

他者とのインタラクションを伴う迷路課題における行動変化の分析 Analysis of the Behavior Change in the Maze Task Involving Interaction with Others

郷田 怜花[†], 森田 純哉[†], 大本 義正[†]

Reika Goda, Junya Morita, Yoshimasa Ohmoto

[†] 静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

goda.reika.17@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp, ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp

概要

様々な社会的場面において、人同士のインタラクションでは行動の探り合いが発生する。本研究では、インタラクションの継続と終了に至るプロセスを検討する。そのために、インタラクション課題として多義的な目標構造を有する鬼ごっこ迷路ゲームを用いて、人同士の行動変化の分析を行った。その結果、役割によって行動パターンの変化が異なり、行動の収束がインタラクションの終了につながったことが示唆された。キーワード：インタラクション, 他者モデル

1. はじめに

1.1 背景

社会の構築,あるいは社会生活の営みにおいて,他者とのコミュニケーションやインタラクションは必須の活動である。人同士のインタラクションでは,行動の探り合いが頻繁に発生する。協力的な場面,敵対的な場面など,様々な社会的場面で人は他者の行動を推測,あるいは予測する。そして,どのような場合であっても,人はインタラクションを通して,自己の利益を最大化することを目指す。

人同士のインタラクションにおける他者の行動を読むプロセスは,それぞれの人が保持する他者モデルに媒介されることが指摘されている [5]。他者モデルとは,他者の振る舞いを予測するための概念構造である。人同士のインタラクションではその予測に従ってそれぞれの人が自らの振る舞いを変化させ,適応させることで継続的なインタラクションが可能になると考えられている。

認知科学の領域においても他者モデルとそれを利用したインタラクションのプロセスの解明は重視されている [7]。大森らは他者の信念の推定と行動予測に関わる問題点を整理するため,他者の信念の推定が必要とされる行動決定ゲームを開発した [8]。多くの研究

者がインタラクション場面において相手の意図や心的状態をどのような情報から推定可能なのか明らかにしつつある。

それでは,他者モデルに媒介される継続的なインタラクションとは,どのような行動的な特徴によって記述されるのだろうか。インタラクションが終了するまでのプロセスとしては,飽きによる行動の固定化を想定することができる。それに対して継続的なインタラクションにおいては,他者の行動に合わせて自分の行動を選択し,これを繰り返す。つまり,行動の発散が想定される。

1.2 目的

上記のような想定をおきつつ,本研究では人同士のインタラクションにおける行動変化の分析を行い,継続的なインタラクションにおける行動の特徴を探ることを目的とする。具体的にはインタラクションの継続が評価できる課題を設計し,この課題を用いて参加者の行動の変化を調査する。

2. 関連研究

継続的なインタラクションに関して,本研究が参考にする先行研究は岡・森田・大本によるものである [6]。上記の研究ではインタラクション継続の指標として,個人特性に注目した。岡らの実験において,実験参加者はペアになり,鬼ごっこ迷路を組み合わせたゲームに取り組んだ。実験中,参加者はゲームに飽きた段階でいつでも課題を終了することができた。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(自閉症的傾向)の関係を検討したところ,ゲームの継続と有意に相関したのは,ペア内の自閉症傾向の得点差であった。つまり,個人特性の差異によってインタラクションが継続した。このことから,

予測していた相手の振る舞いとは異なる行動を受け取ったことで飽きの抑制につながったと考えられる。

上記のような解釈は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。内発的動機づけに関する研究は以前から盛んに行われている [3, 4]。長島らは、人間とエージェントのインタラクションを継続させるための条件を明らかにしようとした [2]。この研究では岡らが考案した課題を用いてタスク実行中に「楽しさ」と「飽き」を感じるエージェントをモデル化した。エージェントに同じタスクを繰り返させ、「面白さ」に基づいたパラメータを調整することで課題の継続数の遷移を確認した。

本研究では岡らの研究で考案されたインタラクション課題を用いて、参加者の行動変化の分析を行う。

3. 方法

3.1 参加者

静岡大学3年生の学生2人(女性)を対象とした。後のセクションではこのうち一方を参加者Aと記し、他方を参加者Bと記す。

3.2 材料

3.2.1 課題

本研究ではインタラクション課題として岡らが考案した「鬼ごっこ迷路ゲーム」を用いた。このゲームはunityで設計されており、仮想3D空間における「鬼ごっこ」と「迷路ゲーム」を組み合わせたものである。鬼ごっこのような追跡ゲームでは相手がどの方向へ行くかとしているのかを予測しながら自分の行動を決定する。すなわち他者モデルを必要とするインタラクション課題である。これに迷路ゲームの複雑性を加えることで多義的な目標構造が付与され、多様な振る舞いが出現すると考えられる。

