を忌避することにつながった先行する記憶の影響も受けているだろう．中枢神経系の特徴は，そうしたトップダウンの処理を介さない，比較的，純粋に刺激によって駆動される生理的な反応によって規定されるだろう.

5. 感覚過敏と時間情報処理で共有する神経基盤

以上のように，ASD 児・者の感覚過敏に関連する知覚認知特性と，その神経生理機序に関する報告が，近年なされたきた．しかし，その知覚認知特性と，刺激への生理的反応特性は，別々に検討されており，どのような知覚認知特性とその背景にある神経生理機序

が，感覚過敏を引き起こす共通した原因になっているのかについて明らかにした研究は見られていない．著者らは，ASD 者で見られる過剰な刺激の時間分解能の基になる脳内の神経活動の抑制の低下が，感覚過敏の一因となるという仮説の下，研究を行ってきた．

Ide et al. (in press) では，左右の指先に，わずかな時間差で振動を提示し，どちらが後であったかの解答を求め（Temporal order judgment: TOJ），ASD 者と定型発達者のそれぞれが，どの程度の時間差があれば正確に刺激の順序を判断できるか（時間分解能）を求めた．その結果，ASD 者と定型発達者の時間分解能の間に平均した時間分解能の差は見られなかったものの，ASD 者では時間分解能が高いほど，AASP で評価した感覚過敏の程度が強いことが明らかになった．

また，この実験を通して，1 名の ASD の症例が，極めて高い時間分解能をもつことが分かった．この症例は，実験当時は 19 歳（男性）の大学生だった．触覚に関して過敏の訴えがあり，AASP のスコアも，定型発達者，およびその他の ASD 者の平均と比べても高かった．また，時間の感覚に関して，興味深い内観報告を得ている．普段，自宅で複数の時計の秒針の動きを比較し，それが同期しているのを観察するのを好むという．また，外出時に時計販売店に立ち寄り，複数の時計の動きを観察していると語った．触覚の TOJ を行ったところ，本症例は，わずか 6.5 ms の時間差があれば，正確に左右の振動の順序を解答できることが分かった．聴覚の時間分解能も 7.4 ms であった．定型発達者の平均が触覚で 64.6 ms（SD = 28.1 ms），聴覚で 48.5 ms（SD = 19.3 ms）であることを考えると，本症例の時間分解能が極めて高いものであることが分かる．この高い時間分解能の基になる生理過程を調べるため，fMRI を用いて，触覚 TOJ の最中の脳活動を計測した．すると，腹側運動前野（Ventral remotor cortex: PMv）など，いくつの脳部位の神経活動が，定型発達者に比べて極めて高いことが分かった（図 2）．PMv の神経活動の強さが，感覚過敏の程度と関係する手掛かりも掴んでいる．

6. 知覚認知特性と当事者の日常体験

我々の研究の結果から，感覚過敏の一端には，刺激の過剰な時間分解能が関係し，その背景には脳内の時間情報処理と感覚過敏に共通する領域における強い神経の興奮が関わる可能性が示唆されている．ASD 当事者は，蛍光灯を見た時，それがチカチカして鬱陶しく感じるとしばしば語り，それが常同行動を誘発する一因になっているという（Colman et al., 1976）．蛍光灯は毎秒 100～120 回，すなわち，およそ 10 ミリ秒おきに点滅している．私たちが，これを点滅ではなく，連続した点灯と感じるのは，蛍光灯が視覚の時間分解能を超えた速さで点滅していているためである．感覚刺激の過剰な時間分解能が感覚過敏に結びつくという我々の研究知見は，こうした当事者の感覚経験の一端を解釈する材料を提供している（井手 他, 2017）．

以上で見てきたように，ASD 者の感覚刺激に対する知覚認知処理様式と，神経生理に関する研究データを，当事者が語る自身の感覚経験と照らし合わせることで，それをある程度高い妥当性で可視化することは可能であるように思われる．ASD 者の内的世界を可視化する作業は，それを共有できない周囲の人々の理解を促し，自分と異なる感覚経験の中で生きる当事者との共生を思慮することにつながる．

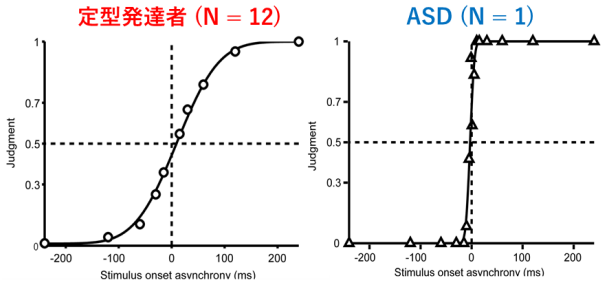


図 1. 定型発達者（左）と ASD の症例の触覚 TOJ における時間分解能（右）
横軸が左右の振動の提示の時間差を表し，右側ほど右が時間的に遅れて振動したことを表す．縦軸は，右の振動が後だと解答した割合を表す．

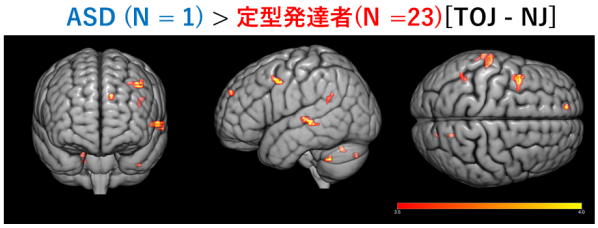


図 2. 触覚 TOJ 課題中に ASD の症例で強い活動が見られた脳部位
分析では，TOJ の課題中の脳活動に，触覚刺激の数を答える課題（Numerosity judgement: NJ）中の脳活動を引き，定型発達者の脳活動の平均との差を求めた．
（Crawford's modified T-test, $p < 0.001$, uncorrected, extended threshold = 10 voxel）

7. 当事者の感覚を共有することの困難と新たなスティグマ

これまで，ASD の感覚過敏について，学校や支援の現場では広く知られてきた問題であるのにも関わらず，共生に向けた具体的対策を講じるための大きな動きに結びつかなかったのはなぜだろうか．その一因には，ASD 児・者の感覚を定型発達者が理解しようと努めても，その感覚は，自分たちの感覚から“引き算”によって導き出されるものではなく，自分には経験されない感覚を“足し算”して導き出されるものだということがあるように思われる．我々は，障害によって何らかの身体機能や感覚経験が損なわれている状態に関しては，自分の感覚を基準にし，そこからいくつかの制約が生じた状態を想起することで，一定の理解ができる．しかし，自分の感覚を基準にし，それに感覚経験が更に付与された状態を想像することは，極めて困難ではないだろうか．

このように，ASD 者の感覚を想起するために，自己の感覚に“足し算”することを求められるという問題の難しさが，その理解に基づいた共生を妨げる一因になっているように思われる．この問題は，これまで ASD 者の表面上の行動を奇異に感じることで作り上げられたスティグマに，その感覚を知ったがゆえに作り上げられる更なるスティグマを付与することにもつながりかねないものである．

8. 結び

冒頭でも論じたように，ASD 児・者の感覚を扱う研究者は，科学的見地から，客観的事実に基づいて，淡々と当事者の感覚について，非当事者に語ることが求められる．当事者と親密に関わる周囲の人たちや支援者も，その立場ゆえの当事者に対するスティグマをもつと考えられる．ASD 児・者の感覚処理障害の理解に基づく共生の新たな展開には，その問題を淡々と事実に基づいて語ることができる基礎研究者の役割は大きいと考える．ただし，基礎研究者が当事者と一定の距離を置くべきということを述べているわけではない．むしろ，実験で明らかにされたデータが，当事者のどのような日常行動や感覚体験に関連するのかを知るために，積極的に当事者本人，家族，支援者などと語る機会を持ち，当事者を取り巻く複数の観点から，情報を集めることを怠るべきではない．それによって，科学的に明らかにされた事実に対する理解を深め，客観的・合理的な解釈の下で，その事実を発信していく必要がある．そのために，ASD の感覚を扱う研究者たちの，強い自律心に裏打ちされた，現象に対する洞察力と，高い倫理観が求められている．

参考文献

[1] Blakemore, S.J., Tavassoli, T., Calo, S., Thomas, R. M., Catmur, C., Frith, U., & Haggard, P. (2006) "Tactile sensitivity in Asperger syndrome." Brain Cogn, Vol. 61, 5-13.

[2] Bonnel, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnel, A.M. (2003) "Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis." J Cogn Neurosci, Vol. 15, 226-235.

[3] Cascio, C., Mcglone, F., Folger, S., Tannan, V., Baranek, G., Pelphrey, K.A., & Essick, G. (2008) "Tactile perception in adults with autism: a multidimensional psychophysical study." J Autism Dev Disord, Vol. 38, 127-137.

[4] Cascio, C.J., Gu, C., Schauder, K.B., Key, A.P., & Yoder, P. (2015) "Somatosensory Event-Related Potentials and Association with Tactile Behavioral Responsiveness Patterns in Children with ASD." Brain Topogr, Vol. 28, 895-903.

[5] Colman, R.S., Frankel, F., Ritvo, E., & Freeman, B.J. (1976) "The effects of fluorescent and incandescent illumination upon repetitive behaviors in autistic children." J Autism Child Schizophr, Vol. 6, 157-162.

[6] Daluwatte, C., Miles, J.H., Christ, S.E., Beversdorf, D.Q., Takahashi. T.N., & Yao, G. (2013) "Atypical pupillary light reflex and heart rate variability in children with autism spectrum disorder." J Autism Dev Disord, Vol. 43, 1910-1925.

[7] Daluwatte, C., Miles, J.H., Sun, J., & Yao, G. (2015) "Association between pupillary light reflex and sensory behaviors in children with autism spectrum disorders." Res Dev Disabil, Vol. 37, 209-215.

[8] Dunn, W. (1999) "Sensory profile user's manual." San Antonio, TX: Harcourt Assessment.

[9] Dunn, W., & Westman, K. (1997) "The sensory profile: the performance of a national sample of children without disabilities." Am J Occup Ther. Vol. 51, 25-34.

[10] Guclu, B., Tanidir, C., Mukaddes, N.M., & Unal, F. (2007) "Tactile sensitivity of normal and autistic

children." Somatosens Mot Res, Vol. 24, 21-33.

[11] Ide, M., Yaguchi, A., Sano, M., Fukatsu, R., & Wada, M. (in press). Higher tactile temporal resolution as a basis of hypersensitivity in individuals with autism spectrum disorder. Journal of Autism and Delopmental Disorders.

[12] Lane, A.E., Molloy, C.A., & Bishop, S.L. (2014) "Classification of children with autism spectrum disorder by sensory subtype: a case for sensory-based phenotypes." Autism Res, Vol. 7, 322-333.

[13] Lin, I.F., Yamada, T., Komine, Y., Kato, N., & Kashino, M. (2015) "Enhanced segregation of concurrent sounds with similar spectral uncertainties in individuals with autism spectrum disorder." Sci Rep, Vol. 5, 10524.

[14] Matsuzaki, J., Kagitani-Shimono, K.. Sugata, H., Hirata, M., Hanaie, R., Nagatani, F., Tachibana, M., Tominaga, K., Mohri, I., & Taniike, M. (2014) "Progressively increased M50 responses to repeated sounds in autism spectrum disorder with auditory hypersensitivity: a magnetoencephalographic study." PLoS One, Vol. 9, e102599.

[15] Puts, N.A., Wodka, E.L., Tommerdahl, M., Mostofsky, S.H., & Edden, R.A. (2014) "Impaired tactile processing in children with autism spectrum disorder." J Neurophysiol, Vol. 111, 1803-1811.

[16] 井手正和, 矢口彩子, 渥美剛史, 安啓一, 和田真 (2017) "時間的に過剰な処理という視点からみた自閉スペクトラム症の感覚過敏." 東京: 医学書院.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

新規なコミュニケーションシステムの形成に及ぼす自閉傾向の影響
The effect of autistic tendency on the formation of a new communication system

小嶋 暁†, 紅林 優友† ,森田 純哉†
Akira Kojima, Masatomo Kurebayashi, Junya Morita
†静岡大学
Shizuoka University
kojima.akira.14@shizuoka.ac.jp

Abstract
In this research, we focus on the Autism Spectrum Quotient (AQ) as individual characteristics affecting the formation of a communication system. Although autistic spectrum is often regarded as an obstacle to smooth social life, some researchers have suggested that this characteristic has been involved in important innovation leading to our modern society. Following such discussions, this study examined the relation between the AQ score and behaviors in a communication game that generates a simple artificial language. As described above, in this research, autistic spectrum worked effectively in communication games. We considered that patterned thinking is deeply involved in how to advance communication games of people with autism spectrum tendency.
Keywords — Autism Spectrum, Communication

1. はじめに

1.1 背景

現代社会において，人々のコミュニケーションの様式（プロトコル）は急速な変化を続けている．情報社会の今後の変化を予測し，適切に介入するためには，コミュニケーションに関与する認知プロセスに関する基礎的な研究が必要である．本研究では，コミュニケーションプロトコルが個人間のインタラクションによってどのように形成されるのか，また，どのような個人の特性がプロトコルの形成や変化に影響するのかなどを検討する．

コミュニケーションに影響する個人特性として，本研究は自閉症スペクトラム傾向に焦点をあてる．この特性はコミュニケーションの困難さと関連づけられることが多い．一方で，この傾向は遺伝的な形質とみなされることがあり，なんらかの進化的な適応価をもつ可能性もある．さらに，現代社会に繋がる過去のイノベーションの多くにおいて，この特性をもつ個人が関与してきたことも示唆されている [1].

また，近年では自閉症スペクトラムと診断を受ける人が増加していることがわかっている．この増加の背景の一つとして，自閉症の神経基盤に関わる研究が進展することで，従来は見逃されていた疾患が顕在化したことが考えられる．その一方で，遺伝的な要因による実際の人口の増加の可能性も指摘されている．後者の可能性と関連し，カリフォルニアのシリコンバレーなど，自閉症スペクトラム的な特徴が有効に機能する産業が集積する地域において，より多くの診断がなされていることなどが指摘されている [2].

いずれの原因であるにせよ，自閉症スペクトラムが近年に注目されていることは確かであり，教育現場や就労の場面での支援が必要とされている [3]. よって，この個人特性とコミュニケーションプロトコルの形成に関わる行動データの関係性を分析することで，現実場面における自己，対話相手の自閉症スペクトラム傾向に応じたコミュニケーションの支援に有用な知見が得られることが期待される.

1.2 目的

本研究では，自閉症スペクトラム傾向が新規な記号コミュニケーションにおいてどのような役割を果たすのかを検討していく．その上で，自閉症スペクトラム傾向が新規な記号コミュニケーションの成立を促進ないし，抑制するか，さらに、コミュニケーションの形成に及ぼすメカニズムを検討する.

2. 関連研究

2.1 コミュニケーションに関する実験

コミュニケーションに関わる研究は言語学や心理学，情報学など多岐にわたる分野において行われている．その中で，通常の言語的なコミュニケーションが制限された状況において，コミュニケーションシステム（プロトコル）がどのように成立するのかという問いに対する研究が複数のアプローチにより行われてきた．この流れによる新規なコミュニケーションシステムの形成に関わる検討は，言語の起源，あるいは言語進化に関わる問題 [4]とも繋がっている.

こういった研究の流れの中で，Galantucci は，コミ

ュニケーションシステムの創発を実験室内で観察・操作可能な実験課題を考案した [5]．この課題では，実験参加者に相対での会話をさせず，あらかじめ意味も運用方法も決まっていないコミュニケーションメディアを別途用意し，それを用いてある種の協調ゲーム（協力によって各プレイヤーの利得を増加させるゲームの類型）を解くことを求める．これによって，測定の難しいコミュニケーションメディア（表情や視線，あるいは姿勢や相槌の打ち方など）の利用を制限した．また，セマンティクスやシンタックスの形成・共有過程を観察することで，コミュニケーションシステムが形成される過程を観察し，そこで働く認知メカニズムを考察した．この実験枠組みの優れた点は，あらかじめ意味の決まっていないメディアにおいて，共通の課題を達成するためのコミュニケーションシステムが二者間で創発する過程を観察できることにある．Galantucci は，この研究枠組みを実験記号論と呼んだ [6]. 先行研究では, その創発過程において観察される，記号に明示的に表われないような暗黙的な共通基盤の存在とその重要性が指摘されてきた.

Galantucci らの研究を受け，金野らは，コミュニケーション方法をより明確に解析しやすくし，また，記号以外のコミュニケーションメディアの使用をさらに制限した．これにより，コミュニケーションを成立させる記号の使い方の形成・共有の過程，および，制限していても現れる可能性がある記号以外のコミュニケーション手段を分析する実験を構築した [7] [8]．この実験では，記号のルールに何の取り決めもない状態から, 結果的にコミュニケーションシステムが形成され，2 者間での協調ゲームが解決されるようになることが観察された．この形成過程を分析した結果，コミュニケーションシステムは記号のルールには表れないプラグマティクスと記号のルールとの相互循環的なプロセスを経て形成されていることが示唆された．さらに，金野らは，ことばによるコミュニケーションがどのようなシステムによって成り立っているのかを探求する手法として，実験記号論に基づく実験室実験の手法を紹介し，その有効性を検討している [9]．その上で，この手法が言語教育に果たす役割についての可能性を述べている.

実験記号論の枠組みに即した実験研究は，エージェントの認知機能を操作するシミュレーション研究とも相性がよい．Morita らは，コミュニケーションシステムの成立に寄与すると考えられる認知機能を操作した認知モデルを認知アーキテクチャのうえに構築し，金野ら [7]の実験結果を再現するシミュレーションを実施した [10]．シミュレーションの結果，コミュニケーションシステムの成立に， 2 者間での相互の模倣過程が重要であることが示された．この結果を発展させ，Morita らの最近の研究では，模倣の成功に関与すると仮定される認知機能を操作するモデルを構築し，コミュニケーションシステムの形成過程に関わる検討を行った [11]．その結果，暗黙的な記憶のエラーによって模倣を失敗する状況を構築できること，そのモデルによるコミュニケーションシステムの成立仮定が，自閉症児の言語発達の過程と類似することを指摘した.

上記一連の検討により，通常の記号以外のコミュニケーションを排除し，どのようなコミュニケーションシステムが形成されるか分析されてきた．しかし，コミュニケーションシステムの形成における個人特性の検討は極めて限定的である．自閉症に関わるモデルを構築した Morita の検討においても, シミュレーションの結果のみが示され, 実験との対応が取られていない. よって，本研究では個人特性として自閉症スペクトラムに焦点を当て，その特性がどのような役割を果たすのか分析し，増加する自閉症スペクトラム傾向への支援にどのような手法が有効かを検討する.

2.2 自閉症スペクトラム

自閉症スペクトラム（Autism Spectrum Disorder）とは，古典的な自閉症とアスペルガー症候群と呼ばれていた疾患を統合した診断名である．旧来の診断において，自閉症と，アスペルガー症候群は次のような相違点があるとされていた．まず，自閉症においては知能指数（IQ）がどの段階にも位置し得るが，言葉の遅れがあること．それに対して，アスペルガー症候群においては，IQ は少なくとも平均以上であり，言葉の遅れはないとされてきた. 自閉症スペクトラムの診断は, 旧来の 2 つの疾患の相違を捨象し, 両者に共通した“著しい社会性の障害”，“コミュニケーション障害”，“限局された，異常な，強い興味・関心や反復行動”を基準とするものである [12].

自閉症的特性に関わる自己診断やスクリーニングの方法として，自閉症スペクトラム指数（AQ：Autism Spectrum Quotient）がある [2]．AQ は 4 歳から成人までを対象にしたスクリーニング尺度であり，50 の質問項目からなる．Baron-Cohen ら，若林らから AQ 尺度上の自閉症傾向の目安は 32 ないし 33 点以上とされ

ている．AQ は社会的スキル，注意の切り替え，細部への関心，コミュニケーション，想像力を下位尺度とする 50 項目からなる質問紙であり，個人の自閉症傾向を測定する目的で，研究と臨床の場面において幅広く用いられている．日本語化は若林らにより行われ，大規模な調査を通した信頼性の検討がなされている [13].

AQ スコアに関して，低い（0-10 点）平均（11-22 点），平均以上（23-31 点），とても高い（32-50 点）などの解釈の水準が設けられている．また，このスコアにおける性差も指摘されており，女性の平均は 15 点前後，男性の平均は 17 点前後などの分布が報告されている．さらに，アスペルガー症候群，あるいは高機能自閉症として診断を受けた人の多くが 35 点前後に分布するとも言われている．ただし，留意しなければならない点として，AQ 得点が高いからといって，それだけで診断を下すための根拠とはならない．診断には，その個人がいくつかの面で「社会生活における困難が生じている」という事実が必要になる．

自閉症スペクトラム，あるいは自閉症傾向の人に生じる上記のような社会性の困難さの一因は，「心の理論」の欠如にあると言われている [14]．心の理論とは，他者の心を類推し，理解する能力のことである．心の理論が欠如していることで，自閉症スペクトラムを持つ人は，他者と視線を共有すること（共同注視）に困難を抱き，また他者と自分の役割を入れ替える模倣を不得手とすることになる．

一方で，一部の人には，ある分野での才能を生じさせることもある．自閉症の当事者研究で知られる Grandin は，自閉症スペクトラムの人の脳機能の特性を，視覚型，パターン型，言語型の 3 種の思考型に分類した [1]．例えば，「パターン化」とは，あらゆる物事（プログラミングや数字など）に対し，パターンを見つけることで物事を遂行する．『ぼくには数字が風景に見える』の著者であるダニエル・タメットは数字一つひとつに独自の個性を持つ，独特のものと考えているという [15]．数字を，形や色，質感，動きとして見る．大きな数字の掛け算に対して，計算するのではなく，二つの数字の形が融合して新しい形になるのが見えてパターン化される．

ここまでの関連研究を参考にすれば，AQ の高い個人は模倣を不得手とし，先行研究のシミュレーションによって示されたようなコミュニケーションシステムの成立を困難とするという仮説を立てることができる．その一方で，AQ の高い個人はパターン化に優れるため，新規なコミュニケーションシステムの形成に寄与するという仮説を立てることもできる．これら 2 つの仮説のいずれが成り立つのかを検討するため，本研究では，コミュニケーションプロトコルの形成過程と個人の AQ を対応づける実験を実施した．

3. 方法

以下に示す実験の方法は静岡大学「ヒトを対象とする研究倫理委員会」にて承認されたものである．

3.1 実験参加者

本研究の実験では，コミュニケーションプロトコルの生成に関わる個人特性を検討するために，AQ とゲーム課題を連結するデータセットを構築した．特に本研究では 127 名（女性 14 名）が履修する授業内で集団実験を実施した．本授業は静岡大学浜松キャンパスにおける教養科目「心理学」であり，工学部と情報学部の学生が参加した．本研究の参加者は当該授業に出席し，実験の実施における回に参加した者である．88 名が実験を実施した授業内に実施した出席確認アンケートに回答した．

3.2 材料

3.2.1 AQ の測定

AQ を測定する質問紙を，PHP と SQLite を利用した Web アプリケーションとして実装し，サーバ上に対象者から得られた回答を記録した．このアプリケーションにおいて，回答後，対象者は得点の計算と分布上の位置がフィードバックされる．

3.2.2 メッセージ付き協調ゲーム

2.1 節で述べた金野ら [9]と同様の実験課題を用いた．この実験課題（以降，「ゲーム課題」と表記）は，Web を介したメッセージ付き協調ゲームである．サーバサイドの開発には PHP を利用し，ゲームにおけるペア内の情報の共有はサーバ内のデータベース (MySQL) を介して行われる．また，クライアントサイドの画面設計には，JavaScript (Ajax) を活用し，非同期でのサーバクライアント通信を実現している．授業内で多人数が参加する実験を実現するため，実験参加者の自動でのペアリングの機能も備えている．

図 3 はゲーム課題の状況を示している．当初は意味の定まっていない記号をパートナーとやり取りしつつ，共通のゴールに向けたインタラクションを繰り返す．

それにより，短時間での人工言語の創造を実験的に生起させる．このときの行動データ（サーバログ）を分析することで，メッセージにのせられた情報量の時系列変化やコミュニケーションの生起と関連する様々な認知プロセスを検討できる [10].

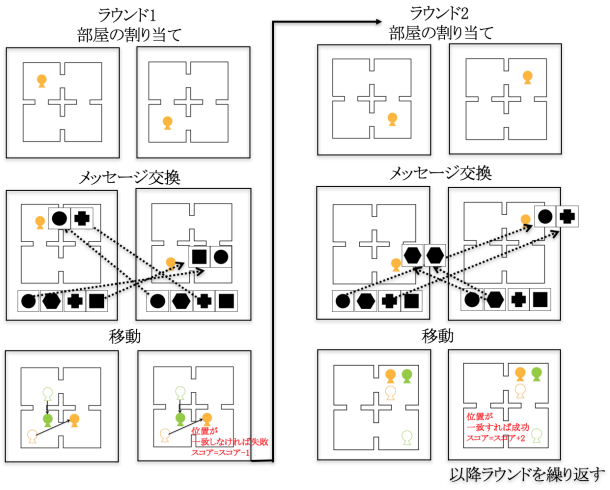


図 3 ゲームフローのイメージ図

ゲームのシステムとして，“部屋の割り当て”，“メッセージ交換”，“移動”の 3 フェーズ設け，この 3 フェーズを 1 つのラウンドとしている．2 名の参加者が扱うエージェントは 2 x 2 の部屋に割り当てられる．お互いにパートナーの位置を直接見ることはできない．この状況で，両者が同時に移動し，同じ部屋で落ち合うことを求められる．実験参加者は，自身の PC 画面に“部屋の割り当て“フェーズが表示される．その後，”メッセージ交換“フェーズ”に移行し，実験参加者はメッセージ交換をする．メッセージは「自分のメッセージ」下の枠をクリックすることで図形の選択，「メッセージを送信」ボタンで決定することができる．図形は左右に 2 つ組み合わせたメッセージを送信でき，図形は●や■などの 4 つの図形が用意されている．また，メッセージの送信には時間差を設けることができた．すなわち，ペアのうちの一方はパートナーからのメッセージを受け取ったのちに，自分のメッセージを決定することができた．次に“移動”フェーズに入り，自分の移動先を決める．移動先は部屋をクリックすることで選択，「移動場所を送信」ボタンで決定する．なお，部屋の対角には移動することができない．移動後，両者がどの部屋からどの部屋に移動したかが表示され，得点が決定する．ゲームにおいて，参加者は上記のラウンドを決められた時間内で繰り返し，できるだけ高い得点を得ることを求められた．得点は両者の位置が一致した場合に 2 点が加えられ，不一致であった場合に 1 点が減らされた（0 点より減ることはない）．

このゲーム課題における重要な要素としては以下が挙げられる． まず，部屋の選択肢が 3 つであるため，両者の移動先が偶然一致するというケースも存在するが，両者の移動先が偶然一致するケースだけではスコアを伸ばすことはできない．そのため，4 つの図形を左右に2つ組み合わせた16パターンへの意味付けを行うことで、移動先に対する合意を形成する必要がある（16 パターン全てに意味付けが必要というわけではない）．特に，両者が対角に配置された場合はゲームに参加する 2 名が必ず移動しなければ，得点を得られない．その場合は，“メッセージ交換”フェーズにおける送信順序（先手・後手）を利用することで，自身の現在位置を送信する参加者と，その行き先を踏まえた行き先を送信する参加者の役割分担を形成する必要がある．

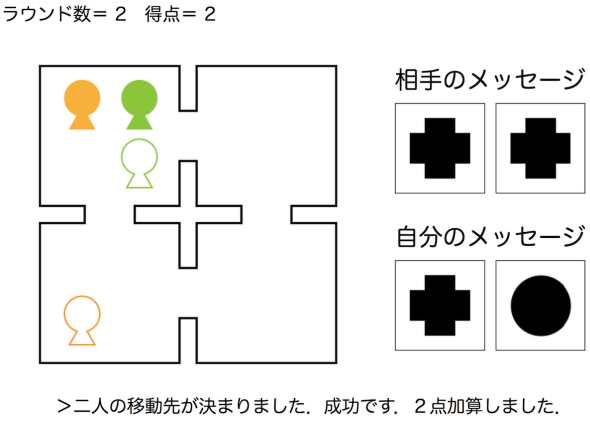


図 4 記号の意味付け

3.3 手続き

本研究の実験において収集する AQ は秘匿性の高い個人情報である．よって，本研究における実験手続きでは，個人情報の流出のリスクを避けるため，データ収集の時点で実験参加者が匿名化された．

実験の準備として，まず 4 台の無線 LAN アクセスポイント ，それと同数のサーバが教室に運搬され，授業時間内で限定したローカルネットが構築された．実験参加者には，自身の PC を持ち込むよう事前に伝えた．

ゲーム課題，および実験の流れについて教示ののち，教室において各自がアクセスする SSID を知らされた．一つの SSID に 30 名程度の参加者が割り当てられた．

アクセスポイントを介してサーバにアクセスすると，参加者は，自分自身が任意に設定した仮名 ID をフォームに入力することを求められた．その後，サーバ内で他の対象者とのペアリングが自動でなされた．参加者は誰とペアになったか知らされないままゲームを行った．本実験において，パートナーのペアリングは，20 分程度の間隔で 3 回行われた．ペアリングのタイミングは，実験者の時計をもとに，実験参加者に伝えられた．以降，3 回のペアリングにおいてなされたゲームを時間順にゲーム 1，ゲーム 2，ゲーム 3 と呼ぶことにする．

各ゲームにおいて送信されたラウンド，左右の図形，初期位置，移動先，メッセージ送信時間，移動時間，スコアの情報がタイムスタンプとともにログとしてサーバに記録された．実験後，Web フォームにアクセスし，ゲームで利用した仮名 ID を入力させ，アンケートに回答させた．

なお，ゲーム課題におけるバイアスとなることを避けること，また AQ は個人特性であり，時間や文脈に大きく影響されないと判断し，AQ の測定はゲーム課題の翌週に実施した．ゲームデータと連結するため，AQ 測定の Web フォームに，ゲームで利用したものと同じ仮名 ID を入力させた．また，AQ やゲーム課題の説明変数として有効と考えられる個人の属性データ（学科や性別）についても入力を求めた．ただし，連結によって個人が識別される可能性のあるデータは取得しなかった．たとえば具体的な年齢などの情報は，連結によって特定の対象者に結びつく可能性があるため記入を求めなかった．

4. 結果

4.1 対象データとデータクレンジング

サーバに記録されたゲームのログをもとに，課題中のコミュニケーションの分析を行う．サーバ上のデータベースには，各ラウンドにおける各参加者の，「仮名 ID，ラウンド番号，送信図形，初期位置，移動先，スコア，図形送信時間，移動時間」の情報が記録される．これらの情報に基づき，システムの不具合，および通信エラーによって生じたデータを削除した．具体的には同じ仮名 ID が同一のゲーム内で複数のパートナーとペアを形成したデータ（ゲーム 1：6 件，ゲーム 2：2 件，ゲーム 3：4 件），ゲームの途中でラウンドが停止したデータ（ゲーム 1：14 件，ゲーム 2：4 件，ゲーム 3：4 件），ゲーム終了時にスコアが途中で 0 点にリセットされたデータである（ゲーム 1：7 件，ゲーム 2：6 件，ゲーム 3：8 件）．

また，対象者には，ゲーム課題及び，AQ 測定を行うにあたり，自身で用意した仮名 ID を使用させた．この時，ゲーム課題及び，AQ 測定を別日に行なったため，仮名 ID を忘れるなどして，ゲーム課題と AQ のデータを結びつけることができない事態が生じた．その結果，ゲーム課題と AQ に関する分析において，上記のデータ（14 件）は除外して分析を行なった．

4.2 AQ 測定結果

図 5 は対象者に実施した AQ の測定結果である．横軸に AQ（点），縦軸に割合（%）が示される．青線が自閉症ないし，アスペルガー症候群と診断を受けた AS/HFA 群の得点分布、2 種の点線はそれぞれ一般男性，一般女性の得点分布，赤線が本実験の対象者の得点分布である．また，それぞれの AQ 平均得点は AS/HFA 群が 37.9 点，一般男性が 21.5 点，一般女性が 19.9 点，対象者が 22.7 点となっている．対象者の平均得点は，一般男性・女性よりも少し高い，得点分布においても一般男性・女性の得点分布には見られない 10 点から 15 点の間の割合増加が対象者には見られる．また，対象者には 35 点から 45 点の間で少し起伏が見られる．

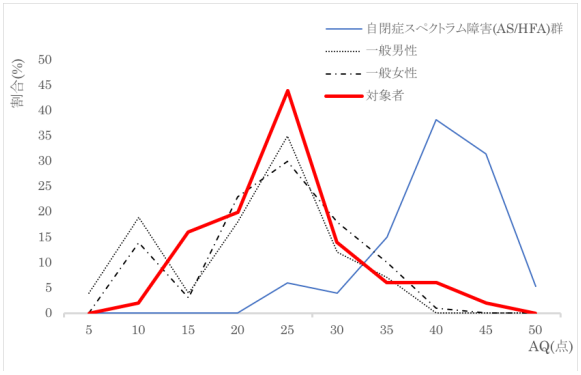


図 5 教室内の得点分布

4.3 ゲーム課題結果

図 6 は 3 回のゲームにおけるスコアの推移を示している．各図は横軸にラウンド，縦軸に各ラウンドにおけるスコアが示される．赤線は AQ32 以上のスコアを持つ個人が参加したペアである．以降，これらのペアを AQ 高ペアと呼ぶ．若林らによる AQ スコアの解釈において，32-50 点はとても高いと表記されているため，本実験において AQ 32 以上を高 AQ の基準としている．

図 6 の 3 つのグラフを比較することで，AQ に関わらずゲームの繰り返しによって，獲得されたスコアと遂行されたラウンドが増加したことがわかる．AQ 高ペアに注目すれば，高いスコアで最終ラウンドを迎えたペアも存在すれば，スコアが低いままであったペアも存在した．注目すべきは，ゲーム 2 とゲーム 3 において，最高得点をとったペアがともに高 AQ だったことである．

また表 1 は，各ゲームにおけるスコアの平均，標準偏差である．各ゲームにおいて AQ32 以上を持つ個人が参加したペアの平均は，それ以外のペアを上回った．AQ32 未満のペアはゲームを行う毎にスコアを伸ばしているが，AQ 32 以上に比べ，低い値にとどまっている．

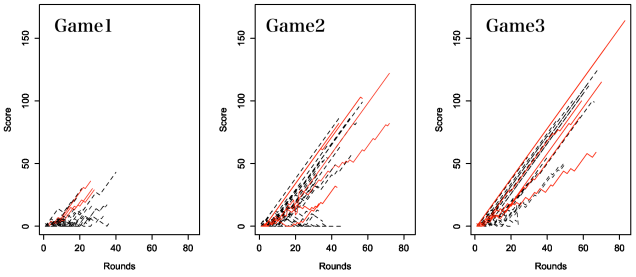


図 6 スコアの推移

表 1 各ゲームにおけるスコア

		N(pairs)	Mean	SD
Game1	Total	26	11.21	1.10
	AQ>=32	3	32	3
	AQ<32	23	8.72	10.82
Game2	Total	32	45.26	34.94
	AQ>=32	7	62.85	32.37
	AQ<32	25	40.34	34.04
Game3	Total	30	72.96	44.66
	AQ>=32	7	109.57	32.37
	AQ<32	23	61.82	41.87

表 2 は各ゲームのスコアと AQ，およびラウンドと AQ の相関分析の結果である．ゲーム 1 ではスコア，ラウンド共に有意な相関は見られなかった．一方で，ゲーム 2，ゲーム 3 ではスコア、ラウンドともに低い相関が見られた．ゲームを繰り返すことにより，ゲームと AQ の間に何らかの関連が生じたと推測される．

表 1 各ゲームのスコア，ラウンドと AQ の相関

Game1	スコア	$r(44) = 0.10$, $p < .10$
	ラウンド	$r(44) = -0.03$, *n.s*
Game2	スコア	$r(53) = 0.26$, $p < .10$
	ラウンド	$r(53) = 0.29$, $p < .05$
Game3	スコア	$r(65) = 0.22$, $p < .05$
	ラウンド	$r(65) = 0.33$, $p < .05$

4.4 ゲーム課題と AQ 下位尺度との相関分析

表 3 は各ゲームのスコアと AQ 下位尺度との相関分析の結果である．ゲーム 1 のスコアでは注意の切り替えに低い相関が見られた．ゲーム 2 のスコアではコミュニケーション，想像力に低い相関が見られた．ゲーム 3 では注意の切り替えに低い相関が見られた．ゲーム 2 において注意の切り替えは有意な相関ではない．.

表 3 各ゲームのスコアと AQ 下位尺度との相関

	Game1	Game2	Game3
社会的スキル	$r(44) = 0.02$ *n.s*	$r(53) = 0.19$ *n.s*	$r(51) = 0.03$ *n.s*
注意の切り替え	$r(44) = 0.32$ $p < .05$	$r(53) = 0.21$ *n.s*	$r(51) = 0.25$ $p < .10$
細部への注意	$r(44) = -0.06$ *n.s*	$r(53) = -0.15$ *n.s*	$r(51) = 0.11$ *n.s*
コミュニケーション	$r(44) = 0.05$ *n.s*	$r(53) = 0.28$ $p < .05$	$r(51) = 0.21$ *n.s*
想像力	$r(44) = 0.002$ *n.s*	$r(53) = 0.27$ $p < .05$	$r(51) = 0.07$ *n.s*

4.5 ゲーム課題のプロセス

前節までの結果は，AQ の高さは新規なコミュニケーションの成立を阻害するというよりも，促進する方向に働くことを示している．この結果の背後にあるメカニズムを検討するために，本節では，AQ 高ペアにおけるコミュニケーションシステム形成過程を検討するケーススタディを行う．その後に，ケーススタディで見出された特徴を指標化し，AQ やゲーム課題との関連を

検討する．

4.5.1 ケーススタディ

ゲーム3において最も高得点を獲得したAQ高ペアに注目し，どのようなプロセスでコミュニケーションが行われたのかを分析した．このペアのAQは一方が39，他方が20であった．それぞれの参加者をAQ39，AQ20と表記していく．図7はペアに参加した個人間のメッセージの送信時間差，および位置移動の時間差（AQ39 - AQ20）を示している．2ラウンド以降は，青線が全て正の値となっていることから，AQ39が一貫して後手でメッセージを送っていることがわかる．一方，黄線に注目すれば，全てではないものの多くの場合で負の値を示しており，AQ39はパートナーよりも早く移動先の位置を決定したことがわかる．

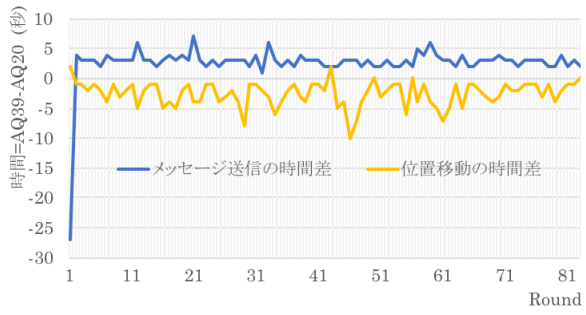


図7 ペア内での送信時間／位置移動の時間差

表4から表7は各参加者の送信した左右の図形を初期位置と行き先別にカウントしたものである．全ての表において，表側に位置（左上，右上，左下，右下），表頭に図形（四角，十字，六角形，丸）が並ぶ．しかし，表によってそれらの意味は異なっている．表4と表6では表側が初期位置，表頭が左側の図形を示している．それに対して，表5と表7は，表側が移動先，表頭が右側の図形を示している．つまり，これらの表は，初期位置と左側の図形，移動先と右側の図形の対応関係を仮定するものになっている．

表中の数値から，AQ39は一貫して左側の図形を初期位置，右側の図形を行き先に割り当てたことがわかる（表4と表5において，四角と左上，十字と右上，六角形と左下，丸と右下が対応づけられる）．それに対して，AQ20は左図形と初期位置の対応関係を確認できるものの，右図形と行き先の対応を確認できない（表4，表5と同様の対応関係が表6において観察され，表7では対応が観察されない）．この図形と位置の対応関係のペア内での差異は，図7におけるメッセージ送信の時間差と整合的である．すなわちメッセージ送信が先手であったAQ20が左図形によって初期位置を送信し，それを受けたAQ39が右図形によって行き先を送信する形でコミュニケーションが成立していたと解釈できる．

上記の解釈は，ゲーム課題後に行ったアンケートによっても裏付けられる．アンケートでは，「パートナーが作成するメッセージの理解度」，「あなたが作成するメッセージのパートナーの理解度」，「最終的な協調の程度」を尋ねたが，これらに対して，このペアの参加者は最高点である5を回答した．さらに，「それぞれの図形にどのような意味を持たせて使用していたか教えてください．」という質問に対し，AQ39は，

> *「左上を四角，右上を十字，左下を丸，右下を六角と相手に刷り込ませ，相手の位置を同じ記号2つで答えさせ，こちらは自分の位置，移動位置をその後に送信．同じ位置か隣り合わせなら自分が迎えに行き，対角の位置にいた場合はこちらの指定地点へ相手にも動いてもらう，という方針で進めた」*

と回答した．これは，表4から表7と整合する．そして，「リーダーシップをとれていた/とれていなかった原因は何があると考えられますか．」という質問に対しては，

> *「こちらが合わせに行ったため，相手はこちらより単純な作業であり，協調性に乱れがなく，こちらの思い通りに進められたから」*

と回答している．上記の回答から，AQ39は自身が他者に合わせにいったことがゲーム課題を成功させた要因となっていたと考えていることがわかる．また，「単純な作業」という単語からは，ゲーム課題をパターン化することを志向したことが示唆されており，そのパターン化により相手の思考量が減らされたことがコミュニケーション成立の要因となったと考えていることが示唆される．

一方で，AQ20は「リーダーシップをとれていた/とれていなかった原因は何があると考えられますか．」という質問に対し，

> *「あの制約の中ではリーダーシップとも言えないと思うが，必ず最初に自分の位置を伝えたので，そういう意味ではリーダーシップなのかもしれない」*

と回答している．AQ39への同質問に対する回答と

AQ20 との間で自身がリーダーシップを取ってゲームを進めたという認識のズレが生じている．

表 2 左側の送信図形と初期位置の対応（AQ39）

	四角	十字	六角形	丸	計
左上	21	0	0	0	21
右上	0	21	0	0	21
左下	0	0	0	20	20
右下	0	0	21	0	21
計	21	21	21	20	83

表 5 右側の送信図形と移動先の対応（AQ39）

	四角	十字	六角形	丸	計
左上	27	0	0	0	27
右上	0	29	0	0	29
左下	0	0	0	13	13
右下	0	0	14	0	14
計	27	29	14	13	83

表 6 左側の送信図形と初期位置の対応（AQ20）

	四角	十字	六角形	丸	計
左上	20	0	0	0	20
右上	0	21	0	0	21
左下	0	0	0	21	21
右下	0	0	21	0	21
計	20	21	21	21	83

表 7 右側の送信図形と移動先の対応（AQ20）

	四角	十字	六角形	丸	計
左上	14	7	0	7	28
右上	7	14	7	0	28
左下	0	0	0	13	13
右下	0	0	14	0	14
計	21	21	21	20	83

4.5.2 役割のパターン化の指標

上で示したケーススタディより，本研究におけるコミュニケーションシステムの成立は，ペア内でメッセージの送信順序を固定化したことが要因となっていたことが推察される．この固定化の傾向を指標化するために，各ゲーム内におけるペア間のメッセージ送信時間差の分散を計算した．この分散は図 7 における青線の上下方向の振れの大きさを示している．よって，送信時間差の分散が小さければ（振れが小さければ），メッセージの送受信のパターンが固定化されたことが意味される．

表 8 は各ゲームにおけるペア間のメッセージ送信時間差の分散と AQ，ラウンド，スコアの相関分析の結果である．ゲームの成績に関わる指標であるラウンドとスコアについては，ゲーム 2 におけるラウンドを除いて，負の相関が観察される．すなわち，多くのゲームにおいて，送信時間差の分散が小さくなることが，ゲームの成功と関連していたことが示される．この指標と AQ との相関については，ゲーム 1 とゲーム 2 では観察されず，ゲーム 3 においてのみ弱い相関が観察された．この結果より，AQ の高いペアはゲームの進展に従って，パターン化を形成していき，そのことがゲームの成功と結びついたことが推察される．

表 4 - 3 ペア間のメッセージ送信時間差の分散と AQ，ラウンド，スコアとの相関

	AQ	ラウンド	スコア
Game1	$r(44) = -0.20$	$r(54) = -0.58$	$r(54) = -0.27$
	n.s	$p < .01$	$p < .05$
Game2	$r(52) = -0.13$	$r(61) = -0.09$	$r(61) = -0.22$
	n.s	*n.s*	$p < .10$
Game3	$r(51) = -0.25$	$r(58) = -0.58$	$r(58) = -0.46$
	$p < .10$	$p < .01$	$p < .01$

5. 考察

ここまでの結果をまとめ，自閉症スペクトラム傾向が新規な記号コミュニケーションにおいてどのような役割を果たすのか，またこの個人特性がコミュニケーションの形成に及ぼすメカニズムを考察する．

まず，図 7 および表 1 より，記号以外のコミュニケーションの手段を制限したメッセージ付き協調ゲームは，繰り返す毎にゲームパフォーマンスが向上したことがわかった．ゲームを繰り返すたびにパートナーは変わり，ゲーム終えた後，もう一度記号に意味付けをする必要がある中でスコアはゲームを行うのちに大きく伸びた．このことから，本研究の実験においては，本来意味を持たない記号に，意味付けがなされ，集団の中でコミュニケーションシステムが共有されていったと解釈できる．

こういった全体の流れの中で，AQ32 以上を持つ個人が参加したペアのスコアが全体および AQ32 未満のペアの平均よりも高く，各ゲームにおける全体のスコア平均を底上げした．つまり，1.2 節に記載した「自閉症スペクトラム傾向が新規な記号コミュニケーションの成立を促進ないし，抑制するか」という問いに対し，本研究の結果は，前者の答えを示唆する．

この原因を検討するために，AQ の下位尺度である

社会的スキル，注意の切り替え，細部への注意，コミュニケーション，想像力 [2] と各ゲームのスコアとの相関分析を行った．得られた相関係数のなかで，注意の切り替えが複数のゲーム課題の成績と相関し，コミュニケーションシステムの成立において，何らかの影響を果たした可能性がある．注意の切り替えは自閉症スペクトラムの中核症状である反復性と関わる項目であり，「同じやり方を何度もくりかえし用いることが好きだ」などの質問を含んでいる．これらから，自閉症スペクトラム傾向のある人は，ゲームをパターン化することで，パートナーとのコミュニケーションを成立させていたと考察する．

AQ 高ペアに対するケーススタディから示されたパターン化の一つの効用が，役割固定化である．ケーススタディにおいて示したように，AQ20 がメッセージを先手で送り，左図形で初期位置を伝え，それを受けた AQ39 が右図形によって移動先を後手で送るといった形で役割を明確にする．記号と部屋を対応させたパターン化，メッセージ送信における先手・後手の役割固定化がこのゲーム課題で高いスコアを獲得するためには有効であり，自閉症的なパターン化の傾向が固定化に有効に寄与した可能性がある．

6. 結論

6.1 本研究のまとめ

本研究は，コミュニケーションプロトコルの形成における個人特性として，自閉症スペクトラム傾向を示す AQ に注目し，人工言語の構築が要求されるゲームの成績との関連を検討した．結果，ゲームを繰り返すごとに，ゲームパフォーマンスは向上した．また，AQ 32 以上を持つ個人が参加したペアが全てのゲームにおいて，AQ32 未満を持つ個人を大きく上回った．その中で，ゲーム 3 においてもっとも高スコアを獲得したペアに，高い AQ をもつ参加者（AQ39）が含まれたことが示された．このペアのゲーム課題のプロセスを分析したところ，AQ39 が図形と部屋を割り当てることで，ゲームをパターン化させ，ゲームスコアを伸ばすことにつなげた．これらから，自閉症スペクトラム傾向は，コミュニケーションシステムの成立を促進する． また，自閉症スペクトラムの思考型の一つであるパターン型思考がコミュニケーションシステムの形成に大きく影響するメカニズムとなっていることが示唆された．

6.2 今後の課題

本研究において，個人特性として AQ を取り上げた．留意しなければならない点として，AQ 得点が高いからといって，自閉症スペクトラムと診断が確定するわけではない．本研究の結果を，医療的な場面に応用するのであれば，自閉症スペクトラムと診断を受けた人がコミュニケーションシステムをどのようにして成立させるかを検討する必要がある．

さらに，本研究における実験は，対話などのコミュニケーションとは異なり，テキスト的な記号を介したコミュニケーションを扱った．そのことが，自閉症スペクトラム傾向の特徴の一つであるコミュニケーション障害とは矛盾する結果を導いた可能性がある．上記を踏まえた上で，本研究で得られた知見を現実場面で活用するための検討，および自閉症スペクトラムの特性を活かす環境をデザインすることが必要なのではないかと考える．

また，本研究の実験において対象データを抽出する際にデータクレンジングを行なった．その原因には，システムのエラー，通信の不具合が挙げられる．今後の研究において，それらを無くすことで，自閉症スペクトラム傾向がコミュニケーションシステムの形成に及ぼすメカニズムをさらに解き明かすことができるだろう．それに加え，ゲーム課題と AQ のデータの連結を確実にすることで，データ数が増え，より信頼のできる結果が得られると考える．最後に，本研究の実験は集団実験で行っており，データの信頼性という点で疑問が残る．

謝辞：本研究は JSPS 科研費 26240037，16K16113 の助成を受けた．また、本研究において用いた実験装置は金沢工業大学の金野武司氏より提供を受けた．ここに記し感謝の意を表す．

参考文献

[1] T. Grandin , R. Panek, The Autistic Brain-Thinking across the spectrum, Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.

[2] S. Baron-Cohen, W. Sally, S. Richard, M. Joanne , C. Emma, “The Autism-Spectrum

Quotient (AQ) :Evidence from asperger syndrome/High-Functioning Autism,Males and Females, Scientists and Mathematicians, ” *Jornal of Autism and Developmental Disorders,* vol.31, no.1, pp. 5-17, Febrary 2001.

[3] 高橋一誠, 大木美加, ブローバティスト , 鈴木健嗣, “特別支援学校における児童の清掃支援に向けた共感デザイン,” *電気情報通信学会,* 2017.

[4] 橋本敬, “言語とコミュニケーションの創発に対する複雑系アプローチとはなにか,” *計測と制御,* vol.53, no.9, pp. 789-793, 2014.

[5] B. Galntucci, “An experimental study of the emergence of human communication systems,” *Cognitive Science,* pp. 737-767, 2005.

[6] B. Galantucci, “Experimentas semiotics: A new approach for studying communication as a from of joint action,” *Topics in Cognitive Science,* vol.1, pp. 393-410, 2009.

[7] 金野武司, 森田純哉 , 橋本敬, “調整課題における記号コミュニケーションシステムの形成実験,” *電子情報通信学会技術研究報告 : 信学技報,* vol.110, no.400, pp. 49-54, 1 2011.

[8] 金野武司 , 橋本敬, “人工言語の共創課題を用いたことばへの気づきの誘発に関する試み,” *知識共創,* vol.6, 2016.

[9] 森. 金野武司, “言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ,” *計測と制御,* vol.53, no.9, 9 2014.

[10] J. Morita, T. Konno , T. Hashimoto, “The Role of Imitation in Generating a Shared Communication System,” *Proceeding of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society,* vo.34, pp. 779-784, 2012.

[11] J. Morita, T. Konno, K. Samejima, G. Li, F. , T. Hashimoto, “Implicit Memory Processing in the Formation of a Shared Communication System, ” *Proceedings of 15th International Conference on Cognitive Modeling*, 2017.

[12] 宮川充司, “アメリカ精神医学会の改訂診断基準 DSM―5 : 神経発達障害と知的障害, 自閉症スペクトラム障害,” *椙山女学園大学教育学部紀要,* vol.7, pp. 65-78.

[13] 若林明雄 , 東條吉邦, “自閉症スペクトラム指数 (AQ) 日本語版の標準化-高機能臨床群と健常成人による検討,” *心理学研究,* vol.75, no.1, pp. 78-84, 2004.

[14] S. Baron-Cohen, A. M.Leslie , U. Frith, “Does the autistic child have a “theory of mind”?,” *Cognition,* vol.21, pp. 37-46, 1985.

[15] D. Tammet, Born on a Blue Day:Inside the Extraordinary Mind of an Autistic Savant, New York: Free Press, 2007.

心身マルチタスクトレーニングが 高齢者の認知能力に与える影響の検証
The effect of cognitive and physical multitask training on cognitive performance of the older adults

渥美 裕貴†，横矢 真悠‡，山田 和範‡，岡田 直人†，汪 雪婷1†，
森田 純哉*，上出 寛子†，榎堀 優†，間瀬 健二†
Yuki Atsumi, Mayu Yokoya, Kazunori Yamada, Naoto Okada, Xueting Wang,
Junya Morita, Hiroko Kamide, Yu Enokibori, Kenji Mase

†名古屋大学，‡パナソニック株式会社，*静岡大学
Nagoya University, Panasonic Corporation, Shizuoka University
atsumi@cmc.is.i.nagoya-u.ac.jp

Abstract

In this research, we examined the effect of cognitive and physical multitask training on cognitive performance of the older adults. Our multitask training consists of a walking task with *Walking Assist Robot* and a signal recognition task. On the test items similar to the cognitive task used of the intervention, the performance was improved by multitask training, but those items not directly related to the task of intervention did not show improvement. We conclude a near transfer was observed, while a far transfer was not.

Keyword — Dementia, Walking, Multitask, Training

1. はじめに

近年、高齢社会が取り沙汰され、とりわけ健康寿命の延伸に関心が集まるようになってきた。健康寿命は健康上の問題なく日常生活を送ることのできる期間を表し、我が国の現状において、平均寿命との間に 10 年程度の隔たりがある。その原因の一端を占めるのが認知症等による認知機能低下である。

認知症を完治する手段は現状では存在せず、その発症は生活行動を大きく制限するものである。その中で、注目が集まるのはマルチタスクトレーニングによる認知機能低下の予防・抑制である。たとえば、Anguera らは、ドライビングゲームと単純な信号反応課題を同時に行わせるトレーニングを開発し、加齢による認知機能の低下に対する効果を示した[1]。

この研究を参考にしつつ、本研究では、より日常的な場面に適用しうるトレーニング・プログラムを開発する。本研究が焦点を当てるのは、認知機能に関わる課題と、身体機能、とりわけ歩行に関わる課題を同時に課す心身マルチタスクトレーニングである。その長期的な目標は歩行支援と一体化した安全で効率的な認知能力と身体能力のトレーニング・プログラムの開発にある。

1 現所属：東京大学

2. 関連研究

先述のように Anguera らは、ドライビングゲームと単純な信号反応課題を同時に行わせるマルチタスクトレーニングを開発した。高齢者を対象とした実験を実施した結果、マルチタスクトレーニングを受けた群は、統制群に比べ、特定のプレ-ポストテストにおいて、スコアの向上が見られたと報告している[1]。ただし、Anguera の研究におけるマルチタスクトレーニングは、類似した複数の認知的課題を組み合わせるものであり、認知機能と身体機能を組み合わせるものではない.

これに対して、山田らは、バランストレーニングと同時に計算や文章音読といった認知課題を課したマルチタスクを考案し、それらを個別に行う シングルタスクによるトレーニングとの差異を検討した。結果、DT 条件下での歩行成績、および転倒発生状況の調査において改善がみられることを示している[2]。ただし、山田らの研究においては、マルチタスクトレーニングによる認知機能の維持に与える効果は示されていない。

マルチタスクではないものの、認知症患者に対 する身体トレーニングの効果に関する研究も行われている。Sarah らは、筋力トレーニングなど単純な身体 トレーニングを課したことの影響は、6 分間歩行試験 などの身体機能評価の向上にとどまり、認知機能への転移は

見られないことを示している[3]。

このように、これまでの研究は身体機能と認知機能を別々に訓練することが主流であり、それぞれの機能を訓練することに対する一定の効果は見られている。しかし、身体機能と認知機能を組み合わせるトレーニングを課した介入研究は少ない。両者を組み合わせた山田らの研究においても、認知機能の向上に対する効果を示すものはなかった。よって、本研究では、認知能力向上のためのトレーニングの開発に向け、心身マルチタスクの認知能力向上効果の有無、波及範囲を把握することを目指す。

また、当研究で行われた実験では、同時に心身マルチタスクトレーニングによる身体機能向上効果の検証も行われており、岡田らがその内容を発表している[4]。

3. 実験手法

3.1. 実験参加者

認知症の診断が無く、歩行補助器具なしでの歩行が可能な 75 歳から 85 歳を条件として募集した。結果、18 名(年齢 : 79.8 ± 2.6 歳、男女比 : 男 6 女 12)が本研究に参加した。実験の全体（のべ 4 か月）に参加することで、参加者は 30,000 円の謝金を受けた。

参加者は、マルチタスク群(以下、MT 群)の 9 名と、対照群であるシングルタスク群(以下、ST 群)の 9 名に分けられた。各群の詳細は表 1 に示す。

実験参加者の各群への振り分けは年齢および男女比に有意な差が発生しないように行われた。その後、プレテスト時点での ST 群、MT 群間に MMSE スコアの有意差がない（$p > .10$）ことを確認した。

表 1 実験参加者

	シングルタスク群 (ST 群) (n = 9)	マルチタスク群 (MT 群) (n = 9)
男女比	3 : 6	3 : 6
年齢	80.11 (2.42)	79.44 (2.71)
MMSE	28.0 (1.49)	26.8 (2.08)
E-SAS	491.1 (89.93)	521.11 (38.43)

※1 数値は各群実験参加者内の平均値、括弧内は S.D.値。

※2 数値はいずれもプレテスト実施時点のもの。

3.2. 実験課題

3.2.1. プレテスト・ポストテスト

1 か月間のトレーニングの前後およびトレーニングの 3 か月後に認知機能の各種テスト(トレーニング前後それぞれを、Pre-test、Post-test と呼称する)を行い、その差分によって、身体機能訓練を取り入れたマルチタスクトレーニングが認知機能に与える影響について評価した。

実施した認知機能テストは、認知症スクリーニングとして利用される MMSE (Mini Mental State Examination)、身体能力の向上を対象者の活動的な地域生活の営みという社会的なアプローチから判断する指標である E-SAS、刺激提示への反応時間・注意力を計測する TOVA (Task of Variables Attention)課題、顔画像を用いてその変化を検出する DWM(Delayed Working Memory)課題、一瞬だけ表示される画像を用いた変化検出課題によってアイコニック・メモリの許容量を推察する Filter 課題、CD(Change Detection)課題から構成されている。後者 4 つの課題群は、Anguera らを踏襲して設定した。彼らの先行研究においては、TOVA 課題と DWM 課題において、マルチタスクトレーニングの効果が得られている。

各課題の詳細を以下に示す。

・MMSE (Mini Mental State Examination)

30 点満点の 11 カテゴリの質問からなり、点数の基準は 24 点未満を軽度な認知機能低下、20 点未満を中程度の認知機能低下とする。

今回の実験ではプレテスト時における認知能力指標としても使用し、中程度以上の認知低下の認められる実験参加者がいないこと、および ST 群 – MT 群間で実験開始時点での認知能力差が無い事を確認している。(表 1)

・E-SAS [4]

「生活のひろがり」「ころばない自信」「入浴動作」「歩くチカラ」「休まず歩ける距離」「人とのつながり」の 6 項目からなり、それぞれ 100 点満点に換算され、計 600 点満点で評価される。各項目について 80 点が一般高齢者の目安とされる。介護予防における「運動器の機能向上」効果を運動機能のみによって評価するのではなく、参加者が活動的な生活の営みを獲得できたか、という視点からも評価する。「歩くチカラ」以外の 5 項目はアンケートによって評定され、「歩くチカラ」の項目は Timed up & go テストと呼ばれる、着座状態から指定距離の位置に置かれたポールを周回し再び着座するまでの時間を計測するテストを行って測定する。

・TOVA (Task of Variables Attention) 課題

画面による刺激提示時点からボタンによる反応を受理するまでの時間を計測した。

課題開始時点において、画面内の黒色の正方形は画面下部に配置され、10~15 秒の範囲でランダムに設定される待機時間を経て、画面上部に移動する。参加者には、画面上部に正方形が移動したことを確認した後に、可能な限り速くボタンを押すように指示し、正方形の移動からボタンの押下までの反応時間を計測した。ボタンが押下されると正方形は再び画面下部に戻り、待機時間が再設定される。これらの動作模式図を図 1 に図示した。

1 セットにおける問題数は 10 問であり、当実験ではプレテスト・ポストテストごとに 2 セット行った。分析時には、各セットのうち 1 問目、10 問目を除外し、$\tau = 3$ を有意点としたスミルノフ・グラブス検定で外れ値を除外して用いた。

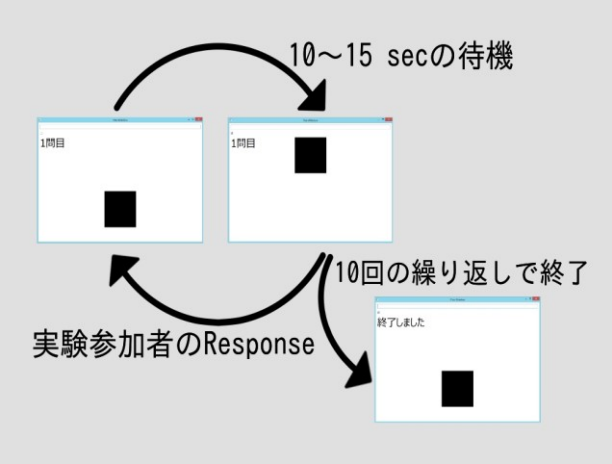


図 1　TOVA 課題模式図

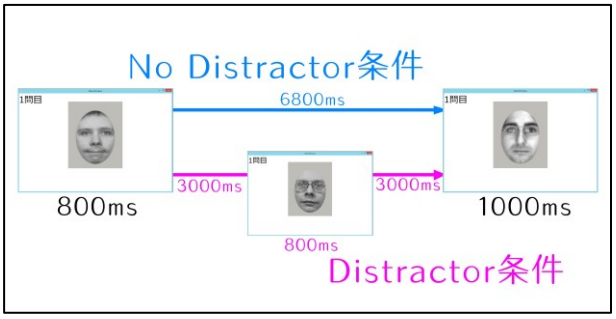
・DWM (Delayed Working Memory) 課題

インターバル時間を挟んで提示される 2 枚の顔画像を用いて、その顔画像が異なるものであったか否かを回答させ、その正解数を記録した。

課題が開始されると、800ms の間、覚えるべき画像が表示され、その 6,800ms 後に 1,000ms の間、比較するべき画像が表示され、その提示終了後、回答をボタンにより入力する。覚えるべき画像と比較すべき画像のそれぞれが提示される間に、No Distracter 条件ならば何も表示されず、Distracter 条件ならば、800ms の間、課題とは関係のない顔画像が表示される。

回答の制限時間は無く、比較するべき顔が覚えるべき顔と異なる確率は 50%、Distracter は必ず覚えるべき顔とも比較するべき顔とも異なるものが選択される。1 セットにおける問題数は 10 問である。

図 2　DWM 課題模式図



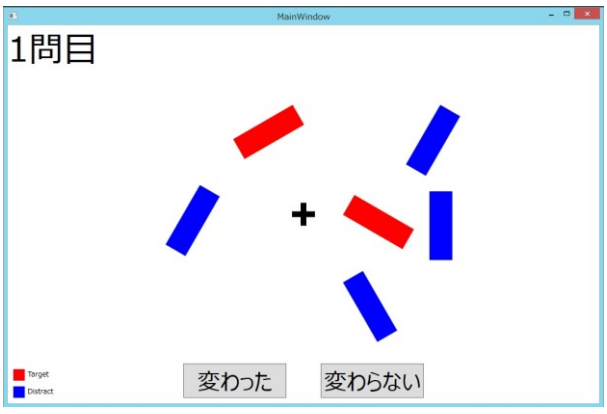
・Filter 課題

短い時間(100ms)表示される複数の長方形で構成される画像を認識し、何も表示されないインターバル時間の後に表示される画像と差異があるかを回答する。

課題が開始されると、待機時間の後、100ms の間、赤色と青色の長方形で構成される図形が表示される。その後、900ms のインターバル時間を挟んで、次の 2000ms の間、先に表示された図形と同一、もしくはいずれかの長方形の角度が変化した画像を表示する。参加者は提示された 2 枚の画像を比較し、差異があるか否かを回答する。この時の画面例を図 3 に示す。

画面内の長方形の内、赤色のものはターゲットであり、青色のものはディストラクタである。変化が発生しうるのは赤色の長方形の身であり、青色の長方形は絶対に変化しない。この旨は事前に参加者に説明された。課題は 10 問を 1 セットとし、2 セット行われた。1 セット目は 2 つのターゲットと 2 つのディストラクタ、2 セット目は 2 つのターゲットと 4 つのディストラクタを使用した。

図 3　Filter 課題画面例



また、無回答が 10 問中 3 問以上あった回については、分析時に除外された。

・CD (Change Detection) 課題

短い時間(100ms)表示される複数色の小正方形で構成される画像を認識し、何も表示されないインターバル時間の後に 1 つのみ小正方形が表示される。それを見て、後に表示される画像の小正方形が、前の画像の同色のものと同じ位置に表示されているかを回答するものである。

課題が開始されると、待機時間の後、100ms の間、複数の小正方形からなる図形が表示される。その後、900ms のインターバル時間を挟んで、次の 2000ms の間、小正方形が 1 つの画像が表示される。先に表示された図形において、2 枚目の図家で表示された小正方形と同一の色が同一の場所に表示されていたか否かを回答する。画面例を図 4 に示す。

課題は 10 問を 1 セットとし、2 セット行われた。1 セット目は 1 枚目の画像に 4 つの小正方形、2 セット目は 6 つの小正方形を使用した

また、無回答が 10 問中 3 問以上あった回については、分析時に除外された。

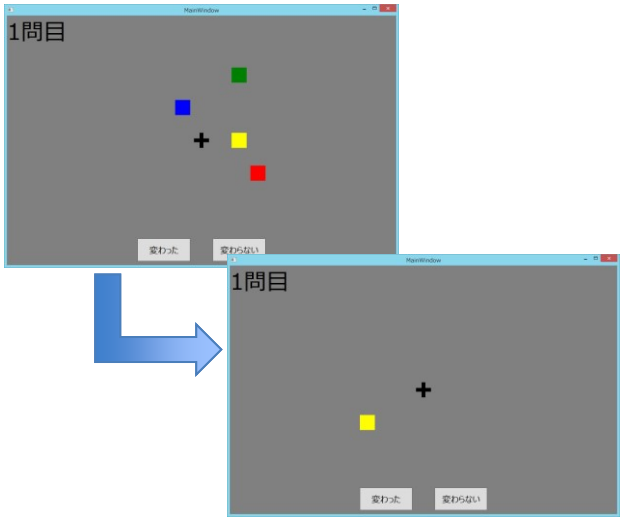


図 4　CD 課題画面例

3. 2. 2. 介入トレーニング

MT 群は身体機能と認知機能を同時に扱うマルチタスクトレーニング、ST 群ではそれぞれを個別に行うシングルタスクトレーニングを週に 2 日、通算 1 か月間行った。身体機能課題としては、歩行支援ロボット[6][7]を用いた室内歩行路の巡回を用意した。認知機能課題としては、Anguera らを踏襲し、画面上に提示される信号への応答時間を計測した。

・歩行支援ロボットによる歩行

実験に用いた歩行支援ロボットは、歩行者から加えられる荷重をセンシングすることで、歩行者の歩行状況をモニタリングし、安全な歩行のための支援を与えるものである。これはロボットによる歩行状況の詳細な分析、および将来的に歩行支援ロボットにマルチタスクトレーニングのプログラムを搭載することで、適度な負荷をかけつつ、転倒などの危険がケアされた安全な歩行を行いながらのトレーニングを実現することを企図している。

当実験では、歩行路は室内に用意された幅 1m のラバータータン製のものを用いた。歩行路の外周 1 周は約 24m である。歩行路図を図 5 に示す。

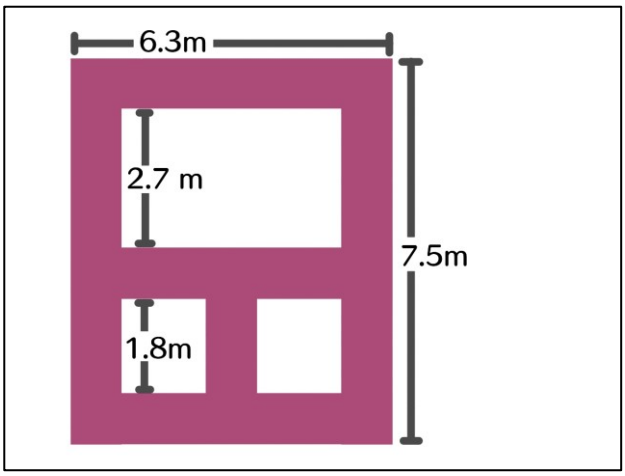


図 5　介入トレーニング用歩行路図

・信号認識課題

当研究で行った心身マルチタスク介入トレーニングには認知機能課題として、歩行支援ロボットのハンドル部に搭載された画面上に表示される信号への認識反応課題を課した。

トレーニング中、画面上にランダムな間隔で緑色の信号が表示される。参加者にはこの信号を視認後、ロボットのハンドルに備え付けられた接触センサ式のボタンに触れて反応するように指示をした。信号には表示時間が設定されており、表示時間内に応答がされたら「OK」、応答がないまま表示時間が経過したら「MISS」と判定する。表示時間は成績に応じて変化し、初期状態では 1 秒間であるが、3 問連続で「OK」と判定されると 0.8 倍に、3 問連続で「MISS」と判定されると 1.2

倍に変化していく。これによって、その参加者の反応能力に合わせて難易度が変化していくようにした。

また、認知機能課題の信号については単純に提示に対して応答すべき信号のみ用いるものと、無視すべき赤色の信号を混在させて応答すべきか否かを判断させるものの2通りを行った。

3.3. 実験手続き

この実験は名古屋大学未来社会創造機構において、倫理審査委員会の承認を受けて行われた。実験は以下の手続きでプレテスト、トレーニング、ポストテストの順に実施された。

3.3.1. プレテスト

実験の初日はプレテストに充てられた。参加者は実験に関する説明を受け、MMSE および、3.2.1.項に示した認知能力課題に取り組んだ。また、この実験では同時に心身マルチタスクトレーニングによる身体機能向上効果の検証も行われており、そのための身体能力測定も行われた。[4]

プレテストは1つの時間枠に対し3名までの参加者が同時に参加し、参加者ごとに身体能力測定、MMSE、認知能力課題をローテーションして実施した。したがって、参加者ごとにそれらの実施順は異なるが、認知能力課題の実施順序はいずれの参加者も TOVA 課題の1セット目、DWM 課題、TOVA 課題の2セット目、Filter 課題、CD 課題の順で行った。1つの時間枠の所要時間はおよそ2時間であった。

3.3.2. トレーニング

実験の2日目(トレーニング1日目)から9日目(トレーニング8日目)はトレーニングに充てられた。ST 群の参加者は、3.2.2.項に示した課題を3分間ずつ行うことを1セットとし、MT 群の参加者は同時に行うことで1セットとした。トレーニングの様子を図6に示す。また、歩行課題の前後で参加者の血圧、心拍数、血中酸素飽和度を測定し、異常値、急激な変化が見られた場合は休憩を挟んだ。

1つの時間枠に対し、3名までの参加者が同時にトレーニングを行い、交代でトレーニングを行うことで、他の参加者のトレーニング中をインターバルの時間とした。1日のトレーニングでは3セットを行い、1つの時間枠の所要時間はおよそ2時間であった。

歩行タスクと信号認識課題を併せて、介入トレーニ



図6　実験風景

表2　介入トレーニングスケジュール

		歩行タスク		信号認識課題	
		1周内の転回回数	分岐		
1日目	1セット目	4	無し	緑信号のみ	*1
	2セット目	4	無し	緑信号のみ	*2
2日目	1セット目	4	無し	緑信号のみ	*3
	2セット目	4	無し	緑信号のみ	*4
	3セット目	6	無し	**赤信号混在**	*5
3日目	1セット目	6	無し	**赤信号混在**	*6
	2セット目	8	**有り**	緑信号のみ	*7
	3セット目	8	**有り**	**赤信号混在**	
4日目	1セット目	10	**有り**	**赤信号混在**	*8
	2セット目	10	**有り**	**赤信号混在**	
	3セット目	8	**有り**	緑信号のみ	*9
5日目	1セット目	8	**有り**	**赤信号混在**	
	2セット目	14	**有り**	緑信号のみ	
	3セット目	14	**有り**	**赤信号混在**	
6日目	1セット目	4	無し	緑信号のみ	*1
	2セット目	4	無し	緑信号のみ	*2
	3セット目	4	無し	緑信号のみ	*3
7日目	1セット目	4	無し	緑信号のみ	*4
	2セット目	6	無し	**赤信号混在**	*5
	3セット目	6	無し	**赤信号混在**	*6
8日目	1セット目	8	**有り**	緑信号のみ	*7
	2セット目	10	**有り**	**赤信号混在**	*8
	3セット目	8	**有り**	緑信号のみ	*9

※1　1日目は1セット分をプレテストの E-SAS を行う時間として使用した。

※2　「*n」の表記は同一の数字の箇所は同一の課題を行った事を示している。

ングのスケジュールを表 2 に示す。歩行経路の複雑さの指標として、1 周内の転回（曲がり角、丁字路における 90 度の方向転換）の回数と分岐（カラーコーンによって示されるルートが同一セット中に変化する）の有無を示した。

3.3.3. ポストテスト

実験の 10 日目はポストテストに充てられた。参加者はプレテスト時と同様に MMSE および認知能力課題に取り組んだ。また、これもプレテストと同様に、同時に心身マルチタスクトレーニングによる身体機能向上効果の検証も行われており、そのための身体能力測定も行われた。

4. 実験結果

4.1. 向上効果

3.2.1.項に示したプレテスト、ポストテストの結果について、表 3 に示す。この結果について、2 条件間の差異については、等分散を仮定しない 2 群の t 検定（ウェルチ検定）を行った。

・MMSE

MMSE の得点について、「ポストテスト時スコアープレテスト時スコア」で表される向上度合いは、ST 群 - MT 群間に有意な差は見られなかった [t = 0.95, *n.s.*]。

・E-SAS

E-SAS の得点について、ST 群がプレテスト時に 491.1 点であったものがポストテストに置いて 506.7 点まで向上していたのに対し、MT 群では 521.1 点であったスコアが 501.7 点まで減少していた。「ポストテスト時スコアープレテスト時スコア」で表される向上度合いは、ST 群に比べ、MT 群の方が高かった [t = 2.59, p < .05]。

・TOVA

TOVA 課題の結果については、平均反応時間を指標として表されるため、数値が小さいほど良い評価となる。ST 群ではプレテスト時点で平均 316.64ms の反応時間であり、ポストテストでは 328.21ms まで反応速度が延長した。一方の MT 群では、プレテスト時に 350.09ms であった反応速度が 340.46ms まで向上しており、「ポストテスト時スコアープレテスト時スコア」の差分値を指標とした向上度合いは、ST 群に比べ、MT 群において向上の傾向が観察された [t = 1.96, p < .10]。

表 3 Pre-Post Test 結果

		シングルタスク群 (ST 群) (n = 9)		マルチタスク群 (MT 群) (n = 9)	
		Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test
MMSE		28.0 (1.49)	29.0 (1.33)	26.9 (2.08)	26.7 (3.53)
E-SAS	Total	491.1 (89.9)	506.7 (83.0)	521.1 (38.4)	501.7 (28.9)
	1 生活のひろがり	81.1 (14.1)	85.0 (16.3)	90.6 (6.43)	81.7 (11.1)
	2 ころばない自信	77.8 (25.7)	83.9 (25.7)	86.7 (16.3)	76.7 (24.4)
	3 入浴動作	100.0 (0.0)	100.0 (0.0)	100.0 (0.0)	100.0 (0.0)
	4 歩くチカラ	81.1 (6.7)	82.2 (5.3)	76.1 (13.1)	76.7 (6.7)
	5 休まず歩ける距離	84.4 (24.6)	91.1 (13.7)	93.3 (13.3)	93.3 (13.3)
	6 人とのつながり	66.7 (28.9)	64.4 (30.0)	74.4 (22.7)	73.3 (20.9)
CT	TOVA	316.64 (56.20)	328.21 (61.36)	350.09 (85.19)	340.46 (65.52)
(Cognitive Task)	Delayed WM (No Distracter)	8.11 (2.13)	9.11 (0.57)	8.78 (1.47)	9.11 (0.87)
	Delayed WM (Distracter)	8.78 (1.55)	9.00 (0.67)	8.67 (2.11)	8.56 (2.17)
	Filter	6.81 (1.09)	6.14 (1.79)	6.50 (1.41)	6.56 (1.61)
	CD	6.69 (1.22)	6.83 (1.18)	6.13 (2.03)	6.00 (2.12)

※1 数値は各群実験参加者内の平均値、括弧内は S.D.値。

表 4　指標間相関係数

		Pre				Post-Pre				Other	
		TOVA	DWM	Filter	CD	TOVA	DWM	Filter	CD	Age	E-SAS
Pre	TOVA										
	DWM	**+0.51****									
	Filter	+0.30	-0.10								
	CD	**+0.75*****	**+0.51****	+0.30							
Post-Pre	TOVA	**-0.86*****	-0.23	-0.30	**-0.60****						
(向上度合い)	DWM	-0.37	**-0.89*****	+0.12	-0.36	+0.04					
	Filter	-0.13	+0.01	-0.23	+0.18	+0.21	+0.04				
	CD	-0.28	-0.25	+0.21	**-0.51***	+0.23	+0.11	-0.10			
Other	Age	-0.35	-0.24	+0.11	-0.25	+0.26	+0.02	-0.18	+0.34		
	MMSE	**+0.60*****	**+0.70*****	-0.27	+0.27	**-0.47****	**-0.70*****	-0.28	-0.02	-0.05	
	E-SAS	+0.04	+0.15	-0.20	+0.10	+0.15	-0.15	+0.42	+0.01	-0.31	-0.06

※1　Significance Level (* <.10 , **<.05 , ***<.01)

※2　Pre,Other の項目は各指標のプレテスト時点の値。Post-Pre の項目はポストテスト時点の値からプレテスト時点の値を減算したもの。

※3　TOVA の項目は数値が小さいほど良スコアであるので、(-1)を乗算した。

・DWM 課題

DWM 課題の結果については正解数を指標として表した。正解数は ST 群、MT 群ともにプレテストに比してポストテストで向上したが、ST 群 - MT 群間の有意な差は見られなかった [$t = 0.01$, *n.s*]。

また、Distracter 条件と No Distracter 条件のスコア間に有意な差は見られなかった [$t = 0.00$, *n.s*]。

・Filter 課題、CD 課題

Filter 課題、CD 課題の結果については、正解数を指標として表した。これら 2 つの課題については、ST 群 - MT 群間およびプレテスト - ポストテスト間に、介入トレーニングの効果を示す結果は特に見られなかった [Filter: $t = 0.57$, *n.s*] [CD: $t = 0.39$, *n.s*]。

4.2. 指標間相関

表 4 にこの実験で取得した各認知課題のスコアおよび、プレテストからポストテストに向けての向上度合いの相関関係を示す。この表から言えることは、まず、TOVA 課題、DWM 課題、CD 課題についてはそれぞれのスコアに高い相関関係がある。また、これらの課題について、同一の課題におけるプレテスト時点のスコアと「ポストテストのスコアープレテストのスコア」で表される向上度合いとの間に負の相関関係が見られた。MMSE は TOVA 課題、DWM 課題のスコアと強く関連しており、MMSE スコアの高い参加者ほど、これら 2 課題のスコアも高くなっている。

4.3. トレーニングの経過

表 2 に示した通り、トレーニングの前半と後半で同一の内容で課題を行っている箇所がある。これについて、前半の成績に比して後半で同様の課題を行った回の成績が向上していること箇所があることを確認した ($p < .10$)。

5. 考察

今回の実験で採用されたトレーニングにおける認知課題は、画面中の変化に素早く反応するものであり、実験前後テストにおける TOVA 課題と類似するものといえる。よって、トレーニングにおいて直接扱った分野の認知機能については、トレーニング効果が見られたといえる。一方で、Filter 課題、CD 課題ではトレーニング効果は見られず、特定内容の認知機能トレーニングにおいて、他分野の認知機能に及ぼす好影響は見られなかった。

1 か月のトレーニングにおいては、各トレーニング日において、認知機能課題と身体機能課題の難易度を調整した。トレーニングの前半と後半で同一の難易度で課題を行った結果を比較したところ、後半において成績が向上していることを確認した($p < .10$)。これもまた、トレーニング課題との類似がトレーニング効果の獲得に影響するという前述の解釈を補強するものであ

る。

指標間の相関関係を見ると、プレテスト時点のスコアの低かった参加者ほど向上効果が顕著に表れていることを示している。一方、プレテスト時点でスコアの高かった参加者は、天井効果に達し、ポストテストでの向上効果が見られなかった可能性も考えられ、この結果には慎重な検討を要する。他に強い相関関係が見られた箇所は MMSE と TOVA、DWM のスコアであり、MMSE スコアで測定される認知能力と連動するスコア指標として TOVA、DWM は妥当だと思われる。一方、Filter、CD のスコアとは相関しておらず、この 2 タスクについては認知能力指標としての妥当性に疑問が残る。

6. 結論

当研究では、歩行支援ロボットを用いた歩行と信号検出課題を用いた心身マルチタスク介入実験を行った。この実験により、介入課題である信号検出課題と類似した認知能力課題（TOVA 課題）について、対照群である ST 群に比して MT 群で向上効果が高いことを検証し、心身マルチタスクが認知能力の向上に有効である可能性を示した。

これは、今回用いられたトレーニング内容をトレーニング・プログラムの開発と言う面で、実世界で使用していく裏付けとなるだろう。

一方で、今回の実験では、Pre-test、Post-test にあまりに多くの項目を含めすぎるとテストが長時間にわたり練習効果や疲労効果の影響が大きくなってしまうという事情を鑑み、テスト項目を絞り込んで行った。すなわち、向上効果の有無が検証されていない認知機能項目も存在し、また今回採用した Filter 課題、CD 課題については向上効果が認められなかった。こうした項目を入れ替えて介入実験を行うことで、さらなるトレーニングの有意義性の検証を目指している。

謝辞

当研究は独立行政法人科学技術振興機構(JST)の COI ストリーム課題「個別化社会イノベーションデザイン拠点」の支援によって行われました。

また、当研究で行われた実験に際し、ご協力いただきました実験参加者の皆さま、実験の円滑な運営にご尽力いただきました一般社団法人ハッピーネットの皆さまに感謝いたします。

参考文献

[1] J.A.Anguera, J.Boccanfuso, J.L.Rintoul, O.Al-Hashimi, F.Faraji, J.Janowich, E.Kong, Y.Larraburo, C.Rolle, E.Johnston, A.Gazzaley, (2013/9) “Video game training enhances cognitive control in older adults” , NATURE, Vol. 501, No.9, pp.97-101,

[2] 山田実, 上原稔章, 浅井剛, 前川匡, 小嶋麻悠子, (2008/5), “Dual-task バランストレーニングには転倒予防効果があるのか？ —地域在住高齢者における検討”, 理学療法ジャーナル, 第 42 巻第 5 号

[3] S.E.Lamb, B.Sheehan, N.Atherton, V.Nichols, H.Collins, D.Mistry, S.Dosanjh, A.M.Slowther, I.Khan, S.Petrou, R.Lall, (2018/5) ”Dementia And Physical Activity (DAPA) trial of moderate to high intensity exercise training for people with dementia: randomized controlled trial”, British Medical Journal, 2018; 361: k1675

[4] 岡田直人, 渥美裕貴, 横矢真悠, 山田和範, 汪雪婷, 上出寛子, 森田純哉, 榎堀優, 間瀬健二, (2018/6) “心身マルチタスク訓練による身体能力改善効果の検討”, 電子情報通信学会 メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会(MVE),

[5] 公益社団法人 日本理学療法士協会, (2007) “E-SAS 高齢者のイキイキとした地域生活づくりを支援するアセスメントセット”, http://jspt.japanpt.or.jp/esas/index.html,

[6] 横矢真悠, 山田和範, 山田陽滋, (2016/9) “歩行支援ロボットを用いた歩行能力計測”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2016),

[7] 山田和範, 横矢真悠, 邸霈, 山田陽滋, (2016/9) “高齢者の日常生活に寄り添う屋内型歩行支援ロボットの提案”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2016),

[8] 渥美裕貴, 横矢真悠, 山田和範, 森田純哉, 平山高嗣, 榎堀優, 間瀬健二, (2017/5) “心身マルチタスク状況下における認知タスク負荷評価の検討”, 第 31 回 人工知能学会全国大会(JSAI2017),

[9] C.D.Wickens, (2008) ”Multiple Resource and Mental Workload”, Journal of Human Factors and Ergonomics Society, 50(3), pp.449-455,

ナッジされる私たち
We, as an existence to be “nudged”

山根 承子[†]
Shoko Yamane
[†]近畿大学
Kindai University
syamane@kindai.ac.jp

Abstract
セイラーとサンスティーンが 2008 年に提唱した「ナッジ（nudge）」は、人々がよりよい選択をするように誘導するような仕組みを考えることを目指している。ナッジは選択の自由を禁じたり、経済的なインセンティブを大きく変えたりするものであってはならない。人間の意思決定のクセを利用して「誘導」することが望ましいとされている。本講演では様々なナッジの事例を紹介しながら、主にナッジの持続性について議論したい。

Keywords — Nudge, Libertarian Paternalism

1. ナッジするということ

人の選択は、どこまで外的にコントロールされるべきだろうか。個人が何かを選択しようとしているとき、好きなものを自由に選ばせるか、それとも代わりに最良なものを選んであげるべきなのだろうか。個人の選択の自由を保証することが何よりも重要であるという考え方もあるだろうが、自分にとって最適な選択ができず、後悔する人が多いことも様々な研究で明らかになっている。個人に選択をゆだね、本人の自由に選ばせるべきであるとする立場を自由主義（リバタリアニズム）という。反対に、本人の意思は無視して選択を押し付けるような立場を家長主義（パターナリズム）という。

政府がどのような政策を取るべきかにコメントすることは、少なくとも経済学には重要な問題であり、その際にどちらの立場を採用するかで大きく方針が異なっていく。リバタリアニズムは個人の自由意思を尊重し、市場に任せようとする。2000 年代初頭に小泉政権が行った「小さな政府」はリバタリアニズム的な政策であるといえる。一方でパターナリズムは積極的に市場に干渉する主義であり、最低賃金規制や解雇規制のような規制強化への賛成に繋がる。

リバタニアリズムとパターナリズムのどちらを採用するかという問題は、単純に好みの問題ではなく、人間の合理性をどこまで認めるかという問題である。人間は自身で正しい判断をし、それを実行することができると考えているのであれば、リバタリアリズムでうまくいくだろう。逆に、人間の意思決定能力に疑問を持っていれば、全てを外的に決定してしまおうとするパターナリズムを採用するのは自然である。様々な研究で明らかにされた人間の意思決定や行動の特性は、確かに非合理な振る舞いを示している。しかし我々は自分がよりよくなるための判断を全く行えないわけではない。つまり実際の人間にとって、リバタリアニズムは放置しすぎだが、パターナリズムはお節介すぎるといえる。

人間の合理性を再考してきた行動経済学が推奨するのは、「リバタリアン・パターナリズム」という両者の折衷案的な立場である。これはリチャード・セイラーとキャス・サンスティーンによって提唱された考え方で、「選択の余地を残しながらも、よりよい方向に誘導する」ことを目指す [1]。日本語では「緩やかな介入主義」と訳される。リバタリアン・パターナリズムは、人々の選択の自由を妨げたり、選択肢を制限したりしない。自身にとって最適な選択ができていない人だけを、正しい方向に「誘導する」ことを目指す。この誘導は決して強制的なものではなく、あくまでもよりよい選択への「ナッジ（軽い一突き）」である。我々は人間の認知や意思決定の癖を利用することで、より効果的なナッジを行うことができる。ナッジは選択の自由を禁じたり、経済的なインセンティブを大きく変えたりするものであってはならず、人間の意思決定のクセを利用して「誘導」することが望ましいとされている [1]。リバタリアン・パターナリズムとナッジの考え方は、2017 年にリチャード・セイラーがノーベル経済学賞を受賞したことでさらに注目を集め、広く知られるようになった。日本の環境省も 2017 年に、低炭素型の行動変容を目的とし、日本版ナッジ・ユニットを発足させている。

2. ナッジの例

実際に導入され、成功を修めたという点で最も有名なナッジは、アメリカの貯蓄プログラム SMarT だろ

う。SMarT（Save More Tomorrow）プログラムはリチャード・セイラーがシェロモ・ベナルチと共に発案したもので、給料が上昇すると拠出率も同時に引き上げられるという貯蓄システムである。このシステムは、「デフォルト」に従ってしまうという人間の性質を利用したものである。通常、このデフォルトの力は貯蓄を妨げる。例えば貯蓄プランに加入しないままになっているとか、入社時に設定した低い拠出率のままになっているなどである。SMarT プログラムはその性質を逆手に取ることで「ナッジ」する。実際にこのプログラムを行ってみたところ、SMarT プログラムを採用した人々は、拠出率を自由に設定したグループや一律に設定したグループよりも多くの貯蓄を行えたことが明らかになった。そして現在、アメリカでは多くの退職貯蓄プランが SMarT 方式を採用している。

デフォルトの力を示す別の例は、臓器移植である。臓器提供希望者を国別にみると、30%にも満たない国がある一方で、90%近い国もある。この大きな差は実は、臓器提供意思表示カードの文面から生じたものだった。臓器提供希望者が少ない国の意思表示カードには、「移植の為に臓器を提供してよい場合はチェックを入れてください。」と書いてある。臓器提供を希望する人は、わざわざチェックを入れなければならない。人間は基本的に「何も行動しないこと」を好む。つまり、チェックを入れない。その結果として、臓器提供しない人が多数になる。反対に、臓器提供率が高い国の意思決定カードには「移植の為に臓器を提供したくない場合はチェックを入れてください。」と書いてある。この場合でも人間は現状維持を好むので、チェックを入れない。ただし、チェックを入れなかった場合に起こることが違っている。承諾したい場合に意志表示する設計を「オプト・イン」、拒否したい場合に意志表示する設計を「オプト・アウト」と呼ぶ。オプト・インでは拒否がデフォルト、オプト・アウトでは承諾がデフォルトになっている。

デフォルトによるナッジは非常に大きな効果をもち、様々な場面で使用されている。例えばボツワナでは、それまでは妊娠検査にオプト・インだった HIV 検査を、希望した場合に除外するオプト・アウト方式に変更した。これによりわずか 1 年で HIV 検査受診率が 64%から 83%に増加した。同様にジンバブエでは 65%から 99%に増加し、国連合同エイズ計画(UNAIDS）と WHO は 2004 年に、AIDs が蔓延している国におけるオプト・アウト方式を推奨した[2]。

また、サンドイッチ店でもデフォルトは動いている。メニューの掲載順序を入れ替えて、最初のページに低カロリー商品があるもの、高カロリー商品があるもの、どちらも均等にあるもの　という 3 種類のメニューを用意し、それぞれの売り上げをみた研究がある[3]。明らかになったのは、低カロリー商品が最初にあれば低カロリー商品を、高カロリー商品が最初にあれば高カロリー商品が選ばれるということだった。この場合のデフォルトは「最初のページ」であり、多くの人は現状を変化させる「ページをめくること」を好まない。

3. 身近なナッジ

Nudge Database[4]はナッジを用いた研究を、「健康・幸福」「食事」「貯蓄」「税金」「教育」「エネルギー問題」「雇用・職場」「投票行動」「寄付」「法令順守」という 10 個のカテゴリに分類して紹介している。日常の様々な側面で、ナッジが用いられ得ることがわかるだろう。

日本の教育現場ではパターナリズム的解決が用いられることが多いように思う。主にそれはペナルティの付与であり、学生の選択肢は奪われるばかりである。我々は大学における問題を解決するために、いくつかのナッジを行った。初めに行ったのは、エレベーターの混雑緩和である[4]。近畿大学経済学部は 10 階建ての建物で、ほぼ全ての授業がこの建物内で行われる。3000 人近い学生に対してエレベーターは5機しかないため、休み時間は非常に混雑する。その中にあって、3 階にエレベーターを使って行く人が一定数存在する。3 階への階段利用を推奨するために、図 1 のようなポスターを用いてナッジした。「3 階でエレベーターを使用してはいけない」という文言は一切なく、新しい情報が提示されているが選択の自由はあくまで残っている。なおパターナリズム解決法は、3 階にエレベーターが止まらないようにしてしまうことである。

このようなポスター掲示前後において、同曜日、同時間帯で計測したところ、3 階へのエレベーター利用者はポスターなし条件では 51.67 人(SD=1.15)、ポスター掲示条件では 36.00 人(SD = 5.57)であった。ポスター掲示によって 3 階のエレベーター利用者数は減少している。



図 1　ポスター

また、大学の指定喫煙区域ではないにもかかわらず、外階段で喫煙をする学生が存在する。この場所には、子供の絵を貼ることでナッジを試みた。先行研究となったのは大阪市が放置自転車対策として行った取り組みである。大阪市が児童の描いた絵を路面に貼ったところ、自転車等の放置が激減したというものである。この取組は JR 弁天町駅周辺の歩道の放置自転車は 68 台から 9 台、地下鉄朝潮橋駅周辺歩道は 71 台から 34 台と、劇的な効果をみせた。

外階段は 2 階部分と 3 階部分の両方に存在しているが、ナッジの効果をみるために 2 階にのみ絵を設置した。調査は授業日 7 日間の休み時間に行われた。絵のいない条件は 2016 年 12 月 13 日～12 月 21 日、絵を設置する条件は 2017 年 1 月 11 日～1 月 19 日に行った。それぞれの条件で喫煙者数をカウントしたところ、図 2 のような結果が得られた。2 階部分に絵を設置すると、明らかに 2 階の喫煙者が減少している。一方で 3 階の喫煙者数は増加しており、絵を避け、移動していったことがわかる。

このようなフィールドにおける「ナッジ」は一時的には効果が認められるが、その効果の持続性については疑問が残る。しかし先に紹介した大阪市の放置自転車の事例では、約 11 ヶ月後にもまだ効果が持続していたといわれる。持続するナッジの特徴を理解することで、さらなる発展につながると思われる。

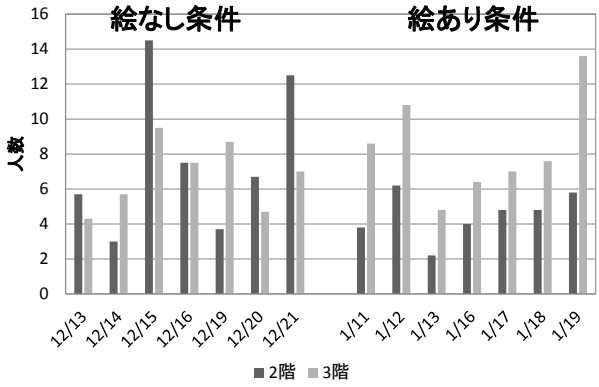


図 2　各条件の喫煙者数

参考文献

[1] リチャード・セイラー, キャス・サンスティーン (2009) “実践　行動経済学”, 日経 BP 社.
[2] John Balz “Nudge blog” http://nudges.org
[3] Wisdom, Jessica, Julie S. Downs, and George Loewenstein (2010) “Promoting Healthy Choices: Information versus Convenience” American Economic Journal: Applied Economics vol. 2, pp. 164–178.
[4] Mark Egan, (2013) “Nudge Database v1.2” https://www.dropbox.com/s/b7qb5huxu1nbj2d/Nudge%20Database%201.2.pdf
[5] 笠井昌人, 山根承子 (2014) “ポスターによるエレベーター利用者数の変化” 第 28 回人工知能学会全国大会論文集.

家庭での水使用量の見える化をデザインする
The Design for Visualization of Residential Water Consumption

大瀧　友里奈[†‡]
Otaki Yurina
[†]一橋大学
Hitotsubashi University
yurina.otaki@r.hit-u.ac.jp

Abstract
日本の水道において、スマートメータの将来的な導入が検討され始めており、それに伴い各家庭に対して使用量の見える化サービスを行うことが想定されている。しかし、どのように見える化するのか、また見える化により使用量がどのように変化する可能性があるのか、という検討は全く行われていない。そこで、本稿では、社会的規範を用いて水使用量を見える化するフィールド実験を 6 か月にわたって行った結果を紹介する

Keywords — Residential Water Use, Smart Meter, Emoticon, Social Norm

1. スマートメータ時代の到来

使用量をデジタルデータとして計測、記録し、そのデータを遠隔通信でほぼリアルタイムに収集できるものがスマートメータであり、電気に関しては需給バランスをとる必要性が高いことから、2020 年代早期に全世帯・全事業所に導入されることになっている。一方、水道のスマートメータ化は、コストや電源供給がネックとなり実現していないが、将来的な導入を視野に実証実験や協議会が行われている。スマートメータ化は、水道を供給する側に運転や料金徴収の効率化や高度化等のメリットがあるだけでなく、そのデータを活用した見守りサービスや使用量の見える化により、使用者にとってもメリットがある。

使用量の見える化は、現在でも、水道料金徴収票に、当月分と前年度当月分の使用量と使用料金の数値を記載することにより、頻度は低いが行われている。しかし、スマートメータ導入により、リアルタイムの使用量を反映させた形での見える化が可能になり、さらに家庭内モニターやウェブを活用することで、さまざまな形での見える化が可能になる。既に電気使用量に関しては、HEMS やウェブによりグラフ等を用いた使用量の見える化が実現されている。

2. 見える化の効果

「見える化による節水」「見える化による省エネ」と一般的によく謳われているが、見える化するだけで節水や省エネが実現するのか、どのように見える化すると資源の節約に寄与するのか、という研究は日本ではほとんど行われていない。特に水道においては、スマートメータが導入されていないため、各家庭の水使用量のデータを取得すること自体も困難であることがその一因である。一方、水資源のひっ迫が深刻な、オーストラリアやアメリカの一部地域では、既にスマートメータが導入されており、需要量予測、ピーク料金設定、見える化、用途別水使用量への分解など、さまざまな研究が行われてきた。

本稿が対象とする見える化の研究には、大きく分けて 2 つの潮流がある。一つは、スマートメータによるリアルタイムでの使用量把握という特徴を生かしたもので、ほぼリアルタイムでの使用量通知や設定した上限使用量を超過した場合にアラームを出すものである。しかし、これらが水使用量に与える影響はない、もしくはあっても短期的な減少である[1][3]。もう一つは使用量のデジタルデータを加工してフィードバックすることが可能であることを生かし、社会的な使用量比較を行うものである。なかでも、限られた水資源量を有効に使用するという趣旨から、節水手法として社会的規範を用いた研究が行われている。例えば、ダビューク（アメリカ、アイオワ州）では、ポータルサイトを用いて、各家庭の水使用量を「近隣に住むあなたと同じような人」の水使用量と共にフィードバックし、15 週間にわたって観察したところ、水使用量は 6.6%減少した[1]。サンディエゴ（アメリカ、カリフォルニア州）では、「近隣に住むあなたと同じような家庭」と各家庭の水使用量を比較した結果を 2 種類の顔文字（笑顔と泣き顔）で表現した結果を 1 週間フィードバックした結果、特に高消費者の水使用量が減少した[4]。このように短い期間での研究例は多く、フィードバックの効果が報告されているが、長い期間の研究例は少ない。ゴールドコースト（オーストラリア、クイーンズランド州）では、「同じような家族構成の家庭」で節水行動をとっている割合を使用量と共にフィードバックした結果、短期的には使用量が減少したが、12 か月

後には効果がなくなり元の使用量に戻ったことが報告されている[5]。

3. 東京通勤圏でのフィールド実験

先行研究は、渇水地域でしか行われてこなかった。しかし、社会的な使用量比較の効果は、地域によって異なる影響があることが指摘されており[6]、水資源が逼迫していない地域での知見を収集しなければ、日本での見える化が水使用量にどのように影響するのか、評価することはできない。

そこで、東京通勤圏の居住家庭を対象とし，自宅の水使用量が他者と比較してどのようなレベルの量であるのか、顔文字を用いてフィードバックを行い、その効果を検証した。

3.1 方法

調査協力家庭は、調査会社に登録している調査モニターである東京通勤圏居住者より募り、ランダムに選定した。水使用量を把握するため、調査対象家庭には、2週間に1回、水道メータ値を読取り報告してもらった。顔文字のフィードバックをする群に加え、メータ値の読取り報告のみを行うコントロール群を設けた。フィードバック群には、報告されたメータ値から算出した水使用量に応じて、2週間に1回の頻度で12回、合計24週間のフィードバックを行った。フィードバックは、調査協力家庭の中で比較した水使用量の多寡を、4段階の顔文字＋文字情報（図1）を用いて行った。例えば、使用量が非常に多い家庭の場合、「あなたのご家族の一人一日当たり水使用量は、調査に参加している東京通勤圏の居住者と比べて （Ｔ д Ｔ） 多い」となる。フィードバック情報は、家族内で情報共有することを依頼した。

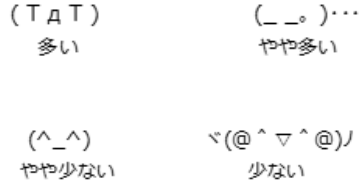


図1 フィードバックした顔文字

水使用量は月毎にまとめ、調査開始前月からの変化率各家庭の一人一日当たり水使用量について、調査開始時からの変化率 *Vn* を下記のように求めた。

$$Vn = Cn/C1$$

Vn: 調査開始から n ヶ月後の変化率 ($n = 2,3,4,5,6$)

Ci: 調査開始月の平均一人一日当水使用量

Cn: 調査開始から n ヶ月後の一人一日当水使用量 ($n = 2,3,4,5,6$)

V_n が1より小さい場合、水使用量は調査開始時より減少しており、値が小さいほど減少率が大きいことを表す。*Vn* が1より大きい場合は、その逆で、水使用量は調査開始時より増加しており、値が小さいほど増加率が小さいことを表す。

また、東京都水道局が公表している家族人数別の平均一人一日当水使用量より水使用量が多い家庭を高消費家庭、それ以下の家庭を低消費家庭とした。

調査終了後、フィードバックの効果に関する実験の参加者全員に、「調査の前後で、水の使い方は変わりましたか？」というアンケート調査を行い、7段階（とても変わった、変わった、やや変わった、どちらとも言えない、あまり変わらなかった、変わらなかった、全然変わらなかった）で回答をしてもらった。さらに、顔文字を受け取ってどのように感じたのか、アンケート結果の考察を補足するために、高消費家庭4軒、低消費家庭4軒を対象に、半構造化インタビューを行った。

3.2 結果

調査協力家庭数を、表1に示す。

表1 調査協力家庭数

	高消費家庭	低消費家庭
顔文字フィードバック群	20	41
コントロール群	18	35

高消費家庭と低消費家庭に分け、それぞれ、調査開始から n か月後の変化率（*Vn*）を、フィードバック群とコントロール群の間で比較した。変化率の分布は、正規分布に従わなかったため、マンホイットニーのU検定により分析した。その結果、高消費家庭では、情報フィードバックから5ヶ月経過後から、フィードバック群とコントロール群の変化率に有意な差異が生じた。一方、低消費家庭では、有意な差異は生じなかった。図2に、6ヶ月経過後の各群の水使用量変化率の

平均値と標準偏差を、高消費家庭と低消費家庭に分けて示した。

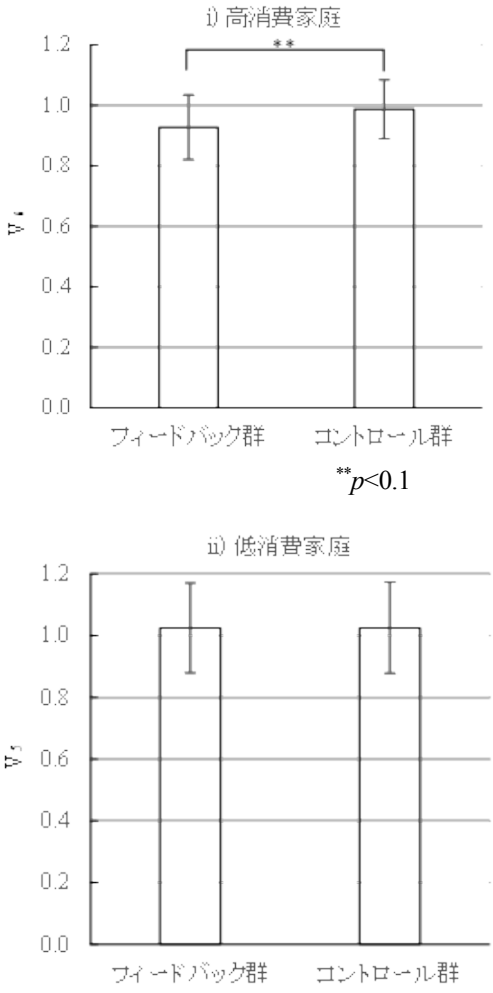


図2　6ヶ月経過後の水使用量の変化率

アンケートにより、調査前後で水の使い方が変わったかどうかを質問した結果を、高消費家庭、低消費家庭に分けてクロス集計したものを図3に示す。

高消費家庭のフィードバック群は、コントロール群と比べて、水の使い方は変わらなかったと回答する割合が多かった（p = 0.101）。残差分析の結果、「やや変わった」と回答した家庭が、フィードバック群よりもコントロール群に多かった。これは、実際の使用量の傾向はフィードバック群の方が節水傾向にあったことと相反する結果となっており、彼らの水使用行動は、無意識的に変化していることを示唆している。低消費家庭のアンケート結果には、統計的に有意な差はなかった（p = 0.934）。

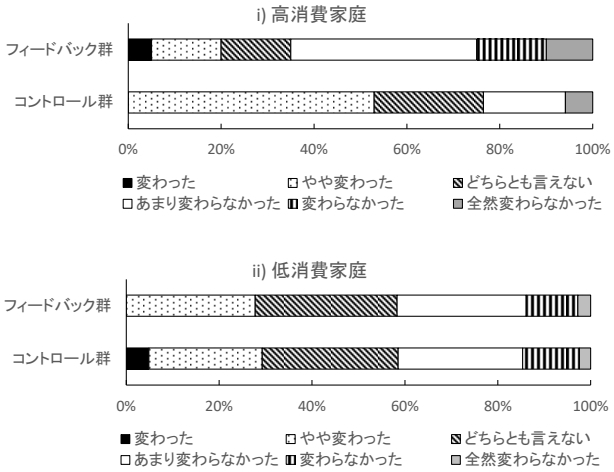


図3　アンケート調査結果

また、調査終了後のインタビューで、高消費者は顔文字を受け取った際の感情について下記のように述べていた。

「通知される顔文字が、いつも泣き顔だったので、少し悲しい気持ちになった。水使用量がどのくらい減ったら顔文字が変わるのか知りたいと思った」

「いつも泣き顔の顔文字を受け取ったので、残念な気持ちだった」

「顔文字を受け取ると、いつもショックに感じ、しばらく頭について離れなかった」

「顔文字を受け取ると、水使用量を減らさなくてはいけないな、と感じた」

「この2週間で、一体どのくらいの水を使ったんだろう、と少し後悔した」

高消費者は、顔文字フィードバックにより、残念に思う気持ちを抱き、水使用量を減らそうと考えたことがわかる。一方、低消費者は下記のように述べていた。

「顔文字如何に関わらず、常に節水を心がけている」

「笑顔の顔文字を受け取ることにより、自分の水の使い方は適切だったと確認することができた」

低消費者は、自分の使用量が相対的に少ないことに満足をしており、だからといってより使用量を増やそうとは思っていないことがわかる。

3.3　考察

高消費家庭と低消費家庭では、フィードバックによ

る水使用量の変化が異なることが明らかになった。

高消費家庭は、顔文字を用いて他者と比較した使用量をフィードバックすることにより、水使用量が減少した。それは 1-2 か月という短期間ではなく、5 ヶ月が経過してから水使用量の減少が確認できた。このことから、視覚的な情報により、ゆっくりと使用行動に変化が生じたと考えられる。

サンディエゴで行われた実験でも、顔文字を用いて他者と比較した使用量をフィードバックすることにより水使用量が減少し、特に高消費家庭ほど水使用量の変化が大きかったという報告がある[4]。顔文字の種類は 2 種類（平均より使用量が少ない場合は笑顔、多い場合は泣き顔）で、使用量のフィードバックは 1 回、水使用量の変化を観察する期間は 1 週間であった。顔文字を用いて他者と使用量を比較することにより、高消費家庭の水使用量が減少する、という点は本研究の結果と同様である。しかし、1 週間という短期間でその効果が確認できる点は本研究と異なっている。

サンフランシスコで行われた実験では、顔文字と共に「行動しよう」というメッセージを提示することにより、高消費家庭の水使用量が減少したという報告がある[7]。顔文字は笑顔、通常の顔、困った顔の 3 種類で、それぞれに「Great」「Okay」「Take Action」というメッセージがついており、ウェブで常時見られるようになる前と後の 1 年間の水使用量の変化を観察している。本研究では、「行動しよう」というような積極的なメッセージを示していないが、同様に高消費家庭の水使用量が減少するという結果になった。

これらの先行研究が行われた地域は、水不足が深刻であることや屋外使用量が多いことなど、本研究で対象とした東京通勤圏とは水資源や水使用の状況が異なる。使用量の変化が生じる期間に差異はあるものの、高消費家庭の使用量が減少する、という点については、一致した結果となった。東京通勤圏では水資源がひっ迫していないという外部状況の違いが、ゆっくりとした使用行動の変化の原因である可能性が考えられるが、この点については、同じような地域での検証が必要である。

4. おわりに

節水型社会の構築の重要性が指摘されている中、水道のスマートメータ化による水使用量データの把握と加工により、高消費家庭の使用量抑制を使用者の負担感なく行うことができる手段として、社会規範とともに顔文字を用いたフィードバックの有効性を確認することができた。全ての人に同じアプローチをすることは有効でないことは、既に指摘されている[8]。スマートメータにより電子的にデータが蓄積できるようになると、データ加工は容易となり、さまざまな形でのフィードバックの可能性が広がるため、個人の特性に合わせたフィードバックの方法を見つけていくことが今後必要になると考える。

フィードバックの頻度やその方法に関しては、まだまだ検討の余地があり、実用化に向けた検討を今後も進め、スマートメータ導入に備えていきたいと考えている。

参考文献

[1] Stewart R.A., Willis R.M., Panuwatwanich K., and Sahin O., (2012) “Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study”, Behaviour & Information Technology, Vol.32, No.7, pp.695-711.

[2] Schultz, P., (2002) “Knowledge, Education, and Household Recycling: Examining the Knowledge-deficit Model of Behavior Change. In: New Tools for Environmental Protection”, National Academy of Sciences, Washington DC, pp.67-82.

[3] Erickson, T., Podlasek, M., Sahu, S., Dai, J.D., Chao, T., and Naphade, M., (2012) “The Dubuque water portal: evaluation of the uptake, use and impact of residential water consumption feedback”, Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA

[4] Schultz P., Messina A., Tronu G., Limas E., Gupta R. and Estrada M., (2016) “Personalized normative feedback and the moderating role of personal norms: A field experiment to reduce residential water consumption. Environment and Behavior”, Vol.48, No.5, pp.686-710.

[5] Fielding, K.S., Spinks, A., Russell, S., McCrea, R., Stewart, R., and Gardner, J., (2013) “An experimental test of voluntary strategies to promote urban water demand management”, Journal of Environmental Management, Vol.114, pp.343-351.

[6] Allias, A.H., (2015) “Integrating WDM mechanisms for reducing and managing domestic water usage”, Doctoral thesis of University of Auckland.

[7] Mitchell, D., Chesnutt, T., (2013), “Evaluation of East Bay Municipal Utility District's Pilot of WaterSmartHome Water Reports”, M.CUBED Policy Analysis for the Public and Private Sectors.

[8] van Dam, S.S., Bakker, C.A., van Hal, J.D.M., (2010), “Home energy monitors: impact over the medium-term”, Building Research and Information, Vol. 38, No. 5, pp.458-469.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

前傾姿勢は意思決定に影響を与えるか?
～前傾椅子を用いた実験的検討～
Does the forward body posture affect making decisions?
~An experimental examination using a forward-lean chair~

白砂 大[†]，本田 秀仁[‡]，植田 一博[†]
Masaru Shirasuna, Hidehito Honda, Kazuhiro Ueda
[†]東京大学，[‡]安田女子大学
The University of Tokyo, Yasuda Women's University
m.shirasuna1392@gmail.com

Abstract
Many previous studies have discussed relationships between a psychological status and a body status. Some studies have demonstrated that a certain psychological status such as emotion, mood, or preference is generated after a body status changed. In the present study, we investigated relationships between these two statuses in making decisions. We predicted that when a decision maker's body posture leaned forward, s/he would make positive decisions. Then, we conducted a behavioral experiment using a forward-learned chair and a normal chair in order to examine the effects of body posture on decision making. Although we could not find any significant differences of decisions when focusing only on the chair types, we found that participants who sat forward (their center of gravity was on the front of the seat) tended to make positive decisions, especially a decision related to willingness. Relationships between a body posture and decision making, and further perspectives of embodied cognition are discussed.

Keywords — Body posture, Decision making, Embodied cognition

1. 背景 ～身体状態と心理的状態との関連

認知科学において，身体状態と心理的状態との関連については長年，議論されている(e.g., Cannon, 1927; James, 1884; Schachter & Singer, 1962)。直感的には，ある心理的状態(e.g., 悲しい)になることで，ある身体状態(e.g., 泣く)が生じると考えられる。しかし近年では逆に，ある身体状態が，ある心理的状態を生じさせたり，その心理的状態に先行して生じたりするという知見も報告されている(e.g., Ackerman, Nocera, & Bargh, 2010; Shimojo, Simion, Shimojo, & Schier, 2003; Stepper & Strack, 1993)。

意思決定場面，特に物事を行う意思や相手の意見に対する賛否を問われる場面でも，両状態は密接に関連していると考えられる。例えば，店員がサービスを顧客に提案するという対面販売場面において，顧客は店員の提案に興味を持ったとき，前傾の体勢になりやすい(Honda, Hisamatsu, Ohmoto, & Ueda, 2016)。しかしこのような場面において，「興味」という心理的状態が「前傾」という身体状態を作り出したのではなく，「前傾」という身体状態が「興味」という心理的状態を作り出した可能性もある。すなわち，意思決定者が前傾の体勢になることで，より肯定的・積極的な心理が促される可能性が考えられる。

本研究では，体勢という身体状態に注目し，前傾の体勢が意思決定に与える影響について，行動実験から検証した。具体的には，実験参加者の体勢を前傾にさせることを意図し，座面が前方に 10 度傾いた[1]「前傾椅子(図 1 の左 2 枚)」を用いた。そのうえで，「前傾椅子」



図 1 左 2 枚: 正面および横から見た前傾椅子(座面の傾き 10 度)。右 2 枚: 正面および横から見た通常椅子(座面の傾き 0 度)。正面から見た写真は http://www.kokuyo-furniture.co.jp/manabi/product/campus_up/ より。

[1] 通常の着座位置を 0 度とする。

表 1 実験課題の概要および仮説

課題	課題の概要	仮説（通常群と比較した際の，前傾群の結果)
①臓器提供意思課題	「死後に臓器を提供する意思」について，「0 絶対に提供したくない―100 非常に提供したい」で回答する	より提供する意思が高い
②寄付金額課題	絶滅危惧動物(ハワイアンモンクアザラシ)の説明文を読み，その保護のための寄付金額を「0 円―1 万円」で回答する	より寄付金額が高い
③読書感想課題	5 分程度で読める文章(題材は「滋賀県の名称変更」)について，賛成/反対の程度(0 非常に反対―50 どちらでもない―100 非常に賛成)およびその理由(自由記述)を，それぞれ回答する	より「賛成」の態度を示す
④最後通牒課題 (e.g., Güth, Schmittberger, & Schwarze, 1982)	「5000 円を自分と相手にどう分配するか」という状況において，提案された分配額を受け入れるか否かを回答する。分配額は「相手 2500 円―自分 2500 円」から「相手 4000 円―自分 1000 円」まで，250 円刻みで 10 段階であった	より低い金額でも受け入れる

に座った参加者の意思決定が，座面の傾きが 0 度の[1]「通常椅子(図 1 の右 2 枚)」に座った参加者の意思決定と比べて，どのように異なるかを検討した。仮説としては，前傾椅子に座った参加者は，よりポジティブな意思決定(e.g., 物事を行おうとする意思が強い；賛成的な態度をとる)を行うことを予想した。

2. 方法 ～実験参加者，実験条件，課題

東京大学の学生 35 名が実験に参加した(データを測定できなかった 4 名を除外した。31 名中，女性は 12 名であり，$M_{age} = 20.45$，$SD_{age} = 1.179$ であった)。参加者は，前傾椅子に座る「前傾群($N = 17$)」または通常椅子に座る「通常群($N = 14$)」のいずれかに，ランダムに割り当てられた。いずれの椅子(コクヨ株式会社製[2])においても，座面にシートセンサー(株式会社シロク製)を敷くことで，座面の圧力分布を測定した。参加者は，4 つの意思決定課題を iPad 上で回答した(課題①，②，および③の賛否評定には，いずれも Visual Analog Scale を用いた)。表 1 に，各課題の概要と仮説を示す。

3. 結果と考察

いずれの意思決定課題においても，前傾群・通常群との間で，回答値に有意な差は見られなかった(図 2 上：マン・ホイットニーの U 検定の結果，①~④の順に p

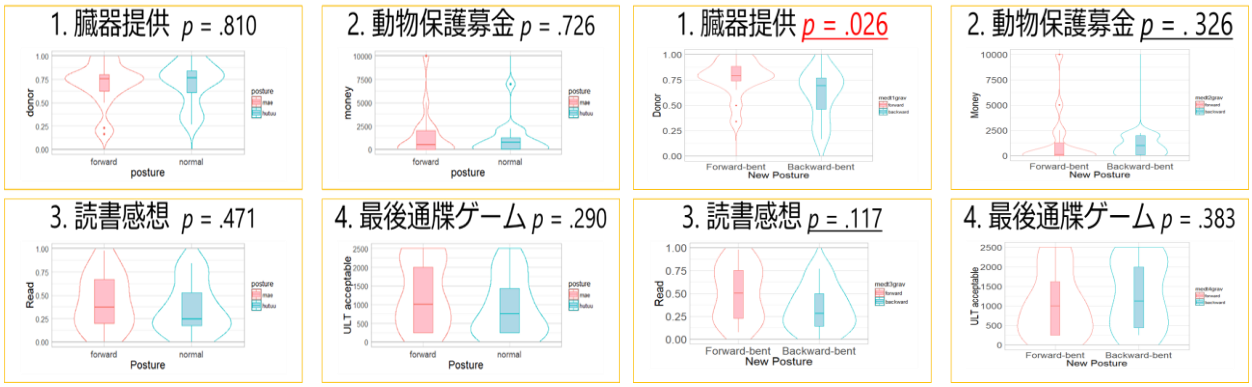


図 2 意思決定課題の結果。縦軸は各課題の評定値を示す。左：椅子の形状による群分け(赤：前傾群，青：通常群)。右：重心の位置による群分け(赤：自発的前傾群，青：通常体勢群)。左と比べて p 値が減少した課題(①②③)を下線で，$p < .05$ 水準で有意となった課題(①)を赤字で，それぞれ示した。

[2] 本実験用に，通常椅子についてはアジャスター仕様に変更し，前傾椅子については前傾位置で固定しかつアジャスター仕様に変更する特注品を使用した。

= .810, p = .726, p = .471, p = .290)。椅子の形状による体勢の変化は意思決定態度に大きな影響を及ぼすものではなかったことが，この結果から示唆された。

ただし参加者は，椅子の形状によらず，座面の前方または後方に腰かけていた可能性が考えられた。そこで，「参加者が座面のどこに重心を置いていたか」という観点から，体勢を再定義した。具体的には，各参加者について，課題回答中における座面の圧力分布の重心を算出し，参加者 31 人の中で，重心が前方にかかっていた 16 名を「自発的前傾群」，それ以外の 15 名を「通常体勢群」と定義した。この自発的前傾群・通常体勢群との間で，先述の意思決定課題における回答値を比較したところ，①~③において群間の差が大きくなり，①では有意な差が見られた(図 2 右: マン・ホイットニーの U 検定の結果，①~④の順に p < .05, p = .326, p < .117, p = .383)。この結果は，参加者が前傾の体勢になっているか否かが，意思決定に少なからず影響を与えていたことを示唆しているだろう。

4. 総合考察

重心の位置，すなわち「前方に重心が置かれていたか否か」で体勢を定義した際に，全体として群間の差がより大きくなった。このことから，前傾体勢が積極的な意思決定を促すという仮説は一定程度，支持されたといえるだろう。特に臓器提供課題で有意差が検出されたことから，前傾体勢が「何かをしようとする意思(i.e., willingness)」を強めた可能性が示唆される。ただし，両者を結びつける認知メカニズムについては，まだ検討の余地がある。体勢と心理的状態との関連について，これまでの身体性認知研究では主に，参加者の体勢(e.g., 椅子の座り方，座ったときの姿勢)と，自己または他者の評価(e.g., 情動，気分)との関連が議論されてきた(e.g., Ackerman et al., 2010; Briñol, et al., 2009; Duclos, Laird, Schneider, Sexter, Stern, & van Lighten, 1989; Riskind & Gotay, 1982)。しかし本研究は，体勢と意思決定との関連という新たな視点からのアプローチを試みており，身体性認知における知見の拡張に貢献できたといえるだろう。また，環境による体勢の変化が人間の意思決定に影響を与えるという本研究の知見は，望ましい意思決定に向けた環境設計の提言など，コミュニケーション場面に応用できる可能性も期待される。

5. 謝辞

本研究は，東京大学とコクヨ株式会社との共同研究として実施された。ここに謝意を記す。

6. 参考文献

Ackerman, J. M., Nocera, C. C., & Bargh, J. A. (2010). Incidental haptic sensations influence social judgments and decisions. *Science*, *328*(5986), 1712–5.

Briñol, P., Petty, R. E., & Wagner, B. (2009). Body posture effects on self-evaluation: A self-validation approach. *European Journal of Social Psychology Eur.*, *39*, 1053–1064.

Cannon, W. (1927). The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory. *The American J. of Psy.*, *39*, 106.

Duclos, S., Laird, J., Schneider, E., Sexter, M., Stern, L., & Van Lighten, O. (1989). Emotion-specific effects of facial expressions and postures on emotional experience. *J. of Pers.& Soc. Psy.*, *57*(1), 100–108.

Güth, W., Schmittberger, R., & Schwarze, B. (1982). An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining & quot. *Journal of Eco. Behav. & Org. 3*(4), 367–388.

Honda, H., Hisamatsu, R., Ohmoto, Y., & Ueda, K. (2016). Interaction in a Natural Environment: Estimation of Customer's Preference Based on Nonverbal Behaviors. In *Proc. of the 4th International Conference on HAI* (pp. 93–96). New York: ACM.

James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*. Oxford University PressMind Association.

Riskind, J. H., & Gotay, C. C. (1982). Physical posture: Could it have regulatory or feedback effects on motivation and emotion? *Motivation & Emotion*, *6*(3), 273–298.

Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, *69*(5), 379–399.

Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., & Scheier, C. (2003). Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience*, *6*(12), 1317–1322.

Stepper, S., & Strack, F. (1993). Proprioceptive determinants of emotional and nonemotional feelings. *J. of Pers. & Soc. Psy.*, *64*(2), 211–220.

多すぎる 300，少なすぎる 299
－日本プロ野球データにみる概数効果－
Too much 0.300, too scarce 0.299:
Round number effect in Japanese professional baseball record

中村國則・今川翔太
Kuninori Nakamura, Shota Imagawa

成城大学社会イノベーション学部
Faculty of Social Innovation, Seijo University
knaka@seijo.ac.jp

Abstract

A purpose of this study is to present new evidences for round number effect (Pope et al, 2011) in data of Japanese professional baseball. To accomplish this, this study counted number of batters whose seasons' batting average were just below and just above round number (0.300) in Japanese professional baseball from 2005 to 2017. Results indicate that round number effect was also found in Japanese baseball data.

Keywords — Round number effect, reference dependency, Japanese professional baseball

1. はじめに

人間の判断が外的な基準に大きく左右されるという，いわゆる準拠点依存(reference dependency)は，いわゆるアンカリング効果(Tversky & Kahneman, 1974)やフレーミング効果(Tversky, & Kahneman, 1981)といった現象によって古くから実証的に明らかにされてきた．そこでは，判断に際して偶然提示された数字の大小(Tversky & Kahneman, 1974)，あるいは問題文を表す表現が強調する側面の違い(Tversky, & Kahneman, 1981)によって，同じ対象に対する判断が大きく影響を受けることが示されてきた．このような知見から，人間が自らの知識や信念のみに従うよりは，むしろ身近にある情報を手掛かりにして自らの判断や選好を作り上げると考えられてきた.

このような準拠点依存の新たな例として近年注目されているのが概数効果(round number effect: Allen，Dechow，Pope & Wu，2016; Pope & Simonson, 2011)である．“年収 1000 万”“勤続 10 年”“フルマラソン 3 時間以内”といった，切りのいい数値は具体的な目安の値としてしばしば用いられるが，この切りのいい数値に合わせて自らの行動や判断を調整することが幾つかの研究で指摘されている．たとえば Pope & Simonson (2011)は，メジャーリーグ打者の打率成績にこの概数効果があることを見出した．打者の能力を判断する基準としてしばしば“3 割”という数値が言及され，打者としては重要な意味を持つ概数といえる．Pope & Simonson (2011)は過去のメジャーリーグの打率成績を分析し，2 割 9 分 9 厘台の打者が全体の約 0.4%なのに対し，3 割 0 分 0 厘台の打者が約 1.6%と不自然に多いことを見出した．まだ，個々の打者の年間最終打席の結果を分析し，最終打席で安打を打てば最終打率が 3 割に届く打者で四球を選んだ打者は存在せず，かつその最終打席で安打した打者の比率は 43%であり，最終打席時点で 2 割 8 分から 3 割 2 分の打者の中で最終打席に安打した打者の比率(26%)より有意に高い値を示した．このような知見は，打者が“3 割”という切りのいい基準の値に合わせて自らのパフォーマンスをある意味調整していることを示すものである.

本研究の目的は，日本プロ野球のデータを用いてこの概数効果の影響を検討することである．本研究ではまず Pope et al. (2011)同様に打者の打率の分布を検討し，日本プロ野球でもメジャーリーグ同様に“3 割”という基準値が打率の分布に対して影響していることを示す．そして投球回数，防御率といった投手データについても規定投球回数や目標値とされる防御率(“2 点台”“3 点台”)が成績分布に影響しているかを検討したい.

2. データ・結果・考察

“プロ野球ヌルデータ置き場（http://lcom.sakura.ne.jp/NulData/）”に掲載されていた 2005 年から 2017 年までの野手･投手の成績を用いた．今回はこの中でも打率に関する分析結果を報告する．今回報告する打率成績の分析については，規定打席数に達した選手 669 人の打率を対象と

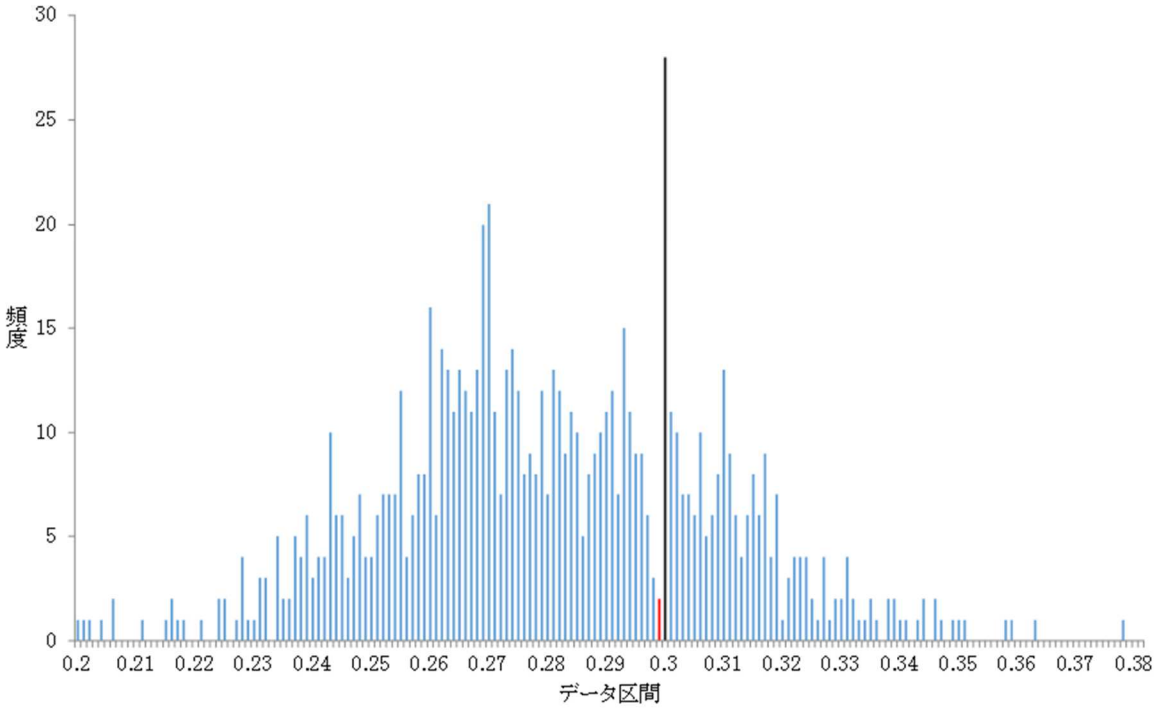


図 1　2005 年から 2017 年までの規定打席数に到達した打者の打率の分布：
赤棒は打率 2 割 9 分 9 厘代，黒棒は打率 3 割 0 分 0 厘代の人数を示す

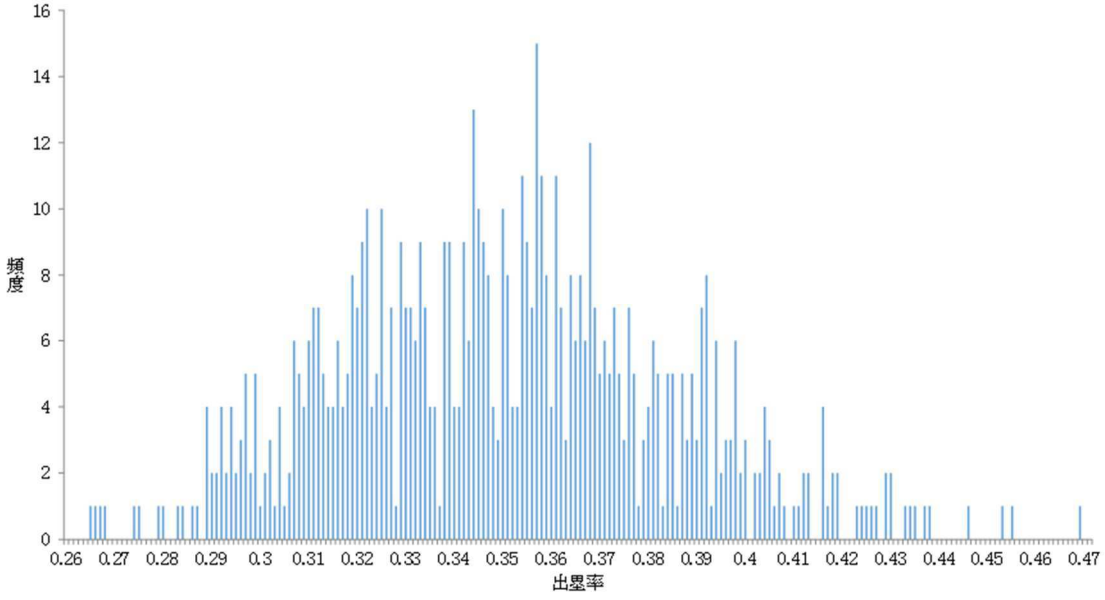


図 2　2005 年から 2017 年までの規定打席数に到達した打者の出塁率の分布

した．この打撃成績を 1 厘単位で区切って度数分布に表したものを図 1 に示す．これをみると，規定打数以上の打者成績はやや左寄りの単峰分布になっているものの，打率 2 割 9 分 9 厘と 3 割の間で大きなギャップがあることがみてとれる．具体的に，打率 2 割 9 分 9 厘台でシーズンを終了した打者は 2 人だったのに対し，打率 3 割台でシーズンを終了した打者は 28 人と 14 倍になっていた．この 14 倍という差は 1 厘差の打率間での人数の比率の差としては，0 人の区間が比較に含まれるものを除けば最大のものであった．

また，比較対象として図 2 に，同じ 889 人の打者

の出塁率のデータを示す．これをみると，出塁率もほぼ同様の左寄りの単峰分布であるものの，打率と違って大きな 1 厘ごとの区間の出現頻度の差はみられず，1 厘差の打率間での人数比率の差は最大でも 9 倍であった．このような結果は，打率 3 割という概数の目標値が日本プロ野球においても打撃成績に影響することを示すものである．

当日はこのような打撃成績の結果に加え，防御率，投球回数といった投手成績のデータについても同様の分析を行い，概数効果の影響を検討したい．

3. 引用文献

[1]Allen, E. J., Dechow, P. J., Pope, D., & Wu, G.(2016) Reference-dependent preferences: evidence from marathon runners. *Management Science*, 63, 1657-1672.

[2]Pope, D., & Simonsohn, U. (2011). Round numbers as goals : evidence from baseball, SAT takers, and the lab. *Psychological Science*, 22, 71-79.

[3]Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131

[4]Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 185, 1124-1131.

意味理解とオブジェクト認知：ホモクオリタスとしての人間理解に向けて

Semantic cognition and object recognition: Toward understanding of human nature as homo qualitas

日髙　昇平[1]，高橋　康介[2]

Shohei Hidaka, Kohske Takahashi

[1]北陸先端科技術大学院大学，[2]中京大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Chukyo University

Abstract

我々は自動車を運転をするとき、ハンドルを持つ手を意識することなく、“自分を拡張した自動車”全体の操縦に専念できる。これはハンドル操の高い予測性により自動車全体と一体として感じられる最たる例である。広範な認知過程の鍵となる、こうした統合的な情報処理の単位（オブジェクト）をテーマに、本 OS では、オブジェクトの知覚、その障害である幻覚、または知覚を誘導する技術、そして情報処理について議論を行う。

Keywords — Object recognition, Semantic cognition, Illusion, Hallucination, Virtual reality, Category theory

1. 企画趣旨

我々が自動車を運転をするとき、ハンドルを持つ手やブレーキを踏む足を意識することなく、“自分を拡張した自動車”全体を導くことに専念できる。これはハンドルを持つ手やブレーキを踏む足と、自動車の動きが統合され、高精度の予測可能性を持つことで生じる一体性を反映していると考えられる。つまり、“自分の体のよう”に道具を操ることで、身体を拡張するとも言える。

一方で、こうも考えられる：我々の身体そのもの、あるいはそう捉える認識そのものも、ある場面で遂行しようとする目的の一通過点であり手段にすぎず、その目的達成のために高度に一体として機能するはずである。言い換えれば、いわゆる身体性は、物理的・生物的な筋骨格構造などの性質ではなく、「一体として機能する意味的なまとまり」として再解釈できるだろう。つまり、我々の認識や意識の座と目される脳を取り囲み、神経系からの指令によって動く、という物理的・生物的な制約ゆえに身体が特別なのではなく、我々が達成しようとする目的・目標への(意識を要しないが、手段として不可欠な)経由点として偶々そこにあるに過ぎない。

こうした立場では、身体性や身体イメージの拡張などの付随的な現象ではなく、いかに一体性が成し遂げられるか、あるいは仮に我々が“目的”、“目標”と呼んでいる意味の単位としてのオブジェクト(対象)を以下に定義すべきか、と言った点が主要な問題として浮かび上がる。

本オーガナイズドセッション(OS)では、こうした問題意識を念頭に、気鋭の論客を招待し、計算論的な立場、心理学的な知見からの示唆、あるいはバーチャルリアリティ(VR)等の技術発展などを踏まえ、テーマを絞ったオープンディスカッションを行う。

2. ホモクオリタス：意味の発見

本企画は、日本認知科学会第 34 回大会にて開催された OS「過剰に意味を創り出す認知：ホモ・クオリタスとしての人間理解に向けて」の意図を継いだ企画である。ホモ・クオリタスとは“意味(Quale)を見出す人”の意図で創られた造語である。その名が表すとおり、人はあらゆるものに意味を見出す。それがたとえ“無意味な”ランダム図形や壁のシミであったとしても、何かしらの意味を見出そうとする。そうした意味を見出す能力が過剰に発揮されるとき、錯視や幻覚といった現象が生じる。前大会の OS では、こうした過剰に意味を見出す、あるいは創り出す現象を俯瞰し、その中に共通する性質、あるいは各事例の違いを議論することで、人の意味認知能力に迫る事を目的としていた。

3. 意味の発見とオブジェクト性

こうした議論の中で、論者の間で生じてきた、しかし未だ漠たる共通認識の一つは、我々が取り上げてきた“意味”を見出す事例に共通する性質の一つとして、

オブジェクト性とも言える、意味のまとまりあるいは意味の単位があるのではないかということである。例えば、西尾［1]が発表したレビー小体型認知症の事例では、存在しない“人”がありありとした存在感をもって見えるという患者のエピソードがあった。これは単なる一過性の見間違えなどではありえず、その幻覚が見える当人の視点では、幻覚ではない他者と同じく、おそらく一貫した視覚的な姿、あるいは動きをしている“存在しない人”が知覚できていると思われる。一方、単なる不注意による見間違いや、錯視であれば、その見間違いに当人が事後的に気づく、あるいはその現象を目の当たりにしながら、それが錯視であることをメタ認知できる、という違いがある。

見間違い、錯視、幻視の違いは何だろうか。一つは、すでに挙げた、幻視を体験している当人には、それが幻視であるという検証をする材料が乏しく、それが存在しない対象であることをメタ認知することが難しい点である。一方、両眼視野闘争など錯視にもそれが現実に見えているものか、区別ができないものもある。こうした錯視と幻視を切り分ける第二の違いは、おそらく対象のオブジェクト性にあるのではないだろうか。つまり、錯視によって引き起こされる現実と区別できない知覚は、知覚の部分的な性質に限られ、人のような複雑である種の一貫性が求められるオブジェクト全体が錯視として出現するのは難しいと思われる。

こうした錯視・幻視の類似性と相違点を総合すれば、幻覚によって創り出される世界(あるいは世界の一部)は、それ自体が高い整合性、現前性、全体性を持つと考えられる。従って、この整合性、現前性、全体性の性質、あるいは端的に「意味の単位」としてのオブジェクト性を理解することで、我々ホモ・クオリタスが見出そうとしている意味の本質を明らかにすることができる。本企画の論者である西尾　慶之氏には、錯覚、幻覚、その他の現象に関する話題提供および議論をお願いした。

4.　現実は幻覚かバーチャルリアリティか

哲学者のパトナムの「水槽の脳(brain in a vat)」という思考実験がある。これは、我々が世界の何を知り得るのか、という認識論の問いに対して、「我々は何一つ世界の事を知りえない」という懐疑論の立場を象徴する思考実験である。あなたが現実に感じている“世界”、あなたが今話している人が存在していると思うに足りる根拠はあるだろうか。レビー小体型認知症の患者と同じく、あるいはもっと徹底的に、あなたの感じている“世界”そのものがすべて幻覚である、あるいは創られた世界である可能性を否定できるのだろうか。「水槽の脳」では、ある現実を感じるのと全く同じ入力を完全に再現したバーチャルリアリティを創り出す装置につながった脳が、基本的な活動が保たれるように細工のされた培養液の閉じ込められている。この脳の入出力は徹底的に“現実”と同じになるように管理されているので、その脳に任意の“世界”を創り出すことができるが、その世界は現実には存在しない。さて、あなた自身は「水槽の脳」であることを否定できるだろうか。

「水槽の脳」を、幻覚で創り出される世界を極大化したものであると考えれば、現実に否定できない幻覚を見る者がいる以上、「水槽の脳」は必ずしも荒唐無稽なシナリオであるとは言い難い。実際、近年のバーチャルリアリティ(ＶＲ)の技術は目覚ましい。まだ“世界”すべてを再現するようなことはできていないが、その「水槽の脳」が可能な世界に一歩ずつ近づいて行っていると言えるだろう。本企画の論者の一人である鳴海には、近年のＶＲ技術の発展、それによって得られた知見などに関して話題提供および議論をお願いした。

5.　喩えと世界の理解

我々はいかに世界を理解するのか。目の前にあるものがなにものかわからないとき、それがある部分的な不明瞭さであれば、無視したり、あるいは好奇心をそそられるかもしれない。しかし、世界全体がどうにも理解不能であれば、我々はひどく混乱するに違いない。逆に言えば、我々は自身の周りの環境の一つ一つを、既に知っている何物であると同一視し、あるいはすでに経験したものと類型化することで、それらを理解したつもりになる。新しい対象をすでに知っている何物かに対応付けて捉えることを、喩えるという。認知科学分野の研究としては、言語的な比喩が喩えの研究として大きな比重を占めているが、しかし喩えは必ずしも言語的な意味理解の枠にはとどめて考える必要はない。

より広義には、喩えとは模型、モデルを構築する事であると言えるだろう。例えば(これも喩えの喩え(メタ喩え)である)、現実の場所の喩えとして、我々は地図をつくる。あえて改めて考えれば、地図が現実の場所・配置関係の喩えとなっているのは、例えば、地図の回

転と現実における回転(ある街を回転させるのではない、そこにいる人自身が向きを変える)の間に対応が付けられるからである。あるいは、地図上で 1cm 分北上するのが、現実で 1km 分北上する事に対応しているのなら、地図上で 2cm 南下するのは、現実に 2km 分南下する事に対応がつくだろう。

こうした、ある対象と対象の間だけでなく、その対象に関する操作と、また別な対象に関する操作の間にも対応が付けられるとき、”射”[1]によって数学的構造を統一的に理解しようとする圏論の言葉では、「関手が存在する」という(あるいは、上記の例は、地図と現実の空間の回転や並進のなす群の間の準同型(同型)のことである)。地図の喩え[2]を圏論の言葉で言い直せば、喩えとは地図の圏と現実の場所の圏の間に関手を構成する事になる。

喩えを関手(という関手を我々が認める)とみなすとき、世界の中から意味のまとまり＝オブジェクトを見出す関手とはどのようなものだろうか。あるいは関手を見出すと捉え直すことが、オブジェクトなるものに要請する条件とはどのようなものだろうか。本企画の論者の一人である西郷　甲矢人氏は、共著者の布山美慕氏と共に、圏論を基礎とした比喩の理論を提案されている [2]。この立場から、オブジェクト性の理論構築に向けた話題提供および議論をお願いした。

6.　オブジェクトの同一性の計算理論

本 OS のオーガナイザーの一人である日髙は、すでに述べた「水槽の脳」に近い状況を想定した前提条件において、存在が推定される“現実世界”にもし整合的な性質を持つオブジェクトが存在するならば、成り立ちうる性質を数理モデルとして構築している。このモデルでは、存在が推定される物体が整合的な性質をもつならば、それは存在が推定される現実世界と、観測者が直接観測しうる何らかの感覚データの圏の間に関手が存在しうることが示される。つまり、「もしこんな性質を持つ物体があるならば」という仮説を立て、それを“現実世界”を直接観測することなく、(その仮説が成り立っていない場合)棄却することが可能である。これは、そういう整合的な性質をもつ物体がある場合には、それがあるということを証明できるわけではないが、ない場合には仮説を棄却することができる、という点で、オブジェクトの同一性の検証というよりは、「非同一性の棄却可能性」と言ったほうが適切である。しかし、一方で、少なくともこうした意味で何らかの内在的な整合性を持つオブジェクトを水槽の脳が知り得る可能性を示した事は大きい。

翻って、ある種の部分的な「水槽の脳」ともみなせる幻覚におけるオブジェクトの認識にも何らかの理論的な示唆を与えられる可能性はある。本 OS では、各論者の専門的な立場からの話題提供を基に、オブジェクト性と意味理解、そして意味を見出す者としてのホモ・クオリタスの模型化を論じる。

[1] ここでは関数の抽象化と思ってもらえば十分だろう。
[2] しつこいが、これも我々の喩えと地図-場所間で成り立つ喩えのメタ喩え＝関手である。

参考文献

[1] 西尾 慶之, (2017)“幻視体験と偽知覚の現実感”, 日本認知科学会第 34 回大会 (OS「過剰に意味を創り出す認知：ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて」). .
[2] Fuyama, M., & Saigo, H. (2018). Meanings, Metaphors, and Morphisms: Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT). *arXiv preprint arXiv:1801.10542*.

病的知覚体験と他者の表象
Pathological perceptual experiences and representations of others

西尾 慶之
Yoshiyuki Nishio

東京都立松沢病院
Tokyo Metropolitan Matsuzawa Hospital
nishiokov@gmail.com

Abstract

A variety of pathological perceptual symptoms, including visual hallucinations of persons, a sense of presence and kinetopsia, are observed in patients with dementia with Lewy bodies and Parkinson's disease. I propose that these symptoms may develop with a series of psychological steps, in which aberrant spatial processes leads to presence feelings of illusory/hallucinatory objects, and then activate representations of others. I will present phenomenological and neurological evidence that supports this idea.

Keywords — noisy perception, abnormal cortical state, delusional accepatance

レビー小体型認知症やパーキンソン病では、人の幻視、実体意識性（「近くに誰かがいる」という幻覚）、キネトプシア（動きの錯視）などの病的知覚体験が観察される。演者は「逸脱した空間知覚→幻の対象の存在感→他者にまつわる意味表象の賦活」という心理的流れに基づいてこれらの病的知覚体験を理解できるのではないかと考えている。本発表では、この仮説の根拠となる現象的、神経学的知見について紹介する。

参考文献

[1] Nishio Y, Yokoi K, Hirayama K, Ishioka T, Hosokai Y, Gang M, Uchiyama M, Baba T, Suzuki K, Takeda A, Mori E. Defining visual illusions in Parkinson's disease: Kinetopsia and object misidentification illusions. Parkinsonism Relat Disord.2018. doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.05.023. [Epub ahead of print]

[2] Watanabe H, Nishio Y, Mamiya Y, Narita W, Iizuka O, Baba T, Takeda A, Shimomura T, Mori E. Negative mood invites psychotic false perception in dementia. PLoS One. 2018;13(6):e0197968. doi: 10.1371/journal.pone.0197968.

[3] Nishio Y, Yokoi K, Uchiyama M, Mamiya Y, Watanabe H, Gang M, Baba T, Takeda A, Hirayama K, Mori E. Deconstructing psychosis and misperception symptoms in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2017;88(9):722-729. doi: 10.1136/jnnp-2017-315741.

意味の圏論的理解：不定自然変換理論の試み
Category Theoretic Understanding for Meanings: Toward the Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT)

西郷 甲矢人 †
Hayato Saigo
† 長浜バイオ大学
Nagahama Institute of Bio-Science and Technology
h_saigoh@nagahama-i-bio.ac.jp

概要

In the present presentation, the new theory of meaning and metaphor named “Theory of Indeterminate Natural Transformations (TINTs)” will be proposed.

キーワード：意味 (meaning), 比喩 (metaphor), 圏論 (category theory), 不定自然変換 (indeterminate natural transformation)

意味は関係的である。ひとつの形象の意味ですら、他の無数の形象との関係を離れては存立し得ない。本講演においては、こうした構造を記述し理解するために格好の数学的枠組み＝「圏論」を用いた意味の理論として、布山美慕氏と演者が提唱した「不定自然変換理論」の試み [1] について述べる。重要な応用である新規比喩の意味生成の問題を焦点としつつ、「意識」の圏論的理解との関連も論ずる。

文献

[1] Fuyama,M. and Saigo,H. (2018). Meanings, Metaphors, and Morphisms: Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT). arXiv preprint arXiv:1801.10542.

バーチャルリアリティに見る都合の良い自分
“Convenient” Self Revealed through Virtual Reality

鳴海　拓志

Takuji Narumi

東京大学大学院情報理工学系研究科
The Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

Abstract

Recent developments and popularization of virtual reality (VR) reveals hidden human nature. For example, the players can feel the sound of a breath that is not actually presented when the girl's character approaches in VR [1]. Change in the appearance and scent with VR leads to change in percieved taste [2]. The characteristics of the avatar in VR changes our behavior [3]. In VR, inconsistent sensory stimuli are integrated as an understandable experience. Moreover how we percieve, think and act are affected by the charecteristics of the virtual body. I would like to introduce the examples of excessive "sense making" in VR, and discuss how we understand its mechanism.

Keywords — Virtual Reality, Cross-modal integration, Embodiment

女の子のキャラクタが近づいてくるだけで実際には提示されていない吐息の音を感じる[1]，見た目と香りが変わると味まで変わって感じてしまう[2]，アフロのアバタを使うだけで太鼓の叩き方が変わる[3]．バーチャルリアリティ(VR)では，矛盾する感覚刺激は理解可能な体験として統合され，自分とは異なる体を使うだけで振る舞いや心理が変わってしまう．VR を通して垣間見えるこうした過剰なまでの意味の辻褄合わせの事例を紹介し，「意味」の認知の理解に迫りたい．

参考文献

[1] NHK クローズアップ現代　「脳がだまされる!? 究極の映像体験 VR」，2016 年 5 月 31 日放送.

[2] Narumi, T., Nishizaka, S., Kajinami, T., Tanikawa, T., & Hirose, M. (2011). Augmented reality flavors: gustatory display based on edible marker and cross-modal interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 93-102). ACM.

[3] Kilteni, K., Bergstrom, I., & Slater, M. (2013). Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, *19*(4), 597-605.

意味理解とオブジェクト認知
Semantic cognition and object recognition

日髙　昇平[1]，高橋　康介[2]，鳴海　拓志[3]，西郷　甲矢人[4]，西尾　慶之[5]

Shohei Hidaka, Kohske Takahashi, Takuji Narumi, Hayato Saigo, Yoshiyuki Nishio

[1]北陸先端科技術大学院大学，[2]中京大学, [3]東京大学, [4]長浜バイオ大学, [5]東京都立松沢病院
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Chukyo University, The University of Tokyo, Nagahama Institute of Bio-Science and Technology, Tokyo Metropolitan Matsuzawa Hospital

Abstract

計算論的認知科学者(日高昇平)、知覚心理学者(高橋康介)、VR 研究者(鳴海拓志)、精神医学者(西尾慶之)、比喩の理論化に挑む数学者(西郷甲矢人)などの関連分野の異なる視点を持つ気鋭の論者を招待し、オブジェクトあるいは意味の単位をいかに理論的に扱うべきか、という点を主要なテーマとして議論を深める。これに先立って、この企画の趣旨説明、また各論者の研究概要の紹介、ＶＲ技術の体験セッションなどを事例に議論を深める。

Keywords — Object recognition, Semantic cognition, Illusion, Hallucination, Virtual reality, Category theory

バーチャルリアリティを通した「意味」の理解
Understanding of “meaning” through Virtual Reality

高橋　康介[1], 鳴海　拓志[2]

Kohske Takahashi, Takuji Narumi

[1]中京大学, [2]東京大学大学院情報理工学系研究科
Chukyo University, The Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

Abstract

昨今、Virtual Reality（以下 VR）の隆盛が著しい。VR の本質は「意味」の現前といえるかもしれない。その世界を一人称的に体験する者にとってのみ、その世界およびその世界における意味が現れる。ではその「意味」は一体どこから、どこに、どのような時に現れるのだろうか？本企画では、VR を用いた体験を通して、「意味」の認知現象と意味の圏論的理解や病的感覚体験との接続を試みたい。

Keywords — Virtual Reality, Cross-modal integration, Embodiment

本 OS では，VR 技術を実際にその場で体験するセッションを企画する．VR 体験を通じて、VR 技術の物体認知や身体拡張などの実験への応用を議論する。また、招待論者の研究紹介とＶＲ体験、そしてフロア参加者からの議論・質疑を交えながら、ダイナミックに/インタラクティブに議論を展開することを想定する．

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

協調学習の評価の刷新：指標を探す
Renovation of Assessment of Collaborative Learning: In Search of Appropriate Measures

白水 始[†]，益川 弘如[‡]
Hajime Shirouzu, Hiroyuki Masukawa
[†]東京大学，[‡]聖心女子大学
The University of Tokyo, University of the Sacred of Heart
shirouzu@coref.u-tokyo.ac.jp, masukawa@u-sacred-heart.ac.jp

Abstract
This article gives an introduction to our organized session "Renovation of assessment of collaborative learning: In search of appropriate measures." The overall session aims at answering two questions: "Are there any generalizable measures of collaborative learning across situations?" and "Who should and could take responsibility for searching and defining those measures in particular situations?" In order to answer these questions, we focus on process data of student learning in specific lessons using a collaborative learning method, with its multi-vocal analyses. As an introduction, this article briefly lays out background of assessment of collaborative learning in cognitive science and learning sciences.

Keywords — Collaborative Learning, Assessment

1. 本セッションの趣旨
協調学習の隆盛に伴い，その成果を評価しようとする様々な試みが始まっている．その動きに呼応し，本OSでは，1）協調学習の成果を一律に評価できる普遍的な指標はあるかという認知科学的な問いと，2）あるとすれば指標探しをどう行うのが――研究者が指標を探して学校現場に適用するというトップダウンなモデルと，教員が各々の状況に適用できる指標を探すというボトムアップなモデルと，その両者を融合したモデルのどれが――実行可能で，現場の学習の質を上げ続けるのかという学習科学的な問いの二つの答えを出す．

そのために本セッションでは，協調学習の評価に関する認知科学と学習科学の先行研究を整理した上で，協調学習の実際の授業実践データを共有し，参加者の分析に供して指標の候補を考えてもらうことで，議論の焦点化を図る．その後，同じデータを分析した複数の研究者グループの講演を基に，フロアも巻き込んだディスカッションで，上記二つの問いを議論していく．

以下，本セッションが扱う問題の背景（2節）とセッションの進め方（3節）を簡単に述べ，協調学習の評価について，認知科学が何を明らかにしてきたか(4節)，学習科学はどこに向かおうとしているのか（5節）に関する第一著者の私見を記して，議論の素材を提供する．最後に，本セッションの他の論文の概要や位置づけについて触れる（6節）．

2. 問題の背景
子どもが教師から正解を与えられてそれを覚えることだけを求められていた教育から，子どもが自ら考え答えを作りだす教育へと社会のニーズが変わるにつれ，その実現手段としての「協調学習」が脚光を浴びるようになってきた．協調学習の隆盛は，「人がどう学ぶか」に関する，言わば理学的な研究を蓄積してきた認知科学者の理論と評価手法を現実の場で試すことを要請もしたし，実践的なデータの蓄積を可能にすることにもつながった．一方で，対話を通して自らの考えを変えるコラボレーションスキルが「読み書きソロバン」同様に，生きていくための必須のスキルとして認められるに従って，それを直接的に評価しようとする試みも始まった．国際的な到達度調査であるPISAでは，2015年度に「協調問題解決能力調査」が行われ，全世界で一律の指標での「協調問題解決能力」の評価が実施された[1]．認知科学からすると，その工学的な実用が性急に求められるようになったと言える．これに認知科学はどう対処していくことができるのか．

それを考える切り口として，本セッションでは「指標」に着目する．着目する一つの理由は，「指標」が対象とする現象や認知過程を分節化して，理論を構成する要素として役立つためである．指標の背景には，どれだけ中立的に見えても理論的な仮定があり，指標を議論することはその背景にある理論を議論することにつながる．二つ目の理由は，認知科学の学習研究の標準的な枠組みとして，概念理解や知識獲得，協調問題解決能力など介入したい目標を定め，その程度を把握する「指標」を定めて，介入がどの程度の効果をもたらしたのかを分析するステップを取ってきたためである．指標自体が学びを可視化すると言ってもよい[2]．だからこそ，

指標を議論することは，具体的な切り口から，協調的な学びをどう捉え，評価しようとするかという理論的な検討にもつながる．三つ目の理由は，指標の設定がこのように重要な作業でありながら，研究者もどうやって行っているのかはっきりしないプロセスだからである．三宅[3]が「質的評価という名のもとに研究者自身が何をやっているのか，その仕様をはっきりさせることは，学習科学にとっても大きな研究テーマである」と述べるとおり，研究者が分析をする際に，分析の観点を定め，観点に沿った指標を探し，各指標の具体例と共に操作定義（operational definition）を作るプロセスは一筋縄ではない．指標を決めてはデータを少し実際に分析（コーディング）し，結果を見て指標を精緻化するようなサイクルを繰り返す，複雑なプロセスだからである（分析手順の明示例として[4]）．特に，協調学習では学習者が問題を解けたかどうかなどの学習最後の成果物だけでなく，対話やメモなど「学習途中の成果物」が豊富に出てくるため，それらを総合的にどう評価するかは一層複雑な作業となる．

協調学習の実践が全国の教室で展開されるにつれ，実践者たる教員自身が自らの授業の狙いや引き起こしたい学びに関する仮説に照らして，授業の成果を分析して次の実践に活かす「授業研究」のサイクルが一層重要視されるようになってきている．教育実践の分野で脚光を浴びる「ルーブリック（Rubric）」もその一環と捉えられる．ルーブリックは学習到達度を把握するための観点と尺度からなる評価基準表を指すが，評価の観点を「指標」，尺度を「操作定義」，モデレータを「具体例」と見れば，認知研究の分析作業と何ら違いがない．そのために研究者からの分析手順の明示化や共有，実践と分析のサイクルの高速化・簡易化の支援が重要な検討課題になってきているわけである．

そこで，本報告では 4 節にて認知科学の先行研究を参照しながら，実践者がすぐ使えるような一律の指標はあるのか，あるいは多少手間が掛ったとしても協調学習の効果をよりよくとらえられる指標はあるかについて検討する．

次に，その指標が一定程度決まるとして，それを誰がどういう形で決めていくとよいのか，その全体としての体制や展開はどのようなものであるべきかについて 5 節にて検討する．

この問題は，協調学習を巡る理学と工学をどう往還していくかという問題だとも言える．協調学習の理学的な研究が「人は他者との関りからいかに学ぶのか」というメカニズムの精緻な解明だとすれば，その理解に基づいて教室で協調学習をいかに実現させていくかが工学的な研究ということになる．理学が協調的な学びのメカニズムに基づく特定の授業の型やデザインを示唆するとしても，それをどのような課題や教材，学習活動で実現するかは，現場教員など学習環境デザイナーの工学的な判断に委ねられる．特に現実の学校場面では，「教えたいことを教えられるか」という意味での工学的価値が非常に大きく問われる．

それゆえ，この問題は，1．協調のメカニズムに関する理学的な仮説や指標がどの程度，状況や個人を超えて一般化可能なのか，2．一般化可能でないとすれば（あるいは一般化できることは非常に抽象的な枠組みだけだとすれば）その具体化は誰がどう行っていけばよいのか，3．学習研究がより実践的で工学的なものに変わり始めると，その「研究」の在り方をどう考えていけばよいのか，といった問題をはらむと言ってよい．

以上のように，協調学習の評価は，人はいかに学ぶのかというメカニズムの解明にも，教室での子どもの学びの促進だけにもとどまらず，両者の往還を経て学習研究をどう変えていくかを考える契機になる．三宅[5]の言葉を借りれば，「理学と工学の往還により，今の現実社会の発展に資する実践可能な対応をデザインし，その成果を評価してデザインそのものの質を上げ続けていく『実践学』」を樹立できるかが問いである．

3. セッションの進め方

本 OS は，３つのフェイズで進める．

最初のフェイズでは，堀[6]の「知識構成型ジグソー法」による授業実践の紹介に続き，企画者が準備した教室場面における協調学習の発話の書き起こしデータ（中学校理科の二授業の各 2 グループ程度のデータ）を用いて，参加者が簡単にその場で分析を行い，データの概要をつかみ，指標を検討し共有する．

次のフェイズでは，招待発表者である益川ら[7]，齊藤ら[8]が同じ協調学習の発話データを分析した結果を発表する．さらに同様な分析を機械的にビッグデータに適用した結果を中山ら[9]が発表する．

最後のフェイズでは，講演者の発表内容を振り返って関連付け，指標づくりを誰がどのように定め，結果を共有することがいかなる効果をもたらすかについて議論を行い，学習の実践的研究が，これからの時代の評価の刷新と認知科学にいかなる貢献をできるかを考える．

4. 認知科学における協調学習の評価

協調学習は，学習科学分野では国際的に“Computer-Supported Collaborative Learning”という学会があるほど，子ども中心の学びの常態として採用されている．国内でも，仮説実験授業や学びの共同体など，優れた実践は数多くなされている．協調学習の実践では，知識構成や概念理解など，学習者も教員も「確実に進歩が感知できる」学習を基盤として狙い，その達成の上に，コラボレーションやイノベーションのスキル，科学的な見方・考え方の獲得など，長期的なメタ認知の育成を狙う「二階建て」構造を取っていることが多い．それに連動して，学習成果の指標も一授業や一単元での知識・理解の進展を測るテスト，エッセイ，パフォーマンス課題等と，より長期にわたる行動の変容，自発的な報告等との二種類が対象とされがちである．それらの学習に成果が見られると（あるいは見られないと），その途中で何が起きていたのかという原因を探る形で学習過程が分析されたり，あるいは学習過程におけるコミュニケーションやコラボレーションのスキルの発露自体が学習成果として分析されたりすることになる．

しかし，学習科学も現実場面での長期にわたる学習過程のビッグデータを基に学習メカニズムの理解を深め，理論を構築するところには至っていない．依然，小規模な実験室実験あるいは教室実験で収集されたデータの詳細な分析を基に構築された認知科学的な理論を実践に適用・検証するものが多い．三宅[3]が「（長期にわたる協調学習による知識構成を狙う）実践例から学べることは多いが，具体的に支援可能な技術の同定には結びつきにくい．反対に，協調過程のメカニズムを解明しようとした研究は，そのメカニズムをどう支援して引き起こすかの手がかりにできるため，実践研究より明確な形で建設的な協調作業をデザインするためのヒントを与えてくれる．」と述べたのは 2008 年のことだが，それから 10 年経って，いまようやく，教室での児童生徒の学習の全データから理論を精緻化・再構築するような試みが始まっているところである．

協調学習の基盤となる共同問題解決や共同理解深化研究の枠組みは，図 1 の PISA2015 の協調問題解決能力の枠組み[1]や，図 2 の 21 世紀型スキルの枠組み[10]に見るように，社会的な側面（図 1 の横軸，図 2 の左部分）と認知的な側面（図 1 の縦軸，図 2 の右部分）の二つを，掛け合わせるにせよ（図 1），並置するにせよ（図 2），想定しがちである．

	(1) Establishing and maintaining shared understanding	(2) Taking appropriate action to solve the problem	(3) Establishing and maintaining team organisation
(A) Exploring and Understanding	(A1) Discovering perspectives and abilities of team members	(A2) Discovering the type of collaborative interaction to solve the problem, along with goals	(A3) Understanding roles to solve problem
(B) Representing and Formulating	(B1) Building a shared representation and negotiating the meaning of the problem (common ground)	(B2) Identifying and describing tasks to be completed	(B3) Describe roles and team organisation (communication protocol/rules of engagement)
(C) Planning and Executing	(C1) Communicating with team members about the actions to be/ being performed	(C2) Enacting plans	(C3) Following rules of engagement, (*e.g.*, prompting other team members to perform their tasks.)
(D) Monitoring and Reflecting	(D1) Monitoring and repairing the shared understanding	(D2) Monitoring results of actions and evaluating success in solving the problem	(D3) Monitoring, providing feedback and adapting the team organisation and roles

Note: The 12 skill cells have been labelled with a letter-number combination referring to the rows and columns for ease of cross-referencing later in the document

図 1　PISA2015 での協調問題解決能力の枠組み

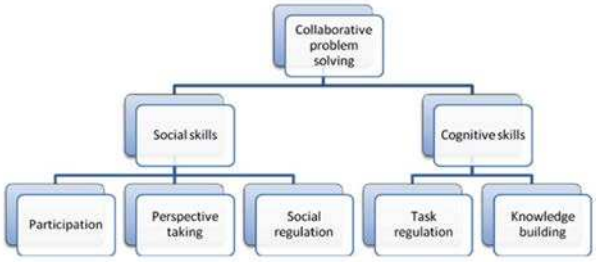


図 2　21 世紀型スキルでの協調問題解決の枠組み

加えて，社会的（social）な過程やスキルの内容を見ると，“shared understanding”“team organization”“social regulation”など，ペアやグループの共通理解や調整・維持に主眼が置かれていることがわかる．協調的な過程のメリットや特徴，そこで参加者がすべきことに焦点化すると，こうした整理になるからだろう．

実際，教室実験での高校生の協調的理解深化過程を詳細に分析した Roschelle[11]は，「人は異なる意見を一致させようとして意見の根拠を確かめ，高次な意見へと収斂させようとすることで，より抽象度の高い知識を構成する」という収斂説を提唱している．Roschelle は，高校生ペアの発話の隣接対を，その言及対象の状況意味論的解釈も含めて分析することで，意見の収斂度と（二人まとめての）理解の深化度を指標として収斂説を主張した．

その一方で，協調的な過程が一人ひとりの理解を深める側面に注目した場合は，参加者の多様で固有な理解深化を説明する理論が要請される．Miyake[12]や Shirouzu ら[13]は，実験室実験において共同問題解決・理解深化に従事したペアの発話を個人単位で追跡し，二人の間の役割交代と一人ひとりの理解の深化度を指標として分析することで，「一人が課題遂行の役割を取ると，もう一人は問題の主たる解決から押し出されて

モニターとして状況を客観的に見ざるを得ず，それが少し抽象度の高い意見をその場にもたらすことになり，さらに役割交代によってそれが繰り返されることを通じて，各自の理解深化が進む」という建設的相互作用説を提唱している．これはペアやグループが共通理解に到達することを保証しない点で，協調活動の利点をわかりやすく説明できない反面，なぜ協調が一人ひとりの理解を進めるのかや，協調場面を離れた後に一人ひとりがそれぞれ違った理解をどう保持・活用するかを説明できる利点がある．

建設的相互作用説は，対話場面であろうと，一人ひとりの発話を分析単位とする．実際，Roschelle[11]が収斂説の根拠とした対話データをShirouzuら[14]が個人単位で分析したところ，二人の高校生がそれぞれ異なる表現を使い続けており，その背後にそれぞれ異なる理解モデルが推察できた．

以上は，同じ協調場面でも，それぞれ異なる理論的前提を有し，それに従った分析を行うと，結果も違って見えてくることを示唆する．

協調学習のデータを国際的に共有し異なる立場の学習科学研究者で分析し，学習理論と分析法に関する理解を深める“Multivocal analyses”という試みからも同様な示唆が得られている[15]．当初，このプロジェクトは，多様な分析法を統合したより良い分析法の開発や，目的別に使い分けられる分析法のレパートリー作りを狙っていた．だが，実際起きたことは，研究者間の建設的相互作用，すなわち，異なる分析法に触れることによる各自の研究法の利点や限界の自覚と，限界を乗り越えるための新たな疑問の創出だった．

例えば，第一著者が提供した小学生6名の一授業全言動を起こしたプロセスデータ[16]の分析では，第一著者を含む3名の分析者が，学習が「転回」したpivotal momentとして異なった箇所の対話セットを同定した[17][18][19]．ある一つの対話の箇所だけは3名ともpivotal momentとして同定したが，その場合でも，同定した理由は異なっていた．例えば，分析者の一人だったバフチン派のTrausan-Matu[17]は，収斂説と似た「ポリフォニー理論」の立場から，「多様な声を響き合わせようとして互いの意見に賛同した」場面だと解釈したのに対し，第一著者は建設的相互作用説の立場から，「それまでの理解の経緯に従って，自らの疑問を解消するものとして他者の発言に賛同を示した」場面だと解釈した[18]．それゆえ，表面的な同意の深層にある理解過程は，一人ひとりの話者の間で異なっていると見たのである．

こうした異なる分析に触れることは，第一著者にとって「自分の分析だけが唯一の解ではない」という自覚を促し，建設的相互作用理論のより深い解釈や精緻化を可能にする効果を持っていた．子どもの学び同様に，異なる声に触れることが一人ひとりの声をより深く，特徴的なものにする可能性が示唆されている．

その一方で，このように理論的立場の異なる研究者同士でも分析に関する対話を進められたのは，上記6名の児童に授業の約半年後にその内容を想起する記述を求めていたからだった．想起データから推察できる6名の児童の理解度の違いを授業中の対話の様子から説明できるかが，分析の共通課題となることによって，研究者間の対話が維持された．複雑で多様に見える協調学習場面でも，一人ひとりの学習者の理解深化や知識構築，定着といった認知的な「学習」の成果は，状況を超えて一律に評価すべき／評価できる手堅い指標なのだと言える．それに対して，そうした成果がどうしてもたらされたのかという社会的な相互作用の説明は，十分合意が取れるほど成熟していないと考えられる．それほど「協調」の過程は複雑なのだろう．

それでは，社会的相互作用に関する多様な理論や分析方法の間の関係性を，もう少し詳しく理解できないものだろうか．

「空気と水」という単元の仮説実験授業において，21名の小学3年生が全11問を12コマ掛けて解く過程の発話を全て起こし，収斂説と建設的相互作用説双方の立場から分析した齊藤[20]の研究は，その一つの候補となる（仮説実験授業とは，一つひとつの問題に四つ程度の選択肢からどれが答えかを予想し，議論して最後に答えを実験で確かめる手順を繰り返し，科学的な考えや考え方を身に付ける授業である）．

齊藤はまず，収斂的な概念変化を確かめるために，学級全体での予想の的中率や，予想した選択肢の分布の変遷，議論から推測できる理解度等を分析した．すると，一連の授業の最後のまとめ問題に全員が自力で正解を予想できるようになっただけでなく，クラス全体の議論が単元前半での経験則に基づく適用範囲の狭い説明から，複数の問題を統一的に解釈しうる概念的理解に基づいた説明へと変わっていく傾向が確認できた．

その一方で，一人ひとりの予想した選択肢の推移や的中率，発話回数，議論から推測できる理解度の変化や理解モデルの種類を指標として分析すると，児童一人ひとりの学習のプロセスは全員異なっていることが見

えてきた．例えば，児童 21 名の 11 問に対する選択肢の予想推移パタンはすべて違っていること，発話量にも最大の児童と最小の児童で 40 倍以上の開きがあること，さらに発話回数が多い児童ほど予想が当たり易かったわけではないことなどがわかった．

発話回数の多い児童 4 名の対話に関する詳細な分析からは，4 名の理解モデルは多様性であり，互いの理解の差異を疑問視したり，確認したりする対話を通して，各自が新しい知識を取り入れたり，知識を関係づけたり，見直したりすることによって，それぞれの理解の質を上げていく様子が描出された．同時に，発話回数の多い児童から少ない児童へ一方向的に知識が伝播していくわけではなく，発話回数の少ない児童も一人ひとりが対話を聞きながら考えることを通して自らの理解を深めていく過程が示唆された[21]．

すなわち，建設的相互作用が積極的な「課題遂行者グループ」の中での課題遂行者とモニターの役割交代で起きるだけでなく，教室全体の課題遂行者グループとモニターグループの間でも起きていたことになる．齊藤[20][21]は，この多人数の教室で起きる建設的相互作用を「社会的建設的相互作用」と呼んだ．

齊藤の研究でも依然，協調のメカニズムは建設的相互作用論で説明され，その集積として収斂的概念変化という現象が起きるという説明の機序になっていると考えられるが，それでも重要なのは，同じ現象を異なる分析単位とタイムスパンで眺めてみることによって，その見えが変わるという事実の指摘である．具体的には，クラスを単位として教員が教えたいことに向けて子どもたち全体に概念変化が起きているかを長期間にわたって追えば，収斂的な概念変化に見えるし，それを各児童の理解の軌跡として一授業単位ずつ詳しく追って行けば，多様な理解の相互作用が見えてくるということである．これを齊藤は Zoom-out と Zoom-in と呼び，「協調学習を通して教えたいこと」を持つ現場教員であれば，その目的に従って，適宜分析方法や着目する指標を変えればよいと提言している．

本節の示唆は，次の三点にまとめられるだろう．

1．協調学習においても，まずは学習者の理解深化や知識構成等を指標の基軸として「学習」成果の分析を行うことが，協調学習の評価の基盤を成す．
2．「協調」過程の分析や理論化は，その分析単位や対象とするタイムスパンによって多様にあり得る．
3．多様な分析法から何をすべきかを選択するために協調学習の「目的」が役立つ可能性がある．

1 の評価は，授業前後の問いに対する解決の程度や長期間経過後の定着など，多様な指標で把握し得る．これは一人ずつデータ収集する方法と，グループやペアの共同で収集する方法の両方が考えられるが，後者で行う場合も，前者は補足的に行っておいた方がよい．二人以上のアウトプットがどのような個人の貢献で生まれたのかなどを検討できるからである（Roschelle[11]は実験最後の学習成果に関するインタビュをペア単位で取ったが，一人ひとり分けて取ってみると，より個々人の理解が明らかになった可能性がある）．

2 については，収斂説と建設的相互作用説の違いに見るように，なかなか議論を収束させるのは難しいだろう．平易な例を出せば，協調的な場面で何らかの創造的なアイデアが生まれたとき，それをどこまで個人のアイデアに還元できるか，それとも協調のレベルで創発したものかは，社会的分散認知論，状況的学習論や知識創造論などにおける昔からの難問である．理学的な解明では平行線を辿る可能性があるし，両者が「相補的」だと言う場合でも，メカニズムとしてどのように相補的かを解明するには，現在の乏しいデータ量では不十分だろう（だからこそ，協調を有意味な「学習」や「問題解決」から切り離した PISA2015 のような調査は時期尚早な嫌いがある[22]）．

3 に示したように，どの理論や分析法が正しいかという「信念モード」ではなく，どれが役に立つかという「デザインモード」[23]でこの問題を捉えた方が，暫定的な答えを出すことができるし，実践を前に進めることもできるのではないか．その際，「役に立つか」という有用性の観点で判断するためには「目的」が要る．それを実践が決める可能性がある．

現場の教員が目的に照らして，有意義だと思える分析方法を使い，実際に分析結果を眺めて解釈を繰り返すことが実質的な「相補性」を保証する．その分析経験は将来的に PISA2015 のような「協調問題解決能力を測ることになっているテスト」が教育現場に押し寄せたとき，それを使うか否か，どう使うか，結果をどう解釈するかの主体性をも保証するだろう．

5. 学習科学における協調学習研究の展開

学習科学における協調学習の実践は，どんな教員がどんな教室で行っても子どもの学びを引き出せることを狙った教材パッケージの開発（典型例として Jasper プロジェクト）から，一部の積極的な教員と研究者が協働して教科や単元を選んで教材を開発し，実践して結

果を踏まえて持続的に改善するデザイン研究（典型例としてWISEやLearning By Design, LeTUS, IQWSTプロジェクト），さらには教科や単元を選ばず，どんな教員でも日常的に授業実践できることを狙ったデザイン社会実装研究（典型例としてはKnowledge BuildingやCoREFプロジェクト）へと展開してきている．

この「教員や教科，単元を選ばず，いつでもどこの教室でも実践ができるようにすること」，すなわち，協調学習の「日常化」を狙いに据えると，研究の在り方もだいぶ変わる．特定教科の特定単元をターゲットとした介入や教材開発であれば，研究者やその協力者の教員が年に一度の実践のために入念に計画や準備を行い，特別な実践の場を設けて，全グループにビデオカメラと一人一台のICRで録画・録音を行って，一年間掛けてそれらを起こして論文化なども行いながら，理論化と改善を図ることが可能になる．ところが，日常化を狙うとなると，教員が実践＝研究の主体となって，授業実践を行った翌日には次の授業が控えていて，そのために限られた人手で何とか集めたデータから授業改善のヒントを得たいなどということになる．

両者の間には，研究の目的や必要なデータ，収集できるデータ，分析に掛ける時間や労力に関して大きなギャップがある．モードが違うと言ってもよいだろう．

前者は「自分たちの介入に対して学習者はどう学ぶか」というメカニズムの理学的解明と，それに基づく仮説や理論に支えられた教材の開発が目的である．そのためにはその場の状況をなるべく悉皆に「網を掛けて」詳細に記録したいと考えるだろうし，指標の設定や分析についても，その限られたデータを舐めるように多方面から検討して，納得できる指標セットと結果を導出するものだろう．

これに対して後者は，とにかく教員が教えたいことを教えられたかという成果の検証と，教えられた／教えられなかったとすればその原因はどこにあるのかのプロセスの検証とが主たる目的になるだろう．現実の制約の中でデータの収集は散逸的（sporadic）になるだろうが，それでも目的が達成できれば十分だということになる．分析方法や指標の選定は，実践者にその時点で利用可能なものが目的に合わせて適宜選ばれることになるだろう（逆に方法に内在する理論的前提については自覚していない可能性もある）．

分析や理論化の時間という点で考えても，両者には大きな隔たりがある．例えば，4節で紹介したような共同問題解決研究や協調学習研究に掛かった時間を著者が一次情報にアクセスできる研究だけに限って考えてみても，Miyake[12]が「ミシンの縫い目がどうできるか」について話し合った3ペア延べ380分のデータについて博士論文を刊行するまで約 3 年，Shirouzu ら[13]の「折り紙の4分の3の3分の2の部分に斜線を引く」課題のペアを含む解決過程の計130名350分のデータについて約 4 年，Shirouzu[18]の「折り紙の 3 分の 2 の 4 分の 3 を切り取る」課題に 6 人の児童が取り組んだ授業約50分延べ300分（注：一人ひとりの言動を全て起こすため人数と時間を掛け合わせている）のデータについて博士論文の刊行まで約5年，齊藤[20]が「空気と水」の仮説実験授業に取り組んだ児童21人分延べ授業時間としては540分（集中的に分析した授業を人数分掛け合わせて左記に足すと計720分）について博士論文を刊行するまで約9年というように，割ってみれば「一年当たり約1時間から100分程度」のペースでしか処理できていないことがわかる．また，実験室実験を越えて教室での協調学習を直接対象にすると，より時間が掛る傾向も見て取れる．それだけ，多人数のインタラクションの分析に時間が掛るからだろう．

さて，このペースや緻密さで，1教室40名×50分≒2000分（この合計時間はどれだけ小グループ活動を組むかにもよる）の授業を分析しようと思えば，早くて20年掛かることになる．小学1年生の授業すら，結果を返す頃には成人してしまっている．少々乱暴な計算だが，こう推定してみると，私たちは実践化する協調学習研究の在り方について，根本的に考え直す必要があることに気づかされる．

「研究のための協調学習研究」と「協調学習の日常化」の関係をどう考えればよいのだろう？それは一見，理論と実践，理学と工学の関係に近いように見える．

Stokes[24]は基礎研究と応用研究という不毛な二項対立を超えるために，図3の4象限からなる枠組みを提案した．縦軸が「根源的な理解の探究」であり，横軸が「実用・応用の考慮」である．理解の解明のみを狙った典型例が原子構造を探究したボーアであり，応用のみの典型が電気の発明と社会普及を成し遂げたエジソンである．ただし，この両者は対立したものではなく，右上のパスツールのように実用にインスパイアされて根源的な探究も同時に行う研究もあり得る．Stokesはこれを“Pasteur’s Quadrant（パスツールの象限）”と呼んだ．

もしこの枠組みが協調学習研究にそのまま適用できるのであれば，「研究のための研究」はボーアの象限，

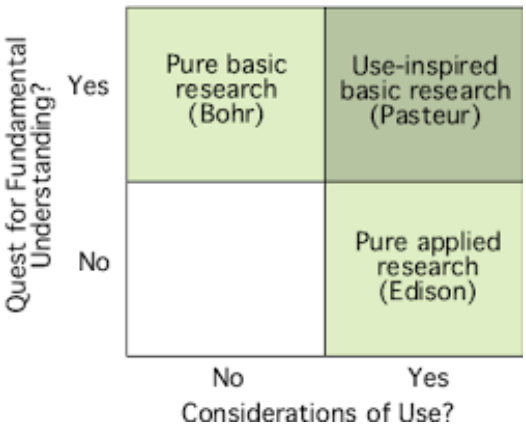


図 3　Pasteur's Quadrant

「日常化」はエジソンの象限と位置づけられ，両者はそれぞれ研究と実践という違う目的を持つ，ということで話が済む．しかし，問題は，ボーアの量子論が様々な物理現象に適用し得るのに対して，状況を越えて一律に実践を支え得る協調学習理論はないということ，より平易に言えば学習は常に一回性を持つ，ということである．一方で，この同じ理由から，エジソンの直流送電の方式がその具体的な装置を通じてどこの社会でも使えたのと違って，全ての状況で活用できる協調学習パッケージはない，という問題がある．現場教員がパッケージをただ受け取って実践するだけでなく，目前の学習者の既有知識を考慮しながら，狙いに向けてそれをアレンジして十全な学習を引き起こすことができるように学習環境をデザインする必要がある．それは単に授業で扱うコンテンツに関してだけでなく，協調的な学習活動を展開する際のスキャフォールドや学習者間のインタラクションの促進など，優れて協調的な認知過程の理論と絡むデザインも含む．実践は，教員の自前の学習理論に裏打ちされる必要があると言える．

そう考えると，協調学習研究においては，ボーアとエジソンの象限がそもそもあり得ず，すべての研究と実践がその融合した形としての右上の Pasteur's Quadrant を目指す必要があるのではないか．この意識を共有しないと，例えば実践的な場面で取られたデータに何とか実践的研究者なりに理論化を図ろうとした研究に対して過度に厳密な手続きや方法論的精緻さを求めるミスマッチや，逆に厳格な手続きでなされた実験室実験的な教室介入実験に対して実践者が知見を一般化してよいかわからず，研究を役に立たないものと見なす違和感や断絶が生まれるのではないだろうか．両者をうまく融合させながら，意味のある協調学習研究を生んでいくために，私たち認知科学者が見つけてきたこと（理学）とそれを実践（工学）に結び付ける「動き」が必要ではないだろうか．

Latour[25]は，Pasteur's Quadrant 自体がどう実現されたのかのヒントになるようなパスツールの研究プロセスのモデル化（図 4）を行い，その人生は，研究主題も方法も常に変わっていったが，唯一変わらなかったのはその「動き」だと主張した．

パスツールはまず結晶学（crystallography）から研究を始めたが，ある程度の成果を収めると，結晶学自体の基礎研究（より詳細なメカニズムの解明）は他人に任せ（図の点線：discipline continued by others），多くの人が関心を持つ応用的でより難しい問題へと“sideways step”する．ただし，その際，自分がかつての領域で習得した手法が使えるように問題を変形する．だから，獣医学・生化学と領域を変えながらも，実験室的手法でその領域の先駆者（precursors）とは違う形で問題を解き，新たな発見をしていった．例えば，感染と病気の関係を見つけると，微生物の分類や病気との関係の同定は Koch など他の研究者に任せ，自分は実験室で感染病を作り出す実験に取り掛かる．しかし，実験病理学の発展は Bernard に任せ，微生物の弱毒化，さらにはワクチンの開発へと発展していく．それに伴って，次第に多くの研究グループや人々が動員され，ついには世界全体が彼の研究成果と関わるようになった（図の大きくなっていく円）．自分の解と手法がどのような現実問題に適用できるかを探しながら，角を曲がり（bend），斜めに移行していった人生が「パスツールの軌跡」だと Latour は言う．

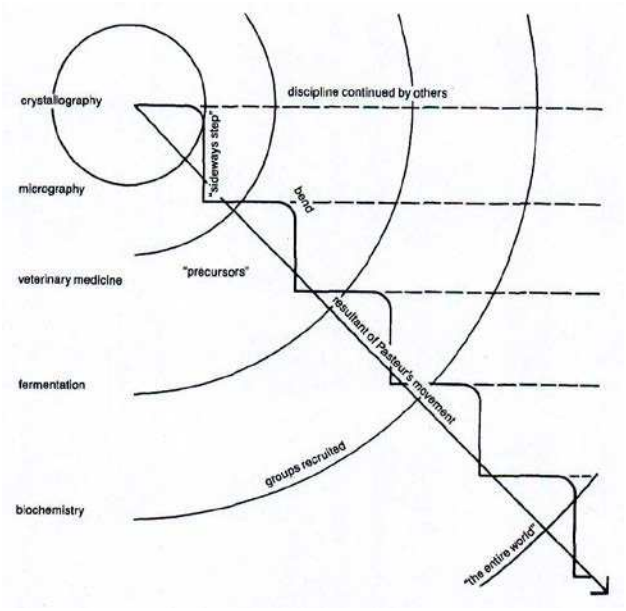


図 4　Pasteur's Movement

違う言い方をすれば，先駆者が見ていたのと同じ現象に対して，全く違う説明（メカニズムの解明）の仕方を持ち込むことで発見をもたらし，それを基に新しい解を社会に「製品」等の「形」で投入することで科学を社会に役立て，多くの人を動員していったと言える．しかし，それも一挙に行われたわけではなく，漸進的な過程であったということが示唆的である．図 4 を左 90 度回転すると，ちょうど図 3 の Pasteur's Quadrant に至るパスとなる．それが一筋縄の象限間の移行ではなく，漸進的な接近だったということである．

パスツールが発見した微生物や開発した低温殺菌法のように，学習研究は状況を越えて普遍的に当てはまる理論的存在や手法を持ちえないかもしれない．しかし，私たちは上記のモデル化から，1）現象の理学的解明は図の点線のようにどこまでも続く一方で，社会の問題は図の円の広がりのように無限にあるため，一回一回の問題解決ではそれまでの知見をベースにどこまでの範囲の現実的な課題を解くのかを「区切って」考える必要があること，2）理学的な解決を工学的な形にして，言わば応用先を「拡げて」実践に投入することで，新たなデータを得て，その理学的な理解を深めること，3）この両者，すなわち「区切る」ことと「拡げる」ことを繰り返して漸進的に社会に訴求し社会的動きを作っていくことの重要性を学ぶことができる．

特に 1）は状況の普遍性が弱い学習研究では必須ではないか（これは過度な一般化を避けるということでもある）．それを現場教員が持ち込む「問題」や「目的」が決めてくれる可能性がある．2）は現象の理解を協調学習の教材や活動，あるいは教員支援のワークショップのデザインなどの「形」にどう反映していけるかを考えるということである．同時に，それを「開発・実践して終わり」にするのではなく，そこからデータを取ってさらに理解を深める必要がある．最後にこの 3）が学習研究をパスツールと一線を画するものとなる．パスツールは結局，研究者が解を提供して社会の問題を解決する関係であった．しかし，学習研究では，教員など社会の担い手自身が問題解決に参加する必要がある．

例えば，2002 年の国際学習科学会で，James Greeno が「新しい学習を求める社会的動きに呼応して学習科学は現代のパスツールになろう」と呼びかけたのに対し，Carl Bereiter は「パスツールの場合は，ワインの防腐やカイコ病の阻止などの問題は社会にも明確に共有されていた．しかし，学習の問題は『新聞が読めない』，『計算ができない』，『作文が書けない』など若い人に対する欠損指摘であり，究極の協調学習をイメージした上での「問題」ではない。市民の『漠然とした関心』を成熟した社会的な動きとしていくための努力をも学習科学はしなければならない」という趣旨の反論をしている[26]．教育改革に揺れる日本に当てはまる指摘である．社会的な問題の適切な喚起と再定義が協調学習の日常化には必要であり，その過程で教員の「教えたいこと」を「計算ドリル」の世界から前向きに変えていく支援も共に必要だということである．

Latour の示唆をより深く考えてみるために，図 4 を認知科学から学習科学へという流れに置き直してみよう（図 5）．理解深化に関する認知研究は，メカニズムの活用とさらなる解明を目指して協調的認知研究へと展開し，発話というデータ取得手法を加味することで新たな研究分野の創成に繋がった．それが協調学習，学習科学に展開し，現実にインパクトを与えられるレベルに達すると，教員など社会的なコミュニティを研究推進の担い手に期待する流れになったと解釈できる．

本 OS のメンバーが多く関わる CoREF プロジェクトの牽引者三宅なほみの研究史でこれを例解しよう．氏の認知研究は，人がどのようなときに質問を生成するかを「予習の有・無」2 条件×「教材の難・易」2 条件で調べた実験室実験だった[27]．ある程度の知識が質問生成の条件となることを掴むと，三宅は質問生成の過程をより詳細に調べるために「ミシンの縫い目のでき方」をペアに考えさせる協調的認知過程研究を行う[12]．わかることが次のわからないことを生み出す螺旋的過程を見出すと，その動因となる「他者との考えの違

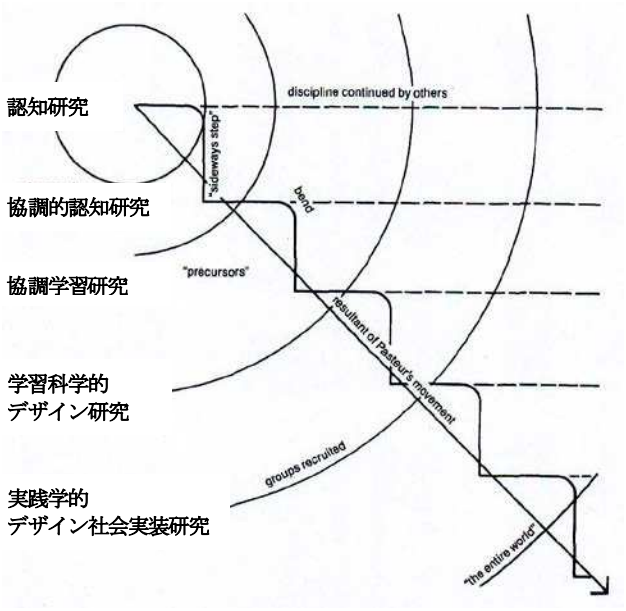


図 5　認知科学から学習科学，そして実践学へ

い」を活かした協調学習研究を大学の教室で展開する．ここに至って，研究対象は実験室を離れ，現実の大学で学ぶ累計約千名の大学生を含むことになった．しかし，その実践は依然αサイトで行われたものであった．建設的相互作用をあらゆる教室で引き起こすことを狙った「知識構成型ジグソー法」という授業の型をまさに工学的に導入することで，初めて東京大学 CoREF プロジェクトは数千名の教員と連携した学習科学的なデザイン研究を展開するに至った．数千名の教員を介して，数万名の児童生徒が教室で協調学習に従事できるかが検討課題になったわけである．しかし，そこでも依然主たる課題は「知識構成型ジグソー法の授業を実際の教室で実践できるのか」「どのような単元でできるのか」といった実行可能性（feasibility）の検証だった．それが，デザイン研究を繰り返すことで，「同じ単元でもどう実践すれば，より深い学びを児童生徒に引き起こせるのか」「一つの実践から違う単元，教科にも活用できる知見は得られないか」という問いが教員たちの主題となってくるに連れて，教員たちは実践的研究者へと変貌し始めたと見ることができる．

いま，CoREF プロジェクトは実践的研究者たる教員が研究主体の根幹をなす実践学を樹立・展開できるかを問われている．こうした実践学のためには，児童生徒が教室で学び合うだけでなく，その協調学習を支える学び合いを教員同士が学校や自治体を越えてできるように，教育行政関係者のレベルでも学び合いが起きるよう支援していく必要が生ずる．これが CoREF の考える「デザイン社会実装研究」[28]である．さらに，協調学習の日常化を目指して，実践の主体を教員に手渡していくためには，実践の「評価」自体のやり方も教員に手渡していく必要がある．児童生徒の対話データも含め，学習に関するビッグデータを教員が効率的に活用できるように ICT 利活用技術者やデータサイエンティスト，人工知能研究者との協働も必要になる．学習科学研究者はこうした実践・研究者協働のための関係の再編と組織づくり，個々の実践的な研究を展開する教員に対する支援，そこから得られるビッグデータを検討し次にもう一段質の高い実践と研究展開のアイデアを産み出していく核として働くことになるだろう．

6. 本セッションの論文

本セッションは，学習科学的なデザイン研究から実践学的なデザイン社会実装研究へと我々が分岐してゆけるかを問うセッションとなる．そのために「指標」を切り口にする．指標は研究者が理学的・理論的な検討を行う時の適切な boundary object として機能すると同時に，教員にとっては狙いたい学びのゴール（最近は「資質・能力」と呼ばれる）の達成を授業における子どもたちの学びの姿として見とるための「観点」と「具体」を提供する．それは教員と研究者間の boundary object としても機能するだろう．結論を先取りすれば，これからの実践学的な協調学習研究のためには，関係者全てが指標作りを巡って学び合う必要がある．

セッションの論文概要とガイドを記す．

堀[6]は，建設的相互作用を教室に実現することを目指した知識構成型ジグソー法による理科授業の 2 年間にわたるデザイン研究の成果を報告する．成果として，堀は授業結果の限られたデータから「問いの焦点化が生徒の議論を深めた」との解釈を行っている．これはあくまで局所的な授業のやり方に関する気づきに見えるかもしれないが，では「問いの焦点化」とは具体的にどういうことを意味するのか，それがなぜ，どういう機序で議論を深めるのかという知見は一般化可能な知見になり得る．

益川ら[7]は，認知科学・学習科学研究者として，建設的相互作用説の立場から，三宅も用いた「わかるーわからない」の往還や，知識と理解の社会的構成の 3 レベルを指標として堀実践のデータを分析する．益川らは実践者でも実践学研究者でもないため，データを理学的な研究としての立場から，その理論的前提に沿った指標で分析した．その結果，言わば分析作業における「モニター」の役割を取ったことによって，堀実践の二年度の違いに潜む「教員の働き掛け」の変化とそれに対する生徒の反応の変化というインタラクションを明らかにした点が興味深い．ちょうど状況論がピアジェの「保存実験」における実験者の働きを可視化したのと同じように，教室における児童生徒の学びに焦点化しがちな分析に対して，教員の働きを可視化したと解釈できる．こうした成果を教員に戻すことができれば，教員自身のさらなる気づきにもつながるだろう．

齊藤ら[8]は，同じ堀データを授業中の生徒同士の対話における「問い」の生成とその共同探究という指標で分析した．5 節で三宅の研究史が「問い」の生成を巡って展開されたとおり，知識構成型ジグソー法授業における問いの生成は授業法そのものの狙いであり，かつ従来からよく現象としても確認されてきた．齊藤らがユニークなのは，その結果を研究者がまとめて終わりにするのではなく，結果を他の教員に見せて「どのよう

な問いが仲間に共同で探究され易いか」を尋ねた点である．齊藤[20]でも叶わなかった，研究結果を先生に「開いていく」という動きが実践学の樹立にどう貢献していくか，興味深いところである．

最後の中山ら[9]は一連の分析結果を，何が機械に自動化可能かという観点から見直し，結果をどう教員に返していくか，データサイエンティストや人工知能研究者との協働をどう行うかについて，実践学樹立の観点から整理する．

本セッションが「協調学習の成果を評価できる指標を探す」という単純な切り口を通して，協調学習の見方やその実践の仕方，さらにはその研究へのまとめ上げ方，及び関係者全員の役割の再編や新しい協働の在り方の発見につながっていき，それを我々が「協調学習の評価の刷新」として意識できることを期待する．

謝辞

本セッションは科研費 17H06107，18K02906，18K03062，文部科学省「大学入学者選抜改革推進委託事業（理数分野）」，JST「ジュニアドクター育成塾」の助成を受けた．記して感謝する．

参考文献

[1] OECD (2013). “PISA 2015: Collaborative Problem Solving Framework.” OECD Publishing.
[2] 有元典文(2013). “学習という観察.” 『認知科学』, 20(3), 281-282.
[3] 三宅なほみ(2008). “協調的な学習と AI.” 『人工知能学会誌』, 23(2), 174-183
[4] Chi, M. T. H. (1997) “Quantifying Qualitative Analyses of Verbal Data: A Practical Guide” The Journal of the Learning Sciences, 6(3), 271-315
[5] 三宅なほみ(2016). “実践学としての教育工学へ” 大島純・益川弘如編著『教育工学選書　学びのデザイン・学習科学』, 210-218.　京都府:ミネルヴァ書房.
[6] 堀公彦 (2018) “知識構成型ジグソー法の授業デザイン中学校理科「運動の仕組み」”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
[7] 益川弘如・河崎美保 (2018) “学びのモデルに基づく指標を複数重ねることから見える対話の質”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
[8] 齊藤萌木・飯窪真也・白水始 (2018) “理解深化につながる対話を見とる指標の提案：対話中の疑問を軸として”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
[9] 中山隆弘・白水始 (2018) “指標探索のための人間と機械の建設的相互作用”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.
[10] Griffin, P., McGaw, B. & Care, E. (2012). “Assessment and teaching of 21st century skills.” NY: Springer-Verlag. (三宅なほみ監訳 益川弘如・望月俊男訳 (2014). 『21 世紀型スキル-学びと評価の新たなかたち』. 京都: 北大路書房.)
[11] Roschelle, J. (1992). “Learning by collaboration: Convergent conceptual change.” The Journal of the Learning Sciences, 2, 235-276.
[12] Miyake, N. (1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding.” Cognitive Science, 10, pp.151-177.
[13] Shirouzu, H., Miyake, N, & Masukawa, H (2002) “Cognitively active externalization for situated reflection.” Cognitive Science, 26, pp.469-501.
[14] Shirouzu, H. & Miyake, N. (2002). “Learning by collaborating revisited: Individualistic vs. convergent understanding.” Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 1039.
[15] Suthers, D. D., Lund, K., Rose,C.P., Teplovs, C. & Law, C. (Eds.), (2013) “Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions (Computer-Supported Collaborative Learning Series 16).” NY: Springer.
[16] Shirouzu, H. (2013). “Learning Fractions Through Folding in an Elementary Face-to-Face Classroom.” In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.), Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions. NY: Springer, 63-101.
[17] Trausan-Matu S., “Collaborative and Differential Utterances, Pivotal Moments, and Polyphony”. In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 123-139.
[18] Shirouzu, H. (2013). “Focus-based constructive interaction.” In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 103-122.
[19] Chiu, M. M. “Social metacognition, micro-creativity and justifications: Statistical discourse analysis of a mathematics classroom conversation”. In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.), ibid. NY: Springer, 141-159.
[20] 齊藤萌木 (2018) “授業における協調問題解決活動をとおした理解深化の過程－「収斂的概念変化」と「建設的相互作用」の相補性に着目して－” 東京大学教育学研究科博士論文
[21] 齊藤萌木 (2016). “説明モデルの精緻化を支える社会的建設的相互作用.” 『認知科学』, 23(3), 201-220.
[22] 遠山紗矢香・白水始 (2017). “協調的問題解決能力をいかに評価するか－協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析－.” 『認知科学』, 24(4), 494-517.
[23] Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2003). “Learning to work creatively with knowledge.” In E. De Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, & J. van Merriënboer (Eds.), Powerful learning environments: Unraveling basic components and dimensions. Oxford, UK: Elsevier Science, 55-68.
[24] Stokes, D. E. (1997). “Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation.” Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
[25] Latour, B. (1984) “The pasteurization of France.” Cambridge: Harvard University Press.
[26] 三宅なほみ・白水始 (2003). 『学習科学とテクノロジ』. 東京: 放送大学教育振興会.
[27] Miyake, N., & Norman, D. (1979). “To ask a question, one must know enough to know what is not known.” Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 18, 357-364.
[28] 飯窪真也 (2016) . “教師の前向きな学びを支えるデザイン研究―「知識構成型ジグソー法」を媒介にした東京大学 CoREF の研究連携―.” 『認知科学』, 23(3) , 270-284.

知識構成型ジグソー法の授業デザイン：中学校理科「運動の仕組」
Lesson Study Practice of Knowledge-Constructive-Jigsaw in Junior High School Science Classroom “Mechanism of Body Movement”

堀 公彦
Kimihiko Hori

東京大学
The University of Tokyo
k.hori@coref.u-tokyo.ac.jp

Abstract

本稿は「知識構成型ジグソー法」による中学校理科「運動の仕組」の2度の実践について報告する．2014年度は，課題を「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう」とし，神経・骨格・筋肉の3資料を用いたが，理解の深まりが不十分な授業となった．そこで 2016 年度に「落ちてくる定規を指先でつかむ」運動を題材とした課題に単純化した結果，十分な理解の深まりを確認できた．これは，題材の単純化によって，より焦点化された対話が活発に行われたためと考えられる．

Keywords —知識構成型ジグソー法，科学教育，理科教育

1. はじめに

筆者は，2010年より「知識構成型ジグソー法」(KCJ：2節参照）を用いた授業開発を行ってきた [1]．これまで，中学 1 年～3 年まで各学年 10 程度の教材を作成し，実践してきた．

本稿では中学校 2 年生「運動の仕組」の単元で行った2度の実践について報告する．最初のものは，2014年に作成・実践した教材で，感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え，刺激に対して反応するしくみを理解させることをねらった実践である．この授業では，メインの課題を「ボールを打つこと」とし，神経・骨格・筋肉の 3 つの資料を用いた．しかし，複雑な運動のため，話し合いが焦点化されず理解の深まりにかけた．そこで，2016年に資料を変えず課題を単純で全員が経験できる「落ちてくる定規を指先でつかむ」ことに変更し，2度目の実践を行った．その結果，より焦点化された話し合いが活発に行われ，理解も深まった．

2. 知識構成型ジグソー法

KCJ による授業は，以下の 5 つのステップをひとまとまりとして構成される（図 1）．1）教師から提示された今日の授業で「答えを出したい問い」に最初の考えを書き出す 2）グループに分かれて，その問いによりよい答えを出すためのヒントになる「部品」をそれぞれ担当して確認する（エキスパート活動）3）それぞれ異なる「部品」を担当したメンバーが集まって別のグループを作って問いに対する答えを考える（ジグソー活動）4）出てきた答えを教室全体で共有，比較吟味する（クロストーク）5）個々人が問いに対する自分の納得の行く答えを書いてみる．

こうした枠組みに，学習者の実態と授業のねらいに応じた「問い」や「部品」を入れ込むことにより，主体的，対話的で深い学びが起きやすい環境をデザインできる．

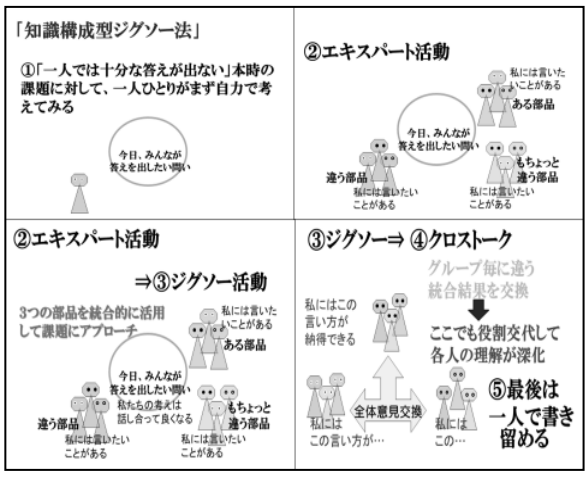


図1 知識構成型ジグソー法（KCJ）

3. 単元について

(1) 学習指導要領から

「運動の仕組」は中学校2年生で学習する「動物」の単元に含まれる．文部科学省の学習指導要領解説によれば，

イ 動物の体のつくりと働き

(ｱ) 生命を維持する働き

消化や呼吸，血液の循環についての観察，実験を行い，動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察，実験の結果と関連付けてとらえること．また，不要となった物質を排

出する仕組みがあることについて理解すること.

(ｲ) 刺激と反応

動物が外界の刺激に適切に反応している様子の観察を行い，その仕組みを感覚器官，神経系及び運動器官のつくりと関連付けてとらえること.

となっており，(ｲ) にあたる学習内容となる.

(2) 単元構成

「動物」単元内容と授業時数は,

1 章. 細胞のしくみとはたらき　4 時間

2 章. 生命維持するはたらき　12 時間

3 章. 行動のしくみ　8 時間

4 章. 動物の分類　8 時間

5 章. 生物の進化　3 時間

6 章. まとめ等　5 時間

計 40 時間としている.

「運動の仕組」は，3 章. 行動のしくみで扱う.

この 3 章では,

①感覚器官

②骨格と筋肉

③動物の反応のしかた

④神経系のつくりとはたらき

の順で学習する.

「運動の仕組」の授業は，2014 年，2016 年ともに①感覚器官と受け取る刺激の種類の関係について学習をしたのちに実施した.

4. 「運動の仕組」授業デザイン

(1) 「運動の仕組」のねらい

次の 2 点がねらいである.

・刺激に対するヒトの反応時間を調べる実験を通して，刺激と反応までの結果を感覚器官，運動器官，中枢神経，感覚神経，運動神経などのしくみやはたらきと関連づけて考えることができる.（思考・表現）

・刺激と反応のしくみを理解し，各器官などについての知識を身につけている.（知識・理解）

(2) 2014 年度の授業デザイン

2014 年度の授業デザインは，表 1 のとおりである.

①授業のねらい

・感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え，刺激に対して反応するしくみを理解する.

・刺激から反応まで，具体的な例を示して，自分なりの言葉や図で説明することができる.

表 1「運動の仕組み」(2014年度)の授業デザイン

課題	「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう。～運動のしくみをわかりやすく説明してみよう～」
エキスパート資料 A	＜神経＞ ○感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 :情報の流れ ○脳 → せきずい → 運動神経 → 筋肉 :命令の流れ
エキスパート資料 B	＜骨格＞ ○骨格のつくり(内骨格)と関節のつくり
エキスパート資料 C	＜筋肉＞ ○筋肉のつくりとはたらき ○筋肉と骨のつき方(腱)
期待する解答の要素	○受けた刺激と器官，それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること(感覚神経系についての理解) ○脳で考えていることと命令を言葉で表現すること(脳の命令内容についての理解) ○脳から筋肉に伝わるまでのルートと，筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること(運動神経系についての理解)

上記 2 点に加えて，「部活動や普段の生活の中で無意識に行っているからだの運動を，よりよいものに改善することに役立てる.」ことをねらいに加えた．それは，運動部活動顧問として生徒に指導してきた経緯から，生徒の運動体験の少なさから自分自身のからだの動きが分析できないことや目的を意識したからだの動きを考えて実行できないもどかしさを感じていたからである．同じ運動をする仲間とともに，普段何気なく行っている自分自身のからだの動きを考えることにより，より実感を伴って対話しながらねらいにせまること，また，得た知識を部活動に役立てようとする意欲や態度を育てることができると考えた.

②問いと期待する解答，グループ編成

問いを「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう．～運動のしくみをわかりやすく説明してみよう～」とし，運動部の生徒がボールを打つ直前の映像（1 秒程度）を提示した.（図 2）

そのため，ジグソー活動のグループを部活動ごとに編成し，運動部に所属していない生徒には，体育で授業を行っているバレーボールを取り上げ，バレーボール部と同じ映像を用いた.



図２　バレーボールを打つ直前の映像

授業後問いに対して生徒が記述する要素として

・刺激を分析すること.

・脳で考えていることを言葉で表現すること.

・脳から出される命令を具体的に表現し，筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること.

が達成されることを期待した.

③資料

エキスパート資料として資料 A～C の 3 種類を用意した（図 3－1，2，3,）.

＜資料 A＞「神経」

・感覚器官→感覚神経→せきずい→脳：情報の流れ

・脳で情報の分析→筋肉に対する命令

脳→せきずい→運動神経→筋肉：命令の流れ

＜資料 B＞「骨格」

・骨格のつくり（内骨格）

・関節のはたらき

＜資料 C＞「筋肉」

・筋肉のつくりとはたらき

・筋肉と骨のつき方（腱）

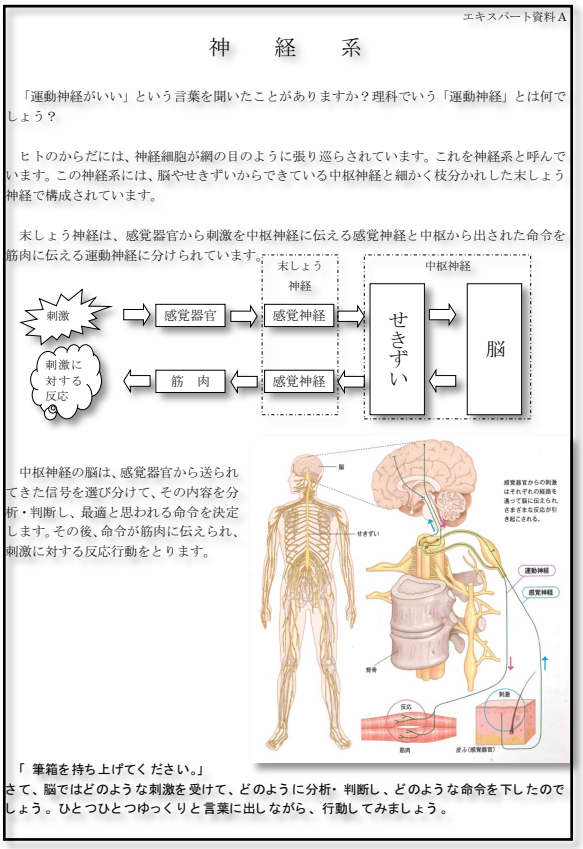


図 3－1　エキスパート資料 A

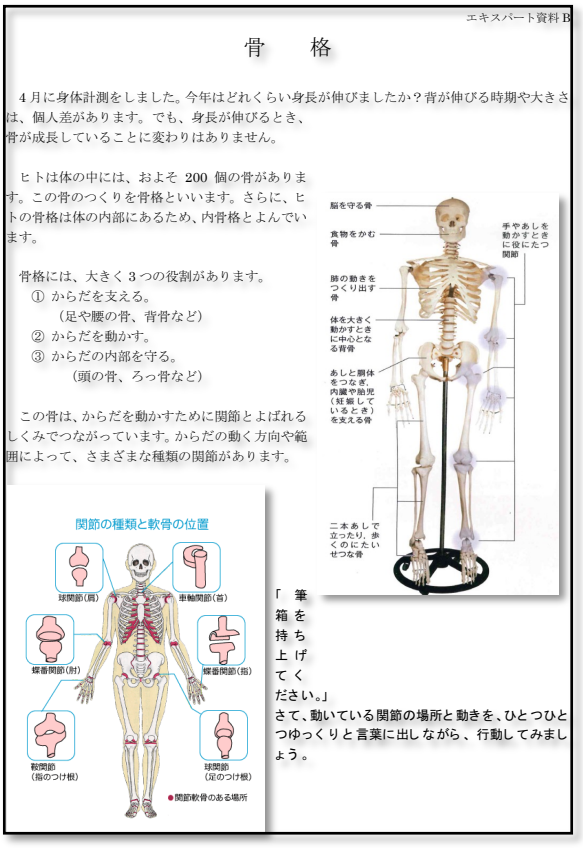


図 3－2　エキスパート資料 B

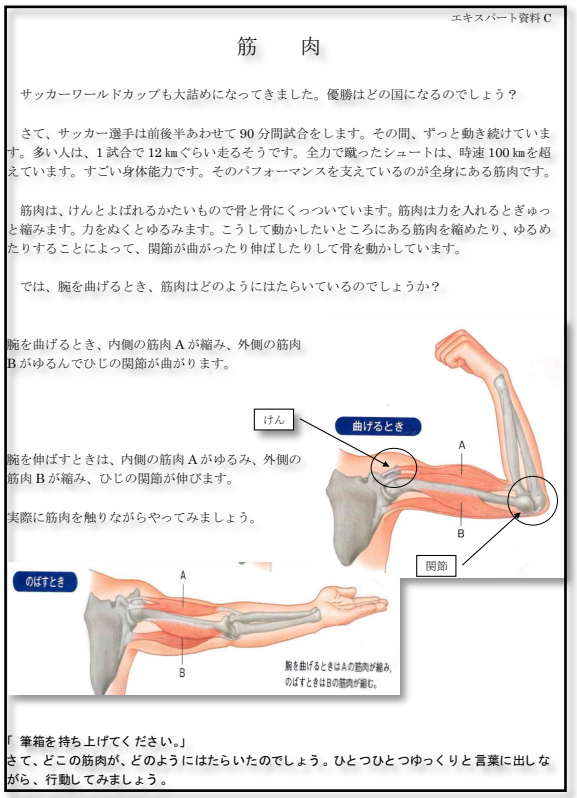


図3−3　エキスパート資料C

④授業後の生徒の解答

表2に，生徒の授業前と授業後の記述したものを2点示す．授業前後の解答の変化から，授業をとおして刺激に対する反応に関与する器官の名称と，反応経路の概要をとらえつつあるものの，体の内部で起こっていることを具体的に詳細にイメージすることまではできていなかったことがわかる．

卓球部女子は，授業前には，ボールの刺激をとらえた後，どうなるか表現することができなかった．授業後には，感覚神経やせきずい，脳のはたらきから関節や筋肉といったところまで，表現できた．しかし，イラストで外から見た反応のイメージのみを表している点，「手などが・・・」という表現で運動のようすを表しており，筋肉や関節の具体的な様子までは記述できていない点に課題が残る．

他方，野球部男子は，授業前には体を動かす感覚的な表現にとどまっている．授業後は，刺激に対する反応経路をおおまかにとらえているものの，反応までのイメージを外からとらえたイラストで表現している．打つ動作について，筋肉や関節の動きで表現できていない点に課題が残った．

⑤授業中の対話，授業前後の生徒の記述に基づく授業の振り返り

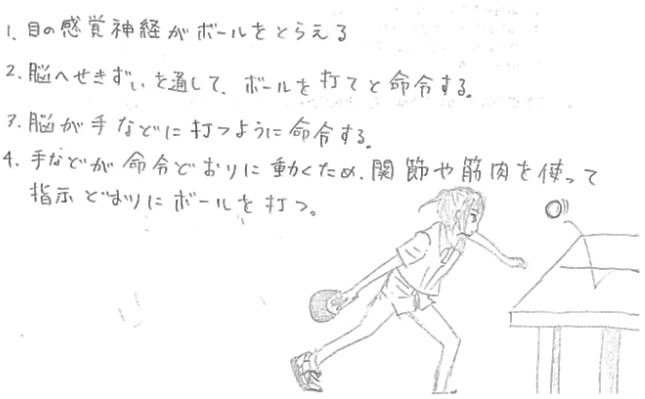
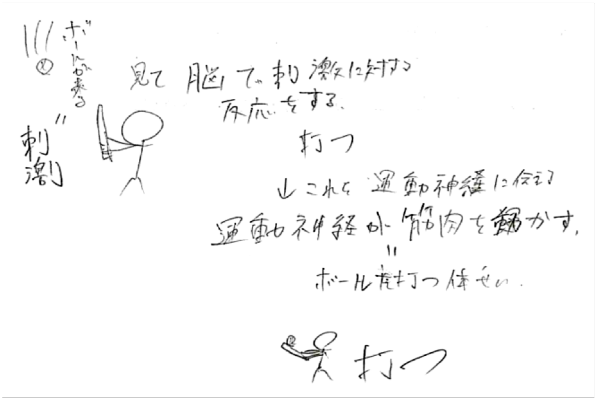
感覚器官から筋肉まで，信号の受け渡しをイメージすることは，大まかではあるができているように感じた．しかし，見た画像が写真ではなくビデオだったので，一連の動きに対して，細かく考えることができていなかった．たとえば，手を動かす場合，腕の内側の筋肉が縮んで腕を曲げ，肩の筋肉が縮んで腕を前に持っていき，縮んだ筋肉の反対の筋肉が伸びながら・・・など，実際の筋肉を意識して考える場面が少なかった．これは，授業者がどこまでイメージをさせようということをはっきりと考えていなかったため，かなり難しい要求だと気が付かず，生徒の表現があいまいになってしまった原因だと考えられる．もっと，解答の要素をはっきりさせておく必要がある．

グループを部活動で分けたが，そのスポーツ特有の動きのとらえ方があり，運動に注目する視点に生徒個々人でばらつきがみられた．部活動にこだわらず，全員に同じ動きを見せて，考えさせた方がよかった．そこから，部活動の動きに注目させるといった，段階を踏んでレベルアップしていくことが必要だと感じた．

課題の設定の難しさを改めて感じた．また，同じ資料でも，問いの仕方で大きく変わることも痛感した．たとえば，①「刺激を受けて，筋肉が動く反応までの信号の流れを，わかりやすくまとめてみよう．」という問いに対して，「感覚器官から感覚神経を通ってせきずい，脳へと信号が送られる．脳では，刺激に対する命令を考え，その命令がせきずいから運動神経をとおって筋肉に伝わり，関節が動く．」②「ランプが光ったら，右手を上げる．この運動を刺激から反応まで，説明してみよう．」という問いに対して「光を目が受け取り，その刺激が感覚神経をとおってせきずい，脳に送られる．脳は，右手を上げる信号をせきずいから運動神経を通って右の肩の筋肉に伝わり肩の筋肉が縮む．肩の筋肉が縮むと，右腕が上がる．」のように，刺激を受けた信号の伝達から脳による分析・命令，そして動きまでがはっきりするような問いの方が良かった．ワンステップでいきなり，部活動や普段の生活で活かせるような知識の獲得を求めすぎていた．

このような振り返りをもとに，授業改善を行った．

表2　2014年度の授業前後の生徒の解答の例（原文ママ）

	授業前	授業後
卓球部女子	まず，目でボールをとらえる。	
野球部男子	ボールが来る瞬間にあわせて体を動かす。 ボールの距離	

(3) 2016年授業デザイン

2016年度の授業デザインは表3のとおりである．

①授業のねらい

・感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え，刺激に対して反応するしくみを理解する．

・刺激から反応まで，具体的な例を示して，自分なりの言葉や図で説明することができる．

この2点に絞り，2014年に取り入れた部活動に絡めたねらいを削除した．

②問いと期待する解答，グループ編成

教科書にある導入の実験を題材にして問いを設定した．この実験は，2人組で一人が定規を落とすと，それを見た別の一人が親指と人差し指で定規を受け止めその時の長さを読み取るというものである．今回は，長さを測定せず，定規が落ち始めてつかむまでの運動を意識させて3回程度行い，「落ちてくる定規を指先でキャッチ．～自分のからだの中で起きていることを細かく，わかりやすく説明してみよう～」という問いを投げかけた．2014年と違ってグループ編成を意図的に行う必要がないため，普段の知識構成型ジグソー法の授業と同じようにランダムに編成した．

授業後に期待する解答の要素は，

- 受けた刺激と器官，それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること．例「目から定規が動き始める刺激を受ける．その刺激が視神経から感覚神経を通ってせきずいに伝わり，さらにせきずいから脳に伝わる．」
- 脳で考えていることと命令を言葉で表現すること．例「定規が動き出したので，親指と人差し指の内側の筋肉に縮めと命令する．」
- 脳から筋肉に伝わるまでのルートと，筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること．例「脳からせきずいを通って，運動神経により指の内側の筋肉に伝わり，親指と人差し指の内側の筋肉が縮み，定規をキャッチ．」

のように，感覚器官から脳，脳で考えていること，脳から筋肉の3点を具体的な例をあげて指標とした．

③資料

2014 年の資料を活用した．ただし，資料 B「骨格」の中で取り上げた「関節」の名前と動作の図は，2014 年の授業の際，生徒がどのように活用していいのかわからず混乱をまねいていたように感じたので，削除した．

表 3「運動の仕組み」(2016年度)の授業デザイン

課題	「落ちてくる定規を指先でキャッチ～自分のからだの中で起きていることを細かく，わかりやすく説明してみよう～」
エキスパート資料 A	＜神経＞ ○感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 ：情報の流れ ○脳 → せきずい → 運動神経 → 筋肉 ：命令の流れ
エキスパート資料 B	＜骨格＞ ○骨格のつくり（内骨格）と関節のつくり
エキスパート資料 C	＜筋肉＞ ○筋肉のつくりとはたらき ○筋肉と骨のつき方（腱）
期待する解答の要素	○受けた刺激と器官，それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること（感覚神経系についての理解） 例：「目から定規が動き始める刺激を受ける。その刺激が視神経から感覚神経を通ってせきずいに伝わり，さらにせきずいから脳に伝わる。」 ○脳で考えていることと命令を言葉で表現すること（脳の命令内容についての理解） 例：「定規が動き出したので，親指と人差し指の内側の筋肉に縮めと命令する」 ○脳から筋肉に伝わるまでのルートと，筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること（運動神経系についての理解） 例：「脳からせきずいを通って，運動神経により指の内側の筋肉に伝わり，親指と人差し指の内側の筋肉が縮み，定規をキャッチ。

④授業前後の生徒の解答と振り返り

次ページの表 4 では，生徒の授業前と授業後の記述したものを 2 点示した．生徒はいずれも授業前には期待する解答に照らして不十分な解答を書いているのに対し，授業後には，3 つの要素を統合して一連の運動の仕組みを説明できるようになっており，２人とも，授業をとおして理解が深まっていると言える．

生徒 1 は，授業前には，刺激を受け取るところから，脳に伝わる部分が書けている．「『今！』と思った時」は，脳が命令を出しているときと思われるが，それが無意識の反射に近い反応ととらえているようである．授業には，感覚器官があいまいだが，信号の伝達とともに，脳での分析や判断，命令などにふれ，運動のしくみを理解しているとみなすことができる生徒 2 は，授業前から運動のしくみをある程度イメージしているが，具体的に表現はできていない．授業後は，それがより具体的な理解となり，資料中の図を活かしながら自分なりの言葉や図を加えて表すことができるようになった．

⑤授業中の対話，授業前後の生徒の記述に基づく授業の振り返り

2014 年の授業と比較すると，エキスパート，ジグソーともに，意欲的に活動できていた．特にジグソーでは，どんな刺激をどこで受け取るのかを議論しているグループや，脳からの命令が先なのか，刺激を受け取ることが先なのか，自分のこだわっているところを共有して対話しているグループがみられた．

また，定規をキャッチする一連の動作のスタートがどこなのかを議論しながら考えていると，最後のキャッチをする場面（指の筋肉や関節の動きなど）までたどり着けないグループがあった．しかし，それだけ多くの対話をしながら丁寧に考えている様子が見られ，運動のしくみについては大まかにとらえられていると感じた．

今回の授業改善で，部活動の複雑な運動から定規をつかむ単純な運動に問いを変えることで，生徒の対話や思考が焦点化でき，より細部にこだわった納得のできる答えを作ろうとしている姿が多くみられ，そのため授業のねらいに迫ることができた．

参考文献

[1] 三宅なほみ・東京大学 CoREF・河合塾編著 (2016)『協調学習とは―対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業―』京都: 北大路書房

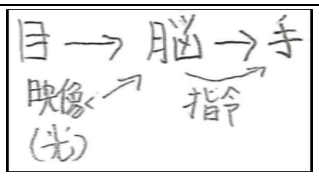
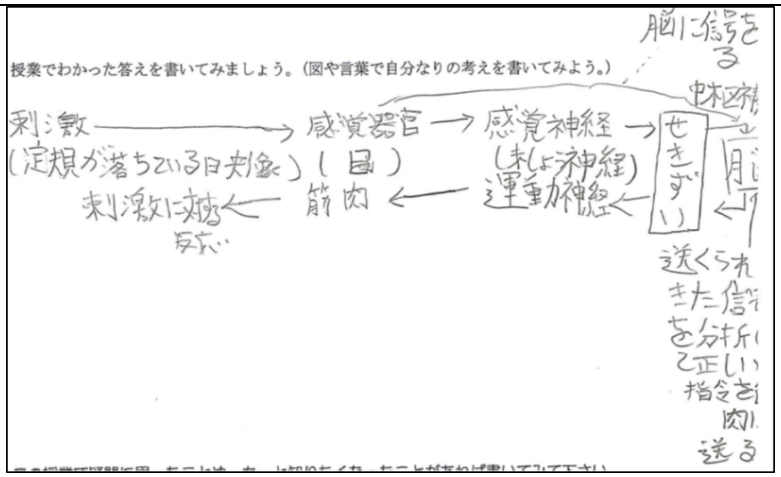
	授業前	授業後
生徒1	:「今！」と思ったときに，指が動いてくれた。無意識のうちに「パッ！」と。	「落ちる！」と思うと，皮膚に伝わり，感覚神経を通り，せきずいに伝わり，脳で取り方を分析し，取れると判断し，それを命令する。それがまたせきずいに伝わり，運動神経を通り，筋肉に伝わり取れる！
生徒2		

表4　2016 年度の授業前後の生徒の解答の例（原文ママ）

学びのモデルに基づく指標を複数重ねることから見える対話の質
Qualitative Analysis of Small Group Dialogue using Multiple Indices based on Collaborative Learning Models

益川 弘如†, 河崎 美保‡
Hiroyuki Masukawa, Miho Kawasaki
†聖心女子大学, ‡静岡大学
University of the Sacred of Heart, Shizuoka University
masukawa@u-sacred-heart.ac.jp, kawasaki.miho@shizuoka.ac.jp

Abstract

本報告は学びのモデルに依拠した指標を複数組み合わせ授業改善に資する対話の質の評価を試みる．２授業は「チーム構築調整」の発話が少なく，科学的概念を理解するために身近な経験を参照し説明を構成する「知識と理解の社会的構成」が図られる等，協調による理解深化の起きやすい特徴をもつ．だからこそ課題の変更が経験の参照範囲を適切に制約し，対話が焦点化される様が見えてくる等，複数指標により対話の質の評価を検討する．

Keywords — Constructive Interaction, Learning Models, Qualitative Analysis

1. はじめに

本報告では，企画者が準備した堀[1]の 2014 年度と 2016 年度の授業実践の教室場面における協調学習の発話の書き起こしデータを，益川ら[2]の論文で用いた分析指標を用いて対話の質の評価を行った．この分析活動を通して，以下の 2 点について検証する．

・益川ら[2]の論文の分析指標が，授業場面における対話の質を評価していく上で，汎用性，活用可能性を持つか
・授業を実際に観察していない研究者２名という立場から，テキスト化された音声という限られたデータを学びのモデルに依拠した指標で分析できるか

益川ら[2]の論文では，協調的問題解決能力を発揮した対話場面を捉えるために，学びのモデルに依拠する形で，

(1)チーム構築調整に費やす発話の割合
(2)建設的相互作用の分かると分からないの行き来
(3)知識と理解の社会的構成で生起する説明モデル

の３つの指標を用いて，これらの組み合わせから４人の児童が小学３～６年生の間の複数の授業等の発話を分析し，学習環境の改善と対応する形で協調的問題解決能力がより発揮されやすくなる傾向を示してきた．

そこでは、(1)チーム構築調整に費やす発話の割合が減り、(2)分かっている状態の発話と分かっていない状態の発話とを行き来するようなプロセスが増え、(3)期待する解答を作り上げる過程で、自分の知識や経験を持ち出しながら、各自なりに説明モデルを構成する活動が起きていた．

この３つの指標を用いて堀[1]の授業実践で記録されていたデータを対象に分析を行った．

2. 分析対象

分析対象は各年度，より多くのメンバーの授業前後のワークシートが個人特定できる 3 グループずつ，計 6 グループを対象とした．2014 年度のグループは#76，#77，#78，2016 年度のグループは#115，#116，#117 と以降呼ぶ(番号は本OS齊藤ら[3]の表2と対応する)．

2014 年度と 2016 年度の大きな違いは堀[1]にもある通り，メインの課題を変更した点である．2014 年度は「ボールを打つこと」としたが，複雑な運動のため，話し合いが焦点化されず理解の深まりにかけたとのことであった．一方 2016 年度は「落ちてくる定規を指先でつかむ」とし，その場で全員が経験できるものとしたとのことである．これらメインの課題に対して，神経・骨格・筋肉の 3 つの資料を基に，感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え，刺激に対して反応するしくみを構成させることを目標にしていた．その結果，2016 年度の実践のほうが理解が深まったグループが多かったと報告している．

3. 分析方法

企画者より各年度の授業案，教材として用いられたエキスパート資料，授業前後の個人のワークシートの記述と採点結果，テキスト化されたグループの発話デー

タが提供された．対話時に作成したミニホワイトボードの内容は記録に残っていなかった．発話データに対して 3 つの指標を用いて発話１行単位で分類を行い，2014 年度と 2016 年度を比較した．

最初に課題の内容から明らかに外れた発話を除外した上で，チーム構築調整に関わる発話を同定した．

次に，残りの発話に関して，建設的相互作用の指標を参考に，分かっている状態の発話となる同定・提案・確認，分かっていない状態の発話となる探索・批判・質問とに分類した上で，課題から明らかに脱線する発話ではないが断片的であったりして判定し難い発話をその他とした．

最後に，知識と理解の社会的構成を同定するために，分かっている状態の発話と分かっていない状態の発話に対して，資料内容そのものを説明しているレベルをレベル３，自分自身の体験や既有知識を言語化しているレベルをレベル１，生徒なりに解答を構成しているレベルをレベル２とした．

4. チーム構築調整の発話割合

グループ全員による全発話から課題外の発話を除外した上で，チーム構築調整の発話の比率（%）を算出した．2014 年度の＃76 は 10.4， #77 は 22.2，#78 は 14.4 だった．2016 年度の#111 は 13.8, #115 は 12.9, #116 は 19.5 だった．2014 年度の 22.2，2016 年度の #116 で比較的多かったが，どのグループも 8〜9 割は課題内容に関する発話で構成されていた．

益川ら[2]の分析では，話型指導に基づいた対話場面ではチーム構築調整の発話比率が高くなっていた．堀（2018）の授業実践の 2014 年度と 2016 年度の授業では両者とも知識構成型ジグソー法の対話場面であったため，両年度ともチーム構築調整に費やそうとする割合は低かったと考えられる．

5. 分かる分からないの行き来の回数

表１に分かっている状態の発話，分かっていない状態の発話，その他の発話の比率を示した．また，分かっている状態から分かっていない状態になり再び分かっている状態（もしくは，分かっていない状態から分かっている状態になり再び分かっていない状態）になる，行き来を１回として数えて示した．なお，益川ら[2]の論文では特定の４人の児童を対象としていたため，この行き来を個人単位で分析したが，ミニホワイトボードにモデルを作成する際，他者のことばをつなげながら話をしていたため個人単位の抽出が難しく，そのため，グループ単位で分析した．

表１　分かる分からないの行き来の回数

		分かる	分からない	その他	行き来
2014年	#76	71.0	18.5	10.5	19
	#77	62.6	8.6	28.8	13
	#78	62.6	12.2	25.2	24
2016年	#111	63.2	23.9	12.9	31
	#115	74.2	17.0	8.8	48
	#116	63.3	18.8	17.9	12

2014 年度は 13〜24 回の行き来があった．2016 年度は#111, #115 については 2014 年度のどのグループよりも多く 30，48 回の行き来があったが，#116 では 12 回と比較的少なかった．

この結果より，2016 年度は，#111，#115 のように行き来の数が多かったため，理解の深まりがより進んでいる可能性が示唆される．しかし 2016 年度の#116 は他のグループと比べ，理解の深まりが進んでいない可能性がある．

6. 説明モデルの構成事例

各グループについて課題への解答を生徒なりに構成しているレベル２の発話からそこで構成されている運動の仕組みについての説明モデルを同定し，その修正，更新を引き起こす要因を分析した．特に，レベル１の自分自身の体験や既有知識の言語化がモデルの修正，更新につながっているかに着目した．本報告では 2014 年度の#76 と#111 を取り上げる．

#76 の説明モデルの変化を図１に示した．この図は説明すべき「感覚器官から脳」「脳で考えていること」「脳から筋肉」の構成要素を垂直方向に上下へと並べ，該当する発話を取り出したものである．また水平方向に時間軸を取り，説明が更新されていく過程を示した．３桁の数字は発話行を示し，特に初出の内容に示した．

#76 は，終盤にのみ「感覚器官から脳」への言及が見られたが，ほとんどの時間を「脳」以降の過程の説明に費やした．(1)に対して「骨が動くから筋肉が動くのか」という質問が出され，(2)で筋肉が先に動くという説明へと更新された．(2)の終盤からバレーボールに置き換えた表現（レベル 1）が入り，以降，「ボール」「レシーブ」など部活の運動に関する語彙を使って説明されていった．

(3)では「ボールを取れ」という脳の命令が言語化されたが，腕ではなくまず足が動くという修正がなされ，

	(1)89-	(2)113-	(3)148-	(4)176-	(5)202-	(6)269-	(7)326-	(8)367-
感覚器官								見た431
								目で捉えて432
								刺激367
								ボールが来る376
								目378 感覚器官380
								感覚神経397(末梢神経)
↓								せきずい383
脳	脳				脳	脳		脳(中枢神経)
	命令		命令 ボールを取れ155		命令 ボールを取るんだ	命令		命令 ボールをとらんといかん
	神経		神経		神経	せきずい269		せきずい(中枢神経)
						筋肉よ動け315		
						運動神経310		運動神経(末梢神経)
		筋肉124	筋肉	筋肉	筋肉			筋肉
				筋を伸ばす177			ひざで持ち上げる345	
							関節曲げる346,347	
							ひざあげる	
							足，太ももあげる	
							関節355	
	骨が動く	骨		骨が動く	骨	骨		
		腕126	腕× 足が動いた169					刺激に対応する374
		体が動く134		体全体が動く	体が動く 足が動く	体が動く 足が動く		
						足を地から離す271		
↓		体はボールを取った144				ボールを取る319		ボールを取る388
筋肉				レシーブ181 足が動く	レシーブ			レシーブ

図 1 説明モデルの更新の概要(2014 年度 #76)

	(1)85-	(2)118-	(3)218-	(4)243-	(5)341-	(6)432-	(7)591-
感覚器官	刺激	刺激			刺激 目の動いたもの		
					を見た刺激360		
					取るぞみたいな		
					感じビビビ362		
	感覚器官			目262 感覚器官	感覚器官		
	感覚神経			感覚神経	感覚神経		
	せきずい			せきずい	せきずい		
↓							
脳	脳	脳		脳	脳	脳	
		命令131		指令出す319		命令	
	せきずい	せきずい			せきずい	せきずい 指の筋肉を	
						動かせ449	
	運動神経	運動神経(末梢神経)				(運動神経)	
		命令が行く167				↓命令525 ←×546	
						神経の通り道555	
						信号の通り道556	
	筋肉 骨を動かす	筋肉 伸び縮みする186	指の筋肉235			筋肉	
		骨を動かす	↓を動かす				骨 動かす 皮膚593
	骨 動く	骨 動く	指の骨				関節594
		がしって取る175					
↓							
筋肉							

図 2 説明モデルの更新の概要(2016 年度 #111)

(4)で再度，「レシーブ」「足を動かす」ということが強調された．(5)で(3)(4)を統合した説明が再度なされた．

(5)の終わりに，教師から「ボールっちどうやったらとれるん」「足をどうやって動かすん」「どんな風に？筋肉いっぱいあるやろ」と細部の説明を促された．これを受け(6)ではせきずいの位置づけが議論され，運動神経もモデルに加わった．一方でまず足が動く，足を地から離すという外から観察可能な動きのレベルで再考するにとどまった．

(6)の終わりから(7)にかけて教師は「ボールを取るって具体的にどういうこと」「最後のあの体勢どう動きよん？」「どんな命令出すと思う」と促した．教師はからだの内部の仕組みを問いかけているが，生徒には伝わらず，「足を動かしてボールを目前に手を持ってくるってこと？」「ボールの下に足を動かせー」と観察可能な粗大運動の水準で答えるにとどまった．そこで教師は「どういう筋肉使えば足が動く」「筋肉いっぱいあるやん」「自分で足動かして確かめてみて」とさらに促し，(7)の「関節」の動きに関する説明の付加に至った．

(8)は時間が迫ってくる中で急いで説明をまとめようとする中で脳以前のプロセスに初めて言及され，「感覚器官」「感覚神経」「運動神経」が位置づけられた．しかし脳での命令と筋肉の間での神経の役割が論点となったり，筋肉から刺激への反応の間の関節，骨の動きが議論されたりすることはなかった．

以上のように，このグループでは，生徒同士の建設的相互作用，バレーボールという日常経験（レベル 1）の知識を持ち込んだ推論，教師の促しという要因から説明モデルの更新が行われていった．しかし，「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう」という 2014 年度の課題は，レベル 1 の知識を持ち込んで精緻化しようとすると足，腕，手といった体の部位のどれをどう動かすかが論点となり，授業者のねらう議論の焦点化がなされにくかったことがうかがえた．

次に，#111 の説明モデルの変化を図２に示した．まず(1)のプロセスを一人の生徒が言語化すると，他の 1 名が「どういうこと？」と質問し，(2)の「脳」以降の流れの再説明と精緻化につながった．

(2)では定規で他の生徒の腕を叩いて「刺激」と言ったり，落ちて来る定規を掴む様子をゆっくりと再現し効果音を添えたりするなど，身近な事例（レベル 1）を説明構成に持ち込むやりとりがみられた．同時に，ある生徒は他の生徒の発話について頻繁に意味を問う質問を発し，再説明を引き出していた．

(2)の終盤で教師が「ここより前はないの？」と脳より前の経路に対する説明や「例えば筋肉ってどこの筋肉？どこの骨？」と脳以降のプロセスの精緻化を促した．それが(3)の腕や指を実際に動かすというレベル 1 の知識を使った推論と筋肉，骨の精緻化につながった．

(4)では続いて教師の先の促しの影響か「脳の前って何なん？」と生徒が問い，定規を落として掴む行為を何度もしながら「目」を使っている，それが感覚器官だという説明につながった．またある生徒の「脳はいるか」という問いから再度必要性が説明された．(5)はある生徒の「どこから始まるって書いてない」という批判から，また定規を落とし掴む再現をしてレベル 1 の理解に基づきながら，刺激から始まること，次に感覚器官，感覚神経の順であることが明らかになり，再説明する中でせきずいが脳の前後に位置づくことが確認された．

(5)の終わりから(6)の最初にかけて教師から「より細かく．より具体的に」「どんな命令なん？」「指はどうやったら動く？」と促され，(6)ではどこからの命令かが議論され，筋肉の命令，運動神経の命令という意見が探索された後，運動神経は信号の通り道であり，脳が命令を出すという説明が生徒よりなされた．

(7)では，骨を動かすで終わりかという問いが生徒から出されたが，他の 2 名が課題外の話を始めてしまい時間切れとなった．

以上のように，このグループでも，分からない状態の発話が頻繁に出されることで説明，再説明がなされるという形で生徒同士の建設的相互作用が起こった．始めから定規を落として掴むという再現が繰り返しなされ，その経験（レベル 1）から理解できることを持ち込んだ推論がなされたことで説明モデルの更新が行われた．同時に，教師の促しという要因も見られた．これらは 2014 年度と共通している．しかし，教師の問いかけはどこの筋肉か？どこの骨か？指はどうやったら動く？という細部を具体化する問いかけであるとともに，それが教師の意図する通り細部，内的過程を問われていると生徒にも受け止められることで精緻化を促す効果を持ったと考えられる．

このように，「落ちてくる定規を指先でキャッチ．自分のからだの中で起きていることを細かく，わかりやすく説明してみよう」という 2016 年度の課題は，レベル 1 の知識を持ち込んで精緻化しようとする際に，刺激とは何か，何からスタートするか，感覚器官は何か，どこの筋肉・骨かという探索を行う際の範囲が絞られやすく，自分たちのからだを使いながら目の前で何度も再現し検討できることで，授業者のねらいに沿った議論の焦点化がなされやすかったことがうかがえた．

7. 他グループの説明モデル構成の傾向

2014 年度の#77，#78 も #76 と同様に内的過程よりも身体の動きに焦点が集まり，教師の狙いに焦点化されにくかった．また 2016 年度の#115 も#111 と同様に，内的過程に焦点化される形で対話が進むと同時に，その説明モデル構成時には，指の動きの経験を基にした推論や，これまで学んできた器官の知識を持ち出し（レベル１）内的過程と対応付けることで説明モデルの更新を行っていた．しかし 2016 年度の#116 は内的過程に焦点は向いていたものの，定規を落として掴む活動（レベル１）から内的過程の細部を推測することをしていなかった．また教師の関わりも他２グループとは異なっており，たとえば脳の命令の言語化を促すことはなかったのに対して，「みんなで話し合う」ことを促すチーム構築調整レベルでの言葉かけが複数みられた。これらの特徴が，分かる分からないの行き来の回数が少なかったこと，説明モデルの更新の回数も少なく，詳細が述べられていない説明モデルに留まっていたことと関連している可能性がある．

8. まとめ

今回の分析の結果をまとめると，2014 年度と 2016

年度の授業はどちらも知識構成型ジグソー法の授業実践であり，違いはメインの課題のみであったため，チーム構築調整の発話割合に大きな差は見られなかった．分かる分からないの行き来の数は，2014 年度の 3 グループと 2016 年度の 1 グループと比べ，2016 年度の残りの 2 グループは多かった．これらより，行き来の数は，各グループの理解の深まりが異なっている可能性を知る手がかりになりえるかもしれない．

実際に質的側面を見るために，各グループの知識と理解の社会的構成の様子を分析し，どのような説明モデルを構成・更新していったか（レベル２）と，メインの課題の変更に関わる経験や既知知識を持ち出して（レベル１）説明モデルを精緻化できていたかを見てみた結果，分かる分からないの行き来の多かった 2 グループは，レベル１の内容を活用して教師が期待していた内的過程に着目した説明モデルについて対話を通して構成・更新していたことが見えた．メインの課題の見直しによって，教師の対話中の問いかけも焦点化されており，メインの課題の見直しは，生徒が期待する解答を構成するプロセスの想定が教師側でより明確になっていた成果でもあるかもしれない．

この分析結果を踏まえて考察すると，３つの分析指標の中では，２つの指標が活用可能だった．ひとつは，建設的相互作用に基づいた，分かると分からないの行き来の回数である．もうひとつは，知識と理解の社会的構成に基づいた，用意された教材の用語を超えてレベル１の知識がレベル２の説明モデルの構成に結び付けられていくかを見ることによって，「感覚器官から脳」「脳で考えていること」「脳から筋肉」それぞれの構成要素に議論が焦点化されて内的過程を精緻化していく，対話の質が評価可能な発話を抽出することができた点である．その発話の前後での教師の対話中の問いかけの年度変化を抽出することができた．

また今回の分析では対話時の情報は音声がテキスト化されたデータのみ提供されたが，各グループで作成されていたホワイトボードの記入映像データが無くても，考えながら対話しつつホワイトボードに記入するという対話過程であったため，説明モデルの構成の様子を図１，２のように可視化することができ，対話の質の違いを分析できたのではないかと考えられる。

益川ら[2]の論文では，分析比較対象としたのは伝統的な話型指導に基づいたグループ活動と，学習科学の知見に基づいた知識構成型ジグソー法のグループ活動であった．一方，今回の分析では，同じ知識構成型ジグソー法においてもさらに対話の質を深めていくことができていたかどうかを見極めるために，益川ら[2]の論文と同じ分析指標を用いた．

学校現場へのフィードバックの視点から考えると，同じ指標を用いるにしても，前者の益川ら[2]論文の分析は，「こちらの方がいいですよ」と，結果の証拠を示す役割を果たしたのに対し，後者の今回の分析は，「このような差異があるので次はどうすればより良くなるだろうか？」という問いや改善を促すためにも指標が機能しうると言えるだろう．

ただし，どの時点で改善に示唆を与えうるかは指標によって異なる面もあることが見えた．たとえば，2014 年度の実践後には建設的相互作用（分かる分からないの行き来）だけをみると，成否を分ける指標として機能しにくかったであろうが，2016 年度も含めると対話の質を評価しうる指標として捉えることができた．これに対して知識と理解の社会的構成（レベル１への言及）は説明モデルの更新と共起しているか，教師が期待する方向へと更新につながらないとするとなぜかを検討する視点を提供し，2014 年度の実践後の時点でメインの課題と教師の期待する説明モデルとを再考するフィードバックができた可能性があるだろう。

参考文献

[1] 堀公彦，（2018）“知識構成型ジグソー法の授業デザイン 中学校理科「運動の仕組み」”，日本認知科学会第 35 回大会論文集.

[2] 益川弘如・河崎美保・白水始（2016）“建設的相互作用経験の蓄積が協調的問題解決能力の育成につながるか”，認知科学 23(3), pp237-254.

[3] 齊藤萌木・飯窪真也・白水始（2018）“理解深化につながる対話を見とる指標の提案：対話中の疑問を軸として”，日本認知科学会第 35 回大会論文集.

理解深化につながる対話を見とる指標の提案 ：対話中の疑問を軸として

Measures to Assess Constructive Interaction in Classroom: Focusing on Question Generation

齊藤 萌木†，飯窪 真也†，白水 始†
Moegi Saito, Shinya Iikubo, Hajime Shirouzu
†東京大学CoREF
CoREF, The University of Tokyo
info@coref.u-tokyo.ac.jp

Abstract

In search of effective assessments for professional development of teachers in a Japanese school-based lesson study, the authors attempted to identify measures to assess constructive interaction in classroom. We used numbers and types of question generated as measures and analyzed student's protocols. Our analyses helped teachers to have concrete image of collaborative learning and to verify their design hypothesis based on learning processes of students.

Keywords — Collaborative learning, assessment, lesson study, professional development, Knowledge-Constructive-Jigsaw

1. はじめに

本稿では，学習の評価は次の学習環境の改善のための知見を引き出すことを目的とした活動であるという観点から，認知科学の理論的知見をふまえた「理解深化につながる対話を見とる指標」を提案し，そうした指標を使った対話分析が，授業における協調学習の評価にいかに貢献しうるかについて，事例をもとに検討する．

学習科学研究における教室での協調学習の支援方略とその主体としての研究者と実践者の関係について整理した白水ら[1]は，研究者が理論的知見に基づいて開発した授業手法や教材を実践者がそのまま教室で活用すればよいという関係から，個々の教師が主体となり支援方略を工夫する，研究者はそのための手助けをするという関係へのシフトを指摘している．背景には，教室における学習過程の研究の蓄積がある．例えば，Barron [2]は理論的知見に基づいた授業手法や教材を使っても学習集団によってそこで生じる学習過程は多様であることを示している．

学習者の実態に応じて質の高い協調学習を実現させるには，授業を行う一人ひとりの教師が，都度，今日の授業で引き起こしたい協調学習のイメージを具体的に描き，目指す協調学習を実現するための授業デザインや支援のポイントについて質の高い実践的判断を行うことが求められる．他方，個々の教師が質の高い実践的な判断を行い続けられるかは，その経験及び授業デザインや評価にかけられる時間などの現実的な制約に左右される．研究者の課題は，個々の教師が現実的な制約の中でより質の高い実践的な判断を行うことをどのように支援できるか，という点にあると言える．

こうした視点から，授業における協調学習の評価手法や指標の提案を考えると，その手法や指標はまず何より，次の２つに資するものでありたいと言える．

１）教師が，子どもの学習の実態に基づき，引き起こしたい協調学習のイメージを具体化，明確化すること

２）教師が，１）を根拠として，授業づくりの前提としている授業デザインや支援についての自分たちの仮説の妥当性を検証すること

それなら，こうした評価の実現に，認知科学にはどのような貢献が可能だろうか．教師の実践的判断の質を上げるためには，教師自身が引き起こしたい協調学習をより具体的にイメージし，そのイメージに基づいて，授業デザインや支援について考えることが大切になる．従って，認知科学には，「引き起こしたい協調学習のイメージ」や「授業デザインや支援」について理論的に正しい見解を教示するというよりは，教師が協調学習の具体的なイメージを描くことや，そのイメージに基づいて授業デザインや支援について考えるための助けとなる情報を提供することが求められる．例えば，「学習者の発言量が多いほど協調学習の質は高い」というイメージを持ち，発言順を決めて発言量を平等にする支援方略を取ろうとしている教師に対し，その支援方略の是非について見解を示すだけでなく，実際に授業前後で学習成果を確認できる授業において，児童生徒一人ひとりの発言量を評価したデータを

示すことができれば，教師自身が協調学習のイメージを見直し，授業デザインや支援について検討することを助けることができる．こうした貢献によって，授業のデザイン・実践・評価から次の学びの質を上げるための確かな知見を得ていく授業研究のサイクルが実現し，学びの質を問題にする継続的な授業改善が可能になると考えられる．そこで本稿では，教師の実践的判断の質の向上に資するかという観点から，授業における協調学習の評価手法や指標の在り方を検討する．

認知科学研究においては，参加者の理解深化に資する対話の特徴について既に多数の知見が蓄積されてきた[3][4][5][6][7][8][9]．こうした研究を整理した遠山ら[10]も参考に，現時点での認知科学研究の合意を描出してみると，「不完全で疑問生成的な発話を頻繁に話者交代して行うパタンの対話が理解深化につながりやすい」という共通見解を見出すことができる．

こうした研究成果をふまえ，本稿では，協調学習の生起を評価する(見とる)ための「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標を使って実際に授業の対話記録を分析し，協調学習が起きなかった／起きたときの具体的な対話を描出することを試みる．そのうえで，教師に分析した対話記録を提供することが，授業で協調学習が起こった／起こらないときに児童生徒間にどんな対話が生じるのかについて具体的なイメージを持つ助けになるか，また，授業デザインや支援についての教師の仮説の妥当性検証に資するかについて試行調査を行い，その結果を報告する．

2. 授業実践の概要

本稿で評価の対象とした授業実践は東京大学CoREFと自治体学校等との連携による「協調学習の授業づくりプロジェクト」[11]の一環として行われた中学校2年生理科「運動の仕組」の授業2事例である．

プロジェクトに参加する教師は，授業において協調学習を実現するという共通目標のもとに，「知識構成型ジグソー法」を使って，各自の教科・教室で授業のデザイン・実践・評価のサイクルを回す．サイクルを回す過程では，メーリングリストを使った授業デザイン検討や，対面で行う授業検討会等によって，研究者との協働の機会も持たれる．

「運動の仕組」はこうした授業研究のサイクルに長年参加してきた実践者が，異なる年度に同じ学校の同学年の生徒に対して行った実践である．授業デザインの概要を表1に示す．授業は，2014年度と2016年に2回実践されており，各年度の授業デザインは，課題を除いて，ほぼ共通であった．

表1「運動の仕組み」の授業デザイン(2014/16年度)

課題		「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう．～運動のしくみをわかりやすく説明してみよう～」(2014)／「落ちてくる定規を指先でキャッチ～自分のからだの中で起きていることを細かく，わかりやすく説明してみよう～」(2016)
エキスパート	A	＜神経＞ ○感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 ：情報の流れ ○脳 → せきずい → 運動神経 → 筋肉 ：命令の流れ
	B	＜骨格＞ ○骨格のつくり（内骨格）と関節のつくり
	C	＜筋肉＞ ○筋肉のつくりとはたらき ○筋肉と骨のつき方（腱）
期待する解答の要素		○受けた刺激と器官，それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること（感覚神経系についての理解） ○脳で考えていることと命令を言葉で表現すること（脳の命令内容についての理解） ○脳から筋肉に伝わるまでのルートと，筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること（運動神経系についての理解）

2014年度の最初の実践では，「所属する部活動での『ボールを打つ動きのストーリーを語ろう』」という課題が設定された．実践者の手応えとしては，授業では活発な話し合いは起こったものの，刺激に対して反応が起こるプロセスや仕組みについて生徒の理解に曖昧な点が残る結果になったという．

この反省を受け，2016年度の2度目の実践では，授業の目標やエキスパートの内容はほぼ同一のまま，「落ちてくる定規を指先でキャッチ～自分のからだの中で起きていることを細かく，わかりやすく説明してみよう～」という具体的で焦点化された問へと，課題が変更された．併せて，導入で題材となる活動を全員に経験させ，共通に経験した活動の仕組みを説明するという文脈を設定して課題解決に取組ませた．2016年度の

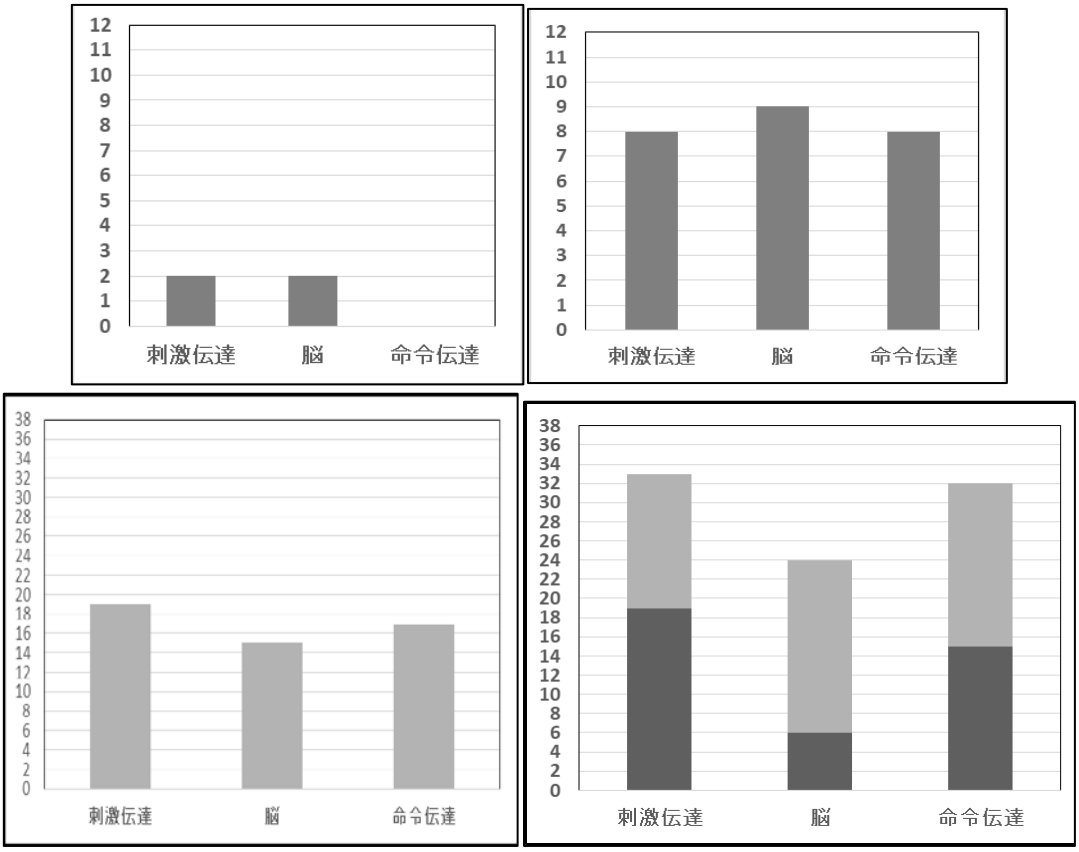


図 3　「運動の仕組み」の授業前後の理解の変化（上段 2014 年度前／後・下段 2016 年度前／後）
グラフの単位は人数，2014 年度は N=12，2016 年度は N=38，黒＝完全，グレー＝不完全

実践では，生徒の授業前後の解答の変化から，実践者は,「授業のねらいに迫れた」という手応えを得ている．

2014 年度と 2016 年度の手応えの違いは，課題に対して授業前後に生徒が記載した解の変化でも裏付けられる．図 3 は，実際に各年度の授業においてどの程度の生徒が「期待する解答の要素」を含む解答を書けたのかを示すグラフである．分析できた解答は，資料回収状況の違いにより 2014 年度の実践で 2 クラス計 47 名中の 12 名分，2016 年度の実践で 2 クラス計 42 名中の 38 名分である．

グラフの作成にあたり，解答中での「期待する解答の要素」への言及を「完全」と「不完全」に区分した．「完全」解答の規準として,「感覚神経系についての理解」は，刺激を受け取る感覚器官から大脳までの経路を過不足なく記述できている解答,「脳の命令内容についての理解」では，伝わってきた刺激の内容（定規が動き出したこと）と命令の内容（人差し指と親指の筋肉を縮ませる）の両方を正しく記述できている解答,「運動神経系についての理解」では，脳の命令から運動する筋肉までの経路を過不足なく記述できている解答をそれぞれ設定し，記述に抜けや誤りを含むものの要素に言及されている解答を「不完全」とした．

グラフからは，2016 年度の実践において，3 つの要素を含む解答を書けた生徒の数が授業前後で大きく増えていることがわかる．対して 2014 年度の実践では，授業前後で「期待する解答の要素」を含む解答を書ける生徒が増えてはいるものの,「完全」解答を書けるようになった生徒はいないことがわかる．分析した解答例の数を考慮しても，実践者の振り返りにおける手応えのとおり，相対的に 2016 年度の実践のほうが，授業をとおしての生徒の理解の深まりの度合いが高い傾向があったと言ってよいだろう．

3. データと方法

(1) データ

それならば各授業では，生徒の間にどのような学習が生起していたのだろうか.「運動の仕組」の授業において録音した対話から，学習の過程を評価してみたい．

表 2 「運動の仕組」の授業データ一覧

2014 年度	ICR71 ICR72 ICR73 ICR74 ICR75 ICR76 ICR77 ICR78	2016 年度	ICR111 ICR112 ICR113 ICR114 ICR115 ICR116

評価のために分析できたデータは，2014 年度の実践と 2016 年度の実践それぞれ 1 クラス分のジグソー活動中の対話を IC レコーダで録音し，音声データを書き起こしたテキストである．一覧を表 2 に示す．IC レコーダは各班に 1 台を設置し，2014 年度で 8 班分，2016 年度で 6 班分を録音した．班の区別は，ICR 番号で行っている．

音声データは，人が聞いて可能な範囲で話者を区別し，話者ごとに内容の判別ができる発話をテキスト化した．テキスト化の際，1 呼吸で発した発話を「1 発話」として 1 つのセルに入力し，班ごとに 1 つのエクセルファイルを作成した．

(2)指標の設定

学習評価のための対話分析にあたり，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標を設定した．指標は，協調学習が起こっている際の対話に特徴的なパタンとその分析法についての認知科学の先行研究を活用して設定した．

学習者一人ひとりの理解深化に貢献する協調学習が起こっているときの対話の特徴ついては，多数の知見が蓄積されている．例えば，Barnes [3]は，「探究型の対話（exploratory talk）」と「最終稿・発表型の対話（presentational talk）」を対比させ，前者のような対話が理解深化を促進しやすいとした．「探究型の対話」とは「え？」「もし○○なら，△△は？」のように，問の繰り返しを含む対話であり，考えの比較検討や吟味を生むことが多いという．「探究型」の対話の概念は，その後協調問題解決過程において答えがはっきりしていない段階における自由な考えの出し合いによって，知識の共有や見直しを促す対話として拡張された．また，対比的なアプローチによらず，理解深化につながる対話の特徴をできるだけ幅広くとらえようとする研究として，考えの外化や，質問による情報の引き出し，対立・統合・異なる意見の受容を伴う合意形成などの特徴を含む「共同構築する社会的な対話モード（social modes of co-construction）」を提案した Weinberger ら [12]や，Dyke ら [13]による「学術的に生産的な対話（academically productive talk）」がある．

こうした研究を整理した遠山ら[10]も参考に，現時点での認知科学研究の合意を描出してみると，意見の述べ合い，全面的な批判や無批判の受け入れといった絡み合いのないパタンの対話に対して，不完全で疑問生成的な発話を頻繁に話者交代して行うパタンの対話が理解深化につながりやすいという共通見解を見出すことができる．

実際，Chi ら[9]は課題解決前後のテストにおける概念的な理解の深まり度合いと，対話パタンを関係づけた分析で「メンバーの 1 人が前に話したことを，他のメンバーが掘り下げていくような対話」（co-constructive dialogue）と理解深化が関係していることを確かめている．

以上より，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標は，協調学習の生起を評価する指標として機能しうると考えられる．

（3）対話分析の手順

「運動の仕組」の 2 つの実践から採取されたデータを用いて「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標が，協調学習の生起を評価する指標として機能しうるかを検証する．そのための対話分析は，対話中の「問」の同定，「問」の後に生まれた学習活動のコーディングという 2 つの手順で行った．

手順 1）対話中の「問」の同定

まず，各班の対話の内容と流れを確認し，班員から自発した「問」と判別できる発話を同定した．分析は本稿の筆者を含む 2 名で行い，疑問，質問，問いかけ，確認等，日本語でテキスト化したときに「？」が付きうる発話を「問」と同定した．2 名が 2014 年度／2016 年度計 14 グループ分を分担して分析し，2014 年度で 339 発話，2016 年度で 430 発話を「問」と同定した．判断に検討を要する発話については，2 名の協議によった．

手順2)「問」の後に生まれた学習活動のコーディング

次に,「問」の後に生まれた学習活動に注目し，班員から自発した「問」が共同的に探究されたかを判別した.「問」後の学習活動のコーディングは,「大カテゴリ」と「小カテゴリ」の2段階で行った.

「大カテゴリ」は,「問」に対し，班の他のメンバーから何らかの反応があったかに着目し,「問」が「共有」されたかどうかを判別するためのカテゴリである.「問」の後に, 解の提案, 疑問の言いなおし, 問い返しなど, 班員から自発した「問」に対する発話であることが確認できる発話があった場合に, 問が「共有」されたと判断した. 対して「問」の後に,「問」に対する発話以外の関係ない発話のみしか見られない場合は「非共有」とした. 更に, 発話の内容ができないなど,「問」に対する発話であるかないかが判別できない場合は「同定できず」とした.

「小カテゴリ」は,「大カテゴリ」で確認された「反応」の内容に着目し,「共有」された問が共同的に探究されたかを判別するためのカテゴリである.「問」の後, 他のメンバーから一度応答があり, その後はその「問」の解を探究する発言や動作が確認できない場合を「応答完結」, 一度の応答で完結せずに, 問の提出後, 問の提出者を含む複数のメンバーが, 解を探究する発言や動作を行っていることを確認できる場合を「共同探究」とした.

なお,「課題解決中に生徒が自発的に生成した『問』がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」の分析には関係ないものの,「非共有」の問に対しても,「自己探究」と「探究なし」の「小カテゴリ」を設定し, 対話中に自発した「問」が共有されない場合に続く学習活動についても見とりを試みた. 各カテゴリの定義を表3, カテゴライズ例を表4に示す.

表4-1は生徒から「問」が生まれた後, その「問」が共有された対話の例である. 話者Cが発した「1本だけやったらこうしか動かんけど, 関節あるけん, 曲がるってことやろ？」という問は, 話者BとAに受け取られ,「イエスイエス, 細かい動きができる」,「ここまで実際でも動く」という解が提案されている, これらを受けCは「こう動かせるってことや」と自分でも動作を試みて納得した様子である. メンバーの1人が提出した問が, このように他のメンバーも巻き込んで解を提案したり探究したりする発言を生んだ場合は「共同探究」とコーディングした. それに対し, 話者Cが発した「終わり？」という問は, 話者Aに「うん」と応答されて完結している. こうした場合は「応答完結」とコーディングした.

表4−2は生徒から「問」が生まれた後, その「問」が共有されなかった対話の例である. 3行目で話者Bは「絵も描きたければ描けば？」という問かけを行っているが, 話者A・Cはいずれも絵を描くことの是非について話していない. また, 4−5行目では話者Cが「え, 何, ストーリー書くの？」と問かけているが, このときも話者A・Bから問に対する反応と判断できる発言や動作は出てきていない. こうした場合は「非共有」とコーディングした.

表3　対話中に自発する「問」に着目した分析のための対話分析のカテゴリ

大カテゴリ	定義	小カテゴリ	定義
共有	問の提出後, 他のメンバーから問いに対する反応と判断できる発言や動作が確認できる	応答完結	問の提出後, 他のメンバーが一度応答し, その後はその問の解を探究する発言や動作が確認できない
		共同探究	問の提出後, 問の提出者を含む複数のメンバーが, 解を探究する発言や動作を行っていることを確認できる
非共有	問の提出後, 他のメンバーから問いに対する反応と判断できる発言や動作が確認できない	自己探究	問の提出後, 問の提出者自身が, 解を探究する発言や動作を行っていることを確認できる
		探究なし	問の提出後, 解を探究する発言や動作が誰からも確認できない
同定できず	問の提出後, 他者から問いに対する反応と判断できる発言や動作の有無を確認できない	設定なし	設定なし

表 4−1 「問」の後に生まれた学習活動のコーディング例（共有）

話者 A	話者 B	話者 C	大	小
		1本だけやったら		
ここまで実際.		*こうしか動かんけど、*		
	そうそうそう、	*関節あるけん、*		
		曲がるってことやろ？	*共有*	*共同探究*
	イエス、 イエス.			
ここまで実際でも動く.	細かい動きができる.			
		こう動かせるってことや.		
	ええ、気持ち悪い.			
	はい、いいよ.			
		終わり？	*共有*	*応答解決*
		それで.		
	うん.			
		はい.		

表 4−2 「問」の後に生まれた学習活動のコーディング例（非共有）

話者 A	話者 B	大	小	話者 C	大	小
	文章で良いよ					
				文章で良いよ		
	絵も描きたければ描けば？	*非共有*	*探究なし*			
				え、何、		
				ストーリー書くの？	*非共有*	*探究なし*
				どういった・・・		
写真見てないよな.						
	おお…おう					

表 5 対話中に自発する「問」に着目した対話分析の分析結果

2014 年度（N=339）2016 年度（N＝430）※N はジグソー活動中にメンバーから自発した「問」の総数

大カテゴリ	2014 年度		2016 年度		小カテゴリ	2014 年度		2016 年度	
	数	割合	数	割合		数	割合	数	割合
共有	148	44%	295	69%	応答完結	95	28%	128	30%
					共同探究	53	16%	167	39%
非共有	115	34%	67	16%	自己探究	47	14%	39	9%
					探究なし（スルー）	68	20%	28	7%
同定できず	76	22%	68	16%	設定なし	0	0%	0	0%

4. 対話分析の結果

第 2 節に示したように,「運動の仕組」の授業は 2014 年度の初回の実践に比べ, 2016 年度の 2 回目の実践のほうが実践者にとって手応えがあり，また，授業前後

の生徒の解答の変化からも，生徒の理解の深まりの度合いが高い傾向を確認できている．従って，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標が，協調学習の生起を評価する指標として機能しうるならば，2016 年度の 2 回目の実践において「共同探究」される問の割合が高いという結果が得られると予想できる．

表 5 に対話分析の結果を示す．分析の結果，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」は，より高い学習成果のあった 2016 年度の実践において，2014 年度の実践よりも多かった．2014 年度ではジグソー活動中に自発した「問」の 16%しか共同探究につながらなかったのに対し，2016 年度では自発した「問」の 39%が共同的に探究されていた．対話分析の結果は，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標が，授業中の協調学習の生起を評価する指標として機能しうることとを示していると言える．

5. 対話分析による学習評価からの教師の学び

以上，授業中に記録した対話を，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標を使って分析することによって，協調学習が起きなかった／起きたときの具体的な対話を描出することができた．

次に，教師に上述の分析を経た後の対話記録を提供して質問紙調査への回答を依頼し，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を提供することが，授業で協調学習が起こった/起こらないときに児童生徒間にどんな対話が生じるのかについて具体的なイメージを持つ助けになるか，また，授業デザインや支援についての教師の仮説の妥当性検証に資するかを調査した．調査は，試行の位置づけで行った小規模なものであるが，以下に結果を報告する．

(1)調査の対象と方法

調査の対象と方法は以下のとおりである．

①調査対象

調査対象は協調学習の授業づくりプロジェクトに参加する教師 4 名である．対象者は「運動の仕組み」の授業者 1 名と，授業のデザイン・実践に直接的に携わっていない教師 3 名（A～C）とした．

②調査方法

調査対象者には，本論文の目的や仮説は伝えず，授業デザインの概要（表 1）と，指標を使って分析したジグソー活動の対話記録(2 例)を渡し，対話記録を読んで 2 つの質問に回答することを依頼した．回答は，互いに協議できない状況で個別に行った．

対話記録は「共同的に探究される問」を赤，されない問を青で色づけし，エクセルシートにプリントアウトして提供した．質問紙で回答する質問は 2 問とし，回答は自由記述形式とした．質問の実際を表 6 に示す．

質問 1 は授業で引き起こしたい協調学習像を問う質問，質問 2 は授業後に授業者が見出した授業デザインについての仮説の妥当性を検証する質問となっている．

表 6　対話分析による学習評価に関する質問

1）対話中に子どもたちから自発する問のうち，グループの中で共有されて協同的に探究されやすい問とそうでない問には，それぞれどんな特徴があると言えそうでしょうか．
2）授業者は，「2016 年度の実践では，部活動の複雑な運動から定規をつかむ単純な運動に問いを変えることで，生徒の対話や思考が焦点化でき，より細部にこだわった納得のできる答えを作ろうとしている姿が多くみられ，そのため授業のねらいに迫ることができた」と振り返っています．子どもたちの対話に基づくとこの振り返りは妥当だと言えそうでしょうか．根拠もあわせて教えてください．

(2)調査の結果

今回の質問紙調査は，少人数の教師を対象に行った試行的なものである．そこで，4 人の回答に共通に含まれる内容に焦点を当てて調査結果を検討する．

①授業で引き起こしたい協調学習像の具体化，明確化

質問 1）では，4 人の対象者全員が教師による課題提示と児童生徒による問の創出及び共同探究の関係に着目し，「教師の提示した課題に関する問が共同探究されやすい」という内容の回答を書いていた．

この見解は，協調学習をとおした理解深化のプロセスを詳細に検討した認知科学研究の知見と重なるところから，協調学習をとおした理解深化のプロセスについての具体的・詳細なイメージに基づく回答であることが推察される．実際の回答例を表 7-1 に示す．

表 7−1　質問 1 に対する回答例（原文ママ）

＜授業者＞ 授業の課題に関する問が共有される．個人的な問、授業の課題と無関係だと他の人に判断されるような問は共有されない． 例：話者 A は「足を動かしてから手」というイメージ、B/C は「ボールを取る手の動きの詳細」を問題にしている→イメージが共有できていない ＜そのほかの教師 A＞ 探究されやすい問… ・内容（本時の課題、と生徒が認識しているもの）に沿っている 協同的に探究されやすい問の特徴：本時の学習内容と関連しており、本質的な問い

教師による課題提示と児童生徒による問の創出及び共同探究の関係について，協調学習をとおした理解深化のプロセスを詳細に検討した認知科学研究の知見としては，「教師が児童生徒に深い説明を要求する課題をうまく提示した際に，児童生徒が課題の解決のために自分たちが探究すべきポイントを「問」の形式で表出し合いながら，お互いの問を足場としてできる説明の質を上げていく」[14]というものが提案されている．

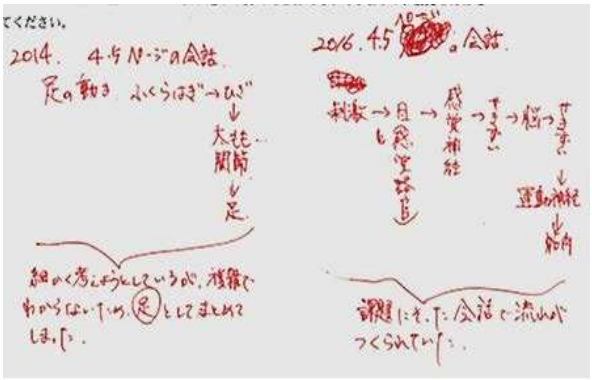
他方，初めて認知科学に関する研修を受ける教師など，協調学習をとおした理解深化のプロセスを詳細に検討した経験が少ない場合には，実践経験そのものは持っている場合でも，「授業において教師が課題を提示することは，児童生徒の自発的な問の発見や探究を阻害するのではないか」という懸念が示されることが少なくない[15]．

こうした事実に鑑みると，調査対象者は，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を読むことで，授業で引き起こしたい協調学習のイメージを，認知科学研究の共通合意に近いところまで具体化，明確化できたのではないかと考えられる．実際に，対象者の 1 人が語った「対話記録を通して，生徒たちのようすが動画を見ているように感じられました」という感想からも対話記録から描けた協調学習のイメージが，動的で詳細なものであったことが伺われる．

②授業デザインや支援についての仮説の妥当性検証

質問 2）では，4 人の対象者全員が，授業デザインや支援について関する授業者の実践的判断の妥当性を，対話分析から得られた知見を根拠として理論的に説明することができていた．「実践的判断の根拠を語れることが，教師の実践的判断の質の向上に資する」という教師教育研究の知見[16][17]も参照すれば，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を提供することは，教師にとって有益な学びの機会を生み出しえたと言える．実際の回答例を表 7-2 に示す．

表 7-2　質問 2 に対する回答例（原文ママ）

＜授業者＞  ＜そのほかの教師 B＞ 部活の運動を例に用いた実践では、キーとなる生物用語があまり登場しておらず、個々の発話のつながりが乏しいように感じられました．また、対話記録（エクセル No. 89〜99 あたり）が示すように、活動の始まりも抽象的な表現でやりとりが進んでいいきます．一方、定規をつかむ運動の例では、資料を適宜活用したり（エクセル No. 89、92、162、632、635）、実際に動きで表現したりするなど（エクセル No.94、146、151、177〜180、237〜242・・・）、具体物をもとに一連の動きをつないで説明しようとしています．この差は、複雑な運動から単純な運動に変えたことで、子どもたちの中に、明確な運動のイメージが獲得されたためだと思いました． 本時で考える運動の「スタートとゴール」が明確になったために、その間をつなぐべく、対話や思考が焦点化されたのだと感じました．また、感覚器官や筋肉の動きに着目するなど、自分たちで立てた仮説を実際に確認出来る題材でもあったことが、細部にこだわった納得のできる答えをつくろうとする姿勢につながったのだと推察しました．

授業者，その他の教師とも，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を検討することで，「単純な運動に問を変える」という工夫の良し悪しだけでなく，この工夫のどのような点が，どのように子どもの思考や

対話を支えたかという点について，より詳細な検討を行っていることがわかる．

授業者は，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を活用することで，自身の仮説を具体的なデータに基づいて根拠づけている．回答には，どちらの授業でも児童生徒は運動の仕組について詳細に考えようとしていたものの，課題が複雑な運動を対象としているために詳細な思考を解答として結実させづらく，「足」というおおまかな解にまとまっていったのに対し，単純な運動を対象とした場合は，課題に沿った会話で刺激→命令→運動の流れを表現できたというように，2014 年度，2016 年度それぞれの課題が引き起こした思考のプロセスの差を詳細に解釈している．

一方，その他の教師も，認知科学の知見に基づいて分析した対話記録を活用することで，授業における学びの事実に基づいて授業デザインや支援についての仮説を検証することができている．回答には，対話内容から 2016 年度の実践では「明確な運動のイメージが獲得された」ことを同定し，「スタートとゴールが明確」という課題の特徴との関係が事実に基づいて推察されている．

6. 結論及び考察

⑴結論

以上をふまえると，「課題解決中に生徒が自発的に生成した「問」がグループのメンバーによって共同的に探究される割合」という指標は，授業における協調学習の生起を評価しうる指標であり，この指標を使った評価は，教師が協調学習とは何かについて理解を深めるとともに，次の学習環境の改善のための知見を引き出す目的に資するものであると考えられる．

教師の主観的な手応えや，授業前後の課題に対する解答の比較からは，2014 年度に比べて 2016 年度の実践において，理解深化につながる協調学習が生起しやすかったことが想定できる．分析結果は，この想定と一致しているところから，今回提案した指標は，授業における協調学習の生起を評価する指標として，他の教室や他の題材においても使ってみて実効性を検証する価値のある指標だと言える．

また，こうした指標で分析した対話テキストを教師に提供することが，授業で目指す協調学習像の明確化や，授業デザインや支援についての仮説の検証にいかに資するかに関する試行調査からは，本稿で提案した指標を使った協調学習の評価が，授業者は勿論，ともに授業研究に取組む他の教師にも，自身の次の学習環境の改善に資する授業デザイン仮説を検証する機会となることを示唆している．

⑵考察

最後に，報告した事例を振り返り，次の学習環境の改善のための知見を引き出す協調学習の評価指標を効果的に設定するための示唆を 3 点提示したい．

1 つは，授業における協調学習の評価指標は，授業をとおして教師が把握した児童生徒の変化が，いかなる認知過程を経て生起したのか，授業者が授業において確認した学習活動の根拠把握に役立つ認知過程を描出できる指標を設定したいということである．

「運動の仕組」の授業では，授業者は授業中の観察や授業前後に生徒が書いた本時の課題に対する答えを見て，児童生徒の変化を確認していた．こうした教師の知覚可能な事実と結びつき，事実に根拠を与える情報として授業中の認知過程についての知見が提示されることで，指標を使った評価によって描出した認知過程と，教師が授業デザインの前提とする目指す協調学習のイメージを対比しやすくなったと考えられる．

2 点目に，授業における協調学習の評価指標は，日常の授業において設定できる外化データ採取機会と，認知科学の先行研究を照らし合わせ，制約のあるデータの中で可能な限り信頼性の高い知見を得るための指標として設定されるべきだということである．

本稿で分析対象としたデータは，IC レコーダで録音した音声を書き起こしたテキストのみであった．こうしたデータの制約は，評価できる認知過程に制約を与えていた．仮に，各グループのビデオ記録，生徒一人ひとりへの補足インタビュー等のデータがあれば，生徒の認知過程をより詳細に評価することもできただろう．他方，授業から多様なデータを採取することは児童生徒に負荷を与え，自然な学習を阻害する可能性もはらむ．また，データの量や種類が増えれば，教師自身が評価結果を解釈することが難しくなる可能性もある．次の学習環境の改善のための知見を引き出す協調学習の評価のあり方を検討するうえでは，記録・分析するデータの量や種類を増やすことと，日常の授業の円滑な遂行とがある程度トレードオフの関係にあることを認識したうえで，提案する評価指標・手法が検討される必要があるだろう．

3 点目に，授業における協調学習の評価指標は，授

業デザインそのものの評価指標とは別であるという前提で提案されるべきだということである．これまで授業の評価を論じる際には，期待する学習成果の有無を授業デザインの正否とイコールであるとみなすことも少なくなかった．しかし，授業における学習者の認知過程には，個人内と社会文化的な制約が，複雑に絡み合いながら統合的に作用しており，1つの授業の評価から，授業デザインの正否について精度の高い知見を得ることは本質的に難しい．

他方，本事例では，授業デザインそのものの評価とは一旦切り離した形で，認知科学の理論に基づく協調学習の評価を教師に提供することで，教師自身が評価に基づいて主体的に授業デザイン仮説の検証を行うことも可能になっていた．

教師が見出した知見は，あくまでも一人ひとりの実践的見識と1つの授業における学びの評価をもとにしたものであり，認知科学研究で用いられている規準に照らして信頼度の高い知見とは言えないかもしれない．しかし，継続的な授業改善のプロセスは，授業のデザイン・実践・評価のサイクルを回し続ける過程であり，教師の仮説を学びの評価によって検証する機会は，授業研究のプロセスの中で今後何度も訪れることになる．こうしたプロセスを前提として評価のあり方を検討することが，児童生徒と教師の互恵的な成長に資する授業研究の実現につながるのではないか．

本稿で報告した試みは，認知科学の知見に基づく対話分析による評価を教師に提供することで，授業の評価を，研究者主体の指導講評でも，個々の授業者の主観的反省でも終わらせず，多様な教師一人ひとりが実践的判断の質を上げていくための主体的な学び合いの機会を授業研究サイクルのなかに着実に位置づけることを目指すものであった．他方，実践の文脈で認知科学の知見を活用することは，理解深化の仕組の解明に資する点で，実践と理論の互恵的強化にもつながりうるだろう．本稿では紙幅の問題でその詳細を検討できなかった．今後の課題としたい．

参考文献

[1] 白水始・齊藤萌木 (2018)．「アクティブ・ラーニング」児童心理学の進歩編集委員会編『児童心理学の進歩』2018 年版，東京：金子書房.

[2] Barron B. (2003). When smart groups fail. Journal of the Learning Sciences, 12 (3), 307-359.

[3] Bernes, D. (1976). From communication to curriculum. England: Penguin.

[4] Miyake, N. (1986). Constructive interaction and the iterative process of understanding. Cognitive Science, 10 (2), 151-177.

[5] Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. The Journal of the Learning Sciences, 2, 235-276.

[6] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. Cognitive Science, 26(4), 469-501.

[7] 高垣マユミ・中島朋紀 (2004)．理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析.『教育心理学研究』, 52, 472-484.

[8] Chi, M. T. H., (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. Topics in Cognitive Science 1, 73-105

[9] Chi, M. T. H., & Menekse, M. (2015) Dialogue Patterns in Peer Collaboration That Promote Learning. Resnick, L., Asterhan, C. & Clarke, S. eds. Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue. American Educational Research Association.

[10] 遠山紗矢香・白水始 (2017)．協調的問題解決能力をいかに評価するかー協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析ー．『認知科学』, 24(4), pp.494-517.

[11] 三宅なほみ・東京大学 CoREF・河合塾編著 (2016)．『協調学習とは―対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業―』,京都府：北大路書房.

[12] Weinberger, A. & Fischer, F. (2006). A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education,* 46 (1), 71-95.

[13] Dyke, G., Howley, I. K., Kumar, R. & Rose, C. P. (2013). Towards academically productive talk supported by conversational agents. In D. Suthers, K. Lund, C. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.) Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions, New York: Springer.

[14] Chan, C. K. K. (1996) Problem-centered inquiry in collaborative science learning. 認知科学, 304, 44-62.

[15] 齊藤萌木 (2018)．協調問題解決をとおした問いの創発―学習で生まれる問い、学習を進める問い―. 小山義徳・道田泰司編『「質問」の理論と実践』. 東京都：ひつじ書房. In press.

[16] 佐藤学 (1997)．『教師というアポリアー反省的実践へ』．神奈川: 世織書房.

[17] 飯窪真也 (2016)．教師の前向きな学びを支えるデザイン研究―「知識構成型ジグソー法」を媒介にした東京大学 CoREF の研究連携―.『認知科学』, 23 (3), 270-284.

指標探索のための人間と機械の建設的相互作用
Constructive Interaction between Humans and Machines in Search of Measures to Capture Collaborative Learning

中山 隆弘†，白水 始†
Takahiro Nakayama, Hajime Shirouzu
†東京大学CoREF
CoREF, The University of Tokyo
info@coref.u-tokyo.ac.jp

Abstract
協調学習の分析ツールは教員が検索した表現をハイライトする「ミラーシステム」と特定表現を自動分析する「ガイドシステム」に大別できる．教員のエンパワーにはその両方が必要だろう．ガイドを参考に教員が検索を行い，結果を後人のガイドにフィードバックする体制を作ることができれば，人間と機械の相互作用をより建設的にできるのではないか．その可能性を検討するため，まずは本 OS の人手による分類が機械化できないかを検証した．
Keywords — Constructive Interaction, Learning Models, Quantitative Analysis, Mirroring System

1. はじめに

本稿では，イントロの白水ら[1]に記したとおり，質的評価の名のもとに研究者自身がやっていることの仕様をはっきりさせることと，研究者や教員の質的評価を蓄積し将来的に分析の自動化や機械化をどう図っていくかという二点を検討する．

協調学習の分析ツールを Soller ら[2]に従って，「ミラーシステム」と「ガイドシステム」に分けるとすれば，益川ら[3]の分析は対話の質が一定程度自動的に可視化されるガイドシステム，齊藤ら[4]の分析は教員が対話に見とりたい言葉や表現（指標）を検索するとハイライトするミラーシステムへと展開するものと大別できる．やりたいことは教員のエンパワーメントだと考えると，教員の検索・分析の自由裁量と研究者が質保証した検索ガイドはどちらも必要であり，どちらも単体で十分ということはない．研究者やシステムによる検索・分析の例示を（正解ではなく例示と取って）参考に，教員が本人にとって意味のある自由な検索を行って，その検索結果を後人の例示へとフィードバックするような相互強化体制，あるいは実践を行った教員の分析履歴を取って，後に同じ，あるいは同種の実践を行う教員に対してその履歴を直接，あるいは抽象化してガイドとして活用できるような，システムを介した螺旋的協力体制を作ることができれば，人間と機械の相互作用はより建設的なものになるのではないか．

そこで下記では，益川ら[3]と齊藤ら[4]の報告に含まれた分析や，それらの分析の前提となる基礎分析としてどのような工程が必要か，その機械的な手順の書き出しや，実際に既存分析システムを使った分析を行うことで，上記の可能性を検討する．

2. データと分析概要

本稿で，主に評価の対象としたデータ（機械によるテストデータ）は，堀[5]の授業実践（中学校 2 年生理科「運動の仕組」の授業）2 事例である．そのための訓練データ（機械による適応データ）には，東京大学 CoREF と自治体学校等との連携による「協調学習の授業づくりプロジェクト」の他の授業実践や益川ら[6]を用いた．

以下，益川ら[3]の「チーム構築調整発話」の自動分類のやり方，及びその実施結果をまず検討する．チーム構築調整発話とは，協調学習中の内容の学びとは関係ない，作業の進め方の相談や指示に関する「マネジメントトーク」のことであり，この多さは，発話が活発でも内容についての児童生徒の学びが進まない要因としてよく知られている．益川らはこの発話を同定し，それ以外の「コンテンツトーク」を分析するという論文展開をしている．

もう一つは，齊藤ら[4]の「問いの共同探究」の自動分析のやり方案である．齊藤らの分析では，「問い」自体の同定やその仲間による共同探究を，文脈を読み込みながら行っているが，「共同」探究であるということは，発話前後の話者関係でそれらを機械的に分析し得る可能性を示唆する．それがどう可能かを検討する．

以下，分析方法と結果を合わせて報告する．

3. 分析方法と結果

3.1 「チーム構築調整」の自動抽出

(1) 分析方法

過去の CoREF の実践で収集された知識構成型ジグソー法の対話データ (88 授業, 1271 グループ, 534,951 行, 2,389,909 単語) から機械学習 word2vec[7]を用いて，ジグソー対話における単語の多次元ベクトル値を作るモデルを作成した．このモデルを利用し，各行のテキストを Mecab で分かち書きし，各行に含まれている単語のベクトル平均値出し，文のベクトル値とした．この文のベクトル値を説明変数とし，教師あり学習の分類器，サポートベクターマシン（SVM: [8]）とランダムフォレスト（RF: [9]）を用いて，チーム構築調整とそれ以外の二項分類を行った．

教師データとして，益川ら[6]や上記 CoREF 授業について第二著者が「チーム構築調整」かどうかを判断した分類結果を用いた．教師データ 2037 行の内訳は，チーム構築調整が 498 行，それ以外が 1529 行であった．

比較対象として，機械学習を用いない，文にある単語の部分集合で包含関係を作り，その有無で分類する単純パターンマッチ（Subset）も行った．

対象は，運動の仕組み「2014 授業」と「2016 授業」の対話 3799 行で，正解分類結果は，本 OS の益川ら[3]の分類結果を利用した．その内訳は，チーム構築調整が 531 行，それ以外が 3268 行であった（益川ら[3]が記すとおり，元々チーム構築調整の割合が低い授業であった)．

(2) 分析結果

分類器が「チーム構築調整」に分類した結果は，表 1 の通りである．左から「チーム構築調整」に分類した行数，精度（precision）: 正と予測したデータのうち，実際に正であるものの割合，再現率（recall）: 実際に正であるもののうち正であると予測されたものの割合，f1-score : 精度と再現率の調和平均である．分類結果の例は，後続の頁に掲載した表 1-1 及び 1-2 に示した．なお，チーム構築調整が「1」，その他が「0」である．

表 1 に見るように，トレーニングとテストデータとが，全く違うコンテンツの授業であっても，分類器での分類は可能であった．

表１ 「チーム構築調整」発話の分類器結果

	分類行数	精度 precision	再現率 recall	f1-score
Subset	281	0.25	0.13	0.17
SVM	1427	0.23	0.62	0.34
RF	518	0.22	0.21	0.22

しかし，決して高い精度・再現率ではなかった．単語の単純パターンマッチである Subset は教師データそのものパターンに強く縛られてしまい，再現率が 0.13 であった．対して，SVM，RF は Subset と比較すれば高い再現率であった. SVM の再現率は 0.62 であるが，チーム構築調整に多くを分類しており，精度が 0.2 程度であった．RF は精度・再現率共に 0.22 程度であった．

今回は 1 行ずつを分類器に掛けたが，データが 1 ブレスで改行されており非常に短い行もあった．本来分析者が人手で分類するときは，短い文は前後の流れを参考に分類しており，同じ構成の文でも分類結果が変わっていた（「はい」とか「で」とか)．このように分析者が複数行を見て分類しているのであれば，分類器の説明変数に複数行を追加すれば，より精度が上がる可能性がある．

さらに，自然な対話をそのまま機械学習に利用したが，より精度を上げるには，口語体に対応した辞書や表記揺れや方言への対応などが必要と考えられる．

ただし，チーム構築調整，すなわちマネジメントトークで使われる単語は，前後関係があまりなく（表 1-1,1-2）突如として出てくることが多く，そうすると前後を見る“word2vec”はベクトル化する方法としては不適切である可能性もあり，今後の検討を要する．

3.2 「問いと共同探求」の自動抽出

まず齊藤論文[4]の分析方法を囲いに再掲する．

以下が問いの同定方法である．

手順 1）対話中の「問」の同定

まず，各班の対話の内容と流れを確認し，班員から自発した「問」と判別できる発話を同定した．分析は本稿の筆者を含む 2 名で行い，疑問，質問，問いかけ，確認等，日本語でテキスト化したときに「？」が付きうる発話を「問」と同定した．

次が問いの共同探究についてである.

手順2)「問」の後に生まれた学習活動のコーディング

次に,「問」の後に生まれた学習活動に注目し,班員から自発した「問」が共同的に探究されたかを判別した.「問」後の学習活動のコーディングは,「大カテゴリ」と「小カテゴリ」の2段階で行った.

「大カテゴリ」は,「問」に対し,班の他のメンバーから何らかの反応があったかに着目し,「問」が「共有」されたかどうかを判別するためのカテゴリである.「問」の後に,解の提案,疑問の言いなおし,問い返しなど,班員から自発した「問」に対する発話であることが確認できる発話があった場合に,問が「共有」されたと判断した.対して「問」の後に,「問」に対する発話以外の関係ない発話のみしか見られない場合は「非共有」とした.更に,発話の内容ができないなど,「問」に対する発話であるかないかが判別できない場合は「同定できず」とした.

「小カテゴリ」は,「大カテゴリ」で確認された「反応」の内容に着目し,「共有」された問が共同的に探究されたかを判別するためのカテゴリである.「問」の後,他のメンバーから一度応答があり,その後はその「問」の解を探究する発言や動作が確認できない場合を「応答完結」,一度の応答で完結せずに,問の提出後,問の提出者を含む複数のメンバーが,解を探究する発言や動作を行っていることを確認できる場合を「共同探究」とした.

囲いに見るように,問いから次に他者がどういった振る舞いや発話をしたかを質的に解釈して分類している.この分析を機械に再現させるには,まず問いの同定が必要である.問いの同定には,過去の対話データに疑問符をつけ,それを教師データとして,先の機械学習の分類器を使って分類することが考えられる.次に,問いから次の他者の振る舞いへの移行については,表2のルールセットを用いれば分類可能だと考える

もしこの機械的分類で取り逃す人手の分類があるとすれば,このルールが単純に過ぎるということになる.逆にそうであれば,人がこれ以上の判断をしているということになる.セッション当日までに機械による分析を行い,結果を報告する.

4. 結論

将来の対話のビッグデータに対する機械的分析に備え,今回,試験的な分析を行った.機械学習分類器の利点としては,当然,教師データが用意できれば機械が何らかの結果を出すことができる.その一方で,word2vec などディープラーニング系の分類器では,結果が予想外なものだったときに,なぜそうなったのかを解釈できず,引いてはデータの振り返りや授業における学びに対する気づきに繋がらない欠点がある.

ルールベース分類器の利点は,ルールを書き出す労力は要るが,ルールができれば結果が自明であることである.結果が意図に反したときも,ルールの不備か想定外のデータが出力されるために,データに対する新たな気づきに繋がりやすい.対話において,ルール化できない例外ケースが増え続けるかどうかを今後検討することで,質的評価の仕様をはっきりさせたい.

今後の分析においては,少数ケースは実際に読んで目視・意味判断,中程度のケースはルール化して分類,大量ケースは「ルールベースの結果＋例外ケース」を教師データにして機械学習分類器で処理するという組み合わせが考えられる.

中程度のケースからビッグデータに展開する際,ルール化した分析結果を教員が簡易に使える分析ツールに反映し,例えば問いの候補のハイライトや,マネジメントトークとコンテンツトーク,あるいはわかる／わからないの色分け,エキスパート資料とのマッチした単語,各時点での新規出現単語,児童生徒の使うホットワードのハイライトなど,ある程度の「ガイド」を設けてツールを使ってもらい,その使用履歴を「実用的なルール」と見なして反映し,分類器を賢くしていくという方法も考えられる.当日報告する.

表2 共同探求の分類ルール

カテゴリ	定義（優先順位は上位から）
共有 共同探求	他者から,問いと同じ「名詞／動詞」がある
共有 応答完結	他者,問いへの応答「うん／はい／いいえ／そう」がある
非共有 自己探求	自分から,問いと同じ「名詞／動詞」がある
非共有 探求なし	上記以外

参考文献

[1] 白水始・益川弘如 (2018) “協調学習の評価の刷新：指標を探す”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.

[2] Soller, A., Martinez, A., Jermann, P. & Muehlenbrock, M. (2005). “From mirroring to guiding: A review of state of the art technology for supporting collaborative learning.” International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), 15, 261-290.

[3] 益川弘如・河崎美保 (2018) “学びのモデルに基づく指標を複数重ねることから見える対話の質”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.

[4] 齊藤萌木・飯窪真也・白水始 (2018) “理解深化につながる対話を見とる指標の提案：対話中の疑問を軸として”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.

[5] 堀公彦 (2018) “知識構成型ジグソー法の授業デザイン 中学校理科「運動の仕組み」”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集.

[6] 益川弘如・河崎美保・白水始 (2016) “建設的相互作用経験の蓄積が協調的問題解決能力の育成につながるか”, 認知科学 23(3), pp237-254.

[7] https://code.google.com/p/word2vec/

[8] Cortes, C. & Vapnik, V. (1995). “Support Vector Networks.” Machine Learning, 20, 273-297.

[9] Breiman, L. (2001). “Random forests.” Machine Learning, 45, 5-23.

表 1－1　チーム構築調整自動抽出例（運動の仕組み 2016 開始直後）

話者 A	話者 B	話者 C	分析者	SVM	RF	Sub
	はい、どうぞ.		1	1	1	1
誰から.			1	1	0	0
		どこから.	1	1	0	0
	え？		1	0	0	0
	ここから.		1	0	0	0
誰から？			1	1	0	0
		そう意味じゃなくて.	1	0	0	0
	え？		1	0	0	0
誰かって.			1	1	0	1
	ここからや.		1	0	0	0
		え？　どこから.	1	1	1	1
だから.			1	0	0	0
	だから、		1	0	0	0
	ここにおった人から.		1	1	0	0
		ああ、そういうこと.	1	0	0	0
ああ.			1	0	0	0
雑だねえ.			1	1	0	0
ヒトの体には、神経細胞が			0	0	0	0
網			0	0	1	0
目のように張り巡らされていて、			0	0	0	0

表 1−2　チーム構築調整自動抽出例（運動の仕組み 2016 資料説明の切り替え時）

話者 A	話者 B	話者 C	分析者	SVM	RF	Sub
		骨を動かしています.	0	1	0	0
		はい.	1	1	1	1
	はい.		1	1	1	1
	終わり？		1	1	0	0
		うん.	1	0	0	0
	はい.		1	1	1	1
	どうぞ.		1	1	0	1
あ？			1	0	0	0
	どうぞ.		1	1	0	1
何を.			1	1	0	0
	まとめてください.		1	1	1	1
無理です.			1	1	0	0
	全てをどうぞ、		1	1	0	1
	まとめてください.		1	1	1	1
あなたがまとめてください.			1	1	1	1
	だけんってどういうこと？		0	0	0	0
	ていうことやろ.		0	0	0	0
		刺激を受けて感覚器官で、感覚神経、せきずい、脳、せきずい、運動神経、筋肉を	0	0	0	0
		使ってこんなふうに動かす.	0	1	0	0
	ほんで？		0	1	0	0
		いいよ.	1	1	0	0
	じゃあ、言って. はい. どうぞ.		1	1	1	1
	何を書けばいいん？		1	1	0	0
	全部？		1	0	0	0
		こうやって.	0	1	0	1
	え、もうね、何かまとめてよ.		1	1	1	0
		これはまとめられてんねんな.	0	1	1	0
	でも、それって何か神経とかだけやん.		0	1	0	1
		筋肉を	0	0	0	0
		動かすのは、	0	0	0	0

食感のオノマトペ・ワークショップ
---食文化の固有性・共通性から考える翻訳可能性---
Workshop on Gustatory Onomatopoeia
--- Linguistic Relativity and Effability in Expressions of Eating ---

原田 康也[1]，森下 美和[2]，平松 裕子[3]，福留 奈美[4]，佐良木 昌[5]
Yasunari HARADA, Miwa MORISHITA, Yuko HIRAMATSU, Nami FUKUTOME, Masashi SARAKI,

[1] 早稲田大学， [2] 神戸学院大学， [3] 中央大学，[4] 早稲田大学，[5] 明治大学・NPO法人言語研究アソシエーション
Waseda University, Kobe Gakuin University, Chuo University, Waseda University, Meiji University / ALR
harada@waseda.jp, miwa@gc.kobegakuin.ac.jp, susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp, namifukutome@akane.waseda.jp, saraki@st.rim.or.jp

Abstract

Use of language is universal, although languages around the world are not alike in many respects. Eating and drinking are universal, although people eat and drink different materials in different ways, depending on religious beliefs, ethnicity and culture, counties and regions and so forth. For a person mostly confined in a particular culinary tradition and customs, it is often not easy to understand fully a detailed description of a dish in a foreign country only by linguistic expositions, especially when such description is given in a foreign language, but pictures and video clips can help and if it is OK for the person to try it, eating it is the most straightforward and easiest way for understanding how it feels and tastes, although we do not really know whether how it tastes to us is or is not the same as how it tastes to others, especially to people who lives in that particular foreign country.

In this workshop for exchanging gustatory experiences, we provide the participants with relatively easy-to-handle snacks with various different feels: some fluffy, some crunchy and some crispy, for instance. By trying to exchange in verbal expressions our palatal sensations, visual imagery and acoustic experiences of eating this and that piece of snack, we may be able to come to a better understanding of how we experience eating and how others experience eating and also how we try to express those experiences in words and others would try to express the same or similar experiences with the same or different expressions.

Languages differ, especially at the lexical level of how sound and meaning are connected, but recent studies on sound symbolism, naming conventions and ideophones are making it more and more conceivable that other languages can be made more readily accessible through such connections.

Keywords — Gustatory Experiences / Onomatopoeia Culinary Linguistics / Language Landscape / Effability / Linguistic Relativity

1. 本 Organized Session の進行予定

本 organized session はおおむね以下のタイムテーブルを目安として進める。本稿執筆時点で開始時刻が不明であるため、開始時刻を T としてスケジュールの目安を以下に示す。

T + 0:00-0:05	企画者からの趣旨説明
T + 0:05-0:35	食感のワークショップ
T + 0:35-0:55	招待講演：平松裕子 日光の沿道における言語景観の調査研究から見える文化交流の可能性と課題
T + 0:55-1:15	招待講演：森下美和・原田康也 日本人英語学習者は未知の英語の食感形容詞を理解できるか？
T + 1:15-1:35	一般講演：傅翔・康茗淞・張昭誼・伊藤篤・平松裕子・原田康也・佐々木陽・羽多野裕之 観光地における中国語表記の課題
T + 1:35-1:55	一般講演：徳永弘子 家族の食事場面における子供の発話開始・保持の技法に関する事例分析
T + 1:55-2:15	招待講演：福留奈美 食べ物と食感を表すオノマトペ：食文化の感覚的共有における役割
T + 2:15-2:30	総合討議：佐良木昌 個別言語間の翻訳ギャップは如何に克服されるべきか

1.1. 食感のオノマトペ・ワークショップ

本 organized session の中核となる食感のオノマトペ・ワークショップでは、参加者が「食べて感じて表現する体験」を共有して言語表現と食文化理解の接点を探る。準備と食材の用意のため、事前申し込みを必要とする。定員 30 名として、一般申し込み枠 20 名程度、オーガナイザ+公募発表関係者 10 名程度で締切予定である。参加希望の方は event@decode.waseda.ac.jp 宛に件名 : OS 食感ワークショップ問合せとして氏名・連絡先等と合わせて連絡されたい。

1.2. 日光の沿道における言語景観の調査研究から見える文化交流の可能性と課題

言語景観にはその地域の人々からの訪問者へのメッセージが現れる。世界遺産日光の社寺に向かう駅からの道筋にビーコンを設置しアプリを作成する過程で、コンテンツとして載せる情報の吟味のために地域からの要望や沿道の英語表示調査を実施した。それらに対する外国人の反応を通して、地元と観光客の接点としての言語、文化の伝達に関して、実際に日光に展開された英語表記の中から考察を行う。

1.3. 日本人英語学習者は未知の英語の食感形容詞を理解できるか？

日本で英語を学んできた大学生は 30 分で 400～500 語ほどの作文をまとめる fluency を獲得し、CEFR で A2 から B1 レベル相当の習熟度となっても、文脈に応じて適切な名詞・動詞・形容詞・副詞を選択し、使用することができない。食感に関わる英語の形容詞に対する親密度は低くても、文脈の中で適切な形容詞を選ぶことができるかもしれない。ここでは簡単な実験の結果を紹介する。

1.4. 食べ物と食感を表すオノマトペ:食文化の感覚的共有における役割

食べ物のおいしさや好みを伝えようとする時、五感でとらえる食べ物の特性を日本語でどう表現するのか。匂いや風味では比喩表現が多いが、食感では「ふわとろ」「サクサク」等のオノマトペがよく使われる。口触りや歯ごたえ、咀嚼音等を言語化した食感オノマトペは、特定の食べ物と結びつき、体験を通して共有され、他者の感覚を理解する上で重要な役割を持つ。食べ物の話題における感覚表現、特にオノマトペの使用に焦点を当てる。

1.5. 全体討論:個別言語間の翻訳ギャップは如何に克服されるべきか

招待講演・食感のオノマトペ・ワークショップ・公募発表を踏まえて、個別言語間の翻訳ギャップは如何に克服されるべきかという観点からコメントと全体討論を行う。ここでは、翻訳に求められるべきこととして、科学的真理と主体的真実・論理的思考と修辞的思考・語るロゴスと訴えるパトスの三軸を基点として検討を加える。

2. 食文化と言語の固有性・共通性

寿司・天ぷら・ラーメンにとどまらず、和食・日本食を標榜する飲食店は、その内容と質はひとまず置くとして、世界中で話題となっている。一方、2017 年訪日外国人観光客累計 2800 万人超え（推計値）が示すようにインバウンド観光客が増加していることは明らかだが、その興味・関心の中心に食に関する好奇心があることも明らかである。しかし、日本語を知らないインバウンド観光客や日本語に十分熟達していない国内定住外国人に日本固有の食文化をいかに伝えるかは、一筋縄ではいかない課題である。「刺身」を "raw fish" と英訳していた 1970 年代には raw を uncooked ととらえると調理としての刺身を理解できないという問題があった。「伊勢海老の具足煮」をどのように英語で伝えるか、伊勢海老を英語でどう表すか、具足煮という表現の持つ華やかさをどのように伝えるかなど、一つ一つの料理名の訳出方法にも多くの課題がある。また、素材となっている野菜・肉類・魚介類については、生物種としてかなり離れていても、食感・食味が近いものもあり、科学的・生物学的に厳密に訳すことが目的を果たすとは限らない。料理についての補足的な説明の中で、オムレツが「ふわとろ」、お菓子が「サクサク・もちもち・ふるふる」、海老春巻きが「プリプリ」など、食感に関わるオノマトペをどのように伝えるかも重要な課題である。

本稿の著者たちは、国内在住外国人・インバウンド観光客に観光・防災・生活情報を提供する上で、単にわかりやすいというだけでなく、日本固有の歴史・習俗・風習・価値観などの文化的な側面に対する深い理解と共感を促すような伝達方法を探求することが、日本に対する安心感・信頼感に繋がると考えている。防災・減災情報の適切な伝達方法を考える上でも、言語文化背景ならびに個人ごとに異なる感覚をどのように言語的に共有するかは重要な検討課題である。

言語による思考の相対性と相互翻訳可能性という認知科学の原理的な問題意識を踏まえつつ、言語学の分野で成立しつつある culinary linguistics （料理の言語学）の知見も参照しつつ、認知科学・理論言語学・語用論・観光情報学・調理学・自然言語処理・日本語教育・英語教育の知見を持ち寄りつつ、食文化の固有性と共通性からこのような食にまつわる言語表現の翻訳可能性について議論をすることで、食文化の固有性・共通性に対する考察を深め、今後の研究交流のきっかけとしたい。

2.1. 食感ワークショップ

食感のオノマトペ・ワークショップでは食感の異なる複数の食材（準備の簡素化のため、個別包装の菓子等）を用意し、参加者を出身地域・研究分野の異なるメンバーからなる少人数のグループにわけ、実際に用意した食材を食べながらその食感を言語的に表現し、その表現についての意見交換を行う。参加者各自がスマホ・ノート PC 等を持参の上、リアルタイムでこのやり取りをオンライン入力する。データの利用と公開にあらかじめ了解を得、学会開催中に部分的な公開を行い、さらなる意見交換のもととする。

食感ワークショップは 2 人以上集まればどこでも実施可能である。3・4 種のせんべいやクッキーを食べ、その食感にふさわしい表現を探し、隣同士で意見交換する。同じものを食べ、その食感を自分の言葉で表現し、他者と交流する中で、他者の感じ方と表現法の違いを知り、自分の感覚を正確に伝えるために駆使する表現の数々に多くの気づきを得るきっかけとなる。

方言や言語や研究背景を異にする参加者であれば誰でも、言語の研究に携わっていればなおさら、言語の構造的な違いや語彙の多少など、多くの気づきが得られると予想される。食べ物の食感をきっかけに「感じたことを表現する」という行為は、自分の体や心の状態（痛みや調子のよさ）、考えや感想、刺激に対する印象や評価等、「自分の中にあることを認知し、言語による表現」に意識を向けることにつながるだろう。

本ワークショップはまた、いく種類かの菓子を食べ、その食感について意見交換をするという作業自体が、研究背景の異なる参加者が意見交換・情報交換を行う上でのアイスブレーカーとして極めて有効に機能するという点も特筆に値する。

2.2. 日光の観光開発と食文化の翻訳･通訳可能性

日光の観光開発と食文化の翻訳・通訳可能性については、口頭発表と合わせてポスター展示とオンラインアンケートを実施し、インタラクティブな情報交換のきっかけとする。日光の現地調査によると牛丼が "rice on the beef" のように英語としては怪しい表現となっていても横に写真があり観光客は気にしている様子はなく、メニュー翻訳に妙なところがあっても、そこから何かわかれば、それも含め観光を楽しむというところがあった。一方、写真でカバーできない、直接見えない部分を伝える際にはどう伝えるのかを考える必要も感じた。

3. 謝辞

本稿の執筆ならびに本 organized session と本ワークショップの企画と開催に当たって、著者たちは以下の研究経費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(C)：課題番号 18K11849『ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現』（研究代表者：平松裕子）
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 17K02987『高度翻訳知識に基づく高品質言語サービスの研究』（研究代表者：佐良木昌）
- 科研費基盤研究(B)：課題番号 17H02249『ICT による観光資源開発支援：心理学的効果を応用した期待感向上』（研究代表者：伊藤篤）
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 16K02946『英語コミュニケーションにおける統語的プライミングを利用した統語処理の自動化促進』（研究代表者：森下美和）
- 科研費基盤研究(B)：課題番号 15H03226『日本人英語学習者のインタラクション（相互行為）を通じた自律的相互学習プロセス解明』（研究代表者：原田康也）

日光の沿道における言語景観の調査研究から見える文化交流の可能性と課題

Surveys of the Linguistic Landscape in Nikko Main Street for Cross-Cultural Communication

平松 裕子
Yuko Hiramatsu
中央大学
susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp

Abstract

Nikko, a world heritage site, is a touristic area not very far from downtown Tokyo and is easy for foreign tourists to visit from Tokyo. Our research group first developed a smartphone application for tourists offering touristic information along the main street from Nikko Station to Shinkyo, the entrance bridge of the main shrine area. Then we started to customize those materials into English, Chinese and Thai for foreign tourists. In the process we learned that it is difficult to explain Japanese traditional or regional things into English. We thus initiated a series of surveys on linguistics landscapes in the area. We discuss the results and additional problems found for cross-cultural communication.

Keywords — Linguistic Landscape , cross-cultural communication, Application, Inbound, Tourist Phobia

1. はじめに

日本政府観光局（JNTO）の推計によると，4 月の訪日外客数は前年同月比 12.5%増の 290 万 1 千人で，4 月として過去最高を記録した．4 月までの累積値は前年同期を 140 万人上回る 1，051 万 9 千人（同 15.4%増）となった[1]．増加する外国人観光客対応が求められる状況下，総務省と観光庁が 2016 年 1 月に発表した「訪日外国人旅行者の国内における受入環境整備に関する現状調査[2]」によれば，「旅行中困ったこと」（複数回答）は「無料公衆無線 LAN 環境」（46.6%），「施設等のスタッフとコミュニケーションがとれない（英語が通じない等）」（35.7%），「多言語表示（観光案内板等）」（20.2%），「多言語地図，パンフレットの入手場所が少ない」（18.8%）となっており，複数項目で翻訳関連が課題とされている．

翻訳が課題とされる場面は多岐に及ぶが，本講演では，外国人観光客が観光地を訪問して歩く際に目にする外国語表記の現状について、世界遺産日光の社寺に至る JR 日光駅から神橋までの 1 km の沿道の言語景観を一例として検討していく．「言語景観」とは，道路標識，広告看板，店舗名などにみられる書き言葉を指す．道路標識，地名標識などの公的表示と，店舗名，広告などの私的表示に分けられる（バックハウス 2005 [2]）

言語景観は現地の人々から観光客に提示された内容である．実地調査に基づき，観光客がそれらをどう受け取るか，実際の観光客でなく学内の留学生調査ではあるが，日光の沿道に表示された表記への評価を実施し，外国人観光客と地元のコミュニケーションに関して考察を行う．翻訳の精度自体も課題であるが，取り上げる内容は，観光客の受容する要素，また観光翻訳における個別性と共通性などを含み，コミュニケーションの一種として沿道の表記を考察する．以下，2 章では先行文献，3 章では日光における調査概要及び結果，4 章では結論及び展望に関して述べる．

2. 先行文献

言語景観を考える上で, 案内板表示に関しては, 2014 年 3 月に国土交通省・環境庁による「観光立国実現に向けた多言語対応の改善・強化のためのガイドライン[3]」が公開された．他にも国土交通省による「観光地に関する案内標識の現状と課題[4]」，「地名の英語表記方法及び外国人にわかりやすい地図記号について：外国人にわかりやすい地図表現検討会報告書[5]」など，調査及び指針が存在する．上記報告書[5]では具体的にはローマ字表記に地形・種別 を表す英語(Mt., River など)を追加する置換方式が基本として示されている．ただし，日本人が置換方式の英語から元の日本語の地名を認識することが困難な場合，たとえば荒川(Arakawa)は “Ara River”でなく， “Arakawa River” とするとなっている. しかし, どこまでが置き換え可能か. その判断は実際は難しく, 統一されているとは言い難い. 自治体によるガイドラインもあるが, 自治体レベルでも地域の実情や変化する人の感覚に対応した統一は難しい.

名詞中心の案内板のみでなく広く観光英語に関しては「観光英語についての一考察：観光英語とは[6]」(金川, 2008年)があり，観光英語を「『衣・食・住』といった生活習慣の違いに現れる文化の違いに着目し，それぞれの独自性を尊重しながら差異を伝え合うことを目標として使う英語」と定義している.「衣・食・住」を観光客に当てはめた場合，特に「食」は観光先で必ず触れるもので，日帰りでさえ無視できない要素である. この部分に関して，本稿でも調査時に積極的に取り上げたい.「観光と異文化間コミュニケーション：創造的翻訳への理論[7]」(竹鼻, 戸塚2009年)では，「言語を構成するすべての領域において変数，すなわち調整を必要とする異質性が作用する」とし，言語の多次元的構造を念頭において実際の異文化間コミュニケーションの現場で創造的翻訳を行うことの重要性に言及している.

以上のように，先行文献では，固有名詞の扱いから，文化的な対象の翻訳の際の創造的システムまで，幅広い実証的な研究が行われている．しかし，前出の外国人観光客の困りごとにみられるように未だに課題は多い．その原因としてはさまざまな要素が考えられる．表示設置者は国，自治体，法人，個人と多岐に渡り，ガイドラインの周知が難しいこと，一旦表示した掲示物に関しては，管理が行き届かない場合もあり，誤表記を含むものであっても所有者に無断での対応はし難いなど実際的な部分も大きい.

3. 日光における調査概要及び調査結果

3.1 日光における調査に至る経緯

2014年から2017年にかけての総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)における研究の中で，宇都宮大学と中央大学の研究者は「日光仮面ナビ」というアプリケーション（以下，アプリ）を作成した[8-14]. 2017年12月には33カ国の観光客のインストールがり，全体の約半数が外国人観光客の使用であった. アプリは日本語の他，英語，中国語（繁体），タイ語に対応しているが，この翻訳過程で幾つかの課題が見つかった.

·地名

固有名詞の英語表記に関しては日本語の発音そのものをアルファベットで表記する，英語に翻訳する，部分的に英語翻訳する場合がある. 加えて語順も関わり，たとえば「中禅寺湖」には，Lake Chuzenji, Chuzeniji Lake, Lake Chuzenjiko. Chuzenjikoという表記が存在する. 前出の報告書にあるガイドライン[5]でも地域性に配慮する余地に言及があり，一律に決めにくい部分を含む.

・日本的な食べ物または店固有の商品の記載

沿道には和食や和菓子など日本の食材を扱う店舗が多い. 一般的な名称の翻訳にも複数ある上に，その店舗独特の商品名が存在する．名前と内容の関係をどう記載するのか．地域固有のものをどう翻訳するかという点に加え，日々新しいネーミングで消費者に新しい商品を展開する店舗では翻訳に手が回らない場合もある. 材料を料理名にするのではなく，それがどのように見えるのか，「見立て」の名付けを行う日本流のネーミングも課題となる．直訳では外国人に理解し難い場合もある. 例えば，和菓子の練り切りには形状によって様々な名前がつく．見立てによる和菓子の命名を一般化するだけでよいのかという課題もある.

・文化的な事物，建物の説明文

正確な翻訳だけで外国人観光客の理解を促せるとは限らない．たとえば「1600年に」と言った時に日本人が想起する背景を外国人が想起するとは考えにくい.

今後ますます機械翻訳の精度が向上すると予想されるが，正しいというだけで外国人観光客に役に立つ翻訳となるかという点は疑問が残る．我々の調査動機はスマートフォンアプリへの実装とであった．コンテンツに合わせてこのような固有名詞の扱いから文化財の翻訳までを扱わざるを得ない．これは困難を伴う一方で，統一した表記を実施するプラットフォームを持てる機会でもある．外国人と地元の人々のコミュニケーションに役立つコンテンツとするためにガイドラインに基づいた基本的な英語表現の統一に加え，地域の事情などに配慮した調整を加える調整を行うために現状調査を実施した．なお，以下の2017年の調査およびその結果に関しては，電子情報通信学会(2018.3)における発表[15]を元に改稿した.

3.2 2017年度日光言語景観調査

3.2.1 調査概要

調査目的：世界遺産日光の社寺に向かう沿道に展開されている観光客向け英語表記を調査し，現状及び課題を把握する.

調査期間：2017年12月3，4日

調査員人数：4名

調査内容：2人1組で以下の事項を調査する.

(1) 沿道に展開されている英語表記及びそれに対応す

る日本語表記を記録用紙に転記，写真撮影する．絵や記号なども写真を撮る．部分的な英語表示の場合，日本語に対応している部分のみでなく，英語に翻訳されていない部分も転記する．

(2) 沿道の店舗においてヒアリングを実施する．（外国人観光客の増加における課題及びそれに対する対応）

調査範囲：JR 日光駅から神橋に至る道（約 1km），また沿道の店舗入り口（図 1 参照）



図 1 調査範囲（国道 119 号沿線，JR 日光駅から神橋間　黄色部分の沿道）Google map より

3.2.2 調査結果

(1)内容による分類

部分重複を含む 115 枚写真を撮影し，その結果を国土交通省・観光庁「多言語対応の改善・強化のためのガイドライン[16]」の分類を参考に以下のように整理した．

（タイプA）禁止注意・緊急対応を促す

立入禁止，危険/禁煙，飲食禁止/非常時等の情報提供

■　避難経路



図 2 沿道に掲示された避難所案内図



図 3　避難案内図のそばにある避難経路案内図

沿道に図 2 のような看板が設置されている．「Evacuation Area MAP 避難場所案内/ Shelter 避難所/ Nikko Gymnasium 日光体育館/ Flood 洪水・内水氾濫/ Debris flow 土石流」など併記記載がある．他に韓国語，中国語表記があった．また避難場所以外のマナーに関する注意事項なども書き込まれており，記載は細かく，避難時に見ただけで把握できるか疑問が残る．図 2 の避難場所案内の隣には，図 3 のような避難経路案内の掲示もあった．避難経路が示されているが，地図には目印となる店舗などの記載はない．

実際に地図にある避難場所に向かったところ，曲がり角に表示はなく， たどり着くのが困難であった．加えて体育館には，「日光 体育館」という日本語表記しかなかった．

■　臨時の変更

沿道のバス停にかかっていた案内のプレート「日光消防団通常点検（分列行進パレード）交通規制時路線バス迂回経路略図」の掲示は，迂回運行該当便の日時，停車しない停留場の情報はすべて日本語であった．

■　工事中

調査実施時に 1 箇所道路工事があったが，「工事中」と記載された大きな日本語表記の看板があるが，英語表記はなかった．

■　禁止事項表示

図 2 の右下の四角内は日本語のみマナー表示．またバスに関しては，複雑な路線に対応できるよう，どちら方面行きという表示など英訳を実施し，ナンバーと併記するなど整理がなされているが，バスターミナルに大きく記載してある「二千円札，五千円札，一万円札は車内で両替できません．」の看板には英訳はなかった．

（タイプB）名称・案内・誘導・位置・金額

バス路線図，停車駅案内/施設名称表示/店舗によるおすすめ商品情報/開店（閉店）情報

■　バス

路線図など英語表記の図があった．周遊券に関しても英語の看板が設置されている．しかし，表記の固有名詞の表記は長音の扱い，温泉/ ＊＊ Onsen， ＊＊ Hot spring など英語に翻訳するかという部分は日本語発音を生かす表記がメインであったものの一部に不統一が見られた．

■ 施設名称

施設，店舗の名称に関しては，6 代 7 代続く老舗の場合，名称自体が英語表記になっているところはなかった．新しい店舗では英語表記を入れた店舗もある．ただし，何を販売しているのかは観光客が目視でわかるので，700m 圏内に 6 店舗が存在する羊羹中心の和菓子店など同じ商品販売を行っている店舗以外は名称がなくとも目的の１店にたどり着けるだろう．一方，老舗の場合，店名は漢字記載の場合ふりがなはなく，外国人はもちろん若年層も読めない可能性がある．なお，開店時間の明示記載がある店舗は少なかった．ただし，「営業中」という札による表示， または全てではないが， “We are opened.”， “ We are closed.”という表記で，今営業中か否かという表示が多くあった． 日本流に暖簾が外にかけられているイコール営業中というだけの店舗もあった．

■ ATM

「ATM」という表示はあるが，すべての ATM に英語表記があるわけではない．駅に設置された“International”と記載された ATM は，英語で最後まで操作可能であったが，コンビニエンスストアの ATM は「開始」というのが画面上の最初のボタンで英語未対応であった．

■ 自動販売機

日本語表示のみ．ただし，実物の展示に加え，暖かなものは炎の背景になっている．

■ 店頭の案内及びメニュー・商品表示

店頭の案内及びメニュー・商品表示に関しては，日本語のみ，英語がある店舗，日本語が中心となっているが部分的に英語表記の店舗があった． 一部のみ英語という場合は， 英語に訳しやすい商品は英語に直してあるが， 日本語の食材や料理名に関しては， 英訳なしで通す， または， ビールには “Beer”と記載があるが，和食膳に関しては，写真を掲載し，本来英訳がある部分には， “à la carte”と記載したものもあった． 自動翻訳にかけたと思われる意味がとれない掲示， 誤訳やスペルミスも含んだ商品説明も複数あった． 酒の具体的名称の張り出しは日本語であった．なお，調査に協力した 3 店舗の店主からは，外国人観光客の購入増加に言及があった．

（タイプＣ）展示物等の理解のための文章解説

展示物の作品・テーマ解説

■ 展示物

公衆トイレの隣に展示のある町内の神輿に関する展示，沿道に１箇所立て札とともにあった私設の昔の通りの情報に関しては，墨の筆書きで日本語表示のみであった．

■ 寺院

寺の由来などの説明文に関しては英語での説明の寺院がある一方，全く英語表示のない寺院もあった．これは，外国人観光客の受け入れの姿勢の相違を反映する部分もある． 全く英語表記のない寺院にヒアリングしたところ，地域の日本人のための寺院であって，外国人観光客にはむしろ訪問して欲しくないとのことであった．一方，英語表記のある寺院からは，外国人でも日本人でも皆に訪れて欲しいとの話があった．

(2)調査結果より:課題があると思われる表記例

■ スペルミス

red been（小豆），aria（地域），fruts juice（フルーツジュース）他

■ ローマ字表記の不統一

・長音の処理：BOKUJOU， SENJOGAHARA， OKUHOSOO， Nikkō（下線は筆者.大文字小文字の使用は表示通り）

・華厳の滝:Kegon falls， Kegon Waterfall， Kegon no taki

■ 誤訳

・（単語）牛丼/ Rice on beef meat

・（文）＊＊バスの乗車券ではご乗車できませんので，ご注意ください． / Because I cannot take it with a ticket of ＊＊ bus， please be careful.（ ＊＊には固有名詞，長文からの抜きだしでなく上記が全文:筆者）

■ 不完全な英訳

・ビール（中瓶）/ Beer ￥690，プレミアム生（小瓶） / Premium beer ￥500

→英語には「小瓶」にあたる単語が欠如している．

・焼きそば（普通盛り）￥500， 焼きそば（大盛り）￥600/ Yakisoba ￥600

→英語表示は大盛りの金額のみ

・駐車場：＊＊ 駐車場 P24h 2 時間/100 円， 入場 30 分以内は無料/ ＊＊ parking lots

→P24h ＊＊ parking lots 以外の情報は日本語のみ

以上のように，日光の沿道に展開された英語表記に関しては，1km の表通りの沿道には，改善の余地がある．ただし，外国人観光客から苦情を受けたという話はヒアリング中にはなかった．

(3)翻訳アプリの翻訳

店舗ヒアリングの際に，外国人観光客が使用し，店主が勧められたアプリ“Shoo Trans”の紹介があった．46ヶ国語対応でカメラ撮影から自動翻訳する． その翻訳例を以下に示す．これはリアルに展開される沿道の言語景観ではないが，実際に外国人観光客が沿道で使用していた翻訳ということで取り上げる．

店舗に掲示のされた手書き文字：天使のスイーツセット・・特別なお芋，紅天使を冷やし，濃厚でクリーミーなスイーツの様なヨーグルトにくだものを添えました．（ドリンクはコーヒーまたは紅茶が付くセットです．）★1 日限定 20 セット

→アプリ読み取りの日本語： ：使のスイートセット，特別なお芋，紅天使 冷やし濃厚でクリーミな スイーツの様な 3-711 トに くだものをそえした

→アプリ英訳::Used sweets set， special potato， red angel Chilled 3~711 like fresh creamy sweets (Drinks are served) 7 sets of tea is limited with one day) 20 sets CLOVE

手書きの文章の読み取りは不十分で，英語への翻訳にも，意味がわからない部分があるだけでなく，限定セット数に誤りがみられた．ただし，それはこの店舗では問題とされず，外国人観光客はこのアプリを使用し内容を想像して注文をしたということであった．

(4)地域による対応の相違

JR 日光駅から神橋に至る道の中では，図 4 左側の神橋に近い商店の方が，駅周辺より歴史的には古い．明治時代以前からの店もあり，したがって店名も日本語の筆による文字表記など外国人には馴染みのないものが多い．商品に対するこだわりもあり，多言語表記はこれまであまりなかった．一方駅周辺の新しい店舗では酒屋/ Liquor shop と英語の表記が付されている店舗，また店舗名自体をアルファベット記載した店もある．



図 4 沿道商店の英語記載状況比較図

神橋近くの伝統的店舗では，増加する外国人観光客に無関心であるのではなく，その対応に苦心している．2017 年に図 4 のようなポスターを作成し，店頭に掲示を始めた．その結果，今まで外を通り過ぎていった外国人が店に入ってくれることが多くなったと商店会会長からのコメントがあった．



図 5 商店店頭に掲示されたポスター（鉢石会）

3.2.3 調査結果から見られる課題

2017 年の調査の結果をまとめる中で，特に現地の関係者へのヒアリングから得られた情報はいくつかの課題，そして疑問を我々に投げかけた．

禁止注意・緊急対応を促すタイプ A においては，特に改善の余地がある．英語表記のないものや誘導情報が不十分なものがあり，すぐに対応が必要であると考えられる．

タイプ B の名称・案内・誘導・位置・金額の中では公共交通機関の英語表記（特にバス）に関しては正確な翻訳に課題がある．その一方で食堂や店舗の表示に関しては，不完全・誤訳であっても観光客は必ずしも不満とは限らないという店主からの話があった（誤訳がある

こと自体に店主は気づいておらず，その商品を外国人は購入している）．この状況をどう捉えるべきなのか．改善の優先順位として，タイプ A が第１に来ることはいうまでもないが，店舗の表示に関しては外国人観光客はどのような捉え方をしているのだろうか．

また，文化的相違を持つものの名称として「蕎麦猪口」が「Green tea Cup」という記載とともに店頭に置かれていたが，どう表現するのが良いかという点も引き続き検討課題である．店主や現地の人へのヒアリングだけでなく，外国人への調査の必要性を再確認した．

3.3 2018 年度　留学生による評価調査

3.3.1 調査概要

2017 年の調査結果を踏まえ，外国人観光客に対する調査を行いたいと考えたが，日光で実際の店舗や路上で，そこの記載されたものに対する評価を求めることは難しい．特に店舗前での評価は店舗への配慮が必要である．したがって，まず学内の留学生を対象に英語表記に関して評価を依頼した．

調査期間：2018 年 5 月 23～29 日　調査員：4 名

調査方法：中央大学内留学生交流スペースにおいて，1 調査 30 分程度で 2017 年調査時撮影の写真より抜粋した 30 枚の写真の評価を促した．日光観光を想定し，沿道の地図やイラストを見せたのち，この地域に観光で来訪した際の表示としてそれぞれの写真を満足度（satisfied ）・役立つか(useful)・理解しやすいか(easy to understand)・興味をもったか(interest)の 4 点で評価した．

調査対象者：中央大学留学生

3.2.2 調査結果

回答者数：40

回答者国籍 :15 カ国（韓国 10，アメリカ 5，フランス 5，中国 4，ミャンマー3，オーストラリア 2，マレーシア 2，シンガポール 2，ベルギー，台湾，スウェーデン，ドイツ，インドネシア，スイス各 1）

全体的な満足度に関する評価上位は大きく２種に分かれる．１つは誤訳を含まない正確な翻訳，もう一方は誤訳やスペルミスがあっても写真や絵,あるいはピクトグラムを交えた複数手段で１つのことを説明している表示である．なお，駅の構内の切符購入画面，案内所など駅の構内の表示は，全員が役にたつ，わかりやすいと回答し，満足度が最も高かった．ただし，JR 日光駅内のキッブ購入画面に関しては，単純接触効果が働いた可能性がある．対象へ反復接触することで流暢性が高まり，その対象を好意的に捉えるようになる(Zajonc, 1968[17]) 効果である．留学生は日常生活の中で鉄道の駅の切符購入機を使用し，都内でも共有の画面であり，この表示に馴染みが深い．したがって，この結果は他の日光にある表示とは区別して考えるべきかと考えられる．一方で，バスの経路に関してアルファベットの地名表記，英語の記載のある案内図に関しては，40 人中 39 人が「役に立つ」と回答しているのに，「わかりやすい」は 28 人にとどまった．英語表記自体には間違いはないが，現在地点の表記はなく，ナンバーの記載が多くあるがその意味がわからない．したがって満足度は 3 段階中平均で 2.45 と高くはなかった．同じように歩行者に主要地への距離を掲示した看板に関しても誤りはないものの，ここから何キロと言われてもよく分からないというコメントもあり，評価は高くなかった．

その一方で，誤訳が多く，自由記載の中で誤訳を指摘し，英文への修正を行っている回答者もあるのに，全体的な満足度は 2.63 とバスの経路表示等を上回る評価を得た看板もあった．“been”(bean)，“aria”(area)をはじめスペルミス，不自然な区切りや文法的な誤りが１つの掲示に多数含まれているにもかかわらず，満足度が高いだけでなく「わかりやすい」とされた．わかりやすくはないが満足という回答ではなく，この満足度とわかりやすさ評価は r=0.675 と，相関が認められた．わかりやすさとはなんだろうか．この掲示物は絵（写真）やともに中身の説明のある食物の翻訳であった．また図 5 にある商店会の８ヶ国語の「ようこそ」掲示は全体で２位の評価（満足度２.78）であり，商店主の言葉を裏付ける結果となった．

なお，「フロント２階/Front 2nd Floor」に関しては自国ではそう言わないというコメントが１人（フランス人），また自由記載としては，「In restaurant, sometimes it has English words like "drink" or "dessert" but the main content is all in Japanese. Would love to see some change! 」という記載もあり，和食の英訳をはじめ，食事の英語翻訳に関しては不十分であるという指摘があった．正確な英語ではなくとも推測できるものでも欲しいという内容の指摘があり，絵文字，イラスト入りを歓迎するコメントもあった．他には「英語が読めない外国人もいる．」という自由記載（日本語）もあり，留学生には，英語表記の他，わかりやすい日本語使用に関して検討の余地がある．

4. 結論及び展望

4.1 標準化と新奇性

観光旅行という場では日常と非日常が交差する．旅行をしたいという欲求自体は新奇性欲求（佐々木, 2000[18]）と言われ, 非日常体験を目指す人の行動とされる．しかし, 実際に地域に身を置く場合, その地域で一般的に展開される情報の取得も必要となる．禁止事項，また日常とは言えないがいつでも備えとして必要な避難情報，これらは正確にしておく必要がある．3 章の分類で言えばタイプ A に多くこの情報がある．調査結果を見てもこの情報の中の特に自治体や公共機関の情報は不足があり，正確かつわかりやすい内容か再点検の必要がある．タイプ B に関しても，規定する内容の場合, 直訳として正しいということだけでなく, 文化的相違にも考慮した正確な翻訳の必要な部分もある．今回の沿道の調査では出てこなかったが, たとえば, 乗り物などで「〇歳以上は乗車可能」,「〇歳以下は無料」というような表記の場合，そこに記載された数値を含むのか，以下と未満を英語で正しく表現しているのかなども再考が必要である. 他には, 国によっては階数の表記など日本語とは異なる場合もあるが，この場合は，たとえばエレベータの表示は日本では日本流に地上階は 1 階から始まっているため，また英語圏で日本と同じ数え方をする国もあり，日本流の表記に関する説明という扱いが適当である．

次に, 新奇性を楽しむ旅行においては, 我々の調査結果では, 料理のように文字情報に加えて, 写真による説明, 実際に食べてみることができる状況下では, 観光客は英語の誤訳には寛容に見える. 少しわかること, 現地の人が観光客に向けて理解してほしいと写真や矢印，文字を使って説明を試みていることを現状では評価する傾向が見える. これは今後ベジタリアン, 特にビーガンの場合，またハラールなど食事に関して正確な情報を必要とする場合には変わってくる可能性もある．食物アレルギーを持つ人に対応したアレルゲン表示も同様に正確に記載することが必要である. また, 食べるという行為から一歩進んでそれを作るレシピとなると正確性を求められるようになる．

その土地固有のものの翻訳に関しては今後の考慮点である. たとえば, 前出のように日本語の「そばちょこ」という表記に 「Green tea cup」という訳語をつけて店頭においた店舗があった．これは一種の誤訳であるが,「そば」,「ちょこ」, そしてそばつゆを入れ，それにそばをつけて食べるというのを説明する手間を厭うた結果かと推測される. では, 蕎麦猪口のような日本固有のものをどう訳せばよいのか．認知度向上による和名の表記の一般化もある. 松川誠二氏によると, オックスフォード英語辞典（The Oxford English Dictionary オンライン版）に Adzuki, tofu, sushi, tempura, teriyaki, yakitori, soba, udon, ramen に続き “yakisoba”が掲載されたとのことである[19]. 和食が世界遺産に登録され外国人観光客も増加する中，日本語本来の発音を残す名称表記は拡大が予想される．しかし, 現状は, 蕎麦猪口はこの範疇にはいたっていない．それでも, たとえば, 以下のような理解への 1 歩を作ることも考えられる．蕎麦猪口と同じようなサイズで同じような形の食器は西洋にもある．具体的には北欧の HELBAK フリーカップが直径 7cm で形も蕎麦猪口と同じである．他にもこの直径のコップは世界中にあると言われている（NHK 美の壺 file154 [20]）．用途は異なるが，手に取るもののサイズとして日本以外でも製作されるものである．コップとしてみた場合，Green tea を入れることもあり得るし，bowl なら，そばつゆ以外を入れて小鉢としての使用もあり得る．その中で日本的なそばつゆを入れる蕎麦猪口の使用方法もある. 言葉による規定からではなく, 実物からそれぞれの言語表現を，そしてそこからコミュニケーションができる環境を提供できないだろうか．

新奇性の追求というが, 未知のものに遭遇した場合，人は必ずしも良い印象を持たない．不安を抱くこともある．今までに全く体験したことがない知らないことであるよりむしろ，今までの体験から推し量れる部分があり，その部分と実際に Gap が生じた場合に，その違いを楽しむということがある．今回の調査研究以前のクイズアプリ作成時にも被験者の反応は全くの新しい事柄より，自分が知っていると思っている部分があり，それと比較して意外に思った点への評価が高かった[14]. 自らの体験内にある事物と観光地での体験の Gap を楽しむという形での，その土地の独自性の体験がある. たとえば, それをよく表すものにベルリン使節団が文京区に贈った「アンペルマンの信号」が挙げられるだろう[21]. 旧東ドイツの歩行者用信号で, 今はベルリンの歩行者信号機に使用されるだけでなく，女性バージョンが出来たり，ショップで土産品になったりしている．この歩行者のデザインは一般的に使用される赤と緑で人間が止まる姿と歩く姿を表したピクトグラムに近いものだが，帽子を被った姿はユニークであり可愛らしいと言われる. 独自性を感じるためには, 観光

客側にもそれと比較できる程度の共通する土台は必要なのではないだろうか.「新奇性」と「親近性」に関しては，観光ではないが，子どもに関して「『新奇性』と『親近性』の軸から-子どもとロボットの関係性を捉える-」(高橋ら，2012)[22]の中で新奇性は接触後短期的に減衰するが，接触を重ねると親近性が高まり，それが長期的に持続していくという実証結果が示されている. Fantz R (1958)[23]，Hunter M ら (1988)[24]にあるように新奇性にもとづく興味は，その対象と繰り返し接触することで減衰していく．それに対して親近性にもとづく興味は，対象と繰り返し接触することで逆に強まる傾向がある．繰り返し接触するというのとは同義ではないが，自国において，既知である部分への親近性と他国らしい応用から知る新奇性は関係性を構築するのに役に立つ可能性はある.

外国人観光客に日本固有のもの，文化的要素を含むものを表示する場合，言語対応に加え，このような心理面を考慮した要素をどう盛り込むことができるかを言語景観を我々の当初の具体的手段であるスマートフォンアプリにどう反映させるかも検討したい.

4.2 言語景観の質的転換とコミュニケーションにおける課題

スマホトラベラーが増加している．2015 年トリップアドバイザー調査によると旅行者の 4 割が旅先でスマートフォンなどモバイル端末を使う[25]．使用場面について聞いたところ，「レストランを探す」(72%)，「旅行中にやりたいことを探す」(67%)，「他の旅行者の口コミを読む」(64%)，「ホテルを探す」(50%)，「レストランを予約する」(46%) と回答した．旅をより充実させるための情報収集にスマートフォンを駆使している人々の姿がうかがえる.

従来は，ガイドブックを見る，あるいは，現地の人に実際に尋ねるという行為によって得られた情報を今はスマートフォンの旅行系 SNS から得る．これはどのようなことを意味するだろうか.

一部の識者の著作による本から，あるいは現地の人々から観光客に示された情報の多くが観光客同士の情報交換に変わっていく．現地で絵葉書から自撮りの写真による観光地からの便り，アプリによる道案内は観光客には便利であるが，従来の現地優位の情報展開ではない．観光地でも訪問客自身が中心となって動くことが可能になった．現地の人が訪れて欲しいと思ったところに観光客が行くとは限らない.

このような旅行の際の情報の流れの変化は，言語景観にも及んでいる．写真撮影から翻訳ができる機能を持つアプリの登場によって，外国人観光客用に多言語とされていない場合でも，自動的に自国語翻訳することが可能になった．現地からの意思表示としての言語景観はここに崩れる．現地の人が観光客に向けて発信していない言葉も翻訳ができるようになる．英語で説明のある寺院だけでなく英語のない寺院でもアプリで写真撮影を行えば情報は自国語に変換される．現状ではその変換は正確とは言えない点も誤解を生む可能性を孕む.

観光情報は旅に出る前の web 情報収集にとどまらず，現地に着いた後もスマートフォンを媒介とした観光客主体の情報収集が続く．以前は地元で実際に尋ねた事項も今は場合によってはスマートフォンからの情報で事足りる．また質問できる人を探す外国人に対応できる現地の人もスマートフォンを覗き込む外国人観光客には話しかけづらい．このような観光客中心の観光は場合によっては，実際的な文化や交通渋滞に加え Tourist Phobia の一因ともなり得る．スマートフォン使用による新たな観光の際のコミュニケーションの課題ともなり得る.

4.3 展望

実際に沿道に掲示された表記にはそれぞれの作者，所有者の意図があり，一方的な表記の統一は難しい. 英語の表記が未だ充分でない現時点では，雛形を示すことで，英語の表記方法に一定の方法を示すことは可能である部分もあるが，統一は難しい. 観光においてもスマートフォンには功罪あるが，開発展開関係者としては利点も生かしたい．スマートフォンアプリの中において同じ形式の補足情報を加えることは可能である．店頭に張り出されたメニューに関しては，和名に加え材料への言及，ハラール対応などはスマートフォンでは可能である．季節の和菓子の名前はそのままでそこに短く主材料を記載する．よりわかりやすい情報提供をスマートフォンを使用することで提供することが可能である. また，特に緊急情報に関しては避難所の情報を地図や方向とともに表せる．言語景観の補完ができる可能性は高い. また，バス情報に関しては現状の掲示はわかりにくいという評価があるが，位置情報に合わせた掲示することで情報の整理が可能になる．実際の言語景観から得られる情報をスマートフォンアプリ使用により，精度を上げることができる.

一方で，これだけでは現地の人々と観光客のコミュニケーションには役立たない．その点においては非日常としての魅力や現地の人と触れ合う第１歩としてのスマートフォン利用を考えたい．全てをスマートフォンの中に完結させるのでない観光としての魅力をスマートフォンアプリから発信する可能性を探る．観光旅行者に情報を多岐にわたって流すのでなく，現地の人，その地の文化をどう伝えるかわからないあるいは不思議だと思えるような要素を考えたい．言語景観それ自体に関する調査研究を進めることに加え，スムーズな情報伝達だけを目的にせず，時にはわからない点を作る，具体的には注目点を作るまでにする部分を現地の協力のもとでアプリに入れ込みたいと考えている．

謝辞

舟越隆裕様はじめ日光市観光協会の皆様，鉢石会はじめ日光国道 119 号線沿いの商店の皆様，中央大学調査補助員谷口菜摘氏，藤井美来氏，平尾菜優氏，山口美怜氏，今井優実氏のご協力に謝意を表す．

本研究は JSPS 科研費基盤研究(C)（課題番号 18K111849「ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現」）の助成を受け，早稲田大学原田康也先生，神戸学院大学森下美和先生，明治大学佐良木昌先生と共に実施している．また，早稲田大学大学院日本語教育研究科修士課程の福留奈美博士の協力も得ている．研究の機会をいただいたことに感謝する．また日光仮面アプリは JSPS 科研費基盤研究(B)課題番号 17H02249「ICT による観光資源開発支援：心理学的効果を応用した期待感向上」（研究代表者宇都宮大学伊藤篤先生）の中で継続研究中であり，本調査に関してはその中のメンバーである東京大学上田一貴先生のアドバイスも頂いた．改めて謝意を表す．

参考文献

[1] JTB 総合研究所, “インバウンド 訪日外国人動向（2018.6）https://www.tourism.jp/tourism-database/stats/inbound/

[2] バックハウス， ペーター, (2005), “日本の多言語景観”, 真田信治・庄司博史(編) 『辞典 日本の多言語社会』 岩波書店 pp. 53

[3] 総務省・観光庁,（2016.1.12）, “訪日外国人旅行者の国内における受入環境整備に関する現状調査”, http://www.mlit.go.jp/common/001115689.pdf

[4] 国土交通省, “観光地に関する案内標識の現状と課題”, (2005),http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/sign/s304.pdf

[5] 外国人にわかりやすい地図表現検討会, (2015.9), “地名の英語表記方法及び外国人にわかりやすい地図記号について -外国人にわかりやすい地図表現検討会報告書”, http://www.gsi.go.jp/common/000111876.pdf

[6] 金川由紀, (2008.3), “観光英語についての一考察 : 観光英語とは”, 平安女学院大学研究年報

[7] 竹鼻圭子, 戸塚敦子, (2009.5), “観光と異文化間コミュニケーション : 創造的翻訳への理論的取組”, 観光学, 和歌山大学, pp39-45,

[8] 平松裕子, 伊藤篤, (2015.9), “日光の観光客の意識調査に基づく ICT による旅行支援の可能性に関する考察”, 中央大学経済研究所年報 46, pp497-529.

[9] Atsushi Ito, Hiroyuki Hatano, Masahiro Fujii et al, (2015.11) "A Trial of Navigation System Using BLE Beacon for Sightseeing in Traditional Area of Nikko, " IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, Yokohama, Japan

[10] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato, Atsushi Ito, Hiroyuki Hatano et al, (2016.1), “Recovering the Traditional Street with BLE Beacons Base on Classification of Travelers” WCCAIS 2016, Dubai, UAE,

[11] Atsushi Ito, Yuko Hiramatsu, Hiryuki Hatano et al, (2016.2.), "Recovering the Traditional Street with BLE Beacons Based on Classification of Travelers, " International Journal of Embedded Systems

[12] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato, Atsushi Ito Hiroyuki Hatano et al , (2016.3), “ A New Model for Providing Tourism Information for Traditional Cultural Sites through ICT”, The 7th International Multi-Conference on Complexity, IMCIC 2016, Orlando, USA,

[13] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato, Atsushi Ito et al, (2016.3), “A Service Model using Bluetooth Low Energy Beacons-To Provide Tourism Information of Traditional Cultural Sites -” The 8th International Conferences on Advanced Service Computing (SERVICE COMPUTATION 2016) Roma, Italy,

[14] 平松裕子, 佐藤文博, 伊藤篤, 羽多野裕之, 佐藤美恵, 渡辺裕, 佐々木陽, (2016.12), “携帯から目を離したくなる観光アプリのために -未知の発見・日光における実証報告”, 信学技報, vol.116, no.368, TL2016-40, pp. 21-26, 東京

[15] 平松裕子, 原田康也, 伊藤篤, 森下美和, 上田一貴, 佐藤文博, (2018. 3), “日光沿道に展開された観光客向けの英語表記-言語景観の現状調査と今後の課題” , 電子情報通信学会研究会

[16] 国土交通省・観光庁, “多言語対応の改善・強化のためのガイドライン”, (2014.3), http://www.mlit.go.jp/common/001029742.pdf

[17] Zajonc, R. B. ,(1968) , “Attitudinal effects of mere exposure. Journal of Personality and Social Psychology”, 9, pp1–27.

[18] 佐々木 土師二 (2007) “観光旅行の心理学”, 北大路書房, pp51-59

[19] 松川誠二, (2012), “「焼きそば」が yakisoba になりました”, 英語学習マルチ情報館, http://www.richpt.com/29/30/000352.html

[20] NHK 美の壺 file154,(2009), “蕎麦猪口（そばちょこ）” https://www.nhk.or.jp/tsubo/program/file154.html

[21] 文京区ホームページ報道資料, (2018.4), “ベルリン市ミッテ区代表団が文京区を訪れました”, http://www.city.bunkyo.lg.jp/kusejoho/koho/houdou/h30/2018-4.html

[22] 高橋 英之, 宮崎 美智子, 岡田浩之, 大森隆司 (2012.12), “「新奇性」と「親近性」の軸から子どもとロボットの関係性を捉える”, HAI2011,

[23] Fantz R. ,(1958), “Pattern vision in young infants.”, The Psychological Record 8, pp. 43-47.

[24] Hunter M, Ames E. ,(1988)., “A multifactor model of

infant preferences for novel and familiar stimuli. In Advances in Infancy Research”, Rovee-Collier C, Lipsitt L (eds), vol. 5. Ablex, Stamford; pp.69–95
[25] TripBarometer, (2015. 7), “リサーチの分析結果を活用してモバイル予約率アップ”, https://www.tripadvisor.jp/TripAdvisorInsights/n2643/tripbarometer-nofen-xi-jie-guo-wohuo-yong-sitemobairuyu-yue-lu-atupu

日本人英語学習者は未知の英語の食感形容詞を理解できるか？
Can Japanese Learners of English as a Foreign Language Guess Which Unknown Ideophones to Choose?

森下 美和[1]，原田 康也[2]，
Miwa MORISHITA, Yasunari HARADA

[1] 神戸学院大学，[2] 早稲田大学
Kobe Gakuin University, Waseda University
miwa@gc.kobegakuin.ac.jp, harada@waseda.jp

Abstract

Learning a foreign language consists surprisingly a lot of learning new words. It is often argued that you have to have acquired something like 8,000 words to be fluent in English, but most Japanese learners of English have learned at most 2,000 or 3,000 words when they enter college, most of which are forgotten rather quickly. Part of this difficulty is due in part that in English, spelling and pronunciation do not correspond one to one and at least at the initial stages of learning, correspondence between sound and meaning is "arbitrary." Or is it?

In this study, we are interested to see if certain "universal" connection between sound and meaning studied under such terms as "sound symbolisms" might help learners of language acquire new vocabulary. In the pilot study we conducted, 25 fourth-year students at a private university in Hyogo Prefecture, who had spent a semester outside Japan, were asked about 10 adjectives such as *chewy*, *sticky*, *gooey* and so on if they (1) know and understand the meaning of the words or (2) recognize the words but are not sure of their meanings or (3) vaguely recognize the words but do not know their meanings or (4) do not recognize the words at all. Then they were asked to choose one out of two adjectives that they think goes better with a noun, such as { *sticky* / *mushy* } and *soup*. 18 out of 25 students surveyed, or 72% which is much greater than chance, responded that *brittle* goes better than *gooey* with French fries, which is interesting as all had responded that they had never seen nor knew the meaning of those two adjectives, with the average familiarity score of 1.5.

A slightly different survey was conducted with 67 students studying at the same university, who were asked to tell their familiarity with 22 ideophonic verbs and choose one out of three items that goes best in the given context. The results suggest that the students are not simply making random choices, even when they do not know the words that they are asked to choose from.

Keywords — Onomatopoeia, Ideophone, Japanese Learners of English as a Foreign Language

1. はじめに

外国語を学習し運用できるようになるためには、正確な発音と抑揚を覚え、文法に従って外国語を理解・産出する技能を身に付け、適切な表現を選択する語用論的・社会言語学的な理解を持つこともちろん重要であるが、多くの語彙を覚えることが外国語学習の基本となることもまた避けがたい事実である。英語で母語話者や熟達した英語学習者と支障なくコミュニケーションできるためには、ざっくりと 8,000 語の語彙の獲得が必要であるとさまざまな研究者・団体等が提言している。

英語の単語では発音と綴りの関係が 1 対 1 とは程遠く、多くの例外も含めて極めて複雑な関係となっていることが語彙学習上の障害となる。ソシュール言語学以来の科学的な言語学のアプローチで当然の前提としてきた言語記号の恣意性、つまりある言語における単語に伴う音と意味との間には何ら必然的・有縁的関係が存在しないとすれば、英語の語彙の学習は無意味つづりの記銘よりもさらに高度な記憶課題となることが明らかである。実際には、ある程度の基本的な語彙を身に付けると、反対語・類義語・同義語・派生語など意味的な関係のある語彙の記憶には合理化の余地があり、発音と綴りの関係についても、さまざまな例外はあるものの一定の関係性を見出すことも不可能ではないため、すべての単語について無意味つづりの記銘と同様の負荷があるわけではないが、学習の初期の段階において知らない単語の意味を予測することは原理的に不可能であり、したがってそもそも知らない単語の意味は分からなくて当然ということになる。

単語の派生と品詞の転用によって、英語の基本語彙を出発点として関連する語彙に対する理解を深めることが可能である。例えば *act* というアルファベット 3 文字でつづられる単音節の単語について、本来的な用法での品詞と意味は「動作する」という動詞であっても「立法」や「行為」を意味する名詞としての使用も見られる。*act* ➔ *active* ➔ *activate* という動詞から形容詞を経てさらに動詞に至るという派生の過程も見られる。*active* からは *inactive* という反対語を得ることができる。あるいは *act* ➔ *enact* ➔ *enactment* と

いう名詞から動詞を経て名詞に至るという派生過程も見られる。*act* という動詞から *action* という名詞を得てこれを動詞に転用するのも英語の特徴の一つの表れである。しかし、基本的な名詞・動詞からこのように多様な派生語が直ちに得られ、あるいは様々な転用が見られるということは、基本的な名詞・動詞にさまざまな意味・用法がからまり、その多様な意味をもれなく理解し、適切に使用できるようになるためには、単音節の発音とアルファベット 3 文字の綴りを覚えることに比して多大な学習時間と英語の使用経験が必要となることも含意している。英語では基本動詞と（副詞的用法の）前置詞の組み合わせによって幅広い意味が表されることはよく知られているが、外国人英語学習者にとっては、より「難しい」とされる長い綴りの動詞の方が汎用的な単音節の動詞より意味が確定的で使いやすくなじみやすいというのもよく知られたところである。*reiterate* などの「難しげな」単語の方が意味の多義性が少なく、覚えるのも簡単であるという側面もある。

一方、認知科学と関連分野において近年関心を集めている研究課題の一つに音象徴がある。これは、言語の発音とその意味になんらかの関係性があるという観点から単語の学習について新たな知見を与える可能性がある。日本語に比較し、英語に様相や様態を表す形容詞や副詞としてのオノマトペが乏しいという印象がしばしば語られるが、そのような形容詞や副詞の比較に注目するあまり、英語の比較的基本的な動詞や名詞にオノマトペなど感覚の惹起に由来・関連するものがあることが忘れ去られていることがある。*bang* / *cling* / *ping* など、ideophonic な表現がその基本的な意味から多様な用法を持つにいたった点も英語語彙学習の観点から改めて注目に値する。

日本で英語を学んできた大学生は 30 分で 400～500 語ほどの作文をまとめる fluency を獲得し、writing について CEFR で A2 から B1 レベル相当の習熟度となっても、文脈に応じて適切な名詞・動詞・形容詞・副詞を選択し、使用することができない。一般に、使用できる形容詞は乏しく、多様な形容詞を理解する語彙力も備えていない。また、副詞についてはほとんど使用語彙になく、very much 以外の副詞的表現は自発的発話や作文に使用が見られない。したがって、食感に関わる英語の形容詞に対する親密度は低く、使用経験はほとんどないと思われるが、その綴りから想像できる限りにおいて、文脈の中で適切な形容詞を選ぶことができるかもしれない。

ここでは、簡単なパイロット調査の結果を紹介する。

2. 食感オノマトペ調査（調査 1）

さまざまな食品の食感を表す形容詞について、大学 4 年生 25 名を対象に次の調査を行った。調査は 2 段階に分かれ、前半の 10 問では、食品の食感を表す形容詞について、どの程度知っているかを 4 段階（4 : 知っていて意味が分かる、3 : 見たことがあるが意味は自信がない、2 : 見たことがあるが意味は全く分からない、1 : 見たこともなくて全然知らない）で回答してもらった。表 1 に、各形容詞の代表的な意味（調査では提示していない）および親密度の平均スコアを示す。

表 1　食感を表す形容詞の親密度（4 段階）

形容詞	意味	親密度
brittle	サクサクの	1.5
chewy	噛みごたえのある	3.2
chunky	具だくさんの	3.4
crispy	カリッとした	3.8
crunchy	パリパリした	3.6
gooey	ねっとりした	1.5
gummy	ゴム状の	2.8
juicy	みずみずしい	4.0
mushy	トロトロの	2.0
sticky	ネバネバした	3.3

これらの結果によれば、なじみのある語となじみのない語との間には比較的はっきりとした違いが見られる。後半の 10 問では、食品を表す英語（名詞）を提示し、その食感を表すのにふさわしいと思う形容詞を 2 つの中から 1 つ選択させた。各食品の食感を表す形容詞（正解・不正解）とその解答率を、表 2 に示す。

表 2　食品の食感を表す形容詞とその解答率 (%)

食品	正解	解答率	不正解	解答率
biscuit	crunchy	96	chewy	4
cake	fluffy	88	chewy	12
candy	gummy	72	brittle	28
chocolate	crunchy	88	gummy	12
cracker	crispy	96	gummy	4
french	brittle	72	gooey	28

fries				
ice cream	gooey	72	chewy	28
meat	chewy	48	mushy	52
orange	juicy	96	gooey	4
soup	mushy	88	sticky	12

全体として、各食品の食感を表す形容詞について、7割以上が正答していることが分かる。クランチチョコ、クランチビスケット、グミキャンディなど、商品名にも見られるような場合は、特に正答率が高い。一方で、表 1 で比較的なじみ度が低いと思われる *gooey* や *brittle* などの形容詞についても（セットになったもう一方の形容詞のなじみ度にもよると思われるが）、正しく選択（または非選択）されている。これらのことから、食感を表すオノマトペは、その意味を正確に知らなくても推測しやすい傾向にあることが示唆された。

正答率が 50%を切った *chewy* については *meat* との関連が思い浮かばなかった可能性がある。本調査で扱った食感を表す形容詞はすべてポジティブな意味で使用することを前提にしていたが、*chewy* はある程度の硬さ（噛み切りにくさ）を想像させ、それがネガティブな意味に捉えられたとも考えられる。語は、その意味がポジティブかネガティブかという観点で理解したり使用したりするべきであるが、食感を表す形容詞についてもあてはまると言える。

3. 感覚表現動詞調査（調査 2）

食感を表す形容詞以外の ideophone （感覚表現）について、大学 2、4 年生 67 名を対象に調査を行った。調査は 2 段階に分かれ、前半の 21 問では、感覚表現動詞について、どの程度知っているかを 4 段階（4 : 知っていて意味が分かる、3 : 見たことがあるが意味は自信がない、2 : 見たことがあるが意味は全く分からない、1 : 見たこともなくて全然知らない）で回答してもらった。表 3 に、各動詞の代表的な意味（調査では提示していない）および親密度の平均スコアを示す。

表 3　感覚表現動詞の親密度（4 段階）

動詞	意味	親密度
babble	わめく、片言で話す	3.0
beep	ピーッと音を発する	2.7
bloom	花が咲く	3.3
boom	とどろく、人気が出る	3.3
buzz	ざわつく、ブンブンいう	2.8
cling	くっつく	2.3
clink	チャリンと音を立てる	2.3
crackle	パチパチと音を立てる	1.7
crash	衝突する、墜落する	3.8
dash	突進する	3.0
flash	ピカッと光る	3.8
gulp	ゴクリと飲み込む	1.7
hum	ブンブンと音をたてる	2.5
hush	しっ！（間投詞）、黙る	2.3
jolt	ガタガタ揺れる	1.4
pop	ポンと音を立てる、銃を発射させる	3.3
ring	ベルが鳴る	3.6
rumble	ゴロゴロと鳴る	2.0
smash	強打する	3.3
yelp	キャンキャン鳴く	1.6
zoom	ブーンという音を立てる	3.3

後半の 10 問では、問題文を完成させるのにもっともふさわしいと思う動詞を 3 つの選択肢から選ばせた。各問題文の選択肢および解答率を、表 4 に示す。

表 4　問題文の選択肢および解答率 (%)

問題文	選択肢（*は正答）	解答率
A baby was [　　] in the next seat.	*babbling	62.7
	crackling	34.3
	dashing	3.0
A deep voice [　　] through the auditorium.	*boomed	43.3
	rumbled	35.8
	clang	20.9
A gun [　　] out in the robber's hand.	zoomed	47.8
	*popped	32.8
	bloomed	19.4
The airplane [　　] onto the runway.	*crashed	64.2
	smashed	19.4
	flashed	16.4
The computer [　　] every five seconds.	*beeps	53.7
	clings	37.3
	booms	9.0

The door bell [ ].	*rang	97.0
	boomed	1.5
	dashed	1.5
The earthquake [ ] the house.	*jolted	68.7
	boomed	17.9
	popped	13.4
The girl [ ] down the wine.	yelped	40.3
	*gulped	38.8
	popped	20.9
The glasses were [ ].	crackling	49.3
	*clinking	32.8
	clinging	17.9
The station [ ] with excitement.	hushed	44.8
	*buzzed	40.3
	hummed	14.9

調査1は2択、調査2は3択であるため、直接比較することはできないが、チャンスレベルの正答率（30～40%）が目立つ。そのうち、*gulped* と *clinking* などは親密度も低いが、*popped* と *buzzed* などはなんとなく知っているが、実際の使い方を知らないということが考えられる。一方で、*jolted* はなじみのない語の割に正答率が高いが、その他の選択肢 *boomed* と popped があてはまらないという消去法で正答を導き出したかもしれない。

5. まとめと今後の研究課題

本稿で紹介したパイロット調査の結果は当然のことながらまだ予備的な段階のデータであり、今後本格的な実験で確認する必要がある。特に、二肢選択・多肢選択の設問において、選択肢間の親密度の差が大きいと、選択が親密度の違いに影響される可能性が大きい点を考慮すべきである。また、親密度の低い選択肢を並べた際に、その綴りや綴りから想定される発音がミニマルペアではなく、複数の要素について大きく異なっている場合に、何を根拠に選択が行われたかはかならずしも明らかでない。日本語であれば、「さらさら・ざらざら」、「ぱくぱく・ばくばく」、「しとしと・じとじと」などのミニマルペアに近い対立を比較的容易に組み合わせることができるが、英語の場合はこうした操作は語彙的な制約から容易ではない。

しかし、上記のような様々な不十分さにも関わらず、本稿で紹介したパイロット調査の結果から、日本人の英語学習について無意味つづりの記銘とは異なるアプローチが可能であることを示唆していることも認めざるを得ない。幅広くオノマトペ表現が使われる日本語に対して、英語のオノマトペは限られていると感じるかもしれないが、動作動詞などオノマトペ的な側面が基盤となっている場合も見られる。今後は食感に関わる形容詞から形容詞一般、さらには名詞や動詞などに対象を広げ、選択肢の選び方なども含めて細部にまで検討を加えた学習課題による調査を進めて行きたい。

本調査の実施に当たって、著者たちは以下の研究経費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(C)：課題番号 17K02987『高度翻訳知識に基づく高品質言語サービスの研究』(研究代表者：佐良木昌)
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 16K02946『英語コミュニケーションにおける統語的プライミングを利用した統語処理の自動化促進』(研究代表者：森下美和)
- 科研費基盤研究(B)：課題番号 15H03226『日本人英語学習者のインタラクション（相互行為）を通じた自律的相互学習プロセス解明』(研究代表者：原田康也)

参考文献

[1] Lockwood, Gwilym, Peter Hagoort, and Mark Dingemanse. (2016). "How Iconicity Helps People Learn New Words: Neural Correlates and Individual Differences in Sound-Symbolic Bootstrapping." Collabra 2 (2): 1–15. doi:10.1525/collabra.42.

観光地における中国語表記の課題
A Study of Chinese Notation in The Tourist Spot

傅翔[†]、康茗淞[†]、張昭誼[†]、伊藤篤[†]、平松裕子[‡]、原田康也[*]、佐々木陽[†]、羽多野裕之[†]
Xiang Fu, MingSung Kan, Chaoyi Chang, Atsushi, Ito, Yuko Hiramatsu,
Yasunari Harada, Akira Sasaki, Hiroyuki Hatano
[†]宇都宮大学, [‡]中央大学, [*]早稲田大学
[†]Utsunomiya University, [‡]Chuo University, [*]Waseda University
fuxiang0931@gmail.com , t08614@gmail.com, s944302@gmail.com, at.ito@is.utsunomiya-u.ac.jp

Abstract
To improve the satisfaction of the tourists, we have been developing tour guide application in Nikko since 2014. There are many tourists visiting Nikko, among them many travelers from Taiwan and Mainland China. For this reason, the need to explain the tourism resources of Nikko in Chinese is increasing more and more. However, there are several problems in the signs and menus, etc. in Chinese. Therefore, we investigated the problem in translating the explanation from Japanese to Chinese and are planning to create rules for translating into Chinese and creating a database of translation information. In this paper, we discuss the problems of Chinese notation in the tourist spot and explain that the correctness of translation for signs is important. Then we propose the points to consider for translation procedure using machine translation to increase the understandability of signs based on Functional Translation Theory.

Keywords — Chinese Notation, Translation, Functional Translation Theory, Tourist Spot, Tourist Information, Nikko

1. はじめに
日本観光庁は訪日外国人旅行者の受入環境整備事業の一環として、観光の ICT 化を推進している。2016 年の「明日の日本を支える観光ビジョン構想会議」を開いて、訪日外国人を 2020 年までに 4000 万人にするという目標を定めて以来、近年日本に訪れる外国人観光客の数が続々増えている[1]。

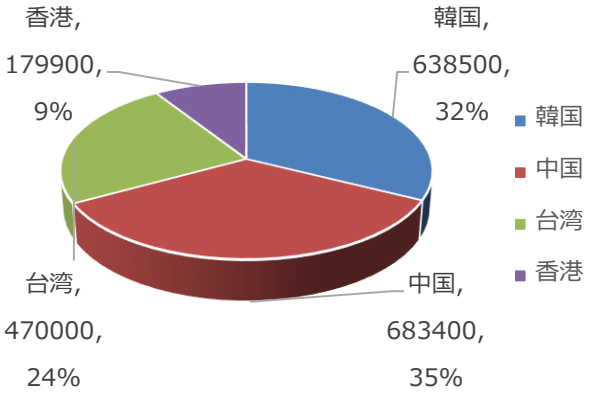


図 1. 2018 年 4 月の訪日外国観光客数上位 4 位

観光庁の統計によると、2018 年 4 月の訪日外客数は前年同月比 12.5%増の 290 万 1 千人で、過去最速で累計 1,000 万人を突破した。うち、訪日人数が上位 4 位となった地域・国家は、韓国(638,500 人)、中国(683,400 人)、台湾(470,000 人)、香港(179,900 人)である[2]。

その中で、中華圏にある中国、台湾、香港では中国語の簡体字、もしくは繁体字が使われている。栃木県内に訪れる外国人観光客の数も増え続け、2014 年の 87,115 人から 2017 年の 92,768 人に伸びている。外国人宿泊数の上位 3 位は、台湾(19.9%)、中国(10.2%)、タイ(6.7%)である。栃木県内でも、観光客誘致などの目標を目指して、東京オリンピック・パラリンピック向けたとちぎビジョンを発表し、戦略的な海外誘客プロモーションの展開、観光地づくりなどの方向性を示している[3]。こうした外国人観光客の増加は、地域経済の活性化への貢献が期待されるだけではなく、言語景観の変化、言語能力を有する人材育成などの受け入れる地域の言語的な対応にも様々な変化をたらしている（藤田他 2014）[4]。

平成 27 年に実施された「栃木県訪県外国人動向調査」[5]において、案内表示の表示言語ついて 12%の外国人旅行者が不満足と回答しており、他より多い。各施設における受け入れ環境に対する不満の理由として、主に多言語表記不足という回答が挙げられる。

多言語対応の重要性と中国人を使う観光客が多いという二つの点から見ると、観光資源を日本語だけではなく、中国語で表記する需要があると見られる。しかし、日光の観光資源をより観光客に楽しんでもらえるため、クリアな指示と表示が必要とされている。

さらに、この調査においては「観光施設の案内表示」、「案内標識」、「飲食店、土産物店のメニュー」、「宿

泊施設の案内」において多言語表示の満足度が低くなった。

観光施設の案内表示の内容は、一般的な単語と固有の地名が主であるため誤解が少ないが、これに対して飲食店のメニューの場合、特殊な料理方法や具材などを示す漢字が原因で意味がうまく伝わらず、お客様の期待に添えないことがある。案内標識言語と宿泊施設の案内の場合は短文が多く、単語と文法の誤訳がよく見かける。

そこで、本論文では翻訳課題を，以下の 3 パターンに分類して考察することとする。

観光施設の案内表示言語

日本の観光地には、独特で魅力的な歴史的建造物は多くある。そこには、日本語や英語の説明文はよく付いている。その魅力を中国語圏の外国観光客に理解してもらえるため、中国語に翻訳された説明文は当然必要とされる。

飲食店のメニュー

日本料理には、魚を使った料理が多い。それらに対応する漢字もあるが、メニュー上では、一般的にひらがなかカタカナで表記される。また、特殊な料理方法が料理名になることがあり、理解してもらえないことがよくある。

案内標識と宿泊施設の案内言語

外国人観光客の出身国によって、日本と違う環境で育てられたため、日本の文化を知らず、日本人にとっておかしい動きや言動を取る可能性もある。それを防ぐため、ただ目立つだけでは足りなく、わかりやすい表示の掲示板を設置する必要がある。

日本では、地域創生、過疎化を食い止めるなどの目的で、観光客を積極的にアピールしている。訪日の観光客が、英語圏よりもアジア圏の来訪者数が多い現在、このような事情を踏まえるともはや英訳だけで不十分で、観光客の数が増えている以上、今後英語を介さなく、直接日本語から各国の言語に訳す需要も高まっていくので、翻訳業界も発展し続けると考えられる。

本論文では、2 章でクリスティアーネ・ノードの機能翻訳理論（Functional Translation Theory）を紹介し、「翻訳の機能と種類」と「翻訳課題の分類」が、観光情報の翻訳に関連があることを示す。3 章では、現在観光地で翻訳されている観光情報の問題点を示す。4 章では、3 章における議論と 2 章で述べた機能翻訳理論に基づき、観光地における翻訳の基準とルールを示し、観光情報の翻訳における課題の解決策を提案する。5 章にまとめを示す。

2. 機能翻訳理論(Functional Translation Theory)

「翻訳は切り捨ての技術」（胡功澤, 1994）[6]、と言われ、翻訳の理論は翻訳者に原文のどこを切り捨てるか、どこを残すかという基準を示すことが多い。しかし、クリスティアーネ・ノード（Christiane Nord）は、彼女の著作《Text Analysis in Translation》の中[7][8]で、翻訳者の役割は、責任を持って原文を訳し、原文が伝えようとしている意図を伝達することである、ということを述べている。

これによれば、翻訳の策略は、二つに分けることができる。一つは documentary translation（記録としての翻訳）で、もう一つは instrumental translation（道具としての翻訳）である。

(1) documentary translation（記録としての翻訳）：訳文で著者にいる文化で、著者が原文を読む読者でコンミュニケーションを取る。

(2) instrumental translation（道具としての翻訳）：原文をモデルとして、訳語をツールで、原文の著者と読者の間にコミュニケーションの架け橋を作ること。一方、道具としての翻訳は、その目的からさらに三つに分けることができる：

(2-a) 同じ機能を伝える翻訳（equifunctional translation）：目的は訳文を読む読者に、原文と同じ機能を得る。つまり、読者がこの種類の訳文を読むとき、文が外国語から翻訳されたものを気にせず。実用性のあるものを翻訳する場合、よくこの方が選ばれる。例えばマニュアル、旅行ガイドなど。

(2-b) 異機能を伝える翻訳（herterofunctional translation）：時間と空間が遠ざかっていて、訳文を読む読者が原文の背景を理解しつらいとき、訳者が訳文を現在の読者が理解できるように編集すること。

(2-c) 対応する翻訳（homologous translation）：訳文の環境で原文の環境と似ている機能を表現して、原文の文学的な機能を発揮する。詩の翻訳でよく使われる。

その他、ノードは「機能と忠誠(function plus royalty)」という概念を提出した。忠誠というのは、原文の著者、訳者、訳文を読む読者、起動者(initiator)の間の社会関係(social relationship)、訳文が忠実に原文作者の意図を伝えて、訳者が作者に忠実し、訳文の読者に責任を持って、訳者がさらに起動者と翻訳の依頼人の間にスム

ーズに翻訳を進められるようの役割を担当する、ということを示している。

上記の議論をあてはめると、観光地での翻訳：観光施設、飲食店のメニュー、案内標識という３つの観光情報は、「道具としての翻訳」であり、さらに「同じ機能を伝える」ことと分類されることができる。そして、訳者が翻訳をするときには、忠実に翻訳をして、読者が、その訳文が伝えたいこと理解できるよう、十分な努力する必要があると言うことができる。

3.1 観光施設

日本では、漢字も使われているので、中華圏の観光客にとって、日本語がわからなくてもすこしわかる。中国語の内容ですが、レストランのメニューを訳すとき、幾つの注意点がある。注意書きの短文を中国語に訳すとき、多くの場合は翻訳ソフトに頼んで誤訳がよく見られる。ここでは、インターネットで見た例を収集し、その誤訳の原因をまとめてみた。

まずは、訪日外客数１位の中国から用例を収集する。漢字が使われている漢字中華圏の国向けの翻訳内容において、よく見られる点は二つある：

(1)地名が漢字で表記される場合：そのまま漢字を踏襲することが多い。地名漢字文化圏中の国色々な漢字が、読む方が違いこととして、意味が同じ。例えば、「川」、「宮」（図１）、「山」、「泉」中国語中に意味か同じです。漢字を使うことで、漢字文化圏中の国の人にとって観光施設の名前が覚えやすくなる。

(2)地名がひらがなで表記される場合：多いに音訳を使って翻訳する。例えば、日光のいろは坂を伊呂波坂と翻訳し、いろは順も中国語で伊呂波順と翻訳されている。他には、いろは坂が秋になると紅葉が赤くなるため「紅葉坂」という役名もある。

このような二つの点で、ノードの機能翻訳理論として訳文は忠実に原文の意味を伝える手法に帰納することができる。

3.2 飲食店のメニュー

レストランのメニューを訳すとき、幾つの注意点がある。注意書きの短文を中国語に訳すとき、多くの場合は翻訳ソフトに頼って、誤訳がよく見られる。ここでは、インターネットで見た例を収集し、その誤訳の原因をまとめてみた。同じ漢字圏の観光客であっても、地域によって使う中国語も微妙に違う。ノードの機能翻訳理論で、訳文は忠実に原文の意味を伝えるべきた



図 1. アリババ旅行サイトの日光旅行路線紹介[9]



図 2. 日光社寺の紹介[10]



図 3. いろは坂[9]

表 1. 漢字圏の用語の違い

日本語	中国南方	中国北方	台湾
じゃがいも	洋芋	土豆	馬鈴薯
さつま芋	番薯	紅薯	番薯
キャベツ	包心菜	蓮花菜	高麗菜
ブロッコリー	花菜	菜花	花椰菜



図 4. 親子丼[11]
推奨した訳文：親子丼（雞肉與雞蛋蓋飯）



図 5. 他人丼[11]
推奨した訳文：他人丼（牛肉雞蛋蓋飯）

め、料理の名前を翻訳するときにも、できれば中国語（繁体字）と中国語（簡体字）に分けて翻訳したほうが良い（表 1）。

さらに、料理方法によっては、中国語に訳す際に配慮が必要である。変な訳文になる主な原因は、料理の名前そのままを踏襲することである。

例えば図 4 と図 5 のように、「親子丼」と「他人丼」は同じく漢字で表記されるけれども、中国と台湾ではこのような料理がないため、訳文にはちゃんと意思疎通ができるように、説明文を付け加える必要があると考えられる。

日本料理では、芸術性のある比喩として、自然現象や動物と植物を使って、料理の色・香・味・形を、翡翠・雪・鴛鴦などに例えたものもある。それらについても、料理の方法に応じて、詳細な説明があるとわかりやすい。

また、日本の特色がある料理、例えば天麩羅、天丼、寿司については、このまま漢字を翻訳するだけでなく（漢字がない時は音訳）、簡単な紹介も入れて、日本



図 6. 中国語→中文[12]



図 7. 吸殼→菸蒂[13]



図 8. 経理を済ませる[14]

料理の特色を説明すれば、外国観光客にもわかりやすくなる。さらに、食材の写真や調理方法も含めて示すことで、さらなる意思疎通が可能となる。

3.3 案内標識

注意書きの様な短文を、中国語に訳したい場合、翻訳ソフトを頼って、誤訳していると思われる事例が多く見られる。

ここでは、ネットで集めた事例を分析し、その誤訳が起こる原因を整理した結果を示す。

(1)母語の影響

訳される単語を、母語（日本語）の概念で中国語化したものである。これは自動翻訳ソフトだけで起こる誤訳ではなく、第二言語学習者にも起こりうる間違いである。単語の表し方のほか、日本語の用語を直訳してしまうことで、違う意味になる可能性がある。図 6



図 9. この先のレベル差に注意してください[15]



図 10. 追放[16]



図 11. 清掃の裏（なか） [17]



図 12.華麗に使用[16]



図 13. お客様憚ることのない[12]



図 14. 多機能便器[12]

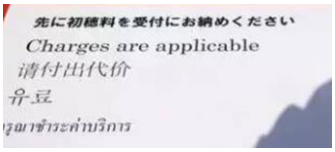


図 15. 代償を支払ってください[14]



図 16. 言語の順序間違った[16]

と図 7 は中国語にはない単語の表し方：「中国語」、「吸殻」を使用した例となる。

直接母語を使って、単語と動詞を直訳することも、不適切な結果となりがちである。この両方を含んだ例を図 8 に示す。中国語の「會計」は経理を意味するが、図 8 を直訳した結果は、「経理を済ませる」という意味になる。中国語では、「会計を済ませる」という場合は二漢字の用語が存在するため、今の自動翻訳ソフトでも、まだうまくその用語にたどり着けない。

そして、そもそも直訳が難しい、或いは直訳では最適な訳文にはならない場合がある。

図 9 に書かれた日本語について、翻訳ソフトや辞書を利用しても、「段差」の意味を正確に表すものはなかなか見つからない、更に図 9 の場合は逆に“段差”を使わず、「階段」に注意してくださいと訳す方が、より中国人にとってわかりやすい翻訳結果が得られる。

(2)多義語

翻訳ソフトを使った翻訳の際、間違った意味を取ることがある。図 10 の「流す」は水を流すというよりは、「罪人を流す」という意味となる。図 11 の清掃中は清掃しているより、「清掃の裏」（中国語では同じ発音）という意味不明な中国語になり、むしろ清掃中そのままが正しい。図 12 の綺麗は、人や風景の美しさを形容する意味となる。

英語からの翻訳もこういうミスが起こりうる。例えば、Unreserved は、未予約ではなく、はばかることのない、に訳された (図 13) 。Toilet は便所ではなく、便器になった（図 14）。Charges は料金ではなく、代償になった（図 15）。

(3)文法

これまでに紹介した事例は、注意書き程度の短い文章における単語と多義語に起因する誤訳であった。しかし、少し長い内容の注意書きでは、文法の間違いも含んだ場合が多い。

中国語に関する知識がない場合、用語、多義語の誤訳に対して、辞書を調べる事である程度の検証と修正は可能だが、文法の翻訳は自動翻訳ソフトだけを頼ることになると思われる。

人による文法の誤り原因は、日本語文法に起因するものと思われるが、自動翻訳ソフトによる文法の間違いは一貫性が見られない場合が多い。(図 16,17,18,19)

(4)訳文は社会性に欠けている

訳文を読む側に十分な情報を伝えることが必要である。しかし、適切な訳文にはなっていない例がある。例えば、図 20 では、「当店では中国語が話せる店員がいます」ということを伝えようとしているが、訳文では「当店は中国語を喋ってもいいスタッフがいます」になり、一般的に使われている中国語ではない。図 21 では、「またいらしてください」ということを伝えたいが、「また必ずいらしてください」になってしまっている。図 22 では、「便器に座って、排泄してください」になり、一般的に使われている用語になっている。



図 17. コンビニを買える[15]



図 18. 順序が間違った[16]



図 19. お客様がバス停を待ってください[12]



図 20. 当店は中国語を喋ってもいいスタッフがいます[16]



図21. 普段使わない表現[16]



図 22. 普段使わない表現[16]



図 23. ここは写真！写真が自由に撮れます。[16]



図 24. 私はカードが使えます[12]



図 25. “Really you are selling! “[18]



図 26. “Do not yes to buy?” [15]

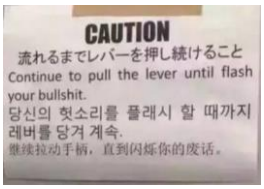


図 27. “until flash your bullshit” [14]

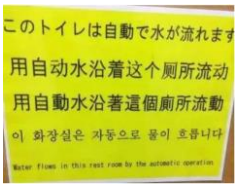


図 28. “自動水を使って、トイレを沿って流れる” [15]

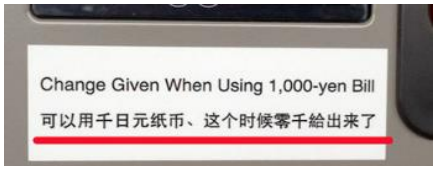


図 29. 千円札が使えます、この時小銭（誤字）が出てくれました[16]



図 30. 静ちゃんご覧ください[17]



図 31. 「高さ」は犯罪で、見つかったら警察に「通」[14]



図 32. 悠（ユウ）の靴を脱いで[14]

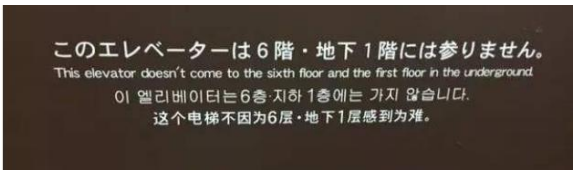


図 33 このエレベーターは６階・地下１階だからで困ると感じる事はない [15]

(5)原文への理解が足りない

編集者が訳文と原文の間の関係への理解が足りないため、編集ミスが起こる（図 23）。元々は「写真スポット」、「ここで自由に記念写真を撮ってください」とのことを伝えたいと思われるが、「ここは写真！」と「スポットはここで自由に写真を撮れます」とのことになっている。

(6)必要のない主語を付けた

自動翻訳ソフトは、欠けた主語を生成する事があり、これが誤訳の原因となる可能性がある（図 24）。「ここは銀聯カードが使える」だけで良いけれど、「わたし」をつけてしまった。

(7)用語と文法の誤訳について、英語の翻訳と関連性が見られる

英語を経由した翻訳はしばしば行われるが、そもそも英語の訳文が既に間違っている場合があり、間違いが重なって、あり得ないと思われるほどの訳文になる可能性がある（図 25,26,27）。図 25 では、「Really you are selling!」との原文としては「売れていますよ！」と推測できるが、正しい中国語の訳文図 26 では、正しいのは「Don't forget to buy.」けれど、「Do not Yes forget to buy?」という奇妙な訳文になってしまったからこそ、「忘れないで、買う？」という訳文になった。図 27 では、英語のほうが「Continue to pull the lever until flash your bullshit」になったため、中国語の訳文も奇妙になった。（「無駄話がフラッシュするまでレバーを押し続けること」）

(8)その他

これらの誤訳した注意書きには、原文には含んでないものも出ており、自動翻訳と原文だけで翻訳したようには思えない。更に、原文を見ても誤訳される理屈が分からない訳文と、現在の比較的に高性能な自動翻訳ではこういう誤訳になる可能性が低いと思われる注意書きも以下の図に示す（図 28,29,30,31,32,33）。

4. 観光地における翻訳課題の解決策

4.1 分析結果

我々は、第 2 章のノードの機能翻訳理論を翻訳の原則として採用して、訳文が観光翻訳においては道具として使われるという結論が得られることを示した。さらに第 3 章の用例の誤り見ると、以下の分析結果が得られる。

(1)翻訳ソフトを頼り過ぎない

Google 翻訳と他の翻訳ソフトウェアで翻訳のスピードが結構上がったけれども、翻訳の品質としては保証できないため、第 3 章のような奇妙な翻訳結果が得られる。

(2)日本の文化背景を伝える

3 章の案内標識の翻訳では、直訳では外国人にはわからない翻訳になってしまう可能性があるため、さらにノードの同じ機能を伝える翻訳という原則を応用し翻訳者が翻訳をするとき、適切な編集と変更が受け入れられるようにする必要がある。

(3)翻訳の対象に応じて翻訳のステップを変えること

a. 観光施設を翻訳する際、漢字名の場合はそのまま簡体字と繁体字に対応する漢字を使って表記する。

b. 飲食店のメニューを翻訳する際、ただ料理の名前だけではなく、メニューの機能（＝客に料理のことを知ってもらう）を発揮するため、説明文を付け加えること、もしくは直訳の訳文を変換しわかりやすくする。

c. 案内標識を翻訳する際、意味が伝わるという目的を追求するので、編集が納得できる。

4.2 提案手法

観光施設、飲食店のメニュー、案内標識という 3 つの観光情報は、2 章のクリスティアーネ・ノードの機能翻訳理論の「道具としての翻訳」で「同じ機能を伝える」として分類されるため、我々は翻訳の精度を改善するため、以下のように手法を提案した。

まず、観光施設において固有名詞を訳す事を考えると、3.1 節の事例から、漢字の名称はそのまま踏襲する事が良いと考えられる（図 34 のフローチャートの 1-1→1-2）。

次に、飲食店のメニューの名称も固有名詞を訳す事となり、「同じ機能を伝える翻訳」を目指すべく、3.2 節の事例から、漢字の名称はそのまま踏襲する事が良いと考えられる。しかし、メニューの意義は観光客に料理を選ぶための情報を提供するである。こう言った課題から、ノードは「機能と忠誠(function plus royalty)」という概念を重視している。料理の場合、料理に関する基本情報、調理法と具材の訳文の提供が必要であると考えられる（2-1→2-2→2-3）。

最後に、案内標識の翻訳では、3.3 節の実例の誤訳パターンから、誤訳した用語と単語について検証を行うことで、修正する可能性があると考えている。

案内標識の翻訳では、情報を提供する案内標識の基本構成 - 単語をより正しく翻訳するため、辞書などの翻訳道具を使った翻訳と逆翻訳による検証が必要と考えている。（3-1→3-2→3-3）更に、文法について、使用した辞書の用例で単語の使い方が見られ、訳したい短文と近い文法構成の例文が、翻訳する際の良いヒントになる（3-4）。検証と文法調査が上手くいかない場合、胡功澤の「翻訳は切り捨ての技術」の概念で、訳した内容にある不明点を切り捨て、「同じ機能を伝える翻訳」にするため、代用語と代用短文で差し替え(3-5,3-7)、翻訳と検証を行う。（3-2→3-6）

この手法を実行した翻訳結果は、使用した辞書や翻訳ツールに含まれた情報量とその情報の精確さに依存する。辞書を使用した場合、翻訳結果の詳しさ、単語解釈の精確さと例文の豊富さが翻訳結果の精度に関わる。

4.3 提案手法を用いた翻訳例

以下に、自動翻訳（Google 翻訳）と図 34 の提案手法を運用した翻訳結果（オンライン辞書 Weblio を利用）を比較し、提案手法の有効性を評価する。

（例 1）清掃中

実際の表示例： 図 11.「清掃のなか/裏」

自動翻訳の結果：「清掃の下に」在清洗下

提案手法による結果：

「清掃」の翻訳

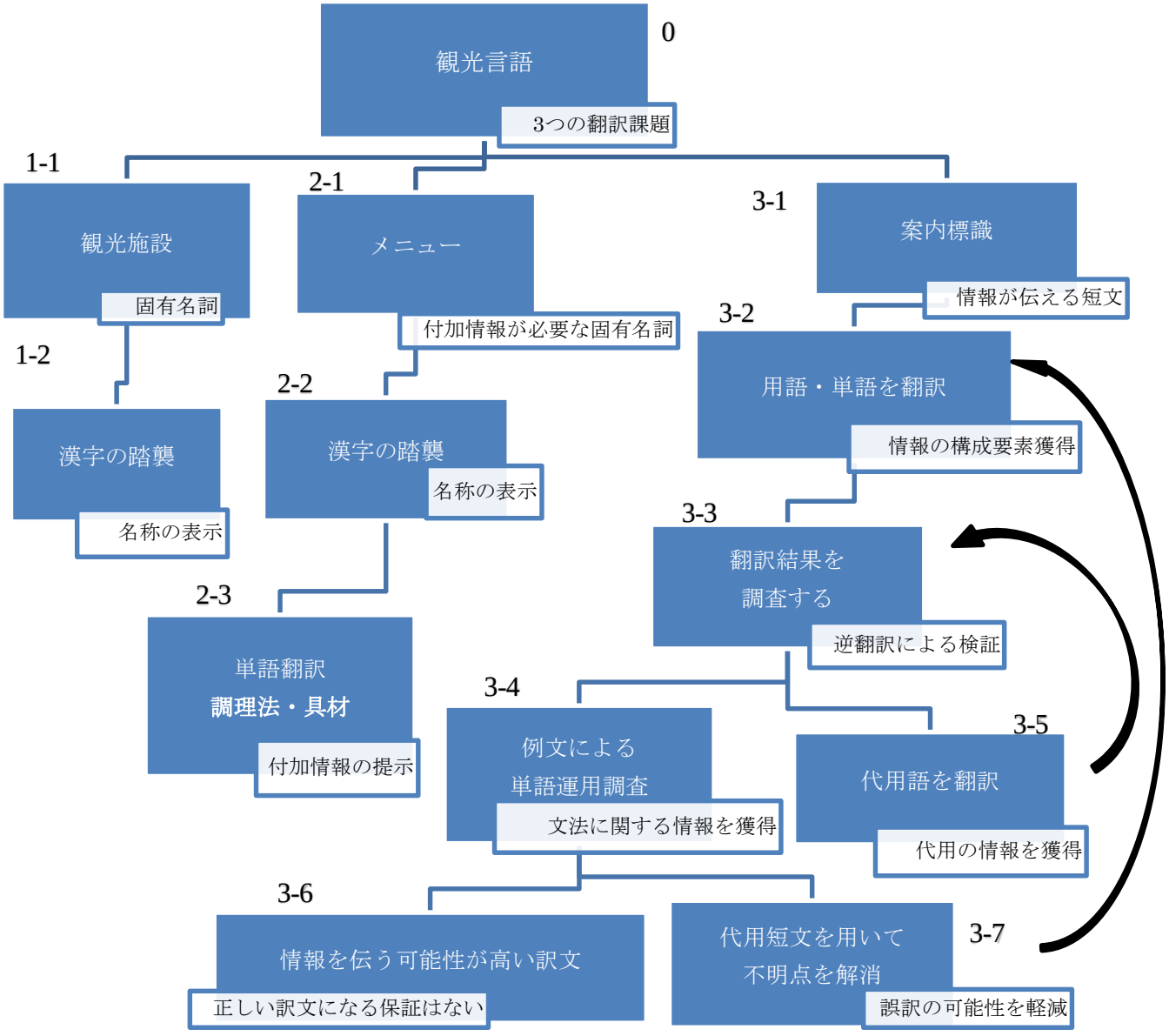


図 34. 翻訳のフローチャート

3-2 を適用：「清洗」、「清除」、「清扫」、「内务处理」、「扫气」

3-3 を適用：「清洗」きれいに洗う、「清除」すっかり取り除く、「清扫」清掃する）

結果：「清扫」

「中」の翻訳

3-2 を適用：「里边」、「当中」、「中」 、「中间」、「中」,

3-3 を適用：「里边」場所を示す（中）、「当中」真ん中、「中」〔[‘在’＋]動詞＋‘中’〕の形で，動作・行為の過程を示し

結果：「中」

文法の考察：

「中」の考察

3-4 を適用：（「中」の例文：「讨论中我们又发现了一些新问题。」＝討論中我々はまた新しい問題を幾つか見つけた．）動詞＋「中」

翻訳結果：「清扫中」

結果比較：自動翻訳だと誤訳になるが、提案手法では適切な結果になる

（例 2）この先の段差に注意してください

実際の表示例： 図 19. 「この先のレベル差に注意してください」

自動翻訳の結果：「隣の段取りに注意してください」请注意旁边的步骤

提案手法による結果：

「この先」の翻訳

3-2 を適用：「将来」，「今后」、「前边」,

3-3 を適用：「将来」将来，「今后」今後、「前边」この先）

結果：「前边」

「段差」の翻訳

3-2 を適用：「级别差」，「段位差」、「断坡」,

3-3 を適用：「级别差」，「段位差」碁や剣道などにおいて,段位による能力差、「断坡」道路などの高低差、

結果：「断坡」

「注意する」の翻訳

3-2 を適用：「戒备」，「监视」，「防备」，「注意」，「小心」、「警告」，「提醒」 、

3-3 を適用：「戒备」，「监视」，「防备」好ましくない事態が起こらないように用心し備えること,「注意」，「小心」物事に気をつける、「警告」，「提醒」気をつけるように人に言う）

結果：「注意」，「小心」

文法の考察：

「段差」の考察

3-4 を適用：（例文：「小心台阶」＝ 段差がありますから、お気をつけください）

「注意」の考察

3-4 を適用：（例文：「注意火车」＝列車に注意）「注意」＋名詞

くださいの考察

3-4 を適用：(例文:「请说」＝言ってください 、「请吃」＝食べてください）「请」＋動詞

翻訳結果:「请注意断坡」[断坡]に注意してください、「小心台阶」階段に注意

結果比較：すべての翻訳結果は「段差」を正しく翻訳する事が出来なかった。提案手法に使用した辞書は段差の翻訳に、中国人にも良く分からない単語が出てきた[断坡]。翻訳者は他の辞書/ツールで再検証することで、誤訳に気づく可能性がある。段差の調査から出てきた例文「小心台阶」は適切な結果になる

5. まとめ

本論文では、観光情報の中国語への翻訳の課題と、より精度を高めるための手順の提案を行った。

宇都宮大学の地元である栃木県の観光においては、中華圏からの観光客が一番多いという調査結果がある。さらに、中華圏からの観光客を呼び込むためには、中華圏からの観光客の満足度を上げ、リピータの増加や口コミによる集客を行う必要がある。

我々は、これまでに、BLE ビーコンを利用した観光案内システムを開発し、その有効性を評価してきた[20][21]。しかし、観光客が実際に体験する、観光地における案内標識やお店のメニューの内容をわかりやすく伝える必要があり、そのためには、正確な翻訳が重要となる。

そこで、翻訳の原則と基準としてノードの機能翻訳理

論の、訳文の種類と役割に着目し、現在観光地における主な翻訳の問題を、以下の３つの観点で分類できることを示した。

(1)翻訳ソフトを頼り過ぎない

(2)日本の文化背景を伝える

(3)翻訳の対象に応じて翻訳のステップを変えること

そして、観光地における中国語翻訳の問題を解決するため、三つの項目（「観光施設」、「飲食店のメニュー」、「案内標識」）に関連する様々な事例を収集し、課題をリストアップした。次に、その課題の解決策として、例えば観光地の商店主や観光協会が、観光情報を中国語に翻訳する際に参考となる手順をフローチャートとしてまとめ、自動翻訳と比較して、正確性が高まることを示した。

今後の課題として、より多くの事例を収集し、日光における翻訳の支援とその効果検証の実証実験が必要と考えている。

なお、手動翻訳を行う際、辞書等のツールに頼りきりになると考えられるため、我々は辞書等を翻訳する際の重要な情報源と見なし、翻訳ツールの分析と改善点を調査する予定である。

謝辞

本研究開発を推進するにあたり貴重なご意見をいただいた，一般社団法人日光市観光協会の舟越様はじめ，日光観光客満足度向上委員会のメンバーの皆様，鉢石会の皆様に深謝する．

尚，本研究開発は，JSPS 科研費 JP17H02249、ならびに JSPS 科研費 JP18K111849 の助成を受けて実施中である．また、本研究は、2014～2016 年に、総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE):地域 ICT 振興型研究開発」(142303001)として実施した内容をベースにしている．研究の機会を与えていただいたことを感謝する．

参考文献

[1] 首相官邸, “明日の日本を支える観光ビジョン構想会議”, 2018 年 6 月 28 日閲覧, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kanko_vision/

[2] 日本政府観光局（JNTO）, “2018 年訪日外客数（総数）”, 2018 年 6 月 25 日閲覧 https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/since2003_tourists.pdf

[3] 栃木県庁, “東京オリンピック・パラリンピック等に向けたとちぎビジョン”, 2018 年 6 月 25 日閲覧 http://www.pref.tochigi.lg.jp/a01/documents/oriparavision.pdf

[4] 藤田依久子・山川和彦・温琳・藤井久美子（2014）「石垣市を訪れる台湾人旅行者について」『静岡産業大学論集「環境と経営」』20（1）pp. 69-88

[5] 栃木県庁, “訪県外国人動向調査”, 2018 年 6 月 28 日閲覧, http://www.pref.tochigi.lg.jp/f05/kankouchidukuri/documents/04_doukoutyousa.pdf

[6] 胡功澤, “翻訳理論の発展”, 台北 : 書林出版社, 1994

[7] Nord, Christiane (2002), Translating as a Purposeful Activity: Functionalist Approaches Explained,Shanghai:Shanghai Foreign Language Education Press.

[8] Nord, Christiane(1991), Text analysis in translation: Theory, methodology,and didactic application of a model for 95 translation-oriented text analysis, Amsterdam and Atlanta: Rodopi.

[9] 日光の写真, 2018 年 6 月 29 日閲覧 https://traveldetail.fliggy.hk/item.htm?spm=181.11197625.4973973.2.546f4a0arnjCq7&id=565055522775

[10] 日光市観光協会公式サイト簡体中国語版, 2018 年 6 月 29 日閲覧, http://nikko-travel.jp/jianti/

[11] “日本の食事メニュー”, 2018 年 6 月 29 日閲覧 http://www.meihua.info/a/69576

[12] 写真,< https://www.digitaling.com/articles/38127.html > 2018 年 06 月 23 日アクセス.

[13] 写真,<http://japanese.china.org.cn/jp/txt/2010-07/22/content_20551838.htm> 2018 年 06 月 23 日アクセス.

[14] 写 真 ,< http://www.ifuun.com/a2017773616978/> 2018 年 06 月 19 日アクセス.

[15] 写真,< http://2chcn.com/125157/> 2018 年 06 月 19 日アクセス.

[16] 写真,< https://chugokugo-sekkyaku.com/strangepop/ > 2018 年 06 月 19 日アクセス.

[17] 写真 ,<http://hk.on.cc/int/bkn/cnt/news/20160930/bknint-20160930141215221-0930_17011_001.html > 2018 年 06 月 23 日アクセス.

[18] 写真 ,<http://zh.wenxuecity.com/news/2018/01/31/socialnews-150801.html> 2018 年 06 月 19 日アクセス.

[19] 写真 ,<https://weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404038050513594873 > 2018 年 06 月 23 日アクセス.

[20] Yuko Hiramatsu, Fumihiro Sato, Atsushi Ito, Hiroyuki Hatano, Mie Sato, Yu Watanabe, Akira Sasaki, “Designing Mobile Application to Motivate Young People to Visit Cultural Heritage Sites”, International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering Vol:11, No:1, 2017, pp.121-128 (2017.1)

[21] Akira Sasaki, Atsushi Ito, Rina Hayashi, Yuko Hiramatsu, Kazutaka Ueda, Yasunari Harada, Miwa Morishita, Hiroyuki Hatano, Fumihiro Sato, “A STUDY OF PSYCHOLOGICAL APPROACH TO DESIGN SIGHTSEEING SUPPORT MOBILE APPLICATION”, Proceedings of 22nd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2018 (INES 2018), (2018.6).

家族の食事場面における子供の発話開始・保持の技法に関する事例分析
A Case Study of Starting and Holding Techniques of Talk by Children in Family Co-eating

徳永弘子
Hiroko Tokunaga

東京電機大学
Tokyo Denki University
17jk007@ms.dendai.ac.jp

Abstract

This study aims to examine the communication techniques produced by informal co-eating. For this purpose, a video of the mealtime of a family of five was observed. Results showed that if someone was speaking, the conversation was often interrupted by the act of eating. This result was different from the conclusion that “eating behaviors were controlled for maintaining communication,” which has been demonstrated in previous research. Thus, this research demonstrated that family co-eating conversations are informal and social rules are weakened. The conversations of the children were described based on the mealtime video. To participate in the conversation, the children “expressed the intention of starting speech,” “clarified the receiver,” and “controlled the power of their voice and gaze”. To continue the conversation, the children used “using hands gesture,” “inserting fillers,” and “Changing the speech destination” methods. In this study, the characteristics of informal co-eating engendering communication techniques suitable for children were demonstrated.

