

# 対人インタラクションでの飽きと学習の関係 -協力ゲーム花火を題材とした行動分析-

## Relationship Between Boring and Learning in Interpersonal Interaction

-Behavior analysis on cooperative card game “Hanabi”-

板倉菜々香<sup>1</sup> 米田凌<sup>1</sup> 與野木龍<sup>1</sup> 大本義正<sup>1</sup> 森田純哉<sup>1</sup>

Nanaka Itakura<sup>1</sup>, Ryo Yoneda<sup>1</sup>, Ryu Yonoki<sup>1</sup>, Yoshimasa Ohmoto<sup>1</sup>, and Junya Morita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学情報学部

<sup>1</sup> Faculty of Informatics, Shizuoka University

**Abstract:** 近年 HAI において持続的なインタラクションに関する検討が盛んに行われている。しかし、人間の飽きのメカニズム、学習との関係については十分に理解されているとは言い難い。本研究では対人インタラクションにおける高い粒度の行動データ（言語、プロソディ、動作）から、学習によるインタラクションの円滑化のプロセスと飽きを生じさせないプロセスの特徴を抽出することを目指す。

### 1. はじめに

人間は、実生活の多くの場面で、他者と協力して共通の課題を遂行する。また、近年の教育現場では、他者との協調を通して個人の成長を促すアクティブラーニングが盛んにおこなわれている。こういった協調を対象にした研究は、認知科学や学習科学など多様な分野において行われている。HAI (Human-Agent Interaction) においても多くの研究者が、協調的なエージェントの設計や実装の方法を検討してきた。そのなかには、人間による協調的インタラクションにおける視線や身体動作の特徴を抽出し、人工物の設計に生かす研究も存在する。

人間との協調的な関係をになうエージェントを考える際に、HAI の分野でしばしば指摘されるのが飽きの問題である。ロボットやバーチャルエージェントと対峙する人間は、当初は目新しさによって、意欲的にインタラクションに参加する。しかし、そのやり取りを繰り返すうちに、エージェントの反応に面白みを感じなくなり、インタラクションをやめてしまう。

著者らは、この問題を人間による学習のメカニズムと関係づけて考える。人間による学習の一つの側面は、手続き化のプロセスとして説明できる[1]。人間は初めて直面する課題を、課題構造の符号化や過去の関連する記憶の意識的な検索などを通して遂行する。それを何度も繰り返すことで手続きが自動化され、意識をせずとも問題が解決できるようになる。

このような手続き化のプロセスは、協調的なインタラクションの場面でも観察できる。通常、人間は同じ人間と何度もコミュニケーションをとるうちに、相手のパーソナリティを把握し、その反応を予測できるようになる。こういった反応の予測はコミュニケーションの円滑化を促す一方で、予測が過度に進んだ場合は飽きを生じさせると考えられる。

上記の仮定から、従来の HAI において問題とされてきた持続的なインタラクションの困難さは、人間の学習にともなう飽きを原因とすると考えることができる。一方で、人間は相手の反応を予測したうえで長いインタラクションを繰り返すこともできる。よって、持続的なインタラクションの設計を行うためには、手続き化による学習が進みつつも飽きが生じない人間による協調のプロセスを分析することが有効である。

### 1.2 目的

本研究では、人間によるインタラクションにおける飽きと学習の関係性を明らかにすることを目的とする。具体的には、複数のグループに分かれた実験参加者に対して、新奇な協調ゲームに取り組みさせる。そのなかで、発話や行動データ、ゲーム後のアンケートを通して学習プロセスを検討する。これらのプロセスからグループ間の差異を検討し、学習によるインタラクションの円滑化のプロセスと、飽きを生じさせないプロセスの特徴を抽出することを目指す。

## 2. 関連研究

人間の行動を実験的に検討する際に、複雑な日常をそのまま対象とするのではなく、ルールや取りうる行動が限定された場を設定することは有効である。インタラクションにかかわる研究においては、複数名が参加するゲームを用いた研究が古くから行われてきた。近年のHAIの分野においても、人狼ゲームから得られた行動をもとに、非言語情報の分析を行う研究が存在する[2]。また、協調的なエージェントとのインタラクションに関しては、花火ゲームを用いた研究などが存在する[3]。