図1は実際のゲームのマップである。両プレイヤーはマップ内を自由に移動できるが、道はプレイヤー1人が通過できる幅で、すれ違うことはできない。またプレイヤーの移動方向と視点の方向は独立に操作することができ、横を向いたまま移動することや後ろを向いたまま移動することなどができる。

この環境において、二人の参加者が鬼役と非鬼役を交互に切り替えながらゲームを遂行する。非鬼役は図1のマップ左上の位置をスタート地点とし図1のマップ右下のゴール地点を目指す。それに対して、鬼役のスタート地点はゴール地点の前となっている。鬼役に

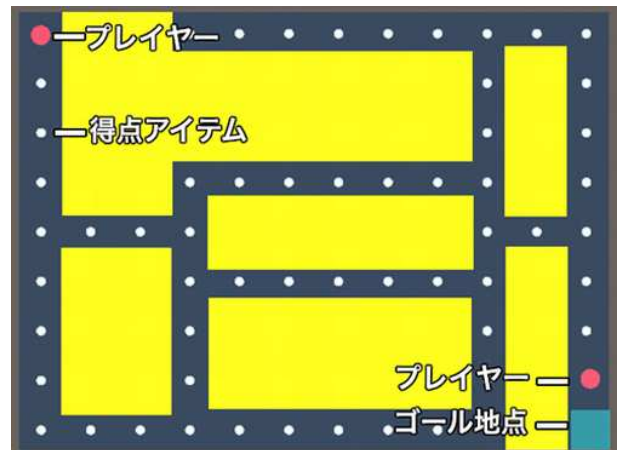


図1 ゲームマップ

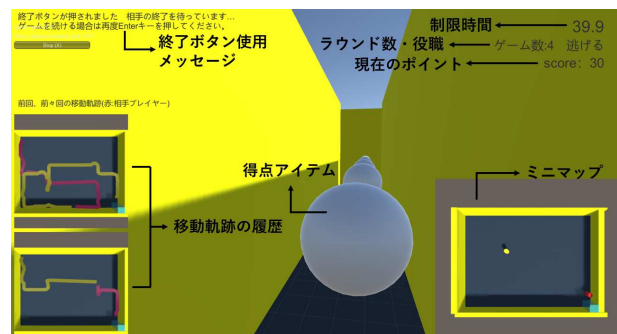


図2 ゲーム画面

としてのゲームの勝利条件は相手を捕まえることであり、非鬼役にとってはゴールにたどり着くことである。ラウンド毎に、勝利した参加者は得点を得ることができる。また、1ラウンドの制限時間である60秒が経過するとそこでラウンドが終了になり、その場合は引き分けとなる。

図2は実際のゲーム画面である。画面上には、制限時間、現在のラウンド数と現在の自分の役職、そして現在の自分の得点が常に表示されている。ミニマップと移動軌跡の履歴は参加者が自分の意思で特定のボタンを押すことで表示され、再度押すことで非表示にできる。ミニマップは自分と相手の位置が大まかにリアルタイムで表示される。ただし、ミニマップを表示した場合、一定時間ごとに進行中のラウンドの得点が喪失されていく。移動軌跡の履歴では、過去2ラウンドの両プレイヤーの移動軌跡の履歴が表示される。マップには得点アイテムが設置されており、非鬼役のみが入手することができる。一度入手した得点アイテムは消え、新たにラウンドが始まると再配置される。また、ゲームには終了ボタンが設けられており、両方のプレイヤーが終了ボタンを押した時点でゲームが終了になる。一方のみが終了ボタンを押した場合は押したプレ

イヤーに対してメッセージが表示された状態でゲームが続行する。

3.2.2 機材

実験はパーティションで区切られた実験室で行われた。実験参加者間の音声的なコミュニケーションを阻害するために、遮音ヘッドホン (ION Audio Tough Sound2) を用意した。ゲームは有線ケーブルで接続された2台のPCで行われた。標準的なディスプレイ (BenQ GW2280) によってゲームの画面が写された。エージェントの操作にはコントローラー (Diester Xbox360) を使用した。

