

エージェントとのインタラクションにおける時間的制約が相手 に対する思考に与える影響について

浅田麻菜¹ 伊藤毅志¹

概要: 人間は「(姿の見えない) ゲームの対戦相手は人間である」と教示された場合、何をもって相手が人間である確信を深めてしまうのか?あるいは、何をもって教示に対して疑義を抱くようになるのか?本研究では、ゲームの対戦相手がプログラムにも関わらず「人間である」と教示された場合に、ゲームの試行回数や思考時間に依りて相手に対する思考がどのように変化するかについて実験を行い、分析を行う。

The temporal effect for human and non-human agent interaction

MANA ASADA¹ TAKESHI ITO¹

Abstract: In this paper, we made two experiments for showing the relationship between temporal criteria and opponent model in human-agent interaction situation and proposed information model about human-agent interaction.

1. はじめに

近年、飛行機の自動操縦システムや自動車の運転アシストシステムなど、知的な人工システムが我々の行動を支援する状況が急速に増えている。一方で、急速に知的になったシステムに対する人間の理解不足が重大な事故を引き起こす場合もあり、知的な人工物と使用者である人間のインタラクションや人工物との円滑なコミュニケーションは現代において大きな問題となっている[1][2]。これは、人間側が人工物に対して「適切な相手モデルを持ちづらい」ことが一因として考えられる。

一方で、人間間のコミュニケーションでは、相手の中に心の存在を推測する「心の理論」や、それを再帰的に利用した「高次の心の理論」を利用することで豊かなコミュニケーションを行っている。例えば、相手の嘘と皮肉の識別には2次の心の理論、また冗談や、物語文の理解についても2次以上の高次の心の理論が使用されていることが指摘されている[3][4]。

このように人間はインタラクションする相手に対して高度な予測を行いながらインタラクションするのに対し、人工物が相手の場合になぜ上記のような問題が発生するのかについては依然として明確な回答は得られていない。そこで本研究では、人間が人工物に対しても人間同様に相手モデルを持つためにどのような要素が必要となるのかについて、明らかにすることを目的とする。

2. 関連研究

2.1 ゲームを用いた相手に応じた行動変容の検証

経済ゲームを用いて人間が相手プレイヤーに対してどのような戦略をとり得るのかについては合理的な人間像を排し現実的な人間のモデルを求める行動ゲーム理論の分野で盛んにおこなわれてきた。例えば Dale らは、プレイヤーは相手プレイヤーに対する行動の予測と、この予測に基づいた最良の選択を行うというプレイヤーモデルを提案した[5]。そして相手に対する戦略を持たない level 0 タイプ、他のプレイヤーが level 0 だと思い行動する level 1 タイプと入れ子状に存在することを提案し、実験によりモデルの評価を行った。

一方、インタラクションの相手が人間か人工物であるか否かで変容する人間の行動や思考を評価するための研究でも、過去の経験や知識の影響が比較的少なく、ルールが簡単なゲームを用いた実験が有効である。例えば高橋らは2種類の記号から1種類の記号を2人が同時に選択し、選択された組み合わせにより得点を競うゼロサムゲーム「マッチングペニー課題」を用いた。そして、相手が人工物であると教示した場合と人間であると教示した場合について、記号選択行動の変化を評価した[6]。結果、相手が人間だと思ひ込むことで記号選択行動が複雑化し、社会性に関わるとされる脳の部位で賦活が確認できたとした。しかし、この実験で使用されたマッチングペニー課題では、自己の選

¹ 電気通信大学大学院 情報理工学研究所
Graduate School of Informatics and Engineering, the University of Electro-Communications

	“イチゴ”	“ミカン”	“ブドウ”
“イチゴ”	(10,10)	(5,12)	(0,15)
“ミカン”	(12,5)	(7,7)	(3,8)
“ブドウ”	(15,0)	(8,3)	(4,4)

図 1 利得表

Figure 1 pay-off table

扱履歴と得点履歴から相手の手が再生できるため、相手について考えているかどうかわからないという指摘がされている[7]. 記号選択行動を行動指標とし分析するため、実際に実験参加者が何を考えそのような記号選択行動に至ったのかを伺い知ることはできない. 一方、3×3の対照的な利得表を持つゲームでは、実験参加者に戦略の選択肢を持たせつつ、理解が容易であり行動の観察が容易であるというメリットが指摘されている[5].