人間同士の協調的なインタラクションの形成(学習)に関しては、小嶋らの実験記号論に基づく研究が参考になる[4]。ここで実験記号論とは言語などの通常のコミュニケーション手段が制限された状況において、協調を成立させる新たな記号システムを形成させる実験パラダイムである。小嶋らの研究においては、当初コミュニケーションが困難であった参加者が、協調ゲームを繰り返すことによって、飛躍的にゲーム成績を向上させたことが示される。そのなかでも後半のゲームの成績を特に伸ばしたのは、反復を好むパーソナリティ(自閉症的な傾向)を有する個人であった。この知見は逆説的に、人間同士の協調における飽きの生起を示唆する。通常の間人であれば飽きてパフォーマンスが低下する局面において、自閉症的な傾向を有する個人は長時間にわたる課題を継続させた可能性がある。

パーソナリティとインタラクションの継続に関しては、岡らがより直接的な知見を示している[5]。岡らの研究において、実験参加者はペアになり、迷路内での鬼ごっこを繰り返した。実験中、実験参加者はゲームに飽きた段階で、いつでも課題をやめることができた。課題をやめるまでに行われたゲーム数と実験参加者のパーソナリティの関係を検討した。パーソナリティに関わる複数の指標を検討した結果、ゲームの継続と有意に相関したのは、ペア内での自閉症傾向の得点差であった。

岡らの研究の重要な点は、単にペア内での自閉傾向の高さがインタラクションを継続させたのではなく、個人特性の差異がインタラクション継続に影響したことである。この結果の一つの解釈として、他者の振る舞いの予測可能性を考えることができる。通常、人間は自分と類似する他者の振る舞いを容易に予測し、自分と異なる他者の振る舞いを予測することは困難である。よって、自分とは異なる他者を行うゲームにおいて、人間は他者から予期せぬ反応を受け取り、飽きの抑制につながったのかもしれない。

上記のような解釈は近年研究が盛んな内発的動機づけを有するエージェントの研究とも整合的である。近年の深層強化学習に関わる研究では、新奇な刺激の発見に付随する報酬が、エージェントによるゲームの継続を支え、パフォーマンスを向上させることを示している[6]。この知見に基づき、長島は、学習に伴う予測可能性の向上による飽きに関する認知モデルを構築し、岡らの課題を対象としたインタラクションの継続を議論した[7]。

インタラクションにおける予測可能性による飽きに関しては、実験室におけるゲーム課題だけで指摘されているわけではない。ヒューズらは芸術分野において行われる即興劇に注目し、インタラクションの変化を検討している。即興劇とは台本のない状態で行われる劇であり、役者によるアドリブの演技を楽しむものである。ヒューズらは即興劇と通常の台本に基づく劇の差異を検討するために、即興劇で行われた演技を役者に繰り返させる実験を実施した。その結果、即興劇の初期においては役者間の発話が重なり合うのに対して、同じ演技を繰り返すうちに重なり頻度が減少していくことを見出した。他者の振る舞いの予測によってコミュニケーションが円滑化されるとともに、即興劇としての特質が失われていくと解釈できる[8]。

上記のように、協調の進展に伴う飽きを抑制する要因、あるいは協調の進展にともなうインタラクションの変化に関する研究は行われている。しかし、過去の研究において扱われるインタラクションのモダリティは限定的であり、統合的なデータからの検討はなされていない。本実験では、発話や時間経過、参加者へのアンケートを通して、より多角的な視点から、飽きと学習の関係を検討する。

## 3. 方法

### 3.1 課題

協調に関わる課題として、本研究では、協力ゲーム花火を用いた。このゲームは、一般的にはそれほど普及しておらず、実験参加者となる大学生にとってはなじみのない新奇なゲームとなる。また、対面で行う花火は、身体動作や発話などを伴うため、インタラクションにおける統合的なデータを入手できる。