3.3 手続き

実験はペアで行った。相手の事前知識や見た目による行動への影響を防ぐために、2名の参加者は異なるタイミングで実験室に入室した。参加者には実験は対戦ゲームであり、相手プレイヤーがいることのみ教示した。

各参加者は、ゲームのルールが印刷されたマニュアルを手渡され、実験者から教示を受けた。教示の終了後にマニュアルは回収されたが、ルールとコントローラーの操作方法を要約したページのみは参加者の手元に残された。

一連の教示が終了した後に、操作方法に慣れるためのテストプレイを行った。その後、参加者は実際のゲーム課題に取り組んだ。ゲーム中に参加者は遮音ヘッドホンを身につけた。また、ゲームに利用するコントローラーには、終了ボタンが設けられ、参加者は自由なタイミングで押すことができた。参加者は、両参加者が終了ボタンを押した時点でゲームが終了すると告げられた。ただし、ゲーム中に一方の参加者は他方の参加者が終了ボタンを押しているかどうかを知ることができなかった。両方の参加者ともに終了ボタンを押さなかった場合には30分で課題を終了した。

ゲーム終了後、ゲームで行った戦略や相手の戦略に気づいていたかを確認するため、ゲーム課題に関する事後アンケートを行った。

4. 分析

実験では、ゲーム中の参加者の行動を記録するために、図1のマップにおける2人のプレイヤーの移動軌跡と視点の方向のデータを取得した。本研究では、こ

| | Round 1 | Round 2 | Round 3 | ... | Round N |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|
| Player A | $P_{A,1}$ | $P_{A,2}$ | $P_{A,3}$ | ... | $P_{A,N}$ |
| Player B | $P_{B,1}$ | $P_{B,2}$ | $P_{B,3}$ | ... | $P_{B,N}$ |

図3 プレイヤーと各距離の関係図

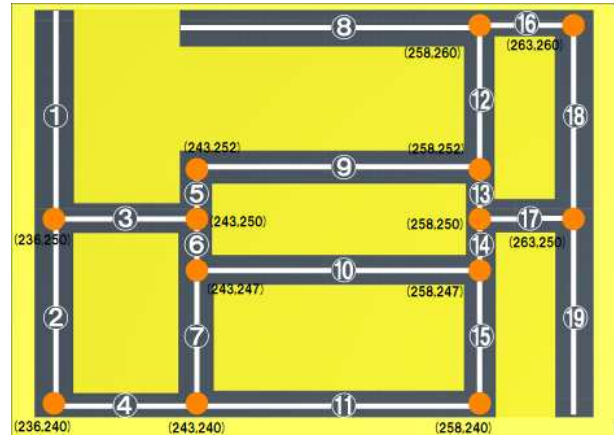


図4 パスと接点の説明図

れらのうち移動の軌跡に焦点を当てた分析の結果を報告する。

インタラクションに関わる行動を移動軌跡から抽出するため、マップ内でのプレイヤーの距離に注目した分析を行った。計算した距離は図3の矢印に例示される3種類であり、以下のようにまとめられる。

- $P_{A,1}$ と $P_{B,1}$ を結ぶ橙色の矢印: ラウンド内での2者間の距離を意味しており、この値が小さいほど鬼が非鬼を追い詰めたことを意味している。
- $P_{B,1}$ と $P_{A,2}$ を結ぶ青色の矢印: 2者間で同役職内での隣り合ったゲーム間での距離であり、距離が近いほど相手の振舞いをより参考に行っていることを示す。
- $P_{B,1}$ と $P_{B,3}$ を結ぶ緑色の矢印: 同役職内での自分の動きに対する類似度であり、距離が短いほどそのプレイヤーの動きが固定化されていることを示す。

距離は以下のように求めた¹。

1. 図4のようにマップ内を19個のパス ($Path_1, Path_2, Path_3, \dots, Path_{19}$) で分け、各パスについての2つの接点の座標を x 座標 (横方向), z 座標 (縦方向) それぞれ求める ($(x_{i1}, z_{i1}), (x_{i2}, z_{i2})$)。

¹ただし、たとえば各プレイヤーがそれぞれ $Path_{12}$ の下の方と $Path_{18}$ の下の方にいる場合、 $Path_{13}$ と $Path_{17}$ を経由する距離を求めるべきだが、今回の求め方の場合、 $Path_{16}$ を経由する距離を求めてしまう。