2.2 相手に対する思考内容の直接的評価

著者らは上述の理由から、3×3の記号選択課題(図1)を使用し、相手が人間だと教示した場合(H条件)と相手がプログラムだと教示した場合(*条件)の実験参加者の記号選択行動と発話内容の変化を調べる実験を実施した[8]. このとき相手プログラムには実験参加者の選択記号割合に応じて記号を選択するプログラム(P条件),あるいは、実験参加者が選択した記号をその次の試行で選択するプログラム(L条件)などを使用した(図3).

結果、一部の実験参加者ではH条件にて,*条件では確認ができなかった「相手の思う自分」という複雑な思考の発現が確認できたと共に、深い思考と実験参加者の記号選択行動には関連がないとした.

しかしこの実験では相手に対する深い思考が観察されなかった実験参加者がいたが、その原因を特定するには至

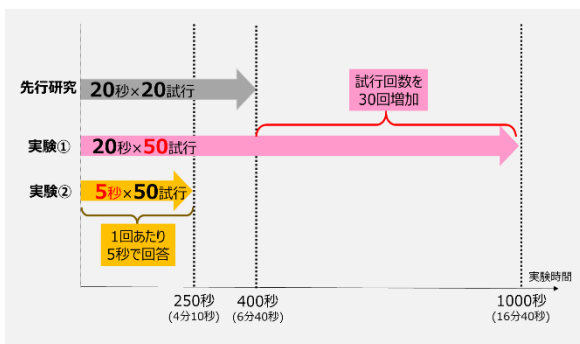


図 3 本研究における実験概要

Figure 2 Concept of experiments of this study

割合選択(P条件)	参加者の記号選択割合に応じて選択
1手前(L条件)	参加者がn-1試行目に選択した記号をn試行目で選択
相手は人間(H)	対戦相手は「人間です」と教示。連絡を取るそぶり。
相手はプログラム(*)	対戦相手は「プログラムです」と教示。

図 3 先行研究における実験条件

Figure 3 Experiment condition of previous study

らなかった. これについて、1回あたり20試行の記号選択で構成されたため、1. インタラクションの回数の増加により相手に対する思考の質への影響は観察されるか、2. インタラクションの1試行あたりの時間を制約することで、相手に対する思考に影響しうるのかという2つの疑問が生じる. そこで本研究では、上述の2つの仮説を検証するために2実験を実施し本仮説を検証することを目的とする(図2).

3. 実験使用課題の分析

本研究では、先行研究の実験で使用した3×3記号選択課題(発)を1回あたり50試行繰り返し実施する. また、L条件、P条件で使用する相手プログラムはいずれもプレイヤー(実験参加者)の記号選択割合とほぼ同様の割合で記号を選択する. この条件下において、高得点をとるための戦略について検討を行う.

まず、3種類の記号についてプレイヤーの記号選択割合をそれぞれ s_1, s_2, s_3 とし、同様に相手プログラムの記号選択割合を s'_1, s'_2, s'_3 とすると、それぞれ以下の式を満たす.

$$s_1 + s_2 + s_3 = 1 \quad (1)$$

$$s'_1 + s'_2 + s'_3 = 1 \quad (2)$$

また、1試行行った際の利得 u は次の式で求められる.

$$u = (s_1, s_2, s_3) \begin{pmatrix} 10 & 5 & 0 \\ 12 & 7 & 3 \\ 15 & 8 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s'_1 \\ s'_2 \\ s'_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

P条件で使用したプログラムは、プレイヤーとほぼ同割合で記号を選択するため、 $s_1 = s'_1, s_2 = s'_2, s_3 = s'_3$ とみなせる. さらに(1)(2)を用いると、(3)式から、以下が導かれる.

$$u = -s_1^2 + 7s_1 + 3s_2 - s_1s_2 + 4 \quad (4)$$

以上から、50試行行った場合の利得 U_{50} は次の通りである.

$$U_{50} = -50s_1^2 + 350s_1 + 150s_2 - 50s_1s_2 + 200 \quad (5)$$

ここで s_1 を課題における「ミカン」の選択割合、同様に s_2 を「イチゴ」の選択割合とする. 図4のように式(5)を等高線として表現すると、P条件下でとり得る利得は $s_1 = -s_2 + 1$ の下側のエリア、つまり図4のピンク色で塗りつぶしたエリアとなる. このエリアで最大の値となる地点、つまり利得が最大となるのは「イチゴ」の選択割合が1のときである. したがって、P条件ではプレイヤー、相手プログラム相互共に「イチゴ」のみを選択する協調戦略をとった場合において、もっとも高い利得500点となることが分かる. (なお、実際には最後の数手で「ブドウ」を選択する裏切