花火は数字の1から5が印刷された5色のカード50枚を利用したゲームである。このカードを3名から5名で構成される参加者に、それぞれ4から5枚配布する。参加者は配布されたカードを小さい番号から順番に場に出していく。最終的に場に各色のカ

ード1, 2, 3, 4, 5が揃うことが目的とする。その際の重要な制約として、各参加者は自分が有するカードの情報を直接見ることができない。配布されたカードを参加者は自分には見えないようにゲームに参加する他者に向けて持つ。参加者は自分の順番になったら、カードを捨てる、他者にカードの情報を教える、自分の手札を出すかのどれかを選ぶ。他者へのカードの情報の伝達は、制限されており、一度に色もしくは数字のいずれかのみしか伝えることができない。よってゲームを効率的に遂行するためには、情報伝達の方法などを定めるなど、参加者間での適切な協調関係を築いていく必要がある。

なお、今回の実験においては、学習過程を観察するために、手札を減らし、ゲームの進行を早めることにした。白、青、黄色、赤、緑の各色に対して、1, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4の数字が印刷された合計45枚のカードを用いた。

### 3.2 参加者

静岡大学3年生の学生11人を対象とした。11名の参加者は3グループ(Aグループ4名、Bグループ4名、Cグループ3名)にランダムに分けられた。

### 3.3 手続き

実験は参加者の受講する授業内で一斉に行われた。各グループは教室内の別の場所に分かれて着席した。それぞれのグループのブースの周囲にはパーティションが設置され、他グループと遮断された。ブースの中央には机が配置され、参加者は机を囲むように着席した。机の上には花火およびマニュアルを配置した。また、マニュアルは本実験の前に配布し、事前に読むことを指示した。

課題は60分間続けられた。参加者はその間に何度も花火を繰り返すことを求められた。時間内にできるだけ多くのゲームを繰り返し、高い合計得点を稼ぐように教示された。また、参加者には各ゲームの得点を記録するための記録表が配布され、一つのゲームが終了するたびに得点および終了時刻を記載することが求められた。実験中の雑談などについて制限をしなかったが、雑談にゲームの進行に関わる情報を含めないことを注意した。

全地球カメラ(RICHO THETA S)を利用することで、実験参加者による音声と動画を記録した。図1が、実験風景である。また、ゲーム後に各参加者に



図 1: 実験風景

アンケート調査を実施した。

## 4. 分析

全地球カメラに記録された動画と音声を利用した分析を実施した。今回の報告においてはこのうち音声データに焦点を当てた結果を報告する。

音声データの分析においては、グループ内での協調関係の構築プロセスを検討するために、各ゲームでの各参加者の発話回数と、ゲームの持続時間を調べた。発話内容の分析においては、ゲーム開始からゲーム終了までの発話を各グループの各参加者に書き起こし、先行研究[9]をもとにELANにまとめた。図2がELANへの書き起こしの様子である。ELANにまとめられたデータにもとづいて、ゲームごとの発話の重複回数をカウントした。

飽きに関する評価を行うため、参加者にアンケートを行った。内容は、以下の通りである。

1. ゲームは飽きましたか。
2. ゲームに飽きた理由、飽きなかった理由を教えてください。
3. 何回、何分位ゲームをやったら飽きると思いますか。
4. ゲームを行ううえで工夫したことがあれば教えてください。
5. 何ゲーム目からゲームのルールや仕組みに慣れましたか。
6. その他意見またはコメント。

上記のデータを利用することで、実験に参加した3つのグループによる協調的インタラクションの形成過程を事例的に検討した。この検討を通して、観察されたプロセスの特徴と飽きの関係について考察することにする。



図 2: ELAN への書き起こし

## 5. 結果と考察

### 5.1 ゲーム遂行回数

60 分間の実験時間の中で、A グループは 5 回、B グループは 3 回、C グループは 4 回のゲームを繰り返した。このように今回の実験では各グループで異なるゲームの進行となった。実験の教示として多くのゲームを繰り返すことを教示していたが、B グループにおいてはそれに従わない結果となった。