2. 求めた座標を用いて各パスの長さ (L_i) を求める.

$$L_i = \sqrt{(x_{i1} - x_{i2})^2 + (z_{i1} - z_{i2})^2}$$

3. パスの組み合わせを要素とする距離行列を構成する. この際, パス間の距離は経由するパスの長さが最短となるように計算する ($L_{(s,t)} = \sum_s^t L_i$).
4. 各パスの組み合わせにおいて, それぞれのパスの向かうべき接点の座標を求める ($(x_{c1}, z_{c1}), (x_{c2}, z_{c2})$).
5. 各時点において各プレイヤーがいるパスを取得し, 3 で求めた距離行列に従ってプレイヤー間の距離を得る ($L_{(p1,p2)}$).
6. 各プレイヤーの位置 ($(x_{p1}, z_{p1}), (x_{p2}, z_{p2})$) から向かうべき接点 ($(x_{c1}, z_{c1}), (x_{c2}, z_{c2})$) までの距離をそれぞれ計算する. そして5で求めた距離に加算し, プレイヤー同士の距離 S を求める.

$$S = \sqrt{(x_{p1} - x_{c1})^2 + (z_{p1} - z_{c1})^2} + \sqrt{(x_{p2} - x_{c2})^2 + (z_{p2} - z_{c2})^2} + L_{(p1,p2)}$$

なお, 本分析においては, 各フレームごとに距離を計算し, それを各ラウンドで平均した. その際, 実験環境における通信の問題によりフレームレートが不揃いであったため, 0.1 秒ごとにリサンプリングを行った. また, 終了時間の異なるラウンド同士で距離を計算する際には, 開始フレームからの経過時間によってラウンド間のフレームを対応づけ, 対応の存在しないフレームは削除した.

5. 結果

5.1 ゲーム結果

ゲームは全部で 35 ラウンド行われた. 最後のラウンドのときに, 参加者は最終ゲームであることを伝えられていたため, 34 ラウンド目までを分析の対象とした. 参加者 A は 8 ラウンド目から 14 ラウンド目までと, 16 ラウンド目以降は課題終了時まで終了ボタンを押していたが, 参加者 B は最後まで押していなかった. 図 5 に各参加者の役職ごとの勝敗結果を示した. どちらの参加者も鬼の時は勝率が良かった. そのうえで, 参加者 B は非鬼の時に引き分けが多く, 参加者 A に対して有利にゲームを進めていたと解釈できる.

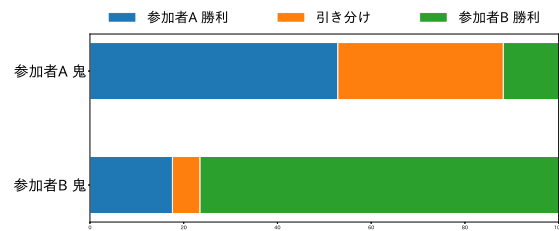


図 5 勝敗結果のグラフ

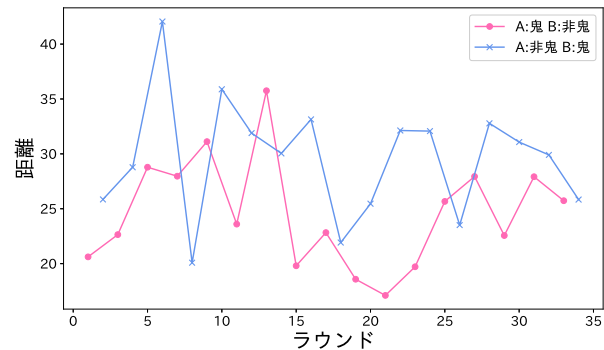


図 6 プレイヤー間ラウンド内平均距離

5.2 行動分析の結果

5.2.1 プレイヤー間ラウンド内距離の結果

図 6 にラウンド毎の参加者間での平均ユークリッド距離 (図 3 における橙色の矢印と対応) を役職ごとにまとめた. 赤い線はプレイヤー A が鬼役, 青い線はプレイヤー B が鬼役のときの結果を示している. いずれにおいても, 中盤のラウンドにおいて距離が短い U 字型のグラフとなっているが, その傾向は参加者 A が鬼のときに顕著である. つまり, 実験の中盤において, 鬼となったプレイヤー A は, プレイヤー B をより追い詰めたことがわかる. しかし, その後に非鬼役であるプレイヤー B はプレイヤー A から逃げることができるようになり, 再び距離が長くなっていったと解釈できる.