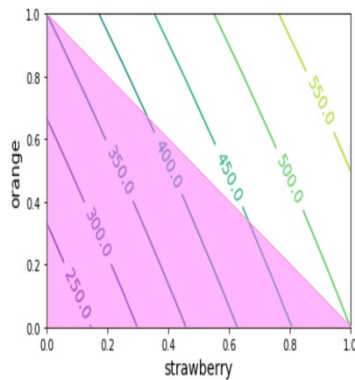


図 4 2 種記号の選択割合に応じた得点図

Figure 4 Score in response to two choices

り戦略をとることで、500 点を超えることが可能である。)

4. 実験 1：継続時間の変化による影響

4.1 目的

本実験では課題の試行回数を増加し、実験参加者が相手エージェントとのインタラクション時間を延長することで、相手に対する思考内容や記号の選択行動が変化するかを検証する。

4.2 実験参加者

実験には 19 歳～21 歳の理系大学の大学生 16 名が参加した。うち 1 名が実験条件に不備があったため残り 15 名 (平均年齢 19.6 歳, $s.d. = 0.775$) を本研究での分析対象とする。なお本実験は、所属機関設置の倫理審査委員会にて審査・承認を経て実施された。

4.3 実験条件と手続き

実験では先行研究に基づき、2 種類のプログラム (P 条件・L 条件) それぞれに対し、相手が人間だという教示を与えるが実際には相手はプログラムである H 条件と、相手がプログラムであると教示を与える*条件の計 4 条件を設定した (図 1)。

実験参加者らは 4 条件を各 1 回実施し、その間になるべく高い得点を取るよう教示を受けた。またこのような高得点を目指させる実験室実験においては、実験の際に金銭的報酬の有無が実験中の合理的思考に影響を与えるとされているため、本実験でも得点に応じて金銭によるインセンティブを与えるようにした [9]。具体的には、実験は拘束時間に応じた謝金に加え、得点に応じて 5 分単位で拘束時間に上乗せをするという方法を採用した。

実験の手続きは次の通りである。まず実験の説明と同意後、実験で使用する課題の説明と発話方法の教示を行った。その後、1 種類の記号しか選択しないプログラムを用いて発話プロトコル法の練習と、課題に対する理解を深めさせた。その後 4 条件に対して各 50 試行、1 試行あたりの思考時間は 20 秒として実験を実施した。なお各条件の実施順

表 1 実験 1 における平均得点

Table 1 Average score of experiment 1

条件	平均得点	s.d.
L 条件	380.8	69.63
LH 条件	418.8	77.17
P 条件	327.4	75.39
PH 条件	343.5	69.39

序は、順序が後半になるほど課題に対する慣れの影響が考えられたため実験参加者毎に変化させた。実験で収集したデータは、実験参加者の基本属性の他、記号の選択内容、発話内容と加算金額、そして事後インタビューである。

4.4 結果

4.4.1 得点

各条件における得点は表 2 の通りである。なお L 条件、LH 条件の結果については参考として掲載したが、本研究報告で実験 2 との比較に使用しないため以下では言及しない。

本実験では実施順が実験参加者によって異なり、15 人中 3 名が①PH 条件、P 条件で実施し、残りの 12 名は逆に②P 条件、PH 条件の順で実施した。それぞれの平均得点は①P 条件で 311.0 点、PH 条件で 347.8 点、②PH 条件 326.0 点から、P 条件で 393.0 点と共に時間的に後から実施した場合に得点が上昇する傾向が確認できた。しかし、この傾向とは逆に P 条件より後に実施した PH 条件で得点を 50 点以上、つまり最適戦略をとった場合の得点換算で 10% 以上得点を減少させてしまった参加者が 2 名いた。具体的には、参加者 K は P 条件では 471 点だったにもかかわらず、PH 条件では 362 点だった。また参加者 P は P 条件では 343 点で、その後実施した PH 条件では 292 点だった。

表 2 発話の分類基準

Table 2 Classification standard of verbal protocol

分類項目	分類基準
アルゴリズム予測	相手の記号選択方略やアルゴリズムを予測する発言
相手の手の予測	相手の選択記号を予測する発言
自分の手の選択	自分の記号選択結果の発言
予測の検証	相手の選択記号や選択アルゴリズムへの予測に対して検証する発言
履歴想起	相手や自分の過去の選択履歴を想起する発言
ルール・得点確認	残り試行数や利得表の得点等、ルールに関する発言
相手モデル	相手の存在を考慮した発言。但し、選択記号の予測はこれに含まない
不明・その他	発言内容の意味が不明な場合や、上記分類項目に含まれない発言