Keywords — Family, Child, Co-eating, Communication technique

1. はじめに

人は，しばしば他者と談笑しながら共食を楽しむ機会をもつ．共食は職場の仲間や友人同士であれば，情報交換や相互理解の場として機能する．家庭においては，朝食であれば１日の予定確認，夕食であればその日の出来事を報告するなど，家族の絆を深める場になり得る．特に，幼少期の子どもにとって，家族そろっての共食の場は人間形成やマナーの育成，心の健康に影響する場として重要な役割を持つことが報告されている[1, 2, 3]．しかし，家族の共食の場で親子がどのようにコミュニケーションを交わし，食べているかを明らかにする研究は少ない．そのため共食行為のどのような要因が子どもの何に影響を及ぼすのか，その仕組みは明らかになっていない．

筆者らは，これまで成人の友人同士による共食場面を対象に食事中の振る舞いを分析してきた．その結果，共食は，話すことと食べることが同時進行する特性を持つこと，他者とのコミュニケーションが重視される場面では，個人的行為である「食べる」動作は制御されることを報告した[4, 5]．よって，共食の場は社会的ネットワークを重視した行動が創出される場であると考察した [6]．しかし，これらはあくまでも友人同士の関係に限定したものであり，家庭内で家族と食卓を囲む場よりもフォーマルな場での共食である．よって，そもそも友人同士が食事をする背景には，社会性を重視した振る舞いが要求される場の存在があると考えられる．

そこで，本稿では，よりインフォーマルであると考えられる家族の食卓を対象に，食事中の家族の振る舞いについて事例的に分析する．特にこれまで，幼少期の家族との共食の重要性が叫ばれてきたものの，食事の現場に踏み込んだ分析が少ない子供の振る舞いを中心に，家族の食事の様子を観察する．今回，家族の共食会話を分析することは，フォーマルな場に対して社会的ルールが弱い状況での振る舞いが観察できること，さらに家族の中で子供がいかに食べる，話す行動選択をしているかを観察することで，子どもが社会性を身に着けるプロセスの一端が明らかになると期待できる．

2. 先行研究

武川らは共食会話場面においては，話すことと食べることが同時進行するため，人の行動は２つの行為に関与することを指摘した[7]．すなわち，共食中は他者とのコミュニケーションを維持するための社会的な振る舞いと，摂食という自己的な振る舞いが存在する[6]．

その二つの行為に対し，特に深く関連するのが視線と口の機能である．例えば，視線は会話相手にも食具にも向けられる．話し手であれば誰に向けて話しているのか，聞き手であれば誰の話に興味を示しているのかといった方向情報を示す手法として機能する．しか



図１　家族５人の共食風景

し食具の把持や移動のために「見る」行為が必要なため，共食中の会話者らは相互注視することなく会話が進む場面が多い．よって食事のない会話に比べて共食会話では，話し手は発話を場に投げかけ，それまで聞き手であった誰かが，その発話を拾い会話を継続させる手法がとられると報告した[4].

また，口は摂食と発話に使われるが，人は摂食の瞬間に発声することはできない．そのため，会話中では，発話の合間に摂食動作を挿入したり，聞き手はいつでも発話できるように摂食動作を制御している．特に，聞き手の場合，会話への関与の度合いによって，摂食するタイミングを制御していることを示した[5]．よって，共食会話は他者とのコミュニケーションを維持するための社会的な振る舞いと，摂食という個人的な振る舞いの２つが存在し，社会的なルールによる制約の中に個人的な摂食行為が埋め込まれている場であると考えられた[6].

しかし，以上の研究は実験室に構築された食事環境において，協力者らのコミュニケーションする様子を分析した結果である．特に友人同士の共食会話は，家族との食事よりもフォーマルな場であり，食べることよりも会話が途切れないことを重視する制約を受けていると考えられる．それに対し，家族のだんらんとしての共食は，より社会的ルールの制約が弱い，あるいは個々の家庭ならではの習慣やルールが存在する可能性がある．またそうした場においては，これまで観察されてこなかった人の振る舞いが見えてくる可能性もある.

そこで，本研究は幼い子ども２人，両親，祖母で構成されるある家族の食事シーンを直接観察し，食卓でどのような営みがなされているのかを社会学的な手法を援用して検討する.

3.　映像の分析

分析映像は CEJC（Corpus of Everyday Japanese Conversation）から提供を受けた．CEJC は，国立国語研究所の共同研究プロジェクト「大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究」で現在構築中のコーパスである[8].

映像は，家族５人が食卓で焼き肉を調理しながら食事をしているシーンである（図１）．本稿における主な観察対象は小学生のけんちゃん(仮名)である．家族構成はけんちゃんのほか，父，（母方の）祖母，母，弟である．メインメニューは卓上に設置したホットプレートで母が調理している焼き肉であるが，そのほか卓上には手巻き寿司，トマト，アボカド，肉を巻くための葉物，飲みものなどが用意されている.

着目するシーンは食事が始まって約３分経過した場面で，けんちゃんが話題を切り出そうとしている．話題とは，けんちゃんが今日の塾で勉強した“株”の話であり，主に聞いてほしい相手は母である．ところが，母は家族に取り分けるための焼き肉の調理に忙しい．そうした状況の中において，けんちゃんが話題を場に提示し続ける約 1 分 30 秒の場面を分析した.

3.1　けんちゃんによる発話開始のトライアル

図 2 は左から祖母，母，けんちゃん，父，弟の 27 秒間のやりとりを時系列に示したものである．図中，けんちゃんの発話をグレーの網掛けで，食事に関する発話を点線の枠で示す．また矢印は発話の遷移を示し，●印は応答の不在を示す.

事例の冒頭において，母と祖母，父と弟がそれぞれに会話をしている．けんちゃんは手巻き寿司を食べた際，指に付いた白米を口に入れているが，母と祖母，父と弟の会話が途切れたタイミングの 1 で，「ねえ。そう思えばさ：」（「そう言えばさ」の意味）と，話題を切り出すための前置きをしている．父が「うん」と相槌を打つが，祖母の「うわー　きれいなお肉ですね」とそれに対する母の「きれいだよね　これ：いいお肉だよ」の応答により，けんちゃんは発話開始の機会を逃している.

その後，祖母と母のやり取りがちょうど終わったタイミングの 2 で，けんちゃんはもう一度発話を開始する．けんちゃんは相変わらず手巻き寿司で指についた白米を見ては口に入れ，を繰り返しながら，「ねえ

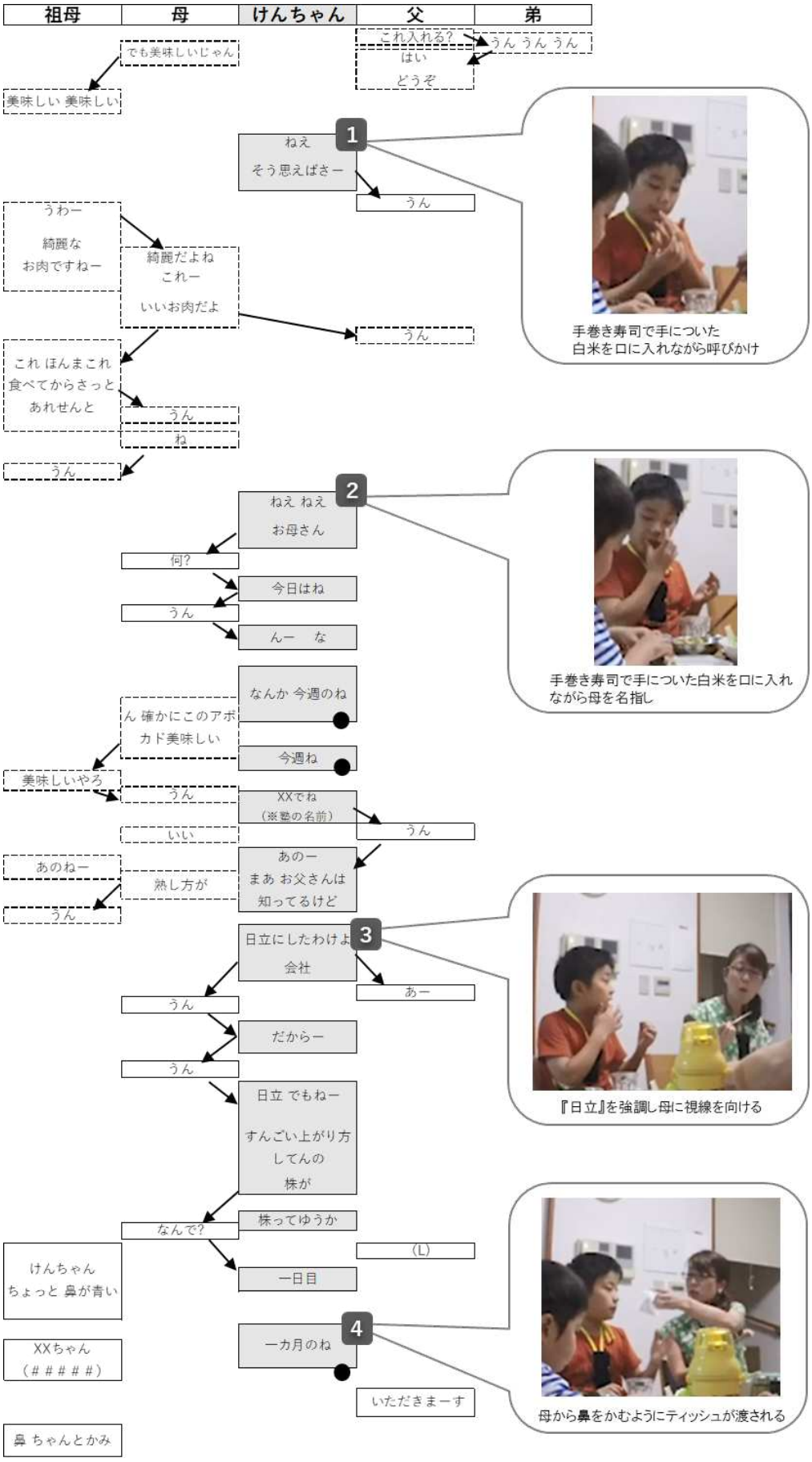


図2　けんちゃんが発話を開始する場面

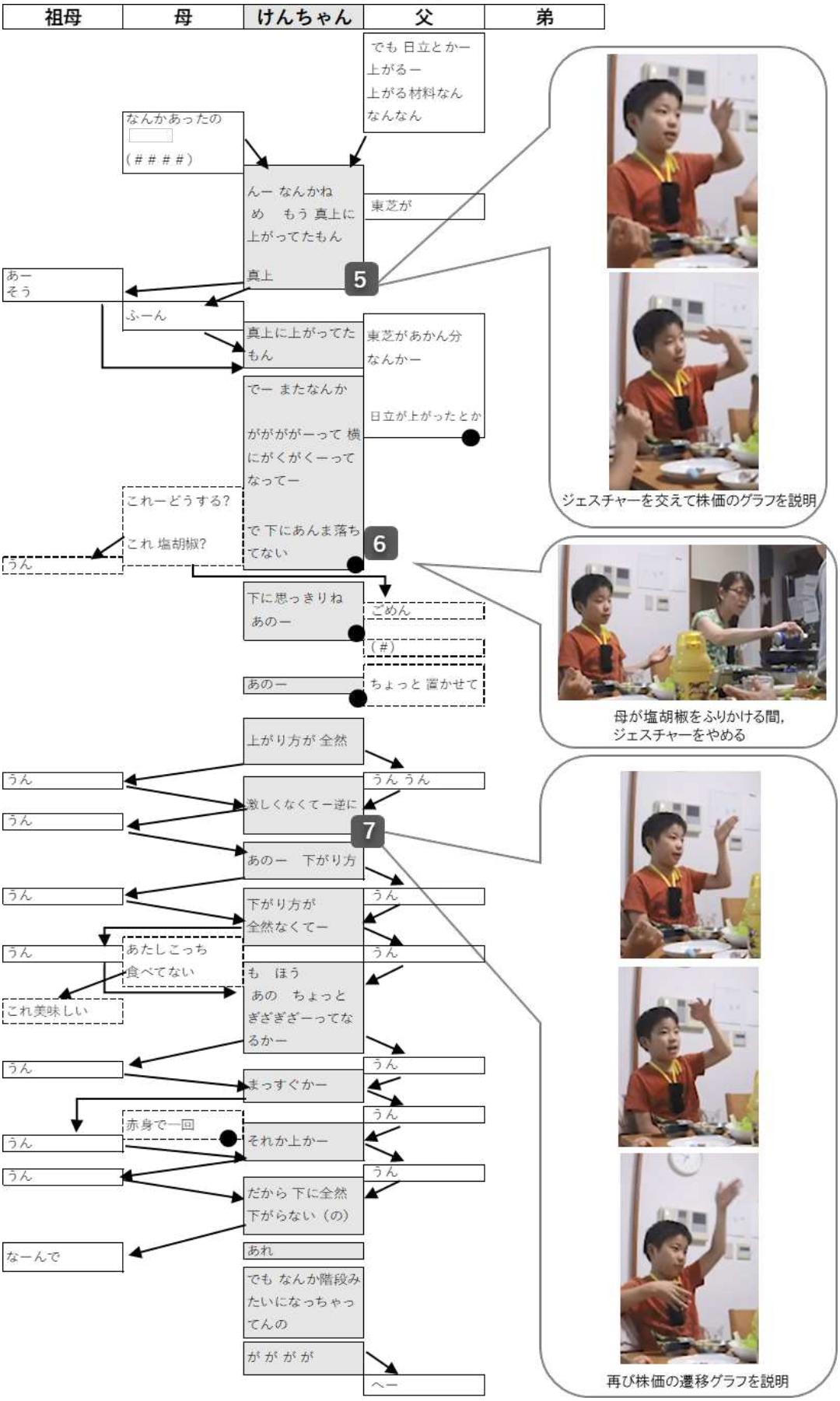


図３　けんちゃんが発話を継続する場面

ねえ　お母さん」と母に呼び掛けている．それに対し母は「何？」と注意を向けるが，けんちゃんが「なんか今週のね」と話し出すと母は「ん　確かにこのアボカド美味しい」と，直前に口に入れてたアボカドの味について言及した．祖母も母のアボカドの発話に応答し，そこから再び母と祖母のやり取りが始まる．けんちゃんが継続した「なんか今週のね」の発話に誰も応答していない．けんちゃんはもう一度「今週ね」と繰り返すが，母からの応答は得られていない．その状況に気がついた父が「うん」と応答するが，けんちゃんにとって，父にはすでに話した内容であるらしく「あの：　まあお父さんは知ってるけど」と発言している．

次に，けんちゃんは 3 で，トピックのキーワードである『日立』を少し大きめの声で発話し，母に視線を向けた．ここで母もわずかに顔をけんちゃんの方に向け，「なんで？」と応答した．そこでけんちゃんはさらに説明を加えようとした．しかし祖母が，けんちゃんが鼻水を出していることに気づき，母に対してけんちゃんにティッシュを渡すように促している．けんちゃんは 4 で「一カ月のね」と説明しようとするが，母からティッシュを渡され，祖母からは鼻をちゃんとかむように言われ，発言は再び中断した．

この 27 秒間において，けんちゃんは 3 回，発話開始を試みている．しかし，周囲からの食事やけんちゃんの鼻水に関する発話に阻まれ，けんちゃんが話したい“株”の解説は機会を失っていた．

3.2　食卓事情とけんちゃんの発話継続技法

図 3 は，けんちゃんが鼻をかみ終わった直後から発話終了までの 39 秒間のやりとりである．事例の冒頭で，父がけんちゃんに，日立の株が上がる材料は何か？と話題を戻し，母もけんちゃんに「なんかあったの」と問いかけた．これにより，けんちゃんは発話機会を得て，5 で株の上がる様子が示されたグラフの傾きについて，ジェスチャーを交えて説明を開始した．しかし，その直後に母はホットプレートの肉に視線を向け，焼けつつある次の肉の味付けについて「これ：どうする？　これ塩胡椒？」と塩胡椒の容器を持ち上げた．祖母に話を振る．祖母が「うん」と返事をすると，父は自分が取り分けた肉にも塩胡椒をかけてほしいと，プレートの上に「ごめん」「ちょっと（肉を）置かせて」と手を伸ばしている．図中の 6 付近では，家族の注目は母が肉に塩胡椒を振りかける動作に集中している．けんちゃんは「がががが一って　横にがくがく一ってなって：で下に落ちてない」と株価変動の解説をするが，その発話に対して家族からの応答は不在であった．ここで，けんちゃんはジェスチャーをやめ，「あのー」「あのー」と言い淀みながら，発話の継続に一拍おき，この間，けんちゃんは両親たちの肉に塩胡椒を振りかけるやり取りを見ていた．

その後，「上がり方が全然…」とけんちゃんは再度ジェスチャーを交えて株価の変動に関する解説を続けた．祖母と父はけんちゃんの発話に「うん」と相槌を打つが，7 付近で父はけんちゃんをちらっと見たあとビールに手を伸ばし一口飲み，母は，別の種類の肉を箸でさしながら「あたしこっち食べてない」と言い，祖母もその肉をさして「これ美味しい」と応答した．その後，祖母は食事の手を止め，顔をけんちゃんに向けて聞く態勢をとった．けんちゃんは，祖母に視線を向け，ジェスチャーを交えながら，株価の遷移グラフの説明を続けた．母は肉を焼き続け，父は肉に醤油をかけており，けんちゃんを見ているのは祖母だけである．けんちゃんは祖母を見ながら話すことで，株価の遷移の説明を終えた．

4.　考察

4.1　家族の共食会話場におけるけんちゃんのコミュニケーション技法

図 2，図 3 の事例から，けんちゃんが食卓の状況に応じて用いたいくつかのコミュニケーションの手法が観察される．はじめにけんちゃんは，1 で「ねえ。そう思えばさ：」と発言している．これはけんちゃんによる新たな話題提供の意思表示と解釈される．しかし指の白米も気になって，視線は手元に注がれていた．よって，けんちゃんの発話が誰に向けられているのかは，この時点で周囲には理解されていない．また，母と祖母の間では買ってきた肉の評価に関心が向いており，けんちゃんの発話開始に対し，耳を傾ける状況ではないようであった．次に 2 でけんちゃんは「ねえねえ　お母さん」と発話の受け手として母を指名している．母は応答するが，それよりも，アボカドのおいしさに関心が向いているようであった．このアボカドに味には祖母も共感を示しており，母と祖母にとっては，けんちゃんの発話より，口内にあるアボカドの味の評価が優先されているようであった．そこでけんちゃんは，3 でキーワード『日立』を強調し，視線を母

に向けた．ここでは母もけんちゃんを見ており，母は「なんで？」の応答をしていることから，けんちゃんはここで，母の注意を獲得することができたと考えられる．

図 2 の事例で注目すべきけんちゃんの振る舞いは，発話開始を，3 ステップによって実現していることである．すなわち，“話題提供の意思表明”，“受け手の明確化”，“声のパワーアップ及び視線移動”と，段階的に手法を変えているのである．けんちゃんが話を聞いてほしい母は，肉を焼くことやテーブル上に用意した食材の味の良し悪しに気が向いている．けんちゃんは，その母の焼き肉を焼く様子，母と祖母のやりとりを観察したうえで，振舞い方を工夫し，自らの発話開始を成功させたと解釈される．

その直後の祖母からの鼻をかむようにとの提案と母からティッシュを渡され，4 でけんちゃんはそれに従っている．これはけんちゃんが話す前に，きちんと鼻をかむようにとの祖母の心遣いであり，けんちゃんも大人からの指摘を受け入れ，発話を中断させたものと考えられる．

図 3 においてけんちゃんに，再び発話の機会が訪れる．そこでけんちゃんは，5 でジェスチャーを交えて発話を開始した．このジェスチャーは株価遷移の様子を示すものであり，ジェスチャーの中でも描写の役割がある[9]．この場における描写的ジェスチャーは，けんちゃんが自らの思考を整えるのに加え，家族にわかりやすく伝えるため，言語情報を補完するために用いた手法と考えられる．

しかし，卓上では肉に対する味付けのトピックが持ち上がり，母が塩胡椒を振りかける行為に祖母と父の注意が向けられた．この場においては，肉に塩胡椒を振るか振らないかは，家族にとって最重要トピックであったと推測される．そのためほぼ同時にけんちゃんが話していた 6 付近の発言は誰からも応答を得られないこととなった．そこでけんちゃんは，それまで説明に使っていたジェスチャーの手を下げ，自身も母の動作を見た．家族の様子から，けんちゃんは強引に発話を継続することは適切でないと判断した可能性がる．しかしここでけんちゃんは，「あのー」といったフィラーで間をとっていた．フィラーは発話権を保持する役割をもつ[10]．けんちゃんは，発話を一時休止しているが，周囲には継続する意思を表出していると推測される．その後，けんちゃんは発話を再開し，これ以降は中断することなく，説明を終了した．ただし，ここには祖母がけんちゃんの話を聞く態勢をとったことが大きく寄与したものと考えられる．母と父は相変わらず食事を続けているが，祖母から向けられる視線は，祖母がけんちゃんの発話を聞いている証拠であり，相槌はけんちゃんの発話継続を促してくれる役割を果たした[11]と推測できる．けんちゃんは当初，塾で日立の株について学んだ話を母に聞いてもらいたかったと推測される．しかし母はホットプレート上の肉の焼き具合に関心が向いていて，けんちゃんの話の相手はできない状況であった．しかし，相槌を返してくれる祖母を発話の受け手とすることによって，けんちゃんは共食の場で株の話を披露することができた．

以上，図 3 の事例においては，けんちゃんは“ジェスチャーを使って思考状態を整える”，食卓の状況や両親，祖母の関心の程度に応じて，“フィラーを使い発話の間をとる”，“話の受け手を変える”手法を用いて，自分の発言を言い切ることを実現していた．

4.2 家族の共食会話に関する考察

事例で示したこの食卓においては主に「調理する」「食べる」「話す」活動が同時進行している．まず，母の立場からすると，焼き肉を美味しく焼き上げ皆に味わってもらうことが重要な役割であり，この状況において，けんちゃんに視線を向けて，じっくり話を聞くことへの優先度は低いと推測される．母の正面に座る祖母は，母のサポートと自身が食べることに忙しく，父は焼きあがった肉を自分の小皿に移したり，調味料で味を調えたりビールを飲んだりと，こちらも専ら食べる作業に追われている．この場において，家族はゆっくり会話を楽しむよりも，どんどん食事を進めることに従事した．そこには，従来研究とは異なるインフォーマルな家族の食卓の 1 シーンが映し出されていると考える．この場が，もし従来研究にあるような社会性が重視されるべき場であったならば，けんちゃんの発言はその場のメイントピックとして採用された可能性がある．しかし家族によるそうした振る舞いが観察されなかったことは，この家族ならではの食事中の習慣やルールがあったものと考えられる．

その中で，けんちゃんは株の話を持ち出し，特に最も忙しい母の注意を向けるために，自らが発話を開始する手法を工夫し，会話が途切れても継続する手法を考え，最後まで説明を終えた．けんちゃんは家族の食卓で会話を進めるために，場の状況や家族の振る舞い

を注意深く観察し，適切なコミュニケーション手法を選択したと推測される．

ここで，本事例を会話分析的に概観してみる．今回，母が食事の話に幾度も言及したように，家族の共食では，食事の進行により，目の前の食べ物に関する小さなトピックが急浮上することが多々あった．しかし主たるトピック（けんちゃんにの株の話）が提出されている場においては，味の評価や味付けに関わる発話は Goodwin が指摘している Byplay[12]に相当すると考えられる．Byplay は主たる発話の下位に位置付けられる発話行為を指し，主たる発話の邪魔にならないよう，最小化されるという．しかし，本事例においては，下位に位置付けられる発話が，主たる発話よりも注目を集めることにより，けんちゃんの発話開始がしばしば見送られたり中断したりしていたのである．このことからも家族の共食会話は，会話のルールが緩いことがうかがえる．

また，けんちゃんの発話の中断は，会話の順番交替規則[13]に照らすと「割り込み」の発話によるものであった．割り込みは順番交替においては‘違反’に相当する．しかし，その違反による発話の中断は，母，祖母，父からトラブルとして修復されることはなく，けんちゃん自身の手法により発話は再開されていた．これは，必ずしも皆がその場の会話継続を優先するわけではないことを示している．このことからも，家族の食卓では社会的ルールが適用されなくても許容される，制約が緩い場として存在していると考える．

今回，家族の共食会話場面を事例分析したことにより，社会的ルールの逸脱が許容されるインフォーマルな共食場面が記述された．また，そうした会話場において，子どもが発話を開始したり継続したりするためのコミュニケーション手法が観察された．特に，段階的にコミュニケーション手法を変更する工夫は，家族そろっての食事が重要であるとのこれまでの主張を食事中の会話から明らかにしたものと考える．

5. まとめ

本稿はインフォーマルな共食場面において産出されるコミュニケーション手法を検討することを目的に，ある家庭の食事シーンを観察した．その結果，家族の関心が食事や食べる行為に集まり，その場で継続する会話が中断する現象が確認された．これは従来研究において，友人同士の共食会話においては，コミュニケーション維持のために個人的な摂食行為が制御されるとの知見と異なる現象であり，家族の共食がよりインフォーマルな場として社会的ルールが弱い場であることが示された．

また，社会的ルールが弱い場において，子どもが話題を提供し，話し終えるまでのプロセスを検討したところ，発話の開始には，話題提供の意思表明，受け手の明確化，声のパワー及び視線移動を用い，発話の継続にはジェスチャー，フィラー，受け手の変更などの手法を用いている振る舞いが確認された．これはインフォーマルな共食場面がもつ特性が，子どものコミュニケーション手法を引き出していたと考えることも可能かもしれない．

人は 1 日 3 回食事をする習慣をもつ．それが毎日繰り返される場に，コミュニケーション能力，社会性を育成する要素が含まれているとすれば，幼少期における家族そろっての食事の役割は大きい．今回，家族の共食場面を直接観察し，家族の振る舞いを記述することから，その一端が明らかになった．

今回の報告は，一つのケーススタディに過ぎない．食事動作はメニューや食事形式により様々なケースが考えられ，その場の家族が興味を持つ会話トピックも異なる．楽しい話，悔しい話，悲しい話などにより対応や反応も様々で，それらの影響を受けて産出されるコミュニケーション手法は多様なはずである．そのため，今後も多くの事例を集め質的な検討を積み上げていく必要がある．

さらに，本研究は，共食会話における子供のコミュニケーション能力の獲得の仕組みを明らかにすると同時に，高齢者の社会性の維持，共食コミュニケーションによるネットワーク形成の効果の検討を視野に入れている．社会や，家庭における共食の場が人にとってどのような意義があるかについても，今後検討を重ねる．

謝辞

今回の分析映像をご提供いただくにあたり，国立国語研究所の小磯花絵氏，川端良子氏に大変お世話になりました．感謝申し上げます．

本研究の一部は，科学研究費助成事業基盤研究（C）18K02229 による援助を受けた．

参考文献

[1] 足立己幸 (1983), 「なぜひとりで食べるの」, NHK 出版

[2] 室田洋子著 (2007)「心を癒す食卓」芽ばえ社

[3] 外山紀子著 (2008)「発達としての共食」新曜社

[4] 徳永弘子, 武川直樹, 木村敦, 湯浅将英 (2013) “視線と発話行為に基づく共食者間インタラクションの構造分析”, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J96-D, No.1, pp.3-14

[5] 徳永弘子, 武川直樹, 木村敦 (2014) “共食会話における協力的なコミュニケーション行動形成の仕組みー聞き手はいつ食べ, いつ応答するのかー”,日本知能情報ファジィ学会誌「知能と情報」, Vol.26, No.4, pp.793-801

[6] 徳永弘子, 武川直樹, 木村敦 (2016) “孤食と共食における食事動作のメカニズムー食事の形態がもたらす心理的影響との関連に照らしてー”, 日本食生活学会誌, Vol.27, No.3, pp.167-174

[7] 武川直樹, 徳永弘子, 湯浅将英, 津田優生, 立山和美, 笠松千夏 (2011) “食事動作に埋め込まれた発話行動の分析～3 人の共食会話のインタラクションの動作記述～”,電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-A, No.1, pp.500-508

[8] 小磯花絵, 井關友里子, 臼田泰如, 柏野和佳子, 川端良子, 田中弥生, 伝康晴, 西川賢哉 (2017) 「『日本語日常会話コーパス』の構築」『言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集』pp.775-778

[9] 井上 逸兵（編）(2017) 「社会言語学」朝倉書店

[10] 水上悦雄, 山下耕二, (2007) “対話におけるフィラーの発話権保持機能の検証”, 認知科学, Vol.14, No.4, pp.588-603

[11] 串田秀也, “聴き手による語りの進行促進ー継続支持・継続催促・継続試行ー” 「認知科学」 Vol.16, No.1, pp.12-23, 2009

[12] Goodwin, M. H.(1997) "By-Play: Negotiating Evaluation in Story-telling." In Towards a Social Science of Language: Papers in Honor of William Labov. Gregory R. Guy, John Baugh, Deborah Schiffrin, and Crawford Feagin, eds., Pp. 77-102. Philadelphia: John Benjamins.

[13] Sacks, H., Schegloff, E. A. & Jefferson, G. (1974) “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation” Language, Vol.50, No.4, pp.696-735（邦訳：H. サックス, E.A.シェグロフ, G.ジェファソン著, 西阪仰訳 (2010) 「会分析基本論集―順番交替と修復の組織―」, 世界思想社, ）

食べ物と食感を表すオノマトペ：食文化の感覚的共有における役割
Food and Onomatopoeia for texture expressions: the role it plays in shared sensory appreciation in food culture

福留 奈美 Nami FUKUTOME
早稲田大学 Waseda University
namifukutome@akane.waseda.jp

Abstract

When trying to convey information related to food flavors and preferences, how do you express (in Japanese) characteristics related to the five senses? There are many metaphorical expressions for aroma and flavor, but Japanese expressions for texture more often include onomatopoeia, such as *fuwa-toro* for "fluffy" and *saku-saku* for "crispy". Food texture onomatopoeia, which linguistically express the feel of food in one's mouth or on teeth and chewing sounds in the mouth, have become associated with specific foods, and because they enable a shared sensory experience, such onomatopoeia play an important role in understanding the feelings of others. We focus on sensory expressions and especially onomatopoeia usage in topics related to food.

Keywords — Onomatopoeia / Culinary Linguistics / texture terms / sensory attributes

1. はじめに

人は五感（視覚・嗅覚・味覚・触覚・聴覚）を使って食べ物の状態をとらえ、そのおいしさを評価する。「おいしい/まずい、好き/嫌い」といった自らの嗜好を認識し、自分の好みを他者に伝えるためには、食べるという行為を通して、食べ物からの情報を感覚器官で感じとり、心地良い刺激かどうかを判断し、過去の体験・経験と照らし合わせて知っている表現を駆使して言語化するというプロセスが必要となる。より好きなもの、おいしいと思うものを食べたいという欲求が強い人は、自分が欲する食べ物を選択的に得るためにも、その表現力を磨く必要があるだろう。

たとえば、日本の米を食べ慣れた人にとってタイ米は全く別物であり、海外で暮らすならば、好きな味わいの米にできるだけ近い米を探すために、さまざまな言葉を使って奔走することになるだろう。

「この前食べた○○はとってもおいしかったよ。それは、○○だったから」といった会話として、食べ物の話題は日常生活の中で頻繁に取り上げられる。なぜ好きなのか、どこが苦手なのか、おいしく感じる原因は何なのかといった会話の中では、どれだけ具体的にその食べ物を表現し、相手にわかってもらえるか、すなわち自分が感じた感覚をどう言語化し、相手と共有できるのかということが課題となる。

自らのアイデンティティともいえる家庭の味や故郷の食べ物について語るとき、その表現力の豊かさは、自分自身を開示し、他者に理解してもらうためのひとつの手立てとなると考える。

本稿では、日本ならではの食文化的側面を意識しつつ、日本の食べ物や料理の特徴と、その表現法について考える。とくに、日本語とその翻訳における諸問題と、オノマトペによる表現の可能性についてである。また、本企画の冒頭に行う食感のオノマトペ・ワークショップにつながる内容として、ワークショップの振り返りの導入に位置づけるものである。

2 五感でとらえるおいしさと表現

言語学分野における食べ物とことばについては、瀬戸（2003）に詳しい。「味ことば分類表」（p. 29）では、五感表現のなかに、素材表現、味覚表現、共感覚表現が分類され、食べ物に使われる表現が広範囲に示されている。共感覚表現とは、五感の間でのことばのやりとりを意味し、たとえば「甘い色」という表現では、色をとらえる視覚は原感覚で表現を借りる側で、味覚は「甘い」という表現を貸す側の共感覚だとされる（pp. 62–63）。

確かに、バニラやシナモンの香りを表す表現でよく使われる「甘い匂い」は、甘さを連想させる匂いといえるだろう。実際のバニラエッセンスやシナモンパウ

ダーは全く甘くなく、これらを入れるプリンやアップルパイの甘さの記憶と結びつき、この表現がなされていると考えられる。さらに、人間の感覚は騙されやすいもので、同じ配合のキャンディでも、赤い色をつければイチゴのような甘い味に感じるが、黄色ではレモン味の酸っぱさを感じるという。

ザラメ糖をたっぷりまぶしたせんべいは、見た目にもザラザラ、手に持ってもザラザラ、食べてもザラザラ感があるのが持ち味である。食べ物の特徴を、複数の感覚が連動してとらえていることがわかる。

本稿では、こうした感覚間のやりとりも考慮しつつではあるが、主には、五感それぞれでとらえる食べ物の状態に対して、どのような日本語がキーワードとして用いられるのか、具体的な例を示しオノマトペによる修飾的な表現および他言語への翻訳について考える。

2.1 視覚でとらえるおいしさと表現

視覚については、大谷（2010）が、てり・つや・光沢、色彩調和、色と形などに関する研究で「視覚情報によるおいしさ」の研究を行っている。みりんによるつや出し効果の解明、米のでんぷんの一種であるアミロースの効果について、調理学的観点で行われた研究である。

日本料理の中には、「照り焼き、つや煮、照り煮」といわれる調理法があり、米飯の食味評価では、飯に「つやがある」ことがひとつの評価基準となる。日本料理では、料理につや・てりを出すには、みりんや砂糖を使う。魚の照り焼きは、醤油、酒、みりんを１：１：１で合わせたタレに漬け込み、仕上げにもハケでタレをぬってつやを出す。料理に砂糖やみりんをよく使うのは、日本料理のひとつの特徴でもある。

一方、日本語の「てり・つや」にあたるフランス語は glacer グラッセで、西洋料理でも料理や菓子につや･てりをつける手法がある。『調理用語辞典』(1986)では、グラッセ（仏. glacer）は、「①つや出しすること　②冷やすこと、凍らせること　③・・・糖衣を着せること」とあり、①の例としてバターを入れた濃縮汁の中で煮たり、ゼリーをかけたりしてつやを出すとある。ニンジンのグラッセが知られるところであるが、西洋では、砂糖よりも油脂やゼラチンでてりをつけることの方が多い。日本料理と西洋料理では、食材も技法も違い、できあがりで目に見える「てり・つや」の質にも違いがでてくる。私見ではあるが、日本料理のてり・つやに比べ、西洋料理はもっと「つやつや、てりてり、てかてか」している気がする。光の反射が多い感じで、見た目のてり・つやの違いをどのように表現できるのか、もう少し言葉探しが必要である。

2.2 嗅覚と味覚の評価用語

食品の品質管理や商品開発の方向性を探るため、個々の食品ごとにおいしい状態を定義づけるための評価用語の体系化が進められている。最も進んでいる分野は、ワインやコーヒーなどの嗜好飲料ではないだろうか。ワインは、ソムリエがさまざまな専門用語を駆使して、年代の違いや産地、品種の違いを言い当て、表現し、そこに価格も含めた価値の違いを見出していく。日本でも、日本酒や焼酎、緑茶の評価用語があり、果物や加工食品等、食べ物ごとに評価用語は異なるものである。

一例として、今村（2017）がまとめたしょうゆのフレーバーホイールを示す（図 1）。日本語版とは別に開発された英語版も先行して公開されている。大きく嗅覚でとらえる香り(Aroma)、味覚でとらえる味(Taste)、そして、嗅覚と味覚の両方でとらえる風味（Flavor）に分類され、具体的にどのようなものかが示されている。用語を分類してみると、「いちご（いちごのような香り）」、「消毒薬」に代表されるような隠喩、直喩で表現される香り、風味が 91 語の内 70 語以上と圧倒的に多い。たとえられるモノを知っていて、匂いを嗅いだことがあればわかるが、そのものを知らなければ想像しようもない表現である。

つまり、同じような食べ物を食べたことがある人同士であれば、共有できる表現であるが、食習慣や食文化を異にする異文化交流の場面での話題を想定すると、会話が成り立たないかもしれない。これは、世代間差という異文化の設定であっても同様で、伝統的なかつての和食に慣れ親しんだ高齢の世代と、食体験が全くことなる若い世代では、同じ母語であっても「言葉が通じない」ということが考えられる。

2.3 「甘辛い」のはどんな味か

日本で「甘辛い」といえば、しょうゆと砂糖で味をつけたすき焼きや牛丼、肉じゃがなどの味を思い浮かべる。しかし、最近の大学生に聞くと、「甘辛い」の辛いはスパイシーな辛さのことで、しょうゆと砂糖なら「甘じょっぱい」という人もいる。「辛い」という字から唐辛子のホットな辛さ、いわゆる「ぴり辛」を連想する人が増えているようだ。言葉の動態性を感じる。

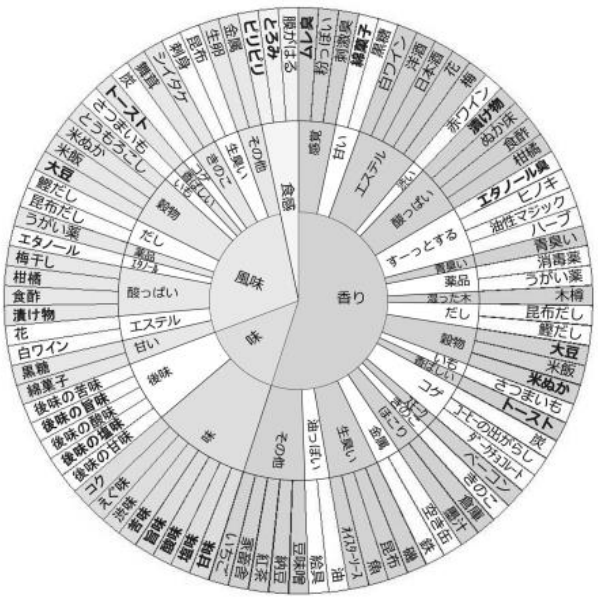


図 1. しょうゆのフレーバーホイール

英語の例文を探してみると、Sweet and salty、Salty-sweet と訳されて、甘辛いバーベキューソースや甘辛いフライドチキンのソースの例がみつかる。対象となる食べ物が違うと、味そのものも違った印象になってくる。

2.4音でとらえるおいしさの要素

西洋の食事マナーでは、スープはすすってはならず、音をさせないようにスプーンを傾けて食べるように飲むと習う。一方、日本では、蕎麦をはじめ麺類では、音を立てるのはマナー違反ではないとされる。落語の演目「時そば」にあるように、そばをすする音と仕草は、噺家の力量ひとつで、冷たいざるそばか温かいかけそばなのかがわかるという。当然ながら、細い蕎麦と太いうどんでは、すする音も違う。

こうした音の違いは、耳で聴けば確かに違うとわかりやすいが、文字に表記しようとすると難しい。蕎麦はツルツルでうどんはズルズルだとか、ズーズーでもなく、ズズッとすするのか、いずれにしても音と音の周辺にある細かなニュアンスまでは書き分けられない。それでも、噺家の仕草を見ながら音を聴けば、わかった気になる。日本人は、麺をすする音もおいしさのひとつとして味わっていること、とくに江戸時代からの食文化である蕎麦の食べ方には流儀があり、異文化体験のためには不慣れな外国の方であってもツルツルと音を立ててみる体験をしてほしいと筆者は思う。その体験を通して、非母語話者に極めてわかりにくいとされる日本語のオノマトペの、少なくともツルツルとズルズルの違いに、体験を通して気づいていただけるのではと考える。

夏目漱石は、『吾輩は猫である　六』の中で、蕎麦のことを「噛んじゃ蕎麦の味がなくなる。つるつると咽喉のどを滑すべり込むところがねうちだよ。・・・・口を箸の方へ持って行ったなと思う間もなく、つるつるちゅうと音がして・・・」と書いている。蕎麦はあくまで「つるつる」であり、ズルズルとはすいあげないもののようである。

2.5 触覚でとらえるおいしさの要素

日本では、米はひとつの食料としてだけでなく、神に供える神饌として、稲穂、白米、飯、餅、日本酒などの米と米の加工品が用いられてきた。神に供え、それをさげていただく神人共食の習慣からも、また、主食としての位置づけからも、米は日本人にとって特別な意味を持つ穀物である。

米の品種の評価のため、白飯の「外観・香り・味・粘り・硬さ・総合評価」の 6 項目について食味試験が行われる。触覚でとらえる要素として、食感（専門用語ではテクスチャーと呼ばれる）があり、口ざわり、歯ざわり等がある。白飯については、粘り、硬さが重要な要素であることがわかる。

硬さについては hard か soft かで区別がつきそうであるが、粘りについては適切な英訳が存在するのか疑問である。日本の米はジャポニカ米で、適切な水加減で炊き上げると、「一粒一粒が立っているように」ふっくらとして、かみしめると粒の中にかすかな粘りと弾力を感じる、それが日本のごはんの粘りである。しかし、タイ米等のインディカ米は、パラパラとして粘り気が少なく、やわらかく炊くと粒がくずれ、全体が糊状にペタペタとくっついて歯切れも悪い。これもまた「粘り」といえなくもないが、コシヒカリの粘りとは明らかに違う食感であるわけで、日本語であっても一言で言い分けられないもどかしさがある。

そこで、オノマトペを使ってみると、「パラパラのインディカ米は、軟らか過ぎるとベチャベチャのネトネトした粘りがでるけれど、ジャポニカ米なら、ふっくら粒はつぶれずに中はもちっと粘りがあって・・・」とニュアンスの違いが伝わりやすくなる。これは、オノマトペを感覚的に共有している母語話者同士の会話

であれば、という前提であるが、豊かな語彙を駆使して微細な差異を言い分けていこうとするとき、オノマトペは有用であると考えられる。

大田原ら（1995）は、米飯の老化した感じを「硬さ」、「粘り」および「食用可能かどうか」について質問している。米のでんぷんの老化とは、米に水と熱を加えて飯になる過程で、糊化しておいしく消化しやすくなったでんぷんが、元の生でんぷんの形に似た状態にもどりおいしくなくなる現象をいう。ここで、飯の評価用語として、米の老化感にもっとも近い傾向をいい当てていた表現は「ボソボソした感じ」だったそうだが、オノマトペを評価用語として使うことに何かしらの抵抗感があったようで、ボソボソという用語を論文に掲載することはなかったと聞いた。オノマトペを正式な場面で使用することに対し、ためらいを覚える人は少なからずいそうである。

3　まとめ

以上、食べ物を味わい、おいしさやその背景にある食文化的な差異を伝えようとする際に活躍する表現について、筆者の考えの一端を示した。

音については、外耳と内耳で聞こえる音は違い、その違いをどう表現しうるのか、文字化できるのかといった課題がある。たとえば、他人が沢庵を食べる音と、自分が同じ沢庵を食べる音は違っている。他人がポリポリとおいしそうに咀嚼している音が聞こえてくると、自分も食べたいと思ったりするわけで、匂いだけでなく音も重要な食欲増進の役目を持っている。

本稿で注目する「オノマトペ」は、擬音語・擬態語の両方を包含するもので、実際には声や感情他までも表す非常に広い語義を持つ語彙である。

食感のオノマトペ・ワークショップでは、五感を研ぎ澄まし、食べ物を「五感で味わう」体験をしていただきたいと考えている。食べ物を評価するときに優先される味や匂いは少し後回しにして、とくに触覚と聴覚、そして視覚でもとらえうる食べ物の食感（テクスチャー）に注目してほしい。自分が感じたことを、どのように言語化できるのか。そして、他者はどのように感じ、表現するのか。対象物に向き合う時間と他者との交流の中で、自らがもつ「認知の力」と「ことばの力」に対する多くの気づきがあることを願う。

参考文献

[1] 瀬戸賢一（2003）『ことばは味を超える　美味しい表現の探求』海鳴社
[2] 大谷貴美子（2010）「視覚情報による「おいしさ」の研究」日本調理科学会誌, 43(2), pp.57-63
[3] 全国調理師養成施設協会（1986）『調理用語辞典』調理栄養教育公社, p.304
[4] 今村美穂、片山弘（2017）「定量的記述分析法による市販の生しょうゆと火入れしょうゆの評価および日本のしょうゆの特徴の体系化」日本食品科学工学会誌, 64(7), pp.343-354
[5] 大田原美保, 畑江敬子, 島田淳子（1995）「米飯の老化感の客観的評価」日本家政学会誌, Vol. 46（9）, pp.841－848
[6] 夏目漱石「吾輩は猫である　六」岩波書店(1930)、p195

全体討論：個別言語間の翻訳ギャップは如何に克服されるべきか
Discussion: Translation Barriers and the Way towards the Solution

佐良木 昌[1]
Masashi SARAKI,

[1] 明治大学・NPO法人言語研究アソシエーション
Meiji University / ALR
saraki@st.rim.or.jp

Abstract

Languages differ, especially at the lexical level of how sound and meaning are connected, but recent studies on sound symbolism, naming conventions and ideophones are making it more and more conceivable that other languages can be made more readily accessible through such connections.

This topic will be discussed at greater length from diverse viewpoints: bridging gaps between different particular languages and exploring the differences in cognitive process between users of languages.

Keywords — Gustatory Experiences / Onomatopoeia Culinary Linguistics / Language Landscape / Effability / Linguistic Relativity

はじめに

個別言語間の翻訳ギャップは如何に克服されるべきかについて、味覚の表現とオノマトペとを中心に、科学的真理と主体的真実・論理的思考と修辞的思考・語るロゴスと訴えるパトスの三軸を基点として検討を加える。

この写真は水族館で筆者が撮影したものである。シロイルカは餌をねだっているところで、飼育員の方は、お腹がすいているのかどうかを尋ねている。ヒトとイルカとの、異なる種の間で、何等かの意志交換が成り立っているのは確かである。相手の発話・発声の意味を言語的に分かっているわけではないにも拘わらず言葉と鳴き声とで互いに意思の疎通をしていると考えられる。ヒトは論理でもって意味を語り伝えようとしているが、イルカは情動でもって意志を訴えているとも考えられる。



名古屋港水族館にて撮影 2017/11/02

異なる言語を話す人間同士でも意思疎通は可能である。身振りや表情といった非言語的手段によって意思疎通は可能であろうが、意味理解は相手言語の翻訳を通して始めて可能であろう。意味の伝達と理解とが翻訳の実践的目的となるだろう。

1. 言語文化の固有性・共通性と翻訳可能性

「翻訳・通訳・言語相対性仮説」の領域における具体的課題の一つとして「食文化の固有性・共通性と翻訳可能性」を検討することには言語学・認知科学の観点からも大きな課題である。次の (1)-(2') に見るように、日本語には擬音語＝感性的と思われる側面があるが、英語には概念的な規定性をつける傾向が見られる。感情表現における日英の表現構造の違いを見ても (3)-(3') に見るように日本語は擬音語＝感性的だが、英語は身体慣用句とも言える。

(1) ハツカダイコンは、サラダやサンドイッチにちょっとした彩りを添えるのみならず、【パリパリ感とピリッとした辛み】を与えてくれる。

(1') Radishes add a splash of color as well as 【crunch and tang】 to salads and sandwiches.

＊ ビジネス技術実用英語大辞典

(2) 中華料理は【こってり】としたものが多い

(2') Many Chinese dishes are 【rich in taste】.

＊ 講談社和英辞典

(3) drag one's feet [heels](indifference)

(3') 故意にぐずぐず[のろのろ]する、いやいやする、躊躇する。

オノマトペは感性的な同一性が前提である。音楽は人間の感性に直接的に伝わるが、オノマトペはそうではない。言語的理解を前提とした音感で形成される感性（音韻）がオノマトペの修辞的特殊性を形成していることから、この感性的同一性は言語が異なれば成立

しない。「こってり」の音感は他言語の話者には、cutlery と感じられるかもしれないのである。音感類似の言葉を目標言語内に探し当てることでは翻訳の妥当性を保証出来ないと思われる。

他言語の話者がオノマトペを分かるためには、翻訳が何等かの手がかりを与えなければならない。したがって、翻訳においては、オノマトペの音感が表す感性的な表象が意味するところを把握することが必要となる。その意味把握から適切な翻訳表現を創案することへ進むことができるだろう。

2. 食文化と味覚

味覚の認知は、ある言語を使う民族や民俗集団の食文化により異なっている。

欧米においては、甘味、酸味、塩味、苦味という四つが基本味とされてきたが、グルタミン酸などのうま味（umami）に反応する受容体を備える味蕾が確認された[1,2]ことから、味覚には umami を含む五つの基本味があると認定された。1908 年、日本でうま味成分であるグルタミン酸塩が発見されて以来、科学的にも認識できるようになったひとつの味覚ではあるものの、だしに支えられた和食文化の存在抜きにはうま味という味覚概念はなりたちえなかったといってよいだろう。旨味という日本語母語者にとっての主体的真実は、科学的認識に媒介されてうま味という科学的真理に統合された。

うま味成分は、世界中のさまざまな食品に含まれている。古代ローマの魚醤ガルムをはじめ、うま味成分を含む食べ物を通して、うま味を感じる感覚を人類は共有していたのであるが、科学的真理の裏付けを得てはじめて、普遍的な umami として世界に認知された[3,4]のである。

なお、日本語には５つ目の基本味であるうま味（the fifth taste umami）と、その同音異義語である「旨味/旨み」がある。後者は、旨い味、おいしい味の総称として deliciousness、delicious tastes と訳されるものであるが、現状、この２つは混同されて表記や使い方にゆれが見られる。味覚生理学、調理学などの各方面からの働きかけにより『広辞苑　第七版』(2018.1）で２つの違いが明記されたことから、今後、使い分けが進んでいくものと考えられる。

3. 味覚の言語表現

言語表現においては、例えば、丸岡の研究[5]に拠れば、「スペイン語には rico, bueno, exquisito などの[おいしさ]を表す形容詞が存在し、それらはおいしさの度合いによって段階的に使われていることが分かった。一方、日本語ではおいしさを表す形容詞は「おいしい」・「うまい」などに限られるが、簡潔な表現で五感に訴えることのできるオノマトペが多用されている」（[5]:138-139）こうした事例は食文化が認知や言語に反映していることを示すものだといえる。

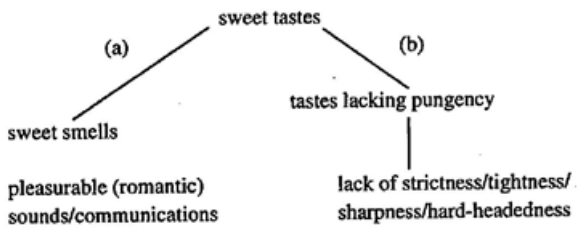
旨味に関する上の二言語の比較から、以下のことを課題としたい。概念的に区分された旨味レベルとオノマトペとの対応関係を理解しつつ訳語を工夫することと、文化的理解と対照言語学的な検討を深めること、である。

4. 味覚の意味拡張における言語間の異なり

Backhouse によれば、日本語においては、味覚形容詞の一つ、「甘い sweet tastes」の意味が (a)　「いい匂い sweet smell」と (b)「辛味の不足」との二つの対照的な方向に分岐して、原意が拡張されている[6]。後者 (b) の場合、前者 (a) とは対照的に「辛味の不足」に意味が転移するのは、不足感・欠如感による意味拡張によるという。Backhouse は、日本語では「甘い」と「辛い」とが対義関係にあることを指摘し、この関係が、「甘い」に (b)「厳しさを欠く／締りがない／鈍いこと／感情に左右される」という、欧米諸言語にはみられない意味拡張をもたらしたと述べている（[6]:155)。(b) の意味での表現には、「考えが甘い」「甘く見る」などという現実や敵を厳しく見ないことの常套句・慣用句の言い回しのほかに、「この鮭は塩が甘い」（「甘塩の鮭」ともいう）といった表現までもがある。

To sum up the extended meanings of AMAI, these divide into two broad directions, as follows:

(23)



Backhouse1994:155

Moiseeva の研究では、日本語や印欧諸語を含む 75 の言語における甘味を表す形容詞を考察し、それらの語の意味が pleasantness と flattery の二つの方向に拡張することを示した[7]。例えば、英語では sweet と

bitter が基本的な対義関係にあるが、sweet が excessiveness’（過剰な）に意味拡張されることはあるが、反意にまで意味が拡張・転義することはない。ドイツ語などでは flattery（甘言）を意味するし、また甘味の過剰摂取は健康被害をもたらしたり、飽満を招いたりすることから‘excessiveness（過度）’という規定を Moiseeva は付けた。そして、この ‘excessiveness’ の概念によって sweet と flattery は繋がっているとした[5]:11-12)。しかし、Moiseeva は個別言語の味覚表現には立ち入っておらず、日本語の「甘い」の意味拡張については、Backhouse の指摘を見逃していると思われる。

5. 翻訳ギャップの克服のために

異なる言語族に属する言語間では，統語構造や文法範疇の相違により、等価な意味内容を伝える翻訳が困難な場合も多い。さらに，異文化間での直接の対応関係が存在しない事象もしばしば見られることにより、翻訳がギャップを生じたりする。このような問題に対し、認知科学と翻訳論との接点を探りながら、言語間においての認知的機序の同一と差異との諸問題および翻訳への影響を見極めつつ、翻訳ギャップを克服していくことになるだろう。

味覚の事例で観察した意味拡張における言語間の異なりは、語彙レベルで説明がつくものではなく、言語間での意味カテゴリーとその体系上の差異という視座から究明していくことになるだろう。

「文化が異なれは言語が用いているカテゴリーの内容もひどく違ってくる」「相異なる言語は相異なるカテゴリーの型を析出する」 ルリヤ 1974『認識の史的発展』森岡修一訳

6. 謝辞

本稿の執筆に当たって、著者は以下の研究経費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(C)：課題番号 18K11849『ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現』（研究代表者：平松裕子）
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 17K02987『高度翻訳知識に基づく高品質言語サービスの研究』（研究代表者：佐良木昌）

福留奈美氏（早稲田大学大学院日本語教育研究科修士課程）から、**うま味**および**旨味**について有益な教授ご示唆をいただきました。感謝申し上げます。

参考文献

[1] Lindemann, B. (2000) "A taste for umami," Nature Neuroscience 3, pp. 99-100.
[2] Nelson, G., Chandrashekar, J., Hoon, M. A. et al. (2002) "An amino-acid taste receptor," Nature 416 (6877): pp. 199–202.
[3] 近藤高史・鳥居邦夫 (2001) "うま味受容機構と嗜好性," 日本醸造協会誌，96 巻，12 号，pp.829-847.
[4] 河野澄夫 "わかりはしめた味覚の分子メカニズム," 農研機構 https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/kanko_sou43_1.pdf
[5] 丸岡真紀穂 (2014) スペイン語味覚形容詞の認知言語学的研究: 日本語との対照を通して，博士論文（関西大学）https://www.kansaigaidai.ac.jp/common/pdf/info.disclosure.theses.ko56_dissertation.pdf,
[6] Backhouse, A. E. (1994) *The Lexical Field of Taste: A Semantic Study of Japanese Taste Terms*, Cambridge University Press: U.K.
[7] Moiseeva, N. (1999) "From Tongue to Feelings," In Schlaeger, J., Stedman, G. (eds.), *Representations of Emotions*, Tübingen: Narr, pp. 173-183.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

記号接地問題における地とは何か：視覚的物体の同一性の分析
What is the “ground” of the symbol grounding problem?

日髙　昇平†
Shohei Hidaka

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

Abstract

記号接地問題において、最大の問題の一つは、地(Ground)あるいは非地とは何かという問題である。本研究では、Harnad のいう「中国語-中国語辞書による中国語の学習」という構造(メタ復号問題)が、“地”の候補たる感覚情報にも存在するため、記号と地(非記号)という二分法に意味がないことを論じる。これに対し、本研究は、情報の伝達経路における変換に拠らず推論が可能な性質を、メタ復号問題の解の候補として提案する。異なる２時点の複数の点の同一性を論じることで、視覚的オブジェクトの一種が変換群の可換性により特徴づけられることを示す。これにより“感覚器を通した情報を地”とする素朴な定式化を超えて、本質的な意味発生の定式化を論じる。

Keywords — Symbol grounding problem, Chinese room argument, meta decoding problem, homomorphism

1.　記号接地問題

記号接地問題とは、記号がいかにそれによって意図された意味に結び付けられるのかを問う問題である。ここでの記号とは、狭義には音声的な言語単位(e.g., 発話や文字による単語、文など)を指す。一方、記号接地問題における「地」である意味として何を指すのかは、論者によって大きく意見が分かれるところだろう。意味の定義については後ほど述べるとして、それが何であろうと、「接地」の比喩によって捉える意味の一つの側面は、記号のように恣意的で不安定なものを、ゆるぎなく安定しているはずの大地(Ground)に結び付けるという含意があると思われる。

そうしたゆるぎない意味の源泉(～それを要素として意味が構成されるもの)として、多くの研究では感覚・知覚によって与えられるデータ(認識論の用語ではセンスデータあるいは感覚所与)を前提として議論を構成している。一方で、古典的な記号処理による人工知能(AI)研究を典型的には指して、これらの記号処理では意味を表現しえないとする。Harnad (1990) [1]は、こうした記号処理を「中国語を中国語-中国語辞書をもって学習する」ようなものだとし、記号と非記号的表象の間の結合(grounding)が必要だと論じた。

2.　記号=離散，地=連続でよいのか

こうした記号と非記号的な意味あるいは地の二分法は、記号処理的 AI と並列分散処理的なコネクショニズム(McClelland & Rumelhart, 1978 [2])を象徴として、1980 年代から 2000 年代初頭までは離散的・論理的な情報処理と、連続的・分散的な処理の違いとして理解されてきた面がある。

しかし、近年の人工知能や統計的な情報処理モデルの発展では、こうした垣根はほとんど意味のないものとなってきている。つまり、古典的な論理的・離散的な処理や、逆にすべてが連続的な関数であるコネクショニズムという二項対立に代わり、離散的な確率変数(典型的には多項分布に従う)と、連続的な確率変数を共に共存させた、階層的な確率モデルなどが登場している。こうした柔軟な統計的モデリング手法は、確率論・統計学の観点から統一的に定式化される。近年有用性が顕著に認められる深い階層を持つニューラルネットワークなども、その複雑性など数理的に解明すべき性質は残されているものの、やはり統計的なモデリングの一種であると言える。

したがって、少なくともこうした技術的な観点から言えば、離散的な変数を記号とよび、連続的な変数を地・意味と呼ぶことにはほとんど意味がない。あるいは、ある変数が「感覚所与」「意味」であり、また別な変数が「記号」であるというラベルを設計者が与える事では、記号接地問題の本質に迫ることにはならない（記号接地を問いとせず、特定課題を解く処理機械を作るのが目的なら、それでよいかもしれない）ことも明らかである。

3.　地とは何か：メタ復号問題への転換

よって、我々は改めて記号接地問題における「記号」とは何か、「地」とは何かを問いなおす必要があるのではないだろうか。

より具体的に言えば、例えば網膜に投影された視覚像が、「感覚情報」（地）であるとはどういうことだろうか。前述した通り、人間の“設計者”が、「この神経細胞の活動は外界の視覚的なパタンを伝える情報である」というラベルを生得的に与えているのであれば、記号接地問題は本質的に既に解けている。つまり、こうしたラベルの付与は、何を意味(あるいはその構成要素)とすべきか、その方針を明示的に与えることに他ならない。逆説的に言えば、あえて記号接地問題における記号と地とは何かを問う立場にいるということは、こうした一切のラベルを前提とせずに、しかし、視覚野の神経細胞が「視覚パタン」を伝達していることをいかに知るか、という問題である。これは、Harnad (1990) [1]が「中国語を中国語-中国語の辞書で学ぶ」とした記号処理問題と全く同型である。つまり、離散的な対象であろうと、連続的な対象であろうと、「認知的に閉じた」主体(ラベルを付与されず、自ら意味を見つけ出す主体)からは、やはり「神経細胞の間のやりとり(中国語-中国語の辞書)から、神経細胞が何を意味しているか(中国語)を見出す」のは本質的に同型の問題となっている。

日髙 (2016) [3]は、これと本質的に同型の主張である Searle (1980) [4]の中国語の部屋論法への一つの解答として、メタ復号による解を提案している。日髙(2016)は、中国語の部屋の思考実験が、Shannon の通信モデル(Shannon, 1948) [5]と本質的に同型であることを指摘した上で、通信モデルの拡張を試みた。この試論において、メタ復号問題とは、「符号-符号の観察だけから、符号を信号に変換する復号規則を推定する問題」である。標準的な通信モデルでは、信号に符号を割り当てる符号器が、受信者に与えられることを前提として復号を行う。しかし、拡張したモデルでは、この符号器を所与とせず、通信路を経て変換された符号の観測だけでその復号規則を復号することを要求するため、メタ復号問題と呼ぶ。すでに挙げた「中国語を中国語辞書で学ぶ」、「神経細胞を神経細胞の活動でラベル付けする」の命題が、いずれも本質的にメタ復号問題の一種であると捉えることができる。

Harnad は「中国語だけによる中国語学習」から意味が生まれる事はあり得ないとして、それとは異なる非記号的な「地」を求めた．しかし，非記号的な「地」の候補であったはずの感覚器・神経系自体も、「中国語だけによる中国語学習」と同じメタ復号問題としての構造をもつため、それは本質的な解になりえない。従って、本稿では、発想を全く変えて、メタ復号問題そのものを解くことが可能であるか模索する.

4. メタ復号問題としての視覚的物体同定

本稿では、メタ復号問題の一種として、「視覚的な情報要素の集まりで、なんらかの視覚的単位(オブジェクト)を構成できるか」という問題を例にとって考えていきたい。ここで考えるオブジェクト同定問題とは、ある空間上の点群がデータとして与えられ、それ自体にはラベルを与えられず、またそのデータが生成された過程も不明な時に、点群のどの部分集合が“意味のあるまとまり”である視覚的オブジェクトを構成するかを推定する問題である。

既存の機械学習などによるオブジェクト認識モデルと対比してこの問題の特徴を挙げよう。まず、多くのオブジェクト認識モデルは、認識器を構成するために、画像などのデータを準備し、それを学習する必要がある。また、教師あり学習と呼ばれる手法では、これに加えて、そうした画像のうち、少なくとも部分的にはどの画像の部分領域が特定の物体に対応するか、といった教師信号(ラベル)を与えて、それに対応する特徴を学習によって特定するというプロセスを経る。本稿で考えるオブジェクト同定問題では、通常のオブジェクト認識モデルと異なり、議論の単純化のため画像ではなく疎らな点群でデータを表現するという違いはあるが、これは本質的な違いではない。そうしたデータの形式・複雑性を除き、本質的な違いとして、オブジェクト同定問題では、一切の学習データを用いず、また教師信号なども与えないことが顕著な特徴として挙げられる。これは、オブジェクト同定問題の目的が、画像からの物体認識そのものではなく、物体認識という事例を通じて、「(画像あるいは点群という)符号だけから復号器を復号する」というメタ復号可能性の問題を論じる点にあるからである。

具体的に、本稿ではオブジェクト同定問題を以下の通り定義する（図１を参照)。

（1）ある時点 0 において、3 次元ユークリッド空間上に N 点があり、そのうち M 点が、ある変換 f で、同空間上の別な配置へと移る。変換後の座標系に相当する時点を 1 とする。

（2）視覚的オブジェクトとは、ある変換で同時に

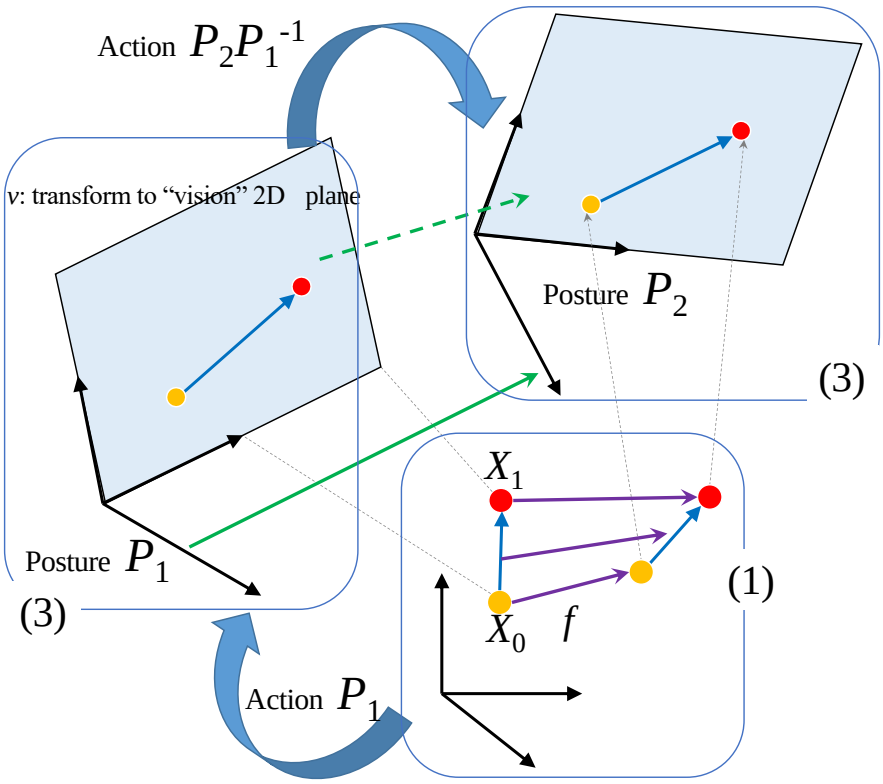


図 1: オブジェクト同定問題の想定する状況. 図ではオブジェクトを構成する 2 点(X_0, X_1)のみ表示. 本文の説明の(1), (3)に対応する部分を図示.

移される点の部分集合であると定義する。(1) の例では、変換 f で移される M 点と、同一変換で布置を変えない残り N-M 点が、二つの異なるオブジェクトである。

(3) 観測者はある時点 0 の N 点を、ある座標系(線形変換 P_0)から観測し、また次の時点 1 の N 点を別な座標系(線形変換 P_1)から観測する。観測結果は、いずれの時点でも 3 次元座標系から、網膜の 2 次元座標系へと移る線形変換 v によって得られる 2 次元点群データとして与えられる。

(4) 本問題において “観測者” に与えられるのは、2 つの時点での視覚像である 2 次元点群データのみで、他の情報、すなわち、元の 3 次元点群、変換 f、観察者中心座標系を与える変換 P_0, P_1 は、未知であるとする。

(5) “観測者” に与えられた 2 時点の 2 次元点群データのみから、N 点のうちどの部分集合がオブジェクトを構成しているのか推定せよ。

この視覚的オブジェクト同定問題において、“観測者” は 2 つの時点における網膜像という極めて限られた情報源しか持ち合わせておらず、自分が各時点でどのような姿勢をとっていたか(観測者中心座標系の変化)すらも未知である。これは、視覚野の神経細胞の 2 時点での同一性だけが辛うじて与えられているものの、他の体性感覚野や運動野などの他の領域の情報と連合して問題を解くことができない、つまり、「視覚情報だけに閉じた認知主体」を想定する事を意味している。また、この問題におけるオブジェクトの定義は、「なんらかの変換によって同時に変換される点の部分集合」であることは問題の前提として与えられるが、それがどのような変換であるか、という何をもって意味とすべきかという定義自体を推定する問題となっている。加えて、物体自体の変換のみならず、自分自身の姿勢変化によっても視覚像が変化するため、未知なる観測者の姿勢変換と、未知なる物体の変換を切り分ける必要もある。

5. 準同型写像の存在による物体同定

こうした、通常で想定されている物体認識問題よりも極めて限定された状況において、それでも視覚的物体という「意味」を見つけ出すことは可能だろうか。

結論から言えば、可能である。現在、著者はこのオブジェクト同定問題を中心として、メタ復号問題のプロトタイプの数理的な構造の解析を進めている。この進行中の研究の現段階の成果として、オブジェクト同定問題において、各未知なる写像が構成する準同型写

像の存在(図1では緑の破線矢印で示す写像の存在に対応する)を検証する事で、与えられる2時点の視覚像だけで任意の部分点集合のオブジェクト性を判定可能であることが分かっている。ただし、本来3次元空間上の構造が2次元空間へと縮退しているため、判別のつかないような特異なケースも含まれているが(こうした同値類の構造も数理的には明らかになっている)、そのようなケースを同値とみなすような認識器であるということを認めれば、本質的にオブジェクト性を問うためには、符号(ここでは点集合の変換群)のパタンマッチをする必要がない。

この結論は驚くべきものである。通常の機械学習の枠組みでは、特徴空間上の類似性(教師なし学習)か、あるいは判別したい事例のラベル(教師あり学習)のいずれかを、認識器の設計が与える必要がある。そしてこうした情報を基礎に、オブジェクトを認識するのが一般的であるが、上記のオブジェクト同定問題では、パタンそのものの定義は、トップダウン的(モデルの設計)にもボトムアップ的(学習データの選択)にも与えられておらず、それ自体を見つけ出す問題となっている。一方で、オブジェクト同定問題の数理では何も前提がないかというと、そうではない。特定のパタンの類似性やラベルを明示的に与える代わりに、そうした関係が「存在する」ということを前提に推定の枠組みを構築している。つまり、それがどのような変換であるかは未知ではあるが、何らかの変換があり、それに関して、準同型写像(ここでは、線形力学系の間の準同型)が構成可能なものである、というある種の数学的な構造の存在を、オブジェクト性推定器の構築の基礎に置いている。事例的に言えば、「丸い形をしているのがりんごだよ」などと教えるのではなく、「どんな形をしているか、どんな動きをしているかわからないが、複数の可能な情報の経路で一貫した性質を持っているのが何らかの物体だ」といった、オブジェクトに内在する整合性を抽象化した命題を基礎において、オブジェクトを推定していることに対応する。

6. 中-中辞書による中国語の学習可能性

このオブジェクト同定可能性は記号接地問題にとってどのような意味を持つのだろうか。第一に、対象となる現象がいくつかの条件を満たす場合、「中国語-中国語辞書による中国語の学習」が可能であることを示唆している。これは、Harnad (1990)の立場から見た記号接地問題の研究に対して、大きな立場をパラダイムの変化を迫るものになる可能性がある。すなわち、Harnad は「中国語だけによる中国語学習」から意味が生まれる事はあり得ないとし、それとは異なる確固たる“実在”の代理としての「地」を求めた。しかし、すでに述べたとおり、非記号的な「地」の候補であったはずの感覚器・神経系自体も、同じメタ復号問題としての構造をもつため、それは本質的な解になりえない。

従って、本研究の採ったアプローチは、メタ復号問題を避けて、記号なるものと非記号・地なるものを前提とし、それらの結合を問題にするのではなく、メタ復号問題を直接的に解くことが可能であるかを模索する道である。メタ復号問題としての性質を有する理想化された模型であるオブジェクト同定問題では、未知なる「オブジェクト性=未知なる変換の下で同一視できる点の部分集合」を意味とし、限定的で認知的に閉じた主体の立場からこれを推定可能であるかを問う。

7. 自律性と意味の単位

第二に、メタ復号問題の解は、本質的に自律性、あるいは主体性という概念と意味の発生の関係を示唆している．自律性や主体性は、その概念を明確に定義するのが容易ではない。例えば，一見似ている指標として，確率的な独立性が挙げられる。例えば、外気温と、それによらず体温を一定に保つ恒温動物の対応を二つの変数としてとれば、2つの変数は確率的独立であるとみなせるかもしれない。逆に、無生物の温度は外気温に従属的に変わるだろう。従って、確率的独立な変数を持つ何かを“自律的な主体”と言ってもよいのだろうか。しかし，これは必ずしもその主体のすべてが，それ以外と確率的に独立であることを意味しない．むしろ，「体温を保つ」などの機能(ホメオスタシス)は，積極的に外界との相互作用をすることによって実現されていると言える(e.g., 外界の温度が低いなら、発熱しなければ一定の体温を保てない)。つまり，確率的独立性だけでは自律性を記述する事は難しい。

多くの生物の最小の“意味”を持つ構成単位である細胞を定義する一つの手立ては、それを覆う膜の内と外という区別によるものである。タンパク質や RNA, DNA などが単体、あるいはその特定の集合だけでは、機能を果たせず、生物としての“意味”を持つことができない。一方で、細胞は、それらの基礎的な構成物が有機的に関連し合い、互いの“意味”を積み出す単位として働いている。この意味で、細胞は生物として

の最小の意味を持つ単位と言えるだろう。当然ながら、その細胞意味論の機序の解明は容易ではないものの、少なくとも細胞生物学には、膜という比較的容易に定義できる明らかな単位があり、細胞膜で覆われた細胞は、ある種の自律性を持つと言ってよいだろう。

では、認知的な主体における「膜」とはどのようなものか。すでに述べた通り、“身体”や“感覚器”を外界とのインターフェイスとしてラベルづけするのは本質的な定義にはならない(一時的に、仮にそう定義するという手法はあり得るが)。なぜなら、認知的な主体において、“身体”の感覚は、“身体でないもの”を含んで変化しうるし(ボディーイメージの変化の神経基盤研究として入來らの研究がある)、また感覚モダリティもある程度の可塑性を持つことが知られているためである。こうした、物体への名づけによってその「膜」を定義することが難しい認知的な主体の自律性はいかに論じるべきだろうか。

これに対する一つの答えは、本稿で論じたオブジェクト同定問題に含意されている。紙面の都合でオブジェクト同定問題の数理についての詳しい説明は別の機会に譲り、ここで端的に言うならば、オブジェクトを構成する部分集合を検討する際に、点集合の満たすべき方程式が導出される。この方程式は、もし点集合が同じオブジェクトであれば満たすべき内在的な制約を反映したもので、どの点だけでも定義できず、互いが互いを制約する形で表現できる。その方程式の表現する全体性に加えて、その方程式が“内なるデータ”(4節の定式化では視覚平面上のパタン)だけから表現できるという点が、その範囲のものを「自己」として定義しうる性質を表している。つまり、あるデータに閉じて(e.g., 視覚平面上の点群)いながら、しかし、それらの内的な整合性によって、それを超えた“非自己”を推論する事も可能である。こうした“自己”と“非自己”の区別の発生、そして“自己”に閉じた情報だけから“非自己”の情報を得られる点(意味の発生)で、自律性を本質的に捉えるための基盤となっている可能性がある。

謝辞

本研究は科学研究費補助金若手研究A 16H05860の補助を受けた。

参考文献

[1] Harnad, S. (1990). The symbol grounding problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, *42*(1-3), 335-346.
[2] Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., & PDP Research Group. (1987). *Parallel distributed processing* (Vol. 1). Cambridge, MA: MIT press.
[3] 日高昇平. (2016). 情報の伝達から理解へ. *人工知能学会論文誌*, *31*(6), AI30-H_1.
[4] Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and brain sciences*, *3*(3), 417-424.
[5] Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27 (3): 379–423

神経心理学的視点からみた記号接地問題
Neuropsychological Approach to the Symbol Grounding Problems

大槻美佳[1]，山ノ井髙洋[2]
Mika Otsuki[1], Takahiro Yamanoi [2]
[1]北海道大学大学院保健科学研究院，[2]北海学園大学
[1] Hokkiado University, Graduate School of Health Sciences, [2]Hokkai-Gakuen University

Abstract
各種感覚情報は、従来、段階を追って処理され、最終的に概念（意味野）に到達し、言語や行為などの反応が引き出されると推測されていた。しかし、昨今の知見では、感覚情報処理は、処理の初期段階から、既に、対象のカテゴリー化や意味野の賦活が開始されていることが推測されている。本発表では、脳損傷によって、言語機能の‘壊れ方’にどのようなパターンがあり得るのかを検討し、記号接地問題に関わる問題を考察する。

Keywords — Aphasia, Category Specific impairment, Modality Specific impairment, Brain lesion, Neuropsycology

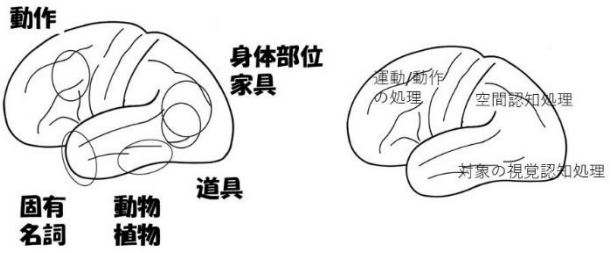
1. はじめに

ヒトが言語をどのように処理しているのかを知る手立てには、大きく２つの視点がある。１つは、言語がどのように構築あるいは獲得されるのかという視点であり、もう１つは、どのように障害されるあるいは壊れうるのかという視点である。脳損傷による言語障害の研究は、神経心理学の領域に含まれ、後者の視点で、言語のしくみを考察してきた。脳損傷者が示す言語症状は、記号接地問題に多くの示唆を与える。

通常、脳の特定の部位が損傷されると、言語（language）を扱うこと自体に問題が生じ、これは、‘失語’と称される。失語では多くの場合、「言葉が出ない」あるいは「（言われた）言葉がわからない」という訴えがある。このような、語の想起あるいは理解の障害を詳細に調べると、示唆に富む現象を見出すことができる。今回、これらについて、神経心理学的視点と電気生理的な検討から、語と意味の関係について考察する。。

2. カテゴリー特異性とモダリティ特異性

言語のしくみを考える上で、示唆に富む現象の１つに、‘語’の想起や理解の障害が、時に語の種類によって異なる現象がある。Warrington ら[1]は生物の名前はわかるが、人工物の名前はわからない、あるいはその逆で人工物の名前はわかるが生物の名前はわからない症例を報告し、生物カテゴリーと人工物カテゴリーで語の理解が二重乖離する可能性を報告した。その後多くの同様の報告が続き、この現象は機能画像でも証明されている[2]。これは、意味カテゴリーによる障害の乖離である。あるいは、動詞の想起・理解は良好なのに、名詞の想起・理解に問題がある場合やその逆のパターン、あるいは、特定の部位の損傷で、固有名詞にのみ障害が出る場合もある。これらは、品詞カテゴリーによる乖離である。これらは、‘カテゴリー特異性のある障害’と総称されている。これらの障害パターンと、脳の損傷部位には一定の関係がある（図 1-A）。



A B

図 1

図 1-A は、脳のどの部位が損傷されると、どのカテゴリーの語が障害されるかの模式図である。図 1-B は、脳の主な機能システム：すなわち、対象の視覚認知処理、空間認知処理、運動・動作の処理のシステムの局在が示されている。図 1-B で、例えば、空間認知処理と記載されている部位は、頭頂葉と称されている部位で、空間的な位置・広がりの認知、あるいは身体の位置を認知し、外の対象との関係を位置付ける機能を担っている。この部位が損傷されると、図 1-A で示されているように、身体部位や家具・道具のカテゴリーに関係する語が障害されうる。これは、家具や道具が身体を用いて使われるものであることと関係するためである可能性がある。また、対象の視覚認知処理を担っている部位（図 1-B）は、

側頭葉下部と称されている部位である。視覚情報は後頭葉の一次視覚野に入った後、側頭葉下部を前方に向いながら、対象の視知覚認知処理が進むのである。その処理の進む通り道にあたる側頭葉下部の中央近傍の損傷で、特に動物や植物などの生物カテゴリーの理解や語想起が障害される（図 1-A）。これは、動物や植物は、その識別や概念の上で、視覚的な特徴が大きな意味を持つことが多いためかもしれない。さらに、運動・動作の処理に関与する部位は、前頭葉である（図 1-B）。この部位の損傷では、動詞、あるいは、運動や動作に関連する語の障害が出やすい（図 1-A）が、これは運動野との関連が推測されている。このように、語の処理は、意味カテゴリー毎に異なる脳部位が関与し、その部位はその語に関連した知覚処理や運動処理を担う部位と一致している可能性が指摘されている。これらの知見は、その単語を獲得した状況、あるいはその単語を理解したり、想起したりする状況あるいはその時に関与する身体の部位や入力に用いられる感覚情報の経路が重要であることを示唆している。

3. カテゴリー特異性：脳損傷者からの知見

患者[3]：71 才右利き女性で、MRI で、左下側頭回（一部中側頭回）中～後部に出血巣を認めた（図 2）。

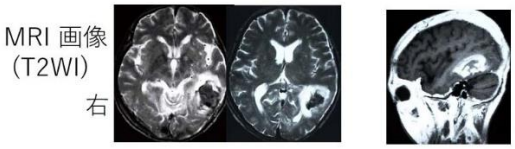


図 2

本患者は、単語の指示課題および呼称課題で低下を示し、これらを意味カテゴリーごとに検討したところ、果物・野菜・動物のカテゴリーで特に低下していた（図 3）。

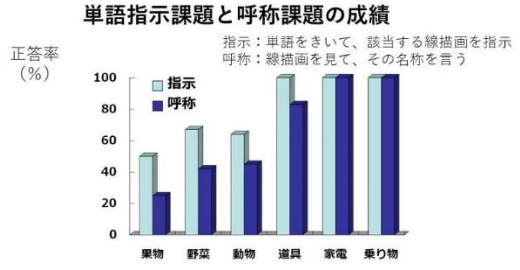


図 3

さらに詳細に検討すると、障害されていると考えられたカテゴリーの中でも、正答できた対象と正答できなかった対象があった。動物カテゴリーでは四足のもの、果物カテゴリーでは丸い形のものを誤答していたのである。果物の正答と誤答の例を図 4 に示す。

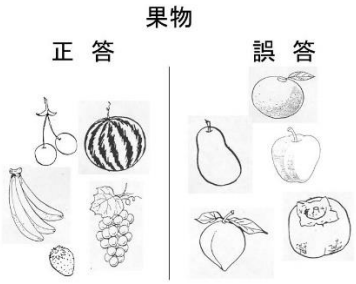


図 4

そこで、動物に関して、「四足ではない動物」を対象に、呼称課題を施行したところ、全てのモダリティについて、良好な成績であった。この結果は、本患者は、動物全般に障害があるというよりは、「四足の動物」に障害があると言える。また、果物に関しても、果物全般に障害があるのではなく、「丸い形をした果物」に障害がある可能性が示唆された。ここで、このような乖離は、類似した形状なので、単に混乱しやすかった可能性を排除できるか、対照課題として、類似の形をしたものを 6 択の選択肢に並べての呼称課題を施行した。しかし、特に成績の低下は認めなかった。従って、動物における‘四つ足’が不良で、‘非四つ足’が良好であったという乖離、あるいは、果物における‘丸いもの’は不良であったが、‘丸くないもの’は良好であったという乖離は、対象の形状が類似していることでは説明できないと考えられた。

4. カテゴリー特異性：脳内活動の知見から

脳損傷患者において、このような形状特異的と言える症候がみられたが、これは普遍的に脳における言語処理を示唆しているのか確認する必要がある。そこで、事象関連電位の方法を用いて、脳内活動経路の時間的推定を行った。

1）対象・方法

対象は健常大学生 4 名（全員 22 歳、女性 1 名、男性 3 名）。方法は、被験者に対し四足動物および果物のモノクロ線画を提示し，その名称を想起させ、その際の脳波（EEG）を計測した。計測した EEG は ECDL 法[4]により解析した。具体的手順は、①画面

中央に注視点を 4 秒間提示し，②その後，画面中央に視覚刺激を 3 秒間提示した．視覚刺激は、果物 6 種類（サクランボ、苺、バナナ、西瓜、林檎、柿）を用いた。視覚刺激提示開始時から 3 秒間の EEG を計測した．以上のサイクルを 40 回繰り返し，1 サイクルとして，2 サイクルを 1 セットとした．なお，視覚刺激はランダムに提示した。

２）結果

結果は、どの線描画を提示した場合も、一次視覚野 (V1) → 下側頭葉皮質前部 (TE) → 右海馬傍回 (R ParaHip) → 右紡錘状回 (R FuG) → 右海馬傍回 (R ParaHip) →Broca 野（Broca）→ 左島皮質（L Insula）→ 右海馬傍回 (R ParaHip) → Broca 野（Broca） → 右紡錘状回 (R FuG) → Broca 野→ ＊→ 右紡錘状回 (R FuG) → Wernicke 野 → 右 Broca 野（R Broca）の経路をたどった。この経路は、様々な場所の脳活動が、行きつ戻りつして、脳内を活性化してゆく様子が示されている。また、興味深いことに、上記の「＊」のところで、線描画によって、右角回（R AnG）を経るものと経ないものがあった（図 5）。図 6 に代表的な、サクランボと柿の脳内活動経路を図示する。



図５

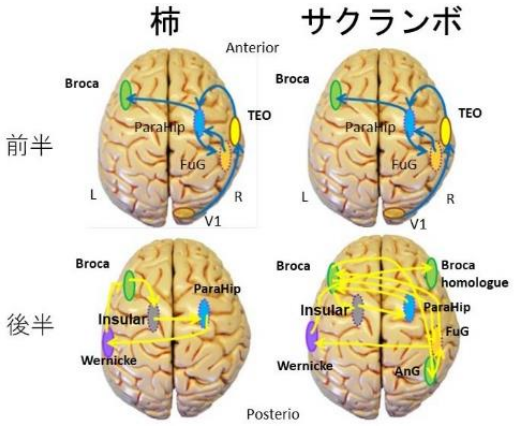


図６

角回の活動があったものは、図４で患者が正答していた対象と一致し、一方、角回の活動がなかったものは、患者が誤答していた対象と一致していた。すなわち、丸い典型的な形・単色の果物と、その他の特異的な形や柄のある果物で、脳内の活動部位が異なることが示された。

５．考察

目の前の対象の名前を言う呼称課題を遂行するのに必要なプロセスとして、視覚認知が段階をもってなされ、最終的に対象を認知し（概念に達して）、その上で語を引き出すという階層性のあるプロセスが従来、仮定されてきた。そして、‘概念’に達したところで、‘わかった’と認識すると考えられている。一方で、その‘語’の障害が、カテゴリーごとに乖離しえることは‘カテゴリー特異性のある障害’として広く知られ、語の獲得や使用の際に、活動するであろう脳部位と密接な関係がある可能性が示唆されてきた。すなわち、脳のある特定の部位が、概念の中枢として存在するのではなく、同時にあるいは関連して活動する脳部位が、それぞれの語の想起に関わっているという、現場主義的な側面があるということである。この考え方は、実は、階層性のあるプロセスを経て、‘概念’に達するという考え方とは、異なる発想を持っている。今回の患者の反応を詳細にみると、一見、‘意味’カテゴリー特異性がある障害に見えるが、それは、意味や概念という考え方に立脚した人為的な見方ともいえる。本患者の症候や ECDL の結果は、呼称するというプロセスは、①決して階層的に進んでゆく 1 本道ではなく、様々な部位の脳活動が行きつ戻りつして惹起されるものであること、②また、‘形状依存的’な脳内処理をしている可能性があることを示唆している。

参考文献

[1] Warrington EK, Shallice T. Category specific semantic impairments. Brain 207: 829-953, 1984

[2] Damasio H, Grabowski TJm Tranel D, Hichwa RD, Damasio AR. A neural basis for lexical retrieval. Nature 380: 499-505, 1996

[3] 大槻美佳. 言語の神経心理学. 神経心理学 32(2): 104-119, 2016

[4] T. Yamazaki, K. Kamijo and A. Kenmochi: “Accuracy of Multiple Equivalent Current Dipole Source Localization from EEG in Terms of Confidence Limits for Radial Distances”, Bio Medical Engineering, 37-4, pp.336-341, 1999.

記号接地問題から記号創発問題への移行の必要性 ～ダイナミクスとしての記号と認知～

Move from Symbol Grounding Problem to Symbol Emergence Symbol and Cognition as Dynamics

谷口 忠大[†]
Tadahiro Taniguchi
[†]立命館大学
Ritsumeikan University
taniguchi@em.ci.ritsumei.ac.jp

Abstract

Symbol grounding problems is not well-defined problem because it is accompanying a pre-existing amodal symbol system and missing the social dynamics of symbol systems. To overcome this problem, we need to change the problem setting. In this talk, I will talk about symbol emergence problem. I will also talk about symbol emergence in robotics, which is tackling the problem.

Keywords — Symbol grounding problem, symbol emergence in robotics, artificial intelligence, symbol emergence problem

記号接地問題はHarnadにより導入された概念であり，物理記号仮説に基づく人工知能や，それに影響を受けた認知科学と実世界の認知を調和させるための議論であった[1,2]．しかし，その問題設問自体に問題がある．そもそも，固定的でアモーダルな記号系はアプリオリには存在しない．人間の自らの感覚運動に閉じた認知発達を前提に考えれば，これは演繹的に明らかである．しかし，どこかで「りんご」や「歩く」などといった概念を表す言葉の意味を固定的に捉え，近似的にアモーダル記号系が存在することを仮定し，認知システムの表現に用いたことから間違いは始まった．近年，アモーダルな記号系を一切用いない深層学習の成功により，アモーダルな記号系による現実的な意味での認知の表現の限界がその影という対照によりくっきりと表れている．

アモーダルな記号系は思想的には，実世界の接地を捨てた，数理論理学，記号論理学の記号概念を継承したものであり，それに後付けで意味を付そうという記号接地問題の考え方は立て付けとしてナイーブだ．そもそも，人間にとっての記号系とは記号論理学におけるようなもの記号系ではなく，社会において保持され変化を続ける社会的な存在である．言わば，多くの人間，動的に，適応的にコミュニケーションするマルチエージェントシステムによって支えられた創発的実体である．記号系自体が人間のコミュニケーションを下層に持ち，そのシステムにおける下層のエージェント，つまり人間活動のダイナミクスの上で自己組織化した秩序なのである．そして，その存在は人間の意味解釈や活動を通して実世界と接続する．このような記号を支えるシステム全体を谷口は記号創発システムと呼んでいる[3,4].

認知科学や人工知能における記号の議論は未だにアモーダルな記号系の理解に囚われることが多いのと同時に，記号系を固定的なものと捉え，認知システムによる接地の問題しか見ていない．記号接地問題という言葉が有名になりすぎているのも問題である．重要なのは記号創発問題であり，記号接地問題ではない[5].

本講演では記号創発システム，及び，記号創発問題について指摘し，認知と社会両方を包括する現実的な記号接地の方向について論じる．また，そのような問題に対する構成論的なアプローチとして，記号創発ロボティクスの研究取り組みに関して概説する．

参考文献

[1] Harnad, S.: The symbol grounding problem, Physica D:, Nonlinear Phenomena, Vol. 42, No. 1, pp. 335–346 (1990)
[2] Newell, A.: Physical symbol systems, Cognitive Science, Vol. 4, pp. 135–183 (1980)
[3] Taniguchi, T., Nagai, T., Nakamura, T., Iwahashi, N., Ogata, T. and Asoh, H. "Symbol emergence in robotics: a survey." Advanced Robotics 30.11-12, 706-728 (2016)
[4] 谷口忠大：記号創発ロボティクス知能のメカニズム入門 (講談社選書メチエ), 講談社. (2014)
[5] 谷口忠大：記号創発問題: 記号創発ロボティクスによる記号接地問題の本質的解決に向けて，人工知能，31(1), 74-81. (2016)

意味の共有感覚と記号接地問題
Sharing the Same Sense of Symbols Provides the Scaffolding for Symbol Grounding

佐治　伸郎
Noburo Saji
鎌倉女子大学
Kamakura Women's University
saji@kamakura-u.ac.jp

Abstract

本発表では，記号接地問題が言語習得研究に何をもたらしたかを整理したうえで，その現代的な意義を再考する．記号接地問題に代表される記号主義批判以降，どのように言語習得研究が展開し，また現代的にどのような新しい問題を提起しているのかを，特に記号習得・意味習得の関連から，意味の共有感覚の問題を中心に議論する．

Keywords — 意味習得，記号習得，意味論

1. 記号接地問題が今までに何をもたらしたか：感覚運動経験と社会的経験

記号接地問題は，心のはたらきを所与の「記号」(同値類に同じラベルを貼り分節化した対象)のセットを用いた演算処理として考える記号主義への批判として提起された [1]．その後の認知科学全体における身体論の隆盛を見れば，記号接地問題の問題提起としての役割はひとまず成功したと言ってよいだろう．言語学・言語習得分野においても，反記号主義的なアプローチは盛んに展開された．多くの研究に通底するのは，計算にとっての「記号」ではない人間にとっての記号，すなわち人間が対自/対外的コミュニケーションに用いる形式-意味の対応が「経験」からどのようにボトムアップに立ち現れてくるのかということに応えることであったように思える．

経験といっても非常に開かれた概念であり，ともすれば個別の現象をアドホックに説明するだけの装置になりがちであるが，これまでの研究を概観すると二つの捉え方が存在していたように考えられる．第一に，子どもが既に社会に存在する他者から与えられる文化的もしくは社会的経験である．近年の発達心理学研究から明らかにしてきた人間の向社会性，利他性，共有志向性等の性質は，人間が同種の他者から発せられる音声や行為に対し特殊な推論を行うことを明らかにしてきた．例えば生後一年に満たない子どもは，視線や動作を通じて他者の注意方向を追い，他者がなぜそこに注意を向けたのかその意図を推論する．更に情報を共有すべく他者の注意状態をコントロールする所作，すなわち記号を使うことによって協力的な目的を達成しようとする [2]．更にこのような記号を用いた推論が模倣学習(imitative learning)を始めとする人間特有の学習の形を生み，個別言語の意味体系をはじめとする種々の文化学習の端緒を開くことが明らかになってきている[3].

第二の経験のタイプは，我々の記号の意味を支える感覚運動的経験である．いわゆる身体論の立場をとる認知科学研究は，身体を経て得られる感覚運動経験から記号がどのように生まれるかを問う．例えばバーサローは，我々が持つ表象が，実際に現実世界で経験する感覚運動経験が脳内でシミュレートされた状態から類推的に生み出される知覚記号として捉えることができることを提案し[4]，またレイコフは一見抽象的に見えるような言語の意味がやはり身体経験を源泉領域としたやはり類推によって成立することを指摘している[5]．関連して，経験から安定して生起するパターンを発見することができる領域一般の統計学習のメカニズムの発見も，経験からの学習可能性に関する議論を後押ししている．統計学習は，アプリオリな「記号」表現を想定せずして連続的性質を帯びた入力から離散的な出力を可能にするだけでなく，異なるモダリティを跨いだ入力を統合する処理をも可能にする[6].

これらの経験に関する議論は，それぞれが「なぜ人間が対象に対して，対象それ自体ではない意味を与えようとするのか」という記号それ自体の(個体発生的)起源の問題，「記号の意味が，何によって制約され現在の形に至るのか」という記号の構造の起源の問題を問うていると言え，両者が人間にとっての記号接地問題に深くかかわることは紛れないことのように思える．

2. 記号接地問題はこれから何を新たな問いとして提起するか：記号習得と意味習得，及びそれを支える意味の共有感覚

記号接地問題と人間の心のはたらきと重ねて捉えようとする場合，自然に取り上げられるのは言語習得の問題であるように思われる[7]．ここで言語を特殊な，閉じた「記号」体系と捉えないことは，言語習得をより一般的な観点から捉えることを可能にする．すなわち，言語を対自的/対他的な意味の共有感覚を得るための一つの道具立てとして一般化することが可能となる．

まず社会的経験から言語習得を捉える視点は，言語習得を記号習得の観点から一般化することを可能にする．人間は，記号を用いて対自的/対他的に意味の共有感覚を得ることを求める．そのような中で子どもは言語を他の記号系から独立した系ではなく，記号コミュニケーションの習得過程における一つの記号のタイプとして学習する[2]．実際に信号，非言語記号を用いたコミュニケーションはほぼ確実に言語に先行して現れ，言語の習得の足場を作る．言い換えれば，子どもは言語を習得して初めて他者とのコミュニケーションを始めるのではなく，言語以前に様々な形で得た他者との共有感覚を言語に変換していくのである．

次に，特定のアモーダルな表象を前提とせず言語習得を考えるとき，言語習得は一つの文化学習として一般化できる．つまり子どもは，当該文化の成員である他者とのやり取りの中でその文化/言語社会なりの世界の見方，すなわち意味を習得する [8]．元来の記号接地問題は，「記号」の意味が感覚運動経験からいかにして構築されるのかに主眼が置かれていた．しかし，感覚運動経験は確かに言語的意味の重要な基盤の一つとなるものの，それだけが言語の意味を成立させるわけではない．他者が世界をどのように意味づけているのかを学習するためには，他者意図の推論を含む社会的経験もまた必要である．すなわち，言語的意味は，感覚運動的な概念に言語が投射されることによって成立するのではなく(words as “mapping” view)，言語が感覚運動的経験と社会的経験の記憶を引き込むことで成立し，その結果個別言語の話者の持つ意味体系が成立する（words as “cues” view:[9][10][11]）．非常に重要なことに，意味の成立過程において両者がどのように役割分担をしているかという問題は，現在においても未解決な部分が大きい問題である．

上記の議論を踏まえ，記号接地問題の現代的意義を改めて考えると，記号習得，意味習得の観点は，言語の記号体系における位置づけの問題を改めて提起しているようにも思える．まず記号習得の観点からは，言語の一般性を巡る問題として，記号の連続性の問題を提起することができる．重要なことに，記号と身体の関係は対比的というよりも連続的である．つまり人間の用いる記号コミュニケーションのシステムには，言語，指差し，ジェスチャー，表情，視線等，様々な記号が含まれるが，これらの記号はそれぞれがより感覚運動に近い情報，より抽象的でアモーダルに近いともいえる情報を担っており，更に人間はそれらを用いて対自的/対他的にフィードバックさせながらコミュニケーションを行っている[12]．更に近年の研究では，話者がコミュニケーションにおいてどのような情報を他者と共有したいかと考えるかによって，各種記号の用いられ方が異なることが指摘されている．例えば，一部の有縁記号は，特に他者と共有したい情報や，自分にとって主観的で印象的である情報の場合に，特に現れやすいことが指摘されている[9]．言語を記号として一般化する際，言語に留まらない記号コミュニケーションのシステム全体を人間がどのように習得していくのか，そこにおける言語の役割とは何かを問うていくことは重要であろう．第二に，意味習得の過程においては，言語の特殊性の問題が立ち現れる．言語は，これまで多くの研究で指摘されてきたように多種の記号と比べても，明らかに参照的(referential)，分析的/弁別的(analytic)な特徴を持っている[9][13]．その帰結として，言語の意味は他の記号のシステムと比べものにならないほど抽象的で複雑な体系をなしているが，このような言語の意味が，どのような記号コミュニケーションから立ち現れて，他の記号から離れていくのかを調査することは非常に興味深いことであるように思われる．実際にこれまでの研究では，言語習得の過程において，子どもが他者と情報と共有しようとする動機の有無が，コミュニケーションに用いる言語とジェスチャーの記号選択に影響を与えること，更にそのようにジェスチャーを用いることが，言語の体系的な使い分けにも影響を与える可能性も示唆されている[14]．このような意味の共有に関する志向性と，社会的経験，感覚運動的経験がどのように役割分担をしながら意味習得を支えるかという視点は，今後の言語習得において最も重要な視点の一つとなるだろう．

謝辞

本研究はMEXT/JSPS若手研究18K12382の助成を受けたものです.

参考文献

[1] Harnad, S., (1990) "The symbol grounding problem", *Physica D, 42*, 335–346.
[2] Tomasello, M. (2008). *Origins of human communication*, A Bradford Book.
[3] Csibra, G. & Gergely, G. (2011). Natural pedagogy as evolutionary adaptation. *Phil. Trans. R. Soc. B*, *366*, 1149-1157.
[4] Barsalou L.W. (1999). Perceptual symbol systems. Behav. *Brain Sci., 22*, 577–660
[5] Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*. Chicago: Univ. Chicago Press.
[6] Gogate, L., J. & Hollich, G. (2010). Invariance detection within an interactive system: A perceptual gateway to language development. *Psychological review, 117*(2), 496-516.
[7] 今井むつみ (2013). 言語発達と身体への新たな視点. 今井むつみ・佐治伸郎(編). 岩波講座コミュニケーションの認知科学第一巻言語と身体性. 岩波書店.
[8] Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning*. Harvard University Press.
[9] Lupyan, G. & Lewis, M. (2017). From words as mapping to words as cues: The role of language in semantic knowledge. *Language, Cognition and Neuroscience*. 1-19.
[10] Elman, J.L. (2009). On the Meaning of Words and Dinosaur Bones: Lexical Knowledge Without a Lexicon. *Cognitive Science*, 33(4), 547-582.
[11] 深谷昌弘・田中茂範 (1996).コトバの「意味づけ論」―日常言語の生の営み. 紀伊国屋書店.
[12] MacNeil, D. (2005). Gesture and thought. Chicago: University of Chicago Press.
[13] Dingemanse, M. (2011). The meaning and use of ideophones in Siwu. PhD Thesis, Radboud University Nijmegen, Nijmegen.
[14] Saji, N., Wang, C., Hong,C.& Ohba, M. (2018). Context sensitivity in verb learning: Effects of communicative demand on organization processes in lexical development. *Journal of Cognitive Linguistics*, *3*, 40-55.

構造と意味を繋ぐ言語システムによる記号の接地・脱接地
Symbol Grounding and De-grounding in Linguistic System Associating Structure and Meaning

橋本 敬
Takashi Hashimoto

北陸先端科学技術大学院大学知識科学系
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
hash@jaist.ac.jp

Abstract
人間の言語において，記号は，一人称性・文脈依存性の強い経験に直接結びつくものではなく，一人称性を持ちつつ抽象化されている．記号接地とは，この直接的な結びつきから，全体性を持った記号のシステムを作るように，間接的な結びつきをつくり，そして，構造と意味を繋ぐシステムとしての言語における構造構築の操作対象になることを記号接地と考える．類似性・随伴性に基づく拡張，構造を通した新しい概念構築，および，暗黙的認識により，直接経験から離れつつ独自の意味を創造する脱接地を可能にする．

Keywords — Symbol grounding, Symbol de-grounding, Structure

1. 人工知能と言語獲得における記号接地

記号接地は，もともとは，記号主義人工知能によって操作・処理される形式的記号が，世界の事物や概念と結びつくという意味で「有意味」なものにいかにしてなりえるか，ということが問題にされた[1]．一方，記号接地は言語獲得でも問題であることが指摘され，言語獲得は記号接地であるという主張もなされている[2]，もし言語獲得が記号接地であるならば，記号が外界の事物や概念と結びつくだけでは不十分である．まず，記号と事物はバラバラに 1 対 1 に対応づけられているのではなく，記号が互いに関係しつつ，全体としての（システムとしての）構造を持っている．そして，記号主義人工知能でやっていたように，記号の置き換えや組み合わせの操作ができ，それらの操作から新たな概念を作り出すこともやはり可能にならなくてはならないだろう．

いわば，記号で記号を定義したり，問題を記号表現しそれを処理して解を記号として出したりするように，記号の世界をぐるぐると回るだけのメリーゴーランドから降りて，いかにして地に足をつけるか，というHarnad の意味での記号接地の問題に対して，言語獲得における記号接地の問題は逆方向を向いている．すなわち，ハイハイして地を這い回って世界を経験をしている状態から，立ち上がり地面との結びつきを失わずに記号メリーゴーランドにどうやって乗るかという問題である．そして，いかにして記号世界を回れるようになるか（全ての記号をいちいちグラウンドしていないと言語文の意味が理解できないわけでもない），さらにそれを自分で回せるか，つまり，世界と結びつきつつ既存の関係に厳格に制約されることなく，新たな記号関係や新たな概念をつくり出せるか，という問題まで含まれるだろう．すなわち，接地された記号システムを作り，密接な接地から離れて記号システムを拡張することもできなくてはならない. 本稿では後者を「脱接地」と呼んでいる．

人間は，反射や情動的共感のように外界の刺激に対して直接的に反応する場合もあるが，それだけではなく，経験に対する記憶や表象を内部に持って，それを処理したりそれに反応したりしている場合が多い．たとえば，他者に認知的共感を持つ場合，辛そうにしている他人を見て自身も辛い感情を持つのではなく，辛いことを理解し（「辛い」という表象を持ち）それに対して思いやりを持って接するなどの反応をすることができる[3].

経験に基づくエピソード記憶は，一人称性・いまここ性・文脈依存性が強いものであるが，人間が保持・処理・反応する表象は，経験と直接結びついているというより「記号」化されている．たとえば，誰しも自分が辛い思いをした経験をエピソード記憶として持っているが，認知的情動による状況への反応はそのエピソード記憶を想起するのではなく，一人称性などを下げたある程度抽象化された「辛い」という表象を喚起する．この時，他人が辛そうにしている状態は一種の記号形式である．したがって，「彼はいま辛い状態なんだ」という発話を聞いた場合でも，似たように思いや

りを持って反応することは可能である[1]．このような反応をするとき，「悲しい」「苦しい」「楽しい」「失敗した」「傷つけられた」といった「辛い」に関連する種々の表象との関係を考慮し，「なぜ辛い状態になってるのだろう」「辛いならどのようにしよう」「このようにしてあげたらどうなるだろう」といった，原因の推論，対応の探索・計画・予想という処理を行う．そしてこのような処理は，反射的ではなく熟慮する場合はとくにそうであるが，「言語的」に為される．Friederici は表象を，視覚的・触覚的・嗅覚的・エピソード的連想を含むリッチな「概念意味的表象（conceptual-semantic representation）」と，文法的に正しくて解析可能な文を構築するのに十分な部分に限定された「言語意味的表象（linguistic-semantic representation）」に分けている[4]．

ここで言いたいことは，人間が記号を言語的に用いている時，入力と反応が直接結びついていないだけではなく，（内受容感覚も含む）感覚運動システムによる経験と内的表象が直接結びついているのでもなく，記号のシステムや推論等を行う機構を介して感覚運動のシステムと内的表象のシステムが繋がっているということである．本稿では言語を，構造と意味を繋ぐシステム，あるいは，構造を介して感覚運動のシステムと内的表象のシステムを結びつけるシステムと考える．

ここで構造とは 2 つの意味を持つ．ひとつは記号のシステムとしての構造である．すなわち，記号は，経験と内的表象を，あるいは，形式と意味を結びつけるものであるが，それは個々ばらばらに結びついているのではなく，多数の記号が互いに関係しているある種のネットワーク構造と全体性を持った「記号システム」になっており，記号の意味はこのシステムの中で他の記号との関係で決まってくる．もう一つは，「構造依存性」という意味での構造である．すなわち，記号を組み合わせて言語文を作る際，記号群は階層的に構造化されており，意味は単語の一次元の並び（語順）だけではなく，階層構造に依存する．

2. 感覚運動と内的表象を繋ぐ機構

では，感覚運動システムと内的表象の間にはどのような機構が挟まっているのだろうか．本稿では少なくとも次に見て行く 5 つの機構があると考えている．

2.1 類似性・随伴性に基づく結合

類似性・随伴性に基づいて感覚運動と内的表象を結びつける機構．これは，アイコンやインデックスという種類の記号を作る．

たとえば，「▲」というマークがエレベーターの前のボタンについていれば，上階へ向かうためにエレベーターを呼ぶボタンであることがわかるであろう．これが類似性に基づいた記号関係（「▲」という形式（視覚入力）と「上へ向かう」という意味が結合した関係）である．

あるいは，驚いたときに思わず「あっ」と声が出ることはよくあるが，この経験をすると「あっ」という形式と驚きという心理状態を結びつける．すなわち「あっ」という声は驚きを意味する記号になり，どこかで「あっ」という声を聞いたなら，誰かが驚いているのかな，と考えるようになる．これは生理的な随伴関係の例であるが，随伴関係は，物理的（因果的）な関係や論理的な関係もありえる．

2.2 規約に基づく結合

規約に基づいて感覚運動と内的表象を結びつける機構．これは，シンボルという種類の記号を作る．たとえば，悲しい情動状態のときに「悲しいんだね」と言われると，「悲しい」とそのときの情動状態を結びつけることができる．その情動状態を「悲しい」と言い表すのは日本語の規約であり，「悲しい」はその情動状態に似ているわけではないし，ことばと情動状態に生理的･物理的な関係があるわけでもない（それに対して，悲しい顔と悲しい情動状態は生理的随伴性に基づいた記号関係を形成し得る）．

2.3 暗黙的認識

これらの記号関係（アイコン，インデックス，シンボル）群を部分として全体を作り出す暗黙的認識[5]の機構．これが，記号システムを作り出す．

Polanyi[5]は，科学者が時に大発見をするような認識を考察することから，人間の認識は全般的に，個々の

[1] もちろん，辛そうな人を目の当たりにするほうが情動的共感も喚起されるので，より相手を気遣う反応も出やすくなるが，他人の辛さを「理解」して反応できないわけではない．

要素をそのまま受け取っているだけではなく要素をまとめた全体的な把握ができること，そして，その部分から全体へ至るプロセスは明確に言表できない暗黙的なプロセスであり認識論的な創発であることを論じた．たとえば，ある人の顔を友人のものであると認識するのは，目や唇などの個々の要素を視覚入力として受け取りながら，どの要素がどのような特徴を持っているからそれは友人の顔だ，と分かっているのではなく，全体的な認識をしているとする．これはゲシュタルト認知と同様な認知過程であるが，暗黙的認識は，ゲシュタルト認知のようにある種の安定状態に自律的に至るというより，認識主体が自身でコミットして部分を全体へと統合する主体性・能動性が強調される．記号システムを作る場合でも，主体は個々の記号や新たに入ってくる記号によってシステムが自然な安定状態に至るというよりも，システムを作るように新たな記号がシステムのどこにどう位置づけられそれによってシステム全体がどう調整されるか，という能動性が重要とされる[6].

2.4 類似性・随伴性に基づく拡張

類似性･随伴性に基づいて記号関係を拡張する機構．これは，メタファー，メトニミーを作り，記号システムを動的にする．たとえば，ひらめきを表すのに灯った電球のイメージが使われる．これは，なにか問題を解こうと考えているときに解法をひらめくと問題解決の道が開けて前途が明るくなることと，暗い部屋に電灯を灯して部屋を明るくすることのイメージ的な類似性（アナロジー）であろう．

日本の政界を「永田町」，官僚を「霞ヶ関」と呼び表したり，相撲の力士のひいき筋を「谷町」と呼んだりするのは，それぞれ，国会議事堂が永田町にある，官庁の建物が霞ヶ関にある，力士のパトロンになっている人が大阪の谷町にたくさん住んでいたことによるもので，類似性や論理的関係性はない．

2.5 再帰的結合

記号を再帰的に結合する機構．これは，階層的に構造化された文を作り，階層的な概念を構築する．

たとえば「最新心理学事典」は，「最新」がどこに係るかにより 2 つの意味を持ち得る．それは、「最新の心理学の知見を含む（古い心理学は載ってないかもしれない）事典」「最近出版された心理学の事典」という 2 つである。この 2 つの意味の違いは

(1) {{最新，心理学}，事典}

(2) {最新，{心理学，事典}}

という階層構造の違いを反映している．階層構造は概念間の関係を表している．前者では「最新」と「心理学」を結合して概念化し，「その事典」という概念を結合させる．後者では「心理学」と「事典」を結合して「心理学の事典」が概念化され，それに「最新」が結合される．すなわち，「最新心理学事典」は 3 つの記号を単に並べたものではなく，2 つの記号が表す概念の組み合わせに別の記号を組み合わせるという再帰的な結合操作により，階層的な構造を持つ 1 つの概念を構築している．

3. 感覚運動と内的表象を繋ぐ機構と記号の接地・脱接地

感覚運動システムと内的な意味を繋ぐこれらの機構は記号の接地･脱接地とどのように関係するだろうか．

類似性・随伴性に基づいた結合，規約に基づいた結合，そして，それらを要素とした暗黙的認識が，記号接地に不可欠である．これらが，感覚運動（入出力）の経験と記号を結びつける構造化していく．したがって，語彙獲得はこれらの機構によって進むと考えられる．

また，類似性・随伴性に基づいた拡張と再帰的結合は記号脱接地に不可欠である．2.4 節で出したメタファーやメトニミーの例は，現在ではすでに使い古された表現であり，特にメトニミーの例はどちらかというとシンボルとして，すなわち，なぜかは知らないが力士のひいき筋を「谷町」と称するんだ，などと覚えられる場合もあるが，最初に使われたときは，電球や土地といった外界の事物を指し示す意味とは別に，新しい意味を獲得した記号である．この拡張機構により，新しい関係を記号システムの中につくり出すことができる．

2 つの概念を組み合わせて 1 つの複合概念をつくり，それにまた別の概念を組み合わせるという再帰的結合は，再帰的であるがゆえにいくらでも繰り返して複合概念を複雑化することができる．すなわち，複数の記

号で作られた句・節・文・文章は，複合的で階層的な概念構築物を作り出すものであり，外界の事物，既存の知見，内的な思いを記述するだけのものではない．

再帰的結合による階層的概念構築は新しい概念構築を可能にする．たとえば「高価な心理学事典」という記号列は，通常は (2) の構造として解析されるが，(1) の構造もあり得る．その構造として解釈するならば「「高価な心理学」に関する事項の説明を収めた事典」という意味になる。「高価な心理学」とはなにか？学問に値段の軸があるのか，通常とは異なる学問分野の概念化のしかただろうか，あるいは，「高価」や「心理学」はメタファーあるいはメトニミー的に拡張して解釈するべきだろうか（そのような拡張を誘発する表現だろうか)．

このように，再帰的な結合によって複合的な概念を表す記号列（階層的に構造化された記号のセット）をつくり出すことと，それに対する類似性・随伴性に基づく拡張的解釈は，組み合わさることで，それぞれの記号の意味はグラウンドしつつ (だからこそ解釈可能)，新しい意味を獲得する．それを採り入れた記号システムのネットワーク構造は，このような経験に応じてつねに変動し続ける．

Polanyi は暗黙的認識において，近位項 (要素・部分) を統合して遠位項 (全体) をつくり出すとしている [5]．近位・遠位というのは，身体からの（比喩的な）距離である．たとえば，杖を使って地面を探る場合，杖を握っている手のひらに生じる感覚は近位項であるが，杖により手のひらの感覚ではなく地面の状態を認識するのであれば，地面の状態が遠位項となる．地面の状態を感覚しているとき，手のひらの感覚自体は意識から消えており，暗黙知（tacit knowledge）になっている．このように，暗黙的認識では，身体から遠いところに意味を見出すようになる．そして，暗黙的認識による認識論的創発は，多段で生じることも可能である．つまり，遠位項が新たな要素としてその集まりが新たな遠位項（全体）を生み出すこともある．このようにしてどんどんと身体的経験から離れていくことが可能であり，この機構も脱接地を実現しているものだと考えられる．

本稿では，言語獲得が記号接地であるという主張にしたがって，記号接地・脱接地を考察したが，ここで提示した感覚運動と内的表象を繋ぐ 5 つの機構は，言語の起源においても段階的に獲得したものと考えられる．この中でも，記号のシステム化と記号脱接地に関わると考えた，暗黙的認識，類似性・随伴性に基づいた記号関係の拡張，そして，再帰的結合による複合的な概念の構築が，どのような認知的メカニズムによって実現されているか，どのように発達するかということだけでなく，生物進化・人類進化の歴史の中でいつどのようにして得られたのか，その生態学的な機能（適応性）はなにか，という点を解明していくことは，記号接地・脱接地の理解を深めることに必須であろう．

謝辞

本研究は MEXT/JSPS 科研費新学術領域 #4903（共創言語進化) JP17H06383 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Harnad, S., (1990) "The symbol grounding problem", *Physica D*, Vol. 42, pp. 335–346.
[2] 橋田浩一，嶋田総太郎，今井むつみ, (2016) “仮説検証サイクルと記号接地”. 認知科学, Vol. 23, No. 1, pp. 65-73.
[3] Bloom, P., (2016) *Against Empathy: The Case for Rational Compassion*, Ecco.
[4] Friederici, A. D., (2017) *Language in Our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity*, MIT Press.
[5] Polanyi, M., (1966) *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan Paul Ltd.
[6] 今井 むつみ (2016) 『学びとは何か—〈探究人〉になるために』，岩波書店.|

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

プロジェクション・サイエンスと Psychosemantics
Projection Science and Psychosementics

戸田山　和久[†]
Kazuhisa Todayama
[†]名古屋大学
Nagoya University
todayama@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract
He will give a lection on "psychosemantics"; a big issue in philosophy in relation to projection science.

Keywords — Projection Science, Psychosemantics

1. 概要

認知科学はこれまで,外部からの入力がどのように処理，貯蔵，利用されるかを主に研究してきたが，人は作り上げた表象をもう一度自らの外に投射＝プロジェクションする．しかし，このような過程はプロジェクション・サイエンスの専売ではない．心的表象がいかにして世界の中の何かを「意味する」ことができるのか，というのは哲学の大問題で,psychosemantics と呼ばれている．本講演では，この問題について論ずる．

参考文献

[1] 鈴木宏昭 (2017)「教育ごっこを超える可能性はあるのか？:身体化された知の可能性を求めて」大学教育学会誌, 39, 12-16
[2] 鈴木宏昭, 岡田浩之 (2017)「認知科学」, 『研究開発の俯瞰報告書 システム・情報科学技術分野 2017』. 科学技術振興機構研究開発センター
[3] 鈴木宏昭 (2016)「プロジェクション科学の展望」. 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集

主観的な重力方向の反転を促進させる因子の検討
What Promotes Reversal of Illusory Gravity Direction?

小鷹 研理†
Kenri Kodaka

†名古屋市立大学芸術工学研究科
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-City University
kenrikodaka@gmail.com

Abstract

This article explores multiple factors that promotes reversal of illusory gravity direction, that may deeply be related to occurrence of out-of-body experience. Especially, the author examines the effect of the postures (Supine/Upright/Prone) of HMD's wearer and the avatar's body orientation （Front/Back/Above/Below）. Two kinds of subjective experiments applying the vection paradigm suggest that the reversal of illusory gravity direction in HMD space tends to occur under the artificial conditions (Supine, Front/Above) that are deeply close to the typical spatial situations reported for the out-of-body experience.

Keywords — Out-of-body Experience, Sense of Gravity, Vection, Body Orientation, Full-body Illusion

1. はじめに

仮想空間において，対面や距離的にもレンジの広い状況が想定されうるアバターに対して，プレイヤーの身体所有感を投射することは原理的に不可能である（Blanke, 2012）．つまり，身体所有感の投射に拘る限り，プレイヤーは，仮想空間でアバターに生じた出来事を文字通り自分自身の身体に生じたものとして受け止めることができない．他方，幽体離脱は，身体から視点が空間的に分離してもなお，大元の身体に対する所有意識が損なわれない認知現象である．従って，幽体離脱中に自分の身体を俯瞰する認知モードを，プレイヤーの視点とアバターの視覚イメージとの関係に適用することは有用である（小鷹, 2017）．しかし，幽体離脱を実験室で誘発する手法は未だ確立されていない．

種々の文献によれば，健常者が遭遇する幽体離脱の73%，脳疾患に起因する幽体離脱の80%が，仰向けの状態で経験されていることが指摘されている（Blanke, 2012）．さらに，この際，身体から切り離された視点は，多くの場合，（実環境においても実験環境においても）上方へと移動し，天井からぶら下がるようにして自分自身を見下ろすような主観的状態がとられる（Blanke, 2002）．このとき，寝ている身体を見下ろす主観的な水準の身体の姿勢（うつ伏せ）は，実際の物理状態（仰向け）を（正中線を軸として）180度回転させた形をとっている．すなわち，典型的な幽体離脱では，主観的に感じられる重力の方向が反転していることがわかる．以上を踏まえ，筆者らは，主観的な重力方向を錯覚させることが，幽体離脱的な投射を引き起こす上での一つの要件となっているという仮説を採用し，そのような錯覚を生み出すための条件を探るプロジェクトをすすめている．

前記の重力反転は，実験室においてFull Body Illusionを誘発するVR環境で確認されている（図1のdown group）．Iontaらは，仰向け状態でHMDを装着した被験者が，視線の先に呈示された，（被験者と同じ方向を向いている）アバターをちょうど背面から凝視するとき，1/3程度の被験者が，アバターを上から見降ろしているような主観状態に転ずることを明らかにした（Ionta, 2011）．この実験パラダイムは，その後，Pfeifferらによる一連の実験に引き継がれ，そのような重力反転の起こる頻度は，呈示されるアバターの傾き（Pfeiffer, C. et al, 2014a），視覚的に暗示される重力の方向（Pfeiffer, C. et al, 2016）によって影響を受けること，さらに，重力反転の起こりやすさに関わる個人差は，Rod-Frame Testで分類される「場依存 - 場独立」の対立で部分的に説明できることを明らかにしてきた．

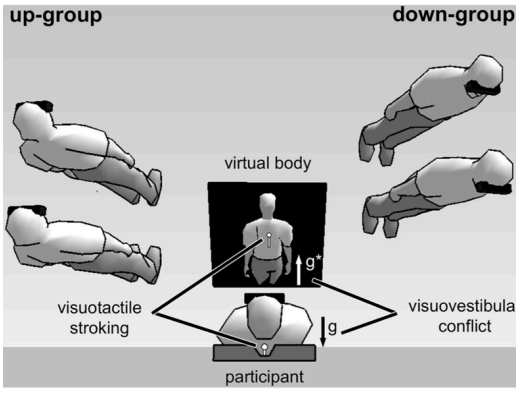


図1 Blankeのグループで採用されているFull Body Illusionの実験パラダイムを示した図(Pfeiffer, C. et al, 2014bの図2に修正を加えたもの)

以上の知見は, Full Body Illusion の実験パラダイムを基礎とするものであるため, アバターと HMD 装着者の身体の向きが揃っていること（アバターの背面を後方から眺める）が前提となっている. さらに, Pfeiffer らの実験系では, 被験者は常にうつ伏せ状態で Full Body Illusion を誘発される. 前記のように, 実際の幽体離脱の多くが, うつ伏せ状態かつ対面状況で生じていることを鑑みれば, Pfeiffer らが見出した重力反転の誘発頻度が, HMD 装着者とアバターとの間でどのような空間的関係に応じてどのように変化するかを検証することは, 幽体離脱と重力反転との関係を明らかにするにあたって有用である. 例えば, Face-to-Face の対面状況, あるいはうつ伏せ状態において, 重力反転の頻度が増加するのであれば, それは幽体離脱と重力反転とで, 共通する認知機構が関わっていることを示唆するものとなる.

以上を踏まえて, 本研究は2つの実験を行う. 実験1は, アバターを表示しない状態で, 重力反転誘発に関わる被験者の姿勢の影響を検証する. 実験 2 では, 被験者の姿勢をうつ伏せ状態に固定したうえで, 視点の先に呈示するアバターの向きを変えた時の, 重力反転の起きやすさを検証する.

2. 実験 1

2.1. 手順

三つの姿勢「仰向け」「立位」「うつ伏せ」のうち, いずれかの姿勢をとった被験者に対して, HMD を通して vection（視覚誘導性自己運動感覚）を誘発する映像を呈示する. このとき, 大量の白の円形のパーティクルが, 地面へと一定速度で降下していく映像（Fall）, あるいは, 重力に反して一定速度で上昇していく映像（Rise）のいずれかの視覚刺激が呈示される. これらの多量のパーティクルの視覚的移動（optical-flow）は, 被験者に, 生じ得る二つの認知モードのいずれかに対応する vection を誘発する. 例えば, 仰向け／うつ伏せ状態で Fall の視覚刺激が提示された場合, 自身の身体が地面から上昇し離れていく重力整合的な vection に加えて, 主観的な姿勢がうつ伏せ／仰向け状態へと反転し, 地面へと降下していく 重力反転的な vection の二種類の主観状態が取られ得る. これとは逆に, Rise の場合, 重力整合が降下運動に, 重力反転が（姿勢の反転を伴う）上昇運動に対応する. 同様に, 立位状態における Fall／Rise は, 重力整合的な上昇／降下運動と重力反転的な降下／上昇運動を引き起こす. このとき, いずれの視覚刺激の向きに対しても, 重力反転運動は,

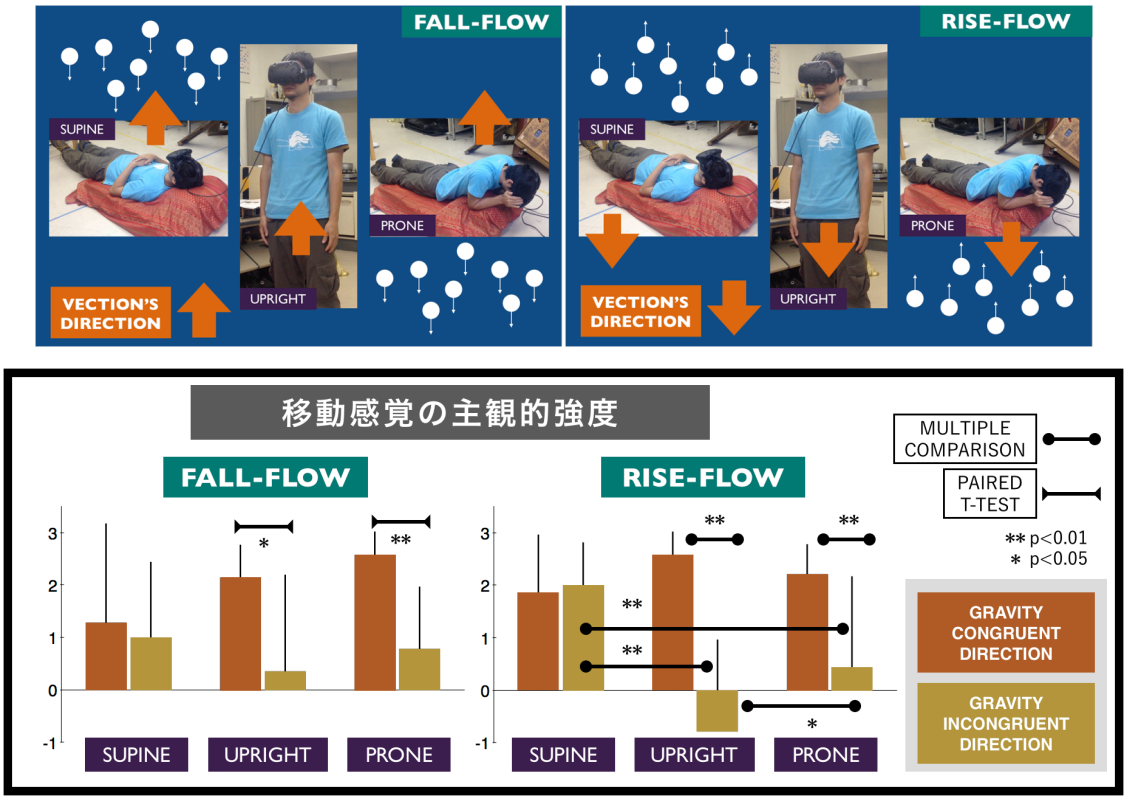


図2 実験のセットアップ（上）と実験結果（下）: 被験者は三種類の姿勢（SUPINE／UPRIGHT／PRONE）のいずれかをとり, HMD を通して, 大量のパーティクルが降下する映像（FALL-FLOW）, または上昇する映像（RISE-FLOW）に晒される. この際, パーティクルの動きとは逆の方向の VECTION が発生する.

直立した頭上の先に地面があるかのように，主観的なレベルで身体の上下を逆さまにした状態で移動している運動に対応する．実験手順は，映像を見せる前に，重力整合または重力反転のいずれかの一方の移動イメージを想像するよう注意を促したうえで，いずれかの向きの視覚刺激（Fall or Rise）を 20 秒間呈示した後．7 段階で移動感覚の強度を評価させた．

2.2. 結果

図２下に実験結果（N=7）を示す．各要因の効果を検証するため，被験者の姿勢と重力反転の有無を要因とする二要因の被験者内分散分析を，Fall と Rise のそれぞれの視覚刺激に対して行った．

まず，Fall の場合，重力反転の主効果が得られたが（$F(1,6)=16.72$, $p<0.007$），その他の主効果・交互作用は確認されなかった．より詳しい分析を行うため，各姿勢における重力反転の効果を対応のある t 検定で比較したところ，立位状態とうつ伏せ状態では，重力反転運動と比較して，重力整合運動に対応する移動感覚が有意に高い結果が得られた（立位状態：$t(6)=3.32$, $p<0.02$; うつ伏せ状態：$t(6)=5.55$, $p<0.01$）．

Rise の視覚刺激の場合，重力反転の主効果（$F(1,6)=29.17$, $p<0.003$）と姿勢の主効果（$F(2,12)=3.79$, $p<0.01$）に加え，交互作用の主効果（$F(2,12)=8.56$, $p<0.005$）が確認された．さらに，多重比較の結果，立位状態とうつ伏せ状態においては，重力反転によって有意な水準でに移動感覚が減少することがわかった（ともに $p<0.01$）．加えて，重力反転運動における移動感覚に着目したところ，全ての姿勢条件間で有意な差を確認した．とりわけ，仰向け状態の移動感覚は，他の二つの姿勢の移動感覚よりも有意に高い（ともに，$p<0.01$）．なお，いずれの視覚刺激に関しても，仰向け状態においては，重力反転の有無が移動感覚の大きさを有意に変えることはない．平均値の水準で見ても，重力反転が vection の強度にどのような影響も与えていないのは一目瞭然である．

以上の結果は，うつ伏せ状態は，他の姿勢と比較して，主観的に反転した姿勢のイメージ（とそれに伴う重力方向の主観的反転）が経験されやすいことを示すものである．

3. 実験２

3.1. 手順

被験者は，うつ伏せの状態でちょうど天井を見上げるかたちで HMD を装着する．HMD 内の映像は，実験 1 と同様に，大量のパーティクルが下降（Fall），または上昇（Rise）するものである．またそれらのパーティクルは低速（Low）または高速（High：Low の 3 倍）のいずれかの速さで移動する．以上の条件によって決定するパーティクルの移動映像とともに，HMD の視点の 1.5m 前方（つまりうつ伏せ状態の被験者のちょうど 1.5m 上方の位置）に，アバターまたはサッカーボールを固定する（以下では，ボールもアバターのカテゴリーに含めることに注意）．この際，アバターは，図 4 に示すように，Front, Back, Above（２種類），Below（２種類）のいずれかの向きで固定される．すなわち，表示されるアバターは Object を含め，合計で 7 種類である．重力反転がイメージされない場合（gravity-congruent），Fall においてアバターは上昇しているように感じられ，Rise ではアバターは下降しているように感じられる．他方で，重力反転がイメージされる場合（gravity-incongruent），すなわち，HMD 装着者の視点の先に地面があるかのような重力の感覚を持つようなイメージを持つ場合，Fall／Rise においてアバターは下降／上昇するように感じられる．

被験者は，特定の視覚刺激の速さ・向き，およびアバターの向きによって決定される，それら 3 つの条件の組み合わせに固有の視覚刺激を与えられるとすぐに，視点の先に見えるアバターが上昇する運動イメージと，降下する運動イメージの二つのモードを想像してもらう．その後，なるべく早く「どちらの運動イメージが，自分にとってより自然に受け入れられやすいか」を，上か下かの二択で解答してもらう．このとき，Fall に対しては下を回答した場合，あるいは Rise に対しては上を回答した場合に，被験者は重力反転した運動イメージを好むものとみなし，重力反転の回数としてカウントする．実験は，7（アバターの向き）× 2（視覚刺激の向き）の 14 の試行を含む 1 つのセッションを 4 回繰り返す．つまり，一種類のアバターの向きに対して，実験を通して合計で 8 回の試行を行う．各セッションでは　視覚刺激の速さが固定され（セッション間で交互に切り替わる），セッション内では視覚刺激の向きが交互に切り替わっていく．なお，一つのセッションの中で，特定の向きのアバターの向きが連続しないように，順番を無作為に決定した．

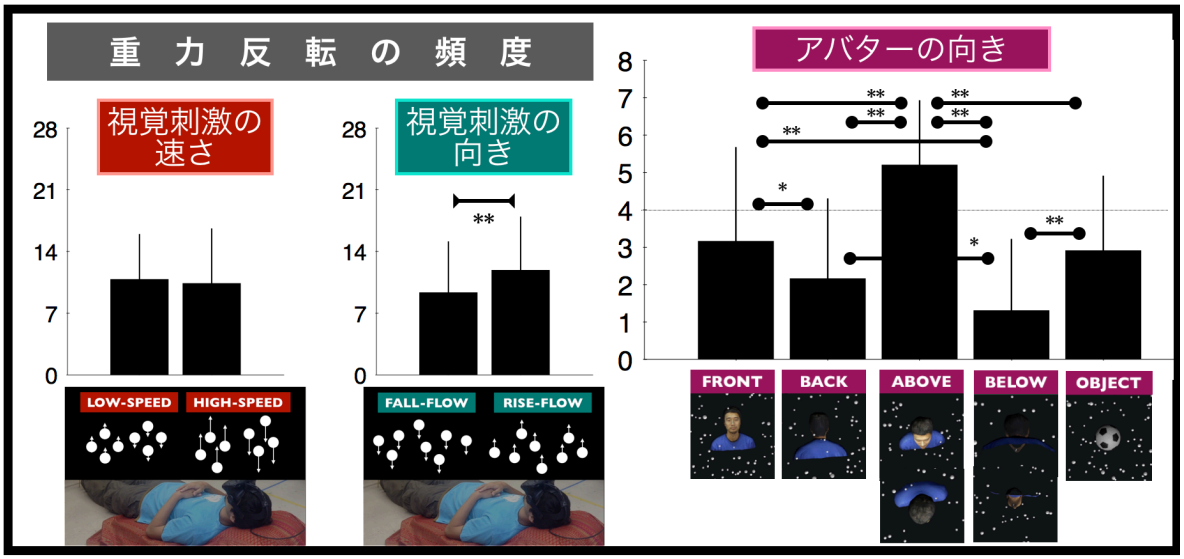


図４　実験２の結果（有意差の記号の意味は，図３と同様）

3.2. 結果

図４に実験２の実験結果（N=24）を示す．図４左は，その他の条件の違いを全て無視したうえで，二つの「視覚刺激の速さ」条件（Low vs High）における重力反転の頻度を合算したものを比較したものである（各条件に対して重力反転の最大頻度は 28 であることに注意）．対応のある t 検定で比較したところ，速度の違いで有意な差は認められなかった（$t(23)=1.15$, $p=0.26$, n.s.）．同様に，その他の条件の違いを無視したうえで，二種類の「視覚刺激の向き」条件（Fall vs Rise）で重力反転頻度を比較したところ，Rise の方が，有意な水準で，より多くの重力反転を引き起こすことが示された（図４中：$t(23) = 2.92$, $p<0.01$）．最後に，「アバターの向き」を要因とする被験者内分散分析を行ったところ（Above と Below については平均化し，それぞれ１つの条件として処理した），アバターの向きの主効果が確認された（$F(4,92)=25.61$, $p<0.01$）．さらに多重比較（Ryan's Method）により，それぞれの「アバターの向き」による重力反転頻度を比較したところ，Above は，他のどの条件と比較しても，有意な水準で頻繁に重力反転を誘発することがわかった（全て，$p<0.01$）．それとは逆に，Below は，その他の４つの条件に対して，有意な水準で重力反転の頻度が少ない（Back に対して $p<0.04$，それ以外は $p<0.01$）．それ以外のペアに着目すると，唯一，Front と Back の間で有意な差が確認された（Front vs. Back: 3.17 vs. 2.17, $p<0.02$）．

4. 考察

本実験で扱った主観的な「重力反転」とは，物理世界の重力の方向を，実際とはあべこべに体験すること，すなわち，“天井を地面として，地面を天井として”感じることである．実験 1 の結果によれば，立位状態およびうつ伏せ状態では，通常の重力方向と整合的な移動感覚（vection）と比較して，「重力反転」した移動イメージを適用したときの vection の強さが有意に減退するという（ごくごく自然な）結果が得られた一方で，仰向け状態では，一転，通常の vection と重力反転 vection との間で，主観的な移動感覚の強度が一切変化しない，という驚くべき結果が得られた．加えて，Rise の視覚刺激を与えられた場合，うつ伏せ状態は，他の姿勢と比較して，より強い重力反転 vection を経験する．これらの結果は，うつ伏せ状態が，他の姿勢と比較して，重力反転に対応する特殊な認知モードにとって親和的であることを示すものであると同時に，幽体離脱がうつ伏せ状態でより多く報告されている事実と符合する点でも興味深い．関連して，実験２では，その種の重力反転が，Rise の視覚刺激に対して，より生じやすいということも示された．この結果は，一見すると，直感に反するように思われる．なぜなら，Fall において多量のパーティクルが一定速度で降下するビジュアルは，ちょうど雪が降っている状況に近いため，経験的知識を頼りにすることで，重力反転イメージ（「空から見下ろしたらこんな風にみえる、、」）を構成しやすくなるように思われるからである．しかし，実際には，そのような経験的なイメージとは結びつけられないであろう，上昇するパーティクルの重力反転イメージの

方を，より自然なものと受け入れる傾向にある．こうした結果は，重力反転に，ボトムアップな認知機構が深く関与していることを示唆するものである．なお，仰向け状態において Rise の視覚刺激を呈示された場合の重力反転は，HMD 装着者自身（もしくは，装着者の視点の先にいるアバター）が，うつ伏せ状態に転じて，地面から上昇していく運動イメージに対応する．実は，この点に関しても，幽体離脱において指摘されることの多い「浮遊感」と符合する．素朴に考えると，寝ている状況から，それを見降ろすようなかたちで視点を上方に“引き剥がす”ためには，上昇する感覚が付随していると考えるのが（空間的な連続性を説明するという意味で）自然である．いずれにせよ，今回の結果で得られた，重力反転状況における，「降下感」と比較した際の「上昇感」の優位性は，幽体離脱における「浮遊感」の正体を検討する上でも非常に示唆的である．

実験２では，アバターを頭上から見上げている状況で，最も重力反転の頻度が高くなることがわかった．この結果は，Pfeiffer らの実験結果を追認するものである（Pfeiffer, C. et al, 2014a）．また，これらの結果は，全身の Own Body Transform において，アバターを上方から眺めるような視点関係をとった際に，より心的回転の Reaction Time が短くなることとも関係している可能性がある（Schwabe, L. et al, 2009, Braithwaite et al, 2013）．例えば，上方視点において心的回転のコストが下がることと，内的に重力反転を経験していることとに何らかの関係があると考えてみることは興味深い．本実験では，このようにして観測された上下の非対称性とは別に，前後の非対称性（Front vs Back）についても興味深い結果が得られた．実際，重力反転頻度の差異の絶対値としては少ないものの（3.17 vs 2.17），Front と Back では Front の方が有意な水準で重力反転の頻度が高くなるという結果を得ている．この結果は，Full Body Illusion 誘発における中心的な要件である「自分を背後から見る状況」よりも，幽体離脱において親和的な対面状況において，より重力反転が起きやすくなることを意味するものであり，視触覚同期や空間的整合性によって構成される body ownership の投射が，重力反転の認知プロセスとは独立した機構であることを鮮やかに示すものである．さらに，Front における HMD 装着者とアバターの空間的関係は，アバターがうつ伏せになっている被験者自身であると見立てると，幽体離脱の空間的な構図と完全に符合しており，この点も非常に興味深い．

以上で注目した結果は，いずれも，HMD 環境において観測される重力反転と幽体離脱とが，同一の認知機構を共有していることを示唆するものである．さらに，本研究では，Pfeiffer らの実験パラダイムに Vection の実験パラダイムを組み合わせることによって，新たに，「上昇感 vs 降下感」に関わる要因を扱えることがわかった点についても大きな意義がある．今後，アバターの設計や被験者数などを再検討し，より信頼性のある実験系を構成することが課題である．

5. 謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 15K21281，中山隼雄科学技術財団の助成を受けた．

参考文献

[1] Blanke, O. Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. Nat. Rev. Neurosci. 13, 556–71 (2012).
[2] 小鷹研理, HMD 空間における三人称定位： 幽体離脱と Own Body Transformation からのアプローチ，日本認知科学会第 34 回大会，金沢大学, 2017.9.14（OS，口頭発表）
[3] Blanke, O., Ortigue, S., Landis, T. & Seeck, M. Stimulating illusory own-body perceptions. Nature 419, 269–70 (2002).
[4] Ionta, S. et al. Multisensory mechanisms in temporo-parietal cortex support self-location and first-person perspective. Neuron 70, 363–74 (2011).
[5] Pfeiffer, C. et al. Multisensory Origin of the Subjective First-Person Perspective: Visual, Tactile, and Vestibular Mechanisms. PLoS One 8, (2013).
[6] Pfeiffer, C., Serino, A. & Blanke, O. The vestibular system: a spatial reference for bodily self-consciousness. Front. Integr. Neurosci. 8, (2014a).
[7] Pfeiffer, C., Schmutz, V. & Blanke, O. Visuospatial viewpoint manipulation during full-body illusion modulates subjective first-person perspective. Exp. Brain Res. 232, 4021–4033 (2014b).
[8] Pfeiffer, C., Grivaz, P., Herbelin, B., Serino, A. & Blanke, O. Visual gravity contributes to subjective first-person perspective. Neurosci. Conscious. 2016, (2016).
[9] Schwabe, L., Lenggenhager, B., & Blanke, O. (2009). The timing of temporoparietal and frontal activations during mental own body transformations from different visuospatial perspectives. Human Brain Mapping, 30(6), 1801–1812.
[10] Braithwaite, J. J., James, K., Dewe, H., Medford, N., Takahashi, C., & Kessler, K. (2013). Fractionating the unitary notion of dissociation: disembodied but not embodied dissociative experiences are associated with exocentric perspective-taking. Frontiers in Human Neuroscience, 7, 719.

「蟹の錯覚」における主体感の変調
Agency's Distortion during the "Crab Illusion"

佐藤優太郎†，石原由貴‡，小鷹研理‡
Yutaro Sato, Yuki Ishihara, Kenri Kodaka
†情報科学芸術大学院大学，‡名古屋市立大学芸術工学研究科
Institute of Advanced Media Arts and Science,
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-City University
sato12yutaro@gmail.com

Abstract
We propose a new experimental paradigm of crossed-hands called "Crab illusion" that is similar to the classical hand-reversal illusion but involves some advantages over the conventional approach. Especially, the crab illusion is promising in that it can handle a confusion between self-other (self vs illustrated drawing of the crabs) representations. In this study, we examine how the crab illusion affects visuomotor response to measure the effect of the agency's distortion.

Keywords — crossed hands, sense of agency, ownership, visuomotor response;

1. はじめに

本研究でとりあげる「蟹の錯覚」（図１）は，手を交差することによって得られる錯覚の遊びの一つとして，2018年1月に，本研究室が開催した展示において考案されたものである．

左右の手を交差することで，空間的な認知判断能力の正確性・効率性が減退することはよく知られている．例えば，交差状態にある左右の手に短い時間感覚の触覚刺激を与えると，時間順序の判断（temporal order judgement）が反転しやすくなる（Yamamoto & Kitazawa,2001）．また，こどもの遊びとしてもよく知られている，「hand-reversal illusion」は，視覚的に指示された指を動かそうとしても，通常の手の状態のような素早い反応ができなくなる(Hong, Kang, & Tong, 2012）．以上の特性は，人間の認知的な空間処理のシステムが，右手が（体の正中線に対して）右側，左手が左側にあるノーマルな状態に強く適合するかたちで構成されていることを示唆するものである．

「蟹の錯覚」も，手を交差することで左右の混同を引き起こすという点において，「hand-reversal illusion」とよく似た錯覚体験である．手順としては，図１に示すように，蟹のイラストの裏側に手を交差して通し，指を前に折り返すようにして，おおよそイラストの蟹の肢にあたるところに合わせ，イラストを持ったまま指を動かす，というものである．また「蟹の錯覚」には，複数人で行う「蟹と蟹の錯覚」がある（図１下）．これは，２対の蟹のイラストに対して，対面した２人が４本の手を交錯させることで成立する．これらの「蟹の錯覚」を体験するにあたって大事なことは，どちらか一方の手を注視せず，蟹のイラストと手の全体を視界に捉え，指をわさわさと動かすことである．蟹の錯覚の典型的な反応には「自分の手の動きが蟹の肢の動きのようにも感じる」や「どれが自分の手がわからない」といった，自己主体感や身体所有感に関わるものがあげられる．

生の手をそのまま露出しながらにして，自己感に影響を与える「蟹の錯覚」は，Rubber Hand Illusionなどの，物理的な身体をマスクすることで引き起こされる一般的な錯覚パラダイムと比較して，極めて特殊な位置付けの錯覚であるといえる．また，hand-reversal illusionと比較したときにも，蟹の錯覚は，「自分の手がイラストの蟹の一部に含まれる」ような感覚を伴うため，自分と他人の区別に関わる表象（self-other representation）に関わる混同を，直接的に扱うことが

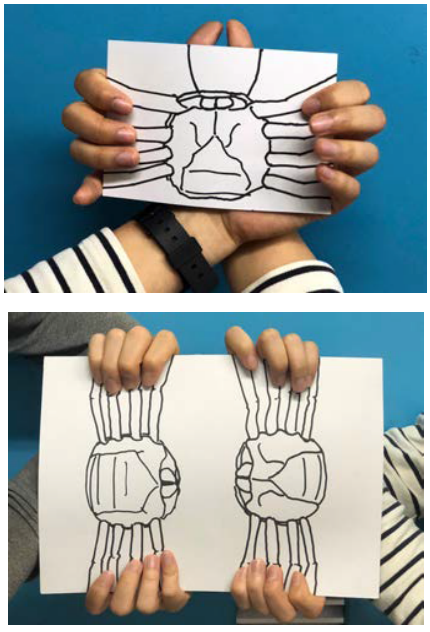


図１　本研究で考案する蟹の錯覚

可能である.

以上を踏まえて, 我々はこの錯覚が自身の手への主体感や所有感をどのように変調させているかを探ることに関心がある. このプロジェクトをすすめる第一歩として, 「蟹の錯覚」が視覚刺激に対する運動反応（visuomotor task）にどのような影響を及ぼすかを調べるための被験者実験を行った. これは「蟹の錯覚」が「hand-reversal illusion」と似た, 左右の手の操作の混同を引き起こすためである. 光点検出のスピードは, 身体内空間および身体近傍空間において検出速度が有意に高まることがわかっている（Hari & Jousmäki, 1996; Reed et al, 2006）. さらに, この際に, その身体のイメージが被験者にとって主体的に操作し得るものであるかが重要な要因として作用していることもわかっている（Longo & Haggard, 2009; Kao & Goodale, 2009）. したがって,光点検出による visuomotor task のReaction Timeの悪化を計測することは, 「蟹の錯覚」によって主体感がどの程度, 蟹の側に投射されているかの指標として機能するものと考えられる. 本稿では, 「蟹の錯覚」の効果を検証するための最初の基礎実験として, 蟹のイラストを排除した状態でvisuomotor taskを行い, 手を交差することの影響を検証した.

2. 実験

2.1. 実験方法

20 代の被験者 9 人（男 7 人, 女 2 人, 22-26 歳, 右利き 7 人, 左利き 2 人）が参加し, visuomotor task を行う被験者実験を行なった. Reaction Time の計測を行うために, 図 2 のような, Arduino を内蔵した装置を制作した. 本実験装置は, 4 つの LED ライトと, その近くに長方形のボタンが配置されているが, 本実験では, 2 つのボタン（装置片側の左右のボタン）のみを使用する. visuomotor task は, 順手・交差 L・交差 R の三種類の姿勢で行われる. 図 3 に示すように, Uncrossed は, 順手のままで, 左手の親指を左ボタンに, 右手の親指を右ボタンに添える. Crossed は, 両手を装置の背面で交差し, 右手の親指以外の指を左ボタンに, 左手の親指以外の指を右ボタンに添える. このとき, 交差 L は交差時に左手が上側に, 交差 R は右手が上側になっているものとする.

各実験において, 被験者は, 左右いずれかの LED が点灯した後で, なるべく早く点灯した側のボタンを押す試行を繰り返し行う. いずれかのボタンが押された後に, 次の LED が点灯するまでの時間幅は, 1.5 秒から 4.5 秒までの間でランダムに決定する. 実験は, 二種類の異なる課題（ベースライン課題とランダム課題）について, ベースライン課題を 3 回, ランダム課題 6 回を含む合計 9 回行うものである. ベースライン課題は, LED を左右交互に 50 回点滅させる. すなわち, どちらの LED が点灯するかについては既知である. 他方で, ランダム課題は, LED の点滅の左右の決定をランダムとし, やはり合計で 50 回点滅させる. 最初の 6 回の中で, 姿勢を変えながら, ベースライン課題とランダム課題を 3 回ずつ行い, その後で, ランダム課題のみを再び姿勢を変えながら 3 回行う. 姿勢の順序は, 無作為となるように被験者に割り当てた.

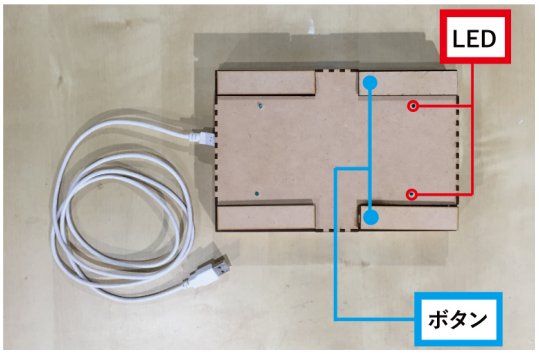


図 2　実験装置

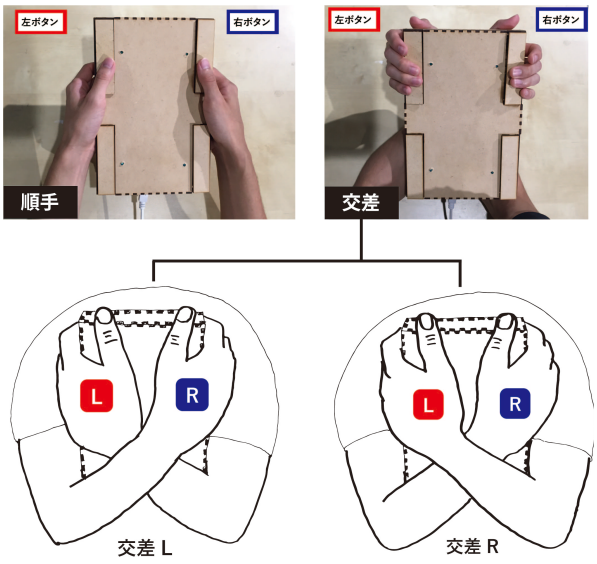


図 3　各条件で実際に装置を把持している様子

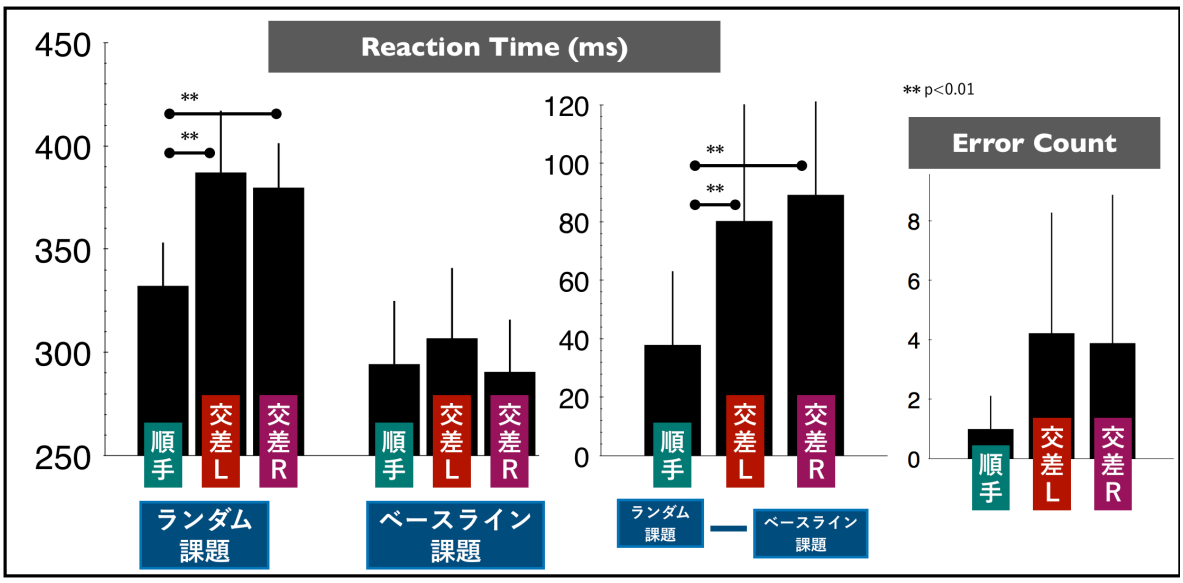


図4　実験結果

2.2. 実験結果

図 4 に実験結果を示す. 検定に先立って, ベースライン課題・ランダム課題ともに, 得られた全ての RT のサンプルのうち, 中位 60%に含まれる RT の値を平均したものを, 実際の計測値として採用した.

まず, ランダム課題におけるエラーの頻度に対して, 手の向きを要因とする被験者内分散分析を行なったところ, 手の向きの要因に関する主効果は得られなかった（$F(2,16)=3.23$, $p=0.067$）.

次に, 双方の課題に対して, 手の向きの要因による被験者内分散分析を行なったところ, ベースライン課題では手の向きの主効果が得られなかった一方で, ランダム課題では, 手の向きの主効果が得られた（$F(2,16)=21.34$, $p<0.001$）. さらに, 多重比較を行ったところ, 交差する二条件は, いずれも順手と比較して有意に高い RT を持つことがわかった. 同様に, ランダム課題の成績からベースライン課題の成績を引いたものを ΔRT として被験者内分散分析を行ったところ, 手の向きの主効果（$F(2,16)=7.65$, $p<0.005$）が得られるとともに, 多重比較によって, やはり, 二つの交差条件がともに順手よりも有意な水準で高い ΔRT を記録していることがわかった. すなわち, 手を交差する条件における反応の遅延は, 持ち手の不安定性に起因するものではなく, visuomotor task の左右の判定に伴うランダム性に起因するものであることがわかった.

3. 考察

本稿では, 「蟹の錯覚」が主体感や所有感にどのような影響を与えるのかを探るにあたり, 蟹の錯覚の手の交差状態の visuomotor task に RT の悪化が見られるかどうかを計測した. 2.2 章の実験結果からわかるように,手の交差状態における visuomotor task の RT は, 交差のない状態の RT に比べ, 有意な差をもって悪化することが示された. したがって,「蟹の錯覚」の手の交差状態が, 認知判断能力の効率性や, 自身の手の操作の主体性へ影響することが示唆された.

ここで, 2018 年 1 月の研究室展示の際に得た「蟹の錯覚」の反応を確認しておくと, 「自身の指の動きが蟹の肢の動きに感じられる」, というものや,「蟹と蟹の錯覚」では「他人の手と自分の手の区別がつかなくなる」といったものがあった. これらの反応からは, 通常は自身の手に付与される自己のラベルが, イラストである蟹や, 他人の手の側にプロジェクションされるという事態が起こっているということが考えられる. 本稿の実験では, 蟹のイラストを除いたために, 自身の手の帰属は自己のままであるか, あるいは, どこにも帰属されることなく, 曖昧なままになっている. 実験の要素に, 蟹のイラストや他者の手を加え, 自身の手の帰属が他の対象に傾いたとき, 身体の主体感, および所有感にどのような影響を与えるかを調べることが今後の課題である.

また, 実験を終えた被験者の感想で興味深かったものがある. 実験では, 手の交差は交差 L, R の 2 パタ

ーンの実験を行ったが，そのうち，どちらか一方のパターンの方に，実験装置の持ちやすさ，実験への取り組みやすさを感じる，というものがあった（例えば，右利きの被験者の一人は交差 R のパターンで装置の持ちやすさを感じていた）．しかし，実験結果の交差 L, R において visuomotor task の RT の値の間に有意な差はみられず，また，本人の持ちやすさの実感と，RT の成績は必ずしも相関するものではなかった．こうした被験者の実感と visuomotor task の RT 成績に相関があるのかどうかを調査することも今後の課題としたい．

参考文献

[1] Yamamoto, S., & Kitazawa, S. (2001). Reversal of subjective temporal order due to arm crossing. Nature Neuroscience, 4(7), 759–65.
[2] Hong, S. W., Xu, L., Kang, M.-S., & Tong, F. (2012). The hand-reversal illusion revisited. Frontiers in Integrative Neuroscience, 6, 83.
[3] Hari, R., & Jousmäki, V. (1996). Preference of personal to extrapersonal space in a visuomotor task. Journal of Cognitive Neuroscience, 8(3), 305–7.
[4] Reed, C. L., Grubb, J. D., & Steele, C. (2006). Hands up: Attentional priorization of space near the hand. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32(1) 166–177.
[5] Longo, M. R., & Haggard, P. (2009). Sense of agency primes manual motor responses. Perception, 38(1), 69–78.
[6] Kao, K. L. C., & Goodale, M. A. (2009). Enhanced detection of visual targets on the hand and familiar tools. Neuropsychologia, 47(12), 2454–2463.
[7] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands “feel” touch that eyes see. Nature, 391(6669), 756.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

投射の共有と遷移
−二次創作のプロジェクション科学−
Projection sharing and transitioning: Projection science of “fan arts”.

久保(川合) 南海子
Namiko KUBO-KAWAI

愛知淑徳大学 心理学部
Aichi Shukutoku University, Dep. Psychology
namikokk@asu.aasa.ac.jp

Abstract

In this study, we discuss the process and mechanism of projection by interpreting these as misprojection and fictional projection, using the theme of “fan arts,” which are widely viewed as creative activities of so-called geeks. “Fan arts” is a term in geek culture that refers to creative activities like parodies that independently change a story, using characters and stories drawn from existing works such as anime. Quite a large number of women enjoy such fan art works, that on occasion transform the friendships and rivalries between men depicted in existing works such as anime into male love stories.

In addition to empathy for love, seen in what is known as the fan club, fan arts represent a major trend that is created by generating misprojection and fictional projection. There is active mutual exchange between the creators and readers of fan arts, so although it may involve misprojection of an individual’s delusion, there is a wealth of information that is provided as feedback to the creators by the readers. Individual misprojections are further strengthened through these bidirectional processes, and representations shared among a large number of people become “vivid illusions.” Transitioning from fan art misprojection to fictional projection is made possible through the sharing of individual misprojections with many other people. The sharing of projections and the process of transition that occurs as a result may be applicable not only to fan arts but also to processes whereby individual beliefs become major religions. Projection sharing and transitioning has not been the focus of much attention to date, but we will investigate the specific workings of people’s minds from these perspectives.

Keywords — misprojection, fictional projection, fan arts, sharing, transitioning

1. 異投射と虚投射

ヒトが作り上げる表象は情報処理システム（脳内）に存在しているが、多くの場合、内的に構成された表象は世界のどこかに定位されると考えられ、このような定位を可能にする心の働きを投射（プロジェクション）と呼ぶ。そのように、表象を外の世界に投射するプロセスとメカニズムを探求するプロジェクション・サイエンスにおいて、ヒトの投射はいつでも正確に行われているとは考えられていない。鈴木(2016)[1]は、投射元（ソース）と投射先（ターゲット）のタイプによって、投射のパターンを３つに分類した。そこでは、ソースが実在の対象でありターゲットもソースと同じ対象である場合を「投射」、ソースは実在の対象であるがターゲットがソースとは異なる対象である場合を「異投射」、ソースに実在はなく（脳内等）ターゲットが想像上の対象である場合を「虚投射」としている。

2. 二次創作とそのプロセス

本研究では、いわゆるオタクの創作活動として広くみられる「二次創作」を題材に、異投射と虚投射としてそれらを解釈することで、プロジェクションのプロセスとメカニズムについて考察する。二次創作とはオタク文化の用語で、アニメ等の既存の作品で描かれるキャラクターや物語を使用して、独自に物語を作り変えるパロディのような創作活動のことである。そのような二次創作は、特に、男性同士の恋愛作品（BL）を好む女性たち（腐女子）において広く愛好されている。

腐女子たちが読むBL作品には、企業が商品として公刊・販売する「商業作品」の他に、個人が創作して発表する「同人作品」があり、同人作品では二次創作が大多数を占めている。決して少なくない女性たちが、アニメ等の既存の作品で描かれる男性間の友情やライバル関係の物語を、男性同士の恋愛物語に作り変えた二次創作として楽しんでいる。

二次創作に至るまでの心の動きをプロジェクションの枠組みに当てはめてみよう。例えば、ある既存のアニメ作品のファンとなり、そこに登場する男性Aとそのライバルである男性Bに非常に心惹かれたとする。これは、ソースが実在の対象（ライバルであるAとB）でありターゲットもソースと同じ対象（ライバルであるAとB）であり、通常の投射である（Figure1. 左端）。しかし腐女子たちは、ライバルであるAとBをファンとして熱心に追い続けているうちに、AとBはどうしてこんなにお互いを意識しているのか、アニメの中で

四六時中相手のことばかり考えているAとBは、ライバルでありながら実は恋愛関係にあるのではないか、そうでなければこのような関係性は説明がつかない、という妄想を抱く。これは、ソースは実在の対象（ライバルであるAとB）であるがターゲットがソースとは異なる対象（恋愛関係にあるAとB）であり、異投射といえる（Figure1. 左中）。この異投射を元に二次創作がおこなわれる。興味深いのは、腐女子たちの場合、個人の妄想である異投射が、二次創作という作品を通して多数の愛好者によって共有される点である（Figure1. 右中）。そのように多数の支持を得た異投射（ライバルであり恋愛関係にあるAとB）は、ソースに実在はなくとも（もはや既存のアニメ作品としてのAとBではなく、それと限りなく似ている別のものA’とB’として）ターゲットだけでさらなる二次創作を生んでいく、虚投射をも引き起こす（Figure1. 右端）。

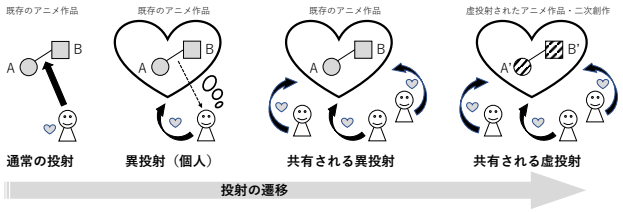


Figure 1. 各投射の例と遷移

3. 投射の共有

このような異投射や虚投射が個人だけで生じるのではなく、多くの他者と共有されることにはどのような意味があるのだろうか。いわゆるファンクラブのように愛好心の共感だけではなく、異投射や虚投射が生じることで、二次創作という一大ムーブメントが起こる。それを考える上では、二次創作の作者と読者の双方向的なコミュニケーション形態が重要である。鈴木(2016) [1]は、異投射における一人称シューティングゲームの事例について、投射は主体からエージェントへの一方向なのではなく、その逆も含む双方向のプロセスなのかもしれないと指摘している。

同人作品である点やインターネット上での発表も主流であることから、二次創作の作者と読者の垣根は商業作品のそれよりも格段に低い。そもそも共に同対象のファンであることも含めて相互の交流は活発であり、またある読者が別の二次創作での作者である場合も多い。二次創作がそのようなコミュニティで共有されるのであれば、個人の妄想としての異投射であっても、エージェントから主体へフィードバックされる情報は豊富だろう。

二次創作の作者でもあり読者でもあるマンガ家のよしなが(2007)[2]は、同人誌を「学説発表の場」と表現している。これは、個人の妄想であることは百も承知の異投射を、どれだけ説得力のある作品として呈示できるか、それに他者からどれだけの共感が得られるのかが、二次創作の面白さであることを示している。そのような双方向のプロセスを経ることで個人の異投射はより強化され、多くの人で共有される表象は「鮮明な幻想」となる。

4. 遷移と拡張

共有できた幻想が鮮明になったならば、もうソースは不要であるのかもしれない。二次創作の異投射から虚投射への遷移は、個人の異投射が多くの他者と共有されたことによって可能になる。ソースのない二次創作は、オリジナル作品の創作と似ているが、非なるものである。二次創作にしばしば見られるパラレルな設定（既存の作品とは全く別の世界設定でキャラクターだけを使用した創作など）は、物理的なソースが全く存在しない虚投射ではなく、ソースがトリガーとなっている虚投射の例(鈴木, 2016) [1]であると考えられる。虚投射の二次創作は異投射の共有を経て、トリガーが読者に確実に認識されることで成り立つといえる。そして、ソースから自由になった表象はさらなる拡張を遂げるだろう。

以上のような投射の共有とそれによって起こる遷移のプロセスは、腐女子の二次創作ばかりでなく、個人の信仰が大きな宗教となる過程についても同様にとらえられるのかもしれない。これまで投射の共有や遷移についてあまり着目されてこなかったが、それらの視点からヒト固有の心のありようについて検討することは、プロジェクション・サイエンスの深化と融合にとって重要であると考えられる。

参考文献

[1] 鈴木宏昭, (2016) “プロジェクション科学の展望”, 2016年度日本認知科学会第33回大会発表抄録集, pp. 20-25.
[2] よしながふみ, (2007) “やおいは男同士でなくてもいい（三浦しをんとの対談）”, あのひととここだけのおしゃべり, pp. 137-170.

プロジェクション・サイエンスの深化と融合
Projection Science: A Deeping Stage and Integration of Novel Research Areas

川合　伸幸[†]，米田 英嗣[‡]
Nobuyuki Kawai, Hidetsugu Komeda
[†]名古屋大学，[‡]青山学院大学
Nagoya University, Aoyama Gakuin University
kawai@is.nagoya-u.ac.jp, komeda@ephs.aoyama.ac.jp

Abstract
Projection Science is a new research field which explore mental processes of projecting internal representations to the "real" world. In this symposium, we will further explore. various types of projection processes to gain deeper understanding. In addition, we intend to extend our research field to a novel research field such as philosophy or sociology.

Keywords — Projection Science, Psychosemantics, Embodied Cognition, Illusion, Psychosemantics

1. はじめに

2016, 2017 年の大会でプロジェクション・サイエンスに関するオーガナイズド・セッションを開催した。2017 年は 100 人を超える参加者があり、プロジェクション・サイエンスに関心が集まりつつある。これまでの企画は、プロジェクション・サイエンスとは何か、なにを目指すものかを説明するものであったが、今回のオーガナイズド・セッションでは、哲学者による招待講演とパネルディスカッションを企画し、認知科学以外の領域との研究交流をはかり、哲学や社会学との融合を目指す。

2. 目的

認知科学や心理学では、ヒトが外界についての表象を持つことを前提としている。しかし、環境内でさまざまな対象とかかわるためには、表象を外界に結びつける仕組みが必要である。その仕組みをプロジwェクション（投射）と呼び、新たな研究の展開を目指してきた。プロジェクションが、これまでの認知科学や心理学と異なるのは、積極的に意味を見いだすことである。たとえば、墓石はただの石でしかないが、縁のある人にとっては故人の表象を生み出す手がかりである。また、腐女子に見られるように、ただの男性同士の関係（上司と部下など）に、それ以上の恋愛関係をあえて見いだすなど、外界からの入力に意味を加えて、新たに環境を認識する。それらのように、積極的に意味を付与する心の働きをプロジェクションの１つと捉え、それを成立させる要因や対象にはどのようなものがあるかを探求する。

3. 招待講演

「心的表象がいかにして世界の中の何かを『意味する』ことができるのか」ということは、認知科学を研究する上で重要な問題であるが、現在のところ充分な検討がなされているとはいえない。その原因のひとつとして、認知科学と深く関連した研究領域である、哲学や社会学分野との交流があまりなされてこなかったことがあると考えられる。そうした問題を解決するために、本オーガナイズド・セッション（OS）では、哲学者の戸田山和久氏を招き、認知科学分野ではそれほどなじみのないテーマである psychosemantics について講演をしていただく。Psychosemantics とは「心的表象がいかにして世界の中の何かを『意味する』ことができるのか」という問題であるが、この講演を聴くことで交流のなかった研究領域ではプロジェクションに相当するものがどのように捉えられていたかについて理解を深める。さらに、OS の最後に「世界に意味を見いだすプロジェクション」というタイトルで、戸田山氏や鈴木宏昭氏を含めた話題提供者とともにパネルディスカッションを行う。そのことで、プロジェクション・サイエンスが指し示すものを深化させるとともに、これまで交流が弱かった領域にもプロジェクションが伝わるように概念の整理を行う。

4. 公募発表

本OSの公募に対し10件の応募があり、企画者や発表候補者らとは独立の審査者による評価点にもとづいて5件を採択した。川崎・米田・船曳による「運動模倣における自閉スペクトラム症患者の自己視点方

略」（敬称および名前を省略、以下同じ）、佐藤・石原・小鷹「「蟹の錯覚」における主体感の変調」、小鷹「立位・仰向け・うつ伏せ状態における 主観的な重力方向の反転」、久保（川合）「投射の共有と遷移ー二次創作のプロジェクション・サイエンスー」、都地・嶋田「感情が含まれた他者視線の印象形成に社交不安傾向が与える影響」である。

これまでのOSでの発表のように、視点・視線や主体感など、個人の感覚にもとづいた研究発表が多いが、自己の身体とはまったく切り離された（むしろ自身とは異なる性別の関係としての）二次創作としてのプロジェクションの研究もあり、プロジェクション・サイエンスとされる研究の裾野が広がりつつある。個別に聞くと、接点のなさそうなそれぞれの研究が、どのように関連し合うのかを確かめる作業によって、プロジェクションの実態がより明瞭になるのではないかと期待している。

5. パネルディスカッション

「世界に意味を見いだすプロジェクション」というタイトルでパネルディスカッションを企画する。ディスカッサントは３人を予定しているが、公募発表者からもディスカッサントを募り、合計６人程度でのパネルディスカッションを開催し、プロジェクションとはどのような心の働きであるかについて多角的に検討する。

参考文献

[1] 鈴木宏昭 (2017)「教育ごっこを超える可能性はあるのか？：身体化された知の可能性を求めて」大学教育学会誌, 39, 12-16

[2] 鈴木宏昭, 岡田浩之 (2017)「認知科学」, 『研究開発の俯瞰報告書 システム・情報科学技術分野 2017』. 科学技術振興機構研究開発センター

[3] 鈴木宏昭 (2016)「プロジェクション科学の展望」. 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集.

人とボットのハイブリッド・ネットワークによる協調行動の向上
Hybrid Systems of Humans and Bots Optimize Coordination in Experimental Social Networks

白土　寛和[†]
Hirokazu Shirado
[†] Yale University
Hirokazu.Shirado@yale.edu

Abstract
This study is to understand the role of individuals in facilitating group coordination in networks. To study this, I introduced artificial intelligence “bots” into social network experiments, allowing human subjects (n=4,000) to interact with them. The bots were programmed with varying levels of behavioral randomness and different geodesic locations. The results show that bots acting with small levels of random noise and placed in central locations within the networks significantly improve the collective performance of human groups. I also find that behavioral randomness in bots affects the gameplay of the humans and that the spillover effect can benefit global coordination.

Keywords — social network, collective action problem, artificial agent, online social experiment

1.　はじめに

人々がある集団の中で協調行動を行う際、個人では最適な行動をとっているつもりでも、集団全体においてその行動が最適でないことがある。この部分最適と全体最適の相違は、様々な社会システムの中で生じる。例えば、マネジメントの分野では、この問題を「サイロ効果」と呼び、企業が機能不全に陥る大きな一因として研究されている[1]。

システム論において、この社会問題は、大局的な最適化問題と見なすことができ、既存理論によれば、「ノイズ」をシステムに加えることで、解決を促せると考えられる。そこで、本研究では、個人が起こすノイズ、すなわちランダムな振る舞いが集団全体に与える機能的な効果を社会実験により評価する。その際、実際の集団行動はネットワーク構造を伴い行われることを考慮し、ネットワークの位置によるノイズ効果の違いも調べる[2]。

実験方法としては、人工知能エージェントである「ボット」を、人と人とがインタラクションする実験系に注入し、それにより、集団行動の能力がどのように変化するかを調べる。ボットの振る舞いは予め設計できるため、ある行動に対して人々が個人もしくは集団としてどのような反応をするかについて、医学的な対照実験を行い、その因果関係を特定することができる。

2.　方法

本研究では、4,000 人に及ぶ被験者をオンラインのマイクロタスクサービス、Amazon Mechanical Turk より集め、彼らを「グラフ彩色ゲーム」に参加させた。グラフ彩色ゲームは、あるネットワーク構造に埋め込まれたプレイヤー全員(本実験では２０人ずつ)が、ネットワーク上の隣人と違い色を選ぶことを目的とし、その彩色に至ればゲーム終了となる。各被験者は、 隣人と自分の色だけが確認できる。その中で、３色の選択肢の中から１色自分の色を選ぶが、ゲーム中いつでも変えることができる。被験者は、ゲームが早く終るほど高い金銭的な報酬をもらえるため、できる限り早く集団全体が最適な配色になるよう、 自分の色を選択し続ける。研究者は、ゲームの終了速度により、その集団の協調行動の能力を測ることができる[3]。

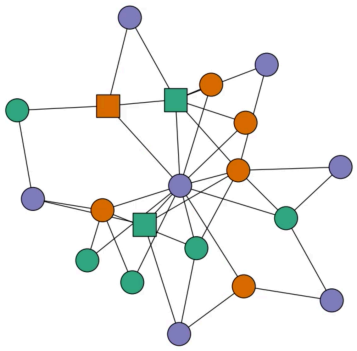


図１：グラフ彩色ゲームでの最適な彩色例。丸ノードが被験者（人）、四角ノードがボットを表す。

本研究は、グラフ彩色ゲームを行う２０人のうち３人をボットに置き換え、ボットの振る舞いとそのネットワーク上の位置が、最適な彩色に至る過程にどのような影響を生じるか調べた（図１）。ボットの振る舞いとして、不合理な行動を行う割合を３段階変化させた。すなわち、それぞれ 0%、10%、30%の割合でランダムに３色の中から１色選ばせ、それ以外の時は隣人の中で最も重ならない色を選ばせるようにした。また、それとは独立に、ボットのネットワーク上の配置も３段階、ランダム、中心部、周囲部と変化させた。実験全体として、人だけのセッションを３０回、人とボットを組み合わせたセッションを３×３の９通りの条件でそれぞれ２０回、合計２１０セッション行った。

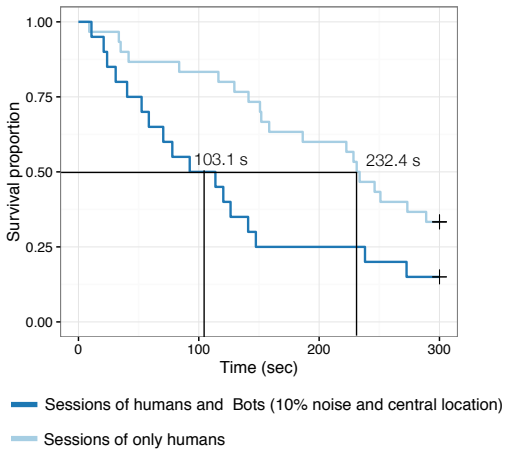


図２：時間毎の彩色問題の非解決率。曲線の傾きが大きいほど、より早く問題が解けることを示す。

3. 結果

実験の結果、ネットワークの中心にいるボットがランダムな振る舞いを 10%の確率で行った際、その集団（人とボットのハイブリッド・システム）はもっとも早く最適な色の組み合わせを見出し、その速度は、人だけでゲームを行った場合に比べて有意に早いことがわかった（$P = 0.015$; log-rank test）。具体的には、10%ランダムな振る舞いをするボットをネットワークの中心に入れることで、中央値で 129.3 秒早くグラフ彩色問題を解き、5 分の制限時間内で解ける割合が、約 20%向上した（図２）。このボットの効果は、被験者にボットの存在を知らせた場合でも、維持されることを補足実験により確認した。

グラフ彩色問題は、ネットワークの構造により、その難易度が変化する。そこで、そのネットワーク構造により解ける彩色の組み合わせの数（彩色多項式）を考慮した生存時間分析（いつどれくらいの割合で彩色問題が解けるか）を行った。その結果、ネットワーク自体が持つ最適な彩色の組み合わせ数が少ない場合、特にボットの効果が有効であることがわかった。すなわち、組織構造として協調行動が部分最適に陥りやすいほど、個人の一定レベルのランダムな行動が効果的になる。

さらにボットの振る舞いが各被験者に与える影響を分析した。その結果、ボットのランダムな振る舞いが増えるほど、ボットに近接した被験者はよりランダムな振る舞いを行うことがわかった。その逆に、ボットが局所的に常に正しい振る舞い（0%のノイズレベル）をすると、被験者もより局所的に正しい選択のみ行い、結果として、集団全体としては部分最適に陥りやすくなる。10%ランダムに振る舞うボットがネットワークの中心にいるときのみ、被験者のランダムな振る舞いの度合いがネットワーク中心部で高く、周囲部で低くなる。その結果、その集団は、グラフ彩色問題を解きやすくなったと考えられる。

4. 結論および考察

本研究では、社会的ネットワークの中で、個人の振る舞いがどのように集団の協調行動を向上させることができるかを調べた。4,000 人に及ぶ実験参加者を、ボットとともに社会的ネットワークに埋め込み、オンライン上で協調行動のゲームをさせた。その上で、ボットのランダムな振る舞いの度合いとそのネットワーク内の位置を操作した。その結果、ボットがある程度ランダムに振る舞うことで、集団の協調行動が全体最適に至ることがわかった。

また本研究は、人と機械のハイブリッドな社会システムにおける人工エージェントの役割について示唆的証拠を提供する。 本実験結果は、人の集団的な利益を追求する上で、人の代用となる高度な知能を持ったエージェントではなく、人のグループ・ダイナミクスを補完する、媒介としての人工知能の可能性を示唆する。

参考文献

[1] G. Tett, (2015) “The silo effect”, Simon & Schuster.
[2] H. Shirado and N. A. Christakis, (2017) “Locally noisy autonomous agents improve global human coordination in network experiments”, Nature, Vol. 545, pp. 370-374.
[3] M. Kearns, S. Suri, and N. Montfort (2006) “An experimental study of the coloring problem on human subject networks”, Science, Vol. 313, pp. 824-827.

よりよいインタラクションのための脳計測に基づく認知状態の推定
Estimating cognitive states based on EEG for better interactions

森川 幸治
Koji Morikawa
パナソニック株式会社
Panasonic Corporation
morikawa.koji@jp.panasonic.com

Abstract

The relationship between a user and a device has been established mainly by user's device operation. However, if a user's intention is transmitted to the device without operation, a wider relationship could be constructed. In this paper, we show that there is a possibility that user 's cognitive state, such as operation intention, sense of hearing and interest to a media etc., can be estimated by bio-signal analysis including EEG (electroencephalogram = brain waves). The usefulness and feasibility of biosignal measurement in daily life is discussed for better interactions.

Keywords — Cognitive State, EEG, bio-signal

1. ユーザの認知状態

人工知能技術の用途の一つに，ユーザ活動の支援がある．現在の多くの機器はユーザの操作入力に対して，決められた反応を返すことで機器の機能が提供される（図１）．しかし例えばスマートフォンの多機能なアプリの使い方がわからず困惑したり，検索を使っても自分の好みや気分にあった結果が返ってこなかったり等の課題は，反応が固定的なために引き起こされている．適切なユーザ支援には，機器側がユーザの「期待」や好みを正しく把握することが必要である．

このユーザの期待や気持ち，理解度など，脳内活動に関連した状態を本稿では認知状態と呼ぶ．この認知状態を脳計測によって把握する技術と，把握された認知状態に基づいてユーザの反応を予測できるモデル構築の可能性について述べる．ユーザの認知状態の遷移が予測できれば，多くの反応候補から最適な反応が事前に選択できるようになる．

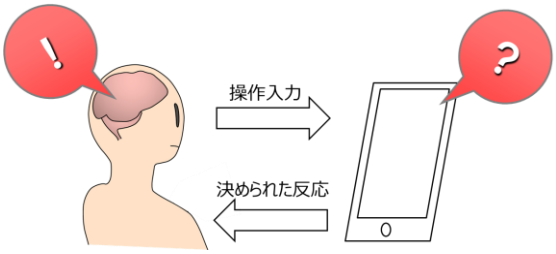


図１ 通常のインタラクション

2. 脳計測による認知状態の把握

脳計測には，電位を測定する脳波計，磁場を測定する脳磁計，血流変化を測定する fMRI や NIRS 等の機器が用いられる．中でも脳波は時間分解能が高く，簡易に脳活動が計測できる利点がある．

脳波解析手法には，α波やβ波等の周波数解析と，ユーザへの外部刺激に対する脳波の時間変化を見る事象関連電位解析に大別できる．事象関連電位は，刺激呈示から数百ミリ秒の脳波変化を分析対象とし，ユーザの反応がほぼリアルタイムに把握できる点で，認知モデル推定に有効であると考えている．

3. 認知状態測定とその応用

脳計測によって把握可能なユーザの認知状態の例とそのモデル化の一事例を示す．

3.1 脳波による認知状態推定

人が日常生活の中で様々な行為を行う際には，脳内ではその外界変化を常に予測しているとされ，予測と外界との違いは予測誤差と呼ばれる．人はこの予測誤差によって外界の変化に関する学習を行い，より精緻な予測を実現している．この予測誤差の発生は脳波計測においてもタスクを上手に設定すれば把握可能である．

脳波の中でも事象関連電位は，特定の事象を起点にした脳波の電位変化を示すもので，この予測誤差と対応付けが可能である．例えば，自分の行動が間違っていたと認識した場合や，外界の変化が自分の想定と違った場合などにも，特定の電位変化が発生し，環境変化から数百ミリ秒の間に脳波の電位を測定することで把握できる[1].

図２は，ユーザがスマートフォンのサービスを利用している時の概念図である．ユーザはスマートフォンに対して操作入力をした場合に，その結果にある期待を持っている．筆者らは，独自の脳波計測実

験を実施し，期待通りだった場合と期待はずれの場合には脳波の事象関連電位の反応が異なることを特定した．具体的には，機器のフィードバックから数百ミリ秒後に陽性に大きな信号変化が見られた[2]．この情報を用いれば，機器側の反応がユーザの期待に沿っていたかがその場で把握できる．

また筆者らの別の実験では，実際に機器操作の場面においても，ユーザが事前に持っている操作の知識が異なる場合には，同じ機器でも間違え方が異なることを実験的に示してきた[3]．これらはいかにユーザビリティに配慮して設計されたインタフェースであっても，ユーザの持つメンタルモデルごとに最適なインタラクションは異なることを意味している．

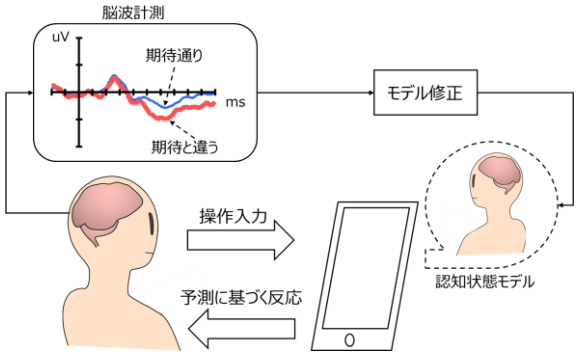


図 2 適応的なインタフェース

3.2 認知状態のモデル化

図２の期待通りでない場合の信号を機器側の反応に対する誤差信号と考えることで，認知モデルの学習信号として使用できる．この学習には機械学習の一つの強化学習という手法が有効である．強化学習では，正解の行動ではなく，行動が適切だったか否かに関する報酬という情報に基づいて学習が進められる．報酬には先ほどの「期待通りでない場合に観測される事象関連電位」が使用可能である．強化学習の特徴は，報酬のみで正解に到達できる点であり，これはユーザが手間をかけて正解を教示しなくても機器側で正しいモデルがユーザ毎に学習できる可能性を示している．

この考え方は，機器とユーザが相互作用を持つ状況において特に効果を発揮すると考えている．例えば，教育分野では，学習者の認知状態の適切な把握は重要である．学習場面で通常は正答率が理解度の指標にされるが，インタラクティブな学習では，様々な認知反応が起きており，これが測定できれば，学習者ごとの教え方が立案できる．

また，車の運転時にはドライバは対向車や道路環境の変化に対して常に脳内で認知的な情報処理を行っている．その中で例えば，視線は正しく向けられていても注意散漫である状況では，脳波の事象関連電位をベースにすれば，測定やモデル化が可能であり，運転支援も的確に行える．

このような方式の実現には脳波計測が前提となるが，脳波計の小型化，省電力化，ノイズ環境下での計測安定化の技術開発が進んでいる[4]．これによりメガネ型等のウェアラブル化も進み，装着負担の少ない脳波情報活用も可能になりつつある．

4. ユーザとのよりよい相互作用を目指して

本稿ではユーザの認知状態が脳計測によって把握できること，強化学習によってユーザの認知状態の予測モデルの学習の可能性があることを示した．脳計測を活用した技術としては，機器への操作を脳活動によって行うブレインマシンインタフェース技術もある．また，脳活動と他の生体センサの信号変化の関係性を機械学習によって対応づける研究もされている．これらの技術と相互補完的に統合することで，人と機器のよりよい関係の構築に役に立つと期待している．

参考文献

[1] 入戸野 (2005). 工学心理学における事象関連電位の利用と展望, 生理心理学と精神生理学, Vol.23, No. 2, pp. 67-68

[2] Adachi, S., Morikawa, K., & Nittono, H. (2011). Identification of event-related potentials elicited by conceptual mismatch between expectations and self-chosen TV images, Applied Psychophysiology and Biofeedback, Vol. 36, No. 3, pp. 147-157

[3] 高田, 森川, 平嶋 (2012). 機能発見のための探索的インタラクションにおける状態遷移と状態理解に関する教示の影響, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol. 95, No. 1, pp. 97-106

[4] 森川, 松本 (2013). ペーストなしで長時間計測可能な小型ワイヤレス脳波計の開発, 第 27 回人工知能学会全国大会予稿集, 3H1-OS-05a-1

認知モデルをヴァーチャル世界に接地させるエージェント開発手法
Method of Developping Virtual Agent Grounding Cognitive Models

森田 純哉†，長島 一真†，竹内 勇剛†
Junya Morita, Kazuma Nagashima, Yugo Takeuchi
† 静岡大学情報学部
Fuculty of Informatics, Shizuoka University
j-morita@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract

In this research, we attempted to integrate the cognitive architecture ACT-R and 3D game engine. We built a hierarchical architecture in which ACT-R and the game engine are connected through a black board server, and constructed a model for searching the 3D environment. The constructed model reproduced behavioral differences by parameters of the cognitive model. We also made interesting errors related to the brain-body connection. From these results, it is suggested that cognitive modeling method is useful to construct agents imitating humans behaivors in 3D space.

キーワード : ACT-R, virtual agent, game engine

1. はじめに

認知科学では，伝統的に，認知モデリングの手法によって，人工知能研究と心理学の融合が進められてきた．ここでいう認知モデルは，コンピュータ上に実装された人間の内部処理に関わる仮説である．通常の人工知能の研究に対し，認知モデルの研究は，心理学において見出された人間のエラーやバイアス（限定合理性）を再現することに重点が置かれ，心理実験の結果に対するシミュレーションによって評価される．

このような伝統的な認知科学のアプローチの他に，HAI (Human-Agent Interaction) と呼ばれる分野においても人工知能と心理学の融合が進められてきた．HAI においては，人間らしさ，あるいは生物らしさを感じさせるエージェントがコンピュータ上に実装され，それと相互作用する人間の反応が心理実験によって検討される．

近いトピックを扱っているにも関わらず，認知モデリングと HAI の間で，積極的な知見の交換は行われてこなかった．HAI で扱われる対人エージェントは，外見や社会的関係に焦点を当てるものが主で，人間の内部処理を模倣しようとするものは稀であった．エージェントに対する人間の反応を主なデータとする HAI において，内部処理に深く踏み込むことは，研究戦略として合理的ではないのかもしれない．しかし，今後，HAI が従来よりも，複雑で長期間にわたる相互作用の系列を扱う際には，認知モデリングで扱われてきたような内部処理を含むエージェントの開発が求められていくはずである．

上記の認識から，著者らは，認知モデリングの手法を流用した対人エージェントの開発手法を検討する．本発表では，この目標に向けたアプローチ，および開発される基盤技術から導かれる研究課題を議論する．

2. HAI と認知モデリングの統合アプローチ

2.1 認知アーキテクチャの利用

近年の認知モデリングでは，認知アーキテクチャの役割が重要視される．認知アーキテクチャとは，個別の認知モデルの研究において開発された手法を統合する基盤である．共通の認知アーキテクチャを利用したモデルの開発を積み重ねることで，人間に普遍的な認知システムの構造に近づくと考えられている．これまでに複数の認知アーキテクチャが開発されてきた．本研究では ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational [1]) に着目する．ACT-R は，多くの研究者が参加するコミュニティにおいて開発されている．また，そのモジュールとパラメータを，脳の構造と生理機能に対応づける検討も進められている．また，オリジナルの ACT-R は Lisp で記述されているものの，Java[6] や Python[7] を含む複数のプログラミング言語による実装もあり，環境に応じた柔軟な開発が行えるようになっている．

2.2 ヴァーチャル世界との接続

ACT-R は，内部処理に関わるモジュールだけでなく，知覚や運動など環境との相互作用に利用されるモジュールを有している．しかし，それらのモジュールには物理的信号を取得するセンサ，あるいは物理的な世界に直接作用するアクチュエータは含まれない．つまり，ACT-R を利用した対人エージェントを構築するためには，ACT-R と接続する身体を別に用意する必要がある．過去，ACT-R をヒューマノイドロボットに実装し，実世界において人間と相互作用をさせる研究が行われている [2]．しかし，センサやアクチュエータなど現実環境とのインタフェースにおけるハードウエア上の限界もあり，その動作は限定的である．

本研究では，より簡便に，3 次元空間として構築されたヴァーチャル世界と ACT-R を接続する．ヴァーチャル世界の構築には，ゲームエンジンを利用する．近年開発されている多くのゲームエンジンには，精巧な物理エンジンや身体モデルが含まれ，現実感の高い世界を構築できる．最近になって，それらの 3D 環境と ACT-R を繋げる複数の研究が現れ始めている．環境からの知覚に応じて単純な動作（回転など）を決定するロボットエージェント [3]，あるいはヴァーチャル世界におけるロボットの環境探索 [4] などが課題として取り扱われている．本研究はそれらの知見を援用しつつ適用範囲を拡張させる．

2.3 認知アーキテクチャとヴァーチャル身体の統合

ACT-R が接続するヴァーチャル世界では，複数の独立のイベントがリアルタイムに進行する．それに対して，ACT-R の内部で生じるプロセスは基本的には系列的である．よって，ACT-R とヴァーチャルな世界の統合には，異なる階層のプロセスを並行して動作させるサブサンプションアーキテクチャ[5] 的な枠組みが必要になる．つまり，ヴァーチャル世界における身体動作の制御を下位層，ACT-R による知識ベースの意思決定を上位層に対応させる．両者は定期的に通信を行いつつ，並行して動作する．上位層は，下位レイヤにて取得される知覚情報を入力としつつ，知識ベースの意思決定を行う．下位層は上位層の意思決定の結果をコマンドとして受け，低レベルの身体動作（歩く，姿勢を変える，回るなど）を遂行する．

3. プロトタイプシステム

3.1 アーキテクチャ

これまで，ACT-R (Python ACT-R) とゲームエンジン (Unreal Engine 4) をサーバを介して接続するプロトタイプシステムを実装している（図 1）．サーバは C 言語によって実装され，エージェントの動作コマンドを格納するスロット，および視界情報を格納するスロットをもつ．スロットの値は，ゲームエンジン，もしくは ACT-R からの定期的なソケット通信を介して更新される．過去の研究 [4] を参考に，通信におけるデータのフォーマットを JSON (JavaScript Object Notation) に統一している．

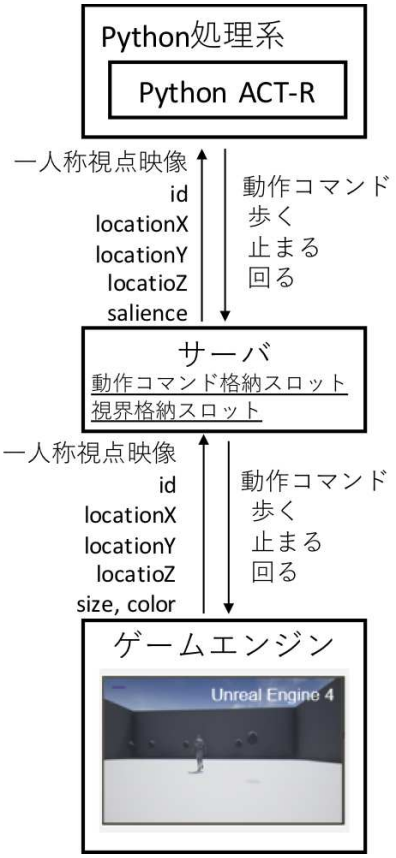


図 1 ゲームエンジンと ACT-R の接続

サーバ上のスロットに対する読み込みと書き込みは，ACT-R とゲームエンジンで対称的に行われる．3D 環境内におけるエージェントの一人称視点に基づいて，ゲームエンジンが，視界情報を更新し，その値を ACT-R が定期的に読みこむ．また，ACT-R の実行結果によって，サーバ上の動作コマンドが更新され，その情報を読みこむことによって 3D 環境内のエージェントの動作状態が更新される．ACT-R とゲームエンジンのサーバへのアクセスは非同期である．つ

まり，サーバを介在して，ACT-R による認知プロセスの実行と 3D 環境内における身体動作が，並列的に遂行される．このような高次の意思決定機構（脳）と低次の身体運動の関係は，階層的なサブサンプションアーキテクチャの枠組みと整合的である．

3.2 オブジェクト回収課題

3.2.1 課題

構築されたアーキテクチャを用い，単純な環境探索を行うエージェントを実装した．図 2 はエージェントが配置された 3D 環境を示している．左上に俯瞰的な映像が示され，右下にエージェントの視界情報が示される．この環境におけるエージェントの課題は，可能な限り短い時間の中で，環境内の全ての青色のオブジェクトを回収することである．ただし，今回のエージェントにおいては，オブジェクトの位置を結ぶ最短経路の探索は目指さなかった．エージェントは，各時点において，最も近いオブジェクトに向かう前向きの探索を繰り返した．

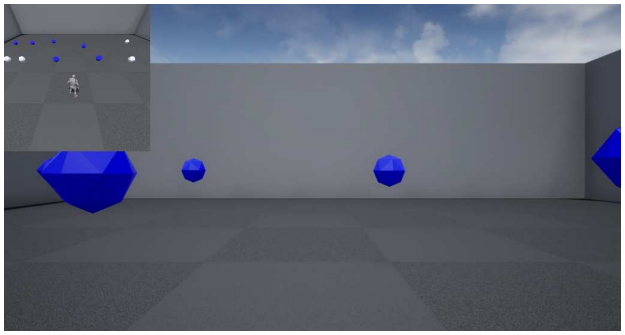


図 2 オブジェクト回収課題の環境

3.2.2 エージェントの動作

図 3 はエージェントの動作をフローチャートで示している．各オブジェクトの回収に先立ち，エージェントは，身体を回転させ，環境中のオブジェクトを探索する．視界に入ったオブジェクトの一つに注意を向け，エージェントからの距離を知覚する．視界内に複数のオブジェクトが存在した時には，オブジェクトに設定された顕著性 (saliency) に従って注意を向けるオブジェクトを選択する．顕著性の設定は，今回のエージェントでは，視界に投影されるオブジェクトの大きさ（今回の課題は距離に対応）によって定まる．注意を向けたオブジェクトの距離に基づいて，エージェントはゴールバッファ内の「最短距離オブジェクト」を更新する．

視界内のオブジェクトを探索するルールと，現在までに取得された最短距離オブジェクトに移動先を設定し歩行するルールは，ACT-R の中で競合する．つまり，最短ではないオブジェクトに誤って向かうエラーや，全てのオブジェクトの探索が終わった後にも環境内の探索を続けるなどのエラーが生起する．ACT-R において，これらのエラーの頻度は競合解消のノイズによってモデル化される．オブジェクト探索のルールのユーティリティ（優先度）をオブジェクトに向かうルールのユーティリティに比べて高く設定した際，ノイズが小さいエージェントは慎重に最短距離オブジェクトを見極め，ノイズの大きいエージェントは目についたオブジェクトに向かう短絡的な振る舞いを増やすことになる．

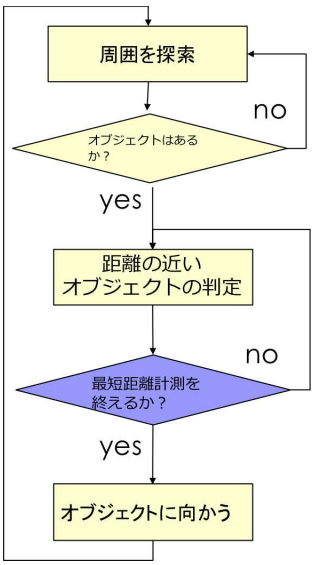


図 3 エージェントの動作

3.2.3 予備的結果

図 4 は図 3 に示したエージェントの振る舞いから得られるシミュレーション結果を示している．ノイズの異なる熟考型エージェントと短絡型エージェントを用意し，オブジェクトの回収条件（オブジェクト数とオブジェクトの配置）を揃えた条件で実行に要する時間を比較した．その結果，設定された環境において，ノイズの少ない熟考型がノイズの大きい短絡型に比べ，課題を効率的に遂行することが示された．ただし，この結果はオブジェクトの回収条件やエージェントの動作速度などのパラメータによって変化する可能性があ

る．重要なことは ACT-R のパラメータを操作することで，3D 空間におけるエージェントの振る舞いに多様性を持たせることができたことである．

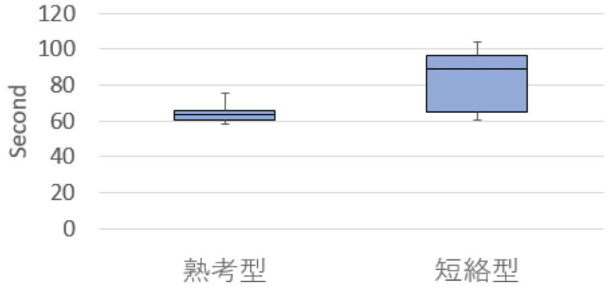


図 4　エージェントの動作

上記に加え，予備的シミュレーションにおいては，アーキテクチャに固有のエラーも見出している．本アーキテクチャにおいては，ゲームエンジンと ACT-R の間で，サーバを介した定期的な通信が行われている（図 1）．この通信において，環境の変化を適切なタイミングでサーバにアップロードすることに失敗，あるいはサーバ上の視覚情報が ACT-R が取得する前に更新されてしまったなどの原因によるエラーが生じる．こういった通信エラーが生じたとき，本研究のエージェントは，オブジェクトを取得したという自分の振る舞いに自覚できず，環境中のオブジェクトを探し続けるなどの振る舞いを示す．工学的には，このようなエラーは修正すべきバグと見做される．しかし，認知モデリングにおいては，生起したエラーと人間との対応を検討することが重要と考える．本件に関し，生態心理学の分野においては，本人が意識しない行為のエラーをマイクロスリップとして注目してきた．生態心理学において指摘される人間のエラーと本アーキテクチャによって生成されるエラーの類似は，本アーキテクチャの構造に認知モデルとしての一定の妥当性があることを示している．

4.　まとめと展望

本研究では，認知アーキテクチャである ACT-R とゲームエンジンによって構成された 3D 世界を統合する仕組みを構築した．ゲームエンジンと ACT-R を接続する試みは本研究において初めて行われたわけではない．ただし，従来の研究 [3, 4] は，ACT-R とゲームエンジンを Pear to Pear で結合し，図 1 のようにサーバを介して結合するものではなかった．前節の最後で述べたマイクロスリップは，ACT-R とゲームエンジンが並列的に動作するからこそ生じるエラーである．

このように本研究において構築したアーキテクチャは，従来の研究では見落としていた認知プロセスのモデル化を導く可能性がある．従来の認知モデルの多くは身体を持たず，基本的には脳内に閉じた記号系の問題を扱ってきた．認知モデルに対して，ヴァーチャル空間の身体を付与することで，身体と脳のインタラクションに関する重要な現象をシミュレーションできる可能性がある．加えて，本研究のアーキテクチャは，マルチエージェント環境への拡張という点でも利点を有している．この利点を活かし，今後ヴァーチャル世界に複数のエージェントを配置した，身体化された集団のインタラクションのモデル化を行う予定である．

さらに，ゲームエンジンによるヴァーチャル世界の可視化は，ACT-R によって稼働するエージェントと人間との相互作用を行えるようにするという利点も有している．こういった ACT-R による対人エージェント開発の利点は，認知モデリングの研究において蓄積されてきた研究知見の体系的な流用にある．さらに，ヴァーチャル世界における対人エージェントの振る舞いを多角的に可視化することは，認知モデリングに実装された内部処理の仮説に対する新たな評価にもつながる．このように，本研究が目指す統合アプローチは，あらたな認知モデリングの手法，HAI の手法を導き，両者を融合する認知科学の新たな研究領域を生みだす可能性がある．

文献

[1] Anderson, J. R. (2007). How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe. Oxford University Press.
[2] Trafton, J. G., Hiatt, L. M., Harrison, A. M., Tamborello II, F. P., Khemlani, S. S., and Schultz, A. C. (2012). ACT- R/E: An embodied cognitive architecture for Human- Robot Interaction. Journal of Human-Robot Interaction, 1(1), 78–95.
[3] Somers, S (2016). ACT-R 3D: A 3D Simulation Environment for Python ACT-R. Proceedings of the 14th International Conference on Cognitive Modeling (ICCM 2016), pp 107-112.
[4] Smart, P. R., Scutt, T., Sycara, K., and Shadbolt, N. R. (2016) Integrating ACT-R Cognitive Models with the Unity Game Engine. In J. O. Turner, M. Nixon, U. Bernardet and S. DiPaola (Eds.), Integrating Cognitive Architectures into Virtual Character Design. IGI Global, Hershey, Pennsylvania, USA.
[5] Brooks, R. A. (1987). Planning is just a way of avoiding figuring out what to do next. Technical report, MIT Artificial Intelligence Laboratory.
[6] Harrison, A. (2002). jACT-R: Java ACT-R. Proceedings of the 8th Annual ACT-R Workshop.
[7] Stewart, T. C. and West, R. L. (2005) Python ACT-R: A New implementation and a new syntax. Proceedings of 12th Annual ACT-R Workshop.

円図形を介した視覚的同調動作における主従関係の相関関数による分析

Analysis of leader-follower relationships in visual synchronic behavior via circles by correlation function

入江 諒 †，金野 武司 ‡
Ryo Irie, Takeshi Konno
† 金沢工業大学 工学研究科 電気電子工学専攻，‡ 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
†Electrical Engineering and Electronics,‡Electrical and Electronic Engineering,
Kanazawa Institute of Technology
b6800989@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人とエージェントの自然な身体的コミュニケーションの成立には，二者間の動きのダイナミクスが重要な鍵を握る．特にリーダー・フォロワーといった役割の交代＝ターンテイキングが，相手に人らしさを感じさせる大きな要因になると考えられる．本研究では円図形を介した二者間の視覚的インタラクション実験と，ターンテイキングの特徴を取り出す指標の作成を通じて，相手を人であると判断する要因は，相手との同調傾向を前提としたターンテイキングにあることを明らかにする．

キーワード：Turn-taking, Human agent interaciton, 非言語コミュニケーション（Non-verbal communication）

1. はじめに

近年，発展し続けているコンピュータゲーム内のAI や日常生活に普及し始めているソフトバンク社のPepper のようなエージェント（社会的ロボット）は精細な外観や高度な機能を持っているにもかかわらず，自然なコミュニケーションの実現にはまだいくつものハードルを越えなければならないように感じる．例えば，ゲームに登場する人間の外見は質感までがリアルに再現されているにも関わらず，簡単なインタラクションをすることでゲーム AI だとすぐに判断することができる．また，Pepper も数分やりとりをしてみれば，インタラクション中の目線や動作に違和感を感じるようになる．社会的エージェントが人の心に作用するには，エージェントは人に対してコミュニケーションできる相手だという認識を生起させる必要がある [1]．人はどのようなインタラクションからそのような認識を持つのだろうか．

人どうしのインタラクションの基礎的な特徴の 1 つに対話中のターンテイキング（話者交代）がある．このターンテイキングは対話に限定されず，何らかの主従関係の交代が行なわれるダイナミクスに一般化できる．その先行研究として飯塚ら [2, 3] は，触覚のみを用いたインタラクション環境を構築し，そこでの実験結果から，相手が人であるかどうかを判断する重要な特徴としてターンテイキングがあることを示している．そこで我々も，先行研究と同様に外観や身体的動作を極力排除した環境を踏襲しながら，向かい合わせたモニターに表示される自他二つの円をすり抜けできない状態で左右にのみ移動させるという，二者間での視覚的なインタラクション実験を設計した．この実験を通じて，人であるという認識を生起させる視覚的なインタラクションパターンに，ターンテイキングのダイナミクスが現われるかどうかを調査した [4, 5]．

実験の結果，インタラクションパターンは触覚の時のように時間的に自分と相手のターンをはっきりと分離するようにはならず，同調的なパターンが観察された．そして，人どうしの円の動作パターンにはその同調傾向が高い相関係数（ピアソンの積率相関係数）として確認され，ランダムウォークする計算機とインタラクションした場合の相関係数は有意に低くなった [4]．人と計算機のインタラクション条件では，人は 96%の割合で相手を計算機と判断していたが，人どうしの条件で相手を人だと判断したのは 69%に留まった．その原因をアンケートの自由記述から分析すると，「自分の丸に反応してこなかったから」や「あまりついてこなかった」，あるいは「相手が自分の動きに合わせてくれなかった」等，自分の動きに対して相手の応答を求めるような回答が多く見られた．これを定量的に取り出すために相関係数による分析を行なったが，回答結果で群を分けた場合の相関係数の平均値には，減少傾向は見られたものの，統計的な有意差は

なかった．これらの結果は，相手とのインタラクションパターンから人であると判断する視覚的な動作特徴は，同調傾向を基本としながらも，それだけでは不十分であり，そこには追う/追われるの切り替わり（ターンテイキング）が必要とされることを示唆しているのではないだろうか．

同調傾向の高い時系列パターンにおいて，ターンテイキングの特徴を抽出するため，我々は逐次的な二者間の位置変化からリーダー・フォロワーの状態を定義し，その切り替わり頻度を分析した [5]．しかし，この方法は，残念ながら人と計算機の判断の違いを区別することはできなかった．この原因は恐らく，状態を定義するサンプリング時間の時系列データごとの違いに適切に対処しなかったことにあるのではないかと我々は考えている．そこで本論では，自己相関係数と同様に，二者の時系列データを時間的にシフトさせた際の相関係数の増減によってリーダー・フォロワーを判定する手法を試みたので，その結果を報告する．

しかし，この方法を実施すると，我々の予想に反して，リーダー状態の二者間での時間的な比率（以降，これをリーダー比均等率と呼ぶ）は，相手を計算機だと判断した場合の方が偏りが少ないことが判明した．ターンテイキングによってリーダー・フォロワーが適宜入れ替わっていれば，その時間的な比率は均等化すると我々は考えたが，人であった相手を計算機だと答えたときの方が，リーダーである状態の二者での時間的な割合に偏りが少ないという分析結果になった．これは，相手を人だと判断する動作特徴としては同調傾向が重要であり，ターンテイキングの特徴があることは，むしろ逆の判断を導く可能性を示唆する．ただし，このときの相関係数（同調度合い）は，人であった相手を計算機だと答えたときの方が低くなる傾向にあり，リーダー状態の時間比率の均等化（リーダー比均等率が高い状態）は，この同調度合いが低い時にも起こることに我々は気がついた．

そこで我々は，同調度合いが高い状態でありながら，かつリーダー比均等率が低い状態となるような（つまり同調はするけれどターンテイキングはしない）計算機アルゴリズムを用意し，人とのインタラクション実験を再度行なった．この実験において，同調度合いが人どうしでの時系列データと同程度でありながら，かつリーダー比均等率が低い状態の計算機に対して，人が高い割合で相手を計算機だと答えるならば，人であるという判断には同調傾向だけでは不十分であることが示されるのではないかと考えられる．

2. 実験室実験

本節では，実験に用いた課題について説明する．先行研究と合わせて 2 つの実験を行なったが，両者は計算機に実装されるアルゴリズムに違いがあった．先に共通する課題内容，手続きおよび設備を説明し，続けてそのアルゴリズムの違いについて説明する．

2.1 実験環境

実験では，二人の参加者が向かい合うように設置されたコンピュータ端末の前に座った．互いの姿が見えないよう，両者の間には衝立が設置された．両者の端末の画面上には中央に直径約 16[mm] の円形のオブジェクトが横並びに 2 つ配置された（図 1）．それぞれの円は一方を自分が操作し，他方を相手が操作した．自分が操作する円はオレンジ色で，相手の円は緑色で表示された．円はテンキーパッドの矢印ボタンによって左右にのみ動かすことができ，自分の円の位置の変化は相手の画面に映る円（緑色）に直ちに反映されるようになっていた．また，円は互いにすり抜けることができないようになっていた．飯塚らの研究 [2, 3] では互いの移動場所がすり抜けられるようになっているが，視覚的動作特徴として「押す／押される」の関係としてターンテイキングを表現できるようにするためにこのような設定とした．

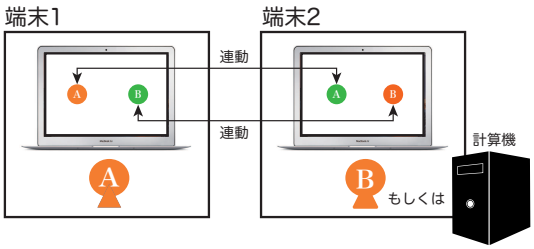


図 1 実験環境

2.2 実験手続き

参加者は，コンピュータ端末越しに簡単なゲームに取り組むことが説明され，最初に操作に慣れるための練習を行なった．参加者は 90 秒を 1 セッションとして，計 15 セッションに取り組んだ．このうち，初めの 5 セッションは自由に動かすように指示され，人どうしで行なわれた．これを人–人条件とする．人–人条件は人どうしの円の移動パターンを調査することを狙いとしてこのような条件とした．残りの 10 セッションでは相手が人と計算機で 5 回ずつランダムに入れ

替わった．これを人–人計算機条件とする．人–人計算機条件で参加者は，相手が計算機になる場合には二人ともが計算機を相手とした．また，人–人計算機条件では，1 回のセッションが終わるたびに，相手が人であったか，計算機であったかと同時にそのように判断した根拠となる動作特徴を自由記述で答えた．1 セッションごとの正解についてはフィードバックしなかった．初めの 5 セッションが終わった後で，参加者には相手が人であるか計算機であるかがランダムに入れ替わることが伝えられた．同時に参加者には相手が人であるのか計算機であるのかを判断すると共に，自分が人であることを相手に伝えようとするように指示された．15 セッション終了後，アンケートをもとに簡単なインタビューを行なった．

2.3 実験設備

実験設備は，ディスプレイと PC，テンキーを接続した．使用したモニターは EIZO 製 FlexScan EV2316W を用い，画面サイズは 510 × 290 [mm]（1920 × 1080 [pixel]）だった．実験システムは MATLAB に Psychtoolbox [6, 7] を組み合わせて構築した．描画更新のサンプリング時間は 33[Hz]（30[ms]）とした．1 サンプリング時間あたりの円の移動距離を 10 [pixel] としたため，人が操作する円の移動は 88.5[mm/sec] の等速度運動であった．

2.4 計算モデル

先行研究 [5] では，人が動かす円とは明らかに異なる動きを実現するために，計算モデルにはランダムウォークをさせた（これをランダムウォークモデルと呼ぶ）．具体的には，サンプリング時間ごとに ± 15 [pixel] の範囲でランダムに移動するようにした．従って，最大移動速度は 132.8[mm/sec] であった．これに対して，本論で実現したのは，高い同調傾向を示しながら，かつターンテイキングは起こらない計算モデルである．これを実現するために，計算モデルは人の動かした円の座標に，ある一定時間の遅れを持って追従し続けるアルゴリズムとした．以降，これを「遅れ追従モデル」と呼ぶ．初期状態で二者の円は 500[pixel]（132.8[mm]）離れており，計算機が操作する円が画面の端に達した場合にはこの間隔は短くなり，人の円が遠ざかった後でも元の間隔は復元されないようにした．遅れ時間の最適値を設定するため，先行研究で得られていた人どうしのインタラクションデータ（人–人計算機条件での人どうし 5 セッション ×20 人）を使い，それぞれの時系列データに対して計算機を追従させた場合の相関係数およびリーダー比均等率（詳細は後述）を計算した．遅れ時間を 150[msec] から 3000[msec] まで 150[msec] 間隔で変化させ，相関係数が十分に高く，かつリーダー比均等率が十分に低くなる遅れ時間を探し，結果的に 1200[msec] の遅れ時間を採用することにした．このときの相関係数は平均 0.85（SD=0.084），リーダー比均等率は平均 0.050（SD=0.048）であった．

3. ターンテイキング指標（リーダー比均等率）

人どうしで円を動かすと，多くは図 2 のような高い同調傾向を示す．これは，飯塚ら [2, 3] の実験と比較すると，ターンテイキングの特徴に大きな違いがあることがわかる．飯塚らの実験では触覚のみのインタラクションとなるため，相手の位置と自分の位置との距離がわからない．このために，観察されるターンテイキングは，話者交代と同様に一方が動いているときには他方が止まり，他方が動けば一方が止まるというダイナミクスを持つようになる．しかし，我々の実験環境では相手の円との距離が視覚的にわかるため互いに動き続けており，この中で「追う／追われる」の状態がダイナミクスに入れ替わる現象が生じるのだと思われる．

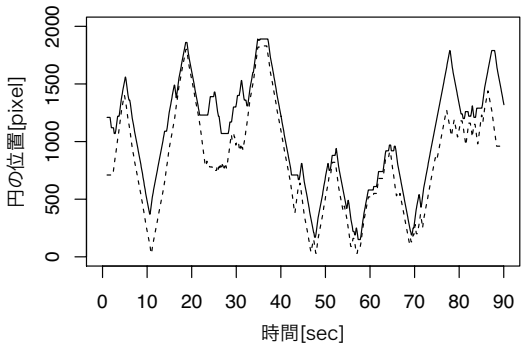


図 2 人どうしでの円の移動パターン

本研究ではこの「追う／追われる」の状態を「リーダー・フォロワー」の状態として特定するために，ターンテイキングの指標を以下のように計算する．ある程度の時間幅を持ってリーダー・フォロワーの状態を判定するために，タイムウィンドウを設けてある時刻での二者の時系列データを切り出し，一方の時間を進めるかもしくは遅らせる．1 サンプリング時間ずらすごとに相関係数を計算し，進めた場合／遅らせた場合それぞれの相関係数の最大値を算出する．ここで，時間

を進めたときの相関係数の最大値の方が遅らせたときのそれより高くなるようであれば，時間をずらした側をリーダーと判断する（自動的に他方がフォロワー）．これによりサンプリング時間ごとのリーダー・フォロワー状態を判定し，2 つの時系列それぞれのリーダー状態の総数（N_{L1}, N_{L2}）をカウントする．この総数は，リーダー状態と判定された時間の長さを意味する．

二者間のリーダー状態の時間的な比率が均等であれば，どちらか一方にリーダー状態が偏らずに，ターンテイキングを行なっていたと判断できると考え，均等である状態が 1 となる指標をリーダー比均等率として次式で計算する．

$$R = 1 - \frac{|N_{L1} - N_{L2}|}{N_{L1+L2}}, \quad (1)$$

ここで，N_{L1+L2} は判定状態の総数である．この R は，互いがリーダーであった時間が等しいときに最大値である 1 になる．逆に，どちらかにリーダーの割合が偏っていると 0 へ向かって小さくなっていく．

4. 実験参加者

ランダムウォークモデルを用いた実験には 10 ペア（計 20 名）が参加した．内訳は男子学生 19 名，女子学生 1 名で年齢は 21 から 23 歳（平均 = 21.35, SD = 0.572）であった．また，遅れ追従モデルを用いた実験には 4 ペア（計 8 名）が参加した．内訳は男子学生 5 名，女子学生 3 名で年齢は 19 から 22 歳（平均 = 20.00, SD = 1.00）であった．参加者はいずれも金沢工業大学の学生であり，実験は全て同大学で行なわれた．

5. 結果

5.1 ランダムウォークモデルでのリーダー比均等率

3. 節で説明したリーダー比均等率を，ランダムウォークモデルでの実験データに適用する．我々の興味の焦点は，人どうしのインタラクションであるにも関わらず，約 3 割の参加者が相手を計算機と判断したことにある．そこで，時系列データをペアの二人ともが相手を人と答えたセッション，ペアのいずれかが相手を計算機と答えたセッション，そしてペアの二人ともが相手を計算機と答えたセッションの 3 つに分け，それぞれのセッション群での相関係数とリーダー比均等率を分析する．先行研究 [5] では最初の 2 つの群のみを分析対象としたが，算出する相関係数やリーダー比均等率は二人で 1 つの数値になる．このため，いずれか一方でも計算機と答えた群との比較では，明確な違いが現れない可能性があった．よって本論では，二人ともが相手を計算機と答えた群についての比較を加える．

リーダー比均等率の算出に際しては，タイムウィンドウのサイズが重要なパラメータとなる．そこで我々は，タイムウィンドウを 10 サンプリング（300[msec]）から 500 サンプリング（15[sec]）まで変化させた場合の，リーダー比均等率の推移を調べた（図 3）．グラフには，人どうしの条件で，互いに相手を人であると回答したセッション群と，互いに計算機であると回答したセッション群それぞれのリーダー比均等率の推移と，その 2 群間の差を等分散性を仮定した t 検定（両側）により分析した際の p 値の推移を示した（F 検定により，ほぼ全てのタイムウィンドウでの等分散性を確認した）．

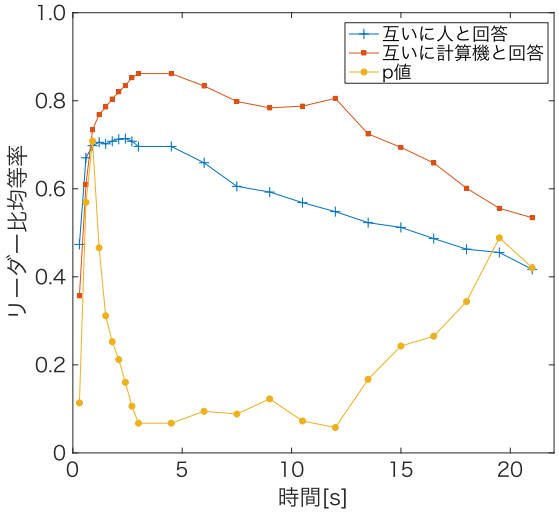


図 3　タイムウィンドウサイズに対する 2 群（互いに人と答えた群／互いに計算機と答えた群）のリーダー比均等率と t 検定による p 値の推移

図 3 の推移では，3[sec] と 12[sec] のタイムウィンドウにおいて差が有意に大きくなった（3[sec] の場合に $p < .067$，12[sec] の場合に $p < .058$）．飯塚らの研究 [2] で観察されたターンテイキングダイナミクスでは，一人のターンは 1〜5[sec] 程度の時間であることが示されている．そこで我々は，3[sec] のタイムウィンドウを選択して，3 つのセッション群間のリーダー比均等率と相関係数の関係を調べた．このグラフを図 4 に示す．

このグラフを見ると，我々の当初の予想に反して，相手を計算機だと答えたセッション群の方がリーダー比均等率が高くなるという結果であったことがわかる

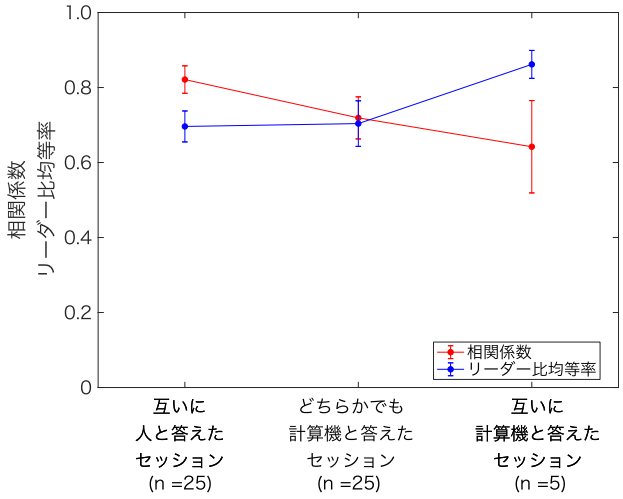


図 4　人どうしのセッションをアンケート回答で 3 つの群に分けた場合の相関係数とリーダー比均等率

（互いに人と答えたセッション群との比較：$F(24,5) = 5.13, p = .0772$，$t(29) = -1.90, p = .0675$）．これは，相手を計算機だと答えたセッションの方が，ターンテイキングを偏りなく実施していたことを示すだろうか．他方，相関係数においては，互いに相手を計算機だと答えたセッション群の方が小さくなっている（互いに人と答えたセッション群との比較：$F(24,5) = 0.369, p = .0887$，$t(29) =, p = .0687$），これは，同調傾向の低下が，相手を計算機だと判断した要因となったことを示す結果だと思われる．ここで我々はこの同調傾向の低下を見たとき，リーダー比均等率の上昇が，同調傾向の低下によっても起こるのではないかということに気がついた．そこで，人と計算機でのリーダー比均等率と相関係数の関係を確認した（図 5）．

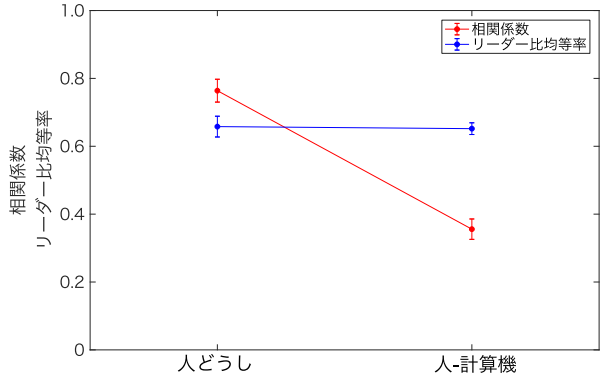


図 5　人–人計算機（ランダムウォークモデル）条件（後半 10 セッション）での相関係数とリーダー比均等率

グラフを見ると，ランダムウォークモデルを相手にしていることにより，相関係数は低い値になっていることが読み取れる．これに対してリーダー比均等率は，人どうしのときの値とほぼ同じになっている．これはつまり，リーダー比均等率が同調傾向の低下によっても高くなることを示していると考えられる．

以上の結果から，リーダー比均等率の比較は，相関係数が同程度かあるいは高くなっている状態で，比較する必要があると考えられる．そこで我々は，この状態を実現するために，相関係数が同程度でありながら，リーダー比均等率が低くなるような計算機アルゴリズムを作成した．これが遅れ追従モデルである．このモデルに対して，人どうしでの判断よりも，正しく計算機であると答えることができるならば，同調傾向だけではなく，ターンテイキングの要素も人であることの判断に影響することが確認できるのではないかと考えられる．

5.2　遅れ追従モデルでの人・計算機の識別

我々が作成した遅れ追従モデルが狙い通りに機能しているかを確かめるために，人–人計算機条件での人どうし（5 セッション）および人–計算機（5 セッション）それぞれでの相関係数とリーダー比均等率を計算した．ここで，リーダー比均等率のタイムウィンドウは前節と同じ 3[sec] とした．結果，人どうしの条件における相関係数の平均は 0.724（$SE = 0.042$），リーダー比均等率の平均は 0.701（$SE = 0.032$）であり，人と計算機の条件においての相関係数の平均は 0.837（$SE = 0.018$），リーダー比均等率の平均は 0.422（$SE = 0.035$）となった（図 6）．この結果は，我々の狙い通りであったと言える．つまり，人と計算機のインタラクションにおいて，同調傾向は高いけれど，ターンテイキングはほとんど起こらないという状態を作り出せていると考えられる．

続いて，それぞれの条件でのアンケートの正答率を確認する．ランダムウォークモデルと遅れ追従モデルのそれぞれで，相手を正しく人もしくは計算機と答えることのできた割合を表 1 に示す．ランダムウォーク

表 1　インタラクション相手に関するアンケート回答の正答率

	人どうし	人と計算機
ランダムウォークモデル	0.690	0.960
遅れ追従モデル	0.375	0.650

モデルを相手にした時には，69.0%のセッションで人

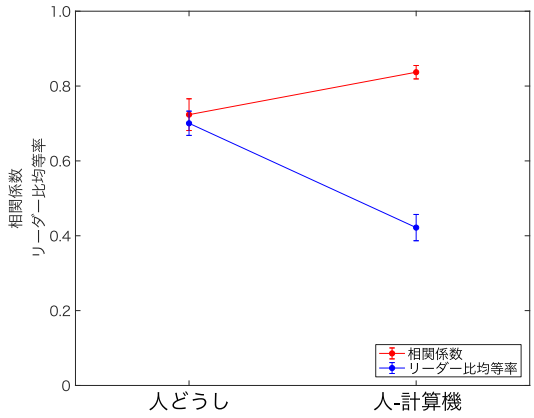


図 6　人–人計算機（遅れ追従モデル）条件（後半 10 セッション）での相関係数とリーダー比均等率

が正しく識別され，96.0%のセッションで計算機が正しく識別された [5]．これに対して，遅れ追従モデルを相手にした時には，人の正答率が 37.5%，計算機の正答率が 65.0%だった．遅れ追従モデルを相手にした場合の方が，全体的に正答率が下がっている．これは，人と計算機の動き方の違いに，ランダムウォークモデルほどのわかりやすさがなくなったためではないかと考えられる．ランダムウォークモデルでは，同調傾向の低さから相手を判断することができたが，遅れ追従モデルでは図 6 に示したように計算モデルの方がむしろ高い同調性を持つようになっていた．

ここでもし，同調傾向のみが相手を人と判断する要因になるのであれば，遅れ追従モデルを人であると答える割合が高まる（計算機を人と答えるので正答率は下がる）はずである．ところが，計算機と正しく答えた割合は，人どうしの正答率である 37.5%に比べて，65.0%と高くなった．この結果は，相手を人と判断する要因は同調傾向だけではなく，ターンテイキングの要素によっても判断されるという仮説を支持する結果であると考えられる．

この結果に対する 1 つの反論として，全体的に正答率が下がったことに関連して，遅れ追従モデルでの実験においては，参加者が全体的に相手を計算機だと答える傾向があったのではないかという可能性が考えられる．これに対して，それぞれの実験での人–人計算機条件（後半 10 セッション）における人／計算機の回答数を調べた（表 2）．結果，2 つの実験で回答数の割合はほぼ同じであることが確認された．

6.　議論

我々は，動きを介した二者間のインタラクションにおいて，相手を人と判断する要素には同調傾向がある

表 2　各実験の回答数（カッコ内は割合%）

	人と回答	計算機と回答
ランダムウォークモデル	73(36.5)	127(63.5)
遅れ追従モデル	29(36.3)	51(63.8)

ことを確認しつつ [4]，その他にターンテイキングの要素が重要であると考えてきた．それは先行研究 [2, 3] において指摘されていることであり，また我々の実験においては，相手が人であるにも関わらず計算機であると答えたセッションが全体の 3 割程度に上る中で，同調傾向を測る指標である相関係数がそれを十分に区別できなかったからである．ただし，両者が共に相手を人，もしくは計算機と答えたセッション群の間で相関係数の平均を比較すると，両群間の差は有意傾向（$p < .10$）を示した（図 4）．これは，同調傾向が人らしさの判断に寄与することをさらに支持する結果であると考えられる．

本論では両群間の違いをより明確に分ける指標として，ターンテイキングの特徴を取り出すことを目的としたリーダー比均等率を作成した．しかしこの指標は，ターンテイキングの特徴によって高まるだけでなく，二者間の同調傾向が下がった場合にも高くなることを示唆する結果が得られた．そこで我々は，ターンテイキングが与える人らしさの認識への影響を明確に確認するため，相手（人）に追従するのみで，ターンテイキングを起こさない計算モデル（遅れ追従モデル）を作成し，インタラクション実験を実施した．この結果，同調度合いが人どうしでのインタラクションと同等かもしくはそれ以上であるにも関わらず，ターンテイキングの要素がない動きには，人は計算機であるという判断を下しやすいことが確認された．このことから，相手の動きを人であると判断する基準には，同調傾向だけではなく，やはりターンテイキングの要素が含まれるのだと考えられる．

最後に，我々が作成したリーダー比均等率がターンテイキングの特徴を取り出せているのかを議論する．遅れ追従モデルのように，明確にターンテイキングを行なわない時系列データにおいては図 6 のように低い値が示されている．これに対して，遅れ追従モデルの実験での人どうしの時系列データに関してはどうだろうか．図 4 と同様に，セッションを 3 つの群に分けた場合のそれぞれの相関係数とリーダー比均等率を図 7 に示す．

グラフを見ると，幸いにも相関係数（同調度合い）に関してはほとんど違いがないことがわかる（リーダー比均等率は相関係数の低下の影響を受ける）．こ

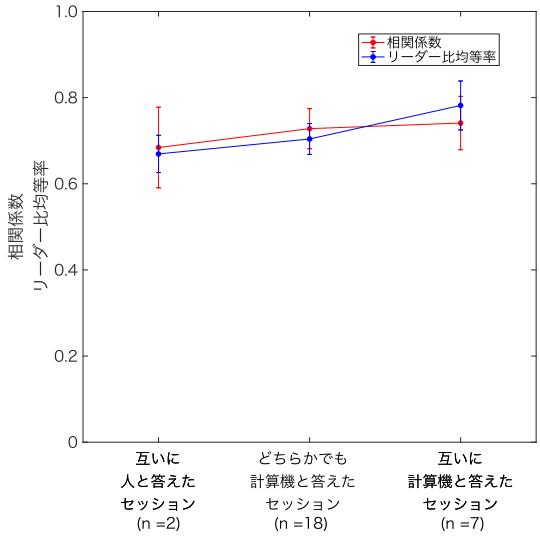


図 7　遅れ追従モデルの実験内での人–人計算機条件における，人どうしのセッションをアンケート回答で 3 つの群に分けた場合の相関係数とリーダー比均等率

の状態でリーダー比均等率を比較してみると，残念ながら群間にはほとんど差が見られず，さらに変化の方向としても，計算機と答えたセッションの方がリーダー比均等率は高くなる傾向にある．このことから，当初我々が期待したターンテイキングの特徴をリーダー比均等率は適切に取り出せていないと言わざるを得ない．ただし，この人どうしの条件で，相手を正しく人だと答えられた割合は 37.5%に過ぎなかった．これは，人にとっても判断が難しかったことを意味する．指標の適切さを評価するためには，ある程度の高さの正答率が必要なのではないかと考えられる．これを実現するためには，90[sec] という 1 セッションの長さは不十分であるのかもしれない．

7.　結論

本研究では，人の動作に見られるターンテイキング（リーダー・フォロワーの入れ替わり）を定量的に評価するために，リーダー比均等率を作成した．この指標は，二者の時系列データを時間的にシフトさせた際の相関係数の増減に基づいてリーダー・フォロワーを判定し，さらにリーダーであった総時間の二者間での割合が均一であれば，ターンテイキングがどちらか一方に偏ることなく行なわれていたことを示す意味で 1 に近づく．

分析の結果，リーダー比均等率はターンテイキングが起こっていない場合には低くなることが確認されたものの，我々の予想に反して，相手を計算機だと判断する際に高くなるという結果が得られた．しかし，この結果はターンテイキングが行なわれている方が，相手を計算機と判断しやすいことを意味しない．なぜなら，リーダー比均等率は，2 つの時系列データの同調度合い（相関係数）が低下した際にも高くなることが判明したからである．また，人の動きに遅れて追従するのみで，ターンテイキングを起こさない計算モデル（遅れ追従モデル）を作成して人とのインタラクション実験を行なうと，その計算モデルに対しては，人は正しく計算機であると答えられる傾向にあった．この結果は，人であることの判断には，同調傾向だけではなく，ターンテイキングが重要な判断要因となることを示している．

以上のことから本研究では，視覚的なインタラクションにおいてもターンテイキングの動作特徴が人であることの判断に重要な役割を持つことを確認しながらも，我々が作成したリーダー比均等率が，ターンテイキングの特徴を適切に取り出せていないことを明らかにした．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費基盤研究（B）「個性を持つロボットの制作による＜心と社会＞の哲学」／課題番号 15H03151，及び MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] 竹内 勇剛 (2001): 人工物の人らしさと社会的インタラクション, 人工知能学会誌, 16(6), 826-833.
[2] 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎 (2012): 身体的相互作用におけるコミュニケーションとターンテイキングの創発, 電子情報通信学会論文誌, J95-A(1), 165-174.
[3] 飯塚 博幸 (2014): 複雑系アプローチによる他者の認識とコミュニケーションの創発, 計測と制御, 53(9), 821-827.
[4] 入江 諒, 金野 武司 (2017): 仮想オブジェクトを介した視覚的コミュニケーションにおけるターンテイクダイナミクスの分析, 日本認知科学会第 *34* 回大会, 747-750.
[5] 入江諒, 金野武司 (2017): 仮想オブジェクトを介した視覚的インタラクションにおけるターンテイクダイナミクスの分析, *HRI* シンポジウム *2017*, P-28(4pages).
[6] Brainard, D.H. (1997): The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision*, 10, 443-446.
[7] Pelli, D.G. (1997): The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision*, 10, 437-442.

話しかけ場面における相手の受容度に応じた接近行動の分析
Analysis of Approaching Behavior Adjusting Involvement Intensity in Initial Interaction

坂本 孝丈, 吉岡 源太, 竹内 勇剛
Takafumi Sakamoto, Genta Yoshioka, Yugo Takeuchi
静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University
dgs14010@s.inf.shizuoka.ac.jp

概要

本研究では，コミュニケーションの初期段階におけるインタラクションのモデルを提案し，実際の人の接近行動についてシミュレーションを通して検討を行った．具体的には，人の話かけ場面の行動を観察する実験のデータを分析し，提案モデルによる接近行動の再現を試みた．参加者は相手の正面方向を回避しながら相手に接近する行動を示しており，これは接近行動に対して示される相手の反応において，相手の内部状態が明示化されやすい状況をつくるためである可能性が示唆された．

キーワード:Human-Agent Interaction, Communication relationship, Agent based simulation

1. はじめに

ロボットなどの人工物の社会的な振る舞いを設計するうえで，人にとって読み取りやすい人工物の内部状態の表出が求められる [1]．また，エージェントが人の内部状態を推定し，推定した内部状態に合わせ行動を調整することで，人に対して配慮のあるエージェントの振る舞いが可能になると考えられる．人同士のコミュニケーションの初期段階では，接近や視線のやり取りなどの身体的なインタラクションを通して相手とコミュニケーションするか否かの判断が行われている [2, 3]．人間社会にエージェントが浸透するうえで，この段階におけるインタラクションの設計が必要となる．そこで本研究では，コミュニケーションの初期段階として，特に対象への話しかけ時の接近行動に注目する．

人同士で会話が開始される場面では，距離に応じた挨拶行動や身体配置などパターンが存在し [4]，距離や視線方向を互いに調整する行動が行われている [5, 6]．これらの行動はロボットなどの人工物の振る舞いに実装されており，人工物が人に接近する際に与える心理的負荷の軽減などが期待される [7, 8]．しかし，これらの研究の多くは接近行動や回避行動そのものをモデル化しており，人に対して表出される人工物の内部状態についてはあまり検討されていない．特に，人と同じような内部状態を持ち，人工物自身の内部状態に応じて接近・回避行動を生成するアプローチはほとんど行われていない．人工物に人と類似した内部状態と接近行動のモデルを実装することで，接近行動により相手に自身の内部状態を表出することが可能となる．同時に，相手の振る舞いから相手の内部状態を推定することで，相手に合わせて行動を調整することが可能になると考えられる．本研究では，自身の内部状態に基づいて接近行動を生成するエージェントのモデルを提案する．

本研究では，エージェントの内部状態を考慮するうえで，対人的なコミュニケーションにおける関係の側面に注目する．人同士で取り交わされるメッセージには「内容」と「関係」に関する側面が混在しており，自身と相手が同じ場に存在している限り，お互いのいかなる行動もメッセージとして解釈可能となる [9]．それゆえに，相手と関係を構築するつもりがない場合であっても,「お互いに関わらない」関係を了承し合う必要がある．人–人工物のインタラクションにおいても，人工物が人と関わろうとしているのか，あるいは，あるいは関わらないように行動しているのかを人との間で了承し合う必要がある．そこで，本研究では相手と関係を構築することに対する選好を内部状態として持つエージェントのモデルを提案する．提案モデルでは，エージェントの内部状態と対象との空間的な配置から行動が生成される [10]．同時に，接近や回避といった行動から内部状態を推定することも可能である．これにより，コミュニケーションの初期段階における関係の調整が可能であると考えられる．

本研究では，提案モデルを相手の内部状態に応じた話しかけ場面における行動に適用する．具体的には，初対面の相手に話しかける場面を再現した実験 [11] に

おける人の接近行動の分析に提案モデルを用いる．この実験では，話しかける対象の受容度を対象が従事する作業（読書）の集中度合いによって表し，教示により参加者に提示する．相手の内部状態に応じて話しかけ行動に違いが生じるか否かを分析する．また，提案モデルを用いて実験により得られた相手への接近行動をシミュレーションにより生成する．そこから，話しかけ場面における人の内部状態や接近行動の特徴について検証を行う．

2. 提案モデル

本研究では，話しかけ場面における空間的なインタラクションを記述するためのエージェントモデルを提案する．ここでいうエージェントは，現在の状況に対する評価方法を有し，評価値を上昇させるように行動する存在である．本モデルのエージェントは対象との関係に対する選好を持ち，これは内部状態として表現される．また，対象との空間配置とエージェント自身の内部状態に基づき，次の行動が決定される．

2.1 内部状態

提案モデルの内部状態は，エージェント自身が対象と構築しようとする関係を表現する．対象との関係を記述する上で，２つの方向の関与に注目する．話かけ場面における対象との関係は，自分から相手への関与に対する積極性（Control）と相手から自分への関与に対する受容性（Acceptance）の２つの側面が考えられる．エージェントの内部状態はこの Control と Acceptance を軸とし，それぞれに対するエージェントの選好が正と負の方向で表される．エージェントの内部状態を図 1 に示す．エージェントの内部状態を大まかに，Control と Acceptance の正と負を組み合わせた４つの状態と，どの方向に対しても選好を持たない状態との５つの状態に分類される．内部状態を z とし，この５つの状態は以下で表される．

- $z = (+, -)$：自身から対象への関与のみが可能な状況を志向する Assertive な状態
- $z = (-, +)$：対象から自分への関与のみが可能な状況を志向する Submissive な状態
- $z = (+, +)$：自身と対象が互いに関与可能な状況を志向する Reciprocal な状態
- $z = (-, -)$：自身と対象との間のいずれの関与も避けられる状況を志向する Avoidant 状態．
- $z = (0, 0)$：自身と対象との間の関与に対して選好を有さない Ambivalent 状態．

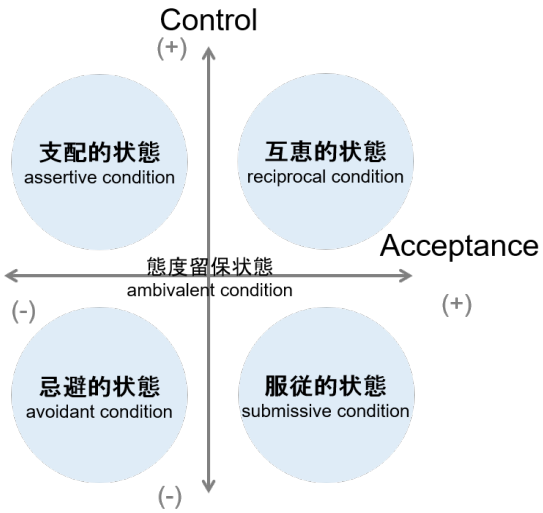


図 1 Internal state of model

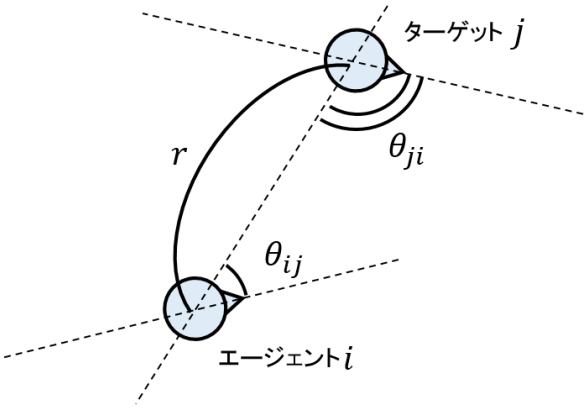


図 2 Internal state of model

2.2 関与と空間配置の対応付け

エージェントから対象への関与は空間的な関係で表現する．また対象からの関与も同様に表現する．人による対象への働きかけは近距離正面方向の Transactional segment で行われる [?]. よって距離 r と方向 θ からなる相対位置により関与の量は，以下の式で表される．

$$F(r, \theta) = f(r)g(\theta), \tag{1}$$

ただし，$f(r)$， $f(\theta)$ は単調減少関数である．エージェント i とターゲット j が同一空間ないに存在する場合，i からの j への関与の度合い，j から i への関与の度合いは図 2 に示す r, θ_{ij}, θ_{ji} から求められる．エージェントは，自身から対象への関与の度合い $F(r, \theta_{ij})$，自身から対象への関与の度合い $F(r, \theta_{ji})$ を内部状態に応じて増加または現象させるように行動する．

2.3 行動

本研究では，エージェントの行動は平面の移動と身体方向の回転のみとする．エージェントの平面の移動はベクトルで表すことができ，対象との距離方向の成分と対象の周りを回転する成分に分けることができる．距離方向の成分は距離を変化させるため，エージェントの内部状態 z の Control の値を表す $c(z)$ と Acceptance を表す $a(z)$，現在の距離 r の関数 $v_{\mathrm{dis}}(z,r)$ で表される．ただし，$v_{\mathrm{dis}}(z,r)$ は次の条件に従うものとする．

$$\begin{cases} c(z)+a(z)>0 \text{ のとき}, v_{\mathrm{dis}}(z,r)<0. \\ c(z)+a(z)=0 \text{ のとき}, v_{\mathrm{dis}}(z,r)=0. \\ c(z)+a(z)<0 \text{ のとき}, v_{\mathrm{dis}}(z,r)>0. \end{cases} \tag{2}$$

また移動ベクトルのうち，回転方向の成分は θ_{ji} を変化させるため，$a(z)$ に θ_{ji} の関数 $v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji})$ で表される．ただし，$v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji})$ は次の条件に従うものとする．

$$\begin{cases} a(z)>0 \text{ のとき,} \theta_{ji} \text{が} 0 \text{ に近づく値を取る}. \\ a(z)=0 \text{ のとき}, v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji})=0. \\ a(z)>0 \text{ のとき}, |\theta_{ji}| \text{ が} \pi \text{に近づく値を取る}. \end{cases} \tag{3}$$

身体方向の回転は θ_{ij} を変化させるため，$c(z)$ と θ_{ij} の関数 $v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij})$ により表される．ただし，$v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij})$ は次の条件に従うものとする．

$$\begin{cases} c(z)>0 \text{ のとき,} \theta_{ij} \text{が} 0 \text{ に近づく値を取る}. \\ c(z)=0 \text{ のとき}, v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij})=0. \\ c(z)>0 \text{ のとき,} \theta_{ij} \text{が} \pi \text{に近づく値を取る}. \end{cases} \tag{4}$$

これらの関数に基づいて，エージェント自身の内部状態と対象との位置関係から，エージェントの移動と身体方向の回転が決定される．

3. 対象の内部状態を想定した話しかけ実験

本研究は，話しかけ場面における人の行動を提案モデルに基づき分析することを目的とする．本研究では，先行研究 [11] により得られた椅子に座り読書している人に見立てたマネキンに対する人の接近行動の再分析を行う．この実験は，相手（マネキン）の読書に対する集中度合いが異なる状況において，道を尋ねるために話しかけるというシナリオで行われた．本節では，実験方法の概略を示す．

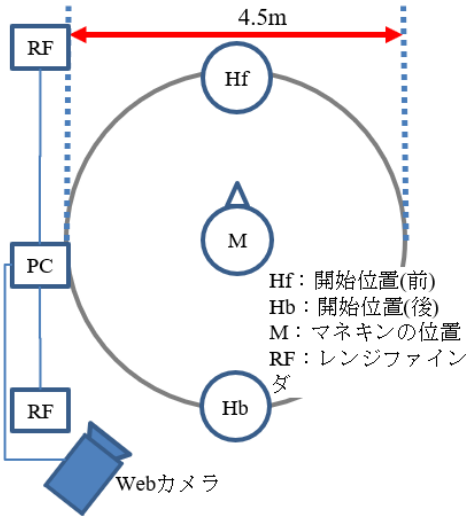


図 3 実験環境



図 4 実験の様子

3.1 実験方法

3.1.1 手順

実験環境の概略を図 3 に示す．実験課題は，フィールド (4.5m の円形) の中央に配置されたマネキンに対して，正面方向の端（x=0mm, y=2.25m）または背面方向（x=0mm, y=-2.25m）から接近し，話しかける課題である．マネキンに話かけるシナリオとして，参加者が道に迷っている状況であり，初対面の相手に道を尋ねる場面であることを参加者に教示した．また，相手が読書に集中している度合いを後述する実験条件に応じて参加者に想定させた．教示後，参加者はフィールド上の開始位置に誘導され，開始の合図とともに話しかけ行動を開始した（図 4）．話しかけ終了後，この試行を反対側の開始位置から同じ状況設定で行わせた．正面方向と背面方向の試行が終了した後に，異なる相手の集中度合いを想定させ同様の手順で試行を行った．全ての条件での試行終了するまでこれを繰り返した．

本研究では，主に参加者の位置座標の変化を分析対

表 1　実験条件

		実験課題条件	
		正面	背面
教示要因	集中	**C1**	**C4**
	中間	**C2**	**C5**
	散漫	**C3**	**C6**

象とする．参加者の位置座標はフィールドの端に設置したレーザレンジファインダにより取得された．また，Web カメラの映像により話しかけ開始や終了のタイミングの計測を行った．これらのデータに基づき，各条件の接近行動の分析，比較を行う．

3.1.2　実験条件

実験条件を表 1 に示す．実験は教示要因と課題開始位置要因の 2 要因被験者内計画で行われた．教示要因は相手の集中度合いに対する教示の要因であり，以下の 3 つの水準である．

集中　相手は集中して本をよんでいる
中間　相手は本を読んでいる
散漫　相手は本を読み終え，本を持っている

話かけ開始位置はマネキンに対する正面方向と背面方向の 2 水準である．

なお，参加者は 15 名で一人の参加者は全ての条件の試行を行った．各実験条件の順序は，カウンターバランスを考慮し，参加者ごとに入れ替え行った．

3.2　結果と考察

3.2.1　話しかけ開始位置

先行研究では，正面からの話かけ開始位置について教示要因により差が生じることが示されている [11]．具体的には，話しかけ開始時の参加者の位置とマネキンとの距離について，マネキンの正面方向を開始位置とする場合は集中＜中間＜散漫であり，背面を開始位置とする場合はこの差が生じないことが示された．各条件の話しかけ位置の平均を図 5 に示す．

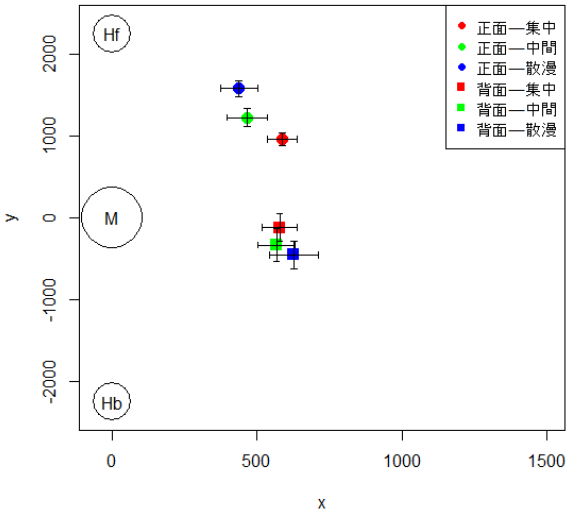


図 5　各条件の話しかけ開始位置の平均（SE）

3.2.2　接近行動の軌道

本研究では，話かけ開始位置までの接近行動について分析を行う．図 6，7，8 に参加者のマネキンに対する接近行動の軌道の実例を示す．正面方向を開始位置とした条件では，ほとんどの参加者が直線的にマネキンに接近するのではなく，正面方向を回避する形で接近していた．また，図 6 の参加者 A の場合，相手がより集中していると教示された条件（赤色）の軌道が相手の正面をより回避している．しかし，図 7 や図 8 に示されるように，相手の集中度合いによる影響が軌道に現れていない参加者もみられた．これらを踏まえると，参加者の接近行動について以下の点について検討する必要がある．

- 正面から相手に話しかける際，正面方向を避ける理由．
- 正面から相手に話しかける際，相手の集中度合いに応じて接近行動を変化させているのか．

これらを検討するために，以下では参加者の接近行動を提案モデルに当てはめ，分析を行う．

4.　シミュレーション実験

提案モデルでは，エージェントの内部状態を表す Control と Acceptance の値に応じて，エージェントの接近行動や回避行動が生成される．前節の実験状況において人が提案モデルに従う行動を示していると仮定し，参加者のマネキンへの接近行動をシミュレーションにより再現することを試みる．そこから，提案モデルに基づいて参加者の内部状態を推定し，分析を行う

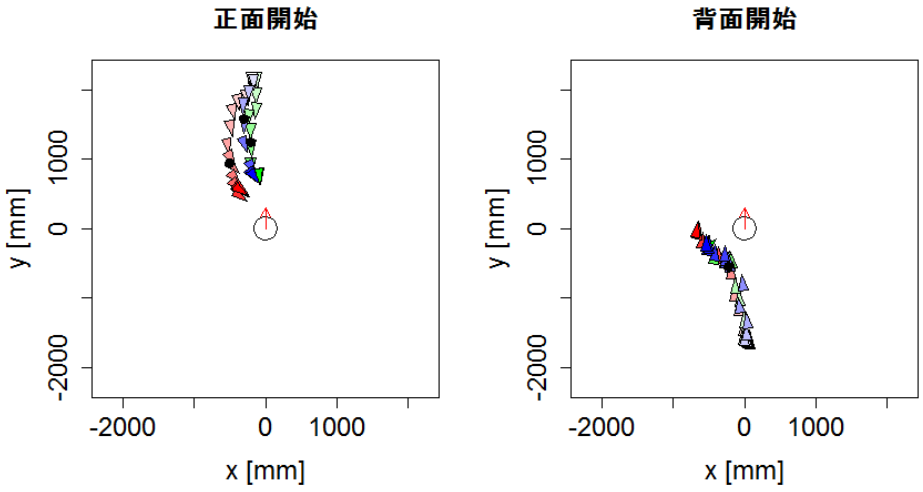


図 6　接近時の軌道（参加者 A，赤：集中，緑：中間，青：散漫）

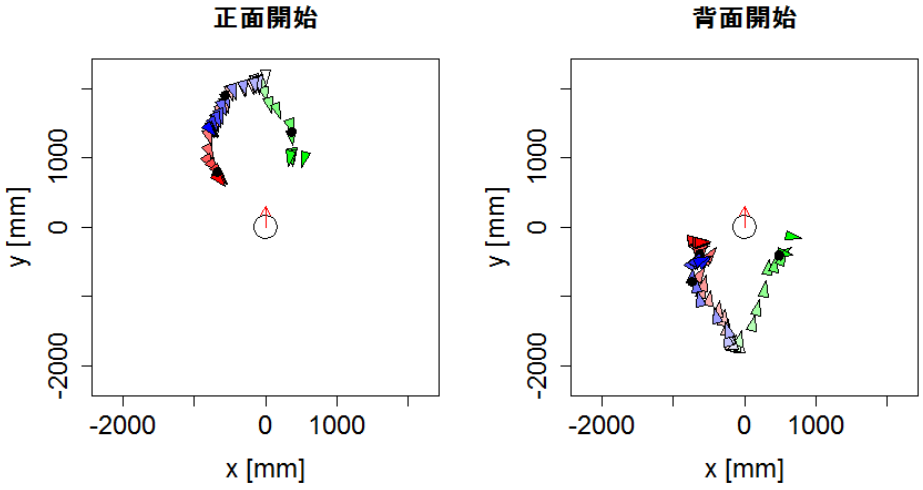


図 7　接近時の軌道（参加者 B，赤：集中，緑：中間，青：散漫）

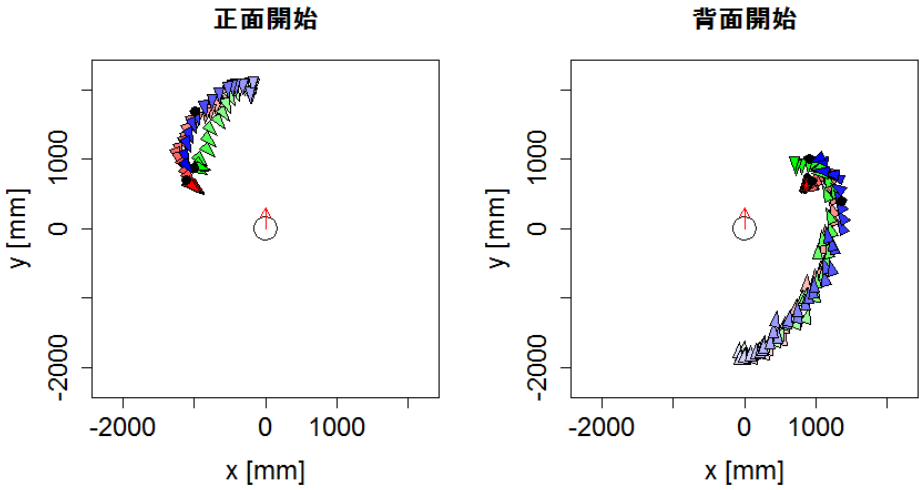


図 8　接近時の軌道（参加者 C，赤：集中，緑：中間，青：散漫）

4.1 方法

提案モデルに基づくエージェントの行動を生成するため，$v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji})$ と $v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij})$，$v_{\mathrm{rol}}$ の 3 つの関数を定義する必要がある．ここでは，Control の値を $-1 \leq c(z) \leq 1$，Acceptance の値を $-1 \leq a(z) \leq 1$ とし，エージェントの移動方向が c(z) と a(z) により決まり，エージェントの身体の回転が c(z) により決まるように関数を定義する．相手の正面方向に対する周り込みや回避の成分となる $v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji})$ は以下の以下の式により求める．$a(z) > 0$ のとき，

$$v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji}) = \begin{cases} a(z) & (\theta_{ji} < 0) \\ 0 & (\theta_{ji} = 0) \\ -a(z) & (\theta_{ji} > 0) \end{cases}, \tag{5}$$

とし，$a(z) < 0$ のとき，

$$v_{\mathrm{ar}}(z,\theta_{ji}) = \begin{cases} a(z) & (0 \leq \theta_{ji} < \pi) \\ 0 & (|\theta_{ji}| = \pi) \\ -a(z) & (-\pi < \theta_{ji} < 0) \end{cases} \tag{6}$$

とする．相手との距離を近づける，または遠ざける移動成分として $v_{\mathrm{dis}}(z,r)$ を以下の式により求める．

$$v_{\mathrm{dis}}(z,r) = \begin{cases} 0.5a(z) + 0.5c(z) & (r > r_{min}) \\ 0 & (r <= r_{min}) \end{cases} \tag{7}$$

エージェントの身体方向の回転成分として $v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij})$ は以下の式により求める．$c(z) > 0$ のとき，

$$v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij}) = \begin{cases} \pi/36 & (\theta_{ij} < 0) \\ 0 & (\theta_{ij} = 0) \\ -\pi/36 & (\theta_{ij} > 0) \end{cases}, \tag{8}$$

とし，$c(z) < 0$ のとき，

$$v_{\mathrm{rol}}(z,\theta_{ij}) = \begin{cases} \pi/36 & (0 \leq \theta_{ij} < \pi) \\ 0 & (|\theta_{ij}| = \pi) \\ -\pi/36 & (-\pi < \theta_{ij} < 0) \end{cases} \tag{9}$$

とする．

前節の実験状況は，初対面の相手に対して道を尋ねるというシナリオに基づいている．相手に対して自分から積極的に関与する必要があるため，Control の値は正であると考えられう．よって，以下のシミュレーションでは $c(z) = 0.5$ とし，$a(z)$ の値に応じた軌道について検討する．具体的には，$-1 \leq a(z) \leq 1$ の範囲で $a(z)$ の値を 0.01 間隔で設定し，原点 $(0,0)$ に位置する対象への接近行動をシミュレーションする．エージェントの初期位置は前節の実験状況に合わせて $(0,255)$ と $(0,-255)$ の 2 点とし，いずれの場合も対象の方向を向いた状態から開始する．シミュレーションは 200step 行い，以下では，前節の実験環境にスケールを合わせたうえで分析を行う．

4.2 結果と考察

図 9 に対象の正面方向を開始位置としたシミュレーション結果を示す．$a(z) \geq 0$ のとき，エージェントは対象の正面方向に位置するように接近する．これに対して $a(z) < 0$ のとき，エージェントは対象の正面方向から遠ざかりつつ，対象に接近する．前節の実験により，示された参加者の接近行動の多くは正面方向を遠ざけつつマネキンに対して接近していたことから，提案モデルの $a(z) < 0$ の状態の行動を示していたといえる．

提案モデルにおいて $a(z)$ は Acceptance の値を表し，対象からの関与の受容性を表している．同時に，対象の正面近距離の領域に自身が位置することに対する選好を表している．相手が本を読んでいるという状況設定において，相手の正面近距離の領域は相手の作業（読書）を妨害する可能性がある領域である．このため，前節の実験の参加者は相手への儀礼として正面を回避しながら接近した可能性がある．

また，相手の状態を明示化するために，相手の正面方向を回避した可能性がある．人同士の話かけ場面において，実際に声をかける以前に互いに目線を合わせる（mutual gaze）などの行動がみられる [2, 3]．これらの行動は提案モデルの内部状態の変化により表現可能である．相手に対して関与するつもりがない状態から接近行動を受けて相手への関与を示す場合，提案モデルの Control の値が 0 から正の値に遷移したことになる．一方で，接近行動を受けても相手に対して関与するつもりがない場合は Control の値が 0 の状態を維持し続ける．

この 2 つの状態について，提案モデルに基づきシミュレーションを行った結果を図 10，図 11 に示す．図 10 は，$a(z) \geq 0$ の接近行動（赤色）と，それに対して身体方向の回転のみが許される場合の反応（緑色）をシミュレーションした結果である．この場合，図 10（左）の Control が 0 のときと図 10（右）の Control が正の場合の反応の違いが見られない．これに対して，図 11 は，$a(z) < 0$ の接近行動（赤色）と，それに対して身体方向の回転のみが許される場合の反応（緑色）

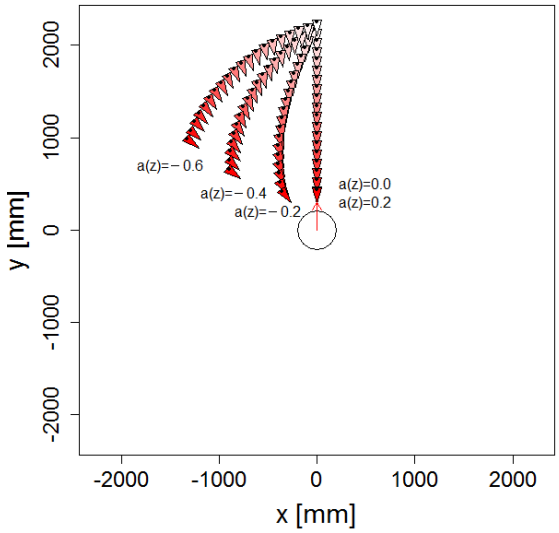


図 9　提案モデルに基づきシミュレーションした軌道（開始位置：正面，$a(z)$ の値：左から順に-0.6, -0.4, -0.2, 0.0 ,0.2）

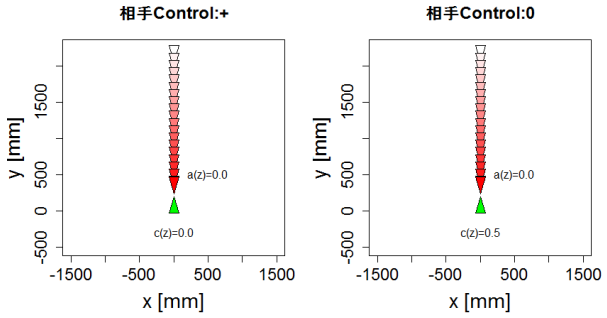


図 10　$a(z) \geq 0$ の接近と相手が関与するつもりがない状態の反応（左）と関与するつもりがある状態の反応（右）の

をシミュレーションした結果である．この場合，図 11（左）の Control が 0 のときと図 11（右）の Control が正の場合で，反応が異なることが示される．

この結果から，相手の正面方向を維持し続けて接近する場合，相手が自身の接近に対して反応を示したかどうかが不明確になると考えられる．これにより，話かけ場面では相手の正面方向を避ける形で相手に接近すると推察される．この点については前節の実験に加えて，課題内容や教示により想定させる状況設定を追加した実験を行い検討する必要がある．

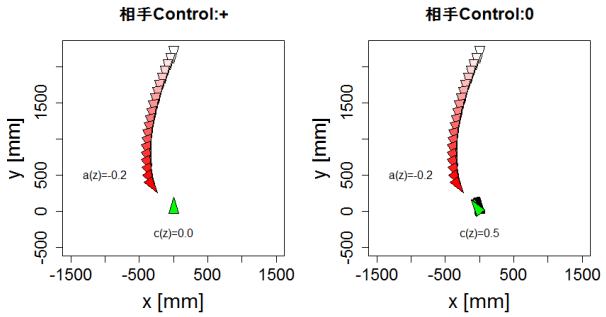


図 11　$a(z) < 0$ の接近と相手が関与するつもりがない状態の反応（左）と関与するつもりがある状態の反応（右）

文献

[1] Fong, T., Nourbakhsh, I., and Dautenhahn, K. (2003). “A survey of socially interactive robots”, Robotics and autonomous systems, Vol. 42, No. 3–4, pp. 143–166.

[2] Mondada, L. (2009) ‘’Emergent focused interactions in public places: A systematic analysis of the multimodal achievement of a common interactional space”, Journal of Pragmatics, Vol. 41, No. 10, pp.1977-1997.

[3] Mortensen, K. and Hazel, S. (2014) “Moving into interaction—Social practices for initiating encounters at a help desk”. Journal of Pragmatics, Vol.62, pp. 46–67.

[4] Kendon, A., (1990) “Conducting Interactions: Patterns of Behavior in Focused Encounters”, Cambridge University Press.

[5] Hall, E.T., (1966) ‘’Hidden Dimension”, Doubleday Company (日高敏隆, 佐藤信行 (訳)『かくれた次元』. みすず書房, 1970).

[6] Argyle, M. and Dean, J., (1965) “Eye-contact, distance and affiliation”. Sociometry, Vol.28, pp.289–304.

[7] Kruse, T., Pandey, A. K., Alami, R., and Kirsch, A., (2013) “Human-aware robot navigation: A survey”, Robotics and Autonomous Systems, Vol. 61 No. 12, pp. 1726–1743.

[8] Rios-Martinez, J., Spalanzani, A., and Laugier, C., (2015) “From proxemics theory to socially-aware navigation: A survey”, International Journal of Social Robotics, Vol. 7 No. 2, pp. 137–153

[9] Watzlawick, P., Bavelas, J. B., and Jackson, D.D. (2011) “Pragmatics of human communication: A study of interactional patterns, pathologies and paradoxes”, WW Norton & Company.

[10] 坂本孝丈, 竹内勇剛: 身体的なインタラクションを通した対人的な関係構築プロセスに関する検討, 日本認知科学会第 34 回大会論文集, pp.410-417 (2017)

[11] Yoshioka, G., Sakamoto, T. and Takeuchi, Y. (2018) “Polite Approach to Engrossing Person Based on Two-Dimensional Attitude of Interaction with Other”, 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (in press).

身体部位のエージェント化による自己認識拡張と行動変容
Trial for Extending Self-awareness and Behavioral Change with Agentization of Human Body Parts

齋藤 利樹[†]，大澤 博隆[†]
Toshiki Saito, Hirotaka Osawa

[†]筑波大学
Tsukuba University
jcss@jcss.gr.jp

Abstract

The purpose of this study is to analyze user's attentive intention and behavior to the user's body by anthropomorphizing the body part and making it as another agent. The author defines attentive behavior to the body as changing own behavior by attentive intention which is caring for the body made as another agent. The author created a device to prompt user's attentive intention and behavior by projecting eyes and mouth illustration based on face pain scale on the back of the hand by a small projector. This device makes the hand anthropomorphized by changing the emotion based on the position of the hand and progress of task. The author evaluated this approach by making a task to move an object. The author prepared three conditions which are anthropomorphized condition, and emotional condition, information only condition by projecting face, and bomb, gauge. Between three conditions the author compared differences in user intention and behavior. As a result, in anthropomorphized condition the user did not do attentive behavior to the body but attentive intention. And the impression on the user's body improved and it was shown to be effective as an information presentation method.

Keywords — Anthropomorphization, Human-agent interaction, Cognitive Science

1. はじめに

擬人化とは人間以外のものに人間性・有生性を付与する比喩表現の一種である[1]．鳥獣戯画や付喪神にあるように擬人化というものは古来より、対象を親しみやすく、また客観的に見る際に用いられてきた手法であり，社会との繋がりを欲する「社会的動機」と人間の尺度で行動を予測する「効力動機」の 2 動機から生じると言われている [2]．近年では CM やビデオゲームにおいて擬人化されたキャラクターが用いられていることから，人々にとって擬人化という手法は受け入れやすいものであることがわかる．擬人化によって人間の感情に働きかけることで，ゲームの行動決定や嗜好の決定といった行動選択の誘導も可能である[3][4]．また，物体・機器を擬人化することへの研究も行われており，これにより親近感の増加や情報提示能力の向上に繋がることが示されている[5]．物体にとどまらず，自然や概念といった存在もまた擬人化の対象となっている[6]．

様々なものが擬人化されている中，身体の擬人化もまたその例外ではない．身体は本来自分のものであるが，身体を擬人化した場合に物体の擬人化と同じような作用がユーザーの行動や心理状態において見られるのではないかと考えられる．具体的にはユーザーが自身の身体を自分以外のものとして認識することや，それによってユーザーの行動に変化が見られること，また自身の身体への親近感の増加や身体情報をよりユーザーへ伝えやすくなることという効果が見込める．

身体の一部をエージェント化して物体の擬人化と同様の効果を生む提案はいくつかなされている．尾形らは手に指輪型ロボットを装着することによってユーザーが自身の手を擬人化されたと感じることを示している[7]．また大澤らは手を擬人化した場合においてユーザーの身体動作が増加することを示している[8]．これらの関連研究から，身体の擬人化はユーザーの印象及び行動に対して効果的であるということが示されている．これらの研究における身体の擬人化では，擬人化の効果の 1 つとして考えられる行動誘導やユーザの認知の変容に関しては十分に検証されていない。身体を擬人化することによってユーザーの行動を変化させることができると示されれば，例えば運動を共に行ったり，作業支援を身近で行ったりする親近感を与える存在としてユーザーに求められる行動を促す効果が見込める．

本研究では，身体の一部を擬人化して認知的に外在化することによって人間の身体に対する自己認識を拡張し、その結果としてユーザーの行動を変化させる手法を提案する．外在化とは一般的に問題や思考を自身の外部へ取り出すことであるが，本論文では身体を擬人化・他者化し自分以外のものと感じさせることという意味で用いている．外在化によってユーザーへ自身の身体の状況が他者として提示されることで身体への気遣いを増加させ，それによって行動を変化させること（これを気遣い行動と定義する）や自身の身体への印象の向上が見込める．また自己状態が視覚的にフィードバックされることでその自己状態をより向上できることが示されている[9]．身体情報に気を遣うことはユー

ザーの状態を良くする効果があると考えられ，外在化によりこれと同様の効果もまた期待できると言える．

本研究では身体の位置情報及びタスクの達成状況を表情という形で身体に投影し，身体の外在化を達成するデバイスを開発した．このデバイスによるユーザーの自身の身体への気遣い行動の促進及び印象の変化を観測することが本研究の目的である．実験は物体の移動タスクを行い，ユーザーの身体・タスクへの印象及び移動経路について評価した．

本論文の章構成は以下の通りである．2 章で関連研究について示し，3 章でデバイスの設計について，また 4 章でその実装について述べる．5 章で今回行った実験について述べ，その評価結果を 6 章に述べた後 7 章で結果についての考察を行う．最後に 8 章で本研究についてのまとめを行う．

2. 関連研究

2.1. 擬人化の定義

擬人化とは人間以外のものに人間性を付与することである．その効果の 1 つに行動の誘導があり，擬人化されたものは人間の行動に影響を与えうることが示されている．

擬人化、という用語はしばしば、我々と同じような身体構造を用いた絵画やアニメーションの表現技法として使われる。特に日本のサブカルチャーでは、事物に対し、その要素をモチーフとした意匠を取り入れ、細部まで描かれた人間を描き、事物の関係性をキャラクター同士の関係性として表す文化が近年存在している[10]。近年擬人化表現を有効に利用した例として、合成歌唱技術 VOCALOID に女性歌手の形状を与えたキャラクター「初音ミク」が挙げられる。初音ミクの意匠には年齢や性別とともに電子楽器がモチーフとして組み込まれており、ソフトウェアの用途を伝えると同時に、創作者にインスピレーションを与える。初音ミクが一種の「インタフェース」として働き、世界中のユーザに対し共有可能なイメージを与え、複数の創作者同士の結びつきを強めた点で有用である[11]。キャラクター文化と結びついた擬人化は、文化越境的な役目を持つ。

しかし本来の擬人化はこうした表現にとどまらない。絵画における擬人化は、人間と関連のないものに対し人間の属性を与えて、対象の意図や振る舞いを連想させる手法を意味しており、類似させる対象は必ずしも「人間と類似の身体」だけでなく、形状や振る舞いといった多方面に及ぶ。我が国最古の「漫画」と称される鳥獣人物戯画は、動物など人間と違った生物に対し、人間と同じような「振る舞い」をさせ、当時の人間社会の様子をわかりやすく描き出す(図 1)。このように人間と同じような仕草を与えることも、擬人化表現の一種である。

こうした絵画における擬人化表現の主な利点は、直接理解しづらい現象を理解させられる点である。例えば、「正義」という形而上学的な概念に対し、「正義の女神」という形で擬人化を行う、などの使用例がある。特に、風刺画や寓意画などにこのような表現が使われやすい。絵画の擬人化技法は、人間の擬人化傾向を触発し、そのままでは伝えづらい情報を伝える手段と工学的には捉えられるだろう。

2.2. 擬人化とエージェント

哲学者の Dennett は、人間が環境中の出来事を観測し、理解するやり方を物理姿勢、設計姿勢、志向姿勢の 3 種類に分類した[12]。物理姿勢とは背後に法則を見る見方である。例えば物体が上から下に落ちるとき、我々はそれが重力の法則に従って落ちる、ということを知っている。また、重力の法則自体をしらなくても、経験知からそのように推測することが出来る。しかしながら、例えばアラーム時計がどのように動き、指定時間にベルを鳴らすか、物理法則に基づいて記述し、理解できる人は多くない。このように、物理姿勢で理解するのが難しい、ある程度複雑な人工システムの場合には、人は設計姿勢という見方で理解を行う。これは、特定時刻になったらアラームが鳴る、などのように、ある状態と機能を一対一で理解するやり方である。

これに対して、特定のシステムに対し、その背後に意図を感じ、その意図を推測しながら理解を行うやり方が、志向姿勢である。例えば、寝過ごしそうになって誰かが起こしに来てくれた時、その人間が特定時刻に起こす、という機能を持って働いた、とは考えないだろう。誰かが起こしに来てくれるのは、それは自分を心配しているからだ、という風に人間は考える。

人間が意図を発見する機能として、生物学や認知科学で主張されているのが、「心の理論」である[13]。心の理論は他者の意図を推定するための脳の仕組みである。Baron-Cohen は、心の理論を測るための有名な課題「サリーとアン課題」を提案した[14]。サリーがビー玉をかごの中に入れ、サリーが出て行った後にアンがビー玉を箱に移す。サリーが戻ってきた時に、どこを探すか、答えさせるという課題である。心の理論が発達した人間は、サリーがアンの行動を認識していない、ということを理解できるため、サリーはかごを探すと答えるが、他のエージェントの認識範囲を理解できない場合、箱を探すと答える。いくつかの実験より、人間を含めた僅かな動物しかこの課題に正解できないこと、また、自閉症児がこの課題をうまく答えられないことがわかっている。アニマシーに関する心理学研究や、HAI 研究の結果より、心の理論は、人間以外の動物や、人工物にも適用されることがわかってきている。例えば、Heider らの実験では、三角や丸といった非常に単純な図形からも、人間が意図を読み取ることを示している[15]。

これらの研究成果は、人間は相手が人間かそうでないかにかかわらず、非常に少ない手がかりから意図を読み取り、擬人化してしまう性質を生得的に持っていることを示唆する。重要な事だが、擬人化への生得的傾向は文化に依存しない。例えば Sung らは、米国家庭を対象にした調査で、掃除機ロボットの Roomba に対して、話しかける・名前をつけるといった行為が行われていることを発見している[16]。

2.3. 擬人化による行動誘導

こうした擬人化表現の利点は、工学のプロダクトデザイ

ンにも応用されている。DiSalvo らは、プロダクトに人間と同じような意匠をいれて擬人化することで、人間と同じような形状が使用場面を想起させること、理解が難しい物について、人と同じ感情表現を用いて説明できること、製品の特徴をわかりやすく説明できることを挙げている[17]。特に人間的類似性を持つ構成要素はそれ単体で人間に強い印象を与える。人間の目は他の哺乳類と比べ、目の白膜と虹彩の間のコントラストが高い[18]。人間以外の哺乳類は、目線から他者に意図を推測されないため低いコントラストを保持していると考えられているが、人間は進化の過程で、他者に意図をわざと見せる、というコミュニケーションのメリットが、他者から意図を推測されるリスクを上回ったと考えられている。見られている、という視線はユーザに対し強い影響を与える。例えば人間の道徳的行動が目のイメージによって制御されうることが複数の研究で指摘されている[19][20]。ただの眼の絵が飾ってあるだけでも、人間は社会的規範を守り、支払金額を上げる行動を見せる。

こうした擬人化の応用を行う分野としてヒューマンエージェントインタラクションが存在し、その中で擬人化エージェントを用いた行動誘導もいくつか検討されている[21]。湯浅らはゲームを共に行う擬人化エージェントを開発し，その非言語情報と協力行動を制御することでエージェントの印象及び行動選択に関して評価を行った[22]. これにより表情といった非言語情報によりユーザーの行動選択を誘導できる可能性を示した．Chartrand らは犬や猫といった家庭内ペットに関する印象調査及び選択タスクを行い，それぞれについて評価を行った[4]．これにより人間が人間以外のものにも人間の特性を当てはめて擬人化されたものとして解釈すること，また擬人化された対象が人間同様に参加者の行動選択を誘導できることが示された.

2.4. 身体の擬人化に関する関連研究

身体の擬人化では，ユーザーに本来自身のものである身体に対して擬人化された他者と感じさせる必要がある．そのための簡易な表現として目や口といった表情を直接身体部位に装着する手法が使われている．これにより装着者に視覚的に身体が擬人化されたと感じさせることが可能となる.

尾形らは Pygmy という目や口といった顔の部位を表現した指輪型のロボットを手に装着させることで，手の擬人化に関して評価を行った[23]. これにより手が擬人化されたと装着者が感じることが示され，また，タスクへの印象も向上することが示されている．また我々は目を表示させた LED 液晶を手に取り付ける擬人化デバイス「語り手」を開発し，身体の擬人化による身体運動の促進に関して評価を行った[8]．これにより擬人化によってユーザーの与えられたタスクの運動量が増えることはなかったが，それ以外の無意識的な身体運動が増加することが示され，また身体への印象も向上した.

これらの研究により，身体を擬人化することによりユーザーは自身の身体への親近感を増加すること，また自身の身体運動を増加することが示された．しかしユーザーの行動を誘導することについては検証されていない．本研究ではこれら関連研究によって得られた知見を元に，外在化によってユーザーの行動を変化させる手法を提案する.

3. 設計

関連研究より，身体に目や口といった表情を付与しその表情を変化させ，感情を持っているかのようにふるまうことでユーザーの感情に働きかけ，擬人化を達成できると示されている. 本研究でも関連研究にならい，ユーザーの手に着目し，手に感情を付与するという形で外在化の実現を試みた.

本研究では，身体が感情を持っているようにユーザーに思わせ外在化を達成するふるまいをさせる。特に、擬人化された対象が情動を持つ可能用に振る舞う点を重視する。そのため、ポジティブ・ネガティブ表現を伝えることができる face pain scale[24]に基づいた顔のイラストを手の甲に表示する手法を提案する．face pain scale は医学分野で使用されている痛みの強さを表情によって表したスケールであり，数値や具体的な度合いとして痛みを判定することの困難な高齢者や小児に多く用いられるものである．一般的に 6-20 段階のものが用いられている．このスケールに沿って表情を変化させることで，感情を持っているかのようなふるまいを実現する．手の甲に表示された顔が感情的に変化するという形で，ユーザーは身体の情報を外在化された形で受け取ることができる. 具体的なふるまいとしては，ユーザーが何もしていない状態ではスケールの中間の表情をしたイラストを，ユーザーに行ってほしい・促進したい動作を取ったときに痛みの弱いときのスケール（笑顔)のイラストを，行ってほしくない・制限したい動作を取ったときに痛みの強いときのスケール（泣き顔）のイラストを表示させる. またイラストはその動作の度合いに応じて表情を変化させる. 例えば行ってほしい動作の場合はその進度と共に表情もまたより笑顔になっていく．ユーザーの動作状態に対応して手の甲の表情を変えることでユーザーに自身の手を外在化されたと感じさせるふるまいができると考える．またその表情を定期的に変化させることによって生命性を付与し，その効果を増すことができると考えられる.

4. デバイスの実装

3 章によって提案されたデバイスの実装を行った.「語り手」同様，腕時計型の腕に装着する形状を採用した[8]．これは取り付けが比較的楽に行えることや，今回の手法が手の甲に投影するという形式によるものである．また本実装以外にも VR による実装も考えられたが，VR には VR 環境と実環境との空間情報の矛盾から生じる酔いが起こることがあると言われているため今回は投影を採用した[25].

4.1. デバイスの外観

本研究で開発したデバイスを**図 1**，**図 2** に示す.

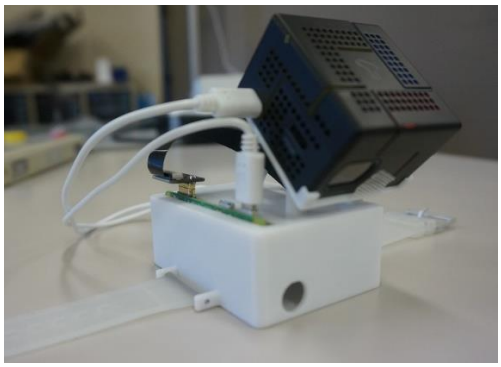


図 1 デバイスの前面

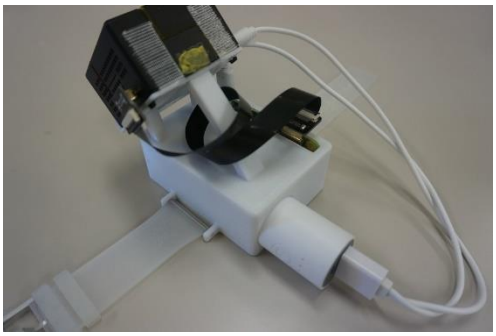


図 2 デバイスの後面

デバイスは 3D プリンタによって出力されたポリカーボネート製のケースから成る．内部には小型シングルボードコンピュータ（Raspberry pi Zero W，以下ラズパイ）を搭載し，ケース上部には小型のプロジェクター（Smart [Beam] Art）を固定している．なお小型プロジェクターは，更なる小型化のために本来下部に取り付けられているバッテリー部を取り外した状態で固定されている．またケース後面には円形の穴が空いており，そこから円柱型のモバイルバッテリー（cheero Power Plus 3 stick）を差し込む形状になっている．なお図 1 から確認できるケース前面の小さな穴は使用していない．モバイルバッテリー差し込み式を採用した理由としては，充電のしやすさ及びデバイス内の単純化の為である．モバイルバッテリーから他パーツへの給電を行い，ラズパイからの出力をプロジェクターが行う構成になっている．これらによって構成されたデバイスをベルトによって腕に取り付ける．装着した状態の写真を**図 3** に示す.

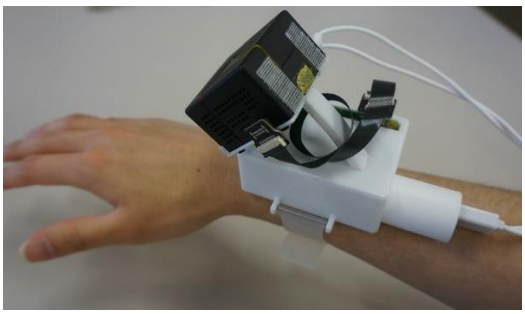


図 3 デバイスを装着した状態

4.2. システム構成

開発したシステムの構成は大きく分けてデバイス部と PC 部に分けることができる．以下にそれぞれの構成を示す.

(a) PC 部

PC 部では取得データの解析及びデバイス部へのデータ送信，データの保存を行う.

本デバイスは手の位置によって外在化された身体が自身の状態を変化させることを目的としているので，手の位置を取得することが前提となる．そこで本研究では手の位置取得のために Leap Motion 社の Leap Motion を使用した．Leap Motion は手指の座標を 3 次元的に細かい精度で取得することのできるデバイスであり，トラッキング速度も最低でも 60fps と申し分ないものである．また，取得データは C 言語を始めとする様々な言語から呼び出すことができ，PC 部では C++のプログラムからデータを取得している.

Leap Motion によって取得された手の座標データが予め指定しておいた特定の座標に近づいたとき，近づいた距離に応じて顔の番号をデバイス部へ送信している．なお近づいていない状態（以下平常状態）でも常に通信は行っており，平常状態であることを知らせ続けている.

また，作成した C++のプログラム内ではデータの送信と同時に保存も行っている.

(b) デバイス部

デバイス部では PC 部から送られてきたデータに対応したイラストの投影を行う.

ラズパイには face pain scale に基づいた顔のイラストが保存されている．イラストの一覧を**図 4** に示す．イラストの内訳は良い状態のイラストが 3 種類，平常状態が 1 種類，悪い状態が 4 種類であり，更にそれぞれ少し変化をつけたイラストを 1 つずつ用意してある．一定間隔でイラストを交互に出力することで生命性の付与を実現している.

プログラムは Python によって書かれており，画像の出力には Open CV を用いている.

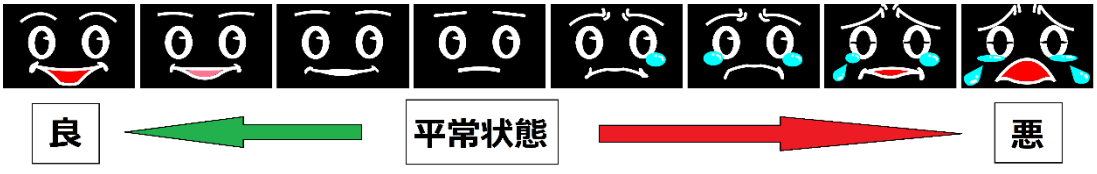


図 4 投影する顔のイラスト

5. 実験

開発したデバイスによって外在化がなされ，ユーザーの意識及び動作に変化が生じるかどうかを調べるために以下の実験を行った．

5.1. 実験環境

実験環境を以下**図 5** に示す．



図 5 実験環境

横 440mm，縦 290mm の電子基板を想定した作業エリアを用意した．エリアの四隅には左下から反時計回りで 0，1，2，3 と番号が割り振られている．またエリア上には黄色い注意マークを四隅の経路の中点となるような位置に配置した．

Leap Motion は高さ 370mm で，エリア上端の真上にくるような位置に下向きになるように取り付けた．

5.2. 実験条件

本研究では，顔のイラストを投影した場合（以下外在化条件）の効果を確認するため，外在化条件に加えて以下の 2 条件を追加した．

- ゲージ（メーター）によって手の位置の良し悪しの情報のみを投影してユーザーに提示する条件（以下単純条件）
- 爆弾を投影して，ユーザーの感情に働きかける形で良し悪しの情報を提示する条件（以下感情条件）

以上 2 条件に使用したイラストを**図 6** に，また全 3 条件でそれぞれがユーザーに与える情報を**表 1** に示す．単純条件，感情条件ともに外在化条件と同等の条件にするため，外在化条件と同数のイラストを用意した上で，実験参加者に全条件でタスクを行ってもらう被験者内実験を行った．単純条件においては安全色[26]を採用し，良い状態を緑，悪い状態を赤とした．感情条件においては火が消えた状態から導火線が短くなった状態で良し悪しを表現した．なお，カウンターバランスを考慮し条件の順序は参加者で偏りのないように入れ替えた．

表 1 条件ごとの与える情報

外在化条件	情報＋感情＋表情
感情条件	情報＋感情
単純条件	情報

5.3. タスク

参加者が行うタスクは、外在化以外の要因によって結果が変化してしまうことのないよう比較的単純でなおかつ手への投影物を見ることのできるものが好ましいと考え，本実験では物体の移動タスクを採用した．実験環境の俯瞰図を**図 7** に，移動させる物体を**図 8** に示す．移動させる物体は針金で持ち手を付けたペットボトルのキャップにネジを入れたものである．これは予備実験のときは容器内に水が入っておりそれを移動させるものであったが，難度が高く手の擬人化自体に集中できないことが懸念されたため，程よい緊張感となるようにネジを入れることになった．

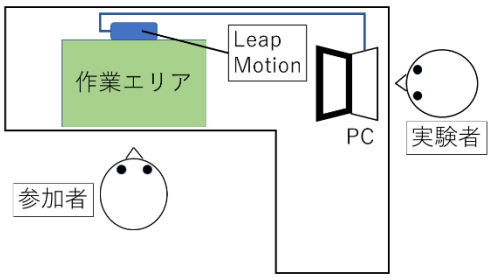


図 7 実験環境の俯瞰図

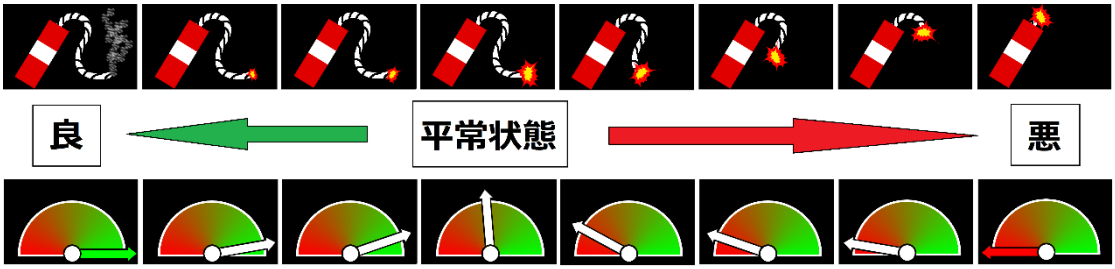


図 6 投影する爆弾及びゲージのイラスト



図 8 移動させる物体

図 7 に示したように，参加者は実験環境の前に座る．実験者は全体を見渡せる位置に座り，PC 画面を操作し，参加者に番号による指示を出す．参加者は条件ごとに 10 回，図 8 に示した物体を指示した番号の四隅へと移動するタスクを行った．なお，移動経路はどのタスクでも縦の移動が 4 回，横の移動が 3 回，斜めの移動が 3 回となるような組み合わせであり参加者はタスクごとに別の経路を移動した．実際のタスク中の様子を以下図 9 に示す．



図 9 実際のタスク中の様子

5.4. 実験手順

実験の段階は (1) 事前説明, (2) 練習, (3) セットアップ, (4) 本番 の 4 段階である．各段階の詳細を以下に示す．

1) 事前説明

最初に実験者が，実験に関する以下の情報を参加者に伝える．

- 基板を想定したエリア上での移動タスクを 3 度行ってもらうこと
- 作業する手はテーブル上，しない方の手はテーブルの下にしておくこと
- 注意マーク周辺は通ると基板がショートしてしまうデリケートな部分であるため，通らないように注意して慎重に作業を行うこと

2 つ目の情報は，Leap Motion が複数の手を認識している状態では取得したいほうの手を見失ったときの判定が難しいため 1 本のみで作業してもらうためである．3 つ目は予備実験を行った際に参加者の手の動きが早すぎたため，それを低減するために導入した．

2) セットアップ

次にセットアップ用のプログラムを用い，手で物体を持った状態の四隅及び注意マーク上での手の座標を記録する．これは人によって物体の持ち方が違うために，同一のデータを使ってしまうと距離の判定に誤差が生じてしまうのを防ぐためである．

3) 練習

次に参加者は事前練習を行った．参加者はデバイスを装着し，タスクを行った．映像の投影が行われない以外は本番と同じタスク条件であり，参加者は本番同様の移動を 17 回行った．参加者は本番のタスクでは 1 条件につき 10 回の移動を行ったが，それより多く練習を行った．これは，予備実験を行った際にタスクへの慣れからタスクごとの移動時間に大きな差が生まれてしまったため，少し多めに練習してもらうことで本番での回ごとの慣れによる差を減らす意図による．練習、本番ともに実験者が声で指示を行う旨もここで伝えた．

4) 本番

本番では，参加者は 3 条件を順番に行った．この際，実験者は参加者に対し，開始前に何が投影される条件であるかを条件ごとに説明した後，タスクを始めさせた．

全てのフェイズ終了後，参加者には実験に関して思ったことを自由に述べてもらい，また，実験者から何点か質問を行うインタビューを行い，実験終了とした．なお，質問項目を以下に示す．

- デバイスは重かったかどうか
- 手を気にした条件の順番と理由
- ゲージの意図はわかったか

5.5. アンケート

各タスク終了後，参加者に対して投影物の印象及びタスクの印象についてアンケートを実施した．アンケートは質問に対して「極めてそう思った」「全くそう思わない」を 7 段階に分けた回答を用意した．項目は Godspeed Questionnaire[27] (以下 GQ) に基づいた 5 項目に加え，投影物の印象に関して 1 項目，タスクの印象に関して 4 項目を用意した計 10 項目であり，それらを以下に示す．(1-5 が GQ 項目)

・投影物の印象

1. 意思を持っていると感じた
2. 反応はよかった
3. 親しみやすかった
4. 知的だと感じた
5. 不安を感じた
6. 自分の意思と反していると感じた

・タスクの印象

7. 部品を落とさないように心がけた
8. 注意部分を避けようと心がけた
9. タスクはやりやすかった
10. 手に意識が向いていた

5.6. 実験参加者

事前に 2 名で予備実験を行った．その後の本実験では，18 名が実験に参加した．参加者はいずれも 22-25 歳の大学生及び大学院生であり，性別は男性である．

5.7. 仮説

デバイスによって手が外在化されることで，ユーザーの自身の手に対する好感度が上昇すると考えられ，結果としてアンケート項目の 1-4 において外在化条件が他の 2 条件と比較して有意な差が出ると考えられる．また，好感度が上昇したことによってユーザーの心理的負担が軽減され，タスクへの印象も良くなるとも考えられる．(仮説 1)

手が外在化されることにより，ユーザーの自身の手への注意が増加し，手への気配り行動が促進されることによって注意マーク周辺に近づく行動が軽減されることも考えられる．(仮説 2)

6. 評価結果

実験によって得られたデータのうち，アンケート及び手の移動データに関して分析を行った．得られた結果を以下に示す．

6.1. アンケート結果

参加者 18 名のアンケート結果をそれぞれ条件ごと各項目で SPSS の「一般線形モデル-反復測定」により比較を行った．この分析方法は対応のある t 検定を 3 条件以上で行う場合に用いる多重比較法であり，補正は Bonferroni 法を用いている．得られた結果を図 10 に示す．アンケート項目 1,3,4 において外在化条件と他の 2 条件に有意差 ($p < .05$) が認められた．また項目 2 に関して外在化条件と感情条件に有意傾向 ($p < 0.1$) が，項目 5 に関して感情条件と他の 2 条件に有意差が，項目 10 に関して外在化条件と単純条件に有意差が認められた．

6.2. 移動分析結果

Leap Motion による手の座標データによる分析を行った．なお，使用したデータは手の座標データが Leap Motion が手を見失ったことで欠けてしまった 3 名のデータを除いた 15 名分である．分析方法はアンケートと同様のものを使用した．分析する項目を以下に示す．

- 移動にかかった総時間
- 移動中に禁止エリア内にいた割合
- 移動中に禁止エリア中心に最も近づいた距離
- 10 回の移動で禁止エリア中心に近づいた距離の平均

以上 4 項目について分析を行った．また同項目を 10 回の移動中に 3 回行う斜めの移動についてのみ分析を行った．斜めの移動はタスク中最長の移動経路であるため，これに着目した．各項目についてまとめたものを図 11-図 14 に示す．

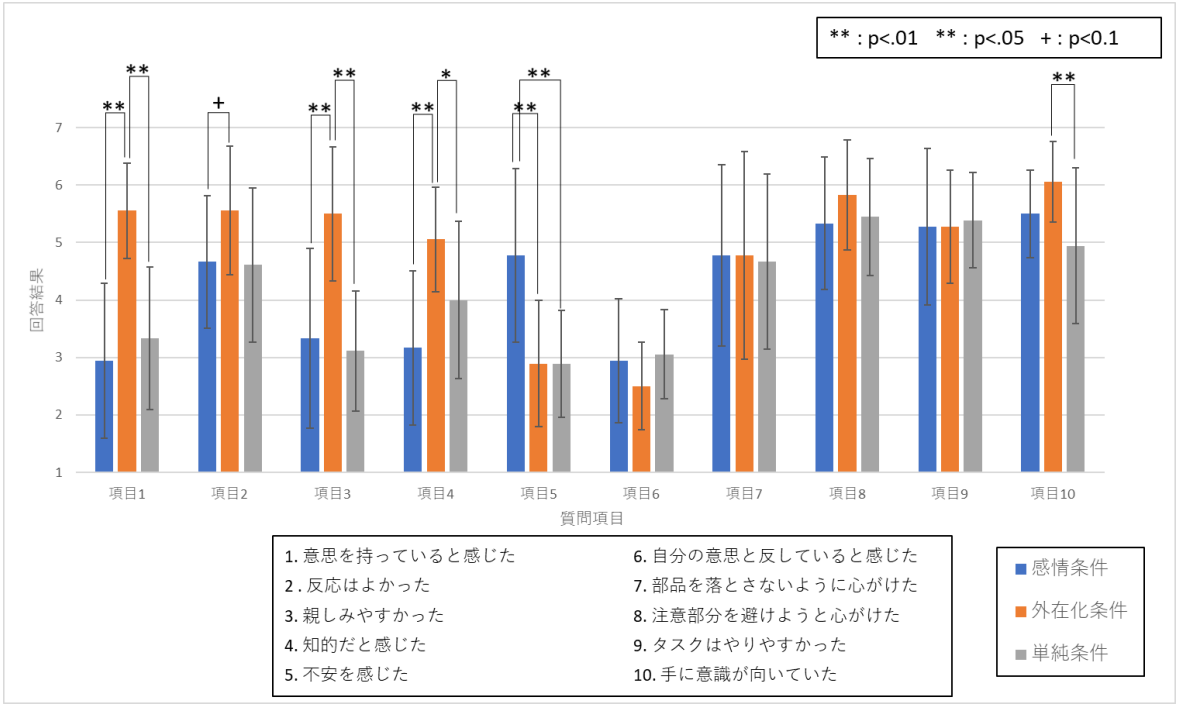


図 10 アンケート結果

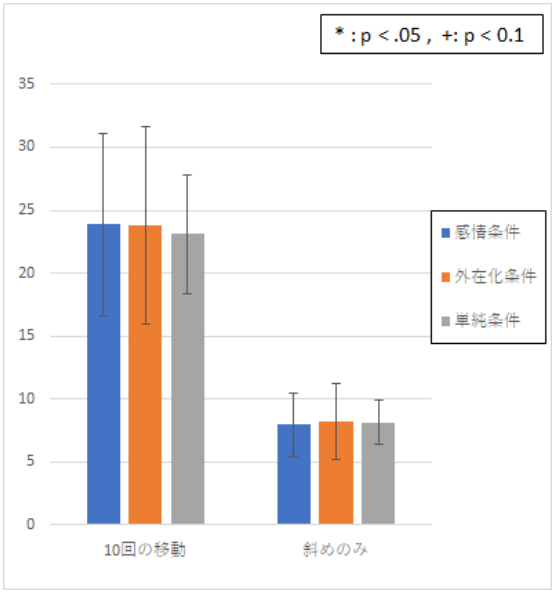


図 11 移動にかかった総時間

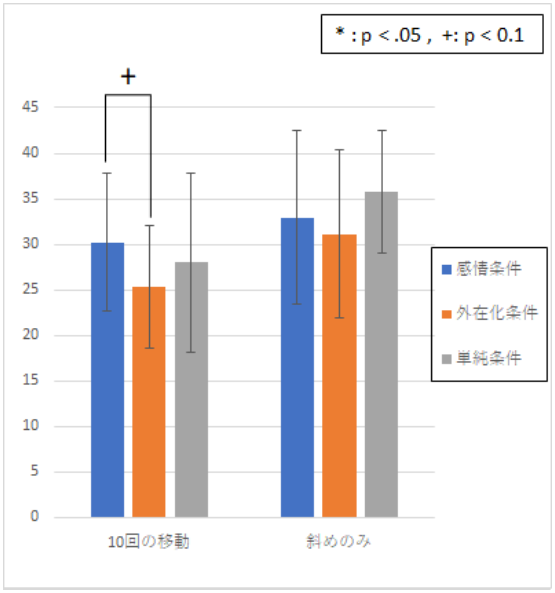


図 13 禁止エリア中心に最も近づいた距離

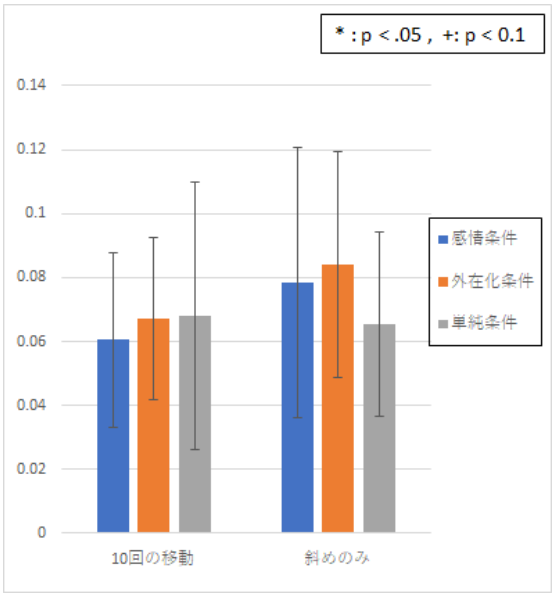


図 12 移動中に禁止エリアにいた割合

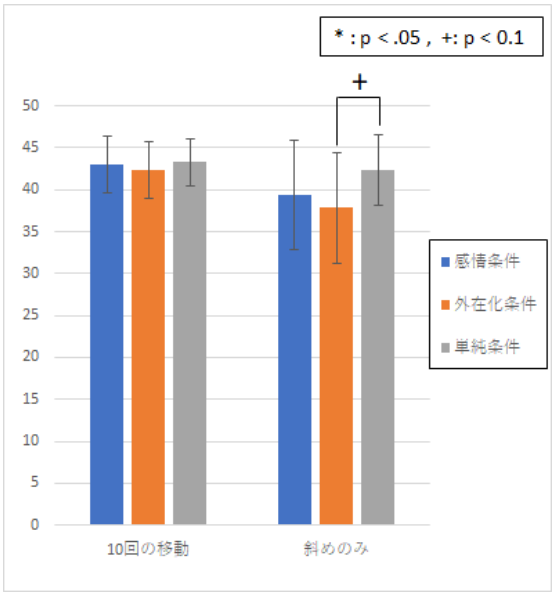


図 14 禁止エリア中心に近づいた距離の平均

図 13 より，10 回の移動で最も近づいた距離に関して外在化条件と感情条件における有意傾向が認められた．また，**図 14** より斜めの移動において近づいた距離の平均に関して外在化条件と単純条件における有意傾向が認められた．**図 7**

7. 考察

7.1. 身体擬人化の効果

図 10 より，GQ 項目中の 3 つにおいて外在化条件が他の 2 条件に対して有意な差が見られることから，参加者が顔という投影物に対して生物性や好感を覚えていることがわかった．しかし，タスクへの印象に関しては有意差を認められなかったため，好感度によるタスクの印象への影響は認められず，仮説 1 は部分的に立証された．また，インタビュ

ーにおいて外在化条件を「相棒のように感じた」と答えた参加者もいた．これらのことから，手に顔のイラストを投影することによって外在化が行えるということが示唆された．

一方で，項目 5「不安を感じた」において感情条件と他の 2 条件に有意差を認められた．実験終了後のインタビューにおいても，「急かされている気がした」「やらされている感じがした」などネガティブな意見が認められた．

また，インタビューに際して，参加者にどの条件が一番手を見ていたかを質問したところ，外在化条件，感情条件，単純条件の順で多かった．これは図 10 より項目 10「手に意識が向いていた」において外在化条件と単純条件に有意差が見られていることからも示されている．外在化条件と答えた人の意見としては「面白かった」「気を使った」「変化がわかりやすかった」などが挙げられる．感情条件と答えた人の意見は「怖かった」「爆発するか気になった」などが挙げられる．しかし，有意差が見られたにもかかわらず，図 14 より斜めの移動に関して外在化条件と単純条件に仮説とは逆の有意傾向が確認された．このことから，外在化条件によって参加者の手への注視行動を促進することはできたが，手の甲へ注意が向いた分だけ手先作業の精度が低下してしまったのではないかと推測できる．これにより仮説 2 は立証されなかったが，自身の手への注意が外在化条件において増大したことは明らかであり，身体の情報提示手法として有効であることが示唆された．

またインタビューにおいて明らかになった事実として，イラストが移動後に良い状態へ変化することには全員が気づいたものの，移動中のイラストの変化には気づかなかった参加者が多く存在していたことが挙げられる．これは移動距離が短く，すぐに移動作業が終わってしまうために 気づくことができなかったのではないかという理由と，予め注意部分を避けるように指示をしていたために，イラストが大きく変化することが少なく、参加者に変化を提示できる機会が少なかったのではないかという理由の 2 つが考えられる．

7.2. デバイスの改善点

以上の結果を受け，今回実装したデバイスは本研究において一部有効であったと考えることができる．しかし，様々な問題及び改善点が見つかった．

まずデバイスの実装に関してだが，インタビューにおいて「プロジェクターが邪魔で見づらい」「デバイスが重い」という意見を頂いた．これは開発時点で問題になっていた部分ではあったのだが，今回の実装をするにあたってプロジェクターは外すことのできない部分であるため，そのような意見を覚悟して実装をした．しかし今後改善していける点であると考えられ，その場合は薄いフレキシブルディスプレイなどによる実装が考えられる．デバイスの重さに関してはプロジェクターのみではなく，モバイルバッテリーの重量が関わってきている問題であるが，電力を多く使用するプロジェクターが別の提示手法に代われば解決できる問題である．

次に実験に関してだが，6.1 で前述したとおりデバイスの意図が掴めなかった参加者が何人か確認できた．今回実験に採用した移動タスクでは，事前に注意マークを避けるように指示を受けていること，移動距離が短いことから状態の変化を確認できないという問題が見受けられた．後者の問題はデバイスによって手が影になってしまうと，Leap Motion が手を見失ってしまうことによって実験範囲が限定されてしまったことが原因の 1 つとして挙げられ，これもプロジェクターに代わるものの導入によってデバイスが小型化されれば改善できると思われる．しかし前者の問題はタスク自体の改善によってのみ解決できるものと思われる．例えば迷路をペン状のものでなぞるような，より手を動かす速度を遅くし，変化に気づきやすくできるタスクを採用するべきである．

8. まとめ

本研究では，身体を外在化したことによるユーザーの行動の誘導について身体の外在化を行うデバイスを開発し実験及び評価を行った．結果として外在化条件におけるユーザーの身体への気遣い行動は見られず，また作業精度の低下が観測されたがこれは手への注意が増大したことによる．先行研究と同様に手への親近感が増加したことも示され，また本研究の手法によって手への注意が増加したことは明らかであり，情報提示手法として擬人化・外在化という手法が有効であることが示された．今後の改善点として 7.2 で述べたように，デバイスの更なる小型化は身体擬人化の効果を測る上で避けることのできない課題である．小型化，タスクの改善を行い，行動誘導について再検証をしていきたい．

謝辞

本研究は科研費 JSPS 科研費 JP26118006 および JP16K12484 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] S. Guthrie, *Faces in the clouds : a new theory of religion*. Oxford University Press, 1993.

[2] 関沢英彦, “父さんは犬：広告における擬人化 (林龍二教授退任記念号),” コミュニケーション科学, no. 35, pp. 19–47, 2012.

[3] 湯浅将英 and 武川直樹, “ユーザ行動を誘導するための擬人化エージェントの対人印象操作・非言語行動表出モデル,” *電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム = IEICE Trans. Inf. Syst. (Japanese Ed.*, vol. 94, no. 1, pp. 124–137, 2011.

[4] T. L. Chartrand and G. M. F. G. J. Fitzsimons, “Automatic Effects of Anthropomorphized Objects on Behavior,” *Soc. Cogn.*, vol. 26, pp. 198–209, 2008.

[5] 大澤博隆, “ヒューマンエージェントインタラクシ

ョンから見る人工物・人工システムのエージェンシー,” 日本ロボット学会誌, vol. 31, no. 9, pp. 40–45, 2013.

[6] K.-P. Tam, S.-L. Lee, and M. M. Chao, “Saving Mr. Nature: Anthropomorphism enhances connectedness to and protectiveness toward nature,” *J. Exp. Soc. Psychol.*, vol. 49, no. 3, pp. 514–521, May 2013.

[7] M. Ogata, Y. Sugiura, H. Osawa, and M. Imai, “Pygmy：A Ring-shaped Robotic Device that Promotes the Presence of an Agent on Human Hand,” in *Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction*, 2012, pp. 85–92.

[8] 大澤博隆 and 中原大介, “語り手：手部位の擬人化による身体運動の促進.,” 情報処理学会 インタラクション, pp. 879–880, 2017.

[9] 中川博文, 北村純一, 近藤徹, 飯沼和三, and 高橋賞, “光弾性手法を援用した視覚によるバイオフィードバック装置の開発：脳卒中片麻痺患者の立位訓練への応用,” *日本機械学会論文集 A編*, vol. 61, no. 582, pp. 466–471, 1995.

[10] 擬人化たん白書製作委員会, 擬人化たん白書. アスペクト, 2006.

[11] H. Itoh, “‘Hatsune Miku’ as an Interface,” in *International Conference on Human-Agent Interaction*, 2013, p. http://hai-conference.net/ihai2013/program/#talk2.

[12] D. C. Dennett, *The Intentional Stance*. A Bradford Book, 1989.

[13] N. C. Rabinowitz, F. Perbet, H. F. Song, C. Zhang, S. M. A. Eslami, and M. Botvinick, “Machine Theory of Mind,” 2018.

[14] S. Baron-Cohen, a M. Leslie, and U. Frith, “Does the autistic child have a ‘theory of mind’?,” *Cognition*, vol. 21, no. 1, pp. 37–46, Oct. 1985.

[15] F. Heider and M. Simmel, “An experimental study of apparent behavior.,” *Am. J. Psychol.*, vol. 57, pp. 243–259, 1944.

[16] J.-Y. Sung, R. E. Grinter, H. I. Christensen, and L. Guo, “Housewives or technophiles?,” in *International Conference on Human robot Interaction*, 2008, p. 129.

[17] C. DiSalvo and F. Gemperle, “From seduction to fulfillment,” in *International conference on Designing pleasurable products and interfaces*, 2003, pp. 67–72.

[18] H. Kobayashi and S. Kohshima, “Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye.,” *J. Hum. Evol.*, vol. 40, no. 5, pp. 419–435, 2001.

[19] M. Bateson, D. Nettle, and G. Roberts, “Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting,” *Biol. Lett.*, vol. 2, no. 3, pp. 412–414, 2006.

[20] P. Bourrat, N. Baumard, and R. Mckay, “Surveillance cues enhance moral condemnation,” *Evol. Psychol.*, vol. 9, no. 2, pp. 193–199, 2011.

[21] 大澤博隆, “ヒューマンエージェントインタラクションの研究動向,” 人工知能学会誌, vol. 28, no. 3, pp. 405–411, 2013.

[22] 湯浅将英 and 武川直樹, “ユーザ行動を誘導するための擬人化エージェントの対人印象操作・非言語行動表出モデル(ヴァーバル・ノンヴァーバル・コミュニケーション,<特集>ヒューマンコミュニケーション〜人間中心の情報環境構築のための要素技術〜論文),” 電子情報通信学会論文誌, vol. J94–D, no. 1, pp. 124–137, Jan. 2011.

[23] H. I. O. Sawa, “Pygmy： 指輪型擬人化デバイス Pygmy：Anthropomorphic Ring Device.”

[24] C. L. Hicks, C. L. Von Baeyer, P. A. Spafford, I. Van Korlaar, and B. Goodenough, “The Faces Pain Scale ± Revised：toward a common metric in pediatric pain measurement,” *Pain*, vol. 93, pp. 173–183, 2001.

[25] 田中信壽, “VR酔い対策の設計に求められる知見の現状,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 10, no. 1, pp. 129–138, 2005.

[26] 落合信寿 and 齋藤美穂, “日本人学生における安全色のリスク認知,” 日本色彩学会誌, vol. 29, no. 4, pp. 303–311, 2005.

[27] C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, and S. Zoghbi, “Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots,” *Int. J. Soc. Robot.*, vol. 1, no. 1, pp. 71–81, Nov. 2008.

サービスロボットに他者モデルは必要か？
Do Service Robots Need to Have Mental Model of Others?

日永田 智絵[†]，長井 隆行[†‡]
Chie Hieida, Takayuki Nagai
[†] 電気通信大学情報理工学研究科，[‡] 電気通信大学人工知能先端研究センター
Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
Artificial Intelligence Exploration Research Center, The University of Electro-Communications
hchie@apple.ee.uec.ac.jp, tnagai@ee.uec.ac.jp

概要

本稿では，サービスロボットに他者モデルが必要かどうかを議論する．一般にサービスを提供する場合には，顧客に対する「おもてなしの心」が重要であると言われる.「おもてなしの心」は他者モデルに大きく関わっているため，サービスロボットにも他者モデルが求められると考えるのが，最も単純で直観的である．しかし，そもそも他者モデル自体が十分に解明されておらず，それをどのように実現できるかが分からない今，サービスロボットの実用化いう観点で他者モデルが必要かどうかは，明らかではない．本稿では，筆者らの他者モデルに関連する研究を概観しつつ，サービスロボットと他者モデルの関係を整理したい．

キーワード：サービスロボット (service robot)，他者モデル (mental model of others)，意図推定 (intension estimation)，感情 (emotion)，正直シグナル (honest signals)

1. はじめに

近年，ロボットが様々な場面で用いられるようになってきた．特に，公共の場におけるサービスは，タスクが限定しやすく，メンテナンスもしやすいため，今後ますますロボットの進出が期待される．ロボットの技術も格段に進歩し，身体的には様々なことができるようになってきた．本稿では，サービスロボットの例として，レストランで配膳するロボットを考えてみる．配膳ロボットは，数年前から既に中国では実際のレストランに導入され [1, 2]，日本でも最近そうした試みがいくつか見られる．配膳の仕事は基本的には食事をトレーに載せ，対象となる客のところまで移動して提供し，厨房に戻るというサイクルを繰り返すものである．人が行う配膳の場合には，より複雑なタスクや事前に想定し得ないことへの対処も含まれる．現状のロボットは，基本的にはプログラムされた動作を行うだけであり，特に人の多いレストランのような環境で複雑な判断を要するようなタスクを高い精度でこなすことは容易ではない．一方で，食事を運んで戻るだけを考えてみても，実際にはかなり難しい問題が存在する．例えば，ビュッフェのレストランで皿や飲み物をサーブすることを考えると，非常に人の多い中をぶつかることなく移動する必要がある．問題はそれだけではない．対象となる人に食事をサーブするということはどういうことか？単に近づいてトレーの上のものを取ってもらえればよいのか？もし十分に近づけなかったらどうするのか？他の人に呼ばれたらどうするのか？もし，こぼしてしまったら？こぼした量がほんの少しだけでもだめなのか?… など，考えるときりがない．こうした様々な問題をどのようにクリアするのか，また，タスクがより複雑になっても汎用的に問題を解決できない限り，ロボットのプログラムを無限に作り続けなければならいという悪夢から逃れることはできない．

ここで一つ重要な視点となり得るのが，他者モデルである．サービスにおいては，客の意図や目的を予測し，その予測を考慮した上でどのような行動を取るかを決めることが重要であると言われる [3, 4]．つまり，他者モデルを使ってよりよく顧客の意図を予測できれば，より良いサービスが提供できることになる．しかし残念なことに，他者モデルについては，まだその実態を含め明らかになっていないことが多い．従って，実際のサービスロボットに搭載して人のような柔軟なサービスを実現することは現状ではできない．そもそも，おもてなしの心は他者モデルによって実現されるのであろうか？こうした問いに正しく答えるために，今後の研究成果を待たなければならない．

こうした状況で，サービスロボットの普及という観点から，他者モデルが必要かどうかは必ずしも明らかではない．本稿では，筆者らのグループで行っている

他者モデルに関連する研究を概観しつつ，サービスロボットに他者モデルが必要かどうかを検討してみたい．

2. 他者モデルとは何か？

「他者モデルとは何か？」この問いに答えるために様々な研究が進められている [5]．しかしながら，この問いに完全に答えることは今のところ難しい．筆者らは，自身をドライブするモデルが分化し，他者の意図や振る舞いをよりよく予測するためのモデルが他者モデルであると考えている．つまり，自分を通して他者を見ることで，その裏に隠れた行動の意図や，未来の行動をよりよく予測するメカニズムである．物理的な法則に従う環境中の物体の振る舞いを予測するのと同じやり方では，自分と同じように心を持った存在の振る舞いを予測することは難しい．そこで人間は，自分自身を予測するモデルを他者にも適用することで，予測精度を向上させることに成功したのではないかと考える．ここで問題となるのは，そのようなことがどのようなメカニズムで実現され得るのか，そしてどのように発達するのかということである．おそらく重要なのは，ミラーシステムを基盤とした，自他の同一視による学習と，自他分離であろう．

ここでは，こうした他者モデルを解明・モデル化するために筆者らのグループで行っている試みをいくつか紹介し，そのようなメカニズムの人工物における実現可能性について考えてみる．

2.1 意図とゴールの予測

他者の意図やゴールを推定するためには，どのようなメカニズムが必要であろうか？人間は目標達成という意図によって行動すると直感的に感じるが，神経科学の研究は意図が行動の結果であることを示唆している [7, 8]．この知見に基づくと，人間は最初から意図やゴールを持って行動するのではなく，環境の状況や内部の状態に応じて行動した結果からこの結果を説明するために，意図やゴールが生み出されていると考えることができる．逆に言えば，この受動的な行動決定メカニズムにより，自身の意図やゴールを推定する必要性が生まれる．そして，この自身の意図やゴールの推定メカニズムを他者へ適用することによって，他者の意図やゴールの推定とそれを考慮した自身の行動決定につながる．そのため，この受動的な行動決定こそが協調において重要な役割を持つと考えることができる．ここで，行動決定エージェントが環境状況や内部状態に応じて行動を受動的に決定するとする．この二つの要素の組み合わせをコンテキストと呼ぶ．コンテキストは行動決定する場面に対して，それまでの環境状況や内部状態の時系列の変化の中から有効な情報を持つ表現である．この表現を学習するために，リカレントニューラルネットワーク (RNN) を用いる．RNN の学習データは，エージェントが何らかのタクスを実行する時に環境との相互作用によって得られる情報である．具体的には，エージェントが自分の行動によって知覚できる環境の状況の変化及び自分の内部状態の変化である．この情報を生成するために，まずエージェントは具体的な目標が存在しないため，報酬を未来に渡って最大化する強化学習によって試行錯誤的に行動する．そして，行動することによって得る情報を RNN を用いてモデル化することで，行動のパターンとそれに応じた環境の変化を予測することができるようになる．そうするとコンテキストに応じて行動決定や行動の結果を予測することが可能となるので，コンテキストから意図を推定し，予測する未来が目標であるということになる．文献 [6] では，強化学習の手法として Dueling Deep Q-network (DQN) と RNN の代表的な Long Short-Term Memory (LSTM) を組み合わせた意図と目標を生み出す行動学習モデルを提案している．

このモデルにより，行動の意図やゴールが隠れ層で表現された空間の中で位置づけられるため，自身の受動的な行動に対して意図やゴールを推定することができるようになる．現状ではこのような学習によって他者の意図やゴールが推定できる可能性は示したものの，実際にどのような学習によって，自身の予測と他者に対する予測が可能になるのかは明らかではない．

2.2 正直シグナル

正直シグナルをロボットに実装することで，ロボットの微妙な動きが人の無意識的な印象に影響を及ぼす可能性なども検討している [9]．これは，普段我々が対話を通して無意識に感じ取る部分に注目していることになる．例えば，対話相手の「高圧的な態度」や対話中の「重苦しい空気」といった，対話の中で自然と形成されていく部分にこそ，相手が伝えたい真の意図や目的が隠されているはずである．それらを応用することで，人とロボット円滑なコミュニケーションが実現できる可能性がある．つまりこれは，上述の意図やゴールの予測における一つの手がかりとして，正直シグナルを利用するという位置づけである．

正直シグナルとは，人間同士のコミュニケーション

で無意識的にやりとりされるシグナルのことである [11]．これらは単純な言語情報や非言語情報とは別であり, 生物学的な部分に根ざしたものであるため, 私達の行動に直接強い影響を与えるコミュニケーションツールである．つまり相手の話す言語や, 対話相手の非言語的な行動そのものの意味はわからずとも, 相手の意図や目的を理解するための主体となるものである．例えば対話中におこる「重苦しい空気」は，これらのシグナルのやりとりで生まれ，対話中の相手の感情や目的が見え隠れしている．

正直シグナルは単に一つのシグナルではなく，影響力，ミミクリ，活動レベル，一貫性と呼ばれる 4 つの基礎シグナルから構成されている．一つ目の「影響力」は注意のシグナルであり，主に対話相手への関心や注意レベルを測定できる．これは対話相手の発話タイミングをいかにコントロールできるかで計測する．例えば，自らの発言中，対話相手に喋らせる隙を与えない人は，その対話において影響力は高い人だと言える．二つ目の「ミミクリ」は，他人の行動や発言を反射的に模倣する度合いで計ることのできる共感のシグナルである．例えば，日常の会話の中で見られる相手に OK?と聞かれ，反射的に OK!と答えることもミミクリの一種と言える．三つ目の「活動レベル」は，動きや声の大きさから人間の興奮や関心の度合いを測るシグナルである．興味，関心あるものを目にしてはしゃぎ出す子供は，自律神経が興奮状態にあり，活動レベルが高い状態にあると言える．四つ目のシグナルは「一貫性」と呼ばれるもので，発言に対する決意の強さと精神的集中を示す．これは，声の高さや大きさなどに一貫性があるかどうかで計る．例えば相手を説得する時に自然と話し方にムラが無くなるのは，発言時に自分の思考や決意がしっかりしていることを示している．

これらの基礎シグナルは単独で使われることは少なく，組み合わされて使われることが多い．そうすることで，人間は状況に合わせて四つの役割を対話の中で無意識のうちに演じている．一つ目は「打診」である．相手の興味，関心，思考を探る態度であり，相手と相互作用を深めたい時に演じる役割である．初対面の人間と話す時，相手のことを詳しく知ろうと質問したり，それに対し相手の反応を伺うような態度がこの役割にあたる．二つ目は「能動的傾聴」である．これはやりとりのほとんどを聞き手側に回る時に見られるもので，相手の情報をオープンに求める態度を指す．三つ目は「協調」で，主に相手の話や意見への支援や共感を示す役割である．四つ目は「主導」と呼ばれるもので，場の流れや話しの意見を自分の思うように導きたい場合に見られる．

文献 [9, 10] では，実際に人同士の対話から正直シグナルをモデルとして取り出し，そのモデルを使ってロボットにシグナルを生成させることで，人がどのように感じるかを調べている．つまりロボットは，インタラクションにおいて自分の果たすべき役割を決めることができれば，それを無意識に人が感じ取れるように振舞う（シグナルを出す）ことができる．もちろん，そうしたことが完璧にできたことを主張する実験結果が得られているわけではないが，原理的にはロボットと接する人が，無意識にロボットの役割を感じ取るようになる可能性は十分にある．

2.3 感情モデル

相手の意図やゴールを推定する上でも，自分のサービスに対する評価という意味でも，感情は非常に重要な要素である．しかしながら，ロボット研究では感情について深く扱えずにいる．それは一般に「ロボット」が感情が無い存在として考えられがちなことからも示唆される．相手の情動を推定する手法 [12] や，情動を表出する方法 [13] については，従来から研究がなされている．しかしながら，こうした研究の情動は作りこみであることが多い．作りこみでは社会的な感情の様な複雑な感情を作ることが困難であり，実際シンプルな基本情動のようなものしか実現できていない [14, 15]．しかし，ロボットが人間社会に受け入れられていくためには，相手の感情を理解・共感し，行動することが必要不可欠であり，シンプルな基本情動のようなものだけでは対応できない．

筆者らは，感情の生成モデルを提案し [16, 17, 18]，そうした感情の本質的なモデルをエージェントが持つことで共感に基づくより豊かなコミュニケーションが実現できると考えている．将来的にはこのモデルを通して，ロボットがどのように複雑な感情を持つか，相手の情動に基づいてどのように感情を変化させるか，そうした相互作用がどのようなコミュニケーションを引き起こすのかといったことを検討することができると考えている．このことは，ロボットに感情を持たせるだけでなく，ロボットが人間の心的状態を真に理解するという意味でも必要不可欠である．これによってロボットが人の多様なあり方に寄り添い，人とロボットの双方が学習し成長していけるような関係性になることを期待している．

文献 [16] では，神経科学や心理学等の様々な分野の

文献を基に感情モデルを作成した．感情システムは，無意識のうちに起こる身体反応と，それを感情として認知するという段階に分かれており，生得的なシステムと学習により強化されるシステムが存在していると考えられる．これを踏まえ，情動を刺激によって引き起こされる身体反応のラベル，感情を行動決定のための状態に対するラベル，状態とは刺激と情動及び刺激と情動を用いた原因推論・未来予測の結果と定義し，感情モデルを構築している．また，感情の重要な役割の一つが，行動決定である．そこでこのモデルでは，行動決定を行うための大脳皮質–大脳基底核ループに対応したシーケンス学習と強化学習を導入している．

実際文献 [18] では，行動決定モジュールの実装を convolutional LSTM (long short-term memory)[19] と DDPG (Deep Deterministic Policy Gradient)[20] を用いて行い，エージェントによる母子間インタラクションタスクを行うことで，ポリシーネットワーク上に，感情に相当する表現が表象され，その分化が起きている可能性を示唆する結果を得た．このことは，エージェントの身体性や生得的な刺激に対する反応に基づいて感情が発達する可能性を示しており，サービスロボットが自身の基本的な感情に基づいて物事を判断したり，感謝や嫉妬など社会的な感情を持ち得ることを意味している．

3. 他者モデルは必要か？

3.1 他者モデルへの期待

こうした技術は，レストランロボットが客の身になって意図を予測し，先回りしたサービスをするというほどに進展しているわけではない．しかし，研究が進むことで，サービスロボットにおける本質的な問題が解決するかもしれないという期待がある．例えば，前章で紹介した研究が仮にうまく機能して統合できたとすると，理想的には次のような振る舞いが期待できる．

そのロボットは，経験を積むことで成長することができる．最初は外的な報酬やホメオスタシスなどの報酬や模倣によって，様々な経験をする．意図やゴールは常に後付けであり，何かの目標を持って行動することはない．徐々に行動に関するモデルが学習されると，予測に基づいて行動を計画できるようになる．やがて，他者を自分から分離することでより予測の精度が向上し，他者との協働を通してうまく行動することができるようになる．つまりは，自分の行動による結果や，それに伴う他者の心的状態の予測が可能となる．やがてはサービスの本質的な意味を理解し，自分の振る舞いによって顧客がどのように感じるかを自身のモデルを使ってシミュレートできる．こうなればこのサービスロボットは，自身の判断で様々なサービスをこなすことが可能である．

一方で，本当に他者モデルは必要であろうかという疑念もある．それは，上述のようなサービスロボットが実現されるまでの道のりが遠すぎるという問題だけでなく，本当にそこまでのものを作る意味があるのかという疑念である．本稿で考えたい重要なことは，むしろその点にある．そもそも「おもてなし」とはどのようなことか？

ここで，レストランの配膳ロボットが人をよけて移動することを想像してみる．タスクとしては人にぶつかることなく，またトレーの上の食事をこぼすことなく移動できればよい．この時に例えば，わざと大きくよけて低い姿勢を取ると，顧客の気分をよくすることができるかもしれない．この行動は,「おもてなし」として本質的なのであろうか？それでは，お客さんと接しないレストランでの掃除はどうか？人がそうした状況で掃除を行う際には，そのレストランで食事をするお客さんを思い浮かべながら，心を込めて掃除をすることが「おもてなし」なのかもしれない．iRobot 社のコリンアングルは，講演で究極の掃除ロボットについて次のように述べていた.「究極の掃除ロボットの姿は，人から見えないものである」．つまり，きれいであることが重要であり，だれがどのように掃除したかは関係がない．こう考えると，これから先のサービスロボットに他者モデルが必要かどうかを考える上で，二通りが考えられる．

3.2 おもてなしの演出

一つは，直接人とインタラクションが必要もしくは，客の目に触れるロボットである．この場合，サービス自体の質よりもむしろ，心的状態を考慮して振舞っていることに気づいてもらうことが重要であり，これはある意味，サービスの演出である．このサービスの演出が，そのロボットの価値を高める可能性がある．

ここで筆者らのグループが行った，関連する研究をもう一つ紹介したい．この研究は，ロボットが子どもとの遊びを通していかに関係性を構築できるかというものである [21]．このロボットは，子どもとトランプをして遊ぶのであるが，単にルールに従って相手をするのではなく，子どもの様子をうかがいながら，より楽しくなるように行動を選択する．例えば，わざと間違ったカードを選択したり，少し動きのスピードを変

えてみたりする．また，飽きている様子が見られれば違う遊びを提案したりする．こうした，ある種の他者モデルを持ったロボットを設計し，実際に子どもと遊ばせることで，非常に興味深い現象に遭遇した．それは，子どもの視線に明確に表れる．他者モデルを持ったロボットと遊んだ子ども達は，ロボットの顔を頻繁に見るが，そうでない淡々とゲームをするロボットと遊んだ子ども達は，次第にロボットの顔を見なくなったのである．ロボットが自分のことを考えてくれているという「おもてなしの心」を感じることで，子どもはロボットを顔色をうかがう価値のある存在であると認めたのである．逆に単なるゲームロボットの顔色をうかがう必要はない．なぜなら，そのロボットの行動は，ゲームの状況のみによって決まり，心的な予測は全く無意味である．心を持った存在であると感じたロボットの顔を見ようとしているところが，興味深い所でもある．これは，相手の心の内を予測するためには，やはり顔を見るのが一番であるという無意識の行動であると考えられる．

子どもの遊びとサービスは，大きく違うようでありながら本質的には共通することが多い．この研究で筆者らが学んだのは，相手を思う気持ちがその振る舞いにシグナルとして現れ，そのシグナルを無意識に相手が受け取ることが重要なことである．

3.3 消えゆく実態

二つ目は，直接インタラクションしないロボットであり，この場合，上記の理屈からすると，他者モデルは必要とされない．むしろ，大量のデータで行動を学習することで，高い精度でタスクを実行すればよい．他者を物と同一視して行動を計画しても，全く問題がない．サーブする側の「おもてなしの心」は，他者のことを最大限に考えて奉仕しているという，自身に対する一つの自己肯定感であり，それがその人の仕事の質の向上に直接的につながっていると考えることもできるであろう．自己肯定感の必要のないロボットにとって，こうした仕組みが必要である理由はなく，むしろ，全く人に気づかれない世界で黙々と正確に仕事をこなすのがあるべき姿である．他者モデルが必要であるとすれば，他者の意図やゴールをより良く予測して，自身のタスクの精度を上げることができる可能性にある．これは道具としての AI やロボットとしては当然の帰結かもしれない．

こうした人からは直接的に見えないロボットは，これからの社会で増えていくように思われる．そうしたロボットに他者モデルが不要かどうかを，別の視点から再度考えてみたい．実はここまでの議論は，ロボット側の問題ではなくむしろ我々人間側の問題である．「おもてなしの心」とは，実態はなくともその存在と献身的な心を感じることであり，それはサービスを受け取る側に存在する．これは，エントロピー減少の裏に潜む力とその理由を予測してしまう人間の性でもあり，どのようなロボットであるかには全く関係がない．そしてロボットが，顧客のことを全く考えなくとも成立する．子どもと遊ぶロボットの例も当然のことながら，ロボットが本当に子どものことを思っているわけではない．それでもなお，成立させることができたのは，遊びというドメインの限定が主な理由である．つまり子どもの振る舞いをモデル化し，ロボットの振る舞いを比較的容易にデザインできたことが重要なポイントである．

こう考えると，もう一つ，ロボット側の問題が重要になってくる．ロボットが状況に柔軟に対応して，複雑な仕事をこなすことができるかどうかという問題である．これは中国語の部屋問題でもある．つまり，理解のできない言語に対応するための膨大な手順書が存在しなければ，部屋の中の人間が正しい答えを出すことができないのと似た問題である．複雑な仕事を完璧にこなすための手順書を用意することは，実質的には不可能である．またロボットには，今性のような時間的な制約があり，その中で手順書に従ってタスクを正しくこなすのは至難の業であると考えられる．こうして考えてみると，他者モデルが必要な理由は，むしろロボットが柔軟にタスクをこなせるか否かの問題であり，それがおもてなしの心であるかどうかは，ひとえに人間側の想像力の問題である．

4. おわりに

今後のエージェント技術を考える上で，他者モデルは重要なキーワードになると考えられる．本稿では特に，サービスロボットという視点で，他者モデルの必要性を議論した．サービスロボットは実世界では様々な場面で用いられる可能性があり，こなすべきタスクによって，求められるものが異なる．中でも，人との直接的な関わりの有無がサービスロボットの性質を分ける要素であると考えられる．しかし結果的には，いずれの場合も「他者モデル」を持つことは有用であり，それなしで本当の意味で使えるサービスロボットを実現することは難しいと考えられる．これは，他者モデルによる意図や行動の予測がサービスの本質であるためであり，ある意味当然の帰結でもある．今後エー

ジェント技術が実用化，さらに普及するためには，他者モデルの構築は重要なポイントとなると考える．さらに言えば，エージェントが人間の世界に溶け込み，人と共存関係を築くためには，他者モデルを持つことが必須になるのではないかと思われる．

文献

[1] 裴雅超, 長井隆行, ”実レストランにおけるロボットナビゲーション実験,” 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2016AC3G2-02, 2016

[2] 日経ロボティクス, 中国で急速に普及するレストラン向けサービスロボ, pp.10-12, 2017.01

[3] 渡部啓子, 接客サービスの超基本, 同文館出版株式会社, 2007

[4] 福島規子, ”配慮行動から生成されるハイコンテクストとサービスの基礎の研究”, サービソロジー, 1/4, pp.14-19, 2015

[5] 植田一博, 小野哲雄, 今井倫太, 長井隆行, 竹内勇剛, 鮫島和行, 大本義正, ”意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用”, 人工知能学会誌, vol. 31(1), pp.3-10, 2016

[6] グェンアントゥアン, 日永田智絵, 長井隆行, “人とロボットの協働に向けた意図の生成と共有のモデル化”, 第 31 回人工知能学会全国大会, 2017

[7] Libet B et al: Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential), The unconscious initiation of a freely voluntary act. Brain 106, pp.623-642, 1983

[8] Haggard, P.: Conscious intention and motor cognition, TRENDS in Cognitive Sciences 9(6), pp.290-295, 2005

[9] 片上祐介，阿部香澄，Attamimi Muhammad，長井隆行，中村友昭，”階層ディリクレ過程隠れマルコフモデルを用いた正直シグナルのモデル化”，HAI シンポジウム, 2015

[10] M.Attamimi, Y.Katakami, K.Abe, T.Nagai, T.Nakamura, ”Modeling of Honest Signals for Human Robot Interaction”, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2016

[11] A.Pentland, HONEST SIGNALS -How They Shape Our World-, The MIT Press, 2008

[12] R.Picard, Affective Computing, The MIT Press, Cambridge, 1997

[13] C.Breazeal, Designing Sociable Robots, The MIT Press, Cambridge, 2002

[14] N.Masuyama, C.K.Loo, ”Robotic emotional model with personality factors based on Pleasant-Arousal scaling model”, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp. 19-24, 2015

[15] J.Woo, J.Botzheim, N.Kubota, ”Verbal conversation system for a socially embedded robot partner using emotional model”, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.37-42, 2015

[16] C.Hieida,T.Nagai, “A Model of Emotion for Empathic Communication”, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2017

[17] C.Hieida, T.Horii, T.Nagai, ”Decision-Making in Emotion Model”, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2018

[18] C.Hieida, T.Horii, T.Nagai, ”Emotion Differentiation based on Decision-Making in Emotion Model”, IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication, 2018

[19] S.Xingjian, Z.Chen, H.Wang, D.-Y.Yeung, W.-K.Wong, W.-C.Woo, ”Convolutional LSTM network: A machine learning approach for precipitation nowcasting”, in Advances in neural information processing systems, pp.802-810, 2015

[20] T.P.Lillicrap, J.J.Hunt, A.Pritzel, N.Heess, T.Erez, Y.Tassa, D.Silver, D.Wierstra, ”Continuous control with deep reinforcement learning”, arXiv preprint arXiv:1509.02971, 2015

[21] 阿部香澄, 岩崎安希子, 中村友昭, 長井隆行, 横山絢美, 下斗米貴之, 岡田浩之, 大森隆司, ”子供と遊ぶロボット：心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用”, 日本ロボット学会誌, 31(3), pp.263-274, 2013

パネルディスカッション
Panel Discussion

高橋 英之
Hideyuki Takahashi
大阪大学
Osaka University
takahashi@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

Abstract
Let's enjoy meaningful discussion!!

Keywords — Social application of human-agent interaction

1. はじめに

大学での基礎研究が社会に影響を与えるためには，企業の人たちとの間に良いコラボレーションが生まれることが不可欠である．今回のラウンドテーブルは，エージェント科学の分野において，このような大学と社会の間のコラボレーションの創発を狙い，基礎研究側の招待講演者として，イエール大学の白土寛和先生，企業側の招待講演者と Panasonic の森川幸治氏を招いた．パネルディスカッション（図１）においては，この二人の先生に加えて，公募研究者の先生方も交え，大学で実施されているエージェント科学研究がどのように社会応用に結びつくのかについての議論を深めたいと思う．

これまでも産学連携や異分野融合を掲げたシンポジウムは数多く開催されてきた．それらの催しにおけるパネルディスカッションでは，それぞれが自分の考えを述べあい，最後に今後も話し合いを続けていくことが大事だよね，という誰も傷つけない予定調和的な結論によって議論が閉じられることが多かった．しかしこのような形式主義的なパネルディスカッションは，結局的には作業としてイベントをこなした関係者の間の満足感だけが残り，その内容は誰の記憶には残らないものが多かった．

エージェント科学はまだ未成熟なものであり，多くの人々が素をさらけ出して対話を続けていく中にしか，本当に意味がある価値は創発できないであろう．しかし我々が本当に意味のある議論を行いたければ，そして本気で新しいものを生み出そうとするのであれば，形式主義的議論やコラボレーションの呪縛を抜け出し，より建設的な本当の議論を行う必要がある．そのためには，パネルディスカッションの参加者がただ漫然と演題に座るのはまずく，それぞれが議論のリテラシーをもつことが必要であろう．

2. 良い議論を行うリテラシーを

倉島らは良い議論を行う上での技術として，「伝達の技術」，「傾聴の技術」，「質問の技術」，「検証の技術」，「準備の技術」の５つを身につける必要を説いている [1]．例えば「伝達の技術」であれば，最初にロードマップを述べる，主張の項目を分かりやすく整理する，「傾聴の技術」であれば，相手の立場になって相手の主張の意図を理解しようとする，相手固有の納得の文法を理解しようと試みることである．

ただどのようにこれらの技術を駆使しても，結局お互いが感情的に相手を拒否していたら，どんなに相手がいいことを言っていても，それを受けて自らが思考や発想を変えることは無いであろう．パネルディスカッションにおいて一番大事なことは，感情的にならないこと，余裕をなくさないことなのかもしれない．そのためには，あまり一つのことに囚われない余裕がある心を日ごろから養うことが大切なのかもしれない．例えば，適宜余暇をとり家族や友人と遊んでリラックスするなどは非常に良い方法であると思うが，みんながみんな，幸せな家族や友人がいるわけではない．そういう人たちに余裕を与える上でも，メタ的な話になるが，エージェント科学には何か大きな可能性があるかもしれないと私見を述べ，筆をおくことにする．



図 1.パネルディスカッションのイメージ

参考文献

[1] 倉島保美, (2015) “論理が伝わる　世界標準の「議論の技術」　Ｗｉｎ－Ｗｉｎへと導く５つの技法 (ブルーバックス)”，講談社 (2015/5/20).

会話の中にある埋もれた文脈の発見 -文脈の発見プロセスの提案- Discovery of latent context in conversation - Proposal of context finding process -

大塚 建太†，中村 潤†
Kenta Ohtsuka, Jun Nakamura
†芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology,
pa17001@shibaura-it.ac.jp

Abstract
In this paper, in order to discover the context latent in the inside of the conversation, and the conversation analysis with KeyGraph. However, the process of discovering latent context is tacit knowledge, not documented. For this reason, experiments were conducted to clarify the process of discovering implicitly trended latent contexts. Describe the discovery process, which is documented in the process.
Keywords — Conversation, Analysis, Keygraph

1. はじめに

第一著者は大学で学びながら，学習塾で講師のアルバイトをしている．講師として，生徒や保護者と接する際，自分の伝えたいことが上手く伝えられていない，または相手の伝えたいことを汲み取れていないといった経験がある．このようなことが起こる原因として，会話の中にあり，埋もれている文脈を発見できていないからだと筆者らは考えている．また，山口ら（2008）は，例外とされている発言は，既存の価値観を壊して新しい価値観を創るきっかけとなる可能性がある，と述べている[1]．そのため，会話の中で潜在的に埋もれる可能性がある文脈を如何に発見することができるのか，ついて関心がある．このような方法を探求することによって，コミュニケーションの質的な向上を目指している．

2. 先行研究

埋もれた文脈を発見するためには，会話を可視化する必要があり，会話を可視化する手法を紹介する．

2.1 テキストマイニング

テキストマイニングとは，定型化されていない文章の集まりを自然言語解析の手法を使って単語やフレーズに分割し，それらの出現頻度や相関関係を分析して有用な情報を抽出する方法である．そのため，テキストマイニングは，会話の中にある登場頻度が高い言葉を発見するのに適している．しかし，埋もれた文脈を発見するため，登場頻度が低い言葉にも着目すべきだと筆者らは考える．また，文脈を発見するためには，言葉間の繋がりを考慮する必要があることから，テキストマイニングよりも次に述べる Keygraph を用いることが本論文では，適していると筆者らは考えている．

2.2 Keygraph

Keygraph とは，大澤（2003）が提唱した，多数のテキストデータをバスケットとして整理し，テキストデータに潜む潜在的な事象を発見する解析手法である[2]．

テキストデータを構成する単語一つ一つの登場頻度や単語同士の繋がりの強さを表す共起度を計算し，テキストデータの中で，重要な役割を果たしている単語を抽出する．計算した登場頻度と共起度により，抽出した単語のネットワーク図を生成する．

単語間の共起度の計算には，Jaccard 係数を用いる．単語 A と単語 B の共起度を計算する場合，次式のように求める．

$$\mathrm{Jaccard(A,B)} = \frac{n(A \ and \ B)}{n(A \ or \ B)} \quad (1)$$

2.3 Keygraph の課題

Keygraph で生成されるネットワーク図は，表示する単語の数を増やすと，ネットワーク構造が複雑になり，埋もれた文脈を発見することが難しくなるといった課題がある（図 1）．

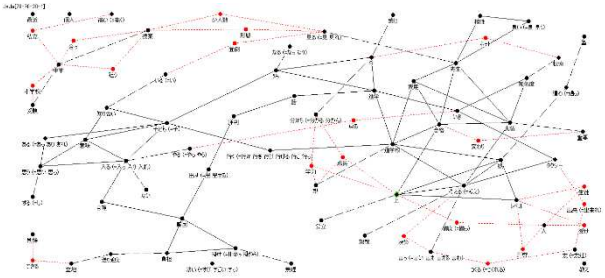


図１　複雑なネットワーク図

この課題を改善するために，大澤（2006）は文脈を発見しやすくなる，ひも状のネットワーク図を生成する方法を提案している[3]．しかし，ネットワーク図を初めて見るとその読み方も様々であり，とまどいを隠せない．また，どのようなプロセスで埋もれた文脈を発見するかが，暗黙知化されており，明文化されていない．そこで，なんらかの指南が必要ではないかと感じており，どのようなプロセスであれば埋もれた文脈を発見しやすくなるか，ユーザーの目線で試行錯誤してみる．

3.　本論文の目的

本論文では，Keygraph によるネットワーク図から，これまで，暗黙知であった，埋もれた文脈を発見するプロセスをユーザー目線で探索し，考察する．

4.　準備

会話の中にある文脈を発見するためには，会話データを取得する必要がある．そのため，以下のことを行う．

4.1 ディスカッションをする

本論文では，学習塾をケースにする．その理由は，筆者が学習塾で講師をアルバイトした経験が，この研究を取り組むようになったきっかけになったためだ．「中学受験を考えていて，これから通わせたい塾に求めることは」のテーマで，本校（芝浦工業大学）の社会人学生数名に学習塾の想定顧客と見立ててもらいディスカッションを 20 分間して頂く．

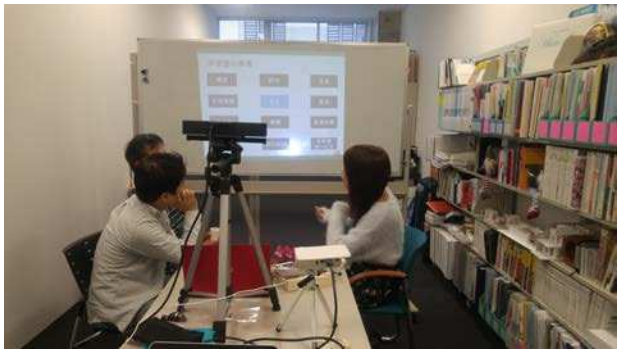


図２　ディスカッションの様子

ディスカッションは同じテーマで，参加者を変えて 2 回行った．1 回目，2 回目ともに参加者は 3 名であった．行ったディスカッションは録音し，音声データで取得する．

4.2 書き起こしをする

Keygraph でネットワーク図を生成する際，テキストデータを用いる．そのため，ディスカッションを録音して得られた音声データを，書き起こしをし，テキストデータにする．

ここまでに得られた会話データを Keygraph により，ネットワーク図を生成し，次の章で述べるプロセスで埋もれた文脈を発見する．

5.　埋もれた文脈の発見プロセス

ディスカッションを 2 回行い，得られた会話データを，Keygraph によりネットワーク図を 264 枚生成し，いくつかの埋もれた文脈を発見することで，これまで暗黙知であった埋もれた文脈の発見プロセスを明文化した．

5.1 複数のネットワーク図を見る

ディスカッションをもとに Keygraph により，表示する言葉の数などの条件を変え，複数のネットワーク図を生成する．表示する言葉の数が少ないネットワーク図（図 3）を初めに見る．その後，徐々に表示する言葉の数が多いネットワーク図（図 4）を見る．このようにする理由としては，表示する言葉の数が少ないほど，潜在的シナリオを発見するのが容易であるためだ．

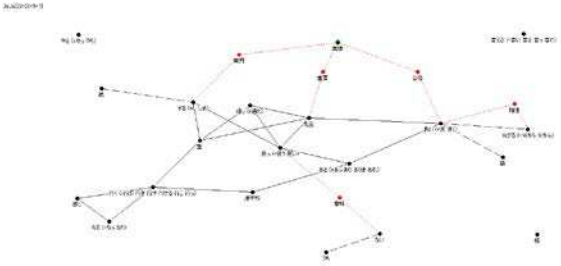


図 3　表示する言葉の数が少ないネットワーク図

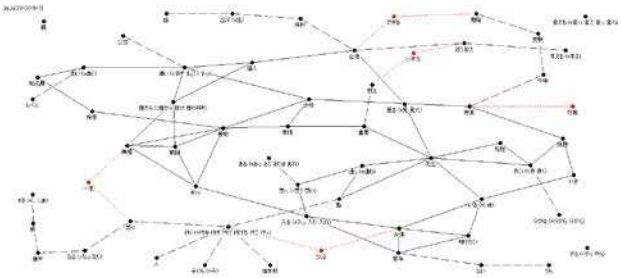


図 4　表示する言葉の数が多いネットワーク図

5.2 言葉を繋ぐ

複数のネットワーク図を見ていく中，登場頻度が低い言葉に着目し，その言葉の周辺にある言葉と繋ぎ合わせて，見つけることが可能な限り，埋もれた文脈を発見する．登場頻度が低い言葉に着目する理由は，登場頻度が低い言葉を含む文脈は，あまり，会話の中に登場しない為，聞き流され，埋もれた文脈になると考えたためだ．

言葉を繋ぎ，文脈を発見する際，初めに着目した，登場頻度が低い言葉が名詞であれば，その言葉が主語，或いは目的語として合うような動詞が周辺にあるか探す．また，登場頻度が低いが動詞であれば，その言葉が動詞として合うような主語，或いは目的語になる言葉が周辺にあるか探す．

5.3 複数の文脈を繋げる

複数の埋もれた文脈を発見し，共通の言葉があった場合，その文脈同士を繋げ，新たな埋もれた文脈を発見する．このことで，会話中は気づくことが出来なかった二つの文脈の繋がりに気づくことができる．

6.　埋もれた文脈を発見した結果

行った 2 つのディスカッションで発見したいくつかの埋もれた文脈を紹介する．

6.1 1 回目のディスカッション

6.1.1　1 つ目の発見した文脈

登場頻度が低い単語である「嫁さん」に着目し，「嫁さんが娘を塾に通わせる」（図 5）と「子どもだけでなく，嫁さんと相性が良い先生が良い」（図 6）といった埋もれた文脈を発見できる．

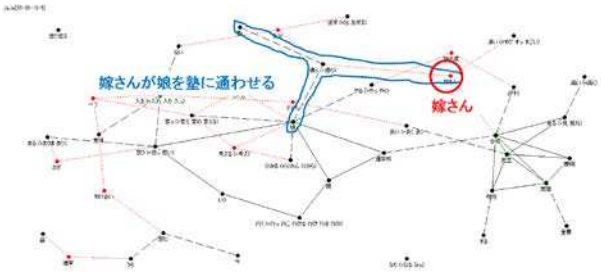


図 5　「嫁さんが娘を塾に通わせる」を発見したネットワーク図

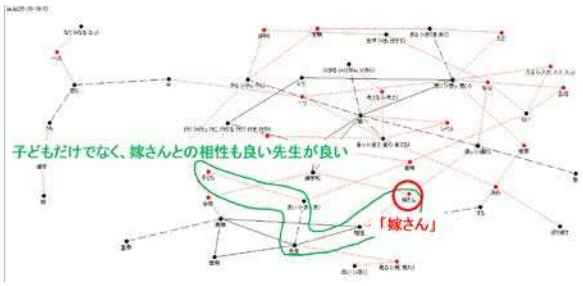


図 6　「子どもだけでなく，嫁さんと相性が良い先生が良い」を発見したネットワーク図

発見された「嫁さんが娘を塾に通わせる」と「子どもだけでなく，嫁さんと相性が良い先生が良い」は登場頻度が低い「嫁さん」をどちらも含んだ文脈である．また，ネットワーク図より，「嫁さん」が二つの文脈を繋げていることがわかる（図 7）．そして，「嫁さん」で，二つの文脈をつなげると「嫁さんが子どもを塾に通わせるため，子どもだけでなく，嫁さんと先生の相性も良い方が良い」という埋もれた文脈を発見できる．

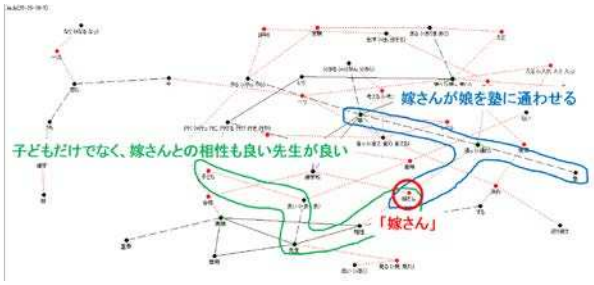


図 7　「嫁さんが子どもを塾に通わせるため，子どもだけでなく，嫁さんと先生の相性も良い方が良い」を発見したネットワーク図

6.1.2 2 つ目の発見した文脈

登場頻度が低い単語である「勉強」に着目すると，「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるか考えると思う」といった埋もれた文脈を発見できる(図 8)．



図 8　「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるか考えると思う」を発見したネットワーク図

また，他のネットワーク図で，「受験」に着目すると，「娘が親に受験をやりたいと言えば，塾に通わせることを決める」といった埋もれた文脈を発見できる(図 9)．



図 9　「娘が親に受験をやりたいと言えば，塾に通わせることを決める」を発見したネットワーク図

既に発見している「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるか考えると思う」と「娘が親に受験をやりたいと言えば，塾に通わせることを決める」は，「娘」，「親」，「通わ」，「塾」，「言え」と共通の単語がある．また，二つの埋もれた文脈は，ネットワーク図より，繋がりがあることが分かり，「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるかを考え，受験をやりたいと言えば，親は塾に通わせることを決める」といった，埋もれた文脈を発見することができる(図 10)．

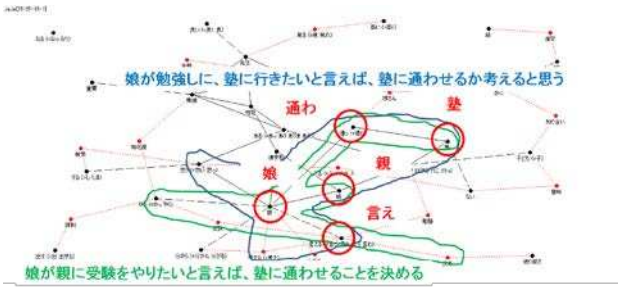


図 10　「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるかを考え，受験をやりたいと言えば，親は塾に通わせることを決める」を発見したネットワーク図

6.2 2 回目のディスカッション

6.2.1 3 つ目に発見した文脈

登場頻度が低い単語である「大きい」に着目し，「大手は規模が大きい」(図 11)と「勉強の習慣をつけるには大きな場所が大事」(図 12)といった埋もれた文脈を発見できる．



図 11　「大手は規模が大きい」を発見したネットワーク図

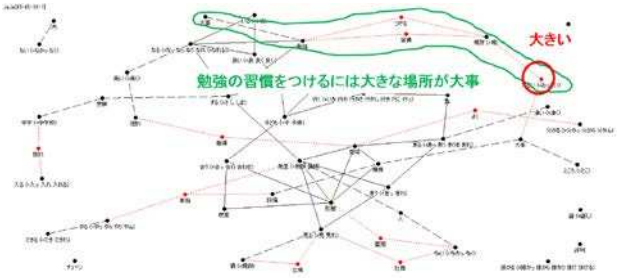


図 12　「勉強の習慣をつけるには大きな場所が大事」を発見したネットワーク図

既に発見している「大手は規模が大きい」と「勉強の習慣をつけるには大きな場所が大事」には共通の単語として，「大きい」がある．また，ネットワーク図より，「大きい」で二つの埋もれた文脈に繋がりがあることが分かる．更に「規模が大きい大手には設備がある」といった文脈を発見することができる．「規模が大きい大手には設備がある」と勉強の習慣をつけるには大きな場所が大事」を繋げると「規模が大きい大手には，勉強の習慣をつけるのに，大事な設備がある」といった埋もれた文脈を発見することができる(図 13)．

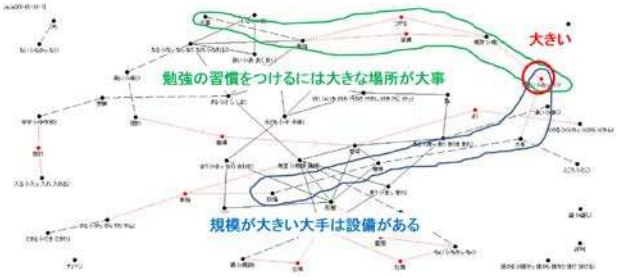


図 13　「規模が大きい大手には，勉強の習慣をつけるのに，大事な設備がある」を発見したネットワーク図

6.2.2 4 つ目に発見した文脈

登場頻度が低い単語である「成績」に着目し，「学校の成績が良い知り合いがいる塾に入る」(図 14)と「学校の成績が良い子に合わせた授業」(図 15)といった埋もれた文脈を発見できる．



図 14　「学校の成績が良い知り合いがいる塾に入る」を発見したネットワーク図



図 15　「学校の成績が良い子に合わせた授業」を発見したネットワーク図

発見された「学校の成績が良い知り合いがいる塾に入る」と「学校の成績が良い子に合わせた授業」は登場頻度が低い「成績」をどちらも含んだ文脈である．また，ネットワーク図より，「成績」が二つの文脈を繋げていることがわかる（図 16）．そして，「成績」で，二つの文脈をつなげると「学校の成績が良い知り合いがいて，かつ，その子に合わせた授業を行っている塾に入れる」という埋もれた文脈を発見できる．

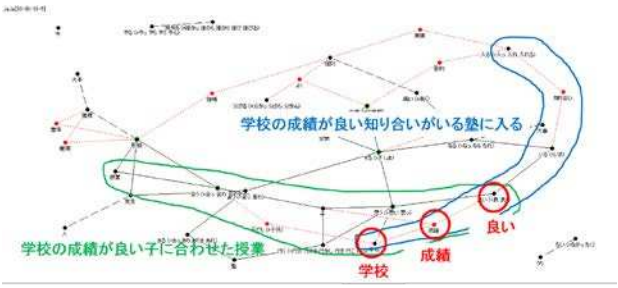


図 16　「学校の成績が良い知り合いがいて，かつその子に合わせた授業を行っている塾に入れる」を発見したネットワーク図

7. 考察

7.1 発見した文脈の評価

ここでは，著者らが講師目線で，これまでに発見した埋もれた文脈を評価する．

7.1.1 1つ目に発見した文脈の評価

初めに「嫁さんが子どもを塾に通わせるため，子どもだけでなく，嫁さんと先生の相性も良い方が良い」により得られた気づきを述べる．これまで，第一著者は学習塾で講師をする際，子どもとの相性の良さを意識することが多い．また，「男性の講師よりも女性の講師に子どもの担当をお願いしたい」など，保護者からご要望を頂くことがあり，子どもと講師の相性を気にする保護者もいる．しかし，実は保護者との相性も気にする必要があることが分かる．また，第一著者が働く学習塾の講師に行う研修では，模擬授業や生徒面談の練習など，子どもと接する練習を多くするが，保護者と接する練習はあまりしない．そのため，今後は保護者と接する練習をする必要があると考えられる．

7.1.2 2つ目に発見した文脈の評価

次に2つ目に発見した「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるかを考え，受験をやりたいと言えば，親は塾に通わせることを決める」に得られた気づきを述べる．この文脈からは，子どもが学習塾に通うことになるきっかけを再認識することができる．第一著者はこれまで，主に中学受験の担当をしていたため，成績を伸ばすこと，合格実績に重きを置き，指導をしていた．しかし，子どものやる気を上げること，勉強の楽しさを伝えることの重要性を感じられた．そのため，成績・合格実績にこだわりながらも，子どものモチベーションを上げるような指導も意識する必要があると分かる．

7.1.3 3つ目に発見した文脈の評価

3つ目に「規模が大きい大手には，勉強の習慣をつけるのに，大事な設備がある」で得られた気づきを述べる．この文脈では．大手の塾は子どもに授業をするだけでなく，学習環境を用意されていること，子どもの学習習慣の定着を求められていることが分かる．子どもの指導をすると，学習習慣が定着している子どもはごく一部であると感じる．また，保護者からも，子どもが家だと，ゆっくりしているや，部活帰りですぐに疲れてて寝てしまい勉強の時間が確保できていないといった話を聞く．そのため，勉強をする場所として，学習塾を活用することを保護者は求めており，そういった設備がある大手を好む保護者がいることが分かる．また，授業がない日に，自習するために学習塾に通ってもらうことを，保護者に提案することは有効であると考えられる．

7.1.4 4つ目に発見した文脈の評価

最後に「学校の成績が良い知り合いがいて，かつその子に合わせた授業を行っている塾に入れる」で得られた気づきを述べる．この文脈では，塾選びをする基準として，知り合いが通っていることがあると再認識できる．更に学校の成績が良い子が通っている学習塾は評価が高いと読み取れる．そのため，学校の定期テスト対策を行うことで，通っている子どもの成績を上げることは，学習塾の評価を高くすることにつながると分かる．また，成績の良い子に合わせた授業が可能になるため，合格実績を上げることにもつながることが考えられる．

7.2 文脈を述語論理式で表記したときの評価

次に，これまでに発見した文脈が価値のある文脈なのかを今後，評価していくことを筆者らは考えている．また，Nakamura・Teramoto (2015)は，述語論理式で表現した際に，文脈が推論で表現されると評価が高いと述べている[4][5]．

そこで，前章で埋もれた文脈の評価をするために，発見した埋もれた文脈の1つを述語論理式で表現してみる．

「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるかを考え，受験をやりたいと言えば，親は塾に通わせることを決める」:
・やりたい(娘(行きたい,勉強するため,塾),受験)⇒決める(親,娘,塾に通わせる)

「娘が勉強しに，塾に行きたいと言えば，塾に通わせるかを考え，受験をやりたいと言えば，親は塾に通わせることを決める」を述語論理式で表すことで，子どもが塾に通いたいと思うきっかけと保護者が子どもを塾に通わせることを決めることが推論の関係であることが分かる．

8. まとめ

埋もれた文脈を発見するために，実験を行った．その結果，埋もれた文脈を発見するプロセスが分かった．そして，いくつかの埋もれた文脈を発見する音ができた．ただし，本論文では，埋もれた文脈を発見したのは，筆者らのみであるため，今後，筆者以外の人が，本論文で見つけることができたプロセスで埋もれた文脈を発見することが可能か，検証していく．また，発見した文脈を評価し，どのような文脈が，評価が高いかを調べていく．

参考文献

[1] 山口広樹,西原陽子,大澤幸生, (2008) “例外発言に潜む新価値”, ことば工学研究会
[2] 大澤幸生, (2003) “チャンス発見の情報技術”, 東京電機大学出版局
[3] 大澤幸生, (2006) “チャンス発見のデータ分析”, 東京電機大学出版局
[4] 新田克己, (2002) “知識と推論”, サイエンス社
[5] J.Nakamura,M.Teramoto,(2015), “Exploring capabilities in concept design: merging data with awareness”,proceedings of workshop at IJCAI 2015

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

認知科学と認知心理学の関係性を考えさせる教育実践
A Cognitive Science Course to Enhance Motivation for Considering about the Relationship between Cognitive Science and Cognitive Psychology

田中 孝治†，日髙 昇平†
Koji Tanaka, Shohei Hidaka
†北陸先端科学技術大学院大学　知識科学系
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
kjtanaka@jaist.ac.jp

Abstract
It is necessary to experience that learners consider about the relationship between different academic fields in order to develop their interdisciplinary attitudes and abilities. In this study, we develop a cognitive science course to motivate learners to consider the relationship between cognitive science and cognitive psychology. In this paper, we give an outline of this educational practice. Then based on the results of analysis on the free description that learners wrote in the first and the last class, we report on their understanding of the both fields and their consideration about the relationship as a part of their learning states. Concretely, the results show that learners tried to capture the relationship by the difference of approaches in the fields.

Keywords — Interdisciplinary Area, Educational Practice, Quantitative Text Analysis

1. はじめに

知識社会においては，新たな知識や価値を生み出すことが求められている．そこで解決すべき課題の多くは複雑で複合的であり，複数の学問領域の専門知の融合による協働的アプローチが必要である．複数の学問領域が融合した研究は学際的研究と称され，その重要性が唱えられて久しい．学際的研究の重要性が増すなかで，現世代の研究者は，異なる学問領域の専門家と協働すると同時に，次世代の研究者に対して，異なる専門家と協働しようとする態度や複数の専門知をコーディネートする能力を育成することが求められている．筆者らは，こうした学際的態度や能力の育成には，異なる学問領域の関係性を考える経験が必要であり，学際的研究分野の学問の教育がその一役を担いうると考えている．

学際的研究分野の一つに認知科学が挙げられる．日本認知科学会のウェブサイトに[1]は，認知科学会は「知」の総合的な科学を構築する学際的研究交流の場であり，心理学，人工知能，言語学，脳神経科学，哲学，社会学などの様々な専門知を有した研究者が集うコミュニティであることが掲載されている．また，Cognitive Science Society のウェブサイト[2]にも同様に，人間のココロの本質の理解を基軸とした，人工知能，言語学，人類学，心理学，神経科学，哲学，教育などの様々な専門知の交流であることが掲載されており，認知科学が学際的研究分野であることがわかる．例えば，認知科学を構成する研究分野として数えられる「心理学」は，認知心理学として一つの学問分野を確立している．実際に，少し古いデータではあるが，日本認知科学会の学術誌に過去 18 年間にわたって掲載された研究の傾向[3]から，1995 年から 2000 年，2001 年から 2006 年，2007 年から 2012 年のいずれの期間においても，認知心理学・心理学実験といったテーマが，関係が深いテーマや活発度は異なるが，認知科学研究として扱われてきたことが読み取れる．

そこで本研究では，知のコーディネーターの育成を念頭に，認知科学と認知心理学の関係性に注目することで認知科学とはどのような学問かを考える授業科目（認知科学概論）を設計・開発し，その学習効果を分析すること，および，学際的領域研究の学習に対する効果測定法を開発することを目的とする．本稿では，その一役として，講義初日と最終日における，認知科学の理解，認知心理学の理解，二つの学問の関係性に対する考えの三点に関する記述を分析し，その結果を基に学習者の認知科学と認知心理学の関係性に対する理解状態の一端を示す．

2. 教育実践

2.1. 授業科目の概要

修士課程 1 年生向けの基礎科目として 2017 年に開講された．授業科目の教育目的は，認知科学・認知心理学の学習への動機付け，と，学問の関係性を考え続ける動機付けである．講義（1 回 100 分）は，認知科学を専門とする教員 H の講義が 5 回，認知心理学を専門とする教員 T の講義が 6 回，両教員が同時に担当する

表１　授業科目の概要（題目，内容，講義間対話）

講義回	担当	題目	講義内容	グループワーク	主な講義間対話
1	H/T	イントロダクション：認知科学の歩き方	認知科学の学際性，知能，錯視		－
2	H	情報処理の水準	計算モデルの3水準，神経科学，視覚の計算理論		－
3	T	記憶1：人間の記憶とコンピュータの記憶	偽りの記憶，DRMパラダイム（体験），記憶結合エラー（体験）		(T) 情報処理の水準と実験的研究アプローチ
4	H	認知科学の小史	認知科学の歴史的経緯，フレーム問題，並列分散処理		(H) DRMパラダイムの実験結果と情報処理の水準
5	T	記憶2：記憶力	記憶結合エラー実験素材作成（グループワークの宿題），実験参加	○	(T) 分析方法の専門化・複雑化と研究者連携
6	T	記憶3：アディショナルタイム	実験参加，目撃証言，Loftusパラダイム		(H) 実験デザインとフレーム（計算理論）
7	T	認知工学とヒューマンインタフェース	認知的インタフェース，ノーマンのデザイン原理，認知的ウォークスルー法	○	－
7’	T	認知心理学の探険	身近にあるノーマンのデザイン原理の探索（グループワークのゲーミフィケーション）	○	－
8	T	日常の認知心理学	メタ認知，自己調整学習，適応的メタ認知の育成方法（グループワーク）	○	(H) インタフェースの二重接面性と多重接面性（近位項/遠位項，不変項）
9	H	認知過程の説明・モデル・実装	心的イメージ，逆問題，多次元尺度構成法		(H) メタ認知課題と不良設定問題
10	H	学習と統計的モデル	統計的モデル，モデル推定，線形モデル	○（全体議論）	(T) 実験パラダイムの確立と発展的・拡張的実験
11	H	認知モデリング	ニューラルネットワーク，パーセプトロン，ホップフィールドネット	○	(T) 正規分布と回帰の誤謬
12	T	差を吟味する方法：実験計画法を学ぶ	実験デザイン，バイアス，実験者倫理	○	(T) 素朴計算論と評定尺度法
13	H/T	最終発表	3分間発表（認知科学の理解，認知心理学の理解，認知科学と認知心理学の関係性）		－
14	H/T	まとめ：認知科学の扉	認知科学の一視点，デブリーフィング		－

講義が２回であった（表 1）．その多くが，グループワークや議論などの対話的な講義であった．また，最終発表（1 回）では，認知科学がどのような学問か，認知心理学がどのような学問か，認知科学と認知心理学の関係の 3 点に関して，授業科目を通して学んだことと自身の意見について発表を行った．

なお，授業科目の履修者数は 44 名であった．履修登録期間終了後の離脱者は一人もいなかった[1]．

2.2. 関係性を考えるレディネスを高める初回講義

認知科学および認知心理学の履修経験がないことが想定されたことから，初回講義に，認知科学の学際性，認知科学が対象とする知（人間の知の解明，機械の知の実現），認知心理学が認知科学の一部であることについて概説した．さらに初回講義では，日本認知科学が設立された 1983 年から遅れること 20 年後の 2003 年に日本認知心理学会が設立されたこと，昨年の日本認知心理学会第 15 回大会においては，「認知研究のアイデンティティ：認知心理学と認知科学の交流へ向けて」をテーマとしたシンポジウム[4]が開かれたこと，本年の学術大会では，12 年ぶりに二つの学会が共同で開催されることを取り挙げた．認知心理学が認知科学を構成する一分野の学問であることを教示すると同時に，認知科学を構成する学問分野であるにも関わらず，認知心理学は認知科学との交流が必要であるという一種の矛盾を含んだ内容を採り上げることで，学生の認知科学と認知心理学の関係性を考えるレディネスを高める狙いがあった．同時に，人工知能が認知科学を構成する一つの学術分野であることを採り上げたうえで，2015 年度人工知能学会全国大会（第 29 回）において，「人間の知性と機械の知性の接点：認知科学と人工知

[1] 履修登録を解除し忘れた１名（全講義欠席）を除く．

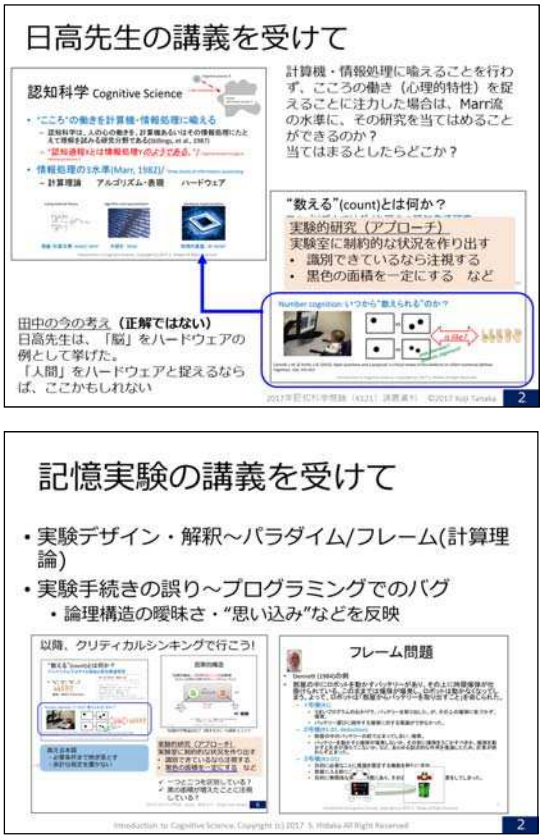


図 1　講義間対話に使用したスライドの一例（上：第 3 回，下：第 6 回）

能の Reunion へ向けて」をテーマとしたシンポジウム[5]が開催されたことについても採り上げた. これには，認知科学と認知科学を構成する学問分野との関係性を考えるレディネスを高める狙いがあった.

メタな視点から自身の学習過程を認知することが学習において重要な役割を果たす[6]. 学習過程の認知を支援する方法として，学習内容の外化が挙げられる. そこで，初回講義の最後に，学習活動の一環として，認知科学と認知心理学を含む 10 学問の学問間の距離についての非類似度への回答，認知科学がどのような学問か，認知心理学がどのような学問か，認知科学と認知心理学の関係についての自由記述の課題を与えた（約 20 分）.

2.3. 異なる観点や講義間の関係性を考える動機づけを高める講義間対話

二名の担当教員は，自身の担当回ではない講義にも参加した. そのうえで自身の担当講義の冒頭に，もう一方の担当者への質問や異なる視点からの議題（講義間対話）を提供した（表 1）. 講義間対話に使用したスライドの一例を図 1 に示す. また，冒頭の講義間対話だけではなく，講義の中にも，もう一方の担当者の講義内容と関連付けた説明を加えたりするなど，教員間の対話を意識した.

科学者や専門家といった権威者から知識を一斉授業で伝達される学習環境で過ごしてきた大学生の多くが，知識は与えられるものであるといった知識獲得型の認識的信念を持っている[7]. 講義内容に対して，教員同士で，疑問を呈したり，違う観点から捉え直したりする活動を目にすることが，批判的思考態度のレディネスを高め，知識獲得型の認識的信念から脱する一助になると考えている.

表 2　分析対象者

人数	34 名
性別	男性：29 名，女性：5 名
国籍	日本：20 名，中国：14 名
履修経験	認知科学：3 名，認知心理学：1 名
シラバス熟読度	4.24
シラバス理解度	4.03

2.4. 学習内容の外化を目的とした最終発表

学習者が学習内容を外化する機会として，講義最終回に，学習内容に関する発表の場を設けた. 最終発表では，初回講義の課題として問われた，認知科学がどのような学問か，認知心理学がどのような学問か，認知科学と認知心理学の関係の 3 点に関して，授業科目を通して学んだことと自身の意見について 900 文字程度の原稿を記述したうえで 3 分間の発表を行った. なお，最終発表に対する告知は，最終発表の 2 回前の講義（12 日前）で行われた.

また，終発表終了後にも，他者の発表を踏まえたうえでの，両学問の理解，関係性についての考えを外化する学習活動として，初回講義時と同様に，学問間の距離，認知科学・認知心理学がどのような学問か，それらの関係についての自由記述の課題を課した.

なお，最終発表については，二名の教員で採点基準の合意形成を行わずに各々の基準で採点を行った（平均 75.71，SD=14.06，相関 0.89）.

3.　調査

3.1. 調査参加者

調査への協力に同意した受講生 34 名を分析対象とした.

3.2. 調査デザイン

初回講義後に，認知科学・認知心理学の履修経験の有

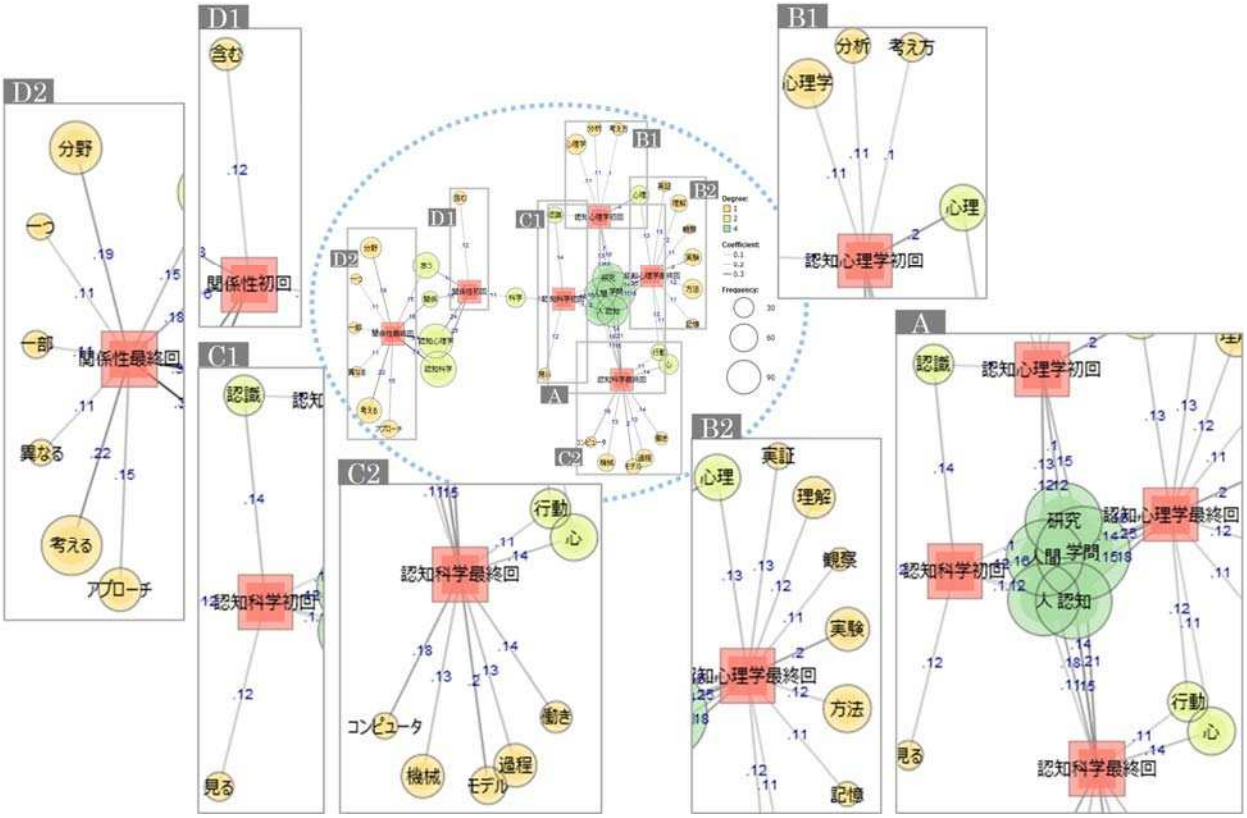


図 1　両学問の理解と関係性の共起ネットワーク ．図中の四角は外部変数を表し，円の大きさは各単語の頻度を表している．要素間を結ぶ線は共起関係を表し，その強度は線の太さで表現されている（数値は Jaccard 係数）．例えば，『認知科学最終回』と「モデル」（.20）や『認知心理学最終回』と「実験」（.20）は比較的強い関連があったと読み取ることができる．

無，シラバス熟読度（1 : まったく読んでいない - 7 : 熟読した），シラバス理解度（1 : まったく理解できていない - 7 : 非常に理解できている）について回答を求めた．また，講義初回と最終回の課題として回答を求めた認知科学と認知心理学を含む 10 学問の学問間の距離に対する非類似度，認知科学がどのような学問か，認知心理学がどのような学問か，認知科学と認知心理学の関係についての自由記述，最終発表の原稿を調査対象とした．

3.3. 結果と考察

調査への協力に同意した受講生の性別，国籍，履修経験，シラバス熟読度および理解度を表 2 に示す．最終発表原稿の分析[8]，および，学術分野の非類似性の回答の分析[9]の詳細については別稿に譲るとして，本稿では，自由記述の内容を分析した結果について考察する．

記述内容に対して，KH Coder[10]を利用し，設問と実施時期（講義前〔初回〕，講義後〔最終回〕）に関する変数と抽出された出現頻度の高い語（描画数 60，最低出現数 3）から共起ネットワーク（図 1）を作成することで，頻出語と設問および実施時期がどのように結びついているかを読み取った．その結果，講義前・講義後を通して，認知心理学と認知科学が人間（人）の認知を研究する学問であるという理解を基礎に（図 2 (A)），認知心理学については，心理や考え方を分析する学問という理解から（図 2 (B1)），実験や観察などの方法の実証によって心や行動を理解する学問という具体的な理解へ（図 2 (B2)）と変化していること，認知科学については，見るといった認識に関する科学であるという理解から（図 2 (C1)），心（や行動）の働き（過程）をモデル化する学問であるという理解へ（図 2 (C2)）と変化していることが読み取れた．関係性については，認知科学は認知心理学を含むという初回講義の内容を反映した関係の理解から（図 2 (D1)），二つは異なるといった考えやアプローチという観点から関係性を考えている（図 2 (D2)）ことが読み取れた．

次に，最終発表の採点結果を使用し，上位群（12 名，平均 90.21）中位群（10 名，平均 77.00），下位群（12

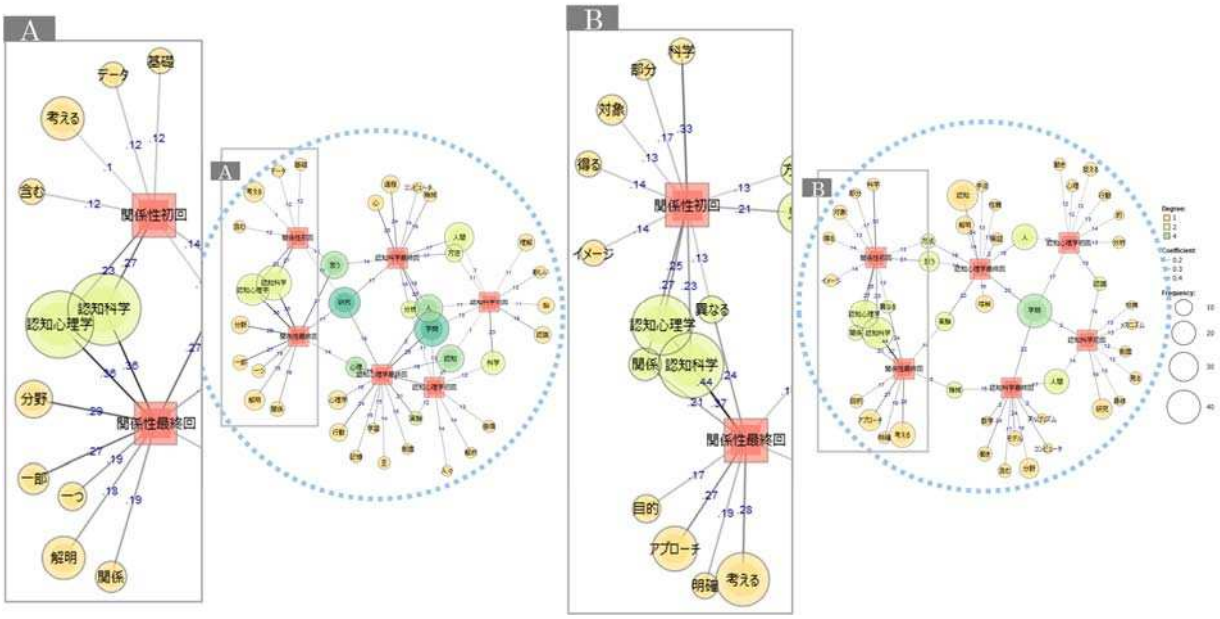


図３　最終発表得点下位群（左）と上位群（右）の共起ネットワーク．図中の各要素は図１と同様の意味を反映する．

名，平均 60.13）に学習者を分類したうえで，共起ネットワークを作成した．その結果，最終発表下位群は，事前事後を通して，「含む」，「一つ」といった結論に関する考えに終始していた（図３(A)）が，上位群は，「アプローチ」や「目的」といった結論を導く理由を考えるように変化していること（図３(B)）が読み取れた．これらの結果は，学習者が両学問の理解を深めつつ，学問の関係性を考える学習活動が機能していることを示すものといえる．

4.　おわりに

本研究では，事前事後調査の自由記述内容の違いから，学習者の理解の変化について検討を加えた．その結果，講義後には，認知心理学は実験的研究や観察的研究などの行動研究アプローチによって，認知科学は認知過程のモデル化によって，心や行動を理解する学問であると理解していること，二つの学問をアプローチの違いによって捉えようとしていることが示唆された．特に，上位群については，下位群に比べてその傾向が強く見られた．本研究では，講義担当者が優れた最終発表であったと評価した学習者の理解の変化を確認するために，講義担当者が採点した最終発表の結果を独立変数として用いた．最終発表の原稿の分析から，アプローチについての具体的内容を言及した学習者を高く評価していることが示唆されている[8]．事後調査は，最終発表直後に実施されており，最終発表の内容が事後調査にそのまま反映されたと考えると，本研究の結果は，最終発表の評価，つまり，教授者側の思考に依存した結果であるといえる．そのため，本教育実践の学習効果についてさらに検討を進めるためには，学習者自身の思考を反映した独立変数の確立が必要である．

学際的研究分野を学習する際には，学習者が自身の専門分野をアンカーとし，学習内容を専門分野と結び付けながら学習することが重要であると考えている．事前事後調査の一部として実施した平均非類似度行列に対する回答について多次元尺度構成法を適用したところ，学習者の専門分野と両学問との距離が有意に近づいており，講義受講による親近性の向上が示唆されている[9]．今後，学習者が各回の講義内容をどのように自身の専門分野と結び付けたのかについて検討する必要がある．さらに，これら複数の学習効果測定法を体系化することを通じて，学際的研究分野に対する学習効果測定法を確立することが今後の展望である．

本研究では，学習効果の観点から，学習者の理解の変化について検討を加えた．ここで明示化された学習者の理解の変化は，学習者の成長の片鱗であると同時に，教員が自身の教育を振り返り改善するための教材になると考える．異なる専門家と協働しようとする態度や複数の専門知をコーディネートする能力を育成する教育手法として，授業科目内容をさらに洗練していく予定である．

参考文献

[1] 日本認知科学会, (n.d.) “日本認知科学会 Web サイト”. Retrieved from http://www.jcss.gr.jp/
[2] Cognitive Science Society, (n.d.), Cognitive Science Society Web サイト. Retrieved from http://www.cognitivesciencesociety.org/description/
[3] 内村直之, 植田一博, 今井むつみ, 川合信幸, 嶋田総太郎, 橋田浩一, (2016) “はじめての認知科学”, 新曜社, 東京
[4] 鈴木宏明, 原田悦子, 日髙昇平, (2017, June) “認知研究のアイデンティティ”, 本田秀仁, 植田一博, シンポジウム 3, 日本認知心理学会第 15 回大会, 東京.
[5] 鈴木宏昭, 橋田浩一, 開一夫, 堀浩一, 山川宏, (2015, May) “人間の知性と機械の知性の接点 : 認知科学と人工知能の Reunion へ向けて”, 鈴木宏昭, 大森隆司, 認知科学と AI の再会－認知科学会とのコラボレーションセッション, 2015 年度人工知能学会全国大会 (第 29 回), 北海道.
[6] 三宮真智子, (2008) “メタ認知―学習力を支える高次認知機能”, 北大路書房, 京都
[7] 野村亮太, 丸野俊一, (2017) “質問と回答を採り入れた授業による認識的信念の変容”, 教育心理学研究, Vol. 65, pp. 145-149.
[8] 田中孝治, 日髙昇平, (2018) “認知科学との関係性を考える認知心理学教育に向けて”, 日本認知心理学会第 16 回大会予稿集, 印刷中.
[9] 日髙昇平, 田中孝治, (2018) “学際分野への理解度の測定法に向けて : 認知科学・認知心理学講義における取組み”, 日本認知科学会第 35 回大会論文集, 印刷中.
[10] 樋口耕一, (2014) “社会調査のための計量テキスト分析―内容分析の継承と発展を目指して―”, ナカニシヤ出版, 京都

学際分野への理解度の測定法に向けて：認知科学・認知心理学講義における取組み

Measuring the learning effect of inter-disciplinary area: A class-room case study on learners of Cognitive Science/ Cognitive Psychology

日髙　昇平†，田中　孝治†
Shohei Hidaka, Koji Tanaka

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

Abstract

認知科学や認知心理学のように学際的分野の講義では、特定領域の概念の習得のみならず、それらが包含する複数の分野間の関係を理解する事が求められる．本研究では，複数分野の関係性理解を定量化する試みとして，「認知科学概論」講義前後に受講者の回答した分野の心理的距離に着目し，多次元尺度構成法による学問分野の空間配置の変化を分析した．その結果，認知科学，認知心理学に関連する他分野の心理的距離に変化があり，それらの変化と最終評価の相関も見られた．

Keywords — Cognitive Science, Cognitive Psychology, Measure of learning effect

1. はじめに

知識社会に山積する課題の多くは，一つの学問分野が有する専門知からのアプローチだけでは解決が難しく，複数の学問分野が有する専門知による協働的アプローチが必要である．様々な学問領域が融合した研究は学際的研究と称され，今後，学際的研究の重要性が増すことが予想される．このような背景のもと，現世代の研究者が異なる学問領域の専門家と協働すると同時に，次世代の研究者に対して異なる学問領域の専門家と協働しようとする態度や複数の専門知をコーディネートする能力を育成することが求められている [1]. 著者らは，こうした学際的態度や能力の育成には，異なる学問領域の関係性を考える経験が必要であり，学際的研究分野の学問の教育がその一役を担いうると考えている．

学際的研究分野の一つに認知科学が挙げられる．認知科学とは，「知」の総合的な科学を構築する学際的研究交流の場であり，心理学，人工知能，言語学，脳神経科学，哲学，社会学などの様々な専門知を有した研究者が集うコミュニティである[2]．また，その学際的研究を構成する一分野である「心理学」は，認知心理学として一つの学問分野を確立している．

本研究は，知のコーディネーターの育成を念頭に，認知科学と認知心理学の関係性を考えることで，認知科学とはどのような学問かを考える授業科目を設計・開発し[3][4]，その学習効果を測定することを目的とする．認知科学・認知心理学のように関連分野が多く，単に特定領域の知識獲得を目的としない講義科目では，単一の筆記試験などによって理解度を十分に測ることは困難である．そのため，本研究では，認知科学の学際性を活用し，受講者の認知科学と他の学術分野との心理的な関係性が，講義前後でいかに変化するか調べる事で，学習効果の定量化を試みる．

以下では，まず，対象事例となる授業科目を概説する．次に，受講生の認知科学・認知心理学それぞれ，およびその二つの関係性の理解の受講前後での変化から学習効果を分析・考察する．

2. 講義事例

授業科目（認知科学概論）は，13 回の講義と 1 回の最終発表（1 回 100 分）から構成されている（週 2 回）．その教育目的は，認知科学・認知心理学の学習への動機付け，と，学問の関係性を考え続ける動機付けである．13 回の講義のうち，認知科学を専門とする教員の担当講義が 5 回，認知心理学を専門とする教員の担当講義が 6 回，両教員が同時に担当する講義が 2 回であった．その多くが，知識伝達型の一方向的な講義ではなく，グループワークや議論などの対話的な講義であった．また，教員は，自身の担当回ではない講義にも参加し，自身の担当講義の始めに，もう一方の担当者への質問や異なる視点からの議題を提供するなど，教員間の対話も意識したものであった．最終発表は，認知科学がどのような学問か，認知心理学がどのような学問か，認知科学

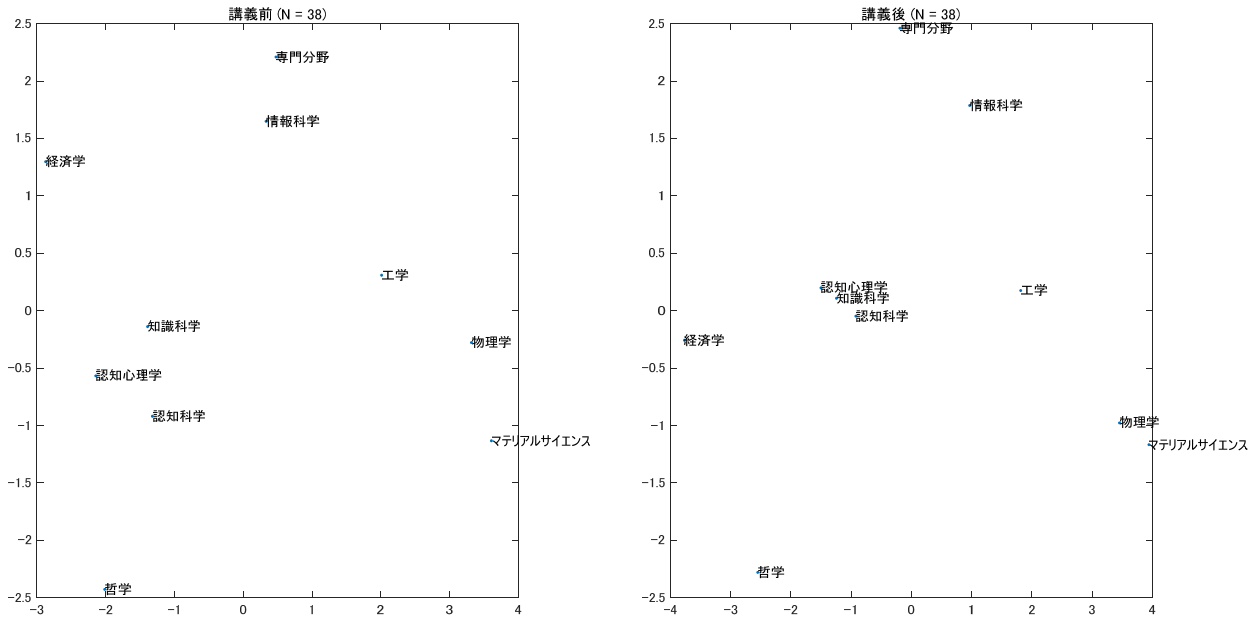


図 1: 10 分野の各対の非類似度判断の多次元尺度構成法の布置(左：講義前，右：講義後)

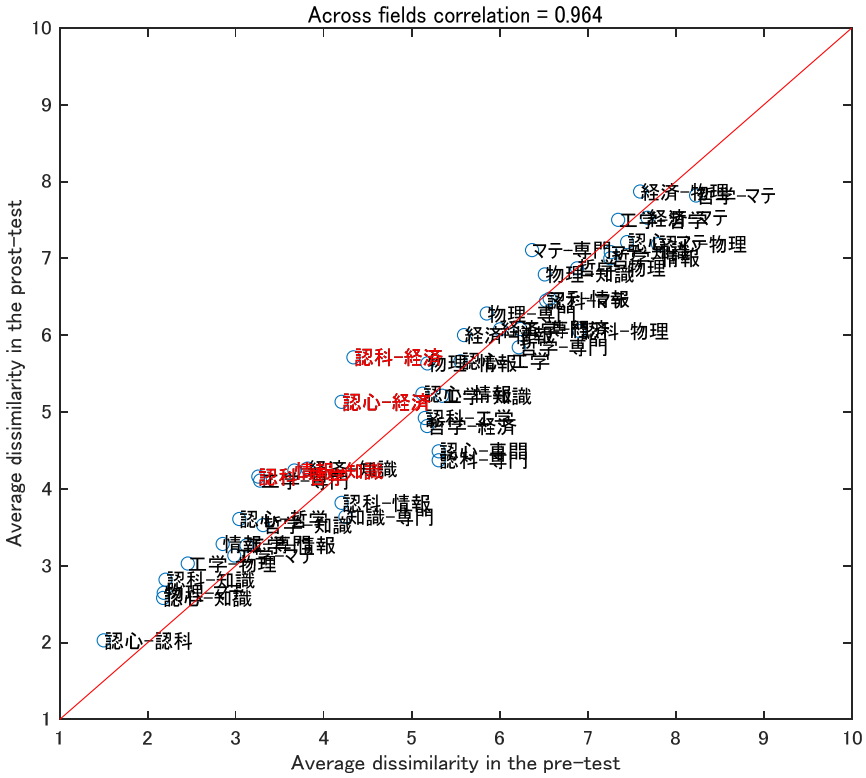


図 2：講義前(横軸)・講義後(縦軸)の各分野対の非類似度の平均．赤字の対は有意差のあったものを示す．

と認知心理学の関係の 3 点に関して，授業科目を通して学んだことと自身の意見についての 900 文字程度の原稿を記述したうえで発表を行った．

対象となる受講生の大半が認知科学および認知心理学の履修経験がないと想定されたため，初回の講義において，認知科学の学際性，認知科学が対象とする知，認知心理学が認知科学の一部であること，について概説した．初回講義後に，認知科学・認知心理学の履修経験の有無，シラバス熟読度 (7 件法)，シラバス理解度 (7 件法)，認知科学と認知心理学を

含む 10 学問の学問間の距離（非類似度），認知科学がどのような学問か（自由記述），認知心理学がどのような学問か（自由記述），認知科学と認知心理学の関係（自由記述）についての回答を求めた．また，最終発表終了後に，初回講義時と同様に認知科学と認知心理学を含む 10 学問の学問間の距離（非類似度），認知科学がどのような学問か（自由記述），認知心理学がどのような学問か（自由記述），認知科学と認知心理学の関係（自由記述）についての回答を求めた．

3. 分析対象・方法

これらの講義前後の調査のうち，本稿では，学術分野の非類似性の回答を分析した結果について考察する．具体的に，本講義の主題である認知科学・認知心理学に加えて，大学の代表的な 3 部門として知識科学・情報科学・マテリアルサイエンス，そしてその他の一般的な学問分野から，哲学・物理学・工学・経済学の計 9 分野と，回答者自身の専門分野(９分野のいずれかと重複する場合もある)を併せた 10 分野の各対の非類似度を，回答者に質問紙の表に 1-10 の 10 段階で記入することを求めた．この非類似度から多次元尺度構成法(Multi-Dimensional Scaling; MDS [5])で推定した各分野の心的距離，および各受講生の最終的な成績を分析対象とする．MDS の布置の解釈は各点の相対距離を変えない回転等に対して等価であるため，講義前後で全体の布置を最も類似する布置へと変換を施した．

4. 結果・考察

10 分野の関係性を空間的に要約するため，講義前後の両方で回答した 38 名の平均非類似度行列に対して，多次元尺度構成法を適用した結果を図 1 に示す．講義前後の平均的な分野の布置からは，認知科学・認知心理学・知識科学の３分野がより全体の中心へと移動し，その他の分野との距離を平均的に縮めていることが見て取れる．各分野対の非類似度の回答の講義前後での変化を分析したところ(図 2)，認知科学-経済学，認知心理学-経済学，認知科学-哲学，情報科学-知識科学の 4 つの非類似度のみが講義後に有意に小さくなっていた($p < 0.05$)ことから，MDS の布置上の変化がこれらの認知科学・認知心理学と他の分野の関係の変化によるものであること示唆される．また，個別の学生自身の専門分野と認知科学・認知心理学への距離は，それぞれ 32，31 名(38 名中)について講義後に講義前より下がっており(いずれも $p < 0.01$)，講義によるこれら 2 分野への親近性の向上が示唆された．加えて，各受講生の講義の最終的な成績と学術分野の MDS 布置との分析から，講義前に認知科学・認知心理学を哲学より物理学に近いと評価した学生ほど最終成績が低い(R=-0.250, -0.2174)という傾向がみられたが，講義後の MDS 布置についてはこの傾向は弱いこと(R=-0.06, -0.05)が示された．この結果は講義前に学生の持つ“理系”的な科目への苦手意識などを反映している可能性が考えられる．

5. まとめ・結語

本研究では，認知科学・認知心理学の学際的な特徴を利用し，学術分野の心的な関係性の変化によって学習者の講義内容の理解の変化を測定する方法を試みた．その結果，(1) 講義前後で学術分野の心的な関係性が変化し，認知科学・認知心理学がより中心的な位置を占め，(2) 講義後に受講生自身の専門性により心的に近い分野として認識され，(3) 講義前の認知科学・心理学のある側面の評価と最終的な成績に相関がある事，などが示された．これらの結果は，認知科学・認知心理学のように学際的で，特定領域の知識獲得でその学習効果を十分には測定できない科目であっても，他の学術分野や受講生の専門分野との類似性という観点から，暗黙的・全体的な学習の効果を検出することが可能であることを示唆する．

参考文献

[1] JAIST 知識科学研究科，(2014)“知識社会で活躍しよう”，社会評論社，東京.
[2] 日本認知科学会のウェブサイト，http://www.jcss.gr.jp/about/ (2018 年 4 月 13 日)
[3] 田中孝治，日髙昇平，(2018)“認知科学との関係性を考える認知心理学教育に向けて”，日本認知心理学会第 16 回大会予稿集，印刷中.
[4] 田中孝治，日髙昇平，(2018)“認知科学と認知心理学の関係性を考えさせる教育実践”，日本認知科学会第 35 回大会論文集，印刷中.
[5] Kruskal, J. B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*. **29** (1): 1–27.