5.2.2 プレイヤー内ラウンド間距離の結果

図 7 (a) と図 7 (b) はそれぞれ同じ参加者で過去の自身の動きとの類似 (図 3 における緑色の矢印と対応) を, 鬼役のときと非鬼役のときでまとめたものである. 図 7 (a) より, プレイヤー A の最後のラウンドが例外となっているものの, 両者はラウンドを経るごとに距離が下降しており, ラウンドが経過することで動きが固定化していることがわかる. 一方で非鬼役の

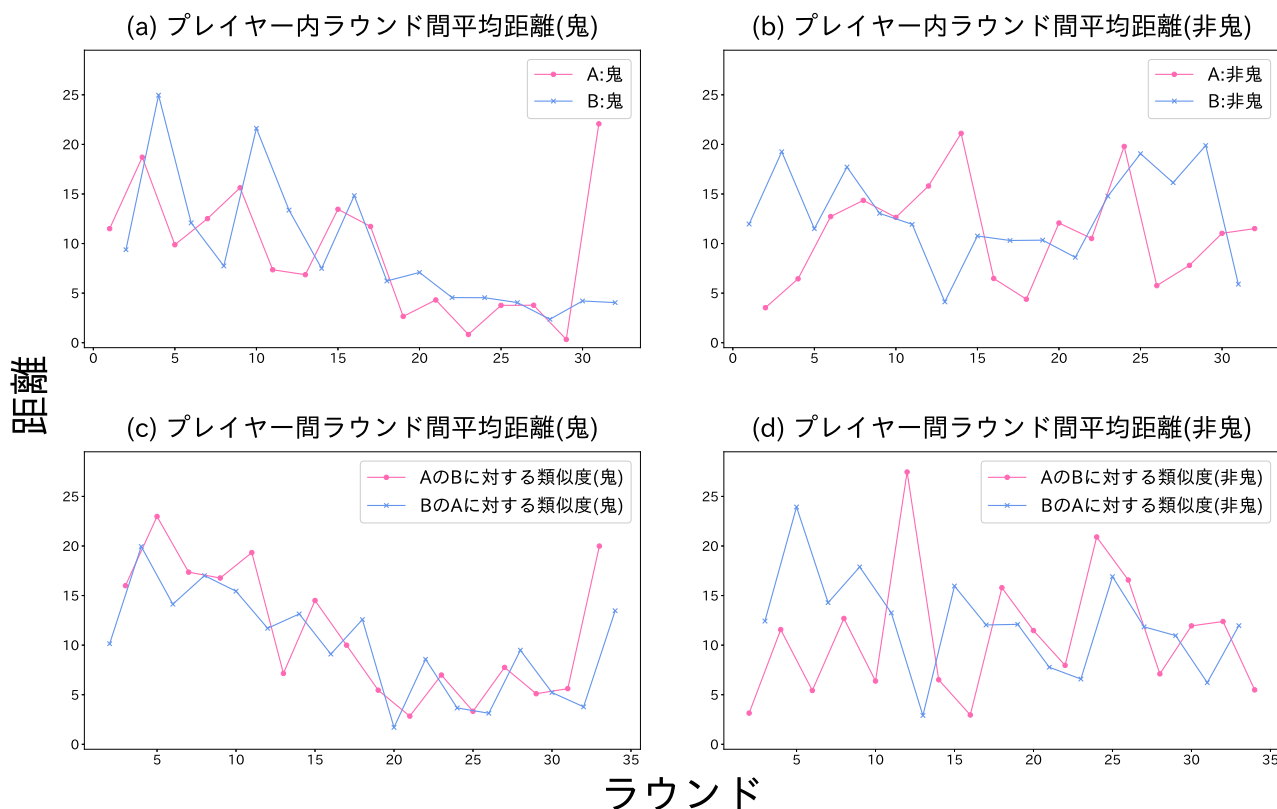


図7 平均距離：(a) プレイヤー間ラウンド間 (鬼)，(b) プレイヤー間ラウンド間 (非鬼)，(c) プレイヤー内ラウンド間 (鬼)，(d) プレイヤー内ラウンド間 (非鬼)