4.4.2 発話プロトコル

記録された実験中の発話については「アルゴリズムの予測」「相手の手の選択」「自分の手の予測」「予測の検証」「履歴想起」「ルール・得点確認」「相手モデル」「不明・その他」の8項目で分類を行った。表1は各項目の分類基準である。

ここでは上述した参加者Kと参加者Pの発話を中心に発話内容について言及を行う。

(1) 参加者 K

まず参加者KのP条件(実験としては2回目に実施)での発話内容(一部)は次の通りである。なお以下では斜体で記述したのが参加者の実際の発話内容、カッコで記載したのが分類結果である。以降も同様である。

- (第1試行) さっきの感じだと相手も同じことを知っている(分類:相手モデル)
- (第4試行) イチゴを出してくれるようになりました,, 490点か…(分類:ルール・得点確認)
- (第13試行) 損しないことが分かりました(分類:ルール・得点確認)。むしろイチゴ以外は出さない(分類:自分の手の選択)
- (第23試行) あれブドウだ。ブドウ, ブドウって続けたので(分類:履歴想起)。いやーさっきと逆になっていますね(分類:履歴想起)。
- (第27試行) あれ?なんでイチゴを出したんだろ。こっちが2回イチゴを出したので…(分類:履歴想起, アルゴリズム予測)

このことから, P条件の序盤で最適戦略であるイチゴを出す協調戦略に気づいていることが確認できた。また, 分類項目に関しても, ゲームの分析, 相手プログラムの手の予測, そして課題の解析に関する発言が中心であり, これらの情報から相手プログラムのパターンを予測し, それに応じて受動的に選択記号を変化させていたことが確認できる。

一方で, 相手が人間であると教示されたPH条件(実験としては3回目に実施)での発話内容(一部)は次の通りである。

- (第5試行) ブドウ・・・ル一っと, 今, イチゴを出したので, 相手はイチゴを出してくれます(分類:相手の手の予測)
- (第9試行) 相手が, ブドウ, ブドウ, って出している(分類:履歴想起), イチゴを連打するのが平和っていう(分類:自分の手の選択)
- (第17試行) ここで関係が修復したので…(分類:相手モデル)
- (第19試行) 今, 相手はこっちにイチゴを出して欲しいってことをアピールしました。(分類:相手モデル)
- (第24試行) 相手がわかって下さった(分類:相手モデル)

- (第27試行) 相手が今, イチゴを出して来たので, 自分と同じことを考えているなら次はイチゴを出すはず(分類:相手モデル・相手の手の予測)

参加者KはP条件の段階で協調戦略に気づいており, 当初は相手もそれに気づいていると考えた。しかし予想外の記号選択から, 相手(プログラム)の意図予測や逆に意図の伝達を試みており, 適応的に記号の選択を行ったP条件との違いが確認できる。実際P条件では中盤に至っても主に履歴想起やアルゴリズム予測に関する発話が行われていたが, PH条件では主に相手モデルに関する発話が行われた。

以上のことから参加者KがPH条件で得点が低下したのは, 意図の伝達を試みるなど戦略を変化させたため, プログラムの選択記号が複雑化し, 結果的に最終得点が低下したのが確認できる。

(2) 参加者 P

参加者Pも参加者K同様, P条件により後に実施したPH条件で得点が低下した参加者である。同様に発話内容(一部)は次の通りである。

- (第5試行) じゃー, 再びオレンジいきます(分類:自分の手の選択)
- (第10試行) ル一, またオレンジ戻ります(分類:自分の手の選択)
- (第15試行) 次もオレンジ来そうなので(分類:相手の手の予測), イチゴいきます(分類:自分の手の選択)
- (第25試行) あー, じゃまたブドウに戻します(分類:自分の手の選択)
- (第45試行) じゃ, イチゴに戻します(分類:自分の手の選択)

このようにP条件では自己の選択記号を決定する発言はあるものの, プログラムに対してアルゴリズムの予測などをする発言は確認できなかった。一方, PH条件でも実験開始前に「相手が人間なら, 荒れますね」という発言があったが, 下記の通り発話傾向としてはP条件と同様の傾向であった。

- (第1試行) じゃ, 無難にミカンです(分類:自分の手の選択)
- (第5試行) じゃ, なー, なー, ブドウで(分類:自分の手の選択)
- (第20試行) また, じゃ, ブドウに戻します(分類:自分の手の選択)
- (第40試行) あー, じゃ, また同じくブドウで(分類:自分の手の選択)