漢字表記語処理において周辺情報は常に活性化されるのか(1)
Is peripheral information invariably activated while processing kanji words?: Part 1

水野 りか，松井 孝雄
Rika Mizuno, Takao Matsui
中部大学
Chubu University
mizunor@isc.chubu.ac.jp

Abstract

Matsui and Mizuno (2017) conducted a semantic categorization experiment in which participants judged whether words represented human entities (human words) or not (general words); half of both words were homophones and the other half were not. Their findings revealed homophone effects for general words but not for human words. Homophone effects are known to be caused by the activation of mates. We suppose that mates of human words were not activated because they carry critical information for categorization. The present study aimed to prove this idea by utilizing the orthographic neighborhood size effect, due to which the lexical decision times for Japanese kanji words with more orthographic neighbors are shorter because neighbor representations are activated. A semantic categorization experiment was conducted by manipulating the neighborhood size of the first characters of two-kanji human words and two-kanji general words. The results showed that the orthographic neighborhood size effect was found for general words but not for human words. These results indicate the efficiency of human word processing in which peripheral information is activated only when necessary.

Keywords ― semantic categorization, kanji words, activation of peripheral information

1. 問題と目的

意味分類課題とは，刺激語があらかじめ教示された分類基準と一致するか否かを判断させる課題である (e.g., Van Orden, 1987)。水野・松井 (2017) は「人間」を分類基準とし，呈示された刺激語が人間を指す語か (以下，人間語とする) かそうでない語 (以下，一般語とする) かを判断させる日本語の漢字表記語の課題を考案した。松井・水野 (2017) は，その意味分類課題を用いて 2 文字の漢字表記の人間語と一般語の同音異義語と非同音異義語の反応時間を測定し，人間語の場合は同音異義語と非同音異義語で意味分類時間に差がないが，一般語の場合は同音異義語の方が非同音異義語よりも意味分類時間が長くなる，いわば意味分類時間の同音異義語効果が生じることを見いだした。同音異義語効果は一般的には語彙判断時間で認められるものではあるが，同音異義語の音韻情報が同じ音韻の他の単語 (以下，仲間とする) の語彙表象を活性化し活性度の競合が起こるために生じるとされている (Pexman, Lupker, & Jared, 2001)。よってこの結果は，人間語の場合は仲間の語彙表象が活性化されないが，一般語の場合は活性化された可能性を示していると考えられる。

人間語と一般語でこうした違いが生じたのはなぜなのか。我々は，人間語の語彙表象には人間という属性があるので当該単語の語彙表象を活性化するだけで人間だという意味分類が可能だが，一般語の意味表象には人間でないという属性はないため他の情報を利用する必要が生じ，そのために仲間の語彙表象が活性化して意味分類が遅延したのではないかと考えた。この考え方を検証するためには，同音異義語の仲間の語彙表象以外の周辺情報も人間語では活性化されず一般語ではされることを確認する必要がある。

そこで本研究では，刺激語以外の関連単語の情報で刺激語の語彙判断時間に影響することが知られている形態的隣接語数の人間語と一般語の意味分類時間への影響を調べる。形態的隣接語とは 1 文字を置き換えることでできる単語を指し，日本語の漢字表記語の場合はその数が多いほど日本語の漢字表記語の語彙判断時間が短くなることが知られている (川上, 2002; 水野・松井, 2014)。そしてこうした漢字表記語の場合の促進的な形態的隣

Table 1
各条件の刺激語の属性値の平均と *SD*

	人間語				一般語			
	隣接語少		隣接語多		隣接語少		隣接語多	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
第1文字の形態的隣接語数	28.70	12.85	143.85	121.49	24.75	10.86	135.85	68.64
第2文字の形態的隣接語数	89.45	54.60	102.55	61.04	93.45	67.94	86.85	57.03
出現頻度	5,977.55	10,061.84	5,978.95	12,833.37	5,918.60	9,232.12	5,900.70	12,423.86
文字親密度	5.72	0.60	5.66	0.38	5.72	0.27	5.83	0.28
モーラ数	3.45	0.67	3.65	0.57	3.50	0.50	3.70	0.46
心像性	4.68	0.68	4.68	0.51	4.39	0.53	4.90	0.62
文字頻度	632,326.20	551,360.71	723,374.10	568,571.07	520,320.20	289,258.21	882,697.75	852,892.42
画数	17.55	3.02	17.30	5.82	18.20	5.48	17.25	4.31

接語効果は，日本語母語者は単語や文字への形態情報への依存度が高いため, 漢字を共有した語彙, 形態的に類似した語彙が近傍 (周辺) に表象されており，形態的隣接語数が多いほど語彙判断時に形態的隣接語が活性化されやすく近傍の活性度が上昇しやすいために生じる可能性が高いと指摘されている (水野・松井, 2014)。よって，もしも人間語の意味分類では情報が十分で当該語彙表象の情報だけが用いられ，一般語の意味分類では情報が不十分なため周辺情報が活性化されるならば，人間語の意味分類では形態的隣接語は活性化されず意味分類時間に影響しないが，一般語の意味分類では活性化され，一般語の意味分類を促進すると予想される。尚，水野・松井 (2014) は第 2 文字の形態的隣接語数効果は第 1 文字よりも小さいことを見いだしている。そこで本研究ではより顕著な影響が認められ得る第 1 文字の形態的隣接語数を操作して検討するものとした。

2. 方法

2.1 課題

分類基準を人間として呈示語が人間語か一般語かを判断させる意味分類課題を用いた。

2.2 実験計画

単語の種類 (人間語・一般語) と形態的隣接語数 (少・多) の 2 要因参加者内計画とした。

2.3 参加者

日本語を母語とする大学生 24 名 (男性 15 名, 女性 9 名) が参加した。

2.4 装置

パーソナル・コンピューター（Fujitsu, FMV Esprimo D583/H), 21 inch 液晶ワイドモニター (IO-DATA, LCD-MF223EWR) と反応ボックス (Cedrus Co., RB-730) を用い，実験制御は Super Lab 4.5 (Cedrus Co.) で行った。

2.5 刺激

刺激語は各条件 20 語，計 80 語の 2 文字の漢字表記語で，同音異義語の仲間の数の影響を排除するためにすべて非同音異義語とした。非同音異義語は，大辞林第三版 (松村, 2006) で音韻とアクセントが同じ普通名詞がないものとした。少条件の単語は第 1 文字の形態的隣接語数が 40 以下の単語, 多条件の単語は 60 以上の単語とし，80 語の単語の第 1 文字には重複がないようにするとともに「人」という漢字が含まれないようにした。4 条件の第 1 文字の形態的隣接語数を単語の種類と形態的隣接語数の 2 要因参加者間分散分析で検定したところ, 単語の種類の主効果は有意でなく (F (1, 76) = 0.14, p = .71, η^2 = .00), 形態的隣接語数の主効果は有意で (F (1, 76) = 49.23, p < .001, η^2 = .39), 交互作用は有意でなく (F (1, 76) = 0.02, p = .90, η^2 = .00), 少条件より多条件が有意に多いことが確認された。その他の，第 2 文字の形態的隣接語数 (川上, 1997), 出現頻度 (天野・近藤, 2003b), 文字親密度, モーラ数, 文字頻度, 画数 (以上, 天野・近藤, 2003a), 心像性 (天野・近藤, 2005) には 4 条件で差がないよう留意した。全刺激語を Appendix に，各種属性値を Table 1 に示す。

2.6 手続き

個別実験とし, 反応ボックスの右端のキーに「人間」のラベルを，左端のキーに「一般」のラベルを貼り，利き手で「人間」キーが押せるよう左利きの参加者の場合は反応ボックスを 180 度回転させた。参加者の目と画面の距離は約 45 cm で，刺激語の大きさは縦は視角約 1.27°，横は視角約 2.54° であった。参加者には，画面中央に呈示される刺激語が人間か否かをできるだけ早く正確に判断して人間なら利き手で「人間」キーを，人間でないなら反対の手で「一般」キーを押すよう教示した。20 の練習試行の後, 80 の本試行を行った。試行の呈示順は参加者ごとにランダムにした。各試行では インターバル 1,000 ms の後，白い画面の中央に黒字のアステリスクが 500 ms 呈示され，その後，刺激が呈示され，参加者の反応が正解ならばピンポン，誤りならばブーというフィードバック音が 500 ms 呈示された後, 次の試行に進んだ。

3. 結果

正答の意味分類時間のみを分析の対象とし，そのうち各参加者の平均から 2.5*SD* 以上離れた 3.3%のデータは逸脱と見なし除外した。以下，参加者分析結果は F_1, 項目分析結果は F_2 で示す。

意味分類時間の平均と *SD* を Figure 1 に示す。2 要因分散分析を行った結果，参加者分析では単語の種類の主効果は有意でなく (F_1 (1, 23) = 4.23, p = .051, η^2 = .16)，隣接語数の主効果 (F_1 (1, 23) = 5.17, p = .03, η^2 = .18)，および，交互作用 (F_1 (1, 23) = 9.56, p = .005, η^2 = .29) が有意だった。隣接語数の単純主効果は人間語では有意でなく (F_1 (1, 46) = 0.003, p = .96)，一般語では有意で (F_1 (1, 46) = 13.53, p < .001)，多条件の方が少条件よりも意味分類時間が短かった。項目分析では単語の種類の主効果 (F_2 (1, 76) = 2.69, p = .10, η^2 = .03), 隣接語数の主効果 (F_2 (1, 76) = 3.82, p = .054, η^2 = .05), および，交互作用 (F_2 (1, 76) = 1.85, p = .18, η^2 = .02) のいずれも有意でなかったが，仮説と密接に関わるため単純主効果検定を行った。その結果，参加者分析と同様，隣接語数の単純主効果は人間語では有意でなく (F_2 (1, 76) = 0.18, p = .68)，一般語では有意で (F_2 (1, 76) = 5.49, p = .02)，多条件の方が少条件よりも意味分類時間が短かった。

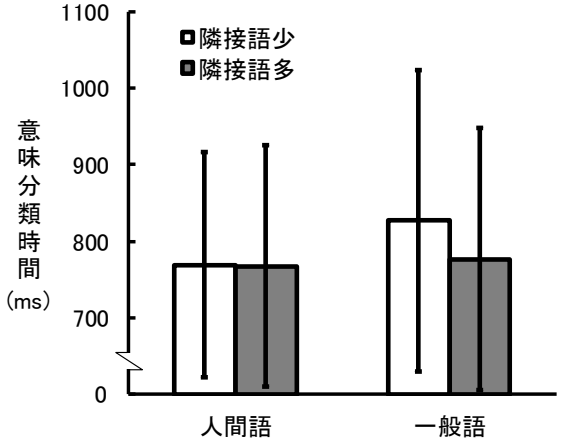


Figure 1. 各条件の意味分類時間の平均と *SD*。

Table 2

各条件の誤答率 (%) の平均と *SD*

	人間語		一般語	
	隣接語少	隣接語多	隣接語少	隣接語多
M	3.33	2.92	3.13	0.00
SD	3.73	3.51	4.75	0.00

誤答率の平均と *SD* は Table 2 に示す通りである。角変換後に 2 要因分散分析を行った結果，参加者分析では単語の種類の主効果 (F_1 (1, 23) = 6.95, p = .01, η^2 = .23)，隣接語数の主効果 (F_1 (1, 23) = 5.09, p = .03, η^2 = .18), 交互作用 (F_1 (1, 23) = 5.33, p = .03, η^2 = .18) のすべてが有意だった。隣接語数の単純主効果は人間語では有意でなく (F_1 (1, 46) = 0.16, p = .69)，一般語では有意で (F_1 (1, 46) = 10.19, p = .003), 多条件の方が少条件よりも誤答率が低かった。項目分析では単語の種類の主効果 (F_2 (1, 76) = 3.07, p = .08, η^2 = .04)，隣接語数の主効果 (F_2 (1, 76) = 1.79, p = .18, η^2 = .02), 交互作用 (F_2 (1, 76) = 1.67, p = .20, η^2 = .02) のいずれも有意でなかったが，先と同様単純主効果検定を行った。その結果，隣接語数の単純主効果は人間語では有意でなく (F_2 (1, 76) = 0.001, p = .97)，一般語では傾向が認められ (F_2 (1, 76) = 3.47, p = .07)，多条件の方が少条件よりも誤答率が低かった。

4. 考察

形態的隣接語効果は人間語では認められず，一般語でのみ認められた。誤答数も人間語では隣接語数による差は認められず，一般語でのみ多条件の方が少条件より高かった。これらの結果は，冒頭で述べた周辺情報の活性化は必要な時にのみ起こるとする考え方を支持している。

本研究の知見は，不要な処理は行わない合理的な人間の情報処理過程を示すものとして興味深い。今後は意味分類課題以外の課題でもこうした合理的な処理が行われることを確認していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K04435 の助成を受けた。

引用文献

天野 成昭・近藤 公久 (2003a). NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性 第 1 期 CD-ROM 版 三省堂

天野 成昭・近藤 公久 (2003b). NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性第 2 期 CD-ROM 版 三省堂

天野 成昭・近藤 公久 (2005). NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性 第 8 巻 単語心像性 1 三省堂

川上 正浩 (1997). JIS 一種漢字 2965 字を用いて作成される漢字二字熟語数表――Macintosh 版岩波広辞苑第四版に基づく類似語数調査―― 名古屋大学教育学部紀要教育心理学科，*44*, 243-299.

川上 正浩 (2002). 漢字二字熟語の類義語数と構成文字の出現頻度が語彙判断課題に及ぼす効果 心理学研究, *73*, 346-351.

松井 孝雄・水野 りか (2017). 日本語母語者の意味分類課題における同音異義語効果 日本心理学会第 81 回大会発表論文集, 623

松村 明（編） (2014). 大辞林 第三版 三省堂

水野 りか・松井 孝雄 (2014). 漢字表記語の語彙判断への形態的隣接語数の影響――形態か意味か―― 心理学研究, *85*, 488-494.

水野 りか・松井 孝雄 (2017). 音韻的親近性が語彙判断を促進する――意味分類との相違―― 心理学研究, *88*, 376-382.

Pexman, P. M., Lupker, S. J., & Jared, D. (2001). Homophone effects in lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **27**, 139-156.

Van Orden, G. C. (1987). A ROWS is a ROSE: Spelling, sound, and reading. *Memory & Cognition, 15*, 181-198.

Appendix
各条件の刺激語

人間語				一般語			
隣接語少		隣接語多		隣接語少		隣接語多	
塾長	友達	貴族	横綱	挙式	職務	車輪	画面
著者	院長	百姓	船頭	任期	運輸	北風	水晶
彼女	庭師	村民	悪女	財源	倍率	実弾	門限
園長	荷主	教授	先生	図式	芸名	自宅	来日
被告	貧民	男爵	平民	負担	便所	白米	通路
局員	継母	王様	海賊	炊事	最愛	黒板	食塩
父親	英雄	若者	老女	圧力	消印	発展	無数
泥棒	僧侶	打者	新妻	迫害	汚点	金属	年号
兄弟	農民	親分	小僧	団地	燃料	空腹	夜中
祖母	役者	来客	大名	偏見	税収	中庭	急病

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

言語意味処理に関する脳 fMRI データの単変量サーチライト解析
Univariate searchlight analysis of brain fMRI data on language meaning processing

大山 将来†,辻田 亜門†,粟津俊二*, 赤間 啓之†‡
Taro Ninchi, Hanako Ninchi, Shunji Awazu, Hiroyuki Akama

†東京工業大学生命理工学院, ‡東京工業大学リベラルアーツ研究教育院, *実践女子大学人間社会学部
Tokyo Institute of Technology,†School of Life Science and Technology,‡Institute of Liberal Arts,
*Jissen Women's University, Faculty of Humanities and Social Sciences
ohyama.m.ab@m.titech.ac.jp

Abstract

According to the embodiment theory, the motor cortex is believed to be involved in understanding the meaning of action sentences. Our research aims at validating this claim using the technique of univariate searchlight as an integration of voxel-based machine learning (MVPA) and random effect analysis in GLM. The participants of our experiment were requested to read four types of sentences during an fMRI scanning session, where the sentences represent either bimanual actions, unimanual actions, mental states (without motor implications) or nonsense fillers. As a result, significant clusters were found in the left angular gyrus and middle temporal gyrus when subjects were presented with sentences representing hand actions compared to those representing mental states, which can be considered as regions responsible for amodal, but not embodied, cognition processes.

Keywords — embodiment theory, amodal theory, functional MRI

1. はじめに

ヒトの脳は、視覚野・聴覚野・言語野のように、その機能が局在化しているが、各領域は独立しているわけではなく、あらゆる情報の処理のために機能的に連結している。現在では脳機能イメージングにより、言語意味処理における脳領域の機能的連結について様々な立場から研究が行われ、いくつかの意味処理モデルが提唱されている。embodiment 理論[1]によれば、言語理解には脳の知覚・運動系が本質的に関与しており、運動や動作を含意する文を読む時には運動野と言語野が連携して賦活するとされる。一方でこの理論に対立するように、運動野の関与は本質的でなく、言語の意味理解自体は左中側頭回付近を中心に、運動のモードを超えて処理されるとする amodal 理論を支持する研究も存在する[2]。本研究ではこれらを踏まえ、運動を含意する、あるいはしない文の意味処理領域を特定する。すなわち、手を使う行為を意味する手行為文と、身体動作を伴わない心的行為文を提示した時の脳の賦活を比較し、言語の意味理解に関与する脳領域を同定する。本研究では、広く利用される一般線形モデル(GLM)ではなく、fMRI データの機械学習である多ボクセルパターン分析(MVPA)のうち、“searchlight”[3]の変量効果分析である“univariate searchlight”[4]を用いる。これは MVPA と GLM を融合させた技法と規定できる。本研究では、機械学習モデルの交差評価のため、同意の文刺激を母語(日本語)と第二言語(英語)の双方で提示する。これは embodiment 理論が第二言語の意味処理にも妥当するかどうかを検証する意味合いを持つ。

2. 実験方法

2. 1. 実験参加者

本研究の実験参加者は 20 代の日本人 39 名(男 24 名、女 15 名)である。東京工業大学の「人を対象とした研究倫理委員会」の審査・承認を得て募集している。参加者は全て右利きで、利き手指数は平均 47.9、標準偏差 2.62 である。また、参加者の TOEIC の点数は 450 点～960 点の間でおよそ均等に分散しており、平均 662 点、標準偏差 150 点である。

2. 2. 実験計画

脳画像データの撮像には、東京工業大学の 3.0T General Electric Signa スキャナーを使用し、機能的磁気共鳴画像法 fMRI を用いた。解剖学的スキャンの撮像条件は、TR 7.284ms、TE 2.892ms、FA 11 度、バンド幅 31.25kHz、ボクセルサイズ 1mm 等方性である。実験では、前半は英語文、後半は意味的に同一の日本語文を

用い、fMRI スキャナーの中で文を提示し、それが意味を為すかどうかを手元のボタン押しで解答させた。刺激の提示には E-Prime 2.0 標準ソフトウェアを用い、fMRI 専用レスポンスパッド 1 ボックス 2 ボタン(Current design HHSC-1X2-BY)により実験参加者の反応を記録した。1 試行の所要時間は 12s(文の表示 5s、解答時間 1.5s、安静 5.5s)であり、30 試行を 1 つのセッションとし、英語文、日本語文でそれぞれ 3 セッションずつ設定した。セッション中の撮像条件は,TR 3000ms、 TE 30ms、FOV 24 * 24、Flip 角 90 度であり、1 試行中に 4 ヴォリュームを取得した(図 1)。

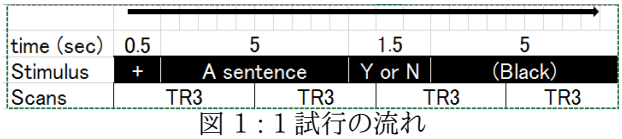


図 1：1 試行の流れ

2. 3. 実験刺激

fMRI スキャナー内で参加者に提示した文は 4 種類(両手行為文,片手行為文,心的文,意味が通らない文)であり、英語文と日本語文でそれぞれ意味的に同一の文を用いた(表 1)。ここで、両手行為文とは、通常は両手を使う行為を表す文であり、片手行為文とは通常はどちらか一方の手のみを使う行為を表す文である。文の内訳は,両手行為文 20 個,片手行為文 20 個,心的文 20 個,意味が通らない文 30 個の計 90 個である。これらの刺激は、各文につき、fMRI 実験に参加していない日本語母語話者 19～20 人が、親密度(英語・日本語刺激)、イメージしやすさ、経験、両手かどうか(日本語刺激)、わかりやすさ(英語刺激)の観点から評定し、ノルミングを行っている。また、文は参加者ごとにランダムな順に提示し、各セッションの文の内訳も異なるようにした。

表 1：実験刺激として使用した文

文の種類	例文	個数
両手行為文	I wash the dishes. 皿を洗う。	20
片手行為文	I use the spoon. スプーンを使う。	20
心的行為文	I make a judgment. 判断を下す。	20
意味が通らない文	I wash a judgment. 判断を洗う。	30

意味が通らない文は、実験参加者に実験の目的を隠した状態でタスクに取り組んでもらうためのフィラーであり、この文に対する反応は解析には用いない。また、意味的に同一な英語文と日本語文を用いるという性質上、先に日本語文を提示してしまうと、英語文の理解に影響を与えてしまう可能性があるため、本実験では英語文セッションと日本語文セッションを交互に繰り返すようなオーソドックスな順序効果の相殺は行わなかった。

2. 4. 分析方法

脳の血流動態応答のピークは、刺激の提示から数秒遅れることが知られているので、分析には各試行の 4 回の撮像のうち、3 番目と 4 番目のデータの平均を用いた。分析の前に、画像データは connectivity toolbox 2017a(CONN)を用いて前処理、すなわち、画像同士の位置合わせ(realignment)、歪み補正 (unwarp)、スライスタイミング補正(slice timing correction)、解剖学的標準化 (normalization) を行った。ボクセル値の平滑化 (smoothing)は、多ボクセルパターン分析(MVPA)においては精度を低下させるため、行わなかった。MVPA の機械学習モデルの計算には、PyMVPA 2.0 という、fMRI データの機械学習のため開発された Python 2.7 のパッケージを利用した。また、機械学習モデルの計算には、PyMVPA 2.0 パッケージ内の”ペナルティ付きロジスティック回帰分析(PLR)” を使用した。

“searchlight”では、脳画像データの任意のボクセルに対し、その周辺のボクセルで形成される立方体の小領域を考え、その領域内で機械学習を行う方法である。ここでは、各条件(両手行為文 vs 心的行為文、片手行為文 vs 心的行為文、両手行為文 vs 片手行為文)での賦活パターンの違いを判別する機械学習モデルを計算する。小領域とは、radius = 1 の場合、対象とするボクセルを中心にした 3 ボクセル立方(27 ボクセル)、radius = 2 の場合、対象とするボクセルを中心にした 5 ボクセル立方(125 ボクセル)となる。この小領域内で、英語セッションの結果から文条件の判別モデルを作成し、日本語セッションの結果を用いてモデリング精度を計算する。次いでセッション間で学習とテストの役割を交換した交差評価を行い、両者の平均をその小領域の最終的なモデリング精度の値として、初めに対象としたボクセルに格納する。ここで radius の大きさは GLM におけるスムージングと比較しうる効果をもつ。

さらに、“searchlight”の結果のグループ解析として、”単変量サーチライト(univariate searchlight)”[4]を行った。すなわち、ボクセル毎の精度を z-スコアに変換した後、SPM 12 の変量効果分析により、集団レベルで *t* 検定を行った。

3. 結果

CONN のアトラスと同じボクセルサイズ 2mm × 2mm × 2mm で、radius = 3 における”univariate searchlight”の結果を、条件ごとに 3D 画像と横断面の 2D 画像で示す(両手行為文 vs 心的行為文(図 2)、片手行為文 vs 心

的行為文(図 3)、両手行為文 vs 片手行為文(図 4)である)。赤く塗られた部分は p 値が 0.01%水準で有意なボクセルである。

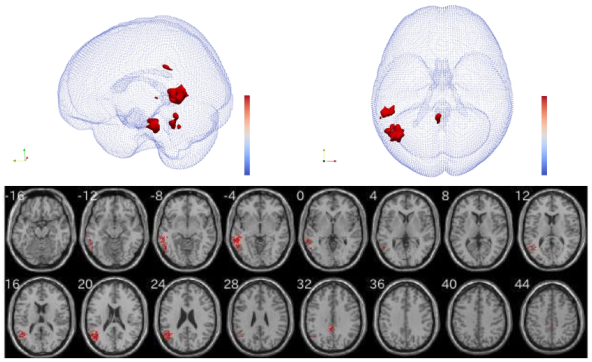


図 2：両手行為文 vs 心的行為文
(p < 0.0001, radius = 3)

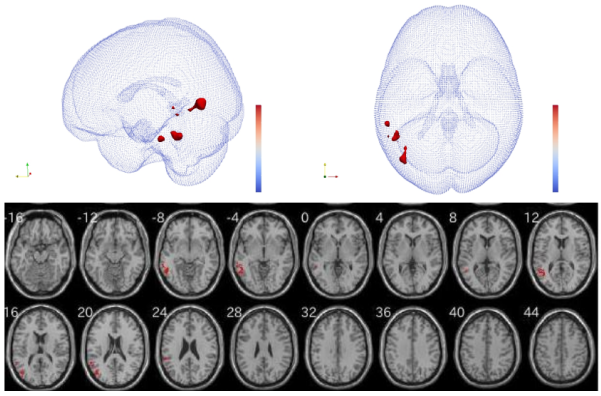


図 3：片手行為文 vs 心的行為文
(p < 0.0001, radius = 3)

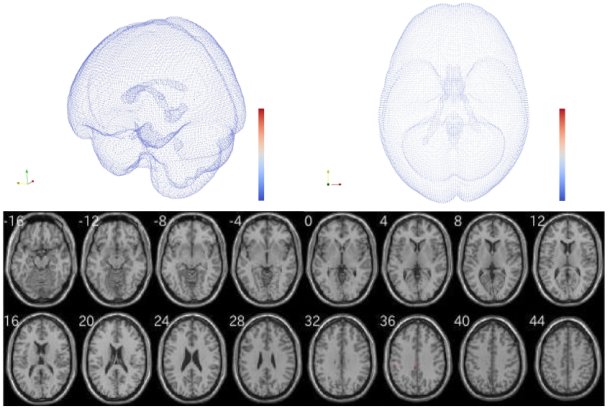


図 2：両手行為文 vs 片手行為文
(p < 0.0001, radius = 3)

また、各条件において、特に有意なクラスターについて、領域名、ピークの MNI 座標、p-FWE 値などを以下の表 2、表 3 にまとめる(両手行為文 vs 片手行為文では、クラスターは確認できなかった)。

表 2：両手行為文 vs 心的行為文における有意なクラスター

両手行為文 vs 心的行為文

領域名	左角回	左中側頭回	左後帯状皮質
MNI 座標	-52, -56, 24	-44, -60, 20	-4, -42, 32
z-score	1	1	1
クラスターサイズ (ボクセル数)	314	314	41
クラスター p-FWE	0.000	0.001	0.000
ピーク p-FWE	0.046	0.007	0.045

表 3：片手行為文 vs 心的行為文における有意なクラスター

片手行為文 vs 心的行為文

領域名	左中側頭回	左下側頭回
MNI 座標	-50, -50, 10	-54, -52, -8
z-score	1	1
クラスターサイズ (ボクセル数)	174	106
クラスター p-FWE	0.000	0.000
ピーク p-FWE	0.069	0.346

4. 考察

両手行為文と心的文の比較において、左中側頭回、左角回の付近に両者の差について有意な情報をもつクラスターが認められた。これらの領域は、古典的言語野である Wernicke 野の周辺にあり、Binder のレビュー論文[2]に代表されるように、High level convergence モデルにおいて、運動などの特定のモードを超えた意味処理における中心的な役割について、多くの研究がなされている領域である。また、片手行為文と心的文の比較においても、同様の結果が得られた。一方で、両手行為文と片手行為文の比較では、両者を統計的に有意に判別する脳領域は確認できなかった。

本実験の“univariate searchlight”を用いた結果においては、運動野、感覚運動野に判別力をもつボクセルのクラスターは確認できなかった。これは embodiment 理論と対立し、言語の意味理解に運動は本質的ではなく、左中側頭回を中心に運動のモードを越えて処理されるという amodal 理論を支持するものである。ただし“searchlight”に関しては、設定を変更した際の結果の差の評価や、GLM など他の単変量の統計解析結果との比較など、大きな問題が残されている。こうした点に関しては、今後さらなる検討を重ねていく必要があると思われる。

参考文献

[1] Roel M. Willems, Daniel Casasanto, (2011), Flexibility in embodied language understanding, Frontiers in Psychology, v.2, doi: 10.3389/fpsyg.2011.00116

[2] Jeffrey R. Binder, Rutvik H. Desai, (2011) The Neurobiology of Semantic Memory, Trends in Cognitive Science, v.15(11), 527-536

[3] Nikolaus Kriegeskorte, Peter Bandettini, (2007), Analyzing for information, not activation, to exploit high-resolution fMRI, Neuroimage, v.38(4), 649-662

[4] Koji Jimura, Russell A. Poldrack, (2012), Analyses of regional-average activation and multivoxel pattern information tell complementary stories, Neuropsychologia v.50(4), 544-552

マインドフルネス瞑想が展望記憶に与える影響について
The Influence of Mindfulness Meditation on Perspective Memory

于　成・牧岡 省吾
Yu Cheng, Shogo Makioka
大阪府立大学　人間社会システム科学研究科
Graduate School of Humanities and Sustaibable System Sciences, Osaka Prefecture University
mcb04006@edu.osakafu-u.ac.jp

本研究では,マインドフルネス瞑想が展望記憶にどのような効果を与えるのかについて検討した.また,展望記憶成績との関連について探るために,実行機能に与える効果についても検討を行った.展望記憶については,背景課題(ongoing task)遂行時の展望記憶課題の成績を,実行機能については,シフト(shifting),更新(updating),抑制(inhibition)に関する課題の成績を測定した.1日につき10分間,計4日間の瞑想を実験参加者に課し,瞑想前後で展望記憶と実行機能の成績に向上が見られるかどうかを調べた.課題の繰り返しによる練習効果とは独立に瞑想の効果について検討したところ,実行機能,展望記憶のいずれについても有意な成績の向上はみられなかった.しかし瞑想の実施が不十分であった可能性が残されているため,手続きを改善して再検討する必要がある.

キーワード：マインドフルネス瞑想,展望記憶,実行機能

1.　はじめに

マインドフルネス瞑想の効用については,脳科学,神経科学,認知科学などにおける解明が進んでおり,痛みや気分などの改善に関するデータが数多く得られている（Kabat-Zinn, 1990）.短期の瞑想訓練によって,疲労や不安が減少し,視空間処理,ワーキングメモリ,および実行機能が改善することが示されている（Zeidan, et al., 2010）.マインドフル瞑想は,自己の現在の経験に注意を向けたときの前頭前皮質の脳活動を変化させ,領野間の機能的結合についても影響を与える（Farb, et al., 2007）.さらに,マインドフルネス瞑想は,GRE読解スコアとワーキングメモリ容量の両方を改善すると同時に,マインドワンダリングの発生を抑制する（Mrazek, et al., 2013）. これらの研究は,マインドフルネス瞑想が認知機能を改善するための効果的かつ効率的な手法であることを示唆する.一方,日常生活において重要な認知機能の一つである展望記憶とマインドフルネス瞑想の関係については,これまでに検討されていない.本研究では,マインドフルネス瞑想が展望記憶にどのような効果を与えるのかについて検討することを第一の目的とする.さらに,展望記憶への効果をもたらす要因について検討するために,実行機能についても検討を行う.展望記憶については,背景課題(ongoing task)遂行時の展望記憶課題の成績を,実行機能については,シフト(shifting),更新(updating),抑制(inhibition)に関する課題の成績を測定する.マインドフルネス瞑想は,先行研究において確認された実行機能の改善のみならず,展望記憶についても改善効果をもたらすと予想される.

2.　実験参加者と実験の流れ

実験参加者　大阪府立大学に在学する大学生と大学院生12名（男性6名,女性6名,平均年齢21.2歳）が参加した.

実験装置　実験は Apple iMac（ Mac OS X 10.12.4）上で Psychopy 1.85.3 を用いて行った.

実験の流れ　マインドフルネス瞑想の効果を参加者内で検討するために,実行機能および展望記憶成績の測定を3回繰り返した.各測定の間には最低4日間の間隔を設けた.前半瞑想群の参加者は1回目と2回目の測定の間に,後半瞑想群の参加者は2回目と3回目の測定の間にマインドフルネス瞑想の訓練を行った.訓練は 1日10分間で,連続した4日間に行われた.瞑想の方法については,前半瞑想群では 1 回目の測定の直後,後半瞑想群では2回目の瞑想の直後に「10分間マインドフルネス瞑想2016年版」という動画で説明した.

瞑想訓練の前後の測定における実行機能および展望記憶成績の変化量と,瞑想を行わなかった期間の前後の変化量を全参加者で合算して比較することにより,測定を繰り返すことによる練習効果と独立に,マインドフルネス瞑想の効果について検討することができる.この分析では,瞑想あり前後と瞑想なし前後を参加者内で比較する.

さらに,瞑想の効果についてより詳しく検討するために,1回目〜3回目（ブロック）を参加者内要因,前半瞑想群／後半瞑想群を参加者間要因とみなした分析も行う.

3. シフト(shifting)課題

小さな文字で構成される大きな文字を呈示し,文字の色によってどちらの文字を答えるのかを指示するlocal-global taskを用いた.

刺激 H,T,L,E のいずれかの小さな文字から構成された,H,T,L,E いずれかの大きな文字である.刺激の色は白と青の二種類があった.小さな文字には32 ポイントの Osaka フォントを用いた.400ms の注視点の後に,刺激を1500ms 呈示した.参加者は刺激呈示後4000ms 以内に反応することを求められた.

手続き 参加者は,刺激が青色の場合に大きな文字に対応するキーを押し,刺激が白色の場合に小さな文字に対応するキーを押すように教示された.反応用のキーは,H,T,L,E それぞれの文字を記したシールを,キーボードの S,K,L,A キーの上に貼ることによって示した.1回の実験は96回試行で構成され,同じ色が連続する場合と変化する場合は半数ずつだった.刺激の色が変化した場合がシフトあり,変化がない場合がシフトなしである.参加者は32回試行ごとに休憩を取った.

結果 マインドフルネス瞑想の効果について検討するために,瞑想の前後のブロックにおける成績の変化と,間に瞑想を行っていないブロックにおける成績の変化を比較した.具体的には,前半瞑想群の第1ブロックと第2ブロックの間の成績の差と,後半瞑想群の第2ブロックと第3ブロックの間の差の平均を「瞑想あり」条件,前半瞑想群の第2と第3ブロックの間の成績の差と,後半瞑想群の第1ブロックと第2ブロックの間の差の平均を「瞑想なし」条件として,各課題の成績を集計した.ブロック間の成績の差は,パフォーマンスが向上した際に正の値になるように算出した.シフト課題については,シフトありの反応時間からシフトなしの反応時間を引いた値を課題の成績（課題がシフトしたことのコスト）として,前のブロックの平均値から後のブロックの平均値を引いた値を Table 1 に示した（他の課題については後で説明する）.Table 1 に示された平均値を,成績向上の指標値と呼ぶ.

シフト(shifting)課題の成績向上の指標値について,瞑想あり群と瞑想なし群の間に差が生じたかどうかを検定した.独立な2群の平均値差に関する t 検定の結果,有意差は見られなかった($t(10) = 0.4183$, n.s.).

さらに,各ブロック成績の変化について検討するために,シフトによるコストのブロックごとの平均値を Figure 1 に示した.

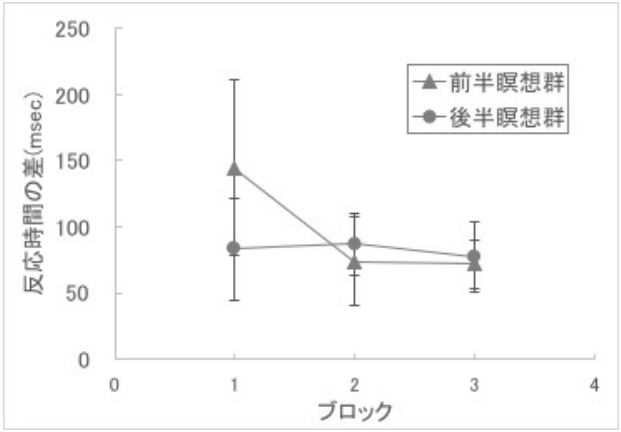


Figure 1 シフトによるコストの変化. 縦軸はシフトによるコスト,横軸はブロックを示す. 誤差棒は標準誤差を示す.

前半瞑想群／後半瞑想群（被験者間要因）×ブロック（被験者内要因）の2要因分散分析を行ったところ,

Table 1 各課題の成績向上の指標値.

課題	測定量	瞑想あり		瞑想なし	
		M	*SD*	*M*	*SD*
shifting	RT	.04	.14	.00	.07
updating	正答率	.02	.06	.03	.06
inhibition	RT	−.03	.06	.01	.07
展望記憶	RT	−.01	.11	−.04	.12
	正答率	.08	.48	.33	.61

N=12

マインドフルネス瞑想の主効果（$F(1,10)=0.1772$, *n.s.*），ブロックの主効果（$F(2,20)=0.7141$, *n.s.*），両者の交互作用（$F(2,20)=0.6646$, *n.s.*）のすべてが有意ではなかった.

考察 Figure 1 を見ると,前半瞑想群では瞑想の前後の 1 回目と 2 回目の間にシフトによるコストが顕著に減少していることが分かる.後半瞑想群でも,瞑想の前後である 2 回目と 3 回目の間の方がコストの減少がやや大きい.しかしこれらの効果は有意ではなかった.

以上のように,マインドフルネス瞑想がシフトの成績を改善する効用は有意には認められなかった.

4. 更新(updating)課題

3 種類の音が呈示された回数を数える tone monitoring task を用いて更新機能について測定した.

刺激 聴覚刺激として,高音（880Hz）,中音（440Hz）,低音（220Hz）いずれかの正弦波を用いた.

手続き 凝視点を 2500ms 呈示した後に聴覚刺激を呈示した.三種類の聴覚刺激はランダムな順序で呈示され,呈示時間は各 500ms,刺激間間隔は 2000ms だった.1 回の実験は 100 回試行から構成され,参加者は 25 回ずつが終了した時点で休憩を取った.参加者は,高中低三種類の音が呈示された回数を別々に数え,それぞれの音が 4 回目になった時に Space キーを押すことを要求された.反応した音はカウントが 0 に戻り,他の音は続いて数えるよう教示された.

ある音が 4 回目に呈示されたときにキー押しがなければ,画面に”Miss”と呈示された.4 回目になる前にキーを押した場合は”false alarm”と提示された.”Miss”または”false alarm”の場合はカウントが 0 に戻ると教示した.

結果 更新(updating)課題における成績向上の指標値として,後のブロックの平均正答率から前のブロックの平均正答率を引いた値を用いた.指標値が正であれば,後のブロックの方が成績が向上したことを意味する.瞑想あり群と瞑想なし群の差について独立な 2 群の平均値差に関する t 検定を行ったところ,有意差が見られなかった（$t(10) = 0.7720$, n.s.）.

さらに,各ブロックの平均正答率を Figure 2 に示す.

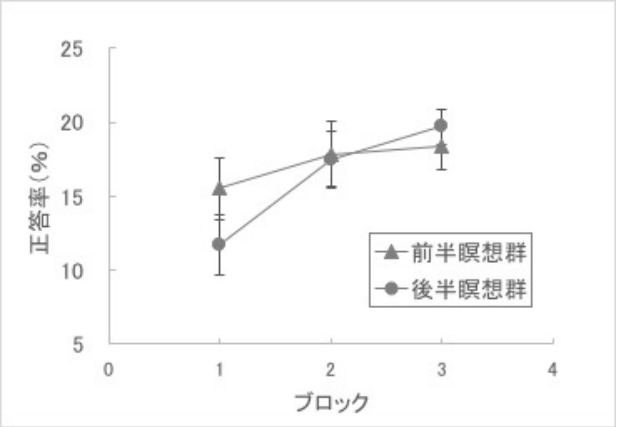


Figure 2 更新課題の成績の変化. 縦軸は平均正答率,横軸はブロックを示す. 誤差棒は標準誤差を示す.

各参加者の平均正答率を逆正弦変換した値を従属変数として,前半瞑想群／後半瞑想群（被験者間要因）×ブロック（被験者内要因）の 2 要因分散分析を行った.マインドフルネス瞑想の主効果（$F(1,10)= 0.2749$, *n.s.*）は有意でなく,ブロックの主効果が有意（$F(2,20)=5.8322$, $p<.05$）であった.両者の交互作用（$F(2,20)=1.2729$, *n.s.*）は有意ではなかった.

考察 Figure 2 に示されるように,正答率は後のブロックほど向上しており,分散分析でもブロックの主効果が有意であった.これは,同じ課題を繰り返すことによる練習効果を反映していると考えられる.一方,瞑想によって正答率が向上する傾向はみられなかった.本研究では,マインドフルネス瞑想と更新機能の関係を見出すことはできなかった.

5. 抑制(inhibition)課題

文字の色を答える Stroop task を用いて,抑制(inihibition)機能について測定した.

刺激 赤,緑,黄,青,紫,茶いずれかの文字を 1 回の試行で 1 個提示した.文字の色は赤,緑,黄,青,紫,茶のいずれかであった.一致条件では文字の色と意味が一致し,不一致条件では一致していなかった.

手続き 参加者は文字を読むのではなく,文字の色をできるだけ早く読むことを求められた.凝視点を 300ms 呈示した後,100ms の間隔を空けて文字が 2500ms の間呈示された.参加者が文字を読むと反応時間が自動的に記録され,音声が保存された.実験終了後,実験者が音声を聞き直して正誤判定を行った.総試行数は 72 試行で,参加者は試行の半数が終了した時点で休憩を取った.

結果　各参加者の不一致条件の平均反応時間から一致条件の平均反応時間を引き,抑制のコスト値を算出した.抑制(inhibition)課題における成績向上の指標値として,前のブロックの抑制のコスト値の平均から後のブロックの抑制のコスト値の平均を引いた値を用いた.指標値が正であれば,後のブロックの方が成績が向上したことを意味する.瞑想あり群と瞑想なし群の差について独立な２群の平均値差に関するｔ検定を行ったところ,有意差が見られなかった（$t(10) = 0.2094$, *n.s.*）.

各ブロックにおける抑制のコスト値の平均をFigure 3に示す.

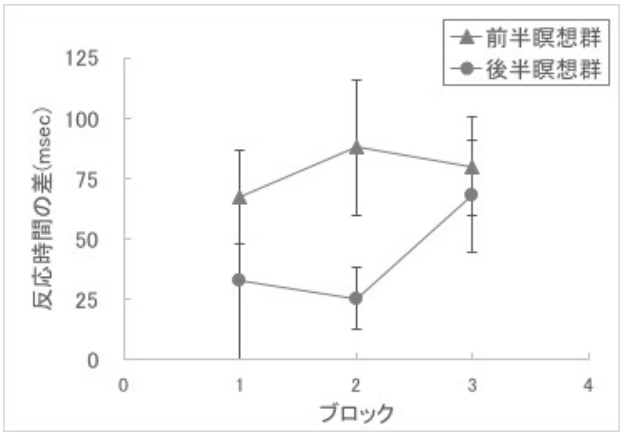


Figure 3　抑制課題の成績の変化．縦軸は不一致条件の平均反応時間から一致条件の平均反応時間を引いた値（抑制のコスト）を,横軸はブロックを示す．誤差棒は標準誤差を示す.

各参加者の抑制のコスト値の平均を従属変数として,前半瞑想群／後半瞑想群（被験者間要因）×ブロック（被験者内要因）の２要因分散分析を行った.マインドフルネス瞑想の主効果（$F(1,10)=2.7944$, *n.s.*）,ブロックの主効果（$F(2,20)=0.6581$, *n.s.*）,両者の交互作用（$F(2,20)=0.6721$, *n.s.*）はいずれも有意ではなかった.

考察　Figure 3を見ると,抑制のコストの平均値は,後のブロックの方がむしろ増加している.この傾向は有意ではないが,抑制のコストについては課題の繰り返しによる練習効果も観測されなかった.

6.　展望記憶(prospective memory)課題

展望記憶課題は,数字の大小判断を行う背景(ongoing)試行と,特定の刺激に対して異なる反応をするPM試行から構成される.参加者は,数字の大小判断を行いながら,特定の刺激に対しては指定された反応をすることを求められた.

刺激　1〜9の範囲の数字二つを画面の中心からみて左右に呈示した.

手続き　参加者は,画面の左右に呈示された数字のどちらが大きいのか,矢印キーを押すことによって答えることを求められた(ongoing試行).ただし,両方の数字が偶数である場合には,大きさの判断を行わずにspaceキーを押すことが求められた(PM試行).画面の中心に注視点を500ms呈示した後,二つの数字を6000ms呈示した.参加者は,数字が呈示されたらできるだけ早く反応することを求められた.総試行数は200回で,そのうち4回がPM試行であった.

結果　展望記憶課題の成績向上の指標値として,後のブロックのPM試行の平均正答率から前のブロックの平均正答率を引いた値を用いた.指標値が正であれば,後のブロックの方が成績が向上したことを意味する.瞑想あり群と瞑想なし群の差について独立な２群の平均値差に関するｔ検定を行ったところ,有意差が見られなかった（$t(10)=0.4098$, *n.s.*）.さらに,PM試行の反応時間についても,後のブロックの平均反応時間から前のブロックの平均反応時間を引いた値を指標値として同様な分析を行ったところ,有意差が見られなかった（$t(10) = 0.4073$, *n.s.*）.

PM試行の正答率のブロックごとの平均値をFigure 4に示す.

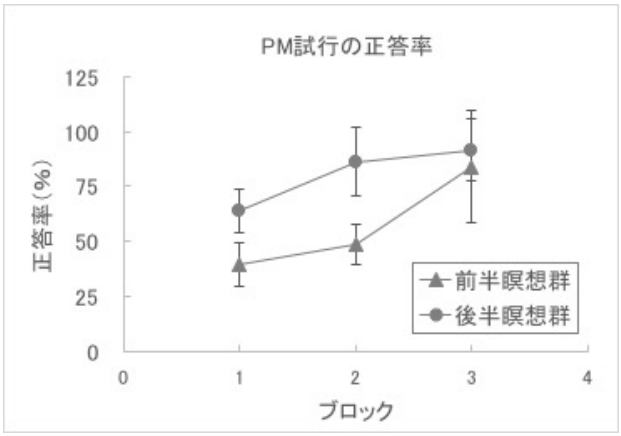


Figure 4　PMキューに対する正答率の変化．縦軸は平均正答率,横軸はブロックを示す．誤差棒は標準誤差を示す.

各参加者の正答率の平均値を逆正弦変換した値を従属変数として,前半瞑想群／後半瞑想群（被験者間要因）×ブロック（被験者内要因）の2要因分散分析を行った.マインドフルネス瞑想の主効果（$F(1,9)=3.0900$, *n.s.*）は有意でなく,ブロックの主効果が有意（$F(2,18)=3.3929$, $p<.10$）であった.両者の交互作用（$F(2,18)=0.8585$, *n.s.*）は有意ではなかった.

さらに,PM試行の反応時間のブロックごとの平均値をFigure 5に示す.

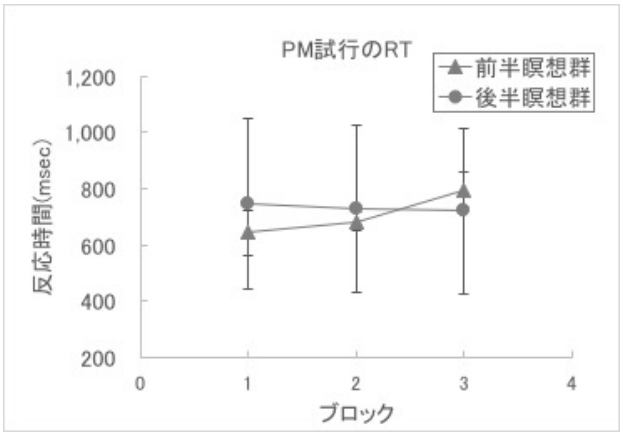


Figure 5　PMキューに対する反応時間の変化．縦軸は平均反応時間,横軸はブロックを示す．誤差棒は標準誤差を示す.

各参加者の反応時間の平均値を従属変数として,前半瞑想群／後半瞑想群（被験者間要因）×ブロック（被験者内要因）の2要因分散分析を行った.マインドフルネス瞑想の主効果（$F(1,9)=0.1502$, *n.s.*）,ブロックの主効果（$F(2,18)=1.3787$, *n.s.*）,両者の交互作用（$F(2,18)=2.4434$, *n.s.*）はいずれも有意ではなかった.

考察　Figure 4を見ると,PM試行の正答率がブロックが進むにつれて向上していることが分かる.分散分析でもブロックの主効果が有意であった.これは,課題の繰り返しによる練習効果と考えられる.一方,Figure 5では,前半瞑想群と後半瞑想群も,反応時間の変化が見られなかった.

7.　総合考察

本研究ではマインドフルネス瞑想の効用を検討するために,参加者間でカウンターバランスをとり,時点が違うマインドフルネス瞑想が挟まれた3回のブロックを設定した.シフト(shifting),更新(updating),抑制(inhibition)という3つの実行機能に対して,短期的なマインドフルネス瞑想が与える効果は確認できなかった.展望記憶課題の正答率と反応時間についても,マインドフル瞑想の有意な効果は確認できなかった.

このような結果は,マインドフルネス瞑想が実行機能を向上させるという先行研究（Zeidan, et al., 2010）の結果と矛盾している.この原因として,参加者がマインドフル瞑想を十分に行っていなかった可能性が考えられる.本研究では,1日10分間のマインドフル瞑想を4日間続けることを参加者に指示した.実験者が瞑想の実行についてリマインドするメールを送付したが,参加者が実際に瞑想を行ったかどうかは確認できていない.今後の研究では,参加者の瞑想訓練の質と量を確保する必要がある.

8.　参考文献

Farb, N. A., Segal, Z. V., Mayberg, H., Bean, J., McKeon, D., Fatima, Z., & Anderson, A. K. (2007). Attending to the present: mindfulness meditation reveals distinct neural modes of self-reference. *Social cognitive and affective neuroscience, 2*(4), 313-322.

Kabat-Zinn, J., & Hanh, T. N. (2009). *Full catastrophe living: Using the wisdom of your body and mind to face stress, pain, and illness*. Bantam Books: New York.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology, 41*(1), 49-100.

Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychological science, 24(5),* 776-781.

Szőllősi, Á., Pajkossy, P., Demeter, G., Kéri, S., & Racsmány, M. (2018). Acute stress affects prospective memory functions via associative memory processes. A*cta psychologica, 182*, 82-90.

Zeidan, F., Johnson, S. K., Diamond, B. J., David, Z., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: Evidence of brief mental training. *Consciousness and cognition, 19*(2), 597-605.

フレーム意味論にもとづく名詞の分析
—Killing フレームを例に—
Frame Semantic Analysis of Nouns:
A Case Study of Killing Frame

神原 一帆 †
Kazuho Kambara
† 京都大学
Kyoto University
kazy3024@gmail.com

概要

本研究では，名詞がある状況を言語化する際に与える影響をフレーム意味論の観点から分析する．フレーム意味論において語の意味は，その語が喚起するフレームの一部を表すものとしてモデル化される [5, 6, 8]．しかしながら，動詞以外の要素が状況の言語化に与える影響については十分に議論がなされていない．よって，本研究ではある状況が言語化される際に，名詞がどのように使用されているのかを調査した．本研究ではコーパスの分析を通し，(i) Killing フレームを構成するフレーム要素の実現傾向が動詞の意味だけに還元できない，(ii) 名詞の多面的な意味はその名詞が喚起しうる複数のフレームによって特徴付けられる，という 2 点を主張する．

キーワード：理論言語学，フレーム意味論，名詞の意味論，コーパス，アフォーダンス

1. 導入

本研究はフレーム意味論を用いた名詞分析の枠組みを提案することを目的とする．本稿では Killing フレームにおける動物名詞の分析を通して，従来動詞の意味が重視されてきたフレーム意味論が名詞の意味も扱える可能性を持つことを示す．分析の結果から，(i) フレーム要素の実現傾向が動詞の意味だけに還元できないこと，(ii) 名詞の多面的な意味は，その名詞が喚起しうる複数のフレームによって特徴付けられる，という 2 点を主張する．

本稿は次のように構成される．§2. にて本研究が依拠する枠組みであるフレーム意味論の概略を述べた上で，その問題点を指摘し，本研究で扱う仮説を提示する．§3. では当仮説を検証するために採用した方法を，§4. にてその結果を提示し，§5. にてその考察を行う．§6. では本稿の結論を述べる．

2. フレーム意味論の概要とその問題点

本節ではフレーム意味論の概要を述べ，商業取引フレームの例を用いてこの理論の特徴を概観する．その上で，名詞の意味の扱いに関する問題点を指摘する．

「**フレーム意味論** (frame semantics)」とは Charles J. Fillmore によって提唱された意味分析の理論であり，語の意味を背景知識であるフレームとの関係から記述する．このフレーム意味論の古典的な研究としては [4, 5, 6] などが挙げられる．

本稿では「**フレーム** (frame)」と呼ぶ単位を「〈誰が〉〈何を〉…〈どうする〉」という形で特定される一般的な状況 (scene) に限定する．この〈〉で括った，あるフレームを構成する要素である意味役割のことを「**フレーム要素** (frame element)」と呼ぶ．ここで，ある語 w が何らかの形でこのようなフレーム f を表すことを「w が f を**喚起する** (evoke)」という．ある語の意味は，どのフレームの，どの部分を際立たせるかによって規定される．

フレームによって何を記述対象とするのかは文献によって異なるが，フレームを「状況」という単位に限定することで，ある語の背景知識として記述する内容を制約することができる [17]．以降では，英語名のフレームをタイプライターフォントを使い Frame で，フレーム要素をサンセリフ体と山括弧を併用して〈フレーム要素 (frame element)〉でそれぞれ表記する．

以降では実際の分析例として商業取引フレーム [8, p.228–233] を挙げる．このフレームは「〈買い手 (Buyer)〉 が〈お金 (Money)〉と引き換えに〈売り手 (Seller)〉が所有していた〈商品 (Goods)〉の所有権を取得する.」と特徴付けられる．

buy, sell, charge, spend, pay, cost という動詞はこの商業取引フレームを喚起するが，それぞれの動詞はどのフレーム要素を統語的に言語化するのかに違いが出る．これらの動詞の関係をまとめたものを表 1 に示

す．表中の（）はその対象が必須の要素ではないことを示し，[] は当該の会話文脈においてその対象が会話の参与者によって同定可能であるような「定」照応においてのみ省略が可能であることを示す．

表 1　商業取引フレームを喚起する動詞の意味的・統語的結合価 [9, p.79]

	Buyer	Seller	Goods	Money
BUY	主語	(from)	直接目的語	(for)
SELL	(to)	主語	直接目的語	(for)
CHARGE	(間接目的語)	主語	(for)	直接目的語
SPEND	主語	NULL	for/on	直接目的語
PAY_1	主語	[間接目的語]	[for]	直接目的語
PAY_2	主語	(to)	for	直接目的語
COST	(間接目的語)	NULL	主語	直接目的語

フレーム意味論は複数の語彙を統一的な手法によって分析できるという利点を持つ．これまでのフレーム意味論における主な分析対象は動詞であり，上述の商業取引フレームにおいては〈買い手 (Buyer)〉や〈売り手 (Seller)〉といったフレーム要素の言語化を決定するのは動詞が持つ意味特性として記述される．

一方 Fillmore [7, p.105–106] は「動詞が項として要求する要素を指示するものとして捉えることができる」と述べている．このような分析が可能な名詞として *cat, dog. man, woman, ball, stick* といった語を挙げている．しかし,「ライフルで {鷹, ?*蟻} を撃った」という文の容認度に反映されるように[1]，主語や目的語に生起する名詞の性質が言語化されるフレーム要素に与える影響は十分に議論されているとは言えない．

つまり，Fillmore は動詞の意味がフレーム要素の言語化を決定すると主張しているが，名詞の意味によっても言語化の度合いが異なる事例が考えられる以上，動詞のみに着目するだけでは不十分である．よって，本研究では動詞を固定することで，名詞の性質がフレーム要素の実現に与える影響を検討する．

3. 方法

本節では本研究が採用した方法を，収集語彙の選定法式 (§3.1)，コーディング基準 (§3.2)，分析方法 (§3.3) の順で述べる．

3.1 収集語彙の選定方法

本研究では Cruse [2, p.136] が図 1 の形で例示した 15 個の動物名詞を分析対象の候補とした．これらの名詞は包含関係に基づいた階層構造をなす．最も多くの動物名詞が主語あるいは目的語位置に生起する動詞を Sketch Engine [11] を利用して British National Corpus (BNC) から検索・収集した．

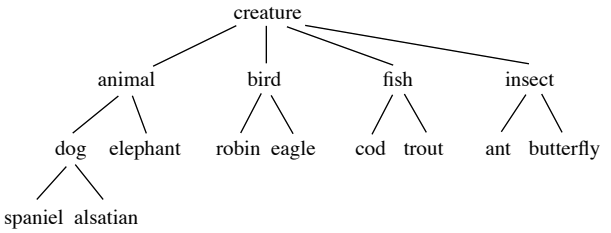


図 1　英語における動物名詞の階層構造 [2, p.136]

この結果，動詞 kill の目的語として {creature, {animal {dog, elephant}}, {bird}, {fish}, {insect}} の 7 語が生起することが分かった．よって，本研究ではこれら 7 語を含む 181 件の事例を分析対象とした[2]．分類語の頻度の内訳としては 'animal' が 86，'bird' が 19，'creature' が 9，'dog' が 18，'elephant' が 5，'fish' が 38，'insect' が 6 となる．

3.2 コーディング基準

本研究ではフレーム意味論的な分析を行うために，フレーム意味論分析のデータベースである FrameNet を利用した [1]．この FrameNet によると，動詞 kill は (1) の `Killing` フレームを喚起する．このフレームは (2) に定義するようなフレーム要素を持つ．本研究では §3.1 の手法で収集した動詞 kill の事例全てに対して，各名詞毎に (2) のフレーム要素のうちのどれが実現されるのかをコーディングした．

(1) `Killing` フレーム: ⟨Killer⟩ あるいは ⟨Cause⟩ が ⟨Victim⟩ の死を引き起こす．(e.g., John ⟨Killer⟩ DROWNED Martha ⟨Victim⟩.)

(2) a. ⟨Cause⟩: ⟨Victim⟩ の死を引き起こす無生物の物体あるいはプロセスを指す (e.g., The rockslide ⟨Cause⟩ KILLED nearly half of the climbers.). [⟨Killer⟩ と両立しない]

b. ⟨Instrument⟩: Killer によって使用される Victim の死をもたらす道具を指す (e.g., It's difficult to SUICIDE with only a pocketknife ⟨Instrument⟩.). [⟨Cause⟩ と両立しない]

[1]容認度判定は筆者によるものである．

[2]なお，bird を含む文の中でも "She **killed two birds with one stone** and offered apologetically, 'I really was terribly thirsty.' " (JXT 75) のようにイディオムとして用いられている事例は排除した．

c. ⟨Killer⟩: Victim の死をもたらす人，あるいは認識主体 (sentiment entity) を指す．

d. ⟨Means⟩: Killer あるいは Cause が Victim に死をもたらすことになるような方法，あるいは行為を指す．(e.g., The flood EXTERMINATED the rats by cutting off access to food ⟨Means⟩.)

e. ⟨Victim⟩: 殺しによって命を落とす生物を指す．

なお，本研究では (2) の要素が実現される要素を主語や目的語といった単位に必ずしも限定しなかった．この方針は現在の FrameNet の記述においても採用されており，単なる文法関係に還元し得ないような意味を捉えることができると期待される．商業取引フレームを喚起する名詞 'transaction' の記述を次の (3) に例示する．この例では上述の ⟨Buyer⟩ や ⟨Seller⟩ といったフレーム要素が主語や目的語という文法関係以外の形で実現されている．

(3) His ⟨Buyer⟩ $20 ⟨Money⟩ TRANSACTION with Amazon.com ⟨Seller⟩ for a new TV ⟨Goods⟩ had been very smooth.

3.3 分析手法

本研究では語彙の振る舞いを分析する手法の一つである挙動分析 (behavioral profile) を採用した [10]．挙動分析は研究者が設定した複数の変数の変動を分析することで分析対象の特性を記述する手法である[3]．本研究では名詞毎にフレーム要素の実現傾向をコーディングし，その数値を挙動分析の方法に従いながら R 言語 [15] を用いて分析した．

4. 結果

本節では結果について述べる．表 2 に各動物名詞毎に行なったコーディングの結果の粗頻度を，表 3 にその粗頻度を百分率によって標準化した相対頻度を記載する．この表 3 の数値をもとにクラスター分析を実行した結果を図 2 に示す．

表 2 の実測値に差があるか否かを検証するため，この数値に対して χ^2 検定を行った．その結果，統計量 $p = 0.000711$ で有意ではあるが[4]，Creature, Elephant, Insect のようにサンプル数が非常に少ない事例も存在する．このため，変数間の相関関係を可視化する相関分析は採用しなかった．

表 2 各動物名詞によって実現されるフレーム要素の粗頻度とその合計

	Cause	Instrument	Killer	Means	合計
Animal	19	7	41	10	77
Bird	4	3	13	2	22
Creature	1	1	5	0	7
Dog	7	1	8	0	16
Elephant	0	2	3	0	5
Fish	29	3	8	4	44
Insect	5	0	1	1	7

表 3 動物名詞毎の意味役割と相対頻度

	Cause	Instrument	Killer	Means
Animal	0.25	0.09	0.53	0.13
Bird	0.18	0.14	0.59	0.09
Creature	0.14	0.14	0.71	0.00
Dog	0.44	0.06	0.50	0.00
Elephant	0.00	0.40	0.60	0.00
Fish	0.66	0.07	0.18	0.09
Insect	0.71	0.00	0.14	0.14

各動物名詞によって異なるフレーム要素の言語化の傾向をクラスター分析（ワード法，キャンベラ距離）によってまとめることで，`Killing` フレームにおけるフレーム要素と各動物名詞との関係を観察した．この結果の解釈については §5. にて述べる．

5. 考察

本節では §4. にて得られた結果の考察を行う．図 2 に示すように，クラスター分析を実行した結果，⟨Killer⟩ が実現されやすいクラスターと，⟨Cause⟩ が実現されやすいという大きな二つのクラスターが得られた．以降では便宜的に前者を KILLER クラスター，後者を CAUSE クラスターと呼称する．

§5.1 では，フレーム要素の言語化の傾向が動詞の意味だけに還元することは出来ないということを主張する．そして，フレーム要素の言語化の分析にアフォーダンスの観点を援用できる可能性があることを指摘する．§5.2 では名詞の多面的な意味は，その名詞が喚起しうる複数のフレームによって特徴付けられると主張する．

[3] Gries によれば挙動分析の特徴は多数の変数を同時に分析することにあるが，分析対象の振る舞いの差がどの変数によるものなのかが不明瞭になる可能性がある．そのため，本稿では変数を (2) にある中核フレーム要素のみに限る．

[4] χ^2 検定値の効果量のクラメールの V を算出すると $V = 0.285$ であり，効果量も中程度であった [18, p.62].

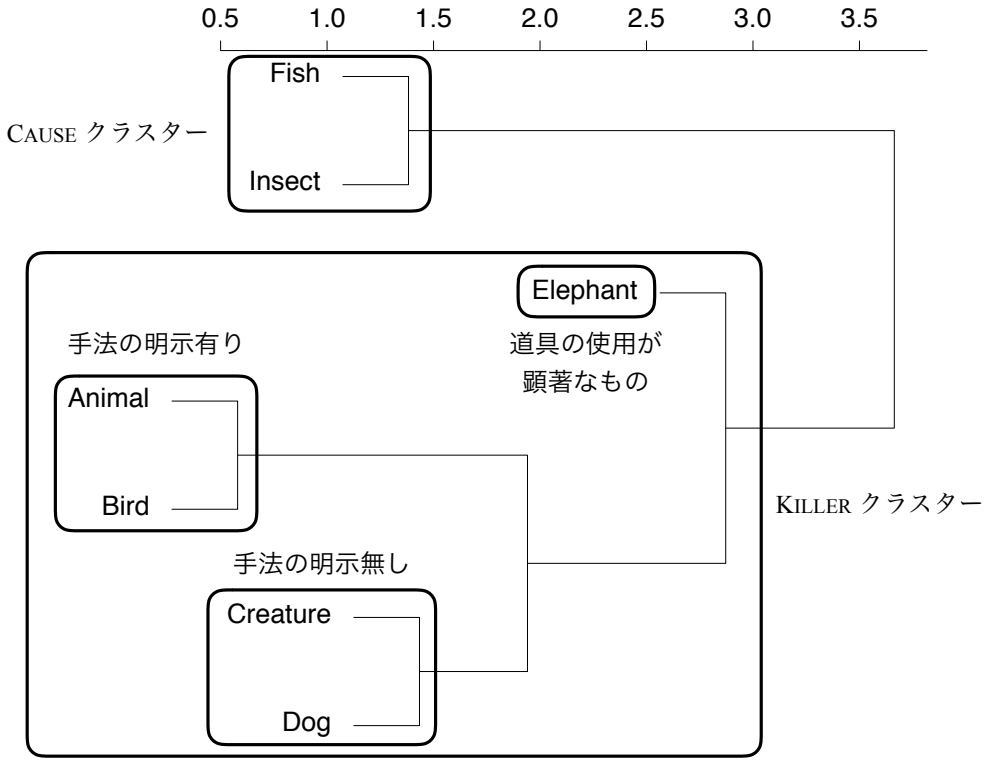


図 2　実現される意味役割にもとづいて形成されたクラスター

5.1　フレーム要素の実現傾向について

本節ではフレーム要素の言語化の傾向について議論する．先行研究では動詞がフレーム要素の言語化に関わると述べられているが，図 2 に示した結果からはどのようなフレーム要素が言語化される傾向にあるのかは純粋な動詞の意味だけに還元することが出来ないと主張する．

Fillmore [8, p.228–233] は上述の商業取引フレームの分析を通し，表 1 に示す各動詞の意味が共通のフレームのどの要素を言語化するのかを議論している[5]．上述のように，Fillmore による意味分析は動詞を中心としたものであり，名詞の意味とフレームの相互作用については詳しい議論がされていない．

本研究での結果はフレーム要素の実現には動詞の意味だけでなく，名詞の意味も関与するということを示している．この点はこれまでの先行研究では明示的に言及されてこなかった．以下に具体例を示す．

図 2 にも示すように，今回の分析対象としたデータにおいては名詞 ‘elephant’ は〈道具 (Instrument)〉というフレーム要素を表す語と共起する傾向があることが分かった．これは「ヒトが象を殺すという状況において道具が必要になる」という傾向を反映したものとして捉えることもできる．この関係は象とヒトの間に成立する関係である「**アフォーダンス** (affordance) 」[16] を部分的に反映していると解釈することができる．名詞 ‘elephant’ を含む典型的な文を次の (4) に示す．

(4)　a. Now the enemy’s all deflated and dead, I feel like all my friends and all the artists were like little pygmies and we’ve been trying to kill **this elephant** all these years with little arrows ⟨Instrument⟩, and finally tonight . . . (CK6 1089)

b. ‘She took enough pills ⟨Instrument⟩ to kill **a healthy elephant**, Sheila, but fortunately a nurse found her – in time, we think. (HWM 1952)

(4) の ‘elephant’ を含む事例はいずれも不定節で使用されているという共通性を持つ．特に (4a) に関しては，上述のように「殺し」という行為における一般的なヒトの体格と一般的な象の体格の非対称性を埋めるためには何らかの道具を使用する必要があるという点を反映していると解釈することができる．

(4b) の意味に関しても同様の解釈が可能である．この場合，動詞 ‘kill’ は ‘pills’ の効力がどの程度のものなのかを示す指標として「象」が言及されている．こ

[5]Fillmore [8] は [4] を含む複数の論文を再録した書籍である．

こでも「象」という対象が〈殺しの対象〉としては，「特別な道具を使用しない限りその命を奪うことが困難になる」ようなものであるという我々の身体性に根ざす共有知識がない限り，(4b) の意味を理解することは困難になると考えられる．

類似の傾向は KILLER クラスターにおける別の語についても観察された．名詞 'dog' に関しては ⟨Cause⟩ が言語化された際に，ヒトの過失が原因にある事故となる事例が観察された．これは名詞 'dog' が表す対象とヒトとの関係を前提としたものであると解釈することができる．

図 2 に示すように，名詞 'dog' は名詞 'creature' 同様に ⟨Killer⟩ と ⟨Cause⟩ の両方を言語化する傾向があり，その死に至るまでの手法が明示されないという点においてクラスターをなす．特に，名詞 'dog' を含む事例の中でも ⟨Killer⟩ が実現されるものには (5) が挙げられる．そして，⟨Cause⟩ が言語化されていた事例として (6) を挙げる．

(5) a. Eventually it was decided that if Kalchu refused to pay the money the Tibetan ⟨Killer⟩ should be allowed to kill the **dog**. (BNU 1751)

b. In late September, she ⟨Killer⟩ killed a **dog**, and 300 local people signed a petition calling for her to be removed. (G33 1864)

(6) a. The **dog** was killed by an intercity train ⟨Caise⟩ on a mainline track. (K1C 2539)

b. Inevitably, one night in the early years of the war, both he and **his dog** were killed by a passing train ⟨Cause⟩. (CE9 896)

(5) はその理由が何であれ「ヒトが犬の命を奪う」という状況を表している．それに対して (6) は「(ヒトによる過失が原因の) 事故が犬の命を奪う」という状況を表している．これらの意味的な違いは，「犬」という動物がヒトとどのような関係が結ばれるのかによってもたらされると分析することができる．

つまり，社会的な慣習として「ヒトが犬をペットとして保持する」という関係が存在しており，この関係が何によって終焉を迎えるのかという話者の関心が反映されていると考えられる．特に (6) は受動態で用いられていることから，'dog' の「被害性」が強調されている．

以上のような傾向は単純に動詞 'kill' の意味に還元することは出来ない．本研究で分析対象とした事例は何らかの形で「何か（誰か）が何か（誰か）を殺す」という意味を表している．しかし，この意味だけでは「犬」や「象」がヒトとどのような関係を持ち，それが言語的にどのような要素を反映するということは十分に記述することが出来ない．

本研究で行ったフレーム意味論にもとづく名詞の分析は，「その言語共同体において，その名詞の指示対象がどのような性質を持ったものとして概念化されているのか」という点を明らかにすることができる．次節では文の名詞が持つ多面的な意味についての考察を行う．

5.2 名詞の「意味」について

本節では Langacker [12] による概念マトリクスの議論を概観する．その上で，CAUSE クラスターにおける名詞 'fish' の分析を通して，名詞の意味の多面性をその名詞が喚起するフレームとの関係から捉えることを提案する．

語の意味，特に名詞の意味が多面的であることは様々な文献において指摘されている [3, 13, 14]．例として *glass* という概念の多面性を挙げる [12, p.47]．Langacker によれば，名詞 *glass* は (1) 空間，(2) 形状，(3) その典型的な空間上での配置，(4) 液体を保持する容器，(5) 飲み物を保持する容器，(6) 材料，(7) 大きさ，等々の多面的な意味を持つと述べている．

Langacker [12, §2.2.2] はこの語の多面的な意味的側面のまとまりを**概念マトリクス** (conceptual matrix) と呼ぶ．この概念マトリクス上の様々な意味は，文脈に応じて適切な意味が選択される．Langacker による指摘は理論的な指向が強いものであり，この指摘が本研究が依拠するフレーム意味論と完全に整合するわけではない[6]．

しかし，この概念マトリクスにおいて「多面的な意味」として扱われている対象をフレームとみなすことにより，本研究の結果は Langacker の主張を支持していると考えることが可能になる．これを CAUSE クラスターの事例をもとに議論する．

CAUSE クラスターにおいては意味役割 ⟨Killer⟩ が言語化される割合が低い語彙が生起する．その中でも特に Fish は ⟨Killer⟩ としてヒトが出にくく，⟨Cause⟩ が言語化される傾向にある．(7) にその一部を掲載する．

[6] Langacker の概念マトリクスの議論では，ある語は様々な「ドメイン (domain)」を喚起するとされる．この「ドメイン」は様々な一般的な背景知識を表すものとして定義される [12, p.44]．しかしながら，Langacker がドメインと呼ぶ対象はその適用範囲が広く，本研究で「フレーム」と呼ぶ対象と完全に対応するわけではないと考えられる．

(7) a. Poor water quality ⟨Cause⟩ kills **more fish** than any genuine disease problem. (C95 2741)

b. Many pollutions ⟨Cause⟩ will kill **fish**, or at least cause them distress. (FA1 1474)

一般的な直感として (7a) における 'Poor water quality' や (7b) の 'pollution' を引き起こす原因となるのは（大抵が）人間であると想像される．しかし，これらの語の指示対象にその状況を引き起こす特定の人物（あるいは団体）が含まれている必要はない．

Fish においては，言語化される要素は ⟨Cause⟩ という意味を持つものが大半を占めるが，⟨Killer⟩ が言語化されわけではない．しかし，この場合の ⟨Killer⟩ はヒト以外の有生物が該当する．代表的な事例を次の (8) に掲載する．

(8) a. Boxfish ⟨Killer⟩ (ostraciontidae) release a poisonous substance into the aquarium if badly handled or attacked by other fish sufficient to kill **all fish** in the same aquarium and itself. (FBN 1830)

b. It is unlikely that the Slugs and Leatherjackets ⟨Killer⟩ are killing **the fish**, other than that their decomposition will contribute to the poor water quality.

次に同じ CAUSE クラスターに属する Insect についての特徴を述べる．表 2 にあるように，Insect の ⟨Cause⟩ としての相対頻度は Fish の 0.66 よりも高い 0.71 だが，⟨Cause⟩ となりうる要素はヒトが殺虫剤として用いる何らかの道具である．

(9) a. Modern woodworm killing fluids Cause are very efficient and will kill **the insects** at all stages of their life cycle. (CG5 1738)

b. We discovered that it was because of the pills put between the cocoa bean sacs Cause to kill **insects**. (G3U 145)

また，Fish 同様に Insect においても ⟨Killer⟩ が実現される場合もあるが，その場合は次の (10) に示すようにヒトであることが確認された[7]．

(10) I'm ⟨Killer⟩ going to kill that **insect** on your dress. (FRE 1073)

[7](10) における ⟨Killer⟩ に該当する要素は I'm の内の I のみだが，表記の簡略化のために下付き文字は I'm の m 位置に付与した．

以上の観察をまとめると，Fish は汚染等のヒトの制御が相対的に難しい要因によって死ぬのに対して Insect は殺虫剤のようにヒトの制御が相対的に容易な要因によって命を落とす対象として表現されていた．それに加え，⟨Killer⟩ としてヒトが表現されるのが Insect のみとなるという点も特徴として挙げることが出来る．これらの特徴は §5.1 で挙げた 'dog' や 'elephant' とは異なっている．

このように名詞で表される対象がどのようなものとして解釈されるのかは喚起されるフレームとの関係で決定すると考えられる．'fish' に関しては，ヒトと魚の関係として (i)「食事のために〈食材〉として加工する」，(ii)「娯楽のために〈鑑賞対象〉として保持する」，(iii)「研究のために〈研究対象〉として保持する」，などといったフレームが喚起される可能性は十分に考えられる．本稿の目的は特定の語が喚起しうるフレーム全てを記述することではないが，(7) の事例においては (i) から (iii) に挙げたような解釈が反映されているとは考えにくい．

以上の観察を踏まえると，Langacker が指摘するような名詞の意味の多面性はその指示対象が持つ物理的な性質と各フレームによって特徴付けられるフレーム要素との関係から形成されると考えられる．つまり，本研究で扱った名詞の意味の多面性はどのようなフレームにおける意味役割が付与されるのかに依存すると解釈することができる[8]．

言い換えるならば，名詞は複数のフレームを喚起する可能性があり，この複数のフレームによって特徴付けられる意味役割との相互作用によって「多面的な意味」が形成されていると考えられる．このような特性は §2. で例示した「商業取引フレーム」における *buy* や *sell* といった動詞とは大きく異なる．

6. 結論

本稿では動物名詞の分析を通して，フレーム意味論が名詞の意味も扱える可能性を示した．本研究では BNC コーパスを用いて，動詞 *kill* の目的語に生起する動物名詞 {creature, {animal {dog, elephant}}, {bird}, {fish}, {insect}} を `Killing` フレームを利用して分析した．この結果，(i) フレーム要素の実現傾向が動詞の意味だけに還元できないこと，(ii) 名詞の多面的な意味は，その名詞が喚起する複数のフレームに

[8]黒田ら [17] は概念分類の方法として名詞の意味を「意味型 (semantic type)」と「意味役割 (semantic role)」に分類しており，前者は知覚的な特徴から特徴付けられる名詞を (e.g., *dog, cat, ...*)，後者はフレームにおける特定の役割を表す名詞 (e.g., *victim, killer, ...*) として特徴付けられる．意味型を表す名詞は様々な意味役割を持つと考えられており，本研究の見解とも矛盾しない．

よって特徴付けられる，という 2 点を主張した．

本研究で扱った名詞は「あるフレームに参与する可能性がある要素」として特徴付けることができる．このような名詞を便宜的に普通名詞と呼ぶ．フレーム意味論に基づく名詞の分析を展開するにあたっては，今回扱ったような (i) 普通名詞，*killer* や *victim* のように当該のフレームの意味役割を直接的に表す (ii) 関係名詞，*annihilation, killing* といった当該のフレームで表される事態を直接表す (iii) 事態名詞という少なくとも三つのクラスを名詞に与えることができると考えられる．これらの各クラスが実際のコーパスにおいてどのような振る舞いを見せるのかの考察については今後の課題としたい．

文献

[1] Collin F. Baker, Charles J. Fillmore, and John B. Lowe. The berkeley framenet project. In COLING-ACL 98, pages 86–90, 1998.

[2] Alan D. Cruse. Lexical Semantics. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

[3] Christiane Fellbaum. Lexical relations. In John R. Taylor, editor, The Oxford Handbook of the Word, pages 350–363. Oxford University Press, Oxford, 2015.

[4] Charles J. Fillmore. Topics in lexical semantics. In Roger W. Cole, editor, Current Issues in Linguistic Theory, pages 76–138. Indiana University Press, Indiana, 1977.

[5] Charles J. Fillmore. Frame semantics. In The Linguistic Society of Korea, editor, Linguistics in Morning Calm, pages 111–137. Hanshin Publishing Company, Seoul, 1982.

[6] Charles J. Fillmore. Frames and the semantics of understanding. QUADERNI DI SEMANTICA, VI:222–254, 1985.

[7] Charles J. Fillmore. The hard road from verbs to nouns. In Matthew Y. Chen, Ovid Jl Tzeng, and William S-y Wang, editors, In Honor of William S-Y Wang: Interdisciplinary Studies on Language and Language Change, pages 105–129. Pyramid Press, Taipei, Taiwan, 1994.

[8] Charles J. Fillmore. Form and Meaning in Language, Vol.1: Papers on Semantic Roles. CSLI Publications, Stanford, CA, 2003.

[9] Charles J. Fillmore and Beryl T. Atkins. Toward a frame-based lexicon: The semantics of risk and its neighbors. In Adrienne Lehrer and Eva Feder Kittay, editors, Frames, Fields, and Contrasts: New Essays in Semantic and Lexical Organization, pages 75–102. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Hillsdale, New Jersey, 1992.

[10] Stefan Th. Gries. Behavioral profiles: a fine-grained and quantitative approach in corpus-based lexical semantics. The Mental Lexicon, 5(3):323–346, 2010.

[11] Adam Kilgarriff, Vít Baisa, Jan Bušta, Miloš Jakubíček, Vojtěch Kovvář, Jan Michelfeit, Pavel Rychlý, and Vít Suchomel. The sketch engine: Ten years on. Lexicography, 1(1):7–36, 2014.

[12] Ronald W. Langacker. Cognitive Grammar: A Basic Introduction. University of Chicago Press, Chicago, 2008.

[13] George A. Miller. Nouns in wordnet. In Christiane Fellbaum, editor, WordNet: An Electronic Lexical Database, chapter 1, pages 23–46. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998.

[14] M. Lynne Murphy. Lexical Meaning. Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

[15] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.

[16] Edward S. Reed. Encountering the World: Toward an Ecological Psychology. Oxford University Press, New York, Oxford, 1996.

[17] 黒田 航, 中本 敬子, and 野澤 元. 意味フレームに基づく概念分析の理論 — 意味役割を意味フレームの構成要素として定義する—. In 認知言語学論考, volume 4, pages 133–269. ひつじ書房, 東京, 2004.

[18] 水本 篤 and 竹内 理. 効果量と検定力分析入門 —統計的検定を正しく使うために—. 2010 年度部会報告論集「より良い外国語教育のための方法」, pages 47–73, 2010.

言語解析を応用した映画におけるショット時間長の文脈構造解析
Film Context Analysis of Shot Length based on Language Processing

大河原 一輝[†‡]，大山 潤爾[†]
Kazuki Ookawara, Junji Ohyama
[†]産業技術総合研究所，[‡]筑波大学
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba University
ookawara.kazuki@aist.go.jp

Abstract
ヒトは時間変化する情報を、物理的な時間とは異なる単位で知覚している。映画におけるショット長の遷移パターンをヒトの時間知覚の観点から見ることにより、視聴者の映画の印象や評価に影響するストーリー展開の文脈構造を分析できる可能性がある。この仮説を検証するため、本研究では時間知覚特性に基づいてショット長を符号化し、言語解析手法によりショット長の遷移パターンの傾向を分析した。分析対象は、1973年から2013年までの邦画20作品（平均上映時間115.34分、SD=16.12分）とした。分析の結果、ショット長の遷移パターンと映像作品の評価値の間には相関があり、ショット長の遷移パターンが映像の印象を構成する要因の一つである可能性が示唆された。

Keywords — 映像情報処理，映像文脈，時間遷移パターン，時間知覚

1. はじめに

映像は非言語情報であり、時空間的に変化する視覚情報である。映像作品において、一台のカメラで撮影されて編集されていない連続した複数のフレーム画像で構成される映像の最小単位は“ショット”と呼ばれ[1]、複数のショットを時系列に配置することにより、一連の場面展開や映像全体のストーリー（時間文脈構造）が表現される。

我々が映画から受ける印象が映像の中の各ショットの時間長（以下“ショット長”と呼ぶ）と時系列配置（以下“遷移パターン”と呼ぶ）によって異なることは経験的に知られている。例えば、映画の予告は本編の映画に使われているショットを本編と異なるショット長と遷移パターンに編集したものであるが、実際の映画と異なる印象であった、ということはしばしば経験されることである。これは、ショットの遷移パターンを編集したことにより、我々が知覚する映像の印象が変化したことを意味する。映像情報は、表示される各フレームの画像に含まれる空間情報と、連続したフレームで表現される空間情報の短い時間変化を含むショットの時空間情報と、各ショットのショット長と遷移パターンに含まれる時間文脈構造で構成されていると言うことができる。しかし、映像情報におけるショット長やショットの遷移パターンの構造解析や、映像内容の理解や印象との関係は解明されていない。

映像には文法的な構造があり、その時間文脈がヒトの中でテキストや音声のように符号化および構造化されて認知されている可能性が報告されている[2]。これは、映像全体の構造を言語構造のような符号列として解釈することができ、その時系列構造に対する言語構造解析が適用できる可能性を示唆している。

また、予期しない視覚刺激によってヒトが知覚する時間情報に変化が生じること[3]や、聴覚刺激のテンポによってヒトが感じる印象が変化すること[4]が知られていることから、映像作品のショット長と遷移パターンは、そうしたヒト（視聴者）の認知特性に合わせて編集され、映像全体のストーリー展開や、そこから得られる作品の印象評価などに関わる時間文脈情報が反映されている可能性が考えられる。

そこで本研究では、映画のショット長の遷移パターンが視聴者の映画の印象評価に与える影響を調査するため、ショット長の遷移パターンの傾向と性質の分析を行う。符号列としてみたショット長の遷移パターンに対して言語解析手法を適用することにより、遷移パターンの規則性および映画作品の評価との関連性を分析する。言語解析手法により見出されたショット長の遷移パターンが、視聴者の映画評価にどのような影響を与えるのか把握することにより、映画におけるショット長の遷移パターンの役割について検討を行う。

1.1. 映像データセットの構築

解析対象となる映画作品は、1973年から2013年の邦画20作品とする。作品に関する情報は、オンラインの映画情報サイト Yahoo 映画[5]からレビュー評価を収集した。レビュー評価は、評価値1から評価値5のそれぞれに対するレビュー件数である。

本稿では映画作品のショット長の時間分脈構造を解析するため、作業者が、動画編集ソフトを用いて1フレームずつ確認しながら、邦画20作品のショットの切り替わりを判断してショット単位に分割した。各ショ

ット長はショットのフレーム数から機械的に算出し、1作品ごとにショット長の遷移パターンのデータを作成した。今回対象とする、邦画20作品における作品の平均上映時間は115.34分（SD=16.12分）であり、1作品に含まれる平均ショット数は704.75であった。

2. ショット長解析

ショットは多様なショット長で表現される情報であるため、ヒトがショットから受け取る情報はショット長に依存して異なると考えられる。本章では、ヒトの時間に関する知覚特性の観点から、心理空間におけるショット長を定義し、その特性について分析を行う。

2.1. 時間知覚特性

ヒトは時間変化する情報を、物理的な時間とは異なる単位で知覚している[6]。Kristofferson による時間量子説[7]では、ヒトは時間変化する情報を離散的な情報として知覚しており、情報の時間長が長くなるほど時間分解能（単位時間）が荒くなることを実験的に示している。具体的には、100ms 以降の単位時間は 13ms であり、200ms 以降では 25ms、400ms 以降では 50ms、800ms 以降 1480ms までは 100ms であった。同様な実験を行なった Jingu の実験[8]においても、単位時間の詳細は異なるが、時間長が長くなるほど単位時間が大きくなる特性を確認している。

Fetterman et al. による実験[9]では、ヒトが時間情報から受け取る情報量が、時間長に対して対数変換を施した量（一般化ウェーバーの法則）に漸近することが示唆されている。時間長を対数変換した単位は、時間長が長い情報ほど単位時間が大きくなるという特性を表現しており、これは前述の時間量子説と一致する。

この時間知覚特性をショット長に適応することにより、心理空間におけるショット長の特性や遷移パターンの把握が可能となる。本稿では、物理的な時空間におけるショット長t_{real}に対応する、時間知覚特性を考慮したショット長t_{mind}を、一般化ウェーバーの法則を用いて、次式のように定義する。

$$t_{mind} = log_{10}\ (t_{real}) \qquad (1)$$

2.2. 方法

時間知覚特性を考慮したショット長が、映像作品においてどのような分布をとるか調査を行った。映画データセットに含まれる全映画作品に対して、時間知覚特性を考慮したショット長の分布と、そのヒストグラムを算出した。ヒストグラムの刻み幅は、0.10s から 1000s までのショット長が対数空間上で20等分されるように決定した。刻み幅は対数空間で 0.2 であった。

ショット長の分布に対して、分布の対称性を表す歪度、正規分布と比べた分布の鋭さを表す尖度を求め、分布の傾向について調査を行った。

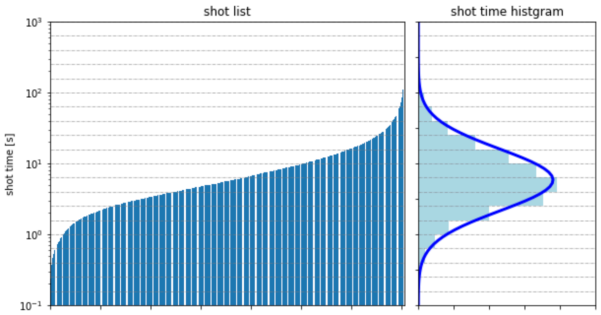


図1 時間知覚特性を考慮したショット長の分布（左）とそのヒストグラム（右）。縦軸はショット長を表す。左図の横軸に全作品のショット長を並べている。右図の横軸はショット長の頻度を表す。右図の青線はフィッティングした正規分布曲線を表す。

2.3. 結果

図1は、時間知覚特性を考慮したショット長分布と、ショット長のヒストグラムを示す。ショット長の頻度分布は、対称性を持っており（歪度 ±0.0）、正規分布より少し鋭い構造となること（尖度 0.78）が示された。尖度は正規分布（尖度 0.0）とロジスティック分布（尖度 1.2）の区間内であることから、正規分布に近い分布構造をとることがわかった。ショット長の分布に対して、正規分布曲線のフィッティングを行った結果、フィッティングした正規分布曲線において、ショット長の最頻値は 5.82 秒であった。

2.4. 考察

ショット長の分布は対数空間で正規分布に近い形であった。対数で対称性を持つ分布を示したことから、映画監督はショット長を対数尺度で捉えており、分布中央値の周辺のショット長を基準に、ショット長を設計している可能性が考えられる。視聴者が時間情報に対して知覚する情報量が、ショット長を対数変換した単位に漸近することを考慮すると、映画監督は視聴者の時間知覚特性を考慮してショット長を設計している可能性が示唆される。

ショット長の分布最頻値は 5.82 秒を示した。映画監督が視聴者の知覚特性を考慮してショット長を設計している可能性から、このショット長には、意識的か無

意識的かは不明だが、映画監督の何らかの意図が含まれている可能性が考えられる。映画は数時間に渡る文脈情報を視聴者に伝える必要があり、視聴者の認知的な負担も高いと考えられるため、ショット長あたりに含められる情報量や視聴者の認知負荷量などのバランスが考慮された基準値である可能性が考えられる。

ショット長のヒストグラムは、山なりの分布を示しており、フィッティングした正規分布曲線の傾向をよく表現していることが読み取れる。

3. n-gram 構造解析

2 章の解析から、映画作品に利用されるショット長が対数空間で正規分布に近い形をとることが示された。一方、ショット長は正規分布の出現確率の中で、ランダムに設計されているのか、それとも複数のショットのショット長遷移パターンに特徴があるのか、は不明である。そこで、本章では、ショット長の遷移パターンについて分析評価するために、言語解析における n-gram 構造[10]をショット解析に応用し、n-gram 構造の観点からショット長の遷移パターンにどのような傾向があるか明らかにする。

3.1. 時間長ラベル

言語解析を適用するための準備として、ショット長の符号化を行う。3 章では、ショット長のヒストグラムが正規分布曲線の傾向をよく表現していた。そこで、ヒストグラムの刻み幅を 1 つのラベルとした時間長ラベルを定義し、以降では、時間長ラベルの遷移パターンを用いてショット長の性質の解析を行う。一定の刻み幅で区切られた、i番目の時間知覚特性を考慮したショット長$t_{mind,i}$を用いて、時間長ラベルtは次式で与えられる。本稿では、刻み幅は 3 章のヒストグラムと同様の 0.2 とした。

$$t = \arg_i \Delta t_{mind,i}$$
$$\Delta t_{mind,i} = t_{mind,i+1} - t_{mind,i} = const. \quad (2)$$

3.2. n-gram 分析

言語解析では、構文の文法構造を解析するために、単語列や品詞列などの符号列を一つの単位として扱う[10]。単語や品詞は文法に基づいて並べられるため、部分的な符号列にも文法的な意味合いが含まれている。n 個の符号列で表現される単位は n-gram と呼ばれ、例えば、3 つの連続する単語からなる単位は単語 3-gram と呼ぶ。(赤い, 林檎, と, 黄色い, 梨) という例文を単語 n-gram (n=1, 2, 3) の遷移として表現すると以下のようになる。

1-gram (赤い、林檎、と、黄色い、梨)
2-gram (赤い林檎、林檎と、と黄色い、黄色い梨)
3-gram (赤い林檎と、林檎と黄色い、と黄色い梨)

この例文において、単語 1-gram では「赤い」のが「林檎」と「梨」のどちらであるかわからない。単語 2-gram では「赤い林檎」は存在するパターンであり、「赤い梨」は存在しないパターンであるため、統計的性質を用いて「赤い林檎」が妥当な単語列であると判断することができる。n-gram 構造の傾向は遷移パターンの解釈に利用可能である。

n-gram 構造を映画のショット長に応用することにより、短いショット長の遷移パターンを解析することが可能となる。本稿では、n個の連続するショット長で構成される単位をショット長 n-gram と定義する。例えば、時間長ラベル集合T、任意の時間長ラベル$t \in T$、映画作品のショット長$t_1 t_2 \dots t_h$が与えられたとき、映画作品のショット長の 3-gram の遷移は$t_1 t_2 t_3$, $t_2 t_3 t_4$, …, $t_{l-2} t_{h-1} t_h$となる。便宜上、本稿ではショット長 n-gram における 1 番目、2 番目、…、n 番目のショットの時間長ラベルを 1st shot、2nd shot、…、nth shot と記載する。

3.3. 方法

ショット長の遷移パターンの傾向を把握するため、2 つの n-gram 構造解析を行った。

(1) 映画作品の 2-gram のショット長の変化量について調査し、任意の時間長ラベルからの遷移パターンの傾向をみた。本稿での“ショット長変化量”とは、連続する 2 つのショットの間のショット長の差であり、差分を計算する際の 2 つのショット長は、離散符号化した時間長ラベルの数値での時間の差である。

(2) 映画作品の 3-gram のショット長変化量について調査した。1st shot と 2nd shot の変化量と、2nd shot と 3rd shot の変化量を求め、2 つのショット長変化量の関係性を検討した。

3.4. 結果

図 2 は 2-gram におけるショット長変化量を示す。横軸は 1st shot、縦軸は 1st shot と 2nd shot の時間長ラベルの変化量を示す。1st shot の時間長ラベルが大きくなるほど、2-gram のショット長変化量は減少する傾向 (r=0.95、p<0.001) が見られた。変化量の回帰直線

では、1st shot が 10.35 のときショット長変化量が 0 であり、分布最頻値（時間長ラベル 9.82）の周辺で変化量の正負が逆になることがわかった。これは、1st shot が分布最頻値より小さいときは、ショット長が長くなるように遷移する傾向があること、分布最頻値より大きいときは、ショット長が短くなるように遷移する傾向があることを意味しており、ショット長が分布最頻値に向かって遷移する傾向を示している。

図 3 は 3-gram におけるショット長変化量を示す。横軸は 1st shot と 2nd shot の変化量、縦軸は 2nd shot と 3rd shot の変化量を示す。第 1 象限は 1st shot、2nd shot、3rd shot の順に、ショット長が徐々に長くなるパターン（up-up）、第 2 象限は 2nd shot で短くなり 3rd shot で長くなるパターン（down-up）、第 3 象限は徐々に短くなるパターン（down-down）、第 4 象限は 2nd shot で長くなり 3rd shot で短くなるパターン（up-down）の分布を表現している。

3-gram の全分布のうち、16.1%が up-up、34.7%が down-up、14.0%が down-down、25.2%が up-down に分布しており、up-up と down-down の出現回数が、up-down と down-up の半数にも満たないことがわかった。

全分布に対して主成分分析を行った結果、第 1 主成分は 135 度の方向（水平成分 −0.704、垂直成分 0.709）を示しており、第 2 主成分は 225 度の方向（水平成分 −0.709、垂直成分 −0.704）を示した。第 1 主成分の寄与率 0.789 は、第 2 主成分の寄与率 0.210 の 3 倍以上の値を示していることから、135 度の方向への分布の広がりが大きいことがわかった。これは、up-down および down-up におけるショット長変化量が多様であることを意味する。

3.5. 考察

2-gram の解析では、ショット長の分布最頻値に近づくように、ショット長が遷移する傾向が示された。これは、ショット長の分布最頻値の周辺での遷移を繰り返す傾向があることを意味しており、映画監督が特定のショット長を意識的または直感的に調整して並べている可能性が考えられる。

3-gram の解析では、ショット長が連続して長くなる（短くなる）パターン A はショット長変化量の標準偏差が小さく、長短を繰り返すパターン B は変化量の標準偏差が大きいことが示された。セリフやアクションなど、特定のショット長を有する演出に合わせてショット長が調整されるのであれば、演出の多様性に応じて標準偏差は一様になると考えられる。しかし、パターンによって標準偏差が異なっていることから、映画監督の意図が、ショット長の遷移パターンに反映されている可能性が示唆される。特に、変化量の標準偏差が小さいパターン A は、セリフやアクションなどの演出とは独立した、別の意図の下で構成されている可能性が考えられる。

以上から、ショット長の遷移パターンには映画監督の意図が反映された文法規則があり、演出内容とは独立した役割を持つ可能性が示唆される。

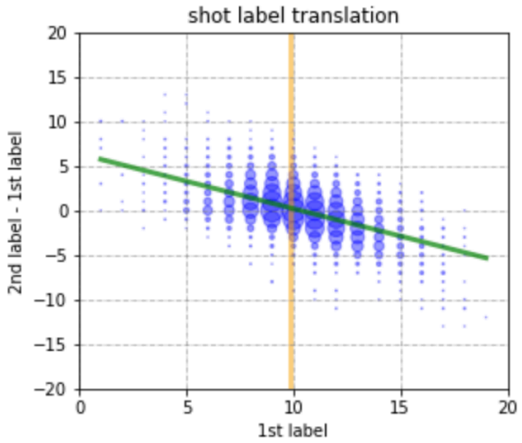


図 2　2-gram 構造におけるショット長変化量。青点は全映像作品における変化量のプロットであり、その大きさは頻度を表す。青点は任意の 1st shot における平均変化量であり、緑線はその回帰直線を表す。黄線はショット長の分布最頻値を表す。

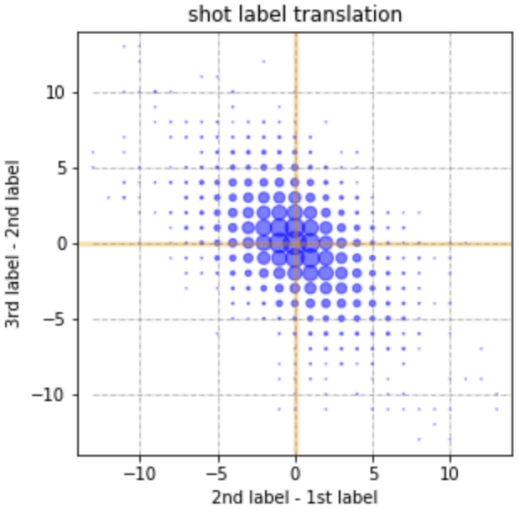


図 3　3-gram 構造におけるショット長変化量。青点の大きさは頻度を表す。

4. IDF 構造解析

3 章の解析から、ショット長の遷移パターンには文法規則があり、映画監督が遷移パターンよってショット長を使い分けている可能性が示唆された。しかし、異なる映画監督が共通して利用する文法規則がどのようなものであり、それが視聴者の印象評価にどのような影響を与えているか、は不明である。そこで、本章では、任意の n-gram がどのくらいの映画作品に共通するパターンなのかを分析評価するために、言語解析における逆文書頻度（Inverse Document Frequency、IDF）[11]をショット解析に応用し、複数の映画作品に共通するショット長の遷移パターンとその役割を明らかにする。

4.1. 逆文書頻度（Inverse Document Frequency）

言語解析では、文書間の単語 n-gram の利用率を測定する手法として逆文書頻度（Inverse Document Frequency、IDF）[11]が利用される。IDF では、多くの文書に現れる単語 n-gram ほど小さく、特定の文書に現れる単語 n-gram ほど高く採点される。高い IDF 値を持つ単語 n-gram は特定の文書を表現するための特徴と考えることができる。言語解析における IDF では、助詞や代名詞といった複数文書に共通する語句を低い値として検出することが可能である。

言語の IDF を映画のショット長に応用することにより、任意のショット長の n-gram がどのくらいの映画作品に共通するパターンなのか把握することが可能である。時間長ラベル集合Tの任意の時間長ラベル$t \in T$、映画作品集合Mの任意の映画作品$m \in M$、映画のショット長の符号列$t_1 t_2 \dots t_h$が与えられたときの、i番目のショット長の n-gram の IDF 値は次式のように表される。ここで、Nは映画の作品数$N = |M|$であり、$|\{v \in V : ngram_i \in v\}|$は$i$番目の n-gram が現れる映画作品数である。

$$IDF(gram_i^n) = log \frac{N}{\left|\{m \in M : gram_i^n \in m\}\right|} \quad (3)$$

$$gram_i^n = t_i t_{i+1} \dots t_{i+n-1}$$

4.2. 方法

IDF によるショット長の構造解析では、次の 3 つの解析を行った。

(1) IDF 値に対する 3-gram の頻度分布、種類分布、時間ショット長分布を調査した。頻度分布および種類分布は分布の合計が 1 になるように正規化した。ショット長分布は 3-gram における 1 番目から 3 番目のショットの時間長ラベルの値を個別に集計した。

(2) IDF 値の頻度分布の中央値で 2 つ（高 IDF 群、低 IDF 群）に分割し、各群に属する 3-gram の時間長ラベルの変化量の傾向を調査した。具体的には、ショット長 3-gram における 1 番目から 2 番目の時間長ラベルの変化量と、2 番目から 3 番目の時間長ラベルの変化量を求め、2 つの変化量の関係性について調査した。

(3) IDF 値で表現された 3-gram が映画作品においてどのような役割を持つか調査するため、映画作品の IDF による情報と映画作品情報との関係に対してピアソンの積率相関分析を行った。IDF 値による情報は、3-gram の作品内の平均および標準偏差とし、作品内の全パターン（all）、up-up、down-up、down-down、up-down の 5 群に対して求めた。

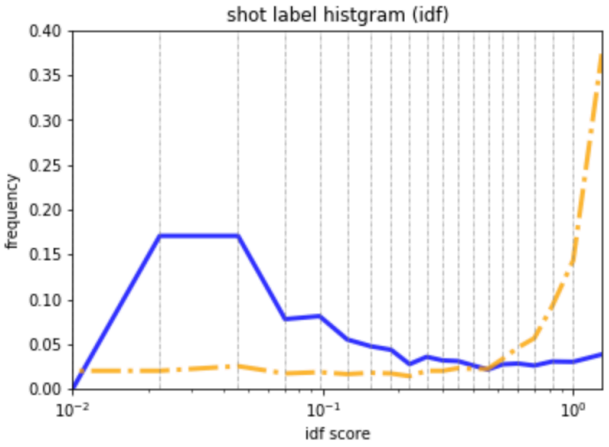


図 4 IDF 値に対する 3-gram の頻度分布と種類分布。青実線は頻度分布を表し、黄破線は種類分布を表す。

4.3. 結果

図 4 は、IDF 値に対する 3-gram の頻度分布、種類分布を示す。横軸は IDF 値、縦軸は分布割合を示す。頻度分布は、IDF=0.02、0.05 の 2 点で最頻値をとり、IDF 値が増加するにつれて頻度は減少する傾向（r=−0.52、p<0.05）がみられた。種類分布は、IDF 値が大きいほど種類数が多くなる傾向（r=0.53、p<0.05）が示された。IDF 値が小さい 3-gram は、種類は少ないが多く利用されることがわかった。

図 5 は、IDF 値に対する 1st shot、2nd shot、3rd shot の時間長ラベル分布を示す。3 つのグラフは上から順に 1st shot、2nd shot、3rd shot を示す。横軸は IDF 値、縦軸は時間長ラベルを示す。1st shot、2nd shot、3rd shot の全てにおいて、IDF 値が高くなるほどショット長のとる時間長ラベルの区間が大きくなる傾向（1st shot

は r=0.917、p<0.001、2nd shot は r=0.917、p<0.001、3rd shot は r=0.907、p<0.001）が示された。

図 6 は、高 IDF 群と低 IDF 群における、3-gram のショット長変化量の分布を示す。横軸は 1st shot から 2nd shot へのショット長変化量、縦軸は 2nd shot から 3rd shot へのショット長変化量を示す。低 IDF 群に比べて、高 IDF 群は広い範囲の分布を取っており、高 IDF 群に含まれるパターンは前後のショット長の差が多様であることがわかった。一方で、低 IDF 群のパターンはショット長の差が小さいことがわかった。

表 1 は、映像作品の IDF による情報と映画作品情報との相関分析結果を示す。all、up-down、down-up の標準偏差が、映画作品の評価値 1 との相関傾向が示唆された。all、up-up、up-down、down-up の標準偏差が、映画作品の評価値 2 と相関傾向が示唆された。また、分布の標準偏差と、評価値 4 との相関傾向が示唆された。

4.4. 考察

ショット長分布では、1st shot、2nd shot、3rd shot の全てにおいて、IDF 値が小さくなるほど狭い区間のショット長をとる傾向が示された。そのショット長はショット長分布最頻値を含む区間に分布していることが読み取れる。また、ショット長変化量の分布では、低 IDF 群のパターンはショット長の変化量が小さく、高 IDF 群のパターンはショット長の変化量が多様であることが読み取れる。このことから、複数作品に共通するパターンは、狭い区間のショット長の組み合わせとして表現されやすく、作品固有のパターンは、分布最頻値から離れた区間のショット長の組み合わせを取りやすいことが考えられる。また、異なる映画監督が共通したショット長を考慮している可能性を示唆する。

一方で、評価の高い映画作品は、遷移パターンの IDF 値の標準偏差が小さく、評価の低い映画作品は、遷移パターンの IDF 値の標準偏差が大きいことが示された。IDF 値が高いほどパターンの変化量が大きい傾向にあることから、多様なショット長の変化を伴う映画作品は低評価を招く傾向があることも示された。時間情報（楽曲）のテンポ感とヒトの好みの関係性について、Holbrook の調査[4]では、極端なテンポより中庸なテンポが好まれやすいことが報告されている。ショット長が多様に変化する映画作品は、ヒトのテンポ感の知覚に好ましくない影響を与えている可能性が考えられる。ショット長の変化が大きいパターンは作品個性を強調

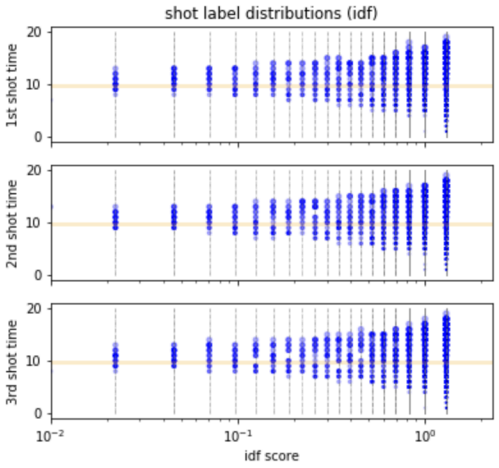
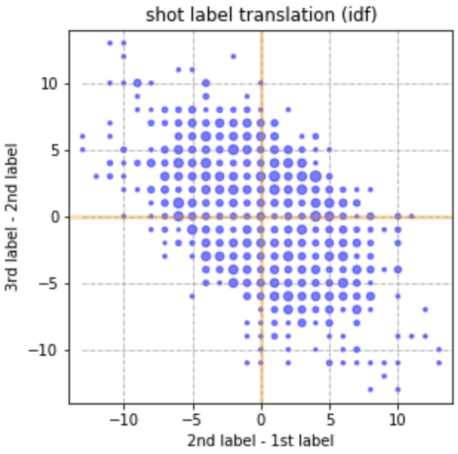
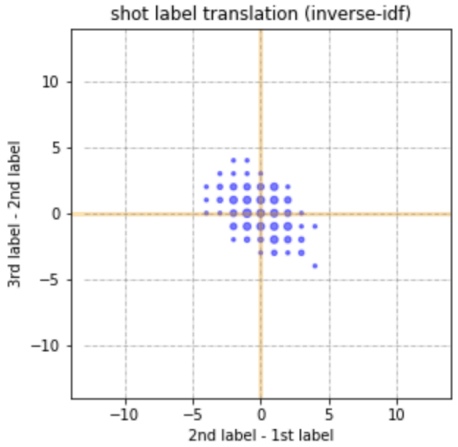


図 5　IDF 値に対する 3-gram の 1st shot、2nd shot、3rd shot のショット長分布。青点はショット長（時間長ラベルの値）、黄線はショット長の分布最頻値を表す。



(a) 高 IDF 群におけるショット長の変化量



(b) 低 IDF 群におけるショット長の変化量

図 6　高 IDF 群と低 IDF 群における 3-gram のショット長変化量。青点の大きさは頻度を表す。第 1 象限は up-up、第 2 象限は down-up、第 3 象限は down-down、第 4 象限は up-down の分布を表す。

表１　IDF 値と作品評価の相関分析結果（*p<.05、**p<.01、***p<.001）。

作品評価	IDF 値（平均）					IDF 値（標準偏差）				
	all	*up-up*	*down-up*	*down-down*	*up-down*	*all*	*up-up*	*down-up*	*down-down*	*up-down*
評価値５	−.10	−.19	−.16	−.01	−.12	−.19	−.22	−.31	−.05	−.12
評価値４	−.37	−.40	**−.45***	−.38	**−.46***	**−.67****	**−.59****	**−.73*****	**−.55***	**−.64****
評価値３	−.02	.09	.01	−.08	−.04	−.04	.05	.01	−.11	−.16
評価値２	.35	.44	.43	.30	.42	**.63****	**.59****	**.73*****	.39	**.57****
評価値１	.26	.27	.34	.22	.34	**.50***	.41	**.61****	.39	**.50***

することにつながるが、それを多用することにより映像の不快感を招きやすいことが示唆される。

以上より、作品共通のショット長の遷移パターンは、ショット長の変化量が小さい傾向にあり、視聴者の映像作品の低評価を退ける役割があることが示唆される。

5.　MLE 構造解析

4 章の解析から、映画作品に共通するショット長の遷移パターンが映画作品の高評価につながることが示唆された。しかし、作品単位の出現確率に基づく傾向では、ショット長の遷移パターンがどのくらい扱われるものであるか、また多く扱われるパターンが視聴者の印象評価にどのような影響を与えているか、は不明である。そこで、本章では、任意の n-gram がどのくらい映画作品に現れるパターンなのか分析評価するために、言語解析における最尤推定（Maximum Likelihood Estimation、MLE）[12]をショット解析に応用し、よく利用されるショット長の遷移パターンとその役割について明らかにする。

5.1.　最尤推定（Maximum Likelihood Estimation）

言語解析では、構文の単語分割や品詞検出に単語の遷移確率が利用される。単語の遷移確率を計算する手法には最尤推定（Maximum Likelihood Estimation、MLE）[12]がよく用いられる。言語における MLE は、先行する n-1 個の単語列から次に現れる単語の遷移確率を計算する。そのため、n-1 個の符号の遷移パターンに依存して、どのような符号が利用される傾向にあるか把握することが可能である。

言語の MLE を映画のショット長に応用することにより、n-1 個のショット長の遷移パターンから、どのようなショット長が利用される傾向にあるか把握することが可能である。時間長ラベル集合Tの任意の時間長ラベル$t \in T$、映画のショット長の符号列$t_1 t_2 \dots t_h$が与えられたときの、i番目の n-gram の MLE 値は次式で表される。$count$は全映画作品における頻度を表す。

$$MLE(gram_i^n) = P(gram_i^n | gram_i^{n-1}) = \frac{count(gram_i^n)}{count(gram_i^{n-1})} \quad (4)$$

$$gram_i^n = t_i t_{i+1} \dots t_{i+n-1}$$

5.2.　方法

MLE によるショット長の遷移パターンの解析では、次の 3 つの解析を行った。

(1) MLE 値に対する 3-gram の頻度分布、種類分布、時間長ラベル分布を調査した。頻度分布および種類分布は分布の合計が 1 になるように正規化した。時間長ラベル分布は 3-gram における 1 番目から 3 番目の時間長ラベルを個別に集計した。

(2) MLE 値の頻度分布の中央値で 2 つ（高 MLE 群、低 MLE 群）に分割し、各群に属する 3-gram のショット長変化量の傾向を調査した。具体的には、3-gram における 1 番目から 2 番目のショット長変化量と、2 番目から 3 番目のショット長変化量を求め、2 つの変化量の関係性について調査した。

(3) MLE 値で表現された 3-gram が映画作品においてどのような役割を持つか調査するため、映画作品の MLE による情報と映画作品情報との関係に対してピアソンの積率相関分析を行った。MLE 値による情報は、3-gram の MLE 値の作品内の平均および標準偏差であり、作品内の 3-gram の全パターン（all）、up-up、down-up、down-down、up-down の 5 群に対して求めた。

5.3.　結果

図 7 は、MLE 値に対する 3-gram の頻度分布、種類分布を示す。横軸は MLE 値、縦軸は分布割合を示す。頻度分布より、MLE=0.2 で最頻値をとり、99.0%の 3-gram が MLE=0.4 以下に分布していた。種類分布は、MLE=0.4 以下の範囲において、値が小さいほど種類数が多い傾向（r=−0.880、p<0.001）が示された。このことから、比較的少ない種類の 3-gram が多く利用さ

れる傾向にあることが読み取れる。

図 8 は、MLE 値に対する 1st shot、2nd shot、3rd shot の時間長ラベル分布を示す。3 つのグラフは上から順に 1st shot、2nd shot、3rd shot を示す。横軸は MLE 値、縦軸は時間長ラベルを示す。MLE 値が高くなるほど、3rd shot は狭い範囲の時間長ラベルをとる傾向（r=−0.618、p<0.01）が示された。値に対する 1st shot、2nd shot の分布の標準偏差には関係性が見られなかった。3-gram の MLE 値は、3rd shot に依存する傾向にあることがわかった。

図 9 は、高 MLE 群と低 MLE 群における、3-gram のショット長変化量の分布を示す。横軸は 1st shot から 2nd shot へのショット長変化量、縦軸は 2nd shot から 3rd shot へのショット長変化量を示す。高 MLE 群では、9.9%が up-up、36.5%が down-up、12.7%が down-down、40.9%が up-down に分布していた。低 MLE 群では、16.9%が up-up、32.2%が down-up、16.9%が down-down、33.9%が up-down に分布していた。高い MLE 値を持つパターンが、down-up と up-down に多く分布していることがわかった。

表 2 は、映像作品の MLE による情報と映画作品情報との相関分析結果を示す。all と down-up の平均および標準偏差が、作品の評価値 2 と相関傾向にあることが示唆された。特に、down-up の標準偏差と評価値 2 との間に強い相関傾向（r=0.64、p<0.01）がみられた。評価の低い映画作品は、down-up の MLE 値の標準偏差が大きい傾向がみられた。

5.4. 考察

時間長ラベル分布では、高い MLE 値の 3rd shot が、ショット長の分布最頻値の周辺に分布する傾向が示された。MLE による遷移確率の計算は、直前のショット長の遷移パターンから、次のショット長の出現確率を求めるため、3rd shot が分布最頻値に収束するパターンの出現確率が高いことは、妥当な確率計算の結果であると考えられる。また、高い MLE 値の 1st shot と 2nd shot がとりうるショット長の範囲が広いことから、様々な遷移パターンがショット長の分布最頻値に向かうように並べられている傾向が示唆される。

3-gram におけるショット長変化量の分布では、高い MLE 値を持つパターンが up-down と down-up に多く分布することがわかった。これは、1st shot から 2nd shot にかけてショット長が増加する（減少する）と、2nd shot から 3rd shot にかけてショット長が減少する（増加する）ようなパターンの出現確率が高いことを

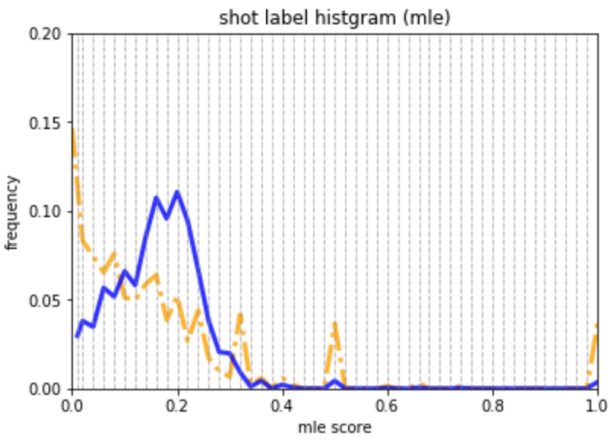


図 7 MLE 値に対する 3-gram の頻度分布と種類分布。青実線は頻度分布を表し、黄破線は種類分布を表す。

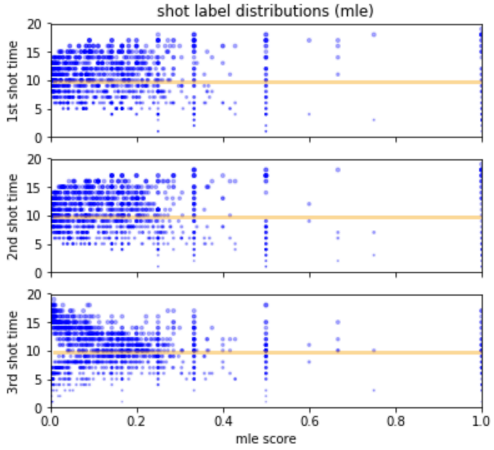


図 8 MLE 値に対する 3-gram の 1st shot、2nd shot、3rd shot のショット長分布。青点はショット長（時間長ラベルの値）、黄線はショット長の分布最頻値を表す。

意味する。ショット長の遷移パターンは、ショット長の長短を繰り返しながら並ぶ傾向があると考えらえる。

遷移パターンと映画作品の評価との相関分析では、評価の高い映像作品は、down-up が特定の MLE 値に偏る傾向があり、評価の低い映像作品は、down-up が様々な MLE 値となる傾向が示唆された。また、評価の低い作品は、down-up の MLE 値の平均が高い傾向も示唆された。このことから、遷移確率が高いとされるパターンを扱うことが視聴者の高い評価につながるわけではなく、遷移確率が均等になるようにショット長を構成することが効果的であると考えられる。また、遷移確率の低いパターンを多用する映像作品は少ないと考えられるため、好ましい遷移確率は MLE 値の分布最頻値（本稿では MLE=0.2）の周辺であると考えらえる。

表 2　MLE 値と作品評価の相関分析結果（*p<.05、**p<.01、***p<.001）。

作品評価	MLE 値（平均）					MLE 値（標準偏差）				
	all	*up-up*	*down-up*	*down-down*	*up-down*	*all*	*up-up*	*down-up*	*down-down*	*up-down*
評価値 5	−.43	.08	−.27	−.22	−.24	−.29	.00	**−.45***	−.15	−.14
評価値 4	−.05	.16	−.04	−.18	−.08	−.31	.02	−.37	−.31	−.28
評価値 3	.19	−.21	−.01	.19	.18	.13	−.13	.23	.09	.04
評価値 2	**.49***	−.01	**.46***	.23	.22	**.48***	.10	**.64****	.25	.37
評価値 1	.20	−.10	.14	.20	.14	.27	.00	.38	.26	.18

以上より、ショット長の遷移パターンは、ショット長の分布最頻値が基準となって構成されており、遷移確率が均等になるようにショット長を並べると、映画作品の高い評価につながる傾向が示唆された。

6.　まとめ

映画の時間変化に含まれる文脈情報は、視聴者の映画評価に関わる一要因になると考えられる。また、ショットを時系列に並べた情報であるため、特定のショット長の遷移パターンから映画の評価に関わる情報を獲得できることが期待された。上記の仮説を検証するために、本研究では 4 つの分析から次の考察を得た。

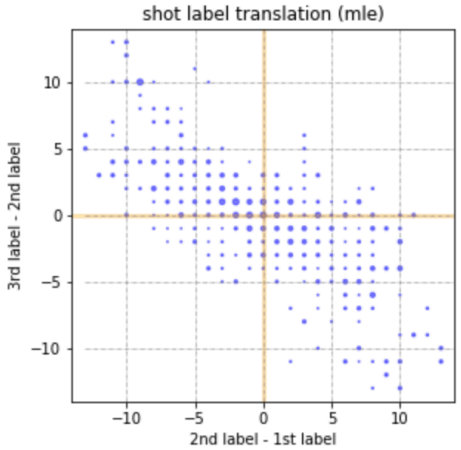
(1) ショット長の分布解析では、対数変換したショット長の分布が正規分布に近いため、ショット長にヒトの時間知覚特性が考慮されていることが示唆された。

(2) ショット長の n-gram 構造解析では、ショット長の分布に対応した遷移パターンが示され、ショット長の並びに文法規則がある可能性が示唆された。

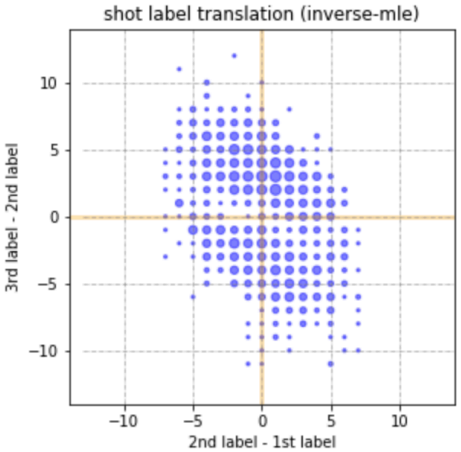
(3) 言語の IDF を映画に応用した解析では、多くの映画作品に共通するショット長の遷移パターンは、ショット長の分布最頻値付近のショット長で構成された、ショット長変化の小さいパターンであることが示された。また、作品共通の遷移パターンを多く利用するほど映画作品の高評価につながる傾向が示唆された。

(4) 言語の MLE を映画に応用した解析では、よく利用されるショット長の遷移パターンは、長短を繰り返すようなパターンであることが示された。また、MLE による遷移パターンが均等になるようにショット長を並べると、映画作品の高い評価につながる傾向が示唆された。

ショット長の分布解析と n-gram 構造解析では、ショット長にヒトの時間知覚特性が考慮されている可能性があり、その遷移パターンに特定の規則性を見ることができた。このことから、映画監督は何らかの意図に基づいてショット長とその時系列配置を設計しており、その意図には視聴者の時間知覚特性への配慮が含まれていると考えられる。また、IDF 構造解析と MLE 構造解析では、異なる遷移パターンの性質を採点しているが、両解析とも特定の遷移パターンの利用と視聴者の映画作品の評価に関係性が見られた。このことか



(c)　高 MLE 群におけるショット長の変化量



(d)　低 MLE 群におけるショット長の変化量

図 9　高 MLE 群と低 MLE 群における 3-gram のショット長変化量。青点の大きさは頻度を表す。第 1 象限は up-up、第 2 象限は down-up、第 3 象限は down-down、第 4 象限は up-down の分布を表す。

ら、監督が意図して配置したショット長の遷移パターンが、視聴者の印象評価に影響を与える一要因になっていることが考えられる。

本稿では、言語解析手法をショット長の解析に応用することにより、ショット長の遷移パターンに特定の規則性があること、特定のショット長の遷移パターンが映画作品の評価に影響を与えている可能性があることを見出すことができた。ショット長の遷移パターンには、監督の意図や視聴者の視聴特性が反映されている可能性があり、ショット長の遷移パターンから、映画の時間変化に含まれる文脈情報を映画監督または視聴者の観点から分析できる可能性が示唆された。本研究は、言語の文章構造解析が、映像のような非言語情報の時間文脈の特徴分析に応用可能であること、映像の時間文脈構造解析が、映像内容の評価や推定に利用可能である可能性を示唆する。

参考文献

[1] Chasanis, V. T., Likas, A. C., & Galatsanos, N. P., (2009) "Scene detection in videos using shot clustering and sequence alignment", *IEEE transactions on multimedia*, Vol. *11*, No. 1, pp. 89-100.

[2] Ohyama, J., & Watanabe, K., (2010) "Contextual segmentation in the visual stream produces a temporal synchronization effect on visual perception", Psychologia, No. 53, Vol. 2, pp. 125-137.

[3] Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P., (2004) "Attention and the subjective expansion of time", Perception & psychophysics, Vol. 66, No. 7, pp. 1171-1189.

[4] Holbrook, M. B., & Anand, P., (1990) "Effects of tempo and situational arousal on the listener's perceptual and affective responses to music", Psychology of Music, Vol. 18, No. 2, pp. 150-162.

[5] Yahoo Japan Corporation, (2018) "Yahoo!映画", https://movies.yahoo.co.jp/.

[6] Ornstein, R.E. (1969), "On the experience of time", Harmondsworth: Penguin.

[7] Kristofferson, A. B., (1984) "Quantal and deterministic timing in human duration discrimination", Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 423, No. 1, pp. 3-15.

[8] Jingu, H., (1989) "Numerical processing of duration in temporal tracking behavior", Japanese psychological research, Vol. 31, No. 4, pp. 169-178.

[9] Fetterman, J. G., & Killeen, P. R., (1992) "Time discrimination in Columba livia and Homo sapiens", Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, Vol. 18, No. 1, pp. 80-94.

[10] Cavnar, W. B., & Trenkle, J. M., (1994) "N-gram-based text categorization", *Ann arbor mi*, Vol. *48113, No.* 2, pp. 161-175.

[11] Robertson, S., (2004) "Understanding inverse document frequency: on theoretical arguments for IDF", *Journal of documentation*, Vol. *60, No.* 5, pp. 503-520.

[12] Chen, S. F., & Rosenfeld, R., (2000) "A survey of smoothing techniques for ME models", *IEEE transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. *8, No. 1*, pp. 37-50.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

世界の表象としてのストーリーの主観的構成 —計算論的な観点からの考察—

Subjective Construction of Stories as Representations of Worlds: A Discussion from a Computational Perspective

秋元 泰介
Taisuke Akimoto

九州工業大学大学院情報工学研究院
Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology
akimoto@ai.kyutech.ac.jp

Abstract

We consider a story is the universal form of a mental representation of an agent's subjective world including episodic memories, autobiographical memories, the contextual structures of current situations, prospective memories, planned or imagined futures, and fictive or virtual stories. In this paper, structures of an agent's stories are discussed from the following four perspectives: 1) the contextual structure of a current situation, 2) association of past and future stories, 3) association of others' mental stories, and 4) the distinction between factual and fictitious stories.

Keywords — Cognitive Architecture, Narrative, Story, Mental Representation of World, Subjectivity, Knowledge Representation

1. はじめに

人間的な自律性を備えた人工知能を実現するためには，外界と関わり合う中で，世界を物語的に（ストーリーの形で，心的システムの内部に）組織化し，それに基づいて他者とコミュニケーションをしたり，筋道のある行動をしたりする仕組みが必要になると考えられる．筆者は，このような考えに基づく認知アーキテクチャの概念，枠組み，原理等に関する検討を進めている[1, 2, 3]．その一環として，本稿では知識表現の観点から，世界をストーリーの形で構築・表象することが主観的な世界を持つことであるという考えを軸に，そのストーリーがどのような構造を持つと考えたらよいのかという問題について考察する．

以下，2 節でストーリーが世界の表象であるという考え方を説明し，3 節で関連研究を挙げた上で本研究の特徴を述べ，4 節でエージェント内部に作られるストーリーの構造について考察する．最後に 5 節で今後の課題について述べる．

2. 世界の表象としてのストーリー

ストーリーが世界の表象であるという考え方については，これまでも述べてきたが[1, 2, 3]，後の考察の前提になる部分なので，ここで改めて整理する．

本研究では，物語（narrative）という用語を，物語論[4]や質的心理学[5]における定義を参考にして，現実または虚構の世界における一つ以上の事象を筋立てたものないしことという意味で用いる．物語は一般的に言語等による表現を指すが，本研究では，それが心の中に作られる世界の表象の形式にも当てはまると考える．これらの二つの側面を区別するために，物語論[4, 6]におけるストーリー（story．内容面＝何を語るか）と物語言説（discourse．表現面＝如何に語るか）という用語を転用して，心的表象（representation）の方を「ストーリー」，表現（expression）の方を「物語言説」（または単に物語）と呼ぶ．送り手–受け手間のコミュニケーションに当てはめると，送り手側においては物語言説の元になる情報がストーリーであり，受け手側においてはその物語言説を解釈・理解して作られる情報がストーリーである．

以上のような形でストーリーと物語言説を区別するが，ストーリー自体が既に物語的に構造化された情報となる．例えば Genette の物語論（物語言説論）[6]は，物語言説の構造（多様な語り方）を説明する概念を体系的に示しているが，それらに類するものが，心的表象としてのストーリーにも存在するものと考える．

ストーリーが世界の表象であるという考えは，世界が物・空間ではなく事・時間を中心として表象されるという見方に基づく．図式的に表すと図 1 のようになる（事の次元をストーリー，物の次元をストーリー世界と呼んでいる）[1]．具体的な事・時間に包まれる形で，

[1] 筆者はこれまで，計算機上で物語の構造を表現する枠組みとして，グラフ構造に階層性を加えた階層グラフ構造を提案してきた[7]．ストーリーの構造は，事象を部分（ノード）とし，それらを時間的・因果的等の関係（エッジ）で結んだものとなる．階層性というのは，複数の部分が集まってより大きな部分を成すという全体–部分構造である．本研究では，この枠組みを心的表象としてのストーリーに応用するこ

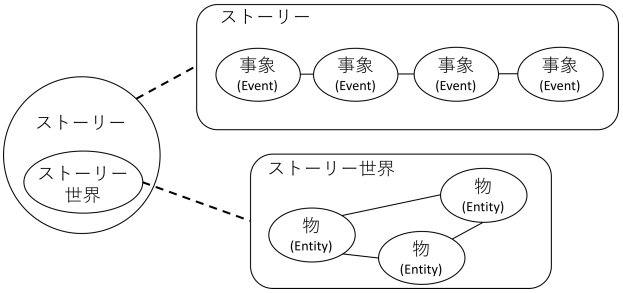


図1　ストーリーとしての世界

限定的に物・空間が構成される．物事がストーリーの中に位置付けられることによって，その意味や役割が定まるという言い方もできる．一つのストーリーは一塊の小さな世界を成し，多数のストーリーが組織化されたものが，そのエージェントにとっての世界（全体）となる．

ストーリーは，外界にそのまま存在するのではなく，内的に作り出される情報であるという点で，本来的に主観的な情報であると考える．但し，ストーリーやストーリーの作り方には，物語を介して社会的・文化的に共有される面もある．そのような意味で，ストーリーは間主観的・共同主観的[8]な情報である．

ストーリーは，事の流れを骨格とするような形で，人物・物・場所といった実体的要素，自分自身の内面的な動き（意図，目的，感情等），非言語的な情報（視覚的イメージの記憶等）といった，多様な要素をまとめる統合的な情報形式になると考える．ただ，以上の考えを計算機上で如何に実現するか（知識表現）は難しい問題であり，本稿で行う考察もこの問題に関するものである．

なお，本研究では表象という用語を，エージェント（心的システム）の内部に作られる，外界または想像上の何かに対応する情報（システムの動作に何らかの形で関与する可能性を持つデータ）という意味で用いる[2]．ストーリーが一塊の小さな世界の表象であるとしたが，これには，現在直面している外界の状況，過去や未来のこと，虚構や仮想のことの何れもが含まれる．

とを想定する．

[2] ストーリーを生成することを意識と関連付けて論じることもできるかも知れないが，本研究では今のところ，意識という概念は取り入れていない．表象という概念も，意識に現れるかどうかとは別のものとして用いる．意識をどのように捉えるかにもよるが，外界の情報を絞り込んだり，まとめたり，何かに注意を向けたりする機能として意識を捉えるのであれば，ストーリーを生成することがそれに対応するというのは尤もらしい考え方の一つになるだろう．機械があたかも意識を持っているかのように振る舞うためには，自身の経験を記憶し，物語る能力が一つの鍵になると考える．ただ，機械が現象としての意識を経験することは将来的にもないと思う（それを確かめること自体が不可能だろうが）．

3. 関連研究

前節で述べたストーリーという概念は，心理学系の記憶や物語理解の研究で用いられている概念に関連付けることもできる．記憶研究においては，記憶が様々な種類に分類されているが，物語の元になりそうなものとしては，エピソード記憶（ある時間にある場所で生じた個人の経験に基づく出来事や事象を意識的に再現する記憶[9]），自伝的記憶（過去の自己に関わる情報の記憶[10]），展望記憶（将来の特定の時点に（までに）実行すべき行為や活動の記憶[11]）等が挙げられる．物語理解の研究においては，物語文章の読解過程を，表層レベルや深層（状況）レベルの心的表象を形成していく過程とする様々なモデルが提案されている（[12]がその概要を解説している）．

人工知能の領域では，特に Schank らが，1970 年代から 1980 年代にかけて，物語的な構造に基づく知識・記憶の研究を行い，スクリプト理論やストーリー構造[13]，またそれを発展させた動的記憶システムの枠組み[14]を提案している．一方，認知アーキテクチャの研究では，心理学系の記憶研究の概念（意味記憶・手続き記憶・エピソード記憶等）が古くから取り入れられてきた（例えば[15]）．未来のことについては，計画，目標，意図等といった概念を用いている研究が多いようである．エピソード記憶がどのような形で表現されるのかについては，数年前まではあまり深く考えられていなかったようであるが，近年，物語的な性質・構造を考慮した知識表現の研究が現れ始めている[16, 17]．

本研究では，過去，未来，虚構，仮想，実体験に基づく記憶，物語から得られる情報，想像したこと，これら全てを包括する統一的な表象形式として，ストーリーという概念を用いている．ストーリーは，実体験に基づくものや物語から得られるものも含めて，外界にそのままの形で存在するものではなく，心的に構築されるものであり，そこには共通する生成原理があるはずである．

統合的な人工知能システムを作るためには，なるべく少数の概念・原理で知能の本質あるいは基盤となる部分を説明できる理論が必要になる．また，知能の複雑性や創発性[18]を考慮すると，知能の統合的な理解という観点からも，多様な性質の元になる原理を探ることには意義があるだろう．その点で，本研究のアプローチには，例えば以下のような特徴があると考える．

- ストーリー生成は，自分自身の過去や未来のもとに環境とインタラクションする，自律的な知能の

基礎となる.（そして世界情報に関するコミュニケーションの基礎にもなる.）

- ストーリーは言語的な概念を中心に構成されると考えるが，非言語的な要素（例えば視覚的，嗅覚的等のイメージ）も結び付いた，統合的な情報と見なすことができる.
- ストーリーを生成するためには，膨大な経験的知識（常識）が必要になる．また，ストーリーの作り方は，各個体の認知的な性向や社会的・文化的な背景等によって，質的に異なるものになる．この問題に対しては，諸々の経験（実体験や物語の読書経験等）がストーリーや，ストーリーを一般化したスキーマの形で集積・組織化され，それを再利用して新しいストーリーが生成されるというのが，合理的なアプローチの一つであると考える．この点はSchankの発想[14]を踏襲している.

4. ストーリーの構造について

エージェントの内部に作られる主観的な世界としてのストーリーの構造がどのようなものになるのかということについて，次の4つの観点から考察する――現在直面している状況をストーリーとして構築すること（4.1節），現在に過去や未来を関連付けること（4.2節），他者が持つストーリーを想像すること（4.3節），現実と非現実を区別すること（4.4節）．これらの項目は[3]で示した構造的整理がもとになっているが，以下ではそこからの発展も含んだ考察を行う.

4.1 現在直面している状況のストーリー

人間は，常に過去と未来の両方（前後の文脈）を持ちながら外界とインタラクション（知覚-行動）しているはずである．行動は基本的に過去や未来の目標に基づく計画・意図のもとに行われる．知覚も常に何らかの予期・予想のもとに生じると考えるが，その予期・予想の生成にも，過去の経緯や未来の目標等が関わる．知覚や行動の結果に応じて，それよりも前（過去）の情報が修正されることや，未来の予想や計画の変化に伴って，過去が作り変えられることもあるだろう.

このように過去と未来が一体的に（相互に関連し合いながら）生成することを仮定すると，エージェントの知能において，過去と未来とを別々のモジュールに分けるのではなく，一つのストーリーを動的に生成する仕組みとして一本化するのが合理的である.

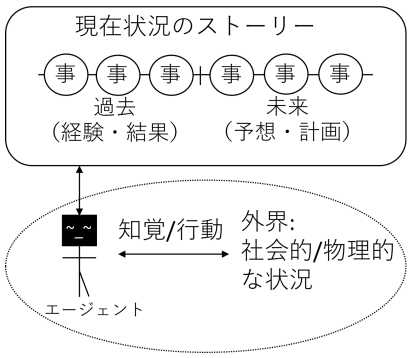


図2　ストーリーに基づく外界とのインタラクション

以上の考えから，現在直面している状況が，常に前後の文脈（過去の経験や行動の結果と未来の予期・予想や計画）を含むストーリーとして表象されるものと考える（図2）．これは基本的に，エージェント自身の視点（パースペクティブ）[3]から構成された，エージェント自身を中心キャラクター[4]とするストーリーとなる．エージェントは，常にストーリーに基づいて知覚や行動を行い，同時にストーリーを作り変えていく（過去と未来を一連のストーリーと見なして，その一貫性を保ちながら活動する）[5]．図2ではストーリーを一本の筋の形で表しているが，複数通りの未来を想像することや，過去の解釈が一意に定まらないこともあるだろう．それは分岐や並列の構造に相当する.

4.2 過去や未来のストーリー

エージェントが，ある時ある状況の中で，（その状況の外側に位置する）過去や未来のストーリーを想起・想像することや，過去や未来のストーリーを何かに関連付けることに対応する構造について考える.

まず，単に過去や未来のストーリーを想起・想像する（例えば，風呂に浸かりながら昨日の出来事を思い出す）というのは，過去または未来のストーリーが前

[3] Genette [6]は物語（言説）における視点（パースペクティブ・焦点化）を，物語言説に現れる情報範囲を制限・制御するものとしている．この概念を心的表象としてのストーリーに単純に当てはめて，エージェントの視点によるストーリーを，エージェント自身の知覚や記憶に基づいて作られた情報とする．また，4.3節で行う考察は，他者視点のストーリーを想像することに関連する．視点に関しては他にも検討すべき問題があるだろうが，それについては今後の課題としておく.

[4] エージェント自身がストーリー内のキャラクターになるという構造は，自己意識または自己言及性のような性質にも関連付けられるかも知れないが，このストーリー（に登場する「私」）について思う「私」の位置付け等に関する考えはまだ定まっていない.

[5] このようなストーリーを動的に生成する仕組みを実現することは非常に難しい問題であるが，筆者は現在のところ，ストーリーの生成全般に通じる基本原理として，ストーリーそのものに一種の自己組織性を持たせる方法を模索している[2].

景，現在状況のストーリー（4.1 節で述べたもの）が背景となるような形で，二つ（複数）のストーリーが並列的に生じるという構造になると考える．前景・背景に相当する構造は，「活性度」のような概念を用いて表すことができるだろう（活性度の高いストーリーが前景，低いストーリーが背景を表すというように）．

単に思い浮かべるのではなく，現在知覚している何か（物，事，あるいは話）に過去や未来のストーリーが結び付くような構造も考えられる．これは，図 3 に例示するように，現在状況のストーリーの部分と過去・未来のストーリーがネットワーク状に結び付いた構造として表現することができる（物に過去や未来が結び付く構造は，ストーリー世界の部分とストーリーとのリンクとするべきかも知れない）．この場合，現在状況のストーリー（またはその部分）が前景，過去や未来のストーリーが背景になる．また，この現在の何かと過去・未来との結び付きが，前述した想起・想像に移行するきっかけになることもあるだろう（例えば，10 年ぶりに帰った故郷の景色を眺めているうちに少年時代のことを思い出す）．

なお，上記の構造は，Genette [6]の物語言説論における「時間」（特にその下位カテゴリである「順序」）の構造と関連付けることもできるだろう．ちなみに Genette の理論は，プルーストの『失われた時を求めて』という，時間や記憶と深く関連する小説を主な題材として構築されている．

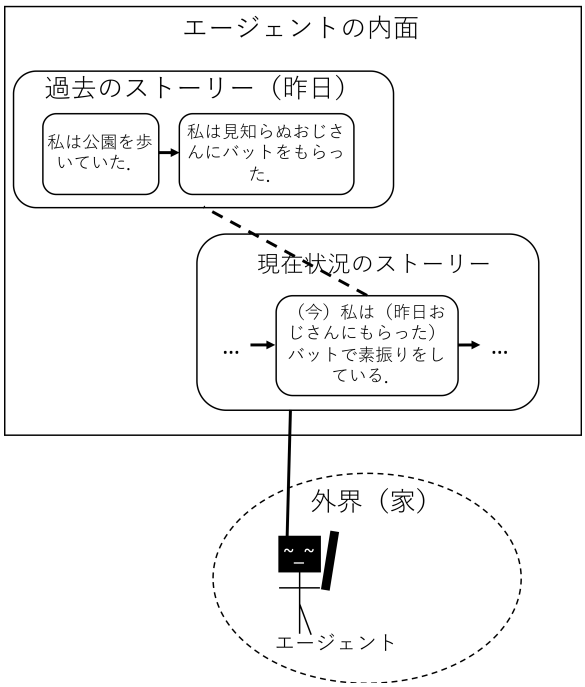


図 3　過去・未来のストーリーの関連付け

上述したような構造を作ることには色々な意義がある．まず，過去や未来のことについて他者とコミュニケーションをするために必要である．それから，物事に対して過去や未来が結び付くことで，そのエージェントにとっての特別な意味が形成される．例えば「私」，家族，愛車，故郷のようなものは，過去の思い出や将来の展望・希望等と結び付くことによって，特別な意味を成すと考えられる．以上のような形で形成される意味を持つことは，エージェントの行動を方向付ける上でも有用なものになる．

4.3　他者のストーリー

ストーリーの形で世界を表象するエージェントにおいては，ある状況における他者の心（世界）も，ストーリーの形で表象されると考えるのが合理的である．（他者の心を理解・推測する能力は「心の理論」[19]と呼ばれるが，ここではエージェントが他者の心をどのような方法で想像するのかについては考えない．）他者はストーリー中のキャラクターとして位置付けられるため，その他者の心の中のストーリーは，「ストーリーの中のストーリー」という入れ子構造で表すことができる（図 4）．これは，Genette [6]が「語りの水準」という概念を用いて定義している物語言説の入れ子構造（物語の作中人物が語る物語）に類似した形となる．

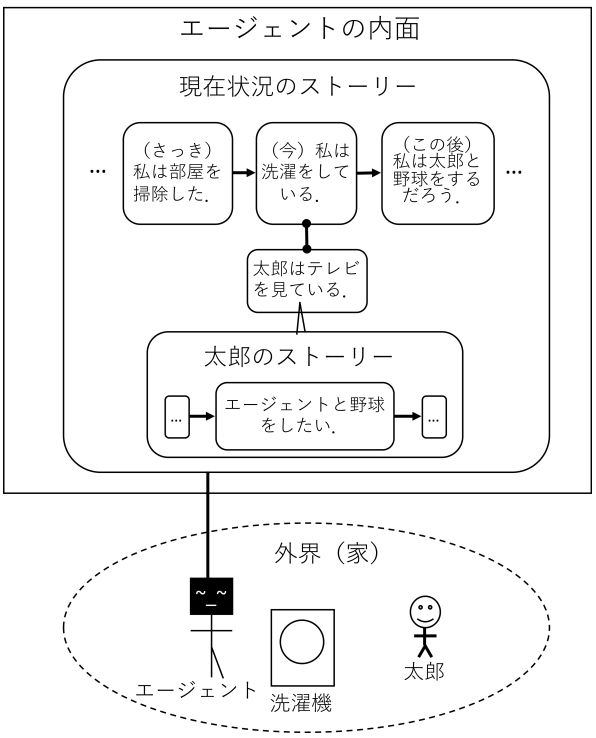


図 4　他者のストーリーの入れ子構造（例）

4.4 現実と非現実の区別

現実のストーリーと非現実のストーリーがどのような形で区別されるのか．人間は，実際に経験したことや新聞記事・歴史叙述の内容を現実と見なし，虚構の小説や映画の内容を非現実と見なす．しかし，現実であると思っていたストーリーが，後から書き変えられることもある．従って，現実であるか否かは，ストーリーに対する個人的／社会的な信念であり，メタストーリー的な情報として表されるものと考える．

ストーリーを作ることは，心的表象を世界または外界に定位するプロジェクション[20]の認知にも関連するように思われる．時間という捉え所のないものをストーリーの形で構造化することによって，物・事（の表象）が時間の中に定位されるという点においてである．ここでの時間とは，端的に言うと，事象間の前後関係としての時間である．眼前にある物事が常にストーリーの中に位置付けられることによって，姿形のある物が時間的な持続を持ち，姿形のない事が文脈の中に置かれる．加えて，物・事が一つのストーリー内にとどまらず，過去や未来等のストーリーと結び付くことによって，主体にとっての特別な意味が形成される．（この他に，ストーリーが「いつ」の出来事であるのかを定位する時間も必要である．）

5. 今後の展望

ストーリーの構造については，本稿で検討したことの他に，これまで，ストーリーの要素の意味的水準を成す要素（単語の意味に相当する概念，一般的な構造に相当するスキーマ，非言語的なイメージに相当する心像）や，それに基づく多数のストーリーの組織化に関する検討も行ってきた[1, 2]．これらを全体的に整理しながら，計算機上の知識表現の枠組みへと具体化していくことが今後の課題である．また，ストーリーが動的に生成する原理についても引き続き考えていく必要がある．

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP18K18344 の助成を受けた．

参考文献

[1] Akimoto, T. (2018). “Narratives of an artificial agent: Mental world and narrating”, T. Ogata & S. Asakawa Eds., Content Generation through Narrative Communication and Simulation, pp. 241-264, IGI Global.

[2] 秋元 泰介 (2018) “生きた表象としてのストーリー—創発的な世界構築の計算モデルのための考察”，人工知能学会全国大会（第 32 回）論文集, 2L3-OS-6b-04.

[3] Akimoto, T. (2018) “Stories as mental representations of an agent’s subjective world: A structural overview”, 2018 Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures. (to appear)

[4] Prince, G. (2003) A Dictionary of Narratology, Revised Edition, University of Nebraska Press. (遠藤 健一 訳 (2015) 改訂物語論辞典, 松柏社.)

[5] やまだ ようこ (2000) “人生を物語ることの意味—ライフストーリーの心理学”, やまだ ようこ 編著, 人生を物語る, pp. 1-38, ミネルヴァ書房.

[6] Genette, G. (1972) Discours du Récit, Essai de Méthode, Figures III, Seuil. (花輪 光, 和泉 涼一 訳 (1985) 物語のディスクール, 水声社.)

[7] Akimoto, T. (2017) “Computational modeling of narrative structure: A hierarchical graph model for multidimensional narrative structure”, International Journal of Computational Linguistics Research, Vol. 8, No. 3, pp. 92-108.

[8] 廣松 渉 (1991) 世界の共同主観的存在構造, 講談社.

[9] 多鹿 秀継 (2000) “エピソード記憶”，太田 信夫, 多鹿 秀継 編著, 記憶研究の最前線, pp. 45-66, 北大路書房.

[10] 佐藤 浩一 (2008) “自伝的記憶研究の方法と収束的妥当性”，佐藤 浩一, 越智 啓太, 下島 裕美 編著, 自伝的記憶の心理学, pp. 2-18, 北大路書房.

[11] 小林 敬一 (2000) “展望的記憶”，太田 信夫, 多鹿 秀継 編著, 記憶研究の最前線, pp. 197-210, 北大路書房.

[12] 川崎 惠里子 (2014) “文章理解のモデル”，川崎 惠里子 編, 文章理解の認知心理学—ことば・からだ・脳, pp. 1-26, 誠信書房.

[13] Schank. R. C. and Abelson, R. P. (1977) Scripts, Plans, Goals, and Understanding: An Inquiry into Human Knowledge Structures, Lawrence Erlbaum.

[14] Schank, R. C. (1982) Dynamic Memory: A Theory of Reminding and Learning in Computers and People, Cambridge University Press. (黒川 利明, 黒川 容子 訳 (1988) ダイナミック・メモリ—認知科学的アプローチ, 近代科学社.)

[15] Laird, J. E. (2012) The Soar Cognitive Architecture, The MIT Press.

[16] Szilas, N. (2015) “Towards narrative-based knowledge representation in cognitive systems”, Proceedings of 6th Workshop on Computational Models of Narrative, pp. 133-141.

[17] León, C. (2016) “An architecture of narrative memory”, Biologically Inspired Cognitive Architectures, Vol. 16, pp. 19-33.

[18] 鈴木 宏昭 (2006) “総論 : 認知の創発的性質”，鈴木 宏昭 編, 知性の創発と起源, pp. 1-21, オーム社.

[19] 子安 増生, 木下 孝司 (1997) “〈心の理論〉研究の展望”，心理学研究, Vol. 68, No. 1, pp. 51-67.

[20] 鈴木 宏昭 (2016) “プロジェクション科学の展望”，日本認知科学会第 33 回大会論文集, pp. 20-25.

縦格子を通してドット平面を両眼視したときに発生する立体錯視現象の研究

A Study of a Solid Illusion which occurs when we see Dots Plane through Vertical Gratings with Both Eyes

大塩 智規，大槻 正伸，小泉 康一†
Tomonori Ohshio, Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi

†福島工業高等専門学校
National Institute of Technology Fukushima College
17PI03@fukushima.kosen-ac.jp

Abstract

There is a Solid Illusion by Dots Plane and Vertical Gratings. In this Solid Illusion, nonexistent solid stripes are perceived by seeing Dots Plane through Vertical Gratings. Studies of this illusion have been conducted but the precise calculation process in the brain has not been clarified.

The purposes of this study are to measure the illusion conditions (i.e. the distance *h* between Dots Plane and Vertical Gratings which makes most (worst) clear solid stripes) more precisely than before, to compare the measured and simulation results, and to find the error factors between them.

As a result, we found a function which reduces the error between measured and simulation results.

Keywords－Solid Illusion, Dots Plane, Vertical Gratings

1. はじめに

透明なシート等の上に縦長な長方形を一定の間隔で印刷した縦格子(図 1)を通して，ドット(小正方形)をある規則に従って並べたドット平面(図 2)を自然に両眼視することで，実際には存在しない帯状立体を知覚することができる[(1)](付録)．この現象は，縦格子とドット平面を用いた立体錯視現象の一つであり，縦格子とドット平面との距離によって，帯状立体の知覚の程度に違いが生じることが過去の研究で判明している[(2)]．具体的には，この距離を徐々に大きくしていくことによって，実際には存在しない帯状立体が「明確に知覚できる」→「知覚できなくなっていく」→「知覚できなくなる」→「知覚できるようになっていく」→「明確に知覚できる」といったことが繰り返されるというものである(図 3)．しかし，この現象が起きているときの人間の脳内計算過程の詳細については明らかになっていない．

そこで本研究では，縦格子とドット平面を用いた立体錯視現象における計算モデルを作成し，モデルのシミュレーション結果と実験で得た測定結果との比較を行う．また，両データ間の誤差要因の発見と，誤差を限りなく小さくするようなモデルの改善によって，この現象が起きているときの脳のメカニズムを知ることを目的とする．この目的を達成すると，脳の情報処理分野の発展へ貢献することが期待できる．

今回の成果としては，一人の被験者に限定されるが，シミュレーション結果と測定結果との誤差を小さくするような補正を行う関数を見つけることができた．現在は，他の被験者においても同様の関数による補正が成功するか，より精密な実験を行い検討している．

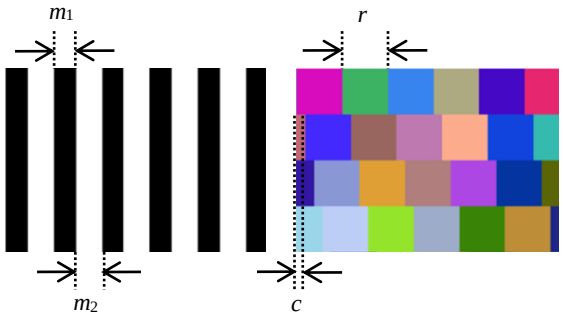


図 1　縦格子

図 2　ドット平面

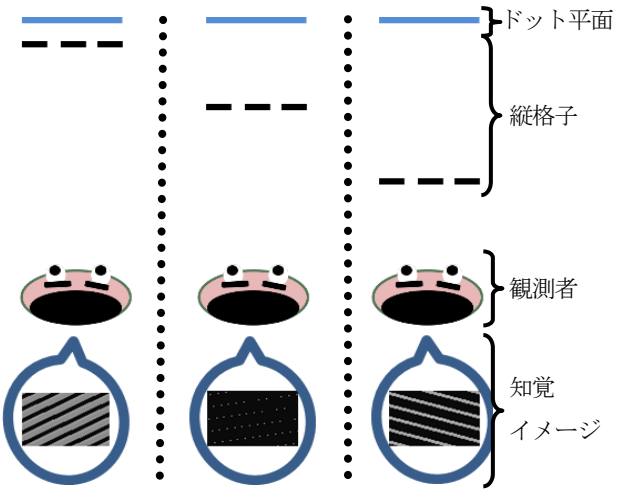


図 3　上から見た縦格子とドット平面による立体錯視現象のイメージ

2. 実験

2.1 実験パラメータの設定

今回の実験では，図1における縦格子幅 m_1 を0.1cm，縦格子間隔 m_2 を 0.2cm，図 2 における小正方形の辺 r を 0.319cm，次の行の開始ドット位置をずらす間隔 c を 0.028cm，ドット平面・被験者間距離 d を 170cm とする．被験者の両目(瞳)間距離 w は 6.3cm であった．

2.2 実験内容

実験の手順は以下の通りである．ここで，i は 1，2，3，．．．とし，周期的に発生する(消滅する)帯状立体がドット平面に近い順に何回目に観測できたかを表すものとする．

(1) 図 4 のようにセッティングを行う．このとき，被験者は，あご台で顔を固定する．

(2) 縦格子とドット平面との距離 h を少しずつ大きくしていきながら(最大50cm)，以下の2つの値を知覚できる限りすべて測定し記録する．その際，「レーザ距離計」を使用し，従来より正確な測定を行っている．

①帯状立体が最もよく知覚できたときの縦格子・ドット平面間距離 $h_a(i)$

②帯状立体が知覚できなくなったときの縦格子・ドット平面間距離 $h_b(i)$

(3) ドット平面横においてあるディスプレイ装置に，計算モデルによるシミュレーション結果(計算モデルについては後述する)を画像で表示し，$h_a(i)$，$h_b(i)$ 測定時に実際に知覚できているものと最も似た画像になるようシミュレータ画面上の縦格子・ドット平面間距離をマウスで調整し，その値を記録する．図 5 に，実験で使用したシミュレータの画面を示す．

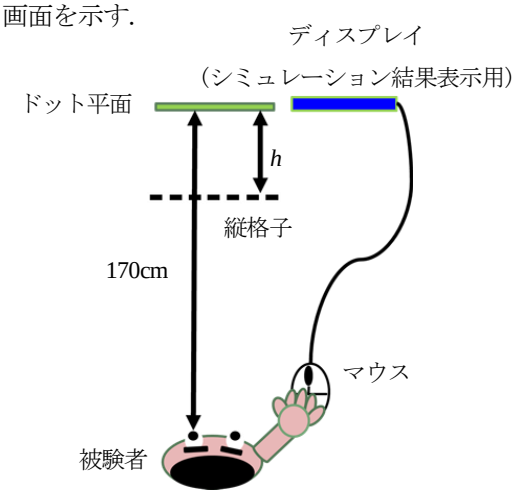


図 4 上から見た実験のセッティング図

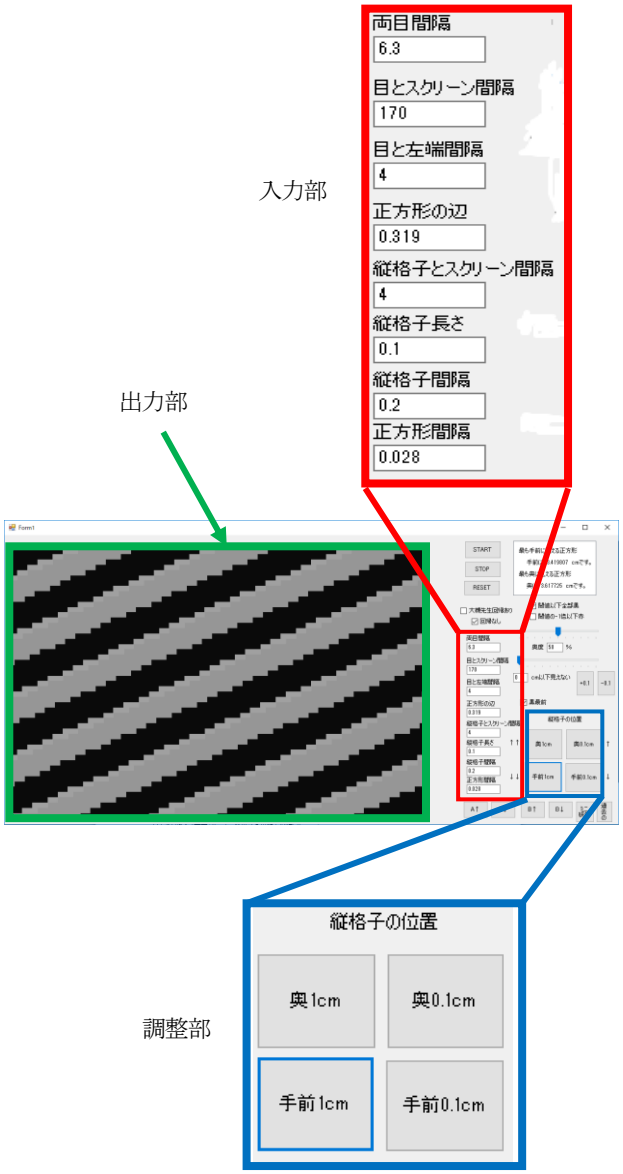
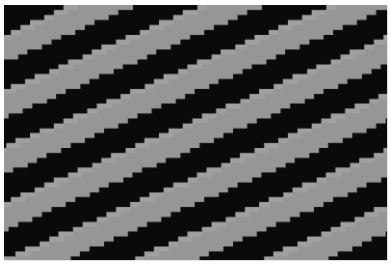


図 5 シミュレータ画面

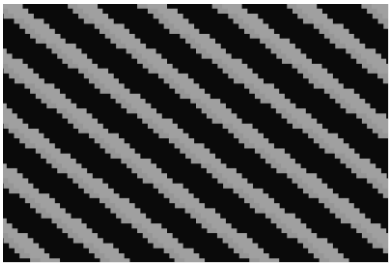
図 5 のシミュレータの操作順序は以下のとおりである．

(1) 入力部に，使用するドット平面における小正方形の一辺の長さや縦格子の間隔等のパラメータを入力する．

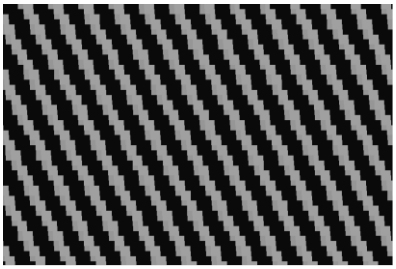
(2) 出力部に，計算によって得ることができた結果が画像として出力される．図 6 に出力結果の例を示す．今回のシミュレータでは，立体的に見えないという計算結果がでている部分のみ黒色で表示し，それ以外の部分は灰色(より手前にあるほど明るい)で表示している．



(a) 縦格子・ドット平面間距離 h = 4.0cm



(b) 縦格子・ドット平面間距離 h = 21.0cm



(c) 縦格子・ドット平面間距離 h = 37.0cm

図 6　シミュレータ出力結果例

(3) 調整部の各ボタンをクリックすることで，シミュレーション上の縦格子・ドット平面間距離が変化し，その値に応じた画像が出力部に出力される．具体的には，調整部の「手前 1cm」というボタンを押すと，シミュレーション上での縦格子の位置が被験者の方向に 1cm 動く．その後，出力部に表示されている画像が，縦格子の動きに合わせて変化する．

2.3　計算モデル

計算モデルとは，実験による測定を行うことなく，使用するドット平面における小正方形の一辺の長さや縦格子の間隔等の必要なパラメータを入力することによって，おそらくこのように見えるであろうと思われる画像をコンピュータ上で計算し出力させることができるモデルのことである．このモデルを作成することで，縦格子とドット平面を用いた立体錯視現象が起きているときに，人間の脳がどのような計算を行っているのかを推定することができる．図 7 に，モデルの計算過程(上から見たイメージ)を示す．ここでは，(a)におけるドット平面中央の丸で囲んだドット(小正方形)が，どのくらい立体的に知覚できるかの計算について説明する．まず，(b)に示すように，観測者のそれぞれの目から，対象ドットの見える範囲(縦格子の位置を考慮する)の両端に 2 本ずつ直線を引く．その後，それぞれの目から伸びている左側の直線同士の交点の座標と右側の直線同士の交点の座標を求める．これはドットの左端点(右端点)を同一視し，ドットの存在位置を推定することを意味する．すなわち，左眼で見えるドット像と右眼で見えるドット像から，そのドット像が同一のドットのものとすると，それはここに存在するはずであるという，ドット位置の推定を行うことを意味する．最後に，(c)に示すように，(b)で求めた 2 交点を結ぶ直線を引き，その直線の中点の座標を求める．ここで求めた中点の座標の位置に対象ドットが飛び出して見えるものとしている．すなわち，中点の座標がドット平面より手前にあればあるほど，対象ドットはより立体的に知覚できるとしている．実際には，ここで説明した計算をすべてのドットについて行っている．

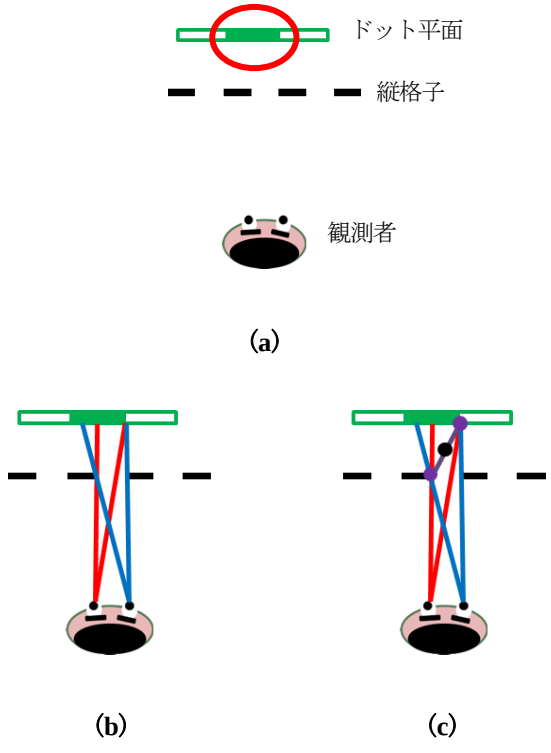


図 7　上から見たモデルの計算過程のイメージ

2.4 実験結果

実験結果を図 8 に示す.

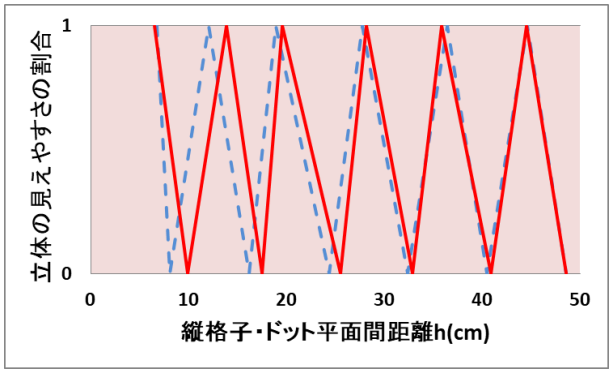


図 8 実験結果

グラフの縦軸は立体の見えやすさの割合を表している．帯状立体が知覚できないときを 0 とし，帯状立体がより知覚できるようになるにつれ 1 へと近づき，帯状立体が最もよく知覚できたときを 1 としている．グラフの横軸は縦格子とドット平面との距離 h を表している．実線で示しているのが被検者の結果で，破線で示しているのが計算モデルによるシミュレーション結果である.

この被験者の実験結果では，h が小さいときに両データ間の誤差が大きく，h が大きくなるにつれ両データ間の誤差が小さくなっていることが分かった.

3. 補正

3.1 補正

本研究におけるシミュレータの補正は，図 9 における $g(h)$ を求めることを目的としている．図 9 は，錯視画像について従来のシミュレータの結果による画像出力と人間が見えている画像とで誤差があるため，両者の間に生じている誤差を関数 $g(h)$ によって小さくできることを期待している.

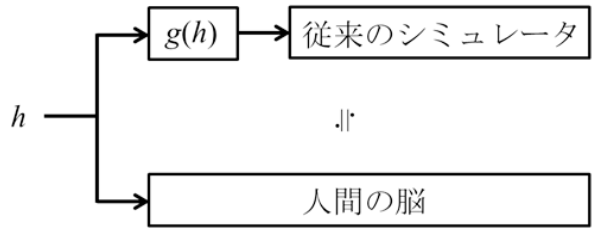


図 9 関数 $g(h)$ による補正のイメージ

3.2 回帰分析

この節では，線形回帰分析を用いて行った補正について述べる．今回は，被験者のすべての測定結果 ($h_a(i)$，$h_b(i)$．→ 2.2) を $y(i)$，シミュレーション結果 ($h_a(i)$，$h_b(i)$ に対応する) を $x(i)$ とおき，

$$y = a_0 + a_1 x$$

の形にまとめたときに最適となる，定数 a_0 および a_1 を求めた．上記の関数を求めることは，図 9 における $g(h)$ を求めることと同義である．分析の結果,

$$y = 1.43 + 0.97x$$

という回帰式を得ることができた．すなわち,

$$g(h) = \frac{1}{0.97}(h - 1.43)$$

である．この式で補正を行った結果を図 10 に示す.

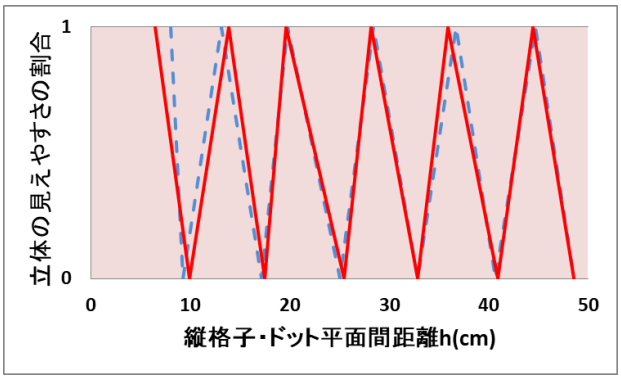


図 10 回帰分析による補正を行った実験結果

次に，「帯状立体が最もよく知覚できたときの距離 $h_a(i)$」と「帯状立体が知覚できなくなったときの距離 $h_b(i)$」に分けて同様の分析を行ったところ，$h_a(i)$ では,

$$y = 0.97 + 0.97x$$

という回帰式を得ることができ，$h_b(i)$ では,

$$y = 2.08 + 0.96x$$

という回帰式を得ることができた．これら二つの回帰式によって補正を行った結果を図 11 に示す.

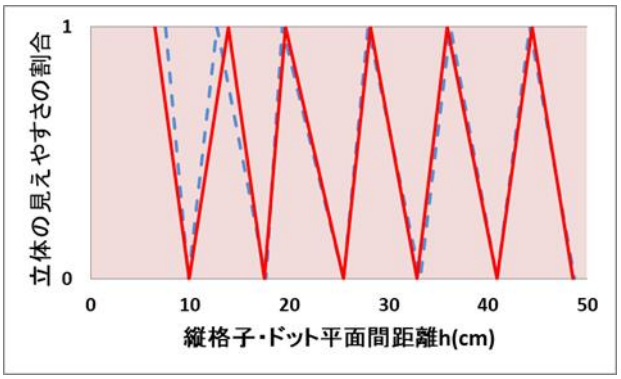


図 11 回帰分析(2 式)による補正を行った実験結果

4. 考察

補正前の実験結果(図 9)と回帰分析による補正を行った後の実験結果(図 10)を比較すると，全体的な誤差が小さくなったことが分かる．だが，補正前から誤差が大きかった，縦格子・ドット平面間距離 *h* が小さい範囲ではある程度の誤差が残ってしまった．この理由としては，線形回帰分析の性質上，近似して得られるグラフの形状が直線となるため，もともとのデータが直線近似しにくいものであったことが考えられる．そこで，「帯状立体が最もよく知覚できたとき」と「帯状立体が知覚できなくなったとき」に分けて回帰分析を行ったところ，わずかではあるが誤差をさらに小さくすることができた(図 11)．*h* が小さい範囲での誤差については，被験者が複数回の測定練習を行っている際，*h* が小さい範囲では結果に多少のばらつきが見られ，*h* が大きい範囲では安定した結果が得られていたということがあったので，*h* が小さい範囲でも安定した結果が得られるよう実験を行うことができれば，全体的な誤差をさらに小さくすることができるのではないかと思われる．

5. まとめ

今回，私たちの研究では，縦格子とドット平面を用いた立体錯視現象において人間がどのように帯状立体を知覚しているかを知るために従来より精密な測定実験を行い，その実験結果と，作成した脳内計算モデルのシミュレーション結果との比較を行った．また，両データ間の誤差を小さくするため，線形回帰分析による補正を 2 パターン行った．結果として，今回の被験者においては，「帯状立体が最もよく知覚できたとき」と「帯状立体が知覚できなくなったとき」に分けて回帰分析を行ったほうが誤差をより小さくできることが分かった．

6. 今後の課題

今後の課題として，以下のことがあげられる．

(1) 今回は被験者一名のみで実験や補正を行ったため，多くの被験者で同様の実験を行い，回帰分析をして得られる回帰式の特徴を調べる．

(2) 一次式による線形回帰分析のほかに，さまざまな関数による非線形回帰分析を用いることで，誤差をさらに小さくできないか試す．

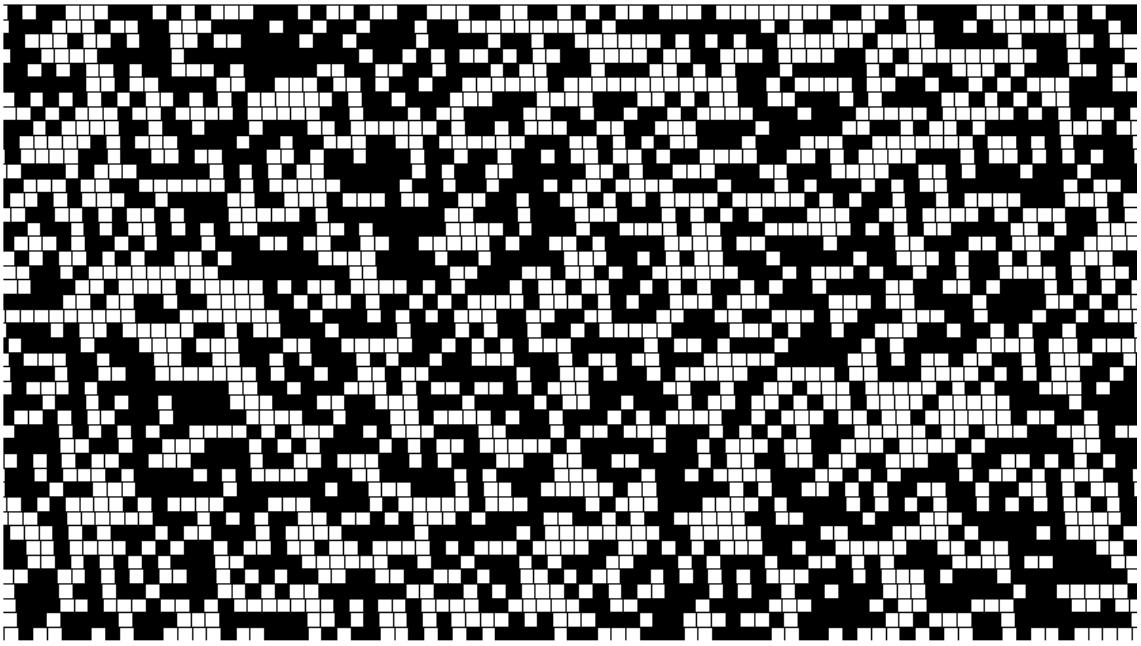
(3) より精度の高い実験を行う．また，より精密な脳内計算モデルを作成する．

参考文献

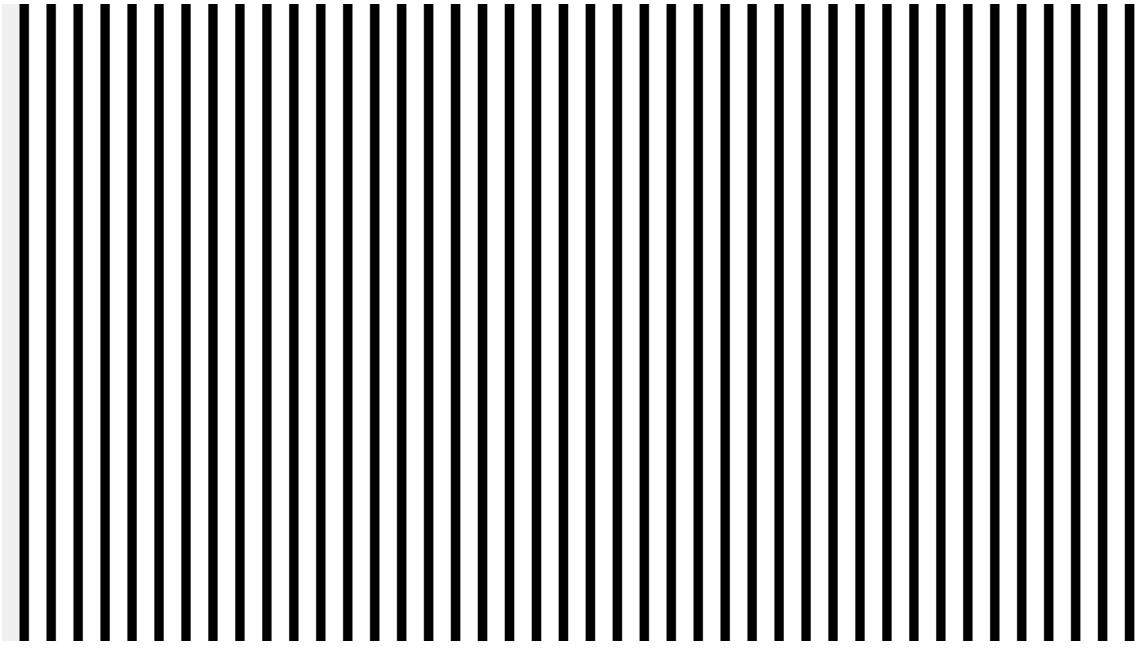
(1) 大槻　正伸，大野　雄基，保科　龍也，中野　良樹，″縦格子とドット平面による立体錯視現象の脳内距離計算に関する基礎研究，″2010 年度日本認知科学会第 27 回大会発表論文集，2010.

(2) 大槻　正伸，大越　祥太，″縦格子とドット平面による立体錯視現象の研究－縦格子とドット平面間距離の変化と錯視像の変化の関係－，″2014 年度日本認知科学会第 31 回大会発表論文集，2014.

＜付録＞（このページを OHP シート等に印刷し、縦格子を通してドット平面を両眼視すると錯視現象が発生する）



ドット平面



縦格子

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

手書き文字のどこにパーソナリティの違いを感じるのか[1]
How does Handwritten Letters Characterize Personality?

井関 龍太[†]
Ryuta Iseki
[†]大正大学
Taisho University
r_iseki@mail.tais.ac.jp

Abstract

We often evaluate others' personality based on their handwritten characters. Although such evaluation is not correct for the actual personality of the writers, it is certain that we have a relatively consistent impression for them. This study investigated what features of letters characterize impressions for personality of their writers. Of the writing that was evaluated as written by extreme personality peoples, I picked up the characters that was lowly similar to average handwritten characters. The people who was rated high extravert tend to write large and clear letters. The people who was regarded as highly agreeable tend to write sharp land well-ordered letters. These results suggest a possible relation between physical features and impression.

Keywords — Handwritten Letters, Personality traits, Average handwritten characters, Big Five.

1. はじめに

手書きの文字からは書いた人のひととなりがわかるということは，俗信として広く言い伝えられている。しかし，実証的な研究の結果はこの信念を支持しない[1]。たとえば，松野[2]は，女子大学生の手書き文字を収集するとともに，ビッグファイブによるパーソナリティ検査を実施して，書き手のパーソナリティ特性を測定した。これらの文字を別の集団に見せて書き手のパーソナリティを推測するよう求めたところ，５つのパーソナリティ特性について，実際のパーソナリティと推測されたパーソナリティの相関係数の絶対値は最大でも.22 であった。したがって，手書きの文字のみからパーソナリティを正しく推測することは難しいと言えるだろう。

一方で，手書き文字を見て書き手のパーソナリティを評価する際に，評価を行う人の中にある程度の一貫した基準があることは確からしく思われる。たとえば，乱雑な字を見たとき，そのような字を書く人はいい加減であるとか，細かいことを気にしないといった，ある程度共通の印象が形作られるのではないだろうか。松野[2]においても，文字の均整さやスケール感といった，手書き文字そのものに対する感性的印象と書き手の実際のパーソナリティ特性の間には有意な相関が見出されていないのに対して，感性的印象と評価者によって推測されたパーソナリティ特性の間には，いくつかの組み合わせにおいて高い相関が見出された（.46 から.74）。そこで，手書き文字から実際のパーソナリティ特性を読み取ることは難しいとしても，評価する人々の間である程度共通したパーソナリティのイメージが作り出されているものと考えられる。

本研究では，手書き文字のどのような特徴が特定のパーソナリティを感じさせるのかを検討した。実際のパーソナリティと推測されたパーソナリティの一致度を検討するのではなく，パーソナリティの推測の根拠となったと思われる具体的な文字の特徴を探索的に明らかにすることが目的である。

2. 方法

刺激　20 名の成人に夏目漱石の『道草』の一部（句読点を除いて 481 字）を原稿用紙状の記録紙にロケット鉛筆を用いて書写してもらった。これらをコピーしたものを刺激として用いた。

質問紙　並川他[3]のビッグファイブ短縮版を用いた。ただし，同じ内容の文章を構成する約 500 文字を丁寧に評価するという実験参加者の負担を考慮して，全 29 項目から創造性を除く４因子についての 12 項目を選んで実施した。

実験参加者　手書き文字を提供したのとは異なる大学生 20 名が参加した。

手続き　実験参加者は刺激を５セットずつ評価した。読み飛ばすことのないように，指で一文字ずつ追いながら読むことを求めた。各刺激について，書いた人のパーソナリティを想像してビッグファイブ短縮版について５段階で評価することを求めた。

3. 結果と考察

実験参加者による手書き文字提供者のパーソナリティ評価を検討したところ，特性の高低の評価が比較的明確に分かれていたのは，外向性と調和性の因子であ

った。そこで，これらの因子の得点が高い書き手２名と低い書き手２名による手書き文字を因子ごとに分析した。

あるパーソナリティ特性が極端に表れていると評価された文字は，何らかの点において平均的な文字とは異なる特徴を持つと考えられる。そこで，まず，多数の手書き文字に基づく平均文字を作成した。手書き教育漢字881種を収録したデータベースETL8 [4]の画像を用いて，刺激と同じ文字について約160名の筆記者に基づく平均文字を作成した。平均文字を作成するため，ETL8に収録された各文字の画像をRのEBImageパッケージ（バージョン 4.18.3）を用いてベクトルに変換した。30×30 ピクセルの画像から作成したので，30×30のベクトルとなった。これらのベクトルの要素を同じ位置同士，同じ文字について書き手を通して平均した。この平均値からなるベクトルにガウスフィルタを適用することによって線分を強調した。本研究では，これを平均文字として用いた。

次に，分析対象となった書き手による手書き文字をスキャンしてETL8と同じサイズの画像にしたのち，同様にEBImageパッケージを用いてベクトルに変換した。分析対象者による手書き文字のベクトルと平均文字のベクトルとの類似度の指標として相関を算出した。具体的には，個人の手書き文字と平均文字ともに，30×30 のベクトルを１×900 のベクトルに変換したのちに，これらのベクトル間でPearsonの相関係数を計算した。

あまり特徴の感じられない文字は平均文字との相関係数が高いのに対して，パーソナリティの特異性が現れていると評価される文字は平均文字との相関係数が低いはずである。それらの相関係数の低い文字を中心に検討することによって，パーソナリティ特性を強く感じさせる文字を特定することを試みた。また，平均文字と特定の手書き文字を重ね書きすることで，文字のどの部分が特に平均文字と異なるのかを明らかにすることを目指した。

外向性

外向性が高いと評価された個人による手書き文字のうち，平均文字との相関が低いものに注目した。たとえば，以下の図１左は外向性が高いと評価された人の手書き文字，右は平均文字にこの人の手書き文字を重ねたものである。平均文字による部分を黒，個人の手書き文字による部分を赤で表示することにより，平均文字と個人の文字との差が目立つようにしてある。

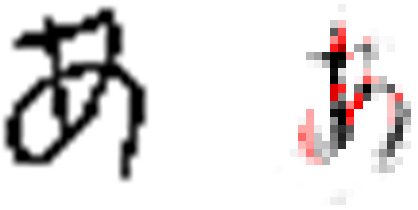


図１　外向性が高いと評価された文字（低類似）

この手書き文字と平均文字との相関係数は.001以下であった（95%CI = [-.06, .07]）。したがって，この文字はこの書き手による手書き文字の中でも，特に平均から離れた特徴的な文字であると考えられる。これら２つの文字を見比べると，一見して，分析対象の文字は平均文字よりも大きく明瞭に描かれていることが見て取れる。

一方，同じ書き手による手書き文字のうち，平均文字との相関係数が高かったものが図２である。相関が低い文字との比較の目的でここに示した。

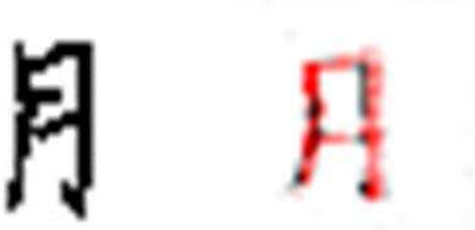


図２　外向性が高いと評価された文字（高類似）

相関係数は.53であった（95%CI = [.49, .58]）。平均文字よりもやや大きく見えるが，ほぼ重なっているために，相関係数は高く，より特徴的な文字とは判定されなかった。

同様に，図３は外向性が低いと評価された人の文字である。この文字と平均文字との相関係数は−.18であった（95%CI = [−.25, −.12]）。今度は，左の手書き文字のほうが右の平均文字よりも小さいことがわかる。



図３　外向性が低いと評価された文字（低類似）

同じ書き手による手書き文字のうち，平均文字との相関が高かったものを図４に示した。



図４　外向性が低いと評価された文字（高類似）

相関係数は.65 であり（95%CI = [.62, .69]），大きさや形について目立って特徴的なところは見られない。

以上のことから，外向性については，文字の大きさや明瞭さが印象を分けているものと考えられる。すなわち，文字が大きく，明瞭であると外向的であり，文字が小さく，はっきりしないと内向的であると評価されるものと思われる。

調和性

調和性についても，同様に分析を行った。図５は調和性が高いと評価された人の手書き文字である。平均文字との相関係数は.001 以下であった（95％CI = [－.07, .07]）。



図５　調和性が高いと評価された文字（低類似）

この文字は平均文字に比べて上下方向に広がりが大きく，パーツの配置が左方向にやや偏っている。バランスがくずれているともいえるが，全体としてはメリハリが効いた文字であるとも見ることができる。

同じ書き手による，平均文字との相関が高い文字を図６に示した。相関係数は.59 であり（95％CI = [.55, .63]），平均文字と比べて特に目立ったところはないように思われる。



図６　調和性が高いと評価された文字（高類似）

一方，調和性が低いと評価された人の文字は，たとえば図７のようであった。この文字と平均文字との相関係数は－.001 以下であった（95%CI = [－.07, .07]）。やはりバランスが取れていないともいえるが，この文字は文字の形そのものが定型的でないように見受けられる。



図７　調和性が低いと評価された文字（低類似）

同じ書き手による，平均文字との類似度が高い文字を図８に示した。



図８　調和性が低いと評価された文字（高類似）

相関係数は.59 であった（95%CI = [.55, .64]）。文字は薄いものの，形や大きさに特筆すべき特徴があるわけではなさそうである。

これらのことから，調和性については，高低ともにアンバランスな文字に見えるが，文字の整った度合いやメリハリの強さが印象を規定しているのではないかと考えられる。すなわち，文字にメリハリがあり整っていると見える場合には調和性が高く，メリハリがなく，くずれていると見られる場合には調和性が低いと評価されるものと思われる。

4. まとめ

手書き文字に基づくパーソナリティ評価にしたがって分析対象者を選び，これらの人々の書いた文字の中でも平均文字との類似度が低いものを特定することによって，手書き文字に基づくパーソナリティの印象判断の根拠となる具体的な文字の特徴についての手がかりが得られた。外向性については，文字が大きく明瞭であると高く評価されることが示唆された。調和性については，文字が整っておりメリハリが効いていると高いと評価される可能性がある。

本研究では，平均文字との類似性という観点から注目すべき文字を特定し，それらの文字の特徴を視察によって記述した。分析の手がかりとした平均文字の作成において，本研究では，画像から作成したベクトルの要素を単純に平均するという方法を用いた。ETL8に収録された文字は大きさと中心位置がおよそそろえられており，また，本研究で分析対象とした文字も中心位置をそろえてからベクトル化したとはいえ，位置のずれが相関係数の大きさに影響した可能性は否定できない。こうしたずれの要因も含め，より洗練された平均化の方法を用いることで，パーソナリティの印象に強く関わる特徴をさらに明確に取り出すことができるようになるかもしれない。

本研究からは，パーソナリティの印象を左右すると思われる，いくつかの文字の特徴が示唆された。知見を確かなものとするには，これらの特徴について明確な定量化を行い，より広範なデータによっても同様の記述が該当するかを検討する必要がある。また，本研究で特定した文字の特徴が実際にパーソナリティの印象を規定するのかを調べることも必要であろう。

引用文献

[1] Lilienfeld, S. O., Lynn, S. J., Ruscio, J., & Beyerstein, B. L., (2010) 50 great myths of popular psychology: Shattering widespread misconceptions about human behavior. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd. (八田 武志・戸田山 和久・唐沢 穣 (監訳), (2014), 本当は間違っている心理学の話――50 の俗説の正体を暴く, 化学同人)

[2] 松野 隆則, (2012) “手書き文字の感性印象と筆跡から推測されたおよび実際の書き手のパーソナリティ特性との関連について”, 昭和女子大学生活心理研究所紀要, 14, 31-40.

[3] 並川 努・谷 伊織・脇田 貴文・熊谷 龍一・中根 愛・野口 裕之, (2012) “Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討”, 心理学研究, 83, 91-99.

[4] 産業技術総合研究所, (1989). ETL8G. http://etlcdb.db.aist.go.jp/

[1]本稿は，2017 年度に大正大学人間科学科に提出された石井真実さんの卒業論文に基づくものである。

fMRI を用いた日本語母語話者による英文の意味処理における脳の機能的結合性解析

Analysis of functional connectivity of the brain in semantic processing of English sentences in Japanese native speakers using fMRI

辻田 亜門[†]，大山 将来[†]，粟津俊二[*]，赤間 啓之[†‡]
Amon Tsujita, Masaki Ooyama, Shunji Awazu, Hiroyuki Akama

[†]東京工業大学生命理工学院，[‡]東京工業大学リベラルアーツ研究教育院，[*]実践女子大学人間社会学部
Tokyo Institute of Technology, [†]School of Life Science and Technology, [‡]Institute of Liberal Arts,
[*]Jissen Women's University, Faculty of Humanities and Social Sciences
tsujita.a.aa@m.titech.ac.jp

Abstract

In this study, we used fcMRI (functional connectivity MRI) to extract differential brain responses when Japanese native speakers interpret English sentences as compared to Japanese sentences of the same meaning. In particular, we focused on coordination between language areas associated with the other task-positive or task-negative networks. Furthermore, we examined individual differences in language ability, using the TOEIC score, to explore correlations between language proficiency and neural responses among subjects.

As a result, it was suggested that both the DMN (default mode network), which shares some overlapping regions with the semantic network, and the SN (salience network) might play an important role in English comprehension for Japanese native speakers. In addition, English proficiency was correlated with the strength of connectivity between the right pars triangularis, which is the homologous region of Broca's area, and the Wernicke's area, which is also a well-established language area located in the left superior temporal cortex. However, compared to the subjects with low TOEIC scores, the latter linguistic area in the brains of high-scoring subjects transferred its hub role to the more anterior part of the same area. Our data indicate that the bilateral networks consisting of the right pars triangularis and the left superior temporal cortex are crucial to semantic processing for second language learners.

Keywords — fMRI, functional connectivity, language, second language learning

1. はじめに

fcMRI(機能的結合性磁気共鳴画像法)は、脳の各領域の神経活動に伴う血流動態において、時系列相関の形で反応が同期する領域間を接続し、グラフ化する方法である。ヒトの脳の高次皮質機能に関与するメカニズムをより良く理解するためには、皮質領域間の機能的結合に関する、詳細な知識を必要とするとされる[1]。

本研究では、第二言語における意味理解のメカニズムを解明するため、有効性が注目されつつあるタスクベースの fcMRI を用いて[2]、日本語の母語話者が英文の意味理解をする際の、言語処理ネットワークに着目し、同意の日本語文の意味理解と比較して英文理解の特徴的な脳反応を抽出する。また、第二言語の学習のメカニズムを理解するために、実験参加者の英語能力を TOEIC の点数を指標として、英語の習熟度と英文理解時の脳反応の関係を調べた。

2. 実験方法

2. 1. 実験参加者

実験参加者は 20 代の日本人 39 名(男 24 名、女 15 名)であり、東京工業大学の「人を対象とした研究倫理委員会」の審査・承認を得て募集している。参加者は全て右利きで、利き手指数は平均 47.9、標準偏差 2.62 であった。また、参加者の TOEIC の点数は 450 点〜960 点の間でおよそ均等に分散しており、平均 662 点、標準偏差 150 点である。

2. 2. 実験計画

fMRI 実験には東京工業大学 3.0-T General Electric Signa スキャナーを使用した。fMRI の撮像パラメーターは TR(Repetition Time): 3000ms、TE (Echo Time):30ms、FOV(Field of view): 24 * 24、 Flip 角 90 度である。実験の前半には英語文のブロック、後半には意味的に同一の日本語文のブロックが設定され、各ブロックにおいては意味的に均衡が取れた 90 個の文が、3 セッションに分かれて提示される。各試行は、文の提示 5 秒間, 提示された文が意味を成すかどうかの解答 1.5 秒間, 安静 5.5 秒間として構成されている。1 セッション当たりの撮像回数は 120 回、セッション時間は 6 分 12 秒、1 ヴォリュームあたりのスライス数は 40 である。各試行は固定長であり、その中のイベントの配置はほぼ同一で、文の意味内容の差とボタン押しによる運動反応の位置のみ異なる。そのため、各ブロックを通じ、安静時の自発的ネットワークと同様の手法で、BOLD 信号の

低周波帯域からタスクベースの機能的連結性を、同調賦活する脳領域に関し計算することができると考えられる。

2. 3. 実験刺激

提示される文は、日本語あるいは英語として意味を持つ文(例、「ドアをたたく」「I knock on the door」)と、不自然な意味を持たない文(例、「父を貼る」「I put up my dad」)で構成される。各言語で、意味を持つ文が 60 個、意味を持たない文が 30 個設定されている。実験参加者に課されたタスクは、意味の通らない文に対し、ボタン押しで応答することである。日本語文の短期記憶による、英語文の理解への影響をなくすために、順序効果の完全な相殺はできていないが、英語文の全セッションを日本語文のセッションよりも先に設定した。

2. 4. 分析方法

取得された画像データは、MATLAB 上の spm12 と共に conn(connectivity tool box ver.2017a)を用いて、前処理、各言語条件下での機能的結合性の計算と *t* 検定による評価を行った。まず、全実験参加者における、英語文理解＞日本語文理解と日本語文理解＞英語文理解のコントラストを計算した。さらに全実験参加者を TOEIC 点数上位、中位、下位の 3 つの集団に分け、TOEIC 点数上位＞下位のコントラストを用い、英文理解能力に差がある場合の機能的連結性の差に注目した。また、同じく conn の Graph Theory 機能を用い、各言語条件下の実験参加者ごとの、各脳領域におけるグラフ指標、すなわち、大域効率(Global Efficiency)、局所効率(Local Efficiency)、平均パス長(Average Path length)、媒介中心性(Betweeness Centrality)、コスト(Cost)、次数(Degree)、クラスター係数(Clustering Coefficient)を算出し、スピアマンの順位相関を用いて、各グラフ指標と参加者特性(TOEIC 点数)と統計的に有意な相関がある脳領域を調べた。特に、機能的結合性が有意に高い領域や、言語処理ネットワークに関係すると考えられる領域に注目した。

3. 結果

3.1 英語文理解＞日本語文理解

英語文の理解においては、日本語文に比して、古典的言語野であるヴェルニッケ野を含む左後上側頭回(pSTG(L))、同じく古典的言語野であるブロカ野を含む左下前頭回(IFG(L))、言語処理ネットワーク(LN)のハブとされている左角回(AG(L))の 3 領域共に、デフォルトモードネットワーク(Default Mode Network, DMN)や顕著性(Salience Network, SN)に含まれる領域と多数の統計的に有意な正または負の結合性が確認された(表 1、表 2)。加えて、前帯状皮質(ACC)を除いて、DMN に含まれる脳領域と SN に含まれる脳領域との間で、多数の有意な正の機能的結合性が確認された(表 3)。なお以下の表で、*, **, ***の記号はそれぞれ偽陽性率(False Discovery Rate, FDR)により多重比較した p 値について、5%水準、1%水準、0.1%水準で有意差があったことを示している。

表 1 英語文理解＞日本語文理解における、LN と DMN のノード間で確認された有意な機能的結合

DMN \ LN	IFG(L)	pSTG(L)	AG(L)
PCC	Negative***	Positive*	Positive**
LP(R)	Negative***	—	—
LP(L)	Negative***	—	—
MPFC	Negative*	Positive*	Positive***

表 2 英語文理解＞日本語文理解における、LN と SN のノード間で確認された有意な機能的結合

SN \ LN	IFG(L)	pSTG(L)	AG(L)
SMG(R)	Negative***	Positive*	Positive**
SMG(L)	Negative**	Positive**	—
RPFC(L)	—	Positive**	Positive***
Ainsula(L)	—	—	Negative**
MPFC	—	—	Negative**

表 3 英語文理解＞日本語文理解における、DMN と SN のノード間で確認された有意な機能的結合

SN \ DMN	MPFC	LP(L)	LP(R)	PCC
ACC	Negative*	—	Negative**	Negative*
Ainsula(R)	—	—	—	—
Ainsula(L)	—	—	—	—
RPFC(R)	—	Positive*	—	Positive**
RPFC(L)	—	Positive***	Positive**	Positive***
SMG(R)	Positive**	Positive***	Positive***	Positive**
SMG(L)	—	Positive**	—	Positive**

3.2　日本語文理解＞英語文理解

日本語＞英語というコントラストでは、弓状束等の神経網を通じ言語処理ネットワークを為すと考えられている、ブロカ野、ヴェルニッケ野、左角回のうち、ブロカ野とヴェルニッケ野、ブロカ野と左角回で、高度に有意な正の機能的結合性が認められた(ブロカ野とヴェルニッケ野 p-FDR:1.8×10^-5、ブロカ野と左角回 p-FDR:1.0×10^-6)。

3.3　TOEIC 点数上位＞下位のコントラストにおける英語文理解

左後上側頭回とブロカ野相同部である右三角部との間で、有意な正の機能的結合性が確認された。これについては考察で詳しく述べる。

3.4　グラフ指標

右三角部において、TOEIC スコアが示す英語能力が高いほど、局所効率(Local Efficiency)、クラスター係数(Clustering Coefficient)が高いという結果が得られた。さらに、左後上側頭回においては、英語能力が高い実験参加者のほうが、平均パス長(Average Path length)が上昇し、大域効率(Global Efficiency)、媒介中心性(Betweeness Centrality)、コスト(Cost)、次数(Degree)が低下する結果が見られた。反対に左前上側頭回では、英語能力が高いほど、大域効率(Global Efficiency)、媒介中心性(Betweeness Centrality)、コスト(Cost)、次数(Degree)が上昇し、平均パス長(Average Path length)が低下した。このように、英語能力の差に着目すると、左上側頭回では、前部と後部で対照的な結果が得られた(表 4 の黄色で強調された第 1,2 行を参照のこと)。

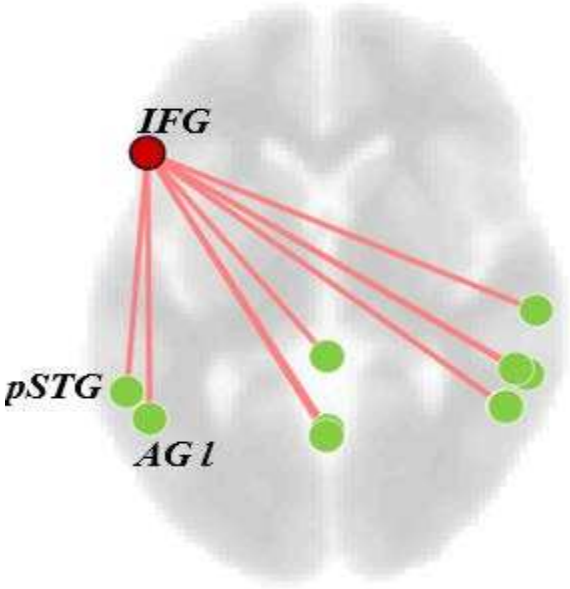


図 1　左下前頭回をシードとした日本語文理解＞英語文理解における有意な正の機能的結合(p-FDR<2.0×10^-5)

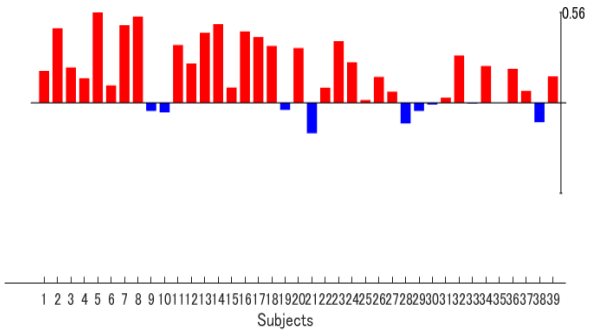


図 2　各実験参加者の、左下前頭回をシードとし左後上側頭回をターゲットとした時の日本語文理解＞英語文理解における機能的結合のエフェクトサイズ

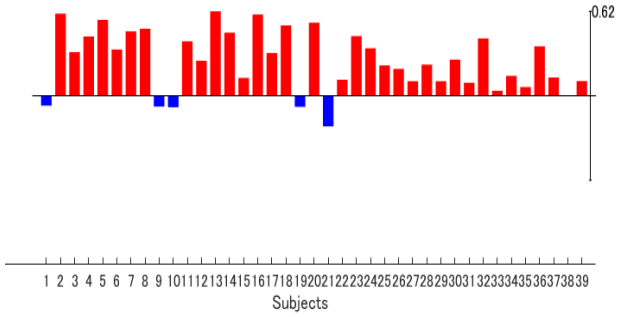
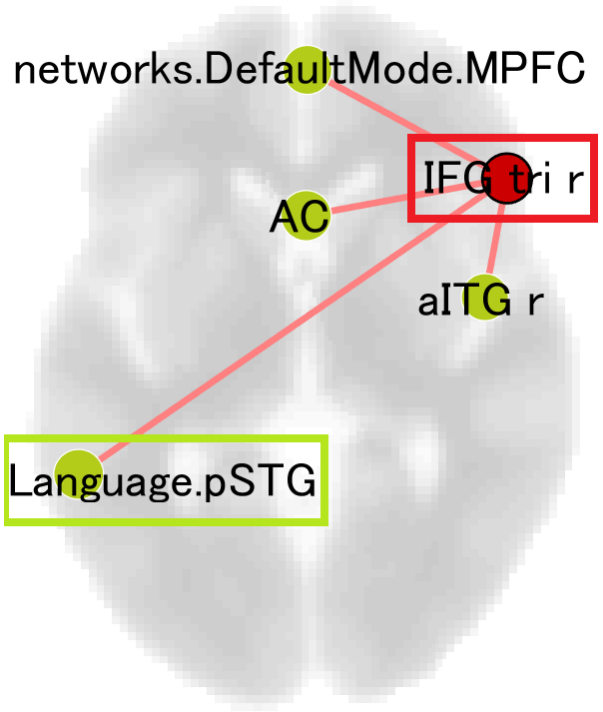


図 3　各実験参加者の、左下前頭回をシードとし左角回をターゲットとした時の日本語文理解＞英語文理解における機能的結合のエフェクトサイズ



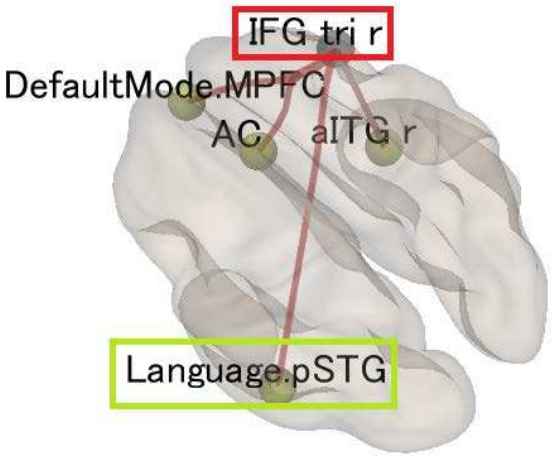


図 4　右三角部をシードとした英語能力上位群＞英語能力下位群における、英語文理解時の統計的に有意な正の機能的結合(p-FDR<5.0×10^-2)

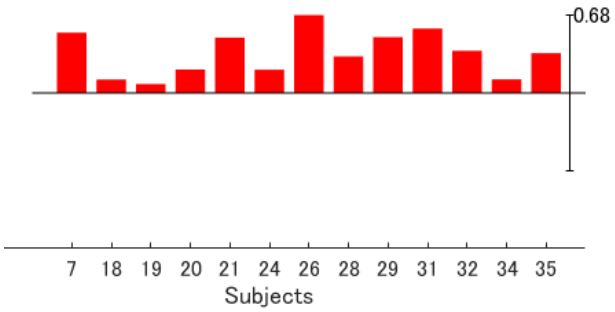


図 5　英語能力上位群の、右三角部をシードとしてターゲットが左後上側頭回の、英文理解時における機能的結合のエフェクトサイズ

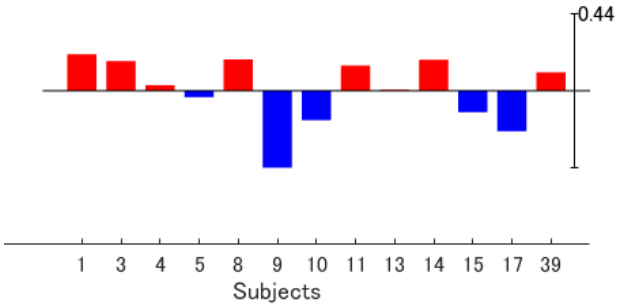


図 6　英語能力下位群の、右三角部をシードとしてターゲットが左後上側頭回の、英文理解時における機能的結合のエフェクトサイズ

表 4　各グラフ指標において、スピアマンの順位相関で参加者特性(TOEIC 点数)と統計的に有意な相関があるすべての脳領域。無印：正に相関、(-)：負に相関

aSTGL	Global	Average(-)	Between	Cost
pSTGL	Global(-)	Average	Between(-)	Cost(-)
IFGTriR	Local	Clustering		
IFGOperL	Local			
aMTGR	Local	Clustering		
toMTGR	Local	Clustering		
aPaHCL	Average	Between(-)		
pPaHCR	Global(-)	Average	Between(-)	Cost(-)
pPaHCL	Global(-)	Average	Cost(-)	
sLOCR	Average			
aTFusCL	Between			
ICCL	Between			
PTL	Global(-)			
PutamenR	Local	Clustering		
PutamenL	Cost			
Cereb1R	Local	Clustering		
Cereb1L	Local	Clustering		
Cereb3R	Global(-)	Average	Between(-)	Cost(-)
Cereb3L	Global(-)	Average		
Cereb10R	Global(-)	Between(-)	Cost(-)	
Ver3	Global(-)	Cost(-)		
Visual_Ventral	Average			
SensoriMotor_Superior	Between(-)			

4.　考察

後帯状皮質(PCC)，頭頂葉外側部(LP)，内側前頭皮質(MPFC)は DMN に含まれるとされ、縁上回(SMG)，吻側前頭前野(RPFC)は SN に含まれるとされている。英

語＞日本語のコントラストの結果より、英文を理解する際、最近の研究で意味処理ネットワークと重なるとされているDMN[3]と、他のネットワークの調節に関わると考えられているSN[4]という2つのネットワークが、言語処理ネットワークとの間で、有意な正もしくは負の結合性を示すことが認められた。また、DMNとSNにおいて、互いのネットワークに含まれる領域間で、多数の有意な正の機能的結合性が確認されたことから、この2つのネットワーク間の結合性は、英文把握の際に高まると見做しうる。以上のことから、日本語母語話者の英語における意味処理において、DMNとSNが関与することが強く示唆される。

反対に、日本語＞英語のコントラストでは、言語処理ネットワーク内に含まれる領域間で、有意な正の機能的結合性が認められた。このことは、日本語による言語活動の際、言語処理に関わる領域間で同調的に意味処理が完結していることを示している(図 1,2,3)。母語と第二言語とでは、言語に主要に関わるとされているネットワークの活動に大きな差が見られ、第二言語の処理においてはDMN, LN, SNなど異なるネットワーク間での調整が必要なことが示唆されている。

図4のように、TOEIC点数上位＞下位のコントラストの結果では、右三角部と左後上側頭回の結合性の強さは統計的に有意である。全実験参加者を見ても、TOEICの得点は、右三角部と左後上側頭回の結合性の強さと有意に正の相関を示している。右三角部をシードとし左後上側頭回をターゲットとして、英文理解時における機能的結合のエフェクトサイズを実験参加者ごとに示したのが、図5, 6である。またグラフ指標の結果から、英語能力が高い参加者において、右三角部が含まれるネットワークが特徴的な振舞いを示すことがわかった(図4の赤で強調された3行目)。TOEIC高得点者では、このネットワークに左後上側頭回が吸収され、そのため左後上側頭回を介して結合する領域数が減少し、ハブとして持つ情報伝達効率が低下する[5]。

その代わり、英語能力が高いと、左上側頭回では、後部ではなく、前部にハブとしての役割が置かれるということがグラフ指標の結果よりわかった。英語能力に応じての左上側頭回内におけるハブの移動は、英語の意味理解能力の差を反映しているのではないかと思われる。意味処理のハブとして左前上側頭回は大きな関心を集めている。その場合、下前頭回に対する意味処理ネットワークは、左後上側頭回と関連する弓状束などの背側の神経網ばかりでなく、左前上側頭回と関連する最外包や鉤状束などの腹側の神経網も考慮が必要となってくる。

以上を要するに、第二言語の習熟度が高くなるにつれて、右三角部と左後上側頭回を含むような両側にまたがる第二言語特有の言語処理ネットワークが作られ、そのネットワークはDMNやSNとも様々な調整を行っているのではないかと考えられる。その中で、右半球のブロカ野相同部、すなわち右下前頭回、三角部の果たす役割については、まだ不明な点が多い。この解明が今後の課題であると思われる。

参考文献

[1] Riki Matsumoto, Dileep R. Nair, Eric Lapresto, Imad Najm, William E. Bingaman, Hiroshi Shibasaki, Hans Otto Lüders (2004) “Functional connectivity in the human language system: a cortico-cortical evoked potential study”, Brain, Volume 127, Issue 10, 1, Pages 2316–2330

[2] JavierGonzalez-Castillo, Peter A.Bandettini (2017) “Task-based dynamic functional connectivity: Recent findings and open questions”, NeuroImage, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811917306535

[3] Miranka Wirtha, Kay Janna, Thomas Dierksa, Andrea Federspiela, Roland Wiestb, Helge Hornc (2011) “Semantic memory involvement in the default mode network: A functional neuroimaging study using independent component analysis”, NeuroImage, Volume 54, Issue 4, Pages 3057-3066

[4] Valerie Bonnelle, Timothy E. Ham, Robert Leech, Kirsi M. Kinnunen, Mitul A. Mehta, Richard J. Greenwood, David J. Sharp (2012), “Salience network integrity predicts default mode network function after traumatic brain injury”, PNAS, Volume 109, Issue 12, Pages 4690-4695

[5] 小野田 慶一 (2015), “脳画像研究におけるグラフ理論の基礎”, 生理心理学と精神生理学, 33 巻 3 号 p. 231-238

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

美術非専攻の大学生の自らの「ものの見方」への気づきと美術への親近感の向上を促す教育的介入

An Educational Intervention to Encourage Non-Art-Majors to Become Aware of Their Own Way of Thinking and Become Familiar with Art

古藤 陽[†]，清水 大地[‡]，岡田 猛[‡*]
Minami Koto, Daichi Shimizu, Takeshi Okada

[†]東京大学大学院学際情報学府，[‡]東京大学大学院教育学研究科，[*]東京大学大学院情報学環
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo
Graduate School of Education, The University of Tokyo
Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo
koto-minami220@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

要旨

本研究では，美術の非専門家に対して「日常生活における自己の視点についての再発見」および「美術に対して抱く難解・疎遠なイメージの変化」を促す教育手法を提案し，その効果検証を行った．提案手法は，学習者に対して found object と呼ばれる美術のジャンルに特徴的な創作プロセスを擬似的に体験する課題に取り組むことを求めるものである．教育効果の検証のため，課題設定を独立変数とした一週間に渡る一要因被験者間実験を実施した．実験の結果，実験群においては課題への取り組みの中で「日常生活における行動の制約を変化させることによる探索」や「日常とは異なる観点におけるモノへの意味づけ」，そして「日常における自分自身のモノの見方に対する気づき」が多く生じていたことが明らかになった．また，介入を経ることによって実験群のみ「美術に対する難解・疎遠なイメージ」が部分的に軽減している傾向が示唆された．この結果から，本論文において提案する手法は，日常を美術という観点において捉え直し，自分自身の視点についての新たな気づきを得るとともに，美術に対する親近感の向上を部分的に促すようなものであることが示唆された．

キーワード —美術教育, 現代美術, 創造性

1. はじめに

現代において，「芸術」とそれ以外の分野との境界は非常に曖昧なものである[1]．現代において芸術は，他の分野や社会，我々の生きる日常と完全に分断されるのではなく，隣接する様々な領域との関係性の中で捉えられるものとなっている．こうした傾向は音楽や演劇など様々な芸術のジャンルに共通するが，以下では特に美術に焦点をおく．

こうした現状において，美術教育においてもまた，美術という領域に閉じたものだけでなく，他の領域と接続するような学びを促すことは重要な課題であると言える．その中でも，美術教育において得られる学びが日常へとつながるようなものとなることは，学習者自身の日常にとって美術という領域が持つ意味を意識することにつながる．こうした意識を促すことは，美術領域に対して持続的・主体的に関わる人々を育成するという，美術教育の重大な使命に対しても寄与するものであると考えられる．

2. 美術教育における問題意識

では，美術を通じて得られる，日常生活へとつながるような学びとは具体的にはどのようなものであろうか．重要な点の一つとして，美術が我々に日常とは異なる視点を与えるものであるということが考えられる．小松[2]は美術を通じた新たな視点の導入を，「見方の縮尺を変える」ことであると述べ，そうした体験に美術の教育的な意義があると主張している．美術体験を通じて普段とは異なる視点を持つことによって我々は「現実を生き直す」ことができ，見慣れた日常のこれまでには見えていなかった様相を捉えることができるのである．

また，美術体験において普段と異なる視点を持つことは，自分自身の普段のモノの見方を振り返ることにもつながる．物理的な視点移動に起因した「見え」の違いから元の視点が逆算できること[3]と同様，美術という特殊な文脈が与えられることによって生じるものを見る時の観点の変化は，単に新しい景色を見せるだけでなく，自分の日常的なモノの見方への気づきを促

すという点においても有効であると考えられる．相田[4]は，大学生を対象とするデジタルカメラを用いた写真表現の実践を紹介し，「写真を用いて生徒の周辺を題材とし作品化する試みを通して，生徒は写真映像の持ついくつかの属性にあらためて気づく．それは例えば写真と自己のまなざしとの見え方の差異」であると述べている．この指摘は，カメラという道具の特性と「美術表現」という活動の持つ特性のうちどちらがこうした「自己のまなざし」に対する気づきをもたらすかという点において明確な答えをもたらすものではないが，いずれにせよ，普段とは異なる視点を与えられることにより元の視点に対する気づきが促されるという点においては重要な指摘である．

このように，日常を捉え直すような視点を得ることは美術の重要な教育的意義の一つである一方，多くの学習者にとって美術は「非日常的なもの」であることもまた事実である．片岡[5]は，近代において美術館における美術鑑賞という文化が根付いた後の日本では，美術が日常から乖離した「アート」と捉えられるようになったことを論じている．こうした現状を踏まえると，学習者自身によって美術と日常が乖離したものとして捉えられている現状に対しても，なんらかの形で働きかけることは重要であると考えられる．

3. 本研究の目的

これらの観点を踏まえ，本研究においては，以下のような教育目的の達成を目指すための介入を提案し，その教育効果を実験により検証する．

1. 日常の中に美術という普段と異なる視点を導入することにより，自分の日常的なモノの見方についての気づきをもたらすこと
2. 美術に対する，日常と乖離しているというイメージの変化をもたらすこと

なお，本研究における教育の対象は，美術を専門としない大学生・大学院生とする．近年は生涯学習の観点から，成人を含む様々な年代を対象とするワークショップ等の教育プログラムの需要が高まっている．上述した「日常生活に対する新たな気づきを得る」「美術に対して抱くイメージに変化をもたらす」という目的もまた，様々な知識や経験を重ねることによって美術や日常生活に対する見方が固定化してしまいがちな成人に対して十分に意味のあるものであると考えている．美術教育手法に関する研究は依然として児童を対象とするものが多いのが現状である．しかしながら，上述した相田の例や，美術作品の対話型鑑賞場面を通じて大学生が自らの日常に関する気づきを得る過程を記述した長井[6]など，美術教育場面と日常との接続という観点においては，大学生を対象とした実践も目立つことからも，こうした観点が大学生や成人を対象とする教養教育においても重要なものであることが示唆される．

4. 提案手法

先述の目的を達成するための手法として，我々は「美術体験を通じた日常の異化」を引き起こすことが一つの鍵となるのではないかと考えた．その上で，現代美術作品に見られる found object と呼ばれる手法が，「日常の異化」を促す上で有効なものとなりうると考えた． found object の作品は，元々美術作品となることが企図されていないような日常的な対象の中から文字通り「見出される」[7]ことによって成立する．こうした手法が広まる大きな契機となったのが，1917 年にマルセル・デュシャンが発表した《泉》という作品である．この作品は，大量生産された男性用便器を 90° 回転させ，その表面に偽名のサインを施したものである．美術家の手によって作られたものではなく既製品を作品として価値づけ美術館で展示するという手法は当時としては非常にスキャンダラスなものであり，様々な批判を集めるとともに，現代美術の在り方に大きな影響を与えた．

芸術作品として作られていない対象を「見出す」found object の手法を用いることによる美術家の意図としては多様なものが考えられるが，デュシャンや彼に影響を受けた芸術運動の担い手たちによって強く意識されていたこととして，以下の二点が考えられる．一つは，日常の文脈に美術という観点を導入することによる日常の異化と再発見，そしてそれを通じた自己の無意識や深層心理についての発見である．こうした関心は，特にシュルレアリスムの美術家たちにおいて強く見られた．もう一つは，日常的な対象と美術作品との境界を取り払うことによる美術という制度の問い直しである．近代の美術における権威主義的な姿勢を嫌ったダダイズムの美術家たちは，あらゆる手段を使って「高尚で他の領域から自律した美術」のイメージを崩壊させることを試みた．そうした試みの一つとして，本来は美術作品としては捉えられなかったような

対象をあえて美術作品と呼ぶことによって,既存の「美術」に対する疑いの目を向けようとしたのである[8].

以上の二点をまとめると，found object は，その表現を通じて日常の対象を異化し自分のモノの見方の発見を促すとともに,「高尚な美術」というイメージを問い直すことを目指す手法であると言えるであろう．こうした特徴は本研究における教育目的に一致するものであり，found object の創作プロセスを介入の中に組み込んだ教育手法により，本研究の目的が達成できるのではないかと考えた.

found object の創作プロセスにおいては,「日常的な対象」の中から「美的な対象」を作品として見出すという行為が重要な要素として含まれている．この「見出す」という行為の中で日常的な対象が美術という文脈において異化され新しい様相を表すとともに，通常我々が日常において無意識のうちに適用しているモノの見方についての気づきや発見を促すと考えられる．また，日常と美術という二つの領域の間に目を向け，自分自身が主体的に対象に意味を付与することにより日常的な対象が美術作品へと変わる瞬間を体験することを通じて，美術という領域に対する親近感の向上につながると考えた.

すなわち， found object の創作プロセスの体験は，日常的な対象の異化という過程を通じて主体のモノの見方に対する気づきを促すとともに，美術と日常が疎遠なものであるというイメージを解消するためのきっかけとなることが予想される．そこで本研究においては以下のような仮説を設け，実験を通してこれを検討する.

仮説：美術を専門としない大学生に対して found object の創作プロセスの体験を引き起こす教育的介入を行うことによって，学習者の日常におけるモノの見方についての気づきが促される．また，美術に対する「日常から乖離したもの」というイメージが軽減される.

本研究では, found object の創作プロセスの中でも,「日常的な対象の中から美術作品を見出す」という要素が本質的な部分であると考え，介入の中核としてこの活動を行うよう促すことが有用であると考えた．一方，学習者に対して found object という手法の成立した歴史的経緯やこの手法によってどういった目的の達成が目指されたのかということについて事細かな説明を加えることは避けた．こうした found object についての背景知識を教示として与えることは，本研究においては教育目的を参加者に直接伝えることとほぼ同義であり， 教育効果を正確に測る上ではこうした情報は参加者には直接的に伝わるべきではないと考えた.

5. 実験

上述した仮説を検証するために一要因被験者間実験を実施した．実験群と統制群の二群を設け両群の比較を行うとともに，介入前後の変化を取り出すための事前・事後調査によって介入の効果を検討する．本実験の対象は美術を専門としない大学生・大学院生とする．本研究では，合計 23 名（実験群 13 名，統制群 11 名）の被験者による実験協力を得た．うち 3 名（実験群 2 名，統制群 1 名）に関しては日ごとのアンケート回答または写真撮影の漏れによるデータの不備があったため，その 3 名を除外した実験群 10 名（平均年齢 22.8 歳，*SD* = 1.25，男性 8 名／女性 2 名）と統制群 10 名（平均年齢 22.0 歳, *SD*= 2.00, 男性 6 名／女性 4 名），合計 20 名から得られたデータを本研究における分析の対象とした．なお，本実験は美術に対して抱くイメージが直接課題への取り組み方に関わるような課題設定となっており，美術経験が結果に大きく影響することが予想された．そのため，各群に対する被験者の割り当てに関しては，過去の美術経験が群間で大きく偏ることを避けるため，実験参加以前の 5 年間以内での美術館来館回数を事前に尋ね，来館回数がほぼ同等な被験者のペアを作った上で 1 名ずつをランダムに実験群と統制群に割り当てるという方法をとった.

本実験の大まかな流れは，図 1 の通りである．本実験は介入として計 7 日間の〈課題セッション〉を設け，その前後にそれぞれ 1〜2 時間程度の〈事前・事後調査〉を設けるという構成で行った．〈課題セッション〉中は被験者には通常通りの日常生活を送る中で，実験群では，日常的な事物の中から「自身が美術作品だと思えるような対象」を探す『美術作品探索課題』に取り組むことを求めた．対して統制群では，日常的な事物の中から「特定の文字から始まる名前のもの」を探す『しりとり探索課題』を行うよう求めた（詳細は後述）．なお，課題期間の長さは予備実験の結果を鑑みて設定した[1].

[1] 本来であれば 7 日間続けて課題に取り組んでもらいその前後の日に事前・事後調査を行うことが望ましいが，被験者のスケジュール調整が困難であることから，本実験においては

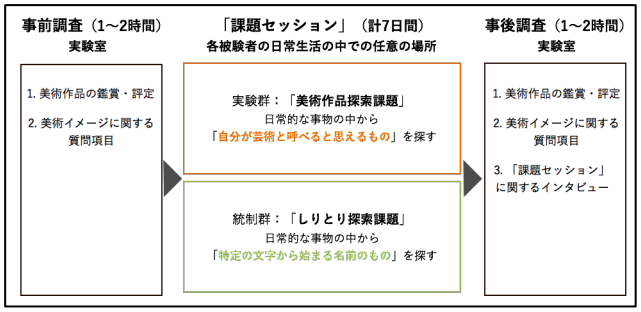


図 1 実験の概要

1. 〈課題セッション〉

本実験の目的は「found object という美術の創作プロセスを体験することによる効果」を検証することである．そのため，実験群においては found object の創作プロセスの中で重要な要素であると考えられる「日常的な事物の中から美術的な要素を持つものを“見出す”」ことを介入として設定した．一方，比較対象である統制群においては，実験群と同様に「日常的な対象から特定の条件を満たすものを探し出す」要素を持つ課題であるが，found object に見られる「日常の異化」のような作用が生じないものが適当であると考えた．そこで，統制群に対しては我々が日常の中で用いる「ものの名前」に着目することを促すような課題を設けた．

『美術作品探索課題』においては，1 日につき 3 つ以上の「作品」を探し，それぞれに作品タイトルをつけることを求めた．また，見つけてきた 3 つの中から「作品として一番良いと思ったもの」を 1 点選択するよう促した．また，被験者に対しては，課題の中で見つけてきた「作品」に関しては全て写真に収めること（「写真撮影タスク」）と，その日の「作品」や活動に関するアンケートに回答すること（「アンケートタスク」）を指示し，それぞれの成果物を提出するよう求めた．なお，写真やアンケートの提出は WEB サービス上の共有フォルダにアップロードする形で原則として日ごとに行うよう依頼した[2]．なお，分析対象とするアンケート項目の詳細については後述する．

統制群の『しりとり探索課題』においても，比較のため，基本的には実験群と同様に「写真撮影タスク」と「アンケートタスク」に日ごとに取り組むよう求めた．「アンケートタスク」の項目も基本的には実験群と同様であるが，一部統制群の課題内容には合わない項目に関しては削除している．

2. 〈事前・事後調査〉

介入の事前・事後においては，主に美術に対する捉え方やイメージの変化を取り出すための調査を行った．この調査においては実験群・被験群ともに同じ内容を設定した．内容は，美術作品の鑑賞・評定と，美術に対して持つイメージに関する質問項目から成る．なお，本研究では美術という領域そのものに対して抱くイメージに焦点を当てるため，個々の作品に対する評定を行う作品鑑賞については本論文では分析対象外とする．

質問項目は全 11 項目で，前半は被験者が芸術や美術をどのようなものと捉えているかを尋ねる項目とこれまでの美術館来館経験を尋ねる項目，後半は美術の役割に関する認識や美術に対する疎遠なイメージの有無を尋ねる項目で構成した．前半の質問項目 No. 1 に関しては，被験者の持つ芸術観を端的に取り出すため，[9]が実施した教師に対する授業観の調査における手法を参考とした．また，後半の美術に対して抱く難解・疎遠なイメージの有無や美術の役割に関する認識を測るための項目としては，[10]による全 17 項目の質問尺度のうち，本研究の内容に関わると考えられる「アートに対するイメージ」を尋ねる 8 項目を抜粋して使用した．

6. 分析

実験において検証すべき点は以下の三点である．

1. 実験群における課題に対する取り組みが「found object の創作プロセスの体験」であったと言えるか
2. 各群における自分自身のモノの見方についての気づきの有無
3. 各群における美術に対するイメージの変化の有無

まず，【実験群の被験者が期待通りに found object の創作プロセスを体験していたか】という点を確認するために，〈課題セッション〉期間中の日毎のアンケー

課題期間として最大で 2 週間程度を設け，その中から被験者自身で合計 7 日間選択して課題を行うよう促すという方法をとった．（事前・事後調査を含めた実験期間の平均は 10.85 日間，最長で 16 日であった）

[2] 課題の提出漏れを避けるため，「課題セッション」の期間中は，写真とアンケートの提出依頼文と提出先の WEB サイトのリンクを記載したリマインドメールを 1 日に 1 度送信した．

トの中から,「課題に取り組むに当たっての探索の方針」と「撮影した対象を選択した理由」を尋ねた項目に対する回答を分析対象とする．自由記述の回答データからボトムアップでカテゴリを生成し，生成されたカテゴリに基づいてそれぞれのデータを分類する．その後，各カテゴリに分類された回答の割合に群間で統計的に有意な差異が見られたかを検定することにより，〈課題セッション〉中の「探索方針」や「対象の選択理由」に関する各群の傾向がどのようなものであったかを検討する．そして，実験群における「探索方針」や「対象の選択理由」が，found object の創作プロセスに見られるものと類似しているかを確認することにより，実験群に対する介入が期待通りに機能していたかどうかを検討する．

二つめの【自分自身のモノの見方についての気づき】については，課題期間中の日ごとのアンケートの中で「その日課題に取り組む中で新たに気づいたこと」について尋ねた項目に対する自由記述回答を指標として用いた．この項目に関しては，「新たな気づきや発見」が引き起こされる頻度そのものにも群間での差が生じる可能性があると考え，気がついたこと・発見したことがある場合には箇条書きで回答する，という形式をとり，箇条書きの１項目を１つの回答データとして取り扱うこととした．この方式により，日常における「発見」が生じた頻度およびその内容の双方をオンラインに近い形で取り出すことができるのではないかと考えた．上記のような方法をとったため，この項目に対する回答データは人によって数が異なる．詳細は後述する．

回答にあがった「発見」の内容に群間でどのような差異が見られたかを検討するために，全回答データからボトムアップでカテゴリを生成し，生成されたカテゴリに基づいてそれぞれのデータを分類する．その後，各カテゴリに分類された回答の割合に群間で統計的に有意な差異が見られたかを検定することにより,「課題セッション」中の「気づきや発見」にどのようなパターンがあり，それぞれの群において生じた「発見」の傾向がどのようなものであったかを検討する．

三つめの【美術に対するイメージの変化】については，事前・事後調査における質問項目への回答を指標とする．このうち，美術に対する疎遠なイメージの有無を尋ねた８項目は５件法での回答のため，各項目に対する回答の平均値を事前・事後で比較し，統計的に有意な差異があるかを検定する．また,「美術とは何か」という問いに対する一文自由記述回答に関しては，回答をボトムアップでカテゴリ分類し，各カテゴリに分類された回答の割合に，各群において事前・事後における統計的に有意な差異が見られたかを検定する．

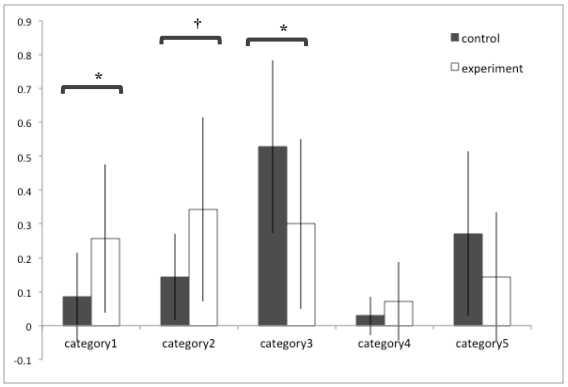
7. 結果

1. 実験群における found object の体験

まず,「課題セッション」期間中の日毎のアンケート項目のうち,「その日の探索において特に意識したこと」に対する自由記述の回答（実験群・統制群計 20 名×7 日間の全 140 件）からボトムアップでカテゴリを生成した結果，大きく分けて 5 つの「探索の指針」のカテゴリが生成された（表 1 参照）．この 5 つのカテゴリに基づいて，実験群・統制群双方によるすべての回答を分類した．なお，一つの回答内に複数カテゴリの要素が含まれるケースが数件見られ，どちらか一方への分類は困難であると判断したため，そのような回答に関しては複数のカテゴリにおいて重複してカウントした．次に示す表 1 にて，各カテゴリの定義および，各群の被験者一人ひとりによる回答のうち，それぞれのカテゴリに振り分けられた回答の割合の平均値を示す．また，表 1 に記載の各群の回答割合の平均値をグラフにしたものが図 2 である。

表 1 「探索方略・方針」に関するカテゴリおよび各群の回答の割合

no.	カテゴリ名	実験群 平均 (*SD*)	統制群 平均 (*SD*)
1	制約の変更による探索	0.26(0.22)	0.08(0.26)
2	対象の多義性や多様性を重視した探索	0.34(0.27)	0.14(0.34)
3	既存の制約内での効率的な探索	0.30(0.25)	0.53(0.30)
4	表現における工夫	0.07(0.12)	0.78(0.03)
5	特になし・その他	0.14(0.19)	0.49(0.27)



※図中に記載のエラーバーは *SD* を示したものである

† p.<.10 ＊ p<.05

図 2 「探索方略・方針」における各群の回答の割合

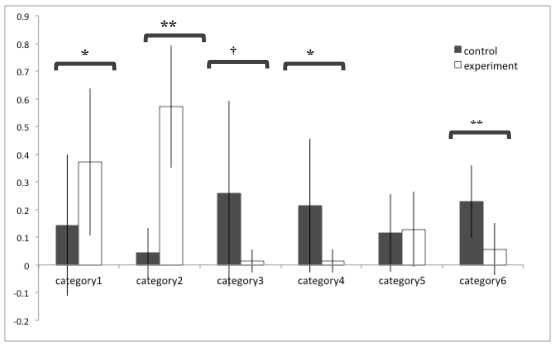
各被験者による全回答数（各 7 件）のうち，それぞれの項目に分類された回答の比率に関して，角変換を施した上で対応のない t 検定を行った．結果として，「制約の変更による探索」（t (17.25) = 2.15, p < .05）および「既存の制約内での効率的な探索」（t (17.75) = −2.13, p < .05）の 2 項目に関しては統計的に有意な差異が，「対象の多義性や多様性を重視した探索」（t (15.50) = 1.99, p = .06）の 1 項目に関しては有意な傾向の差異が示唆された．

このことから，実験群は「作品」の探索のためにいつもと異なる道を歩く，いつもは良く見ていない場所を見てみる，前の日とは異なる場所を探してみる，といった既存の制約を変更するような方法を多くとっていたのに対し，統制群は「いかに効率的に課題を達成するか」という観点を中心に，既存の制約の中での探索を行っていたことが示唆された．また，実験群は探索の指針として，自らの直観に訴える対象，バリエーションのある対象，解釈の可能性が開かれた対象を探すことに重点を置いていた可能性が示唆された．

続いて，同じく「課題セッション」期間中の日毎のアンケート項目から，「撮影した対象の選択理由」に対する自由記述の回答（実験群・統制群計 20 名×7 日間の全 140 件）に基づきボトムアップでカテゴリを生成した結果，大きく分けて 6 つの「探索の指針」のカテゴリが生成された（表 2 参照）．また，表 2 に記載の各群の回答割合の平均値をグラフにしたものが図 3 である。

表 2 「対象の選択理由」に関するカテゴリおよび各群の回答の割合

no.	カテゴリ名	実験群 平均 (*SD*)	統制群 平均 (*SD*)
1	対象の外見の魅力	0.37(0.26)	0.14(0.26)
2	対象を起点とした物語・解釈・意味の広がり	0.57(0.22)	0.04(0.09)
3	対象への愛着・思い入れ	0.01(0.04)	0.26(0.34)
4	対象の見つけやすさ	0.01(0.04)	0.21(0.24)
5	自身の表現への満足感	0.12(0.13)	0.11(0.14)
6	その他	0.06(0.09)	0.29(0.13)



※図中に記載のエラーバーは *SD* を示したものである

† p<.10 ＊ p<.05 ** p<.01

図 3 「対象の選択理由」における各群の回答の割合

各被験者による全回答数（各 7 件）のうち，それぞれの項目に分類された回答の比率について，角変換を施した上で対応のない t 検定を行った．結果として，「対象の外見の魅力」（t (17.97) = 2.15, p < .05）「対象を起点とした物語・解釈・意味の広がり」（t (15.73) = 6.81, p < .01）「対象の見つけやすさ」（t (10.90) = −2.71, p < .05）「その他」（t (17.75) = 2.99, p < .01）の 4 項目に関しては統計的に有意な差異が，「対象への愛着，思い入れ」（t (9.91) = −2.19, p = .05）の 1 項目に関しては有意な傾向の差異が示唆された．

以上の結果から，実験群は対象の外見的魅力や，対象から普段とは異なる物語や解釈，価値を引き出すことができるかどうかということに重点をおいて対象を選別していたのに対し，統制群は対象そのものに普段から抱いている印象や，課題を遂行する上での効率性に重きを置いて対象を選択していたことが示唆された．

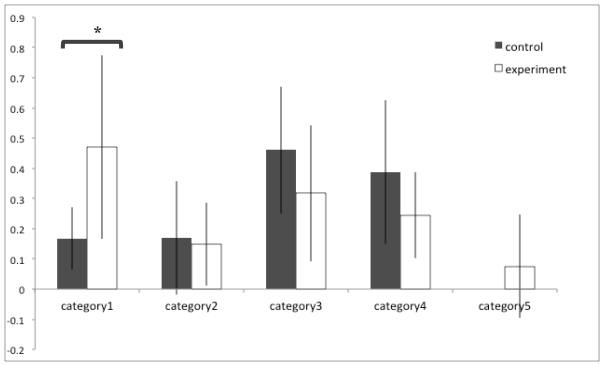
ここまでに述べた結果から，実験群に対する介入が期待通りに「found object の創作プロセスの体験」を引き起こしていたか，という点を検討する．found object の創作プロセスにおいてシュルレアリスムの美術家たちが重視したことの一つとして，日常において自分自身を縛る意識から解放され，偶然や無意識の結果として生じた出会いを作品化することであった．課題に取り組む中で実験群の被験者が行なっていた「日常における制約の変更」は，明確な目的意識を持って効率的に対象を探し出すことを重視した統制群の探索とは異なり，普段とは異なる行動を取る中で起きる偶然の出会いに期待した行動であったと考えられ，found object の創作プロセスに通じるものであると捉えることができる．また，対象の外見の美しさや解釈の多様性を重視していたことは，日常的な対象について通常とは異なる観点からの意味づけを行なっていたことを示す結果であると言える．こうした通常とは異なる観点からの意味・価値づけは，対象を異なる文脈に置いて異化するという found object の「創作」において重要なプロセスである．以上より，実験群における課題への取り組みは，「found object の創作プロセスの体験」という提案手法における狙いを期待通りに達成していたと言えるであろう．

2. 自己の視点に関する発見

「課題セッション」期間中の日毎のアンケート項目のうち，「その日の探索のなかで気づいたこと・発見したこと」に対する自由記述の回答（全 168 件）からボトムアップでカテゴリを生成した結果，大きく分けて 5 つの「発見」のカテゴリが生成された（表 3 参照）．この 5 つのカテゴリに基づいて，実験群・統制群双方によるすべての回答を分類した．なお，一つの回答内に複数カテゴリの要素が含まれるケースが数件見られ，どちらか一方への分類は困難であると判断したため，そのような回答に関しては複数のカテゴリにおいて重複してカウントした．次に示す表 3 にて，各カテゴリの定義および，各群の被験者一人ひとりによる回答のうち，それぞれのカテゴリに振り分けられた回答の割合の平均値を示す．また，表 3 に記載の各群の回答割合の平均値をグラフにしたものが図 4 である．

表 3 「気づいたこと・発見」に関する カテゴリおよび各群の回答の割合

no.	カテゴリ名	実験群 平均 (*SD*)	統制群 平均 (*SD*)
1	自分自身のモノの見方や芸術観に関する発見	0.47(0.31)	0.17(0.10)
2	その他自分自身に関する発見	0.15(0.14)	0.17(0.19)
3	周囲のモノの特徴に関する発見	0.32(0.23)	0.46(0.21)
4	課題に関する発見	0.25(0.14)	0.39(0.24)
5	その他	0.08(0.17)	0.00(0.00)



※図中に記載のエラーバーは *SD* を示したものである

＊ $p < .05$

図 4 「気づいたこと・発見」における 各群の回答の割合

各被験者による全回答数（件数は人により異なる）のうち，それぞれの項目に分類された回答の比率に関して，角変換を施した上で対応のない t 検定を行った．結果として「自身のモノの見方や芸術観に関する発見」（$t(13.65) = 2.15$, $p < 0.05$）の 1 項目に関して統

計的に有意な差異が示唆された.

以上の結果から，実験群は探索を通じて自分自身のモノの見方や芸術に対するイメージの傾向等に関する気づきを得て，改めてそれらを認識し直していたことが明らかとなった．それに対して、統制群における気づきの多くは周囲のモノの形式的な特徴に関するものや課題の性質に関するものであったことが，統計的に有意な差は見られなかったものの，他カテゴリと比較した際の平均値差の大きさから示唆された.

実験群において，自分自身のモノの見方や芸術に対するイメージに関する気づきが多く見られたことは，先に述べた仮説を支持するものである．一方，周囲のモノの特徴に対する気づきが統制群においても比較的頻繁に生じていたことは興味深い結果である．この点に関しては次節にて考察する.

3. 美術に対するイメージの変化

課題の事前・事後において被験者の抱く美術に対するイメージをはかるため，縣・岡田（2010）に基づき，「美術の役割に対する認識」と「美術に対する難解・疎遠なイメージ」の有無をはかる計８つの質問項目に対する回答を求めた．なお，この項目に関しては５件法（1. 全くそう思わない〜5. とてもそう思う）での回答を求めた.

各群の事前・事後における回答の値に対して対応のある t 検定を行ったところ，実験群においては「美術や美術作品に対して『難しい』というイメージがある」（事前：平均（SD）= 3.6（0.92），事後：平均（SD）= 3.2（0.75），t（9）= 2.45，p < .05）の１項目において統計的に有意な差異が，「美術に対して『高尚で近づきにくいもの』というイメージがある」(事前:平均（SD）= 2.9（1.04),事後：平均（SD）= 2.6（1.28),t（9）= 1.96，p = .08）および「美術は自分の日常生活に関わりのあるものである」（事前：平均（SD）=2.9（1.14），事後:平均（SD）=3.5（0.92），t（9）=−1.96，p=.08）の２項目において統計的に有意な傾向の差異が示唆された．一方統制群においてはいずれの項目に関しても統計的に有意な差異は見られなかった．以上の結果から，実験群においては課題への取り組みを通じて美術に対する「難しい」「高尚で近づきにくい」といったイメージが軽減され，美術をより日常に関わるものとして認識するようになったことが示唆された．一方，統制群においてはこうした変化が見られなかったことから，こうした美術イメージにおける変化には，実験群に対する介入が影響していた可能性が示唆された．ただし，実験群においては上述した一部の項目において事前・事後の調査間で有意な差異や有意な差異の傾向が見られた一方で，他の５項目に関してはこうした差異が見られず，美術イメージの変化に対して与えた影響は部分的なものであったと考えられる.

8. 考察

上述した実験結果を整理すると，以下のようなことが明らかになったと言える.

1. 提案手法は found object の創作プロセスを引き起こす上で有効であった.
2. 提案手法は自分自身のモノの見方や美術に対する考え方についての気づきを促すものであった.
3. 提案手法は「美術に対する難解・疎遠なイメージ」の軽減において部分的に効果があることが示唆された.

以降でこれらの結果に対して考察を行い，提案手法の教育手法としての有用性と限界について検討する.

まず，実験群において found object の創作プロセスが期待通りに引き起こされていたことから,「日常の中から美術作品と思えるものを探す」という行為をなぞることにより，認知的なプロセスとしても実際の美術創作活動に近いものが促されていたことが示唆された.こうした現象が生じた理由としては，被験者の多くにとって「美術作品」という概念そのものが曖昧なものであったために,「美術作品と思えるものを探す」という課題が，単に条件に当てはまるものを探すだけでなく「そもそも自分にとって美術作品とはどのようなものか？」という問い直しを促したという可能性が考えられる．ゴールとして与えられた「美術作品」の曖昧性ゆえに効率的に「正解」を探すような探索を行うことが難しく，結果として自身の日常的な制約から離れたところにある偶然の出会いに期待するような方略へとつながったのではないだろうか.

二つ目に，モノの見方や美術観についての気づきが実験群において顕著に見られたことについて考察する.上述した通り,実験群においては「日常の制約の変更」と「対象の異化」という，found object の創作プロセスが引き起こされていたと考えられる．すなわち，対象を通常とは違う観点によって捉え，その結果として対象の通常とは異なる「見え」が生じていたと言えるであろう．言い換えると，実験を通じて捉えられた対象の姿が「日常における対象の“見え”」とは異なるも

のであったために,「日常の中で自身が無意識のうちに適用している視点についての気づき」も促されたと考えられる．一方統制群においては外界の対象についての気づきは見られたものの，自身のモノの見方を改めて発見することにはつながらなかった．この結果は，統制群における探索があくまで日常の制約の中で行われたものであったために，対象を「よく見る」ことにはつながったものの,「異化する」というレベル，すなわち対象の「見え」の変化には至らなかったことが原因であると推察される．

上記のように「モノの見方についての気づき」という点においては実験群では強い効果が得られたものの,「美術に対する親近感の向上」に関する効果はごく限定的なものであった．繰り返しとなるが，本実験においては実験群に対して found object の行為のみをなぞらせており，found object についての知識の教授等は行っていない．すなわち，本実験によって実験群の被験者にもたらされた体験は，新規な美術の文化との出会いではなく被験者がもともと保有していたイメージについての自覚を促す意味合いが強かったと言える．しかしながら，美術に対するイメージを強く変化させるためには，自分の中にある美術観を自覚するだけでなく，それを疑い問い直すような体験が必要だったのではないだろうか．こうした「自身の価値観の振り返りと相対化」は，自身とは異なる価値観との接触によって促される[11]．こうした観点から，提案手法についても，美術作品や他者とのインタラクションを通じて自分とは異なる美術観に触れるような仕組みを導入することによって，美術に対する親近感の向上へとつながるのではないだろうか．

9. 総合考察

以上をまとめると，提案手法は美術における学びを日常へと接続するという試みにおいては一定の効果があったと言えるであろう．一方で，美術に対する親近感を向上させるという意味においては，効果は限定的なものであった．この点をより促進させるための要素として先に挙げた美術作品の鑑賞や他者とのインタラクションについては，従来の美術教育手法の中に豊かな蓄積がある．そうした従来手法との組み合わせは，今後検討すべき課題の一つである．その上で，実験という手法だけでなく，教育実践の現場との連携も重要な課題となるであろう．

今後はこうした改良を通して，美術体験における学びが日常へと接続するとともに，美術に対する親近感の向上や次の美術体験への動機づけにつながる，というサイクルを促すような教育手法を洗練することを目指す．こうしたサイクルが回ることにより，美術という領域が持続的な形で学習者の人生の中に位置づくことへとつながっていくのではないだろうか．

参考文献

[1] 磯貝 友紀・寺田 鮎美・山崎 和佳子・近藤由紀, (2001). “揺れ動く「真」と「贋」” 西野嘉章 (編) 真贋のはざま—デュシャンから遺伝子まで—, pp. 8–24., 東京大学出版会

[2] 小松 佳代子, (2012). “美術–自己と世界の接面–" 小松 佳代子・西島 央・上野 祐一・有賀 康二・赤堀 博美・工藤 和美 (編) 周辺教科の逆襲, pp. 51-76., 叢文社

[3] 宮崎 清孝・上野 直樹, (1985). “視点のしくみ”, 認知科学選書 1 視点, 東京大学出版会

[4] 相田 隆司, (2011). “主体的に生活世界に関わるための美術教育をめぐって: デジタルカメラを用いて反復する短い映像作品を作る探求的実践を通して”, 美術科教育学会誌, Vol. 32, pp. 1-12.

[5] 片岡 杏子, (2007). “社会教育としてのワークショップ: 公共的場面における「美術」をめぐって”, 美術科教育学会誌, Vol. 28, pp. 131-142.

[6] 長井 理佐, (2009). “対話型鑑賞の再構築”, 美術科教育学会誌, Vol. 30, pp. 265-275.

[7] Camic, P. M., (2010). “From trashed to treasured: A grounded theory analysis of the found object”, Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts., Vol. 4, No. 2, pp. 81-92.

[8] 早見 堯, (2013). “ダダ的反抗と夢の開拓”, 増補新装 カラー版 20 世紀の美術, 美術出版社

[9] 秋田 喜代美, (1996). “教える経験に伴う授業イメージの変容: 比喩生成課題による検討”, 教育心理学, Vol.44, pp. 176–186.

[10] 縣 拓充・岡田 猛, (2010). “美術の創作活動に対するイメージが表現・鑑賞の動機づけに及ぼす影響”, 教育心理学研究, Vol. 58, No. 4, pp. 438–451.

[11] Ishibashi, K., & Okada, T. (2006). “Exploring the effect of copying incomprehensible exemplars on creative drawings”, In Proceedings 28th Annual Conference Cognitive Science Society, pp. 26–29.

ランダムに配置された粒子群画像の周期的提示による運動認知 Ⅲ

Virtual Measurement of Perceived Translational Velocity of Periodically Illuminated Random Dots III

大槻 正伸,小泉 康一,大塩 智規†
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi, Tomonori Ohshio
†福島工業高等専門学校
National Institute of Technology Fukushima College
ohtsuki@fukushima-nct.ac.jp

Abstract

When we see many random dots and really moving dots that are shown at some constant time intervals, we can recognize the real movement on some conditions, and we cannot do that on other conditions.

In this paper we research what conditions on really moving dots and random dots permits us to recognize the real movement, by presenting an observer the images in which random dots and really moving dots are displayed.

As the number of total dots, the rate of random dots, and the velocity of really moving dots becomes larger, it becomes harder to recognize the real movement.

Keywords — Apparent movement(motion), Random Dots, Translational velocity, Virtual Measurement

1. はじめに

砂糖や砂などの粒子がさらさらと自然に落下している場合, 人間は粒状や粉状の物質の流れ, 特に流れの速度をどのように認知しているのであろうか？ そのための基礎的な知見を得るのが文献[3][4][6]そして本研究の目的である

速度認知の大雑把な推定としては, ある時刻 t での各粒子と, 微小時間後(t+Δt)時刻での各粒子の位置を, それぞれの粒子を同一視しながら結びつけることを繰り返し行うことにより流れの認知, 流れの速度の認知をしているのであろうと考えられる.

それでは,この「粒子の同一視と結び付け」をどのように行うのか,またその結び付けの人間の能力はどの程度正確なのかが問題になる. これらの疑問に答えるために,我々は,「一定周期（例えば 100[ms] ）ごとに表示される毎回ランダムに配置した点を見ていると,人間は,それを一定方向に流れる粒子群と認知する」という錯視現象に着目している.

そして文献[3][4]では,次のような実験を行った. まず一定周期ごとに,毎回ランダムな点を表示枠（10[cm]四方の正方形）内のある領域に表示する. また,同時に実際にある速度で落下（or 上昇）する比較対象の 1 つのドット（文献[3]）,あるいはドット群（文献[4]）を,ランダムドット表示群の隣の領域に表示する（図 1—図は文献[4]の実験）. そうして,実際に落下（上昇）するドット群（実運動ドット（群）とよぶ）の速度を上げていき,観察者がランダムドット群により認知されるドットの流れの運動速度と,実運動ドット群の速度が一致したとき,すなわち,両者の区別がつかなくなったとき, この実運動落下群の速度を「ランダムドット群により認知される流れの速度」とみなし,これによりランダムドット群の認知速度を計測した.

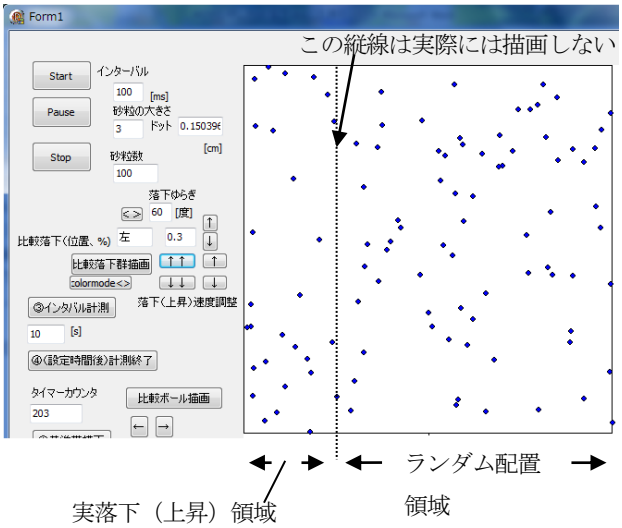


図 1 ランダムドット画面の例（文献[4]）

この実験の結果,

（1）ランダムドット群の落下（上昇）認知速度と,「ランダムドット群の最近点移動平均速度」[3]とには強い相関があること,

（2）認知速度には相当個人差があること

（3）図 1 の場合[4], 実落下（上昇）領域の大きさも, ランダムドット群の落下（上昇）認知速度に影響すること

等がわかった.

本論文では, より一般的に, どのようなランダムドット群の条件（ランダムドットの密度（一定枠内のドット数――それは最近点移動平均距離に関係している）, 実運動ドット群の割合, 速度等）で, 実運動ドット群とランダムドット群の区別がつかなくなるのか, すなわち, 実運動ドット群を認知できなくなるのかについて調べることとした. これは, どのような条件で, 実運動ドット群の同一視と結び付けが, ランダムドット群に乱され機能しなくなるのかを調べることになる.

さて, 視覚心理学的研究には, 仮現運動（対象物が離散的に空間的位置を変えていく場合であっても実際には運動しているような知覚を生ずる現象）についての研究事例が多数ある[2][5][7][8][9][10]. 仮現運動の例としては「動くネオンサイン」のように, ネオンランプが実際に動いているわけではなく, 多くのランプを適当な時間間隔で点灯させたり, 消灯させたりをうまく制御することによって, まるであるパターン（簡単な絵や文字等）が動いているかのような視覚印象を作りだす現象等があげられる.

そして, 仮現運動の視覚心理学的研究には,ランダムドットキネマトグラムによる, 刺激提示時間, 刺激提示時間間隔, 空間間隔等と, 仮現運動の知覚の強さ, 正確さとの関係等の研究がなされている[2][9].

また, 特にはじめランダムに配置したドットを, 一部一定方向, 一部をランダムな方向に実際に移動する画像による, 一定方向運動の認識の研究がある[2]が, しかし全くの「ランダムドット群の周期的提示刺激（提示する刺激は提示するたびに異なった, ランダムにドットを配置した画像）」に対する運動認知に関する従来の研究は少ないと思われる.

そこで, 我々の研究は, 砂粒などの粒子の流れを認識するための「粒子の同一視と結び付け」の機能を, ランダムドットという, 本来粒子同士が位置的に結びついていない粒子群の周期的提示により明らかにしようとするものである. 特に今回は「実運動ドット群の結び付けと認知」がランダムなドットによってかき乱され, 認知できなくなる条件を調べることになる.

2. 実験方法

今回は, 図 2 のような画面を用いて実験を行った.

図の中央が表示される画面全体で, 3 か所拡大したもの(A)(B)(C)が示されている.

図 2 では, 一辺 15[cm]の正方形の枠に *dn*=150 個のドットを, 100[ms]に一回, 毎回確率的に独立にランダムに位置を選び表示しているところである. ドット数, 提示周期等は, 図 2（A）から設定可能としてある.

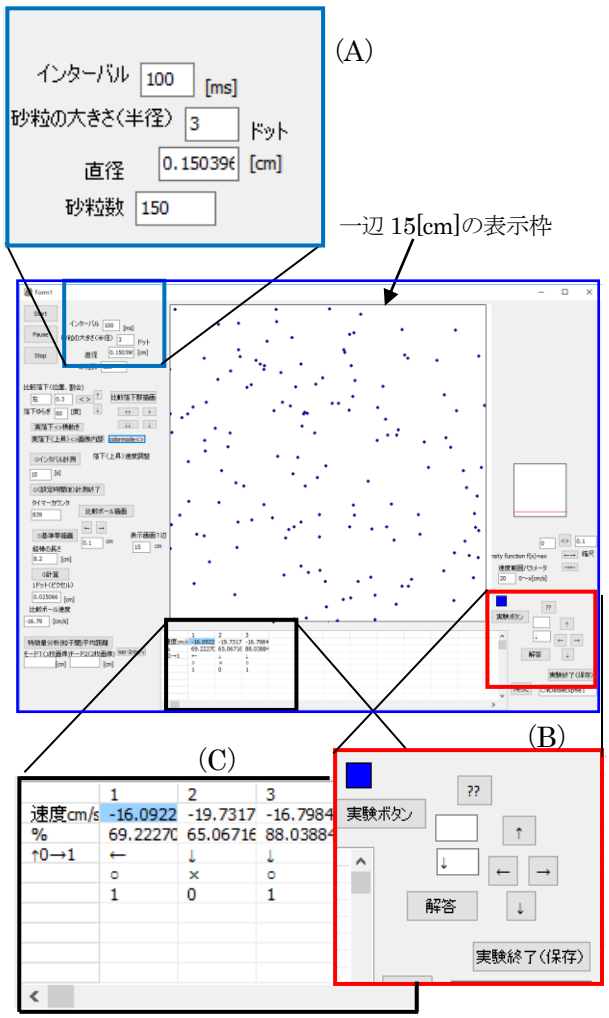


図 2 実験画面

この *dn* 個のドットのうち, ある割合 *α* のドットは実際に左右上下のいずれかの方向に速度 *v* で動くものとしてあり, 残りの(1-*α*)の割合のドットは, まったくランダムに表示枠の中に表示される（*α* はランダムに区間[0,1]から選ばれ, 速度 *v* は 0～20][cm/s]からランダムに選ばれる）.

観察者は, 上下左右のある一つの方向に実際に動くドット（実運動ドット）と, ランダムに描かれるドットが入り混じった画面を見ることとなる.

実験は次のような手順で行った.

①観察者は, ディスプレイ画面から 60[cm]離れたところに, 表示画面（15[cm]×15[cm]の正方形）を正面に見るように顔を固定する. ただしキーボード, マウスは操作できる状態とする.

②図 2 を表示するプログラムを実行し, 各定数

・ドット数,

・表示周期（今回は 100[ms]固定とした），
・ドットの大きさ(今回は3ピクセル＝直径 0.150[cm] 固定とした)
を入力する．

③観察者は, マウス操作により，（B）の「実験ボタン」を押す．

④実運動ドット割合 α, その運動方向（左右上下）, 速度 (v) がランダムに選ばれ, それにしたがって, ドット群が周期的に表示される．

⑤観察者は, 実運動ドット群の運動方向を推定し, 画面（B）から「↑ ↓← →」ボタンで, その方向を選択する．なお, 方向が分からず（自信がなく）, 勘で方向を選んだ場合は「??」ボタンを押すこととした．
そうして最後に画面（B）の「解答ボタン」を押す．

⑥これで 1 試行が終了する．
プログラムにより, 今の試行の正解/不正解が示される．それは図 2(C)の StringGrid（表）に,
・速度 v （値は,上方向↑と右方向→を正（＋），下方向↓と左方向←を負(－)としてある),
・実運動ドット割合 α,
・実運動ドットの運動方向（↑ ↓← →），
・正解（○）／ 不正解（×）
・正解/不正解種類
（この「数（◎)」等は次の意味である）
0（×）：自信があったが（i.e.「??」が押されずに）不正解,
1（◎）：自信があって正解,
3（○）：自信がなく（「??」が押されて）正解
4（△）：自信がなく不正解
が表示される．

⑦観察者は③～⑥の試行実験を繰り返す．

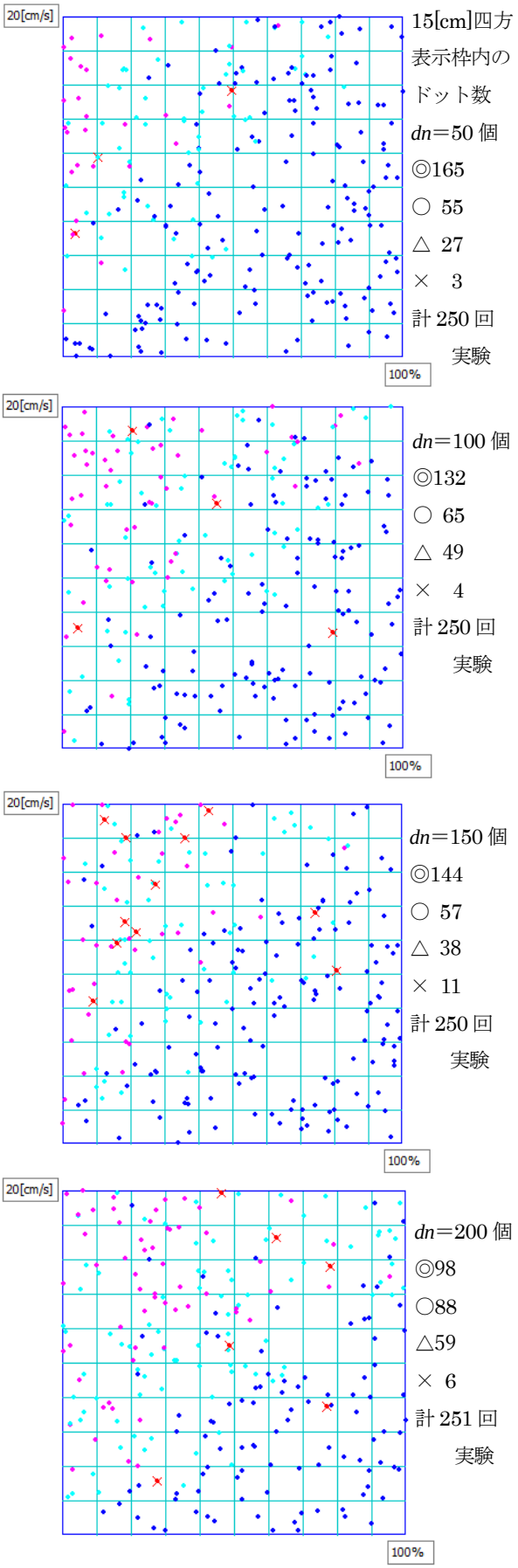
⑧定められた回数試行実験を行ったら, 観察者は（B）の「実験終了（保存)」ボタンを押す．
これで今までの実験結果がテキストファイル形式で保存される．

図 2 の例では, 試行実験が 3 回行われ, 1 回めは,「実運動ドット群の速度が左方向（←）約 16.1[cm/s], 割合が 69.2%, 観察者は正解した（○）, 上記 0, 1, 3, 4 分類では 1 であったこと等を示している．

3. 実験結果および考察

3. 1 実験結果

実験結果は次の図 3 のとおりとなった．図 3 では, 横軸に実運動ドット群の割合 α, 縦軸に実運動ドット群の速度 v をとり, そのときの観察者の正解／不正解を, 上記 0, 1, 3, 4 にしたがって色分けして表示してある．



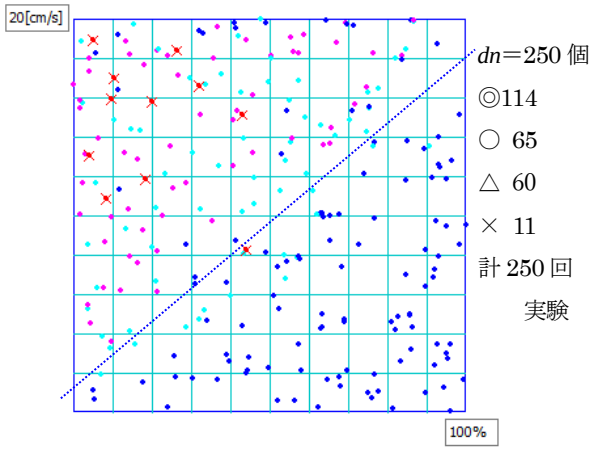


図 3 実験結果

なお, 15[cm]×15[cm]の表示枠に配置するドット数（実運動ドットと, ランダム配置ドットを合わせた数）*dn* を *dn*=50,100,150,200,250 と変化させて実験を行っている. それぞれのドット数について 250 回（一部 251 回）ランダムに(α,*v*)を選び実験を行った.

3.2 考察 1

この実験結果を見ると, 次の傾向が見て取れる.

（1）実運動ドット群の割合 α が小さいと実運動ドット群の動きを認知しにくくなる.

（2）実運動ドット群の速度 *v* が速くなると, 実運動ドット群の動きを認知しにくくなる.

（3）表示枠に表示するドット数 *dn* が大きくなると, 実運動ドット群の動きを認知しにくくなる.

（4）ランダムドット群の周期提示により認知されるランダムドット群の速度は, 比較する実運動ドット群 α の割合が多くなると速く感じられる傾向がある.

そして全体のドット数 *dn* が多いほどランダムドット群の認知速度は小さくなる傾向にある.

（5）「自信がない」「分からない」場合（観察者が「??ボタンを押した場合）でも, 相当正解を出す能力がある.

ここで（1），（2）は, ある意味自然であると考えられる. 実運動ドット群が, 多数ゆっくりと動いていればその動きを認識することが容易であることは当然であろう.

（3）についても, 次のように考えればこれは自然な傾向である.

実運動ドット群の動きを認識する際に, ある点 P の時刻 *t* での位置を P(*t*), 微小時間 Δt 後のこの点の位置を P(*t*+Δt)とすると, 人間は P(*t*)と P(*t*+Δt)を, 「これは同じ点である」と同一視し, この同一視を各ドットに対して行い, 全体のドットの動きを認識していると考えられる.

このとき, 枠内のドット数が多くなるということは, 各実運動ドットの P(*t*)や P(*t*+Δt)の近傍にランダム表示されるドット数も多くなることを意味する. これは当然ながら, P(*t*)と P(*t*+Δt)の同一視過程を乱すことになる. したがって,（3）も自然であると考えられる.

次に（4）について考察する. 文献[4]で図 1 の画面でランダムドットを一定周期で表示する際のランダムドット群に対する認知速度であるが, 前述（本論文 1 節）の通り,

「（3）図 1 の場合, 実際に落下（上昇）する領域の大きさも, ランダムドット群の落下（上昇）認知速度に影響する」[4]また「実落下（上昇）領域が大きくなると速く感じる個人もいる」[4]ことが示されていた. この傾向も今回の実験でかなりの程度明らかになった.

すなわち,「ランダムドット群の周期提示によるランダムドット群の認知速度」は, 自然に「ランダムに表示されるドット群と, 実運動ドット群の速度が区別できなくなる条件での, 実運動ドット群の速度」と考えられるから, 図 3（*dn*=250）で見ると, おおよそ右上がりの破線のところが,「区別できなくなる条件」といえる（観察者が速度認知に自信が持てなくなったところ）. これより, 上記文献[4]で示されていることが, 今回の観察者でも成り立つことが示されたことになる.

また, 文献[3][4]でも指摘されているが, ランダムなドットの数が多くなるほど(*dn*=50,100,150,200,250 となるにつれて), 同一視される点が近くに表示されるため, ランダムドット群の認知速度は小さくなる傾向があるも今回の実験から確認できる.

（5）についての考察は今後の課題である.

3.3 考察 2

今回の全データ（1251 データ）を (v_k,α_k,dn_k,y_k) （k=1,2,…,1251, k は試行番号）として，統計的に解析してみる．

ここで，

v_k：実運動ドットの速度（0～20[cm/s]）

α_k：実運動ドットの割合（0～1）

dn_k：表示ドット数（50,100,150,200,250）

y_k：正解しやすさの点数

である．y_kはいろいろ考えられるが，今回は

0:（(「??」なし) 自信あり）不正解（×）を y_k= 0 点，

1：((「??」なし）自信あり）正解（◎）を y_k= 100 点，

3:（(「??」あり）自信なく）正解（○）を y_k= 50 点

4：((「??」あり）自信なく）不正解（△）を y_k= 0 点

とした．

$$X=\begin{bmatrix} 1\ v_1\ \alpha_1\ dn_1 \\ 1\ v_2\ \alpha_2\ dn_2 \\ \vdots \\ 1\ v_m\ \alpha_m\ dn_m \end{bmatrix} \quad Y=\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} \quad (m=1251)$$

として，$y=f(\alpha,v,dn)=a_0+a_1\alpha+a_2\ v+a_3dn$ で正解しやすさ，すなわち認知しやすさ（y が大きい方が実運動ドット群の運動を認知しやすいと考える）を 3 変数の線形関数 f で近似的に表すことを仮定し重回帰分析を行った．$A=[a_0, a_1, a_2, a_3]^t=(X^tX)^{-1}(X^tY)$ （$[\ ]^t$は転置行列）により A を求めたところ，

A=[43.21，72.33，－0.065，－0.087]^{t}であった．

A の成分の符号から，実運動ドットの割合αが小さくなると，また実運動ドットの速度 v が大きくなると，そして表示ドット数 dn が大きくなると，実運動が認知されにくいことが f の特徴として表れている（→3.2）．

この回帰分析結果を視覚的に表現したのが図 4 である．図 4 は図 3 に対応して回帰分析の結果（上記 3 変数関数 $f(\ )$の値）を色表現したものである．ただし，実運動ドット速度 v に関しては，a_2= ―0.065 と小さいため，α が一定の場合 $f(\ )$の値の変化が少なく，その差が見えにくいため　縦軸を 1/20 倍に縮小して強調して表現している．この視覚化したグラフにより，実運動の認識しやすさが，確かに，「α ：小さいほど，v：大きいほど，dn：大きいほど」実運動が認知しにくくなっていることが視覚的に見て取れる．

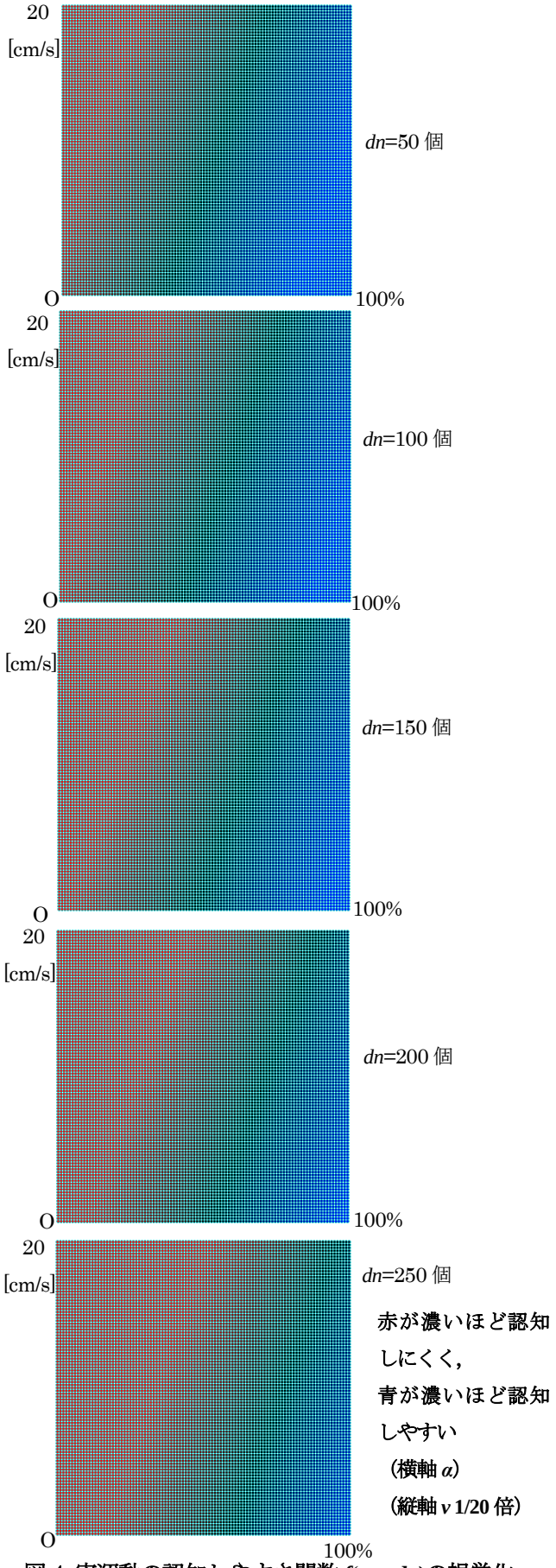


図 4 実運動の認知しやすさ関数 $f(\alpha,v,dn)$の視覚化

このベクトル A が, 個人の「ランダムドットの周期的な提示による運動認知能力を特徴づけるパラメータ」になると考えられる.

4. 今後の課題

今後の課題として, 次のことがあげられる.

（1）今回の実験は観察者が一人のみであった. 被験者数を増やして, 今回と同じ実験を行い個人差がどの程度あるかを調べること.

（2）特に複数人の被験者で今回同様の統計解析を行い, 上記ベクトル A により個人の特徴づけを行うこと.

（3）文献[3][4]の実験結果と, 今後の実験結果の関係を明らかにすること. (今後の実験から推定される「ランダムドット群の周期提示によるランダムドット群に対する認知速度」と,文献[3][4]の実験による認知速度が一致するか, 相関があるか等々について調べること)

（4）ランダムドット群の周期提示刺激に対して, 人間と同じように運動認知をするコンピュータアルゴリズムを構築すること.

（5）ランダムドットの周期提示刺激に対して, 人間と同じように運動認知能力を獲得する学習モデルを構築すること.

（6）前節（3.2 節）（5）について考察すること.

参考文献

[1] 新井 仁之,＜錯視＞だまされる脳（2016 年）, ミネルヴァ書房,pp20-21

[2] 内川 恵二, 塩入 諭編, （2007 年）“視覚Ⅱ”朝倉書店, pp.1－66

[3] 大槻 正伸, 遠藤 佑哉, 蛭田 一希, 小泉 康一, 車田 研一（2016 年) ランダムに配置された粒子群画像の周期的提示による運動認知, 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, pp694－699

[4]大槻 正伸, 大塩 智規, 小泉 康一, 車田 研一(2017 年) ランダムに配置された粒子群画像の周期的提示による運動認知Ⅱ, 日本認知科学会第 34 回大会発表論文集 pp. 1051-1056

[5] 加藤 知佳子, 仮現運動におけるフレーム数の効果について（1995 年）The Bulletin of Toyohashi Junior College, No. 12, 163-173

[6] 車田 研一, 山野 真世, 渡辺 伶馬, 大槻 正伸（2015 年）“離散粒子群の流動の視覚印象をとらえる手法の検討” 公益社団法人化学工業会第 47 回秋季大会,発表番号 K116

[7] 佐藤 隆夫, 人間の視覚はどのように運動をとらえているか?（1994 年）, テレビジョン学会誌 Vol. 48, No. 2, pp. 157～163

[8] 田崎 京二他編, （1979 年）“視覚情報処理”朝倉書店, pp.296－343

[9] 西田真也, （1995 年）運動視研究の最近の動向, ビジョン, Vol.7,pp.1-7

[10] D.マー（乾,安藤訳）, （1987 年）“ビジョン”産業図書,pp.174－237

研修・留学等がもたらす行動変容・認識変容に関する効果測定指標の認知科学的検討

Cognitive Aspects of Effectiveness Evaluation of Action / Recognition Changes through Internship and Study Abroad Programs

森下 美和[1]，有賀 三夏[2]，原田 康也[3]，阪井 和男[4]，富田 英司[5]
Miwa MORISHITA, Minatsu ARIGA, Yasunari HARADA, Kazuo SAKAI, Eiji TOMIDA,
[1] 神戸学院大学，[2] 東北芸術工科大学，[3] 早稲田大学，[4] 明治大学，[5] 愛媛大学
Kobe Gakuin University, Tohoku University of Art and Design, Waseda University, Meiji University, Ehime University
miwa@gc.kobegakuin.ac.jp, ariga.minatsu@aga.tuad.ac.jp, harada@waseda.jp, sakai@meiji.ac.jp, tomida@ehime-u.ac.jp

Abstract

Short-term study abroad programs may bring about a noticeable change within the participants' attitude and motivation for communication and interaction with others.

The authors are interested in finding out what existing tests might help us examine the impact of the program. In this presentation, we discuss results of pre- and post-test scores for multiple intelligence measures.

In the theory of multiple intelligences, proposed originally by Gardner (1983), human intelligence is divided into eight facets: musical-rhythmic, visual-spatial, verbal-linguistic, logical-mathematical, bodily-kinesthetic, interpersonal, intrapersonal, and naturalistic. Undergraduate students in Kansai area in Japan answered a questionnaire based on MI theory twice, before and after a study abroad program for a semester (4 to 5 months). The questionnaire consists of 40 items asking questions on a scale of 1 to 4.

The results show that the students marginally improved in verbal-linguistic, logical-mathematical, and naturalistic intelligences, while they lowered their scores in bodily-kinesthetic, interpersonal, and intrapersonal intelligences. We will further investigate the relationship between the above scores and their English proficiency.

Keywords — Study Abroad Programs, Multiple Intelligence

1. はじめに

大学生活において、国内または海外での研修やインターンシップ、ボランティア活動、留学など、日常的・定常的な学校生活から離れた活動経験は、他者・コミュニケーション・世界に接する態度に変化をもたらし、外国語や専門分野に対する学習意欲を飛躍的に高め、世界観・世界認識の変容を通じて学習ならびに日常生活における行動変容をもたらす（阪井，2018；阪井・有賀・森下・原田，2018；阪井・川尻・有賀，2018；原田・坪田・森下・富田・阪井，2017）。しかし、研修・課外活動・留学等のこのような認知的・情動的側面に着目した試みは発展段階にあり、以下の 3 点を中心に認知科学的な観点からの検証が必要である。

- 参加者の技能・語学能力などの変化・向上
- 参加者の対人関係認知の変化
- 参加者の対人行動の変容

本発表では、明治大学法学部・阪井和男教授と東北芸術工科大学創造性開発研究センター・研究員（当時）の有賀三夏講師が開発した多重知能理論に基づく調査紙（阪井・有賀・村山・戸田・大島，2016）と愛媛大学教育学部の富田英司准教授が採用した対人ストレッサー尺度（高橋，2013）を含む調査紙を、2017 年度に神戸学院大学グローバル・コミュニケーション学部の 3 年次生が参加したセメスター留学の前後に回答した結果（阪井・有賀・森下・原田，2018；原田・坪田・森下・富田・阪井，2017）についての分析結果を紹介する。

2. 参加者とデータ収集

2015 年度に開設された神戸学院大学グローバル・コミュニケーション学部の 1 期生が、3 年次前期に参加したセメスター留学の前後に 2 種類のアンケート調査（調査 1：多重知能理論、調査 2：対人ストレッサー尺度）に回答した。1 期生のセメスター留学先は、表 1 の 5 カ国 6 校であった。

表 1　セメスター留学先の国と大学

国	大学
アメリカ	ホープカレッジ
カナダ	ヨーク大学
イギリス	ケンブリッジ大学 エクセター大学
オーストラリア	ビクトリア大学
ニュージーランド	ワイカト大学

調査スケジュールを表 2 に示す。

表 2　調査スケジュール

時期	内容
2015 年 4 月	1 期生入学
2016 年 9 月	調査 1（事前）
2016 年 11 月	調査 2（事前）
2017 年 4 月～7 月	セメスター留学
2017 年 8 月	調査 1、2（事後）

なお、2 種類のアンケートは、事前調査についてはいずれも海外研修事前指導クラスの授業内で実施し、事後調査は帰国後の夏季休暇中に、同様のフォームに回答するように SNS 経由で依頼した。

3.　多重知能理論調査

調査 1 で使用する多重知能の質問票（阪井・有賀・村山・戸田・大島，2016）には、ハーバード大学教授のハワード・ガードナー氏による 8 つの多重知能が含まれている（表 3）。

表 3　8 つの多重知能

多重知能	内容
言語的知能	話しことば・書きことばへの感受性、言語学習・運用能力など
論理数学的知能	問題を論理的に分析したり、数学的な操作をしたり、問題を科学的に究明する能力
音楽的知能	リズムや音程・和音・音色の識別、音楽演奏や作曲・鑑賞のスキル
身体運動的知能	体全体や身体部位を問題解決や創造のために使う能力
空間的知能	空間のパターンを認識して操作する能力
対人的知能	他人の意図や動機・欲求を理解して、他人とうまくやっていく能力
内省的知能	自分自身を理解して、自己の作業モデルを用いて自分の生活を統制する能力
博物的知能	自然や人工物の種類を識別する能力

これらをもとに、40 問の質問票を作成した（表 4）。選択肢は 4 択で、設問ごとに、「まったく苦手ではない・あまり苦手ではない・少し苦手だ・とても苦手だ」「とても得意だ・まあまあ得意だ・あまり得意ではない・まったく得意ではない」「良くできる・まあまあできる・あまりできない・まったくできない」などと個別に設定している。

表 4　多重知能の質問票

質問番号	質問	知能
1	ものごとを文章で書きあらわすのが苦手だ	言語
2	計算が得意だ	論理数学
3	身近な人の髪型や家具の位置の変化など、外見的なちょっとした変化をいち早く見つけることができる	空間
4	平均台や竹馬など、バランスをとるスポーツが苦手だ	身体運動
5	歌を歌ったり、楽器を弾いたりするのが得意だ	音楽
6	顔や態度を見て、その人の今の気分が分かる	対人
7	やると決めたことを、1 人でやりとげることができる	内省
8	動物と一緒に遊んだり、世話をしたりするのが得意だ	博物
9	家で本や新聞を読む	言語
10	不思議なことや疑問に思うことがあれば、それについて、もっとよく知りたいと思う	論理数学
11	地図を見て、目的地までのもっとも近い道順を見つけるのが得意だ	空間
12	じっとしているよりも、体を動かす方が好きだ	身体運動
13	楽譜を読める	音楽
14	1 対 1 で何かを教えたり、相談にのったりするのが得意だ	対人
15	人の意見に左右されず、ものごとを自分の考えで決めることができる	内省
16	動植物や昆虫や魚などの名前をたくさん知っている	博物
17	話したり、図を使ったりするより、メールや手紙などの文章を書いた方が自分の気持ちを伝えやすい	言語
18	はじめて使う道具をすぐに使いこなすことができる	論理数学
19	図やグラフや絵を描くと、考えていることをまとめやすい	空間
20	夢中になれるスポーツがある	身体運動
21	オーケストラなど、同時に多くの楽器が鳴っている音楽を聴いて、どのような楽器が使われているかが分かる	音楽
22	キャプテンや学級委員長などチームリーダーに向いていないと思う	対人
23	何か嫌なことがあっても、怒りや悲しみの感情をおさえることができる	内省
24	昆虫や石、植物など、自然界のものを集めるのが好きだ	博物
25	新しい言葉、ことわざ、四字熟語などを覚えるのが好きだ	言語
26	説明書を見ながらプラモデルや家具や電化製品などを組み立てることが得意だ	論理数学
27	きれいな絵や写真を観賞するのが好きだ	空間
28	新しく始めたスポーツにも、すぐに慣れることができる	身体運動
29	初めて聴く曲のメロディーをすぐに覚えられる	音楽
30	怒っているのか、喜んでいるのかなど、相手の気持ちに合わせた会話ができる	対人
31	自分で目標を立て、その通りに実行することができる	内省
32	家で動物や植物、昆虫などを自分が中心となって育てている	博物
33	読書感想文や話を聞いて文章にまとめることが得意だ	言語
34	いろんな機械を分解して、どのようにして動い	論理数学

	ているのかを知りたいと思う	
35	机やイスや家が、上や下、横からなど、ほかの場所からどのように見えるのか、思い浮かべることができる	空間
36	自分は指先が器用だ	身体運動
37	何度もくり返して聴くお気に入りの曲がある	音楽
38	友達や家族を楽しませるのが得意だ	対人
39	我慢しないといけない時は最後まで我慢できる	内省
40	季節ごとに咲く花、食べられる食材、見える星や雲などをよく知っている	博物

4. 事前・事後アンケートの特性

本研究で用いた多重知能アンケートと TOEIC、および Versant English Test (Pearson) の事前・事後の変化について、*t* 検定の結果を次の表 5 にまとめる。

表 5 セメスター留学期間（3 年生前期（2017 年 4 月～7 月））の事前・事後の *t* 検定

	事前	事後	*n*（一対データ数）	*t* 値
TOEIC	2016 年 12 月	2017 年 10 月	71	8.16***
Versant	2016 年 12 月	2017 年 8 月	69	6.25***
多重知能	2016 年 9 月	2017 年 8 月	80	3.63***

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

表 5 から、3 つとも事前・事後の変化は 0.1%水準で有意な変化があったことがわかる。

まず、多重知能アンケートについて検討する。表 5 に示した 8 つの多重知能の事前の箱ひげ図を図 1 に、事後の箱ひげ図を図 2 に示す。

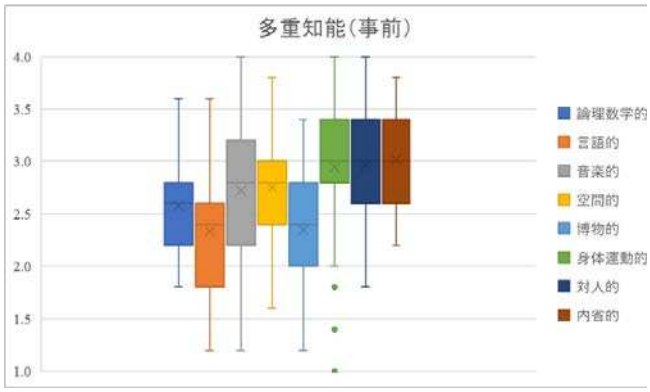


図 1 多重知能の事前回答の箱ひげ図

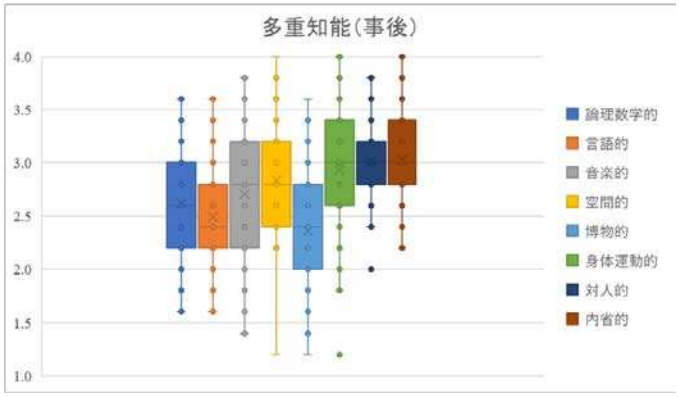


図 2 多重知能の事後回答の箱ひげ図

事前と事後ともに、論理数学的知能と言語的知能、博物的知能が低く、音楽的知能と空間的知能が中位に位置し、身体運動的知能と対人的知能、内省的知能が高位に位置していることがわかる。

事前と事後の *t* 検定を求めてみると、表 6 のように、言語的知能だけが有意水準 0.1%で統計的な有意性が示された。

表 6 多重知能の事前・事後の *t* 検定

	p 値	*t* 値
論理数学的知能	0.2882	1.07
言語的知能	0.0005	3.63***
音楽的知能	0.7280	0.35
空間的知能	0.0915	1.71
博物学的知能	0.7135	0.37
身体運動的知能	0.7836	0.28
対人的知能	0.3272	0.99
内省的知能	0.6537	0.45

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

これを事前と事後の散布図（図 3）とレーダーチャート（図 4）で示しておく。

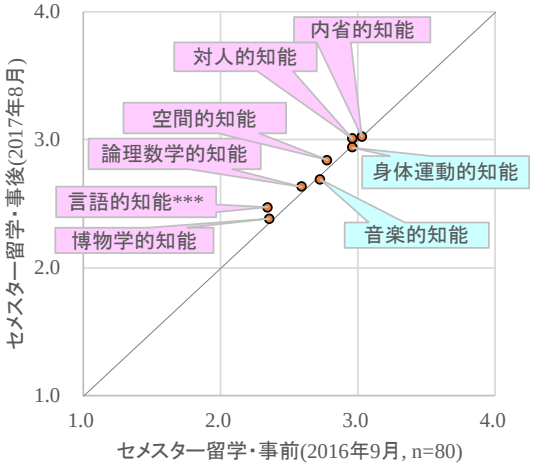


図 3 多重知能の事前・事後変化

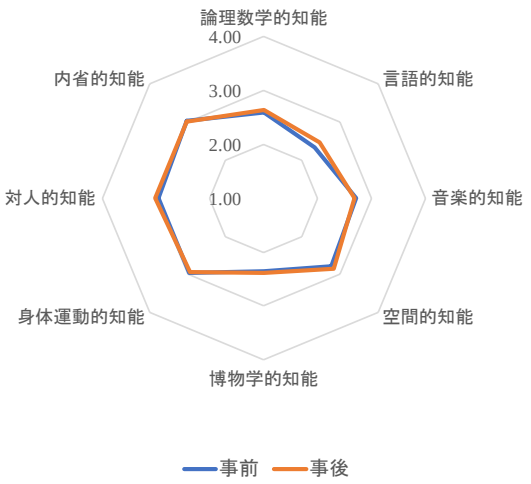


図 4　多重知能の事前・事後のレーダーチャート

図 3 と図 4 から、0.1%水準で有意な言語的知能だけがかろうじて事前よりも事後が目に見えて大きくなっている様子が確認できる。

同様に、TOEIC と Versant の事前・事後の箱ひげ図をそれぞれ図 5 と図 6 に示す。

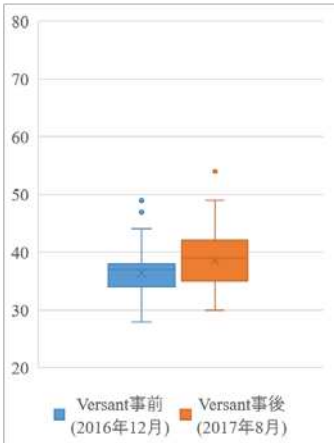


図 5　Versant の事前・事後の箱ひげ図

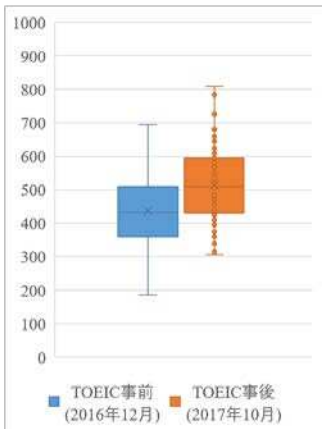


図 6　TOEIC の事前・事後の箱ひげ図

図 5 と図 6 を比べると、事後の伸びは TOEIC の変化のほうが Versant よりも大きいことがわかる。

5.　事前・事後の変化を読む新理論

何らかの活動を行ったとき、その活動にどんな効果があったかを知るために、効果測定を目的としてテストやアンケートを実施する方法がとられる。活動による効果を知るためには、事前と事後に同一の測定を行い、事前にたいする事後の変化をその効果として捉えればよい。このとき、事前にたいする事後の差を見ることが多い。これにたいして最近、事前から事後への変化を後述するスコア開発率とスコア減衰率で算出することにより、これらの値が他者からの影響と状況からの影響の 2 つからなる場の効果として解釈できることが示された（阪井，2018）。さらに、場の効果を湯かげんをアナロジーとして図示する湯かげん図が提案されている。

一般にアンケートの種別をαで識別することにすると、回答番号i の個人が回答したアンケートにおいて、事前アンケートの回答結果を「$事前_i^{\alpha}$」、事後アンケートを「$事後_i^{\alpha}$」とすると、次のスコア開発率（変化が正の場合）、またはスコア減衰率（変化が負の場合）を求めることができる。

変化が正の場合：

$$スコア開発率_i^{\alpha} \equiv \frac{伸び_i^{\alpha}}{伸びしろ_i^{\alpha}} = \frac{事後_i^{\alpha} - 事前_i^{\alpha}}{上限^{\alpha} - 事前_i^{\alpha}} \equiv 正味入力_i^{\alpha} \quad (1)$$

変化が負の場合：

$$スコア減衰率_i^{\alpha} \equiv \frac{減少量_i^{\alpha}}{減少余地_i^{\alpha}} = -\frac{事後_i^{\alpha} - 事前_i^{\alpha}}{事前_i^{\alpha} - 下限^{\alpha}} \equiv -正味入力_i^{\alpha} \quad (2)$$

ここで、事後が事前と正味入力（スコア開発率またはスコア減衰率）で決まるとみなすと次式が得られる。

変化が正の場合：

$$事後_i^{\alpha} = 事前_i^{\alpha} + 正味入力_i^{\alpha} \cdot \left(上限^{\alpha} - 事前_i^{\alpha}\right) \quad (3)$$

変化が負の場合：

$$事後_i^{\alpha} = 事前_i^{\alpha} + 正味入力_i^{\alpha} \cdot \left(事前_i^{\alpha} - 下限^{\alpha}\right) \quad (4)$$

さらに、(3)式と(4)式をアンケート回答の上限と下限を用いて[0,1]区間に標準化した新変数を次のように導入しておく。

$$\widetilde{事前}_i^{\alpha} = \frac{事前_i^{\alpha} - 下限^{\alpha}}{上限^{\alpha} - 下限^{\alpha}} \quad (5)$$

$$\widetilde{事後}_i^{\alpha} = \frac{事後_i^{\alpha} - 下限^{\alpha}}{上限^{\alpha} - 下限^{\alpha}} \quad (6)$$

これらの新変数(5)式と(6)式を用いると、(3)式と(4)式は次のように変形される。

変化が正の場合：

$$\widetilde{事後}_i^{\alpha} = \widetilde{事前}_i^{\alpha} + 正味入力_i^{\alpha} \cdot \left(1 - \widetilde{事前}_i^{\alpha}\right) \quad (7)$$

変化が負の場合：

$$\widetilde{事後}_i^{\alpha} = \widetilde{事前}_i^{\alpha} + 正味入力_i^{\alpha} \cdot \widetilde{事前}_i^{\alpha} \quad (8)$$

これらの(7)式と(8)式は、ラメルハートとマクレランドが PDP スキーマモデル (McClelland & Rumelhart, 1988; Rumelhart & McClelland, 1986) で用いたユニット活性度の更新規則と等価である（阪井，2018）。

PDP スキーマモデルとの等価性は「正味入力$_i^{\alpha}$」の正体を次のように明かしてくれる。

$$正味入力_i^{\alpha} = \sum_{j(\neq i)=1}^{n} w_{ij}^{\alpha\alpha} \widetilde{事前}_j^{\alpha} + バイアス_i^{\alpha} \quad (9)$$

ここで、$w_{ij}^{\alpha\alpha}$は回答者個人に相当するユニットij 間の結合係数、「バイアス$_i^{\alpha}$」はユニットi の興奮しやすさであり、ユニット番号i とは回答者を識別する回答番号i である。なお、論文（阪井，2018）では結合係数とバイアスを決定する試みとともに誤差解析がなされている。

(9)式の左辺は、ある特定の i 番目の個人にたいする正味の入力で、いわば「場の効果」とみなせる。右辺第一項は周りの人からの影響を表しているため「集団の影響」で、右辺第二項は設定された状況からの影響に相当するため「状況の影響」を与える。

6. 湯加減図

ここでは、前節の理論式にたいして直観的な理解を助ける「システム温」と「体温」という概念を導入する。集団による個人の活性度への場の効果「正味入力$_i^{\alpha}$」を「システム温」、個人の活性度$\widetilde{事前}_i^{\alpha}$を「体温」とみなして次のように定義しておこう。

$$体温 \equiv \widetilde{事前}_i^{\alpha} \quad (10)$$

$$システム温 \equiv 正味入力_i^{\alpha} \quad (11)$$

これは、場の中にいる個人を、ちょうどお湯に入ったものとアナロジーしていることに対応している。すると、体温の変化は次式で与えられる。

$$\Delta体温 = \widetilde{事後}_i^{\alpha} - \widetilde{事前}_i^{\alpha} \quad (12)$$

したがって、(7)式と(8)式は次のように表せる。

システム温 ≥ 0：

$$\Delta体温 = システム温 \cdot \left(1 - 体温\right) \quad (13)$$

システム温 < 0：

$$\Delta体温 = システム温 \cdot 体温 \quad (14)$$

体温とシステム温は、高橋（1996，2003）による組織におけるぬるま湯的体質の研究で導入された概念である。高橋が導入した体温とシステム温は、組織の「システム温」と自分自身の「体温」をそれぞれ 5 問からなる設問を集計して算出する尺度であり、それぞれ互いに独立と仮定されている。ところが、PDP スキーマモデルの解釈を導入すると、体温変化が(13)式と(14)式によって体温とシステム温を用いて計算できるのである。

「システム温」は組織のシステムとしての変化性向

を決定づける。すなわち、組織のシステムがメンバーの変化を受け止め、あるいは促す仕組み、制度にどの程度なっているかを表す指標を与えている。

一方、「体温」は組織のメンバーが現状を打破して変化をもたらそうとする意欲の指標である。高橋 (1996, 2003) によると、「体温は変わらず、変わるのはシステム温の方だけで、システム温によって体感温度が替わって、熱いと感じたりぬるいと感じたりする」(高橋, 2003) (p. 273)。つまり、「体温」は恒常性があり大きく変化しないという。

高橋は「システム温」と「体温」の高低によって 4 つの類型に分けて、その特徴を分析している。

(1) 適温

「右上隅はシステム温も体温も高く、システムも人も変化性向が大きく、システム・人が一体となって変化することを指向した組織」(高橋, 2003) (p. 269)

(2) ぬるま湯

「『うちの会社はぬるま湯だ』と評する人自身は、むしろ仕事に燃えているタイプの人で、現状打破型の発言が多い」(高橋, 2003) (p. 253)

(3) 水風呂

「組織のシステムも人も変化性向が小さく、組織のシステムが現状に甘んじることを肯定しているだけではなく、そのメンバーも現状に甘んじることが体に染み着いているために、そうしたシステムの状況に気付いていないという危険な状態にある」(高橋, 2003) (p. 269)

(4) 熱湯

「熱湯領域は、あまりに厳しいために、それに耐えきれなくなった多くの人がやめていなくなってしまう領域」(高橋, 2003) (p. 267)

「システム温」と「体温」の平面を 4 象限に分けて湯かげん図 (高橋, 1996, 2003) が作られる。

われわれの理論は PDP スキーマモデル[8][9]との等価性にもとづいているため、体温変化は(13)式と(14)式で与えられる。このため、「システム温」の正負によって体温変化の正負が決定され、「システム温」と「体温」の大小によってその大きさが決定するという特徴がある。この関係を次の図 7 に示す。

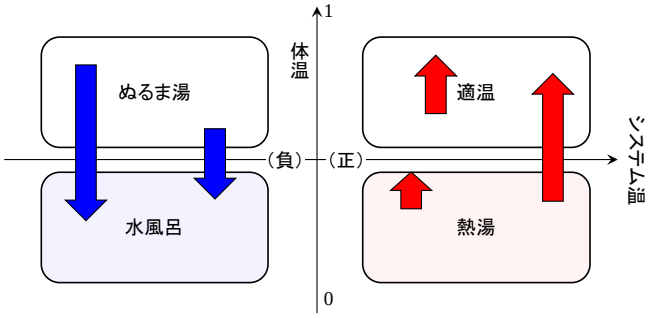


図 7　湯かげん図と体温変化

湯かげん図を描くには、アンケート回答結果から体温とシステム温を、(1)式と(2)式、(5)、(6)式、(10)、(11)式によって算出すればよい。

次の図 8 には TOEIC の湯かげん図、図 9 には Versant の湯かげん図、図 10 に多重知能のうち *t* 検定で統計的に 0.01%水準で有意性を示した言語的知能の湯かげん図をそれぞれ示す。

これらを比べると、3 つの湯かげん図のいずれも体温の低いところは主に熱湯状態にあり、中位の体温で水風呂が出現しているという共通した特徴がみられる。

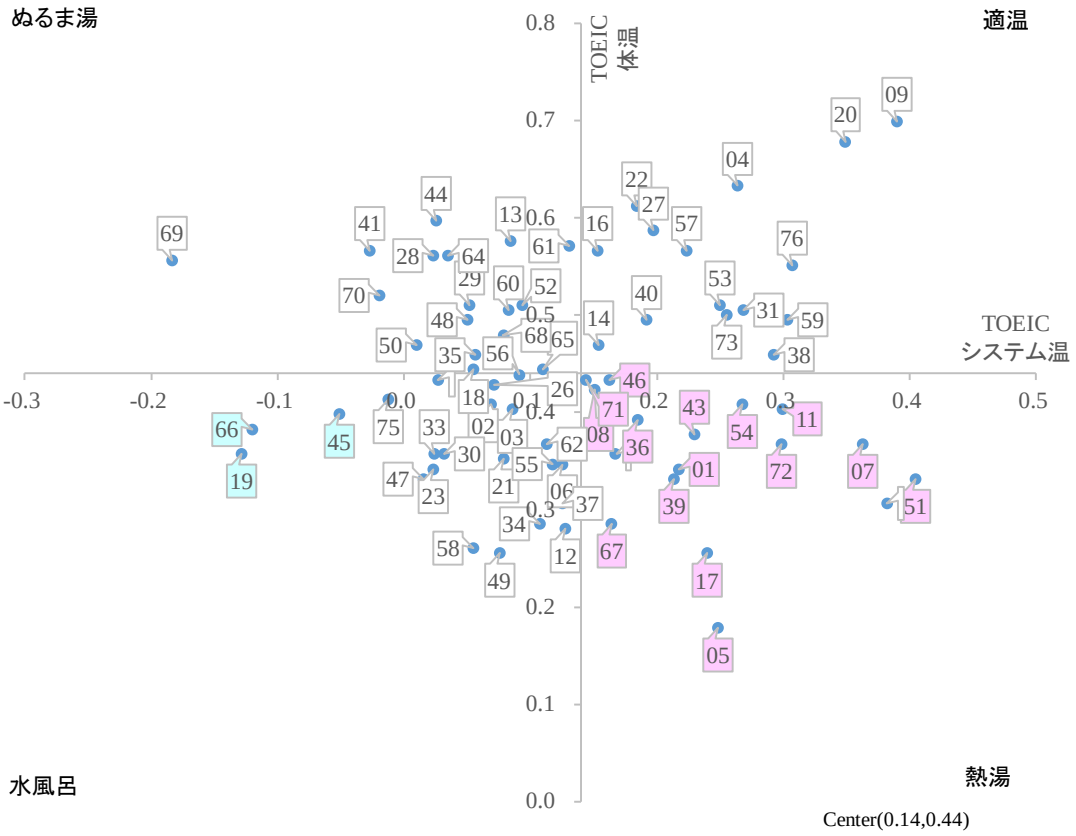


図 8　TOEIC の湯かげん図

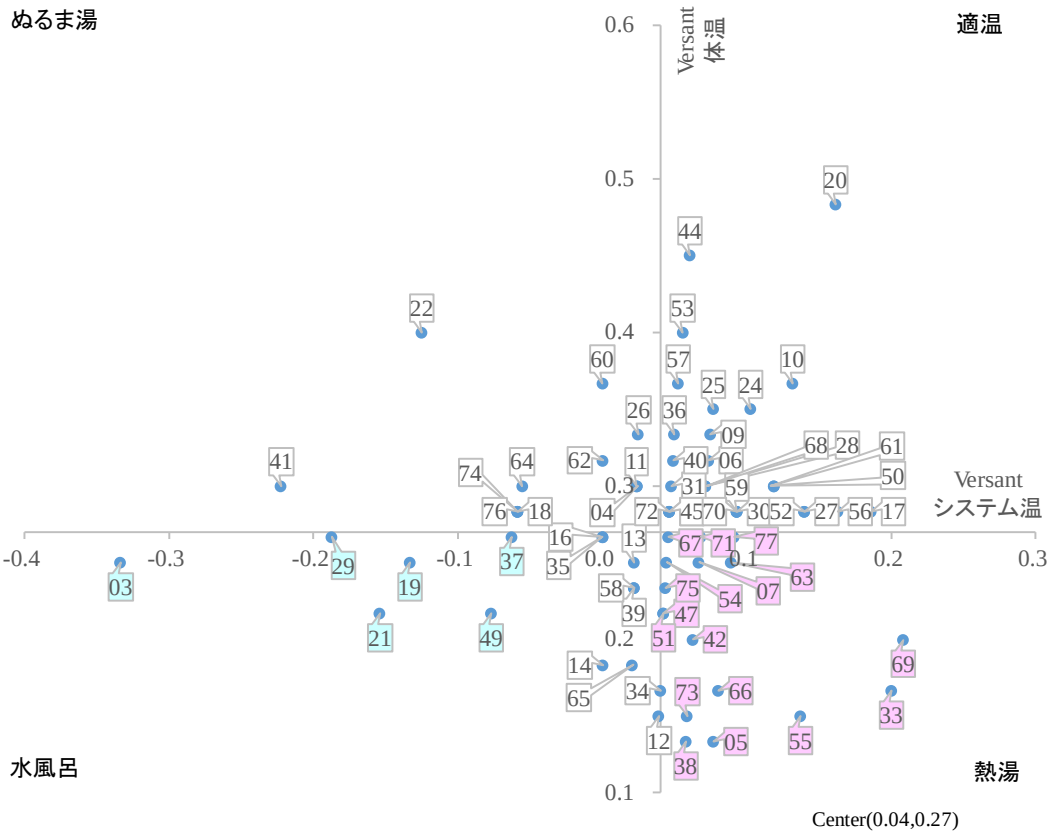


図 9　Versant の湯かげん図

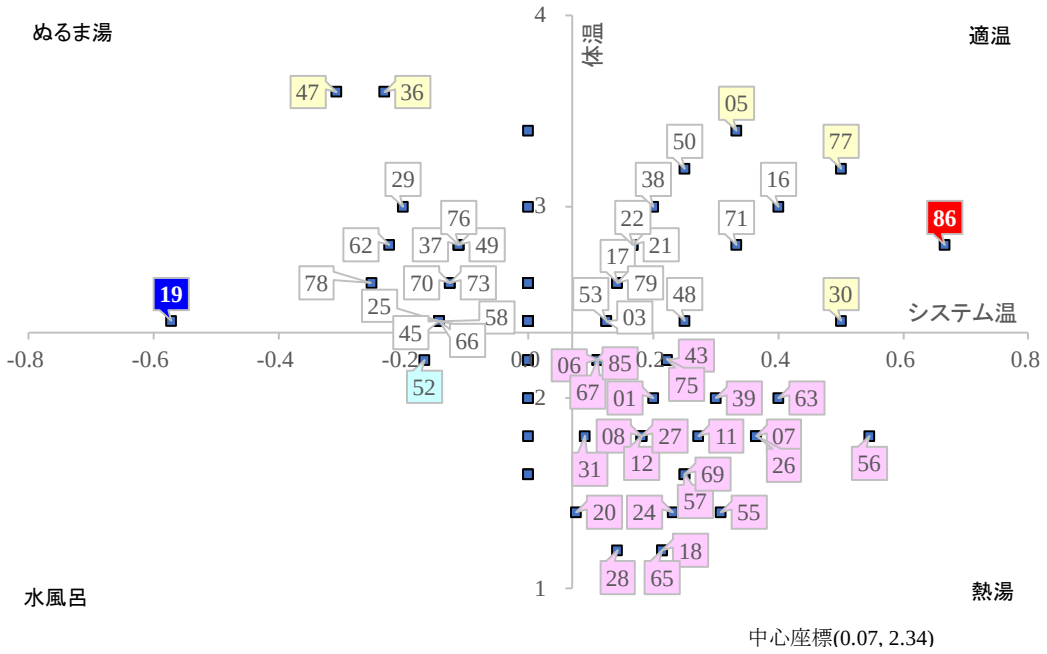


図 10　言語的知能の湯かげん図

次に、TOEIC のシステム温と言語的知能のシステム温の相関を分析しよう。

表 7　TOEIC と Versant と多重知能アンケートの事前・事後とシステム温の相関分析

n (一対データ数)=58	言語的知能(事前)［体温］	言語的知能(事後)	言語的知能[システム温]
TOEIC(事前)[体温]	-0.089	-0.085	-0.008
TOEIC(事後)	-0.023	-0.018	0.007
TOEIC[システム温]	0.029	0.160	***0.204***
Versant(事前)[体温]	-0.042	-0.055	-0.021
Versant(事後)	0.154	0.040	-0.154
Versant[システム温]	***-0.212***	-0.016	***0.283***
言語的知能(事前)[体温]	1.000	***0.741***	***-0.365***
言語的知能(事後)		1.000	***0.340***
言語的知能[システム温]			1.000

この表から、言語的知能からみた場の効果、すなわち、システム温が TOEIC や Versant の場の効果とどんな関係にあるかを次にまとめる。

言語的知能でみる場の効果（システム温）と TOEIC でみる場の効果（システム温）とに弱い正の相関「0.204」があるが、Versant のほうが弱いながら TOEIC より強い正の相関「0.283」がある。これを決定係数で見ると、言語的知能と TOEIC とが 4.1%であるのにたいして、Versant とは 8.0%とほぼ倍の説明力があることを意味する。したがって、言語的知能の向上に相関するのは TOEIC よりも Versant のほうが強いため、セメスター留学の学習効果は Versant によく表れているといえる。これはセメスター留学で向上が期待されていない Reading が TOEIC に含まれているからと考えられる。

言語的知能の事前（体温）と事後は、かなり強い正の相関「0.741」をもつ。これは、セメスター留学による言語的知能の変化は、もともと高いもののほうが事後により高くなることを意味している。

言語的知能のシステム温と言語的知能の事後に弱い正の相関「0.340」があり、言語的知能のシステム温と言語的知能の事前（体温）に弱い負の相関「-0.365」がある。これは、言語的知能は、事前の体温が低いほうが場の効果が高くなり、場の効果（システム温）が高いほど事後の体温変化が大きくなることを意味する。

言語的知能の事前（体温）と Versant の場の効果（システム温）に弱い負の相関「-0.212」がある。この前提として、用いた多重知能アンケートの言語的知能には、次の表 8 に示すように Listening に相当する項目がなく、言語表現（3 個）と知識獲得（2 個）だけであるため Listening を評価できていないことが指摘できる。したがって、言語的知能において言語表現スキルと知識獲得スキルの低いものほど Versant の場の効果（システム温）が高くなるという逆相関が示唆される。

表 8　多重知能アンケート（言語的知能）

質問番号	スキル	質問
1	言語表現	ものごとを文章で書きあらわすのが苦手だ(逆評価項目)
9	知識獲得	家で本や新聞を読む
17	言語表現	話したり、図を使ったりするより、メールや手紙などの文章を書いた方が自分の気持ちを伝えやすい
25	知識獲得	新しい言葉、ことわざ、四字熟語などを覚えるのが好きだ
33	言語表現	読書感想文や話を聞いて文章にまとめることが得意だ

7. ストレス認知とスピーキング能力の獲得との関係

本節では、参加学生の対人ストレス状態と渡航先での学びの程度になんらかの関係があると想定して、対人ストレッサー尺度（高橋, 2013）に含まれる 4 つの因子（被拒否、被攻撃、加害、関係理解不能）の得点とスピーキング能力を測定する Versant の得点を、渡航の前後で比較することとした。

表 9 に調査内容を示す。

表 9　対人ストレッサー尺度（高橋, 2013）にもとづく質問項目

質問番号	質問	因子名
1	相手から疎外された気がした	被拒否（対人劣等）
2	相手から一方的に責められた	被攻撃（対人葛藤）
3	相手を傷つけてしまった	加害（対人過失）
4	相手とどのようにつきあえばいいのか分からなくなった	関係理解不能（対人摩耗）
5	相手に受け入れられてない気がした	被拒否
6	相手に振り回されている気がした	被攻撃
7	相手にやつあたりしてしまった	加害
8	相手と仲良くやっていけるか心配だった	関係理解不能
9	相手から拒否された気がした	被拒否
10	相手に利用されている気がした	被攻撃
11	相手に迷惑をかけてしまった	加害
12	相手と上手くやっていくために苦労した	関係理解不能
13	相手から無視された気がした	被拒否
14	相手が無責任な行動をした	被攻撃
15	相手に無理強いしてしまった	加害
16	相手が自分のことをどう思っているのか気になった	関係理解不能
17	孤独感を感じた	被拒否
18	相手から無理な要求をされた	被攻撃
19	相手を裏切ってしまった	加害
20	相手が何を考えているのか分からなくなった	関係理解不能
21	相手に劣等感を感じた	被拒否
22	嫌な思いをさせられた	被攻撃
23	相手に優しく接することができなかった	加害
24	相手の言動に疲れを感じた	被攻撃
25	けんかした	加害

本節では、セメスター留学の前後に実施した対人ストレッサー尺度及び Versant のすべてに回答した者を分析対象とした（有効回答数：58 名分）。

海外での研修は多かれ少なかれ、参加者をいつと異なる環境下に置くことで、参加者のストレス認知を伴うものになりやすい。このストレスは低ければよいというものではなく、むしろある種のストレス下に置かれることで、初めて効果が得られる学びもあると思われる。スピーキング能力はそのようなストレス下にあることで学びが期待される学習対象かもしれない。

今回、探索的に上記の変数の間の関係を検討したところ、次のような結果が得られた。渡航前のストレス認知のうち、加害因子の得点のみが渡航前後のスピーキング能力の伸びと有意な正の相関を持っていた（r = .269, p = .041）。これはすなわち、周囲の他者を傷つけてしまったという認識が強い人ほど、渡航中にスピーキング能力を高められたことを示している。他方、渡航後のストレス認知については、スピーキング能力との有意な関係は見られなかった。次に、ストレス認識の伸びとスピーキング能力の伸びとの関係を検討したところ、加害因子得点の伸びとスピーキング能力の伸びとの間に有意な負の相関（r = -.299, p = .022）、そして関係理解不能得点の伸びとスピーキング能力の伸びとの間にも有意な負の相関（r = -.283, p = .031）が見られた。つまり、スピーキング能力を伸ばした人ほど、人を傷つけたり、他者との関係で悩んだりする頻度が低くなったと言える。

今回得られた知見は、ストレッサーの認知がスピーキング能力の獲得に寄与したのか、あるいはスピーキング能力の獲得がストレッサーの認知を低減させたのか、その影響の方向性については不明である。しかしながら、海外研修への参加を通した学びとストレスの間には一定程度の関係があることが明らかになったことから、研修・留学等がもたらす行動変容・認識変容を検討する際にストレスに関する指標を測定することには意義があるのではないかと考えられる。

8. まとめ

事前・事後アンケート分析の理論（阪井，2018）にもとづいて、集団全体の傾向をみる個人平均の分析（阪井，2018）と、個人別の分析に焦点を当てた「湯かげん」分析（阪井・川尻・有賀，2018）を行った。

湯かげん分析の基本的な考え方は次のとおりである。事後の個人の状態は、(a)事前の個人の状態と(b)場の効果から決まると読むことができるため、(a)を「体温」、(b)を「システム温」とみなすと高橋（1996，2003）が提唱した「湯かげん図」を描けて、「適温」「ぬるま湯」「水風呂」「熱湯」の４つの状態に分類できる。これを用いて個人の学習効果を検証できる。

その結果、成長する条件として、検討によって、次のことが明らかになった（阪井・川尻・有賀，2018）。

(1) 成長するには「適温」か「熱湯」状態のなかで挑戦し続ける必要があること
(2) 挑戦し続ける期間が有限であることをあらかじめ知っている必要があること
(3) 挑戦し没入するには安心･安全の場づくりができている必要があること

これらの成長条件は、教育の現場ではアクティブ・ラーニング等の導入の工夫等によって比較的実現しやすいが、企業の人材育成等のビジネスに関わる現場では組織で越えられない壁となっていると考えられる。

セメスター留学の教育効果について、図 3 に示した多重知能の事前・事後変化と他の教育活動とを比較してみよう。たとえば、論文（阪井，2018）で扱った 2017 年度に実施した 4 つのエクスターンシップにおける多重知能の事前・事後変化を次の図 11 に示す。

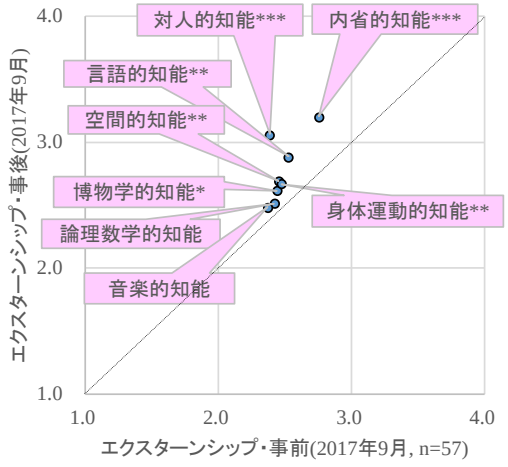


図 11　2017 年度実施の 4 つのエクスターンシップにおける多重知能の事前・事後変化

図 11 とセメスター留学の図 3 を比較すると、言語的知能の変化がエクスターンシップのほうが大きく、さらに対人的知能と内省的知能の変化の大きさが決定的に異なっていることがわかる。このことは、セメスター留学における言語的知能の活性化に、対人的知能と内省的知能が関与していない可能性を示唆している。すなわち、セメスター留学においては、対人的知能と内省的知能を活性化させる場づくりのないままに言語的知能だけを活性化させていたのかもしれない。

謝辞

本稿で紹介する研究ならびに本稿をまとめるにあたって、執筆者たちは以下の研究助成を受けた。

2017 年度早稲田大学特定課題研究助成費（基礎助成）・課題番号 2017K-027・研究課題名『研修・留学等がもたらす行動変容・認識変容に関する効果測定指標の認知科学的検討』・研究代表者原田康也

参考文献

[1] 阪井和男, (2018) “多重知能理論とその大学教育への応用：アクティブ・ラーニング設計原理としての多重知能理論の可能性”, IEICE Fundamentals Review, Vol. 11, No. 4, pp. 266-287.
[2] 阪井和男・有賀三夏・村山眞理・戸田博人・大島伸矢, (2016) “因子分析による多重知能分析アンケートの開発”, 信学技報, Vol. 115, No. 441, pp. 47-52.
[3] 阪井和男・有賀三夏・森下美和・原田康也, (2018) “多重知能理論と PDP モデルに基づく海外留学プログラム効果測定の試み”, 第 141 回次世代大学教育研究会（京都工芸繊維大学）.
[4] 阪井和男・川尻知弥・有賀三夏, (2018) “「湯かげん図」からみる教育インパクトとしての「場」の機能：変化が顕在化する「熱湯」に居続けられる「場」とは”, 信学技報, Vol. 117, No. 519, TL2017-77, pp. 103-113
[5] 原田康也・坪田康・森下美和・富田英司・阪井和男, (2017) “討議：留学・インターンシップ・エクスターンシップのニーズ分析は可能か？”, 第 137 回次世代大学教育研究会（愛媛大学）.
[6] 高橋幸子, (2013)“対人ストレッサー尺度作成の試み”, パーソナリティ研究, Vol. 21, No. 3, pp. 306-308.
[7] 高橋伸夫, (1996) “ぬるま湯的体質”, 未来傾斜原理（協調多岐な経営行動の進化）, 白桃書房, 第 9 章.
[8] 高橋伸夫, (2003) “ぬるま湯的体質の研究が出来るまで―叩かれることで目覚める”, 赤門マネジメント・レビュー, Vol. 2, No. 6, pp. 247-278.
[9] McClelland, J.L., and Rumelhart, D.E., (1988) *Explorations in Parallel Distributed Processing*, Cambridge, MIT Press.
[10] Rumelhart, D.E., McClelland, J.L., and PDP Research Group, (1986) *Parallel distributed Processing*, Vol. 2, Cambridge, The MIT Press.

色の好みは自発的行為に対する運動主体感に影響するか？
Does color preference affect sense of agency over voluntary action?

村上 久[†], 井澤 玲[‡], 西山 雄大[§], 秋吉 政徳[‡]
Hisashi Murakami, Rei Izawa, Yuta Nishiyama, Masanori Akiyoshi
[†]東京大学, [‡]神奈川大学, [§]長岡技術科学大学
The University of Tokyo, Kanagawa University, Nagaoka University of Technology
hisashi.murakami@mail.u-tokyo.ac.jp

Abstract
Sense of agency refers to the feeling that one's voluntary actions produce external sensory events. Previous studies have reported that the sense of agency is enhanced by high-level narrative processes when positive outcome is caused by one's own actions. However, recent studies showed that low-level sensorimotor processes also would be bases of such emotional modulations. The intentional binding paradigm is usually used for implicit estimate of the sense of agency. However, most previous studies employed auditory stimulus rather than visual stimulus as sensory input for the paradigm. Particularly, for visual stimulus, how different colors affect the degree of the sense of agency has not been investigated. In this thesis, we first constructed an experimental setup to quantitatively measure the effect of color presentation as visual stimulus on the sense of agency. Second, we presented different color presentations with different valences as outputs of participant's voluntary actions, and examined how they influence on the sense of agency. Then, we found that the sense of agency would be enhanced when presenting colors with neutral valances.

Keywords — sense of agency, intentional binding, color preference

1. はじめに

運動主体感（sense of agency）とは、外的な感覚的事象が自発的行為により生み出されたとする感覚である。運動主体感は他の誰でもないわたしの身体感覚・イメージを構成する上で身体所有感と並んで近年最も重要視されている[1]。身体における自他の分離は一見自明なものに思えるが、統合失調症患者は自分の行動を他者に帰属されるが故に幻覚が起こると考えられ、また定型者においても例えば二人羽織やコックリさん等の状況においては、自身が起こした運動か否か簡単にわからなくなることが考えられる[2,3]。運動主体感は、こうした自他の区別と混同に本質的に関わると考えられる。

また、自身の運動により肯定的な結果が起こった場合、そうでない場合に比べ、その運動主体感がより高まることが知られている。こうした運動結果の感情価（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ）による主体感への影響は、従来、高次の言語処理によって引き起こされると考えられてきた[4]。しかし近年、こうした影響が、より低次の身体感覚処理がベースとなり起こり得るとする研究が報告されている[5]。ここでは運動主体感の評価方法として広く研究されている意図的結合パラダイム（IBパラダイム;Intentional binding paradigm）が用いられた（IB パラダイムについては後述）。これにより、自発的行為の結果として、ネガティブな音声（悲鳴など）が感覚入力として得られた時、ポジティブ（歓声など）、またニュートラルな場合に比べ、より弱い運動主体感が得られたとされた。このようなIB パラダイムにおける研究では、感覚入力として用いられるのは主に聴覚刺激であり、視覚刺激が用いられることは殆どない。特に色を刺激とする場合については検証がされていない。

そこで本研究では、まず色を用いた視覚刺激をフィードバックとする運動主体感を評価可能な実験系を構築した。そして、ヒトの自発的行為に対して異なる感情価を持つ色を提示し、運動主体感に及ぼす影響を検証した。具体的には、色の感情価が運動主体感に与える影響について、「人の自発的行為に対してポジティブな色を提示した場合の方が運動主体感を向上させる」という作業仮説を立て検証した。

2. 方法

本研究では色の好みと運動主体感の関係を研究するため、第一に色の印象評定課題実験を行い、その結果に基づき、色をそれぞれの感情価（ポジティブ・ネガティブ・ニュートラル）によって分類した。第二に、IB パラダイムをベースとして、印象評定課題で得られた各感情価の色を感覚入力刺激とする時間推定課題実験を行った。

2.1 印象評定課題

各感情価の色を選定するため、色の好みに関する先行研究にならい[6,7]、Berkeley Color Project の 32 色を対象とする印象評定課題を予備実験として行った。被験者（n=17）は、色に対して持つ印象（ポジティブ・ネガティブ）を-100 から 100 までの値で評価した。

この結果から、評価値の最も高い・0 付近・最も低い、4 色（計 12 色）を選択し、夫々ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ条件における色の提示刺激とした。

2.2 時間推定課題

2.2.1 色を用いた意図的結合パラダイム

実験は、視力が正常（コンタクトレンズ、眼鏡着用による矯正視力を含む）で若年健常者 17 名を対象として行った。

運動主体感を間接的に評価可能な IB（Intentional binding）パラダイムを用いた。IB とは、自身の行為とそれによる行動結果に因果関係を認めるとき、ヒトが両者の時間感覚を短く推定する、という現象である。本パラダイムでは被験者は、時計を見ながら任意のタイミングでキーを押し、その 250ms 後にブザー音が鳴らされる。その後被験者は、キー押し（もしくはブザー音）開始時に、時計の針がどこにあったかを報告する。結果として、被験者はキー押しから音の提示までを短く推定する。これは意図的なキー押しとその結果としてのブザー音が因果的に結合されることで引き起こされ、それ故に時間間隔のシフト量が運動主体感の指標として考えられている[5, 8-11]。

本研究では、ブザー音の代わりに、時間推定を行うための時計が映し出されたディスプレイの背景色を変化させることで、視覚刺激を提示する手法を用いた（図 1）。

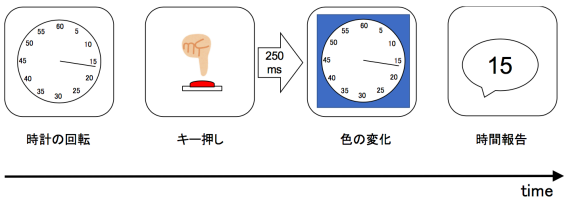


図 1　色を感覚入力とする IB パラダイム

2.2.2 実験ブロック構成

本研究の意図的結合パラダイムは以下のように 4 ブロックから構成されている（図 2）。

1. ベースライン：キー押し報告
   被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作をする。その後、キー押し開始時に時計の針がどこにあったかを報告する。
2. ベースライン：色変化報告
   被験者が、回転する時計の針を見ていると、ランダムなタイミングでディスプレイの 背景色が変化する。その後被験者は、色変化開始時に時計の針がどこにあったかを報告する。
3. オペラント：キー押し報告
   被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作すると、 その 250ms 後にディスプレイの背景色が変化する。その後被験者は、キー押し開始時 に時計の針がどこにあったかを報告する。
4. オペラント：色変化報告
   被験者は、回転する時計の針を見ながら、任意のタイミングでキー押し動作すると、 その 250ms 後にディスプレイの背景色が変化する。その後被験者は、色変化開始時に 時計の針がどこにあったかを報告する。

従来研究の聴覚刺激を用いた実験同様、キー押し報告におけるベースラインからのシフト量 Action binding と色変化報告におけるベースラインからのシフト量 Effect binding を運動主体感の評価指標とした。

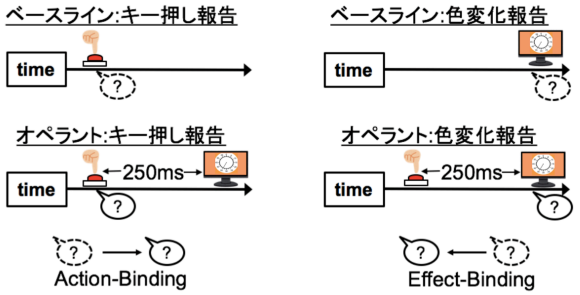


図 2　実験ブロック構成

2.2.3 実験手順

被験者は、ポジティブ・ニュートラル・ネガティブの 3 つの条件において、意図的結合 パラダイムの 4 つのブロックに取り組んだ。課題全体は、キー押し報告セッションと色変化報告セッションの 2 つのセッションに分割されており、セッション内のブロックは音報告及び色変化報告のいずれかで統一されている。各ブロックは、24 試行（4 色 × 6 試行）で構成されており、さらに 12 試行の 2 つのサブブロックに分割されている。また、カウンターバランスをとるため、ブロック内で提示される色は、完全にランダムになっており、サブブロック間で均 一にならないように設定した。ベースラインキー押し報告ブロック

は、すべての条件で共通の 1 ブロックとして取り扱っているため、課題全体で 10 ブロックで構成されている。被験者は、計 240 試行の課題に取り組み、各ブロック開始前には、課題を理解するために 5 回 の練習試行に取り組んだ。また被験者には、課題に対する注意力を確認するために、サブ ブロック内においてどの色が最も多く提示されたかを報告してもらった。セッション内では、感情価による効果を最大化するために、一つの条件においてベースラ イン及びオペラントブロックを連続して取り組むように設定した。また、セッション（キー押し報告・色変化報告)、条件（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ）、ブロック（ベースライン・オペラント）の順序は被験者内で統一され、被験者間では均一になるように調整した。

2.2.4 統計検定

異なる条件（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブな色の提示）において、夫々の時間収縮量を比較した。3 群の比較には Benjamini and Hochberg 補正による対応のある *t* 検定を用いた。

3. 結果

まず印象評定課題の結果としては、先行研究[5,6]と同様の結果が得られた（図３）。

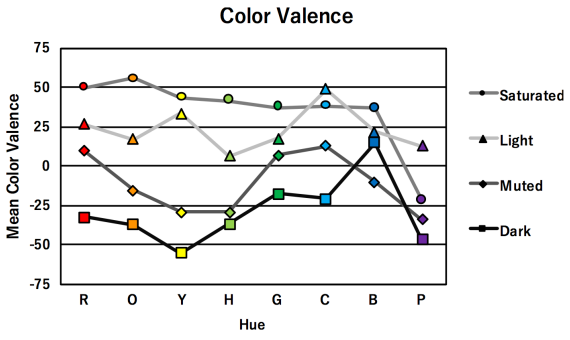


図３　印象評定課題の結果

そこで、方法で述べたとおり、評価値の最も高い・0 付近・最も低い、４色（計 12 色）を選択し、夫々ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ条件における色の提示刺激とした。

以上の条件において、色における IB パラダイムに基づいた時間推定課題を行なった。結果として、いずれの条件においても時間収縮が確認され、聴覚刺激をフィードバックとする先行研究と同様の結合効果が得られた。

続いて各条件間の差に関して、Effect binding においてはいずれの条件においても差がなかった。一方で Action binding においては、ニュートラルが他の二つに対して結合効果が高い傾向にあった（positive vs neutral: P=0.066<0.1; positive vs negative: P=0.904; negative vs neutral: P=0.066<0.1）（図４）。

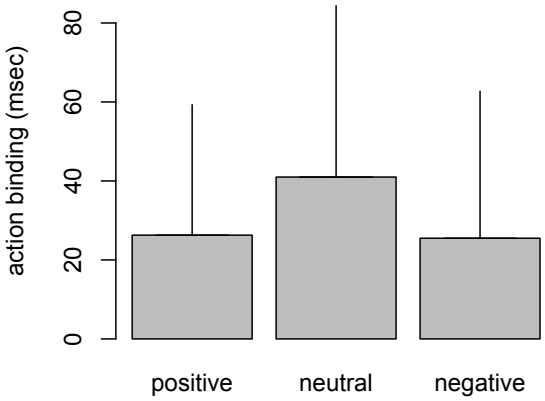


図４　Action binding の結果

4. 議論

今回の実験では、ポジティブ・ネガティブ条件間で有意差が得られず、むしろ両者よりもニュートラル条件において時間収縮量が大きくなる傾向が得られた。このことは、自発的行為の結果として得られる感覚入力が、(ポジティブであれネガティブであれ）感情価を持つ視覚刺激である場合よりも、ニュートラルな視覚刺激である場合のほうが、運動主体感を高めることを示唆する。従って、否定的な行動結果が運動主体感を高めるという既存研究の報告とは異なる結果になった。

言語処理における高次認知に比べ、聴覚や視覚といった感覚はより低次認知によって処理にされるが、こうした感覚処理をベースとする感情価と操作感の関係は近年明らかになったばかりであり、大部分が未解明であると言える。既存研究では言語処理の場合の場合と類似してネガティブな感覚入力が操作感を減じさせたが、本研究はこれとは異なる結果となった。これについてどのように考えられるだろうか。まず従来研究が感覚入力として聴覚刺激を用いていたことに対して、本研究では視覚刺激を用いたことを考える必要があるだろう。人の視覚や聴覚では、夫々V1 野や A1 野などの低次処理から徐々に、階層的に高次領野へ情報が伝達されることが知られる。視覚と聴覚の両者は、このような構造を持ちながらも、一般には、視覚の方が高次認知との結びつきがより強く神経系が複雑であるが

故に処理速度が聴覚よりも低いと考えられる。以上を踏まえた上で、本研究の結果を考えるとき以下のような解釈が考えられる。すなわち、従来の聴覚刺激の場合と異なり、視覚刺激においては、その処理にかかる時間の都合上、感情価を持つ感覚入力は、(ポジティブかネガティブかの) 処理が一旦保留され、むしろその効果が抑制されている可能性がある。他方、感情価の無いニュートラル条件においては処理が保留されることなく、その結果相対的に最も運動主体感を感じたと考えることができる。

なお、本研究においては、色の評定に対して感情価のみを用いた。しかし、人の感情は感情価(ポジティブ・ネガティブ)に加え、覚醒度(興奮・沈静)という2つの次元で構成されると考えられており、行動結果の覚醒度を考慮した実験を行うことで、今後より詳細に検証していく必要がある。

参考文献

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

[2] D. M. Wegner (2002). "The illusion of conscious will" MIT Press.

[3] D. M. Wegner (2003) "The mind's best trick: How we experience conscious will" Trends in Cognitive Sciences, 7(2), 65–69.

[4] J. Greenberg, T. Pyszczynski, J. Burling and K. Tibbs (1992) "Depression, self-focused attention, and the self-serving attributional bias" Pers. Individ. Dif. 13, 959–965.

[5] M. Yoshie, P. Haggard (2013) "Negative emotional outcomes attenuate sense of agency over voluntary actions", Current Biology, 23, 2028 - 2032.

[6] S. E. Palmer, K. B. Schloss (2010) "An ecological valence theory of human color preference", Proceedings of the National Academy of Science, Vol.107, No.19, pp.8877 - 8882.

[7] K. Yokosawa, K. B. Schloss, M. Asano, & S. E. Palmer (2016) "Ecological Effects in Cross‐Cultural Differences Between US and Japanese Color Preferences" Cognitive science, 40(7), 1590-1616.

[8] P. Haggard, S. Clark and J. Kalogeras, (2002) "Voluntary action and conscious awareness", Nature Neuroscience, 5(4), 382 - 385.

[9] J. F. Christensen, M. Yoshie, S. Di Costa, and P. Haggard (2016) "Emotional valence, sense of agency and responsibility: A study using intentional binding" Consciousness and cognition, 43, 1-10.

[10] J. W. Moore, D. Lagnado, D. C. Deal, P. Haggard (2009) "Feelings of control: contingency determines experience of action" Cognition, 110(2), 279-283.

[11] J. W. Moore, & S. S. Obhi (2012) "Intentional binding and the sense of agency: a review" Consciousness and cognition, 21(1), 546-561.

広告に関する Creative Genome を用いた CM コンセプト俳句の生成
CM Concept Haiku Generation Using Creative Genome of Advertisement

伊藤 拓哉[†]，佐々木 淳[‡]，小方 孝[†]
Takuya Ito, Atsushi Sasaki, Takashi Ogata
[†]岩手県立大学，[‡]AOI TYO Holdings株式会社
Iwate Prefectural University, AOI TYO Holdings, Inc.
g031n019@s.iwate-pu.ac.jp

Abstract
俳句は断片的な要素の集合であり，読者は個々の要素を様々な情報と結びつけることにより解釈を生み出す. この解釈過程を参考に, 筆者は俳句からの物語生成を考案している. 本稿では, 俳句の中の単語から単語ネットワークを構築し，このネットワークの語を用いて生成の核となる物語を生成する手順を示す. さらに CM に関する情報を体系的にまとめた Creative Genome の要素を用いることで，俳句の印象を反映した CM 生成への展開を目指す.
Keywords — Haiku, Creative Genome, Integrated Narrative Generation System.

1. はじめに

筆者らが開発中の統合物語生成システム（Integrated Narrative Generation System : INGS）[1]は物語を自動生成するための機構である．ストーリーを生成するための「ストーリー生成機構」，ストーリーの語り方を操作する「物語言説機構」，映像や音楽など表現に関する「物語表現機構」，そして様々な知識を登録した辞書群から構成される．INGS は大局構造や長さ，非現実性などのパラメータから物語を生成するが，本来の構想ではこうしたパラメータに限らず, 画像や音楽など, 多種多様な入力からの物語生成を考案している．本稿ではその多様な入力の一環として，俳句の利用を目指す.

俳句は多くの場合，わずか十七音の中に様々な情報が詰め込まれている. 読者の解釈過程では, 俳句の中の断片的な要素と，読者の経験，知識とが結び付き，その結果として読者の数だけ多様な解釈が誕生する[2].

このような俳句の解釈過程から，筆者は俳句からの物語生成を提案した[3]．俳句からの物語生成においては, 俳句中の要素をどのようにして展開していくか, また広がった要素からどのようにして要素を選択するかが重要であると考えている. 本稿では, 俳句中の単語から，共起関係による単語ネットワークを構築することにより，要素の展開と選択の枠組みを示す.

また一言に物語といっても，その種類は様々である．今回は，ごくわずかな時間で相手に意図した情報を伝え，読後感を与える CM を目標とする．俳句がわずかな文字数で表現され，読者に何らかの読後感を与えるものであるとすると，俳句と CM は，限られた枠の中で表現し, ある印象を与えるという共通点を持ち, この印象という観点をつながりとして俳句から CM が生成できるのではないかと考えた．読者が俳句を読んだ時に感じる印象が, CM の印象とつながることにより, 俳句から CM 生成のプロセスへとつながる.

CM に関するデータとして，佐々木は過去 15 年分の日本の代表的な CM およそ 1000 本を対象として，CM のコンセプトや制作に関する手法，視聴者に与える印象などのデータを体系的にまとめ，これを Creative Genome と呼んでいる[4][5]．Creative Genome のタグには，様々な種類が存在するが，大きく分類すると，「印象に関するタグ」と「制作に関するタグ」の二種類に分けられる．前者には，Creative Genome の中心的なタグであるコミュニケーションコンセプトタグ（CCT）をはじめ，アフォーダンス，トーン，読後感（UX）などが含まれる．後者は作劇パターンや物語技法などのタグを持つ．個々の CM はこれらのタグから構成され，それぞれのタグの具体的な要素の集合で表現されている.

この Creative Genome を利用して CM の生成を目指す. 俳句の印象を表す単語と類似する「印象に関するタグ」の要素を検索することにより，Creative Genome が持つ CM の情報とつなげることができる.「印象に関するタグ」と「制作に関するタグ」は個々の CM ごとにつながっており，このつながりから CM の制作に関する情報を参照できるようになる．複数の CM が候補となることが考えられ，この場合俳句の印象を表す単語群とより多くのタグの要素が類似した CM の情報を利用する．この CM の制作に関する情報により，俳句の印象に近い CM の生成が行う.

本稿では，俳句からの CM 生成の第一段階として，

俳句から単語を抽出し，単語ネットワークを構築，このネットワークを用いて生成の核となる物語の生成と Creative Genome のタグの選択を行うまでの手順を示す．この手順の結果得られる，生成の核となる物語と CM 生成のための Creative Genome の要素の集合を本稿では CM コンセプトと呼ぶ．

2. 俳句からの CM コンセプトの生成過程

俳句からの CM コンセプト生成の流れを図 1 に示す．

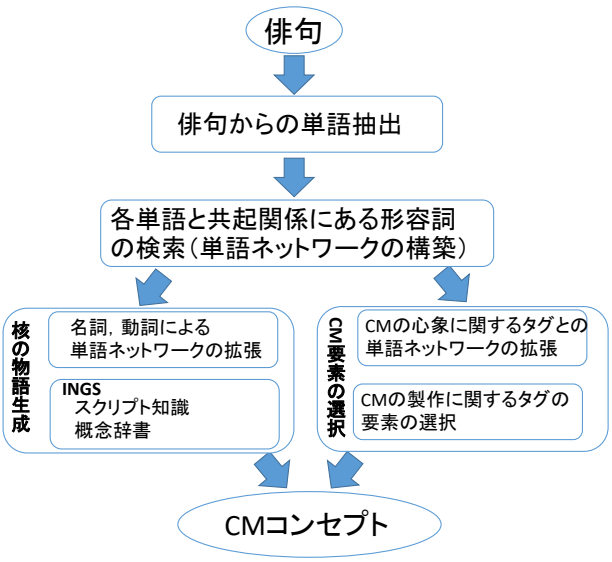


図 1　俳句からの CM コンセプト生成過程

- **俳句からの単語抽出：**形態素解析により，俳句に含まれる単語を抽出する．
- **単語ネットワークの構築：**抽出された単語に関して，単語ネットワークを構築する．この手順では俳句から抽出された単語と共起関係にある形容詞を検索する．俳句中の単語と共起関係にある形容詞により俳句が持つイメージを膨らませることができる．
- **核の物語生成：**
  - **単語ネットワークの拡張：**すべての単語ネットワーク中の形容詞と共起関係にある名詞と動詞を検索しネットワークを拡張する．
  - **動詞の選択：**単語ネットワークと結びついた名詞と動詞を用いて，生成のための核となる物語を生成する．各単語ネットワーク中の動詞をリストアップし，これらの動詞の中から物語の最初の事象として利用する動詞を選択する．次に最初の動詞の事象に続く事象を生成するための動詞を他の単語ネットワーク中の動詞から選択する．この動詞の選択では，INGS に登録された，連続した事象のつながりを表すスクリプト知識を利用する．
  - **文生成：**選んだ動詞をそれぞれ動詞概念辞書で検索し，文型パターンの情報を獲得する．動詞概念辞書とは INGS の辞書の一つである．また文型パターンは動詞を物語で利用するための型であり，単語ネットワークの名詞を挿入することで単純な文の物語が得られる．
- **CM 要素の選択：**単語ネットワークの形容詞に基づき，Creative Genome における CM の印象に関するタグを検索する．これにより，1 節で述べたように，一つの CM を媒介として，CM の制作に関するタグを参照可能となる．参照した制作に関するタグを用いて，CM 生成を行うことで，入力の俳句の印象を反映した CM が実現できる．

ここまでの手順により CM コンセプトが生成される．CM コンセプトは，数文の物語と，Creative Genome における CM の制作に関するタグの要素を複数持つ情報の集合を想定している．

3. おわりに

俳句から，CM 生成のための CM コンセプトの生成手順を提案した．俳句の印象から単語，INGS，Creative Genome を関連付けることで俳句の印象を反映した CM 生成のための CM コンセプトを生成する．今後，本稿で提案した CM コンセプト生成のアルゴリズムを詳細化し，プログラムの実装および評価・検証を行う．

参考文献

[1] Ogata, T. (2016). Computational and cognitive approaches to narratology from the perspective of narrative generation. In Ogata, T. & Akimoto, T. (Eds.). Computational and Cognitive Approaches to Narratology. Hershey, PA: IGI-global. 1-74.
[2] 新田義彦，(2018) “オントロジー空間を漂白する俳句”, 人工知能学会第 2 種研究会ことば工学研究会資料, Vol. 57, pp. 67-92.
[3] 伊藤 拓哉・小方 孝, (2017) “俳句／物語生成システムに関する考察”, 人工知能学会第 2 種研究会ことば工学研究会資料, Vol. 56, pp. 35-37.
[4] 佐々木淳, (2017) “Creative Genome Project について.”人工知能学会第 2 種研究会ことば工学研究会資料, Vol. 56, pp. 9-12.
[5] 佐々木淳, (2018) “新たな価値観の発見に向けて-Creative Genome Project と「価値観・HI コンソーシアム」の取り組み”, 2018 年度人工知能学会全国大会(第 32 回)論文集, 2H3-NFC-4a-03.

ベクトル空間モデルによる人の四項類推の最適近似
Optimal Estimation of Analogy using Vector-Space Models

加藤 龍彦 †，日高 昇平 †
Tatsuhiko Kato, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
skylark@jaist.ac.jp

概要

人の記憶は物事の間の関係性，つまり意味を基盤として構造化されている．本研究ではこうした意味構造のモデルとしてベクトル空間モデル，特に Skip-gram に着目して分析，その四項類推が一部単語クラスについて最適化されていないことを示す．その上で，四項類推になりたつ関係を用いて，モデルの類推能力を人により近似するような演算を提案，それによって四項類推の性能を大きく向上可能であることを示す．このことは，四項類推関係を一般化することで単語空間の関係性をよりよく捉えることができることを示唆する．

キーワード：意味表現, 類推, ベクトル空間モデル

1. はじめに

象は動物の一種である，リスは木の実を食べる，といったように，環境中の物事は相互に関係して存在する．限られた資源の下で効率的な情報処理を行う必要がある脳やコンピュータにとって，これらの関係をどう利用して情報を処理するかは重要な問題である．このような意味表現の問題は，記憶や学習といった認知の重要な課題と密接に関連し，認知科学の根本的な問いとされる [3].

意味表現をモデル化する試みとして，これまでに意味ネットワークモデル [2]，ベクトル空間（または意味空間）モデル [4]，トピックモデル [3] といったモデルが提案されてきた．各モデルはそれぞれ，どのように単語や概念，またそれらの間の意味を表現するか，という点で異なる（表 1）．中でも近年，機械学習分野においては単語表現のモデルとしてベクトル空間モデルが注目されてきた [11, 7, 6, 8]．例えば word2vec (Skip-gram モデル) [7, 6] は，簡単な四項類推課題においてではあるが，人と近似した回答を高精度で与えることが示されている．認知科学においても，潜在意味解析 (LSA)[4] をはじめ，多くの言語モデルがベクトル空間モデルの発想に則って提案されてきた．本稿では，ベクトル空間モデルの中でも特に Skip-gram に焦点を当てて分析を行う．その理由としては，本稿執筆現在最高精度で四項類推課題に回答可能なモデルであること [5]，またモデルの学習方法が共起関係を直接圧縮するような単純で本質的ものであること，の二点がある．

	意味ネットワークモデル	ベクトル空間モデル	トピックモデル
概念	グラフのノード	空間上の点	単語上の確率分布
意味	グラフのエッジ	点間の距離	トピック上の確率分布

表 1　意味表現の代表的なモデルクラス．1 行目はモデルにおいて概念がどのように表現されているか，2 行目は同様に意味がどのように表現されているかを示す．

このようなモデルの基本的な仮定は分布仮説である [10]．それによれば，コーパス中の単語間のある文脈における共起関係を知ることで，その意味的関係についても多くを学ぶことができるという．例えば「王」,「女王」,「男」,「女」という 4 つの単語を考えてみよう.「王」や「女王」は「戴冠」などの王位に関連する語と多く共起し,「男」や「王」は「髭」などの男性に関する語と,「女」や「女王」は「化粧」など女性に関する語とそれぞれ多く共起する．そのため，共起関係は「王」と「女王」が同じ「王族」という単語クラスに属する，といった意味的な関係を捉えていると考えられる．

本研究では，ベクトル空間モデルが人の意味表現のモデルとしてどこまで妥当かを検討するため，モデルの代表例として Skip-gram を取り上げ分析，四項類推関係を一般化することでより人の類推を近似するような演算を定式化する．

2. 四項類推課題と Skip-gram モデル

認知科学において四項類推は,「関係性の間の関係性」という高次の理解を必要とするため，人の推論

能力の重要な特質とされてきた [12]．四項類推課題とは，(a : b) と (c : d) の対からなる 4 つの単語や物の内 a,b,c のみが与えられたとき，(a : b) の関係と (c : d) の関係から d を推定する，という課題である [12, p.147]．この課題に対して想定される回答を得るためには，(a : b)，(c : d) それぞれの関係を発見し，そこから D を推定する必要がある．例えば,「大阪府」と「大阪市」に対して「石川県」に対する d は何か，という問いには県-県庁所在地という関係を満たす「金沢市」が想定される回答となる．

近年自然言語処理分野においては，四項類推が単語埋め込みモデルの意味の表現能力の評価課題として採用されている．Mikolov ら [7, 6] は，単語ベクトルを用いて四項類推を行うための演算として以下を提示した:

$$f(w_a, w_b, w_c) = \arg\max_{w_d}(sim(w_c - w_a + w_b, w_d)) \quad (1)$$

ここで w_i はある語 i の単語ベクトル表現で，w_d が推定結果の単語である．また，関数 $sim(v, w)$ は特定の類似性の指標で，典型的にはベクトル v, w のコサイン類似度 $\sim (v, w) = \frac{v^\top w}{\|v\|\|w\|}$ を用いる. 例えば，(man, woman), (king, ?) が与えられた場合には，$w_{king} - w_{man} + w_{woman} \approx w_{queen}$ という結果が正答となる．

3. Skip-gram と人の類推

Skip-gram は現行のモデル中で最高精度の四項類推課題正答率を持つと述べたが，モデルの正答率の評価に使用されるスタンダードな課題セット (以下 Google テストセット) は，人の基準からすると単純なものである．このテストセットは 14 のクラスに分けられた 19544 組の類推課題からなり，例えば，よく知られた (man : woman :: king : queen) や (Germany : Berlin :: France : Paris) といった意味的課題と (bad : worse :: big : bigger) のような文法的課題を含む（表 2）．そのため人であれば，必要な単語さえ記憶していれば関係性を見抜くことは容易で，100 %に近い精度で回答できると思われる．しかし (1) による演算では，いくつかのクラスについてはモデルの正答率は 30-40%程度と低い．

一方，共起関係を用いた単語埋め込みと人の類推能力とが強く関連する，ということも調べられている．演算 (1) の結果が「正しい」回答になるためには，ベクトル空間上の単語表現の対の差が近似的に平行四辺形になっている必要があるが，Rumelhart ら [9] は 1973 年の時点で既にベクトル空間上でアナロジーに必要な演算（演算 (1) と同じもの) と，この演算が人の類推と合致する必要条件として空間上での平行四辺形関係を定式化し，人を用いた実験を行って理論の妥当性を検証している．また，人による単語の自由想起課題の評価スコアとコーパスの共起頻度によって作成した単語表現の間には強い正の相関関係が存在することも確かめられており [5]，ベクトル空間モデルによる人の類推能力の表現には一定の妥当性があると考えられる．

テストセット中でのクラス名	例題
capital-common-countries	Berlin : Germany :: Paris : France
capital-world	London : England :: Rome : Italy
currency	Japan : yen :: USA : dollar
city-in-state	Boston : Massachusetts :: Honolulu : Hawaii
family	man : woman :: king : queen
gram1-adjective-to-adverb	amazing : amazingly :: calm : calmly
gram2-opposite	acceptable : unacceptable :: aware : unaware
gram3-comparative	bad : worse :: big : bigger
gram4-superlative	bad : worst :: big : biggest
gram5-present-participle	code : coding :: dance : dancing
gram6-nationality-adjective	France : French :: Germany : German
gram7-past-tense	dancing : danced :: decreasing : decreased
gram8-plural	banana : bananas :: bird : birds
gram9-plural-verbs	decrease : decreases :: describe : describes

表 2　モデルの類推性能のテストで標準的に使用される Google テストセットの各課題クラスとその例題．:: で区切られた左右二組が関係性を持つ．

それにも関わらず先行研究のモデルが人の類推をうまく近似できない理由の 1 つとして，モデルが単語の共起関係の情報圧縮に主眼を置いており，類推課題への高い正答率はその副産物として表れる，ということが挙げられる．モデル上の類推である演算 (1) は必ずしも人の類推の近似を目的としていない．本研究では，演算 (1) を四項類推関係が成立するために適切な部分空間の選択も含めて一般化したベクトル演算を定式化し，この演算がよりよく人の類推を近似できるかを検討する．

3.1 Skip-gram のベクトル演算は最適か

我々は定式化の前段階として，Skip-gram [7, 6] に関して探索的な分析を行った [13]．その結果，以下の示唆を得た．（1）Skip-gram の単語表現では，語の関係を上記のベクトル演算で捉えられない単語クラスがある（関連研究 [1]）.（2）四項類推に本質的な特徴を捉えるには，単語の共起確率で十分である．（1）を端的に示す結果が，すでに参照した Google テストセット

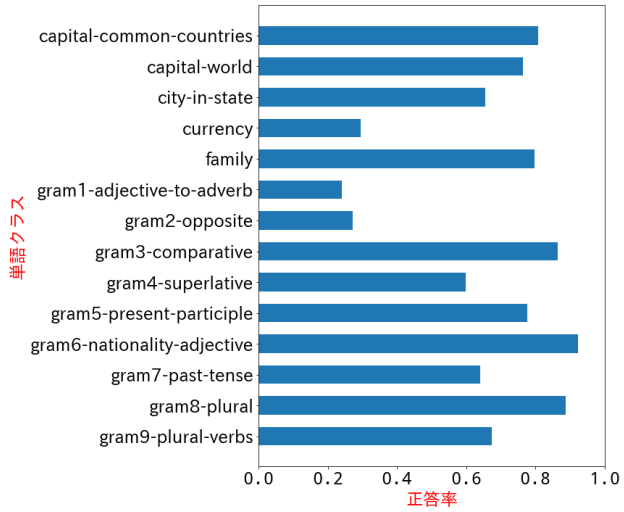


図 1　Google テストセットのクラス毎正答率．縦軸はデータセット中でのクラス名，横軸は各クラスの全データ中の正解の割合を示す．

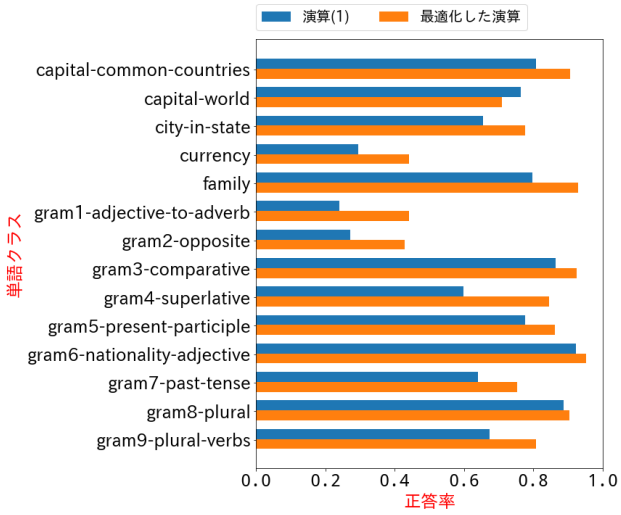


図 2　Google テストセットのクラス毎正答率に関して，演算（1）と提案手法を比較した．縦軸はデータセット中でのクラス名，横軸は各クラスの全データ中の正解の割合を示す．

[6][1]に対する単語クラス毎の正答率である（図 1）．この図では，対義語（gram2-opposite），形容詞－副詞（gram1-adjective-adverb），通貨（currency）の 3 クラスだけ正答率が 30%程度と低くなっていた．この結果は，Skip-gram のベクトル演算が，ある単語クラスの四項関係を適切に表現していないことを示唆する．

4.　定式化

前節の Skip-gram の検討において示された，類推精度の低い種類の単語群にも有効なベクトル演算を調べるため，本研究では以下のように定式化を行う．4 単語 w_i, w_j, w_k, w_l の四項類推に相当するベクトル演算を以下のように定義する：

$$g_{M_1,M_2}(w_a, w_b, w_c) = \arg\max_{w_d}(sim(M_1 w_c - M_1 w_a + M_2 w_b, M_2 w_d))$$

ここで M_1, M_2 は回転や平行移動などのある線形変換である．この変換の対 (M_1, M_2) で定義されるベクトル演算 g_{M_1,M_2} により先行研究のモデルを拡張する．この定式化で，$M_1 = M_2 = I$ （ここで I は単位行列）とすると，先行研究 (式 (1)) と一致する $(f = g_{I,I})$．このような演算の一般化により，人の四項類推を表現するのに平行四辺形関係より優れた演算を模索する．

4.1　最適ベクトル演算の推定

演算の一般化は，Skip-gram の単語の持つ次元の分布の性質を考慮し，類推によって発見したい単語の分布とそれ以外の単語の分布を切り分けるような次元を重み付けるよう行う．

Mikolov らが Skip-gram を用いて訓練した単語表現[2]は各 300 次元を持つ約 300 万の単語によって構成される．これら約 300 万単語の各次元は，近似的に指数分布

$$P(V|\Lambda) \propto \lambda e^{-\lambda|V|}$$

に従う．ここで V は単語表現中の全単語からなる行列である．Mikolov らの演算による四項類推においては，四単語 w_a, w_b, w_c, w_d が与えられた時これら約 300 万単語の中から $w_a - w_b + w_c$ にコサイン類似度で最も近い単語として w_d が選択される必要がある．そのため，$w_1 = w_c - v_a + v_b$ とすると，このような類推において誤った回答 (w_d 以外の単語を選択する確率) を得る確率は以下のように定式化できる．

$$P(error) = P(\|V_i - w_d\| < \|w_1 - w_d\|)$$

式中の $\|V_i - w_1\| < \|w_1 - w_d\|$ は，全単語の内 w_1 との距離が w_d よりも近い単語が存在することを表す．このエラー確率を最小化するような重みを用いて単語の次元を選択することで，演算 (1) を次元の選択も含めて最適化することができる．積分に関する計算から

[1] https://github.com/tmikolov/word2vec/blob/master/questions-words.txt

[2] "GoogleNews-vectors-negative300.bin.gz", https://code.google.com/archive/p/word2vec/

この定式化の厳密解を得ることは難しいため，本研究ではその 1 つの近似として，$\epsilon = \|V_{a,i} - V_{b,i}\|$ として以下の重みを用いる．

$$w_i = e^{\max(V_{a,i}) - \max(V_{b,i}) + \epsilon} \quad (2)$$

以下の実験は約 300 万の単語ベクトル表現の各 300 次元をこの w_i によって重み付けした演算 (1) によって行った．これは，四項類推に最適な部分空間を用いることで演算 (1) を拡張することを意味する．

5. 結果

提案手法で Google テストセットの四項類推の正答率を計算した結果を図 2 に示した．多くのクラスにおいて 10-20 %程度正答率が向上していることがわかる．また以下の表は，2 つの演算のテストセット全体での正答率である．全体としても，正答率が 7 %程度向上していることがわかる．

演算（1）	提案手法
69%	76%

今回の結果とは訓練コーパスなどの実験環境が異なるため厳密な比較はできないが，現在自然言語処理分野において最高精度を持つとされる演算 (3CosMul) は，(1) と比較して 2〜3 %程度の向上しか見せておらず，その性能も 71%に留まる [5]．そのため，提案手法はモデルの類推性能を大きく向上させたと言える．これは，四項単語の対応付けを最大化しつつエラーとなる確率を最小化するような次元によって重み付けを行う，という本研究のアプローチの有効性を示している．

6. 議論・考察

上の結果から，我々が提案した部分空間の選択についても考慮したベクトル演算によって，四項類推の性能が他の関連する先行研究の手法と比べても一部大きく向上することが分かった．本研究の限界として，上述のように本研究の実験で用いた重みが近似的な計算に基づくものであることが挙げられる．そのため，より厳密な計算に基づく重みを使用することで，四項類推関係を捉えるような演算を推定可能であると考えられる．

本研究の結果は，類推関係を捉えるための演算・規則が，従来想定されてきたよりも多様であり得ることを意味する．言い換えれば，こうした多様な四項関係を積極的に利用する事で，単語の共起関係に潜在する意味構造を探索できる可能性を示唆する．本研究では Google テストセットを用い，人が事前に選択した四項類推課題を最適に解く方法を模索したが，今後の研究としては四項類推関係を用いて，言語中にどのような単語間の関係を発見可能かを検討予定である．

文献

[1] Dawn Chen, Joshua C Peterson, and Thomas L Griffiths. Evaluating vector-space models of analogy. *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 1–6, 2017.

[2] Allan M Colins and Elizabeth F Loftus. A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing. *Psychological Review*, Vol. 82, No. 6, pp. 407–428, February 1975.

[3] Thomas L Griffiths, Mark Steyvers, and Joshua B Tenenbaum. Topics in semantic representation. *Psychological Review*, Vol. 114, No. 2, pp. 211–244, 2007.

[4] Thomas K Landauer and Susan T Dumais. A Solution to Plato's Problem: The Latent Semantic Analysis Theory of Acquisition, Induction, and Representation of Knowledge. *Psychological Review*, Vol. 104, No. 2, pp. 211–240, 1997.

[5] Omer Levy and Yoav Goldberg. Improving Distributional Similarity with Lessons Learned from Word Embeddings. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, Vol. 3, pp. 211–225, March 2015.

[6] T M Mikolov, K Chen, G Corrado, and J Dean. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space . *ICLR Workshop Papers*, pp. 1–12, 2013.

[7] T M Mikolov, I Sutskever, K Chen, G Corrado, and J Dean. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. *NIPS*, pp. 1–9, 2013.

[8] Jeffrey Pennington, Richard Socher, and Christopher D. Manning. Glove: Global vectors for word representation. In *Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, pp. 1532–1543, 2014.

[9] David E Rumelhart and A Abrahamsen. A Model for Analogical Reasoning. *Cognitive Psychology*, No. 5, pp. 1–28, 1973.

[10] Magnus Sahlgren. The distributional hypothesis. *Rivista di Linguistica*, Vol. 20, No. 1, pp. 33–35, 2008.

[11] Peter D Turney and Patrick Pantel. From frequency to meaning: Vector space models of semantics. *Journal of artificial intelligence research*, Vol. 37, pp. 141–188, 2010.

[12] ホリオーク, キース J, サガード, ポール著, 鈴木宏明, 河原哲雄訳. アナロジーの力－認知科学の新しい探求. 新曜社, 1998.

[13] 加藤龍彦, 日高昇平. 意味表現の解明に向けて: ベクトル空間モデルのアナロジー推論の分析. 第 8 回知識共創フォーラム, S4, 2018.

自然の循環と融合の論理のモデルを考える

Researching into Model of Logic on Circulation and Fusion in Nature

福　永　征　夫　　アブダクション研究会
Masao FUKUNAGA　　Abduction Research Institute
jrfdf117@ybb.ne.jp　　http://abductionri.jimdo.com

キーワード ： ラティスの構造モデル，３軸認知場のモデル，自然の双方向の循環と融合のネットワークモデル，自然の高深度・広域・高次の循環と融合のモデル，人間の全方位の持続可能な思考と行動のモデル
Keywords ： Model of Lattice Structure, Model of 3 Axial Cognitive Field, Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature, Model of deep, wide, high-dimensional Circulation and Fusion of Nature, Model of Omni-directional Thinking and Action of Human for Sustainability

［アブストラクト・abstract］
【１】２１世紀に生きるわれわれは人間の過去の営みが招いた地球規模の難題群の発生に直面している．
【２】これらに主体的かつ能動的に対処するためには，環境の淘汰圧に対する自由度の高い，環境の変化に中立的な，経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を自己完結的に実現しなければならない．
【３】それは，自然の循環と融合の論理に適合するように，営みの全方位において，高深度・広域・高次の経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を自己完結的に実現することでなければならない．
【４】自然や社会の系には，部分（XorY）／全体（XandY），深さ（XorY）／拡がり（XandY），斥け合う（XorY）／引き合う（XandY），競争（XorY）／協調（XandY）など，「自然の循環と融合の論理」を表わす「（XorY）／（XandY）」という互いに相補的なベクトルの枠組みが多様に存在している．
この枠組みは，（XorY）という主としてタテ方向の演繹の推論プロセスと，（XandY）という主としてヨコ方向の帰納の推論プロセスの，相補的な相互作用を表わしている．
【５】自然の循環と融合の論理に適合するための条件は，時間の情報を主成分とする演繹の推論（XorY）と，空間の情報を主成分とする帰納の推論（XandY）という，互いに相補的な（complementary）推論を接合して，時空間の情報をアブダクションという高次の推論で統合し，経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を，高深度・広域・高次のストーリー線として自己完結的に自己組化していくことである．
（１）We live in 21 century and are faced with many difficult problems of the Earth which humans have ever brought about.
（２）To cope with these problems independently and actively, We have to realize such Cognition of experience and learning, Thinking and Action, Evaluation and Emotion self-conclusively as being of high degree of freedom for environmental selective pressure, and neutral to environmental change.
（３）That should be carrying out and realizing wide , deep, and high-dimensional activities self-conclusively in Cognition of experience and learning, Thinking and Action, Evaluation and Emotion omni-directionally in order to adapt ourselves to Logic on Circulation and Fusion in Nature.
（４）In natural and social systems, we find there many kinds of framework of complementary vectors as part（XorY）／whole（XandY）， depth（XorY）／width（XandY）， exclude（XorY）／include（XandY）， competition（XorY）／cooperation（XandY）， and so on.
These framework express complementary interaction between mainly vertical inference process of deduction and mainly horizontal inference process of induction.
（５）It may be the condition for adapting ourselves to Logic on Circulation and Fusion in Nature to unite time information based inference of deduction and space information based inference of induction to space-time high-dimensional integration inference of abduction, to self-organize Cognition of experience and learning, Thinking and Action, Evaluation and Emotion self-conclusively as wide, deep, and high -dimensional story line in everyone’s cognitive field of brain.

１　広域学の基盤の確立を目指す研究の経緯を述べる

【１】昨年２０１７年，わたくし（筆者）は『自然の循環の論理と人間の情報処理』というテーマについて，合計４回の学会発表をした．

【２】わたくしは，１９８４年に，人間の経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の不可思議を解明していきたいと決心した.

【３】社会では，当時から既に地球規模の難題の萌芽を示す傾向が感じられるようになっていた.

【４】わたくしは，人間が自らの恣意性に任せ惰性に流れてしまって，人間の持続可能性を危うくするような事態に陥ることのないように，今からそのライフスタイルを変える方向に人間の経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の望ましい情報処理の構造モデルを描いていかなくてはならないと考えた.

【５】１９９０年までの６年間は，関連する基本的な文献や書籍を探索して，知見を学ぶとともに，１９６４年から積み上げてきた自らの２０年間の仕事における経験と学習の認知，思考と行動，評価と感情の事跡を振り返って，個人と集団の営みを分析し総合する試みに取り組んだ.

また，多様な分野における重点領域研究の発表会，多様な分野における学術団体や研究者の講演会に参加して，新たな知見を学ぶとともに，自らのテーマに関わる視点から積極的な質疑を試みていった.

【６】１９９０年から，日本認知科学会での発表を皮切りにして，研究発表の活動を開始した.

また，日本シミュレーション＆ゲーミング学会など，いくつかの広域的な学会に入会するとともに，大学の研究会にメンバーとして参加し，大学院のシステム科学の講義にも出席して，学術の研究者と交流を重ねていった.

【７】人間の営為と自然の循環が調和し，融合する世界を実現しなければならない．明治の開国の時期に夏目漱石が理想としたといわれる則天去私の世界を人間の心の理想として，来るべき困難な時代のコンセプトを構築していかなければならない，と考えながら学術の研究と発表に取り組んでいった.

【８】１９９６年には，東京でアブダクション研究会を設立し，今日に至るまで２０年以上にもわたって，実に多くの皆様と広域学の基盤の確立に向けて，アブダクション研究会を開催してきた.

設立会合では,『部分域と全体域の誘導合致のモデル』の概念構想を説明した．誘導合致（induced fit）という語は，生物物理学の清水博氏が自らの講演会で誘導合致という酵素反応の用語を援用されたのに触発されて用いたものである.

程なく，わたくしは『部分域と全体域の誘導合致のモデル』と数学におけるラティスの論理との同型性に気づいたので，自らのコンセプトを『ラティス（lattice）の構造モデル』と称するようになり，そのように命名した.

【９】１９９７年に東京大学安田講堂で開催された日・米・欧３極の環境工学シンポジウムで，わたくしは場内から質疑に立ち，人間と社会が目指さなければならない方向として『トレード・オフ（trade-off）からラティスの構造へ』という考え方を提唱した.

【１０】１９９９年に京都大学で開催された日本機械学会・第１回生産加工／工作機械部門講演会で，わたくしは基調講演の一つとして，『人の営為の質の転換を求めて』というテーマで講演し，三本の式と一つの定数からなる『ラティスの構造モデル』について，説明をした.

【１１】２００３年には，一つの定数を導出する恒等式を生み出すことができた．このことによって，四本の式からなる現在の『ラティスの構造モデル』が完成した.

【１２】２００４年からは，『ラティスの構造モデル』（Model of Lattice Structure）と一体をなす次の四つのモデルを整合的に構築することに集中的に取り組んだ.

（１）『３軸認知場のモデル』
（Model of 3 Axial Cognitive Field）

（２）『双方向の自然の循環ネットワークモデル』
（Interactive Circulation Network Model of Nature）

（３）『自然の高深度・広域・高次の循環モデル』
（Model of deep, wide, high-dimensional Circulation of Nature）

（４）『人間の全方位の持続可能な思考と行動のモデル』
（Model of Omni-directional Thinking and Action of Human for Sustainability）

【１３】このようにして，昨年２０１７年には，１９８４年に創案することを発意し，１９９０年から発表してきた『自然の循環の論理と人間の情報処理』という理論モデルの大枠が完成した.

【１４】そのポイントは，「自己・人間」という部分域の最適化（XorY）と，「他者・生態系」を含む全体域の最適化（XandY）という二つの相補的なベクトルが，共進化を達成して，融合し統合することにある.

【１５】昨年２０１７年は，各国の国内でも，また国際的にも，世界の広域的な市場統一を目指すグローバリズム（XandY）と，各国の主権による民族文化と利益の尊重を目指すナショナリズム（XorY）が，激しく相克する潮流がはっきりと顕在化した，歴史的な節目の年でもあった.

人間という種の絶滅を回避するためには，二つの相補的なベクトルが，共進化を達成して，融合と統合の道をたどる以外に賢明なる選択肢はなく，これこそが世界の安定装置としてのわが国の進路であるのかも知れない.

２　広域学の基盤を確立するために中間の世界の論理を考える

世界をマクロスコーピックに捉える相対性理論は，実在論的な立場から，主として演繹的な論理（XorY）に基づいて構築され，展開されてきた．また，世界をミクロスコーピックに捉える量子力学や量子場理論などの量

子論は，確率論的な立場から，主として帰納的な論理（XandY）に基づいて構築され，展開されてきた．

これらに対し，自然や社会の系における循環と融合やネットワークの問題など，われわれの目線のレベルのリアリティーを取り扱うメゾスコーピックな中間の世界は，実在論的な立場と確率論的な立場が共存する世界であるように思われる．そこでは，因果的な現象と相関的な現象が相補的に共存し，演繹的な論理（XorY）と帰納的な論理（XandY）が相補的に共存している．

そして，そのような中間の世界が有する特性や条件があるからこそ，自然史や人類史という歴史的な時空間のストーリー線が連綿として織り上げられ，刻まれてきたのである．

中間の世界の論理とは，時間の情報が主成分の演繹による貫く推論（XorY）と，空間の情報が主成分の帰納による連ねる推論（XandY）が，互いに相補的に接合し合って，時空間の情報をアブダクションという高次の推論で統合し，世界の今ここにおいて存在し生起する事物や事象の情報を，高深度・広域・高次のストーリー線として自己完結的に自己組織化していく，自然や社会のシステムの循環と融合の論理のことである．

２１世紀に生きるわれわれは人間の過去の営みが招いた地球規模の難題群の発生に直面しているが，これらに主体的かつ能動的に対処して持続可能性を確保するためには，既存の領域的な知識をベースに，新たな領域的な知識を探究し，それらを高深度・広域・高次のより一般的な知識に組み換えていくことを目指す広域学の基盤を確立していかなければならない．

そして，それは中間の世界における循環と融合の自己組織化の論理を探究して，われわれが実践できる知見として確立していくことであろう．

３　持続可能性を確保する「自然の循環と融合の論理」を考える

3.1　今や地球規模の難題群の発生に直面している

２１世紀に生きるわれわれは，地球環境問題，資源・エネルギーの枯渇，貧富の差の拡大，人口の爆発，難病の発生，災害や事故の巨大化，民族・宗教・文化・政治・経済をめぐる対立と紛争の激化，凶悪な犯罪やいじめ・虐待行為の多発など，地球規模の難題群の発生に直面し，今や紛れもなく，生存と進化の袋小路に陥っている．

3.2　自然や生命･社会の系には保存と変革の相補的な循環と融合の方向性がある

自然や生命・社会の系には，（1）安定度を増大させる保存の方向性，すなわち，内部エネルギーを減少させる方向性と，（2）自由度を増大させる変革の方向性，すなわち，エントロピーを増加させる方向性，の相補的な二つのベクトルが相互に作用し，循環して，融合という臨界性を実現し，システムの恒常性（ホメオスタシス）や定常性が維持されているものと考えられる．

そして，前者は自然や社会の系の部分域同士が，互いに斥け合う（XorY）という排他的な作用を志向して，保存のベクトルとして働き，後者は自然や社会の系の部分域同士が，互いに引き合う（XandY）という包括的な作用を志向して，変革のベクトルとして働く．

3.3　持続可能性を確保する「自然の循環と融合の論理」は，相補的なベクトルを逆理（パラドックス）とみなす数学や論理学の論理を乗り越える

例えば，人間の脳という自然の系では，その情報処理に当たって，情報の自己言及，個の情報と全体の情報の相互作用，情報の自己組織化という機能を発揮しているが，そのダイナミックスを説明するためには，自然の系の相補的なベクトルの相互作用の論理を必要としている．

ところが，人間が生み出した数学や論理学の論理では，今日に至るまで，こうした相補的なベクトルを逆理（パラドックス）とみなして，自らは対象とせずに，その取り扱いを専ら哲学的な推論に委ねてきた．

「自然の循環と融合の論理」とは，自然や生命・社会の系に内在する論理であり，自然や生命・社会のシステムを，その部分域同士が互いに斥け合うという，ネガティヴ・フィードバックと，その部分域同士が互いに引き合うという，ポジティヴ・フィードバックの間の大きなネガティヴ・フィードバックの行き来として捉え，恒常性や定常性を自己完結的に実現して行く，非平衡システムにおける非線形の動態的な論理のことである．

２１世紀に生きるわれわれは人間の過去の営みが招いた地球規模の難題群の発生に直面している．
そして，それらは根源的には，近代以降の主知主義的な伝統によって，数学や論理学の「演繹の論理」に対する過度の傾斜と偏向が続いてきたことに起因している．

つまり，近現代の長い期間を通じて，自然や生命・社会の系が示す相補的な二つのベクトルの間の循環と融合を，高深度・広域・高次の思考や行動として実現することができずに，「演繹の論理」によって，主として領域的で高深度の知識と行動を追求し，専ら足元の部分域の最適化だけを優先して実現し続けた営みの累積的な結果が招いた不幸な結末だと言えるだろう．

様々な時間・空間のスケールで問題が生起し，多様な姿をもつ自然を破壊し自律的な人間の精神の荒廃を伴ってきた地球規模の難題群の発生に対して，われわれが主体的かつ能動的に対処して持続可能性を確保するためには，人間の営みのパラダイムを，自然の循環と融合の論理とよりよく適合するものに転換しなければならない．

４「自然の循環と融合の論理」は，時間の情報と空間の情報を統合する高深度・広域・高次の推論を実現する

4.1　時間の情報と空間の情報を織り合わせて統合する

タテ糸としての時間の情報とは，Xの後にYが継起する非同期的な情報の組み合わせであり，ヨコ糸としての空間の情報とはXとYが隣接し同期する非継起的な情報の組み合わせである.

人間はタテ糸の時間の情報とヨコ糸の空間の情報をあたかも縄をあざなうように織り合わせて，時空間の情報構造として統合し，高深度・広域・高次の推論を実現する.

4.2 演繹は時間的な情報の同型性に基づく類比の推論である

時間の情報–空間の情報–時間の情報の順で統合された時空間の情報構造は，「XにYが継起するように，X'にY'が継起する」という時間的な情報の同型性に基づくタテ型の類比の推論を実現し，演繹の推論と呼ばれる.

演繹の推論は，領域・高深度の情報処理を担う.

4.3 帰納は空間的な情報の同型性に基づく類比の推論である

空間の情報–時間の情報–空間の情報の順で統合された時空間の情報構造は，「XがYと同期するならば、X'がY'と同期する」という空間的な情報の同型性に基づくヨコ型の類比の推論を実現し，帰納の推論と呼ばれる.

帰納の推論は，広域・低深度の情報処理を担う.

4.4 アブダクションは演繹と帰納を接合する高次の統合の推論である

時間の情報–空間の情報–時間の情報の順で統合されたタテ型の類比の推論と，空間の情報–時間の情報–空間の情報の順で統合されたヨコ型の類比の推論を，蓋然的に接合して，高次のレベルで統合するのが，アブダクションと呼ばれる斜め（ナナメ）型の高次の統合の推論である.

それは，「Y'がY"と同期するならば，X'がX"と同期する」という類比の逆行推論（retroduction）を実現して，X'とX"を蓋然的に高次のレベルで統合し，引き続くタテ型の類比の推論に対して高次の前提をもたらす.

アブダクションの推論は高深度・広域・高次の情報処理を担う.

5 『ラティスの構造モデル』は自然や社会の相補的な二つのベクトルの間の「循環と融合の論理」を表わす自然のシステムの相互作用のモデルである

5.1 自然のシステムの保存（XorY）と変革（XandY）の二つの相補的なベクトルの相互作用を表わす

X，Y，XorY（exclusive），XandY，からなる数学的なラティスは静態的な論理概念である.

『ラティスの構造モデル』（Model of Lattice Structure）は自然や社会の系の互いに“斥け合う”というネガティヴ・フィードバックをラティスのXorYに見立てて（XorY）と表わし，互いに“引き合う”というポジティヴ・フィードバックをラティスのXandYに見立てて（XandY）と表わして，脳を含む自然や社会の系の保存（XorY）と変革（XandY）の二つの相補的なベクトルの相互作用を，次の四本の計算式で表現する自然の循環と融合の論理の構成的な動態モデルである.

5.2 部分域P_2とP_1の相互作用を①〜④式で表わす

自然や社会の系において，相互に作用する二つの部分域をP_2，P_1 とし，それぞれが保持するエネルギーの準位の相対的な比率を ℓP_2，ℓP_1 として，$\ell P_2 = 1$，$1 > \ell P_1 > 0$，とする.

$$\ell P_2 / \ell P_1 > (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ①$$
$$\ell P_2 / \ell P_1 < (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ②$$
$$\ell P_2 / \ell P_1 = (\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2 \quad ③$$
$$(FL + CL)^2 = FL \quad ④$$

FLは，系における，二つのベクトルの融合という臨界点のエネルギー準位を意味する.

ここでエネルギー準位とは，位置エネルギーと運動エネルギーを合わせた全エネルギーの準位をいう.

CLは相互作用のために，P_2からP_1へ移動するエネルギーの準位をいう.

5.3 二つの計算項が互いに相補的な動きを示すことがわかる

二つの計算項 $\ell P_2 / \ell P_1$，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ は，ℓP_2とℓP_1の格差が大きくなると，前者の計算項の値が大きくなり，後者の項の値が小さくなる.

ℓP_2とℓP_1の格差が小さくなると，前者の計算項の値が小さくなり，後者の項の値が大きくなる.

このように二つの計算項 $\ell P_2 / \ell P_1$，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ が互いに相補的な動きを示すことがわかる.

5.4 左辺を「引き合う力」，右辺を「斥け合う力」と見立てる

$\ell P_2 / \ell P_1$を「引き合う力」を表象するものと見立てるならば，$(\ell P_2 + \ell P_1) / \ell P_2$ は「斥け合う力」を表象するものと見立てることができる.

5.5 ℓP_1は値の小さい値域で有理数，値の大きい値域で無理数を取る

これは式①式②において，ℓP_1が，$\ell P_1 < (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で有理数の値を取り，$\ell P_1 > (\sqrt{5} - 1) / 2 \fallingdotseq 0.61803398$ の値域で無理数の値を取るときに実現する.

5.6 式①では離隔する部分域同士が「引き合う力」が勝り，式②では近接する部分域同士が「斥け合う力」が勝る

この場合，「引き合い」では，互いの波長が離隔する二つの波形同士が波形と情報の類似（共通）性を探索し合い，「斥け合い」では，互いの波長が近接する二つの波形同士が波形と情報の差異（領域）性を探索し合う作用をする.

結果として式①では「引き合う力」が勝ることになる.

反対に式②では「斥け合う力」が勝ることになる.

5.7　左辺を「斥け合う力」，右辺を「引き合う力」と見立てる

ℓＰ₂／ℓＰ₁を「斥け合う力」を表象するものと見立てるならば，（ℓＰ₂＋ℓＰ₁）／ℓＰ₂　は「引き合う力」を表象するものと見立てることができる．

5.8　ℓＰ₁は値の大きい値域で有理数，値の小さい値域で無理数を取る

これは式①式②において，ℓＰ₁が，ℓＰ₁＞（√５－１）／２≒0.61803398 の値域で有理数の値を取り，ℓＰ₁＜（√５－１）／２≒0.61803398 の値域で無理数の値を取るときに実現する．

5.9　式①では離隔する部分域同士が「斥け合う力」が勝り，式②では近接する部分域同士が「引き合う力」が勝る

この場合，「引き合い」では，互いの波長が近接する二つの波形同士が波形と情報の類似（共通）性を探索し合い，「斥け合い」では，互いの波長が離隔する二つの波形同士が波形と情報の差異（領域）性を探索し合う作用をする．結果として式①では「斥け合う力」が勝ることになる．反対に式②では「引き合う力」が勝ることになる．

5.10　式③の解は，左辺の作用の力と右辺の作用の力が均衡する臨界点（ＦＬ）のエネルギー準位を示す

式③の解は，ℓＰ₁＝（√５－１）／２≒0.61803398 となる．それは，この値で，左辺の項が示す作用の力と，右辺の項が示す作用の力が均衡していることを示すところの，臨界点（ＦＬ）のエネルギー準位を意味している．

これにより，式④において，ＣＬ＝√{(√５－１)／２}－（√５－１）／２≒0.168117389　となる．

5.11　臨界性からの逸脱と臨界性への回帰が自然の循環と融合の現象を示している

式①の作用が，式③の臨界性からの逸脱である場合には，式②の作用は，式③への回帰となる．また，式②の作用が，式③からの逸脱である場合には，式①の作用は，式③の臨界性への回帰となる．

臨界性からの逸脱と臨界性への回帰が自然の循環と融合の現象を示している．

６「自然の循環と融合の論理」は，時間の情報と空間の情報を時空間の情報構造として統合し，三態様の「自然の循環と融合の論理」を実現する

『自然の高深度・広域・高次の循環と融合のモデル』（Model of deep,wide, high-dimensional Circulation and Fusion of Nature）は，［フェーズⅠ］［フェーズⅡ］［フェーズⅢ］という三態様の「自然の循環と融合の論理」を実現している．

6.1　［フェーズ Ⅰ］は高深度・領域の循環と融合の論理を示す

5.9 のように，式①が［離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）＞［近接する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）で，式②が［離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）＜［近接する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）の場合，自然は［フェーズⅠ］として，近接する部分域同士が互いに引き合う作用と，離隔する部分域同士が互いに斥け合う作用が交互に現われる，高深度・領域の循環と融合の論理を示す．

この高深度・領域の循環と融合の論理は，演繹の推論に当たるものである．

6.2　［フェーズⅡ］は低深度・広域の循環と融合の論理を示す

5.6 のように，式①が［離隔する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）＞［近接する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）で，式②が［離隔する部分域同士が互いに引き合う作用］（XandY）＜［近接する部分域同士が互いに斥け合う作用］（XorY）の場合，自然は［フェーズⅡ］として，離隔する部分域同士が互いに引き合う作用と，近接する部分域同士が互いに斥け合う作用が交互に現われる，低深度・広域の循環と融合の論理を示す．

この低深度・広域の循環と融合の論理は，帰納の推論に当たるものである．

6.3　［フェーズⅢ］高深度・広域・高次の循環と融合の論理を示す

5.9 の作用と 5.6 の作用が交互に働く場合，自然は［フェーズⅢ］として，［近接する部分域同士が互いに引き合い］（XandY），［離隔する部分域同士が互いに斥け合う］（XorY）作用と，［離隔する部分域同士が互いに引き合い］（XandY），［近接する部分域同士が互いに斥け合う］（XorY）作用が交互に現われる，高深度・広域・高次の循環と融合の論理を示す．

この高深度・広域・高次の循環と融合の論理は，アブダクションの推論に当たるものである．

７　人間は厳しく変化する環境に柔軟に適応するため，（ＸorＹ）という「時間的な情報」を主成分とする演繹の推論と，（ＸandＹ）という「空間的な情報」を主成分とする帰納の推論とを循環させ融合させて，アブダクションの推論を蓋然的に実現し，知識の組み換えを図って知識を高次化し，生存と進化を目指して，より自由度の高いストーリー線を自己組織化している

【１】人間は直面するテーマを対象にして，第一に，既存の領域的な知識を論理的に適用して逐次的で分析的な，高深度で領域的な推論を進める．これが（XorY）を主成分とする，アルゴリズムによるタテ方向の演繹の推論プロセスである．

【２】次に，このプロセスによる問題の解決に行き詰まりを生じると，第二には，先の既存の知識による理解し難い帰結と，その帰結を導出したパターンに同型性のありそう

な，暗黙知を含む新しい領域的な知識を蓋然的に探索して，行き詰まった帰結に接合し，広域的で低深度の複合知識を構成的に生み出すことを試みる．
このプロセスが（XandY）を主成分とする，ヒューリスティックによるヨコ方向の帰納の推論プロセスである．
【3】そして，第三に，第一の（XorY）を主成分とするアルゴリズムによるタテ方向の演繹の推論プロセスの帰結と，第二の（XandY）を主成分とするヒューリスティックによるヨコ方向の帰納の推論プロセスにおいて接合した，暗黙知を含む新しい領域的な知識との間で，蓋然的に知識の組み換えを図って，より一般的な知識として高次化するのが，斜め（ナナメ）方向のアブダクションの推論である。
【4】このように，蓋然的なアブダクションの推論によって，高深度・広域・高次の知識を構成的に生み出すことを試みる．

これに成功すれば，第一のアルゴリズムによる推論のプロセスに戻って，実現できた高深度で広域的で高次の，より一般的な知識を当該の問題に論理的に適用して，逐次的に分析的な推論を進めることができる．
【5】このように，人間は厳しく変化する環境に柔軟に適応するため，（XorY）という「時間的な情報」を主成分とする，演繹の推論プロセスと，（XandY）という「空間的な情報」を主成分とする，帰納の推論プロセスとを循環させ融合させて，アブダクションの推論を蓋然的に実現し，知識の組み換えを図って知識を高次化し，生存と進化を目指して，より自由度の高いストーリー線を自己組織化している．

8　自然や社会の系には，「自然の循環と融合の論理」を表わす互いに相補的なベクトルの相互作用の枠組み「（Xor**Y）／（X**and**Y）」が多様に存在している**

【1】自然や社会の系には，部分（XorY）／全体（XandY），深さ（XorY）／拡がり（XandY），斥け合う（XorY）／引き合う（XandY），競争（XorY）／協調（XandY）など，「自然の循環と融合の論理」を表わす「（XorY）／（XandY）」という互いに相補的なベクトルの相互作用の枠組みが多様に存在している．

この枠組みは，（XorY）という主としてタテ方向の演繹の推論プロセスと，（XandY）という主としてヨコ方向の帰納の推論プロセスの，相補的なベクトルの間の循環と融合の相互作用を表わしている．
【2】その典型例として，「部分（XorY）／全体（XandY）」を取り上げてみよう．

持続可能性を確保するためのポイントは，例えば「自己・人間」という部分の最適化（XorY）を目指すタテ方向の演繹の推論プロセスと，「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）を目指すヨコ方向の帰納の推論プロセスという二つの相補的なベクトルを循環し融合させて，知識と行動をより自由度の高い高深度・広域・高次のものに組み換えることにより，二つのベクトルの共進化を達成していくことにある．
【3】「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）を欠いた「自己・人間」という部分の最適化（XorY）だけでは，一時的な持続はあっても，やがては生存の領域が限局されたものとなるだろう．

「自己・人間」という部分の最適化（XorY）を放擲した「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）だけでは，生存の基盤を喪失するので，成り立たずに消滅するだろう．

「自己・人間」という部分の最適化（XorY）と「他者・生態系」を含む全体の最適化（XandY）が矛盾し相食む状況は，早晩に破局と滅亡をもたらすだろう．
【4】もう一つの典型例として，「守成（XorY）／創成（XandY）」を取り上げてみよう．

人間が環境の変化や変動を乗り越えて持続的な生存と進化を遂げるためには，その営みの「守成」（XorY）の契機と「創成」（XandY）の契機をしっかりと捉えて両立させ，それぞれのための知識と行動を矛盾なく融合し循環させて実現し，個人と集団が，資源やエネルギーの利用効率と活用効果を上げるための営みをエンドレスに追求して達成することが必要不可欠となる．

これは，生存の現在域の最適化と，未来域の最適化を，両立させる知識と行動を矛盾なく実現することにつながる必須の営みである．
【5】ここで「守成」とは既存の方法によって，資源やエネルギーの利用効率と活用効果を維持し高めることを言い，「創成」とは既存の方法を踏まえた，新規の方法によって，資源やエネルギーの新たな利用効率と活用効果を創り出すことを言う．

「創成」を欠いた「守成」では，一時的な持続はあっても，やがては生存の領域が限局されたものとなるだろう．

「守成」を放擲した「創成」だけでは，生存の基盤を喪失するので，成り立たずに消滅する．

「守成」と「創成」が矛盾し相食む状況は，早晩に破局と滅亡をもたらすだろう．
【6】「守成」と「創成」の営みを循環させて融合し，生存の現在域の最適化と，未来域の最適化を，両立させる知識と行動を矛盾なく実現し続けるためには，環境の淘汰圧に対する自由度の高い，環境の変化に中立的な経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情の営みを全方位において自己完結させて，高深度・広域・高次のストーリー線を矛盾なく自己組織化し続けなければならない．

それは，個人や集団が，厳しく変化し変動する環境の中で，生存と進化を達成して，しっかりとアイデンティティを確保して行くことにつながるであろう．

9　『3軸認知場のモデル』では「時間の情報」（Xor**Y）**

と「空間の情報」（Xand**Y）を交互に連接して，時空間の情報がストーリー線として自己組織化され，作動し遂行される**

9.1　時間を空間化し，空間を時間化して，「時間の情報」と「空間の情報」を形成する

「時間の情報」を通時的な空間で表わし，「空間の情報」を共時的な時間で表わすために，時間と空間からなる認知場のモデルを構成しなければならない．

『３軸認知場のモデル』(Model of 3 Axial Cognitive Field)は「知」「情」「意」の時間の情報と空間の情報が連接して，時空間の情報がストーリー線として自己組織化され，作動し遂行される，脳という認知場の座標のモデルである．

（1）「知」は「事実」の系を意味し，主として，主体・他者の誰か，事物・事象の何かが，何をした，どのようになった，どのように存在した，という経験と学習の「認知の情報」を表象する．

（2）「情」は「価値」の系を意味し，主として，「事実」の系および「目的」の系の個々の情報に対する，「リターンとリスク」の「評価・感情の情報」を表象する．

（3）「意」は「目的」の系を意味し，主として，主体が，何をどのように考えるのか，主体が，何をどのように行なうのか，という「思考と行動の情報」を表象する．

9.2　座標は，X軸＝「事実」と「目的」の空間軸，Y軸＝時間軸，Z軸＝「価値」の空間軸である

人間は，現前の［今］［ここ］において発生する下記の三種類の情報を，X軸＝「事実」と「目的」の空間軸，Y軸＝時間軸，Z軸＝「価値」の空間軸，からなる「３軸認知場」という自らの情報処理の場において，互いに相補的な「時間の情報」（XorY）と「空間の情報」（XandY）を交互に連接した時空間の情報のストーリー線として自己組織化し，「知」「情」「意」の各系を作動させて，生存と進化の機能を遂行する．

（1）外部環境に存在し生起する事物や事象という事実の経験と学習に関する「認知の情報」

（2）「認知の情報」と主体の「思考と行動の情報」に対して，生体の内部環境が表わす「評価・感情の情報」

「評価・感情の情報」は，チャンスの希望を増やし，リスクの不安を減らすための指標として働く．

（3）「認知の情報」「評価・感情の情報」「思考と行動の情報」の間に発生する不均衡を発見し，三つの系の関係を制御して，その時々のベスト･プラクティスに近づけようとする「思考と行動の情報」

なお，座標の上で，三種類の情報は，互いに同型なストーリー線のシークエンスを描きながら，互いに一対一に対応して布置される．

9.3　「時間の情報」と「空間の情報」を定義する

（1）「時間の情報」とは，空間の軸が同じ位置の［ここ］において，時間的に継起して，異時的に存在・生起した，事物・事象という「事実」に関する主体の経験と学習の「認知」または主体の「思考と行動」または主体の「評価・感情」の情報の，通時的で，（XorY）という差異性と排他性の関係を示す組み合わせを言う．

（2）「空間の情報」とは，時間の軸が同じ位置の［今］において，空間的に隣接して，同時的に存在・生起した，事物・事象という「事実」に関する主体の経験と学習の「認知」または主体の「思考と行動」または主体の「評価・感情」の情報の，共時的で，（XandY）という類似性と包括性の関係を示す組み合わせを言う．

9.4　「自然の循環と融合の論理」が「時間の情報」と「空間の情報」を連接して，「起」「承」「転」「結」の自己完結的なプロセスからなるストーリー線を自己組織化する

３軸認知場において，「自然の循環と融合の論理」により，互いに“引き合う”というポジティヴ・フィードバックの作用と，互いに“斥け合う”というネガティヴ・フィードバックの作用が交互に果たされて，「時間の情報」と「空間の情報」が連接され，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」の自己完結的なプロセスからなるストーリー線が自己組織化される．

9.5　３軸認知場において，事実･目的･価値に関する「時間の情報」と「空間の情報」はタテ型・ヨコ型・斜め型の推論として自己組織化される

（1）（起→承）が「時間の情報」（XorY）であれば，（承→転）には「空間の情報」（XandY）が連接する．そして（転→結）として「時間の情報」（XorY）が連接する．

３軸認知場において，このような順序で自己組織化された事実・目的・価値に関する情報は，「XにYが継起するように，X’にY’が継起する」という時間的な情報の同型性に基づくタテ型の類比の演繹の推論として表象され，高深度・領域的な経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情のストーリー線が自己組織化される．

（2）（起→承）が「空間の情報」（XandY）であれば，（承→転）には「時間の情報」（XorY）が連接する．そして（転→結）として「空間の情報」（XandY）が連接する．

３軸認知場において，このような順序で自己組織化された事実・目的・価値に関する情報は，「XがYと同期するならば、X’がY’と同期する」という空間的な情報の同型性に基づくヨコ型の類比の帰納の推論として表象され，低深度・広域的な経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情のストーリー線が自己組織化される．

（3）３軸認知場において，時間の情報–空間の情報–時間の情報の順で連接されたタテ型の類比の推論と，空間の情報–時間の情報–空間の情報の順で連接されたヨコ型の類比の推論が，蓋然的に接合されて，斜め（ナナメ）型のア

ブダクションの推論として表象され，高深度・広域・高次の経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情のストーリー線が自己組織化される．

その大きな時空間のストーリー線は，「Y’がY”と同期するならば，X’がX”と同期する」という類比の逆行推論（retroduction）を実現して，X’とX”を蓋然的に高次のレベルで接合して，情報の組み換えが図られ，引き続くタテ型の類比の推論に対して高次の前提をもたらす．

１０　人間は，過去を想起し，未来を想像し予期して，［今］［ここ］に対処している

10.1　生存と進化のストーリー線を一歩一歩積み重ねて行く

人間は自然や生存環境の厳しい変化や変動に柔軟に対処し，リスクの不安を減らしチャンスの希望を増やすための営みを追求して，生存と進化を遂げて行かなければならない．

人間は，過去の経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を想起し，未来の経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を想像し，予期して，［今］［ここ］の現前の状況に対処し，未来に向けて，生存と進化のストーリー線を一歩一歩積み重ねて行っている．

10.2　［今］［ここ］の新しい情報の意味をフィード・バックとフィード・フォワードの両側的視点から同定する

そこでは，人間は，時間の情報（XorY）と空間の情報（XandY）を交互に連接しながら，１１に記述する『自然の双方向の循環と融合のネットワークモデル』（Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature）が示すフィード・バックとフィード・フォワードのネットワークを同時に自己組織化して，現前の［今］［ここ］において知覚した新しい情報の意味を，フィード・バックとフィード･フォワードの両側的な視点から同定する．

フィード・バックでは，5.2 に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因する新しい情報の時間と空間の視点に立って，新しい情報の側から，既存の情報群に対して，それらの時間と空間の接続パターンとのマッチングの整合性が探索される．それは，新しい情報の側から，新しい情報と最も時間と空間の接続パターンが似通った既存の情報が選択されて，新しい情報の側の視点から，新しい情報の意味が推定されるプロセスである．

フィード・フォワードでは，5.2 に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因する既存の情報群のそれぞれの時間と空間の視点に立って，既存の情報の側から，新しい情報に対して，その時間と空間の接続パターンのマッチングの整合性が探索される．それは，既存の情報の側から，新しい情報と最も時間と空間の接続パターンが似通った既存の情報が選択され，既存の情報の側の視点から，新しい情報の意味が推定されるプロセスである．

そして，5.2 に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因する両者の時間と空間の視点の同調が実現して，互いに最も時間と空間の接続パターンが似通った情報となり得たときに，現前の［今］［ここ］において知覚した新しい情報の意味が両側的な視点から同定されることになる．

以上のプロセスによって選択された既存の情報の次に位置する，時間の情報（XorY）または空間の情報（XandY）が，現前の［今］［ここ］において意味が同定された新しい情報の次に生じる，未来の［今］［ここ］に仮想的に投影される．

こうして人間は，来たるべき次の［今］［ここ］において現実に生じそうな事態を想像し（XandY）予期し（XorY）ながら，現前に対処して行く．

１１　『双方向の自然の循環ネットワークモデル』（Interactive Circulation and Fusion Network Model of Nature）を考える

11.1『ラティスの構造モデル』からフィード・バックのネットワークの論理を導出する

自然の循環の論理を表わす『ラティスの構造モデル』の四式から，次のようにして，10.1 で述べたフィード・バックの論理を導出することができる．

（1）新たな情報Nn を起点として，5.2 に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因するNn の視点に立って，１つ前のNn−1，２つ前のNn−2，３つ前のNn−3，・・，m 個前の情報Nn−m，に対して，次々にネットワークが形成される．

（2）Nn とNn−1 が準位１／ＦＬで融合し，生じた時間の情報または空間の情報がNn・Nn−1 の区間に表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のNn−1・Nn−2 の区間に表象される．

Nn の準位は（1−ＣＬ）に，Nn−1 の準位は（ＦＬ＋ＣＬ）に変わる．

（3）Nn−1 とNn−2 が準位（ＦＬ＋ＣＬ）／ＦＬ（ＦＬ＋ＣＬ）で融合し，生じた空間の情報または時間の情報がNn−1・Nn−2 の区間に重ねて表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のNn−2・Nn−3 の区間に表象される．　Nn−1 の準位は（ＦＬ＋ＣＬ）− ＣＬ（ＦＬ＋ＣＬ）に，Nn−2 の準位はＦＬ（ＦＬ＋ＣＬ）＋ＣＬ（ＦＬ＋ＣＬ）＝（ＦＬ＋ＣＬ）^{2}＝ＦＬに変わる．

（4）Nn−2 とNn−3 が準位ＦＬ／ＦＬ^2＝１／ＦＬで融合し，生じた時間の情報または空間の情報がNn−2・Nn−3 の区間に重ねて表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のNn−3・Nn−4 の区間に表象される．　Nn−2 の準位は（ＦＬ−ＦＬ・ＣＬ）＝ＦＬ(1−ＣＬ)に，Nn−3 準位は（ＦＬ^2＋ＦＬ・ＣＬ）＝ＦＬ（ＦＬ＋ＣＬ）に変わる．

（5）Nn の準位が（1−ＣＬ）で，Nn−2 の準位は ＦＬ(1−ＣＬ)である．

Nn とNn−2 の準位は １／ＦＬとなるので，斜交的に融

合し，生じた空間の情報または時間の情報がNn・Nn−2の区間に表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のNn−2・Nn−3の区間に表象される．
Nnの準位は（1−ＣＬ）−ＣＬ（1−ＣＬ）＝（1−ＣＬ）（1−ＣＬ）＝（1−ＣＬ）^{2} に，Nn−2の準位はＦＬ(1−ＣＬ)＋ＣＬ（1−ＣＬ）＝(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)に変わる．

（6）再度，Nn−2とNn−3が準位(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)／ＦＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)＝１／ＦＬで融合し，生じた時間の情報または空間の情報がNn−2・Nn−3の区間に重ねて表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のNn−3・Nn−4の区間に表象される．
Nn−2の準位は(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)−ＣＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)に変わる． Nn−3の準位はＦＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)+ＣＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)＝(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2 に変わる．

（7）Nn−3とNn−4が準位(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2／ＦＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2＝１／ＦＬで融合し，生じた空間の情報または時間の情報がNn−3・Nn−4の区間に重ねて表象されると共に，生じた時間の情報または空間の情報は，次のNn−4・Nn−5の区間に表象される．
Nn−3の準位は(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2 −ＣＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2 ＝（1−ＣＬ）^{2}（ＦＬ+ＣＬ)^2 に変わる．
Nn−4の準位はＦＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2＋ＣＬ(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2＝(1−ＣＬ)(ＦＬ+ＣＬ)^2 ＋（ＦＬ＋ＣＬ）に変わる．

（8）Nnの準位が（1−ＣＬ）^{2} で，Nn−3の準位は（1−ＣＬ）^{2}（ＦＬ+ＣＬ)^2＝ＦＬ（1−ＣＬ）^{2}である．
NnとNn−3の準位は １／ＦＬとなるので，斜交的に融合し，生じた時間の情報または空間の情報がNn・Nn−3の区間に表象されると共に，生じた空間の情報または時間の情報は，次のNn−3・Nn−4の区間に表象される．

（9）そして一般に，起点Nn の準位が（1−ＣＬ）$^{m-1}$で，以前のNn−mの準位がＦＬ（1−ＣＬ）$^{m-1}$であるとき，起点Nnは，Nnの視点に立って，Nn−mと準位１／ＦＬで，コヒーレントで悉皆的に融合する．
Nnの準位は（1−ＣＬ）$^{m-1}$ −ＣＬ（1−ＣＬ）$^{m-1}$ に，Nn−mの準位は ＦＬ（1−ＣＬ）$^{m-1}$ +ＣＬ（1−ＣＬ）$^{m-1}$ に変わる．

11.2 『ラティスの構造モデル』からフィード・フォワードのネットワークの論理を導出する

自然の循環の論理を表わす『ラティスの構造モデル』の四式から，次のようにして，10.1で述べたフィード・フォワードの論理を導出することができる．

（1）既存の情報Ｅ１に，Ｅ２，Ｅ３，Ｅ４，Ｅ５・・，En−1, En，の情報が，次々と新たに加わるものとする．既存のＥ１を起点として，5.2に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因するＥ１の視点に立って，次には，Ｅ２，・・を起点として，5.2に記す ℓＰ$_2$／ℓＰ$_1$の比率に起因するそれぞれの視点に立って，新たなEn に対し，次々とネットワークが重層的に形成される．

（2）プロセスの基本は11.1と同様なので，細部の計算の表現を省略するが，一般に，既存の情報の起点(Ｅ１，Ｅ２，Ｅ３，Ｅ４，Ｅ５・・，En−1,)の準位が（1−ＣＬ）$^{n-2}$で，Enの準位が（1−ＣＬ）$^{n-2}$（ＦＬ+ＣＬ)$^{n-2}$＝ＦＬ（1−ＣＬ）$^{n-2}$であるとき，既存の情報の起点(Ｅ１，Ｅ２，Ｅ３，Ｅ４，Ｅ５・・，En−1,)の視点に立って，新たなEn と準位１／ＦＬで，コヒーレントで悉皆的に融合する．
既存の情報の起点の準位は（1−ＣＬ）$^{n-2}$ −ＣＬ（1−ＣＬ）$^{n-2}$ に，En の準位は ＦＬ（1−ＣＬ）$^{n-2}$ +ＣＬ（1−ＣＬ）$^{n-2}$ に変わる．

１２ 『人間の全方位の持続可能な思考と行動のモデル』（Model of Omni-directional Thinking and Action of Human for Sustainability）を考える

12.1 全方位の思考と行動をバランスよく，自己完結的に実行して，全方位の営みに普遍性と発展性を確保することが必要不可欠である

われわれが，営みの全方位において，環境の淘汰圧に対する自由度が高く，環境の変化に中立的な経験と学習の認知，思考と行動，評価・感情を自己完結的に実現するためには，「起(begin)」「承(succeed)」「転(change)」「結(conclude)」のプロセスからなる全方位の思考と行動をバランスよく，自己完結的に実行して，全方位の営みに普遍性と発展性を確保することが必要不可欠である．

12.2 起(begin)＝生成 ： アクションを重ねて，循環的なストーリー線を紡ぎ出し，高深度・広域・高次の知識と行動を形成して蓄積しながら，前なる［結＝収束］を想起し，次なる［承＝継続］を想像し予期して，テーマを発意し方向づける

「アクションを重ねる」の情報処理フレームは，３項から成り立つ．

12.2.1 ［重負担からの脱却と生存の効率化を図る］ の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：生存のための資源・エネルギー・情報の利用効率の向上を図る
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：資源・エネルギー・情報の活用効果を高めて生存を脅かしている重苦や重負担からの脱却を図る

12.2.2 ［多能なイニシアティブと英明なコーディネーションを確保する］ の情報処理フレームは，相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：注意の制約を前提に個人やリーダーの能力の限界を補完して課題を掘り下げる
②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：多能化をめざ

して個人やリーダーが自己の能力の限界を打破して課題を拡張する

12. 2. 3 ［理解と働きかけのコンセプトを構築し, 実行・検証して更新する］ の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：現に生存する時間・空間領域での生存と進化のコンセプトを構築し, 実行・検証して更新する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：より大きな時間・空間領域での生存と進化のコンセプトを構築し, 実行・検証して更新する

12. 3 承(succeed)＝継続 ： 経験と学習を重ねて, 循環的なストーリー線を紡ぎ出し, 高深度・広域・高次の知識と行動を形成して蓄積しながら, 前なる[起＝生成]を想起し, 次なる［転＝変化]を想像し予期して, テーマを深化し拡張する

「経験と学習を重ねる」の情報処理フレームは, ３項から成り立つ.