### 5.2 ゲーム遂行時間の推移

図 3 に各グループにおけるゲーム遂行時間の推移をまとめた。A グループと C グループにおいては、ゲームの進行に伴う課題時間の減少を観察することができる。それに対して、B グループにおいては初めのゲームから 2 回目のゲームにおいて減少を認められるものの、3 回目のゲームにおいてゲーム遂行時間が上昇している。このことから、A グループと C グループにおいては課題の繰り返しに伴う協調的インタラクションの形成が生じたに対して、B グループにおいては形成されなかったといえる。

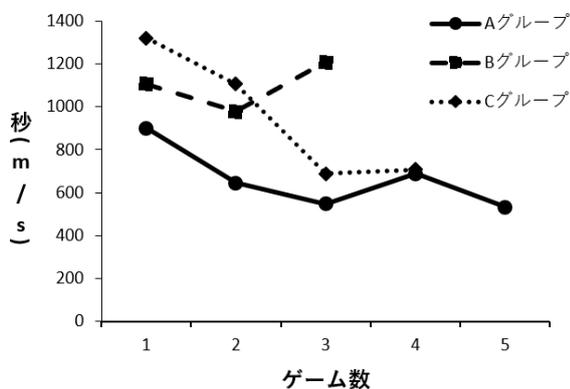


図 3: 各グループのゲーム時間

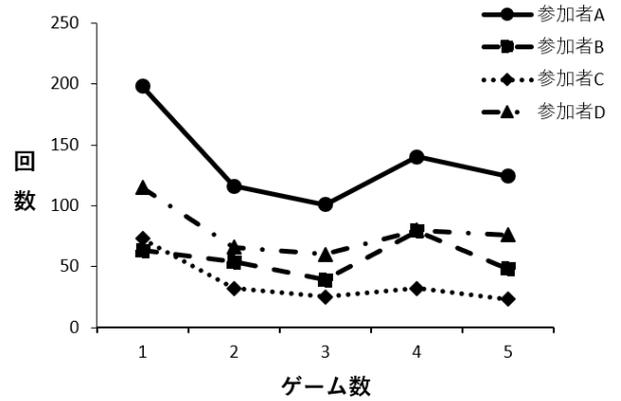


図 4: A グループの発話回数

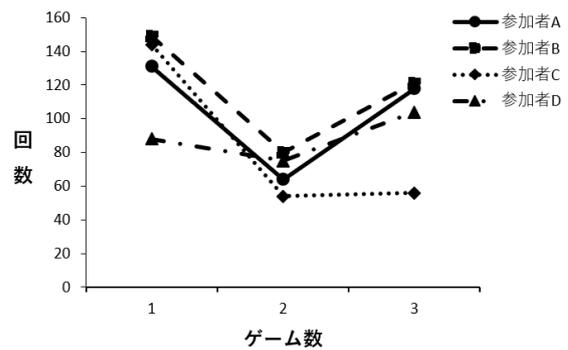


図 5: B グループの発話回数

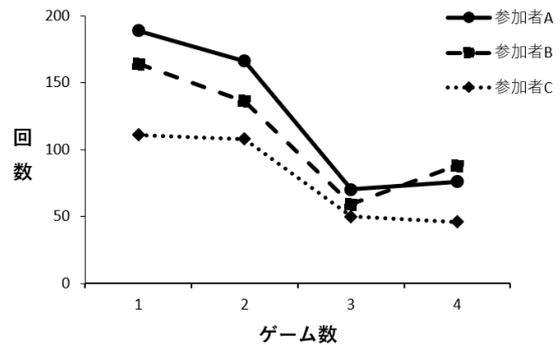


図 6: C グループの発話回数

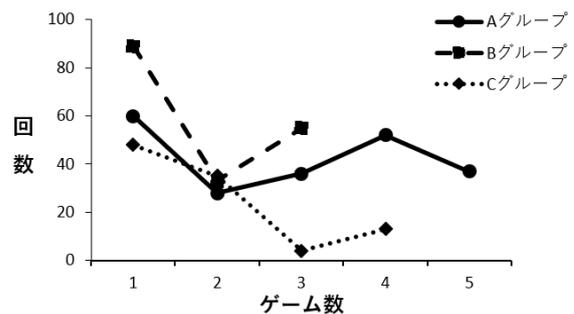


図 7: 各グループの発話重複回数

### 5.3 ゲーム中の発話に関わる指標

上記の結果の原因を検討するため、ゲーム内での発話回数（ゲーム時間で正規化）を分析した。図4から図6に各グループの発話数の推移を示す。グラフ内の発話数の推移は、基本的には各グループにおけるゲーム時間の推移に従っている。AグループとCグループにおいては発話数がゲームの進展とともに減少したのに対し、Bグループにおいては3回目のゲームで増加した。

グループ内での発話者の割合については、Aグループにおいては全てのゲームにおいて同じ参加者(A)が最も多くの発話を行った。また、Cグループにおいては、最後のゲームを除いて参加者A, B, Cの発話量の順位(A > B > C)は変わらなかった。それに対して、Bグループにおいては、参加者間で発話量は比較的均等なものとなった。つまり、他グループにおいてはグループ内での役割が固定化されていたのに対して、Bグループにおいてはグループ内での役割が流動的であったことが示唆される。