4.5 考察

4.5.1 行動指標による実験参加者の分類可能性

発話プロトコルの結果に挙げた参加者Kと参加者Pは同様にP条件より後に実施したPH条件にて, 有意に得点が

下がるという結果であった。しかし発話内容を確認すると、参加者 K は最適戦略に気づきつつも PH 条件で相手とのインタラクションを過度に試みることで結果的に点数の下がってしまった。これに対し、参加者 P は課題に対する分析的思考の不足により、そもそも相手に応じた思考の変化という段階にまでは至ることができないことが確認された。また先行研究[高橋]同様に参加者 P の選択した手の複雑度(エントロピー)の計算も行ったが P 条件 0.895, PH 条件 0.787 とほぼ同等であった。これらのことから本課題に関しては、行動ゲーム理論で行われているような[Dale]行動指標によってのみで実験参加者の思考の深さや戦略を分類することの危険性が示唆される。

4.5.2 最適戦略の発見とその影響

結果では紙面の都合上、すべての実験参加者の発話プロトコルに言及することはできなかつたが、獲得点数と発話プロトコル分析から参加者 15 人中 4 人が P 条件において明示的に協調戦略を最適戦略であることに気づいたと判断できた。

しかし最適戦略に気づいた後の行動は PH 条件において参加者間で異なつた。結果で言及した参加者 K のように PH 条件で相手に対する戦略を変化させ、相手に対して働きかける発言をした参加者は参加者 K を含め 3 名いた。一方で、実験参加者 H は早期に最適戦略を見つけると PH 条件でも相手による裏切り等を考慮せず、協調戦略を維持し続けた。

更に相手に対して働きかける行動をした参加者は、これに関する発話が序盤から見られ、例えば途中からイチゴのみを選択するなど、他の戦略への切り替えは確認できなかった。このことは、本課題のように参加者に提示される情報量が非常に少ない課題では、実験参加者にとって理解が容易である反面、インタラクション最中の何等か行動を変容させるトリガを与えにくく、結果的に得点面では良い結果ではないと認識できても戦略の変容は起こりにくい課題であることが考えられる。

このことは同時に継続時間の延長が思考内容や思考方法の変容に影響するかという本研究の疑問について、示唆を与えるものである。つまり、実験参加者は課題についての分析が終了後、相手に対する認識により戦略をトップダウンで決定するが、一度決定すると戦略の変化は単純な継続時間だけでは依らないと考えられる。

5. 実験 2 : 思考時間の変化による影響

5.1 目的

1 試行あたりの思考時間を変化させることで、実験において発話内容や記号選択傾向への変化を検証する。

5.2 実験参加者

実験には 19 歳～24 歳の理系大学の大学生 17 名が参加した。実験では 8 名が {L 条件, P 条件} × {1 試行あたり 5 秒,

1 試行あたり 20 秒} から 2 回, {LH 条件, PH 条件} × {1 試行あたり 5 秒, 1 試行あたり 20 秒} から 2 回で計 4 回実施した。一方、残り 9 名は {P 条件, PH 条件} × {1 試行あたり 5 秒, 1 試行あたり 20 秒} で計 4 回の条件で実施した。

本報告では実験 1 の結果と比較を行うため、後者の 9 名(平均年齢 20.3 歳, $s.d. = 1.87$) を本研究での分析対象とすることとする。なお本実験も実験 1 と同様に、所属機関設置の倫理審査委員会にて審査・承認を経て実施された。

5.3 実験条件と手続き

実験 2 の手続きは実験 1 の実施手順に準じた。なお上述の通り、実験 2 で使用した相手プログラムは P 条件のプログラムみである。また 1 試行あたりの思考時間を 5 秒とした場合と 20 秒で思考した場合について実施することで、実験 2 における参加者内比較を可能にただけでなく、実験 1 との参加者間比較も可能なようにした。

なお実験の実施順は、P5 条件の後に PH5 条件が、P20 条件の後に PH20 条件を実施するが、順序はランダムとした。つまり、P5 条件を 1 回目に実施した場合、2 回目には P20 条件、あるいは PH5 条件を実施するが、PH20 実験を実施することはないとなる。同様に 1 回目に PH 系条件は実施しかなかった。これは実験 1 にて、相手に関する思考の発現には課題に対して一定の理解をすることが前提になっている結果から設定したものである。

5.4 結果

5.4.1 得点

各条件における得点は、表 3 の通りである。なお以下では、使用プログラムの条件 (P, PH) と、1 試行あたりの思考時間 (5 秒, 20 秒) を組合せて、「P20 条件」「PH5 条件」のように表記する。