12. 3. 1 ［事業分野の拡大と深化を図る］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：事業分野の深さを追求する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 事業分野の拡がりを追求する

12. 3. 2 ［機能分野の拡大と深化を図る］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：機能分野の深さを追求する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 機能分野の拡がりを追求する

12. 3. 3 ［知見分野の拡大と深化を図る］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：知見分野の深さを追求する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 知見分野の拡がりを追求する

12. 4 転(change)＝変化 ： 部分と全体の整合化へ擦り合わせを重ね, 循環的なストーリー線を紡ぎ出し, 高深度・広域・高次の知識と行動を形成して蓄積しながら, 前なる[承＝継続]を想起し, 次なる［結＝収束]を想像し予期して, テーマに有意な高深度・広域・高次の一般的な（general）知識と行動を構成する

「部分と全体の整合化へ擦り合わせを重ねる」の情報処理フレームは, ３項から成り立つ.

12. 4. 1 ［人為を自然のルールに適合させる］ の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：人為の自然のルールへの不適合度を下げる

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：人為の自然のルールへの適合度を上げる

12. 4. 2 ［トータルなコントロールを働きかけ受け入れる］ の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：他の機能・事業・知見からトータルなコントロールを自らに受け入れる

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：自らの機能・事業・知見からトータルなコントロールを他に働きかける

12. 4. 3 ［時間・空間領域の部分と全体の間に矛盾のない最適化を実現する］ の情報処理フレームは相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：短期・小域と中期・中域の間に矛盾のない理解と働きかけを実現する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）：中期・中域と長期・大域の間に矛盾のない理解と働きかけを実現する

12. 5 結(conclude)＝収束 ： 能力開発と人材育成を重ねて, 循環的なストーリー線を紡ぎ出し, 高深度・広域・高次の知識と行動を形成して蓄積しながら, 前なる[転＝変化]を想起し, 次なる[起＝生成]を想像し予期して, テーマに有意な高深度・広域・高次の一般的な（general）知識と行動を実行に移すと共にテーマに有意な高深度・広域・高次の一般的な（general）知識と行動の見直しと改善を図る

「能力開発と人材育成を重ねる」の情報処理フレームは, ３項から成り立つ.

12. 5. 1 ［組織責任者ならびに独創専門家としての能力を開発し人材を育成する］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：組織の運営責任者としての能力を開発し人材を育成する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 独創のできる専門家としての能力を開発し人材を育成する

12. 5. 2 ［研究開発型人材ならびに導入活用型人材としての能力を開発し育成を図る］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：導入活用型の人材としての能力を開発し人の育成を図る

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 研究開発型の人材としての能力を開発し人の育成を図る

12. 5. 3 ［職種転換重視ならびに一貫経験重視の能力開発や育成を図る］ の情報処理フレームは, 相補的な２項から成り立つ

①「深化し分析するフレーム」（XorY）：同職種での一貫経験を重視して能力を開発し人材を育成する

②「拡張し構成するフレーム」（XandY）: 異職種への職務転換を重視して能力を開発し人材を育成する

【２０１８・６・２９】

顔と声を用いる感情知覚と音韻知覚のプロセスは共通か独立か
Does perception of phonetic and affective information from facial and vocal cues share the same integration process?

山本 寿子[†], 河原 美彩子[†‡], 田中 章浩[†]
Hisako W. Yamamoto[†], Misako Kawahara[†‡], Akihiro Tanaka[†]
[†]東京女子大学, [‡]日本学術振興会特別研究員(DC)
[†]Tokyo Woman's Christian University, [‡]Japan Society for the Promotion of Science
hisako_wy@lab.twcu.ac.jp

Abstract

Previous studies have suggested that Japanese people place weight on auditory information in multisensory perception of affective and phonetic information. Is this because each type of perception shares the same integration process? To examine this hypothesis, we conducted three studies on the commonality between audiovisual perception of affective and phonetic information. Study 1 investigated the correlation between weighting on auditory information in audiovisual emotion perception and that on audiovisual phoneme perception using adult Japanese and Dutch speakers. The results showed that the correlation coefficient was low, suggesting that these two types of audiovisual perception have no relationship in the integration process. Study 2 explored the developmental changes in audiovisual perception of affective and phonetic information with Japanese-learning 5- to 12-year-olds and demonstrated that the developmental patterns were different between ages and in direction. In Study 3, we examined whether the incongruency of audiovisual phoneme information can affect emotion perception or vice versa with adult Japanese speakers. The results showed that each type of perception was not affected by the other types of perception. Overall, the results suggest that audiovisual perception of affective and phonetic information are processed independently and that the tendency of Japanese individuals to place greater weight on audiovisual information may be caused by another factors.

Keywords — Multisensory, Audiovisual Integration, Emotion, Phoneme

1. Introduction

It is important to properly recognize other's emotion for smooth communication. Such communicative cues come from both facial and vocal cues. The emotional value of vocal cues can affect the categorization or perception of facial expression [1] and vice versa [2][3]. Thus, emotion is perceived by the integration of information from facial (visual information) and vocal (auditory information) cues. Moreover, such audiovisual integration is also observed in the processing of linguistic information: phoneme perception. A famous example is the McGurk effect [4]: when sound /ba/ (/pa/) is played over lip movements for /ga/ (/ka/), /da/ (/ta/) can be perceived by a listener. This phenomenon reflects the fact that humans' perception of speech sound is affected by lip movements. Thus, phoneme also is perceived by the integration of information from facial and vocal cues.

Recent studies have suggested that the way of the audiovisual integration varies depending on the perceiver's cultural background. When people judge others' emotion from short movies, Japanese adults tend to be influenced by vocal expression, while Dutch adults are affected by facial expression [5]. These results suggest that Japanese people place weight on auditory information in emotion perception to a greater extent than Dutch people in audiovisual integration. Such a cultural difference has also been reported in the context of phoneme perception. For instance, Sekiyama and Tohkura's study [6] reported that the McGurk effect was induced more frequently in English speakers than in Japanese speakers[1]. That is, Japanese people are less affected by lip movement in audiovisual phoneme perception than English speakers. Moreover, another study revealed the McGurk effect in English speakers increases during childhood, while that of Japanese speakers does not [7].

Given these findings, it can be stated that Japanese people are less influenced by visual information from facial cues and that they place weight on auditory information from vocal cues in both emotion perception and phoneme perception. It is interesting that such a similar tendency can be observed in different types of perception. Why do Japanese people perceive both emotion and phoneme weighting with respect to auditory information? There are

[1] These previous studies [6][7] targeted two different language speakers, not people of different cultures. However, given the case of Japan, we consider people with a Japanese cultural background can be equated with Japanese native speakers.

two possible hypotheses. The first hypothesis is that audiovisual perception of affective and phonetic information share the same process in which visual and auditory information are integrated (Figure 1A). The alternative hypothesis is that there is an independent integration process for each process (Figure 1B), whereby other cultural factors may affect Japanese people's culturally specific way of audiovisual integration.

To examine which possibility holds true, we explored the commonality of audiovisual emotion perception and phoneme perception from the following three perspectives: First, we conducted both an audiovisual emotion perception task and a phoneme perception task with adult Japanese and Dutch people and calculated the correlation coefficient to determine a potential relation in these audiovisual perceptions in Study 1. Second, we focused on the acquisition process of audiovisual integration and compared the developmental patterns for these types of perception with Japanese children from 5 to 12 years old in Study 2. Finally, we conducted a more direct investigation in Study 3, where we examined whether the incongruency of audiovisual phoneme information can affect audiovisual emotion perception or vice versa in adult Japanese people.

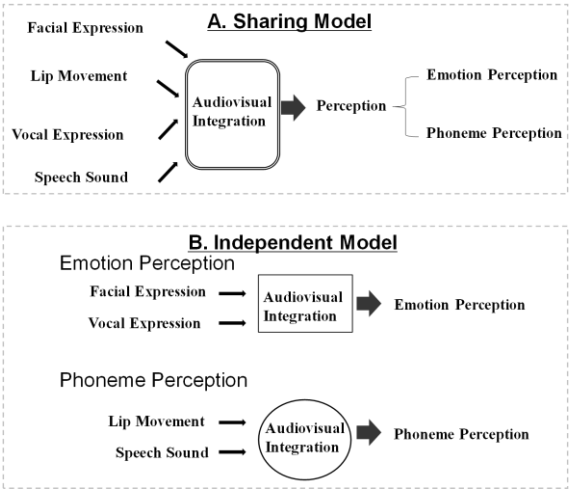


Figure 1 Two models of audiovisual integration in perception of affective and phonetic information

2. Study 1: Correlation between audiovisual emotion perception and phoneme perception

2.1 Purpose of Study 1

The aim of Study 1 is to examine whether audiovisual emotion perception and audiovisual phoneme perception are correlated.

2.2 Method

2.2.1 Participants

The participants composed Japanese participant and Dutch participant groups. The Japanese participants were 50 undergraduate students of Tokyo Woman's Christian University (age: *M*=20.0, *SD*=2.6), and the Dutch participants were 50 undergraduate and graduate school students of Leiden University (age: *M*=20.6, *SD*=2.9). All participants in the Japanese participant group and the Dutch participant group spoke Japanese and Dutch as their native language, respectively. They were all recruited in each university.

2.2.2 Apparatus

The experimenters used a 15-inch laptop to present and control audiovisual stimuli through Hot Soup Processor 3.4 (Onion software). The participants were seated in front of a laptop at a distance of about 50 cm. Visual stimuli were displayed in the middle of the monitor with a 640×480 pixel resolution (12.2×16.3 cm size on the display). Sound stimuli were presented through headphones (HDA300, SENNHEISER) at approximately 70 dB SPL at most, which was adjusted using headphone amplifiers (DAC-HA200, ONKYO).

2.2.3 Stimuli and Procedure

The experiment was conducted in an experimental laboratory at Tokyo Woman's Christian University or Leiden University.

[Emotion perception task] Audiovisual stimuli were short movies in which a female actor (one of two native Japanese and two Dutch speakers) expressed her emotions. In each movie, the actor expressed happiness or anger in her face and voice. The linguistic vocal information was emotionally neutral ("*Hai, moshimoshi*" in Japanese and "*Hallo, daar ben je*" in Dutch (Hello) / "*Sayonara*" in Japanese and "*En goede dag*" in Dutch (Good-bye) / "*Korenani*" in Japanese and "*Hey, wat is dit*?" in Dutch (What is this?), or "*Sounandesuka*" in Japanese and "*Eh, is dat zo*?" in Dutch (Is that so?)). A total of 64 movies (two languages × two actors × four emotions (congruent movies: AngryFace / AngryVoice, HappyFace / HappyVoice; incongruent movies: AngryFace / HappyVoice; HappyFace / AngryVoice)) × four utterances) were used as test stimuli (Figure 2). In addition,

two other movies in which a Japanese actor expressed emotion were used as practice stimuli to check whether participants pressed the key properly.

In each trial, a fixation point was displayed at the center of the monitor for 500 ms, and a signal sound (a 440 Hz pure tone lasting 100 ms) was played simultaneously. After 500ms from the onset of the presentation of the fixation point, a movie and a blank display were presented successively. Participants were asked to judge whether the woman was happy or angry and to respond by pressing a key (D or K). After 500 ms from the participant's response, the next test trial began. A total of 64 test trials, including 32 congruent trials and as many incongruent trials, were conducted, following two practice trials. The order of test trials was randomized.



Figure 2 An example of audiovisual stimuli in the emotion perception task

[Phoneme perception task]

Audiovisual stimuli were short movies in which an actor (one of six native Japanese and six Dutch speakers) pronounced one syllable (/ka/, /pa/ or /ta/). The 24 audiovisual stimuli were congruent in lip movement and sound (two languages × six actors × two syllables[2]). The twelve movies were incongruent stimuli in which a sound /pa/ was combined with a lip movement /ka/ (Figure 3).

In each trial, a fixation point was displayed at the center of the monitor for 800 ms, and a signal sound (a 440 Hz pure tone lasting 100 ms) was played simultaneously; then, a blank display was presented 500 ms. After 1300 ms from the onset of the presentation of the fixation point, a movie and a blank display were presented successively. Participants were asked to judge whether the speaker said /ka/, /pa/, or /ta/ and to respond by pressing a key (Z, V, or M). After 500 ms from the participant's response, the next test trial began. Each congruent movie was presented once (24 congruent trials), while each McGurk type movie was presented twice (24 McGurk trials), resulting in a total of 48 test trials. Congruent trials were included in order to avoid response bias among participants. The order of test trials was randomized.

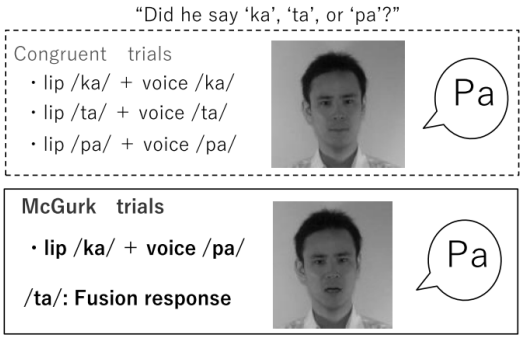


Figure 3 An example of audiovisual stimuli in the phoneme perception task

2.3 Results and Discussion

[Emotion perception task] The voice responses, which indicate the rates of participants' emotion judgement based on the speaker's voice, are shown in Figure 4. To examine cultural differences, we performed a Group (Japanese participant, Dutch participant) × Language (Japanese stimuli, Dutch stimuli) × Emotion (congruent, incongruent) three-way ANOVA on the voice responses. Since the second-order interaction ($F(1, 98)=100.11$, $p<.001$, $\eta_p^2=.51$) was significant, we conducted a Group × Language ANOVA on each emotion trial. For incongruent trials, the simple interaction between Group and Language ($F(1, 98)=148.13$, $p<.001$, $\eta_p^2=.60$) was significant. Shaffer's post hoc t-tests revealed that Japanese participants' voice responses to Japanese incongruent stimuli were higher than those of Dutch participants ($p<.001$). By contrast, the voice responses to Dutch incongruent stimuli did not differ between Japanese and Dutch participants ($p=.313$). Such a cultural difference was not observed for the congruent stimuli for both the Japanese and Dutch stimuli ($F(1, 98)=0.19$, $p=.663$, $\eta_p^2=.00$). Table 1 shows the voice responses in each combination of audiovisual information. Thus, the results demonstrated that Japanese participants judged emotion weighing on voice more than Dutch participants, replicating results in previous

[2] To equalize the number of congruent trials with that of incongruent trials, we adopted two of three syllables for each speaker. As a result, each syllable was pronounced four times in the whole congruent trials.

studies [5].

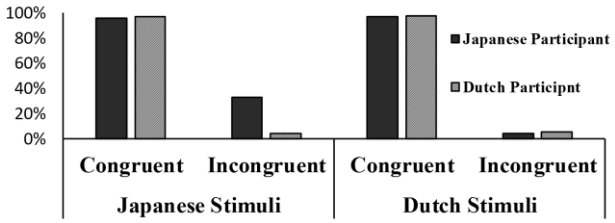


Figure 4 Voice response rates in the emotion perception task

[Phoneme perception task] Regarding the responses to the McGurk trials, we regarded participants' /ka/, /ta/, /pa/ responses as visual, fusion, and auditory responses, respectively. We present participants' rates for each type of response in Figure 5. To examine cultural differences in weighting auditory information, we performed a Group × Language mixed-factor ANOVA on auditory responses. The main effect of Group was marginally significant (F(1, 98)=3.69, p=.057, η^2=.04), suggesting that Japanese participants' auditory responses were slightly higher than those of Dutch participants. A two-way ANOVA on visual responses revealed the main effects of Group (F(1, 98)=5.44, p=.021, η_p^2=.05) and Language (F(1, 98)=76.18, p<.001, η_p^2=.44). A two-way ANOVA on fusion responses revealed the main effect of Language (F(1, 98)=50.23, p<.001, η_p^2=.34). However, fusion responses did not differ between Groups (F(1, 98)=0.59, p=.446, η_p^2=.01).

For congruent trials, we performed a Group × Language mixed-factor ANOVA on accuracy. Japanese participants' accuracy was higher than that of Dutch participants (F(1, 98)=6.57, p=.012, η_p^2.=04). The accuracy of participants in both groups was higher for Japanese stimuli than for Dutch stimuli (F(1, 98)=4.20, p=.043, η_p^2=.03).

Thus, the occurrence of fusion responses was not different between cultures. However, considering that Japanese participants responded based on visual information to a lesser extent and depended on auditory information to a greater extent than Dutch participants, the results of the present study show that Japanese participants place greater weight on auditory information than Dutch participants, as shown in previous studies [6][7].

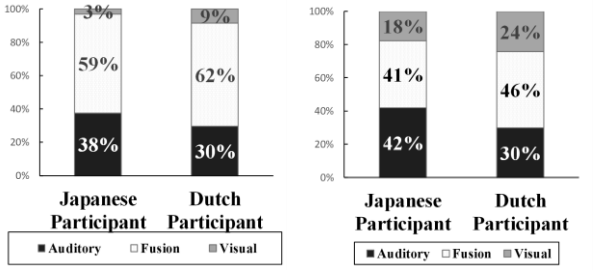


Figure 5 The rate of each response in McGurk trials (Left: Japanese Stimuli, Right: Dutch Stimuli)

[Correlation between two tasks] To explore the relation between two types of audiovisual perception, we calculated Pearson's correlation coefficients between the emotion perception task and the phoneme perception task (Table 2). For Dutch participants, there was no significant correlation between the voice responses in the emotion perception task and the auditory responses in the phoneme perception task. For Japanese participants, the correlation coefficient between voices responses between these two tasks was significant only when they viewed Dutch stimuli. This may suggest that Japanese people who tend to place greater weight on auditory information in emotion perception are more affected by visual information than phoneme perception information compared with Dutch people. However, considering that Japanese participants' voice responses to Dutch stimuli were very small (only 4%), this correlation coefficient is not reliable to support the hypothesis that audiovisual perception of affective and phonetic information share the same integration process.

Table 2 Correlation coefficients between two tasks (Emotion: Voice response rate Phoneme: Auditory response rate)

Japanese Participant			Dutch Participant		
All	Japanese Stimuli	Dutch Stimuli	**All**	Japanese Stimuli	Dutch Stimuli
.30 *	.18	.49***	**-.19**	-.18	-.14

Table 1 Voice response rates in each combination in the emotion perception task

	Japanese Stimuli				Dutch Stimuli			
	AngryFace AngryVoice	HappyFace HappyVoice	AngryFace HappyVoice	HappyFace AngryVoice	AngryFace AngryVoice	HappyFace HappyVoice	AngryFace HappyVoice	HappyFace AngryVoice
Japanese Participant	100%	92%	6%	59%	99%	95%	2%	7%
Dutch Participant	98%	97%	4%	5%	99%	97%	6%	5%

We should note that previous studies have revealed that integration processes can be acquired during childhood [7][8]. Accordingly, it may be useful to consider the possibility that this relationship can be observed in development. Thus, Study 2 investigated this possibility by conducting similar tasks with children.

3. Study 2: The Development in audiovisual emotion perception and phoneme perception

3.1 Purpose of Study 2

The purpose of Study 2 is to compare a developmental path of audiovisual emotion perception with that of audiovisual phoneme perception and to investigate the correlation coefficient for each age group.

3.2 Method

3.2.1 Participants

The participants were 82 5- to 6-year-olds (M=5.6; SD=0.5), 92 7- to 8-year-olds (M=7.5; SD=0.5), 95 9- to 10-year-olds (M=9.5; SD=0.5), and 80 11- to 12-year-olds (M=11.4; SD=0.5). All participants were native Japanese speakers, recruited from the National Museum of Emerging Science and Innovation (Miraikan), Tokyo, Japan.

3.2.2 Stimuli and Procedure

The experiment was conducted in an experimental laboratory at Miraikan. The apparatus was the same as that in Study 1. We adopted half of the movies (movies in which Japanese actors appeared) used in Study 1 as audiovisual stimuli in Study 2. As a result, the procedure was the same as that in Study 1 except that the number of test trials was half (the emotion perception task: 32 trials, the phoneme perception task: 24 trials).

3.3 Results and Discussion

[Emotion perception task] As with Study 1, we used voice responses as an index of auditory influence. To examine age differences, we performed an Age (5-6 y, 7-8 y, 9-10 y, 11-12 y) × Emotion (congruent, incongruent) mixed-factor ANOVA on the voice responses. This revealed that the interaction between Age and Emotion (F(3, 345)=9.32, p<.001, η_p^2=.08) and the main effects of Age (F(3, 345)=18.81, p<.001, η_p^2=.14) and Emotion (F(1, 345)=3047.78, p<.001 , η_p^2=.90) were significant.

A simple main effect analysis showed that voice responses were different among ages for both incongruent (F(3, 345)=14.38, p<.001) and congruent (F(3, 345)=5.37, p=.001) trials. Shaffer's post hoc t-tests revealed that 5- to 6-year-olds' and 7- to 8-year-olds' voice responses were less than those of 9- to 10-year-olds and 11- to 12-year-olds and that 9- to 10-year-olds' voice responses were less than those of 11- to 12-year-olds in incongruent trials. Overall, voice responses increased with development during childhood (Figure 6). Table 3 shows voice responses for each combination of audiovisual stimuli. In congruent trials, 5- to 6-year-olds' voice responses were less than those of 7- to 8-year-olds, 9- to 10-year-olds, and 11- to 12-year-olds.

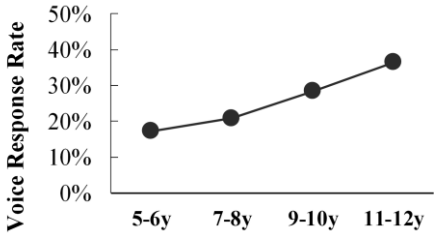


Figure 6 The developmental path of children's voice response rates in incongruent trials in the emotion perception task

Table 3 Children's voice response rates in each combination in the emotion perception task

	AngryFace AngryVoice	HappyFace HappyVoice	AngryFace HappyVoice	HappyFace AngryVoice
5-6y	93%	94%	15%	19%
7-8y	98%	97%	18%	24%
9-10y	99%	95%	19%	38%
11-12y	99%	93%	24%	49%

[Phoneme perception task] Regarding responses for McGurk trials, we regarded participants' /ka/, /ta/, /pa/ responses as visual, fusion, and auditory responses, respectively. We show participants' auditory responses in Figure 7 and 8. The one-way ANOVA on auditory responses showed no significant differences among age groups of children (F(3, 345)=1.05, p=.367, η^2=.01). This tendency was also observed for visual responses (F(3, 345)=0.1357, p=.939, η^2<.01) and fusion responses (F(3, 345)=1.35, p=.258, η^2=.01).

Regarding congruent trials, a one-way ANOVA revealed that the main effect of Age on correct responses was significant ($F(3, 345)=4.30$, $p=.005$, $\eta^2=.04$). Shaffer's post hoc t-tests revealed that 5- to 6-year-olds had fewer correct responses than other age groups.

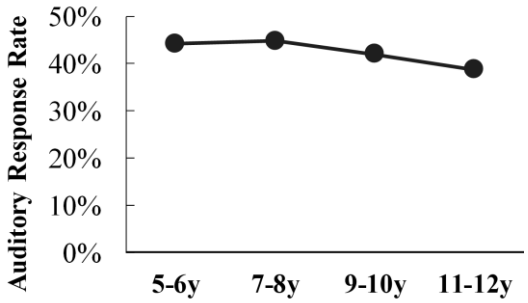


Figure 7 The developmental path of children's auditory response rates in McGurk trials in the phoneme perception task

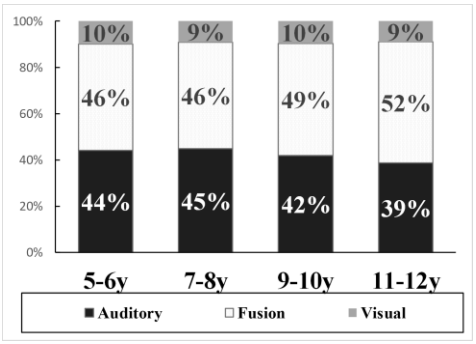


Figure 8 The rate of each response in McGurk trials

Thus, the results showed that the developmental path acquiring the manner of audiovisual integration differs between emotion perception and phoneme perception in two ways. First, the direction of development is different. In audiovisual emotion perception, the auditory influence increased. In contrast, the auditory influence decreased, and the visual influence increased in audiovisual phoneme perception together with the results of Study 1. Second, the age of development in audiovisual emotion perception differs from that in audiovisual emotion perception.

[Correlation between tasks] To explore the relation between two types of audiovisual perception, we calculated Pearson's correlation coefficients between the voice response rate in the emotion perception task and the auditory response rate in the phoneme perception task for each age group. A partial correlation was not significant when we controlled for each child's age ($r=.07$). Moreover, any significant correlations were not observed in each group (Table 4). Thus, as with Study 1, no significant correlation coefficients were observed even for children.

Table 4 Correlation coefficients between two tasks in each age group

5-6y	.08
7-8y	.01
9-10y	.06
11-12y	.13

To summarize, Study 2 demonstrated that each developmental path of audiovisual integration was "process-specific." Moreover, a correlation was not observed for either children or adults in Study 1 in the situation that they were shown Japanese stimuli. Thus, the results of Study 2 do not support the hypothesis that audiovisual perception of affective and phonetic information share the same integration process. However, the results are no more than an indirect suggestion about the integration process itself. It is desirable to investigate the independence of the mechanism of audiovisual integration in affective and phonetic information more directly. Additionally, in our daily life, we often perceive others' emotional expression and linguistic information simultaneously. Thus, we examine both audiovisual emotion perception and phoneme perception in a single trial in order to investigate the interaction between them in Study 3.

4. Study 3: Interaction between audiovisual emotion perception and phoneme perception

4.1 Purpose of Study 3

The purpose of Study 3 was to examine the interaction between audiovisual emotion perception and phoneme perception in order to more directly explore the commonality of audiovisual integration. For this examination, we investigated whether the congruency of audiovisual stimuli of emotion or phoneme affects the other types of perception. In each trial, participants were shown a short movie in which one speaker pronounced syllables (last phoneme was /ka/, /ta/, or /pa/) expressing emotion. They were asked to judge

her expressed emotion and pronounced phoneme simultaneously. If emotion perception and phoneme perception share the integration process, the congruency of one type perception would affect the other type of perception. For example, if an audiovisual phonemic incongruent movie inducing the McGurk effect is shown, a participant may be affected by visual information and perceive emotion weighing on facial expression (Figure 9 top). Moreover, if an emotional incongruent movie is shown, a participant would perceive phoneme weighing on lip movements (Figure 9 bottom).

Alternatively, if each audiovisual integration is independent, emotion perception would not differ between phonemic congruent and incongruent stimuli, and phoneme perception would not differ between emotional congruent and incongruent stimuli (Figure 10).

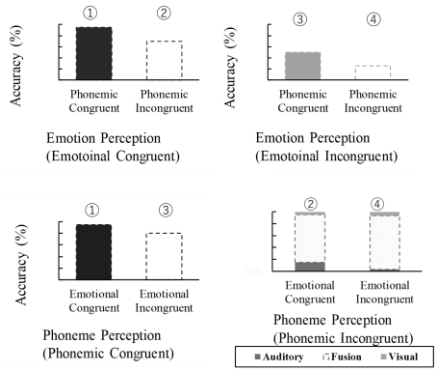


Figure 9 Expectation from the Sharing Model (numbers enclosed within a circle are corresponding to those in Figure 13 and 14)

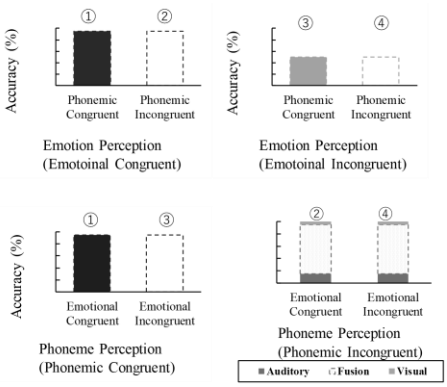


Figure 10 Expectation from the Independent Model

4.2 Method

4.2.1 Participants

The participants were 50 undergraduate and graduate students of Tokyo Woman's Christian University (age: *M*=18.8, *SD*=1.4). All participants spoke Japanese as their native language. They were all recruited in each university.

4.2.2 Stimuli

The audiovisual stimuli were short movies in which a female actor (four native Japanese speakers) said /aka/, /ata/, or /apa/ while expressing anger or happiness in her facial and vocal expression. Since it is difficult to express emotion in one syllable, we added /a/ to /ka/, /ta/, and /pa/. As in Study 1 and Study 2, the combination of facial and vocal emotion was congruent (AngryFace / AngryVoice, HappyFace / HappyVoice) or incongruent (AngryFace / HappyVoice, HappyFace / AngryVoice). As for phonemes, we used four types of combination (congruent: /aka/, /ata/, /apa/; incongruent (McGurk): visual /aka/ + auditory /apa/). That is, 64 (four actors × 4 emotions × 4 phonemes) movies were used as audiovisual stimuli (Figure 11). Each congruent phoneme stimulus was shown once (48 movies = 48 trials), while each McGurk stimulus was shown three times (16 movies × 3 = 48 trials) in order to present congruent and incongruent stimuli at the same time. Accordingly, a total of 96 trials were conducted, as described in the Procedure section.

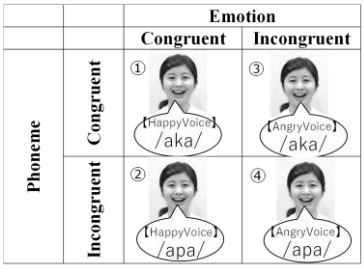


Figure 11 Audiovisual stimuli in Study 3 (In case of Angry Face)

4.2.3 Procedure

Study 3 was conducted in the experimental laboratory at Tokyo Woman's Christian University. The apparatus was the same as that in Study 1 and 2. In each trial, a fixation point was displayed at the center of the monitor for 800 ms, and a signal sound (a 440 Hz pure tone lasting 100 ms) was played simultaneously. After 1000 ms from the onset of the presentation of the fixation point, an audiovisual stimulus, the first instruction sentence, and the second instruction sentence display were presented successively (Figure 12).

For the half of participants, the first instruction was to judge whether the speaker's emotion was happy or angry and to press the corresponding key (E or U). Unlike Study 1 and 2, they were instructed to judge emotion based on the voice despite watching a face during trials in order to unified the attended modality between emotion perception and phoneme perception. After the response to the first instruction, as a second instruction, the participants were asked to judge which phoneme the speaker said, /aka/, /ata/, or /apa/ and to press the corresponding key (Z, V, or M). The other half of participants were asked to judge them in the reverse order (with the first instruction being phoneme judgement and the second instruction being emotion judgement). After the second response, the next test trial began. Thus, the participants judged both emotion perception and phoneme with respect to one movie simultaneously. In total, 96 test trials were conducted, and the order of test trials was randomized.

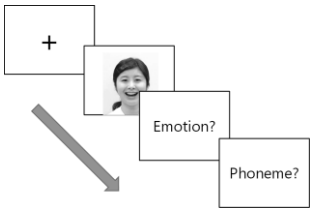


Figure 12 A flow of a trial

4.3 Results and Discussion

The effect of phonemic incongruency on emotion perception The results are shown in Figure 13. To investigate the impact of audiovisual phonemic information on audiovisual integration of emotional information, we conducted a Phonemic Congruency (phonemic congruent, phonemic incongruent) × Emotional Congruency (emotional congruent, emotional incongruent) within-subjects ANOVA (within subjects) on the accuracy of emotion perception. The main effect of emotional congruency was significant (F(1, 15)=66.35, p<.001, η_p^2=.82), suggesting that emotion perception from voice was inhibited by facial expression in emotional incongruent stimuli and that such perception was more difficult than congruent stimuli. However, the interaction (F(1, 15)=2.00, p=.178, η_p^2=.12) and the main effect of Phonemic Congruency (F(1, 15)=0.81, p=.383, η_p^2=.05) were not significant. Thus, audiovisual emotional perception was not affected by phonemic audiovisual incongruency in both the emotional congruent and incongruent trials.

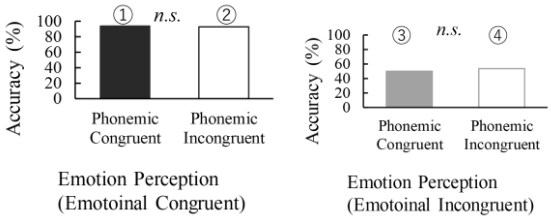


Figure 13 An accuracy in emotion perception

The effect of emotional incongruency on phoneme perception The results are shown in Figure 14. To investigate the impact of audiovisual emotional information on phonemic audiovisual integration, we compared the accuracy of phoneme perception in phonemic congruent trials and the occurrence of the McGurk effect in phonemic incongruent trials between emotional congruent and incongruent stimuli. The accuracy of phoneme perception in phonemic congruent trials did not significantly differ regardless of emotional congruency (t(15)=1.38, p=.188, d=.52). Regarding phonemic incongruent trials, the fusion responses (t(15)=0.53, p=.604 d=.09), auditory responses (t(15)=0.54, p=.596), and the responses (t(15)=0.14, p=.891 d=.07) were not significantly different between emotional congruent and incongruent stimuli. Thus, audiovisual emotional perception was not affected by phonemic audiovisual incongruency in both the emotional congruent and incongruent trials.

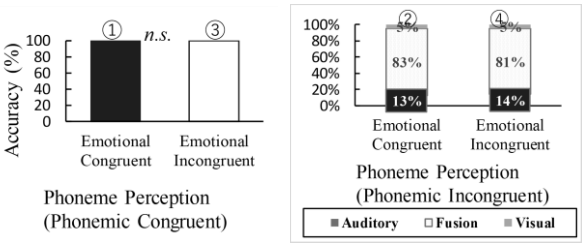


Figure 14 The results of phoneme perception

To summarize, the results of Study 3 suggest that the incongruency of audiovisual information does not affect other types of perception: there is no interaction between audiovisual emotion perception and phoneme perception.

5. General Discussion

This study aimed to examine the commonality of audiovisual emotion perception and phoneme perception in

three aspects: the characteristics of audiovisual integration in Japanese adult people, the developmental pattern, and the interaction of each perception. The results of Study 1 showed that there was no significant correlation between weighting on auditory information in audiovisual emotion perception and that in audiovisual phoneme perception in Dutch people. However, a significant correlation was observed only when Japanese participants were shown Dutch stimuli. Thus, the results in Study 1 were mixed. Study 2 demonstrated that the way of audiovisual integration in emotion perception develops during childhood in a different way from phoneme perception. Regarding emotion perception, the visual influence decreases and the auditory influence increase from the age of 5 to 12 years. In contrast, the rate of visual or auditory influence in audiovisual phoneme perception remains the same. Additionally, there was no significant correlation coefficient for each of the age groups. In Study 3, we examined whether the incongruency of phonemes affects audiovisual emotion perception and vice versa. The performance of audiovisual emotion perception did not differ between the congruency and incongruency (McGurk stimuli) of the actor's pronouncing phoneme. Moreover, the performance of audiovisual phoneme perception was the same regardless of the actor's emotional congruency. Overall, the results of the present study support the hypothesis that audiovisual perception of affective or phonetic information is processed independently (Figure 1B). Therefore, the reason why Japanese people place weight on auditory information can be explained by other mechanisms.

Although both affective and phonetic information is conveyed through visual information from face and auditory information from voice, their integration processes are different and independent, as demonstrated in the present study. There can be two differences between these two types of perception. First, the way of perceiving and expressing emotion is variable depending on the individual's communication manner. For example, expression of negative emotion may be natural in one culture, while it may be considered impolite in another culture, such as Japanese culture [9]. However, the way of perceiving and pronunciation of the phoneme is not dependent on the manner of expression as perceivers do not need to determine whether it is true or false. Second, for perception of affective and phonetic information, other aspects within same modality may be required. Lipreading skill may be independent of the recognition of facial expression, considering that lipreading skills develop later than the perception of facial expression [10]. Moreover, phoneme is segmental information of speech sound, while vocal emotion is conveyed by suprasegmental information. As demonstrated in previous studies using fMRI, fNIRS, and EEG, it is possible that segmental and suprasegmental information are processed in different brain areas [12]. Considering these characteristics of audiovisual perception, some audiovisual integration can exist simultaneously along with readable information.

Nonetheless, it should be noted that the results of the present study do not confirm that Japanese tendency of weighting vocal expression and their characteristics of audiovisual phoneme perception are totally irrelevant. Therefore, future research should investigate factors which can induce cultural difference in audiovisual integration. For example, it is useful to examine the relationship between gaze patterns on faces and audiovisual integration. Cultural difference in such gaze patterns [13] may have affect audiovisual perception. Additionally, we should reveal whether cultural differences is caused by people's culture or their languages. To shed light on these mechanism, it may be important to investigate factors shaping the way of audiovisual integration.

Acknowledgement

We thank participants in the experiments. We also thank Miraikan staffs and volunteer staffs from Tokyo Women's Christian University for assistance with data collection. This work was supported by JSPS KAKENHI (No. 15H02714), and Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas No. 17H06345 "Construction of the Face-Body Studies in Transcultural Conditions".

References

[1] de Gelder, B., & Vroomen, J. (2000). "The perception of emotions by ear and by eye." Cognition & Emotion, vol.14, no.3, pp.289-311.

[2] de Gelder, B., Pourtois, G., & Weiskrantz, L. (2002). "Fear recognition in the voice is modulated by unconsciously recognized facial expressions but not by unconsciously recognized affective pictures." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 99,

no. 6, pp. 4121-4126.
[3] Tanaka, A., Takagi, S., Hiramatsu, S., Huis In't Veld, E., & de Gelder, B. (2015). "Towards the development of facial and vocal expression database in East Asian and Western cultures.". Proceedings of the International Conference on Facial Analysis, Animation, and Auditory-Visual Speech Proceeding 2015, pp.63-66.
[4] McGurk,H., & McDonald, J. (1976)."Hearing lips and seeing." Nature, vol. 264, pp.746–748.
[5] Tanaka, A., Koizumi., A., Imai, H., Hiramatsu, S., Hiramoto, E., & de Gelder., B. (2010). "I feel your voice: Cultural differences in the multisensory perception of emotion." Psychological Science, vol.21, no.9, pp.1259-1262.
[6] Sekiyama, K., & Tohkura, Y. (1991). "McGurk effect in non-English listeners: Few visual effects for Japanese subjects hearing Japanese syllables of high auditory intelligibility." Journal of Acoustic Society of America, vol.90, no.4, pp. 1797-1805.
[7] Sekiyama, K., & Burnham, D. (2008). "Impact of language on development of auditory-visual speech." Developmental Science, vol.11, no.2, pp.306-320.
[8] Kawahara, M., Sauter, D., & Tanaka, A. (2017). "Impact of Culture on the Development of Multisensory Emotion Perception." Proceedings of the 14th International Conference on Auditory-Visual Speech Processing, D2. S5. 2.
[9] Ekman, P., & Sorenson, E. R., & Friesen, W. V. (1969). "Pan-cultural elements in facial displays of emotion." Science, vol.164, no.3875, pp.86-88.
[10] Ross, L. A., Molholm, S., Blanco, D., Gomez-Ramirez, M., Saint-Amour, D., & Foxe, J. J. (2011). "The development of multisensory speech perception continues into the late childhood years." European Journal of Neuroscience, vol.33, pp.2329-2337.
[11] Grandjean, D., Bänziger, T., & Scherer, K. R. (2006). "Intonation as an interface between language and affect." Progress in Brain Research, vol.156, pp.235-247.
[12] Jack, R. E., Blais, C., Scheepers, C., Schyns, P. G., & Caldara, R. (2009). "Cultural confusions show that facial expressions are not universal." Current Biology, vol.19, pp.1543-1548.

意味の過剰な読み込みに関する実験的検討−アニマシーを例にして−
An Experimental Analysis of Excessive Generation of Meaning -A Study on Animacy-

今泉　拓†，高橋　康介‡，植田　一博†
Taku Imaizumi, Kohske Takahashi, Kazuhiro Ueda
†東京大学，‡中京大学
The University of Tokyo, Chukyo University
taku-imaizumi605@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract
It is known that even a non-human object which acts socially can evoke strong animacy. In this study, we predict that people may feel animacy from such an object more strongly than from a human-like object even when both objects act socially in a similar fashion. We preliminarily investigated this possibility by comparing the effects of animacy among movies of two human-like illustrations, those of two simeji mashrooms, and those of two matchsticks; all the objects in the movies moved so that they came close to or departed from each other in a pair.

The result of our experiment showed that participants regarded human-like illustrations as having most human-like appearance out of the three objects; on the other hand, when they watched the movies of these objects' approaching each other, participants most highly estimated simeji mashrooms as having feelings out of the three. These results suggest that even a non-human object which does not have completely human-like appearance can evoke strong animacy when it acts socially.

Keywords — Animacy, emotion recognition, non-human object, meaningfulness

1. はじめに

生物ではない物体に生物らしさ(ヒトらしさ)を感じることはアニマシー知覚として知られ，古くから研究されてきた．例えばHeider & Simmel (1944)[1]では，複数の簡単な幾何学図形(○や△)の動きから，社会的な関係性(△が○の邪魔をしている，等)を実験参加者が知覚したことが報告されている．このように心理学の分野では，簡単な幾何学図形であっても，動きを与えることでアニマシーを喚起させることが可能なことが示されている[2]．これらの研究が示唆するように，必ずしもヒトのような形状をしていない対象に対しても，アニマシーが知覚される場合が存在する．一方で，対象がヒトらしい形態をもっていることを，ヒトがアニマシーを感じる条件として挙げている研究も存在する[3]．

たとえば，図 1 の添い寝しめじは，ツイッターで紹介され話題になった画像を再現したものである．しめじ同士に社会的な関係性(親子が添い寝している，等)を感じたユーザーがしめじの感情を認知している(愛し合っている，等)ことが，ツイートへの反応から読み取れる．この例を踏まえると，形状の点で必ずしもヒトに類似しているわけではないしめじからでも，社会的な関係性が想起され，結果的にアニマシーが強く知覚されると考えられる．では，形状の点でヒトに類似した対象よりもそうではない対象に対して，社会的な関係性やアニマシーがより強く知覚される可能性はあるのだろうか？　この可能性について検討した先行研究は我々の知る限り存在しない．そこで，本研究ではヒトとの類似度が異なると想定される 3 種の対象を用いて，この可能性を実験により探索的に検討することを目的とした．

2. 方法

30 名(平均 20.8 歳)の学生・院生が実験に参加した．実験は 9 枚の静止画を見る静止画フェーズと 18 種の動画を見る動画フェーズに分かれていた．参加者は各静止画と動画の閲覧後に「形状から感じられるヒトらしさ」(以下，形状質問)と「対象が感情をもっているか」(以下，感情質問)という質問項目に対して，それぞれVAS(Visual Analog Scale)を用いた 101 件法で回答した．実験刺激の提示順はそれぞれのフェーズ内でランダムとした．

静止画フェーズにおける実験刺激は図 2 のものを用いた(以下，左から，人型，しめじ，マッチ)．全 9 枚の画像のうち，これら 3 枚を除く 6 枚の画像はディストラクタであった．



図 1 添い寝しめじ画像を再現したもの



図 2 静止画刺激

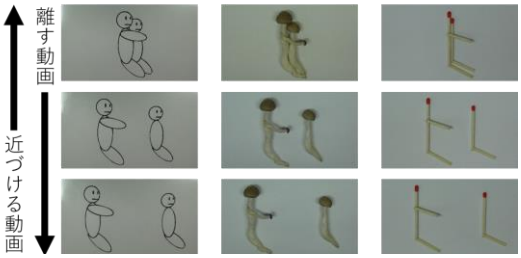


図 3 動画刺激で使われた画像の一部

動画フェーズでは，1 対の人型，しめじ，マッチを近づける動画を用いた．動画は，42 枚の静止画を短時間表示するストップモーションアニメの方式を用いて制作された(図 3)．この動画を，通常通り再生したものを「近づける動画」，逆再生したものを「離す動画」とした．動画の長さはそれぞれ 10 秒間であった．全 18 種の動画のうち，これら 6 種(対象物 3 種×動作 2 種)以外の 12 種はディストラクタであった．

3. 結果

形状質問の結果を図 4 上に，感情質問の結果を図 4 下に示す．両質問に対して，対象要因(人型・しめじ・マッチの 3 水準)とメディア要因(静止画・近づける動画・離す動画の 3 水準)を独立変数，質問の回答値を従属変数として 2 要因分散分析を行った[1]．

形状質問では，対象とメディアの間に有意な交互作用がみられた($F(3.02, 116) = 3.02, p < .05$)．さらに下位検定の結果，すべてのメディア要因において，人型がしめじよりも有意に高い値を示し(静止画: $t(29) = 4.63, p < .001$，近づける動画: $t(29) = 6.87, p < .001$，離す動画: $t(29) = 4.82, p < .001$)，近づける動画と離す動画において，しめじがマッチより有意に高い値を示した(それぞれ $t(29) = 2.792, p < .001$，$t(29) = 2.058, p < .05$)．

感情質問では，対象とメディアの間に有意な交互作用がみられた($F(3.15, 116) = 4.995, p < .01$)．下位検定の結果，近づける動画においてはしめじが人型よりも有意に高い値を示した($t(29) = 2.205, p < .05$)．静止画では，有意ではないが人型の方がしめじよりも

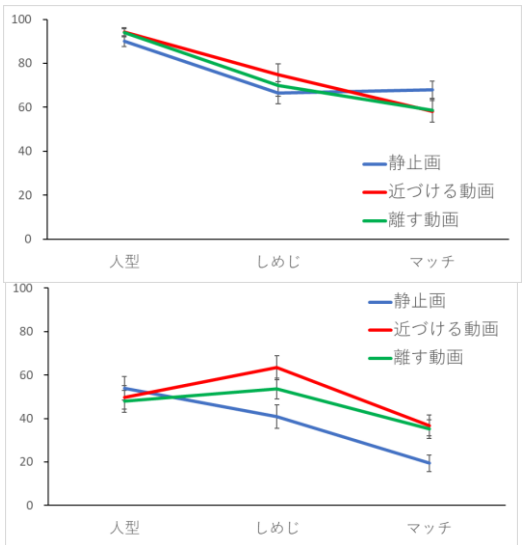


図 4 上：形状質問における評定の平均値
下：感情質問における評定の平均値

評定値が高かったのに対し，近づける動画では，しめじの方が人型よりも評定値が高くなっており，評定値の逆転が見られた．

4. 考察

以上より，形状の点ではしめじより人型がヒトらしいと評価されているものの，社会的な関係性を想起させる動きを伴うと，人型よりしめじに対して強く感情を認知することが明らかとなった．さらに，この現象は，同じような形状をもつものの，しめじよりもヒトとの類似度が低いマッチには見られなかった．この結果は，形状の点でヒトにある程度似た対象が社会的な関係性を想起させる動きを示す場合に，より強いアニマシーが喚起される可能性を示唆しているが，この可能性を検討するには今後さらなる検討が必要である．

参考文献

[1] Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *The American journal of psychology*, *57(2)*, 243-259.

[2] Scholl, B. J., & Tremoulet, P. D. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in cognitive sciences*, *4*(8), 299-309.

[3] DiSalvo, C. F., Gemperle, F., Forlizzi, J., & Kiesler, S. (2002, June). All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads. In *Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques* (pp. 321-326). ACM.

[1] Greenhouse-Geisser 法を用いて自由度調整を行った．

名詞と動詞の組み合わせに基づく「語彙組み合わせ問題」の自動作問

Automatic Generation of Combinational Items Based on Combinations of Japanese Nouns and Verbs

張　寓杰[1]，加藤　健太郎[1]，寺井　あすか[2]，中川　正宣[3]
Yujie Zhang, Kentaro Kato, Asuka Terai, Masanori Nakagawa

[1]ベネッセ教育総合研究所，[2]公立はこだて未来大学システム情報科学部，
[3]大妻女子大学人間生活文化研究所
Benesse Educational Research and Development Institute, Future University Hakodate, Otsuma Women's University
zhangyj@mail.benesse.co.jp

Abstract

The present study proposes an automatic item generation system which creates the two types of combinational items, the subject(noun)-predicate(verb) combinations and the object(noun)-verb combinations, based on the co-occurrence frequencies between Japanese nouns and verbs. Those co-occurrence frequencies have been computed by the statistical analysis of large scale Japanese language data from a previous study.

The present system, first selects proper verbs which have high frequency with the initial input nouns to generate the correct combinational items. Then, the system selects nouns which have high frequency with the selected verbs to generate the other correct combinational items. In the next step, the system selects the nouns which have zero co-occurrence frequency with the selected verbs to generate the wrong combinational items. In those procedures, the difficulties of the correct items are controlled by the abstractness of the initial and selected nouns, while the difficulties of the wrong items are controlled by the similarities between nouns of the correct items and those of the wrong items.

In a practical test consisting of the two types of generated combinational items, 54 university students were asked to answer whether each item was correct or wrong. The results show that the difficulties controlled in the system are sufficiently consistent with the correct answer ratios of the students.

Keywords — Automatic Generation, Combinational Item

1. 研究背景と研究目的

近年，ICT 分野の急速な進歩に伴い，学校現場でも学習支援システムや，CBT 試験(Computer-Based Testing)が導入され，より多くの問題を迅速かつ大量に生成することが求められている．英単語の意味に関する自動作問領域ではすでに多くの研究[1,2,3,5,9]が発表されているが，日本語に関する自動作問の研究はまだ多くはない．たとえば，久田・前田 [7]は，ニュース記事を用いた時事問題の自動作問システムを提案している．また，林・垂水[8]では学習者が多肢選択問題を作成，投稿して，それらの問題を学習者間で共有できる自主学習素材共有システムを開発している．しかし，日本語の語彙そのものに関する自動作問の研究はほとんど行われていないのが現状である．

日本語の語彙テストとしては既に，朝日新聞社とベネッセコーポレーションが共同で実施している「語彙・読解力検定[6]」がある．この「語彙・読解力検定」では，一単語の意味を問う問題や，文章中の単語の意味を問う問題を出題している．一方，清水・萩原 [11]では，言葉の印象の理解が，人間の感情理解や比喩理解において大きな役割を果たすことが指摘されている．特に動詞は名詞と共起することで，言葉の印象を大きく変えることがある．そこで，この研究では名詞と動詞の組み合わせを正しく理解できれば，言葉の深層に含まれる意図や事実を推測することができると仮定し，名詞と動詞の組み合わせに対する印象の自動推定システムを提案している．

確かに，上記の研究で指摘されているように，単語の意味は他の単語との組み合わせによって大きく変わってしまうことが多い．特にこの変化は，名詞と動詞の組み合わせにおいて顕著である．たとえば「走る」という極めて基本的な意味の動詞でも，「車が走る」という表現の場合と「緊張が走る」という表現の場合では，その意味が異なっている．一方，「緊迫が走る」という表現は，字面は似ていても適切な表現とは言えない．これらの点を考慮すると，同じ「走る」という動詞がどんな名詞と組み合わさると適切な表現になるのかという組み合わせの問題が極めて重要であると言える．

つまり，個々の単語の基本的な意味を知っているだけでは言語の理解能力としては不十分である．少なくともどの名詞とどの動詞の組み合わせが言語として意味を成すかを知っていることは，言語を正しく話し書くために必要不可欠な知識であると言える．

本研究では，特に名詞と動詞の組み合わせに着目し，それらの組み合わせの適切さが理解されているかどうかを測定するための「語彙組み合わせ問題」の作成を試みる．本研究における「語彙組み合わせ問題」とは，例えば「緊張が広がる」のような名詞と動詞の組み合わせ語句が日本語として適切かどうかを答える問題形式を意味する（以下では適切な組み合わせを正解，不適切な組み合わせを誤りとする）．

しかし，新聞や文学作品等で一般的に用いられる名詞や動詞は各々数万を超えている．さらに，「主語と述語」，「目的語と動詞」の場合では各々その組み合わせパターンは異なっている．単に辞書を参照するだけで，名詞と動詞の適切な組み合わせを組織的に構成し，組み合わせ問題を作成することは極めて困難である．さらに，問題作成では単なる大量生成ではなく，難易度が異なる問題の生成が求められている[10]．

本研究では，上記の問題を解決するため，新聞データ（毎日新聞 1991 年-2008 年）や文学作品を含む大規模言語コーパスから抽出した，三万以上の名詞と七万に及ぶ動詞(表 1 参照)の組み合わせの共起頻度のデータベースを用いて，名詞と動詞の「語彙組み合わせ問題」を難易度別に自動的に作成できるシステムを提案する．

表 1　本研究で用いた共起頻度データに含まれる異なる名詞と動詞の語数

	名詞（目的語）-を-動詞（述語）	名詞（主語）-が-動詞（述語）
名詞数	38,816	34,668
動詞数	92,567	70,398

本研究の前提として，既に，上記の日本語大規模コーパスの言語統計解析に基づく，名詞，動詞，形容詞に関する共起頻度データベースおよび，確率的言語知識構造(潜在クラス群)が作成されている[4]．本研究で提案するシステムでは，この共起頻度のデータベースと潜在クラス群に基づく以下のような一連の手続きに従い，正誤の語彙組み合わせ問題を難易度別に自動的に作成する．

2.　研究方法

前記の共起頻度データにおける日本語の語彙組み合わせは「名詞（主語）が動詞（述語）」，「名詞（目的語）を動詞」，「名詞（目的語）に動詞」三種類があるが，本研究は自動作問の最初の試みとして，「名詞（主語）が動詞（述語）」と「名詞（目的語）を動詞」二種類の組み合わせについて，以下に示す手順で自動作問を行う．

2.1 抽象的な名詞から始める組み合わせの自動作問

この方法では，まず，抽象的な名詞を初期値として入力することにより，同じ動詞を用いて，「抽象的な意味を持つ語彙組み合わせ」と「具体的な意味を持つ語彙組み合わせ」の二種類の組み合わせを作ることができる．

今回は，まず「抽象的な意味を持つ語彙組み合わせ」として 4 個の抽象的な名詞各々に 4 個の動詞を組み合わせて 16 個の組み合わせを自動的に生成する．次に「具体的な意味を持つ語彙組み合わせ」として，同じ 4 の動詞各々に 4 個の具体的な名詞を組み合わせて 16 個の組み合わせを生成する．すなわち，「名詞（主語）が動詞（述語）」，「名詞（目的語）を動詞」各々で 32 個の組み合わせが自動的に生成されることになる．

2.1.1 「名詞（主語）が動詞（述語）」の場合の自動作問の手順

「名詞（主語）が動詞（述語）」の場合の自動作問の手順を図 1 に示す．

①まず，確率的言語構造を構成する潜在クラスのなかから，比較的抽象的な名詞群の所属確率が高い潜在クラスを複数個抽出する．

②次に，上記の潜在クラスの一つをランダムに選定し，そのクラスへの所属確率が高い名詞を任意個数選出する．抽象度が高い名詞を用いると，難易度が高い組み合わせを作ることができると期待される．

例 1：「気運，機運，関心，緊張，緊迫，内圧」など

③次に，これらの名詞の各々を主語として「が」で繋がる共起頻度が高い動詞群を選出する．

例 2：「走る，生まれる，盛り上がる，集まる，高まる」など

④例 1 の名詞と共起頻度が高い動詞（例 2 の動詞）を組み合わせると，以下のような比較的難易度の高い問題が作成できる．

例 3：「緊張が走る」，「機運が生まれる」，「気運が盛り上がる」，「関心が集まる」，「内圧が高まる」

⑤次に，例 2 の動詞群の中から，特に共起頻度の高い動詞群を選別し，それらの動詞の主語として「が」で繋がる共起頻度が高い名詞群を選出する．

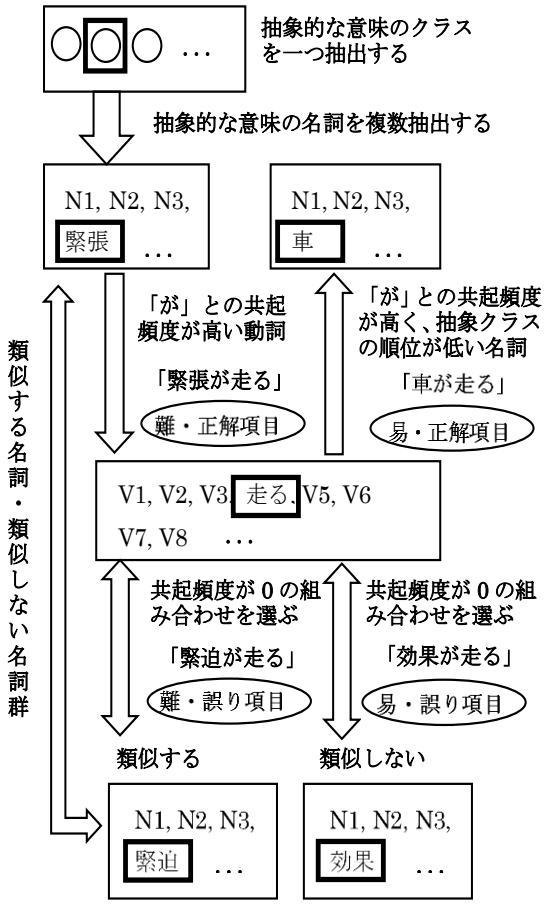


図 1　抽象的な名詞から始める組み合わせの自動作問手順：「名詞(主語)が動詞(述語)」の場合

⑥次は，⑤で選んだ名詞群から，比較的，抽象的な潜在クラスでの順位が低い名詞（「車，子供，気持，人，気分」等）を選出し，上記の動詞と組み合わせる．同じ動詞に対して抽象度が低い名詞を組み合わせると，より難易度の低い組み合わせを作ることができると期待される．

例 4：「車が走る」，「子供が生まれる」，「気持ちが盛り上がる」，「人が集まる」，「気分が高まる」

⑦さらに，②で選定したのと同じ潜在クラスに属する名詞群と③で選出した動詞群での共起頻度が 0 の組み合わせを選び，誤り問題を作成する（例えば「緊迫が走る」）．この誤り問題は，正しい組み合わせ（例えば「緊張が走る」）と名詞が類似していて，かつ同じ動詞（「走る」）を用いている．そのため正誤の判断がそれだけ難しいと考えられる．

2.1.2「名詞（目的語）を動詞」組み合わせの自動作問の手順

図 2 のように，「名詞（主語）が動詞（述語）」の場合と同様の手続きで自動的に問題を作成する．

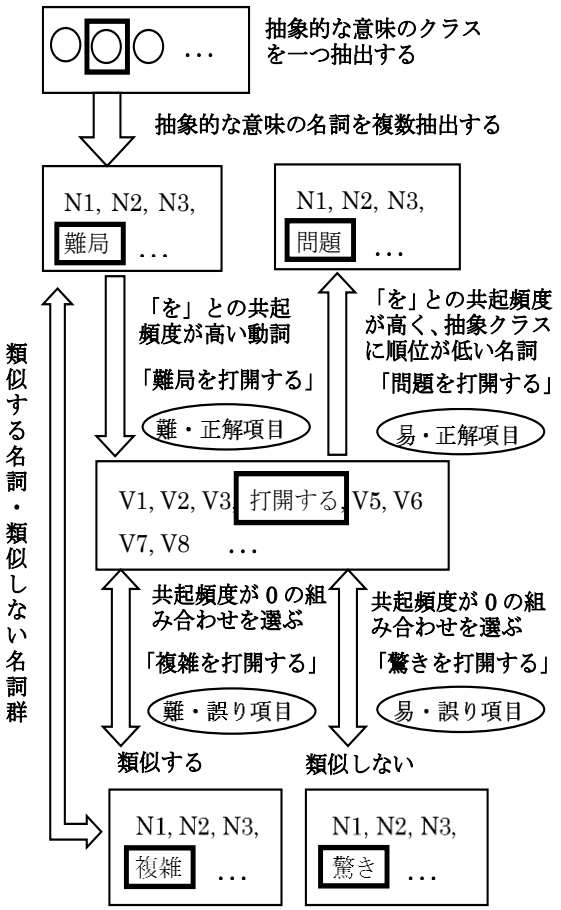


図 2　抽象的な名詞から始める組み合わせの自動作問手順：「名詞(目的語)を動詞」の場合

2.2 具体的な名詞から始める組み合わせの自動作問

この方法では，2.1 の方法とは逆に，具体的な名詞の所属確率が高い潜在クラスに属する任意個の名詞群を初期値として用いて問題を作成した．この方法では，まず「名詞（主語）が動詞（述語）」，「名詞（目的語）を動詞」それぞれ，4 個の名詞，各々に 4 個の動詞を組み合わせて，16 個の組み合わせを自動的に生成する．さらにそれぞれ 2 個の組み合わせを追加し 2.1 の場合と合わせて各々計 50 個の組み合わせが生成される．

この方法における「名詞（主語）が動詞（述語）」の自動作問の手続きは図 3 に示すとおりである．

①まず，確率的言語構造で「名詞(主語)が動詞(述語)」に対応した名詞の潜在クラスの中から比較的具体的な名詞群の所属確率が高い潜在クラスを一つ選び，そのクラスへの所属確率が高い名詞を任意個数選出する．

例 1：「大統領，議長，首相，書記」など

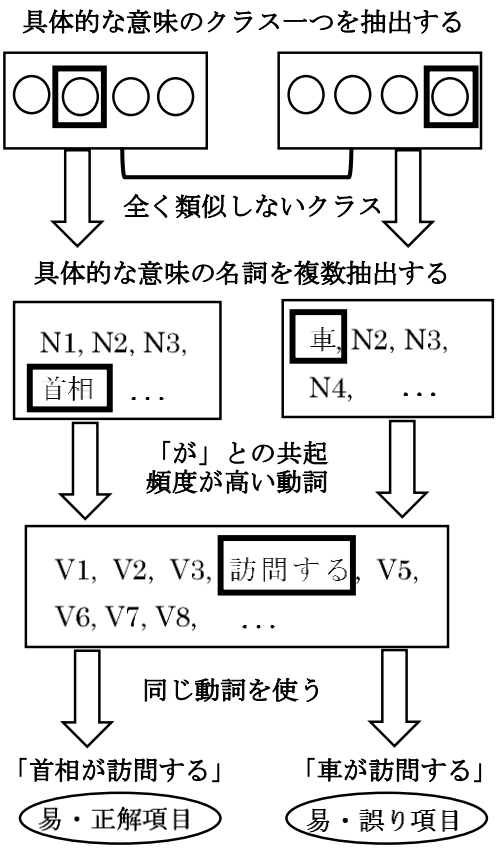


図 3　具体的な名詞から始める組み合わせの自動作問手順：「名詞(主語)が動詞(述語)」の場合

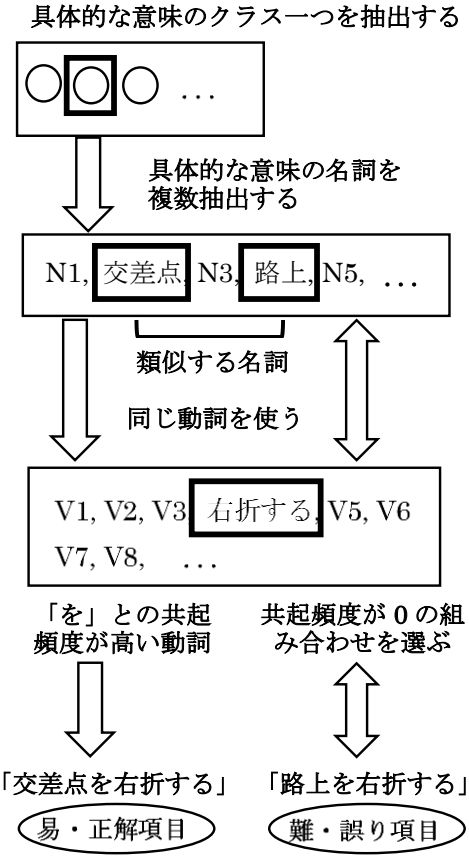


図 4　具体的な名詞から始める組み合わせの自動作問手順：「名詞(目的語)を動詞」の場合

②次に，これらの名詞の各々を主語として「が」で繋がる共起頻度が高い動詞群を選出する．

例 2：「訪問する，発表する，表明する」など

③例 1 の名詞と共起頻度が高い動詞(例 2 の動詞)を組み合わせると，以下のような比較的難易度の低い問題が作成できる．

例 3：「大統領が訪問する」，「議長が発表する」，「首相が表明する」など

④さらに，①で選定した潜在クラスとはまったく類似しない別の具体的意味を持つ潜在クラスに属する名詞群の中から，②で選出した動詞群との共起頻度が 0 の組み合わせを選び，誤り問題を作成する（例えば「ダンプカーが訪問する」）．この誤り問題は，正しい組み合わせ（例えば「大統領が訪問する」）とは名詞がまったく異なっていながら，あえて同じ動詞(「訪問する」)を用いている．そのため正誤の判断がそれだけ易しいと考えられる．

一方，「名詞（目的語）を動詞」の自動作問手順は図 4 に示すとおりである．

①まず，確率的言語構造で「名詞(目的語)を動詞」に対応した名詞の潜在クラスの中から比較的具体的な名詞群の所属確率が高い潜在クラスを一つ選び，そのクラスへの所属確率が高い名詞を任意個数選出する．

例 1：「水中，海上，歩道，交差点」など

②次に，これらの名詞の各々を目的語として「を」で繋がる共起頻度が高い動詞群を選出する．

例 2：「泳ぐ，北上する，歩く，右折する」など

③ ①で選んだ名詞と共起頻度が高い動詞(例 2 の動詞)を組み合わせると，以下のような比較的難易度の低い問題が作成できる．

例 3：「水中を泳ぐ」，「海上を航行する」，「廊下を歩く」，「交差点を右折する」など

④さらに，①で選定した具体性の高い潜在クラスと同じ潜在クラスに属する名詞群の中から②で選出した動詞群との共起頻度が 0 の組み合わせを選び，誤り問題を作成する（例えば「廊下を右折する」）．この誤り問題は，正しい組み合わせ（例えば「交差点を右折する」）と名詞が類似していて，かつ同じ動詞(「右折する」)を用いている．そのため正誤の判断がそれだけ難しいと

考えられる.

3. 実験方法

以上の手順を用いて自動生成した問題に関して，システムが想定した難易度が，実際の人間の判断と一致するかどうかを検証するため, 大学一年生 54 名を実験参加者として Web 上で実験調査を実施した.

実験材料としては上記 2.1 と 2.2 の手続きに従って生成された，難易度が異なる組み合わせ項目を用いた. 「名詞(主語)が動詞(述語)」，「名詞（目的語）を動詞」各々につき 50 項目を生成し，全部で 100 項目の実験課題を作成した. 実験参加者は各項目に対して, 日本語として「正しい」,「正しくない」,「分からない」，3 つの選択肢から一つを選択した. また, 以降の結果の集計では, 正解項目を正しい, 誤り項目を正しくないと判断した場合を正答とし, 正解項目, 誤り項目共に「分からない」を選択した場合はすべて正答に含めず, 正答率を計算した.

4. 結果と考察

4.1 抽象的な名詞から始める組み合わせの実験結果

4.1.1「名詞(主語)が動詞(述語)」の場合

2.1.1 で作成した抽象的名詞群，具体的名詞群の正解項目，誤り項目それぞれの正答率の平均値は表 2 に表わすとおりである.

この実験結果の正答率の逆正弦変化後の値に対して, 抽象・具体, 正解項目・誤り項目の二元配置の分散分析を行った結果，抽象・具体要因に有意水準 1 パーセントで有意差があり（$F(1, 29)=10.23$, $p=0.003$, $\eta^2=0.25$), 正解項目・誤り項目要因（$F(1, 29)=0.184$, $p=0.19$, $\eta^2=0.04$）及び交互作用（$F(1, 29)=0.03$, $p=0.87$, $\eta^2=0.0006$）には有意差がなかった.

表 2 「名詞(主語)が動詞(述語)」の正答率の平均値

	正解項目		誤り項目	
	N	Mean	N	Mean
抽象的名詞群	7	0.642	9	0.537
具体的名詞群	9	0.877	8	0.785

上記の表 2 及び分散分析の結果から，抽象的名詞群の方が具体的名詞群より正解項目・誤り項目共に正答率が低い. つまり抽象的名詞群の方が, 表現として正しいかどうかを正しく判断できないという意味では，難易度が高いといえる. たとえば, 抽象的名詞との組み合わせ,「気運が盛り上がる」という正解項目の正答率は 0.2 と非常に低く，一方，同じ動詞と具体的名詞との組み合わせ正解項目「議論が盛り上がる」の正答率は 0.93 と非常に高い.

4.1.2「名詞(目的語)を動詞」の場合

2.1.2. で作成した抽象的名詞群，具体的名詞群の正解項目，誤り項目それぞれの正答率の平均値は表 3 に示すとおりである.

表 3 「名詞(目的語)を動詞」の正答率の平均値

	正解項目		誤り項目	
	N	Mean	N	Mean
抽象的名詞群	5	0.485	11	0.620
具体的名詞群	9	0.689	8	0.831

この実験結果の正答率の逆正弦変化後の値に対して, やはり，抽象・具体, 正解項目・誤り項目の二元配置の分散分析を行った結果, 抽象・具体, 正解項目・誤り項目の二元配置の分散分析の結果では, 抽象・具体要因に有意水準 1 パーセントで有意差があり（$F(1, 29)=7.83$, $p=0.009$, $\eta^2=0.20$)，正解項目・誤り項目要因（$F(1, 29)=2.98$, $p=0.095$, $\eta^2=0.075$)，及び交互作用（$F(1, 29)=0.017$, $p=0.90$, $\eta^2=0.0004$）には有意差がなかった.

上記の表 3 及び分散分析の結果から，抽象的名詞群の方が具体的名詞群より正答課題，誤答課題共に正答率が低い, つまり難易度が高いことがわかる. 具体的には, 抽象的名詞との組み合わせ正解項目「熾烈をきわめる」の正答率は 0.35 で非常に低く，反対に同じ動詞と具体的名詞との組み合わせ正解項目「道をきわめる」の正答率は 0.7 でかなり高い.

4.2 具体的な名詞から始める組み合わせの実験結果

4.2.1 「名詞（主語）が動詞（述語)」の場合

2.2.1. で作成した具体的名詞群（単独）の正解項目，誤り項目それぞれの正答率の平均値は表 4 に示すとおりである.

この場合の正答率の逆正弦変化値と，4.1.1 の正答率の逆正弦変化値とを合わせて，抽象・具体・具体単独，正解項目・誤り項目の二元配置の分散分析を行った結果，抽象・具体・具体単独要因に有意水準 0.1 パーセントで有意差があり（$F(2, 44)=16.35$, $p=0.00$, $\eta^2=0.41$），正解項目・誤り項目要因（$F(1, 44)=0.61$, $p=0.44$, $\eta^2=0.008$），及び交互作用（$F(2, 44)=1.52$, $p=0.23$, $\eta^2=0.04$）には有意差がなかった．また，下位検定の結果，抽象的名詞群と具体的名詞群の間（$t(44)=5.62$, $p=0.00$），及び抽象的名詞群と具体的名詞単独群の間（$t(44)=3.82$, $p=0.00$），にそれぞれ有意水準 0.1 パーセントで有意差があった．一方，具体的名詞群と具体的名詞単独群の間には有意な差はなかった．

表 4 「名詞(主語)が動詞(述語)」(具体的名詞群(単独))の正答率の平均値

	正解項目		誤り項目	
	N	Mean	N	Mean
具体的名詞群(単独)	9	0.930	8	0.968

上記の表 2，表 4 及び分散分析の結果から，やはり抽象的名詞群の方が具体的名詞群より正解項目，誤り項目共に正答率が低い，つまり難易度が高いことがわかる．さらに，具体的名詞群(単独)より，抽象的名詞群の方は難易度が高いこともわかる．特に具体的名詞群(単独)ては，正解項目と誤り項目で，同じ動詞に対してまったく異なる種類の名詞を用いているため，誤りの項目の正答率が高くなっていると考えられる．例えば，正解項目「大統領が訪問する」の正答率は 0.93 でかなり高いが，同じ動詞に対応する誤り項目「列車が訪問する」の正答率は 0.96 とさらに高くなっている．

4.2.2 「名詞（目的語）を動詞」の場合

2.2.2. で作成した具体的名詞群（単独）の正解項目，誤り項目それぞれの正答率の平均値は表 5 に示すとおりである．

この場合の正答率の逆正弦変化値と，4.1.2 の正答率の逆正弦変化値とを合わせて，抽象・具体・具体単独，正解項目・誤り項目の二元配置の分散分析を行った結果，抽象・具体・具体単独要因（$F(2, 44)=4.21$, $p=0.02$, $\eta^2=0.14$）と交互作用（$F(2, 44)=4.18$, $p=0.02$, $\eta^2=0.14$）に有意水準 5 パーセントで有意差があり，正解項目・誤り項目要因には有意差がなかった（$F(1, 44)=0.02$, $p=0.89$, $\eta^2=0.0003$）．

表 5 「名詞(目的語)を動詞」(具体的名詞群(単独))の正答率の平均値

	正解項目		誤り項目	
	N	Mean	N	Mean
具体的名詞群(単独)	5	0.904	12	0.611

また，下位検定の結果，抽象的名詞群と具体的名詞群の間（$t(44)=2.57$, $p=0.014$），及び抽象的名詞群と具体的名詞単独群の間（$t(44)=2.50$, $p=0.016$）にそれぞれ有意水準 5 パーセントで有意差があった．特に，交互作用に関する下位検定では，具体的名詞単独群において正答課題と誤答課題の間に，有意水準 5 パーセントで有意差があることがわかった（$F(1, 44)=5.76$, $p=0.02$, $\eta^2=0.095$）．上記の表 3，表 5 及び分散分析の結果から，やはり抽象的名詞群の方が具体的名詞群より正答課題，誤答課題共に正答率が低い，つまり難易度が高いことがわかる．さらに，交互作用を考慮した下位検定の結果から，特に具体的名詞群(単独)では，誤答課題の方が正答課題より難易度が高いことがわかる．

具体的名詞群単独の場合のこの正答率の差は，誤り項目の名詞が同じ動詞を組み合わせた正解項目の名詞と類似している場合に顕著である．たとえば，「交差点を右折する」という正解項目の正答率は 0.94 で非常に高いが，「交差点」と類似した名詞と同じ動詞とを組み合わせた誤り項目「歩道を右折する」の正答率は 0.3 と非常に低い．同じく，正解項目「海上を北上する」の正答率は 0.78 でかなり高いのに，類似した名詞を用いた誤り項目「路上を北上する」の正答率は 0.33 でかなり低いと言える．

以上の結果から，本研究の自動作問のシステムを用いて生成された「名詞（主語）が動詞（述語）」と「名詞（目的語）を動詞」二種類の組み合わせ問題について，システムで想定された難易度が実際の人間にとっての難易度と十分一致していることが，実験に基づき実証された．すなわち，最初に入力した抽象的な名詞群と動詞の組み合わせ問題は，同じ動詞に対応する具体的名詞群との組み合わせよりも難易度が高い．また，具体的名詞群を用いる場合でも，誤り項目の名詞が同じ動詞に対応する正解項目の名詞と類似している場合は，類

似していない場合より，難易度が高くなることも確認された. これらの結果から, 今回開発した自動作問システムが難易度の自動設定についても十分有効に機能していることが実証されたわけで，今後の当該システムの教育現場での語学テスト問題の自動作成等に向けた実用化の可能性が高いと言える.

5. 今後の課題

本研究では語彙組み合わせの難易度付き自動作問の最初の試みとして,「名詞（主語）が動詞（述語）」と「名詞（目的語）を動詞」二種類の組み合わせについて，同じ手順で自動作問を行った. 今後は「名詞（目的語）に動詞」あるいは「形容詞–名詞」の組み合わせでも同様の手順で自動作問を行うことができる.

また, 本システムの特徴として, 初期入力で用いる名詞群のレベルを変えることで，様々な難易度の組み合わせの項目を生成することができる. 例えば，小学校，中学校，高校それぞれにおいて基本的に学習する用語を初期入力し，それぞれの段階に応じた難易度の組み合わせ項目を作成することも可能である. また外国人の日本語能力の段階に応じた名詞を入力し，段階的な難易度の項目生成にも対応できる.

さらに，本研究で構成した組み合わせ項目の自動生成の方法は主に，名詞と動詞の文法関係に基づく共起頻度を用いている. すなわち, 名詞と動詞の文法関係に基づく共起頻度に関する十分に大量のデータが取得できれば，この方法はどんな言語にも応用可能である.

ただし，言語の意味は，時代や世代，環境等さまざまな社会的要因によって大きく影響を受ける. このような社会的要因に由来する言語の意味の変化を考慮に入れて, 今後, 共起頻度を計算するための言語データベースとして，インターネット等の新たな資源からの言語データの取得も考えている.

また，本研究で使用した実験材料は 100 問かつ被験者は 54 人で, 項目数と被験者数ともに十分とは言えない. 今後は項目数と被験者を増やして検証する必要がある.

今後は新たに加えた語彙に関する共起頻度データに基づき, 本研究で提案した自動作問の方法を用いて, 初期設定で入力する名詞群を様々に変えることで，課題内容，難易共に多様なテスト項目の自動生成とその実証調査を行う予定である.

さらに, 将来，本方法を日本語以外，中国語や英語等様々な言語へ適用し，多言語での組み合わせ項目の自動生成システムの構成も試みていきたい.

参考文献

[1] Agarwal, M. and Mannem, P. (2011). Automatic gap-fill question generation from text books. In Proceedings of the Sixth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pages 56–64.

[2] Brown, J. C., Frishkoff, G. A., and Eskenazi, M. (2005). Automatic question generation for vocabulary assessment. In Proceedings of the Conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing, pages 819–826.

[3] Chen,W., Aist, G., and Mostow, J. (2009). Generating questions automatically from information text. In Proceedings of AIED 2009Workshop on Question Generation, pages 17–24.

[4] 張寓杰, 寺井あすか, 董媛, 王月, 中川正宣. (2013). 日本語と中国語における帰納的推論の比較研究―言語統計解析に基づく計算モデルを用いて―. 認知科学, No.20, Vol.4, 439-469.

[5] Gierl, M. J., & Haladyna, T.M. (2013). Automatic item generation. New York, NY: Routledge.

[6] 語彙・読解力検定. http://www.goi-dokkai.jp/

[7] 久田将史, 前田亮. (2007). ニュース記事を用いた時事問題自動作問システム. DEIM Forum A2-1.

[8] 林敏浩, 垂水浩幸. (2012). 自主学習素材共有システムにおける自動作問機能. 教育システム情報学会第 37 回全国大会, 348-349.

[9] Holling, H., Bertling, J. P., & Zeuch, N. (2009). Automatic item generation of probability word problems. Studies in Educational Evaluation, 35, 71–76.

[10] Kane, M.T. (2006). Validation. In R. L. Brennan(Ed.), Educational measurement (4th ed., pp.17-64). Westport, CT: Praeger Publishers.

[11] 清水浩平, 萩原将文. (2011). 名詞と動詞の組み合わせに対する印象推定法. 日本感性工学会論文誌, Vol.10, No.4, pp.505-514.

空間的配置が美術作品の印象評価に及ぼす影響
The influence of spatial arrangement on impression evaluation in artworks

三浦 慎司†，川合 伸幸‡
Shinji Miura, Nobuyuki Kawai
†‡名古屋大学
Nagoya University
† miura@cog.human.nagoya-u.ac.jp, ‡ kawai@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract
Psychological and cognitive science studies including embodied cognition have been explored underlying mechanisms of aesthetic and impressive evaluations of paintings. In the present research, two types of artworks (i.e., standard paintings and paintings on the ceiling) by the same artists were compared in the two types of viewing; looking forward or looking upward to assess the spatial arrangement of the artworks and these body conditions on various subjective impression evaluations of the artworks. The spatial arrangement (ceiling × wall) and the type of the artworks (ceiling painting × wall painting) were independent variables. The participants appreciated the paintings in a VR space to watch the two types of arrangements (i.e., a painting on the wall or a painting on the ceiling) with the same distance. Although in the whole artworks the main effect and the interaction were not significant, in some of the artworks, evaluations of liking, emotion, beauty, arousal, and strength were enhanced in accordance with the spatial arrangement and the type of painting were matched: The paintings of the ceilings were preferred when they are presented on the ceiling than on the wall, while the paintings of the wall were preferred more presented on the wall than on the ceiling. We discussed possibilities that artists took the viewers' body postures into consideration when they draw their paintings.

Keywords — embodied cognition, aesthetics, Ceiling painting, painting on the feeling, virtual reality

1. はじめに

人の認知に関する考え方の一つに，人の認知が身体の働きによって作られている身体化認知（embodied cognition）[1]と呼ばれる考えが存在する。身体化認知の研究では，思考や判断などの認知が様々な感覚モダリティと密接に関連していることを明らかにしており，例えば，表情の違いが漫画の面白さに影響を与えること[2]や，温度感覚が他者の人物特性の判断に影響を及ぼすこと[3]，重さの感覚が責任の重さや物事の重要性判断に影響を及ぼすこと[4]などが知られている。

昨今の研究では，身体化認知に基づいた美術作品に対する美的な評価に関する研究が存在する。例えば，点描やストロークなどの絵画の筆づかいと一致あるいは不一致の手の動きをすることによって，絵画の美的な評価が変化することが示されている[5]。筆づかいを知覚した際に，ミラーニューロンシステムが賦活したり[6]，筆づかいが示す運動方向と一致する動きが観察者に誘発されたりする[7]ことから，絵画の筆づかいに対する美は身体を基盤にして生じることが分かる。ところで，筆づかい以外にも，身体の影響が予想される美術作品が存在する。例えば，作品の中には，身体の動きを必然的に伴うような作品もあり，私たちは左右に開いた祭壇画を見る際には首を左右に動かし，キャンバスサイズの大きい作品や天井画を見る際には見上げて鑑賞し，彫刻作品やインスタレーション作品では作品を様々な角度から見て回ろうとする。作品の評価に身体の状態や動きが影響するのであれば，これらの作品に対する評価への影響があることが想定できる。ところが，絵画の筆づかい以外に，このような身体と作品の評価の間の関連性を示した研究はこれまでに行われていない。そこで，まずはどのような対象において身体の働きが認められるのかについて検討をする必要があると考えられる。

そこで，本研究では，その一つとして天井画を取り上げる。天井画とは，寺院や宮殿の天井に描かれるないし飾られる美術作品のことを指す。最も著名な例としてはミケランジェロ・ブオナローティのシスティーナ礼拝堂の天井画が挙げられる他，日本でも水墨画で描かれた雲竜図や葛飾北斎の鳳凰図などの作品があり，洞窟壁画など旧石器時代にすでに天井面に描かれた絵も存在する。絵画は一般的に壁に飾られるないし描かれるため，大抵は正面から作品は鑑賞されるが，天井画は天井にあるため上を向いて鑑賞をする必要がある。それを，あえて天井に描いた意味は，空間的配置ないしそれに伴う身体状態の違いが，観察者の評価に影響を及ぼすからなのかもしれない。ところが，空間的配置の違いが作品の評価にどのような影響を及ぼすのかについてはまだ研究が行われていない。そのため，天

井画は天井にあるからこそ美的な評価や印象評価が変化するのかどうかについて検討をする必要があると考えられる。

天井画において，空間的配置やそれに伴う身体状態が仮に評価に影響を及ぼす場合，そのパターンは二つあると考えられる。一つは，空間的配置のみが作品の評価に影響を及ぼすパターンである。この場合は，評価の変化は，天井に配置されていることそのものの影響であり，作品の内容は関係がない。身体化認知の研究では，上下の位置関係や身体動作はそれに関わる様々な概念と結びついていることが知られている。例えば，上下は感情価と関連しており，上はポジティブ感情と，下はネガティブ感情と結びついており，画像の感情価の評価に上下の身体動作の影響を受けることが示されている[8]。また，その他にも，上下空間は力との結びつきもあることが示されており，対人関係上の力量関係を上方向の方が強く感じ，下方向の方が弱く感じることが示されている[9]。そのため，作品の美的な評価だけでなく，力強さのような印象評価とも関連しているかもしれない。また，もう一つのパターンとして，空間的配置と作品内に描かれている視覚情報の相互作用が作品の評価に影響を及ぼす可能性が挙げられる。これは，天井画は天井にあってこそ作品の魅力を感じるような視覚情報が描かれていることを指している。本研究では，この 2 つを検討するために，使用する刺激として，天井画および天井画と似た内容の正面に飾られるないし描かれるような作品を用いて，作品の空間的配置によってどのような評価の変化が生じるのかの比較を行う。また，この時，一般に 4 m 以上の高さのある天井画の鑑賞状況を実験室で行うのは困難であると判断されたため，本研究では，Virtual Reality（VR）を用いて，仮想空間内で絵画の提示をして実験を行う。

2. 方法

実験デザイン 独立変数は，空間的配置（天井条件・正面条件）と作品の種類（天井画・正面画）の 2 要因混合計画であった。従属変数は，作品の好ましさ（好き－嫌い），美しさ（美しい－醜い），感情価（快－不快），覚醒度（興奮－鎮静），強さ（強い－弱い），奥行き感（奥行き感のある－奥行き感のない），見やすさ（見やすい－見づらい）の 7 項目とフィラー項目 2 項目で構成されていた。項目の順番は参加者ごとにランダマイズされ，好ましさと美しさと感情価は連続にならないようにした。

実験参加者 18 歳以上の男女 17 人（男性 5 人，女性 12 人，平均年齢 21.65 歳）を実験参加者とした（発表時には 30 人分のデータを取る予定）。

実験装置 VR デバイスとして HTC Vive（HTC & Valve Corporation）を使用した。ゲーム画面の解像度は 2160（1080×2）×1200 であった。視野角は約 110 度だった。音声指示用にスピーカーを参加者の約 50 cm 後方に設置した。

刺激と仮想空間 刺激は，天井画と正面画（正面に描かれるないし飾られる作品の略）の 2 種類を各 6 枚ずつ使用した。刺激の選出基準は，天井画と正面画で同じ作者であることと，同じような内容が描かれていることの 2 つであった。図 1 に本実験で選出した刺激を示す。葛飾北斎の作品は，『龍図』は『雪中虎図』と，『怒涛図　男浪』は『神奈川沖浪裏』と，『鳳凰図』は『「肉筆画帖」鷹』と内容を似せている。

実験時に参加者が入る仮想空間は，ゲームエンジン Unity によって作成した。仮想空間は立方体空間とその中の，刺激および看板で構成されており，刺激は参加者の右手の壁もしくは天井に配置され，正面には“START”と書かれた看板を配置した。作品の大きさは縦 300 cm で，横幅は縦横比を変えずに拡大した。壁や天井までの観察距離は，400 cm とした。天井に配置する刺激は参加者の真上にあるとかなり首の負担が生じることが予想されたため，絵の中心は参加者の真上から前方に 100 cm 離れていた。また，壁に配置する刺激は，床から 10 cm 高く配置した。（今回のデータは予備実験分も含めており，そのうち 5 人の壁に配置する刺激は床から 50 cm 高く配置しており，さらにそのうち 1 人の天井の配置は真上から 15 cm 前方に離れていた。発表時にはこれらのデータを除いた 30 人分のデータで分析する予定である。）

手続き 実験は，天井条件 2 回と正面条件 2 回の練習試行と，天井条件 12 回と正面条件 12 回の本試行に分かれていた。両条件は交互に行われ，順序は参加者ごとにカウンターバランスを取った。参加者の椅子の高さを調整し，HMD を装着し，VR 空間内の看板が正面に見えていることが確認でき次第，実験を開始した。実験の 1 試行の流れを図 2 に示す。実験は自動で流れる音声を用いて行われた。まず，「上を向いて（右を向いて）鑑賞を始めてください」という合図によって，参加者は鑑賞を始めた。30 秒が経過したら，「評価をしてください」の合図とともに，評価用画像を作品の前

に提示した。評価時間は次の試行まで一定時間空けるために最低 30 秒設けた。参加者は 9 項目の質問に口頭で回答をした。回答が終了したら看板の方向に向いてもらい,「次の作品に移ります」という合図が鳴ったら,実験者が手動で次の試行の場面に切り替え,再び音声を流して次の試行を始めた。現実空間における姿勢の状態を図 3 に,VR 空間内の配置を図 4 に,HMD に映る絵画鑑賞時の左視野の画面のスクリーンショットを図 5 に示す。

	作品の種類	
作者名	天井画	正面画
ミケランジェロ・ブオナローティ	 システィーナ礼拝堂天井画	 最後の審判
アンドレア・マンテーニャ	 プットーと女性たちが見下ろしている円形天窓	 銘板を支えるプットーたち
ピエトロ・ダ・コルトーナ	 神の摂理の勝利	 サビニの女の略奪
葛飾北斎	 龍図	 雪中虎図
	 怒涛図　男浪	 神奈川沖浪裏
	 鳳凰図	 「肉筆画帖」鷹

図 1　本実験で使用した作品

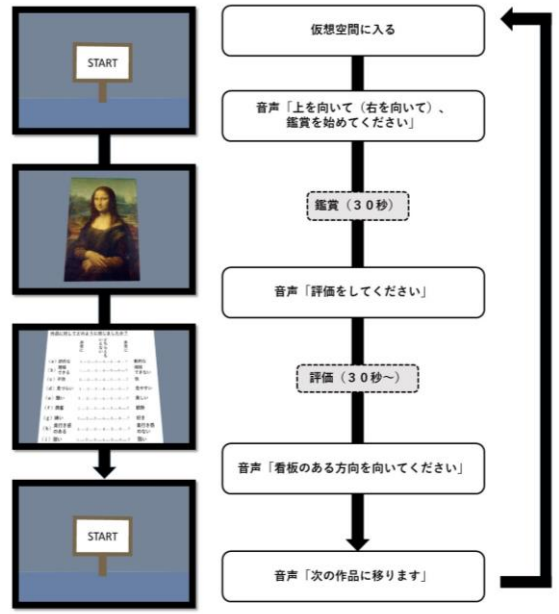


図 2　1 試行の流れ



図 3　実験時の姿勢（①の準備段階では，看板の方向を向いている。②③は，各条件の鑑賞フェーズである。）

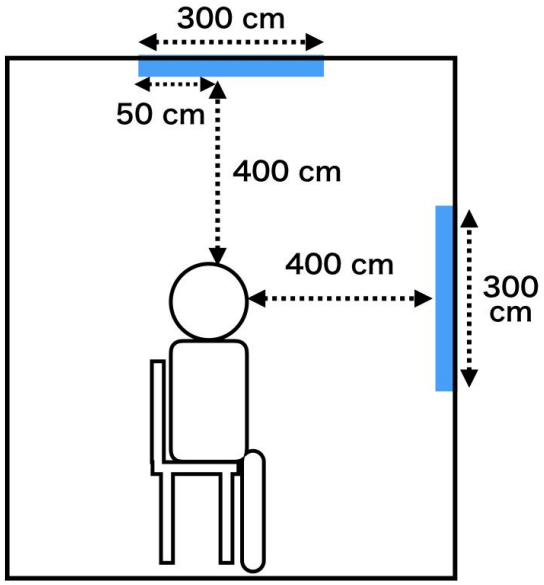


図 4　VR 空間内の配置

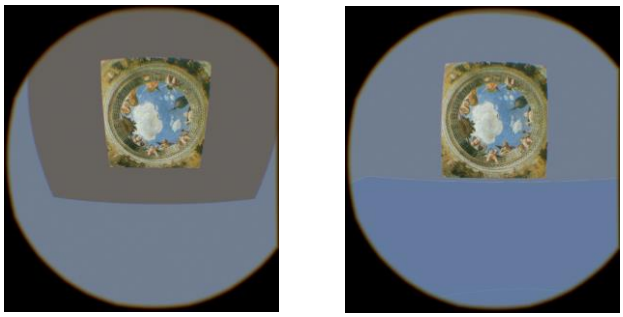


図 5　HMD に映る絵画鑑賞時の左視野の画面のスクリーンショット（左：天井条件，右：正面条件）

3.　結果

まず，全ての絵画について，各指標の平均値に対して絵画の種類（天井画／正面画）×空間的配置（天井／正面）の 2 要因参加者内計画で分散分析を行ったところ，いずれの指標においても空間的配置の主効果［好ましさ（F（1，16）= 0.63，*ns*），感情価（F（1，16）= 0.19，*ns*），美しさ（F（1，16）= 0.31，*ns*），覚醒度（F（1，16）= 1.22，*ns*），見やすさ（F（1，16）= 2.89，*ns*），奥行き感（F（1，16）= 0.00，*ns*），強さ（F（1，16）= 1.28，*ns*）］および交互作用［好ましさ（F（1，16）= 0.02，*ns*），感情価（F（1，16）= 0.19，*ns*），美しさ（F（1，16）= 0.02，*ns*），覚醒度（F（1，16）= 1.50，*ns*），見やすさ（F（1，16）= 2.33，*ns*），奥行き感（F（1，16）= 0.30，*ns*），強さ（F（1，16）= 0.16，*ns*）］の有意な差は認められなかった。

続いて，作者ごとに各指標の平均値を算出して，分散分析を行った。なお，葛飾北斎においては，『龍図』は『雪中虎図』と，『怒涛図　男浪』は『神奈川沖浪裏』と，『鳳凰図』は『「肉筆画帖」鷹』とで一対のペアとして扱って分析をした。結果として，ミケランジェロ・ブオナローティでは，空間的配置の主効果については，奥行き感で有意傾向が認められたが（F(1, 16)= 3.87，p < .10），好ましさ（F（1，16）= 2.93，*ns*），感情価（F(1，16) = 0.00，*ns*），美しさ（F(1，16) = 0.82，*ns*），覚醒度（F（1，16）= 1.58，*ns*），見やすさ（F（1，16）= 0.87，*ns*），強さ（F(1，16) = 0.14，*ns*）では有意ではなかった。一方で，絵画の種類×空間的配置の交互作用では，好ましさ（F（1，16）= 4.80，p < .05），感情価（F（1，16）= 7.31，p < .05），覚醒度（F（1，16）= 10.71，p < .01），強さ（F（1，16）= 8.82，p < .01）において有意であったが，美しさ（F（1，16）= 1.28，*ns*），見やすさ（F(1，16) = 0.91，*ns*），奥行き感（F（1，16）= 0.41，*ns*）では有意ではなかった。下位検定の結果，好ましさについては，天井画は天井にあるときの方が正面にあるときよりも好ましいこと（p < .01），感情価については，正面では正面画の方が天井画よりも快いと感じること（p < .01），覚醒度については，天井画は天井にある方が正面にあるよりも興奮すること（p < .05），天井では天井画の方が正面画よりも興奮する傾向（p < .10），正面では正面画の方が天井画よりも興奮すること（p < .05），強さについては，天井画は天井の方が正面にあるときよりも力強く感じること（p < .05），正面画は正面にある方が天井にあるときよりも力強く感じる傾向（p < .10），正面では，正面画の方が天井画よりも力強く感じること（p < .05）が示された。続いて，アンドレア・マンテーニャの作品に対する各指標について，分散分析を行った結果，絵画の種類の主効果は，好ましさ（F（1，16）= 4.56，p < .05），奥行き感（F（1，16）= 5.61，p < .05）において有意であり，感情価では有意傾向だった（F（1，16）= 3.32，p < .10）。空間的配置の主効果については，覚醒度（F(1，16) = 6.19，p < .05）や強さ（F（1，16）= 7.16，p < .05）では有意，見やすさでは有意傾向であったが（F（1，16）= 3.36，p < .10），好ましさ（F(1，16) = 0.71，*ns*），感情価（F（1，16）= 2.70，*ns*），美しさ（F（1，16）= 0.09，*ns*），奥行き感（F（1，16）= 0.71，*ns*）では有意ではなかった。また，交互作用については，好ましさ（F（1，16）= 7.77，p < .05），見やすさでは有意（F(1，16）= 5.06，p < 05），美しさでは有意傾向であったが（F（1，16）= 3.71，p < .10），感情価（F（1，16）= 0.04，*ns*），覚醒度（F（1，16）= 0.77，*ns*），奥行き感（F(1，16) = 0.08，*ns*），強さ（F(1，16) = 1.44，*ns*）では有意ではなかった。下位検定を行ったところ，好ましさについては，天井では天井画の方が正面画よりも好ましいこと（p < .01）や，天井画は天井にあるときの方が正面にあるときよりも好ましい傾向（p < .10）が示され，美しさについては，天井では天井画の方が正面画よりも美しい傾向があることが示され（p < .10），見やすさについては，正面画は天井にあるときよりも正面にあるときの方が見やすいことが示された（p < .05）。続いて，ピエトロ・ダ・コルトーナについて，各指標に対して分散分析を行ったところ，絵画の種類の主効果は，感情価（F(1，16) = 4.89，p < .05）および美しさ（F(1，16) = 5.47，p < .05）では有意，覚醒度（F（1，16）= 4.37，p < .10）では有意傾向であったが，空間的配置の主効果［好ましさ（F(1，16)

= 0.00, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 0.07, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 1.15, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.18, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 0.29, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 1.89, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.04, *ns*)］および交互作用［好ましさ（*F* (1, 16) = 0.10, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 1.58, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 2.69, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.20, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 0.12, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 0.24, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.52, *ns*)］は有意でなかった。続いて，葛飾北斎の龍（虎）が描かれた作品に対して，分散分析を行った結果，絵画の種類の主効果については，好ましさ（*F*(1, 16) = 6.19, $p < .05$）および強さ（*F* (1, 16) = 7.11, $p < 05$）において有意であった。また，空間的配置の主効果は見やすさにおいて有意であった（*F* (1, 16) = 9.89, $p < .05$）が，好ましさ（*F* (1, 16) = 0.08, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 0.00, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 1.21, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.21, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 0.88, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.48, *ns*）では有意ではなかった。また，交互作用についてはいずれの指標においても有意差は認められなかった［好ましさ（*F* (1, 16) = 1.03, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 0.41, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 0.74, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.22, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 0.23, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 0.75, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.92, *ns*)］。次に，葛飾北斎の波が描かれた作品に対して，分散分析を行った結果，空間的配置の主効果［好ましさ（*F* (1, 16) = 0.10, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 2.09, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 1.06, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.21, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 2.29, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 0.84, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.43, *ns*)］および交互作用［好ましさ（*F* (1, 16) = 0.31, *ns*)，感情価（*F*(1, 16) = 0.35, *ns*)，美しさ（*F*(1, 16) = 1.30, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.15, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 0.00, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 2.35, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.08, *ns*)］ともに有意な差は認められなかった。最後に，葛飾北斎の鳥が描かれた作品について，分散分析を行ったところ，絵画の種類の主効果が覚醒度において有意傾向が認められたが（*F*(1, 16) =3.83, $p < .10$)，空間的配置の主効果［好ましさ（*F* (1, 16) = 0.79, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 0.94, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 1.36, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 0.35, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 0.12, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 1.28, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.32, *ns*)］および交互作用［好ましさ（*F* (1, 16) = 1.15, *ns*)，感情価（*F* (1, 16) = 0.08, *ns*)，美しさ（*F* (1, 16) = 0.27, *ns*)，覚醒度（*F* (1, 16) = 1.58, *ns*)，見やすさ（*F* (1, 16) = 1.34, *ns*)，奥行き感（*F* (1, 16) = 0.08, *ns*)，強さ（*F* (1, 16) = 0.12, *ns*)］は有意でなかった。ミケランジェロ，マンテーニャ，葛飾北斎の，空間的配置および絵画の種類×空間的配置の交互作用の有意差および有意傾向が認められたデータを図 5～7 に示す。なお，それ以外のデータを含むすべてのデータは付録に掲載した（図 8)。

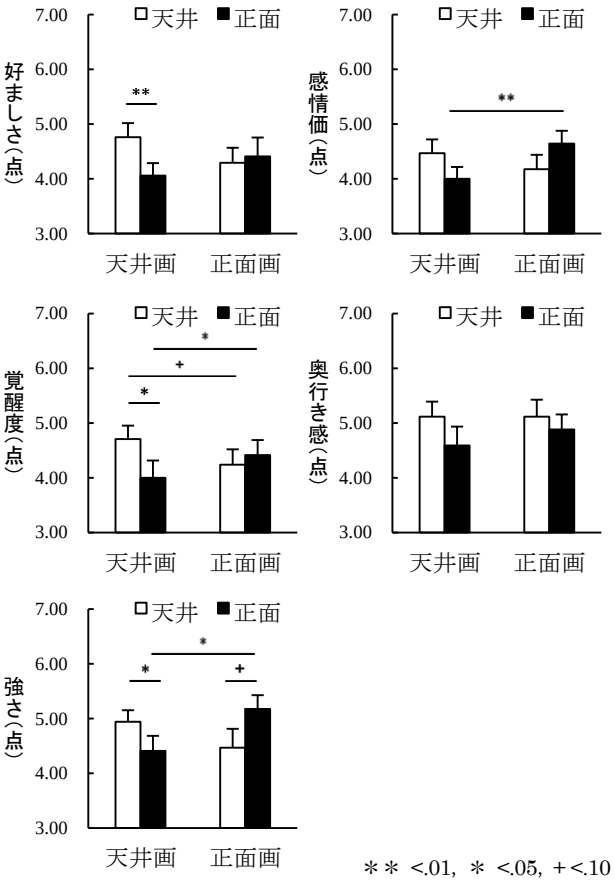


図 5　ミケランジェロ・ブオナローティの絵画の好ましさ・感情価・覚醒度・奥行き感・強さの評価

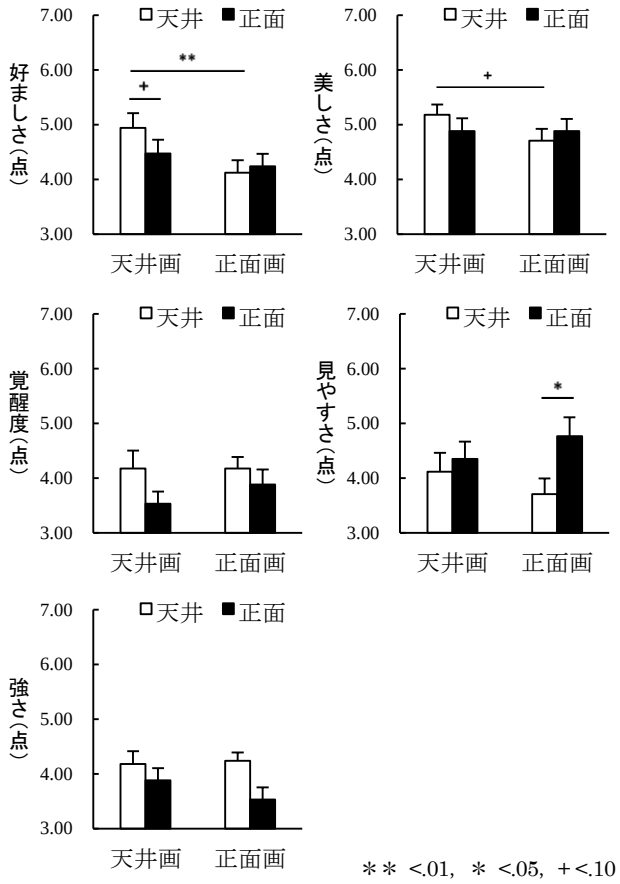


図 6　アンドレア・マンテーニャの絵画の
好ましさ・美しさ・覚醒度・見やすさ・強さの評価

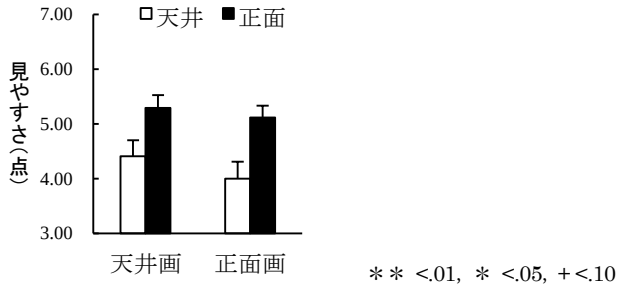


図 7　葛飾北斎の龍（虎）の絵画の見やすさの評価

4.　考察

まず，本実験では，全ての絵画を含めた分析では，有意な差は認められなかった。空間的配置×絵画の種類の交互作用は作品ごとに差異があることも予想できたが，空間的配置そのものの効果は作品の内容には関係なく，生じるはずである。そのため，少なくとも天井と壁という比較では，配置やそれに伴う身体状態だけによって作品の評価は変わらないのかもしれない。

次に，作品ごとの分析に関する考察を行う。まず，ミケランジェロの作品では，『システィーナ礼拝堂天井画』は天井にある方が正面にあるよりも好ましいと感じ，『最後の審判』は『システィーナ礼拝堂天井画』に比べて正面に配置されていた方が快いと感じることが示された。この原因として，絵画内の視覚情報に天井ないし正面にあるときに視知覚しやすい情報があった可能性が予想される。天井画と正面画では，少なくとも 2 つの視覚情報の違いが挙げられる。一つは，作品の上下の方向の有無である。『最後の審判』では作品の上下は決まっているが，『システィーナ礼拝堂天井画』では絵ごとに見ると人物や地面，空の関係に応じて方向がある一方で，全体で見ると上下という概念がなくなる。また，もう一つは，描かれた要素ではないが，『システィーナ礼拝堂天井画』では，作品内に天井のドーム状の形が残っていた。こうした特徴は，天井に直接描いているような作品では，屋根の形状上，必然的に付いてくることがある。そして，これらの二つの視覚情報が天井特有のものであるならば，作品はより知覚しやすくなるのかもしれない。特に，ドーム状の立体的なアーチは一般に壁ではなく天井にあることから，天井にある方が認識しやすく，それが作品のポジティブな評価につながった可能性が考えられる。天井画と正面画の違いである上下の概念の有無については他の天井画おいても見られるが，ほとんどの作品で交互作用が認められていない。このことからも，知覚しやすさが好ましさや快さの評価に影響を及ぼしたのであれば，天井の形によると予想される。また，そのほかにも，壁画・天井画が本来あるべき場所と一致した空間に提示されたことの気づきが評価に影響を与えた可能性が考えられる。ドーム状の性質が壁には無いということに加えて，ミケランジェロの作品がかなり有名であることから，一致不一致の関係に気づきやすかった可能性が考えられる。ミケランジェロの作品では見やすさの評価において有意な交互作用が認められていないことも，気づきの影響による可能性を支持している。

次に，アンドレア・マンテーニャでは，天井画『プットーと女性たちが見下ろしている円形天窓』が正面よりも天井にあるときに好ましくなる傾向，天井では，『プットーと女性たちが見下ろしている円形天窓』の方が，正面画『銘板を支えるプットーたち』よりも好ましいことと美しい傾向が示された。この原因として，ミケランジェロ同様，空間によって視認しやすい視覚情報とそうでない情報があることと気づきによる影響が予想された。ただしマンテーニャの場合，ミケラン

ジェロと違って，その情報は絵画の中に描かれている。マンテーニャの天井画は下から仰ぎ見るような遠近法が用いられている。この特徴があったからこそ，正面から見たときより天井にあるときの方が知覚しやすくなり，より好ましさの評価が高くなったのかもしれない。しかし，マンテーニャの場合でもやはり空間と絵画の種類の一致不一致の気づきが好みや美しさを高めた可能性は高いと考えられる。なぜなら，『プットーと女性たちが見下ろしている円形天窓』は天井にあるときと正面にあるときで奥行き感や見やすさが変わらなかったからである。さらに，正面画である『銘板を支えるプットーたち』は天井にあるときよりも正面にあるときの方が見やすいのにもかかわらず，美的な評価については正面にある方が好ましいという結果は無かった。このことも，知覚しやすさと好ましさの関連性は低い可能性を支持している。そのため，今後の研究では気づきによる影響と知覚の影響をより明確に分けた研究をする必要があると考えられる。また，マンテーニャの作品では，どちらの作品も天井にあるときの方が力強いと感じられることが明らかにされた。上下空間は社会的な強さを表しており，上にあるときの方が社会的な地位が高く，下にあるときの方が低く判断されることが知られている[9]。そのため，どちらの作品にも描かれていた天使が，上にあるときの方が位が高く見えたことが可能性の一つとして考えられる。

以上のことから，本研究では，作品によっては，作品の種類と空間的配置の一致・不一致により好ましさ・感情価・美しさ・覚醒度・見やすさ・強さの評価が変容することが示された。その原因として，視知覚しやすさや気づきの影響を挙げたが，今回の研究では，そのメカニズムについて捉えきれなかったため，今後の研究では，マンテーニャやミケランジェロと似た作品を増やしたり，より単純な図形を利用したりするなどして，どのような視覚情報が空間的配置と相互作用が認められるのかについて検討する必要があると考えられる。また，本研究では，ミケランジェロの作品における覚醒度と強さの交互作用や奥行き感の空間的配置の主効果，マンテーニャにおける覚醒度の空間的配置の主効果，葛飾北斎（龍と虎）の見やすさの主効果がどのような原因によるのか解明できなかった。覚醒度については，美的な評価に影響を及ぼすこと[10]から，好ましさの原因になっている可能性もある。そのため，今後の研究ではこの原因に関する追及も重要な課題であると考えられる。

参考文献

[1] Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, *59*, 617-645.

[2] Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: A nonobstrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*, 768-777.

[3] Williams, L. E., & Bargh, J. A. (2008). Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth. *Science*, *322*, 606-607.

[4] Jostmann, N. B., Lakens, D., & Schubert, T. W. (2009). Weight as an embodiment of importance. *Psychological Science*, *20*, 1169–1174.

[5] Leder, H., Bär, S., & Topolinski, S. (2012). Covert painting simulations influence aesthetic appreciation of artworks. *Psychological Science*, *23*, 1479–1481.

[6] Sbriscia-Fioretti, B., Berchio, C., Freedberg, D., Gallese, V., & Umiltà, M. A. (2013). ERP Modulation during observation of abstract paintings by Franz Kline. *PLoS ONE*, *8*, e75241.

[7] Taylor, J. E. T., Witt, J. K., & Grimaldi, P. J. (2012). Uncovering the connection between artist and audience: Viewing painted brushstrokes evokes corresponding action representations in the observer. *Cognition, 125*, 26–36.

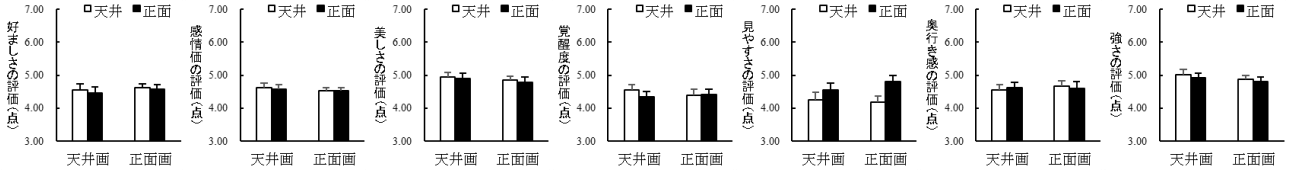
[8] Sasaki, K., Yamada, Y., & Miura, K. (2015). Post-determined emotion: motor action retrospectively modulates emotional valence of visual images. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *282*, 20140690.

[9] Giessner, S. R., & Schubert, T. W. (2007). High in the hierarchy: How vertical location and judgments of leaders' power are interrelated. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *104*, 30–44.

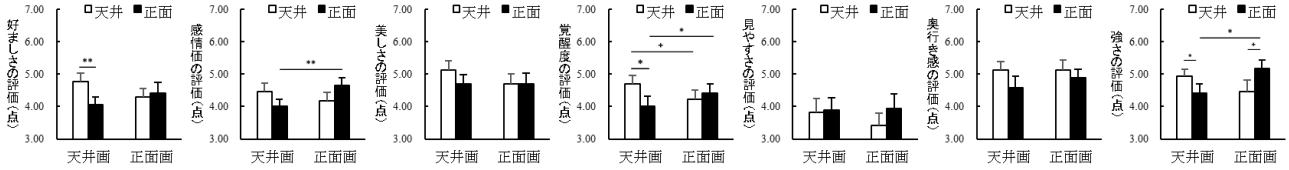
[10] Berlyne, D. E. (Ed.) (1974). *Studies in the new experimental aesthetics: Steps toward an objective psycholoy of aesthetic appreciation.* Washington, DC: Hemisphere Publishing Corporation.

付録

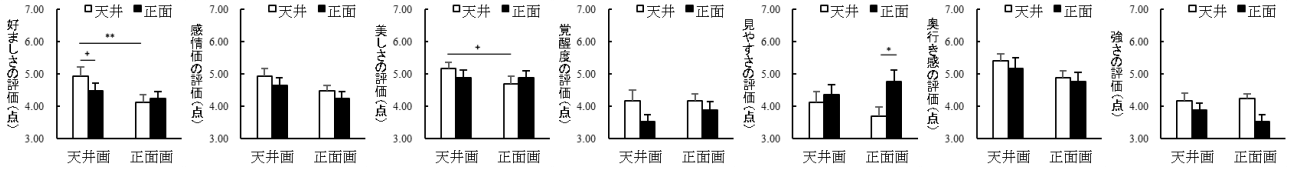
○全絵画



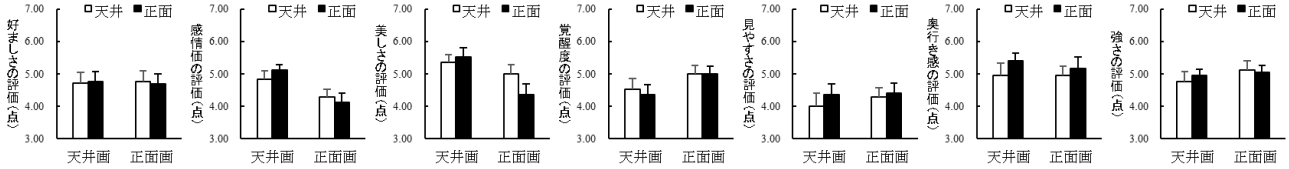
○ミケランジェロ・ブオナローティ



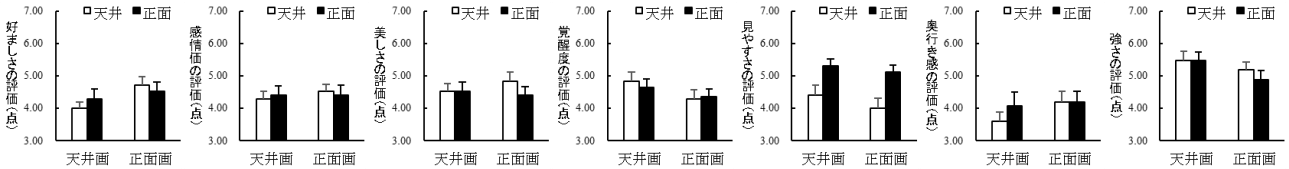
○アンドレア・マンテーニャ



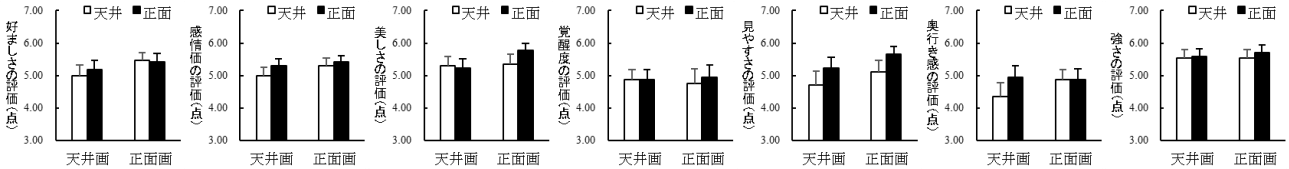
○ピエトロ・ダ・コルトーナ



○葛飾北斎（龍と虎）



○葛飾北斎（波）



○葛飾北斎（鳥）

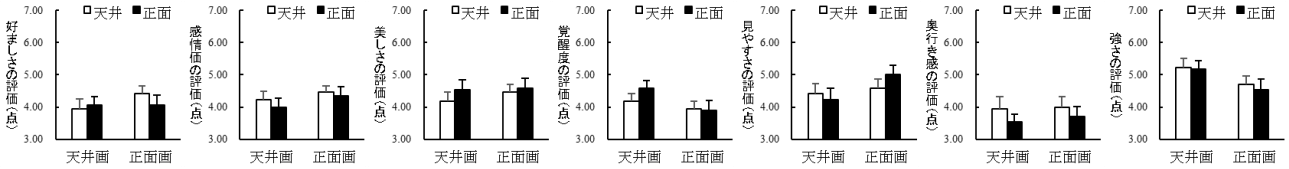


図８　全データ

＊＊ <.01, ＊ <.05, ＋<.10

会話における「そうしたら」と「そうすると」の使用傾向

川端 良子 †
Yoshiko Kawabata
† 千葉大学 融合科学研究科/国立国語研究所 音声言語研究領域
Chiba University, NINJAL
ykawabat@gmail.com

概要

「そうしたら」と「そうすると」の会話における使用傾向を『日本語日常会話コーパス』を用いて分析した結果，前件の事実関係によって形式の使用傾向に偏りがあることが明らかになった．

キーワード： 条件表現，そうしたら，そうすると，日常会話，コーパス

1. はじめに

日本語の条件表現には「タラ」「ト」「バ」「ナラ」等の形式があり，各形式の間には微妙な違いが存在する．このことから，これまで多くの研究者によって各形式の統語的・意味的特性の説明が試みられてきた．こうした特性は，研究者が表現の形式を換えるなどして意味が変化するかどうかや，自然な日本語の文として認められるかどうかを調査した結果に基づいて提唱される．これまでの研究では，提案された特性が実際の言語活動で，どの程度出現するのかという点は十分には検討されてこなかった．そこで本研究は，条件表現の一部である「そうしたら」と「そうすると」に注目して，実際の会話でどのような状況で使用されているか分析する．

2. 従来研究

さまざまな観点から条件文の研究がなされているが，その 1 つが前件と後件で表される事態の事実関係である [2]．表される事態の事実関係によって使用される条件表現が異なると考えられており，さまざまな区分が検討されてきた．特に表される事態が「仮定」であるか「確定」であるかが区別されることが多い．仮定とは，一般に未来のこと，仮想的なこと，実現するかどうか不確かなことである．確定とは，現在や過去の事態などすでに実現した事態のことを指す．

タラ形式とト形式に共通する点として，確定的な事態のうち，一回的 (偶発的) に生起した事態の関係を叙述する用法があるとされる [3, 4]．一方，仮定的な事態については．タラ形式は，未来の場合と反事実的な事態を表すのにも使用されるのに対して [5, 6, 7]，ト形式は,「もし，私が鳥であれば，あなたのところに飛んでいけるのに」「あの薬を飲んでいたら，いまごろは大変なことになっていたところだ」[4](194) などのように反事実的事態を表す場合には使えない，もしくは馴染まないとされている [4, 5]．また，前件もしくは前件と後件で表される事態が 1 回的に生起することであるのか，反復・習慣的 (多回的) に生起することであるのかで使い分けがあるとされる．タラ形式は，多回的な事態を表す用例がほとんどないのに対し，ト形式は 1 回的・多回的共に使用されると言われる [3]．

3. 方法

分析対象として『日本語日常会話コーパス』(以降では CEJC と呼ぶ) を用いた．CEJC は，国立国語研究所の共同研究プロジェクト「大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究」で現在構築中 (2022 年完成予定) のコーパスである [1]．CEJC には 200 時間の会話が収録される計画であり，そのうち 50 時間が 2018 年度中にモニター公開される予定となっている．モニター公開対象となっている会話はすでに転記され，形態素解析情報が付与されてデータベースに格納されている．現在は解析結果の誤りや転記の修正作業が行われている．本研究では，モニター公開対象となっているデータから「そう (副詞)」＋「する (動詞)」＋「た (助動詞-仮定形)/と (助詞-接続助詞)」が出現する箇所をデータベース (2018 年 5 月時点の状態) から取得し分析対象とした．

上記の条件でデータを抽出した結果,「そうしたら」は 170 件,「そうすると」は 84 件抽出された．それぞれについて，まず後件の特定を行い，その後件の成立に関わる前件の特定を行った．前件と後件の両方が特定できたもののみを分析対象とし，どちらか一方でも特定できないものは分析対象外とした．この手順で分析対象としたものについて，事実関係 (表 1) のアノテーションを行い，それぞれの形式が実際の会話でどのように使用されているかを明らかにする．

表 1　前件の事実関係の分類

事実関係		内容
反事実		事実と異なること．または，起こることが想定されていないこと．
未来		会話参加者の将来の計画・予測・期待する (されている) こと．
過去	一回	過去のある時点で偶然に起こったこと．
	多回	過去に複数回起こったこと．過去の認識，知識，習慣．
現在	一回	会話中に行なわれていること．
	多回	過去，未来の特定の出来事に限定されないこと．複数回起こること． 現在の認識，知識，習慣．

4. 結果

前件と後件の特定を行った結果，分析対象となったのは「そうしたら」153 件,「そうすると」が 80 件の計 233 件だった．分析対象について事実関係のアノテーションを行った結果を表 2 に示す．

表 2 に示したように,「そうしたら」と「そうすると」の使用は前件の事実関係によって偏りがみられた．具体的には，[反事実] 的事態を表わす場合は，全体として数はすくないものの，すべてタラ形式が用いられていた．また，タラ形式は [過去/一回] の事態を表す場合で使用される例が最も多く，ト形式では [現在/多回] の使用が多かった．特に顕著なのは，[過去/一回] の事態を表す場合で，約 95%(63/66) でタラ形式が使用されていた．

5. 考察

反事実的事態を表わす場合はすべてタラ形式が用いられていたことは，ト形式は反事実的事態と馴染まないと従来より言われてきたことについて本研究でも確認されたといえる．一方，従来研究からの予測と一致しない傾向も見られた．それは，タラ形式が少なくない頻度で [多回] 的な事態を表わすのに使用されていたことである。前田 [3] は，タラ形式は多回的な事態を表す用例がほとんどないとしていた．しかし，[現在] の事態を表わす場合に注目してみると，[一回] 的事態を表す場合より [多回] 的事態を表わす場合のほうが多かった．タラ形式は [過去/一回] の事態を表わすことが多いため，タラ形式内で比較すると [過去/多回] の事態を表す場合が少ないようにも見えるが，[過去/多回] を表すト形式も少ないため [過去/多回] が少ないことがタラ形式の特性とは言えない．タラ形式は [多回] 的事態を表す用例がほとんどないというよりは，[過去/一回] の事態を表す場合はほとんどがタラ形式でありト形式がほとんどないと言う方が適切であろう．

したがって，[反事実][過去/一回] の事態を表す場合にタラ形式が使用される傾向があると言えそうであるが，それ以外の [未来][過去/多回][現在/一回][現在/多回] の場合ではどのような要因でタラ形式とト形式が選択されているかについてはさらに分析する必要がある．

6. まとめ

本研究では CEJC を用いて,「そうしたら」と「そうすると」の使用傾向について分析を行った．従来議論されてきた前件が表わす事実関係についてアノテーションを行い，それぞれの使用頻度を調査した結果，従来研究からの予測と異なり，タラ形式も [多回] 的事態を表すのに使用されることが少なくなかった．むしろ，[過去/一回] 的事態を表す場合にタラ形式が使用されることが多く，ト形式ではほとんど使用されない傾向が見られた．今後は，タラ形式とト形式の使用傾向に差が見られなかった状況においてどのような要因で形式の選択されたのかを明らかにすることが課題である．

文献

[1] 小磯ほか, (2017)”『日本語日常会話コーパス』の構築” 『言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集』,pp.775-778.
[2] 有田節子, (1993)” 日本語条件文研究の変遷”『日本語の条件表現』益岡隆志 (編), くろしお出版, pp.225 − 278.
[3] 前田直子, (1991), ” 条件文分類の一考察”『日本語学科年報』13, 東京外国語大学,pp.55-80.
[4] 益岡隆志, 田窪行則, (1992),『基礎日本語文法-改訂版-』, くろしお出版.
[5] 益岡隆志,(1993), ” 日本語の条件表現について”,『日本語の条件表現』益岡隆志 (編), くろしお出版, pp.1 − 20.
[6] 森田良行, (1980),『基礎日本語 2』, 角川書店.
[7] 森田良行, (2007), 『助詞・助動詞の辞典』, 東京堂出版.

表 2　前件の事実関係別出現頻度とタイプ別の出現比率

N(%)	反事実	未来	過去		現在		計
			一回	多回	一回	多回	
タラ	5 (3.3)	37 (24.2)	62 (40.5)	8 (5.2)	11 (7.2)	30 (19.6)	153 (100)
ト	0 (0)	18 (22.5)	4 (5.0)	7 (8.8)	7 (8.8)	44 (55.0)	80 (100)
計	5 (2.1)	55 (23.6)	66 (28.3)	15 (6.4)	18 (7.7)	74 (31.8)	233 (100)

音響音声学を取り入れた，小学校外国語活動における音声教育の取り組み —Praat を活用した/æ/音の調音指導と評価について—

Pronunciation Teaching with Acoustic Phonetics in Elementary School Foreign Language Activities: Evaluation and Teaching /æ/ Sound using Praat Sound Analyzing Software

岡本 真砂夫†
Masao Okamoto

†姫路市立八幡小学校
Himeji Municipal Yawata Elementary School
okamoto-masao@nifty.com

Abstract

English pronunciation teaching using Information and Communication Technology tools was conducted in an elementary school and students' voices were evaluated by analyzing their formants with Praat sound analyzing software. This research was conducted over two years, with 158 students the first year and 162 students the following year. Appropriate Linear Predictive Coding parameters were found through this research. Students could be aware of the tongue position when they practice English vowel articulation. Praat is a useful software for schools.

Keywords — Praat, Articulation, Pronunciation

1. はじめに

2018 年度より小学校学習指導要領の移行措置が開始され，小学校 3，4 年生では外国語活動を年間に最低 15 時間，5，6 年生では年間に最低で 50 時間の授業を行うことになった．小学校における英語教育はこれまで以上に注目されており，特に「聞く」「話す」ための音声教育の授業の在り方，評価方法が模索されている．本研究は，音響音声学の知見を活かした教材開発，授業実践，評価を通じた，2 年間の児童の発音変容を分析したものである．発音研究の対象音は，/æ/音である。その理由は，/æ/は音素として日本語にはない母音であること，/え/と/あ/の間に位置し，日本語との差が大きいため対比がしやすいことが挙げられる．また，外国語活動教材 Hi，friends！1 において，内容語の強音節と機能語における母音の中で[æ]の出現数は 50 で 5 番目に多く，Hi，friends！2 においても出現数は 48 で 5 番目に多い[1]．助動詞 “can”の強形や “thank you ”にも含まれており，小学校外国語活動に頻出する音であることからも/æ/音に焦点を絞ることにした．

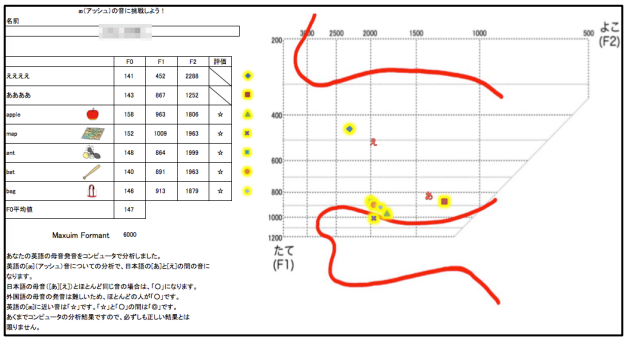
小学校外国語活動は近年開始された領域であり，先行研究は少ないのが実態である．児童の発音を分析した研究はあるが，英語母語話者の発声との比較によって分析をされている等，児童の発声そのものを分析した研究はほとんどない．また，ICT を活用して視覚的に調音指導を行っている先行研究もほとんどない．

本研究を通じて，小学校高学年児童の音声分析に適切な LPC パラメータの設定を発見することができた．また Praat と、エクセルを活用した教材を用いたことで自らの英語母音の調音位置を意識し，英語の母音を変容させた児童が確認できた．

2. 調音位置表示教材について

対象児童は，兵庫県姫路市立八幡小学校 5 年生 5 クラス 167 名(2016 年度)，6 年生 5 クラス 167 名(2017 年度)である．授業実践では，IWB（電子黒板）やタブレット型パソコン等の ICT 機器を活用する教材を作成し，児童に互いの口形を確認させたり，自身の発声を聞きながら英語の音声発声に取り組ませたりした．また，音声分析ソフトウェア Praat [2]の Vowel エディタ機能を活用し，人工的に合成した F0, F1, F2 の音を聞かせることで母音調音の仕組みを理解させたり，パソコン教室で児童自身に Praat を操作させ，自分の母音を調音位置図にプロットさせながら発声練習に取り組ませたりした [3].

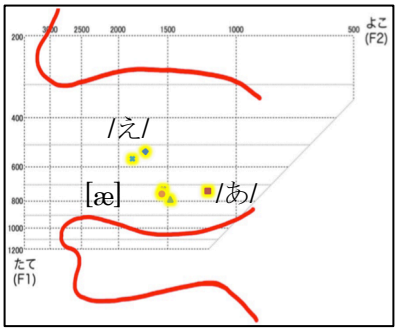
一連の指導の後 Praat を活用し，児童全員のフォルマント値を算出した．フォルマント値を調音位置図にプロットする教材をエクセルで作成し，児童の調音音声を客観的に評価できるようにした（図 1）.



（図 1） 児童 A エクセル評定教材の例

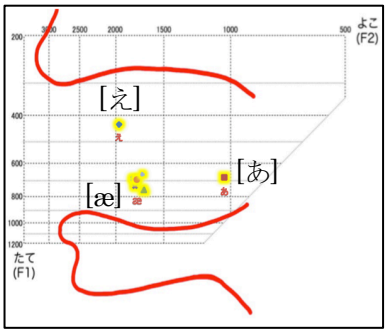
この教材は，横方向から口腔内をイメージしたもので目安として東京方言の女性の[あ] [え]調音位置を加筆

した [4]. /æ/音の調音位置を[あ]音と[え]音と対比できるので，教師，また児童本人が調音音声を評価できる教材である。



（図２）英語母語話者の[æ]の調音位置

図 2 は，アメリカ出身男性英語母語話者の声をプロットしたものである．録音した単語の F0 平均値は 137Hz であり，Maximum formant は 5000Hz に設定している．[æ]音は調音位置が/あ/音より前方に位置し，/え/音の下方に位置する．つまり，F1 が[え]音より大きく，F2 が[あ]音より大きい．この男性は日本語の/あ/, /え/音を意識しているが，調音位置が日本語母語話者と異なる可能性もある．

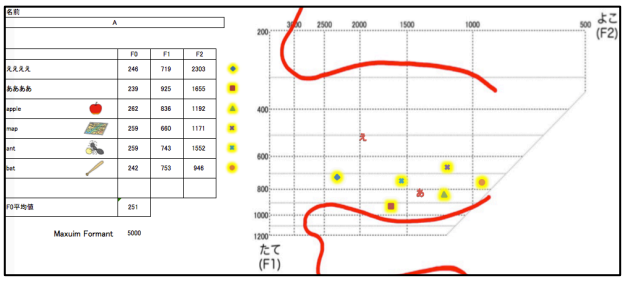


（図 3）筆者の[æ]の調音位置

図 3 は筆者の声をプロットしたものである．録音した単語の F0 平均値は 112Hz であり，Maximum formant は 5000Hz に設定している．/æ/音は調音位置が[あ]音より前方に位置し，[え]音の下方に位置する．つまり，F1 が[え]音より大きく，F2 が[あ]音より大きい．

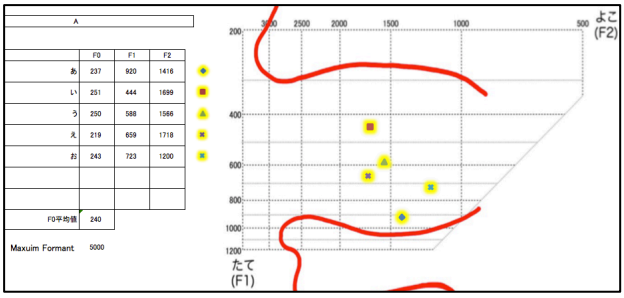
児童の音声を録音する手順は，静かな教室内で一人ずつ「えええええ」「あああああ」（日本語の「え」と「あ」を長めに発声させる） “apple” “map” “ant” “bat” （“bag”: 2 年目のみ）[1]を発声させ，録音した．録音機器には，ZOOM 社の H1 を利用し，サンプリング周波数は 44,100Hz に設定した．2016 年度は “Collect formant data from files”スクリプト [5] を活用し，158 名の音声を分析した．2017 年度は 162 人の音声を分析した．ピッチも観察するため， “Extract f0, f1,f2, Duration”のスクリプト [6] を用いた．これは McCloy 氏が Lennes 氏のスクリプトをモディファイしたものである．その他，ステレオをモノラルに変換したり，ファイル名をクラスと出席番号順変換したりするスクリプトは Praat ヒストリーから自作した [7].

図 4 は，Maximum formant を筆者と同じ 5000Hz に設定したものである．



（図 4）児童 B 英語 Maximum formant = 5000Hz

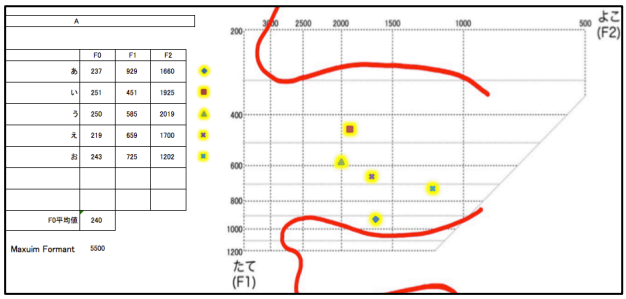
A 児は声が高いためか，/æ/音が[あ]より後方に位置しており，実際の音声と合っていない．そこで，児童の日本語母音を録音してプロットした．すると日本語の母音の調音位置もバラバラになっていることが明らかになった（図 5）.



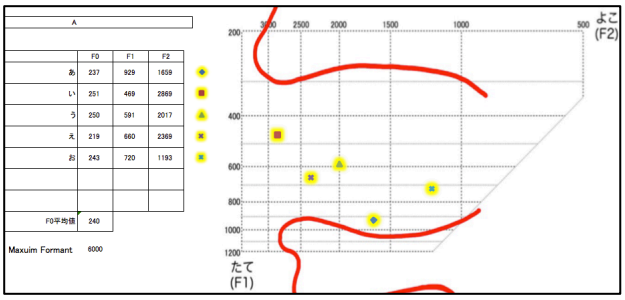
（図 5）児童 A 日本語　Maximum formant = 5000Hz

Lennes (2003)によると，話者が男性，女性，子供かによって Maximum formant の数値を変えなければならない．男性は 5000Hz，女性は 5500Hz 程度だが，小学生児童については記述がなく，適切な LPC パラメータの数値を探るため，Maximum formant を 5500, 6000, 6500Hz に変更し，それぞれの調音位置をプロットした（図 6, 7, 8）.

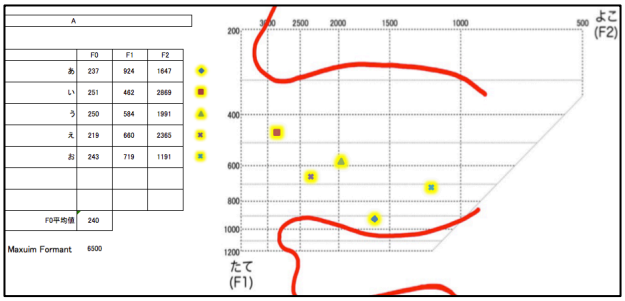
[1] “apple”だけが 2 音節であり，onset の子音をみると/m/と/b/が 1 語，onset なしが 2 語，coda が/p/, /t/, /nt/である．本実験では児童に身近な単語という観点から様々な音節構造の単語を選んでいるが，児童にとっての調音困難度を決定するという実験であれば音節構造を揃える必要がある．



(図 6) 児童 B 日本語　Maximum formant = 5500Hz

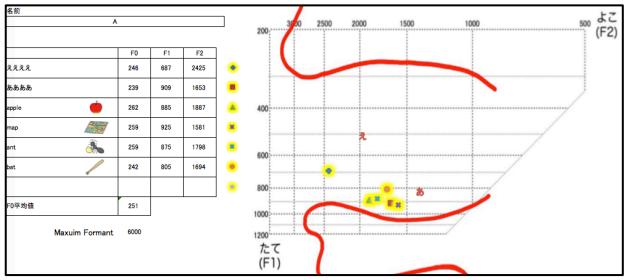


(図 7) 児童 B 日本語　Maximum formant = 6000Hz



(図 8) 児童 B 日本語　Maximum formant = 6500Hz

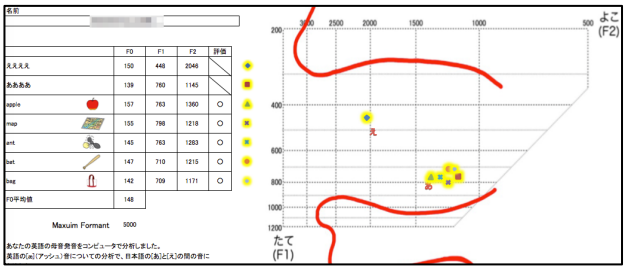
Maximum formant が 6000Hz より調音位置が安定し, 6500Hz ではほとんど差がない. そこで, Maximum formant を 6000Hz に設定して，再度 /æ/音の調音位置をプロットした（図 9）.



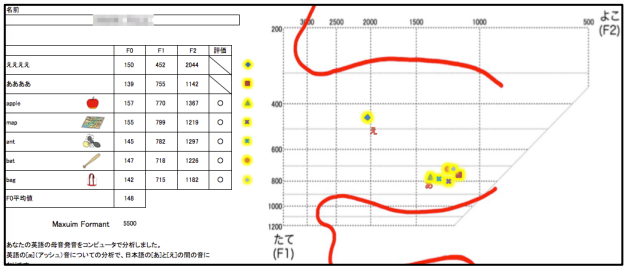
(図 9) 児童 B 英語　Maximum formant = 6000Hz

すると，/æ/音と日本語の[あ]，[え]音の調音位置関係が違和感なく表示された．児童 A は，/æ/音がほぼ日本語の[あ]音になっており，筆者が耳で確認した音声と調音位置が一致している[2]. 児童 A の F0 平均値は 240Hz である．小学校 5，6 年生では男女共に F0 平均値が 200Hz 以上の児童が多い.

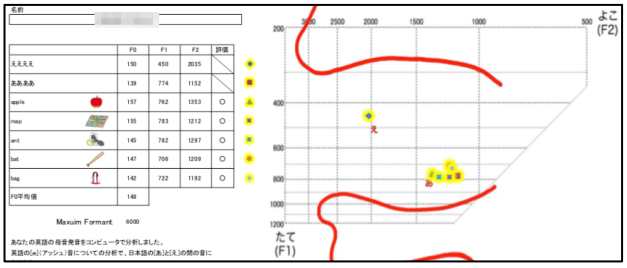
児童 C は，F0 平均値が 148Hz の男子児童である．児童の中には声変わりをして 150Hz 以下の児童もいる．声が低くなれば Maximum formant の数値も下げるべきだと思われるが，児童 C は Maximum formant が 5000Hz（図 10），5500Hz（図 11），6000Hz（図 12）でほとんど差がない．それぞれの児童に適切な LPC パラメータの設定を求めることは，今後の課題である.



(図 10) 児童 C 英語　Maximum formant = 5000Hz



(図 11) 児童 C 英語　Maximum formant = 5500Hz



(図 12) 児童 C 英語　Maximum formant = 6000Hz

3.　3 段階評価について

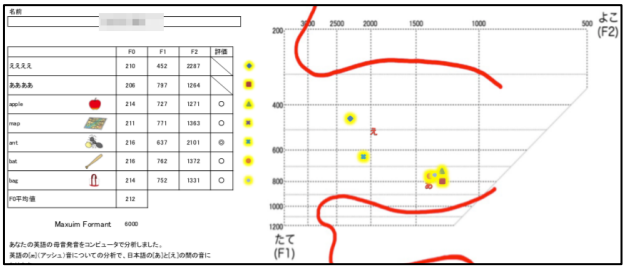
2016 年度に欠席児童を除いた 158 名の音声を録音，フォルマントを算出し，プロットされた図を渡した．2017 年度には欠席児童を除いた 162 名の音声を録音し，プロットされた図を渡した．2017 年度に図を渡した際，/æ/が[あ]と[え]の間に来ているか自己評価し，調音位置を工夫しようと話をしたが，児童から分かりにくいとの声があった．そこで，児童の音声を確認しながら，/æ/の発音を 3 段階で評定した．評価の仕方としては，録音された音声を教師が直接聞いた上で，プロ

[2] 筆者は幼少期をアメリカで過ごした帰国子女であり，英検 1 級等の資格を保有するバイリンガルである．音声学の教育を受けており，英語母語話者と同等の母音識別能力を持っている.

ットされた児童の[え], [あ]音と/æ/音の調音位置を確認した．児童に評価を渡す際は，C, B, A や 1, 2, 3 等の評価ではなく，○，◎，☆の順で評価をした．評価を曖昧にしたのは，/æ/音の練習や録音に挑戦している段階で児童の意欲は十分にあり，まずはその意欲自体を評価したいという思いからである．

図 1 は，全て☆ (A)評価の男子児童である．この児童は 5 年生，6 年生共に全て☆評価であるが，声変わりをしているため，F0 は低くなっている．F1, F2 の数値は変化しているが，/æ/，[あ]，[え]の相対的な位置関係は変わっていない．

図 13 は，児童 D の調音位置図である． “ant”は[あ][え]の間に位置しているが，他の/æ/音は[あ]に近い．“apple”を「アッポー」，“map”を「マープ」と発声し，[あ]に近い音になっているが， “ant”は[あ]と[え]の間を意識しやすいようだ．



（図 13）児童 D 英語　Maximum formant = 6000Hz

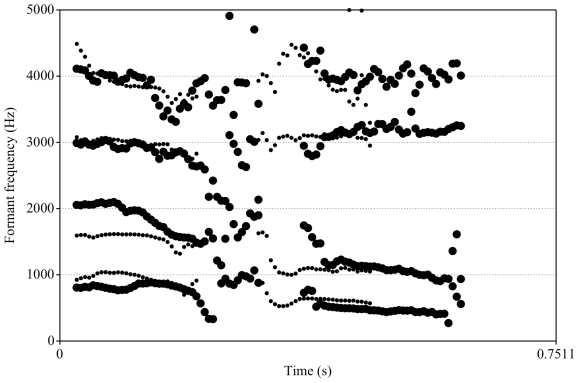
三段階評価は筆者の評価を児童に伝えるためのもので，筆者が音声を聞き，プロット図を参照した上で評定したものなので質的なデータであるが，全体の傾向を見ることができる．A を 3 点，B を 2 点，C を 1 点とし，平均点を算出した．1 年目と 2 年目を比較したところ， “apple” “map” “ant” “bat”のそれぞれの単語で平均点が上昇していた．また，もっとも平均点が高かったのは “ant”だった（表 1）．

表 1　単語別平均点

	apple	map	ant	bat	bag
A	28	25	32	19	
B	36	24	58	32	
C	87	102	61	100	
平均点	1.55	1.47	1.75	1.42	1.29
昨年度の平均点	1.33	1.28	1.66	1.18	
差	0.22	0.19	0.09	0.24	

“bag”は，急遽録音リストに加えた単語である．練習が足りていなかったことが平均点の低さに繋がったのかも知れない．平均点，プロット図，児童の音声から，2 年目に入り /æ/音の調音が上達したことが示唆される．

また，劇的に上達した児童も数名いた．図 14 は，児童 E（男児）の 1 年目と 2 年目の “apple” フォルマントを重ねて表示させた図である．1 年目は細かい点，2 年目は太い点で表示している．横軸は時間，縦軸は周波数を表している．/æ/の F2 値が上がり，調音位置が前方に移動していることが確認できる．



(図 14) 児童 E “apple”のフォルマント

4. 結論

LPC パラメータの値を 6000Hz に設定することで，男児，女児共にフォルマント値を算出することができ，調音位置をプロットできることが確認された．また，エクセルを活用した教材を用いることで，児童が自らの調音位置を意識しながら発音練習に取り組めることが確認された．上達がみられた児童に行ったインタビューから，口腔内の動きを意識することは有効であること，継続して音声指導に取り組むことの重要性が確認された．英語母語話者の[æ]は、デューレーションが長い [8]．今後，音の長さを意識した指導，音声分析を行うことが必要である．

この実践を通して，小学校において児童の発音獲得に向けた教材開発，児童の発音評定，児童の英語母音を習得させられる可能性について考察した．Praat はフリーソフトなので無料で用いることができ，実行ファイルのみで動作するためインストールの必要がなく，セキュリティポリシーが厳しい公立学校でも活用しやすい．5 クラスの児童の発声を分析するため，インターネット上で公開されている Script を用いたり，自作 Script を開発したりし，数十人分のフォルマントを一斉に分析できるよう工夫したものの，まだまだ分析作業が煩雑である．より多くの教室で用いられるよう，簡単にフォルマントを分析できるような手法を開発し

ていくことが今後の課題である.

謝辞

本研究の 2016 年度の研究，授業実践については日本英語検定協会の研究助成を受けた.

[1] 上斗晶代・三宅美鈴・西尾由里. (2017). 小学校英語活動に資する発音指導マニュアルの作成に向けて: 英語音声指導の実態調査と教科書分析を基に. 大学英語教育学会中国・四国支部研究紀要= JACET Chugoku-Shikoku Chapter Research Bulletin, (14), 143–160.

[2] Boersma, Paul & Weenink, David (2017). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.28, http://www.praat.org/ (2017 年 3 月 23 日閲覧)

[3] 岡本真砂夫. (2017). 音声学に基づく,ICT を活用した小学校外国語活動での発音評価 システムについて: 音声分析ソフト Praat を活用した評価と指導 (英語能力向上をめざす教育実践). Eiken Bulletin 英検研究助成報告, (29), 66–83.

[4] 服部義弘 (2012). 『音声学』. 東京：朝倉書店.

[5] Mietta, Lennes (2003). Collect formant data from files http://www.helsinki.fi/~lennes/praat-scripts/public/collect_formant_data_from_files.praat (2017 年 3 月 26 日閲覧)

[6] Dan, McCloy (2011). Collect formant data from files https://depts.washington.edu/phonlab/resources/getDurationPitchFormants.praat (2017 年 12 月 30 日閲覧)

[7] 北原真冬, 田嶋圭一, & 田中邦佳. (2017). 音声学を学ぶ人のための Praat 入門. ひつじ書房.

[8] 川越いつえ. (2007). 英語の音声を科学する. 大修館書店.

kinesthetic illusion の誘発において 鏡面上の手のイメージが単独で果たす役割
Moving invisible-hand-image induces kinesthesia on mirror visual feedback.

石原　由貴†，小鷹　研理†
Yuki Ishihara, Kenri Kodaka

†名古屋市立大学
Nagoya City University
haraishihara@gmail.com

Abstract

Mirror Visual Feedback において発生する手の位置・筋運動感覚の錯覚は Kinesthetic Mirror Illusion（KMI）と呼ばれている．本研究では鏡面に裏側の手のイメージを暗黙的に立ち上げることのできる状態（手のイメージの想起性）が KMI に与える影響を調査するため，手や持ち手の有無などを組み合わせた条件を用いて，鏡と裏側の手を同時に移動させた際の速度を報告してもらう実験を行なったところ，手のイメージの想起性が高いほど KMI の誘起が起こりやすいこと，具体的な手のイメージを使用しなくとも KMI を誘起することは可能であるという結果が得られた．

Keywords — Mirror Visual Feedback, Body image, Multisensory integration, Kinesthetic illusion, Body perception

1.　背景

Mirror Visual Feedback (MVF)は幻肢痛や知覚運動障害，半側不全麻痺などのリハビリテーションに利用される錯覚である[1]．この錯覚では両腕の間に鏡を立てることにより，鏡面裏側に配置した手（Invisible hand）が本来存在するはずの位置に鏡面の手前側に配置した手（Visible hand）の像（鏡像）を提示する．その鏡像を観察することによって，被験者はあたかも鏡像が Invisible hand として存在しているかのような感覚が得られる．この時，Visible hand を動かすと，本当は動いていないはずの Invisible hand が，動いているかのように感じることができる．この MVF によって引き起こされる位置・筋運動感覚の錯覚は Kinesthetic Mirror Illusion（KMI）と呼ばれ，健康な被験者に対して行った場合にも起こることが知られている．KMI の錯覚強度には，鏡像に対する身体所有感（Body Ownership）が大きく関わることが分かっている．例えば Holmes らの研究[2]では，木や姿勢の異なる手を鏡像として用いた MVF を体験した後，指定の位置へと指を動かすリーチングタスクの精度が，実際の手を用いた場合よりも下がることを報告している．また，Medina らが行った，MVF 下での Invisible hand の位置を報告する課題[3]では，両手の動きが同期する場合，同期しない場合よりも Invisible hand の位置感覚が鏡像の位置に引き寄せられることを報告している．これらは，鏡像に対して身体所有感を誘起する要因である，Invisible hand と鏡像の形態的な類似と姿勢の合致が，KMI の錯覚強度に直結することを示している．では，KMI が<鏡像（視覚）>と<Invisible hand の筋固有感覚>との二者間の単純な感覚間統合の結果であるかというと，そうではない．実際, Guerraz らのグループの行った研究[4]では，MVF 中の Visible hand の筋固有感覚を振動によってマスクした際，マスクしない場合と比べ，Invisible hand の移動感覚が抑えられることを報告した．また同グループが行なった，MVF を行っている途中に視覚を遮る実験[5]においては，動いていないはずの Invisible hand が見えないはずの Visible hand の動きにつられ，KMI が持続したことも報告している．これらの研究は，KMI には両肢の筋固有感覚のカップリング現象（Interlimb Coupling）が重要な役割を果たすことを示している．よって，KMI の要因について考える上では，<鏡像（視覚）>，<Invisible hand の筋固有感覚>，<Visible hand の筋固有感覚>の 3 者間の感覚間統合を考える必要がある．それでは， KMI において＜視覚（鏡像）＞は具体的に，どのような影響を有するのだろうか. 実は，これまでの MVF の装置は，鏡像の動きを作り出すために Visible hand を動かさねばならないという重要な制約が存在していたため，<Visible hand の筋固有感覚>の影響を完全に取り去った状態で KMI を観察することができなかった．

そこで我々は，鏡と Invisible hand を置く台をそれぞれ独立に機械的に動かすことのできる Movable Ramachandran’s Mirror Box（MRMB）を作成した．この装置は鏡を左右に動かすことのできる機構を持つため，Visible hand を動かさずとも鏡像を左右任意の方向

へと動かすことができる．<視覚（鏡像）>が KMI に単独で与える影響について調査するため，MRMB を用いて，鏡と Invisible hand を様々な速度で同時に動かした際に，Invisible hand がどちらの方向に動いたのかについて被験者に回答してもらう実験を行ったところ，鏡と逆方向に動く Invisible hand の移動速度が一定の割合を超えない場合, Invisible hand の動きが鏡像と同じ方向に動いたように錯覚すること，すなわち<視覚（鏡像）>が単独で KMI を誘発することができることをはじめて示した[6]．一方で，この実験では左右の手の姿勢が異なる場合にも十分なレベルの KMI が誘発されるという結果も得られており，どのような視覚情報（身体，背景，持ち手などの特徴的物体）が具体的に KMI に寄与したかについては，十分に明らかとされなかった．この理由として，Visible hand と Invisible hand の持ち手の形状が同じであったために，Invisible hand の存在を喚起する触覚的な手がかりが視覚的に与えられ，手の鏡像が一致しない場合でも，鏡面の中に，Invisible hand のイメージを暗黙的に立ち上げることのできる状態，すなわち，「手のイメージの想起性」が高い状態が作り出されていたことが挙げられる．

そこで，本稿ではこの「手のイメージの想起性」が KMI に与える影響を調査することを目的として，手や持ち手の提示条件の異なる環境下において，鏡と Invisible hand を同時に様々な速度で移動させた際に感じた速度を報告してもらう実験を行なった．

2. 装置

使用した MRMB（図 1）には左右に動くことのできる 30×45 cm の鏡と，2 つの持ち手（厚み 1.2cm）が取り付けられている．これらの持ち手は鏡から左右 15cm ずつ離れた位置を基準に配置され，注視点として手前から 30cm の位置に赤いシリコンの突起を取り付けられている．また，Invisible hand の持ち手の外側には，円柱（直径 2.4cm）が取り付けられ，持ち手の移動とともに移動するようになっている．鏡とその裏側にある Invisible hand の持ち手は可動式で、それぞれが独立して左右に動かすことができる. 鏡は装置の構造上, 床面と一緒に動くようになっているが，床面及び持ち手の表面を白い紙で覆うことにより，鏡のみが動いているように見せている. さらに, 鏡への映り込みの影響を抑えるため，実験は鏡面側に白い壁面が映るようにして行われた．また，Invisible hand の持ち手は固定され，動かない構造となっている．

鏡と Invisible hand の台は，リニアアクチュエータ（Firgelli : L16-P Miniature Linear Actuator 140mm 150:1）を Arduino と Processing で制御することによって動作する．この時に起こるモーター音の影響を抑えるため, 実験内の試行では, 被験者はヘッドホンを装着し, ホワイトノイズを聞かされた．

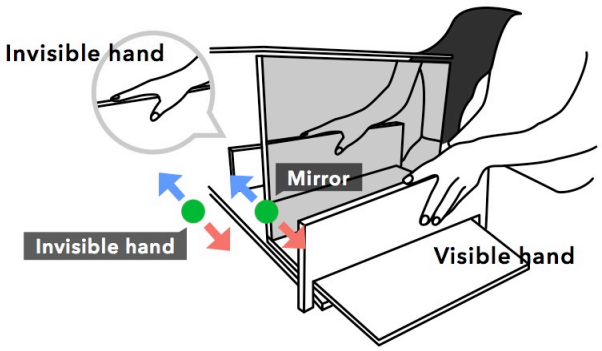


図 1　使用した Movable Ramachandran's Mirror Box

3. 実験

3.1. 被験者

本実験では計 12 名（男性 6 名，女性 6 名）の大学生の被験者に協力してもらった．その内，左利きが 3 名（内 2 名が女性）であり，他は全員右利きであった．ただし，左利きの女性 1 名のデータは結果にて述べる理由により，今回の結果には反映しなかった．

3.2. 移動刺激

実験中提示する刺激として，“鏡の移動条件”と“手の移動条件”の組み合わせ 9 種を用意した．1 試行の提示時間は 3s であるが，実際に移動する時間はノイズ音が鳴らしてから 0.5s 後の 2.5s 間である．右の動きを正の動きとすると，鏡は 4（Attraction），0（Pause），-4（Separation）mm/s の 3 種いずれかの速度で移動する．Invisible hand の持ち手については 3（Attraction），0（Pause），-3（Separation）mm/s の 3 種の内，いずれかの速度で移動を行う．鏡と Invisible hand の持ち手の移動は同時に提示され，移動時間が終わると流れていたノイズ音と共に停止した. その後, 被験者は刺激提示中の Invisible hand の速度感覚について，口頭で回答を行なった．

3.3. 環境条件

今回の実験では手の像の提示の他，鏡像として提示

される持ち手と Invisible hand が接する持ち手が同じ場合／異なる場合を比較することで， KMI の誘起にどのような要因が重要となるのかについて詳細に検討する．用いた 2 種類の持ち手 AB は全くタイプの異なる持ち手である．持ち手 A は板状をしており，被験者は赤いシリコンの突起に人差し指の先を合わせ，他の指で板を握り込んで使用する．持ち手 B は赤い突起の横に配置された丸棒を握りこんで使用する．本実験ではこの持ち手を使用した 5 種の“環境条件”を作成し，KMI に対する「手のイメージの想起性」の影響を調査する（図 2）：

1. 手を鏡像に写した上で，鏡に Invisible hand の持ち手 A と同じ持ち手 A を提示する場合（OCA）
2. 手の鏡像は写さず，鏡に Invisible hand の持ち手 A と同じ持ち手 A を提示する場合（TCA）
3. 手の鏡像は写さず，鏡に Invisible hand の持ち手 B と異なる持ち手 A を提示する場合（TI）
4. 3 の状況に Invisible hand の持ち手 B と同じ形状の物体を提示する場合（TCB）
5. 鏡を不透明な白い紙で覆い，Invisible hand が持ち手 A を使用した場合（NA）．

1 - 4 の条件では鏡面に映る持ち手 A の赤い突起もしくは人差し指の先端を注視点としたが，5.NA に関しては白い紙に，持ち手 A の赤い突起と同じ高さ・奥行きの座標に赤い突起を取り付け，注視点とした．また，この 5.NA 条件は Visible hand の動きが如実に分かる条件であることが予想されたため，他の条件への影響を抑えるため，1-4 の条件を終えた後，使用した．

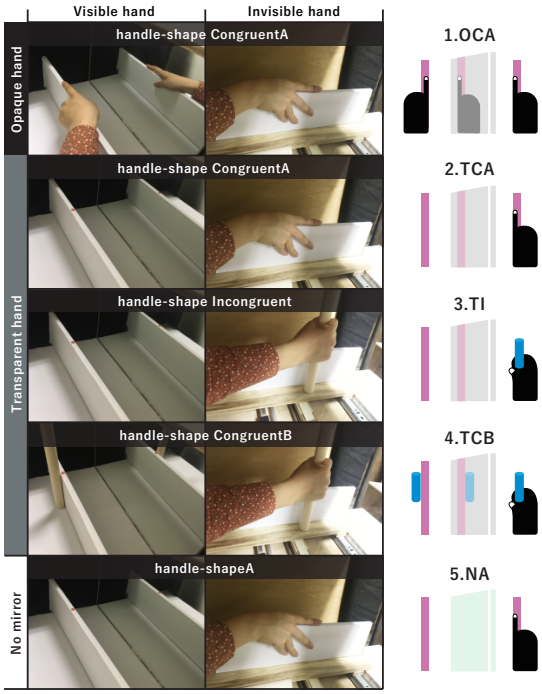


図 2　環境条件

3.4.　アンケート

本実験では“環境条件”によって生じた身体所有感に対する影響についても合わせて観察するため，下記のアンケート 2 項目を作成した:

A)　手を鏡像鏡の中の赤い点に右手の指が乗っている様子をイメージすることができた。

B)　透明な右手を持っているように感じた。

これらについて -3（全くそう思わない）から 3（とてもそう思う）までの 7 段階評価を，各環境条件に対して回答してもらった．

3.5.　基準の速度

回答する速度の基準となる Invisible hand の動きを被験者に覚えてもらうため，被験者は実験を受ける前に，目を閉じ，Invisible hand の持ち手を握った状態で，右，左の順にそれぞれ 3s 間移動する感覚を，連続して体験する． この時提示された速度は， 移動刺激と同様，3mm/s である. 被験者にはこの時の右の動き（Separation）を 10，左の動き（Attraction）を-10 として，刺激提示時に感じた Invisible hand の速度についてレーティングするように指示した．この際，回答の例示として，基準よりも半分の速度に感じた場合には 5, 倍の速度に感じた場合には 20，全く動いていないと感じた場合には 0 と述べること，左の動きにはマイナスを付けること，整数であれば 1 や 13 などの細かい数で回答できることを伝えた．

3.6.　手続き

被験者は装置に対して鏡面が左側となるように座り，Invisible hand の様子が見えないように，鏡から右肩にかけて黒の布で覆われた．実験者は被験者が鏡の裏側を見ることが無いよう，人差し指の先が持ち手 A の赤い突起の位置にくるように被験者の両手を誘導した（1.OCA の状態）. そして被験者は左側から鏡をしっかりと覗き込み，実験中は鏡面内の Visible hand の人差し指先端もしくは赤い突起を見つめるよう，実験者から指示を受けた. その後，被験者には目を閉じて基準の速度を体感してもらい，回答の方法について実験者から教わった上で，実際の試行を数度体験した．

実験では基準の速度を提示した後，鏡の移動刺激 3 種×手の移動刺激 3 種を組み合わせた 9 試行をランダムに提示する．その後，機材のノイズによる持ち手と鏡の位置の基準の位置のズレを修正するため，持ち手と鏡を基準の位置に戻した上で，基準の速度の提示を再度行ない，再び移動刺激 9 種をランダムに提示する試行を行った（ここまでの計 18 試行を 1 セットとする）．被験者は 1 セットを終える毎にアンケート 2 項目を回答し，“環境条件”を 1 セット毎に変えて計 4 セットを行う操作を，2 周行う．“環境条件”の提示順は被験者毎にランダムであったが，4 セットの提示順は 5 セット目以降と同様であった．これら計 8 セットを終えた後，鏡を白い紙で覆い，Visible hand を置かない 5.NA 条件を 1 セット行った．

4. 結果

被験者毎のデータを確認したところ， Invisible hand が移動する場合に，鏡の移動方向が同じ方向に動いたとしても，半数以上の“環境条件”内において，強く逆向きの方向に速度感覚の回答（Subjective rating）をした被験者が 1 名存在していた（Hand:Attraction × Mirror:Attraction で 10 以上， Hand:Separation × Mirror:Separation で-10 以下を回答）．今回の報告ではこの被験者 1 名を除いた 11 名から得られた結果について報告する．

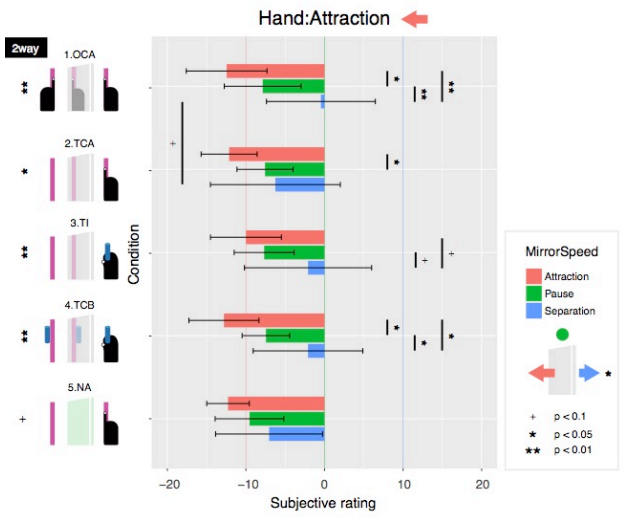


図 3 手が近づく場合

図 3 は Invisible hand が左側に近づく場合（Hand:Attraction）の Subjective rating の被験者平均について，“環境条件”，“鏡の移動条件”別に掲載したグラフである．Hand:Attraction 時には手は-10（負の基準の速度）で動くため，全体的なグラフの概形も負の方向に寄っていることが分かる．“鏡の移動条件”と“環境条件”が KMI に与える影響を比較するため，2 要因被験者内分散分析を行なったところ，“鏡の移動条件”×“環境条件”の有意な交互作用が見られた（$F(8, 80) = 2.37, p < .05, \eta^2 = 0.034$）．さらに，“環境条件”における“鏡の移動条件”の単純主効果検定の結果，5.NA を除く全ての“環境条件”内において “鏡の移動条件”による効果が有意であることが示された（Mirror Speed×1.OCA : F (2, 20) = 16.66, p < .01, η^2 = 0.427; Mirror Speed×2.TCA : F (2, 20) = 3.70, p < .05, η^2 = 0.169; Mirror Speed×3.TI : F (2, 20) = 6.21, p < .01, η^2 = 0.247; Mirror Speed×4.TCB : F (2, 20) = 10.39, p < .01, η^2 = 0.424）．また，5.NA については p < .1 の有意傾向がみられた（Mirror Speed×5.NA: F (2, 20) = 3.41, p = .05, η^2 = 0.158）．また，“鏡の移動条件”における“環境条件”の単純主効果検定の結果，Mirror:Separation 条件においては“環境条件”による効果が有意であった（F (4, 40) = 3.50, p < .05, η^2 = 0.107）．この他の条件に関しては，有意な主効果は見られなかった（Condition × Mirror:Attraction: F (4, 40) = 1.81, p = 0.15, η^2 = 0.054; Condition × Mirror:Pause: F (4, 40) = 0.840, p = .51, η^2 = 0.036）．主効果が見られたものについて，より具体的に調査するため，Holm 法による多重比較を行なったところ，1.OCA，4.TCB 条件においては全ての“鏡の移動条件”間において有意な差を観察することができた（1.OCA:Mirror:Attraction - Mirror:Separation, 1.OCA:Mirror:Separation - Mirror:Pause において p < .01; 他は p < .05）．また，2.TCA 条件においては Mirror:Attraction 条件よりも Mirror:Pause 条件の方が p<.05 で有意に大きかった．また，3.TI 条件においては Mirror:Separation と他の鏡の移動条件間で有意傾向が見られた（双方 p = .07）これらは Invisible hand が実際には Attraction 方向に動いているにも関わらず，速度感覚が鏡の移動応じて変調を引き起こしていること，つまり KMI が起こっていることを示唆している．また，Mirror:Separation における“環境条件”の多重比較では，1.OCA よりも 2.TCA の方が低い Subjective rating をとる有意傾向が見られた（p = .08）．

次に，Invisible hand が停止している場合（Hand:Pause）の Subjective rating の被験者平均を図 4 に示す．Hand:Pause の状態では実際の Invisible hand は動いていないため，Subjective rating も 0 に近い回答のものが多いことがグラフの概形から分かる．これについても 2 要因被験者内分散分析を行なったところ，“鏡の移動条

件” × “環境条件” の交互作用が有意であった（$F(8, 80) = 2.15, p < .05, \eta^2 = 0.034$）．さらに，“環境条件”における“鏡の移動条件”の単純主効果検定の結果，1 - 4 の鏡を用いた“環境条件”において，“鏡の移動条件”による効果が有意であることが示された（Mirror Speed × 1.OCA : F (2, 20) = 36.54, p<.01, η^2 = 0.753; Mirror Speed × 2.TCA : F (2, 20) = 13.38, p < .01, η^2 = 0.550; Mirror Speed × 3.TI : F (2, 20) = 4.68, p < .05, η^2 = 0.304; Mirror Speed × 4.TCB : F (2, 20) = 6.69, p < .01, η^2 = 0.388）．また，Mirror:Separation においては“環境条件”に対する有意傾向が見られた（F (4, 40) = 2.56, p =.05, η^2 = 0.081）．この他の条件においては有意な主効果は見られなかった（Mirror Speed × 5.NA : F (2, 20) = 1.46, p = .26, η^2 = 0.100; Condition × Mirror:Attraction: F (4, 40) = 1.21, p = .32, η^2 = 0.042; Condition × Mirror:Pause: F (4, 40) = 0.46, p < .76, η^2 = 0.020）．主効果が見られたものについて Holm 法による多重比較を行なったところ，1.OCA, 2.TCA 条件において全ての“鏡の移動条件”間で鏡の移動方向に応じた有意な差を観察することができた（2.TCA:Mirror:Attraction - Mirror:Pause のみ p < .05, 他は p < .01）．また，4.TCB 条件においては全ての鏡の移動条件間で有意傾向が見られた（全て p = .06）．さらに Mirror:Separation においても多重比較を行なったが，いずれの条件間にも有意な差はなかった．さらに，鏡単独で KMI が誘起されたかどうかについて調査するため，全く動いていないと感じた状況（回答が全て 0 であった場合）と，鏡のみが動いている条件において得られた Sujective rating で，対応のない t 検定を用いて比較した．すると，5.NA を除く全ての“環境条件”において，

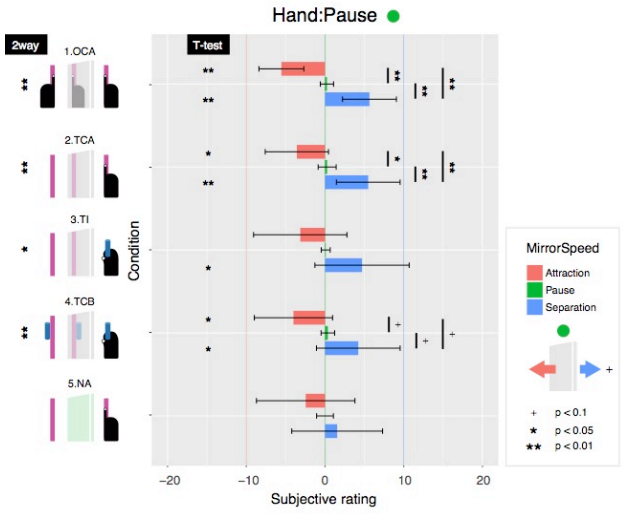


図 4　手が停止している場合

Mirror:Separation で KMI の誘起が有意であった（1.OCA: $t(10) = 5.21, p < .01, d_D = 1.57$; 2.TCA: $t(10) = 4.29, p < .01, d_D = 1.29$; 3.TI: $t(10) = 2.48, p < .05, d_D = 0.749$; 4.TCB: $t(10) = 2.52, p < .05, d_D = 0.758$; 5.NA:$t(10) = -1.24, p = .24, d_D = 0.37$）．また，Mirror:Attraction においては 3.TI, 5.NA を除いた条件で有意であった（1.OCA: $t(10) = -6.14, p < .01, d_D = 1.851$; 2.TCA: $t(10) = -2.812, p < .05, d_D = 0.848$; 4.TCB: $t(10) = -2.55, p < .05, d_D = 0.769$）．これらの他は有意な KMI の誘起は確認できなかった（Mirror:Attraction × 3.TI : $t(10) = -1.68, p = .12, d_D = 0.505$; Mirror:Attraction × 5.NA : $t(10) = -1.24, p = .24, d_D = 0.374$; Mirror:Separation × 5. NA : $t(10) = 0.85, p = .42, d_D = 0.255$）．

また，図 4 は Invisible hand が右側に近づく場合（Hand:Separation）の Subjective rating の被験者平均である．Hand:Separation 時には手は 10（正の基準の速度）で動くため，全体的なグラフの概形も正の方向に寄っていることが分かる．Hand:Separation においても 2 要因参加者内分散分析を行なったが，“鏡の移動条件” × “環境条件” の交互作用は有意ではなかった（$F(8, 80) = 1.56, p = .15, \eta^2 = 0.017$）．そこで，各“環境条件”内の “鏡の移動条件”について 1 要因被験者内分散分析を行なったところ，5.NA を除いた鏡を用いた全ての“環境条件”が有意であった（1.OCA : F (2, 20) = 10.74, p < .01, η^2 = 0.348; 2.TCA : F (2, 20) = 4.84, p < .05, η^2 = 0.192; 3.TI : F (2, 20) = 7.28, p < .01, η^2 = 0.316; 4.TCB : F (2, 20) = 11.231, p < .01, η^2 = 0.403; 5.NA : F (2, 20) = 2.484, p = .11, η^2 = 0.102）．そこで 5.NA 以外の条件に対し，Holm 法による多重比較を行なったところ，Mirror:Separation と他の鏡の移動条件との間に，鏡の移動方向に応じた Subjective rating の有意な差が見られた（1.OCA: Mirror:Pause, 4.TCB: Mirror:Pause, 4.TCB: Mirror:Attraction で p < .01, 1.OCA: Mirror:Attraction, 2.TCA: Mirror:Pause, 3.TI: Mirror:Attraction で p < .05 ）．また，Mirror:Pause に対し，有意傾向のある鏡の移動条件も見られた（1.OCA: Mirror:Attraction, 3.TI: Mirror:Attraction, 3.TI: Mirror:Separation, 4.TCB: Mirror:Attraction に対し，p<.1）．さらに，“環境条件”間の KMI の強度について調査するため，“鏡の移動条件”毎に 1 要因被験者内分散分析を行なったところ，鏡が Attraction 方向に動く場合にのみ“環境条件”の有意な効果が見られた（F (4, 40) = 2.86, p < .05, η^2 = 0.054; ）．これについて Holm 法による多重比較を行なったところ，4TCB と 5.NA 間で有意傾向が見られた（p = .05）．

また，鏡が動かない条件においての分散分析の結果は有意傾向であった（F (4, 40) = 2.20, p = .09, η^2 = 0.070）．鏡が Separation 方向に動く場合には有意な効果は見られなかった（F (4, 40) = 0.46, p = .77, η^2 = 0.012）．

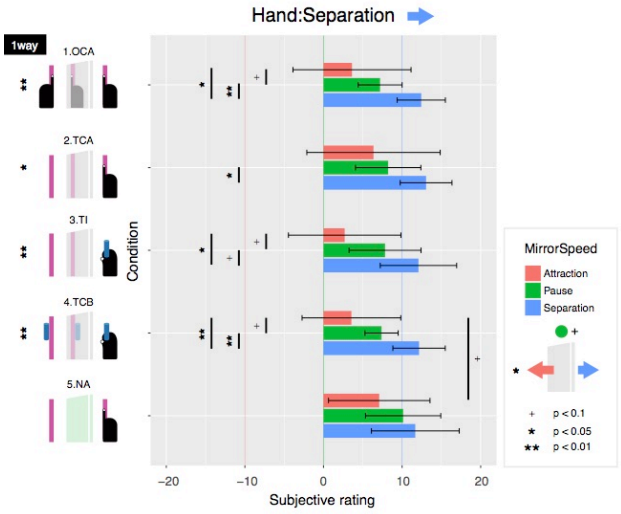


図 5　手が離れていく場合

これら Subjective rating の他，各“環境条件”間における身体所有感の影響を調査するためアンケート A, B において 1 要因被験者内分散分析を行なったが，A に有意傾向が見られたものの，共に有意な効果は見られなかった（A: F (4, 40) = 2.39, p = .07, η^2 = 0.109; B: F (4, 40) = 1.44, p = .24, η^2 = 0.020）．

5.　考察

いずれの手の動き条件においても，鏡を用いていない 5.NA 条件においては，鏡の移動に応じた Invisible hand の移動感覚の変調が確認できなかった．これは MRMB によって誘起される移動感覚の変調が，単なる目の前の物体の移動によるものでは無く，鏡による擬似的な空間情報の提示によって引き起こされるものであることを示している．対照的に，手のイメージが具体的に提示されていた 1.OCA においては，ほぼ全ての移動条件の組み合わせで KMI の誘発が観察された．1.OCA は鏡像に手のイメージそのものを提示するため，今回用意した“環境条件”の中で「手のイメージの想起性」が最も高いと思われる条件である．また，手のイメージを提示しなかった 3 つの条件においても，部分的な KMI の誘起を確認できた．身体の具体的なイメージを提示しない場合であったとしても，その空間に身体所有感を抱くことができることは Rubber hand illusion や Full body illusion などの心理実験において報告されている[7,8]. 2 - 4 の条件において KMI を誘起できたのも，これらの報告同様，被験者が鏡の中に「透明な手のイメージ」を持つことができたためと考えられる．

今回，鏡像を使用しつつも実際の手のイメージを使用しない 2 - 4 の条件では，Invisible hand の持ち手と鏡面に提示する持ち手の組み合わせによって「手のイメージの想起性」に変化をつけていた．中でも 3.TI だけが Invisible hand が握っている持ち手と，視覚的に提示されている持ち手が異なり，Invisible hand が受ける触覚的な手がかりが視覚情報として提示されない，「手のイメージの想起性」の低い条件であった．各“移動条件”別に“環境条件”を直接比較した結果では，“環境条件”毎の錯覚強度の差は部分的にしか見られなかったものの，Hand:Attraction 時の 3.TI 条件において鏡の移動による効果が有意傾向にとどまっていたこと，Hand:Pause 時における，全く手が動いていない感覚との比較において 3.TI と 5.NA のみが Hand:Attraction 時に移動感覚の誘起が確認できなかったことから，3.TI 条件は Hand:Attraction 時において KMI の誘起が困難であったことが推測される．3.TI は何もない空間をゴムの手の代わりに使用した Invisible hand illusion の研究においても，透明な手が遠くにある場合などの実際の身体に対して不調和な条件，つまり「手のイメージの想起性」が低い条件においては錯覚強度が下がることを報告していた[7]．この報告と 3.TI の KMI の誘起が他の条件に比べ低下することは共通性がある．さらに，以前我々が報告した実験においては，鏡が近づいてくる条件においてのみ，左右の手の姿勢が異なる場合の Invisible hand の移動感覚の変調強度が，姿勢が一致する場合よりも下がるという結果が得られている[6]．鏡が近づく Mirror:Attraction において，左右の持ち手が異なる 3.TI における KMI の誘起が難しかったことは，興味深い結果である．視触覚を用いた身体性の錯覚は，擬似的な身体が身体近傍空間（peripersonal space）から離れるにつれて錯覚強度が下がるとされている [9]. 今回の結果はこれに反するもののように思われるが，光点検出課題の研究によれば，人は身体近傍空間内の物体に対して過敏になることが示されている[10]. 今回の結果は身体近傍空間内に鏡像が近づくことで，身体性を強めるのではなく，擬似的な身体（鏡像）と実際の身体との差異が大きく強調されてしまい，錯覚を引き起こしづらかったのではないかと推測する.また，Hand:Separation 条件において交互作用が見られなかったことも，身体近

傍空間による影響であると考えられる．手が身体から離れる方向に向かうことで，手に対する注意が小さくなり，各々の “環境条件”間の差がより曖昧になった可能性がある．

また，今回の結果では被験者毎の回答の分散が大きく，同じ移動条件内において環境条件の効果を比較しても，ごく部分的にしか出てこなかった．これは被験者毎の回答のばらつきが大きかったことに起因する．また，結果にて述べた通り，Invisible hand と鏡の双方と逆の動きを回答した被験者も見られたことから，この鏡による空間の変化の受け取り方は個人間の差が大きかったことが考えられる．

今回の結果からは KMI の誘起には「手のイメージの想起性」が関わることが分かった．ただし，手のイメージが明確に提示されている場合以外にも，手のイメージを想起しやすい場合であればKMI の誘起が可能であることが確かめられた．さらに，3.TI のように手のイメージが想起しづらいと考えられる条件においても部分的な KMI が確認されたことは，鏡による空間的な歪み自体が移動感覚を誘起している可能性がある．今後は鏡に特定の物を写さない，空間の変位のみを提示する条件を作成するなどして，この部分を明らかにしていきたい．こうした身体を明示しない場合においても実際と異なる移動錯覚を作り出すことのできる要因を特定することは， VR などの疑似空間内においても実在感を持って操作や運動を行うことのできるコンテンツを作成する上で重要になってくると考えられる．

参考文献

[1] Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D., & Cobb, S. (1995) “Touching the phantom limb.” Nature, 377(6549), 489–490.

[2] Holmes, N. P., Snijders, H. J., & Spence, C. (2006) “Reaching with alien limbs: visual exposure to prosthetic hands in a mirror biases proprioception without accompanying illusions of ownership.” Perception & Psychophysics, 68(4), 685–701.

[3] Medina, J., Khurana, P., & Branch Coslett, H. (2015) “The influence of embodiment on multisensory integration using the mirror box illusion.” Consciousness and Cognition, 37, 71–82.

[4] Chancel, M., Brun, C., Kavounoudias, A., & Guerraz, M. (2016). “The kinaesthetic mirror illusion: How much does the mirror matter?” Experimental Brain Research, 234(6), 1459–1468.

[5] Chancel, M., Kavounoudias, A., & Guerraz, M. (2017) “What’s left of the mirror illusion when the mirror can no longer be seen?” Bilateral integration of proprioceptive afferents! Neuroscience, 362, 118–126.

[6] Ishihara, Y., & Kodaka, K. (2018) “Vision-Driven Kinesthetic Illusion in Mirror Visual Feedback.” *I-Perception*, *9*(3), 204166951878299.

[7] Guterstam, A., Gentile, G., & Ehrsson, H. H. (2013) “The Invisible Hand Illusion: Multisensory Integration Leads to the Embodiment of a Discrete Volume of Empty Space.” *Journal of Cognitive Neuroscience*, *25*(7), 1078–1099.

[8] Guterstam, A., Abdulkarim, Z., & Ehrsson, H. H. (2015) “Illusory ownership of an invisible body reduces autonomic and subjective social anxiety responses.” *Scientific Reports*, *5*(1), 9831.

[9] Lloyd, D. M. (2007) “Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand.” Brain and Cognition, 64(1), 104–109.

[10] Reed, C. L., Grubb, J. D., & Steele, C. (2006) “Hands up: Attentional priorization of space near the hand.” Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32(1) 166–177.

調理行動におけるマイクロスリップ
～プランされない微小な動的行為と放置タスク～

Microslip in Cooking Behavior
～Unplanned Small Actions and Suspended Tasks～

沼口 裕太†, 諏訪 正樹‡
Yuta Numaguchi, Masaki Suwa

†慶應義塾大学 SFC 研究所, ‡慶應義塾大学環境情報学部

†The Keio Research Institute at SFC,
‡Faculty of Environment and Information Studies, Keio University,
yuta.numaguchi.112358@gmail.com

Abstract

In this paper, we have observed hands' behaviors in a multitask, i.e. cooking multiple items in a kitchen, and analyzed what situations microslips of hands tended to occur in.

First, cooking behaviors are categorized in three levels of hierarchy: the level of the intended task (the name of recipe), the level of defined procedures (we call it upper level), and the level of situated small actions (lower-level). The occurrences of microslips at every transition of the three levels were counted. Our finding is that microslips are more likely to occur at the transition of the task level and acts of lower-level than that of the upper-level acts.

Next, we analyzed occurrence of microslips near the beginning and end of suspended tasks, namely ones that are suspended in the middle to spend time on another task. We found that microslips are more likely to occur near the end of suspended tasks than near the beginning.

Keywords — Ecological psychology, Micro Slip, Affordance, situated cognition, dynamic responsive acts.

1 はじめに

私たちは、普段の生活のなかで様々なタスクをこなしている。たった１つの身体で、顔を洗う、お茶を入れるといった比較的単純なタスクから、車の運転のような複雑なものまで様々なタスクをこなす。私たちの日常生活は、決して固定的で不変のものではない。例えば車を運転する時、行き交う車の数や動きは毎回異なる。料理を作るなら献立は毎回異なるだろうし、掃除をする時、部屋の中にあるものの配置は毎回微妙に異なっている。

環境だけでなく、意識も変化する。例えば、早起きしてゆっくりと支度できる朝もあれば、時計の針と競争するように駆け足で準備を済ませる朝もある。こなすタスクが同じでも、両者では行われる行為も、行う手順も異なるだろう。日常生活でさえも微細な変化は無数に存在し、一度として同じ状況は存在しない。それにもかかわらず私たちは様々なタスクを難なくこなして日々の生活を営んでいる。

これは、私たちの身体が常に環境とインタラクションし、タスクをこなすための行為を臨機応変に紡ぎ出すことができるからである。この臨機応変さこそが日常生活の状況に埋め込まれた認知活動における動的対応力であり、人の知の本質である(諏訪, 2016)。

動的対応力のひとつにマイクロスリップ(=以下、MS)という現象がある。MS とは、生態心理学者のリード(1992)らによって探究された現象である。鈴木健太郎(2001)によると、MS とは「必ずしもスムーズに進行せず、しばしば行動の流れの淀むような場面」と定義されている。例えば手前のものにちょっと触れただけで別のものをつかむような様子などだ。

本研究ではこれを、複雑な状況下でも行動を進めるために身体が状況に適応する結果として生じる現象であると考えている。いわゆる「し損ない」では決してなく、私たちが行動の中で生み出す小さな微修正によって、様々な状況のなかでもその複雑さを乗り越えて行動を紡いでいくことができるのだ。MS に着目することで、人の持つ動的対応力の一端を明らかにすることができるだろう。

日常生活の中で私たちが行う高度な認知活動として、調理行動を挙げることができる。料理番組のような整えられた環境で行われることはなく、前日の調理や作る品目、調理の進行によって調理場の環境は毎回異なる。１つの調理にはいくつものタスクが内包されており、行う手順を頭の中で描きながら、刻々と変化する調理環境に対峙し、同時並行の複数のタスクをこなさなければならない。

本研究では、日常生活の具体的な状況の中でこそ見ることのできる知に着目するため、筆者が自宅で調理する場面を用いて左右の手における MS を分析する。また、MS が調理の状況とどのように関わり、手際の良い調理進行にどのように寄与しているのかを明ら

かにする。

2 一人称研究としての意義

調理は全体の流れを考えながら、眼前の環境に合わせて取り組むタスクに応じた行動をとることで進行する。調理環境は進行に合わせて変わっていき、行動は調理者の経験や作る品目に基づいて、その場の状況よって構成的に変化していく。そのような調理行動を支える臨機応変さも、その固有の文脈を抜きに語ることはできない。例えば、複数の食材が近い位置に置いてある場面や、傍で進行する加熱調理に気を配りながら食材の皮を剥く場面といった具体的な状況の中で生まれるのだ。

本研究では、一人称研究という方法論を採用する。一人称研究とは「あるひとが現場で出逢ったモノゴトを、その個別具体的状況を捨て置かずに一人称視点で観察・記述し、そのデータを基に知の姿についての新しい仮説を立てたり、世の中を見る新しい視点を提示する研究」 (諏訪, 2016)である。筆者が生活者として行う調理場面を対象に研究する。

調理に限らず動的対応力は状況依存的な知であり、これを扱う研究は一人称研究がベストである。なぜなら、臨機応変さはその時その場の固有な状況と対峙することで初めて顕在化するものだからである。

本研究では一足飛びに普遍的な知を解明しようとはせず、個別具体的な状況をつぶさに観察しその中で現れる動的対応を分析することを目指す。

3 研究方法

本研究は、筆者の自宅での調理場面を撮影し、その映像データをもとに分析を進める。

3.1 調理環境

調理場の簡易図を図 1 に示す。調理において環境とインタラクションを起こしているのは左右の手であり、この身体部位に起こる MS に着目することで、調理で発揮される動的対応力を観察することにした。左右の手が最も多くの調理行動を行うのが、水切りから IH にかけての領域(図 1)である。単に対象物を掴むだけではなく、調理器具を用いたより複雑な行動も行われており、この領域で発生する両手の挙動を詳細に分析することが必要である。

3.2 調理の流れ

調理の流れを説明する。1 つの食材の下準備や加熱調理は一気に行われるわけではなく、下準備の途中で他の加熱調理を行ったり、別の食材の下準備を優先したり、柔軟に進めている。大まかな進行は以下の通りである。

I. ジャガイモの下準備と鶏肉の下準備に着手し、包丁を研ぐ行為を挟んで、鶏肉をフライパンで加熱調理している間にジャガイモの下準備を終え、フライパンに移動する。
II. 玉ねぎの下準備を行い、鶏肉とジャガイモを寸胴鍋に移動させ、玉ねぎをフライパンで加熱する。
III. ナスの下準備を終え、玉ねぎを寸胴鍋に移動後、ピーマンの下準備を終え、ピーマンをフライパンで加熱する。
IV. マッシュルームの下準備を終え、マッシュルーム、ナスの順にフライパンで加熱する。
V. ミニトマトの下準備を終えたあと、ピーマ

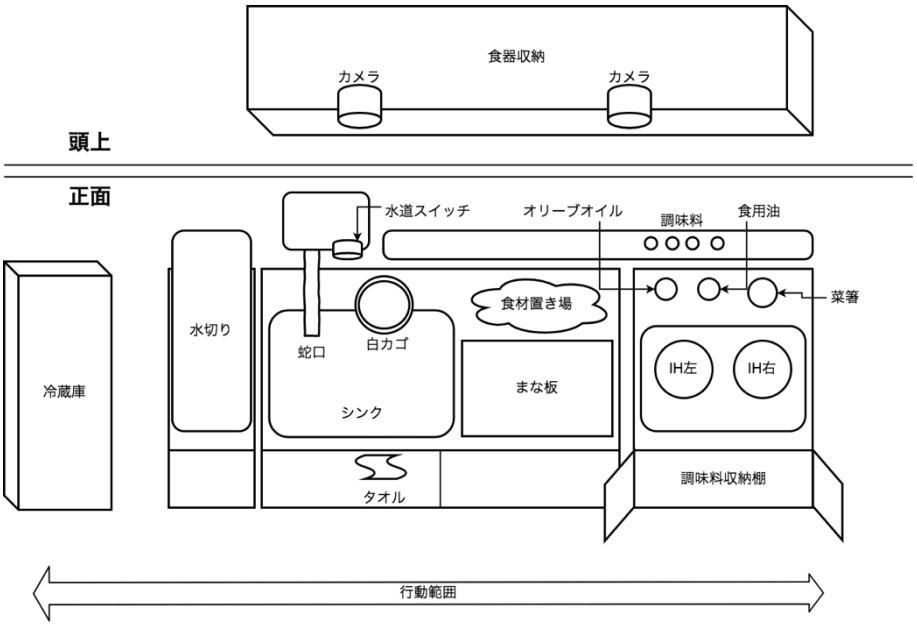


図 1：調理環境の簡易図

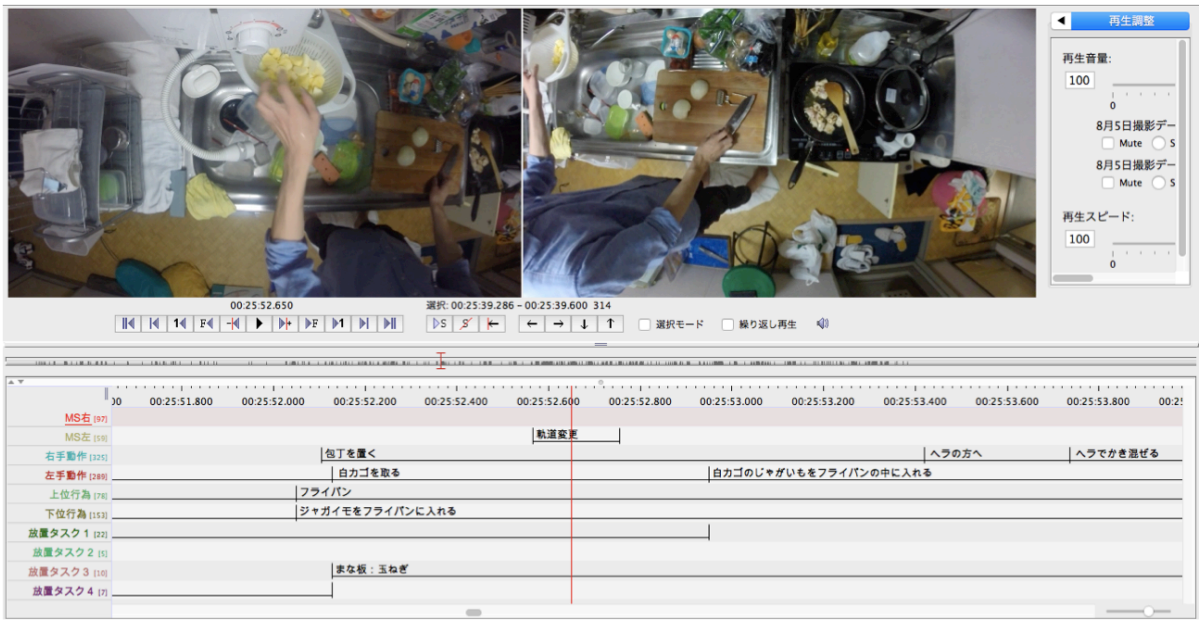


図 2：ELAN の画面

ン・マッシュルーム・ナスを寸胴鍋に移し、トマト缶を加えて煮込む。

ジャガイモを袋から取り出すところから、食べる直前に加える予定のミニトマトを除いたすべての食材を寸胴鍋で煮込み味付けを終えるまでの 51 分 32 秒のうち、観察不可能な時間帯を除く 50 分 06 秒を分析した。

4 注目動作の抽出方法

映像は、映像分析ソフト ELAN[1]を用いて分析する。ELAN は、映像、音声ファイルを見聞きしながら、注釈をつけていくソフトである（細馬, 2009）。図 2 は本研究で使用した ELAN の画面である。画面上部に撮影した映像を 2 つ並べ、中央のボタンで微小な調節をしながら再生する。

画面下部は注釈層が表示されている。ここでは、着目した変数ごとに注釈層を設け、映像の特定の時間に注釈を書き込むことができる。

4.1 MS の定義

鈴木(2006)によると、最初に MS の研究を行なったのはリード E.S.とショーエンヘル D である。リードらは、行為者が中途でしばしば行動を修正することを確認した。修正される様子を MS とし、修正挙動を以下の 4 つのタイプに分類した。

- 躊躇：手の動きの微小な停止
- 軌道変更：手の運動軌道の急速な変化
- 接触：対象への無意味な接触
- 手の形の変化：手の機能的な形状の変化

本研究では、調理行動の特徴を鑑み、リードらの 4 つの分類に 2 つの修正を加えた。

1 つは、MS のタイプとして手の形の変化を取り除いた。人の行動は行動の前に手の形状を機能的な形に変化させその後対象物へ接近するといった、工場の口ボットアームのような挙動とは違う。むしろ対象物への接近の中で手の形状を変化させていくのが人としてスムーズな振る舞いである。

MS として取り上げる必要がある動作は、単に手の形が変化するのではなく、その変化の途中で動作が修正されるものである。本研究ではその挙動に応じて軌道変更か躊躇として抽出した。

もう 1 つ、本研究では「中止」という MS タイプを新設した。これは、一旦開始された動作が途中で中止され、開始時点の場所に戻る挙動である。従来のタイプの MS は、開始された動作が修正される様子を MS とし、その結果次の動作に繋がるものとして取り上げられていた。現在行なっている動作を中止して別の動作へ移行する場合、手に何も保持していない状態では軌道変更や躊躇などとして MS を抽出することができるが、ものを保持している状態では一旦持ったものを置かねばならず、挙動の上では動作の修正ではなく動作の取りやめである。

また右手が行う動作から左手が行う動作に移行する場合も、右手だけを見れば動作が取りやめられていることになる。本研究では、このように動作を完了せずに戻る手の挙動も MS として抽出する。したがって

[1] https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/ (2018 年 1 月 19 日)

リードらの分類に修正を加えた以下の4種類をMSとして分析の対象とする。

- 躊躇：動作が途中で僅かに停止する様子
- 軌道変更：手の運動軌道が急速に変化する様子
- 接触：手がある対象に無意味に触れたあと、別の対象へ移る様子
- 中止：動作が達成される前に中止され、手が引き戻される様子

図 3 の接触の例では、まな板付近にある右手が IH のスイッチを押す動作の最中に起こる MS が発生する。スイッチに向かった右手は、途中軌道上にあるフライパンの取手に触り(接触)、そのまま IH のスイッチへ向かう。

左から 2 つ目の写真群は軌道変更である。左手が白カゴに入ったカットされたジャガイモを掴む動作の途中で MS が発生する。左手は白カゴの中に手を伸ばすが、手首を回転して(軌道変更)白カゴ自体を掴む動作に移行する。

躊躇の MS の例では、左手がカットされたナスの入った白カゴを掴む動作の途中で MS が発生している。白カゴに接近した左手は掴む直前で減速し(躊躇)、その後動作を再開する。

一番右の例は中止の MS である。右手が包丁を掴み持ち上げるが、途中で取りやめ(中止)、包丁を元の位置に置くという動作を示している。

左右の手で観察された 105 個の MS を対象に、以下の 2 つの分析を行った。

5 分析 1：調理行為の変わり目における MS の出現頻度

調理は様々なタスクによって構成されている。あるタスクを達成するために行う動作の集まりを「行為」と定義する。「行為」にはいくつかのレベルを想定することができる。調理は複雑な課題であるため、想定される行為のまとまりは多層的なものになるはずである。

例えば、玉ねぎを袋から出す、皮を剥く、包丁で切るという行為は、それぞれが食材の状態を変化させるというタスクを実行するために行われるのと同時に、この一連の行為が実行されることで、玉ねぎを加熱調理が行える状態まで変化させるという大きなステップを達成することにつながる。この大きなステップを達成するために行われる動作群も 1 つ大きな行為と捉えることができる。

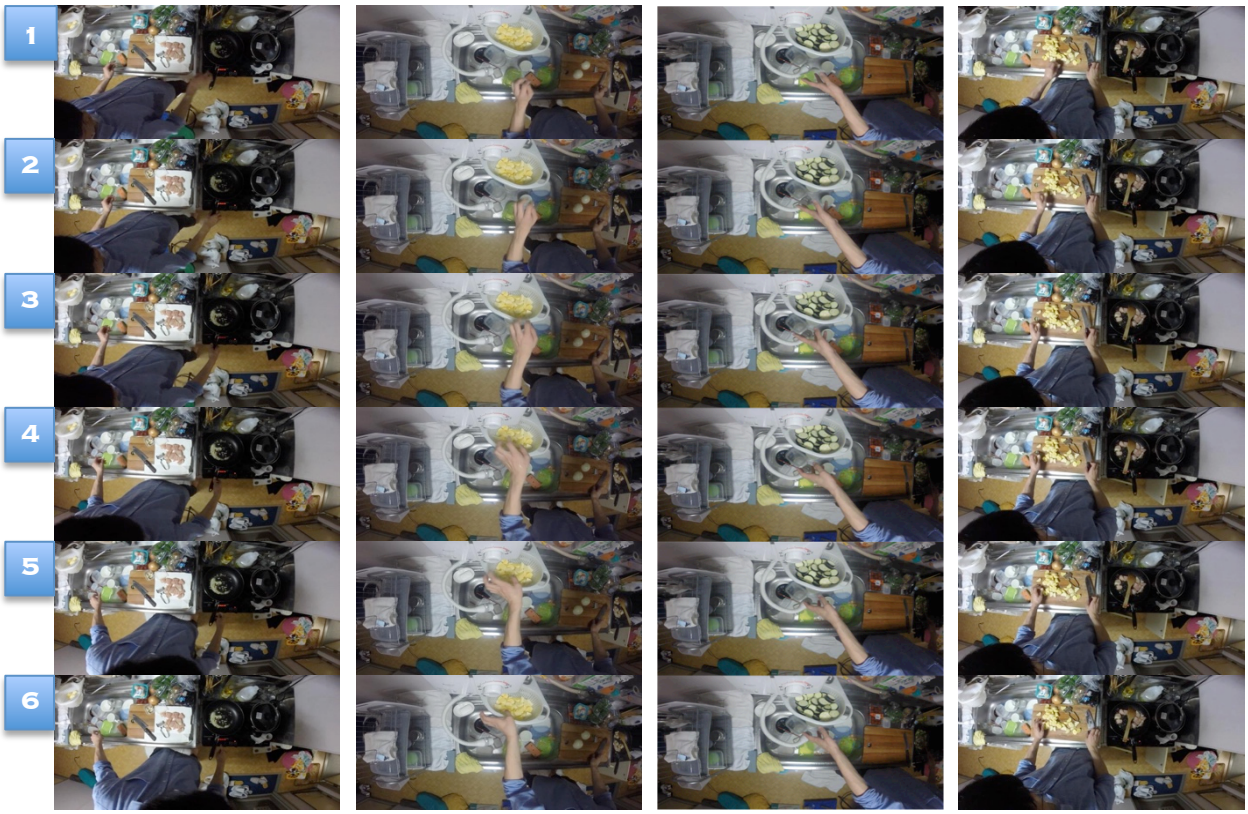


図 3：MS の例/左から：接触(右手)、軌道変更(左手)、躊躇(左手)、中止(左手)

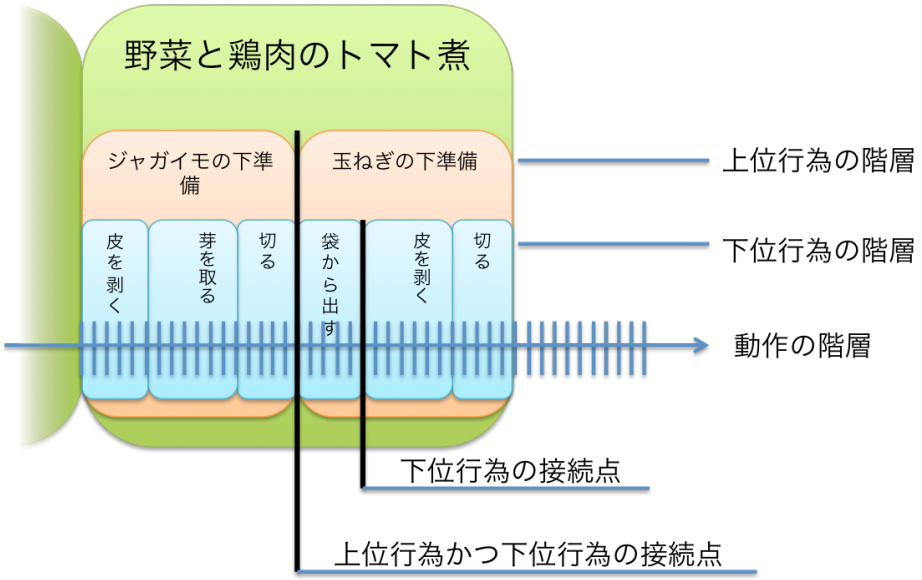


図 4：行為の階層構造の簡易図

つまり、調理における行為には様々な大きさが存在し、図 4 のように大きい行為はうちに小さな行為を複数内包している階層構造をしている。本研究では行為のまとまりにおいて、上位行為と下位行為の 2 つを設け分析する。

下位行為と上位行為は、単に抽象度の異なる行為のまとまりというだけでなく、調理工程において意味のあるまとまりである。

下位行為は、袋から出される、皮を剥く、カットするといった食材の状態変化や、調理器具や食材の入っていた容器などに関する動作のまとまりである。一方、上位行為は、調理行程のモデル化された手順に対応している。調理には食材の下準備→加熱調理→調味という基本的な流れが存在し、多くの料理本もこの流れに沿ってレシピを記載している。このようなレシピに記載されるレベルの行為のまとまりを上位行為として定義する。下準備の工程は食材ごとに 1 つの上位行為にまとめ、加熱調理は使用する調理器具によってまとめられる。

行為の階層構造において、上位行為、下位行為が切り替わる瞬間を行為の接続点とする。例えばジャガイモの下準備から玉ねぎの下準備に移行する瞬間は、上位行為の接続点である。

分析したデータでは、上位行為の接続点が 33 個、下位行為の接続点は 75 個確認された。分析したデータのうち、撮影範囲外に出てしまい観察不可能な間に行為は移り変わっていた場合は接続点としてカウントしていない。

5.1 行為の接続点と MS の出現しやすさ

行為の階層と MS の関係を調べるために、行為の接続点における MS の出現のしやすさの違いを調べる。接続点における MS の出現のしやすさは以下の式から算出する。

$$\text{接続点における MS の出現のしやすさ} = \frac{\text{MSの存在する行為の接続点}}{\text{行為の接続点の総数}}$$

行為の接続点において、付近に MS が存在するか否かを調べるために、接続点の前後に渡って行為の移行区間を設け、そこに MS が含まれるかを調べる。

移行区間は、行為の接続点の前 1 秒間と後ろ 1 秒間の合計 2 秒間と設定した。この移行区間に MS が重なる場合、その行為の接続点を MS の存在する接続点とする。

MS の存在する接続点は上位行為の接続点で 6 個、下位行為の接続点で 27 個が確認された。以上から、上位行為と下位行為における MS の出現のしやすさは

表 1 のようになった。算出された MS の出現のしやすさには、上位行為と下位行為で 2 倍近い開きがあり、上位行為の接続点よりも下位行為の接続点の方が、MS は出現しやすいと考えられる。

表 1：行為の接続点における MS の出現のしやすさ

	MS の存在する接続点の数	接続点の総数	MS が出現している割合（%）
上位行為	6	33	18.2
下位行為	27	75	36.8

上位行為と下位行為の接続点で MS の出現のしやすさに違いがあることを、χ^2 検定を用いて検定したと

ころ、大きくはないが、有意傾向にある差が認められた。($\chi^{2=}$ 3.428, $p<0.1$)

このことから、上位行為の接続点ではMSが出現しにくく、逆に下位行為の接続点ではMSが出現しやすい可能性が示唆される。

5.2 考察

上記の結果は、調理において進行上の区切りとなる境目よりも、その行為に内包された一連の下位行為の境目の方が、MS が発生しやすいことを示している。これは、上位行為と下位行為の性質の違いによるものと考えられる。

上位行為は調理における基本的な流れに基づいた動作のまとまりであり、ジャガイモの下準備やフライパンでの加熱調理といった抽象度の高いまとまりである。この階層は調理全体のプランニングに関わる認識を構成していると考えられる。

したがって、上位行為の接続点では、次に行う行為が調理全体の流れの中である程度定まっており、行為が切り替わる瞬間には認知のフレームが比較的限定されているはずである。そのため、調理進行上の大きな切り替わりであるにもかかわらず、臨機応変さである MS が出現しにくくなると考えられる。

下位行為は、ジャガイモの皮を剥く、フライパンをヘラでかき混ぜるなどの細かく具体的なまとまりである。そのため下位行為を用いて全体的な手順をプランニングすることは難しく、むしろ、達成したいタスクを環境と接地させ具体的な行為に落とし込むために利用される。この階層では、次に行う行為がインタラクションの中でリアルタイムに（状況依存的に）構成されていると考えられる。調理者はタスクをリアルタイムに実際の行動に反映させる際に動的対応力を発揮し、結果として MS が多く出現することになる。

6 分析 2：放置タスクによる MS

調理における状況の複雑さは、単に調理環境に存在するオブジェクトの数や配置だけではない。調理環境に存在する食材に紐づけられたタスクが複雑な状況を生み出している。

調理は基本的に並列処理であるという性質上、1 つの食材に関わるタスクのみを継続して行うことはない。ジャガイモを下準備から加熱調理まで行い、次に玉ねぎの下準備から行うという流れで調理をすることはなく、加熱調理の前にジャガイモの下準備と玉ねぎの下準備を終え、加熱調理に移行するという手順をとる。玉ねぎの下準備を行なっている間、ジャガイモは下準備の終わった状態で放置されることになる。

つまり、調理環境には調理途中で放置されている食材が多々存在する。放置された食材は、次に行うべきタスクを行わずに別の食材の調理に取り掛かることで生まれる。つまり放置された食材には、必ず次に行うべきタスクが紐付けられている。このタスクを放置タスクと呼ぶことにする。

放置タスクはいずれ着手しなければならないものであり、その存在は、調理状況を複雑にする要素であると言える。そこで、放置タスクとMSの関係を分析する。

6.1 放置タスクのアノテーション

ELAN を用いて調理者が別の食材を対象とした動作を開始した時点(=始点)から、再びその食材に対する動作が行われる瞬間(=終点)までをアノテーションする。

放置タスクの始点と終点の例を図 5 に示す。上の画像はまな板の上で玉ねぎを 2 つにカットした後、さらに細かくカットするタスクを行わずに放置し、ジャガイモの入った白カゴを掴みフライパンに移す場面である。この時、ジャガイモの入った白カゴを掴む動作(オレンジ色の枠で囲まれた動作)の開始時点から、まな板の上の玉ねぎに対して放置タスクとしてアノ



図 5：放置タスクの始点と終点

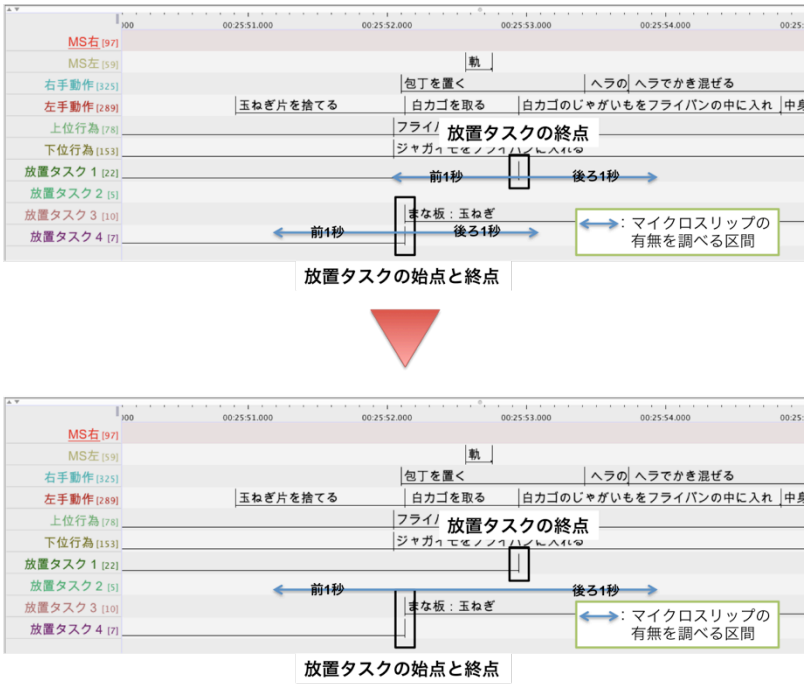


図 6：放置タスクの移行区間

テーション(水色の枠)を付与している。

放置タスクの終点の場面が下の画像である。フライパンをかき混ぜた後、再び玉ねぎと包丁を掴む動作を行なっている。再び玉ねぎを掴む動作(オレンジ色の枠)の開始時点までを放置タスクとしてアノテーションする。

ここに示した映像データのように、複数個の放置タスク(この例では 3 つ)が同時に生じることもあるので、放置タスク用として 4 つの注釈層を設け、アノテーションを行った。

放置タスクが存在している期間、調理者は常に放置タスクに注意を割いているわけではない。取り組んでいるタスクに集中するために、先に放置したタスクは意識の外に置かれている。しかし、タスクが放置される瞬間や放置タスクが再開される瞬間は、複数のタスクが同時に調理者の意識の中に入ってくるはずである。したがって放置タスクと MS の関係を分析する時には、放置タスクの始点と終点に着目することが適切であると考えられる

6.2 移行区間の設定

放置タスクの始点と終点におけるMSの出現のしやすさを調べる。「分析 1 ：調理行為の変わり目におけるMSの出現頻度」と同様に、放置タスクの始点/終点のうち、MSが出現するものを算出するため、始点と終点に移行区間を設け、MSが含まれるか否かを調べる。

原則として、始点または終点の前 1 秒間と後ろ 1 秒間の合わせて 2 秒間を移行区間とする。この区間に含まれる MS を始点または終点の付近に出現する MS とし、その始点/終点の移行区間は MS が含まれる移行区間と呼ぶ。

ただし放置タスクの始点· 終点は短い時間に集中して現れる場合が多く、複数の始点· 終点の区間が重複する場合がある。その場合は、早い時刻の始点/終点の 1 秒前から、遅い時刻の始点/終点の 1 秒後までの期間を移行区間とする。

図 6 の例では、異なる複数の始点/終点の移行区間が重なっており、その始点/終点の間隔は 2 秒未満である。この場合は、図 6 に示した通り、早い時刻の放置タスクの始点/終点の 1 秒前から遅い時刻の終点の 1 秒後までの区間を移行区間として設定する。図 6 の移行区間は MS を含む区間である。

それぞれの移行区間の総数は、始点のみ、始点&終点、終点のみでそれぞれ 25 個、12 個、20 個であった。そのうち MS を含む移行区間の数はそれぞれ 2 個、5 個、8 個であった。

6.3 始点/終点と MS の出現しやすさの分析

各移行区間におけるMSの出現のしやすさを、次の式を用いて求める。

$$\text{移行区間におけるMSの出現のしやすさ} = \frac{\text{MSを含む移行区間の数}}{\text{移行区間の総数}}$$

始点のみ、始点&終点、終点のみのそれぞれの移行区間におけるMSの出現のしやすさを表 2に示す。

最も MS が出現しやすいのは始点と終点がともに存在する移行区間と終点のみの移行区間である。逆に MS が出現しにくいのは放置タスクの始点のみの移行区間である。

まず、始点のみ、始点&終点、終点のみの 3 種類の移行区間で MS の出現のしやすさに違いがあるかどうかをカイ二乗検定を用いて検定すると、有意差が認められた($\chi^2(2)= 6.394, p<0.05$)。

次に始点のみ、始点&終点、終点のみの移行区間から 2 つを選び、MS の出現のしやすさに違いがあるかを検定すると表 3 のようになった。

表 3：3 種類の移行区間における有意差

	始点&終点	終点のみ
始点のみ	有意差あり ($\chi2(1)=5.99$, $p<0.05$)	有意差あり ($\chi2(1)=4.76, p<0.05$)
始点&終点		有意差なし ($\chi2(1)=0.008, p>0.05$)
終点のみ		

以上のことから、放置タスクの始点のみの付近では MS が出現しにくく、放置タスクの終点が存在する場合は MS が出現しやすくなる。

6.4 考察

始点のみ移行区間と始点&終点の移行区間を比較した場合と、始点のみの移行区間と終点のみの移行区間を比較した場合に有意差が認められ、終点のみの移行区間と始点&終点の移行区間の比較では有意差が認められなかった。このことから、MS の出現のしやすさに影響を与えているのは終点の有無であることがわかる。

放置タスクの終点が存在する場面は、今まで放置されていたタスクが再開される場面である。放置タスクは「次の動作が必要な状態で放置されている」ので、新しく着手されるタスクよりも、行動の要請が強いといえる。そのためタスクの切り替わり目でフレームが広がった際に、事前に想定していた行為の手順が急遽変更される場合がある。このような手順の更新が起きやすい場面が放置タスクの終点が存在する付近であり、変更された手順を行動に反映させるために MS が発生すると考えられる。

また、放置タスクは再開されるまで脇に置かれていたため、行為の文脈が途切れている。このタスクを再開するには、再びそのタスクがどのような状況に置かれているかを認識し、行う動作を決定しなければならない。このように途切れてしまった行為の文脈を再認識する場面では、新しく開始するタスクよりも環境とのインタラクションが増加するために、MS が起こりやすくなると考えられる。

7 まとめ

本研究では、個別具体的な調理場面の中に現れる MS にどのような特徴があり、同時に調理進行上のどのような場面で発揮されるのかについて明らかにした。

分析 1 では、調理における行為を階層構造化し、行為の移行する場面に着目して、各階層が調理の進行上どのような状況を生み出しているのかを明らかにした。上位行為は、調理全体のプランニングに関わる調理単位として認知され、この接続点では手順の志向性が強いために、次の行為を限定しスムーズな移行に寄与していた。そのために MS が必要となる場面は少なく、MS の出現数は少なかった。

一方で下位行為は、今取り組むべきタスクをどう実行するかという短いスパンでの行為の順番を臨機応変に決定するのに用いられる調理単位であり、実際の行動に反映される際に MS が活用されていることがわかった。

分析2では放置タスクが再開される場面と MS の関係を分析した。放置タスクは調理環境に残された食材の持つ行為の要請であり、放置タスクが再開される場面では、事前の想定とは異なる行為に転じたり、タスクの再開にあたって状況を再認識しなければならず、身体と環境のインタラクションが活発に行われるために MS が起こっていることがわかった。

筆者は調理を行為の階層構造や放置タスクなど

	始点のみの移行区間	始点&終点の移行区間	終点のみの移行区間	全ての移行区間
移行区間の総数	25	12	20	57
MS の含まれる区間の数	2	5	8	15
出現しやすさ	0.08	0.417	0.4	0.263

表 2：放置タスクの始点・終点における

様々なまとまりで認知している。上位行為のように、それ自体で調理をスムーズに進めることに寄与する行為のまとまりもあれば、下位行為や放置タスクのようにその場でリアルタイムに次の行為を組み立てていく場面も存在する。本研究の結果は、「MS があらかじめプランされている状況ではなく、臨機応変さが強く要請されるような状況で起こりやすい」ということを示唆している。

調理において対峙する状況の複雑さにはムラがあるが、調理者は動的対応力によってうまく次の行為につなげていくことができる。

参考文献

[1] 鈴木 健太郎, (2001) "行為の推移に存在する淀みーMS" 佐々木正人, 三嶋博之 (編) .『アフォーダンスと行為』, pp. 48-84, 金子書房.

[2] 鈴木 健太郎, 佐々木 正人, (2001) "行為の潜在的なユニット選択に働くタスク制約 : 日常タスクに観察される MS の分析", 認知科学, Vol. 8, No. 2, pp. 121-138.

[3] 諏訪 正樹, (2015) "一人称研究だからこそ見出せる知の本質", 諏訪 正樹· 堀 浩一 (編著), 伊藤 毅志· 松原 仁· 阿部 明典· 大武 美保子· 松尾 豊· 藤井 晴行· 中島 秀之 (共著), 『一人称研究のすすめ □知能研究の新しい潮流□』, pp. 3-44. 近代科学社.

地震避難における意思決定の同調行動による再現
Simulating Earthquake Evacuation Decisions based on Herd Behavior

鶴島　彰
Akira Tsurushima
セコム株式会社　IS 研究所
SECOM CO., LTD., Intelligent Systems Laboratory
a-tsurushima@secom.co.jp

概要

近年、認知バイアスの一つである同調行動が避難行動に与える影響が指摘され、注目を集めている。東日本大震災の際、仙台のホテルの会議室で撮影された動画において、避難者による、逃走と退避という避難行動の選択が、出口からの距離によって分かれる現象が観察された。我々は、避難行動における同調行動を表現した、生物学の反応閾値モデルに基づいた避難意思決定モデルを使ったエージェントシミュレーションにより、この動画で見られたような現象の再現を試みた。シミュレーションにおいて、エージェントは逃走と退避をランダムに選択しているにも関わらず、動画のように、逃走と退避が出口からの距離で分かれる現象が創発した。

キーワード：同調行動、認知バイアス、避難行動、反応閾値モデル、意思決定

1.　はじめに

災害避難における人間行動研究の困難な点のひとつに、資料入手の難しさが挙げられる。実際の避難状況において直接的なデータ収集は不可能に近く、これまでは被災者への事後的なアンケート [4] や統制環境における心理実験 [12] などにより代替する方法が採られてきた。しかし、前者は調査対象者の主観や記憶への依存、生存者しか対象になり得ないためサンプルに偏りが生じることなど、後者は現実の避難状況を再現するような実験環境構築の困難さや、統制された実験環境が切迫した避難状況をどれだけ再現できているかが評価できないことなど、いずれも手法としての限界があった。

近年、スマートフォンや SNS 等の普及により、災害時の映像資料が蓄積されるようになり、研究資料としての利用可能性にも目が向けられるようになってきた。しかし、限界状況での撮影や未熟な撮影技術のため、研究資料としての価値は必ずしも高いとはいいきれない。そんな中で、東日本大震災のときに仙台市内のホテルの会議室で撮影された次の URL で示す動画

https://www.youtube.com/watch?v=tejlDDKeg8s

は、以下の点で貴重な資料だといえる。

- 地震の始まりから終わりまでがワンカットに収められている。
- 地震開始時点の人数や人々の位置が明確である。
- 冷静な撮影技術により人々の行動を追いやすい。

この動画中の 48 人の行動をひとりひとり追跡することにより、地震発生時から、動画に記録された 98 秒後までの集団の行動を理解可能な形で整理した。

本稿ではまず、この動画に映っている人々の地震発生時の行動について分析する。この分析により、災害時の行動に影響する認知バイアスである集団同調性バイアスあるいは同調行動（Herd Behavior）[4, 5, 6, 9] の影響が動画中の人々にも見られることを確認する。

次に、我々が避難行動における同調行動のモデルとして開発している、避難意思決定モデル [11] について紹介する。避難意思決定モデルについては、先に述べた理由により、モデルを経験的に検証することは現実的には非常に困難であった。そこで我々は、避難現場において発生する特徴的な現象を、避難意思決定モデルを使って再現し、これを繰り返すことでモデル検証作業とすることを考えている。例えばこれまで、避難現場での出口選択における対称性の破れ現象（一方の出口にのみ人が集中する現象）などをこのモデルにより再現することを試みている。今回は、東日本大震災のときに撮影された動画中で観察される、人々が出口からの距離に基づいて二つの行動を選択しているように見える現象が、避難意思決定モデルによって再現可

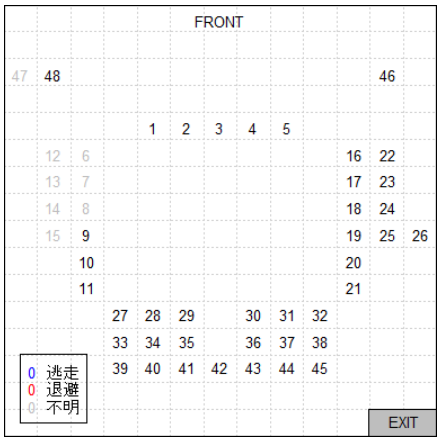


図 1: 地震前の人物配置

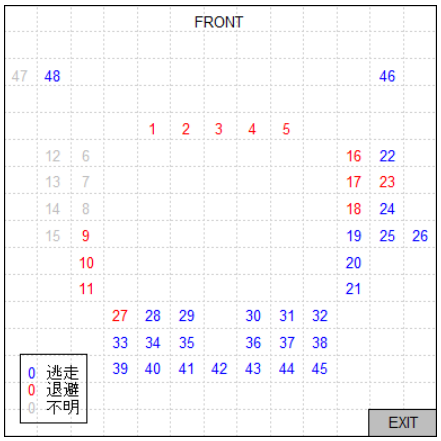


図 2: 98 秒後の各人の行動

能であることを示す。そしてこの現象が距離による意思決定ではなく、同調行動による創発現象としても一般的に説明可能であることを示す。

2. 動画の分析

図 1 は、地震開始時の室内での 48 人の位置を示している。会議室はほぼ正方形に近く、上が部屋の正面で、右下隅に部屋の出口がある。48 人は中央の空間を囲むようにして向き合って座っている。図 3 下部のチャートは、地震が始まってから室内の照明が消えてしまうまでの 98 秒間の人々の行動を示したものである。個々の人物を縦軸に、地震が始まってからの時間経過を横軸に示し、各人物の行動を記録している。地震開始時には登壇者を除く全ての人物が椅子に座って（着座）おり、その後地震が発生し、様々な行動に移る。図の緑の丸は、椅子から立ち上がった状態（立上り）を示す。青丸は、その人物が初期位置から出口に向かって移動している状態（逃走）を示す。さらに赤丸は、初期位置のまま机の下に身を隠している状態（退避）を示している。椅子から立ち上がって即座に逃走または退避に移った場合は、立上りの状態は認めず、着座から直接、逃走か退避に移ったものと考える。本稿では、逃走と退避のふたつを地震における避難行動としている。さらに、薄い灰色の丸で示された人物は、動画からは状態が追えなかった人物である。

図 3 上部のチャートは、着座、立上り、逃走、退避の各行動が切り替わったタイミングをヒストグラムにしたものである。この図を見ると、48 人が行動を切り替えるタイミングは、地震の期間中に均等に分散しているのではなく、いくつかの特定のタイミングに偏在していることが読み取れる。特に着座の状態から初めて他の行動に移るタイミングは、殆どが地震開始後 30 秒以内に集中しているが、中には 70 秒以上着座を続けてから初めて他の行動に移る人物もおり、避難開始のタイミングは非常に多様であることが分かる。このように避難者が行動を切り替えるタイミングが時間軸上に偏在することから、動画中の人物の間に、他人の行動に基づいて自分の行動を決める「同調」が働いている可能性が示唆される。

ただし、火災などと違って地震のケースでは、危険が漸増的に拡大するのではなく、強い揺れが不定期に繰り返される事がある。この動画の場合も、開始から 19 秒後と 60 秒後に強い揺れが発生している。このような要因も、行動のタイミングが時間的に偏在する原因のひとつであることは明らかであり、タイミングの偏在が同調行動のみに起因するとは言えないことに注意しなければならない。

図 2 は、地震開始から 98 秒後の状態を示したもので、図 1 の初期配置の人々が、最終的にどのような行動を採ったかを示している。図の青で示された人物は逃走を、赤で示された人物は退避を選択していた。図 2 を見ると、青と赤の境界が部屋を斜めに区切っているように見える。つまり右下の出口から一定の距離以内にいた人は逃走を選択し、その距離以上の場所にいた人は退避を選択している。この事から、人は逃走と退避の選択を、部屋の出口（図の右下）からの距離によって意思決定していると想定することができる。

一方、図 2 の状況を行動選択の空間的な偏在としてみると、上で述べた時間的な偏在も考慮に入れて、これが同調行動に起因する現象とも考えることができる。ここで次のような仮説を設定する。人々は逃走と退避をランダムに選択しているにすぎないが、災害避難時に働く同調行動の結果として、図 2 に見られるような境界が自然に現れ、あたかも個人が出口からの距離で意思決定をしているように見せかけている。

以下の節では、この仮説が一般的に成り立つこと

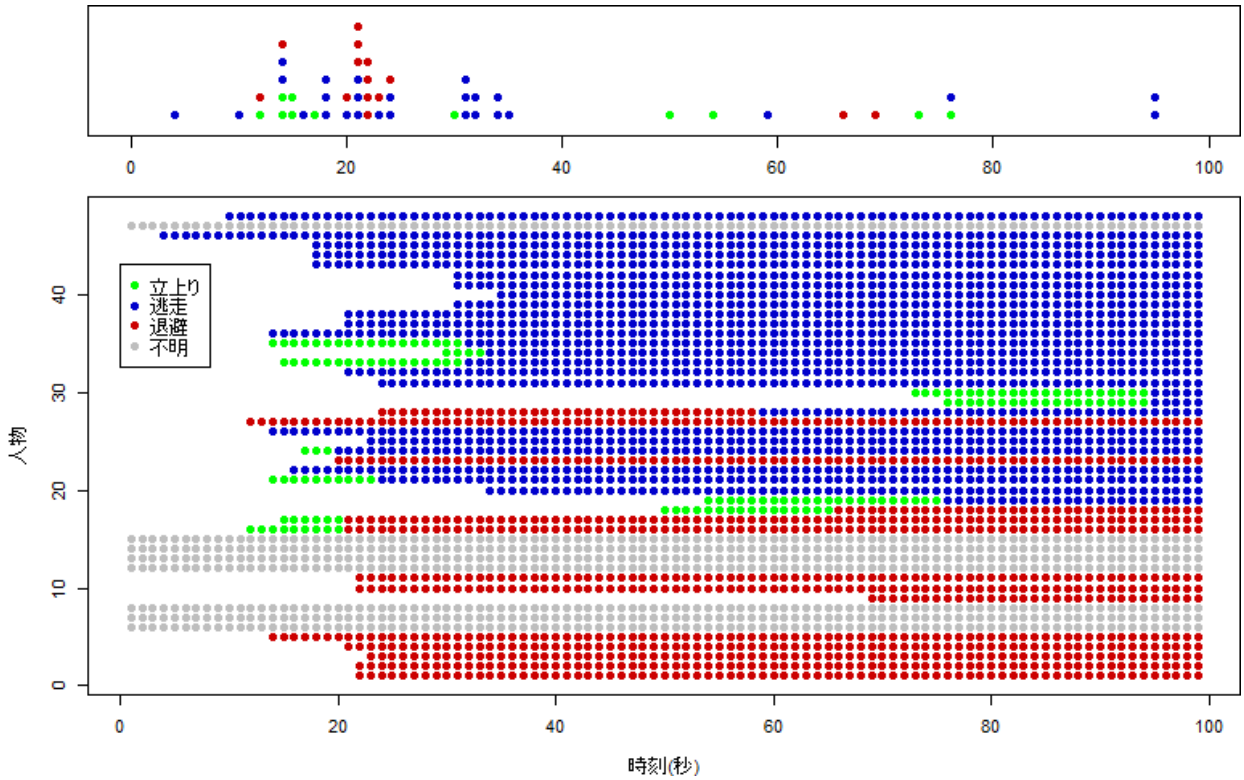


図 3: 個人別行動タイムチャート

を、同調行動のモデルである避難意思決定モデルを使ったエージェントシミュレーションにより確認する。

3. 避難意思決定モデル

避難意思決定モデルは、集団の同調行動を表現したもので、生物学の反応閾値モデル [2, 3] をベースにしている。反応閾値モデルとは、真社会性生物の分業を表す分散アルゴリズムで、各個体は、それぞれが有する反応閾値と呼ばれるランダムな値と、環境から受け取る刺激によって、タスクに携わる確率を動的に切り替える。この操作により、大域的な制御構造なしでも、コロニー全体で見ると常に必要なタスクに適切な個体数を割り当てることができる。このタスクに携わる確率を、リーダー、フォロワーと呼ぶ二つの心的状態を切り替える確率とみなしたものが避難意思決定モデルである。

Raafat らは、同調行動を”the alignment of thoughts or behaviours of individuals in a group (herd) through local interactions rather than centralized coordination” と定義した [10]。この定義によれば、同調は大域的な制御構造を排した、あくまで局所的な相互作用のみに基づいて生み出される現象であり、さらに同調が集団行動として発現するためには、少なくとも自分自身の意思で行動する個体と、他人の行動に基づいて行動する個体の二種類の混合が必要であることがいえる。なぜなら前者のみでは、行動は発生してもそこに同調は存在せず、後者のみではどんな行動も発生しないからだ。ここでは前者をリーダー、後者をフォロワーと呼ぶことにする。すなわち同調行動のモデルとは、集団内のリーダーとフォロワーの混合のダイナミクスを、大域的な制御構造に頼らずに実現する機能を内包すると考えることができ、反応閾値モデルはこの条件に極めて巧く適合すると考えられる。

エージェント i は心的状態を表す確率変数 X とランダムな反応閾値 θ_i を持つ。エージェントは $X = 1$ のときリーダーとして意図的に行動するが、$X = 0$ のときはフォロワーとなり他者の行動をベースに自分の行動を決める。二つの状態間の遷移は以下の関数に基づいて確率的に決まる。

$$P_i(X = 0 \to X = 1) = \frac{s_i^2}{s_i^2 + \theta_i^2} \tag{1}$$

$$P_i(X = 1 \to X = 0) = \epsilon \tag{2}$$

エージェントは環境が有する客観的なリスク値 r と、タスク（この場合は全員が避難行動をすること）の進捗状況によって、個々の心的状態を確率的に切り替える。その時に使われる個体ごとの刺激値 s_i を以下の

ように定義する。

$$s_i(t+1) = max\{s_i(t) + \delta - \alpha(1-R)F,\ 0\} \qquad (3)$$

ただし、δ は単位時間あたりの増加量、α はスケールファクター、R はエージェントのリスク認知を表す以下の関数である。

$$R(r) = \frac{1}{1 + exp(-g(r - \mu_i))} \qquad (4)$$

ただし、g はシグモイド関数の曲率で、μ_i はエージェントのリスク感受性を表しており、θ_i 同様個体ごとにランダムな値が与えられている。

反応閾値モデルでは、コロニー全体の個体数に対する、タスクに従事している個体数の比率によりタスクの進捗を判断しているが、避難意思決定モデルではこのような大域的な情報は扱わず、各個体は自分の周辺の情報のみからタスク進捗を推定すると考える。具体的には、エージェントは近傍の人数が多ければタスクの進捗度合いは低く、少なければ進捗度合いは高いと考え、以下の関数の F によりタスク進捗を推定する。

$$F(n) = \begin{cases} 1 - n/N_{max} & n < N_{max} \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \qquad (5)$$

ただし、n は近傍のエージェント数、N_{max} は近傍の最大エージェント数を表す固定値とする。また、近傍とはエージェントの進行方向に対して 120 度かつ 5 グリッドの範囲としている。

エージェントが $X = 1$、$X = 0$ を採った時の具体的な行動内容は、問題ごとに定めるべきとの考えから特に規定しておらず、モデルの利用者に委ねられている。

4. シミュレーション

本説では、2. 節の動画に記録された、逃走と退避の選択が出口からの距離によって決まるように見える現象の、避難意思決定モデルによる再現を試みる。ここで示すシミュレーションは、動画の状況そのままの再現を目的としたものではなく、エージェントがランダムに選択を行ったとしても、同調行動により出口からの距離で二つの選択が分離するという現象が、一般的に起こりうることを確認するためのものである。

シミュレーションが始まると、環境リスクは $r = 0$ からスタートし 1 タイムステップにつき 0.5 の割合で単調に増加する。また、環境の刺激値も、$s_0 = 0$ から 1 タイムステップに δ ずつ増加（初期は $F \approx 0$ だから）するので、各エージェントの $P_i(X = 0 \to X = 1)$ は、それぞれの反応閾値に応じて増加し、リーダーとなるエージェントが出現する。さらにそれに伴ってフォロワーがリーダーの行動に同調する。シミュレーション終了時には、全てのエージェントが逃走もしくは退避のいずれかの行動を採り定常状態となる。

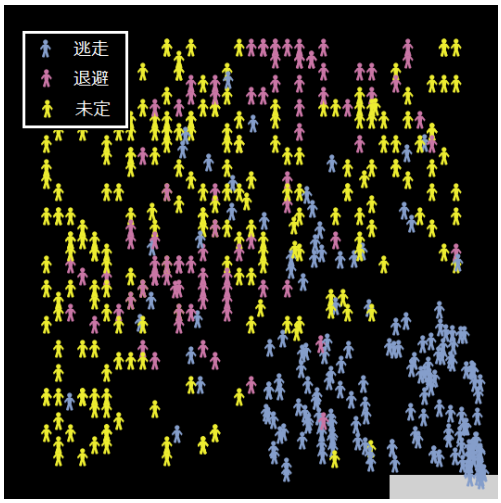


図 4: シミュレーションの例（途中）

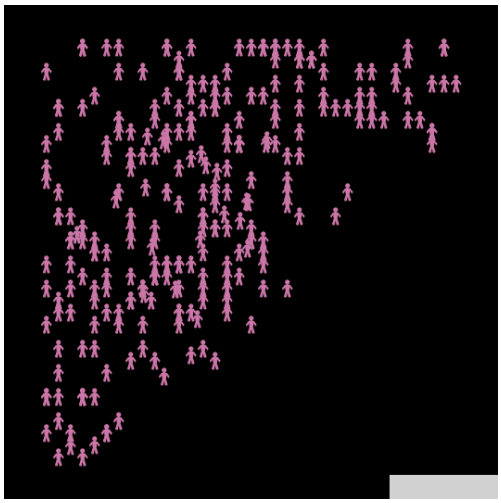


図 5: シミュレーションの例（終了時）

図 4 は、右下に出口（灰色の部分）のある、左下を原点として、x 方向に 40 グリッド、y 方向に 40 グリッドの正方形の部屋における、500 人のエージェントによるシミュレーションの一例である。

図 4 はシミュレーション途中のもので、青のエージェントは逃走行動を採ったもの、赤のエージェントは退避行動を採ったもの、黄色のエージェントは未だ行動が未定のものを表している。図 5 は、シミュレーション終了時のもので、退避行動を採ったエージェントが、出口から遠い区画に三角形に取り残されている。

このシミュレーションにおける $X = 1$（リーダー）

Algorithm 1 リーダーの行動 $(X = 1)$

if 現在の行動が未定である **then**
　確率 0.5 で逃走か退避のどちらかを選び現在の行動とする
end if
if 現在の行動が逃走である **then**
　出口に向かって 1 ステップ移動する
else
　その場にとどまる
end if

Algorithm 2 フォロワーの行動 $(X = 0)$

$N0$：近傍の個体の中で行動が未定のものの数
$N1$：近傍の個体の中で行動が逃走のものの数
$N2$：近傍の個体の中で行動が退避のものの数
$max(N0, N1, N2)$ の行動と同じ行動を採る
if 現在の行動が逃走である **then**
　出口に向かって 1 ステップ移動する
else
　その場にとどまる
end if

の行動は、Algorithm 1 であり、$X = 0$（フォロワー）の行動は、Algorithm 2 である。また、逃走を選んだエージェントは、右下の出口に向かって移動するが、未定と退避のエージェントは移動しないでその場に待機する。シミュレーションの初期状態は、全てのエージェントが行動未定の状態である。シミュレーションの結果から、エージェントは逃走と退避をランダムに選択しているにも関わらず、二つの行動がほぼ対角線で分かれている事が示されている。

ここで、シミュレーション終了時に部屋に残った N 人のエージェントの集合を $A = \{a_1, a_2, \cdots, a_N\}$ とし、$a_i \in A$ の座標を x_i, y_i とする。二つの集合 $U \bigoplus L = A$、ただし $U = \{a_i | x_i \leq y_i\}$ かつ $L = \{a_i | x_i > y_i\}$、を考えたとき、$d = |U| - |L|$ は、室内に残されたエージェントを対角線 $y = x$ で区切ったときの、上下の人数差を表す。

図 6 は、このシミュレーションを 1000 回行った時の d 値のヒストグラムである。赤のバーは避難意思決定モデルを使ったシミュレーション結果の d 値を、青のバーはベンチマークとして、全員がランダムに行動を選んだとき（全員に Algorithm 1 を適用した場合）のシミュレーション結果の d 値を表している。図から、避難意思決定モデルを使った場合は、大部分のシミュレーションにおいて対角線よりも上の領域に多

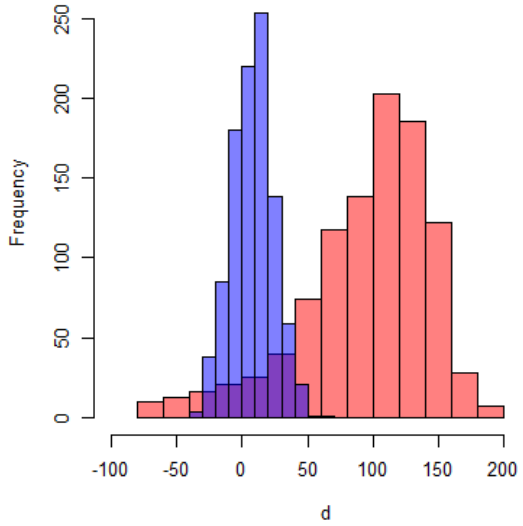


図 6: 対角線の上下での人数差 (d) のヒストグラム．避難意思決定モデル（赤）、ランダムに行動を選ぶ（青）

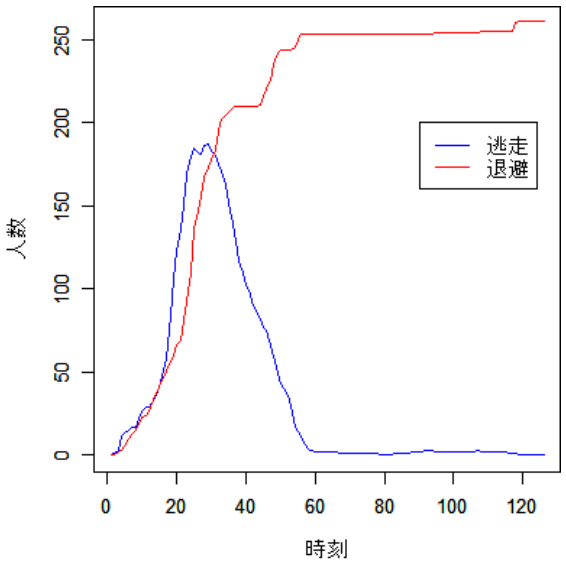


図 7: 逃走と退避の人数

くのエージェントが残されている事を示している。これらの結果から、会議室の動画に見られるような行動は、（出口からの距離による意思決定ではなく）避難における同調現象の結果としても説明可能といえる。

最後に本シミュレーションで使ったパラメータは、$\theta, \mu \sim U(0, 100)$、$\epsilon = 0.2$、$\delta = 0.5$、$\alpha = 1.2$、$g = 1.0$、$N_{max} = 10$ である。

5. 分析

図 7 は、図 4、 5 のシミュレーション中の、逃走エージェント数（青線）と退避エージェント数（赤線）の時間変化を表したものである。退避エージェント数

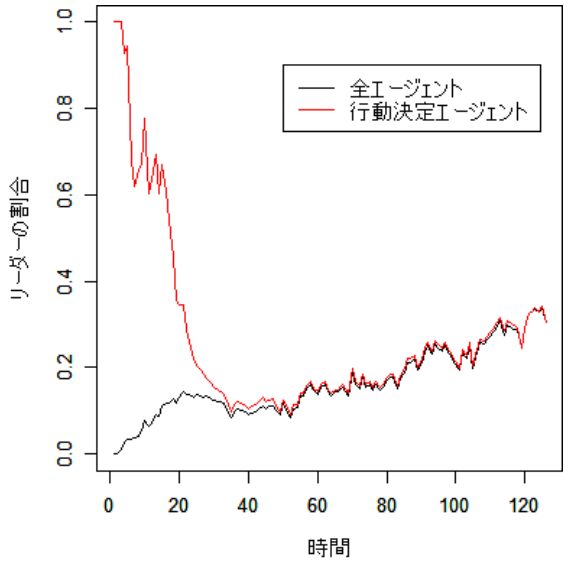


図 8: 室内全エージェントと行動決定済みエージェントに対するリーダーの割合

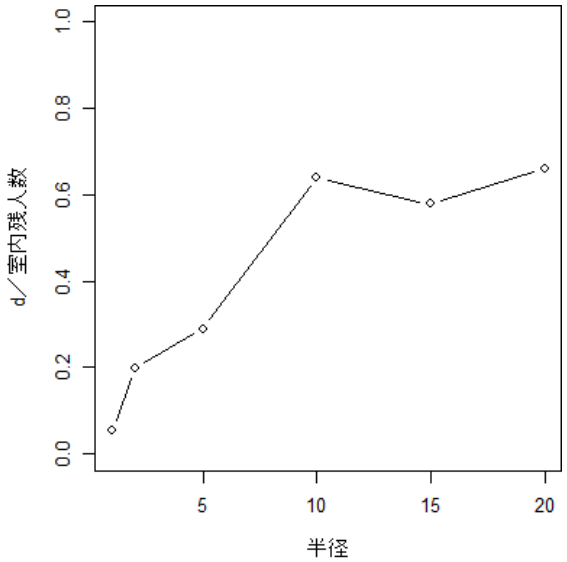


図 9: 近傍の半径と室内残存人数あたりの対角線上下での人数差（d/室内残人数）

は時間とともに累積的に増加するが、逃走エージェント数が途中から減少に転じているのは、逃走の結果室外に出てしまったエージェントを減じたことによる。

図 8 は、エージェント数に対するリーダーの割合を示している。図の黒線は室内の全エージェント数に対するリーダーの割合を、赤線は既に行動を決定した（未定ではない）エージェント数に対するリーダーの割合を示す。リーダーには、逃走行動を採っているものと、退避行動を採っているものの両者が含まれる。

この図から室内の全エージェントに対するリーダーの割合は、時間とともに増加傾向にあるが、行動を決定した（未定でない）エージェントに対するリーダーの割合は、初期の 1.0 から、一度大きく低下して、全エージェントに対するリーダーの割合と重なり、その後一緒に上昇していく事が分かる。これはシミュレーション初期には、（リーダーの定義から）行動決定できるエージェントはリーダーのみであり、その後フォロワーが増えるとともにリーダーの割合は一旦大きく低下するが、さらにシミュレーションが進むにつれて行動未定のエージェントがいなくなり、室内の全エージェントは行動決定済みとなり、二つの割合が同じになるからである。

エージェントがどこまでを自分の近傍、すなわち同調現象の影響範囲と認識するかは、同調行動の結果に大きな影響を与える要因である。ここでは、エージェントの近傍を規定する半径と、シミュレーション結果である対角線上下での人数差（d）の関係について調べる。図 9 は、近傍の半径を 1, 2, 5, 10, 15, 20 グリッドと変化させ、それぞれ 50 回ずつシミュレーションを行った時の、シミュレーション終了時に室内に残ったエージェント数に対する d 値の割合を示したものである。ここで、単純に d 値ではなく、室内に残ったエージェント数あたりの d 値を使った理由は、近傍の大きさはそれ自体で同調現象に大きな影響があり終了時の室内残存人数が大きく変わってしまうため、単純に d 値のみでは比較ができないからである。例えば、半径が 5 グリッド以下のときは最終的に 300 前後のエージェントが部屋に残るが、半径が 20 グリッドになると部屋に残るエージェント数は 100 以下になってしまう。図 9 を見ると、この事を考慮に入れても、近傍を規定する半径の大きさと対角線上下での人数差には、強い相関関係がある事が分かる。なお、このときの詳細なシミュレーション結果を表 1 にまとめた。

表 1: 近傍半径を変えたシミュレーションの結果（50 回の平均値）

半径	室内残人数	d	上側人数	下側人数
1	275.6	14.9	145.2	120.4
2	274.0	54.4	164.2	109.8
5	317.3	91.9	204.6	112.7
10	186.3	119.3	152.8	33.5
15	136.4	78.9	107.6	28.7
20	66.4	43.9	55.2	11.2

6. 考察

我々は避難行動における認知バイアスのひとつである、同調行動の影響を表現する避難意思決定モデルを開発してきた。本稿では、東日本大震災において記録された映像内で観察された避難行動が、避難意思決定モデルによって再現できることを確認した。本稿で採用した映像情報は、無数にある避難状況のひとつを示したものに過ぎず、一般性も未検証であり、この例だけでは避難意思決定モデルの検証作業としては十分なものとは言えない。本稿とは別に、避難者からの報告に基づいた定性的な知識を避難意思決定モデルで再現する試みも行っている。その一例として、複数出口のある避難状況での出口選択における対称性の破れ現象 [5, 6, 7, 1, 8] があり、我々は検証作業のひとつとしてこの現象の再現にも別途取り組んでいる。

避難状況という客観データに乏しい分野では、十分なモデルの検証作業は難しい。一般性や客観性にやや難はあっても、稀少なデータをひとつひとつ取り上げては丁寧に確認していくという地道な努力が重要だと考えている。

7. 結論

東日本大震災の際に撮影された動画の分析において、避難者の逃走と退避の行動選択が、出口からの距離によって分離する現象が観察された。避難行動における同調行動を表現した避難意思決定モデルにより、この現象の再現が可能である。この現象は、出口からの距離に基づく意思決定という解釈以外に、同調行動による、避難者の行動選択の空間的な創発現象としても解釈することができる。

参考文献

[1] E. Altshuler, O. Ramos, Y. Nunez, J. Fernandez, A. J. Batista-Leyva, and C. Noda. Symmetry breaking in escaping ants. *The American Naturalist*, Vol. 166, No. 6, pp. 643–649, 2005.

[2] Eric Bonabeau, Guy Theraulaz, and Jean-Louis Deneubourg. Quantitative study of the fixed threshold model for the regulation of division of labour in insect societies. *Proceedings of The Royal Society B*, Vol. 263, No. 1376, pp. 1565–1569, 1996.

[3] Eric Bonabeau, Guy Theraulaz, and Jean-Louis Deneubourg. Fixed response thresholds and the regulation of division of labor in insect societies. *Bulletin of Mathematical Biology*, Vol. 60, pp. 753–807, 1998.

[4] Susan Cutter and Kent Barnes. Evacuation behavior and Three Mile island. *Disasters*, Vol. 6, No. 2, pp. 116–124, 1982.

[5] Dominic Elliott and Denis Smith. Football stadia disasters in the United Kingdom: learning from tragedy? *Industrial and Environmental Crisis Quarterly*, Vol. 7, No. 3, pp. 205–228, 1993.

[6] Dirk Helbing, Illes J. Farkas, Peter Molnar, and Tamas Vicsek. Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Vol. 21, No. 2, pp. 21–58, 2002.

[7] Dirk Helbing, Illes Farkas, and Tamas Vicsek. Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, Vol. 407, No. 28, pp. 487–490, 2000.

[8] Q. Ji, C. Xin, S.X. Tang, and J.P. Huang. Symmetry associated with symmetry break: revisiting ants and humans escaping from multiple-exit rooms. *Physica A*, 2017.

[9] Anthony R. Mawson. Understanding mass panic and other collective responses to threat and disaster. *Psychiatry*, Vol. 68, No. 2, pp. 95–113, 2005.

[10] Ramsey M. Raafat, Nick Chater, and Chris Frith. Herding in humans. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 13, No. 10, pp. 420–428, 2009.

[11] Akira Tsurushima. Modeling herd behavior caused by evacuation decision making using response threshold. In *AAMAS2018/MABS2018 workshop proceedings (to appear)*, Stockholm, Sweden, 2018.

[12] 弘忠広瀬, 伸吉杉森. 正常性バイアスの実験的検討. 東京女子大学心理学紀要, 創刊号, pp. 81–86, 2005.

ものづくりにおいて製作環境が変遷するプロセス：事例による検討
Shifting the Facilities for Making Products : Two Case Studies

小池 星多†，篠川 知夏††，青山 征彦†††
Seita Koike, Chinatsu Sasagawa, Masahiko Aoyama
†東京都市大学，††（株）まちづくり立川，†††成城大学
Tokyo City University, Machidukuri Tachikawa Inc., Seijo University
mha03030@nifty.com

要旨
ロボット製作と革製品製作という、異なる２つのものづくりの事例を採り上げて、製作のプロセスのなかで、製作環境が変化する場面を検討した。その結果、現在の製作環境の限界に直面することで、それまでは注目されていなかった製作環境が見直された事例が観察された。製作環境の変化は、製作をめぐるネットワークを再編成することであり、こうした再編によって製作が継続されていることを示した。

Keywords — Robotics, Magbot, Node-RED, Laser Cutter, Leather Fabrication.

1. 問題と目的

本発表では、ロボット製作と革製品製作という、ものづくりの事例を採り上げて、実践のあり方、特に製作環境や、そこで用いられる道具といったものが、変化していくプロセスを検討する。　ものづくりのプロセスは、仕事場に注目したワークプレース研究でも、あまり採り上げられていない。しかし、今日、ものづくりの現場は、３Ｄプリンタやレーザー加工機の普及によって、大きく変化しつつある。そこで、本発表では、ものづくりの現場に着目して、今日のテクノロジーとものづくりとの関係について検討を試みる。

ものづくりの場合、最初は取り組みやすい、いわば入門的な環境からスタートするが、そうした環境は、できることが限定されていて、本格的な製作には向いていないことが多い。そこで、本発表では、具体的な事例にもとづいて、最初の入門的な環境から、より本格的な環境へ移行するプロセスを検討する。このような検討を通じて、製作環境や道具が変化するきっかけはどのようなものなのか、こうした変化がものづくりの実践にどのような影響を与えているのかを検討する。

2. 事例１：ロボット製作

第１著者は、大学の研究室でマグボットという小型ロボットを開発してきたが、開発には以下のような変遷があった。

（1）研究用に小型のしゃべるロボットを作ろうとした。
最初に実現しようとしていたことはポピュラーなものであった。当時、他のロボットでも採用されていた、ロボット内の PC にサーバーを開いて、他の PC のブラウザ経由でロボットの目や車輪を制御する方法を踏襲しようとしていた。しかしそれを具体的にどのように実現するかはわからず、試行錯誤を行なっていた。

2011 年に、最初に超小型の PC をロボット内部に格納しようとしたが、PC が大きく重いため、ロボットが走行できないという問題に直面した。また、ロボットの操作に、PHP や CGI を使おうとしたが、リアルタイムに操作できないという問題にも直面した。

（2）2012 年に、アメリカの大学で半年間、研究員になった。滞在先で、WebSocket というブラウザからリアルタイムに PC を操作する仕組みを知った。WebSocket は、以前から知ってはいたが、使えるとは思っていなかった。実際に研究室のロボットに使われていたので、自分でも採用することにした。

音声合成は、小型 PC でやろうとしていたが、やり方が難しく、音質も悪かった。途中から、Mac でも音質のいい音声合成ができることがわかったので、小型 PC を内蔵するのはやめて、ロボットの外部（Mac）からロボットの 制御と音声合成をして、Bluetooth でロボットの内部に設置したスピーカーに音声を飛ばすことにした。

Mac の方が馴れていたこともあって、やりやすかった。当初、ロボット内部にコンピュータがあることにこだわっていたが、ユーザにとってはロボット内部で制御しようが、外部の PC で制御しようが関係ないことに気づいた。

（3）2016 年には、小型ロボットの制作方法をまとめた書籍『おしゃべりロボット「マグボット」』も刊行した。この時点では、マグボットはおしゃべりをすると

言っても、決められた言葉を発音するだけだった。そこで、2017 年に、次の開発目標として、音声認識をして会話ができるロボットを考え、検討を始める。そのなかで、IBM の Watson を利用するアイデアが生まれたが、人工知能をそのままプログラムで動かす自信はなかった。またユーザにも、マグボットを改変できるようにしたかったので、あまり敷居が高い技術は好ましくないと考えた。そうしているうちに、Arduino と Watson を結ぶインタフェースとして、IBM が作った Node-RED が使えることに気づいた。

もともと Node-RED は知っていたが、自分と関係するものとして見ていなかった。Node-RED は、Watson を簡単に使うためのノードを備えていた。Node-RED を用いれば、マグボットのプログラムを簡単にでき、ユーザもカスタマイズしやすくなると考えて、マグボットのプログラムを Node-RED で書き直すことにした（現在作業中）。

また、Node-RED でマグボットを作り直す作業の中で Node-RED のイベントに参加するようになり、日本の Node-RED コミュニティとも関係ができた。かつて、マグボットを Scratch で動かすことができるようにしたところ、Scratch コミュニティからマグボットが「Scratch を使った教育用ロボット」として認知され、マグボットの立ち位置が変容した経験があったが、同様に Node-RED コミュニティを繋がることでマグボットもさらに変容するだろう。

しかし、Node-RED に変更することで、問題も生じた。例えば、マグボットで使っている OpenJTalk という音声合成システムのノードは、Node-RED に実装されていないのでどうしようかと思ったが、「exec ノード」という、Linux のシステムコマンドを実行できるものを使って OpenJTalk を制御できることがわかった。

また、LED を少しずつ点灯させるようなノードもない。これは function ノードという JavaScript を直書きできるノードを使って実現するしかないことがわかった。しかし、JavaScript を直書きするのでは、ユーザから見て難易度が上がってしまう。そこで、Node-RED のマグボットでは、LED を少しずつ点灯させる仕組みはあきらめることにした。

3. 事例２：革製品の製作

第２著者は、おもに革製品を製作している作家にインタヴューをしている。この方は、もともと技術者だったが、自分でアイデアを考えて作り出すものづくりをしたいと、レーザー加工機に興味を持ち、「革」をメインに製作することにした。革製品の加工に用いる工具は高価であり、貸し出しもあまりなされていないが、レーザー加工機はより汎用的な道具であり、あちこちで借りることができた。そのため、レーザー加工機から製作をスタートした。

しかし、そのうちにレーザーの焦げが気になるようになってきた。本来であれば技術取得に時間が掛かるであろう「革を切る」という作業は、レーザー加工機によりサポートされるものの、切断面の焦げは避けられないので、焦げを落とす作業が必要になる。生活がかかっているので、作家として作品の生産数を上げる必要性がでてくるが、レーザーで穴を開けて手縫いするのは作品ひとつに膨大な時間がかかる。そこで、ミシンを使用すれば作業スピードや生産数が向上し、飾りで気軽にステッチを入れられることからデザイン性を上げることもできると考えた。

その後、オークションで中古の職業用ミシンを手に入れた。もちろん作業用に手に入れたが、機械のアンティーク感が気に入ったこと、もし機械の劣化がひどく使用が難しいことが判明しても、分解して機械の仕組みが分かればその価値はある、ということで購入した。

最近では、工業用ミシンの使い方も覚え、製品や試作品の作業スピードは格段に上がった。また、制作環境の変化により、自身のものづくりのネットワークも変化し、ミシンを使用している他の作家ともつながりができた。その一方で、革製品は縫い方の問題で、どうしてもミシンでは一箇所がほつれるとすべて糸が抜けてしまう縫い方になってしまうが、手縫いだと一箇所ほつれてもある程度問題ない縫い方ができ、強度が高い。そのため、購入者に長く使ってもらう精度の高い作品をつくるには手縫いの方がよいということもあり、ミシンに慣れすぎるのも怖い、丁寧なものづくりのスタイルにこだわりたいという想いもあるようである。

4. 考察

１）道具や製作環境が変化するきっかけ

いずれの事例も、（１）現在の環境ではできないことに気がつく、（２）道具の限界を超えるアプローチを模索する、（３）新しい環境や道具を導入する、というプロセスをたどっている。

最初の（1）は、うまくいかないことによって生じたブレイクダウンが、ブトカーの言うフォーカスシフトを引き起こしたと見ることができる。フォーカスシフトによって、新たな目標にあった環境や道具に注目するようになる。

2）既知のリソースの見直し

これは同時に、ネットワークの再編成でもある。事例1でも、事例2でも、Node-RED や工業用ミシンを知らないで製作をしていたわけではない。初期は、もっと参入しやすい他の方法が選択されていたために、こうした方法が必要とされなかったのだろう。フォーカスシフトによって引き起こされるのは、まったく新しいリソースへの注目というより、これまではあまり注目していたかった既知のリソースへの注目なのかもしれない。今までのネットワークがいわば再編されるかたちで、新しい制作環境が作られているようである。この点は、ＣＮＣ旋盤が導入されることで、旧型のＮＣ旋盤の意味合いが変化することを指摘した上野（1999）とも、関連すると思われる[1]。

また、事例1では、マグボットの設計を Node-RED に切り替えることによって、それまでは関係がなかった Node-RED のコミュニティと、コミュニケーションをとるようになった。このことは、マグボットの立ち位置を変え、ひいてはマグボットを製作する研究者の立ち位置を変えるだろう。つまり、製作環境の変化は、人的なネットワークの再編にもつながると言える。

3）制作環境の変化がもたらすもの

事例1で用いられていた Node-RED は、プログラミングをカプセル化することで、ユーザのやりたいことに近づける技術である。大まかなプロセスが可視化されるので、ユーザにも仕組みがわかりやすい。

しかし、これまでにできていたことがやりにくくなったり、できなくなったりする限界もある。例えば、マグボットで使っている音声合成システムを使い続けるために、Linux のシステムコマンドに関する知識が役立てられた一方、LED の制御はユーザにとって難しいと判断し、少しずつ LED が点灯するという仕様が変更されている。新しい制作環境における限界によって、これまでの技術は見直されることになり、何が必要なのかを再考せざるを得なくなる。

同様に、事例2における工業用ミシンは、製作のスピードアップと、焦げの問題を解決したが、手縫いの良さも浮かび上がらせることになった。

ものづくりの実践は、製作環境と切っても切り離せない関係にある。そのため、実践が変化すると、製作環境も変化する。これらの事例は、実践のなかで見えてきた新しい目標に対応できる製作環境を構築でき、そのために実践がさらに発展したケースであるが、もし、新しい目標に対応できる製作環境が構築できなければ、実践は発展せずに中断したかもしれない。

このように考えると、実践を継続し、発展させていくためには、こうした製作環境の変化が必要なのではないかとも考えられる。こうした実践と製作環境の相互作用について、発表時にはより詳細に論じたい。

5. 参考文献

[1] 上野直樹（1999）．仕事の中での学習：状況論的アプローチ．東京大学出版会.

イノベーションにおけるプロトタイピングの効果—対話とプロジェクション（投射）による考察—[1]

Dialogue and projection by prototyping in product innovation

廣田章光‡
Akimitsu Hirota
Professor, Doctor of Commerce Science
‡近畿大学　経営学部　商学科
KINDAI University (Osaka Japan)
Faculty of Business Administration
akhirota@bus.kindai.ac.jp

Abstract

Recent studies focusing on problem solving have shown the occurrence of innovation in situations where the problem does not clear (Ishii 1993,2009,2014, Lester and Piore 2004, Von Hippel and Von Krogh 2016). In is one Von Hippel and Von Krogh research in the field (2016), the relationship between the binding and the landscape of the needs and solutions (information distribution area) (pairing), the structure of the combination was demonstrated. This study is based on the development example of “Naruse pedal” that automobile pedal by user innovation, it was the relationship between the coupled with the generation of landscape in Von Hippel and Von Krogh (2016) describes using the framework of a "dialogue of the triangle." The presence of "dialogue triangle"(Hirota 2017,2018), is promoted the search for combinations of bonding between landscape, which can lead to landscape simultaneously grown. Further by the framework of this dialogue more developers or users share partially landscape showed that the binding of the extended new combination tends to occur. This framework is developed possibility of by the user community innovation, to the innovation of consideration by the co-creation of users and manufacturers.

Keywords
Need Solution pairs,Product development, Prototyping, Co-creation, Converge and diffusion, Representation, Projection, Dialogue, Design thinking,

1. はじめに

本研究は、開発プロセスの中で初期段階における問題発見とその解決を見出す領域を対象としている。市場創造型製品の開発初期段階は一般に不確実性が高い。そのため、開発担当は初期段階においては、何を開発するかについて明確に定義できない状況が存在する。そしてこの段階は顧客の意見を注意深く聴取したとしても、プロジェクトの目標を明確に定めることは不可能である（Lester and Piore(2004)p.53)。そのため開発者は試行錯誤のプロセスを経て、問題を見出していく（石井(1993)、Lester and Piore(2004)）

この開発初期段階における活動の質は、製品の成功確率を高める上で重要である（Cooper and Kleinschmidt 1994、Song and Parry 1996,Khurana, Rothenthal 1998)。このような製品開発の課題を解決する方法の一つとして、フロント・ローディング化(Thomke and Fujimoto 2000)とその実現に向けた有効な方法の一つとしてラピッド・プロトタイピング、すなわち素早く簡単に立体物をつくることの効果が示されている(Thomke 1998)。しかしラピッド・プロトタイピングが何故、活動の質を高めるかについては充分な議論がなされていない。本研究ではこのプロトタイピングと「活動の質」との関係に注目する。ラピッド・プロトタイピングが、問題の解決と同時に問題の発見にも寄与しているとの仮説のもと、プロトタイプがもたらす対話の促進と問題発見の促進への貢献について考察をする。

このような領域に関する研究として、近年、問題が明確でない状況におけるイノベーションの発生が示されている（石井 1993, 2009, 2014, Lester and Piore 2004,Von Hippel and Von Krogh 2016)。その分野の研究の一つである Von Hippel and Von Krogh(2016)において、ニーズとソリューションのランドスケープ（情報分布域）と結合（ペアリング）との関係と、組合せの構造が示された。本研究はユーザー・イノベーションによる「ナルセペダル」の開発事例をもとに、Von Hippel and Von Krogh(2016)におけるランドスケープの生成と結合との関係を「対話のトライアングル」の枠組みによって説明する。「対話のトライアングル」の存在によって、ランドスケープ間の結合の組合せの探索が促進され、同時にランドスケープの成長につながる可能性がある。さらに「対話のトライアングル」とは、プロトタイピングと対話を関係づける枠組みである。

2. 問題発見と問題解決

人工物（製品・サービス）の開発には正しい問題

[1] 本研究は、平成 30 年度　科学研究費助成金（挑戦的萌芽研究　「デザイン・ドリブン型開発におけるプロトタイピングと価値創造に関する研究」（課題番号　16K13392）の成果の一部である。

を発見することと共に、正しい解決を創造することが必要である（Norman 1993,2013）。そして問題を解決するためには、問題を解決可能な形で表現することが重要である（安西 1985、鈴木 2016a）。そして問題が解決可能な形で表現されるためには、問題を理解することが必要となる（安西 1985、鈴木 2016a）。この問題理解が問題解決において一番難しいプロセスである（安西 1985）。難しい理由の一つは、顧客から解決を求められる問題は、根源的な問題でもない場合が存在するからである（Norman 1993,2013）。つまり顧客が言語等で表現する問題は本当に顧客が解決を望む場合ばかりであるとは限らない。そのため人工物開発の成功のポイントは何が本当の問題かを理解することにある（Norman 1993,2013）。しかし顧客自身も表現することが難しい問題を他者が理解することは容易ではない。

そのため、まずは状況が理解されなければ問題を適切に表現できない。そこで現時点の自身の状況理解の程度によって、(可能な水準で)問題を表現しその上で解いてみると、表現が充分でない、あるいは正しくない部分が明らかになり、直面している状況の理解が進む（安西 1985）。つまり問題理解につながる状況理解は「明らかになっている」もしくは、「明らかになっていない」による区分ではなく、部分的に明らかになっている状態の存在や段階的に明らかになっていく状態にも注目する必要がある。

問題発見の視点から従来研究を確認すると、以下の前提が存在する。第1に問題発見と解決の行動の分離である。二つの行動が相互作用的に発生することが想定されていない。問題発見と解決のそれぞれの行動が分離し、単一の行動として発生する前提である。第2に問題発見行動が問題解決行動に先行して発生する。つまり問題発見と問題解決の行動は、問題発見が先にあり問題の解決が後に発生する前提である。

安西（1985）の指摘は、問題を解いてみることによって解決を部分的に行うことによって、問題を明らかになる場合があることを示している。この指摘は問題が明らかになってから解く場合だけでなく、明らかでない段階で明らかな情報をもとに「解く」行動が問題を明らかにしつつ、解決をも提示できる可能性を示している。

3. ナルセペダル

ナルセペダルとは、ナルセ機材有限会社（熊本県玉名市、以下、ナルセ機材）の代表取締役である鳴瀬益幸氏（以下、開発者）によって開発された自動車のアクセル、ブレーキを制御するペダル装置である。近年、社会課題になっている、自動車のアクセルとブレーキの踏み間違いによる事故を減少させる目的で開発された。開発のきっかけは、開発者自身の自家用車での暴走体験である。1988年頃のことである。幸い事故には至らなかった。しかし、類似の体験をした人々、事故の被害者、加害者の様子を確認するにつれこのような事故を撲滅する必要性を感じることになる。そして自ら開発に着手し試行錯誤を繰り返しながら製品化した。1996年（平成8年）からは、依頼に応じて有償による取り付けと販売をナルセ機材で行っている。そして2018年6月現在、約500台を超える国内の自動車に装着され公道を走行している。

運転者が踏み間違い行動の発生要因は、開発当初の1988年頃から現在まで、その理由の多くは「運転者の不注意」あるいは「加齢による判断能力の低下」というユーザーの要因とされている。現在も自動車とユーザーの関係を含めた、踏み間違い行動の発生要因の解明には至っていない。そのため、その解決には解決すべき問題を探りながら、解決方法を生み出すことが求められる。

従来の自動車ペダルはオートマチック車の場合[2]、アクセルとブレーキの2つのペダルが存在する。ナルセペダルはアクセルとブレーキの2つのペダルを一体にしたペダルであり、「ワンペダル」と呼ばれる。ナルセペダルは市販の自動車に取り付けられているアクセルペダルとブレーキペダル取り外し装着する。走行中はブレーキペダル上に右足を乗せたまま運転する。そのため右足を踏み込むだけで、仮に右足を無意識に踏み込んでしまっても自動車は制動する。人間は自身の恐怖や予想外の出来事に遭遇しパニック状態になった場合、危険に対して備えるために全身を緊張させる特性がある[3]。自動車の運転席に座っている場合は、脚を踏ん張る現象として現れる。そのため本人が意図しないペダルを操作した場合、つまりブレーキを操作したつもりがアクセルを操作した場合、あるいはオートマッチのギアポジションを前進にセットしたつもりが後進になっていた場合などは、操作する右足が定置されているアクセルペダルを無意識に踏み込んでしまうことになる。

ナルセペダルは、右足は常にブレーキペダル上にあり、踏み込む動作によって制御する。そのような人間の無意識の行動を活かし運転者が仮にパニックとなっても車は加速することは無く停止する。従来のポジションでは発生しうる運転者の意図に反し加速する現象を削減できるのである。

一方、ナルセペダルのアクセルペダルは、横押し型アクセルペダルを、右足の側面を使って右方向に横押し（スライド）させることによって制御する。つまりブレーキは脚で押し込む動作、アクセルは足でスライドする動作と異なる動作によって制御するのである[4]。

---

[2]我が国におけるオートマチック車の比率は、新車販売台数に2010年では98.3%（一般社団法人日本自動車販売協会連合会資料（2011））。

[3]九州大学名誉教授　松永勝也氏のインタビュー。

[4]松永ら（2011）は、実状に近い条件を設定した実験によって自動車ペダルの踏み間違い発生要因を探る実験によって明らかにしている。その要因は、アクセルペダルとブレーキペダルの制御動作が同じ右足で行うこと、ブレーキペダルに比べ一定の動きを繰り返す頻度が圧倒的に多いアクセルペダルは人間の運動系特性として反射的な

図 1 ナルセペダル



出所：ナルセ機材

開発者は、ほぼ 1 人でナルセペダルを開発した。その理由の一つは、自身がペダルの踏み間違いをしながら踏み間違えの理由を自身で理解、説明できなかったことにある。つまり何が問題なのかが自身も理解できていなかったのである。そのため開発をスタートさせた 1988 年頃には、どのようなペダルを創るべきかの姿は存在ししなかった。そのため開発者は過去の業務経験や自身の乗用車をユーザーとして使用する経験や、自らの機械製造能力を活用し、自らプロトタイプをつくり、自ら試用を繰り返し現在のペダルを創造した。ナルセペダルの開発にはプロトタイプの存在が重要な役割を占める。開発者は、プロトタイプをつくる行動と使用する行動すなわち、試作、試用の行動を繰り返す中で、問題を発見し、問題を解決することを繰り返した（廣田 2017）。そしてそのような行動の中から、踏み間違いを少なくする運転者（ユーザー）の動作とペダル仕様の関係を創造していった。

ナルセペダルは、大きく 3 つの段階を経て現在の製品を創造した。

第 1 に、アクセルとブレーキを制御する運転者の右足の運転中のポジションを、ブレーキペダル上に設定する段階。

第 2 に、一つのペダルによって異なるユーザーの動作（ブレーキ制御動作とアクセル制御動作）によって操作することを製品として創造する段階。

第 3 に、アクセルペダルの制御動作を、ユーザーの身体特性を活かした操作を可能として円滑な操作を実現する段階。

4.「ニーズ・ソリューション・ペアズ」と対話

「ニーズ・ソリューション・ペアズ」（Von Hippel and Von Krogh 2016）は、顧客が抱える問題（ニーズ）の発見と、その問題解決（ソリューション）を同時的に取り扱う枠組みである。そして、従来の製品開発研究の中心的考え方である主に問題解決に注目する視点とは異なる枠組みである。その要点は以下の 3 点である。第 1 に、問題が定義されない状態で問題発見と解決が同時的に実現するイノベーションの存在を指摘した。第 2 に、ニーズとソリューションの組合せ（ペアリング）は、ニーズ、ソリューションに関する知識集積（ランドスケープ）の中から選択される。第 3 に、ペアリング（組合せ）は、ニーズ・ランドスケープの中で解決よって生まれる利益の最も大きなニーズと、ソリューション・ランドスケープの中で最もコストが低いソリューションの組合せが選択される。

ニーズ・ソリューション・ペアズは、ニーズとソリューションの結合の構造示した優れたモデルである。しかし相互探索によって創造されるニーズ、ソリューションに伴うランドスケープの変容プロセスおよび結合プロセスについては言及していない。

4-1 ペアリングにおける対話と表象、対話

顧客も気づいていないニーズを解決する製品を開発する場合には、開発者も解決すべき問題が定義されない状況である。そのような中で問題を定義しながら解決を見出していく上では、「対話[5]」というプロセスが重要である（石井 1993、2009、Lester and Piore2004）。

このような開発者あるいはユーザーが生み出す新たな知識（ペアリング）のプロセスを、対話の観点から考察するため、認知科学の枠組みによる考察を行う。その手がかりは、表象（representation）と投射（projection）である。人間は入力情報に対して、表象を生みだし、その表象に基づき出力（投射）がなされる（Norman 1993、鈴木 2016a）。

出力手段として注目するのがプロトタイプ（試作）である。プロトタイプは頭の中にある問題解決案を、具体的な立体物（現物）として表現する行為（「つくる行為」）である。同時にプロトタイプは立体物（現物）であることによって実際に使う行為が可能となる。実際に使う行為が、新たな現実を生み出すことにつながる。そのため新たなニーズが生み出される、あるいはソリューションの新たな可能性が生み出される効果がある。

顧客も気づいていないニーズを解決する製品を開発する場合には、開発者も解決すべき問題が定義されない状況である。そして開発初期段階では、顧客の声を丹念に聞いても「根本的不確実性（radical uncertainty）」のため、成果の評価も、問題の分解

運動水準となる可能性が高いことを上げている。

[5] 対話は人と人との対話が想定される。しかしそれ以外にも「人（目論見）と資源との対話」（石井 1993）、人が対象に棲み込むことよって「人とモノとの対話」（石井 2009）が存在する。

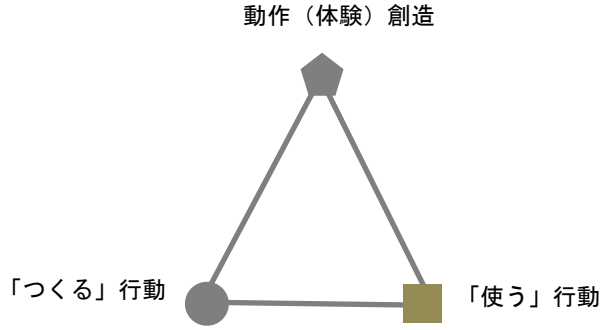
や分類も難しく、解決すべき問題を明確に定めることは難しい（Lester and Piore　2004 pp.53-55）。しかしこのような状況でも、開発者は解決すべき問題の定義が必要となる。そして問題をどのように定義するかによって、開発成果に大きな影響を与える（Lester and Piore　2004 p.55）。そのような状況では、開発者は試行錯誤の中から無原則、偶然、その場限りに発生した手がかりの中から問題を見出していく（石井　1993 p.34、Lester and Piore2004 p.56）。

そのような中で問題を定義しながら解決を見出していく上では、「対話」というプロセスが重要である（石井　1993、Lester and Piore2004、石井 2009）。対話は一見すると人と人との対話が想定される。しかしそれ以外にも「人（目論見）と資源との対話」（石井　1993 p.165）、人が対象に棲み込むことよって「人とモノとの対話」（石井　2009 p.228）が存在する。

4-2　試行錯誤と「対話のトライアングル」

本研究では、①ユーザーの動作（体験）を創造する行動、②プロトタイプとして現物化する「つくる」行動、③動作（体験）を現実化する「使う」行動との相互対話を「対話のトライアングル」（図 1）と呼ぶ（廣田　2017）。

図 1　対話のトライアングル



出所：廣田 2017

「対話のトライアングル」は、今回の事例のようにユーザーがイノベーションを行う、つまり 1 人のユーザーの中でつくる行動と、使う行動が行われる場合に成立する。

一方、開発者（メーカー）とユーザーが分離する一般的な開発では、「対話のトライアングル」における要素である動作（体験）創造は開発者、ユーザーそれぞれの頭の中に内的表象として創造（投射）される。そのため相互に創造された、動作（体験）を相互に共有することは言語や非言語としての外的表象として投射する必要がある。つまり間接的に「対話のトライアングル」を実現する。そのため必ずしも開発者とユーザーが同じ人物である場合比べ、共有が進まないと考えられる。

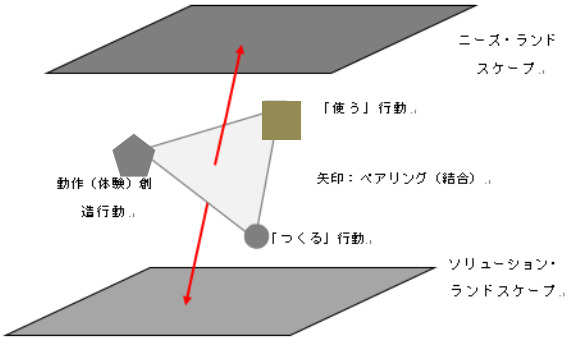
本研究では、分析対象とした事例に基づき 1 人の開発者とユーザーが行う場合について考察を進める。

5. 対話のトライアングルを支える媒体としてのプロトタイプ

内的表象に存在する情報を、外的表象に変換するための手段をインターフェイスと呼ぶ（Norman 1993 p. 109）。この内的表象を外的表象にする手段すなわちインターフェイスとしてプロトタイプが存在する。そしてプロトタイプの存在によって、つくる行動と、使う行動を現実のものとすることができる。さらにつくる行動と、使う行動が現実化することによって動作（体験）創造の促進につながるのである。

また、図 2 に示すように、ニーズ・ソリューション・ペアズにおいて対話の存在は、対話のトライアングルによってペアリングの構造を説明することができる。同時にニーズとソリューションのランドスケープの拡張が対話によって行われることも説明できる。

図 2　対話のトライアングルとランドスケープ



出所：廣田 2017

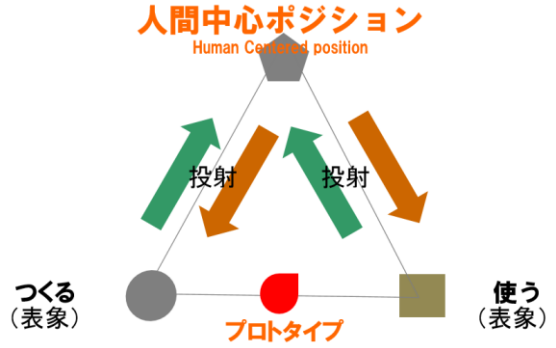
6. 結論：人間中心のポジションの創造とプロトタイプ

ユーザーが最もその能力を発揮できる製品とユーザーとの物理的関係を見いだすことを、ここでは人間中心のポジション（Human centered position）と呼ぶ。このポジションは製品とユーザーとの協働プロセスによって創造される。今回の事例のように、製品とユーザーとのポジションが習慣的、歴史的に形成されている場合、このポジションからさらによいポジションを見いだすことが難しいことを示している。一方で本研究の事例では習慣的、歴史的に確立されたポジションにおいてもある手がかりをもとに創造できる可能性を示している。

その手がかりは、プロトタイプの存在である。プロトタイプが存在することによって、プロトタイプをつくる行動とプロトタイプを使う行動が存在させることができる。この二つの行動は、外的表象と投射される。つくる行動、使う行動はそれぞれの行動に対する投射だけではない。つくる行動、使う行動を通じて、内的表象として投射をしている。今回の事例の場合のつくる行動、使う行動によって投射される内的表象は、自身が最も使いやすく、踏み間違

いがしないポジション（人間中心ポジション）の候補である。

図３　投射による人間中心ポジションの創造



出所：筆者作成

プロトタイプは、つくる行動、使う行動という外的表象への投射と共に、人間中心ポジションの候補を内的表象として投射を繰り返すことを促進としての役割を果たしている。そして投射を促進することを通じて、人間（ユーザー）が最も能力を発揮できる「ポジション」の探索を促進することつながると考えることができる。

参考文献

[1] 安西 祐一郎(1985)，『問題解決の心理学―人間の時代への発想』、中公新書。

[2] 石井淳蔵（2009)，『ビジネスインサイト―創造の知とは何か』、岩波新書。

[3] 石井淳蔵（1993, 2004)，『マーケティングの神話』、岩波文庫。

[4] 石井淳蔵（2009)，『ビジネスインサイト―創造の知とは何か』、岩波新書。

[5] 石井淳蔵（2014)，『寄り添う力』碩学舎。

[6] 小川進(2000)，『イノベーションの発生論理』千倉書房。

[7] 小川進(2013)，『ユーザー・イノベーション』東洋経済新報社。

[8] 鈴木宏昭(2016a)『教養としての認知科学』、東京大学出版会。

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

[10] 高岡浩三、フィリップ・コトラー（2016)，『マーケティングのすゝめ』（中公ラクレ新書)。

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

[12] 廣田章光（2016)，「製品デザインプロセスにおけるプロトタイプの実現－ラピッド・プロトタイピングの実現要因」日本商業学会 2016 年度全国研究大会報告論集、日本商業学会、pp. 96-98。

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

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

[15] 藤本隆宏（2002)，「製品アーキテクチャー概念・測定・戦略に関するノート」RIETI Discussion Paper Series 02-J-008、独立行政法人経済産業研究所。

[16] 藤本隆宏（2003)，『能力開発競争』中央公論社。

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

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

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

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

[21] Norman, Donald A. (2013), The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition, Basic Books (岡村明他訳 (2015)『誰のためのデザイン』(増補・改訂版)、新曜社)

[22] Thomke, S. (1998). “Managing experimentation in the design of new products” Management Science, 44(6), 743-762

[23] Von Hippel E. (1994) ″ ″Sticky information″ and the locus of problem solving : Implications for Innovation″, Management Science, vol. 40.

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

[25] Von Hippel E. and G. Von Krogh (2016)″CROSSROADS-Identifying Viable “Need-Solution Pairs”- Problem Solving Without Problem Formulation″ Organization Science 27(1) pp. 207-221.

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

[27] Von Hippel E. and G. Von Krogh (2016) ″CROSSROADS－Identifying Viable “Need-Solution Pairs”- Problem Solving without Problem Formulation″ Organization Science 27(1) pp. 207-221.

[28] Schumpeter, Joseph A. (1926) The Theory of

Economic Development, Cambridge , MA Harvard University Press（塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳 (1977) 『経済発展の論理』岩波文庫）

絵本に投影された自己像と共感性（I）
Self-image of college students projected in computerized picture-book reading

光田基郎[†‡]
Motoo Mitsuda

[†]大阪教育福祉専門学校・関西福祉大学
Osaka Technical College of Nursing and Welfare & Kansai Univ.of Social Welfare
mitsuda@mopera.net

概要:光田（関西心’09−10, 東北心’11−15）に引き続き, 電算に録音・録画して幼児教育志望の学生に読み聞かせた絵本の登場人物に投影された聞き手のシャイネス, 自己開示と社会的スキル取得への意欲と登場人物に対する共感的態度を指摘し, 保育志望の大学生と上記の報告で述べた女子短大生, 専門学校生との差を強調し, 電算画面での絵本読み聞かせの理解と感じ方のモデル化・効率化の指針を模索した。
キーワード：**絵本, シャイネス, 自己開示, 達成動機**

1. 目的・方法:,女子校出身者と共学の差としては共感性の下位技能である他者視点,感情移入と動揺の差が期待し得よう。この点の検討の際には, 女子校出身者と共学の差としての共感性の下位技能である他者視点,感情移入と動揺の差が期待し得よう。この点の実験的検討の意図で、とりごえまり作「ハリネズミのくるりん」（文渓社）より,シャイなハリネズミのくるりんが 母親の支援下で, すぐにくるりんと丸くならない様に努力して他人に挨拶する練習を反復した結果, 動物たちと友達になれた筋立て 15 画面を女性の声で読み聞かせる自作ソフ トを用いて実習室画面で教育・保育専攻の大学 1 年生（男子 18,女子 144 名） に読み聞かせた。次に（イ）自己開示,社会的スキル,シ ャイネスと対人不信尺度（不信,恥の意識の項を含む） 23 項,自尊心並びに自己不全感尺度と達成動機（例：他 人との優劣を気にし過ぎるなど, 心理測定尺度集, 堀 洋道編）8 項を加えた「くるりん尺度」で学生各自の 「くるりん度」及び,（ロ）絵本に描かれたくるりんに なった気持ちで上記の尺度の評定を求めた他, (ハ)共 感性尺度（三浦・上里'99,桜井’91）28 項の 5 段階評定を求めた結果をプロマックス法で因子分析を試みた。

結果と考察：（イ）(a)上記の「くるりん度」の自己評定結果として,男性―女性間で変数の差が得られない結果を得た後, 全員のデータについてさらに因子分析を試みた結果から F1(劣等感と自己不信), F2(消極性とシャイネス), F３(他者不信)及び F4(理想―現実の落差と不確実性)を指摘した（Cronbach のα=.86-.674）。(b)上記の変数相互間の相関関係の性差として,男性では上記の F１-F２間の相関係数値が有意（r=.570)であり, 無力感から消極的になる傾向を示唆し得よう。女性ではF１- F3 (r=.332)、F１-F4(r=.344)及びF3-F4 (r=.325)の有意な相関係数値が得られた。以上より, 自己不信と他者不信との相関と, 他者不信とシャイネスとの相関は見られても自己不信とシャイネスとの相関が見られない点が男性との差であり,ここでは無力感ゆえに周囲に同調して自己像を回復する傾向を想定し得よう。これらの結果は,同一の課題で自尊心, 達成動機,社会的スキルと自己開示の４因子を得た保育士・幼稚園教諭養成課程の（秋田県内キリスト教系）女子短大生から得られた結果(光田, ’15)とは対照的である。以上並びに下記(ロ)の共感性尺度の分析結果からは,共学の大学の女性は周囲の空気を読む態度が基本であり,女子校出身者は周囲への配慮よりも楽天的, 自分の可能性と社会的スキルを認めて率直な意思表示と感情表現をためらわない態度(杉浦,’12)との対応をも想定し得よう。

(ロ)上記の方法(ハ)の共感性尺度得点の因子分析結果からは,上記(イ)のくるりん尺度の場合と同様に男女差は見られない結果を得た。次に全員のデータについて因子分析を３回反復した結果, F1(感情移入),F2(他人への積極的関心と理解),F3(多様性よりも調和を望む態度)及び F4(自分自身の意見と態度の維持)を指摘した（Cronbach のα=.702-.544）これらの結果は,同一の課題で女子短大生の共感尺度得点の因子分析において緊急事態に直面した際の情緒的インパクト,感情移入, 複数の視点での理解に至る柔軟性と他者の立場への配慮の４因子を得た結果とは対照的である。 (ハ)（a）「自分自身でなく,くるりんの気持ち」での評定を求めた結果の分析結果は自己不信/劣等感, 消極性, 対人不信とシャイネスの４因子を算出し得たが,この結果も女子短大生では上記の社会的スキル不全と否定的な感情の因子に代えて自己開示と達成動機（例―難しい事も努力してやって見たい）の因子を得た結果とは対照的であり, 達成動機,社会的スキルと自己開示の４因子を得た保育士・幼稚園教諭養成課程の（秋田・キリスト教系）女子短大生の「くるりん観」(光田, ’15)とは異なる「くるりん像」を示す。 (b)特に変数間の相関関係の男女差に関して,女性のみ自己不信と消極性との相関係数値が高い(r=.426)結果を得た。(c)共分散分析して, くるりん度の F2(ｼｬｲﾈｽ)と共感性尺度 F2（他者への関心）の各々の因子負荷の大きい項の相関係数値は男性で無相関,女性で負相関となる。 （ｄ）共感性を従属変数に,くるりん度（自己開示,所属感,他者不信と社会的スキル）を独立変数とした重回帰分析では、くるりんの社会的スキルの評価と対人不信,自己不信感の理解が共感性の下位技能である感情移入の説明変数となった。以上, 共学専門学校の女性の判断は実務的・現実的でも周囲に同調すれば子どもへの包容性を欠く危惧と,自尊心向上の必要性を述べ,幼児教育担当者の絵本内容理解とその差への注目した教授活動並びに,規則とデータのみが独り歩きしやすい電算利用における多面的思考の必要性を提言した。

文 献：杉浦由美子 2012 女子校力.PHP.

継続的な実践を支える文脈：趣味のアクセサリー制作を例に
What Supports Continuous Practices : on Accessory Making for Hobby

青山 征彦
Masahiko Aoyama

成城大学
Seijo University
aoyama@seijo.ac.jp

要約

趣味でアクセサリーを制作している女性へのインタヴューをもとに、制作という実践が、どのようなリソースに支えられて可能になっているかを検討した。その結果、友人に頼まれたり、参加予定のイベントにあわせたアクセサリーを制作したりするなど、趣味そのものではない、他の活動の文脈が、継続的な制作を支えていることが示唆された。

Keywords — Learning, Hobby, Subculture, Accessory Making

1. 問題と目的

本発表では、近年、女性のあいだで盛んになっているレジン（光硬化樹脂）などを用いて、アクセサリーを制作する趣味に注目し、継続的なアクセサリーの制作が、どのような文脈に支えられているのかを検討する。

アクセサリーの制作は、個人で短期間にできる趣味であるため、手軽に参入できる反面、中断も容易である。にもかかわらず、継続的に実践しているケースが、これまでの調査からも散見されている。そこで、本発表では、アクセサリーを継続的に制作している事例を検討することで、継続することを下支えしている要因について検討する。

このような検討を通じて、サブカルチャーにおける学びに注目した研究（松浦・岡部（2014）など）に資する知見を提供するとともに、継続的に学び、実践する環境について考察するのが本発表の目的である。

2. 方法

被調査者　アクセサリーの制作を趣味としている、以下の大学生（当時）にインタヴュー調査を行った。調査期間は、2016 年 12 月から 2018 年 3 月であった。N さんは、アクセサリーを作るが、レジンはあまり用いない。他の３名は、レジンを多用してアクセサリーを制作している。

Oさん　埼玉県の私立大学生　４年
Eさん　東京都の私立大学生　３年
Sさん　東京都の私立大学生　２年
Nさん　東京都の私立大学生　３年

調査内容　アクセサリー制作を始めたきっかけ、アクセサリーを制作する目的などについて、半構造化面接を行った。なお、インタヴューの内容の一部は、昨年の認知科学会で発表している。

3. 結果

本発表では、主にアクセサリーを制作するきっかけについて報告する。きっかけは、内発的というよりは外発的であるようで、人に頼まれて制作したり、参加するイベントにあわせて制作したりすることが多いようである。

（a）友人に頼まれる

アクセサリーを自作すると、注目され、私にも作って、と頼まれることが多いようである。Oさんは、自作のアクセサリーを身に着けることはほとんどないと語っているが、サークルの先輩にプレゼントするなど、友人のために作るのは厭わない。

O：頼まれることはちょこちょこあるんで、それ用で作るのはもちろんあげたりとかしますね。

N：たまに作って欲しいって言われて、どんな感じかイメージ伝えてもらって、なんかそれっぽいパーツいくつか集めて作ってあげたりとかは、誕生日とかにあげたりとかしてました。

（b）イベントのため（自分用）

自分では着けないOさんも、サークルの引退ライブでは、アニメでよく見るアクセサリーを自作し、身に着けた。Nさん、Sさんは、ジャニーズ（NEWS）や、ネットで活動するタレント（以下、Xとする）のライ

ブ、イベントにあわせてアクセサリーを制作すると語っている。

O：（学祭で、引退だから、ちょっと着飾ってみようかしらって作ったのが自分の物を自分で作るはじめ？）はじめ、ですね。（あー、だからよっぽど何か自分が着飾るっていう趣旨ではないんだ。）ないですね。そういう意識全く持ってないですね。

N：わりとなんかライブの度に作ろうって思ってて、そのXのイベントがある度に新しいアクセサリは今でも作ってます。
S：ジャニーズの NEWS が好きで。今回のテーマがねじとかいろいろ（略）買うのもいいけど、ほんとテーマに沿ったものをつくりたいなと。

（c）気に入ったデザイン
気に入ったデザインのアクセサリーを見つけると、そのデザインに似せて制作するという発言も見られた。
Nさんは、委託販売のお店に足を運び、作品を見るのが好きだが、自分で作った方が安いと考えて、買わずに自作することが多い。Sさんも同様で、千代紙の折り鶴のイヤリングは、自分で作ればずっと安く制作できると考え、鶴を折ったところだ、と語っていた。

N：ハンズビーの上のところに委託販売のところがあって、そこでいろいろ見ながら、でその帰りにヒカリエ（注　別の店の誤り）の方に貴和（製作所）があるんで、そのまんまその足でヒカリエに行ってパーツ買いに行って、で帰って作るみたいな。

S：（折り鶴のイヤリングについて）それ 1500 円かけちゃうのかな。

（d）販売
Eさんは、大学の手芸サークルに入っていて、学園祭で販売するために、アクセサリーを作っていた。その売れ残りなどを、ハンドメイド作品の販売サイトである minne で販売していた。また、Nさんも、友人を中心に販売していたことがある。
しかし、どちらも長続きしていない。販売用の作品はクオリティにこだわらざるをえず、時間も手間もかかるため、長続きさせるのは難しいようである。

E：なんか、あの、私文化祭が終わって、いくつか売れ残ったのをミンネっていう手芸サイトにだして、それで売ってたんですね。で、ミンネにもお気に入りみたいのがあるんですけど、してくれる人とかがいて、たまに買ってくれる人とがいたんで、それが嬉しくてめっちゃ作ってましたね。

E：何か今年もできれば何かまた作って、家の近くとかでやってるフリーマーケットにでも出そうかなと思ってたんですけど、忙しいって思っているうちにやんなくなってみたいな。だからミンネとか、ミンネに出すのも途中でやめちゃったし、それからデザフェスも行かなくなったしって。

N：友達の間だけでは、たまにしてて。その twitter でハンドメイドのアカウントを作って、その周りの友達間その友達の友達とかくらいまでは販売とかはしてました。（略）ちょっとだけ。ほんとちょっとの期間なんですけど。

N：やっぱ友達にあげるとか、やっぱこう販売するってなると、やっぱこうちゃんと丁寧に時間かけて作りたいなって思ってるんで、それでちょっと流れてる部分もあります。

4. 考察

調査の結果からは、アクセサリー制作は、内的な動機づけというよりは、他の活動の文脈のような外的なきっかけでなされていると考えられる。また、パーツの入手や、作品の流通を支えるパーツショップ、ミンネのようなネット販売、ハンドクラフト専門的など、社会的な下支えがあることも、アクセサリー制作の継続を容易にしていることが、見て取れた。
制作するきっかけには、いくつかの理由が挙げられたが、特に、何かのイベントに向けて制作している場合、制作はイベントに向けてなされるため、定期的に制作することになるようである。実際に、制作の頻度は、ジャニーズのファンであるSさん、ネットで活動するタレントのファンであるNさんは、他の２人よりも多いという印象を受ける。アクセサリーを制作するきっかけが、他の趣味によって与えられていることによって、長続きしていると考えられる。
また、市販品にはないものを志向していることも共通していた。こうした志向も、趣味の実践を長続きさ

せているように思われる。Nさんは、タレントのイニシャルを加えたアクセサリーを自作しているが、これは「かぶらないため」である。Sさんは、市販品に一手間かけ、自分の好みにしようとしていると思われる。

N：でもXの界隈は、ジャニーズより本当にキャパが全然狭いじゃないですか。なんで、結構服装とか見えるんですよ。(略) でなんかかぶったら、なんか、あれさっきも来てなかった？みたいな印象が同じになっちゃうじゃないですか、その違う子と。それでごっちゃになられたら悲しいんで。

S：新しいバックとか買ったりすると、これ何つけようかなと考えちゃうじゃないですか。(略) 黒いリュック買って、これ黒だけじゃ色さびしいから、なんかつける、と。

このように、アクセサリー制作という趣味は、さまざまな要因に影響を受けながら、継続したり、中断したりしている。大会発表までに、さらにインタヴューを追加しながら、こうした継続的なアクセサリー制作を支える文脈について、明らかにしていきたい。

5. 参考文献

[1] 松浦李恵・岡部大介（2014）. モノをつくることを通した主体の可視化：コスプレファンダムのフィールドワークを通して.『認知科学』, 21,1, pp.141-153.

意味の社会性を意識した動詞の分類とその理論的含意
A sociality-aware classification of verbs and its theoretical implications

黒田 航 †
Kow Kuroda
† 杏林大学
Kyorin University
kow.k@ks.kyorin-u.ac.jp

概要

語彙意味論が動詞の意味について，疑似物理 (還元) 主義の形で誤った典型性を想定している事を調査によって示し，問題点解消のための案を示す．日本語書き言葉均衡コーパス (BCCWJ) から頻度を調節しつつ 200 弱の動詞を見本抽出し，F1: [effect is physical], F2: [effect is mental], F3: [effect is social], . . . のような 6 属性を付与した．属性の分布から F1 が付与できる動詞は少数派で，F3 が付与できる動詞が多数派である事がわかった．同じ結果を Formal Concept Analysis (FCA) で分類し，社会性や相互行為性が動詞体系の基礎になっている可能性が示唆された．これが意味するのは，社会的次元を取り入れない言語の意味の記述には妥当性が不足している (が故に有用性が低い) という事である．この結果を受けて，語彙意味論が社会的意味を認定どう記述に取り込むべきかを検討し，幾つかの提案をする．

キーワード：意味の社会的次元 (social component of meaning), 語彙意味論 (lexical semantics), Formal Concept Analysis (FCA)

1. はじめに

観察の理論負荷性 [45] は科学にとって常に問題である．記述は観察の上に，理論は記述の上に成立する．それは一面で正しいが，全面的に正しい訳ではない．観察は理論に依存する．より正確に言えば，可能な観察は利用可能な理論で決まる面がある．要するに確証バイアス [44, 23, 42] が避けられない．この点を考慮した場合，理論言語学はどのような状況にあるか？利用可能な理論が観察を限定するような事態は言語学で起きていないのか？[52]

言語学で理論負荷性を気にすべき機会は多いが，私は特に動詞の意味記述について理論負荷性を気にすべきだと感じた．語彙概念意味論 (Lexical-Conceptual Structure Theory: LCST) [21, 22]，認知文法 [30, 31]，概念メタファー理論 [28, 29, 46, 49] と言った流行中の語彙意味論の記述的枠組みは中立な記述をしているのか？

この事を私が強く意識した第一の理由は，自分が Acceptability Rating Data for Japanese (ARDJ) [51, 26] の構築を始めたからである．ARDJ の構築では刺激として使用する文をなるべく理論中立なものにする必要があった．そのために語も構文もなるべく効率的に，かつ理論中立的に選びたい．その一方，一つの刺激文に対する反応の数を増やしたい．そのため，語彙要素や構文の種類はなるべく絞りたい．そのためには，動詞や構文を理論中立的に選ぶ必要がある．だが，理論中立性を保証するデータがなく，対処法を見つける必要があった．

第二の理由は一つ目に較べると個人的なものであるが，重要性が下がる訳ではない，私には今までに大学院生の言語研究を指導する機会があった．その際に私は意味記述に対する主要理論 (語彙概念意味論，認知意味論) の若手研究者への悪影響を度々認めた．それは**安易な *(疑似)* 物理主義** ***(naive physicalism)*** とでも呼ぶべき確証バイアスの形で言語研究を歪めていると私には思われた．この影響は取り除かれるべきである．

1.1 疑似物理主義と言うバイアス

語彙意味論の主流の枠組みは，安易な (疑似) 物理主義バイアスの影響を受けている．これを「上げる」と「あげる」の意味分析の典型例を元にして説明する．

(1) a. 次郎が本を本棚 (の上) に上げた．
b. 次郎が小遣いを子供にあげた．

(1b) の例は使役移動の事態を表わし，(1a) は使役所有の事態を表わす．これに異論はないだろう．問題とすべきなのは二つタイプの関係である．日本語を母語とする人なら，(1b) の例の「あげる」の語義が (1a) の「上げる」の語義の一つが拡張されたものだと感じるだろうし，それは実際に，歴史的に妥当な語義派生の事実である．これは「あげる」に限って起こる現象で

はなく，語義の派生の主要なパターンである．この意味拡張の該当事例は数多く，どの言語にも見られる．

該当事例の量の多さに勇気づけられて大半の語彙意味論の記述理論は次の (2) の短絡をする:

(2) 使役所有は使役移動の一種である (か，少なくともそう表わせる).

この短絡は様々な仕方で正当化され，観察バイアスを形成している．その代表的なものは場所理論 (Localist Theory) [1] による多義性の説明と概念メタファー理論 (Conceptual Metaphor Theory: CMT) [28, 29, 46, 49] による語義派生の説明である ([53, p. 94] によると LCS 理論 [21, 22] は Localist Theory の一例と見なせる).

厄介な事に，(2) は単なる短絡で終わらない．それは**安易な物理 (還元) 主義**と呼ぶべき誤った記述モデルを形成し，言語学で支配的な考え方になっている．

この観察バイアスの悪影響は (3) のように現われる:

(3) a. 語彙意味論の主流のモデルは，社会的性質の事態を疑似的に物理現象として (例えば THEME の SOURCE から GOAL への移動として) 理解しようとする．
b. その結果，社会的な相互作用の記述を (不適切なアナロジーによって) 物理的な相互作用に還元しようとして失敗し，体系的に歪めている．

(3) が該当する枠組みは，語彙概念意味論 (Lexical-Conceptual Structure Theory: LCST) [21, 22, 33, 55, 56], 認知文法 (Cognitive Grammar) [30, 31], 概念メタファー理論 (Conceptual Metaphor Theory) [28, 29, 46, 49]) のように，対立する言語観をもつ理論的立場に渡っている．

1.2 論文の目的

事象一般を疑似物理化して記述する方法は，一般的にうまく行かない．研究書や論文を見る限り，逆の印象，疑似物理現象化がうまく行っているかの印象を受けるが，それは確証バイアスが理由でそうなっているに過ぎない．それがうまく行っているように見えるのは，自説にとって都合の良い事例だけが分析の対象になっているからである．例えば §3.1.1 で示す結果からわかるように，その想定は頻度基盤に採取した動詞の意味記述で明らかにうまく行っていない．

疑似物理主義にバイアスされた記述がうまく行ってないだけなら問題は少ない．影響はそれに留まらない．主流の語彙意味論の分析や記述からすっかり抜け落ちている意味の次元，より正確に言うと疑似物理主義のバイアスによって覆い隠されている意味の次元がある．それは**意味の社会性の次元** (social dimension of meaning) である．これが欠けている事で言語学の主要な意味記述モデルは非力になっている．

後述の §4. の議論で事例を示す事になるが，語の意味の実態を捉えているのは (4) である:

(4) a. (1b) の意味での「x が y に z をあげる」が表わしている事態は，複数の個体 x, y の間の相互行為 (具体的に言うと利害関係の調節) である．
b. このような動詞の語義が表わしているのは社会的な相互作用であり，それは物理的な相互作用に帰着し得るものではない．

社会的な行為の意味記述で疑似的物理主義がうまく行かないのは，定義からして当然なのである [1].

この事実の認識は，言語学に新しい理論的要請を生む．それは**社会的事象 (と心理的事象) を物理事象と同じように扱わないで記述できる語彙意味論の記述の枠組みの構築**である．それを準備するための基礎を築くのが本論文の狙いである．

1.3 論文の構成

本論文の第一の目標は，理論負荷性の少ない語の意味記述を提供する記述の枠組みを素描する事である．具体的に言うと，特に語彙意味論 (lexical semantics) [11, 21, 33] と呼ばれる枠組みで体系的に欠落している要素を補うための理論を提供する．それは**概念的意味** *(conceptual (component of) meaning)* と呼ばれる次元を中心にした意味記述に，社会的意味を追加する事で実現される [2].

本論は二部に分れる．第一部 (§2.–§3.) では主張の証拠の提示を行ない，第二部 (§4.–§5.) ではその理論的基礎づけを与える．

第一部では，まず動詞のデータ収集を頻度基盤に実施した場合に，従来の語彙意味論の枠組みが十分に精度の高い記述を与えるかを評価する．それは次の手順で行う．段階 1. データを頻度基盤にサンプリングする．段階 2. データに意味属性を付与する．段階 3. 得られた結果を理論に中立な方法で評価する．段階 1 では

[1] もう一つ疑似物理主義で記述がうまく行っていないのは心理変化を表わす動詞 (例えば感情動詞) のグループである．これは本稿では扱わない．

[2] 社会的意味と概念的意味の二つが融合している可能性は，記述的にも理論的にも排除できない．だが，社会的意味が概念的意味の一部かそうではないかは，本稿で不問にする．

BCCWJ [32] から準無作為に抽出したデータを用意した．段階 2 では 6 つの意味属性を使った．段階 3 では形式概念分析 (Formal Concept Analysis: FCA) [16, 15] を使った評価を実施した．本研究では日本語の動詞を取り上げているが，結果の適応範囲は日本語に限定されない．

第二部では，社会性を動詞の (概念的) 意味の記述に取り入れるべき理由，それが実現されたらどんな利点があるかを考察する．

2. 見本抽出した動詞の FCA と解釈

2.1 データの収集とコーディング

2.1.1 サンプリング

NINJAL-LWP for BCCWJ [3] の “動詞” タブに挙げられている一覧を参照し，日本語書き言葉均衡コーパス (BCCWJ) [32] 中の使用動詞から中から 194 個の動詞を選んだ [4]．紙面の都合で動詞の一覧表は割愛するが，図 1 と図 2 で確認が可能である [5]．

2.1.2 分類に使用する属性

194 個の動詞は，次の 6 属性を使って分類された (結果は §2.3 で示す):

(5) 動詞 v で記述されている事態 event e (に) は
- F1: 物理的効果が伴うか: [effect is physical]
- F2: 心理的効果が伴うか: [effect is mental]
- F3: 社会的効果が伴うか: [effect is social]
- F4: 複数の意志ある主体の間の相互作用か: [event is interactive]
- F5: 複数の存在の相互作用か: [event is interactional]
- F6: 効果が (主語が意志ある主体である時に) 意図されたものか: [effect is intended (if subject is agent)]

2.1.3 コーディングの単位

以上のように F1, . . . , F6 の属性を使って動詞をコーディングしたが，それは動詞の語義 =用法単位ではなく動詞単位のコーディングである．語義の実態調査が目的であれば用例単位のコーディングが望ましい．だが，本研究の目的の範囲内では，動詞単位のコーディングで十分だと判断した．判断の変動が介在する問題は中間値を 2 通りに解釈し，結果を比較する事で吸収できると考えた．

2.2 FCA の構築手順

2.2.1 FCA の基本原理

Formal Concept Analayis (FCA) [15, 16, 61, 62, 20, 24, 25, 50, 58, 59] は，複数の対象が属性/素性の有無で網羅的に記述されている時，対象を非排他的に，階層分類する (分類は対象の部分集合に関する包含関係の束で表現される)．具体的に言うと，n 個の対象の集合 $O = \{ o_1, o_2, \ldots, o_n \}$ と m 個の属性の集合 $A = \{ a_1, a_2, \ldots, a_m \}$ の (n 行 m 列の) かけ合せ行列 $O \times A$ (形式文脈 (formal context) と呼ばれる表) があり，すべての値が True か False に指定されている場合，$O \times A$ から形式概念の部分集合の完全束を生成し，それが非排他的階層分類を実現する．手法の概略は [50] の付録を参照されたい．

本研究が目的としている動詞分類の場合，動詞 v_1, v_2, . . . のそれぞれに，(5) の 6 属性成立の可否が網羅的に指定されているならば，その指定 に対して FCA を適用できる．

2.2.2 データと解析ツール

(5) で説明した 6 属性を使って 194 個の動詞の FCA を実行した．実行には Concept Explorer 1.3 [6] を使った．分析のパラメーターはデフォールト値を使っており，表示方式の他の変更はしていない [7]．§2.3 で FCA の結果を示すが，その前に読者の利便を考慮し FCA の動作原理を簡単に説明する．

2.2.3 中間値の扱い

本研究では属性付与で中間値を設定し，それらは (6)a, b の 2 通りの仕方で評価された:

(6) a. 積極的解釈 (positive conversion): 0 の他の値をすべて 1 と解釈する．

[3] http://nlb.ninjal.ac.jp/search/

[4] 採集対象にする頻度範囲 (高頻度: 1 位 ∼400 位，中頻度 ∼ 低頻度: 900∼1200) を設定し，対象は本動詞に限った．

[5] *のついている 11 動詞は ARDJ の予備実験 [26] で使用した 33 種類の刺激文の動詞として使われている．

[6] http://conexp.sourceforge.net で入手可能．

[7] 正確に言うと，衝突 (collisions) の発生は Hasse 図を描く際の x 座標と y 座標の値の取り方にも左右される．今回の結果では x: y=200: 200 を選んだ．Layout option で Mininal intersections でない値を選んでいると Hasse 図の構成が変わる．Chain decomposition を選んで生成される Hasse 図は大きく変わらないが，Minimal intersections に比べて縮約率が低目になる．

b. 消極的解釈 (negative conversion): 1 の他の値をすべて 0 と解釈する．

(6) のそれぞれの仕方で生成した形式文脈[8] に FCA を適用した．

すでに説明したように，コーディングでは { 0, 0.5, 1 } の 3 値を使った (中間値として 0.5 を採用している)．そうしたのは属性の成立・不成立を無理に決めないためである．個々の動詞には自ずと用法の広がりがあり，0/1 の 2 値だけでは適正に現象を記述できない．

2.3 FCA の結果

2.3.1 結果の選択

6 つの属性が全体にどう貢献しているかを把握するため，積極的解釈と消極的解釈の両方で，6 属性の全部を使った結果 (図 1 と図 2) と，属性の 1 つを無効化した場合の 6 種類の結果の，合わせて 14 種類の結果を得ている．本論文では紙面の都合で，6 属性すべてを使った積極的解釈と消極的解釈の 2 つ場合に加え，消極的解釈で F3 を無効化した場合 (図 3) の 3 結果のみを示す．

2.3.2 積極的解釈の全属性を使った FCA

図 1 に積極的解釈の全属性を使った FCA の結果 (Hasse 図) を示す．この図にある束は歪みが少なく，対称性が比較的高く，対象が 12 個のクラスに分類されている．空ノードが (頂点 top を除いて) 6 個あり，それが束の中間層に集中している．これは属性が不足している事を示しているが，空ノードに対応する属性を事後特定する事は難しい．また，底 bottom に事例が集中しているため，効率が良い分類とは言えない．

2.3.3 消極的解釈の FCA

図 2 に消極的解釈の全属性を使った FCA の結果を示す．この Hasse 図にある束は歪みがほとんどなく，対称性が高く，対象が 25 個のクラスに分類されている (全ての中で最大の分解能)．空ノードが 6 個あるが，束の下層にある．また，底の事例の集中も極端ではない．これは属性の不足ではなく事例の不足を示している．ただ，これだけ分解能が高いと個々の事例の誤分類の可能性が高まっている．そのため，空ノードが生

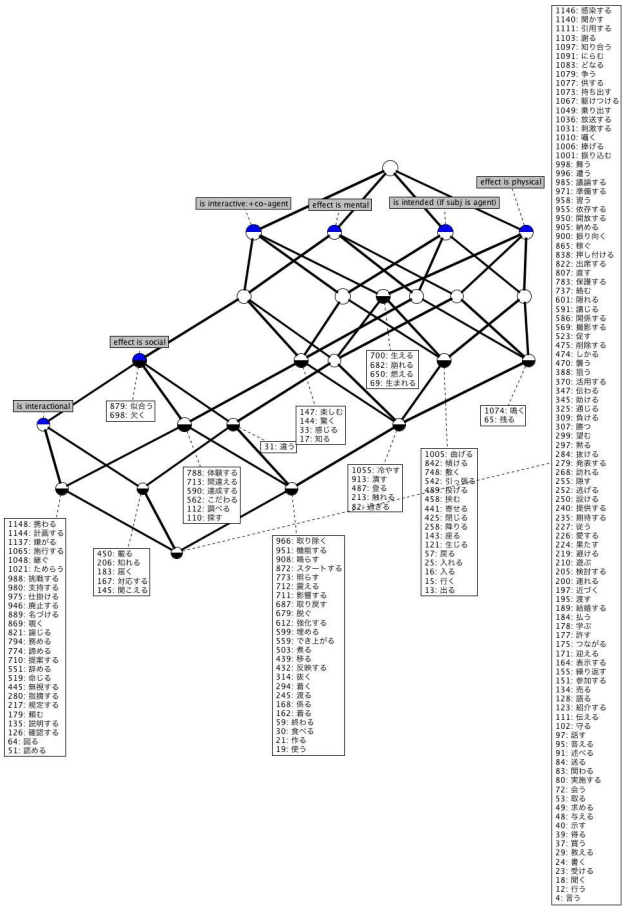


図 1　積極的評価の結果 (全属性)

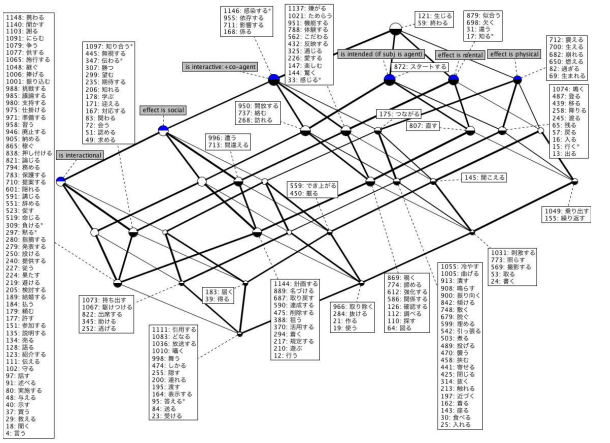


図 2　消極的評価の結果 (全属性を使用)

[8] https://www.dropbox.com/s/epyu26fwv0ar848/fc-generator-for-sampled-verbs.xlsx?dl=1 で入手可能.

じている理由は事例不足の他に，誤分類である可能性もある．図 1 の Hasse 図に比べて底への事例の集中が軽減されている．

全体として図 2 は相当に効率的な分類である．ほぼ最適に近いと言って良いかも知れない．

2.3.4 属性の個別無効化の影響

F1, . . . , F6 の属性の全体への貢献度を確認するため，個々の属性を独立に無効化し，得られた Hasse 図を，無効化なしの Hasse 図と比較した．特定の属性の無効化で縮退する程度が小さければ，その属性の貢献度が小さい=他の属性の組み合わせから予測可能である事を意味する．

目視で評価では次の順に縮退が大きかった:

(7) F1: [effect is physical], F2: [effect is mental] > F6: [effect is intended (if subject is agent)] > F4: [event is interactive] > F5: [event is interactional], F3: [effect is social]

類似性の検討から次の相関/因果関係を認めた:

(8) a. F1 の無効化の結果と F2 の無効化の結果はほぼ同じ構造を与えた．これは F1 と F2 の相関が強い事を意味する．
b. F3, F4, F4 の無効化の結果はほぼ同じ構造を与えた．これは F3, F4, F5 の相関が強い事を意味する．
c. F6 の無効化の結果は，F3, F4, F5 を単純化した構造だった．これは F3, F4, F5 の基盤に F6 がある事を示唆する．

これらから，社会性は意図性/目的性と相互行為性を成分に持つ事が結論できる．この結果を反映した社会性の近似的定義を §4.2 で展開する．

2.3.5 消極的解釈の [effect is social] のみを除去

F3 の無効化は縮退がもっとも少なかった．この結果を図 3 に示す．この図にある束は歪みが少なく，対称性が高く，対象が 20 個のクラスに分類されている．空ノードは下層に二つある．底への事例の集中は極端ではないが，ある．分類効率はかなり良い．

この結果の解釈は注意を要する．この分類は社会性を記述するために行なわれた．だから，図 3 の基になっている図 2 が表わしているのは社会性を反映した構造である．だが，社会性を F3 によって明示的にコードしなくても，図 2 の構造がそれなりに保持される．これが意味する事は，F3 が不要だという事ではなく，その冗長度が強く，その貢献が他の属性 F1, . . . F6 から構成されている程度が高いという事である．

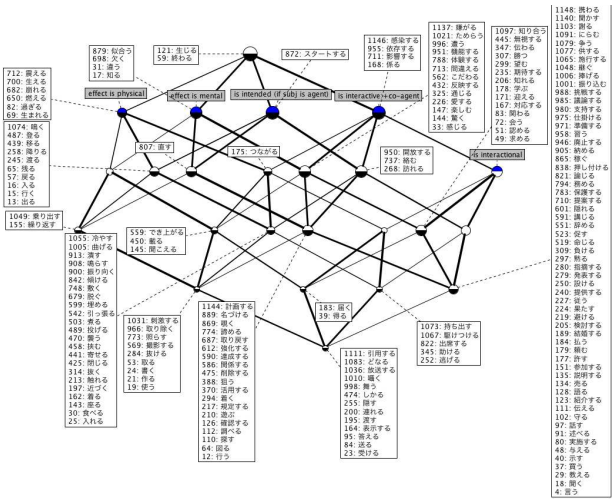


図 3 消極的評価の結果 ([effect is social] を無効化)

2.4 解析結果の解釈

以上の 3 種類の Hasse 図と割愛した他の 11 種類の FCA を合わせて比べて言える事は，次の通り:

(9) a. 中間値を積極的に評価するより消極的に評価する方が全体として良い分類を与える．特に分解能の点でそうである．
b. 消極的評価の中で最適に近いのは，全属性を使った結果 (図 2) か [effect is social] を無効化した結果 (図 3) である．
c. 基本的な属性は F1: [effect is physical] と F2: [effect is mental] と F6: [effect is intended] の 3 属性である．それは，F1 と F2 と F6 の 3 属性があれば F3: [effect is social] や F4: [event is interactive] や F5: [event is interactional] の効果が間接的にエンコードされ，それなりの効率の分類が実現できる (が，F3, F4, F5 が独自にエンコードしている情報が失われた分だけ束が縮退する) 事を意味している．
d. 総合的に判断して，消極的評価で全属性を使った結果 (図 2) がもっとも目的に適った結果を与えている．

3. 考察

3.1 従来の枠組みの被覆率の評価

本研究の目的から見て最重要な検討課題として，次の事を問うと結果はどうなるか？:

(10) 従来の語彙意味論の枠組みでそれなりにうまく記述のできる動詞の lemma は Hasse 図 2 にどれぐらい含まれているか？

その答えは「驚く程に少ない」だと私には思える．実際，大半の lemma は従来の語彙意味論でうまく記述できない— 少なくとも Hasse 図が可視化している構造を捉える事ができていない [9]．

3.1.1 分類結果の集計結果と解釈

積極的評価と消極的評価の集計結果を表 1 と表 2 に示す．§2.4 の結果から積極的評価より消極的評価 (特に図 2) が妥当な記述を与えているとすると，それと表 2 を合わせて次の事が言える:

(11)
a. F1: [effect is physical] が該当する動詞は全体の 4 割弱である．これは語彙概念意味論 [21, 22, 33, 55, 56] や認知文法 [30, 31] のような意味記述に限界があるか，少なくとも相当に非効率である事を示唆する．
b. F2: [effect is mental] が該当する動詞は全体の 7 割強である．これは心理状態を (位置変化とのアナロジーに訴えないで) それ自体として適切に表わす意味記述の充実が語彙意味論にとって必要である事を示唆する．
c. F3: [effect is social] が該当する動詞は全体の 6 割弱である．これは事態の社会性を (力動とのアナロジーに訴えないで) それ自体として適切に表わす意味記述の充実が語彙意味論にとって必要である事を示唆する．
d. F4: [event is interactive] が該当する動詞は全体の 9 割弱である．これは意味の社会性を記述する必要性の追加的な証拠になる．実際，相互行為性は社会性の記述の一部である．

本研究が与えるもっとも重要な知見は (11a) である．それは理論言語学の暗黙の想定を裏切るものだからである．その分だけ，結果の意味づけは難しい．(11b) と (11c) の知見が (11a) の妥当性を補強している．これは特筆に値する．

一つの事ははっきりしている．従来の語彙意味論の枠組みは，記述が進んでいる動詞に関してですら十分な被覆率を実現していない [10]．どんな正当化が可能であれ，§3.1.1 に示された被覆率の低さの前には，それらはどれも合理的なものとは言えない．

[9] Generative Lexicon Theory [34] を道具箱に加えても効果は限られている．

[10] 動詞の他の品詞の語の意味記述はとほんど手付かずである．

3.1.2

上の結論に主流派を支持する立場から正当化を試みる事は可能だろう．まず，それは採集された動詞がいわゆる「基本動詞」でないからと理由づけが可能かも知れない．だが，これには 2 つの問題がある．第一に，動詞動詞の定義は自明ではない— 獲得順序基盤で定義するのか？頻度基盤で定義するのか？多義性はどうするのか？などの，問題を解決しなければならない．第二に，基本動詞が決まったとして，それらとここで記述した動詞の関係が不明である．基本動詞と非基本動詞の違いは何なのか？が説明されるべきであり，その違いが社会性への言及の度合いである可能性がある．

3.2 社会性の実態は何か？

語彙意味論の主流モデルの被覆率の低さも問題であるが，本論文の関心からすると，それ以上に次の事が問題である:

(12) Hasse 図 2 が可視化している構造は，従来の語彙意味論のどの枠組みも予想できないのでは？

ただ，公平さのためには本研究の限界も明らかにしておく必要がある．本研究は現時点で社会性の実態は何だろうか？という問いに答えておらず，F3: [effect is social] の実質を与えていない．これは明らかに論点先取である．とは言え F3 の実質を示すのは簡単ではない．本研究では理論的考察のみを試みる．

4. 二種類の現実感の区別

4.1 物理化学的現実と想像上の現実

ヒトは二種類の現実感を持って暮らしている．一つは**物理化学的現実** *(感)* (physical/chemical reality) で，それを持って暮らしているのは他のすべての生物がそうしているのと変わらない．もう一つは (オクシモロンであるが) **想像上の現実** *(感)* (imagined reality) [19] で，この現実感を持って生きているのはヒトだけだと言われている [38][11]．ヒトが生物として幾つかの面で独自なのは，その現実感に想像上の現実感が占めている割合が大きいところである．その想像上の現実 (感) の一部が社会である [12]．

[11] ただ，de Waal のチンパンジーの生態記述 [12] などを見ると，ヒトと他の霊長類の差が決定的なのか程度の差なのは明らかではないように思う．

[12] 物理的現実感を客観的現実感 (objective reality) と，想像上の現実感を主観的現実感 (subjective reality) と言い換える事も可能であるように思うが，客観的現実と言う用語は誤解を招くので，使いたくない．第一に，主観と客観の対比を使った区別には論点先取が起

表 1　積極的評価の集計結果

	[is physical]	[is mental]	[is social]	[is interactive]	[is interactional]	[is intended]
個数	157	174	163	192	131	182
割合	0.809	0.897	0.840	0.990	0.675	0.938

表 2　消極的評価の集計結果

	[is physical]	[is mental]	[is social]	[is interactive]	[is interactional]	[is intended]
個数	74	139	112	168	93	145
割合	0.381	0.716	0.577	0.866	0.479	0.747

4.1.1　語彙意味論が気にすべき社会的意味

Durkem-Spencer 以来，社会学はヒトがどのような社会的現実 (感) (social reality) [5, 19, 35, 36] を生きているかを理解しようと試みている．すでに確認したように，ヒトが社会的な現実感を持って生きているという事は，単にヒトが集団性動物であるという事ではない．それはヒトが想像上の現実 (感) を生きているという事である [13]．

ヒトが想像上の現実に浸っている度合いは強い．ヒトの大半の個体は，事実と神話とを区別できない [14] し，実在と架空の存在とを区別できない [15]．概して言うと，ヒトは事実を無視し，迷信やデマに影響される [42, 43, 47, 48, 57, 60]．その程度の強さを考えると，ヒトが日々の生活で抱いている現実感の中で物理化学的現実の役割がどれぐらい軽いかが予測できる [16]．

この特徴はヒトの社会性に独自な面を付け加える．ヒトはシロアリやハチや群生の偶奇蹄類やサルと同じく社会性の生物であるが，それらの種の浸っている社会性とは別の種類の社会性に浸っている度合いが強い．だが，社会性の意味は正確に理解しておく必要がある．生物種の社会性とは，個体群が社会を形成する事である．そういう種にとって社会は**環世界** (Umwelt) [39] の一部であり，客観的現実である．この意味での社会性は，ヒトが想像上の現実として社会を生きている事と (おそらく) 同じではない．想像上の現実 (感) は，相対化可能で離脱可能な現実 (感) である．ヒトは暮らす文化を変えれば，環世界を変える．これは他の種に起こる保証がない事態である．

4.1.2　語の意味に含まれる社会性の次元

ヒトは客観的世界に生きているが，それと並行して主観的世界を生きている種である．これを社会学では「ヒトは (物理的現実の他に) 社会的現実を生きている」と表現する [36]．ヒトの行動は高度に社会的であるが，その程度を多くの人が十分に自覚しているとは言えない．これが事実だとすると，それは言語の意味論に，ひいては一般意味論にどんな意味を持つか？

端的に事実を言えば，**意味そのものが社会化されている**．これはヒトの知性の成立基盤 [12, 38] を考えれば，まったく驚くべき事ではない．

一言で意味と言っても，それには幾つかの側面がある．その一部は認知的 [21, 22, 27, 30] であり，一部は社会的 [3, 4, 18] である．二つの関係は正確に理解される必要がある．1950 年代の認知革命 [17] 以後，認知的な側面が強調されるが，生物としてのヒトの進化を考えると，社会性は意味の外殻にではなくて中核にあると考えるべきである．だが，言語学で主流となっている意味論の枠組みではこの認識が稀薄である [17]．それは意味が認知/認識活動の所産であると言って済ませる [27, 30, 31]．それは誤りではないが，十分でもない．

そうなっている理由は，少なくとも事後的には理解可能である．事実，認知革命による認知科学の成立以来，意味に関して明らかな観察バイアスが存在す

こっている．von Uexküll の環世界 (Umwelt) [39] の概念の極端な解釈では，個々の生物種は世界を独自に知覚するので客観的現実は存在せず，すべての現実は主観的となる．ここで重要なのは，環世界は想像された世界の事ではないという事である．想像上の現実 (感) は，相対化可能で離脱可能な現実 (感) である．どの種も独自の環世界を持つと言うのはおそらく正しいが，それはどの種にとっても客観的=主観的な世界という事である．だから，環世界は（おそらく単一の）世界の，種ごとに異なる翻訳であると言うのが妥当である．これらの翻訳を主観的であると言うのは，概念上の混乱をもたらすので避けた方が良いと思う．

[13] 他の集団性の動物がヒトと同じ意味で，想像上の社会的現実 (感) を持っている可能性がないとは言えない．霊長類にそういう種がいてもおかしくはない．ただ，実証は難しい．

[14] 事実と神話をはっきり区別という前提は，そもそも成立しない．ヒトの思考の大半は，どっちつかずの物語に支配されている．

[15] 実在と架空の存在とがはっきり区別できるという前提には根拠がない．虚数単位 i は実在なのか？と自問すれは，その区別が自明でないのがすぐにわかる．

[16] 「自然科学者」と呼ばれる人たちが例外的に客観的現実を尊重する．しかし，これに信仰が関わって来ると，彼らが客観的現実を神話より優先しているかどうかは怪しい．ヒトが事実を尊重する度合いを r = [非事実]/[非事実+事実] で測るとすると，r の正確な値は不明であるにせよ，それが 0 に近いというのはありそうにないし，1/2 より小さい可能性も大きくない．

[17] とは言え，一般意味論 (特に記号論) でこの観点が十分に発達しているかは怪しい．

る[18]．それは，意味を個体が外界=環境との相互作用する際に創発する副作用に帰着させようとする．

問題となるのは，外界=環境の定義である．ヒトという種にとって外界=環境は，物理的世界に帰着できるのか？それが可能だと考える立場は素朴な物理主義と言って良い態度である．だが，現実が社会化されたもの，根源的には想像の産物 (=虚構) であるとすれば，ヒトの現実感をうまく記述する語彙意味論のモデルはどうなるべきか？

4.2 事態の新しい分類基準の提案

これまでの結果に基づいて，コトバの意味の社会性を意識した新しい事態の分類基準を提案する．

4.2.1 相互行為は単なる相互作用ではない

(15) の目的を達するためには行為を正しく認定する必要がある．そのためには相互作用性 (interactionality) と相互行為性 (interactivity) を区別した方が良い．モノは他の存在と相互作用 interaction をするが (相互) 行為 inter-act はしない．行為は意志や目的を持つ動作主 AGENT のみが行う (相互) 作用である[19]．

AGENT と NONAGENT の相互作用の基本的図式は (13) に示す事ができる:

(13) a. 相互作用タイプ 1: AGENT (e.g., ヒト) は NONAGENT (e.g., モノ) と相互作用をするが，それと相互行為はしない．
b. 相互作用タイプ 2: NONAGENT (e.g., モノ) は他の NONAGENT (e.g., モノ) と相互作用をするが，相互行為はしない (NONAGENT (e.g., モノ) から見て AGENT (e.g,. ヒト) は NONAGENT 扱い)．
c. 相互行為=相互作用タイプ 3: AGENT (e.g., ヒト) は他の AGENT (e.g., ヒト) と相互行為[20] をする．

(13) の事態の類型化は動詞分類に新しい基準を与える．それは (13a) の事態を表わす動詞，(13b) の事態を表わす動詞，(13c) の事態を表わす動詞をそれぞれ基本的に別のタイプとして扱う事を要請する．

(13c) は利害関係によって細分化でき，それが幾つかの言語事実をうまく予測する．また，(13b) では AGENT が主語に表われるか非主語に表われるかに応じてクラスを派生させる．

(13) には他にも幾つか効用がある．それらを詳しく論じるのは別の機会に譲って，ここでは安易な物理主義の実態を明らかにしておきたい．

4.2.2 安易な物理還元主義の正体

(13) を示した段階で，安易な物理 (還元) 主義が何かを正確に規定できるようになった．それは次である:

(14) 安易な物理 (還元) 主義とは，(13c) の相互行為を，(13a) の相互作用タイプ 1 か (13b) の相互作用タイプ 2 に還元する試みである．

4.3 語彙意味論の作り直しの必要性

4.3.1 言語学の現状

以上に文化人類学の知見 [3, 4] を加えて考察して明らかなのは，言語の意味は根本的に社会化されているという事である．それは明らかだが，言語学はその事を積極的に認めない．標準的な語彙意味論 [11, 22] は社会的意味を認めても，それを語彙意味論に帰属させたがらない．多くの場合，社会的意味はおまけであり，推論の副産物という形で運用論/語用論に押しつけられる [37] のがせいぜいである．選択体系機能文法 (Systemic Functional Grammar) [18, 54] のような社会性を意識した言語理論ですら，意味の社会性を語 (句) の意味にではなく脈絡/コンテキスト (context) に帰着させている．だが，語の意味記述の高精度化を避けるのは言語の科学にとって望ましい事でない[21]．

ここで次の疑問が生じるのは自然な事である．ただでさえ厄介な言語の意味の記述に社会性を追加する事は，混迷を深める結果に終らないだろうか？このような懸念をもつ言語学者は少なくないだろう．だが，私は事態は逆だと主張したい: 言語の意味の社会性を意識しない事で，その記述が必要以上に複雑になっているのが実態だと．

確かに言語の意味は記述の難しい対象である．だからこそ，十分な精度の意味記述が言語学の範囲内になく，辞書学の仕事だと言い逃れようとする研究者が多い．けれども，それは動物行動学 (ethnography) や生態学 (ecology) が生物学の部門ではないと言うのと同じ

[18] 例外は分散認知 (distributed cognition) の研究 [9, 10] である．なお，分散認知の理論は von Uxkülll の環世界の考え方を現代化する面もあるが，ヒトの認知では実世界と想像世界の区別が不明瞭である点をうまくモデル化できていない恐れがある．

[19] 意志や目的が動作主と係わる仕方は自明ではない．意志や目的を持つという属性が AGENT 性を定義する属性だとは言える．

[20] ここでは interact(ion) を (定訳の相互作用ではなく) inter-act の原義として相互行為として解する必要がある．

[21] 意味の高精度の記述が言語学に不要だとしても，それは言語の認知科学には必要である．

くらい見当外れである．従来の方法で記述可能なもののみが言語の意味の現実なのではない．以下ではこの主張を理論的に補強したい．

4.3.2 二種類の現実 (感) の区別の有用性

物理化学的な現実と想像上の現実との区別は有用かも知れないが，それが言語学に，特に語彙意味論にどう関わるのか？

この区別は次の二つの意味で語彙意味論にとって有用である．それは第一に，従来の言語学の語彙意味論の記述バイアスをあぶり出すのに役に立つ: 1) これまでの意味記述は明らかに想像上の現実をないがしろにしている，2) それ以上に，想像上の現実 (社会性の行為) の記述を (アナロジーによって) 物理化学的な現実の記述に押し込めようとして，結果的に破綻している．安易な物理主義はその産物である．

第二に，物理化学的現実と想像上の現実が別のものであり，それらが独自の現実感の基になっているという認識は，語の意味の記述に追加すべき特徴の発見を促す．すぐにわかるのは (15) の方針を意識し，(16) に示すような記述の補充が必須である事である:

(15) 物理主義/認知主義の悪影響の克服: 動詞の意味記述を与える/試みる際に社会的事象 (e.g., 行為) のそれ自体の記述しっかりと行ない，それを物理的現象 (e.g., 移動) の意味記述のアナロジーで代用して満足しない．

(16) そのために，語で記述されている事態 e が，AGENT が行う，目的のある行為で，想定された特定の効果を有するか否か，それが異なる目的をもった複数の個体の相互行為かどうか，だとすれば，どのような利害が関わるのか，を明示化する．

(16) の一部は (5) に示した 6 属性に反映されている．他にどんな属性が有効なのかは別に追加調査したい．

5. 終わりに代えて: 社会的現実 (感) を捉える意味論の構築に向けて

ヒトの言語の本質的機能は今でも論争の的になっている．ある人々は言語は相互作用のためにあると言い [2, 14, 13]，他の人々は抽象的思考のためにあると言う [6, 7, 8, 40]．いずれの主張にも根拠はある．だが，両者の基盤は理論的に排他的ではない [41]．例えば仮に後者が真であっても，現状でヒトが相互作用のために言語を使っていない訳ではない．言語が社会性に係わるのが事実であれば，その意味に社会性が係わっていないはずがない．それが語の意味記述に取り込まれていないのは，考えてみればおかしな話である．

言語学の非常識は改めなければならない．そのためにはコトバの意味の社会性を積極的に認め，それをうまく記述できる意味論の枠組みが必要である．本研究はそのための基礎を築く事を意図してなされた．ただ，明らかにされていない事の方が多い．

謝辞

本研究は文科省の科研費 (課題番号: 16K13223) の支援を受けた．

文献

[1] John Anderson. *The Grammar of Case: Toward a Localist Theory*. Cambridge University Press, 1971.

[2] R. Barton and Robin Dunbar. Evolution of the social brain. In R. Byrne and A. Whiten, eds, *Machiavellian Intelligence, Vol. 2*, pp. 240–263. Oxford University Press, 1997.

[3] Gregory Bateson. *Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1972.

[4] Gregory Bateson. *Mind and Nature: A Necessary Unity*. Hampton Press, 1979.

[5] Peter L. Berger and T. Luckmann. *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. Penguin Books, New York, 1966.

[6] Derek Bickerton. *Language and Human Behavior*. University of Washington Press, Seattle, 1995.

[7] Derek Bickerton. Symbol and structure: A comprehensive framework for evolution. In Morten H. Christiansen and Simon Kirby, eds, *Language Evolution*, pp. 77–93. Oxford University Press, Oxford UK, 2003.

[8] Noam Chomsky. *Knowledge of Language*. Praeger, 1986.

[9] Andy Clark. *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. Oxford University Press, Oxford/New York, 2008.

[10] Andy Clark and David J. Chalmers. The extended mind. *Analysis*, 58:7–19, 1998.

[11] D. A. Cruse. *Lexical Semantics*. Cambridge University Press, 1986.

[12] Frans De Waal. 政治をするサル: チンパンジーの権力と性. 平凡社, 1994. [原典: Chimpanzee Politics: The Power and Sex among Apes. XX, 1982].

[13] R. Dunbar. The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology*, 6:178–190, 1998.

[14] Robin Dunbar. *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1996.

[15] Bernhard Ganter, G. Stumme, and R. Wille. *Formal Concept Analysis: Foundations and Applications*. Springer, Berlin/Heidelberg, 2005.

[16] B. Ganter and R. Wille. *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer-Verlag, Berlin, 1999.

[17] H. Gardner. *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*. Basic Books, New York, 1986.

[18] M. A. K. Halliday and Chrisitian M. I. M. Matthiessen. *An Introduction to Functional Grammar*. London: Arnold, 3rd edition, 2004.

[19] Y. Noah Harari. *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Harper, 2015.

[20] Yoichiro Hasebe and Kow Kuroda. Extracting English ditransitive constructions using Formal Concept Analysis. In *Proc. of the 23rd Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation, Vol. 2*, pp. 678–685, 2009.

[21] R. S. Jackendoff. *Semantic Structures*. MIT Press, 1990.

[22] R. S. Jackendoff. *Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution*. Oxford University Press, 2003.

[23] J. Klayman. Varieties of confirmation bias. *Psychology of Learning and Motivation*, 32:384–418, 1995.

[24] Kow Kuroda. Formal Concept Analysis meets grammar typology. In *Proc. of the 21st Annual Meeting of the Natural Language Processing Association*, pp. 329–332, 2015.

[25] Kow Kuroda. How are inflectional paradigms represented (in the mind)? – Formal Concept Analysis meets Czech declensional paradigms. In *Proc. of the 22nd Annual Meeting of the Natural Language Processing Association*, pp. 849–852, 2016.

[26] Kow Kuroda, Hikaru Yokono, Keiga Abe, Tomoyuki Tsuchiya, Yoshihiko Asao, Yuichiro Kobayashi, Toshiyuki Kanamaru, and Takumi Tagawa. Development of Acceptability Rating Data of Japanese (ARDJ): An initial report. In *Proc. of the 24th Annual Meeting of the Association for Natural Language Processing*, pp. 65–68, 2018.

[27] G. Lakoff. *Women, Fire, and Dangerous Things*. University of Chicago Press, 1987.

[28] G. Lakoff. The invariance hypothesis: Is the abstract reasoning based on image schemas? *Cognitive Linguistics*, 1(1):39–74, 1990.

[29] G. Lakoff and M. Johnson. *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press, 1980.

[30] Ronald W. Langacker. *Foundations of Cognitive Grammar, Vols. 1 and 2*. Stanford University Press, 1987, 1991.

[31] Ronald W. Langacker. *Cognitive Grammar: A Basic Introduction*. Oxford University Press, 2008.

[32] K. Maekawa, M. Yamazaki, T. Ogiso, T. Maruyama, H. Ogura, W. Kashino, H. Koiso, M. Yamaguchi, M. Tanaka, and Y. Den. Balanced corpus of contemporary written Japanese. *Language Resources and Evaluation*, 48:345–371, 2014.

[33] M. Lynne Murphy. *Semantic Relations and the Lexicon*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.

[34] James Pustejovsky. *The Generative Lexicon*. MIT Press, 1995.

[35] Alfred Schutz. *The Problem of Social Reality: Collected Papers I*. Martinus Nijhoff, The Hague, 1973.

[36] Alfred Schutz. *Studies in Social Theory: Collected Papers II*. Martinus Nijhoff, The Hague, 1976.

[37] D. Sperber and D. Wilson. *Relevance: Communication and Cognition*. Blackwell, 2nd edition, 1995.

[38] Thomas Suddendorf. *The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals*. Basic Books, New York, 2013.

[39] Jakob von Uexküll. A stroll through the worlds of animals and men: A picture book of invisible worlds. In C. H. Schiller, ed., *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept*. International Universities Press, New York, 1957.

[40] Ib Ulbaek. The origin of language and cognition. In James R. Hurford, Michael Studdert-Kennedy, and Chris Knight, eds, *Approaches to the Evolution of Language*, pp. 30–43. Cambridge University Press, 1998.

[41] Lev S. Vygotsky. *Thought and Language*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1986.

[42] Stuart A. Vyse. *Believing in Magic: The Psychology of Superstition*. Oxford University Press, reprinted edition, 2000. [翻訳: 人はなぜ迷信を信じるのか: 思い込みの心理学. 朝日新聞社, 1999.].

[43] G. W. オルポート and L. ポストマン. **デマの心理学**. 岩波書店, 1952. [原典: Gordon W. Allport and Leo Postman. *The Psychology of Rumor* 1947. Henry Holt.].

[44] T. ギロビッチ. **人間この信じやすきもの: 迷信・誤信はどうして生まれるか**. 新曜社, 1993. [原典: Th. Gilovich (1993). *How We Know What Isn't So: The Fallibility of Human Reason in Everyday Life*, Free Press.].

[45] N. R. ハンソン. **科学理論はいかにして生まれるか: 事実から原理へ**. 東京: 講談社, 1958 (1971). [原典: N. R. Hanson (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge UP.].

[46] 谷口 一美. **認知意味論の新展開: メタファーとメトニミー**. 研究社, 2003.

[47] 中谷内 一也. **安全．でも，安心できない: 信頼をめぐる心理学**. ちくま新書, 2008.

[48] 清水 幾太郎. **流言飛語**. 日本評論社, 1937. [ちくま学芸文庫から 2011 に再刊].

[49] 鍋島 弘治郎. **日本語のメタファー**. くろしお出版, 2011.

[50] 黒田 航. 表層語形から品詞はどれぐらい正確に予測できるか？— 英語形態論とチェコ語形態論の比較から. **認知科学**, 22(4):621–637, 2015.

[51] 黒田 航, 阿部 慶賀, 横野 光, 田川 拓海, 小林 雄一郎, 金丸 敏幸, 土屋 智行, and 浅尾 仁彦. (言語学者による) 容認度評定の認証システムを試作する構想: 入念に設計された日本語文の容認度評定データベースに基づいて. In **日本認知科学会第 *33* 回大会発表論文集**, pp. 557–562. 日本認知科学会, 2016.

[52] 黒田 航, 浅尾 仁彦, 金丸 敏幸, 小林 雄一郎, 田川 拓海, 横野 光, 土屋 智行, and 阿部 慶賀. 言語学は事例をどう扱っているのか？: 見本抽出から明らかになった扱い方の (意外な) 片寄り. In **言語処理学会 *23* 回大会発表論文集**, pp. 458–461, 2017.

[53] 米山 三明 and 加賀 信広. **語の意味と意味役割**. 研究社, 2001.

[54] 籠城 正明, ed. **ことばは生きている: 選択体系機能文法序説**. くろしお出版, 2006.

[55] 影山 太郎. **動詞意味論: 言語と認知の接点**. くろしお出版, 1996.

[56] 影山 太郎 and 由本 陽子. **語形成と概念構造**. 研究社, 1997.

[57] 関谷 直也. **風評被害: そのメカニズムを考える**. 光文社新書, 2011.

[58] 長田 博泰. 形式概念にもとづく質的分析. **社会情報**, 14(1):19–37, 2004.

[59] 長田 博泰. 社会情報解析への一寄与: 形式概念解析によるデータ解析. **社会情報**, 15(2):103–118, 2006.

[60] 松田 美佐. **うわさとは何か: ネットで変容する「最も古いメディア」**. 中公新書, 2014.

[61] 長谷部 陽一郎. 構文のネットワークモデルについて: 二重目的語構文を中心に. In **認知言語学論考 *No. 9***, pp. 81–137. ひつじ書房, 2010.

[62] 長谷部 陽一郎 and 浅尾 仁彦. PLM と FCA による構文ネットワークの記述について. In **認知言語学会発表論文集**, Vol. 2, pp. 626–629, 2011.

母語と第 2 言語会話における発話ターンと相互注視の関係
Analyses of Mutual Gazes and Floor Apportionment in Native and Second-Language Conversation

馬田 一郎[†], 伊集院 幸輝[‡], 加藤 恒夫[‡], 山本 誠一[‡]
Ichiro Umata, Koki Ijuin, Tsuneo Kato, Seiichi Yamamoto
[†]株式会社KDDI総合研究所, [‡]同志社大学
KDDI Research, Inc., Doshisha University
ic-umata@kddi-research.jp

概要
次話者となる聞き手は現話者の注視に対して注視を返す、という、いわゆる「相互注視」によって会話の制御が行われているとの仮説に基づき、現話者・次話者・残りの聞き手の注視行動を母語会話と第 2 言語会話において分析した。相関分析の結果、母国語の自由対話と課題対話、および第 2 言語の課題対話においては、話者交代が起こる発話の前でのみ、現話者から次話者への注視と次話者から現話者への注視に相関がみられた。このことから、これらの会話においては、相互注視が発話順序の割り振りに重要な役割を果たしていることが示唆された。第 2 言語の自由会話で仮説が支持されなかった原因の一つの可能性として、言語能力の不足が考えられる。

キーワード：相互注視, 発話ターン, 母語, 第 2 言語

1. はじめに

3 人対話における発話ターンと相互注視の関係について検討するため、現話者・次話者・話者交替に関与しない第三者の注視行動の関係について、母語会話と第 2 言語会話のそれぞれにおいて分析した。会話において相手とのインタラクション調整は極めて重要であり(Clark 1996; Clark & Brennan, 1991)、先行研究において注視行動は発話ターンの割り当て(Duncan, 1972; Kendon, 1967; Argyle, Lallijee, & Cook, 1968)や会話における「基盤化(grounding)」(Clark & Brennan, 1991; Clark, 1996; Clark & Krych, 2004)において重要な役割を果たすことが観察されている。また、現話者は次話者をより多く注視している傾向にあるが、その傾向は第２言語会話では母語会話の場合よりもさらに強くなることが示されている(Ijuin, Umata, Kato, & Yamamoto, 2017)。

本研究では、発話交代場面において、こうした現話者から次話者への注視に次話者が反応して相互注視が起こっているとの仮説のもとに、現話者と聞き手の間の注視行動の関係について量的分析をおこなった。具体的には、(a)発話中の話者による各聞き手への注視時間、(b)各聞き手による発話中の話者への注視時間、についてスピアマンの相関分析を行った。

2. 分析手法

日本人学生 3 人 20 組(全 60 人、年齢: 18-24 歳)による対話を分析した(Yamamoto et al. 2015)。本分析では、好きな食べ物などについて話す自由対話と、「無人島に何を持っていくか」などを決める、いわゆるサバイバル課題会話とを対象とし、日本語会話と第 2 言語である英語会話における注視傾向を比較分析した。具体的には、上記(a)(b)の注視時間について母語会話と第 2 言語会話の傾向の違いを検討する。データ収集と処理に際して、注視行動の計測にはナックイメージテクノロジー社製 EMR-9 視線検出装置を用い、発話区間切り出しおよび発話機能ラベリングにはアノテーションツール ELAN を用いた(図 1 参照)。



図 1 ELAN によるアノテーション例

3. 話者と聞き手の注視行動の相関分析

話者から聞き手への注視と聞き手から話者への注視について、以下の仮説のもとにスピアマンの順序相関分析を行った。

i) 発話ターン交替場面の直前では、次話者は現話者の注視行動に反応し相互注視が顕著になる相互注視が

顕著になり、お互いの注視行動の相関値が高くなる。

ii) 上記以外の場面では、現話者と次話者の相互注視は顕著ではなく、両者の注視行動間に高い相関はみられない。

iii) 現話者と発話交替に関与しない第三者との相互注視は、発話ターン交替の有無に関わらず顕著ではなく、両者の注視行動間に高い相関はみられない。

分析の結果、母国語会話では自由会話・課題会話の両方において、発話ターン交替場面の直前においてのみ、次話者と現話者の間の注視行動に有意な高い正の相関がみられた(自由対話: $\rho = .737$, $p < .001$; 課題対話: $\rho = .737$, $p < .001$)。一方で、第 2 言語会話では課題会話の発話ターン交替場面の直前においてのみ、次話者と現話者の間の注視行動に有意な高い正の相関がみられた(課題対話: $\rho = .689$, $p < .001$)。母語会話、第 2 言語会話での注視相関値をそれぞれ以下の表 1 と表 2 に示す(*: $p < .05$, **: $p < .001$)。

	現話者から次話者への注視と次話者から現話者への注視	現話者から第三者への注視と第三者から現話者への注視
自由会話: 発話交代前	.737**	.096
自由対話: 発話交代なし	-.167	-.226
課題対話: 発話交代前	.531*	.026
課題対話: 発話交代なし	-.253	-.338

表 1: 母語会話での注視相関

	現話者から次話者への注視と次話者から現話者への注視	現話者から第三者への注視と第三者から現話者への注視
自由会話: 発話交代前	.200	.069
自由対話: 発話交代なし	-.147	-.164
課題対話: 発話交代前	.689**	-.227
課題対話: 発話交代なし	-.056	-.289

表 2: 第 2 言語会話での注視相関

4. 考察

現話者・次話者・話者交替に関与しない第三者の注視行動の関係について、母語会話と第 2 言語会話のそれぞれにおいて分析した。発話ターン交替場面の直前で現話者と次話者の注視行動間の相関が高くなる、という仮説のもとにスピアマンの相関分析を行った結果、母国語会話では自由会話・課題会話の両方で仮説が支持されたが、第 2 言語会話では課題対話の場合においてのみ仮説が支持された。

第 2 言語会話では自由会話において仮説が支持されなかった原因は明らかではないが、一つの可能性として言語能力の不足が考えられる。すなわち、課題対話では発話の文脈が課題達成に沿う形である程度制限されているため、聞き手にとっては次発話の内容がある程度予測可能である。この予測可能性により、言語能力が不足している第 2 言語会話でも相手の発話を理解しやすいと考えられる。また、話者にとっても、課題達成に沿う形での制限により限定された文脈内での発話生成となると考えられる。さらに、先に述べた予測可能性によって相手の質問に対する返答発話生成が容易になると考えられる。

一方で、自由対話ではそのような文脈による制限が弱く、次発話の内容予測が難しい。このため、聞き手にとっては第 2 言語会話では発話の意味理解が困難となる可能性がある。また、話者にとっても、文脈による制限が弱いことから発話内容の可能性が広がるため、発話生成が課題対話の場合より困難となる可能性がある。さらに、次発話の内容予測が難しいことから、相手の質問に対する返答発話生成も困難になる可能性がある。このため、第 2 言語会話では発話理解・生成により多くの認知的リソースが割かれてしまうため、注視行動を調整することが困難となっている可能性がある。

上記の可能性について検討するために、現在第 2 言語の言語能力についてより条件統制を行なった会話の収録を検討中である。また、発話機能と注視行動との関係を検討するため、会話における発話の機能分類を進めている。

文献

[1] Clark, H. H. (1996). Using language, Cambridge University Press.

[2] Clark, H. H. & Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication, In Resnik, L. B., Levine, J. M., & Teasley, S. D. (Eds.) Perspectives on socially shared cognition, pp.127-149, Washington, DC: APA Books.

[3] Clark H. H., & Krych, M. A. (2004). Speaking while monitoring addressees for understanding, Journal of memory and language, 50, pp. 62-81.

[4] Duncan, S. (1972). Some signals and rules for taking speaking turns in conversations, Journal of Personality and Social Psychology, 23, pp. 283–292.

[5] Ijuin, K., Umata, I., Kato, T., & Yamamoto, S. (2017). Difference in eye gaze for floor apportionment in native- and second-language conversations, Journal of Nonverbal Behavior, September, 2017. DOI: 10.1007/s10919-017-0262-3

[6] Yamamoto, S., Taguchi, K., Ijuin, K., Umata, I., & Nishida, M. (2015). Multimodal corpus of multiparty conversations in L1 and L2 languages and findings obtained from it, Language Resources and Evaluation, 49, pp. 857-882, DOI: 10.1007/s10579-015-9299-2.

自己生成した説明の受容の予測因子に関する実験的検討
Empirical investigation of which factor is better to predict if self-generated explanation is accepted or not, Likeliness or Loveliness

下條 朝也†, 三輪 和久†, 寺井 仁‡
Asaya Shimojo, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai
†名古屋大学, ‡近畿大学
Nagoya University, Kindai University
shimojo@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract
When confronted with unfamiliar events we don't understand, we generate explanations why they occur and find the best one among them based on some criterion. In this research, we explore which criterion, *Likeliness* or *Loveliness* explainers use to evaluate self-generated explanations. The result showed that the former, *Likeliness*, is more useful for predicting if explainers accept their self-generated explanations.

Keywords — explanation, hypothesis generation, inference to the best explanation

1. 背景
従来，科学哲学において，科学的仮説を受け入れるか棄却するかの判断を科学者自身が行うべきであるとする立場[1]と，他者に委任するべきであるとする立場[2]が存在し，議論が行われてきた．後者の主張は，生成した説明の受容の可否を決めるには方法論レベルでの価値判断（認識的価値判断）が存在するべきであるというものである．このことから，科学におけるトランス・サイエンス問題に象徴されるように，専門家同士はもちろん，専門家・非専門家の垣根を超え，説明者・被説明者の双方が，不確実な説明を受容すべきかどうかの判断が求められている．

1.1. 説明の生成と評価
人間は説明的動物である[3]．我々は日常的に，身の回りで起こる様々な現象に対して，その原因を理解するために，説明の生成を試みる．その際，説明を生成する過程で用いられる推論を Abduction，その説明を評価する推論を Inference to the Best Explanation と呼ぶ[4].

しかし，どのような説明を優れていると感じるかについては，未だ明らかになっていない．科学哲学において，説明の良さを測る規準をめぐって，対立する 2 つの立場が存在すると言われている[5]．ひとつは，なぜ事象X_iが起こったのかに対する説明E_iという条件のもと，X_iが起こる確率 $P(X_1|E_1)$（以降「Likeliness」と呼ぶ）が高いほど良い説明であるとする Bayesianism という立場である[6]．もうひとつは，説明自体への愛着や美しさ（以降「Loveliness」と呼ぶ）が高いほど良い説明であるとする Explanationism という立場である[7]. 説明の美しさは，単純さや一貫性，汎用性等で構成されていると考えられている[8]. たとえば, Albert Einstein が提唱した相対性理論は，その発想の奇抜さゆえに Likeliness が高かったとは言いがたいが，その説明の美しさゆえに広く受け入れられた好例であると言える．

また，説明の生成は，科学的営みにおいてのみ行われる行為ではない．それは，推理小説で犯人を予想したり，友人が不機嫌な理由を考えたりといった日常生活まで，様々な場面で行われている．その場合，自らが生成した説明が精査するに足るかどうかの判断を下さなければならない．しかし，従来の研究では，他者によって生成された説明に対して下した評価について焦点が当てられてきた.

そこで，本研究では，自らが生成した説明を受け入れるかどうかを，Likeliness と Loveliness のどちらの規準がより良く予測するのかを明らかにする.

1.2. 説明の評価に関する先行研究
認知心理学の領域では，説明の評価に関して，大きく 2 種類の研究が展開されている.

ひとつは，被説明者がどのような説明を高く評価するかについての研究である．他者が生成した説明を受け入れるかどうかは, Loveliness によってより良く予測されることが明らかとなっている[9]．より厳密には，説明の美しさがその確率判断に影響を与えており，美しさが低い場合，高い説明よりも 4 倍以上高い事前確率が提示されてはじめて，その影響を打ち消すことができる[8].

もうひとつは，説明の生成から評価までの一連の認知プロセスをモデル化する研究である. HyGene と呼ばれるモデルでは，説明の生成は評価に影響を与えると

考えており，それを踏まえて 2 段階で構成されている．第 1 段階では，ある事象 X_1 を観測したとき，一般的に X_1 に関連すると思われる説明 E_1 を，エピソード記憶から取り出す[10]．第 2 段階では，第 1 段階において活性化された説明 E_1 を，意味記憶における既知の情報と照合することで評価する．その際，説明 E_1 の確率判断は，E_1 以外に思いついた説明（以降「代替説明」と呼ぶ）の存在の影響を受けたり，ワーキングメモリー容量の低下あるいは時間の制約によって高く見積もったりすることが明らかとなっている．しかし，この一連の研究では，確率判断のみを評価の対象として扱っており，説明の美しさは考慮されていない．

実際，科学者を含め，我々は他者が提案した説明よりも，自らが生成した説明を信じる可能性が高いことが指摘されている[11]．これは，ある対象を評価する際に，それを「自分のもの」と認識するだけで，より肯定的な評価をするようになる The Mere Ownership Effect という現象が関与していると考えられる．このことから，自らが生成した説明に対しては，他者が生成した説明に対する評価と比べて，説明への愛着や美しさを示す Loveliness の値が高まると予想する．実験では，自らが生成した説明に対して評価を行った「自己生成群」と，他者が生成した説明に対して評価を行った「他者生成群」を設け，Loveliness と Likeliness の比較を行うことで，どちらの基準が説明者の説明受容の可否をより良く予測するのかを検討する．

また，説明評価に関する従来の研究では，選択形式の問題を用いて検討が試みられてきた．しかし，日常生活で説明を生成する際，他者から選択肢が与えられる状況は限られており，現実的であるとは言えない．そこで，本研究では，より現実的な状況を想定するため，複数の回答が考えられる問題を用い，自由記述で説明を生成してもらうこととする．

2. 実験 1

本実験では，説明を生成するという行為が，その説明の評価に用いる基準にどのような影響を及ぼすのかについて検討するため，説明生成群に対して実験を実施した．

2.1. 参加者

名古屋大学の学部生 36 名を対象に実験を行った．

2.2. 課題

物語文を 3 題用いた．1 つ目は，洞察問題（[12]を改変）である．2 つ目は，[13]を改変したもので，一般的に洞察問題とされているが，解に至るまでに論理の飛躍があり，公式に解とされているものを正解と見做さない人が存在することが予備調査で判明した（正答者 4 人中 3 人（75%）が，他の回答を最終的な解とした）ため，本研究では準洞察課題と定義する（例 1）．最後は，[9]で使用されたものを改変したもので，非洞察問題である．これら全ての問題に共通する設定として，一人の登場人物が何かの結論を出せずに悩んでおり，参加者には，なぜその人物が悩んでいるのか，その理由を説明してもらった．

太郎君はワゴン車を借りて，３人の友達を乗せてラスベガスまでドライブしていましたが，車が途中の小さな町で故障してしまいました。そこで，車を修理している間，彼は床屋に行くことに決めました。

その町には，アルフの店とバリーの店の，２軒の床屋があります。太郎君は，どちらの床屋に入ろうか悩んでいます。

アルフの店は，町の西の方の，ビルの一階にあります。同じビルには，事務用品を取り扱うオフィスが入居しています。バリーは，町の東側を走る通り沿いに店を構えています。その２軒隣は，食料品を売るスーパーマーケットです。

店主であるアルフの髪は，整髪料で整えられてはいるものの，切り方がいい加減なせいで，おせじにも綺麗だとは言えません。うなじもほとんど手入れされていないようです。一方，バリーの髪型は丁寧に切りそろえられており，とても好感の持てる髪型です。うなじも綺麗に整えられていました。

アルフとバリーは親友同士で，頻繁に二人で遊びに出かけたり，交互に家を訪ねて家事を手伝ったりしているそうです。

また，アルフは夜遅くまで店を開けています。晩御飯を知り合いの店で食べることがよくあるそうです。バリーの店は，朝早くから営業しています。近くを散歩することが，彼の日課になっているそうです。

友達たちは皆，口を揃えて「絶対バリーの店に行った方がいいよ。自分の髪もきちんと手入れしていない人に切ってもらうべきではない」と太郎君に言いました。しかし，太郎君はアルフの店に行こうかどうか悩んでいました。

例 1　実験問題文例（準洞察問題）

2.3. 実験の流れ

参加者は，物語文を読み，なぜ物語がそのような結末になったのかを説明し，その説明について評価することが求められた（図 1 参照）．実験は，すべて質問紙上で行った．

評価は，3 つの質問によって行われた．ひとつ目は，その説明を受け入れるかどうかについての質問である（以降「Accept」と呼ぶ）．参加者は，「はい」また

は「いいえ」での回答が求められた．ふたつ目は，その説明が有り得る可能性（Likeliness）はどの程度だと思うかについての質問である（以降「Probability」と呼ぶ）．参加者は，0%（絶対にXでない）から100%（絶対にXである）までの間の数値で回答が求められた．最後は，その説明の質（Loveliness）はどの程度だと思うかについての質問である（以降「Quality」と呼ぶ）．

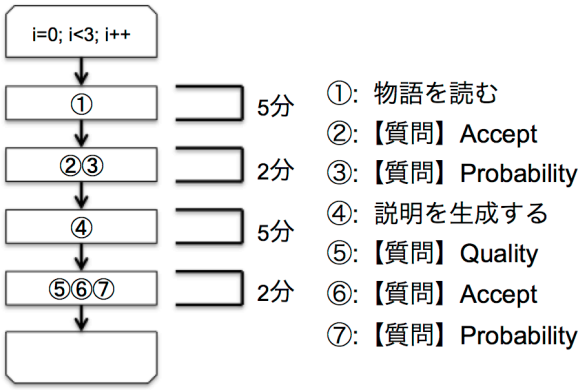


図1　実験フローについて

参加者は，1（とても低い）から7（とても高い）までの間の数値で回答が求められた．以上は，[9]で用いられていた質問と同内容であり，同様に，Probability をLikeliness の，Quality をLoveliness の測定指標とする．

また，説明の生成以前にも，Accept と Probability についての質問を行うが（図1を参照），それは説明の生成前後で Accept と Probability の評価を比較するためである．これは，ある事象 X_1 についての説明 E_1 を採択するのは，説明 E_1 のもとで現象 X_1 が起こる確率 $P(X_1 | E_1)$ が $P(X_1)$ より大きくなるときに限るという理論である Bayesian Confirmation Theory を満たしているかを考慮するためである．

3.　結果

3.1.　洞察問題（[12]を改変）

36名を分析した．この問題における説明生成後の Probability の値の平均値は75.3（SD=19.67）で，最大値が100，最小値が30であった（単位は「%」）．また，Quality の値の平均値は4.26（SD=1.57）で，最大値は7，最小値は1であった．

各説明における Probability・Quality の値が，対応する説明の Accept の可否をどの程度予測するかについて検討を行う．そのために，説明変数を Probability あるいは Quality，被説明変数を Accept の可否とし，単ロジスティック回帰分析を行った．また，その際の Probability・Quality 間の相関は，0.603 (p<0.01)だった．

Probability の値を Accept の可否に回帰させたモデル（p>0.05，図3）と，Quality の値を Accept の可否に回帰させたモデル（p<0.05，図4）を，AIC と BIC を用いて比較した結果，後者の方がより良く Accept の可否を予測することができた（表1）．

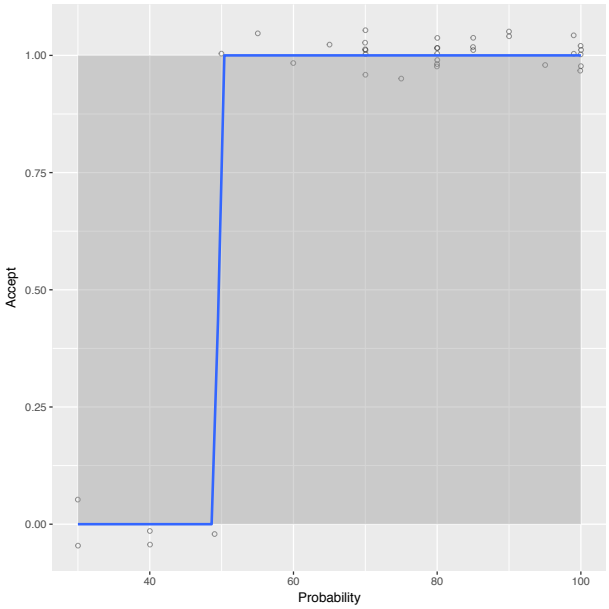


図3　Probability による Accept の可否の予測（洞察問題）

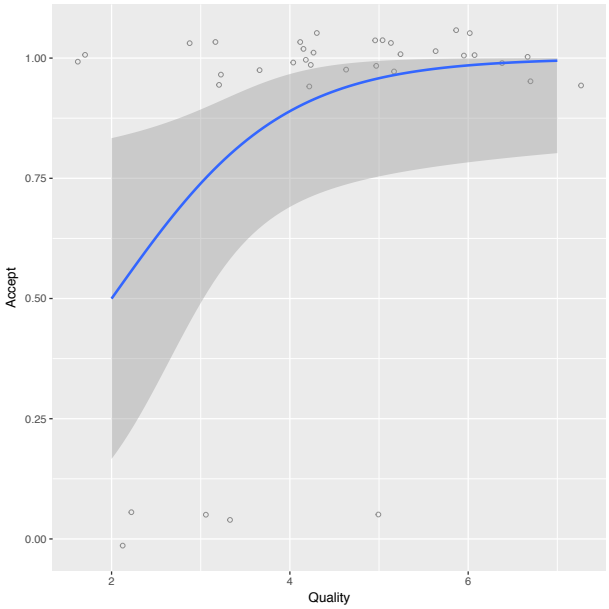


図4　Quality による Accept の可否の予測（洞察問題）

	AIC	BIC
Probability	26.60618	29.773221
Quality	4.00000	7.167038

表1　AIC，BIC を用いた両モデルの比較（洞察問題）

3.2. 準洞察問題（[13]を改変）

36 名を分析した．この問題における説明生成後の Probability の値の平均値は 67.11(*SD*=21.19)で，最大値が 100，最小値が 10 であった（単位は「%」）．また，Quality の値の平均値は 4.11(*SD*=1.81)で，最大値は 7，最小値は 1 であった．

2.4.1.と同様, 説明変数を Probability あるいは Quality，被説明変数を Accept の可否とし，単ロジスティック回帰分析を行った．また，その際の Probability・Quality 間の相関は，0.589 (*p*<0.01)だった．

Probability の値を Accept の可否に回帰させたモデル（*p*<0.01, 図 5）と，Quality の値を Accept の可否に回帰させたモデル（*p*<0.05, 図 6）を，AIC と BIC を用いて比較した結果，前者の方がより良く Accept の可否を予測することができた（表 2）

3.3. 非洞察問題（[9]を改変）

36 名を分析した．この問題における説明生成後の Probability の値の平均値は 46.12(*SD*=21.28)で，最大値が 90, 最小値が 0 であった（単位は「%」）. また, Quality の値の平均値は 3.32(*SD*=1.60)で，最大値は 6，最小値は 1 であった．

2.4.1.と同様, 説明変数を Probability あるいは Quality，被説明変数を Accept の可否とし，単ロジスティック回帰分析を行った．また，その際の Probability・Quality 間の相関は，0.277 (*p*>0.1)だった．

Probability の値を Accept の可否に回帰させたモデル（*p*<.01, 図 5）と，Quality の値を Accept の可否に回帰させたモデル（*p*<.05, 図 6）を，AIC と BIC を用いて比較した結果，前者の方がより良く Accept の可否を予測することができた（表 2）

4. 考察と展望

本実験では，説明を生成するという行為が，その説明の評価に用いる基準にどのような影響を及ぼすのかについて検討した．

結果として，準洞察問題と非洞察問題に対する説明は Probability を用いて，その受容の可否を決定していることが明らかとなった. 一方, 洞察問題に関しては, Probability を従属変数とした場合，ロジスティック関数 に基づく回帰を行うことができなかった．そこで，シグモイド関数ではなく，

$$Accept\ (Probability) = \begin{cases} 0\ (Probability < 50) \\ 1\ (Probability \geq 50) \end{cases}$$

のステップ関数を仮定すると，Accept の可否をより良く予測できるのは Probability のモデルであると言える．このことから，説明者は，課題のタイプに依存せず，自らが生成した説明に対して Probability を用いて評価していることが示唆される．

また，先行研究[9]と類似の課題（非洞察問題）においては，[9]において示唆された基準（Quality）とは異なる基準（Probability）を用いて評価していることが明らかとなった．この相違は，説明評価者が説明者本人か被説明者かによるものであると考えられる．そのため，続く実験では，本実験で生成された説明を物語文に組み込み，参加者に他者が生成した説明を与えるという，先行研究[9]と同様の状況を設けて実験を行う．そうすることで，非洞察問題において，被説明者による説明受容の判断が Quality によってより良く予測できるかどうかを追試する．また，洞察問題・準洞察問題において，説明評価者の立場（説明者であるか被説明者であるか）によって，評価に用いる基準に違いが見られるかどうかについても検討する．

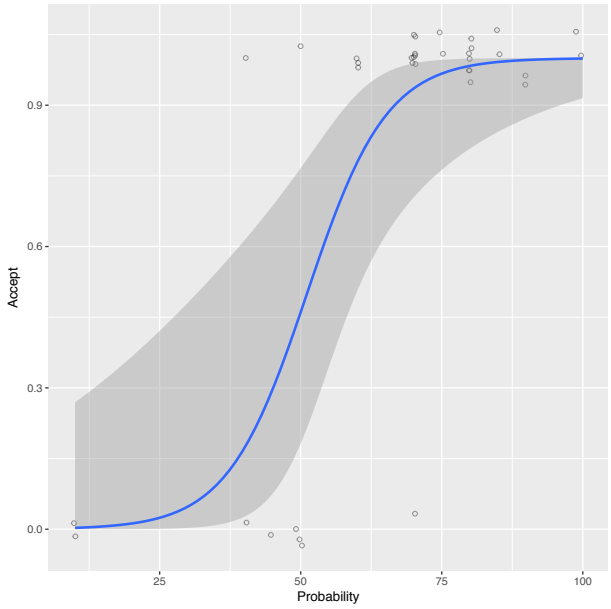


図 5　Probability による Accept の可否の予測（準洞察問題）

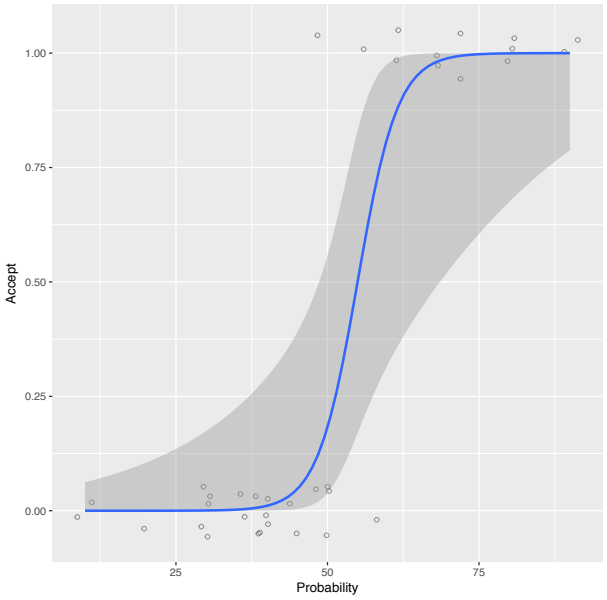


図 7　Probability による Accept の可否の予測（非洞察問題）

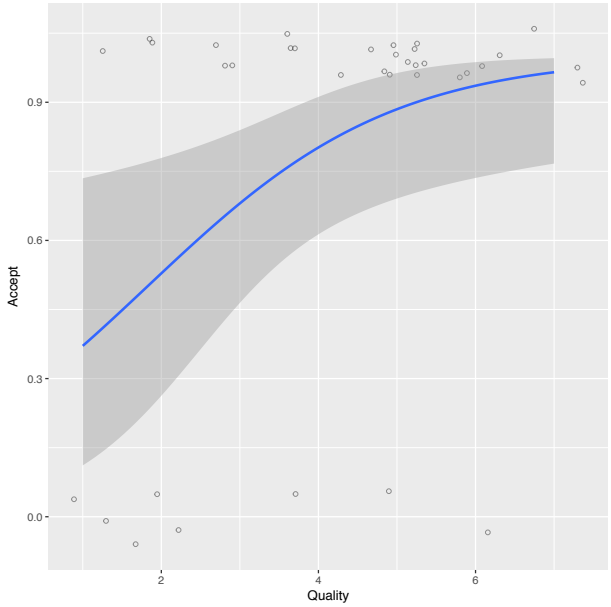


図 6　Quality による Accept の可否の予測（準洞察問題）

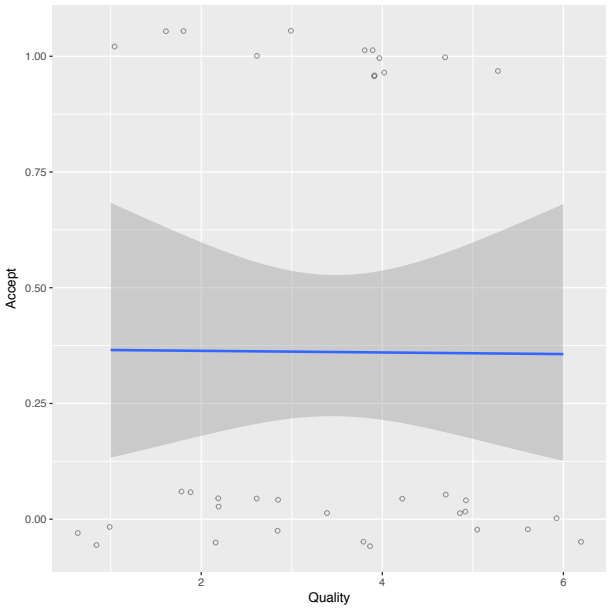


図 8　Quality による Accept の可否の予測（非洞察問題）

	AIC	BIC
Probability	22.21283	25.37987
Quality	35.46508	38.63212

表 2　AIC, BIC を用いた両モデルの比較（準洞察問題）

	AIC	BIC
Probability	15.04278	18.20982
Quality	51.09089	54.25793

表 3　AIC, BIC を用いた両モデルの比較（非洞察問題）

参考文献

[1] Richard C. J., (1956), "Valuation and Acceptance of Scientific Hypothesis", *Philosophy of Science*, 23, 237-246.

[2] Rudner R., (1953), "The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgments", *Philosophy of Science*, 20, 1-6.

[3] Norman. D. A., (1988), "*The Psychology Of Everyday Things*", Basic Books

[4] Campos, G., (2011), "On the distinction between Peirce's abduction and Lipton's inference to the best explanation". *Synthese*. 180 (3): 419–442.

[5] McGrew, T., (2003) "Confirmation, heuristics, and explanatory reasoning", *British Journal for the Philosophy of Science,* 54, 553–67.

[6] Johnston, A. M., Johnson, S. G. B., Koven, M. L., & Keil, F. C., (2016), "Little Bayesians or little Einsteins? Probability and explanatory virtue in children's inferences", *Developmental Science*, 1–14.

[7] Lipton, P., (2004) "*Inference to the Best Explanation*", Second edition. London and New York: Routledge.

[8] Lombrozo, T., (2007), "Simplicity and probability in causal explanation", *Cognitive Psychology*, 55, 232–257.

[9] Douven, I. and Mirabile, P., (2018), "Best, second-best, and good-enough explanations: How they matter to reasoning", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Feb 01, No Pagination Specified

[10] Dougherty, M. R. P., & Hunter, J. E. (2003), "Hypothesis generation, probability judgment, and individual differences in working memory capacity". *Acta Psychologica*, 113, 263–282.

[11] Schunn, C. D., & Klahr, D., (1993), "Self- vs. other-generated hypothesis in scientific discovery", *Proceedings of the 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 900–905.

[12] Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993), "Thoughts beyond words: When language overshadows insight", *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 166-183.

[13] Gardner, M., (1978), "*Aha! Insight*", Mathematical Association of America, (邦訳, 「Aha! insight ひらめき思考」, 島田一男 訳, 日本経済新聞出版社, (2009))

日本語全称量化詞の疑似量化解釈 －ガーデンパス現象による実証的検討－

The pseudo-interpretation of the Japanese universal quantifier: The evidence from garden path phenomena.

井上雅勝[1]・藏藤健雄[2]・松井理直[3]
Masakatsu Inoue, Takeo Kurafuji, Michinao Matsui

[1]武庫川女子大学・[2]立命館大学・[3]大阪保健医療大学
Mukogawa Women's University, Ritsumeikan University, Osaka Health Science University
m_inoue@mukogawa-u.ac.jp

Abstract

本研究では、「すべての２回生が新入生を世話した先生を呼び止めた」のような構造的曖昧文の名詞句の量化詞を操作し、関係節主要部「先生を」の読み時間（ガーデンパス (GP) 効果量）を比較した。すると、主語ないし目的語だけが量化された文の GP 効果量が小さいのに対し、裸－裸条件と両側が量化された文では、その量が大きくなった。さらに、GP 効果の量は、藏藤他 (2017) で測定されたそれぞれの文の疑似量化（量化詞の作用域を計算しない量化解釈）の回答率と関連することも示された。本研究では、疑似量化として解釈されると即時に解釈が決定されるのに対し、標準的量化（論理的量化計算に基づく解釈）では解釈決定が一時的に遅延される、という観点から論議される。

Keywords — Sentence processing, Semantics, Pseudo-quantification, Garden-path phenomena

1. はじめに

量化詞を含む文（量化文）がどのように処理され、どのように解釈されるのか、という問題は、理論言語学・心理言語学における中心的課題のひとつである。ここで、量化文の処理においては、従来から解釈の決定がやや遅延されるのではないか、という見解が示唆されている (e.g., Fodor & Sag, 1982 ; Kurtzman & MacDonald, 1993)。このことを示す実証的事例として、井上・藏藤・松井・大谷・宮田 (2008) があげられる。ここでは、

(1) ２回生が新入生を世話した先生を呼び止めた（裸－裸）
(2) ２回生がすべての新入生を世話した先生を呼び止めた（裸－量化・片側量化）
(3) すべての２回生が新入生を世話した先生を呼び止めた（量化－裸・片側量化）
(4) すべての２回生がすべての新入生を世話した先生を呼び止めた（量化－量化・両側量化）

のような量化詞を含む一時的構造曖昧文を参加者に呈示し、個々の語句の読み時間を測定した。その結果、裸－裸条件 (1) において、関係節主要部（先生を）の読み時間が顕著に長くなった。これは、読み手がいったん「2 回生が新入生を世話した」という単文として解釈してしまい、「２回生が／新入生を世話した先生を」のように再解釈するために、この語句の読み時間が増加した（ガーデンパス (GP) 効果）と考えられる。ところが、2 つの片側量化文 (2), (3) では、この効果が小さくなることが見いだされた。これは、量化詞の存在によって「世話した」までの解釈決定が遅延されていることを示唆する。ところが両側量化文 (4) では、この GP 効果量が再び増加した。こうした結果には、量化文の意味解釈の選好性が片側量化と両側量化で異なることが反映されていると考えられる。本稿では、この問題を検討するために、疑似量化という概念を導入する。

疑似量化 (pseudo-quantification) とは，量化詞の作用域を計算しない（１階述語論理では表示できない）量化解釈である。英語では、例えば、

(5) Some relative of each villager and some relative of each townsman hate each other.

のような文における枝分かれ量化などが知られている (Barwise, 1979; Hintikka, 1974)。ただし、英語で SVO の S と O が枝別れ量化になるケースは極めて限られている (Landman, 2000; Liu, 1998; May, 1985)。なお、(5) に対応する日本語の研究は我々が確認した限りでは見当たらない。本研究のように主語と目的語が量化されるケースに限定すると、疑似量化としては、(i) 量化された名詞がグループ化される解釈、(ii) 両側量化で 1 対 1 解釈がなされる解釈、(iii)「すべて」における累加的解釈の 3 つがあげられる（表 1 参照）。また、これら以外の解釈は、論理的量化計算に基づく解釈である。具体的には、(iv) 主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈、(v) 主語裸名詞が wide scope 解釈、(vi) 目的語裸名詞が wide scope 解釈、(vii) 量化目的語が裸主語に対して wide scope 解釈、(viii) 量化主語が裸目的語

に対して wide scope 解釈の 5 つがあげられる（表 1)。以下、これらを標準的量化 (standard-quantification) と呼ぶことにする。

蔵藤・井上・松井 (2017) は、(1)-(4) の各構文がどのように解釈されやすいのかを検討する調査を実施した。ここでは、与えられた刺激文に対し、表 2 のような 13 の質問に参加者が yes/no で回答したパターンにより、表 1 に示した解釈のいずれかに分類することができる。例えば、(4) の両側量化文について、no, no, no, no, no, no, no, yes, yes, no, no, yes, yes と回答すると、(iv) 主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈がなされたと判断できる。266 名の参加者について、35 の刺激文を呈示し、それぞれ上記の質問に回答させた（なお、この調査では、「すべての」以外に、量化詞「ほとんどの」についても検討されていた)。全体で 9310 のデータが得られたが、そのうち 15%が言語学的にみて不適切な回答パターン（e.g., 「すべての主語が」について、「主語が 1 人」と回答した、など）であり、これらは分析から除かれた。個々の文条件の解釈毎の回答率は、表 3 の通りである。そして、疑似量化の回答率を合計したところ（表 4)、量化文 (2)-(4)の 50%以上が疑似量化として解釈されていた。さらに、片側量化よりも両側量化の方が、疑似量化の割合が高いことが明らかになった。なお、裸ー裸条件の文 (1) の場合は、どのような解釈がなされたとしても量化ではないため、すべて疑似量化とみなされる。

では、なぜ疑似量化の割合が高いと GP 効果が大きく、標準的量化の割合が高いと GP 効果が小さくなるのであろうか。まず、標準的量化解釈がなされる場合のプロセスから検討する。処理器が量化詞の語彙的意味を重視し、名詞の複数性には着目しない場合、標準的量化として処理されると仮定する。標準的量化とは、具体的には「すべての２回生が新入生を世話した」に対して、「すべて」が持つ語彙的意味 $\forall x[P(x) \rightarrow Q(x)]$ から得られる解釈のことである。この Q(x) が「すべての」の作用域で、ここに [x が新入生を世話した] が代入され、P(x) に代入された２回生(x) の個々の要素 x がこの条件を満たすかどうかが逐一チェックされる。ここで、こうした処理には、（その処理に進むことを回避しなければならない程ではないが）若干の負荷がかかると仮定する。そのため、処理器は標準的量化処理を即時に実行するのをためらい（なお本稿では、負荷が高いため「処理に時間がかかっている」というわけではなく、「解釈の確定をためらっている」といった状態を想定している。従って、動詞「世話した」の RT が長くなることはない)。「すべての２回生が新入生を世話した」という単文解釈がすぐには確定されず、結果として、関係節主要部における GP 効果が小さくなる。

これに対し、処理器が量化詞の語彙的意味を軽視し、名詞の複数性を重視する場合は、疑似量化として処理される。前述のように、疑似量化とは、量化詞の作用域が計算されない解釈である。具体的には、個体に着目せず、主語の集合と目的語の集合の間に動詞のような関係を必要に応じて結ぶことにより得られる解釈のことである。まず、(i) 主語、目的語の名詞が指示するグループ（複数個体）が作られ（the boys や the majority of the students に相当する)、2 つのグループ間にリンクがつくと、グループ解釈になる。一方、グループの中の個体にリンクがつく場合でも、(ii) 1 つの個体にリンクが 1 つだけの場合は、1 対 1 解釈になる。また、主語または目的語の個体のうち、少なくとも 1 つが 2 つ以上のリンクを持つ場合は、累加的解釈と呼ばれるが、(iii)「すべて」の両側量化では、累加的解釈は論理的解釈ではないので疑似量化とみなされる（表 1 参照)。ここで、こうした疑似量化の処理には負荷がかからないと仮定する。簡単な処理であるため、処理器は即時に単文として解釈を確定する。その結果、関係節主要部における GP 効果が大きくなる。なお、裸ー裸条件では、どのような解釈を選択したとしても量化ではないため、疑似量化と同じように即時に解釈が決定され、結果として GP 効果が大きくなる。

さらに、「すべての P がすべての Q を V」という両側量化において、標準的量化の 1 つである主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈が選ばれた場合、処理器は疑似量化と同じようにふるまうと予想される。というのは、$\forall x[P(x) \rightarrow \forall y[Q(y) \rightarrow V(x, y)]]$ は、$\forall x \forall y[P(x) \,\&\, Q(x) \,\&\, V(x, y)]$ と等価である。従って、計算コストが低い “&” の計算のみで解釈することができ、解は一意に収束する。そのため、処理を遅延する必要がなくなり、単文解釈が確定する。結果として、GP 効果は大きくなると予測される。なお、藏藤他 (2017) の調査では、両側量化文に対して選択された解釈は、疑似量化に相当する 1 対 1 解釈、主語のみグループ解釈、目的語のみグループ解釈、主語目的語グループ解釈と、ここで述べた主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈のみであった（表 3 参照)。従って、主語と目的語が相互に（対称的に）リンクす

る解釈の15%分を暫定的に疑似量化に含めるとすれば、両側量化の疑似量化の回答率は、すべての文で100%と見積もられる（表4右下カッコの数字）。以上の仮説を検証するため、本研究では、藏藤他 (2017) で使用した刺激文を用いて、井上他 (2008) の実験を追試するとともに、各文の疑似量化の回答率がGP効果量と線形関係にあるかどうかを検討する。

2. 方法

実験参加者. 武庫川女子大学学生60名 (19-21才) が実験に参加した。すべての参加者は、日本語が母国語であり、正常視力を有していた。また、これらの参加者は、藏藤他 (2017) の調査には参加していなかった。

刺激. 藏藤他 (2017) の調査では、主語 (R1)、目的語 (R2)、動詞1 (R3)、関係節主要部 (R4)、動詞2 (R5) から成り、主語量化因子（裸・量化）と 目的語量化因子（裸・量化）を操作した1セット4条件からなる35セットの文が用いられていた。ここから32セットを抽出し、合計128文の実験刺激文が作成された（付録A）。

手続き. 本研究は PC 演習室を用いた授業の中で一斉に実施された。実験に必要な静謐は保たれていた。本研究では、moving window display による語句毎の自己ペースリーディング法により、刺激文の呈示と語句毎の読み時間 (reading time, 以下 RT) が測定された。実験プログラムはLinguaTools (坂本・安永, 2016) により制御された。最初の語句の提示後、参加者がスペースキーを押下すると先行語句が消去され、次の語句が呈示された。語句の呈示からキー押しまでの反応時間（これをRTとみなす）が記録された。10試行の練習の後、本試行が実施された。本試行の刺激として、1 セットから1文ずつ、各条件8文、計32文からなる4つの呈示リストが作成された。さまざまな構造をもつ64のフィラー文と共に、刺激文がランダムに呈示された。各刺激文を読んだ後、刺激文の一部をパラフレーズした質問文を呈示し、yes/no で回答させた。例えば (1) の文に対し、「先生が新入生を世話した」という文が呈示された場合は、yes回答が正解になる。なお、この理解テストは、どのような量化解釈がなされているかをみるテスト (藏藤他, 2017) ではなく、あくまでも実験に対する参加者の注意を維持させ、本来の文構造とは異なる構造として理解していないかをチェックするための手続きである。yes 回答文、no 回答文は全体で同数呈示された。また、この実験では理解テストの正誤フィードバックは与えられなかった。

3. 結果

RTデータの分析に先立ち、理解テストが不正解の試行のデータ (15%) を分析から除外した。また、各領域・各条件で平均値から5*SD*以上の値を持つ試行のデータを除外した。これらは全体の2%であった。その結果、全体の83%が分析に用いられた。

RT データに対する主語量化因子と目的語量化因子の影響を検討するため、参加者IDと刺激セットIDのランダム切片とランダムスロープをもつ線形混合モデル分析 (linear mixed effect: LME) が実施された。また、試行ID番号を共変量に加えた。主語量化因子、目的語量化因子とも、裸条件を-0.5 に、量化条件を+0.5 にコード化した。試行ID番号は、数値の平均が0になるように中心化された。以上の分析には、統計分析プログラム R version 3.5 (R Core Team, 2018) の lmerTest パッケージ (version 3.0-1, Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2018) に含まれる lmer 関数が用いられた。なお、本研究の分析では、混合モデルの計算が収束した最大のモデルを採用する (Barr, Levy, Scheepers, & Tilly, 2013)。表5に、条件別・語句毎のRTの推定値 (ms)、95%信頼区間、正答率 (%) を示す。分散分析とは異なり、LME では必ずしも平均値が母集団の推定値に一致するわけではないこと、また信頼区間がこの推定値に基づいて計算されていることなどから、本稿ではこの指標を掲載する。

以下、本稿における論議の焦点となる関係節主要部 (R4) のRTデータの分析結果のみを報告する。R4領域では、最大モデルで収束したため、その分析結果を採用した。主語量化因子・目的語量化因子の主効果はそれぞれ有意ではなかった (β = -26.57, t = 0.957, p = .34; β = -5.206, t = 0.158, p = .87)。しかし、交互作用が有意であった (β = 246.7, t = 3.398, p < .01)。また、試行ID番号の主効果が有意であった (β = -5.63, t = 11.78, p < .001)。交互作用が有意であったことから、同じモデルによって単純主効果を検討した。まず、主語量化条件における目的語量化因子の単純主効果が有意であった (β = 118.1, t = 2.303, p < .05)。次に、主語裸条件における目的語量化因子の単純主効果が有意であった (β = -128.6 , t = 2.764, p < .01)。また、目的語量化条件における主語量化因子の単純主効果が有意であった (β = 96.8, t = 2.275, p < .05)。最後に、目的語裸条件における主語量化因子の単純主効果が有意であった (β = -149.9, t = 3.082, p < .01)。表5のR4領域（関係節主要部）に明らかなように、裸ー裸条件 (1) と両側量化条件 (4) の読

み時間は、2 つの片側量化条件 (2), (3) よりも有意に長い（GP 効果量が大きい）ことがこれらの分析から明らかにされた。そして、この結果のパターンは、藏藤他 (2017) の調査で得られた疑似量化の回答率のパターン（表 4）と合致している。すなわち、疑似量化として解釈される割合が高い条件（裸ー裸条件、両側量化条件）ほど、R4 領域における GP 効果の量が大きくなることが示された。ただし、主語量化ー目的語量化条件と主語裸ー目的語量化条件の推定値を比較すると、各推定値から信頼区間（表 4 の数値）の 1／2 離れた数値（それぞれ、975ms, 1003ms）までに重なりがあり、主語量化因子の効果が十分に現れているとはいえない。

しかしながら、同じ条件であっても文によって疑似量化の回答率が異なる場合があることから、4 つの文条件間の比較ではなく、各文の疑似量化回答率（付録 A 参照）と試行 ID を独立変数として、直接 GP 効果の量的指標となる R4 領域の RT を予測できるかどうかを LME により分析した（なお、前述のように、裸ー裸条件および量化ー量化条件の疑似量化回答率の数値は、すべての文で 100%とみなす）。その結果、疑似量化の回答率は R4 領域の読み時間と有意な正の関係があることが示された ($\beta = 261.4, t = 3.393, p < .01$)。また試行 ID の効果が有意であった ($\beta = -5.82, t = 12.059, p < .001$)、次に、sjstats パッケージ (Lüdecke, 2018) に含まれる r2 関数によって、モデル全体の説明率の計算を試みた ($R^2 = .41$)。ただし、このモデルには試行 ID の強い影響が含まれている可能性があるため、この変数を除き、疑似量化の回答率の因子単独で R4 領域の RT を予測できるかを LME により分析したうえ ($\beta = 239.6, t = 3.047, p < .01$)、説明率を求めた。その結果、数値は $R^2 = .35$ に低下したが、依然大きな効果量を維持していた。以上の分析結果は、井上他 (2007) の結果を再現すると共に、疑似量化解釈になりやすい文ほど GP 効果量が大きくなる事を示している。

4. 論議

本研究では、構造的曖昧文の名詞の量化詞を操作し、関係節主要部の読み時間（GP 効果量を示す）を比較した。すると、2 つの片側量化条件では GP 効果量が小さいのに対し、裸ー裸条件と両側量化条件では、その量が大きくなった。また、GP 効果の量は、藏藤他 (2017) で測定された個々の文の疑似量化回答率の関数であることも示された。疑似量化回答率が低い文では、標準的量化による処理が行われやすくなり、その際、一時的に解釈決定が待たれるため、動詞 1 までの文処理が確定せず、結果として GP 効果が小さくなる。反対に、疑似量化回答率が高い場合は、動詞 1 までの文の解釈が確定されやすく、その結果、GP 効果が大きくなる。本研究の結果は、以上の仮説を支持するものである。

本研究の心理言語学的な意義は、まず文理解における統語処理と意味処理が相互に作用しあう関係にあることを見いだした点にある。量化詞の意味的処理が、一時的であれ文構造の確定を止めているのではないかというアイディアは、従来の syntax-first のモデル (e.g., Frazier & Rayner, 1982) では考えられなかったものであり、本研究の実験結果は上の考えがある程度妥当であることを示している。加えて、文の理解には、即時に処理される場合と、処理が遅延される場合があること (井上, 2006) も再確認された。また、理論言語学的な意義としては、日本語においては、かなりの割合で量化詞が疑似量化的に理解されており (藏藤他, 2017) 、それが言語運用にまで影響していることが明らかになった点であろう。

無論、今後検討すべき課題が残されている。例えば、片側量化の「すべての職人が椅子を作った」の疑似量化回答率は 32%程度であるのに対し、「すべての観客が選手をやじった」は 96%にのぼる。どのような手がかりによって解釈が標準的量化・疑似量化に分かれるのか、またそのプロセスに関する仮説は提案されていない。さらに、標準的量化はやや負荷がかかる処理であるという点は、あくまでも前提に過ぎず、何らかの形で実証することが必要である。最後に、他の量化詞でも同じような現象が見られるのかについても、検討が必要である。藏藤他 (2017) では、「ほとんどの」の場合の疑似量化回答率も測定しており、概ね「すべての」の場合と同様の割合になっていたが、一部数値が異なるところもみられた。そうした差異が GP 効果の量にも反映され、「すべての」の場合とは異なる結果が得られるのかどうか、早急に検討する必要がある。

引用文献

Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tilly, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language, 68*, 255–278.

Barwaise, J. (1979). On branching quantifiers in English. *Journal of Philosophical Logic, 8*, 47-80.

Fodor, J. D., & Sag, I. (1982). Referential and quantificational

indefinites. *Linguistics and Philosophy, 5*, 355–398.

Hinttika, J. (1974). Quantifiers vs. quantification theory. *Linguistic Inquiry, 5*, 153-177.

井上雅勝 (2006). 日本語文の理解における曖昧性の解消と保留. 認知科学, *13,* 353-368.

井上雅勝・藏藤健雄・松井理直・大谷朗・宮田高志 (2008). 全称量化表現の文理解過程――Incremental-DRT モデルの実証的検討―― 日本認知科学会第 25 回大会発表論文集, 330-331.

藏藤健雄・井上雅勝・松井理直 (2017). 日本語量化文解釈の方略と選好性について 日本言語学会第 154 回大会発表論文集, 406-410.

Kurtzman, H. S., & MacDonald, M. C. (1993). Resolution of quantifier scope ambiguity. *Cognition, 48,* 243-79.

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2018). Tests in linear mixed effects models. lmerTest package version 3.0-1. https://github.com/runehaubo/lmerTestR/issues.

Landman, F. (2000). *Events and plurality*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishing.

Liu, F-H. (1997). *Scope and specificity*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Lüdecke, A. (2018). Collection of convenient functions for common statisticalc Computations. sjstats package version 0.15.0. https://github.com/strengejacke/sjstats.

May, R. (1985). *Logical form.* Cambridge: MIT Press.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing: R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. http://www.R-project.org.

坂本勉・安永大地 (2016). LinguaTools [Computer program]. Version 2017.04.0. https://dylab.info/linguatools.shtml.