さらに、ゲームの繰り返しに伴うインタラクションの変容を検討するために、ヒュースらと同様に、発話の重複回数をカウントした。図6に各グループにおけるゲームの進行による重複回数の推移を示した。Cグループにおいて、発話の重複は単調に減少し、Aグループにおいては変化しなかった。Bグループにおいては常に重複回数が多い結果となり、このグループにおけるインタラクションが円滑化されないものであったことが示唆される。

### 5.4 Bグループにおけるターン時間の推移

ここまでの分析から、Bグループにおいて通常の協調的インタラクションの形成過程とは異なるプロセスが生じていたことが示唆される。その原因を探るために、Bグループのプロセスに焦点を当てた分析を行った。

図8は、Bグループの各ゲームにおけるターン数およびターン時間の推移である。ここでターンは、グループ内の各参加者の手番が一巡したこととして定義する。Bグループにおいては、後半のターンにおいて多くの時間が費やされていることがわかる。発話内容を参照すると、ゲーム後半において、「このゲーム無理じゃない」「(ゲームがうまくいくという)奇跡を信じよう」、などの発話があり、ゲームが順調には進行していない様子が観察された。

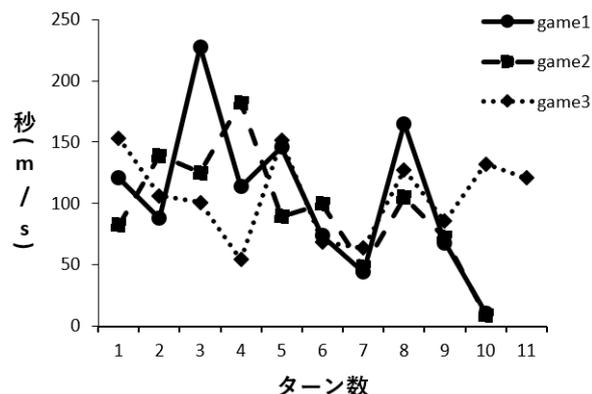


図 8: Bグループのターン時間の推移

### 5.5 アンケート結果

ここまでの結果から、Bグループにおけるインタラクションは順調なものではなかったことが示唆される。このようなインタラクションに対する参加者の主観的な印象を検討した。ゲーム後のアンケートでは、実験中に飽きを感じたかを尋ねた。結果として、Bグループにおいて飽きを報告した参加者は1名も存在しなかった。それに対して、AグループとCグループでは飽きを報告した参加者が1名ずつ存在した。Bグループの参加者が飽きなかった理由は、「メンバーが積極的だった」、「ゲームごとでカードが違うため飽きなかった」、「グループ内で会話が弾んだ」などが挙げられた。