P5 条件では平均得点 333.4 点に対し、P20 条件では 305.7 点であった。これらの平均値の差について対応のある t 検定を行ったが有意差は確認できなかった ($t(8) = -0.44, p = 0.336$)。一方、PH20 条件の平均得点 305.7 点に対し、PH5 の平均得点 347.4 点であった。これについても同様に対応のある t 検定を行った結果、 $t(8) = -2.04, p = 0.038$ となり、有意水準 0.05% で平均値に差があることが確認できた。

また P5 条件と PH5 条件において、順序的には後であるにもかかわらず点数が下がったのは 9 人中 5 人、一方、P20 条件後の PH20 条件で点数が下がったのは 2 人であった。

表 3 実験 2 での平均得点

Table 3 Average Score of experiment2

条件	平均得点	$s.d.$
P5 条件	333.4	82.63
PH5 条件	347.4	117.7
P20 条件	305.7	85.46
PH20 条件	386.6	92.51

5.4.2 発話プロトコル

採取された発話プロトコルは、実験1と同様の分類基準(表1)に基づき、観察された発話内容に対して分析を行った。P5条件、PH5条件では共に実験継続時間が1/4であること、実験に伴う思考と時間制限の焦りから、発話量はいずれの参加者も半分程度に減少した。

ここでは、実験1同様、PH5条件、PH20条件でP5条件P20条件より点数の下がった参加者の発話内容の一部を例示する。

参加者2PはP5条件からPH5条件で得点が減少した5人の中で減少得点が最も高かった参加者である。なお以下では斜体で記述したのが参加者の実際の発話内容、カッコで記載したのが分類結果である。以降も同様である。

以下はP5条件(1回目・得点425点)での発話の一部である。

- (第1試行) まずは用紙を見てオレンジで(分類:自分の手の選択)。どっちもイチゴを選びたいので…(分類:アルゴリズムの予測)
- (第5試行) ちょっと意地悪してブドウ、で、その後イチゴをあげます(分類:自分の手の選択)
- (第19試行) イチゴ出して欲しいからイチゴで(分類:自分の手の予測)。いつになったら裏切るか分からない…(分類:アルゴリズムの予測)

以上の発話から、参加者2Pは第1試行時点で既に協調戦略に気づいていると言える。その後は利得が大きくなるようブドウの選択を混ぜつつ、第19試行で見られるような相手プログラムの挙動について一方向的な警戒をする発言が確認できた。

一方得点が18.6%減少したPH5条件(2回目・得点350点)での発話内容は以下である。

- (第5試行) ちょっとイチゴを催促して…。イチゴ来ないかなー(分類:相手モデル)
- (第9試行) ちょっとブドウで催促しないと(分類:相手モデル)
- (第22試行) ブドウ出しちゃうぞー。イチゴ出さないとブドウ出すぞー(分類:相手モデル)
- (第28試行) もう、これはブドウで懲らしめないと…(分類:相手モデル)。でもオレンジくらいで…(分類:自分の手の選択)

このように、参加者2Pは思考時間が5秒間という短時間の条件にて、最適戦略を把握しているがゆえに、意図通りの行動をしない相手に対して意図の伝達を試みるような報復的な記号行動を頻繁にしていた。この報復的な行動が結果的にプログラム側の記号選択を複雑化し、結果的に最終得点が低下する要因となったことが確認できた。

次に、同じ参加者2PのP20条件・PH20条件での発話についても言及する。まずP20条件(3回目・得点374点)

での発話内容は以下である。

- (第2試行) なるべく相手にイチゴを出して欲しいので(分類:相手モデル)、イチゴで(分類:自分の手の選択)。
- (第14試行) イチゴ来ないかなー(分類:相手モデル)、次オレンジだったらちょっと催促…(分類:相手モデル)。催促しなくてもイチゴ…かな。でもこの調子ならずっとオレンジくさいし(分類:相手モデル、相手の手の予測)
- (第19試行) まー、ちょっとエサをエサを…(分類:相手モデル) イチゴを、イチゴを出してもらわないと困る(分類:ルール・得点確認)

このように、参加者2Pでは、PH5条件とP20条件とで、相手に自己の意図を伝えようとする発話が多数現れた。結果、PH5条件同様に、得点は低く抑えられる結果となった。