表１　各量化解釈の説明

疑似量化

グループ解釈

主語個体および目的語個体をひとまとまりのグループとして解釈するケース。「いっしょに」や「まとめて」のような副詞を用いた解釈とほぼ同義と考えてよい。主語がグループ、目的語が複数個体の場合、主語グループからリンクが２本でていることになる。

１対１解釈

リンクを持つ個体が最大１本のリンクだけもつ解釈。

累加的解釈（「すべての」の場合）

「すべてのA (a, b, c) がすべてのB (d, e, f) をVした」の場合、標準的量化（論理的解釈）では、<a, d>, <a, e>, <a, f>, <b, d>, <b, e>, <b, f>, <c, d>, <c, e>, <c, f>のすべてでVの関係が成立することがもとめられる。もし、このうちひとつでもかけると累加的解釈になる。例えば、<a, f> が成立しないとすると、f はAのすべてのメンバーによってVされていることにはならないので、目的語の「すべて」の語彙的意味が解釈されておらず、論理的解釈とはみなされない。

標準的量化

主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈

主語の解釈を満たす個体（「すべての学生」なら学生全員）がそれぞれ目的語の解釈を満たす各個体すべてに対してリンクをもつ解釈。すべてーすべて構文では、すべての主語個体からすべての目的語個体に対してリンクがある。

主語裸名詞が wide scope 解釈・目的語裸名詞が wide scope 解釈

いわゆる不定名詞の特定（specific）解釈に対応する。ただし、単数と解釈された裸名詞に限定している。複数と解釈される裸名詞の場合は累加的解釈と区別がつかない。

量化目的語が裸主語に対して wide scope 解釈・量化主語が裸目的語に対して wide scope 解釈

典型的な量化解釈である。例えば、「すべての女性客が服を試着した」の場合、「女性客ひとりひとりについて、（少なくとも一着の）服を試着した」のように、量化詞付名詞の各個体に着目した解釈である。

注：主語が目的語に対して及ぼす行為を、ここでは「リンク」とよぶことにする。

表２　質問項目例「すべての２回生がすべての新入生を世話した」の場合（藏藤他, 2017）

質問 1	２回生は１人でしたか？
質問 2	新入生は１人でしたか？
質問 3	２回生と新入生の数は同じでしたか？
質問 4	新入生を世話しなかった２回生はいましたか？
質問 5	２回生に世話されなかった新入生はいましたか？
質問 6	新入生を世話した２回生は１人だけでしたか？
質問 7	２回生に世話された新入生は１人だけでしたか？
質問 8	２人以上の新入生を世話した２回生はいましたか？
質問 9	２人以上の２回生に世話された新入生はいましたか？
質問 10	新入生を世話した２回生を１人１人区別するのではなく、「ひとまとまりの２回生」としてイメージしましたか？（２回生が１人の場合は、「いいえ」を押す）
質問 11	２回生に世話された新入生を１人１人区別するのではなく、「ひとまとまりの新入生」としてイメージしましたか？（新入生が１人の場合は、「いいえ」を押す）
質問 12	新入生を世話したそれぞれの２回生が個別に（１人の場合は、その２回生が）、すべての新入生を（１人の場合は、その新入生を）世話しましたか？
質問 13	２回生に世話されたそれぞれの新入生が個別に（１人の場合は、その新入生が）、すべての２回生に（１人の場合は、その２回生に）世話されましたか？

表 3　量化文解釈調査 (藏藤他, 2017) で得られた各解釈の回答率 (%)（10 種類の解釈について、回答した主語・目的語の数も考慮して分類した。このうち * は疑似量化解釈を示す。）

	解釈名	主語と目的語が相互に（対称的に）リンク	1 対 1 解釈				主語のみグループ解釈		目的語のみグループ解釈	
	主語数	複数	1 つ	1 つ	複数	複数	複数	複数	1 つ	複数
	目的語数	複数	1 つ	複数	1 つ	複数	1 つ	複数	複数	複数
主語	目的語									
裸	裸	0.4*	58.5*	0.5*	0.2*	1.1*	3.8*	0.9*	12.6*	1.1*
裸	すべて	0.8						4.8*	35.9*	5.2*
すべて	裸	1.8					20.0*	6.0*		9.9*
すべて	すべて	14.6				4.0*		7.8*		14.4*

※下段へ続く

主語目的語グループ解釈	累加的解釈		主語裸名詞が wide scope 解釈		目的語裸名詞が wide scope 解釈		量化主語が裸目的語に対して wide scope 解釈		量化目的語が裸主語に対して wide scope 解釈	
複数	1 つ	複数	1 つ	複数	複数	複数	1 つ	複数	複数	複数
複数	複数	複数	複数	複数	1 つ	複数	複数	複数	複数	1 つ
6.6*	0.7*	2.4*	9.4*		1.7*	0.1*				
15.5*			34.7				0.1		3.0	
21.8*					17.3	0.1		23.2		
44.2*		14.9*								

表 4　「すべて」における疑似量化解釈の回答率 (%) (藏藤他, 2017)

	目的語裸	目的語量化
主語裸	(100)	61
主語量化	58	85 (100)

表 5　領域・条件毎の RT の推定値 (ms) 、信頼区間、正答率 (%)

主語量化因子	目的語量化因子	R1 主語	R2 目的語	R3 動詞 1	R4 関係節主要部	R5 動詞 2	正答率
裸	裸	955 (74)	843 (77)	766 (68)	1080 (125)	784 (73)	82% (3%)
裸	量化	965 (86)	1056 (79)	752 (64)	951 (105)	713 (68)	84% (2%)
量化	裸	1122 (68)	904 (92)	762 (63)	930 (84)	731 (62)	81% (2%)
量化	量化	1116 (89)	1005 (81)	764 (61)	1048 (101)	728 (66)	83% (2%)

注：カッコ内は 95%信頼区間（推定値からの距離）を示す

付録 A　実験刺激文（R1 と R2 の名詞句には、条件に応じて量化詞「すべての」が付加される）、および藏藤他 (2017) で測定された条件毎の各文の疑似量化回答率 (%)

R1	R2	R3	R4	R5	裸	量化	量化
主語	目的語	動詞 1	関係節主要部	動詞 2	量化	裸	量化
ウェイトレスが	テーブルを	拭いた	店長を	蹴った	37	36	48
バーテンが	グラスを	磨いた	店主を	尊敬した	49	61	67
詐欺師が	客を	だました	仲間を	密告した	63	73	69
バスガイドが	観光名所を	暗記した	友人を	ねたんだ	53	85	70
業者が	ペットボトルを	回収した	ヤミ業者を	訴えた	86	74	68
美術ファンが	絵画を	鑑賞した	批評家を	取り囲んだ	59	57	83
役人が	議員を	サポートした	後援会長を	取り調べた	75	78	81
女性客が	服を	試着した	女子高生を	たしなめた	58	52	47
修理工が	車を	修理した	アルバイトを	呼び出した	49	45	65
レポーターが	芸能人を	取材した	記者を	殴った	44	48	48
評論家が	新刊書を	絶賛した	司会者を	こきおろした	37	44	68
２回生が	新入生を	世話した	先生を	呼び止めた	92	78	91
患者が	医者を	尊敬した	看護師を	笑った	55	69	82
警備員が	入場者を	チェックした	係員を	連行した	82	74	79
客が	料理を	注文した	女性を	指さした	76	54	57
部員が	楽器を	手入れした	後輩を	ほめた	66	34	58
ニュースキャスターが	政治家を	非難した	評論家を	賞賛した	65	43	81
トラックが	荷物を	運んだ	ワゴン車を	追跡した	76	58	67
ハッカーが	パスワードを	盗んだ	スパイを	突き止めた	40	44	70
先生が	テストを	点検した	教頭を	恨んだ	41	66	71
先輩が	後輩を	叱った	教師を	殴った	83	83	80
職人が	椅子を	作った	弟子を	叱った	53	32	63
観客が	選手を	やじった	相手選手を	非難した	94	96	88
歌手が	童謡を	歌った	子供を	ほめた	69	59	68
男子学生が	女子学生を	誘った	先輩を	探した	72	39	77
芸能人が	出版社を	訴えた	作家を	非難した	53	58	74
生徒が	机を	片付けた	先生を	突き倒した	63	65	83
子供が	クッキーを	焼いた	母親を	自慢した	89	63	83
警官が	犯人を	捕まえた	探偵を	呼び出した	94	70	86
医師が	患者を	診察した	インターンを	呼びつけた	33	50	61
兵士が	拳銃を	撃った	敵兵を	探し出した	37	45	53
職人が	青年を	育てた	親方を	自慢した	37	45	82

注：量化－量化条件の場合、主語と目的語が相互に（対称的に）リンクする解釈も疑似量化とみなすと、疑似量化回答率はすべての文で 100%になる。なお、裸―裸条件は、すべて文で疑似量化の割合が 100%とみなされるため、ここには掲載しない。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

自分の食事中の静止画を正立で見ると食事への注意が高まる -事象関連電位（P300）による検討-

The existence of a static picture of upright self-image of eating increases attention resource to eating: An investigation based on the event-related potential (ERP) component (P300)

中田　龍三郎†，川合　伸幸‡
Ryuzaburo Nakata, Nobuyuki Kawai

†‡名古屋大学
Nagoya University
† nakata@cog.human.nagoya-u.ac.jp, ‡ kawai@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Food tastes better when eaten with company than alone. Although this effect, the social facilitation of eating, have been well documented, underlying mechanisms of this effect is not clear. A recent study that this effect is achieved by an increase in attention to the stimulus participants experienced together with the confederate, making food more psychologically salient. If this is the case, we expect eating with 'others' would reduce attention toward distractive stimuli. The present study validated this possibility in terms of event-related potential (P300), which reflects the attention resource to the less frequently presented sound of two kinds of task-irrelevant auditory stimuli. The second purpose of this study was to explore a necessary condition to induce the "social" facilitation of eating with self-reflection. We previously demonstrated that a static picture of self-image of eating is sufficient to produce a similar “social” facilitation of eating: self-reflection on eating made food taste better. In this study, participants tasted chocolate in front of three kinds of different visual stimuli, an upright self-image, an inverted self-image, and a wall-reflecting image, by being recorded P300. Due to limited capacity of attentional resources, attention to the sound should be decreased if the participants attended the confederate: a self-reflection, the brain activity reflecting attention to the sound (i.e., the amplitude of P300) would be smaller. Results showed that the subjective goodness of the chocolate in the upright condition was higher than those in the other two conditions. Furthermore, the amplitude of P300 was smaller in front of an upright self-image on eating than those in the other two conditions, suggesting that the attention was captured only to the upright-image “confederate”. These results suggest that eating with someone draw strong attention to the “confederate”, and that was the case of the self-reflecting image.

Keywords — Taste, Eating together, Eating alone, Social facilitation of eating, Event-related potential, P300

1. はじめに

他者と食を共にする「共食」は人間の食の大きな特徴である。家族や友人との楽しく食べる食事を食事らしい食事として想起することが多いように[1]、共食は社会関係を構築する場としての役割もある[2]。共食によって個人間の社会的結びつきを強め[3]、集団のパフォーマンスも向上するとされる[4]。

共食による食行為への注意を調べた先行研究では、食場面で他者と共食しない場合とくらべて、他者と共食するほうが食行為に対して注意が集まることが示されている[5]。食事以外の場面でも、他者と同じ行動を共有することで共有している行為に対してより注意が惹きつけられることが示されている[6] [7]。つまり実際には1人の食事であっても、「だれかと」食事している認知が生じやすい状況であれば、食行動により多くの注意が向かうと予測される。この検討のため、本研究では食品を試食した際に試食と無関係な音刺激を呈示し、音刺激に対する注意を反映する事象関連電位（P300）を測定することで自己の食事場面の静止画を見ながら食事することが食事へのより強い注意をもたらすのか検討した。もし擬似的な共食によって食事により注意が惹きつけられているのなら、自己の食事中の静止画を正立で呈示した条件では音刺激に対するP300は減少すると予測される。

共食することは食行動それ自体にも影響する [8]。共食すると１人で食事する「孤食」と比べて摂取量が増加し[9]、食品をおいしく感じる[5] [10]。この効

果は実際に他者と共食していなくても、共食していると認知することで生じる。たとえば鏡のまえで食事をすると、実際には1人で食事していても、共食と同様に食事をおいしく感じる[11]。この効果は自分の食事中の静止画を見ながらの食事でも生じる[11]。視覚情報を通じて「だれかと」共食している心的な感覚が生起することで、共食と同様の効果が生じると示唆される。この効果の要因をより詳細に検討するため、本研究では自己の食事中の静止画を正立で呈示した条件と倒立で呈示した条件を設定し、その効果を比較した。単純に食事をしている姿を見ることがおいしさに影響するのであれば、倒立の刺激でも正立の刺激と同様の結果が生じると推測される。もし「だれかと」共食しているように呈示されていることが重要なのであれば、通常の共食環境のように正立で呈示されている場合により強くおいしさに影響すると考えられる。

2. 方法

成人男女20人（女性８名、平均年齢20.1歳）を実験参加者とした。実験開始前にインフォームドコンセントをうけた。視力（矯正視力）と聴力は正常であった。実験で使用する食品にアレルギーがないことを事前に確認した。

主課題：独立変数として、食事環境を３水準で変化させた（正立条件・倒立条件・無人条件）。正立条件では、共食時のように、食事をしている人物の視覚刺激が存在する環境として、実験参加者が過去に食事した際の静止画を正立で呈示した。倒立条件では食事中の自己の静止画を倒立で呈示した（**図１**）。無人条件では、ブース内の無人の静止画像を呈示した。各条件では実験ブースの卓上に設置した24インチの縦型モニタ(38 cm x 57 cm)上に刺激を提示した。

実験参加者はそれらの画像を見ながら試食をおこなった。実験で使用する画像は本試行前に練習として煎り大豆を試食中に撮影した画像を使用した。先行研究ではポップコーンを実験用の食材としていたが[11]、後述する脳波測定に頭部の筋運動によるノイズが混入するのをできるだけ避けるため、咀嚼(顎の筋運動を伴う）しなくても舐めることで味の評定ができる食材として、チョコレート（カカオ57 %）を本試行用の食材とした。　本試行ではチョコレートの試食を行い、その直後に試食した食品の味に関する６項目（おいしさ、質の良さ、また食べたい、しょっぱさ、甘さ、苦さ）、および試食状況に関する３項目（気分は良かったか、試食する際に画像は気になったか、音は気になったか）を６段階（6：非常によく当てはまる～1：まったく当てはまらない）で評定した。実験参加者は３水準の食事環境それぞれを参加者ごとにランダムな順番で経験した。本試行の試食は後述の聴覚刺激の呈示とともに開始した。聴覚刺激終了とともに試食を終了し、評定を行った。

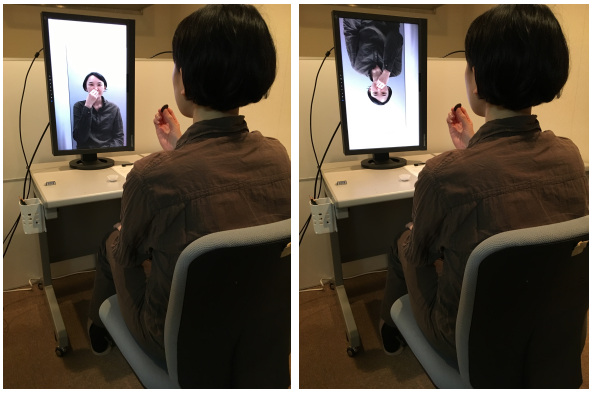


図１　正立条件と倒立条件のイメージ

副課題：チョコレートの試食中に聴覚オドボール課題[12]を行った。聴覚刺激は標準刺激（standard: 呈示確率 = 80 %、1000 Hz）と標的刺激（target: 呈示確率　= 20 %、2000 Hz）の２種類の音刺激とした。各刺激は音圧 60 dB、持続時間 70 ms、立ち上がり立ち下がり 10 ms で呈示した。実験参加者は呈示される聴覚刺激のうち、高い音（標的刺激）の回数を数えるように教示された。刺激はオンセット間隔 1500 ms として計 80 試行（標準刺激：64 試行、標的刺激：16 試行）、約２分間にわたって呈示された。

脳波の測定は国際 10-20 法 10%法に基づき、鼻尖を基準として正中線上の２部位（Cz、Pz）から記録した。まばたきと垂直眼球運動を監視するため、左眼窩上下から眼電図を双極導出した。サンプリング周波数 500 Hz で記録した。実験後オフラインでバ

ンドパスフィルタ（0.3-30 Hz）をかけた。

事象関連電位（event-related potential: ERP）は聴覚刺激呈示前 200 ms から呈示後 1000 ms までの区間を参加者、条件、刺激、部位ごとに加算平均して求めた。得られた ERP 波形に対して聴覚刺激呈示前 200 ms 間の平均電位にそろえるベースライン補正を行った。

3. 結果

主要な評定項目の結果を**図２**に示す。おいしさの評定値について被験者内要因として正立条件、倒立条件、無人条件間で分散分析したところ、条件間の有意な差が認められた（$F_{2, 38} = 4.24$, $p < 0.05$）。事後検定の結果、正立条件のおいしさの評定値は他の２条件とくらべて高くなっていた（$p < 0.05$）。甘さと気分については各条件間に統計的に有意な差はなかった。

注意配分量の行動指標として、target刺激の実際の呈示回数（16 回）と参加者が答えた数との差を絶対値としてカウントした(**図３**)。正立条件、倒立条件、無人条件間で分散分析したところ、条件間の有意な差が認められた（$F_{2, 38} = 4.39$, $p < 0.05$）。事後検定の結果、倒立条件と無人条件よりも正立条件のほうが有意に数え間違いが多かった（$p < 0.05$）。

各条件に対するPzでの総加算平均の結果を**図4**に示す。刺激呈示後250 msから600 msにかけてERP波形に大きな陽性の電位が認められた。この電位を極性、潜時、頭皮上分布からP300と同定した。今回得られたP300振幅の頂点潜時は個人差が大きく頂点振幅値を同定することが困難だった。そのため本研究では刺激呈示後250 msから600 msまでの区間の平均振幅値をP300振幅として用いた（**図５**）。standard刺激に対してP300振幅値に条件間の大きな違いはなかったが、target刺激に対しては正立条件よりも倒立条件でP300が増大していた。被験者内要因として①音刺激（target・standard）、②画像刺激（正立・倒立・無人）の二元配置分散分析をおこなったところ、音刺激間の有意な差が認められた（$F_{1, 19} = 58.79$, $p < 0.01$）。さらに画像刺激間の有意な差が認められた（$F_{2, 38} = 5.10$, $p < 0.05$）。音刺激と画像刺激間の交互作用も認められた（$F_{2, 38} = 3.66$ $p < 0.05$）。事後検定の結果、standard刺激に対しては条件間の差はなく、target刺激に関しては正立の自己静止画を呈示したときよりも倒立の自己静止画や無人の静止画を呈示したときのほうがP300は有意に増大していた（$p < 0.05$）。

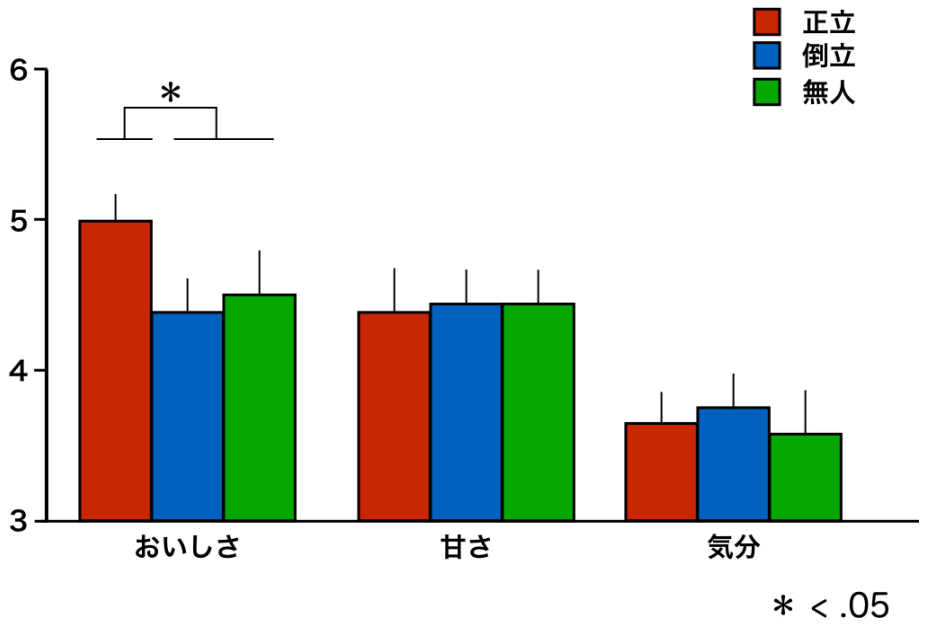


図２　おいしさ、甘さ、気分の評定値

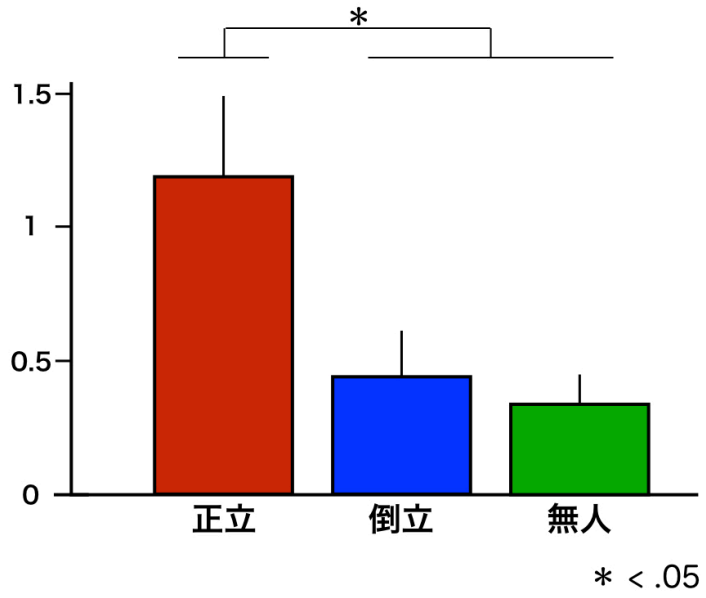


図３　正しい呈示回数との差

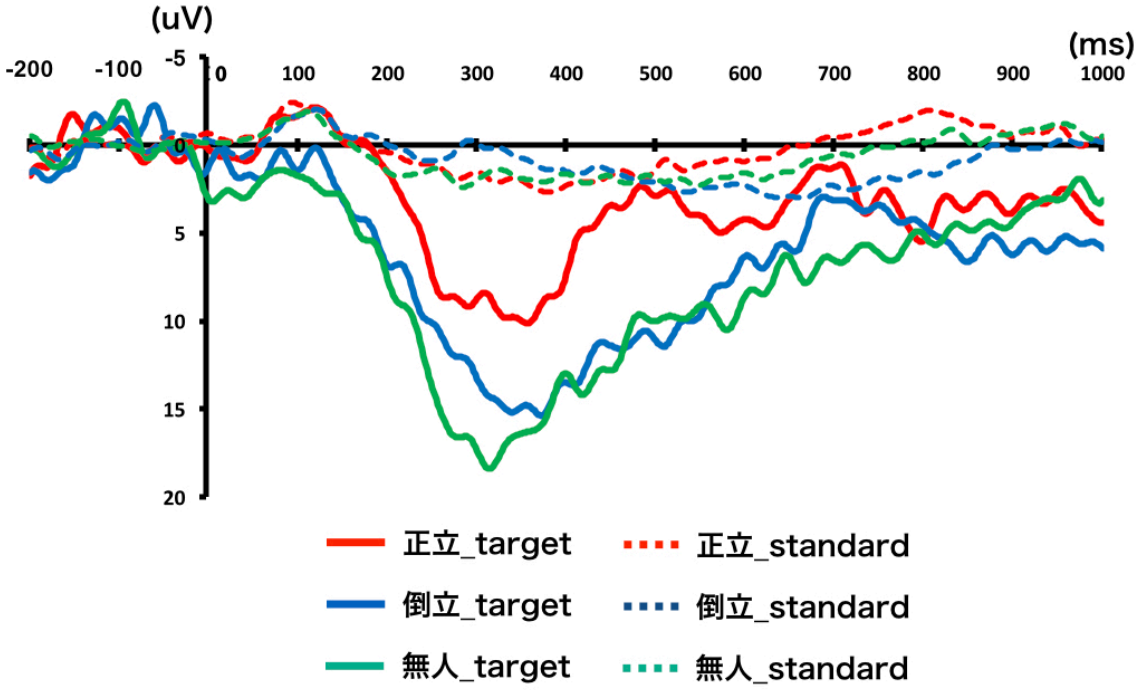


図４　各条件における総加算平均波形（Pz）

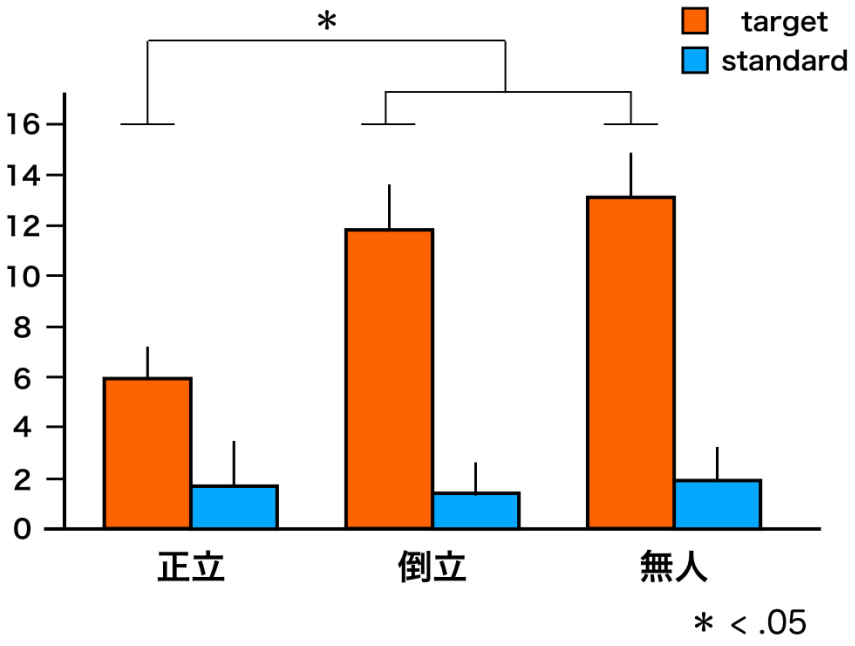


図５　各条件におけるP300平均振幅値（250-600 ms）

4. 考察

自分が過去に食事した際の正立の静止画を見ながらの試食のほうが無人の静止画を見ながらの試食よりもチョコレートをおいしく感じていた。甘さといった味覚に差はなく、気分にも差はなかった。これらは先行研究[11]に類似した結果であり、本研究の効果は味覚やその他の感覚といった知覚レベルではなく、各感覚情報の統合を経た後の認知レベルで生じていると考えられる。日常的な共食場面で通常行われる会話などのコミュニケーションやそれによって高まる気分に変化がなくてもおいしさは向上したため、正立の自己静止画を見ながらの食事でおいしさが向上したことには、気分以外の要因が関係していると示唆される。

聴覚刺激に対するP300振幅は正立の静止画を見ながら食事するほうが倒立の静止画や無人の画像を見ながらの条件と比べて減少していた。さらに参加者が答えたtarget刺激の呈示回数も実際の回数との差が大きかった。先行研究では興味深い映画ほどP300振幅の減少を示しており[12]、また他者とゲームをプレイするときにP300振幅の減少を示していた[13] [14]。これらの結果は課題に対する注意分配量に変化が生じていることを予測している。本研究においても、正立の自己静止画を見ながら食事する条件と倒立の自己静止画もしくは無人の画像を見ながら食事する条件で食行動に対する注意分配量に変化が生じており、正立の自己静止画を見ながら食事する条件では聴覚刺激への注意分配量が減少し、刺激と共有されている食行動に向けられる注意配分量が相対的に増加したと推測される。共食の効果を検討した先行研究では、社会的刺激により食行動に対する注意に変化が生じ、それがおいしさの認知に影響することが主に質問紙によるデータから推測されている[5]。本研究は正立の自己静止画を見ることで通常の共食状況で推測されるのと同様に食行動に対する注意が変化することを生理的なデータから示したものである。「だれかと」共食している心的な感覚が生起することで食行動への注意が増加し、それがおいしさの向上に影響した可能性がある。

本研究の新たな発見として、倒立の静止画を見ながらチョコレートを食べてもおいしさに変化が生じなかった。先行研究[11]で、静止画でさえもおいしさ

を増すことを示したが、たんに静止画であればよいのではなく、静止画は他人と食事するときにその姿を見にするように正立していなければ「社会的」促進効果が生じないことが示された。正立の刺激を見る際には視覚情報を通じて「だれかと」共食している心的な感覚が生起しており、おいしさの認知に影響するが、倒立像ではそのような感覚が生じない可能性が考えられる。鏡映像であれ自身の静止画であれ、「だれかと」食事している擬似的な状況が成立しなければ「社会的」促進は生じないと考えられる。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費（17K12918）の助成を受けて遂行された。

参考文献

[1] 外山紀子(1990) ”食事概念の獲得—小学生から大学生に対する質問紙調査による検討”, *日本家政学会誌*, Vol. **41**, pp. 707-714.

[2] Rozin P (1996) “Towards a psychology of food and eating: from motivation to module to model to marker, morality, meaning, and metaphor”, *Current Direction in Psychological Science,* Vol. **5**, pp. 18-24.

[3] Miller L, Rozin P, and Alan PF (1998) “Food sharing and feeding another person suggest intimacy; two studies of American college students”, *European Journal of Social Psychology,* Vol. **28**, pp. 423-436.

[4] Kniffin KM, Wansink B, Devine CM, and Sobal J (2015) “Eating together at the firehouse: how workplace commensality relates to the performance of firefighters”, *Human Performance,* Vol. **28**, pp. 281-306.

[5] Boothby EJ, Clark MS, and Bargh JA (2014) “Shared experiences are amplified”, *Psychological Science,* Vol. **25**, pp. 2209-2216.

[6] Shteynberg G, and Apfelbaum EP (2013) “The power of shared experience: Simultaneous observation with similar others facilitates social learning”, *Social Psychological & Personality Science,* Vol. **4**, pp. 738-744.

[7] Shteynberg G, and Galinsky AD (2011) “Implicit coordination: Sharing goals with similar others intensifies goal pursuit”, *Journal of Experimental Social Psychology,* Vol. **47**, pp. 1291-1294.

[8] 中田龍三郎 (2016) “共食の社会的意義を考える-共食は何をもたらし、なぜ孤食が問題とされるのか”, *行動科学*, Vol. **54**, pp. 91-99.

[9] Clendenen VI, Herman CP, and Polivy J (1994) “Social facilitation of eating among friends and strangers”, *Appetite,* Vol. **23**, pp. 1-13.

[10] Bellisle F, and Dalix AM (2001) “Cognitive restraint can be offset by distraction, leading to increased meal intake in women”, *American Journal of Clinical Nutrition,* Vol. **74,** pp. 197-200.

[11] Nakata R, and Kawai N (2017) “The “social” facilitation of eating without the presence of others: Self reflection on eating makes food taste better and people eat more”, *Physiology & Behavior*, Vol. **179**, pp. 23-29.

[12] 入戸野　宏 (2006) “映像に対する注意を測る -事象関連電位を用いたプローブ刺激法の応用例”, *生理心理学と精神心理学*, Vol. **24**, pp. 5-18.

[13] 久保賢太・川合伸幸 (2014) “事象関連電位によるテレビゲームの熱中度の測定: 対戦相手の有無の違い”, *信学技報*, Vol. **114**, pp. 119-123.

[14] 中田龍三郎・川合伸幸 (2018) “対戦相手の存在はVRゲームの熱中度を高める: 事象関連電位（P300）による検討”, *信学技報*, Vol. **118**, pp. 191-196.

A Case Study with Implications of the Mobile Cognitive Pupillometry Research Toolkit

Rie Kamikubo, Yuri Klebanov,
Ryo Yonetani, Yoichi Sato

Institute of Industrial Science, the University of Tokyo
rkamikub@iis.u-tokyo.ac.jp, yurikleb@iis.u-tokyo.ac.jp, yonetani@iis.u-tokyo.ac.jp, ysato@iis.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Pupillometry involves measuring changes in the diameter of the eye's pupil. Such pupillary responses have been well studied by scientists to link with a great variety of cognitive processes. However, the responses are typically investigated in the lab settings since they are easily influenced by light sources. To pave the way to expand pupillometry research methods, our paper will showcase design implications of a mobile cognitive pupillometry toolkit that can be integrated beyond the state-of-the-art experimental conditions. We discuss benefits, as well as challenges, of conducting cognitive pupillometry experiments in the less-controlled settings.

Keywords : Cognitive Pupillometry, Mobility, Research Toolkit

1. Introduction

Measuring the size of the eye's pupil using a video-based eye tracker has been widely done in cognitive science research. Changes in the pupil size have been regarded as cues to internal mechanisms, and there is a notable body of research investigating cognitive processes through pupillary responses [4]. For example, Naber's group conducted various pupillometry studies that examined pupil constriction influenced by awareness or imaginary stimuli [17, 18]. Research has also explored the relationship of dilating pupils with arousal [2] as well as a with perceived attractiveness [22].

To correctly investigate if there is correlation between cognitive aspects and the pupil's response, pupillometry experiments are restricted to well-controlled settings. It is crucial for experimenters to regulate the confounding factor of pupillary light reflex, as pupils noticeably constrict in response to bright light and dilate under dim light. Therefore, the controlled set up involves correcting experimental room light sources [10, 13] and luminance levels of stimuli [17, 18], or stabilizing head position or movememnt of participants using a chin- or head-rest [1, 18].

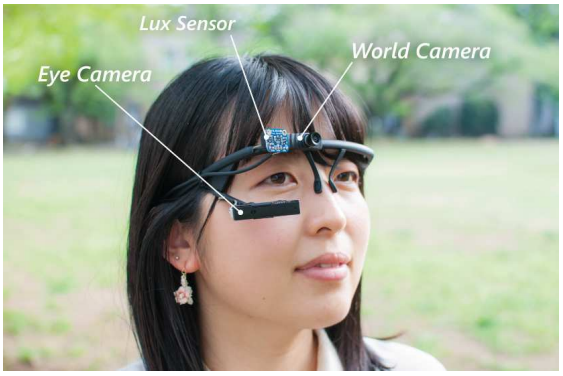


Fig. 1 Pupillometry Toolkit with Light Sensor.

While some pupillometry experiments have considered light-adapted pupil size [15, 19, 24] or cameras that can compensate for small head movements [8, 6], less-controlled settings are not yet applicable to trials beyond the lab. To maintain validity of the research, mobile aspects are mostly out of the scope in the design of experiments. Even with the availability of wearable eye trackers [21, 23], potential applications in cognitive pupillometry research have not been investigated.

In this research, we aim to address the potential applications of a mobile pupillometry toolkit that can expand the experimental conditions and fields of analysis in cognitive understanding. We conducted a case study to use a mobile equipment in replicated cognitive pupillometry experiments originally performed in well-controlled settings. As our initial mobile platform, we exploited an open-source eye tracking offered by [21] and integrated light sensor values when capturing pupil diameter from the eye camera and attended

stimuli from the scene camera (Shown in Figure 1).

The main contribution of this work is to discuss the challenges and benefits of a mobile pupillometry platform. Based on our case study results, we analyzed the effects between the less-controlled and traditional scenarios. We found that our mobile toolkit was able to resemble the proxy of one's cognitive state in goal-oriented task performance. We bring about advantages of a mobile pupillometry toolkit and discuss how we can improve the technical limitations to motivate research in understanding cognitive mechanisms towards real world applications.

2. Background and Related Work

The most popular method for measuring the pupil size is to use video-based eye trackers that can compute the pupil diameter from imaging of the eye as part of estimating the direction of gaze. High precision measurements of pupil diameter depend on a setup, and head-mounted or table-top trackers with chin rests are usually preferred to maintain a fixed camera-pupil distance [9]. However, they are notorious for obtrusive measurements and mostly interfere with cognitive experimental protocols [13]. Remote eye trackers today are approaching a less invasive setup, with cameras placed further from and not fixed to the participant's head [9], though stabilized luminance environments or stimuli become more crucial.

Researchers have attempted to take into account environmental or stimuli effects and several other factors, such as the individual's light sensitivity, that might co-vary with pupil size measurements. In [19, 24], adjusting pupil diameter data to compensate for the overall luminance of stimuli have been introduced. An algorithmic strategy to keep stable illumination conditions throughout the captured images is approached for a wearable eye tracking device [12]. Pupil sensitivity or baseline correction have also been considered to remove random fluctuations in pupil size [15, 16].

Cognitive pupillometry is still subject to restrictions that make it least integrated into a mobile platform, compared to how EEG headsets [20] or EOG glasses [5] are expanding to sensing of cognitive or emotional states in daily activity logs. Many commercially-available wearable eye trackers are meant for estimating gaze direction. One of a few mobile devices integrating pupillometry is [14] that measures the pupil size to assess brain injury in a VR scenario. Since cognitive pupillometry research has been significantly viable in the lab settings, there is no explicit understanding of "how much" less-controlled aspects will have exploitation possibilities to expand the current research.

3. Toolkit Description

To investigate the potential applications of the mobile cognitive pupillometry, we utilized the off-the-shelf wearable eye tracker called Pupil Labs [21] and attached a light sensor (TSL2561 luminosity sensor[1]) to measure lux values of presented stimuli correlated with the changes in the pupil diameter. Figure 1 shows our actual prototype of the toolkit. The light sensor can detect ranges from up to 40,000 Lux, and the values were transmitted through a USB serial from a microcontroller (Feather M0 Basic Proto[2]). With the eye camera and the open-source eye-tracking algorithm, 3d model fitting of the eye is captured and constantly updated based on observations of the eye being tracked. World camera captures a scene from the wearer's 100 degree field of view.

Figure 2 shows our recorder application. It receives 3D pupil diameter data through ZMQ connection at 120 frames per second and the lux values at every second. The application also takes in the events data synched with pupil and lux information to capture corresponding conditions of visual stimuli. The tracker is connected to a laptop to receive all of these data. Before we start the recorder application, we run the calibration software offered from [21] to reflect accurate tracking of the individual's eye movements.

4. Case Study

We present a case study to gain a deeper understanding of potential impacts and design challenges of the deployable mobile cognitive pupillometry. Our study method involves collecting necessary data to replicate the classic studies on pupillary responses using our

[1] https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TSL2561.pdf Accessed: Jun 29, 2019

[2] https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-feather-m0-basic-proto.pdf Accessed: Jun 29, 2019



Fig. 2 Recorder application capturing pupil diameter (mm), lux values (Lux), and stimuli events.

mobile toolkit discussed above. We expect to see quantitative and qualitative differences of the pupillary results with the original experimental settings. The findings will enable us to elaborate design requirements as a mobile platform.

4.1 Replication of Prior Studies

We performed two cognitive pupillary tests which were explored in different setup properties. Head position, visual stimulus luminance, and lighting source were controlled in Test 1 as a baseline to validate our use of the lux sensor in the mobile toolkit. On the other hand, we conducted Test 2 in less-controlled settings, accepting free head movements under semi-controlled stimulus luminance and lighting to investigate the scope of mobile cognitive pupillometry. The followings are the details of the replication of previous studies:

Test 1

Our first test was based on the work from [18] that observed the pupil to constrict when exposed to brightness illusions. Specifically, participants were given with pictures of natural scenes with the sun and without the sun. While observing the images on a display screen, the participants' pupil constriction was seen more under the sun condition than no-sun condition, even though the sun images were lower in luminance than those without the sun.

Controlled Setup

The perception test of light sources was chosen for the initial validation of our lux data collection under the similar well-controlled settings as the original research. We used a chin rest to control head movements and allow for a fixed display-pupil distance. The experimental room had no illumination other than the screen. As shown in Figure 3(1a), we employed the original light-intensity-corrected image dataset for both conditions of scenes with sun or no sun. However, we collected data from 7 subjects, whereas the original experiments had 26 subjects. Moreover, we showed 10 images per condition, compared to 20 images in the original design. We always had a gray baseline screen between the images.

Test 2

Our second test was based on the work from [15] that observed the pupil to dilate when exposed to goal-oriented visual search for targets. The original research showed images of natural scenes to the participants who were asked to find a hidden letter. When looking for less-obvious targets, which required mental effort to achieve the goal, the observers had fixations over the images with large pupils.

Semi-Controlled Setup

Based on the pupil response findings from [15], we employed the experimental procedures of visual search of "Finding Waldo" from [7]. As shown in Figure 3(2a), the conditions were split into 1) no-goal-driven viewing of example images with obvious targets and 2) goal-driven viewing for non-obvious targets. We expected the rise of the pupil diameter when evoked in goal-oriented performance. We did not utilize a chin rest and had regulated light sources other than the display screen. Images were not precisely corrected but we made sure the images had no originial light intensity differences (measured at a fixed distance from our light sensor) more than 1 Lux. We gave 5 images per condition, and 24 subjects' data were collected, in comparison to 16 subjects with 100 search-for-target images per condition in the original study of [15].

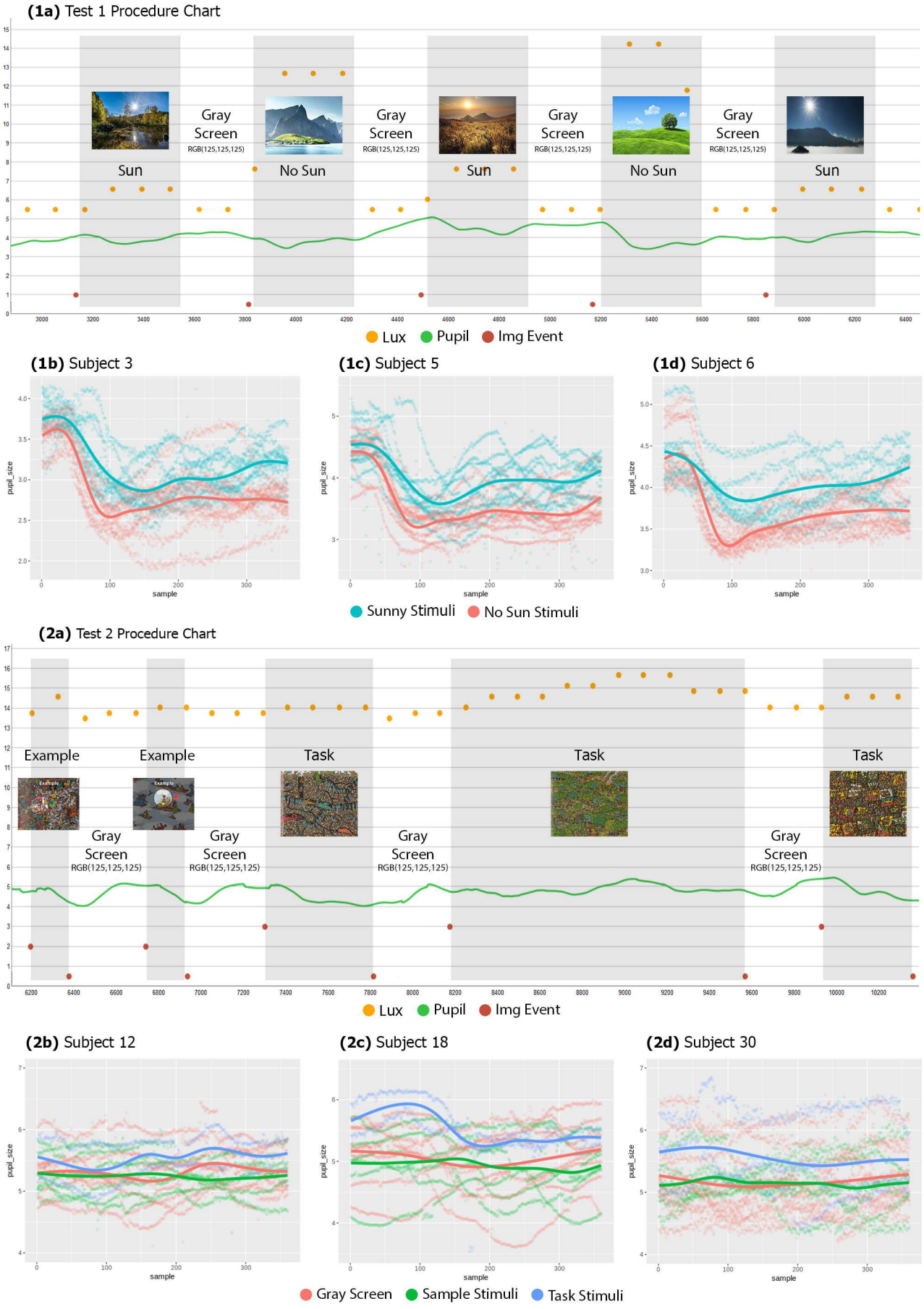


Fig. 3 Test 1: Subjective Perception of Brightness Illusions, Test 2: Mental Effort in Goal-Driven Performance; **(a)** Data collection procedures with actual values of lux and pupil size captured, and events of stimuli; **(b, c, d)** Average change in pupil diameter in mm (solid lines) under each condition as a function of sampling frames.

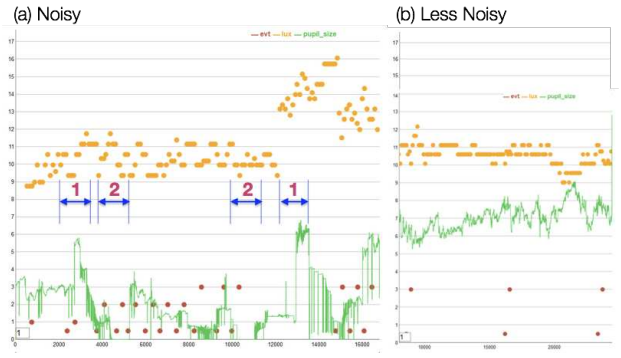


Fig. 4 Examples of Pupil Size Data Shown in Green; **(a)** Noisy data with loss of tracking, with 1. sudden jumps and 2. zero values; **(b)** Less noisy data.

5. Findings

We provide quantitative and qualitative findings to explore the possibilities and limitations of less-controlled settings under our mobile platform when running cognitive pupillary research.

5.1 Statistical Analysis

We run non-pairwise T-tests to compare the conditions (Test 1: Sun and No-Sun, Test 2: Goal-Driven and No-Goal-Driven). Due to loss of pupil diameter tracking for multiple factors, we were able to use 10 participants' data in Test 2 even though the total number of participants was 24. Since the main purpose of Test 1 was to validate our light sensor, we used all of the data from 7 participants. Figure 4 shows examples of pupil size data that were captured with random value fluctuations and jumps, in comparison to less noisy data we used in our analysis.

In Test 1, the average lux value captured under the sun condition was 7.75 Lux, which was statistically different from the no-sun condition with the average of 14.00 Lux ($p = 0.02$). The average pupil size under the sun condition across subjects was 3.93mm. In the no-sun condition, the average size was 3.58mm. During the baseline gray screen, the pupil size average was 4.28mm. While we did not observe smaller pupil size under the sun condition, there was a strong trend toward significance between the sun and no-sun conditions ($p = 0.076$). Also, gray default screen and image conditions were found statistically different ($p < 0.02$ with Sun, $p < 0.01$ with No-Sun).

In Test 2, since the original research examined large pupils at fixations during tasks which required heavy mental effort, we also measured the average pupil size around fixations over images per condition. Fixation clusters and timestamps were extracted using gaze analysis software offered from Pupil Labs [21]. The pupil size average in the condition to search for Waldo was 5.03mm, whereas 4.43mm during no search for Waldo. This showed the median of pupil diameter size was larger during goal-oriented visual search. The statistical significance was, however, not observed between the goal-driven and no-goal-driven conditions ($p = 0.244$).

5.2 Subjective Analysis

As for the initial validation of our lux data collection, our mobile toolkit was able to measure lux values within the view angle of the sensor, which were consistent throughout each corresponding visual stimuli condition with respect to pupil diameters over time. Figure 3(1a) especially showed how our lux meter captured appropriate values according to the stimuli.

With respect to the luminance results, we plotted pupil diameters per stimulti condition in Figure 3 for both Test 1 and 2. In Test 1, we did not observe the same responses as the original experiment. While this test utilized a controlled setup, as shown in Figure 3(1b, 1c, 1d), there was no larger pupil constriction examined in average in the lower-brightness sun stimuli condition than the higher-brightness no-sun images. Though the amount of images and the number of participants that were almost half of what the original study prepared could be a strong factor, the eye tracker used in the original study [18] captured data at a rate of 1000 Hz. Moreover, increased high-level image processing and attention were mentioned in the previous results to explain larger pupil constrictions. We could interpret that the individual's responses in such scenarios for sun and no-sun images may vary strongly.

As shown in Figure 3(2b, 2c, 2d), we were able to observe the effects of large average pupils during the

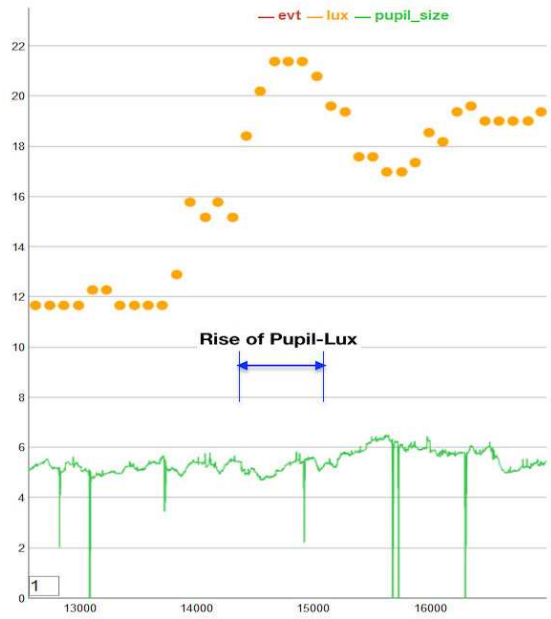


Fig. 5 Simultaneous pupil (green line) and lux (orange dots) rise with respect to sampling frames, observed from 10 participants in Test 2.

visual search for less-prominent targets, as originally found in [15]. In addition, we found a response of pupil size increase while the lux value increased due to the participants leaning closer to the screen during the task. Figure 5 shows a finding which contrasted with pupillary light reflex of pupil constriction under bright stimulus exposure, and how internal states such as their mental effort may have affected the response. As the participants spent more time in the task, we also observed the increase in pupil diameters during the collection of consistent lux values.

6. Design Implications

Mobile cognitive pupillometry research will expand the design of experiments to further understand about human cognition and intention. When taking into account free head movements as given in Test 2, we could consider the observer's state of mental focus and perception of task complexity. According to the original research of [15], the more mental effort it requires to complete the goal, the more dilation on the pupillary response. While lux values were constantly increasing in the semi-controlled lighting environment, the pupil size also increased in accordance with the time spent on the task.

Technical difficulties lie in the constant tracking of pupil size. While lux values in both Test 1 and Test 2 were mostly captured without any glitches, noise of pupil data affected our analysis in both setups of controlled and semi-controlled. Free head movements and less-restricted light conditions did not change the quality of the data capture process. With our use of the current tracker, we can frequently expect the loss of data under other various factors, resulting in sudden jumps and continuous fluctuations in data.

The question remains what kind of internal mechanisms can be best observed in mobile cognitive research. Out of the two tests, the subjective perception effects can be implied less than task-oriented mental focus and load. While more dataset/trials may be required to capture the similar results as originally found, top-down behaviors on task exploitation, rather than subjective perception, resembled more with existing cognitive pupillary responses.

7. Conclusion and Future Work

This research focuses on understanding the implications of the deployable pupillometry integrated mobile platform. With the mobile toolkit and testing of experiments outside of the lab, people's goal-driven behaviors and intentions can be analyzed based on the reflection of pupil size changes. Our future work involves extracting the pupil-lux patterns that we found and paving the way to detect the patterns for mental focus, attention, and load estimation. With our design implications, we aim to expand current research on cognitive processes beyond the traditional measuring settings.

References

[1] Binda, P., Pereverzeva, M., & Murray, S. O. (2013). Pupil constrictions to photographs of the sun. Journal of Vision, 13(6), 8-8.
[2] Bradley, M. M., Miccoli, L., Escrig, M. A., & Lang, P. J. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. Psychophysiology, 45(4), 602-607.
[3] Einhauser, W., Koch, C., & Carter, O. (2010). Pupil dilation betrays the timing of decisions. Frontiers in human neuroscience, 4, 18.
[4] Einhuser, W. (2017). The pupil as marker of cognitive processes. In Computational and Cognitive Neuroscience of Vision (pp. 141-169). Springer, Singapore.

[5] Ishimaru, S., Kunze, K., Uema, Y., Kise, K., Inami, M., & Tanaka, K. (2014, September). Smarter eyewear: using commercial EOG glasses for activity recognition. In Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication (pp. 239-242). ACM.
[6] Johnson, E. L., Miller Singley, A. T., Peckham, A. D., Johnson, S. L., & Bunge, S. A. (2014). Task-evoked pupillometry provides a window into the development of short-term memory capacity. Frontiers in Psychology, 5, 218
[7] Klein, R. M., & MacInnes, W. J. (1999). Inhibition of return is a foraging facilitator in visual search. Psychological Science, 10(4), 346-352.
[8] Klingner, J., Kumar, R., & Hanrahan, P. (2008, March). Measuring the task-evoked pupillary response with a remote eye tracker. In Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications (pp. 69-72). ACM.
[9] Klingner, J. M. (2010). Measuring cognitive load during visual tasks by combining pupillometry and eye tracking (Doctoral dissertation, Stanford University).
[10] Koelewijn, T., de Kluiver, H., Shinn-Cunningham, B. G., Zekveld, A. A., & Kramer, S. E. (2015). The pupil response reveals increased listening effort when it is difficult to focus attention. Hearing research, 323, 81-90.
[11] Laeng, B., & Endestad, T. (2012). Bright illusions reduce the eye's pupil. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(6), 2162-2167.
[12] Lanata, A., Valenza, G., Greco, A., & Scilingo, E. P. (2015). Robust head mounted wearable eye tracking system for dynamical calibration. Journal of Eye Movement Research, 8(5).
[13] Lemercier, A., Guillot, G., Courcoux, P., Garrel, C., Baccino, T., & Schlich, P. (2014). Pupillometry of taste: Methodological guidefrom acquisition to data processing-and toolbox for MATLAB. The Quantitative Methods for Psychology, 10(2), 179-195.
[14] Mariakakis, A., Baudin, J., Whitmire, E., Mehta, V., Banks, M. A., Law, A., & Patel, S. N. (2017). PupilScreen: Using Smartphones to Assess Traumatic Brain Injury. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 1(3), 81.
[15] Matht, S., Siebold, A., Donk, M., & Vitu, F. (2015). Large pupils predict goal-driven eye movements. Journal of Experimental Psychology: General, 144(3), 513.
[16] Matht, S., Fabius, J., Van Heusden, E., & Van der Stigchel, S. (2018). Safe and sensible preprocessing and baseline correction of pupil-size data. Behavior research methods, 1-13.
[17] Naber, M., Frssle, S., & Einhuser, W. (2011). Perceptual rivalry: reflexes reveal the gradual nature of visual awareness. PLoS One, 6(6), e20910.
[18] Naber, M., & Nakayama, K. (2013). Pupil responses to high-level image content. Journal of vision, 13(6), 7-7.
[19] Nakayama, M., Yasuike, I., & Shimizu, Y. (1990). Pupil size changing by pattern brightness and pattern contents. The Journal of the Institute of Television Engineers of Japan, 44:288293.
[20] Negishi, M., & Mitsukura, Y. (2016, December). Detection of KANSEI value trends using the electroencephalogram during watching memorable TV commercials. In Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), 2016 IEEE International Symposium on (pp. 184-187). IEEE.
[21] Pupil Labs (2018). https://pupil-labs.com. Accessed: Apr 13, 2018.
[22] Simms, T. M. (1967). Pupillary response of male and female subjects to pupillary difference in male and female picture stimuli. Perception & Psychophysics, 2(11), 553-555.
[23] Tobii Technology (2018). https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/. Accessed: Apr 13, 2018.
[24] Watson, A. B., & Yellott, J. I. (2012). A unified formula for light-adapted pupil size. Journal of Vision, 12, 10-12.

瞬目時系列情報を用いた学習者の理解の推定
Estimations of Learner's Understanding using Time-series Information of Eye-blinks

野村 亮太[†]，森田 賢治[†]，丸野 俊一[‡]
Ryota Nomura, Kenji Morita, Shun'ichi Maruno
[†]東京大学，[‡]九州大学
The University of Tokyo, Kyushu University
nomuraryota@gmail.com

Abstract

学習者は自分自身の理解状態をうまく説明できないことが多い．だが，学習者がいつ「理解が難しい」と感じているかを特定できれば，教授者は適切なタイミングで学習者を支援することができる．そこで，本研究では学習者の理解を推定する非言語的手がかりとして自発性瞬目の群発に注目した．理解の程度が明確に分かれる状況を作るために数 III の履修者，非履修者に対して「導関数の定義を用いた log x の微分」の解法を説明した講義の映像を提示し，視聴時の自発性瞬目をアイトラッカーで検出した．本研究では，観察された個人の瞬目間間隔（IBI）から瞬目群発を定義する手法を新たに提案した．提案手法に基づいた瞬目群発は，連続した複数の IBI の情報を用いた場合に履修者と非履修者を弁別可能であった．非履修者に多く見られた瞬目群発は，学生が「理解が難しい」と感じたことの指標になることが示唆された．

キーワード — 瞬目群発，自発性瞬目，内容理解，教授学習過程，視線計測

1. はじめに

1. 瞬目と理解の関係

教師は，授業がリアルタイムで進行していく中で意思決定し，教授行動を修正していく．これには，学習者（児童・生徒や学生）の理解状態についてのフィードバックが常に必要である. しかし, 学習者にとって, 自分自身がまだ十分に理解できていない内容を正確に把握することは容易ではない. 結果として, 学習者は, 「自分自身がどれくらい理解しているか」や「何が理解できないか」を説明できないことも多い．それゆえ教師は，学習者の学習状況や理解状況について読み取っていく必要がある.

経験的な言説としては[2], 熟練した教師は，学習者が発する言語的な応答を手がかりとするのに加えて，非言語的な手がかりも利用しながら学習者の理解状態を推察しているといわれている. しかし, 発言や表情, 行動から特定の教材に対して学習者がどのように理解しているかを読み取ることについての研究は少なく[1], 直感的な理解の把握がどの程度まで正確なのかについては未解明な部分が多く残されている.

学習者が発する非言語的手掛かりに関して，授業中に大学生を観察した研究 [3]（研究 1）では，種々の非言語行動のうち，教授内容の難易度によってまばたき（自発性瞬目．以下，単に瞬目と呼ぶ）とうなずきの生起頻度，視線の向きの切り替え回数が異なることが明らかになった．具体的には，易内容では難内容よりうなずきが多く，難内容では易内容よりも瞬目が多かった.

この研究において，教授内容の理解度は，学習者自身による主観的評定では，0%から 100%の 11 段階のうち難内容では平均 57.81%，易内容では平均 79.69% であり, 実験操作を適切に反映したものになっていた. ところが，学習者（受け手）の授業中の様子をビデオ撮影し，その映像を他の大学生に提示して難易度を判断させた次の研究[3]（研究 2）では，難内容の教授を受けた学生の理解度は平均で 55.05%と判断され，また, 易内容の教授を受けた学生の理解度は平均で 58.52%と判断された. 文献[3]の著者らは, この結果について, 統計的に有意な差があることを根拠に，大学生が非言語的な手がかりから理解度を正しく判断したと結論している．しかしながら，平均値の差はごくわずかであり，主効果は小さい．したがって，この結果はむしろ，少なくとも訓練を受けていない学生は，非言語的な手がかりから理解度を正確に判断することは難しいことを示している.

これらの知見が示唆するのは，学習者はうなずきや視線の向き，瞬目といった理解状態に関連する非言語情報を発しているにもかかわらず，通常そうしたシグナルは，熟練教師でなければ感知することは難しいということである．もしこうした問題を解決し，非言語

情報を手がかりにして学習者が理解の難しさを感じた時点を教育経験に関わらず特定できれば，教授者は適切なタイミングで学習者を支援することができる．

そこで本研究では，学習者の非言語情報のどのような特徴量が理解状態を推定するために利用できるかを明らかにすることを目的とした．とりわけ，非言語情報のうち，本研究では特に学習者の瞬目に注目した．それには二つの理由がある．

第一の理由は，瞬目が認知活動と連動していることが確かめられているからである．自発性瞬目は視覚的注意と関連しており[4]，認知負荷の高さや情報処理の複雑さと連動して生起パタンが変化する[5], [6]．この現象は，近年に至るまで多くの研究で追試・再現されている．第二の理由は，まばたきの生起頻度が十分に高いからである．まばたきは平均して2−3秒に1回と高い頻度で生じるため[7]，うなずきや視線の向きといった他の情報に比べて特徴量の時間解像度が高い．このことは，理解状態を推定するために用いる非言語情報として優位性が認められる．

2. 授業中の理解の変動を捉える手法の提案

これまでも，まばたきが人の認知面での内部状態を推定する指標になりうることについては，知覚的弁別課題や視覚的なモニタリング状態（ビジランス）に関する研究などがあった[8]．しかし，ほとんどの研究では異変を知覚した際に反応にするという単純な心理実験の課題を扱うにとどまっていた．このため，授業のような長く複雑な内容を呈示した場合の瞬目については，よくわかっていない部分も多い．

近年の研究では，人は数秒のオーダというごく短期間に生じる課題要求の変化に応じて，方略的に（しかし意図的ではなく）瞬目のタイミングを変えられることが示されている[9]．こうした瞬目パタンの変化は，瞬目率の変化として観察される．

実験的にも，課題の困難度が高まると瞬目率が増加することがいくつかの研究で明らかになっている[5], [6], [8]．この現象は，情報処理終了時に瞬目が生起し，認知負荷が高いほど瞬目の頻度も高まるためだと説明されている[8]．実際に，実験中の認知課題の終了前後の瞬目頻度を集計する方法[5]では，情報処理終了時点から瞬目が短い間に連続して生じること知られている．こうした“瞬目群発（blink burst）”は，認知負荷が高まる条件下で頻繁に生じるとともに，群発に含まれる瞬目回数が増えることが知られている．こうした知見は，短い期間に多くの回数の瞬目が連続する瞬目群発が認知負荷の高い情報処理の終了時点に生じやすいことを示唆しており，授業中の学習者が「理解が難しい」と感じた箇所を，瞬目群発が発生した時刻から同定できる可能性は高い．

3. 瞬目パタンの個人差

理解状態の推定の指標として瞬目を活用する際には，克服すべき課題が残されている．それは，瞬目の生起頻度やパタン（瞬目間間隔の規則性）に，かなり広範囲での個人差が見られることである．通常60秒当たりの瞬目回数として計算される瞬目率（blinks per minutes）は，年齢が上がるにつれて次第に高まることが知られており[7]，その他にも喫煙やドライアイなどの要因によって上昇することが知られている．また，瞬目率は緊張などの感情状態の影響も受けるため[7]，実験参加者がその場をどのように認知するかによって瞬目パタンが変化するという状況依存性も十分に考えられる．これらの諸要因によって生じる大きな個人差により，瞬目率などを群間で直接的に比較する手法では，理解状態が個人差に埋もれてしまう可能性も否定できない．このため，本研究では個人の瞬目間間隔の特徴的なパタンのうち，特に瞬目群発から理解状態を捉える指標を提案する．具体的には，瞬目群発の基準時間を定めるために，参加者個人の瞬目間間隔（IBI, inter-blink intervals）データをランダムにシャッフルしたサロゲートデータ作成する．サロゲートデータには，個人の瞬目間間隔の平均値や標準偏差といった統計量を保持しながら，時間相関を打ち消すという特徴がある．この手法により，個人の瞬目特性を踏まえつつ，その個人の瞬目システムにおいて実際に生じうる範囲で統計的に有意な瞬目群発を特定する（計算手法は方法の「6. 瞬目群発の定義」で後述する）．

4. 理解度の個人差

まばたきの個人差とは別に，理解の難易度の個人差も考慮した実験計画が必要である．なぜなら，瞬目のパタンにある違いが検出されたとしても，現に学習者（実験参加者）が体験する難易度が明確に操作されていなければ，瞬目パタンの変化を理解の難易度に起因するものだと結論できないからである．

実験参加者が感じた理解の難易度を操作するために，本研究では「導関数の定義を用いた$\log x$の微分の解法」（以下，「$\log x$の微分の解法」）を説明する授業の映像・音声を呈示する．この授業内容は，数III非履修の学生にとっては馴染みがなく，理解は非常に難しいと想定できる．その一方で，数IIIを履修して現在も研究

や授業において日常的に数学を用いる学生にとってはごく基礎的な内容であり，理解は容易だと考えられる．これにより，同一の呈示刺激に対して理解度が明確に異なる状況を設定する．

以上の議論を踏まえ，本研究では，瞬目群発の基準を参加者個人ごとに定め，「理解が難しい」と感じた時点を同定できるかどうかを検討する．そのために，次の 2 つの仮説を検証する．（1）理解が容易な内容を提示される期間には瞬目群発が生じにくい，加えて，（2）非履修者にとって理解が困難な内容を提示される期間に生じた瞬目群発が生じやすく，そのタイミングは「理解が難しい」と感じた時点と対応する．

2. 方法

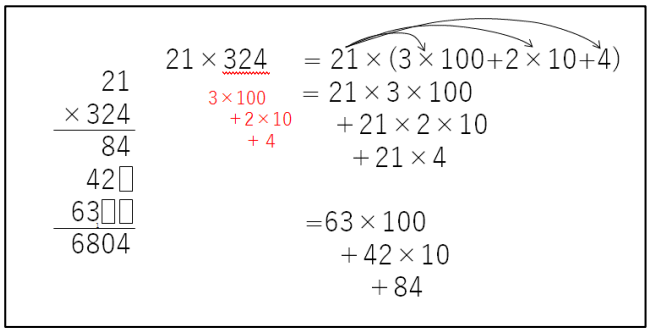
1. 参加者

実験参加者は 20 歳～31 歳の 7 名（男性 3 名，女性 4 名）であった．うち男性 1 名は，目を閉じ始めてから再度開くまでの時間が 1.5 秒以上である反応が複数あった．通常の瞬目では 0.4 秒ほどであることを踏まえると，これは自発性瞬目ではなく意図的に瞼を閉じる動作だと考えられる．このため，この 1 名のデータを分析からから除外した．高校で数 III 課程を履修したかどうかによって 2 群に分けられた．それぞれ，履修群（2 名），非履修群（4 名）と呼ぶ．確認テスト（後述）によって授業映像呈示前の理解状況を確認したところ，履修群では全員が全問正答していた．一方，非履修者で$\log x$の微分について正答したものはいなかった．

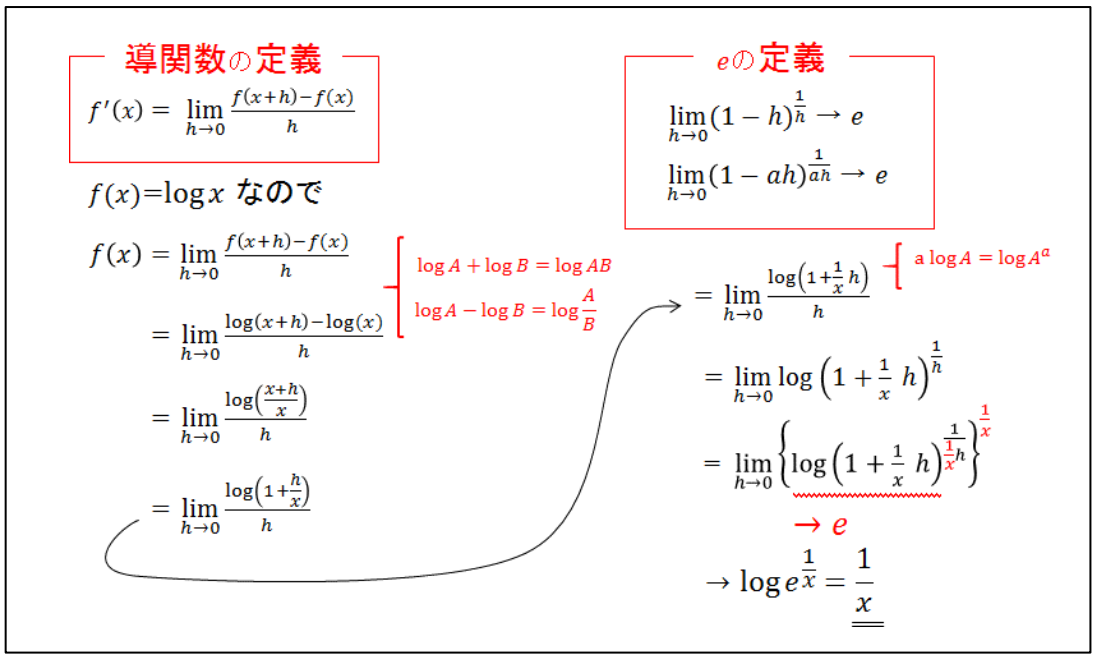
2. 呈示刺激

呈示刺激は「2 桁×3 桁の筆算」および「$\log x$の微分の解法」について説明をした授業を撮影した映像・音声であった．それぞれ約 209[s]（=3 分 29 秒），約 397[s]（=6 分 37 秒）であった．実際に授業で用いられた板書の記録を図 1 に示す．

どちらの授業も同一の男性の塾講師 1 名が行った．



(a) 2 桁×3 桁の筆算について



(b) $\log x$の微分について

図 1　授業終了時の板書内容

この塾講師は，24 歳で塾講師歴 5 年であり，数学を専門に受け持っていた．今回呈示刺激にする授業については，著者が決定した内容を伝え，あらかじめ授業計画および板書計画を立ててもらった．撮影した授業を呈示刺激とする際には，各授業映像の前に 10 秒に渡り黒い画面が呈示され，その後，注視のターゲットとして「+」マークが 5 秒間呈示された．

3. 理解度の確認テスト

事前の理解状態および授業を受けたことによる変化を調べるためにテストを行った．問題は全部で 4 問あり，それぞれ，関数$\sin x$，$\cos x$，e^x，$\log x$を微分するという問題であった（正答は，順に$\cos x$，$-\sin x$，e^x，$1/x$）．解法に制約は設けなかった．

4. 装置とデータ収集

実験参加者の瞬目の判定・記録には，THE EYE TRIBE（THE EYE TRIBE Inc, Copenhagen）を用いた[10]．瞬目時には，瞼が瞳を覆うため，物理的に瞳孔が検出できなくなる．この性質を利用し，時系列データのうち顔検出が行われており，かつ，瞳孔サイズ検出ができない状態から瞬目を判定した．計測時のサンプリング周波数は 30 Hz であった．

5. 手続き

実験参加者は，実験室に案内され，モニターの前の椅子に座るよう指示された．まず理解度の確認テストを行った．次に，モニターから約 60 ㎝離れた位置で見ることができるように位置を決め，視線計測装置のキャリブレーションを行った．その状態で 2 回の授業の映像を順に呈示した．

授業の映像・音声を提示した後に，再度理解度の確認テストを行った．その後，高校で数 III を履修したことがあるか否か，大学で微分に関する授業を受けたことがあるかについて質問紙調査を行った．この質問紙調査の回答結果は，実験参加者を履修群，非履修群に分けるのに用いた．

次に，この研究の主要な目的が「授業内容の理解」を調べることであると告げ，理解の難易度が高い部分を指摘してもらうよう教示した．具体的には，ビデオを再生しながら「理解が難しい」と感じた時点に差し掛かったところで報告するように求めた．

6. 瞬目群発の定義

瞬目群発は，古くから知られているにもかかわらず，瞬目研究をレビューした文献[3]でも，「数量的に評価するにあたっての標準化はされておらず，定義も明確とはいえない」（p. 64）と指摘されている．そうした事情から，瞬目群発について，研究の文脈によってさまざまに定義されてきた．例えば，山田と宮田[11]は IBI が 0.5 秒以下の連続する 2 つの瞬目が出現したとき，第二の瞬目を瞬目群発と定義している．また，保坂と渡辺[12]は，1 秒以下の IBI が 2 つ以上連続して生起するとき，それらの IBI を構成している全ての瞬目を 1 つの瞬目群発と定義している．いずれの場合にも，定義の基準となる時間は，0.5 秒や 1 秒といった値がすべての参加者に適用されてきた．

しかしながら，こうした定義を実験参加者に一律に適用するのは妥当ではないと思われる．なぜなら，これらの手続きでは瞬目の動きに関与する腱や筋肉の発達による個人差や社会的要因から生じる個人差を排除できないからである．こうした瞬目群発の定義問題に対処するために，本研究では，瞬目群発を「十分に短い時間内に連続して生じた一連の瞬目」と定義した．この定義の「十分に短い時間」とは，絶対的な時間ではなく，個人の IBI の特徴量に基づいて決定する量である．例えば，連続した 3 回の瞬目を定義に採用する場合，それらの瞬目が生じた時点から計算される 2 つの IBI を用いて計算する．同様に，連続した 4 回の瞬目を定義に採用する場合，3 つの IBI を用いて計算する．

IBI のデータの順序をランダムに並び替えるサロゲート法を用いた．例えば，連続する 2 つの IBI の合計時間が「十分に短い時間」と判断する基準を作成するためには，オリジナルデータの順序をランダムにシャッフルして作成したサロゲートデータについて，連続する 2 つの IBI の合計時間を計算し，合計時間分布における 5%パーセンタイル値を特定した．これを 10 000 回繰り返して，連続する 2 つの IBI の合計時間分布における 5%パーセンタイル値の 95%信頼区間を求めた．この基準の時間よりも実データの連続する 2 つの IBI の合計時間が短い場合に有意に短いと判断した．

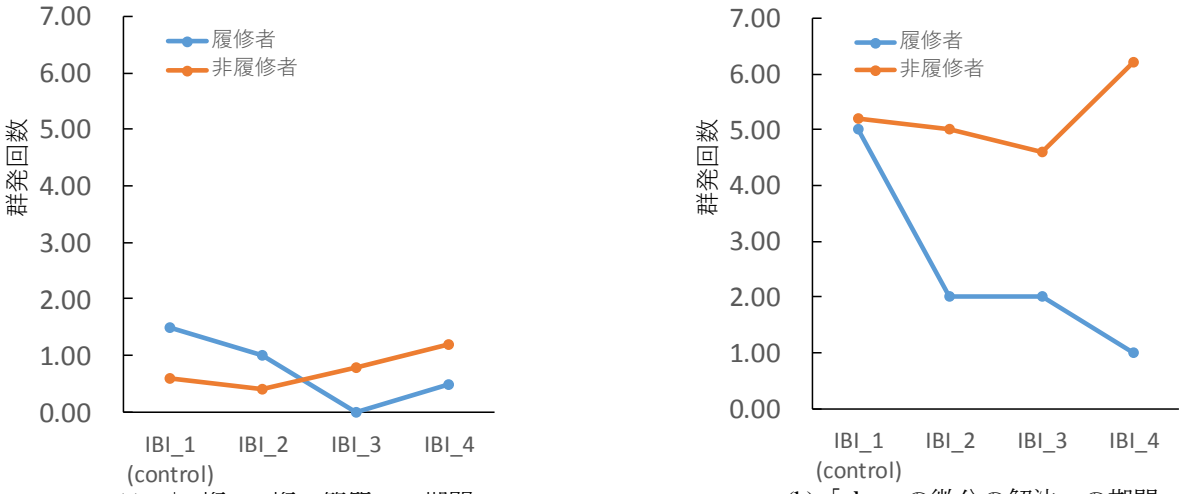
3. 結果

1. 瞬目率の変動

履修者と非履修者との間で瞬目率の極大値や極小値にはそれほど大きな差は見られなかった．このため，瞬目率だけから両者の違いを見出すことは容易ではなかった（5 秒および 10 秒の時間窓ごとに集計した瞬目率を時系列の例を図 4 に示す）．

2. 瞬目群発の回数

履修者と非履修者のそれぞれに，本研究の提案手法を適用し，瞬目群発が生じたと判定された回数を図 2



(a) 「2 桁×3 桁の筆算」の期間　　(b)「 log xの微分の解法」の期間

図 2　瞬目群発に関する履修者，非履修者の比較

IBI の添え字は計算に用いた IBI の個数を表す．例えば IBI_2 なら 2 個の IBI の合計時間についてサロゲートデータを作成したことを意味する．

に示す．ただし，図 3 中の IBI_1 は，IBI 単純にランダムシャッフルした場合の結果を示している．この結果から，瞬目群発の回数は，「2 桁×3 桁の筆算」の期間において，全体として群発回数が少なく，履修者と非履修者の間に差は見られないことがわかる．それに対して，「log xの微分の解法」の期間では，IBI を単純にランダムシャッフルした場合（IBI_1）を除き，履修者より非履修者の方が瞬目群発の回数は多かった．瞬目群発が生じたタイミングの例を図 4 に示す．

また，同じ瞬目データについて，先行研究[11], [12]の定義に従って瞬目群発だと判定された回数を図 3 に示す．この結果において群発回数は，「log xの微分の解法」の期間でも，履修者と非履修者の差はほとんど見られなかった．このため，図 3 の結果では両者を弁別することはできなかった．

3. インタビューに基づく「理解が難しい」箇所

履修者は理解するのに難しいところはなかったと回答した．式変形が複雑である部分を中心に，実験者が再度「難しいと感じた」ところはないか確認したが，該当する部分はないと回答した．それに対して，非履修者は，主に対数同士の加算・減算が対数の真数同士の乗算・除算になること，自然対数 e の定義式，式変形で真数全体に1/xを施すところで難しいと回答した．

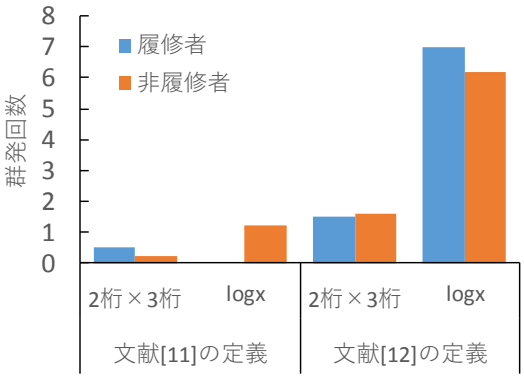


図 3　先行研究の定義に基づく瞬目群発回数

4.　考察

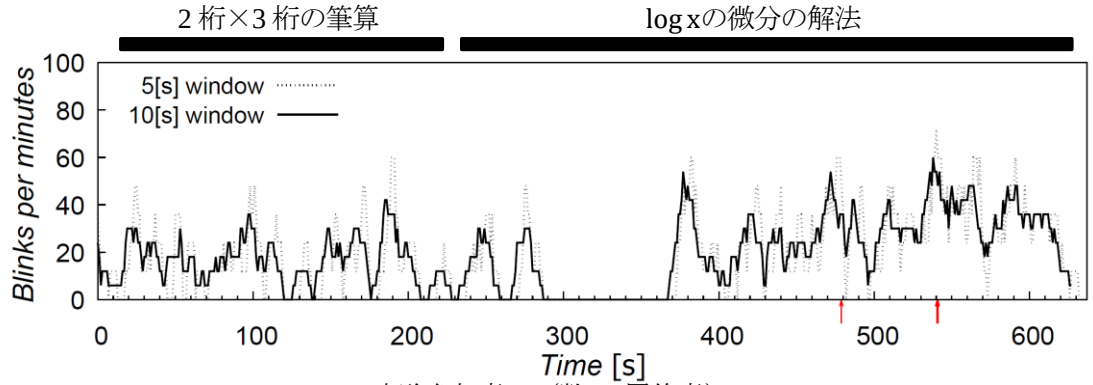
本研究の目的は，非言語的手がかりのうち，瞬目群発から「理解が難しい」と感じた時点を特定できるか否かを検討することであった．提案手法で定義された瞬目群発は，「log xの微分の解法」の期間に非履修者においてのみ頻繁に生じていた（図 2(a), 図 2(b)）．事前事後の確認テストおよびインタビューの結果より，数 III 履修者では，「理解が難しい」という事態がほとんど生じていなかった．それに対して数 III 履修者では，インタビューの結果より，「log xの微分の解法」において「理解が難しい」と感じる時点が複数生じていた．これらの時点は，瞬目群発が生じる時点と対応していた．本研究では実験参加者が少ないため断定はできないが，これらの結果はいずれも，学習者が「理解が難しい」と感じた時点を瞬目群発から特定できるという本研究の仮説を支持している．今後，実験参加者の数や属性を増やし，この知見が普遍的で統計的にも確からしいことを保証することが課題となる．

授業という長く複雑な認知課題は，従来瞬目指標を扱った研究ではあまり用いられておらず，参加者（学習者）の瞬目パタンへの影響の実態は未解明であった．

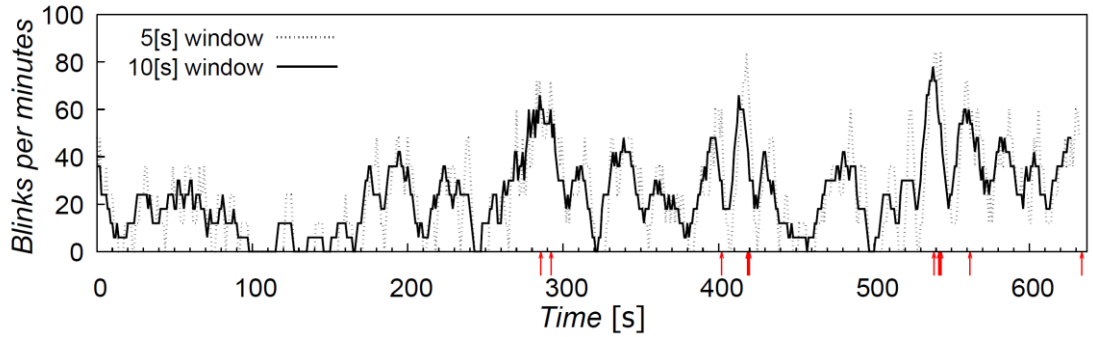
この点について，本研究の結果は，心理実験での場合と同様に，授業を呈示刺激としたときも瞬目群発はランダムではなく特定の時点で生じることを示唆した．しかもその多くは「log x の微分の解法」の期間中に生じており，内容を理解するのが困難だった非履修者において集中していた（図 2(a)）．非履修者にとって，「理解が難しい」という感覚は，理解のために必要となる心的操作の複雑さによって生じたと思われる（図 1(b)の式変換）．この解釈の妥当性は，非履修者にとっても理解が容易であった「2 桁×3 桁の筆算」では，瞬目群発がほとんど生じなかった（図 2(b)）という結果からも支持されるであろう．

瞬目率とその変動には，種々の要因が影響するが[3], [7]，本研究では個人内で瞬目群発の基準を設けているため，ドライアイや喫煙などによる瞬目率の個人差によって生じるバイアスは補正されたと思われる．また，実験中には連続した映像が呈示される状況は一貫し，社会的要因は変化していないため，感情面での変化があったとも考え難い．こうした要因を排除できるとすれば，瞬目群発は課題に関連した情報処理に伴う認知負荷に連動して生じたと解釈するのが妥当であろう．したがって，本研究の結果は，参加者自身が予測を生み出し，一義的ではない刺激を分節化するような能動的な認知負荷の変動によって瞬目群発が生じることを表している．加えて，本研究の関心である理解の推定については，瞬目群発から「理解が難しい」と感じた時点をある程度予測できることが示唆された．瞬目群発の判定の基準となる時間を実験参加者に一律に適用する先行研究の定義では，こうした差は見ることができなかったのと比較すると，提案手法には理解の推定する上で優位性があることが示唆される．

ただし，インタビューの分析結果から，実験参加者が「理解が難しい」と感じていないと回答した場合でも，授業のビデオを視聴中に瞬目群発が生じたと判定されるケースがみられた（例えば，図 4(a)の 480 秒時点および 540 秒時点）．これは，本来「理解が難しい」状況が生じていないのに，そのように判断してしまう誤り（false positive）といえるが，授業場面を念頭に置くと，この傾向は学習者の支援につながると考えられる．「理解が難しい」というシグナルがあれば，教師



(a) 実験参加者 A（数 III 履修者）について



(b) 実験参加者 B（数 III 非履修者）について

図 4　瞬目率時系列の例

上向き矢印（↑）は，3 つの IBI を用いて定義した場合に瞬目群発だと判定された時点を示している．瞬目群発は実験参加者 A では 3 回観察されたのに対し，実験参加者 B では「log xの微分の解法」の期間のみで 11 回観察された．

の働きかけが促される．このとき，実際には理解が容易なら，教師による働きかけは特に必要ないのだが，false positive によって生じた働きかけが学習を阻害することは少ないと思われる．これとは対照的に，学習者にとって理解が難しく教師のフォローを必要としているのに，それが見落とされてしまう誤り（false negative）には，授業内容を理解しようとする意志や興味が損なわれてしまうリスクがある．このため，教育上の文脈では，本研究の指標が false negative よりも false positive となりやすいことは，学習者による不理解を未然に防ぐ方向に働くと期待できる．

2. 残された課題と将来の展望

本研究では，確認テストによって理解度の違いを保証したが，今後の研究では主観的な評定などにより各時点での認知負荷を測定して，認知負荷と瞬目群発の時間的な対応関係についても検討することが必要になる．また本研究では，「理解が難しい」と感じた時点の特定を試みたにとどまっている．そのため，本提案手法に基づいて特定された学習者の理解に対して教授者から支援がある場合には，支援がない状況よりも高い教育効果が得られるか否かについては未検証であり，今後検討する価値は高い．

今回は，成人を実験参加者としたが，本研究の提案手法は成人に限定して適用される必要はない．言語報告の手続きを除けば，小学生から老齢者まで幅広く適用できると期待できる．また，本研究で使用した授業のビデオは，多くの学校で主流である一斉授業の状況を実験的に再現したものである．そうした観点からは，教育工学的な応用として，タブレット型の端末などを用いることで，学習者の非言語的手がかりの一つとして瞬目群発を検出することもできる．将来的には，「理解が難しい」と推定された時点にタグづけするシステムも開発できると期待できる．こうした教授・学習支援システムがあれば，推定された理解の情報を教師が授業中や授業後に一斉にレビューするといった活用方法が可能であり，熟練教師が暗黙知に基づいて行っている直感的な判断を誰もが擬似体験できる教員研修へと応用できるだろう．また，本研究の提案手法では，あらかじめ数分間に渡り個人の IBI データを取得しておけば，瞬目群発の基準となる時間を高々2〜3 秒程度で計算できる．この特徴は，教授・学習支援システムを開発する際に大きなアドバンテージになる．

参考文献

[1] 秋田喜代美, (1992) “教師の知識と思考に関する研究動向”, 東京大学教育学部紀要, 32, 221-232.

[2] 田多英興・山田冨美夫・福田恭介 (1991). まばたきの心理学, 北大路書房.

[3] 横川 和章・有馬 道久. (1986). “教授場面における非言語的コミュニケーション”, 教育心理学研究, 34(2), 120-129.

[4] Stern, J. A., Walrath, L. C., & Goldstein, R. (1984). “The endogenous eyeblink”, *Psychophysiology*, 21(1), 22-33.

[5] Fukuda, K., & Matsunaga, K. (1983). “Changes in blink rate during signal discrimination tasks”, *Japanese Psychological Research*, 25(3), 140-146.

[6] Ohira, H. (1996). “Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load”, *Perceptual and Motor Skills*, 82(3), 835-842.

[7] Cruz, A. A., Garcia, D. M., Pinto, C. T., and Cechetti, S. P. (2011). “Spontaneous eyeblink activity”, *The Ocular Surface*, 9(1), 29-41.

[8] 田中裕. (1999). “覚醒水準と瞬目活動”, 心理学研究, 70(1), 1-8.

[9] Hoppe, D., Helfmann, S., & Rothkopf, C. A. (2018). “Humans quickly learn to blink strategically in response to environmental task demands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201714220.

[10] Nomura, R., & Okada, T. (2016). “Assessing the appeal power of narrative performance by using eyeblink synchronization among audience”, In Computational and Cognitive Approaches to Narratology (pp. 304-321). IGI Global.

[11] 山田冨美夫・宮田洋 (1984). “VDT を用いた視覚作業化での瞬目率変化” 関西心理学会第 96 回大会発表論文集, 15.

[12] 保坂良資・渡辺瞭 (1983). “まばたき発生パターンを指標とした覚醒水準評価の一方法” 人間工学, 19, 161-167.

ＡＳＤに見られる認知・行動パターンと物語生成 −「驚き」に注目した支援の展望−

Narrative Generation related to Cognitive Patterns seen in ASD -From the perspective of “Surprise” -

青木 慎一郎†，小方 孝†，小野 淳平‡
Sin-ichiro Aoki, Takashi Ogata, Jumpei Ono

†岩手県立大学，‡菅原学園 専門学校デジタルアーツ仙台
Iwate Prefectural University, Vocational School of Digital Arts Sendai
midorigi@iwate-pu.ac.jp

要旨

自閉スペクトラム症(ASD)の認知・行動パターンに関わる物語生成を論じた。ASD については統一的な理解には至っていない。一方で「ストーリー」を活用する ASD 支援が有効とされている。しかし、有効性は基礎となる物語生成論からは説明されていない。本報告では、学生の論文作成の支援に基づき、ASD の物語生成理論に基づく理解を提示した。

困難は「何を語るか」よりも「如何に語るか」だった。彼らは「部分」や「非連続性」について敏感であるため、強い「驚き」と感じ物語が進まなくなってしまう。「全体と部分」は「中枢性統合」の、「連続性と非連続性」は実行機能の働きとも言える。また、人の心を文脈の中で理解する「心の理論」にも通ずるものである。この理解に基づいて、物語生成理論に基づく支援ツールについても展望した。

1. はじめに

筆者は、自閉スペクトラム症(Autism Spectrum Disorders: ASD)の認知・行動パターンの傾向がある学生の学習支援を行い、また学習支援と物語生成に関する共同研究を行ってきた[1][2]。本報告では、ASD の認知・行動パターンを物語生成から検討し、共同研究者小方他による物語生成理論による学習支援を展望したい。

2. 三つの仮説について

ASD の認知・行動パターンについては、心の理論、実行機能、中枢性統合に関する三仮説があるが、現時点では統合理論には至っていない。したがって、物語生成についても三仮説の観点から検討する必要がある。

「心の理論」は人の心を理解する能力である。いわば、経験を生かした心理・社会的文脈によって、人の心を必ずしも意図せずに理解する勘みたいなものである。心理・社会的文脈という点ではストーリーを作ることにも関連する。「心の理論」は ASD の症状としては「社会的コミュニケーション」の障害に表れる。これは、特に高機能（IQ が正常以上）の場合には 14 歳までに改善する例が多いとされる[3]。筆者のように大学生を対象とした場合、日常のコミュニケーションにおいては問題点に気づかれる例は少ない。それは、会話におけるストーリーのマニュアルを作成することによって半ば意図的に対応しているからである。後述の「実行機能」にも関わってくるが、長期記憶は良好であるため多くのマニュアルを保持しておくことが可能なのである。

学生の場合、「実行機能」と「中枢性統合」に関する課題が表面化しやすい。症状としては「限定された反復する様式の行動、興味、活動」として表れる。「反復行動」は、3 歳から 14 歳までほとんど改善を示さなかったと上記論文で報告されている[3]。もちろん、大学生の場合「同じ動作を繰り返す」などのいわゆる常同行動としては表れることは少ない。実は、これらの症状は、詳しく聞いて初めて理解できるような認知・行動パターンとして表れてくる。

「実行機能」は、新たな事態において自分で行動を組み立てる時に必要となる。行動というものは経験を積むことでパターン化・マニュアル化されてくる。「実行機能」は、このようなパターン化・マニュアル化されていない行動が求められる場面で必要となるものである。実行機能がうまく働かない場合、予測がつかないことに直面すると、対応する計画変更ができないことなどで不安になる。その結果、それまでの経験でパターン化された認知とそれに基づく行動にとどまってしまうものである。そう考えると、ある意味では常同行動ともいえるだろう。

「中枢性統合」は、ASD においては全体の意味を

求める指向性や意欲が低いという傾向によって表れる。そのため、部分の意味が全体の意味につながらない。したがって、意味は断片や部分に限定されるという傾向を示す。つまり、目の前の出来事に拘ってしまって、大局的な見方ができないという傾向として表れる。しかし、逆に全体の文脈に束縛されてしまわないという能力は高いとも言えるのである。

3. 論文作成と物語生成

ここでは学習支援の中でも論文作成の支援に絞って考える。そもそも、論文とはなにかという点から考えてみたい。論文とは、例えば①背景②目的③結果④考察⑤今後の展望、というような枠組みにそって自分のテーマについて自分の見解を述べるものである。見解の中には、新たな発見や発想も含まれる。それを述べる際には、意識化の程度は様々だが、ある種の読者を想定していると考えられる。その読者の反応を詳細に予想しつつ、読者の疑問や意見に応答するというプロセスを、いわば自身の中でシミュレーションすることによって執筆する。このように考えると、論文とは一定の形式をとる想定上のコミュニケーションであるともいえるだろう。コミュニケーションに困難がある学生が論文執筆に困難を感じるのは当然ともいえるのではないだろうか。

このように自分の考えを人に伝えるプロセスであるという点では論文作成と物語生成とが共通している。より正確に述べれば、論文作成には様々な要素があるが、本報告では自分の考えを人に伝えるというプロセスについて注目するということである。なぜなら、ASD の認知・行動パターンのある学生の論文作成の支援を行う際には、論文作成におけるこの点が問題となるからである。このように、自分の考えを人に伝えるという点に関しては、論文作成と共通する物語生成について次に検討する。

秋元・小方によると、「物語論では、物語における『何を』語るかの側面（物語内容 story）と『如何に』語るのかの側面（物語言説 discourse）」が区別することができるとしている[4]。後述のようにここでは、「物語言説機構」における「如何に語るか」についてはふれない。

ところで、論文作成においては、「何を」語るかという内容はもちろん重要である。しかし、ASD の認知・行動パターンのある学生は、論文において述べる内容、つまり「何を語るのか」については部分部分については、すでにできているということが共通している。例えば、「パワーポイントのスライドの一つ一つは書けるのだが、その繋ぎがうまく説明できない」と話す学生が多い。ところが、こちらが彼らの話を引き出すような対話をすると、それに応じて内容を自ら語ることができる場合が多い。例えば、「どこに着目した？」「それから？」「何を調べた？（実験した？）」「その結果は？」「そこから何が言えるの？」という問いかけをすれば答えることができる。つまり、問題となるのは「如何に」語るのかの側面の方と思われる。

しかし、物語生成とは異なる側面もある。それは、上述のように論文には、物語における枠組みである「起承転結」よりも詳細な、一定の全体の形式があるという点である。したがって、論文に限定した方が、後述の「物語生成システム」としてのプログラム化の可能性が高いと思われる。とはいえ、後述することになるが、部分と全体という両方があるというのは、論文作成と物語生成との共通点ともいえる。

4. 論文作成の困難

このように、ASD の認知・行動パターンのある学生は、述べる内容あるいは「何を語るのか」がないわけではないのに、「如何に」語るのかに困難があると想定される。

このような困難は、具体的にはどのように体験されているのだろうか。精神病理学では、このような意識的体験をきっかけとして検討していく。よく見られる困難には、実際には区別しにくい例もないわけではないが、二通りに分けられる。第一に、書いている目前の事柄に拘ってしまって論文を先に進められなくなるという傾向である。これを「些事拘泥型」と呼ぶこととする。第二に、逆に当初にたてた全体の目的に拘ってしまって先に進めなくなることもある。これを、「目標拘泥型」と呼ぶ。表 1 に具体例を記述した。（表 1.参照）

このような、ASD の認知・行動パターンのある学生の論文作成の困難について検討する。上述のように心理・社会的文脈によって、人の心を理解するという点では、「心の理論」という観点からも、ストーリーを作ることに関連してくる。しかし、大学生を対象とした場合、日常のコミュニケーションにおいては問題点に気づかれる例は少ない。それは、前述

のように、日常のレベルでは、多くの新たな事態ではない場合においては、それまで蓄積したマニュアルによって対応できるからである。

表１．論文作成困難の例

些事拘泥	驚き！
１．研究全体としては重要性の低い調査対象情報の正確さに拘って、論文が進まない。	調査対象情報が不十分だった！
２．初めの「目的」で、「実際にやってみないとわからない」「期待した結果につながるか分からない」と目的の達成に拘って進まない。	結果が出る前に目的を書くことに直面！
３．「論文はキッチリ書かなければならない」と書き方に拘って、「はじめに」から先に進まない。先行研究どおりの文体がいいか迷う。	論文では文体が大事なのに、文体の明示がない！
４．先行研究を読むと、それを完全に理解しようと拘って、論文が進まない。自分の視点から必要部分だけを引用できない。	先行研究を完全に理解していないと引用できない！
５．論文を書き始めた時点で「目前の」主語や述語が違うのではないか、段落をどこにしよう等のチェックに時間をかけるので進まない。	文法の正しさが完全ではなかった！
６.発表スライドの一枚一枚を完全にすべきと考え、先に進まない。	一枚のスライドが完全ではなかった！
７．報告スライドを分かるところから作りだすことができない。変な結果が出ていると、その一枚のスライドの問題点に拘って進めない。	一枚のスライドが完全ではなかった！
目標拘泥	
１．全体としての書き上げ、構成がまとまっているものが完全にできない。	全体を完全に書くはずだった！
２.「最初に考えたことに凝り固まって、他の考えができない」と自分で言う。	目標を完全に達成できない！
３．食事のカロリー計算の実験で、試みに自分が被験者となる際、正確さを求めて同じものを食べ続ける。牛乳を製造会社別に計算。	当初目標としていた正確さは困難だ！
４．当初想定していた対象者が確保困難となり、指導教員の助言によって変更となった。その後対象が変わった研究に疑問を持ち続ける。	目標としていた対象者が確保できないという想定外！
５.「新奇性が必要」や「使える技術に結びつける」という当初指導を受けたことへの拘りによって論文を進められなくなる。	当初に指導されていた目標が達成できない！
６.先行研究のデータの扱いを慎重にするよう言われ、どういう引用なら許されるのかが分からないため進めなくなる。	当初に指導された慎重な引用ができてない！
７.結果が出ただけで、論文の正解である、それに至る過程の議論や説明が完全にできないので進められない。	目標である正解が不明だ！

ところが、論文作成においては、「実行機能」が必要となるような、新たな事態に直面することが必ずある。そうした場合や、「中枢性統合」によって、部分と全体の関連を見る必要に迫られるという場面で困難に直面してしまう。つまり、論文作成の困難について説明するためには、心理・社会的文脈による理解という観点からよりも、「実行機能」や「中枢性統合」という観点からの方が説明しやすい。

ASD の認知・行動パターンのある学生は、上述のように新たな事態における、情報や方針の切り替えという実行機能を柔軟に活用しにくい。その点を背景から理解しようとすると、ワーキングメモリーという観点からみるとこれらの学生の意識的体験をより説明しやすくなる。

足立によると「ワーキングメモリー上に特定の語彙情報が留まり続け、それに関連する情報が処理容量を消費することにより、本質的理解に関連する情報を留めることが難しい」とされている[5]。この「留まり続ける」というのは、筆者も頻繁に経験する状態であり、これを「長期記憶化してしまう」と言い換えることもできるだろう。このワーキングメモリーはごく短時間の記憶機能についての理論であり、後述のストーリー生成過程との関わりにおける説明では、「長期記憶」に対する「短期記憶」と標記する。このワーキングメモリーと実行機能との関連については様々な考え方がある。児童の自閉症については、「実行機能の中のプランニングや思考の柔軟性について弱いことが指摘されているが、ワーキングメモリーについては様々な報告があり、一致していない」という見解もある[6]。しかし、「ワーキングメモリーは遂行機能（＝実行機能障害）には不可欠である」というのは一般的な見解であろう[7]。

少なくとも、筆者の経験からは、第一にASDの認知・行動パターンのある学生では、知能検査によって、ワーキングメモリーが他の知能に比較すれば低いことが確認できる。第二にワーキングメモリーによって、上述のような「些事拘泥型」と「目標拘泥型」という論文作成の困難を分かりやすく説明できる。この二点からワーキングメモリーによる説明を試みることにする。

ワーキングメモリーには二つの機能があるとされる。齊藤[8]によれば、第一に保持機能である。それは、作

業や課題の遂行による妨害から、必要情報を保護するための強力な保持メカニズムである。第二に迅速な消去機能である。それは、作業や課題が終了した後、不必要情報を、次の作業や課題に影響を与えないよう、迅速に消去するメカニズムである。

さて、上述したASDの認知・行動パターンのある学生の二つの困難については次のように説明ができる。実行機能と関連するワーキングメモリーの課題内関連情報の消去（些事拘泥）と課題目標の消去（目標拘泥）という、ワーキングメモリーの消去の困難という説明が可能と考える[9]。つまり、ASDの認知・行動パターンのある学生は、ワーキングメモリーの二つの機能のうちの消去機能の方が低いと考えると説明がしやすい。あるいは、迅速に消去すべき短期記憶を長期記憶化してしまうともいえる。そのために、目前の些事に拘泥してしまったり、当初の目的に拘ってしまったりして論文を先に進めなくなるということで理解できる。

5. ASDの支援と物語生成

ASDの認知・行動パターンのある学生による論文作成の困難として表面化するのは、表1.のように「進まない」、つまり「論文のストーリーの筋が展開していかない」ことといえる。一方で、文脈やストーリーに規定されない各部分の理解能力は高いので、上述のようにこちらが対話によって引き出そうとすれば語ることができるので、不思議な印象を受けてしまうのである。

このようなASDの認知・行動パターンにおいて、「展開を進める」という「ストーリー」による支援を取りあげる例は多い。Carol Gray[10]は、ASD児童が対象だが「ソーシャルストーリー」というストーリーを一緒につくるという支援を提唱し、効果をあげている。また、斎藤[11]は、発達障害学生への支援である「ナラティブ・アプローチ」を「多様な複数の物語』を語り合う中から、その状況におけるもっとも役に立つ物語を共同構成すること」としている。西村[12]は、「ナラティブ・アプローチは、『発達障がい』を、学生の人生と生活世界の中で体験される1つの物語として理解し、学生を物語の語り手として尊重するとともに、学生が自身の特性をどのように定義し、それにどう対応していくかについての学生自身の役割を最大限に尊重する。 ここでは、発達障がい学生の特性は、学生が日々の経験について語ったり、自分自身について語ったり、周囲の者との交流の中で相互に交換されたりする語りの中から浮かび上がる『ある程度の一貫性をもった言語記述＝物語』として表現される」としている。

しかし、このように自己物語が一旦生成できたとしても、それに汎用性はない。彼らの自己物語の生成は環境や対象の変化に応じて、その都度の支援が必要である。あるいは、そのような自己物語生成の特徴がある。つまり、発達障害の特性が物語として表現されるのではなく、彼らの物語生成に発達障害的特性があるのではないだろうか。物語の展開が困難な場合、物語を構成する支援の前提となる物語生成のメカニズム自体を明らかにする必要があるというのが筆者の注目した点である。つまり、ASDの認知・行動パターンのあるなしに関わらず、一般的に「物語はどのようにして語られるのか」という点である。この点を明らかにすることによって、後述のように小方による物語生成に基づく学習支援のシミュレーションモデルが支援ツールとなることが期待されるのである。あえて支援ツールというのは、そもそも彼らの認知・行動パターンが、特定の状況では個別性に強く反応しがちであり、したがって一般化・抽象化が難しく、いわゆる練習というものは難しい可能性があることがその理由である。このような現象を示す言葉を汎用性がないという。これを心理療法の分野では「般化」と呼んでおり、治療の有効性についての指標ともされている。

6. 物語生成と「驚き」

また、加藤他[13][14]は、後述するストーリーを生成するゲームであるTRPGを使った支援を行っており、ASD大学生を対象としている。しかし、この場合もその効果について物語生成からの説明はしていない。つまり、上述した一般論として「物語はどのようにして語られるのか」については検討されていない。

このTRPGとは、小野、小方が行っているテーブルトークプレイイングゲームのことである[15]。注目すべきことは、この研究は「驚き」に着目して物語生成の方法そのものを対象としているということである。つまり、小野他の目的は、「ギャップを含むストーリーを生成する技法の構築」という点にある。

重要なことは、本研究でとりあげられている「驚き」は、まさに上述の実行機能が作動しなければならない事態である新たな事態や予測できないことへの直面に

相当するものである。上述の「論文のストーリーの筋が展開していかない」は、論文を進めていく途中でおこる、「本人たちにとっては」ということであるが、想定外の出来事への強すぎる反応である「驚き」によっていると考えられる（表１）。

ここで問題となるのは「驚き」をいかに作り出すかではない。「驚き」があっても、それを認識・吸収してストーリーが生成されるという物語生成のシステムとして把握することである。つまり、「ギャップを含むストーリーを生成する技法の構築」であり、ストーリー生成の方に注目するのである。

ストーリー一般においても金井による次のような指摘がある。ストーリーは必ずしもいわゆる「起承転結」という「全体を強調」するばかりではない。さらに、ストーリーには「非連続性」も存在する。上述の「驚き」を、金井[16]の「非連続性」と考えることができる。これらの「全体と部分」、「連続性と非連続性」については、感じ方に個別性がある。つまり、偏る場合がある。例えば、ASD の認知・行動パターンのある方は「部分」や「非連続性」については、より敏感であり、強い「驚き」と感じてしまう。そのような前提のもとに、ストーリー本来の在り方としてのこれらの二つの対立に目をむけることが ASD の認知・行動パターンの理解のためには重要と考える。「全体と部分」は「中枢性統合」の働きであり、「連続性と非連続性」は実行機能の働きとも言えるからである。

このように、「驚き」を作り出すストーリー生成を参照して、「驚き」があってもどのようにストーリーとなるかという点からストーリー生成、つまり「物語はどのようにして語られるのか」について検討することが求められる。このことによって、彼らの個性から、「驚き」によってストーリーが進まなくなってしまう、あるいは部分を強調しすぎてストーリーが進まなくなってしまうような ASD の認知・行動パターンのある方に対する支援ツールへと結びつけていきたい。

7. 統合物語生成システムモデルにおけるストーリー生成過程

現時点では、ストーリー生成の支援ツールについては、提案にとどまるものである。

ここではまず、システム実装を想定して、現在小方らが研究・開発を進めている統合物語生成システム[17,18]に基づいて、ASD の認知・行動パターンを対象に、そのストーリー生成過程を検討する。図１に示すのは統合物語生成システムの全体像であるが、今回は単純化されたモデルを示すために、この中のストーリー生成の方法を利用・拡張した ASD の認知・行動パターンのストーリー生成過程を示す。

なお、本節の最後の部分で述べるように、必ずしもこの統合物語生成システムを利用した完全自動生成機構のみを目指すのではなく、この物語生成モデルに沿った ASD の認知・行動パターンに関するストーリー生成の人手によるあるいは半自動的な支援も目指している。

現状では統合物語生成システムの中に、逐次的に生

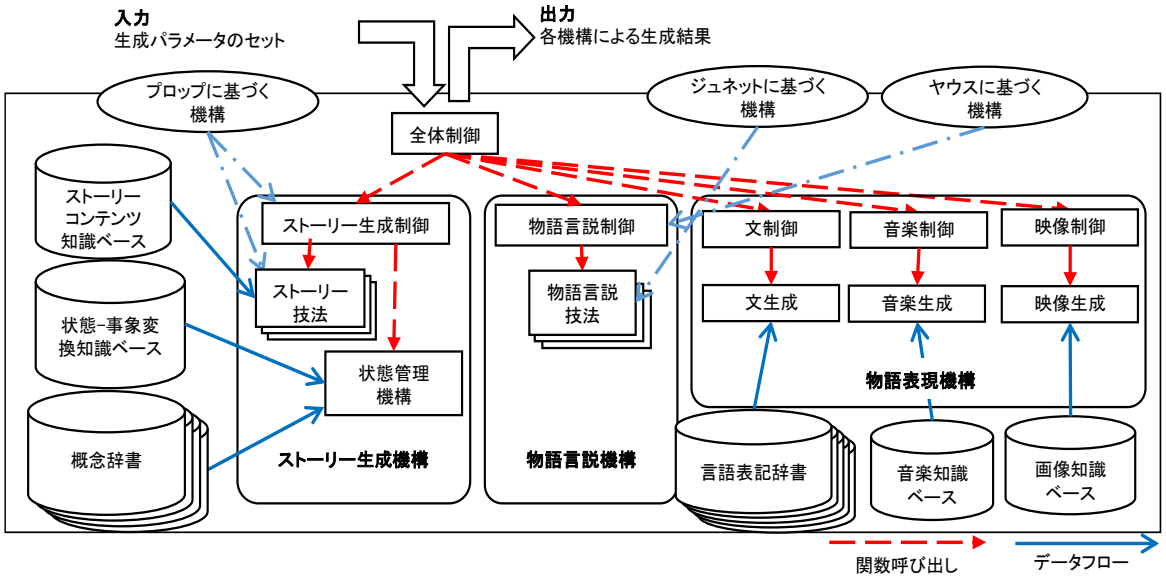


図１：統合物語生成システムの全体構造

成されて行く物語(この場合はストーリー)を対象に、その評価を行い、それを次段階における生成作業にフィードバックする機構は設けられていないが、ここではこれを行う「評価機構」を新たに設ける。すなわち、ストーリー生成機構は、生成におけるある単位ごとに、評価機構を駆動し、その結果を次の生成単位に反映させるものとする。本稿における ASD 認知・行動パターンの概念との対応では、この評価機構は中枢性統合に関連する機構である可能性がある。

システムが実際にストーリー生成を遂行するためには、ストーリーの構造（形式）や素材（内容）に関連する種々の物語知識単位や、それらを利用した生成技法、さらに生成の進行を制御・操作するための目標や計画などに関連する知識が必要であり、これらの入れ物は「長期記憶」に相当する。実際の統合物語生成システムでは、この種の物語型知識単位や生成技法はストーリーコンテンツ知識ベース及びストーリー技法として定義・格納されている。

なお、前述の「何を語るか」・「如何に語るか」の問題との関りでは、基本的にストーリー生成機構は「何を語るか」に関連する機構であり、「如何に語るか」はそれとは別の物語言説機構で扱われる。しかしここでは単純化のために物語言説機構は使用しない。しかし、ストーリー生成機構の中でも、比較の問題としては、「何を語るか」と「如何に語るか」に関する知識は分けて取り扱われていると考えられる。具体的には、物語（論文）の素材内容に関する知識はストーリーコンテンツ知識ベースに格納され、ストーリー技法はストーリーにおける形式的な側面、素材内容を対象とした一種の結合文法を格納する知識相当する。

さて、前記生成制御・操作のための知識は、現在の統合物語生成システムにおいてはプログラムのメイン機構に相当する制御機構の中で処理されているが、それ自体として明瞭に定義されているとは言い難い状況である。しかしこれを明示的に取り出して考えれば、ストーリー生成機構は、メタレベル知識の制御・管理の下に、生成の各段階ないし単位において、特定のストーリー技法によって、それと結び付いた特定のストーリーコンテンツ知識を利用して、ストーリーの構造を生成する。

以上から、一種の中枢性統合機能を担う評価機構、長期記憶としてのストーリー技法（ストーリー生成のための比較的形式的な機構）＋ストーリーコンテンツ知識ベース（同じく比較的内容的な機構）＋制御機構を連携させたストーリー生成は次のような過程で遂行される（図２）―まず、制御機構の管理の下に、ある特定のストーリー技法がそれと対応するストーリーコンテンツ知識ベース中の特定のストーリーコンテンツ知識を利用して、その段階におけるストーリー構造を生成する。この時、現在の処理は、長期記憶に対する「短期記憶」に基づいて行われる。すなわち、短期記憶の中には、現在具体的に処理されるべきストーリー技法＋ストーリーコンテンツ知識＋制御方式が一時的に長期記憶から移行して格納されているという状況が成立している。すると評価機構が駆動し、その現時点でのストーリー構造を評価する。評価内容としては、ストーリー生成のマクロレベルにおける目標に対応した評価や、ミクロレベルに対応した評価などが考えられる。例えば、「ストーリー全体の構成が当初の目標からずれて来たので、ストーリー全体の構成のためのス

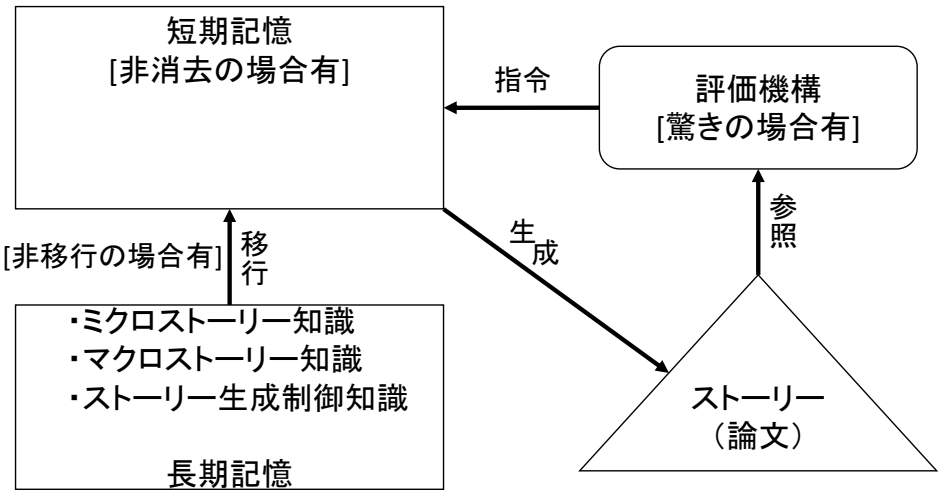


図 2：評価機構・短期記憶・長期記憶によるストーリー（論文）生成の基本メカニズム

トーリーコンテンツ知識をもう一度確認し、場合によってはトップダウンで適用し直せ」（マクロレベル）、「ストーリーにおけるある細部の描写が不足しているので、その部分の展開を補足せよ」（ミクロレベル）のようなものである。ストーリー生成機構はこのような評価結果を考慮して、次のサイクルにおける生成を行う。すなわち、これらの評価結果が次の段階における生成のための目標を形成し、それに沿って生成過程が継続される。

8. ASD の認知・行動パターンとストーリー生成過程

以上は、ストーリー生成の一般的な遂行過程に相当する。次に、これを ASD の認知・行動パターンにおけるストーリー生成に適用してモデル化し、その概略的なシミュレーションを試みる。

最初に、論文のテーマ（内容的側面すなわち何を語るか）や全体構成（形式的側面すなわち如何に語るか）などの目標知識に基づいて、「ASD の認知・行動パターンのストーリー生成機構（を備えた学生）」はストーリー生成を開始する。そしてその過程で、論文の細部の記述にばかり拘ってしまうという些事拘泥現象や当初にたてた全体の目的にばかり拘ってしまうという目標拘泥現象が起こる。それらは、いずれも論文作成過程で直面する「驚き」や「非連続」を強く感じすぎるために起こるものである。ストーリー生成機構における評価機構がこの現象を察知し、些事拘泥現象であれば「論文全体の構成が当初の目標からずれて来たので、論文全体の構成のためのストーリーコンテンツ知識をもう一度トップダウンで適用し直せ」のようなマクロレベルの評価結果を返す。また、目標拘泥現象であれば、「論文のテーマが当初の目標からずれて来たので、論文全体の構成のためのストーリーコンテンツ知識をもう一度トップダウンで適用し直せ」のようなマクロレベルの評価結果を返す。

これに基づいて、ストーリー生成機構は、長期記憶中のマクロレベルのストーリーコンテンツ知識や対応する生成技法、さらに制御的知識を短期記憶に移行させ、ストーリー全体の構成を再度修正して組み立て直すための作業を行おうとする。ところがこの時、短期記憶に格納されたミクロレベル知識（すなわち些事や当初の目標への拘泥を帰結する諸情報）の「消去」がうまく行かず、短期記憶が長期記憶化して、その容量が多くなり過ぎ、長期記憶からの知識の移行が実行されないことがある。そのような場合、評価結果に従えば、本来はストーリー全体の構成を規定する知識が探索されるべきであったが、その種の知識の短期記憶中への移行に障害が生じるので、短期記憶領域の探索が論文の細部を引き続き詳細化するような知識の選択・実行を帰結してしまう。そのため、論文における些事や当初の目的に拘泥した細部の詳細化や追加が相変わらず継続されてしまう。短期記憶情報の正常な消去が行われ、長期記憶から短期記憶への知識の正常な移行が行われない限り、このようなサイクルがこの後も繰り返される。

なおこの場合は、ストーリー生成＝論文作成の主体である ASD 認知・行動パターンの学生は、「些事拘泥」「目標拘泥」という現状自体は認識しており（些事にすぎず、変更することが前提の目標なのにその変化を「驚き」や「非連続性」という形で強く感じる）、それを変えたいとも思っているが、変えるための知識の処理・再構成・探索が順調に進まないため、いつまでも同じサイクルを反復するというモデルとなっている。

9. ストーリー生成による ASD 認知・行動パターン支援のための幾つかの方向

統合物語生成システムモデルに基づく以上の ASD の認知・行動パターンのストーリー生成モデルを精緻化して、ASD 認知・行動パターンの学生の論文作成支援ツールにつなげて行くことが今後の目標である。実際のシステム実装を想定した場合、統合物語生成システムにおける特にストーリー生成機構の部分的改訂・拡張に相当するが、以下のように、支援には幾つかのアプローチが考えられる。

第一に考えられるのは、システムそのものを直接利用するのではなく、上記のストーリー生成モデルをベースに人手で支援を行うという方向である。例えば、論文の執筆に関する知識（如何に語るかの形式的知識、論文構成に関するマクロレベル知識やミクロレベル知識など）をある程度明示化しておき（統合物語生成システムではストーリーコンテンツ知識などに相当する）、学生や支援する教員などがそれを参照しながら論文執筆過程を遂行できるようにしておく。そして、執筆の特定の段階において、学生及び支援者が現状を評価する。その際、例えば些事拘泥を回避するための評価基準を用意しておく。その評価結果によって、例えば論文の全体構成を再確認する作業が要請されたとする。普通ならここで、学生は些事に拘泥し、目標に拘

泥して全体構成に目が届かないという現象が生じやすいが、支援ツールの中に、短期記憶における過去の情報が正常に消去され、現在必要な諸知識―この場合なら論文のマクロレベルを処理するための諸知識―が長期記憶から短期記憶に正常に移行され、それを容易に参照することができるような支援的な仕組みを用意しておく。学生における気付きは、しばしば「驚き」として認識され、その心的負荷によってその後の作業の正常な遂行が妨げられるということも考えらえる。この支援ツールでは、学生の気付きを促すために、現状の不完全な状況に対する「驚き」を喚起する仕組みを導入する必要があると同時に、この「驚き」によってその後の作業が妨げられるという現象が起こらないような処理が工夫されていることが重要である。

次の段階における検討課題は、自動化をどの程度まで達成するかということであろう。例えば、学生が一定のフォーマット（論文構成に関する形式的知識）に従って論文を書けるようにしておき、評価機構がそのフォーマットと実際の論文との対比によって評価を行い、さらに改訂点や次の目標を自動的に判断することができるようにすれば、ある程度自動的な機構を組み込んだ支援システム―人間とシステムとのハイブリッド支援ツール―ができるだろう。

さらに高度な可能性としては、完全に自動化された統合物語生成システムを稼働させることによるシミュレーションを通じた ASD 認知・行動パターンの構成的分析が考えられる。構成的分析とは、システムの構成とシミュレーションを通じた問題―この場合は ASD 認知・行動パターン―の分析を行うことを意味する。全自動システムを利用してストーリー生成（この場合なら論文作成）のシミュレーションを行い、そのためのストーリー技法集合やストーリーコンテンツ知識ベースなどの部分機構を調べ、どのような仕組みにおいて「些事拘泥」が起こるのか、また逆に「目標への拘泥」が起こるのか、などの知見を得ることができる。無論これらの知見は、逆に統合物語生成システムを利用した ASD 認知・行動パターンの物語生成モデル・システムの改訂や拡張に反映することができ、また上記支援方式の発展にも影響する。

さらに、この機構を物語生成そのものの方に利用すれば、新たな可能性が開けると思われる。実際の物語の場合、論文とは違って、細部の肥大（些事拘泥）や当初の目標の肥大（目標拘泥）などの構成・形式の破綻や破壊は必ずしもマイナス評価されるだけではない。小説や物語や詩などの文学作品は、人間の言語的可能性や思考的可能性の限界を突破して新しい思考や言語の様態を想像・創造し、この世の中に現出させるという役割も担っており、そのために、意図的に構成を破壊するなどして受け手に衝撃や驚きを与えることもしばしば行われる。ここで扱った目標拘泥・些事拘泥の物語生成も矯正されるべき対象としてのみ存在するわけではない。目標拘泥型・些事拘泥型物語生成の文学的・芸術的な使用法は存在し、その種の物語生成の実験という方向に本研究をつなげて行くことも可能であろう。

10. まとめ

ASD に見られる認知・行動パターンとの関係で物語生成を取り上げる意義は次のようにまとめられる。第一に、ASD の認知・行動パターンについては統一的な理解には至っていない。また、脳科学の進歩は著しいが ASD の全容解明はできていない。第二に、すでに「ストーリー」を活用する支援方法が実施されているが、その基礎といえる物語生成理論からの説明はなされていない。「物語はどのようにして語られるのか」の説明である。そこで、本報告では第三に、ASD の認知・行動パターンの解明において物語生成が重要であることを示した。そして、第四に、現時点では、ストーリー生成の支援ツールについては、提案にとどまるものであるが、このモデルに基づいてストーリー生成の支援ツールを作成し、実験等を予定している。

今後小方による物語生成に基づく学習支援のシミュレーションモデルが、「驚き」を題材とする支援ツールに結びつくことが期待できる。

参考文献

[1] 青木慎一郎 (2017a). 学習困難とストーリー生成. 『日本認知科学会第 34 回大会発表論文集』. OS18-81.

[2] 青木慎一郎 (2017c). 学習困難とストーリー生成―精神医学の視点から―. 『第 56 回ことば工学研究会資料』. pp.53-57.

[3] Christine Fountain, et. al, (2012). “Developmental Trajectories Characterize Children With Autism”, Pediatrics, Vol.129, No5. pp.1112–1120.

[4] 秋元泰介・小方孝 (2013). 物語生成システムにお

ける物語言説機構に向けて.『認知科学』. 20(4), pp396-420.
[5] 足立明夏・室橋春光 (2012). 物語文読解における登場人物の心情理解の支援～自閉症特性のある児童に対する表情カードを用いた学習～.『日本 LD 学会第 21 回大会発表論文集』.
[6] 鳥居深雪他 (2013). LD、ADHD、高機能広汎性発達障害の児童の認知機能の診断と治療教育-ワーキングメモリの視点から-.『千葉大学人文社会科学研究科研究プロジェクト報告書』. pp160, 124-133.
[7] 種村純 (2010). 「遂行機能障害」と「ワーキングメモリー障害」との関連を教えてください.『Modern Physician』. Vol. 30, No.1, pp.130-132.
[8] 齊藤智 (2015). ワーキングメモリ・実行機能研究の最前線.『The Annual Report of Educational Psychology in Japan』. Vol.54, p.194.
[9] 青木慎一郎 (2017b). 論文指導とワーキングメモリー—ASD 及びその傾向のある学生の支援から—.『第 55 回全国大学保健管理研究集会 東北師法研究集会報告書』. pp.15-17.
[10] Carol Gray (2015). The new social story book 15th anniversary ed.: Future Horizons.
[11] 斎藤清二他編著 (2010).『発達障害大学生支援への挑戦』. 金剛出版, pp.35-42.
[12] 西村優紀美 (2015). 発達障がいのある学生への包括的支援のあり方.『CAMPUS HEALTH (1341-4313)』. Vol.52, No.2, pp.40-45.
[13] 加藤浩平・藤野博他 (2012). 高機能自閉症スペクトラム児の小集団におけるコミュニケーション支援 : TRPG の有効性について.『コミュニケーション障害学』. Vol. 29, No.1, pp. 9-17.
[14] 加藤浩平・藤野博 (2015). TRPG サークルに参加する ASD 大学生の語りの分析― 余暇活動を通したコミュニケーション支援の観点から ―.『東京学芸大学紀要 総合教育科学系Ⅱ』. Vol.66, pp.333-339.
[15] 小野淳平・小方孝 (2017). 「ギャップ技法」を利用して「驚き」を作り出すストーリー生成の方法—テーブルトークプレイイングゲームに基づく物語自動生成ゲームのアプローチ—.『認知科学』. Vol. 24, No.3, pp.410-434.
[16] 金井明人(2017). 認知的転換に向けた映像修辞.『日本認知科学会第 34 回大会発表論文集』. OS18-81.
[17] Ogata, T. (2016). Computational and Cognitive Approaches to Narratology from the Perspective of Narrative Generation. T. Ogata & T. Akimoto, Eds. “Computational and Cognitive Approaches to Narratology.” pp.1-74. Hershey, PA: IGI Global.
[18] 小方孝 (2018).統合物語生成システム—メカニズムからコンテンツへ—. 小方孝・川村洋次・金井明人.『情報物語論—人工知能・認知・社会過程と物語生成—』. 東京: 白桃書房.

アイトラッキングを利用した，次世代の要件定義書レビュー評価手法
Next-generation review evaluation method of requirement definition document using eye tracking data

斉藤 功樹[†]，土肥 拓生[‡]
Koki Saito, Takuo Doi

[†]日本ユニシス株式会社，[‡]株式会社レベルファイル
Nihon Unisys, Ltd, Level Five Co., Ltd
koki.saito@unisys.co.jp

Abstract

We hereby propose two methods to evaluate the requirement definition document (RDD) review in a page unit using eye tracking data. Eye tracking data were collected from 19 participants as they reviewed the RDD that intentionally included defects and sections that were difficult to read. The first method involved an evaluation of the review quality of the reviewers. We built a classification model to classify individuals who could not identify the included defects using weighted Support Vector Machine and the eye tracking data. An accuracy of approximately 81% was achieved. The second method entailed an evaluation of the difficulty involved in reading the RDD. It was determined that a strong positive correlation is suggested between the re-read count calculated using the eye tracking data and the reading difficulty level.

Keywords — Eye Tracking, Review, Requirement Definition Document, Machine Learning

1. はじめに

ソフトウェア開発において，上流工程における仕様書や設計書の品質が，後工程の成果物の品質へも影響を及ぼすため，上流工程における仕様書の品質を担保することが重要である．上流工程における要求仕様書や要件定義書の質を高める一般的な手法としてレビューが挙げられ，様々なレビュー手法が存在する．しかし，不具合検出率などのレビュー品質に及ぼす影響は，レビュー手法による違いよりも個人差のほうが大きい[1]．同じ個人においても，時間的な制約や集中度合いなどにより，レビューごとにレビュー品質が異なることがあり，個々のレビューの評価が難しい．

レビュー品質の定量的な評価は，レビュー実施率やレビューでの指摘を基にした不具合検出率が用いられるが，それらの指標だけでは，レビュアーの能力によるのかレビュー対象文書の品質によるのか判別できず，レビュー品質を正確に評価することができない．また，不具合に繋がらない文章自体の読みづらさを評価する指標も存在しない．したがって，レビュー実施率や不具合検出率によらずに，個々のレビューの評価やレビュー文書の読みづらさが評価できれば，ソフトウェア開発の品質向上において非常に有効である．

レビュー時におけるレビュー品質を評価するためにはレビュー時の集中力やレビュー対象文書に対する理解度などが影響すると考えられる．多くの研究で，より注意が必要になればなるほど，瞬きが少なくなることが結論付けられおり[2]，JINS では，瞬きを用いて人の集中力を可視化するアルゴリズムを開発している[3]．英語の理解度と視線の関係についても研究されており，英語の理解度に影響を与える視線の特徴を抽出する研究[4]や視線を用いた英語スキルの推定の研究[5]などが行われている．また，文章が難しいと感じた場合は，読む速度が遅くなる，何度も読み返す，同じ場所を注視し続けるといった傾向がある[7]．視線情報を活用することで，レビュー時のレビュー品質の評価やレビュー文書自体の読みづらさの評価ができると考える．

本稿では，要件定義書レビューを対象として，レビュー時の視線情報を用いて，個々のレビューを 1 ページ単位で評価する 2 つの手法を提案する．1 つ目はレビュー時のレビュー品質評価手法である．適切にレビューできる人，あるいは，適切にレビューできるだけ集中している際には，そのレビューの仕方に共通点があると考え，レビュー時の視線情報を機械学習により適切なレビューがなされているかを判別するモデルを構築する手法である．

2 つ目はレビュー文書の読みづらさを自動的に評価する手法である．読みづらいレビュー文書をレビューしている際の視線は，読みやすいレビュー文書をレビューしている場合と比較して，相違があるとの仮説に立ち，レビュー時の視線からもレビュー文書を評価する手法である．

2. 提案手法

2.1. レビュー時のレビュー品質評価

要件定義書レビュー時の視線情報を用いて，1 ページ単位でレビュー時のレビュー品質を評価する手法を提案する．アイトラッカを用いてレビュー時の視線情報を取得し，取得した視線情報を基にして 1 ページ単位で説明変数を算出する．アイトラッカにより計測可能なデータは多数あるが，レビュー品質と相関のないデータも多数あると考えられるため，まずは，説明変数の次元削減を行い，レビュー品質に影響を及ぼしている説明変数を抽出する．抽出した説明変数を基にして，機械学習を用いることでレビュー品質を評価するモデルを構築する．

レビュー時に適切にレビューできない人を検出できれば，品質の悪いレビューが特定でき，要件定義書の品質向上に寄与できるため，本稿では，適切にレビューできない人を精度よく分類できるモデルを構築することを目的とする．

2.1.1. 説明変数の次元削減

説明変数は, Bixler らの研究[7]で定義されていた 46 個の変数に，単位時間あたりの瞬きの回数を追加した 47 個の説明変数をベースとする．47 個の説明変数を表 1 に示す．

47 個の説明変数において，レビュー品質評価において重要である変数を特定するために，ランダムフォレスト（以降，RF）を行い，重要度が上位の説明変数を用いてモデルを構築する．

2.1.2. アルゴリズムの選定と不均衡データ対応

2.1.2 で次元削減を行った説明変数を用いて，Support Vector Machine（以降，SVM）にてモデルを構築し，レビュー時のレビュー品質評価モデルを構築する．

適切にレビューできる人とできない人の被験者における分布が同一でない不均衡データであることが想定されるため，SVM において重み付けを行い，不均衡データへの対応を行う．

表 1　47 個の説明変数

説明変数			詳細
fixation	duration	minimum	fixationの持続時間の最小
		maximum	fixationの持続時間の最大
		mean	fixationの持続時間の平均
		median	fixationの持続時間の中央値
		standard deviation	fixationの持続時間の標準偏差
		skew	fixationの持続時間の歪度
		kurtosis	fixationの持続時間の尖度
		range	fixationの持続時間のレンジ
		dispersion	fixation中の視点の分散
saccade	distance	minimum	saccadeの距離の最小
		maximum	saccadeの距離の最大
		mean	saccadeの距離の平均
		median	saccadeの距離の中央値
		standard deviation	saccadeの距離の標準偏差
		skew	saccadeの距離の歪度
		kurtosis	saccadeの距離の尖度
		range	saccadeの距離のレンジ
	duration	minimum	saccadeの持続時間の最小
		maximum	saccadeの持続時間の最大
		mean	saccadeの持続時間の平均
		median	saccadeの持続時間の中央値
		standard deviation	saccadeの持続時間の標準偏差
		skew	saccadeの持続時間の歪度
		kurtosis	saccadeの持続時間の尖度
		range	saccadeの持続時間のレンジ
	angle	minimum	saccadeの角度の最小
		maximum	saccadeの角度の最大
		mean	saccadeの角度の平均
		median	saccadeの角度の中央値
		standard deviation	saccadeの角度の標準偏差
		skew	saccadeの角度の歪度
		kurtosis	saccadeの角度の尖度
		range	saccadeの角度のレンジ
	other	count	saccadeの回数
		proportion of horizontal	水平なsaccadeの割合 (水平軸から30度未満の角度)
pupil	diameter (z-score で標準化)	minimum	pupilのdiameterの最小
		maximum	pupilのdiameterの最大
		mean	pupilのdiameterの平均
		median	pupilのdiameterの中央値
		standard deviation	pupilのdiameterの標準偏差
		skew	pupilのdiameterの歪度
		kurtosis	pupilのdiameterの尖度
		range	pupilのdiameterのレンジ
blilnk		count	blinkの回数
		count ratio	blinkの回数の割合
		time	blinkの時間の割合
other		fixation duration /saccade duration ratio	fixationの持続時間/ saccadeの持続時間の比率

2.2. レビュー文書の読みづらさ評価

要件定義書レビュー時の視線情報を用いて，1 ページ単位でレビュー文書の読みづらさを評価する手法を提案する．レビュー時のレビュー品質評価と同様に，アイトラッカを用いてレビュー時の視線情報を取得し，取得した視線情報を基にして 1 ページ単位で読み返しの回数を算出する．算出した読み返しの回数と各ページの単語数を基にして，各ページの単語数ごとの読み返しの回数を算出する．単語数ごとの読み返しの回数

を読みづらさの指標として用い，レビュー文書の読みづらさを評価する．

2.2.1. 読み返し判定

大社らの研究[6]で定義されていた読み返しの判定式を用いた．図 1 のように，ある n 個目の fixation をF_n，その座標を(X_n, Y_n)，その前後の fixation とのなす角度をA_nとする．読み返しは段落をまたぐものもあるが，本稿では大社らの研究と同様に単語，イディオム程度を繰り返す読むことを読み返しとする．図 2 のフローチャートに従い，読み返しを判定する．H，W，Kはそれぞれ閾値を指す．

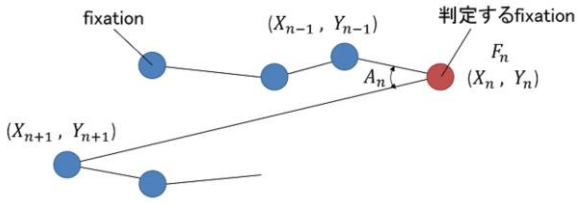


図 1　読み返し判定の際の fixation の様子（出典：大社・Kunze・Augereau・黄瀬（2015））

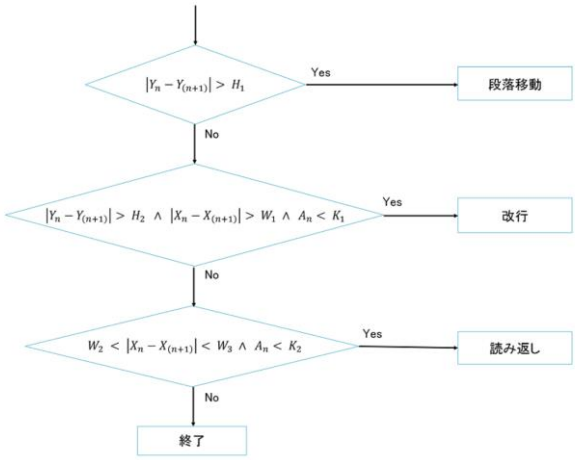


図 2 読み返し判定のフローチャート（出典：大社・Kunze・Augereau・黄瀬（2015））

2.2.2. 読みづらさ評価

2.2.1 にて判定した読み返しを基に，1 ページ単位で単語数ごとの読み返しの回数を算出して，読みづらさ評価に用いる．単語数ごとの読み返しの回数とレビュー文書の読みづらさの相関関係を調査し，読みづらさが増したページにおいては単語数ごとの読み返しの回数が増加することを確認する．

3.　実験

3.1.　実験条件

レビュー対象文書は，弊社で実際に使用された 3 種類の要件定義書を基に抜粋して，概要・機能要件・非機能要件の 3 ページ構成とし，サンプル文書を 2 つ加え，計 11 ページとする．それぞれの要件定義書の概要を表 2 に示す．それぞれの要件定義書の各ページに後工程での障害に繋がる欠陥を含ませ，1 ページあたりに欠陥を含む文章は最大 2 個までとし，11 ページ全体で欠陥を含む文章は 16 個とする．それぞれの要件定義書の機能要件において，表形式や箇条書き形式を文章形式に変更し，システム化対象範囲の図を削除することで，概要・非機能要件は変更を加えた機能要件と比べて読みやすく，変更を加えた機能要件は読みづらさが増加するように変更した．

19 名の被験者に対して，ディスプレイ上に要件定義書を提示し，レビュー時の視線をアイトラッカ（GP3 HD 150Hz）にて記録した．被験者には，ディスプレイ上の要件定義書をレビュー後，紙の要件定義書に対して改善点を下線にて記載するよう指示を与えた．途中休憩は挟まず，レビュー時間・形式などの制限を与えなかったが，測定の精度を高めるためになるべく頭部を動かさないように指示を与えた．下線にて記載した改善点が，意図的に含んだ欠陥部分と一致した場合に欠陥を検出できたとし，全 11 ページでの欠陥検出数を総欠陥検出数とする．実験終了後にアンケートを実施した．実験の装置を図 3 に示す．

表 2　実験で使用した要件定義書の概要

要件定義書種別	概要
1	チャージポイントゲートウェイシステム開発について
2	通販システムの基幹システム刷新について
3	踏切定常監視システム構築について

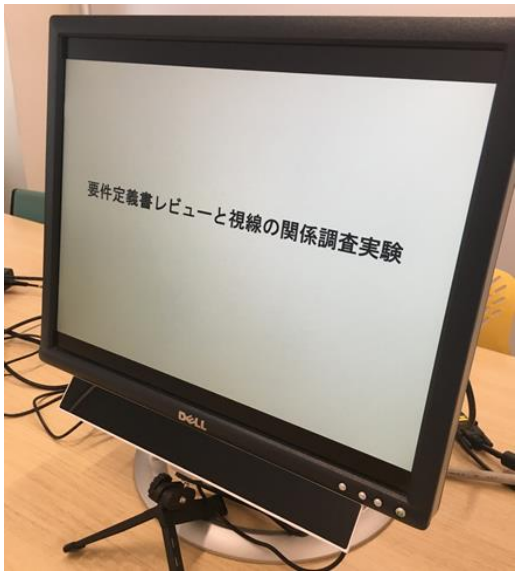


図 3　実験の装置（ディスプレイの下部：アイトラッカ）

3.2. 被験者特性

実験終了後のアンケートでは，年齢・性別の基本情報の他に，実験時の集中度・文書に対する理解度・要件定義書レビュー経験・文書レビュー頻度の被験者特性を取得した．被験者構成の年代は 30 代～50 代であり，年齢の分布を図 4 に示す．要件定義書レビュー経験数は要件定義書レビューを含むプロジェクトに携わった数を示しており，約半数の被験者は要件定義書レビュー経験が全くない．被験者の要件定義書レビュー経験の分布を図 5 に示す．

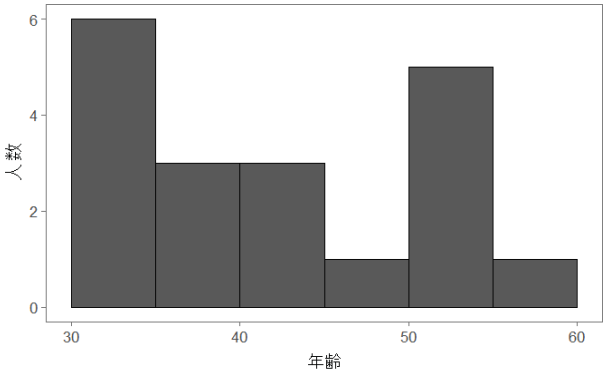


図 4　被験者の年齢分布

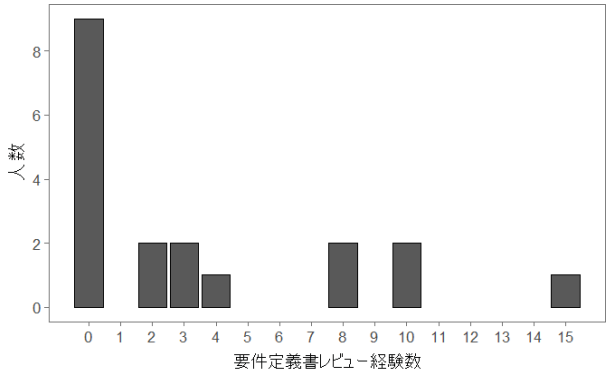


図 5　被験者の要件定義書レビュー経験分布

4.　モデルの作成・評価

4.1. レビュー時のレビュー品質評価

総欠陥検出数の被験者分布を図 6 に示す．レビュー品質評価では，総欠陥検出数が 1 以下の被験者を欠陥を検出できない人として定義し，総欠陥検出数が 1 以下の被験者を low グループ，2 以上を high グループとして，low グループを精度よく分類できるモデルを構築する．

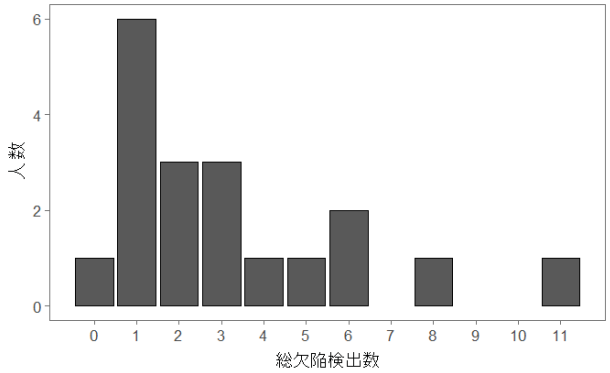


図 6　総欠陥検出数の被験者分布

4.1.1. データの前処理

被験者のページごとの視線情報において，適切に視線情報が取得できていないページの除外を行った．アイトラッカから得られる fixation が有効かどうかの情報を基にして，ページごとの有効な fixation の割合を算出し，スミルノフ・グラブス検定を用いた．有効な fixation の割合のヒストグラムを図 7 に示す．判定の結果, 図において有効な fixation の割合が 0.6 未満の 4 ページ分を外れ値として除外した．

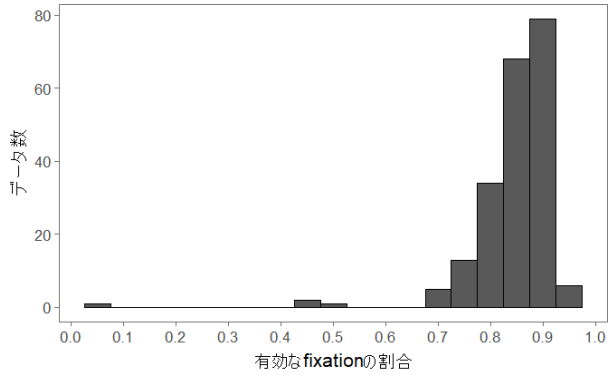


図 7　ページごとの有効な fixation の割合のヒストグラム

4.1.2. 説明変数の次元削減

ページ単位で算出した 47 の説明変数を基にして，RF における重要度が上位の説明変数を用いて分類を行った．RF を複数回実行した場合において，常に 9 つの説明変数の重要度が上位にあったため，上位 9 つの説明変数を採用した．

主成分分析を行った累積寄与度の 80%以上の主成分とアンケート結果を用いて分類を行った結果を比較対象として用いる．それぞれの説明変数を用いて，Leave-one-out cross validation を行い，Recall，Accuracy を算出した結果を表 3 に示す．Recall，Accuracy は leave-one-out cross validation を 19 人分行った際の平均値である．

RF における重要度が上位 9 つの説明変数を用いて分類モデルを構築した場合の Recall, Accuracy が最も高く，レビュー品質評価においては 9 つの説明変数が重要であることがわかった．

表 3　説明変数ごとの評価指標

アルゴリズム	評価指標	項目	データ数	説明変数			
				アンケート	47個	主成分	RF_上位9
SVM	Recall	high	131	77.3%	71.2%	72.0%	**85.4%**
		low	74	55.8%	10.9%	16.2%	**72.2%**
	Accuracy	all	205	69.4%	49.0%	51.4%	**80.5%**

4.1.3. 提案手法と他アルゴリズムの比較

RF における重要度が上位 9 つの説明変数を用いて SVM にて分類を行った．比較対象として，SVM 以外のアルゴリズムを用いた．それぞれのアルゴリズムにおいて，Recall，Precision，Accuracy を算出した結果を表 4 に示す．test データとして low，high それぞれ 1 名ずつ，train データとして残りの全データとし，すべての組み合わせにおおける Recall，Precision，Accuracy の平均値を算出した．

SVM（重み付け）では，データ数が少ない low において最も Recall が高くなり，SVM（重み付け）を用いることで low のグループを最も精度高く分類できる．

表 4　アルゴリズムごとの評価指標

評価指標	項目	データ数	RF	SVM（重み付け）	DT	kNN	NNET
Recall	high	131	87.0%	75.5%	**88.5%**	72.7%	84.1%
	low	74	71.4%	**81.1%**	77.7%	62.6%	71.3%
Precision	high	131	77.6%	80.0%	**81.8%**	65.5%	76.9%
	low	74	87.9%	82.0%	**90.1%**	75.6%	84.8%
Accuracy	all	205	79.1%	78.3%	**82.9%**	67.7%	77.7%

4.1.4. モデルの評価・考察

以上の結果より RF の重要度上位 9 つの説明変数を採用し，SVM（重み付け）を用いることで，low グループを最も精度高く分類できることがわかった．

SVM（重み付け）を用いて，train データを変化させて算出した Accuracy の学習曲線を図 8 に示す．train データを変化させた場合の train データ・test データにおける low と high グループの被験者の割合は表 5 のとおりである．train データが増加するにつれて，train データと test データでの Accuracy が近い値に収束しており，過学習は発生していないと考えられる．しかし，Accuracy が完全には収束しておらず，train データを増やすことで更なる精度向上が見込める．

RF の重要度上位の 9 つの説明変数において，最も重要度が高い説明変数は瞬きの時間の割合であり，次いで単位時間あたりの瞬きの回数であった．構築した分類モデルにおいて，瞬きが少ないまたは多い場合に high に分類される傾向があった．注意が必要なタスクでは瞬きが少なくなるといわれており，注意深く文章を読んでいる間は瞬きが少なくなると予測される．high のグループの人は，欠陥を指摘できているため注意深く読んでいると考えられるが，瞬きの回数の割合が多い場合にも high のグループが存在している．ページごとの瞬きの時間の割合のヒストグラムを図 9 に示す．既存研究からは，欠陥を検出できる特徴として瞬きが少ないことが考えられたが，瞬きが多いことも特徴の一つであることがわかった．

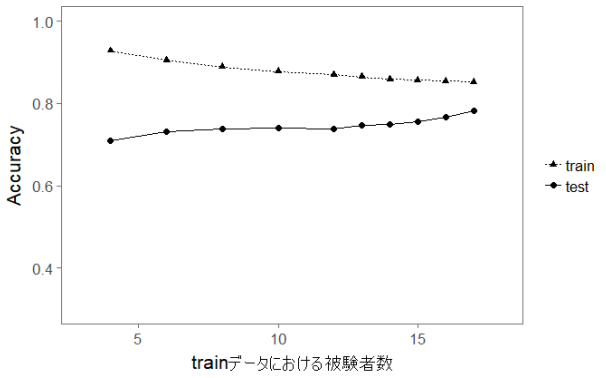


図 8　学習曲線

表 5　学習曲線における被験者数

		被験者数									
trainデータ	high	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	low	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6
	計	4	6	8	10	12	13	14	15	16	17
testデータ	high	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	low	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1
	計	15	13	11	9	7	6	5	4	3	2

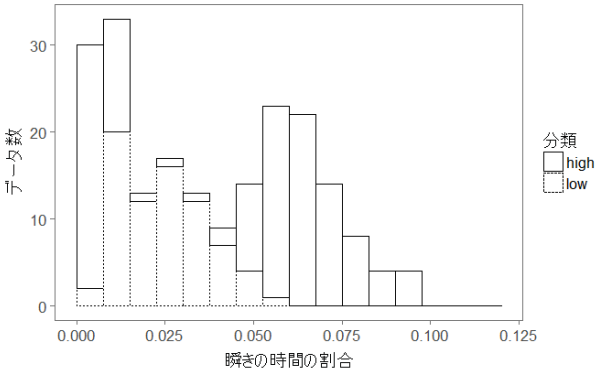


図 9　ページごとの瞬きの時間の割合のヒストグラム

4.2. レビュー文書の読みづらさ評価

読みづらさ評価には，レビューにおいて流し読みをせずに文章を読んでいる人を対象とする必要があるため，欠陥の検出数が多い人を対象とする．それぞれの要件定義書において，読みづらさの順位尺度を以下のように定義する．読みづらさを増すように変更を加えた機能要件のページの読みづらさの順位尺度を 2，変更を加えていない概要と非機能要件のページの順位尺度をそれぞれ 1 とした．

それぞれの要件定義書の各ページの単語数ごとの読み返しの回数を基に，読みづらさの順位尺度との相関関係を調査した．比較対象の指標として読み返しの総回数，レビュー時間，単語数ごとのレビュー時間を用いた．全ての要件定義書における概要・非機能要件と機能要件それぞれの各指標の平均値と平均値の増加率を表 6 に，それぞれの要件定義書における読みづらさと各指標の相関係数を表 7 に示す．要件定義書の各ページにおける単語数ごとの読み返しの回数の平均値を表 8 に，箱ひげ図を図 10 に示す．1-*はそれぞれ要件定義書の種別を，*-1 は概要，*-2 は機能要件，*-3 は非機能要件のページを示す．相関係数と平均値の算出には，箱ひげ図における外れ値は含めなかった．

読みづらさが増した機能要件のページにおいては，概要・非機能要件のページと比較して，単語数ごとの読み返しの回数の増加率が最も高い結果となり，単語数ごとの読み返しの回数が読みづらさの増加を顕著に示すことがわかった．それぞれの要件定義書においては，要件定義書種別 1 と 3 では単語数ごとの読み返しの回数と読みづらさと相関が高いが，種別 2 では相関がみられなかった．種別 2 においては，機能要件の記載内容が一般的な web システムのログインなどの機能であり，他の要件定義書と比較して内容自体に読みやすい要素があったためと考えられる．文章の内容自体を考慮する必要があるが，単語数ごとの読み返しの回数を用いることで，文章の構造変化による読みづらさを評価できることがわかった．

単語数ごとのレビュー時間においても単語数ごとのレビュー時間と同様の傾向を示すが，要件定義書種別 3 では単語数ごとの読み返しの回数と比べて相関が弱くなっている．レビュー時間は，被験者がレビュー文書を読んでいる以外の思考の時間や文章全体の読み返しなどの時間も含むため，文章の読みづらさ評価の指標としては適さないと考えられる．

表 6　読みづらさと各指標の平均と増加率

読みづらさの順位尺度	読み返しの総回数		単語数ごとの読み返しの回数		レビュー時間		単語数ごとのレビュー時間	
	平均	増加率	平均	増加率	平均	増加率	平均	増加率
1（概要・非機能要件）	28.1852	-	0.0545	-	166.744	-	0.3187	-
2（機能要件）	37.1429	32%	0.0811	**49%**	184.854	11%	0.4025	26%

表 7　読みづらさと各指標の相関係数

要件定義書種別		読み返しの総回数	単語数ごとの読み返しの回数	レビュー時間	単語数ごとのレビュー時間
1	Spearmanの相関係数	0.3174	0.5071	0.3118	**0.5345**
	p値	0.2907	0.0769	0.2997	**0.0599**
2	Spearmanの相関係数	0.0186	0.0925	-0.0423	-0.1268
	p値	0.9497	0.7533	0.8910	0.6798
3	Spearmanの相関係数	0.6325	**0.7076**	0.3563	0.5345
	p値	0.0152	**0.0046**	0.2320	0.0599

表 8　単語数ごとの読み返しの回数の平均

読みづらさの順位尺度	2（機能要件）			1（概要・非機能要件）					
要件定義書ページ種別	1-2	2-2	3-2	1-1	1-3	2-1	2-3	3-1	3-3
単語数ごとの	0.0932	0.0656	0.0855	0.0430	0.0527	0.0673	0.0591	0.0561	0.0486
読み返しの回数の平均	0.0811			0.0545					

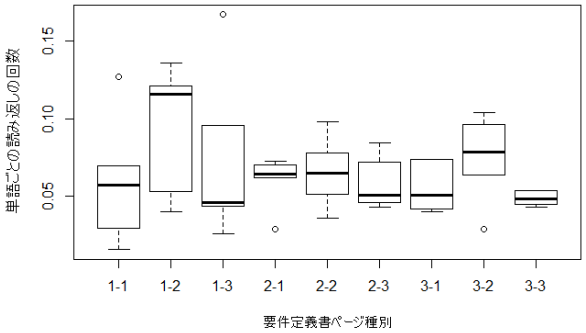


図 10　単語数ごとの読み返しの回数の箱ひげ図

5.　まとめ

本稿では，視線情報を利用して要件定義書レビューを 1 ページ単位で評価する 2 つの手法を提案した．

レビュー品質評価では，9 つの視線情報を用いて欠陥を検出できていない人のレビューを SVM（重み付け）にて約 81%の精度で分類できるモデルが構築できた．分類において重要な視線情報は 9 つであったが，特に瞬き時間の割合と単位時間当たりの瞬きの回数が重要であった．欠陥を検出できる読み方の視線の特徴の一つとして，従来の研究からは瞬きが少ないことが考えられたが，瞬きが少ないだけではなく瞬きが多いということも重要な特徴であることがわかった．

レビュー文書の読みづらさ評価では，文章の構造を変更することで読みづらさが増したページに対しては，単語数あたりの読み返しの回数が増加し，読みづらさと読み返しの回数に最大 0.71 の相関係数を示し，正の相関関係があることがわかった．文書の内容を考慮する必要があるが，読み返しの回数を用いることで，レビュー対象文書の読みづらさが評価できる．

参考文献

[1] H. Uwano, M. Nakamura, A. Monden, and K. Matsumoto, (2006) “Analyzing Individual Performance of Source Code Review Using Reviewers’ Eye Movement”, in Proceedings of the 2006 Symposium on Eye Tracking Research & Applications, pp. 133-140

[2] H. Ledger, (2013) “The effect cognitive load has on eye blinking”, Plymouth Student Sci., Vol. 6, No. 1, pp. 206-223

[3] Y. Uema and K. Inoue, (2017) “JINS MEME algorithm for estimation and tracking of concentration of users”, UbiComp/ISWC 2017 - Adjun. Proc. 2017 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput. Proc. 2017 ACM Int. Symp. Wearable Comput., pp. 297-300

[4] A. Okoso, T. Toyama, K. Kunze, J. Folz, M. Liwicki, and K. Kise, (2015) “Towards Extraction of Subjective Reading Incomprehension: Analysis of Eye Gaze Features”, Chi Ea, pp. 1325-1330

[5] O. Augereau, K. Kunze, H. Fujiyoshi, and K. Kise, (2016) “Estimation of english skill with a mobile eye tracker”, Proc. 2016 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput. Adjun. - UbiComp ’16, pp. 1777-1781

[6] 大社綾乃, K. Kunze, O. Augereau, 黄瀬浩一, (2015) “学習補助のための視線情報に基づく文書アノテーション”, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2015-30, Vol. 115, No. 24, pp. 161-166

[7] R. Bixler and S. D’Mello, (2015) “Automatic Gaze-Based Detection of Mind Wandering with Metacognitive Awareness”, in User Modeling, Adaptation and Personalization, pp. 31-43

現代アートの人物写真における「人間らしさ」の度合いの分析
—擬物化に着目した分類—

Analysis of counter personification in contemporary art using portrait photographs

中里 周子 †, 矢野 史朗‡, 宇野 良子‡
Noriko Nakazato, Shiro Yano, Ryoko Uno

†東京藝術大学, ‡東京農工大学,
Tokyo University of the Arts, Tokyo University of Agriculture and Technology
ryokouno@cc.tuat.ac.jp

Abstract

This paper aims to reveal how contemporary artists conceptualize human by analyzing counter personification in photography that focuses on human. In our experiment, participants were asked to rate the subjects in the art photos from the following four perspectives: humanness, pleasantness, functionality, and fakeness. We mainly observed two types of counter personification. The first type had relatively low humanness, low pleasantness, low functionality and high fakeness. The second type had relatively low humanness, high pleasantness, high functionality and high fakeness.

Keywords — visual metaphor, counter personification, contemporary art, photography, human image

1. はじめに

人間とは何かという問いは様々な分野で見られるが、果たしてその答えとなる人間像は同じものなのだろうか。人間にとっての、あり得る人間像のバリーエーションを探求する第一歩として、本研究では現代アートにおける人間像を探索する。1990 年代以降の現代アートおける人物写真を、認知言語学における概念メタファー論の観点から研究する。写真の中でも「人間らしさ」の度合いが低くなっているものを、人の擬物化（モノとして喩えること）の例として分析することで、現代アートにおいてどのように人間が捉えられているかを明らかにすることを目指す。

2. 背景

2.1 擬物化の研究

メタファーとは、「あの先生は鬼だ。」のように、あるもの（「先生」）を類似している点（「厳しさ」）がある別のもの（「鬼」）で表わす、レトリックの一種である。認知言語学初期の Lakoff & Johnson (1980)の研究以来、メタファーは、言語表現にとどまらず、概念のレベルで起きる現象であるとされている。つまり、すでに理解している物事の経験を通じて、物事を新しく理解する認知的仕組みが概念メタファーである。概念レベルの対応関係なので、当然その現れは言語に限らない。現在では、概念メタファー理論の分析対象は、広告・映画・漫画などの視覚的イメージの分析にも広く応用されている（Forceville, 2016）。アートやデザインにおいてメタファーが見られることは、デザイン研究の側からも指摘され、分析されている（山根・佐藤　2016）。

メタファーの例としては、人で無い物をヒトに喩える擬人化がある。例えば、擬人化は、コンピューターをヒトとしてみなす言説の分析などで注目される（Nass,1996）。また一方で、擬物化というメタファーもある。これはモノでないものをモノとして表現するメタファーである。瀬戸 (1998) は擬人化には段階があるとし、それに基づき、宮内（1992）は擬物化を、擬人化とは逆向きにその段階を進むものとして論じた。本稿では擬物化が写真の被写体に見られる場合を分析する。

2.2 現代アートにおける人物写真

現代アートの始まりは、19 世紀以降から 1920 年代までの前衛と呼ばれた表現形式にあるとされる。 また、現代アートという呼び方そのものは、1980 年代以降に使われるようになったとされる（松井 2002）。その中でも写真という表現形態は、現代アートとの関わりで、大きく変容してきた。写真は、元々は記録媒体として用いられてきたが、現代ではアート作品そのものとなった。コットン（2016）は、写真と現代アートの接点は、1960 年代から 1970 年代のコンセプチュアルアートやパフォーマンスアートを記録するための手段として位置付けられたこと

にあるとする。中でも、人物写真は1980年代のセルフ・ポートレートを始めとして、現代アートの中で数多く生み出されている。(倉石 2004)。本稿では、現代アートの作品としての人物写真を研究対象とする。

3. 方法

本研究では、アンケートと実験を行なった。アンケートの調査項目を設定した方針、アンケート項目、アンケートで参加者が評価したデータ、アンケート調査の手順を順に説明する。

3.1 アンケートの方針

現代アートの写真を検討する中で、写真の被写体を擬物化のタイプとして、人形的なもの、死体的なもの、ロボット的なものがあると考えた。そしてこれらの分類には、「作り物らしさ」と「機能の増減」という二つの軸が有効である。人形やロボットなどは作り物らしさが高く、死体はその逆で作り物らしさが低く生々しい。一方で、人形とロボットの違いは、人形は通常の人間より機能が減っているのに対して、ロボットは増えている点である。更に、この２軸から、作り物らしさが低く、機能が増えているカテゴリーが考えられる。

3.2 アンケート項目

アンケートでは、４つの質問項目を立てた。実験参加者は、写真に対してこの４項目について回答した。

最初の問いは、擬物化がどのように受け取られるかを調査するものである。被写体に対して快・不快を感じるかを聞いた。回答は 「非常に快と感じる（1）」から「非常に不快と感じる（6）」の６段階からの選択とした。

問２では、本研究の中心テーマである、人間らしさを被写体に感じるかを聞き、回答は、「非常に感じる（1）」から「全く感じない(6)」の６段階からの選択式とした。

問３と問４は前節で論じた擬物化の下位分類をするための２つの観点である。問３では、被写体に対して人間としての能力・機能の増減を感じるかを聞いた。そして、「非常に増えたと感じる（1）」から「非常に減ったと感じる（6）」の６段階での回答とした。

最後に問４では被写体に対して作り物らしさを感じるかを聞いた。「非常に感じる（1）」から「全く感じない（6）」の6段階からの選択式とした。

3.3 データ

アンケートで用いる写真は、現代アートを扱う雑誌である『美術手帖』から抽出した。『美術手帖』は1948年より美術出版社から月刊出版され、2018年6月号より隔月刊化されている、

まず、『美術手帖』1990年代、2000年代、2010年代の計336冊から、特集部分において人間が映っている写真を抽出した。なお、1990年代年代よりも前に発表された作品、コラージュ作品、映画のキャプチャー、インタビュー写真、特集本は除外した。

この時点で写真の枚数は約600あり、アンケートには多すぎるため、３名の作業者によって、擬物化が観察しやすい写真を選出した。作業者には、被写体の人間らしさが減じているもの、被写体がモノ的であるものを選ぶように指示した。そして、作業者のうち２名以上が選択した写真57枚をアンケート用に残した。

3.4 アンケート調査の手順

アンケート調査の参加者は、アート及びファッションを専門とする20代から30代の16名である。アート系が男性2名・女性6名、ファッション系が男性3名・女性5名である。57枚の写真は参加者ごとにランダムに並べ替え、２回に分けて調査を行なった。

57枚のうち、本稿の分析に用いるのは、写真として発表されている作品、雑誌の紙面上のキャプションに写真と表記されている作品、スチル写真の24枚である。スチル写真は映像作品を別メディアに使用する際に用いるものであり、写真という形態を最終目的として作られているものなので今回は写真作品とみなす。

今回扱わない38枚は、パフォーマンスやインスタレーション写真、映像作品のキャプチャーなどであり、その分析結果は別の機会に述べる。

4. 結果

4.1 擬物化の下位分類

分析対象となる24枚の写真を、問３、４の結果を用いて4種類に分類した。その際に、「感じる」に分類できる回答の1から3までを「＋」、「感じない」に分類できる回答の4から6までを「−」としてまとめた。結果を表１に示す。各タイプに該当する写真の枚数は、Aが8枚、Bが12枚、Cが2枚、タイプDが2枚となる。

表１　擬物化の下位分類

タイプ	機能	作り物らしさ	写真数
A（人形的）	−	＋	8
B（ロボット的）	＋	＋	12
C（死体的）	−	−	2
D	＋	−	2

以下で、各タイプについて検討していく。まず、機能が増えており、作り物らしいタイプAである。該当する画像は全部で8枚ある。まず、複製のようにそっくりな人間が複数均一に並べられている例が２つある。やなぎみわの『案内嬢の部屋１F』(1997)は、デパートの受付嬢の制服を着た何人もの人がエレベータの左右のショーケースの中に並べられている。（作品は2枚組だが、本実験ではそのうちの1枚を使用している。）スペンサー・チューニックの『コートランド通り（一般のアート)』(2002）では、寝そべった裸体の男女が複数通りに敷き詰められている。次に、人間の身体が拘束されているような作品が４つ挙げられる。大きな布を頭から被り足だけが出ているセアラ・チャールズワースの『聖母被昇天』（1991）、顔や目の部分にスライスした野菜を乗せている白塗りの人間が被写体のアーヴィング・ペンの『Vegetable Face(B)』(1995)、人間が大きな袋に入っており顔だけ出ているツァオ・フェイの『辿り着けない愛』(2003)、手足が拘束された女性が横たわっている荒木経惟の『東京墓情』（2016）がその例である。どちらの場合も、被写体に対しての扱いが物に対してのものである。このタイプを「人形的」であるとした3.1節で述べた当初の想定はそれなりにあてはまると言える。

次に、機能が増えており・作り物らしいタイプBを見る。該当枚数が12枚で、最も作品数が多いタイプである。２例を除いて、他は全て人間の身体に何らの加工がされていると言える。３例が人間に人工物が組み合わさっているものであり、例えばイ・ヒョングの『顔の特徴をDevice-H5で変える』（2003）では人間の顔が透明の球体状の大きなヘルメットで全て覆われている。また、人間とその他の生き物が掛け合わされた例も５点ある。マシュー・バーニーの『クレマスター5』（1997）では、被写体の人間の足の付け根から指先にかけて別の生き物の足のようなものが結合している。最後の3例は肌や目の色が明らかに人間とは異なるものとなっている。例えば森万里子の『巫女の祈り』(1996)では被写体の目の色は人間離れした色をしている。当初このタイプは「ロボット的」としたが、ロボットやサイボーグのような機械的な部品と人間が結合したものばかりでなく、有機的なものとの結合もみられ、被写体である人間の体が素材や部品である点で物となっていると言える。

3つ目は、機能が減っており、作り物らしくない（すなわち生々しさのある）タイプCだが、該当するものが2作品のみだった。２枚とも被写体の顔が鮮明に映っていなく、横たわっている写真だ。志賀理江子の『いまださめぬ』(2009)では、暗闇の中に横たわった人間が、まるで中に浮いているかのように幾人もの手に支えられている。どちらの被写体も生気が無く、まさに「死体的」であると言える。

最後に、機能が増えており、作り物らしさがないタイプDだが、該当するものが２作品のみとなっている。スーツ姿の女性たちが天井高く積み上げられたベッドのようなものに座っていたり寝そべったりしている、やなぎみわの『Paradise Trespasser』(1998)と、人間ではない生き物の目がホログラム状に転写された眼鏡を着用している荒木経惟の『セルフ・ポートレート』(2006)が当てはまる。非日常感の強い2枚がここに分類された。

4.2 各タイプの人間らしさと快・不快

次に、擬物化の各タイプと、問１、問２の回答である人間らしさと快・不快の平均値の関係を示す。

まず、各タイプの人間らしさの平均値を表２に示す。全体の平均値は、2.59となっている。

表２　人間らしさの平均値

タイプ	人間らしさ 1（非常に感じる）−6（全く感じない）
A	2.98
B	3.11
C	2.13
D	2.13

各タイプの平均値を比較すると、タイプAとBは人間らしさが相対的に低く、タイプCとDは高いことがわかる。AとBは作り物らしさがあり、CとDは作り物らしさがないタイプである。つまり、作り物らしさがあると人間らしさが低くなっている。

次に各タイプの快・不快の平均値を検討する。結果は表３にまとめた。

表 3 快・不快の平均値

タイプ	快・不快 1（非常に快と感じる）– 6（非常に不快と感じる）
A	3.32
B	3.18
C	3.81
D	3

タイプCが中では最も不快であり、次にAが不快であることがわかる。一方BとDは相対的に快よりである。AとCは機能が減っており、BとDは増えている。ここから、機能が減っているタイプでは不快感が相対的に高いと言える。

５．まとめ

本研究は人物写真における擬物化から、現代アートにおける人間観を明らかにすることを目指して、アンケート調査を行なった。結果として、人間の身体の扱い方が、物を扱っている時のようであり、鑑賞者が比較的不快感を感じる擬物化と、人間の身体が素材となり機能が増えるような加工が行われ、鑑賞者が快と感じる擬物化が主に観察された。今後はデータを増やし、各タイプの関係や、擬物化の度合いについて研究を進める予定である。

参考文献

[1] コットン, シャーロット (2016). 『現代写真論 コンテンポラリーアートとしての写真のゆくえ』, 大橋悦子・大木美智子（訳）晶文社.

[2] Forceville, Charles, “Pictorial and multimodal metaphor”, Nina Maria Klug and Hartmut Stöckl, (eds.) Handbuch Sprache im multimodalen Kontext [The Language in Multimodal Contexts Handbook]. Berlin: Mouton de Gruyter. 2016.

[3] 倉石信乃 (2004). 「写真の現在 1980 年代-20 世紀末」『世界写真史』 飯沢耕太郎 (監修) 鈴木一男 (編) (pp. 118-150). 美術出版社.

[4] Lakoff, George and Mark Johnson. Metaphors We Live By. Chicago: University of Chicago Press, Chicago. 1980.

[5] 松井みどり (2002). 『“芸術”が終わった後の“アート”』,朝日出版社.

[6] 宮内伸子 (1992),「『マルテの手記』を読む : 擬人・擬物の視点から」,『富山大学教養部紀要（人文・社会学篇）』, 25, pp.183-201.

[7] Nass, Clifford. The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media like Real People and Places. Cambridge: Cambridge University Press. 1996.

[8] 瀬戸賢一 (1998). 『レトリックの知 : 意味のあるケオロジーを求めて』 新曜社.

[9] 山根生也・佐藤弘喜 (2016),「デザインにおける擬人化表現に関する研究,『日本デザイン学会研究発表大会概要集』, 63, pp.96-97.

オンライン文章要約の機序解明に向けて：段落分けの検討
Toward understanding of on-line text summarization: paragraph detection task

布山 美慕[†]，日高 昇平[†]
Miho Fuyama, Shohei Hidaka
[†] 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Thechnology
m-fuyama@jaist.ac.jp, shhidaka@jaist.ac.jp

概要

文章理解の機序解明に向け，著者らは読者が読みながら文章情報をある意味のまとまりごとに圧縮し保持する “オンライン要約” に注目した．このオンライン要約の基礎的な過程の一つは意味のまとまりの範囲の推定である．本研究ではこれを意味的段落分けとして，読者が意味的段落分けする際に利用する情報について調べた．実験の結果，意味的段落分けは当該段落内部の情報のみでも一貫性をもって可能なことが示唆された．この結果は，意味的段落分けが，段落の意図の記述の必要十分性の認識によってなされるという本研究の仮説に整合的である．

キーワード：文章理解，段落分け，オンライン文章要約

1. 文章理解におけるオンライン要約

人はどのように文章を理解しているのだろうか．文章の理解とはどのような情報の処理で，その “ 理解 ” は読み手においてどのように表現されているのだろうか．著者らはこの文章理解の認知の解明に向けて，読みながら行われる要約 (以下オンライン要約) に注目した．本研究では，このオンライン要約の認知機構を明らかにする一歩として，読者がどのように文章の意味的なまとまりを見出していくのか（以降「意味的段落分け」と呼ぶ）を調べる．

多くの読者は，あるまとまった文章を読む際，それまでに読んだ一語一文を全て覚えているわけではない．しかし，文章を全体として理解するには，それまでに読んだ文章を何らかの形で記憶しておく必要があるだろう．従って，人は情報を圧縮・保持する一種の “要約” を行いながら，文章を読み進めていると考えられる．著者らは，こういった “オンライン要約” による意味的な段落分けは，読者の文章の理解がどのように/どのような情報として表現されているかを示唆し，文章理解の認知過程を解明する要点となると考えている．

オンラインの要約は次のような課題だと解釈できる．まず，制約条件として，文章全体に比べて，一度には少ない量の文章しか認識できず（情報の入力の窓が小さい），記憶容量が文章全体をそのまま記憶するのに必要な容量に比べて非常に少なく（保持できる情報が少ない），それ以降の文章の内容が読者にとって不明である．オンライン要約は，この条件下において，それ以降の文章理解に長期的に有用な情報を構築し保持する課題である．文章要約については，文章の全体が与えられた際の自動要約の研究が盛んに行われているが（レビュー的な文献として [1, 2] など），少なくとも先の文章が不明な条件で，それ以降の読解に有用となる情報を構築するという点が新規な課題である（自動要約の場合は，人の認知容量の制約はないため，さらに情報入力のサイズや記憶容量の問題が大きく緩和される）．

2. 意味的まとまりの判断

このオンライン要約の認知過程を明らかにするための一歩として，本研究では文章の意味的なまとまり判断（意味的段落分け）の認知を調べる．オンライン要約を行うためには，要約の単位として，読者は読みながら文章の意味的なまとまりを意識的・無意識的に判断すると考えられる．前述の通り，読者はその認知容量の制約に合わせてある文章範囲ごとに要約を行うと考えられる．このとき，要約は要約内容に合わせた文章の範囲ごとに構築されると考えるのが自然である．この文章の範囲＝ある情報で要約されうる意味的なまとまりの範囲をどう取るかと，要約の内容は相互依存的である．したがって，オンライン要約の観点から考えると，意味的まとまりの判断は読者の文章理解を反映する基礎的な認知過程である．

こういった読者の意味的まとまり判断に関しては，先行研究でも，文章の意味的な分割が読者間で一貫性をもってなされるとして報告されてきた（3 節でより

詳しく述べる）．たとえば，Zacks ら（2009）[3] は，event segmentation の一種として，読者間で一貫性のある文章分割がなされることを確かめ，これが “出来事” のような意味的単位と見なせると論じた．また，この Zacks ら [3] も参照しているように，文章理解の研究でも，読者は状況モデルと呼ばれる現実世界に類似する物語世界のモデルを構築しており，このモデルが大きく更新される際に読解時間が延びるとされる [4, 5]．これはモデル更新までの範囲を意味的なまとまりと見なす仮説と解釈できるだろう．以上の知見は，読者がなんらかの意味的なまとまりを文章理解の際に見出している可能性を示唆する．ただし次節で議論するように，これらの先行研究の “意味的なまとまり” が，本研究で仮定する “要約” が対応する意味的単位と同じ対象を指すかは明らかでない．

3. 意味的段落分けに関する本研究の仮説

本研究では，読者の文章の解釈に依存する最小の意味的なまとまりとして「意味的な段落」を考える．単語や文のまとまりの単位が比較的明確なのに対し（少なくとも現代の日本語や英語では文は終端記号を持つ），いくつかの文からなる意味的な “段落” はそのまとまりが必ずしも文中に明示されず，前述の通り読者の文章解釈に依存して可変である．本研究の仮説では，この意味的な段落を最小の要約に対応する意味単位と考え，よって，要約に相当するなんらかの文章の “意図（言いたいこと）” を必要十分記述している単位が意味的段落であると考える．

著者らはこの意図の記述の必要十分性は，より大きな単位では，(良い）小説全体を読んだときに，きちんと話が “終わった” 感じを受けることと対応していると考えている．小説を読了してすっきりと終わった感じがしない場合，伏線が回収されないなど，作品の意図に対し必要十分な記述がなされていないと読者が感じることが要因と考えられる．一方で，作品の意図が必要十分記述された小説では，最後まで読むと物語が “終わった” 感じを感じることができるであろう．これと類似で，本研究の仮説では，段落の単位でもこういった意図が十分述べられた〜“終わった” 感じの判断がなされ，これが意味的段落分けの判断と考える．

一方，文章分割に関する先行研究の多くは，段落内外の意味的類似性の差（段落内では意味的類似性が比較的高く，段落間では比較的低い）を手がかりとした意味的段落分けを主張してきた．たとえば，Zacks ら [3] は，文章理解の一つのモデルである Event-Indexing Model[5] を参照し，Cause, Character, Goal, Object, Space, Time の 6 つの要素が大きく変化する地点で読者は文章分割を行うと予測し，これを実験から部分的に確かめた．これは，段落内外でこれらの要素の差が大きいことを手掛かりに意味的段落分けをするとの仮説だと見なせる．また，自然言語処理の分野でも，Hearst（1997）[6] をはじめとして，段落の境界で文章の類似度が変化する（Hearst(1997) では境界前後の特定の数の単語集合間の類似度が大きく変化した地点を段落の境界とみなす）と考え，文章の自動分割を行ってきた．

本研究の仮説は，読者は各段落の意図が必要十分書かれたか否かを基準に段落分け可能と予測する．よって，類似度の変化の情報がなくても段落分け可能と考える（本研究の仮説では類似度の変化は段落ごとの作品の意図の変化に伴う副次的な変化だと考えられる）．本研究では，本仮説検証の第一歩として，類似度変化の情報がなくとも読者はもとの作品の段落分けを認識できるか，読者間で共通した段落分けが行われるかを調べた．

実験 1 では，検証の前段階として，元の作品の段落分け情報を除いた際に，読者がどの程度元の作品の段落分けを推定可能か調べた．実験 1 では読者には作品の全文を提示し，段落分けをしてもらうため，読者は段落分けにあたり内容の類似度変化の情報も利用できる．実験 2 では，被験者に一文ずつ作品の本文を提示し，その文で段落分けされると思う程度を 5 件法で回答してもらった．この実験では，読者は当該段落内部の情報のみで意味的段落分けを行うことになる．このとき，読者は次の段落の文を参照せずに段落の終端を予測する必要があり，類似度変化の情報を利用できない．なお，本研究は進行中の研究であり，実験 1・2 ともに予備的な実験である．そのため，被験者はそれぞれ 7 名と 9 名と少数である．

4. 実験 1

4.1 実験方法

改行情報（作品の元の段落分け情報）を削除した 10 作品（小説 7 作品，エッセイ・論述 3 作品．表 1 に作品名を記載）の各作品冒頭 900〜2200 文字を 7 名の被験者に読んでもらい，意味的な段落の切れ目を報告してもらった．被験者は日本語を母語とする大学院生および研究者（男性 6 名，女性 1 名）であった．10 作品分を印刷した紙を渡し，読み返しや先読みも自由にできる状態で，自由な速度で読み，時間制限なく意味的な段落の切れ目を本文中に書き入れてもらった．

表 1　実験結果 1：検出能力を表す d-prime（表中は d' 表記）の大きい順（降順）に結果を並べた．開業の頻度が少ないものほど d-prime は高くなる傾向がある．また，作品 No.1,2,5 は随筆，それ以外は小説で，随筆の d-prime が高い傾向がみられる．

作品 No	作品名	P(正検出)	P(誤検出)	d’	元作品段落分け頻度
1	回顧と展望	0.61	0.08	2.43	0.14
2	趣味の遺伝	0.40	0.04	2.01	0.13
3	桐壺	0.64	0.15	1.92	0.07
4	細雪	0.32	0.01	1.85	0.24
5	家の話	0.57	0.12	1.81	0.14
6	冗談に殺す	0.28	0.05	1.03	0.36
7	銀河鉄道の夜	0.29	0.05	1.03	0.35
8	城	0.23	0.04	1.02	0.23
9	ラプンツェル	0.22	0.05	0.84	0.31
10	レ・ミゼラブル	0.26	0.08	0.83	0.19

4.2　実験結果・議論

結果を表 1 にまとめた．被験者の意味的段落分け報告を集計し，被験者 7 名分の結果から，元の作品で段落分けがある箇所で被験者が段落分けありと判断した確率（P（正検出）），元の作品で段落分けがない箇所で被験者が段落分けありと判断した確率（P（誤検出））を算出した．そして，これらの値を元に信号検出理論で用いられる信号（本実験では元の段落分け）の検出能力を表す d-prime の値を算出した．d-prime は被験者にとっての信号+ノイズの分布の平均値からノイズの分布の平均値を引き，これをノイズの分布の標準偏差で割ったもので，ノイズの標準偏差を単位として信号＋ノイズとノイズの分布がどの程度離れているかを示す．よって，たとえば，最も d-prime が大きかった作品 No.1 の d-prime = 2.43 は被験者が平均的に信号+ノイズとノイズをノイズの標準偏差の 2.4 倍程度離れた分布として識別可能であることを示唆する．

以上の分析の結果，表 1 中の d-prime が算出された．d-prime が 0.83〜2.43 であることから，信号とノイズは被験者にとって十分識別可能であると推測される．また，作品の元の段落分け頻度と d-prime の間には相関係数-0.72 程度の負の相関があり，段落の数が多いほど段落分けの予測が難しくなっていることを示唆する．これは，段落分けが少ない場合，大きな意味的変化を反映した段落分けであるため，被験者が推測しやすかった可能性を示唆する．加えて，作品 No.1, 2, 5 は随筆・論述文であり，小説に比べて文章の展開が予測しやすいと考えられる．その結果，d-prime の値が比較的高くなっている可能性が考えられる．

まとめると，作品の種類や改行の多さに応じて差はあるものの，読者は総じて文章から元の作品の段落分けを推定可能であることが示唆された．

5.　実験 2

5.1　実験方法

夏目漱石『こころ』の冒頭 172 文を，一文ずつ改行し，被験者に一文ずつ提示しながら各文で段落が終わると考える程度を各文ごとに 5 件法（5 がその文で段落が終わると思う程度が最も強い）で評価してもらった．該当文の評価時に前の文を読み返すことは許可したが，該当文の評価を次の文以降を読み直して修正することは許可しなかった．読む速度は被験者の自由で，課題全体の時間制限も行わなかった．被験者は 9 名で，日本語を母語とする大学院生および研究者（男性 7 名，女性 2 名）であった．うち，1 名の被験者が『こころ』を読んだことがあったが，冒頭部分の展開をはじめ作品についてあまり記憶しておらず，実験への影響は少ないと判断した[1]．

5.2　実験結果・議論

表 2 に被験者ごとの正検出/誤検出の確率および d-prime の値を示した．表では d-prime の値が降順になるように結果示した．この結果から，被験者によって差はあるものの，上位 3 名はノイズの 1 標準偏差程度

[1]実際，実験で特に目立って精度良く作品の元の段落を予測することはなかった．

でノイズ+信号とノイズを弁別している．実験 1 の結果と比べると，全体的に実験 1 よりも検出力は落ちるが，上位 4 名程度は実験 1 の下位程度以上の検出力をもって段落分けを判定した．また，表 2 の一番下の行に 9 名分の平均値を記した．作品が異なるので単純比較はできないが，d-prime の平均値は，実験 1 の最低値に近い値となった．

また，被験者間の意味的段落分け評価値の相関係数を各被験者間で求めた．d-prime が作品の元の段落分けを正解データとした検出力を示すのに対し，被験者間の意味的段落分け評価値の相関は，被験者間の意味的段落分け評価の一貫性を示す．この分析結果として，全ペアの相関係数をまとめ，図 1 に相関係数のヒートマップとして示した．相関係数は $-0.06 \sim 0.42$，相関の p 値が 0.05 以下のペアは 36 ペア中 27 ペアと，75% のペアにおいて 5% 有意水準で有意な相関を示した．

この結果は，d-prime が低い被験者でも他の被験者と高い相関係数を持つことから，実際の作品の段落分けとは異なる作品の意味的段落を被験者が共通して推定した可能性を示唆する．これは，読んでいる文が含まれる段落に関して，被験者がなんらかの共通の手がかりを用いて，作者の意図とは異なる意図を推定し，意味的段落分けを行った結果とも解釈可能である．

表 2　実験結果 2：d-prime（表中は d' 表記）の大きい順（降順）に結果を並べた．

被験者	P(正検出)	P(誤検出)	d’
1	0.54	0.15	1.47
2	0.17	0.01	1.23
3	0.46	0.16	1.12
4	0.21	0.05	0.84
5	0.33	0.16	0.63
6	0.33	0.17	0.60
7	0.38	0.21	0.56
8	0.08	0.03	0.44
9	0.25	0.15	0.39
average	0.31	0.12	0.81

6.　総合議論

本研究では，オンライン要約の認知過程解明に向けて，文章の意味的段落分けが最小の要約相当の文章の“意図” が必要十分書かれる単位でなされるという仮説の部分的な検証を行った．具体的には，意味的段落内部の情報のみで，意味的段落分けが可能であるかを 2 つの実験から検証した．実験 1 では，読者が段落情報を落とした文章から元の段落分けをどの程度推定可能か調べた．その結果，信号検出理論の d-prime=0.83 ～ 2.43 程度の十分な精度で作品の元の段落を推定可能であった．実験 2 では，読者が段落内部の情報のみで，意味的段落分け可能か調べた．その結果，実験 1 よりも精度は落ちるものの作品の元の段落分けが推定可能であること，被験者間で有意に相関した意味的段落分け評価がなされることが示唆された．

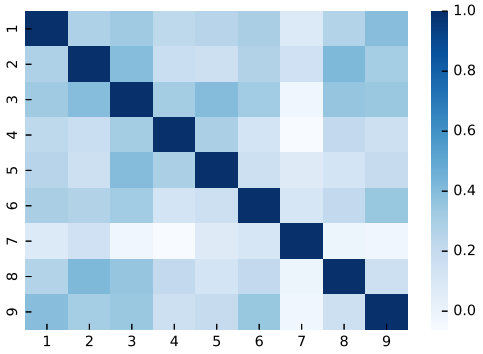


図 1　被験者 9 名の 1～5 段階の段落分け評価値の相関係数のヒートマップ．被験者 1～9 の順で d-prime が高くなるよう並べた．

以上の結果は，読者は段落内部の情報のみでも意味的な段落分けが可能であることを示唆する．可能という意味は，元の作品の段落分けを推定できること，およびなんらかの一貫した文章の手がかりを用いて他の読者と共通した段落分け評価をなせることを指す．実験 1 よりも実験 2 の方が d-prime の値が低いことから，通常，読者は該当段落よりもあとの文章の情報も利用して意味的段落分けを行なっていることを示唆する．

これらを総合すると，先行研究が主張するように，なんらかの段落内外の差も意味的段落分けに利用するが，段落内部の情報のみでも十分一貫性のある意味的段落分けが可能であると考えられる．この結果は，本研究の，読者がなんらかの文章の意図の推定から，意味的段落分けを行っているとの仮説に整合的である．

著者らは，オンライン要約の認知過程解明に向けて，本仮説検証のための今後の課題として以下を考えている．まず，意味的段落分けに利用可能な段落内部の情報として，本研究の仮説が主張するような段落全体の“意図” 情報のみならず，多くの情報が考えられる．たとえば，局所的な段落最後の文の文末や接続詞など特徴的な一語・二語によって，読者が段落の終端を予測している可能性がある．よって，意味的段落分けに際

し，こういった段落内部の局所的な情報にどの程度依拠しているか，段落全体が示唆する大局的な “意図” がどの程度利用されているかを分けて調べる必要がある．このためには，文をシャッフルしたり（大局的な情報を弱める），接続詞や文末の表現を変える（局所的な情報を弱める）などして読者の意味的段落分けがどの程度変化するか調べる等の方法が考えられる．また，テキストの局所的な情報から段落分けを推定するモデルを，コーパス等から学習し，局所的な情報のみで（原理的には）どの程度段落分けが推定可能か調べることも可能であろう．加えて，より本質的には，段落全体の “意図” がどのように文章から推定され，どのように認知過程に表現されるのかモデルを構築することが必要であると考える．これらの知見を元に，オンライン要約の基礎となる意味的段落分けの認知過程を明らかにし，文章理解過程の解明を目指したい．

謝辞

本研究は科学研究費補助金若手研究 A 16H05860 の補助を受けた．

文献

[1] 奥村学 & 難波 英嗣， (2005)，“テキスト自動要約”，オーム社.
[2] 高村大地，(2017)，“文章要約のための数理的手法”，オペレーションズ・リサーチ，Vol.62, No.11, pp.711-716.
[3] Zacks, J., Speer, N., & Reynolds, J. (2009), “Segmentation in reading and film comprehension.”, *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol.138, No.2, pp.307–327.
[4] Gernsbacher, M. (1997), “Two decades of structure building.”, *DIscourse Processes*, Vol.23, No.3, pp.265–304.
[5] Zwaan, R., Langston, M., & Graesser, A. (1995), “The construction of situation models in narrative comprehension: An event-indexing model.”, *Psychological Science*, Vol.6, No.5, PP.292–297.
[6] Hearst, M. (1997), “TextTiling: Segmenting text multi-paragraph subtopic passages.”, *Computational Linguistics*, Vol.23, No.1, pp.33-64.

高速行為文の理解による反応時間の遅延
Understanding fast action sentences increases reaction time.

粟津　俊二
Shunji Awazu
実践女子大学
Jissen Women's University
awazu-shunji@jissen.ac.jp

Abstract
Recently, numerous studies have investigated the relationship between sentence comprehension and sensorimotor representation. Such studies have shown that action-sentence comprehension activates sensory-motor simulation and affects actual actions. This study investigated whether speed of described action influences sensory-motor simulation. Native Japanese speakers judged the sensibility of Japanese sentences and responded by pressing buttons. A t-test was conducted to compare reaction times for sentences that describe high- and low-speed actions. When participants comprehended high-speed action sentences, their responses were slower than when they comprehended low-speed action sentences. That is, the result revealed an incongruency between the speed of described actions and that of actual responses. This lack of congruency suggests that the sensory-motor simulation includes speed of described actions. The neural mechanisms are discussed.
Keywords — embodiment, sentence comprehension, motor simulation, speed.

1.　目的

近年、言語理解と知覚運動表象の関係が盛んに研究されている。言語は、その言語が意味する状況を実際に経験したときと同じ知覚運動表象が活性化してシミュレーションが行われることで理解される、と考えられている[1]。実際、行為文の意味判断課題をさせると、その文が意味する行為に含まれる身体動作が速くなるなど、文の理解時に知覚運動表象が活性化することを示す研究は数多い[2]-[4]。

筆者もこれまで、行為文理解時の運動表象活性化について検討してきた。まず、手を使う動作を意味する行為文を読むと手でのボタン押し反応が、足を使う動作を意味する行為文を読むと足でのペダル押し反応が促進されることを示した[4]。次に、利き手片手での行為を意味する文の読解によって、利き手でない左手でのボタン押し反応が、身体動作を伴わない文の読解時よりも促進されることを示した[5]。母語である日本語文と外国語である英語文の双方で、手の行為を意味する文の読解時の方が、身体行為を伴わない心的行為文の読解時よりも、ボタン押し反応が促進された[6]。また、手の行為を意味する文の時相が、ボタン押し反応に影響することも示した[7]。

このように行為文理解時の運動シミュレーションは、文が意味する行為の詳細を含むと考えられている。手の方向[2]、効果器[4]、形[8]など、使用する筋肉の違いまでも含んだ詳細なシミュレーションがなされている可能性が示唆されており、その文が意味する行為を実際に行うときと同じ神経回路を使用するとの説は説得力が高い。

しかし、粟津(2017)[9]は異なる可能性を示した。粟津(2017)は自身が行った3研究[5]-[7]をメタ分析したものである。各実験で提示した行為文を対象に、動作の方向、行為に必要な力、行為のスピード、必要な手腕の部位について新たな研究協力者に 5 段階で評定させ、その評定値と反応時間の相関を検討した。その結果、行為のスピードの評定値は、反応時間と負の相関を示した。つまり、遅い行為を意味する文を理解するときの方が反応時間が短く、速い行為を意味する文を理解するときの方が反応時間が長くなる傾向が見られた。これは、動作に使用する筋肉や効果器の違いだけではなく、同じ効果器における動作の様相の違いもシミュレーションされていることを示唆する。

本研究は、上記の知見を直接的に検討するための行動実験である。

2.　方法

2.1.　刺激

粟津(2017)では、「○○を△△する」という 127 の日本語行為文について、過去の実験参加者とは異なる協力者に、以下の 4 項目について評定させた。1 つ目は、

動作の方向であり、文が意味する行為が「手腕を押す（伸ばす）1」から「引く（縮める）5」で答えさせた。2つ目は「行為に必要な力が弱い(1)」から「強い(5)」、3つ目は「行為のスピードが遅い(1)」から「速い(5)」、4つ目は「必要な部位は指先だけ(1)」から「腕全体(5)」で評定させた。

この127文のうち、「スピード」の評定が3.2以上の30文(「キャベツを刻む」など)と2.8以下の30文(「ご飯をよそう」など)を使用した。「スピード」以外の「押引」、「力」、「指腕」の各項目および刺激文の文字数、モーラ数、親密度、心像性(イメージしやすさ)は、t検定(両側10%水準)で有意差が無いように、刺激を選定した。他に、名詞と動詞の組み合わせが不自然な文（「コップを結ぶ」など）を30文作成し、計90文を実験に使用した。

2.2. 手続き

右利きの日本語話者、20歳前後の女子大学生28名が実験に参加した。

実験は、実験制御ソフトウエアSuperLab4.5を使用し、ノートPCで行った。まず画面に「＋」が1秒間呈示され、その後刺激文が1つ提示され、協力者は、文が自然な文かどうかを判断し、自然な文なら左手人差し指で「1」キーを、不自然な文なら右手人差し指で「¥」キーを、できるだけ速く正確に押すよう求められた。文は、協力者がどちらかのボタンを押すか、または10秒間経過するまで、提示された。文が消えたのち、1秒の試行間間隔ののち、再び「＋」が表示され、次の試行が開始された。実験は全90刺激文（90試行）であり、刺激文は、すべてランダムな順で呈示された。45試行で休憩を入れ、実験協力者が任意のタイミングで実験を再開した。

3. 結果

刺激文の平均正答率は全体が0.999、低速行為文が1.00、高速行為文が0.999ときわめて高く、条件間に有意差は見られなかった。

平均反応時間は低速行為文が1098ミリ秒(SD: 179)、高速行為文が1192ミリ秒(SD：212)であり、t検定において有意差が見られた[t(27)=3.32, p<0.01, two-tail]（図1）。

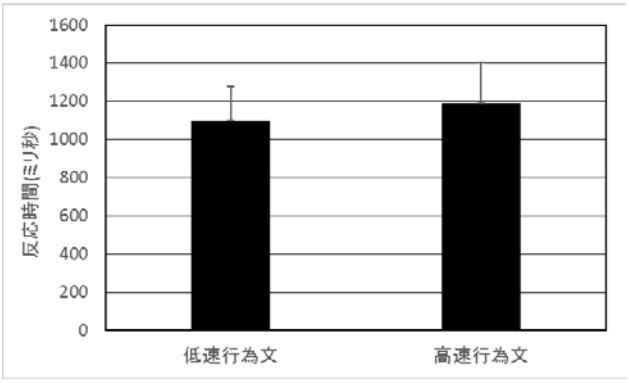


図1 条件別の平均反応時間と標準偏差

4. 考察

本研究では、手行為文が意味する行為の速度によって、ボタン押し反応時間が影響されるか検討した。その結果、低速の行為を意味する文を理解するときの方が、高速の行為を意味する文を理解するときよりも、反応時間が短くなることが確認された。これは、同一実験協力者内での直接的な比較によって、粟津(2017)を追認するものである。

本研究の結果は、手行為文の理解時に、効果器の違いではなく、動作の様相の違いがシミュレーションされていることを示唆する。これまで、行為文の理解時に発生するシミュレーションでは、手足という効果器の区別がなされていることが示されていた[4,10]。また、手の形[8]や方向[2]が区別されることも示されてきた。これらが異なる行為は、使用する筋肉が異なる行為である。したがって従来の研究は、文の意味する行為において、実際に使用する効果器を詳細に反映した運動シミュレーションが発生することを示してきた、と考えられる。それに対し、本研究が扱ったのは行為の速さであり、効果器の違いではない。同じ効果器を用いた行為でも、速度によって異なったシミュレーションが行われることを示しており、文の理解時に発生する知覚運動シミュレーションの新たな側面を示したものである。

本研究は行動実験であり、文の意味する行為の速度が、どのような神経回路によってシミュレーションされるのかを明らかにするものではない。しかし、近年のfMRI研究の知見から考えれば、文が意味する行為の速度は、実際の運動の速度に関わる神経活動とは異なる形で、表現されている可能性が示唆される。速度が異なる行為の理解時に活性化する脳領域を比較した研究では、速度によって右半球視覚(運動視)関連領域と運動

領域の活性化に違いが見られ、速い行為では運動領域の活性化程度が低下していた[11]。本研究の結果と合わせて考えると、速い行為は、運動領域ではなく、その行為を視覚的に捉えた状況としてシミュレーションされることが考えられる。語の意味概念に含まれる感覚属性は脳内に広く分散して表象されており[12]、各感覚領域に保存された情報が側頭葉を中心としたハブ領域を介して活性化されると考えられている[13,14]。言語に関する知覚運動情報、概念の身体性などは、語が直接的に意味する内容や感覚属性だけでなく、マルチモーダルなネットワークの変化として捉える必要があるだろう。

5. 参考文献

[1] Barsalou, L. W. 1999. Perceptual symbol systems. Behavioral and Brain Sciences., 22, 577-660,

[2] Glenberg, A. M. & Kaschak, M. P. 2002. Grounding language in action. Psychological Bulletin and Review, 9, 558-565.

[3]Scorolli, C., Borghi, A. M., & Glenberg, A. 2009. Language-induced motor activity in bi-manual object lifting. Experimental Brain Research, 193, 43-53.

[4] Awazu, S. 2011. The action sentence compatibility effect in Japanese sentences. Perceptual and Motor Skills, 113, 597-604.

[5] 粟津俊二. 2013. 行為文理解時の「抽象的な」知覚運動シミュレーション. 日本認知科学会第 30 回大会発表論文集,136-141.

[6] 粟津俊二, 鈴木明夫, & 赤間啓之. 2015. 英語学習者における日本語文と英語文理解時の運動シミュレーション. 日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, 583-587.

[7] 粟津俊二. 2016. 行為文理解時の運動シミュレーションに動詞の時相が与える影響. 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, 828-831.

[8]Bergen, B. & Wheeler, K. 2005. Sentence understanding engages motor processes. Proceedings of the annual meeting of the cognitive science society, 27, 238-243.

[9] 粟津俊二(2017) 行為の様相が行為文理解時のボタン押し反応に与える影響. 日本認知科学会第 34 回大会発表論文集. P2-2.

[10] Marino, B., Gough, P., & Gallese, V. 2013. How the motor system handles nouns: a behavioral study. Psychological Research, 77, 64-73.

[11]van Dam, W. O., Speed, L. J., Lai, V. T., Vigliocco, G., & Desai, R. H. (2017). Effects of motion speed in action representations. Brain and Language, 168, 47-56.

[12]Fernandino, L., Binder, J. R., Desai, R. H., Pendl, S. L., Humphries, C. J., Gross, W. L., & Seidenberg, M. S. (2015). Concept Representation Reflects Multimodal Abstraction: A Framework for Embodied Semantics. Cerebral Cortex, 26(5), 2018-2034.

[13]Lambon Ralph, M. A., Jefferies, E., Patterson, K., & Rogers, T. T. (2016). The neural and computational bases of semantic cognition. Nature Reviews Neuroscience, 18, 1-14.

[14]Pulvermüller, F. (2013). How neurons make meaning: Brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. Trends in Cognitive Sciences, 17, 458-470.

※ 本研究はJSPS科研費16H02835の助成を受けた。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

いつなら飲んでも良い？ 雑談場面における“飲むこと”の相互行為的調整
When Do We Drink?: Interactional Adjustment of Drinking in Ordinary Conversation

阿部廣二[†]，牧野遼作[†]，門田圭祐[‡]，山本敦[‡]，古山宣洋[†]

Koji Abe, Ryosaku Makino, Keisuta Kadota, Atsushi Yamamoto, Nobuhiro Furuyama

[†]早稲田大学人間科学学術院，[‡]早稲田大学大学院人間科学研究科

Waseda University Faculty of Human Sciences, Waseda University Graduate School of Human Sciences

koji.abe02@aoni.waseda.jp

概要

会話場面の分析を通して，会話中に飲み物を飲む行為の調整が達成される過程を検討した結果，1)発話が宛てられていない受け手になることで飲むことを開始できること，またそうした受け手も，発話の宛てられた受け手になる可能性が高い場所では飲むことを開始しないこと，2)話し手も飲み始めることがあり，それは，発話の先延ばしとして理解できることが明らかになった．この点を，会話中に飲み物を飲むことの参与者間の相互調整と，会話と飲み物の関係の観点から考察した．

キーワード：飲むこと，会話の順番交替，認識性（epistemics），参与役割

1. 導入

我々は，しばしば飲み物を飲みながら話すことがある．飲み物を飲むという行為は，多くの場合液体を口に注ぐため，口を塞ぐこととなる．また，肺への液体の流入を防ぐため，嚥下するまで発話が難しい状況を作り出す．よって，飲み物を飲むという行為は，我々の会話の阻害要因になりうるといえよう．それにも関わらず，こうした場面において，飲み物を飲むという行為に，会話を阻害されていると感じることは少ないように思われる．もしこの感覚が正しいのならば，会話参与者は，会話の進行のなかで，特定の参与者が飲むことを相互に了解するなど，何らかの調整を行っているはずである．この調整を，会話参与者の相互行為の観点から記述していくことが本研究の目的である．

2. 問題と目的

先行研究としては，共同で食事を行う場面に関する研究がある．こうした場面は，共食場面と呼ばれている（徳永ら, 2014）．共食と会話の関係としては，食事動作の停止が，個人の話す/食べる行動間の円滑な推移の促進に有効であり，参与者間の相互の発話権の順序の調整に効果があること（東山ら, 2012），話し手は談話の開始点や発話末など，談話の境界となる時点に沿って，食事動作を終了・中止させていること（天谷ら, 2013）などが指摘されている．すなわち，先行研究により，発話・ジェスチャーなど会話に関するユニットと，食事動作のユニットの境界を調整することで，共食中の会話を適切に進行していることが示唆されている．

本研究の新規性は以下である．

第一に，“食べる”と“飲む”では行為の質が異なる点である．武川らによれば，共食場面の参与者らは，しばしば口に食べ物を含んでいても発話を開始する（武川ら, 2011）．しかし，液体の流動性は，液体が口に含まれた後に，発話を不可能にする．よって，飲みながらの発話の開始は，食べながらの発話の開始と異なり，難しいことが想定される．

第二に，行為を行うツールが異なる点である．本研究では，飲む行為を行うツールとして，ペットボトルに着目する．ペットボトルは，多くのコップと異なり，蓋がある．よって，ペットボトル飲料を飲むには，蓋を開ける／閉めるという行為が伴う．こうした道具の使用と会話の進行の関連について，共食場面においても詳細な検討されていない．しかし，蓋を開けるという行為は，これから飲み物を飲むことを予示すると考えられ，会話に対して，何らかの影響を与える可能性がある．

第三に，活動の質が異なる点である．共食場面は，“食事をする”という目的を遂行することが求められる．Den and Kowaki（2012）は，共食場面において，参与者が，話している最中であっても，一定の時間は食べることに費やしていることを明らかにした．すなわち，共食場面は，食事を終わらせるために，会話以外に，一定程度食事への志向を配分する必要があり，そのことが参与者に共有された場だといえる．しかしながら，雑談場面における“飲むこと”への志向は，共食における“食事”への志向とは異なる可能性がある．本研究が着目するペットボトルは，蓋を締めて，液体を保持することが可能であり，雑談中に飲み終わらなくても，他の場

所へ持ち運ぶことができる．したがって，“飲むこと”は，食事のように，終わらせなければならない活動として参与者に共有されるわけではない．つまり，共食場面では食事に志向を配分する必要があったのに対して，飲むことに志向を配分する必要はないといえる．

以上のような観点から，本研究では，相互行為分析の知見を援用し，雑談場面の“飲む”という行為と，我々の会話の関わりについて，検討していく．

3. 方法

対象：大学生相当の女性3名（M，T，W）の1時間程度の会話場面を調査対象とした．収録は2013年の11月下旬に行われた．参与者のうち，TとWは大学4年生であり，Mは専門学校を卒業後，看護職に就職して1年目であった．TとWは当時進路が決定しており，Tは一般企業への就職が内定しており，Wは大学院へ進学する予定であった．参与者には，350ml入りのお茶のペットボトルが渡されており，簡単なお菓子も用意された．得られたデータのなかで，飲むことを開始した事例をコレクション（28事例）し，分析の対象とした．

手続き：調査に先立ち，参与者に対して調査協力の依頼を行い，コンセントフォームを得た．調査協力の同意を得た．なお，本稿の調査の手続きについては，早稲田大学・人を対象とする研究に関する倫理委員会による倫理審査を受け，承認されている（承認番号：2015-241）．

分析： 今回の分析では，このなかから，話し手が飲むことを開始する事例と，受け手が飲むことを開始する事例を検討した．以下では，分析にて用いた分析概念の整理を行う

飲むことの準備の開始：ペットボトルの蓋を開けるなど，ペットボトルを持ち上げ，飲み始めるまでの準備の開始を“飲むことの準備の開始”とした．

飲むことの開始：以上の準備を終え，飲むためにペットボトルを持ち上げ口に当てる行為の開始を“飲むことの開始”とした．

飲み始め：以上の飲むことが終了し，口をつけて飲み始めることを“飲み始め”とした．

TCU・TRP・PC（Sacks, Schegloff, & Jefferson, 1974）：会話における順番交替は，“順番を構成する単位”（Turn Construction Unit: TCU）によって支えられている．TCUとは，特定の単位タイプ（単語，文）からなり，順番の終了場所を予測することを可能にするまとまりのことである．聞き手は，話し手が，どのような単位タイプを用いて文章を構成しているのか，発話のデザインなどの情報から理解可能である．そして，単位タイプが理解できれば，その順番が終了しても良い地点(Possible Completion: PC)を予測することができる．我々は，こうした単位を元に，順番の終了地点を予測することで，順番を交代しても良い場所（Transition Relevant Place: TRP）が認識可能になり，このことを通して，会話の順番交替をスムーズに行っている．

隣接ペア（Schegloff, 2007）：我々は会話の順番交替の際に，しばしば質問などを通して，次の話者を選択する（順番交替のための技法 1-a）（Sacks, Schegloff, & Jefferson, 1974）．このとき，質問が，次の話者を選択できるのは，質問がなされたとき，現在の話者とは異なる他者が応答することが規範的に要請されるからである．このように，質問など，特定のタイプの発話によって作られた第一対成分(First Pair Part: FPP)に対して，特定のタイプの応答によって作られた第二対成分(Second Pair Part: SPP)が規範的に要請される隣接的な流れのことを，隣接ペアと呼ぶ．

なお，FPPに対してSPPが産出された後に，“連鎖を終結させる第三部”と呼ばれる発話が産出されることがある．例えば，4節内においても述べるように，情報を求める質問に対して，情報を与える応答が産出された際，しばしば“あ，そうなんだ”など，情報を受け止めたことを示す発話が産出される[8]．こうした，隣接ペアの後方に，その隣接ペアと関連する発話が付随することを，後方拡張[7]と呼ぶ．

また，FPPの後に，質問内容の確認が求められ，それに対し確認が与えられた後に，SPPが産出されるなど，SPPがFPPの直後に産出されない事がある．このような連鎖組織を挿入連鎖と呼ぶ．

4. 結果と考察

4.1. 飲み手が宛てられていない受け手による飲むことの開始

4.1.1. 飲むことが開始された事例

飲むことは，発話することが難しい状況を作り出すことは上述した．したがって，会話のなかで，飲むことを行いやすいのは，受け手であるといえよう．よって，受け手が飲むことを開始する事例の検討から始めよう．

まず，以下，分析を行うにあたり，本研究における

抜粋１．発話が宛てられていない受け手による飲むことの開始
((抜粋１の直前。Wが Tの卒業研究の内容を尋ねる場面。))
01 → W: なにやってんの?
02 →　(0.7)　((Mが飲むことを開始し、飲み始める))
03　W: [[だって 4 年でしょ? 卒業[するでしょ?
04 → T: [[えぇ?　　[うん(.)そうもう
05　(0.3)
06　T: かい[(.)てる

“受け手”の概念を明確にしておきたい．Goffman（1981）は，参与枠組み論において，参与役割としての受け手を，以下２種類に区別している．すなわち,．Goffman（1981）は，３名以上が参与する相互行為において，第一に，話し手が受け手として承認している参与者のことを“発話が宛てられている受け手 (addressed recipient)”とした．第二に，以上の相互行為に参与はしているが，話し手に受け手としては承認されていない参与者のことを“発話が宛てられていない受け手(unaddressed recipient，もしくは side-participant)とした. また, 西阪 (1992) によれば，こうした参与枠組みと参与役割は，相互行為が始まる前に予め決められているものではなく，局所的な相互行為のなかで，再帰的に達成されていく．よって，以上の受け手を記述していくには，秋谷・川島・山崎（2009）によれば，“話し手によって参与が承認されていると見なすことができる具体的な振舞い，たとえば発話が宛てられることを可能にするその参与者の要素と，発話が宛てられた受け手として呼応していると理解できる当該参与者の振舞いも考慮していく必要がある．(p.80)”.

さて, ここでまず検討したいのは, 相互行為を通して発話が宛てられていない受け手となった参与者が, 飲むことを開始する事例である．抜粋１は，W が T に卒業研究の内容を訪ねている場面である.

01 行目において, W が T に宛てて, 卒業研究の内容を尋ねる質問を行っている. 直前の発話において, 後述するように，T がこの録音を行う研究に参加しているのかどうかが問われていた．その文脈から考えるならば，内容的に，この W の発話は，T に宛てられていると考えられる．また，W の目線も T に向いてた．しかし，02 行の間が 0.7 秒あることを考えると，T の応答は少し遅延しており，“ええ？”という聞き返しを行っていることから，質問が宛てられていることは理解できたが，その質問をめぐる何らかのトラブルを抱えていたと考えられる．また，W が 03 行目にて“だって 4 年でしょ?”と，最初の質問を答えるための前提を尋ねる質問を行っていることから，少なくとも W は，T が質問に答えられる前提を満たしていない可能性があること，つまり T が質問の内容に答えられない事情を有する可能性があると捉えているといえる．いずれにせよ，ここで，W は，T に宛てて質問を行っているといえ，T はこの質問が宛てられた受け手であるといえる.

以上のことから考えるならば，ここで M は，発話が宛てられていない受け手であるといえるだろう．ここで M は，W の“なにやってんの？”という質問を明確に聞き終えた後に，飲むことを開始している．また，後述するように，直前の発話は，M が発話の宛てられた受け手として参与していた．その連鎖が終わる直前に，M はペットボトルの蓋を持ち上げ, 飲むことを開始する準備を行っていた. そして, W が以上の質問を行った後に，飲むことを開始したのである.

これは，発話が宛てられていない受け手であることを理解した後に，飲むことを開始したと考えることができる．したがって，発話が宛てられていない受け手になることは，飲むことの１つの機会になりうると考えることができるだろう.

4.1.2.　飲むことが開始されなかった事例

しかしながら, 以下詳細に見ていくように, 発話が宛てられていない受け手である場合も，それだけで完全に飲むことができるとは言い切れない．次に，発話が宛てられていない受け手であり，飲むことの準備を開始するが，飲むことを中断する事例を検討していこう.

抜粋 2 は，抜粋 1 の直前の場面である．少し状況を説明しておこう．この会話の参与者らは，筆者が T に依頼し，T によって集められた．この収録は,

抜粋２．発話の宛てられていない受け手が、飲むことの準備を開始し、中断する
((M が、現在撮影中の映像をデータとして用いる研究に、T 自身が参加してるのかどうかを訪ねている))
01 →M: え(0.3)だって参加してんの?研究
02 (0.6) ((ペットボトルの蓋を握り始める))
03 T: え(.)あのね ((T は W に視線を向ける))
04 (0.3)
05 W: 違うことやってんでしょ?これ[とは, =
06 T: [そうそう ((この発話の開始とほぼ同時に M がペットボトルの蓋を開け始める))
07 W: =ちがう研究[の
08 T: [これとはちがう研究やってて
09 →M: [[え ((M がペットボトルの蓋から手を離し、T を指差す。T はこの発話の直後、M のほうに視線を向ける))
10 T: [[1 人 1 人やって↑てぇ(.) ((M が指差しを終え、再びペットボトルの蓋をつまむ))
11 M: あ,あ,1 人 1 人やってる? ((発話が終わる直前にペットボトルの蓋を持ち上げる))
12 T: そうそうそうそう
13 (0.3)
14 W: なにやってんの?
((以下、抜粋１に続く))

本研究とは異なる研究目的のもと，３人会話を収集するためのものであった．したがって，このデータは，筆者が研究で使用するために収録している．しかし，収録の時期が，T および W が大学４年生で在学しているときの 11 月ごろであったため，W と M は，現在録音中の会話を，T 自身の卒業研究で用いるのか，他の目的で利用されるのか，まだ理解できていない状況である．したがって，01 行目で M は，視線を T に向け，“(この会話を利用する研究に)参加してんの？”と，T に宛てて，yes/no 質問の形式を用いて質問しているのである．

この M の質問に対し，03 行目で T はなにかを言い始めるが，T が TCU を完成させる前に，0.3 秒の間のあと，W が発話を開始している．したがって，ここでの W の発話は順番の割り込みのようにみえる．しかし，T はここで，W に視線を向けている．また，この T の視線は，09 行目の M の発話が始まるまで，W の方に向き続ける．このことから考えるならば，W は，T の順番に割り込んだのではなく，T が発話の共同構築を求め，それに応じたのかもしれない．この点については大変興味深いものの，本研究の目的から外れるため，ここでは議論しない．

さて，01 行目の M の質問に対して，明確な応答が与えられるのは，08 行目である．08 行目では，M の質問に対する直接的な回答ではないが，M の質問に対して，回答が no であった場合に生じる事態について説明している．つまり，こうした説明を通して，T は M の質問に，no であることを示しているといえる．

01 行目と 08 行目が隣接ペアであるならば，その間にある T と W の連鎖は，M の質問に回答を与えるための準備を行う挿入連鎖であるといえるだろう．したがって，この挿入連鎖が継続している間は，T と W が話し手，もしくは発話が宛てられた受け手とな

り，M は発話が宛てられていない受け手になるといえる．

飲むことのほうに着目してみると，05 行目の W の確認の求めに対して，T が確認を与えたところで，M はペットボトルの蓋を開け始めている．すなわち，W の確認に対して，T が明確な応答を与えたことを確認して，M は飲むことの準備を開始したと考えられる．なお，この場面は収録冒頭であり，初めてペットボトルの蓋を開ける場面であった．そのため，蓋を開けるのに少し力がいる状況であり，その分だけ蓋を開ける行為が目立ち，飲むことの準備の開始を際立たせている．

ここまでは，先述した抜粋 2 の流れと同様，発話が宛てられていない受け手であることを確認して，飲むこと(の準備)を開始するという流れであるといえよう．しかし，09 行目の“え”という発話とほぼ同時に，M はペットボトルの蓋から手を離し，T に向けた指差しを開始している．この点について，身体動作を踏まえながら，参与者の志向をすこし注意深く記述しておこう．

まず，M は，01 行目の質問以降，視線を T に向け続けている．したがって，M は，発話が宛てられた受け手である T に，一定程度の志向を配分しているといえるだろう．一方，M は 01 行目の自らの質問の直後から，ペットボトルの蓋を握っている．したがって，M は，飲むことにも一定程度，志向性を配分していると言えるだろう．

問題は，相互行為の進行に伴う，この志向の配分の変化である．まず，ペットボトルの蓋を握ったところで，M は，T だけではなく，飲むことへも志向を配分する．その配分が大きくなるのが，06 行目の開始時点からのペットボトルの蓋を開けることの開始である．これは，T と W の連鎖が開始されたことを確認した後に開始されており，M は，発話が宛てられていない受け手になったことにより，飲むことへの志向性を強くしたといえよう．こうした飲むことへの志向配分は，W と T の発話連鎖の終了を受け，弱くなる．具体的には，M の“え”という発話と共に，T に向けた指差しがなされ，T への志向性を強くすることで，ペットボトルへの志向性が弱くなる．なお，ペットボトルへの志向性は，片手が常にペットボトルに触れている状態であるため，完全に無くなったわけではない．

なぜ，ここで，M は飲むことへの志向性を縮小し，T への志向性を強くしたのだろうか．このことについて，すこし脇道に逸れるが，会話における認識性の観点を導入しておこう．

Heritage（2012）は，発話連鎖の後方拡張を組織する要因として，情報勾配の均衡化という観点を挙げている[8]．これは，話し手と聞き手のどちらかしか知らない情報の存在が示された段階から，互いが知っている状態になることによって，発話連鎖が終結するという考え方である．こうした状態を，発話が宛てられた受け手と，発話を宛てた聞き手との間の“認識性の状態(epistemic states)”が均衡化したとする．こうした均衡化が示される事例としてしばしば観察されるのは，話し手の情報の要求に対し，聞き手が情報を与えるという発話連鎖のあとに，話し手が，自らの認識性の状態の変化（change of state）の示しがなされることである（Heritage, 2012）．例えば，話し手が何らかの質問を行い，受け手が情報を返した後，話し手がそれを理解したならば，“あ，そうなんだ”など，情報を受け止め，自らの認識が変化したことを示す応答を返すだろう．このような発話が認識性の状態の変化の示しである．

このように，我々は，相互行為のなかで利用可能な情報が，どの参与者に，どの程度配分されているのか，相互行為のなかで承認し合いながら会話を展開している．隣接ペアのあとに，後方拡張として，連鎖を完結させる第 3 部（sequence closing third）（Schegloff, 2007）がしばしば観察されることが指摘されていたが，Heritage（2012）はこれを情報という観点から整理したといえる．

01 行目の M の質問は，T がこの動画をデータとして用いる研究に参加しているのかどうかについての質問，言い換えると，T 自身の情報を求める質問であった．したがって，ここで M は，質問という行為を通して，自らが T についての正確な情報を有していないという態度を示しているといえる．こうした態度を，参与者の“認識的態度(epistemic stance)”（Heritage, 2012）と呼ぶ．Heritage（2012）は，情報を持っている者として振る舞う態度を“K+”，情報を持っていない者として振る舞う態度を”K-”と呼び，自らの認識性の状態を，様々な振る舞いを通して示し合うことで，認識性の状態を均衡化し，発話連鎖が終結するとした．

ここで M は，質問という行為を通して，T に関する知識の領域において，自らが K-であることを示し

ていたといえる．この情報を求める質問に対し，WとTは，挿入連鎖を通して，答える準備を行い，08行目にて，TがMに対して情報を与えた．ここでMは，09行目で“え”という発話を行い，情報の詳細化を求めている．少なくとも，Tは，Mの発話とほぼ同時に，同じ情報を，別の表現で言い換えていることから，Mが情報の詳細化を求めていると理解しているといえる．

つまり，Tの08行目の発話によって，01行目への情報を求める質問への応答が示され，そのことによって，Mは，自らの認識の状態を示す必要がある者，すなわち，Tの発話が宛てられた受け手になったと考えられる．Tの目線がMに向いたことも，Mが発話の宛てられた受け手になったことを示しているように思われる．また，情報を求める質問に対して，情報が与えられたのだから，Mは自らの認識の状態を示す必要があり，次の順番で，話し手になることが規範的に要請されているともいえるだろう．

また，Mに与えられた情報が，TとWの発話連鎖を通して示されていた点に注意しよう．すなわち，情報を与えたのはTとWの両者であり，情報の詳細化を要求するのであれば，Mは，その情報の詳細化を行う話し手を，TかWのどちらかから選ぶ必要がある．だからこそ，ここで，MはTに対し指差しを行い，話し手になりつつ，情報を詳細化する次の順番の話者を選択したといえる．

その後，Mは再び蓋を握り，11行目の発話が終わる直前に蓋を持ち上げ，再度，発話が宛てられていない受け手になる機会を伺う．その後は抜粋1の分析の通りである．

このように，Mは，一度発話が宛てられた受け手になることによって，飲むことへの志向性を強くしたが，自らが発話の宛てられた受け手になること，及び話し手になることによって，Tへの志向性を強くし，飲むことへの志向性を弱くしていたと考えられる．

4.1.3. 考察

この節では，受け手が飲むことを開始する事例について検討してきた．分析の結果，まず参与者が，発話が宛てられていない受け手になった際に飲むことを開始することが明らかとなった(抜粋1)．次に，参与者が発話の宛てられていない受け手となって飲むことの準備を開始する場合でも，準備の途中で発話が宛てられた受け手となることで，飲むことの準備が中断されることを見てきた（抜粋2）．

発話が宛てられていない受け手になることで，飲むことを開始できるという現象は，話し手に，受け手として承認されているかどうかによって，飲むことの可否が決定されるというシンプルなものである．

もちろん，雑談場面の場合，基本的にはいつでも発話が宛てられた受け手になる可能性があるといえよう．ただ，相互行為の展開のなかで，発話が宛てられた受け手になる可能性は，変動する．例えば，抜粋2で観察されたように，自らが産出した質問に対する応答の準備の為の発話連鎖が生じているとき，質問を産出した話し手は，以上の発話連鎖の終了後に，発話が宛てられた受け手になる可能性が高い．したがって，こうした発話が宛てられた受け手になる可能性が高い場面では，飲むことの開始が躊躇われるように思われる．

今回抜粋2で，飲むことの開始ではなく，飲むことの準備の開始が観察されたことは，以上の可能性に対処する1つの方法であったと考えることができるのではないだろうか．“蓋を開ける”という行為は，飲むことの準備でありながら，中断しやすい．つまり，“蓋を開ける”という飲むことの準備は，飲むことへの志向性を示しながら，相互行為の展開を観察し，発話が宛てられた受け手になった際にすばやく中断できる性質を持つように思われる．こうした飲むことの準備を通して相互行為をモニターしながら，我々は飲むことを達成している可能性が示唆された．

4.2. 話し手による飲むことの開始

会話の順番交替と飲むことの関係で，最も素朴に想定可能なものは，“自らが順番を取っているとき，つまり話し手であるときには，飲まない”というものである．話している最中には飲まないというのは，常識的に考えて，自明なことのように思われる．しかし，回収集したデータにおいて，自らが話し手であるときに，飲むことを開始するケースが見られた．

さて，では，話し手がTCUを完結させる前に飲むことを開始する事例を見てみよう．

抜粋3は，抜粋1のすぐ後に，Tに対し，Mが卒業できるのかどうかを尋ね，それに対しTが応答している場面である．

01行目にて，MはTに宛てた質問を行う．Mに宛てられたTは，応答を行い，03行目にてTの順

抜粋 3 話し手が飲むことを開始する事例
((T はこの直前、W より「卒業するよね？」と尋ねられている。ここでは、再度卒業することが質問されたため、T が答えに窮している。))

```
01   M: 卒業すんの?
02      (0.3)
03   T:  するよ((T がペットボトルの蓋を開け始める))
04      (0.31)
05   T:  [[えへへへするよ
06    W:  [[ふふ, ふ ((笑いの最中に M がペットボトルの蓋を開け、飲むことを開始す
          る))
07      (0.43)
08→ T:  ちゃんと書き上げて卒業-=   ((「書き上げて」と発話しているところで T が
          飲むことを開始する。また、発話が終わる少し前に M が飲み始める。さらに T
          は「卒業」付近で顔を上げ、M が飲み始めていることを確認する))
09→ T:  =え  ((T がこの発話が終わった後、飲むことを中断する))
10      (0.56)
11→ T:  なんか  ((この発話と共に T が飲むことを再開する))
12      (0.95)
13   W:  へ:::::::::
```

番の TCU が完結し，TRP が来ている．このとき，T が次の話者を明示的に割り当てていないこと，そして積極的に順番を取る参与者がいなかったことから，T の順番が継続している（05 行目）．また，同様のことが 05 行目の終わりでも生じ，T の順番が継続している（08，09, 11 行目）．この 11 行目の発話の終了後にすぐ T は飲み始める．

まず, T の発話のデザインについて検討していく．08 行目から始まる T の発話は，単位タイプ“文章”として産出されている．したがって，文章が文法的に完結する地点が, この発話の PC となる. しかし，実際には，この発話は，文法的に完結していない．言い換えると，この発話における T の最後の発話である 11 行目“なんか”のあとに，TRP は来ていないと考えられる．それにもかかわらず，T はその後に飲み始めている．

問題は，T が，ここで TCU を完結させずに，飲み始めた理由である．

ここで, T の応答の変遷を整理しておきたい. M は, 01 行目で，T に対して質問を行った．この M の質問を，T は，少なくとも 8 行目開始の時点までにおいて，yes/no 以上の応答が必要なものとして聞いている．T は，08 行目までにおいて，同じ回答“卒業するよ”を 3 回繰り返している．03 行目，05 行目にて，T は“するよ”と応答している．とりわけ 05 行目は，笑いながら発話することで，M の質問を冗談として聞いていることを示している．その後，08 行目で，卒業するための条件（卒業論文を書き上げる）を示すことで，より具体的に，卒業することを示している．05 行目から 08 行目への具体化は，同じことを具体化して発話し直すことで, 05 行目までの自らの応答が不足であると認識し，それを補うために行われていると考えることができる．また，ここで補うために付け加えられた情報は，卒業するための条件である．つまり，T は，M の質問を，少なくとも 08 行目の開始時点では，“卒業のための条件が揃っているか”という卒業要件の達成を問う質問として受け止め，応答していたといえる．以上のことから，T は，M の質問を，yes/no 質問(03 行目)→冗談(05 行目)→卒業要件の達成を問う質問(08 行目)として, その受け止め方を変化させていたといえる．

しかし，卒業要件の達成を問う質問として応答を開始した発話(08 行目)は，以上で示したように，TCU が完結されない．これは，M の発話の欠如，お

よびそれを可能にする M の側の飲むことと関わっているように思われる．以下，抜粋 2 と同様，認識性の観点を導入しながら，詳細に検討していこう．

01 行目の M の質問は, T が大学を卒業するかどうかの情報に関する質問であるといえる．しかし，この抜粋のすぐ前の抜粋 1 の場面で，W が T に対して，“卒業するよね”という確認を行っており，T もそれに対して確認を与えていた．したがって，T が大学を卒業するかどうかという知識の領域に関して, この場の参与者は, 全員情報を有していたといえる．

それにも関わらず，M は，質問という行為を通して, 受け手に対して, “自らは T の卒業に関する情報を持っていない”という態度を示した．参与者の認識性の状態と，認識的態度は，一致しないこともある．例えば，この事例のように，T の卒業状況という知識の領域に関する情報を持っているのに，持っていないような態度を示すことができる．実際に知識を有するからといって，必ずその知識を有する態度が示されるわけではないのである．したがって，ここで M は, 実際の認識的な状態として知識を有していることが共有されているにも関わらず，K-としての態度を示していたといえる．つまり，情報を持っているにも関わらず，情報を持っていない者としての態度を示しているからこそ, ここで M の質問は冗談として受け止められたのかもしれない．

もし，M の発話が冗談なのであれば，M の本来の認識性の状態について，他の参与者らは知っていることになる．よって，M の側も，認識性の状態の変化を示す必要はないように思われる. しかし, T は，08 行目で，M の質問を卒業要件の達成を問う質問として受け止め，応答を開始している．つまり，ここにきて T は，M の質問を，冗談としてではなく，あくまで情報を求めるものとして扱っているのである．また，これは M を K-として取り扱っているということもできる．したがって, 08 行目の T の発話に対して，M は何らかの応答が期待されているといえるだろう．

しかし，M は，06 行目の笑いの最中に，飲むことを開始している．また, 08 行目の発話が終わる少し前に，飲み始めている．前述したように，飲み物を飲むことは，口腔内を液体で満たし，発話が難しい状況を作り出す．したがって, 08 行目の終了付近の時点で，M は，飲み終わるまで，発話を通して反応することを放棄していたといえる．

一方，T は，03 行目“するよ”付近でペットボトルの蓋を開け始め，08 行目の“書き上げて”という発話付近で飲むことを開始している．この T の飲むことの開始は，T の発話と同期していることから，会話の順番が交替した後，すぐに飲み始められるように組織されているようにみえる．つまり，話し手である最中に飲むことができないため，順番の終了に向かって, 飲むことを準備しているようにみえる．

興味深いことに，T は，M の飲み始めているのを目視で確認した直後，“卒業-”（08 行目）と発話を打ち切り，09 行目“え”という発話を行い，一度飲むことを中断している．その後，約 0.6 秒ほどの間を空けて，“なんか”という発話と共に，飲むことを再開している. これは, M が飲んでいることを確認し，すぐに発話ができない状況であることを T が理解したこと，つまり，M が情報の提供に対する応答をすぐにできないことを，T が理解したことに起因すると考えられる．T は，08 行目の途中で，自らの発話への応答を，M から得られないことを理解したのである．

この M の態度は，T にいくつかの解釈の可能性を提供する．1 つは，T の提出した情報が，M の求めているものとは異なる可能性があることである．もう 1 つは，そもそも M がすでにこのトピックへの関心を失っている可能性である．いずれにせよ，08 行目で T によって提供される情報に対して，M は，即時的な発話を行うほど関心がないことを示しているといえる．そして，このことが理解できたからこそ，T は M が発話できるまで待ち，求められているものを正確に理解した後で情報を提供するために, TCU を完結させることを先延ばしにし, 再度飲むことを開始したと考えられる．

4.2.1. 考察

この節では, 会話の順番交替や, 認識性の観点[8]から，話し手が飲むことの開始する事例を検討してきた．雑駁にまとめるならば，抜粋 3 は，宛先が向けられている受け手が，飲むことで応答する意志がない状況をモニターしたときに，話し手が TCU を完結させることを先延ばしにし，飲むことを開始した事例であった．また，話し手が順番の終了に向かって飲むことを組織していることも記述した．

我々の常識的な理解としては，話し手であるときに，飲むことができないといったことは，周知の規

範のように思われる．抜粋3は，いくつかの観点から，その規範の存在を示しているように思われる．第一に，Tの飲むことの開始が，TCUの完成に向かって組織されているように見える点である．これは，話し手である最中には飲めないが，発話が終わった後に飲み始められるように組織されていたと考えられよう．しかしながら，抜粋3では，実際にTCUの終わりで飲み始められているわけではない．したがって，このことは，今後ほかの事例を確認することで，検証していく必要があるだろう．

また，逆説的に，話し手が飲むことが認められていないからこそ，飲むことによって話し手であることを先延ばしにできると考えることもできるだろう．すなわち，話し手であるときに飲むことができないという規範があるからこそ，飲むことが，話し手であることを先延ばしにする方法になっていると考えることができるのではないか．

なお，今回集めた事例では観察できなかったが，飲み手が会話の順番を取っているときに飲むことを開始するとき，何らかの形で受け手に許可を得ることが考えられる．例えば，研究会で報告担当として報告している際は，一人の参与者が，長時間話し手になることが想定されるが，こうした場合においても，人はしばしば飲み物を飲むことがある．これは，おそらく何らかの形で受け手との間で，“飲むこと”をめぐる相互調整があり，そのことを通して飲むことが達成されると考えられる．今回のデータでは検証することはできないため，今後の課題としたい．

5. 総合考察

本研究では，会話中に飲み物を飲むという行為が，どのような調整を通して成し遂げられているのかを検討するため，ペットボトルの飲み物を飲みながら会話を行う3人組の会話の分析を行った．

その結果，1)発話が宛てられていない受け手になることで，飲み始めることができること，および発話連鎖上，飲み手が発話の宛てられた受け手になる可能性が高い場所では飲むことが開始されず，飲むことの準備が開始されること，2)話し手も飲み始めることがあり，そうした飲むことは，話し手であることの先延ばしとして理解できること，を観察してきた．以下，この2点を踏まえて考察していく．

5.1. 会話中における飲むことの相互調整

先行研究の共食場面の相互行為に関する研究では，発話・ジェスチャーなど会話に関するユニットと，食事動作のユニットの境界を調整することで，共食中の会話を適切に進行していることが指摘されていた．1)の結果は，この指摘を支持するものである．本研究で観察した事例の参与者らは，一方では，相互行為のユニットである，発話が宛てられていない受け手になることをうまく利用しながら，飲むことを達成していた．他方で，相互行為の展開のなかで，飲むことの準備を通して，飲むことの境界をうまく調整することで相互行為をモニターし，飲むことを達成していた．こうした相互調整を通して，相互行為の進行と，飲むことの両方が達成されていたのである．

なお，この調整という点で興味深いのは，ペットボトルというツールの形状である．コップなどとは異なり，ペットボトルの飲み物を飲む際には，蓋を開けるという作業が伴う．よって，コップなどと相対的に，飲むまでに時間がかかってしまう．逆に，このことは，蓋を開けるという作業を通して，進行中の相互行為をモニターできること時間的猶予が得られることを意味しているように思われる．今回観察した抜粋3では，蓋を開けるという作業を通して，飲むことへの志向と，他の参与者への志向の両方を成し遂げていた．したがって，飲むためのツールの違いも，相互行為のなかで飲むことの調整に少なからず影響を与えると考えられる．

5.2. 会話と飲み物の関係について

本研究が抜粋1で観察した2)は，我々が，雑談中に飲み物を飲む意味を浮かび上がらせるように思われる．当然ながら，会話を通して口が乾くため，その対応として飲み物を飲むという側面があろう．しかし，本研究の結果が示唆することは，飲み物を飲むことが，相互行為の秩序に与える影響である．

Goffman (1981) が参与枠組み概念で示したように，我々は，会話において，話し手であること，発話が宛てられた受け手であること，発話が宛てられていない受け手であることを相互に承認し合いながら，会話を進行している（西阪, 1992; 秋谷・川島・山崎, 2009）．飲み物を飲むということは，発話が不可能な状況を作り出す．自らをこの状況に置くことは，しばらくの間，自分は話し手になれないことを示すことになるだろう．このことは同時に，しばらくの間，自分が受け手になることを示すことになる．したが

って，飲むことを通して，参与役割がはっきりするように思われる．例えば，抜粋 1 の M の飲むことは，T が発話の順番を継続していたことから考えると，自らが話し手ではないことを明確に示していたといえる．参与役割が明確になることによって，他の参与者は, 現在自らが取るべき参与役割について，認識しやすくなるかもしれない．したがって，飲み物を飲むことには，相互行為のなかの参与者の役割の複雑性を縮減できる可能性があるのではないか.

また抜粋 3 で観察された飲むことは, 違った側面からも，相互行為に貢献していたと考えられる．抜粋 3 の 11 行目以降は, 1 秒近い沈黙が観察されている．また，W は 13 行目で“へ:::::::::”と発話しており，これは積極的に発話の順番を取りに行っているようには見えない．もし，この場面で，T が飲み物を飲まなかったとしたら，この沈黙は T の発話の先延ばしとして理解されることになる．しかし，T は飲み物を飲むことによって，“飲み物を飲む者”になることができる．このように，相互行為の進行中に，会話とは直接的に関係しない行為の権利が与えられることにより，参与役割とは別のアイデンティティを持つ者になることができる．このことは，T が発話しない言い訳を提供していたといえるのではないか.

以上で示してきたように，飲み物を飲むことは，我々の相互行為を，内容とは別の方向から制約を与える．このような制約が，会話を行う際に，順番交替などをスムーズに展開していく 1 つのリソースになっているからこそ，我々はしばしば，雑談に飲みものを用意するのではないだろうか.

6. 今後の課題

以上, 具体的な発話事例を通して, 会話中の飲むことの調整について，詳細に検討してきた．そのなかで，いくつか課題が見出された．以下に列挙する

第一に, 今回検討した事例は, 複雑な要素を持ったものであった．更にコレクションを確認することにより，シンプルな事例で，コンパクトにその調整メカニズムを示すことができる可能性がある.

第二に，本研究では，話し手が TCU の終わりに飲むことを開始する事例や，発話が宛てられた受け手による飲むことの開始する事例について，具体的な抜粋をもとに議論できなかった．発話が宛てられた受け手による飲むことの開始については，抜粋 3 の M の飲むことが該当するように思われる．この飲むことは，抜粋 3 で示した話し手であることの先延ばしという性質よりも，“受け手であること”を示す性質があるように思われる．この点について，今後積極的に検討していかなければならないだろう.

最後に, 飲むことは, 様々なツールによって達成される．総合考察で示したように，ツールの特質によって，飲むことの質も異なるだろう．したがって，異なるツールを用いて会話の中で飲み物を飲む事例を，今回の結果と比較していく必要があるだろう.

7. 参考文献

[1] 徳永弘子・武川直樹・木村敦 (2014). 共食会話における協力的なコミュニケーション行動形成の仕組み：聞き手はいつ食べ, いつ応答するのか. 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）, **26**, 793-801.

[2] 東山英治・伝康晴・小脇知子 (2012). 食事と会話はいかにして両立されるか” 人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-B201, 49-54.

[3] 天谷晴香・東山英治・伝康晴・坊農真弓 (2013). 食事中のジェスチャーはいかにして可能か. 人工知能学会研究会資料 SIG-SLUD-B203, 31-36.

[4] 武川直樹・徳永弘子・湯浅将英・津田優生・立山和美・笠松千夏 (2011). 食事動作に埋め込まれた発話行動の分析：３人の共食会話のインタラクションの動作記述. 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J94-A, 500-508.

[5] Den, Y. & Kowaki, T. (2012). Annotation and Preliminary Analysis of Eating Activity in Multi-party Table Talk. In: Proceedings of the 8th Workshop on Multimodal Corpora: How Should Multimodal Corpora Deal with the Situation? 30-33.

[6] Sacks, H., Schegloff, E., & Jefferson, G. (1974). A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation. *Language*, **50**, 696-735.

[7] Schegloff, E. A. (2007). *Sequence organization in interaction: Volume 1: A primer in conversation analysis (Vol. 1)*. Cambridge University Press.

[8] Heritage, J. (2012). The epistemic engine: Sequence organization and territories of knowledge. *Research on Language & Social Interaction*, **45**, 30-52.

[9] Goffman, E. (1981). *Forms of talk*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

[10] 西阪 仰 (1992). 参与フレームの身体的組織化. 社会学評論, **43**, 57–73.

[11] 秋谷直矩・川島理恵・山崎敬一 (2009). ケア場面における参与地位の配分：話し手になることと受け手になること. 認知科学, **16**, 78-90.

地域高齢者のスマホの利用学習の支援の検討

–学生が開催する講習会への参加がスマホ利用イメージに及ぼす影響について

Development of support methods for learning use of smartphone on older adults.

須藤智† ・大木朱美‡ ・新井田統‡

Satoru Suto, Ooki Akemi, Sumaru Niida

†静岡大学, ‡(株)KDDI総合研究所

Shizioka University, KDDI Research, Inc.

suto.satoru@shizuoka.ac.jp

Abstract

This study focused to explore method of support for learning use of smartphone on older adults. In Study 1, a questionnaire survey was conducted to clarify the utilization rate of smartphones of older adults. As a result of the survey, the utilization rate of older adults over 65 in the local region （Shizuoka City） was 19.1%. By questionnaire survey, we clarified the use needs of smartphones for older adults.

Based on the results of Study 1, in Study 2, we developed a smartphone workshop for the older adults and held a workshop. From the results, it became clear that by participating in the workshop, ease of operation of the smartphone was improved, and the feeling of anxiety about the operation of the smartphone was reduced.

Keywords — Cognitive aging, Cognitive engineering, Usage of smartphone for older adults

1. はじめに

情報社会の中で様々な新奇な情報機器が日常生活において身近な人工物となりつつある。特に，スマートフォン（以下，スマホ）については，所有率を若年者と高齢者を比較すると大きな隔たりがあり[1][2]，高齢者層にとってはまだ身近な人工物となっていないのが現状である。その理由の一つとして高齢者ユーザのスマホの利用学習を支援する環境は十分でないことが考えられる。

本研究では，高齢者ユーザのスマホの所有や利用学習を促進する地域の支援体制を探索することを目的とし研究１と２を実施する。研究１では，静岡市街地で地域の 65 歳以上の高齢者を対象としたスマホ所有率とスマホを所有しない理由，利用学習の支援方法についてのニーズ調査を実施する。研究２では，研究１の結果を踏まえ大学生が地域の中で実施可能がスマホ講習会を開発し，その講習会を受講することで，スマホの操作がスムーズにできるようになったと感じるのかなどの主観的側面が改善されるかを検討する実験を実施した。最終的に研究１・２に基づき，地域における高齢者のスマホの利用学習を促進する環境を考える。

2. （研究１）地域高齢者のスマホ利用調査

（目的） これまで高齢者ユーザのスマホ利用状況についての先行調査が実施されているが，多くの調査が Web アンケートで実施されており，サンプリングに偏りがある可能性が考えられる。そこで，本研究では，実際に地方都市で街頭調査を実施し，地方都市の高齢者ユーザのスマホの所有状況について明らかにすると共に，研究 2 で実施するスマホ講習会で扱う内容について検討する基礎データを収集することとした。

（方法）回答者： 回答数 103，有効回答数 89（65 才以上，性別，年齢，利用端末に回答したデータを有効回答とした。男性 25 名，女性 64 名,年齢 65-91 歳）であった。

調査方法： 2017 年 12 月の 2 日間，静岡駅前の地下街ホールにて， 65 歳以上の高齢者と思われる方々に声をかけ，質問紙への回答を求めた。回答に応じた回答者に対して趣旨を説明し，同意を求めた後，質問を読み上げ回答を求めた。回答時間は 10 分程度であった。

質問紙の構成： 質問紙は，（1）所有端末の種類（スマホ，ガラケー，非所有），(2) 携帯電話の利用年数，(3) 端末の利用の程度（「あなたは携帯電話を日常的にどの程度使っていると感じていますか？」，5 段階評定），(4) 満足度（「あなたは，自分の携帯電話にどのくらい満足していますか？」，5 段階評定），(5) 普段よく利用している機能（「普段，携帯電話で「利用している」と感じる機能にすべてチェックを入れてください。」，MA），(6) スマホを所有していない場合は，スマホを所有しない理由（MA），(7) スマホ講習会の基礎情報（スマホでやってみたいこと（やっていること），講習会の内容希望），自由記述），(9) 年齢・性別の項目で構成した。

（結果・考察）

(1) スマホの所有率： 回答者の所有端末について年代別の度数分布を図 1 に示した。65 歳以上のスマホの所有率が 19.1%，ガラケーの所有率が 68.54%，非所有が 12.36%であることがわかった。

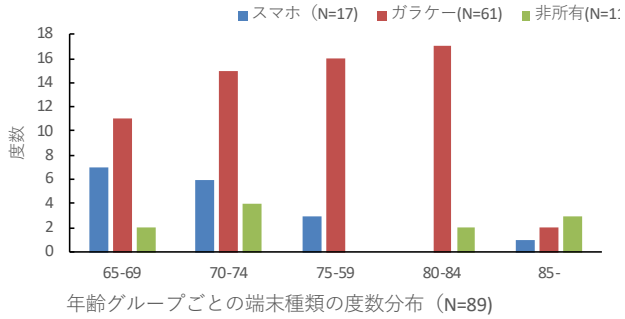


図 1. 年齢グループ毎の所有端末の度数分布

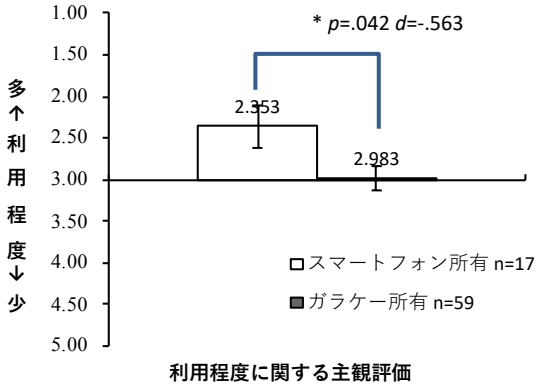


図 2. 利用頻度に関する主観評価の平均値

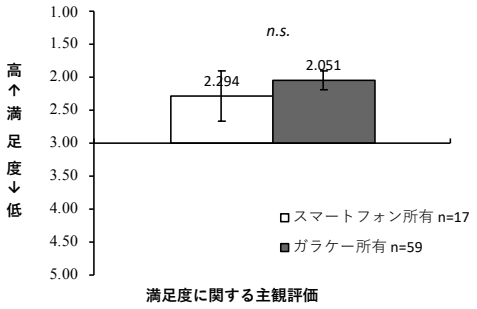


図 3　所有端末グループ毎の満足度の平均値

2017 年の先行調査[2]では，スマホ利用率に関して 65 歳以上が 50.8%,70 歳以上が 33.3%という報告がなされている。また，総務省の 2015 年の調査[1]では，60 歳以上で 20.5%の利用率であると報告されている。今回の調査結果からは，厳密な高齢者の定義である 65 歳以上のユーザについては，これまでの調査よりも利用率が低い状況であることがわかった。この所有率のズレについては，先行調査のサンプリングの偏りが考えられる。また，本研究の年代別の利用率のデータの結果からは，年齢とともに，スマホ利用率は下がっていくことが明らかになった。

(2) 携帯電話の端末ごとの利用年数：利用年数の平均値は，スマホは 2.71 年ガラケーは 12.28 年であった。例えば，日本において iPhone3G が日本で発売されたのが 2008 年であることを考えると，多くの高齢者ユーザが最近スマホを持ち始めたという現状がわかる。

(3) 携帯電話の利用頻度：端末を普段どの程度使っているのかについての主観評価について所有端末グループ毎に平均値を算出し，平均値の差について t 検定を行った（図 2）。その結果，有意（$t(74)=2.14, p<.05, d=-.56$）にスマホ利用者の方が端末を使っていると回答していた。この結果からは，スマホ所有者の方がよく端末を利用しているように感じていることがわかる。その理由としては，おそらく様々な機能がガラケー端末よりも多く搭載されていることが考えられる。

(4) 所有端末の満足度：グループ毎の所有端末の満足度の平均値（図 3）を算出し，平均値の差について t 検定を行ったところ有意差は認められなかった（$t(74)=0.71, d=.195$）。ガラケーと比較するとスマホは機能が多いと考えられるが，満足度高くないようである。その原因としては，スマホを十分に使いなせていないことが考えられる。

(5) 普段よく利用している機能：グループ毎に普段よく利用している機能について，利用していると回答した機能について利用率を算出した。表 1 はスマホ所有群で利用率が高い機能の順に並べ替えた表である。

スマホ所有群で，普段よく利用している機能については，メール(47%),電話(47%), LINE(41%), 天気（41%），カメラ（35%）であった。また，ガラケー所有群では，電話(100%)，メール(70%)，カメラ(43%)，ネット検索(18%)の順であった。この 2 群の比較をすると，注目されるのは，ガラケー群では電話が 100%の利用率であるがスマホ群ではそうでないこと，電話やメールなどガラケー群で高利用率の機能の利用率が下がっていることが挙げられる。その理由として，スマホ所有群の LINE 利用率が上昇しており，コミュニケーションのための機能がシフトしている可能性も考えられる。また，カメラ機能については，統計的検定は行っていないが，平均値はスマホ群の方が低い。ガラケーと比較するとスマホのカメラは魅力的な機能であるはずだが，十分に使われていない現状が示唆された。

表 1　所有端末グループ毎のよく利用していると回答した機能の割合

	スマホ群 (N=17)	ガラケー群 (N=61)
メール	47%	70%
電話	47%	100%
LINE	41%	11%
天気	41%	10%
カメラ	35%	43%
地図検索	35%	5%
ネット検索	29%	18%
アラーム	29%	8%
ニュース	24%	10%
スケジュール	24%	7%
Youtube	18%	2%
メモ帳	18%	10%
動画	12%	10%
音楽	12%	0%
Facebook	12%	3%
新聞	6%	0%
ネットショッピング	0%	2%
インスタグラム	0%	2%
twitter	0%	0%
ゲーム	0%	3%

※スマホ群の利用率の高い項目順

(6) スマホを所有しない理由：スマホを所有しない理由は，ガラケー所有群の 61 人では，「使いこなせる気がしない(23)」「その他(16)」「めんどくさい(11)」「今の携帯電話で十分に用を足せる(9)」という回答であった（図 4）。この回答からは，スマホを利用しない最大の理由は「使いこなせない」と感じている問題あり，高齢者ユーザに対する利用学習の支援の必要性が示唆された。しかし，携帯電話を持たないグループについては，「十分に用を足せる」という回答が最も多く，そもそも，携帯電話端末を持つニーズがない状況が確認された。

（研究 1 のまとめ）街頭質問紙調査の結果を整理すると，65 歳以上の利用率は 19%と低めであり，年齢と共に低下している現状があることがわかった。この結果からは，スマホを使ったシニア向けの社会的支援サービスなどは，利用者が限定されてしまう可能性があると考えられる。

また，スマホ所有群のユーザは，よく端末は使っていると回答しているが，満足度についてはスマホ所有群とガラケー所有群の間に差はなく，スマホの高機能性のアドバンテージが認められないということがわかった。スマホへ移行しない理由としては，最多が「使いこなせる気がしない」であり，高齢者に対して使い方についての支援が必要であることがわかった。

以上の結果を踏まえ，研究 2 でのスマホ講習会のコンテンツを検討することとした。研究 2 の講習会は，スマホの基本的な使い方に加えて，メールや電話，LINE といったコミュニケーションアプリについては，講習会ではアカウント管理に制約があり，アプリの表面的な使い方については学習可能であるが，実際の日常的な利用レベルでの体験場面を作りにくい。一方，カメラ機能については，会場の外での体験場面を入れることでより日常的な使い方を体験できると考えられる。須藤ら[3]では，カメラ体験をすることでスマホの全体的な操作学習成績が向上することが報告されている。そこで研究 2 では，カメラでの撮影を実際に体験する写真撮影会を行うこととした。

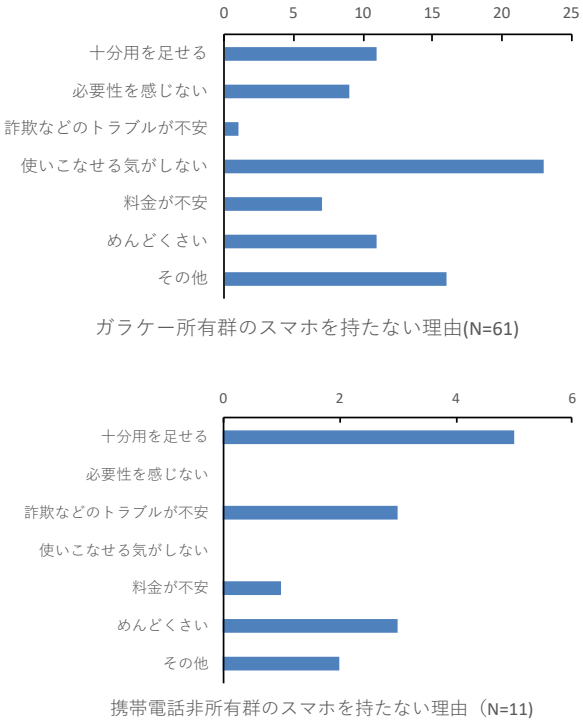


図 4　端末グループ毎のスマホを持たない理由

3.　（研究 2）大学生が実施する地域高齢者向けスマホ講習会の開発と実施

（目的）研究 1 の結果からは，スマホを利用したい高齢者に対してスマホの利用を支援する体制の必要性が示唆された。そこで研究 2 では，地域コミュニティの中で大学生が実施できる高齢者向け講習会を開発することを最終的な目的として，高齢者向け講習会を開催した。講習会は，講義中心の座学ベースの構成ではなく，より日常生活を反映した実践が含

まれる内容とすることとした。講習会の内容は，学生 7 名が PBL 授業のプロジェクトとして，研究 1 を実施しながら，講習内容，説明シナリオ等を検討し開発した。開発した講習会を実際に実施し，スマホの利用イメージにどのような影響があるのか等，その効果を検討することとした。また，講師側の学生にとってこの講習会がどのような学習機会であったのかについても分析を行うこととした。

（方法）参加者：スマホを所有していない高齢者 13 名（男性 7 名，女性 6 名，66-81 歳），参加者は 2 グループに分かれて，講習会に参加した。

手続き：講習会は 2 時間，最大 7 名が参加した。内容は以下の通りであった。講習会は，学生の PBL 型授業の一環で開発され，座学形式のフェーズと講習会会場外で実際に体験利用するフェーズの 2 つのフェーズで構成した（図 5）。座学の内容は，電源操作，ホーム画面の操作，各種ボタンの操作，カメラの利用，写真閲覧，インターネット検索の仕方，文字入力，充電であった。座学では，講師 1 名が全体的な説明をし，その説明を元に高齢者と大学生がペアとなり，講師が伝えた内容を一緒に操作する状況を設定した。体験利用のフェーズでは，カメラで，静岡市街地の様子の写真を撮り，最終的に全員で写真を共有するという課題を設定した。



図 5　講習会の様子

質問紙調査：参加した高齢者に対して講習会の前後でスマホ利用についてのイメージがどのように変わるのかを明らかにするために質問紙調査を行った。調査紙は，操作の容易さとしてスマホの機能 17 項目「スムーズに操作できると思う（6 段階）」かどうかを尋ねた。また，利用希望イメージとして，「スマホとガラケーのどちらを使いたいか（VAS）」を尋ねた。講習会全体の評価として，資料・説明のわかりやすさ，同様の講習会への参加希望，講習会の内容の難易度，楽しさを尋ねた。今回の研究は「学生」主体での実施のため，講師側の学生らへの調査も行った。授業の一環として実施したため，「講習会を企画・開催してどのようなことを学んだのか」というタイトルでレポートを提出させた。

（結果・考察）操作の容易さのイメージ：スマホの操作 17 項目についての「操作をスムーズにできるか」という主観評価の平均値（図 6）について講習会前後で比較したところ有意差が認められた（$t(12)=3.27$ $p<.01$ $d=.91$）。また，詳細な分析として個々の操作について前後で比較をしたところ，講習会で扱った操作内容については講習会後にスムーズに操作できると評価する傾向が認められた。

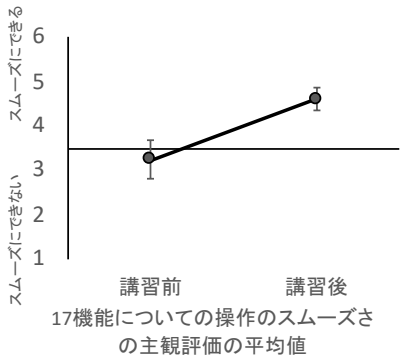


図 6　スマホ操作の容易さのイメージに関する主観評価の平均値

スマホの利用希望・不安感：将来的なスマホ利用について尋ねた VAS 項目について前後比較をしたところ，有意差（$t(12)=2.25$, $p<.05$ $d=.45$）が認められた（図 7）。この結果からは，講習会参加によってスマホをより利用したいとより感じるようになったことがわかった。

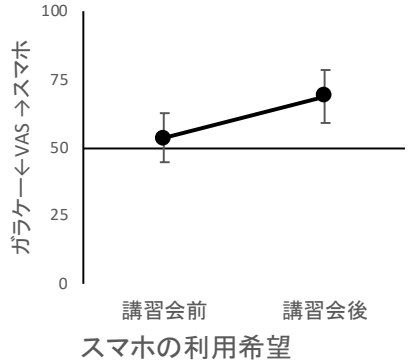


図 7　スマホの利用希望に関する主観評価の平均値

また，スマホを利用することへの不安感について

の主観評価も前後比較によって有意に低減することが示された（$t(12)=2.58, p<.05, d=.84$）（図 8）。

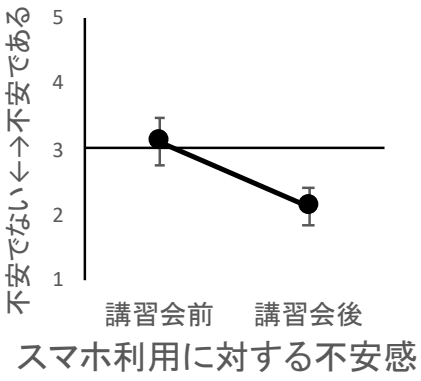


図 8　スマホ利用に対する不安感の平均値

以上の結果からは，学生と共に学ぶスマホ講習会への参加によって，高齢者が，スマホを利用してみたい，うまく操作できるかもしれないと感じるようになる可能性，また，利用の不安が解消される可能性が示唆された。講習会に参加した実施時の状況を確認したところ，（テキストを見ながら）講師の話を聞く，ペアの学生と一緒に操作する，わからなかったら学生と一緒に問題解決するという学習状況があることがわかった。高齢者の感想を確認したところ，学生がマンツーマンで一緒に問題解決する状況に対して高く評価する感想が認められた。今回実施した構成のような講習会は，高齢者の人工物学習として有効である可能性が示唆される。しかし，時間経過とともにその主観評価がどのように変化するのか，実際の操作パフォーマンスがどれだけ変化するのかについては，今回の主観評価レベルのデータでは明らかになっていない。今後さらなる検討が必要であろう。

また，学生にとって学習の場としての講習会の企画実施の意味について検討するために，学生らのレポートの記述を確認したところ以下の様な記述が認められた。

- 若者は高齢者の方とコミュニケーションを図るべきだ。
- 高齢者の方がアクティブになれる地域づくりのためには，高齢者間でのデジタルデバイドもなくしていくことも必要だ。
- プロジェクトの組み立て方についても実践的に学ぶことができた。
- プロジェクトでは，自分の意見を伝えていくことの重要さを学び，議論を重ねていくことでそれぞれの役割が見えてきた。

以上の記述からは，高齢者とのコミュニケーションの問題やデジタルデバイドの問題など高齢社会における地域社会の問題に気づきを得られた。また，PBL 型の授業としても学生にとって主体的な学習機会になったと考えられる。今後 PBL の授業としてパッケージ化を実施し，地域で展開できれば，その講習会は学生にとっても，地域の高齢者，大学にとっても相互に学習という観点のある活動・場を構築する媒介となる可能性が考えられる。

4.　引用文献

[1]MMD 研究所（2017）2017 年シニアのスマートフォン利用に関する調査.（https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1654.html）

[2]総務省（2015）平成 27 年版情報通信白書(http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc122100.html）

[3]須藤智・大木朱美・新井田統（2107）高齢者のスマートフォンの利用学習過程 -グループ学習型講習会の介入効果の検討-. 2017 年度日本認知科学会第 34 会大会予稿集. 797-801.

歌舞伎と文化的ナラトロジーへの物語生成アプローチの構想
Plans of a Narrative Generation Approach to Kabuki and Cultural Narratology

小方 孝†
Takashi Ogata

†岩手県立大学
Iwate Prefectural University
t-ogata@iwate-pu.ac.jp

1. まえがき

筆者は「物語生成システム」の研究を行っている．人工知能としての物語生成システム自体の研究は萌芽的なものを含めれば 50 年あまり前から行われており，最近では文書生成や小説生成や議論生成など，関連する生成系の研究も数多く報告されているが（詳細は Ogata (2016a, 2018b), 小方・川村・金井 (2018)），そもそも筆者の言う「物語」が何を意味しているのかということは，様々な箇所での断片的もしくは非体系的な記述以外には論じて来なかった．何をもって物語と考えるかということによって，研究の焦点が小説生成なのか，小説の他詩なども含む文学生成なのか，といった目的と方向が規定され異なって来る．本研究で目標とするのはこれらの何れとも異なる．本稿は，特に歌舞伎を媒介として，筆者の物語生成研究における物語という概念はそもそも何なのかという問題にアプローチし，それをある程度明らかにすることを目的とする．しかしこの問題は実は日本の民俗学・芸能研究・哲学思想なども巻き込む大問題であり，ここで結論が出るわけではない．また, story とも narrative とも異なる日本語におけるモノガタリという言葉が持つ独自性の問題とも関連する．このことは研究を始めた当初から意識していた (小方, 1997).

基本的な観点はおよそ次の通りであり，これに沿って論述を進める―まず，アリストテレス(1997)的な「統制的物語論ないし一元的物語論」ではない「多元的物語論」に筆者は立脚しており，さらに「物語への文化的アプローチ」を指向している．また，「芸術」としての物語ではなく，「芸能」としての物語という概念が筆者にとっての基本である．これらのことを検討するに当たって，歌舞伎が非常に役に立つ（Ogata (2016b)は歌舞伎の歴史や概要も簡潔にまとめている）．歌舞伎は一元的物語ではなく多元的物語であると考えられ，芸術や文学としての物語ではなく芸能としての物語であると考えられるからである．

このようなわけで，「歌舞伎の物語生成システム」というものがあるならそのようなものを構築することが筆者の目標であるわけではないにしても，歌舞伎は，上述のような物語論・物語概念に基づく筆者の物語生成研究にとって，単なる素材を超えた意義や価値を持っている．従って，歌舞伎自体の調査・分析・モデリングを行うこともまた重要な研究項目の一つである．以下，（筆者にとっての）物語とは何かという問題と，歌舞伎とを絡めて議論を進める．

2. 「物語」とは何か

本節では多元的物語（論）・物語への文化的アプローチ・芸能としての物語のそれぞれについて述べる．

2.1 統制的物語論と多元的物語

物語論（ナラトロジー）は，あらゆる物語に共通・普遍的な形式と内容を扱う学問であることを標榜しているが，実際には西欧的物語をそもそもの発想の前提としているという歪みがある．歪みと言うより，世界大で物語を扱うという意味での普遍性を物語論が目指すのであるのなら，西欧由来ではない発想，それとは対立する発想も取り込み，体系的に包括するよう

なより大きな意味での物語論の構築を目指した方が良いと考えられるということである．（しかしながら，文化的辺境の側から見る時，このような方法ははさらに悪質な展開であるかも知れない．筆者が考える多元的物語論によれば，包括がどうしても一定の観点や基軸によるものである他はないとしても，その観点や基軸自体が可変的・流動的なのである．）

ここで統制的／一元的物語論と言うのは，様々な意味があるが，第一義的には，アリストテレスが「詩学」 (1997)において表明したような考え方に基づく物語論を意味する．この詩学＝演劇を直接の対象としながらも物語全般のための物語論となっている偉大な理論は，目的論的な観点から一貫して構成されており，物語を構成する要素に（「筋」を最上位とする）重要度の序列を付ける．これは現象分析と言うよりも寧ろ一種の規範論であり，あるいはそのようなものとして機能し，すなわち筋からの統制的構成こそが「優れた物語」を作るための規範とされる．

これに対して多元的物語論とは，物語の構成要素間での目的論的序列・優劣を基準とした配置を排したタイプの物語論であり，そこでは例えば物語の筋がすべての下位要素を統制する最上位目標として認識される（べき）という発想が排除される．例えば，歌舞伎という演劇は，17 世紀初頭における創生の当初，筋は存在せず，一つの場面のみから成る，物真似や舞踊や見世物など様々な要素を組み合わせた芸能であった．しかし，そのことは歌舞伎が物語ではなかったということを意味するわけではない．歌舞伎は，ある出来事や行為の模倣・真似（シミュレーション）であり，またその中には当初から過去の諸ジャンルの物語の記憶が内蔵されていた．そのような意味で，歌舞伎が当初から物語と密接な関連を持っていたということは明らかである．しかしながら，筋を示す脚本というものが最上位に置かれ，それに従って，作品のその他の要素が構成され修飾されるという制作のあり方が取られたわけではなかった．歌舞伎の中にも徐々に台帳と呼ばれる脚本を重視するアプローチが取り入れられて行くが，それを必ずしも最上位に位置するものとして重視するわけではない伝統は，今日にも受け継がれている．（悪い伝統との認識も時にあったが，事実としてそのような伝統は保持され，消滅することはなかった．）

結論として，本研究における物語ないし物語生成へのアプローチにおいては，統制的／一元的物語論ではなく，多元的物語論を採用する．その際，多元的物語論を当初から実践し，紆余曲折を経ながらも現在に至るもそれを保持し続けている歌舞伎を，一つのモデルケースないし素材として調査・分析・モデル化する．

2.2 物語への文化的アプローチ

近年，文化に独自の様々な物語論や文学理論の鉱脈を探り様々な物語論を構築しようという動きがある．日本でも，近代の文芸批評や文学研究を集成する書物の編集も幾つか行われている (千葉・坪内, 2003, 2004; 大浦, 2017; 渡辺, 2017)．筆者も従来から日本における物語論や文学理論の重要性を主張し，その体系的検討の必要性を指摘して来た (小方，1998，2018a; Ogata, 2018b)．言うまでもなく，近代に留まらず，日本でも古来多量の文学作品や物語作品が制作され社会的に流通して来ており，優れた作品と評価・認識されているものも多く存在するのであるから，それを様々な形で支える理論的・批評的営為が存在したということは言うまでもない．20 世紀の物語論という体系的・包括的な学問的枠組みを借りて，古代から近・現代に至る日本の物語論・文学理論を体系的・包括的に調査・集成する学術的試みが現れることは当然の流れである．近代に留まらず，江戸時代以前の物語論や文学理論を集成する試みが多数出て来ることが今後期待される．近代文学研究者の渡辺 (2017)の試みは，近・現代物語論の成果を導入して近世の小説方法論に新しい光を投げたという意味で，先駆的な試みであるかも知れない．また，現代の産物を対象としたものでも，内容や思想を過度に偏重した文芸評論ではない物語論的・文学理論的試行が増えることが期待される．

さてこのような文脈の中で歌舞伎とはどの

ように位置付けられるであろうか．最初に断言しておけば，歌舞伎は物語の宝庫である．あるいは，歌舞伎は物語というものを，内容だけでなく形式や構造の側面をも含めて検討しようとする際に，極めて豊かな知見を我々に提供する．恐らく，歌舞伎が作者の内省的な思考に根拠を置く近代型の文学ではないという点にその一つの理由が求められるであろう．また，必ずしも高度に緊密な物語であることをその作者達が求めなかった点，あるいは求めようとしても現実的に困難であった点も影響しているであろう．このような意味で，歌舞伎における物語の作り方は，恣意的な性格を持つが，それ故逆に物語における様々な性格が露出しているとも言えるのである．例えば，組み合わせ的な性格というものを歌舞伎における物語作りの一つの特徴と見做すことができ，これは歌舞伎の多重性や多元性に関係して来るが，それは同時に物語論的な理論のかなり露骨な適用・応用として理解しようとすれば，できるかも知れない．制作の主体は，予め存在する物語における素材やパターンを選択し，組み合わせ，そしてそれらの上に何らかの新規性を付加して，新しい作品を制作した．それが可能であったのは，事前に様々なパターンや素材が存在し，それらを使用しアレンジする一種の物語論的な方法を制作者側が保持していたからであった．但しこの場合の「制作者」とは，筋や脚本の制作者に限定されるわけではない．上演される芝居を演じる役者達もまたこの中に含めて考えなければならない．歌舞伎の草創期において，役者がすなわち作者でもあり，この伝統はその後も続き，現在でも継承されている．歌舞伎の役者は，特定の演目の，あるいはそれを超えた，演技における一定のパターンを体得しており，これを普通「型」と呼ぶ．歌舞伎の役者は，多数の型を身に着けており，実際の芝居の上演に当たっては，型の組み合わせを通じて，特定の登場人物の役柄の造形を行う．新規性はその変形や様々な工夫の中から生じる．以上，歌舞伎における筋と役者に触れたが，共通するのは，共に一定の型が存在し，その使用や変形を通じて，個々の作品や上演が作り上げられて行くという点である．筋や演技に関わる型は習得されることが可能な客観的対象としてストックされている必要があり，さらにその使用の仕方や組み合わせ方も予め知識や技法として保持されている必要がある．歌舞伎に携わる人々は，継続的な学習や実践を通じてこれらを身に着けて行くわけであるが，学術的な立場からは，もしこの種の知識や技法を体系化できたなら，それは一つの物語論・文学理論の体系になっているということが言えるであろう．

2.3 芸能的物語

芸能とは，仮に現実空間に隣接する場所においてであったとしても，現実や日常を超えた時空間を設定し，そこで行われる何らかの芸の実践・上演を意味する，極めて包括的な対象である．その中に，舞踊・音楽・演劇・語り等々の多様な要素を含み，また文字や映像その他によってその上演・実践を記録し後代に残すことは可能であるが，この残すということが第一義的に重要とされるわけではない．重要なのは寧ろ，その時・その場所における一過的な現象の側面であり，本質的な意味で残るのはその場でこれを観た人々の，固定化されない記憶に過ぎない．「小説」の場合，残された文字こそが重要且つ本質的であり，後代の人々は何時になってもこれを余すところなく受容することができるが，芸能の場合，仮に文字の記録が多数残されていて読むことができるとしても，それによって芝居を余すところなく鑑賞・受容することはできないだろう．このような意味で，芸能は，言語としての産出物である文学とは異なる概念である．さらに，意図的・意識的な制作やその精錬過程を重視した芸術とも異なる概念である．

物語とは上記の何れともレベルを異にする概念であり，芸能の中にも文学の中にも物語は存在し，また芸術的な物語も存在する．芸能としての物語とは，演じられるということと強く結び付いた意味での物語であり，書物として成立し流通する文学としての物語とは基本的に異なる．また，演じられるものとしての物語という意味では演劇もそうであるが，「演劇」と言った場合，芸能としての物語とは違って，恐

らく上述の統制的／一元的物語，すなわちアリストテレス的な意味での物語というニュアンスを強く帯びることになるし，さらに芸術としての物語に近いものとして感じられるものとなる．

実は 2.2 節の後半で歌舞伎について述べたことは，芸能としての物語の性格を示すものでもある．さらに，明治時代以降，歌舞伎が「古典芸能」と位置付けられるようになってから，芸術としての歌舞伎を志向する傾向も強まり，例えば九代目市川團十郎は，歌舞伎から芸能的さらには見世物的な夾雑物を削ぎ落し，それを写実的な現代劇として復活させようと努力し，それは現在でも一定の評価を得ている (渡辺, 2018). それでも歌舞伎は諸物混淆の芸能的性格を放擲することをやめようとはしなかった．例えば，歌舞伎は日本の民話，中世説話，能・狂言，江戸小説，人形浄瑠璃，落語など多様なジャンルの物語を取り込んで来たが，その流れは失せず，現在でも漫画や小説，演劇など異ジャンルの物語の取り込みは積極的に行われている．能が純粋化と芸術化の道を辿ったのとは対照的である．これは，権力としての芸能と反／非権力との芸能との違いにも由来するかも知れない．

なお，歌舞伎は普通，物語と呼ばれるよりも，演劇・芸能などと呼ばれることが多く，歌舞伎において物語と言う場合は，脚本（台帳）や，特に演技における一形態―過去の重要な出来事を登場人物の語りによって呼び起こす演技形態―を指すが，筆者は物語をもっと大きな意味で捉えており，本研究では歌舞伎の全体を指して物語と呼んでいる．すなわち歌舞伎を物語の一ジャンルとして捉えている．これは実は，折口信夫らの民俗学 (伊吹, 2010)や郡司正勝 (1998)や渡辺保 (1989)らの歌舞伎学など，物語を芸能や民俗との関わりにおいて把握する日本独自の物語観（文化的ナラトロジー）の発想を受け継いでいる．つまりここで筆者が考えている物語とは，文学・芸術としての物語であるよりも，芸能としての物語なのである．

3. 「歌舞伎の物語生成」とは何か

以上のような幾つかの物語観―多元的物語論・物語への文化的アプローチ・芸能としての物語―を具体的に実践する素材として歌舞伎を調査・分析し，物語生成システムの設計と実装につなげる．

3.1 多元的物語としての歌舞伎

筆者はこれまで，歌舞伎の物語技法の調査・分析のための大きな枠組みを提案し (Ogata, 2016b; 小方, 2018b)（表 1），この枠組みの中で登場人物その他の要素の具体的分析を試みた (小方, 2017a, 2017b, 2017c; Ogata, 2018a, 2018b)．ここで重要なのは無論多様な要素が存在するということそのものではない．それだけなら，他の多くの演劇ジャンルに共通である．ここにおいて本質的に重要なポイントは，これら多様な要素の使用が，筋（これも表 1 における一要素を占める）の下に一元的・統制的に管理されて行くという階層的な構造において整理されているわけではないということであり，さらに諸要素は多元的な融合を通じて一つの舞台上演される作品を形作って行くという点である．ここで言う「多元的融合」とは，そこに含まれている要素の中での重要度の序列が存在しない，あるいは変化・流動するということを意味する．無論実際の制作においては何れかの重要視される要素を基軸に作品が構成されたのかも知れず，あるいは受け手はある特定の要素を重視して作品を観るかも知れない．しかし，それは可変的であり，絶対・普遍的な序列のようなものが存在するわけではない．例えば，海老蔵やその関係者が出演する舞台を，多くの人は，寧ろ海老蔵やその関係者の方に注目して観るかも知れない．ここで物語そのものを多くの人は観ていないからと言って，歌舞伎では何ら非難の理由とはならないのである．また，歌舞伎でしばしば起こることは，歌舞伎に興味のない人には全く気付かれないことであろうが，世間を騒がせたおぞましい事件と類似した演目が平然と選ばれて上演されることがあるということであるが，これも，歌舞伎の見方に多元性があり，観客が必ずしも筋や事件にのみ

注目しているわけではないということと関連しているであろう．さらに，多くの観客は歌舞伎を写実主義の物語とは見ていないということも，このことは表している．

表 1: 歌舞伎の調査・分析の主要項目

種類	概要
現実 - 事件	歌舞伎のストーリーやプロットは現実の何らかの事件を下敷きにして構成されていることが多い．事件は複数の出来事ないし事象によって構成され，登場人物等の必須の要素が含まれる．典型的に使用される歴史的事象のセットが存在し，繰り返しそれらの作品化が図られた．同時代の社会的事件を題材とした作品も多く作られた．現実と虚構との関連は単純ではなく，現実の事件を元に作られた虚構の部分（例えばある登場人物の造形）が逆にその現実像に影響を与えることもあった．
作品	ある作品自体が改変されて別の作品になるという事態が頻繁に起こる．これには，著作権的な意識が希薄であったことや，ある作品を役者や劇場（芝居小屋）の特性に合わせて臨機応変に・恣意的に作り変えるといった興業上の方式が関与していた．これは次の「ジャンル」の越境を伴うことも多かった．
ジャンル	歌舞伎は多くの既存ジャンルの集成であり，演劇としての能・狂言・人形浄瑠璃，舞踊，語り物としての『平家物語』や説教節，江戸小説，音楽としても，能・狂言の音楽や江戸三味線音楽，無論義太夫に代表される語り物の音楽等の混淆として成立している．最近ではアニメの歌舞伎化も行われている．
題材 - 素材	歌舞伎では共通の題材ないし素材が頻繁に取り上げられる．これは，例えばある題材が取り上げられてある作品が作られると，その作品に基づく他の作品が作られるという，制作の連鎖的展開と結び付いている．つまり題材における編集性と作品における編集性とは密接に結び付いている．ここで言う題材（素材）というのは必ずしも現実の事件とは限らない．また，もともとは現実の事件や出来事に由来するものであったとしても，十分に物語化されたレベルの題材・素材になることがある．このような多重化された題材の選択は，特定の作者の好みや趣味によって恣意的に行われたと言うより，歌舞伎の制作のための一つのシステムとして組織化された「世界」に基づいていた．
人物	歌舞伎の「人物」には，「役者」と「登場人物」がある．何れも，それ自体としても，それらの関係においても，時間的・空間的に極めて多重的な存在として形成される．まず役者という人物は，出演作品における登場人物を演じるが，同時にその生身の役者の名前を持つ存在としての側面も大きく本質的な意味を持ち，さらに時間的に継承されて来た「名前」を通じて一つのストーリーを持つ．登場人物としての人物の方は，多くの場合，その作品にのみ限定された人物であるのではなく，その他の歌舞伎作品，異ジャンルのその他の作品，虚構ではないものとしての歴史，等々の中にも現れる人物であることが多い．
ストーリー（筋書き）	一編の作品は，しばしば一編と呼ぶことを憚られるような複数の要素の集合体として成立しており，傍系の物語が肥大して大きなドラマになることもあり，また本来主人公であるべき筈の人物が単なる狂言回しとなることもある．それぞれの部分の結び付きが恣意的に見えることもあり，展開の様式が非常に脱力的であることもある．
場所 - 舞台	ある劇団すなわち「一座」を構成する数の限られた役者が，歌舞伎におけるあらゆる物語のあらゆる登場人物を上演可能なように仕組まれていた．登場人物さらに舞台（場所）は，ある劇団の資産によってカバーされていた．登場人物は，ある比較的少ないカテゴリーに分けられ，その中に具体的な名前を持った個々の登場人物が格納される．そのため，全く異なる複数の登場人物もこのカテゴリーに何れかに分類することができ，一人の役者が衣装や化粧の変化を以って上演することが可能となる．歌舞伎の場所・舞台もこのような基本原理に基づいており，演目に合わせて登場人物との組み合わせによって構成される．この「舞台（場所）・登場人物」の組み合わせを通じて，考えられる限り多くの「作品」を上演することができるのが，歌舞伎というシステムなのである．
時間 - 時代	異なる時間（時代）が一つの作品の中に混在するということが普通に見られる．ある歴史的時代設定であるにも拘らず，舞台・場所や調度品，人物の服装や話，背景や風景からはどう見ても江戸の同時代としか思えないような現象が普通に生じる．
芸能様式	ここで芸能様式と呼ぶのは，舞踊や音楽や語り，さらに役者の型のような，芸能としての歌舞伎に現れる諸々の芸能要素における様式のことを意味する．その多重化のパターンは一定ではなく，用意されている要素の組み合わせには様々な可能性がある．例えば音楽の種類は，長唄・清元・常磐津等多彩であり，役者の型は代々伝わる歴史的な多重性を持ち，竹本の語りは人形浄瑠璃からの連続性と切断による性格を帯びる．
劇場（舞	日本の伝統的な演劇は，劇場を特定ジャンルの必須の構成要素として組み込んでいる．普遍的な空間としての劇場

台＋客席)	／舞台が存在し，そこで様々なジャンルの演劇が上演されるというわけではなく，能には能の，人形浄瑠璃には人形浄瑠璃の，歌舞伎には歌舞伎の，劇場と舞台がそれぞれに祖存在した．歌舞伎の劇場を他のそれと分かつ大きな特徴は花道の存在であった．
観る者－観客	その受け手にとって歌舞伎とは何よりもまず劇場で観るものである．様々な意味で，歌舞伎というもののあり方は，その劇場というものの存在と密接に連携し合っている，あるいは一体化している．そして観る者(観客)もまたその多重的な編集の一翼を担っている．
テクスト	小説や詩を読む(受容する)ということは，紙の本(あるいは現在ならそれを真似た電子的な本)の上に，活字等で物理的に表現された文字を読むという体験であり，その文字の羅列そのものがテクストを意味する．しかし演劇を受容するということは，第一義的には，舞台の上で，書き割りや装置(象徴的な舞台設定)，そしてその中での役者という生身の人間が行う身体的動作を観ることであり，これは当然本のように文字の羅列として存在するのではなく，身体動作のある種の塊として存在する(舞台そのものが動きを伴う場合もある)．歌舞伎に関する評論・批評の伝統が存在するが，そのスタイルはあくまで劇場で舞台を観るという受容者の行為をベースとしていた．しかしながら，歌舞伎に「戯曲」に擬せられるようなもう一つのレベルにおけるテクストが，何らかの形で存在するということもまた事実である．さらに，上記のような意味でのテクストの多重性とは別に，異なるジャンルどうしのテクストの多重的関係，例えば能と歌舞伎，狂言と歌舞伎，人形浄瑠璃と歌舞伎といった諸ジャンル間の変換的関係による多重性というものも存在する．
制作	歌舞伎の上演台本の制作という作業は，その作品が初期の少数場面しか含まない，見世物的及び舞踊的な特徴の濃いものから，大規模化・複雑化し，且つその興行機構も発達してシステマティックなものとなって行くにつれて，共同制作という性格を強く持つようになって行った．共同制作とは一本の演目を複数の作者の共同作業によって仕上げる方式である．
演出	「時間(時代)」やそれに伴う物語における「場所(舞台)」の混淆性は実際の舞台の「演出」に影響する．時代的に重ならない衣装や話し言葉，音楽等の混在は寧ろ常態である．人物の化粧や装いはそれぞれの役柄に合わせて行われており，全体としての写実的一貫性・自然さのようなものが考慮されていないように見える場合も多い．非常に記号的であり形式的・様式的である．
上演	江戸時代の歌舞伎はその時代の現代演劇であったので，基本的に個々の上演は新作物の「通し上演」という形で行われた．但し，一本の新作が単に通しで上演されるのではなく，もっと複雑な決まりがあり，基本は，時代物と世話物という二本の作品が交互に上演されて一公演を成すという形式であった．これに対して，明治時代以降も所謂新歌舞伎をはじめとして新作は多数書かれたが，古典化した江戸歌舞伎の反復上演も恒例化したため，江戸時代の大阪に発祥した「見取り上演」という形態が普及した．見取り上演は，ある作品の中の一部分のみ(一段や，その中の一場．あるいは，幾つかの段や場を編集等)を上演する形態であり，複数の部分が寄せ集まって一公演が形成される．

3.2 文化的物語論と歌舞伎

本研究では，筆者の物語生成システムの枠組みにおいて，歌舞伎の広範な領域に渡る物語生成の方法や技法を体系的且つ相互に有機的に関係付けられたものとして調査・分析する．その結果が歌舞伎の物語生成システムモデルとしてまとめられれば，それは一つの物語論の体系を成すであろう．同時に，歌舞伎そのものが日本における古代から中世を経て近代に至る広汎な物語知識の集成であるから，歌舞伎の物語生成システムモデル＝文化的ナラトロジーという形での研究の発展が可能となる．

3.3 芸能的物語と歌舞伎

芸能的物語という概念は，物語生成システムの構成に影響を与える．具体的には，統合物語生成システム (Ogata, 2016a; 小方, 2018c)（図 1）と芸能情報システム (小方, 2018d)（図 2）との多重構造として，全体としての物語生成システムを構成する．単純に言えば，統合物語生成システムは一つの作品の生成を担い，芸能情報システムはその連鎖の生成を担う．後者によって生成された物語作品の連鎖もまた，一種の物語に相当する．この場合の芸能情報システムに相当するものは，従って，個々の作品を生成する機構ではなく，複数の作品を連続的に生成し続ける機構を意味する．具体的なイメージとしては，例えば芸能プロダクションであり興行会社であるが，さらにある特定の社会的共同体を想定することも可能である．種々の可能性がある

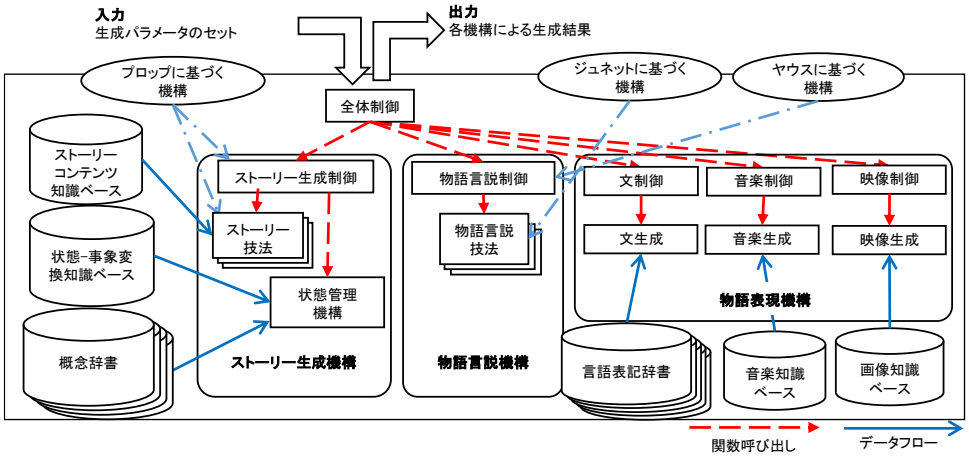


図 1: 統合物語生成システムの全体構造

にしろ，芸能情報システムの重要な役割は，個々の上演を企画・実施することの他に，より具体的なレベルにおいて，物語に関する諸種の素材（資源）―例えば表 1 に示されたようなもの―を格納しておき，個々の上演における個々の主体にそれらを適切に提供し，上演を可能ならしめることである．俳優などの芸能人自身もまた芸能情報システムにとっては素材の中に含まれる．筆者は，多元的物語論・物語への文化的アプローチ・芸能としての物語という概念に基づいて，物語生成の研究を行っている．歌舞伎はこれらを検討するために適切な素材である．

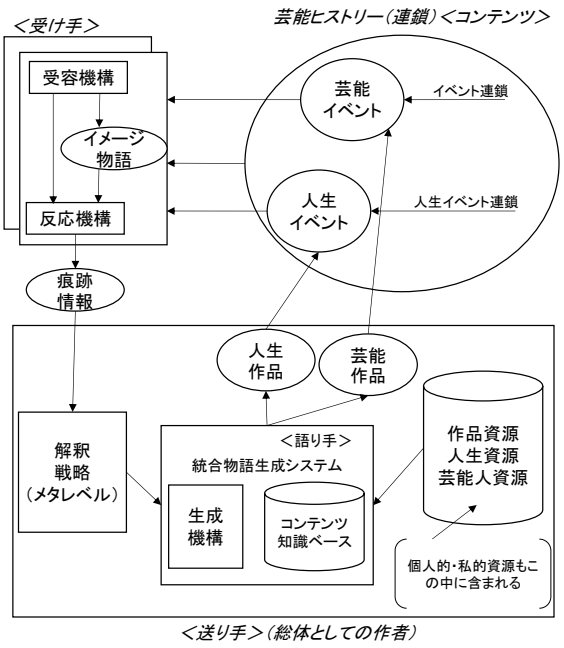


図 2: 芸能情報システムの全体構造

あとがき

本稿では，歌舞伎を媒介として，多元的物語論とは何か，物語への文化的アプローチとは何か，芸能としての物語とは何か，について論じた．最後に，統合物語生成システムと芸能情報システムとの連携としての全体としての物語生成システムの構成を示した．今後は，ここで挙げた諸概念とのより密接な関連において，歌舞伎の調査・研究を進め，統合物語生成システムと芸能情報システムが連動した物語生成システムの設計・開発を進展させる．

謝辞 本研究は，柏森情報科学振興財団研究助成，電気通信普及財団研究調査助成からの資金援助を受けている．また，一部その成果を AOI TYO Holdings 株式会社との共同研究に負っている．

参考文献

アリストテレス，松本仁助・岡道男 訳 (1997). 『アリストテレース詩学，ホラーティウス詩論』. 7-222. 東京: 岩波書店.

千葉俊二・坪内祐三 編 (2003).『日本近代文学評論選―明治・大正篇』. 東京: 岩波書店.

千葉俊二・坪内祐三 編 (2004).『日本近代文学評論選―昭和篇』. 東京: 岩波書店.

郡司正勝 (1998). 『かぶきの美学』. 東京: 演劇出版社.

伊吹克己 (2010). 『歌舞伎と存在論―折口信夫芸能論

考―』. 東京: 専修大学出版局.

小方孝 (1997). 私のモノガタリ学がめざしているもの. 『人工知能学会研究会資料 (SIG-HOT/PPAI-9603)』, 27-34.

小方孝 (1998). ジャパン・フォルマリズム宣言―百年後の挑戦―. 『日本認知科学会 文学と認知・コンピュータ研究分科会 第 1 回定例研究会 in 甲府 '98 秋 資料集』. 1998.

Ogata, T. (2016a). Computational and cognitive approaches to narratology from the perspective of narrative generation. T. Ogata & T. Akimoto, Eds. *Computational and Cognitive Approaches to Narratology*. Hershey, PA, USA: IGI Global. 1-74.

Ogata, T. (2016b). *Kabuki* as multiple narrative structures. T. Ogata & T. Akimoto, Eds. *Computational and Cognitive Approaches to Narratology*. Hershey, PA, USA: IGI Global. 391-422.

小方孝 (2017a). 歌舞伎の多重物語構造と芸能情報システム.『2017 年度　人工知能学会全国大会（第 31 回）論文集』. 1D2-OS-29a-4.

小方孝 (2017b). 歌舞伎における「人物」の多重物語構造. 『第 53 回ことば工学研究会資料』. 113-118.

小方孝 (2017c). 歌舞伎その他に見る物語の重層性について. 『第 54 回ことば工学研究会資料』. 19-29.

Ogata, T. (2018a). A Method of *Naimaze* of Narratives Based on *Kabuki* Analyses and Propp's Move Techniques for an Automated Narrative Generation System. *The proceedings of The 2018 International Conference on Artificial Life and Robotics*. 668-674.

Ogata, T. (2018b). An Integrated Approach to Narrative Generation: From Mishima and kabuki to Narrative Generation Systems. T. Ogata & S. Asakawa, Eds. *Content Generation Through Narrative Communication and Simulation*. Hershey, PA, USA: IGI Global. 49-147.

小方孝 (2018a). 物語生成の物語論あるいはポストナラトロジー. 『認知科学』. 25 (2), 200-217.

小方孝 (2018b). 歌舞伎に向けて (2)―多重物語構造の諸相―. 小方孝・川村洋次・金井明人. 『情報物語論―人工知能・認知・社会過程と物語生成―』. 東京: 白桃書房.

小方孝 (2018c). 統合物語生成システム―メカニズムからコンテンツへ―. 小方孝・川村洋次・金井明人.『情報物語論―人工知能・認知・社会過程と物語生成―』. 東京: 白桃書房.

小方孝 (2018d). 外部への物語生成または芸能情報システムに向けて. 小方孝・川村洋次・金井明人. 『情報物語論―人工知能・認知・社会過程と物語生成―』. 東京: 白桃書房.

Ogata, T. & Asakawa, S. (2018). Aspects of Content Generation Through Narrative Communication and Simulation. T. Ogata & S. Asakawa, Eds. *Content Generation Through Narrative Communication and Simulation*. 1-47. Hershey, PA, USA: IGI Global.

小方孝・川村洋次・金井明人 (2018). 『情報物語論―人工知能・認知・社会過程と物語生成―』. 東京: 白桃書房.

大浦康介 編著 (2017). 『日本の文学理論―アンソロジー』. 東京: 水声社.

渡部直己 (2017). 『日本批評大全』. 東京: 河出書房新社.

渡辺保 (1989). 『歌舞伎―過剰なる記号の森―』. 東京: 新曜社.

渡辺保 (2018). 『九代目團十郎』. 東京: 演劇出版社.

うわさを信じる7歳児，信じない5歳児：パートナー選択課題におけるうわさの効果の検討

Seven-year-olds, but not five-year-olds trust gossip: The impact of gossip on partner-choice tasks

篠原　亜佐美[1, 2, 4]，鹿子木　康弘[3,4]，奥村　優子[4]，小林　哲生[1,4]
Asami Shinohara, Yasuhiro Kanakogi, Yuko Okumura, Tessei Kobayashi

[1] 名古屋大学，[2] 日本学術振興会，[3] 追手門学院大学，[4] NTTコミュニケーション科学基礎研究所
Nagoya University, JSPS, Otemon Gakuin University, NTT Communication Science Laboratories
a.shinohara92@gmail.com

Abstract

Gossip enables individuals to decide how to interact with members of their social group even when unable to directly observe their past behavior. Previous studies have shown that adults use gossip to choose partners or decide to cooperate with others, which results in high cooperation in groups (e.g. Feinberg et al., 2014). However, it remains unclear when children utilize gossip in this way. In our two experiments, we investigated the developmental origin of the use of positive and negative gossip (i.e. gossip about another's prosocial or antisocial behavior): how five- and seven-year-old children behave toward others who are gossiped about, using partner-choice tasks. In Experiment 1, we examined whether children utilize positive gossip, and in Experiment 2, whether children utilize negative gossip using the same procedure as Experiment 1. We showed the participants video about three puppets: 1) the puppet behaves prosocially or antisocially (firsthand-observation condition), 2) the puppet is gossiped about behaving prosocially or antisocially (positive/negative-gossip condition), and 3) the puppet is gossiped about behaving neutrally (neutral-gossip condition). As partner-choice tasks, we asked the participants to rank the three puppets in order of deserving being rewarded, and deserving being trusted. Then, the participants evaluated the three puppets using a five-point Likert scale. We found that five-year-olds utilize negative gossip, but not positive gossip when they decided how to interact with each agent. On the other hand, seven-year-olds utilize both positive and negative gossips although their usage of gossips was different between when they benefitted others and when they were benefitted. Our results demonstrate that it is at around seven years of age that children can utilize gossip to decide how to interact with others. This indicates the seven-year-olds may already engage in enhancing cooperation through gossip.

Keywords — Gossip, Third-party evaluation, Prosocial behavior, Trust, Children

1. はじめに

私たちヒトは，自分以外の人に対して良い行動，悪い行動をした他者を第三者視点から評価し，その評価を基にその他者に対する態度を決めている。この第三者評価は，ヒトの大規模な社会において協力を促進・維持する役割を果たしている（Nowak & Sigmund, 2005）。私たちヒトは，いつから第三者評価をするのだろうか。数多くの研究により，ヒトは乳幼児期から第三者評価をおこなうことが知られている。生後3ヶ月から，他者に向社会的な行動をしたエージェントと反社会的な行動をしたエージェントを区別することができ（Hamlin, Wynn, & Bloom, 2010），6ヶ月になると，反社会的なエージェントよりも向社会的なエージェントを選好するようになる（Hamlin, Wynn, & Bloom, 2007）。生後2年を過ぎると，これらの評価が行動に反映されるようになる。Dahl , Schuck, & Campos (2013) の研究によると，26ヶ月児は他者に対して反社会的なエージェントよりも向社会的なエージェントをより助けるが，22ヶ月児以下はそうではないことが報告されている。また，幼児期になると，反社会的な他者よりも向社会的な他者に対してより資源を分配するようになる（Kenward & Dahl, 2011）。このように，ヒトは乳幼児期から他者の行動を第三者視点から評価し，その評価に基づいて，他者への態度を決定している。

しかし，大規模な集団においては，すべてのやりとりを直接観察し，第三者評価をおこなうことは困難である。こういった場合，うわさによって，他者のやりとりを直接見なくとも，第三者評価をすることができる。うわさとは，他者がいないところでその他者についての評価的な情報を第三者と共有することである（Feinberg, Willer, Stellar, & Keltner, 2012）。成人の実験研究によると，ヒトはうわさで得た他者についての情報を参照して，第三者評価をおこなうことが分かっている（Sommerfeld, Krambeck, Semmann, & Milinski, 2007; Sommerfeld, Krambeck, & Milinski, 2008）。また，自分自身がうわさされる可能性のあるとき，より協力的に振る舞うことが分かっている（Piazza & Bering, 2008）。これらの研究から，ヒトの行動はうわさに影響されていると言える。

では，私たちヒトは，いつからうわさを信じて他者を評価するようになるのだろうか。先に挙げたように，直接観察したときの第三者評価の発達研究は数多くあるが，うわさを利用した第三者評価の発達を調べた研究はほとんどない。うわさによって他者の評判が広まっていくことを小学校低学年の児童は理解しているが，幼稚園児は理解していないことが先行研究により示されている（Hill & Pillow, 2006）。このことから，子どものうわさの利用が就学前後に発達していくと考えられる。そこで，本研究では，5 歳児・7 歳児がうわさを信じたうえで第三者評価をおこなうかどうか，子どもの向社会行動，信頼行動を指標として検討した。本研究では，具体的に以下の二点について明らかにすることを目的とする。(1) 子どもが自分自身の目で直接他者の行動を見たときと，うわさによって他者の過去の行動を知ったときの第三者評価が同様であるかどうか，(2) うわさの内容に応じて第三者評価ができるかどうか。本研究では，子どもが他者を利する行動（向社会行動），利益をもたらしてくれそうな他者を選択する行動（信頼行動）をパートナー選択課題にて測定した。

2. 実験 1

実験 1 では，5 歳児・7 歳児がポジティブな内容のうわさを信じて第三者評価をおこなうかどうか，パートナー選択課題を用いて検討した。

2.1. 方法

2.1.1. 実験参加者

5 歳児 32 名（男児 16 名，*Mage*＝5 歳 3 か月，レンジ 5 歳 2 か月—5 歳 8 か月）と 7 歳児 32 名（男児 16 名，*Mage*＝7 歳 4 か月，レンジ 7 歳 1 か月—7 歳 11 か月）が実験に参加した。

2.1.2. 実験材料

ビデオに登場するパペット 5 体，パートナー選択課題で使用する赤いリボンのプレゼント 3 つ，青いリボンのプレゼント 3 つを使用した。

2.1.3. ビデオ

参加児は以下 3 条件のビデオ映像を一連の流れで視聴した。条件の順番・中心となるパペットの役割は参加児間でカウンターバランスを取った。

直接観察条件

このビデオ映像では，参加児はパペットの向社会行動を観察した。向社会的に振る舞うパペット 1 体（パペット A）とパペット A の向社会行動を受けるパペット 1 体（パペット H）が登場した。パペット H がボールで遊んでいた／鉛筆で絵を描いている最中，誤って手の届かないところにボールを転がしてしまった／鉛筆を落としてしまったところ，パペット A がボール／鉛筆を拾ってパペット H に届けるという内容のビデオであった。

ポジティブうわさ条件

うわさ条件のビデオ映像はすべて Haux, Engelmann, Hermann, & Tomasello (2017) を参考にビデオを作製した。このビデオでは，参加児はパペットが向社会的に振る舞っていたというわさを聞くことができた。向社会行動をうわさされるパペット（パペット B）とうわさをするパペット（パペット G）が登場した。まずパペット G が画面上に登場したところを，パペット B が左から右へと横切った。その後，パペット G はパペット B が過去におこなった向社会行動についてうわさをした。うわさの内容は，「さっきパペット B がお友だちのボールを拾ってあげていた」あるいは，「さっきパペット B がお友だちの鉛筆を拾ってあげていた」のどちらかであった。

中立うわさ条件

このビデオでは，参加児はパペットが中立的（向社会的でも反社会的でもない）に振る舞っていたというわさを聞くことができた。このビデオにはうわさされるパペット（パペット C）とうわさするパペット（パペット G）が登場した。ビデオの流れはポジティブうわさビデオと同様で，うわさの内容のみが異なっていた。うわさの内容は，「さっきパペット C がお散歩していた」あるいは，「さっきパペット C がブランコで遊んでいた」のどちらかであった。

2.1.4. 実験手続き

参加児は初めに，3 体のパペットが出てくるビデオを 2 回視聴した。その後実験者は，3 体のパペットがそれぞれビデオの中で何をしていたか，あるいは，何を言われていたかを参加児に説明するよう求めた。これは，参加児がきちんとビデオを見ていたかどうかを確認するためであった。参加児が正確に答えられない場合，参加児が正確に答えられるまで映像を繰り返し見せた。

ビデオ視聴後，参加児はパートナー選択課題として，プレゼント贈与課題，プレゼント選択課題をおこなっ

た。2 つの課題の順序は参加児間でカウンターバランスを取った。プレゼント贈与課題では，最初に参加児に 3 つのプレゼントの箱を提示した（図 1a）。それぞれのプレゼントの箱の中には，たくさんのステッカー，数枚のステッカー，1 枚のステッカーが入っていた。参加児には，どのプレゼントをどのパペットにあげるかを決めさせた。このプレゼント贈与課題では，参加児がどのパペットが各報酬に値すると思っているかを測定することを目的とした。たくさんのステッカーをあげたパペットを「1 番目に報酬に値する」，数枚のステッカーをあげたパペットを「2 番目に報酬に値する」，そして 1 枚のステッカーをあげたパペットを「3 番目に報酬に値する」とした。

プレゼント選択課題では，それぞれのパペットが 1 つずつプレゼントを持っている場面を参加児に提示した（図 1b）。その後，参加児にどのパペットが持っているプレゼントが欲しいかを順位づけさせた。このとき，プレゼントの中身は分からないようになっていた。このプレゼント選択課題は，参加児がどのパペットが信頼できる（自分に利益をもたらしてくれそうか）と思っているかを測定することを目的とした。

最後に，参加児はリッカート尺度（5 件法）を用いて，それぞれのパペットがどのくらい良い子だと思うかを評定した。参加児の評定は，以下のようにスコア化された。-2 ; とても悪い，-1 ; 悪い，0 ; いい子でも悪い子でもどちらでもない，1 ; 良い，2 ; とても良い。

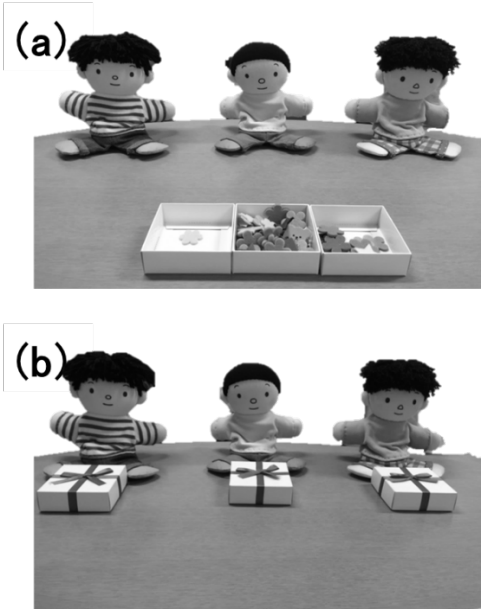


図 1. パートナー選択課題の様子。(a) プレゼント贈与課題，(b) プレゼント選択課題

2.2. 結果

2.2.1. リッカート尺度による評定

2（年齢 : 5 歳，7 歳）×3（条件 : 直接観察，ポジティブうわさ，中立うわさ）の分散分析をおこなったところ，条件の主効果（$F(2, 124) = 15.54, p < .001$），年齢×条件の交互作用（$F(2, 124) = 4.70, p = .011$）が有意であった。交互作用について下位検定をおこなったところ，7 歳児における直接観察条件（$M = 1.81, SD = 0.35$），ポジティブうわさ条件（$M = 1.59, SD = 0.62$）の評定は，中立うわさ条件（$M = 0.78, SD = 0.71$）よりも高いことが示された（$ps < .001$）。7 歳児における直接観察条件とポジティブうわさ条件における評定に違いはなかった（$p = .13$）。5 歳児においては，3 条件間で評定に有意な差はなかった（直接観察条件 : $M = 1.31, SD = 0.96$; ポジティブうわさ条件 : $M = 1.28, SD = 1.09$; 中立うわさ条件 : $M = 1.03, SD = 1.11$; $p = .36$）。7 歳児は向社会的なパペット 2 体を，中立的なパペットよりも良いと評定していたが，5 歳児はそうではなかった。

2.2.2. プレゼント贈与課題

プレゼント贈与課題の年齢ごとの結果を図 2a に示した。参加児がおこなったパペットに対する順位づけを従属変数，年齢と条件を独立変数とした順序ロジスティック回帰をおこなった。年齢によって条件間に違いがあるかどうかを調べるため，最初に年齢×条件の交互作用があるかどうかを調べた。年齢，条件のみを予測変数としたモデル 1 と，年齢，条件，年齢×条件の交互作用を予測変数としたモデル 2 を比較した。モデル 1 とモデル 2 の間に有意な差はなかった（$\chi 2(2) = 0.73, p = .69$）。モデル 2 の結果，ポジティブうわさ条件と中立うわさ条件，ポジティブうわさ条件と直接観察条件の間に有意な差はみられなかった（odds ratios < 1.54, $ps < .15$）が、直接観察条件と中立うわさ条件には有意な差がみられた（odds ratio = 3.03, $p = .02$）。

2.2.3. プレゼント選択課題

プレゼント選択課題の年齢ごとの結果を図 2b に示した。プレゼント贈与課題同様，最初に年齢×条件の交互作用があるかどうかを調べた。年齢，条件のみを予測変数としたモデル 1 と，年齢，条件，年齢×条件の交互作用を予測変数としたモデル 2 を比較した。モデル 2 はモデル 1 より有意であったため（$\chi 2(2) = 6.56, p = .04$），5 歳児と 7 歳児のデータそれぞれで，3 条件間に差があるかどうかを順序ロジスティクス回帰によ

り検討した。

5 歳児においては，どの条件間にも有意な差がなかった（odds ratios < 0.92, *p*s > .23）。7 歳児においては，中立うわさ条件のパペットよりもポジティブうわさ条件のパペットからのプレゼントを選択する参加児が多い傾向にあった（odds ratio = 2.42, $p = .06$）。直接観察条件とポジティブうわさ条件との間に有意な差はなかった（odds ratio = 0.54, $p = .18$）。また，直接観察条件と中立うわさ条件には有意差がみられた（odds ratio = 4.50, $p < .01$）。

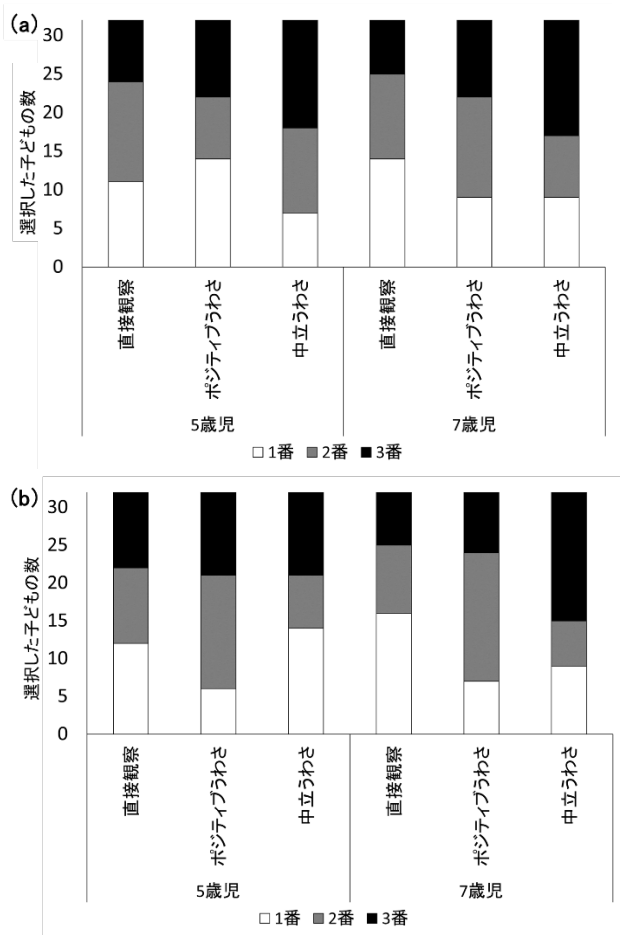


図 2. (a) プレゼント贈与課題，(b) プレゼント選択課題における子どもの選択

2.3. 考察

実験 1 では，5 歳児・7 歳児がポジティブな内容のうわさを信じて第三者評価をおこなうかどうか，パートナー選択課題を用いて検討した。

7 歳児は，ポジティブなうわさの内容を信じてパペットに特性（i.e., 良い）を帰属することができたが，パートナー選択課題においては，必ずしもポジティブなうわさを基に行動を決定しているわけではないことが分かった。自分自身が利益をもらえるプレゼント選択課題では，ポジティブなうわさの内容を信じてパートナー選択をおこなう傾向が見られた。うわさを信じる程度は，子ども自身がパペットの向社会行動を直接見たときと同様であった。しかし，子どもが他者に利益を与えるプレゼント贈与課題では，ポジティブなうわさを信じた行動がみられなかった。プレゼント選択課題のみでポジティブなうわさを利用していたことから，うわさの効果は子ども自身の利益にかかわる場合のみにみられる可能性が考えられる。発達初期においては，自分に利益がもたらされる選択をする場合，あらゆる情報に対して敏感になるのかもしれない。このような動機は，子どもは経済ゲームにおいて，自分の利益を最大化する傾向にあるという知見と共通するかもしれない（Lergetporer, Angerer, Glätzle-Rützler, & Sutter, 2014）。

また，5 歳児ではパペットの評定，2 つのパートナー選択課題いずれにおいても，ポジティブなうわさを利用することはなかった。リッカート尺度の評定においても，向社会的なパペット（ポジティブうわさ条件，直接観察条件）と中立的なパペットの間に差がなかったことから，5 歳児はそれぞれのパペットの行動やうわさの内容を基に，パペットに特性を帰属できなかった可能性が考えられる。5 歳児は言語を介して伝えられた他者の特性に関係する行動を表象することができなかったのかもしれない。

実験 1 の結果から，5 歳児はポジティブなうわさを利用した第三者評価をしないが，7 歳児は利用できることが示唆された。子どもがうわさを基に他者への態度を決定するかどうかを調べるうえで，うわさの機能を考えることは重要である。Dunber (2004) はうわさの機能として，集団内のルールを破った者を取り締まる機能を挙げている。つまり，反社会的な行動についてのうわさのほうが，ヒトの行動により影響を与える可能性が考えられる。このことを考慮すると，発達初期の子どもには，ポジティブなうわさよりもネガティブなうわさの方が機能するかもしれない。そこで，実験 2 では 5 歳児と 7 歳児がネガティブな内容のうわさに基づいて他者評価をおこなうかについて検討した。

3. 実験２

実験 2 では，5 歳児・7 歳児がネガティブな内容のうわさを信じて第三者評価をおこなうかどうか，パートナー選択課題を用いて検討した。

3.1. 方法

3.1.1. 実験参加者

実験 1 に参加していない 5 歳児 32 名（男児 17 名，*Mage*＝5 歳 3 か月，レンジ 5 歳 2 か月—5 歳 8 か月）と 7 歳児 32 名（男児 15 名，Mage＝7 歳 4 か月，レンジ 7 歳 1 か月—7 歳 11 か月）が実験に参加した。

3.1.2. 実験材料とビデオ

実験材料は実験 1 で使用したものと同様であった。

ビデオは，パペットの行動・うわさの内容以外は実験 1 で使用したビデオと同様であった。

直接観察条件

このビデオでは，参加児はパペットの反社会行動を観察することができた。反社会的に振る舞うパペット 1 体（パペット A）ともう 1 体パペット（パペット V）が登場した。パペット V がボールで遊んでいた／ブロックでお城を作っていたところ，パペット A がボールを奪う／お城を壊すという内容のビデオであった。

ネガティブうわさ条件

このビデオでは，参加児はパペットが反社会的に振る舞っていたというううわさを聞くことができた。反社会行動をうわさされるパペット（パペット B）とうわさをするパペット（パペット G）が登場した。うわさの内容は,「さっきパペット B がお友だちのボールを取っていた」あるいは,「さっきパペット B がお友だちのおもちゃを壊していた」のどちらかであった。

中立うわさ条件

このビデオでは，参加児はパペットが中立的に振る舞っていたというううわさを聞くことができた。ビデオの内容は実験 1 の中立うわさ条件と同様であった。

3.1.3. 実験手続き

ビデオの内容以外は，実験 1 と同様の手続きであった。

3.2. 結果と考察

3.2.1. リッカート尺度による評定

2（年齢：5 歳，7 歳）×3（条件：直接観察，ネガティブうわさ，中立うわさ）の分散分析をおこなったところ，年齢の主効果（$F(1, 62) = 10.06$, $p < .01$），条件の主効果（$F(2, 124) = 82.76$, $p < .001$）が有意，年齢×条件の交互作用（$F(2, 124) = 2.41$, $p = .09$）が有意傾向であった。7 歳児に比べ，5 歳児の評定は全体的に高かった。また，年齢にかかわらず，直接観察条件（5 歳児：$M = -0.59$, $SD = 1.36$; 7 歳児：$M = -1.25$, $SD = 0.62$），ネガティブうわさ条件（5 歳児：$M = -0.38$, $SD = 1.39$; 7 歳児：$M = -1.06$, $SD = 0.88$）の評定は，中立うわさ条件（5 歳児：$M = 1.22$, $SD = 0.79$; 7 歳児：$M = 1.25$, $SD = 0.80$）よりも低いことが示された（all $ps < .001$）。直接観察条件とネガティブうわさ条件における評定に違いはなかった（$ps > .36$）。

3.2.2. プレゼント贈与課題

プレゼント贈与課題の年齢ごとの結果を図 3a に示した。実験 1 同様，参加児がおこなったパペットに対する順位づけを従属変数，年齢と条件を独立変数とした順序ロジスティック回帰をおこなった。年齢によって条件間に違いがあるかどうかを調べるため，最初に年齢×条件の交互作用があるかどうかを調べた。年齢，条件のみを予測変数としたモデル 1 と，年齢，条件，年齢×条件の交互作用を予測変数としたモデル 2 を比較した。モデル 2 はモデル 1 より有意であったため（$\chi 2(2) = 20.15$, $p < .001$），5 歳児と 7 歳児のデータそれぞれで，3 条件間に差があるかどうかを順序ロジスティック回帰により検討した。

5 歳児のデータを分析したところ，ネガティブうわさ条件のパペットよりも中立うわさ条件のパペットにより良いプレゼントをあげる参加児が多い傾向にあった（odds ratio = 2.19, $p = .09$）。ネガティブうわさ条件と直接観察条件の間に違いはなかった（odds ratio = 0.84, $p = .71$）が，直接観察条件と中立うわさ条件の間には有意な差がみられた（odds ratio = 0.38, $p = .04$）。7 歳児でも，ネガティブうわさ条件のパペットよりも中立うわさ条件のパペットにより良いプレゼントをあげる参加児が多かった（odds ratio = 56.11, $p < .001$）。また，直接観察条件のパペットよりもネガティブうわさ条件のパペットにより良いプレゼントをあげる参加児が多かった（odds ratio =0.29, $p = .02$）。直接観察条件と中立うわさ条件の間には有意な差があった（odds ratio = 0.01, $p < .001$）。

3.2.3. プレゼント選択課題

プレゼント選択課題の年齢ごとの結果を図 3b に示した。プレゼント贈与課題同様，最初に年齢×条件の交互作用があるかどうかを調べた。年齢，条件のみを予測変数としたモデル 1 と，年齢，条件，年齢×条件の交互作用を予測変数としたモデル 2 を比較した。モデル 2 はモデル 1 より有意であったため（$\chi 2(2) = 13.64$,

p < .01)，5 歳児と 7 歳児のデータそれぞれで，3 条件間に差があるかどうかを順序ロジスティック回帰により検討した。

5 歳児では，ネガティブうわさ条件のパペットよりも中立うわさ条件のパペットからのプレゼントを選択する参加児が多かった（odds ratio = 2.26, p = .08)。ネガティブうわさ条件と直接観察条件の間に違いはなかった（odds ratio = 0.60, p = .28）が，直接観察条件と中立うわさ条件の間には有意な差がみられた（odds ratio = 0.27, p < .01)。7 歳児でも同様の結果がみられた。ネガティブうわさ条件のパペットよりも中立うわさ条件のパペットからのプレゼントを選択する参加児が多く（odds ratio = 43.93, p < .001)，ネガティブうわさ条件と直接観察条件の間に違いはなかった（odds ratio = 0.55, p = .22)。直接観察条件と中立うわさ条件の間には有意な差がみられた（odds ratio = 0.01, p < .001)。

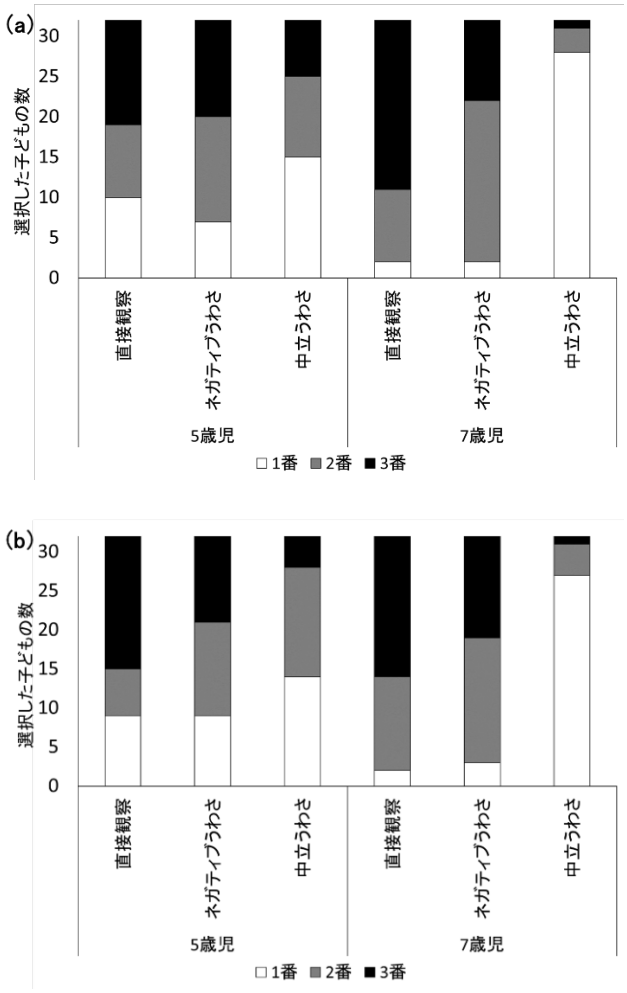


図 3. (a) プレゼント贈与課題, (b) プレゼント選択課題における子どもの選択

3.3. 考察

実験 2 では，5 歳児・7 歳児がネガティブな内容のうわさを信じて第三者評価をおこなうかどうかについて，実験 1 と同様のパートナー選択課題を用いて検討した。

5 歳児，7 歳児ともに，自分の目で見る，うわさで聞くなどの情報源にかかわらず，反社会的なパペットと中立的なパペットの区別ができていた。

また，パートナー選択においても，5 歳児，7 歳児はネガティブなうわさを信じて行動を決定していた。5 歳児においては，弱い傾向ではあったものの，どの他者を利するか，信頼するかを決定する際に，ネガティブなうわさを利用していた。中立的な行動をうわさされていた他者よりも，反社会的な行動をうわさされていた他者を避ける傾向がみられた。そういった他者を避ける傾向は，反社会的な行動を直接目にしたときと同様であった。7 歳児も同様の結果が得られたが，誰を利するか，誰から利益をもらうかによって，うわさが行動に与える影響は異なっている可能性が示唆された。他者に利益を与える場合，うわさで得たネガティブな情報よりも，自分の目で直接見て得たネガティブな情報に重きを置いてパートナー選択をしていた。一方，自分に利益がもたらされる場合は，情報源にかかわらず反社会的な他者を避ける傾向が見られた。これらの結果から，7 歳児は他者にどのような行動を示すかに応じて，柔軟にうわさを利用している可能性が考えられる。特に, 自分の利益にかかわる選択をする際, ネガティブなうわさの影響が大きいことが示唆される。

4. 総合考察

本研究では，5 歳児と 7 歳児がうわさを信じて第三者評価をおこなうかどうかを，子どもの向社会行動と信頼行動を測るパートナー選択課題を用いて検討した。実験 1，2 により，5 歳児と 7 歳児はポジティブな情報よりもネガティブな情報に対してより敏感であることが示唆された。5 歳児は，ポジティブなうわさは信じなかったものの，ネガティブなうわさを利用してパートナー選択をおこなっていた。また，7 歳児もポジティブなうわさの利用は部分的であったが，ネガティブなうわさを信じてパートナー選択をおこなっていた。ヒトの生存において，良い他者を検出するよりも，悪い他者を検出することは非常に重要なスキルである（Vaish, Grossman, & Woodward, 2008)。そのため，発達初期においては，悪い他者を検出する能力のほうが先に発達するのかもしれない。ヒトがいつからポジティブなうわさを信じるようになるか，ポジティブなうわ

さに重きを置いて行動決定するかどうかについては更なる検討が必要である。

7 歳児は，誰から利益をもらうかを決めるときのみポジティブなうわさを利用していた。また，そういった行動を決めるときに，ネガティブなうわさがより影響を与えていた。これらのことから、7 歳児では、自分の利益が関係するときに，その利益に関係する他者についてのうわさに敏感になり，そのうわさ情報を利用できることが考えられる。自分に利益を与えてくれそうな相手をパートナーとして選択することは，生存にとって重要である（Barclay, 2016）。そのような傾向が既に 7 歳児でみられるのかもしれない。

本研究では，5 歳児はうわさを信じないが，7 歳児はうわさを信じて他者とのかかわり方を決定していることが示された。しかし，ポジティブなうわさを聞いたときに 5 歳児がエージェントの善悪の区別ができていないことから， 5 歳児にとって，本研究で採用した向社会行動は中立的な行動と比較して，それほど「良い行動」ではなかった可能性が考えられる。本研究では，エージェントが他のエージェントの手助けをする行動を取り上げたが，より多くのコストを払う行動についてのうわさでないと 5 歳児は中立的な行動と区別しないのかもしれない。今後，子どもにとって，より向社会行動と認識しやすい行動についてのうわさをどう利用するのかについて，検討する必要がある。あるいは，ポジティブなうわさは，5 歳児にとってはインパクトが弱い可能性も考えられる。一度きりのポジティブなうわさでは，自分の行動を決定する材料にならないのかもしれない。たとえば，複数人からのある人についてのポジティブなうわさ，あるいは，ある人の様々な向社会行動にかんするうわさが，子どもの行動に影響する可能性も考えられる。複数回のうわさの効果についても，今後検討する必要がある。

参考文献

[1] Nowak, M. A., & Sigmund, K. (2005). Evolution of indirect reciprocity. *Nature*, *437*(7063), 1291.

[2] Hamlin, J. K., Wynn, K., & Bloom, P. (2010). Three-month-olds show a negativity bias in their social evaluations. *Developmental science*, *13*(6), 923-929.

[3] Hamlin, J. K., Wynn, K., & Bloom, P. (2007). Social evaluation by preverbal infants. *Nature*, *450*(7169), 557-560.

[4] Dahl, A., Schuck, R. K., & Campos, J. J. (2013). Do young toddlers act on their social preferences? *Developmental Psychology*, *49*(10), 1964-1970.

[5] Kenward, B., & Dahl, M. (2011). Preschoolers distribute scarce resources according to the moral valence of recipients' previous actions. *Developmental Psychology*, *47*(4), 1054-1064.

[6] Feinberg, M., Willer, R., Stellar, J., & Keltner, D. (2012). The virtues of gossip: reputational information sharing as prosocial behavior. *Journal of personality and social psychology*, *102*(5), 1015-1030.

[7] Sommerfeld, R. D., Krambeck, H. J., Semmann, D., & Milinski, M. (2007). Gossip as an alternative for direct observation in games of indirect reciprocity. *Proceedings of the national academy of sciences*, *104*(44), 17435-17440.

[8] Sommerfeld, R. D., Krambeck, H. J., & Milinski, M. (2008). Multiple gossip statements and their effect on reputation and trustworthiness. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *275*(1650), 2529-2536.

[9] Piazza, J., & Bering, J. M. (2008). Concerns about reputation via gossip promote generous allocations in an economic game. *Evolution and Human Behavior*, *29*(3), 172-178.

[10] Hill, V., & Pillow, B. H. (2006). Children's understanding of reputations. *The Journal of genetic psychology*, *167*(2), 137-157.

[11] Haux, L., Engelmann, J. M., Herrmann, E., & Tomasello, M. (2017). Do young children preferentially trust gossip or firsthand observation in choosing a collaborative partner? *Social Development*, *26*(3), 466-474.

[12] Lergetporer, P., Angerer, S., Glätzle-Rützler, D., & Sutter, M. (2014). Third-party punishment increases cooperation in children through (misaligned) expectations and conditional cooperation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(19), 6916-6921.

[13] Dunbar, R. I. (2004). Gossip in evolutionary perspective. *Review of general psychology*, *8*(2), 100-110.

[14] Vaish, A., Grossmann, T., & Woodward, A. (2008). Not all emotions are created equal: the negativity bias in social-emotional development. *Psychological bulletin*, *134*(3), 383-403.

[15] Barclay, P. (2016). Biological markets and the effects of partner choice on cooperation and friendship. *Current Opinion in Psychology*, *7*, 33-38.

かわいいものに対する反応とその効用
—かわいいと触りたい？—
Response and Effect to Cute Artifacts
–Do You Want to Touch Cute Artifacts?-

岡田 真奈[1]　阪田 真己子[2]
Mana Okada, Mamiko Sakata
[1]神戸大学大学院人間発達環境学研究科 [2]同志社大学文化情報学部
Graduate School of Human Development, Kobe University
Faculty of Culture and Information Science, Doshisha University
xomanaxg@gmail.com

人は，ベビースキーマと呼ばれる，幼い動物が持つ身体的特徴を持つものをかわいいと感じ，また，かわいいものを見ることによって，ポジティブ感情が喚起するなど，様々な効用が生じることが明らかになっている．しかしながら，人はかわいいものに対し，どのような振る舞いをみせるのかということについては，未だ明らかになっていない．そこで，本研究では，行動抽出を行い，人がかわいいものに対して，どのような振る舞いをみせるのかということについて検証した．
キーワード　—　かわいい，感性，行動

1.　はじめに

人は，ベビースキーマを持つ人間や動物をかわいいと感じ，保護したいといった気持ちを抱くことが知られている（Lorenz 1943）．ベビースキーマとは，Lorenzが提唱した概念であり，幼い動物が持つ身体的特徴を指す．例えば，身体に比して大きな頭や，短くて太い四肢などが，対象に対するかわいい感情を喚起させる特徴とされている（前田 1985）．

他方，日本では，ベビースキーマを持ちえない大人の男性に対してもかわいいと形容することがある．子犬を見てかわいいと思うことと，男性を見てかわいいと思うことは，同じかわいいであっても，その意味合いが異なる．子犬は，ベビースキーマを持つが，男性が必ずしもベビースキーマを持つとはいえないからである．ベビースキーマに対するかわいい反応は，刺激が持つ要素的な特徴に起因して生じる（Lorenz 1943）のに対し，日本のかわいいは，かわいい対象がある特定の状況や観察者との関わりの中で見せるしぐさや振る舞いに起因することが多いとされている（入戸野 2009）．また，井原，入戸野（2012）は，かわいい感情には，「近づいてみたい」，「そばに置いておきたい」といった接近欲求が深く関わっていると指摘した．このように，日本におけるかわいいとは，かわいいものを見た際に受動的に感受される感情だけでなく，かわいいものとの主体的な関わりの中で生じる感情をも含むものといえる．これらを踏まえ，本研究では，ベビースキーマに基づかないかわいいも包括した入戸野（2009）によるかわいいの定義「幼児に対する愛情から派生して，意識主体にとって害がなく緊張を感じさせず，保護したいというポジティブ感情を喚起させる対象を指す形容詞」に依拠するものとする．

2.　研究目的

人はかわいいものを見ることによって，ポジティブ感情が喚起し，対象に接近したい，長く見つめていたい，という欲求が生じることや，その後の行動が慎重になることが知られている（入戸野 2016, Sherman, Haidt & Coan 2009）．このように，ベビースキーマなどに基づく「かわいいもの」を見ることによる様々な効用が実証的に示されてきた．しかしながら，これらの研究では，そもそも人がかわいいものに対してどのように振る舞うのかということについては言及されていない．かわいいものが人の心理に何らかの影響を及ぼすのであれば，眼前に現れたかわいいものに対する何らかの振る舞いが自発的に生じると考えられる．

そこで，本研究では，かわいいものに対する人の振る舞いと，その効用について2つの実験により明らかにすることを目的とする．

3.　かわいいものへの振る舞い（実験1）

3.1.　方法（実験1）

3種類の人工物を呈示刺激として設定し，それらに対する自発的な振る舞いを抽出することを目的とした実験を行った．

3.1.1. 実験参加者

参加者は，同性の大学生 3 名を 1 グループとし，男女各 8 グループの計 48 名（*M*=21.81，*SD* = 2.27）とした．

3.1.2. 使用刺激

実験に使用した刺激は，玩具 1 として，アヒルを模した玩具（株式会社オオイシ製「うきうきアヒル」），玩具 2 として，カエルを模した玩具（株式会社オオイシ製「うきうきカエル」），玩具 3 として，パズル（SGGEHA 製「フラワーブロック」）の 3 種類であった（図 1 参照）．また，玩具 1，玩具 2 は，共にお風呂に浮かばせて遊ぶ幼児用の玩具である．本研究では，玩具 1 は，子アヒルを模しているため，ベビースキーマに基づくかわいいものであるとする．



玩具 1（アヒル）(株)オオイシ製　玩具 2（カエル）(株)オオイシ製　玩具 3（パズル）SCGEHA 製

図 1.各群に呈示した刺激

3.1.3. 実験条件

アヒルの玩具を呈示するアヒル群，カエルの玩具を呈示するカエル群，パズルを呈示するパズル群に加え，いずれの刺激も呈示しない統制群も設定し，各群に 12 名（1 グループ 3 名×4 組）ずつ参加者を配置する 1 要因による参加者間要因計画とした．

3.1.4. 実験準備

実験室には，参加者用の机 1 台に，椅子 3 脚を用意し，椅子は机を囲んで等間隔になるように設置した．統制群以外では，机の上に，各群に対応する刺激を 50 個雑多に置いた．実験室内にビデオカメラ 2 台を設置し，参加者が入室してから実験が終了して退出するまでの間を収録した．

3.1.5. 実験手続き

実験では，まず，会話実験と称して参加者 3 名を前室に集合させ，実験の概要を説明した後，同意書への記入を求めた．その後，会話実験は実験室で行う旨を説明し，参加者 3 名のみで実験室への移動をお願いし，実験室に入室，着席させた．実験開始までの間，各条件群のもと，3 分間自由に過ごしてもらった（以降「待機中」と表記）．

その後，実験者が実験室へと入室し，会話実験の教示を行った．会話実験では，家族に関するテーマ「祖父母と同居すべきか，核家族で暮らすべきか」について 5 分間自由に話し合ってもらった（以降「会話中」と表記）．

会話実験終了後，刺激に対する印象（刺激をかわいいと思ったか，刺激を触りたいと思ったか，刺激を欲しいと思ったか）について，4 件法で質問紙にて回答を求めた．質問紙への回答後，実験に関するデフリーフィングを行った上で，実験を終了した．

なお，実験者は実験開始から終了時まで，机上の刺激については一切言及しなかった．

3.1.6. データ抽出

実験の様子は 2 台のビデオカメラで撮影し，ビデオコーディングにより，待機中および会話中の刺激への接触時間，笑顔表出時間，発話時間をアノテーションソフト「ELAN」を用いて抽出した．なお，笑顔については，Ekman（1978）の FACS（顔面動作符号システム）を参考に判断した．

3.2. 結果（実験 1）

3.2.1. かわいさの評価

各群の刺激に対する「かわいさ」の評価の平均値は，図 2 のようになった．刺激によって「かわいさ」に違いがあるか否かを確かめるために，「かわいさ」の評価を従属変数，刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）を独立変数とした一元配置分散分析を行った．その結果，刺激間で有意な差は認められなかった（$F(2,33)=0.988$, $p=.383$）．

3.2.2. 刺激への接触

各刺激に対する「触りたさ」の評価の平均値は，図 3 のようになった．刺激によって「触りたさ」に違いがあるか否かを確かめるために，「触りたさ」の評価を従属変数，刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）を独立変数とした一元配置分散分析を行った．その結果，刺激間で有意な差がみられた（$F(2,33)=3.352$, $p=.047$）ため，多重比較を行った．その結果，アヒル群の方が，パズル群より「触りたい」と評価されており（$p=.070$），また，カエル群も，パズル群より「触りたい」と評価されている（$p=.070$）ことがわかった（いずれも 10%水準）．しかし，アヒル群とカエル群の評価には差は認められなかった（$p=.768$）．

他方，実際には，アヒル群は待機中に 58%（7 名），会話中に 33%（4 名），カエル群は待機中に 66%（8 名），会話中に 25%（3 名）の参加者が刺激に対して自発的に接触しており，パズル群では，待機中・会話中ともに刺激に接触した参加者はいなかった．

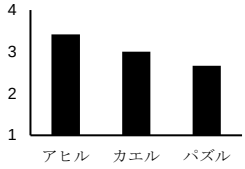


図 2. かわいさの評価（実験 1）

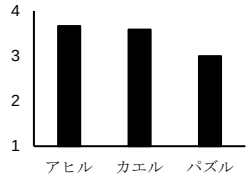


図 3. 触りたいか（実験 1）

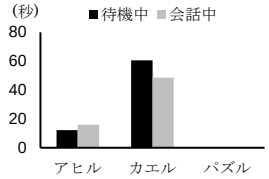


図 4. 接触時間（実験 1）

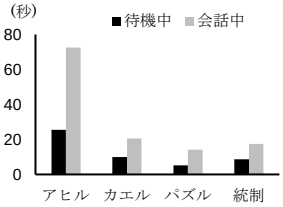


図 5. 笑顔表出時間（実験 1）

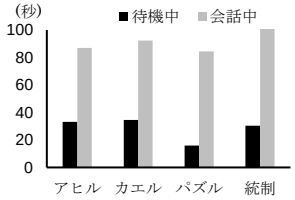


図 6. 発話時間（実験 1）

各刺激に対する接触時間を図 4 に示す．刺激によって接触時間に違いがあるか否かを確かめるために，待機中, 会話中それぞれにおいて接触時間を従属変数, 刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）を独立変数とした一元配置分散分析を行った. その結果, 会話中では刺激間で有意な差はみられなかった（$F(2,33)=2.218$, $p=.125$）が，待機中において刺激間で有意な差がみられた（$F(2,33)=7.029$, $p=.002$）．多重比較の結果，待機中において，カエル群は，アヒル群（$p=.007$），パズル群（$p=.003$）より，接触時間が長いことが明らかとなった．アヒル群，カエル群は「触りたさ」の評価では差が無かったにも関わらず，実際にはカエル群の参加者の方が刺激に接触する時間が長かったといえる．

3.2.3. 笑顔

刺激間における笑顔の表出時間は，図 5 のようになった．刺激によって笑顔の表出時間に差があるか否かを確かめるために, 笑顔表出時間を従属変数, 刺激（アヒル／カエル／パズル／統制 : 参加者間要因）を独立変数とした一元配置分散分析を行った. その結果, 待機中において, 刺激間で有意な差が認められ（$F(3,44)=7.786$, $p<.001$），会話中においても，刺激間で有意な差が認められた（$F(3,44)=5.405$，$p=.003$）．多重比較の結果，待機中は，アヒル群がカエル群（$p=.004$），パズル群（$p<.001$），統制群（$p<.001$）より，笑顔表出時間が長いことがわかった.

3.2.4. 発話

刺激間における発話時間は，図 6 の通りである．刺激によって発話時間に差があるか否かを確かめるために, 発話時間を従属変数, 刺激（アヒル／カエル／パズル／統制 : 参加者間要因）を独立変数とした一元配置分散分析を行った．その結果，待機中（$F(3,44)=1.061$, $p=.375$），会話中（$F(3,44)=0.420$, $p=.739$）共に，刺激間に有意な差は認められなかった.

4. かわいいものへの接触の効用（実験 2）

4.1. 方法（実験 2）

実験 1 の結果より，参加者がアヒルとカエルに対して接触したいという欲求を持つとともに，それらに対して実際に接触する参加者がいることがわかった．これは，かわいい感情が接近欲求と関わっていることを示した井原ら (2012) を支持するものといえる. そこで, この「触る」という行動に着目し, かわいいものへの接触が，その後どのような効用をもたらすかを明らかにすることを目的として，実験 1 と同じ 3 種類の刺激に接触する前後の参加者の行動を抽出する実験を行った.

4.1.1. 実験参加者

実験 1 に参加していない女性 36 名に対し，3 名を 1 グループとして実験を行った（$M=21.36$，$SD=1.57$）.

4.1.2. 使用刺激

実験 1 と同様の，アヒルを模した玩具，カエルを模した玩具，パズルの 3 種類の刺激を使用した.

4.1.3. 実験条件

アヒルの玩具を呈示するアヒル群，カエルの玩具を呈示するカエル群，パズルを呈示するパズル群それぞれに対し，刺激を接触する群（接触群）と，接触せず注視する群（非接触群）に参加者を配置した．刺激（アヒル／カエル／パズル）×接触（接触／非接触）の各条件に 6 名（1 グループ 3 名×2 組）ずつ参加者を配置する 2 要因による参加者間要因計画とした.

4.1.4. 実験課題

課題は, タカラトミー製のジェンガを用いた. ジェンガとは, 直方体のブロックを積んで作ったタワーから, タワーを崩さないように片手で 1 つずつブロックを抜き取り，抜き取ったブロックをタワー最上段に積む動作を交替で行うテーブルゲームのことである．本来のジェンガは個人戦であり, タワーを崩した者が「負け」であるが, 本実験では, 3 名でなるべく多くのブロックを抜くことを目指してもらった. その際, 参加者には,

ブロックを抜くのは 3 名で順番に 1 名ずつ行ってもらうが，助け合いをしながらゲームを進行するよう教示した.

4.1.5. 実験手続き

実験は， Sherman ら（2009）を参考に，課題（1 回目），刺激呈示，課題（2 回目）の順で行った．刺激呈示の前後に行う課題は，いずれも前述のジェンガであった.

実験では，まず実験室に集合した参加者に対して実験の概要を説明し，同意書への記入を求めた．その後，3 名で協力してジェンガを実施するよう指示した. ジェンガを終えた後，ジェンガを片付け，3 分間の刺激呈示を行った．各条件に対応する刺激を 3 名の参加者の前に 50 個雑多に設置し，接触群には触るよう，非接触群には触らず眺めておくよう教示した. なお, 刺激呈示の間, 参加者には私語を許可した. その後，再度ジェンガを実施し，ジェンガ終了後，質問紙への回答を求めた. 質問紙では，実験 1 と同様，刺激に対する印象（刺激をかわいいと思ったか, 刺激を触りたいと思ったか, 刺激を欲しいと思ったか）について, 4 件法で回答を求めた. 質問紙への回答終了後, 実験に関するデブリーフィングを行った上で，実験を終了した.

4.1.6. データ抽出

刺激呈示前後のジェンガ実施中の 10 分間（2 回分）の映像を対象としてビデオコーディングを行った．それぞれの映像において, 参加者の笑顔表出時間, 発話時間を，アノテーションソフト「ELAN」を用いて，タグ付けを行った．笑顔の定義については実験 1 と同様にした．また，10 分の間にブロックを抜き取った枚数をカウントした.

4.2. 結果（実験 2）

4.2.1. かわいさの評価

各条件のかわいさの評価の平均値は，図 7 のようになった.「かわいさ」の評価が刺激および接触の有無によって異なるか否かを確かめるために,「かわいさ」を従属変数, 刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）と接触（接触／非接触 : 参加者間要因）を独立変数とした 2 要因分散分析を行った. その結果, 刺激（$F(2,30) =1.416, p=.258$）と接触（$F(1,30) =1.416, p=.243$）の主効果, 交互作用（$F(2,30)=1.069, p=.356$）ともに認められなかった.

4.2.2. 課題のパフォーマンス

刺激呈示による課題のパフォーマンスの変化を示す指標として, 抜き取ったブロックの枚数の差分（呈示後

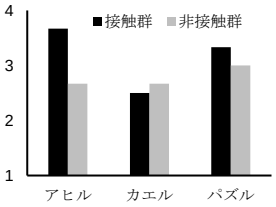


図 7. かわいさの評価（実験 2）

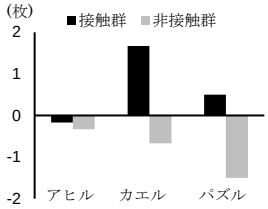


図 8. 枚数（実験 2）

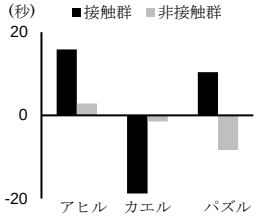


図 9. 笑顔表出時間（実験 2）

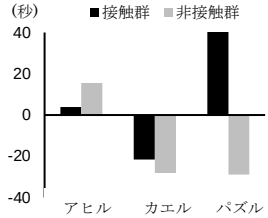


図 10. 発話時間（実験 2）

ー前）を算出した（図 8 参照）．抜き取った枚数の差分が刺激および接触の有無によって異なるか否かを確かめるために，この枚数の差分を従属変数, 刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）と接触（接触／非接触 : 参加者間要因）を独立変数とした 2 要因分散分析を行った．その結果，刺激の主効果（$F(2,30) =1.811, p=.181$），刺激と接触の交互作用（$F(2,30) =2.276, p=.120$）は認められなかったが，接触の主効果が認められた（$F(1,30) =11.285, p=.002$）．いずれの刺激であるかに関わらず，接触群は刺激呈示後のブロックを抜いた枚数が増加し，非接触群は枚数が減少することがわかった．このことは，アヒル，カエル，パズルのいずれであっても, 接触することによって行動が速くなり, 注視すると行動が緩慢になることを示している．すなわち，Sherman ら（2009）の主張通り, かわいいものを見る（注視する）と，行動が慎重となり，ゆっくりブロックを抜くようになったと解釈できる.

4.2.3. 笑顔

刺激呈示前後の笑顔表出時間の差分は，図 9 のようになった.

笑顔表出時間が刺激および接触の有無によって異なるか否かを確かめるために，刺激呈示前後の笑顔表出時間の差分を従属変数，刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）と接触（接触／非接触 : 参加者間要因）を独立変数とした 2 要因分散分析を行った．その結果，接触の主効果（$F(1,30)=0.743, p=.395$）は認められなかったが，刺激の主効果（$F(2,30)=4.111, p=.026$）と刺激と接触の交互作用（$F(2,30)=4.016, p=.028$）が認められた．単純主効果検定の結果，接触群の刺激の違い

（$F(2,30)=7.450, p=.002$）に有意差が認められた．多重比較を行うと，接触群のアヒル群とカエル群（$p=.003$），接触群のアヒル群とパズル群（$p=.005$）に有意差がみられた．また，カエル群の接触の有無（$F(1,30)=3.208, p=.083$），パズル群の接触の有無（$F(1,30)=3.755, p=.062$）についても，それぞれ有意差がみられた．

結果として，アヒルは，接触の有無に関わらず呈示後に笑顔が増加し，カエルは，接触すると笑顔がより減少することがわかった．また，パズルは，接触すると笑顔が増加するが，注視すると減少することがわかった．

4.2.4. 発話

刺激呈示前後の発話時間の差分は，図 10 のようになった．発話時間の差分が刺激および接触の有無によって異なるか否かを確かめるために，発話時間を従属変数，刺激（アヒル／カエル／パズル : 参加者間要因）と接触（接触／非接触 : 参加者間要因）を独立変数とした 2 要因分散分析を行った．その結果，刺激（$F(2,30)=5.859, p=.007$）と接触（$F(1,30)=6.506, p=.016$）の主効果，交互作用が認められた（$F(2,30)=8.278, p=.001$）．単純主効果検定の結果，接触群の刺激の違い（$F(2,30)=9.511, p<.001$），非接触群の刺激の違い（$F(2,30)=4.625, p=.017$）にそれぞれ有意差がみられた．多重比較を行うと，接触群のアヒル群とカエル群（$p=.009$），接触群のカエル群とパズル群（$p<.001$），非接触群のアヒル群とカエル群（$p=.037$），非接触群のアヒル群とパズル群（$p=.037$）にそれぞれ有意差が認められた．また，パズル群の接触の有無（$F(1,30)=22.427, p<.001$）についても有意差が認められた．

結果として，発話時間については，アヒルは，接触の有無に関わらず呈示後に発話時間が増加するが，カエルは，刺激への接触に関わらず減少することがわかった．パズルは，刺激に接触すると発話時間が増加するが，接触しないと減少することがわかった．

5. 考察とまとめ

本研究の目的は，かわいいものに対する人の自発的な振る舞いについて明らかにすることと，かわいいものとの接触がもたらす効用について明らかにすることであった．実験 1 については，参加者は，アヒルではよく笑い，カエルにはよく触り，パズルでは特徴がみられないといったように，刺激によって異なる結果となった．実験 2 については，アヒルは接触の有無に関わらず笑顔や発話が増え，カエルは接触すると笑顔が減少し，パズルは接触すると笑顔や発話が増えるが，注視すると笑顔や発話が減少するといったように，刺激によって接触の効果が異なるという結果となった．

実験 1，実験 2 ともにアヒル，カエル，パズルのかわいさの評価値に差はみられず，いずれもかわいいと評価された．しかしながら，参加者は，アヒルに対してはよく笑顔を表出し，カエルに対しては接触しようとし，パズルでは特徴的な振る舞いを見せなかった．

このことは，ある対象が「かわいい」と評価されたとしても，それによって誘発される行動が，それぞれ異なることを示している．これは，それぞれの人工物が持つ何らかの属性に起因するといえよう．典型的なベビースキーマに基づく「かわいい」アヒルは，快感情を喚起させ，それが笑顔を誘発したといえるであろう．一方で，参加者のカエルに対する積極的な接触は，ベビースキーマでは説明ができない．カエルのように，外観からは元来「かわいい」範疇に入らない気持ち悪いものであるにもかかわらず「かわいい」感情を喚起させるものを，近年「キモかわいい」と称することがある．入戸野（2009）が，「キモかわいい」ものに対しては，とっつきにくく感じつつも，実際には興味をもって近づいていく，と指摘するように，カエルは，参加者の興味を喚起し，それが接触を誘発したと考えられる．今後それぞれの人工物のどのような要因がそれぞれの行動を誘発したのかについては詳細な要因分析が必要である．

かわいいものに対する接触の有無が，その後の振る舞いに影響をもたらすことも確かめられた．いずれの刺激も，接触するか否かにより，その後の課題の出来が異なることがわかった．また，カエルは接触すると笑顔が減少し，パズルは接触することで笑顔が増加する一方で，接触せず注視するだけだと笑顔が減少することも明らかとなった．これは，それぞれの人工物に接触することによってもたらされる身体性認知（embody cognition）との関連を示唆するものである．今後，それぞれの人工物のどのような属性がその後の認知情報処理にいかに影響したのかを精査する必要がある．

日本人における「かわいい」は，対象によって自動的に引き起こされるものに加えて，対象との関わりの中で生じる個人化されたものであることが指摘されており（入戸野 2009），今後それらの構造と，それが人の行動にもたらす影響について詳細に確かめていく必要がある．また，対象との関わりだけでなく，人同士のコミュニケーションによっても，かわいい対象に対する振る舞い方が変わる可能性も考えられる．課題は山積しているが，実験室実験により，かわいいものに対する自

発的な行動反応を抽出できた点において本研究の意義は大きい.

参考文献

[1] Ekman, P. & Friesen,W.（1978）.The facial action coding system: A technique for the measure men of facial movement. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

[2] 井原なみは，入戸野宏（2012）.「対象の異なる“かわいい”感情に共通する心理的要因」広島大学大学院総合科学研究科紀要. I, 人間科学研究 7. 37-42.

[3] Lorenz, K.（1965）.Über tierisches und menschliches Verhalten. München : Piper, 丘直通・日高敏隆（訳）(1989). 動物行動学Ⅱ 思索社

[4] 前田實子（1985）「Baby-schema に関する実験的考察Ⅲ―「丸さ」の分析を中心に―」武庫川女子大学幼児研究所紀要, 4, 4-42.

[5] 入戸野宏 (2009)「かわいいに対する行動科学的アプローチ」広島大学大学院総合科学研究科紀要. I, 人間科学研究 4, 19-35.

[6] 入戸野宏 (2016).「“かわいい”感情の心理学モデル」情報処理 57（2）, 128-131.

[7] Sherman G.D., Haidt J., Coan JA.（2009）. Viewing cute images increases behavioral carefulness., Emotion, 9（2）, 282-286.

共同作業における運動主体感の脳波計測
An EEG study for the sense of agency during joint action

白石 壮大†，嶋田 総太郎‡
Masahiro Shiraishi, Sotaro Shimada
†明治大学大学院理工学研究科，‡明治大学理工学部
†Graduate School of Science and Technology, Meiji University
‡School of Science and Technology, Meiji University
ce181037@meiji.ac.jp

概要

集団で運動したときに「この運動は我々が起こしている」と感じる感覚を共同運動主体感という．本研究では，共同作業中の 2 者の脳波を同時計測し，運動主体感と 2 者の脳波同期の関係から共同運動主体感の生起に関わる脳領域を調査した．実験の結果，互いに協調し合うほど，共同運動主体感は高まり，β 波帯域において頭頂葉の同期が高まった．このことから，共同運動主体感の生起には頭頂葉の β 波帯域の活動が関わると考えられる．

キーワード : 共同運動主体感（the sense of joint agency），脳間同期（inter-brain synchronization），脳活動同時計測（hyperscanning）

1. はじめに

ある運動が自身によって引き起こされたと感じる感覚を運動主体感という．この運動主体感は、個人での運動によって感じられる自己運動主体感（the sense of self-agency）と 2 人以上の集団で運動を起こしたときに感じられる共同運動主体感（the sense of joint agency）に大別される[1]．共同運動主体感は，社会認知機能のひとつであり，「我々がこの運動を引き起こしている」と感じる感覚と定義される[2]．共同運動主体感が高まることで集団のパフォーマンスが向上することが示唆されているため，共同運動主体感は重要な認知機能であるといえるが，その生起メカニズムは明らかにされていない[3].

先行研究[4]によって，共同作業を行う 2 者は互いに協調しあうことで共同運動主体感は高まることが示されたが，脳活動計測の観点から生起メカニズムは明らかにされなかった．一方で，協調作業を行う 2 者の脳活動についての先行研究[5]では，協調課題中の脳活動は 2 者間で同期し，相互に協調しあうほど脳活動の同期が高まることが示されている．これらの先行研究から，脳活動の同期が高まることで共同運動主体感が高まるという仮説が立てられる．そこで本研究では，2 者による共同作業中の脳波を同時計測し，運動主体感と脳活動の同期の関係性について調査した.

2. 実験

2.1. 被験者

健康で右利きの知り合い同士の男性 18 ペアの 36 名が実験に参加した（21.6 ± 1.3 歳、平均 ± 標準偏差）.

2.2. 実験手順

横に並んで椅子に座った 2 人ペアの被験者に共同作業課題を行わせた． 2 者の協調度が運動主体感に与える影響を検討するために，協調作業課題は交互課題と連続課題の 2 条件を用意した（図 1）.

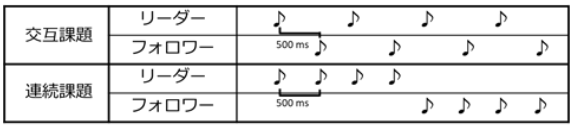


図 1 共同作業課題.

交互課題では被験者たちは交互にマウスクリックをした．連続課題では片方が 4 回連続でマウスクリックをした後にもう片方が 4 回連続でマウスクリックをした．またマウスクリックを先行して始める人をリーダー，もう一方をフォロワーとした.

実験パラダイムを図 2 に示した．まず試行の最初に共同作業課題と役割を教示する視覚刺激を 2000 ms 間呈示した. 固視十字を 500 ms 間表示したのち, 500 ms 間隔で音を 4 回呈示した（教師音）．被験者らに教師音のペースを維持するように，教示された課題・役割に従いマウスクリックによって音を 8 回生成させた．課

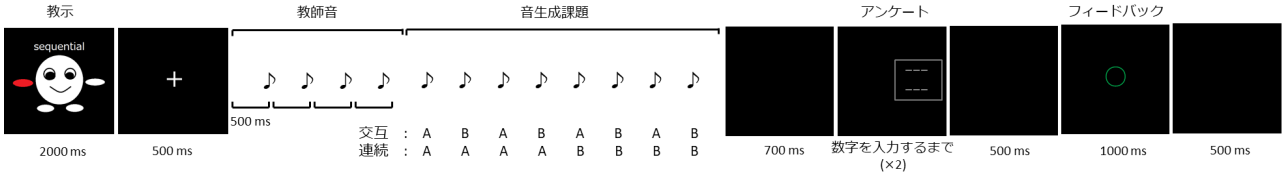


図 2 実験パラダイム

題終了後，700 ms の間隔を挟んで運動主体感を主観的に評価させるアンケートに移った．『音生成のタイミングをコントロールしていたのは自分 1 人か，自分とパートナーの 2 人か』を 1〜9 の点数をつけさせた．1 に近いほど自己運動主体感を，9 に近いほど共同運動主体感を感じていたことを表す．被験者にできるだけ正確に課題を行わせるために，アンケート終了から 500 ms 後，被験者たちが 500 ms 間隔でマウスクリックをできていたかを「○」または「×」を呈示することでフィードバックした．1 試行における音と音の平均間隔が 500 ± 25 ms 以内に収まっていたなら「○」とした．フィードバック後，500 ms のインターバルを設けた．以上の一連の流れを 1 試行とした．

5 試行を 1 ブロックとし，各条件（課題×役割）を 4 ブロックずつ，合計 16 ブロックの 80 試行を行った．ブロックの順番については交互課題と連続課題を交互に行った．また最初のブロックは Sub1 がリーダーで Sub2 がフォロワー，次のブロックでは逆になり，3 ブロック目は Sub2 がリーダーで Sub1 がフォロワー，4 ブロック目ではその逆という 4 つの組み合わせを 4 回繰り返して 16 ブロックとした．

2.3. 脳波計測

脳波測定には g.tec 社製の脳波測定用システム (BCIResearch System) を用いた．脳波（Electroencephalogram; EEG）は Ag-AgCl アクティブ電極を拡張 10-20 法に則り，Fp1，Fp2，F5，Fz，F6，T7，C3，Cz，C4，T8，P5，Pz，P6，Oz の計 14 ヶ所に貼付し，基準電極を左耳朶，接地電極を AFz に貼付し計測した．また，左目の上下に取り付けられた電極から垂直眼電図（vertical electrooculography; vertical EOG）が，EEG と同じ生体アンプにより計測された．0.5~100 Hz のバンドパスフィルタをかけ，サンプリング周波数 1200 Hz で記録した．

2.4. 解析

フィードバックが「×」となった試行は失敗試行とし解析から除外した．また，測定中の機器のエラーにより，18 ペアの被験者のうち 2 ペアを解析から除外した．

脳波解析には数値解析ソフト（MATLAB，The MathWorks, Massachusetts, USA）を使用した．同時計測した EEG・EOG データを分離したのち，遮断周波数 48 Hz のローパスフィルタ (low pass filter; LPF) を適用した．処理時間短縮のため，MATLAB の downsample 関数を使用し，1200 Hz から 200 Hz にダウンサンプリングした．EEG データから瞬目によるアーティファクトを除去するために，Jade アルゴリズムによって ICA (独立成分分析) を行った．その後 EEG データを離散ウェーブレット変換にかけ，リーダーが最初に生成した音のオンセットから 4000 ms のエポックに分けた．

ペア間の脳活動の同期を調査するために Phase Synchronization Index（PSI）を用いた．PSI は位相同期解析のひとつで，時間窓を設定し，ずらしていくことでふたつの波形の位相の同期度を求めることができる．

$$PSI_{jk}(t,f)=\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N}\cos(\Delta\phi_{jk}(i,f))/N\right)^2+\left(\sum_{i=1}^{N}\sin(\Delta\phi_{jk}(i,f))/N\right)^2}$$

上式における t は時間窓，N は時間窓に含まれるデータの数，f は解析する周波数を示し，時間窓に含まれる i 番目の位相差 $\Delta\phi_{jk}(i,f)$ を用いて算出する．PSI 値が高いほどふたつの波形の位相が同期していることを示す．本研究では時間窓を 4000 ms とし，1 試行ごとに PSI 値を算出した．5 つの周波数帯域（δ 波帯域 : 1-4 Hz，θ 波帯域 : 4-8 Hz，α 波帯域 : 8-13 Hz，β 波帯域 : 13-30 Hz，γ 波帯域 : 30-45 Hz）に分けたのち，課題（交互，連続）の 2 条件間の PSI 値の有意差を調査した．

3. 実験結果

3.1. 主観的報告

各条件における全被験者の運動主体感に関するアンケートの平均スコアを図 3 に示した．なお、エラーバーは標準誤差を表している． 2 要因の分散分析（課題×役割）を行ったところ，課題による主効果および役割による主効果がみられた（$F(1, 31) = 18.9, p < 0.001$; $F(1, 31) = 4.4, p < 0.05$）が，交互作用はみられなかった（$F(1, 31) = 1.5, p = 0.24$）．

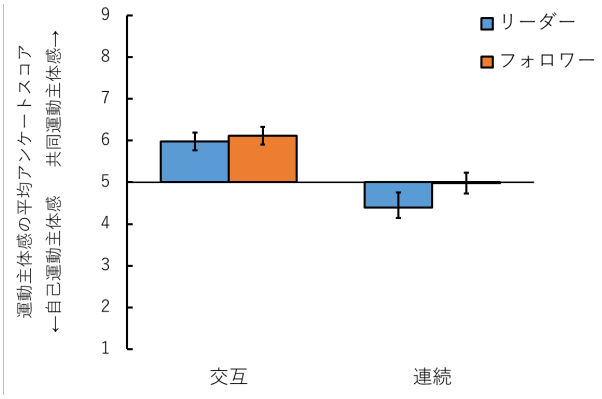


図 3 運動主体感のアンケートスコア

3.2. 脳波同期

各周波数帯域において，全被験者の交互課題の平均 PSI 値が連続課題の平均 PSI 値よりも有意に大きくなったチャンネルの結合を図 4 に示した．β波帯域において，連続課題よりも交互課題でリーダーの頭頂葉とフォロワーの頭頂葉の同期度が高いことが分かる．

4. 考察

先行研究[1]において，共同運動主体感は互いに協調しあうことで高まることが示されたが，共同運動主体感の生起に関わる脳領域については明らかにされていない．本研究では，共同運動主体感の生起に関わる脳領域に関して，共同作業中の 2 者の脳波を同時計測し，運動主体感の主観的報告と脳波同期との関係から検討を行った．運動主体感の主観的報告の解析結果から，1 者が他者に一方的に協調する課題よりも，2 者が互いに協調し合う課題のほうが共同運動主体感が高かったことが示された．これは，互いに協調しあうことで共同運動主体感は高まるという先行研究[1]の結果を支持している．一方で，脳波の同期解析の結果から，連続課題よりも交互課題でリーダーの頭頂葉とフォロワーの頭頂葉の同期度が高いことが示された．これは共同作業において互いに協調しあうことにより頭頂葉のβ波帯域の活動の同期度が高まるということを示している．以上の運動主体感の主観的報告と脳波同期解析の結果から，頭頂葉のβ波帯域の活動が共同運動主体感の生起に関わっており，2 者の脳間同期が共同運動主体感を高めると考えられる．

参考文献

[1] Pacherie, E. (2012). The phenomenology of joint action: Self-agency vs. joint-agency. In A. Seemann (Ed.), Joint attention: New developments (pp. 343–389). Cambridge, MA: MIT Press.

[2] Dokic, J. (2010). Affordances and the sense of joint agency. In M. Balconi (Ed.), Neuropsychology of the sense of agency (pp. 23–43). Milan, Italy: Springer-Verlag Italia.

[3] Dewey, J. A., Pacherie, E., & Knoblich, G. (2014). The phenomenology of controlling a moving object with another person.Cognition, 132, 383–397.

[4] Nicole K. Bolt, *et al*., (2016). Mutual coordination strengthens the sense of joint agency in cooperative joint action. Consciousness and Cognition, 46, 173-187.

[5] Kawasaki, M., Yamada, Y., Ushiku, Y., Miyauchi E., & Yamaguchi, Y., (2013). Inter-brain synchronization during coordination of speech rhythm in human-to-human social interaction. Scientific Reports, 3, 1692.

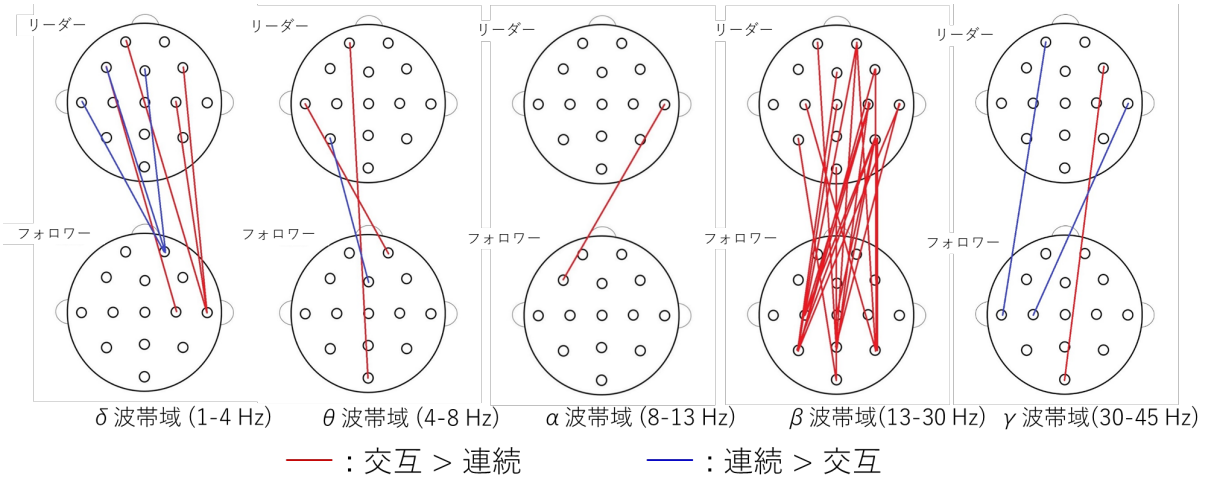


図 4 各周波数帯域において同期したチャンネルの結合

SNSでの情報探索行動に関する予備的検討: 情報要求ツイートの分類
Preliminary Analysis of Information Seeking Behavior on SNS: Classifying Information Needs Tweets

齋藤 ひとみ†, 林 穂波†
Hitomi Saito, Honami Hayashi
† 愛知教育大学
Aichi University of Education
hsaito@auecc.aichi-edu.ac.jp

概要

本研究では，Twitter上で情報を求めるつぶやき (情報要求ツイート) を収集し，どのような質問がされているのかを分析した．Twitter APIを用いて質問系のハッシュタグを含むツイートを収集し，機械学習の手法を使って情報要求ツイートを自動抽出した．抽出された918件のツイートについて，タイプやトピックの分類，リプライの有無を調査した．分析の結果，Twitterで多く投稿される情報要求のタイプや回答率の高い情報要求のタイプなどが明らかになった．

キーワード：Twitter, Information Seeking Behavior, Information Needs Tweets

1. はじめに

近年，Web上の情報が日々増大しており，人々はサーチエンジンやQ&Aサイト，SNSなどの様々なサービスを使い分けながら情報探索を行っている．中でもリアルタイム性が特徴とされるTwitterは，ツイート検索，ユーザ間の質問行動，流れてくる情報を受動的に得る等の方法により，リアルタイムな情報探索に利用されている．本研究では，それらの中でも能動的で対話的な情報探索行動である質問行動に焦点を当て，人々はTwitterを利用してどんな情報を要求しているのか，その傾向について検討する．そこで，Twitter上で情報を要求する「情報要求ツイート」について分類・分析する．

2. 背景と目的

Web上の質問行動を分析した研究として，栗山・神門 (2009) はQ&AサイトであるYahoo! 知恵袋に投稿された質問のタイプを分類した．その結果，質問タイプを，サーチエンジンや本等で調べることで適切で客観的な回答が得られる「情報検索型」と，適切な回答の基準がなく個人的な意見を尋ねる「社会調査型」の2つに大別できるとし，これらに「非質問型」を加えた3つの型と，その下位13項目に分類した．Q&Aサイトの質問カテゴリと質問タイプとの関係を分析した結果，Q&Aサイトの質問の特徴として，科学的・技術的な質問は情報検索型に広く分布し，人間関係や個人の生活等に関する質問は社会調査型が多く，その中でも特に助言や意見を求めるものが多いことを明らかにした．

またSNS上の質問行動について分析した研究として，Morris, Teevan, and Panovich (2010) は，624人に対してSNSで質問する頻度や質問する・答える理由を尋ねた．さらに実際の質問やその回答も提出してもらい，質問のタイプとトピックを分類することで質問行動について調査した．その結果，質問のタイプを情報検索系1つ，社会調査系7つの合計8つに，トピックを9つに分類している．またPaul, Hong, and Chi (2011) は，Morris et al. (2010) を使用してTwitter上の質問約120万件に対し分類を行った．各ツイートに対する回答の分析もしており，回答率や回答の関連性についても調査している．

先行研究から，海外のTwitterユーザを対象とした質問行動についての研究は多く見られた．しかし，海外と日本とでは言語や文化が異なるため，質問行動の傾向も変わってくると考えられる．そこで，本研究では日本語の情報要求ツイートを収集し，分類・分析することによって，日本のTwitterユーザがTwitterを利用してどんな情報を求めているのか明らかにする．さらに収集したツイートに対する回答の調査も行い，どんな情報要求ツイートに回答が付きやすいのかについても検討する．

3. 方法

日本語の情報要求ツイートは多様で，抽出が難しい．そこで，収集をより効率的に行うために，教師ありの機械学習による自動分類を用いた．抽出の流れを図2.に示す．まず質問系のハッシュタグを含むツイートを

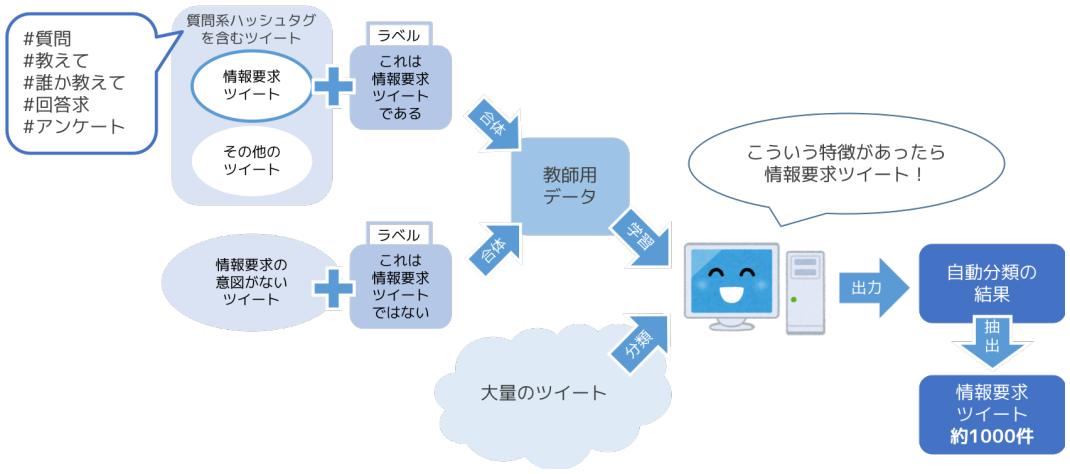


図 1　情報要求 Tweets の抽出方法

表 1　タイプ別結果

型	タイプ	件数	割合	回答率
情報探索型	事実	68	6.9%	13.5%
	真偽	275	27.9%	17.6%
	定義・記述	28	2.8%	13.0%
	方法・手段	20	2.0%	31.3%
	原因・理由	41	4.2%	15.6%
	効果・結果	17	1.7%	7.1%
社会調査型	助言	22	2.2%	33.3%
	意見	96	9.7%	25.3%
	嗜好	23	2.3%	58.8%
	推薦	17	1.7%	21.4%
	経験	14	1.4%	27.3%
	相手の状況・性質	94	9.5%	41.0%
	同意・反語	164	16.6%	16.8%
	勧誘・募集	102	10.3%	34.4%
	許可	5	0.5%	60.0%

表 2　トピック別結果

トピック	件数	割合	回答率
コンピューターテクノロジー	14	1.5%	18.2%
教養・学問・サイエンス	27	2.9%	17.4%
エンターテイメント・趣味	481	52.4%	24.2%
恋愛・人間関係の悩み	23	2.5%	6.3%
美容・健康・ファッション	38	4.1%	18.5%
地域・場所・旅行	21	2.3%	21.4%
料理・グルメ	19	2.1%	35.7%
買い物	15	1.6%	15.4%
その他生活	10	1.1%	12.5%
マナー・規則	7	0.8%	0%
倫理・哲学	0	0.0%	
ニュース・政治	10	1.1%	0%
現在・最近のイベント・流行	119	13.0%	19.8%
Twitter	23	2.5%	22.2%
雑談・クイズ	111	12.1%	25.3%

収集し，その中で実際に質問の意図があるもの 336 件を教師用の正解データとして使用した．次に明らかに情報要求の意図がないツイート 664 件を教師用の不正解データとして使用した．これら 1000 件を教師用データを使った機械学習を行い，約 5 万件のツイートを自動分類した．そして，自動分類で情報要求ツイートと判断された 2527 件のツイートから，実際に質問の意図があるかどうかを手作業で確認し，抽出した合計 918 件についてタイプ・トピックを分類した．

分類に用いたタイプ･トピックは，栗山･神門 (2009) の分類を基盤に，Morris et al. (2010) の分類も参考にし，実際に分類を行う過程で適宜新たな分類を追加しながら作成した．分類の結果，タイプについては表 1 に示すように情報検索型が 6 項目，社会調査型が 9 項目となった．またトピックについては表 2 に示す 15 項目となった．

回答の調査は，各情報要求ツイートに対するリプライ，またはアンケート投票が 1 件以上あれば回答有とし，回答の有無を確認したツイートのうち回答有であった割合を回答率として算出した．

4.　結果

分類結果と回答率について，タイプごとの結果を表 1，トピックごとの結果を表 2 に示す．なお，1 つのツイートが複数のタイプに属する場合がある．分類の信頼性を確認するため，全タイプ・トピック含まれるよう抽出した情報要求ツイート 100 件を協力者 1 人に分類してもらい，筆者との一致率を調べた．その結果，タイプについては一致率 90%，トピックについては一致率 71%，Kappa 係数は共に 0.6 以上となり，高い一致度であった．

タイプの分類では，2 つの型の件数に大きな差は見られなかったが，情報検索型においてはその過半数が「真偽」で突出している．それに対し社会調査型では「同意・反語」が 3 割ほどを占めたものの，「勧誘・募

集」,「意見」,「相手の状況・性質」の 3 つも多く，1 つのタイプだけに大きく偏ることはなかった．トピックの分類では,「エンターテイメント・趣味」が過半数を占めており，次いで「現在・最近のイベント・流行」,「雑談・クイズ」が多い．また，海外で見られた「倫理・哲学」は，今回は 1 件も当てはまるものがなかった．

回答率は，全体では 22%であった．タイプごとでは「許可」,「嗜好」,「相手の状況・性質」の順で高く、トピックごとでは「料理・グルメ」,「雑談・クイズ」,「エンターテイメント・趣味」の順で高かった．しかし,「許可」と「料理・グルメ」については，分類されたツイート数が少ないため割合が高くなってしまっていると考えられる．

5. 考察

分類を行った結果，タイプ分類において「真偽」の多さが目立った.「真偽」は物事の真偽や可否を尋ねるものであるが，中でも自分の予想・記憶や話題になっている物事の真偽について確認を取るようなものが多かった．このことから，人々は Twitter 上では，未知の物事の名称や仕組みを尋ねるより，自分の知識や記憶の曖昧な部分について確認を取る傾向があるのではないかと考える．また，栗山らや Paul らの分類結果と比較した結果，いずれにおいてもこの傾向は見られなかった．しかし Paul らの分類においては，そもそも情報検索型にあたる質問が 1 つにまとめられており,「真偽」にあたるような質問が抽出されたかどうかは定かでない．よってこの傾向は，少なくとも Q&A サイトでは見られない，Twitter 特有の傾向であるといえる．また，タイプ「同意・反語」,「勧誘・募集」,「意見」,「相手の状況・性質」や，トピック「エンターテイメント・趣味」が多く見られたことについては，仲の良い友達や趣味の繋がりなど，自分で構築した社会ネットワークに向けて質問できる SNS だからこそ見られる傾向であるといえる．また，回答率についてはタイプ「嗜好」やトピック「雑談・クイズ」が高かったが，これらは知識の有無に関わらず誰でも気軽に答えられるものが多いため，高くなったと考えられる．

6. おわりに

本研究では，日本の Twitter ユーザが情報要求ツイートの投稿を通してどんな情報を得ようとしているのか，その傾向と，Q&A サイトや海外の SNS についての研究では見られなかった特徴を明らかにした．今後は，文面だけでなく画像・動画やアンケート機能等を考慮した分類方法や，複数のタイプに当てはまる場合の扱い方，リプライ以外の回答の調査方法等が課題となるだろう．

文献

栗山 和子・神門 典子 (2009). Q&A サイトにおける質問と回答の分析. 『情報処理学会 研究報告データベースシステム』, **148** (19), 1–8.

Morris, M., Teevan, J., & Panovich, K. (2010). What do people ask their social networks, and why?: a survey study of status message q&a behavior. *SIGCHI2010*, 1739–1748.

Paul, S., Hong, L., & Chi, E. (2011). Is Twitter a Good Place for Asking Questions? A Characterization Study. *AAAI2011*.

選択のオーバーロード現象が商品購買意図に及ぼす影響
The Effect of Choice Overload on Product Purchasing Intention

佐藤　貞之†，今井　優介†，工藤　傑†，長戸　操†，松田　憲†，有賀 敦紀‡
Sadayuki Sato, Yusuke Imai, Suguru Kudo, Misao Nagato, Ken Matsuda, Atsunori Ariga
†北九州市立大学，‡広島大学
The University of Kitakyusyu, Hiroshima University
y7p10016@eco.kitakyu-u.ac.jp（佐藤）

Abstract
An action of selection is one of the most important consumer behaviors. Previous psychologists suggested that many choices may result in 'choice overload' which inhibits the consumer's choice behavior and decreases the satisfaction with the selection result. On the other hand, such suggestion has recently been questioned in many studies. In this research, appropriate survey was done to clarify the relationship between the reproducibility of choice overload and the purchase intention of university students resident in Kitakyushu city, using products from local companies such as Suke-san Udon and Shiroya bakery. Unfortunately, choice overload did not occur for both products. However, it became clear that the purchase rate of products in case of few choices can increase in response to purchase experience, irrespective of the distance from their retail shops. These results suggest the consistency with Iyenger's research results and the reproducibility of choice overload under specific circumstances.

Keywords — Consumer Behavior, Choice Overload, Cognitive load, Purchasing Intention

1.　はじめに
人間は日々の生活の中で瞬きの数ぐらい選択行為を行っているといわれている[1]．複数の選択肢の中から１つを選ぶという行為は，最も単純な消費者行動の 1 つである．消費者は通常選択肢の多い状況を好み，結果的に商品やサービスの提供者もまた選択肢の多い環境の構築をせざるを得ない状況になっている．しかしながら，近年の認知心理学や行動経済学研究によれば，多すぎる選択肢はかえって消費者の選択行動を阻害したり，あるいは選択結果に対する満足度を低下させ後悔度が増加する可能性があると示唆している．このように選択肢が増加する事で選択行動が放棄されたり，選択結果の満足度が低下する現象を選択のオーバーロード現象（選択過多効果）と呼ぶ．

選択のオーバーロード現象は，近年の認知心理学や行動経済学の研究者間でもその存在をめぐって様々な意見が対立している．否定派[2][3][4]の意見によるとこの現象は，ただ単に偶然に生じた事象（Type1 エラー）で安定的に生じさせる条件がないこと[2][3]，さらにメタ分析の結果によれば先行研究から推定されるオーバーロード現象の平均効果量はほぼ 0 である[4]といった意見もある．しかしながら，選択肢の複雑性，課題の困難度，選好の不確かさ，目標設定などの条件を考慮する事でこのオーバーロード現象を生じさせることができるという肯定派[5][6]もいる．この肯定派について次に述べる．

1.1.　Iyenger & Lepper による検討[5]
Miller によると人間の情報処理能力の限界は,「7±2」であると提唱されている[7]．Iyenger & Lepper は，この情報処理能力と選択行為との間に関係性があるかを確認するために実験を実施した（図 1）．この実験の目的は，豊富な品揃えの方が差別化を図ることができ，お店の売り上げ増加にも効果があるというそれまでのマーケッターの通説が正しいか否かを検討するものであった．



図１　Iyenger & Lepper のジャムの実験(2000)
Iyenger & Lepper (2000)[5]より引用

あるスーパーマーケットの一角にジャムを売るスペースが 24 種類の場合と 6 種類の場合の 2 条件を設定し両者の比較を行った．それぞれに試食コーナーも設け，試食に立ち寄った客にはクーポン券を渡し，レジでの購入時に使用できるようにした．また，選択に際してデフォルトバイアスが含まれるのを避けるため売れ筋の 4 種類は実験の対象から除外した．最終的にレジで使用されたクーポン券の枚数を集計することにより購入率を考察することにした．

まず60%の顧客が多数選択肢(24種類)に立ち寄り，40%の顧客が少数選択肢(6 種類)に立ち寄る結果になった．しかしながら少数選択肢（6種類）の試食に立ち寄った客のうちジャムを購入したのは30%だったが，多数選択肢(24種類)の場合，実際にジャムを購入したのは，試食客のわずか3%にしか満たなかった．最終的に購入率には，6倍以上の差が出る事になった．この実験より，多すぎる選択肢は，顧客の満足度を低下させ売り上げも低下させる効果があることが証明され選択のオーバーロード現象と呼称した．

1.2. 有賀による検討[6]

選択のオーバーロード現象は，単にType1のエラーであり，偶然の可能性があるため再現不能であると以前の研究で実証されていると先に述べた．しかし有賀[6]は，先行研究がこの現象の再現に失敗した理由として，参加者の認知負荷の操作が不十分であった可能性を考えた．また多くの研究では選択肢を空間的に配置して同時呈示し，かつ制限時間もなかったため選択肢数が多い状況であっても選択肢が多い状況であっても参加者は低い認知負荷であったことが想定される．

有賀はそれを立証するために，認知負荷の大きさと満足度および後悔度の関係を導出する実験を行った．実験では，3枚（少数選択肢）もしくは10枚（多数選択肢）の動物の写真を一定時間（3枚：9秒間，10枚：30秒間）実験参加者に見せ，好みのベスト3を順位付けさせるというものであった．この実験では，認知負荷を低くするために同時に全ての写真を見せる実験1（同時呈示：先行研究と同等），認知負荷を高めるために1枚ずつ写真を見せる実験2（逐次呈示：写真1枚を3秒ずつ呈示する新しい方法）を施した．実験の結果，逐次呈示を使用し認知負荷を高めることで，少数選択肢条件よりも多数選択肢条件において満足度は有意に低く，後悔度は有意に高い結果を得られた（図2参照）．認知負荷が高い状況のみ選択のオーバーロード現象を再現させることに成功したことになる．

2. 研究目的

前節で選択のオーバーロード現象を確認できる研究結果を紹介したが，それぞれの実験において以下の未検討課題がある．

1）Iyengar & Lepper(2000)[5]における未検討課題

この実験では試食を行いかつ購買意欲を高めるためにクーポン券を受領した人を対象としており，購買意欲を促進させられた人のみである．つまり，この実験では，選択のオーバーロード現象に購入率を最終評価変数としているが，主観的認知である満足度と後悔度は実際に測定していない．さらに商品をその場で購入するのかそれとも少し離れた場所でも購入するのか等，

どういう状況下で購入決定に至るのかを検討できておらず，商品の選択肢数との関係性も考慮できていない．

2）有賀（2017）[6]における未検討課題

選択のオーバーロード現象を再現させるために主観的認知である満足度と後悔度における検討を実験にて測定している．しかしながら，好みの写真のベスト3を選択後，その動物もしくは写真自体を本当に欲しいかという購買意図を本研究では測定していない．

上記未検討課題を考慮し，選択のオーバーロード現象の再現および購買意図と主観的認知との関係性を明確にすることを本研究の目的とする．さらに，購買決定にも条件があるため，特に購買決定場所（店舗内か近い場所か遠い場所か等）に対して商品の選択肢数がどの程度影響があるのかを確認する事も本研究の目的である．

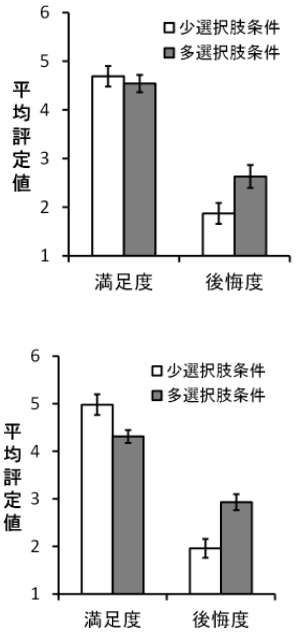


図2 同時呈示の結果（上）と逐次呈示の結果(下)
有賀（2017）[6]より引用

3. 研究方法

3.1. 要因計画

2（選択肢：少数，多数）×2（主観的認知：満足，後悔）の参加者内要因計画と，2（選択肢：少数，多数）×3（購買決定場所：店舗内，店舗周辺，その他）の参加者内要因であった．

3.2. 参加者

北九州市に在住している大学生 87 名（男性 21 名，女性 66 名，平均年齢 19.41 歳）を対象に行った．

3.3. 材料

北九州市に拠点を置き，商品数の多さや認知度の高さを勘案し，うどんで有名な株式会社資さんと行列のできるパン屋であるシロヤベーカリーの 2 企業を対象に調査を実施した．呈示する商品は，デフォルトバイアスを除くために各会社が売り出している商品の売り上げ上位 3 位を除いて選出した．株式会社資さんにおいて 19 製品から 13 種類の商品を抽出し，シロヤベーカリーでは 29 製品から 13 製品の抽出を行った．実験における商品の呈示は，マイクロソフト社のパワーポイントを用いた．画面上の商品呈示位置は図 3，4 に示すように 3 段構成であり，多数選択肢（10 種類）条件では商品は上段に 4 つ，中段に 2 つ，下段に 4 つ呈示した．少数選択肢（3 種類）条件では上中下の格段に 1 つずつ呈示した．呈示時間は商品 1 つにつき 6 秒の計算で，10 品の場合は 60 秒，3 品では 18 秒であった．有賀（2017）[6]では，3 種類の呈示時に 9 秒で 10 種類の呈示時には 30 秒であった（選択肢 1 つにつき 3 秒の計算）．この先行研究では画像のみの呈示であり，本研究では商品の画像とともに名称も同時に呈示していることから，呈示時間は先行研究の倍の時間に設定をした．以上のように呈示方法と選択肢数は有賀（2017）[6]の方法を踏襲している．

3.4. 手続き

実験は，大学生の参加者において 4 つのグループごとに小集団で行われた．各グループの参加者には，冒頭に年齢，性別，居住エリア（区まで調査），居住年数の記入を求め，今回の調査対象であるシロヤベーカリーと株式会社資さんの会社に対する認知度と好感度の調査を 6 段階評定で行った．続けて，スクリーン上に少数選択肢ないし多数選択肢の画面を映し，投影終了後に呈示されていた商品の中から最も好きな商品を 1 つ選択させた．少数選択と多数選択の各条件の呈示順や各選択条件内での商品の組み合わせは，グループごとにカウンターバランスした．

その後に，選択した商品に対する認知度と満足度，後悔度をそれぞれ 6 段階での評定を求め，店舗内，店舗近辺，それ以外の場所でのその商品の購買意図についても 6 段階（1:絶対に買わない～6:絶対に買う）で評定を求めた．最後に，その商品の購買経験を，全く買ったことがない，買ったことがない，買ったことがある，何度も買ったことがある，の 4 段階で評定させた．これは，購買経験の状況に応じて購買意図は変化するため，どの程度の購買経験を有していれば選択のオーバーロード現象が生じるのかを確認することを目的としている．



図 3　呈示画面の例（株式会社資さん，10 商品）

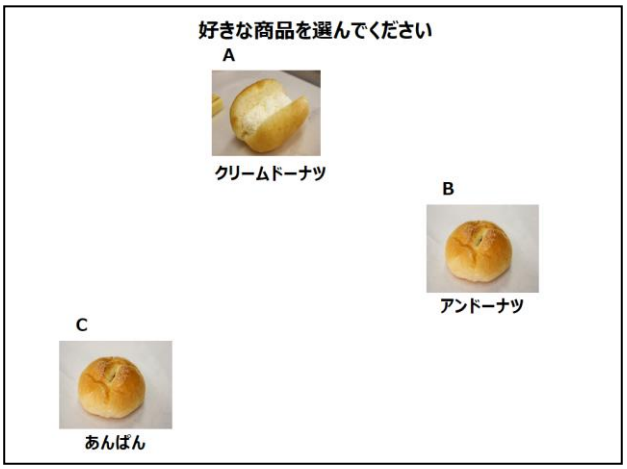


図 4　呈示画面の例（シロヤベーカリー，3 商品）

4.　実験結果

選択のオーバーロード現象が生じているかどうかを確認するために選択数（少数選択肢と多数選択肢）と主観的認知（満足度と後悔度）を要因として，大学生（n = 87）を対象に，2 要因分散分析を行った．図 5 に株式会社資さん，図 6 にシロヤベーカリーの主観的認知（満

足度，後悔度）の平均評定値の結果を示す．分散分析の結果によると株式会社資さんでは，選択肢数の主効果は有意ではなく（F (1, 86)＝ 0.484, MSe = 0.214, p = .489），主観的認知の主効果が有意であった（F (1, 86)＝ 198.425, MSe = 0.214, p < .001）．また，選択肢と主観的認知の交互作用は有意ではなかった（F (1, 86)＝ 0.054, MSe = 0.854, p = .817）．シロヤベーカリーでは，選択肢数の主効果は有意ではなく（F (1, 86)＝ 1.029, MSe = 0.402, p = .313），主観的認知の主効果が有意であった（F (1, 86)＝ 177.913, MSe = 2.164, p < .001）．また，選択数と主観的認知の交互作用が有意であった（F (1, 86)＝ 12.956, MSe = 0.647, p < .001）．つまり，株式会社資さんにおいては，選択のオーバーロード現象は生じなかった．しかしながら，シロヤベーカリーにおいては，多数選択肢の方が少数選択と比較して満足度が高く，後悔度が低いという選択の逆オーバーロード現象が観測された．

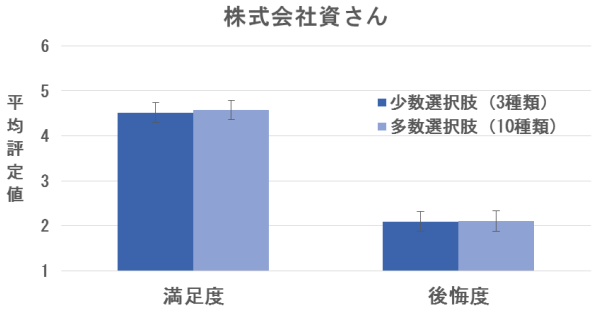


図５　株式会社資さんの満足度と後悔度の平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは95%の信頼区間を示す．

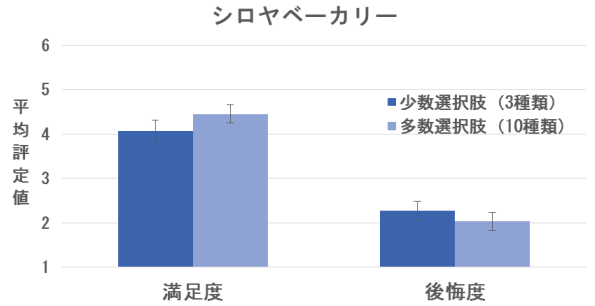


図６　シロヤベーカリの満足度と後悔度の平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは95%の信頼区間を示す．

次に，購買意図と購買場所が少数選択肢および多数選択肢間とどのような関係にあるかを導出するために，選択肢数と購買決定場所の違い（店舗内・店舗近く・その他）における平均評定値の 2 要因分散分析を大学生（n = 87）を対象に行った．図 7 および図 8 に選択肢数と購入場所の違いにおける平均評定値を示す．株式会社資さんの場合，選肢数において主効果が有意であり（F (1, 86)= 14.875, MSe = 0.909, p < .001），購買決定場所でも主効果が有意であった（F (2, 172)= 174.760, MSe = 0.670, p < .001）．さらに選択肢数と購買決定場所の交互作用が有意であった（F (2, 172)= 8.252, MSe = 0.203, p < .001）．次に商品の選択肢数と購買決定場所との関係を導出するために単純主効果検定の結果を実施した．店舗内においては選択肢数の主効果が有意であり（F (1, 258)= 27.735, MSe = 12.161, p < .001），店舗近くにおいても有意であり（F (1, 258)= 8.860, MSe = 3.885, p = .003），その他では有意ではなかった（F (1, 258)= 1.887, MSe = 0.828, p = .171）．この結果，店舗内および店舗近くでは商品の選択肢数に購買意図に関する効果があることがいえる．すなわち，3 種類の選択肢より 10 種類の選択肢の方が，平均評定値が高くなった．しかしながら，その他の場所では，選択肢数における購買意図への効果がないことがわかった．また，各購買決定場所に対する選択肢数の主効果も有意であった（Fs (2, 344)= 103.968, 168.054, $MSes$ = 45.425, 73.425, ps < .001）．Ryan 法による多重比較の結果，購買決定場所の全ての条件において有意な差があった（ps < .001）．これらの結果より，購買決定場所においては，その他より店舗近く，店舗近くより店舗内の方が，平均評定値が高いことがわかった．以上をまとめると，選択肢数は 3 種類より 10 種類の方が購買意図は高く，さらには購買場所が店舗より遠くなるにつれて購買意図が低下することがわかった．しかし店舗から遠ざかるに伴い，選択肢数の効果は減少した．

シロヤベーカリーの場合，選択肢数の主効果が有意であり（F (1, 86)= 23.893, MSe = 0.900, p < .001），購買決定場所でも主効果が有意であった（F (2, 172)= 161.242, MSe = 0.669, p < .001）．さらに選択肢数と購買決定場所の交互作用が有意であった（F (2, 172)= 11.296, MSe = 0.221, p < .001）．次に商品の選択肢数と購買決定場所との関係を導出するために単純主効果検定の結果を実施した．店舗内においては選択肢数の主効果が有意であり（F (1, 258)= 43.193, MSe = 19.333, p < .001），店舗近くにおいても有意であり（F (1, 258)= 12.339, MSe = 5.523, p < .001），その他

は有意傾向にあった（F (1, 258)= 3.711, MSe = 1.661, p = .055）．この結果，店舗内，店舗近くおよびその他では商品の選択肢数に購買意図に関する効果があることがいえる．すなわち，3 種類の選択肢より 10 種類の選択肢の方が，平均評定値が高くなった．また，各購買決定場所に対する選択肢数の主効果も有意であった（Fs (2, 344)= 87.175, 160.880, $MSes$ = 38.808, 71.621, ps < .001）．Ryan 法による多重比較の結果，購買決定場所の全てにおいて主効果が有意であった（ps < .001）．これらの結果より，購買決定場所においては，その他より店舗近く，店舗近くより店舗内の方が，平均評定値が高いことがわかった．以上をまとめると，選択肢数は 3 種類より 10 種類の方が購買意図は高く，さらには購買場所が店舗より遠くなるにつれて購買意図が低下することがわかった．しかし店舗から遠ざかるに伴い，選択肢数の効果は減少した．

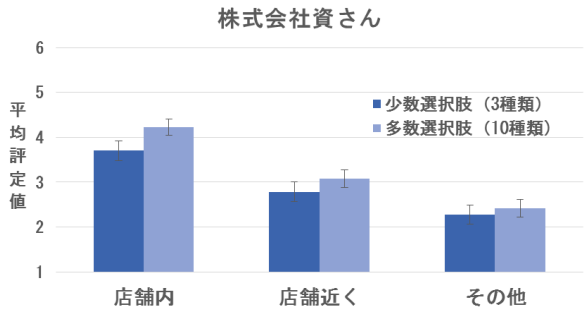


図 7　株式会社資さんの購買決定場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

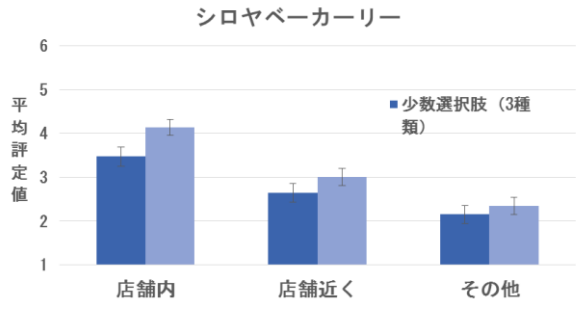


図 8　シロヤベーカリの購買決定場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

購買意図と様々な変数（会社認知，会社好意，商品認知，満足度，後悔度，購買経験）との関係を検討するために，各変数を説明変数，購買決定場所を目的変数とする，強制投入法による重回帰分析を行った．結果を表 1 に示す．総じて，満足度が購買意図に強く影響している．特に店舗内においてはそれが顕著に表れている．これは，店舗内において自分が選択した商品に満足した場合には，購入するということを表している．上記以外に各商品が少数選択肢（3 種類）の場合にのみ購買決定にこれまでの購買経験の効果が見られた．これは，少数選択肢の場合において呈示された 3 種類の商品が未知の商品であったケースが多かったことによるのではないかと考えられる．つまり，多数選択肢の場合においては，自分が知っている商品がリストに呈示されている可能性が高く，単純に既知の商品を選択したとも言い換えることができる．そしてそのことが選択の逆オーバーロード現象をもたらした可能性がある．この仮説を検証するために，少数選択肢と多数選択肢における購買経験の関係を調査するために t 検定を実施した．株式会社資さん：t (87) = −3.412, p < .001，シロヤベーカリー：t (87) = −2.003, p = .024 となり，多数選択肢条件で選択した商品の購買経験が少数選択肢条件よりも有意に高かった．この結果より，少数選択肢条件において呈示された商品リストの中に自分の知っている商品がなかった参加者が，選択した商品に対して満足度が低く後悔度が高く出たと想定される．言い換えれば，多数選択肢の場合は，既知の商品を選択した可能性がより高かったことになる．さらに少数選択肢の場合には，店舗から遠くになればなるほど購買経験の影響が顕著に出ている．よって，少数選択肢の場合において，選択の逆オーバーロード現象が生じた理由が説明可能となった．

表 1　重回帰分析結果（大学生 n = 87，主観的認知と購買経験の偏回帰係数のみ記載）

		店舗内	店舗近く	その他
資さん3種類	満足	.329 **	.033	.009
	後悔	−.064	−.085	.122
	購買経験	.134	.258 *	.316 **
資さん10種類	満足	.488 **	.228	.074
	後悔	.041	.033	.081
	購買経験	.147	.110	.127
シロヤ3種類	満足	.575 **	.278 **	.113
	後悔	−.114 *	.070	−.058
	購買経験	.027	.347 +	.400 +
シロヤ10種類	満足	.445 **	.225 *	−.048
	後悔	.014	.236	.098
	購買経験	−.160	.066	.299
R^2	資さん3種類	.415	.161	.118
	資さん10種類	.369	.207	.188
	シロヤ3種類	.548	.373	.220
	シロヤ10種類	.278	.280	.119

*** p < .05, ** p < .01, ＋ 有意傾向**

続いて，購買経験と購買決定場所を要因とする 2 要因分散分析を行った．図 9 および図 10 に株式会社資さ

んの少数選択肢と多数選択肢，図 11 および図 12 にシロヤベーカリーの少数選択肢と多数選択肢の平均評定値の結果をそれぞれ示す．株式会社資さんの少数選択肢（3 種類）においては，選択肢数の主効果が有意であり（F (1, 86)= 15.921, MSe = 1.572, p < .001），購買決定場所においても有意があった（F (2, 85)= 111.027, MSe = 43.414, p < .001）．さらに選択肢数と購買決定場所の交互作用は有意ではなかった（F (2, 172)= 1.716, MSe = 0.391, p = .183）．株式会社資さんの多数選択肢（10 種類）においては，選択肢数において主効果が有意であり（F (1, 86)= 9.833, MSe = 1.882, p = .002），購買決定場所にも有意があった（F (2, 85)= 150.853, MSe = 73.155, p < .001）．一方で選択肢数と購買決定場所の交互作用は有意ではなかった（F (2, 172)= 0.044, MSe = 0.485, p = .957）．

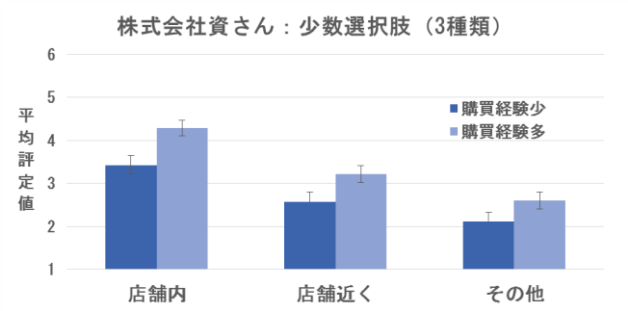


図 9　株式会社資さんの少数選択肢の購買経験と購買場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

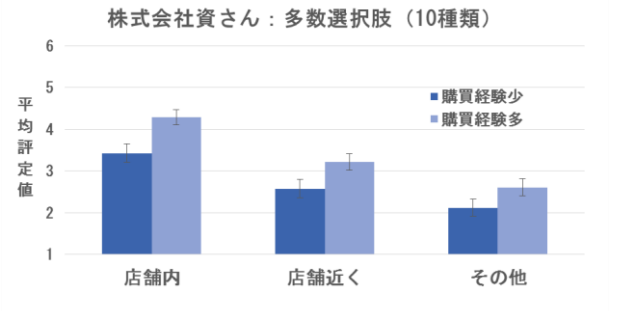


図 10　株式会社資さんの多数選択肢の購買経験と購買場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

シロヤベーカリーの少数選択肢(3 種類)においては，選択肢数の主効果が有意であり（F (1, 86)=14.920, MSe = 1.951, p < .001），購買決定場所においても有意であった（F (2, 172)= 56.076, MSe = 22.917, p < .001）．選択肢数と購買決定場所の交互作用は有意でなかった（F (2, 172)= 0.294, MSe = 0.409, p = .745）．シロヤベーカリーの多数選択肢(10 種類)においては，選択肢数において主効果が有意であり（F (1, 86)= 7.084, MSe = 1.375, p = .009），購買決定場所も有意であった(F (2, 85)= 97.002, MSe = 47.336, p < .001）．選択肢数と購買決定場所の交互作用は有意でなかった（F (2, 172)= 0.478, MSe = 0.488, p = .621）．

以上より，少数選択肢は多数選択肢条件と比較して購買意図や購買経験の評定値は低かったものの，購買経験のある参加者に限定すれば購買への意欲は十分に高いことが，重回帰分析の結果と同様に示された．

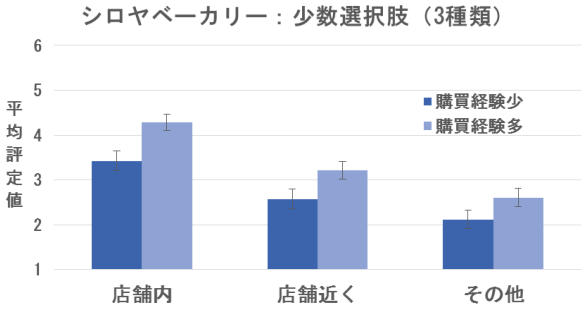


図 11　シロヤベーカリーの少数選択肢の購買経験と購買場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

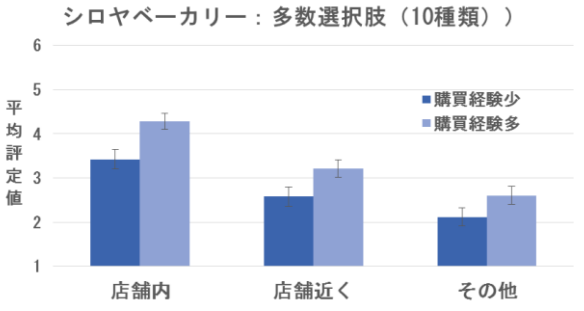


図 12　シロヤベーカリーの多数選択肢の購買経験と購買場所の違いによる平均標定値（n = 87）
注）エラーバーは 95%の信頼区間を示す．

5.　考察

Iyengar & Lepper（2000）[5]は，選択肢数の増加が選択結果への満足度を低下させ，結果として選択行動そのものを放棄させた可能性を示し，この現象を選択のオーバーロードと呼んだ．この研究ではオーバーロード現象の生起要因として，短期記憶の容量であるマジカルナンバー7（Miller, 1956）[7]を超える選択肢を呈示されると同時に処理できる情報量を超過してし

まうこと，選ばれなかった選択肢への機会損失による満足度の低下と後悔の上昇が生じることを挙げている．しかしこの現象はその後の多くの研究においてその存在が否定されている（レビューとして，Alexander et al.，2015[4]； Benjamin et al.,2010[3]）．有賀(2017)[6]は，認知負荷を上げた場合に限定して多数選択条件での満足の低下と後悔の上昇を示し，選択のオーバーロード現象が再現できることを示唆している．Iyengar & Lepper（2000）[5]の実験では，ジャムの試食コーナーに立ち寄った消費者，すなわち刺激であるジャムに関心がある者を対象にしていた．また，Iyengar & Lepper（2000）[5]は，購入率を最終評価としている一方で，主観的認知である満足感と後悔度は実際に測定しておらず，その後の実験室実験による多くの追試では満足と後悔の測定が行われているものの最終的な購買意図については未検討であった．認知負荷の低い状態において，選択肢の数によって満足度や後悔度が主観的には変動を感じない場合においても，潜在的には変動が生じ，購買意図に影響する可能性も考えられる．そこで本研究では，これらの懸念材料を解消することで，認知負荷のかからない状況であっても選択のオーバーロード現象を再現可能であるかについて検討を行った．

実験を行った結果，有賀（2017）[6]の認知負荷の低い刺激同時呈示条件による実験と同様に選択肢数の効果が見られず，選択肢の多い条件における主観的な満足度の低下および後悔度の上昇は見られなかった．さらに，店舗内や店舗近く，その他の場所での購買意図においても選択肢数による効果は見られず，少数選択肢条件での購買意思決定の上昇効果は得られなかった．よって，本研究の手続きによる選択のオーバーロード現象を検出することは出来なかったといえる．

店舗内での購買意図を促進させる要因は自身の商品選択に対する満足度であり，これは選択肢数の影響を受けなかった．店舗近くおよびその他の場所では，これまでの購買経験が今回の購買意思決定を促進させる効果を持った．そこで，選択した商品の認知度の高低や商売経験のあるなしによって分割したが，これらの条件が各場所での購買意図に及ぼす効果を検出することは出来なかった．しかし，少数選択肢条件において商品認知および購買経験の高い参加者数が少ないことから，選択肢が3種類の場合よりも10種類の場合の方がリストの中に購買経験のある商品が含まれやすかった可能性が考えられる．本研究では，呈示した商品リストを古くから北九州市中心に営業して人気のある「株式会社資さん」「シロヤベーカリー」の商品から選出したが，屋号及び商品の知名度があるが故に，人気商品上位3種類を除いたものの実験結果にデフォルトバイアスの影響が生じたことが考えられる．また，シロヤベーカリーの商品を呈示した場合には少数選択条件の方の満足度が低く後悔度が高いという逆オーバーロード現象になっている．重回帰分析の結果からも，シロヤベーカリーの少数選択肢条件で満足度の効果が非常に高く，後悔度に関しては抑制的な効果を持った．選択肢の中に定番商品のような欲しい商品がないため他の商品を買った時と同様に，購買意欲を阻害し後悔も大きかったと推測される．店舗外その他で購買経験の効果が見られることについても，商品の認知度の高さがオーバーロード効果と相殺されてしまったことが原因としてあげられる．

Iyenger & Lepper（2000）[5]の実験ではジャムの試食コーナーに立ち寄った消費者に割引クーポンを手渡し，実際にレジで購買した人数から選択のオーバーロード現象を提唱した．この先行研究での試食経験は本研究における購買経験に相当し，レジまで行ってからの購買行動を本研究の店舗近くおよびその他の場所での購買意思決定と見なすことで，選択肢が少ない場合において購買経験がありさえすれば遠くても購買率が上がるという選択のオーバーロードが生じる可能性があるといえる．本研究では呈示刺激の商品を北九州市内に店舗を構える株式会社資さんうどんとシロヤベーカリーの商品を用いたが，その高い知名度によりデフォルトバイアスの影響を排除することが出来なかった．今後は，参加者にとってニュートラルな商品を用いる必要があるだろう．また，先行研究の懸念事案である商品への関心度について，本研究では企業への好意度で測定しようと試みたものの，参加者全体で好意度の評定値が非常に高かったために実験参加者を呈示しているものに対する関心の高低で分けることが出来なった．今後の実験では，呈示する商品に関心度の個人差が大きいことが予想される商品カテゴリーを選択し，その商品カテゴリーに対する関心を直接聞くことで関心度の有無について検討していきたい．

参考文献

[1] Iyenger, S.,(2014)“選択の科学”，文藝春秋出版
[2] Jesse, M.,(Feb05, 2016)“Is Choice Overload a Real Thing?”, Psychology Today

[3] Benjamin, S., Rainer, G., & Peter, M. T., (2010) "Can There Ever Be Too Many Options? A Meta-Analytic Review of Choice Overload", Journal of Consumer Research, Vol. 37, No. 3, pp.409-425.