## 6. 総合考察

本研究では協調ゲームの一種である花火を課題とし、3つのグループによる協調的インタラクションの形成過程を検討した。研究の目的は、グループ間のプロセスの差異を検討し、学習によるインタラクションの円滑化のプロセスと、飽きを生じさせないプロセスの特徴を抽出することであった。

従来の関連研究が示してきた協調的インタラクションの形成過程は、コミュニケーションの円滑化や効率化、他者の振る舞いの予測可能性が生じるものである。それに対して、本研究において対象としたグループのうち2つはこの特徴に従い、残りの1つ(Bグループ)はこの特徴に従わなかった。

本研究で得られた結果のみからBグループにおけるインタラクションに対して、飽きを生じさせない理想的なプロセスと結論付けることはできない。しかし、このグループはゲームの進行がうまくいかなかったのにも関わらず、ゲームに対する主観的な印

象を低下させなかった。このことから協調的なプロセスの形成が上手くいかないことは、必ずしもインタラクションの質を低下させるものではないということはある。特にゲームという文脈においては、Bグループの3回目のゲームにおける発話にみられるように、適度な困難さが飽きの防止には必要である可能性がある。

今後の課題として、今回の実験では、参加者同士が知り合いであるため、ゲーム以外の会話での盛り上がりがあったことが考えられる。そのため、今後は初対面の参加者同士での実験を検討する必要がある。また、Bグループにおいて単語数や発話数に大きな変化が見られなかった参加者もいた。その理由に関しては検討しきれていない。

また、本研究では、人間同士のインタラクションにおける飽きと学習の関係に関する可能性を示唆したが、これがエージェントとのインタラクションにも採用されるかどうかは今後検討しなければならない。

人狼ゲームや将棋ゲームなど、ほとんどのゲームは、参加者同士が敵対する形をとるが、今回の実験で用いる花火ゲームは、各参加者が他の参加者と協力することが必要である。したがって、協力ゲームと敵対ゲームの間においてインタラクションの差異が生じる可能性がある。以上のことを明らかにすることは、社会や教育現場における協調学習場面での応用や、カードゲームにおける飽きの解消に役立てることができると考えられる。

## 参考文献

- [1] J.R.Anderson: Knowledge compilation, The general learning mechanism, An artificial intelligence approach, Vol. 2, pp. 289-310 (1986)
- [2] 高田和磨, 杉原太郎, 五福明夫: 人狼ゲームにおける人間らしいエージェントの要素の分析: 騙りと同調行動の影響, 人工知能学会全国大会論文集 29, 1-4 (2015)
- [3] 大澤博隆: 協調ゲーム Hanabi におけるエージェント間の協調行動の分析, 人工知能学会全国大会論文集 JSAI2015(0), 1F23-1F23 (2015)
- [4] 小嶋暁, 紅林優友, 森田純也: コミュニケーション成立における自閉症スペクトラム傾向の影響-パターン化による記号形成のメカニズム-, 日本認知科学会第35回大会発表論文集, pp. 174-183 (2018)
- [5] 岡真奈美, 森田純哉, 大本義正: インタラクションを持続させる個人特性-システム化と共感に注目した検討-, HAI シンポジウム 2018 (2018)

- [6] Yuri Burda., Harri Edwards., Deepak Pathak., Amos Storkey., Trevor Darrell., and Alexei A.Efros.: Large-Scale Study of Curiosity-Driven Learning, ArXiv (2018)
- [7] Kazuma Nagashima, Junya Morita, Yugo Takeuchi, Yoshimasa Ohmoto: Cognitive Modeling of Intrinsic Motivation for Long-Term Interaction, Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congerence on Human-Agent Interaction, pp. 316-318 (2019)
- [8] ヒュース由美, 三浦哲都, 向井香瑛, 工藤和俊: 演劇における演技の反復性がもたらす表現の変化, 日本認知科学会第36回大会発表論文集, pp. 115-120 (2019)
- [9] 生駒幸子: 日常会話における会話の重なる機能, 世界の日本語教育, Vol. 6, pp. 185-199 (1996.5)