最後に参加者2PのPH20条件(4回目・得点454点)の発話の一部についても言及する。

- (第1試行) 今回は相手の欲しそうなのでまずは釣ってみて(分類:相手モデル)
- (第4試行) とりあえずへんなを出して来たら、こちらから仕返すするという単純なルーチンでいこう(分類:その他)
- (第7試行) ブドウで15点とっても、その後最大で19点にしかならないな(分類:ルール・得点の確認)。応酬合戦になりそうだから、このまま続けばいいな(分類:相手モデル)
- (第14試行) んま、人間同士だから、何か、2回やってことで(分類:相手モデル)
- (第23試行) 終わりの数回でちょっとした駆け引きになる(分類:相手モデル)

以上のように、最終的に得点の上昇したPH20条件でも、基本的にはしっぺ返し戦略をとることを方針としている。しかし、第7試行や第23試行で確認できるような、課題に対する分析的な視点から相手の今後を予測するという冷静さが伺われた。

5.5 考察

上記で挙げた実験参加者以外にも発話プロトコルから9名中8名が最適戦略であるイチゴ記号を選択し続ける協調戦略に気づいたことが確認できた。このことは、実験1では1試行辺りの思考時間が異なるが、現実的には同じプログラムで4回計200試行の繰り返しを行ったことが原因だと考えられる。実際、実験1で実験後半に行われることの多かったPH条件の平均得点343.5よりも、実験2のPH20条件実験の平均得点386.6と高くなったのは傍証と言えよう。

しかし一方で、結果で発話内容の一部を挙げた参加者2Pは、初回の時点で最適戦略に気づいていたにも関わらず、

PH5 条件で得点を下げた。このことから、戦略の把握の有無や、思考時間の長短に関わらず、相手に応じたモデルがトップダウン的に適用されていることが示唆される。

一方で、参加者 2P はその後に行った P20 条件でも、相手が人間だと教示された直前の PH5 条件と類似の感情的な発話を行った後に、PH20 条件では冷静さを取り戻し、他の 3 条件では確認できなかった課題に対する分析的な発話を複数回確認できた。以上のことから、1 試行辺りの思考時間の制約は相手モデルの発生を妨げる要素にはならないが、時間的余裕によって、相手モデルからトップダウン的にされていた判断から、合理的戦略に切り替えるための要素になっていることが考えられる。

6. 総合考察

2 章は時間と人工物に対する相手モデルへの影響として 2 つの疑問、つまり 1. インタラクションの回数の増加により相手に対する思考の質に影響はあるのか、2. インタラクションの 1 試行あたりの時間を制約することで相手に対する思考に影響しうるのかという疑問を提起した。これに対し上述の 2 実験から、1. 回数を増加させてもトップダウン的に相手モデルが適用されるため、別途の刺激がない限り相手モデルの変更に影響はしない可能性が高いこと、また 2 つ目の疑問には、1 試行辺りの思考時間の制約は実際の相手が何であれ、相手モデルの発生を妨げる要素にはならないが、時間的余裕により課題に対する戦略の切り替えに影響を及ぼす可能性があるとした。

社会心理学では人間間でのインタラクションについて、相手との相互性と認知目標から相互作用性をレベル 0 からレベル 4 に分類することが提案されている[10]。ここでレベル 0 とは相手を「相手」と認識せず、相互作用を全く期待しない状態であり、レベル 2 で一方向の相互作用、レベル 3 で対照的な相互作用、そしてレベル 4 では何等かの感情を含む高度な相互作用を期待し、「相手の考える自分」のような深い思考に至るとしている。このことと本研究の実験結果から、相手に対する思考の質や深さは相手に対するインタラクション目標からトップダウン的に決定され、時間的に余裕のある中でインタラクションを継続されることで、相手モデルやそれに伴う戦略が更新されるという図のような情報処理モデルが考えられる。

近年、人間が人工物から情報の取得をする状況が増加したことに伴い、ユーザビリティなどの向上を目的に人工物にエージェンシーを付与する試みは広く行われている。このように人工物をエージェントに付与することで、ユーザに人工物をエージェントとみなさせるための仕掛けがユーザビリティに影響する理論的背景の一つに、Nass らが提案した人間が人工物を人間が相手と同様に扱うという性質 (CASA) が指摘されており、広く一般に受け入れられている [11]。しかし一方で、Lie らは相手は相手が人工物の場合に、