[4] Alexander, C., Ulf, B. & Joseph, G., (2015), "Choice overload: A conceptual review and meta-analysis", Journal of Consumer Psychology, Vol. 25, No. 2, pp.333-358.

[5] Iyengar , S., Lepper , M.,(2000), "When choice is demotivating : Can one desire too much of a good thing? ", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 79, pp.995-1006.

[6] 有賀敦紀, (2017), "選択のオーバーロード現象の再現性", 日本心理学会第 15 回大会, pp. 04-04.

[7] George, A. M., (1956), "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information", Psychological Review, Vol. 101, No. 2, pp.343-352.

モーラ子音の素性構造について
On the feature structures of the moraic consonants in Japanese

松井 理直
Michinao F. Matsui

大阪保健医療大学
Osaka Health Science University
michinao.matsui@ohsu.ac.jp

Abstract

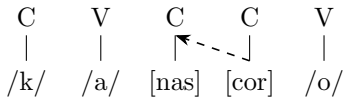
This paper focuses the structures and features of the special morae including the moraic nasals (撥音) and the geminate consonants (促音) in Japanese. In conclusion, this paper shows that the Japanese special morae have no "C/V" slot and that the primary factor of the assimilation which causes the allophones of the special morae is the coda position. This result supports that the syllable takes precedence over the mora in Japanese. Futhermore, this paper proposes that the geminate consonant in Japanese has not a vacuous slot but the definite phonological information as well as the moraic nasal.

Keywords — Moraic nasal, Geminate consonants, Electropalatography (EPG), The element theory, Coda position

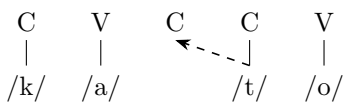
1. 研究の目的

日本語は、特殊拍子音として撥音と促音を持つ。これらの特殊拍子音は後続子音がある場合に、撥音では調音位置に関する逆行同化を、促音では後続子音全体の性質について逆行同化を起こす。この仮定を説明するため、近年の音韻論では音韻情報の過小指定を仮定するのが一般的である。すなわち撥音は (1) のような「鼻音要素のみが指定された」構造を、促音 (2)) は「空の構造」を持っているため、過小指定された情報を埋めるために同化を引き起こす。

(1) 撥音 (例：カント)



(2) 促音 (例：カット)



この分析で、撥音や促音が逆行同化を受けるのは "CC" という構造に依存している点に注意されたい。もし、この "CC" 構造がなければ、先行母音から情報を受け取る順行同化が起こってもよいはずである。

本稿は、この "CC" 構造の妥当性について生理学的手法を用いた検証を行う。結論として、撥音における "CC" 連鎖に妥当性がないこと、また促音の逆行同化についても "CC" 構造が必須条件でないことを述べ、撥音や促音の同化現象が音節末という性質から生じている可能性について論じる。

2. 母音や八行子音に先行する撥音変異に関する生理学的実験

2.1 撥音が母音に先行する場合

撥音の同化を "CC" 構造に基づいて説明する問題点は、母音に先行する撥音変異を考えると分かりやすい。この環境ではほぼ全ての先行研究で撥音が鼻母音に変異すると見なされている。しかし、同化という点では見解が一致しない。服部 (1951) や 益子 (2009) は、撥音が後続母音に従って変異すると見なす。齋藤 (2006) は撥音変異の全体的な説明として「後続音に同化」と明記しているが、具体例を見ると、「線を」が [seẽ.o] となっており、例は少ないものの順行同化もあり得ると考えているようだ。これに対し、村木他 (1989) は「全員 [zeẽiĩ]」「禁煙 [kiĩeẽ]」、「安易 [aãi]」といった例を示し、基本的に順行同化が起こっているとしている。

本稿では、まずこの問題も明らかにするために、母音が後続する撥音変異についてエレクトロパラトグラフィ (EPG) を用いた検討を行った。実験の結論として、撥音の変異は "C/V" スロットによって引き起こされるものではなく、「調音動態としてより狭窄が狭い」という条件こそが撥音変異の本質であることを述べる。

2.2 実験方法と分析方法

実験は被験者 4 名 (東京方言女性 1 名、関西方言女性 1 名、関西方言男性 2 名) に対し、EPG および鼻腔用マイクと口腔用マイクを装着させ、3 モーラの刺激語をランダムに 5 回ずつ発話させる形で行った。EPG データは、4 名の被験者に対し

人工口蓋床を各被験者ごとに用意し、サンプリング周期 10 ms で収集した。刺激語のパターンは以下の通りである。なお、発話者には鼻腔用マイクと口腔用マイクを装着し、鼻音区間を厳密に測定すると共に、両者の音響データから撥音の変異が鼻子音であったか鼻母音であったかという点も判断した。

(3) a. (k)–母音–撥音–母音:「あんあ」「かんあ」「あんい」...「おんお」「かんお」
b. (k)–母音–撥音–/h/–母音:「あんは」「かんは」「あんひ」...「おんほ」「かんほ」
c. 摩擦音が /s/ の場合:「あんさ」「かんさ」「あんし」...「かんそ」

2.3 母音に先行する撥音の結果

本節では、母音に先行する撥音 (母音に挟まれた撥音) の変異について述べる。まずこの環境において、撥音が鼻母音に変異する確率であるが、口腔用マイクと鼻腔用マイクの振幅から推定できる限りにおいて 87% であった。すなわち、前後を母音に挟まれる環境では撥音が「必ず」鼻母音に変異するとは限らない。変異の可能性としては低いものの、15% ほどの確率で鼻子音 [ŋ], [ɴ] として実現されることがあり、自由変異の関係にあると見てよいだろう。

次に、鼻母音に変異した場合の音価について、EPG 遷移パターンを手がかりに見ておこう。まず分かりやすい例として、「あんい・いんあ」のスペクトログラムと EPG 遷移の結果を図 1 に示す。こうした広母音・狭母音の組み合わせにおいては、先行／後続環境という違いに関わらず、撥音部はイ音が鼻音化した [ĩ] になっていることが分かる。同様の傾向は、図 2 における「あんう・うんあ」を比較しても成り立つ。EPG 遷移パターンから分かる通り、この場合は撥音部がウ音の鼻音化である [ũ] に変異している。この結果は、母音に挟まれた撥音変異は逆行同化・順行同化という条件に縛られているのではないことを示す。他のデータからも明確になることであるが、母音に挟まれた撥音は、それらの母音のうち、「より狭い空間」である母音が鼻音化した音価に変異していると考えられそうである。この、「より狭い空間」の鼻母音に変異するという性質は、他の環境でも成り立つ。例えば、図 3 は「いんお・おんい」の EPG 遷移パターンで、いずれも撥音の異音が [ĩ] に変異している。

全ての母音間における撥音の鼻母音変異を測定した結果を、表 1 にまとめておく。表中の “?” は、EPG の反応が取れないために明確なことがいえないことを表す。結果的に、撥音の鼻母音変異については以下の条件が関与していると見てよいだろう。

(4) a. 母音に挟まれた撥音は、より狭い母音が鼻音化した音に変異する。
b. 前後の母音が同じ狭さを持つ場合、撥音は前舌性の鼻母音に変異しやすい。
c. 撥音にオ音が先行する場合、撥音に円唇性が付加されることがある。

3. 促音変異に関する生理学的実験

3.1 促音の音韻現象：鼻音に先行する促音について

日本語の促音は一般的に後続子音と同化し、「一体 (/iQtai/):[itˀtɐi] = [itːɐi]」「一切 (/iQsai/):[isˀsɐi] = [isːɐi]」といった長子音を成す。つまり、撥音と若干異なり、促音は後続子音の完全逆行同化を受けるように見える。もし促音が後続子音の完全逆行同化であるなら、鼻音の前に促音が生じた場合、その促音は鼻音となり、撥音と区別できないことが予測されよう。

関東方言や関西方言では、促音が鼻音に先行することはほとんどない。しかし、標準的な語彙でなければ「うまい→うっまい」「この野郎→こっの野郎」のように、鼻音の前に促音が生じることもある。さらに鹿児島串木野方言などでは、「焚き物→たっもん」「一枚→いっめ」「聞き間違い→きっまげ」「月の夜→つっのよ」といった鼻音前の促音が通常の語彙として存在するという。そこで、串木野方言話者 4 名に対して、口腔用マイク・鼻腔用マイクで「たっもん、いっめ、ろっめ、きっまげ、つっのよ、かごっま」といった調査語の発音を収録すると共に、EPG と光学的グロトグラフィ (PGG) によってその生理学的特性を調査した。この調査は、神戸松蔭女子学院大学の黒木邦彦准教授から多大の援助を受け、実施できたものである。詳しい調査結果は別稿で議論するため、本稿では概要だけを報告しておく。

調査の結果、「たっもん」「いっめ」「きっまげ」では、PGG によって声門閉鎖が起きていることが確認でき、さらに声門閉鎖と同時に両唇の閉鎖をも伴うことが明確となった。促音部では声門閉鎖が起こっているため、鼻腔に空気が抜けることはなく、したがって促音が鼻音に変異することはない。すなわち撥音との混同は避けられている。「つっのよ」も同様で、PGG によって声門閉鎖の生起が確認できると共に、舌端が上歯茎へ接触していることが EPG により検証できた。ただし、「か

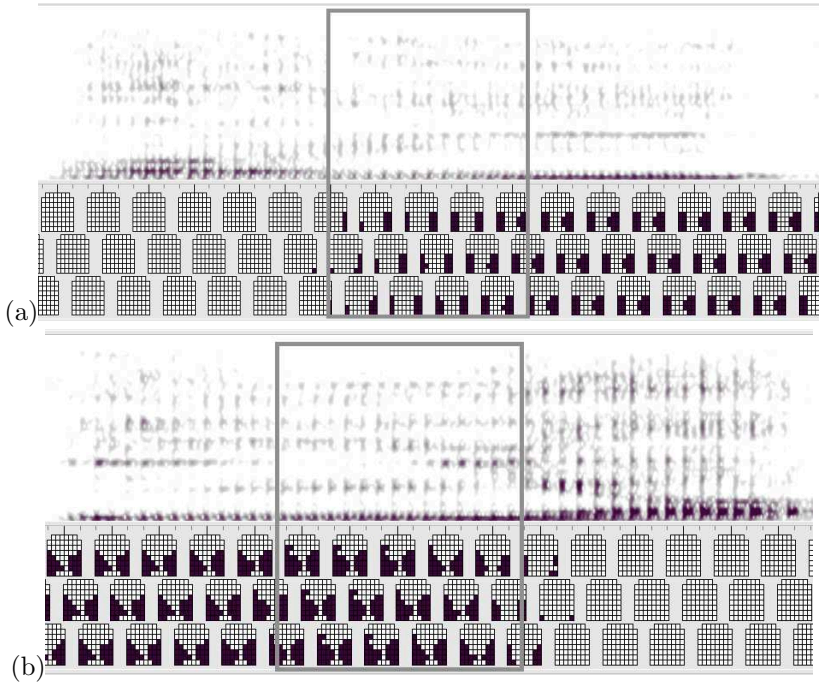


図 1 EPG 遷移の結果 (a) あんい　(b) いんあ

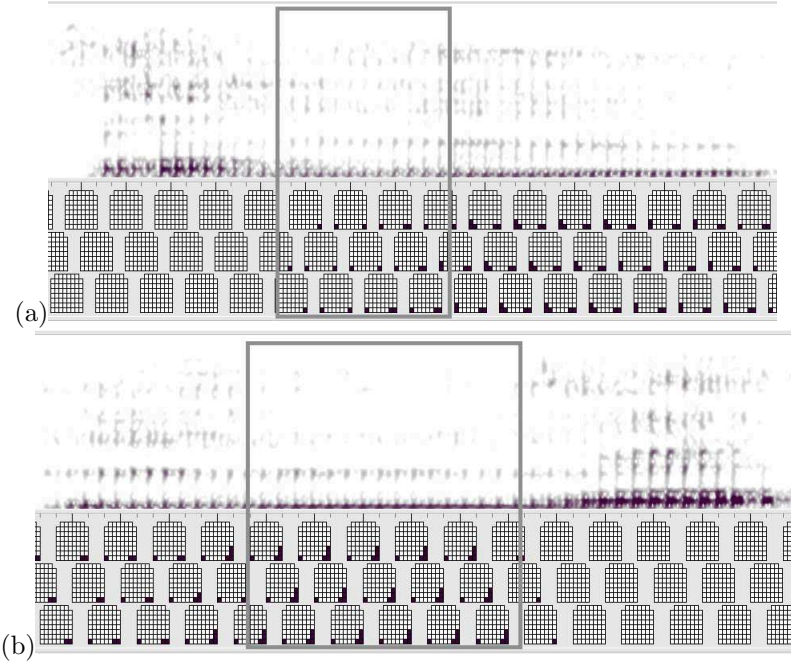


図 2 EPG 遷移の結果 (a) あんう　(b) うんあ

表 1 撥音部における鼻母音の音価

		後続母音				
		[ɐ]	[i]	[ɯ]	[e]	[o]
先行母音	[ɐ]	?	[ĩ]	[ɯ̃]	[ẽ]	?
	[i]	[ĩ]	[ĩ]	[ĩ]	[ĩ]	[ĩ]
	[ɯ]	[ɯ̃]	[ĩ]	[ɯ̃]	[ɯ̃]	[ɯ̃]
	[e]	[ẽ]	[ĩ]	[ɯ̃]	[ẽ]	[ẽ]
	[o]	?	[ĩ]	[ɯ̃]	[ẽ̞]	?

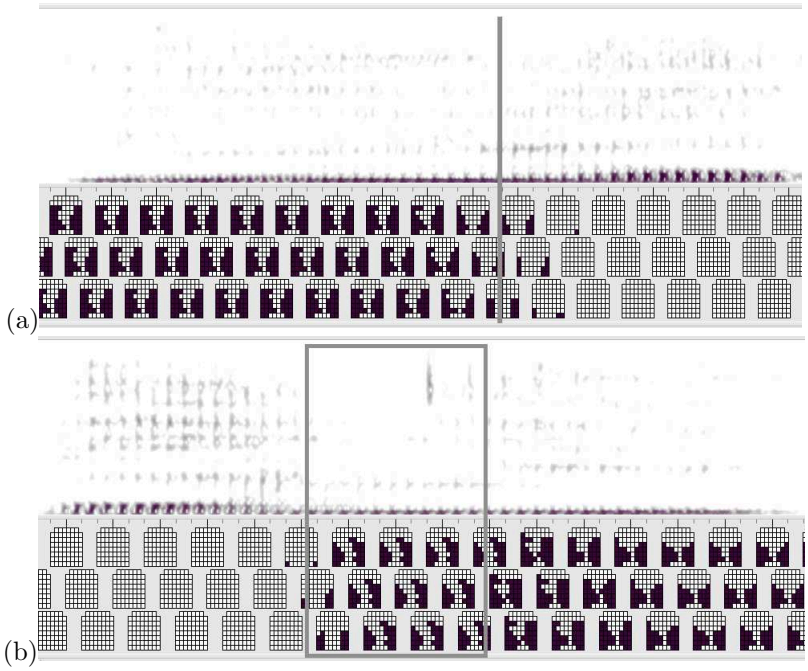


図 3 EPG 遷移の結果 (a) いんお　(b) おんい

ごっま」については、「かごんま」という撥音と中和することも起こるようである。

ただし、鹿児島串木野方言における「たっもん」「いっめ」等の促音は、基底形で子音の形態音素情報を持っており、「情報を持たない」促音ではないことが、声門閉鎖の調音を引き起こした可能性も否定できない。しかし、基底形で形態音素を持っていないと思われる関西方言の「うっまい」「こっの野郎」という調音においても、鼻音に先行する促音が声門閉鎖に変異し、さらに後続子音の調音位置にも影響されることが確認できた。このことから、鼻音前の促音は声門閉鎖により撥音との中和を回避すると共に、調音位置については後続子音の逆行同化も受けるという性質を持つと見てよいだろう。この性質は、促音が「音韻情報の指定がなされておらず、“CC” スロットによって逆行同化を受ける」という (2) の構造に一致しない。すなわち、撥音が元々 [nasal] 要素を持っているように、促音も元々「鼻音を回避する何らかの子音情報」を持っていると考えられる。

3.2 促音の音声現象：促音における調音の強化について

次に、促音 (重子音) と短子音に関する調音動態の差異について、EPG を用いた分析を行った。結論として、一部の摩擦音を除くと、促音では調音動態の強化が起こること、その強化が持続時間に依存した overshoot/undershoot という要因だけでなく、調音計画自体の変異という要因も考えるべきであることを述べる。

実験は、発話者に短子音／長子音 (促音) を持つオノマトペのミニマルペアを単独でランダムに 5 回ずつ発音させ、音声と EPG データを同時に収集した。また、開口度の参考にするため、正中面から両唇の画像もビデオで収録している。実験に参加した被験者は30歳台〜40歳台の男性 2 名 (関東方言 M1、関西方言 M2)、女性 2 名 (帰国子女 F1、関西方言 F2) の計 4 名で、いずれの被験者も構音および聴覚に異常はない。本実験に用いた刺激語は、いずれも同一形態素を繰り返す「カタカタ／カッタカタ」「ネチネチ／ネッチネチ」「グツグツ／グッツグツ」といった構造を持ったものであった。

まず、短子音 [t]／促音 [t:] の EPG パターンについて、単子音 [t] で最も接触面積の広かった話者 M1 と接触面積の最も小さかった話者 F2 のデータを図 4, 図 5 に示す。

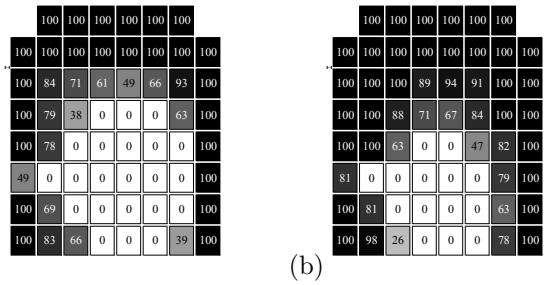
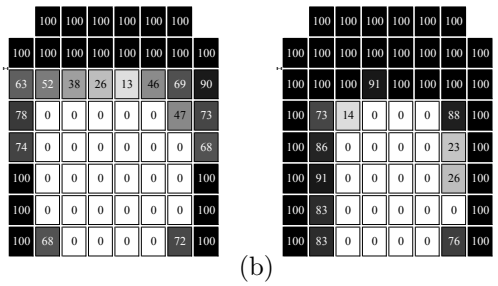


図 4 (a) 話者 M1 の単子音 [t], (b) 促音 [t:] の EPG

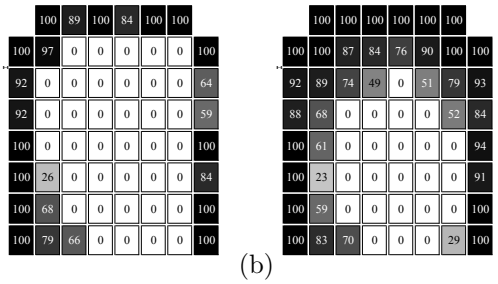


(a) (b)

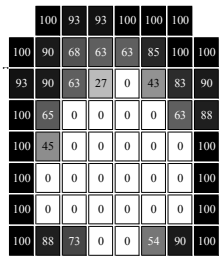
図 5 (a) 話者 F2 の単子音 [t], (b) 促音 [t:] の EPG

話者 M1 のEPG パターン (a)–(b) のフリードマン統計量は $\chi^2 = 19.17$ で、単子音 [t] と促音 [t:] の間に有意差が認められた ($df = 1$, $p < 0.001$)。また、話者 F1 の EPG パターン (c)–(d) にも統計的に有意な差が存在する ($\chi^2 = 22.0$, $df = 1$, $p < 0.001$)。他の話者 M2, F1 についても同様で、単子音 [t] に比べ促音 [t:] では舌の接触パターンが有意に増大していた。

この結果は、借用語以外ではほとんど観察されない有声子音の促音でも同様に観察される。例として、話者 M1 における 単子音 [d] と促音 [d:] の EPG パターンを図 6(a), (b) に示す。両者間のフリードマン統計量は $\chi^2 = 12.46$ ($df = 1$, $p < 0.001$) で、有意差が認められる。



(a) (b)



(c)

図 6 (a) 話者 M1 の語中単子音 [d], (b) 促音 [d:]、(c) 語頭単子音 [d] の EPG パターン

3.3 促音の調音強化は調音計画実現性によるものか

単子音と重子音 (促音) における接触パターンにこのような違いが生じる理由として、すぐに思いつくのが子音の持続時間に依存する調音運動の undershoot 現象である。前述したように、日本語の単子音は促音に比べて持続時間がかなり短い。したがって、単子音と促音とで調音計画における潜在的なターゲット点が同一であったとしても、単子音ではターゲットを実現する十分な時間を確保できず、undershoot を起こす可能性がある。一方、促音は十分な持続時間があるため潜在的なターゲット点を実現しやすいであろう。こうした考え方を、調音計画の実現性 (undershoot/satisfaction) という。

しかし、EPG の接触パターン遷移を詳細に観察すると、単子音／促音における舌運動の違いは、単にターゲット点の undershoot/satisfaction のみに起因するわけではないように思われる。ここで、「カタカタ／カッタカタ」における第 1 音節の母音最終部から第 2 音節の子音にかけての EPG パターン遷移を見てみよう (話者 F2 の例)。

どちらもフレーム No.3 までは上歯茎に対する舌端の接触が見られず、フレーム No.4 から上歯茎への接触が始まる。また、単子音においても促音においても、フレーム No.7 以降では [t] 音に関するほぼ同一の調音パターンが続く。このフレーム No.7 以降における接触パターンの安定性は、無声阻害音において undershoot が起こっていることを支持しないように思われる。むしろ、フレーム No.7 以降の接触パターンは潜在的な調音計画におけるターゲット点を反映した実現値である可能性が高い。もしこの解釈が正しいなら、単子音と促音における接触パターンの違いは、調音計画の実現性 (undershoot/satisfaction) に依るだけではなく、潜在的な調音計画そのものにも原因があると考えるべきであろう。

3.4 促音の調音強化は子音準備時間 (TACA) によるものか

調音計画の実現性は、ターゲット点の undershoot/satisfaction のみならず、調音のために利用できる時間の違い (TACA: Time Allotted for Consonant Articulation) にも影響される。前川 (2010) は、日本語の有声阻害音が母音間で [ɐbɐ]/[ɐβɐ], [ɐgɐ]/[ɐŋɐ]/[ɐɣɐ] のような弱化を起こす原因が TACA にあることをデータベースに基づいて明らかにした。そうなると、単子音と促音では後者のほうが TACA が 2 倍以上長いため、促音で調音の強化が生じたとしても不思議ではない。だが、この説明も促音の調音強化を説明するためには不十分なものである。

ここで、図 6 (a), (b) と同じ話者が撥音した「ドロドロ／ドッロドロ」における語頭 [d] 音の EPG パターンである図 6(c) を見直してみよう。TACA の予測通り、この語頭の単子音 [d] の EPG パター

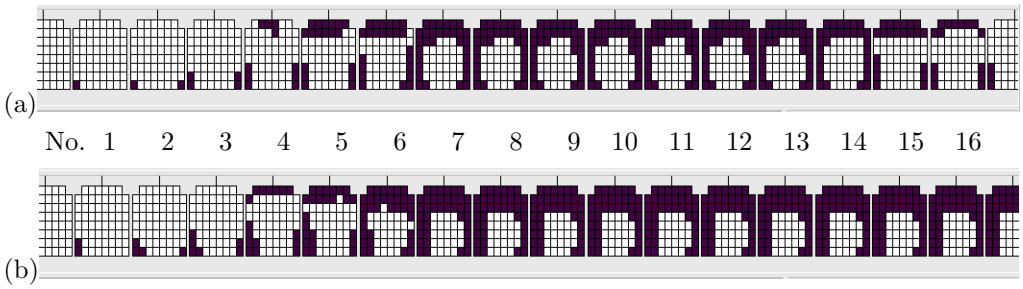


図 7 (a) 単子音と (b) 促音の EPG パターン遷移 (16 フレーム・実時間 160 ms 分)

ンは、図 6(a) の語中単子音 [d] との間に有意差が認められる ($\chi^2 = 12.57$, $df = 1$, $p < 0.001$)。すなわち同じ [d] 音であっても、語頭の [d] 音に対し語中の [d] 音は舌の接触パターンに関して弱化を起こしていると言えるだろう。しかし興味深いことに、この語頭子音の EPG パターンでさえ促音 [dː] のパターン (図 6(b)) よりも有意に接触面積が少ない ($\chi^2 = 4.48$, $df = 1$, $p = 0.034$)。語頭というポジションが TACA の点で促音以上に自由度が高いことを考慮すれば、促音が語頭子音よりも舌の接触面積が有意に広いという事実は、促音の強い調音動態が単に TACA だけに基づくものではないことを示す。やはり、促音と単子音とでは潜在的な調音計画の情報自体が異なっており、促音は基底形の音韻情報として「狭い空間を好む (ために、舌の接触面積も増大する)」のであろうと考えられる。

4. 総合論議

4.1 実験結果のまとめ

ここで、前節までに述べた議論の中で、本稿の考察に必要な事項を (5) にまとめておこう。(5a) は、(2), (1) のような “CC” スロット構造がなくてもよいことを主張するものである。また (5c) から、(**??**) に示した「空のスロットを持つ」ような基底形の構造も正しいとはいえない。

(5) a. 撥音・促音とも、前後の環境のうち「より狭い空間」を持つ性質に依存して同化を起こす。したがって、撥音でも促音でも “CC” スロット連鎖が同化を引き起こしていると考える必要はない。

b. 撥音の変異音は必ず鼻音であり、基底形の情報として [+nasal] を持つ。また鼻子音にも鼻母音にも変異するため、基底形で撥音が “C” スロットか “V” スロットに決め打ちで結びついているわけではない。

c. 促音も、基底形の情報として [+nasal] を回避する性質を持つ。すなわち、促音部であっても要素が空のスロットというわけではない。

(5b), (5c) の性質は、Kuroda (1965) の研究と深く関わっているように思われる。一般的にやまとことばでは、撥音と促音が相補分布を成す。促音は「すぽすぽ／すっぽり、ぱたぱた／ぱったり、はきはき／はっきり、ひそひそ／ひっそり」のように、無声子音の前でしか生じない。一方、撥音は「しょぼしょぼ／しょんぼり、まじまじ／まんじり、ふわふわ／ふんわり、どよどよ／どんより」のように有声子音の前で生じるのが基本であった。この性質は、無声子音／鼻音という二項対立から、無声子音／有声害音／鼻音という三項対立への変遷とも関係する。すなわち、日本語阻害音の有声性は何らかの形で鼻音と関わりを持つ。

こうした [nasal] 素性と [voiced] 素性の依存関係は、いくつかの方法で表現可能である。二値的弁別素性を用いるのであれば、過小指定表示を導入すればよい。日本語では [+nasal] なら [+voiced] 素性は当然予測できるし、(一部の琉球語を除くと) [−voiced] なら [−nasal] を予測できる。あるいは、二値的弁別素性ではなく、原子的素性である原子要素 (element, particle) を分節音の構成要素として導入してもよい。原子的素性を用いるメリットは、過小指定というプロセスを必要としないこと、C/D モデルのような定量的音声生成理論の入力情報とも整合性を持つところにある。本稿では、松井 (2016a) に従った以下の原子要素表示を用いて、撥音と促音の構造を考えてみよう。なお、各原始要素は「開口性 A, 硬口蓋性 I, 周辺性 U, 鼻音・有声性 N, 狭窄・摩擦性 H, 接触性 C」を表す。

(6) a. [ɐ]：{A} [i]：{I} [u]：{U} [e]：{I>A} [o]：{U>A}

b. [ɐ̃]：{N>A} [ĩ]：{N>I} [ũ]：{N>U} [ẽ]：{N>I>A} [õ]：{N>U>A}

(7) a. [p]：{U>C>H} [b]：{U>N>C>H} [m]：{U>N>C} [ɸ]：{U>H}

b. [t]：{C>H} [d]：{C>N>H} [n]：{N>C}

[ɾ]：{C}　[s]：{H>C}　[z]：{N>H>C}

c. [k]：{H=U=C>C}　[g]：{N>H=U=C>C}
[ŋ]：{N>U=C>C}　[ɴ]：{N}

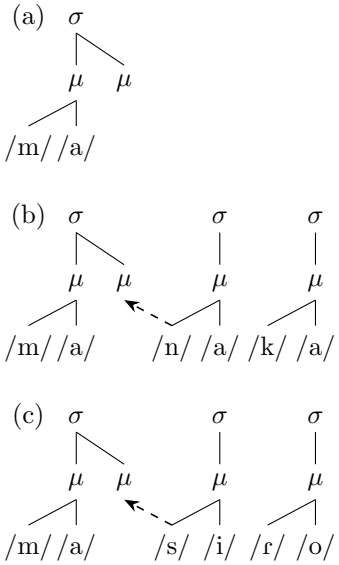
このように、日本語では鼻音の持つ [+nasal] の性質も有声阻害音の持つ [+voiced] の性質も、いずれもが原子要素 N によってもたらされる。言い換えるなら、原子要素 N がやまとことばにおける鼻音と有声性の関係を取り持つ。両者の重要な違いは、原子要素 H を含むか否かに掛かっている。阻害音は有声音でも常に原子要素 H を含むが、鼻音は決して H 要素を持たない。

4.2 音節のコーダとしての撥音と促音

同様に、日本語の撥音と促音も (少なくとも母音に後続する限り) 重音節における音節末モーラに直接結びついているとしよう。音節の最も基本的な性質は sonority の変化なので、音節末モーラに位置する促音や撥音は先行モーラよりも低い sonority を持つことが要求される。

さらに、撥音と促音が (語弊のある用語だが) 同一音素の異音として振る舞うようなやまとことばや同一形態素で撥音と促音が交代する語彙では、撥音や促音の音韻要素は何も指定されておらず、音節末モーラのみが指定された構造 (8a) を持つと見てよいだろう。

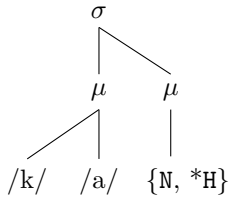
(8) (a) 形態素「真」の構造と、(b)「真ん中」, (c)「真っ白」における撥音と促音の生起



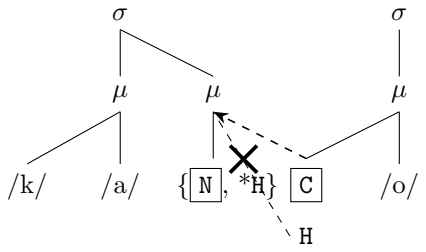
4.3 撥音の基底要素表示

しかし、現代日本語の撥音は後続環境に無声阻害音も取り、独立した音韻情報を持つようになった。この情報を原子要素として表現するなら、(5b) の性質から、撥音は基底形の情報として要素 N を存在論的に持つと同時に、制約として要素 H を含んでいてはいけないという制約 {N, *H} を持つ。これにより、一般的な撥音は (9a) となる。この撥音に子音が後続する環境 (9b) では、「口腔空間の狭さ」について先行母音である [ɐ] 音と後続子音である [t]：{C>H} との比較が行われ、より sonority の低い [t] 音の要素が撥音 {N, *H} の属する音節末モーラに結びついて、逆行同化を引き起こす。ただし、[t] 音の要素である C, H のうち、要素 H は撥音の情報 {N, *H} によって自律分節的拡張が妨害される。この結果、要素 C のみが撥音の属するモーラと結びつき、最終的に撥音は [n]：{N>C} に変異を起こす。これは、有声阻害音が後続する (9c) でも全く同様である。いずれの環境でも、“CC” スロットではなく、音節末モーラという性質が逆行同化の原因である点に注意されたい。

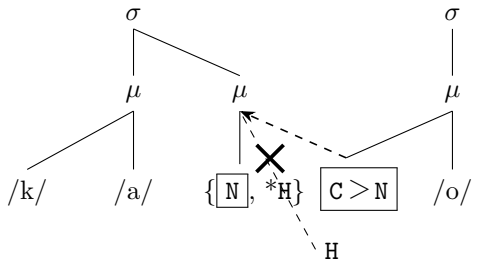
(9) a. 撥音の一般的な構造



b. 無声子音が後続する撥音 (例：カント)



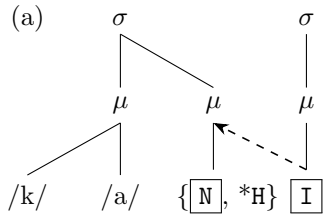
c. 有声子音が後続する撥音 (例：感度)



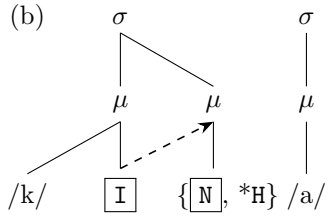
同様のアプローチで、「かんい (簡易)」「きんあ (つ、禁圧)」のような母音に挟まれた撥音の変異を考えてみよう。音節末モーラには狭い空間を好むため、母音 [ɐ] と母音 [i] のうち、より狭い母音である [i] 音が自律分節的拡張を起こして、撥音の属するモーラと結びつく。すなわち「簡易」では逆行同化が、「禁圧」では順行同化が起こって、撥音が鼻母音 [ĩ]：{N>I} に変異し、各々 [kɐ̃ĩ], [kĩɐ̃t͡sɯ] という発音が決まる。

(10) (a)「かんい」、および (b)「きんあ (つ)」における鼻母音への撥音変異

(a)

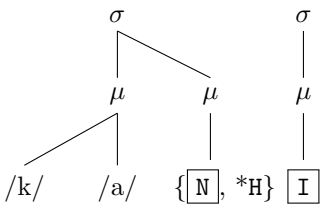


(b)



しかし、このアプローチは問題を残す。前後を母音に挟まれた撥音の変異は自由変異に近く、鼻母音のみならず (低い確率だが) 鼻子音 [ɴ] に変異することもある。本節の説明では、この [ɴ] 音への変異は (11) のように自律分節的拡張が起こらず、撥音の情報 {N}：[ɴ] がそのまま実現されたものと考えるのが妥当であろう。こうなると、自律分節的拡張を妨害する要因は、結局の所 (??), (??) のような “C/V” スロットの性質と考えざるを得ない。したがって、本稿では前後を母音に挟まれた撥音変異については、別のアプローチが必要と思われる。この点については、5.9 節で議論を行う。

(11) 「かんい」における鼻子音 [ɴ] への撥音変異

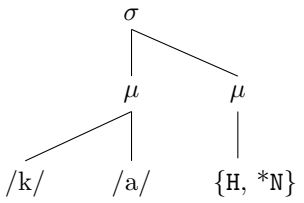


4.4 無声阻害音のみに変異する促音の基底要素表示

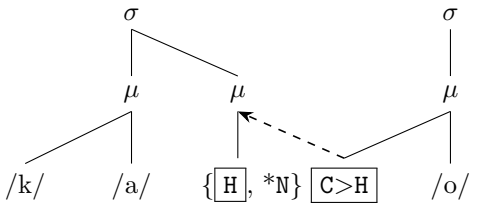
次に、促音の基底形情報を考えてみよう。まず、古くから存在する和語やある種の語彙では、促音は音節末モーラという構造のみが存在する (8) のような構造を持っていればよく、基底形の音韻情報を持っていない。したがって、促音に先行する母音と後続する子音が比較され、より sonority の低い後続子音が完全な逆行同化を引き起こす。これにより、後続子音が無声子音であれば促音として、鼻音であれば撥音として現れ、促音と撥音は異音の関係を持つ。促音に関しては、大半の研究がこうした「空の情報」を持つ構造を採用している。

しかし串木野方言のような言語では、促音が鼻音として (すなわち撥音として) 現れることはない。むしろ、(5c) の性質からも分かる通り、促音は基本的に撥音 {N, *H} と鏡像関係を成す。こうした方言の促音は、基底形において {H, *N} という情報 (12)、すなわち要素 H を存在論的に持ち、かつ要素 N を排除するという制約を持つと考えられよう。促音が要素 H を持つことにより、促音変異が阻害音に限定され、要素 N を排除する制約によって促音変異が鼻音や有声音にならないことが保証される。この結果、後続子音が有声阻害音であっても、促音部の音価は無声阻害音にしか変異しない。例えば (12c) に示す「カッド (線)」のような語の場合、促音が {H, *N} という情報を持つ限り、[d]：{C>N>H} が持つ要素 N の自律分節的拡張が妨害され、{C>H}：[t] という情報のみが音節末モーラに結びつく。この結果、「カッド」の促音部は [kɐd̥˞do] と無声化し、促音部は事実上 [t˞] 音で発音される。同様に、「こっの (野郎)」のように促音が鼻音に先行する (12d) の場合でも、[n]：{N>C} の持つ要素 N は音節末モーラに結びつくことができず、声門閉鎖音が実現されていく。なお、こうした方言でも促音に無声阻害音が後続する場合には、 (12b) のように後続子音の情報が促音部である音節末モーラにそのまま結びつくことが許され、結果的に (8c) とほぼ同一の発音が行われることになる。

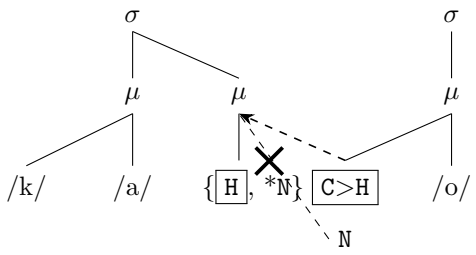
(12) a. 無声阻害音のみに変化する促音の基本構造



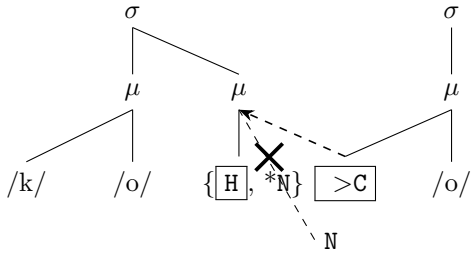
b. 促音に無声阻害音が後続した場合 (例：カット [kɐt˞to])



c. 促音に有声阻害音が後続した場合 (例：カッド [kɐd̥˞do])



d. 促音に鼻音が後続した場合 (例：こっの (野郎) [koʔˑno])



なお、有声促音を許さないという現象は「ベッド」が「ベット」と無声化してしまう現象と無関係ではないが、促音に後続する子音まで無声化してしまうのか、あるいは後続子音の有声性は保持されるのかという面では異なる現象である点に注意されたい。「ベッド」か「ベット」となる現象は、Nishimura (2003) が詳しく議論しているように、ライマンの法則に依存する純粋な音韻現象であり、? (?) が議論しているような撥音や促音に後続する分節音に掛かる制約の問題でもある。促音に後続する分節音については、元々は (13) のような条件が存在していたのに対し、現在では (14) のような条件に緩められていると考えられるであろう。

(13) a. 撥音 {N∧¬H} に後続する分節音の条件：{N∨¬H}

b. 促音 {¬N∧H} に後続する分節音の条件：{¬N∧H} = ¬{N∨¬H} (撥音の後続条件を否定)

(14) a. 撥音 {N∧¬H} に後続する分節音の条件：なし

b. 促音 {H} に後続する分節音の条件：{¬N∨H} = ¬{N∧¬H} (撥音の基底情報を否定)

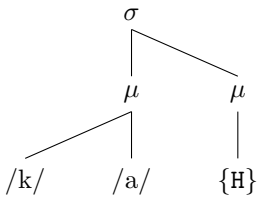
4.5 有声促音を許す促音の基底要素表示

このように、日本語の促音は基本的に無声阻害音にしか変異しない。しかし、松浦 (2012) や 高田 (2013) は、九州や東北の方言などでは有声促音が許されることを見いだした。これらの方言では、実際に促音区間中に何らかの形で声帯振動が観察され、「カッド」なども IPA の表記上は [kɐd̥ˑˀdo] ではなく、[kɐdˑˀdo] と表記できるような促音の変異が生じるという。こうした現象を説明するために、方言や世代によっては促音に *N という制約が掛かっておらず、促音が {H} という構造を持つこともあるとして、(12) の現象を再考してみよう。要素 {H} のみを持つ促音の変異を、(15) に示す。

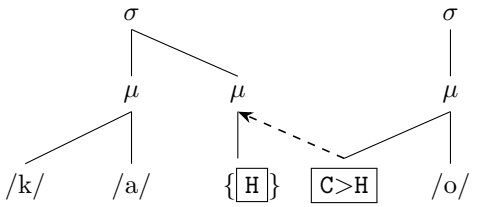
まず、促音に無声阻害音が後続した場合には、後続子音自体が要素 N を持たないので、促音の基底形情報が {H, *N} であろうと {H} であろうと、(12b), (15b) から分かる通り、促音の音価が決まる過程に違いはない。一方、促音に有声阻害音が後続した場合には、促音の基底形情報が {H, *N} の場合には (12c) のように促音部が必ず無声化するが (有声促音の禁止)、促音情報が {H} の場合は (15c) のように後続子音の要素 N も音節末モーラに拡張でき、[kodˑˀdo] という有声促音の生起を許す。

では、促音に鼻音が後続する (15d) を見てみよう。この場合、促音の基底形情報が {H} であっても、やはり促音は鼻音に変異することはないのだが、その理由が (12d) とは大きく異なる。(12d) では、有声阻害音が後続する時に有声促音を妨害する理由と全く同様に、鼻音の持つ要素 N が {*N} という制約によって妨害されていた。しかし、(15d) では鼻音の持つ要素 N は促音の基底形情報 {H} によってブロックされず、主要素として音節末モーラに拡張すること自体は可能である。しかし前述したように、日本語の音韻体系では、主要素 N が依存要素要素 H を支配する {N>H} という構造が絶対に認められない。この結果、要素 N を音節末モーラに拡張する過程は排除されてしまい、もともと促音が持っている {H} という情報と、後続子音が持つ要素 {C} のみが音節末モーラに拡張され、声門閉鎖音が生じることになる。

(15) a. 有声促音を許す促音の基本構造

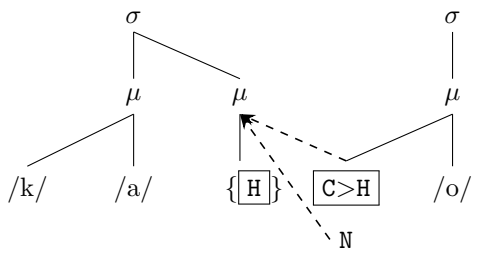


b. 促音に無声阻害音が後続した場合 (例：カット [kɐtˑˀto])

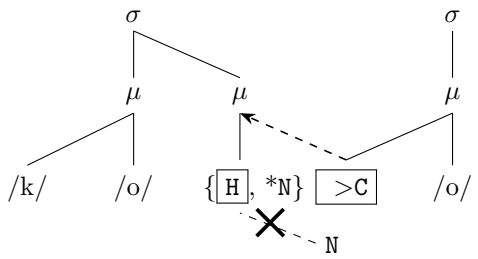


c. 促音に有声阻害音が後続した場合 (例：

カッド [kɐdˈ˞do])



d. 促音に鼻音が後続した場合 (例：こっの (野郎) [koʔˈno])



4.6 総合論議のまとめ

最後に以上の議論をまとめておく。まず、促音であれ撥音であれ “CC” スロットが逆行同化を引き起こすのではなく、音節末コーダという sonority の低さ (口腔空間の狭さ) を要求する構造が、促音や発音の変異を引き起こす。これにより、母音に挟まれた撥音が「順行同化」を起こす可能性までをも説明できる。また促音に関しては、これまで提案されてきたような「空の情報」のみならず、基底形として {H, *N} あるいは {H} という情報を持っている可能性も指摘した。促音が要素 H を持っていることで、“CC” スロットというシステムを用いなくても、促音が常に子音に変異することが保証される。一方、撥音は基底形として {N, *H} を持つ。これにより、撥音は常に鼻音に変異することが保証される。

促音として指定される各基底形は、後続子音が有声子音の場合に異なった振る舞いを示す。要素が存在しない「空のモーラ」を持つ促音は、後続子音が有声阻害音の場合は full voicing が商事、後続子音が鼻音の場合は撥音との違いを失う。これに対し、{H, *N} の情報を持つ促音では、後続子音が有声阻害音であれ鼻音であれ、促音部では声帯振動が生じない。すなわち、有声促音の生起は常に妨害される。一方、促音の基底形が {H} の場合は、後続子音が有声阻害音であれ鼻音であれ、有声促音の生起を許す。また、促音を持つ重音節と後続する音節との関係により、有声促音は full voicing になることもあれば、half voicing になることもある。これは量的な音声現象であり、C/D モデル等で導出できよう (松井 2016b)。なお、本稿のアプローチを採用した場合、長母音も “VV” スロットではなく、予め重音節に spread されていることを予測する。この点については、また別稿で議論したい。

謝辞

EPG のご指導および人工口蓋床を作成してくださいました山本一郎先生に心から感謝いたします。なお、本研究は科学研究費・基盤研究 (C)「日本語音声の調音協調運動に関する総合的研究」および国立国語研究所機関拠点型基幹研究プロジェクト「対照言語学の観点から見た日本語の音声と文法」の援助を受けました。

参考文献

Kuroda, Shige-Yuki (1965). *Generative grammatical studies in the Japanese language*. Ph. D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

前川喜久雄 (2010). 日本語有声破裂音における閉鎖調音の弱化. 『音声研究』, **14** (2), 1–15.

益子幸江 (2009). 音声記号. 『(今泉敏 編) 言語聴覚士のための音声学・言語学』, 20–36. 医学書院, 東京.

松井理直 (2016a). 日本語分節音の音韻要素表現とその内部構造. 『音韻研究の新展開：窪薗晴夫教授還暦記念論文集』, 211–248. 開拓社, 東京.

松井理直 (2016b). C/D モデルにおける閉鎖要素と摩擦要素について. *Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin*, **19**, 57–100.

松浦年男 (2012). 有声阻害重子音の音声実現における地域差に関する予備的分析. 『第26回日本音声学会全国大会講演論文集』, 37–42.

村木正武・中岡典子 (1989). 撥音と促音—英語・中国語話者の発音—. 『講座 日本語と日本語教育第3巻』, 139–177. 明治書院, 東京.

Nishimura, Kohei (2003). *Lyman's Law in loanwords*. M. A. thesis, Nagoya University.

斎藤純男 (2006). 『日本語音声学入門』. 三省堂, 東京.

服部四郎 (1951). 『音声学』. 岩波書店, 東京.

高田三枝子 (2013). 有声破裂音の後続する促音閉鎖区間の有声性に関する音声パターン. 『明海日本語』, **18**, 15–30.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

スケジューリングされた教育ビッグデータを活用したアダプティブラーニング
Adaptive Learning based on Educational Big-Data with Microstep-Scheduling Method

寺澤 孝文[1]，津田 真吾[1]，鈴木 渉[2]，佐久間 康之[3]，上田 紋佳[4]，西山めぐみ[5]
益岡 都萌[6]，田中 優貴[1]，牛 司策[1]，羊 忻怡[1]
Takafumi Terasawa, Shingo Tsuda, Wataru Suzuki, Yasuyuki Sakuma, Ayaka Ueda,
Megumi Nishiyama, Tomoe Masuoka, Yuki Tanaka, Niu Sice, Yang Xinyi
[1]岡山大学，[2]宮城教育大学，[3]福島大学，[4]福山平成大学，[5]人間環境大学，[6]兵庫教育大学大学院
[1]Okayama University, [2]Miyagi University of Education , 3Fukushima University,
[4]Fukuyama Heisei University, [5]University of Human Environments, [6]Hyogo University of Teacher Education
terasawa@okayama-u.ac.jp

Abstract
学習者の学力や適性などに最適化された学習を提供する，アダプティブラーニングの実現に向けて様々な取り組みがなされている。その中でも，学習者の学習の進捗レベルに対応させて学習コンテンツを提供するアダプティブな e-learning の実現は，効率的に知識を習得する上で重要な課題といえる。本発表は，英単語等の学習内容の一つ一つについて，反復してなされる学習とテストのタイミングを年単位で制御する技術（マイクロステップ・スケジューリング法）を実装した e-learning において, 膨大な縦断的学習データから，問題の一つ一つの到達度を高い精度で推定し，実力レベルで習得されたと科学的に判断できる解析システムを構築した。それを用いたアダプティブラーニングにより，真に効率的な知識習得を支援することが可能になる。

Keywords — Adaptive Learning, Dynamic Testing，マイクロステップ・スケジューリング法，教育ビッグデータ

1. はじめに
近年注目されているアダプティブラーニングは，形成的評価をベースとした学習といえる。すなわち，単元の途中途中で学習者の到達度を評価し，それに対応して指導を変えていくことが形成的評価の目的とされ，教育評価の中でも重要な評価と位置づけられている。確かに，形成的評価は教育の領域で常に重要視されてきたが，具体的な方法に関しては十分な議論がなされておらず，また，その技術についても大きな進展は見られなかった。本論では，形成的評価を高い精度で実施することの困難さに説明を加え，それを解決し日々の学習者の微細な成績変動を連続的に可視化する技術と，それを実装し，個人レベルで成績の上昇をフィードバックすることを可能にした新型 e-learning を紹介する。すなわち，縦断的教育ビッグデータをバックボーンとし，個人の成績変動から学習すべき内容を限定していくことが可能になった新型 e-learning によるアダプティブラーニングを紹介する

2. 高い精度で形成的評価を実施するための障害
“日常の連続性”に派生する問題
池田(2000) [1]は，教育評価技術の究極的な目標として，動的テスト法（dyanamic testing）の確立とそれに向けた研究開発の必要性を強く主張している。すなわち，テストが教授・学習と一体化することにより，学習者の反応に応じて，学習者にとって効果的な学習プログラムの選択が促され，また，学習内容の配置も絶えず修正・改善が可能な教育活動の必要性を指摘している。テストの機能というと，とかく選抜，判定，認定といったものを思い浮かべやすいが，池田も指摘するように，教育におけるテストの最大の機能は，評価結果を基に学習者に最適な教育の手立てを提供すること，すなわち形成的評価の実現にある。

大学入試センター試験や各種資格試験のように，選抜目的を重視したテストにおいては，IRT を活用し，受験者の到達度レベルを公平に推定するための方法は開発されてきている。しかし，それらと異なり，日々変化する学習効果を連続測定し，そのデータを基に高い精度で成績を推定し，それを個別にフィードバックする形成的評価を実現するためには, 以下に述べる“日常の連続性”に派生する問題を解決しなければならない。

センター試験のように選抜を目的とするテストでは，学習者が実際に何を学習したのか，またテストにいたるまでに，何度もなされる学習イベントの効果を考慮する必要がない。ところが，学習効果そのものを高い精度で測定するためには，学習効果に大きな影響を与える膨大な要因を考慮しつつ，テストを実施していくことが不可欠となってくる。学習の効果に影響を与える要因は，1 世紀を超える学習・記憶研究において，膨大な数明らかにされている。それらのうち，以下に説明する代表的な要因を考慮せずに正確な到達度の推定は難しい。

代表的な問題は，例えば次の事実を思い浮かべるとわかりやすい。すなわち，私たちは，「テストの問題が簡単であれば当然得点は高くなる」ことを知っている。また，「前日に学習した内容がテストに出てくるような（山が当たった）場合には得点が高くなる」ことも知っている。前者は，多数ある学習内容の中からテスト問題を抽出する時点で，難易度に大きな誤差が生じてしまう抽出誤差の問題であり，後者は，学習とテストのインターバルの影響が誤差としてテストの得点に反映されてしまうことを意味している。また，学習効果は，学習をどのようなタイミングで行うかによっても影響を受ける。本論文では，後者のインターバルとタイミングという２つの要因に起因する問題を「時間次元の要因制御の問題」と呼ぶ。

抽出誤差の問題

抽出誤差の問題に対しては，個人得点を偏差値換算し集団の中での相対的位置を明らかにし，それがその個人の到達度に対応すると仮定することで部分的に解決が図られている（これがいわゆる相対評価である）。しかしこの方法では，テストに出てこなかった問題の到達度の推定精度は明らかに低くなる。特に，学習内容の到達度は，多くの場合，内容の一つ一つに想定されるものであり，かなり独立していることが多い。例えば，英単語一つとっても，memory という単語と retrieval という単語の到達度は，個人内でも大きく異なる。さらにいえば，潜在記憶研究においては，同じ単語であっても，それが大文字で表記されているか小文字で表記されているかがテストの成績に影響を与えることなども報告されている（Roediger & Blaxton 1987）[2]。そこまで厳密に捉える必要はないまでも，語彙力とひとくくりにして到達度を推定するだけでは，学習者に「何を学習すべき」であるのかという情報を提供することができないことは明らかである。

時間次元の要因を制御する問題

学習とテストのインターバルの影響に関しては，現在の教育評価においては一切考慮されていないのが現状である。1 ヵ月前に学習した内容と前日に学習した内容がテストに混在した場合，到達度の推定精度が低下することは明らかである。さらにいえば，学習の効果は，学習を行うタイミングによって変わることも，集中／分散学習に関する研究で古くから示されている（e.g., Dempster 1996, 北尾 2002, 水野 2002, レイノルズ 1978）[3] [4] [5] [6]。1 ヵ月に 10 回学習された問題といっても，3 日に 1 回のペースで学習を受けた場合と，6 日に 2 回のペースで学習された場合では，その成績は異なってくるわけである。このインターバルやタイミングなど，時間次元に想定できる要因の影響は，現在の教育評価では考慮されておらず，排除されていない。なお，膨大な学習イベントに関して長期にわたってタイミング要因を制御する方法は学習・記憶研究でも未検討の問題となっている。

そして，この時間次元の要因の影響が，個人の行動を予測する上で，想像を超えるほど大きいことが問題となる。例えば，T カードや Ponta カードで，ある個人がビールを購入する頻度や量は測定できるが，それだけではその個人が明日ビールを買う確率を推定することは困難である。なぜなら，その個人が今日ビールを 1 ケース買った場合，明日買う可能性はかなり低くなる。つまり，近年人間の大量の行動データがビッグデータとして集約されているが，その履歴データに含まれる，「いつ」という条件の影響は非常に大きく，かつ，その条件の数は無数想定される。それゆえ，たとえ大量の行動データが集約されたとしても，ある個人が，ある時点で特定の行動をとる可能性を推定することは非常に難しい。ビールの購買行動と同様，英単語を「いつ」学習し，それらからどのくらい「インターバル」をあけてテストをするのかがまちまちな条件で，収集されるデータからその英単語の成績を正確に推定することが難しい理由もここにある。

過去経験の影響の長期持続性と累積的影響

時間次元の条件の影響を考慮することをさらに困難にする事実が，潜在記憶研究から報告されている。すなわち，わずかな学習経験の影響が，想像を超えるほど長期に持続する事実が明らかになってきている。例えば，寺澤らは，日本語二字熟語の学習回数の影響が数ヵ月後にシステマティックな効果として記憶課題の成績に検出されることを示している（e.g., 寺澤 1997,

寺澤・太田 1993）[7][8]。この事実は子どもたちが日々勉強している漢字や英単語の学習の影響が，長期に渡り学習成績に影響を与え続けることを意味している。また，上田・寺澤（2008, 2010）[9][10]は，ランダムな音列を聴き流す程度の学習の影響が，数週間後にその音列に対する記憶課題の指標に極端に大きな効果として検出されることを示している。また，西山・寺澤(2013)[11]では，線画の顔を見た回数が 7 週間後の記憶課題の成績に検出され，更に益岡・西山・寺澤(2018)[12]では，意味を同定できない視覚刺激を見流した程度の学習の効果が，3 週間後に明確に検出される事実を報告している。

感覚記憶の長期持続性は，近年，心理学の主要な雑誌で取り上げられ始めているが，従来記憶に残るとはとうてい考えられてこなかった感覚情報を，人間が長期間保持する事実は，わずかな学習経験の影響を人間が想像を超えるほど長期に保持し，その影響が驚くほど正確に行動に現れることを明示している。これより，英単語の学習のように同じ学習内容が日常の中で繰り返し提示される状況下で，学習効果を測定し成績を正確に予測するためには，年単位でなされる日々の微細な学習イベントの影響を考慮する必要が出てくるといえる。

逆に，膨大な学習・テストイベントに対応する膨大な反応データを，日常生活の中で，長期にわたり収集し，誤差の少ない縦断的教育ビッグデータを構築することができれば，微細な学習効果の積み重ねを可視化することが可能になると考えられる。

3. マイクロステップスケジューリング法

寺澤らは，英単語や漢字の学習のように，一般的な学習場面で用いられている多数の学習コンテンツを年間で何度も繰り返し学習する状況下で，何十万というイベントの生起タイミングを詳細に規定し，実際に膨大なイベントを生起させ，そこでなされる反応を全て回収し，集約する方法を確立した（寺澤 2006a, 2006b, 2009, 2012a, 2012b, 2014, 2016; 寺澤・吉田・太田 2008）[13] [14] [15] [16] [17] [18] [19]。

すなわち，多数の学習コンテンツ（以下では，英単語学習を例に説明する）の一つ一つ（つまり一つ一つの英単語）について，その単語がいつどのようなタイミングで学習を受け，それからどれだけの期間をあけてテストを受けるのかを規定する日々の詳細なスケジュールを，年単位で生成し，それに対応させて英単語を提示させ，それに対する学習時間やテストの反応等を全てインターネットを介して集約することを可能にした。

マイクロステップスケジューリング法は，従来の実験法と異なり，一般の教育場面で用いられている多数の学習コンテンツを全て対象に，長期にわたり連続して学習イベントを生起させる方法を基本としている。それゆえ，従来の研究法では解決できない問題をいくつか解決しなければならなかった。

その一つは，英単語や漢字など多数のコンテンツについてタイミングとインターバル条件をそろえる方法である。例えば，1000 語の英単語について，学習してから 1 ヵ月間のインターバルをあけて実力レベルの語彙力を連続測定していく場合，高校生や大学生は一日にせいぜい 10 分程度しか英単語学習に時間を費やすことができない。それを前提とすれば，一日にまとめて 1000 語の学習をすることは不可能であるため，学習を何日かに分散させる必要が出てくる．ところが，分散させると，今度はテストまでのインターバルがそれぞれ変わってきてしまう．詳細は述べないが，この問題を解決するために，寺澤らは，時間次元の条件の影響を排除したり，相殺するための新しい実験計画法（種まき法，インターバル相殺法）を考案し，それらをコンピュータシステムに実装した（寺澤・吉田・太田 2007, 2008）[20] [21]。

その他，我々は，例えば以下にあげるような様々な問題を全てシステム上で解決してきた。

- 同じ英単語を一定のペースで繰り返し提示し学習を続けるようスケジューリングする場合，無数のタイミング条件が想定できるが，一定のルールに基づいてタイミング条件を設定しない限り，学習法やコンテンツの難易度，反復回数の影響などをダイレクトに比較することができない問題がでてくる。
- タイミングやインターバルといった条件以外の，提示方法や学習方法，教示，収集する反応，さらにコンテンツの難易度なども同時に制御できるようスケジュールを生成する必要がある。
- 一般の学校での実装を想定する時には，フィードバックや学習はクラスごとに実施でき，かつ毎年のクラス替えにも対応できる登録システムも必要となる。
- 大学等で同一の学習者が複数の授業を受けていた場合も，e-learning の学習は単一の学習環境を提供できるようにする必要が出てくる。

・実力レベルの学習効果の積み重ねを可視化するために，ある英単語が学習されてから長期のインターバルをあけてテストがなされるようにスケジュールを組む場合には，学習の成果（成績の積み上がり）を手にする頻度が少なくなり，意欲を維持させることが難しい。そこで，頻繁に学習の成果が積み上がっていくスケジュールも並列するスケジュールを生成する必要があるなど，多様なスケジュールを混在させたスケジュールを生成する方法が必要になる。

これらは，人間の行動特性や学校現場の制約を十分理解し，それをシステムに組み入れるスキルがなければ解決ができない問題である。単純に反応データを収集すれば，集約されるビッグデータから何かがわかるのではないかという楽観的なスタンスでは，非常に精密で多様な処理の結果である人間の反応データからは，ありきたりの知見しか得られないことは明白である。

4. 問題ごとに成績を定点観測することで実現できる究極のアダプティブラーニング

上記のマイクロステップスケジューリング法は，様々な学習法やコンテンツの難易度，学習回数など，人間が想定できる有限の要因の影響と，無限の条件が想定できるタイミングやインターバルといった時間次元の条件の影響とを独立させて検討できるスケジューリング原理を採用している。つまり，ある英単語が提示されるタイミングとインターバルが一定になるよう，再帰的な表現でタイミングを定義している。詳細は説明が難しいが，端的に言えば，ある英単語に関する反応データが定期的に収集されるようなスケジュールを組んでいる。

それゆえ，特定の英単語について，一定間隔で成績が収集されるため，その成績から回帰直線を推定関数としてひくことで，成績の到達度を非常に高い精度で推定することが可能になる。さらに，その推定値がある得点を超えたある時点でその英単語の習得が完了したと判断し，さらにそれを学習に反映させることで，未修得の英単語だけを学習する状況を生み出すことができる。言い換えれば，学習者が習得した学習内容を排除して，未修得の内容だけを学習することが可能になる。

その具体的方法については，別に紹介するが，我々が想定できる範囲で最善の，究極のアダプティブラーニングが提供できると考えている。

図 1 の折れ線は，ある小学生のある漢字の読みの成績（自己評定値）の時系列変化を示している。図中直線が回帰直線である。このように，特定の学習項目の到達度を従来にない精度で個別に推定し，それに応じて学習内容を変化させていくことが実質的に可能になる。

5. 子どもの学習意欲の向上と今後の展開

スケジューリング技術を利用して収集される個人の学習データから，図 2 のような成績の変化を個別にフィードバックする支援が社会実装され始めている。そのフィードバックが，特に学習意欲が低い児童の主体的な意欲を劇的に向上させられる結果が得られ始めている（益岡ら 2018，牛ら 2018：日本心理学会，日本教育心理学会で発表予定）。

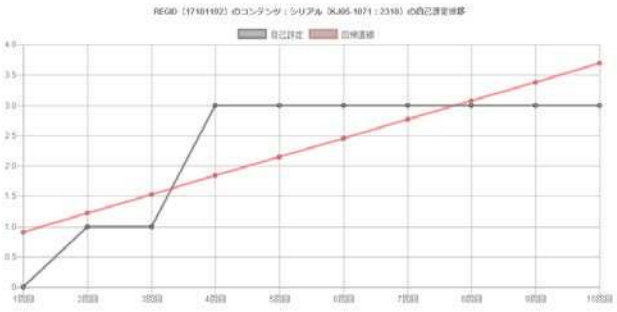


図 1　問題ごとに回帰直線が推定可能に

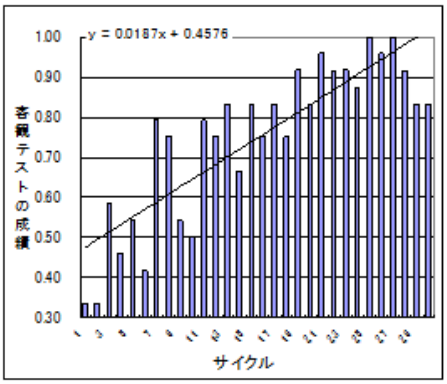


図 2　客観テストの成績のフィードバックの例

今後，問題ごとの成績の時系列データを活用することで，さらに学習者の意欲を向上させられると考えている。今後，教育ビッグデータから抽出できる，様々な情報を基に，さまざまなしくみを開発していくことで，知識獲得をビッグデータが完全にサポートできる状況を創り出せると考える。暗記的な，一人でもできる知識習得はコンピュータに任せ，主体的な学習態度や思考力など，より高次で意味のある学習に授業時間

や教師のパワーを振り向けるられる状況を作ることが本支援の最大の目的である。その基盤がほぼ構築できたと考えられる。

参考文献

[1] 池田　央, (2000) "アセスメント技術からみたテスト法の過去と未来", 日本教育工学雑誌, 24(1), 3-13.

[2] Roediger, III, H. L. and Blaxton, T. A. (1987) “Effects of varying modality, surface features, and retention interval on word fragment completion”, Memory & Cognition, 15, pp.379-388.

[3] Dempster, F. N. (1996) "Distributing and managing the conditions of encoding and practice." In E. L. Bjork and R. A. Bjork(Eds.). Handbook of perception and cognition (2nd ed.). Academic Press. Pp.317-344.

[4] 北尾倫彦, (2002) "記憶の分散効果に関する研究の展望", 心理学評論, 45, 164-179.

[5] 水野りか, (2002) "分散効果の知見に基づく効果的, 効率的でやる気の出る反復学習方式の考案と検証", 教育心理学研究, 50, 175-184.

[6] レイノルズ, G. S., (1979) "オペラント心理学入門ー 行動分析への道ー", 浅野俊夫(訳) サイエンス社

[7] 寺澤孝文, (1997) "再認メカニズムと記憶の永続性", 風間書房

[8] 寺澤孝文, 太田信夫, (1993) "単語の再認記憶にみられる先行経験の長期的効果", 心理学研究, 64, 343-350.

[9] 上田紋佳, 寺澤孝文, (2008) "聴覚刺激の偶発学習が長期インターバル後の再認実験の成績に及ぼす影響", 認知心理学研究, 6, 35-45.

[10] 上田紋佳, 寺澤孝文, (2010) "間接再認手続きによる言語的符号化困難な音列の潜在記憶の検出", 心理学研究, 81, 413-419.

[11] 西山めぐみ, 寺澤孝文, (2013) "偶発学習事態における未知顔の潜在記憶", 心理学研究, 83, 526-535.

[12] 益岡都萌, 西山めぐみ, 寺澤孝文, (2018) "視覚的記憶の長期持続性と変化検出過程への影響, 心理学研究, 89（印刷中）

[13] 寺澤孝文, (2006a) "スケジュールの作成方法及びそのプログラム並びにスケジュールの作成方法のプログラムを記憶した記憶媒体", 特許 3764456 号

[14] 寺澤孝文, (2006b) "イベント効果評価方法", 特許 4291790 号

[15] 寺澤孝文, (2009) "スケジュールの作成方法及びスケジュール作成装置", 特許 4391474 号

[16] 寺澤孝文, (2012a) "学習到達度評価方法及び学習到達度評価システム", 特許第 4970505 号

[17] 寺澤孝文, (2012b) "学習効果予測方法及び学習効果予測装置", 特許第 5130272 号

[18] 寺澤孝文, (2014) "教育ビッグデータの大きな可能性とアカデミズムに求められるもの　ー情報工学と社会科学のさらなる連携の重要性ー" コンピュータ＆エデュケーション（コンピュータ利用教育学会：CIEC）, 38, 28-38. DOI；10.14949/konpyutariyoukyouiku.38.28

[19] 寺澤孝文, (2016) "教育ビッグデータから有意義な情報を見出す方法 ー認知心理学の知見をベースにした行動予測ー", 教育システム情報学会誌, 33, 67-83.

[20] 寺澤孝文, 吉田哲也, 太田信夫（編）, (2007) "マイクロステップ計測法による英単語学習の個人差の測定", 風間書房

[21] 寺澤孝文, 吉田哲也, 太田信夫, (2008) "英単語学習における自覚できない学習段階の検出 ー長期に連続する日常の場へ実験法を展開するー", 教育心理学研究, 56, 510-522.

情動的共感が他者感情推定時の生理反応に与える影響
Effect of affective empathy on physiological responses for facial expression recognition

前川 亮，乾 敏郎
Toru Maekawa, Toshio Inui
追手門学院大学
Otemon Gakuin University
t-maekawa@otemon.ac.jp

Abstract

There are two possible mechanisms of understanding others' emotion, cognitive process and empathic process. Currently, some evidences suggest that emotional empathy is caused by embodied simulation. So, it is expected that emotion recognition is related to mimicry throughout emotional empathy. In this study, we focused on the individual differences in the capacity of emotional empathy, then investigated the influence of empathy on mimicry while emotion recognition. Participants estimated emotion of facial expressions and filled questionnaires about emotional empathy. During the task, we recorded facial muscle activity, heart rate, sweating and skin temperature. Results showed that there are significant correlations between the emotion estimation scores and the biological signals only in a low empathy group. This result is consistent with the result of the previous research that automatic mimicry was inhibited by social context. Thus, it is suggested that mimicry affect to emotion recognition but high empathy individuals inhibit superficial mimicry.

Keywords—emotion recognition, empathy, physiological signals

1. 背景

私たちは社会生活を営む中で円滑なコミュニケーションを行うためには，相手の感情を適切に読み取ることが必要である。他者の感情を理解するために様々な手掛かりが用いられているが, Mehrabian [1]によると，コミュニケーションにおける感情的な情報伝達は，言語によるものはわずか 7%で, ほとんどが表情や身振りなどに代表される非言語によるものであり，なかでも 55%が表情によるという。また，Ekman [2]は，多文化間で表情認知の比較研究を行った結果から，文化に特有の感情もあるが，喜び・悲しみ・怒り・嫌悪・恐れ・驚きの基本的な感情を表情から判断する仕方は文化を超えてほぼ同じであると主張している。さらに，他者の表情を認知する能力はかなり早期から発達していると考えられており，生後 4 か月から 8 か月の間に眉しかめとほほ笑みの表情に対して異なる反応を示すようになり[3]，1 歳ごろから親の表情から肯定・否定の信号を受け取ることができるようになる[4]。すなわち，表情の認知は人が普遍的に備える機能であり，他者の感情を理解する際に重要な手掛かりとなっているといえる。

表情からの感情推定において，相手と同様の感情を体験することで感情推定を行うプロセスがあるとする仮説が提案されている[5, 6]。他者の表情が呈示されると，まず自動的な表情や身体・生理状態の模倣が生じ，それによって他者の感情状態を自己が体験することで他者感情を推定できるようになるというものである。この仮説の特徴は，相手の表情を認知してから身体状態が変化するのではなく，先に身体状態が変化してそれによって相手の感情を推定できるようになるとしていることである。自らの体で相手の身体状態をシミュレートすることから体現的シミュレーション仮説と呼ばれている[7]。体現的シミュレーションの行動実験による証拠として，Ponari, et al. [8]の実験が挙げられる。この研究では，参加者は口で棒を銜えることで口角の表情筋活動を制限されながら，他者表情推定課題を行った。その結果，棒を銜えた条件で感情推定の精度が低下することが明らかになった。つまり，自らの表情表出が阻害されると，他者の感情推定がうまくいかなくなることを示している。また，他者の感情推定が苦手とされる自閉症スペクトラム障害者は健常者に比べて表情の模倣が少ないことが示されており[9]，このことも，自らの表情表出が感情推定に必要なことを示唆している。

このような仕組みの実現には相手の表情・身体状態を自動的に模倣するシステムが必要であるが，その神経生理学的な根拠と考えられているのがミラーニューロンシステムである[10]。他者の行為を見たときと自分自身で同様の行為をおこなっているときで，どちらも同じように活性化する神経細胞群がミラーニューロンと呼ばれる[11]。ミラーニューロンは共感性とも関連

があるとされている[6, 12, 13]。共感とは相手と同じ感情を経験する能力であり，ミラーニューロンによって観察した他者の身体状態を自分の感情として経験できるからである。例えばGazzola, et al. [14]は，共感性指数が高い人ほど他者の手の動きに対するミラーニューロンの活動が高いことを示している。また，共感能力が劣るとされる自閉症児はミラーニューロンを含む領域の活動が弱いとされる[15]。したがって，表情推定時の身体反応と共感性はどちらもミラーニューロンの働きを基礎としており，強い関連があることが推測される。前川ら[16]は，表情推定時の表情筋電，心拍数，発汗を計測し，女性において，情動的共感性によって表情推定時の生理反応が異なることを明らかにした。しかし，表情表出[17]や，感情的な生理反応[18]，共感的能力[19]には性差があることが知られている。そこで本研究では，新たに男性参加者を用いて，共感性の個人差が生理反応の個人差として表れるかどうかを検討した。

2. 方法

2.1. 参加者

男性14名が実験に参加した（18-22歳，平均19.0歳）。参加者は事前に実験に関する説明を受け，文書により参加に同意した。実験終了後に参加に対する報酬としてQUOカード1,000円分を受け取った。

2.2. 装置

刺激は27インチ液晶ディスプレイ（DELL, 2560×1440 pix）に呈示した。参加者は防音室でディスプレイの前に座って課題を行った。視距離は他者との会話時の自然な距離として，パーソナルスペースの定義[20]を参考に120cmとした。実験の制御，応答の記録にはPsychoPy [21, 22]を用いた。

課題中の表情筋活動，心拍，発汗反応を，NeXus-10 MK II（Mind Media）を用いて記録した。筋電計測には直径6mmのAgCl表面電極（ユニークメディカル，EPA-12）を使用し，Fridlund and Cacioppo [23]の計測方法に従って，皺眉筋（眉を動かす筋肉）と大頬骨筋（口角を上げるための筋肉）に電極を設置した。筋活動電位は刺激呈示とは異なるパソコンでBio Trace+（Mind Media）を用いて2048Hzで記録した。また，左手の人差し指に光電式指尖容積脈波（Photoplethysmography, PPG）センサーを，中指と薬指に皮膚伝導反応（Skin Conductance Response, SCR）センサーを装着した。サンプリングレートはそれぞれ，128Hz，32Hz，32Hzだった。参加者は右手でマウスを操作し，課題中はなるべく頭部および左手を動かさないように教示された。

2.3. 刺激

刺激は，京都大学 こころの未来研究センター（Kyoto Research Center, KRC）が作成した「KRC表情画像データベース（2013）」の表情画像から選択し加工した。画像の選択にはKRCの表情画像に関する調査のデータを使用し，幸福表情と怒り表情の表情弁別結果と表情評定結果から感情表出が強いと考えられる6名（男性3名，女性3名）の画像を選択した。

本研究では感情の強度の影響を探ることが目的の一つであるため，2種類の表情画像の中間の感情を表す表情画像を作成した。中間表情の作成にはモーフィングと呼ばれる画像合成技術を使用した。モーフィングでは単純なオーバーラップによる合成とは異なり，特徴点を基に変形していく間の画像を補完することで自然な合成画像を作成することができる。モーフィングを幸福表情―中性表情、怒り表情―中性表情の間で各6段階（0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%）で行い，計66枚の画像を作成した（図1）。

さらに，表情以外の影響をなるべく排除するため，すべての画像の顔が切れない最小の縦長の楕円形の枠を作成し，画像に当てはめて切り抜いた。画像の大きさは，日本人頭部寸法データベース2001 [24]を参考に実際の人間の顔の大きさに近くなるように，14.4 cm×18.0 cm（6.8 deg×8.5 deg）とした。

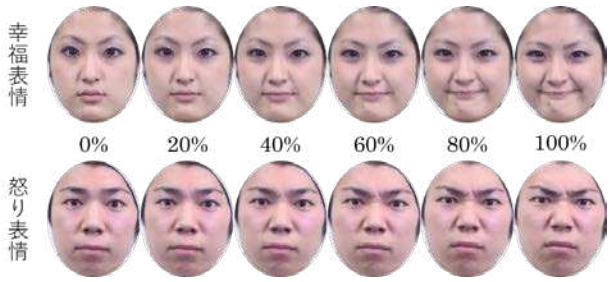


図1 刺激に用いたモーフィング画像の例

2.4. 手続き

参加者の課題は呈示された表情画像の感情を推定することであった。応答にはAffective Slider (AS) [25]を用いた。ASはRussell [3]の感情二次元モデルに基づき，「感情価（Valence）」と「覚醒度（Arousal）」の二次元で感情評定を行うためのツールである。各次元について，評定を行うためのスライダーと軸を説明す

るための顔を模したアイコンが表示される。参加者はスライダーを動かすことで，アナログ尺度で二次元の評定を行うことができる。各軸の文字による説明は表示されないが，本研究ではそれぞれのアイコンの概念を Lang and Bradley [26]の教示を和訳した教示を用いて事前に説明した。また，本試行前に練習試行を行い，参加者の AS への理解を確認した。練習試行では，平均的な人の評定値のデータが公開されている International Affective Picture System [18, 26, 27]の画像を用い，参加者の評定が大きくずれていた場合は再度教示を行った。

試行は次のような流れで行われた。最初に固視点が表情画像の呈示される位置の中心に 2 秒間呈示された。次に，画面上部（中心より 3.3 deg 上に移動した位置）に表情画像が 3 秒間呈示された。その後，画面下部に応答用の AS が呈示され，参加者はマウスを使って表情画像の感情を推定した。応答に時間制限はなく，参加者は任意のタイミングで応答をした。応答後，1 秒後に次の試行が始まった。刺激は各表情画像を 1 回ずつ，合計 66 試行を行った。

参加者は生理反応記録装置を装着し，練習課題 8 試行を行った後，生理反応の安定のため，3 分間の安静時間をとった。その後，本課題 66 試行を行い，最後に質問紙への回答をした。

2.5. 質問紙

共感性の測定には鈴木・木野[28]の多次元共感性尺度を使用した。共感性は大きく，他者の心理状態を正確に理解する能力である認知的共感性と，他者の心理状態に対する代理的な情動反応を示す情動的共感性に分類されている[29]。この尺度では他者の心理状態に対する「認知」と「情動」の反応傾向をそれぞれ「他者指向性」・「自己指向性」という視点から弁別的に推定する。本研究では，他者の表情を観察した際に生じる生理反応の違いを調べることから，情動的共感性と強く関りがあると考えられ，特に情動的共感性得点に着目した。質問紙は全部で 24 問の質問からなり，5 件法で 1 から 5 までを 5 段階で回答した。回答には約 5 分を要した。

2.6. 解析

表情筋電は，オフラインで，20-500Hz のバンドパスフィルタをかけ，ハムフィルタをかけてノイズを除去した後，1/16 秒の範囲で二乗平均平方根を計算して，筋電位の振幅を求め，1/10 秒の範囲でスムージングした[23, 30]。さらに，固視点呈示時点をベースラインと考え，試行ごとに固視点呈示時間の 2 秒間の平均筋電を引いた。その後，表情画像の呈示される 3 秒間のうち，呈示開始 1 秒後から 2 秒後の値を平均して，各試行の表情筋活動の代表値とした。代表値計算後，参加者ごとに標準偏差の 2 倍を超える試行を外れ値として除外した。皺眉筋は全 924 試行中 48 試行を除外し，大頬骨筋は全 924 試行中 50 試行を除外した。

PPG は，オフラインで，波形の最大ピーク（R ピーク）間隔時間を計算し，その逆数を心拍数とした[31, 32]。心拍数は 128Hz で計算し，その後 1/10 秒の範囲でスムージングを行った。最後に筋電と同様に，固視点呈示時間の 2 秒間を引き，表情画像の呈示される 3 秒間を平均して，試行の心拍数とした。SCR も同様に，ベースラインを引いた後，表情画像呈示後の 6 秒間を平均して代表値とした。また，心拍，SCR においても，代表値計算後に標準偏差の 2 倍を超える試行を除外した。除外した試行数は，心拍 49 試行，SCR 52 試行だった。

3. 結果

参加者を多次元共感性尺度の情動的共感性得点の高低によって 2 群に分けた。群分けは，得点の大きい順に並べ，高群，低群が同数になるように，7 名ずつに分けた。高群の平均評定値は 3.7±0.17，低群の平均評定値は 3.1±0.25 だった。

次に、モーフィング率ごとに生理反応と感情評定値を平均し、その相関係数を計算した（図 2）。相関の計算は生理反応 4 種類×感情評定値 2 種類×共感性群 2 群で 16 通り行い、Benjamini-Hochberg 法[33]による有意水準の補正を行った。その結果、低共感性群において皺眉筋活動と感情価評定値（$r = .79$, $p = .004$），大頬骨筋活動と感情価（$r = .70$, $p = .017$），SCR と感情価（$r = .71$, $p = .014$）の 3 通りの組み合わせで有意な相関関係がみられた（p 値は補正前）。また，心拍数と感情価評定値の間に弱い相関がみられた（$r = .60$, $p = .051$）。図 2 の右列にこれらの生理反応と感情評定値の組み合わせを示す。また、図 2 の左列は同じ組み合わせの高共感性群の結果を表しているが、いずれも有意な相関関係は見られない（皺眉筋：$r = .57$, $p = .068$, 大頬骨筋：$r = .02$, $p = .95$，心拍数：$r = .38$, $p = .25$, SCR：$r = .46$, $p = .15$）。したがって、低共感性群では感情推定に応じて身体状態の変化が起きているのに対し、高共感性群ではそうした変化がないことがわかる。

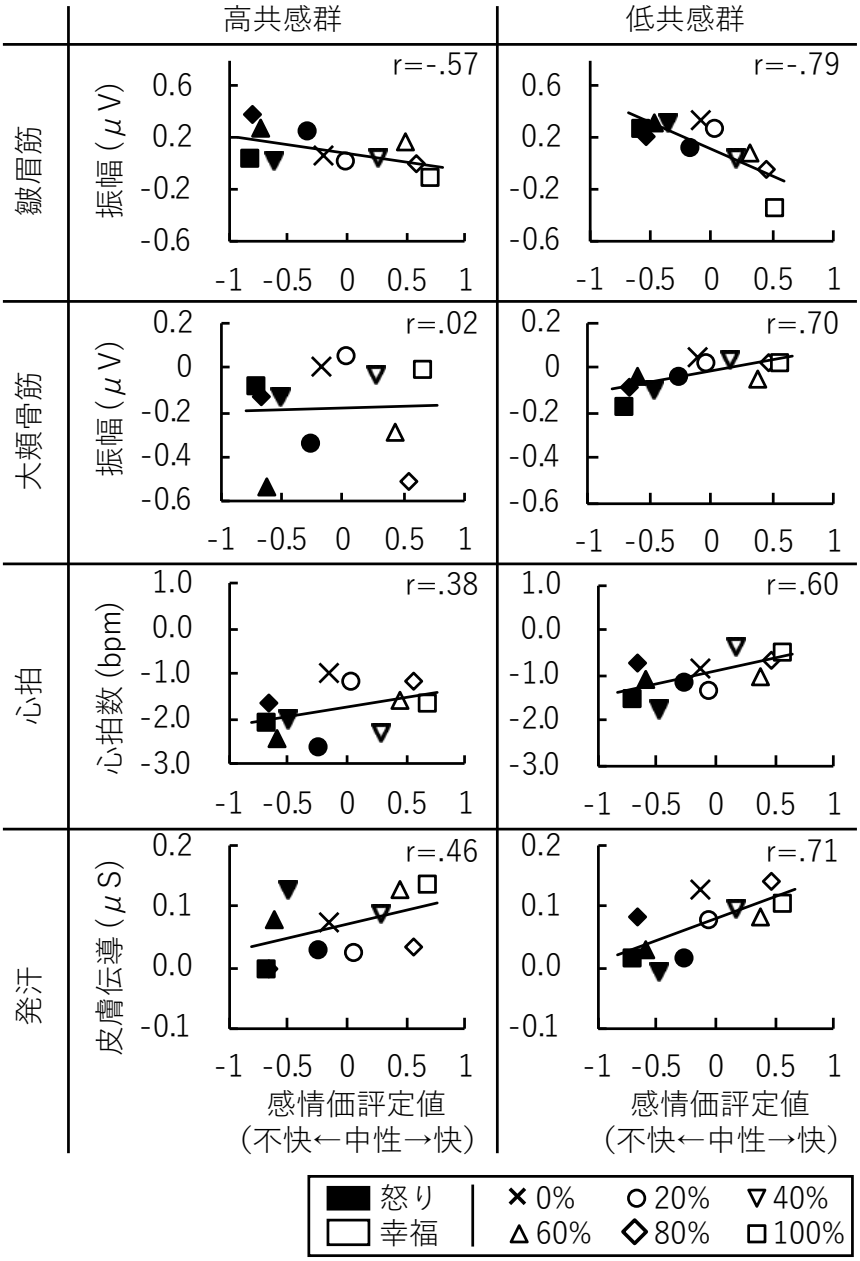


図 2 生理反応と表情評定値の相関

各シンボルは形がモーフィング率を表し，色（白・黒）が刺激画像の感情の種類を表す。各図右上の数値は相関係数を示す。

4. 考察

本実験では、共感性が低い群において，感情価が高い，つまり幸福に感じる表情を観察した際に，皺眉筋活動が低下し，大頬骨筋活動が増加し，SCR が増加するという結果が得られた。人は感情を生起すると，自立神経により生理的身体状態が変化し，また無意識に表情が変化することが知られている。これまでに行われた研究からは，おおむね，快感情を生じたときには笑顔を作る大頬骨筋の活動が増加し，不快な感情を感じたときには眉をしかめるために皺眉筋の活動が増加するとされている[18, 23, 34]。また，表情模倣に関する研究でも，幸福表情を観察した際には大頬骨筋がより強く活動し，怒りや悲しみの表情を観察した際には皺眉筋が活動することが示されている[35-37]。本研究における皺眉筋および大頬骨筋の変化は，過去の研究結果と一貫しており，参加者が刺激表情を正しく認知し，模倣もしくは共感をしていることが確認できる。

一方で，心拍と SCR に関しては，状況が比較的あいまいであり，快感情・表情に対して，心拍数が増加す

るという結果や[18, 27]，逆に心拍数が減少するという結果が報告されている[38, 39]。また，心拍数そのものではなく，心拍数の周波数成分が自律神経活動を反映しており，感情によって変化するという考えも広く支持されている[40]。SCR では，感情価よりも覚醒度の影響が多く報告されており，覚醒度が高い時に強い SCR が生じると考えられているが[18, 41]，快刺激呈示時に SCR が増加するという報告もある[42]。本研究では，心拍数，SCR ともに，感情価に伴って増加し，覚醒度との相関は見られなかった。その理由の一つとして，参加者の感情の抑制の影響が考えられる。感情を生起させる刺激の呈示時に，感情表現を抑制させると生理反応が減少する[42]。幸福表情の他者に対面する場面と，怒り表情の他者に対面する場面を考えると，怒り表情を相手にするときには自らの感情を抑制した方が関係の悪化につながりにくい。参加者は経験によって，表情に対する感情の制御を無意識に学んでおり，そのために，怒り表情観察時の生理反応が弱くなったと考えることも可能である。

次に，共感性による群分けの結果，共感性の低い群において高い群よりも強い身体反応が生じるという結果が得られた。この結果は前川ら[16]と一貫している。これは直観に反する結果であるが、模倣の抑制作用を考慮することで説明できる。模倣はあらゆる状況で一様に生じるのではなく、相手との関係や感情の種類によって異なっており、例えば、幸福表情の模倣は誰にでも生じるが、悲しみ表情の模倣は親しい人にしか生じないことが報告されている[43]。つまり模倣は純粋に自動的かつ反射的なものではなく、文脈によってはブレーキがかかることもある。共感性の高い人は、模倣の表出・抑制をよく制御しており、社会的相互作用の維持や調整に有効に活用していると考えられる。

参考文献

[1] A. Mehrabian, (1971), *Silent messages* vol. 8: Wadsworth Belmont, CA.

[2] P. Ekman, (1993), "Facial expression and emotion," *American Psychologist,* vol. 48, pp. 384-392.

[3] J. A. Russell, (1991), "Culture scripts and children's understanding of emotion," in *Children's understanding of emotion*, C. Saarni and P. L. Harris, Eds.: Cambridge University Press, pp. 293-318.

[4] C. A. Nelson, (1987), "The recognition of facial expressions in the first two years of life: Mechanisms of development," *Child Development,* pp. 889-909.

[5] V. Gallese, (2005), "Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience," *Phenomenology and the Cognitive Sciences,* vol. 4, pp. 23-48.

[6] V. Gallese, (2009), "Mirror neurons, embodied simulation, and the neural basis of social identification," *Psychoanalytic Dialogues,* vol. 19, pp. 519-536.

[7] 鈴木敦命, (2014), "表情認知と体現的シミュレーション," *心理学評論,* vol. 57, pp. 5-23.

[8] M. Ponari, M. Conson, N. P. D'Amico, D. Grossi, and L. Trojano, (2012), "Mapping correspondence between facial mimicry and emotion recognition in healthy subjects," *Emotion,* vol. 12, p. 1398.

[9] S. Yoshimura, W. Sato, S. Uono, and M. Toichi, (2015), "Impaired overt facial mimicry in response to dynamic facial expressions in high-functioning autism spectrum disorders," *Journal of Autism and Developmental Disorders,* vol. 45, pp. 1318-1328.

[10] G. Di Pellegrino, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, and G. Rizzolatti, (1992), "Understanding motor events: a neurophysiological study," *Experimental Brain Research,* vol. 91, pp. 176-180.

[11] M. Jeannerod, M. A. Arbib, G. Rizzolatti, and H. Sakata, (1995), "Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation," *Trends in Neurosciences,* vol. 18, pp. 314-320.

[12] M. Iacoboni, (2009), "Imitation, empathy, and mirror neurons," *Annual Review of Psychology,* vol. 60, pp. 653-670.

[13] L. Carr, M. Iacoboni, M. C. Dubeau, J. C. Mazziotta, and G. L. Lenzi, (2003), "Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* vol.

100, pp. 5497-502.

[14]V. Gazzola, L. Aziz-Zadeh, and C. Keysers, (2006), "Empathy and the somatotopic auditory mirror system in humans," *Current Biology,* vol. 16, pp. 1824-1829.

[15]M. Dapretto, M. S. Davies, J. H. Pfeifer, A. A. Scott, M. Sigman, S. Y. Bookheimer*, et al.*, (2006), "Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders," *Nature Neuroscience,* vol. 9, pp. 28-30.

[16]前川亮・朝倉暢彦・乾敏郎, (2017), "情動的共感が他者感情推定時の身体状態に及ぼす効果," *日本認知心理学会第 15 回大会*, 東京.

[17]U. Dimberg and L. O. Lundquist, (1990), "Gender differences in facial reactions to facial expressions," *Biological Psychology,* vol. 30, pp. 151-9.

[18]P. J. Lang, M. K. Greenwald, M. M. Bradley, and A. O. Hamm, (1993), "Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions," *Psychophysiology,* vol. 30, pp. 261-273.

[19]L. Christov-Moore, E. A. Simpson, G. Coudé, K. Grigaityte, M. Iacoboni, and P. F. Ferrari, (2014), "Empathy: Gender effects in brain and behavior," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews,* vol. 46, pp. 604-627.

[20]E. T. Hall, (1966), *The hidden dimension*. Garden City, N.Y.: Doubleday.

[21]J. W. Peirce, (2007), "PsychoPy—psychophysics software in Python," *Journal of Neuroscience Methods,* vol. 162, pp. 8-13.

[22]J. W. Peirce, (2009), "Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy," *Frontiers in Neuroinformatics,* vol. 2, p. 10.

[23]A. J. Fridlund and J. T. Cacioppo, (1986), "Guidelines for human electromyographic research," *Psychophysiology,* vol. 23, pp. 567-589.

[24]河内まき子・持丸正明, (2008), "日本人頭部寸法データベース 2001." 東京: 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター.

[25]A. Betella and P. F. Verschure, (2016), "The Affective Slider: A Digital Self-Assessment Scale for the Measurement of Human Emotions," *PLoS One,* vol. 11, p. e0148037.

[26]P. Lang and M. M. Bradley, (2007), "The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention," in *Handbook of emotion elicitation and assessment*, J. A. Coan and J. J. B. Allen, Eds.: Oxford University Press, pp. 29-46.

[27]M. M. Bradley, M. Codispoti, B. N. Cuthbert, and P. J. Lang, (2001), "Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing," *Emotion,* vol. 1, p. 276.

[28]鈴木有美・木野和代, (2008), "多次元共感性尺度 (MES) の作成," *教育心理学研究,* vol. 56, pp. 487-497.

[29]M. H. Davis, (1983), "Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach," *Journal of Personality and Social Psychology,* vol. 44, pp. 113-126.

[30]J. H. Lawrence and C. De Luca, (1983), "Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles," *Journal of Applied Physiology,* vol. 54, pp. 1653-1659.

[31]J. E. Naschitz, S. Bezobchuk, R. Mussafia-Priselac, S. Sundick, D. Dreyfuss, I. Khorshidi*, et al.*, (2004), "Pulse transit time by R-wave-gated infrared photoplethysmography: review of the literature and personal experience," *Journal of Clinical Monitoring and Computing,* vol. 18, pp. 333-342.

[32]J. Allen, (2007), "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiological Measurement,* vol. 28, pp. R1-R39.

[33]Y. Benjamini and Y. Hochberg, (1995), "Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing," *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological),* pp. 289-300.

[34]P. Ekman and E. L. Rosenberg, (1997), *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action*

Coding System (FACS): Oxford University Press.

[35]U. Dimberg and M. Petterson, (2000), "Facial reactions to happy and angry facial expressions: Evidence for right hemisphere dominance," *Psychophysiology,* vol. 37, pp. 693-696.

[36]K. Rymarczyk, C. Biele, A. Grabowska, and H. Majczynski, (2011), "EMG activity in response to static and dynamic facial expressions," *International Journal of Psychophysiology,* vol. 79, pp. 330-333.

[37]J. Künecke, A. Hildebrandt, G. Recio, W. Sommer, and O. Wilhelm, (2014), "Facial EMG responses to emotional expressions are related to emotion perception ability," *PLoS One,* vol. 9, p. e84053.

[38]P. Ekman, R. W. Levenson, and W. V. Friesen, (1983), "Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions," *Science,* vol. 221, pp. 1208-1210.

[39]H. D. Critchley, P. Rotshtein, Y. Nagai, J. O'Doherty, C. J. Mathias, and R. J. Dolan, (2005), "Activity in the human brain predicting differential heart rate responses to emotional facial expressions," *Neuroimage,* vol. 24, pp. 751-62.

[40]R. McCraty, M. Atkinson, W. A. Tiller, G. Rein, and A. D. Watkins, (1995), "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability," *American Journal of Cardiology,* vol. 76, pp. 1089-1093.

[41]S. Khalfa, P. Isabelle, B. Jean-Pierre, and R. Manon, (2002), "Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans," *Neuroscience Letters,* vol. 328, pp. 145-9.

[42]J. J. Gross and R. W. Levenson, (1997), "Hiding feelings: The acute effects of inhibiting negative and positive emotion," *Journal of Abnormal Psychology,* vol. 106, p. 95.

[43]P. Bourgeois and U. Hess, (2008), "The impact of social context on mimicry," *Biological Psychology,* vol. 77, pp. 343-352.

情報生態学的人格発達論の試み：認識論へ向けて
Information Ecology Perspective of Personality Development: Everyday Life Epistemology

高橋　秀明
Hideaki Takahashi

放送大学
Open University of Japan
hide@ouj.ac.jp

Abstract

本論では、情報化社会における人間の発達を捉える枠組みとして、情報生態学的人格論を提案した。

Keywords

Information Ecology, Personality Development, Everyday Life

1. はじめに

現代は情報化社会であると言われて久しいが、その影響は人間の日常生活に隅々まで及んでいる。人間発達はその日常生活の営みの中で進展していくので、進化し続けている情報化社会の中で捉え直し続けていくことが求められていると言えよう。

本論は、このような背景の中で、人間発達を捉え直すための一つの試みである。高橋[11][13]は、放送大学オンライン授業や同大大学院「研究指導」という事例を解釈するための枠組みとして、コンテンツ、メディア、受信者の関係の中で人間の活動とその発達を捉える森[3]の論考を参考にしつつも、情報生態学的人格発達論の観点を提案したが、本研究はこの観点をさらに精緻化する試みであると言える。

2. 日常生活を捉える枠組み：概念モデル

情報化社会とはさまざまなデジタルメディアで取り囲まれた、つまり情報やデジタルメディアを環境として捉えることができる社会である。また、デジタルメディアが人間にとって身近になり、人間の身体の一部になっていると捉えることもできる。

情報生態学の枠組み自体は、高橋[6][7][10]による。高橋[6]は、高橋・山本[15]による「メディア心理学」を理論的に発展させたものであるが、メディアと人間の認識活動との関係を検討する際は、メディアの「媒介・媒質」「道具」「形式・様式」「意味内容・コンテンツ」という 4 つの側面を区別することが必要であるとしている。高橋(2007)は「説明」を事例にして、このメディアの 4 側面について詳細に述べるとともに、人間にとっての「説明」という心理的活動の意味を再検討している。

日常生活には、「日々の諸々の活動」という意味と「人生で経験する出来事（ライフイベント）」という二つの意味がある（大久保[4]）。大久保[5]は、2011 年 3 月の東日本大震災を経て、「＜私＞の生活に変化をもたらした出来事（要因）」を「突発的－趨勢的」と「社会的（マクロ）－個人的（ミクロ）」との 2 次元で整理して、「突発的・社会的出来事」として「震災」を、「突発的・個人的出来事」として「身近な他者の死」を、「趨勢的・社会的出来事」として「高齢化」や「長期的な不況」を、「趨勢的・個人的出来事」として「加齢」を取り上げている。

しかし、この「突発的－趨勢的」という次元については、東日本大震災という出来事による感傷的な概念と言わざるをえない。すなわち、科学技術の発展はその歩みを止めることはないので、「突発的な出来事」について想定することができるばかりか、民主的な国家の人間であれば「趨勢的な出来事」についても国民の望む方向に変えることができるからである。つまり、人間が全く制御できない出来事を想定することは困難であるということである。

日常生活の二つの側面である「日々の諸々の活動」も「人生で経験する出来事（ライフイベント）」も、現代の情報化社会においては、情報通信技術を利用した道具やサービスと密接な関連を持っていると言える。高橋[8][9][14]は「ライフログ収集ツール」の使いやすさを評価しているが、その中で「プロセス制御行動としての日常生活の営み」という考え方を提示している。この考え方は、人間は情報通信技術を利活用しながら日常生活での営みを制御していくということである。

高橋[12]は、青木・高橋[1]による「日常生活におけるデジタルメディア」科目全体の枠組みとして、日常生活におけるデジタルメディアの利活用について概念

モデルを示している（図 1)。この概念モデルは、「日常生活の場面」と「デジタルメディアで実現される機能」と「デジタルメディアの在り様」という 3 つの次元を想定している。

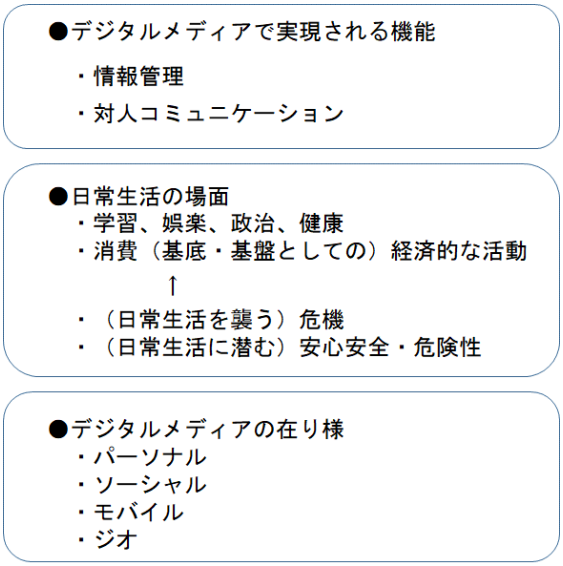


図 1　デジタルメディア利活用：概念モデル

日常生活の場面とは、日常生活の具体的な内容のことである。多くの「生活時間調査」では日常生活において人間が取る行動が分類されている。高橋[12]は、青木・高橋[1]が扱っている場面として「学習」「娯楽」「政治」「健康」を、また経済的な活動であり日常生活の基底・基盤として「消費」を、さらには、日常生活を襲う「危機」、日常生活に潜む「危険性」、逆に言うと日常生活の「安全・安心」を上げている。

デジタルメディアで実現される機能としては、「情報管理」と「対人コミュニケーション」とがある。情報管理とは、情報の産出、検索、記録やデータベースの利用などである。人間にとっては、情報とは言語情報ばかりでなく、非言語的情報も有意味である。対人コミュニケーションとは基本的には他人とのコミュニケーション、やり取りをすることである。情報のやり取りという意味では、やり取りの相手は他人つまり人間に限定する必要は無いとも言える。そしてコミュニケーションの実際を情報として記録に残すことも同時に行われるので、情報管理と（対人）コミュニケーションとは表裏一体の関係として捉えることが自然であろう。

デジタルメディアの在り様とは、「パーソナル」「ソーシャル」「モバイル」「ジオ」の 4 つのメディアの在り様を区別できることを示している。パーソナルメディアとは人間一人一人の利用の在り方という側面である。ソーシャルメディアとは複数の人間による利用の在り方という側面である。モバイルメディアとは人間が移動しながら利用するという側面である。ジオメディアとは人間が利用する場所に埋め込まれたメディアという側面である。

以上の 4 つの在り様は、人間存在の在り方とも密接に関連している（図 2)。まず、パーソナルメディアは人間一人一人の利用の在り方という側面であるので、「私」という存在と関連している。私という存在の「同定」という問題から始まり、「自己のメディア化」や「匿名」という問題まで「私」という存在と関連しており、「私」の概念自体を再検討することが必要であろう。次のソーシャルメディアであるが、「私」は他人である複数の「私」と共に存在しており、いわば「私たち」として存在しており、ソーシャルメディアは「私たち」という存在と関連している。すなわち「社会」という存在と関連していると言うこともできる。

モバイルメディアは人間が移動しながら利用する側面であるので、「私」そして「私たち」という存在が移動しているということである。ジオメディアとは人間が利用する場所に埋め込まれたメディアという側面であるので、「私」そして「私たち」という存在は（移動しながら）ある一定の場所を占めているということである。このことは自明のことであるというよりも、「私」そして「私たち」という概念、さらには「社会」とい

う概念に、ある場所を占める、そして移動する、動き回る「私」そして「私たち」という性質を含めて再検討する必要があるということであろう。

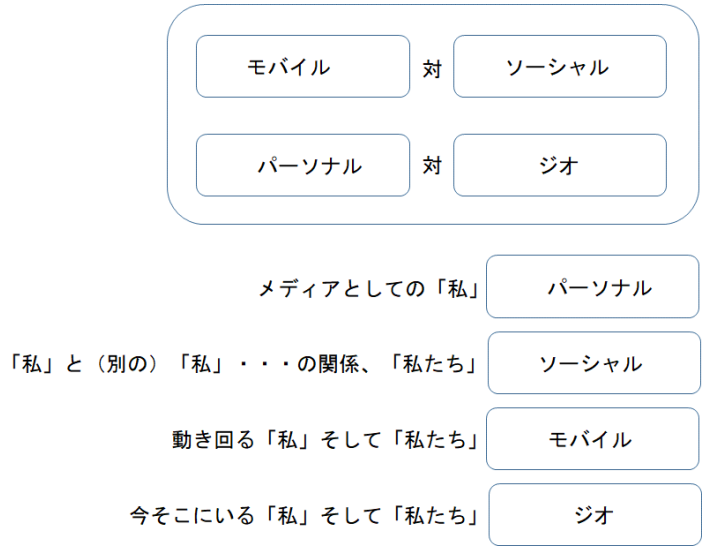


図２　４つのメディアの在り様

3.　日常生活を記述する枠組み：研究方法論

前節では、概念モデルであるが、日常生活を捉える枠組みを示した。本節では、日常生活を研究するための方法論を述べるが、特別の方法論がある訳ではない。たとえば、黒須・高橋[2]による「ユーザ調査法」は情報通信機器やサービスの利用者（ユーザ）を調査する方法を概説しているが、日常生活を研究するための方法論としても捉えることができる。

ここでは、「認知過程」を「知覚的・行動的時空間」「個人的・生活的時空間」「社会的・歴史的時空間」という３つの時空間の水準で捉えることが必要であるとした高橋[10]の考え方を、本論の内容に沿って紹介しよう。

第１の知覚的・行動的時空間とは、個人が今ここで経験している時空間のことである。基本的には個人が生得的に持っている器官を使って処理できる時空間の水準であり、心理学での「認知過程」として通常捉えられるものである。「衣食住」に関わる「認知過程」も含まれると言える。さまざまなデジタルメディアを介して、さまざまな情報を管理しコミュニケーションを実行していくが、その過程で行われている認知過程である。

第２の個人的・生活史的時空間も個人の認識に関わるが、個人の人生において、特定の時期・期間に特定の場所・地域によって捉えることのできる時空間のことである。日常生活では、入学、卒業、就職、結婚、出産、退職などのライフイベントや、いわゆる「冠婚葬祭」と言われる出来事に関わる「認知過程」である。

第３の社会的・歴史的時空間は、時計や暦という時間を区切るしかけと、地方や国家という空間を区切るしかけとによって位置づけられた時空間のことである。法律や慣習によって支えられている各種の事業やメディアイベントはこの水準の時空間に関することと言える。

第２や第３の水準の時空間になると、想定される時空間が長く大きくなるので、そこでの認知過程を捉えることは困難になるが、第１の水準よりも粒度・精度は低くなるが、認知過程を対象としていることは事実である。

人間の人格発達とは、第２の水準での変化として捉えるのが分かりやすいであろう。しかし、第１の水準でのミクロな認知過程、つまり各種の情報機器やツールが介在され認知過程の積み重ねによって、本人の意識とは独立に変化していく面も無視できないであろう。また、人格の国民性や文化差という問題もあり、第３の水準での人格発達という側面も無視できないであろう。

4.　日常生活を営む認識論

人間の発達は日常生活の営みの中で実現されている。研究という活動も日常生活の営みの中で実現されている。人間は日常生活の営みの中で、自らの認識論を形

成していく。

情報化社会では、情報通信技術の発展に伴い、人間が自己の生活を情報管理することを容易にするサービスやツールが増えたことは事実であろう。そして、情報管理においても、自己を表現したり、自己を振り返えることが、文字通り日常茶飯事として行うことができていることも事実であろう。

上で、高橋[8][9][14]による「プロセス制御行動としての日常生活の営み」という考え方について述べたが、複数のライフログ収集ツールの長期間の同期利用における使いやすさを評価する活動に基づいており、ライフログ収集ツールという道具については、「暴力性」「権力性」「自己制御性」「超個人性」という特徴を明らかにした。これらの性質は、ライフログ収集ツールという道具であるのでその性質が先鋭化したと言えるが、人間が作ってきた物理的道具（人工物）一般に備わった性質であり、さらには言語を始めとする「心理的道具」(Vygotsky[16]) にも認めることができる性質であると言えよう。

人間の情報通信技術を介した認知過程は最初は、第１の知覚的・行動的時空間の水準で実践されているが、そのような実践が情報として蓄積され続けていることも事実である。そして、そのような蓄積された情報を利用した別のツールやサービスも増えてきていることも事実であろう。こうして、第２の個人的・生活的時空間の水準や第３の社会的・歴史的時空間の水準での認知過程も日々実践され、そのような実践が情報として蓄積され続けてきている、というように認知過程が入れ子状に繰り返されているということであろう。

5. おわりに

情報化社会とは日常生活ばかりでなく、研究活動にも影響を与えるものであろう。情報通信技術は生活者にも利活用され、研究者にも利活用される。人間の営みは、このように科学技術の営みと同期して、影響を与え合いながら進展してきたということである。人間発達は、そのような人間の営みとして捉えることができるだろう。

本論で述べてきた情報生態学的人格発達論は、高橋[11][13]が、放送大学オンライン授業や同大大学院「研究指導」という事例を解釈するための枠組みとして提案してきたが、適用範囲は、(生涯) 学習に限定されないことは、本論で示すことができたであろう。

参考文献

[1] 青木久美子・高橋秀明 2018 改訂版 日常生活のデジタルメディア 放送大学教育振興会
[2] 黒須正明・高橋秀明（編） 2016 ユーザ調査法 放送大学教育振興会
[3] 森津太子 2003 メディア研究を人間発達の視点から考える 坂元章（編） メディアと人間の発達 学文社 Pp.226-239.
[4] 大久保孝治 1994 生活学入門 放送大学教育振興会
[5] 大久保孝治 2013 日常生活の探求 ライフスタイルの社会学 左右社
[6] 高橋秀明 2006 マスメディア、マルチメディアって何だろう？ ーメディアの認知心理学ー、太田信夫（編） 記憶の心理学と現代社会 有斐閣 Pp.81-90.
[7] 高橋秀明 2007 説明表現とメディア 比留間太白・山本博樹（編） 説明の心理学 ナカニシヤ出版 Pp.94-109.
[8] 高橋秀明 2014 ライフログ収集ツールの使いやすさ：長期間の利用から 日本認知心理学会第 12 回大会発表論文集
[9] 高橋秀明 2015a ライフログ収集ツールの使いやすさ：複数ツールの同期長期利用 日本認知心理学会第 13 回大会発表論文集
[10] 高橋秀明 2015b 知識という記憶，文化と認知過程 原田悦子（編）スタンダード認知心理学 サイエンス社 Pp.121-140.
[11] 高橋秀明 2017 情報生態学的人格発達論の試み：放送大学オンライン授業を事例にして 日本発達心理学会第 28 回大会発表論文集
[12] 高橋秀明 2018a 放送教材「日常生活のデジタルメディア（'18）」台本・パターン 放送大学
[13] 高橋秀明 2018b 情報生態学的人格発達論の試み：放送大学大学院「研究指導」を事例にして 日本教育心理学会第 60 回総会発表論文集
[14] 高橋秀明 2018c ライフログ収集ツールの使いやすさ：その超個人的性質 日本認知心理学会第 16 回大会発表論文集
[15] 高橋秀明・山本博樹（編） 2002 メディア心理学入門 学文社
[16] Vygotsky, L. S. 1979 The instrumental method in psychology. In J. V. Wertsch (Trans. & Ed.), The concept of activity in Soviet psychology. M. E. Sharpe. Pp.134-143.

謝辞

本研究の一部は、平成 29 年度放送大学学長裁量経費ならびに平成 29 年度放送大学教育振興会の助成を得て実施したものである。

説明文の冒頭が説明対象の認識に及ぼす影響
How do affect the first sentence in the glosses the recognition of the object?

加藤　祥†，浅原　正幸†
Sachi Kato, Masayuki Asahara
†国立国語研究所
National Institute for Japanese Language and Linguistics
yasuda-s@ninjal.ac.jp

Abstract
The first sentence is important for the long reports to grasp the entire stories. However, it is unclear how the first sentence affects to understand the content in short explanatory glosses. In this paper, we investigate the effect of the first sentence in the short explanatory glosses to recognize the described object. We performed experiment to explore how the research participants recognize the object described by the short explanatory glosses, which are composed by four types of sentences and scrambled randomly. The results show that the first sentence in the short explanatory texts affects the recognition of the described object. When the reader called the prototype and its category from the first sentences, the reader's first recognition tends not to be changed by the following sentences, even if it was mistaken.

Keywords — First sentence, Categorization, Prototype, Crowdsourcing

1.　はじめに
文章の冒頭の重要性が言われる．特に文学作品においては，「冒頭の一文は，文単独で一段階上の言語単位と同じ資格をもつ[1]」とまで言われることがある．説明文でも，文章の内容を把握する際，以下を読み進む教示を含め，読み始めにあたる冒頭の及ぼす影響力が予想される．しかし，いわゆる冒頭にあたる部分がないような短い説明文章であれば，内容把握にあたり，冒頭の一文の影響は後続の文や文章全体に及ぶのかという疑問がある．また，冒頭がどの程度，どのように文章の内容理解に影響するのかは明確でない．そこで本稿は，ある対象物に関する説明文章を用い，読み手がテキストに記された対象物を認識するとき，冒頭に提示された説明文が後続の説明文に及ぼす影響があるのか，あるとすればどのようなものであるかを調査した．結果，いわゆる冒頭のない説明文章であっても，冒頭の影響が現れる場合が見られることがわかった．読み手が冒頭によってカテゴリのプロトタイプのようなものを想起した場合，すなわち強い印象を受けた場合，後続の文や文章全体を読んでも読み手の認識は覆らない傾向があった．

2.　関連研究
冒頭とは，「言語作品の始まりの部分の表し方．文章の書き出し[2]」である．

作品等における書き出しの一行については，「玄関のような機能[3]」とされる．そして，即題法，題言法，破題法，引用から始まる文章など，読み手を効果的に導入する各種の技法が図られることになる．たとえば時枝[4]は，機能によって冒頭を分類し，(1)全体の輪郭・枠の設定，(2)口上・執筆の態度，(3)全体の要旨・概要，(4)展開の種子・前提，(5)主題の表白の 5 種を挙げるとともに，冒頭と書き出しを区別し，「書き出しの無い文章は無いが，冒頭の無い文章」のあることを示している．たしかにごく短い説明文などであれば，文章全体を見通すような冒頭はない場合もある．それでは，いわゆる「冒頭」のない説明文などであれば，読み手が説明された内容を認識するにあたり，冒頭の影響はないのかという疑問が生じる．いわゆる冒頭がなくとも，冒頭に位置する文には他とは異なる性質が見られるのではないか．すなわち，「書き出し」に該当することで，冒頭は後続あるいは文章全体に影響を及ぼすのではないだろうか．

また，テキストから対象物を認識するにあたって[5]，有用な情報提示順の調査結果から，一般的な読み手の有する経験・知識を喚起し対象物を含有するカテゴリが想定される情報を提示した後に，当該カテゴリのプロトタイプと対象物との差を示す情報を提示することが有用であるとする．よって，対象物の説明文においても，冒頭に，時枝の分類における「全体の輪郭・枠」に類し，「対象物を含有するカテゴリの想定が可能となる情報」が提示されると，当該対象物の認識が効果的となる可能性がある．あるいは，ある種の情報が一文目に現れる場合，対象物認識に有用となるのだろうか．

3. 調査

本稿では，説明文の冒頭がいわゆる「冒頭」でない（「書き出し」ではある）場合に，冒頭が後続文や文章全体に影響を及ぼす可能性を確かめる．そのため，いわゆる「冒頭」にならないような均質な文の並びとしての短い説明文章を用い，どの種の文が冒頭に位置した場合に，読み手の認識にどういう影響を与えるのかを調査することとした．

まず，対象物に関する説明文を整理し，読み手に提示する説明文章を統一的に作成した．

調査には，道具や植物などの対象物 40 種類（藍，アスパラガス，アボガド，イチゴ，イチジク，梅，エンピツ，オクラ，斧，鏡，傘，カップ，壁，カボチャ，カリフラワー，キャベツ，皿，シイタケ，自転車，シャツ，醤油，扇子，ズボン，太鼓，タケノコ，トウモロコシ，トマト，ナス，ハーモニカ，バケツ，薔薇，ピアノ，瓶，ヘリコプター，窓，桃，ヤカン，浴衣，レンガ，ロウソク）を用いた．調査対象は，国語辞書の語釈文を用いることを考え，国語辞書 10 種類（三省堂国語辞典，新明解国語辞典，岩波国語辞典，明鏡国語辞典，新選国語辞典，集英社国語辞典，角川国語辞典，新潮現代国語辞典，大辞林，デイリー国語辞典）に掲載されていた名詞のうち，対象物が具体物と考えられるものを選択した．対象物情報は，上記国語辞書 10 種類から取得した情報のほか，コーパス（『現代日本語書き言葉均衡コーパス』『国語研日本語ウェブコーパス』）から取得できた情報も用いた．コーパスに現れていた調査対象に関する情報は，高頻度のものを収集した．

収集した対象物情報は「形態」「生態（動作・用法・原材料等を含む）」「人との関係」「その他」の 4 種類に分類し，それぞれ整理（平均 32 文字）した．分類は，先の調査[6]において，上記国語辞書 10 種類から取得した対象物（動物）情報の分類から，対象物認識に影響があると被験者実験で確認された項目の 4 種類とした．

「形態」には，対象物の外観的な特徴に関する情報を分類した．「生態」には，動植物の生物的な生態情報のほか，産地や歴史的経緯を含めた．また，対象物が製造物の場合には，動作に関する情報と，原料・製造法と用法の情報もこの分類とする．「人との関係」は，用途に関する情報とした．「その他」は，コーパスから取得した頻度上位の情報であり，伝説や慣習，モチーフとなった作品など，前述の三分類に分類できない様々な関連情報を含む．一部の対象物については，複数辞書に掲載のあった情報も含んでいる．

以下に説明文例を示す．

(1)トマト
形態：夏，黄色い花を開き，赤または黄色の丸い実を結ぶ．
生態：南米熱帯地方原産の多年草．日本では明治以後栽培が始まり，大正末頃一般化した．
人との関係：多肉・多汁の果実は生食または加工原料として食用にする．
その他：スペインには熟した果実を互いにぶつけ合う収穫祭が行われる町がある．

(2)ヘリコプター
形態：機体の上に大型のプロペラ状の回転翼をもつ．主翼を持たない．
生態：回転翼をエンジンで回転させて飛ぶ．垂直上昇下降・空中停止・横進後進などができる．
人との関係：狭い場所や複雑な地形で，人員や貨物の輸送に用いる．
その他：都市部ではビル屋上などのポートによってピンポイントの移動が可能．

(1)(2)のような対象物の説明文（いずれも対象物名は伏せ，同カテゴリメンバーの名を出した対照は行わない）を実験協力者に提示する．各対象物の説明文は 1 種類から 4 種類までを 1 セットとし，漸進的に提示した．実験協力者（読み手）は 1 種から最大 4 種の説明文によって構成された説明文章を読み，それぞれの段階で何の説明であるか記述する．

実験協力者はクラウドソーシングを用いて募集し，対象物 40 種類・説明文の提示種類（順列：24 パターン）ごとに最低 10 人，38,400 回答（延べ 9,600 人）を得た．図 1 に，クラウドソーシングにおける説明文の提示例を示す．

なお，評価時には，自由記述回答の表記ゆれを統制した（例：なす・ナス・茄子・茄・ナスビなどを同回答として整理）．また，カテゴリの絞り込み等，予測される回答の変化を確認するために複数回答を可とする教示を行ったが，複数回答は全回答の 0.02%（8 例のみ）にすぎず，複数回答の場合に正答が含まれていたのは 1 例のみにとどまっていたため，複数回答の場合は正答として扱わないことにした．

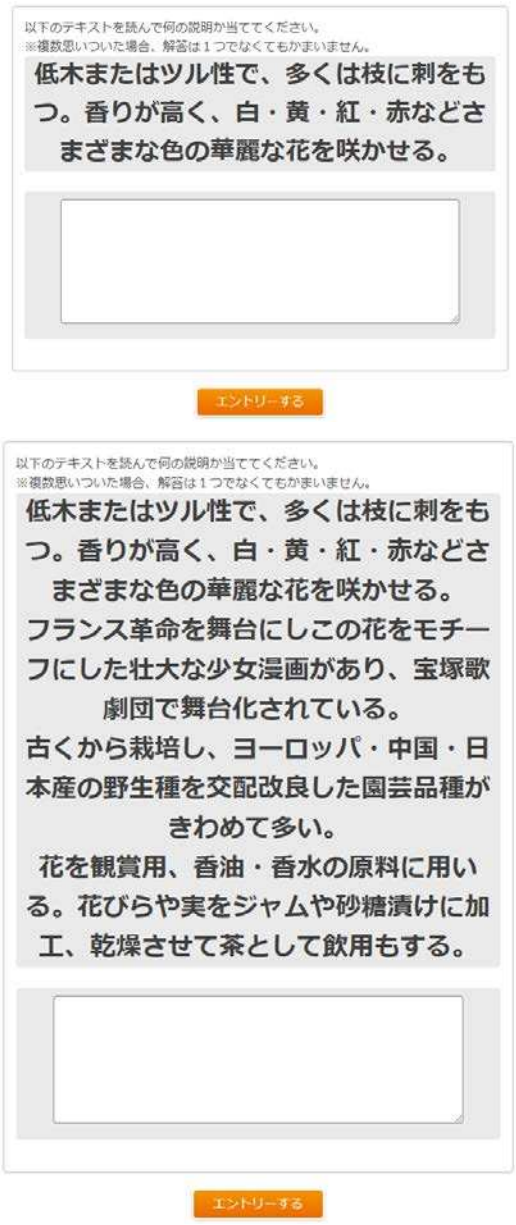


図１　説明文の提示例
（上：1 種のみ，下：4 種すべて）

4.　結果

まず，調査結果を概観し，本調査で得られたデータと考察対象について整理しておく．

読み手がテキストから対象物を認識するにあたり，有用な情報の種類や，効果的な提示順が期待されたが，本実験において，特に有用な情報の種類（表 1）や，特に効果的な情報種類の提示順（表 2）などは発見されなかった．説明文の分類別に見ると，「生態」に分類される種類が若干他分類より正答率が低い傾向とも見えるが，大差はない．情報提示順についても，群を抜いて正答率の高い提示順などはなく，いずれも平均的な正答率であるといえる．

なお，本稿の実験データとして確認した国語辞書などの具体名詞語釈における情報提示順は，「形態」→「生態」→「人との関係」→「その他」となっている場合が一般的であるが，この順で 4 種類の説明文を提示した場合の正答率は 75.8%と平均（78.8%：表 3 を参照）を下回り，22 位（24 種類中）となっていた．本実験の対象物認識においては，有効な順序とは言い難い結果であった．

表１　説明文分類と正答率

説明文分類	正答数	全回答数	正答率
形態	6134	9600	63.9%
生態	5724	9600	59.6%
人との関係	6238	9600	65.0%
その他	6274	9600	65.4%

表２　説明文分類提示順と正答率（上位 10 種類，平均 78.8%）

説明文分類提示順	正答率
人との関係–生態–その他–形態	84.0%
人との関係–その他–生態–形態	83.0%
その他–形態–人との関係–生態	82.0%
形態–人との関係–生態–その他	81.5%
生態–その他–人との関係–形態	80.5%
形態–人との関係–その他–生態	80.3%
生態–人との関係–その他–形態	80.0%
生態–人との関係–形態–その他	79.5%
人との関係–生態–形態–その他	79.5%
生態–形態–人との関係–その他	79.0%

情報量が増加すると対象物認識も明確化する傾向が見られた．提示する情報数が増加することで，正答率は上昇する（表 3）．

説明文の種類を見るに，「生態」に分類された情報のみが提示された際には，対象物の絞り込みが困難と考えられ，他分類の情報よりも若干正答率が低いが，2 つ目以降に提示された場合には他分類と正答率に違いはなく，どの情報が追加されても，正答率は同様に上昇しているといえる．

また，4 種類の説明文全文（文章全体，例 1・2 参照）を読むと，平均 78.8%の高い対象物認識（正答率）が得られていた（表 3 の 4 種平均参照）．しかし，カリフラワー（37.9%）やイチジク（41.7%）など正答率の低い対象物もあった（表 4 の右列を参照）．

表 3　情報提示数と正答率

説明文分類	提示順(数)	正答率
形態	1	43.3%
	2	60.0%
	3	72.5%
	4	79.9%
生態	1	30.0%
	2	58.5%
	3	71.3%
	4	78.6%
人との関係	1	48.0%
	2	63.4%
	3	70.7%
	4	77.8%
その他	1	42.2%
	2	65.7%
	3	74.7%
	4	78.8%
4 種平均	1	40.9%
	2	61.9%
	3	72.3%
	4	78.8%

表 4　全文提示時の正答（対象物認識）率

対象物	正答率	対象物	正答率
皿	97.1%	イチゴ	77.1%
浴衣	96.7%	ヤカン	77.1%
カガミ	96.3%	斧	77.1%
傘	95.8%	オクラ	75.4%
キャベツ	94.6%	ハーモニカ	74.2%
バケツ	94.6%	モモ	73.3%
醤油	94.6%	トウモロコシ	72.9%
薔薇	93.8%	シイタケ	70.8%
梅	93.3%	ナス	65.8%
ロウソク	90.8%	ビン	64.6%
タケノコ	90.4%	ズボン	63.8%
レンガ	90.4%	窓	57.9%
自転車	90.4%	藍	49.2%
ヘリコプター	89.6%	アスパラガス	45.8%
カップ	89.2%	シャツ	45.4%
ピアノ	89.2%	イチジク	41.7%
太鼓	87.9%	カリフラワー	37.9%
トマト	87.5%	40 種平均	78.8%
扇子	87.5%		
カボチャ	85.0%		
壁	83.3%		
エンピツ	82.5%		
アボカド	80.4%		

本稿の実験において正答率が低かった（正答率が80%未満となった）対象物については，提示説明文が適切性を欠くなどの理由から対象物認識が困難であった可能性や，対象物に関して読み手の詳細な知識や経験が不足していた可能性が考えられる．また，前掲[5]の調査では，テキストの示す対象物を同定する実験の正答率が低い場合において，読み手の想定するカテゴリの揺れや混乱が生じていた場合，情報量の増加がかえって正答率の低下をもたらす現象が確認されている．

よって，以降，冒頭の影響を分析するに際しては，提示した説明文の全文を読んだ結果において，80%以上の読み手が説明文から明確に認識できた対象物（表4の左列を参照）を対象とする．

5.　考察：説明文の冒頭が対象物認識に及ぼす影響

前節で見た通り，全文を提示することで，提示情報は同一となり，平均 78.8%の正答率が得られた．また，40 種類の説明文において情報種類別に冒頭提示時の正答率を見ると，冒頭が「形態」であった場合 78.2%，「生態」では 79.0%，「人との関係」で 80.0%，「その他」で 78.0%となっていた．平均的には，冒頭にある分類の情報が現れた場合にのみ，全文提示時に何らかの影響が強く現れるというわけではない．しかし，冒頭に提示した文によって，全文を提示した際の正答率が異なった対象物がある（例を表 5 に示す）．

表 5 冒頭時の説明文分類および全文提示時の正答率例

対象物（全文提示時平均正答率）	冒頭提示情報	左の冒頭提示情報を与えた際の全文提示時正答率
自転車 (90.4%)	**その他**	**76.7%**
	人との関係	93.3%
	生態	93.3%
	形態	98.3%
タケノコ (90.4%)	その他	90.0%
	人との関係	95.0%
	生態	**83.3%**
	形態	93.3%

たとえば，自転車は，全文提示時に 90%以上の正答率となっていたにも関わらず，「その他」情報が冒頭に提示された場合のみ，76.7%の正答率に留まる．同様

に，タケノコは「生態」情報が冒頭の場合のみ 83.3%の正答率に留まる．自転車における「その他」や，タケノコにおける「生態」のような情報が冒頭に提示された場合，結果的に同内容が提示されているにも関わらず，読み手の認識に影響を及ぼした可能性が考えられた．

そこでまず，冒頭文のみを読んだときの正答率と，後続の文を読んだときの正答率の変化について，提示した情報種類の影響を確かめておく．

表 6 に，冒頭文（1 つ目）と次（2 つ目）に追加した情報において，正答率の変化を示した．

表 6　冒頭時の説明文に 2 つ目の説明文を追加した際の正答率変化（分類毎）

変化率	2 つ目：形態	2 つ目：生態	2 つ目：人との関係	2 つ目：その他
冒頭：形態		1.27	1.51	1.51
冒頭：生態	1.90		1.84	2.00
冒頭：人との関係	1.33	1.23		1.46
冒頭：その他	1.55	1.38	1.61	

いずれの組み合わせにおいても，情報の追加による正答率の上昇が見られる．但し，冒頭に「生態」に分類される説明文が提示された場合，他分類の説明文よりも若干正答率の平均が低い傾向にあった（表 3）ため，2 つ目の説明文が追加されることにより，他分類の組み合わせに比べ，変化率が高い傾向にある．反対に「生態」が 2 つ目に追加された場合には，正答率の上昇（変化率）が低い傾向にある．

次に，ある説明文に 2 つ目の説明文を加えた文章が，追加した（2 つ目）の説明文のみを冒頭文として提示したときよりも正答率の下がった個別の例に着目した．全文で 80%以上の正答率となった 23 の対象物（表 4 の左列を参照）のうち，追加した場合に 0.85 未満という明らかな減少が見られた組み合わせが 16 例あった．

トマト（冒頭説明文 A：人との関係 5.0%＋追加説明文 B：生態（単独の場合の正答率 21.7%）→情報追加正答率 10.0%，変化率(A-B)/B ：0.46（以下同様に示す)），自転車（その他 10.0%＋人との関係 86.7%→40.0%, 0.46)，鉛筆（その他 31.7%＋人との関係 53.3%→25.0%，0.47），バケツ（形態 18.3%＋人との関係 65.0%→35.0%，0.54），アボカド（生態 1.7%＋形態 50.0%→30.0%，0.60），皿（生態 23.3%＋人との関係 81.7%→55.0%，0.67），蝋燭（その他 20.0%＋生態 88.3%→60.0%，0.68），タケノコ（その他 71.7%＋形態 95.0%→70.0%，0.74）などである．うち 2 例と 16 例の平均を表 7 に示す．

表 7　冒頭時の説明文 A および B の正答率・A に対する B 情報追加後の正答率例

対象物	トマト	バケツ	16 例平均
冒頭説明文＜A＞	人との関係	形態	
冒頭正答率〈A〉	5.0%	18.3%	21.3%
追加情報＜B＞	生態	人との関係	
冒頭正答率〈B〉	21.7%	65.0%	69.1%
情報追加順＜A→B＞	人との関係→生態	形態→人との関係	
追加正答率〈A→B〉	10.0%	35.0%	48.4%
〈A→B〉正答率 / 〈B〉冒頭正答率	0.46	0.54	0.67

これらの 16 例では，1 つ目の説明文のみでの正答率が低い傾向があり，平均 21.3%となっていた（全ての情報提示の組み合わせにおいて，1 つ目のみの説明文であった場合の正答率は 40.9%：表 3 参照）． 2 つ目に，2 つ目のみであれば平均 69.1%と高い正答率となる説明文が加わっても，正答率は 48.4%に留まる（全例において 2 つ目が加わった場合の正答率は 61.9%：表 3 参照）．

表 7 に挙げた例を見ると，トマトは，全文（例 1 参照）を提示すると平均 87.5%（表 4）の高い正答率となるが，「人との関係」1 種のみの場合の正答率は 5.0%にすぎなかった．次に「生態」が加わり 2 種が提示されても，情報量が増えたにも関わらず「生態」1 種のみよりも正答率が低下する．なお，「人との関係」が冒頭であった場合，全文を提示した際の正答率も最も低い 81.7%であった．よって，冒頭の文が後続の文に影響を及ぼしている可能性が考えられる．

同様に，バケツは，全文提示時に平均 94.6%という非常に高い正答率であったが，「形態」1 種のみでは 18.3%の低い正答率であった．次に「人との関係」（1 種のみで 65.0%）が加わると，「人との関係」1 種のみの場合よりも低い正答率（2 種で 35.0%）となった．なお，「形態」が冒頭であった場合には，全文でも 93.0%

となっており，バケツの正答率の平均を下回る．

このように，先に提示された文によって適切なカテゴリが想起されなかったと考えられる（正答率が低い）場合には，その後に提示された文が新規に提示された場合よりも，対象物認識の効果が低くなることがわかった．では，何が冒頭に現れることで，後続文を含めた文章全体に影響が及ぶのだろうか．

トマトの例(提示文は(1)を参照)では,「人との関係」が「多肉・多汁の果実は生食または加工原料として食用にする」であり，想定されるカテゴリが大きい可能性が考えられた．しかし，その他の説明文についても，たとえば「生態」は「南米熱帯地方原産の多年草．日本では明治以後栽培が始まり，大正末頃一般化した」であるため，カテゴリの絞り込みは困難であると考えられる．しかし，「生態」1 つのみが提示された場合について個々の回答を見ると，「わからない」が 10.0%あったほか，麦や煙草，サボテン，椰子などの様々な種類の植物が個別的に収集された．すなわち，認識された対象物のカテゴリが植物レベルの広いカテゴリに留まり，特定の対象物が想定されていない傾向にあった．対して,「人との関係」1 つのみが提示された場合では，みかんが回答の 27%を占め，複数人の回答がイチゴやリンゴであるなど，おそらくフルーツカテゴリにおけるプロトタイプが回答される傾向にあった．また，みかんと回答した実験協力者は，2 つ目以降の情報が加わっても続けて「みかん」と答える傾向が見られた．冒頭文によって想起した対象物が強く残り，後続の説明文を読む際に影響を及ぼした可能性がある．

また，バケツの例についても提示文を(3)に示す．

(3)バケツ

形態：上部のあいている円筒形の容器．取っ手としてつるがついている．蓋のあるものもある．

生態：金属や合成樹脂などで作られる．

人との関係：主に水などの液体をくんだり，中に入れたものをはこんだりするのに用いる．

その他：水を満たして持ち廊下に立つ，という体罰が小説や漫画などに見られることがある．

バケツでも，1 つのみの提示では想定が困難と考えられる「生態」（1 種のみでの正答率 3.3%）であれば，「わからない」が 13.3%，その他はヘルメット，鍋，アクセサリーなど様々な回答が個別的に収集された．しかし，「形態」については，コップが 15.0%，水筒 11.7%をはじめ，複数人の回答が，鍋，ヤカンなどであるなど，おそらくアウトドア料理用品のカテゴリにおけるプロトタイプが回答される傾向にあった．トマトの場合と同様に，冒頭によって想起された対象物が強い印象となり，後続の説明文を読む際にも影響を及ぼしたものと考えられる．

以上のトマトとバケツの誤答分析と同様の傾向が，他例（ある説明文に 2 つ目の説明文を加えた文章が，追加した（2 つ目）の説明文のみを冒頭文として提示したときよりも正答率の下がった個別の例 16 例）でも確認された．また，冒頭で想定したカテゴリとそのプロトタイプとしての解答に自信があったと考えられる場合にも，後続の情報による修正がしにくく，正答となるまでにさらなる情報の追加を要していた．自転車では，「その他」が「郵便配達に代表的に用いられる．新聞配達，出前などでの利用もある」というものであり，「その他」1 つのみの情報提示の場合に正答率が低い（10.0%）が，誤答は「バイク」または「スクーター」に限定されていた．他情報 1 つのみ提示時の正答率はいずれも高（80%を超える）いが，冒頭に「その他」が提示された場合，情報が加わり 2 つになっても正答率は平均 53.3%，3 つになっても平均 68.3%であり，最終的にも平均 76.7%に留まった．この結果は，「その他」でない情報 1 つのみの正答率を下回る結果である．そして，誤答の場合の回答は「バイク」または「スクーター」を保持し続けるという結果になっていた．

すなわち，冒頭によって，ある程度のカテゴリの絞り込みを行い，想起するプロトタイプが読み取られた場合，後続の説明文を読み進んでも認識を変更しにくくなる（回答を変更しにくくなる）ことがわかった（図 2）．

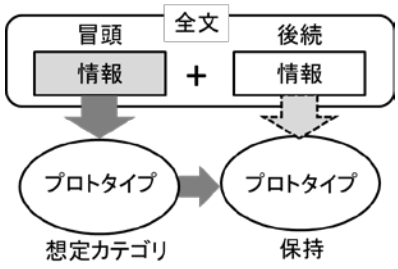


図 2　説明文冒頭とプロトタイプの保持例

反対に，冒頭で広く曖昧なカテゴリが想定された場合には，正答率は低いものの，後続の説明文によ

るカテゴリの絞り込みや変更が柔軟に行えるのであろう（図 3）.

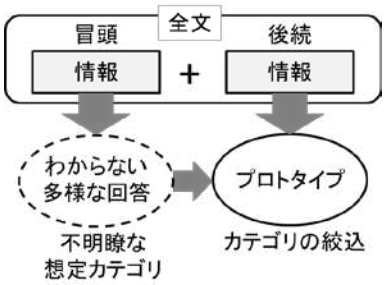


図 3　説明文冒頭とカテゴリの絞込例

したがって，本稿の調査に用いた対象物の説明文のような，いわゆる「冒頭」がない説明文においても，カテゴリの絞り込みに適した情報提示順のみならず，冒頭の影響について考慮する必要がある．誤認される恐れのある文を冒頭に提示すると，後続の文章では覆しにくい.

6.　まとめ

文章において冒頭の重要性が言われるが，いわゆる「冒頭」のない説明文においても，冒頭の影響が現れるものなのかを調査した．特に，説明文を読むにあたり，冒頭が後続文に及ぼす影響を調べることとし，説明された対象物を認識する正答率の変化に着目した．調査の結果，冒頭が後続文に及ぼす影響として，冒頭に提示された情報によってあるカテゴリのプロトタイプが想起された場合，情報を追加してもカテゴリの変更が柔軟に行われない傾向が確認された．文学作品をはじめ，いわゆる「冒頭」の影響が作品全体に及ぶ場合，冒頭が強く印象に残っている可能性がある．同様に，いわゆる「冒頭」のない説明文であっても，固定的な想定物が認識された場合や，強い印象などが冒頭によって成立した場合には，後続を読み進むにあたって影響を及ぼすものと考えられる．反対に，冒頭において想定されるカテゴリが広い場合には，一文のみの認識率は低くとも，後続を読み進み，文章全体を読むことによって，最終的には適確な認識が行われる傾向にあった．いわゆる「冒頭」の有無にかかわらず，冒頭の及ぼす影響を考慮した文章作成が肝要であろう.

参考文献

[1] 遠藤仁・大谷航(2018).「ヒロシマのうた」研究(1).『宮城教育大学紀要』. 52, pp.1-8.

[2] 中村明(2007).　日本語の文体・レトリック辞典. 東京堂出版.

[3] 中村明(2005). センスをみがく文章上達事典. 東京堂出版.

[4] 時枝誠記(1960).　文章研究序説.　山田書院.

[5] 加藤祥(2018). テキストからの対象物認識に有用な情報提示順序―動物の説明文を用いた調査例―.『国立国語研究所論集』. 15, pp.55-74.

[6] 加藤祥(2015). テキストからの対象物認識に有用な記述内容―動物を例に―.『国立国語研究所論集』.9, pp.23-50.

資料

三省堂国語辞典（5 版），新明解国語辞典（6 版），岩波国語辞典（5 版），明鏡国語辞典（初版），新選国語辞典（7 版），集英社国語辞典（2 版），角川国語辞典（新版），新潮現代国語辞典（2 版），大辞林（Web 更新版），デイリー国語辞典（3 版）

現代日本語書き言葉均衡コーパス（国立国語研究所）
http://www.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/

コーパス検索アプリケーション「中納言」1.1.0，短単位データ 1.0，長単位データ 1.0
https://chunagon.ninjal.ac.jp/

国語研日本語 Web コーパス（国立国語研究所）

コーパス検索アプリケーション「梵天」
http://bonten.ninjal.ac.jp/

Yahoo！クラウドソーシング
http://crowdsourcing.yahoo.co.jp/

構造依存性を持った記号システムの形成過程を観察するための実験課題の設計について

A design of experimental task for observation of forming symbol systems with structural dependency

金野 武司 †，齊藤 優弥 ‡
Takeshi Konno, Yuya Saito
† 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科，‡ 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering, † Electrical and Electronic Engineering,
‡ Electronics, Information and Communication Engineering
konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp, b1512436@planet.kanazawa-it.ac.jp

概要

人間の言語には，表現と意味の間を結ぶ関係に構造依存性と呼ばれる階層構造がある．本論では，記号的コミュニケーションにおいて，その構造依存性が生じる過程をメカニズム的に解明するための実験室実験を検討し，参加者が取り組む課題の構成要件を整理して，具体的にゲーム課題を考案・設計する．また，設計したゲーム課題に基づき，人間が扱う意味を多様化・複雑化させる際の原動力を議論する．

キーワード：構造依存性，実験記号論，解釈学的循環

1. はじめに

人の言語には構造依存性という特徴がある．橋本 [1] はこれを「最新日本語辞典」を例に説明する．表現は 1 つでも，その意味は少なくとも「最新の日本語辞典」であるのか,「最新日本語の辞典」であるのかという 2 通りに取ることができる．人はこのような言語表現に接したとき，表現の背後にある構造を推定し，状況や文脈に応じてその意味を特定することができる．こういった構造依存性を持った記号コミュニケーションのシステムが，人類史的な時間スケールにおいて生じたメカニズムは未だ不明確な部分が多い．

ある表現が構造依存性を持つ，すなわち同じ表現が異なる意味を持ち得るという状況では，そこに生じる曖昧さは何らかの仕組みによって部分的にでも解消できなければならない．我々はこれまで，単一の記号への意味付けを対象にした実験において，人がその記号に二重の意味（字義通りの意味と言外の意味）を込め，他者とやり取りする過程を観察してきた [2]．この実験において参加者は，ある記号（表現）が持つ字義通りの意味だけではなく，状況や文脈に応じて異なる意味（言外の意味）を伝え合う．一見して，記号の意味が状況や文脈に応じて変化するのは非常に曖昧性が高いように見える．

しかし，計算モデルの構築とその計算機シミュレーション [3, 4] により，二重の意味を伝える方法は，二者間で共有する記号システムを非常に速く成立させることがわかってきた．その成立プロセスにおいては言外の意味がメタパラメータのようになり，コミュニケーションの初期段階ではそれが字義通りの意味を推定するための仮説として機能する．やがて具体的な記号と行動のやりとりを通じて字義通りの意味を定めることができれば仮説は定説となるが，それができなければ，仮説である言外の意味が見直されるというメカニズムがあると我々は推定している．これは，広い文脈においては解釈学的循環 [5, 6] と呼ばれる仕組みに相当する．また，その計算モデルを用いた人との記号コミュニケーション実験により，計算モデルが言外の意味とそれを推定する仕組みを持たなければ，適切な記号システムが形成されないことが明らかになりつつある [7]．これらの結果は，解釈学的循環を伴う二重の意味の伝達メカニズムが，記号システムの形成プロセスを支えているのではないかということを示唆する．

以上のことから，構造依存性を持った記号システムの成立プロセスにおいても，そのメカニズムが曖昧性の解消に大きな役割を果たすのではないかと考えられる．ここでもし，通常であれば構造依存性を持った記号体系を生じさせるプロセスにおいて，記号をやりとりする主体から二重の意味を伝える仕組みを欠落させることができれば，そこで形成される記号システムを調べることにより，そのメカニズムが持つ役割を解明することができるのではないかと考えられる．

我々がこれまでに取り組んできた，実験記号論 [8, 9] に基づく実験室実験という手法は，記号システムの形成過程の定量的な観察を可能にする．また，構築する計算モデルと人との認知実験という構成的アプロー

チ [10] に基づく方法は，計算モデルが持つメカニズムの改変によって，二重の意味を伝える仕組みが欠落した状態での記号システムの形成プロセスを観察可能にする．あとは，その実験室実験の枠組みにおいて，構造依存性が生じるプロセスを観察できる枠組みがあればよい．そこで我々は，構造依存性が生じるプロセスを観察するための実験課題を設計する．特に本論では，実験参加者が取り組む課題が持つべき要件を整理し，具体的なゲームを提示する．その上で，この課題において検証する仮説と，予想される結果について述べる．

2. 実験課題の構成要件と基本構成

実験においては，基本的に二者間で記号を介したメッセージのやりとりが行なえるようにする必要がある．また，そのメッセージが構造依存性を持てるようにするために，メッセージは 3 つ以上の記号の組み合わせで構成されなければならない．問題は，記号の組み合わせによって相手に伝える意味をどのように用意するかであり，与えられたコミュニケーション課題の中で，参加者が次々に伝えるべき意味が生じることが重要となる．ただし，Naming game [11] に代表されるような単語と対象を結びつける課題では，実験者によって外から名付けるべき対象がいくら与えられても，単語と対象が 1 対 1 に結びついた語彙表が形成されるだけで表現が複雑化する過程を観察することはできないだろう．

これに対して Kirby ら [12] は，対象の「形・色・動き」に 3 種類ずつの違いを設け，これにアルファベットを組み合わせた単語を割り当てる課題を実施し，意味の構造が単語を組み合わせた合成的表現となって現れることを確認した．ところが，実験者による外的操作のない状態では，対象の全ての特徴（3×3=9 通り）を区別するような記号体系（語彙表）は形成されなかった．また，表現のバリエーションの増加には，実験者によって重複する表現を取り除く介入が必要であった．これらの結果は，自然な状態では表現は簡素化される方向に変化し，複雑化をもたらすには何らかの仕掛けが必要になることを示唆している．

Galantucci[13] は，二人が協力的に取り組む課題を段階的に難しくする（移動する部屋のマップが大きくなったり，敵が出現したりする）ことで，二者間で共有される記号的メッセージがどのように生成され変化するのかを観察した．この結果，表現のバリエーションが増える事例が確認されている．しかし，実験者が複雑化する要因を与え続けることは難しい．理想的には，参加者間どうしのやりとりを通じて自律的に複雑化する要因が生じることが望ましい．これを実現する 1 つの方法として，我々は囲碁に注目する．囲碁は白と黒の石を盤面上に置き合い，囲んだ陣地の広さを競うゲームである．非常に高い自由度の中で，プレイヤは盤面から様々な意味を見出す．囲碁は非常に抽象度が高く難しいゲームであるため，実験に用いるには簡単化が必要だが，それ以前に，ゲームでは対戦相手と競合関係にあるため，明示的な記号のやりとりが行なえないという問題がある．そこで我々は，2 対 2 のチーム対戦とすることで，競合と協力を同居させる方法を考案する．

以上，実験課題の基本構成をまとめると，以下の 3 つになる．

- 構造依存性を持った記号表現が生じるようにするために，メッセージは 3 つ以上の記号の組み合わせで構成する．
- やりとりされる意味の増加が自律的に生じるようにするために，囲碁を模した他者との競合関係のゲーム枠組みを導入する．
- 協力関係による意味の伝達が行なわれるようにするため，競合関係の中に協力関係を埋め込んだ課題にする．

3. ゲーム課題とその特徴

前節でまとめた構成要件に従って設計した実験課題を説明する．実験では，一度のゲームに 4 人が参加する．4 人はそれぞれにタブレット端末を持ち，他者とは顔を合わせない．2 人がチームになり，相手チームと囲碁を模した白と黒の石置きゲームに取り組む．石置きゲームは，10 × 10 のマス目が用意され，その中央にはオセロと同様の白黒 2 つずつが対角に配置された状態から始まる（図 1）．石は，同じ色の石に隣接する場所（上下左右）にしか置くことができない．これは，ゲームの初期段階で意味付ける必要のある状態を限定するための措置である．そして，石はチーム内の二人が同じ場所に石を置くと決めることができた場合にのみ配置される．つまり，チーム内であっても，まずは一人で石を置く場所を決め，それがチーム内で一致した場合にのみその指定する場所に石が配置される．ここで，石を置く場所を決める前に，チーム内でメッセージを 1 度だけ交換する．プレイヤはあらかじめ用意された数種類の図形（例えば，  ,  ,  ,  などを画面の三角ボタンで変更）を 3 つ組み合わせてメッセージを構成し，その送信タイミング（送信ボタンを押すタイミング）に応じて先手・後手を調整

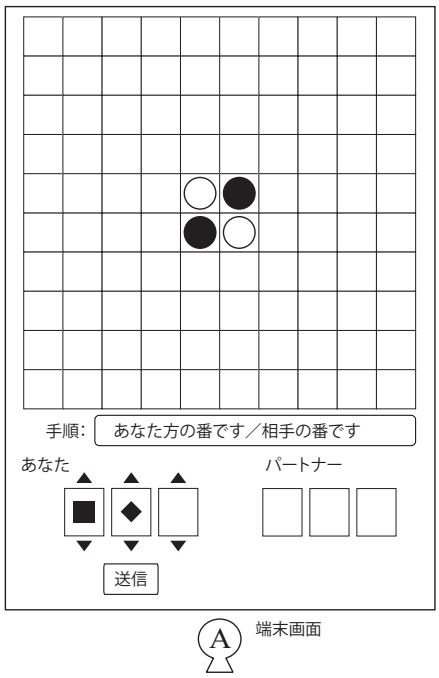


図 1　実験参加者の端末画面

することができる．上記ルールの中で，チームどうしは互いに配置することができた石の数を競う．

ゲームにおいて，石は隣接する場所にしか置くことができないため，相手チームによって隣接する場所をすべて塞がれてしまうと，自チームの石の数を増やすことができなくなる．このゲームを 1 対 1 の対戦として計算機シミュレーションを行なうと，石の割合は平均 50 %を境にしながらも毎回偏りが生じることが確認された（SD = 0.035）．これは，計算機に組み込んだアルゴリズムが，配置可能な場所にランダムに石を配置するようにしたためである．人の場合には，石を置ける場所が塞がれそうになったとき，それを防ぐ方法を取ることが容易に想像できるため，人どうしの 1 対 1 の対戦では，基本的には毎回引き分けになることが予想される．しかし，2 対 2 の対戦では，石の配置に失敗するケースが生じる．この過程で，チーム内では少なくとも，配置できる場所のどこに石を配置するかという情報に加えて，相手チームとの競合的駆け引きにおいて，自分が戦況をどのように把握しているかをチーム内で共有する必要が生じる．我々はここに，新しい意味を次々に生成する必要が生じると考えている．

4.　検証する仮説と予想される結果

この課題においてチーム内で交わされるメッセージに構造依存性を持った記号システムが生じるかどうかを確認する．構造依存性が生じるためには，二者間でやりとりされる意味が増え，かつその意味が複雑化する要因を持たなければならない．我々は相手チームとの競合関係において，意味の多様化・複雑化が起こると予想しているが，これが思うように進まない可能性も考えられる．そういった状況への対処として興味深い仕組みに敵対的模倣 [14] がある．敵対的模倣では，相手の行動系列を模倣しながらも，自分の行動系列は相手に模倣されないようにする，という学習を同時に行なうと，生成される行動系列が複雑化することが示されている．これは，例えば若い世代で局所的に流通する話し言葉が，言語基盤は共通でありながらも，他の世代からは理解できないような表現になっている現象に類似している．我々が設計する課題においても，自チームで交わされるメッセージを相手に見えるようにすれば，この敵対的模倣による表現の複雑化が生じる可能性があるのではないかと考えられる．

意味を複雑化させる仕組みについてもう一つ検討しなければならないことがある．それは，人の表現は課題解決の場面においてのみ複雑化してきたわけではないということである．むしろ，人は遊びのような高い自由度の中で，楽しさや面白さに駆動されて表現を創出してきた側面を持っている．宇野ら [15] は実験記号論において文法の複雑化を観察するために，上記を従来の実験課題の問題点として指摘しながら，特定の達成目標を持たない二者間でのインタラクション実験をデザインしている．実験において，意味の多様化と表現の複雑化が明示的に示されてはいないが，検討を進めるべき重要な要素であることは間違いないだろう．

設計した課題においてやりとりされる意味が複雑化し，それが構造依存性を伴ってメッセージに表出した場合，次に我々が取り組むのは，チーム内の一方を計算機にすることである．計算機に実装する計算モデルがメッセージの言外の意味を推定し行動を調整するメカニズムを持つ場合と持たない場合で，構造依存性の発生頻度がどのように変化するのかを調査することで，構造依存性を持った記号コミュニケーションのシステムが生じるメカニズムの一端を解明することができるのではないかと考えている．

5.　おわりに

我々は，人間の言語が構造依存性を持つ点に着目し，これが生じるメカニズムを解明するための実験課題を実験記号論 [8] に基づき考案した．構造依存性は人間が扱う意味を増やす過程で生じたと考えられることから，実験室実験で実施するコミュニケーション課題でも，扱う意味の増加・多様化が起こることが必須とな

る．我々は課題を 2 対 2 のチーム対戦とすることで，協力関係による記号的コミュニケーションと競合関係による意味の多様化を同居させることを狙う．また，意味づける個別の対象は実験者が与えるのではなく，対戦チームとのやりとりを通じて生じるようにするために，囲碁を模した石置きゲームを設計した．この課題に基づき我々は，人間が扱う意味を多様化・複雑化させてきた原動力として，敵対的な関係と，遊びの中での面白さの 2 つがあることを議論した．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費基盤研究 (A)「意図共有と意味創造を伴うコミュニケーション創発の進化的構成論による研究」/課題番号 26240037，JSPS 科研費基盤研究 (C)「人工言語の共創課題を用いたことばへの気づきの獲得と言語学習効果の検証」/課題番号 16K00205，及び MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] 橋本敬 (2015): コミュニケーションの 3 つのレベルにおける接地・脱接地, 日本認知科学会第 32 回大会予稿集, pp.716–725.
[2] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2014): 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ, 計測と制御, Vol. 53, No. 9, pp. 801–807.
[3] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2014): 記号コミュニケーションシステムにおいて言外の意味を成立させるメカニズムの計算モデルによる検討, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2014 (SSI2014),pp.401–406.
[4] 金野 武司, 橋本 敬, 李 冠宏, 奥田次郎 (2015): 記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割, 日本認知科学会第 32 回大会予稿集,pp.477–486.
[5] 津田 一郎 (2002): ダイナミックな脳 －カオス的解釈, 岩波書店.
[6] Carston, R. (2002): Thoughts and Utterances: The Pragmatics of Explicit Communication, Blackwell.
[7] 河上 章太郎, 金野 武司 (2017): 記号コミュニケーションにおいて言外の意味を推定する計算モデルの人への効果, 日本認知科学会第 34 回大会予稿集, pp.1209–1213.
[8] Galantucci, B. (2009): Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action, Topics in Cognitive Science, Vol. 1, No. 2, pp. 393–410.
[9] Scott-Phillips, T. and Kirby, S. (2010): Language evolution in the laboratory, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 14, No. 9, pp. 411–417.
[10] Kaneko, K. and Tsuda, I. (1994): Constructive complexity and artificial reality: an introduction, Physica D: Nonlinear Phenomena, Vol. 75, No. 1-3, pp.1–10.
[11] Baronchelli, A., Felici, M., Loreto, V., Caglioti, E. and Steels, L. (2006): Sharp transition towards shared vocabularies in multi-agent systems, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, Vol.2006, No.6, P06014.
[12] Kirby, S., Cornish, H. and Smith, K. (2008): Cumulative cultural evolution in the laboratory: An experimental approach to the origins of structure in human language, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 105, No.31, pp.10681-10686.
[13] Galantucci, B. (2005): An experimental study of the emergence of human communication systems, Cognitive science, Vol.29, No.5, pp.737–767.
[14] Suzuki, J. and Kaneko, K. (1994): Imitation Games, Physica, 75D, pp.328–342.
[15] 宇野 良子, 鈴木 啓介 (2014): 認知文法をつくる実験記号論：コミュニケーションの質感の探索から生まれるプロト言語とその理論を求めて, 計測と制御, Vol.53, No.9, pp.828–834.

作品解説文が美術館での鑑賞に与える影響 フィールド実験に基づく探索的検討

Effect of reading commentaries on artworks in appreciation in museum: An exploratory study based on a field experiment

田中吉史
Yoshifumi Tanaka
金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology
tanakay@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

美術初心者の美術鑑賞における解説文の効果を、実際の美術展でのフィールド実験によって探索的に検討した。作者による解説文を読む条件、作者による解説文に基づいてより能動的に鑑賞するように促すよう指示する問いかけ文条件、解説文なしで鑑賞する条件を設け、15 ペアの美術初心者が、ある現代美術展を鑑賞した。問いかけ文条件では解説文なし条件よりも長時間かけて美術展を鑑賞した。鑑賞中の会話内容の分析により、解説文の内容と作品の特徴との相互作用について検討する。

キーワード : cognitive constraints, art appreciation, field experiment, art museum

1. はじめに

これまで、絵画鑑賞において絵画に関する解説文が美術初心者による鑑賞過程に影響を与える可能性について検討されてきた [4, 5]。これらの研究から、解説文を読みながら絵画を鑑賞する経験が、のちに別の絵画を鑑賞する際に影響を与えることが示唆されてきた。美術初心者は、絵画中に描かれた事物の同定に固執する傾向が強いことが、具象画、抽象画双方においてみられ、これを写実性制約と呼ぶ [2, 4, 5, 6]。具象画の鑑賞においては、描かれた対象物についての解説文ではなく、絵画中の構図などについての解説文を読むことで、写実性制約が緩和される可能性が示唆されている [4, 6]。

これまでに行ってきた我々の研究 [4, 5, 6] では、実験室で、あらかじめ実験的に操作された解説文を読み、指定された時間かけて絵画を鑑賞する、という方法がとられてきた。では、実際の美術館での絵画鑑賞において、解説文は鑑賞過程にどのような影響を与えるのだろうか？美術館では作品の鑑賞を助けるために、作品とともに鑑賞者に解説文が与えられることが多い。特に、現代美術においては、美学的背景、表現媒体や手法、スタイルなど様々な作品が存在し [1]、解説文が鑑賞者をガイドするのに大きな影響力を持つ可能性がある。では、こうした解説文は、実際の鑑賞過程にどのような影響を与えているのだろうか？現代美術の鑑賞の際には、キュレーター等が鑑賞のポイントを解説したものだけではなく、作者自身が書いた解説文が鑑賞者に与えられることもある。もちろんどのような解説文を与えるかは、作者自身の考え方によっても様々に変化しうるし、どのような解説文が望ましいのか、ということも一意に決められるものではない。とはいえ、作品についての解説文が、実際にどのように鑑賞過程に影響を与えるのかを検討することは、美術初心者がどのように美術作品を認知するのか、ということを考える上で、有益なヒントを与えることと考えられる。また、どのような作品において、どのような解説文が、鑑賞者の反応をどのようにガイドするか、ということについての一般的な傾向が明らかになるならば、作家がどのような解説文を提供すればよいのかということを考える上での手掛かりにはなると思われる。

そこで、本研究では、実際の美術館で開催された美術展をフィールドとした探索的な実験を通して、作品についての作者自身による解説文が、作品の鑑賞にどのような影響を与えうるか、検討を行う。本研究では、美術初心者に 2 人一組で実際の美術展を鑑賞してもらい、鑑賞中の会話を分析する。また、その際に解説文をまったく見ずに鑑賞する条件、作者による解説文を読みながら鑑賞する条件、さらに、作者による解説文をもとに、より能動的に見て考えるように方向付ける「問いかけ文」を読みながら鑑賞する条件を設定し、作者による解説文の内容と、作品の特徴との関係

を、探索的に検討する。

2. 方法

2.1 フィールドの概要

協力を得た美術展は、2016 年 9 月下旬から 10 月上旬に、金沢市内の美術館で開催された日本とベルギーの現代美術家による国際交流展であった。ここでは、日本と相手国双方から合計 34 人の作家（いずれも在命中）の作品が展示された。作品は絵画、版画、写真などの平面作品を中心に、インスタレーションや陶芸などの立体、ヴィデオ作品など多岐にわたった。会場は 10 のスペースに分けられ、各スペースの壁 1 面に一人の作者の作品が複数点展示されていた。作家の中には、作品自体のほか、作品の題名を明らかにしなかった人や、出典作品や作家自身（プロフィールや制作方法、美学的背景など）についての解説文を提供しなかった人もいた。そのため、会場では作品と作者のネームプレートだけが掲示された。出展作家を紹介する図録が別途有料で販売された（入場料自体は無料であった）が、多くの入場者は作者名と作品だけを見て鑑賞していた。

2.2 手続き

フィールド実験では、美術初心者の大学生 30 人が 2 人 1 組（合計 15 組）でこの美術展を鑑賞した。参加者は以下の 3 つの条件のどれかに 5 組ずつ割り当てられた。「解説文なし条件」では、会場内の作品の配置を示したマップのみが与えられた。「解説文あり条件」では、出展作家のうち、題名を寄せられた作品については題名と、解説文を寄せた作家 16 人については、その文章を印刷したパンフレットをペアごとに 1 冊渡し、それを見ながら鑑賞するように指示した。「問いかけ文条件」では、さらに能動的な鑑賞を促すために、解説文のある作家について、解説文で述べられた内容と作品がどのように関連しているかを問いかける質問文が印刷されたパンフレットが渡された。

各参加者は会場入り口で IC レコーダとコンタクトマイクを装着された。そして、作品を自由に鑑賞すること、二人で一緒に行動して作品に関して気づいたことを何でも自由に会話してよいこと、会話を録音すること、なるべくすべての作品を見ること、「解説文あり条件」「問いかけ文条件」では解説がある作家の作品についてはそれに目を通して鑑賞すること等が教示され、同意書に署名した後、各ペアのペースで美術展を鑑賞した。

3. 結果と考察

3.1 全体的な鑑賞時間への影響

美術展では作家ごとにまとめて作品が配置されており、参加者も作家ごとに鑑賞していた。一作家あたりの平均鑑賞時間は、1 分 30 秒から 3 分 15 秒であった。また、美術展全体の鑑賞時間（参加者が入場してから出てくるまで。以下の値はいずれも中央値）は、「解説文なし条件」が 64 分、「解説文あり条件」が 73 分、「問いかけ文条件」が 104 分であった。1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ、条件の効果は有意であり（$F(2,14) = 4.389, p < .05$）、Ryan 法による多重比較の結果、「解説文なし条件」よりも「問いかけ文条件」のほうが有意に鑑賞時間が長かった。

3.2 解説文の効果と発話内容

これまでの研究との比較を行うため、解説文の用意された作家のうち、平面作品を出展した作家の作品に絞ってさらに分析を行った。

各作家に対する鑑賞時間を見たところ、全体的には「解説文なし条件」よりも「問いかけ文条件」のほうが鑑賞時間は長い傾向が見られた。しかし、「解説文なし条件」と「解説文あり条件」、「解説文あり条件」と「問いかけ文条件」の間の差は、作家によって異なる傾向が見られた。また、解説文の内容や作品のスタイルとの関係によっても、鑑賞者の反応に違いがあることが見受けられた。解説文の呈示された参加者の中には、冊子に掲載された解説文に気付かずにそれを読まずに鑑賞したり、いくつかの作品を鑑賞しなかったりしたケースもあった。これらのことを考慮して、以下の分析では 4 人の作家の作品に焦点を当て、解説文の特徴と作品のスタイルとがどのように鑑賞過程に影響を与えるのかを検討する。なお、以下の分析では、各作家において解説文を読む条件で解説文を読まなかったペアの発話は、その作家の分析からは除外した。

3.2.1 分析対象とした作家の特徴と解説文

作家 A は、既存の写真を手書きで転写してネガを作成し、それを感光紙にプリントするという手法を用いて制作しており、作者による解説文では、この手法に関する説明が中心に述べられていた。また、これに基づく問いかけ文では、この手法が通常の写真とはどのような点で異なった効果を生んでいるか、また作者はどのような意図でこの手法を使っているのかを話し

合うように指示された。今回の美術展では、こうした手法による作品が多数展示されており、多くの作品では、素材となった写真に写った対象物がある程度明確に同定できた。

作家 B は、油彩による絵画 2 点が出展された。作家 B は作家 A と同様、制作の過程について解説している。それによると、作品は部分ごとに描き進められ、ズレを伴いながら全体が構成されることで緊張状態が生み出される。問いかけ文では、こうした制作過程によって生み出される緊張状態が作品のどのような部分に見られるかを話し合うように指示された。

作家 C は、版画家であり、この美術展では、イチョウの葉を紙の上に並べてプレスする、という方法による連作が並べて展示された。作者による解説文では、この作品の制作過程については触れられず、木々の葉を並べることで社会の中の人々を表現しようとした、という表現意図が述べられていた。問いかけ文では、こうした表現意図が、作品のどのような部分に表れているかを話し合うように指示された。

作家 D は、油彩による抽象的な絵画 3 点が出展された。作者による解説文では、今回の作品では地層と窓をモチーフとしているが、何を見出すかは見る人自身の想像力にゆだねられる、といった趣旨のことが書かれていた。問いかけ文では、この解説文を紹介した後、この作品から思い起こされる各自の記憶について話し合うことが指示された。

4 人の作家の作品に対する各条件の参加者の平均鑑賞時間（解説文を読んだ条件では、そのうち、会話中に 2 人の参加者が解説文を読んでいる平均時間）を表 1 に示す。全体に「問いかけ文条件」は他の条件よりも鑑賞時間が長いが、作家 B、D では、「解説文あり条件」では、解説文を読んでいる時間を除くと「解説文なし条件」よりも鑑賞時間が短かった。

3.2.2 鑑賞中の会話内容の分析

次に、各作家の作品の鑑賞中の会話内容を分析する。

各参加者ペアごとに、各作家の鑑賞中の会話をテキストに起こした。そして、先行研究 [4, 5] を参考にして、表 2 に示すカテゴリーを設定し、各会話中にそのカテゴリーの発話が見られた個所をマークしていった。

これらのカテゴリーの発話の頻度の合計のうち、各カテゴリーの占めるパーセンテージを、表 3 に示す。全体に、どの作家においても、作品に描かれた具体物・状況の解釈が高い比率を占めていた。また、作品に対する評価（「好き」「面白い」など）は、「解説文なし条件」で多い傾向があった。また、「解説文あり条件」「問いかけ文条件」では、解説文を読み始める前にこれらのカテゴリーの発話が行われることが多く、こうした評価に関する発話が、かなり直感的になされていることを示唆する。

次に個々の作家ごとに、その特徴をまとめる。作家 A の鑑賞時間は他の条件よりも長かったが、これは作品の出展数が他の作家よりも多めだったことにもよるであろう。「解説文なし条件」では、この作家の作品が写真なのか絵なのか、という発話媒体の確認）が比較的多くみられたが、解説文を読んだ条件では、解説文に制作方法が書かれているため、こうした発話は減少した。また、作品中の対象物や状況を解釈する発話の比率は、解説文を読む条件では減少しており、代わって形式的要素への言及の比率が増加していた。また、「問いかけ文条件」で作者がなぜこのような制作方法を取るのか、ということについて問いかけていることからも、作者の意図についての発話が、他の条件や他の作家よりも多くなっていた。なお、作家 A の作品でのポジティブな評価には、ほとんど写真と同じように写実的に対象物を描く技術に対するもの（「すごい」など）が多く含まれていた。

作家 B も、作家 A と同様に制作方法についての解説を行っていたが、作家 A とはやや異なる傾向が見られた。作家 B における「解説文なし条件」では表現方法への言及が多かったが、これは「子供みたいな絵」といった発言が多かったことによる。作家 B の作品は、いずれも女の子を想起させる単純化された人物が横たわるように描かれており、また他の部分とのバランスが微妙に崩れた印象を与えることから「子供の絵のような」という印象が生じたのかもしれない。解説文には、そのアンバランスさが意図されたものであることが記されているので、そうした印象は減少した可能性がある。解説を読んだ条件では「漠然とした印象」が増加しており、解説文にあるような意図された全体的なアンバランスさに着目することで、全体としての印象に関する発話が増えたのかもしれない。なお、「問いかけ文条件」では、作者の言う「緊張状態」がどのようなところから生み出されるか、ということについて考えるよう指示されたが、構成要素間のバランスに帰属した参加者はなく、ほとんどの参加者は、横たわる人物の体に何かが絡みついて見えたり、何かの上に乗っているように見えることに帰属させていた。

作家 C では、イチョウの葉を同定することは非常に

表 1　各作家の作品の鑑賞時間と解説文を読む時間の平均（分’秒”）

	作家 A		作家 B		作家 C		作家 D	
	鑑賞時間	(解説文)	鑑賞時間	(解説文)	鑑賞時間	(解説文)	鑑賞時間	(解説文)
解説文なし	2’39”	-	2’03”	-	1’05”	-	1’25”	-
解説文あり	3’24”	0’31”	2’01”	0’27”	1’53”	0’29”	1’18”	0’17”
問いかけ文	5’25”	0’41”	3’37”	0’36”	2’55”	0’27”	2’21”	0’15”

表 2　会話内容のカテゴリー

カテゴリー	説明
ポジティブな評価	「好き」「面白い」「すごい」などの肯定的評価
難解さ・理解不能性	「わからない」「難しい」など
漠然とした印象	作品全体や一部の領域から受ける全体的な印象
具体物、状況の解釈	作品に描かれた対象物や状況を特定し解釈する
形式的要素への言及	作品中の色、形、濃淡などへの言及
奥行・構図	作品中の構図や奥行への言及
制作手法	制作の手順、用いた器具などへの言及
媒体の確認	作品が絵画、版画、写真のどれかを確認する
表現方法	作品で取られた表現の仕方に対する言及
作者の意図の推定	作品を作った（あるいは作品の一部についてそのような表現を用いた）理由の推定

容易であったこと、他に具体的な対象物が画面にはないことから、「解説文なし条件」では具体物や状況の解釈は少なかった。解説文を読む条件では、解説文の記述に沿う形でイチョウの葉を「人」や「社会」として解釈する発話が増加し、具体物や状況の解釈が増加していた。「問いかけ文条件」ではさらに形式的要素に対する言及が増加したが、ここでは色やそのかすれ具合、並べられた連作の間の変化を、解説文に記述されたように、人間関係や社会の変化の象徴として捉える発話が増加していた。

作家 D の解説文は、今回分析した 4 人の作家の中で、最も直接的に鑑賞者の自由な解釈に委ね、能動的な鑑賞を促すことを意図したものであった。その結果、4 人の作家の中で、具体物や状況の解釈が多く、特に問いかけ文では 65%にものぼる発話がこのカテゴリーを占めていた。発話の内容を見ると、「解説文あり条件」では、解説文に地層と窓がモチーフとなったことが書かれているため、具体物の解釈としてほとんどが地層か窓に限定されており、「解説文なし条件」のほうがむしろ解釈の種類は多様であった。「問いかけ文条件」では、解説を読んだ後、2 人で連想したものを列挙する発話が続いた。

4.　総合的考察

本研究では、美術作品の鑑賞時に与えられる解説文が、鑑賞過程にどのような影響を与えるかを、実際の現代美術展での鑑賞者の会話をもとに検討してきた。

全体的傾向として、これまでの研究でも指摘されてきた通り、美術初心者は作品に描かれたものを何らかの具体物や具体的な状況として解釈する傾向が強いことが確認された。今回分析対象とした作家の作品は、我々の先行研究 [5] で用いられたものと比べると、何らかの具体物としての解釈がある程度可能なものであったことの影響はあるかもしれない。また、作家 A におけるポジティブな評価が、対象物のリアルな再現の技術に対して行われることが多かったことから、美術初心者はそうした写実的な表現を重視する傾向が強い [2] ことも確認できた。

作品に対する評価が「解説文なし条件」や、解説文を読む前に行われることが多いことから、作品に対する好みの判断はかなり短時間で直感的に行われていることが示唆される。こうした好みかどうかの判断は、美術鑑賞における発達でも早い段階で見られることが知られており [3]、それと符合する結果と考えられる。

解説文の効果についてみると、作家 A と B はともに作品の制作方法について解説していたが、それが鑑賞者の会話に与える影響に関しては異なる点が見られた。作家 A では、鑑賞者の発話でも形式的要素のほか制作手法に関する発話が、作家 B の作品よりも多い傾向が見られたが、これは特徴的な制作手法によると考えられる。また、作家 B と比べて、ポジティブな評価

表 3　各作家に対する発話における各発話カテゴリーの比率（%,C=解説なし、S=解説あり、Q=問いかけ）

作家	A			B			C			D		
条件	C	S	Q	C	S	Q	C	S	Q	C	S	Q
評価	11.67	10.89	9.89	4.26	4.17	0.99	21.43	5.17	7.35	10.71	6.06	6.98
難解	1.67	1.98	4.40	2.13	6.25	4.95	2.38	10.34	4.41	1.79	3.03	0.00
印象	8.33	4.95	3.30	8.51	16.67	14.85	2.38	6.90	2.94	3.57	0.00	0.00
具体物・状況	50.00	43.56	42.86	43.62	52.08	40.59	28.57	43.10	42.65	55.36	60.61	65.12
形式的要素	8.33	18.81	19.78	19.15	16.67	12.87	26.19	13.79	30.88	19.64	27.27	20.93
奥行・構図	1.67	3.96	1.10	4.26	0.00	5.94	0.00	8.62	2.94	0.00	0.00	0.00
制作手法	5.00	2.97	5.49	0.00	2.08	8.91	9.52	3.45	2.94	5.36	0.00	2.33
媒体の確認	11.67	4.95	3.30	1.06	0.00	0.00	4.76	3.45	5.88	0.00	0.00	0.00
表現方法	0.00	7.92	0.00	14.89	2.08	5.94	2.38	1.72	0.00	1.79	0.00	2.33
意図の推定	1.67	0.00	9.89	2.13	0.00	4.95	2.38	3.45	0.00	1.79	3.03	2.33

が多く、難解さの表明も少なく、さらに解説文を読んだ条件では描かれた具体物や状況についての解釈が減少し、形式的要素へ着目が増えていたが、これは、素材が写真であることから、対象物の同定が比較的容易であったことによるのかもしれない。我々の先行研究 [6] では、具象画の中でも、特に対象物の同定しやすいもののほうが、絵画の構図や表現方法に着目しやすくなる可能性が示唆されているが、作家 A と B に対する反応の違いにも、同様のことが言えるのかもしれない。一方、作家 B では、解説文により絵画全体への注意が促され、全体的な印象や構図、制作方法自体への言及が増加していたと考えられる。

また、解説文に具体的な事物が書かれていると、鑑賞者はそれを大きな手掛かりとして用いることが、作家 C の作品に対する反応や、作家 D の「解説文あり条件」に対する反応から示唆された。我々の先行研究 [6] でも、具象画の鑑賞においては、描かれた対象物に注目して鑑賞する経験の後では、写実性制約がより強められる可能性が示唆されており、このことと共通した効果が見られたのかもしれない。

このように、解説文は鑑賞者の着眼点をガイドする効果を持つが、同時に解説文の効果は絵画がどのようなスタイルや手法で用いられているか、ということとも相互作用を持つことが示唆された。逆に言えば、解説文は鑑賞の際の制約にもなりうる、ということでもあるだろう。その意味で、鑑賞者の自由な見方を保証し、それを促すために、解説文を提示しなかったり、あるいは自由に発想してみることを促すような指示を与える、ということはあり得るだろう。一方、実際に鑑賞者の自由な反応を促すような解説文を呈示した作家 D の作品に対する反応では、むしろ鑑賞者は作品から何らかの具体的な事物として解釈することに集中してしまう傾向も見られた。もちろん、何を鑑賞者の自由ととらえるかは、その作家のスタンスによっても変化するので、冒頭にも述べたように、一概にどのような反応が望ましいということはできない（本研究も、作家の美学と関わりなく、どのような鑑賞者の反応や解説文が最も望ましいのかを判断することを目的とするわけではない）。

ところで、我々の先行研究 [4, 5, 6] では、制約緩和的な観点から、創造的な鑑賞を促すために写実性制約を緩和するためにはどうしたらよいか、という考え方がとられてきた。しかし鑑賞者が、単に描かれた事物を特定する以外の様々な情報を読み取ることができるようにするためには、逆に鑑賞者がもつ写実性制約を積極的に利用した支援手法が有効なのかもしれない。今後はこうした観点から鑑賞者の支援手法について検討することが、一つの課題となると考えられる。

謝辞

本研究は JPSP 科研費 JP15K00213 の助成を受けたものです。また、本研究のフィールド実験は、福井大学の湊七雄先生からの多くの協力がなければ実施することができませんでした。ここに深く謝意を表します。

文献

[1] Arenas, A., （1998）“Is This Art: A Guide for the Bewildered” (福のり子 (訳) ”なぜこれがアートなの?”), 淡交社.

[2] 石橋 健太郎・岡田 猛, （2010）“他者作品の模写による描画創造の促進” 認知科学, Vol. 17, No. 1, pp. 196-223.

[3] Parsons, M. J.（1987）“How We Understand Art?” Cambredge University Press.（尾崎彰宏･加藤雅之 (訳)” 絵画の見方–美的経験の認知発達”, 法政大学出版局)
[4] 田中吉史・松本彩希（2013）“絵画鑑賞における認知的制約とその緩和” 認知科学, Vol. 20, No. 1 pp. 130-151.
[5] 田中吉史（2017）“美術初心者は抽象絵画をどう鑑賞するのか？－発話に基づくタイムコースと解説文の効果の検討” 日本認知科学会第 34 回大会論文集, pp. 544-552.
[6] 田中吉史（2018）“美術初心者は絵画から何を読み取るか？－具象絵画鑑賞時の発話による探索的な検討” 認知科学, Vol. 25, No. 1, pp. 26-49

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

情報機器を使った移動情報の取得が空間関係把握に与える影響
The effect of the use of mobile device on spatial cognition.

舟岡 滋悟†, 新垣 紀子†, 戸田 薫子†
Shigesato Funaoka, Noriko Shingaki, Kaoruko Toda
†成城大学大学院 社会イノベーション研究科
Seijo University
blue.pepper222@gmail.com

Abstract
The present study aimed to clarify whether there is a difference in ability of spatial cognition between generations. Shingaki and Toda (2017) asked 37 students and 29 middle-aged people to plot five stations and three landmarks in Tokyo area, aiming to examine the influence of mobile device such as smartphones on their cognitive maps. This study re-analyzed the data transformed linearly by fixing locations of Shinjuku Station and Tokyo Station. The result showed that middle aged people were higher than students both in (1) accuracy in locations of the stations and landmarks and (2) estimation of proximity between them.

Keywords — Cognitive map, Use of mobile device, Between generations

1. 目的

スマートフォンの普及により公共交通機関の乗り換え案内や地図アプリの使用が可能となったことによって、目的地へ向かう為の移動手段に関する情報の取得が非常に容易となった。それらを使うことで人々の都市の位置関係の把握方法は変化してきた。スマートフォンのような小さな画面の利用は従来の大きな紙地図を使用した場合と比較して人々の位置関係の把握が異なっている可能性がある。またそのような情報機器が人の実際の行動や空間関係の把握にどのような影響を与えているのを明らかにすることは極めて重要な課題である。

東京の認知地図に関して、タクシー運転手と首都大学東京の学生との間で空間認知の差はあるのかという研究が行われた。その研究ではタクシー運転手は学生と比較して相対的な位置認知は優れていたが、絶対的な位置認知に関しては学生との間に顕著な差が見られなかったとしている(若林,2008)。

新垣・戸田(2017)は情報機器の使用のように移動支援環境の変化に伴って人々がどのようなナビゲーション支援ツールを利用しているのか、またそれが人々の認知地図のあり方に何らかの影響を与えているのかを検討した。その結果、学生と中高年では中高年の方が位置の把握が優れていることが示された(新垣・戸田,2017;新垣 2017)。

学生のような若い世代は、スマートフォンのような情報機器と早い段階から接しており、中高年と比較してその影響が大きい可能性がある。たとえばどこかへ外出する際には携帯乗換アプリや携帯地図アプリを開いて出発地点と到着地点を入力すれば、わざわざ地図を広げて地図上で各都市がどこに位置するのかを探索しなくても目的地にたどり着くことが可能である。こうした情報機器の利用方法は結果を直接得ることができる反面、空間全体(本研究では特に東京)の把握をするための過程が失われることになる。そのような要因により若い世代は空間的に全体の位置関係を把握しているのではなく、情報機器の利用により得られた結果である、点と点そしてそれらを結ぶ線によって位置関係を把握している可能性がある。

そこで本研究は情報機器の利用によって山手線沿線の都市の絶対的な位置関係と相対的な位置関係の把握が年齢で違いが生じるか明らかにすることを目的とした。

2. 実験

本研究では新垣・戸田(2017)で得られたデータに基づき再分析を行った。新垣・戸田(2017)では以下のような調査を行った。

実験参加者： 学生 37 名（男 6 名女 31 名、平均年齢 20.7 歳(*SD=1.16*)）、中高年 29 名（学生の親、男 12 名、女 16 名、平均年齢 53 歳(*SD=3.20*)）が実験に参加した。いずれも都内の大学に通う学生とその家族で主に東京都、神奈川県在住であった。

実験材料：東京の複数地点の位置関係の把握を調査する課題、情報機器の保有・利用状況および移動時に参考とするツールに関する質問紙、および竹内(1992)の方向感覚質問紙簡易版(SDQ-S)の 3 種類を用いた。

位置関係把握実験： A4 の白紙に、一般的に知られていると想定される都内のランドマークや駅名（東京タワー、羽田空港、町田駅、上野駅、池袋駅、浅草寺（浅草）、渋谷駅、東京駅）それぞれの位置として正しいと思う箇所に、印をつけてもらった。用紙には、上部を北として、あらかじめ新宿駅と高尾山の相対的に正確な位置が描き込まれていた。

本研究では山手線沿線の位置関係の把握を調べる為に、位置関係把握実験にて記入された用紙のデータを編集し、新宿の位置と各参加者の描いた東京の位置が現実の東京の位置と合うように線形変換し、以下の二つの再分析を行った。(1)実際の地図上の位置と参加者が示した位置を比較する分析（絶対的な位置関係）、(2)参加者が示した位置関係の距離を比較する分析(相対的な位置関係)。

3. 結果

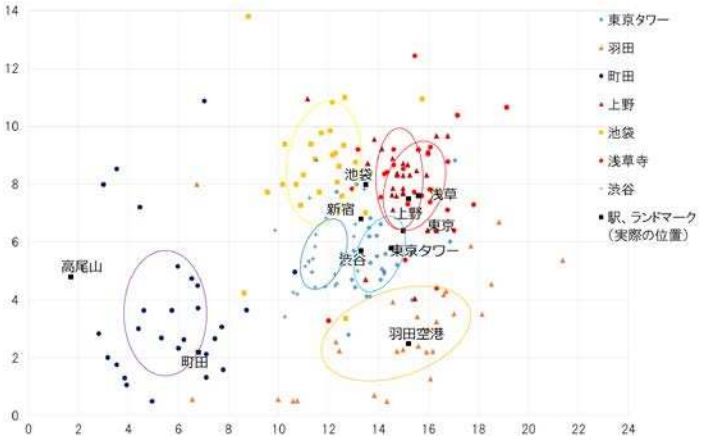
本研究で扱った座標は新垣・戸田(2017)が行った研究で使用した座標を、山手線付近のランドマークの位置関係を明らかにするために、東京と新宿が実際の地図に合うよう全員分のプロットした点を線形変換(若林,1999)した後、絶対的な位置関係の把握具合を調べるために学生と中高年で散布図用いて比較した。

両者ともに各地点のデータの分布に対して 30%等確率楕円を計測して重ねることで、おおよその分布を示した(図 1)。これは 2008 年ごろのタクシー運転手と首都大学東京の学生の散布図（若林,2008）の作成を参考にした。

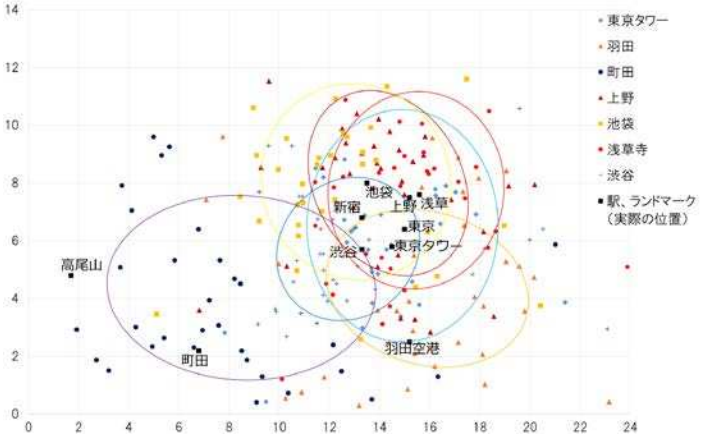
図 1 と若林(2018)の散布図に表示されている 30%等確率楕円を見てみると、中高年の方は楕円の範囲が小さかった。それに対して学生の方は楕円の範囲が大きく、そして楕円同士が重なっていた。

線形変換後の座標を用いて、それぞれのランドマークの実際の位置と学生、中高年がプロットした位置の距離の平均値を比較したところ、
東京タワー($t(38)=3.10, p<.01$)、羽田空港($t(61)=2.09, p<.05$)、町田($t(48)=2.92, p<.01$)、上野($t(52)=3.13, p<.01$)、池袋($t(53)=2.00, p<.05$)、浅草寺($t(42)=3.36, p<.01$)、渋谷($t(45)=3.12, p<.01$)、で有意な差があった。線形変換後の座標と実際の座標との距離は中高年の方が短く、学生の方が長かった。

中高年と学生の各座標対する標準偏差を比較してみると、中高年に比べて学生の方が、標準偏差の値が大きかった。



(a)中高年



(b)学生

図 1:線形変換後の各座標の分布

次に山手線付近のランドマークの相対的な位置関係の把握具合を明らかにするために、個人ごとの上野駅、浅草寺、東京駅、東京タワー、池袋駅、新宿駅、渋谷駅、羽田空港、町田駅、までの 9 つの座標から、起点となる座標自身を除く 8 つの座標までの距離を計算した。その後起点となる座標に対して最も近くに位置したそれぞれのランドマークを学生と中高年に分けて合計し、パーセント表示にした。それを中高年と学生とで比較した(表 1)。

そして、どことどの地点が近いと把握しているかを明らかにするために上野、東京、池袋と渋谷に注目した。

表 1:各地点間の実際の距離と最も近くにプロットしたランドマークの割合

起点となる地点	比較対象 上野駅	浅草寺	東京駅	東京タワー	池袋駅	新宿駅	渋谷駅	羽田空港	町田駅
上野駅		1.4km	3.8km	6.3km	6.1km	7.0km	9.0km	17.2km	34.1km
		33%	14%	19%	28%	0%	6%	3%	0%
		79%	14%	0%	4%	4%	0%	0%	0%
浅草寺	1.4km		4.6km	7.2km	7.3km	8.4km	10.2km	17.6km	35.5km
	25%		25%	25%	6%	6%	6%	3%	6%
	75%		11%	14%	0%	0%	0%	0%	0%
東京駅	3.8km	4.6km		2.7km	7.5km	6.0km	6.3km	13.4km	31.7km
	17%	14%		39%	3%	6%	14%	8%	0%
	36%	21%		32%	4%	0%	7%	0%	0%
東京タワー	6.3km	7.2km	2.7km		8.3km	5.4km	4.1km	11.6km	29.2km
	3%	6%	19%		47%	3%	11%	11%	0%
	4%	0%	36%		4%	0%	14%	43%	0%
池袋駅	6.1km	7.3km	7.5km	8.3km		4.2km	7.9km	19.8km	30.4km
	28%	6%	11%	8%		36%	11%	0%	0%
	18%	4%	0%	0%		75%	4%	0%	0%
新宿駅	7.0km	8.4km	6.0km	5.4km	4.2km		3.8km	16.2km	27.4km
	6%	11%	6%	6%	17%		56%	0%	0%
	0%	0%	0%	0%	25%		75%	0%	0%
渋谷駅	9.0km	10.2km	6.3km	4.1km	7.9km	3.8km		12.8km	25.4km
	3%	6%	8%	6%	11%	61%		6%	0%
	0%	0%	7%	18%	0%	75%		0%	0%
羽田空港	17.2km	17.6km	13.4km	11.6km	19.8km	16.2km	12.8km		28.9km
	11%	11%	28%	22%	6%	3%	14%		6%
	0%	14%	14%	43%	0%	4%	21%		4%
町田駅	34.1km	35.5km	31.7km	29.2km	30.4km	27.4km	25.4km	28.9km	
	3%	6%	3%	0%	6%	50%	28%	6%	
	0%	0%	0%	0%	7%	61%	18%	14%	

最も近い地点
60%~
40%~59%
20%~39%
0%~19%

実際の距離(上段)は最も近い地点を赤色で示した。

また、日本大地図帳(2004)から距離を計測し東京駅、新宿駅間を約 6km とした上で計算した。

学生(中段)と中高年(下段)の割合は起点となる地点から比較対象となる地点のうち、どこを最も近い地点としてプロットしたかを%で示した。

また、0~19%までを無色、20~39%を黄色、40~59%を橙色、60%以上を赤色で示した。

母数はそれぞれ、学生 37 名のうち座標が無記入だった 1 人を除く 36 名、中高年 29 人のうち座標が無記入だった 1 人を除く 28 名である。

3.1. 上野に対する浅草寺の距離の把握

表 1 で示すように上野に対する浅草寺の距離では、上野に対して浅草寺が近いと思った人の割合が中高年 79%に対して学生 33%、浅草寺に対して上野が近いと思った人の割合が中高年 75%に対して学生 25%であった。中高年の数値は互いに高い数値を示していた。それに対して、学生の数値は 20~30%台と中程度の数値となっていた。

3.2. 東京に対する東京タワーの距離の把握

次に東京に対する東京タワーの距離では、東京に対して東京タワーが近いと思った人の割合は中高年 32%に対して学生 39%、東京タワーに対して東京が近いと思った人の割合が中高年 36%に対して学生 19%であった。中高年はどちらの数値も、特筆して高い数値ではなく、むしろほかの地点へ数値が流れてしまっていた。それに対して、学生は東京に対する東京タワーの数値は高い数値を示したものの東京タワーに対する東京の値は 19%止まりで、その大半は池袋への 47%に流れていた。

3.3. 池袋と渋谷に対する新宿の距離の把握

最後に池袋と渋谷に対する新宿の距離では、池袋に対して新宿が近いと思った人の割合が中高年 75%に対して学生 36%、渋谷に対して新宿が近いと思った人の割合が中高年 75%に対して学生 61%であった。中高年は池袋、渋谷に対する新宿までの数値が高い数値を示していた。それに対して、学生は池袋に対して新宿が近いと思った人の割合が 36%と中程度の数値となったほか、新宿に対して渋谷が近いと思った人の割合が 56%と中高年よりも低い数値が見られた。

4. 考察

本研究の結果から、学生は中高年と比較して絶対的な位置関係の把握も相対的な位置関係の把握も正確ではなかった。

新垣・戸田(2017)は、学生は中高年と比較して携帯機器を使用した地図アプリや乗り換えアプリを多用していた。また学生の認知地図は正確ではないという事が明らかになっていた。

若林(2008)により 10 年前の学生たちと比較してランドマークの座標のばらつきが大きくなっていっていること、実際の座標と学生、中高年がプロットした位置の距離の平均値を比較して行った t 検定では、両者間に有意な差があったことから、学生は中高年と比較して駅やランドマークの絶対的な位置を正しく記憶していないということがわかる。

学生は地図アプリや乗り換えアプリを使用しているならば空間的な把握は困難であっても、どことどこがつながっているかという相対的な位置関係の把握は可能だと考え、学生と中高年の間に相対的な位置関係を把握する能力に大きな差はないという予測をした。そこで結果で示した表 1 で、「上野と浅草寺」、「東京と東京タワー」、「池袋と新宿と渋谷」のように現実でも座標同士が近い配置にある組み合わせに着目をした。結果で示したように、上記のような 3 つの組み合わせのうち、中高年の 75%以上の人が「上野と浅草寺」と「池袋と新宿と渋谷」が互いに最も近い地点であると思っていたことがわかる。だが学生では明らかに互いが最も近い地点であることを示している例が、新宿に対して渋谷が最も近い地点と示した 56%とその反対である渋谷に対して新宿が最も近い地点と示した 61%のみだった。それ以外の地点で明確に近いことを示しているものは見当たらなかった。

以上を踏まえると学生は中高年と比較してランドマークの相対的な位置も正しく記憶していないということがわかる。

本研究では東京都内のランドマークを示してもらうという内容の調査を行ったので経験や知識が強く影響し、その分中高年の結果が良くなっていた。そのため若い世代と親世代の間で純粋な認知地図作成能力をはかるのであれば、それらが影響しない記憶課題を与えて作成能力を測定する必要がある。

5. 謝辞

本研究は科学研究費（課題番号 17H00839）の支援を受けました。ここに感謝の意を表します。

6. 参考文献

[1] 若林芳樹(1999)『認知地図の空間分析』, 地人書房.
[2] 下中直人(2004)『日本大地図帳』, 平凡社.
[3] 若林芳樹・永見洋太・伊藤修一(2008)東京におけるタクシー運転手の地理空間情報利用と空間認知, 地理情報システム学会第 18 回講演論文集, 18, pp445－448.
[4] 新垣紀子(2017)ウェブ時代の人の空間認知とナビゲーション, 地図中心, 54, pp12－15.
[5] 新垣紀子・戸田薫子(2017)世代による移動支援ツールの利用傾向と都市部認知地図の差異. 平成 29 年度日本地図学会定期大会発表論文集, p22－23.
[6] 竹内謙彰(1992) 方向感覚と方位評定, 人格特性および知的能力との関連, 『教育心理学研究』, 40(1), pp. 47-53.

協調的問題解決における役割と思考スタイルの一致／不一致による課題達成の差異

Influence of correspondence between roles and thinking style on performance in collaborative problem solving

佐藤 信之介†，山崎 治†
Shinnosuke Sato, Osamu Yamazaki
†千葉工業大学
Chiba Institute of Technology
s1432065DD@s.chibakoudai.jp

Abstract

In this study, we focused on roles as a factor to promote cooperative problem solving. In particular, we investigated whether the performance of the problem-solving would be different if the participants did like the role or not. Therefore, in order to understand what kind of roles participants like, we used thinking style as an individual trait.

Before the experiment, we measured the participants ' thinking styles, and classified them as Legislative, Executive and Judicial. Then, we conducted experiments focusing on Legislative and Judicial, depending on the characteristics of tasks used in the experiment.

Participants were assigned one of two roles. One role is the role of proposer that the Legislative thinkers prefer, the other one is the role of critic that the Judicial thinkers prefer. Based on the thinking style of participants, we divided them into groups of participants who play a role of preference and groups that play roles that they do not like, and we conducted experiments with two people.

Then, from the results of the experiment, we investigated the influence of agreement between role and thinking style on problem solving performance.

Keywords — division of roles, thinking styles, collaborative problem solving

1. はじめに

社会的に協調的問題解決能力が注目されていることもあり，様々な分野で協調的問題解決能力に関する研究が関心を集めている．また，協調的問題解決能力に関する研究の中には協調的問題解決を促進する要因として個人特性を取り扱う研究も多い．例えば，富田・丸野(2005)は，曖昧な協同問題解決において個人の持つ考えがどのように変化するかを調査した．この研究では思考の変化を調査するために，3 つ要素の内の 1 つとして議論スキルやそれに関連した態度や特性を個人特性とし，研究を行っていた．そのほかにも協調的問題解決と役割の関係に注目した研究も存在する．例えば，野渡(1987)はグループ作業を行う際にグループに対して異なる役割の組み合わせを与えることで作業時間や会話の内容，参加者の満足度に影響を与えることを明らかにしている．

個人特性や役割は協調的問題解決活動に影響を与えると考えられている中，市原・三輪・石井(2005)は個人特性として認知スタイルの 1 つである思考スタイルを取り上げ，協同問題解決中に参加者がすべての役割に対して相補的に関与して役割分担を生じさせる「協調的な協同」を起こすか調査した．しかし，この研究は参加者が役割に関与するかということに着目した研究であり，事前に参加者に対して役割を与える場合にどうなるのかについて考慮されていない．実社会では自分が好む役割に関与できるとは限らず，与えられた役割が自分の好まない，もしくは，得意としない役割である場合も考えられる．そのため，役割に対する好みと，実際に割り当てられる役割の一致や不一致が問題解決に与える影響を調査することは重要であると考える．

そこで本研究では，市原ら(2005)と同様，個人特性としてスターンバーグ(1997)が論じた思考スタイルを用い，問題解決中の役割が参加者の好む役割であるかによって問題解決のパフォーマンスに与える影響を調査する．協調的問題解決を円滑に進めるための役割および思考スタイルの関係を調査することで，問題解決の課題や共に問題解決活動を行う相手への印象を左右する要因を明らかにすることができる．また，役割と問題解決活動の関係が明らかになることで，社会でのより円滑な問題解決の実現や，問題解決活動に対するモチベーションの維持につながると考える．

そこで本研究では，2 人組による協調問題解決の課題において，参加者が課題中に議論した内容を記載する報告シート(A4 用紙 1 枚)と，課題遂行中の発話内容，課題終了後に回答した課題に対する満足度の質問紙を問題解決のパフォーマンスとして，得られた結果からパフォーマンスの比較を行った．

また，スターンバーグ(1997)は，思考スタイルは特定のスタイルが好む行動を繰り返し経験することで成長するとしている．そこで，課題終了後に再び思考スタイルを測定し，課題を行うことで思考スタイルにどの程度の影響を与えるのかを調べた．

2. 方法

2.1 事前調査

本研究では思考スタイルと役割の関係が問題解決のパフォーマンスに与える影響を調査するために，参加者に対して思考スタイルを測定するための事前調査を実施した．思考スタイルの測定には，比留間(2000)の「日本の大学生の思考スタイル」を使用し，質問紙調査を実施した．

質問紙調査は 60 名(男性 48 名，女性 12 名)の情報系学部の大学生を調査対象として実施した．質問紙調査は Web アンケートの形式で実施し，アンケートへの回答依頼とともに，質問紙調査後に協調問題解決の実験への参加のお願いをし，参加可能である場合にはその旨も回答してもらうよう依頼した．調査の結果，16 名(男性 14 名，女性 2 名)の調査対象者から協調問題解決の実験に対する参加承諾を得られた．

参加者の主要な思考スタイルは比留間(2000)の日本の大学生の思考スタイルのカテゴリー分類の表を参考に割り当てた．比留間は，思考スタイルの各型における得点分布をもとに，各型に対して「非常に高い」から「非常に低い」までの 6 段階にカテゴリー分けできるよう得点の基準を示した．本研究では「非常に高い」，「高い」，「やや高い」のいずれかに分類された場合，当該の型の傾向をもつと判定した．立案型に関する質問項目の平均点が，男性で 4.9 以上，女性で 4.6 以上となる参加者を「立案型」の参加者とした．順守型に関する質問項目の平均点が，男性で 4.0 以上，女性で 4.2 以上となる参加者を「順守型」の参加者とした．評価型に関する質問項目の平均点が，男性で 4.5 以上，女性で 4.2 以上となる参加者を「評価型」の参加者とした．さらに，複数の型で「やや高い」以上の得点が得られた場合，その参加者は該当する複数の型の思考スタイルを同時に持つとした．

2.2 材料

本研究では実験の問題解決課題としてトレンドマイクロ社の「インシデント対応ボードゲーム」を使用した．このボードゲームは，企業で発生したインシデントに対応できるように，プレイヤーが協力してアクションを決定するゲームである．本研究ではインシデント対応ボードゲームのコンポーネントやルールを本研究の目的に沿ったものに一部変更して実験を行った．発生したインシデントとして課題中に用いたイベントカードは表 1 に示すとおりである．

表 1 実験で使用したイベントカード

No. 02	自社サービスが応答不能
No. 18	ファイルサーバのファイルが開けない
No. 23	社員の業務用パソコンからマルウェアを検出

インシデント対応ボードゲームでは，プレイヤーは自身が担当する役割に沿って議論を進める．本実験ではプレイヤーが担当する役割を，アクションカードの提案を行う立案役と，立案役の提案の妥当性を判断・評価する評価役の 2 種類とした．

本研究では実験課題終了後，参加者に課題に対する満足度調査と，2 回目の思考スタイルの質問紙調査を行ってもらった．

満足度調査として，『課題に対する満足度』，『協調活動に対する満足度』，『役割への満足度(抵抗度)』を調べるために 5 段階評価(1. 全くそう思わない-5. 非常にそう思う)で 7 項目の質問紙を作成した．質問紙の質問項目は以下のとおりである．

『課題に対する満足度』
①今回のボードゲームで満足する解決策を決めることができた
②解決策の決定に貢献できたと思う
③相手は解決策の決定に貢献していたと思う
『協調活動に対する満足度』
④ペアの相手と協力できた
⑤ペアの相手と作業がしやすかった
『役割への満足度(抵抗度)』
⑥自分の役割はやりやすかった
⑦相手の役割が自分に合ってそうだと思った

これらの項目に加えて，実験や課題に関する自由記述の欄を作成した．

2.3 実験環境

実験の様子を録画・録音するために，デジタルビデオカメラ(SONY 社製 Handycam HDR-CX390)と IC レコ

ーダー(SONY 社製 ステレオ IC レコーダー ICD-UX512)を使用した．また，参加者が課題中の経過時間を把握できるようにストップウォッチ(CASIO 社製 ストップウォッチ HS-70W-1JH)を使用した．そして，実験課題として使用する各コンポーネントを参加者に配布した．実際の実験では各材料を図 1 のように配置した．

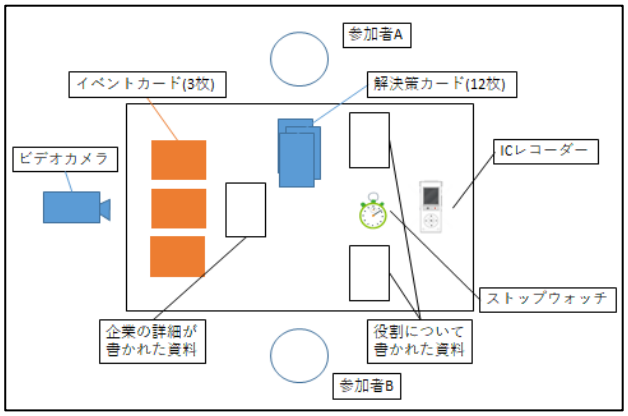


図 1　実験環境の配置

このほかに参加者には白紙の A4 用紙とボールペンを手渡し，課題遂行中のメモは自由にとって良いと伝えた．

2.4　手続き

事前調査の結果に基づき，一致条件では役割に対して，それぞれの役割を好む思考スタイルを持つ参加者を割り当てた．逆に不一致条件では，役割に対してそれぞれの役割を好む思考スタイルを持たない参加者を割り当てた．

実際の実験では説明を終えた後の課題で，参加者にはどのようなインシデントが発生したのかを 5 分で把握してもらい，その後 10 分間の話し合いを 2 度行い，アクションカードを 2 つ決定してもらった．10 分間の話し合いでは，立案役はアクションを選び，選んだアクションを評価役に説明し，評価役は立案役の選んだアクションが妥当であるかを評価するということを行った．最初の 10 分間(フェーズ 1)で行ったことは以下のとおりである．

① 立案役は12枚あるアクションカードの中からインシデントに対し有効そうであるものを現在のカードの半分以下(2 枚以上 6 枚以下)になるように選ぶ．次に，なぜそのアクションを選んだのかを評価役に説明する．

② 評価役は立案役の選んだアクションが妥当であるかを評価し，インシデントの対応に妥当でないと思った場合はその説明を行う．この際，評価役は立案役の選ばなかったアクションについても評価を行い，対応に有効そうなものがある場合，考えられる有効性を説明する．

③ 両者が有効そうなアクションであると判断した場合，立案役が選んだカード 1 枚と入れ替える．

次の 10 分間(フェーズ 2)ではフェーズ 1 と同様に立案役が現在あるアクションカードから半分以下になるようにカードを選び，評価役は立案役の選んだアクションが妥当であるかを評価した．フェーズ 2 では最終的にアクションカード 2 枚を決定するまで話し合ってもらった．

3.　結果

3.1　事前調査の結果

事前調査の参加者である大学生 60 名(男性 48 名，女性 12 名)に対して思考スタイルの測定を行った．事前調査の結果，立案型が 22 名，順守型が 51 名，評価型が 30 名となった．また，その後の実験には 60 名の参加者の中から 16 名(男性 15 名，女性 1 名)の参加者が参加することになった．

実験に参加することになった 16 名の思考スタイルは，立案型が 3 名(高い:1 名，やや高い:2 名)，順守型が 14 名(非常に高い:9 名，高い:3 名，やや高い:2 名)，評価型が 5 名(非常に高い:1 名，高い:1 名，やや高い:3 名)であった．

3.2　実験結果

3.2.1　報告シートの分析

参加者が記入した報告シートの内容を評価した結果，報告シートの内容の具体性に関しては一致条件と不一致条件のどちらも具体性の低い内容が記載されており，条件による違いは見られなかった．

次に表 2 として選択されたアクションカードの内容と，表 3 として各グループが選択したアクションカード 2 枚の組み合わせを表に示す．

表2　選択されたアクションカードの内容

No.41	対象機器を調査する
No.46	バックアップから正常なファイルを復旧する
No.49	自社の公式見解を出す
No.50	セキュリティの専門家を呼ぶ
No.51	社内から社外への特定の通信を停止・遮断する
No.52	社外向けサービスを停止する

表3　各グループが選択したアクション

条件	一致			不一致				
グループ	A	B	C	D	E	F	G	H
アクション	46	50	49	41	51	49	49	46
	50	51	50	46	52	52	50	49

また，参加者が選択したアクションカードについて，一致条件ではどのグループにおいても「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」が選択されていたことが報告書から分かった．しかし，不一致条件では「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」を選択したグループは 1 グループしかなかった．今回の実験で選ばれたアクションカードの種類と，アクションカードが選ばれた回数と条件ごとのグループ数の関係を表した表 4 を以下に示す.

表4　条件別のアクションが選択された回数
（選択された回数/グループ数）

アクション	No.41	No.46	No.49	No.50	No.51	No.52
一致	0/3	1/3	1/3	3/3	1/3	0/3
不一致	1/5	1/5	3/5	2/5	1/5	2/5

この結果に対して，録音・録画データから「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」が採用された会話の前後を追うと，議論を行った上で決定したグループと，よく議論されないまま決定されてしまったグループがあることが分かった．ここでは対照的な 2 つのグループの会話例を表 5 と表 6 に示す.

表5　議論された上で決定したグループの会話例

A 立案	専門家が，外部への通信を止めてくれる説ない？客への…
A 評価	客への？
A 立案	客への提供を…あぁこれ危ない危ない！みたいな
A 評価	危ないって，あぁ
A 立案	それを信じて「セキュリティの専門家を呼ぶ」を取るか
A 評価	あ，え，どういうこと？えっと，この２つってこと？
A 立案	こう(他のカードと入れ替える)
A 評価	あ，これ抜いて？
A 立案	専門家が，とりあえずチェックして
A 評価	あー，あ，停止したほうがいいですよって言ってくれるから

表6　深く議論されずに決定したグループの会話例

C 立案	うーん，やっぱ個人的には自社で解決できない可能性も十分にあるから，うーん，なんかプロを呼んだほうがいいと思って
C 評価	そうしたら，この中で交換するとしたら？
C 立案	えっともう，1 回通信を停止しているなら，急いで戻す必要がなくて，現状をプロに見てもらうってかんじでどうっすか？
C 評価	あー，先に解決するためにっていう

議論された上で決定したグループの会話では，セキュリティの専門家を呼んで何をしてもらうのかを議論していたのに対し，あまり議論されずに決定したグループの会話ではセキュリティの専門家を呼ぶというところで議論が終了しており，そのまま採用されていた.

3.2.2　課題に対する満足度の質問紙調査の分析

課題終了後の満足度の質問紙調査で得られた回答から，一致条件と不一致条件で対応のない t 検定を用いて比較を行った．表 7 に各条件における 7 つの質問項目の点数の平均値を示す．なお，各設問項目は 2.2 で示したとおりである.

表7　満足度の質問紙調査の平均点
(セル内の下段は標準偏差)

設問	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
一致	4.3 0.52	4.0 0.63	4.7 0.52	4.3 0.52	4.3 0.82	4.0 0.89	2.8 0.75
不一致	3.9 0.88	3.9 0.74	4.6 0.52	4.6 0.70	4.3 0.67	3.3 1.25	3.2 1.03

各質問項目の得点を対応のないｔ検定で分析した結果，各条件における得点について，どの質問項目でも有意な差は見られなかった①(t(13.99)=1.25，p=.23，r=.32)，②(t(12.04)=.29，p=.78，r=.08)，③(t(10.67)=.25，p=.81，r=.08)，④(t(13.19)=.87，p=.40，r=.23)，⑤(t(9.09)=.08，p=.93，r=.03)，⑥(t(13.39)=1.30，p=.22，r=.34)，⑦(t(13.27)=.82，p=.43，r=.22)．

3.2.3　事後調査での思考スタイルの測定結果

問題解決課題終了後，思考スタイルの測定を行った結果，立案型が7名(高い:1名，やや高い:6名)，順守型が 16 名(非常に高い:7 名，高い:6 名，やや高い:3名)，評価型が 15 名(非常に高い:4 名，高い:2 名，やや高い:8 名)となった．表 8 に事前と事後の各思考スタイルにおける平均得点の変化を示す．

表8　思考スタイル平均得点における事前・事後の変化

	立案	順守	評価
事前	4.3	5.0	4.3
事後	4.6	5.3	5.1

事後調査で得られた思考スタイルと事前調査で得られた思考スタイルで対応のあるｔ検定を行ったところ，評価型の得点にのみ有意な差が見られた(t(15)=6.14，p<.001，r=.85)．

さらに，思考スタイルの前後の差について一致条件と不一致条件で対応のないｔ検定による比較を行ったところ，どの思考スタイルにおいても有意な差は見られなかった（立案型）(t(13.55)=.21，p=.83，r=.06)，(順守型）(t(13.45)=.38，p=.71，r=.10)，（評価型）(t(13.93)=1.98，p=.07，r=.47)．

また，立案役を行った参加者と評価役を行った参加者で思考スタイルの前後の差について対応のないｔ検定を行ったところ，どの思考スタイルにおいても有意な差は見られなかった(立案型)(t(13.89)=.89，p=.39，r=.23)，(順守型)(t(13.41)=.28，p=.78，r=.08)，(評価型)(t(13.13)=.93，p=.37，r=.25)．

3.2.4　満足度の質問紙と思考スタイル(後)の関係

3.1 での事前調査で得られた思考スタイルと **3.2.3** での事後調査で得られた思考スタイル(以下，思考スタイル(後)とする)が大きく異なっているため，満足度の質問紙調査と思考スタイル(後)の関係を分析した．この分析を行うにあたり，思考スタイル(後)と役割が一致している場合には，不一致条件で実験を行っていた参加者でも「一致」とし，その逆の場合は「不一致」とした．参加者を割り当てなおした結果，一致条件が12名，不一致条件が4名となった．

改めて割り当てた一致／不一致による条件で **3.2.2** 同様の分析を行った．表 9 に各条件における 7 つの質問項目の点数の平均値を示す．

表9　思考スタイル(後)による満足度の質問紙調査の平均点(セル内の下段は標準偏差)

設問	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
一致	4.2 0.58	3.9 0.79	4.5 0.52	4.3 0.65	4.2 0.72	3.8 0.83	2.7 0.65
不一致	3.8 1.26	4.0 0.00	5.0 0.00	5.0 0.00	4.8 0.50	2.8 1.71	4.3 0.50

各質問項目得点を対応のないｔ検定で分析を行った．②，③，④に関しては不一致条件における回答で標準偏差が 0 になってしまったため，ｔ検定の対象外とした．その結果，各条件における主観評価の得点について，「⑦相手の役割が自分に合ってそうだと思った」に有意な差が見られた(t(6.76)=5.06，p<.01，r=.89)．

4.　考察

思考スタイルと役割の一致／不一致が協調問題解決に影響を与えるか実験を実施し，**3.2** ではパフォーマンスの観点から結果を分析した．ここでは **3.2** で行った分析に関する考察を行う．

4.2.1　課題の報告内容に関する考察

3.2.1 では，参加者が課題中に話し合った内容をまとめた報告シートから分析を行った．一致条件では議

論が活発になり，報告シートには不一致条件よりも具体的な内容が書かれると予想していた．しかし，結果は一致条件も不一致条件も具体性の低い内容であった．このことに関しては，実験説明時に報告シートに詳細な記述をしてほしいと参加者に求めなかったことや，報告シートに元々記載されていた質問が一問一答で済ませることのできる内容であったことが関係すると考えられる．例えば，「企業のシステム構成のどこで，何が起こりましたか？」という質問では，「ファイルサーバ，応答不能」や「社員 PC，マルウェア発生」など，数語でまとめることが可能であった．数語でまとめることが可能だったことに関しては，1 つの質問を複数に分割することと，詳細な内容を尋ねる質問に変えることで条件の違いによる具体的な記述の差を引き出すことが可能になると考えられる．

また，「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」が一致条件ではすべてのグループに選ばれていたが，不一致条件では 1 グループでしか選ばれてないということがあった．このことについては「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」というカードの抽象度が高かったことや，報告シートにアクションカードを選んだ理由を記載する必要があったことが関係していると考えられる．例えば，「No46. バックアップから正常なファイルを復旧する」のアクションは，選択することでウィルスが潜んでいるファイルを正常な時点のものに戻すことができるということが想像できる．対して「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」は，選択することで専門家を呼ぶことが出来るが，専門家が何をしてくれるかということは記載されていないため，アクションを選択することでインシデントに対応することが可能かあいまいな部分がある．このあいまいさをなくすためには専門家を呼ぶことで何ができるのか，詳細を話し合わなければならない．この詳細を話し合うということが，好みの役割を行っている一致条件で行われやすかったという可能性がある．

さらに，「No.50 セキュリティの専門家を呼ぶ」に関しては，議論された上で決定したグループの会話は一致条件でよく見られ，不一致条件では深く議論されずに決定されていた．このことから，思考スタイルと役割が一致している場合には具体的な議論がなされる可能性があると考えられる．

4.2.2 実験前後の思考スタイルに関する考察

3.2.3 で評価型の思考スタイルの得点が実験後で有意に上昇していたことについては，参加者が行った課題が影響していると考えられる．しかしながら，思考スタイルは一生のうちの長い期間をかけて変化する(Sternberg, 1997)ため，この短期間で大きく変化してしまうということは考えにくい．思考スタイルの得点が大きく増加してしまった理由には，課題をうまくこなすことが出来たという感覚がそのまま質問紙調査の得点につながってしまっている，もしくは，課題を行うことで評価型の質問項目に対して具体的な事例に基づいた理解が行いやすくなったということが影響していると考えられる．しかし，何が原因で思考スタイルの得点が大きく変化してしまったのかを判断することは現時点では難しい．このことを判断するためには，課題終了からさらに時間を経た後に再び思考スタイルを測定する質問紙に回答してもらう，もしくは，評価型の質問項目自体を検討し直すなど，質問紙調査を行うタイミングや質問項目の構成を変えて実験を行うことが必要だと考える．

4.2.3 課題に対する満足度に関する考察

3.2.2 の満足度の質問紙調査について，『課題に対する満足度』の「①今回のボードゲームで満足する解決策を決めることができた」，「②解決策の決定に貢献できたと思う」，「③相手は解決策の決定に貢献していたと思う」の項目で，一致条件は問題解決もパフォーマンスが上がることで得点が高くなり，反対に不一致条件は得点が低くなると考えていた．しかし，これらに関して有意な差は確認されなかった．また，①，②，③の項目について，どちらの条件も平均値は「3」を超えていたが，不一致条件の参加者の自由記述には「与えられた役割があることで問題解決を進めにくいと感じた」という内容の記述が多かった．更に，t 検定の結果，①の項目には有意な差はなかったが中程度の効果量が確認された．質問項目の得点と自由回答のギャップや，①の項目に確認された効果量から，今後実験参加者を増やすことで結果が変わる可能性がある．

次に，3.2.4 での思考スタイル(後)に基づいた満足度の質問紙調査の分析では，「⑦相手の役割が自分に合ってそうだと思った」の t 検定で不一致条件の得点のほうが有意に高いという結果が出た．ここで 1 つ注意しなければならないのは，参加者は複数の思考スタイルの型を持つ場合もあるため，一致／不一致のどちらの条件においても，参加者は必ずしも相手の役割を好む型の思考スタイルを持っているわけではないという

ことである．つまり，一致条件に自分の役割も相手の役割も好むスタイルを持つ参加者がいる場合や，不一致条件に自分の役割も相手の役割も好む型を持たない参加者がいる場合があるということである．また，満足度の質問調査は，実験後に行わせた思考スタイルを測定する質問紙調査よりも前に行わせているため，実験後の思考スタイルの質問紙に回答することによる影響はないといえる．さらに，有意差は出ていないが，「⑥自分の役割はやりやすかった」の項目で不一致条件の平均点が 2.8 と低い得点であったことも特徴的である．これらのことを踏まえると，⑦について，不一致の参加者は,「相手の役割のほうが自分に合っていそうだ」という考え方ではなく,「自分の役割よりは相手の役割のほうがやりやすそうだ」という考え方で得点をつけた可能性が考えられる．

また，**3.2.4** の分析では「②解決策の決定に貢献できたと思う」,「③相手は解決策の決定に貢献していたと思う」,「④ペアの相手と協力できた」の 3 つの項目の標準偏差が 0 であったため，t 検定を行うことが出来なかった．標準偏差が 0 であったことについては，課題中に行っていた役割が思考スタイル(後)の好みの役割だったかどうかで再び一致／不一致に割り当てた際，不一致条件の人数が減ってしまったことが原因であると考える．そのため，実験の参加者数を増やして再び実験を行うことが今後の課題である．

5. まとめ

本研究では，参加者に与えられた役割と参加者の思考スタイルの好みの一致／不一致が，協調的問題解決を行う際のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した．本研究では参加者が課題終了後に記載した報告シートと，課題遂行中の発話内容，課題に対する満足度の質問紙調査の結果をパフォーマンスとし，一致条件と不一致条件による比較を行った．

各パフォーマンスを分析した結果，どのパフォーマンスからも明確な違いを見ることはできなかった．しかし，課題で選ばれたアクションカードの種類に条件による偏りが見られたことや，カードを選択する際の議論に具体性の差が見られたことから，思考スタイルと役割の関係は議論の具体性に影響を与える可能性は否定できない．

また，実験を行ったことで参加者の思考スタイルが事前調査と事後調査で大きく異なるという結果が得られた．しかし，本研究ではこの思考スタイルの差が課題を行ったことによる一時的なものなのか,それとも，課題を行ったことで質問紙の項目が指す具体的な例を知ったため，より参加者の正しい思考スタイルに近づいたのかということは判断できなかった．

これらの結果を踏まえ，今後は役割と思考スタイルの一致と不一致条件が議論の具体性にどの程度影響を与えるのかということや，思考スタイルに課題が影響を与えているのかということを含めた詳細な分析が必要である．

参考文献

[1] 市原貴史・三輪和久・石井成朗, (2005)”思考スタイルに基づいた協同問題解決プロセスの分析”, 先進的学習科学と工学研究会, Vol. 43, pp. 87-93.
[2] 経済産業省, (2010)”大学生の「社会人観」の把握と「社会人基礎力」の認知度向上実証に関する調査”, <http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/201006daigakuseinosyakaijinkannohaakutoninntido.pdf> (2017 年 11 月 22 日参照)
[3] 野渡正博, (1987)”異なる役割構造をもつグループ作業に関する実験的考察”, 日本経営工学会誌, Vol. 38, No. 2, pp. 112-119.
[4] Sternberg,R.J, (1997)“Thinking Styles. Cambridge University Press”(比留間太白・松村暢隆(訳) (2000). 「思考スタイル―能力を生かすもの―」新曜社)
[5] 富田英司, & 丸野俊一, (2005)”曖昧な構造の協同問題解決における思考進展過程の探索的研究”認知科学, Vol. 12, No. 2, pp. 89-105.
[6] トレンドマイクロ株式会社,(2016)”インシデント対応ボードゲーム”, <https://appweb.trendmicro.com/doc_dl/select.asp?type=1&cid=205> (2017 年 12 月 4 日参照)

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

基礎情報処理クラスにおけるアクティブ・ラーニングの可能性
Needs Analysis for Active Learning in College-level Intro Computer Literacy Courses

森下 浩平
Kohei MORISHITA
大阪経済法科大学
Osaka University of Economics and Law
kohei@kobe-ocn.jp

Abstract
This study investigates students' needs for active learning and discusses the possibility of using active learning in intro computer literacy courses.

Keywords — Needs Analysis, Active Learning, Intro Computer Literacy Courses

1. 背景
昨今、教育現場において、「アクティブ・ラーニング」というキーワードは、すっかり定着しているように見える。2012 年 8 月 28 日の中教審（文部科学省中央教育審議会）の答申では、「従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要である」としている。溝上（2014）は、アクティブ・ラーニングを、「一方向的な知識伝達型講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う」と定義している。

2. 調査
本調査では、赤堀（2017）をもとに、基礎情報処理クラスの受講を希望する学生を対象としたアンケート調査を行った。アンケートは、Google フォームで作成し、PC またはスマートフォンで回答させた。学内外で報告することに同意した 229 名分（うち 7 名は留学生）について、赤堀（2017）の結果と比較した上で、さらに詳細に分析した。

本調査の回答は、4 段階（表 2 は「とてもそうだ」「そうだ」「あまりそうではない」「そうではない」、表 4 は「とてもそう思う」「そう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」）としたが、赤堀（2017）との比較のため、「とてもそうだ」「そうだ」および「とてもそう思う」「そう思う」を「はい」、「そうではない」「あまりそうではない」および「そう思わない」「あまりそう思わない」を「いいえ」に置き換えて、まずは 2 段階で分析を行った（表 1 と表 3）。

3. 結果と考察
赤堀（2017）と比較した大学生の特性調査の結果を表 1 に示す。

表 1　大学生の特性調査（単位：%）

質問	本調査	赤堀
1. あなたは、他人の考えを受け入れるほうですか	87	82
2. あなたは、自分で考えることが好きですか	84	83
3. あなたは、人前で話をすると充実感がありますか	51	57
4. あなたは、自己紹介が好きですか	33	45
5. あなたは、よく反省することがありますか	90	90
6. あなたは、思ったことはすぐに言葉にしますか	43	45
7. あなたは、一般的に大学の講義は好きですか	76	52
8. あなたは、一般的に大学授業でのグループ活動は好きですか	60	45
9. あなたは、知的に深い講義は好きですか	81	72
10. あなたは、話し方のうまい講義は好きですか	95	100
11. あなたは、知的な話しのできるグループ活動は好きですか	74	60
12. あなたは、興味のある話ができるグループ活動は好きですか	94	97

全体として、本調査と赤堀（2017）の結果に顕著な違いは見られなかった。赤堀（2017）は 60 名の大学生

を対象としているが、うち文系は 77%（本調査では、全員が文系）であり、調査の時期も大きく変わらないため、似通った結果になるのは不思議ではない。

次に、本調査の回答結果を 4 段階で表 2 に示す。

表 2　4 段階での大学生の特性調査（単位：%）

選択肢			
とてもそうだ	そうだ	あまり そうではない	そうではない
質問			
1. あなたは、他人の考えを受け入れるほうですか			
22.3	65.1	11.8	0.9
2. あなたは、自分で考えることが好きですか			
30.1	53.7	14.4	1.7
3. あなたは、人前で話をすると充実感がありますか			
17.0	34.1	38.9	10.0
4. あなたは、自己紹介が好きですか			
7.4	25.3	49.3	17.9
5. あなたは、よく反省することがありますか			
33.6	55.9	10.0	0.4
6. あなたは、思ったことはすぐに言葉にしますか			
11.8	31.0	49.3	7.9
7. あなたは、一般的に大学の講義は好きですか			
19.7	56.3	22.7	1.3
8. あなたは、一般的に大学授業でのグループ活動は好きですか			
24.9	35.4	34.5	5.2
9. あなたは、知的に深い講義は好きですか			
32.3	48.9	16.2	2.6
10. あなたは、話し方のうまい講義は好きですか			
62.0	32.8	4.4	0.9
11. あなたは、知的な話しのできるグループ活動は好きですか			
27.9	45.9	22.3	3.9
12. あなたは、興味のある話ができるグループ活動は好きですか			
58.5	35.4	5.7	0.4

本調査の結果では、質問 3 は「そうだ」と「あまりそうではない」がほぼ同数選択されており、どちらとも言えないと感じている学生が多いと考えられる。質問 8 についても、全体としてはポジティブな回答が多いものの、「そうだ」と「あまりそうではない」はほぼ同数となっている。これらのことから、人前で話す、グループ活動をするといったアクティブ・ラーニングに不可欠なコミュニケーション活動については、学生の中でも好き嫌いが分かれていると言えるかもしれない。

質問 10、12 については、「とてもそうだ」がほかの選択肢よりも高い割合となっており、学生の関心を惹くことがアクティブ・ラーニングを行う上で重要な要因であることがうかがえる。

赤堀（2017）と比較した小学校から高等学校までの授業についてのアクティブ・ラーニングの調査結果を表 3 に示す。

表 3　アクティブ・ラーニングの調査（小学校から高等学校までの授業について；単位：%）

質問	本調査	赤堀
13. アクティブ・ラーニングは、探究心や思考力が育つ	90	80
14. グループ学習などでは、授業が活発になる	82	58
15. ICT を活用したアクティブ・ラーニングの実施は、日本の将来に不可欠だ	89	52
16. アクティブ・ラーニングには、綿密な指導計画が不可欠だ	84	75
17. アクティブ・ラーニングは、学生が意欲的になって、学習効果が高い	83	63
18. 小学校では、すでにアクティブ・ラーニングを実施している	51	48
19. グループ学習などでは活発だが、結果として知識が定着しない	35	24
20. アクティブ・ラーニングの実施には、自宅で予習させることが必要だ	68	40
21. グループ学習などでは、教室が騒がしくなって、授業が成立しにくい	44	28
22. アクティブ・ラーニングは、時間がかかるので、あまりやるべきでない	15	8
23. 日本では、どのようにしても、アクティブ・ラーニングの実施は無理だ	13	2
24. アクティブ・ラーニングは、ベテランの教員でないとできない	30	17

アクティブ・ラーニングの調査（小学校から高等学校までの授業について）の調査結果では、赤堀（2017）と比較して、全体的に好意的な回答が目立った。特に質問 15、17、20 については 20%以上高い割合となっており、学生がアクティブ・ラーニングに大きな期待を寄

せていることが読み取れる。本調査と赤堀（2017）の調査では、実施時期にほとんど差はないものの、昨今の国の積極的な施策などが反映されている可能性がある。また、本学では、教員への授業アンケートの一貫としてアクティブ・ラーニングの取り組み状況を確認しているが、実際にアクティブ・ラーニングを取り入れている割合が高いことも要因の一つと考えられる。

しかしながら、本調査の学生はアクティブ・ラーニングの必要性を感じている一方で、その実現可能性についてはネガティブな考えを持っているようである。特に、質問 21、22 は、アクティブ・ラーニングのネガティブな側面として語られることが多いが、実体験にもとづいた回答なのか、赤堀（2017）と比較して、かなり高い割合となっている。日々の課題、部活動、アルバイト、就職活動など、昨今の学生は教員が想像するよりはるかに忙しい毎日を送っているようである。そのため、質問 20 のように学生自身の負担になりかねない項目についても、その必要性を理解しつつも避けたいと感じているのかもしれない。

次に、本調査の回答結果を 4 段階で表 4 に示す。

表 4　4 段階でのアクティブ・ラーニングの調査（小学校から高等学校までの授業について；単位：%）

選択肢			
とても そう思う	そう思う	あまり そう思わない	そう思わない
質問			
13. アクティブ・ラーニングは、探究心や思考力が育つ			
26.6	62.9	10.5	0.0
14. グループ学習などでは、授業が活発になる			
33.6	48.0	17.0	1.3
15. ICT を活用したアクティブ・ラーニングの実施は、日本の将来に不可欠だ			
29.7	59.0	10.9	0.4
16. アクティブ・ラーニングには、綿密な指導計画が不可欠だ			
27.9	55.9	15.7	0.4
17. アクティブ・ラーニングは、学生が意欲的になって、学習効果が高い			
23.1	60.3	15.3	1.3
18. 小学校では、すでにアクティブ・ラーニングを実施している			
8.3	42.4	37.6	11.8
19. グループ学習などでは活発だが、結果として知識が定着しない			
4.8	29.7	56.8	8.7
20. アクティブ・ラーニングの実施には、自宅で予習させることが必要だ			
16.6	51.5	27.1	4.8
21. グループ学習などでは、教室が騒がしくなって、授業が成立しにくい			
12.7	31.4	47.2	8.7
22. アクティブ・ラーニングは、時間がかかるので、あまりやるべきでない			
2.2	12.7	66.4	18.8
23. 日本では、どのようにしても、アクティブ・ラーニングの実施は無理だ			
3.1	9.6	52.8	34.5
24. アクティブ・ラーニングは、ベテランの教員でないとできない			
4.4	25.8	47.6	22.3

質問 19 および 21～24 については、「あまりそう思わない」「そう思わない」のほうが明らかにポジティブな回答となっているため、アクティブ・ラーニングの調査結果は、基本的に全ての回答がポジティブなものであることが分かった。

ただし、これらの質問において、「知識が定着しない」「教室が騒がしくなって、授業が成立しにくい」、「ベテランの教員でないとできない」といったネガティブな要素を懸念する割合が、赤堀（2017）より高い場合もあったことから、アクティブ・ラーニングへの期待と不安が混在している様子も見て取れる。

上記の質問項目に加え、以下の 2 つの自由記述式質問にも回答してもらった。

1) 小学校から高等学校までの教室での授業（校内を含む）の中で、最も印象に残っている良かった授業について、1 つ以上書いてください。それが良かった理由や好きになったきっかけも書いてください。
2) 小学校から高等学校までの教室での授業（校内を含む）の中で、最も印象に残っている嫌いだった授業について、1 つ以上書いてください。それが嫌いになった理由やきっかけも書いてください。

その結果、「音楽・美術・体育など、いわゆる実技科目でのグループワークが楽しかった」「教科書通りの授業よりも教師の経験談を聞いたり、課外活動に参加し

たりするほうが楽しかった」などの意見が目立った。

自由記述式質問の回答については、さらに KH Coder（Ver.3.Alpha.13g）を使用し、前処理（クレンジングおよび形態素解析）によりデータ整形を行った後、頻出語の共起関係の分析を行った。

テキストデータ化した「最も印象に残っている良かった授業」の総抽出語数は 4,634（1,965 使用）、異なり語数は 821（659 使用）、「最も印象に残っている嫌いだった授業」の総抽出語数は 3,591（1,563 使用）、異なり語数は 625（477 使用）であった。

分析に際し、出現数による語の取捨選択については最少出現数を 5、描画する共起関係の絞り込みを上位 60 とした。図 1 および図 2 では、共起関係が強いほど太線で、出現数が多い語ほど大きな円で示されている。

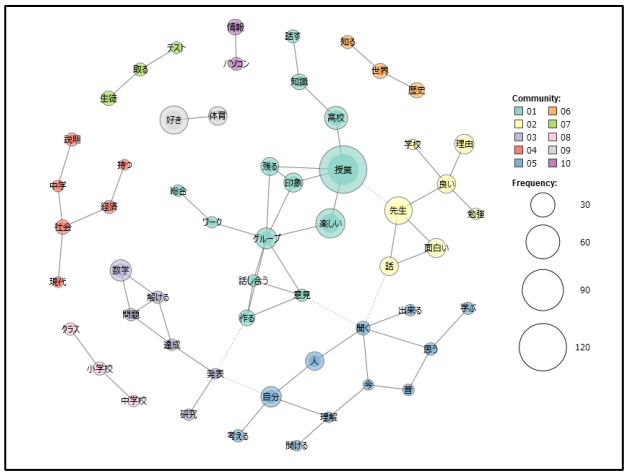


図 1　最も印象に残っている良かった授業の共起ネットワーク

「グループ」という語を中心とするまとまりから、「話し合う」、「楽しい」、「印象」に「残る」など、ポジティブな語が多く抽出されていることが分かった。

また、「体育」が「好き」と共起しており、文系の学生であっても「数学」は他の科目にはない「達成」感を得られる特別な位置づけであることも読み取れる。

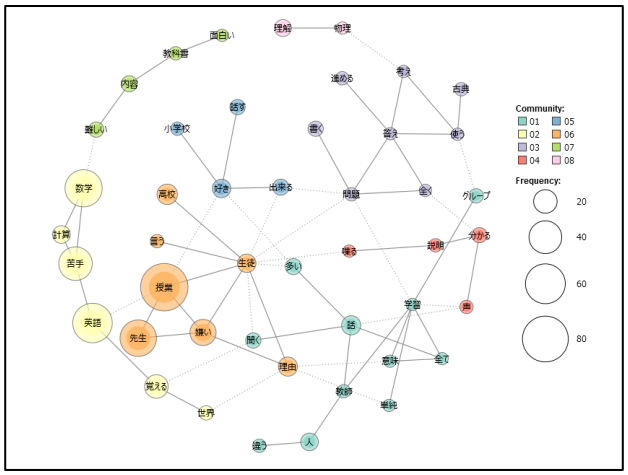


図 2　最も印象に残っている嫌いだった授業の共起ネットワーク

ここでは、「数学」と「英語」が「苦手」というネガティブな語と共起している。「数学」は「計算」、「英語」は単語や文法を「覚える」ことに対しての抵抗があることも読み取れる。

また図 1、2 の両方で多く抽出された「先生」という語を中心とするまとまりからは「先生」という存在が「授業」の良し悪しを大きく左右に対する要因であることがうかがえる。

基礎情報処理クラスでは、教師が一方的に説明をするだけになりがちで、アクティブ・ラーニングに向いていないように思われるが、今回の調査結果を鑑みると、全体として学生のニーズは必ずしも低くはないと考えられる。今後は、さらにアンケート結果について詳しく分析し、実際にクラスの中でアクティブ・ラーニングを行って、学生からのフィードバックを得る予定である。

4.　まとめにかえて

本学における基礎情報処理の授業は、いわゆる「操作研修」型で、使用テキストに沿って、各章毎の小問題（Lesson）の解答手順を解説していくスタイルとなっている。授業の目標が「資格試験に合格する（資格を取得する）」ことに設定されていることもあり、一般の講義スタイルよりも時間がかかるとされるアクティブ・ラーニングは一見すると不向きであると考えられる。

現状としては、アクティブ・ラーニングの基本である復習よりも予習を重視する考え方ではなく、授業内で取り上げた内容で理解しづらいあるいは苦手だと感じた小問題（Lesson）の復習にウエイトが置かれている。授業では、予習をしておくと授業が理解しやすくなる

ということを伝えてはいるが、「授業時間内で学習できるなら、余計な時間を割きたくない」という意見が数人から挙がった。授業の進行に影響は及ぼさないため、特に問題視はしていないが、授業を受講することは資格取得のためと割り切っている学生も少なくない。かつて同じ科目の受講生であったTeaching Assistant（TA）の知識やスキルが不十分なケースも多く、実務で要求される問題解決力（ケースメソッドによる応用力）が低い、いわゆるマニュアル依存型という印象を受ける。

筆者自身、指導時間が限られていることで、ついつい「ここをクリック」、「ここに○○と入力」と操作説明中心になりがちで、学生がどの程度理解しているのかを確認する余裕がない。特に資格対策の授業については、合格率が高ければ良いと割り切る考え方が主流であるが、教育現場において、本当にそれが正しいのか疑問が残る。

今回の調査から、全体として基礎情報処理のクラスでもアクティブ・ラーニングへの期待が大きいことが分かった。次の段階としては、制約の多い環境で、どのようなアクティブ・ラーニングをどんな方法で進めていくべきかについて、実際に授業内に取り入れながら調査をしていきたい。

5. 参考文献

[1] 赤堀侃司（2017)「アクティブ・ラーニングに関する意識調査と分析」教育テスト研究センター年報第2号

[2] 坂田隆文（2016)大学ジャーナルオンライン「何故、アクティブラーニングがうまくいかないか」教育の現場から（第二回）
http://univ-journal.jp/column/20164103/

[3] 情報処理学会デジタルプラクティス「社会科学系大学におけるICTリテラシー教育の再生」
https://ci.nii.ac.jp/naid/170000121442

[4] 樋口耕一（2001）「KH Coder:計量テキスト分析・テキストマイニングのためのフリーソフトウェア」
http://khcoder.net/

[5] 溝上慎一（2014)『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』東信堂

[6] 文部科学省「産業界ニーズに対応した教育改善・充実体制整備事業」中部圏の地域・産業界との連携を通した教育改革力の強化（2014)『アクティブラーニング失敗事例ハンドブック』

[7] 文部科学省中央教育審議会（2012)「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」

高齢者—若年成人間のターン交代時のトラブル：コールセンターにおける会話分析から

Troubles at turn-taking in conversations between older- and younger-adults: Analysis of call-log data at a customer call center

原田 悦子，池永　将和
Etsuko T. Harada, and Masakazu Ikenaga

筑波大学 University of Tsukuba,
etharada@human.tsukuba.ac.jp

Abstract

In order to investigate the characteristics of conversation with healthy older adults by younger adults, 18 voice recorded data at a customer call center in a food company were analyzed, especially about their temporal structures, i.e., turn taking. In general, older adults showed more interruption, and qualitative analysis showed that those interruption occurred mainly at the timing that they thought they got enough information. Relation between those interruption in conversation by older adults and cognitive ageing were discussed.

Keywords: inter-generational communication, cognitive ageing, troubles in turn taking

1. 問題と目的

社会の高齢化は急速に進み，高齢者との対話・協同問題解決場面は実際の生活の中でも増加してきている．しかし，実際にいわゆる高齢者と成人との間のコミュニケーション研究は 少なく，その実態は明らかではない．一方，高齢者と子どもの交流（金森, 2012; 林谷・本 庄, 2012; Kessler & Staudinger, 2007; Kaplan & Thang, 2002 加藤訳 2008），あるいは 高齢者と若年成人の異世代間交流（原田・運天，2014：Tabuchi & Miura, 2018）では，異世代間交流の経験によって，高齢者・若年者のいずれの側にもメリットがあることが報告されている．

それにもかかわらず，高齢者と成人層のメンバーとの対話が量を増やしていることはなく，むしろ，若年者が高齢者との交流に消極的となっている（吉田ら, 2009）ことは，いわゆる成人と高齢者との会話が，何らかの違和感があり，その結果として若年成人の側に何らかの負担感が生じているためではないかとの直感的な印象がある．

池永・原田（2017；Ikenaga, Tanaka, Koyama, & Harada, 2017）は，高齢者と若年成人が 4 週にわたるフィールド調査とそのまとめという協同問題解決を行う中で，異世代混合のグループでは，作業を進める場面における作業分担が若年者に偏るという役割の非対称化が生じていることを示した．特に分析対象とした第 3 回目の活動は，第 4 回目の成果発表会の準備としてグループでの作業が行われており，その中で，難点かが，会話遂行上のトラブルが生じていた．とりわけ，若年成人の発話がうまく高齢者メンバーに受容されず，ターンの受け渡しに失敗する事例を下記に報告しる．

【例】異世代グループ（1）発話番号 922－937

（若年成人 1 名と高齢者 2 名で構成される計 3 名の異世代グループの会話．高齢者を O，若年成人を Y で示す第 2 回目にお台場で体験した施設や歩いたルートに関して話をしている場面．若年成人 Y1 が、話の内容を資料にまとめることを試みる．）

922 O1：だから、（イベントが）無いときは（ホテルは）
：閑古鳥ですよ。
923 O2：ああ使わないときは。
924 Y1：なるほど。
925 〃：じゃあ、紙とかに書いてみますか。
926 〃：（5 秒）フジテレ、未来館とフジテレビと/　　/
927 O1：　　(927)/うん。/
926 Y1：町全体について、/　//　　/それぞれ今の意見
928 O2：　　/うん。/
929 O1：　　/うん。/
926 Y1：をまとめて。
930 Y1：どうしますかね？
931 〃：ここ（地図）に、（付箋を）ポンポンポンと貼
：って？
932 〃：（3 秒沈黙）どうしますかね？
933 〃：マッキーを使いますか。
934 〃：（21 秒沈黙）うん。
935 〃：僕が書いてもいいですか？
936 O1：ん？
937 Y1：僕が書いていってもいいですか？

この事例のライン番号930からのように, 若年者Y1が，高齢者 2 名に対して質問をしているが，両名からの返答はない. さらに, 若年者Y1が(耐え切れずに？)，自分が作業を進めることを進言するが，この進言に対しても，高齢者は,「ん？」と聞き直している．このように,「若年者の話した話題に対して，高齢者の反応が遅れる」現象が生じており, 高齢者自身がうまくターンを取ることができていないことが示されている（池永&原田，2018 も参照）．こうした場面では, 会話のトラブルに対して, 若年成人が高齢者の反応に合わせ, 説明の仕方を変える等の負担が生じていることが示唆され, 高齢者がターンをうまくとることができないことが, 対話に参加している若年成人にとって負担となっている可能性がある.

実際，発話数を分析した結果（池永・原田，2017），特定の話題，特に具体的に作業を進めていく方法などに関する話題については，異世代グループで有意に発話数が減少していることが指摘された（高齢者のみ, 若年成人のみの同世代グループのいずれの群よりも減少している）．つまり，若年成人の話す話題がターントラブルを起こし, その結果として, 高齢者とのコミュニケーションの難しさを感じさせ，実際の活動における高齢者との協同活動およびそのための会話などの相互作用の回避を引き起こす要因となっている可能性も否定できない.

一方，池永・原田（2018）では，電話を介した対話（食品会社お客様相談窓口における対話音声データ）をとりあげ，いわば言語的コミュニケーションだけによる協同問題解決として，そこでの高齢者と若年成人の対話特徴を探索的に検討した．そこで質的な分析から抽出されたいくつかの問題カテゴリーの中に,「オペレータの説明や質問をさえぎる（話がうまく通じなくなると、会話が重なるようになる)」(#8.4)という項目も挙がってきた．これは，具体的には「発話の重なり」の発生を対象としており, 上記の「ターンの受け渡しに失敗をしている」ものとは性質が逆向するものである．しかし，ターンの受け渡しのトラブルとしての特性としては両者に関係性がある可能性はあり，会話を構築する認知過程に対する認知的加齢の影響についての分析として，興味深いものと考えられた.

そこで 本報告では，池永･原田（2018）の対話データについて，特に顧客として電話をかけてきている高齢者とオペレータの間のターンの状況，とりわけ発話の重なり現象について，さらに検討を加えた．生駒（1996）は，日常生活場面における発話の重なりについて検討し，発話の位置（発話の頭同士 : 発話の末尾と頭 ; 途中での割込み）と性質（偶発的，予測的，無意識的）から，合計 9 種に分類している．重なりの性質としては,「偶発的」は発話の重なりを起こした側にとって予期せずに起こる発話の重なり,「無意識的」は会話参加者にあまり意識されない発話の重なりであるのに対し,「予測的」重なりは，重なることをある程度予測できる場面・タイミングで後発話者が発話を始めるために生じたものとされている．したがって, 特に「予測的」重なりについて明らかにすることによって, 誰によって, どういった予測的発話の重なりが生じるのか, それはなぜなのかを検討することにより，会話進行のメカニズムやそこでの問題を明らかにすることができると考えられた.

2. 方法

分析対象となるデータは，池永･原田（2018）と同じく, お客様相談窓口での会話の実録音データ（大手食品関連会社, お客様対応窓口の担当者により「高齢者との会話が難しい事例」として選定された 18 事例）であった．対象データの会話長は平均 11 分 33.88 秒（レンジ 1 分 33 秒から 45 分 25 秒）であった．顧客の年齢については，オペレータが業務用システムに記録を残した推定年齢に基づいており,「対象者 60 歳以上」と判断がなされたものであった．オペレータは 11 名が対応しており，全員が女性社員であった（平均年齢 40 歳前後，平均勤続年数は 約 10 年）．これらのデータが記録された期間は，高齢者対応の事例は，2017 年 1 月 20 日から 3 月 13 日，若年対応の事例は，2017 年 1 月 17，28 日であった.

生駒（1996）の分類カテゴリーに基づいて，全会話データを対象に, 発話の重なりを検討した. 書起しデータを基に対象場面を抽出し，同時に音声データを聞きなおすことによって発話の重なりについてラベル付けを行った．ラベル付けは心理学を専門とする 2 名の研究者によって独立に行われ，一致率を算出した（κ = .74）．一致しなかった部分については, 両者の協議を行い，最終的な重なり部位とラベリングを決定した.

なお, 本研究では, 目的としてターン交代時の問題を対象とするため,「発話の頭と頭が重なる」位置における発話の重なり, ならびに「無意識的」な発話の重なりはこの後の分析対象から除外した.

本研究において対象とされた各種類の発話の重なり

の例を，以下に示す（発話の重なり部分は / 記号に挟まれた部分として示す．高齢者の客を OA（Older Adults），オペレータの発話を Op（Operator）で表記する．バックチャネルの発話番号は，「先行発話の発話番号_通し番号」で表記している．

事例 1.1 ＜性質：偶発的，位置：先行発話の末尾＞
ID：OA010，ライン番号 3－4
（期限切れのウインナーについての問い合わせ）
3 Op：おはようございます。/はい。/
4 OA：/あのー、/えっと###（商
：品名）ウインナーのね、/　　/あの、ことでち
：（4_1）/はい。/
：ょっとお聞きしたいんですけど。

事例 1.2 ＜性質：予測的，位置：先行発話の末尾＞
ID：OA018，ライン番号 13－14
（レトルト食品の保管場所についての問い合わせ．）
13 OA：ああ、たな、あの棚でもいいということ/やね。/
14 Op：/はい、/
：そうです。

事例 1.3 ＜性質：偶発的，位置：先行発話の途中＞
ID：OA017，ライン番号 32
（過去の注文したことのある食品を購入したいとの問い合わせ．）
32 OA：俺は、あの一冷蔵庫へ入れちゃうけどなあ。
：/　　/あと一個あるんだあといっこ。
Op: /あ、恐れ入ります。/(32_1)

事例 1.4＜性質：予測的，位置：先行発話の途中＞
ID：OA006，ライン番号 90
（ハンバーグのレンジ調理についての問い合わせ）
90 Op：あ、いえ、あの、空けずにです。あの蒸気口と
：書いてあるところがあの、黒く、あの書いてお
：りますので、あの字で書いておりますのでそ、
：そちらを上に、して、/　お　皿　に /載せて。
OA:　　(90_1) /蒸気口んとこが。/
：はい。

3. 結果と考察

発話の重なり生起数平均　各データの対話時間が異なるため，発話の重なりの種類ごとの生起数について，1 分間の平均数を算出した．この平均について，発話の重なりの種類（4：末尾_偶発的／末尾_予測的／途中_偶発的／途中_予測的）×話者（2：顧客高齢者／オペレータ）の 2 要因混合計画分散分析を実施した．その結果を Figure1 に示す．まず，Mauchly の球面性検定を行った結果，球面性の仮定が棄却されたため（$p < .01$），Greenhouse-Geisser の検定結果を確認した．この結果，重なりの種類の主効果が有意であり（$F_{(2.0,\ 70.3)} = 10.92$, $MSe = 0.33$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .243$），多重比較を行った結果，途中_予測的な発話の重なりのほうが，他のいずれの発話の重なりよりも，1 分間あたりの生起数が大きいことがわかった（末尾_偶発的との比較，$p < .01$；末尾_予測的との比較，$p < .01$；途中_偶発的との比較，$p < .01$）．また，話者と重なりの種類の交互作用が有意であり（$F_{(2.0,\ 70.3)} = 10.99$, $MSe = 0.33$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .244$），単純主効果の検定を行った結果，高齢者のほうが，オペレータよりも，先行発話の途中で，且つ予測的に生じる発話の重なりの生起数が多く（$p < .01$），高齢者における各種類の発話の重なりを比較すると，「先行発話の途中_予測的」な重なりのほうが，他のいずれの種類の重なりよりも，多く生じていることが明らかになった（いずれの比較も $p < .01$）．

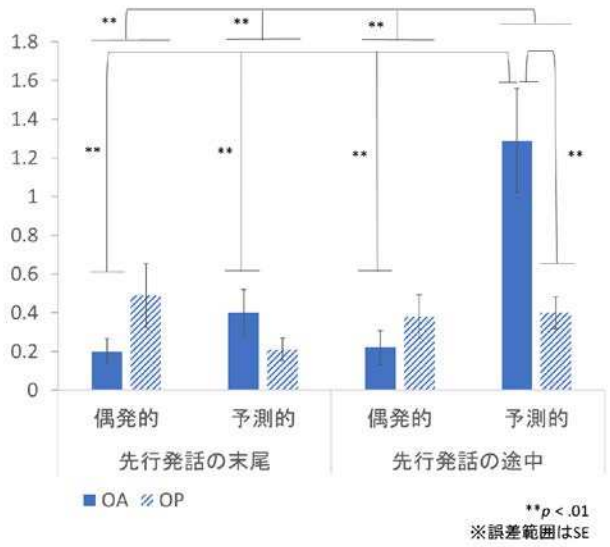


Figure1　発話の重なりの平均生起回数（/1分間）

この結果から，対話相手であるオペレータが発話しているにもかかわらず，顧客高齢者は，先行発話の内容を予測できた（と自分が認識した）時点で，ターンを取ろうとして発話をしている場面が多いと言える．つまり，高齢者は，ターン取得の適切な箇所（Sacks et al., 1974; Levinson, 1983 安井・奥田訳 1990）を，うまく認識もしくは利用できていないことが示唆される．

会話の経過時間と共にどのように会話の重なり具合が変化するかについて，図示したものが Figure 2 である．オペレータの予測的重なりについては，開始から 10 分程度を経た時点で一時的に生起が増え，その後ほとんど重なり発話を生じていないように見える．これに対し，顧客高齢者が起こした重なり発話（予測的）についてはほとんど数が変化せず，14,15 分以後は一方的に割込みを行っているように見える．全体としての生起数の多さもさることながら，会話の経過による変化についても，オペレータと顧客高齢者とは異なっているように見受けられる．こうした会話の概形的な構造と発話重なり生起との関係については，さらに検討をしていく必要があろう．[1]

会話の原則として「一人ずつ話す」という「順番取りシステム」（Sacks et al.,1974）において，会話の割込みは，話者が最後まで話す権利を奪う行為である．つまり，高齢者による会話の割込みは，若年者の話す権利の侵害であり，こうした「高齢者による若年者の話す権利の剥奪」現象が，若年者にとって高齢者との会話の負担感を増していることは推測に難くないであろう．

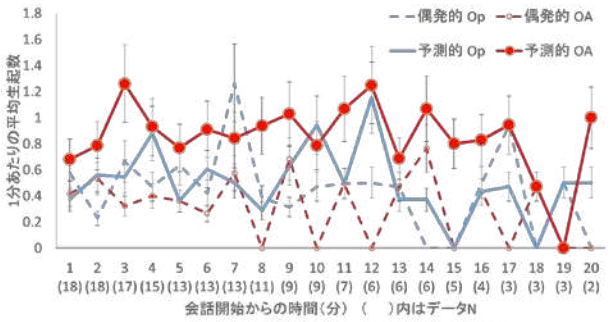


Figure 2 発話の重なる生起数：会話開始からの変動

事例の検討　それでは，顧客高齢者はどのような場合に，「相手話者の先行発話の途中」に「予測的」に自分の発話を重ねているのか，各事例の詳細の検討を行った．その結果，a) 高齢者は，自分の質問に対するオペレータからの回答を聴きながら，自分が聞きたい情報を聞くことができた，と「認識した」時点で，オペレータの説明を遮り，次の異なる話題の質問をする，あるいは，b) オペレータが確認のために，「平坦なトーンで」相手からの発話を「反復（オウム返し）」をしているときに，高齢者（顧客）は，ターンを奪って話し始めてしまう，といった事例が見られた．いずれの場合も，オペレータがその後に継続して発話していた（あるいは発話しようとしていた）重要な情報を聞き逃してしまう場面が観察されている．

以下の事例 2.1 は，上記 a)，すなわち自分が聞きたい情報を聞くことができた時点でオペレータの説明を遮り，異なる話題の質問をする事例である．問い合わせ内容は，レトルト食品の保存方法であった．下記の事例前にオペレータが常温保存であることを伝えた後に，続けて顧客高齢者は，既に冷凍庫で保管している食品について質問をする場面である．

【事例 2.1】ID：OA018，ライン番号 18－22

18 OA: /あのね、/私ね。冷凍室に入れてたんですよ。
19 Op :あ、冷凍室に、/　　/入れられていたということ
:　　(19_1)/うん。/
:ですね。
20 Op:ああ、それどないしたらいい？
21 Op:食感や風味が少し損なわれてしまいますが、召
:し上がれないということはございませんので、
OA:/うん。/(21_1)
:/　　/ああもうあの、普通の棚などで、あの直
:射/日光、はい。/
22 OA:　/あんあああのー/ええと。ええとーゆであの、
:温めた方がいいということやね？お湯の、お湯
:沸かして。

事例 2.1 において，高齢者が，既に冷凍庫に保存してしまったものをどのようにすればよいか（「どないしたらいい？」）と質問した．この質問の意図は曖昧であるが，これに対してオペレータが，「召し上がれないことはない」という発話をしつつ，しかし常温解凍をした方がよい，という主旨の発話を続けようとしている時点で，「あのー」という間投詞によって，かなり強引にオペレータの発話を遮り，次の食べ方（加熱方法）についての質問をしている．

このときの高齢者の質問は，「『召し上がれないことはない』のであれば，（商品パッケージの説明に書かれている通りに，）お湯で温めれば食べられますね？」と

[1] 本論文では N の不均衡等の理由により Figure 2 については統計的な検討は行っていない．また，池永・原田（2018）の問題カテゴリーでは「話が進むにつれて」割り込みが増えてくるような記述となっているが，その現象がこうした概形構造との関係性で得られるか否かはさらに検討の余地がある．

いう意であった. しかしながら, ここで遮られたオペレータの発話を最後まで聞いていれば, 高齢者の疑問は解消されうる内容であったことが推察される. つまり, 遮られたオペレータの発話は, おそらく,「『直射日光』を避けて解凍をして, その後に (商品パッケージの説明通りに) お湯で温めて調理する」ように薦める発話であったと推察できる.

次の事例 2.2 では, 上記 b)の例であり, オペレータが, 一文字ずつを平坦なトーンで相手の発話 (「ご飯にかけて食べられる」) を「オウム返し」し, その後, その「発話の受容」の上で次の発話をしようとしているとき, 高齢者は, ターンを奪って話し始めてしまい, 重要な (新しい) 情報を聞き逃してしまう場面が観察された. 問い合わせ内容は, とある商品を通販注文であり, 高齢者が商品名を思い出すことができず, 商品の特徴を思い出しながら説明した場面である.

【事例 2.2】ID:OA010, ライン番号 23－26

23 Op:ええー、お品は冷蔵の####(商品名)というお品
:でしょうか?
24 OA:あの、ご飯にかけてそのまま食べられるやつ。
25 Op:ご飯にかけて食べられるもの、レト
/ルトのもの。/
26 OA:/あ っ た /かいごはんにね。/ /あった
: (26_1)/はい。/
:かいご飯にね。/ /こう、上にスーッとかけ
(26_2)/ええ。/
/るんだよ。/

高齢者が,「ご飯にかけてそのまま食べられるやつ」という商品の説明を行ったため, オペレータも「オウム返し」で復唱をした後に, 高齢者の説明がレトルト食品を示しているのかを確認を試みた. オペレータが,「レト」と発話した後に, 高齢者は発話を重ねたことが観察された. このとき,「レトルト食品」に関する発話は, その後の高齢者の発話にも反映されておらず, オペレータの発話が理解されていないことが示唆される.

4. 総合考察

本研究は高齢者―若年成人間の会話について, 会話の時間的側面としてのターンテイキングに着目して検討をおこなった. その結果, 若年成人であるオペレータよりも顧客である高齢者のほうが, 会話の内容を予測して, 相手の発話中に自分の発話を開始する「会話の割込み」発生が多いことが示された. ただし, 本研究のデータがコールセンターの記録データであるために, 顧客とオペレータという特殊性を帯びた会話であること, および提供された対話記録データの大部分が高齢者顧客による会話データであり, 直接の年齢群間の比較はできていないことを明記しておくべき点であろう. ただし, 対照比較用に提供された数本の若年顧客との対話データとの比較を行うと, こうした現象が加齢と強い関係性を示していることは強く示唆されている.

高齢者がなぜこのような会話への割込みをしがちなのかという点については, 加齢に伴う抑制機能低下 (Hasher, Stolzfus, & Zacks, 1991) あるいは認知的制御機能低下 (原田・須藤, 2009) に伴う現象という仮説と, 高齢者が社会的な力を高く持っており, その結果として, 対話相手の若年成人との社会的な力の差によって, 割込みを生じやすいという仮説が考えられる. 本データが顧客と会社窓口としてのオペレータとの会話であることを考えるとき, 特に後者の影響の可能性も小さくないであろう.

しかし, 会話の重なり事例を質的に検討していくと, 多くの割込みが, 高齢話者が, 対話相手の発話が終了する前に, その内容を予測できたと (誤って) 考えた際に発話を始めていることから, 高齢者は自分自身の思考と発話を抑制できず, 相手の発話を最後まで聞いていなかったという可能性がより強く考えられる. この現象は, 問題で述べた池永・原田(2017)での報告 (大学生との協同問題解決場面で, 話段の変化についていけないために, ターンを取りそこなう) とは真逆の現象であること, ターン取得上の異なるタイプのトラブルが加齢と共に増加することを考えるならば, 社会的権力の影響というよりも,「対話におけるターン取得」における認知的加齢による変化を検討することが有用であるように思われる.

一般に, 人は加齢に伴って二重課題が苦手となる (Verhaeghen, Steitz, Sliwinski, & Cerella, 2003) とされている. これは問題場面自体が複雑になるとさらに顕著に現れる. 会話場面でいえば,「話しながら聞く」という二重課題が加齢によってうまく実行できなくなっている可能性はないであろうか. 従来の会話研究では, 相手の発話理解と自分の発話産出を二重課題として捉える枠組みはない. しかし実際, 会話をうまく遂行していくためには, 常に二種の課題, すなわち受け手としての認知課題と, 発話の構成と構築という話し手としての認知課題が「時間的に重なり合いながら」実施されていく必要があり, それが健康な高齢者であっても,

加齢によって二重課題としての負荷の影響を受けている可能性がある. 特に, 多くの会話が協同問題解決でもあり，その問題の複雑さによって二重課題としての負荷が課題遂行全体へ大きな影響を与えてしまう(原田・須藤，2011)可能性は大きい.

本研究で扱った会話データは, 高齢者が「相談窓口に自分で電話をかけ」て, 自分の問題を解決しようとした際の会話である. したがって, 電話をかけた時点で, 高齢者は「自分の問題を伝える」必要を強く認識している可能性は高く, 会話に伴う二重課題のうち, 自分が思考し発話する，話し手としての課題が優先的に処理されたのではないだろうか. これに対し，池永・原田(2017)の問題解決場面は,「みんなで実施する課題」があり, その具体的な問題解決について「語るべき」内容が必ずしもない可能性が高い. その際には, 二重課題の内の自分が語る側の優先順位は落ちて, その結果「ターンをとらない」トラブルが生じていた可能性がある.

これらのデータを総合的に考えると，その時々の会話の状況，特に高齢者自身が認識する自分と問題との関係性認識にも依存して，二重課題実行からの逸脱がどのように生じてくるのかが変化する可能性が示唆される. 同時に, こうした認知的加齢研究によって, 会話という課題自体がもつ認知的過程の二重性について新たな側面が示されたともいえよう.

一方, 高齢者と若年成人の相互作用場面において, 高齢者が社会的な力があるという社会的な力のバランスが発話の重なり現象が生じさせるという仮説（好井, 1991; 町田, 2007）については，話題の強制的変更など他の測度からも指摘されている（池永・原田，2018 ; 原だ・池永，2018）. こうした社会的な力の発現についても，今後，文化的比較や課題内容の変更をしながら，さらに検討をしていく必要があろう.

健康な高齢者の会話特性という，きわめて日常的かつ一般的な課題について, 様々な視点から, 再現可能性のある研究を進め，認知科学的検討を深めていくことが強く求められているといえよう.

参考文献

[1] 原田 悦子・運天 祐人 (2014). 異世代コミュニケーションがモノの創発的利用に及ぼす影響 日本認知心理学会第 13 回大会発表論文集, 21.

[2] 原田悦子・須藤智 (2011). 第 6 章注意・制御と高齢化原田悦子・篠原一光(編)注意と安全 北大路書房. Pp.130-165.

[3] Hasher, L., Stolzfus, E. R., & Zacks, R. T. (1991). Age and Inhibition. *Journal Experimental Psychology,* 17, 163-169.

[4] 林谷 啓美・本庄 美香 (2012). 高齢者と子どもの日常交流に関する現状とあり方，園田学園女子大学論文集，46, 69—87.

[5] 池永 将和・原田 悦子 (2017) 高齢者と若年成人間のコミュニケーション齟齬 ── 活動構築の方法との関係，日本認知心理学会第 15 回大会発表論文集，P3-09.

[6] Ikenaga,M, Tanaka,S., Koyama,A. & Harada, E.T. (2017) Effect of differential roles of younger- and older-adults in inter-generational communication. Presented at The 2017 Annual Conference of the Korean Society for Cognitive and Biological Psychology.

[7] 池永将和・原田悦子 (2018) 高齢者―若年成人間のコミュニケーション：コールセンター場面における高齢者対応事例, 日本認知科学会第 35 回大会発表論文集(掲載予定).

[8] 生駒 幸子 (1996). 日常会話における発話の重なりの機能，世界の日本語教育，6，185-199.

[9] 金森 由華 (2012). 高齢者と子どもの世代間交流 ――交流内容を中心に――， 愛知淑徳大学論集 福祉貢献学部篇, 2, 69-77.

[10] Kaplan, S. M., & Thang, L. L. (2002). Intergenerational Programs in Japan: Symbolic Extensions of Family Unity. In Kaplan, M. S., & Henkin, N. Z., Kusano, A. T. (Eds.), Linking lifetimes: a global view of intergenerational exchange. Lanham, MD: University Press of America.) (カプラン, M.・タング, L., L. 加藤澄 (訳) (2008) 日本における世代間交流プログラム：家族統合の象徴的拡大 カプラン, M., & ヘンケン, N. (編) 草野 篤子 (編・監修) グローバル化時代を生きる世代間交流 (pp. 219-243) 赤石書店)

[11] Kessler, E. M., & Staudinger, U. M. (2007). Intergenerational Potental: Effects of Social Interaction Between Older Adults and Adolescents. *Psychology and Aging*, 22, 690-704.

[12] Levinson, S, C. (1983). *Pragmatics.* Cambridge: Cambridge University Press.
(レヴィンソン, S. C. 安井 稔・奥田 夏子 (訳) (1990), 英語語用論 研究社出版)

[13] 町田 佳代子 (2007). 日常会話の中のパワーマネージメント，北海道東海大学紀要，20，35－49.

[14] Sacks, H., Scheglorf, E. A., & Jefferson G. (1974). A Simplest Systematics for the Organization of Turn-taking Conversation. *Language*, 50, 696－735.

[15] Tabuchi, M. & Miura, A (2018). Intergenerational interaction between old and young in creative task, Journal of Intergenerational Relationships, 16:3, 275-286.

[16] Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J., & Cerella, J. (2003). Aging and Dual-task Performance: A Meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 3, 443-460.

[17] 安賀 早紀・大蔵 雅夫 (2015). コールセンターにおける職場環境と感情労働が職業性ストレスに与える影響，徳島文理大学研究紀要, 89, 27－35.

[18] 吉田 薫・横山 奈緒枝・細川 つや子・下村 文子・田中 共子(2005). 大学生による高齢者との対人関係の困難に関する原因認知，岡山大学大学院文化科学研究科紀要第，19, 127-139.

[19] 好井 裕明 (1991). 男が女を遮るとき ── 日常会話の権力装置 ── 山田 富秋・好井 裕明 (編著) 排除と差別のエスノメソドロジー 「いまーここ」の権力作用を解読する (pp. 213-249) 新曜社

コミュニティの境界はいかにして構成・横断されるのか
—超小型衛星開発プロジェクトのエスノグラフィーを通した活動理論的考察—
How are Boundaries of Communities Constructed and Crossed?
- Consideration From the Perspective of Activity Theory Through an Ethnographic Study in a Project for Developing a Nanosatellite -

渡辺 謙仁，田邉 鉄
Takahito Watanabe, Tetsu Tanabe

北海道大学
Hokkaido University
t_watanabe@imc.hokudai.ac.jp

概要

本研究の目的は，コミュニティや活動の境界はいかにして構成され，また横断されるのかを，超小型衛星開発プロジェクトのエスノグラフィーを通して活動理論の枠組みから考察することである．本研究の結果，活動拠点という物理的空間に入るための鍵などの分かり易い存在だけでなく，身体の移動や，集合的活動が向かう対象の特質もまた，活動とその境界のあり方を媒介していたことが分かった．

キーワード：Nico-TECH:（ニコニコ技術部），activity theory（活動理論），contradiction（矛盾），wildfire activities（野火的活動），construction and crossing boundaries（境界の構成と横断），fieldwork（フィールドワーク）

1. はじめに

現代ほど人々のつながり方に変化が起き，注目が集まっている時代はないと考えられる．家族や地域のコミュニティの形骸化やつながりの希薄化が叫ばれる一方で，インターネットを介した新たなつながりも生まれている．人々は他者とつながることでコミュニティや集合的活動を形作る．人々のつながりが切れたり，変化したりするところは，コミュニティや活動の境界となる．また人々は，そうした境界を横断，つまり越境し，つながりを結び直そうともする．つまり人々のつながり方の問題とは，コミュニティや活動の境界の構成と横断の問題に他ならない．本稿の目的は，人々のつながりを形作るものは何か，換言すればコミュニティや活動の境界はいかにして構成され，また横断されるのかを，エスノグラフィーを通して活動理論の枠組みから考察することである．

ヴィゴツキー[1]に理論的源泉を持つ「活動理論」において，エンゲストロームら[2]以降，異質なコミュニティや活動の間をいかに越境し，コミュニティや活動の境界を越えた協働を生み出すかに関する議論が特に活発になってきた[3]．しかし「境界とは所与のものではない．言語的，技術的道具や規則や制度，暗黙的な前提や慣習や関心，資格，制度，その他扱う媒体，それらが複雑に絡み合って生じる社会的構成物である」[4]．越境を巡る問題を議論していく上では，そもそも境界とはいかにして構成されるのかを明らかにすべきであろう．

一方，この十年弱の活動理論を巡る研究動向を見渡すと，制度的組織を持たず分散的かつ流動的に人々がつながる，境界が曖昧な「野火的活動」[5], [6]に注目が集まっている．本稿で研究対象にするのは，ニコニコ技術部から立ち上がった超小型衛星開発プロジェクトである．ニコニコ技術部とは，主にニコニコ動画に媒介されて野火的なものづくり活動を行う人々のコミュニティのことである．そのようなコミュニティの中から「はちゅねミク」（ボーカロイド[1]「初音ミク」の派生キャラクター）を乗せて宇宙空間でネギを振らせるというパフォーマンスをさせる超小型衛星を共同開発する「ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT」（Social Media Satellite Development Project．以下，SOMESAT）が 2009 年に立ち上がった．SOMESAT はその後，解散することなく現在まで続いている．

SOMESAT は超小型衛星を開発し，宇宙空間へ打ち上げ運用することを目的とする協働的なものづくり「プロジェクト」であり，本稿執筆時現在，任意団体や一般社団法人といった制度的な組織や活動拠点を持ちながらも，ニコニコ技術部の野火的なものづくり活動の歴史性に埋め込まれている．具体的には，時期による程度の差こそあるものの，「プロジェクトには原則的に誰でも参加でき，メンバーは流動的かつメンバー／非メンバーの境界は曖昧」「衛星の実物大模型やプロジェ

[1] ユーザーがメロディと歌詞を入力すると，内蔵音声による歌を作成できるソフトウェア，およびその擬人化キャラクター．初音ミクが有名だが，その他にもソフトウェア（キャラクター）は多数存在する．

クトのプロモーションビデオといった有形無形の人工物が自発的に多数作られている」「メンバーはSOMESAT内外の人々のつながりを動員して，衛星開発にとどまらず小型ロケットの打ち上げや模擬衛星の競技大会への参加などの航空宇宙関連の幅広い活動を自発的に行っている」といった特徴を持つ.

このような，プロジェクトでありながら野火的な側面も有するというユニークな特徴を持つ SOMESAT でフィールドワークを行うことで，活動に参加する人々がいかに境界を構成し，また横断しているかに関する興味深い知見が得られると考えられる. また, 超小型衛星という具体的な人工物を協働的につくる活動に着目することで, 相互行為の意味や, 活動の目的とある時点での状況との位置・方向関係等が見えやすくなり，人々が境界を構成したり横断したりする意味の理解可能性が高まると期待される[2].

本稿では，活動理論の分析枠組みのエッセンスである五原理を踏まえつつ，SOMESAT に参加する人々が境界を構成し横断する実践についてフィールドワークを通じて詳細に記述し, いかにして境界が構成され, また横断されるかを考察する. 以下, 2 章では活動理論の五原理と境界に関して解説する. 3 章ではフィールドの概要をまとめる．4 章ではデータ収集の方法を説明する．5 章では本研究の結果と考察を述べる．6 章では結語を述べる.

2. 活動理論の五原理と境界

本章では，活動理論の五原理（2.1），活動理論における境界（2.2）の 2 つの節に分けて，活動理論の五原理と境界に関し，特に本稿の分析に用いる理論的観点について解説する.

2.1 活動理論の五原理

活動理論は「文化歴史的活動理論」とも呼ばれる，人々の認知や行為はコミュニティ固有の文化や歴史に埋め込まれているとする，ヴィゴツキー[1]に源泉を持つ理論である. 活動理論の主な論者には，レオンチェフ[7]やエンゲストローム[6], [8]がいる．活動理論は人々の集合的活動（活動システム）を分析単位とし，その分析枠組みのエッセンスは五原理（1.対象志向，2.ツールと記号による媒介，3.行為と活動の相互の構成，4.変化の源としての矛盾と逸脱，5.歴史性）に示される[6]．ここでは紙幅の都合上, 活動理論の五原理のうち, 本稿における分析に特に関係する「対象志向」（2.1.1），「ツールと記号による媒介」と「変化の源としての矛盾と逸脱」（2.1.2）について解説する.

2.1.1 「対象志向」

活動理論で分析単位とする活動は，活動を引き起こす何らかの「対象」（object）を志向したものであり，対象なき活動などありえない．活動が対象を持たないように見えることもあるが，活動を活動理論で分析する場合には，活動の対象を明らかにしなければならない[7]．活動の対象とはつまり，活動の有効な「動機」のことである[7]．また動機は，自覚され意識化されると「目的」に転化する[7]．一般的に対象＝動機は捉えどころのないこともあるが，目的は明確に意識化され，達成されたかどうかや, ある時点での状況との位置・方向関係等が評価し得るものである.

2.1.2 「ツールと記号による媒介」と「変化の源としての矛盾と逸脱」

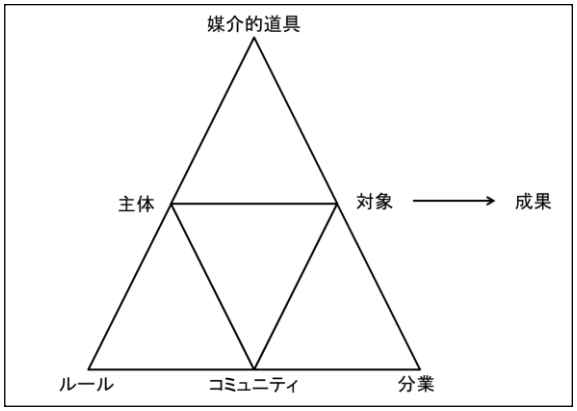


図 1 活動システムの媒介的構造
(エンゲストローム[6]の図 2-1 を改変)

「ツールと記号による媒介」と「変化の源としての矛盾と逸脱」は関連性が強いため，同時に説明する．人々の集合的活動は，そのシステム内部で観念的および物質的なツールと記号（媒介的道具），ルール，分業とい

[2] この考えは，テレビ番組という具体的なものをつくる「セサミストリート」の制作現場に，多分野の人々が真剣に協働するワークショップの源流を見て取ったという，日本認知科学会の教育環境のデザイン分科会での上田の発言[26]から着想を得ている.

った構成要素に多元的に媒介されており（図 1），また外部の異質な活動システムと相互に作用し合っているが故に，様々な異なる視点や「声」を含み，障害や逸脱が起きる可能性を孕んでいる．一見個別的で突発的な障害や逸脱も，活動システムの歴史に埋め込まれた矛盾の現れである．矛盾は，障害や逸脱の要因を理解するのに役立つだけでなく，活動システムの変化と発達の源でもある[6].

2.2 活動理論における境界

「境界」とは，香川と青山[9]によれば，異なる活動や文脈，集団やコミュニティの間で生じる乖離やギャップのことである．本稿でも，この意味で「境界」という語を用いる．香川と青山[9]は境界について，次のように言う．

人間社会においてさまざまな境界問題が生じている．たとえば，ユーザーが求めるものとデザイナーがつくるものとのズレ，部署や職能部門間のすれ違い，派閥間の闘争，領土や国境をめぐる争い等，さまざまな種類の境界問題があちこちで発生している．悩ましいのは，私たちは自集団に独自の文化を培ったり，集団内の結束を高めたりする必要がある一方で，気づけばそれが他集団との境界を顕在的，潜在的に強化してしまうという矛盾を抱えてしまっている点である．また，集団間で設けたコミュニケーションの機会が，逆にますます境界を強めていく場合さえあるのも，境界問題をいっそう難問にする[9].

香川と青山[9]は境界が持つ矛盾ないしダブルバインドを的確に言い表していると言えよう．活動理論における境界への関心は，その理論的源泉であるヴィゴツキー[1]に遡る[10]．ここでは紙幅の都合上，特に本稿の分析に関係する観点に限り，活動理論において境界がどのように捉えられてきたかを解説する．以下，境界変容（boundary transformation）（2.2.1）と境界の非所与性（2.2.2）に分けて解説する．

2.2.1 境界変容

境界横断や越境と言う時，異質な活動や文脈の間にあった境界が解消されていくものとしてイメージされやすいが，越境とはむしろ，香川[10]が言うように「従来の境界のあり方が変わり再構成される過程」である．ここでは香川[10]に倣い，「境界変容」という見方を解説する．例えば，互いに異質な活動がある時，それらの活動間の越境を意図して新たな活動 A が作られたとする．この時，異質な活動間の境界は解消されたようにも見える．しかし，新たに始まった活動 A に参加するメンバーと参加しないメンバーとの間に，新たな境界が構成されたとも言えるのである．

香川[10]はまた，境界変容という視点は「当人がどういうアイデンティティないしポジションに立つかで，境界の見え方が変化することも意味する」ことを指摘している．このことは，本稿のように研究者がフィールドにおいて「参与観察」を行う場合は重要な問題になる．研究者はフィールドに「参与」することにおいてはフィールドの境界内の一員であるが，一方でフィールドを「観察」することにおいてはフィールドを対象化しているので，ある意味ではフィールドの境界外の存在である．また，研究者はフィールドの人々とラポール（親和的・共感的関係）を築けないと感じる場合もある．この場合は，研究者はフィールドの境界内に入れていないと言えるだろう．フィールドの境界内に入れないことによって，境界がより可視化され，その詳細な観察が可能になり，境界がいかにして構成され，コミュニティや活動にどのような影響を及ぼすかといった考察を深められるとも言える．加えて，研究者がフィールドの境界内に入れていると感じていても，研究者には不可視な，フィールドの一部の人々しかその内側に入れない境界があるかも知れない．さらには，フィールドの人々が研究を妨害せず協力もするが，歓迎はしないといったような，自身が境界の内側に入れているのか研究者には見えにくい場合もあるだろう．

研究上，フィールドの人々とラポールを築くのが常に良いことだと素朴に考えたり，ラポールを築かなければならないと強迫観念的に考えたりするのは適切ではないだろう．参与観察を行う研究者は，時と場合に応じてどのような立場でフィールドと向き合うかによって，フィールド内外等の境界を揺れ動いており，フィールドとその境界の見え方や記述が様々に変化すると考えられる．ある活動をフィールドとして構成して参与観察を行う研究者はこのことを自覚し，内省することが必要になる．

2.2.2 境界の非所与性

活動理論においてはエンゲストロームら[2]以降，境

界は活動を阻害する，乗り越えるべきものとして捉えられ，異質な活動や文脈の間をいかに越境するかが議論されてきた．そして，実際のフィールドにおける検討を通じ，しばしば越境は困難であることも指摘されてきた．だがそもそも，境界は所与のものではない．人々は世界を理解し改変することができるようにするために境界を構成する．境界とは，人や様々な人工物のつながりから成る本来継ぎ目の曖昧で複雑な関係的世界を，言語や身体などを媒介し，複数の異なる集まりとしてまとめ，それらを時空間の異なる位置に配置することで構成されるものである[10]．岡部[11]の言葉を借りれば，「境界をデザイン」していると言えるだろう．境界が所与のものだと思えるほどに実体的に構成されることで初めて，人々は複雑な関係的世界を理解可能になり，働きかけたり改変したりすることができるようになるのである[3]．だが，越境を巡る問題を議論したり，越境を実現しようとしたりするなら，境界が所与のものではないことを思い起こし，そもそも境界とはどのように構成されるのかを明らかにすべきである．

なおここで，境界は，必要とされて構成される一方で活動を阻害する場合もあること，そうした境界を乗り越えるために設けられた場の存在がかえって境界を強化することなどの重層的な「矛盾」を抱えており，またそうした矛盾や活動間の差異は変化の原動力でもあること[12]を指摘しておきたい．

3. フィールドの概要

本章では，フィールドである SOMESAT の特徴を記述する．活動理論では活動の歴史性に着目するため，歴史的経緯を踏まえておくことは重要なことであるが，紙幅の都合上，SOMESAT が生まれた社会技術的背景と歴史的経緯については渡辺と田邉[13]に譲り，ここでは割愛する．

SOMESAT（図 2）は，キューブサットに「はちゅねミク」を乗せて宇宙でネギを振らせるとともに，そのことに対する社会の反応を調べるプロジェクトである[14]．ソーシャルメディアにおいては，異なるカテゴリのクリエイターたちの相互作用によってコンテンツが生成されることがある[15]．SOMESAT はニコニコ技術部を起源とし，原則的に誰でも参加できるし，SOMESAT で使っている BBS（掲示板）やチャットのログ，進捗報告書類といった関連資料の多くはインターネットで誰でも閲覧できる．SOMESAT のプロジェクトは異なるカテゴリの技術者や事務担当者たちの相互作用，つまりソーシャルメディア的な手法によって進められている．また，衛星打上げ後は，ミクが宇宙でネギを振っている映像をソーシャルメディアに流すなど，ソーシャルメディアと連動した実践を行っていくことが考えられている．SOMESAT とは，ソーシャルメディアによる，ソーシャルメディアとしての衛星開発プロジェクトである．



図 2 SOMESAT ロゴ[14]

SOMESAT では 2018 年 4 月まで毎週末，ニコニコ技術部員の一人が部員同士の交流のために立ち上げた IRC（Internet Relay Chat）というテキストチャットのチャンネルを用いて，プロジェクト遂行のためのオンラインミーティングや雑談を行っていた．2018 年 4 月からは，ログが IRC よりも確実に残るという理由から，オンラインミーティングや雑談の場として，Slack というメッセージアプリを用いている．

また，関西に住むメンバーが大阪日本橋の電気街にある活動拠点「SOMESAT 大阪ラボ 305」で開発作業やオフラインミーティングを行ったり，NT 京都などのものづくりの展示会に出展したり，能代宇宙イベントなどのモデルロケットや模擬衛星の競技大会に参加したりもしている．活動拠点に加えて，任意団体や一般社団法人といった制度的な組織も持ちながらも，IRC への出入りはパスワードや招待なども不要で，誰でも自由に行えるようになっていた．IRC には 2009 年のプロジェクト発足当初からずっといたメンバーもいるが，メンバーは流動的で入れ替わってきた．IRC ではメンバー／非メンバーの境界は曖昧であったが，Slack に参加するためには招待が必要なため，メンバーはより固定的で，その境界は明確である．

SOMESAT では各メンバーが進捗報告等を行うために BBS も使っている．2009 年 8 月から 2010 年 11 月までは Google グループの BBS を，2011 年 2 月から

[3] しばしば越境が困難である理由の一つはここにある．

現在まではレンタルサーバーに設置した BBS（以下，現行 BBS）を使っている．なお，メンバーの 1 人が自作したメンバー専用 SNS の BBS を使っていた時もあった．現行 BBS は，見るだけならパスワード等は不要で誰でも閲覧できるが，書き込むにはパスワードが必要である．新たに SOMESAT に参加したメンバーが現行 BBS に書き込もうとする場合は，既存のメンバーにパスワードを教えてもらうことになる．

メンバーの性別，年齢，職業については，2011 年 2 月に，18 人に対する対面での質問紙調査を行っているので[16]，その時の調査結果を簡単にまとめておく．性別は全員男性であった．年齢については，平均は 27 歳だが，10 代から 50 代まで広く分布していた．職業については，半数が会社員であったが，公務員や学生もいた．前述の通り，メンバーは流動的で入れ替わってきたので，本稿執筆時においては，質問紙調査時から性別，年齢，職業の分布が変わっていると考える方が自然である．なお，質問紙調査の結果では，メンバーの性別は全員男性であったが，メンバーに女性がいたこともあったようである．実際，自分は女性であると IRC で自己紹介するメンバーがいた．だが，女性に成りすました男性メンバーである可能性もある．いずれにせよ，SOMESAT で使っていた／る IRC や BBS は，性別や年齢といった「リアル」の属性を見えにくくするツールである．「男女」間や「世代」間の境界を見えにくくし，またそのことでリアルとの境界を可視化するツールであるとも言える．一方，Slack もそれ自体はリアルの属性を可視化しないツールだが，現状招待されているのは，管理者がオフラインで会ったことがあり，性別や（だいたいの）年齢，職業といった属性が明らかなメンバーがほとんどである．

4. データ収集の方法

SOMESAT をフィールドとした理由は，第一には，プロジェクトでありながら野火的な側面も有するというユニークな特徴を持つ SOMESAT でフィールドワークを行うことで，活動に参加する人々がいかに境界を構成し，また横断しているかに関する興味深い知見が得られると考えられるからである．また，SOMESAT には原則的に誰でも参加でき，関連資料の多くは誰でもオンラインで閲覧できるという，フィールドへのアクセスの容易性も，SOMESAT をフィールドとして選択した大きな理由である．

SOMESAT に参加する人々が境界を構成し横断する実践についてフィールドワークを通じて詳細に記述し，境界の構成と横断の要因を考察するという本稿の目的を達成するためには，実際のフィールドで調査を行うことが必要になる．そこで本研究では，フィールドでの参与観察，インフォーマル・インタビュー，半構造化インタビュー，関連資料の収集などを組み合わせるフィールドワークを行った．フィールドワークの方法に関しては，フリック[17]や小田[18]，藤田と北村[19]を参考にした．

SOMESAT では，活動拠点などでオフラインで会って話し合ったり，NT 京都などの自分で作ったものを持ち寄って交流する祭典に参加したりすることもあるが，定期的に BBS や IRC 等を用いて衛星開発やプロジェクト進行に関する話し合いを行っている．そこで本研究では，研究者の身体をフィールドに投じる従来型のフィールドワークも用いるが，オンラインで関連資料の収集や参与観察，インタビューなどを行う「オンライン・エスノグラフィー」を主な方法として用いる．なお，オンラインのインタビューには，Skype の音声チャットや電子メール，現行 BBS や IRC 等を用いた．本稿の発表前には，真実性などが確保されているかどうか，SOMESAT のメンバーに確認を求めた．

第一著者が SOMESAT でフィールドワークを行ったのは 2010 年 9 月から本稿執筆時までであるが，それ以前の IRC や BBS の過去ログもデータとして用いる．なお，SOMESAT で使っている IRC はログインしなくても誰でも過去ログを閲覧することが可能なので，あるメンバーがしばらくログインしていないからといって，そのメンバーが SOMESAT に全く関心がなくなったとは判断できない．第一著者が IRC でニックネームを確認したメンバーは 60 人ほどであるが，オフラインで会ったことがあるのは 25 人ほどである．また，Slack に参加しているメンバーは本稿執筆時，第一著者を含めて 10 人である．

5. 結果と考察

本章では，活動理論における五原理と境界といった理論的観点を踏まえつつ，SOMESAT という活動を巡る境界がどのように構成されたり横断されたりしたのかを明らかにするために，その要因として考えられることを提示し，考察を加える．以下，活動拠点という境界（5.1），「限定客観的」な対象を生み出すニコニコ動

画というツール (5.2), 限定客観的な対象が可能にする「消極的」な協働生産 (5.3), 対象を具体化する実践 (5.4) について事例も示しながら記述し，検討していく．

5.1 活動拠点という境界[4]

ここでは境界構成の例として，SOMESAT の活動拠点が確保されたことを示す．2015 年 9 月，関西に住む SOMESAT のメンバーが大阪日本橋の電気街にある雑居ビルの一室を賃貸契約し, 活動拠点を確保した．ここは，大阪の雑居ビルの 305 号室にある SOMESAT の研究室ということで,「SOMESAT 大阪ラボ 305」と呼ばれている．本稿執筆時, ここでは開発作業やオフラインミーティング等が行われている．活動拠点は有形で物質的, そして場所的な境界である．活動拠点に入るための有形の「カギ」や場所性に媒介され，カギを持つ者と持たぬ者，活動拠点に近いところに住んでおり頻繁に行ける者と行けない者，などの間に境界が作り出される．

活動拠点に頻繁に行ける者同士でコミュニティが形成され，行ける者の実践にはコミュニティから正統性が与えられる．こうしてコミュニティへの「正統的周辺参加」[20]も可能になり，定義的に純粋な野火的活動とは異なる実践が可能になる．そうした実践は，SOMESAT がプロジェクトとして最低限のまとまりを保ち, 集合的な目的を達成する上で, 必要なものかもしれない．

アンダーソン[21]がナショナリズムの起源の一つとして，クレオール[5]たちによる植民地内の首都などへの移動が国民意識と国民国家を形成していったことを挙げているように，SOMESAT においても活動拠点への身体の移動が，オンラインの野火的活動から始まった「想像の共同体」とその境界の実体化に寄与したと言えるだろう．

SOMESAT 大阪ラボ 305 は，ニコニコ技術部員が管理しているシェア工房と同じ雑居ビルに入居している．2015 年 3 月 21 日に第一著者が訪問した際には，シェア工房には 3D プリンタ等の工作機械が置かれ, ニコニコ技術部らしい簡単な電子工作等が行われていた．このシェア工房は管理人の許可を得た者なら自由に使え，著者が訪問する少し前から，関西在住の SOMESAT メンバーがシェア工房に集まり，オフラインミーティング等を行っていたそうである．関西の SOMESAT メンバーがシェア工房に集まっているうちに，衛星開発に使ったり，法的な契約の際に住所として使用したりする SOMESAT 専用の場所が欲しいという集合的な動機が形成され，シェア工房と同じ雑居ビルに SOMESAT 大阪ラボ 305 が作られた．SOMESAT の活動では, 活動拠点の確保という物質的・場所的な境界の構成という実践さえも，ニコニコ技術部の野火的なものづくり活動の歴史性に埋め込まれていると言えるだろう．

5.2 「限定客観的」な対象を生み出すニコニコ動画というツール

限定客観性（Bounded Objectivity）とは，ハーバート・A・サイモンの「限定合理性」(Bounded Rationality) をもじって情報環境研究者の濱野[22]がつくった造語である．濱野によれば，ウィキペディアや Linux 等のオープンソースソフトウェアのように明確な改良基準がないにも拘わらず，ニコニコ動画上でユーザーのコラボレーションによって初音ミク等のコンテンツの N 次創作が生じたのは，動画の上にユーザーのコメントが重畳表示され，ユーザーの主観的な感情が疑似同期的に共有されることによって，ニコニコ動画のコミュニティの内側に「限定」されるとはいえ，コンテンツの評価基準が「客観的」と言えるほどに共有されたからである．ニコニコ動画というツールに媒介されて, 限定客観的な活動の対象が生み出されたと言えるだろう．

ニコニコ動画ユーザーではない人々の中には，初音ミクには全く興味がないどころか，むしろ嫌いであるという人々もいる[6]．このような，濱野が限定客観性という言葉で示した，ある社会集団や文化の内側にのみ限定的に客観的な価値が生じ，他の集団のメンバーには全くその価値が理解されないという事態は，ニコニコ動画のコミュニティに限らず, 民族や宗教, 国家といったあらゆる社会集団（間）や文化（間）に普遍的な事態である[22]. 特定の社会集団や文化の内側でのみ生活しがちな我々には，こうした事態は見えづらくなりがちである．ニコニコ動画のコミュニティという, 特異に

[4] 5.1 節の内容は，渡辺と田邉[13]の一部を加筆・修正したものである．

[5] ヨーロッパ系の出自を持つが，ヨーロッパ以外の地域で生まれた者[21].

[6] 勿論，ニコニコ動画ユーザーの中にも，初音ミクが嫌いという人々もいるだろう．よって，初音ミクというコンテンツの価値や評価基準の客観性は，ニコニコ動画のコミュニティの中でも一部においてのみ限定的に成立すると言えるだろう．

も見える集団を取り上げることによって，こうした事態が見えやすくなる．ここにも，SOMESAT のようなコミュニティをフィールドとする意義が認められる．

5.3 限定客観的な対象が可能にする「消極的」な協働生産

SOMESAT が対象とする「はちゅねミクのネギ振り」も，ニコニコ動画のコミュニティの内側の一部に限定されるとはいえ，ニコニコ動画というツールに媒介されてその価値や評価基準が客観的と言えるほどに共有された対象である．本稿執筆時において，ニコニコ動画で「はちゅねミク」というタグが付けられた動画は 1,792 件に上り，数多くの人々が，はちゅねミクを表象する人工物を作ってきたことが分かる．その中には一度も SOMESAT の IRC で他のメンバーに挨拶したことがない者が作った SOMESAT の PV や実物大模型もある．評価基準が客観的と言えるほどに明瞭に共有された対象だからこそ，濱崎[23]がニコニコ動画における初音ミク関連のコンテンツを題材にして分析しているような，他者との積極的な調整を経ない，つまりは直接の知り合い同士のつながりに限定されない，不特定多数の人々の消極的な協働による生産が可能になったと言えるだろう．知り合い同士だけを明瞭に囲い込む形ではない，不明瞭で開かれた境界が構成されたとも言える．SOMESAT の発案者の一人である技術者の超電磁 P[24]も，下記の事例において，「「ミクが宇宙に飛ぶ」なら，単純明快」と言っている．

［事例］

超電磁 P： 技術者は専門的で難しいことを語りたがるので，技術者でない人には話を理解してもらいにくい．一方，「ミクが宇宙に飛ぶ」なら，単純明快であり，人気が定着しているキャラクターなので，多くの人に共感してもらいやすい．加えて，ミクは二次創作が自由に出来，権利関係の問題も少ないという利点もある．人工衛星の開発には総合的なシステム設計が必要になるので，普段の仕事では経験できないような分野の技術も経験でき，技術者として面白い．ニコニコ技術部はものづくりが好きな人が集まっているだけで組織としての実体がないので，工程やリスクの管理，人材や資金の確保などのマネジメントの問題がある．一方で，インターネットの利点である，情報や物がすぐに手に入る，色々な技術や技能を持った人とつながるといった点を活かせば，プロジェクトは現実的に遂行可能である．

HAXA 構想[24]の概要[25]

一方で，「はちゅねミク」は限定客観的な対象ゆえ，その客観性が成立するコミュニティとそうでないコミュニティとの間に明瞭な境界を構成する．上述したような不明瞭な境界と，今述べたような明瞭な境界が同時に構成されたと言える．ここでも，境界は矛盾を内包した存在であることが確認される．

5.4 対象を具体化する実践

SOMESAT の発案者の一人である超電磁 P は，後に SOMESAT へと発展した構想の一つである HAXA（はちゅね宇宙航空研究開発機構）の意義等について，上記の事例のように語っている．また 2010 年 1 月には，超電磁 P が「線表」と呼ばれるプロジェクトの将来計画を表すツールを IRC で示したことをきっかけに，「プロジェクトの遂行に十分な費用を掛け，衛星のミッション（宇宙ネギ振り）の成功確率を上げたい」，「逆になるべく費用を下げて，多くの人が衛星開発にチャレンジしたくなるようなインパクトを与えたい」といったような，衛星の設計思想やプロジェクトのあり方を巡る議論が起こる．SOMESAT はニコニコ技術部の中から出火した小さな野火がつながり大きな山火事になるかの如く形成されたが故に，個々人の動機＝対象には潜在的な大きな差異があったが，その差異が「線表」という対象へ向かう活動の将来計画を表すツールの提示をきっかけにして可視化されたということだろう．

そして，SOMESAT メンバー達は，「そもそもなぜ，自分はこのプロジェクトをやりたいのか」を Google グループの BBS に書き，メンバーが自己と他者の SOMESAT への参加動機を知ることから始めることになる[7]．その後，SOMESAT メンバー達は IRC での議論を通じ，互いの動機が重なるところも見出している．BBS への書き込みや IRC での議論から自己と他者の SOMESAT への参加動機の差異と重なるところを可視化しようとすることで，集合的活動の対象がより具体的に捉え直されたと言えるだろう．このような実践を通して，集合的活動の対象＝動機を自己の動機と関連付けて活動に参加できる者とできない者の間に，境界が構成されると考えられる．実際，SOMESAT においても，上記の出来事の後しばらくしてから SOMESAT

[7] BBS への書き込みの具体例の本稿への掲載は差し控える．

から離脱するメンバーがいた.

集合的活動の対象を具体化する実践は，活動に参加する個人間の活動への参加動機の潜在的な差異を可視化し，個人間に境界を構成してしまうだけにも思われるが，そうではない．確かに，集合的活動の動機は個々人の動機が集合することによって形成されることから，様々な差異や矛盾を孕んでいる．SOMESAT のような野火的に形成された活動においては尚更だと考えられる．しかし，そのような差異や矛盾は活動の変化と発達の源でもある[6]ことから，差異や矛盾を可視化することは活動の変化と発達につながることでもあるのである．

6. 結語

本研究の結果，新たな文化的実践とそれを担うコミュニティが集合的・自発的に生み出され，活動が拡がっていく様子を，活動の初期からフィールドにおいて直に参与観察することができた．そこではさまざまな境界が新たに構成され，また横断されると言ったように，常に境界が変容していた．境界の変容を媒介する人工物として，先ずは活動拠点という物理的空間に入るための鍵などの分かり易い存在が挙げられる．だがそれだけでなく，身体の移動や，集合的活動が向かう対象の特質もまた，活動とその境界のあり方に関わっていた．

今後は，コミュニティのメンバーの具体的な語りなども示しながら，境界が構成され，また横断される様をより説得的に描いていきたい．

謝辞

本研究にご協力くださいました SOMESAT の皆様に深くお礼申し上げます．

文献

[1] ヴィゴツキー L. S., (2001) 思考と言語.
[2] Engestrom Y., Engestrom R., and Karkkainen M., (1995)“Polycontextuality and boundary crossing in expert cognition: Learning and problem solving in complex work activities,” Learn. Instr., Vol. 5, No. 4, pp. 319-336.
[3] 青山征彦, (2015) “越境と活動理論のことはじめ,” 越境する対話と学び：異質な人・組織・コミュニティをつなぐ, 香川秀太・青山征彦, Eds. pp. 19-33.
[4] 香川秀太, (2015) “「越境的な対話と学び」とは何か―プロセス、実践方法、理論,” 越境する対話と学び: 異質な人・組織・コミュニティをつなぐ, 香川秀太 and 青山征彦, Eds. pp. 35-64.
[5] Engestrom Y., (2009)“Wildfire activities: New Patterns of Mobility and Learning,” Int. J. Mob. Blended Learn., Vol. 1, No. 2, pp. 1-18.
[6] エンゲストローム Y., (2013) ノットワークする活動理論: チームから結び目へ.
[7] レオンチェフ A. N., (1980) 活動と意識と人格.
[8] エンゲストローム Y., (1999) 拡張による学習: 活動理論からのアプローチ.
[9] 香川秀太・青山征彦, (2015) “異質なコミュニティをまたぐ，つなぐ,” 越境する対話と学び: 異質な人・組織・コミュニティをつなぐ, 香川秀太・青山征彦, Eds. pp. 1-15.
[10] 香川秀太, (2011) “状況論の拡大 : 状況的学習，文脈横断，そして共同体間の「境界」を問う議論へ,” 認知科学, Vol. 18, No. 4, pp. 604-623.
[11] 岡部大介, (2015) “境界のデザイン: ソーシャル・ファブリケーションの現場から,” 質的心理学フォーラム, Vol. 7, pp. 5-13.
[12] 岡部大介・中塚朋子, (2015) “企画趣旨(境界のデザイン),” 質的心理学フォーラム, Vol. 7, p. 4.
[13] 渡辺謙仁・田邉鉄, (2016) “野火的な「プロジェクト」と学び : メディアとしての超小型衛星開発プロジェクトにおけるフィールドワークを通して,” 認知科学, Vol. 23, No. 3, pp. 255-269.
[14] SOMESAT, “ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT,” ニコニコ技術部まとめ wiki. [Online]. Available: http://wiki.nicotech.jp/nico_tech/index.php?ソーシャル・メディア衛星開発プロジェクト%20SOMESAT
[15] 濱崎雅弘・武田英明・西村拓一, (2010) “動画共有サイトにおける大規模な協調的創造活動の創発のネットワーク分析 ニコニコ動画における初音ミク動画コミュニティを対象として,” 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 157-167.
[16] 渡辺謙仁, (2011) “ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT の質問紙調査,” 日本天文学会 2011 年秋季年会発表ポスター.
[17] フリック U., (2011) 質的研究入門: 「人間の科学」のための方法論.
[18] 小田博志, (2010) エスノグラフィー入門: 「現場」を質的研究する.
[19] 藤田結子・北村文, (2010) 現代エスノグラフィー: 新しいフィールドワークの理論と実践.
[20] レイヴ J. and ウェンガー E., (1993) 状況に埋め込まれた学習: 正統的周辺参加.
[21] アンダーソン B., (1997) 増補 想像の共同体: ナショナリズムの起源と流行.
[22] 濱野智史, (2008) アーキテクチャの生態系: 情報環境はいかに設計されてきたか.
[23] 濱崎雅弘, (2016) “共創の輪は「自分勝手」で広がる 複数人でのコラボレーション,” 消極性デザイン宣言 ―消極的な人よ、声を上げよ。……いや、上げなくてよい。, Kindle 版.
[24] 超電磁 P, (2009) “【NT 京都】HAXA へのお誘い,” ニコニコ動画, [Online]. Available: http://www.nicovideo.jp/watch/sm6516836
[25] 渡辺謙仁, (2015) “初音ミクと宇宙開発の草の根な関係：「ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT」に着目して,” 草の根文化の時代, Vol. 2, pp. 33-53.
[26] 青山征彦・岡部大介, (2013) 日本認知科学会 教育環境のデザイン分科会 活動記録「ワークショップにおける学習」.

ラバーハンドイリュージョンに対する単純触刺激のプライミング効果
Priming Effect of Tactile Stimulation on Rubber Hand Illusion

上田 拓弥, 工藤 卓
Takuya Ueda, Suguru N. Kudoh
関西学院大学, 大学院,
School Sci. and Tec, Kwansei Gakuin University
dxn86389@kwansei.ac.jp

概要

身体的感覚を外界の物体へと寄託させるラバーハンドイリュージョンと呼ばれる現象は機械の遠隔操作への応用など近年注目されている．本研究では視覚と触覚の同時刺激による身体的感覚の延長を試み，内観報告書と脳波，筋電計測からその強度を評価した．これまでの実験から，RHI の誘導試行回数と RHI の強度に相関性がみられ，繰り返し誘導することでその効果が積算される RHI の積算性が示唆された．そこで，本研究では，RHI 誘導効果の積算性を確認し，積算効果によってより長い延長ラバーハンドにおいても RHI が発現することを明らかにした．RHI 誘導前に，自身の手のみに触刺激を与えた場合，通常の RHI に比べて RHI の発現が優位に増加する, RHI における事前刺激によるプライミング効果を発見した．

キーワード : ラバーハンドイリュージョン, 脳波, プライミング効果

1. はじめに

近年 IoT 技術の発展に伴い，人とシステムの相互作用を対象としたヒューマンマシン・インターフェースの研究に焦点が当たっている．医療の分野では VR 技術を応用した手術シミュレーションが注目されており，最近では脳卒中患者のリハビリも VR 技術を用いて行われる例もある．一方，没入型 VR を用いて身体的感覚を延長させる研究も試みられている[1]．身体感覚の延長は自己の身体感覚が自己以外のものに投影されて生じると考えられる．この投影はインターフェースや医学的治療に有用である．特に身体的感覚が外界の物体へ寄託されるというラバーハンドイリュージョン（Rubber hand illusion, RHI）[2]は機械の遠隔操作への応用や幻肢痛の軽減[3]などの応用が報告されている（図 1）．没入型 VR を用いた研究では, 自身の腕の長さの４倍もの長さがあるラバーハンドも自身の手と感じる現象が報告されている[4]. しかし，複数の感覚刺激の同期による RHI の発現

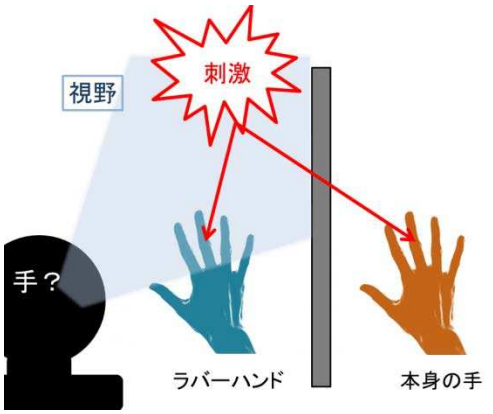


図 1 ラバーハンドイリュージョンの概要.

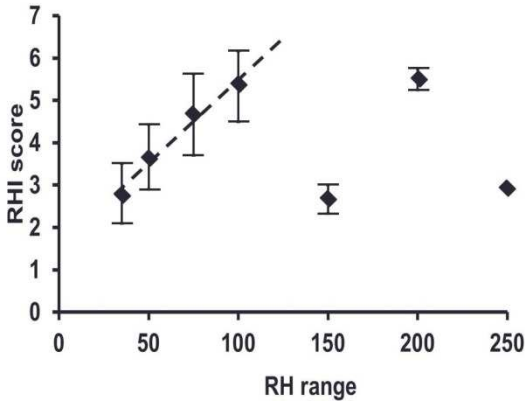


図 2RHI スコアと RH 距離の相関.

によって身体的感覚を大きく延長させることについての報告はなく，脳活動との関係性も明らかではない．RHI においては，ラバーハンドの向きや見た目によって RHI の強度が変化するなど[5,6]，視覚刺激が自身の身体感覚が及ぶ距離を変化させることにとって重要な要素であると考えられる．これまでの研究から，アーム部を段階的に延長した場合，胸からラバーハンド先端までの距離（RH 距離）と RHI 強度が相関する傾向があった（図 2）．しかしながら，この実験誘導では段階的に腕を延長したためにRHIの誘導を繰り返し行ったことになり，RHI 誘導効果の積算によって RHI スコアが増加したのか，長いアームをもつ RH の方がRHI誘導効果が強いのか判断できなかった．そこで本研究では RHI 誘導を繰り返し行い，RHI 誘導に積算効果が認められるか確認した．

本来 RHI の評価には，内観報告書に加えて寄託後の位置を指し示すポイントタスクを行う場合が多く，これらは実験参加者の主観的な判断をとらえるのに適している[7]．他方で，RHI の発現を客観的に見積もる指標として，EEG の相関があげられる．国際式 10-20 法による電極配置で，頭頂付近の



図 3 装着時の延長ラバーハンド.

C3-C4 で計測される脳波の相関が RHI の発現中に同期することが報告されている[8]．本研究ではRHI の強度をRHI に伴う身体感覚の延長を，脳波特徴を指標として定量し，身体感覚延長のための最適条件を探究した．

2. 実験手法

2.1 実験装置

RHI 誘導時，視覚効果による身体的感覚を延長するために延長ラバーハンドを作成した．延長ラバーハンドはアーム部を布で筒状とし，アーム部の先にラバーハンドを取り付けたもので，布を伸ばすことで特定の位置まで延長可能である（図 3）．また，本身から離れた位置にある延長ラバーハンドと実際の手の両方に同時に刺激を与えるために，MindstormNXT を用いて接触刺激装置を作成した．刺激周期は一定とし，0.5 Hz とした．RHI 発現強度の評価には，Cohen らが報告しているものを参考に作成した内観報告書を用い[2]，視覚的アナログ尺度による主観評価の RHI 強度を求めた．RHI 発現中，頭頂部の EEG γ帯域において電極間の同期性が強くなることから[9]，

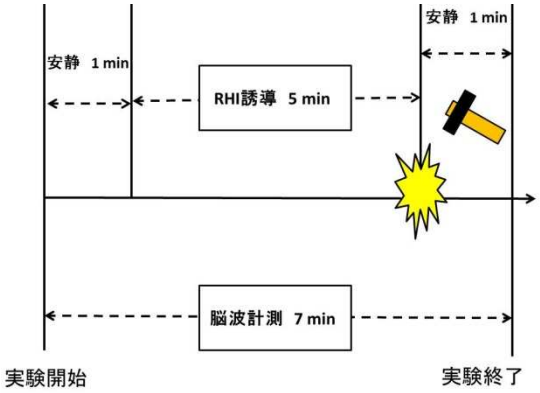


図 4 実験スキーム.

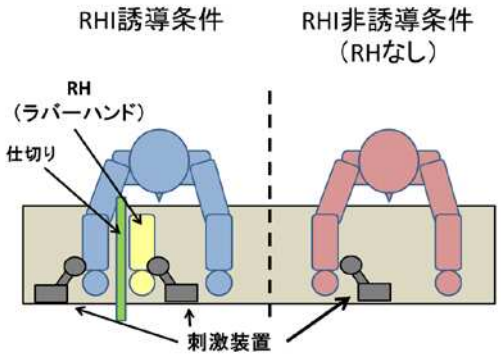


図 5 RH なしの RHI 非誘導条件（右）.

デジタル脳波計（Active Two, Biosemi）を用いて，国際式 10-20 法により配置した電極 C3, C4 における RHI 誘導時の脳波を測定した．計測には，頭頂付近に配置した基準電極と脳波計測電極の電位差分を計測する単極誘導法を用いた．筋緊張の計測から RHI の客観的検証を行った報告があるので[10]，本研究においても，客観的評価として筋電計測を行った．電極は橈側手根屈筋上に配置し，頭頂部に配置した電極を脳波計測と共有の基準電極とした.

2.2 実験タスク

全ての実験は「関西学院大学「人を対象とする医学系研究」倫理規程に従い，委員会の承認の元に行った．実験参加者の腕の長さの計測を行ったあと，椅子に座ってもらい，延長ラバーハンドを装着した．ラバーハンドの位置は本身の胸の位置から計測した特定の位置に置いた．脳波計測と同時に，ラバーハンドを注視するよう指示し，刺激装置により本身の手とラバーハンドに同時に刺激を与えて RHI を誘導した. 充分 RHI を知覚したことを確認した後，ラバーハンドにハンマーで打撃を与え，これによる回避行動に伴う筋電を計測した（図 4）. 実験終了後に内観報告書に回答してもらい，RHI 発現の確認を行った．これまでの研究では，短い距離での RHI 発現 が確認された後，アーム部を順次延長して繰り返し RHI 誘導を行っていたが，この実験スキームでは RH 距離を 30，50，75 cm と徐々に長くしたため, RHI は RH 距離に比例して強度を増したのか RHI 誘導刺激の積算効果よって強度が増加したか不明であった. そこで，アーム部の長さを無作為順序に変更することでRHIの誘導効果積算性を検討した．さらに，RH なしで接触刺激のみ加える，RHI を実際に誘導しない条件を導入し（図 5)，この RHI 非誘導条件適用後に通常 RHI 誘導を行った場合の RHI の積算効果を計測した.

3. 結果・考察

これまでの研究で RH 距離を連続的に変化させて繰り返し RHI を誘導した場合，RH 距離が 100 cm 以下の場合は RH 距離が大きいほど RHI スコアが大きくなった．この現象は脳波相関においても確かめられた（図 6）しかしながら，RH 距離を無作為順序で変化させた場合は，RH 距離を連続的に変化させた場合と異なり，RH 距離と

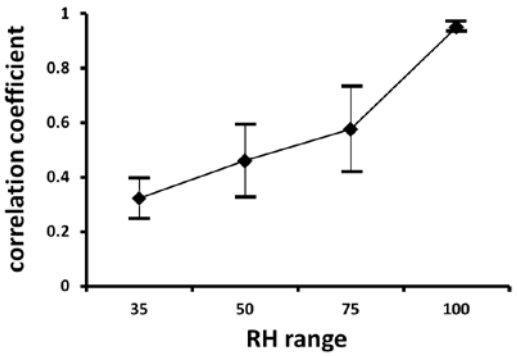


図 6 RH 距離連続変更条件における C3-C4 脳波の相関値（平均±標準誤差，N=15）.

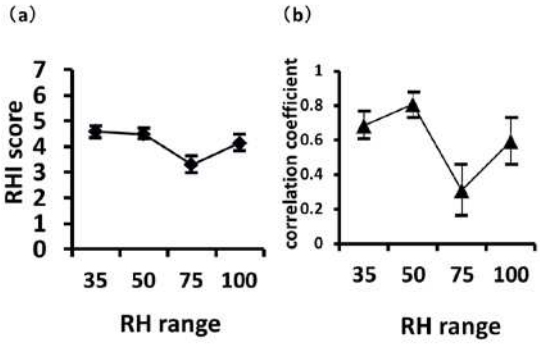


図 7（a）RH 距離無作為順序変更条件での RHI スコアと RH 距離の相関（b）RH 距離無作為順序変更条件における脳波の相関値と RH 距離の相関（平均±標準誤差, N=7）.

内観報告書スコアによる RHI 強度との相関は観察されなかった．また，C3-C4 脳波相関を指標としても，RH 距離と RHI に伴う脳波相関現象との相関は確認されなかった（図 7）.

これらの結果から RH 距離と RHI 強度との間に明確な相関は無く，繰り返し RHI を誘導することによる RHI 強度の増加が確認されたと考えられる．そこで RH 距離を 35 cm に固定し，RHI 誘導を繰り返した場合は，RHI スコアは試行回数に依存して大きくなり，RHI 誘導の積算効果が観察された

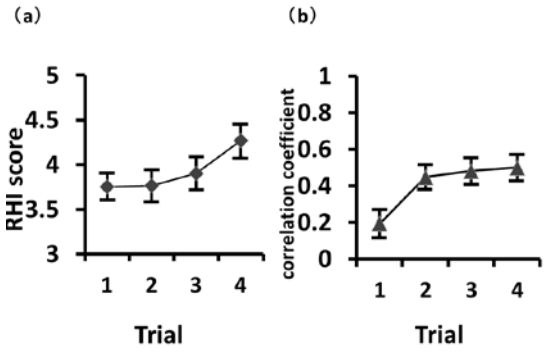


図 8 RHI 誘導効果の積算性.（a）試行回数と RHI スコアの相関(b)試行回数と C3-C4 脳波相関の相関（平均±標準誤差, N=15）.

（図 8）この結果は RHI 誘導を繰り返し行うことで RHI を増強できることを示しており，RHI 強度の制御に有効である.

RHI 増強は入力刺激の積算効果によるものか，実験参加者の集中力上昇による内因性のものなのかを検討するために本身への繰り返し刺激が脳波へ与える効果を確認する必要がある．そのため RH なしで本身の手のみに触刺激を加える，RHI 非誘導条件を設定した．RH なしの RHI 非誘導条件の場合の C3-C4 脳波相関値は RHI 誘導時に比べ非常に小さく，通常の RHI 誘導条件と有意差が見られた（図 9).

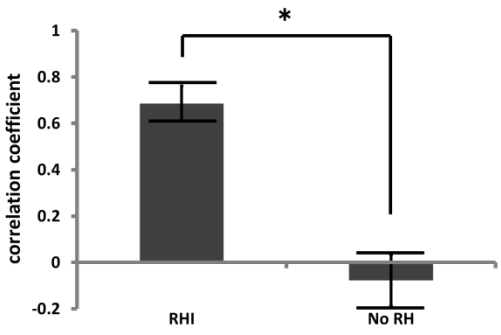


図 9RHI 誘導時と RH なしの RHI 非誘導条件時の C3-C4 脳波相関値の比較.

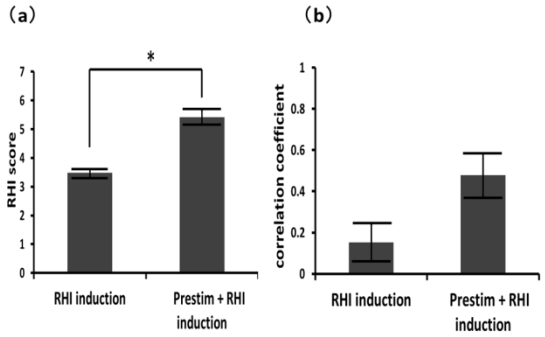


図 10 事前に RHI 非誘導条件で刺激を行ったことによるプライミング効果．(a) RHI スコアの差異．(b) C3-C4 脳波相関値の差異．

従って，RH なしの RHI 非誘導条件では脳波相関を指標としても RHI が発現しないことが確認された．しかしながら，RH 非誘導条件で刺激を行い，RHI が誘導されないことを確認した場合でも，その直後に RH 有りで通常の条件で RHI を誘導すると，RHI スコア，C3-C4 脳波相関のどちらの指標においても RHI 強度は事前誘導なしの条件と比較して値が大きく，RHI スコアにおいては有意差が見られた（図 10）．

これは事前に触刺激を行うことでその効果が蓄積され，その直後に行われた視覚と触覚連合による RHI 誘導が増強されることを示唆しており，RHI のプライミングによる増強である可能性がある．プライミング効果により，意識されないうちに誘導の効果が蓄積され，RHI 誘導が増強されるならば，RHI を利用した医学的治療やインターフェースに有用である．しかしながら，この誘導は実験参加者が RHI を強く意識することによって発現した可能性も否定できないので，RHI の誘導を強く意識すること

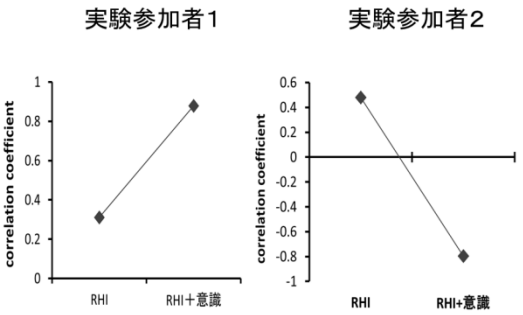


図 11 意識的 RHI 誘導における脳波相関の例．

をインストラクションで求めながら RHI を誘導することの効果を現在検討しているが，これまでのところ，個人差が多く，明確な結論に至っていない（図 11）．これはインストラクションの文言が「強く意識する」というあいまいなものになっており，人によってイメージが異なるところに問題があると考えている．

4. 結論

RH の長さを無作為順序に変更して，RHI を誘導した場合，脳波（C3-C4）の相関値，内観報告書のスコアともに RH 距離と RHI 発現強度との相関がみられなかった．RHI 誘導を繰り返すと脳波の相関値，内観報告書スコアともに RHI の強度は上昇を示し，刺激による RHI の誘導効果の積算性が明らかになった． RH なしの RHI 非誘導条件の後に通常の RHI 誘導を行った場合，内観報告書スコア，C3-C4 脳波相関ともに RHI 強度の上昇を示し，RHI に対する事前刺激のプライミング効果が示唆された．これらの RHI 強度を増強する条件は，RHI を利用した身体感覚を投影するインターフェースや医療に有効であると考えられる．

参考文献

[1] S.Shibuya,S.Unenaka,Y.Ohki, （2017） ``Body ownership and agency: task-dependent effects of the virtual hand illusion on proprioceptive drift" Experimental Brain Research, Vol. 235, pp. 121-134.

[2] M.Botvinick, J.Cohen, (1998) ``Rubber hands 'feel' touch that eyes see", Nature, Vol. 391, No. 6669, pp. 756.

[3] D.Romano, C.Pfeiffer, A.Maravita, (2014) ``Illusory self-identification with an avatar reduces arousal responses to painful stimuli", Behavioural Brain Research, Vol. 261, No. 15, pp. 275-281.

[4] K.Konstantina, J.Normand, V.Maria, （2012） ``Extending Body Space in Immersive Virtual Reality:A Very Long Arm Illusion" PLOSone, Vol. 7, No. 7, pp. e40867.

[5] H.Ehrsson, H.Spence, C.Passingham, (2004) ``The role of gamma band oscillations and synchrony on rubber hand illusion and crossmodal integration", Science, Vol. 305, No. 5685, pp. 876-877.

[6] M.Osumi, R.Imai, K.Ueta, (2014) ``Negative body image associated with changes in the visual body appearance increases pain perception", PLOSone, Vol. 9, No. e107376,

[7] M.Llobera, V.Vives, M.Slater, (2013) ``The relationship between virtual body ownership and temperature sensitivity", Journal Of The Royal Society Interface,Vol. 270, Vol.29, No. 300,

[8] M.Tsakiris, P.Haggard, (2005) ``The Rubber Hand Illusion Revisited: Visuotactile Integration and Self-Attribution",Journal of Experimental Psychology, No. 1, pp. 80-91.

[9] N.Kanayama, A.Sato, H.Ohira, (2009) ``That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb", Brain and Cognition, No. 169, pp. 19-29.

[10] T.Tsuji, S.Hamasaki, (2015) ``Analysis of Electromyography and Skin Conductance Response during Rubber Hand Illusion", J-STAGE, Vol. 51, No. 6, pp. 440-447.

相互行為における「ペンの持ち方」の検討
Examining how to hold the pen at social interaction

牧野 遼作†，門田 圭祐‡
Ryosaku Makino, Keisuke Kadota
†早稲田大学人間科学学術院，‡早稲田大学大学院人間科学研究科
†Faculty of Human Sciences Waseda University, ‡Graduate School of Human Sciences, Waseda University
rmakino@aoni.waseda.ac.jp, kadota.keisuke@gmail.com

Abstract
We analyzed using exploratory and quantitative methods, conversations in which participants held and used the pen and reported the result of analysis of relationship between the onset of writing and form of holding pen. Analyzing data were order decision task conversation with two participants in front of whiteboard. The results showed that either writing participant or not-writing participant sometimes changed the form of holding the pen into the form for writing three seconds before the onset of writing during the interaction. Further, when one participant changed the form for writing, the other sometimes did not change the form of holding pen.

Keywords — Social interaction, Using tools, Writing.

1. はじめに

我々の日常生活の中で他者と行う相互行為の多くは，無手でなされるだけではなく，様々な道具の利用を伴いながらなされる．例えば，2 人が目的地に向かって歩くときには目的地が示された道具(例えば地図，最近ではスマートフォン内の地図アプリなど)を用いながら会話するだろう．このような道具利用がなされた相互行為を対象とした研究が，近年数多く行われている[1]．例えば，考古学のフィールド調査時に用いられるマンセルカラーチャートという専門的道具を用いた相互行為を対象としたもの[2]，子供にヴァイオリンを教えるという相互行為場面[3]の検討が行われている．これらの検討は，我々が相互行為を通して道具の構造を理解し，そしてその構造を資源として用いながら我々の相互行為は展開されているということを示してきた．特にこのとき，西阪[3]は，我々の用いる道具には，人々がどのように使うべきか，どのように見るべきなのかといった規範的構造が埋め込まれており，その構造への理解にもとづき，道具は相互行為を展開するための資源として利用されているとした．

これらの知見は，相互行為における道具がどのように相互行為的資源となるか，を示したものである．このことを踏まえつつ，本研究では，人々の日常的な行為は道具の構造による制約を受け，同時にその制約に基づき人々は行為を行っていると考えたい(例えば，ペンで書字行為をするときには，ペン先を上に向けることはできないし，細かく文字を書くならば握りしめるような持ち方もやめたほうがよい)．そして相互行為上で道具利用がなされるとき，人々は他者の道具利用を見て，なされるべき行為が理解可能ではないだろうか（例えば，ペン先を上に向けた状態の人が，すぐさま書字行為をしないことや，握りしめた状態で書くならば，細かい内容を書かないなど)．本研究では人の行為は道具の構造に制約され，その構造に基づき，他者の行為を理解している可能性について，探索的な定量分析を実施する．つまり道具を適切な形式で持つことは，次の行為と結びつき，その結びつきは他者にとって理解可能なものであり，そのことによって他者は次の行為を決めているか，否かについて検討を行う．具体的には他者のペンの持ち方によって，その参与者が書字行為を行うことを予測し，その予測に基づき行為しているかについて，実験会話データを用いて検討を行う．

2. 分析データ

本稿で分析対象とするのは，2 名の参与者による課題遂行型実験会話である．課題として複数の選択肢の順番を相談して決める「順位決定課題会話」を提示した．その課題では，10 種の動物を提示し，その動物を日本らしい動物の順番に並べてもらうものである[4]．実験手順は，各々の参与者が，日本らしいと思う動物の順番を決定する．その後，2 人で話し合い最終的な順位を決定するというものであった．

2 名はホワイトボードシートを天面に貼った昇降デスク(160cm×80cm，高さは 70 から 120cm まで調整可能で，90cm 付近で固定)の前に立ってもらい，ホワイトボードにそれぞれの順位，及び相談によって決定した順位を書くように教示した．ホワイトボードマーカーは 2 本用意しており，ホワイトボードイレイザーは 1 つ用意していた．ビデオカメラは，参与者たちが立つ

側とは机の逆側に 2 台，さらに天井より 1 台から収録し可能な限り，参与者たちの振る舞いと，ホワイトボードに書かれた文字を確認可能なものとした（図 1）．

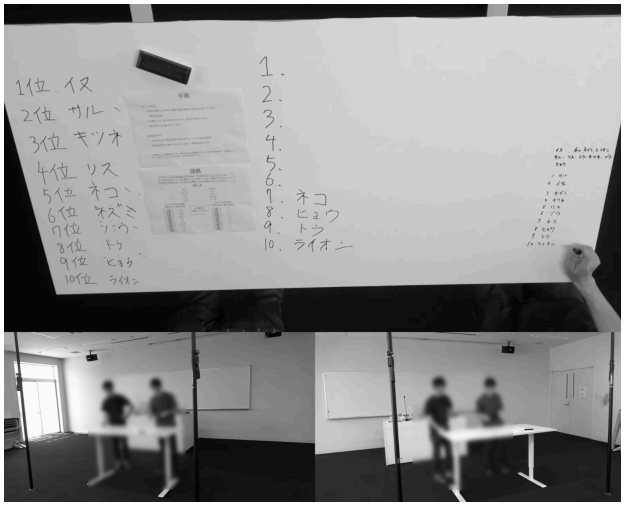


図 1　実験会話状況

以上の実験会話データを 3 ペア収録し，合計 6 名の振る舞いを分析対象とした．それぞれのペアの収録時間は 45 分から 60 分であった．一方でこの課題は前述のように個々人が順位を決定するフェーズと，相談を行うフェーズからなる．ペンを利用した相互行為場面を見るため，本稿はデータ内の相談フェーズのみを対象とした．相談フェーズはそれぞれ 10 分から 20 分であり，分析対象とした時間の合計は 51 分 17 秒であった．

相談フェーズにおいて，参与者たちは互いの順位を参照しつつ，ホワイトボードに書き込みを加えながら，相談を進めていた．そのため，参与者たちはホワイトボードマーカーを用いる，またはしばしば持ったまま会話を行っていた．そして，ホワイトボードに書き込みを加えることを同時に行うことは，ほとんど起こらず(全体内 1.93 秒のみ)，どちらか一方が書き込む(360 秒)／どちらも書き込まないことを行っていた．

3.　符号化ルール

会話参与者たちが，自身が書くことを投射し，さらにその投射に対して，相手が書かないことを示そうとするなどの適切な反応をしているか否かを探索的検討するために，分析データ内の人々の行為とペンの持ち方について符号化を行った．データ内で，人々は様々な行為を行っており，それを網羅的に符号化することは困難である．本稿の目的を達成するために，参与者がいずれかの形でペンにもった状態のみを対象とし，ペンを用いてどのような行為をしていたかについて分類を行った．同時に，対象データ内で，書字行為を投射するものとして，ペンの持ち方に着目し，参与者たちがペンをどのように持っていたかを分類していった．

3.1 行為の符号化

ペンを持った状態の行為は，以下のように分類した．

(1) write: ペンを持ってホワイトボードに書いている状態である
(2) point: ペンを持って何かを指し示している状態
(3) open: ペンの蓋を開ける行為
(4) shut: ペンの蓋を閉める行為
(5) hold: ペンをもっていたまま保持された状態
(6) other: その他の状態(例えば，両手の間でペンを投げている状態がなどが含まれる)
(7) misc: 参与者の手及び持ったペンが画面外に置かれ，判別困難な場合

3.2 ペンの持ち方の符号化

ペンの持ち方は以下のように分類した．

(a) WRITE: 筆記形でもっている
(b) COVER: 親指／人差し指をペンに沿わせる形
(c) preWRITE: 緩めた筆記形(すぐさまに筆記形に移行できる状態)
(d) GRIP: ３本指以上で握りしめている状態
(e) tfHOLD: ２本指で挟んでいる状態
(f) other: その他の状態(例えば，両手の間でペンを投げている状態がなどが含まれる)
(g) misc: 参与者の手及び持ったペンが画面外に置かれ，判別困難な場合

4.　分析

以上の相互行為内の人々の符号化による振る舞いの種類を用い，分析を行う．まず書字行為以前に人々がどのようなペンの持ち方，どのタイミングで開始していたかについて検討する(分析 1)．同時に他者の書字行為以前に対して，人々がどのようなペンの持ち方をしていたかについて検討する(分析 2)．最後に人々の間でのペンの持ち方時間的関係性について検討する(分析 3)．

4.1 書字行為とペンの持ち方変化

データ内において，書字行為(write)が開始されたのは 81 回であった．このときの書き手のペンの持ち方は，WRITE が 78 回，preWRITE が 1 回，GRIP

が 1 回であった.

参与者のペンの持ち方を変化開始点を抽出した. 持ち方の変化は 769 回生起していた. その中の持ち方の種類の個数は, 以下のようになった; WRITE は 145, COVER は 70, prewrite は 174, GRIP は 205, tfHOLD は 29, other は 18, misc は 128.

なお以下の分析では, 持ち方については解釈が困難な other と misc については取り除き分析を行った.

以下では書字行為の開始点とペンの持ち方変化開始点の 2 点間の時間差及び, その際のペンの持ち方の種類について分析結果を報告していく.

4.2 分析 1: 書き手の書字行為開始直前の持ち方の変化

まず書き手が書字行為を開始する以前に, いつ持ち方を変えたのかについて検討を行った. 書字行為開始と同時に持ち方を変えていたのは 2 回のみであり, いずれも WRITE フォームへ変化させていた. それ以外について, 以下のように時間差をまとめた.

まずそれぞれの持ち方の開始点を, すべての書字行為開始点から引き, その数値が 0 未満かつもっとも小さなものを, 持ち方変化から直後の書字行為開始点とした. 図 2 は, 書字行為開始点を 0 とし, 持ち方の変化が生起した時間差を示したものである. 結果より書く 10 秒以前から書き手は, ペンの持ち方を変化させていることがわかる. このことを踏まえ, 特に-10 秒から 0 秒までの間で, 生起した持ち方は以下のようになる; WRITE は 72, COVER は 11, preWRITE は 20, GRIP 38, tfHOLD は 1.

図 3 はさらに-10 秒以降について 1 秒刻みでフォーム変化生起頻度をみたものであり, またフォームの種類ごとに分類したものとなる.

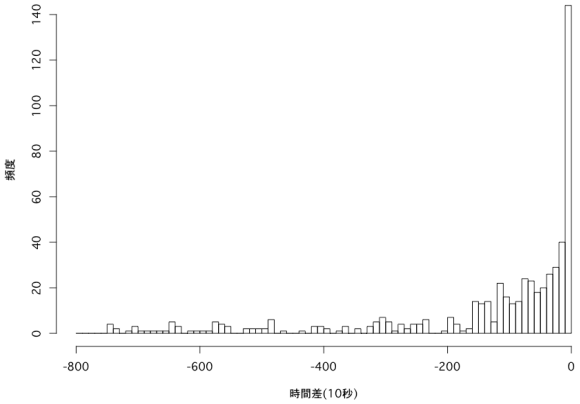


図 2 書字行為以前の持ち方の変化の生起頻度

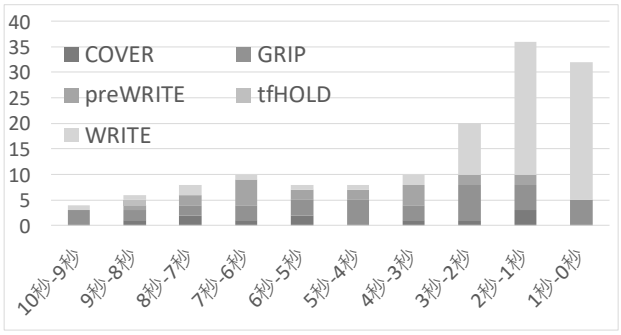


図 3 書字行為以前の持ち方の変化の生起頻度と種類

図 3 より, 書き手は書く 3 秒以前よりペンの持ち方を変えることが多く, そしてそのとき WRITE フォームへと変化させていることが多い, といえる.

4.3 分析 2: 非-書き手の書字行為開始直前の持ち方の変化

先の分析と同様に, 今度は非-書き手が書き手の書字動作前に持ち方を変化させた生起頻度について検討を行った. 結果は図 4 のようとなった. 非-書き手も, 相手の書字動作 10 秒前に頻繁に持ち方を変更していることが示された. 10 秒内で変化した持ち方の種類は以下であった: WRITE は 78, COVER 18, preWRITE は 35, GRIP は 60, tfHOLD は 6. さらに-10 秒以降について 1 秒刻みでフォーム変化生起頻度をみたものであり, またフォームの種類ごとに分類した結果は図 5 となった.

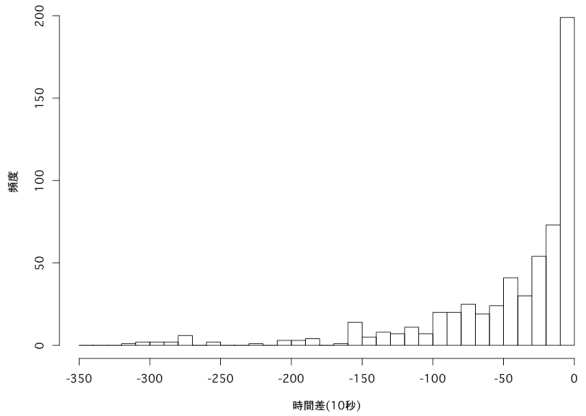


図 4　書字行為以前の非-書き手の持ち方変化生起頻度

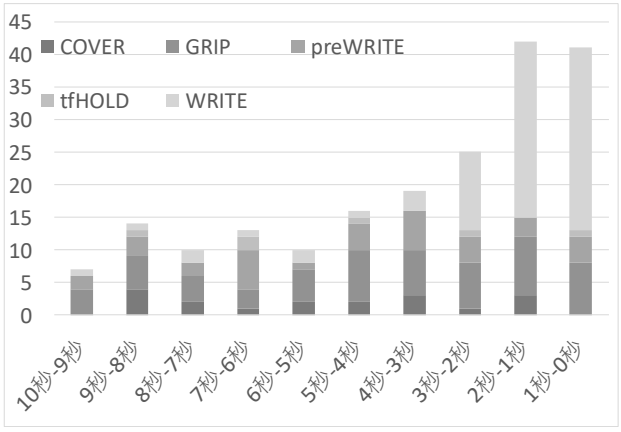


図 5　書字行為以前の非-書き手の持ち方変化生起頻度と種類

5.4 分析 3: 他者の WRITE フォーム開始後のペンの持ち方の変化

分析 1 より, 書き手は実際に書字行為を開始する以前からペンの持ち方を変化させていることを示された．そして特に WRITE フォームという，一般的に書字行為に適した持ち方を事前にしていることが示された．このことは単に書き手自身が準備として行っている振る舞いであると捉えることができる．一方で，相互行為において人々は他者の振る舞いを理解し，それに対する反応として適切な反応をしていると考えられる．前述のように，本稿が分析対象とするデータでは，2 名の参与者が同時に書字行為をすることは少ない．以上のことから，他者の書字行為開始を予測可能とする持ち方は，おそらく WRITE フォームである．対して，相互行為の相手に自身が書かないことを示す可能性のある持ち方は，様々なものがありうる．このことから，分析 3 では手形の移行の順序について，「参与者 A が WRITE フォームとなること」が「参与者 B が WRITE フォーム以外となること」に先行するという順序を仮定する．

まず参与者 A の WRITE フォーム開始時点をすべて抽出した．他方の参与者 B のすべての持ち方変化開始時点から上記の WRITE フォーム開始時点を引き，0 以上かつもっとも小さな開始点を，WRITE フォームの開始点から他方が自身の持ち方を変更させた地点としてまとめた(図 6).

図 6 より，他者が WRITE フォームに変更させた直後に，参与者が自身のペンの持ち方を変更する頻度は小さく，その後の傾向も読み取ることが困難であった. 図 7 は, 他者の WRITE フォーム開始 60 秒の幅の中で，持ち方の変更がなされた頻度及び，その種類についてまとめたものである．相手が WRITE フォームになった直後ではなく，20 秒経過後に変化が生起することが多いこと，そして WRITE フォームへの変化が増えることが示唆された．分析 1 の結果を踏まえると，WRITE フォームとなった参与者は, 20 秒後にはすでに書字行為を開始していると考えられる．このことから，他者が WRITE フォーム開始することに対して，自身がペンの持ち方を変えて反応しているとはいえないと考えられる.

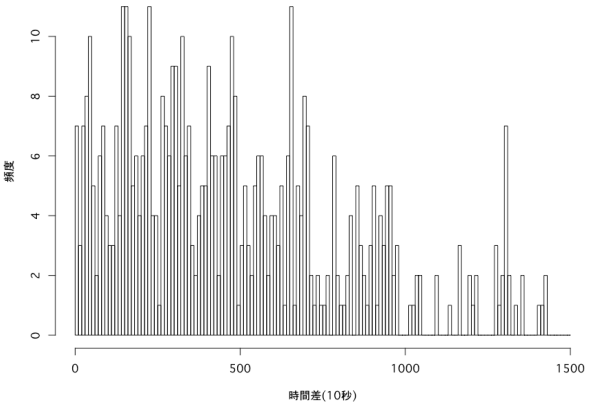


図 6　他者の WRITE フォーム変更後のフォーム変更生起頻度

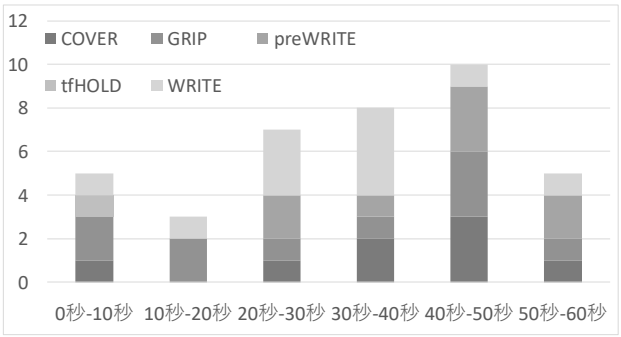


図 7　他者の WRITE フォーム変更後のフォーム変更生起頻度と種類

5.　考察

本稿では 3 つの探索的な分析を実施した．分析 1 より，書き手は，書く直前(3 秒前)からペンの持ち方を変える傾向があり，特に WRITE フォームに変化させていることが示された．分析 2 より，書き手とならない参与者も，他者の書字行為直前にペンの持ち方を変える傾向があり，特に WRITE フォームに変化させていることが示された．一方で分析 3 は他者が WRITE フォームに変更させたとしても，すぐに自身がペンの持ち方を変えるわけではないことが示された．

相互行為における道具利用を考えるために，本稿では，実際の行為以前の道具の持ち方の変化（特に行為と結びついた持ち方）が，実際の行為を投射可能であり，他者は，その持ち方から行為を予測し，振る舞いを変えている可能性について検討することを目的としていた．振る舞いの変化として，本稿ではペンの持ち方の変化に着目したが，上記の仮説を支持する結果とはならなかった．このことは，道具の持ち方が，実際の行為を投射していないこと，つまり道具の適切な持ち方は，発話による質問-応答の隣接ペアのように他者に次の適切な行為を投射するものではない，という可能性を支持するとも考えることができる．

一方で，非-書き手となった参与者が，ペンの持ち方を変える以外の振る舞いによって，自身が書き手ではないことを示した可能性は否定できない．そのことを検証するためには，他の振る舞いを符号化し，同様の分析をかける必要があるだろう．しかしながら，この検証には 2 つの難しさが含まれている．第一に相互行為の中で，参与者たちの様々な振る舞いの中のどれが適切な反応としての振る舞いなのかを選択することの困難さである．本稿の分析では，同じ振る舞いによる反応を想定し分析したが，この枠組を外すならば，ペンに関わる振る舞いだけではなく，参与者の姿勢，立ち位置など様々な振る舞いが反応の候補となりうる．　この中で，探索的に振る舞いの符号化と分析を続けることは，極めて困難ではないかと予想される．2 点目の難しさは，振る舞いをしないことが，適切な反応となっている可能性も捨てきれないという点である．

ペンの持ち方を変えるという振る舞いは，当然ペンを操作するものである．相手が書字行為を開始しようとしているとき，そして実際に書き始めたとき，書き手ではない参与者がペンを操作することは，書き手の書く順番に対する侵害とみなされうるかもしれない．この可能性については分析 3 により，つまり他者の WRITE フォームが開始されたとき，持ち方の変化の頻度が減少していた結果が示唆的である．すなわち，このときペンの持ち方を敢えて変えないということが適切な反応である可能性がある．同様に分析 2 の結果は，書き手とならない参与者がペンの持ち方を変えるのは相手が書き始める以前に集中しているという結果も，相手の書字行為に対する侵害とならない区間で，持ち方を変えていることを示唆していると考えることができる．

謝辞

本研究は科学研究費補助金 17840992 及び，早稲田大学特定課題 2017S-150 の助成を受けたものである．

参考文献

[1] Nevile, M., Haddington, P., Heinemann, T., & Rauniomaa, M(eds), (2014) Interacting with Objects Language, materiality, and social activity, John Benjamins.
[2] Goodwin, C., (2013) “The co-operative, transformative organization of human action and knowledge”, Journal of Pragmatics, 46,1, pp.8-23.
[3] 西阪仰, (2008)　分散する身体, 勁草書房.
[4] 田中久夫, (2003) すぐできる効く新選 教育研修ゲーム, 経団連出版.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

記号コミュニケーションにおいて途中変更する意図の伝達の成否に過去の記憶が与える影響

An influence of past memory to success of conveying modified connotations in symbol communications

河上 章太郎 †，金野 武司 ‡
Kawakami Shotaro, Konno Takeshi
† 金沢工業大学 工学研究科 電気電子工学専攻，‡ 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
†Electrical Engineering and Electronics,‡Electrical and Electronic Engineering,
Kanazawa Institute of Technology
†b6800990@planet.kanazawa-it.ac.jp, ‡konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人の記号的なコミュニケーションでは，字義通りの意味だけではなく言外の意味が伝えられる．このため，同じ表現でも言外で異なる意味が伝えられることが頻繁に起こる．しかし人は，過去の意味（記憶）に縛られずにその変化に柔軟に対応できる．我々は記号のやりとりを伴う同調課題に取り組む計算モデルを構築し，その計算機シミュレーションを通じて，言外の意味が変更された場合に，過去の意味の記憶がその伝達の成否に与える影響を調べた．結果，過去の意味の記憶は悪影響を及ぼさないことが確認された．これを実現するメカニズムでは，失敗事例の学習や役割反転模倣が有効であることを議論する．

キーワード：実験記号論（Experimental semiotics），計算モデル（Computational model），Human computer interaction, Denotation and connotation

1. はじめに

人は記号を介して他者とコミュニケーションするとき，その記号には字義通りの意味だけではなく言外の意味が込められる．例えば,「郵便受けを見てきて」と言われれば，郵便受けを確認し中に手紙があればそれを持って来て欲しいと解釈し，郵便受けをただ見るということはしないだろう [1]．ところが，話し手の意図によっては，何らかの理由でただ単純に見てきて欲しいだけということもあり得る．こういった状況に対しても，人は柔軟にその意味を汲み取ることができる．つまり，同じ表現を受け取っても，相手の意図を推定し，その意図に応じた字義通りの意味と言外の意味を理解することができる．こういったコミュニケーションを運用するには，相手の意図を推定し，それがうまく伝わらない時には別の意図を選択するようなメタパラメータ的な仕組みが必要になると考えられるが，その詳細な仕組みは未だ明らかではない．

この問題に対して我々は，二者間で字義通りの意味と言外の意味を取り決める必要があるゲーム課題を用いて，人と計算モデルによる実験室実験を行なってきた [2, 3]．この実験を通じて我々は，相手の言外の意味を推定し，適宜これを修正しながら学習する仕組み（我々はこれを解釈学的循環 [4, 5] の仕組みと捉えている）がなければ，人との間で適切に機能する記号システムは形成されないことを示唆する結果を得ている [3]．

しかし，互いが相手の意図（どのような言外の意味を伝えようとしているか）を推定し合うならば，当然のことながら，それらの意図はゲームの途中で変更される可能性が生じることになる．我々の懸念は，それまでに学習された字義通りの意味が，その上位にあるメタパラメータ的な意図の変更によって無駄になるのみでなく，変更後の学習を阻害する要因になるのではないかということである．これを検証するため，本稿では計算機シミュレーションにおいてゲーム課題途中での意図の変更を行ない，その後の学習とパフォーマンスへの影響を調査した．

2. 実験課題

実験では二人がペアになり，情報端末を介して相手と簡単な調整課題（コーディネーションゲーム）に取り組む（図 1）．二人は，あらかじめ意味の決まっていない 4 つの記号（図形：  ，  ，，  ）から 1 つを選び，互いに交換する．選択した記号は，画面に表示された「メッセージを送信」のボタンを押すことで即座に相手に伝えられた．そのため，参加者はメッセージを送る順序によって先手・後手を調整（ターンテイク）できた．メッセージ交換後，参加者は画面に

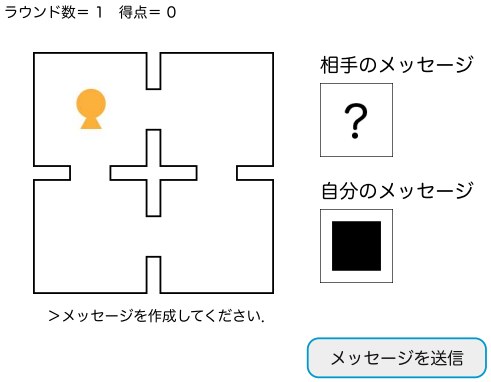


図 1　端末に表示されるゲーム課題の画面

表示された 4 つの部屋のうち，ひとつにランダムに配置された自分の駒を，その場に留まらせるかもしくは隣り合う部屋へのみ移動させ，相手と同じ部屋に駒を移動させることが求められた．なお，それぞれがいる部屋は互いに分からないようになっていた．互いが移動先を決定すると，行動結果が表示されるようになっていた．部屋を一致させると 2 点が加算され，失敗すれば 1 点が減算された．メッセージのやり取りからここまでを 1 ラウンドとし，次のラウンドでは互いの駒は再度ランダムに配置された．参加者はこれを 60 ラウンド繰り返した．

この調整課題は，先手が記号を現在位置の意味で送り，後手が二人の落ち合うことのできる位置（簡単には行き先）を送ることができれば，安定的に得点を得ることができる．このとき，記号は単に部屋に対応付けた字義通りの意味を取りきめれば良いのではなく，先手・後手の文脈に応じて，その部屋に「いる」のか「行く」のかという言外の意味を取り決める必要がある．人どうしの実験において [6]，記号には他にも様々な意味付けが行なわれる様子が観察されているが（例えば「右回り」や「左回り」，あるいは「現在地に留まる」など），本稿では**字義通りの意味**は部屋の位置との対応関係であり，**言外の意味**は先手・後手の文脈に対応する「現在地」及び「行き先」とする．

また，先手・後手でそれぞれに「現在地」及び「行き先」への意味付けがあるとすると，計 4 パターンの組み合わせがあるが，本稿ではその組み合わせの 1 つずつを「意図」と呼び，選択される「意図」を「メタパラメータ」と呼ぶ．これは，字義通りの意味を取り決める際の学習のための上位パラメータとなるためである．以上の用語の関係を図 2 にまとめる．

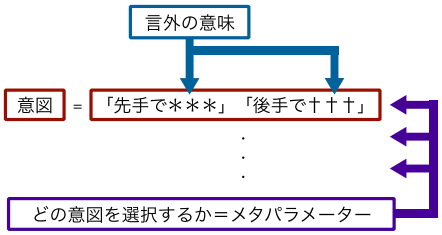


図 2　言外の意味，意図，メタパラメータの関係

3.　計算モデル

前節で説明したコーディネーションゲームにおいて，記号のコミュニケーションシステムを形成するためには，メッセージの送信タイミング，メッセージ，そして部屋の位置の 3 つを決める必要がある．そのため，我々が構築する計算モデルには，メッセージの送信タイミングを決めるテーブル（4×100：現在地 × 送信時刻），部屋の位置とメッセージの対応関係を学習するメッセージテーブル（4×4：部屋の位置 × 記号），そして移動前の部屋の位置と相手メッセージの組み合わせに対する移動先の関係を学習する行動テーブル（$4 \times 4 \times 4$：現在地 × 記号 × 行き先）の 3 つが備わる．

それぞれのテーブルの初期値は 0 から 1 の実数乱数とした．このテーブルを使用して確率分布を構成することにより，メッセージの送信タイミング，送信するメッセージ，そして移動する部屋の位置をそれぞれ決定する．また，計算モデルはメッセージテーブルを利用して，相手の記号に対応する部屋の位置（字義通りの意味）と，自身が持つメタパラメータから言外の意味（その位置にいる／行く）を推定する．そして，その意味に応じた事前の行動シミュレーションを実行し，自身の移動先に対する確率分布を修正する（これは先行研究 [7] において「先行的行動価値修正」と呼んだメカニズムである）．

互いの駒が移動した部屋を一致させることができたとき，該当するテーブル要素に 1 をセットし，残りの要素全てを 0 にする．これが計算モデルの学習である．この方法により，計算モデルは成功事例を次回以降 100%の確率で再現する．また，本稿の計算モデルでは，移動する部屋が一致しなかった場合にも，メッセージテーブルに関しては学習する．この仕組みを導入した計算モデルは先行研究 [2] で失敗学習モデルと呼んだモデルである．このモデルを本稿での計算機シミュレーションに用いる理由は，人–計算機あるいは計算機どうしの実験で最も良いパフォーマンスを示したからである．

計算モデルが持つメタパラメータは 2 節の終わりに

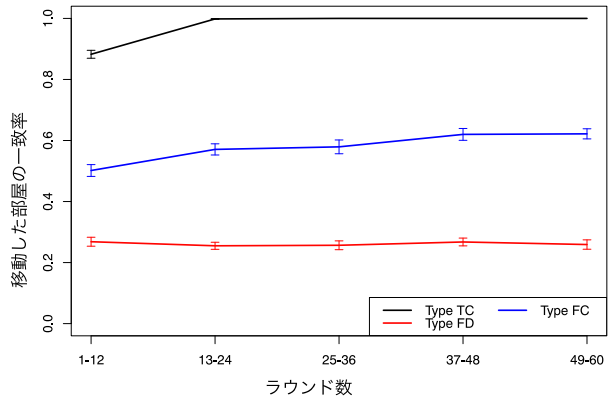


図 3　各メタパラメータでの移動する部屋の一致率の推移．エラーバーは標準誤差．

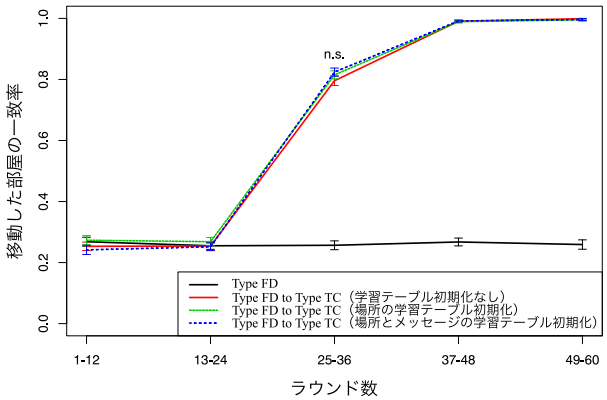


図 4　学習テーブルの初期化の有無を比較した一致率の推移

述べたように，先手・後手でそれぞれに「現在地」と「行き先」への意味づけで計 4 パターンあるが，本稿では，メタパラメータを単純にするために，必ず異なる言外の意味を持つことを仮定して，2 パターンのみを扱うことにする．このゲームはペアで行うため，エージェントそれぞれが持つ 2 つのメタパラメータの組み合わせで計 4 つの状態がある（表 1）．ただし，互いのメタパラメータが不一致の場合（Type FD）はエージェントの入れ替えで対称なため，状態は 3 つである．

表 1　用意したメタパラメータとそのタイプの名称

		Agent A	
		先手「現在地」 後手「行き先」	先手「行き先」 後手「現在地」
Agent B	先手「現在地」 後手「行き先」	Type TC 正解意図一致	Type FD 意図不一致
	先手「行き先」 後手「現在地」	Type FD 意図不一致	Type FC 不正解意図一致

メタパラメータがゲーム中に変化しなかった場合の移動する部屋の一致率の推移を図 3 に示す．グラフから分かるとおり，互いに先手で現在地，後手で行き先を送るメタパラメータの組み合わせ（ゲームに成功する組み合わせで，かつ互いに意図が一致しているため，これを「正解意図一致」状態 : Type TC と呼ぶ）では非常に早い段階で移動する部屋の一致率は 1 に到達する．また，互いに先手で行き先，後手で現在地を送るメタパラメータの組み合わせ（ゲームに成功する組み合わせではないが，意図が一致しているため，これを「不正解意図一致」状態 : Type FC と呼ぶ）であっても，60%程度の一致率には到達できることがわかる．このゲームで一致率が最も低くなるのは，互いの意図が一致しない（これを「意図不一致」状態 : Type FD）ときである．

4.　結果

まず，成功体験のほとんどない状態からの影響をみる．図 3 で示したとおり Type FD はチャンスレベルであるので，その Type FD から Type TC へメタパラメータを変化させ，各学習テーブルの初期化の有無による条件での比較を行った．その結果を図 4 に示す．ただし，学習テーブルの初期化は，学習テーブルの確率をランダムに振り直すことを指す．また，黒の実線は比較のためのメタパラメータを変化させないモデルである．学習テーブルをそのままにしたモデル（実線赤）と場所の学習テーブルを初期化したモデル（実線緑）は同じレベルで一致率が推移し，変更してからはじめの 25-36 ラウンドにおいて一要因参加者間計画による分散分析の結果，有意差はなかった（$F(1, 198) = 0.89, MSE = 0.018, p = 0.347, \eta^2 = 0.004$）．同様に，場所とメッセージの学習テーブルを初期化したモデルとの有意差はなかった（$F(1, 198) = 1.94, MSE = 0.040, p = 0.165, \eta^2 = 0.010$）．この結果から，成功体験のほとんどない状態では，メタパラメータを変化させたとき過去の成功体験による影響はないといえる．

次に，成功体験が多く蓄積された状態からの影響をみる．成功体験が蓄積されやすいのは，図 3 から Type FC の状態であるので，Type FC から Type TC の状態に遷移するときの過程をみる．同じタイミングで切り替わったとき，そのまま一致率が上昇していくことが確認できる．しかし，現実においてペアの 2 人が同時に意図を変えることは限りなく低い確率でしか起きないと考え，一方が先に意図を変えてもう一方が遅れて変えたときの状態を確認した．そのときの一致率を図 5 に示す．エージェント A およびエージェント B が 25 ラウンド（同じタイミング）で正しいメタパラメータへ切り替わったときを青の破線で示す．また，

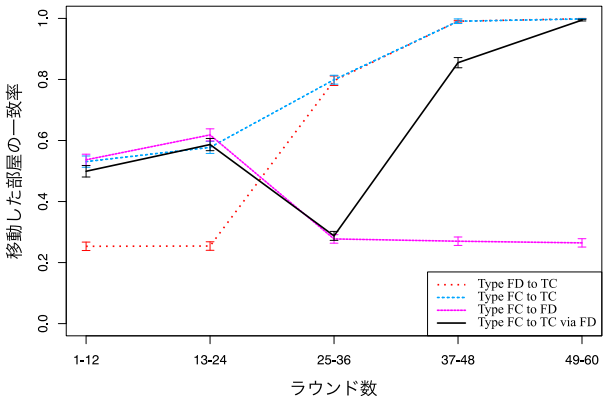


図 5　Type TC への過程をみる一致率の推移

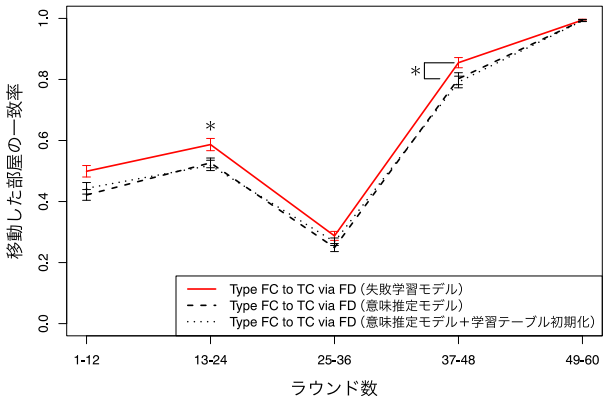


図 6　失敗学習モデルと意味推定モデルを比較した一致率の推移

エージェント A が 25 ラウンドで正しいメタパラメータに切り替え，エージェント B が遅れて 37 ラウンドで正しいメタパラメータで切り替えたときを黒の実線で示す．どちらの結果も，60 ラウンドにおいて一致率がほぼ 1 となっており，意図が異なるときの成功体験があったとしてもその影響はないといえる．

5.　議論

計算機シミュレーションにおいて，メタパラメータが異なる状態のときに学習した成功体験は正解意図一致どうしの状態になったときのスコアに影響を与えることはなかった．しかし，意図を伝えあうコミュニケーションにおいて，その感覚に反するものである．例えば，人どうしでこのゲームを行う際，自分の意図の使い方が正しくないことに気づき，その意図を変えようとしたとき，いきなり変えたことによって相手を誤解与えてしまうのではないかと考えるだろう．失敗時の学習がその影響を与えているのではないかと考え，意味推定モデル [2] を用いて追加実験を行った．それぞれの計算モデルは Type FC で始まり，成功体験を 24 ラウンド分経たあとに 25 から 36 ラウンドの間 Type FD となり，Type TC になる条件を用いた．その結果を図 6 に示す．24 ラウンドまでの成功体験について差はない．一方，Type TC に切り替わった 37-48 ラウンドにおいて，有意差が生じた（$F(1,198) = 4.18, MSE = 0.138, p = 0.042,$ $\eta^2 = 0.020$）．意味推定モデルは失敗学習モデルに比べて，一致率の推移は低い．当初我々はこの差は成功体験が影響したことによって生じているのだと考えていた．しかし，失敗学習モデルは初期の一致率を改善することを目的に作成されたモデルである [3]．つまり，常に記号表を学習していることが，意味推定モデルとの差を生じさせているだけであることは否定できない．一方で，失敗学習のメカニズムが Type FD の

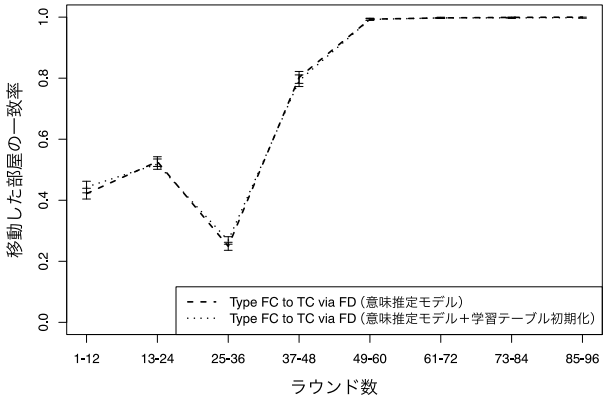


図 7　失敗学習モデルと意味推定モデルを比較した一致率の推移

状態を経由してもこのゲームにおいて有効であることが確認できた．

この追加実験から，もう 1 つの疑問が生じた．49-60 ラウンドにおいて，意味推定モデルでは一致率が 1 まで達していないことが分かる．このゲームをさらに続けていくと，一致率が 1 以下のどこかで頭打ちの状態と，一致率が上昇し続けて 1 となる状態，どちらになるのだろうか．もし，一致率がどこかで頭打ちになるのであれば，過去の成功体験が学習に影響を与えているといえるだろう．そこで，意味推定モデルとその学習テーブルの初期化（場所とメッセージの学習テーブル）するモデルにおいて，96 ラウンド（場所の全配置が 12 パターンであるため）までの一致率の推移を確認した．その結果を図 7 に示す．60 ラウンド以降，一致率は 1 に近づいている．つまり，意味推定モデルであっても，成功体験による影響はないといえる．

では，なぜ成功体験が影響しなかったのだろうか．12 ラウンドごとに計算モデルがどのように学習していったか過程を調べた．計算モデルは，自分の成功体

験を 100%学習するようになっていた．計算モデルにあるメカニズムのひとつである**役割反転模倣** [8] による学習 [9, 10] によって，その成功体験を上書きすることが可能となっていたことが確認された．この役割反転模倣とは，移動した部屋が一致した際に相手の送った記号とその部屋と記号の対応関係を学習するメカニズムであり，乳幼児の発達過程においてその重要性が指摘されている．今回の実験において，成功体験が影響を与えなかったのはこの役割反転模倣が寄与していた事が考えられる．

6. 結論

本研究では，コーディネーションゲームを用いて記号コミュニケーションにおける言外の意味の変更によって，変更後の意味の伝達の成否に過去の記憶が与える影響を計算機シミュレーションによって調べた．計算モデルは記号の意味を推定し，失敗時でも記号の使い方を学習する失敗学習モデルを用いた．我々は，意図が変わったことを直接伝えることができないとき，過去の成功体験がのちのコミュニケーションに悪影響を与えると考えた．

計算機シミュレーションの結果，過去の成功体験による悪影響はみられなかった．また，失敗時の学習をしない意味推定モデルとの比較を行なった．この比較から，失敗学習のメカニズムが意図が変化したときの学習にも有効であることが確認された．しかし，意味推定モデルであっても学習に悪影響はみられなかった．その理由として，計算モデルのメカニズムとして導入されていた役割反転模倣の仕組みが寄与したと考えられる．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費基盤研究 (A)「意図共有と意味創造を伴うコミュニケーション創発の進化的構成論による研究」/課題番号 26240037，JSPS 科研費基盤研究 (C)「人工言語の共創課題を用いたことばへの気づきの獲得と言語学習効果の検証」/課題番号 16K00205，及び MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] Frith, U.(1989) “AUTISM”, Explaining the Enigma, Blackwell.
[2] 河上 章太郎，金野 武司 (2017): “記号コミュニケーションにおいて言外の意味を推定する計算モデルの人への効果”, 日本認知科学会第 34 回大会予稿集, pp 1209–1213.
[3] 河上 章太郎，金野 武司 (2017): “失敗事例を含む語彙表形成の仕組みが二者間での記号システムの成立に与える効果”, HAI シンポジウム 2017 プロシーディングス，P–39.
[4] 津田 一郎 (2002): ダイナミックな脳 －カオス的解釈, 岩波書店.
[5] Carston, R. (2002): Thoughts and Utterances: The Pragmatics of Explicit Communication, Blackwell.
[6] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2014): “言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ”, 計測と制御,Vol. 53,No. 9,pp. 801–807.
[7] 金野 武司, 橋本 敬, 李 冠宏, 奥田次郎 (2015): “記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割”, 日本認知科学会第 32 回大会予稿集, pp. 477–486.
[8] Tomasello, M. (2003): “Constructing a Language, A Usage-Based Theory of Language Acquisition”, Harvard University Press.
[9] 金野 武司，森田 純哉，橋本 敬 (2013) : “人工言語の共創実験：使用する記号の類似性が導く言外の意味の成立”, 日本認知科学会第 30 回大会予稿集, pp. 18–24.
[10] 金野 武司，森田 純哉，橋本 敬 (2014) : “記号コミュニケーションシステムにおいて言外の意味を成立させるメカニズムの計算モデルによる検討”, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2014 (SSI2014),pp. 401–406.

エージェントに対する知性に関する印象形成: 知識量に関する既有知識と応答に着目した実験的検討

Formation of intelligent impression on an agent: An experimental study on the effects of prior knowledge and response about amount of knowledge

星田 雅弘[†]，林 勇吾[††]，田村 昌彦[†††]
Masahiro Hoshida, Yugo Hayashi, Masahiko Tamura
[†] 立命館大学文学研究科，[††] 立命館大学総合心理部，[†††] 立命館大学文学部
Graduate school of Letters, Ritsumeikan University,
College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University,
College of Literature, Ritsumeikan University
lt0610fs@ed.ritsumei.ac.jp

Abstract

対人認知場面では,(1) 相手に関する既有知識と (2) 相手の振舞いの 2 つの手がかり情報を利用しながら印象が形成される．本研究では，エージェントに対しても同様の印象形成が行われるのかを実験的に検討した．互いにある対象を単語で伝え合う場面を設定し，エージェントの知識量が知性の印象にどのように影響するのかを調べた．その結果，相手の知識量は知覚される知性に影響しなかった．

Keywords — エージェント，知性印象，知識量
既有知識，応答

1. はじめに

我々は対人認知の場面において,(1) 相手に関する既有知識と (2) 相手の振舞いという 2 種類の手がかり情報を利用しながら相手に対する印象を形成する [1]．具体的には,(1) は相手の属性や身分などの事前知識,(2) は相手の発話や動作などが相当する．

エージェントに対しても，2 種類の手がかり情報に基づいて印象形成が行われる [2]．特に，言語コミュニケーションでは，エージェントの知性に基づいて認識可能な言葉を用いる [3] ため，知性に関する印象形成は意思疎通において重要である．エージェントが性能を顕著に現す機能としては，視線制御が取り上げられてきた [4]．例えば，神田ら [5] は，ロボットに対する印象形成において，視線制御の有無がどう影響するのかを検討している．そこでは，視線制御を行うほうが知的に感じられないことが示されている．これは，実際の機能が低かったため，その失望感からかえって印象を下げたと解釈されている．そこで，本研究では，実際の機能としてエージェントの知識量を操作する．

1.1 本研究の目的と仮説

本研究では，エージェントとのコミュニケーションにおいて,(1) 相手に関する既有知識と (2) 相手の応答が印象形成にどのように影響するのかを実験的に検討する．特にここでは，相手の知識量が知性に関する印象形成にどう影響するのかを調べる．実際の機能が重要視されることから，以下の仮説を提案する．

仮説: エージェントの実際の知識量が多い場合のほうが，少ない場合よりも知性の得点が高く，既有知識による知識量は影響しない

2. 方法

2.1 実験参加者

大学生 100 名（男性 42 名，女性 58 名，平均年齢 19.5 歳，$SD = 2.25$）が参加した．各条件に 25 名ずつ割り当てた．

2.2 要因計画

実験は 2 要因の被験者間計画で実施された．ここでは，冒頭で述べたの 2 つの要因をエージェントがもつ知識量として実験的に操作した.(1) 相手に関する既有知識の要因としては，エージェントの知識量に関する既有知識を教示によって操作し，2 水準（知識少教示条件/知識多教示条件）に設定した．以降，この既有知識に関する操作を教示の操作と呼ぶ.(2) 相手の応答の要因としては，エージェントが単語について発話する知識量を操作し，2 水準（知識少応答条件/知識多応答条件）に設定した．以降，この発話の操作を応答の操作と呼ぶ.

2.3 実験課題と手続き

実験参加者を実験室に入室させ，PC の前に着席させた．そして，実験者が課題の説明を行い，エージェントの知識量に関する教示を行った．ここでは，広辞苑に収録されている単語のうちの何%が登録されているか（知識少教示条件 : 25% vs 知識多教示条件 : 75%）を教示することによって，エージェントの知識量が多いか少ないかという既有知識を操作した．

本研究では，エージェントと互いに対象を伝え合う場面を設定し，そこでの印象形成に着目する．そこで，先行研究 [3] で考案された課題を改良して用いた．この課題は，(a) 画像選択フェーズと (b) 言語入力フェーズの 2 つのフェーズで構成されている．(a) では，2 枚の画像が呈示され，エージェントがいずれかを単語で言及した．実験参加者は正しいと思う画像をクリックすることが要求された．そして，エージェントは正解か不正解かを答えた．(b) では，2 枚の画像が呈示され，いずれかが赤枠で囲まれた．実験参加者はその画像を単語の入力によってエージェントに伝えることが要求された．そして，エージェントは入力単語にかかわらず，赤枠に囲まれていた画像を選択して応答を返したが，応答の条件によってその内容は異なった（知識少応答条件 : 決まった単語のみ発話 vs 知識多応答条件 : 単語に関する詳細な情報提供）．エージェントが応答すると，実験参加者は「順番交代」ボタンをクリックして (a) に進んだ．これら 2 つのフェーズが 40 回繰り返されると実験課題は終了となった．

2.4 印象アンケート

実験課題後，エージェントに関する印象アンケートを実施した．Godspeed[6] の因子用い，実験参加者は 5 件法で回答した．なお，本研究では知性に関する項目のみを分析の対象とした．

3. 結果と考察

各条件における知性の平均得点を算出した．教示要因と応答要因の 2 要因について，参加者間分散分析を実施したところ，教示と応答の間に交互作用が認められなかった ($F(1, 96) = .33$, $p = .57$, $\eta^2 = .00$)．また，教示と応答の主効果は認められなかった ($F(1, 96) = .10$, $p = .75$, $\eta^2 = .00$; $F(1, 96) = .79$, $p = .38$, $\eta^2 = .01$)．このことから，(1) 相手に関する既有知識と (2) 相手の応答は知性の印象形成には影響しておらず，仮説は支持されなかったといえる．著者らは過去に，2 要因が単語の同調に及ぼす影響を検討しており，(1) 知性に関する既有知識と (2) 知的な振舞いが相互に影響することが示された [7]．本研究では，エージェントの知識量，つまり表層的な知性ではなく機能を操作したが，知性の印象に影響しなかった．今後，この操作によって単語の同調率がどのように異なるのかを調べることが興味深いだろう．

4. まとめ

本研究では，エージェントとのコミュニケーションにおいて，相手の知識量が印象形成にどのように影響するのかを実験的に検討した．特にここでは，(1) 相手に関する既有知識と (2) 相手の応答による知識量が知性印象にどう影響するのかを調べた．仮説としては，エージェントの知識量が多いほど知的に感じられると予想した．この仮説を検証するために，エージェントと対象を伝え合う場面を設定し，エージェントがもつ単語の知識量が多いか少ないかという (1) 既有知識の要因と，エージェントの発話に含まれる知識量が多いか少ないかという (2) 応答の要因の被験者間要因の実験計画により，エージェントに対する知性に関する印象形成に及ぼす影響を実験的に検討した．その結果，2 つの手がかり情報は印象形成には影響せず，仮説は支持されなかった．今後は，エージェントの知識量に関する 2 つの手がかり情報が言語の同調率にどう影響するのかを検討していきたい．

文献

[1] S.T. Fiske and S.E. Taylor, “Social cognition,” 1991.
[2] 山田誠二，角所考，小松孝徳，“人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ,” 人工知能学会誌，vol.21，no.6，pp.648–653，2006.
[3] H.P. Branigan, M.J. Pickering, J. Pearson, J.F. McLean, and A. Brown, “The role of beliefs in lexical alignment, evidence from dialogs with humans and computers,” Cognition, vol.121, no.1, pp.41–57, 2011.
[4] 石井亮，中野有紀子，“ユーザの注視行動に基づく会話参加態度の推定—-会話エージェントにおける適応的会話制御に向けて,” 情報処理学会論文誌，vol.49，no.12，pp.3835–3846，2008.
[5] 神田崇行，石黒浩，“人間－ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価,” 日本ロボット学会誌，vol.19，no.3，pp.362–371，2001.
[6] E.C.S.Z. C Bartneck, D Kulic, “Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots,” International Journal of Social Robotics, vol.1, pp.71–81, 2009.
[7] M. Hoshida, M. Tamura, and Y. Hayashi, “Lexical entrainment toward conversational agents: An experimental study on top-down processing and bottom-up processing,” Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction, pp.189–194, 2017.

ヒューマノイドロボットに対する感情認知と社会行動
Emotion Perception and Altruistic Behavior to Humanoid Robot

河原美彩子[†‡]，澤田佳子[†]，田中章浩[†]
Misako Kawahara, Yoshiko Sawada, Akihiro Tanaka
[†]東京女子大学，[‡]日本学術振興会特別研究員DC
[†]Tokyo Woman's Christian University, [‡]Japan Society for the Promotion of Science
misako1753@gmail.com

Abstract
ロボットから多感覚的に表出された感情を人間はどのように認知するのだろうか。また、その認知した感情によって人間の行動は変化するのだろうか。本研究では以上 2 つの問題を検討した。実験の結果、異なる感覚モダリティによる複数の感情の手がかりのうち、人間は人工的手がかりより自然的手がかりを重視してロボットの感情を判断することがわかった(実験 1)。またロボットに対する利他行動の生起には、ロボットの表出した感情そのものではなく、それを人間がどのように感じたかが関係している可能性が示唆された(実験 2)。

Keywords—Humanoid robot, Emotion perception

1. はじめに
現代社会において、人間とコミュニケーションをとることのできるロボットが身近になってきている。これまでは主に、本来人間が行っていた作業を代わりに行う用途のロボットが活躍してきた。しかしながら、近年 Pepper（Softbank）や aibo（SONY）といった、人間の日常生活の中で直接コミュニケーションをとることができるヒューマノイド型のロボットが増えてきている。Pepper などのヒューマノイドロボットの形状は人間と類似しており、発声機能や身体の動きを用いた感情表出機能が組み込まれている。こうした機能を利用することによって、人間とヒューマノイドロボットが人間同士のやりとりと同様にコミュニケーションをとり、社会関係を構築できるよう日々開発が進められている。コミュニケーションをとる上で相手の感情を理解することは大変重要であるが、果たしてロボットが表出した感情を人間が認知することは可能なのだろうか。

ヒューマノイドロボットによる感情表出とそれに対する人間の感情認知についてはすでに検討されてきている。色と特定の感情との結びつきを用いた研究では、ロボットの頭部や目から発光された色（以下、目の色とする）を手がかりにロボットの感情を人間が読みとれることが示されている[1][2]。また、このような人工的な発色による感情表出以外にも、ロボットの身体の動き（以下、身体言語とする）によって表出された感情を扱った研究もおこなわれている。McColl らの研究では、ヒューマノイドロボット（The Social Robot Brian 2.0）が身体言語によって表出した 8 つの感情（sadness, elated joy, anger, interest, fear, surprise, boredom, happiness）が、それぞれロボットの表出した通りの感情として人間に正しく認知されるか検討した[3]。その結果、interest と fear を除く感情において正答率がチャンスレベルを上回り、全体的に人間はヒューマノイドロボットの身体言語から感情を認知できることが明らかとなった。

このように、人間は発光による目の色の変化や身体言語といった単一の情報を手がかりにした場合に、ヒューマノイドロボットの表した感情を認知できることが先行研究によって示唆されている。しかしながら、人間の感情コミュニケーション場面においては、視覚や聴覚といった単一の感覚モダリティによる情報のみを手がかりとする機会は少なく、顔の表情や音声といった複数の情報を同時に知覚し、多感覚的に他者の感情を読みとっている。実際、人間の顔の表情と声を用いた多感覚な感情認知研究では、顔の表情という視覚情報と声という聴覚情報がそれぞれ単一で呈示された場合と比較して、視覚と聴覚の両方の情報が同時に呈示されたほうが感情認知の精度が高く、視覚情報と聴覚情報は相互に影響を及ぼしていることが示されている[4][5]。したがって、ロボットと人間の感情コミュニケーションにおいても、ヒューマノイドロボットによる多感覚的な感情表出とそれに対する人間の認知に焦点を当てることは必要であるが、この点についてはいまだ検討されていない。そこで本研究では、Pepper（以下、ロボットとする）を用いて、ロボットが視覚と聴覚から多感覚的に表出した感情を人間がどのように認知するのか検討することを目的とした（実験 1）。また、私たち人間は相手の感情を認知することで、自身の次の行動を変化させることも多い。そのため、ロボットによって多感覚的に表出された感情を認知する

ことにより、その影響を受け、相手であるロボットに対して人間が利他的行動を行うのかについても検討した（実験 2）。

2. 実験 1

2.1. 目的

ロボットによって表出された多感覚的な感情の情報をどのように人間が認知するのかを明らかにするため、実験 1 ではロボットが視覚情報（目の色、身体言語）と聴覚情報（音声）によって多感覚的に感情を表出する様子を実験参加者に視聴させ、ロボットがどのような感情を表しているか判断させた。このとき、視覚と聴覚がそれぞれ表出する感情が矛盾するような組み合わせ（たとえば、喜びの目の色＋悲しみの音声）も作成し、2 つの感覚情報が異なる感情を表している場合に人間がどちらの情報を重視するのか検討した。

人間同士の感情認知においては、顔の表情を視覚情報、音声を聴覚情報としたとき、両者の感情判断の正答率をあらかじめ統制しない場合には聴覚情報と比較して視覚情報が重視される傾向が報告されている[6][7]。また、身体言語と音声を手がかりとした視聴覚的な感情認知においても、感情の判断に互いの情報が影響を及ぼし合うことが報告されている[8][9]。身体言語と音声の組み合わせにおいては、どちらの情報がより優位かという直接的検討はなされていないが、身体言語を顔の表情と同様に視覚情報と捉えると、聴覚に比べて視覚が優位に重視される可能性がある。

それでは、人間はロボットが表出した感情を、人間の感情と同様に読みとるのだろうか。ロボットの感情表出方法として、身体言語と音声は人間の表出手段に比較的類似している、すなわち自然的要素であるため、ロボットに対する感情認知においても視覚優位性がみられる可能性がある。しかしながら、目の色は人間には変化させることができないものであり、いわば人工的要素であるため、身体言語や音声のような自然的要素を手がかりとする場合とは認知プロセスが異なる可能性がある。そこで、人間にとって人工的要素よりも自然的要素のほうが感情判断の手がかりとしての優位性が高いと考え、人工的要素（つまり目の色）と自然的要素（つまり音声）が組み合わされて表出された感情に対しては、自然的要素の感情の情報が重視されると仮説を立てた。また、その自然的要素の優位性は、視覚情報と聴覚情報における視覚優位性よりも影響が大きく、感情認知プロセスにおいて早い段階で作用すると予測した。

2.2. 方法

2.2.1. 実験計画

実験 1 は 2 つの実験から構成され、目の色と音声を組み合わせた刺激を呈示する条件を実験 1A、身体言語と音声を組み合わせた刺激を呈示する条件を実験 1B とした。実験 1A は 2（目の色：喜び、悲しみ）×2（音声：喜び、悲しみ）の被験者内計画、実験 1B は 2（身体言語：喜び、悲しみ）×2（音声：喜び、悲しみ）の被験者内計画だった。従属変数はいずれの実験においても感情の選択率とし、視覚と聴覚によってもたらされる感情の情報のうちどちらの情報を感情判断の手がかりとして選択したか、その割合を指標とした。

2.2.2 実験参加者

実験参加者は、正常な視覚及び聴覚を有する大学生 47 名(全て女性)であった。平均年齢は 18.60 歳(*SD* = 0.96）であった。

2.2.3. 刺激

ロボットが目の色（静止画)、身体言語（動画）および音声によって感情（喜び、悲しみ）を表す様子を記録し、静止画または動画を音声と組み合わせたものを刺激として使用した。なお、刺激の各要素を単独で呈示した場合の感情判断の正答率を統制するため、予備実験を実施し、各要素の正答率が約 80%で揃うよう刺激を選定した。

目の色は、先行研究[1][2]と同様に Pultchik の感情モデル[10]に結果が合致することを予備実験にて確認した上で、喜び刺激として濃度の異なる 2 種類の黄色、悲しみ刺激として濃度の異なる 2 種類の青色を使用した。身体言語は、各感情につき 2 種類の身体の動き（喜び：右手でガッツポーズをする動き、上を向いて両手を広げる動き；悲しみ：両手で頭を抱える動き、うつむいて左手を額に手を当てる動き）を選定した。音声は、「ぼくの取り分はそれですね」というセリフを喜びと悲しみの感情を表す言い方で発話したものを使用した。各感情につき 2 種類の音声を選定し、喜びの音声はピッチが 180[1]、話速が 155 の音声と、ピッチが 180、

[1] Pepper 開発用ソフトウェア（Choregraphe）で使われているパラメータに基づく。話速は基準（約 7 モーラ/秒）を 100 とした速度とおおむね対応するもので、50～400 の間で調整でき、数字が大きいほど音声が速くなるものだった。ピッチは 50～200 の間で調整でき、数字が大きいほど音声は高くなっていた。

話速が 135 の音声を使用した。悲しみの音声は、ピッチが 140、話速が 75 の音声と、ピッチが 110、話速が 155 の音声を使用した。上記のロボットの感情表出は Pepper 開発用ソフトウェア（Choregraphe）を使用して調整を行った。

感情を表す目の色をしたロボットの顔を記録した静止画と、身体を動かすロボットの全身の様子を記録した動画は解像度を 640×480px に設定し、オーディオはビットレートを 128kbps、サンプリングレートを 48kHz とした。感情を表す音声と静止画または動画を組み合わせた動画ファイルの長さはすべて 3500ms として作成した。

2.2.4. 実験装置

視覚刺激を呈示するため、パーソナルコンピュータ（Lenovo, G580）を 1 台使用した。なお、画面解像度は 800×600px で統一した。また、音声呈示のためにヘッドホン（SENNHEISER, HDA200）を使用した。なお、音声刺激呈示時の音圧は 58dB とした。

2.2.5. 手続き

防響室にて個別に実験を実施した。実験参加者は、実験 1A（目の色＋音声）と実験 1B（身体言語＋音声）の両方に参加したが、実施順序は被験者間でカウンターバランスをとった。実験 1A は、目の色（喜び 2 種類×悲しみ 2 種類）と音声（喜び 2 種類×悲しみ 2 種類）を組み合わせた計 16 刺激を 3 回ずつ呈示したため、計 48 試行から構成された。実験 1B は、身体言語（喜び 2 種類×悲しみ 2 種類）と音声（喜び 2 種類×悲しみ 2 種類）を組み合わせた計 16 刺激を 3 回ずつ呈示したため、計 48 試行から構成された。なお、刺激はすべてランダム順で呈示した。

実験手順を図 1 に示す。実験では、ロボットの静止画または動画と「ぼくの取り分はそれですね」という音声をパーソナルコンピュータおよびヘッドホンを通してそれぞれ呈示し、ロボットの表す感情が喜びと悲しみのどちらであったか、キー押しによって二肢強制選択で実験参加者に回答させた。実験課題に正解はなく、思ったように回答するよう教示をおこなった。実験 1A および実験 1B 終了後、Pepper との触れ合いの経験を問う質問紙に回答させた。質問紙では、「（実験参加以前に）Pepper をメディアを通して見たことはあるか」「実物を見たことがあるか」「会話をしたことがあるか」の 3 問について、「1. ない」～「5. 9 回以上ある」の 5 件法で回答させた。また、「プログラミングをして Pepper を動かしたことがあるか」「今までに学内で Pepper に関する実験に参加したことがあるか」の 2 問について、その有無を回答させた。

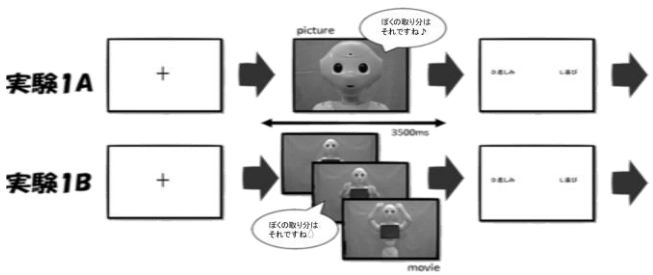


図 1 実験 1 の手順

2.3. 結果と考察

質問紙調査の結果、全実験参加者のうち、実験参加以前に Pepper を知っていた人は 86.96%で、そのうち Pepper のアプリ開発ソフトウェア（Choregraphe）を使用したことがある人はいなかった。

ロボットの示した感情を判断させる課題については、実験参加者ごとに、刺激に対して視覚と聴覚のどちらの感覚情報が示す感情を選択したのか、その割合（以下、感情の選択率とする）を算出し、実験 1A（目の色＋音声条件）と実験 1B（身体言語＋音声条件）それぞれにおいて比較した。なお、本研究ではロボットから多感覚的に表出された感情を人間がどのように認知するのかを検討するため、視覚と聴覚の表す感情が矛盾する刺激を視聴した際の結果に着目する。実験 1A と実験 1B それぞれにおいて、感情選択率について t 検定を行った。

結果を図 2 に示す。実験 1A では、感情の組み合わせに関わらず、目の色よりも音声の表す感情のほうが選択されやすかった（喜びの目＋悲しみ音声：$t(46) = 7.29$, $p < .001$; 悲しみの目＋喜び音声：$t(46) = 8.31$, $p < .001$）。一方、実験 1B では、感情の組み合わせによって結果が異なり、喜び音声が悲しみを表す身体言語と組み合わされた場合においてのみ、音声よりも身

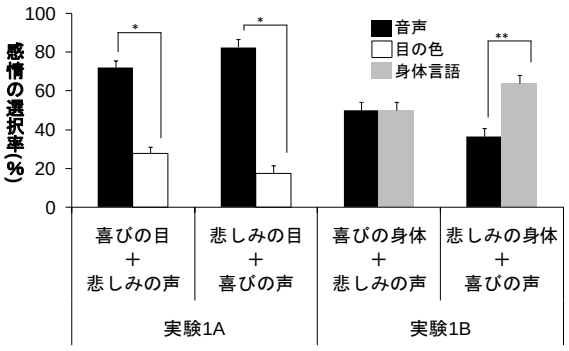


図 2 実験 1 の結果

体言語のほうが選択されやすく（$t(46) = 3.18$, $p < .01$）、悲しみ音声が喜びを表す身体言語と組み合わされた場合には感情の選択率に有意な差はみられなかった（$t(46) = 0.01$, *n.s.*）。

これらの結果は、人間はロボットから感情を認知する場合、感情の手がかりが人間も用いるような自然的要素であるか、人間は用いない人工的要素であるかの影響を受けることを示唆するものである。目の色といった人工的要素は身体言語や音声の自然的要素よりも優位性が低いと判断され、相対的に自然的要素が重視された可能性がある。また、実験 1B では感情の組み合わせによっても手がかりに対する重みづけが異なることが示された。先行研究では、表情と音声のどちらにおいてもネガティブ感情のほうが知覚されやすい傾向が示唆されている[7][11]。したがって本研究の結果から、2 つの感情の手がかりのうちどちらも自然的要素である場合には、人間の表した感情の認知と同様に、聴覚情報よりも視覚情報が、ポジティブ感情よりもネガティブ感情が優位に重視されやすいと考えることができる。

以上の結果を踏まえ、ロボットに対する感情認知モデルを提案する（図 3）。人間はロボットによる感情表出を知覚した後、その感情の手がかりが自然的要素か、人工的要素かの判断をまず行う。ここで、同時に呈示された 2 つの手がかりのどちらか一方が自然的要素であれば、そちらの感情が自動的に感情として決定される（ステージ 1）。2 つの手がかりの自然性に差異がない場合は、ステージ 2 の判断に持ち越され、視覚情報か聴覚情報か、また、ポジティブ感情かネガティブ感情かの判断が同時的になされる。それぞれの結果は加算的に処理され、感情が決定する。このモデルを本研究の結果に適用すると、以下のような説明が可能である。まず、悲しみの目の色と喜び音声が組み合わされた場合には、ステージ 1 で自然的要素である音声の感情が優先的に捉えられ、感情（つまり、喜び）が決定する。一方、喜びの身体言語と悲しみ音声が組み合わされた場合には、ステージ 1 ではどちらも自然的要素であるために判断がステージ 2 に持ち越される。ここで、視聴覚情報に対する重みづけが判断され、視覚情報である身体言語の感情（つまり、喜び）が優先されるが、感情価の判断では音声が表出する感情（つまり、悲しみ）が優先される。したがって、ここで喜びの判断と悲しみの判断が拮抗し、結果的に喜びと悲しみの選択率に有意差がみられなかったと考えられる。

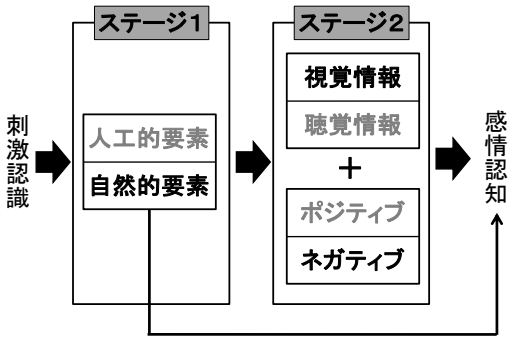


図 3　ロボットに対する感情認知モデル

3.　実験 2

3. 1.　目的

実験 1 では、ロボットの多感覚な感情表現から人間がどのように感情を認知するのかを検討する認知実験を行い、ロボットの表す感情が視覚情報と聴覚情報で矛盾する場合、人間がどのようにロボットの感情を認知するのか調べた。その結果、人間はロボットの表した感情を読みとる際に、感情認知の手がかりとなる要素が人工的か自然的かということの影響を受けることがわかった。加えて、手がかりが自然的要素の場合は人間の示した感情の認知と同様に、視覚情報よりも聴覚情報が、ポジティブ感情よりもネガティブ感情が手がかりとして重視されやすいことが示唆された。

しかし、人間は単に相手の感情を読みとるだけではなく、読みとった感情をもとに自らの行動を決め、他者とのコミュニケーションに役立てている。たとえば、苦痛から表される悲しみ感情は同情や向社会的行動を引き出すといわれている[12]。向社会的行動とは社会的行動に含まれ、さまざまな動機に基づいて自発的に他者を助けたり、他者に恩恵を与えたりする行動のことである[13]。成人において他者のネガティブ感情が向社会的行動を引き出すことは多くの研究の中で明らかとなっている[12]。

それでは、人間同士の場合ではなく人間がロボットを相手に行動する場合はどうなのだろうか。ロボットの感情表出が人間の向社会的行動の一部である利他的行動に影響を与えるかを検討した研究がいくつかある。利他的行動とは、自分がコストを負う代わりに他者にとって利益になる行動である[14]。寺田らは、小型のヒューマノイドロボット（NAO）を用いて、喜びと悲しみを表現する目の色による感情表出が人間の利他的行動に影響を及ぼすか検討した[2]。この研究では、利他行動の指標として最後通牒ゲームを用いた。最後通牒

ゲームとは 2 人のプレイヤーで資金を分けるゲームであり、プレイヤーの 1 人（提案者）が資金の範囲内で任意の配分額をもう 1 人のプレイヤー（応答者）に提案する。応答者は、提案者の提案に対して拒否権を持ち、応答者が提案に応じれば両者それぞれが提案者の提案した配分額を受け取れるが、応じなければ両者ともに取り分はなくなる。寺田らは、このゲームにおいて実験参加者がロボットに配分した金額を利他的行動の指標とした。実験参加者を提案者、ロボットを応答者として実験を行った結果、ロボットへの平均配分額は、ロボットが感情的な変化をする群のほうが変化をしない群より有意に高くなった。このことから、ロボットの目の色による感情表出が人間の利他的行動を引き出すことが示唆された。

しかし、最後通牒ゲームは配分額を呈示された相手である応答者に拒否権があるため、純粋な人間の利他行動を調べることができないという指摘がなされている[15]。そこで本研究では、応答者に拒否権のない独裁者ゲームを用い、人間がロボットの表した感情を読みとることによってロボットに対する利他的行動が生起するのか検討した（実験 2)。実験 1 で示したモデル（図 3）に基づいてロボットの示した感情を判断すると仮定した上で、ロボットから喜びを感じた場合はロボットへの配分額は減少し、悲しみを感じた場合は配分額が増加すると予測した。また、共感性が高い人ほど利他的行動をとりやすいことから[16]、共感性の高い人は低い人よりも配分額を増加させる可能性についても検討した。

3.2. 方法

3.2.1. 実験計画

実験 2 では、実験参加者はロボット（Pepper）を相手に独裁者ゲームを行った。ゲームにおいて、実験参加者が決定した Pepper への配分額に対して Pepper が感情を示す方法は 2 条件あり、実験 2A では目の色と音声によって、実験 2B では身体言語と音声によって感情を表した。実験 2A は 2 要因 2 水準の被験者間計画であった。独立変数は、目の色（喜び、悲しみ）と音声（喜び、悲しみ）であった。従属変数は独裁者ゲームにおける 2 回の資金配分のうち、ロボットが示した感情をうけて再度配分した 2 回目の配分額（変更後配分額）から初めの配分額（初回配分額）をひいた差額とした。実験 2B も実験 2A と同様に、2 要因 2 水準の被験者間計画とした。独立変数は、身体言語（喜び、悲しみ）と音声（喜び、悲しみ）だった。従属変数は実験 2A と同様に、変更後配分額と初回配分額の差額とした。

3.2.2. 実験参加者

実験参加者は、正常な視覚及び聴覚を有する大学生 160 名（全て女性）だった。平均年齢は 20.32 歳（SD = 1.36）であった。

3.2.3. 刺激

実験 1 で用いた、ロボットの目の色と音声または身体言語と音声の組み合わせによる感情表現を、実際に実験参加者の目の前でロボット（Pepper）に表出させた。ロボットの制御には、Pepper 開発用ソフトウェア（Choregraphe）を用いた。

3.2.4. 実験装置

実験は、マジックミラーで仕切られた実験室で行った（図 4)。実験参加者にロボットへの配分額を入力させるために、パーソナルコンピュータ（DELL, Vostro3700）を使用した。パーソナルコンピュータは、画面解像度を 800×600px で統一した。また、ロボット制御のためにパーソナルコンピュータ（HP, ProBook 450 G2）を使用した。実験参加者によって決定された配分額をロボットにも呈示するためにモニタ（LCD Monitor, BenQ）を使用した。

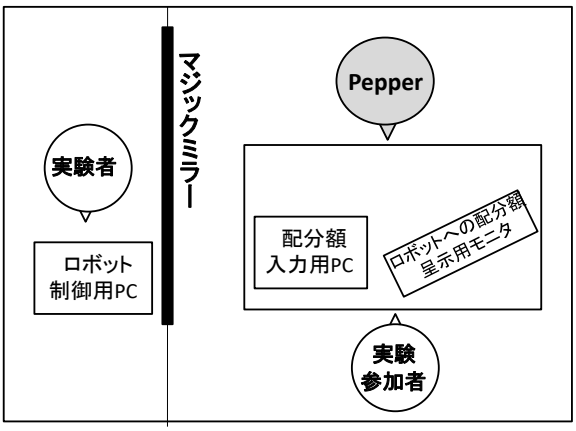


図 4 実験 2 の実験室の概略

3.2.5. 手続き

実験 2A、2B ともに実験参加者を分配者、ロボットを応答者とした独裁者ゲームを行った。実験参加者は実験 2A または実験 2B のどちらかに参加した。刺激は、実験 2A では目の色と音声を組み合わせた 16 種類から、実験 2B では身体言語と音声を組み合わせた 16 種類から 1 種類を呈示した。所要時間は約 10 分だった。

独裁者ゲームは図 5 の手順で実施した。まず、ゲームマネー1000 円の中から対戦相手であるロボットに渡す配分額（以下、初回配分額とする）を参加者に回答させた。その後、それに対するロボットの反応として、

ロボットが実験参加者の目の前で感情を表現している様子を観察させた。実験は、ロボットが実験参加者と同室で参加者の目の前にいる状態で実施した。ロボットが目の色と音声(実験 2A)または身体言語と音声(実験 2B)によって感情(喜びまたは悲しみ)を表現する様子を直接観察した後、参加者には再度配分額(以下、変更後配分額とする)を回答するよう求め、最後にロボットに対する印象などを尋ねる質問紙に回答させた。また実験の報酬として、実験参加者が最後に獲得したゲームマネーに応じた菓子を渡した。



図 5　実験 2 の手続き

3.2.6.　質問紙

質問紙は、デイビスの多次元共感性測定尺度[17][18]、Pepper との触れ合いの経験、Pepper の印象、Pepper から感じた感情、実験意図への気づきの 5 項目で構成されていた。

多次元共感性測定尺度のうち、視点取得項目と共感的配慮項目の 2 つの項目を使用し、「1. まったく当てはまらない」～「7. とても当てはまる」の 7 件法で回答させた。Pepper との触れ合いの経験については、実験 1 と同様の項目を尋ねた。Pepper の印象については「実験中、Pepper に人間らしさを感じた」「実験中、Pepper にロボットらしさを感じた」「実験中、Pepper が感情表出をしていると感じた」の 3 問について「1. まったく当てはまらない」～「7. とても当てはまる」の 7 件法で回答させた。Pepper から感じた感情についての項目では「実験中、Pepper が発話した際、どちらの感情を表していると感じたか」を「1. 強く喜びを感じた」～「8. 強く悲しみを感じた」の 8 件法で回答させた。実験意図への気付きについては、「実験中に、実験の意図に気付いたか」「Pepper の身体と音声(実験 2A)/目の色と音声(実験 2B)の感情の食い違いに気付いたか」「Pepper の表す感情が、行動(配分金額の変化)に影響を与えるかについて調べていたことに気付いたか」「配分額決定時に、Pepper というロボットにお金を与えることに違和感を抱いたか」の 4 問に対して「はい」または「いいえ」で回答させた。また、2 回目の配分額を変更した人に対してのみ「Pepper が感情を表出していると感じたことが原因で、取り分の再設定を行ったか」という問いに対して「1. まったく当てはまらない」～「7. とても当てはまる」の 7 件法で回答させた。

3.3.　結果と考察

3.3.1.　質問紙の集計

全実験参加者のうち、実験参加以前に Pepper を知っていた人は 95.60%で、そのうち Pepper のアプリ開発ソフトウェア(Choregraphe)を使用したことがある人はいなかった。また、実験 2 への参加以前に我々が行った予備実験や実験 1 に参加したことのある人は 8.75%だった。

多次元共感性測定尺度については、全ての項目の値を合算して実験参加者ごとに共感性の総得点数(以下、共感性とする)を算出した。

3.3.2.　Pepper への配分額

まず、実験 2A と実験 2B について、初回配分額と共感性の相関係数を算出した。その結果、実験の種類(実験 2A、2B)を考慮しない場合、初回配分額と共感性の間に弱い正の相関がみられた($r = .23$, $p < .01$)。これは、共感性の高い人ほど Pepper への初回配分額が多かったことを示している。初回配分額は Pepper に対し無償で配分した金額、つまり実験参加者の内発的な利他行動の指標と考えることができる。このことから、共感性が高い人ほどロボットに対する利他行動を生起させやすいということが示唆され、これは人間を相手にした場合[16]と同様の結果だった。

次に、実験 2A と実験 2B のそれぞれにおいて、感情の組み合わせ(喜びの目または身体言語＋喜び音声、悲しみの目または身体言語＋悲しみ音声、喜びの目または身体言語＋悲しみ音声、悲しみの目または身体言語＋喜び音声)ごとに変更後配分額から初回配分額をひいた差額を算出した。その結果、いずれの条件においても初回配分額よりも変更後配分額が増加しており、1 要因被験者間の分散分析を行ったところ、実験 2A、2B ともに感情の組み合わせの主効果はみられなかった(実験 2A：$F(1, 78) = 0.009$, *n. s.*, 実験 2B：$F(1, 78) = 0.05$, *n. s.*)。このことから、感情の組み合わせによってロボットへの配分額に差はなく、ロボットの示す感情は利他行動の生起に影響しないことが示唆された。

3.3.3.　差額と質問紙の分析

ロボットの示す感情によって差額に違いがみられなかったことから、質問紙で回答させた項目と差額との関連を検討した。実験中に感じたロボットの人間らしさについての項目の得点と差額の間に相関があるか調

べた結果、実験 2A では相関はみられなかったが（r = −.02, *n.s.*）、実験 2B では弱い正の相関がみられた（r = .30, p < .01）。この結果は、実験 2B においてロボットから感じた人間らしさが高い人ほど、変更後配分額が増加したことを示している。つまり、ロボットが自然的要素同士の組み合わせである身体言語と音声で感情を示したとき、ロボットに対して人間らしさを強く感じた場合に利他行動が生起することが示唆された。

また、初回配分額に対するロボットの反応から喜びと悲しみのどちらの感情を表していると感じたかについての評定値と差額との関連を調べた。その結果、実験 2A では相関はみられなかったが（r = .11, *n.s.*）、実験 2B では中程度の正の相関がみられた（r = .44, p < .001）。このことから、実験 2B においてロボットの反応から悲しみを感じた人ほど変更後配分額を増加させたことが分かった。つまり、ロボットがどのような感情を表出したかにかかわらず、実験参加者がロボットの反応を悲しみだと感じた場合により利他行動が引き起こされることが示唆された。具体的には、たとえロボットが初回配分額への反応として身体言語と音声の双方で喜びを示していたとしても、それに対して実験参加者が「ロボットが悲しんでいる」と感じた場合は、変更後配分額を増加させていたと考えられる。

3.3.4. ロボットに対する利他行動

初回配分額と共感性で弱い正の相関がみられたことから、共感性が高い人ほど人間を相手にした場合と同様に、ロボットに対しても利他行動を起こしやすいことが示唆された。また、自然的要素である身体言語と音声によってロボットの感情が表出されたとき、ロボットに対して人間らしさを感じた場合により利他行動が生起されることが示された。また、ロボットの示した感情の組み合わせによって差額に有意な差異はみられなかった。ただし、人間がロボットの反応から悲しみを感じた場合には、利他行動を行いやすいことが示唆された。このことから、ロボットが示した感情にかかわらず、それを人間がどう感じたが利他行動に影響を及ぼすと考えられる。

4. 総合考察

4.1. 結果のまとめ

実験 1 では、ロボットが目の色と身体言語をそれぞれ音声と組み合わせて多感覚的に示した感情を、人間はどのように判断をするのか検討した。その結果、目の色＋音声条件においてそれぞれの示す感情が矛盾する場合、感情の組み合わせに関わらず音声の感情を重視して判断することが示された。一方、身体言語＋音声条件では感情の組み合わせによって身体言語を重視するか、音声を重視するかが異なっていた。このことから、人間はロボットの示した感情を認知するとき、まず感情の示し方が自然的要素によるものか人工的要素によるものかの影響を受けることが示唆された。さらに、2 つの手がかりの両方が自然的要素である場合は、人間の感情を認知するときと同様に聴覚情報よりも視覚情報を、ポジティブ感情よりもネガティブ感情を重視すると考えられる。これらを踏まえ、本研究ではロボットに対する感情認知モデルを図 3 に示した。

実験 2 では、実験 1 で用いた感情表現を用いてロボットと対面形式での独裁者ゲームを行い、ロボットの示した感情が実験参加者の決定するゲームマネーの配分額に影響を与えるか検討した。その結果、ロボットの感情が身体言語と音声によって表出された場合、ロボットの示した感情に関わらず、ロボットから悲しみを感じた場合に配分額を増加させることが示された。一方、目の色と音声によって感情が表出された場合には配分額の有意な増加はみられなかった。また、ロボットから人間らしさをどの程度感じたかによっても利他行動の生起に違いがみられ、ロボットの感情が身体言語と音声によって表出された場合、より人間らしさを感じていた人ほど配分額を高くしていたことも示された。

4.2. 実験 1 と実験 2 の差異について

実験 2 において、独裁者ゲームの配分額がロボットの感情を認知することによってどのように変化するかを検討した結果、ロボットがどのような感情を表出したかにかかわらず、実験参加者がロボットの感情をどのように感じたかが行動に影響することが示された。そこで、実験 2 でも実験 1 と同様に、ロボットの表出した感情に対して視覚と聴覚のどちらの情報を判断の手がかりとして重視していたか調べた。その結果、実験 2A と実験 2B のどちらにおいても、全体的に聴覚情報よりも視覚情報を重視して感情を判断していたことが示唆された（音声の表す感情を選択した人数の割合は、喜びの目＋悲しみ声：45%；悲しみの目＋喜び声：35%；喜びの身体＋悲しみ声：40%；悲しみの身体＋喜び声：30%）。これは実験 1 の結果とは合致せず、実験 2 の結果を図 3 に提案した感情認知モデルで説明することは難しいことを示している。その原因として、以下の 2 つの可能性が考えられる。

第一に、実験参加者にロボットから感じた感情を判断させたタイミングの違いが影響した可能性がある。実験 1 では、実験参加者はロボットの感情表現を視聴した直後に感情判断を行った。一方で、実験 2 では独裁者ゲームが終了した後にロボットから感じた感情を判断した。つまり、実験 2 ではロボットの感情表現を観察した直後ではなく、実験参加者がロボットに対してお金を配分するという行動をとった後に感情を判断させていた。したがって、実験参加者自らが決定した初回配分額が、ロボットから感じた感情に事後的に影響を及ぼした可能性がある。実際に、初回配分額と Pepper から感じた感情に相関がみられ（$r = .25$, $p < .01$）、初回配分額を高くした人ほどロボットは喜んでいたと判断し、低くした人ほどロボットは悲しんでいたと判断していた。このことから、実験 2 では実験参加者はロボットが示した感情そのものを認知したのではなく、自身のロボットへの配分額をロボットから感じた感情の状態の理由として結びつけて考えたため、ロボットが表出した感情そのものを判断する実験 1 とは結果が異なったと考えられる。

第二の理由としては、刺激の性質の違いを挙げることができる。実験 1A では、目の色が変わるという変化そのものによって純粋な感情判断が阻害される可能性を回避するため、刺激として静止画を用いた。一方、実験 2 では、ロボットが実験参加者と対面していたため、配分額に反応して目の色が中立である白色から特定の感情を示す色にリアルタイムで変化していた。顔の表情認知では、動的情報が重要な役割を果たしているため[19]、実験 1A よりも目の色の表す感情に注目するようになり、結果的に人工的要素である目の色が、自然的要素の音声と同等、あるいは音声よりも強く感情判断へ影響するという傾向がみられたと考えられる。また、身体言語の表す感情を選択する割合も実験 1B よりも実験 2B で高くなっており、これもロボット本体を刺激として用いたことによって生じたと考えられる。ロボットが手を動かすときなどに伴う動作音が、動画に比べて対面の状態ではより大きく聞こえるため、実験 1B と比較して実験 2B において身体言語の表す感情を強く感じとった可能性がある。

4.3. ロボットデザインへの応用的示唆

本研究では、ロボットによって多感覚的に表出された感情を人間がどのように判断するのか検討した。その結果、感情判断の手がかりが人工的要素であるか自然的要素であるかの影響を受けることが明らかとなった。人工的要素である目の色の変化については、色と感情の結びつきによって、感情の手がかりとして利用できるものの[1][2]、同じ視覚情報でも自然的要素である身体言語と比較して手がかりとしての重みづけは小さくなっていた。したがって、ロボットを相手とした場合の感情認知様式は、人間を相手としたときとは異なるといえる。それを念頭に置いた上で、たとえばモニタを用いた感情表現等、人間が感情を容易に理解できるロボットならではの感情表現方法を考えていく必要があるだろう。

また、実験 2 ではロボットの示した感情によって人間の利他的行動が引き出されるか検討した。その結果、特に身体言語＋音声の組み合わせのような、自然的要素によって感情が示された場合、ロボットに対して人間らしさを感じた人ほどロボットに対する利他的行動を生起させやすいことが示唆された。この成果は、日常生活において意図的に人間の利他的行動を生起させる必要がある場面（たとえば募金や献血、署名を呼びかける場面）に応用できると考える。昨今、パーソナルコンピュータなどを使って募金をすることが可能になり、人間が街頭で協力を呼びかけているような状況下での募金と比較して気軽に募金ができるようになった。しかし、このように金銭を差し出す相手が物理的には見えない状況よりも、人間の要素を持ち合わせたヒューマノイドロボットを使用したほうが、人間が街頭に立つ場合よりも低コストで、かつ利他的行動をより引き出せる可能性がある。実際に Dona (YANKO DESIGN) という「物乞い」ロボットがすでに開発されており、募金活動の場で活躍している。しかし、Dona はお辞儀をする程度の動作しか行うことができず、音声を発することや複雑な動作を行うことはできない。また、利他心を生起させて募金をさせるのではなく、ヒューマノイドロボットに対しての物珍しさによって募金をさせている側面があるため、新奇性が失われた場合に長期的な効果が見込めない可能性がある。したがって、身体言語や音声等によって感情を表現する機能をもつロボットを、人間の利他行動を必要とする場面で使用し、コミュニケーションをとる中でロボットに対する人間らしさを受け手に感じさせることができれば、利他行動生起により効果的なロボットの開発に貢献できると考えられる。

4.4. 限界と今後の展望

実験 2 で行った独裁者ゲームの手続きには、報酬の現実性の点で問題があった。本研究では実験参加者に

現実の金銭をゲームの報酬として渡すことが不可能であったため、もらえるかのように教示し、実験終了後には実験中の配分額に応じた菓子を渡すようにしていた。しかし、ゲームマネーが実際に手に入るというのはカバーストーリーであると考えた参加者がいた可能性があり、参加者全員がより多くの報酬を得ようと初回配分額を利己的に決定していたかどうかは不明である。今後は報酬により現実性をもたせた上で実験を行う必要がある。また、本研究の実験参加者は全員女性であった。独裁者ゲームについては、女性のほうが男性よりも相手への配分額が多いという性差が報告されているため[20]、本研究の結果を一般化するにはさらに男性のデータを追加する必要がある。

しかしながら、上記のように本研究には限界はあるものの、これまで検討されてこなかったロボットからの多感覚的な感情認知と、それに伴う利他行動の生起について検討してきた。人間は基本的にロボットから多感覚的に表出された感情を認知することが可能であり、ロボットが人間と共通する自然的要素によって感情を示した場合には、人間相手と類似した感情認知のプロセスがなされることが示唆された(実験 1)。この結果から、ロボットと人間は同じ表現方法を用いることによって双方的なコミュニケーションをとることができると考えられる。一方、ロボットが目の色という人工的な感情表出方法を用いた場合、目の色のみが感情判断の手がかりとなるときには身体言語や音声と同等に感情を伝達することができるが、目の色が身体言語や音声と同時に呈示された場合には、目の色は感情判断の手がかりとしての重みづけが比較的小さいことがわかった(実験 1)。これはロボットからの感情認知固有の点であり、単一の感覚モダリティによるロボットの感情研究の知見を拡張させるものであるといえるだろう。さらに、本研究ではロボットが身体言語と音声を組み合わせて感情を表出した場合、ロボットに対して人間らしさを感じた人ほどロボットへの配分額を増加させることが明らかとなった。つまり、ロボットが感情を表現することによって人間の利他的行動を引き出すためには、ロボットに対する人間らしさを感じさせることが重要であると考えられる。身体言語以外の方法でも人間らしさを感じられるような感情表出方法の開発がさらに進めば、ロボットが人間の利他的行動をさらに引き出すことが期待できる。ときに人間はロボットの行動に対して人間らしさを感じ、ロボットを単なる機械ではなく、心を持った相手として接してしまう。この人間の性質がどのような場面で生じるのか今後さらに検討することで、より円滑な感情コミュニケーションを可能とするロボットの開発に貢献できると考えられる。

謝辞

本研究は科研費新学術領域研究 No. 17H06345「トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築―多文化をつなぐ顔と身体表現―」の助成を受けたものです。また、本研究は東京女子大学の高山沙絢さん、都竹彩斗子さん、野口杏奈さん、平田美音さんの卒業研究の実験結果に基づいています。

参考文献

[1] 山内厚志・寺田和憲・伊藤昭 (2011). 動的な発色によるロボットの感情表出, ヒューマンインタラクション学術論文誌, 13, 41-52.
[2] 寺田和憲・勅使宏武・伊藤昭 (2014). ロボットが表出する感情の社会機能的評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 156(8), 1-8.
[3] McColl, D & Nejat, G. (2014). Recognizing Emotional Body Language Displayed by a Human-like Social Robot, International Journal of Social Robotics, 6(2), 261–280.
[4] de Gelder, B., & Vroomen, J. (2000). The perception of emotions by ear and by eye. Cognition & Emotion, 14 (3), 289-311.
[5] Dolan, R. J., Morris, J. S., & de Gelder, B. (2001). Crossmodal binding of fear in voice and face. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(17), 10006-10010.
[6] 高木幸子・平松沙織・田中章浩 (2014). 表情と音声に同時に感情を込めた動画刺激に対する感情知覚, Cognitive Studies, 21(3), 344-362.
[7] Takagi, S., Hiramatsu, S., Tabei, K., & Tanaka, A. (2015). Multisensory perception of the six basic emotions is modulated by attentional instruction and unattended modality. Frontiers in integrative neuroscience, 9(1).
[8] Stienen, B. M., Tanaka, A., & de Gelder, B. (2011). Emotional voice and emotional body postures influence each other independently of visual awareness. PLoS One, 6(10).
[9] Van den Stock, J., Righart, R., & De Gelder, B. (2007). Body expressions influence recognition of emotions in the face and voice. Emotion, 7(3), 487.
[10] Plutchik, R. (1980). Emotion: A psychoevolutionary synthesis. Harpercollins College Division.
[11] Eastwood, J. D., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2001). Differential attentional guidance by unattended faces expressing positive and negative emotion. Perception & psychophysics, 63(6), 1004-1013.
[12] Eisenberg, N., & Strayer, J. (1987). Critical issues in the study of empathy. In N. Eisenberg & J. Strayer (Eds.), Cambridge studies in social and emotional development. Empathy and its development. 3-13.