時はプレイヤー A, B ともに動きはパターン化しておらず、行動が発散している。

5.2.3 プレイヤー間ラウンド間距離の結果

図7(c)と図7(d)はそれぞれプレイヤー間で過去の相手の動きとの類似(図3における青色の矢印と対応)を、鬼役の時と非鬼役の時でまとめたものである。図7(c)より、鬼役のとき、図7(d)では非鬼役のときでまとめた。図7(c)より、図7(a)と同様に、プレイヤーAの最後のラウンドは例外だが、両者はラウンドを経るごとに距離が下降しており、ラウンドが経過することで2者間の振る舞いが似通ったことがわかる。一方で、非鬼役のときはそのような傾向が見られず、2者間で行動が収束しなかった。

6. まとめ

6.1 インタラクション継続の行動的な特徴

本研究では、「鬼ごっこ迷路ゲーム」を課題とし、インタラクションの形成から終了までの過程を検討した。その結果、役割によって異なる行動変化のプロセスが観察された。具体的には、鬼のときは行動が収束

したが、非鬼のときは行動が発散した。このことから、本課題におけるインタラクションの継続には非鬼役の行動が鍵となることが示唆される。

この点に関して、最後まで終了ボタンを押さなかった参加者Bは、非鬼のときに引き分けに持ち込むことができていた。また、図6に見られるように、参加者Bが非鬼のときに中盤からインタラクションのパターンが変わったことも示唆される。これらより、参加者Bは、課題の途中から、単純にゴールを目指すのではなく、マップを探索することで得点アイテムを取得することに非鬼の目的がシフトした可能性がある。そして、そのような課題中の問題空間の切り替えによって、探索される課題の空間が増大し、ゲームの継続が成し遂げられたと考える。

6.2 今後の課題

本研究では1ペアのみを分析の対象とした。そのため上記の考察を一般化できない。今後、参加者の人数を増やした実験を行う必要がある。

本実験では鬼役のときの行動が収束し、非鬼役の時の行動は発散した。Bakerらの研究では、エージェ

ント同士のインタラクション課題において行動が発散し、インタラクションが継続している [1]。このことから、行動が発散することはインタラクションの継続における一つの条件であると考えられる。今後は、行動を発散させるためにはどうすればいいのか検討する必要がある。

また、本実験では先行研究に則り制限時間を 30 分としたので片方の参加者がまだ終了ボタンを押していない状態で課題を終了したが、インタラクションの形成から終了までを観察するには短かったのではないかと考えられる。今後の実験では、制限時間を延ばした実験を検討する必要がある。

また、今後の研究では被験者の個人特性を調べ、個人特性と行動の関係性などについても検討したい。

文献

- [1] Bowen Baker, Ingmar Kanitscheider, Todor Markov, Yi Wu, Glenn Powell, Bob McGrew, and Igor Mordatch. Emergent tool use from multi-agent autotutorials. In *Proceedings of Eighth International Conference on Learning Representations (ICLR 2020)*, 2020.
- [2] Nagashima Kazuma, Morita Junya, Takeuchi Yugo, and Ohmoto Yoshimasa. Cognitive modeling of intrinsic motivation for long-term interaction. pp. 316–318, 2019.
- [3] Thomas W Malone. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, Vol. 5, No. 4, pp. 333–369, 1981.
- [4] Takayuki Nozawa, Toshiyuki Kondo, et al. Autonomous adaptive agent with intrinsic motivation for sustainable HAI. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, Vol. 2, No. 04, p. 167, 2010.
- [5] 横山絢美, 岡田浩之, 大森隆司, 石川悟, 長田悠吾. 自者と他者の双方向行動調節による社会的インタラクションのモデル化. 人工知能学会全国大会論文集 第 21 回全国大会 (2007), pp. 2C57–2C57. 一般社団法人 人工知能学会, 2007.
- [6] 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.
- [7] 植田一博. 『認知的インタラクションデザイン学』の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して. *認知科学*, Vol. 24, No. 2, pp. 220–233, 2016.
- [8] 大森隆司, 奥谷一陽. 他者の認識の推定に基づく知的インタラクションの試み. 人工知能学会全国大会論文集 第 27 回全国大会 (2013), pp. 2F4OS044–2F4OS044. 一般社団法人 人工知能学会, 2013.