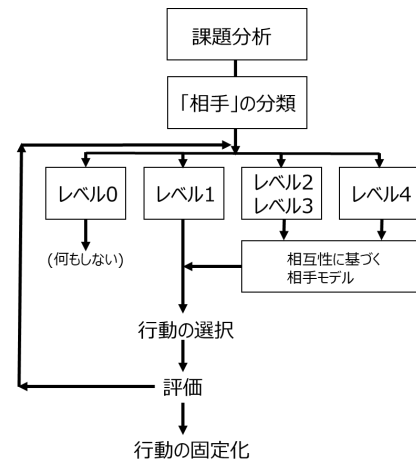


図 5 提案情報モデル

Figure 5 proposed information model

行動が変化することを報告し、Nass らの研究に異を唱える研究法も存在する [12]。実際、本研究で教示により相手が人間だと思ふことで行動が変容するというのも、ある意味 CASA とは相いれないものだと考えられる。

しかし本研究で提案した情報処理モデルでこの結果を考察すると、Nass らの主張は人工物をレベル 2～レベル 4 として判断した参加者によってサポートされ、Lie や本研究の一部の参加者が人工物に対して人間と同等に対応しなかったのは人工物をレベル 1 と認識していたからであると説明ができると考える。しかし、この点については直接的な検証を要するため、今後の課題としたい。

7. おわりに

本研究では人工物とのインタラクションにおける相手モデルが時間的制約によって変容しうるのかについて、心理実験を行い、行動指標と発話プロトコル分析から検討を行った。結果、単純な課題における単なる継続時間は相手に対する思考の質に影響を与えない可能性が高いこと、また、思考判断のための時間の制約は相手モデルの適用に影響はしないが、思考戦略の切り替えには影響をすることが確認できたとし、インタラクションする相手に応じた相手モデルの適用についての情報処理モデルを提案した。

しかし一方で、本実験にはいくつかの課題が考えられる。1 つ目は実験参加者の不足である。発話プロトコル実験という分析に時間がかかる手法を採用していることが主な原因だが、一般化するには実験参加者の数を増加させる必要があると考える。また、実験で使用した 3×3 の記号選択課題についても考慮が必要である。本課題はルールが簡便で実験参加者が理解しやすく、実験としての行動を評価しやすいという利点がある [5]。一方で、実験で使用した課題はワンショットの課題の繰り返しであり、総合点には影響するものの、選択できる戦略の数は少なく、また、一度優位な戦略を見つけたらそれを繰り返すだけで高得点が期待できる。しかし、日常生活においては刻一刻と変化する状

況下で思考することが普通であり、ある特定の状況で有利な戦略だからといって、時間が経過しても同じことをすれば有利になるというものではない。そして人間はこのような状況下で人工物を相手に思考をすることが求められているのだ。そこで今後は、ゲームを題材とする場合でも時間経過と共に変化する状況の考慮が必要な将棋や囲碁のような課題でも実験を行い、提案モデルのさらなる精緻化を行っていききたい。

参考文献

- [1]国土交通省,平成 24 年度 国土交通白書 (2013).
- [2]前東 晃礼, 三輪 和久, 寺井 仁, 自動化システムの使用と信頼の役割, 認知科, 21(1), 100-112 (2014).
- [3]林 創: 児童期における再帰的な心的状態の理解, 教育心理学研究, Vol.50, No.1, pp.43-53 (2002).
- [4]Bethany Liddle, Daniel Nettle: Higher-order theory of mind and social competence in school-age children, Journal of Cultural and Evolutionary Psychology, Vol. 4, No.3-4, pp.231-246, (2006)
- [5]Dale O. Stahl and Paul W. Wilson, On players' models of other players: Theory and experimental evidence, games and economic behavior, 10, 218-254 (1995).
- [6]高橋 英之, 岡田 浩之: 社会認知における「社会的思い込み効果」の役割とその脳内メカニズム, 認知科学, Vol.18, No.1, pp.138-157, (2011)
- [7]佐藤 友美, 大塩 立華, 吉田 和子, 石井 信; 他者の内部状態推定と行動予測を用いた意思決定モデル, 電子情報通信学会技術研究報 NC, Vol.107, No.413, pp.73-78, (2008)
- [8]浅田麻菜, 伊藤毅志, メタ相手モデルがエージェントとのインタラクション時の思考過程へ与える影響, HAI シンポジウム, D 1 (2014).
- [9]Kennelly, A., and Fantino, E., The sharing game; fairness in resource allocation as a function of incentive, gender, and recipient types, Judgement and Decision Making 2, 204-216 (2007).
- [10]山本真理子, 原奈津子, 他者を知る-対人認知の心理学, サイエンス社 (2006) .
- [11]Nass C., Steuer J., Tauber E R., Computers are social actors, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '94), 72-78(1994).
- [12]Celia Lie, Jennifer Baxter, Brent Alsop, The effect of opponent type on human performance in a three-alternative choice task, journal of behavioural processes, 99, 87-94 (2013).