New York, NY, US: Cambridge University Press.
[13] Eisenberg, N. & Mussen, P. H. (1989). The roots of prosocial behavior in children, Cambridge, England: Cambridge University Press, 3.
[14] Izuma, K. (2012). The social neuroscience of reputation. Neuroscience research, 72(4), 283-288.
[15] 依田高典 (2010). 行動経済学―感情に揺れる経済心理, 中公新書
[16] Mehrabian, A. & Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy. Journal of Personality, 40, 525-543.
[17] Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. Journal of personality and social psychology, 44(1), 113.
[18] 桜井茂男. (1988). 大学生における共感と援助行動の関係―多次元共感測定尺度を用いて. 奈良教育大学紀要 (人文・社会科学), 37, 149-154.
[19] 藤村友美・鈴木直人 (2010). 周辺視野と中心視野における動画表情の認識, 心理学研究, 81(4), 348-355.
[20] Eckel, C. C. & Grossman, P. J. (1998). Are woman less selfish than men?: evidence from dictator experiment. The Economic Journal, 108, 726-735.

相対発話速度が印象に及ぼす影響

Influence of the Difference of Speech Rate on the Character Impression

本木 隼人†, 日根 恭子†
Hayato Motogi, Kyoko Hine

† 東京電機大学情報環境学部
Tokyo Denki University
15jk236@ms.dendai.ac.jp

Abstract

Previous researches reported that a character impression of a speaker changes depending on a speech rate. However, it was unclear whether the impression of the speaker differs depending on the difference of the speech rate between the listener and the speaker at the conversation. In this study, we examined whether the impression of the speaker influenced by the difference of the speech rate. The results showed that the listener felt the speaker was more positive and deliberate when the speech rate was the same as the listener's one compared to when the speed of the speaker was slower than the listener's one. It was suggested that the difference of speech rate between the listener and the speaker influences the character impression of the speaker.

Keywords — Impression, Difference of Speech Rate

1. 背景

社会生活を営む上で欠かすことのできない人間関係において,相手に与える印象が持つ意味は非常に大きい.人間関係の成立には人間が一つの刺激として関与しており,そこには必然的に印象が形成される.さらに,形成された印象によって人物との関係を強化するか,回避するかの選択が行われる.このように印象が人間関係を大きく支配しており,印象研究が果たす重要な役割を無視することはできない.そのため,印象形成に関する研究は多く行われており,それらの研究より印象形成において視覚,聴覚,嗅覚などの様々な感覚により得られた情報が印象に影響を与えることが明らかになっている[1][2][3].印象形成における手がかりの優位性に関する研究では,印象形成において声が重要であることが報告されている[4].さらに,声の印象に関する研究では,発話速度によって聞き手側が持つ話し手の性格印象が変わることも報告されている[5].しかし,この実験では,実験参加者が一般的な平均速度よりも速い速度と遅い速度の音声を聞き,それぞれの音声に対して印象を評価した.そのため,会話時において,聞き手と話し手の発話速度の違いによって話し手に対する性格印象に違い生じるかどうかは不明である.そこで本研究では,会話において,聞き手と話し手で発話速度が異なる場合に同じ速度と比べて印象が異なるかを検討することを目的とした.

2. 実験

実験では,実験参加者の発話速度を基準とした 3 つの速度の音声を用いた通話課題を行い,それぞれの速度の話者に対しての印象を調査した.

参加者：28 名（女性 2 名，男性 26 名，平均年齢 20.9 歳）が実験に参加した.

刺激：実験参加者の発話速度を測定し,その速度を基準として同じ速度のデータと 20%速くしたデータと 25%遅くしたデータを用意した.

質問紙：通話した音声に対する印象調査では,形容詞対尺度[6]を用いて作成した 10 項目の形容詞対を利用し 7 段階で評価した(表 1).

表1 使用した形容詞対尺度

形容詞対尺度	
明るい↔暗い	責任感のある↔無責任な
親切な↔不親切な	慎重な↔軽率な
暖かい↔冷たい	かわいらしい↔憎たらしい
積極的な↔消極的な	社交的な↔非社交的な
まじめな↔ふまじめな	感じの良い↔感じの悪い

手続き：はじめにボイスレコーダーを利用して,実験参加者の音声を録音した.その後,録音した音声の発話速度を測定した.次に測定した発話速度を基準の速度として，話速を変えることのできるソフト「Audacity」を用いて発話速度を基準の速度から 20%速くしたデータと 25%遅くしたデータを作成した.その後,あらかじめ用意された，それらの発話速度と一致する発話速度の音声データを用いて実験参加者と通話課題に取り組んだ.その際,各実験参加者に対して基準の発話速度,速い発話速度,遅い発話速度の合計 3 回の通話課題に取り組んでもらい,それぞれの速度の通話課題が終了するごとに,その通話課題の相手に対しての印象を 10 ヵの形容詞対尺度を用いて 7 段階(1～7)で評価してもらった.最後に口頭質問を行い,それぞれの通話課題

の相手に対してどのように感じたか,どうしてそのように感じたかを聞いた.

3. 結果

本研究では通話課題の相手の話す速度を絶対発話速度, 実験参加者の話す速度と通話相手の話す速度との差を相対発話速度とする.相対発話速度が速い,遅い,同じの条件ごとに印象の評価点を算出した.印象の評価点について,共変量を「絶対発話速度」として共分散分析を行った.その結果,形容詞対尺度の「明るい↔暗い」を測る項目において,相対発話速度が同じ場合の方が遅い場合と比較して,有意に「明るい」の評価点が高かった.また相対発話速度が速い場合と遅い場合を比較したとき,速い方が「明るい」の評価点が高かった($F(1,83)=7.16, p<.01$) (図 1, エラーバーは標準誤差を表す).同様に,形容詞対尺度の「慎重な↔軽率な」を測る項目において,相対発話速度が遅い場合,有意に「慎重な」の評価点が高かった($F(1,83)=13.69, p<.01$) (図 2, エラーバーは標準誤差を表す).共分散分析によって相対発話速度の効果が有意であったことから, 形容詞対尺度の「明るい↔暗い」, 「慎重な↔軽率な」の 2 つの評価に相対発話速度が影響を与えていることが示唆された.

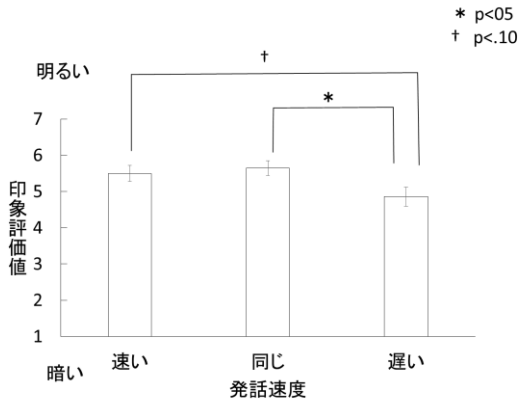


図1 「明るい↔暗い」における発話速度と印象評価値

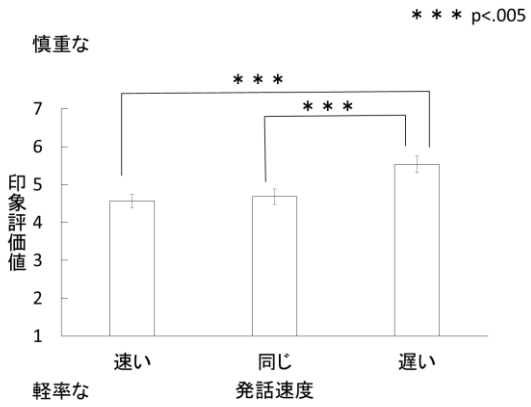


図2 「慎重な↔軽率な」における発話速度と印象評価値

4. 考察

共分散分析の結果,「明るい↔暗い」,「慎重な↔軽率な」の形容詞対に対して,絶対発話速度にかかわらず,相対発話速度が印象に影響を与えていることが示唆された.口頭質問を行った結果,速い,遅い発話速度の話者に対しては「話しにくい」という回答が多く得られたが,同じ速度の話者に対しては「特になにもない」,「覚えていない」という回答が多く得られた.このことから同じ発話速度の話者に対しては印象を持ちづらい,無個性であると判断されると示唆される.人は快印象よりも不快印象の方が残りやすい[7]とされていることから,同じ発話速度の話し手は,速い,遅い発話速度の話し手と比較して印象が良いのではないかと考えられる.

また,絶対発話速度の影響について調べるために分散分析を行った結果, 「暖かい↔冷たい」,「感じの良い↔感じの悪い」などの形容詞対では,絶対発話速度が中程度の時に, 速いまたは遅いときに比べポジティブな印象になる傾向にあった. 一方, 相対発話速度が印象に影響している形容詞対では,相対発話速度が遅い相手の印象がネガティブになる傾向が見られた.絶対発話速度により印象に差が見られる形容詞は中程度のときに最もポジティブな印象になる一方、相対発話速度により印象に違いが見られる形容詞は遅いときに最もネガティブになるというように、印象における速さの影響に異なるパターンが見られた. これらのことから発話者の印象に影響を与える要因として絶対発話速度,相対発話速度は別々の要因であることが示唆された.

参考文献

[1] 早川礎子, (2016) “ビジネスの場における女性の服色による印象形成”, 研究収録, (22), 15-21.

[2] 内田照久, 中畝菜穂子, (2004-2005) “声の高さと発話速度が話者の性格印象に与える影響,” 心理学研究, 75(5), 397-406.

[3] 神田光栄, 坂井信之, (2011-12-01) “香水が人物の印象形成に及ぼす影響”, 日本味と匂学会誌, 18(3), 579-582.

[4] 廣兼孝信, 吉田寿夫, (1990) “印象形成における手がかりの優位性に関する研究”, 実験社会心理学研究, 30(1), 25-33.

[5] 内田照久, (2002) “音声の発話速度が話者の性格印象に与える影響”, 心理學研究 73 (2). 131-139.

[6] 井上正明, 小林利宣, (1985) “日本におけるSD法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観”, 教育心理学研究 33(3), 253-260.

[7] Barry,S., (2004) “The Tyranny of Choice”, SCIENTIFIC AMERICAN,Vol. 290, No. 4, pp. 70-75.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

Biscuit Conditional－擬似条件文について
On Biscuit/Pseud-Conditionals

山森　良枝
Yoshie Yamamori
同志社大学
Doshisha University
yy080707@gmail.com

Abstract

This paper examines *if p, q* constructions which includes indicative conditionals. It is widely assumed that the if-clause specifies the circumstances in which the consequent is true. For example, the sentence in (1) indicates that Mary's leaving has something to do with the venue of John. Given the facts, there is a long-standing generalization that in *Standard Conditionals* (SCs) like (1), there is a dependent relation between the two propositions that appears to be causal relation between the two actions accomplished.

(1) If John comes, Mary will leave.

However, some examples stand in contrast to this generalization. In the famous example in (2), which Austin (1956) calls *Biscuit Conditionals* (BCs), the if-clause specifies the circumstance in which the consequent is relevant, not the circumstance in which it is true.

(2) There are biscuits on the sideboard if you want them.

The interpretation of (2) presents a puzzle: if we faithfully follow the generalization about the indicative conditionals, we would expect (in a science fictional context) the sentence to have a dependent reading such as "there is a causal connection between her hunger and the presence of biscuits on the sideboard". In this paper, I will pursue two questions: (I) How such independent-biscuits reading is obtained? (II) How does the ambiguity-chimericity come about?

.

Keywords — biscuit conditionals, standard conditionals, chimerical conditionals, presupposition projection

1. はじめに

条件文は if p, q の形式を持つ。条件文の表現形式は言語によって異なるが、どの言語においても、一般的に条件文では、(1)のように、条件節 p が条件、主節 q がその帰結を表すという意味で、p と q の間に依存関係があることを示す。

(1) If it does not rain (p), we will eat outside (q).

ところが、条件文の中には、Austin(1956)が Biscuit Conditional（BC）と呼んだ(2)や(3)の、p と q の間に依存関係が成立しない例がある。(坂原(1985)では BC を擬似条件文(Pseud Conditional)と呼ぶ。)

(2) There are biscuits on the sideboard if you want them.
(3) There is beer in the fridge if you're thirsty.

(1)を Standard conditional(SC)と呼ぶと、SC は(4)の contraposition に言い換えられるが、前件-主節間の依存関係を表さない BC は(5)のように言い換えられないという特徴を持つ。

(4) We will not eat outside if it rains. (cf. (1a))
(5)# There are not biscuits on the sideboard if you do not want them. (cf. (2))

SC と BC にはまた、BC は主節の真を示唆するが、SC はしない、という違いがある(Austin,1956)。これらの違いから、(2)は、SC ではなく、聞き手にビスケットを食べてもよいと許可する文として解釈される。ここでは、前件-主節間に、原因－結果などの依存関係がある SC(1)の解釈を「依存読み」、依存関係がない BC(2)(3)の解釈を「非依存読み」と呼ぶ。

(2)のような BC には「非依存読み」以外に、SF 等の文脈を仮定すると「聞き手の食欲/嗜好とビスケットの出現/存在との間に何らかの因果関係がある」という「依存読み」も可能になり、BC では、1 つの形式に 2 つの解釈が生じるというパズルが引

き起こされることになる。本論では、このようなBCの特性、ふるまいに注目して、以下の2点について考察する。

(I) 「非依存読み」はどうして生じるのか。
(II) BCに「依存読み」と「非依存読み」の2通りの読みが生じるのはなぜか。

2. 先行研究[1]

2.1 坂原(1985)

坂原は、(英語ではIf p, because q, r. は非文法的だが)、日本語では(3)を(6) のように言い換え得ることを根拠に、①SC ではpはqを導き出す決定的要因であるのに対して、BCでは、対話者間の知識のアンバランスを背景に、「pは明示されない結論rを探し出すための指令」として機能する、と主張する。そして、②BC-擬似条件文は、一種の間接発話行為として、理由節と条件節さえあれば結論が導き出せるとき、カラ節が結論を押しのけて主節に居座る結果できたものであることを主張する。

(6)喉が渇いていたら(p)、ビールが冷蔵庫に入っている(q)から、(飲んでもいいよ(r))

坂原の指摘は主にBCの分布条件として捉え得るもので、どのような文脈にBCが現れるかと言うことを理解する役に立つ。しかし、①pが「明示されない結論rを探し出す指令」にどうしてなり得るのか、② “if p, q”の条件文の形式から(6)のような解釈と「依存読み」の両方がなぜ可能であるのか、を予測する役には立たない、ということである。

2.2 Franke (2007)

Frankeは、動的意味論を援用して、条件文の意味をcontext set cのif p, qによるupdateとして捉えられると主張する ((7))。(cは common ground:CG[2]-背景/文脈の略である。)

(7) c + “if p, q” = (c∩p∩q) ∪ (c∩~p)

Frankeによれば、(7)は以下の手続きに即して解釈される: (i) pによるcのupdateの結果、仮定的文脈c＋pが生じると、(ii) qがc＋pにおいて評価されることになり、(iii)その結果がcに再統合される。もともと、p とqの間に(pがqの十分条件であるといった)依存関係のないBCでは、pをcに付加することにより、文脈cがqを適切に評価し得る文脈c＋pにシフトされることになる。従って、BCは(common ground の要素ではない) qの発話を最適化する談話機能を持つ、とする。

このようなFranke(2007) の分析は、BCの談話機能を明らかにした点で評価されるべきものである。しかし、BC(2)が持つ語用論的意味やその直観的な解釈である(8)がなぜ推論されるのか、という問題を考えるためには、それだけでは不十分である。

(8)ビスケットを食べてよい(r)

また、(3)に、(8)の読みと「依存読み」の両方がどうして可能になるのか、という点についても明らかではない。

2.3 Francez (2015)

Francezは、Franke(2015) を土台に (II) の問題について考察し、BCの曖昧性 (Francezではキメラ性)の要因は主節にあるとする。即ち、主節qに含まれる定記述は familiarity presupposition (Heim, 1982)と結びついており、文脈に応じて rigid designator または個体概念の読みを得る、とする。そして、前者の場合、p とqの間に依存関係は成立せず BC として解釈される。一方、後者の場合、(Lewis(1975)/Kratzer(1986)スタイルのアプローチでは、直接法条件節はそれ自体が特定の意味を持たず、mustに対応する潜在的なモーダル・オペレータのドメインを制限するため、qに含まれる定記述が個体概念を表す場合には)、pとqの間に依存関係が

[1] Biscuit conditionals に関する研究には、2 節で触れる坂原(1985)、Franke(2007)、Francez(2015)以外に、Austin(1956),Ducrot(1991)にBCについて言及がある他、Siegel (2006), van Rooij (2007), Christian et. al. (2014) 等がある。なお、Van Rooij(2007)については、4.1節で触れる。

[2] Common ground(CG)は、“the set of speaker’s presuppositions” あるいは、“mutual knowledge/common knowledge”とも言われるように、会話の背景ともいうべき会話の参与者間の共有知識を指す。

成立しSCとして解釈される、とする。

しかし、次のBCでは、主節に含まれる定記述の“le droit (the right)”は、条件節・主節間の依存関係の有無にかかわらず、常に条件節を先行詞とする”le droit de venir (the right of coming)”という解釈を持つ。上の Francez(2015)の分析は、このような事例を予測することはできない。

(9) Si tu veux venir, tu as le droit. (If you want to come, you have the right.) (Ducrot, 1991)

3. 前提の投射とBC/SC

坂原(1985)を踏まえて、BCの語用論的意味には、“if p, q”の含意(implicature)もしくは非明示的な結論r（cf.(8)）も含まれると仮定すると、<qはc＋pにおいて評価される>とする Franke の分析は不十分なものになる。本論では、むしろ、BCは(10)のような意味を持つ、と考えられることを提案する。

(10) (p∩q)→r or (c∩p∩q)→r

(10)は、pとqの命題の連言からrが示唆/推論される、つまり、rはp＋q（もしくはc+p+q）において評価される、という解釈を持つ。

前提の投射に関する Karttunen & Peters (1979)(以下、K&P)スタイルのアプローチ[3]を仮定すると、SC では、qの前提はc＋pによって満たされるので、pとqの間に依存関係が成立することになる。一方、pとqの間にそもそも依存関係が成立しないBCでは、qの前提が（c+）pによって満たされることはない、つまり、(c－)pはqの前提として満たされることはなく、((c+p)+q)のように、継続して投射が行われ、rの前提として満たされた時点で投射が完結する。その結果、BCとして(8)の読みを得る、ということになる。

この考えが妥当であれば、単純な前提の投射モデルを仮定することにより、BC の語用論的意味がどのように生じ、また、”if p, q”の形式に、どのようにして、BCの「非依存読み」とSCの「依存読み」の2つの読みが生じるのかを、前提の投射という視点から統一的に捉えることができるようになる。

しかし、それで全ての問題が解明されたわけではない。SC では、qの前提はc＋pによって満たされるので、pとqの間に依存関係が成立するものの、そもそも”if p, q”のpとqの間に依存関係がないBC において、((c+p)+q)のように文の左から右への前提の漸次的投射を引き起こす条件/要因は何か、言い換えれば、SCにおいて、前提の漸次的投射を阻止する要因は何か、については依然として不分明である。

次のセクションでは、van Rooij(2007)の分析を参照しながら、この点について考察する。

4．前提と発話文脈

Stalnaker (1974)、Karttunen(1974) において、前提は、(11)が示す通り、文脈への要求として捉えられる（Kadmon,2001）。(ps: presupposition)

(11)B is a ps of S iff S can be felicitously uttered only in contexts that entail B. (Kadmon, 2001:119)

前提は、当該文が適切に使用されるための基礎的条件である、という意味において、”if p, q”が発話される会話/文脈構造が、BC, SC の解釈に影響を及ぼすと考えることは、極めて妥当である。従って、”if p, q”に BC, SC の解釈が生じる文脈構造にどのような違いがあるのかを明らかにすることは重要な問題である。

このセクションでは、このような視点からの考察の出発点として、van Rooij (2007)の分析を確認することから始めよう。

4.1 Unconditional presupposition

前節で触れた Karttunen & Peters (1979)スタイルの前提の結合アプローチに従えば、(12a)のような例には、(12b)のような前提が予測される。ところが、実際には、(12b)ではなく、主節の条件的前提が強化された(12ｃ)の unconditional

pとqの連言が文脈cで発話されると、cがpの local context となり、c＋pがqの local context になる、と理解することができる。

[3] Karttunen & Peters (1979)では、“p and q と“If p then q”は同じ次のようなルールを持つ。

(i)ps (p ∧ q) = (ps (p) ∧ (p → ps (q))

(i)の意味は、and の継承特性から,

presupposition と呼ばれる前提を持つ場合がある。

(12)a. If the bottle is empty, then [John]$_F$ drinks too.
b. If the bottle is empty, there is someone other than John who drinks.
c. There is someone other than John who drinks.

van Rooij (2007)は、このような現象を対象に、unconditional presupposition は、K&P スタイルの結合アプローチで予測できないのではなく、むしろ、条件節と主節の独立性の問題に還元されるべき現象であると主張する。ただ、$\phi \rightarrow \phi$において、ϕと$\neg\phi$が同時に真であると考えることは、標準的な独立性の概念と矛盾する。そこで、van Rooij (2007)では、Lewis(1988)に基づき、(ϕとϕが文脈σにおいて、互いに独立していると言えるのは、ϕの真偽とは無関係にϕと$\neg\phi$が可能であり、同時に、ϕの真偽とは無関係にϕと$\neg\phi$が可能である、という)「弱い独立性」 の概念を仮定し、次のように規定する。

(13)Lemma4.3(independence)
Formulae φ and ψ are independent of each other in context σ iff the following four conditions are satisfied (where ◇φmeans that [φ](σ) ≠∅)
(i) If ◇φand ◇ψ, then ◇(φ∧ψ),
(ii) If ◇φand ◇¬ψ, then ◇(φ∧¬ψ),
(iii)If ◇¬φand ◇ψ, then ◇(¬φ∧ψ), and
(iv) If ◇¬φand ◇¬ϕ, then ◇(¬ϕ∧¬ϕ).
(van Rooij 2007:296)

以下は、van Rooij の主張の簡単な概観である。

$\phi \rightarrow \phi$の条件文の形式が質料含意として解釈される場合、話者がϕを主張することには、現行の前提状態 (presupposition state) :以下、PS)をϕによって更新(update)する効果があると仮定すると、話者がϕとϕが相互に独立しているという前提を有するとき、$\phi \rightarrow \phi$を適切に発話することはできない。$\phi \rightarrow \phi$の発話後、PS が$\phi \wedge \neg\phi$に更新されることは認められないからである。

しかし、“$\phi \rightarrow \phi_\chi$”の$\phi$が$\chi$を前提として持つ場合、K&P (1979)スタイルの結合アプローチに従えば、ϕの前提はϕではなくχであるので、“$\phi \rightarrow \phi_\chi$”は“$\phi \rightarrow \chi$”という前提を持つことになる。ここで、(i)assertion は文脈σに即して適切なもので、(ii)ϕとχは、σにおいて相互に独立していることが前提されていると仮定すると、PS あるいはσにおいて、$[\phi \wedge \neg\chi](\sigma) = \varnothing$、即ち、◇($\phi \wedge \neg\chi$)は偽となる。(13)の Lemma4.3 から、¬◇ϕか¬◇¬χがこのケースに当たる。ただし、‘$\phi \rightarrow \phi_\chi$’が適切に作られているとすると、◇$\phi$が成立し、さらに、$\neg\Diamond\neg\chi \equiv \Box\chi$も成立することになる。しかし、これは、$\chi$が前提されている、ということに他ならない。van Rooij によると、以上は、話者が、¬ϕとχの双方を前提として持つ場合、つまり、条件節と主節が無関係であることが前提されている場合に、χが強化されることを示すものである

ただし、文化や文脈から、条件節と主節が無関係ではないと判断される(14a)は、(14b)を前提として持つ。従って、unconditional presupposition は生じない。

(14)a. If Jane takes a bath, Bill will be annoyed that there is no more hot water.
b. If Jane takes a bath, there will be no more hot water. (Beaver, 1995)

Beaver(1995)の言葉で言えば、我々はϕとϕが独立しているとも独立していないとも考えることができるが、独立している方がより適切であるとき、unconditional presupposition が生じる、ということである。

以上の議論から、van Rooij は、最も自然なデフォルト・ルールは、話者がχを前提として持つとき、話者以外の(例えば会話参与者ではない、文主語等の)agent もこれと整合的な前提を持つ：$\Box\chi \rightarrow \Diamond K(a, \chi)$、というものであり、unconditional presupposition が生じるためには、χがσにおいて予め前提されている必要がある、とした。

4.2 非依存読みと前提強化

以上の議論を踏まえて、BC に生起する非依存読みと unconditional presupposition の関係を見てみよう。

4.1 で触れた通り、van Rooij の分析によると、“$\phi \rightarrow \phi_\chi$”という$\phi$が$\chi$を前提として持つ文に、$\phi$と$\phi$が相互に独立し、かつ、$\chi$が当該文脈において予め前提されている場合、$\chi$が強化され、unconditional presupposition が推論される。

一方、if p, q の形式に生起する非依存読みも、

pとqが互いに独立している場合に、p+q（もしくはc+p+q）を前提に、生起する。

従って、unconditional presupposition と非依存読みは、条件節と主節が相互に独立している文脈で生起する、という共通点を持つ。しかし、違いもある。

まず、unconditional presupposition の場合、強化の対象となるχは、発話時以前に予め主節φの（非明示的な）前提として当該文脈に導入されている。これに対して、BC で推論されるrは、条件節pと主節qを前提として生じるものであり、発話時以前の当該文脈では排除されている、即ち、話者と話者以外の agent に共有されていない情報である。つまり、BC では、rではなく、rの前提 p,q だけが明示的に与えられており、形式として顕在化されている。

4.1節で触れたように、van Rooij (2007) によれば、χが発話時において予め前提されている文脈が与えられていることが、unconditional presupposition が現れるための条件であった。

unconditional presupposition では前提χが CG の要素であるのに対して、BC のrは CG の要素ではないとすれば、BC において非依存読みrが生じるためには、rの前提となるpとqが、発話時において話者と話者以外の agent にも共有されている、つまり、当該の発話文脈/CG に予め与えられていなければならないのだろうか。

次のセクションでは、BC を構成するpとqが。発話文脈において予め前提されているか否かを見る手立てとして、日本語に存在する4つの条件表現を見ることにしよう。

4.3 日本語の条件表現

英語の indicative conditionals に対応する日本語の条件節の主要部を構成する条件表現には、「ば/たら/と/なら」の4つの形式がある。

『現代日本語記述文法6』によると、「ば」は広く用いられる条件形式であり、一般的に条件節と主節の命題間の論理的関係を表し、典型的に用いられるのは、(15a,b)のように、条件節が仮説を表し、主節が判断を表す場合である。

(15)a. 時間があれば、行く
　　b. 雨が降らなければ、外で食事をしよう

これに対して、「たら」は時間的階層での条件設定に用いられ(益岡, 1997)、(16a,b)のように、もっぱら条件節が表すまだ起こっていない事態が実現した場合に起こる事態を主節が表す場合に使用される。従って、主節は常に非過去時制を取る。

(16)a. 授業が終わったら、事務室に来てください
　　b. 山田さんに聞いたら、教えてくれるだろう

また、「と」はもっぱら以下のように一般条件、反復条件、事実条件を表す。

(17)a. 春になると、花が咲く
　　b. 彼は酒を飲むと、おしゃべりになる
　　c. 蛇口をひねると水が出た

そして、「ば/たら/と」とは違う特徴を持つのが「なら」である。その第一の特徴は、(18)のように、「話の現場で話し手が受け取ったばかりの情報を仮定的に取り上げること」にある(『現代日本語文法6』: p.103)。

(18)A:9月にイタリアに行くんです
　　B:あなたが行くなら、私も行きたい

以上を踏まえて、日本語の BC にどの条件表現が適合するか検討してみよう。まず、BC においては、条件節と主節の間に依存関係がない。そのため、命題間の論理関係や一般条件を表す「ば/と」は容認されないことが予測される。

(19)喉が{*渇けば/渇いたら(渇いていたら)/*渇くと/渇いているなら(渇くなら)}冷蔵庫にビールがある{よ/*ね}
(20)ナポリに{*行けば/*行ったら/*行くと/行く(の)なら}、いいレストランを知っている{よ/*ね}

(19)(20)が示すように、予測通り「ば/と」は BC と共起し得ないことが分かる。次に、「たら」は(19)のように状態を表す場合を除けば、(20)のように、前件と主節の間の時間的依存関係を表す「たら」は容認されないことが分かる。これに対して、「なら」はどの例でも問題なく生起することができる。

以上から、4つの条件表現のうち、BCと共起し得る条件表現は「なら」にほぼ限定されることが分かる。これは、条件節がif節に大きく偏る英語の場合と大きく異なり、日本語の条件表現に存在するBCでの使用に関する形式上の選択制限から、少なくとも日本語のBCを形成する条件節命題は、「話の現場で話し手が受け取った情報」、言い換えれば、発話文脈で予め前提されている情報に限定される、と言うことができる。

そして、主節命題についても、(19)(20)が示すように、主節に付加される終助詞に関する選択制限があり、そこから、主節命題の特性を伺うことができる。終助詞の「ね/よ」はdiscourse particleと呼ばれるように、共起する文の表す情報の帰属を表す機能を有し、(21)(22)のように、「よ」は聴者が知らない話者だけが知る情報と共起し、「ね」は逆に、話者と聴者の共有情報と共起することが知られている。

(21)電話で、遠く離れた冬の北海道の知人に対して：
「今日は、暑い{よ/*ね}」
(22)駅で出会った知人との会話で：
「今日は、いい天気です{*よ/ね}」

従って、(19)(20)から、BCの主節命題は、話者だけが知る、当該の発話文脈で排除されている情報であると考えることができる。

以上の日本語の条件表現の観察結果から、BCを形成する条件節は、当該文脈で前提されている情報を内容として持ち、主節は、当該文脈で排除されている話者の信じる情報を内容として持つ、ということになる。このような発話文脈を仮定すると、BCにrの読みを引き起こす仕組みはどのようなものになるのだろうか。

5. 省略三段論法

先述したように、冒頭に示した(2)(3)のようなBCでは、r（”you may eat biscuits”/”you may drink beer”）が明示的に与えられているわけではない。このような環境において、rを示唆する顕在的なトリガーは、(p∩q)の連言、即ち、BCの文連鎖そのものだと考えられる。しかし、if p, qの形式からは、SCの解釈も生じることを考慮すれば、その背後に（BCの場合にだけ生じる）rの導入を可能にするための何らかの潜在的なメカニズムが存在していなければならない。

そこで注目したいのが、ある結論を導くための論証の 1 つとして知られる省略三段論法である。省略三段論法は、三段論法から、その前提を省略した推論の手法である。例えば、(22)の三段論法の前提aを省略した(23)がこれに当たる。

(22)三段論法
a. すべての人間は死ぬ （前提）
b. ソクラテスは人間だ （前提）
c. ソクラテスは死ぬ （結論）
(23)省略三段論法
b. ソクラテスは人間だ （前提）
c. ソクラテスは死ぬ （結論）

省略三段論法で省略された前提（(22)では a「すべての人間は死ぬ」）は、<common ground:CG>の要素である。このことから、省略三段論法は、会話参与者が共有する背景知識に潜在する「隠れた前提」を利用して遂行される推論である、と言うことができる。

BC の背後にも省略三段論法に類似した推論メカニズムを見ることができる。例えば、冒頭の(3)は、(8)の読みを持つが、(24)の三段論法の前提の１つ－(24b)－を省略した省略三段論法の(25c)では(8)に類似する結論が導かれる。

(24)a. 喉が渇いたら(p)、何か飲む （前提）
b. (喉が渇いているとき)冷蔵庫にビールが入っていたら(q)、ビールを飲む(r) (前提)
c. 喉が渇いたら(p)、冷蔵庫のビールを飲む(r) （結論）
(25)a. 喉が渇いたら(p)、何か飲む（前提）
c. 喉が渇いたら(p)、冷蔵庫のビールを飲む(r) （結論）

このように、BCの解釈は、(24)に示した三段論法の前提bを省略した省略三段論法に類似したメカニズムによって導出されることが推測される。

しかし、(22)-(23)と(24)-(25)は全く同じメカニズムを持つわけではない。(23)の省略三段論法

で省略された「隠れた前提」：「すべての人間は死ぬ」は普遍的真理として誰もが共有可能な命題である。これに対して、(25)で省略された「隠れた前提」：「冷蔵庫にビールが入っている」（q）は誰もが共有可能な普遍的真理ではない。話者と聴者だけが存在するモデルを仮定すると、4.3 で触れたように、結果節のqは、発話時において、聴者が知らない（と話者が思っている）情報である。

4.3で検討した日本語の条件表現とBCの共起可能性が上のようなものであるからといって直ちに一般化することはできないが、少なくとも、日本語において、BCを形成する条件節は、当該文脈で前提されている情報を、また主節は、当該文脈には含まれていない、話者(だけが知る)情報をそれぞれ表すと考えると、BCの条件節は会話のトピックとしての特性を備えているように思われる。

(3)のようなBCでは、発話の順に文の左から右へと((c+p)+q)のようにｒの前提(となる要素のｐとｑ)が漸次的に投射される、という視点から見れば、ｐがトピックを設定し、このトピックに関連する情報としてｑが導入されることは、極めて自然な情報の流れである。ｑは当該の発話文脈から排除されている情報を新規に発話文脈/CD に導入する機能をもち、それにより、聴者の知らない(省略三段論法の省略されていた)情報が聴者にも与えられ、推論が円滑に行われた結果、(8)の読みが導出される、と考えることができる。((8)は話者の聴者に対する「ビールを飲んでよい」という許可−提案のニュアンスを持つ。このニュアンスは(25c)の条件節命題が聴者に関する情報であるのに対して、主節命題が話者しか知らない情報であるという情報の帰属先の不一致に起因する読みだと考えることができるだろう。）

しかし、ｐが会話のトピックとして設定されなければ、q が新たな情報を付加する、という情報の流れも生じないことは重要である。

従って、条件命題ｐが当該文脈で前提されているかどうかが、（ｐが当該会話のトピックとして設定されるかどうかに影響を与える、と考えられる点において）、BC と SC の解釈を区別する主たる要因である、と考えることができる[4]。

2.2 で触れた Francez(2015)は、BC の曖昧性の要因は結果節にあると主張する。これに対して、本論では、曖昧性の要因は結果節ではなく、条件節にあることを提案するものである。

6. まとめ

本論では、K&P スタイルの前提の投射モデルを仮定し、BC の意味は、 (p∩q)→r もしくは (c∩p∩q)→r であることを提案した。

この分析は、日本語の条件表現の分布に基づいて、BC を形成する条件節は、当該文脈で前提されている情報を会話のトピックとして設定し、主節は、当該文脈に新たに付加される話者情報をトピックへのコメントとして提示するという情報構造を持つと考えるものであり、発話の順に文の左から右へと((c+p)+q)のようにｒの前提(となる要素のｐとｑ)が漸次的に投射される、という情報の流れは極めて自然なものとして理解することができる。

従って、条件命題ｐが当該文脈/CG の要素であるかどうかは、ｐが会話のトピックとして設定されるかどうかに影響を与える、と考えられる点において、BC と SC の解釈を区別する主たる要因である、と考え得ることを合わせて示した。

参考文献

Austin John L. (1956) Ifs and cans. *Proceedings of the British Academy* XLII: 107-132.

Beaver, D. (1995) Presupposition and Assertion in Dynamic Semantics. Ph.D. thesis 、 CCS. Edinburgh, UK.

Ducrot Oswald (1991) *Dire et ne pas dire*. Paris: Hermann.

Ebert, C. C. Ebert & S. Hinterwimmer (2014) A unified analysis of conditionals as topics. *Linguistics and Philosopy* 37(5): 353-408.

Francez Itamar (2015) Chimerical conditionals. *Semantics & Pragmatics* 8-2: 1-35.

Franke Michael (2007) The pragmatics of biscuit conditionals. *16th Amsterdam colloquium*: 91-96.

Kadmon, N. (2001) *Formal Pragmatics*. Blackwell

[4] 4.3 で触れたように、「ば/たら/と」が BC と共起し得ないことは、その傍証の１つであると考えられる。

Publishers. Malden, MA.
Karttunen, L. (1974) Presupposition and linguistic context. *Theoretical Linguistics* 1: 181-194.
Karttunen, L. & S. Peters (1979) Conventional implicature. C.K.Oh and D. Dinneen (eds.) *Syntax and Semantics, Presuppostion,* Vol. 11. Academic Press. New York.: 1-56.
Kratzer, A. (1986) Conditionals, *Chicago Linguistic Society* 22(2): 1-15.
Lewis、D. (1975) Adverbs of auantification. E.L Keenan (ed.) Fornal Semantics of Ntural Language: 3-15. Cambridge, MA:Cambridge University Press.
益岡隆志 (1997) 『複文』くろしお出版.
日本語記述文法研究会 (2008)『現代日本語文法 6』くろしお出版.
van Rooij, R. (2007) Strengthening conditional presuppositions. *Journal of Semantics* 24(3): 289-304.
坂原 茂(1985)『日常言語の推論』東京大学出版会.
Siegel, M. (2006) Biscuit conditionals: Quantification over potential literal acts. *Linguistics and Philosophy* 29(2):167-203

高齢者—若年成人間のコミュニケーション：コールセンター場面における高齢者対応事例
Communication between Older Adults and Younger Adults at a customer call center: A Case Study

池永 将和，原田 悦子
Masakazu Ikenaga[1], Etsuko T. Harada[2]
[1] 筑波大学人間総合科学研究科，[2] 筑波大学人間系
{[1] Graduate School of Comprehensive Human Science, [2] Faculty of Human Science}, University of Tsukuba
{information.ikenaga@gmail.com, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

Abstract

In order to see how conversation between older adults and younger adults differ, and how those differences or problems are treated by younger adults, we analyzed 18 real dialogue data at a costumer call center of a food company. Based on the framework of the collaborative problem solving only by verbal conversation, 10 categories of problems in conversation with older adults were picked up, summed up from 21 subcategories. In this article, four examples were introduced with the matched categories, showing problems on the processes of collaborative problem solving, and also some demonstration of asymmetrical some social power, which may come from age differences and/or social roles of the customer call center.

Keywords: 世代間交流 communication between older– and younger adults, 電話会話 conversation through phone, 認知的加齢 cognitive ageing

1. 問題と目的

日本社会のさらなる高齢化に伴い，高齢者との対話・協同作業をする場面，必要性が増加してくることが考えられる。そのような状況の中，いくつかの先行研究において，高齢者と若年成人のペアでの協同作業により，高齢者群のみならず若年成人群にとっても正の効果があることが報告されている。原田・運天（2014）では，高齢者同士のペア，大学生同士のペア，あるいは高齢者と大学生ペアが，Kapla（積み木の一種）で，60 分間自由に遊ぶ課題を行った。この結果，同世代ペアの実験参加者よりも，異世代ペアの実験参加者のほうが，自分たちの活動結果を肯定的に評価し，異世代ペアは課題自体もより楽しいと評価したことが示されている。さらに，作成した作品に対する参加者自身の印象評価では，同世代ペアにおいては高齢者ー若年者間に有意な差はないが，異世代ペアにおいて，高齢者はより「空想的」，大学生はより「現実的」と評価したことが指摘されている。これらから，異世代との協同活動は，若年者と高齢者の両者にとって，「いつもとは異なる」活動，特に創発的な活動が行われたことが示唆された。

さらに，この研究の追試的実験を行った Tabuchi & Miura（2018）は，異世代ペアの高齢者は，同世代ペアの高齢者よりも、若年者に対する「提案の要求（「何を作りましょう？」等，相手に提案を促す発話)」の発話数が増加したことを報告している。また、異世代ペアでは，いずれの同世代ペアよりも，「新しい提案（「家を作りましょうか」等)」や「相手の提案に対するポジティブな反応（「それはいいね，賛成！」等)」の発話が増加したことが明らかになっている。これらから，異世代のペアでは、「高齢者が若年者に対して新奇な行動を促す役割を担う」といったように，同世代集団では生じ得えない相互作用があることが示唆されている。

このように、高齢者と若年成人のペアでの協同作業は実世界での必然性があり、また両者にとっての正の効果があるにもかかわらず、従来の高齢者における世代間交流研究の多くは，高齢者と子どもの相互作用のみ扱っており，若年成人から中高年までの「成人」と高齢者との交流を扱ったものは数少ない（金森, 2012; 林谷・本庄, 2012; Kessler & Staudinger, 2007; Kaplan & Thang, 2002 加藤訳 2008)。

池永・原田（2017）は，高齢者と若年者間の対面での協同問題解決場面を実験的に構成し，そこでのコミュニケーションにおいていくつかの種類の齟齬が生じること，とくに，若年成人からの発話がうまく高齢者に伝わらない事例があることを指摘した．特に，話題の転換点，具体的には「自分たちの発表内容」をまとめるための「内容（意見集約)」カテゴリーの発話と，報告資料の作成方針等作業・活動に関する発話である「資料作り（作業実施)」カテゴリー発話との変換点において、コミュニケーション上の齟齬が起こりやすいことを指摘している。より具体的には，そうした齟齬は，「話題の切り替え時に，話者からの発話に対し，聞き手側の反応が遅延する」こと，さらにその結果として，(a) 聞き手側がターンを取って発話するが，既に終了した過去の話題

について無標で発話する，あるいは，（b）話者が同じ内容の発話を繰り返す，が生ずるとして，この現象を操作的に定義し，齟齬の生起回数をカウントした。この結果、異世代グループのみにおいて、コミュニケーションの齟齬が生じていることが指摘されている。

たとえば，下記事例は，話題の切り替え時に，話者からの発話に対し，聞き手側の反応が遅延し，続いて聞き手側の発話が（無標のまま）旧話題に関するものとしてなされた事例である．この事例は若年者 2 名と高齢者 2 名で構成されるグループの会話であり，会話の序盤に，成果発表会では動画を用いて発表することが決定した後の会話である（若年者を Y：Younger Adults，高齢者を O：Older Adults で表記。発話の重なり部分は、記号 // で表記する）．

【例】異世代グループ(4)発話番号 46－59

46 Y2：あとその、「高齢者にとって使いやすいかどう
：か」とかそういうところは、たぶんまじめに
：発表しないと<笑>。
47 O1：まじめに<笑>。
48 Y2：まじめに<笑>。
49 O1：「楽しかった」だけじゃね<笑>。
50 Y2：そうなんですよね。
51 Y2：なんで、それ(動画)とはまた別に発表方法、
：/動画/とは別/に、　/
52 Y1：/うん。/
53 Y2：　/別に、うん。/そのパソコンのパワー
：ポイントっていうので発表するか、それとも紙
：でここがこうだったとか地図でここに書いてま
：とめて発表するか、/　決　/めたいですね。
54 O2：　/そっかあ。/
55 Y1：うん。
56 O1：そうだねえ、「年寄りが使いや、使いやすいとこ
：ろとか使いづらい」とか、んーまた行きた/ーい/
57 Y1：　/あ、そうですね。/
58 Y1：思ったところとか。
59 Y1：（3 秒沈黙）へ、へ、へ、へ、へ？

この例では，若年者（Y2）の発話番号 46 の発話に対して，高齢者(O1)は，発話番号 47，49 で反応を示し，さらに，発話番号 56 において，「そうだねえ，『年寄りが使いや、使いやすいところとか、使いづらい』とか、んーまた行きたーい、」と話題を続けた。しかしながら，発話番号 49-56 において，若年者(Y2)の「動画とは別にパワーポイントや地図の資料を作ったほうが良いか」という発話により，話題が移行している．このため，高齢者(O1)の発話(56 番)は，直前の若年者（Y2）の発話を無視することになり，この結果，若年者（Y1）に混乱が生じている．こうした会話上の齟齬は，若年成人にとって，高齢者とのコミュニケーションの難しさを感じさせる可能性があること，またその多くが若年成人側で回収されていること(Harada, Ikenaga, Shimoya-ma, & Sawada, 2018）から，若年成人の側に異世代成人としての高齢者との協同活動，相互作用に負担感をもたらす可能性が示唆されている．

しかしながら，池永・原田（2017）では，「調査結果をまとめて発表する」という実際の課題遂行のための協同作業の場面であったため，その特定の課題特性が，高齢者－若年成人間のコミュニケーションに大きな影響を与えている可能性が否定できない．また対面による協同問題解決の中で，会話としての特性と他の活動が一体となっていることから，高齢者の対話特性としては判別しにくい場面も多い．

そこで本研究では，より日常的な，実際の生活活動の中で発生する問題であり，さらに言語的コミュニケーションのみによる協同問題解決の場面として，コールセンター（お客様相談窓口）での電話会話をとりあげた．コールセンターの顧客対応は，客が持ち込む「問題」を，オペレータが客との協同により解決する協同問題解決場面である．そこでの会話，すなわち顧客である高齢者とオペレータ（若年成人）間のコミュニケーションにおいて，高齢者との対話に特有な特徴があるのか，その結果としてどのような問題事象が発生しているのか，それに対して若年成人はどのような困難を体験しているのか，それらをどのように解決しているのかを検討することにより，若年成人にとって，高齢者とのコミュニケーションへの困難さ，あるいは認知的負担となっている可能性を検討することを目的として，会話の音声実データを探索的，質的に検討した．

コールセンター場面を分析対象とした理由は，1 つ目に，上述の通り，顧客である高齢者とオペレータによる協同問題解決の構造を有していること、2 つ目に，顧客とオペレータのように、二者間の役割構造が明確であることがあった．後者については，先行研究において，高齢者と若年者の協同場面において，年齢群間による役割が明確化された状況でコミュニケーションの齟齬が生じている可能性が示された（池永・原田，2017）ことから，重要な対話特性として挙げられた。

一般には，コールセンター場面の特徴は，（a）顧客が持ち込む「問題」をオペレータが顧客と協同で解決していく協同問題解決場面である，（b）その問題は，認知心理学的な枠組みにおける不良定義問題（Kaney, 1986;

Simon, 1978）であり，解決者たち自身で問題の「初期状態と目標状態とオペレータ」の情報を持ち寄り，問題を定義しなければならない，また（c）問題の解決には，解決者，特に顧客自身が「解決した」ことを認識し，合意をすることが必要である，と考えられる．加えて，（d）顧客に直接対応することが業務であり，その中に感情労働要素を含むこと（Hochschild, 1983; 安賀・大蔵, 2015）や，（当然ながら）（e）電話を通した，電話ならではの会話であること（ザトラウスキー, 1993; Hopper, 1972; Schegloff, & Sacks, 1973； 今石, 1992; 岡本, 1990; 小野寺, 1992; 林, 2002），（f）大部分の場合において，相手をよく知らない，初対面同士の会話であること，といった特徴も加味しながら，コールセンターでの実データ分析を試みた．

2. 方法と結果の概要

データ 大手食品関連企業の顧客対応関連事業部より，「高齢者との対応が難しかった場面」として選定・提供された録音データであり，高齢者対応事例 18 事例（長さは 1 分 33 秒から 45 分 25 秒，平均 11 分 33.88 秒），およびその比較対象として，同一テーマに関する若年成人の対応 2 事例（1 分 55 秒，5 分 10 秒）を対象として分析を実施した．

データが記録された期間は，高齢者対応の事例が，2017 年 1 月 20 日から 3 月 13 日，若年対応の事例は，2017 年 1 月 17，28 日であった．コールセンターに勤務するオペレータは，11 名であり，全員が女性の社員であった（平均年齢 40 歳前後，平均勤続年数は約 10 年）．

本研究での「高齢者」は，コールセンターのオペレータが業務上行っている主観判断によるものであり，業務用システムに入力された顧客の年齢推定値により，オペレータが 60 歳以上の年齢と推定した顧客であった．

分析方法 まず，すべての会話を文字化し，文として読める形の書き起こしをした上で，話者が移行する（ターン），あるいは同じ話者の発話中に 3 秒以上の間が空くことを基準として分節化した．

次にザトラウスキー（1993）を参考に，すべての発話命題に対して発話機能をラベリングし，さらに，「話段」の概念に基づき，おのおの発話命題が問題解決の段階のいずれにあるかを推定した上で，各コールにおける，会話による問題解決の段階変化を記述した．

これらの記述をデータに対し，各事例において，高齢者とのコミュニケーションに「難しさが生じている」場面をリストアップしながら，「高齢者とのコミュニケーションの困難さ」事例のカテゴリーを生成したところ，最終的に 21 のカテゴリーが生成された．そこで全事例に対して，再度２1 のカテゴリーに対する再ラベリングを実施した．21 のカテゴリーを，場面の特徴や話し手の違い等によって，11 の大カテゴリーにまとめた（Table 1）．

Table 1 のカテゴリーにおいて，まず#1 から#4 は，全体の問題解決がスムーズに展開しない要因を中心にラベル化している．また#5 から#9 については問題解決話段の特定の段階において，局所的に見られる現象を示した．また，各カテゴリーについて，高齢者特有の現象と考えられるか否か，また顧客用コールセンターならではの会話特性であるか否かについて，判断を付している．

いずれのカテゴリーについても，個々の事例に複数の要素が関与しているため，特性が分かちがたく融合している側面があり，またモデルベースの分析ではないためにその構造性は必ずしも明らかではない．本論文は，こうして得られた「困難さカテゴリー」をベースとして，いくつかの事例紹介をしながら，そのカテゴリーやさらにはその背後にある高齢者との会話の困難を引き起こす諸要因を検討分析のためのモデル化に向けて，検討分析枠組を構築していくための事前分析として，中間的に報告するものである．

3. 事例に基づく分析結果の説明と考察

本論文では，11 の「高齢者とのコミュニケーションが難しい場面」カテゴリーのうち，特に問題解決が順調に進まなかった 4 事例をとりあげ，その分析を発話事例として報告している．以下，事例においては発話の重なり部分は / 記号に挟まれた部分が示す．

以下の事例の表記においては，高齢者の客を OA（Older Adults），若年者の客を YA(Younger Adults），オペレータの発話を OP（Operator）で表記する．また，バックチャネルについては，発話番号を「先行発話の発話番号_通し番号」と表記している．

例えばカテゴリー#1 の「オペレータの反応によって顧客が話そうとする発話テーマが変容する」では，オペレータが（それ以前の顧客からの発話をベースとして）同一の内容を反復して確認をとろうとしているにもかかわらず，顧客高齢者が確認に対する回答として，異なる情報を付与していくために，顧客からの電話のテーマが変化する（ように受け止められる）事例である（事例 1.1～事例 1.4）．すなわち，最終的に了解された事例 1 での問い合わせの要件は，顧客が「ドリンクの定期購入を中止する」ことの伝達であったが，事例 1.1 では，高齢者の発話では用件がうまくまとめきれていなかったために，オペレータが，「（この電話の用件は」ドリンクの定期購入を中止することで間違いないか）を確認しようと試みている．

Table1 高齢者とのコミュニケーションの難しさを感じさせる特徴一覧:
(Op はオペレータ, CC はコールセンターへ電話をかけてきた顧客を示す)

番号		観察される特徴	(付加的な説明)	高齢者特有	業務特有
1		Opの反応によってCCが話そうとする発話テーマが変容する	CCからの発話についてOpが確認をする途上で, 新たな情報が負荷され, 何をしたいのかが変化するなど, 問題の全容がつかめない	○	
2		Op-CC間のやりとりの中で、最終的に求める情報・目標設定が変化していく	Opによる情報提供, 質問などによって, CCが求める情報・解決状態がずれて(変化して)いく	○	
3		自己に対するエイジズム的発言	「もう70だからね」などの個人情報を含めたエイジズム的発言(Opへの承認要求?)	○	
4		CCからの発言者の立場・関係性・主張表明の根拠が, 会話の展開の中で変化	不満の表明(感情の受容, 補償要求), Opの会社のための提言, 高齢であるなどの立場の理解, など「私は○○だから」などの発話が様々に語られる	○	○
5		個人情報開示のタイミングが異なる			
	5.1	会話開始時に自分の個人情報(住所・電話番号)を言う		○	
	5.2	会話開始時にOp(会社)の住所を聞く		○	○
	5.3	Opから名前を聞かれて、住所を答える		○	○
6		問題の説明理解が困難			
	6.1	単純な質問へのOp回答に対し, 次の質問へ移行する.		○	
	6.2	一度の電話会話での複数の質問を試みる		○	
	6.3	問題説明を, 極めて大きな前提, 枠組から語り始める		○	
	6.4	問題説明の過剰な簡略化	抽象化・簡略化された問題提起があり, その解決後に, その背景にある情報や経緯を説明し, そこに他の問題が発見される	○	
7		感情的爆発(Opによる感情的なケアを必要とする)	感情労働的にお客様の不満の声に心遣いをしないとき、オペレータの問題状況の質問が重なると不満が爆発する		○
8		OpからCCへの情報伝達がうまくいかない			
	8.1	Opによる同一質問の反復が必要	Opが質問していること(回答が求められていること)が伝わらない	○	
	8.2	CCがOpの説明の途中で判断する	説明の途中で結論を述べる	○	
	8.3	CCがOpの説明を十分に聞いていない	CCがOpの説明について, 要点のみを聞いて話を進めようとするが, 要点理解がずれているために会話が停滞する	○	
	8.4	Opの説明や質問をさえぎる	話がうまく通じなくなると、会話が重なるようになる		
	8.5	Opが質問の前提・意図を明言しないと話が進まない	Opから複数の質問をする際、「質問の意図」を伝えることで, 質疑応答が進み始める	○	
	8.6	質問の意図からずれた回答	Opからの質問に丁寧に答えるが, 質問の意図からずれた回答になっている	○	
9		会話終了の不備	突然電話を切る		○
10		CCがOpに同意を(強く, 何度も)求める			○
11		CCによる問題の引き取り, 引き下げ	CCが消化できていない会話を一度「持ち帰る」ように試みる	○	

【事例 1.1】OA012 ライン番号 22—25

23 Op : あーえー, あのでは, お客様は/ /何か
: (23_1) /はい。/
: 定期的に黒酢のしゅ, ドリンクをご注文
: / /いただいていて、これからはもうご注
: /はい。/ (23_2)
: 文されないということなん/ですか?はい。/
24 OA : /あ の ね、/
: 最初ね / /お断りしたんですよ。/ /
: (24_1) /はい。/ (24_2) /はい。/
: それがお断りしたのが、/ /あの一はっ
: (24_3) /はい。/
: きり、しなかった/らしいんですよ私がね。/
: (24_4) /あー 、 はいはい。/
: そしたら結局 3 か月間経って、 / /電話
: (24_5) /はい。/
: 来ないから、/ /あの一3 か月間結局うち
: 24_6 /はい。/
: のほうでお金を払うようになったんですよ
: ね。
25 Op : あーそうだったんですか。

事例 1.1 では, 高齢者の応答は, オペレータの質問に対して, 直接的な回答になってないことが観察された. しかしながら, 高齢者の状況を推察すると, (購入中止をする前に) 商品自体が悪いものであったのではなく, 他の理由から注文を終了することを明示する必要性を感じていたためであったものと考えられる.

そこで, 続く事例 1.2 では, 注文を停止したい商品を特定した後に,「その商品を注文しない」という要件で誤りがないかを, オペレータが確認した場面である. ここでは, オペレータからの質問内容は事例 1.1 と同じであったが, 高齢者から,「そうです」との直接的明示的な返答がなされた。このことによって, オペレータは,「特定の商品の定期購買を中止する」要件を受領し, この後で問題解決の次の段階に進めている.

【事例 1.2】OA012 ライン番号 31—32
31 Op：あ，そちらはもうこれからはご注文にならな
：いということですか？
32 OA：そうです。/はい。/

事例 1.3 は，高齢者（客）の住所や電話番号等を聞いた後の場面であり，最終的な確認として，オペレータが用件を確認した。この確認行為は，オペレータとしては，話すべきことはすべて話し終えたことを示し，終結部（Closing-Section）に入ることを示す発話(ライン番号 99，101)と考えられる。

この確認に対して，高齢者は，購入をやめる商品に対して，賞賛の発話を続けていることが観察された（ライン番号 102)。「その場の会話が終わったとしても，二者の関係が終わるわけではないことを示し，次の行為との間をつなぐ役割を担う」ことは，終結部の意義の一つであることから（岡本, 1990），ライン番号 102 の発話も同様に，終結部（Closing-Section）に入ることを示す発話と考えられる．つまり，本事例 1.3 において，顧客高齢者自身は，企業との関係の一切を終了することは望んでいるわけではないことを伝えていると考えられる。しかしながら，発話内容は，オペレータによる確認に対する応答となっていなかった。

【事例 1.3】OA012 ライン番号 99—108
99 Op：かしこまりました。ではこれ、このあとはご
：注文は続けてはなさらないということです
：ね？
100 OA：そうですね。
101 Op：かしこ/まりました。/
102 OA：/ あ の。/3 か月間とって、/ /3
：（102_1）/はい。/
：か月間と、って、体に確かにいいですこれお
：酢と、黒黒酢。あーの。
103 Op：はい。
104 OA：黒酢、なんですか??
105 Op：ええ、黒酢ですよね。######（商品名）です
：ね??
106 OA：そうですね。＝
107 Op：はい。
108 OA：体に確かに良いですねこれは。

そのため，その後，事例 1.4 では，オペレータが「また注文したくなったら電話してください」と発話し，高齢者は感謝を示した．そこで再度，オペレータは用件の受領を伝え，会話を終了することを試みた．この時点で，高齢者から「まだわからないですけどね」という，確認を覆す語が発話された(ライン番号 114)ために，オペレータは発話を聞きなおし，その結果として，顧客が，まだ飲みきれていないドリンクが 2 箱あることを説明した．すなわちこの説明によって，製品自体には満足しているが，購入を中止するという矛盾した発話が，ドリンクを消費しきれないためである，という原因が，間接的に表明されている。

【事例 1.4】OA012 ライン番号 113—118
113 Op`：/とんでもないです。/あのもし万が一ですが、
：何か確認したいことがあれば、お電話させて
：もらうかもわかりませんが。/ええ。こ の /
：（113_1）/はい、いいですよ。/
：##（商品名）のドリンクを、もうこれから
：はおたの、ご注文されないということで
：/ 確 か に 承 り ま し た。/
114 OA： /そうです。まだわからないです /けどね。
115 Op：はい??
116 OA：今のところはまだ二箱あるから。
117 Op：あ、まだ二箱お持ち/で＊＊/
118 OA： /ひと、/一人で飲んでま
：すから。
119 Op ：そうでしたか。/ /かしこまりました。/ /
：（119_1）/うん。/ （119_2）/はい。/
：すいません、あのありがとうございました。
：/お電話いただきありがとうございました。/
※注 「＊」は聞き取り不可の箇所を示す.

これらのように，同じ内容を質問したとしても，オペレータの話し方（言葉）によって，あるいは，どのような会話の流れの中で質問されるかによって，高齢者の回答がそれぞれに異なってくる場面が観察された。

このことは，こうした協同問題解決的な会話において，通常は，多様な対話文脈の中であっても，自分の問題解決・目標達成のために，一定の目的が共有され，実施までこぎつけられるように，個々の発話においては「何を発話しないか」という選択が行われている可能性がある．これに対し，加齢に伴う抑制機能の低下（Hasher, Stolzfus, & Zacks, 1991）によって，高齢者がオペレータの話す内容や話題の個々の状況に反応して，うまく抑制をかけながら会話(協同問題解決)を進めることが難しくなっている可能性がある．特に本事例においては，定期的な購入予約となっているドリンクが，消費の速度が追いつかないために（一時的に）

停止したいという複雑な問題状況，購入を停止するという「負の申し出をする」ことに対する感情的な負担などが輻輳的に働いて，高齢者にとって，どのタイミングで何を発話するかという認知的制御の機能低下が，対話による問題解決を難しくしているように思われる．

こうした問題解決途中の提供される情報の変化，不確定さに接して，若年成人にとっては，対話相手がどのような目標に向けて発話しているのかがわからなくなること，その結果として，若年成人自身が，高齢者に働きかけて問題を特定する，あるいはそうした問題解決過程の混乱を避けるために，相手の発話をコントロールするといった負担があると考えられる。

こうした傾向は，より局所的には問題提起の初期において，高齢者による説明がうまくいかない，というカテゴリー6 として表れる．「問題の説明・理解が困難」というカテゴリー６にはいくつかの要素が見られるが，特に特徴的な会話として，カテゴリー6.3 高齢者が「問題説明を，極めて大きな前提，枠組から語り始める」が複数のコール事例で見られた．

その現象を理解するために，まず比較対象として，若年者が説明をする事例２を報告する．事例２は，常温で保管してしまった要冷蔵の商品を，食べるのは控えた方が良いか否かという問い合わせであった。

【事例 2】YA002 ライン番号 2—5

2 YA：恐れ入ります、ちょっと教えていただきたいん
：ですが、/ あ　の　ー　/
3 Op：　/はいどのようなこと/でしょう？はい。
4 YA ：頂いたハムのギフトセットなんですけれども、
：/　/要冷蔵って書いてあったのを、/　/
：/はい。/ (4_1)　(4_2) /はい。/
：常温っていうか、へい、常温台所にずっと置い
：ておいたんですね。
5 Op：ああ、さようでございますか。
6 YA ：はい。それはもう食べれないですか？加熱で
：は大丈夫ですか？とか。
7 Op：かしこまりました。あの要冷蔵のま、塊のハ
：ムなどのセットでございますね。

この事例２において，若年者は，「ギフトハムのセットが，要冷蔵であることは理解しているが，常温で保管をしていた．加熱をしても食べることはできないか」と，問題を明確に伝えている。

これに対して，同様の用件についての高齢者からの問い合わせを，以下に事例３として報告する．事例３は，「賞味期限が過ぎている商品（ウインナー）を，食べるのは控えた方が良いか否か」という問い合わせであった．

【事例 3】A011 ライン番号 6—17

6 OA：(1 秒)ええ、ねちょっとあのー/　/失敗ってい
：　(6_1) /はい。/
：うんか、/　/ ######## （商品名）のね。
：(6_2) /はい。/
7 Op：はい、######## （商品名）はい。
8 OA：これ、ふた、あー、ワンパック二つ袋ですよね？
9 Op：はい。
10OA：買うて冷蔵庫にほったらかしたん/ですけど。/
11OP：　/　あー　/
：はい。
12 OA：あのーわたしいつも、ボイルー、いゆでて食
：べてるんですけどね??
13 Op：はい。
14 OA：あ、これまあそれは別にして。これ賞味期限
：が 1 月 16 日って/いうのがな。/
15 Op：　/　あ　ー　/　はい。
16 OA：今、まあ１か月半ちょっとだけど、普通にま
：あ別に開けて匂ってなかったら、ボイルで食
：べても、賞味期限はおっけーですね？
17 Op：いえ。もうーあのかなりお日にちが経ってお
：りますので　/　/、もう召し上がっていた
：　(17_1)　/ええ。/
：だくのは残念ですが、お控えいただけます
：でしょうか？もう/傷　ん　で　い　る　/
：　(17_2) /へへっ<笑>、ネッ。/
：可能性がございます。

同様に「食べても大丈夫か」という質問であるが，事例２に比して，事例３では，「ウインナーが２袋１セットで販売していること」や「いつも茹でて食べていること」など，不要な背景情報を説明に加えており，そのために，質問の中心的要件である，冷蔵保管していた商品（ウインナー）を食べるのは控えた方が良いかどうかという質問が，伝わりにくくなっていた（少なくとも，より長い時間を要する会話となっている）．こちらも加齢に伴う抑制機能低下（Hasher, et al., 1991）により、不要な情報を抑制することができなかった可能性がある．顧客側において，「2 パック販売をしているから」残ってしまっている，「ボイルして食べる」つまり過熱をするから消費期限の制約をうけないのではないかといった何らかの関係性が示唆されうるが，その点を明確化することなく，多くの情報が，（理由とし

て明確化されることなく）付加されてきている発話となっている.

このような状況において、オペレータは顧客の問題を理解するために，高齢者の話す情報のうち，「主要ではない」情報を判断し，切り捨てたうえで理解しなければならないといった負担が加えられると考えられる.

逆に，カテゴリー6「問題の説明・理解が困難」では，説明が足りない事例もリストアップされてきた（6.4「問題説明の過剰な簡略化」）．事例4は，焼餅の調理方法についての問い合わせであり，最初の問題説明は，過度に簡略化された事例であった.

【事例4】OA013 ライン番号 2—20

2 OA：あーもしもしー
3 Op：はい。
4 OA：ええとおー、##、##、##/##（商品名）、/
5 Op：　/ ##/
：##（商品名）、はい。
6 OA：これ焼いて食べるのど、おいしいのはわかっ
：てるけど。
7 Op：ありがとうございます。
8 OA：うん、これ煮たらどうなの？/ス/ープと。
：　(8_1) /に。/
9 Op：ああーはい。まあスープ餃子のようにして、あ
：の煮て、お召し上がりになるということでござ
：いますか？
10 OA ：そうそうそうそう。
11 Op：あはい。そうですねーそうしますと、どうし
：ても皮がとても、うすうございますので、や
：はりあの一水分を通しますと、それが溶けや
：すくなってしまいますので、中の具材が出て
：くる可能性がございますので、うまくお召し
：上がりになっていただけないかもしれません。
12 OA ：いや、いやあのスープん中入れるんだったら、
：焼いてから入れた方がいいっていうこと？
13 Op：んーそうですね、焼いて入れられても、やは
：りお餅の成分が水を吸うと柔らかくなってし
：まうので、ま、もともとはもう、あのいつも
：通り焼いていただいて召し上がっていただく
：のが、一番おいしい方法でございます。
14 OA ：でも焼き餃子だって同じようなことでしょ？
：ぎー、や、焼き餃子とか水餃子とかあるでし
：ょ？
15 Op：うん、水餃子の場合には、もともとの皮が、
：あのやはり私どものほうでもあのそういった
：スープ餃子など作っているのですが、餃子の
：皮が厚いんですね。あの中から、漏れないよ
：うなちょと厚めの皮を使っております。
16 OA：ふーーん。いやこれ###（商品名）はいつも
：常に焼いて食べてんだけど/　/いや残った
：　(16_1)/はい。/
：ときにはね、/　/スープとかに入れて食べて
：　(16_2) /はい。/
：いたけど、/　/あんたが言うようなことは気
：(16_3) /はい。/
：にしなかったよなあと。
17 Op：ああ、そうですか。あのお餅が溶けてきたり
：中から具材が出てくるようなことはなかった
：ですか？
18 OA ：あったね。
19 Op：あ、さようでございますか。それである
：/あの、はい。/
20 OA：/だからね、/だから、なま、生の状態で、最初
：から煮たらどうかなという気持ちでお電話し
：て/　/訊いてみました。
：　/あっ、/ (20_1)

この事例4では，高齢者が「焼餅を煮ても食べられるのか」を質問し，オペレータは，中身が溶けだす可能性があるため勧められないと回答した．しかしながら，オペレータの説明後のやりとりの後，実際に高齢者が困っていた（質問をしたい内容）のは，「焼いた焼餅の食べ残しを，スープに入れて食べると，中から具材が出てきてしまう」ために，（最初から煮る加熱ならば）その問題が回避できるのかということであったとオペレータに話している（ライン番号20）.

このように，一見，簡潔な質問のように思われる問題提起が，実際に，オペレータの立場からの最も有効な回答を引き出すためには，情報が不足している事例が観察されている．情報が不足した形での問題に対するオペレータの回答は，多くの場合，顧客によって「問題が解決された」とは受け止められず，そこから追加的な質問がなされる等，問題が特定されるまでに時間を要する展開となる．また，オペレータ側が先に高齢者の説明が不足していることに気づいた場合には，若年成人は，高齢者が語っていない要素の発話を促すために，既に両者で理解されている内容を説明したり，不足している情報を補足しながら質問を行うなどの負荷が生じていると考えられる.

こうした問題解決の過程での困難さとは別に，カテゴリー4「発言者の立場・関係性・主張表明の根拠が，会話の展開の中で変化」する会話では，高齢者が，一人の消費

者として発話をした後，まるでアドバイザーかのように商品を改良すべきであると主張し，その後，独居の高齢男性の一人としての意見を主張するといった事例が観察されている．コールセンターにかけられる電話用件にもいくつかの種類（質問，注文，怒り感情の発露など）があるが，言語行為として何を目的としているのかについて，必ずしも明らかではない，あるいはそれが変化する事例が，高齢者との対話の中では含まれてきている．事例 5 は，電子レンジを用いたピザの調理方法について，高齢者男性からの問い合わせであった．配偶者が家を離れており，男性一人で調理をしなければならない状況であり，日常生活で，男性の配偶者はアルミホイルを使用して調理していること，しかし食品パッケージの表記（「アルミホイルを引かずに焼いた方が美味しい」）は異なって，美味しく食べていたことを表明した．この直後の場面であった．

【事例 5】OA007 ライン番号 51—70

51 OA : /だけどね、だけどね、/この、この書き方やった
: らね?? この書き方やったらね??
52 Op : はい。
53 OA :「ピザをトレーごと焼かないでください」ってあ
: ってね下にね、/ /「アルミホイルしかずに焼
: (53_1) /はい。/
: くとパリッとしあがります」っていうことであれ
: ば、我々もパリッと食べたいと思うじゃないです
: か??
54 Op : はい。
55 OA : そしたらアルミホイルも引けないなと思ったと
: きに「どうしたらどうかなだけど、電子レンジ
: に直接のせるのはなんかちょっと、ちょっとど
: うかな」って思ったときに/ /あの一どない
: (55_1) /はい。/
: したら、どうしたらええんやとこういうふうに
: なったんで、/ /お電話させてもらうたんです
: (55_2) /はい。/
: よ。
56 Op : 申し訳ございません。＝
57 OA : だけどアルミホイルひいても/ /今から思
: (57_1) /はい。/
: ったら、パリッと焼けてたと思うんで/ただ、/
: (57_2) /はい。/
: こうやってみたら、ちょっとこれは、もう少し
: 改良の余地があるんかなと思って、あのこのた
: だ、あの召し上がり方の一。/(1 秒)/うん。(1 秒)
: (57_3) /はい。/
: 書き方はね??
58 Op : 申し訳/ございません。/
59 OA : /あの一今ちょ、/今ちょっとそんなふうに、
: いや、話しながら感じたんだけど。
60OP : はい。
61OA : はい。
62OP : /かしこまりました。/
63OA : /あのーいや、や、やり方/どうしたらええかって
: 聞いてみただけなんだけどね。
64OP : はい。
65OA : うん、あのちょっと、いまそうやって聞いてみた
: ら、ここの但し書きをずっと見た時にー、/ /
: (65_1) /はい。/
: あのー(1 秒)ちょっとこう、あの一話が、つじつ
: まが合わないとこがあるなと思って。/ /うん。
: (65_2) /はい。/
66 Op : 申し訳ございません。/＊ ＊ ＊ に 合 わ
: (66_1) /いえいえいえいえいやいや、
: せ た 説 明 が /一番できればよろしい
: 違うんですよ。うん。/、
: のですが、なかなかですね。
67 OA : でも、オーブンでそ、要は電子レンジで焼く人
: って多いんじゃないですかね、設定されて。いや、
: 違うんですよ??これはおたくのために、何も言っ
: てるんで、クレームつけてるんでもなん/でもな
68 Op : /いえ
: いよ??/
: いえ、/もちろんです。/あのーほんとに/
69 OA : /だ け ど、/そういう
: 風にそういうふうに書かれた方が、もう少し改良
: された方が、もう少しわかりやすいんじゃない
: かって思っ：ただけで。僕らみたいな。(1 秒)
: うん。(1 秒) まこれ誰でもこの冷凍食品て焼く
: ような、ようにできてるじゃないですか？要は独
: り者の単身の男性の会社員であるとか。そういう
: ときにこれ読んだら、「え？」と思うかなと思っ
: て。
70 Op : はい、/ /わかりずらくて/ /申し訳ございません。
: (70_1) /うん、/ (70_2) /いや。/

事例 5 のうち，高齢者は，全体としては加熱方法についての質問を行っているのだが，ライン番号 53-55 では一人の消費者としての感想を話し，ライン番号 57-67 は商品改良のアドバイスを行い，その後，ライン番号 69 では，男性の単身の会社員として話をした．このように，話題を強制的に変更することは，対話参加者が対話相手に対し，高い社会的力を有しているものと考えられる（好井，

1991; 町田, 2007)．こうしたことから，高齢者がこうした電話対話において，強い社会的な力を示している可能性もまた示唆された．もし，こうした発話が「社会的な力の誇示」であると受け止められれば，オペレータ側には，顧客の電話の主たる要件を推定することが求められており，その多層性と不確定性が対話上の負荷となりうることに加えて，そうした社会的圧力への対応も影響を与えうるものと思われる．

4. 総合考察

本研究では，推定年齢 60 歳以上の高齢者が，お客様相談窓口に問い合わせを行う際の音声対話データを取り上げ，現実場面での高齢者―若年成人間の対話の特徴や，それらが若年成人にとって，高齢者とのコミュニケーションへの難しさ・負担感につながる可能性について，探索的な検討を行った．この結果，高齢者によってうまく説明されなかった問題状況や会話自体の目的性を，若年成人が補完するといった負担を抱えていた可能性が示唆され，さらに，高齢者が示す社会的な力に対応していく負担も生じる可能性が示された．若年成人―高齢者間との対話の中で，複数の原因による多様な負荷や困難さが若年成人に生じていたことが示唆されている．

高齢者であろうとも，若年成人であろうとも，自身の問題状況を説明することは難しいことである．しかし，本事例において，高齢者の対話事例から，簡潔な情報で説明を完結するが，情報が不足している場面や，逆に多くの情報を説明するが，問題状況にほとんど関連しない情報を説明する場面が多く観察された．対して，比較事例として提供された若年成人対応事例では，若年者は，情報を整理した上で「より少ないエフォートで」問題状況を説明していた．今回の分析対象とされた若年顧客対応事例は 2 事例のみであったため，この時点で結論を導くことは不可能であるが，直観的な印象としては，若年成人が，問題状況を説明する際に，数少ない情報で説明を完結させる，あるいは，周辺的な状況の「不要と考える」情報を説明に織り込むといったことはかなり少ないと考えられる．

このように，高齢者が対話場面において問題状況をうまく説明できないことは，先行研究から明らかになっている高齢者の認知特性 (認知的制御の困難さ，抑制機能低下など) とも関連し，高齢者－若年成人間の対話の特徴であることが示唆される．しかしながら，若年成人と高齢者の間で，問題状況の説明について，さらに十分なデータにより，詳細な検討が必要であることはいうまでもない．

また，日本には，儒教的な考え方の中でも，年長者を敬うという「孝」の考え方が根付いていると言われている．本研究において，高齢者が (自在に？) 話題を変更しながら話をしているのに対し，若年者であるオペレータは，高齢者の話す話題に合わせた対応を行っている実情が示されいた．このような高齢者―若年成人間の会話特徴は，孝という道徳概念の影響も考えられる．また本研究の対象データでは，若年成人が社員であり，高齢者が顧客であるという，コールセンターという業務特有の会話特性が影響を与えていることも否定できない．こうした影響を検討するために，比較文化的な検討を行う必要があり，また異なる課題状況での異世代間対話を様々に分析していく必要があることを示しているといえよう．

本研究において観察された高齢者―若年成人間の会話特徴が，どの程度の一般性を持ちうるのか，そうした会話は若年成人に本当に負荷をもたらしているのか，さらにそこでの若年成人側の負荷は (もしあるとすれば) いかにすれば低減していけるか，これからさらに検討すべき点が，「今ここに存在することが示された」といえよう．

参考文献

[1] 原田 悦子・運天 祐人 (2014). 異世代コミュニケーションがモノの創発的利用に及ぼす影 響 日本認知心理学会第 13 回大会発表論文集, 21.

[2] HARADA, E.T., IKENAGA, M., SHIMOYAMA, R. & SAWADA, T. (2018). Conversation with Elderly: What kind of communication lords do younger members bear? 2018 Cognitive Aging Conference.

[3] Hasher, L., Stolzfus, E. R., & Zacks, R. T. (1991). Age and Inhibition. *Journal Experimental Psychology,* 17, 163-169.

[4] 林谷 啓美・本庄 美香 (2012). 高齢者と子どもの日常交流に関する現状とあり方, 園田学園女子大学論文集, 46, 69―87.

[5] Hochschild, A. R. (1983). *The Managed Heart: Commercialization of Human Feeling. Berkeley,* CA: University of California Press.
(ホックシールド, A. R. 石川 准・室伏 亜希 (訳) (2000) 管理される心 ―感情が商品になるとき― 世界思想社)

[6] Hopper, R. (1972). *Telephon Conversation.* Bloomington: Indiana University Press.

[7] 池永将和・原田悦子 (2017) 高齢者と若年成人間のコミュニケーション齟齬―活動構築 の方法との関係―, 日本認知心理学会第 15 回大会発表論文集, P3-09.

[8] 今石 幸子 (1992). 電話の会話のストラテジー, 日本語学, 11, 65－72.

[9] 金森 由華 (2012). 高齢者と子どもの世代間交流 ―交流内容を中心に―, 愛知淑徳大学論集 福祉貢献学部篇, 2, 69-77.

[10] Kaney, H. (1986). *Ploblem Solving: A Cognitive Approach.* Milton Keynes: Open University Press.
(カーニー, H. 認知科学研究会 (訳) (1989) 問題解決 長町三生 (監修) 認知心理学講座 3 海文堂)

[11] Kaplan, S. M., & Thang, L. L. (2002). *Intergenerational Programs in Japan: Symbolic Extensions of Family Unity.* In Kaplan, M. S., & Henkin, N. Z., Kusano, A. T. (Eds.), Linking lifetimes: a global view of intergenerational

exchange. Lanham, MD: University Press of America.)
(カプラン, M.・タング, L., L. 加藤澄 (訳) (2008) 日本における世代間交流プログラム : 家族統合の象徴的拡大 カプラン, M., & ヘンケン, N. (編) 草野 篤子 (編・監修) グローバル化時代を生きる世代間交流 (pp. 219-243) 赤石書店)
[12] Kessler, E. M., & Staudinger, U. M. (2007). Intergenerational potental: Effects of social interaction between older adults and adolescents. *Psychology and Aging*, 22, 690-704.
[13] 町田 佳代子 (2007). 日常会話の中のパワーマネージメント, 北海道東海大学紀要, 20, 35－49.
[14] 岡本 能里子 (1990). 電話による会話終結の研究, 日本語教育, 72, 145－159
[15] 小野寺 典子 (1992). エスノメソドロジーにおける電話会話の研究と日本語データへの応用, 日本語学, 11, 26－38.
[16] ポリー・ザトラウスキー (1993). 日本語研究叢書 5 日本語の談話構造分析 くろしお出版
[17] Schegloff, E. A. & Sacks, H. (1973). Opening up Closings. *Semiotica*, 8, 289-327
[18] Simon, H.A. (1978). Information-Processing Theory of Human Problem Solving. In Estes, W. K. (Ed.), *Handbook of Learning and Cognitive Processes*.(5th ed., pp. 271-295). Hillsdale, NJ: Psychology Press.
[19] Tabuchi, M. & Miura, A (2018). Intergenerational interaction between old and young in creative task, Journal of Intergenerational Relationships, 16:3, 275-286..
[20] 好井 裕明 (1991). 男が女を遮るとき －日常会話の権力装置－ 山田 富秋・好井 裕明 (編著) 排除と差別のエスノメソドロジー「いまーここ」の権力作用を解読する (pp. 213-249) 新曜社

以上.

学習者のワーキングメモリ容量が無関連音声効果に及ぼす影響
How Does Working Memory Capacity Moderate the Irrelevant Speech Effects?

髙橋 麻衣子[†]，石川 実佳[‡]，清河 幸子[‡]
Maiko Takahashi, Mika Ishikawa, Sachiko Kiyokawa

[†]東京大学，[‡]名古屋大学
University of Tokyo, Nagoya University
maiko_tk@bfp.rcast.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Task-irrelevant background speech or sounds are known to have detrimental effects on task performance. These effects are called irrelevant speech/sound effects. In this study, we investigated whether the irrelevant speech effect is moderated by working memory capacity (WMC). Participants were asked to perform reading comprehension task (Exp. 1), serial recall task (Exp. 2), or match-to-sample task (Exp.3) with or without task-irrelevant instrumental music and lyrics, and their WMC was measured with the Reading Span Test. The results showed that participants with lower WMC were more susceptible to the task-irrelevant sound with instrumental music and lyrics than were those with higher WMC in the reading comprehension task, but not in the other two tasks. Based on these results, the role of WM in the irrelevant speech effect was discussed.

Keywords — Irrelevant Speech/Sound Effect, Reading Comprehension, Serial Recall, Working Memory

1. はじめに

音楽を聴きながら，電車に乗りながら，本を読んだり学習をしたりするなど，“ながら勉強”[1]を好む学習者が存在する。一方で，他の刺激にさらされていると課題に集中できないという学習者や，ながら勉強が可能な場合もあれば状況によって困難になる学習者もいるだろう。ながら勉強の遂行の可否が学習者や状況によって異なるのはなぜだろうか。本研究は，ながら勉強を「背景に無関連な音が提示されている環境での学習」と定義し，ながら勉強の遂行に学習者のワーキングメモリ（WM：Working Memory）容量がかかわるのかを検討することを目的とする。

1.1 背景音提示下での学習

課題に無関連な背景音の提示によって，背景音を無視するように教示されていても課題成績が低下する現象は，無関連音声効果（ISE：Irrelevant Speech/Sound Effect）と呼ばれ，古くから研究が蓄積されてきた[2]。特に視覚提示された文字や単語リストの系列再生課題においてISEが生起するとの知見が多い[3]～[9]。ISEが生起するメカニズムについては，課題に無関連な音声が一次課題の遂行に必要な音韻表象に干渉する[3][4][5]，変化する背景音が記憶すべき項目の順序情報の保持に干渉する[6][7]，記憶すべき項目に向けた注意を剥奪する[8][9]などの多数の理論が展開されており，いまだに議論が続いている。ただし，項目の順序情報の保持を求める系列再生課題において，音声や変化のある背景音は課題成績を低下させるが，単調なトーンの繰り返しやホワイトノイズは課題成績に干渉しないことは多くの研究で実証されている[10]。系列再生課題で問われるような項目と順序の短期的な記憶は，あらゆる認知活動の基礎になると考えられる。したがって，日常場面で行なわれるながら勉強においても，背景音提示下でその認知活動の成績が低下する可能性は高い。

しかし一方で，日常的な学習場面では項目の短期的な保持だけでなく，読解や作文，算数の文章題等より高次の認知処理が必要となる場合が多い。本研究では知識を習得する上での基礎となる読解活動に焦点を当て，背景音の提示が文章の読解成績に及ぼす影響を検討する。

読解成績におけるISEについてもこれまでいくつかの研究がなされてきた[11][12]。系列再生課題においては，背景音に音声が含まれていれば，それが知らない外国語であったり逆回転のスピーチであったりしたとしても，意味のある音声と同程度に課題成績に干渉することが示されてきた[4][10]が，読解課題においては，背景音に意味のある音声が含まれていると妨害効果が大きいことが示されている[11][12]。Martin et al. (1988) の実験2では，器楽音（インストゥルメンタル）の有無と歌詞の有無を操作した背景音が読解成績に及ぼす影響を検討している。実験の結果，背景音が器楽音のみであると読解成績には干渉しないが，歌詞が含まれた音楽や歌詞の朗読音声は読解成績に干渉することを示した。実験4では，英語を母語とする参加者に英語の朗読音声とロシア語の朗読音声を提示し

て読解成績に及ぼす影響を検討し，英語の朗読音声がロシア語のものよりも大きな干渉効果をもったことを示している。このような一連の実験から，文章を読んで意味を処理するという読解課題においては，背景音に含まれる意味的な側面が干渉すること，すなわち，ISE のメカニズムとして，背景音と学習課題それぞれの処理に必要な表象のオーバーラップの度合いが ISE の大きさを決定する可能性があると結論づけた[11]。

Martin et al. (1988) の知見は，ながら勉強のメカニズムを説明する上で有用であるが，同じ背景音が異なった課題に及ぼす影響を検討していない。したがって，意味のある音声の提示による読解成績への妨害効果の原因を意味的な側面の拮抗と捉えるのであれば，意味処理を要求しない単純な記憶課題の成績においても同じ背景音の提示がどのように影響するかを検討する必要がある。そのため，本研究では Martin et al. (1988)の実験 2 のパラダイムを援用し，器楽音の有無と歌詞の有無を操作した背景音が，読解課題，系列再生課題，そして図形の見本照合課題に及ぼす影響を検討する。求められる認知的な処理が異なる複数の課題において，同じ背景音がどのように影響するかを検討することで，背景音提示下での学習メカニズムの解明につながることが考えられる。

1.2 無関連音声効果の個人差

ながら勉強が可能な学習者とそうでない学習者が存在するように，ISE の大きさには個人差があることが報告されている[13]。ISE は注意の焦点化への干渉の結果であるとの知見から，注意のコントロールを司ると考えられる学習者の WM 容量に着目し，この大きさと背景音の処理の程度の関連を検討する研究がなされてきた[14]~[18]。これらの研究において，参加者の WM 容量は主に operation span 課題[19]と呼ばれる，簡単な計算課題の遂行とともに単語の保持を求められる課題によって測定されている。

Conway et al. (2001) は，参加者にヘッドフォンを装着させ，片耳から聞こえてくる音声を無視しながらもう一方の耳から聞こえてくる音声を復唱する課題を課した。無視するように教示した音声の流れの中に参加者自身の名前を提示したところ，WM 容量が小さい参加者のほうが自分の名前が提示されたことに気づいた。したがって，WM 容量が大きい参加者は無視すべき音声を抑制する能力が高いことが考えられた[16]。この研究から，WM 容量の大きさによって課題に無関連な背景音からの干渉の程度が異なるとの仮説を検証する研究がいくつか行なわれたが，系列再生課題を用いたいずれの実験においても WM 容量と ISE の大きさの関連はみられなかった[14][17][18]。

一方で，自由再生課題や読解課題においては参加者の WM 容量によって ISE の大きさが異なる可能性が示されている[14][15]。Beaman (2004)は，系列再生課題においては WM 容量によって ISE の大きさが異なるとの結果は得られなかったが，自由再生課題において WM 容量の小さい参加者が背景音の提示による影響を大きく受けたことを報告している。Beaman (2004)の実験 4 では，自由再生課題において覚えるべき項目の単語と同じカテゴリの単語を背景音として提示したところ，WM 容量の小さい参加者は再生時に背景音として提示された単語を報告する割合が多かった。このことから，WM 容量の個人差については背景音の意味的な側面がより大きく影響することが考えられた[14]。また，Christopher & Shelton (2017) は読解課題と算数課題を遂行中に流行のポピュラーソングを背景音として提示し，読解課題において WM 容量の大きい参加者ほど背景音提示の干渉効果が小さい傾向にあることを示した[15]。算数課題においてはこのような傾向が見られなかったことから，これまでの読解課題における ISE 研究[11][12]と同じく，意味処理が求められる読解課題において意味をもつ背景音が干渉し，その干渉の度合いに WM 容量がかかわる可能性が指摘できる。ただし，Christopher & Shelton (2017)が使用した背景音は歌詞つきのポピュラーソングのみであったため，背景音の意味的な側面が影響したのか，背景音それ自体が WM 容量の小さい学習者に妨害的であったのかは定かではない。音楽を聴きながらの学習課題の遂行を WM 容量の関係を明らかにするためには，Martin et al. (1988) の実験 2 と同様，音楽に含まれる器楽音と歌詞を切り離して検討する必要があるだろう。

1.3 本研究の目的

以上に概観した通り，ながら勉強の背景となる ISE については，学習課題の種類，背景音の種類，学習者の WM 容量との関連など，多方面から研究が蓄積されている。ながら勉強は読解活動が含まることが多いが，読解課題においては意味をもつ背景音がより大きな干渉効果を持つこと[11][12]，また，読解課題において WM 容量が小さい読み手は ISE の干渉効果を受けやすいこと[15]が示されている。ただし，読解課題に干渉効果を持つ背景音が，言語的な意味処理を要求

しない課題においてどのような影響を及ぼすのか，また，学習者の WM 容量と ISE の大きさの関係はどのような背景音において生起するのかは検討がなされていない。

そこで本研究では，学習課題と背景音の種類を操作し，学習者の WM 容量の大きさによって，どのような背景音がどのような学習課題に影響を及ぼすのかを包括的に検討することを目的とする。学習者の WM 容量を測定する課題として本研究では，これまでの研究で用いられた operation span 課題と同じく，処理と保持の実行の程度を測定するリーディングスパンテスト（RST：Reading Span Test）[20][21][22]を用いる。背景音としては，意味のある音声（歌詞）と器楽音（インストゥルメンタル）の影響を独立に調べるために，それぞれの有無を操作した 3 つの背景音条件（器楽音あり歌詞あり，器楽音あり歌詞なし，器楽音なし歌詞あり）と無音条件とを設定する。そして，これらの背景音が，異なった認知処理を求める学習課題においてどのように影響するのか，WM 容量の大きさと背景音の種類による干渉の度合いはどのように異なるのかを検討する。

実験 1 では学習課題として文章の読解課題を設定する。文章を読んでいるときに提示された背景音が，文章の記憶と理解にどのように影響するのかの検討を行う。背景音と学習課題それぞれの処理に必要な表象のオーバーラップの度合いが ISE の大きさを決定する[11]のであれば，背景音に歌詞が含まれる場合に読解成績が大きく低下することが予測される。続いて実験 2 では，視覚提示されたアルファベットの系列再生課題において実験 1 で使用したものと同じ背景音がどのように成績に影響するのかを検討する。この系列再生課題においては，読解課題と異なり項目の意味処理は要求されない。ただし，項目の内容と順序を保持するために参加者は視覚的に提示されたアルファベットを音韻に符号化し，WM 内で音韻的なリハーサルを実行することが考えられる。このリハーサルの実行のための注意の焦点化が背景音によって阻害されるのであれば[6]~[9]，歌詞の有無にかかわらず背景音を提示する 3 条件の成績は無音条件のものよりも低下することが予測される。実験 3 では，視覚パターンの見本照合課題を用いて，背景音提示の効果を検討する。この課題においては視空間情報の短期的な保持が求められるが，内容の言語的な意味処理や，音韻的なリハーサルは行なわれないことが考えられる。そのため，背景音提示による干渉効果は小さいことが予測される。

本研究では RST によって測定される学習者の WM 容量は，言語の意味処理の遂行に関わると仮定する。したがって，実験 1 の読解課題においては，WM 容量が大きい参加者のほうが，背景音に含まれる意味情報をうまく抑制して文章の意味理解を行なえるため，意味を含む背景音の干渉の程度が小さいことが予測される。一方で，実験 2 の系列再生課題，および実験 3 の見本照合課題では意味処理が求められないため，WM 容量の大きさと背景音提示の干渉効果の間にも関連がないことが予測される。

2. 実験 1

2.1 目的

実験 1 では，学習者の WM 容量の大きさによって，背景音の提示が文章の読解成績に及ぼす影響が異なるのかを検討する。文章を読んで理解する際には，まず文章そのものの記憶表象を形成し，そこから命題表象を構築することが考えられる。そこで，文章の逐語的な記憶と意味内容の理解を分けて測定する課題を設定する。これまで，ISE は系列再生課題において生起していた[3]~[9]ことから，背景音の提示によって文章の記憶も干渉を受ける可能性が指摘できる。一方で，内容の意味理解においては，背景音に意味のある音声（歌詞）が含まれる場合に干渉が大きいこと，そしてこの干渉の度合いは WM 容量の小さい参加者に特に大きいことが予測される。

2.2 方法

実験参加者 日本語を母語とする大学生 24 名が実験に参加した。

実験計画 WM 容量（大・小）を参加者間要因に，背景音の器楽音の有無と歌詞の有無を参加者内要因として配置した。従属変数は，課題文章についての逐語記憶問題と内容理解問題それぞれの正答率と，課題文章の読み時間とした。

刺激 背景音の刺激は小沢健二作詞・作曲の「流星ビバップ」の一節を使用した。器楽音あり歌詞あり条件では，「流星ビバップ」のインストゥルメンタルに合わせて成人男性 1 名が歌ったものを録音して使用した。器楽音あり歌詞なし条件では，同じ箇所のインストゥルメンタルのみを使用した。器楽音なし歌詞あり条件では，同箇所を同じ男性が朗読した音声を使用した。録音した背景音データの音圧は，Sound Forge Pro 11.0 を使用して平均 RMS レベルを－20dB に標準化した。

文章読解課題は髙橋・清河（2013）の実験 2 で使用された 270 字程度の文章刺激を 12 個使用した[23]。さらに，髙橋・清河（2013）を参考に，課題文章に出現した単語や文の逐語的な記憶を問う逐語記憶問題と，テキストベースの理解を問う内容理解問題を 1 文章につき各 4 問，新たに作成して設定した。文章刺激と逐語記憶課題，内容理解課題の例を表 1 に示す。

また，参加者の WM 容量を測定するため，日本語版 RST[21][22]を使用した。

表 1　文章刺激と逐語記憶課題，内容理解課題例

【課題文章】 最近若い人が日本酒を飲んでいる光景を見ることが少なくなった。低アルコール志向が進み，また世界各国のバラエティに富んだアルコール飲料が，容易に手に入る現代。日本酒に接する機会自体が，そもそも少なくなりつつあるのであろう。日本酒の消費量は最盛期の約半分まで落ち込んでおり，今のままだと更に消費が落ち込むことは必至だ。日本酒は果たして，不健康でまずいだけのアルコール飲料なのだろうか？日本酒の歴史は神代の昔にまで遡るが，実は今が消費者にとっての黄金時代なのである。全国各地の高品質で香味に特徴のある日本酒が，手ごろな価格で手に入るのだから。
【逐語記憶課題】 最近若い人が日本酒を飲んでいる光景を見ることが少なくなった。（正） 実は消費者にとっての黄金時代が今なのである。（誤）
【内容理解課題】 日本酒の消費量は，これからも減っていく見込みである。（正） 発泡酒の売り上げの伸びは，日本酒にとって脅威だ。（誤）

手続き　実験は個別に行なった。参加者はまず文章読解課題を行ない，その後にRSTを受けた。文章読解課題では，4つの背景音の条件のもとでコンピュータ画面に提示された課題文章を黙読した。背景音と課題文章の提示が終了した後，逐語記憶問題4問，内容理解問題4問が提示され，キー押しで判断するように求められた。各条件につき3つの文章読解課題を実施した。条件の実施順序ならびに文章読解課題の割り当ては参加者間でカウンターバランスした。RSTの実施手続きは，苧坂（2002）に準じて行なった。

2.3　結果と考察

参加者のRST得点の高低によって，WM小群（RST得点1.5～3，13名）とWM大群（RST得点3.5～5，11名）に分けた。それぞれの群における条件別の逐語記憶問題の正答率，内容理解問題の正答率，課題文章の読み時間の平均値を図1～3に示す。それぞれの値について，WM容量（大・小），器楽音（あり・なし），歌詞（あり・なし）を独立変数とした3要因分散分析を行なった。

逐語記憶問題の正答率については，どの要因の主効果も交互作用も有意水準に達しなかった（Fs < .56, ps > .46）。一方で，内容理解問題の正答率においては，WM容量の主効果が有意となり（F (1, 22) = 8.31, p < .01），WM小群よりWM大群の成績が良いことが示された。加えて，WM容量と器楽音の有無，歌詞の有無の3要因の交互作用が有意傾向となった（F (1, 22) = 3.22, p < .09）。単純・単純主効果を検定したところ，器楽音あり歌詞あり音楽においてWM大群のほうがWM小群よりも成績がよいこと（F (1, 88) = 10.09, p < .01），WM小群において，器楽音あり歌詞あり条件の成績が器楽音なし歌詞あり条件，および器楽音あり歌詞なし条件の正答率よりも低いこと（F (1, 44) = 5.22, p < .05, F (1, 44) = 6.85, p < .05）が示された。その他の主効果，交互作用は有意水準に達しなかった（Fs < 2.19,　ps > .15）。課題文章の読み時間については，歌詞の主効果が有意となり（F (1, 22) = 13.04, p < .01），背景音に歌詞が含まれていると文章の読み時間が増加することが示された。その他の主効果，交互作用は有意水準に達しなかった（Fs < 2.35, ps > .13）。

以上から，参加者のWM容量の大きさが内容理解課題におけるISEの大きさと関連することが示された。WM容量の大きい読み手は背景音の提示によって内容理解が妨げられることはないが，WM容量の小さい読み手においては，歌詞と器楽音の双方があわさった音楽の提示が文章の内容理解を妨害することが示された。読解課題におけるISEの効果を検討した先行研究[11][12][15]では一貫して，意味のある背景音が読解に干渉することを示していたため，本実験においても歌詞の朗読によっても成績が低下することを予測していたが，器楽音なし歌詞あり条件で提示された朗読音声はそのような干渉効果を引き起こさなかった。メロディにのせていない単調な音声は，メロディにのせたものよりも参加者の注意を奪うことなく，結果として背景音声の意味処理まで到達せず，読解課題が求める認知処理とのオーバーラップが生起しなかったのかもしれない。また，メロディアスで注意を引くと考えられる器楽音あり歌詞なし音楽は，意味的な処理を必要としないため読解課題とのオーバーラップが起きず，干渉

効果がなかったのではないのだろうか。

ISEは項目や順序の保持課題に特に生起することが示されており[10], 文章の読解においても理解よりも記憶にまずISEが生起することが予測されたが，本実験の逐語記憶課題においてはどの読み手においてもISEが生起しなかった。逐語記憶課題の正答率が器楽音なし歌詞なし（無音）条件でも53.82%とチャンスレベルに近いことから, 床効果が生起した可能性がある。文章の逐語的な記憶については，課題を再度設定して検討する必要があるだろう。

背景音提示下での文章の読み時間は，背景音に歌詞が含まれると増大した。歌詞に含まれる意味内容が文章のオンラインの意味処理に影響して読み手が困難を感じ, 読み速度を減じた可能性が指摘できる。統計的には有意にならなかったが，WM 容量の大きい読み手は器楽音あり歌詞あり条件での読み時間を特に増大させており，これによって内容理解課題の成績を補償していた可能性もあるのではないだろうか。

実験 1 では，読解課題において WM 容量の大きさと ISE の大きさに関係があることが示された。WM 容量の小さい読み手は器楽音と歌詞が含まれる背景音が提示されると内容理解が妨害された。実験 2，3 では意味処理を求めない課題において，同様の傾向がみられるかを検討する。

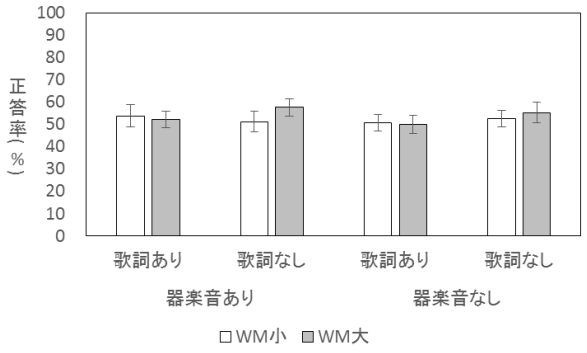


図 1　逐語記憶問題の条件別正答率の平均と *SE*

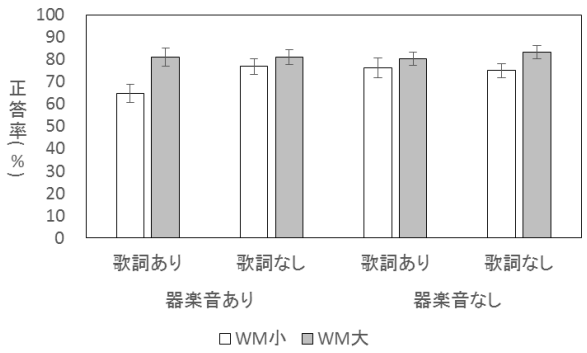


図 2　内容理解問題の条件別正答率の平均と *SE*

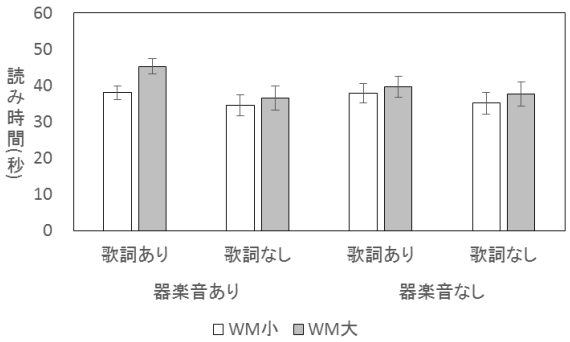


図 3　課題文章の読み時間の条件別平均と *SE*

3.　実験 2

3.1　目的

実験 2 では，学習者の WM 容量の大きさによって，背景音の提示がアルファベットの系列再生課題に及ぼす影響が異なるのかを検討する。視覚提示された文字の系列再生課題において，音韻の符号化と音韻リハーサルの実行が求められる。一方で読解課題遂行時のような意味処理は求められないため，背景音に含まれる意味表象とのオーバーラップは生じないことが考えられる。したがって, 歌詞の有無にかかわらず背景音の提示が課題成績に干渉することが考えられる。また, RST で測定する WM 容量は意味処理の遂行にかかわると仮定されているため，これまでの知見[14][17][18]と同様, 系列再生課題における ISE の大きさと WM 容量の大きさには関連がないことが予測される。

3.2　方法

実験参加者　日本語を母語とする成人 16 名が実験に参加した。

実験計画　WM 容量（大・小）を参加者間要因に，背景音の器楽音の有無と歌詞の有無を参加者内要因として配置した。従属変数は, 提示された項目を正しい系列位置で再生できた割合とした。

刺激　“BCDGPT” あるいは “FHJMQR” の系列をランダムな順序で提示した。背景音の刺激は実験 1 と同様である。

手続き　実験は個別に行なった。系列再生課題では, コンピュータ画面上に 1 秒に 2 回のペースでアルファベットを提示した。その後, 参加者には提示されたアルファベットを順番どおりに思い出して筆記にて回答するように求めた。背景音はアルファベットを提示しているときのみヘッドフォンから提示した。1 条件につき，各系列の提示を 12 試行，合計 24 試行行なった。参加者は系列再生課題を遂行した後，RST を受けた。

3.3 結果と考察

実験 1 と同様，参加者の RST 得点の高低によって，WM 小群（RST 得点 2〜3，10 名）と WM 大群（RST 得点 3.5〜4.5，6 名）に分けた。系列再生課題の成績については Larsen & Baddeley (2003)に倣い，アルファベットを正しい系列位置で再生できた割合を参加者ごとに算出した。条件別の参加者の平均値を図 4 に示す。これらの値について WM 容量，器楽音の有無，歌詞の有無を要因とした 3 要因分散分析を行なった。その結果，器楽音の有無の主効果と，歌詞の有無の主効果が有意となった (F (1, 14) = 6.32, p < .05, F (1, 14) = 25.63, p < .01)。背景音に含まれる器楽音と歌詞がどちらも成績への干渉効果を引き起こしたことが示された。WM 容量の主効果およびすべての交互作用は有意水準に達しなかった（Fs < 2.82, ps > .11）。

系列再生課題の成績は，背景音に含まれる歌詞の有無にかかわらず，メロディアスな器楽音や歌詞の朗読の提示によって低下した。この結果は，これまでの知見[6]~[10]と整合的であり，背景音が覚えるべき項目への注意を剥奪した，もしくは変化のある背景音が課題の順序情報の保持に干渉したとの説明が可能である。加えて，実験 2 においては参加者の WM 容量の大きさにおって背景音提示の干渉効果の大きさが異なることはなかった。この結果も operation span 課題を用いて WM 容量を測定した先行研究[14][17][18]と整合的であり，WM 容量は意味処理の遂行にかかわることが考えられる。そして，学習課題と背景音に意味が含まれる場合に，WM 容量が小さく意味処理を効率的に遂行できない読み手において大きな干渉効果が生起するのではないだろうか。

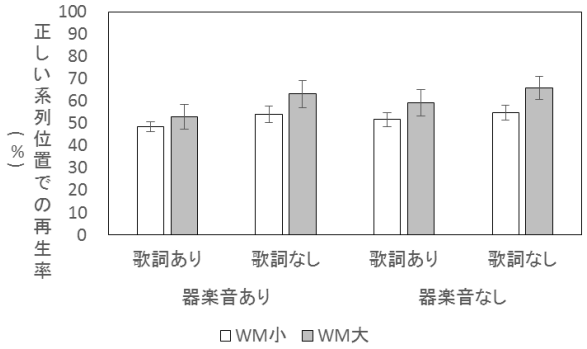


図 4　系列再生課題の条件別正再生率の平均と *SE*

4.　実験 3

4.1　目的

実験 3 では学習者の WM 容量の大きさによって，背景音の提示が視覚パターンの見本照合課題における ISE の大きさが異なるのかを検討する。この課題を実施するにあたって，参加者は視空間的な情報の保持を求められる。実験 1，2 で求められた言語的な意味処理や音韻リハーサルはこの課題には必要がないため，背景音提示の効果も実験 1, 2 ほど大きくないことが予測される。さらに，実験 2 と同様，見本照合課題においても ISE の大きさと WM 容量の大きさには関連がないことが予測される。

4.2　方法

実験参加者　日本語を母語とする成人 17 名が実験に参加した。

実験計画　WM 容量（大・小）を参加者間要因に，背景音の器楽音の有無と歌詞の有無，そして見本提示後の保持時間（1 秒・5 秒）を参加者内要因として配置した。従属変数は課題の正答率であった。

刺激　赤もしくは青の小さな正方形が 4×4 の配列で並んだ視覚パターンの見本を合計 48 個作成した（例として図 5 ①）。48 個中 24 個は，赤と青を各 8 ずつ含むパターンとし，12 個は赤を 4 と青を 20，もう 12 個は赤を 20 と青を 4 含むパターンとした。選択肢として，見本パターンに含まれる赤と青の正方形各 1 つを入れ替えたパターンを作成した（例として図 5 ③左）。背景音は実験 1，2 と同一である。

手続き　見本照合課題の手続きの概要を図 5 に示す。まず，コンピュータ画面上に見本を 200ms 提示した。その後，1 秒もしくは 5 秒の空白画面を提示し，見本と同一のものと一部を入れ替えたものの 2 つのパターンを提示した。参加者には 2 つの選択肢の中から見本と同じものをキー押しで判断するように求めた。解答の制限時間は 5 秒とした。参加者は各背景音条件において，保持時間 1 秒と 5 秒条件を各 24 試行，合計 48 試行行なった。1 秒と 5 秒の保持時間条件は 48 試行内でランダムに生起した。背景音は，見本の提示から保持し回答するまでの時間ずっと提示していた。背景音の種類についての 4 条件の実施順序は参加者間でカウンターバランスした。

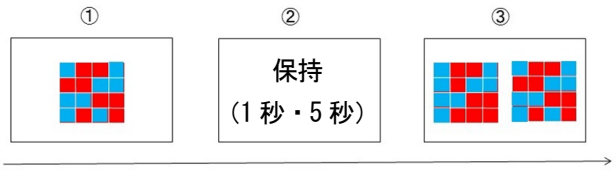


図 5　見本照合課題の手続き

4.3 結果と考察

実験 1，2 と同様，参加者の RST 得点の高低によって，WM 小群（RST 得点 2〜3，11 名）と WM 大群（RST 得点 3.5〜4.5，6 名）に分けた。見本照合課題の正答率について，WM 容量，器楽音の有無，歌詞の有無，保持時間を要因とした 4 要因分散分析を行なった。その結果，歌詞の有無と保持時間の交互作用が有意傾向となった（$F(1, 15) = 4.23, p < .06$）。単純主効果を検定したところ，背景音に歌詞が含まれない場合に，保持時間 5 秒の成績が 1 秒のものよりも成績が低下することが示された（$F(1, 30) = 5.11, p < .05$）。その他の主効果，交互作用はどれも有意水準に達しなかった（Fs < 2.76, ps > .11）。

見本照合課題においては，背景音提示による干渉効果も，WM 容量の大きさの影響も見られなかった。視空間情報の短期的な保持は背景音の提示によって妨害されないことが考えられる。むしろ，保持時間が 1 秒から 5 秒に延長しても，歌詞を含む背景音が提示されていると課題成績が低下しないという結果が得られた。一般的には，保持時間が長くなるほど記憶痕跡が薄くなり成績が低下する傾向にある。実験 3 の結果は，背景音の提示によって成績が向上する可能性を示すものであり，効果的ながら勉強への示唆にもつながる。

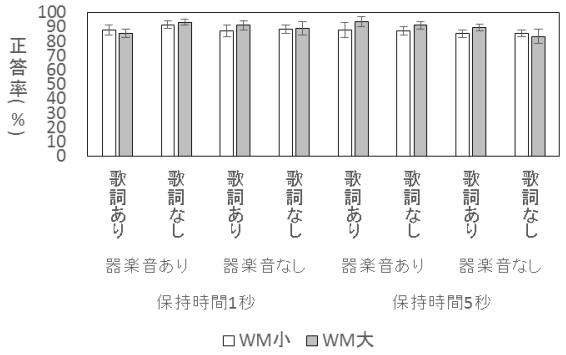


図 6 見本照合課題の条件別正答率の平均と *SE*

5. 総合考察

本研究では，ながら勉強が可能な学習者とそうでない学習者の違いについて，学習者の WM 容量に着目し，背景音提示の干渉効果の違いを 3 つの実験を通して検討した。その結果，学習課題が読解である場合，WM 容量の低い学習者は，ポピュラーソング等の歌詞あり音楽を聴きながらの勉強は困難であることが示された。一方で，単純な記憶課題についてはそのような個人差はみられず，背景音の提示はどの学習者にも干渉効果を及ぼすことが示された。また，視空間情報を保持する課題においては，背景音の提示によって学習成績が向上する可能性も見出された。

以上から，ながら勉強が可能である学習者とそうでない学習者の違いを分ける要因の一つとして，学習者の WM 容量の大きさがあることが示された。WM 容量の大きさは遂行すべき課題や無視すべき刺激の意味表象の処理にかかわり，WM 容量が大きいほど無視すべき情報の意味を抑制して学習課題の意味理解を効果的に行うことができる可能性が示された。一方で，学習者の個人差は WM 容量の大きさのみに表れるわけではない。本研究で WM 容量の測定に使用した RST だけでなく，例えば注意の焦点化や無関連な課題の抑制など，より課題ベースでの特徴を抽出して ISE の大きさとの関連も検討する必要があるだろう。

さらに，本研究の実験 3 では背景音の提示が学習に貢献する可能性も指摘された。視空間情報の保持など，学習課題によっては背景音の提示が学習者の覚醒水準等を保つ役割を持ち，結果的に課題の成績を向上させるのかもしれない。この仮説について，さらなる実験的検討が必要となるだろう。さらに，ADHD 等の発達障害を持つ学習者の中にも，背景音の提示によって学習への恩恵を受ける場合があることが報告されている[24][25]。背景音提示下での学習メカニズムを解明することで，特別支援の必要な学習者への新しい支援方法を提案することが期待できる。

参考文献

[1] 丸野俊一, (1994) “"〜ながら勉強"のメリット・デメリット (学習習慣づくりの決め手<特集>)”, 児童心理, 48, pp. 184-191.

[2] Colle, H., & Welsh, A. (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 15*, 17-31.

[3] Baddeley, A. (2000). The phonological loop and the irrelevant speech effect: Some comments on Neath (2000). *Psychonomic Bulletin & Review, 7*(3), 544-549.

[4] Salamé, P., & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior, 21*(2), 150-164.

[5] Larsen, J., & Baddeley, A. (2003). Disruption of verbal STM by irrelevant speech, articulatory suppression, and manual tapping: Do they have a common source? *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A-Human Experimental Psychology, 56*(8), 1249-1268.

[6] Jones, D., & Macken, W. (1993). Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect - implications for phonological coding in working memory. *Journal of*

Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition, 19(2), 369-381.
[7] Jones, D. M., & Tremblay, S. (2000). Interference in memory by process or content? A reply to Neath (2000). *Psychonomic Bulletin & Review, 7*(3), 550-558.
[8] Cowan, N. (1995). "Attention and memory: An integrated framework", New York: Oxford University Press.
[9] Lange, E. B. (2005). Disruption of attention by irrelevant stimuli in serial recall. *Journal of Memory and Language, 53*(4), 513-531.
[10] Banbury, S., Macken, W., Tremblay, S., & Jones, D. (2001). Auditory distraction and short-term memory: Phenomena and practical implications. *Human Factors, 43*(1), 12-29.
[11] Martin, R., Wogalter, M., & Forlano, J. (1988). Reading-comprehension in the presence of unattended speech and music. *Journal of Memory and Language, 27*(4), 382-398.
[12] Oswald, C. J. P., Tremblay, S., & Jones, D. M. (2000). Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. *Memory, 8*(5), 345-350.
[13] Ellermeier, W., & Zimmer, K. (1997). Individual differences in susceptibility to the "irrelevant speech effect". *Journal of the Acoustical Society of America, 102*(4), 2191-2199.
[14] Beaman, C. (2004). The irrelevant sound phenomenon revisited: What role for working memory capacity? *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition, 30*(5), 1106-1118.
[15] Christopher, E. A., & Shelton, J. T. (2017). Individual differences in working memory predict the effect of music on student performance. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 6(2),* 167-173.
[16] Conway, A. R. A., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review, 8*(2), 331-335.
[17] Elliott, E. M., & Briganti, A. M. (2012). Investigating the role of attentional resources in the irrelevant speech effect. *Acta Psychologica, 140,* 64-74.
[18] Elliott, E., & Cowan, N. (2005). Coherence of the irrelevant-sound effect: Individual profiles of short-term memory and susceptibility to task-irrelevant materials. *Memory & Cognition, 33*(4), 664-675.
[19] Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language, 28*(2), 127-154.
[20] Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior, 19*(4), 450-466.
[21] 苧阪 満里子・苧阪 直行 (1994). 読みとワーキングメモリ容量　日本語版リーディングスパンテストによる測定. *心理學研究, 65*(5), 339-345.
[22] 苧阪 満里子 (2002). 「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」, 新曜社.
[23] 髙橋 麻衣子・清河 幸子 (2013). 読解活動における眼球運動の役割: 黙読時と音読時の比較から　*認知科学, 20,* 470-480.
[24] Sikström, S., & Söderlund, G. (2007). Stimulus-dependent dopamine release in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychological Review, 114*(4), 1047-1075.
[25] Söderlund, G., Sikström, S., & Smart, A. (2007). Listen to the noise: noise is beneficial for cognitive performance in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry 48(8),* 840-7.

物語文における年齢と平均発話長の推移
Developmental Changes of MLU in Oral Narratives

稲葉 みどり
Midori, Inaba

愛知教育大学
Aichi University of Education
mdinaba@auecc.aichi-edu.ac.jp

要旨

本研究では、日本語の発達過程を英語の発達過程と比較した。日本語を第一言語とする子どもと英語を第一言語とする子どもの物語文（Frog Story）を対象として、1）発話数の年齢による推移、2）形態素数の年齢による推移、3）平均発話長から見た発達過程等を比較した。結果から、幾つかの類似点と相違点が明らかになった。また、平均発話長（MLU）は分析方法によって数値に大きな差が出ることが分かった。

キーワード — 第一言語発達，物語文，発話数，形態素数，平均発話長（MLUw, MLUm）

1. はじめに

本研究では、第一言語としての日本語の発達過程を英語の発達過程と比較する。日本語を第一言語とする子ども（JL1）と英語を第一言語とする子ども（EL1）の物語文を同じ手法で分析し、結果を比較することにより、両者の類似点、相違点から発達の普遍的側面や個別言語に特有の側面等を探ることを目的としている。また、英語との比較により、日本語の発達の特徴をより明確に提示する。

研究では、JL1 と EL1 について、1) 発話数の年齢による推移、2) 形態素数の年齢による推移、3) 平均発話長から見た発達過程等の分析を行い、両者を比較する。MLU は、一般に第一言語の早期の発達の指標とされているが、あえて大人の言語資料にまで適用し、同じ指標で分析することにより、新たな知見を得ることを目的とする。

2. 研究の背景

発話資料となる物語文は、文字のない絵本 Frog, *Where Are You ?*（Mayer, 1956）を見て語った口頭作話で、同じ物語文を扱った研究では、Frog Story 研究として知られ、様々な言語で発達の過程が研究されている。日本語の Frog Story を対象とした先行研究で、筆者は、物語文の談話構成（Inaba, 2000）、全体構造（Inaba, 1999）、局所構造（Inaba, 2001）、時制転換（Inaba, 2003）、平均発話長等(稲葉, 2017a)、及び、第二言語としての日本語の発達過程を比較した研究（稲葉, 2017b)等に関する研究を行ってきた。そこで、本研究では、物語文の発達を発話数、形態素数、平均発話長という言語知識の発達の観点から分析する。

3. 研究の方法

日本語の言語発達資料(Frog Story)は、3、4、5、9 歳の日本語を母語とする子ども（各年齢 10 人、合計 40 名）、及び、大人（50 人）から収集したものである。英語を第一言語とする子どもと大人の Frog Story は、CHILDES database online の English-Slobin Corpus よりダウンロード[注]した。これは、Berman and Slobin (1994) が収集した Frog Story である。

発達過程の分析は、発話数、形態素数、平均発話長を指標として、年齢による量的な推移を捉える。物語文の発達においては、発話量（発話数、単語数を含む）の増加は 、語彙や文法等の発達に関わる重要な要因の一つで、形態素数や平均発話長の増加は発話の文法的複雑さの増加と関わっていると考えられるからである。

4. コーディングと解析プログラム

本研究で収集した発話資料は、MacWinney (2000)による CHILDES (MacWhinney, 2000)を用いて、CHAT 形式でデータベース化した。日本語フォーマットは、宮田・森川・村木 (2004) を用いた。データには、宮田 (2012) の JMOR 形態素コードに沿って、形態素コード MOR(Miyata & Naka, 2010)を付与した。MLUw、及び、MLUm の計算は、宮田（2012）のガイドラインに沿って行った。データ解析には CLAN プログラムを用いた。

平均発話長（MLU）は、発話の長さを表し、1 発話あたりの語数の平均である。これは、Brown（1973）により英語を獲得する子どもの文法発達の指標として提案されたもので、Brown（1973）の研究では、第一

言語の発達においては、月齢との相関があるとされている。しかし、もともと英語を対象として考案された方法なので、膠着語である日本語にはそのまま当てはめるのは難しい。

そこで、本研究では、宮田（2012）の提案する自立語 MLUw（以下、MLUw）と、形態素 MLUm（以下、MLUm）の両方を用いる。これは、日本語の形態素の特徴を文法発達の指標としてうまく反映できるように調整した MLU の算出方法である。

5. 結果と考察

5.1 発話数の比較

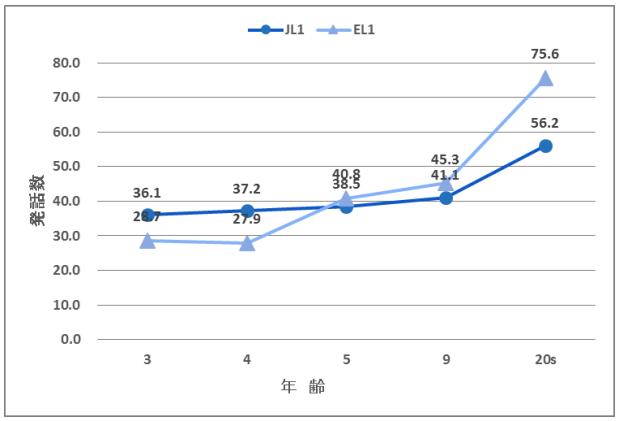
物語全体で用いられている発話数の年齢による推移を、日本語を母語とする子どもと大人（JL1）と英語を母語とする子どもと大人（EL1）で比較する。

【図 1】は、JL1 と EL1 の 3，4、5、9 歳児、及び、大人（グラフ中では「20s」と表記する）が 1 つの物語文全体で用いた発話数の平均値を年齢毎に表したものである。JL1 の推移は、3 歳児で 36.1、9 歳児で 41.1 で、3 歳児の 1.1 倍とあまり大きな増加はない。

一方、EL1 の推移を見ると、3 歳児で 28.7、4 歳児で 27.9 と日本語よりやや値は低いが、5 歳児で 40.8 となり、JL1 を幾分上回る。9 歳児では、45.3 で 3 歳児の 1.6 倍に増加する。

よって、発話数の変化は、JL1 では 3〜9 歳間であまり大きく増加しないが、EL1 では、4〜9 歳にかけて JL1 よりも増加が大きい。ただし、9 歳児の発話数は両者で近い値となっている。

大人では、JL1 は 56.2 であるが、EL1 は 75.6 と JL1 の 1.4 倍であり、この発話資料では、大人の発話数は、EL1 の方が JL1 よりも高い値を示している。

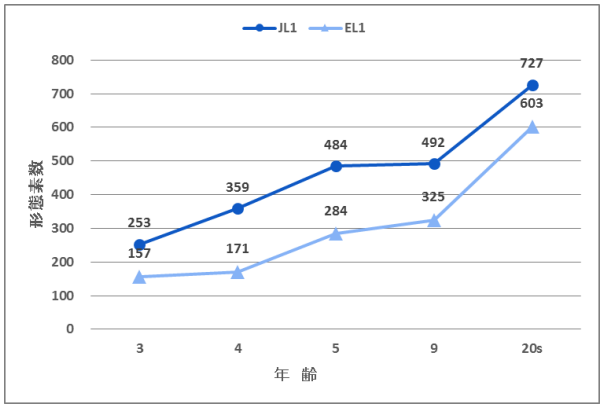


【図 1】JL1 と EL1 の発話数の推移

5.2 形態素数の比較

形態素数の推移を比較する。【図 2】は、JL1 と EL1 の形態素数の推移の比較である。JL1 の形態素数は、3 歳児では 253、4 歳児では 359、5 歳児で 484 で、年齢と共に増加している。9 歳児では、492 で、5 歳から 9 歳にかけては横這いである。大人では、723 と形態素数は 9 歳児の約 1.5 倍になる。即ち 9 歳頃までに大人の 70%前後の形態素数に到達していることが分かる。

EL1 の形態素数は、3 歳児では 157、4 歳児では 171、5 歳児で 284 で、年齢と共に増加している。形態素数は全体に JL1 よりも少ない。9 歳児では、325 で、5 歳から 9 歳にかけての増加は JL1 同様に横這いである。大人では、603 と形態素数は 9 歳の約 2 倍になる。言い換えれば、9 歳頃までに 50%前後の形態素数になる。年齢と共に形態素数が純増する点は JL1 の場合と類似している。よって、形態素数は JL1 の方が全体に高いが、増加の過程は EL1 の場合も JL1 の場合も概ね類似した傾向にあると言える。



【図 2】JL1 と EL1 の形態素数の推移

5.3 平均発話長の比較

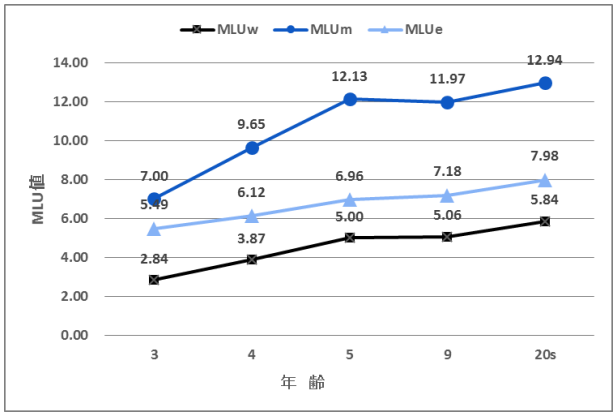
JL1 の平均発話長（MLUm・MLUw）を EL1 と比較する。【図 3】は、JL1 の MLUm と MLUw と EL1 の MLUe の推移を比較したものである。MLUm が全体に一番高い値を示している。また、MLUw は、一番低い。

まず、MLUm の推移を見る。3 歳児では 7.00、4 歳児では 9.65、5 歳児では 12.13 と 3〜5 歳の間で急激に増加している。3〜4 歳と 4〜5 歳での区間の平均値の差の検定の結果、3〜4 歳間では $t = 9.6476$ ($p < .01$)、4〜5 歳間では、$t = 8.5346$ ($p < .01$) で、両区間において有意な増加が確認された(稲葉, 2017a)。よって、3 歳か

ら 5 歳にかけて文法発達が進み、発話の文構造の複雑さが著しく増していくと言えよう。

次に、MLUw の推移を見る。3 歳児では 2.84、4 歳児では 3.87、5 歳では 5.00 と、この年齢の区間で次第に増加している。3〜4 歳と 4〜5 歳の区間での平均値の差の検定の結果、3〜4 歳間では $t = 12.2904$ ($p < .01$)、4〜5 歳間では、$t = 11.8889$ ($p < .01$) で、両区間で MLUw 値の有意な増加が確認された(稲葉, 2017a)。

MLUe の推移は、MLUe は、MLUm と MLUw の間に位置している。3 歳児で 5.49、4 歳児で 6.12、5 歳児で 6.96 と純増している。増加の割合は、MLUw とほぼ平行している。よって、JL1、EL1 において、年齢と共に平均発話長の値が増加し、特に 3〜5 歳の区間での増加が大きい点は類似の傾向である。



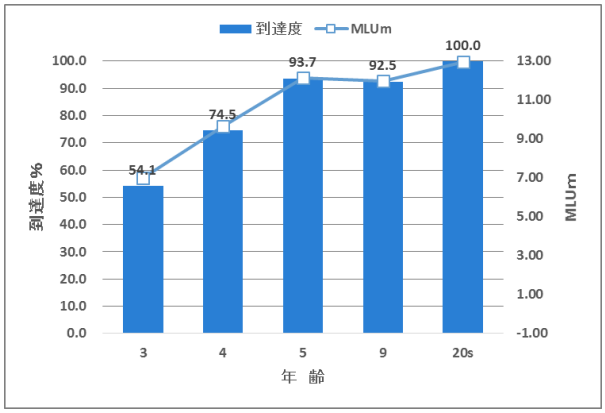
【図 3】MLUm・MLUw・MLUe の推移

5.4 到達度による MLU の分析

5.3 では、日本語の平均発話長を MLUm、MLUw の両手法で算出したが、両値は同じ発話文を分析したにも関わらず、数値に大きな開きが出た。分析方法によってかなり数値に差が出ることが分かり、宮田 (2012) の過評価や過少評価が起こる可能性があるという指摘を支持する。MLU を通言語間で比較する場合、言語の構造的な特徴からその数値に幅が生じる可能性がある。

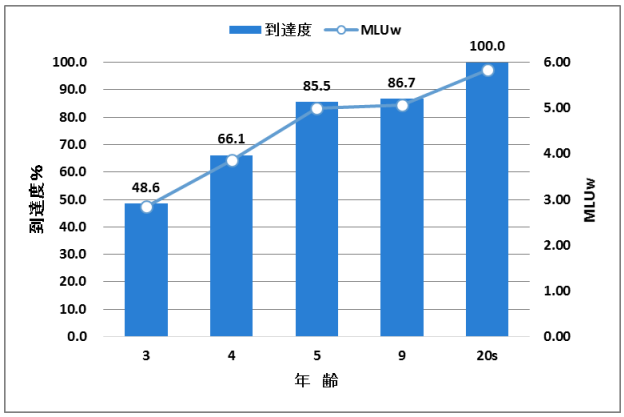
よって、本研究では、JL1 と EL1 の発達を大人の平均値を目標値（Target: TG 値）とし、それにどれだけ近づいているかで発達の度合い（「到達度」と定義する）を比較することにする。以下、JL1 の TG 値を TGJ、EL1 の TG 値を TGE と表記する。

【図 4】は、3〜9 歳児の MLUm を TGJ 値を 100%とした場合の割合で換算して示している。3 歳児の MLUm は 7.00 なので、TGJ12.94 を 100%と考えた場合、その到達度は 54.1%となる。MLUm の到達度は、3 歳児で 54.1%、4 歳児で 74.5%、5 歳児で 93.7%となっており、5 歳児では 90%を超える。よって、発達を到達度の推移で捉えると、3〜5 歳で急激に上昇し、5 歳で大人に近い値に到達することが分かる。



【図 4】MLUm の到達度の推移

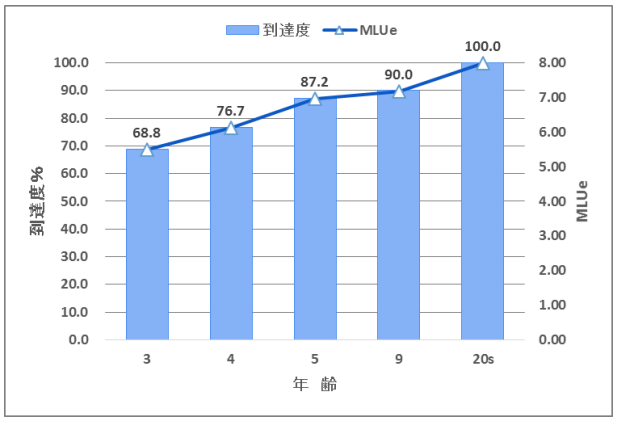
次に MLUw の到達度の推移を見る。【図 5】は、MLUw の 3〜11 歳児の到達度を表している。MLUm と同様に、3 歳児の MLUw は 2.84、TGJ は、5.84 なので、その到達度は 48.6%となる。MLUw の推移は、3 歳児で 48.6%、4 歳児で 66.1%、5 歳児で 85.5%で、達成度は 8 割を上回り、MLUm と類似の傾向を示している。ここで着目すべき点は、【図 3】に示した MLUm と MLUw の値よりも開きが少ないことである。以上から、発達を MLUm、MLUw を指標として捉えた場合、5 歳頃までに TGJ の 8〜9 割に到達すると言える。



【図 5】MLUw の到達度の推移

次に MLUe の到達度の推移を見る。【図 6】は、EL1 の 3、4、5、9 歳児の MLUe の到達度の推移を表している。日本語の物語文と同様に、大人の値（TGE）を 100%として各年齢の値の割合を算出したものである。3 歳児の MLUe は 5.49 で、到達度は 68.8%、4 歳児の MLUe は 6.12 で、到達度は 76.7%、5 歳児の MLUe は 6.96 で、到達度は 87.2%である。よって、到達度は 5 歳までに概ね 9 割に達する。

以上から、英語においても MLUe は概ね 5 歳ごろまでに増加し、9 歳頃までには TGE の 9 割程度の達することが分かる。日本語の発達も 5 歳頃までにほぼ TGJ の 8〜9 割程度に到達する言う点では、傾向が類似していると言える。



【図 6】MLUe の到達度の推移

6. まとめ

本研究では、JL1 と EL1 について、1）発話数の年齢による推移、2）形態素数の年齢による推移、3）平均発話長から見た発達過程等を比較分析した。

その結果から、発話数は、JL1 では 3〜9 歳間であまり増加しないが、EL1 では 4〜9 歳にかけて JL1 よりも大きな増加が見られ、9 歳児の発話数は両者で近い値を示した。形態素数は JL1 の方が EL1 よりも全体に高い値を示したが、年齢と共に純増する発達傾向は両言語で類似していた。日本語の平均発話長を MLUm、MLUw の 2 つの手法で算出した結果、MLUm は、MLUw よりかなり高い値となり、分析方法によって数値に大きな差が出ることが分かった。

さらに、大人の値への到達度という観点から平均発話長を分析した結果、JL1 と EL1 において 5 歳頃までにほぼ大人の 9 割の値に到達するという類似の傾向が見られた。これらの結果は、本研究の対象となった言語資料のみから得られた結果であり、今後はより広い言語資料を用いた更なる分析により検証していく必要がある。

注

* *http://childes.psy.cmu.edu/access/Frogs/* (2017 年 7 月 5 日)

参考文献

Berman R. & Slobin, D. I. (1994). *Relating events in narrative: A crosslinguistic developmental study*. Hillsdale, NJ: LEA Publishers.

Brown, R. (1973). *A First Language*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Inaba, M. (1999). Development of global structure in first-language narratives. *Bulletin of Aichi University of Education (Humanities and Social Sciences), 48,* 103-112.

Inaba, M. (2000). Narrative discourse processing in Second-Language Japanese. *Bulletin of Aichi University of Education (Humanities and Social Sciences), 49,* 127-136.

Inaba, M. (2001). Backtracking and reorganization in narrative. *Bulletin of Aichi University of Education (Humanities and Social Sciences), 50,* 29-39.

Inaba, M. (2003). Anchor tense in Japanese Narrative. *Bulletin of Aichi University of Education (Humanities and Social Sciences), 52,* 51-61.

稲葉みどり(2017a).「日本語の物語文における言語知識の発達過程の考察－発話数・単語数・形態素数・平均発話長の解析－」『教科開発学論集』5, 23-32.

稲葉みどり(2017b).「第二言語と第一言語の物語文における MLU（平均発話長）の変化」『愛知教育大学研究報告－人文科学編』66, 1-7.

MacWhinney, B. (2000). *The CHILDES Project: Tools for Analyzing Talk. Third Edition*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Dial Press.

宮田 Susanne (2012). 日本語 MLU（平均発話長）のガイドライン：自立語 MLU および形態素 MLU の計算法」『健康医療科学』2, 1-15. http://aska-r.aasa.ac.jp/dspace/bitstream/10638/5113/1/0039-002-201203-1-17.pdf アクセス日：2013 年 12 月 1 日.

宮田 Susanne, 村木恭子, 森川尋美（編）(2004).『今日から使える発話データベース CHILDES 入門』ひつじ書房.

Miyata, S., & Naka, N. (2010). *JMOR05.1: The Japanese Morphological Analysis Program based on CLAN*. Retrieved December 1, 2010, *fromhttp://childes.psy.cmu.edu/morgrams/Japanese.*

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

自動化システムとの協同と人間との協同における課題委託に関する実験的検討
Investigation of task delegation in cooperation with a system partner and with a human partner

前東 晃礼 †，三輪 和久 ‡，小島 一晃 §
Akihiro Maehigashi, Kazuhisa Miwa, Kazuaki Kojima
† KDDI 総合研究所，‡ 名古屋大学，§ 帝京大学
KDDI Research, Inc., Nagoya University, Teikyo University
ak-maehigashi@kddi-research.jp

概要
本研究では，自動化システムとの協同と人間との協同における課題委託について実験的検討を行った．実験では，参加者は，パートナーと追従課題を行った．パートナーは自動化システム (システム条件)，または人間 (ヒューマン条件) であると教示された．しかし実際には，全ての参加者は自動化システムと課題を行った．実験の結果，システム条件の参加者は，追従パフォーマンスの変化に鋭敏であり，課題委託の適切性が高かった．この結果は，先行研究に基づいて議論された．

キーワード:自動化システム (Automation system)，課題委託 (Task delegation)，信頼 (Trust)，過剰利用 (Misuse)，過少利用 (Disuse)

1. はじめに
1.1 自動化システムとの協同
近年，日常生活の至るところに自動化システムが入り込んできている．自動化システムは，人間が行う活動を肩代わりするシステムである [1]．今後，人間の様々な活動が自動化されるだろう．自動化システムは，環境からの入力に対して，一定の自律性を有する意思決定機構を持つ人工物である．そのため，自動化システムは，身体機能を拡張するナイフやハンマーなどの古典的な人工物や，認知機能を拡張するコンピュータなどの認知的人工物とは異なる第 3 世代の人工物と位置づけられる [2]．このような自動化システムを利用した活動は，道具を利用した活動よりも，チームパートナーとの協同として扱われる [3]．

自動化システムとの協同では，ユーザは，システムとユーザによる課題遂行のパフォーマンスを監視して，その優劣に基づいてシステムへの課題の委託を決定する必要がある [4]．規範的には，システムの方が高パフォーマンスを示すときはシステムに課題を委託して，ユーザの方が高パフォーマンスを示すときはユーザが課題を行う必要がある．しかし，ユーザが行うべき課題をシステムに任せるシステム過剰利用 (Misuse) や，システムの課題遂行が優越な状況で，ユーザが課題を行うシステム過少利用 (Disuse) が生じることがある [1]．今後，様々な活動の自動化が進む中で，自動化システムとの協同における課題委託の性質を知ることは重要である．

自律性を持つ自動化システムは，その内部の情報処理が複雑であり，環境からの影響やユーザの働きかけが，どのように処理されるかを把握することが困難である [5]．このような自動化システムに対して，ユーザは信頼を形成し，その信頼に基づいてシステムへの課題の委託を決定することが明らかにされてきた．

いくつかの先行研究 [6, 7] は，自動化システムとの協同において，課題遂行中にシステムエラーが生じて，システムの正常な活動が不可能になる状況を設定した実験を行った．実験の結果，システムエラーが発生した後に，参加者のシステムに対する信頼は低下し，それに伴い，参加者がシステムに課題を委託する割合は低下することが明らかとなった．また，システムが正常な稼動を再開した後に，低下した信頼は徐々に回復し，それに伴い，システムに課題を委託する割合も徐々に回復することが明らかとなった．

このように，ユーザは，自動化システムのパフォーマンスに基づいて信頼を形成し，その信頼に依存してシステムへの課題の委託を決定する．そのため，ユーザがシステムパフォーマンスを高く見積もり，システムを過信した場合に Misuse が生じ，一方，ユーザがシステムのパフォーマンスを低く見積もり，システムに過度の不信を持った場合に Disuse が生じる．

1.2 本研究の関心と仮説

本研究の関心は，自動化システムとの協同と人間との協同におけるシステムへの課題委託の特性を対比的に検討することである．これまでに，システムとの協同と人間との協同の比較を行った先行研究 [8, 9] では，課題遂行中のパートナーのエラーに対する対応という限定的な活動が扱われていた．本研究では，課題遂行中に，参加者とパートナーとのパフォーマンスの優劣が多段階で変化する状況を設定し，それに伴う自動化システムへの課題の委託行動の性質について検討を行う．

課題委託の決定要因に関して，システムとの協同では，上述のように，システムへの信頼がシステム課題委託の決定に影響することが明らかにされている．一方，人間との協同においては，信頼の程度に関わらず敵対行動または協力的行動がとられることがあり，他者への信頼と他者に対する行動は必ずしも一致しない [10]．これらのことから，本研究では以下の仮説 1 について検討を行う．

仮説 1: パートナーへの信頼と課題委託の関連は，自動化システムとの協同で現れ，人間との協同では現れない．

また，システムとの協同と人間との協同を比較した先行研究 [8, 9] では，参加者またはパートナーの課題遂行のエラーが生じた際，人間との協同よりもシステムとの協同で，エラーへの鋭敏性は高い傾向がみられた．つまり，パートナーのエラー発生時には参加者が操作を行い，そして参加者のエラー発生時にはパートナーに課題を委託する傾向がみられた．

このことから，パフォーマンスの優劣が多段階で変化する状況においても，システムとの協同では，パフォーマンスの変化に対する鋭敏性は高いと考えられる．また，それにより，システムとの協同では，課題委託の適切性が高くなると考えられる．つまり，システムとの協同では，パートナーの方が高パフォーマンスを示すときにパートナーに課題を委託し，また，参加者の方が高パフォーマンスを示すときに，参加者が課題を遂行する傾向が顕著になる可能性がある．本研究の仮説 2 は以下である．

仮説 2: 人間との協同よりもシステムとの協同で，パフォーマンスの変化に対する参加者の鋭敏性は高くなり，課題委託の適切性は高くなる．

2. 実験課題

実験では，先行研究 [11] で用いられた路線追従課題 (図 1) を使用した．参加者は，赤丸のビークルで路線の追従を行うことが求められた．ビークルが路線から離れると課題得点が減点された．課題中に，参加者は，パートナー委託モードと自己操作モードのいずれかを選択することが可能であった．パートナー委託モードでは，自動追従システムがビークルの操作を行った．一方，自己操作モードでは，参加者はゲームコントローラー (Microsoft Xbox 360 Controller for Windows) の左右の矢印キーを押してビークルの操作を行った．また，指定されたボタンを押すことによって，モードの切り替えを行うことが可能であった．

この課題では，パートナー委託モードと自己操作モードの能力値を実験的に操作した．具体的には，パートナー委託モードの能力 (CP: Capability of partner's operation) と自己操作モードの能力 (CS: Capability of self-operation) に各 5 水準 (30，40，50，60，70) の値を設けて，両モードの能力値が，課題遂行中に独立して変化するように設定した．CP と CS の能力値が高いほど，両モードの路線追従は容易であった．たとえば，CP または CS の値が 30 であれば，直線には対応できるが，カーブで路線を追従し続けることはできなかった．また，CP または CS の値が 50 であれば，緩いカーブには対応できるが，急なカーブで路線を追従し続けることはできなかった．そして，CP または CS の値が 70 であれば，ほぼ全ての路線のカーブに対応でき，完璧に近い路線追従を行うことができた．

この課題において，課題得点を最大化するためには，パートナー委託モードと自己操作モードにおける追従パフォーマンスを比較して，両モードの優劣に基づいて，高いパフォーマンスを示すモードを選択する必要があった．

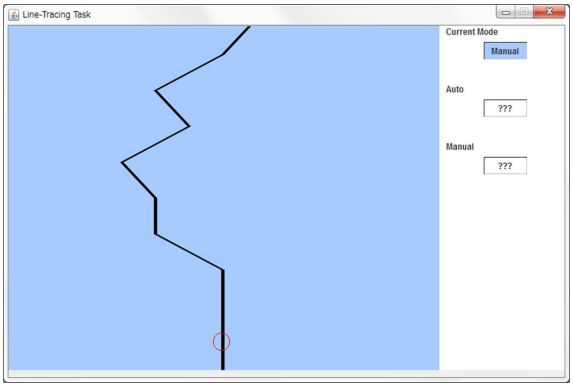


図 1 路線追従課題

3. 実験

3.1 方法

3.1.1 参加者

参加者は大学生 40 名であった．システム条件に 20 名，ヒューマン条件に 20 名が無作為に割り振られた．

3.1.2 手続き

最初に，参加者には，路線追従課題について説明し，その後，パートナーについて説明した．システム条件では，パートナーは自動追従システムであると教示した．また，ヒューマン条件では，パートナーは実験室内の他の参加者であると教示した．しかし，実際には，両条件とも，パートナーは自動追従システムであった．さらに，課題の目標として，課題得点ができる限り高くなることを目指して課題を行うように教示した．その後，課題について説明を行い，課題の練習として，1 試行 40 秒を 4 回実施した．

練習の後に本課題を行った．本課題では，5(CP: 30,40,50,60,70)×5(CS: 30,40,50,60,70) の各能力値の組合せを 1 試行として，全ての組み合わせ全 25 試行を実施した．1 試行は 40 秒であった．CP と CS の能力値の組み合わせの順序はランダムであった．課題中に，CP と CS の値は表示しなかった．試行が切り替わる際は，課題画面中央に「操作能力が変更されました」と表示した．また，参加者は，課題中にモードの切り替えを自由に行うことができた．システム条件では，パートナー委託モードを選択中は「Auto」，自己操作モード選択中は「Manual」と課題画面に表示した．一方．ヒューマン条件では，パートナー委託モードを選択中は「Follower」，自己操作モード選択中は「Leader」と課題画面に表示した．

課題終了後は，参加者に，パートナーに対する課題遂行の信頼評定 (1: 全く信頼できなかった〜7: 非常に信頼できた) を行わせた．さらに，操作切り替えの判断方法について自由記述で回答させた．

3.2 結果

まず，仮説 1 に関して，パートナーに対する課題遂行の信頼評定と課題全体の委託率について相関分析を行った．その結果，システム条件では，信頼と委託率の相関が有意であった ($r = .52, p < .05$)．しかし，ヒューマン条件では有意ではなかった ($r = .14, p = .55$)．この結果から，パートナーへの信頼と課題委託の関連は，システムとの協同で現れ，人間との協同では現れないことが明らかになり，仮説 1 は支持された．

次に，仮説 2 に関して，パフォーマンスの変化に対する鋭敏性について検討を行うために，委託率にロジスティック回帰を実施した (図 2)．以下に算出されたロジスティック回帰式を示す．実験の実測値とロジスティック回帰から予測される予測値の適合度を確認するため，Hosmer-Lemeshow 検定を行った結果，システム条件 ($x^2(8) = 0.27, p = .1$) とヒューマン条件 ($x^2(8) = 1.74, p = .98$) で適合度に問題はみられなかった．

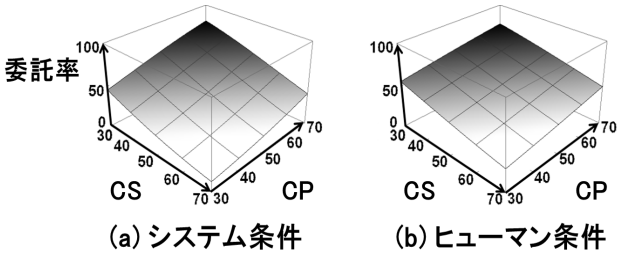


図 2 ロジスティック回帰から予測された (a) システム条件と (b) ヒューマン条件における委託率の平面．

システム条件:

$$\text{委託率} = 100/1 + e^{-(0.059+0.038CP-0.046CS)}$$

ヒューマン条件:

$$\text{委託率} = 100/1 + e^{-(0.509+0.022CP-0.031CS)}$$

ロジスティック回帰で算出された式から，オッズ比の値を算出した (表 1)．CP と CS のオッズ比の値は，CP と CS ぞれぞれの値の変化に伴う委託率の変化量を示す．CP または CS のオッズ比の値が 1 よりも高いほど，CP または CS の値の変化に伴う委託率の増加が大きいことを示す．一方，CP または CS のオッズ比の値が 1 よりも低いほど，CP または CS の値の変化に伴う委託率の低下が大きいことを示す．

表 1 CP と CS のオッズ比の値

	CP のオッズ比の値	CS のオッズ比の値
システム条件	1.038	0.954
ヒューマン条件	1.022	0.968

オッズ比の値を算出した結果，CP のオッズ比の値に関して，両条件で 1 を上回り，かつ，ヒューマン条件よりもシステム条件でその値は大きかった．つまり，ヒューマン条件よりも，システム条件で，CP の値の

増加に伴う委託率の増加が大きいことが明らかとなった．また，CS のオッズ比の値に関して，両条件で 1 を下回り，かつ，ヒューマン条件よりもシステム条件で値は小さかった．つまり，ヒューマン条件よりも，システム条件で，CS の値の増加に伴う委託率の低下が大きいことが明らかとなった．

図 3 は，オッズ比で示された委託率の変化を示す．図 3 から，ヒューマン条件よりもシステム条件で，CP と CS の値の変化に対する委託率の変化が大きいことがみてとれる．これらの結果から，人間との協同よりもシステムとの協同で，自分とパートナーのパフォーマンスの変化に対する鋭敏性は高いことが示された．

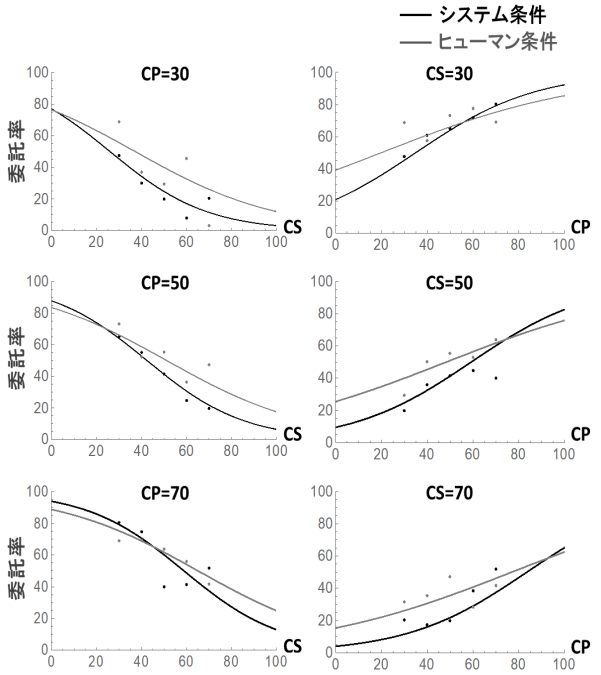


図 3　CP と CS が 30，50，70 のときの断面図．各断面のドットは実測値，曲線はロジスティック回帰で算出された予測平面の断面を示す．

最後に，仮説 2 に関して，課題委託の適切性について検討を行うために，パートナー委託モードと自己操作モードのそれぞれが優位な状況における委託率について分析を行った．実際には，CS よりも CP の値が高い 10 試行 (パートナー委託優位) と，CP よりも CS の値が高い 10 試行 (自己操作優位) のそれぞれで，各条件の委託率を比較した (図 4)．パートナー委託優位な状況では，課題をパートナーに任せて，委託率を高めることが適切な課題の委託といえる．一方，自己操作優位な状況では，課題をパートナーに任せて，委託率を高めることは不適切な課題の委託といえる．分析の結果，パートナー委託優位な状況では，両条件間に委託率に有意差はみられなかった ($t(38) = 0.78, n.s.$)．一方，自己操作優位な状況では，ヒューマン条件よりもシステム条件で委託率は有意に低かった ($t(38) = 3.88, p < .001$)．つまり，自己操作優位な状況のとき，ヒューマン条件よりもシステム条件で，適切な課題の委託が行われた．この結果から，人間との協同よりもシステムとの協同で，課題委託の適切性が高いことが明らかとなった．これら一連の分析の結果から，仮説 2 が支持された．

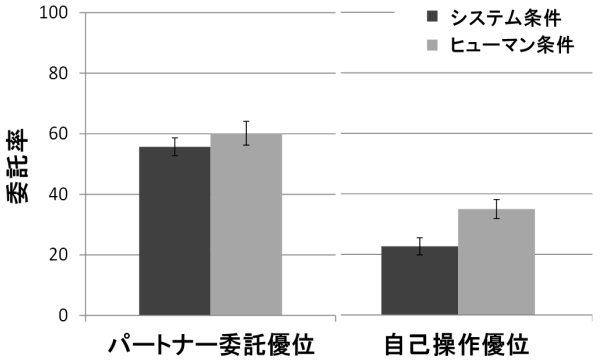


図 4　パートナー委託モードと自己操作モードの優位な状況における委託率．エラーバーは標準誤差を示す．

4. 総合考察

本研究では，自動化システムとの協同におけるシステムへの課題委託の特性について検討を行った．特に，自分とパートナーとのパフォーマンスの優劣が動的に変化する状況を設定し，それに伴うパートナーへの課題の委託，または自分への課題の割り当てについて検討を行った．

実験の結果，仮説 1 に関して，パートナーへの信頼と課題委託の関連は，システムとの協同で確認され，人間との協同では確認されなかった．自動化システムとの協同においては，ユーザは，システムパフォーマンスに基づいて信頼を形成し，その信頼に依存してシステムへの課題の委託を決定する [6, 7]．しかし，人間との協同においては，パートナーへの信頼がなくても，お互いの望みが一致するなどにより協力的な行動をとることがある [10]．そのため，システムとの協同では，信頼は課題委託を決定する重要な要因であるが，人間との協同では，信頼以外の要因が課題委託に影響すると考えられる．システムとの協同と人間との協同を比較した先行研究 [8, 9] では，このような信頼と委託率との直接的な関係の違いは検討されなかったが，本研究では，その違いを明らかにした．

また，仮説 2 に関して，人間との協同よりもシステ

ムとの協同で，自分とパートナーのパフォーマンスの変化に対する鋭敏性と，課題委託の適切性は高いことが確認された．人間との協同におけるパートナーへの課題委託の要因の一つとして，社会心理学の分野で示されている「労力の均等化」が考えられる．システムとの協同においては，課題遂行の責任はユーザに集中する [4]．しかし，人間との協同を行う際，課題遂行の責任は自分とパートナーに分散される [12]．このように人間との協同で，課題遂行の責任が分散する状況では，人間は，自分とパートナーの活動労力を均等にしようとする「労力の均等化」が生じる [13]．人間はこの「労力の均等化」に敏感であり，特に，パートナーが自分の労力に頼ること (Free-rider 効果) を敏感に察知して避けようとする [14]．

本実験においても，ヒューマン条件では，参加者は，参加者とパートナーのパフォーマンスの優劣だけに基づいて課題委託を決定したのではなく，パートナーとの「労力の均等化」を考慮して課題委託を決定した可能性が考えられる．つまり，参加者自身とパートナーの間で，課題遂行時間を均等にしようとした可能性がある．特に，パートナーよりも参加者が高いパフォーマンスを示す状況で「労力の均等化」の調整を行った結果，パフォーマンス変化への鋭敏性が全体的に低くなり，参加者が優位な状況で，パートナーへの不適切な課題の委託が生じた可能性がある．

実際に，ヒューマン条件の課題全体の委託率 ($M = 50.82, SD = 7.48$) は 50%前後に落ち着いた．また，課題終了後に，参加者に，操作切り替えの判断方法について自由記述させたところ，ヒューマン条件の参加者 3 名は，自分とパートナーとの課題遂行時間が均等になるように意識したことを明確に記述していた．これらの結果は，ヒューマン条件の参加者が,「労力の均等化」を考慮した可能性を支持する．

文献

[1] Parasuraman, R., & Riley, V., (1997) “Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse”, Human Factors, Vol. 39, No. 2, pp. 230-253.

[2] 前東晃礼, 三輪和久, 寺井仁, (2014) “自動化システムの使用と信頼の役割” 認知科学, Vol. 21, No. 1, pp. 100-112.

[3] Paris, C. R., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A., (2000) “Teamwork in multi-person systems: A review and analysis”, Ergonomics, Vol. 43, No. 8, pp. 1052-1075.

[4] Lee, J. D., & See, K. A., (2004) “Trust in automation: Designing for appropriate reliance”, Human Factors, Vol. 46, No. 1, pp. 50-80.

[5] Rasumussen, J., (1986) Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering. NY: Elsevier Science Publishing.

[6] Lee, J. D., & Moray, N., (1992) “Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems”, Ergonomics, Vol. 35, No. 10, pp. 1243-1270.

[7] Muir, B. M., (1994) “Trust in automation: Part I. Theoretical issues in the study of trust and human intervention in automated systems”, Ergonomics, Vol. 37, No. 11, pp. 1905-1922.

[8] Dzindolet, M. T., Pierce, L. G., Beck, H. P., & Dawe, L. A., (2002) “The perceived utility of human and automated aids in a visual detection task”, Human Factors, Vol. 44, No. 1, pp. 79-94.

[9] Lewandowsky, S., Mundy, M., & Tan, G. P. A., (2000) “The dynamics of trust: Comparing humans to automation”, Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 6, No. 2, pp. 104-123.

[10] Mayer, C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D., (1995) “An integrative model of organizational trust”, The Academy of Management Review, Vol. 20, No. 3, pp. 709-734.

[11] Maehigashi, A., Miwa, K., Terai, H., Kojima, K., & Morita, J., (2013) “Experimental Investigation of Calibration and Resolution in Human-Automation System Interaction”, IEICE transactions on Fundamentals, Vol. E96-A, No. 7, pp. 1625-1636.

[12] Darley, J., & Latané, B., (1968) “Bystander intervention in emergencies: Diffusion of responsibility”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 8, No. 4, pp. 377-383.

[13] Jackson, J. M., & Harkins, S. G., (1985) “Equity in effort: An explanation of the social loafing effect”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 49, No. 5, pp. 1199-1206.

[14] Shepperd, J. A., (1993) “Productivity loss in performance groups: A motivation analysis”, Psychological Bulletin, Vol. 113, No. 1, pp. 67-81.

ユーモアを生み出すための「間」 ーボケとツッコミのタイミングに関する考察

Pause for Generating Humor - Timings of *boke* and *tsukkomi* in conversation

宿利 由希子†，ヴォーゲ ヨーラン††，林 良子†，定延 利之‡
Yukiko Shukuri, Gøran Vaage, Ryoko Hayashi, Toshiyuki Sadanobu

†神戸大学，††神戸女学院大学，‡京都大学
Kobe University, Kobe College, Kyoto University
shu9ri@gmail.com

Abstract

This paper demonstrates that learners of Japanese tend to respond immediately after hearing something funny in conversation. Furthermore, through timing experiments it was shown that learners prefer earlier responses compared to native speakers of Japanese. This result suggests that timing cannot be understood just as time to prepare for response, but at least partially also as deliberate inaction, such as moments of contemplation, wincing or repositioning of stance.

Keywords — 面白さ, 発話タイミング, 漫才, 不作為, 対話音声合成

1. はじめに

コミュニケーションを理解するには，当事者たちの行動だけでなく，それらの行動がおこなわれる状況をも理解する必要がある．だが，行動と比べて状況はとらえにくく，光が当てにくい．本発表は，面白い話が語られるタイミングに関して我々が有している感覚を利用することによって，状況を「間（ま）」という形で観察しようとするものである．

発話音声の研究文脈では，間は単純に「発話音声の無い時間区域」として支障無くとらえられるように思えるかもしれない．だが，「間」の認定はさほど簡単ではない．

というのはまず，身振りや表情など，発話音声以外にも視野を広げていくと，間が行動に「浸食」されていくこともあり得るからである．一例を挙げれば，A の質問発話にすかさず B が無言で，渋面で首を激しく横に振って応じたという場合，「A の発話が終了して以降，間がずっと続いている」というよりも「A の発話が終了するや，間を置かず B が否定した」ととらえるべきではないだろうか．いまの例は，首を左右に振る否定のジェスチャーという言語の代替物が現れた例だが，そうした代替物が無くとも，「発話音声の無い時間区域」という「間」のとらえ方には疑問が感じられることがある．たとえば剣劇遊びをしていて，A が振りかぶって竹刀を振り下ろしながらその途中で「えいっ！」と言い，それを避けた B が今度は反撃して竹刀を横に振り払いながらその途中で「やぁっ！」と言う場合，「えいっ！」発話と「やぁっ！」発話で挟まれた時間区域を「間」と呼ぶことに，どれほどの意味があるだろうか？ A の行動に終結点があるとすればそれは，かけ声「えいっ！」を発し終わった時点ではなく，その後も続いている竹刀の振り下ろし運動が終わった時点ではないか．また，B の行動に始発点があるとすればそれは，かけ声「やぁっ！」を発し始める時点というよりも，竹刀を横に振り払い始めた時点ではないか．いや，そもそも，B の反撃が A の攻撃を避けるところから始まっていたと考えると，そこに間はあったのだろうか――このように，発話音声以外にも視野を広げると，それまで「間」つまり状況側にあったはずの時間区域が行動側に移してとらえ直され，結果として「間」が削られていくということにもなりかねない．

さらに，より根本的な事情もある．発話音声以外にも視野を広げ，目につく言語だけでなく非言語行動をも取り出した上で，それらの行動の無い時間区域を「間」と呼ぶことには，なお問題があり得る．というのは，そもそもコミュニケーションの中で意味を持つ当事者たちの行動が，作為の行動に限られるという保証は無く，不作為の行動である可能性もあるからである．たとえば尋問の場で，A の質問発話が終了しても B が無言で微動だにしないという場合，B の黙秘または無視という行動の認否のされ方次第では，間であったはずのものが不作為の行動ととらえ直され，間がさらに切り詰められる可能性がある．

間の認定に関わるこうした検討は重要なものであろうが，特に後者の検討（つまり「この時間区域は，間

と呼べるのか，それとも不作為行動が進行中と考えるべきなのか」という問題の検討）は，不作為という行動が定義上，外的な現れを一切持たないために，実質的な根拠を欠いた論が際限無く展開されてしまうという危険性がある．では，それを避けるには，どうすればよいだろうか？――以上の問題意識を背景として，本発表では，こうした問題の準備的な検討を，検証可能な形で展開しようとする一つの試みを具体的に示す．

ここで利用するのは，面白い話が語られるタイミングに関して我々が有している鋭敏な感覚である．読者の理解のために，対比例として「たどたどしくつっかえる訥弁発話」を持ち出すと，これは，発話のとぎれが多少長くても短くても，聞き手が受ける印象は「ただただ非流ちょう」という以外に，あまり変わりようが無い．この発話の「非流ちょう性」と比べると，発話の「面白さ」はタイミングに対して敏感である．話の面白さが，発話の僅かなタイミングの違いで活かされも殺されもするということは，お笑い芸人でなくても，誰しも日常生活の中で多かれ少なかれ経験していることだろう．逆に言えば，面白い話は発話タイミングを調べる上で格好の題材と言える．

話の面白さに関する従来の研究は，話の内容（いわゆる「ネタ」）の面白さの解明に集中しがちである．本発表は，話の面白い内容ではなく，面白さを活かす発話の「間」に光を当てる．より具体的には，日本語の対話において相手から面白い話を聞いた場合，日本語学習者はその直後に応答しがちであること，また，母語話者より早い発話タイミングでの応答を好みがちであることを実験で示す．この結果は，「間」を単純に「先行発話を解釈し，応答発話を準備する時間」（つまり真空状態のような真性の間）ととらえては理解できない．少なくとも「間」の一部は，たとえば「束の間の沈思黙考」「たじろぎ」「態勢の立て直し」のような，不作為の行動と考える必要があるだろう．

以下，先行研究を紹介した上で（第2節），日本語母語話者と学習者それぞれについて，面白い内容を持つ相手発話に対して応答したタイミングを測定すると共に（第3節），面白い話への応答発話のタイミングの選好を測定する（第4節）．これを通して，母語話者・日本語学習者の違いを明らかにし，最後にそれらをふまえた考察をおこなう（第5節）．

2. 先行研究

面白さ(humour)については，優越説(superiority theory)・不調和説(discongruity theory)・解放説(release theory)・遊び説(play theory)・傾き説(disposition theory)などさまざまな説が唱えられている（例：[1][2]）．また，面白さのうち，発話の面白さについては，言語学において，言語哲学者の開発した言語行為論に依拠する形で，たとえばグライスの公理の違反によって生じるものとして分析されている（例：[3][4]）．これらの先行研究は各々の時代において先導的な意義を果たし，また今日の目で見ても意義深いものではあるが，面白さの源泉つまり「ネタ」(comic amusement)を論じることに集中しており，そのネタの「語り方」が面白さを左右する可能性については論じられていない．そこで，話の面白い内容ではなく，面白さを活かす発話の「間」に光を当て，日本語の母語話者と日本語学習者について以下2つの実験をおこなった．

3. 実験1：「面白い話」の応答実践比較

実験1として，日本語母語話者と日本語学習者が，日本語で面白い話を聞いてから応答発話を始めるまでの時間を測定した．

測定対象としたのは，発表者らが2010年から開催している「わたしのちょっと面白い話コンテスト」へのエントリー作品で構成される「わたしのちょっと面白い話コーパス」[1]（現在インターネット上で無料公開されている唯一の字幕付き日本語音声動画コーパス．1話3分前後×440話．うち母語話者の話233話，日本語学習者の話207話）[5]の作品である．より具体的には，2015年度（第6回コンテスト）の作品[2]の中から，2名による対話形式をとっている8つの作品を選んだ．これらの作品の識別符号・タイトル・話し手の符号と性別・聞き手の符号と性別を，次の表1と表2に記す．表1は日本後母語話者による作品の情報，表2は日本語学習者による作品の情報をまとめたものである．

表1 測定対象とした日本語母語話者の「面白い話」

符号	作品タイトル	話し手	聞き手
J1	吉野家	JF1（女性）	JF2（女性）
J2	警察官	JF2（女性）	JF1（女性）
J3	説明会	JM1（男性）	JF3（女性）
J4	クレープ	JM1（男性）	JF3（女性）

[1] http://www.speech-data.jp/chotto/history.html（2018年6月28日閲覧，以下も閲覧日は全て同じ）

[2] http://www.speech-data.jp/chotto/2015_sub/download.html よりダウンロードが可能

表 2　測定対象とした日本語学習者の「面白い話」

符号	作品タイトル	話し手	聞き手
N1	最後のひとつ	LF1（女性）	LF2（女性）
N2	朝起こされた	LF2（女性）	LF1（女性）
N3	京都／関西／日本でびっくり	LM1（男性）	LF3（女性）
N4	トルコのコイン	LF4（女性）	LF5（女性）

以上の 8 作品について，話し手の話（先行発話）に対して聞き手が応答発話をおこなうまでの時間を測定した. 測定に際しては, まず動画ファイル（mp4 形式）から音声を抽出して mp3 ファイルを作成し，それを wavesurfer ver. 1.8.8p4[3]により，作品ごとに第 1 話者（話し手）の各発話の終了時点から，それに対して第 2 話者（聞き手）が応答発話を開始するまでの時間を計測した．ここでは笑いのみの応答は含まず,「うん」,「なんで」など何らかの言語的な応答をしていると考えられる場合のみを測定の対象とした．一覧を次の表 3，表 4 に示す.

表 3　日本語母語話者の「面白い話」の間

符号	回数	平均持続時間（ms）	最小値（ms）	最大値（ms）
J1	15	-19	-444	326
J2	24	126	0	693
J3	8	199	-524	800
J4	9	732	340	2270

表 4　日本語学習者の「面白い話」の間

符号	回数	平均持続時間（ms）	最小値（ms）	最大値（ms）
N1	12	-58	-774	148
N2	7	-333	-890	0
N3	10	66	-132	300
N4	2	-36	-325	253

測定の結果，日本語母語話者と日本語学習者では，間の回数およびその分布に違いが見られた．日本語母語話者の場合，第 2 話者が第 1 話者の発話終了後少し経ってから応答する，いわばプラスのタイミングと，第1話者の発話が終わる前に第2話者が応答を入れる，マイナスの（「食い気味の」）タイミングの両方が，対話ペアごとに多様に分布していた．それに対して日本語学習者の場合，第 1 話者の発話終了と同時に第 2 話者が応答する，「間髪を入れず」「すかさず」という間無しの素早い反応が多く見られた.

4.　実験 2：「面白い話」の応答選好比較

実験 2 として，ボケとツッコミから成る対話が，最も面白く聞こえるような，ツッコミ発話のタイミングを答えてもらうという実験を行った.

実験に用いた対話は 5 つあり，それらは著作権の問題に煩わされないよう，第 4 著者が自作した．作成にあたっては，なるだけわかりやすいものになるよう心がけた．5 つの対話を表 5 として掲げる.

表 5　刺激対話

番号	対　話
1	A：あー私もオーストラリア行って城見たい. B：オーストリア.
2	A：あー私もコアラ抱っこしにオーストリア行きたい. B：オーストラリア.
3	A：あー私もオーストリア行って城見てコアラ抱っこしたい. B：え？
4	B：なんで信号機がないとこ渡るの？ A：信号機のあるとこ渡ったら信号無視になるでしょ？ B：え？
5	A：あの，ちょっと話かわるんですけど･･･鼻毛伸びてますよね？ B：伸ばしてるんです.

これらの対話のうち 1 番と 2 番は，おかしな部分を含んだ A の発話（ボケ発話）に対して，B が訂正（ツッコミ発話）を入れるという構成になっている.

それに似ているのが 3 番と 4 番だが, これらの場合, B の発話は，訂正というよりは驚き・怪訝さの表明というものになっている．3 番の場合，B の驚き・怪訝さの内容とは，A の発話が，前半部の「城を見る」についてはオーストリアのままで正しいが, 後半部の「コアラ」についてはオーストラリアが正しく，1 番や 2 番のような単純な訂正ができないということである. 4 番の場合はより複雑で，A の発話は，この人物が，単に信号機のある交差点まで行く手間を惜しんでいるという，よくある交通規則の軽微な違反者であるどころか，信号が赤であろうと関係なく渡りたい時に渡るという無法の人物であり，そのくせ信号無視になることを気にしているという奇妙な情報を B にもたらしており，それが B の驚き・怪訝さの内容になっている.

最後の 5 番は，A の発話が礼儀に反したおかしさを

[3] http://www.speech.kth.se/wavesurfer/

含んでいると見ることもできるが，親切心で鼻毛を指摘したAの発話に対して，Bが（恥ずかしさあるいは対抗心による出まかせであれ，ここぞとばかりに繰り出す自慢であれ）おかしな内容を述べていると見ることもできる．

このように，3番〜5番の対話は「Aがボケ発話，Bがツッコミ発話」という図式そのものという構造にはなっていないが，ここでは便宜的名称として，これらをも含めて「Aがボケ発話，Bがツッコミ発話」と一括しておく．

以上の5対話を，発表者ら自身が，実際の対話のようにきもちを込めて話し，その音声を収録した．Aを第1発表者（日本語母語話者，女性）が，Bを第4発表者（日本語母語話者，男性）が担当した．

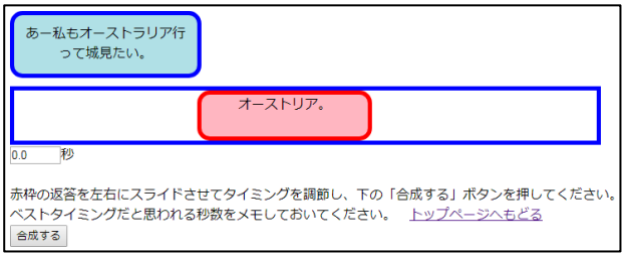
これらの音声は，ガラス窓で隔てられた2室の防音室から成る対面式録音ブース（YAMAHA AVITEX，画像 1）を使って，話者ごとに別々の音源として収録された．



画像1：対面式録音ブースの内観（YAMAHA AVITEX）

対面式録音ブースを使ったのは，現在の技術では，2人の人間の発話音声がいったん重なった形で録音されてしまうと，それを別々の発話音声に分離・復元できないからである．次節で紹介する対話音声合成実験をおこなうためには，対話する2人の発話音声をまず，別々に収録する必要がある．2人を対話させずに，1人ずつ単独で台本を読ませ，その発話音声を収録することも可能だが，それらを合成すると対話音声として不自然なものができてしまうおそれがある．特に，良い印象とつながりやすい対話の場合，2人の発話音声がピッチレンジや話速の点で揃っていきがちであり（例：[6]），単独発話ではそのような現象が起こりにくいためである．

実験においては，対話音声合成ツールを使用した．これは，発表者らの研究グループが使用しているもので（[7][8]），画像2のようなブラウザ画面上で，発話タイミングを自由に調節して対話音声を合成できるというものである．



画像2　対話音声合成ツールの画面（http://www.speech-data.jp/timing/ma.html）

画面上には，青いバー（上側），赤いバー（下側）が表示されている．この赤いバーはBのツッコミ発話であり，青いバーはそれに先行する発話（4番の場合はB発話とA発話．他の場合はA発話）である．画面上，青いバーは固定されており動かない．赤いバーは最初，青いバーの先行発話の終了と同時にBのツッコミ発話が開始する位置に置かれている（これが「0秒」である）が，ドラッグ操作により左右に動くようになっている．この左右の移動操作は，Bのツッコミ発話のタイミングと連動しており，操作の結果は画面左下の合成ボタンを使って，実際の対話音声の形で聞くことができる．この操作は，0.01秒刻みで可能となっており，マイナスに（つまり先行発話が終わらないうちにBのツッコミ発話が「食い気味」に始まるように）設定することもでき，何度でもやり直すことができる．

実験の参加者は，20〜30代の日本語母語話者19名（男性4名，女性15名）と，20〜30代の中国語を母語とする日本語学習者17名（男性6名，女性11名）である．日本語学習者は日本の大学に留学している大学学部生および大学院生である．これらの参加者に，Bのツッコミ発話のタイミングを調整し，対話が最も面白くなるタイミング（例：「0.58秒」）を調べて回答するよう指示した．

以上の実験をおこなった結果，母語話者と日本語学習者の回答には異なる傾向が見られた．結果を散布図（平滑線）の形で，以下の図1〜図5（縦軸は人数，横軸は秒数）に示す．

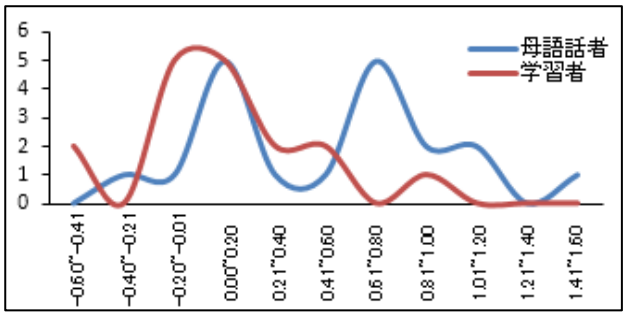


図 1　対話 1 の結果比較

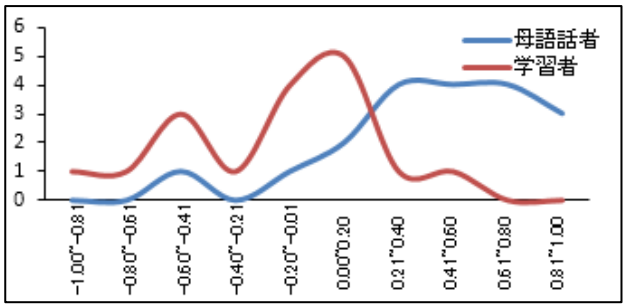


図 2　対話 2 の結果比較

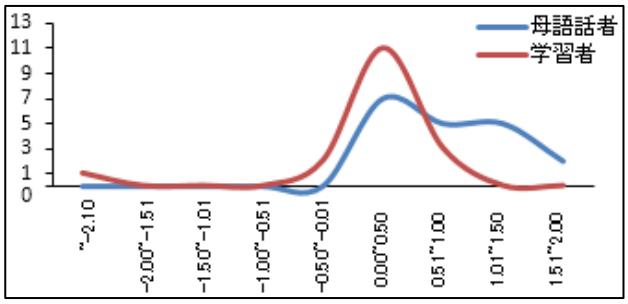


図 3　対話 3 の結果比較

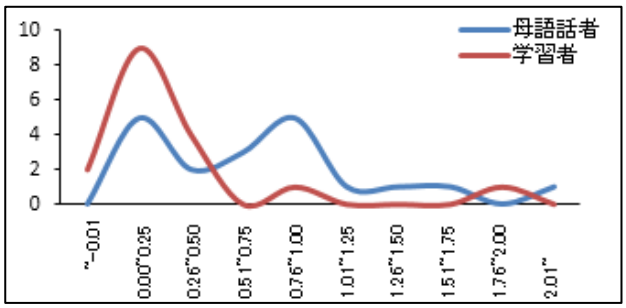


図 4　対話 4 の結果比較

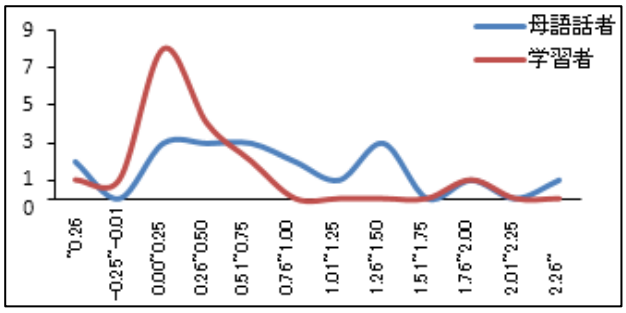


図 5　対話 5 の結果比較

母語話者の回答は,「第 1 話者の終了後直前または直後に第 2 話者のツッコミが入るのが適当」という回答と,「少し間をおいてからツッコミが入るのが適当」という回答の 2 種類の回答におおむね分類することができる．対話 1 では 0.00～0.20 秒と 0.61～0.80 秒，対話 2 では 0.21～0.40 秒と 0.61～0.80 秒，対話 3 では 0.00～0.50 秒と 1.01～1.50 秒, 対話 4 では 0.00～0.25 秒と 0.76～1.00 秒，対話 5 では 0.00～0.75 秒と 1.26～1.50 秒というように，ピークが大きく 2 箇所に分かれていることが見て取れる．

一方, 日本語学習者の回答は, 母語話者に比べ早く, 0.00 秒近辺（-0.6～0.5 秒後）に偏りを見せていることが観察できる. さらに, 対話 1 と 2 ではマイナスの（「食い気味の」）タイミングを好む回答が多い.

5.　考察

実験 1 においては,「面白い話」の対話の間は，母語話者どうしでは，マイナス値をとるものからプラス値をとるものまで広く分布していることが見られる一方で，日本語学習者の間は間無しに近い，非常に短いものが多く見られた．ツッコミ発話のタイミング調整を行った実験 2 においても，面白いと感じられるツッコミ発話のタイミングは母語話者では広く分布しており，さらにおよそ早いものと遅いものの 2 つのピークを持つ可能性が示された．この 2 つのピークについては，日本語の相づちに関する先行研究・羅(2016)[8]における「不賛成」の相づちのタイミング分布に類似している（図 6 参照）.

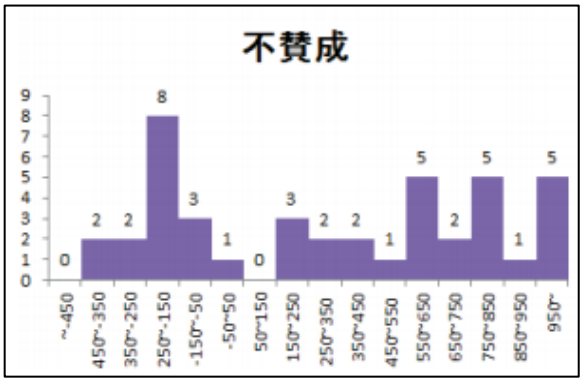


図 6　羅（2016）による不賛成の相づち分布

羅(2016)と本発表の実験 2 とは, 実験参加者の年齢, 出身地が異なっている．そこで考えられるのは，この 2 種類の発話タイミングが，対話参加者の属性を超えて一般的に，それぞれ違った種類の「面白さ」の発生に関わっているという可能性である．その際，2 種類の「間」の長さのうち,「早い間」のタイミングはいわゆる「食い気味」「毒舌」などと表現されるタイプのツッコミのタイミングと考えられる．また，後者の「遅めの間」は聞き手が話し手の発話内容を振り返り，応答するまでに時間を要しており，その 2 人の対話をさらに聞いている第三者にも発話者の意図を共に問わせようとするような，落語の「考え落ち」にも通ずるものとも考えられる．しかし，これらタイミング構造の分類については，今後さらなる分析と議論が必要である．さらに,「早い間」と「遅い間」に関しては，会話者の話速も関与していることが推測されるため，この点に関しても検討が要されるであろう．

また，日本語学習者を対象にしたタイミング調整実験においては，面白いと感じられるツッコミ発話のタイミングが早く，0 秒近辺に偏りを見せていることが観察できた．

以上のように，2 種類の実験からは，間の取り方に関して母語話者と日本語学習者が異なっていることが示された．より具体的には，面白い内容の相手発話を聞けば，学習者はすかさず（「間無し」という早いタイミングで）応答しがちである．また，面白い話の好みについても，母語話者よりも早い発話タイミングの応答発話を好みがちである．この観察結果は,「先行発話を解釈して，それに応答すべく自発話を準備する」という一連の作業に関して一般に学習者が母語話者よりも多くの時間を要しがちであろうことを考えると,「間」を「先行発話を解釈して自発話に及ぶまでに要する時間」（つまり真空状態のような真性の間）という単純な形でとらえても理解できない. 少なくともその一部は,「（オーストラリアとオーストリアのどちらに修正すべきか等の）束の間の沈思黙考」や,「（鼻毛を指摘されて）「ひるみ，たじろぐ」あるいは「むっとする」, そして「態勢を立て直す」といった不作為の行動と考える必要があるだろう.

母語であれ，他言語であれ，面白い話は，相手をなごませ，興味を惹き付け，コミュニケーションを円滑にする作用がある[9]．しかし，絶妙な「間」をとることはしばしば難しく，母語話者においても効果的に行わないこともある．また，微調整されたタイミングで「間」をとることは特に学習者にとっては非常に難しい[10]．本実験の結果からも学習者による「間」は均一的であり，母語話者とは異なることが示された．このことから,「間」は日本語学習においてはプロフィシェンシーを測る 1 つの尺度となりえるとも考えられる. この点についても今後考察していく予定である.

付記

刺激音声作成と実験に関わって頂いた匿名の協力者諸氏に感謝する．また，発話タイミング調整ツールの開発について田畑安希子氏にお世話になった．お名前を挙げて謝意を表したい．なお本発表は，日本学術振興会の科学研究費補助金による挑戦的萌芽研究 15K12885・基盤研究(B)17KT0059 の成果の一部である.

参考文献

[1] Carroll, Noël, (2014) Humour: A Very Short Introduction. New York: Oxford University Press.
[2] Raskin, Victor, (1985) Semantic Mechanisms of Humor. Dordrecht: D. Reidel.
[3] 小泉保,（1997）ジョークとレトリックの語用論，東京：大修館書店.
[4] 金水敏,（1992）“ボケとツッコミ―語用論による漫才の会話の分析―”，上方の文化 上方ことばの今昔，Vol.13, pp.61-90, 大阪：和泉書院.
[5] 定延利之編,（2018）限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房.
[6] Couper-Kuhlen, Elizabeth, (2001) “Intonation and discourse: Current views from within.” In Deborah Schiffrin, Deborah Tannen and Heidi Hamilton (eds.), Handbook of Discourse Analysis, pp. 13-34, Oxford: Blackwell.
[7] 羅希，定延利之，（2018）“ボケ役，ツッコミ役の発話タイミングから見る面白さに対する認識―日本語母語話者，日本語学習者，中国語母語話者の比較から―」日本語の相づちの頻度とタイミングに関する総合的考察”，日本認知科学会第 35 回大会発表資料.
[8] 羅希,（2016）“日本語の相づちの頻度とタイミングに関

する総合的考察”，日本語音声コミュニケーション, Vol. 4, pp. 23-47.
[9] 鎌田修, (2018)“プロフィシェンシーから見た「面白い話」”, 定延利之編, 限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究, pp. 442-457, 東京 : ひつじ書房.
[10] Vaage, Gøran, 林良子, 定延利之, (2018)「プロフィシェンシーとしての「間」ー「私のちょっと面白い話コンテスト」を用いた授業の実践事例からー」, 日本語教育国際研究大会（ICJLE2018）, 於 : ヴェネツィア・カ・フォスカリ大学口頭発表.

自然風景の中のヘビは素早く正確に検出されるのか？ーフリッカー変化検出課題を用いたヘビ検出の検討

Can snakes be detected more rapidly and accurately in a natural scene? A flicker paradigm task study on the Snake Detection Theory

邱　カチン†，川合　伸幸‡
Huachen Qiu, Nobuyuki Kawai
†‡名古屋大学
Nagoya University
†qiu@cog.human.nagoya-u.ac.jp, ‡kawai@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Snake is a serious threat to humans for the past millions of years so that humans became extremely sensitive to snakes during the long evolution period. The present experiment shows that humans and non-human primates can detect snake pictures more quickly and accurately than those of other animals. According to Isbell's Snake Detection Theory, it is possible that snakes have promoted primate's visual system and its functional integration with the fear system during the long evolutionary history. Here we performed a flicker paradigm task to compare the accuracy and speed of detection between two types of the target stimuli, which consisted of snake pictures and lizard pictures. In order to minimize the low-level feature effect, pictures were converted into greyscale, then controlled the luminance and contrast of the stimuli using the SHINE tool box. We find that the snake target stimuli can be detected more rapidly and accurately than lizard target stimuli. Our study shows that participants were more sensitive to snake pictures during the flicker paradigm task and supports the Snake Detection Theory.

Keywords — the Snake Detection Theory, flicker paradigm, snakes, detection, evolution

1. Introduction

Snakes have preyed upon humans for millions of years. Unlike other dangerous animals such as lions, snakes can easily creep on a pretty high tree which is a big threat to primates including human beings. How to survive from snakes then becomes an important element in natural selection. In order to rapidly responses to potential danger, the detected threat is quickly and automatically conveyed to the amygdala, which is central to fear activation [1]. Thus it is possible that during the long evolutionary history, snakes have promoted primate's visual system and its functional integration with the fear system [2].

Experiments on the snake detection theory basically apply two kinds of methods. One is the electrophysiological study. In the previous EEG studies, researchers measured the event related potential (ERP) component of electroencephalogram (EEG) peaking around 225–300 ms after a stimulus onset, which can be called as Early Posterior Negativity (EPN). Participants' EPN were larger in response to snake pictures than pictures depicting other creatures such as spiders and birds [3][4]. In addition, partial pattern of snake skin pictures elicited the largest EPN amplitude compared with lizard skin and bird plumage pictures [5]. Body curvature can also enhance the EPN in response. For example, snake and worm pictures elicited larger EPN amplitude than beetle pictures [6]. However, previous studies only collected EPN data but no visualized data such as accuracy.

Another way to verify the Snake Detection Theory is visual search task. For example, participants were displayed matrices images which contained one snake image and eight lizard images as snake target condition or one lizard images and eight snake images as the lizard target condition. Participants were faster to fixate under the snake target condition even after controlled low-level features [7]. Furthermore, 3-4 years of children can detect striking posture snakes rapidly [8]. Snake-naïve monkeys also quickly found target pictures of snakes than those of innocuous objects [9][10]. But the perceptual processes of danger detection in natural scenes are still unexplored.

The previous visual search task used matrices

which contain two kinds of attentional targets in one matrix. Thus the visual search task has a weakness of its procedure because the reason for the quick detection of snakes can be explained by effective detection of threat targets, by delaying disengagement, or by both [11]. Quick detection of the snake images might be achieved due to slow detection of innocuous objects in the matrix of the visual search task, because dangerous objects are particularly effective at maintaining attention or "delaying disengagement" during visual search task.

Another explanation of why dangerous animals can be rapidly detected is that dangerous animals attract attention based on their low-level features [12] [13] in the visual search task. Visual search tasks often generate the possibility of low-level perceptual confounds, so sometimes a simple feature, such as the black dots of leopard pattern, may also cause the rapid detection of dangerous animals.

2. Method

In order to have a better understanding, we use the flicker paradigm method, in which viewers are asked to detect the difference between two alternating scenes that are identical except for an added object (snake or lizard). A trail of the flicker task starts with a fiction cross, and then followed by a nature scene added with a cut target object, a blank, the nature scene without target object and another mask in orders (see Figure 1). Since one stimulus only has one target but no distracters, the result of this experiment can provide evidence for snakes' strong attentional capture compared to other animals. In the flicker paradigm, the impact structure information in the scene can be ignored [14] and the necessity for memorizing is low [15]. Also the reaction time and accuracy data can be easily recorded.

Participants

Fourteen male students and 14 female students who studied in Nagoya University participated in this study from January through April 2018. They were all of Asian heritage and right handed. Their age ranged from 18 to 28 years, with a mean age of 22.61 years (SD = 2.81).

Stimuli

A trial consisted of two series of pictures : ①the background picture itself or ② the background picture added with a cut object. Twenty-eight background pictures of natural scenes were taken in Nagoya University and Chayagasaka Park. Neither human beings nor artificial objects should appear on the pictures. The background pictures were adjusted into grey scale and cut into 2000 * 1500 pixels in GIMP software. Then the pictures were processed using the SHINE toolbox (default settings; Willenbockel et al., 2010) in MATLAB to minimize low-level confounds. The SHINE toolbox first matches the contrast of the images and then matches the luminance histograms. The target objects which contain 14 lizards and 14 snakes taken all around the world were downloaded from internet (because lizard and snake are both reptiles and share the similar body-shape). The objects themselves were cut by GIMP and adjusted into grayscale, then shrank into approximately 1% of the background picture (216 * 156 ~ 126 * 268) to match the background scenes. The mean luminance of these targets were also matched in GIMP. The cut snake picture and the cut lizard picture were added to the same background respectively for counterbalance, so there will be 14 snake target stimuli and 14 lizard target stimuli for condition A and 14 lizard target stimuli and 14 snake target stimuli for condition B. Half of the participants did the 28 trails of condition A, and the others did the condition B task. Participants were asked to detect the difference in the flicker paradigm task and they would not be told that the differences were consisted of lizard or snake directly at the beginning of the experiment.

Procedure

One trail (see Figure 1) consisted with ① fixation cross; the loop of ② background picture (last for 250 ms), black mask (last for 250 ms), background picture with object (last for 250 ms) and another black mask (last for 250 ms). One loop consists of one second and

considered to be one cycle. Once they figure out the changes, they press the "0" button and then they are displayed by ④ the background picture which were divided into 25 parts (a 5×5 matrix) by red lines so that participant can point at the changes precisely. One block consisted of 28 trails. If participants did not find the target, the cycle was repeated 15 times and recorded as a miss.

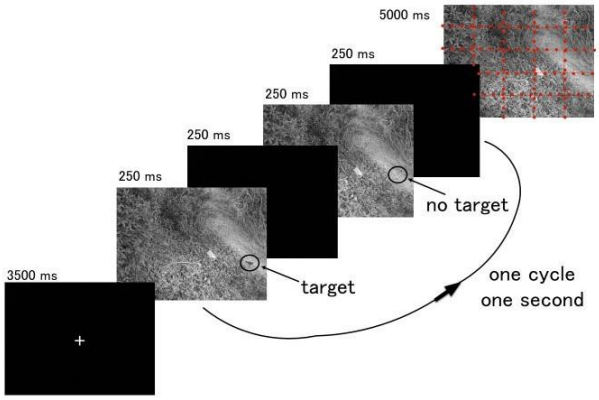


Figure 1 A flicker paradigm task procedure

Background pictures with object (snakes or lizards) are used as independent variable, and as the dependent variable, accuracy, reaction time and cycle number of responding are recorded and analyzed.

3. Results

As for the results, snake targets were detected more often and more correctly than lizard targets.

Accuracy

The correctly detected targets (see Figure 2) in lizard trails were much less than snake trails (hit rates, 56% lizard vs. 78% snake). In the meanwhile, participants made less error mistakes in snake trails than lizard trails (false-alarm rates, 3% lizard vs. 2% snake). Missing the change is also a severe case, and in our experiment 41% of lizard targets were missed (miss rates) vs. 20% of targets to snake trails. We did not set correct rejection situation this time. The signal detection theory was used to analyze the accuracy rate and the results showed snake advantage in accuracy remains strong (d' = 1.78 lizard vs. 2.43 snake, $F(1, 27) = 40.42$, $p < .01$).

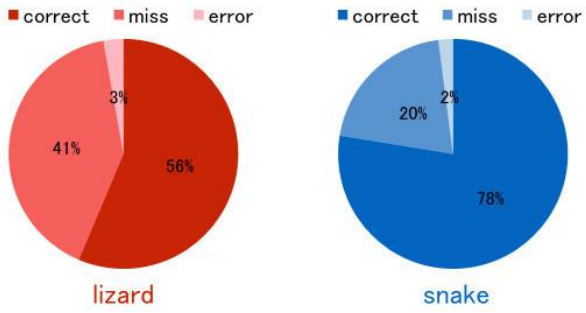


Figure 2 Proportion of detected changes

Reaction time

The reaction time of hit trials were analyzed. The higher accuracy in detecting snakes did not affect the expense of speed. Half snake targets can be detected at the sixth cycle while half of the lizard targets cannot be figured out until the ninth cycle (see Figure 3). We analyzed our data using a 2×15 ANOVA, which revealed the main effect of cycle ($F(14, 378) = 407.63$, $p < .01$), the main effect of target ($F(1, 27) = 76.33$, $p < .01$) and the significant interaction of cycle and target ($F(14, 378) = 10.87$, $p < .01$) The cumulative proportion of detected changes data resulted in a significant main effect for target type. The significant difference between lizard and snake targets showed up at the second cycle and last till the end (Fs $(1, 27) \geq 30.41$, ps$< .01$).

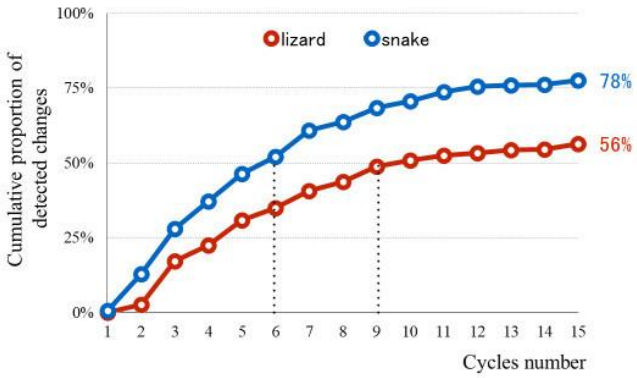


Figure 3 Cumulative proportion of detected changes

We used the Wilcoxon's signed rank test to analyze the reaction time (RT) of detected targets and the average RT of snake targets are magically shorter than lizard targets (see Figure 4, RT Mlizard = 5399,

SD 1296 vs. RT *M* snake = 4902, *SD* 921; *Z* = -1.98, *p* = 0.0476).

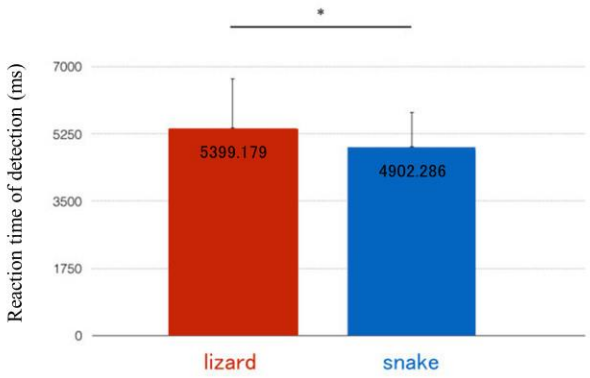


Figure 4 Mean reaction time to detect the target accurately

4. Discussion

The present study demonstrated that snake can be detected accurately and quickly than lizards. These results are consistent with previous studies and supporting the snake detection theory. Unlike these previous studies, we did not put distractor and target in the same stimuli and excluded the delaying engagement effect. The flicker paradigm requires participants to detect the changes in a new stimulus in the context. For example, in our experiment, participants were asked to point at the changes in the background picture with redline. Therefore, there is no need to compare directly between simultaneously presented stimuli and it may "more directly assess attention captures" and be "less susceptible to visual confounds" than the visual search paradigm [15]. Also, we adjusted the stimuli into greyscale and controlled the luminance and contrast to minimize the low-level feature effect. Therefore, our study supports the idea that the quick snake detection in the visual search task is caused by speeded detection of thereat targets (engagement). In addition, the present study showed that humans detected snakes more accurately under discernible condition. So far only one study reported that snakes are detected more accurately [17].

For the next step, we will use the same method to compare the snake targets and lizard target, in the meanwhile, collecting the EPN data to have a better understanding of the brain activity during the visual search task.

References

[1] LeDoux J., (1996) "The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life", Simon and Schuster Press, New York.
[2] Isbell LA., (2006) "Snakes as agents of evolutionary change in primate brains", Journal of Human Evolution, Vol. 51, Issue 1, pp. 1-35.
[3] Van Strien J.W., Eijlers R., Franken I.H.A., & Huijding J., (2014) "Snake pictures draw more early attention than spider pictures in non-phobic women: Evidence from event-related brain potentials", Biological Psychology, Vol. 96, Issue 1, pp. 150-157.
[4] He H., Koda H., & Kawai N., (2014) "Spiders do not evoke greater early posterior negativity in the event-related potential as snakes", Neuroreport, Vol. 25, No. 13, pp. 1049-1053.
[5] Van Strien J.W., & Isbell LA., (2017) "Snake scales, partial exposure, and the Snake Detection Theory: A human event-related potentials study", Scientific Reports, Vol. 7, srep46331.
[6] Van Strien J.W., Christiaans G., Franken I.H.A., & Huijding J., (2016) "Curvilinear shapes and the snake detection hypothesis: An ERP study", Psychophysiology, Vol. 53, No. 2, pp. 252-257.
[7] Yorzinski J.L., Penkunas M.J., Platt M.L., & Coss R.G., (2014) "Dangerous animals capture and maintain attention in humans", Evolutionary Psychology, Vol. 12, No. 3, pp. 534-548.
[8] Massataka N., Hayakawa S., & Kawai N., (2010) "Human young children as well as adults demonstrate 'superior' rapid snake detection when typical striking posture is displayed by the snake", PLoS ONE, Vol.5, Issue 11, e15122.
[9] Kawai N., & Koda H., (2016) "Japanese monkeys (*Macaca fuscata*) quickly detect snakes but not spiders: Evolutionary origins of fear-relevant animals", Journal of Comparative Psychology, Vol. 130, No. 3, pp. 299-303.
[10] Shibasaki M., & Kawai N., (2009) "Rapid detection of snakes by Japanese monkeys (*Macaca fuscata*): An evolutionarily predisposed visual system", Journal of Comparative Psychology, Vol. 123, No. 2, pp. 131-135.
[11] Fox E., Russo R., & Dutton K., (2002) "Attentional basis for threat: Evidence for delayed disengagement from emotional faces", Cognition and Emotion, Vol. 16, No. 3, pp. 355-379.
[12] Öhman A., (1986) "Face the beast and fear the face: Animal and social fears as prototypes for evolutionary analyses of emotion", Psychophysiology, Vol. 23, No. 2, pp. 123-145.
[13] Simons D.J., (2000) "Attentional capture and inattentional blindness", Trends in Cognitive Sciences, Vol. 4, Issue 4, pp. 147-155.
[14] Yokosawa K., & Mitsumatsu H., (2003) "Does disruption of a scene impair change detection?", Journal of Vision, Vol. 3, No. 1, pp. 41-48.
[15] Varakin D.A., & Levin D.T., (2008) "Scene structure enhances change detection", Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol. 61, No. 4, pp. 543-551.
[16] Öhman A., (2007) "Has evolution primed humans to

'beware of the beast'", PNAS, Vol. 104, No. 42, pp. 16396-16397.
[17] Kawai N., & He H., (2016) "Breaking snake camouflage: Humans detect snakes more accurately than other animals under less discernible visual conditions", PLoS ONE, Vol. 11, No. 10, pp. 1-10.

コスチューム配色がもたらす立ち技格闘技選手のイメージ
－観客は、赤グローブに黒トランクスで格好良いのがお好き？－
Spectators' Images regarding martial artists based on the colors of their costumes

林　美都子，佐々木　基
Mitsuko Hayashi, Motoki Sasaki
北海道教育大学函館キャンパス
Hokkaido University of Education HAKODATE
hayashi.mitsuko@h.hokkyodai.ac.jp

Abstract

This study investigated the image of martial artists regarding the combination color of their costumes. At first, a scale of images regarding martial artists were constructed by collecting university students' evaluation. Factor analysis was performed on the data and three factors were found; identity of martial artists, gracefulness and winsomeness. Anova analysis showed that the combination with red gloves and black pants was the highest score in the identity of martial artists factor, that of blue and white was the highest in the gracefulness factor and both those of red and yellow, and of blue and yellow were the highest in the winsomeness. Another analysis regarding favorability rating revealed that spectators love three kinds of color combinations the best; red gloves and black pants, blue gloves and black pants and blue gloves and white pants.

Keywords — Color image, Costume color, martial artist

1. はじめに

茂田(2016)によると、2010 年の K1 ファイトマネー未払い発覚以降、日本国内における格闘技人気は低迷している。再び格闘技人気を盛り上げるためには、スター選手の登場が望まれるであろう。本研究では、立ち技格闘技のコスチューム配色に焦点を絞り、グローブの色とトランクスの色の配色組み合わせが観客に与える格闘家イメージについて検討する。本研究の結果は、未来のスター選手がイメージ戦略の一環としてコスチューム配色を考慮する際の基礎的資料となろう。

また、研究対象を格闘家に絞り込んだ研究はあまりないが、高齢者の服装色にテーマを絞ったもの(庄山・栃原, 1999)などは散見され、色がもたらすイメージや、服装の色合いもしくはスポーツのユニフォームの配色がどのような感情イメージをもたらすかについての研究は、後述のとおり、これまでにも行われている人気のテーマであり、色が人間の認知に与える影響を解き明かす上で重要な切り口の１つであると考えられる。本研究は、それらの研究に連なるものであり、格闘家という限られた、かつ具体的な分野に絞り込むことで、過度に一般化され、抽象的に成りかねない色のイメージ研究に、具体的な方向と文脈を与えることも意図している。

仁科(2015)は、人気色とそのイメージに関して研究を行っている。その結果、人気の 5 色は、一位から順に、青、緑、赤、白、黒であることが示された。青には清らかで知的、落ち着いて美しいイメージ、緑には穏やかでリラックスでき、健康的なイメージ、赤には情熱的でやる気にあふれ、セクシーで強いイメージ、白には汚れがなく純粋、真面目で清潔なイメージ、黒には静かで重たく、なにものにも染まらない荘厳で力強いイメージがあることが報告されている。

井上・村本(2012)では、感情配色モデルとイメージ配色モデルに基づき、どのようなチームだという印象を与えたいか、どのようなプレイスタイルだというイメージを抱かせたいかなどに応じて、ユニフォーム配色を決定するシステムの作成を試みている。それによると、たとえば、赤、橙、黄色の組み合わせ、もしくはそれと白を組み合わせた場合は「喜び、楽しい、元気」といった感情語をもたらし、暗めの赤と紫、もしくは黒い赤と黒の組み合わせならば「怒り、厳しい」青などの寒色系、もしくはそれと黒の組み合わせならば「不安、悲しみ」、緑や黄色、もしくはそれらと青並びに白の組み合わせは「落ち着く、安らぎ」をもたらすというようにグループ分けを行っている。

立ち技格闘技のコスチュームは、一般財団法人日本ボクシングコミッションや NJKF 公式ルール等により、一般にパンチンググローブ(本研究ではグローブと略)と膝上トランクス(本研究ではトランクスと表現)と規定されていることが多い。また、グローブについては赤か青とコーナーによって決められ、トランクスについては色が自由に選べることが多い。

以上を踏まえ、本研究では、赤もしくは青のグロー

ブと、青、緑、赤、白、黒、黄色のいずれか人気上位7色(仁科、2015)のうちの1色のトランクス(6番目に人気のオレンジは、7番目に人気の黄色とイメージが類似していること、コスチュームとして印刷した場合両者の相違が分かりにくいこと、黄色の方がオレンジよりも「きけん」等格闘技との相性の良いイメージを持っていることなどから使用しなかった)との組み合わせで配色パターンを12種類作成し、コスチューム配色による格闘家イメージについて検証することとした。

なお、研究にあたって、適切な格闘家イメージ尺度がなかったことから、まずは当該尺度を作成するために予備調査を行い、本調査のデータを因子分析することとした。その後、コスチューム配色の検討を行う。

2. 予備調査

立ち技格闘技のコスチューム配色の検討を行う前に、配色によってもたらされる格闘家イメージに関して明らかにするため、新たに格闘家イメージ尺度の作成を行う。その際、当該尺度で用いる形容語を探索するため、スポーツ選手に関する雑誌アンケートを分析し、その結果を踏まえて形容語をピックアップした。

方法

評定者 KJ法様の分析は、大学生5名で行った。また形容語の選出は、格闘技観戦の趣味のある大学生4名で行った。いずれにおいても、そのうち1名は第二研究者であった。

分析対象 好きなスポーツ選手に関する市販の雑誌アンケートの選出理由や印象。具体的には、ORICON NEWS(2016)の「第9回スポーツ選手ランキング」並びにORICON NEWS(2017)の「第10回スポーツ選手ランキング」を用いた。

手続き まず、5名の評定者で、KJ法様の手続きでアンケート内容を分類した。その後、分類結果を踏まえて、格闘技観戦の趣味を持つ4名で、格闘家を表現するのにふさわしい形容語を各カテゴリーに4語ずつ、計12語選出した。

結果と考察

分類の結果、「実力」「外見」「内面」の3種類に分類された。「実力」に関しては、「記録に期待できそう」「メダルを狙える実力がある」など具体的で幅広い記述が多かった。やはり、スポーツ選手や格闘家などのアスリートは、当該競技に関する実力がもっとも好感度やイメージに影響する可能性が示唆された。しかしそれだけではなく、「人柄が良い」「明るい」などの選手の「内面」に関する記述や「美しい」「かっこいい」など「外見」に関する記述もあった。

これらの分類結果を踏まえ、「外見」カテゴリーとして「かっこいい」「かわいい」「うつくしい」「さわやか」、「内面」カテゴリーとして「おもしろい」「ストイック」「優しい」「ビッグマウス」、「実力」カテゴリーとして「強い」「スピードがある」「テクニックがある」「スタミナがある」の各語を選出した。

3. 本調査

予備調査の結果を踏まえて作成した調査用紙を用いて大学生を対象に、立ち技格闘技のコスチューム配色に対する格闘家イメージを調べ、因子分析を行って格闘家イメージ尺度を作成する。その後、作成した尺度を用いて、コスチューム配色によるイメージを検証する。

方法

調査対象者 大学生284名を対象に調査用紙を配付した。回答に不備のあった3名を分析から除き、281名を分析対象とした。男性228名、女性53名(平均年齢20.17歳、SD1.17)であった。格闘技経験者31名、格闘技観戦経験者 93 名が含まれていた。全員色の識別には問題がないと自己申告があった。

刺激素材 図1に示したように、それぞれ配色の異なるグローブとトランクスを身に着けたファイター画像を用意した。顔や表情などはイメージに影響する恐れがあるため、ぼやけさせた。グローブの色は、試合で一般的に用いられる赤もしくは青のどちらかであった。トランクスは、赤、青、黄、緑、白、黒の 6 色のいずれかであった。背景色はグレーとし、暗い会場内でリングだけが照らし出されているプロの試合を想定した。全部で 12 種類あり、提示順に関してはそれぞれが一番最初と最後になるようカウンターバランスとランダマイズを行った。

画像の下には、先述の予備調査で求めた 12 の形容語を示し、それぞれ5段階で印象を評定するよう求めた。1 が全くあてはまらない、5 が非常によくあてはまるであった。なお、「ビッグマウス」については「大口をたたく」「物事をおおげさに言う」という意味であることを注釈した。

手続き 調査は、授業やサークルの集会などで集団法で実施した。目的を説明した後、回答例を示し、その後、12画像すべてについて、回答を求めた。所要時間はおよそ10分程度であった。

4. 分析 1: 格闘家イメージ尺度の作成

主因子法、プロマックス回転による因子分析の結果、固有値は 4.53, 1.86, 1.12, 0.73…と変化し、3 因子構造が妥当であると考えられた。回転前の 3 因子で 12 項目を説明する割合は 67.18%であった。

表 1 にその結果を示したが、第一因子は「強い」「スタミナがある」「テクニックがある」「ビッグマウス」「かっこいい」「スピードがある」の 7 項目から構成されており、格闘家としての実力に関連する項目を中心としてハッタリや格好良さも含んでいることから「格闘家らしさ」因子と命名した。第二因子は「さわやかさ」「美しさ」という上品な外見イメージの 2 項目であることから「優美さ」因子とした。第三因子は「おもしろい」「かわいい」「やさしい」の 3 項目であり、マイルドで親しみやすいイメージを構成していると考え「愛嬌」因子とした。

5. 分析 2: 配色別イメージの検討

格闘家イメージ尺度の各下位尺度について、配色別にその平均得点を分析した。「格闘家らしさ」について、配色別に分散分析を行ったところ、有意な差があった($F(219, 2409)=87.92$, $p<.01$)。LSD 法による下位検定の結果、「赤グローブに黒トランクス」の得点がもっとも高く、次いで「黒グローブに黒トランクス」や「赤グローブに赤トランクス」などの得点が高く、「青グローブに黄色トランクス」がもっとも得点が低かった($MSe=.37$, $p<.05$)。

「優美さ」について配色別に分散分析を行ったところ、有意な差があった($F(219, 2409)=50.99$, $p<.01$)。LSD 法による下位検定の結果、「青グローブに白トランクス」の得点がもっとも高かった($MSe=.60$, $p<.05$)。

「愛嬌」について配色別に分散分析を行ったところ、有意な差があった($F(219, 2409)=31.96$, $p<.01$)。LSD 法による下位検定の結果、「赤グローブに黄色トランクス」と「青グローブに黄色トランクス」の得点が高かった($MSe=.60$, $p<.05$)。

6. 総合考察

本研究の結果、もっとも格闘家らしいコスチューム配色は「赤グローブに黒トランクス」であり、「青グローブに白トランクス」ならば優美な印象、「赤グローブに黄色トランクス」や「青グローブに黄色トランクス」であれば愛嬌のある格闘家タイプのイメージになることが示された。これらの色ならびに配色イメージは、仁科(2015)や井上・村本(2012)の結果とも一致する。スポーツユニフォームの赤と黒の配色は怒りや厳しさの感情を喚起する(井上・村本, 2012)ため、格闘家の闘争心の象徴として、もっとも格闘家らしいイメージとなったものと推測される。一方、黄色と組み合わせると楽しさや元気さのイメージが生じるため、典型的格闘家からは外れ、愛嬌のある印象となったのであろう。またこれらの結果は、色や配色イメージに関する先行研究の結果は、格闘技コスチュームという狭い分野においてもほぼ適用可能であることを示しており、色がもたらすイメージにはある程度の普遍性や一般性があることを示唆するものと考えられよう。



図 1 調査に用いたファイター画像のサンプル

表 1 格闘家イメージ尺度に関する因子分析の結果
(主因子法、プロマックス、n=284)

	第一因子 格闘家らしさ	第二因子 優美さ	第三因子 愛嬌
強い	**0.87**	−0.08	−0.94
スタミナがある	**0.83**	−0.16	0.09
テクニックがある	**0.64**	0.18	−0.07
かっこいい	**0.62**	−0.23	0.20
スピードがある	**0.59**	0.17	−0.12
ストイック	**0.55**	0.15	0.03
ビッグマウス	**0.50**	0.36	−0.14
さわやか	−0.11	**0.85**	0.04
美しい	0.03	**0.67**	0.13
おもしろい	0.07	−0.03	**0.71**
かわいい	−0.08	−0.16	**0.55**
優しい	0.10	0.35	**0.39**

主要参考文献

[1] 井上博之・杉本善之, (2012) “感情配色モデルとイメージ感情モデルを用いた配色システムとユニフォーム配色の検討”, 日本感性工学誌, 11, pp. 273-280.

[2] 仁科恭徳, (2015) “若者世代の色彩感覚に関する調査”, 明治学院大学教養教育センター紀要, 9, pp. 55-62.

※本研究は、第二著者による平成 29 年度北海道教育大学卒業研究論文の一部を再分析・再編集したものである。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

人共存ロボットの安全性に対する表面痛と深部痛の違いを識別するためのヒューマンライクな痛覚センシングシステム

A Human-inspired Pain Sensing System to Recognize Difference between Superficial and Deep Pain for Personal Care Robot Safety

プングラサミー　タンヤポン, 島岡 優策, 岡本 球夫, 渡邊 竜司
Tanyaporn Pungrasmi, Yusaku Shimaoka, Tamao Okamoto, Ryoji Watanabe
パナソニック株式会社
Panasonic Corporation
pungrasmi.tanyaporn@jp.panasonic.com

Abstract

In this paper, we introduce the concept of a human-inspired pain sensing system, imitating the sensing location of mechanical nociceptors in human skin (superficial somatic pain) and skeletal muscle (deep somatic pain) for personal care robot safety application. We expect that the system will not only measure the pain for personal care robot safety evaluation, but also show the difference between these two kinds of pain due to various contact conditions. In this study, we developed the arm prototype which imitates human nociceptor mechanism, and verified our pain sensing concept by conducting experiment with various contact situations.

Keywords — Pain, Dummy, Robot Safety, Pain Recognition

1 Introduction

As the development of personal care robot is getting more advanced, it is now possible to use it interactively with human. Ensuring safety during physical human-robot interaction (pHRI) has become a fundamental concern and many researches were conducted to address this matter refer to [7], [26], [15].

With high possibility of contact between human and robot, in order to minimize the risk of human injury, safety evaluation is required. In automobile industries, crash test dummy [8] is commonly used for safety evaluation, which involves high level of impact that leads to bone fracture or death.

Abbreviated Injury Scale (AIS) which is an anatomical scoring system where injuries are ranked from 1 to 6, with 1 means minor, 5 means critical, and 6 means nonsurvivable injury. To ensure the safety of personal care robot, robot safety design factors such as mass, speed, cover material, and surface shape are concerned by applying low level of impact evaluation such as pain and discomfort level. Even though AIS 1 concerned as the minimum injury indicator in this case, but it also includes closed fractured nose and one broken rib [9], [1]. Therefore, AIS criteria might not be appropriate to be used for personal care robot safety evaluation.

Studies related with determination of pain sensitivity in human-machine-interface for collaborative robots used in industrial field [15] which use pain onset level to determine safety level of physical contact between human and collaborative robot have been conducted and applied to ISO/TS 15066.

There is also commercial force/pressure test system for collaborative robots from GTE Industrieelektronik GmbH which is used in ISO/TS 15066, ISO 10218-1, ISO 10218-2 and EN 415-10 focusing on the main biomechanical body features, but with no anthropometric shape for convenience measurement.

Based on the facts mentioned above, currently there is no equipment that simulates the biomechanical properties and shape of human body to measure lower level of impact that leads to pain which is required for personal care robot safety measurement.

Our research tries to address this matter by focusing on pain-free interaction of personal care robot and human such as in airport, hospital, and shopping center, which have high possibility of contact with human. In order to tackle this requirement, human pain receptors locations are used for design our dummy model. For this, it is worthwhile to take a closer look at human pain receptor location and pressure-pain threshold since they are generally regarded of vital importance to this development.

1.1 Human Pain Receptor Location

Pain usually occurs after most types of noxious stimuli to protect and prevent tissues or nerves from over damaging [24].

It plays an important role in body normal defense mechanisms, warning of contact with possibility of damage, initiating behavioral and reflex avoidance strategies.

Somatic pain, the most common pain occurs when nociceptors in tissue such as skin, muscles, skeleton and joints are activated. This paper will focus on this type of pain.

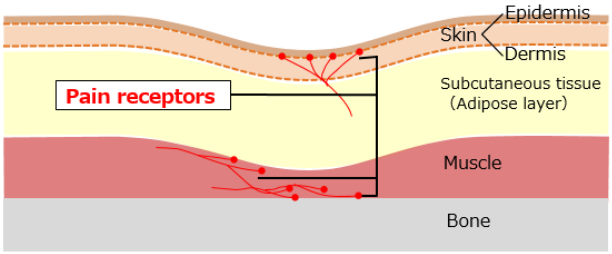


Fig.1. Mechanism of pain sensation detection in human arm

Somatic pain can be classified into 2 types, which are superficial pain and deep pain [20]. Superficial somatic pain occurs when cutaneous nociceptor which lies near blood vessels in the upper regions of epidermis [14], [17] in the skin is stimulated. Deep somatic pain occurs in connective tissue of muscle, between muscle fibers, adventitia, in tendon, periosteum of bone, or joint [21], [22].

1.2 Pressure-Pain Threshold

Pressure-pain threshold (PPT) and pressure-pain tolerance methods have been widely used in pain measurement studies [23, 2], which measure the pressure from external probe that gets in contact with human skin. However, these studies did not put into consideration about human body structure in relation with pain mechanism.

We suspect that the pain caused by pressure from the probe affects not only the skin but also the muscle layer, as suggested in [16], [4], [3], [11] studies, which stated about pressing using cuff algometry effect the muscle pain more than cutaneous pain.

In order to confirm this hypothesis, we developed a human arm prototype with flexible pressure array sensors placed under the artificial skin layer and muscle layers to measure both superficial and deep somatic pain clarifying the pain mechanism algorithm during compression with various types of probe.

2 Human-inspired pain sensing system structures

2.1 Artificial upper arm structure

Human arm structure consists of 3 layers: skin, adipose tissue combined with muscle, and bone in subsequent order from the top. Nociceptors (pain receptors), which lie in the skin layer caused superficial pain and the one which lie in the muscle and bone caused deep pain (refer to Fig.1).

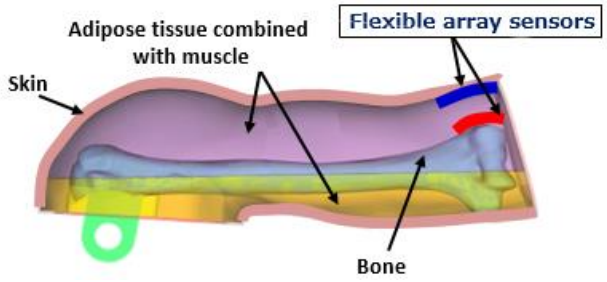


Fig.2. Upper arm human-inspired pain sensing dummy structure

We produced the artificial skin, adipose tissue combined with muscle, and bone according to the solid model of 50th percentile male developed by Zygote with skin thickness of 2 mm [6], [10]. As for the mechanical characteristic of each part, based on the previous studies of human arm, we defined the Young's modulus of the skin and muscle to be around 100kPa [13] and 40kPa [12], [25], [5] respectively and defined the compressive loading of bone to be around 160MPa [18].

The function of nociceptors was simulated by placing two flexible pressure array sensors under each layer excluding the bone (refer to Fig.2).

2.2 Flexible pressure array sensors

For the pressure sensors placed in between the layers, we confirmed the sampling rate and spatial resolution which are possible to effectively measure the impact force by conducting experiment with various settings [27]. Therefore, in this arm prototype, we adopted the sampling rate and spatial resolution for the sensors to 500Hz or above and 14.06mm^2 or smaller respectively.

3 Methods

3.1 Purpose

In order to reveal the difference between superficial pain and deep pain due to various contact conditions, as the first step of our study, the experiment was carried out by pressing two shapes, six types of contact probe which are different in radius and area to pain sensing system as mentioned above. We

performed the experiment using indentation system, contact probes, and procedure as followed:

3.2 Indentation system

The experiment was conducted with an indentation system (refer to Fig.3), which is able to produce force up to 500 N, probe displacement up to 35 mm, and maximum speed of 100 mm/s.

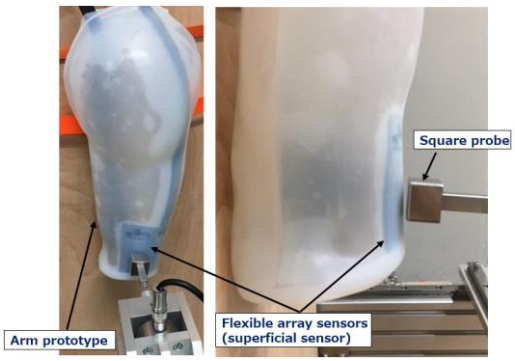


Fig.3. Indentation system with 1st prototype dummy

In order to measure samples from any direction, it was designed by using joint that can be rotated ±45 degrees in horizontal and vertical direction. Furthermore, it is possible to adjust the initial position in both horizontal and vertical direction also using the linear slide attached within this system.

3.3 Contact probes

It is predictable that the difference in shape and size of probe affect the results in pressure pain threshold in human, so we also assume that it probably shows those results in the pressure sensors we placed under skin layer to measure the superficial pain and under muscle layer to measure the deep pain.



Fig.4. Tested 2 types, 6 tip-end shapes of contact probe

In order to investigate the effect of probe shape, the experiment was conducted using six probes with different shape and size. We used three spherical probes with radius of 5 mm (R5), 10 mm (R10), and 15 mm (R15), three square probes with dimension of 14 mm x 14 mm (S14), 19 mm x 19 mm (S19), and 24 mm x 24 mm (S24) (refer to Fig.4). For the square probes, we rounded the corners and edges with radius of 2 mm to reduce the sharp edge [15]. We designed the shape of the spherical and square probes according to previous studies [19, 15]. The reason we used spherical probe because we want to observe the result while the radius of probe is changed and used square probe because we want to observe the result while the area of probe is changed.

3.4 Procedure

We attached each probe on the indentation system then pressed the human artificial arm, perpendicularly with the skin at a constant speed of 2 mm/s, to simulate quasi-static clamping situation of robot, and pressed with probe displacement of 33±1 mm from contact position based on our indentation system limitation. Points of compression were specified at upper arm bone on the dorsal aspect around lateral epicondyle of the upper arm (refer to Fig. 2 and Fig.3) according to previous study [15]. After each compression, 1 second was held at final position before the indentation system moved the tip back to the initial position.

According to ISO/TS 15066 and previous study [15] which use the maximum pressure as the threshold for collaborative robot safety, in this paper, we analyze data by averaging maximum pressure data from flexible array superficial and deep sensor while the probe displacement was in final position.

4 Results

The maximum pressure obtained from superficial and deep sensor using three spherical probes which are different in radius and three square probes which are different in area are plotted in Fig.5 and Fig.6 respectively.

Experiment result revealed that when pressure was generated with R5 spherical probe, deep layer sensor showed less maximum pressure than superficial layer sensor (refer to Fig.5). On the other hand, when pressure was generated with R10 and R15 spherical probe, S14, S19, and S24 square probe, superficial layer sensor showed less maximum pressure than deep layer sensor (refer to Fig.5).

Furthermore, results from the experiment with spherical and square probes (refer to Fig.5 and Fig.6), showed that when the radius of probe (spherical probe) and area of probe (square probe) are larger, the maximum pressure in deep and

superficial sensor are higher and lower respectively.

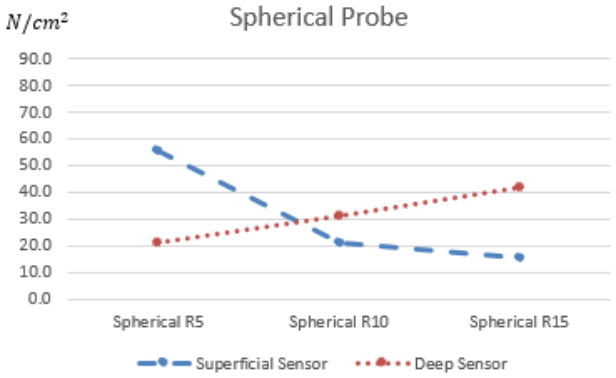


Fig.5. Maximum pressure in superficial sensor and deep sensor during compression with spherical probes with radius of 5mm, 10 mm, and 15 mm.

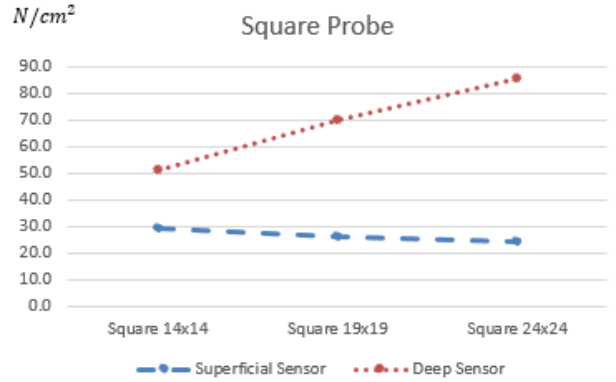


Fig.6. Maximum pressure in superficial sensor and deep sensor during compression with square probes with dimension of 14 mm x 14 mm, 19 mm x 19 mm, and 24 mm x 24 mm.

5 Discussion

Based on the results mentioned above, it can be concluded that superficial pain are more likely to occur when spherical probe with the radius of 5 mm was used. On the other hand, deep pain are more likely to occur when spherical probe with the radius of 10 mm, 15 mm, and square probe with dimension of 14 mm x 14 mm, 19 mm x 19 mm, and 24 mm x 24 mm were used.

Moreover, it also can be concluded that superficial pain is more likely to occur when smaller radius and area of probe are used, and deep pain are more likely to occur when larger radius and area of probe are used.

Therefore we predicted that when probe with smaller surface area such as spherical probe with radius of 5 mm is used, more pain in the superficial layer will occur, and when probe with larger surface area is used, more pain in the deep layer will occur, which is according to the experiment results.

This paper is our first step in superficial and deep pain measurement to ensure the mechanical safety of personal care robot. We developed a human-inspired pain sensing system, which imitates the sensing location of mechanical nociceptors in human skin and skeletal muscle. Furthermore, pain measurement with the system showed that it is possible to distinguish and measure the superficial pain and deep pain using our proposed method.

In the future, we are planning to investigate human pain threshold in various actual contacts. In order to validate the result presented in this paper, we will correlate the pressure in proposed method with the pain recognized by human using pain threshold measurement system. Our main goal is to obtain the satisfying accuracy of the system so that it can be used for predicting mechanical pain incident supporting safety design in personal care robot industries.

6 Acknowledgement

This research was funded by ImPACT Program of Council for Science, Technology and Innovation (Cabinet Office, Government of Japan).

References

[1] D.G Unfallversicherung, (2009) “BG/BGIA risk assessment recommendations according to machinery directive, design of workplaces with collaborative robots”, Report, Tech. Rep.

[2] Eva K, Jan E, Per H, (1999) “Pressure pain thresholds in different tissues in one body region-The influence of skin sensitivity in pressure algometry”, Scand J Rehab Med 31, pp.89-93.

[3] Fischer AA, (1986) “Pressure threshold meter: Its use for quantification of tender spots”, Arch Phys Med Rehabil, Vol. 67, pp. 836-838.

[4] Fischer AA, (1987) “Pressure algometry over normal muscles: Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold”, Pain, Vol. 30, No. 1, pp.115-126.

[5] Fridén J, Lieber R.L, (2003) “Spastic muscle cells are shorter and stiffer than normal cells”, Muscle Nerve 27, pp. 157–164.

[6] Gibney MA, Arce CH, Byron KJ, Hirsch LJ, (2010), “Skin and subcutaneous adipose layer thickness in adults with diabetes at sites used for insulin injections: implications for needle length recommendations”, Curr Med Res Opin, Vol. 26, No. 6, pp. 1519–1530.

[7] Haddadin S, Albu-Schäffer A, and Hirzinger G, (2007) “Safety evaluation of physical human-robot interaction via crash-testing”, Proc. Robot. Sci.Syst, Vol. 3, pp. 217-224.

[8] Haddadin S, Schaffer AA, Hirzinger G, (2008) “The Role of the Robot Mass and Velocity in Physical Human-Robot Interaction – Part I: Non-constrained Blunt Impacts”, IEEE International Conference on Robotics and Automation.

[9] Health and Safety Executive, (2012) “Collision and injury criteria when working with collaborative robots”, RR906, Research Report.

[10] Iivarinen JT, Korhonen RK, Julkunen P, (2011) “Experimental and computational analysis of soft tissue stiffness in forearm using a manual indentation device”, Med Eng Phys, 33, pp. 1245–1253.

[11] Jaeger B, Reeves JL, (1986) “Quantification of changes in myofascial trigger point sensitivity with the pressure algometer following passive stretch”, Pain, Vol. 27, pp. 203-210.

[12] Kerstyn Comley, Norman A. Fleck, (2010) “A micromechanical model for the Young’s modulus of adipose tissue”, International Journal of Solids and Structures, Vol. 47, pp. 2982-2990.

[13] Liang X, Boppart S. A, (2010) “Biomechanical Properties of in Vivo Human Skin from Dynamic Optical Coherence Elastography”, IEEE transactions on bio-medical engineering, Vol. 57, pp. 953-959.

[14] Mountcastle VP, Darian SI, (1984). “American Physiological Society handbook of physiology: sensory processes Part2”, Vol.3.

[15] Muttray A, Melia M, GeiBler B, Konig J, Letzel S, (2014) “Collaborative Robots – Determination of pain sensitivity at the human-machine-interface”, Universitatsmedizin, Institut fur Arbeits, Sozial and Umweltmedizin, Mainz. Project FP-0317 Final report.

[16] Polianskis R, Gielsen T.G, Nielsen L.A, (2002) “Pressure-Pain Function in Desensitized and Hypersensitized Muscle and Skin Assessed by Cuff Algometry”, Pain, Vol. 3, No. 1, pp. 28-37.

[17] Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. Neuroscience. 2nd edition. Sinauer Associates. 2001

[18] Raviraj Havaldar, S.C. Pilli, B.B. Putti, (2014) “Insights into the effects of tensile and compressive loadings on human femur bone”, Adv Biomed Res,Vol. 3, No. 101.

[19] Saito T, and Ikeda H, (2005) “Measurement of Human Pain Tolerance to Mechanical Stimulus of Human-collaborative Robots”, Specific Research Reports of the National Institute of Industrial Safety, NIIS-SRR, No.33. [in Japanese]

[20] Sherrongton, C.S. 1906. The Integrative Action of the Nervous System. (2nd ed., 1947) Yale University. Press, New Haven.

[21] Raja SN, Meyer RA, Campbell JN, (1998) “Peripheral Mechanisms of Somatic Pain”, Anesthesiology, Vol. 68, pp. 571-590.

[22] Stacey JJ, (1969) “Free nerve endings in skeletal muscle of the cat”, J Anat 105, pp. 231-254.

[23] Stefan L, Miram K, Peter S. Jesper N, Lars A, (2005) “Age effects on pain thresholds, temporal summation and spatial summation of heat and pressure pain”, Pain 115, pp. 410-418.

[24] Woolf CJ, (1989) “Recent advances in the pathophysiology of acute pain”, Br J Anaesth 63, pp. 139-146.

[25] Zil'bergleit AS, Zlatina IN, Siniakov VS, Khaikova MI, (1983) “Method of measuring the modulus of elasticity of human muscle tissue”, Biull Eksp Biol Med, Vol. 96, pp. 101-105.

[26] Zinn M, Khatib O, Roth B, and Salisbury J, (2002) “Playing it safe-humanfriendly robots”, IEEE Robot. Autom. Mag., Vol. 11, No. 2, pp. 12-21.

[27] 渡邊 竜司, (2017) “Pain-Sensing ダミーの開発 ～人-ロボット共存社会の実現をめざして～”, ImPACT 公開シンポジュウムバイオニックヒューマノイドが拓く 新産業革命要旨集, pp. 97-103.

日常的表現における面白さと皮肉の関係の検討
A study of relationship between humor and sarcasm in daily expressions

中村 太戯留 †
Tagiru Nakamura
† 慶應義塾大学 / 東京工科大学
Keio University / Tokyo University of Technology
†tagiru@sfc.keio.ac.jp

概要

ユーモアは皮肉表現からも生じうることが知られている．しかし，ユーモアを生じない皮肉表現もあり，ユーモアを生じる条件は不明である．本研究では，日常的表現を用いて，ユーモアと皮肉の関係を実証的に検討することを試みた．意味分析の結果，ユーモアを生じた群では「次回にやり直しができる程度の悪い出来事」が関与するのに対して，ユーモアを生じない群では「やり直しの出来ない深刻な悪い出来事」が関与するように見える．

キーワード：面白さ，皮肉，発話態度の把握，関連性の感知，遊び状態

1. はじめに

ユーモアは皮肉表現からも生じうることが知られている (Long & Graesser, 1988)．例えば，テニスで惨敗した選手が「もう少しで勝てたのに」と言ったのに対して,「もう少しで勝てた」と復唱した場合，勿論，これは皮肉であるが，微笑む人もおり，ユーモアを生じうる表現と考えられる．また，ユーモアは比喩表現からも生じうることが知られている (Mio & Graesser, 1991; Hillson & Martin, 1994)．隠喩と構造的に等価な謎掛けにおいて，例えば,「貯金と掛けて，奥さんの笑顔と解く．その心は，なくなると怖い」と表現した場合，微笑む人もおり，ユーモアを生じうる表現と考えられる．意味づけ論 (深谷&田中, 1996; 田中&深谷, 1998) によれば，隠喩は発話の意味に関する現象であるのに対して，皮肉は発話者の意味に関する現象で，どちらにも不調和解消という認知機制が関与すると考えられている．すなわち，隠喩においては，発話の意味における新たな関係性の見いだし (例えば,「貯金」と「奥さんの笑顔」の新たな関係性) による不調和解消が関与し，皮肉においては，発話者の意味における間違いの見いだし (例えば,「誠実に語っている」という発話態度の把握が間違い) による不調和解消が関与する．このどちらからも，ユーモアが生じうることから，両者の共通点として関連性の感知 (Sander et al., 2003) が重要な役割を果たしている可能性が指摘されている (Nakamura et al., 2017)．本研究では，日常的表現を用いて，ユーモアと皮肉の関係を実証的に検討することを試みる．

2. 方法

実験参加者　23 名（女性 12 名，男性 11 名）の大学生が実験に参加した．

刺激　日常的表現は，まず文脈として私 (実験参加者) の行動や発言がもたらす良い出来事または悪い出来事を提示し，次にその出来事に対する相手 (友人，同僚，仲間など) の肯定的なコメントを提示する，という構成とした．すなわち，同一の「相手のコメント」が,「良い出来事」の際は字義通りのコメントとして,「悪い出来事」の際は皮肉なコメントとして，解釈が可能となる．合計で 24 表現 (12 コメント × 2 出来事 [良い，悪い]，すなわち，12 刺激ペア) を用いた．

手続き　各刺激を提示し，次の質問に対する回答を選択してもらった．問 1：面白いですか？選択肢：面白い，面白くないを両端とする 5 件法．問 2：皮肉ですか？選択肢：皮肉，字義を両端とする 7 件法．

3. 結果

面白いかどうかの選択肢の「面白い」を 5,「面白くない」を 1 とした場合,「悪い出来事」の際の面白さ度は 3.66 (標準偏差：1.17),「良い出来事」の際の面白さ度は 2.82 (標準偏差：1.15) で，両条件の差は有意であった ($F(1, 22) = 11.935, MSE = 8.170, p < 0.01$)．皮肉かどうかの選択肢の「皮肉」を 7,「字義」を 1 とした場合,「悪い出来事」の際の皮肉度は 5.88 (標準偏差：0.96),「良い出来事」の際の皮肉度は 1.95 (標準偏差：0.90) で，両条件の差は有意であった ($F(1, 22) = 939.293, MSE = 2.266, p < 0.001$)．また，コメント

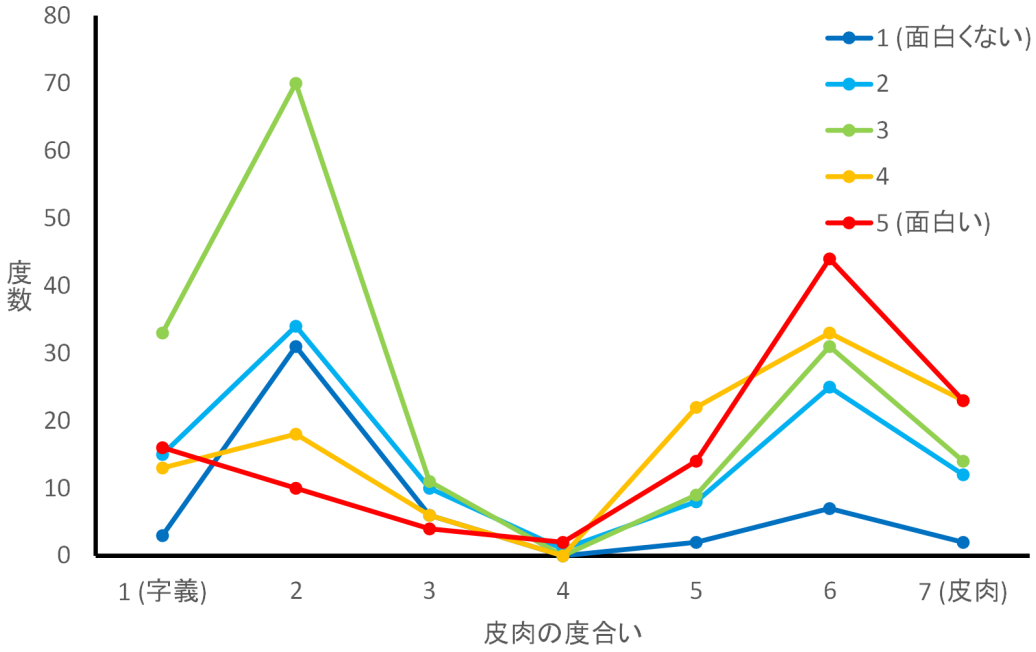


図 1　面白いかどうかと皮肉かどうかの関係

ごとの条件差 (良い出来事，悪い出来事) を調べたところ，皮肉度の差が有意なのは 12 種類の刺激ペア全てなのに対して (t 検定，$p < 0.001$)，面白さ度の差が有意なのは 8 種類の刺激ペアで (t 検定，$p < 0.05$)，残りの 4 種類は有意ではなかった．また，面白いかどうかと皮肉かどうかのクロス集計の結果は有意で ($\chi^2(df = 24) = 112.287, p < 0.001$)，面白さ度が高い (5, 4) 場合は皮肉度が 6 の場合に最も頻度が高くなっており，面白さ度が低い (3, 2, 1) 場合は皮肉度が 2 の場合に最も頻度が高くなっていた (図 1)．また,「皮肉」から「面白さ」への影響を想定した回帰分析をしたところ，標準化係数のベータは 0.282 で有意であった (t 値 $= 6.888, p < 0.001$)．

4.　考察

本研究で使用した皮肉表現の約 7 割が面白いと判断されており，皮肉からユーモアが生じうることが確認された．その刺激文の内容を意味分析すると，ユーモアを生じた群では「次回にやり直しができる程度の悪い出来事」であるのに対して，ユーモアを生じない群では「やり直しの出来ない深刻な悪い出来事」が関与しているように見える．どちらも「関連性」(Sander et al., 2003) の高い出来事ではあるが，反転理論 (Apter, 1982) によれば，前者は「遊び状態」に遷移しているのに対して，後者は「真面目状態」にとどまっていると解釈することもできるかもしれない．

文献

[1] Apter, M. J., (1982) *The experience of motivation: The theory of psychological reversals*, London: Academic Press.
[2] 深谷昌弘, & 田中茂範, (1996) コトバの意味づけ論：日常言語の生の営み, 紀伊國屋書店. (Fukaya, M., & Tanaka, S., (1996) *A sense-making theory for real language activities*, Tokyo: Kinokuniya.)
[3] Hillson, T. R., & Martin, R. A., (1994) "What's so funny about that?: The domains interaction approach as a model of incongruity and resolution in humor", *Motivation and Emotion*, Vol. 18, No. 1, pp. 1-29.
[4] Long, D. L., & Graesser, A. C., (1988) "Wit and humor in discourse processing", *Discourse Processes*, Vol. 11, No. 1, pp. 35-60.
[5] Mio, J. S., & Graesser, A. C., (1991) "Humor, Language, and Metaphor", *Metaphor and Symbolic Activity*, Vol. 6, No. 2, pp. 87-102.
[6] Nakamura, T., Matsui, T., Utsumi, A., Yamazaki, M., Makita, K., Harada, T., Tanabe, H. C., & Sadato, N., (2017) "The role of the amygdala in incongruity resolution: The case of humor comprehension", *Social Neuroscience*, 1-13. [published online, 21 August 2017.]
[7] Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T., (2003) "The human amygdala: An evolved system for relevance detection", *Reviews in the Neurosciences*, Vol. 14, No. 4, pp. 303-316.
[8] 田中茂範, & 深谷昌弘, (1998) 意味づけ論の展開: 情況編成・コトバ・会話, 紀伊國屋書店. (Tanaka, S., & Fukaya, M., (1998) *A continuation of sense-making theory: Sense-making, literal expression, and communication*, Tokyo: Kinokuniya.)

非可聴音刺激による充実時程錯覚への影響
The Effects of Non-Audible Sounds on Filled-Duration Illusion

阿部 慶賀
Keiga Abe
岐阜聖徳学園大学
Gifu Shotoku Gakuen University
keiga.abe@gmail.com

Abstract

本研究では，聴覚刺激による充実時程錯覚が非可聴領域の音源を用いた場合にも生じるかを検討した．実験では，心拍と同程度のペースの断続的なビープ音と，その倍速のペースのビープ音を用意し，それぞれ可聴領域の音域と，非可聴領域の音域で提示した．等速・倍速，可聴・非可聴の組み合わせからなる各条件と，基準とするための無音条件で主観的な経過時間の長さを報告させた．その結果，非可聴領域ではビープ音のペースによる充実時程錯覚は生じなかったが，可聴領域においては充実時程錯覚が見られた．このことから，聴覚による時程錯覚は意識下に聴覚刺激が処理される場合に生じることが示唆された．

Keywords — Filled-Duration Illusion, Non-audible sounds, temporal judgement

1. 研究の背景

時間感覚の研究では，私たちの主観的な時間評価を左右する要因が明らかにされてきた．身体の代謝といった生理学的な要因（Hoagland, 1981）や，時間経過への注意や関心の向き方，恐怖心などからくる心理的活性度（Watts & Sharrock, 1984），視知覚刺激による介入などの心理学的要因などが挙げられる．楽しい時間に比べて退屈な時間は長く感じること（注意の要因）や苦手とする対象とともに過ごす苦痛の時間は長く感じること（心理的活性度の要因），代謝の速度が速い状態では時間を長く感じること（代謝の要因）が報告されている．また，視知覚刺激によって生じる主観的時間への影響としては，同じ時間幅の中でも多数の出来事が生じた場合や視聴覚刺激によって時間を細かく区切られた場合の方が，そうでない場合より長く感じられることが知られている．これは，充実時程錯覚と呼ばれる．この錯覚は視覚刺激(新宮,1982)や聴覚刺激において報告されており，聴覚刺激については音のリズムによる影響がこの錯覚と関連するが，鹿野(1995)や松田・一川・矢倉（2013）では，テンポの速い音楽に対しては主観的な経過時間が実時間より短く評価されること，遅い音楽では主観的な経過時間が実時間より長く評価されることが報告されている．

本研究では，この充実時程錯覚に着眼し，提示された刺激が自覚的には認識し難い場合でも充実時程錯覚が生じるかどうかを明らかにする．具体的には，聞き取ることが困難な非可聴領域での聴覚刺激提示を行い，その上で充実時程錯覚が生じるかどうかを検討した．もし充実時程錯覚が，自覚できない非可聴音においても生じ，自覚的な認識によらないのであれば，充実時程錯覚は無意識的な処理が主導となって生じるものと考えられる．非可聴音では充実時程錯覚が生じないのであれば，充実時程錯覚は刺激の自覚的な処理が主導となって生じると考えられる．

2. 実験

方法

聴覚に異常のない健康な 20 代前半の男女 20 名（男性 9 名 女性 11 名）を対象とした．実際に分析に使用したのは実験中の聴覚刺激提示に不具合の生じた 3 名を除く男性 8 名，女性 9 名の計 17 名分のデータであった．

提示刺激としては，可聴音（440Hz），非可聴音（19000Hz）の 2 種類の周波数の音声を作成した．それぞれ安静時の心拍数を目安とした分割音（60 回/分），心拍数より速いペースでの分割音（120 回/分）を設けた．それらと共に，PC 画面の中央に一定時間，十字のマークを被験者に呈示した．また，統制条件として無音で十字マークを提示した条件も設けた．被験者は十字提示終了直後，主観時間評価として十字が表示されていた秒数を回答した．刺激提示は各種の聴覚刺激条件ごとに 3 試行ずつ行い，その 3 試行においては毎回異なる長さの時間で提示を行った具体的には 40 秒, 50 秒, 60 秒の 3 種類を設け，被験者ごとに順番をランダマイズした．被験者は，音源の種類 5 種（無音，可聴心拍等速，可聴心拍倍速，非可聴心拍等速，非可聴心拍倍速）×提示時間 3 種（40 秒，50 秒，60 秒）の 15 試行の主観時間

評価を行った.

分析の際はまず 40 秒，50 秒，60 秒の条件別に，無音条件下での主観評価時間を基準として，各種音源提示時での主観時間との差を求めた（可聴心拍等速－無音，可聴心拍倍速－無音，非可聴心拍等速－無音，非可聴心拍倍速－無音）．その後，それらについて 3 試行（40 秒，50 秒，60 秒）の中央値を求めて分析に用いた．実時間との誤差を扱わなかった理由としては，課題に用いた視覚刺激によって過大な時間評価をしてしまう可能性を懸念したためである.

結果

無音時の主観的時間評価と聴覚刺激提示時の主観時間評価の差分について，音源の可聴非可聴による要因２水準×音源の速さによる要因２水準（心拍等速音，心拍倍速音）の被験者内計画による分散分析を行った．その結果（図 1），音源の速さの要因に有意な主効果が見られた（$F(1,16)=16.557$, $p<.001$, 偏$\eta^2=0.509$）．また有意な交互作用が見られた（$F(1,16)=7.246$, $p=.016$, 偏$\eta^2=0.312$）. Holm 法による単純主効果検定の結果，非可聴音では音源の速さによる違いは見られなかった（$t(16)=0.659$, $p=.519$ $r=.16$）のに対し，可聴音では音源の速さによって時間評価に違いが見られた（$t(16)=5.095$, $p<.001$, $r=.79$）.

各条件と無音条件との差を見るため，差異なしの 0 を基準とした t 検定を行ったところ，可聴音では心拍倍速音（$t(16)=3.577$, $p=.003$, r=.67），非可聴音でも心拍倍速音（$t(16)=3.491$, $p=.003$, $r=.66$）で有意に経過時間をより短く評価する結果となった．心拍等速音では非可聴音において時間評価の有意な差は見られず（$t(16)=2.093$, $p=.053$, $r=.46$），非可聴音でも有意差は見られなかった（$t(16)=1.577$, $p=.095$, $r=.37$）.

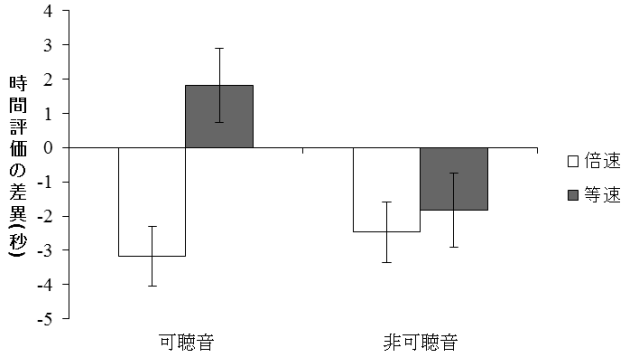


図 1. 無音条件との時間評価の差異
(エラーバーは標準誤差)

3. 考察

時間的に細かく刺激で分断されている倍速音の方が経過時間を短く評価する傾向にあった点は, BGM のテンポによる時間感覚への影響を検討した松田ら（2013）の知見とも整合的であった．また，可聴音源と非可聴音源で音源の提示の速さによる効果が異なっていることから，充実時程錯覚は聴覚刺激を自覚することによる意識的処理が主導で生じていると考えられる．主観的に音が聞こえている場合とそうでない場合で効果が異なるという点は，年齢による時間感覚の違いを説明する一要因になる可能性がある．高齢者は若年者に比べて可聴領域が狭いため，同じ環境にいても自覚的に受け取れる音は異なる．これによって年齢による時間間隔の差異が生じると考えられる．また，このことからは，同じ場所にいる多様な年齢層の集団に対し，年齢に応じて選択的に時間感覚に働きかけるという応用も見込めるだろう.

参考文献

[1] Hoagland, H (1981). Some biochemical considerations of time, In J. *T.* Fraster (Ed.), *The voices of time*, 312-329.
[2] 松田 憲・一川 誠・矢倉由果里 (2013). BGM の音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響-テンポと音符に基づく検討-, 日本感性工学会論文誌, **12**(4), 493-498.
[3] 鹿野輝三 (1995). 時間評価に対する音楽刺激の影響, 金城学院大学論集, **20**, 79-94.
[4] 新宮英夫 (1982). 視覚的刺激テンポの充実時程錯覚におよぼす効果, 心理学研究, 52, 296-299.
[5] Watts, F. N., Sharrock, R. (1984). Questionnaire dimensions of spider phobia, *Behaviour Research and Therapy*. **22**(5), 575-80.

ボケ役，ツッコミ役の発話タイミングから見る面白さに対する認識 −日本語母語話者，日本語学習者，中国語母語話者の比較から−

The Recognition of Humour with Special Reference of Utterance Timing of *Boke* and *Tsukkomi*: A Comparison between Japanese Native Speakers, Japanese Language Learners and Chinese Native Speakers

羅 希[†]，定延 利之[‡]
Xi Luo, Toshiyuki Sadanobu
[†]京都大学，[‡]京都大学大学院文学研究科
[†]Kyoto University, [‡]Graduate School of Letters, Kyoto University
[†]luckyrarecosmos@gmail.com
[‡]sadanobu.toshiyuki.3x@kyoto-u.ac.jp

概要

話の面白さが，発話のタイミング次第で活かされも殺されもするということは，経験的に知られている．だが，従来の研究は，話の内容の面白さの解明に集中しがちであった．この発表は，話の面白さを活かす発話タイミングに光を当て，対話音声合成ツールを利用することによって，これが画一的なものではなく，言語間で（つまり日本語と中国語で），また話の「型」ごとに違っていることを示し，その奥深さの一端を示そうとするものである．

キーワード：**面白さ，発話タイミング，漫才，相声，対話音声合成**

1. はじめに

コミュニケーションを行動と状況に 2 分しようとする場合，問題になるのが行動のタイミングである．というのは，行動のタイミングは，行動に属するようにも，状況に属するようにも思えるからである．この発表は，コミュニケーションに対する我々の理解を深めるために，発話という言語行動のタイミング（以下「発話タイミング」）を考察しようとするものである．

たどたどしくつっかえる訥弁発話では，発話のとぎれが多少長くても短くても，聞き手が受ける印象は「ただただ非流ちょう」という以外に，あまり変わりようが無い．この発話の「非流ちょう性」と比べると，発話の「面白さ」はタイミングに対して非常に敏感である．話の面白さが，発話のタイミング次第で活かされも殺されもするということは，お笑い芸人でなくても，誰しも日常生活の中で多かれ少なかれ経験していることだろう．逆に言えば，面白い話は発話タイミングを調べる上で格好の題材と言える．

だが，話の面白さに関する従来の研究は，話の内容（いわゆる「ネタ」）の面白さの解明に集中しがちであった．そこで本発表は，話の面白さを活かす発話タイミングに光を当て，この概念の奥深さの一端を示したい．より具体的には，話の面白さを活かす発話タイミングが画一的なものでなく，言語間で（つまり日本語と中国語で），また話の「型」ごとに違っていることを示す．そのために本発表では，日本語の「漫才」とこれに対応する中国語の「相声」という対話型の話芸に着目し，対話音声合成ツールという新たな手法を用いる．

以下，先行研究を簡単に紹介し（第 2 節），実験の方法論を述べた上で（第 3 節），日中両語の比較（第 4 節）・各々の言語における型どうしの比較（第 5 節）をおこなう．最後に全体をまとめる（第 6 節）．

2. 先行研究とその問題点

面白さ(humour)については，優越説(superiority theory)・不調和説(discongruity theory)・解放説(release theory)・遊び説(play theory)・傾き説(disposition theory)などさまざまな説が唱えられている（例：[1][2]）．また，面白さのうち，発話の面白さについては，言語学において，言語哲学者の開発した言語行為論に依拠する形で，たとえばグライスの公理の違反によって生じるものとして分析されている（例：[3][4]）．

これらの先行研究は各々の時代において先導的な意義を果たし，また今日の目で見ても意義深いものではあるが，以下の 2 点において，十分なものとは言えな

いということもまた事実である：第 1 点，先行研究は面白さの源泉つまり「ネタ」(comic amusement)を論じることに集中しており，そのネタの「語り方」が面白さを左右する可能性が論じられていない；第 2 点，先行研究は言語差が考慮されていない.

この発表では発話タイミングを考察対象とし，その 2 つの多様性（言語どうしの違いと「型」どうしの違い）を実験により示すことによって，先行研究に欠けていた，話し方に対する注視の姿勢を部分的にせよ補いたい．話の面白さが言語間で一様ではないということは，我々の研究でも示されてきたことであるが（例：[5][6][7][8][9][10][11]），この発表ではこれを発話タイミングという形で，比較する 2 言語（日本語と中国語）の面白い話（漫才・相声）の型を揃えた上で実験により示す.

3. 用いる手法

この発表で用いる手法を，実験刺激・ツール・実験参加者・指示の順に紹介しておく.

まず実験刺激について.「話の内容ではなく，発話タイミングが，面白さにどう影響するか？」という問題を，日本語・中国語を通して調べるには，まず，日本語と中国語の，同じ内容の面白い話を用意する必要がある．日本語の「漫才」と中国語の「相声」は，おかしなことを言う人物（「ボケ」「逗哏」）と，それに反応するまともな人物（「ツッコミ」「捧哏」）との対話によって面白さを醸し出す話芸という点で共通しているので，漫才・相声の形式を選んだ．さらに，著作権の問題に煩わされないよう，第 2 発表者が（一部は揣迪之氏の協力を得て）自作した．第 1 発表者の直観に基づき漫才・相声の面白さを 4 つの「型」に分類し，いずれの型の漫才・相声にも含まれ得る，なるだけわかりやすい，核となる対話を作った．その対話を次の(1)に示す．B はボケ役，T はツッコミ役である．（以下も同様.）

(1)
日本語版
B：その猿が，そうそう，奥さんお元気ですか？
T：おい！
中国語版
B：那个猴儿啊，哦对了，最近您爱人身体好吗？
T：去！

念のために述べておくと，これはボケ役 B がツッコミ役 T をトボけた形で巧みにからかい，T がそれに憤慨するという対話である．ここでのからかいは，B が「猿の話をしている最中に T の夫人を思い出した」という自分の意識の推移をそのまま言語化することで，自分が T の夫人を猿に似たものと位置づけていることを T にあからさまに示す，という形で果たされている．これは，伝統的な漫才コンビ「夢路いとし・喜味こいし」がよく見せた対話パターンであり，中国語の相声に訳しても面白さが保たれることを第 1 発表者が確認した上で，これを核の対話として採用した.

この核の対話を（必ずしも厳密にではないが）包む形で，4 つの異なる「型」の漫才・相声の台本を完成させた．4 つとは「一次型」「蓄積型」「拡大型」「呼応型」であり，これらは展開の仕方が異なっている．以下，核の対話を包み込んだ 4 つの型を紹介する．（核の対話の部分に下線を付しておく.）

まず，一次型とは，（後の蓄積型・拡大型・呼応型の場合と比べて）ネタと先行文脈との繋がりが希薄な型である．いわゆるフリの部分が無く，それ自体でおかしなボケと，それに対するツッコミで構成される．次の(2)は，実験で使用した一次型のセリフであり，核の対話に「で，動物園で」「说到动物园的」という文脈や状況に関する発話が僅かに加わったに過ぎない.

(2)
日本語版
1.B：で，動物園でその猿が，そうそう，奥さんお元気ですか？
2.T：おい！
中国語版
1.B：说到动物园的那个猴儿啊，哦对了，最近您爱人身体好吗？
2.T：去！

次に，蓄積型とは，面白さを含まないフリを持つ型で，対話中に何らかのフレームが構築された段階ではじめてネタが提示される型を指している．言い換えるなら，蓄積型においては，ネタが話される段階まで，B と T は面白さの無い対話を一時的に続け，その後の話を準備する．次の(3)は，実験で使用した蓄積型のセリフである.

(3)

日本語版

1.B : イノシシの病気は治りましたか？
2.T : はい，おかげさまで.
3.B : カバも寒さで弱ってましたが.
4.T : 暖かくなって，快復しました.
5.B : トドの体調はどうですか.
6.T : ありがとうございます．水温が上がって，安定しました.
7.B : 奥さんお元気ですか？
8.T : おい！

中国語版

1.B : 你们动物园那野猪的病治好了吗?
2.T : 好了，托您的福.
3.B : 前些日子听说那河马也着凉了.
4.T : 最近天儿暖和，就恢复了.
5.B : 那个海狮的身体情况怎么样?
6.T : 谢谢您想着了. 这水温一上升，也没什么大事儿了.
7.B : 最近您爱人身体好吗?
8.T : 去!

B と T は，6 行目までは似通った問答を重ねて，動物園の動物の体調に関する問答というフレームを作る．そこには面白さは一切含まれていない．フリが構成された後，B は 7 行目で相手の奥さんの体調を聞くことで，「ツッコミ役の奥さんはイノシシ，カバ，トドと同類である」とほのめかし，T は 8 行目で「おい！」とツッコミを入れる．蓄積型の紹介は以上である．

また，拡大型は，蓄積型に似ており，フリというフレームが構成されてはじめてネタが語られるという類のものだが，蓄積型が，フリの部分に面白さのある話を含まないのに対し，拡大型では，面白さがフリの冒頭部分に現れ，後のやり取りの中でこれが次第に大きくなる. 言い換えると, B がおこなう複数の発話には，面白さが含まれ続けるが，ネタが語られる時点で面白さがピークに達する．次の(4)は，実験で使用した拡大型のセリフであり，ここでは B と T は面接のコントのような漫才を演じている．B は面接を受ける応募者で，T は面接官である．

(4)

日本語版

1.T : では面接を始めます．ええと，ご出身は？
2.B : 大阪です．あなたの奥さんと，同じですね.
3.T : ……［小声でひとりごと］こわい奴だなー．ええと，特技はなにかありますか？
4.B : しいて言えば，人妻の情報を探ることですかね.
5.T : なんだそれ！　ええと，うちは力仕事が結構あるけど，体力に自信は？
6.B : あります．鍛えてますから大丈夫です．ところで奥さんお元気ですか？
7.T : おい！

中国語版

1.T : 好，面试现在开始．你老家是哪里的呀?
2.B : 北京的．这跟您爱人一样，对吧.
3.T : …… ［小声说］这叫什么人哪．那你这个人有什么特长吗?
4.B : 非要说有的话呀，我这人特别擅长打探别人老婆的各种信息.
5.T : 什么特长啊这叫？那个，我们这儿体力活可不少，你身体没问题?
6.B : 没问题．我这人经常锻炼身体倍儿好．哦对了，最近您爱人身体好吗?
7.T : 去!

B の 2 行目の「あなたの奥さんと同じ出身地である（ことを知っている)」，4 行目の「(特技は）人妻の情報を探ること」は，面接を受ける人間のセリフとしてはありえないという点で面白さが次第に大きくなる．それに対して T は 3 行目で「こわいやつだなー」，5 行目で「なんだそれ！」と軽くツッコミを入れる．さらに，最後の 6 行目で B は「(私は元気ですが）ところで奥さんお元気ですか」というセリフを発して，面接官の夫人の最新情報を収集しようとする．面白さがピークに達するのはここで, それに対して T は「おい！」とツッコミを入れる．拡大型については以上である．

最後の呼応型は，先行研究の「点在型」([12]）に似ており，同じネタが何度も現れ，首尾呼応の形で語られるものを指す．また，ネタと次のネタの間に直接に関係のない内容も挟まれ，次のネタのフリとして存在する．次の(5)は，実験に使われた呼応型のセリフである．

(5)

日本語版

1.B : で，動物園で，その猿が，そうそう，奥さんお元気ですか？
2.T : おい！

3.B：いや，こないだ，うちの家内が転んで，足けがしちゃいましてねー.
4.T：えっそうなの！
5.B：ちょうど，山登りに行ってたんですけど，
6.T：うん
7.B：いや，そこって，野生の猪とか，猿とかがいるんですよ．で，その猿が，そうそう,奥さんお元気ですか？
8. B：おい！

中国語版

1.B：诶，说到动物园的那个猴儿啊，哦对了，最近您爱人身体好吗？
2.T：去！
3.B：不是，我说我爱人哪，这两天摔跤把脚给崴了，
4.T：哎呀是吗.
5.B：她呀，跟人出去爬山，
6.T：哦.
7.B：嗬，一到那山里呀，又有野猪，又有猴儿的．说到那个猴儿呀，哦对了，最近您爱人身体好吗？
8.T：去！

(4)の冒頭部分で B は「奥さんは猿に似ている」というネタを語り，それに対して T は「おい！」とツッコミを入れる．だが，その直後に B は「いや」と即応して，からかいの意図を否定してみせ，続いて「自分の妻が山登りに行って足を怪我した」と言うことによって，自分が T の妻の体調を問うたのは他意があってのことではない，自分の妻が怪我をしているから T の妻はどうかと思って訊いたまでだ，ととれそうな発話をおこなう．これに T が釣り込まれて「えっ，そうなの？」と応じ，B は「その山には野生の猪とか，猿とかがいる」と，自身の妻が怪我をした登山の場面の描写に入っていくが，それは実は「猿」を再度持ち出す布石，フリである．7 行目の後半から，B は再度「相手の奥さんは猿に似ている」と T をからかい，冒頭部分と同じ種類のネタを繰り返している．それに対して T は再び「おい！」とツッコミを入れる．呼応型については以上である．

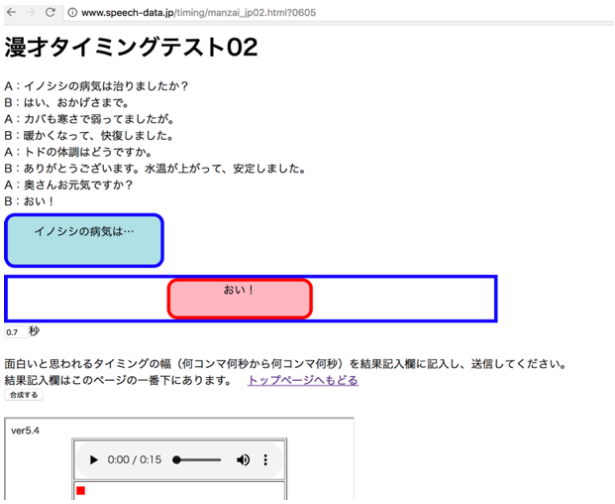
次に音声刺激の作成について．以上で紹介してきた日中の漫才・相声の 4 種のセリフを，日本語母語話者と中国語母語話者（いずれも男性）数名に依頼し，その「台本」どおりに実際に漫才を演じてもらった（支障無い限り有償とした）．その音声を，ガラス窓で隔てられた 2 室の防音室から成る対面式録音ブース（画像 1）を使って，別々に収録した．それらの音声の中から，



画像 1：対面式録音ブースの内観
（YAMAHA AVITEX）

4 つの型のいずれにも最も自然に当てはまると思える核の対話音声（すなわち B の「奥さんお元気ですか？」「最近您爱人身体好吗？」発話と T の「おい！」「去！」発話のセット）を選び，4 つの型のうち選ばれたその 1 つの型だけでなく残り 3 つの型も下線部分がその対話音声になるよう，音声を差し替えた．つまり核の対話の部分を共有する，4 つの型の漫才・相声対話音声を作成した．

次に実験ツールについて．実験ツールとしては，発表者らの研究グループで使用している（[13][14]），対話音声合成ツールを使用した．このツールは画像 2・画像 3 のようなブラウザ画面を介して，実験参加者が発話タイミングを自由に調節して対話音声を合成できるものである．



画像 2：対話音声合成ツール（日本語の場合）

日本語を例にとって説明すると，パソコン画面の上部

には，1つの漫才対話の台本が文字で表示されており，



画像 3：対話音声合成ツール（中国語の場合）

それと共に，画面中央には，青いバー（上側），赤いバー（下側）が表示されている．この赤いバーは漫才末尾の「おい！」発話であり，青いバーは漫才冒頭部から「おい！」直前までの発話である．画面上，青いバーは固定されており動かないが，赤いバーはドラッグ操作により左右に動くようになっている．この左右の移動操作は，T の「おい！」発話のタイミングと連動しており，操作の結果は画面下部の合成ボタンを使って，実際の対話音声の形で聞くことができる．この操作は，0.1 秒刻みになっており，マイナスに（つまり B の発話が終わらないうちに T の発話が「食い気味」に始まるように）設定することもでき，また，何度でもやり直すことができる．タイミングの操作を 0.1 秒刻みにした措置については後で説明する．

最後に，実験の手順について．実験参加者は計 67 名（インターネットを介した形のため有償は困難であった），内訳は，漫才は聞くことがあるが相声に接したことは無い日本語母語話者 24 名，相声は聞くことがあるが漫才は聞いたことが無い中国語母語話者 22 名，そして漫才と相声を両方とも聞くことがある，中国語を母語とする日本語学習者 21 名の計 3 群である．日本語母語話者には日本語版，中国語母語話者には中国語版の実験を受けてもらい，日本語学習者にはその両方を受けてもらった．

実験参加者には，インターネット上に上げた実験のページにアクセスし，そのページに書かれている指示，つまり 4 つの漫才・相声各々について，赤いバーを左右に移動させて最後の「おい！」発話のタイミングを調整し，その漫才・相声が最も面白くなる時間幅（たとえば「マイナス 1.0 秒〜0.5 秒」）を調べて回答するという課題を理解した上で操作に進むよう指示した．テストページのトップ画面と入力画面（いずれも日本語版）を画像 4・画像 5 として挙げておく．回答は，実験参加者が必要性を感じれば複数個の回答が可能になるよう設定されている．



画像 4：テストページのトップ画面（日本語版）



画像 5：結果の入力画面（日本語版）

最も面白い「時点」ではなく，「時間幅」の形での回答を指示したのは，「時点」での回答を指示すると，或る実験参加者の回答した時点と，別の実験参加者の回答した時点が，基本的に同一種の変異なのか，それとも別種に属するものなのかが判断できないからである．「時間幅」の指示にもかかわらず実験参加者が「時点」で回答してきた場合は，その「時点」の前後 0.1 秒，合計 0.2 秒間の「時間幅」を回答したものとして扱った．発話タイミングの操作を 0.1 秒刻みとしたのは，

この幅が「発話タイミングの違いによる印象差を逃さないほど細かく」かつ「実験結果を集計しやすいよう粗く」という二律背反的な要請の間でのベストバランスであるという発表者らの判断による．

以下，得られた結果を 2 つに分けて述べるが，その際，焦点となる部分をより明確に示すため，取り上げる区間を，最後の B の発話が終了する 1 秒前から，終了後 1 秒までとしていることを断っておく．その区間以外の回答はごく稀で，除外しても全体の結果に大きな影響を与えないと判断している．

4. 結果 1：日中両語の比較

ここでは，日中両語の比較をおこない，それを通して，先行研究との対応も確認する．

漫才と相声の「間」について，実際のテレビ番組に放送されているものを比較すると，日本のコンビは中国のコンビより単位時間内の無声区間が短く，かつ間髪を入れずに話者交替をすると言われている（[15]）．実験結果は，この先行研究の観察と合致するものであった．

4 つの型ごとに，各群の実験参加者の選好するツッコミの発話タイミングを集計した．結果を図 1 に示す．

図 1 は，一次型，蓄積型，拡大型，呼応型において，日本語母語話者（実線），中国語母語話者（三角マーカーがついている実線），日本語学習者（点線は日本語版，破線は中国語版）の選好するタイミングの分布を示したものである．横軸はタイミング（0.1 秒を 1 つの区間として），縦軸は各タイミングの区間が選好された回数，4 種の折れ線は各々の群において，各タイミングの区間が選択された合計回数を示している．各群のピーク（選択される回数が最も高いタイミングの区間）を一つの目安とすると，次のような観察結果が得られる．

まず一次型の場合．ツッコミのタイミングが最も選好される区間は，日本語母語話者が最も早く（-0.1 秒~0 秒），その次は日本語学習者の日本語版である（0 秒~0.1 秒）．それらに比べて中国語母語話者（0.2 秒~0.3 秒），日本語学習者の中国語版（0.3 秒~0.4 秒）はやや遅いことがわかった（早さ：日本語母語話者＞日本語学習者の日本語版＞中国語母語話者＞日本語学習者の中国語版）．

次に蓄積型の場合．やはり全体を見ると日本語版の回答が中国語版より早い傾向がある．また，日本語学習者の日本語版（-0.1 秒~0 秒）は日本語母語話者（0 秒~0.1 秒）より早く，中国語母語話者（0.1 秒~0.2 秒）は日本語学習者の中国語版（0.2 秒~0.4 秒）より早い傾向が見られた（早さ：日本語学習者の日本語版＞日本語母語話者＞中国語母語話者＞日本語学習者の中国

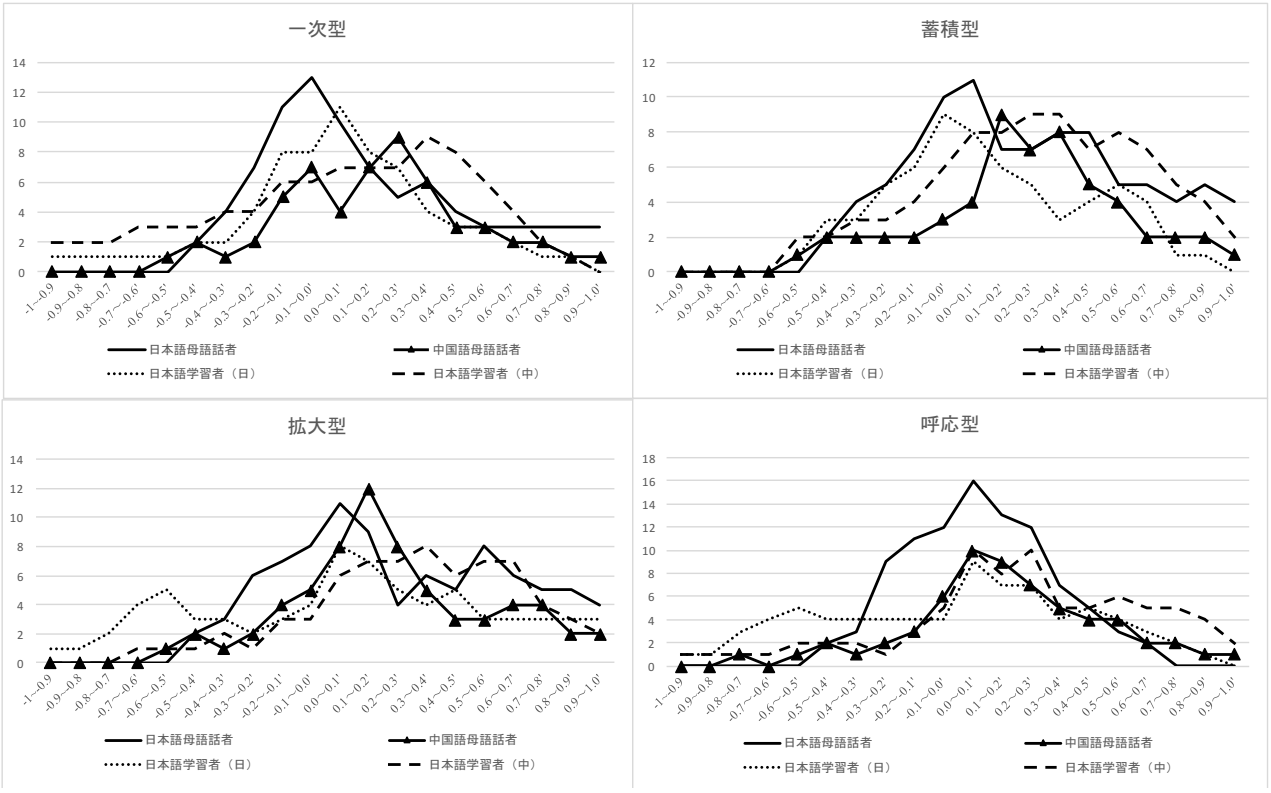


図1 4つの型における各群が選好するツッコミ発話のタイミング

語版)．

さらに拡大型も一次型，蓄積型と同様に，日本語版は中国語版より選好されるツッコミのタイミングが早い．拡大型において，日本語母語話者と日本語学習者の日本語版の早さは同じ（0 秒~0.1 秒）であり，中国語母語話者（0.1 秒~0.2 秒），日本語学習者の中国語版（0.3 秒~0.4 秒）より早いことがわかった（早さ：日本語母語話者・日本語学習者の日本語版＞中国語母語話者＞日本語学習者の中国語版)．

最後に呼応型の場合．この場合は，他の 3 つの型と異なり，日本語母語話者，中国語母語話者，日本語学習者（日本語版・中国語版）の間に顕著な違いが見られず，0 秒~0.1 秒という区間で選択される回数が最も多い（ただし，日本語学習者の中国語版には「0.3 秒~0.4 秒」の区間にもう 1 つのピークがある)．

4 つの型において，各群の選好するツッコミのタイミングの違いを観察した結果をまとめると，一次型，蓄積型，拡大型のいずれの型においても，日本語版での回答（日本語母語話者・日本語学習者）は中国語版での回答（中国語母語話者・日本語学習者）より早いことが言える．この結果は先述[15]の結論と結びつく．さらに，中国語を母語とする日本語学習者が，中国語母語話者と一定の類似を示したことも,「ピークに着目する」という本発表の観察法が，目安として有効であることを示していると考えられる．

また, 呼応型においては, 顕著な言語差が見られず，各群の選好するツッコミのタイミングがほぼ同じであることがわかった．これについては次節の結果を先取りして言えば，呼応型は他の型と比べて，日本語母語話者と日本語学習者（日本語版）の選好タイミングはより遅く，中国語母語話者と日本語母語話者（中国語版）の選好タイミングはより早い．これが上記の結果を生んだと考えられる．

5. 結果 2：両語内部での型どうしの比較

日本語母語話者，中国語母語話者，日本語学習者が各々の型について選好した発話タイミングの分布を図2に示す. 図2の横軸はタイミングの時間軸(0.1秒を１つの区間として), 縦軸は各タイミングの区間が選好された回数，折れ線は各々の型において，各タイミングの区間が選好された回数をつなげたものである（一次型：実線，蓄積型：破線，拡大型：三角マーカーがついている実線，呼応型：点線)．ここでも型ごとのピークに着目すると，以下の結果を得る．

日本語母語話者の場合，一次型は他の 3 つの型よりも，選好されるタイミングが早い（早さ：一次型＞蓄積型・拡大型・呼応型)．言い換えると，日本語母語話者にとって，フリがないボケに対して，ツッコミのタイミングがより早い方が面白く認知される傾向がある．

中国語母語話者の場合，呼応型で選好されるタイミングが最も早い．また，蓄積型，拡大型は呼応型より

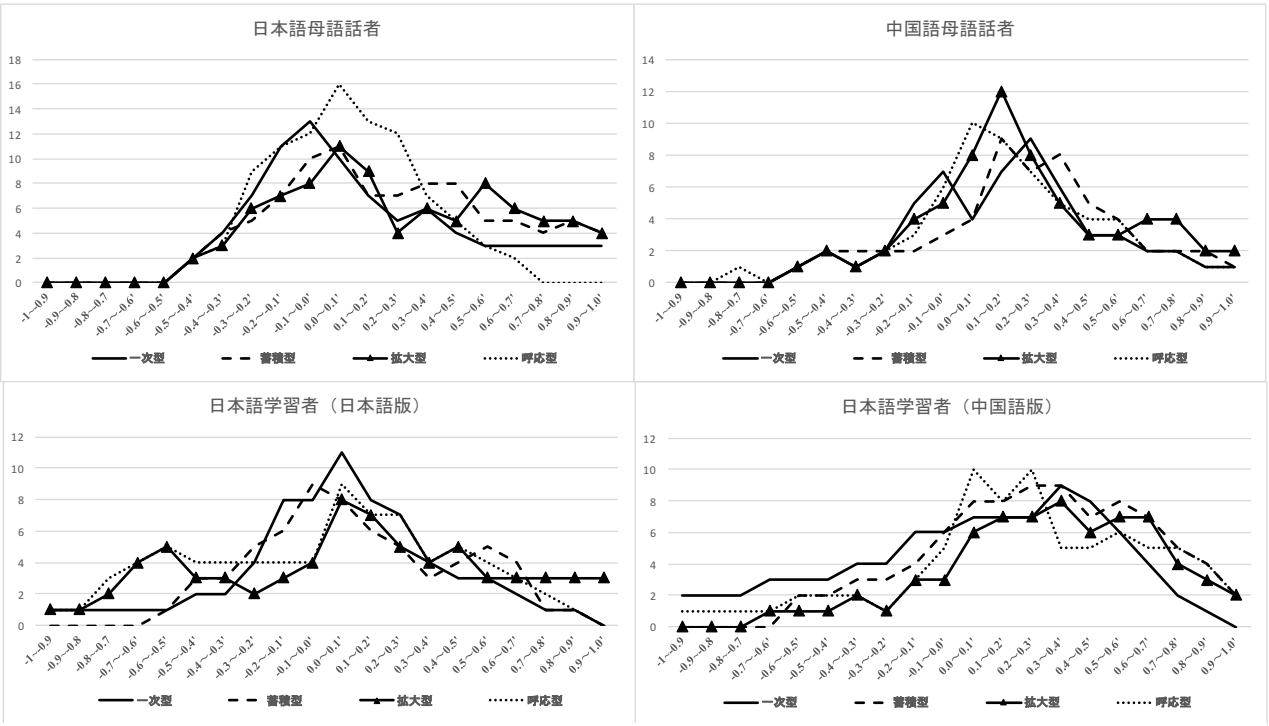


図2　日本語母語話者，中国語母語話者，日本語学習者が各々の型について選好した発話タイミングの分布

遅いが，一次型より早い（早さ：呼応型＞蓄積型・拡大型＞一次型）．したがって，中国語母語話者は日本語母語話者と異なり，フリがない一次型でのツッコミのタイミングが最も遅く，同じネタが 2 度現れる呼応型で選好するツッコミのタイミングが最も早いと言える．

また，日本語学習者の結果を見ると，日本語版と中国語版で異なる傾向が見られた．日本語版では蓄積型は他の 3 つの型より選好されるタイミングが早い（早さ：蓄積型＞一次型・拡大型・呼応型）のに対し，中国語版では呼応型が最も早く，その次の蓄積型は一次型，拡大型より早い（早さ：呼応型＞蓄積型＞一次型・拡大型）ことがわかった．つまり，日本語学習者は，漫才（日本語）について，面白さを含まないフリの部分がある蓄積型ではツッコミのタイミングが早い方が面白いと認知する傾向があり，これは日本語母語話者の回答傾向と異なっている．一方，相声（中国語）については，漫才に接したことのない中国語母語話者と同じく，同じネタが 2 度現れる呼応型が選好されるツッコミのタイミングが最も早い．

このように，「同一のネタが異なる型で提示されれば，面白いと認知されるツッコミのタイミングが異なる」という傾向は，調査された日本語母語話者（日本語版），中国語母語話者（中国語版），日本語学習者（日本語版と中国語版）のいずれの群にも見られた．ただ，各群において，4 つの型と，それらに対応する，好みのツッコミのタイミングには違いがある．中国語母語話者および日本語学習者（中国語版）は，呼応型で選好するツッコミのタイミングが他の型に比べて早い方が面白いと認知しやすい．一方，日本語母語話者にとっての一次型や，日本語学習者（日本語版）にとっての蓄積型では，ツッコミ発話のタイミングは他の型に比べて早い方が面白く感じられやすい．このことから示唆されるのは，漫才と相声の両方に接したことのある日本語学習者は，4 つの型と，それらに対応する，好みのツッコミのタイミングが，日本語母語話者とは異なっているが（日本語版の場合），中国語母語話者とは類似している（中国語版の場合）ということである．

6. おわりに

本発表では，漫才・相声という互いに類似する対話型の話芸と，対話音声合成ツールを用いることによって，面白いと認知される発話タイミングを調べた．

その結果，同一のネタが一次型，蓄積型，拡大型，呼応型のどの型で演出されるかによって，面白いと認知されるツッコミの発話タイミングが異なるという傾向は，日本語母語話者（日本語版），中国語母語話者（中国語版），日本語学習者（日本語版と中国語版）のいずれの群にも見られた．また，各群において，4 つの型と，それらに対応する，好みのツッコミのタイミングには違いがある．

さらに，各々の型において，各群の選好するツッコミのタイミングに違いが観察された．一次型，蓄積型，拡大型のいずれの型においても，日本語版での回答（日本語母語話者・日本語学習者）は中国語版での回答（中国語母語話者・日本語学習者）より早く，呼応型においては，顕著な言語差が見られず，各群の選好されるツッコミのタイミングがほぼ同じであることがわかった．

選好される発話タイミングが，型によって，また言語によって違うとは，どういうことだろうか．これは「間」と呼ばれているものが真空状態のような文字通りの間ではなく，音声（や身振りなど）には現れない「不作為」の形をとるけれども，たとえば，たじろぎ，逡巡，そしてつかの間の沈思黙考のような，コミュニケーション行動に満ちていることを示しているのではないか．「間」の型ごとの違い，言語ごとの違いを理解するには，これをコミュニケーション行動ととらえることが最も素直な道と考えられるからである．だが，この点は並行して展開している別の研究[14]と併せて，さらに検討を続けていきたい．

付記

実験やそれに先立つ実験刺激音声作成に関わって頂いた匿名の協力者諸氏に感謝する．また，発話タイミング調整ツールの開発について田畑安希子氏にお世話になった．お名前を挙げて謝意を表したい．なお本発表は，日本学術振興会の科学研究費補助金による挑戦的萌芽研究 15K12885・基盤研究(B)17KT0059 の成果の一部である．

参考文献

[1] Carroll, Noël, (2014) Humour: A Very Short Introduction. New York: Oxford University Press.
[2] Raskin, Victor, (1985) Semantic Mechanisms of Humor. Dordrecht: D. Reidel.
[3] 小泉保，(1997) ジョークとレトリックの語用論，東京：大修館書店.
[4] 金水敏，(1992)“ボケとツッコミ―語用論による漫才の

会話の分析―”，上方の文化 上方ことばの今昔，Vol.13, pp.61-90, 大阪：和泉書院.
[5] ヴォーゲ=ヨーラン，(2018)“やりとりから生まれる面白さについて―「ちょっと面白い話」のツッコミを中心に―”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.110-127.
[6] 山元淑乃，(2018)“「わたしのちょっと面白い話」のフランス語訳をめぐって―フランス語訳をめぐる「後思案」―”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.210-245.
[7] 新井潤，孟桂蘭，(2018)“「わたしのちょっと面白い話」の中国語訳をめぐって”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.246-269.
[8] 森庸子，アンソニー=ヒギンズ，(2018)“「わたしのちょっと面白い話」の英語訳をめぐって―日英の言語文化的異同とユーモア―”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.270-285.
[9] イリーナ=プーリク，奥村朋恵，(2018)“「わたしのちょっと面白い話」のロシア語訳をめぐって”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.286-303.
[10] 林良子，国村千代，(2018)“「わたしのちょっと面白い話」を題材とした日仏遠隔授業の試み”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.342-349.
[11] 櫻井直子，ダヴィッド=ドゥコーマン，岩本和子，林良子，楯岡求美，(2018)“エスニック・ジョークと倫理”，定延利之編，限界芸術「面白い話」による音声言語・オラリティの研究，東京：ひつじ書房，pp.350-441.
[12] 安部達雄，(2005)“漫才における「ボケ」の質的特徴と形態的特徴”，早稲田日本語研究，Vol.13, pp.61-72.
[13] 羅希，(2016)“日本語の相づちの頻度とタイミングに関する総合的考察”，日本語音声コミュニケーション，Vol.4, pp.23-47.
[14] 宿利由希子，ヴォーゲ=ヨーラン，林良子，定延利之，(2018)“ユーモアを生み出すための「間」―ボケとツッコミのタイミングに関する考察―”，日本認知科学会第35回大会発表資料.
[15] 趙曼，鈴木紀子，阪田真己子，(2013)“漫才と相声のタイミング構造の分析ー芸能身体文化の日中比較”，信学技報，Vol.HCS2013-21, pp.167-172.

熟練者のピアノレッスンにおける指導介入方法の研究 —介入タイミングと介入資源への着目—

A Study on How the Skilled Learners Adjust to Instructional Interventions in High-Level Piano Lessons with a Special Focus on its Timing and Resources

山本 敦[†], 古山 宣洋[‡]
Atsushi YAMAMOTO, Nobuhiro FURUYAMA

[†]早稲田大学大学院人間科学研究科, [‡]早稲田大学人間科学学術院
Waseda University [†]Graduate School of Human Sciences, [‡]Faculty of Human Sciences
atsushiyamamoto@toki.waseda.jp, furuyama@waseda.jp

Abstract

The skilled learners in high-level piano lessons seem to swiftly and properly distinguish two types of instructional intervention by an instructor: the ones that require them to stop playing the piano, and the ones that do not. To clarify how they distinguish them, we video-recoded six one-to-one piano lessons at a college of music and classified the patterns of intervention-response sequences during the lessons. The result indicates that the timings of intervention and the contents of the very beginning of intervention are used as resources for the judgments.

Keywords — Music Lesson, Social Interaction, Embodied Interaction, Micro Analysis

1. 問題

熟練者のピアノレッスンにおいて, 教師の介入のほとんどは生徒の演奏にオーバーラップ[1]する形で開始される. それに対する生徒の応答としては, 演奏を継続しつつ教示を聞く場合と, 演奏を中断したのちに教示を聞く場合の 2 種類が観察される. この介入 - 応答のシークエンスはきわめて迅速に行われ, かつ相互行為上のトラブル (演奏を中断したのちに継続を求められるなど) がほとんど見られない. このことから, “演奏を中断すべき介入” と “演奏を継続すべき介入” とは, 教師と生徒の両者によって適切に区別・調整されていると考えられる.

このような精妙な調整の背後には, 何らかの調整方略の存在が示唆される[1][2]. 本稿では, これを明らかにするための予備的作業として, 熟練者のピアノレッスンにおける介入 - 応答事例のシークエンスの記述から, 介入 - 応答パターンの抽出を試みる.

2. データと分析方法

2.1. データ

プロの演奏家 (1 名) による音大生 (6 名) に対する 2 台のピアノを用いた 1 対 1 の指導場面 (計 6 セッション) をビデオカメラ (Panasonic 製 DV カメラ 2 台・Kodak 製 360° カメラ 1 台) で撮影した. レッスンは X 音楽大学において日常的に行われているものである. 1 セッションは約 30 分であった. 各参加者の属性及びデータ収録時間・演奏曲目を表 1 に, 機材配置を図 1 に示した.

2.2. 分析方法

介入事例を特定後, ELAN を用いて発話・身体動作・演奏をアノテーションしトランスクリプトを作成, マイクロ分析した[2]. 介入事例の特定基準は以下に示す通

表 1 参加者の属性及びデータ収録時間・演奏曲目

		年齢	ピアノ歴	収録時間 (分)	曲目
生徒A	男	21	17	28	ショパン作曲「幻想ポロネーズ 第7番 変イ長調 Op. 61」パデレフスキ版
生徒B	女	20	16	37	ブラームス作曲「パガニーニの主題による変奏曲 Op. 35」ヘンレ版 モーツァルト作曲「ロンド イ短調 K.511」 ショパン作曲「スケルツォ 第3番 ハ短調 Op. 39」
生徒C	女	19	14-15	38	ショパン作曲「ピアノソナタ 第3番 ロ短調 Op. 58」パデレフスキ版
生徒D	女	20	14	24	ショパン作曲「バラード 第1番 ト短調 Op. 23」パデレフスキ版 ラフマニノフ作曲「前奏曲 第12曲 嬰ト短調 Op.32 No.12」ブージー・アンド・ホークス版
生徒E	女	20	13	20	メシアン作曲「前奏曲集 第1曲＜鳩＞・第3曲＜軽快な数＞」デュラン版 ラフマニノフ作曲「絵画的練習曲＜音の絵＞ 第6曲 変ホ短調 Op.33 No. 6」ブージー・アンド・ホークス版
生徒F	男	23	17	18	シューマン作曲「ピアノソナタ 第1番 嬰ヘ短調 Op. 11」ヘンレ版
教師	男	45	-	(165)	-

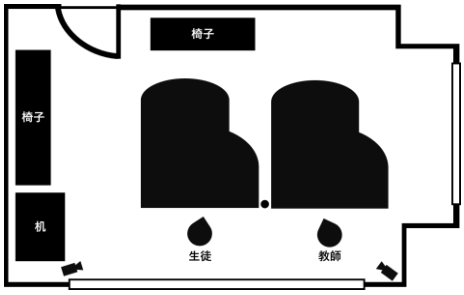


図 1 機材配置
(ピアノ間の円が 360 度カメラを示す)

[1]本稿での「オーバーラップ」は, 「相互行為資源が時間的に重ねられて用いられていること」を指して用いられており, 会話分析におけるそれよりも広い概念となっている.

[2] 発話のトランスクリプションは会話分析の転記方法に準じた[3]. 本項で使用した記号は以下の通り.「 (.) 」0.2 秒以下の無音区間,「発話：」音の引き延ばし,「° 発話 °」小声での発話.

りであり，6 セッション全体で計 330 事例が抽出された．

＜特定基準＞①生徒の演奏に，教師が［発話・歌・演奏・ジェスチャなど］の資源を用いてオーバーラップすることを介入とする．②オーバーラップの開始を介入部分の事例開始部とし，オーバーラップの終了を終了部とする．③複数資源によるオーバーラップが間を開けずに連続する場合，すべてのオーバーラップの終了までを１つの介入部分とする．④介入部分に介入資源の準備動作・復帰までを含め，1 介入事例とする．

3. 分析・結果

介入への生徒の応答の特徴として，相互行為上のトラブルがほとんど起きないこと（全 330 事例中 13 事例：3.9%），「生徒に演奏を中断させ，修正すべき点を教示する介入」と，「生徒に演奏を継続させ，歌や演奏，指揮などを用いて，生徒の演奏を調整する介入」に大別できることが見いだされた．

介入の開始方法としては，発話・演奏・歌が用いられていたが，トラブル事例を除いて明示的に演奏の中断・継続が要求されることはなかった．介入に対する生徒の反応は，演奏継続の場合では介入にほぼ反応を示さないまま演奏を続け，演奏中断の場合では速やかに反応・演奏を中断していた．

中断における生徒の反応は，多くの場合教師の介入開始後 0.3s-0.8s ほどで開始されており，このことから生徒は介入全体の意味的内容を理解したうえで演奏の中断・継続を判断しているわけではないことが示唆された．

以上を踏まえて介入 - 応答シークエンスの分析を行ったところ，介入タイミング（生徒の演奏音と介入発話・演奏の時間的競合の有無）と介入冒頭の内容（介入演奏と現在の演奏との関係，指示詞・呼びかけの使用）によって中断・継続の調整がなされている可能性が見いだされた．

以下では，観察されたパターンを典型例とともに示す．

3.1. 修正要求介入

生徒に演奏を中断させ，そののちに修正すべき点を教示するタイプの介入を修正要求介入とした．修正要求介入には，発話によって開始される場合と，演奏によって開始される場合があり，共通する特徴として，①指導対象のフレーズの直後に介入が開始されること，②生徒の演奏音と生起タイミングがちょうど重なるように発話・演奏が開始されること③生徒が演奏を中断するタイミングは楽曲の区切りとは対応しないことがあげられる．

3.1.1. 発話開始の介入

発話によって介入が開始される場合，介入発話は指示詞・呼びかけから開始されていた．発話による介入開始後 (1) すぐに演奏による教示が開始される場合と，(2) そのまま発話による教示が行われる場合が観察されたが，そのどちらも「教師の介入発話（指示詞・呼びかけの産出）に対して生徒が視線を向け，教師が介入を継続すると即座に演奏が中断される」というパターンがみられた．

(1) 発話による介入開始後すぐに演奏による教示が開始される場合

①教師が介入発話直前から演奏姿勢に移行し始め，②教師によって介入発話の最初の 1 語が産出される間に，生徒が視線を教師に向け，③教師が演奏を開始するとほぼ同時に生徒が演奏を中断するというパターンが観察された．典型例として以下に事例 1 を示す．

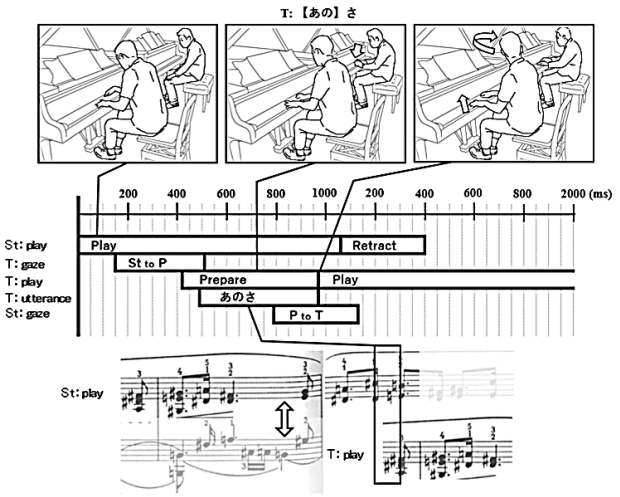


図 2 事例 1［SubA: a22[3]］

楽譜は生徒・教師それぞれの演奏範囲とその相対的位置を示す．

※紙幅の関係でメロディ部以外を一部省略している．以下の事例についても同様．

事例 1 では，教師の「あのさ」という呼びかけの発話によって介入が開始され，発話直後に演奏による教示を開始，生徒は演奏を中断する．生徒は発話開始から 300ms ほどで教師に視線を向け始め，教師が演奏を開始した 100ms 後に演奏を中断する．

この介入での指導内容は，事例 1 の楽譜上に ⇳ で示

[3] ショパン作曲「幻想ポロネーズ」パデレフスキ版：11-13 小節目

した部分のペダルの踏みかえに関するものであった．教師は生徒が当該部分を演奏後 450ms ほどで視線を生徒から自分の前にあるピアノに向けはじめ，指導対象部分からメロディの 3 音目（図 2 楽譜内枠左端）の産出とちょうど重なる（競合するように聞こえる）タイミングで発話介入を開始している．また，教師の演奏呈示の開始も，生徒のメロディと時間的に競合する位置で行われている（図 2 楽譜内枠左端）．

生徒の演奏中断は教師の演奏開始の直後であり，楽譜からもわかる通り，楽曲の区切りとは対応していない．

(2) 発話による介入開始後そのまま発話による教示が行われる場合

①介入発話の最初の 1 語が産出される間に，生徒が視線を教師に向け，②つづく教示発話の最初の 1 語の産出が終了するのと同時に生徒が演奏を中断するというパターンが観察された．典型例として以下に事例 2 を示す．

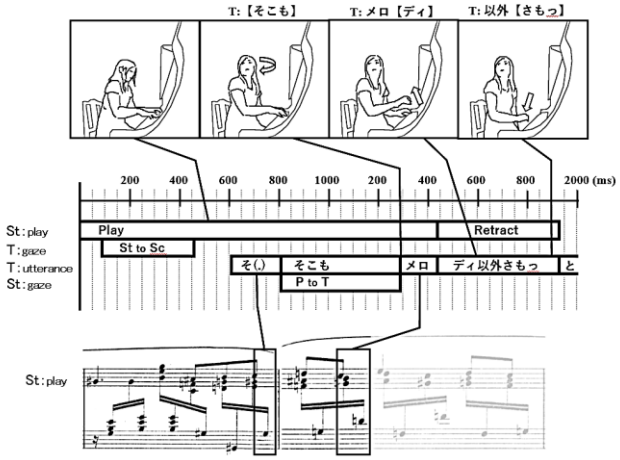


図 3　事例 2［SubE: e06[4]］

事例 2 における介入は，楽譜に示した部分をメロディ（楽譜上段の棒が上向きについている一連の音符）以外の音量を抑えて弾くことを求めるものであった．

事例 1 と同様に，教師の介入発話は生徒の演奏するメロディの構成音にちょうど重なるように産出され（図 3 楽譜内左枠左端），生徒は教師の介入発話開始直後（およそ 200ms 後）から教師に視線を向けはじめ，教示発話開始から 150ms ほどで演奏を中断する．

生徒の演奏中断（演奏姿勢の解除）位置はやはり楽曲の区切りと対応しておらず（図 3 楽譜内右枠右端），かつ教師の発話の区切りで行われている[5]．具体的には，教示発話の最初の 1 語である「メロディ」の「メロ」の産出とともに生徒は右手を素早く持ち上げながら演奏音を中断するが，右手は「ディ」の産出が終了するまで上昇を続け，その後「以外さもっ（と）」が産出され始めるとともに両手を膝の上におろしている．

3.1.2.　演奏開始の介入

演奏によって介入が開始される場合，教師は指導対象部分の直後に，指導対象部分を生徒の演奏音とちょうど重なるように演奏することで開始される．生徒の演奏中断は，楽曲の区切りではなく，教師の演奏開始の直後に行われる．典型例として以下に事例3を示す[6]．

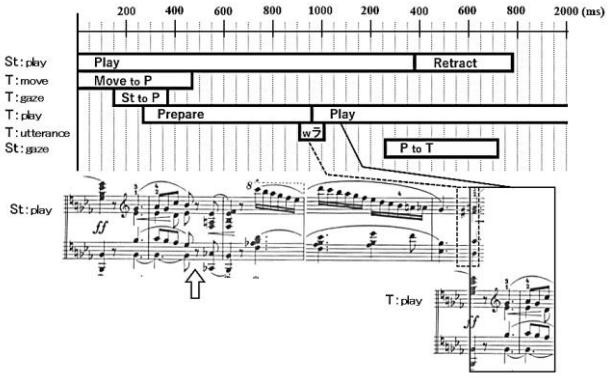


図 4　事例 3［SubC: c92[7]］

事例 3 における介入は，教師が生徒の隣で指揮をしたのちに，自分のピアノの前に戻ろうとするタイミングで行われた．この介入では，楽譜に ⇑ で示した部分のペダルの踏みかえに関する指導が演奏呈示後に発話によって行われた．

教師の介入は，指導対象部分を含む 5 小節にわたるフレーズの直後の，次に同型のフレーズが開始される瞬間に，その 1 音目に重ねて行われた．教師の演奏範囲は，指導対象フレーズの全体であった（図 4 の St: play の範囲に同じ）[8]．これに対して生徒はおよそ

[4] メシアン作曲「前奏曲集 3 楽章」DURAND 版：2-3 小節目

[5] 事例 2 では教師は介入発話から間隙なく教示発話を開始しているため，事例 1 と同様に，教示発話の最初の 1 語とは無関係に，介入直後に演奏を中断したとも解釈できる．しかし，教師の教示発話の最初の 1 語が遅延した場合においても，生徒が打鍵自体は中断しつつもペダルによって演奏音を維持することで，最初の 1 語の産出が完了するまで演奏中断が引き延ばされる事例が複数見られた．

[6] 後述する通り，調整介入においては歌が多く使われるのに対して，歌による修正要求介入はほとんど見られなかったことから，歌と演奏とで指導介入上の機能の違いがある可能性が指摘できる．

[7] ショパン作曲「ピアノソナタ 3 番第 4 楽章」パデレフスキ版：143-147 小節目

[8] この事例では，演奏開始とほぼ同時（50ms 先行して）に歌のような音程のついたごく短い音声が産出されているが，これは演奏開始の

450ms 後に演奏を中断し，教師に視線を向けている．生徒は介入が行われた音符から先に進むことなく演奏を中断しており，発話開始の介入と同様に楽曲の区切りとは対応していない．

3.2. 調整介入

介入後も生徒に演奏を継続させ，歌や演奏，指揮などを用いて，生徒の演奏の調整を促すタイプの介入を調整介入とした．調整介入にも発話によって開始される場合と，演奏もしくは歌によって開始される場合が観察された．調整介入に共通する特徴としては，指導対象部分の開始から少し間を開けて介入が開始されること（そのため，ほとんどの場合フレーズの開始部分以降で介入が開始される），教師の介入に対して生徒が目立った反応を見せないことがあげられる．また，修正要求介入後の再演奏開始時には，調整介入の開始が予示されることがある（事例 7 参照）．

3.2.1. 発話開始の介入

発話開始の調整介入にはバリエーションが多く，現時点では十分な類型化ができていない．しかし，それらに共通する点として，多くの場合指示詞・呼びかけが使われないこと，演奏音と演奏音の隙間で発話が開始されること（演奏音と発話が競合しないこと）があげられるだろう．

また，発話介入開始部分にリズムや音程などの音楽的要素が含まれている場合（事例 4），発話介入前に同一指導部分に関して複数回調整介入が行われている場合（事例 5）にも生徒は演奏を中断しない傾向があるようだ．

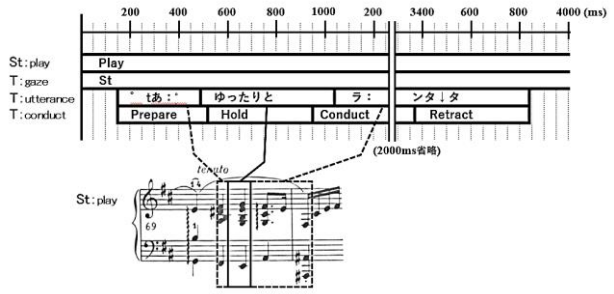


図 5 事例 4［SubC: c56[9]］

事例 4 では，教師が「ゆったりと」と発話による介入を行う直前に，ごく小さい声で「゜tあ:゜」と音程のついた歌のような音声を産出している．また，「ゆったりと」という発話はメロディの構成音の中間かつ伴奏音の中間で開始されている（図 5 楽譜内実線枠左端）．

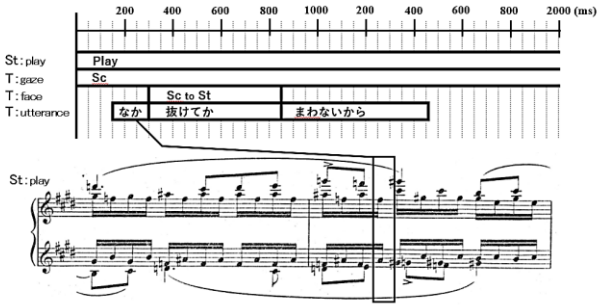


図 6 事例 5［SubE: e26[10]］

事例 5 では，右手のメロディではない部分（「なか」）の音量を小さくするよう教示が行われている（「抜けてかまわない」≒小さくしすぎて聞こえない音があってもよい）．介入のタイミングは，メロディの構成音の間であり，かつ“なか”とも重ならない位置で開始されている（図 6 楽譜内枠左端）．事例 5 の直前には，同様の「メロディ - “なか”構造」を持つ楽曲部分に対して，同内容の教示が 2 回，それぞれ発話開始の修正要求介入（SubE: e24），歌開始の調整介入（SubE: e25）によって行われていた．特に事例 5 の 8s 前まで行われていた調整介入（e25）では，歌の合間に 2 度にわたって「抜けてかまわない」という発話による教示が行われており，事例 5 での介入はその調整介入の“続き”としてデザインされていたといえるかもしれない．

3.2.2. 演奏・歌開始の介入

演奏・歌開始の調整介入は，生徒の現行の演奏部分に対して，同一の部分をリズム・タイミングを合わせ，演奏・歌をオーバーラップさせることで行われる．演奏開始の修正要求介入との違いとしては，生徒と教師の演奏部分にズレがないこと，フレーズの途中から演奏を開始することがあげられる．また，歌が用いられることが多い．以下に典型例として事例 6 を示す．

修正要求介入に限らず，演奏呈示時によく見られる特徴である．

9 ショパン作曲「ピアノソナタ 3 番第 1 楽章」パデレフスキ版：69-70 小節目

10 メシアン作曲「前奏曲集 3 楽章」DURAND 版：39-40 小節目

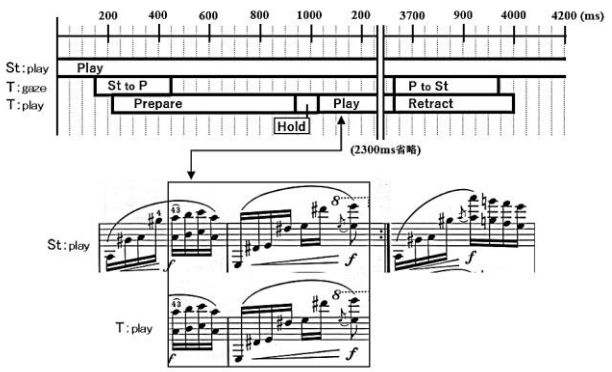


図 7　事例 6［SubB: b61[11]］

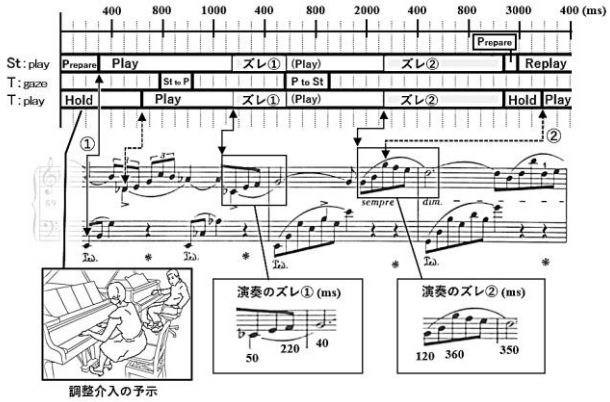


図 8　事例 7［SubD: d06-07[12]］

演奏のズレは生徒の演奏音の開始から教師の演奏音の開始までを計測した

事例 6 の指導内容は，発話による明示的な教示がないため定かではないが，教師の演奏の強調の仕方からクレッシェンドのかけ方に関する指導が行われていると思われる．教師の演奏の開始は，生徒のメロディ演奏の中間部分で，タイミング・リズムのズレなくオーバーラップするように行われている（図 7 楽譜内枠左端）．

3.3.　演奏・歌のオーバーラップによる調整介入中にリズム・タイミングがずれる場合

これは厳密には介入の開始にはあたらないが，安定的なパターンが見られ，かつ調整介入におけるズレが非明示的な修正要求の開始として機能しているため，補足的に取り扱うこととする．

事例 6 では，介入の終了まで生徒と教師の演奏がずれることなくオーバーラップを続けたが，当然のことながら双方の演奏にずれが生じる事例も存在する．小さなずれであれば演奏は継続されるが，ずれが大きくなった場合，生徒は演奏を中断し，ずれの生じた部分からの弾き直しが行われる．

弾き直しは生徒によって自発的に行われ，教師から修正要求がなされる事例は見られなかった．また，生徒の演奏中断から弾き直し開始までの間，教師は姿勢を維持しつつ待ち，生徒の演奏再開後すこし間を開けて演奏のオーバーラップを再開する．典型例を以下に示す．

事例 7 では，直前の修正要求介入の後に，教師が鍵盤に右手をかけて生徒に視線を向けることで演奏による調整介入が予示される．生徒の演奏開始から 250ms ほど遅れて教師は演奏のオーバーラップを開始する（図 8 ↕①）．オーバーラップ中，2 度演奏のズレが生じるが，1 度目はズレが小さくなるように調整され（図 8 演奏のズレ①），2 度目は調整しきれず生徒は演奏を中断し，弾き直しを行う（図 8 演奏のズレ②）．

生徒が弾き直しのために鍵盤上を移動するあいだ，教師は生徒に視線を向けたまま鍵盤に手をかけた姿勢を維持する．生徒の再演奏開始からメロディの 3 音目（およそ 100ms 後）で教師は演奏のオーバーラップを再開する（図 8 ↕②）．

4.　考察

分析の結果から，中断と継続の調整資源として，介入タイミング（生徒の演奏音と発話・演奏が時間的に競合するか）と介入冒頭の内容（演奏･歌が現在の演奏部分と同一部分であるか，指示詞・呼びかけが使われているか）が用いられている可能性が指摘できる．

しかし，事例 2 のように，生徒が教師の介入にあまりにもはやく反応している事例も複数あり，発話や演奏などによる介入以前にも，すでに何らかの別の調整が行われているものと考えるのが妥当だろう．日常会話における発話の順番交代の研究では，吸気音や口を開けること，指差しなどのジェスチャといった非言語的要素が次の発話順番を取ろうとしている参与者によって用いられることが知られている[4]．今回のデータ

11 ブラームス作曲「パガニーニの主題による変奏曲第 2 部」ヘンレ版：147-149 小節目

12 ショパン作曲「バラード 1 番」パデレフスキ版：89-91 小節目

においても，吸気音やピアノへの向き直りなどの介入を予示しうる非言語的要素が観察されており，それらが介入以前の調整の資源となっている可能性が指摘できる．ただし，それらの要素が演奏に集中している生徒にとって，どの程度利用可能な資源となっているかについては，慎重な検討が必要だろう．

生徒の演奏中断は，演奏開始の介入では即座に行われていたのに対して，発話開始の介入では教示発話の最初の 1 語を待って行われていた．発話開始の介入において教師の発話に合わせて演奏が中断されることは、演奏ベースの相互行為から発話ベースの相互行為への移行をスムーズに達成するための方略である可能性が考えられる．すなわち，自身の演奏から教師の発話に注意の対象を移したことを端的に示しているといえるのではないだろうか．

また，指導全体での修正要求介入と調整介入の配置を見てみると，修正要求介入の後にしばしば調整介入がなされる（本稿で取り上げた事例では，事例 3 の後に調整介入が，事例 5・8 の前に修正要求介入が行われている）．これは，演奏を中断させて大まかな教示を行った後に，演奏を止めずに細かい調整を行うという指導の効率的な流れであると同時に，相互行為の参与者同士が同様の発話を同時に重ね合わせて産出することで，両者が共同的関係にあることを実演する手続きとしてのユニゾンに類するものをおこなっているといえるかもしれない[5]．

最後に本分析の限界として，あくまでもシークエンシャルな構造の類型化にとどまるため，実際に参与者たちがこのようなパターンを志向しているかは不明であること，分析に使用したデータが教師 1 人分のみであるため，見いだされたパターンがこの教師の特殊性に起因するものである可能性が否定できないことがあげられる．これらに関しては，今後トラブル事例の分析や，追加データの収録を行うこととしたい．

参考文献

[1] 城綾実・細馬宏通, (2009) “多人数会話における自発的ジェスチャーの同期” 認知科学, Vol. 16, No.1, pp. 103-119.
[2] 坂井田瑠衣・諏訪正樹, (2015) “身体の観察可能性がもたらす協同調理場面の相互行為” 認知科学, Vol. 22, No.1, pp. 110-125.
[3] 西阪仰・串田秀也・熊谷智子, (2008) “相互行為における言語使用: 会話データを用いた研究」について”, 社会言語科学, Vol.10, No.2, pp. 13-15.
[4] Hayashi, M. (2013) “Turn allocation and turn sharing”, The handbook of conversation analysis, pp. 167-190.
[5] 串田秀也, (2006) “相互行為秩序と会話分析”, 世界思想社.

ロボットは道徳的な行為主体になり得るか，＜個性＞を持ち得るか
Can Robots be Moral Agents, Have Personality?

橋本 敬[a]，金野 武司[b]，長滝 祥司[c]，大平 英樹[d]，入江 諒[b]，河上 章太郎[b]，
佐藤 拓磨[b]，加藤 樹里[b]，柏端 達也[e]，三浦 俊彦[f]，久保田 進一[g]，柴田 正良[g]
Takashi Hashimoto, Takeshi Konno, Shoji Nagataki, Hideki Ohira, Ryo Irie, Shotaro Kawakami, Takuma Sato, Juri Kato, Tatsuya Kashiwabata, Toshihiko Miura, Shinichi Kubota, Masayoshi Shibata

[a]北陸先端科学技術大学院大学，[b]金沢工業大学，[c]中京大学，
[d]名古屋大学，[e]慶應義塾大学，[f]東京大学，[g]金沢大学，
[a]Japan Advanced Institute of Science and Technology, [b]Kanazawa Institute of Technology, [c]Chukyo University,
[d]Nagoya University, [e]Keio University, [f]University of Tokyo, [g]Kanazawa University
hash@jaist.ac.jp

Abstract

本稿ではまず，ロボットが人間と共生するためには，ロボットは道徳的な行為主体であり，そのためには，ロボットが代替不可能性（irreplaceability）を持つ必要があり，それはとりもなおさずロボットが＜個性＞を持つことである，ということを論じる．このテーゼに基づき，ロボットと人間が身体的に同調するようなインタラクション（身体的調整運動タスク）により，ロボットが道徳的主体であると人間が判断することに影響があるかどうかを調べる実験を構築する．

Keywords — Moral agenct, Irreplaceability, Human robot interaction, Bodily coordination motion task, Trolley problem

1. はじめに

ロボットが世の中に多数存在し私たち人間と相互作用する世界はいやおうなく到来する．そのときロボットが真に社会の一員となり人間と共生するにはなにが必要か．本研究ではこの問いに心の哲学と人ロボット相互作用の認知科学により迫る．

本研究の目的は，ロボットと人をインタラクションさせることによって，来るべき「ロボットと人間の共生社会」において重要となる「個性」がロボットにとってなぜ必要となるのかを認知哲学的に検討し，その結果を「個性」に関する哲学的なテーゼとして提示することである．そして，そのテーゼに経験的な支持を与えることを目的とした，人とロボットのインタラクション実験を設計する．

2. 個性，道徳的行為主体，代替不可能性

我々は，ロボットが社会の一員として受け入れられて共生のパートナーとなるには，各ロボットに個性が必要であると考える．ここで個性とは，見た目や動き方といった他と差別化できるような性質を持つということではなく，代替不可能性（irreplaceability），すなわち他の存在物に代替され得ない存在であるということである．なぜなら，対象が代替の効く存在ならば，それは単に消費される対象以上にはならないからである．そして，ロボットが＜個性＞をもつとは，それが＜道徳的な行為主体 moral agent＞であるということを主張する．道徳的な行為主体とは，それが自律的行為者であり，かつ，他の何者も代替できない責任を引き受け，そのために他者が経験しえない（クオリア世界のような）内面世界をもつ主体のことである．もしロボットがなにか反社会的な行動をしてしまったとき，その行動の責任を，製造者に負わせたりプログラムのバグだとみなしたりするのではなく，そのロボットそのものが責任を持つと，私たちが考えるということである．

すなわち，ロボットのある行為の責任をその行為者＝ロボットに帰す（ロボットが道徳主体であるとみなす）には，その行為を行った（あるいは行うという決定をした）のが，そのロボットそのものであり，（同型で見た目も同じ見分けがつかないかもしれない）他のロボット個体ではなく，そして，ロボットをプログラミングしたエンジニアではなく，ロボットの製造会社でもなく，そのロボットそのものであるということを言うには，代替不可能性が不可欠である．

本研究では，他者を道徳主体として受け入れるには、その他者が私たちと交流できるような身体と心理的能力を持つと感じられなければならないという作業仮説を措く．この作業仮説に基づいて，「人は、相手に合わせて行動する適応性を持つロボットとの身体的な同調行動を通じて，そのロボットに内面を帰属させたり，そのロボットを道徳主体とみなしたりするようになる」

という仮説を経験的に検討する.

3. 身体的調整運動タスク

他者と身体運動を調整することは社会的な関係を築く基盤である[1]. たとえば, ダンスや合唱などにより同期的な身体運動をすることで, 内集団意識が高まる. 会話相手のジェスチャーがミラーしたり, いっしょに歩きながら話すことで歩くリズムがいっしょになったりすることを通して, 身体運動が無意識的に同期し, 会話が協調的なものになる場合もある.

このような, 身体運動の調整が相互作用する他者に対する印象に与える影響を考えて, 上記の仮説「人は、相手に合わせて行動する適応性を持つロボットとの身体的な同調行動を通じて, そのロボットに内面を帰属させたり, そのロボットを道徳主体とみなしたりするようになる」を検討するために, 我々は「身体的調整運動タスク (Bodily Coordination Motion task)」を考案し実験環境を構築した. このタスクでは, 参加者がハンドルを人間 (図 1) またはロボット (図 2) とともに回す運動を行う. 2 つのハンドルは独立に回すことができる. 参加者には, 適宜逆回転するように指示し, 同調や同期させるようには指示しない. 相互作用する相手が人間の場合は対面と背面の 2 条件, ロボットの場合は相手の動きに合わせるように回転方向を変える適応的なアルゴリズムと, 相手とは独立にランダムに回転方向を変えるアルゴリズムの 2 条件で実験を行う. なお, 対面とロボット条件では, ついたてを両者の間に置くか実験参加者がサンバイザータイプの目隠しを装着することで, 互いの視線を遮る. ロボットはヒト型とし, ソフトバンク社の Pepper を用いる.



図 1 身体的調整運動タスク (人間・人間, 対面条件)



図 2 身体的調整運動タスク (人間・ロボット条件)

4. 分析方法

このタスクにおいて, 同期, 道徳性帰属, 両者の相関の条件依存性を分析する. 道徳性帰属に関しては, 相互作用する相手の行動が道徳的に責められるものだと感じられるかどうかを, トロッコ問題を通じて調べる[2][3]. 加えて, 独裁者ゲームおよび最後通牒ゲームにより, 相手に対して合理的または感情的に意思決定する程度を調べる.

トロッコ問題とは倫理的なジレンマ状況を考える試行実験である. 以下のような状況 (図 3) を考える.「ある線路を走っているトロッコが制御不能になり, このまま行く (図 3 の線路 A を進む) と前方で工事作業をしている 5 人の作業員をひき殺してしまう. その線路は途中で分岐しておりもう一方の線路(図3の線路B)では 1 人が作業している. 分岐の手前にはポイント切り替え機があり, そのポイントを操作すると 1 人が作業している側にトロッコを向かわせることができる. ポイントを切り替えるべきかどうか?」すなわち, なにも行為をせずにいると 5 人が死んでしまう. ポイントを切り替えるという行為をすると 1 人が死んでしまう. どちらの行動を取るべきか, というジレンマ問題である.

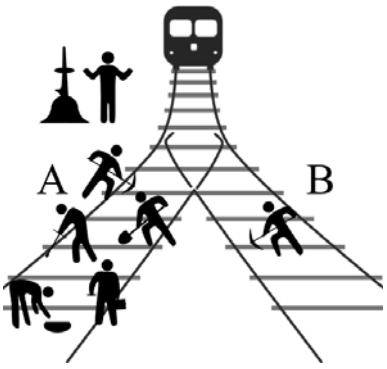


図 3 トロッコ問題の状況

我々の実験では，身体的調整運動タスクでペアになった相手（人間あるいはロボット）がポイント切り替えを行い，5 人ではなく 1 人が死ぬ状況を作る行為を行ったと想定し，その行為により行為者（人間あるいはロボット）が「責められるべき」か「責められるべきじゃないか」を実験参加者に問う．ロボットが行為者である場合に，もし実験参加者が「責められるべき」と答えるなら，それはロボットを責任を帰属させられる道徳的な行為主体とみなしていることになる．

独裁者ゲームでは，実験参加者が身体的調整運動タスクの相手と一定額のお金を分け合う意志決定を行う．2 人で 1000 円を分けうという状況を想定し，実験参加者が一方的に自分の取り分と相手の取り分を決める．相手がロボットの場合，もしロボットをお金をもらって喜ぶような存在として見ないなら，すべてを自分の取り分とすることが合理的な判断である．合理的経済人のモデルでは，相手が人間であっても相手には拒否権がないのだからすべてを自分の取り分とすることが最適であると計算される．だが，相手が人間であれば多くの場合通常そのような意志決定はしない[4].

最後通牒ゲームでは，ほぼ同様な状況で相手に拒否権がある場合を考える．そして相手が分配額を拒否すると，分配額を決定した人も相手もともになにももらえないとする．この場合の経済合理的な判断は，最少額（たとえば 1 円）を相手に分配するというものである．相手が経済合理的な存在ならば何ももらえない 0 円よりも 1 円でももらえたらそれで効用が上がると考えるからである．だが実際にこれを人間同士で行うと，その分配額が 999 円と 1 円になることはほぼない．実際にどのような額になるかは，文化によることが知られている[5]．なぜ 1 円を提案しないかというと，相手が取り分の差に対して怒りを感じて拒否してしまうのではないか，という考えを提案者がするからだろう．すなわち，提案者は相手を合理的ではなく感情的な判断を行い，自分の取り分がなくなるというコストをかけても提案者を罰しようとしている感情的存在であるとみなしていることになる．

さらに我々の実験では，最後通牒ゲームで役割を入れ替え，相手が提案者になり実験参加者がその提案を受け入れるかどうかを決定するというゲームも行う．そしてここでの提案は 900 円を相手が取り，実験参加者には 100 円を分配するというものである．この提案を拒否する場合，相手が感情的に罰するに足る存在であるとみなしていることを示唆する．

5. 予測

トロッコ問題，独裁者ゲーム，最後通牒ゲームにおいて，相手が人間の場合とロボットの場合とで，また，人間の場合は対面で身体的調整運動タスクを行ったか背面で行ったか，そして，ロボットが適応的な場合とランダムな場合とで，どのように判断が変わるだろうか．本研究の仮説に基づき，我々は運動の同調程度と道徳性帰属は正に相関し，そして，ロボットが適応的なアルゴリズムの場合には，人間どうしほどではなくても，道徳性帰属の程度が高くなると予測している．同様の傾向が他のゲームでも見られるだろう．すなわち，相手に対して感情的，あるいは，相手が感情を持っていると想定するような判断をすると考えている．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (B) JP15H03151, および，基盤研究 (C) JP16K02144 の助成を受けたものである．

参考文献

[1] McNeill, W. H. (1997) Keeping Together in Time: Dance and Drill in Human History, Harvard University Press.

[2] Malle, B. F., Scheutz, M., Arnold, T., Voiklis, J., & Cusimano, C. (2015) "Sacrifice one for the good of many?: People apply different moral norms to human and robot agents", Proceedings of The Tenth ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction , pp. 117-124.

[3] Komatsu, T. (2016) "Japanese students apply same moral norms to humans and robot agents: Considering a moral HRI in terms of different cultural and academic backgrounds", Proceedings of The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, pp. 457-458.

[4] Forsythe, R., Horowitz, J. L., Savin, N. E., Sefton, M. (1994) "Fairness in simple bargaining experiments", Games and Economic Behavior, Vol. 6, No. 3, pp. 347–369. doi:10.1006/game.1994.1021.

[5] Oosterbeek, H., Sloof, R. & van de Kuilen, G. (2004) "Cultural differences in ultimatum game experiments: Evidence from a meta-analysis", Experimental Economics, Vol. 7, No. 2, pp. 171–188. doi:10.1023/B:EXEC.0000026978.14316.74

会話分析の相互作用とその役割に基づく対話生成に関する一考察
A Study on Interaction Generation Based on Interaction and Conversation Analysis of Conversation Analysis

太田 博三†
Hiromitsu Ota
†放送大学
The Open University of Japan
otanet123@gmail.com

Abstract

There is remarkable thing about penetration into daily life by deep learning technology such as Pepper and AI speaker as a voice assistant. However, there is a big gap quality or feeling between human speech and its dialogue system. I tried approaching by incorporating the viewpoint of conversation analysis by sociology's ethnomethodology into deep learning technology. As a result, dialogue generation with a more human-like deep learning framework is expected. It is an interdisciplinary approach.

Keywords — Conversation analysis, Ethnomethodology, Deep learning, Dialogue generation

1. はじめに

本研究は，音声対話システムや対話応答サービスがスマートフォンの Siri だけでなく，スマートスピーカーの Alexa などが 2017 年に発売され，日常生活の中心となり，これらを経由して，目覚まし時計から出前の注文，そしてエアコンや家電製品の制御をするまでに普及してきている．

ここで，今後の成熟の鍵となるのは，人間の発話に対して機械/ コンピューターの発話が成立しているか，対応関係にあるかが，根幹的なポイントのひとつであることには変わりがない．本稿では，この対話応答の継続性を向上させることに着眼したものである．

社会学のエスノメソドロジー(ethnomethodology)や会話分析(conversation analysis)があり，ハーベイ(Harvey)やサックス(Sacks)らの 1970 年代の定性的な研究から生まれたものでもある．これらの中に，[質問]-[応答]や[申し出]-[受諾/ 拒否]，[呼びかけ]-[応答]などの隣接対のフレームワークがあり，対話生成に有用であると考え，着目したものである．

最終的には，対話の自動生成に適用し，その継続性や適切な応答などの精度向上に資することが目標である．ここで，文章自動生成と同様に，対話文を(0, 0, 1, 0, 0)などのベクトルに変換する分散表現と言われる表現学習も大きく関わってくる．深層学習における対話応答のモデルとして Neural Conversation Model(Vinyals, 2015)が挙げられる．会話分析の隣接対の概念を，これらに適用することが第一義的であるが，本研究では隣接対が日本語学習者の初級者と上級者とで違いがあるかを考察したものである．隣接対がある程度，実証されれば，隣接対以外の会話分析の概念も適用できる可能性が少なくない．従って，今後の研究の基盤となるものでもあり，あらゆる角度から検討したものである．ぜひ、実務につなげられるようにしたい．



図 1. 属性別の日本語教育会話データベースの検索画面

2. 先行研究

対話破綻検出プロジェクトや DSTC7 などの国内外の催しから，類似したペーパーがあるが，視点が異なり，明確に会話分析の概念を用いているとは限らない．

また，Seq2Seq などの深層学習のモデルを単体で用いたり，そのモデルをアーキテクトの面で進化させたものはあるが，対話応答へ根差したものとまで言える研究は極めて少ない．

最後に，使用データとその属性について説明する．

国立国語研究所の提供する日本語学習者会話データを用いたものである．本会話データは，ACTFL(全米外国語協会)による OPI(Oral Proficiency Interview Test)に基づいており，日本語 OPI は 1993 年に発足し，15 年近く経過している．ここでの判断尺度は，次の 4 つに区分されている．

1. 超級（Superior），2. 上級（Advanced），3. 中級（Intermediate），4. 初級（Novice）

これは「日本語学習者会話データベースの利用手引き（平成 22 年 5 月 国立国語研究所）」によれば，言語運用能力は10種類の階級に区分されている(表1)．対話のスクリプトは，インフォーマント（日本語学習者/ データ提供者）とテスター（面接者）とからなり，30 分ほどの対話形式で構成されている．

また上記の 10 段階の OPI レベルや性別，年齢，出身国などを選択することができる．検索条件を設定してダウンロードすると，文字化（一部，音声化）されたスクリプトが入手でき，有用である（図 1）．

対話応答の自動生成に関しては，ICML 2015 Workshop で Vinyals（2015）らの Google のチームが NIPS2014 で発表した Sequence to Sequence model を基としている．多層の LSTM を用いて文章をベクトル化（エンコード）し，別の多層 LSTM を用いてベクトルをデコード（復元）するものである．これは「日本語ー英語」間の機械翻訳でよく用いられている．

表 1-. OPI 能力区分表

区分	OPIレベル	階級	OPI評価
1	超級（Superior）	1	超級
2	上級（Advanced）	2	上級−上
	〃	3	上級−中
	〃	4	上級−下
3	中級（Intermediate）	5	中級−上
	〃	6	中級−中
	〃	7	中級−下
4	初級（Novice）	8	初級−上
	〃	9	初級−中
	〃	10	初級−下

3. まとめ

日本語学習者の会話データから，エスノメソドロジーや会話分析における隣接対が多ければ多いほど，継続性のある日本語対話文の自動生成につながることが確認された．これに年齢に応じた単語の言い換えが加わると，流暢な日本語になり得る可能性がある．この言い換えも，属性から推測されうる．

本考察から，事前に学習データの隣接対を計量化した結果，ある一定の基準を超えていれば，Seq2Seq による対話自動生成は比較的，自然な対話が生成される可能性が考えられると言える．さらに，源データに隣接対を追加・修正するなどによって，ターンテイキングの数を増やすことも考えられ，対話の継続性が増すという改善が期待できる．

今後は，隣接対の他に話者交替で多用されるパターンや対話の中の修復を当てはめ，同じように対話自動生成に有効かを検証してみたい．

4. 参考文献

[1] Oriol Vinyals, Quoc Le. A Neural Conversational Model, arXiv last revised 22 Jul 2015.

[2] Marjan Ghazvininejad. A Knowledge-Grounded Neural Conversation Model. Microsoft, 2018

[3] 喜連川他 「暗黙の発話状況を考慮したニューラル対話モデル」. 言語処理学会 第 23 回年次大会 発表論文集 2017

[4] 串田, 平本, 林 「会話分析入門」 勁草書房 2017

[5] 国立国語研究所 日本語学習者会話データ https://nknet.ninjal.ac.jp/kaiwa/

[6] 対話破綻検出チャレンジ 2015 https://sites.google.com/site/dialoguebreakdown detection/

[7] 船越・東中他(2016) 「対話破綻検出チャレンジにおける対話破綻データと破綻検出結果の分析」 言語処理学会 第 22 回年次大会

[8] 前川・小磯他(2015)「話し言葉コーパス: ―設計と構築― (講座日本語コーパス) 」朝倉書店

[9] DSTC7 Dialog System Technology Challenges http://workshop.colips.org/dstc7/index.html

[10] EMCA 研究会 エスノメソドロジー・会話分析とはなにか - http://emca.jp/learn

[11] 狩野(2017) 「コンピューターに話が通じるか 対話システムの現在」 情報管理 Vol.59 no.10

[12] 石崎・伝(2001)「談話と対話」東京大学出版会

[13] 藤田 自然言語表現の言い換え http://paraphrasing.org/~fujita/paraphrasing-ja.html

パズル操作の測定・分析による思考の推定
Inferring Thinking: Measurement and Analysis of Puzzle Solving Operations

山口 琢 *, 小林 龍生 †, 高橋 慈子 ‡, 大場 みち子 §
Taku Yamaguchi, Tatsuo Kobayashi, Shigeko Takahashi, Michiko Oba
* フリー, † 有限会社スコレックス, ‡ 株式会社ハーティネス, § 公立はこだて未来大学
Independent Researcher, Scholex Co., Ltd., Heartiness Co., Ltd., Future University Hakodate

概要

パズルを適切に設計して，パズルを解く操作を測定・分析することで，プレイヤーの思考を推定する手法を提案する．パズルとは「人に考えさせるコンピューター・アプリケーション」，プレイヤーはアプリケーションのユーザー，パズルがプレイヤーに提示する「文」,「できごと」など操作の単位をパズルのピースと呼ぶ．ジグソー・テキストは，ランダムに並んだ文を，プレイヤーが適切と考える順序に並べ替えて完成させる，文章のジグソー・パズルである．文がパズルのピースとなる．Web アプリケーションとして実装されている．時間的に近くで操作対象となるピース間には何かの関係があると考えられ，操作の時間的な共起分析が，パズル操作の分析に有効と考えられる．パズル問題「オレオレ詐欺」を解くプロセスを分析すると，プレイヤーたちが，特定のピース間の関係を読み取り (読解)，それを反映した順序に並べ替え (作文) ようとしたと考えられる．

キーワード：作文, 読解, 測定, 分析, 思考,writing, text production, reading, measurement, analytics, thinking, thought

1. はじめに

パズルを適切に設計して，パズルを解く操作を測定・分析することで，プレイヤーの思考を推定する手法を提案する．パズル・アプリケーション，パズルの問題，操作の測定内容，および分析手法のそれぞれを工夫して，プレイヤーの思考を推定する．パズルとは「人に考えさせるコンピューター・アプリケーション」である．既存のアプリケーションでも、新しく設計・開発したものでもよい．ワードプロセッサー，プログラミングなど，人が対話的に使うあらゆるコンピューター・アプリケーションを含む．プレイヤーとは，これらアプリケーションのユーザーである．パズルがプレイヤーに提示する「文」,「プログラムの構文要素」,「できごと」など操作の単位をパズルのピースと呼ぶ．

本稿では，パズルの例として新しく設計・開発した読解・作文のパズルとプログラミングのパズルを取り上げ，分析手法の例として操作の時間的共起分析を示す．

2. 先行研究

思考に関連する先行研究，およびアウトプット (text, product) を分析する従来の言語処理を振り返って課題を示す．

2.1 アウトプットの測定による能力や熟達度の評価

能力の測定ではしばしば，アウトプット (output, product) の評価が用いられる，能力の高低が，アウトプットの高低と相関すると考える．あるいは，能力をアウトプットで定義している．批判的思考の研究では，選択肢式や自由記述式などのテストを工夫してテストの点数によって被験者の能力を測る [1].

テストそのものを測定装置とする能力測定では，テストそのものに「能力とは何か」という前提が含まれていて，前提と測定システムが不可分である．解明したい現象について，すでに分かっている前提で研究を進めるという問題をはらむ．

2.2 プロセスの測定による熟練度や参画度の評価

書き手のキーストローク [2][3]/ペンストローク [4] を測定する研究では，では，焦り・つまずき・滑らかさなどからプレイヤーの熟達度や，いつ勉強してるか・授業についてきているかなどの参画度を検出した．しかし，プレイヤーが，パズルを解く過程で採用する個々の戦略・判断・知識の推定にはいたっていない．

視線の移動経路を測定する研究 [5] では，MindMap の読解において視線移動によって読解戦略の違いを捉

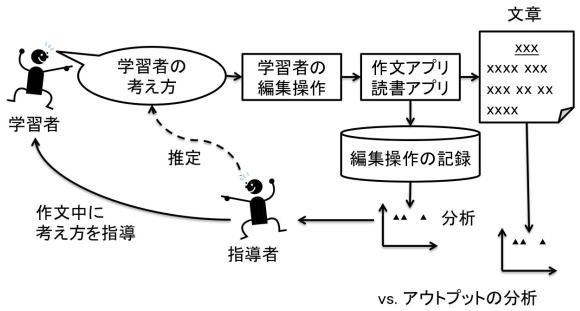


図 1　操作の分析とアウトプットの分析

え，その読解戦略の違いから習熟度を推定する可能性を示した．同時に，習熟度が必ずしも理解度と直結しない可能性を示した．このことは，テストの結果が思考方法と直結しないことを示すと言えるだろう．

2.3　アウトプットの空間的な共起分析

従来，言語処理研究では，アウトプット (output, product) を分析してきた．そこでは，テキスト上で近くに頻出する，あるいは段落や文章といった同じかたまりに頻出する語同士は関係が深いとする「空間的な共起関係」に基づいて分析することが多い (図 1)．このような空間的共起分析では，空間的に離れた場所の関係，大域的な関係を捉えられないという問題がある．

3.　読解・作文パズル「ジグソー・テキスト」

ジグソー・テキストは，ランダムに並んだ文を，プレイヤーが適切と考える順序に並べ替える，文章のジグソー・パズルである．文がパズルのピースとなる．Web アプリケーションとして実装されている．

図 2 はパズル問題の例で，オレオレ詐欺を説明した文章である．s1 等はピースである文の ID で，測定・分析や本稿での説明に用いる．パズルを開始すると，これら文がランダムに並べ替えられてプレイヤーに提示される．プレイヤーはドラッグ&ドロップで並べ替えて，適切と考える順序になったところで完成ボタンを押す．

パズルはプレイヤーの操作を記録している．開始，ドラッグ，ドロップ，完成のイベントを時刻と，そのときの全体の順序とともに記録する．さらに，ドラッグとドロップについては，対象のピースと，その前後のピースの ID も併せて記録する (図 3)．

4.　測定結果

ジグソー・テキストを大学のライティング演習で使った 2 つの例 – A 演習、B 演習 – について、測定結

s1　相変わらず、オレオレ詐欺の被害が減らない。
s2　オレオレ詐欺には、大きく分けて2つの種類がある。
s3　ひとつは、まさにオレオレ詐欺で、孫や甥などをかたって、金銭を要求する。
s4　ひとつは、官公庁や銀行を騙って、還付金があるとだまして現金自動預払機を操作させ、金銭をだまし取る。
s5　この派生形として、口座が不正に操作されたとだまして、暗証番号を聞き出した上で、銀行カードもだまし取る。
s6　このような被害を防ぐ最良の方法は、電話での金銭の要求や、銀行口座やクレジットカードに係わる電話があった場合は、まず、詐欺を疑い、家族や親しい人に相談することだ。
s7　しかし、問題は、身近に相談できる人がいない高齢者が多くいることにあるのかもしれない。

図 2　ジグソー・テキストのパズル「オレオレ詐欺」

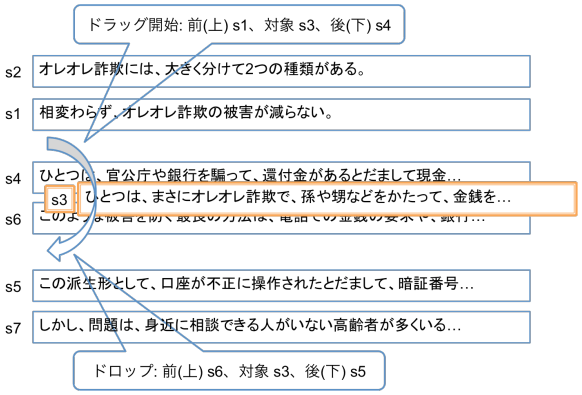


図 3　並べ替え操作の測定

果の例を示す。4 は完成時の順序のパターンの分布、5 は最初に動かしたピースの分布である。

図 6 は，B 演習について，ドラッグ対象となったピースの時間的な共起行列，すなわち，時間的に連続して操作された回数の頻度行列である [6]．縦軸のピースの次に横軸のピースを動かした回数を，その演習全体について総計して表示しており，例えば s1 の次に s2 を動かした回数は演習全体で 9 回であった．

図 7 は，共起行列の値のヒストグラムである．図 6 で，背景がオレンジ色のセルは，回数の度数分布について，平均+標準偏差よりも値が大きい．

5.　考察: 操作の時間的共起とプレイヤーの思考

時間的に近くで操作対象となるピース間には何かの関係があると考えられる．図 6 は，パズル問題「オレオレ詐欺」について，B 演習のプレイヤーたちが読み取った文章構造を反映していると考えられる．ランダムに並べられたピース群から，特定のピース間の関係を読み取り (読解)，それを反映した順序に並べ替え (作文) ようとした．

	A演習			B演習		
		件数	並び順	件数		
#####	25%	2	s1→s2→s3→s4→s5→s6→s7	30	57%	##############################
#######	37%	3	s1→s2→s3→s4→s5→s7→s6	4	7%	####
			s2→s3→s4→s5→s6→s7→s1	1	1%	#
			s1→s2→s4→s3→s5→s6→s7	1	1%	#
			s1→s2→s4→s5→s3→s6→s7	5	9%	#####
			s1→s7→s2→s3→s6→s4→s5	1	1%	#
			s2→s4→s5→s3→s1→s7→s6	2	3%	##
			s1→s2→s3→s4→s6→s7→s5	1	1%	#
			s1→s2→s3→s7→s4→s5→s6	1	1%	#
			s1→s2→s4→s5→s3→s6→s7	1	1%	#
#####	25%	2	s1→s2→s3→s6→s4→s5→s7	1	1%	#
			s2→s3→s6→s7→s4→s5→s1	2	3%	##
			s1→s2→s3→s5→s4→s6→s7	1	1%	#
			s2→s3→s4→s5→s1→s6→s7	1	1%	#
##	12%	1	s2→s4→s3→s1→s5→s6→s7	0	0%	

図 4　完成順序の分布,「#」マークで度数を示す

	A演習			B演習		
	%	件数	対象の文	件数	%	
##########	50%	4	s1	9	22%	####
#####	25%	2	s2	15	37%	#######
##	12%	1	s3	2	5%	#
##	12%	1	s4	3	7%	#
	0%	0	s5	5	12%	##
	0%	0	s6	2	5%	#
	0%	0	s7	4	10%	##
		8件		40件		

図 5　最初に動かしたピース (文) の分布

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	11	9	5	7	6	3	7
s2	2	7	12	10	4	6	3
s3	3	1	9	8	7	8	5
s4	8	1	8	10	11	5	3
s5	8	4	3	5	9	6	5
s6	9	2	2	4	6	6	5
s7	6	5	3	4	6	3	6

図 6　ピース操作の時間的な共起行列

5.1　ピースの「形」と「絵柄」，そしてシステムの中立性

例えば s2「…2 つの種類がある」，s3「ひとつは…」，s4「ひとつは…」の 3 文には関係 (構造) があると読み取ったと考えられる.「2 つの」,「ひとつは」,「ひとつは」というフレーズを手がかりに内容全体の構造を読み取り，それに基づいて文章を並べ替えようとすることが，プレイヤーの思考内容であったと考えられるのである.

これは一方で，文章を読み解く手法として妥当である．本家ジグソー・パズルで言えば，ピースの形を手がかりに解くことに該当するであろう．他方で,「孫や甥などをかたって…」や「官公庁や銀行を騙って…」の内容を読み解いていないとも言える．本家ジグソー・パズルで言えば，完成絵の絵柄を考慮していない.

絵柄を考慮して，すなわち「孫や甥などをかたって…」や「官公庁や銀行を騙って…」の内容を読み取ることでパズルを解かせたいと，指導者やパズル作成者が考えるのであれば,「2 つの種類がある」,「ひとつは」といったフレーズを取り去ればよい．実際この「オレオレ詐欺」では，問題作成者は当初,「ひとつは…」,「もうひとつは…」としていたのを,「ひとつは…」,「ひとつは…」に修正している.

「形」を手がかりとする思考,「絵柄」を手がかりと

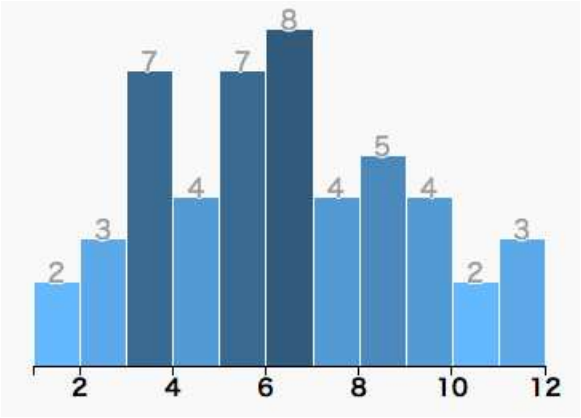


図 7　ピース操作の時間的な共起頻度のヒストグラム

する思考，これらの思考に対して提案手法は中立である．どちらかが思考であって，どちらかは思考ではないなどとはしない．

5.2　大域的な構造

また s6 と s1 の関係では，s1「オレオレ詐欺が減らない」ことと，s6「被害を防ぐ最良の方法」とが対になっていると読み取ったのであろう．

s1 と s6 は文章中で離れている．従来の，テキストの空間的近さに基づく共起分析と異なり，この手法は操作の時間的な近さに基づいて，空間的に離れた要素 (ここでは文) の関係を抽出できる．また，この関係は，未知/無名の関係であってよい．

「被害が減らない」と「被害を防ぐ最良の方法」との意味的な関係を抽出するには、従来の手法であれば既存の大量のコーパスが必要であった。

提案方式は、今まさに読まれ/書かれつつある文章の意味的な関係を抽出している。この関係は、未知/無名の関係であってよい。本手法は，関係の内容に対して中立である．

6.　他の分野への適用

ジグソー・パズル型のパズルによる手法は，作文・読解にとどまらずプログラミング，歴史，プロジェクト管理，地理など，さまざまな分野への適用を期待できる (図 8〜図 15)．プレイヤーの構文理解度，良く知られたできごと間の前後関係などを検出できるであろう．

図 9 は図 8 よりも動かせるピースが多くなっている．図 8 はプレイで各行が最初に動かされた回数，図 11 は各行が動かされた総数である．動かされた総数に比べて，最小に動かされた回数が偏っていることが分

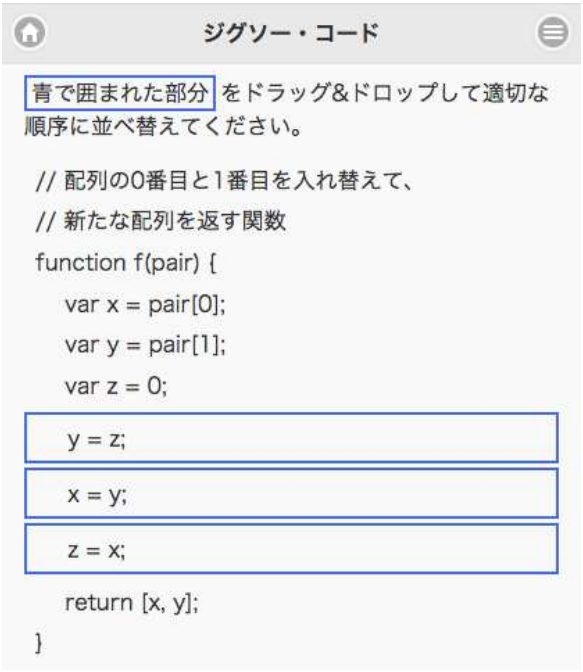


図 8　ジグソー・コード「変数の値の入れ替え A」

かる．図 12 より，最も多く最初に動かされた s3 の後で s11 を動かすことが多かったことが分かる．すなわち，関数の開始と終了のカッコ「}」をセットで，まず動かしているのである．s3 と s11 は空間的には離れているが，この意味で近いピースとして扱われている．

6.1　ロジック・ツリー作文「トピック・ライター」

また他の型のパズルも考えられる.「トピック・ライター」はロジック・ツリー型のパズルで，テクニカル・ライティングの演習で使われている (図 16)．ツリーのノードがパズルのピース，ノードへのテキスト入力・編集がパズルの操作である．ノードの時間的共起関係によって「『主旨』と『詳細』の書き分けを考えている」などを読み取れるであろう．

「トピック・ライター」では，受講生のパズル操作，すなわち作文行動の指標として，共起頻度を操作対象間の空間的距離に応じて重み付けして累計した Editing Operation Indicator (EOI) を指標として提案した．ルーブリックによる文章評価のレビュー後の改善度と EOI とに順位相関があった [7].

7.　まとめ

「考え方」というものがあるなら、それに基づく行動にはパターンがあるだろう。パズルを適切に設計す

```
s1    // 配列の0番目と1番目を入れ替えて、
s2    // 新たな配列を返す関数
s3    function f(pair) {
s4        var x = pair[0];
s5        var y = pair[1];
s6        var z = 0;
s7        z = x;
s8        x = y;
s9        y = z;
s10       return [x, y];
s11   }
```

図 9　ジグソー・コード「変数の値の入れ替え B」，関数全体が操作対象

```
s3   16   66%   ############
s4    1    4%   #
s5    1    4%   #
s6    2    8%   ##
s7    0    0%
s8    0    0%
s9    1    4%   #
s10   2    8%   ##
s11   1    4%   #
合計  24
```

図 10　各行が最初に動かされた回数

ることで、パズルを解く考え方が、パズル操作のパターンとして現れると期待できる。

本稿では，パズル操作を測定・分析することでプレイヤーの思考を推定する手法を紹介し，測定データを分析する手法の例として特に編集操作の時間的共起分析を取り上げた．

8.　謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K01085 の助成を受けたものです。

文献

[1] 楠見孝, 道田泰司編, 批判的思考：21 世紀を生きぬくリテラシーの基盤, 新曜社, 2015.1

[2] LEIJTEN, M., VAN WAES, L., (2013) ”Keystroke logging in writing research: Using Inputlog to analyze and visualize writing processes”. Written Communication, 30(3): 358 - 392.

```
s3   23   11%   ##
s4   20   10%   ##
s5   22   11%   ##
s6   27   13%   ###
s7   22   11%   ##
s8   17    8%   ##
s9   17    8%   ##
s10  25   12%   ##
s11  24   12%   ##
合計 197
```

図 11　各行が動かされた回数

n \ n+1	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
s3	0	3	3	1	2	1	0	1	**12**
s4	0	3	**10**	3	1	0	1	1	0
s5	0	2	2	**9**	0	0	1	6	1
s6	2	1	1	4	**9**	4	3	1	0
s7	0	0	0	2	2	**9**	3	0	0
s8	1	0	0	1	1	1	2	1	2
s9	0	1	0	2	6	1	4	0	1
s10	1	5	5	3	1	1	2	4	0
s11	3	4	0	0	0	0	0	**9**	7

図 12　ピース (コードの行) 操作の時間的な共起行列

[3] 田中啓行、石黒圭、 (2018) ”日本語学習者の作文執筆修正過程： 中国人学習者と韓国人学習者の修正の位置と種類の分析から”、国立国語研究所論集 = NINJAL Research Papers (14), 255-274

[4] 飯山将晃、中塚智尋、森村吉貴、橋本敦史、村上正行、美濃導彦、(2017) ”ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出”、教育システム情報学会誌 34(2), 166-171

[5] 山内肇, 小林司朗, 岡ノ谷一夫, 思考モデル型ノート記法におけるエキスパートと初心者の視線移動の違いについての考察, 日本認知科学会, 認知科学 19(4), 418-433, 2012

[6] 山口 琢, 大場みち子, 藤原亮, 高橋慈子, 小林龍生, 読み書き行為の時間的・手順的な共起に基づく自然言語処理の提案, 情報処理学会 第 80 回全国大会講演論文集 2018, 2018

[7] Michiko Oba, Taku Yamaguchi, Shigeko Takahashi, Tatsuo Kobayashi, Analysis of Relationship Between Text Editing Process and Evaluation of Written Text in Logical Writing, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育（CE）, 2017-CE-141, vol. 10, 2017-10-27

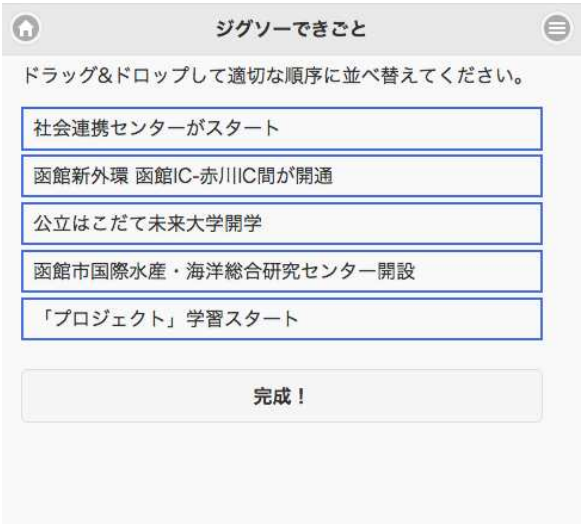


図 13　ジグソーできごと「公立はこだて未来大学 - 初級」



図 14　ジグソーできごと「結婚 2」



図 15　ジグソー地理「湘南」

用語説明の構成		
概念	説明	メリット、使い方
それは何か、一文で簡潔に書く	具体的に説明する	
クラウドコンピューティングは、データをインターネット上に保存する情報機器の使い方のことです。	会社・大学だけでなく外出先や自宅からでも、離れた場所の共有インフラにあるデータを閲覧、編集、アップロードできます。情報機器も、パソコンや携帯電話（主にスマートフォン）を利用できます。	インターネットに接続していれば、ユーザーはいつでもどこからでもデータにアクセスできます。

図 16　ロジック・ツリー型のパズル「トピック・ライター」

アイスホッケー熟達過程における発話の変容過程の可視化
Visualization of Change Process of Utterance in Ice Hockey Skill Acquisition Process

山田 雅之[1]，児玉 謙太郎[2]，清水 大地[3]，大海 悠太[4]
Masayuki Yamada, Kentaro Kodama, Daichi Shimizu, Yuta Ogai
[1]星槎大学，[2]神奈川大学，[3]東京大学，[4]東京工芸大学
Seisa University, Kanagawa University, Tokyo University, Tokyo Polytechnic University
m-yamada@gred.seisa.ac.jp

Abstract
This article presents the visualization of change process of utterance in ice hockey expertise. We used discussion process analysis tool called KBDeX for analysis. The results suggest that skill acquisition process can be read by visualization of utterance.

Keywords — Coaching, Expertise, Conceptual Change

1. はじめに

学習者の熟達過程においてコーチの発話はどのように変化しているのだろうか？ 本研究ではアイスホッケーをはじめたばかりの初心者とコーチの発話に着目した．本研究では発話の変容過程を分析・可視化するためにKBDeX[1]を用いた．KBDeXは議論過程可視化システムであり，膨大なデータに対しネットワーク分析を実施し，発話中のワードの相互作用や時系列変化を分析可能である．

2. 目的

本研究の目的はアイスホッケー熟達過程において，発話が如何に変容しているかについてKBDeXを用いてネットワーク分析を実施し可視化することである．

本研究で対象とするような熟達過程における発話データは膨大で複雑であり，この様なデータの分析・可視化から得られた知見が求められている．本研究では今後の実践へと繋がる知見を求めた探索的な位置付けとして事例データを質的に分析した．

3. 方法

実践は初めてスケートを体験した3歳11ヶ月児（男子1名）の8回分のデータを対象とした．学習者が所属する少年アイスホッケーチームの練習時間（1回90分）におけるコーチと学習者との発話を，コーチのヘルメット頭頂に設置したウエアラブルカメラの動画から書き起こした．学習者は初心者だったため実践開始当初は陸上でもスケートで立つこともままならない状況であった．そのためチーム練習から離れコーチがマンツーマンで指導に当たっていた．コーチは8回の練習のうち，4回目を除きすべてカナダ国籍の男性コーチであった，4回目のみ日本人の別のコーチが担当した．コーチにアイスホッケー経験はなかったが，スケートは自由に滑ることができた．カナダ国籍のコーチは日本語の日常会話に問題はなかった．

本研究ではKBDeXを用いて以下の分析を実施した．

1. 8回の練習全体での発話データのネットワークにおける次数中心性の変化の分析．
2. 各練習における発話データのネットワーク図の作成と各ワードの次数中心性の変化についての分析．

次数中心性は各ワードが他のワードとどの程度繋がっていたかを示している．ネットワーク分析では他にもワード同士を仲介しているかを示す値である媒介中心性が重要とされているが，本研究ではネットワーク全体の変化の傾向と各ワードの繋がり具合が発話の内容を示すため次数中心性を対象とした．

4. 結果と展望

本研究はアイスホッケー熟達過程における発話の変容をKBDeXで分析し可視化した．

8回の練習全体での次数中心性の変化を図1に示す．図1は縦軸が次数中心性の総和の変化であり，横軸が時間軸になっている．図1のグラフにおいて，大きく数値が変化している部分に着目すると，その時点で練習が切り替わっていることが示唆された．具体的には図中100行目の直前で値に上昇が見られる（図中丸印）．この時点で何が起きていたかを発話記録から読み取ると，初めてコーンを使ってつかまり立ちができるようになった直後であることがわかった．このような事例は多くあり（主な変化は図中に丸印），数値の上昇や下降が大きく起きている部分やある程度数値の変化が無い状況から変化が起きている場面ではスキルの獲得や練習メニューの切り替えが起きていた．この結果はそ

こまである程度安定していたワードの繋がりに対して，メニューの切り替わりによって変化が起き，次数中心性の変化に現れることを示唆している．このことから本研究のような熟達過程の発話データにおいて，KBDeX を用いることによってスキルの獲得が生じたタイミングや練習メニューの変化したタイミングを閲覧出来る可能性が示唆された．

各練習における発話データのネットワーク図を作成した後各ワードの次数中心性の変化を算出した．図 2 は 3 回目・4 回目・5 回目のネットワーク図である．4 回目の練習では学習者が初めて氷上を補助なしで歩行している．この様子は 4 回目で「ペンギン」と「足」が強く繋がっている様子と，多くのワードが上記 2 つに繋がっている様子からも伺える．また 5 回目になると歩くことが可能となっていることで，「動く」や「シュート」「パス」と言った新たな課題にチャレンジしている様子も見られた．ネットワーク図の比較では，図 1 から示唆されたような細かな練習メニューの変化よりも大きなその日その日の課題の切り替わりが閲覧可能となっていることが示唆された．あるスキルを獲得することで，別の課題へと移行している様子が見受けられた．これらの結果は各ワードの次数中心性のグラフ（図 3）からも見受けられた．具体的に 3 回目から 5 回目の間では，4 回目に「ペンギン」と「足」のワードの数値が上昇し，5 回目ではペンギンが消滅し，「パック」「コーン」「立」と言ったワードが高い値を示している．

あるスキルを獲得したことで，別の練習メニューに変わる現象は，Roy[2]の子供の言語獲得において，単語の獲得に向けて保護者の支援の度合いが高くなり，単語を獲得した後に支援の度合いが低くなることと同様の結果と考えられる．コーチはスキルの獲得に向けて練習を実践し，スキルの獲得が起きたと判断すると別のメニューに変えて，結果発話中のワードの繋がり方が大きく変化していたと考えられた．

本研究の結果から，長期の熟達過程であった本研究のような発話データに対して，議論過程可視化システムである KBDeX を利用することで可視化が可能であることが示唆された．

これらの結果は発話のみに限定されており，アイスホッケーのパフォーマンスとの関わりも含めた分析・可視化可能なシステムが求められている．動作と発話がどのような関係にあり，どんな場面で熟達化が起きるのかについての知見を得ることでコーチング実践へと繋げられると考えられる．実践現場では細かい数値の変化よりも，長期の熟達過程においてどこで変化が起きているかという実践に活かせる知見が求められる．本研究ではこうしたフィードバックが実際にどのような効果があったのかについても検討を続けたい．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K16176 の助成を受けたものです．

引用文献

[1] Y. Matsuzawa, J. Oshima, R. Oshima, Y. Niihara, S Sakaia (2011) “KBDeX: A Platform for Exploring Discourse in Collaborative Learning”, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 26, pp. 198-20,

[2] Roy,D. (2009) “New Horizons in the Study of Child Language Acquisition”, Proccedings of Intrespeech 2009,

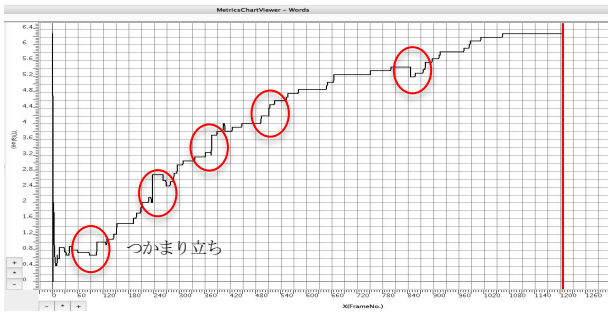


図 1．練習全体での次数中心性の変化

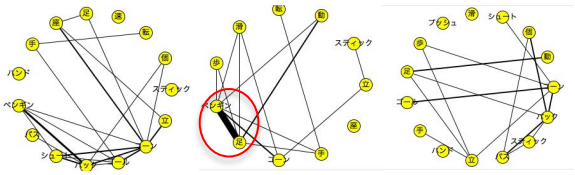


図 2．3 回目から 5 回目のネットワーク図

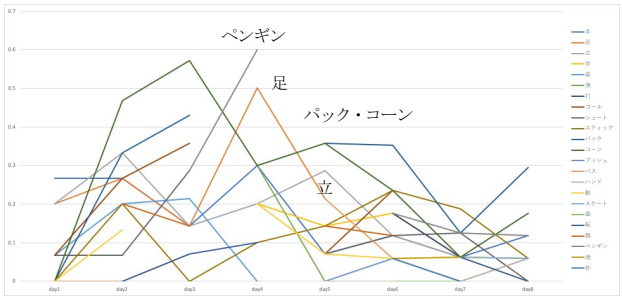


図 3．各ワードの次数中心性

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

ブレイクダンスにおける新奇な表現の創作過程
Creation Process of Novel Expression of Expert Breakdancer

清水 大地†, 平島 雅也‡, 岡田 猛†
Daichi Shimizu, Masaya Hirashima, Takeshi Okada

†東京大学大学院教育学研究科, ‡情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター
†Graduate School of Education, University of Tokyo ‡Center for Information and Neural Networks, National Institute of Information and Communications Technology
daichi@p.u-tokyo.ac.jp

Abstract

In the domains of performing arts, such as dance, how do experts generate their fascinating works? This study investigated the long-term creative process of expert breakdancers through case study over several days. We analyzed this process of creation using a visualization method of the body parts on which the dancer focused. Also, the movement data was measured and analyzed using a video cameras and motion capture system. The results suggest that the body parts under focus and the dancers' ideas changed drastically during the long-term creative process. The understandings and interpretations of some specific domain knowledge and skills that also changed during the processes served as the internal constraints on the dancers' creation of novel ideas. In addition, to externalize the ideas as movements facilitated changes to the dancers' understandings and interpretations.

Keywords — Creativity, Artistic creation, Case study, Performing Arts, Break Dance, Motion capture system

1. はじめに

人はどのように新奇なアイデアや表現を生み出していくのか．この問いに関して近現代の心理学や認知科学では，この過程を心的操作や概念の結合，analogy 等を伴った創造的な問題解決過程として捉え，芸術表現や科学的発見を対象とした実証的な検討を行ってきた（e.g., Dunbar, 1993; Okada, Yokochi, Ishibashi, & Ueda, 2009）．本研究では，実際に上演芸術（ブレイクダンス）の熟達者によって営まれた創作を対象とし，長期に渡る創造活動過程に関する実証的な検討を行った．その際，特にその重要性が指摘されている『内的な制約の変更』(e.g., Ohlsson, 1992; 開・鈴木, 1998; Stokes, 2001, 2005) と『アイデアの具現化とその知覚・省察』(e.g., Goldschmidt, 1991, 1994) という 2 点に着目した検討を行った（図 1）．

2. ケーススタディ

ブレイクダンスの熟達者 1 名（男性，26 歳，経験年数 10 年，国内大会での準優勝経験有り）が 7 日間，計 100 trial に渡るケーススタディに参加した．熟達者は領域に既に存在する「エルボーエアートラックス（図 2）」という技術を発展させ，新奇な技術を創造する活動に取り組んだ（図 3）．そして，アイデアの言語報告やビデオによる記録映像，身体運動データ（赤外線式モーションキャプチャーシステムによる測定）等を用いて，その表現の創造に至る過程を詳細に検討した．

3. 結果と考察

3. 1. 生成された技術の概要

ダンサーによって生成された技術を図 4 に示す．この技術は元の技術について，その重要要素である回転するという動きを右足の着地によって中断し，その勢いを逆側の回転として利用する，という発想に基づいて生み出された．

3. 2. 創造の過程

3. 2. 1. 概要

まず，アイデアに対する本人の新奇性評定を検討した（図 5）．図より，前半（trial 1-50）では，新奇性に関して多様な値を示しており，様々な内容のアイデアを探索していたと推測された．一方で後半（trial 51-100）では，ほぼ全ての場合で新奇性が高い値を示しており，50 trial 前後で有望なアイデアが発見され，その後そのアイデアに集中して取り組んだことが窺われる．

次に，アイデアの内容を検討した結果を図 6 に示す．これはアイデアの言語報告において多く言及された身体部位や概念を身体マップに当てはめてその頻度を表したものである．図から 4 日目（41-60 trial）以降において，特に右足などの特定の身体部位が頻繁に言及されるようになったことが窺われた．これは，アイデアの焦点化を示す奇性評定の結果や生成された技術の特徴（右足で回転を止める）と合致する結果だと考えられる．また，2 日目では様々な身体部位（右手，左手，

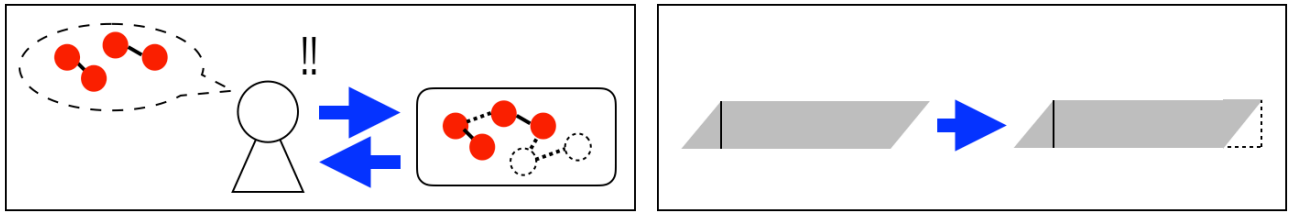


図1. アイデアの具現化とその知覚・省察の過程．生成したアイデアを実際に形にして表すこと，そしてそれを知覚して深く考えることが，気づいていなかった要素や関係性の発見に繋がり，創造活動が促される．右の図は，具現化によるイメージの拡張の例を示す．Wertheimer (1959), Goldschmidt (1991)を参考に作成した．補助線を引き，その全体像を知覚・省察することで区分けされた三角形を他の部位に当てはめ，全体を長方形として捉え直すことが可能であることが想像される．

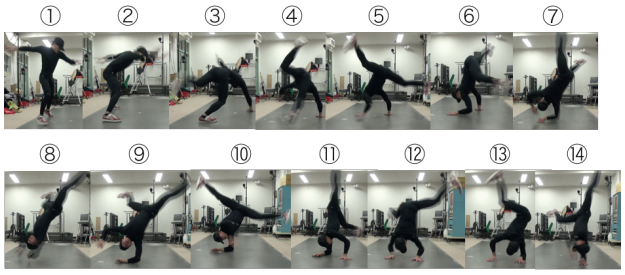


図2. エルボーエアートラックスを実施した様子．⑭の後は，⑦の動きに戻り再度回転する動きを行っていく．



図4. 生成された技術を実施した様子．㉑の後は，⑦の動きに戻り再度回転する動きを行っていく．

頭など）に着目していた一方で，3 日目ではこれらの頻度が減り，元の技術の抽象的・高次的な内容に着目し始めたことが窺われた．これは，身体各部位の試行錯誤を繰り返す中で元の技術の抽象的であり本質的な要素（回転の速度や回転の方向）に気づき，その要素に着目するようになったことを示す結果だと推測される．生成された技術も，元の技術の回転に着目したものであり，3 日目に生じたこの観点に焦点を当て，それを変化させることで新しい技術を生成したと推測される．

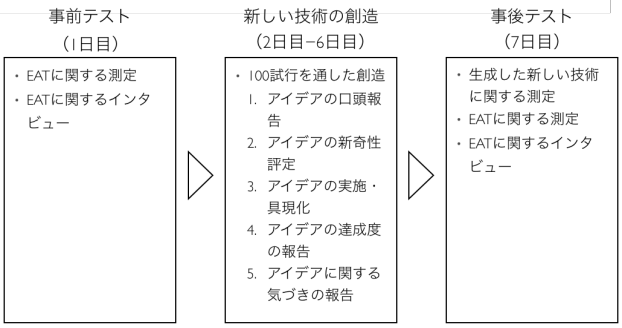


図3. ケーススタディの手続き

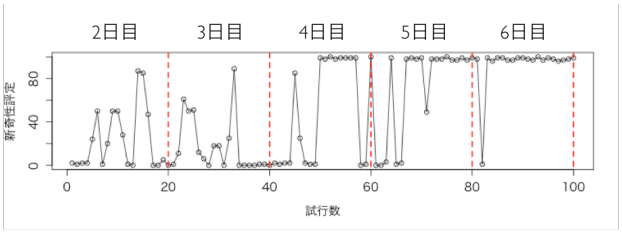


図5. 生成されたアイデアの新奇性評定．赤の縦線は，練習を1日ごとに区切ったものである．

さらに、ビデオ映像に基づいて動きの詳細を分類した結果を図 7 に示す．ここでは、10 年以上のブレイクダンス経験を有する第一著者とケーススタディとは別の熟達者 1 名とで動きの種類を同定し、その結果に基づいたカテゴリー（運動カテゴリー）を作成して動きを分類したものである。図より，4 日目以降は生成された技術の重要な要素を含んだ動きのカテゴリーを数多く実施しており，特定の動きに焦点を当てて取り組む様子が見られた．また，興味深い点として 23 trial, 24 trial でこの要素を含んだ動きに取り組んでいた点が挙げられる．この時点ではこれらの動きは高い新奇性評価を得ておらず（図 5 参照），その後別の動きの生成に移っていく様子が窺われた．実際，熟達者自身もこの時点ではこの要素の興味深さに気づいておらず，その後の取り組みを経て 50 trial 前後にそのことに気づいたことを述べていた．これは，アイデアの内容に関する分析で示唆された，熟達者が着目する観点が取り組

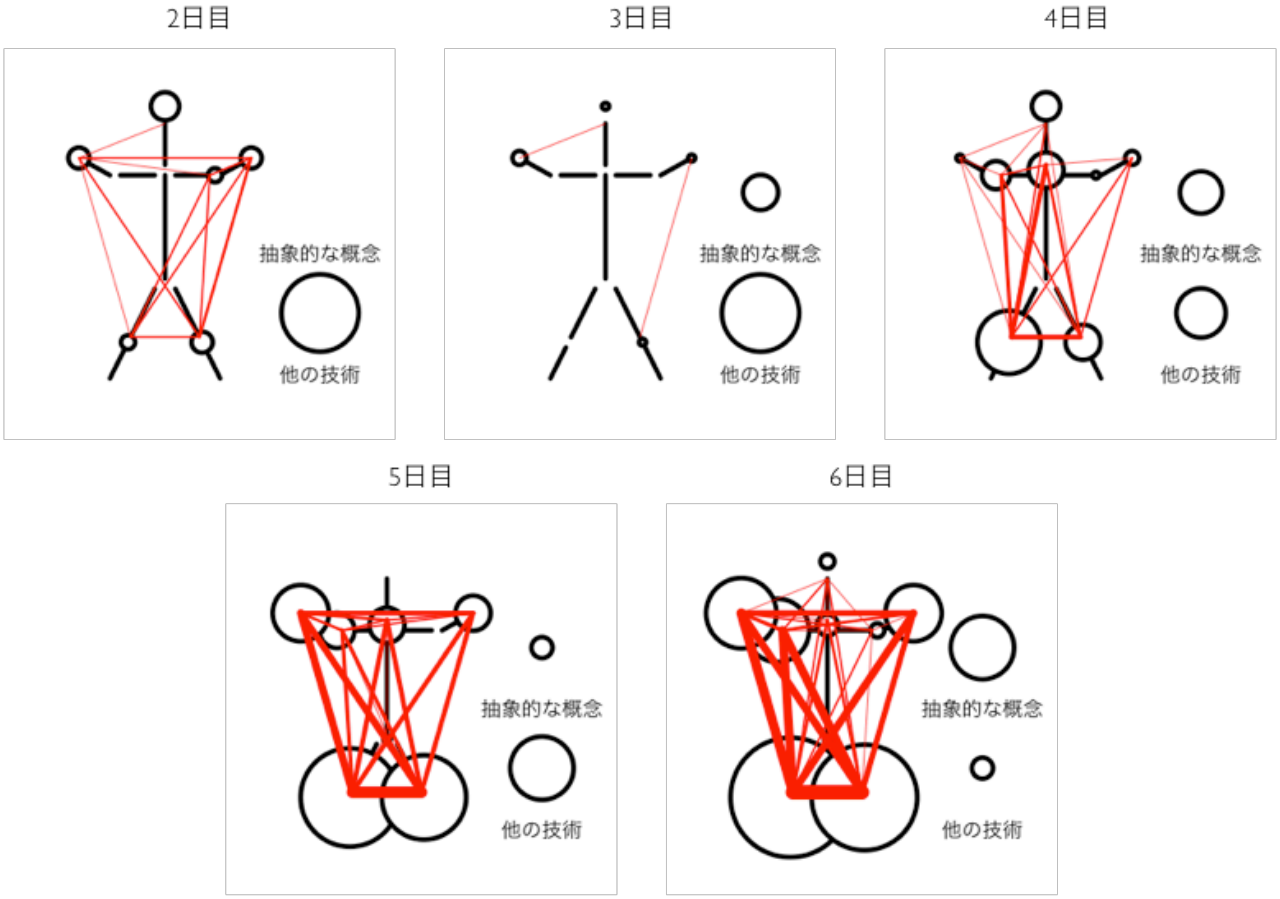


図6. 生成されたアイデアの内容. 円のサイズは各観点に言及した頻度を，円間の線分の太さは共起の頻度（同一試行内で両観点に言及した頻度）を示す. 身体図の隣に表記した円のサイズは，上から「元の技術の抽象的な概念に着目した頻度」，「他の技術に着目した頻度」をそれぞれ表す.

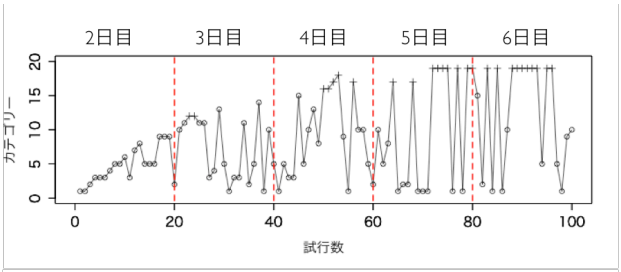


図7. 運動カテゴリーの時系列における変化. 赤の縦線は，5日間に分けて行われた練習を1日ごとに区切ったものである. 十字で表されたプロットは，最終的に披露された技術の重要な要素を含んだカテゴリーである.

みを通じて変化した，という知見とも整合する結果だと考えられる.

また、モーションキャプチャーシステムによって測定した身体運動データを解析した結果を図 8 に示す. ここでは，主成分分析（PCA）を行うことで多関節の運動データを縮約して表現し，その中で説明率の高い 2 次元を抽出してその trial ごとの値を表している. この結果からも今までの分析と同様に，4 日目以降に抽出した 2 次元のデータのバラつきが収束していく傾向が窺われた.

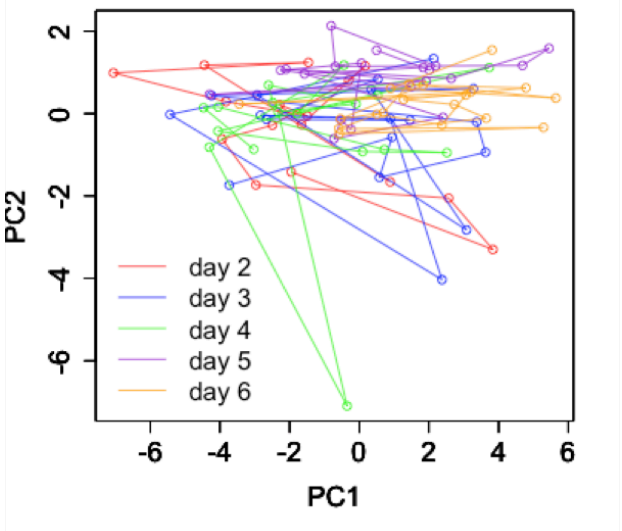


図8. PC 1とPC 2の2次元プロット

3. 2. 2. 内的な制約の変更

以上から，熟達者の元の技術やアイデアに対する捉え方が 50 trial 以前の試行錯誤を経て変化したこと，その変化した捉え方を利用して新しいアイデアが生成さ

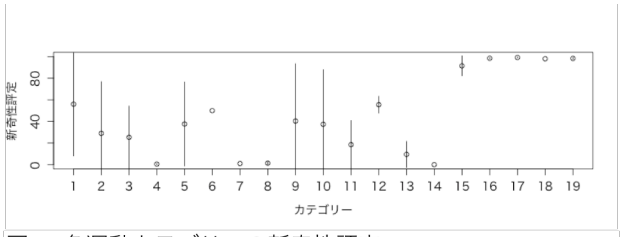


図9. 各運動カテゴリーの新奇性評定

れたこと，そして 50 trial 以降はそのアイデアに焦点を当てた取り組みが営まれたことが推測された．ここでは本人の新奇性評定と映像による動きの分類とを対応させ，熟達者のアイデアに対する捉え方が創造を営む中で実際に変化したかを検討した．結果を図 9 に示す．ここでは，各動きの分類（運動カテゴリー）に対する本人の新奇性評定の平均と *SD* を提示した．図から最終的に生成された技術の重要な要素を含んだカテゴリー（16–19）では，新奇性評定にバラつきが見られないこと，一方でそれ以前のカテゴリーでは，trial ごとに新奇性評定の値が大きくバラついていたと分かる．実際に初期に生成されたカテゴリー（1，2，3，5，9）は 50 trial 前後までの探索を経て新奇性評価が大きく変化していた．以上の結果は，特に新奇なアイデアに至るまでの様々な探索を通じて，アイデアに対する熟達者自身の捉え方や評価の仕方が大きく変化したことを示している．アイデアの内容の結果も併せて考えると，アイデアや元の技術について，身体各部位の動かし方といった部分的に捉えようとする観点から，全身を使った回転の方向や速度に着目しようとする，より抽象的・高次的な観点にその理解・解釈が変遷したことが推測される．

4. 総合考察

本研究で示唆された知見は下記の通りである．

① 熟達者は，50 trial 前後まで多様なアイデアを活発に探索していた．例えば 2 日目では，身体の各部位に着目したアイデアを，3 日目では，元の技術の抽象的な内容に着目したアイデアを探索していた．

② 熟達者は，50 trial 前後で創造的なアイデアを生成し，その後はそれに焦点を当てて洗練させる活動に移行した．そのアイデアは元の技術の抽象的な内容を利用するものであった．

③ 熟達者の『内的な制約』として機能していたアイデアや元の技術に対する捉え方が，50 trial 以前の試行錯誤を経て変化したこと，その変化を利用して創造的な発見が達成されたことが窺われた．

④ 熟達者は，生成したアイデアを実際に具現化し，それを知覚・省察することを通して，内的な制約（アイデアや元の技術に対する捉え方）を徐々に変更していった（アイデアの内容等の分析結果から示唆．紙面の制限から本研究では記述を省略した）．

これらは，先行研究で逸話的に示唆された『内的制約の変更』と『アイデアの具現化とのその知覚・省察』が，実際に創造活動過程で有効に機能することを確認した知見である．また，異なった捉え方への着目を促すという形で，『アイデアの具現化とその知覚・省察』が『内的制約の変更』を促進する，という両過程の関係性についても新しく言及した知見であるとも考えられる（図 1）．一方で，本研究は熟達者 1 名を対象としたケーススタディであり，上記した結果がブレイクダンス領域や創造活動領域で広く見られるか，という点についてはサンプル数や対象領域を拡張した更なる検討が必要と考えられる．今後はそれらの一般化可能性の検討を行うとともに，具現化過程に変化を加えることで創造を促進する介入方法についても有効な手法を考え，検証を行う予定である．

Acknowledgments

本研究への協力をご快諾頂いたダンサーの方に厚く御礼申し上げます．なお本研究は，科学研究費補助金基盤研究 A（課題番号：24243062，代表：岡田猛），科学研究費基金若手研究 B（課題番号：26780352，代表：清水大地，課題番号：16K17306，代表：清水大地）の助成を受けて行われました．

5. 参考文献

[1] Dunbar, K. Concept discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 17, 397-434, (1993).
[2] Goldschmidt, G. The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4 (2), 123-143, (1991).
[3] Goldschmidt, G. On visual design thinking: the cis kids of architecture. *Design Studies*, 15 (2), 158-174, (1994).
[4] 開一夫・鈴木宏昭．表象変化の動的緩和理論：洞察メカニズムの解明に向けて．認知科学, 5 (2), 69-79, (1998)
[5] Ohlsson, S. Information-processing explanations of insight and related phenomena. In K. J. Gilhooley (Ed.), *Advances in the psychology of thinking* (pp. 1-44). London: Harvester-Wheatsheaf, (1992).
[6] Okada, T., Yokochi, S., Ishibashi, K., & Ueda, K. Analogical modification in the creation of contemporary art. *Cognitive Systems Research*, 10,

189-203, (2009).
[7] Stokes, P. D. Variability, constraints, and creativity: Shedding light on Claude Monet. *American Psychologist*, 56, 355-359, (2001).
[8] Stokes, P. D. *Creativity from constratins: The psychology of breakthrough*, New York: Springer, (2005).

ランニングコーチから指導を受けた球技選手の疾走に対する認知変容の研究

A Study on Cognitive Transformation about the Sprint of Ball Players Coached by Running Coach

山田 雅敏 †，里 大輔 ‡，遠山 紗矢香 §，竹内 勇剛 !
Taro Ninchi, Hanako Ninchi，Sayaka Tohyama，Yugo Takeuchi

† 常葉大学，‡ SATO SPEED Inc.，§ 静岡大学，! 静岡大学創造科学技術大学院
Tokoha University，SATO SPEED Inc.，Shizuoka University，
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

yamada@hm.tokoha-u.ac.jp，sato@satospeed.co.jp，toyama.sayaka@shizuoka.ac.jp，
takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

概要

本研究では，ランニングコーチから指導を受けたドイツ・サッカーリーグに所属する日本人サッカー選手の言語報告に注目し，疾走に対する認知変容の特徴を明らかにすることを目的とした．その結果，(1) 新しい疾走動作の指導を受けた際の気づき，(2) 腕振りの動作による疾走スピードの体感，(3) 腕振りの動作による足（下肢）の動作との連動，が共通した認知変容して示唆された．以上，身体と言語の関係性が明らかになり，言語報告から熟達度合を予測できる可能性が示された．

キーワード：疾走，認知変容，コーチング，球技

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

疾走は，静止した状態から直線方向へ走るタイムを競い合う陸上競技種目はもとより，サッカーやラグビーといった球技系スポーツ種目においても，選手のパフォーマンスや競技成績に大きな影響を及ぼす重要なファクターである．競技特性ごとに疾走の特徴に違いを見せるが，本研究では，サッカー競技を対象とした疾走に注目する．

サッカーなどの球技では，静止または歩行の状態から，急激な前後左右方向の動作を何度も繰り返すため，いかに早く疾走の動作に移り，素早く加速し，疾走スピードを上げることができるかが，パフォーマンスに大きく影響する [1][2]．Barnes（2014）らは，サッカーの疾走に関するシーズン別の比較研究を行い，1回の疾走平均移動距離は減少したものの，疾走の合計距離や回数，爆発的な疾走の割合が増加したことを報告 [3] している[1]．

このような背景のもと，近年，球技選手（以下，選手）に対して疾走を指導するランニングコーチ（以下，コーチ）が，様々なスポーツのフィールドで活躍の場を見せている．コーチの主たる目的は，動作のデモンストレーションを交えながら言語的指導（言葉がけ）を行うことによって，選手の疾走動作を理想のフォームへと修正し，より速い疾走スピードの体感へと導くことにある．一方，コーチの言語的指導が，選手にすぐに伝わり，目的が簡単に達成できれば良いが，スポーツのフィールドでは往々にして難しい場合が多い．

なぜなら，生まれてから自然と身につけた疾走は，言葉にすることが難しい暗黙知的性質を有し，さらに，運動学習における人間の動作とは，物理的法則に支配されている客観的な身体運動と，個々人の内なる主観的な認知との相互作用の働きにより織り成されるからである [4]．学習モデルの SECI モデル [5] によると，暗黙知を形式知に変化するプロセスの表出化の段階では，情報の受け手側の知的協力が不可欠であることが指摘されている [6]．つまり，疾走をコーチングする上で，選手の身体動作の変化はもとより，選手がコーチの言語的指導を了解し，試行錯誤的な身体動作を繰り返しながら理解することが重要となる．

[1]爆発的な疾走（explosive sprint）とは，6 段階の疾走速度の区分の high-speed running（19.8〜25.1km/h）を短時間で超える疾走と定義されている．

ここで，コーチングにおける言語的指導の有益な情報とは，それ自体で価値があるわけではなく，コーチと選手との相互関係の中で生み出される．そして，この両者のインタラクションを可能とする言語は，共通認識に成り立った上で，互いに意味を共有することが必要となる [6].

したがって，選手が，コーチの言語的指導を理解するということは，身体固有性に基づく個々人の解釈のゆらぎ（平均からの変動）を伴いながらも，指導を受けた選手間で共通した認知を期待することができる．しかし，主観的な内部状態の観察という理由に加え，身体の暗黙知的性質 [7] から，この認知変容については，未だ十分に明らかにされていない．

そこで本研究では，プロのランニングコーチから指導を受けたドイツ・サッカーリーグに所属する日本人選手の言語報告に注目し，球技選手の疾走に対する認知変容の特徴を明らかにすることを目的とする．

研究の意義として，共通した認知変容の特徴を導くことができれば，認知科学領域で注目される身体と言語との関連性の解明に寄与すると考えられる．また，コーチングにおける選手の認知変容を，フィールドから得られる実データを元にモデル化することによって，選手が潜在的に有しているパフォーマンスを最大化するコーチングが，一体どのように実践されているかがより一層明らかになると同時に，機能的・効果的なコーチングの方法や言語的指導のデザイン指針が得られることが期待される．さらに共通する言語報告から，疾走の熟達度合を予測できる可能性が生まれるなど，人工知能への応用の波及効果も考えられる．

1.2 研究の流れ

第 2 章では本研究の理論的背景および先行研究を概観する．第 3 章では方法，第 4 章では結果と考察，第 5 章ではまとめと今後の課題を述べる．

2. 関連研究

2.1 理論的背景

認知科学研究の文脈において，言語という記号体系が意味を持つためには，実世界との関連の中で見出される必要がある [8]．今井（2014）によると，人間が身体を用いて受容する感覚と，言語を用いて行う思考とはどのようにして結びつくのか，そして感覚に接地した言語を用いていかに新しい言語の体系を構築しているのかを探るためには，人が他者との関わり合いの中で，どのような心の働きにしたがって言語を構築しているのかを探る視点が重要であることが指摘されている [9]．たしかに人間は，社会の中で生き，他者から様々なことを学ぶ．

そこで本研究では，この考え方を理論的背景として，フィールドという実世界におけるコーチと選手とのコーチングを通した関わり合いの中で，選手の疾走に対する共通した認知変容の特徴を言語報告から探り，モデル化することで現象を理解する．

2.2 先行研究

第 1 筆者の従来の研究成果として，当該領域における身体固有性に基づく個々人の閉じられた認知の問題に対し，スポーツの基本動作である疾走と言語の調査から共通した認知を見出すことを試みてきた [10][11]．疾走は，健常者であれば，誰にでもできる基本動作であるが，その技能の差異は，様々なスポーツパフォーマンスに影響を与えることが明らかになっている [1][2]．そのため本調査は，将来，複雑な身体運動に対する言語の研究の礎が担えるものと考えられる．

また，コーチングに着目することで，身体固有性の問題から，共通した認知の特徴が見出せると期待される．従来の研究にない本研究の新たな試みとして，ランニングコーチから指導を受けた球技選手の疾走に対する認知変容に注目することにより，よりフィールドに迫った新たな知見が得られると考えられる．

次に，身体と言語に関する研究を概観する．身体動作の分析など客観的データに注目した知見は，古くから運動学やバイオメカニクス，その他多くの領域にわたり実に数多く蓄積されている一方，必要な視点として，身体に対する主観的な認知を捉えることも重要であることが指摘されている [12].

このような背景のもと，言語報告に主軸をおいた研究として，民俗芸能の技の世界に受け継がれ介在するわざ言語 [6] や，技能獲得における一人称視点の言語に注目した報告 [13] が挙げられる．これらの研究は，まさに実世界の身体と言語との関係に重要な視座を与える反面，個々人の事例現象を対象としているものである．本研究は，多くの球技において基本動作となる疾走に注目することで，多数の選手からデータを集めることができる研究効率上のメリットが挙げられる．暗黙知的な性質を持つ身体 [7] を探究するには，個々人の事例現象をつぶさに観察する視点と，多数から共通した認知の特徴を探る視点の双方向からのアプローチが必要であると考えられる．

3. 方法

3.1 仮説と分析の流れ

本研究では,「ランニングコーチから指導を受けた球技選手の疾走に対する認知変容は，共通する特徴を持つ」と仮説を立て，コーチから疾走指導を受けた選手の言語報告を分析し，仮説の検証を行う．

分析の流れは，次の通りである．個々人の身体固有性に基づく疾走に関する言語を分析するためには，理論負荷性が低く，自由度の高い言語表現を用いることが望ましいと考えられる．したがって，自由記述により言語報告を取得した．一方，フィールドから得られる自由記述の言語報告は，選手によって表現形式が異なり，言語の多義性・曖昧性などの性質も，分析の上で大きな課題となる．

そこで本研究では，SCAT（Step for Coding and Theorization）[14][15] を用いて，選手から得た言語報告の要素分類を行った．また定量的データとして，体感した疾走スピードについての自己評価（10 段階）の調査を行った．これらに加えて，選手の言語報告を定性的に考察した．

3.2 調査対象者

国際サッカー連盟 [16] によると，ドイツは世界ランキング 1 位（2018 年 3 月時点）である．本研究では，ドイツ・サッカーリーグに所属するクラブチームが，上位リーグ昇格を目指すために実施した疾走トレーニングキャンプに帯同し，選手から言語報告を取得した．

このクラブチームに属する日本人選手 10 名（男性，平均 21.5 歳± 2.7，サッカー競技歴：平均 15.4 年）の調査対象者の内，怪我などの理由により途中離脱した 2 名を除く 8 名のサッカー選手を分析対象とした．キャンプ前に実施した事前アンケートによると，参加した選手の疾走に対する課題は,「初速アップ」,「走るスピードを速くしたい」など，全員が疾走スピードの向上に関する回答であった．

3.3 手続き

本研究の第 2 筆者は，中学時代の 100m 全国チャンピオンをはじめ, 高校・大学時代には全国レベルで活躍した．現在はプロのランニングコーチとして活動し，陸上競技選手はもとより，ドイツ・ブンデスリーガをはじめとする欧州プロサッカー選手，ラグビー年代別日本代表チーム [17][2]など，国内外の様々な球技種目の選手への指導実績を持つ．また，小・中学生や高校生，スポーツ指導者・トレーナーを対象とした走り方の指導や，疾走のコーチングの講演など社会的活動も幅広く行っている．

疾走トレーニングキャンプは，2018 年 1 月 4 日〜1 月 13 日（10 日間），ドイツで実施された．キャンプ 2 日目（1 月 5 日）の午前セッションから最終日までの全セッション（計 14 回）にわたり，第 2 筆者が「SAT（Shin Angle Technique）[3]」と呼ばれる疾走スピードを向上させるテクニックについて指導を行った．



図 1 第 2 筆者（左）による疾走の指導（ドイツ）

指導内容として，上肢の腕振りの動作，足の軌道やスタンス幅，ステップの動作，足裏の荷重方法，上肢のフォーム，タイミング・力の入れ具合などについて，動作のデモンストレーションを交えながら言語的指導を行った．指導の映像は，チームスタッフによってすべて記録された．

言語報告の取得方法は，次の通りである．全 14 回のセッションにおいて，毎回のセッション終了後，本研究グループが作成した Google Forms のアンケートに回答するように求めた．本研究では,「SAT（サット）の運動実践によって，身体（からだ）が感じたこと・動かし方で気づいたことについて，今の印象を自由に記述してください」,「どの程度，疾走スピードを感じましたか？今の印象を 10 段階で評価してください」というアンケート項目を分析した．

言語報告の内容に不明な点があった場合は，第 1 筆者がドイツ現地にて，直接フォローアップインタビューを行った．

[2]高校日本代表アイルランド遠征（2018 年 3 月実施）でランニング・ストレングス＆コンディショニングコーチとして帯同し，U19 アイルランド戦の初勝利に貢献した．

[3]地面に対する足の角度を脛（Shin）の傾き（Angle）により作り出し，疾走スピードを向上させるテクニック．

3.4 言語化の分析方法

8 名の選手から 105 回分 (1 回当たり平均約 37 文字）の言語報告が得られた．ここで，身体動作に関する自由記述の言語報告を分析する場合，言語が持つ多義性，曖昧性などの性質から一つ一つデータを丁寧に確認する作業が必要となる．一方，言語報告に対してコードを付与したり，構成概念を導くことが難しい場合が多い．これらの問題を解決するために，本研究では SCAT[14] に注目する．この分析手法は，マトリクスの中にセグメント化したデータを記述し，段階的な手続きを経てコーディングを行い，言語報告の概念化を図る方法である．比較的小規模のデータにも有効性が示されており [15]，多くの先行研究の観察記録や言語報告の分析に活用されている [18].

本研究では，SCAT に基づき身体動作に対する言語報告を分析した先行研究に倣い [18]，次の手続きによって，選手の言語報告の分析を行った．

1. 言語報告の中の着目すべき語句の抽出
2. (1) をデータ以外で言い換える語句の生成
3. (2) を説明するための語句の生成
4. (1)〜(3) の全体を示す要素（概念）の生成

SCAT による分析の結果については，第 1 筆者と第 3 筆者により評定者間一致の作業を行った．評定者間で差異が見られた場合は，両者打ち合わせの上，再設定を行った．なお付録に，SCAT の分析例を記す．

4. 結果と考察

4.1 要素分類と疾走スピードの自己評価

分析結果から，次の特徴的な要素が生成された．

- 気づき的要素
  「新しい疾走動作の指導を受けた際の気づき」
- 体感的要素
  「腕振りの動作によるスピードや加速の体感」
- 連動的要素
  「腕振りの動作による足（下肢）への連動」

はじめに,「気づき的要素」については，指導から新しい疾走動作の指導を受けた際の気づきに関する概念であり，すべての選手のセッション 1 の言語報告で確認された．言語報告の例としては,「自分がイメージしている動きと実際の自分の動きの差を感じます（選手 A, セッション 1)」,「今まで取り組んだ事がない事ばかりなので全てが新鮮です（選手 D，セクション 1)」などが挙げられる．

次に,「体感的要素」については，腕振りの動作による加速や疾走スピードの体感に関する概念であり，すべての選手の言語報告で確認された．また，8 名中 7 名が前半セッションで最初の発現が認められ，そのセッションは，自己評価が全員上がったことが確認された．言語報告の例としては,「腕を使うことで動き出しやすさ全然違う（選手 A，セッション 3)」,「午前で腕の振り方を変えて、すごくスピードがついたと感じた（選手 H，セッション 4)」などが挙げられる．

そして,「連動的要素」については，腕振りの動作による足（下肢）の動作との連動に関する概念であり，8 名中 6 名がセッションの中盤から後半にかけて確認される場合が多かった．言語報告の例としては,「腕振りを強くすると、足が上がってくる（選手 D，セッション 12)」,「腕の振りなどを意識すると足の回転も速くなる（選手 F，セッション 12)」などが挙げられる．

加えて，疾走スピードの体感の自己評価に関して，多少の増減は繰り返すものの，すべての選手が右肩上がりで得点が上がったことが確認された．

4.2 各要素変容と言語報告の表現区分

セッション毎の各要素変容を図 2 に示す．いずれの要素にも当てはまらない場合は空欄で表示，怪我などの理由によりセッションを参加しなかった場合は「×」で表示した．

さらに，言語報告をそれぞれ表現の内容に分け，定性的に考察した（表 1 参照）．表現区分に関して，動作ができたことや体感を感じたことなど肯定的な表現をしている場合に順表現，できない場合や否定的な表現は逆表現とした．どちらも含まれる場合や曖昧な場合は中間表現とした．なお，疾走スピードに関連すると考えられる足の動作と疾走スピードや加速の体感に関する言語報告も表 1 に記載した．

4.3 球技選手の特徴的な認知変容

4.3.1 新しい疾走動作の指導を受けた際の気づき

すべての選手の疾走スピードの自己評価が，多少の増減を繰り返しながらも，右肩上がりで上がったことから，認知の側面において，疾走スピードの向上という選手の課題が解決したと考えられる．

一方，選手の特徴的な認知として，セッション 1 において，すべての選手の言語報告に気づき的要素が確認された．動作を学ぶ際には，新たな動作が行われた

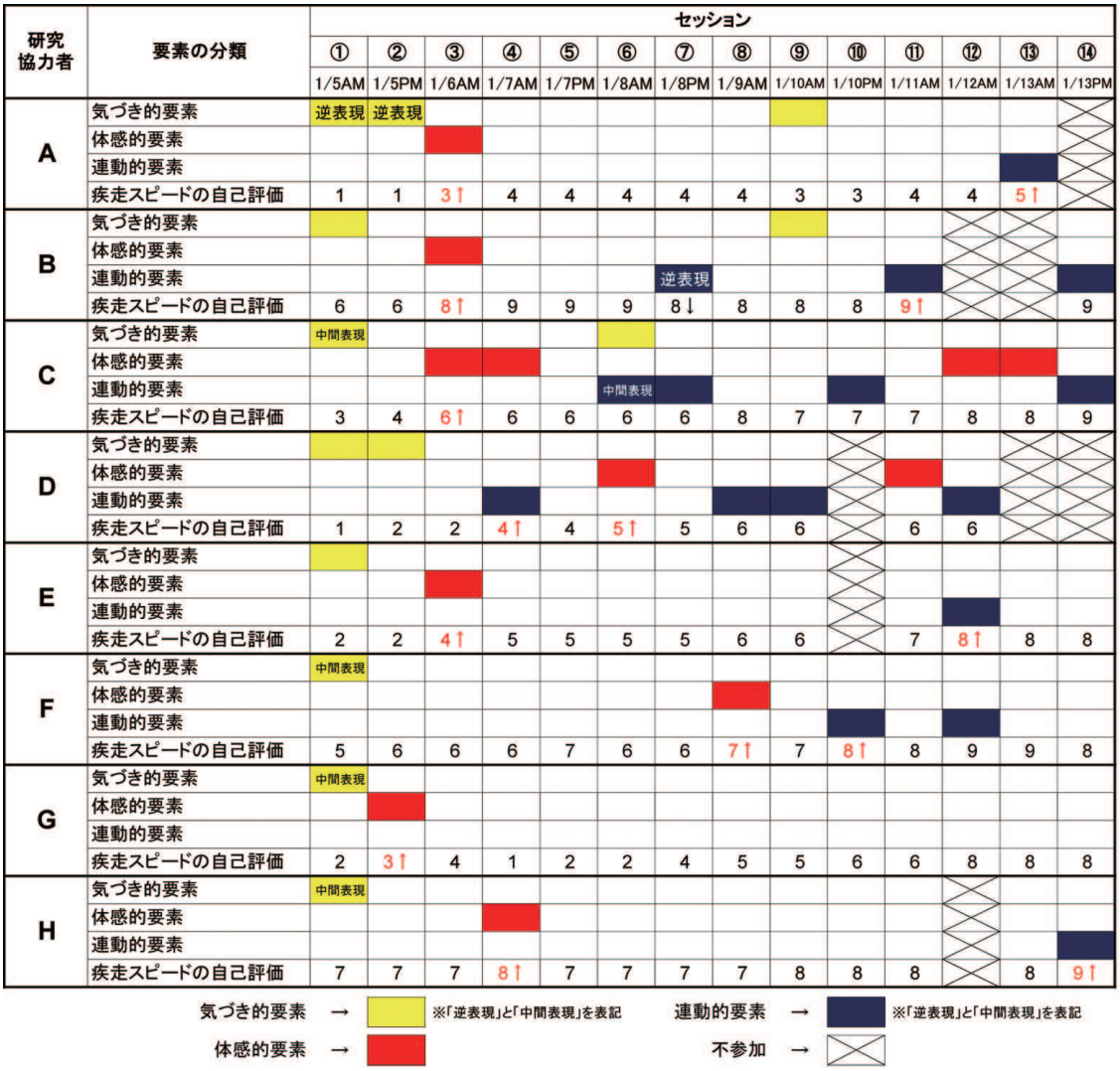


図 2　球技選手のセッション毎の要素および疾走スピードの自己評価

時の感覚を覚えておく必要があるが [19]，コーチング開始時は，新しい疾走動作を試行錯誤的に繰り返しながら，個々人の実際の動きとイメージとの間で生じるズレを感じることによって，新たな疾走動作に対する気づきを認知したと考えられる．

4.3.2　腕振りと疾走スピードの体感

選手の特徴的な認知の一つとして，腕振りの動作による疾走スピードの体感について考察する．

主にセッションの序盤から中盤にかけて，腕振りの動作による疾走スピードの体感の共起が示された．また，初めて体感的要素が確認されたセッションでは，前のセッションと比較して，すべての選手の自己評価が上がっていることが示された．さらに，すべての選手の言語報告から，腕振りの動作による疾走スピードの体感の順表現が確認された．

バイオメカニクスの知見から，腕振りの動作は下肢の有効な動作を生み出す要因である腰の回転やキック力，さらには足や腰の動きに寄与し，走る速さに影響することが明らかになっている [20][21][22]．

ここで，腕振りの動作は，自身で動きを目視でき腕を振ることだけに注意を向ければ良く，指導→動作→理解が直観的に結びつくと考えられる．また，腕振りの動作が右上肢挙上の場合，後下方に振り下ろした上肢の動きに合わせて，上部体幹の右回旋が発生し，骨盤は相対的に左回旋（右股関節は前方へ移動）することで，左上肢と右下肢を前方へ振り出し易くなる．すると歩幅は広がり，疾走スピードの体感や他の身体部位との連動を認知する可能性が十分に考えられる．

一方，足の動作に関して，選手間で注目する共通した要素は確認できなかったが，3 名中 2 名の選手の言語報告から，足の動作による疾走スピードや加速の体

表 1　球技選手による各要素に関する言語報告

選手	Session	気づき的要素の言語報告	表現
A	1	自分がイメージしている動きと実際の自分の動きの差を感じます	逆表現
B	1	今までに使わない筋肉を使っている．力のベクトルが前になりやすくなった．	順表現
C	1	意識するポイントを全て意識して実践すると動きがバラバラになってしまう．ポイントを一つに絞って実践するのは出来ていると思うが，それが増えてくると意識していても思ったように動かせていなかったと感じました．	中間表現
D	1	今まで取り組んだ事がない事ばかりなので全てが新鮮です	順表現
E	1	姿勢，向き，準備，タイミングが大事だと思った	順表現
F	1	動作のポイントを意識すると難しさもでるし刺激も増える．一日の終わりトレーニングの終わりに振り返ることが大事だと思う．	中間表現
G	1	SATの基本，キーワードを把握出来たことでどこに集中すればいいのかが明確になってきた．できるわけではないが，出来なかったことに対して気づけるようになってきた．	中間表現
H	1	初めはなかなかうまく行かなかったけど前足を少し歩幅狭くすると少し走りがよくなりました	中間表現

選手	Session	体感的要素の言語報告	表現
A	3	腕を使うことで動き出しやすさ全然違う	順表現
B	3	ガオ（※1）を取り入れることでスタートダッシュがバッとやれている気がした。	順表現
C	3	腕をガオのポジションに置く事で、スタートの勢いがつきやすくなったと感じました。	順表現
	4	午前中のトレーニングでは、意識するポイントで腕の振り方、掌の向け方、この2つを意識して実践しました。これを意識しただけで、スプリントをした時に昨日よりもスピードの伸びの時間長くなりました。	順表現
	12	加速する時に腕のかき出す動作を力強くして続けると、スピードを上げやすくなったと感じた。	順表現
	13	腕を自分の中心に持っていき、かき出す動きを意識するとグンっていう伸びる感じあり、スピードが出たと感じた。	順表現
D	6	横に動くときのAステップ（※2）の腕の振りがあるとないとでは全然次の動きの速さが違うかった	順表現
	11	手の振りでスピードが出る感じが分かった	順表現
E	3	スタート、走りは腕の振りがすごく重要だと感じた	順表現
F	8	腕の振りによって、スピードが出ている感じがする	順表現
G	2	一歩目の腕の振りが鋭くなるのを実感した。また意識的にできるようになり、スピードがでる動きが成功する感覚を掴むことができた。	順表現
H	4	午前で腕の振り方を変えて、すごくスピードがついたと感じた	順表現

選手	Session	連動的要素の言語報告	表現
A	13	腕の振り方によって体の反応、特に下半身の反応が全然違う	順表現
B	7	切り返しのステップの所をやったが自分たちが今まで腕を使っていないということがよく分かった。	逆表現
	11	腕振りがaステップの初動の速さを決めてくる。早い人達は必ず出来ている。	順表現
	14	身体が連動してることが一番大切。股関節の伸展をもっと早くしたい。	順表現
C	6	腕よりも脚で走ろうとしている。腕をもっと使って脚を動かしてくる意識を持つ。	中間表現
	7	Aステップの時に腕をもっと使ってC（※3）を通すようにする事。	順表現
	10	腕を意識した事によって、AステップとCを通す動作のタイミングが良くなった。	順表現
	14	しんどくなってきた時に腕を意識して動かす事で足が前に出てくると感じた。	順表現
D	4	腕の振りで足が上がってくるのでそこでもうちょっと足を上げれるようにしたい	順表現
	8	腕を振ることで足も上がってくることが分かった	順表現
	9	腕の振りに足が連動してついて、スピードが出る感じが分かった	順表現
	12	腕振りを強くすると、足が上がってくる	順表現
E	12	膝を高く上げるには膝ではなく，股関節を高く上げることや，身体のラインが一直線じゃないと，脚が前に出ないことが分かり，身体は連動していると感じた．	順表現
F	10	腕を振ることで足もついてきて動きやすくなる．	順表現
	12	体がきつい時ほど、腕の振りなどを意識すると足の回転も速くなる	順表現
H	14	手がしっかり振れているので足が動いた。身体の重心が後ろになりすぎないように意識した	順表現

選手	Session	足の動作と疾走スピードや加速の体感に関する言語報告	表現
C	8	脚を上げてから速く地面に下ろす事で、より力が加わりスピードが出た感じがした。	順表現
E	4	足の使い方で加速力があがると感じた	順表現
H	6	ラインで切り返すとき、どうしても、軸足に体重がかかりスピードが遅くなった	逆表現

※1:「ガオ」とは，指導者による造語で，素早くスタートするための準備動作として，片手をあげて，振り下ろす動作を意味する．

※2:「A(a)ステップ」とは，指導者による造語で，素早く方向転換し，スタートするためのステップ動作を意味する．

※3:「C」とは，指導者による造語で，膝の位置を意味する．コーチングでは，片足の膝「C」の位置に，もう片足の踝を通す指導を受けた．

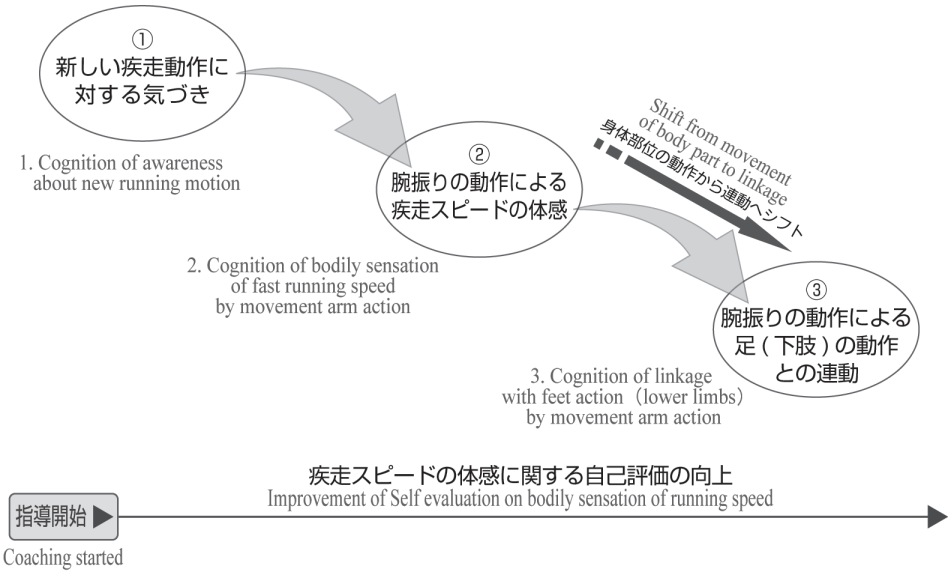


図 3　球技選手の疾走に関する認知変容モデル

感の順表現が確認された．ここで足の動作を考えた場合，特に疾走中の片脚支持の動作は，足部の軌跡の微調整が必要となる．疾走中に動作を直接，自身で確認することができないため，足の動作は，指導→了解→動作→修正→理解というプロセスが必要となると考えられる．すなわち腕振りの動作は，足の動作に比べて認知プロセスが短く，難易度が低い動作と考えられる．

本来，疾走スピードは，腕振りの動作以外に，足の動作や身体のフォームの変化なども複雑に絡み合いながら互いに影響を及ぼし体感されるものだが，指導から理解までのプロセスがより短く，難易度が低い腕振りの動作によって，疾走スピードの体感を認知する可能性が示唆された．

4.3.3　腕振りと足（下肢）の動作との連動

腕振りの動作に対するもう一つの特徴的な認知として，セッション中盤から後半にかけて，選手 G を除く 7 名の報告に連動的要素が確認され，その内 E を除く 6 名は，腕振りの動作による足（下肢）の動作との連動の報告が確認された．技能の獲得過程では，近位項の身体部位から遠位項の身体全体へ着眼点が移行していくことが報告されている [18][23]．腕振りの動作および足の動作は，それぞれ身体部位の動作ではあるが，連動はより身体全体の動きを表現していると考えることができ，先行研究の主張と一致する．

しかしながら，体感的要素より早く連動的要素が発現したり（選手 D，セッション 4），中盤を超えて体感的要素が発現されるなど（選手 F，セッション 8），他の選手の特徴から外れるケースも確認された．身体と言語に関する分析を行う場合，選手がどのような認知状態であるのかは，外部から読み取ることはできず，選手の言語報告に頼らざろえない．本研究では，多数から導かれる共通した要素の傾向から認知変容を示したものであるが，特に記述するタイミングについては，個別性が極めて高く，明確な基準を設けることが難しい．そのため，今後は自由記述に加え，予め設問項目を設定した選択式調査を組み合わせることにより，疾走と言語に関する共通した認知に迫ることができると考えられる．

4.3.4　疾走に関する認知変容のモデル化

以上の考察より，図 3 に球技選手の疾走に関する認知変容のモデルを示す．コーチから疾走の指導を受けた選手の最初のフェーズとして，試行錯誤的な行為を繰り返す中で，新しい疾走動作に対する気づきが生まれる．次のフェーズとして，指導から理解までのプロセスがより短く，難易度が低い腕振りの動作によって，疾走スピードの体感を認知する．その後のフェーズとして，腕振りの動作によって，足（下肢）の動作への連動を認知することが示唆された．

5.　まとめと今後の課題

本研究では，ドイツ・サッカーリーグに所属するクラブチームの疾走トレーニングキャンプにおいて，プロのランニングコーチから指導を受けた球技選手の認

知変容を明らかにすることを目的とした．その結果，(1) 新しい疾走動作の指導を受けた際の気づき，(2) 腕振りの動作による疾走スピードの体感，(3) 腕振りの動作による足（下肢）の動作との連動，が共通した認知変容として確認された．

本研究では，コーチから疾走の指導を受けた選手の主観的な認知が，どのような変容を辿るのかを明らかにするため，選手の主観的な認知を言語報告として抽出し，分析を試みた．本来，疾走に対する言語報告とは，選手の主観的な認知として展開される身体固有性の高いものである．一方，本研究の結果から共通する認知変容が示されたことにより，選手の言語報告を指標としたコーチングや，疾走の熟達過程を予測できる可能性が開かれた．

今後の課題は，次の通りである．本研究では，注目すべき疾走に対する共通した認知変容の特徴を確認できたものの，選手 8 名から得られたデータから分析したものである．得られた知見を確かなものにするためには，新たな選手を対象に研究データを蓄積することが必須である．そのため，現在，ラグビー高校日本代表チームを対象に，同じく疾走に対する言語報告の分析を行う計画である．

また本研究で取得した言語報告は，疾走の疾走スピード強化に特化したトレーニングキャンプ期間に実施したものである．一方，選手の次のステップとして，ボールを使ったサッカーに応用する必要がある．したがってサッカーの実践や，他の選手とインタラクションの中で，新たな視点が生まれることも十分に考えられる．この認知変容も，今後取り組むべき課題として視野に入れている．

謝辞

本研究を遂行するにあたり，ドイツサッカーリーグ所属チームのスタッフ・選手の皆さまに多大なるご協力いただきました．ここに謝意を表します．本研究は，JSPS 科研費 16K12986 の採択を受けたものです．

文献

[1] U.Wisløff, C.Castagna, J.Helgerud, R.Jones, J.Hoff, (2004) “Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players”British Journal of Sports Medicine, pp.285-288.

[2] V.Di Salvo, W.Gregson, G.Atkinson, P.Tordoff, B.Drust, (2009) “Analysis of High Intensity Activity in PremierLeague Soccer”International Journal of Sports Medicine, pp.205-212.

[3] C. Barnes, D. T. Archer, B. Hogg, M. Bush, P. S. Bradley, (2014) “The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League”International Journal of Sports Medicine, Vol.35, No.13, pp.1095-1100.

[4] 宮本謙三，岡部孝生，竹林秀晃，宮本祥子，宅間豊，井上佳和，上野真美, (2002) “運動学習過程における主観的運動理解の変容” 理学療法学 29(4), pp.105-112.

[5] 野中郁次郎，竹内弘高，梅本勝博 (翻訳), (1996) “知識創造企業” 東洋経済新聞社.

[6] 生田久美子，北村勝朗, (2014) “わざ言語 感覚の共有を通しての「学び」へ” 慶應義塾大学出版会株式会社，永山貴洋（執筆），pp.65-100.

[7] Michael Polanyi, (1966) “THE TACIT DIMENSION”The University of Chicago Press.

[8] 人工知能学会編, (2017) “人工知能学大事典” 人工知能学会，谷口忠大執筆，身体性に基づく記号創発・言語獲得，pp.1045-1047.

[9] 今井むつみ，佐治伸郎，山崎由美子，浅野倫子，渡邊敦司，大槻美佳，松井智子，喜多壮太郎，安西祐一郎，岡田浩之，橋本敬，増田貴彦, (2014) “言語と身体性” 岩波書店，今井むつみ，pp.1-34，佐治伸郎,pp.123-149，橋本敬，pp.233-258.

[10] 山田雅敏，砂子岳彦，竹内勇剛, (2017) “身体知の熟達と学習者の言語化に関する研究 ～ 疾走に関する身体技能の熟達に注目して～” 第 31 回人工知能学会全国大会, 1O2-OS-30b-4.

[11] 山田雅敏，里大輔，竹内勇剛, (2017) “ラグビー高校日本代表チームにおける集団語と選手の言語化に関する研究” 電子情報通信学会技術研究報告信学技報，pp.25-30.

[12] 古川康一, 植野研, 尾崎知伸, 神里志穂子, 川本竜史, 渋谷恒司, 白鳥成彦, 諏訪正樹, 曽我真人, 瀧寛和, 藤波努, 堀聡, 本村陽一, 森田想平, (2005) “身体知研究の潮流：身体知の解明に向けて” 人工知能学会論文誌，Vol.20, No.2，pp.117-128.

[13] 人工知能学会監修，諏訪正樹，堀浩一編著，伊藤毅志，松原仁，阿部明典，大武美保子，松尾豊，藤井晴行，中島秀之共著, (2015) “一人称研究のすすめ 知能研究の新しい潮流” 近代科学社，pp.3-44.

[14] 大谷尚, (2007) “4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案–着手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続き” 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要（教育科学），Vol.54(2)，pp.27-44.

[15] 大谷尚, (2011) “質的研究シリーズ SCAT:Steps for Coding and Theorization - 明示的手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法 -” 日本感性工学会, Vol.10，No.3，pp.155-160.

[16] FIFA 国際サッカー連盟, (2018) “http://www.fifa.com/”（参照 Mar.15, 2018）.

[17] 日本ラグビーフットボール協会, (2018) “https://www.rugby-japan.jp/”（参照 Mar.1, 2018）.

[18] 市川淳・三輪和久・寺井仁, (2015) “運動計測と言語報告に基づく身体スキル獲得に関する実験的検討” 人工知能学会論文誌，Vol.30，No.3SP-F，pp.585-594.

[19] 日本認知心理学会監修，三浦佳世編, (2010) “知覚と感性” 北大路書房，安藤花江執筆，身体知 －習熟と伝承－，pp.213-236.

[20] 伊藤章, (1991) “走りにおける腕の役割” 体育の科学, Vol.41，No.9, pp.688-692.

[21] 前田正登，三木健嗣, (2010) “スプリント走における腕振りの役割” 陸上競技研究，Vol.80，pp.13-19.

[22] 木越清信, (2015) “短距離走における腕ふり動作の反

動効果が疾走速度に及ぼす影響” 筑波大学体育系紀要, Vol.38, pp.133-138.
[23] 諏訪正樹，藤井晴行,（2015）“知のデザイン 自分ごととして考えよう” 近代科学社.

A 付録

A1 SCAT のプロセス例

「腕を自分の中心に持っていき，かき出す動きを意識するとグンっていう伸びる感じがあり，スピードが出たと感じた.」

1. 言語報告の中の着目すべき語句の抽出
   → 腕をかき出す動きを意識するとグンっていう伸びる感じあり，スピードが出た.
2. (1) をデータ以外で言い換える語句の生成
   → [腕振りを意識] すると [加速とスピードが出た]
3. (2) を説明するための語句の生成
   → [腕振りの動作]，[疾走スピードの体感]
4. (1)〜(3) の全体を示す要素（概念）の生成
   → [体感的要素]

※ 8 名から得られた 105 回分の言語報告に対して，SCAT の分析手法 [15] に沿った形で段階的に作業を行い，共通する要素を分析した．紙幅の都合上，(4) の過程では「腕振り動作による体感的要素」とはせず，簡略化した形の「体感的要素」として文中で説明を行った．そして，本研究の目的である現象のモデル化の段階で，詳細な説明を行った.

「触る」ことの認知的動機と社会的動機：視覚障害者の歩行訓練場面における事例から

Cognitive and social motivations for touching: Analysis of an interaction between a visually impaired person and an orientation and mobility specialist

西澤 弘行[1]，佐藤 貴宣[2]，坂井田 瑠衣[3]，南 保輔[4]
Nisisawa Hiro Yuki, Sato Takanori, Sakaida Rui, Minami Yasusuke

[1] 常磐大学，[2] 日本学術振興会/京都大学，[3] 国立情報学研究所，[4] 成城大学
Tokiwa University, JSPS/Kyoto University, National Institute of Informatics, Seijo University
nisisawa@tokiwa.ac.jp / nisisawahy@gmail.com

Abstract

Through discussion with a visually impaired person/co-author of this study and observation of his interactions with an orientation and mobility specialist from the perspective of ethnomethodology and conversation analysis, this paper demonstrates that the cognitive and social motivations for touching by the visually impaired are a possible basis for co-constructing knowledge of the surrounding environment with others.

Keywords — ethnomethodology, conversation analysis, visually impaired, orientation and mobility training, cognitive motivation, social motivation, touching, co-constructing knowledge

1. はじめに

1.1 発表の概要

本発表では，視覚障害者と歩行訓練士の 2 者間の相互行為を，視覚障害者である共同研究者との討議およびエスノメソドロジー・会話分析（EMCA）の方法論によって観察・分析・記述・考察する．視覚障害者が白杖を持ち替えて直接手で対象に触るという行為の認知的動機と社会的動機が，環境についての視覚障害者の理解を視覚障害者と歩行訓練士が協働で構築するための実践的な基盤であることを示す．

1.2 「歩行訓練」およびデータについて

本発表は，著者らが属する「歩行訓練研究プロジェクト」[1]が持つ「歩行訓練場面」のビデオデータセットに基づいている．歩行訓練とは，視覚障害者が独力で歩行できるよう晴眼者である歩行訓練士（精確には視覚障害生活訓練専門職員，以下では「歩行訓練士」または「訓練士」と記す）が，訓練施設の内外で訓練する活動である．現時点での本データセットは，すべて施設外（街路と公共施設内）での訓練の記録である．本発表のデータは，訓練中の視覚障害者と歩行訓練士を 2 方向（前後または道路の反対側の横方向と後ろ）からビデオカメラで撮影したものである．音声録音にはワイヤレスマイクを用いている．

1.3 発表の焦点（1）

著者らのこれまでの EMCA による依拠する研究では，視覚障害者と歩行訓練士は，相互行為，すなわち，言語を主な資源とするコミュニケーションを行なう上での幾つかの「方法」によって，環境についての視覚障害者の理解を協働で構築していることが示されている[2]．加えて，訓練中，視覚障害者が環境中に存在し訓練士によって言及された物体に直接触るという行為が観察されることから，上述の，「環境についての理解」と「触ること」の関係についても検討を行なってきた[1]．本発表で焦点化することの１つ目は，この「環境についての理解」と「触ること」の関係についての検討を深めることである．

1.4 発表の焦点（2）

２つ目の焦点は，本発表の共著者のひとりであり，視覚障害者であり，歩行訓練の当事者である佐藤が，観察・分析・記述・考察に参加することである．

我々は，ビデオデータの内容を中心とした佐藤へのインタビューや佐藤自身による内省的な記述などと，EMCA の方法論によるビデオデータの観察・分析・記述・考察と接続することを試みている．

2. 「触る」ことへの当事者の洞察

歩行訓練に参加している視覚障害者は，手に持っている白杖で何らかの対象物を認識すると，しばしばその対象物を「手で触ってみる」ということをする．白杖ではなくて手で直接触ってみることには，その認知的な動機に加えて，社会的な動機があると考えられる．この点について，当事者の洞察から，具体的に以下のような示唆が得られている．

2.1 認知的動機（1）：世界の分節化

認知的な動機のひとつ目は，物体と状況を結びつけるという作業を行なっている可能性である．歩行訓練士がことばによって説明した物体の，高さ，質感，形状，方向などを実際に触って確かめる．そのことを通じて，まさにその性質をもつ物体が存在する状況としてその場を理解しようとする．すなわち，その場の他の環境情報の中にその性質をもつ物体を位置づけることにより，その場を他の環境から分節化し，歩行を行う際の一つの手がかりとしうる特徴的な状況としてマークするのである．すなわち，世界の分節化に志向した動機である．

2.2 認知的動機 (2)：エミックとエティックの対応づけ

認知な動機のふたつ目は，物体それ自体の触覚的特徴のタイプを理解するために触ってみているという可能性である．たとえば，「フェンスがあります」と言われた時に，「世の中にはどんな種類のフェンスや看板があるのだろうか」と想いを馳せ，触ってみたくなる．穴の形や素材や高さなど，フェンスにも様々なバリエーションがある．実際に触ってみて，概念とそれが指し示す具体物のバリエーションを結びつけて把握しようとすることは，視覚障害者たちがしばしば行なうことのようである．歩行をする中で遭遇する様々な物体の触覚的な特徴を理解し，世の中にある物体のバリエーションを学習しようとして触ってみるということをやっている可能性もある．すなわち，ことば（エミック）と実世界の物体（エティック）の対応付けに志向した動機である．

2.3 社会的動機

しかし，視覚障害者が「触る」ことは，個人内の認知に閉じた動機のみによるものではないだろう．すなわち，個人間の関係にかかわる動機，つまり社会的動機が存在するだろう．ここで言う社会的動機とは，誰かからことばで伝えられたことを自分の感覚を用いて直接知覚してみようとすることである．晴眼者であれば，視覚によってそれを行なうことで共同注視が成立するような事態である．「ことばで作られた世界」を自らの身体で直接経験しようとする情動に突き動かされて触りたくなってしまうということでもある．晴眼者がことばによって表現したもの，すなわち，晴眼者が，今，目で見ているものを自分も手で触れて体験したいという意識でもある．つまり，晴眼者と知覚経験を何らかの形で共有しようとする志向性である．「あなたが目で見ているものって，私が今触っているまさにこれだよね」ということである．これはまた，晴眼者のことばへの応答という行為でもある．

2 つの認知的動機と，この社会的動機に駆られて「触ってみる」ことは，環境についての視覚障害者の理解を，視覚障害者と歩行訓練士が協働で構築するための実践的な基盤となりうると考える．

3. ビデオデータの分析

当事者による上述の元になったビデオデータを観察してみよう．広い歩道の中央にある逆 U 字型の車止めが問題となる場面である．トランスクリプトの記号および作成ルールは会話分析における標準的なものに準拠している．

断片 (1) [U 字]

01 訓練士：で：ええ：ｍまときどき（.）自転車バイクとか
02 佐藤　：あ：：はい[はい
03 訓練士：　　[あんまり走らないに（.）一応
04 佐藤　：はい
05 訓練士：車止めみたいなものは
06 佐藤　：あ：はい：
07 訓練士：あるので（.）なんにもないわけじゃ：
08 佐藤　：ない[と（.）ね
09 訓練士：　[ないと.
10 佐藤　：は：[え
11 訓練士：　[はいまさにそれが
12 佐藤　：これが：？
13　　(1.0)《kon kankan》
14 佐藤　：[[お
15 訓練士：[[はい　そういう　車止めみたい[な
16 佐藤　：　　[<くるまど[め>
17 訓練士：　　[こ：
18　　ユー字みたい[な：：
19 佐藤　：　　[あ：：：
20 訓練士：はい
21 佐藤　：このお：これはなかなか：やっかいですな.あ[りゃ：.
22 訓練士：　　[そうです
23　　そういったものが
24 佐藤　：あ：：：
25 訓練士：ちょうどまんなｋほど：：の幅が.hh さんメーターぐらい
26　　[ありますかね：
27 佐藤　：[ん：：ん　う[んうん
28 訓練士：　　[そのまんなからへんにときどき
29 佐藤　：あ(.)なるほど [はいはい.

30 訓練士：　　[出てくると
31 佐藤　：お[っと：はい：
32 訓練士：　[はい
33　　(0.8)
34 訓練士：ゆうかんじで：
35 佐藤　：はいはい.
36 訓練士：あってます：：

3.1 U字車止めに至る前の準備的なやりとり

01行目で訓練士は，車止めについての話を開始しているが，「車止めがこのすぐ先にある」とは言っていない（図1）．さらに05行目では「車止めみたいなもの」という表現で特定化を避けている．01行目から09行目までで訓練士が行なっているのは，歩道に車止めを始めとして幾つかの障害物があるという，ある意味一般的な説明あるいは注意である．「安全に歩けるはずの歩道に障害物があることは『厄介な事』」（佐藤談）である．ここまでのやりとりは，11行目からの実際に車止めに到達した時点でのやりとりの「準備」にもなっている．



図1　断片1の01行目．前方に見えているU字型の車止めのうち手前が問題となっている車止め．後ろ姿の左側が歩行訓練士，右側が佐藤．画面右上には撮影者のひとりが写っている．対象のかなり手前から発話が始まっていることが分かる．

01行目の「ときどき」という表現の選択も特徴的である．例えば，「ところどころ」や「あちこち」のような「空間的」＝「視覚的」表現ではなく，「時間的」＝「体験的」＝「触覚的」表現である．すなわち，初めての場所を歩く視覚障害者にとっては，ルート上に現れる物体は視覚的にあらかじめ認識されたもの，したがって，時間的に未来に現れることがあらかじめ分かっているものではなくて，歩くという行為とともに刻々と「今ここ」に現れるものであることに志向した表現の選択である．

また，07行目から09行目には，佐藤と訓練士による発話の共同構築（佐藤による「発話末部分の先取り完了(terminal item completion)」[3]）は，訓練士による説明・注意を佐藤が理解したことを端的に示している．

3.2 U字車止めに至った時点のやりとり

11行目で訓練士が「はいまさにそれが」と言っているが，「はい」と言うタイミングは 白杖が車止めに当たる直前であり，訓練士が佐藤の白杖の動きを精確に予測していることが分かる（図2）．



図2　断片1の11行目の「はい」に対応する場面．白杖が車止めの根元のコンクリート部に当たった．

「まさに」は，白杖がU字車止めの（佐藤から見て右側の）根元のコンクリート部分に突き刺さる感じで当たったタイミングで発せられており，「これが」の「が」とともに作る組み立てによって，01行目から09行目までで説明していた「それがまさにその障害物であること」を示している．

「それ」は「白杖が今触れているそれ」である．晴眼者どうしのやりとりでは「それ」のようなダイクシスを使う際にはほとんどの場合，それが実際の物体を示す場合には，指差しや視線や顔の向きによって「それ」が何なのかを明らかにする．それらは視覚情報である．視覚情報が使えないこの場面では，白杖が触れている物体を「それ」で指していることが特徴的である．「それ」を含む発話の話し手の指差しや視線や顔の向きが見えなくても，視覚障害者が手にした／している物体について「それ」を用いることは特定のコンテクストでは可能である．「白杖は身体の延長」（佐藤談）であるので，

白杖が触れた物体を「それ」で指すことが可能である．佐藤によれば，視覚障害者が白杖で対象物を叩いて「これ」ということは日常的なことであるという．

12 行目ではまさに佐藤は「これが」と言っており，これは，11 行目の「それ」が，白杖が今ここで当たっている物体を指すことを理解していると聞くことができる．

ところで，視覚障害者と晴眼者がそれぞれ作りあげている世界像やその作り方には，(共約可能性は大きいと思われるが) 違いもある．そのうちのひとつが時空間の取り扱い方である．例えば，視覚障害者の「今ここ」は，その知覚的な特質から晴眼者の「今ここ」よりも「狭い」面がある．11〜12 行目では，「最も狭い今ここ」が，やり取りの中で立ち上がっていると言えるかもしれない．

さて，実はこの時点では，問題の障害物が具体的に何であるのかは特定されていない．すでに述べたように 05 行目では「車止めみたいなもの」という表現が選択されているからである．12 行目で佐藤が「これが：？」という，最後の母音を延長した上り調子で発話しているのは「あなたの言う『それ』がさしている物体が今ここにある『これ』であることは分かったが，では『これ』は何なのですか」と聞くことができる．「これが：？」のタイミングで佐藤は白杖を佐藤から見て左側の根元のコンクリートに移動させて当てており，この時点で，問題の障害物が単なる 1 本の棒状のものでないことは分かっていると思われる（図 3）．



図 3　断片 1 の 12 行目の「これが：？」に対応する場面．画面左奥はもうひとりの撮影者．

3.3　U 字車止めに触ろうとする

13 行目で佐藤の白杖の側面が，佐藤から見て U 字の右側に 1 回，続いて左側に 2 回当たる（当たっているのか，佐藤が当てているのかは画像からは明確には分からない）．14 行目で佐藤が「お」と言って，白杖を利き手である右手から左手に持ち替える（図 4）．15 行目で訓練士が，14 行目の佐藤の「お」と同時に「はい　そういう　車止めみたいな」という発話を始める．



図 4　断片 1 の 14 行目「お」の場面：佐藤が杖を持ち替え始める．

この「はい」は連鎖上の位置から考えて 12 行目の佐藤の「これが：？」に対する応答と聞くことができるが，続く「そういう」は佐藤が白杖を持ち替えるのを見て，右手で触ることを予測しての発話に見える．

実際に佐藤が車止めに触るのは 17 行目訓練士の「こ：ユー字みたいな：：」の「ユー字」のあたりである．15 行目の「そういう　車止めみたいな」のタイミングでは，佐藤が車止めを触ろうとすることは予測可能だがまだ実際に触っていない（「そういう」の終わりあたりで右手が下方に動き始める）．このことと，ここでの「車止めみたいな」という表現が 05 行目で使われた表現と同一であることは無関係ではないだろう．訓練士は，佐藤が問題の障害物が具体的に如何なるものなのかを探索中であることに志向している可能性を考えてもよいのではないだろうか（図 5）．



図 5　断片の 15 行目の「車止めみたいな」の直後．佐藤の手はまだ車止めに触れていない．

そのような意味において，15行目の「そういう」は，先ずは11行目の「それ」，12行目の「これ」に対応する前方照応のダイクシスであると聞く／見ることができるが，同時に，佐藤が探索中のまだ具体的な形状などが分からないものとしての「車止めみたいな」ものを指すとも聞く／見ることができる．

16行目で佐藤は車止めの直線部分の方へ手を移動させながら，ゆっくりと「車止め」と発話するが，ビデオで観察できる限りでは，この時点ではまだ車止めに触れてはいないように見える．

3.4　車止めに触る

上述のように17〜18行目の訓練士の「こ：ユー字みたいな」の「ユー字」のあたりから21行目の佐藤の「このお：」にかけて，車止めの上部の曲がっている部分を右手の掌で5回触る（図6，図7）．



図6　断片1の18行目の「U字みたいな」の直後



図7　断片1の21行目の「このお：」に対応する場面

ここで訓練士が「ユー字みたいな：：」と具体的な形状に言及するのは，佐藤が車止めに触ることが確実になったタイミングである．

掌での接触は精確には軽く叩くという形態のものである．これは車止めの形状に加えて材質を確かめているように見える．佐藤も「（晴眼者と違う世界を生きているとは思わないが）生活する上で晴眼者と違うのではないかと思うことのひとつは，しばしば物にぶつかること」であり，「車止めの材質を確かめることは当たった時の危うさを考えてのこともあるだろう」という趣旨のことを述べている．

4.　考察

上述の「3.4　車止めに触る」の部分について検討することで考察にかえたい．19行目の佐藤の「あ：：：」は，何らかの知識状態の変化[4]と関係する表現と聞くことが可能であろう．先ずは，17〜18行目の訓練士の「ユー字みたいな：：」に対応する何らかの理解，おそらくは，U字という形状の理解として聞くことができる．また，上述したように叩いていることから，単に形状だけではなく（訓練士の説明を超えて）材質についての何らかの理解もおこなわれたと考えられる．ビデオデータから観察できることは，ひとまずはここまでだが，佐藤との討議からは以下のことも示唆された．先ず，形状と材質を確かめることについては（上述したことも含めて）そのとおりであるという．さらに，U字型の車止めが歩道に対してどの方向に設置されているかも問題であるという．

以上は，「2.1　認知的動機（1）：世界の分節化」および「2.2　認知的動機（2）：エミックとエティックの対応づけ」に対応する事柄である．「2.「触る」ことへの当事者の洞察」における記述は，（そこでは述べなかったが）ビデオデータそのものの観察とは別個におこなった討議に主に基づいているものであるので，「3.ビデオデータの分析」に基づく記述とは若干の距離があるが，基本的な主張は同じである．

「2.3　社会的動機」については，本稿のビデオデータの観察からは明確なエビデンスを得ることは，現時点では難しいと言わざるを得ない．

佐藤は討議の中で「見てる人がいなかったら触らないかもしれない」と述べている．このことが，我々が「2.3　社会的動機」で「情動」として述べられていることを「社会的情動」すなわち「社会的動機」と呼ぶ一つの根拠である．

もちろん，当事者の述べることが常に当該事象が生じた時点での真実であったとはかぎらない．EMCAとりわけCA的なEMCA研究では当事者の語りやリフレクションはデータとしないことの方が

通常のやり方である．その当事者が当該の研究の共同研究者であっても同じである．

しかし，実は，我々の研究プロジェクトは，佐藤の「自分が歩行訓練という活動で何をやっているのかを知りたい」という希望から出発したという経緯がある．その中で，視覚障害者であり共同研究者であるところの佐藤の語りやリフレクションが，研究に直接に反映されないことに我々は常々疑問を持ってきた．

本発表のやり方が，この問題に対する解の，唯一の，また，充分に適切なものであるとは考えていないが，解のためのはじめの一歩となることを望んでいる．

謝辞

本稿の執筆にあたり，成城大学データセッションの参加者のみなさまから有益なコメントをいただきました．ここに記して感謝いたします．

参考文献

[1] 西澤弘行・南保輔・坂井田瑠衣・佐藤貴宣・秋谷直矩・吉村雅樹，（2016）“視覚障害者と歩行訓練士の相互行為の中の触覚についての覚え書き”，現象と秩序，No. 5, pp.15-32.

[2] 坂井田瑠衣・西澤弘行・南保輔，（2018）“相手の知識状態を把握する：視覚障害者と歩行訓練士の相互行為場面から”，人工知能学会研究会資料（ SIG-SLUD-B509-03,ISSN0918-5682 ），pp.14-17.

[3] Lerner, G., (1996) “On the semi-permeable character of grammatical units in conversation: Conditional entry into the turn space of another participant”, In Ochs, E., Schegloff, E.A. & Thompson.S.A. (eds.), Interaction and grammar, pp.238-276, Cambridge University Press.

[4] Heritage, J., (1984) “A change-of-state token and aspects of its sequential placement”, In Atkinson, J. M. & Heritage, J. (eds.), Structures of Social Action, pp. 299–345, Cambridge University Press.

性格特性を用いた顔の観察行動の予測モデル
Predicting how people look at others' faces using personality traits

徐 睨哲†, 松香 敏彦‡
Kuangzhe Xu, Toshihiko Matsuka
†千葉大学大学院, ‡千葉大学
Graduate School of Chiba University, Chiba University
jo@chiba-u.jp

Abstract

Previous studies on impression rating on faces have shown that impression ratings are strongly influenced by raters' observational behaviors. However, these studies left a possibility that characteristic features of faces attracted observers' attention, i.e., the direction of cause and effect is opposite to what was claimed in those studies. The present study examined the sources of individual differences in observational behaviors other than features of faces. The results showed that observers' personality traits significantly influenced where and how long raters observed particular areas of faces.

Keywords — personality attribute to face, eye-tracking, Bayesian modeling

1. はじめに

顔の印象に関する従来の研究では、顔の各部位の特徴や全体の構成など、顔の印象における顔の特性の影響について重点に検討されて来た。しかし、顔の印象は印象評定者の特性の影響もあるといった仮説のもと徐・松香[1] がおこなった研究では、特定の顔の部位をどの程度観察するかといった観察行動が、形成される印象に影響を与えることが示された。徐らは、顔写真の効果と参加者の効果を変動効果とし、印象評定を観察行動で予測する一般化線形混合モデルを用いて分析をおこなった。徐らのデータおよび分析方法では、「特徴的な顔の部位が特定の観察行動を導くことによって生じた観察行動と印象の関係」、つまり見かけ上の関係性の可能性を排除できていない。そこで、本研究では観察の対象となっている顔やその部位以外に、観察行動に影響する要因を検討した。具体的には、Little ら[2]が示した顔の印象評定における観察者の性格特性の効果を踏まえ、異なる性格特性が異なる観察行動を引き起こすといった仮説を検証した。本研究は、顔の特徴の影響をモデルに反映した上で、観察者の性格特性による観察行動の予測モデルの検討を試みた。

2. 実験

目的：顔の印象評定を行う際の顔への観察行動はその観察者の性格特性を予測できるかを検討した。

実験参加者：千葉大学生 34 名が実験に参加した。

刺激：無表情、正面直視の男女 25 名のモノクロ顔写真 50 枚を使用した。

印象評定項目：性格特性の５因子モデルの因子である、「協調性」、「勤勉性」、「外向性」、「神経質性」と「開放性」を顔の印象評定項目として用いた。

手続き：各セッションは無作為に提示された質問項目から始まり、そして 1 秒間の注視記号「＋」が呈示された後、ランダムに選出された顔刺激が３秒間呈示された。刺激の呈示後、１つの印象項目について７段階の評定を求めた。実験は全部50セッションで構成され、印象評定課題終了後、実験参加者の性格特性を日本語版 Ten Item Personality Inventory(TIPI)を用いて測定した。

分析手法：観察行動はゼロ過剰ポアソン分布(Zero-inflated Poisson model, ZIP)に従うことにし、階層的ベイズモデルを構築して分析を行った。

ゼロ過剰ポアソン分布は式１に示したように、特定の部位（額、眉、眉間、眼、鼻、口）を「見た・見ていない」の２項を判断するベルヌーイ分布で、それらの部位をみた頻度を扱うポアソン分布で表したモデルである。

$$\Upsilon_i \sim ZIP(q_i, \lambda_i)$$

$$ZIP(\Upsilon_i|q_i,\lambda_i) = \begin{cases} Bernoulli(0|q_i) + Bernoulli(1|q_i) \times Poisson(y_i = 0|\lambda_i), if\ y_i = 0 \\ Bernoulli(1|q_i) \times Poisson(y_i|\lambda_i),\ if\ y_i \geq 1 \end{cases} \quad (式1)$$

$$\log\lambda_i = b_{a(i)} + \sum_{j=1}^{5} b_j P_{ij} + r_{k(i)}^{subj} + r_{l(i)}^{pic}$$

$$\log q_i = b_{a(i)} + \sum_{j=1}^{5} b_j P_{ij} + r_{k(i)}^{subj} + r_{l(i)}^{pic}$$

3. 結果

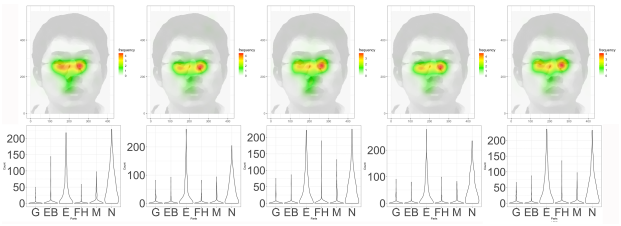


図 1. 印象評定（協調性、勤勉性、外向性、神経質性、開放性）ごとに観察者の視線分布ヒートマッ

視線分布：図１は観察者の印象評定項目ごとの視線分布を示すヒートマップである。全印象評定に対して、目と鼻に着目さる割合が高かった。

分析結果：刺激写真の効果の事後分布を確認したところ、全体（50 刺激×6 部位）の内、約 17%に有意（95%HDI が 0 を含まない）な効果がみられた。これらは、「特徴的」な部位であり、特定の観察行動を導くと考えられる。これらの特徴的な部位の効果を踏まえた上で、各印象評定項目において、性格特性が観察行動を有意に影響していることが示された（表１）。

例えば：刺激写真の協調性を評価する際に、実験参加者の神経質傾向が高いほど目と口周りに着目しない傾向が示され、外向性が高いほど額に、開放性が高いほど目に着目しない傾向が示しされた。

4. 考察

本研究は、徐ら[1]と Little ら[2]の知見を踏まえ、顔の印象評定時の観察行動の差異を、観察者自身の性格特性によって説明てできるか否かを検証した。特徴的な顔の部位は特定の観察行動を導く可能性を考慮したモデルを用いて分析をおこなった結果、観察者の性格特性によって観察行動を予測できるこが示された。さらに、この結果と先行研究の知見に合わせ、観察者の性格特性は観察行動に影響し、その影響された観察行動が対象となる顔の印象に影響する可能性が考えられ、今後更なる研究の必要性が示された。

参考文献

[1] 徐昱哲・松香敏彦（2016）．視線追跡を用いた顔への注意と対人印象の関係の検討．日本顔学会誌 16 (2), 45-53.

[2] Little AC, Perrett DI. (2007). Using composite images to assess accuracy in personality attribution to faces. British Journal of Psychology. 2007 98. 111-26.

表１.観察行動を有意に影響する性格特性（MCMC の結果）

印象項目	観察部位	性格特性	平均
協調性	額	外向性	-1.8998
	目	神経質性	-0.5843
		開放性	-0.3392
	口	神経質性	-0.4170
勤勉性	額	外向性	-0.9813
		協調性	-0.6570
	眉	外向性	-1.3422
		勤勉性	-1.19893
	目	神経質性	-0.4419
	鼻	外向性	0.5570
		勤勉性	0.2914
	口	神経質性	-0.8013
外向性	額	外向性	-2.5974
	目	神経質性	-0.5846
	鼻	勤勉性	0.2902
		神経質性	-0.4498
	口	神経質性	-0.6604
		開放性	-0.4207
神経質性	額	外向性	-1.9409
		神経質性	-1.3827
	眉	外向性	-2.4406
	口	神経質性	-0.7870
開放性	額	外向性	-0.8749
	眉	外向性	-1.0541
	目	神経質性	-0.6616
	鼻	外向性	0.4551
		勤勉性	0.3349
	口	神経質性	-0.5756
		開放性	-0.7689

＊ベルヌーイ分布効果を省略し、ポアソン分布の効果のみ提示する。MCMC サンプリングの HDI 区間を省略し、サンプルの平均値のみ提示する。

井山裕太氏の研究
Research on Yuuta Iyama

伊藤　毅志†
Takeshi Ito
†電気通信大学
The University of Electro-Communications
taito@mbc.nifty.com

Abstract
This research is an interview with Mr. Yuuta Igawa who is a top-player of Go and analyzing the content that he said about himself in the first person viewpoint. It was also confirmed that he is a player with high self-analysis ability and can talk his thought objectively. The verbal data shows the difference between Go and Shogi and the common point as a top player.

Keywords — first person viewpoint, interview, verbal protocol data

1.　はじめに

本研究は、囲碁の第一人者である井山裕太氏が自身について語った発話に対して、筆者が分析して議論していくものである。本研究に先立って、筆者は、将棋界の第一人者である羽生善治氏に同様にインタビューを通して、本人が一人称視点で語った内容に基づき、思考過程や学習過程について議論した研究を行っている[1]。本研究は、ゲームとして異なる囲碁を題材として、インタビューに基づいて第一人者視点で語られた発話を対象にした研究である。

一般に多数の対象に対して心理実験課題を課して、統計的な分析を行うことで客観性を担保する手法があるが、統計的な平均化によって、第一人者だけが持ちうる個別の事例が消失してしまったり、特定の人間だけが持つ重要な特性が不明瞭になってしまったりする危険性もある。あるゲームの第一人者が、そのゲームに与えている影響力は計り知れない。そういう意味で、将棋界の羽生善治氏、囲碁界の井山裕太氏はいずれも全タイトル七冠制覇という前人未到の結果を残している当代の第一人者である。孤高の一人の対象を、当該の分野の研究者が一定の信頼関係を築いた上で、その思考過程について語っていただくことに、この一人称研究における突出したプレイヤの思考研究についての意義があると考えている[2]。

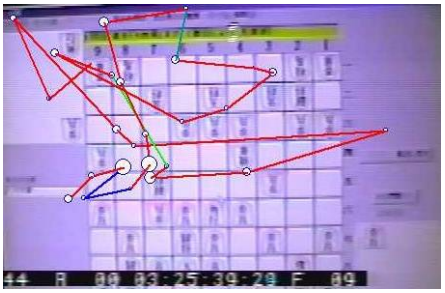
筆者は、今回幸いにも、以前将棋の羽生善治氏に対して行なったインタビューとほぼ同様の内容について井山裕太氏にインタビューを行う幸運を得た。本稿では、このインタビューを通して、囲碁の第一人者の思考について考察し、羽生氏との共通点、相違点を比較することで、ゲームとしての将棋と囲碁の違いや第一人者に共通に見られる傾向についても考察していく。

2.　将棋と囲碁の類似点と相違点

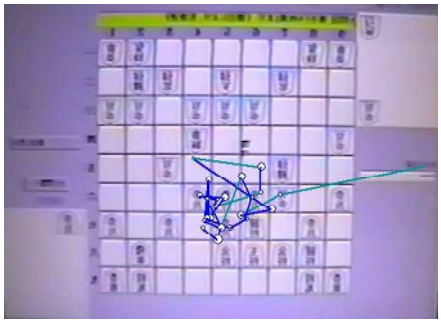
将棋も囲碁も、情報学的に見ると同じ「二人完全情報確定ゼロ和ゲーム」に分類される。

これらのゲームには、幾つかの共通点がある。例えば、「ゲーム木という形でゲームの問題解決空間が表現できること」「有限ゲームであれば、必勝法（先手必勝か、後手必勝か、引き分けか）が存在すること」などである。ゲームの構造としては、非常に類似しているが、プレイを行う上での認知的な違いについては、違いがあることが指摘されている。

伊藤ら、高橋らは、それぞれ将棋、囲碁を題材にした次の一手課題を用いた発話プロトコルと視線計測を行った[3][4]。



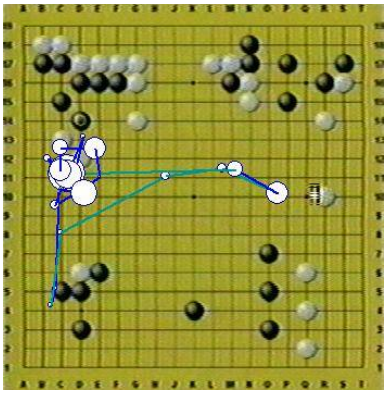
△アマチュア級位者



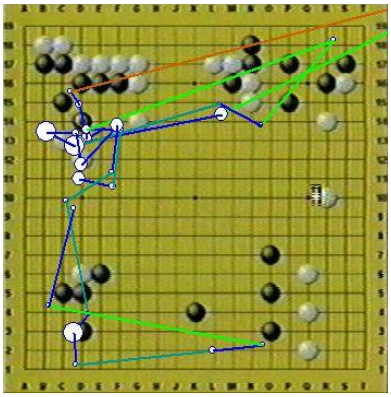
△プロ棋士

図１　将棋の次の一手問題解決時における視線の動き

その結果、将棋では図１のように熟達者ほど思考時に視線の動きが狭くなるのに対して、囲碁では図２に見るように熟達者ほど盤面全体を広く見ることがわかってきた。



△アマチュア中級者



△プロ棋士

図２　囲碁の次の一手問題解決時における視線の動き

この違いについて、伊藤らは局面の記憶実験や発話プロトコル分析の結果を交えて、以下のように考察している。将棋では熟達すると盤面を見た瞬間に局面全体を認識することが可能であり、思考するときには、頭の中で先の局面を考えているために、視線をあまり使わなくなるのに対して、囲碁では熟達するほど石と石の位置関係が生み出す意味（石の厚みや強さなどの抽象的概念）を理解できるようになるため、盤面を広く見るようになると考えられる。

ゲームＡＩの分野でも、コンピュータ将棋とコンピュータ囲碁のアプローチには違いがある。将棋は、局面評価関数を用いたミニマックス探索が主流であるのに対して、囲碁では、局面認識をコンピュータに行わせることが困難であったため、モンテカルロ法によって勝率という形で局面を評価するのが主流である。ディープニューラルネットワーク（DNN）の手法の出現によって、DNN によって局面の評価を学習しようという動きがあるが、ベースとなっているのは、モンテカルロアプローチである。

羽生善治氏と井山裕太氏に何らかの認知的な違いが現れるとすれば、対象としているゲームとしての違いが反映されている可能性がある。

3.　井山氏へのインタビュー

インタビューは、2017 年 8 月 10 日に日本棋院でインタビュアーである筆者とマンツーマンで行われた。本研究の趣旨をよく説明し、羽生善治氏に行ったインタビューと同様の内容について質問することを伝えた上で、インタビューに入った。インタビュー前の説明や雑談を含めて、1 時間半弱のインタビューであった。

インタビューで伺ったことは、大きく分けて以下４つの内容である。それぞれについて、発話例を交えて考察する。

〇子供の頃の学習について
〇成長につれての学習の変化
〇どう考えて次の一手を選択するか
〇囲碁というゲームをどう捉えるか

3.1　子供の頃の学習について

“Q”は、インタビュアー（著者）の質問を、“Ｉ”は、井山氏の発話をそれぞれ表すものとする。インタビューについては、読みやすいように若干表現を変えている部分もあるが、Ｉは、極力発話の生データをなるべくそのまま表記する。

Q：まず、どのように囲碁を覚えられたのかを教えていただけますか？

Ｉ：そうですね。父が、当時勤めていた会社の人と、囲碁でも始めようかという形になったみたいで、それで、自宅に父の相手をする者がいなかったので、テレビゲームを買ってきまして、囲碁のゲームですね、それを買ってきて父が遊んでいるのを横で見ていて興味を覚えたっていうのが一番最初のきっかけですね。それで、そのゲームで遊んでいるうちに、遊ぶというか、まぁホントに当時のゲームですから、ホント初心者レベルだったですけど、ゲーム自体も、向こうも。で、やってるうちに、なんとなくですけど、そのルールとか、ま、着手禁止点というか、囲

碁では少ないですけれども、まれにありますけど、そういうところに打つと、打とうとするとブザーが鳴ったり、そういうようなことで、ま、こういうことなのかなっていうことで、少しずつ覚えていったという感じだと思います、はい。

＜＜中略＞＞

Q：それは大体、何歳ぐらいのことですか。

Ｉ：それは、５歳。年中の年ですね。

＜＜中略＞＞

Q：コンピュータから教わったっていうのは、わりと稀有なケースかなというか、井山先生ぐらいの世代としては…

Ｉ：そうですね、特に、当時では珍しかったと思いますね。今でこそ、ゲームとかネットとかで、そういうところで、囲碁に触れる機会は増えたと思いますけど、当時はなかなか、そういう人は珍しかったと思います。

＜＜中略＞＞

Q：幼稚園の頃、覚えられたということで、子供の頃は、どんな風に打っていたんですか。

Ｉ：そうですね。完全にその…趣味、当然ですけど趣味としてやっていたので、対局することはもう、もちろん大好きでしたけれども、それ以外、例えば、よくある詰碁であったりとか、棋譜を並べるであったりとかっていう勉強は、もうホントに嫌いで、ほとんどやったことがなかったような。

Q：実戦ばっかり。

Ｉ：そうですね。とにかく、当時、今ほどではないですけど、今で言うネット碁のような、インターネットを使っての、ま、自宅にいても、こう色んな人と対局出来たり、っていうことを、ものを使ったり、あとは祖父が好きだったという話をしましたけど、祖父に教わるなり、祖父がよく行く碁会所に連れてってもらったり、とにかく対局でしたね。それで、あと、６歳、碁を始めて１年ぐらいの時に、あの、テレビの番組で師匠と出会いまして、それ以降はもう、師匠にホントにたくさん教わりましたので、ま、それが、とにかくそれが全てという感じだと思います。

＜＜中略＞＞

Q：実戦ばかりだったというのはわかりましたが、それは、ひたすら打つだけなのか、打った後に何か反省とか振り返りのようなものはありましたか。

Ｉ：そうですね。それをするようになったというか、できるようになったのは、結構後かなという気がしています。あの一、自分でホントに考えるようになったのは、結構、例えば院生、プロを目指すようになったぐらいからかもしれませんね。だから、本来でしたら、もっと早くそういうことであったり、詰め、そういうね、勉強であったりっていう、する人が多いと思うんですけれども、とにかく打って。ただ師匠に教わった時は、師匠から、打って頂いた後に講評をを頂くわけですけれども、それを聞いて、師匠がおっしゃってることを、理解しようとは自分なりに、そういうことはしていたかなとは思いますが、はい。

Q：ご著書の中にも書かれていましたけど、ホントに自由に打たれてたのかなっていう風に思うんですが。

Ｉ：そうですね、はい。

Q：なんか定石とか、手筋とか、そういうのは、どうやって覚えられた、やっぱり実戦の中での勉強ですか。

Ｉ：そうですね、一番は、そこだと思いますけれども。

Q：誰かがこう、手取り足取り、ここはこうだよというように、碁会所で教えてくれる人がいたとか、そういうことはないですか。

Ｉ：そういう感じではなかったような。ただ、ま、そうですね、祖父は結構、アマチュアでは、そこそこ打てましたので、祖父に教わる時は、一応そんな感じですね。祖父から学んだこととかっていうのは多い気がしますけれども、はい。

＜＜中略＞＞

Q：布石手順とか。

Ｉ：そうですね。普通は、そういうことをね、役から入っていったりすることも多いと思うんですけど、師匠からはあんまり、定石覚えなさいって言われた記憶が全然なくって、あのま、ホントに、自分なりに考えてというか、自分でやりたいように打っていたし、そういう風にさせて頂いてたっていう感じでしょうか。

井山氏は、5歳という大変若い頃に囲碁に出会い、その後、「父親がコンピュータと打っているのを見ながら、自然とルールを覚えた」と語っている。また、学習としては、定石のような手順の知識を教わるという形ではなく、実戦を通して自由に打つことから

学んでいたことが見て取れる。

囲碁に限らず、将棋でも若い頃からそのゲームに慣れ親しんだプレイヤの特徴として、書籍や定石のような知識から学ぶのではなく、多くの実戦から学ぶ形式が多い傾向がある。この実戦の経験が後の「感覚」や「大局観」の形成に大きな影響を与えていることが推察される。

3.2 成長につれての学習の変化

Q：子供の頃から院生の頃、それから現在につれて、学習法の変化みたいなことはありますか。

Ｉ：そうですね、先程、申し上げたように、院生になってからは、やはりプロを目指すわけですから、流石にそれまでのように、ただ楽しくてやってるだけではいけないので、やはり少しは、まぁ勉強というか、そういうものをするようになったと思うんですけど、それでも全然時間は短かったと思うんですが。確かに、当時は、やはり詰碁ですね。あの、やはり、先を読む力というのは、やはり子供の時にやるのと、例えば今、私が一生懸命やるのとでは、身になっていくものが全然違うと思うので、やっぱり当時、特に詰碁とかそういう部分っていうのは、小さい時なり若い時にっていうのは、よく言われることで、特に院生の頃は、院生の師範の先生なんかからも言われたんですけど、実力のわりに、読む力とか詰碁の力とかが全く伴ってないっていうことを言われて、で、まぁ、実際に全然やってなかったので、それから、院生の期間は特に、詰碁を重点的にやっていましたね。

それで、まぁ、あと、特別なことをやっているわけではないと思うんですけど、プロの先生の棋譜を並べたり、一番時間を割いていたのは、詰碁と、あと自分が打った対局の、やはり反省というんですかね、こう、それをやるようになったのは院生時代からですね。あと、それは、師匠との、何て言うんでしょう、普通はね結構、師匠のご自宅に通ってとか、内弟子になってとか、特に昔はそういう教わり方が主流でしたけど、私の師匠の場合は、自宅がかなり離れてましたので、院生で対局したものを棋譜につけて、自分なりにまぁ、反省、こう思ったとことか、先生への質問などを書いて、郵送して、それをまた先生に赤ペン先生のような感じで、送り返してもらうという。

Q：本を読んでると、すごく先生が手取り足取りっていう感じが。

Ｉ：ホントにそれが、ホント先生が大変だっただろうなと思うんですけど、ま、先生も、電話でもできるところを、敢えてそういう風にして頂いて、ただそのやり方が、やっぱり一度、先生に見て頂くわけですから、その、自分なりこう、もう一度考えて、反省してっていう、そういう習慣というか、癖がついた大きなきっかけだったかなと思うんですね。それが非常によかったんじゃないかなと思いますね。

Q：反芻するっていうのは、具体的にどんなところが改善されるんでしょうね。

Ｉ：あー、そうですね、やはりまぁ、まずはその、当然ですけど、囲碁を打ってるとよくミスもするわけですね。で、まぁ、特に負けた時なんかは、何か自分がまずいことをやったから負けてるわけで、そこを、ま、まず、何故負けたかということを、何がまずかったかということを自分なりに考えるっていうことは、やはり、例えば、ミスをした時でも、それを次に、同じようなミスをなるべくしない為にやるというところもあると思いますし。

Q：それはやっぱり、反芻することによって、何か気付きがあるわけですか。

Ｉ：そうですね。やっぱり対局中というのは結構、当然ですけどやっぱり、勝負がかかっていますので、こう、どうしても勝ちたいとか、負けたくないとかそういう心理的な要素が結構こう、どうしても入ってくることが多くて、やっぱり対局を終えてからの方が、何て言うんですかね、また違った目線でというか、そういうことを抜きにして冷静に判断出来ることが多いような気がするので、そこで改めて、考えてみるというのはやはり、意味のあることではないかなとは思いますね。

Q：特に、プロになって今、六冠という状況（取材当時六冠）の中で、何か変わってきて、最近こういうことに気をつけて学習しようとかいうようなことは何かありますか。

Ｉ：そうですね、その詰碁であるとか、棋譜を並べるであるとか、対局するであるとか、勉強方法としては、そんなに変わったものはないんですけど、当時と。うーん、そうですね、現在は、どうですかね。

Q：今、ちなみに囲碁の勉強ではどんなことをされているのですか。

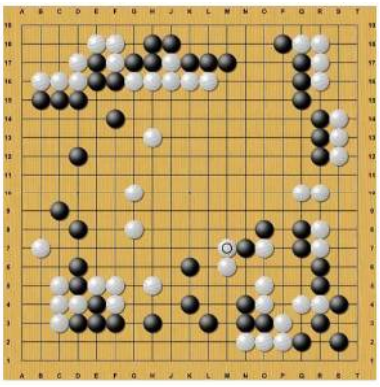
Ｉ：そうですね、ホントに特別なことはやっていなくて、詰碁で、特に今でいうと海外の棋譜、海外の

人が非常に強いので、海外の棋士の棋譜をやったり、もしくは、今、ＡＩですね、やっぱりＡＩのやっていることを、私に限らずですけど、今、棋士達がこう、必死に理解しようとしているという、そういう状況ですから、そういうところを考えたり、ま、あとは、実戦もそうですけども、ま、特に最近はＡＩの影響で、やっぱり碁がちょっと変わってきているという風に自分も感じていますし、その辺りも含めて、もっと色んな考え方はないかとか、色んな手はないかとか、そういうことを考えていることが結構多い気がしますね、はい。

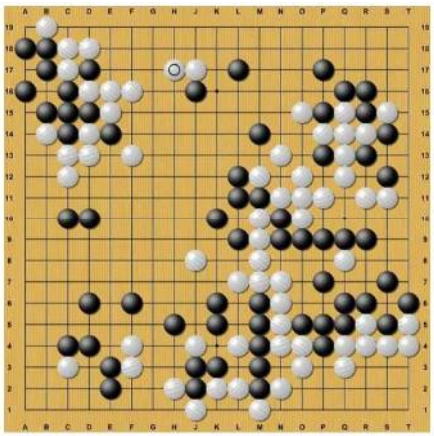
成長するにつれて「実戦」から「知識」へという変化が見られる。また、実戦を支える技術を支える方法として「詰碁」と「棋譜並べ」を挙げている。さらに、井山氏と師匠との若い頃からの指導を受けていた様子がわかる。そこで、師匠が近くに居なかったために行われていた指導として、「棋譜と対局の反省を送り、添削してもらう」という特殊な指導法があったことに言及している。棋譜から反省することを学んだことが、井山氏の学習方法を支えている可能性が見られた。羽生氏も「失敗からの学習」の重要性を説いており、ある意味共通点が見られる。

また、発話の内容を見ると、「何をしてきたのか」という事実を述べる発話が多い。羽生氏へのインタビューでも若い頃のインタビューでは、自身を客観的に眺めて「何をしてきたのか」という発話の割合が多かった。歳を重ねると話している内容は同じでも「その結果何を学んだのか」「だから学習とはこうあるべき」というような学習観へと昇華されていた。井山氏も年齢を追うごとに独自の学習観へと昇華されるのかは調べてみたい点である。

3.3　どう考えて次の一手を選択するか



例題１：黒番



例題２：黒番

図３　次の一手問題２題

自身の思考過程について客観的に考えてもらうために、最初に図３のような２つの囲碁の次の一手問題例を見せて、考えてもらうことにした。インタビューはそこからスタートする。

Ｑ:思考について、話を移していきたいと思います。具体的な囲碁の盤面をお見せしますので、ちょっと次の一手を考えて、その考えている過程をしゃべって頂きたいんですけども、ま、なかなか慣れないので難しいかとは思いますが、お願いします。

Ｉ：はい、やってみます。

Ｑ：こんな感じの問題です。（図３を提示）

Ｉ：はい。

Ｑ：今、ここを打ったところですね。

Ｉ：なるほど。そうですね。ま、まずは、やっぱりパッと見た時には、今どういう状況なのかということですよね。判断して、そうですね。ま、次の一手…そうですね。やはり、今はこの、こちらに打ったところの、この周辺でなんとなく戦いが起こってるのかな、という感じなので、やはりまず目が行くのがこの周辺ですよね。で、あとは、そうですね、周りの状況を見て、少し自分なりに読むというか、先を想定して選ぶという感じですけれども、うーん、そうですね、こういう風に見せられるのと、あと例えば、一手目から手順で追うのと、全く違う気がしますね。だから私なんかは結構その、自分の感じではですね、結構その、手の流れとかで判断してることが結構多い気がするので、こういう風に見せられると、結構正確な形勢判断であったり、っていうのは結構、手順を知っているかどうかで変わってくる、

ま、正しくなるかどうかは別としてですね。で、そうですね。

ま、次に、白にこちらに打たれますと、この一目が取られそうなので、そこをそうですね。ここを打たれるとそうですね。ですので、パッと見はやはり、その一目を取られないように例えばつなぐとか、もしくは逆に、こちら方面、この一目、白ですね。そうですね。狙いに行くか、そういう手をまず考えそうですね。パッと見は、こちらに打ってみたいかなというぐらいですね、はい。

Q：ちなみにこれ、形勢とかはどう判断されますか。

Ｉ：そうですね、ま、やはりここまでくるとまず、囲碁というのはね、陣地が多い方が勝ちですので、ま、まずは陣地がどちらが多いかですけれども。そうですね、白の陣地っぽいのが、この辺り、そしてこの辺のあたりで、この辺りですね。ま、その３カ所ぐらい、大体、ま、目に見える、４０目ぐらいでしょうか、大体白地がですね。それで、白地の方が結構確定している感じ、こちらもそんなに変わりそうもない…黒の方がまだ少し、黒の陣地はこの辺り、この辺り、この辺り、ここに少し、ここはそんなに変わる、もう変わることはなさそうですけれども、微妙にこの辺りとかこの辺りとか、ま、この辺りとか、まだ少し不確定要素があって、そこはだから、そうですね、人によってこう、判断の仕方が違うと思いますね。私ですとまぁ、今、現局面は目に見えるうちは、少し白がリードしているかなというように、もちろんコミがありますので、そういう気がするので、あと黒としては、まだこの白、こちらの白、もしくはこの辺りの白ですね、少しまだ完璧とは言えないので、その辺りを攻めを見ながら、どれだけポイントをあげられるかという、そういう局面かなと、そういう状況かなと思います、はい。形勢、どうなんでしょうね。そうですね、やっぱり、今、非常に勝負どころという感じはしますね。ま、これ以降は、先に少し地は先行されていますけど、黒の方にこう、攻める楽しみというか、得できる楽しみは黒の方に多い気がするので、ま、そうですね、わからないですけど、黒をもって打ってみたいかな、という感じはします、はい。

＜＜中略＞＞

Ｉ：やはりまぁ、囲碁というのは陣地が多い方がいいんですけれども、一番まず考えられるのは、その石の強弱というか、どちらが強いか弱いか、そして、やっぱり弱い石があるか、攻められる石があるか、そういう中でこう、ただ陣地を囲うのは効率がいいとは言えなくて、攻めながら得をはかるとか、もしくは、先程私が示した手なんかは、一応、守りながら陣地を増やすというか、何か、出来ればこう働いたというんですかね、そういう手を目指したいという感覚は、特に人間にはある気がします。ＡＩなんかが、どういう思考の何て言うんですかね、プロセスというか、やり方なのかは、またちょっと違うかもしれませんけれども、はい。

次の一手は、流れで考えるということに言及が見られる。将棋でも囲碁でもそうであるが、一局面を見せられて考えるということは実戦とは異なる。そのため、次の一手課題は通常の対局時の思考を反映していないと考えられる。しかし、興味深いのは、井山氏ほどの棋力の棋士であっても局面の認識に一定の時間が掛かっているという点である。羽生氏だけでなく、将棋のプロ棋士はほぼ一瞬で局面を認識し、局面評価のための発話が短いのが特徴である。囲碁の場合は、「地を計算」⇒「局面評価」という順で局面の理解が進んでいくことが確認された。これは、過去の関連研究で述べた将棋と囲碁のゲームとしての認知の違いに関連していると思われる。

この辺りについてさらに突っ込んでインタビューした結果を以下に示す。

Q：今、もうすでに語り始めていただいていていますけれども、どんな風に、例えばああいう途中局面があった時に、どういう風に次の一手を考えているのかっていうところを、もう一度詳しくおうかがいしたいのですが。

Ｉ：そうですね、やはりあの、まずはその、一手一手の流れというのがありますので、なるべくその、まずは流れにあんまり、何て言うんですか、逆らわずにというか、流れに沿った手から考えていくことが多い気がします。それでま、やはり、碁を打っている者としては、なるべく前に自分が打った手が役に立つようにというか、生きてくるように、進めていきたいというのがやっぱりある気がしまして、まずはそういう中から、そういうところを中心に考えて行く。で、あとはですね、ただ、先程のようにパッとその局面だけ切り取って考えるような考え方も、結構必要かなという風に思う時もあって、あんまり

こう、特にですね、流れに沿った手を考えるんですけど、その中で思わしい手が自分の中でないとかっていう時は、一旦そういうものを取り払ってというか、まぁ、その局面でまずどうするべきかとか、もちろんそれは形勢にも関連しているとは思うんですけれども、そういう風に考えるとまた違ったものが見えてくる時もあるかなという感じはしていますね。で、もう一つはその局面で、やはり思わしい手がないとか、浮かばないとなると、少しこう、遡って考えてみるとかですね。そうすると、この局面でこういうところが大事なのではないかとか、そういうヒントになることはある気がします。

Q：遡るっていうのは、その局面からちょっと前に戻るっていうことですか。

I：そうです。もう一度、状況を見る。

Q：そこからここまでとの差を考えるということでしょうか。

I：そうですね。そういう感じもあるような、特に煮詰まってきた時にはですね、はい。気がします。

Q：これ、ゲームが違うのですけれど、羽生先生とかは、一局の将棋を線のように考えるっておっしゃるんですね。流れで考えるっていう形とすごく似てると思うんですけども、一本の線を引くように、こう、将棋の流れを考える、みたいなことをおっしゃるんですけども、どこか目標地点みたいなものがあって、そこから逆算するみたいな考え方っていうのはあるんですか。

I：そうですね。どうでしょうか。まぁ、これもね、人によると思いますけど、自分の場合は、やっぱり基本的には、もちろん当然、先のことは想像はするんですけども、まずは、もちろん、その局面、局面で、どうしていくかという感じで、そうですね、あんまりこう、先を考えるという感じでは…

Q：今までのことから積み重ねていって最終的に、みたいな感じですか。

I：そうですね、そういう感じの方が近いような、私は気がしますね、はい。

井山氏も羽生氏と同様に「流れ」で次の一手を考えていることは示唆されたが、詳細を訊ねると少し異なる様相が示された。井山氏は、これまでの流れの中で次の一手を積み重ねるように考えるのに対して、羽生氏は、一局全体の流れの中で次の一手を考えているようである。これもゲームとしての将棋と囲碁の違いが原因にあるのかも知れない。

羽生氏は、「将棋は候補手の殆どが悪手で良い手が少ない」と言っているのに対して、井山氏だけでなく多くの囲碁棋士は、「良い手が多く、その中で指したい手を選ぶ」という

Q：わかりました。ありがとうございます。これもよく聞かれると思いますけど、どれぐらい先を読みますか。

I：<<中略>>例えば、直線的に例えば５０手も６０手も読むということは相当ない気がします。なので、ま、直線的には、せいぜい、そうですね、ま、局面にもよるとしか言いようがないですけど、特に中盤戦とか石が込みあってきた時なんかは、どうですかね、１０手２０手ぐらいをまずは読んでみて、で、常に判断がつきまとうわけですよね、これがいいか、あれがいいかっていう。ある程度のところまでいって、その状況がどうか、そしてまた別の道を探して、で、ある程度やはり、例えば１０手とか２０手とか読んでどうかっていう、そういうのを積み重ねていく、すべてトータルすると、ものすごい数になってるのかもしれないんですけれども、特にそうですね、布石とか、そういう石が込み合っていない状況だと結構もう、次、相手がどう来るかもわからないという、そういう状況ですので、読むというよりは、まぁ何て言うんでしょうか、次、こう打って、次、相手がこういう風に来たら、こうやろうかなっていうぐらいの、ホントに読みという面では少ない数になってると思いますね、はい。

Q：持ち時間の長い囲碁の場合なんかは、長考されることもあると思うんですけど、最大どれぐらい考えたことがあるですか。

I：私は多分、１時間ぐらいの長考は結構ある気がします。２日制の対局ですと。１時間から…

Q：これもよく聞かれると思うですが、１時間ぐらいもの間、何を考えているでしょうか。

I：そうですね。必ずしも、その、何て言うんでしょうか、すごく難しい選択肢が多い場面とも限らなくて、私の場合は結構その、決断とか判断に迷っているっていう、そういう時間が多い気がしますね。

Q：それは、複数の手が見えていてっていうことですか。

I：そういうこともありますし、むしろ、例えば二

者択一のような、そういう局面でむしろ結構迷うというか、あんまり多過ぎると自分の好みとか、そういうことを選んでしまうことも多いですけど。例えば、どっちでも行けそうとか、特にそういう局面、形勢としてもですね、こっちでも良さそうだけど、うーん、こっちはちょっと危険っぽいけど、あのー、自分の中では行けそうだとかですね、そういうような時に、よく迷ってる気がします。だからあんまり、有意義な時間の使い方とは、自分では思えないっていうか、言えないんですが。

Q：なんか、打ちたい手を打つとかいうことを書かれてましたけど、打ちたい手っていうのは、一体、どういうような手なんですかね。

Ｉ：そうですね。ま、これはやっぱり、自分がこう、積み重ねてきたことでの中で、その人の感覚っていうのは当然あると、感覚的に…論理的に考えてるのかもしれないですけど、なんとなくこう打ちたいとかっていうのは、それは私に限らず皆さん、あると思うんですけども。で、まずはそれを大事にするというか。ただ、やはりそれだけでは、それの積み重ねでね、いい手ばっかり打てればいいんですけど、そういうわけにもいかないので、まずその、自分の感覚的に浮かんだ手を大事にしたいという、そういう気持ちはありますけれども、ただ、その中で思わしい手がない時は、やはり、そういうこと抜きにして、また別の選択肢を探っていくという、そういう感じでしょうか、はい。

Q：よく大局観とか、そういう言葉を使いますけども、自分なりの大局観に従ったような手みたいなことでしょうか。

Ｉ：そうですね、基本的にはそうだと思います。

Q：あと、直観っていうのは、多分、その大局観みたいなものだと思うんですけども、それと、論理的な先読みみたいなものと多分、交わってると思うんですけど、いろんなことを勘案しながら次の１手を決めてると思うんですけども、序盤・中盤・終盤で、そのウェートは変わってくるとは思うんですが。逆にどういう時に直観を使って、どういう時に論理を使うのかっていう点を教えていただけますか。

Ｉ：そうですね。やはり答えが結構こう、わかりそうな局面とか、例えば、そういうホントに石の攻め合いであったりとか、寄せの分野であったりですね、そういうところでは、結構その、ま、論理的にというか、ホントにこう、先を読んで、しっかり判断してっていう、論理的に考える割合が増えるような気がするんですけれども、やっぱりその、手が広い局面ですね、選択肢が多い場面、布石であったり、その中盤のその、どういう風に進めていこうかとか、そういう場面では、ま、読みますけれども、そういう直観であったり、そういう感覚的な部分、大局観的な部分が占める割合が多くなってくる気がします、はい。

Q：ただこれあのー、子供の頃と今とで、変わってきたとかいうことはありますか。

Ｉ：そうですね。それは、やっぱりある気がしますね。子供の頃とか弱い頃とかっていうのは、もうこちら、感覚的な部分が占める割合がものすごく大きかったような気がします。それで、特に子供の時はもう、あんまり『読む』という感じは全くなくって、もう自分がここに打ちたいと思ったら、手が出てしまってるっていうか、そういう感じで。なのでやはり、ミスも多いですよね。だから、ただ、ま、基本的にはその時の、ま、ここに打ちたいっていう感覚は大事にしたいとは思っているんですけど、やはり、強くなってきたり、こう、ま、もちろん年齢を重ねてきたり、色んな経験をしてくると、ミスの怖さであったり、色んなことを知ってしまうがゆえにプラスの面もあるし、そういう決断がなかなか出来ないっていう、そういうことはある気がします。

Q：なんか、こう、やっぱり恐れみたいなものが出てくるってことですかね。

Ｉ：そうですね、はい。経験はまぁ、もちろん、非常に役立つものだと思いますけど、時にそれが、邪魔する時もある気がします、はい。

Q：直観的に手が浮かぶ時っていうのは、大体どれぐらいの手が浮かぶんでしょうか。ある局面、パッと見た時に、先程のような局面で、２、３手、候補が挙がってたと思うんですが。

Ｉ：そうですね。でも、ホントに数としてパッと浮かぶのはその程度だと思いますね。２つ３つぐらいパッと浮かぶのはそんな感じで、その中から考えていくという感じでしょうかね、はい。

Q：それで、考えてみてあんまり良くなかったら、また別の手を考えるっていう感じですか。

Ｉ：そうですね。もしくは、もっといい手がないかと探す時に、はい。っていう感じでしょうかね。

将棋のプロ棋士へのインタビューでも同様の指摘があった。ゲームは異なるものの、将棋や囲碁のような合法手の多いゲームでは、経験に基づく直観で手を絞るという能力が求められることがトップレベルのプレイヤでも確認された。

この直観的思考を支える方法について、さらに掘り下げてインタビューしてみた。

Q：どういう風に直観的なものが身につくんでしょうか。というのと、例えば、読む能力なんかは多分、詰碁なんかは、一つの鍛える手段じゃないかと思うんですけど、感覚的な、直観的なものが、どういう風に磨かれていくのかっていうところについては、どういう風にお考えですか。

Ｉ：そうですね。ホントにおっしゃったように、感覚を良くするとか、っていうのは、その為の勉強っていうのは、ホントに、まぁ難しいというか、

＜＜中略＞＞

そうですね。ま、やっぱり自分が意識しているのは、囲碁というのは、ホントに色んな選択肢が非常に多いゲームなので、ま、普段から、その、普段の研究の時からですね、やっぱりこう、もっとこういう手はないか、こういう手はないかとか、常にこう、そういうことを考えるというか、そういうことは、ま、それで感覚磨かれているかどうかわからないですけど、色んなことを考えるということは結構やっています。

＜＜中略＞＞

ま、そうですね。それがま、好きという面もあるかもしれませんけれども、やはり、あんまり、研究が進んでくるとどうしてもこう、ま、ね、あの同じような例えば布石になってきたり、囲碁も非常にそういうことが多いので、それも素晴らしいんですけど、ま、出来れば、自分なりのものを打ちたいとか残したいという気持ちがどうしてもあるので、ま、そういうことも含めて、普段から色々考えることは、まぁ、役立っているのかな、というぐらいで、ま、ホントにそういうことの積み重ね…

3.4 囲碁というゲームをどう捉えるか

最後に井山氏が考える囲碁観について問う質問を投げかけた。

Q：井山先生にとって、ゲームとして囲碁っていうのは、どういうようなゲームだと思いますか、一言で言うと。一言で言うの、難しいですよね。

Ｉ：難しいですけれども。そうですね、ま、ホントに自分を、自己表現っていうか、自分を表現していく、するゲームだなとは思うんですけれども、うーん、ま、そうですね。

Q：それは、井山先生が一方的に思ってるのか、あるいは、相手もきっとそうだろうということを想像できるのか、そこら辺はどうなんですか。

Ｉ：ま、やっぱりでも、両者というか、そういう面はあるような気はするんですけども、もちろんそれだけではないですけれども、そうですね。特に人間同士ですと、そういう面が非常に強いゲームかなという風には思いますね。まぁただ、二人で作り上げていくという感じもある気はするんですけども、その一局の碁を。やはりそれは、勝負が絡んでなければね、もう、美しいものを作り上げていくとかっていうのもあるでしょうけど、やはり勝負が絡むと、当然絡むので、やっぱり相手の意図を外し合ったり、そういう面も非常に多い気がするので、だから、自己表現でもあるんですけど、相手のいいようにさせないというか、そういう面が結構、そういうゲームかなという気も、はい。

Q：ゲームとして、何が一番大事で、どうすると勝てるっていう。

Ｉ：そうですね、やっぱり、非常に大事な要素としては、常に全体を見るというか、その状況をできれば正しく判断するというか、それが出来ている人は、やっぱり強い人だいう風には思います。もちろんそこから、正しい状況がわかっていないと、やはり正しい手も選択できない気がするので、いかにその状況をしっかり判断するか、捉えるかっていう力が一番問われるんじゃないかと。

Q：ちょっと、突っ込みますけど、状況を判断するっていうのは、何を判断するんですか。

Ｉ：そうですね、もちろん目に見える陣地の数っていうのも、もちろんあるんですけど、そういうことよりも、やはりそうですね、まず例えば、先程のように局面を見た時に、まず、この局面で何が大事かというか、どこが大事かとかっていうことを判断、判断というか、考える、考えるっていうかちゃんと捉えるというか。で、何をしていくべきかとかですね、この局面は。何が大事なのか、何が求められるのかという、そういうところを判断するというか、

捉える力というのは、非常に大事かなとは思います。

井山氏は、「囲碁は自己表現をするゲーム」と説明した。これは、羽生氏が「剣豪の間合い」という表現をしていることとはだいぶ異なる視点である。将棋は、相手のミスに付け込んで間合いをはかるゲームであるのに対して、囲碁は、お互いが碁盤というキャンパスに自己表現をしあって、それを競っているようなイメージかと思う。

前節で、井山氏は「積み重ね」という表現を使っているが、一手一手を積み重ね、一つの作品を作っていくようなイメージなのかも知れない。碁石は、相手に取られない限り、その場に残り続けるのに対して、将棋は、一手指すごとに局面は違う顔を見せる。ゲームの違いが、お互いのゲームに対する世界観を違うものにさせていると言える。

また、局面を正しく認識する能力の重要性についても述べている。これは一方で囲碁というゲームで局面を正しく認識することが難しいことを意味しているとも考えられ、興味深い。

最後に、以下の質問を投げかけてみた。

Ｑ：これも、聞かれることがあるかもしれないですけど、囲碁の神様とプレイするとして、何子ぐらい置けば、いい勝負だと思いますか。

Ｉ：そうですね、これはですね、やはりＡＩの出現によって、まずその、昔の藤沢秀行先生が、例えば囲碁が１００あるとして、神様が１００だとして自分はせいぜい５か６だとか、３か４、色んな説、ありますけど、ホントそのくらいしかわかっていない。それは、全然謙遜ではないと思いますね。自分も、ホントに一局を通じて、絶対にこの手が正しかったという風に自信を持って打てる手っていうのは、ほとんどなくて、そういう意味では、何もわかっていないに近いのかなと思うことも多いので、だから、そうですね、そう考えると、

＜＜中略＞＞

Ｉ：そうですね。そうですね。はい。ホントにまぁ、正直、あんまり想像もできない…ここが…。神様１００がですね、どこまであるのかっていうのが、ＡＩ、例えばアルファ碁が、どこまでわかっているか。明らかに今は、正直言うと人間よりわかっているのは間違いないと思うんですね。

＜＜中略＞＞

Ｉ：そうですね。だから、ただ、その神ではないアルファ碁と今、何子かとかっていう話題もよく出るんですけど、結構、棋士の中で多いのは、２子とか、３子置けば自信があるかなとか、そういう意見が結構多いんですよね。自分も、自分としてはまぁ、２子、アルファ碁でしたら２子置けば、まぁ、勝てると思いたいという、希望も含めてですね、それはそういう風に思うんですけど、神様となると、ま、３子かなという気がしてます、はい。

Ｑ：これも実は、井山先生だけじゃなくて、色んなプロの先生にお話、聞いて、王銘エン先生はすごく面白くて、何子置いても勝てる気がしないとおっしゃっています。そんなとんでもない。何もわかってないに等しいとかっていう。

Ｉ：それは確かに。その感覚は、すごくわかります、はい。実際、そうかもしれません。

羽生氏に同様の質問をしたところ、「角落ち」と明確に答えられた。井山氏の「３子」というのは、かなり似通った判断かも知れない。しかし、王銘エン九段の「何子置いても勝てる気がしない」という意見にも理解を示しており、囲碁が将棋に比べ人智をかなり上回るゲームである可能性を示唆している。

4. おわりに

本報告では、井山氏の発話データを中心にトッププロ棋士の思考を調べてきた。井山氏の発言から、将棋と囲碁のゲームとしての違い、認知的な違い、またゲームを極めるプレイヤとしての共通点が見えてきた。先行研究のように、経年に伴う違いについて、井山氏に１０年後に、またインタビューを行ってみたい。

参考文献

[1] 伊藤毅志, 松原仁,「羽生善治氏の研究」, 人工知能学会誌, Vol.54, No.9, pp.702-712 (2013).
[2] 諏訪正樹ほか、「一人称研究のすすめ，知能研究の新しい潮流」（共著），近代科学社 （2015）.
[3] 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリンベルゲン, 将棋の認知科学的研究（２）－次の一手実験からの考察, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.5, pp.1481-1492 (2004).
[4] 高橋克吉, 伊藤毅志, 村松正和, 松原仁, 次の一手問題を用いた囲碁プレイヤの局面認識についての分析, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.12, pp.3796-3805 (2011).

即興演劇における予期的気づきを探る セリフと視線行動の関係に着目して Nonverbal behavior in Improvisational Theatre

ヒュース 由美†, 工藤 和俊‡
Yumi Hughes, Kazutoshi Kudo
†東京大学大学院学際情報学府, ‡東京大学大学院学際情報学環
University of Tokyo, University of Tokyo
yumihughes@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract

即興演劇とは文字通り，即興的に演劇を行う芸術行為のことである．事前の話し合いや決められたセリフはなく，どんな役柄を演じるのか，どんなストーリーになるのか，共演者がどんなアイデアを持ち，自分に対してどのようなアプローチを仕掛けてくるかは全く分からない．この制約によって，俳優は共演者の振る舞いから「予期的気づき」を起こし，自分の行動やアイデアを編集しながら表現する必要がある．しかもこれらのやりとりは，登場人物を演じながら，観客に気がつかれないように遂行しなくてはならない．

本研究では，一般向けに上演された即興劇ライブの様子を撮影したビデオ映像から抽出した視線行動と内省インタビューから得た発話データによって，劇が始まる前から，□最初のセリフが発せられるまで □劇を終わらせるところの２つの局面における，俳優の視線行動とセリフのタイミングの関係性を調査して，劇創作のために俳優たちが行っている非言語コミュニケーションの様子を検討した．その結果，俳優たちは観客に気がつかれないように，相手のサインを読み取り，劇世界のフレームを構成していることが明らかになった．

Keywords — **即興性**, **即興演劇**, Improvisation, **予期的気づき**, **非言語コミュニケーション**

1. 序　論

1.1　即興的な創造活動に関する研究

芸術における即興性に関する研究は，2016 年に The Oxford Handbook of Critical Improvisation Studies が発行されるなど，音楽・ダンス・演劇などのジャンルを対象としてさまざまに行われている（Lewis & Piekut, 2016）．認知科学においても，即興的な創造活動に関する検討によって（e.g., 清水・岡田, 2013；Moorman & Miner, 1998；Pressing, 1984）即興の熟達者が持つ高度な認知スキルが明らかになってきた．例えば joint improvisation に関する研究では，即興演劇のトレーニングに使われるミラーゲームを基に作成したカスタム・ディバイスによる実験室実験によって，即興の熟達者は，リーダーの役割を決めなくても，Co リーダーシップを発揮して，同調性の高いパフォーマンスを実行することが分かっている（Noy, Dekel, & Alon, 2011）．

1.2　即興演劇に関する先行研究

本研究では，芸術活動の「演劇」に着目して，即興的に演劇を創作するときの認知活動に関する検討をおこなう．即興演劇とは，即興的に演劇をおこなう芸術行為のことである．事前の話し合いや決められたセリフはなく，どんな役柄を演じるのか,どのような動きやストーリーになるのか，共演者がどんなアイデアを持ち,自分に対してどのようなアプローチを仕掛けてくるのかまったく分からない．このような「どうなるのか分からない」という未知の状態から，観客の目前で劇をスタートさせて[1]，でたらめではなく，一貫性のストーリーのある演劇を創作する．言い換えるならば即興演劇は,

[1] 開始時には, 観客から「お題」をもらう. この「お題」は, 即興演劇を進める俳優たちによってあらかじめ決められていることが多く, 例えば「場所をください, 職業をください」など, 劇の設定になりそうな言葉を観客からもらう．本研究で使用したデータの劇での「お題」は２つあった. １つは,コー

拡散的な環境を,一手ごとに収束的な環境にしていくプロセスだともいえる．不確定なはじまりの中で，出演者の中の誰か（俳優）が，まず一手（セリフや動き）を劇空間に置くことで，劇のストーリーが一手分だけ具体的になる．別の誰かが，置かれた一手につながる次の手を置き，ストーリーはさらに少しだけ具体的になる．ただし気をつけなくてはならないことは，どのように収束するかは，その場にならないと分からないということだ．出演している俳優たちのそれぞれの持ち手は異なる上に随時変化をする．そのため俳優達は,そのつど自分の持ち手を編集修正する必要がある．さらに大事なことは，これら俳優としての活動は，登場人物を演じながらおこなわれるもので，観客に気がつかれないように遂行する必要がある．

上記の特徴をもつ即興演劇を理解するために，さまざまな研究がおこなわれている．即興的に発せられるセリフを手掛かりに構築される創発フレーム（Sawyer, 2002），不確定な状況における協働創作の方略として形成される共同のメンタルモデル（Fuller & Magerko, 2011), 即興的な同調性の仕組みに関する Joint Improvisation モデル（Noy, Dekel, & Alon, 2011）などである．しかし現実的には,「客席で観客が見ている」という制約があるために，俳優は共演者とコンセンサスを取ることはできない．つまり即興演劇には，台本演劇に存在する二重のコミュニケーション[2]（Gouhier, 1953）に加えて，言語を媒介としない，俳優同士の身体やジャスチャーを媒介とした非言語なコミュニケーションが存在しているはずである(ヒュース, 2016)．しかもそこでは，共演者や状況からの振る舞いに埋め込まれているサインに気づく必要があることから,「予期的気づき」(Reed, 1988) が起こっているはずである．即興演劇で行われている行為を理解するためには，即興演劇上演時の予期的気づきの手がかりとなる，俳優の身体やジェスチャーを調査する必要がある．

演劇に関する，身体やジェスチャーに関しての研究は多くなされてきた（e.g., 佐藤,2004; Kendon,2004)．また人間のコミュニケーションをマルチモーダルなものだと捉えて，身体（ジェスチャー）や視線行動に着目した多数人インタラクションの研究が多くなされている．これらの研究では，複雑におこなわれる人間同士の認知的・社会的なメカニズムを，音声・会話・ジェスチャーなどから科学的に解明しようとしている(坊農& 高梨, 2009)．

1.3 本研究の目的

上記の先行研究を踏まえて，本研究では，即興演劇の俳優たちが環境情報を読み取る「予期的気づき」と非言語コミュニケーションをおこなう身体（視線行動）に着目して，即興演劇におけるこれらの役割を検証する．

2. 方　法

2.1 手続き

実際に行われた即興演劇のライブを映像で収録した．映像は, ELAN によって, 1/10 秒のスローモーションでの解析をおこない，セリフの内容とタイミング, 俳優の視線の向きとタイミングを記録した．加えて出演した俳優に個別で半構造化インタビューをおこなった．インタビューでは本番の映像を刺激として使用し, 演技中にどのようなことを考えていたかを聞いた．インタビュー内の発話は，トランスクリプトとして書き起こされた．



図 1 ライブハウスでの即興演劇の様子

ド名（C,D,F,Am など）が書かれているカードを観客に引いてもらい,即興ミュージシャンは選ばれた３つのコードしか使ってはいけないという制約の中で, 即興的に音楽を演奏する. 俳優はその音楽からイメージして, 劇を創作すること. もう１つは「手紙のやりとりにすること」であった.

[2] 演劇では,二重のコミュニケーションが行われていると考えられている．それは劇中の登場人物同士のコミュニケーションと登場人物と観客のコミュニケーションである.

2.2 対　象

即興演劇を上演した俳優２名は，プロの俳優として芸歴 20 年以上，即興演劇が 10 年以上の経験がある．グループとしては，定期的なライブを２ヶ月に１回，10 年間以上継続している．通用の即興演劇は即興で創作されるため，作品の出来不出来にばらつきが考えられるが，このグループは経験豊かであるため，比較的安定したクオリティを提供できると考えられるため研究の対象者とした．上演が行われたライブハウスには，40 ほどの客席があり，一般の観客で客席はほぼ満員だった(図1).

３. 結果と考察

3.1 セリフのターンテイキング

即興演劇における俳優 A と俳優 B のセリフのやりとり（ターンテイキング）を検討した（図 2）．俳優 A と B のセリフのターンテイキングは，4:54 の部分までは均等になされており，それ以降は頻繁に複雑になった．前半のやりとりが一定になされている点は，ストーリーの設定（２人の登場人物が手紙のやり取りをする）が理由だと考えられる．俳優A と B のセリフは，「〇〇さんへ，〇〇より」というセリフで必ず始まり，セリフが終わると，手紙を送るような手のジャスチャーが必ず入っていた．この工夫により，ターンテイキングが明確に遂行されたと考えられる．後半に起こったターンテイキングは，ストーリー中のイベントと対応していた．□ お互いが出会うことになった □観客席に移動した □出会って終局に向かう．

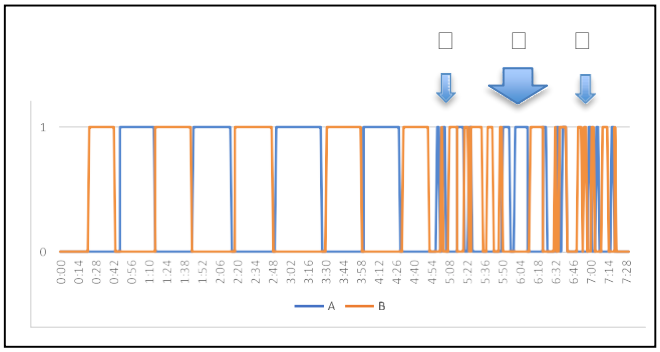


図 2 即興演劇上演中の俳優 A と俳優 B のセリフのターンテイキングとイベント

横軸は即興演劇の開始から終了までの時間を表す．縦軸１が，俳優がセリフをしゃべっていた部分,0 がしゃべっていない部分である（青が俳優 A, オレンジが俳優 B）．

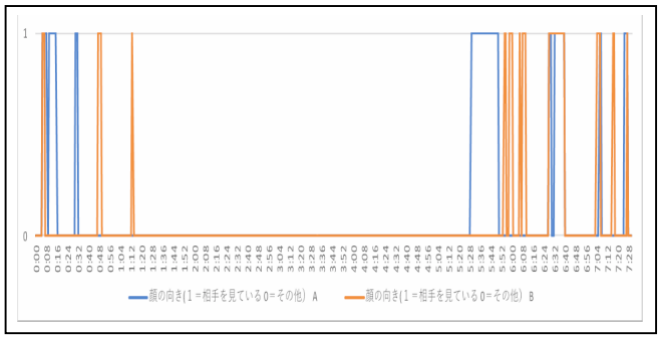


図 3 俳優 A と B の視線行動１

それぞれの俳優が共演者を見ているタイミングを示した．縦軸１が，相手を見ている時，縦軸 0 は相手以外の場所を見ている時である．

3.2 視線行動と予期的気づき

視線行動（相手を見ているとき／見ていないとき）を調べると，劇の開始時（1:21 まで）と後半時（時間を入れる）に集中して見られることが分かった（図３）．劇の中盤での視線行動は，顕著にみられなかった．中盤で相手を見ることがなかった理由は，劇のストーリーの設定（２人の登場人物は離れた場所にいて会えない）だと考えられる．内省でも俳優 A が「手紙のシーンだったので相手を見ることができなかった．でも見えなくても，感じていた」と発言していた．

3.3 劇が始まるときの視線行動

さらに開始時と後半時だけを抜き出して,セリフと視線行動の関係を調べた．前半で相手を見ていたタイミングは，□最初のセリフが発せられる前と，□俳優 B がセリフをしゃべった直後であった．最初のセリフが発せられる前の視線行動の特徴は，俳優 B を見ていた俳優 A が一度「目をそらした」瞬間があったことである．内省インタビューではこの瞬間に関して，俳優 B から以下のような発言があった．俳優 B は相手から目をそらされた（約１秒）で相手の状態を推測して，その直後に舞台前に歩き始め，10 秒後に最初のセリフをはじめていた (図４).

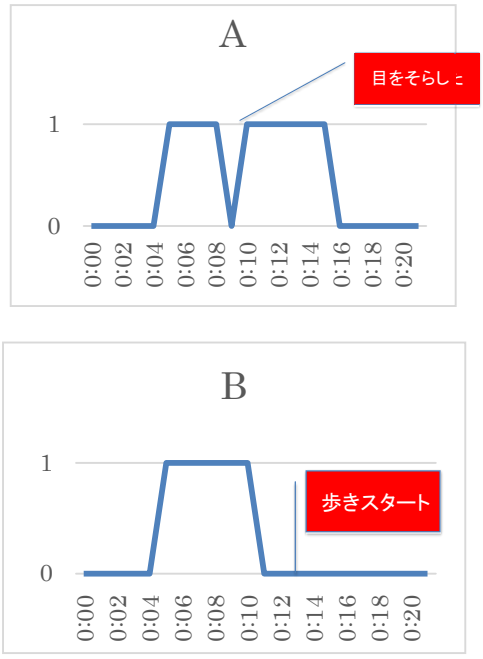


図 4 俳優 A と俳優 B の視線行動 2
上段が俳優A，下段が俳優B で，相手を見ている／見ていないタイミングを示した．上段の矢印は，俳優A が視線をそらした部分，下段の矢印は俳優B が歩きだしたタイミング．

この時の俳優たちの考えを，内省インタビューから見ると以下であった．俳優 B は「あーあーA さん，出ないな〜って．今見たときに，A さんはもう，ほらすでに，ほら“あんたやって”って感じで」と，俳優A にアイデアがないと推測していた．これに対して俳優 A は，「だいたい私から行くことはないの．だから（B さん）やって」と，俳優 B の推測とほぼ同じ気持ちでいたことが分かった．

3.4 劇が終わる時の視線行動

後半時のセリフのやりとりは，イベントによって変化していた（図5）．

この視線行動のタイミングを，ストーリーの文脈と照らし合わせて考える．イベント□のときは，俳優 B が喋っているとき（観客と）に俳優 A がずっと俳優 B を見ていて，俳優 A が喋っているとき（観客と）に俳優B がずっと俳優 A を見ていた．観客に見られていないため，相手をゆっくり観察することができるタイミングだったと考えられる．イベント□のときは，登場人物２人が出会うという劇のストーリーの文脈に沿って，アイコンタクトがおこなわれていた．内省インタビューでは，登場人物としての気持ち（会えてよかった）に加えて，俳優としての相手を観察する様子がみられた．イベント□のときも，登場人物２人が出会ったという劇のストーリーの文脈に沿って，アイコンタクトがおこなわれていた．内省インタビューでは，俳優 B から，劇を終わらせることの難しさが語られた．俳優B 「どこで終わらせるかって感じ．だからもうひとやま来ちゃって．音無くなれ〜．でも無理なんだよな〜って、思ったんだよなー．難しいって思った．アイコンタクトできれば良かったんだけどね」．一方，俳優A は，俳優B が終わらせるのではないかと推測しており，２人の意識には「ずれ」が起こっていた．

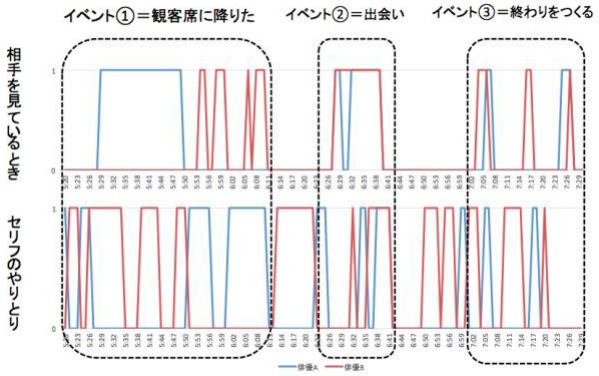


図 5 劇が終わるときの，セリフと視線
上段が相手を見ている時／見ていない時で，下段がセリフのやりとりを示す．どちらも縦軸１が実行されている時，0 が実行されていない時である．イベント□は，俳優たちが客席に降りて，観客とダイレクトに話をした部分，□は登場人物２人が出会った部分，□「２人仲良く寄り添って」というセリフから，なんとか終わりをつくろうとしていた部分である．

4. まとめ

即興演劇を演じた俳優２名のやりとりを，セリフと視線行動に着目して検討した．参考として俳優の内省インタビューでの発話も活用した．分析の結果，俳優達は，相談することができないため，相手を見ることで，相手の状態を読み取り，推測をおこなっていた．しかし役柄やストーリーの文脈があるため，ダイレクトに相手を観察することはできない．そのため，セリフを言い終わった時にさりげなく見たり，観客が自分

を見ていないだろうと思われる瞬間に見たり，文脈としてアイコンタクトがあって良いと思われるタイミングで見たりと，見るタイミングに工夫が見られた.

Sawyer (2002)が述べる創発フレームを俳優が構築する場合，劇の始まりは，劇の設定がフレーム化される始めの部分であり，「場所はどこか，季節はいつか，どんな人物か ,どのような事柄か」などの情報を，明確にする必要がある。もしこの情報に混乱が生じたら，劇自体が破綻してしまう．そのため共演者からのサインを慎重にキャッチする必要がある．また劇の終わりはフレームが完結する部分である。劇が終わるタイミングは、あらかじめ決められていないため，文脈を読み合いながら、コンセンサスをとって終わらせる必要がある．そのためには相手を見る行為が有効であると考えられる.

さらにこのようにお互いが協力する必要がある作業をおこなうためには，Joint improvisation のスキルが必要となるだろう．Noy, Dekel, & Alon(2011）が述べた即興演劇の俳優は同調性が高いという研究結果と結びつけて考えると，長く即興演劇をやっている俳優たちは，どうしても相手と協力していかなくては目標を達成することができない即興演劇の制約に従って演じることで，自然に同調をするスキルを身につけているのかもしれない．さらに即興演劇を演じるためのさまざまな制約は，俳優に非言語コミュニケーションを強要する．そのためには，お互いの振る舞いに敏感にならざるをえない．このような制約がもたらすシステムが，即興演劇の俳優たちの予期的気づきを促しているのではないかと考えられる.

なお本研究は，ライブハウスで実際に上演された即興演劇を元にした事例的な研究である．分析によって分かったように，視線行動はストーリーの文脈に依存する．即興演劇では２度と同じストーリーを演じることはないため，別の劇の場合，劇中の視線行動も異なると予想される．今後はさらにデータを蓄積して,さまざまケースの中から普遍性を見出すことを視野にいれた検討をおこなう必要がある.

文　献

Fuller, Daniel. & Magerko, Brian. (2011). Shared Mental Models in Improvisational Theatre. C&C'll Proceedings of the 8th conference on Creativity & Cognition, 269-278.

Gouhier, H. (1953). Le Théâtre et l'Existence. Philosophique de Louvain. (グイエ H. 佐々木健一 (訳) (1990).『演劇と存在』未来社.)

ヒュース 由美 (2016). 即興演劇の創作プロセスに関する実証研究―台本演劇との比較において. 東京大学大学院学際情報学府修士論文.（未公刊）.

Kendon, A. (2004). Gesture: Visible Action as Utterance. Cambridge University Press.

Lewis, G. & Piekut, Benjamin. (2016). Introduction on critical improvisation studies. In Lewis, G. & Piekut, Benjamin (Edi.), The handbook of critical improvisation studies. Oxford University Press. Vol.1, 1-34.

Moorman,C., & Miner, A.S. (1998). The Convergence of Planning and Execution: Improvisation in New Product Development. Journal of Marketing, 62,1-20.

坊農 真弓・高梨 克也・人工知能学会（編）(2009).『多人数インタラクションの分析手法』, 東京：オーム社.

Noy,Lior., Dekel, Erez., & Alon, Uri. (2011). The mirror game as a paradigm for studying the dynamics of two people improvising motion together. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA. Vol.108, No52. 20947-20952.

Pressig, J. (1984). Cognitive processes in improvisation. In Crozirt, W.R., & Chapman, A.J. (Eds.), Cognitive processes in the perception of arts, 345-363. Amsterdam: North Holland.

Reed, E.S. (1988). Applying the theory of action systems to the study of motor skils. In O.G. Meijer & K. Roth (Eds.). Complex movement behavior: The motor-action controversy. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 45-86.

佐藤 由紀 (2004). イッセー尾形の舞台における協調の分析.『生態心理学研究』, 1(１), 73-83.

Sawyer, R.K. (2002). Improvised dialogues: Emergence and creativity in conversation, Ablex Publishing Corporation.

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

未完成図における図の形式が文章理解に与える影響

Effect on text comprehension by Format of Illustrations in Completing Incomplete Illustrations

福丸 歩実† , 山崎 治†
Ayumi Fukumaru, Osamu Yamazaki
†千葉工業大学
Chiba Institute of Technology
s1332126BE@s.chibakoudai.jp

Abstract

This study aimed to investigate how to facilitate text comprehension. For this purpose, we conduct a text comprehension experiment with illustrations. In the experiment, we used three sorts of format of illustration; axis, bar graph, illustration. In addition, we used three sorts of incomplete illustration; without-relation, without-terms, no illustration condition. The experiment participants were assigned at random to ten conditions; 3(axis / bar graph / illustration) x 3(incomplete illustration / without-relation / without-terms) and no illustration condition.

The result shows that the without-terms conditions facilitate accuracy of cued recall in fill-in-the-blank questions. However, we cannot confirm our earlier findings which showed facilitation of text comprehension in incomplete illustration conditions.

Keywords — Facilitate text comprehension, format of illustration, incomplete illustration.

1. はじめに

文章の理解を促す一つの手段として、その文章の内容を示す適切な図を提示することが挙げられる岩槻[1]は、視覚的表現としての図に着目し、文章理解に与える効果を調べる心理実験を行った。その結果、図は文章から作られるテキストベースを補い、状況モデルの構築を促進する機能を持つことを明らかにした。また実験者が文章に視覚的表現を添えるのではなく、実験参加者自ら図解を作成することで、文章理解を促進する効果があることが先行研究より示されている。

太田・川本・渡辺・大村・田野・橋山・市野[2]は、文章に未完成の図解を添え、実験参加者がその図へ情報を書き加える「未完成図の完成」に着目し、文章理解に与える効果を調べる心理実験を行った。その結果、文に未完成図を添え、実験参加者がその図へ情報を書き加える方法は、完成図を文に添える方法よりも文章理解を促進することを明らかにした。

また、福丸・山崎[3]は、完成図から削除される情報の量や質により、様々な未完成図が作られることに着目し、その種類が文章理解に与える効果を調べる心理実験を行った。その結果、文章の内容を表す完成図から読み手に理解してほしい概念である鍵概念をぬいた未完成図に対して、読解の際に書き込みをさせることで文章理解が促進されたことが示された。

しかし、文章の内容を表す図として、様々な形式の図(例えば、グラフ/ベン図/地図/イラストなど)において、鍵概念を抜くことの効果が異なることが考えられる。

そこで本研究では、図の形式を複数用意し、鍵概念を抜くことの効果について検討する。本研究で用いる文章は、太田ら[2]の研究と同様に「説明のための文章」とする。ここでは説明文の典型的な構造の一つとして、読み手に理解してほしい概念である「鍵概念」とその説明を支える「例」、それらの「結びつき」により構成されたものを取り上げる。完成図から、「鍵概念」「例」「結びつき」の情報を削除することで「未完成図の種類」を設けることとする。

2. 方法

本実験では、図の形式の違いが、未完成図を用いた文章理解促進の効果に影響を与えるか検証した。そのために、図の形式の要因として、軸・イラスト・棒グラフ条件の 3 条件を設けた。これらの図の形式は、予備調査の結果に基づき行われた。これらの形式の図に対して、それぞれ未完成の段階を操作した図を用意し、文章読解の課題における未完成図の効果を検討した。

2.1 予備調査と図の作成

本実験で用いる図の形式の決定は、情報系学部に所

属する大学3年生72人に実施した予備調査をもとに行った。

予備調査の実施にあたり，読解の対象となるテキストを選定した。テキストの内容は、図に表しやすいこと、実験参加者が十分な知識を持っていないであろうことから統計学に関するものとした。テキストは、涌井・涌井[4] が執筆した統計学の参考書である「図解使える統計学」より、点推定および区間推定に関する説明テキストを用いることとした。

予備調査は、テキストを読んだ後イメージされやすい図の形式を確かめることを目的とし、下記の流れにそって実施した。

①参加者に統計学に関する説明文を読解してもらう
②説明文内容を表す図を紙に自由に記述してもらう
③描かれた図の種類ごとに分類

予備調査の結果、白紙・記述途中のものを除き、図を描いた43人分のデータから、類似する形式ごとに整理し、以下のように分類した(1人が複数の形式を記述している場合もあった)。図1に、各形式の図の例を示す。

・軸：20人
・棒グラフ：15人
・イラスト：13人
・その他(円グラフ・文章のみ記述等)：7人

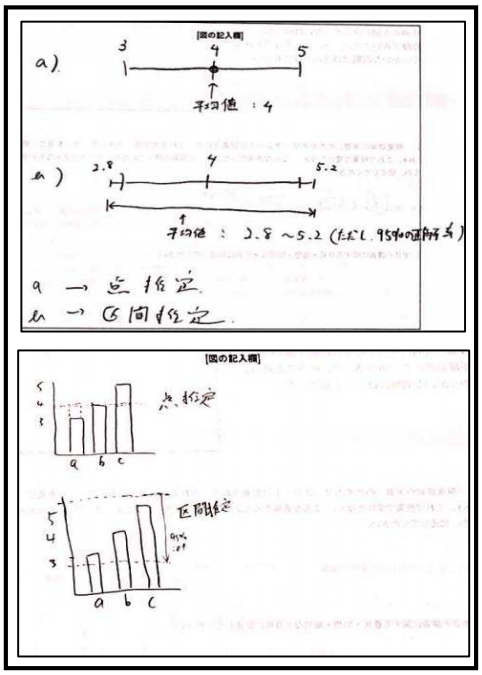


図1　図の自由記述　書き込み例(予備調査)

予備調査の結果に基づき、本実験では「軸」形式、「棒グラフ」形式、「イラスト」形式の3種類の形式の図を用いることとした。図2～図4に、本実験で用いた各形式の完成図を示す。

さらに，これらの図に対して未完成の段階に応じた図を作成した。本実験では未完成の段階の要因として「完成図条件」、未完成図条件である「内容ぬき条件」、「用語ぬき条件」、「図なし条件」の4条件を設けた。用語ぬきは、完成図から「鍵概念」をぬき取ったもの、内容ぬきは、完成図から「例」と「結びつき」をぬき取ったものである。図5と図6に、軸形式の図に対する「用語ぬき」と「内容ぬき」の操作を行った図を示す。

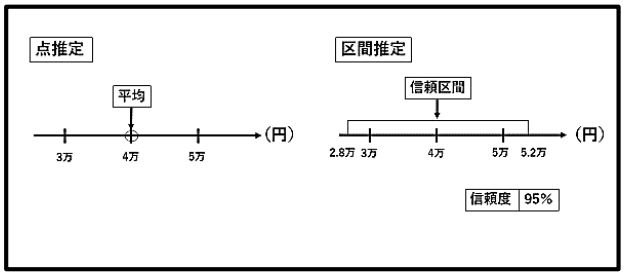


図2　軸条件(完成図)

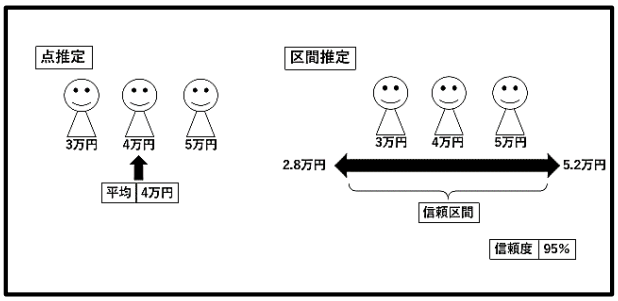


図3　イラスト条件(完成図)

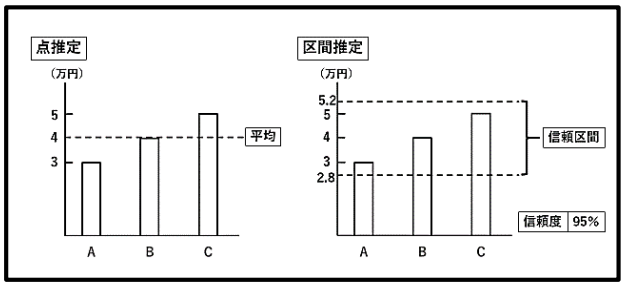


図4　棒グラフ条件(完成図)

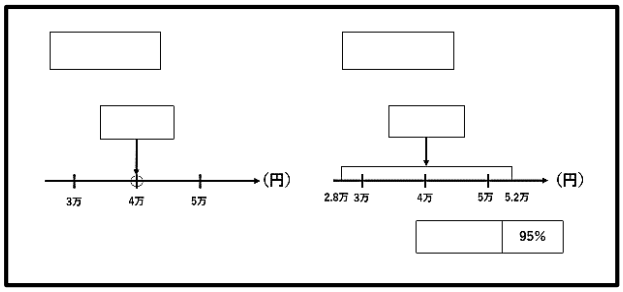


図 5　軸条件（用語ぬき）

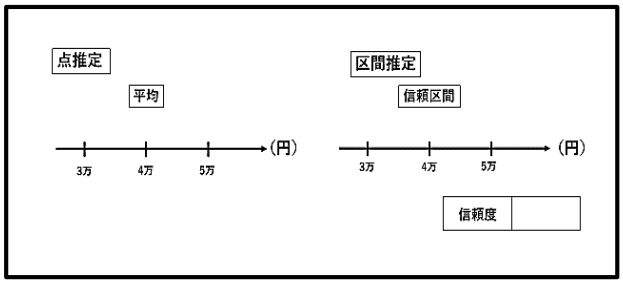


図 6　軸条件（内容ぬき）

2.2 本実験の方法

実験計画：読解テキストに付与する図に関して、3(軸/棒グラフ/イラスト)×3(完成図/内容ぬき/用語ぬき)の 2 要因 3×3 水準参加者間計画で実験を実施した。統制条件として図なし条件を設けた。

実験参加者： 情報系学部に所属する大学 1 年生 125 名に対して実験を実施した。各条件に対する参加者数は、「軸：完成図 12 人・内容ぬき 11 人・用語ぬき 14 人」「イラスト：完成図 12 人・内容ぬき 13 人・用語ぬき 13 人」「棒グラフ：完成図 13 人・内容ぬき 11 人・用語ぬき 13 人」「図なし：13 人」であった。

材料：実験課題として「事前知識確認課題」、「読解課題」に必要な「テキストおよび図」と確認テストの課題として「理解課題」をそれぞれ作成した。**2.1 予備調査と図の作成** において説明したように、読解課題としては統計の概念である点推定・区間推定について説明をしたテキストを用いた。このテキストに添える図を変えることによって、3(図の形式条件)×3(図なし以外の未完成の段階条件)と図なし条件の 10 条件に対応する読解課題テキストの材料を用意した。

文章の内容に関する記憶と理解を確認するための確認テストとして、理解課題を作成した。理解課題は、

①全条件共通の図の読み取りに関する課題(2 問)
②実験対象となる図に関する課題(4 問)
うち、用語課題(穴埋め課題)　回答 3 つ(1 問)
応用課題(3 問)

の計 6 問で構成されている。

応用課題は、テキストの内容を踏まえた上で、テキストに含まれていない情報も含めて、どのような手続きをとれば妥当かを回答させる課題となっている(図)。

また、実験参加者の統計学に関する事前知識に差があるかどうか確認を行うために、事前知識確認課題(3 問)を作成した。課題は、統計学の基礎的な用語を問う内容とした。

これらの課題を、A4 判の 5 ページの冊子にまとめ、事前知識確認課題、読解課題、理解課題の順番で冊子を構成した。

手続き：実験は集団実験として行った。各課題およびテキスト読解には制限時間が設けられており、実験者が口頭で課題を進めるように指示をした。まず、提示する文章に関連した事前知識確認課題を 4 分間実施し、統計学に関する知識の有無の確認を行った。次に、テキストに対する読解課題として条件に応じた方法で5分間、テキストの内容を理解・記憶するように教示した。テキストの読解では条件ごとに教示文を異なるものとした。各条件の教示は次のとおりである。

＜完成図条件＞テキストを、図を参考にしながら理解する。図には何も書き込まず、また文章に下線・印などはつけないようにする。

＜用語ぬき・内容ぬき条件＞テキストを、図に情報を書き込みながら理解する。文章に下線・印などはつけないようにする。

＜図なし条件＞文章のみを黙読する。文章に下線・印などはつけないようにする。

その後、確認テストとして、理解課題(8 分)を実施した。

3. 結果

実験参加者のうち、①課題に未回答②未完成図に書き込みがない③回答と無関係の記述がある、のいずれかに該当する者は分析対象から除いた。これにより、分析対象者は、「軸：完成図 12 人・内容ぬき 10 人・用語ぬき 14 人」「イラスト：完成図 11 人・内容ぬき 13 人・用語ぬき 13 人」「棒グラフ：完成図 13 人・内容ぬき 8 人・用語ぬき 13 人」「図なし：12 人」計 119 名となった。

テキストに関する理解課題(4 問)を 6 点満点として点数を付けた。そのうち、用語課題・応用課題の配点は各 3 点とした。

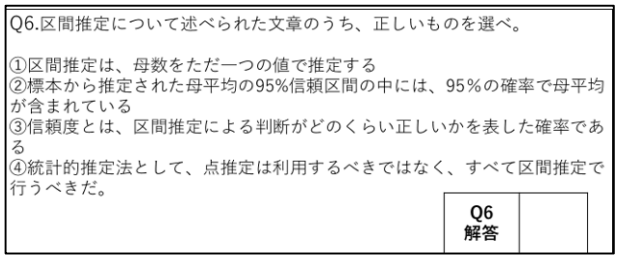


図 6　理解課題(応用課題)　例

3.1　理解課題の分析

(1)用語課題の分析

それぞれの条件における用語課題の成績の差を 2 要因参加者間分散分析により検定を行った。その結果、図の形式条件と未完成の段階条件の交互作用は認められなかった($F(4, 98)=0.74$, $p=.57$, 偏$\eta^2=.03$)

また、未完成の段階条件の主効果に有意な傾向が見られた($F(2, 98)=4.24$, $p=.07$, 偏$\eta^2=.08$)。

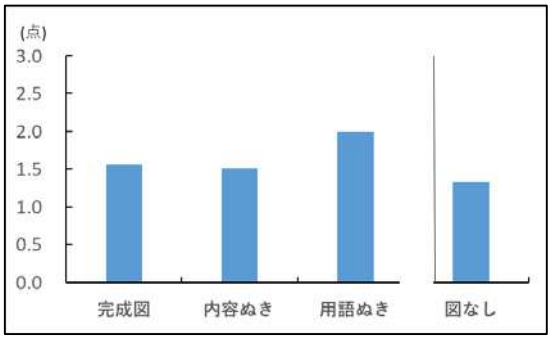


図 7　未完成の段階条件別　用語課題の平均点

(2)応用課題の分析

それぞれの条件における応用課題の成績の差を 2 要因参加者間分散分析により検定を行った。その結果、図の形式条件と未完成の段階条件の交互作用は認められなかった($F(4, 98)=0.72$, $p=.58$, 偏$\eta^2=.03$)。

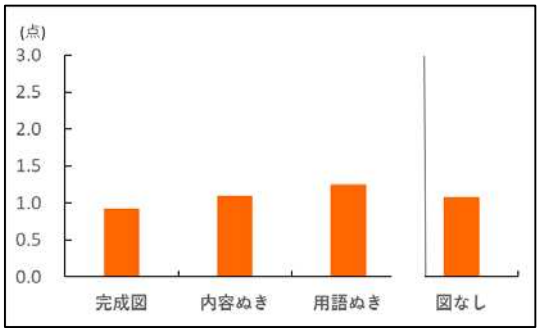


図 8　未完成の段階条件別　応用課題の平均点

3.2 図への書き込み内容の分析

未完成の段階条件(用語ぬき・内容ぬき)における、図の活用方法について分類を行った。各条件の未完成図に対してどのような書き込みをしたのかに応じて分類し、条件ごとの特徴をあきらかにしていった。

用語ぬき条件では、図の形式に関わらず、空欄以外へ書き込みをした実験参加者はいなかった。また、書き込み内容も空欄に対して用語もしくは数値を書き込むものとなっていた。他方、内容ぬき条件では、図の形式によって、書き込みのタイプに違いが見られた。

軸条件(内容ぬき)では、10 人中 8 人が図 9 のような、数値と矢印や線など図の要素を用いて文章で示された意味に基づき未完成図の表現を補完していくような記入を行っていた。それに対して、イラスト条件(内容ぬき)では、13 人中 12 人、棒グラフ条件(内容ぬき)では、8 人中 6 人が、図 10・図 11 のような数値のみの記入を行っており、未完成図の表現を補完するような書き込みは確認できなかった。

表 1 は、内容ぬき条件で確認された、書き込みタイプ別の各人数を示したものである。軸条件の実験参加者の 80%は線や矢印といった図の要素を用いて未完成図の補完を行っており、他の図の形式条件よりも多いことがわかる。

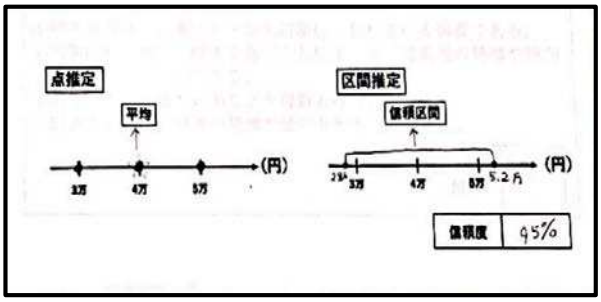


図 9　軸条件(内容ぬき)　書き込み例

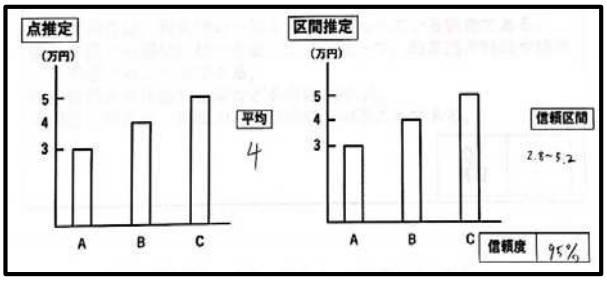


図 10　棒グラフ条件(内容ぬき)　書き込み例

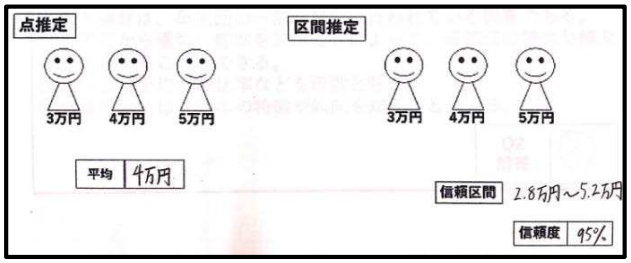


図 11　イラスト条件(内容ぬき)　書き込み例

表 1　書き込みタイプ別の各人数(内容ぬき条件)

	線・矢印	数値のみ	その他
軸 (10 人)	8 人 (80%)	0 人 (0%)	2 人 (20%)
イラスト (13 人)	1 人 (7.7%)	12 人 (92.3%)	0 人 (0%)
棒グラフ (8 人)	2 人 (25%)	6 人 (75%)	0 人 (0%)

4.　考察

以下に図の形式条件と未完成の段階条件の 2 つの条件の効果について考察していく。

図の形式条件について

応用課題・用語課題ともに、図の形式条件による有意な差が認められなかった。しかし、内容ぬき条件において、図の形式条件による図の活用方法に違いが見られた。特に、軸条件は他の条件と比べ、線・矢印の図要素が描き込まれやすく、情報が描き込まれた図は完成図条件のものと似た図となっていた。これに対して、棒グラフ条件およびイラスト条件では、図要素ではなく、数値の情報などが追加されるのみである場合がおおかった。このことから、図の形式によって未完成図の完成において、描き込みやすさに違いがあると考えられる。特に、軸条件で描き込まれた図要素は、点推定・区間推定の意味を表すために描きこまれていたと考えられる一方で、棒グラフ条件およびイラスト条件では、例として示されたデータに対して具体的な計算結果を示すなどが行われやすかった。本実験では、図の形式によって、未完成図に対する情報の描き込みの要素が質的に異なる可能性を示した。

未完成の段階条件について

未完成の段階条件では、用語課題において、条件による有意傾向が認められた。特に、用語ぬき条件が、完成図条件・内容ぬき条件よりも成績が高い傾向が見られた。応用課題では、条件による有意な差が認められなかった。これらの結果は、福丸・山崎の先行研究[3]の結果と異なっていた。先行研究の結果、記憶課題(本研究の用語課題に相当)では、条件による有意差は認められず、理解課題(本研究の応用課題に相当)では、用語ぬき条件が他の未完成の段階条件よりも成績が高かったことが示されていた。

用語課題において先行研究と異なる結果がでた理由として、本研究で用いた課題の形式および難易度の影響が考えられる。まず、先行研究での用語課題は、用語リストからテキストに出てきた用語を選ぶ再認課題であった。それに対して、本研究で用いた用語課題は、穴埋め式で文章を手掛かりとした再生課題であった。先行研究の用語課題の全体の平均点は、2.56 点(3 点満点)と満点に近かったのに対し、本研究の用語課題の平均点は、1.66 点(3 点満点)であった。よって、本研究の用語課題に対して、先行研究の用語課題は難易度が低かったために有意差が確認できなかった可能性がある。

また、応用課題において先行研究と異なる結果がでた理由として、本研究で用いた課題の難易度の影響が考えられる。先行研究での応用問題の問題数が 4 問で、全体の平均点が 2.37 点(4 点満点)だったの対して、本研究では応用問題の問題数が 3 問で、全体の平均点が 1.09 点(3 点満点)だった。よって、応用課題において、先行研究の応用課題と比べ、本研究の応用課題の難易度が高いために、本研究では文章理解への効果が確認できなかった可能性があると考えられる。

図の活用方法については、用語ぬき条件では空欄への書き込みのみ見られ、内容ぬき条件では図の形式条件ごとに書き込みのタイプにばらつきが見られた。先行研究では、用語ぬき条件は本実験と同様に、空欄の書き込みがみられた。内容ぬき条件(先行研究における関係ぬき条件)では、同じ形式の図書き込みのタイプにばらつきが見られた。用語ぬき条件は、先行研究と本研究とで違いが見られなかった。しかし、内容ぬき条件において、本研究では表 1 に示す通り、各図の形式条件で図の活用方法は、ほぼ統一されていた。しかし、先行研究では、同じ図の形式条件の中で、活用方法にばらつきが見られた。

このことから、用語ぬき条件は図の形式条件に関わらず図の活用方法が統一されており、内容ぬき条件は、図の形式条件ごとに、図の活用方法が統一される形式とばらつきが出る形式が存在する可能性が示された。

本研究の結果から、図の形式によって、未完成図に対

する情報の書き込みの要素が質的に異なる可能性が示された。今後、このことが文章理解の促進に影響があるのか検証していく必要があると考えられる。

参考文献

[1] 岩槻恵子, (2006) “説明文理解時の状況モデル構築におけるグラフの役割―なぜ図は理解を促進するのか―”, 心理学研究, Vol. 77, No. 4, pp. 324-350.
[2] 太田貴子・川本浩史・渡辺衆・大村賢悟・田野俊一・橋山智訓・市野順子, (2015) “未完成図解を完成させることによる理解や記憶の促進効果”, 人工知能学会全国大会論文, Vol. 29, pp. 1-4.
[3] 福丸歩実・山崎治(2017).”未完成図を完成させることによる文章理解の促進”,日本認知科学会第 34 回大会論文集, pp. 1069-1073.
[4] 涌井良幸・涌井貞美 (2015). “図解使える統計学” 中径出版

大学入試に資する学びを目指した 高等学校数学科の協調学習の実践と遅延評価方法の検討
A study of Designing Collaborative Learning in High School Mathematics and Delayed Assessments to Contribute the University Entrance Examination

大村 勝久†，遠山 紗矢香‡，松澤 芳昭††
Katsuhisa Ohmura, Sayaka Tohyama, and Yoshiaki Matsuzawa

†静岡県立浜松北高等学校，‡静岡大学情報学部，††青山学院大学社会情報学部
†Hamamatsu-kita Prefectural High School, ‡Faculty of Informatics, Shizuoka University,
††School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University
†katsuhisa01.omura@edu.pref.shizuoka.jp

要旨
The aim of this study is to examine how long students' knowledge or understanding remain after they learned it. We focused on the high school students who may enter four-year universities after they graduate. We designed collaborative learning to help solving mathematics problem about complex number for 76 2nd graders who belong A or B classroom and asked them to solve the same problem individually as a post-test, and as delayed assessments twice: 1month later and 3 months later.
The results show that the maximum number of the students who solved the problem correctly was post-test in A classroom. In B' s situation it was the observed in second delayed assessment. More students in B classroom succeed to solve the problem in delayed assessments than A classroom students. Implication for the results of delayed assessment comparing A and B classroom was discussed.

Keywords —delayed assessment, collaborative learning, high school, mathematics, complex number

1. 背景
眼前の問題に合わせて，学習者が持っている知識を組み合わせて活用し問題を解決できるようになることの重要性が指摘されている[1]．次期学習指導要領で「深い学び」[2]と呼ばれるこのような営みを引き起こすためには，アクティブ・ラーニングが有効である可能性も示されている[3]．現在進められている大学入試改革はその成果を評価するための取り組みの一つだと予想される．

「二次試験」と呼ばれる，国公立大学等が個別に作問し出題している 2017 年度末現在の個別入学試験問題は，高等学校での学習で得られた知識や理解を組み合わせて活用することによって解くことができる問題として古くから注目されてきた．一方で，大学入学試験対策の現実場面では，上記のような問題とは捉えられていないと思われる場合が少なくない．実際に，高等学校の生徒が入試対策として行いがちなのは，夥しい数の例題を解き，それらの解き方をそれぞれ覚えていくという学習方法である．先行研究では，こうした学習方法で得られた知識や理解は長期間保持されずに剥落したり，異なる問題へ転用できなかったりすることが少なくない[4]と言われている．評価実施者の意図に反した学習方法が採用されている可能性がある．

そこで本研究では，公式へのあてはめや問題の類型化等による入試対策が行われがちである数学科の分野を対象として，いわゆる二次試験を受験することが予定されている高等学校の生徒のために，知識を組み合わせて活用し問題を解決するための授業を設計し，そこでの生徒らの学習がいかに保持され活用されるのかを，重要な既習事項を組み合わせて解く必要がある問題を用いて検討した．

2. 目的
ほぼ全員が国（公）立大学二次試験を受験すると想定される高等学校の生徒を対象とした数学科の授業において，知識を組み合わせて活用し問題を解決するための協調的な学習で構成された理解がどのような期間において保持されていたのかを検討することを目的とする．そのために，国公立大学の個別入学試験問題等で既習知識の活用がしばしば求められる「複素数平面」の問題に焦点を当てた．

3. 研究方法
3.1. 概要
静岡県浜松市の県立高等学校普通科に在籍する 2 年次 A, B の 2 クラスに在籍する理系コースの生徒 80 名の中で，当該日に出席した 76 名（A クラス 37 名，B クラス 39 名）に対する数学科の授業のうち，複素数平面について扱った 1 コマ完結型での協調学習形式の授業，及び授業から約 1 ヶ月経過後、および 3 ヶ月経過後の遅延テストとインタビュー結果を本研究の対象とした．例年この高等学校の生徒は，

全員が四年制大学への進学を希望してきていた．対象生徒は校内において標準的な進度で学んでいるクラスの生徒であった．AおよびBに対する週6コマの数学科の授業のうち第一著者は数学Bおよび数学Ⅲの複素数平面といろいろな曲線を中心に週3コマ（1コマ50分）を担当しており，残り3コマは他の教員が担当していた．

AクラスとBクラスでは授業の主目的と構成，遅延テストの内容とタイミングは同様だったが，授業内での時間配分の都合で，協調学習後に生徒が初めて個人で問題を解いたタイミングが以下のように異なっていた．

Aクラス：協調学習実施直後の授業時間内

Bクラス：協調学習実施から4日経過後

対象生徒とその保護者には，文書を通じて本研究に対する同意を得たうえで，生徒が書き込んだプリント類を回収して匿名化し電子的に保存した．また，授業中の様子をビデオカメラ及びICレコーダで記録した．

3.2. 授業デザイン

本研究の対象授業は数学科教員である第一著者が第二著者と協議しながら行った．授業は2クラスを対象として2017年12月15日および18日に1コマ50分の授業として行われた．授業の運営は第一著者のみで行った．授業は知識構成型ジグソー法[3]に基づいた協調学習形式で実施した．知識構成型ジグソー法では，解決したい問いに対して，解決方法を考えるための材料となる資料を複数用意して生徒に分担させ（エキスパート活動），異なる資料を担当した生徒同士が話し合いながら問題を解く（ジグソー活動）．その後，クラス内で各グループが求めた解決方法を共有する（クロストーク）．これら一連の協調学習の事前及び事後において，生徒には問いに対する解を一人で考えて記述するよう求める．ただし，本研究の対象授業では時間の制約によりクロストークの実施を見送った．

本授業は，複素数平面の学習を行う単元の総括として位置付けられた．学習課題は「複素数のよさはどのようなものか？」とし，学習問題として複素数平面の図形の証明問題を設定した（図1）．この問題は，複素数平面を利用することで図形の証明問題に解答できることに気付かせ，かつ生徒全員が完全に解答できるようにすることを目ざして，問題集[5]の中から第一著者によって選択された．

協調学習型の授業設計の意図は，複素数平面上における回転や距離・分点といった複素数の性質について，垂直条件や，ベクトルとの類似点あるいは相違点といったポイントに留意しながら，学習者自身が既習事項を組み合わせることによって，未知の応用問題を解決できるようにすることだった．エキスパート活動で用いるための資料として垂直条件，回転，距離・分点の3種類を用意し，それぞれの性質やその活用方法について学習できるようにした．ジグソー活動では，垂直条件，回転，距離・分点の3つを組み合わせながら問題を解いていく話し合いの発現を期待した．

△*O*AB があり、その外側に、正方形 ODEA および正方形 OBFG を作る。また、複素数平面上でA（α），B（β），とする。線分GDの中点を M とするとき、AB=2OM，AB⊥*OM* であることを証明せよ。

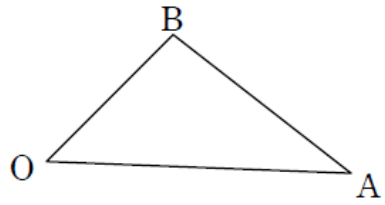


図1　生徒に提示した問題

3.3. 遅延テスト

協調学習直後の事後テストの結果と比較するため授業後に2度の遅延テストを実施した．1度目は授業から約1ヶ月，2度目は約3ヶ月経過時点であった．遅延テストは各クラスの数学の授業時間を用いて実施した．比較のため，問題はすべて授業で出題したものと同じとした．問題解決の過程では他者と相談せず1人で解くよう指示した．制限時間は20分とした．20分は高校生が初見で同問題を解き終えることが期待される時間として第一著者が設定した．なお，遅延テスト1度目と2度目の間には定期テストが行われ，数学科の問題として複素数に関係する問題が出題された．

3.4. 問題に対する所見

協調学習直後と，遅延テスト2度目の2度にわたり，問題用紙の末尾にて「複素数平面で図形の証明問題を扱うときのあなたが考えるよさとか醍醐味は何ですか」という質問を投げかけ，生徒一人ずつに自由記述形式で回答させた．

3.5. インタビュー

補助的な資料として，Bクラスの生徒のうち，協調学習時点では不完全解答だったが事後テストで正答した1名と，協調学習時点では解答がほぼ作成できていたが事後テストでは不完全解答であった1名の合計2名を抽出し，インタビュー調査を実施した．インタビュイーは第一著者が務めた．インタビューで尋ねた質問項目は，(1)協調学習の前後でどのような家庭学習を行ったか，(2)協調学習は問題解決にどのように寄与したと思うか，であった．

4. 分析方法

生徒一人ひとりの複素数平面に対する解答の変化を調べるため，図1の問題に対する生徒個人の協調学習の事前及び事後の2度の遅延テストの解答の正誤を分析した．

次に，遅延テスト 2 度目のときに上記問題と共に示した「あなたが考える複素数平面で図形の証明問題を解く良さとか醍醐味は何ですか」という問い対する回答を分析した．分析では，回答内容に「回転」や「角度」,「座標」,「ベクトル」といった複素数を用いることの利点を表すキーワードを用いて説明できた回答とそうでないものを質的に分類した．

続いて，生徒が今回の協調学習に対してどのような印象を持ったのかを調べるため，協調学習後に行った生徒へのインタビュー結果を分析した．インタビューでは，生徒の発話を書き起こして，本研究の問題に関する授業外での学習の有無や本研究でとりあげた協調学習に対する印象について生徒が述べた部分を抽出した．

5. 予想される結果

以上より，生徒が協調学習で問題の解き方を学んだ後に，同じ問題を解いた場合，協調学習からの経過時間が短いほど事後テストの正答率が高くなると考えられる．また，「あなたが考える複素数平面で図形の証明問題を解く良さとか醍醐味は何ですか」という問いに対しては，テストの正答率が高い時点で尋ねるほど期待される回答が得られると考えられる．さらに，インタビュー調査では，上記の結果に対する考察を深めるための補助的な情報が得られると考えられる．

6. 結果と考察

6.1. 遅延テスト

6.1.1. 遅延テストの結果

テストに正答した生徒数の割合を，問題を解いたタイミングとクラス別に図 2 に示す．問題を解いたタイミングは，それぞれ協調学習実施前（事前），協調学習実施直後（事後），協調学習から 1 ヵ月経過後（遅延 1 度目），協調学習から 3 ヵ月経過後（遅延 2 度目）である．なお，協調学習実施直後（事後）のテストは，A クラスは協調学習実施から数分後，B クラスでは 4 日後に行われたため，結果を別々に示した．

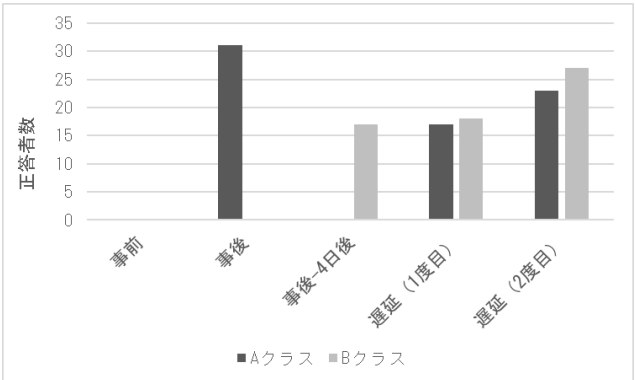


図 2 正答者数（A クラス 37 名，B クラス 39 名）

事前では，生徒全員が問題を解くことができなかったのに対して，事後では，A クラスの 8 割以上の生徒が解くことができていた．また，二度の遅延テストと比べてA クラスでは事後テストの正答率が最も高かった．一方で，B クラスの事後の正答率は 4 割程度にとどまっていた．また，正答率が最も高かったのは遅延テスト 2 度目であった．

B クラスにおいて事後の正答率が A クラスと比較して相対的に低かったことは，A クラスが協調学習実施から数分後に事後テストを実施したことが影響した可能性が否定できない．これは 1 度目や 2 度目の遅延テストの正答率が A クラスと B クラスの間で同程度だったことからも示される．

6.1.2. 異なる遅延テスト間の比較

A クラス，B クラスともに，1 度目よりも 2 度目の遅延テストの方が，正答率が高くなっていた．事前テストに正答した生徒がいなかったことを踏まえれば，出題された問題は生徒にとって容易ではなかったと考えられる．テストがそのような難易度にもかかわらず，学習時点からの経過時間が長くなるほど正答率が高まったという結果は特筆すべきだと言える．数学教師の視点に立つと，数学科教員歴 29 年の第一著者だけでなく，同 2 年の彼の同僚や先輩教員にとってもこれらの結果は期待を大きく上回るものだったという．

この結果に対する反論は主に 2 点考えられる．1 点目は，授業後に生徒が自主的に複素数平面の学習に取り組んだことによる成果だという見方である．これに対しては，もし本研究の協調学習が契機となって生徒が複素数平面の学習へ自主的に取り組み，その成果が遅延テストとして表れたのであれば，その動機付けも含めて総合的に好ましい結果が出たと捉えることもできる．2 点目は，繰り返し同じ問題を解いたことによる学習効果である．この点は被験者内実験計画で回避しがたい．そのため，以下の節で述べるデータもあわせて検討する．

6.1.3. 遅延テスト結果の個人内変遷

事後及び二度の遅延テストの合計 3 回のテストについて，生徒個人を対象にどのテストに正答したのかを調べて分類した結果を表 2 に示す．この結果から示されるように，A クラスでは事後に正答した 31 名のうち全てのテストで正答したのは 13 名，遅延テスト 1 度目でも正答したのは 2 名，遅延テスト 2 度目でも正答したのは 6 名だった．遅延テストのみで正答した者は 4 名に留まった．

一方で B クラスでは，事後に正答した 17 名のうち全てのテストで正答したのは 11 名，遅延テスト 1 度目でも正答したのは 1 名，遅延テスト 2 度目でも正答したのは 4 名だった．遅延テストのみで正答した者は 12 名で，このうち 6 名が 2 度目の遅延テストでのみ正答していた．

A クラスと B クラスを比較すると，A クラスでは事後に正答した者 31 名中 21 名（68%）が遅延テストでも正答を維持していたが，B クラスでは 17 名

のうち 16 名（94%）が正答を維持していた．事後テストに正答した者に限定すれば，Bクラスは A クラスよりも，問題解決方法が長期にわたり保持されやすかった可能性が指摘できる．

また，遅延テストのみで正答した者を比較すると，A クラスでは 4 名だったのに対して B クラスでは 12 名が該当した．このことから，B クラスは A クラスよりも，学習時期から遅れて正答できるようになった者が多かったことが示された．

これらの結果から，B クラスは A クラスと比べて，協調学習で問題解決方法がわかった生徒の知識の保持と，協調学習から遅れて生徒が問題解決方法をわかるようになることの両方についてより効果的だった可能性がある．一方で，全てに正答できなかった生徒が B クラスでは多かったことから，本授業が効果的だった生徒とそうでなかった生徒の差が生まれた可能性も指摘される．

表 2 生徒個人に着目した解答の変遷の分類

	A クラス (N=37)	B クラス (N=39)
全て正答	13	11
事後及び遅延 1 度目で正答	2	1
事後のみ正答	10	1
事後及び遅延 2 度目で正答	6	4
遅延 1 度目及び 2 度目で正答	2	6
遅延 2 度目のみ正答	2	6
全て不完全回答	2	10

6.2. 問題に対する所感の記述

事後テスト及び遅延テスト 2 度目時点で尋ねた「あなたが考える複素数平面で図形の証明問題を解く良さとか醍醐味は何ですか」という問いかけに対する自由記述の内容を分析した．その結果，複素数を用いることの利点について「回転」や「角度」，「座標」，「ベクトル」といったキーワードを用いて説明することができていたのは，事後テストでは A クラスで 3 名，B クラスで 0 名だった．一方，遅延テスト 2 度目では A クラスで 10 名，B クラスで 9 名だった．以下に遅延テスト 2 度目で得られた二つの記述を例として挙げる．

「平面上の回転移動を普通の xy 平面で三角関数で扱うときは，複素数平面を用いるときよりも複雑になるから，回転移動を簡潔に表せると言う点で複素数平面は非常に有効であった．また，ベクトルと似た感覚で取り扱うことができる．」（A クラスの生徒）

「本来１つ１つの特別な数に見え，それをかけあわせると単にかけあわせたものが導き出せるものだと考えられがちだが，それを実際に『平面』の場で考えると原点を中心に『回転』していることが分かるので，僕はそこが『複素数』という数のおもしろさだと思う．座標平面上の点として複素数を見始めた人の功績がいかにすばらしいかが感じられる．また，複素数を用いた図形の証明は初めて見る人にはさっぱりであることも，にくい．」（B クラスの生徒）

これら合計 19 名から得られた生徒の記述は設定された学習目標に対する高い到達度を反映したものだと考えられる．遅延テスト 2 度目は，定期テストが終わった後でもあったため，生徒は事後テストの後に個人で学習を進めたと考えられ，そこでの学習がこのような記述を生んだ可能性が指摘される．

6.3. インタビュー

協調学習から 4 日後の事後テストに正答した 1 名（Y）と正答しなかった 1 名（Z）に対してインタビューを行った．以下にインタビューで得られた生徒の発言を要約して示す．

Y：協調学習の時点では自分には解けない問題だと感じていた．しかし，同じグループの仲間から説明を聞いて，終了間際に何となく理解できたような感じを持つことができた．協調学習から事後テストまでの間に復習はしなかった．事後テストでは協調学習の際に仲間から丁寧に説明してもらったことを思い出しながら答案を作成した．今後もグループで解く授業を増やして欲しい．

Z：協調学習では仲間 2 名から説明してもらったことを整理しようと答案の一部分に 3 つの各エキスパートから何が求められるのかをまとめていた．しかし，エキスパート間がどのようにつながっているのかは腑に落ちなかった．このため復習をしようと思っていたが，時間の都合でできなかった．結局，事後テストでは答案が書けなかった．

以上のように，2 名は協調学習から事後テストまでの間に復習をしていなかったことが示された．また，Y の発言からは，協調学習時点では話し合いに時間を使ったため答案を作成する時間を確保できなかった可能性が示された．さらに Z の発言からは，問題解決の難しさはエキスパート資料として与えられた知識を関連付けることにあった点も示唆された．

7. まとめと今後の展望

本研究では学習時点から遅れて行われる遅延テストに焦点をあて，協調学習形式で行われた高等学校数学科の授業で解いた問題を対象に，遅延テストでの生徒の正答率の変化や生徒個人の回答の変遷，問題や協調学習に対する生徒の所感について分析を行った．協調学習直後のテストと遅延テストの成果を比較した結果，A クラスでは事後の正答率が最も高く，B クラスでは遅延テスト 2 度目の正答率が最も高かった．また，A クラスと B クラスを比較した結果，B クラスの方が協調学習で問題解決方法がわかった生徒の知識の保持と，協調学習から遅れて生徒が問題解決方法をわかるようになることの両方についてより効果的だった可能性が指摘された．さらに，

事後テスト及び遅延テスト2度目時点で尋ねた「あなたが考える複素数平面で図形の証明問題を解く良さとか醍醐味は何ですか」という問いかけに対する自由記述の分析結果からは，Aクラス Bクラス両方で遅延テスト2度目の記述の質が高まっていたことが示された．抽出生徒2名に対して行ったインタビューからは，協調学習中に時間切れになったことや，協調学習で困難だったのは与えられた知識の間を関連付けることだったことが示された．

Schwartz ら[6]の先行研究では，学習者が主体的に学ぶ形式で行われた先行学習の後で適切な学習材料を提供することが知識の転移を促すことが示されている．この結果を踏まえれば，本研究にて2度実施した遅延テストの間で行った，複素数平面の類題は，後から提供されて学習材料として捉えることができる可能性がある．このため，今後はこの類題に対する生徒の解答を分析することで，遅延テストで見られた結果を解釈するための手掛かりとしたい．

また，本研究で取りあげた協調学習の受講者からは，与えられた問題を生徒全員が一斉に考えた後で代表生徒が板書しながら解き方を説明する授業形式は，協調学習と比べてあまり役に立たないが，自分が代表として説明をするときには勉強になる，という趣旨の発言があった．この発言では，協調学習によって生徒一人ひとりが「代表」として説明したり議論したりする学びの有効性が指摘されていると捉えることもできる．今回のような分析結果を用いることで「生徒達に対して何をしゃべるのか」ではなく，「生徒達に何をしゃべらせるのか」を検討するための手掛かりが得られると考えられる．

本研究を活かして，今後の分析方法の再検討と，分析結果を活かした授業改善の両方を進めていきたい．

謝辞

本研究は JSPS 科研費（17K17786）の支援を受けた．本研究の趣旨に賛同しデータ取得に協力くださった生徒のみなさんに感謝いたします．

参考文献

[1] 三宅芳雄・三宅なほみ(2014).『教育心理学概論』. 放送大学教育振興会.
[2] 文部科学 (2017). 新学習指導要領. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm
[3] CoREF (2017). 『「主体的・対話的で深い学び」を実現する知識構成型ジグソー法による数学授業』. 明治図書.
[4] Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience and School. National Academy Press.
[5] 啓林館編集部 (2013). 『Focus Gold 数学 3 (3rd edition)』, pp.206-207. 啓林館.
[6] Schwartz, D. L. & Martin, T. (2004). Inventing to Prepare for Future Learning: The Hidden Efficiency of Encouraging Original Student Production in Statistics Instruction. Cognition and Instruction, 22(2), 129-184.

タイトルが内容への期待および理解へもたらすもの
Relations of Anticipation of the Presentation Titles and Comprehension of the Contents and Satisfaction

石川　悟
Satoru Ishikawa

北星学園大学
Hokusei Gakuen University
ishi_s@hokusei.ac.jp

概要

説明資料に事前に与えられたタイトルが，説明内容に対し抱かせる期待及び，内容の理解や説明に対する満足をどのように導くのか,探索的に検討を加えた．実験参加者に異なるタイトルを提示した後に説明を聞かせたところ，タイトルの違いにより異なる事前期待が生じた．また，事象の全般にわたった説明が聞ける，という期待は，事後評価や説明内容の理解の程度，あるいは説明に対する満足の程度を促進することが示唆された.

キーワード：タイトル，事前期待，事後評価

1. はじめに

事前に与えられる情報は，事後の期待を生じさせ，さらにその後の様々な処理を促進あるいは阻害したりする．消費者的視点からは，口コミの情報がその後の評価に影響を与えたり，事前の期待が満足度と関係していることが知られている[1][2]．また，資料に付したタイトルが読者の関心や好感度に影響を与えることも知られている[3]．本研究では，事前の情報によって生じた期待が，事後の情報の理解やその情報の評価に何をもたらすのか，プレゼンテーション場面を用いた実験により検討した.

説明資料に設けられたタイトルを事前の情報として設け，それによって生じた事前期待の内容と程度，およびその事前期待の程度に応じた，実際の説明に対する評価の程度および説明内容の理解の程度，並びに自身が受けた説明に対する満足の程度との関わりについて，探索的な検討を進めた.

2. 方法

実験参加者：　大学生 62 名(女性 48 名，男性 14 名，平均年齢 20.0 歳) が実験に参加した.

説明課題：　実験参加者は，所属大学における修得単位数を示す卒業単位集計表の読み取り方について説明を受ける課題（説明課題）に参加した．この課題では「事前期待」を生じさせる事前情報として，これから説明される内容を示すタイトルとして異なる３種類を用意した（タイトル要因：参加者間要因）．１つ目のタイトルは説明される内容をまとめたタイトル A「単位表における学科専門科目群欄の読み取り方」，２つ目のタイトルは問いかけのタイトル B「単位表はなぜ見づらいのか」，３つ目のタイトルは具体例を示すタイトル C「単位表は色で読み取る！」であった.

説明課題は，所属大学の卒業単位集計表の読み取り方について，スライドショーを用いた説明を受けるものだった．説明開始前に，上記の３種類のいずれかのタイトルが提示され，提示されたタイトルから期待さ

表1. 期待の程度を尋ねた質問項目

	項目
①	単位表の基本的な見方・読み取り方
②	単位表を見るときのコツ
③	不足単位の見つけ方
④	単位表の構造
⑤	単位表の欠点
⑥	大学共通科目の欄について
⑦	学科専門科目の欄について
⑧	単位表の色分けについて

表2. 説明内容に関する問題

	問題
1)	単位表では、行が濃さの違う青色で表されているが、表す範囲が(大きい ・ 小さい)ほど(濃い ・ 薄い)青色になっている。
2)	卒業するために必要な単位として、学科共通科目群は22単位必要であるが、学科共通必修科目は(10単位・22単位)である。
3)	一見、不足単位が矛盾しているように見えるのは、(学科共通科目群・学科共通必修)が(学科共通科目群・学科共通必修)に含まれているからである。

れる説明内容（８項目，表１）について，期待の程度を６件法で評価させた（事前期待質問）．

その後 12 分程度，卒業単位集計表の読み取り方を説明した後で，さらに複数の質問項目に回答させた．１つ目の質問項目は，表１で示した質問項目のそれぞれについて，参加者が受けた説明内容が，参加者自身が期待以上のものであったか，それとも期待以下のものであったか，６件法で評価させる事後評価質問，２つ目の質問項目は，説明された内容である卒業単位集計表の読み取り方の理解の程度を確認する内容理解問題（３問，表２），そして３つ目の質問項目は，参加者が受けた説明に対する理解の程度と満足の程度（表３）を，事前期待質問で尋ねたそれぞれの項目ごとに６件法で評価させた，全体評価質問だった．

3. 結果

(1)タイトルの違いと事前期待： タイトルを提示した時の事前期待質問の回答結果は図１の通りとなった．分散分析の結果，８項目中６項目でタイトル要因の主効果が確認された（表４）．分析結果を精査したところ，問いかけの形をとる「タイトル B」が提示された場合は，どの質問項目においても比較的高い事前期待が生じていたのに対し，具体例を示す「タイトル C」が提示された場合はタイトルで示された具体的な内容と一致する質問項目に対してのみ事前期待が生じていた．説明内容をまとめた「タイトル A」が提示された場合も，タイトルで示された内容と一致する質問項目に対する事前期待が生じていた．

(2)タイトルの違いと事後評価： 説明課題において卒業単位集計表の読み取り方の説明を聞いた後に，説明内容を評価させた事後評価質問の回答の程度に対し，タイトル要因の影響を分散分析により検討した．その結果，８項目中４項目でタイトル要因の主効果が確認された（表５）．事後評価は質問項目□を除き平均値が４を越え，参加者は全般に高い評価が与えていた．しかし各項目の評価の程度は，事前に提示されたタイトルにより異なった質問項目が見られた．

(3)タイトルの違いと内容の理解および満足： 説明課題において卒業単位集計表の読み取り方の説明を聞いた後，内容がどれだけ出来ているか確認した内容理解問題の成績，および参加者が受けた説明に対する理解の程度と満足の程度において，タイトル要因の影響を分散分析により検討した（表６）．その結果，内容理

表3. 満足および理解に関する評価項目

項目
1） 説明の内容に満足した
2） 説明から役に立つ情報を得ることができた
3） 説明は分かりやすかった
4） 説明の内容を理解できた

表4. タイトルによる事前期待の程度の違い

期待質問項目	タイトル要因	p	水準間差
①	$F[2,59] = 14.77$	$p < .001$	A = B > C
②	$F[2,59] = 1.50$	*n.s.*	
③	$F[2,59] = 1.68$	*n.s.*	
④	$F[2,59] = 28.34$	$p < .001$	A = C < B
⑤	$F[2,59] = 36.24$	$p < .001$	A = C < B
⑥	$F[2,59] = 16.51$	$p < .001$	A < B = C
⑦	$F[2,59] = 11.00$	$p < .001$	A > B = C
⑧	$F[2,59] = 27.35$	$p < .001$	A < B < C

表5. タイトルによる事後評価の程度の違い

期待質問項目	タイトル要因	p	水準間差
①	$F[2,59] = 5.24$	$p < .01$	A > B = C
②	$F[2,59] = 0.29$	*n.s.*	
③	$F[2,59] = 1.14$	*n.s.*	
④	$F[2,59] = 3.64$	$p < .05$	B > C, A = B, C
⑤	$F[2,59] = 1.57$	*n.s.*	
⑥	$F[2,59] = 6.77$	$p < .01$	A < B = C
⑦	$F[2,59] = 2.21$	*n.s.*	
⑧	$F[2,59] = 7.16$	$p < .01$	A > B = C

表6. タイトルによる内容理解および満足の程度の違い

質問内容	タイトル要因	p	水準間差
内容理解課題	$F[2,59] = 8.14$	$p < .01$	A = B > C
説明の内容に満足	$F[2,59] = 0.89$	*n.s.*	
役立つ情報を得た	$F[2,59] = 14.24$	$p < .001$	A = B > C
わかりやすかった	$F[2,59] = 1.18$	*n.s.*	
内容が理解できた	$F[2,59] = 4.65$	$p < .05$	B > C, A = B, C

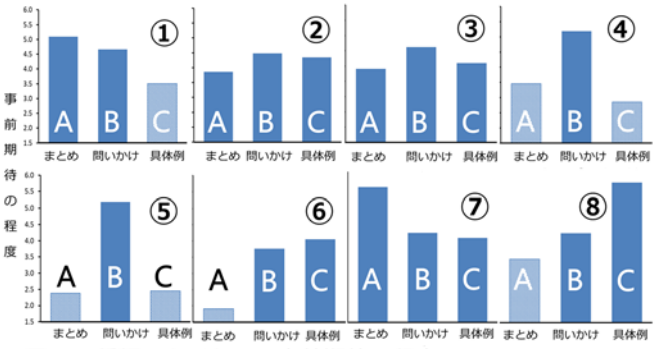


図1. ３種類のタイトルと事前期待の程度

解課題の成績，および「説明から役立つ情報を得ることができた」と「説明の内容を理解できた」の２つの質問項目でタイトル要因の主効果が確認され，後者の２つの項目では「タイトル C」の参加者の評価が低かった.

(4)タイトル，事前期待，事後評価と内容の理解及び満足： (1)〜(3)で示したように，事前に提示されたタイトルの違いによりそれぞれの質問項目の評価の程度には差異が見られたが，それぞれの関係性が明確ではない．その点を明らかにするため，先ず事前期待の質問項目の回答結果に対し因子分析をおこない，回答傾向を縮約することにした．その後，内容理解問題の成績，および説明に対する理解・満足の程度に，タイトル, 事前期待, 事後評価がどのような説明力を持つか, 探索的な重回帰分析により検討した.

因子分析の結果，共通性の低かった質問項目□を削除して得られた事前期待の回答結果の因子パターンは, 表７のようになった．第１因子を「全体読み取り」，第２因子を「詳細読み取り」, 第３因子を「学科専門科目」とし，α係数は順に .67，.60，.55 だった.

内容理解問題の成績，および説明に対する理解・満足の程度を従属変数とし, タイトル, 事前期待の程度, 事後評価の程度を説明変数とした重回帰分析の結果を表８に示した．事前に示したタイトルについての標準偏回帰係数は，１つの質問項目のみで有意となった．一方，事前に卒業単位集計表全体の説明を期待していた程度の標準偏回帰係数は全ての従属変数で有意か有意傾向を示した．また，事後評価における卒業単位集計表の基本的な見方についての評価の程度の標準偏回帰係数も３つの従属変数において有意となった.

表7. 事前期待の回答結果の因子パターン（最尤法，プロマックス回転）

質問項目		全体読み取り	詳細読み取り	学科専門科目
⑤単位表の欠点		**.99**	.07	-.19
④単位表の構造		**.61**	-.19	.12
⑧単位表の色分けについて		-.24	**.74**	-.18
③不足単位の見つけ方		.13	**.60**	.37
⑥大学共通科目の欄について		.01	**.52**	-.11
①単位表の基本的な見方・読み取り方		.10	.00	**.85**
⑦学科専門科目の欄について		-.22	-.14	**.50**
因子間相関	全体読み取り	ー	.26	.13
	詳細読み取り		ー	-.02
	学科専門			ー

4. 考察

説明資料に与えられたタイトルは，その種類によって異なる期待を実験参加者に抱かせた．問いかけの形であったタイトルB「単位表はなぜ見づらいのか」は，説明を聞く際に，単位表についてまんべんなく話しを聞ける，という事前期待を抱かせていた．一方具体例を示したタイトル C「単位表は色で読み取る」では，タイトルで提示された内容のみに事前期待が偏る傾向が見られた．同じ傾向は説明内容をまとめたタイトルA「単位表における学科専門科目群欄の読み取り方」でも同様に認められた.

説明終了後の事後評価ではどの質問項目も高く評価された．その際，事前に示されたタイトルからは期待しにくい内容の質問項目において，期待より高く評価されがちだった．また内容理解問題の成績，および説明に対する理解・満足の程度は，具体例を示したタイトル C「単位表は色で読み取る」が示されると低くなる傾向が見られた．具体的すぎるタイトルは，本当に理解すべき内容が何か読みとることを阻害してしまう

表8. タイトル，事前期待，事後評価と内容理解と満足の重回帰分析結果

	内容理解課題			説明の内容に満足			役立つ情報を得た			わかりやすかった			内容が理解できた		
	b	*SE*	*β*	*b*	*SE*	*β*	*b*	*SE*	*β*	*b*	*SE*	*β*	*b*	*SE*	*β*
（切片）	-.02	.74		1.39	0.76		2.34	1.92		.81	.68		1.46	.78	
タイトル	-	-	-	-	-	-	-.99***	.18	-.63	-	-	-	-	-	-
事前期待：全体読み取り	.26***	.07	.44	.23**	.07	.37	.17†	.10	.19	.27***	.07	.39	.24**	.09	.39
事前期待：詳細読み取り	.16†	.09	.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
事前期待：学科専門科目	-	-	-	.22*	.09	.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
事後①：基本的な見方	.35**	.12	.36	.36**	.12	.34	-	-	-	.70***	.12	.59	-	-	-
事後③：不足単位の発見	-.20*	.10	-.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
事後⑥：共通科目欄	-	-	-	-	-	-	.33*	.13	.29	-	-	-	-	-	-
事後⑦：学科専門科目欄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.50**	.14	.40
R^2	.29**			.25***			.38***			.38***			.26***		

†p < .10, * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

こともあると考えられた.

これまでの結果は，事前に提示されたタイトルがそれぞれの質問項目の評価に及ぼす影響について検討するものであった．しかし，内容理解問題の成績や説明に対する理解・満足の程度は，提示されたタイトルのみから影響を受けるわけではないだろう．タイトルによって生じた事前期待，あるいは説明後の事後評価からも，説明に対する理解・満足の程度は影響を受けると考えられる．そのため，説明に対する理解・満足の程度が想定される多くの変数の何から予測され得るのか重回帰分析により検討した.

その結果，タイトルによる影響よりも，説明に対してどのような事前期待を抱いたか，が重要な要素になり得る，と考えられた．このことは，確かに事前に提示されたタイトルは事前期待を生み出すけれども，説明を受けた後の説明内容についての評価や，説明内容の理解，あるいは説明そのものへの満足の程度は，タイトルによってのみ決まるわけではない．むしろ，タイトルによって生じた事前期待によって，説明に対する事後評価や説明内容の理解，そして説明に対する満足の程度は影響を受けていることが示唆された．特に内容全般に対する事前期待が，説明内容の理解を促進させ同時に受けた説明に対する満足感も導くことが示唆された.

文献

[1] 長島 広太, (2009)“サービス商品の選択・評価におけるクチコミの機能 ーホテルサービスの場合ー”, 経営論集, Vol. 74, pp. 91-108.
[2] 島田英昭, (2013)“説明の満足度を規定する要因”日本心理学会第 77 回大会発表論文集, p. 1153.
[3] 千田恭子・篠原靖志・奥村学, (2005)“タイトルの文型が読者の関心に及ぼす影響の分析”自然言語処理, Vol. 12, No. 2, pp. 87-107.

選択肢呈示タイミングによる選択的注意の誘導が L2 音知覚に与える効果*
Using Orthographic Cues to Guide Selective Attention in an L2 Perception Task

川﨑 貴子†，田中 邦佳†，竹内 雅樹‡
Takako Kawasaki, Kuniyoshi Tanaka, Masaki Takeuchi
†法政大学，‡理化学研究所
†Hosei University, ‡RIKEN Center for Brain Science, Lab for Language Development
kawasaki@hosei.ac.jp

Abstract

Guiding attention of L2 listeners to the appropriate acoustic contrast has shown to be effective for L2 perception. For example, Hisagi and Strange (2011) and Poretta and Tucker (2015) used explicit instructions to guide L2 listeners' attention to the appropriate acoustic cues. Their research has shown that attention to proper L2 acoustic contrasts improved L2 perceptual accuracy. The present study examined whether orthographic cues successfully help L2 learners focus on the proper acoustic cues as explicit instruction did in the former studies.

In our speech perception task, L2 learners were presented an utterance of L2 sentence and were asked to choose the word that was included in the audio stimuli they heard. The 2-3 orthographically written choices of words were presented to the participants. We divided the participants into two groups. In one group, the word choices were presented after the audio stimuli, while they were presented before the audio stimuli in another group. In the latter group, they "knew" which sounds they should listened to before they heard the utterances. We found improvement in L2 perception in the group where the choices were presented before the audio stimuli. Our results suggest that orthographic cues work as a guide for L2 learners' attention, and help improve L2 perception.

Keywords — L2, Phonology, perception, attention, orthography

1. はじめに

第二言語（L2）習得においては，母語（L1）文法の音声システムの干渉により，L1 に無い L2 音の知覚や生成に困難が生じることは多く報告されている（Best, 1995; Flege, 1995; Brown, 1998 他）．たとえば日本語母語話者の英語習得では，日本語には無い [l], [ɹ] の混同が知覚においても生成においても見られることが知られている（Goto, 1971）．しかし，低次の知覚においては L2 学習者は L1 音の弁別には使用しない音響手がかりも利用することが明らかになっている（Strange, 2011; Kawasaki et al, 2014 他）．本研究では日本語を L1 とする L2 英語学習者（JLE），および中国語を L1 とする L2 日本語学習者（CLJ）を対象とし，選択的注意の誘導により，L1 には無い音韻対立の知覚が向上するかどうかを調査する．

近年の L2 習得研究においては，選択的注意や明示的な知識による学習効果の研究が広がりを見せており，注意や明示的知識研究は L2 音韻習得の分野にも広がっている（Guion and Pederson, 2007; Hisagi and Strange, 2011; Porretta & Tucker, 2015）. Guion and Pederson (2007) ではマンダリン（標準中国語）のトーン，およびヒンディー語の閉鎖音の弁別実験を行った．事前に意味に着目するように教示を与えられた群と，音声の違いに注意するよう教示された群の成績を比較したところ，後者の正答率が高かった．Hisagi and Strange (2011)，および Porretta and Tucker (2015) では，英語母語話者を対象とし，単音と重音（長子音）の知覚実験を行った．音の長さに着目するよう明示的な教示を事前に与えることで，単音と重音の弁別成績が向上したと報告されている．

これらの研究では教示による注意の誘導により，L2 音声知覚の成績が向上したと報告されている．本研究では注意の誘導を明示的な教示ではなく，回答の選択肢の呈示タイミングの調整によって行う．知覚すべきターゲット音声を特定する手がかりとなり得る文字表記を回答の選択肢として音声刺激の前に呈示することにより，選択的注意の誘導を行うことができるのかどうか，また，文字表記を事前に呈示することにより，L2 音の知覚成績に向上が見られるのかを調査することを目的とする．

2. 方法

本実験では日本語母語話者を対象とした英語音声の知覚実験，中国語母語話者を対象とした日本語音声の知覚実験の 2 つを行った．

2.1 日本語母語話者による英語音声知覚実験

本実験では，日本語母語話者にとって知覚が困難であるとされる fricative（摩擦音）と liquid（流音）の違いを日本語母語話者が聞き取る際に，選択的注意の誘導の有無が影響するか否かを知覚実験で調査した．

本実験では fricative または liquid を語頭に含む単語を聴取のターゲットとした．Fricative の知覚調査に使用した fricative 語は，[f, s, θ] が異なる最小対立語で，“Fonn”，“Sonn”，“Thonn” の 3 語であった．Liquid の知覚調査に使用した liquid 語は [l, ɹ] が異なる最小対立語で，“Lynn”, “Rynn” の 2 語であった．本実験では選択肢を文字表記にて呈示することで選択的注意を誘導するため，各ターゲット語は綴り字から音声が推測しやすいものとした．また，これらの単語を文中の異なる位置で使用しても不自然にならないように，ターゲット語は固有名詞（人名）とした．

本実験ではこれらのターゲット語を次の図 1 に示す文のテンプレートに当てはめ，刺激文を作成した．

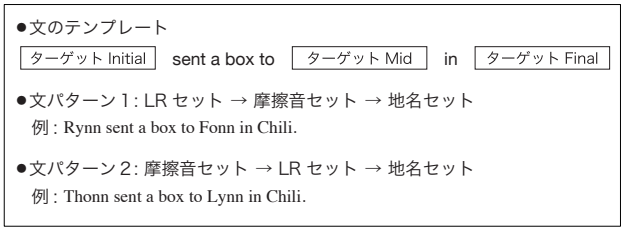


図 1　文テンプレート，文パターンとその例
（川﨑・田中, 2018: 28）

刺激文中の Initial, Mid, Final の 3 箇所が聴取のターゲットポジションであり，その内，Initial および Mid ポジションに fricative または liquid 語を使用した．

呈示される文中の位置が単語の聴取に影響を与えることが考えられるため，fricative 語，liquid 語がそれぞれ Initial と Mid のいずれかのポジションに現れるように 2 種類の文パターンを作成した．文パターン 1 では liquid 語を Initial ポジション，fricative 語を Mid ポジションで使用した．文パターン 2 では，fricative 語を Initial ポジション，liquid 語を Mid ポジションで使用した．いずれの文パターンにおいても Final ポジションでは，2 つの地名（“Mexico”，“Chili”）をフィラーターゲット語として使用した．

刺激文は，文パターン (2 パターン) × liquid (2 語) × fricative（3 語）× 地名（2 語）の合計 24 文であった．刺激音声は，Natural Soft 社の NaturalReader を利用して作成した．実験の作成および実施には Praat (Boersma and Weenink, 2017) の ExperimentMFC 機能を使用した．

実験の各試行で，作成した 24 文のいずれかが 1 つの刺激音声が呈示し，参加者は PC の画面に表示される選択肢ボタンから文に含まれた単語がどれかを選択してマウス等の機器で回答した．

試行の聴取のターゲット語が fricative 語の場合は，“Fonn”，“Sonn”，“Thonn” の 3 つのボタンを画面に表示し，ターゲットが liquid 語の場合は，“Lynn”，“Rynn” の 2 つのボタンを表示した．ターゲットが地名の場合も同様に 2 つの地名のボタンを表示した．

実験では，各刺激文を聴取のターゲットのポジション（Initial，Mid，Final）を変えて 3 回呈示した．したがって，試行数は 24 文 × 3 ポジションの合計 72 試行であった．試行の呈示順は，参加者ごとにランダム化した．

本実験の目的は選択的注意の誘導の有無が音声の聞き取りに影響するか否かを調査することであったため，音声の呈示と選択肢ボタンが表示されるタイミングが異なる 2 つの実験パターンを構築した．1 つ目のパターンは，音声呈示の前に PC の画面に選択肢のボタンを呈示する「呈示 before」パターンで，2 つ目のパターンは，音声が呈示された後に選択肢ボタンを呈示する「呈示 after」パターンであった．各パターンの試行の流れを表したのが図 2 である．

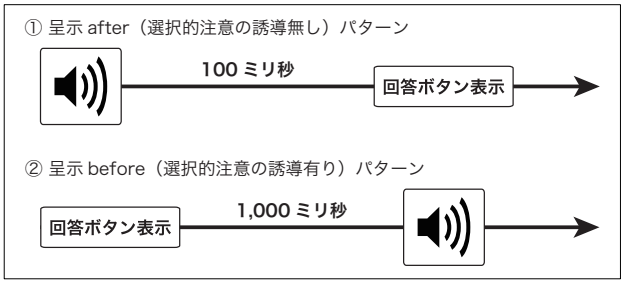


図 2　各パターンにおける試行の流れ
（川﨑・田中, 2018: 28）

呈示 before パターンでは，試行開始と共に選択肢のボタンのみを呈示して，その 1000 ミリ秒後に，刺激音声を呈示した．一方，呈示 after パターンでは，試行開始と共に刺激音声を呈示し，音声呈示が終了した 100 ミリ秒後に選択肢のボタンを呈示した．

呈示 before パターンでは刺激音声に含まれる可能性のある語が，音声よりも先に表示されるため，参加者には音声を聞く際に選択的注意の誘導があったと考えら

れる．これに対して，呈示 after パターンでは刺激文全体の音声を聞いた後に選択肢が表示されるため，参加者には，選択的注意の誘導はなかったと考えられる．

実験の参加人数は 13 名で，いずれも大学生の英語学習者であった．呈示 before パターンに 7 名，呈示 after パターンに 6 名がランダムに割り当てられた．参加者は練習試行を 2 回行い，本実験の全 72 試行を行った．実験の所要時間は 15 分程度であった．

2.2 中国語母語話者による日本語音声知覚実験

中国後母語話者を対象とした知覚実験では，Voicing，母音長（vowel length; VL）の知覚において，選択的注意の誘導が影響するかどうかを知覚実験により調査した．Voicing 対立の知覚を調査するため，[t]と[d]が異なる最小対立語を，VL の知覚を調査するため，[i], [i:] が異なる最小対立語を聞き取りのターゲットとした．実験 1 と同様にどのポジションでも不自然な文章にならないよう，ターゲット語は全て固有名詞とした．

Voicing，VL 知覚を調査するため，使用したターゲット語はそれぞれ「タイキ（[t]）」vs.「ダイキ（[d]）」，「ミナ（[i]）」vs.「ミーナ（[i:]）」であった．また，フィラーターゲットとして 2 つの地名（「京都」，「奈良」）を使用した．

実験 1 と同様に次の図 3 の文のテンプレートを作成し，3 つのポジションにターゲット語を使用した．

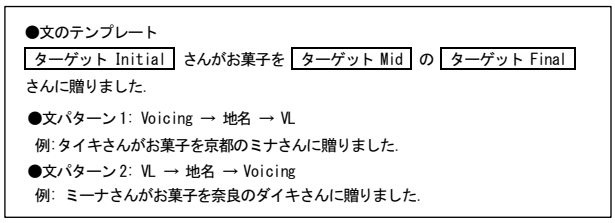


図 3　文テンプレート，文パターンとその例

Initial および Mid のターゲットポジションに voicing 語または VL 語を使用し，Final ポジションに地名を使用した．文パターンを 2 つ用意したことも実験 1 と同様である．刺激文は，文パターン（2 パターン）× voicing（2 語）× VL（2 語）× 地名（2 語）の合計 16 文であった．

刺激音声は，韻律読み上げチュータースズキクン [1] を利用して作成した．

本実験でも 1 つの刺激分を聴取のターゲットを変えて 3 回呈示した．試行数は，16 文×3 ポジションの合計 48 試行であった．実験 1 と同様に呈示 before パターンと呈示 after パターンの 2 種類を作成した．実験の構築および実施には Praat (Boersma and Weenink, 2017) を使用した．

実験の参加人数は合計 28 名で，いずれも大学生または大学院生の中国語母語話者が 10 名，日本語母語話者が 18 名であった．中国語母語話者は呈示 before パターンに 5 名，呈示 after パターンに 5 名，日本語母語話者は呈示 before パターンに 9 名，呈示 after パターンに 9 名をランダムに割り当てた．参加者は，練習試行を 2 回行った後，本実験の全 48 試行を行った．実験の所要時間は 10 分程度であった．

3.　結果

本研究では，L2 音の知覚実験において，選択肢を音声刺激の前に視覚的に文字呈示することにより，学習者の注意を適切な音響手がかりへと誘導することが可能かどうか，また，選択的注意を誘導することにより，L2 音の知覚成績が向上するのかどうかを調査した．本セクションでは 3.1, 3.2 にて日本語母語話者（JLE）を対象とした実験の結果を示したのち，3.3 にて中国語母語話者（CLJ）を対象とした実験の結果を提示する．

3.1 JLE による fricative 語知覚の結果

英語の摩擦音 [f, s, θ] をターゲットとする試行は，3 つの摩擦音を含む語のうち，いずれの語が刺激文に含まれていたかを問うものであった．参加者の正答選択率が選択肢の呈示タイミング，およびターゲットの文内でのポジションに影響されるかどうかを調べるため，選択肢呈示パターンを被験者間変数（after・before），ターゲットポジション（Initial・Mid），子音（f・s・θ）を被験者内変数として三要因の分散分析を行った．以下の図 4 は呈示タイミングとポジションごとの fricative 語の正答率を表したグラフである．

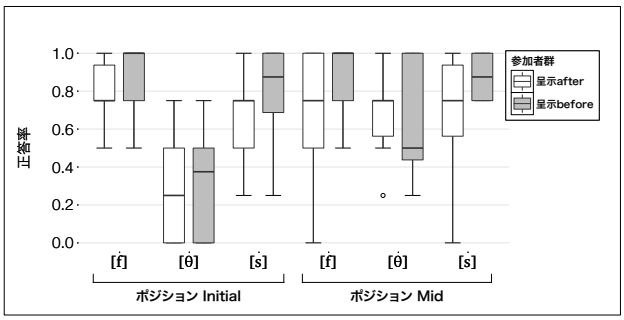


図 4　fricative 語の正答率

検定の結果，2 次の交互作用は有意ではなかった（$F(2, 48) = .406$, $p>.05$, n.s.）．ポジションと子音の間には交互作用が見られた（$F(2, 48) = 8.787$, $p=.001$）が，子音と呈示タイミングには交互作用は見られなかった（$F(2, 48) = 2.492$, $p>.05$, n.s.）．子音，ポジション，および選択肢呈示パターンの主効果はすべて有意であった（子音：$(2, 48) = 30.353$, $p=.000$; ポジション：$F(1, 24) = 13.387$, $p=.001$; 選択肢呈示パターン：$F(1, 24) = 849.924$, $p=.000$）．

この結果は，L2 の fricative の知覚にターゲットポジションおよび選択肢呈示タイミングが影響することを示している．Fricative の知覚では [f] および [s] に比べ，[θ] の知覚の正答率が低かった．また，[θ] の正答率についてはポジションにより差が見られ，Initial よりも Mid ポジションにおいて有意に高かった（$t(25) = 5.04$, $p=.000$）．川﨑・田中 (2018) にて指摘されたように，選択的注意が聞き取り対象の単語の文内でのポジションによって影響を受けるからであると考えられる．本実験においては，参加者は Initial と Mid ポジションに入るカテゴリーが liquid か fricative のどちらかであることに実験中にすぐに気付くであろう．たとえば文頭の Initial ポジションで “Lynn” などの liquid 語が聞こえた場合，Mid ポジションには fricative 語が入ることに気付いたであろう．川﨑・田中 (2018) が指摘するように，本タスクでは各試行において Initial ポジションではターゲット語のカテゴリーは分からないが，Mid ポジションではどちらのカテゴリーの語が現れるのかが予測できる．よって，liquid か fricative のどちらの手がかりに選択的注意を向けるべきか，参加者には明らかであった．このように，本実験では，選択肢呈示タイミングのみならず，ターゲットポジションによっても選択的注意の程度に違いがあったと考えられる．Mid ポジションにて fricative，とりわけ [θ] の正答率が上がっているのはこのポジションによる選択的注意の効果であると考えられる．

ポジションによる注意誘導効果の無い Initial ポジションでは，[f] の正答率が最も高かった．[s] は参加者の L1 の日本語にも音素として存在する音であるにも関わらず，L1 には存在しない音である [f]よりも正答率が低かった．このことから，日本語母語話者が [s] と [θ] を混同していることが分かる．しかし，選択的注意の誘導が高まる Mid ポジションでは，正答率の向上が見られた．また，選択肢呈示を音声よりも前に行うことによる正答率の向上も見られ，選択的注意の誘導により知覚成績が上がっていることが分かる．

3.2 JLE による liquid 語知覚の結果

次に 2 つの liquids (l, ɹ) の知覚試行において，選択肢の呈示タイミングおよびターゲットポジションにより正答率に差が見られるのかを検討するため，選択肢呈示パターンを被験者間変数（after・before），ターゲットポジション（Initial・Mid），子音（l・ɹ）を被験者内変数として三要因の分散分析を行った．以下の図 5 は，liquid 語（[l] と [ɹ]）の正答率をポジションと選択肢呈示パターンごとに表したものである．

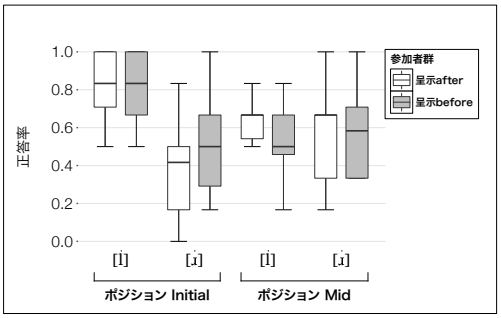


図 5 liquid 語の正答率

検定の結果，2 次の交互作用は有意ではなかった（$F(1, 24) = 0.002$, $p>.05$, n.s.）．ポジションと子音の間には交互作用が見られた（$F(1, 24) = 15.340$, $p=.001$）が，子音と呈示パターンには交互作用が見られなかった（$F(1, 24) = .1.965$, $p>.05$, n.s.）．子音の主効果，および選択肢呈示パターンの主効果はともに有意であった（子音：$F(1, 24) = 19.545$, $p=.000$, 選択肢提示パターン：$F(1, 24) = 757.453$, $p=.000$）が，ポジションの主効果は有意ではなかった（$F(1, 24) = 2.631$, $p>.05$, n.s.）．

Liquids の知覚試行においても，選択肢の呈示を音声刺激の前に行うことにより，正答率に向上が見られた．図 5 からも分かるように，選択肢呈示タイミングの効果は特に Initial ポジションの [ɹ] の知覚に見られた．ポジション別の [l]と [ɹ] の正答率を比較したところ，文頭 (Initial) の [l] の正答率が高かった．一方，文頭の [ɹ] の正答率が，特に事後呈示パターンにおいてチャンスレベルである 5 割以下であった．この傾向は川﨑・田中 (2018) による予備実験で見られたものと一致している．川﨑・田中にて指摘されたように，これは日本語母語話者が

liquids を [l]と知覚する傾向があるためであると考えられる.

Cutler, et al (2006), および Cutler (2015) により指摘されたこの [l] のプリファレンス効果により, Initial ポジションでは [l] の正答率は高いが [ɹ] も [l] として知覚されることが多かったため, [ɹ] の正答率は低くなった. しかし, 選択肢を事前呈示した群（呈示 before 群）では, このプリファレンス効果が抑えられ, [ɹ] を正しく選択する割合が増えた. 一方, Mid ポジションでは, 選択肢を事後呈示した群（呈示 after 群）においてもターゲットポジションによる注意の誘導が起こった. よって, [l] のプリファレンス効果は見られず, [l] の正答率も低く抑えられているのだと考えられる.

3.3 CLJ による Voicing, および VL 知覚の結果

次に中国語を L1 とする日本語 L2 学習者の voicing 知覚が, 選択肢呈示タイミング, およびポジションにより影響を受けるのかどうかを検討するため, 選択肢呈示パターンを被験者間変数（after・before）, ターゲットポジション（Initial・Mid）, 子音（t・d）を被験者内変数として三要因の分散分析を行った.

Voicing の対立では, 2 次の交互作用, 1 次の交互作用すべて有意ではなかった. 子音, ポジションの主効果も有意ではなく, 選択肢呈示タイミングの主効果のみ, 有意であった（$F(1, 8) = 1925.33$, p=.000）.

また, VL の対立知覚については選択肢呈示パターンを被験者間変数（after・before）, ターゲットポジション（Initial・Mid）, VL（i・i:）を被験者内変数として三要因の分散分析を行った.

VL の対立では, 2 次の交互作用, 1 次の交互作用すべて有意ではなかった. VL, ポジションの主効果にも有意差はなく, 選択肢呈示タイミングの主効果のみ, 有意であった（$F(1, 8) = 1904.70$, p=.000）.

上記の結果は中国語母語話者の voicing, および VL の知覚実験においては, ポジションによる効果は見られなかった一方, 選択肢呈示タイミングによる正答率の向上は見られたことを示している. しかし, 中国語母語話者を対象とした実験は各群の参加者数も限られていた. また, 日本に住んでいる留学生を対象としたため, どちらのカテゴリーにおいても正答率が高かった（表 3, 5）. ポジション, および呈示タイミングによる効果を検証するためにはより幅広いレベルの参加者を対象に実験を行う必要があると考えられる.

中国語母語話者の調査については比較対象のため, 同じ実験を日本語母語話者（JNS）にも実施した. Voicing 対立の知覚実験においては, 日本語母語話者はどちらのポジション, どちらの呈示タイミングでもエラーは見られず, よって統計的な差は見られなかった. 一方, VL 知覚の試行では, VL の主効果, 呈示タイミングによる主効果（VL : $F(1, 16) = 7.36$, p=.015; 呈示タイミング（$F(1, 16) = 59962.32$, p=.000）が有意であった. 日本語母語話者の日本語知覚において, 母語にある対立であるにも関わらず, [i] と [i:] の正答率に差が見られ, [i:] の正答率が有意に低かった. 長母音語の正答率の低さは, 刺激語の親密度の差に起因する可能性がある.「ミナ」と「ミーナ」を比較すると, 文字表記で長音記号を含む「ミーナ」の方は日本語では現れることが少なく, 固有名詞としての親密度も低いと考えられる. 日本語母語話者は普段あまり目にすることが無く, 親密度の低い「ミーナ」よりも親密度の高い「ミナ」を選択する傾向にあったのではないか. 本研究では「ゆき」vs.「ゆうき」など, 長音が音韻変化の結果で生じるものではなく, L2 学習者に注意を喚起しやすい長音記号を含む名前を使用した. しかしその結果, 日本語母語話者の親密度が低い語をターゲットに使用することとなり, 正答率に差が出たとも考えられる.

4. まとめ

本研究では選択肢呈示タイミングとターゲット語の文内でのポジションにより, 選択的注意が誘導できるかどうか, またその結果, L2 音知覚の成績に向上が見られるのかどうかを調査した. 日本語母語話者, 中国語母語話者を対象とした全ての実験で, 選択肢呈示を音声刺激の前に行うことで知覚成績の向上が見られた. ターゲット語の文中のポジションにより, 知覚成績に影響を与えることも分かった. また選択的注意の誘導は, 知覚成績の向上のみならず, プリファレンス効果の抑制という形でも現れることが示唆された.

参考文献

Best, C. T. (1995). A direct realist view of cross-language speech perception. *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*. Wnifred Strange ed., Timonium, MD: York Press, 171-204.

Boersma, P. and Weenink, D. (2017). Praat: doing phonetics

by computer [Computer program]. Version 6.0.31, retrieved 16 September 2017 from http://www.praat.org/

Brown, C. A. (1998). The role of the L1 grammar in the L2 acquisition of segmental structure. *Second Language Research*, 14 (2), 136–193.

Cutler, A. (2015). Representation of second language phonology. *Applied Psycholinguistics* 36: 115-128.

Cutler, A., Weber, A. and Otake, T. (2006). Asymmetric mapping from phonetic to lexical representations in second-language listening. *Journal of Phonetics* 34: 269–284.

Flege, J. E. (1995). Second language speech learning Theory, findings, and problems. In W. Strange (Ed.), *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*, 233-277. Baltimore: York Press.

Goto, H. (1971). Auditory perception by normal Japanese adults of the sounds 'L' and 'R'. *Neuropsychologia*, 9, 317-323.

Guion, S. and Pederson, E. (2007). Investigating the role of attention in phonetic learning. *Language experience in second language speech learning*, Bohn O-S and Munro M ed., Amsterdam: John Benjamins, 57–77.

Hisagi, M. and Strange, W. (2011). Perception of Japanese temporally-cued contrasts by American English listeners. *Language and Speech* 54: 241–64.

Kawasaki, T., Matthews, J. Tanaka, K. and Odate, Y. (2014). "Persistent Sensitivity to Acoustic Detail in Non-Native Segments: The Perception of English Interdentals by Japanese Listeners." *English Language and Literature, 54*, 41-56.

川﨑貴子・田中邦佳 (2018) 「選択的注意の誘導によるL2音の知覚への影響―日本語母語話者による英語のliquidとfricativeの知覚」『英文学誌』第60号 23-37.

Porretta, V. J. and Tucker, B. V. (2015). Perception of non-native consonant length contrast: The role of attention in phonetic processing. *Second Language Research*, 31, 239-265.

Strange, W. (2011). Automatic selective perception (ASP) of first and second language speech: A working model. *Journal of Phonetics, 39*, 456-466.

*本研究の実施にあたっては日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C)(「L２習得過程における音韻処理変化と知覚スペースの再調整」課題番号：18K00848) の助成を受けた.

本研究での日本語母語話者を対象とした知覚実験は, 川﨑・田中 (2018) にて行った予備的調査を発展させたものであり, 本研究で行った一部の実験は, 川﨑・田中 (2018) にて使用したものと同一の実験を使用した.

[1] OJAD オンライン日本語アクセント辞書. 韻律読み上げチューターズキクン
http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/ojad/phrasing/index
(2018年6月24日)

付録

表 1　呈示タイミングとポジション別 fricative 語の正答率: JLE

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	子音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[f]	14	0.77	0.18	0.67 - 0.86	12	0.88	0.20	0.82 - 0.93
	[θ]	14	0.27	0.29	0.12 - 0.42	12	0.29	0.28	0.21 - 0.37
	[s]	14	0.66	0.21	0.65 - 0.77	12	0.79	0.26	0.72 - 0.87
Mid	[f]	14	0.70	0.34	0.52 - 0.88	12	0.88	0.20	0.82 - 0.93
	[θ]	14	0.70	0.20	0.59 - 0.80	12	0.63	0.31	0.54 - 0.71
	[s]	14	0.68	0.33	0.50 - 0.85	12	0.88	0.13	0.84 - 0.91

表 2　呈示タイミングとポジション別 liquid 語の正答率: JLE

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	子音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[l]	14	0.85	0.17	0.80 - 0.89	12	0.82	0.19	0.76 - 0.88
	[ɹ]	14	0.39	0.27	0.32 - 0.47	12	0.50	0.29	0.42 - 0.58
Mid	[l]	14	0.63	0.20	0.61 - 0.66	12	0.54	0.20	0.48 - 0.60
	[ɹ]	14	0.55	0.27	0.47 - 0.62	12	0.58	0.23	0.52 - 0.65

表 3　呈示タイミングとポジション別 Voicing 対立の正答率：CLJ

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	子音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[t]	5	0.95	0.11	1.85 - 0105	5	0.90	0.22	0.70 - 1.10
	[d]	5	0.90	0.13	0.78 - 1.12	5	0.90	0.13	0.78 - 1.12
Mid	[t]	5	1.00	0.00	1.00 - 1.00	5	1.00	0.00	1.00 - 1.00
	[d]	5	0.95	0.11	0.85 - 1.05	5	1.00	0.00	1.00 - 1.00

表 4　呈示タイミングとポジション別 Voicing 対立の正答率：JNS

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	子音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[t]	9	1.00	0.00	1.00 – 1.00	9	1.00	0.00	1.00 – 1.00
	[d]	9	1.00	0.00	1.00 – 1.00	9	1.00	0.00	1.00 – 1.00
Mid	[t]	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00
	[d]	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00

表５　呈示タイミングとポジション別 VL 対立の正答率：CLJ

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	母音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[i]	5	0.90	0.14	0.78 - 1.02	5	0.95	0.11	0.85 - 1.05
	[i:]	5	1.00	0.00	1.00 - 1.00	5	0.90	0.14	0.78 - 1.02
Mid	[i]	5	0.85	0.14	0.73 - 0.97	5	0.95	0.11	0.85 - 1.05
	[i:]	5	0.90	0.22	0.70 - 1.00	5	0.95	0.11	0.85 - 1.05

表６　呈示タイミングとポジション別 VL 対立の正答率：JNS

		呈示 after				呈示 before			
ポジション	母音	N	Mean	SD	CI	N	Mean	SD	CI
Initial	[i]	9	0.94	0.11	0.87 - 1.02	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00
	[i:]	9	0.78	0.20	0.65 - 0.91	9	0.97	0.08	0.92 - 1.03
Mid	[i]	9	0.97	0.08	0.92 - 1.03	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00
	[i:]	9	0.92	0.18	0.80 - 1.03	9	1.00	0.00	1.00 - 1.00

コンテンポラリーダンス作品における振付創作プロセス
ー場との関係に着目してー
How Does the Place Influence the Creating Process in Choreography?
:The Case of Contemporary Dance Production

赤木 満里奈†, 野中 哲士‡
Marina Akagi, Tetsushi Nonaka

†神戸大学大学院人間発達環境学研究科, ‡神戸大学大学院人間発達環境学研究科
Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University,
Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
marina753225@gmail.com

Abstract

In this article, I examined the creation process of contemporary dance choreography by focusing the relationship between production and place. The purpose of this study is to clarify that 1) how the place influences the creating process in choreography, focusing on the intentional changes by choreographers, and 2) how choreographers and dancers go forward the creation until they put the production on the stage. I analyzed some video data of contemporary dance productions' rehearsals. In order to recognize the creation process, I sorted the production by each scene and researched when each scene created at first. It was found that the creation process of each scene had some patterns, and various discoveries influence the choreography.

Keywords — creation, process, contemporary dance, choreography, place

1. はじめに

芸術における創造プロセスにおいては、さまざまな研究がなされている。例えば、Yokochi・Okada[1]は、水墨画の創作プロセスを対象とした研究を行い、画家が知能や技術、動きに基づいた創作の方法パターンを持つことを明らかにしている。また、複数の人々と行われる創作活動における創作プロセス研究の例として、土倉[2]のものが挙げられる。土倉は、映画撮影において、創作プロセスの中でプランがどのような役割を果たしているか検討する、という視点で研究が進め、プランの初期設定値をまず設定し、そこから生まれた課題を解決していくことで具現化していくというプロセスがあることを明らかにした。

一方、コンテンポラリーダンスは、決まった身体運動の型や様式、ストーリーにとらわれないという意味で「なんでもあり」であると言われており[3]、振付家や演出家によって創作における「振付」の概念が多様化している[4]。例えば、動きそのものは振付家が決定し、ダンサーに再現させるという手法や、ダンサーから動きの材料を集め、それらを取捨選択して作品を構成するという手法などがある[5]。その中で、コンテンポラリーダンスの振付創作プロセスにおいて、一つの作品へと完成していく様子を検討した先行研究には、Stevens ら[6]のものが挙げられる。ここでは、24 週間にわたって、認知的観点からダンサーと振付家との交渉を通して作品が固まっていく様子が時系列に沿って記述されており、一つ一つの動きが生成され、選択され、改善されることで一つの作品として成り立っていくことが判明した。また、中野・岡田[7]は、熟達した振付家・ダンサーである森山開次(1973-)のワークショップを対象とし、認知プロセスと身体プロセスの観点から振付創作プロセスを明らかにした研究を行っている。ここでは、様々な対象から発想のきっかけを得る「着想の観点」、それを様々な身体的観点から動きとして具現化する「具現化の観点」、この 2 つを方向付け組織化する「目的」という観点で、コンテンポラリーダンスにおける振付創作の認知プロセスを捉えられることが明らかになった。

これらの研究によって、コンテンポラリーダンスの振付創作プロセスは、振付家とダンサーとのやりとりの末に、また動きを発展させていくことによって成り立っていることが判明したが、上演場所を中心に創作が行われる場合であると、新たにそのプロセスに関わる要素が加わることが考えられる。

2. 目的

そこで本研究では、実際の現場で、コンテンポラリーダンスが一つの作品として成立するにあたって、振付ができていない状態からどのようにリハーサルを進め、本番で上演するに至るか、という創造的なプロセスを実証的に明らかにする。また、その際にどのように空間や観客、小道具などの周囲の場を利用しているかにつ

表 1. シーン分類

	タイムスパン(12/21時)	12月5日	12月6日	12月7日	12月8日	12月9日	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月16日	12月18日	12月19日	12月20日	12月21日
①客入れ	～11:53（約12分）									○						
②最初	～19:23（約7分半）						○		◎							
③AHM トリオ	～22:50（約3分半）		○				◎									
④beauties+クロノス	～26:20（約3分半）			○	◎											
⑤box scene	～29:37（約3分）						○									
⑥step part	～30:43（約1分）		○													
⑦rope	～32:42（約2分）		○				◎									
⑧4speakers	～35:15（約2分半）	○														
⑨cage	～38:50（約3分半）				○											
⑩ユニゾン→列	～43:30（約4分半）					○			◎							
⑪墓	～47:57（約4分半）								○							
⑫angry M→Aソロ	～52:17（約4分半）									○						
⑬dirty line	～53:40（約1分半）	○														
⑭デュオ×3	～56:06（約2分半）	○	◎													
⑮コンタクトパート	～57:04（約1分）						○									
⑯ジャンプパート	～57:36（約30秒）							○								
⑰Kソロ	～1:01:32（約4分）									○						
・カメラ				○												
・モンスター			○													
・パルス		○														

○：アイデアが登場した段階　◎：複数の組からなるシーンにて、新たに別の組に振りつけられた段階　□：シーンの流れができた段階　■：通し稽古

いて、詳細に追うことを目的とする。

3. 方法

3. 1. 対象

NPO 法人 DANCE BOX の事業である「国内ダンス留学」より、2017 年 12 月 21 日に Art Theater dB Kobe にて上演された、『国内ダンス留学＠神戸 6 期 NEWCOMER/SHOWCASE #4 平原慎太郎振付作品「+ 0 > 0 - 0」』(約 60 分の作品)のリハーサル動画及び本番の動画を対象とする。出演者は、国内ダンス留学＠神戸に参加している 6 期生 9 名(日本人 5 名、外国人 4 名)であり、振付・演出者として平原慎太郎氏、アシスタントとして、平原氏が主宰するカンパニーのダンサーである渡辺はるか氏が参加していた。また、リハーサルは、2017 年 12 月 5 日から 12 月 20 日まで、休みを除いて 14 日間、各日休憩時間を除いて約 6 時間行われていた。リハーサルの流れは、ストレッチやヨガなどのウォームアップやテクニックのワークショップを午前中に行い、午後から作品の創作を行うことが主であった。また、リハーサル場所は、本番と同じ場所である Art Theater dB Kobe、または駒ヶ林会館であった。なお、筆者は 12 月 8 日午後・12 月 20 日午前以外の全てのリハーサルに同席し、ビデオ録画しており、総データ時間は約 76 時間である。

3. 2. 方法

リハーサル動画の中で、リハーサルの進め方や指導の現場における振付・演出者の指示の内容、さらに時間・周囲の場による動きや作品の変容を、時系列に沿って分析する。

4. 分析

4. 1. 各シーンへの分類

まず、約 60 分の作品のシーンごとに分類し、タイムスパンを計測した(表 1)。その結果、17 つのシーンに分けられた。なお、この分類は、平原氏がリハーサル中に発した名称・区分に基づいている。また、本番の作品には使用されなかった 3 つのシーンもあった。さらに、シーンが初めてリハーサルの中で生まれた段階についても、分類した。シーンごとの流れは、すぐに決まったものもあれば、いくつかの流れの候補が挙がった中から決まったものもあった。完成した作品と異なる流れの候補の例には、『⑥step part → ⑨cage → ⑧4speakers』が挙げられる。

4. 2. 創作プロセスの事例

4. 2. 1.『④beauties』について

創作プロセスについて、『④beauties』を例に分析する。まず、12 月 5 日に平原氏より、「すごくきれいな動きをしながらスラングを言ってみて」とダンサーに伝えられ、のちに『⑬dirty line』となるシーンの素材が出来上がった。12 月 6 日に、「きれいな動き」を模索するため、ダンサーに「板一枚分の幅を歩きながら、上半身できれいな形をとり、時折彫刻のように動きを止めながら自転してほしい」と平原氏から伝えられた。12 月 7 日に、『パルス』の素材を試していた 4 名のダンサーが集められ、その中の一人のダンサーの「きれいな動

き」の質感が良いので、その動きを真似ることとなった。また、そのダンサーと同じような質で、4名で踊ることで、もともとは4名の群舞の動きだったようにみせたいとの方針が定められた。これが『④beauties』ができたきっかけである。その後、同日にダンサーたちが自ら動きをつくり、平原氏にみせることで創作が進められた。その際の平原氏の指示には、4名が近い距離にいること、4名が同時に早送り/巻き戻しのように動きを反復させる箇所をつくること、表情や雰囲気を神聖にすること、などがあった。

12月9日には本番の場所で創作が行われた。同じシーンの中に『④クロノス』の素材も入ることになり、どのようにつなげるかが決められた。『④クロノス』へと合流する1名を除き、3名は『④beauties』終了後は舞台上からいなくなる設定であった。12月11日には、『④beauties』以前の流れが決まったことにより、いくつかの変更がなされた。まず、直線であった動線が円を描くようになったこと、また『④クロノス』に合流する1名のダンサーが、『④beauties』終了前に離脱すること、の二点である。さらに、『④beauties』を始めるタイミングも決定した。12月12日の稽古では、平原氏が「もっとダイナミックにしたい」と発言したことから、動きを大きくしたり、追加したりする様子がみられた。

12月13日には、『④beauties』を行っている付近で立っている別のダンサーが、途中から加入することになった。その後の通し稽古(前半のみ)では、もっと整理して、美しいポーズを長くとるように、との指摘がなされた。以後の稽古では、目線や表情についてのみ指摘がなされた。

4. 2. 2.『⑨cage』について

次に、『⑨cage』の創作プロセスを分析する。12月7日、駒ヶ林会館にてインプロビゼーションの稽古中に、あるダンサーがその場にあったイスを用いたことが、着想の原点である。イスを用いた発想に対して、平原氏が好感を持ったため、12月8日のインプロビゼーションの稽古にて、劇場にあった箱馬と箱馬より小さいサイズのブロックのようなものを利用するように、指示がなされた。その際に、前日と同じダンサーが箱馬を円のように並べていたことから、『⑨cage』がうまれた。

12月9日に、箱馬を使用したダンサーを含む4名のダンサーが集められ、ペアが二組できるよう分けられた。一方のペアは箱馬、もう一方のペアはブロックを使用して、柵のようなものをつくる場面にすると、平原氏より説明された。ペアのうち一名が箱馬/ブロックを円形に置いていき、もう一名は箱馬から逃げるようにして円の内部へ動いていく、もしくはブロックの上に手足をついていつのまにか身動きが取れなくなるように動いていくことを指示された。そして、柵が完成した後は、柵をつくったダンサーは柵の周りを一周歩くことが決められた。数回その流れを試した際に、平原氏からブロックを置くダンサーに、まるで職人のようにブロックを置く場所を定め、音がなるほど強く床に置き、追い詰めていく様子を演出するよう、指示がなされた。

12月13日には、前後の流れが完成したことで、柵をつくり始めるタイミングが決定した。また、終了するタイミングも決まったことで、柵をつくる速度を掴む必要性が出てきた。その後、『⑨cage』についてはあまり指摘や変更がされなかったが、12月21日に、箱馬を置くダンサーの表情をこわい笑顔にするようにという追加事項と、ブロックを置くダンサーの歩き方が緊張しすぎているという旨の指摘がなされた。

4. 2. 3.『⑫angry M』について

最後に、『⑫angry M』の創作プロセスについて分析する。『⑪墓』の後、一人のダンサーが持っているマイクのコードが抜かれ、音が出なくなってしまうところをきっかけとして始まる。12月14日に、前日に決まっていた『⑪墓』の流れから、マイクを抜き取られたことに対して怒る、という設定が与えられた。マイクを抜き取られたダンサーを含む4名のダンサーが集められ、ペアが二組できるように分けられた。そして、それぞれのダンサーに全体の流れや構成、動線が伝えられた。例えば、マイクを抜き取られたダンサーは怒りながら、腕を振り回すように踊る、などである。なお、この時点では動きに対して細かく決められておらず、ダンサーたちは各々即興で踊っていた。

12月16日には、前々日の通し稽古を受けて、駒ヶ林会館で各シーンの振付を細かく決めていく作業が行われた。怒る役のダンサーには、平原氏より部分的に振付が与えられ、それを目印として踊ることが決定した。また、これまでイスに寄りかかって、そのイスを押しながら踊るように言われていたダンサーは、シーン全編を通して、ぜんまいのおもちゃのように足を細かく動かしながら踊るように、設定が変更された。12月19日にも、同じダンサーに、もっと足を細かく動かすように平原氏より指摘があった。12月21日には、怒る役のダンサーに、動線の範囲を狭めるよう指示がなされた。

表 2. シーン創作のきっかけ

つくられたもの	きっかけ	説明	該当シーン
素材	**インプロ(動き)**	即興の稽古にて生み出された動き	⑩
	派生	他の素材から派生して創られたもの	④、モンスター
	道具	劇場にある小道具から着想を得たもの	④、⑦、カメラ
	設定	大まかな設定のみ与えられ、試したもの	③、⑥、⑧、⑬、⑭、パルス
	振付	決められた振付として与えられたもの	⑩
場面	**インプロ(動き)**	即興の稽古にて生み出された動き	②、⑨
	インプロ(道具)	即興の稽古にて用いられた道具	①、②、⑤、⑨
	構成	全体の構成の流れを与えられたもの	⑪、⑫
	振付	決められた振付として与えられたもの	⑪、⑮、⑯、⑰
太字:ダンサー発信　細字:演出者(平原氏)発信			

4. 3. 各シーンの創作きっかけ

先述したそれぞれの創作プロセスの開始時点の特徴に基づいて、各シーンが創作されたきっかけを分類した(表 2)。本番で使用されなかった 3 つのシーンを含む、合計 20 つのシーンを分類した結果、まず、素材と場面に分けられた。素材は、実際の作品にどのように組み込むかどうかは不明のまま、アイデアを試すためにつくられた踊りのストックのことを指し、場面は、実際の作品として構成されることを前提とした、一連の動きの流れを指す。さらに、素材と場面がつくられたきっかけとして、素材では、インプロ(動き)、派生、道具、設定、振付の 5 つに分類され、場面では、インプロ(動き)、インプロ(道具)、構成、振付の 4 つに分けられた。なお、インプロとは、インプロビゼーション、つまり即興の表現活動のことで、今回の創作期間中の 12 月 7 日、12 月 8 日、12 月 9 日の計 3 日で、トレーニングとして稽古に取り入れられていた。また、重複している該当シーンは、複数の素材または場面から構成されていることを表している。

5. 考察

このように、今回の対象の振付創作プロセスにおいては、①素材や場面が部分的に完成していき、その後にシーンをつなぎ合わせる形と、②完成シーンの流れから前後のシーンがつくられる形があることが判明した。また、早い段階から細かい動きが決められたシーンもあれば、最初は構成などの大枠を決めてから、本番が近くなるにつれて細かい動きが決定していくシーンもあった。一度シーンが完成した後、劇場の舞台で通し稽古を行い、照明や音響を合わせて実際の本番の見え方を探ることで、動きの質や見え方、または観客への意識に基づいて、細かい調整が行われていくことも判明した。今後は、例に挙げた『④beauties』『⑨cage』『⑫Angry M』以外のシーンについても詳細な検討を行い、それぞれの創作プロセスについて明らかにする。加えて、ダンサー同士や空間、小道具、観客など周囲の場と創作プロセスとの関係性についても、明らかにする。

参考文献

[1] Yokochi, S., & Okada, T. （2005）“Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional Chinese ink painter”. Creativity Research Journal, 17, pp.241-255.

[2] 土倉英志（2010）“創作プロセスにおけるプランの役割の検討: 映画撮影のフィールド研究”, 『認知科学』, 17(4). pp.713-728

[3] 乗越たかお (2009).『どうせダンスなんか観ないんだろ！？激録コンテンポラリー・ダンス』, 東京 : NTT 出版株式会社

[4] 尼ヶ崎彬 (2004).『ダンス・クリティーク　舞踊の現在/舞踊の身体』, 東京 : 勁草書房.

[5] 安田靜 (2005)“ピナ・バウシュとフォーサイスの「作品」は継承可能かーダンスの生成過程と「作品」を成立させるための諸要件についてー”, 『舞踊學』, Vol.28, pp.46

[6] Stevens, C., Malloch, S., McKechnie, S., & Steven, N. , （2003）“Choreographic cognition: The time-

course and phenomenology of creating a dance”, Pragmatics and Cognition, 11(2), pp.297-326.
[7] 中野優子・岡田猛, (2015)“コンテンポラリーダンスにおける振付創作プロセス”, 日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, pp.273-282.

効果的なワークショップ実現に向けた 個人ワークにおける外化の影響の検討
The effects of externalizations during reflection in workshop

中根 愛[†]，渡邉 浩志[†]，小林 哲生[‡]
Ai Nakane, Hiroshi Watanabe, Tessei Kobayashi
[†]NTTサービスエボリューション研究所，[‡]NTTコミュニケーション科学基礎研究所
[†]Service Evolution Laboratories, [‡]NTT Communication Science Laboratories
nakane.ai@lab.ntt.co.jp

Abstract
ワークショップの個人ワークで内省を行う際に，外化をすること，外化をしないことが，参加者の思考や感情にどのような影響を与えるのかについて，探索的に検討を行った．結果，「ある状況において自分ならどのような対応をするかを考える」という課題において，外化する場合は論理性・一貫性が高い思考が可能になるが，自ら設定した思考の枠組みに含まれない概念や，矛盾したアイディアは考慮の対象にならないことが示唆された．一方外化しない場合には，枠組みにとらわれない思考がされ，内省中やその後の共有の際に，自身の考えへの新たな気付きが多くされることが示唆された．
Keywords — ワークショップ，内省，外化

1. はじめに

1.1. 問題と目的

近年，様々な場面でワークショップが利用されるようになってきている．ワークショップとは，講義など一方的な知識伝達スタイルでなく，参加者が自ら参加・体験して協同で何かを学び合ったり創り出したりする学びと創造スタイル[1]であると定義されている．ワークショップという言葉は実に幅広く使われており，実施内容は様々なパターンがあるが，例として「学び」を主目的としたワークショップとして，子育てワークショップの実施例を挙げる．

---

1. 導入：ファシリテータから，ワークショップ趣旨の説明や，必要に応じて一般的な情報のインプットを行う（例 子育てにおけるしつけとは？）
2. 内省：テーマに関連した自身の体験や意見を考える（例 しつけで悩んでいること，難しいと感じていること）
3. 共有：グループで各個人の考えを発表しあう
4. グループまとめ：グループ内の意見をまとめる（「時間がないことが原因」「どこまで厳しくすべきかわからないのが原因」…）
5. 課題解決：挙げられたしつけの悩みについて，どのように対処すればよいかをグループで話し合う（「一呼吸おいて対応する」…）
6. グループ間で発表しあう
7. それぞれの発表を聞いて，自身が次に取り組みたいと思うことを一つずつ上げ宣言づくり
8. ファシリテータより全体的なフィードバック，まとめ

上記は一例であり，実施事項や実施順などは同じテーマであっても実に様々なパターンがありえるが，このようなワークショップにおいて多く行われるのは，自分自身で考え（内省），それを他者と発表し合う（共有）ということである．このような作業を行うことで，参加者は改めて深く考え，自らの考えの傾向や真の課題に気づいたり，自分の考えや行動を変えていくことに繋がり，テーマについて一方的に講義形式で教えられるのみでは得られないような「学び」を得ることができると考えられている．

一方でワークショップのプログラムや進め方については，いまだに公式化や理論化がされていないことが指摘されており[2]，ワークショップの狙いや目的に対して具体的にどのようなプログラムを設計すべきかは，「こうしたらこのような効果・影響があるのではないか」といった未検証の推論による設計者の漠然とした期待によってなされることが多いことが指摘されている [3]．そこで本研究は，ワークショップの狙い・目的に対して効果的なプログラムを設計するためのワークショップ設計についての知見を得ることを目指した検討を行う．

ワークショップに含まれるプログラムの要素が，ワークショップ狙い実現にどう影響するかを検討した研究として，中根ら（2017）がある[4]．この研究では，ワークショップ中に行われる「共有」に着目し，ワークショップ中に自分の考えを他者に共有する行為が，参加者の観点や価値観の変化を促したり，行動変容を促す可能性があることが示されている．本研究では，その共有を行う前段階の内省プログラムの設計に着目する．

本研究ではワークショップにおける内省を，ワークショップ参加者が与えられたテーマについて一人で検討し，自身の考えや意見を創出するプログラムであると定義する．ワークショップの中で内省は，たとえばグループでの話し合いの前に自分の考えをまとめたり，自分の立場を決めるため時間として設けられたり，グループでの議論の後に改めて自身の考え方や行動について考える時間として設けられる．「学び」を目的としたワークショップにおいては，内省が求められる機会は非常に多く，どのように内省プログラムを設計するかの知見を得ることは，ワークショップ設計において非常に重要である．

本研究では具体的には，内省時に紙が与えられ考えを書き出しながら内省を行う場合と，何も道具を与えられず頭の中のみで内省を行う場合を比較する．実際の様々なワークショップの中で，書き出しながらの内省/何も書き出さない内省は双方よく用いられるプログラムであるが，一方でなぜそのように設計するのかについては，先述の通り設計者の漠然とした期待によって決められていると考えられる．実験により書き出すこと・書き出さないことの具体的な効果を検証することで，ワークショップの狙いに対して効果的な内省プログラム設計についての知見を提供したい．

1.2. 外化に関する関連研究

考えを書き出すことは，**外化**（externalization）の一種である．外化とは，書き出すことや発話を通じて自身の考えを外部に表出することであり，特に書き出しの効果に関する研究は，教育や問題解決の分野で多くなされている．例えば概念学習において，自身の思考の根拠を可視化し議論することで，既有概念の変容が促進されたり[5]，学習効果が継続するという効果が確認されている[6]．また問題解決の分野においては，問題の視覚的表象を構成すると，解を導くためのキーとなる特徴が創発されたり[7]，また問題発見型の問題解決において問題の複数の視点からの見直しを行うことができるようになったり[8]，また複数命題の統合による新規命題の生成が促進されること，注意の遷移が促されること[9]が指摘されている．

しかしこれらの研究は教育の効果や問題解決の方法に着目したものであり，用いられている課題が，教育の分野ではすでに正解や教えられるべき内容が定まっているもの（維管束の形等）であり，問題解決の分野では正解に向けていかに効率よくアプローチするかや，これまで出てこなかった創造的な発想ができるかが問われる課題である．一方で，学びを主としたワークショップで行われる内省とは，すでに自分の中にある考えをもとにして，自分の経験を思い出したり，自分ならどのようにするかを考えるといった課題であり，誤概念の修正や正解に向けての頭を絞った試行錯誤，創造性は必要とされない．

書き出すことによって思考が進展する経験を持つ人は少なくない[10]．思考整理ツールとしてマインドマップ等が広く知られていることからも，外化が思考整理を促進することは予想される． しかしこのような課題における外化の効果は不明である．

そこで本研究では，ワークショップの内省フェーズにおいて，外化がある場合とない場合に，ワークショップ参加者の思考や感情にどのような違いが生じるかについて，探索的に検討するための実験を行う．

2. 方法

2.1. 実験協力者

本実験は，月 2 回定期開催されている未就学児の親を対象とした会を利用し行われた．会は午前午後の 2 回行われ，参加者は計8名であった．なお，参加者のうち 6 名は未就学児の子どもがおり，1 名は就学済みの子ども，またもう1名は子どもがいない者であった．会の中の実施事項の 1 つとして実験用ワークショップを実施し，参加者はこれに参加した．参加者は会に参加することに動機づけられて会場に集まっており，本実験へ参加することに動機づけられて会場に来たわけではなかった．よって実験は，統制をとるよりはワークショップ及び会全体の満足度を下げないことを重視し設計された．

2.2. 実験計画

ワークショップのテーマは「子どものしつけ」であった．まず本実験の流れについて説明する．

1. 導入
2. グループ分け
3. 課題 A
   - 課題提示
   - 内省（5 分程度）
   - 共有（30 分程度）
4. 課題 A アンケート
5. 課題 B
   - 課題提示
   - 内省（5 分程度）

- 共有(30 分程度)

6. 課題 B アンケート
7. ヒアリング

(1)導入では，集まった参加者に対して，実施事項についての簡単な説明を行った．具体的には，しつけについての自身の考えを，他者に共有し合うことを伝えていた．

(2)グループ分けでは，2〜3名を1グループとしてグループ分けを行った．各グループに1名ずつファシリテータを付け，詳細な実施事項の説明やその後の共有時間の司会や質問等を行った．

(3)課題については，以下の 3 フェーズで行った．まず課題提示フェーズでは，実際にワークショップで取り組む課題を画面に提示し，読み上げた．内容は，子どもへの対応が難しい場面について，自分ならどのように対応するか，行動と理由について考えることを求めるものであった．次に内省フェーズでは，参加者それぞれが課題を検討した．この際に，紙に書き出しながら考えるよう指示される条件(以下外化有条件)と，頭で考えるように指示される条件(以下外化無条件)が設けられた．外化有条件の際には図 1 のような紙を参加者に渡した．紙には，「行動」「理由」と書かれた大きな枠が 2 つ設けられていたが，その中に何を書くのかは参加者に任せられた．最後に共有フェーズでは，参加者は分けられたグループのメンバに対して，自分の考えを順に発表した．今回のワークショップにおいては，できるだけすべての参加者が自分が内省時間に考えたことを発表できるようにすることを重視し，個人個人の考えの発表という形をとった．

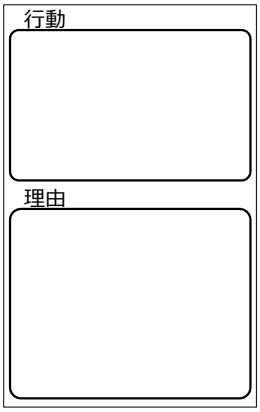


図 1 外化用ワークシート

(4)アンケートでは，(3)で実施した課題の際の自身の考えや気付きについてのアンケートを実施した．

(5)，(6)については(3)，(4)と同様である．ただし，(3)と(4)で外化有/無が異なる条件となるようにした．なおワークショップの実施回により，どちらが(3)と(5)のどちらが外化有条件になるかはランダマイズされた(詳細は表 1 参照)．

表 1 実験条件

グループ	実施回	人数	1回目 (条件/課題)	2回目 (条件/課題)
A	午前	3	外化有/課題A	外化無/課題B
B	午後	3	外化無/課題A	外化有/課題B
C	午後	2	外化無/課題A	外化有/課題B

(7)では，1 対 1 のヒアリング調査を行った．外化有/無の良かった点，悪かった点についてを，内省フェーズ，共有フェーズそれぞれについて質問することで，より広く外化の有無の影響を把握することを目的とした．

なお今回課題で用いたお題は，Hastings et al. (1998)[11]で用いられた子どもとの難しいインタラクションのシーンを参考に，参加者の反応の分散が比較的大きいとされている課題を選択肢，内容を日本向けにアレンジものを用いた．

課題 A 買い物シーン

「あなたが子供と一緒にスーパーに買い物に来たところ、買う予定のない様々な商品を手にとって遊んでいます。このとき、子供に対してどのような声掛けや行動を取りますか？具体的に考えてください。また、そのように振る舞うのはなぜですか？」

課題 B 約束シーン

「あなたは子供とゲームをする約束をしていました。ところが、急にあなたの友人と会うことになってしまいました。子供にゲームの約束を遅らせたいと言ったところ、子供は怒ってしまいました。このとき、子供に対してどのような声掛けや行動を取りますか？具体的に考えてください。また、そのように振る舞うのはなぜですか？」

このように，これらの課題は，与えられたお題に対して，自分であればどうするかの意見を出す課題であった．つまり，問題解決の実験で用いられるようなひとつの正解に向けて考えるものではなく，またそのために高い認知負荷や試行錯誤を必要とするものではない．また創造性の課題で用いられるような，独自性や創発が必要になるものでもなかった．

参加者は，与えられた課題のシーンを頭に思い描き，自身の持つ育児スタイルや信念に基づき自身の取り得る行動を思い描き，その行動をとった場合に生じる子どもの反応や新たな課題を検討しながら，自身が振る舞い全般についての考えをまとめていくと考えられる．

2.3. 評価

外化有無の効果は，アンケートとヒアリングによって確認した．

アンケートの内容は，ワークショップにより自身の考えの広がりや深まり，また自身の考えへの気付き，変容の有無を確認するための質問 17 問からなった(「考える時間において，深く考えた」「共有の時間において，自分の考えていることについて改めて気づいた」など)．それぞれの質問に対して1(とてもそう思う)から 6(まったくそう思わない)の 6 段階での評定を求めた．

また全ての実施事項が終わったあと，1 対1のヒアリング調査を実施した．広く外化の有無の影響を把握することを目的とし，外化する/しないことについて感じた良かった点，悪かった点に関して，内省フェーズ，共有フェーズそれぞれについて質問を行った．

3. 結果

3.1. アンケート結果

アンケートそれぞれについて，外化有無による結果の差を検討するため，対応のある t 検定を実施した．外化の有無により結果に差が見られた項目は，内省時間において「自分の考えに矛盾していることがあると思った」(t=2.049, df=7, p<.10) と，共有時間において「自分が考えていることについて改めて気づいた」(t=2.966, df=7, p<.05)，「自分の考えが変化した」(t=2.049, df=7, p<.10) の計 3 項目であった．結果を図 2 に示す．値が小さいほど「あてはまる」を，大きいほど「あてはまらない」を示す．つまり，外化無条件のほうが，内省の時間に自分の考えへの矛盾に気づきやすい傾向にあること，また共有の際には，自分の考えていることに改めて気づきやすく，自分の考えの変化が生じやすい傾向にあることが示された．

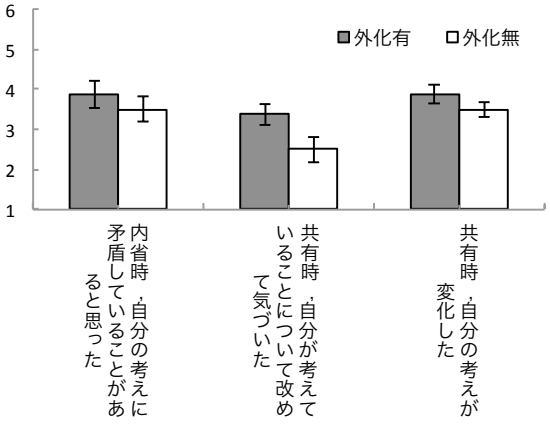


図 2 アンケート結果

3.2. ヒアリング結果

ヒアリングの結果得られたコメントを分類したものを表 2 に示す．ヒアリングより，外化有のメリットとして得られた発言内容の裏返しが外化無のデメリットとして挙げられることが多く，逆も同様であった．(例えば，外化有のメリットとして「共有の際にもれなく話せる」が挙げられ，外化無のデメリットとして「共有の際に言い忘れが生じる」)．表中のカッコ内は発言者の数である．

1-1) 思考方法の特徴 枠組みある考え/枠組みない考え

外化有条件についてはまず，「行動プロセスの書き出

表 2 ヒアリング結果のまとめ

		外化有条件	外化無条件
思考方法の特徴	枠組みある考え/ 枠組みない考え	抜け漏れなく検討できる(4) 想定した構造に従ってしまい考えに 広がりが出ない(1)	つながりやテーマにしばられず， 自由に幅広く考えを巡らせることができる(2) 同じことを何度も考える(1) 考えに矛盾が生じる(1)
	論理性・一貫性	内容に一貫性を持たせられる(2) 共有フェーズで話すための内容や 話す順番を考えられる(2)	論理性・一貫性のあるストーリーを 考えにくい.話し方を考えにくい(1)
	外化されたものを 基にした考え	どこまで考えたかが明確になるので堂々巡りしない(1)	同じシーンを何度も考えるような感じ(1)
書くことへの 感情的な側面	プレッシャー	書くこと，まとめることへの プレッシャーを感じる(1)	
	めんどくさい	面倒である(1)	書かなくても覚えきれる量であれば， 面倒さがない(1)
共有に向けて	安心感	共有フェーズでメモを持っている 心理的安心感がある(2)	
	共有内容	共有フェーズで考えたことを すべて話せる(5)	共有の際に言い忘れが生じる(1)

し，理由，というように抜けがないように考えられた」「書くと時系列で整理できる」といった発言に見られるように，参加者は検討のための枠組みを自ら設定し，これに従って考えを整理しており，その結果「抜け漏れのない検討」ができるという感覚が得られていることが示唆された．一方で，「考えが固まってしまう」「考えに広がりが出ず限定的になってしまう」といった発言に見られるように，設定した枠組み内で考えるようになるため，その枠組みの外に考えが広がりにくいことが示唆された．つまり外化をすることが枠組みを持った検討を促進し，それを詳細に埋めるように思考が展開されるようになる一方で構造を広げる，枠組みに含まれない概念についての検討がされにくくなると考えられる．

一方で外化なし条件においては，「ランダムにポコポコ考えられる，つながりで思いついていく」「流動的にいろんなことが出たり入ったりする」という発言に見られるように，自由に幅広い検討を広げていくことが示唆された．この際，参加者は自身の置いた前提条件との整合性や，考えるための枠組みにとらわれずに考えを広げていくようである．一方で，「考えに矛盾が生じる」といった発言が見られているように，自由に検討をした結果，先に考えた内容と合致しない思考に至ったり，自身の中にある相反する考えに思い至ったりするようになると考えられる．

1-2) 思考方法の特徴　論理性・一貫性

外化有条件について，「書くときには辻褄が合うようにした．つながりのあるように意識した」「理由を考えたり，それに矛盾がないかが確認できる」といった発言があがった．これらの発言より，外化により矛盾がないような考えを行い，また内容が辻褄が合うように書き出しが行われており，結果論理性・一貫性のあるアウトプットがされるようになることが示唆される．一方外化なし条件においては，「シーンがぶれる．シーンがぶれると考えがぶれる」いった発言に見られるように，考えているうちに軸がぶれ一貫性が失われると感じていることが示された．

1-3) 思考方法の特徴 外化されたものを基にした考え

外化有条件においては「どこまで考えたかが明確になるので堂々巡りしない」，外化無条件において「同じシーンを何度も考える」という発言が得られている．これより，参加者は自身が外化したものを参照しながら考えを進めており，それがない場合同じことを繰り返し考えてしまうなど，考えの対象をコントロールすることが難しくなることが示唆された．

2-1) 書くことへの感情的な側面　プレッシャー

外化有条件において，「書くと，まとめないというプレッシャーを感じる」という発言が得られた．

2-2) 書くことへの感情的な側面　面倒

外化有条件においては「書く習慣がないので書くのが面倒」，外化無条件において「考える量が多くないときには，書かないほうが良い」という発言に見られるように，外化有条件は単純に書くのが面倒くさいという反応があった．ただし，考える量の多さや複雑さによっては，面倒臭さよりも書く必要性やメリットの方が大きくなる可能性は高い．

3-1) 共有に向けて　安心感がある

外化有条件において「話すために準備できる安心感」が挙げられた．通常の生活の中で，他者の前で自分の考えをまとめて話す機会は多くないため，このような状況にプレッシャーを感じる参加者にとって安心感につながったと考えられる．

3-2) 共有に向けて　リストとしての利用

外化有条件について「書いた方が漏れなく考えたことを言える」「正確に伝えるためのメモができる」という発言が，また外化無条件について「こうだと思っても，言うのを忘れる」という発言が得られた．共有の際に，外化したものをきっかけとして自身の考えを話すこと，またこのようなきっかけがない場合，考えたことをすべて話せなかったと感じることがあることが示された．

4. 考察

4.1. 実験課題の特徴

ヒアリングの結果を通して，実験参加者は外化の有無に関わらず，論理的で一貫性の高いアウトプットを出すことへの動機づけがあったと考えられる．今回与えた課題においては，明示的にそれらを求める指示はしていないが，参加者は内省時に自主的に考えを構造化し，論理性を高めるよう整理を行い，また共有フェーズに向けての発話内容の矛盾を排除しながら話を組み立てていた．このような動機づけがあった理由として，まずは共有フェーズで他者に話をするということを事前に伝えていたことがあるだろう．他者に自分の考えを話すにあたって，ばらばらと考えを並べるのではなく，理解しやすいようにストーリーとして組み立てる，つまり論理性や一貫性への動機づけが高まった可能性がある．

ある個人の主要な意見をひとつ上げてもらうことを目的としている場合はこのような傾向は望ましいものであるが，個人の中にある様々な思いや考えを抽出することを目的としたワークショッププログラムの場合には，こういった傾向を排除するような工夫を凝らした設計にする必要があるだろう．

4.2. 内省フェーズでの外化の特徴

本実験における内省フェーズで外化を行った場合の特徴を述べる．

感情的側面 外化がある場合，参加者によっては，書くことをまとめなくてはならないというプレッシャーを感じる場合がある．

思考方法 枠組み ランダムに考えを進めるのではなく，まず自分なりに検討の枠組みを設定し，その枠組を埋めるような形で考えを進めていく様子が多くの参加者から確認された．また設定した枠組みの中身を埋めるように考えを進められ，逆に枠組みに含まれない概念については考えの対象になりにくい．つまり拡散的ではなく，収束的な思考がされやすくなったと考えられる．たとえばあるパターンについて時系列で構造化した場合，時系列を埋めたり，それぞれの行動に対応する理由を深ぼることはできるが，そこで挙げられていないパターンについては検討されない．この点は，意見産出の内省時に説得スキーマ（「メリットを説明→デメリットの整理→デメリットの否定」など他者を説得する際の文章の構造に関するスキーマ）が用いられる場合に，スロットに当てはまる既有知識の探索を行うような思考がなされ（「デメリットの否定」に当てはまる知識の探索がされる），内容が吟味されるという先行研究の主張[12]と一致する．つまり枠組みがあることによって思考の方向性が指定され，方向性に沿った心的探索がされるようになると考えられる．

思考方法 外化を基にした考え 考える際には，自身が外化したものを参照し，どこまで考えが終わり，次はどこを考えるのか，という考えの対象の切り替えをすることができ，効率的に考えを進めることができる．

思考方法 論理性・一貫性 外化することによって論理的で一貫性の高いアウトプットが可能になる．その理由として，考える段階と，書き出す段階での外化の影響が考えられる．先述したように，参加者は外化した内容を参照しながら次の考えを行っていく．これまで考えた一連の内容が吟味対象として外部にさらされることにより，これらを記憶に保持しながら考える場合よりも，一連の文脈を踏まえ，検討がされるようになる．外化することによって自然に内容が吟味されるようになることは，学習の分野でも指摘されている[13]．そのため，考える内容が，全体との一貫性や論理性を持ったものとなる．このことは，外化がある方がないよりも内省フェーズで自身の考えの矛盾を感じにくい傾向にある結果から示唆される．

また新たに書き出される内容についても，頭に浮かんだ様々な考えの中で，矛盾が生じたり辻褄の合わない考えは排除され，これらの文脈の沿った内容が選択的に自身の考えとして外化される．

これらの結果，書き出される内容は論理的で一貫性の高いものとなる．

共有 更に，共有フェーズにおいては外化された内容を参照しながら他者へ自身の考えを話すため，最終的なアウトプットも論理性・一貫性の高いものとなり，共有フェーズにおいて，自身が一連の流れとして作成したストーリーについては，抜けもれなく他者に共有できる．

一方で，自分の考えへの改めての気付きや考えの変化は，外化をしないよりも生じにくいことが示唆されている．これについては次節で考察する．

4.3. 内省フェーズでの外化無しの特徴

思考方法 枠組み，外化を基にした考え 外化がない場合，枠組み等の構造を設けず自由に思考が行われることが示唆されている．先述のように，外化有の場合は外化されたものを参照しながら思考を進めるが，外化なしの場合は目の前に参照するものがなく，どこまで考えたか，今何を考えるのか，ということが外部に保持されないため，考えの対象へ意識を向け続けることが比較的難しくなる．そのために思考の方法としては，収束的にある課題について考えるよりは，連想的に様々なことを思い浮かべるような発想が行われるようになる．その結果，外化無では考えの範囲が多岐に渡り，内省フェーズで自身の考えの矛盾に気づきやすくなる．

思考方法 論理性・一貫性 先述したように，外化有条件で行われる「様々考えたことの中で，辻褄の合うものを選択肢外化し，自分の意見とする」ということが，外化がない場合には行われない．つまり，自分の考えの採否判断が外化がある場合よりも明示的に行われないため，外化がない場合は比較的，多様な考えが頭の中に雑然と残った状態となることが予測される．

共有 共有に際しては，理解されやすいように他者

へ話す内容や順番を整理するということを行っているが，この過程が外化がない場合に比較的難しくなることが示唆された．人に話すにあたり，そのときに覚えていたことをバラバラと話すのではなく，内容に論理性や一貫性等をもたせ，自分の考えたことを余すことなく伝えたいという動機づけを持つ参加者が多いことが背景にあると考えられる．このような整理を行うためには，外化が無い場合は自分が考えたことを記憶に保持しながら全体のストーリーを構築する必要があるが，認知負荷が高くなり難しさを感じるのだと考えられる．

また実際共有を行う際には，自分の考えたことを伝えきれなかったと感じられることが少なくなかった．この理由としては，頭の中に保持されている話すことべきリストの参照が，発話しながらだとうまくできず，漏れが生じるからであると考えることができる．またもう一つの可能性として，外化有条件では内省フェーズで考えた様々なことをすべて書き出しているわけではなく，その中から選択的にこれだという考えのみを外化している．逆にいうと，外化されない考えについては，明示的に必要がないと判断が行われていると考えられる．共有時に自身の発表が終わった後，自身が考えたが発表しなかった考え，つまり内省フェーズで外化されなかった考えと，同様の内容を他者が発言したとしても，自身で「不要な考え」と判断をしているため，発言が漏れたとは感じない．一方外化無条件においては，このような自身の考えの採否を明示的に行っていないため，多くの考えが依然「考えたこと」として頭に保持されたままとなると考えられる．この状態で，自身の発表の後に，自身が考えたが発表しなかった内容を他者が発言しているのを聞くと，より「考えを伝えきれなかった」と感じられやすい可能性もある．

また外化がない場合のほうが，外化有条件よりも共有フェーズにおいて自身の考えへの改めての気付きが生じやすく，また自身の考えの変化が起こりやすい傾向が確認されている．つまり，自身が意見を述べ，また他者の意見を聞く中で，自身の考えについてのメタ的な理解や再検討が行われたり，他者の意見を受け入れての考えの変化が生じやすくなるということである．これらについては，いくつかの可能性が考えられる．

ひとつは，外化有りの場合，自身の考えを紙に書き出し，矛盾の有無や一貫性なども考慮しながら検討を行った結果，その考えへの固執が高まり，考えが変化しにくくなり，また自身の考えへの再検討が行われにくくなるという可能性である．外化無しの場合はこのような固執が生じないため，他者の意見を聞いて考えの変化を起こしやすく，再検討・メタ的理解が比較的されやすい．

一方，学習の分野の先行研究によって，外化が既有誤概念の修正を促進するという効果が指摘されている．これらの研究によると，自身の考えを外化することによって，吟味の対象として外在化されることから，様々な観点からの検討が行われ，概念修正や理解が促進されると言われている[5]．この違いが生じる原因として，これらの先行研究と本研究では，課題や参加者のモチベーションが大きく異なっていることが考えられる．学習の分野で扱われるのは，「維管束の形」や「水の状態変化」のように，すでに明確な正解がある課題であり，参加者はその正解を理解し，概念を修正，獲得するというモチベーションがある．一方で，本課題はすべての参加者に共通するような正解はなく，他者の意見と自身の意見に違いがあっても全く問題がない．また考えをより良いものにしようというモチベーションは大きくなく，自身の考えに対する批判的な見方をする参加者は多くなかったと考えられる．このような課題の違いにより，外化の効果が異なった可能性がある．

外化無の方が共有時に自身の考えへの気付きや考えの変化が生じやすくなる理由としてもうひとつ考えられる可能性は，外化無の方が発想の幅が広がるため，グループ内での共有の際に他者が挙げる意見に，自身が内省時に考えなかったアイディアが出てきやすくなっており，その結果，自分の考えと全く違う考えを聞くことによって，自分の特徴に気づいたり，自分の考えを変更したりするという理解である．ただし，今回のアンケートの結果では，「共有フェーズにおいてこれまで考えなかったことについて考えた」「共有フェーズにおいて他の人と自分の考え方には違いがあった」に条件間の差は見られていない．

最後にもうひとつの仮説として，外化無条件においては，考えの幅は広がるが，それぞれについての詳細な検討がされないため，考え不足が生じ，共有時にその点について気付かされたり考えが変わったりするという理解もあり得る．ただしこれも同じように，アンケート結果から「共有フェーズにおいてこれまで考えなかったことについて考えた」に差は見られていない．

本実験の結果からこれ以上の検討は難しいが，本研究では検討すべき観点を見出すことができた点に大き

な意味があると考える．参加者の考え方や行動に働きかけることを目的としたワークショップは多い．その中で，自身の考え方へ気づきを与えたり，また実際に考えを変化させることは非常に有効であるが，これらのワークショップの設計について，注意すべき点を見出すことができた．次節で目的を効果的に達成するプログラム設計について検討する．

4.4. ワークショップ設計に向けて

本研究の結果より，外化は論理的で一貫した思考を高めたり，考えを発散させず収束的に考えることができたり，また他者にそれを話す時に伝えるべきことを伝えられるようになるという効果があることが示された．今回の課題で見られたこのような外化の特徴の多くは，内省により一貫した個人の意見を求めたり，論理的な考えを促したいときには非常に有用であるが，様々な考えを抽出することが目的となる場合にはデメリットとなり得る．

人は必ずしも論理的・一貫的な思考を行っているわけではなく，また同じ人の中でも，相反する様々な価値観を同時に持ち得る．今回の課題で用いた子どものしつけについても，ときと場合によって異なる対応がありえるし，またそのような対応をする理由についても矛盾する理由が個人の中でも同時に成り立つ（自分が楽をしたい/子どもを優先したいなど）．このような，様々な価値観・考えを抽出することを目的としたワークショッププログラムを行う場合は，単純に外化をさせると，出てくる反応の多様性を損なう可能性があるだろう．その場合，教示（他者への発表の有無）や，外化のさせ方（例えば紙のデザイン等）を工夫することで，外化の良さを活かしつつ，枠組みや論理性を離れた幅広い意見を抽出できるようになると考えられる．

本研究の結果を基に，ワークショッププログラムの目的別に，設計に関する留意点を表 3 にまとめる．なおプログラムの目的は，ある課題に対して自分の考えを論理的に整理したり，一貫した自身の意見を構築することを通じて，自身の最も重要な主張を明確にすることを目的としたプログラムである「意見産出型プログラム」と，相反する考えや矛盾なども含めて，個人の中にある様々な考えをできるだけ多く挙げること通じ参加者の持つ様々な考え方を広く明らかにすることを目的としたプログラムである「意見網羅型プログラム」とした．前者はたとえば，死刑制度についての自身の考えを整理したり立場を明確にすることを求めるような場合であり，後者は死刑制度について様々な立場や考え方，意見をできるだけ多く検討するといった場合である．

これらは本研究によって得られた仮説であり，今後検証を行いつつ，ブラッシュアップしていく必要がある．また，今回の着目しているのは，意見産出型プログラムと意見網羅型プログラムにおける外化の有無についてである．これ以外の点で特別な配慮が必要とな

表 3 ワークショッププログラム設計の留意点

	意見産出型プログラム	**意見網羅型プログラム**
	考えの論理的整理，一貫した意見産出を通して参加者の持つ最も重要な主張を明確にすることを目的としたプログラム	相反する考え・矛盾も含め，個人の中の考えを多く挙げることを通して，様々な考え方を広く明らかにすることを目的としたプログラム
教示	他者への意見の発表があることを知らせる ・論理性・一貫性への動機づけが高まる	他人への意見の発表があると教示しない この時間中は「論理的」「一貫性」は全く必要ないという価値観を明示する ・他者へ話すということが，論理性・一貫性のモチベーションを高め，幅広い検討を阻害するため，教示しないか，その場における価値観を明示する
外化	外化させる 検討のターゲットが決まっている場合は適切な枠組みを与える ・論理性・一貫性が高い検討ができる ・検討の幅をコントロールし，抜けもれない検討を促せる	させない．もしくは枠組みを与えないような外化ツールを利用する ・白紙を与えるだけでも，枠組みの中での検討や，論理性・一貫性への志向性を高める可能性がある．よって外化させないか，させる場合にはこれらのチェックがしにくい方法，論理性・一貫性に注意が向かないような方法を用いる
共有フェーズ	一人ずつ自分の考えを発言する方式 ・自分の考えをまとまって話そうとすることで，より一貫性や論理性への動機づけが高まる 自他の意見の違いや改善可能性に注意を向けさせる ・自身の考え方への気付きや態度変容を促せる可能性	一貫性や論理性のない様々な意見を発表していけるような発表形式が有効 ・いち参加者が一度にすべて発表するのではなく，少しずつを順番に発表したり，次の発表者は前に発表した人の話と最も違う考え方を発表する，などの方法が考えられる

る場合はありえる．たとえば，他者へ自身の意見を共有する際には，その意見には少なからず社会的な望ましさが反映されると考えられるが，できるだけその要素を排除するためには，別の配慮が必要となるだろう．

5. まとめと今後の課題

本研究ではワークショップにおける外化の有無による影響を探索的に把握することを目的に実験を行い，外化有/無それぞれの特徴を見出すことができた．

ただし今回分析の対象としたのは，アンケートやヒアリングであり，主観に基づくものである．またヒアリングの結果は量的に検討されておらず，仮説の域を出ない．今後は見出された様々な観点について，量的に検討を行い仮説検証を行うとともに，ワークショップの共有フェーズの発言や成果物等の客観的データについても分析対象とし，これらの特徴を確認していく必要があるだろう．

また更に，なぜこのような結果が生じるのか，その理由については今回の実験で明らかにすることは難しかった．外化することは，これまでの様々な研究によって良い面が取り上げられることが多く，またワークショップにおいても，外化による情報の整理等良い面に着目され，外化をプログラムに取り入れているワークショップは多い．しかし本研究によって，ワークショッププログラムの目的や課題によっては外化することがネガティブに作用する場合もあることが示唆されている．とはいえ，外化することは記憶する代わりに外部に保持することができたり，複雑な内容を考えることを支援する効果があるなどの効用もあり，単純になくすことはできないだろう．本研究で見出された特徴がなぜ生じるのかの原因や，その対策を明らかにすることで，より効果的なワークショップの設計が可能になるだろう．

参考文献

[1] 中野民生, (2001)“ワークショップ―新しい学びと創造の場”, 岩波新書, 東京.

[2] ペク・ソンス, (2005) “知的活動の「場」をデザインする:「Public Café（パブリック・カフェ）」” 平成 14～16 年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)研究成果報告書, 2005, 研究代表者　水越伸, 課題番号:14310071）, pp. 222–227.

[3] 牛山素行, 吉田淳美, 柏木紀子, 佐藤聖一, 佐藤庸亮, (2009) “非居住者を対象とした防災ワークショップの参加者に及ぼす効果の分析,” 自然災害科学, 27, 4, pp. 375-385.

[4] 中根愛, 片桐有理佳, 服部正嗣, 藤田早苗, 奥村優子, 小林 哲生, (2017)” ワークショップにおける参加者同士の情報の共有が参加者の価値観・評価に与える影響”, 信学技法, 2017.

[5] 高垣マユミ, 田原裕登志（2006）” 小学校 4 年理科「水の状態変化」の既有概念の変容過程における発話の解釈的分析」”,理科教育学研究, 46(2), 29-38.

[6] 清水誠, 渡邉文代, 安田修一, (2007)外化と内省が理解に与える効果: 維管束の学習を事例に. 理科教育学研究, 48(2), 45-51.

[7] McKim, R. H. (1980) “Experiences in visual thinking”, New York, Basic Books.

[8] 諏訪正樹. (1999). ビジュアルな表現と認知プロセス. 可視化情報学会誌, 19(72), 13-18.

[9] 山崎治, 三輪和久. (2001). 外化による問題解決過程の変容. 認知科学, 8(1), 103-116.

[10] 三宅芳雄. (1994). 個人知識の外化に基づく思考支援環境. 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 1994(23 (1993-HI-053)), 109-116.

[11] Hastings, P. D., & Grusec, J. E., (1998)“Parenting goals as organizers of responses to parent-child disagreement,” Developmental psychology, 34(3), pp.465-479.

[12] 杉本明子. (1991).” 意見文産出における内省を促す課題状況と説得スキーマ”. 教育心理学研究, 39(2), 153-162.

[13] 三宅なほみ, 益川弘如, 野田耕平, 森孝行. (1999). 協調作業による理解深化支援. 信学技報, ET99-24.

共変モデルに基づいた事後情報の提示方法が印象に与える影響
Internal attribution enhanced by post information improves a bad impression.

本庄 正弥†,日根 恭子†
Masaya Honjo, Kyoko Hine
†東京電機大学
Tokyo Denki University
15jk220@ms.dendai.ac.jp

Abstract
Once we have a bad impression of a person, it is difficult to improve the impression of the person even if we hear the person's socially favorable action. Previous study has suggested that we keep the bad impression because we interpret that the favorable action is caused by an environmental factor rather than a personal factor, so-called external attribution. Here, we investigated whether the impression of the person was improved by the enhancement of internal attribution, in which we interpret that the favorable action is caused by a personal factor. Anova model was adopted in order to enhance the internal attribution in this study. According to Anova model, information that is low distinctiveness, low consensus, and high consistency enhance the internal attribution. Our results showed that "sociality" and "activeness" was improved when the post-information that was low distinctiveness, low consensus, and high consistency was given compared to when the post-information was not given. It was reported that "sociality" and "activeness" were activity factors about person impression in previous study. From these results, it is suggested that only the activity impression was selectively improved when the internal attribution was enhanced.

Keywords — Impression, Post information, Anova Model,

1. 背景
他者との共同作業が必要な場において,他者に好印象を抱くことは,円滑なコミュニケーションを実現するため,重要であると考えられる.しかし,ひとたび他者に悪印象を抱いてしまうと,その他者が行った社会的に好ましい行為に関する話を聞いても,その印象を向上させることは難しい[1].そこで本研究では,他者に関する事後情報に着目し,どのような情報をどのように与えれば印象をより向上させることができるのか,検討することとした.先行研究において,悪印象を抱いている他者が社会的に好ましい行為をしても,その行為の原因が行為者以外にあるとする外的帰属がなされ[2],悪印象が維持されることが報告されている[3].そこで,行為の原因が行為者本人であるとする内的帰属が促進されるよう事後情報を与えれば,その他者への印象が向上すると考えられる.内的帰属を促進する情報の与え方の一つとして,共変モデルに基づいた情報提示が挙げられる[4]. 共変モデルでは,行動の結果の原因をどこに求めるかという原因帰属に影響を及ぼす要因として,一致性(皆が行うのか),弁別性(特定の物に対して行うのか),一貫性(どのような状況でも行うのか)が挙げられ,一致性が低く,弁別性が低く,一貫性が高い場合,その行為の原因が内的帰属される傾向にあるとされている.従って,悪印象を抱いている他者の社会的に好ましい行為について,一致性が低く(他の人は行わない),弁別性が低く(様々な物に対して行う),一貫性が高い(どのような状況でも行う)情報を選択的に与えれば,印象をより向上させることができると考えられる.そこで本研究では,共変モデルに基づき,一致性が低く,弁別性が低く,一貫性が高い情報を選択的に与えれば,印象がより向上するかを明らかにする事を目的とした.

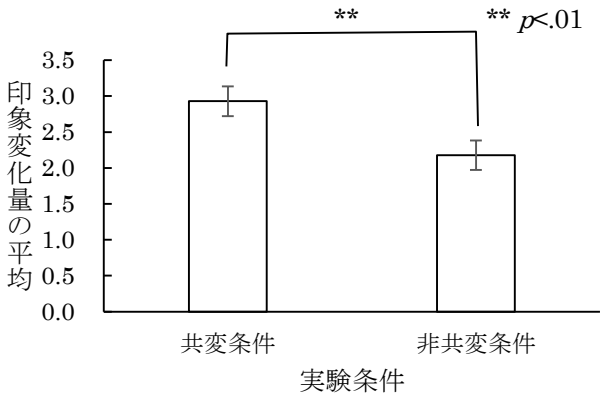
2. 実験
参加者:28 名(男性 20 名,女性 8 名,平均年齢 20.9 歳,*SD*=1.0)が実験に参加した.
手続き:全ての実験参加者は,共変条件,非共変条件の両条件を実施し,実施順はカウンターバランスが取られた.両条件ともまず,顔写真とその人物に関する文章のセットが提示され,その人物に関する印象評価を行った.共変条件と非共変条件では,異なる顔写真と文章が提示された.印象評価には,形容詞対 20 項目の 7 件法の SD 方式[5]による質問紙を用いた.また,顔写真と文章内容は,予備実験により悪印象が形成されやすいことを確認したものを用いた.印象評価後,実験参加者に事後情報として,提示された人物の社会的に好ましい行為に関する文章が提示された.共変条件では,その行為を他者は行わないこと(一致性が低い),様々なものに対して行うこと(弁別性が低い),どのような状況でもその行為が見られること(一貫性が高い)の全ての情報が含まれた文章が提示された.非共変条件では,共変条件で提示された文章のうち,一致性,弁別性,一貫性に関する文章のいず

れかが削除され,文章量調節のための文が加えられた文章が提示された.事後情報が与えられた後,実験参加者は再度,その人物について印象評価を行った.

3. 結果と考察

事後情報提示前後の印象評価値の差を印象変化量とし,共変条件と非共変条件について,形容詞対ごとに *t* 検定を行った結果,「社交的な-非社交的な」において,共変条件(2.9, *SD*=1.09)と非共変条件(2.18, *SD*=1.25)の印象変化量に有意な差が見られた($t(28)= 2.40$, $p<.01$)(図1).

図1 「社交的な-非社交的な」の印象変化量の平均



また,「積極的な-消極的な」において,共変条件(1.40, *SD*=1.66)と非共変条件(0.71, *SD*=1.88)の印象変化量の差に有意な傾向が見られた($t(28)= 1.43$, $p<.10$)(図2).

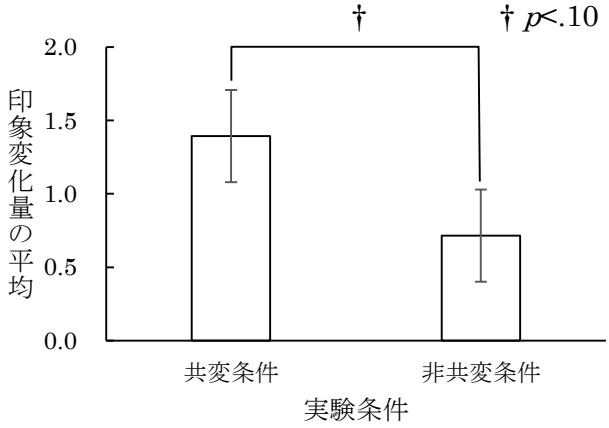


図2 「積極的な-消極的な」の印象変化量の平均

社会的に好ましい行為について一致性が低く,弁別性が低く,一貫性が高い情報を選択的に与えると,「社交的な-非社交的な」と,「積極的な-消極的な」の印象をより向上させることが分かった.これらの形容詞対は,先行研究[6]において,対人認知構造の活動性因子の負荷量の高い形容詞対とされている.このことより,共変条件における情報提示が活動性という因子に影響を及ぼしていることが示唆される.共変条件では,一致性が低く,弁別性が低く,一貫性が高い社会的に好ましい行為を表す文章を提示しているため,皆が行わない行為をその他者は行い,特定の物だけでなく様々なものを対象に行い,状況を問わず行う良い行為と理解でき,その行為を行った人物に積極性があるように読み取れる.そのため,共変条件が非共変条件と比べて,活動性の因子負荷量の高い形容詞対である「社交的な-非社交的な」や,「積極的な-消極的な」において印象の変化量が有意に高かったと考えられる.

本研究では,活動性因子の負荷量が高い「社交的な-非社交的な」と「積極的な-消極的な」に,共変条件と非共変条件間で印象の変化量に差が見られたが,他の形容詞対(親しみやすい-親しみにくい,好きな-嫌いなど)について差は見られなかった.活動性に関連する印象にのみ条件間で差が見られたことは,内的帰属を促進させるよう共変モデルに基づき社会的に好ましい行為に関する事後情報が与えられたとき,行為者に対する活動性の印象のみが選択的に向上することを示す非常に興味深い結果であった.今後は,対人認知における他の因子に注目し,それらの因子に関する印象をより向上させるために,どのような情報の提示方法が有効であるかを調べていくことが課題になるだろう.

4. 参考文献

[1]吉川肇子, (1988) “悪印象は残りやすいか” ,実験社会心理学研究, Vol. 29, No. 1, pp. 45-54.

[2]Regan, D.T., Straus, E., & Fazio, R., (1974) “Liking and the attribution process”, Journal of Experimental Social Psychology, Vol. 10, No. 4, pp. 385-397.

[3]村田光二, (1984) “対人魅力の形成と原因帰属過程”, 実験社会心理学研究, Vol. 24, No. 1, pp. 13-22.

[4]Kelley, Harold. H., (1967) “Attribution theory in social psychology”, Nebraskan Symposium on Motivation, Vol. 15, pp. 192-238.

[5]石川真, (2003) “対人認知の印象形成モデルに関する研究”, 上越教育大学紀要, Vol. 23, No. 1, pp. 23-33.

[6]林文俊, (1978) “対人認知構造の基本次元についての一考察”, 名古屋大学教育学部紀要(教育心理学科), Vol.

20, pp. 93-102.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

チャップリンの身体の巧みが誘発する笑いの神経科学的検証と考察
Neuroscientific Verification and Consideration of Humor Caused by Charles Chaplin's Body Skill

小川 有希子[†], 嶋田 総太郎[‡]
Yukiko Ogawa, Sotaro Shimada
[†]法政大学社会学部, [‡]明治大学理工学部
Hosei University, Meiji University
joowker@gmail.com, sshimada@meiji.ac.jp

Abstract
The present study investigated neural mechanisms of humor and laughter during viewing several comedy films, directed and performed by Charles Chaplin. We measured brain activity by using near-infrared spectroscopy (NIRS) during participants' film viewing in natural state. The results showed that viewers' brain activities of primary somatosensory cortex and frontal eye field were significantly correlated with the first principal component of the subjective questionnaire results, namely, "sense of unity"; supramarginal and premotor activities with the second principal component "humor and laughter"; and middle temporal gyrus activity with the third principal component "emotional factor". We suggest that the mirror neuron system (MNS) and the Theory of Mind (ToM) related brain areas are involved in cognition of humor.

Keywords — Humor, Laugh, Mirror Neuron System, Theory of Mind, Narrative Moving Image, Charles Chaplin

1. はじめに
本研究は，チャールズ・チャップリンという人物，あるいは彼が監督・脚本・主演した喜劇映画がなぜ世界中の人々に笑いを誘ったのか，独自の観点と神経科学の方法論によって検証する試みである．映画とは基本的に不特定多数の観客が一つの空間を共有して見ることを前提とした一種の社会的なメディアであるが，スクリーンに広がる虚構の世界に参与し，登場人物と同一化して架空の出来事を体験する，すなわち映画を見るとは紛れもなく個人の享楽に資する行為である [1]. 知的好奇心を満たしたり擬似的な感情に泣き笑ったりするこの行為は，社会との関係の中で成立する，知的かつ感情的な遊戯であると言える．本研究は快感情に直結するポジティブな心の状態に鑑賞者を誘う「滑稽な映像表現」に着眼する．映画はもとより，映像表現全般において人をポジティブにする身体の動きの創出や仕掛け作りに繋がる知見を提供することを目的とする基礎研究である．

2. 方法
2.1. 実験素材
チャップリンが監督・脚本・主演した『街の灯』(1931), 『モダン・タイムス』(1936), 『独裁者』(1940), 『ライムライト』(1952) の 4 本の映画を実験素材とした．チャップリンの身振り手振り，仕草，身体の動きの滑稽さ，および表情の豊かさが際立つシーンを比較的選定しやすかったこの 4 作品の中から 10 秒間の映像を切り出して，文脈のわからない 40 個の断片的な実験用映像を作成した．

2.2. 予備実験
40 個の映像を笑いの諸側面から数値的に評定させるための尺度を実験者が作成した. 作成にあたり, チャップリンのおもしろさを説明すると思われるいくつかの主成分を仮定した. 1 つ目はチャップリンの自虐性を鑑みて「優越」, 2 つ目はチャップリンの風貌や身体の動き, 行動などが既成概念からズレている点を鑑みて「不調和」, 3 つ目はチャップリンと自分を身体的に重ね合わせることで感じるおもしろさを想定した「一体感」, 4 つ目は優越したり不調和や一体感を感じたりすることを通してチャップリンに感情移入したり好意を抱いたりする「感情の要素」, 5 つ目は，以上 4 つの総合指標としての「おもしろさ」である．1 つの主成分につき 4 個の質問項目で構成し，合計 20 個の質問項目から成るオリジナル版・チャップリンのおもしろさ測定尺度を完成させた．予備実験として，この測定尺度で 40 個の映像それぞれを本実験とは別の 19 名 (男性 14 名, 女性 5 名, 19.94±1.68 歳, Mean±SD) の予備実験参加者に 7 件法で評定させた．

2.3. 本実験参加者
視覚・聴覚共に正常な大学生 16 名 (男性 11 名, 女性 5 名, 20.75±0.90 歳, Mean±SD) が本実験に参加した．

2.4. 手続き

モニター画面に映る40個の映像を鑑賞している間の実験参加者の脳活動を，近赤外分光装置 (near- infrared spectroscopy: NIRS) を用いて計測した. 実験刺激の呈示には心理学実験用ソフトウェア (Eprime 3.0) を用いた (図 1). 参加者が自分のタイミングでキーボードのスペースキーを押すことで実験開始し, 10 秒／12 秒／14 秒の固視十字をランダムに呈示した後 (第 1 試行の前のみ 5 秒呈示), 10 秒の実験用映像を呈示するサイクルを 1 試行として，40 試行繰り返した (図 2). 40 試行終了後，ミラーニューロンシステム (MNS) を同定するための運動課題として手をグーパーする動きをさせて，その間の脳活動も計測した．5 秒の固視十字の呈示後，「スタート」と書かれた 5 秒の画面が呈示されたタイミングで手を動かしてもらい，その後 15 秒の固視十字を呈示した. 5 秒のタスク (運動) と 15 秒のレスト (固視十字の呈示) を 1 試行として，8 試行繰り返した.

2.5. データ解析

予備実験で得られたデータに対して主成分分析を行い，40 個の映像鑑賞中および運動課題時の脳活動を計測した (固視十字を呈示した間のデータを除く) NIRS データに対して ISC (Inter-Subject Correlation: 被験者間相関) 解析を行った.



図1. 近赤外分光装置による脳活動計測の様子

3. 結果

主成分分析の結果，固有値 1.0 以上の主成分が 4 つ抽出され，第 4 主成分までの累積寄与率は 80.72%であった．第 1 主成分から第 3 主成分までの 3 つが尺度作成時に仮定した主成分に概ね当てはまり，第 1 主成分が「一体感」(寄与率 41.864)，第 2 主成分が「おもしろさ」(寄与率 18.995)，第 3 主成分が「感情の要素」(寄与率 13.694) であると解釈された．各主成分における主成分得点上位 3 映像の ISC 値をチャネルごとに平均した値に対して t 検定を行い，有意な脳活動が生じたチャネル (ch) を特定した.

40 個の映像鑑賞中の NIRS データを解析した結果，第 1 主成分においては ch-23, ch-31 が有意であり ($t(15) = 2.12$, $t(15) = 2.24$, $p < 0.05$)，チャネルと NIRS で計測したチャネルの推定脳領域を対応させると，ch-23 は一次体性感覚野，ch-31 は前頭眼野であった．第 2 主成分においては ch-40、ch-41 が有意であり ($t(15) = 2.18$, $t(15) = 2.40$, $p < 0.05$)，推定脳領域は ch-40 は縁上回，ch-41 は運動前野であった．第 3 主成分においては ch-22 が有意であり ($t(15) = 3.05$, $p < 0.05$)，推定脳領域は中側頭回であった.

4. 考察

第 1 主成分については，MNS における運動表現の処理が感覚を処理する脳領域に伝播して情動が生じている可能性があることを示唆した報告を踏まえれば [2]，チャップリンの身体の動きが体性感覚を刺激しておもしろさが誘発されたものと考えられる．また前頭眼野は視覚情報に対して運動イメージを形成する高次認知と関連があると報告されていることから [3], チャップリンの身体の動きが身体的な一体感に結びついておもしろさが誘発されたものと考えられる．第 2 主成分については，他者に対する共感と MNS の活動が相関する，すなわち運動を制御する領域 (運動前野や一次運動野など) の活動と共感の有意な関係性を示唆した数

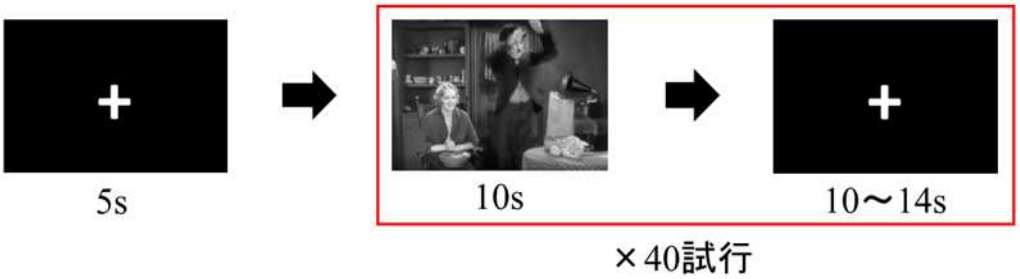


図2. 脳活動計測の実験手続き

多くの報告があることを踏まえれば [4], チャップリンの身体の動きがチャップリンに対する情動的共感に結びつき, おもしろさが誘発されたものと考えられる. 第 3 主成分については, 身体の動きが誘発するおもしろさではなく，チャップリンの心理状態を推測することによって誘発されたおもしろさであると考えられ,「感情の要素」という第 3 主成分の解釈は「心の理論」(Theory of Mind: ToM）を活性化させる脳活動，というふうに換言できそうである. 4 コマ漫画の実験刺激に対して心の理論による処理がなされた時に中側頭回が活動したことを示唆した報告を踏まえれば [5], チャップリンの身体の動きが規定因であると思われる第 2 主成分とは異なる経路で，情動的共感というよりも主に認知的共感が生じ，おもしろさが誘発されたものと考えられる (以上の考察について [6] も参照のこと).

5. おわりに

本研究は，チャップリンの喜劇映画がなぜ世界中の人々に笑いを誘ったのかということについて，神経科学の方法論によって検証する試みであった．チャップリンの笑いには，チャップリンの身体の動きが鑑賞者の体性感覚を刺激し一体感に結びついておもしろさが誘発されることによる笑い，MNS の活動を介した情動的共感に結びついておもしろさが誘発されることによる笑い，そして身体の動きよりはチャップリンの心理状態の推測，すなわち心の理論を介した認知的共感に結びついておもしろさが誘発されることによる笑いの 3 種類があることが示唆された. 以上の結果は，喜劇映画のおもしろさを説明するに留まらず，映像表現全般において人をポジティブにする身体の動きの創出や仕掛け作りのために適宜応用できる有効な知見であると考えられる. また, 神経科学の方法論を用いることで映画の学術的研究の切り口も増え，映像認知のメカニズムの実証研究が今後さらに進展することも期待される.

参考文献

[1] 小川有希子・金井明人 (2013) 人生を表象する映像作品の修辞と概念再考的認知－TARO の享楽と夢二の切断が概念再考にもたらす効果の検証.『認知科学』, **20**(2), 224-248.

[2] Carr L., Iacoboni M., Dubeau M.C., Mazziotta J.C., & Lenzi G.L. (2003) Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **100**(9), 5497-5502.

[3] Picard N., & Strick P.L. (2001) Imaging the premotor areas. *Current Opinion in Neurobiology*, **11**, 663-672.

[4] Ogawa Y., & Shimada S. (2016) Story understanding of a nonexplanatory film affects viewers' premotor activity and empathy for fictional characters. *Neuroscience and Neuroeconomics*, **5**, 37-44.

[5] Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Bayle, M. C., & Decety, J. (2000). A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, **11**, 157-166.

[6] 嶋田総太郎 (2014) 共感・他者理解におけるミラーシステムと情動・報酬系の活動変化.『心理学評論』, **57**(1), 155‐168.

Webデザインにおける情報発見のしやすさに関する研究 文字とアイコンに着目した検討

A study on the ease of information discovery in web design Consideration focusing on letters and icons

浅野 潤†, 日根 恭子†
Jun Asano, Kyoko Hine

†東京電機大学情報環境学部
Tokyo Denki University
15jk006@ms.dendai.ac.jp

Abstract

Although it is suggested that "character" "icon" and "combination" exist in the portal site link expression method, it is suggested that "combination" is the best, but whether the target information can be obtained efficiently Has not been sufficiently studied. In this study, we conducted a psychological experiment and examined the selection time and the correct answer rate until obtaining the target information, and examined which representation method can obtain information efficiently. As a result, the difference between the other expressions and the selected time was not seen in "combination", while the correct answer rate was high. Therefore, "combination" can be said to be the most efficient information transmission means.

Keywords — Icon , Combination , Usability

1. 背景

インターネットの発達に伴い現代では数多くのWebサイトが作成され,情報検索の入り口の役割を持ったポータルサイトも増加している.検索は情報を得る重要な手段の１つのため,多くの人が目的の情報を効率的に入手出来るようにすることは,ポータルサイトをデザインする上での重要な問題だといえるだろう.

多くのポータルサイトにおいて情報検索の入り口の役割を持つリンクは,リンク先の情報のカテゴリを文字で表した『文字』,カテゴリをアイコンで表した『アイコン』,そしてこれら文字とアイコンを同時に表示した『組み合わせ』で表現されている.視線計測を行った先行研究より,多くの情報の中から目的の情報を探すとき,『組み合わせ』は目的の情報とは無関係な情報を見る時間と回数が少ないことが報告されている[1] [2].このことより,リンクの表現方法としては『組み合わせ』が優れていることが示唆されている.

このように,リンクの表示方法として『文字』や『アイコン』より『組み合わせ』が良いことが示唆されているが,目的の情報を効率的に入手できるかについて、直接的検討は十分に行われていない.そこで心理実験を実施し,目的の情報を入手するまでの選択時間や正答率を検討することで,どの表現方法のリンクが目的の情報を効率的に入手できるか検討することにした.

2. 実験

刺激

課題に用いる表を 3 種類作成した．表はディスプレイ上に表示された．表には，日本のポータルサイトにおけるアクセス数ランキングより上位 25 位のサイトのうち、複数のサイトで共通して用いられている 21 のリンク先の情報を表すカテゴリが 3 行 7 列で配置されていた[3]．文字表には，カテゴリが文字で表示されていた(図 1)．アイコン表には，カテゴリがアイコンで表示されていた(図 2)．組み合わせ表には，カテゴリが文字とアイコンの両方で表示され，各カテゴリの文字はそのカテゴリのアイコンの直下に表示されていた(図 3)．3 種類の表で用いられたカテゴリは共通であり，組み合わせ表に用いられた文字とアイコンは，文字表とアイコン表で使用したものと同一であった．表の中でカテゴリの表示される場所は試行ごとに変わり，その配列が試行間で同一とならないよう，プログラムで制御された.

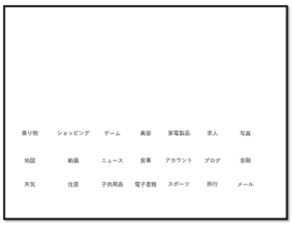


図 1 文字表



図 2 アイコン表



図 3 組み合わせ表

手続き

男女合計 28 名（平均年齢 28.3 歳）が実験に参加した. すべての実験参加者は,『文字』条件,『アイコン』条件,『組み合わせ』条件の 3 つの条件を実施した. 条件の実施順は, 参加者間でカウンターバランスが取られ, ブロック内では同一の条件が実施された. 実験ではまず, 参加者に対して, 検索を行う状況が提示された(図 4). その後, リンク先の情報を表すカテゴリの表が提示された. 参加者は, 直前に提示された状況において, どのリンクを押下するかの判断が求められた. あらかじめ, 各状況について正解のリンクを設定していたが（例：上記の図の場合は「天気」), 実験参加者にフィードバックは与えられなかった.『文字』条件では, カテゴリの表として文字表が提示され,『アイコン』条件ではアイコン表が,『組み合わせ』条件では組み合わせ表が提示された. ここまでを 1 試行とし, 3 試行連続で同一条件について実施された. 3 試行終了後, 残りの条件について同様の手続きで課題が実施された. ここまでを 1 セットとし, 全部で 3 セット実施した.

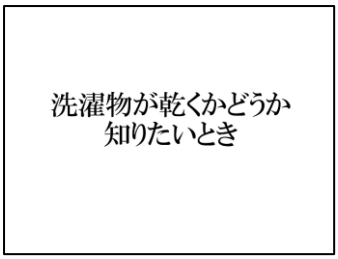


図 4 質問例

3. 結果

リンクの表現方法（『文字』,『アイコン』,『組み合わせ』）と繰り返し（1 セット, 2 セット, 3 セット）ごとに正答率と選択時間を算出し, リンクの種類と繰り返しによる 2 要因の分散分析を行った.

正答率について, 交互作用が有意であり ($F(4, 108)=4.11$, $p=.00$), 1 セットのみでリンクの種類の効果が見られ,『アイコン』(0.52 , $SD=0.33$) と『文字』(0.75 , $SD=0.31$) ,『アイコン』(0.52 , $SD=0.33$) と『組み合わせ』(0.87 , $SD=0.21$) の間に有意な差が見られた(図 5).

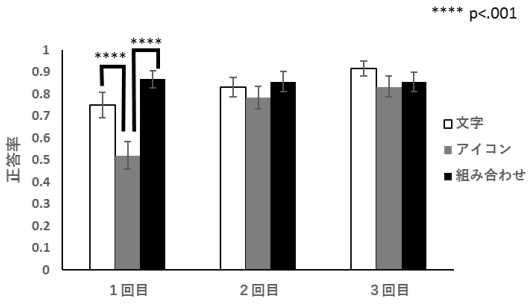


図 5 繰り返しごとの正答率

また,『文字』の正答率について繰り返しの効果が見られ ($F(2, 168)=19.75$, $p=.02$), 1 セット (0.75, $SD=0.31$) と 3 セット (0.92, $SD=0.17$) の間に有意な差が見られた.『アイコン』の正答率についても繰り返しの効果見られ ($F(4, 108)=15.36$, $p=.00$), 1 セット (0.52, $SD=0.33$) と 2 セット (0.78, $SD=0.28$), 1 セット (0.52, $SD=0.33$) と 3 セット (0.83, $SD=0.23$) に有意な差が見られた.『組み合わせ』では, 繰り返しの効果は見られなかった.

選択時間については, リンクの種類の主効果と交互作用は見られなかった. 回数については主効果が見られ ($F(2, 54)=41.161$, $p=.00$), 1 セット (32.1, $SD=14.8$) と 2 セット (20.7, $SD=9.12$) , 1 セット (32.1, $SD=14.8$) と 3 セット (17.0, $SD=1.03$) の間に有意な差が見られた(図 6).

図 6 表現方法ごとの選択時間

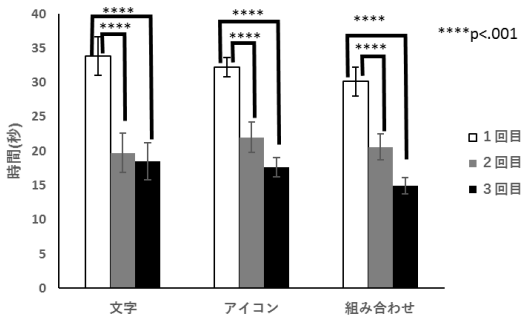


図 6 表現方法ごとの選択時間

4. 考察

正答率について, 1 セット目に着目すると,『アイコン』が他の条件よりも有意に低かった. このことは, ユーザにとって初見では, アイコンのみのリンク表示は目的の情報を効率的に入手することを妨害していることを示唆している.

『文字』の場合, 回数を重ねるたび正答率が向上し, 選

択時間が短縮した. 一方,『組み合わせ』では, 1 セット目からでも正答率が高く, 繰り返しによる効果が見られなかった. 従って, 初見であっても高い正答率である『組み合わせ』が優れているといえる.
『組み合わせ』では, 上部のアイコンと下部のラベルを見る必要があるため, 他の条件に比べ選択時間が遅くなる可能性も考えられるが, 他の条件と比べ有意な差は見られなかった. この原因として,『組み合わせ』では, 文字とアイコン両方が表示されるため注視する対象は増えるが, リンクの表示から得られる情報量が多いため, 選択の迷いが少なくなる可能性が挙げられる.
本研究の結果は,『組み合わせ』がリンク先のカテゴリを表す効率的な表現方法であることを支持した. 多くの人が閲覧するポータルサイトにおいては, 使い続けることで得られる速度の慣れより, 初見でも間違いなく使えることもユーザビリティにおいて重要であると考えられるため, ユーザにとっては『組み合わせ』が使いやすいリンクであると言えよう.

参考文献

[1] ヤコブ・ニールセン,「Icon Usability」. https://www.nngroup.com/articles/icon-usability/ (閲覧日:2017年1月4日)
[2] 生田目美紀,北島宗雄." 視線計測によるウェブデザインに関する研究1:テキストとピクトグラムによる情報表現" 日本デザイン学会研究会発表大会概要集 56(0),C01-C01, 2009
[3] Alexa – Top Sites in Japanのデータに基づいた日本のあ Webサイトアクセスランキング(2015年5月16日現在)

画像加工作業が作業者の気分に与える影響の調査
Editing Photographs Increases Positive Affect.

吉原 優華里[†],日根 恭子[†]
Yukari Yoshihara, Kyoko Hine
[†]東京電機大学,情報環境学部
Tokyo Denki University
15JK256@ms.dendai.ac.jp

Abstract

In recent years, it is getting popular that upload of edited photographs on SNS services. Previous study suggested that taking a photograph satisfies our willing to remember specific situations or to focus on an aspect of our lives. However, it has not been investigated what editing a photograph itself influences. We found that positive affect increased after editing the photographs. On the other hand, just taking photographs without editing did not boost positive affect, in fact, positive affect decreased after taking photographs. From this result, it is suggested that editing photographs itself increased positive affect.

Keywords — Editing Photograph, Positive Affect, SNS.

1. はじめに

近年,Instagram や snow などの画像加工アプリを使用し,撮影した写真を SNS へ投稿することが流行している.しかし,画像を加工し SNS へ投稿することが,投稿者へどのような心理的影響を与えるのかに関しては,いまだ不明な点が多い.先行研究において,写真を撮影すること自体に,思い出欲求や現実戯画化欲求を満たす効果があることが報告されている[1].このことより,写真を撮ることで,撮影した写真を思い出すことや,その写真が撮影された場面をおもしろおかしくしたいという欲求が満たされ,ポジティブ気分へ誘導される可能性がある.しかし,写真を加工する作業自体の効果に関する研究は十分ではない.そこで本研究では,撮影した写真の加工作業に着目し,写真の加工作業が作業者の気分にどのような影響を与えているかを調査することを目的とした.

2. 実験

実験：36 名(女性 18 名,男性 18 名,平均年齢 20.58 歳)が実験に参加した.実験参加者は加工作業あり群,加工作業をしなかった実験参加者を加工作業なし群にランダムに分けられた.

刺激：実験において質問紙①と質問紙②を用いた.質問紙①では作業者の作業前の気分を測定するために,日本版 PANAS[2]を使用した.質問紙②では日本版 PANAS と利用調査紙を使用した.作業前後の日本版 PANAS の結果を比較することで,作業者の気分がポジティブな影響を受けているかを検討することができる.利用調査紙の質問項目は,「どのくらいの頻度で写真を加工しますか」「SNS にどのくらいの頻度で自分が加工した写真を投稿しますか」「SNS にどのくらいの頻度で自分が加工していない写真を投稿しますか」「Instagram で写真を加工しますか」などであった.

実験手続き：実験参加者はまず,質問紙①に回答した.次に実験参加者は写真を撮影した.その際,撮影する被写体についてや,撮影場所は制限をしなかった.撮影をする時間については 3 時間以上とし,撮影する写真は 5 枚以上とした.次に,撮影した写真から加工作業をするための写真を実験参加者が 2 枚を選んだ.選び方について,実験参加者がもし SNS に投稿するならばどれを選ぶかを基準に選択するよう教示が与えられた.加工作業あり群は選んだ 2 枚の写真を加工した.加工作業は,実験者があらかじめ用意した Instagram のアプリの加工機能を使用した.その際,加工作業の時間制限と作業量に制限は設けなかった.その後,質問紙②を回答した.また,加工作業なし群は加工作業を行わず,写真選択後直ちに質問紙②に回答した.

3. 結果

日本版 PANAS のポジティブ情動の評価値について,加工作業(あり,なし),回答タイミング(加工作業前,加工作業後)の 2 要因分散分析を行った.その結果,加工作業

と回答タイミングの交互作用は見られなかったが(*F*(1,34)=2.24,*n.s*),加工あり条件では,作業前の評価値(23.89,*SD*=6.28)よりも作業後の評価値(25.06,*SD*=6.42)の方が高かった一方,加工なし条件では,作業前の評価値(23.17,*SD*=7.21)よりも作業後の評価値(20.89,*SD*=7.31)の方が低かった.現段階では加工作業と回答タイミングの交互作用は見られなかったが,今後参加者数を増やすことで,交互作用が有意になる可能性があると考える.

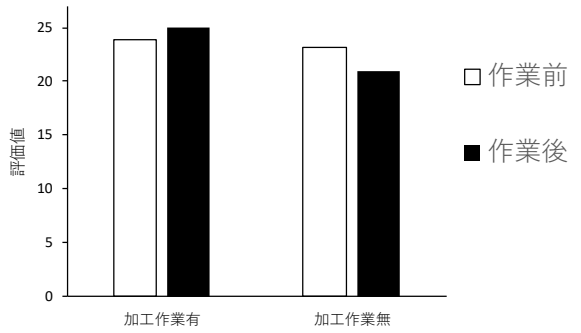


図 1 ポジティブ情動の評価値

4. 考察

本研究の結果より,撮影した写真を加工することにより作業者のポジティブな気分が向上する可能性が示された.したがって,撮影した写真を加工し SNS へ投稿することが流行していることに,写真を撮影して加工することで自分自身のポジティブな気分がより上昇することが寄与していることが示唆された.このように私たちは,加工作業によって気分をコントロールしていると考えられ,加工作業自体に心理的影響があると考えられる.本研究により,画像を加工すること自体に作業者の気分へ影響があることが明らかとなったが,実験では撮影された写真の内容や加工方法などの統制は行わなかった.今後は,どのような写真が加工されるのか,どのような加工が行われるかなどを詳細に検討することにより,より多くの人に用いられる画像加工アプリを提案することができるかもしれない.

参考文献

[1] 荒川　歩, (2005)“人はなぜ写真を撮り,そして見るのか?”, 立命館人間科学研究 , pp. 8.
[2] ,佐藤　徳,安田 朝子,(2001)“日本版 PANAS の作成”,性格心理学研究 ,vol.9,No.2, pp. 138-1.

車の性別，イスの年齢：物体の擬人化を生む要因の検討
Car gender and chair age: How do we personify everyday objects?

新美 亮輔†
Ryosuke Niimi

†新潟大学人文学部
Faculty of Humanities, Niigata University
niimi@human.niigata-u.ac.jp

Abstract

Humans like to personify non-human objects. To understand the underlying mechanism of personification, I conducted several experiments in which human participants reported personified gender, age, personality traits of cars and chairs. Experiment 1 (personification task) showed that the participants successfully personified cars and chairs. Color saturation was found to be correlated with the personified age and gender of cars. In Experiment 2, participants were asked to infer age and gender of typical user of those objects. Results showed that the inferred user age/gender were well correlated with personified age/gender, suggesting that our knowledge of (stereo)typical user/owner may affect personification. In Experiment 3, the cars and chairs were rated in terms of design-related adjectives and personality trait words. Factor analyses were applied to the data, which yielded 4-factoral model of design traits and 3-factoral model of personality traits of cars and chairs. Some of these factors were well correlated with the personified age and gender (Experiment 1). Further, most of the personality trait factors were significantly correlated with subjective likability of the objects. These results signified that personification is one of main components of high-level object perception.

Keywords — personification, anthropomorphism, object perception, personality, product design

1. 背景と目的

ヒトはヒトでない物体を擬人化（personification, anthropomorphism）することを好む。動物や植物，天体が擬人化される神話・物語は古今東西に見られる。擬人化の対象は自然物に限らず，人工物の擬人化も珍しくない。たとえば，乗り物を擬人化したキャラクターが登場するフィクションはごく一般的である。

擬人化がフィクションとして創作される背景には，ヒトがヒトでない物体に何らかの「ヒトらしさ」を知覚すること，すなわち擬人的知覚の傾向があると考えられる。たとえば乗り物が擬人化されやすいのは，自在に移動可能な物体であるため，そこに行為主体性（agency）を錯覚しやすいからであろう。擬人的知覚を生む要因にはさまざまなものがあると考えられ，心理学的な説明が試みられている。具体的には，ロボットやサルのように物体の外見がヒトに類似しているという知覚的要因，自然現象や機械の動作など複雑なふるまいを見せる現象・物体に対処するために対人知覚のスキーマを援用するという認知的要因，孤独な環境下で社会的接触を欲する社会的要因などが指摘されている[1][2]。

では，具体的にはどんな要因がどんな擬人的知覚を生んでいるのだろうか。物体の擬人的知覚のやや特殊なケースとして，共感覚（synesthesia）を挙げることができる。共感覚でもっとも知られているのは特定の文字に特定の色を感じる色字共感覚であるが，色だけでなく性別やパーソナリティ特性を感じるという例も報告されている。これを調べた研究によると，共感覚として感じられる文字の性別やパーソナリティは，その文字の形や発音，数字の場合には偶奇，文字の出現頻度などが関連しているという[3][4]。

とは言え，実際に擬人的知覚が一般的なのは文字よりも動物や乗り物などの日常物体であろう。また，擬人的知覚は共感覚者だけに起こる現象とは考えにくい。そこで本研究では，車とイスの画像を材料に用い，その車やイスの性別および年齢を答えてもらう実験を行って，実際に擬人的知覚が生起するか，そして擬人的知覚の内容（性別・年齢）は物体のどのような要因に関連しているのかを検討した。

2. 実験 1：車とイスの擬人化課題

実験 1 では，車 32 種，イス 32 種のカラー画像を実験参加者に見せ，その年齢と性別を回答してもらった。実際に擬人的知覚が行われること，特に，平均的に特定の性別や年齢に擬人化されやすい物体があるかを確かめることが目的であった。

車とイスの画像は 3DCG で作成され，前斜め方向を向いたものだった（図 1）。画像はコンピュータ画面に 1 枚ずつ表示され，実験参加者（30 名）は，その物体の性別（男性，女性）と年齢（～12，13～18，19～29，30 代，40 代，50 台，60～）を，手元の冊子上の選択肢に○を記入することで回答した。また，性別と年齢それぞれの回答について，どの程度確信があるかを 1（ま

ったく確信がない）～ 7（強い確信がある）の 7 件法で回答した（図 1）。課題は「その物体を人間にたとえるとしたら性別と年齢はどれくらいか」を答えることであり，「その物体を持っている人や使っている人を答えることではない」と教示した。

回答に時間制限はなく，記入を終えるとスペースキーを押して次の物体に進むことができた。車とイスは別々のブロックで実施され，半数の参加者は車から，残り半数はイスから回答した。

回答は「男性」を−1，「女性」を+1 としてコード化した。年齢の選択肢は低い順に 0～6 としてコード化した。確信度はそのまま 1～7 の値を集計した。物体 1 種ごとに回答の平均値を算出すると，図 1 のようになった。知覚された擬人的性別・年齢には十分に大きな分散があり，男性に知覚されやすい物体，高齢に知覚されやすい物体などがあったことがわかる。最も「若い」車と「高齢の」車，最も「男性的」なイスと「女性的」なイスの例を図 1 に示した。カテゴリーによる違いも見られた。車は平均的に女性として擬人化されにくく，特に図 1 散布図の右上，つまり「高齢の女性」として擬人化されやすいものがなかった。

車とイスそれぞれについて，性別確信度と年齢確信度の相関を見ると，いずれも有意な正の相関だった（車，$r = .47$; イス，$r = .55$; $ps < .01$）。つまり，擬人化の容易な物体とそうでない物体が存在することがわかる。こういった結果から，擬人的性別・年齢はでたらめに判断されたのではなく，何らかの要因に基づいて判断されていることが推測できる。

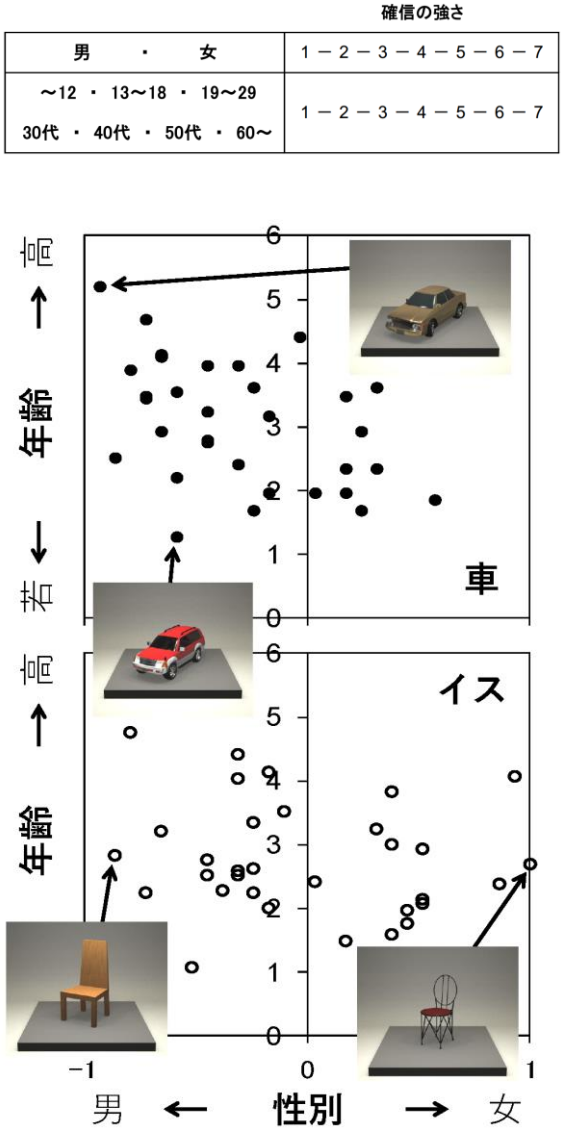


図 1　実験 1（擬人化課題）の回答欄と結果

3.　色の影響

実験 1 の参加者に，擬人化の際に物体のどのような点に着目したかを実験後にたずねたところ，形や色などの外見的特徴，とくに鮮やかさに言及する例が多く見られた。そこで，実験 1 で用いた車とイスの画像それぞれについて，物体部分の画素の彩度（RGB 空間内における，R＝G＝B となる無彩色の軸からの距離）の平均を求めた。この彩度指標と実験 1 の結果との相関を検討すると，車の性別および年齢との間に有意な相関が見られた（それぞれ $r = .50$, $r = -.69$, $ps < .01$）。つまり，彩度が高い車ほど女性として，また若年者として擬人化されていた。一方，イスではこのような相関は見られなかった。確信度評定値についても，車・イスともに彩度指標との間に有意な相関はなかった。

4.　主観的好ましさとの関連

消費者心理学・広告心理学の研究において，商品などの物体を擬人化すると，その物体や商品ブランドに対するポジティブな感情を引き起こすことが指摘されている[5][6]。実験 1 で確信度評定が高かった物体は擬人的知覚がなされやすく，その物体の好ましさも高まるのではないかと予想した。

別の研究[7]において，実験 1 で用いた画像に対して 20 名の参加者が「物体の見た目の印象の良さ」を 7 件法で評定する実験が行われている。このデータを用いて，実験 1（擬人化課題）の結果との関連を検討した。しかし，車・イスどちらにおいても，性別・年齢・これらの確信度のいずれも好ましさ評定との間に有意な相関は見られなかった。相関係数の絶対値は最大でも

0.33（イスの性別確信度と好ましさ評定の相関）であった。参加者に擬人的知覚を促すような操作を行えば，そうでないときに比べて好ましさが増すのかもしれないが，擬人化しやすい物体が常に自動的に擬人的知覚を引き起こし好ましさを増すとまでは言えないだろう。

5. 実験２：使用者推定課題

実験１（擬人化課題）では，その物体（車やイス）の所有者や使用者を答える課題ではないということを明示的に参加者に教示した。実際，車において擬人化年齢の選択肢のうち未成年に該当するものが選ばれることは珍しくなく，参加者はこの教示を理解し，擬人的に知覚される年齢を回答していたと考えられる。しかしながら，その車やイスを使用していそうな人に関する知識ないしステレオタイプが擬人化知覚に影響を与えている可能性は，依然として残る。実際に，物体とその所有者をマッチングさせる実験を行うと，偶然よりは高い確率でマッチングできることも報告されており，人々は物体についてその典型的な所有者がどのような人かという知識をある程度有していることが示唆されている[8]。

そこで，実験１で用いた車とイスの画像に対し，「その物体をふだん最もよく使っていそうな人」の性別と年齢を推定し，回答してもらう実験を行った。回答の方法は実験１と同じ（回答用紙上の選択肢を選ぶ）だった。やはり実験１と同様，回答の確信度についても回答してもらった。

実験１には参加していない30名が実験に参加した。回答は実験１と同じように集計した。車とイスそれぞれについて，性別・年齢・性別確信度・年齢確信度の結果が実験１（擬人化課題）と実験２（使用者推定課題）でどの程度相関するかを調べたところ，車の性別確信度以外のすべてで有意な正の相関が見られた（rs > .37, ps <.05）。相関係数は車の性別で r = .71 (p < .01)，車の年齢で .84 (p < .01)，イスの性別で .86 (p < .01)，イスの年齢で .86 (p < .01) となり，非常に高い。この結果は，少なくとも車やイスのような日常物体では，擬人的知覚は明らかに典型的な使用者（ないし所有者）の知識の影響を受けていることを示している。ただし，その「知識」が実際に正しいかはわからず，ステレオタイプを含むものと考えるべきであろう。

6. 実験３：特性語による評定

実験１参加者の実験後の内観報告を見ると，擬人化の際には色以外にも物体のさまざまな外見上の特性が着目されていたことがわかる。それらの報告に頻出した色以外の物体デザイン関連語はおおまかに，(1) 形状の丸さに関するもの（「直線的」「曲線的」「角ばった」「丸みがある」など），(2) 硬さに関するもの（「ゴツゴツしている」「ふかふかしている」「かたそう」「やわらかそう」），(3) 親近性に関するもの（「よく見る」「ふつうの」「見慣れない」「変わった」「奇抜な」），(4) 重量感に関するもの（「大きい」「どっしりした」），(5) 太さに関するもの（「太い」「細い」「スラリとした」）などに分類することができた。こういったデザイン特性も，擬人化知覚に関連していると考えられる。たとえば太さ・細さは，擬人化性別に関連するかもしれない。

また，実験１の結果については，次のような疑問も生じる。性別・年齢のほかにも，擬人的特性は知覚されているのだろうか。たとえば，パーソナリティ特性は知覚されているのだろうか。

この２点について検討し，擬人的知覚の内容とそれに関連する要因をより詳細に明らかにするため，実験３では，実験１で用いた車とイスに対してデザイン特性語およびパーソナリティ特性にどれくらいあてはまるかを評定してもらう実験を行った。

デザイン特性語は，実験１の内観報告から見出された５特性と，Hsu ら[9]がプロダクトデザインの知覚をSD（semantic differential）法で検討するために用いた特性語の日本語訳を用い，表１の12対とした。なお，Hsu らの用いた単語には性別や年齢に関するもの（masculine–feminine, childish–mature）があったが，これは除外した。

パーソナリティ特性語は，ヒトのパーソナリティの代表的モデルである主要５因子モデルの日本語版[10]から，各因子の因子負荷量が高い２語，計10語を選んだ（表２）。

これらの特性語は回答用紙上に印刷され，実験参加者はコンピュータ画面に表示される車またはイスの画像を見て，その物体にこれらの単語がどの程度あてはまると思うかを評定し，回答した。デザイン特性語については，SD 法と同様，特性語対の間に1〜7の選択肢があった。パーソナリティ特性語については，それぞれの語について１（全くあてはまらない）〜 7（非常にあてはまる）の選択肢があった。参加者は，1〜7のいずれかの数字に○をつけて回答した。回答に制限時間はなく，１つの物体について回答を終えると，参加者はキーを押して次の物体に進んだ。

表１　実験３の結果（デザイン特性語による評定結果の因子分析）

デザイン特性語	車				イス			
	F1 古さ	F2 軽さ	F3 強硬さ	F4 感情	F1 古さ	F2 軽さ	F3 柔軟さ	F4 感情
直線的な ― 曲線的な	−0.404		−0.739		−0.251	0.118	0.939	
伝統的な ― モダンな	−1.004		−0.132		−0.983		0.128	
細い ― 太い		−0.825	−0.321			−0.984	0.157	
未来的な ― なつかしい	1.089				0.952		−0.128	
独特な ― 平凡な	0.632		0.122	−0.225	0.920		−0.114	−0.395
大きい ― 小さい	0.207	1.046	−0.157		0.122	0.916		
やわらかい ― かたい	0.149	−0.196	0.879	−0.136	−0.488	0.159	−0.520	
すなおな ― 反抗的な	−0.428		0.655	0.309	−0.739		−0.266	0.336
新しい ― 古い	0.946		0.152		1.023	0.127	−0.103	0.185
粗野な ― 繊細な	−0.502	0.568		−0.294	−0.135	0.760	0.208	
重い ― 軽い	0.121	1.008	−0.228	0.137		0.915	0.128	
理性的な ― 感情的な	0.100			1.030		−0.249	0.431	0.428

Note. 各特性語対の右側の語が正の因子負荷に対応する

表２　実験３の結果（パーソナリティ特性語による評定結果の因子分析）

パーソナリティ特性語	車			イス		
	F1 外向性	F2 才能	F3 調和性	F1 外向性	F2 才能	F3 誠実性
話し好き	0.959		−0.197	0.949	0.173	0.153
陽気な	0.948	0.139		0.955	0.211	0.119
悩みがち	−0.863	−0.156		−0.905		
不安になりやすい	−0.766	−0.250	−0.107	−0.944	0.159	
独創的な	0.220	0.865			0.914	0.120
多才な		0.947			1.031	−0.229
いい加減な	0.864	−0.282	0.295		−0.137	1.023
ルーズな	0.914	−0.149		0.367		0.784
温和な	0.525	−0.227	−0.722	0.846	−0.253	
短気	0.263		0.976	−0.694	0.169	0.218

44 名が実験に参加した。うち 32 名は車とイスの両方について回答した（半数は車を先に，残り半数はイスを先に実施した）。6 名が車のみ，別の 6 名がイスのみ回答した。結果として，車・イスそれぞれについて，38 名分の有効な回答を得ることができた。

まず，物体ごと・特性語ごとに平均評定値を算出し，因子分析にかけた。その結果を表 1，2 に示す（絶対値 0.1 未満の因子負荷量は省略されている）。デザイン特性語による評定では，車・イスともに，プロマックス回転により 4 因子解が得られた（表 1）。各因子の意味するところは車・イスともによく似ており，第 1 因子は古さ・新しさの次元，第 2 因子はボリューム感（軽さ・重さ）の次元，第 3 因子は柔軟さ・強硬さの次元を表すと解釈できた。第 4 因子はやや解釈が難しいが，感情の覚醒度に関連しているように思われ，さしあたり感情の因子と名付けた。

パーソナリティ特性語による評定では，プロマックス回転により 3 因子解が得られた（表 2）。車・イスともに第 1 因子は元の主要 5 因子モデル[10]の外向性・神経症傾向・調和性の 3 因子を合成したものと考えられ，ここでは外向性因子と名付けた。第 2 因子は元の主要 5 因子モデルの開放性の因子に対応すると考えられるが，この開放性因子を構成する特性語のうち本実験で用いられた特性語は「独創的な」と「多才な」だけ

表 3　デザイン因子・パーソナリティ因子と擬人化実験結果との相関

車	デザイン因子				パーソナリティ因子		
	古さ	軽さ	強硬さ	感情	外向性	才能	調和性
擬人化性別	−.29	.33	−.37 *	.50 **	.48 **	.05	−.08
擬人化性別確信度	.30	−.26	.33	−.29	−.39 *	−.16	.19
擬人化年齢	.56 **	−.46 **	.14	−.56 **	−.60 **	−.43 *	−.14
擬人化年齢確信度	.21	−.14	.27	.04	.05	.05	.28
好ましさ	−.47 **	.17	.28	.13	−.08	.56 **	.45 **
色の彩度	−.30	.27	−.15	.71 **	.80 **	.26	.20

イス	デザイン因子				パーソナリティ因子		
	古さ	軽さ	柔軟さ	感情	外向性	才能	誠実性
擬人化性別	.03	.20	.34	.05	.10	.11	−.31
擬人化性別確信度	.18	.02	.10	.35 *	−.13	.02	−.16
擬人化年齢	.58 **	−.53 **	−.04	.35 *	−.01	−.38 *	−.05
擬人化年齢確信度	.37 *	−.08	.05	.19	.01	−.20	.02
好ましさ	.53 **	−.17	.21	−.29	.35 *	−.43 *	−.46 **
色の彩度	.16	−.50 **	.35 *	.10	.79 **	−.11	.50 **

Note. 擬人化性別は男性が-1, 女性が+1 としてコード化されている.　** $p < .01$, * $p < .05$.

であるので，ここでは才能の因子と解釈した。第 3 因子は車とイスでやや異なっていた。車の第 3 因子は元の主要 5 因子モデルの調和性に，イスの第 3 因子は誠実性に対応しているように考えられた。

いずれにせよ，車とイスに対する評定であるにもかかわらず，ヒトのパーソナリティの主要 5 因子構造と類似の構造があることが示唆される。本実験では，おそらく用いた特性語対の数が少ないため 3 因子解となったが，多数の特性語対を用いて検討を行えば，より明確な 5 因子構造が見出される可能性はあるだろう。ヒトは車やイスに対しても，他人に対するのと同様にパーソナリティ特性を解釈・投影することが十分に可能であることが強く示唆される。

なお，より多くの特性語を用いた実験であれば，因子負荷量の低い項目を削除するなどしてより明確な因子構造を作成することが可能だが，本実験では用いた語が少ないため，上記の探索的因子分析で得られた解をそのまま採用し，以下の分析でも用いることとする。また，バリマックス回転によって得られた解も，ほぼ同様に解釈することができた。

7.　各因子と擬人化特性との関連

実験 3 で見出されたデザイン因子・パーソナリティ因子は，知覚される擬人化性別や擬人化年齢と関連があるのだろうか。そこで，各因子得点と実験 1 の結果（擬人化性別，擬人化年齢，およびそれぞれの確信度）との相関を検討した。また，色の彩度および主観的好ましさ（3., 4. を参照）との相関もあわせて検討した。

車とイスそれぞれについて，各因子得点との相関を表 3 に示した。デザイン因子・パーソナリティ因子ともに，擬人的知覚に関係していたことがわかる。擬人化年齢に対してはデザイン因子の影響が明確で，古くて大きく重い印象のデザインの物体は，車・イスともに高齢に関連づけられていた。一方，擬人化性別については，イスではデザイン因子・パーソナリティ因子のこれといった影響が見られなかった。しかし車では，柔軟かつ感情的な印象のデザインで，外向的なパーソナリティが知覚される場合には，より女性に擬人化されやすかった。ただし感情性因子・外向性因子はともに色の彩度とも強い相関を示しており，色の彩度が真の原因である可能性も高い。車の擬人化性別，色の彩度，デザインの感情因子，パーソナリティの外向性因子の間には明確な相関関係があることは明らかだが，そこにどのような因果関係があるのかについては，より詳細な検討が必要と言える。

いまひとつ興味深い結果は，好ましさ評定にほとんどのパーソナリティ因子が関連していたことである。物体の「見た目の印象の良さ」の評定には，物体のデザ

インが直接に影響すると予想されたが，結果的には，デザイン因子のうち好ましさ評定と関連していたのは古さ因子だけであり（車では新しいデザインが，イスでは古いデザインが好まれた），他の因子は有意な相関を見せていない。物体の主観的好ましさは，形などのデザイン要素そのものよりも，知覚される擬人的特性を介して評価されているのかもしれない。一方で，擬人化性別・年齢やその確信度は好ましさ評定と相関していなかった（4. 参照）。すでに見たように，擬人化が物体の好ましさに影響することは知られているが[5][6]，そのメカニズムは「擬人化されれば好ましい」という単純なものではなく，「擬人化されたパーソナリティが好ましければ好ましい」ということなのかも知れない。

参考文献

[1] Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007) “On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism”, Psychological Review, Vol. 114, No. 4, pp. 864-886.

[2] Waytz, A., Gray, K. Epley, N., & Wegner, D. M. (2010) “Causes and consequences of mind perception”, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 14, pp. 383-388.

[3] Amin, M., Olu-Lafe, O., Claessen, L. E., Sobczak-Edmans, M., Ward, J., Williams, A. L., & Sagiv, N. (2011) “Understanding grapheme personification: A social synaesthesia?” Journal of Cognitive Neuropsychology, Vol. 5, pp. 255-282.

[4] Simner, J., Gärtner, O., & Taylor, M. D. (2011) “Cross-modal personality attributions in synaesthetes and non-synaesthetes. Journal of Cognitive Neuro-psychology, Vol. 5, pp. 283-301.

[5] Chandler, J. & Schwartz, N. (2010) “Use does not wear ragged the fabric of friendship: Thinking of objects as alive makes people less willing to replace them”, Journal of Consumer Psychology, Vol. 20, pp. 138-145.

[6] Delbaere, M., McQuarrie, E. F., Philips, B. J. (2011) “Personification in advertising: Using a visual metaphor to trigger anthropomorphism” Journal of Advertising, Vol. 40, No. 1, pp. 121-130.

[7] Niimi, R. & Watanabe, K. (2014) “Do we know others’ visual liking?” i-Perception, Vol. 5, pp. 572-584.

[8] Alpers, G. W. & Gerdes, A. B. M. (2006) “Another look at ‘look-alikes’: Can judges match belongings with their owner?” Journal of Individual Differences, Vol. 27, No. 1, pp. 38-41.

[9] Hsu, S. H., Chuang, M. C., & Chang, C. C. (2000) “A semantic differential study of designers’ and users’ product form perception” International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 25, pp. 375-391.

[10] 和田さゆり（1996）“性格特性用語を用いた Big Five 尺度の作成”，心理学研究, Vol. 67, No. 1, 61-67.

課題に対する主観的評価と課題遂行時の時間評定との関係
Time estimate for calculation tasks is influenced by subjective feelings

田中 大介 †，水姓 由薫 †
Daisuke Tanaka, Yuka Mizuuji
† 鳥取大学
Tottori University
tanaka@tottori-u.ac.jp

概要

課題遂行時における経過時間の主観的ゆがみを実験的に検討した。具体的には計算課題の難易度を操作して課題の認知負荷を変えるのとともに，実験協力者が遂行した課題を面白いと感じたかどうかを参加者間要因の独立変数とした．結果，課題の難易度が高まる事で時間は速く流れるように感じられる事が明らかとなり，難しい課題の場合はそれを面白いと感じた人はより時間の流れを速く感じること，一方で簡単な課題の場合は，それと反対に感じられている可能性が示唆された．

キーワード：時間評定の歪み, 主観的評価, 時間知覚

1. はじめに

時計は正確に一定の間隔で時を刻み，我々は同じ基準の時間を共有している．現代社会においては，労働の対価を得るための根拠として用いられる例を出すまでもなく，時間は客観的かつ物理的量を持つ基準であり，普遍的価値を持っている．その一方，一般的に「楽しい時間ははやく過ぎる」，反対に「退屈な時間は長く感じる」など，主観的な時間評定においてはその長さが伸縮することが知られている．

こうした「主観的時間の歪み」現象は，意識に関する哲学・心理学において重要な問題であり続けている [1]．実験心理学的な観点からの，1 秒以上の時程に関する研究としては一定の時間内において記憶に蓄積された情報量の多寡が主観的長さを決めるとする蓄積容量モデル [2]，時間内の変化の数が主観的長さを決めるとする変化モデル [3]，注意に関連した情報処理の負荷と主観的長さの関係に着目した注意モデル（レビューとして [4]）など様々な認知的コンポーネントを説明概念に用いたモデルがこれまで提唱されてきた．

さらに近年では時間知覚・評価の研究において生態学的な妥当性を重視する観点から，様々なゲーム [5, 6] や読書時 [7] における時間評定，あるいは課題に対する動機づけと時間評定の関係 [8] などが検討されている．

記憶容量や注意資源といったいわゆる認知基盤に基づく能力とは異なった，課題に対する動機づけや意識の違いなど，いわばメタ認知によって主観的に操作しうる要因が時間評定に及ぼす影響を検討することは重要だと思われる．なぜならば，日常的には必ずしも「出来るだけはやく，正確に」といった実験場面で暗黙に想定される最大限のパフォーマンスを行っていないからであり，それどころかむしろそうした状況下の方が稀だといえるからである．そうした日常生活場面においても我々は様々な時間の伸縮を体験している．このような日常体験に対する現象学的な視点に基づけば，課題遂行者が没頭して取り組むような体験，いわゆるフロー体験時において主観的な時間が歪む事が知られている．このフロー体験においても環境調整次第で日常的かつ定期的に没入状態になる事は想定されていない．

以上から，主観的時間評定を考える上で，特に例えば「教室における児童の授業中の時間評定」といった日常場面における状況を念頭に置くならば，主観的時間のゆがみを検討するためには記憶容量や注意資源といった従来の情報処理モデルにおけるコンポーネントのみではなく，認知主体の感情・情緒的基盤をも考慮する必要があるだろう．

こうした問題意識を背景に，我々は先に課題の難易度，および課題に関する感情的基盤に基づく評価（面白かったかどうか）が時間評定に及ぼす影響を検討した [9]．具体的には，実験協力者に難易度の異なる 2 つの計算課題を実施し，開始 5 分経ったと思ったら手を挙げるよう求めた．その結果，簡単な課題を行っているときより難しい課題を行っている時の方が「5 分間」を長く評価すること，簡単な課題を行っているときの 5 分の評定が実際の 5 分からほぼずれないことを明らかにした．加えて，難しい課題を「面白い」と主観的

に評価した参加者の方が「つまらない」と評価した参加者に比べて「5 分間」を長く評価するつまり時間の流れを速く感じる事が分かった．

しかし先行研究では参加者は課題の難易度を評定する事はなかった．そのため，独立変数としての課題の難易度が参加者にとっての主観的難易度と一致していたかどうかは，明らかではなかった．

そこで，本研究では協力者による課題の難易度の主観的評定を行うことで同様の結果が得られるか検討した．本研究の実施に当たっては先行研究の効果量（d = .83）から有意水準 5 %，Power =.80 でサンプルサイズを計算したうえで，難易度の主観的評定によるデータスクリーニングの可能性を鑑みて 20 名前後の参加者を対象に実験を行うこととした．

2. 方法

2.1 参加者

大学生 22 名（男性 19 名，女性 3 名、平均年齢 19.09 歳）が実験に参加した．

2.2 刺激

実験刺激として 2 種類の計算課題を用意した．このうち「簡単な課題」として「内田クレペリン検査」に準じた単純な足し算課題を A4 用紙 1 枚に印刷したものを用意した．一方「難しい課題」としては灘中学校の入試問題を 2 問，A4 用紙 1 枚に印刷したものを用意した．使用された問題は「$\frac{1}{7}-\frac{1}{9}-\frac{1}{32}=\frac{1}{224}+\frac{1}{\square}-\frac{2}{63}$」の□にあてまはる数字を算出する，といったもので，小学生の四則演算の知識があれば回答できるが，計算過程が複雑なものであった．

また，実験後のアンケートとして，3 種類の質問を行った．まず，2 つの課題について，それぞれどのように感じたかを「5 : とても面白かった」,「4 : まあまあ面白かった」,「3 : どちらでもない」,「2 : あまり面白くなかった」,「1 : まったく面白くなかった」の 5 段階で評定させた．次にそれぞれの課題の難易度に関して「5 : とても難しかった」,「4 : まあまあ難しかった」,「3 : どちらでもない」,「2 : あまり難しくなかった」,「1 : まったく難しくなかった」の 5 段階で評定させた．最後に，課題を遂行している時の疲労感について「5 : とても疲れた」,「4 : まあまあ疲れた」,「3 : どちらでもない」,「2 : あまり疲れなかった」,「1 : まったく疲れていない」の 5 段階で評定させた．

このうち 2 つ目の課題の難易度に関するアンケートは，2 種類の計算課題における難易度の妥当性の検証に用いた．

2.3 手続き

実験は個別に，時計のない明るい防響室内で行った．最初に途中でやめても参加者に何ら不利益のない事が説明された．2 つの計算課題のうちどちらを先に実施するかは参加者間でカウンタバランスをとった．開始に先立って，計算課題を実施する事，開始してから 5 分間が経過したと思ったら挙手する事を教示した．

実験者は防響室の外からマイクで開始の合図を出し，開始とともにストップウォッチで計測を開始した．モニターで参加者が挙手するまでの時間を測定した．

2 つの計算課題がそれぞれ終了した後にアンケート用紙を配布し，各項目への回答を確認してアンケート用紙を回収し，実験は終了した．

3. 結果

1 名の参加者が挙手する事を忘れて課題に取り組んでいたため，解析から除外した．また 1 名の参加者が 2 つの課題に対してそれぞれ「2 : あまり難しくなかった」と回答していたため，主観的に同等の難易度としてとらえていたと判断し，解析から除外した．さらに 3 名の参加者が「難しい課題」を「3 : どちらでもない」と回答していた．しかし「簡単な課題」を「2 : あまり難しくなかった」ないし「1 : まったく難しくなかった」と回答していたため，難易度の条件操作が機能していると判断して分析からは除外しなかった．

3.1 難易度に基づく時間評価への影響

各課題の平均値を算出した（図 1）．対応のある t 検定を行った結果,「簡単な課題」（平均 326.1 秒）に比べて「難しい課題」（平均 412.4 秒）のほうが有意に時間が速く流れるように知覚されることがわかった（$t_{(19)} = 4.25$, $p < .05$, Hedges's g = .94）．

3.2 主観的な面白さの違いによる時間評価への影響

「簡単な課題」に対して「5 : とても面白かった」,「4 : まあまあ面白かった」と肯定的に回答した 12 名と、それ以外の回答をした 8 名との間で,「簡単な課題」の遂行時における主観的な 5 分間の長さを比較し

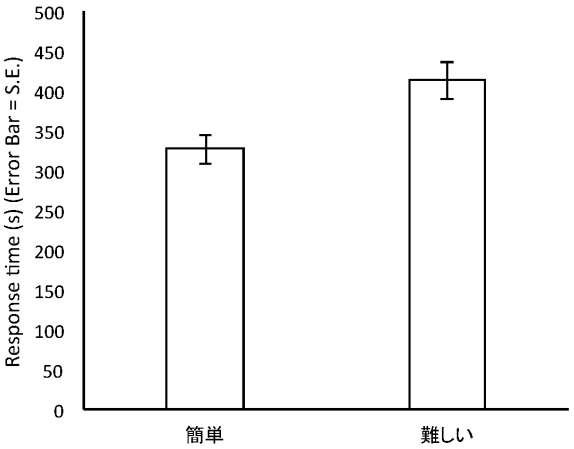


図 1　課題の難易別にみた主観的「5 分」としての反応時間

た（図 2 左）．その結果，肯定的に回答した参加者（平均 300.4 秒）の方がそうでない参加者（平均 364.8 秒）より短く評価する傾向があった（$t_{(18)} = 1.86, p < .10$, Hedges's g = .81）．この傾向とは反対に,「難しい課題」に対して「5 : とても面白かった」,「4 : まあまあ面白かった」と肯定的に回答した 9 名と、それ以外の回答をした 11 名との間で,「難しい課題」の遂行時における主観的な 5 分間の長さを比較した（図 2 右）．その結果，肯定的に回答した参加者（平均 456.6 秒）の方がそうでない参加者（平均 376.2 秒）より長く評価する傾向があった（$t_{(18)} = 1.86, p < .10$, Hedges's g = .80）.

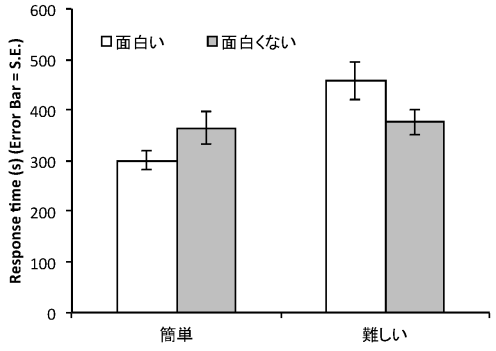


図 2　課題の難易別にみた主観的「5 分」としての反応時間

3.3　課題遂行における「疲労感」について

疲労感と時間評定との関係については「簡単な課題」の実施後に「5 : とても疲れた」,「4 : まあまあ疲れた」と回答した者は 2 名にとどまり，反対に「難しい課題」の実施後には 20 名中 16 名が 5、4 いずれかの選択肢を選んでいた事から疲労感の多寡に関する分析は行わなかった．主観的な疲労感は課題の主観的な難易度と関連している事が示唆され,「簡単な課題」における 5 段階の難易度と疲れの相関は.68,「難しい課題」では.52 という相関が算出された．

4.　考察

計算課題の難易度に基づく時間評定の違い，すなわち難易度の高い課題を遂行する時の方が時間がはやく過ぎる，という結果が示された．この結果は本研究の先行研究 [9] とも一致するものであり，一方で「楽しい時間ははやく過ぎる」のは楽しい体験の接近動機づけによるとする先行研究 [8] ともあわせて考えると，難しい課題には「解きたい」という接近動機づけが主観的に生じるのかもしれない．

こうした見方は有意傾向ではあったが「難しい課題」を面白いと答えるかどうかによる違いの結果とも整合する．先行研究でも同様な結果（$t_{(35)} = 2.51, p < .05$, Hedges's g = .73）が得られており，同等の効果量が得られた．

一方でこちらも有意傾向であったが,「簡単な課題」を面白いと答えるかによる平均値の差に関しては逆の傾向が観察された．面白いとポジティブに評価した参加者に比べ，ポジティブに評価しなかった参加者は 5 分間を長く評定する傾向が見られた.「難しい課題」と同等の効果量があったが，先行研究においてはこうした傾向は見られていない．課題に対する主観的評価が課題の難易度の違いによって異なった時間評価のパターンを示す可能性に関しては今後，さらなる実証データの蓄積が必要になるだろう．

加えて，本研究の課題に対する主観的評価は課題後に実施されているものであり，正に課題を遂行している最中に感じられているものではないという実験の枠組み上の問題がある．そのため本研究においては主観的評価が自らのパフォーマンスに対する個人的評価であった可能性もある．こうした手続き上の改善は今後の課題としたい．

文献

[1] Bergson, H.,（1889）“Essai Sur Les Donnees Immediates De La Conscience. (中村文郎 訳 (2001).『時間と自由』．　岩波文庫.）
[2] Ornstein, R. E,（1969）“On the experience of time. (本田時雄 訳 (1975).『時間体験の心理』．　岩崎学術出版社.）

[3] Fraisse, P., (1963)“Perception et estimation du temps. In P. Fraisse & J. Piaget (Eds.) , Traite de psychologie experimentale. VI : La perception. Paris : Presses Universitaires de France. (岩脇 三良 訳 (1971). 現代心理学 VI 知覚と認知 白水社)
[4] Brown, S. W.,（2008） “Time and Attention: Review of the Literature. In S. Grondin (Ed), Psychology of time, Emerald.
[5] Saiki, J., & Inoue, E., (2011)“Relationship between Concentration and Temporal Duration Estimation: Implications for Flow Experience. Psychologia, Vol.54, 208-221.
[6] Tobin, S, Bisson, N, & Grondin, S., (2010)“An Ecological Approach to Prospective and Retrospective Timing of Long Durations: A Study Involving Gamers. PLoS ONE 5(2): e9271.
[7] Bisson, N., Tobin, S., & Grondin S (2012)“Prospective and Retrospective Time Estimates of Children: A Comparison Based on Ecological Tasks. PLoS ONE 7(3): e33049.
[8] Gable, P. A., & Poole, B. D., (2012)“Time flies when you’re having approach- motivated fun: Effects of motivational intensity on time perception. Psychological Science, 23, 879-886.
[9] 田中 大介・水姓由薫 (2017)“課題の難易度が時間知覚に及ぼす影響, 日本心理学会第 81 回大会発表論文集, 611.

ストーリー生成のためのギャップ技法の発展的利用方法
Extended Methods of the Use of Gap Techniques for Story Generation

小野 淳平[†‡]，小方 孝[‡]
Jumpei Ono, Takashi Ogata
[†]菅原学園 専門学校デジタルアーツ仙台，[‡]岩手県立大学
Vocational School of Digital Arts Sendai, Iwate Prefectural University
j.ono@sugwara.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

Abstract
When making a story, there is a method to strengthen that impression by getting out of an expectation of a reader. This method is cutting off the continuity of time or meaning. The authors proposed gap techniques for cutting off the continuity. Gap techniques give gaps to a story and give surprise to the reader by gaps. In this paper, the authors consider two methods of applying gap techniques. One is a method of using gap techniques for an integrated narrative generation system. The other is a method of applying to the world setting which defines the composition of a story. Through these two methods, the authors extend story generation in an automatic narrative generation game.

Keywords — Gap Technique, World Setting, Automatic Narrative Generation Game, Integrated Narrative Generation System

1. はじめに
物語を語る際，語り手は単純な事実の羅列だけでなく，様々な方法によって聞き手の予測を裏切る．物語の内容をストーリーと呼ぶが，小野・伊藤・小方（2018）は，ストーリーの接続とストーリーの切断について述べており，本稿では後者のストーリーを切断する技法として，小野（2018）が提案したギャップ技法を論じる（但し，厳密に言えば物語の語りの構造であるプロットを操作する技法もあるが，ここではストーリー生成として扱う）．

ギャップとは，ある二つの異なるストーリーの間に生じる，出来事や登場人物などのストーリーを構成する要素の差を意味する．ギャップはストーリーの受け手に対して，驚きを与える．驚きとは，予測から外れた出来事によって生じる不意の刺激である．

ギャップをストーリーの切断の観点から見た場合，時間の連続性や因果関係の連続性の切断が考えられる（ここでいう因果関係は必ずしも論理的な関係だけでなく，事象の連続から受け手が感じる心理的な因果関係も含む）．どちらか一方，または両方が切断される例がある．時間の切断では，ストーリーにおける時間進行を停止させる．例えば，ある名詞に関して，その特徴や性質といった属性情報を挿入することで時間進行を停止させる休止法や，ある目的を達成するための事象の積み重ねに対して冗長さを与える方法がある．それに対して，因果関係の切断では，非現実的な事象の挿入による文脈の破壊や，生起する確率が極端に低い事象の挿入によって受け手の期待を裏切る方法がある．

筆者は，ギャップ及び驚きという概念を用いたストーリー生成の方法を組み込んだ物語自動生成ゲーム（Automatic Narrative Generation Game: ANGG）の提案を行った（小野・小方, 2017; 小野, 2018）．筆者はギャップにより驚きが生まれるとし，ストーリーにギャップを与える生成技法としてギャップ技法をANGG に導入した．ANGG の目的は，ギャップと驚きの概念に基づき，人の思考から外れたストーリーを生成することで，人が考え得るストーリーの可能性を拡張することにある．

本稿では，これまでに提案したギャップ技法の利用方法（小野, 2018; 小野・小方, 2017）に対して，新たに二つの方法を検討し，ANGG におけるギャップ技法の拡張を試みる．

一つ目の方法は，ANGG と関連する統合物語生成システム（Integrated Narrative Generation System: INGS）（Ogata, 2016）に対するギャップ技法の導入による，ギャップ技法一般化の試みである．二つ目の方法では，ANGG において，ストーリーの構成要素を決定する世界設定に対してギャップ技法を適用することで，生成されるストーリーを構成要素のレベルから変化させる試みである．

双方の方法に基づき ANGG におけるギャップの生成を検討する．

2. 物語自動生成ゲームの構成
ANGG は，生成されるストーリーの枠組みを用意する Game Master 機構（GM 機構）とその枠組みを具体化する Player 機構（PL 機構）を持つ（小野・小方, 2017; 小野, 2018）．この二つの機構は，アナログ

ゲームであるテーブルトークロールプレイングゲーム（Table-talk Role Playing Game: TRPG）における遊び手が担う二種類の役割をモデルとする．ストーリー生成では PL 機構がギャップ技法により，GM 機構が用意したストーリーの枠組みにギャップを与え，そのギャップによって GM 機構へ驚きを与える．この仕組みにより ANGG では，あるストーリーにおいて初期のストーリーの構造とは，異なるストーリーの展開が具体化される．図 1 に INGS との関係も含めた ANGG の全体の構造をまとめる．なお GM 機構が PL 機構に対して驚きために，ギャップを利用することもまた考えられるが，それは今後の検討課題である．

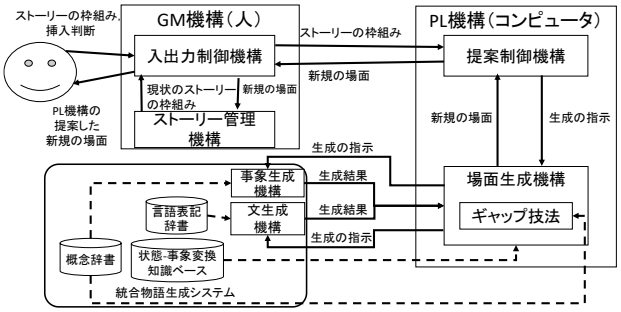


図 1 ANGG におけるストーリー生成機構の構造（小野, 2018）

3. ギャップ技法の利用方法の提案

ここでは二つの方法について言及する．3.1 節はストーリー技法の一般化を行う試みであり，3.2 節は，これまでとは異なり，生成前に用意するストーリーの構成要素の定義を変化させる試みである．

3.1 統合物語生成システムにおけるギャップ技法の利用

まずギャップ技法を，INGS における新たなストーリー技法として検討する．INGS におけるストーリー生成のための知識は，人手による作成あるいは既存テクストの分解により収集された．荒井・小野・小方（2017）は既存の知識から新しい知識を得ることを試みたが，人手で作成されたスクリプト知識の組み合わせる方法であるため，得られた知識は人の想像の範疇に収まっていると推測する．そこでギャップ技法により，既存の知識に基づくストーリーとは異なるストーリーの生成を試みる．

小野・張・小方（2012）では，異化的修辞の連続的な使用により，常識とは異なるストーリーの生成を試みた．それに対して本稿では，ギャップ技法使用後は，通常のストーリー技法を使用することで，既存の知識による生成とは異なるストーリーの生成を試みる．また，この方法では，ANGG におけるストーリー生成に対して，INGS 内におけるストーリー生成技法もまたギャップ技法と同時に使用される．そのため，ANGG とは異なる生成を試みることが可能である．

3.2 物語自動生成ゲームにおけるギャップ技法の利用の拡張

次に，世界設定におけるギャップ技法の利用を提案する．世界設定は，ANGG において生成されるストーリーの構成要素の範囲を定義した記述であり，人，物，場所，時間を定義するものである（現状は，人，物，場所の範囲を扱っている）．

システムとしては INGS が持つ概念辞書に基づく．概念辞書は生成される事象が物理的に実行可能であることを前提として体系化されており，無編集の概念辞書に基づく生成では現実的なストーリーが生成される．本稿では概念辞書にギャップ（名詞概念の is-a 関係の変形，動詞概念の制約条件の変形）を与え，物理的に不可能な事象が起こる世界設定を生成する．ギャップのある世界設定では，物理的に不可能な事象が自然に生成されるが，ストーリーの受け手は受け手自身が持つ常識に基づいて判断するため，物理的に不可能な行為を含んだストーリーにギャップを感じると推測する．

世界設定の変更によるストーリーの変化は，伊藤他（2018）や小野・小方（2016），Ono & Ogata (2016) で提案していたが，ギャップのある世界設定によるストーリーは，ストーリー生成にギャップ技法を利用した場合（小野・小方, 2017; 小野, 2018）とはまた異なる種類のギャップが得られると考え，ここで実現を試みる．

本稿では以上で述べた世界設定の変化を，ギャップ技法の一部機能を利用することで実現する．特に事象における構成要素へと影響を与えるギャップ技法によって，動詞概念が持つ格に関する制約条件を変化させる．それにより通常とは異なる制約に基づいたストーリー生成が可能となる．

4. 提案方法の実践

ここでは3節で述べた二つの方法の実践について述べる.

4.1 統合物語生成システムにおけるギャップ技法

まず，INGS におけるギャップ技法使用の試みを示す．表1は，ある一つのテーマによってストーリーが展開されるストーリー技法「主題」により生成されたストーリーと，ギャップ技法を一度だけ適用し，続きは INGS が持つ知識によって展開させたストーリーを示す．表1の太字がギャップ技法を適用した箇所であり，タロウがひねくれたままのストーリーが展開された．これは本来の「主題」によるストーリーに対して異なる流れであり，なおかつあえて逆転が起きないストーリーであるため，タロウを主人公と見た場合，受け手の期待するストーリーを裏切ることができると推測する.

表1 INGS におけるギャップ技法使用の例

本来のストーリー	青年のタロウが天才のジロウと競走する。タロウがジロウに敗れる。タロウが堕落する。タロウが復調する。タロウが駆けっこを修行する。タロウがジロウと勝負する。タロウがジロウに勝つ。タロウが駆けっこを祝う。ジロウが落ち込む。
ギャップのあるストーリー	青年のタロウが天才のジロウと競走する。タロウがジロウに敗れる。タロウが堕落する。タロウが復調する。タロウが駆けっこを修行する。タロウがジロウと勝負する。**タロウが帰る。**タロウが予想を超える。タロウがジロウを支配する。タロウが陰で悪口を言う。

4.2 世界設定に対するギャップ技法の使用

次にギャップ技法により変化した概念辞書に基づく世界設定と，それによるストーリー生成の試みを示す．図2は，変化した概念辞書に基づく世界設定によって生成されたストーリーである．図2は理解を容易にするために各人物が持つ属性を人手で補足した．ここでは，「男」「探偵」という概念を含んだ事象に対してギャップ技法を適用し,「馬」や「作物」が人間として振る舞うことを許容する世界を用意している．この方法は極端な場合，「愛」や「怒り」など抽象的な概念を擬人化した神話のようなストーリーも生成できるようになると考える.あるいは「夢」や「恐怖」などを場所とすることもまた可能である．また図2は登場人物が変化した例であるが，同様に場所（図3）や物（図4）を対象とした変化も考えられる.

大通りで悪人である競馬馬のタロウがOLである女のハナコを誘拐する。大通りで探偵である枝豆のジロウがハナコを調査する。ビルで枝豆のジロウが競馬馬のタロウと知能で争う。ビルで枝豆のジロウが競馬馬のタロウと戦う。ビルでハナコが助かる。

図2 変化した世界設定に基づく生成例（人の変化）

机で悪人である男のタロウがOLである女のハナコを誘拐する。机で探偵である青年のジロウがハナコを調査する。大根でジロウがタロウと知能で争う。大根でジロウがタロウと戦う。大根でハナコが助かる。

図3 場所が変化した場合

大通りで悪人である競馬馬のタロウがOLである女のハナコを誘拐する。大通りで探偵である青年のジロウがハナコを調査する。ビルで枝豆のジロウが競馬馬のタロウと蓄財で争う。ビルで枝豆のジロウが競馬馬のタロウと戦う。ビルでハナコが助かる。

図4 物が変化した場合

以上のように，ギャップ技法の利用方法を検討することで，人手で作成した知識によるストーリーとは異なるストーリーの生成が可能であると推測する.図5に世界設定を変化させていない場合の生成例を示す．これは比較のため，出来事の流れ自体は図2と同様である.

大通りで悪人である男のタロウがOLである女のハナコを誘拐する。大通りで探偵である青年のジロウがハナコを調査する。ビルで青年のジロウが男のタロウと知能で争う。ビルで青年のジロウが男のタロウと戦う。ビルでハナコが助かる。

図5 未変化の世界設定に基づく生成例

以上の世界設定を変化させずに生成を行った図5のストーリーと，図2から図4にあたるストーリーをそれぞれ比較する．比較では，小野（2018）が提案したギャップ技法におけるギャップ値の計算を用いる．これはストーリーの構造(事象の数やその順番など)及び構成要素（人，物，場所）を比較し，ギャップの値を測る計算式である.

ギャップ値の計算の結果，図2のストーリーは「0.65」，図3のストーリーは「0.63」，図4のストーリーは「0.45」となった．全体として事象の数の増減は無いため，極端な値にはならないが変化によってギャップを生み出すことが可能である．物の変化

の場合は，制約の変化が大きく制約外へ外れたが，外れた先がたまたまもとの別の制約に近づいたため値が伸びなかった．

今回の結果から世界設定におけるギャップを二種類に分ける．一つは「ある構成要素の群の中で，可能性が少ない組み合わせ」が生まれた場合である．図 4 がその例に当てはまる．現実世界において「蓄財」で争う場合も可能性があるがあまり考えられないものである．もう一つは「ある構成要素の群の中で、不可能な組み合わせ」である．図 2 がその例に当てはまる．「競走馬」や「枝豆」が争うことは常識的にありえない．なお現実社会を基準に置いた場合の話であり，「枝豆」の社会であれば，人間こそが不可能な存在である．

5. 今後の展望

以上，ギャップ技法の利用について二つの方法を示した．一つ目の試みは，ギャップ技法の一般化に関する試みであり，INGS における一つのストーリー技法として，ギャップ技法をストーリー生成に使用した．しかし一方で，INGS によるストーリー技法を ANGG に取り込むことで，より一般的なストーリーの展開方法を ANGG に導入することも可能になる. 二つ目の試みでは，世界設定の変化によって，現実世界との対比から生まれるギャップに基づき，童話的な世界や夢の世界など非現実的な生成が可能なる．加えて，非現実的な世界におけるストーリーに対してギャップ技法を適用することで，非現実的な世界におけるギャップの生成を実験することが可能になる（例えば，童話『赤ずきん』にて狼が喋ることについて，ギャップを感じる受け手は少ないと考えている．その場合のギャップ技法は，「バスに乗っておばあさんの家に行く」など現実世界に基づいた事象を挿入することが妥当である）.

6. おわりに

本稿では，ANGG において実装したギャップ技法について，INGS におけるギャップ技法の利用及び世界設定に対するギャップ技法の適用の二種類の方法から，新たなギャップ技法の側面を提示した．本稿で示した利用方法から，ギャップ技法が他の技法とは異なる生成を INGS や ANGG に対して提供することが可能になる．

参考文献

荒井達也・小野淳平・小方孝 (2017). 統合物語生成システムにおけるスクリプト型事象連鎖の獲得と利用.『言語処理学会第 23 回年次大会論文集』, 703-706.

伊藤 拓哉・小川 謹・田高 健斗・長尾 尚樹・小野 淳平・小方 孝 (2018). 世界設定を変更することによる TRPG セッションへの影響に関する予備的考察. 『情報処理学会インタラクション 2018 予稿集』, 853-858.

Ogata, T. (2016). Computational and Cognitive Approaches to Narratology from the Perspective of Narrative Generation, In Ogata, T., & Akimoto, T. (Eds.), *Computational and Cognitive Approaches to Narratology*. IGI Global. 1-74.

小野淳平 (2018). 『ギャップと驚きに基づく物語自動生成ゲームの研究―テーブルトークロールプレイングゲームと統合物語生成システムを利用したアプローチ―』, 岩手県立大学博士論文.

小野淳平・伊藤拓哉・小方孝 (2018). 接続と切断の物語生成技法. 『信学技報(IEICE Technical Report)』. 118(99). 1-6.

小野淳平・小方孝 (2016). 世界設定を変化させることによる複数ストーリーの生成. 『DiGRA JAPAN 夏季研究発表大会 2016 予稿集』, 63-66.

Ono, J. & Ogata, T. (2016). A Design Plan of a Game System including an Automatic Narrative Generation Mechanism: The Entire Structure and the World Settings. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 2(4), 243-246.

小野淳平・小方孝 (2017). 「ギャップ技法」を利用して「驚き」を作り出すストーリー生成の方法―テーブルトークロールプレイングゲームに基づく物語自動生成ゲームへの一アプローチ―. 『認知科学』, 24(3), 410-430.

小野淳平・張一可・小方孝 (2012). 概念体系の制約を利用した事象に対する異化の修辞とシナリオ生成. 『2012 年度人工知能学会全国大会（第 26 回）論文集』, 1N1-OS-1a-1.

メッセージの理解に及ぼす話し手の表情と声のトーンの影響

－ 怒りも『伝え方が 9 割』か？－

How messages are comprehended, when people talk with angry face and/or angry tone of voice?

佐 山 公 一
小 樽 商 科 大 学
Kohichi Sayama (sayama@res.otaru-uc.ac.jp)
Otaru University of Commerce

Abstract

The influence of a speaker's facial expressions and voice tone on hearers' comprehension of messages was investigated. Participants (N = 86) looked at the footage of a speaker and rated comprehensibility of the messages and anger of the speaker. It was examined effects of reasons for the speakers' anger, anger in the speakers' facial expressions and the voice tone on hearer's understanding of the message. The results showed that the speakers' voice tone influenced the comprehension of the message, depending on whether the messages included reasons for anger. Moreover, anger in the speakers' voice tone was judged earlier than its compensability. These results suggest that anger in the voice tone influenced the setting for comprehending messages, whereas anger in facial expressions is utilized simultaneously or after a message is comprehended.

Keywords － language, understanding, comprehension, face, facial expression, tone of voice, emotion, anger

平静を装いながら怒りを伝えることで，怒りの原因に冷静に対処するよう受け手に促すことがよくある．たとえば，ニュースキャスターが第三者の怒りを伝えようとするとき，キャスター自身が（たとえメッセージに怒りを感じたとしても）怒りを表出することはない．このことは，ニュースキャスターに限ったことではなく，一般の人でも対人コミュニケーションの中で頻繁に使う方略であろう．本研究の目的は，メッセージの話し手が，誰か（本人あるいは第三者）の怒りの理由を伝えるとき，話し手の怒りの表情や怒りを含む音声が，メッセージの理解にどのようにどのくらい影響するかを実験的に検討することである．

メッセージの理解時に，メッセージの内容そのものがメッセージの理解に占める割合は，平均的に見て 35%程度であり，残りの 65%は話し手の身振りや表情，会話のポーズなどである（Birdwhistell，1970）と言われる．

話し手の態度や表情とメッセージの内容が矛盾する場合には，メッセージの内容そのものは 7%程度しか使われなくなり，口調や話の速さなどの聴覚情報が 38%，見た目などの視覚情報が 55%も占めるようになる（Mehrabian, 1971）．Mehrabian(1971)の研究では，メッセージの内容そのものがメッセージの理解に占める割合が非常に小さかったため，社会的な話題となり，メッセージの内容よりも見た目や伝え方のテクニックの方が重要であるという俗説が巷に流布されるようになった．

Mehrabian(1971)は，メッセージの内容と言語外の情報との間に食い違いのあるどちらかと言えば実験室的な状況を想定しており，日常会話にはあてはまらないかもしれない．また，Mehrabian(1971)の行った実験では，honey, dear，thanks などといった単語のもつ感情価の総体として，メッセージにおける話し手の感情を操作しており，メッセージの内容そのものではない．このような状況では，メッセー

ジの内容よりも言語外の視覚的･聴覚的な情報の影響の方が大きくなるのは当然（平野, 2004）とも言える．そこで，本研究では，メッセージの中に感情価を持つ表現そのものを含めるのではなく，怒りを引き起こす理由を含めることにした．

また，Mehrabian(1971)は，言語外の視覚的な情報として，顔写真を呈示していた．対人コミュニケーションでは相手の表情や音声は時々刻々変化する．そこで，本研究では，より日常的な対面コミュニケーションに近づけるため，動画を使うことにした．

実験では，メッセージが受け手を怒らせる理由のある場合とない場合，話し手の表情に怒りがある場合とそうでない場合，話し手の声のトーンに怒りがある場合とない場合で，2 通り×2 通り×2 通りの計 8 通りに分け，話し手の視覚的な情報，聴覚的な情報，メッセージの内容そのものの要因のうちいずれがどのような場合に，メッセージの理解や話し手が怒っているかどうかの判断に影響を与えるかを調べることにした．

方法

参加者　大学生 86 名であった．

演技者　セミプロの劇団に所属する俳優 6 名であった．年齢は 21 歳から 32 歳までで，平均 28.8 歳であった． また性別で見ると，男性 3 名，女性 3 名となっていた．

材料　**【メッセージ】**　個々のメッセージによって理解や怒りの判断に差が生じないよう言語刺激を作成した．1 メッセージあたり 5 文とし，1 メッセージの文字数を 70 文字前後になるようにした．以下の 3 種類のメッセージを作成した．すなわち，**すべきことをしていない**ことを指摘するメッセージ，**すべきでないことをした**ことを指摘するメッセージ，話し手や聞き手が**怒る理由の書かれていない**メッセージの 3 種類である．初めの二つは，怒る理由があるメッセージになっている．残りの一つは怒る理由のないメッセージで，Mehrabian(1971)における，怒っているとも怒っていないとも受けとることができるような文章に対応させている．

3 種類それぞれについて，具体的なメッセージを，日常会話に良く出てくる以下の 12 のテーマ（田中・鈴木，2011）に沿って作成した．すなわち，旅，遊び，健康，学校，季節，ニュース，友達，仕事，家族，食事，住居，恋人である．

12 のテーマごとにそれぞれ 3 種類のメッセージを作成した．同一のテーマに対しては，怒る理由の違いや怒る理由の有無を除き，できるだけ似た内容になるようにした．

【動画】　以下の 4 種類の話し方で俳優に演技をしてもらい動画を撮影した．**表情も声のトーンも怒っている**，**表情は怒っているが声のトーンは平静を保っている**，**表情は平静だが声のトーンは怒っている**，**表情も声のトーンも平静を保っている**，の 4 種類である．

以上の 4 種類の話し方で，俳優 6 名に，上記の 36 個のメッセージを，それぞれ読みながら演技してもらった．俳優一人あたり 144 個の動画を撮影した．撮影時には，セリフを譜面台にのせ，プロンプターとして使い，カメラに向かって自然な演技ができるよう工夫した．その様子を動画に撮影し，実験材料として使用した．

手続き　実験は個別に行われる．参加者は，実験室に連れてこられ，コンピュータの前に座らせられ，ヘッドフォンをつけるよう言われる．参加者は，言葉や顔からどのような情報を人が得るかを調べることを目的とする実験であると説明される．

参加者がスペースキーを押すと実験が開始され，最初の動画が流される．動画を見た後，参加者は，動画で伝えられたメッセージがどのくらい分かりやすかったかを 5 段階で評定するように言われる．選択肢は『とても分かりやすい』,『分かりやすい』,『どちらともいえない』,『分かりにくい』,『とても分かりに

くい』となっていた.

次に，動画の登場人物（話し手）がどのくらい怒っているかを 5 段階で評定するよう言われる．選択肢は『とても怒っている』,『怒っている』,『どちらともいえない』,『怒っていない』,『とてもまったく怒っていない』となっていた.

以上を 1 試行とし，全部で 36 試行行われる.

実験計画　メッセージタイプ（すべきことをしていないことを伝えるメッセージ，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージ，怒る理由のないメッセージ），話し手の表情（怒りあり，怒りなし），話し手のトーン（怒りあり，怒りなし）を参加者内要因とした．参加者，メッセージ，俳優をランダム要因とした.

結果と考察

メッセージの理解しやすさを評定するのに要した時間の平均値は 2961 ミリ秒（標準偏差 1666 ミリ秒），話し手の怒りを判断するのに要した時間の平均値は 2576 ミリ秒（標準偏差 1702 ミリ秒）であった．以下，理解しやすさ評定に要した時間，および怒り判断の時間の平均値から標準偏差の 3 倍を超えるデータを除外して分析を行った.

メッセージの理解しやすさに及ぼす話し手の表情，トーンの影響　【理解しやすさ評定値】　とても分かりにくいからまでとても分かりやすいまでにそれぞれ 0 から 4 までの数値を割りあて，理解しやすさ評定値を分散分析した．その結果，話し手の表情，話し手の声のトーン，メッセージタイプの主効果がいずれも認められた（順に，$F(1, 10) = 6.18$, $p < .03$; $F(1, 16) = 4.41$, $p < .05$; $F(2, 38) = 9.69$, $p < .0004$）.

話し手の表情に怒りがある場合（2.55, $SE = .08$）の方が，ない場合（2.33, $SE = .08$）よりも理解しやすさ評定値が有意に高かった.

また，話し手の声のトーンに怒りがある場合（2.53, $SE = .08$）の方が，ない場合（2.35, $SE = .08$）よりも理解しやすさ評定値が有意に高かった．メッセージの理解しやすさに，話し手の表情とトーンの両方が同程度に影響していることが分かる.

メッセージタイプの違いがメッセージの理解しやすさにどのように現れたかを見てみると，すべきことをしていないことを伝えるメッセージが最も理解しやすく（2.62, $SE = .08$），次いで，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージ（2.48, $SE = .08$），怒る理由のないメッセージ（2.22, $SE = .08$）となっていた．多重比較（Tukey 法）の結果，すべきことをしていないことを伝えるメッセージ，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージと怒る理由のないメッセージとの間にはそれぞれ有意差が認められた（順に，$t(38) = 4.33$, $p < .0003$; $t(38) = 2.83$, $p < .02$）が，すべきことをしていないことを伝えるメッセージとすべきでないことをしたことを伝えるメッセージとの間には有意差が認められなかった（$t(38) = 1.50$, $p > .30$）．すべきことをしていないことを伝えるメッセージとすべきでないことをしたことを伝えるメッセージは，ともに，怒る理由のあるメッセージになっている．線形対比を構成し，怒る理由のある場合とない場合とで比較したところ，怒る理由のある場合の方が有意に理解しやすさ評定値が高かった（$t(38) = 4.14$, $p < .0002$）．参加者は，メッセージに怒りがあるかどうかを，メッセージそのものからも当然ながら読みとっていた.

次に，交互作用を調べた．その結果，話し手の声のトーンとメッセージタイプとの間の交互作用が有意（$F(2, 30) = 4.73$, $p < .02$）であったが，話し手の表情とメッセージタイプ，表情とトーンとの間の交互作用は有意ではなかった（順に，$F(2, 20) = .99$, $p > .39$; $F(1, 10) = .82$, $p > .39$）．また，表情，トーン，メッセージタイプの 3 次の交互作用も有意ではなった（$F(2, 1408) = 1.87$, $p > .15$）.

話し手の声のトーンとメッセージタイプとの間の交互作用が有意であったので，メッセ

ージタイプごとに分け，トーンの単純主効果を調べた．結果を Figure 1 に示す．怒る理由がメッセージにない場合にトーンの主効果はまったく認められなかった（$F(1, 30) = .06$, $p > .81$）．この場合，トーンに怒りがあっても（2.20，$SE = .10$），なくても（2.23，$SE = .10$）メッセージの理解しやすさに違いはなかった（$t(30) = .24$, $p = 1.00$）．

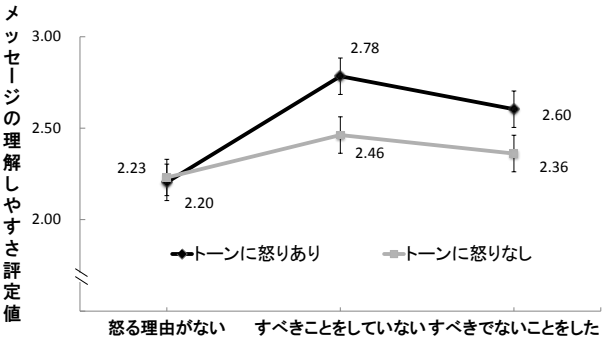


Figure 1. メッセージの理解しやすさに及ぼす話し手の声のトーンの影響.

すべきことをしていないことを伝えるメッセージの場合，および，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージの場合には，トトーンの主効果が認められた（順に，$F(1, 30) = 8.63$, $p < .006$; $F(1, 30) = 4.90$, $p < .03$）．すべきことをしていないことを伝えるメッセージで，かつトーンに怒りがある（2.78，$SE = .10$）方が，トーンに怒りがない（2.46，$SE = .10$）場合よりも有意に理解しやすさ評定値が高かった（$t(30) = 8.63$, $p < .006$）．また，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージも，トーンに怒りがある（2.60，$SE = .10$）方がトーンに怒りがない場合よりも有意に高かった（$t(30) = 4.90$, $p < .03$）．

線形対比を構成し，怒る理由がメッセージにある場合（すべきことをしていないことを伝えるメッセージとすべきでないことをしたことを伝えるメッセージ）とない場合に分けて調べてみると，怒る理由がメッセージにない場合，トーンに怒りがあるときと怒りがないときとで違いは認められなかった（$t(30) = .24$, $p > .81$）が，怒る理由がメッセージにある場合には，トーンに怒りがあるときとないときとの間に有意差が認められた（$t(21) = 3.07$, $p < .004$）．メッセージそのものに怒る理由がないと，トーンの怒りの効果が見られなくなることが分かる．

話し手の声のトーンとメッセージタイプとの間の交互作用が有意であったので，今度は，声のトーンごとにメッセージタイプの単純主効果を調べた．トーンに怒りのある場合，メッセージタイプの主効果が認められた（$F(2, 61) = 14.30$, $p < .0001$）が，トーンに怒りのない場合には認められなかった（$F(2, 61) = 2.20$, $p > .12$）．線形対比の結果，トーンに怒りがある場合，メッセージに怒る理由がある場合の方が怒る理由がない場合（すべきことをしていない場合とすべきでないことをした場合）よりも有意に理解しやすさ評定値が高かった（$t(61) = 5.10$, $p < .0001$）．だだし，トーンに怒りのない場合であっても，メッセージに怒る理由がある場合の方がそうでない場合よりも有意に理解しやすさ評定値が高い傾向が同時に見られた（$t(60) = 1.89$, $p < .07$）．話し手の声のトーンに怒りがあるかどうかは，メッセージの理解しやすさに影響するが，メッセージが怒りの理由を含むか否かとはあまり関係がないことが見てとれる．

以上の結果をまとめると，メッセージの理解しやすさは，基本的に，メッセージの中に怒りの理由があるかどうかで決まるが，話し手の表情も声のトーンもメッセージの理解しやすさに影響を与える．話し手の声のトーンが怒りを含むとメッセージに怒りがあると判断しやすくなる．しかし，すべきことをしていないメッセージでもすべきでないことをしたメッセージでもトーンに怒りがあるかどうかで理解しやすさに有意な差が生じる（Figure 1 を参照のこと）ことから，話し手の声のトーンはメッセージの質的な内容には関係がないことが示唆される．

【理解しやすさを評定するまでの時間】次に，動画を流し始めてから参加者が理解しやすさを評定するまでの時間も分散分析してみた．その結果，話し手の表情，話し手の声のトーン，メッセージタイプの主効果，交互作用のいずれも有意ではなかった．判断するまでの時間には違いが認められない．このことから，理解しやすさを判断する過程そのものに，表情やトーンの有無による違いはないものと推察される．

話し手の怒りを表情，トーン，メッセージのどこから読みとっているか 【怒りの評定値】 話し手の怒りの読みとりとメッセージの理解との間の関係を明らかにするため，話し手の怒りを表情，トーン，メッセージからどのように読みとっているかを調べてみた．

まったく怒っていないからとても怒っているまでそれぞれ 0 から 4 までの数値を割りあて，分散分析を行った．その結果，話し手のトーンとメッセージタイプの主効果がそれぞれ認められた（順に $F(1, 11) = 40.87$, $p < .0001$; $F(2, 42) = 25.22$, $p < .0001$）が，話し手の表情の主効果は有意ではなかった（$F(1, 10) = .04$, $p > .71$）．トーンに怒りがある場合（2.41, $SE = .14$）の方が，ない場合（1.62, $SE = .14$）よりも有意に怒り評定値が高かった．

多重比較（Tukey 法）の結果，すべきことをしていないことを伝えるメッセージ（2.24，$SE = .16$），すべきでないことをしたことを伝えるメッセージ（2.46，$SE = .16$）と怒る理由のないメッセージ（1.35，$SE = .16$）との間にはそれぞれ有意差が認められた（順に，$t(42) = 5.36$, $p < .0001$; $t(42) = 6.71$, $p < .0001$）が，すべきことをしていないことを伝えるメッセージとすべきでないことをしたことを伝えるメッセージとの間には有意差が認められなかった（$t(42) = 1.36$, $p > .37$）．線形対比を構成し，怒る理由のある場合とない場合とで比較したところ，怒る理由のある場合の方が有意に怒り評定値が高かった（$t(42) = 6.97$, $p < .0001$）．

話し手の声のトーンとメッセージタイプに有意な主効果が認められたことから，実験参加者が，話し手の怒りを，声のトーンとメッセージから読みとっていたことが示唆される．

2 次の交互作用を調べたところ，表情とメッセージタイプの交互作用に有意な傾向が認められた（$F(2, 22) = 2.80$, $p < .08$）．Figure 2 に

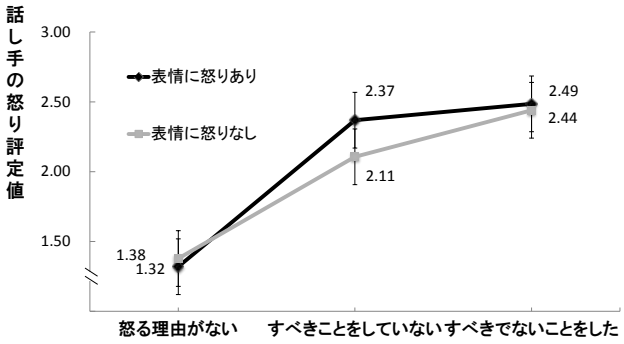


Figure 2. 話し手が怒っているかどうかの判断に及ぼす表情とメッセージの影響.

結果を示す．表情とトーン，トーンとメッセージタイプの交互作用は有意ではなかった（順に，$F(1, 10) = .24$, $p > .63$; $F(2, 32) = 1.90$, $p > .17$）．

表情とメッセージタイプの交互作用に有意な傾向が認められたので，メッセージタイプごとに表情の単純主効果を調べてみると，怒る理由のない場合（表情に怒りあり 1.32，$SE = .20$；表情に怒りなし 1.38，$SE = .20$），すべきことをしていないことを伝えるメッセージ（表情に怒りあり 2.37，$SE = .20$；表情に怒りなし 2.11，$SE = .20$），すべきでないことをしたことを伝えるメッセージ（表情に怒りあり 2.49，$SE = .20$；表情に怒りなし 2.44，$SE = .20$）のいずれでも表情の怒りの有無の差は認められなかった（順に，$t(13) = .25$, $p = 1.00$; $t(13) = 1.12$, $p > .87$; $t(13) = .12$, $p = 1.00$）．ただし，Figure 2 を見ると，すべきことしていないことを伝えるメッセージの場合，表情に怒りがある場合とない場合とで，数字の上では違いがあることが分かる．

3 次の交互作用を調べたところ，表情，声のトーン，メッセージタイプの交互作用に有意な傾向が認められた（$F(2, 2084) = 2.58$, p

< .08）．結果を Figure 3 に示す．Figure 3 を見ると，上の二つの黒い色のグラフ（ともにトーンに怒りがある場合）の怒る理由がないメッセージ，すべきことをしていないメッセージ，すべきでないことをしたメッセージと，下の二つの灰色のグラフ（トーンに怒りがない場合）の怒る理由がないメッセージ，すべきことをしていないメッセージ，すべきでないことをしたメッセージとの間に，それぞれ有意な差が生じている．

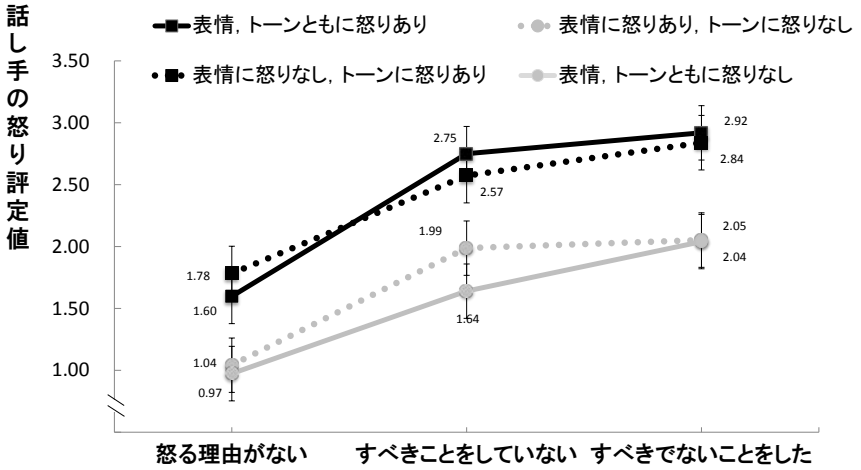


Figure 3. 話し手が怒っているかどうかの判断に及ぼす話し手の表情，声のトーン，メッセージの影響.

上の二つのグラフ，下の二つのグラフの形は，それぞれ Figure 2 の形と似ている．すなわち，表情に怒りがあるかないかで比較すると，声のトーンに怒りがある場合もない場合も，表情に怒りがある方が，すべきことをしていない場合に，有意ではない（上の二つの黒い色のグラフのすべきことをしていない場合 2.75，*SE* = .22；2.57，*SE* = .22；下の二つの灰色のグラフのすべきことをしていない場合 1.99，*SE* = .22；1.64，*SE* = .22）が，数字の上では差が大きくなっている．このことは，怒る理由がないメッセージ，すべきでないことをしたことを伝えるメッセージでは，表情の怒りはあまり読みとられていないが，すべきことをしていないことを伝えるメッセージで，表情の怒りを読みとれたかどうかが数字の上では関わっていることを示している．憶測の域を出ないが，表情に怒りがあるかどうかは，メッセージの怒りの理由の内容の質的な違いを細かく読みとることで変わるのかもしれない．

すべきでないことをしたメッセージの中のイベントはすでに終わったことで，話し手の怒りを買うことが確定しているのに対し，すべきことをしていない場合には，メッセージの中のイベントが将来の出来事なので，話し手の怒りを買っているかどうか判断しにくく，その分聞き手が推測しなければならないことが多くなるように思われる．そのために聞き手は表情を見て情報を増やそうとするのではないか．表情に怒りがあれば，メッセージに怒りがあると判断し，表情に怒りがなければメッセージに怒りはないと判断するようになるのかもしれない．

【話し手の怒りを評定するまでの時間】

動画が表示されてから話し手の怒りの程度を評定するまでの時間も調べてみた．分散分析の結果，話し手の声のトーンの主効果にのみ有意差が認められた（$F(1, 79) = 4.77$, $p < .03$）．トーンが怒りを含んでいる場合（2391 ミリ秒）の方が含まない場合（2480 ミリ秒）よりも有意に判断が早かった．

そもそも話し手の怒りを判断するのに要した時間（平均 2416 ミリ秒，標準偏差 1273 ミリ秒）は，理解しやすさを評定するのに要した時間（平均 2819 ミリ秒，標準偏差 1352 ミリ秒）よりも有意に短かった（$t(2990) = 13.55$, $p < .0001$）．

以上の結果は，声のトーンに対する怒りの判断が先に終了して，その判断がメッセージの理解しやすさに影響を与える可能性を示唆する．声のトーンに対する判断が，メッセー

ジの理解に対して一種の構えになり，メッセージに怒らせる理由があれば，メッセージの理解が早くなり，メッセージに理由がなければメッセージの理解を早めない．メッセージの中の話し手を怒らせる理由の質的な違いに，声のトーンは構えとして働くので，あまり影響しない，と説明できるかもしれない．

一般的考察

本研究では，日常の会話の中で，話し手がメッセージに込める話し手の怒りを，聞き手がどのように理解するかを調べた．

その結果，話し手の声のトーンが，メッセージに怒りがあるかどうかの判断に影響することが示唆された．会議などで声の大きい人の意見の方が良く通る，ということを，我々，おそらく日本語母語話者に限定されるのかもしれないが，経験的に知っている．本研究の結果は，こうした経験とも合う．

本研究には課題も残されている．日常場面の会話を調べることを目的としていたため，本研究では，俳優の演技を撮影したものをそのまま実験刺激として用いた．たまたま出演を依頼した俳優の声の物理的なボリュームが大きかったため，俳優の声のトーンに，実験参加者は注意が向けた可能性もある．

音声のみの場合，動画にメッセージを書いたものを見せる場合，単純にメッセージのみを表示する場合，とに分けてそれぞれ，メッセージの理解しやすさ，話し手の怒りの程度を判断してもらい，比較検討する必要があるかもしれない．そうすることで，表情，声のトーンが単独でメッセージの理解しやすさに及ぼす効果を調べることができる．

また，本研究では，メッセージの理解しやすさ，話し手の怒り判断とも，動画を見終えた後に，事後的に評定を行っていた．そうではなく，メッセージを理解する時間経過を追う必要があったかもしれない．この場合，動画を流し始めてから，メッセージを理解するまでの時間，話し手が怒っていると判断するまでの時間を調べる必要がある．この場合には，別々の参加者に判断してもらうことになるので，話し手が怒っているかどうかの判断ではなく，メッセージに怒りが含まれているかを判断するまでの時間をとるようにした方が，より直接的にメッセージの理解の仕方の違いを考察できる．

本研究の結果から，声のトーンの怒りはメッセージ理解の構えを作り，話し手が怒っていることを前提にメッセージを理解させるが，表情の怒りは，メッセージの理解と同時かまたは事後に，メッセージの内容を理解しながら表情の怒りの情報を補足的に取り込んでいく，というようなメッセージ理解の時間経過が推察された．

我々の日常経験に照らして考えてみると，表情では怒りを抑えても，声のトーンに怒りが現れてしまうという場合と，声のトーンでは怒りを抑えても，表情に怒りが現れてしまう場合とを比較すると，前者の方が頻度的に多いように思われる．

声のトーンを抑えると表情も同時に抑えてしまうことが多いように思えるが，ただ，この場合でも，表情に微妙に現れることはある．こうした経験的な直感に対しても本研究の結果は示唆を与えるかもしれない．

引用文献

Birdwhistell, R.L. (1970). Kinesics and Context, Essays on Body Motion Communication, University of Pennsylvania Press PA: Philadelphia.

Mehrabian, A. (1971). Silent messages, Wadsworth Publishing Company, CA: Belmont.

平野喜久 (2004). 天使と悪魔のビジネス用語辞典, 東京：すばる舎.

田中イデア・鈴木工 (2011). 爆笑を誘うストーリーの組み立て方―「ウケる話」はこうやってつくる，プレジデント. 東京: プレジデント社.

アブストラクト

メッセージの話し手が，話し手の怒りの理由を伝えるとき，話し手の怒りの表情や怒りを含む音声が，メッセージの理解にどのようにどのくらい影響するかを実験的に検討した．動画を見た後，86 人の参加者が，動画で伝えられたメッセージがどのくらい分かりやすかったか，および，話し手がどのくらい怒っているかを評定した．メッセージが話し手を怒らせる理由のある場合とない場合，話し手の表情に怒りがある場合とない場合，話し手の声のトーンに怒りがある場合とない場合の計 8 通りに分け，話し手の視覚的な情報，聴覚的な情報，メッセージの内容そのものの要因のうちいずれがどのように，メッセージの理解や話し手が怒っているかどうかの判断に影響を与えるかを調べた．その結果，話し手の声のトーンが，メッセージに怒りがあるかどうかの判断に影響することが示唆された．声のトーンの怒りは，話し手が怒っていることを前提にメッセージを理解させるが，表情の怒りは，メッセージの理解と同時かまたは事後に，メッセージの内容を理解しながら表情の怒りの情報を補足的に取り込んでいく，というようなメッセージ理解過程の時間経過が推察された．

付録

実験で使われたメッセージ

1 本来すべきことをしていないことを伝えるメッセージ

1-1（旅）そろそろ旅行の計画立てよう．せめて行き先と日程決めたい．来週時間取れそうな日ある？満室とかけっこう出てきちゃったし．来週会って決めちゃおう．

1-2（遊び）飲み会の出欠確認回答した？締め切り昨日だったんだけど．まだ回答してないよね？今日中に回答して．お店の予約も今日中にしちゃいたい．

1-3（健康）怪我したみたいだけど大丈夫？まだ病院行ってないんでしょ？結構ひどいかもって聞いたけど．なるべく早めに病院行きなよ．他のみんなも心配してるんだから．

1-4（学校）今日の授業さぼったでしょ？プリント一応取っておいたから．空欄はこれ見て埋めて．たぶん全部埋めてあるから．次の授業はさぼらずちゃんと来てね．

1-5（季節）今日の天気予報晴れだったよね？傘持ってきてないんだけど．びしょ濡れだし．最近外れすぎだよね．明日は折り畳み傘持ってこよう．

1-6（ニュース）昨日のニュース見た？また負けたみたいだね．なんでこんなに勝てないんだろ．あんなに補強してたのに．今シーズンは結構期待してたんだけどな．

1-7（友達）この間一緒にバイトしようって言ったじゃん．あれ考えてくれた？そろそろ応募締切なんだけど．やりたくないなら言ってね．無理にとは言わないから．

1-8（仕事）昨日シフト出してくれたじゃん？週末出れたりしない？人足りないんだよね．どうしても外せない用事なら仕方ないけど．考えてみて．

1-9（家族）母さんメール届いてなかった？雨ひどいから駅まで迎えに来てって．おかげでびしょ濡れなんだけど．タオル持ってきて．ご飯の前にシャワー入ってくる．

1-10（食事）ご飯まだできないの？もうお腹空いたんだけど．何時にできそう？いつもならもう食べ終わってる時間だし．テレビ観たいから早くしてね．

1-11（住居）そろそろストーブ替え時じゃない？最近全然温かくならないし．電気代も高いんでしょ？床暖房とかも欲しいし．今度観に行こう．

1-12（恋人）クリスマスの夜どこ食べに行く？そろそろ決めなきゃね．もう一か月切ったし．去年はギリギリで失敗したからさ．今年はちゃんと予約して行こう．

2 本来すべきでないことをしたことを伝えるメッセージ

2-1（旅）ホテル予約してくれたんだって？わざわざありがとうね．値段的にも立地的にも良いとこそうだね．けど少し相談して欲しかったな，予算のこともあるし．

2-2（遊び）来週 5 人で遊ぶことになったの？偶数の方がいいなと思ってたんだけど．アトラクション 1 人余っちゃうし．でも断れないよね？もう一人誘って 6 人にする？

2-3（健康）マッサージ器買ったんだってね．本当に必要なの？しかもけっこう高かったんでしょ？ちゃんと頻繁に使いなよ．お金の無駄になっちゃうから．

2-4（学校）席取っとかなくて良かったんじゃない？あんまり人いないし．朝早く起きたのに．来週からは取らなくていいよね？来週はゆっくり寝てよう．

2-5（季節）今日傘持ってくる必要なかったね．天気予報雨って言ってたのに．荷物になるし．折り畳み傘にすればよかった．明日は本当に雨降るかな？

2-6（ニュース）スポーツ新聞見た？あの選手補強する必要なくない？前のチームでもいまいちだったのに．もっといい選手いるでしょ．来年もこのままじゃ厳しいかな．

2-7（友達）さっき授業中に電話してきたでしょ？出れるわけないでしょ．LINE なら全然見れたのに．なんか大事な話なの？今なら時間取れろけど．

2-8（仕事）このお客さん対応したよね？するからよかったのに．常連さんだから．失礼ないように丁寧に対応してね．まぁでもありがとう．

2-9（家族）父さんに話したでしょ？そろそろ部活やめようかなって話．自分から言おうと思ってたのに．絶対怒るじゃん．まぁなかなか言うタイミングなかったけどさ．

2-10（食事）この前とカレーのルー変えた？前より結構辛くない？舌ヒリヒリするんだけど．辛いの苦手だって知ってるでしょ？前のくらいでちょうどよかったのに．
2-11（住居）ここに置いてあったハサミどこやった？まだ使うから置いといたのに．片づけちゃった？自分で最後片づけるからいいのに．ちょっと取ってきて．
2-12（恋人）付き合ったことバイトの人に言ったしょ？内緒だって言ったじゃん．からかわれるから．結構面倒なんだからね．まぁいつかばれるんだけど．

3 怒る理由のないメッセージ
3-1（旅）今度のアメリカ旅行楽しみだね．ホテルもきれいそうだし．天気良いと良いんだけど．あとはご飯食べる所だね．せっかくだから有名なところ行きたいな．
3-2（遊び）ライブのチケットなんとか取れたよ．しかもけっこう前の方で良い席．少し高かったけどね．でも楽しみだね．他の人なかなかチケット取れなかったみたいだし．
3-3（健康）最近ジム通い始めたんでしょ？どんな感じなの？けっこう通うか迷ってるんだよね．最近運動不足だし．良い感じなら行こうかと思ってるんだけど．
3-4（学校）ようやく前期も終わったね．すごい長く感じなかった？しかもテスト難しかったよね？単位ちゃんと取れてるかな？夏休みどっかで飲み行こうね．
3-5（季節）最近急に寒くなってきたよね．コート引っ張り出さなきゃ．マフラーと手袋も．早く春にならないかな．寒いといろいろ大変だから嫌だな．
3-6（ニュース）昨日のニュース見た？最近円高になってるらしいね．ちょうど海外行くからラッキーだよね．おかげで安く済みそう．美味しいものいっぱい食べよう．
3-7（友達）この間話したゲームあったじゃん．あれやってみない？今始めれば特典付くよ．結構暇つぶしになるよ．課金しなくても全然楽しめるし．
3-8（仕事）バイト最近忙しくない？お客さん途切れないよね．おかげで時間経つの早い．早上がりも全然ないしたくさん稼げるよね．シフト増やそうかな．
3-9（家族）今度お寿司でも行かない？初任給貰ったからごちそうするよ．高いところは無理だけど．みんなに予定聞いてみて．個人的には日曜日がいいかな．
3-10（食事）昨日行ったお店どうだった？もつ鍋食べた？美味しいって有名じゃん．友達と行きたいねって話してたんだよね．評判通りなら今度行こうかな．
3-11（住居）今家賃ってどのくらいなの？今度一人暮らしするんだよね．だから参考にしたい．あそこらへんけっこう考えてるんだ．立地的にもいいし．
3-12（恋人）誕生日プレゼントありがとうね．欲しいって言ったの覚えてたんだね．大切に使います．来月楽しみにしててね．もう誕生日何プレゼントするか決めてるから．

ロボットに顔のパーツがあることの効果
The effect of having a facial feature with a robot

加藤由香利[†], 新垣紀子[†], 中村國則[†], 西脇裕作[‡], 岡田美智男[‡]

Yukari Kato[†], Noriko Shingaki[†], Kuninori Nakamura[†], Yusaku Nishiwaki[‡], Michio Okada[‡]

[†]成城大学大学院 社会イノベーション研究科, [‡]豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

[†]Seijo University, [‡]Toyohashi University of Technology

17m1002@u.seijo.ac.jp

Abstract

As use of robots in our daily lives become widespread, it is important that robots are perceived as user-friendly by potential users. The aim of this study was to examine the effect of a robot's appearance on a user's motivation to interact with the robot. 120 participants one of four kinds of box-shaped robots in the pictures, i.e, a robot with eyes and a mouth, a robot only with a mouth, a robot only with eyes and a robot with no facial features. Participants were asked to rate each robot's impression on the robot's speaking functions and if they would want to interact with the robot. The result of the study suggested the importance of having a facial feature in motivating users to interact with a communication robot.

Keywords — Communication Robot, Human-Robot interaction

1. 問題と目的

現在，スマートスピーカーや家庭向けのコミュニケーションロボットなどの機器が多くの企業から販売され，身近な存在になってきている。店舗の受付や商品説明のスタッフとしてロボットが活用されているケースも増えてきている[1]。渡辺・小川・石黒[2]は，フィールド実験により，アンドロイドが販売員として社会的な存在を担える可能性を示している。また，高齢者福祉施設では，ロボットがいることでなごやかな空間が生まれ，高齢者同士のコミュニケーションも促進されている事例がある[3]。このように，ロボットは今後さらなる発展が期待される分野であるといえる。

スマートスピーカーやロボットには音声を使用した操作や対話ができるものも多く，現在，ロボットとのコミュニケーションは音声インタフェースが主流である。しかし，音声対話インタフェースを日常的に使用する人は少ないという現状があり[4][5][6]，音声インタフェースの日常的な利用にはまだ障壁があるといえる。

「話しにくさ」を感じる要因の 1 つとして，スマートフォンやスマートスピーカーといった，“モノ”に一方的に話しかけることの違和感がある人が多いのではないかと考える。Pepper(ソフトバンクグループ社)[1]や，Sota(ヴイストン社)[7]など，多くのコミュニケーションロボットには，目や口といった顔のパーツがあることから，顔のパーツがあることで，モノに向かって話すことの違和感が軽減され，話しやすくなるのではないかと考えられる。

一方で，長谷川・原田・栢野・大澤[8]の実験では，オーブンレンジに目や腕のパーツをつけ，身体性を付与した場合，“エージェントの知性”の評価が低下したという結果が得られている。人間らしいパーツ付与することによって，性能面を低く評価される可能性がある。

ロボットの顔は，具体的な機能を予想する際にも影響があると考える。小松・山田[9]の実験では，「宝探しゲーム」のエージェントとしてロボットを用いた場合，参加者が期待する機能に，ロボットの外見の違いは影響を与えなかったことを明らかにしている。しかし，ロボットの外見の違いが，会話機能の予測に影響するかについては，明らかにされておらず，ロボットの顔の違いが，会話機能の予測に影響を与えるかについて調査する必要があると考える。

また，人とロボットの会話場面では，ロボットが人にとって話してみたいと思われる存在である必要があると考えられる。ロボットの外見は，話してみたいと思うことへ影響を与えるのかについても，また明ら

かにされていない。

本研究では，ロボットと人のコミュニケーションにおいて，どのような要素が「話しやすさ」に影響するのかを調査することを目的とする。その最初の段階として，ロボットに目，口を付与することが，(1)ロボットの親しみやすさ，性能の評価，(2)機能の予測，(3)話してみたいと思うかどうか，にどのように影響するのか，まずロボットの外見のみの印象を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1. 調査参加者

男性 46 名，女性 74 名の計 120 名(平均年齢=21.19 歳，SD=1.11)であった。

2.2. 提示写真

評価対象には，豊橋技術科学大学岡田研究室の箱型ロボットのトウフ[10]の写真を用いた。顔のパーツの有無による効果を明らかにするため，その他のパーツがシンプルであるトウフは，本調査で用いるロボットとして適していると考え，選択した。

提示写真は，顔のパーツがないもの(以下，目・口なし条件)，目のイラストを付与したもの(以下，目のみ条件)，口のイラストを付与したもの(以下，口のみ条件)，目と口のイラストを付与したもの(以下，目・口あり条件)の 4 種類作成した(図 1)。参加者には，これらの 4 条件のうち，1 条件がランダムに割り当てられた。

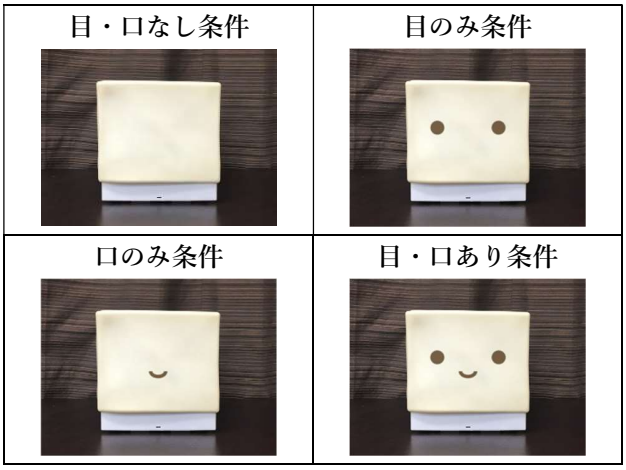


図 1 本調査で用いた提示写真

2.3. 手続き

調査には Google フォームを使用した。参加者に，QR コードや URL からアンケートのページにアクセスしてもらい，各自のスマートフォンやタブレット，パソコン上で回答してもらった。

2.4. 質問項目

2.4.1. 印象評価

「このロボットは，以下のそれぞれの項目にどの程度あてはまると思いますか」と尋ね，「親しみやすい」「高性能」について，「1 あてはまらない」から「7 あてはまる」までの 7 件法で回答を求めた。

2.4.2. 機能の予測

「このロボットは，以下の項目をどの程度できると思いますか」と尋ね，「音声を認識すること」「言葉を話すこと」「あなたと会話すること」の 3 項目について，「1 できない」から「7 できる」までの 7 件法で回答を求めた。

2.4.3. 話してみたいと思うかどうか

「このロボットに，会話できる機能がある場合，あなたは「話してみたい」と思いますか」と尋ね，「1 話してみたくない」から「7 話してみたい」までの 7 件法で回答を求めた。

3. 結果

3.1. 印象評価

ロボットの顔のパーツの有無によって，「親しみやすい」，「高性能」の平均得点に差があるかを明らかにするため，独立変数を目(あり・なし)，口(あり・なし)，従属変数を「親しみやすい」，「高性能」とする，対応のない 2 要因分散分析を行った(図 2, 3)。

分析の結果，「親しみやすい」は，目，口の主効果が有意となり ($F(1,116)=32.02$, $p<.001$, $\eta^2=.221$; $F(1,116)=29.05$, $p<.001$, $\eta^2=.200$)，交互作用 ($F(1,116)=0.57$, $p=.45$, $\eta^2=.005$)は有意ではなかった。

「高性能」は，目，口の主効果は有意でなく ($F(1,116)=0.66$, $p=.42$, $\eta^2=.006$; $F(1,116)=0.02$, $p=.89$, $\eta^2=.000$)，交互作用が有意となった($F(1, 116)= 4.67$, $p<.05$, $\eta^2=.039$)。単純主効果検定の結果，目のみ条件よ

り，目・口なし条件が有意に高いことが明らかになった($F(1,116)=4.42, p<.05, \eta^2=.037$)。

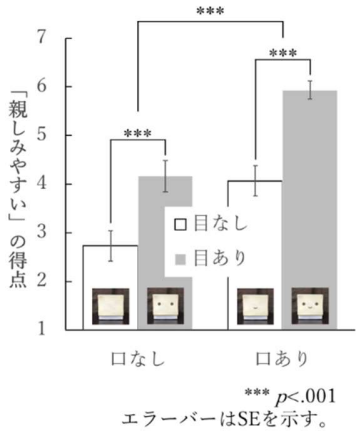


図 2 「親しみやすい」得点の平均値

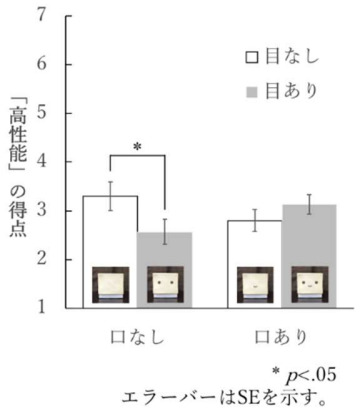


図 3 「高性能」得点の平均値

3.2. 機能の予測

ロボットの顔のパーツの有無は，機能の予測に影響するのかを明らかにするため，独立変数を目(あり・なし)，口(あり・なし)，従属変数を「音声を認識すること」，「言葉を話すこと」，「あなたと会話をすること」とする，対応のない 2 要因分散分析を行った(図 4〜6)。

分析の結果，「音声を認識すること」は，口の主効果に有意傾向がみられ($F(1, 116)=3.53, p<.10, \eta^2=.030$)，目の主効果，交互作用は有意ではなかった($F(1, 116)=0.94, p=.34, \eta^2=.008$; $F(1, 116)=2.72, p=.10, \eta^2=.023$)。

「言葉を話すこと」は，口の主効果のみ有意となり($F(1, 115)=10.49, p<.01, \eta^2=.084$)，目の主効果，交互作用は有意でなかった($F(1, 115)=0.18, p=.68, \eta^2=.002$; $F(1, 115)=0.00, p=.96, \eta^2=.000$)。

「あなたと会話をすること」は，口の主効果のみ有意となり($F(1, 116)=16.20, p<.001, \eta^2=.123$)，目の主効果，交互作用は有意でなかった($F(1, 116)=0.25, p=.62, \eta^2=.002$; $F(1, 116)=0.01, p=.92, \eta^2=.000$)。

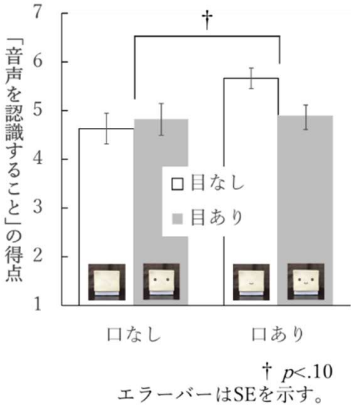


図 4「音声を認識すること」得点の平均値

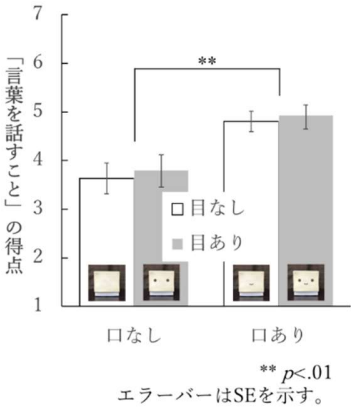


図 5 「言葉を話すこと」得点の平均値

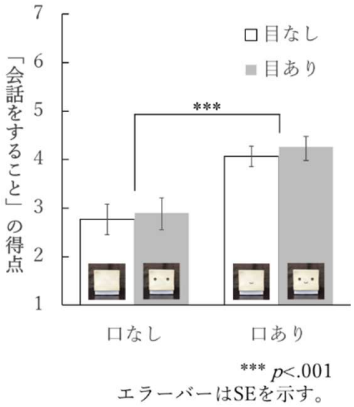


図 6 「会話をすること」得点の平均値

3.3. 話してみたいと思うかどうか

ロボットの顔のパーツの有無は，話してみたいと思うかどうかに影響するのかを明らかにするため，独立変数を目(あり・なし), 口(あり・なし), 従属変数を「話してみたい」得点とする，対応のない 2 要因分散分析を行った(図 7)。分析の結果，目，口の主効果($F(1, 116)=0.90$, $p=34$, $\eta^2=.008$; $F(1, 116)=1.30$, $p=.26$, $\eta^2=.011$)，交互作用($F(1, 116)=0.32$, $p=.57$, $\eta^2=.003$)ともに有意ではなかった。

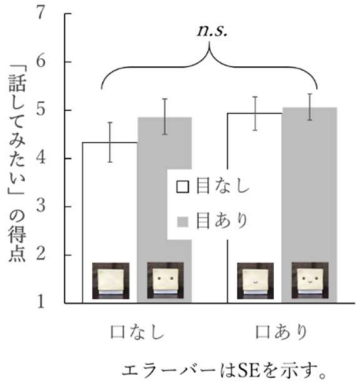


図 7 「話してみたい」得点の平均値

4. 考察

本調査は，ロボットに目，口を付与したときの(1)ロボットに対する印象，(2)機能の予測，(3)話してみたいと思うかどうか，への影響を明らかにすることを目的として行った。

「親しみやすい」は，目，口の主効果がそれぞれ有意であり，交互作用は有意でなかった。ロボットに目，口があることによって親しみやすさが高く評価されるようになるが，目と口で親しみやすさの上昇の仕方には差はないことがわかった。

「高性能」は，目，口の有無による主効果は有意でなく，交互作用のみ有意となった。先行研究[8]より，ロボットに目，口を付与することで，性能が低く評価されると予想していたが，本研究の結果では，ロボットの目と口の有無の性能の評価への影響はみられなかった。しかし，今回用いた目，口は，イラストであったため，スピーカーやカメラなどを思わせるような目，口の場合では，逆に性能を高く評価される可能性もあり，今後詳細な検討が必要である。

機能の予測得点の平均値を比較した結果，「言葉を話すこと」「会話をすること」で口の主効果が有意であり，「音声を認識すること」で，口の主効果が有意傾向であった。口があることで，会話に関連する機能がありそうだと判断される傾向があることが明らかになった。ロボットが話せそうだと思ってもらうには，口だと認識されるパーツが必要だと考えられる。本研究の結果より，会話機能に関しては，ロボットの外見が機能の予測に影響を及ぼすことが明らかになった。

「話してみたいと思うか」では，各条件間の有意差はみられなかった。ただ，今回はロボットと会話する状況設定が明確でなかったため，参加者はどのようなロボットで，どのようなことができるのかといったことを想定するのが難しかった可能性がある。実験の際には，状況設定を明確にする必要がある。

5. 今後の展望

本調査により，ロボットに目，口があることは，親しみやすさにつながり，目と口の両方があることで，親しみやすく，会話できそうなロボットだと評価されることが明らかになった。

今回得られた結果をもとに，ロボットとの実際のインタラクションの場面では，ロボットの外見が親しみやすいことが，そのロボットへの話しかけやすさや，会話を継続する動機に影響するのかを明らかにすることを目的とした実験を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は，科学研究費(課題番号 18K11966)および成城大学特別研究助成の支援を受けました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

[1] ソフトバンクグループ株式会社 https://www.softbank.jp/robot/
[2] 渡辺美紀・小川治平・石黒浩 (2016). ミナミちゃん：販売を通じたアンドロイドの実社会への応用と検証, 情報処理学会論文誌, 57, 1251-1261.
[3] 岡田美智男 (2012).『弱いロボット』, 東京 : 医学書院.
[4] Marsh 社 (2016).【音声認識機能／会話機能】に関するアンケート調査.
[5] MMD 研究所 (2017). スマートフォンの音声入力及

び，スマートスピーカーに関する調査,
https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1676.html
[6] アイブリッジ社 (2018). スマートスピーカーに関する調査. http://www.research-plus.net/html/investigation/report/index128.html
[7] ヴイストン社 https://www.vstone.co.jp/products/sota/
[8] 長谷川莉子・原田悦子・栢野航・大澤博隆 (2015). エージェント利用システムに対する生物らしさ知覚の検討：年齢群間比較, 認知心理学会第 13 回大会論文集, 5.
[9] 小松孝徳・山田誠二 (2009). 適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響, 人工知能学会論文誌, 24, 232-240.
[10] 吉池佑太・岡田美智男 (2009). ソーシャルな存在とは何か-Sociable PC に対する同型性の帰属傾向について-, 電子情報通信学会論文誌, 92, 743-751.