

相互予測が人間のインタラクションに対する 「飽き」に与える影響に関する研究

嶋本 正範[†] 塩瀬 隆之[†] 川上 浩司[†] 片井 修[†]

[†] 京都大学大学院情報学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

E-mail: shimamoto@sys.i.kyoto-u.ac.jp, {shiose,kawakami,katai}@i.kyoto-u.ac.jp

あらまし 人間とのコミュニケーションを目的としたHAIやHRIなどの研究において、人間の飽きは大きな問題である。このような観点から、人間の飽きの性質を明らかにすることは飽きないエージェントの設計や飽きないインタラクションのデザインの助けとなる。そこで、本研究では人間や動物などのように主体性のある存在同士のインタラクションの際立った特徴である相互予測に着目し、相互予測が人間のインタラクションに対する飽きにどのような影響があるかを明らかにすることを目的とする。そこで、相手の予測能力の度合いと被験者の相手に対する主観的認知という2つの軸を実験条件として、相互予測が被験者の相手に対する主体的認知とインタラクションに対する「飽き」に与える影響を調べる実験の設定について述べる。

キーワード 相互予測, 「飽き」, 競争的インタラクション

The Study of Human Boredom for Interaction Influenced by Mutual Prediction

Masanori SHIMAMOTO[†], Takayuki SHIOSE[†], Hiroshi KAWAKAMI[†], and Osamu
KATAI[†]

[†] Dept. of Systems Science, Graduate School of Infomatics

Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan

E-mail: shimamoto@sys.i.kyoto-u.ac.jp, {shiose,kawakami,katai}@i.kyoto-u.ac.jp

Abstract In the field of HAI and HRI which intended to establish communication with human, human boredom for agents or robots is a big problem. Thus clarification of boredom property of human could help design of agents and design of interaction which is not bored with. In this research, we focused on mutual prediction that is distinguished property of human-human interaction or human-animal interaction. And we aimed to clarify how mutual prediction affects human boredom for human-agent interaction. In this paper, we explain our experiments setting that investigate influence of mutual prediction for human boredom of interaction and subjective cognition on opponents. In these experiments, we set two axes for experiments' condition. One is subjective cognition on opponents and the other is degree of opponent's prediction.

Key words mutual prediction, human boredom, competitive interaction

1. ま え が き

人間とコミュニケーションを目的としたエージェントやロボットが登場したことにより、ヒューマン・エージェント・

インタラクション(HAI:Human-Agent Interaction)やヒューマン・ロボット・インタラクション(HRI:Human-Robot Interaction)が注目されるようになってきた[1],[2]。そ

の中で、人間のエージェントやロボットに対する飽きは大きな問題である。

そこで、本研究では人間が飽きないためのエージェントやロボットの設計指針の一助とするため、人間のインタラクションに対する「飽き」という、人間の飽きの性質の側面を明らかにすることを目的としている。特に本研究では、予測や適応といった能力を有する動物など、主体性のある存在同士のインタラクションの際立った特徴である相互予測に着目する。この相互予測が人間とエージェント(コンピューター)とのインタラクションにおいて、インタラクションに対する人間の「飽き」にどのような影響を与えるかを明らかにすることが本研究の目指すところである。

2. 研究背景

2.1 「飽き」(心的飽和)

飽きは心理学用語では「心的飽和」と言われ、非常に古くから研究されている。心的飽和とは「特定の同一行為を反復継続して遂行する場合、疲労や単調感などと異なって継続の努力にもかかわらず、その行為をそれ以上続けることが出来ず、打ち切ってしまうような心的状態」とされ、A.Karsten によって実験的に明らかにされた [3]。

しかし、HAI を考えた場合、心的飽和では捉えきれない側面が存在するものと考えられる。心的飽和においては特定の同一行為に対する心的状態であり、そこには不確実性がほとんど存在しない。それに対して、HAI においては人間とエージェントとの間にインタラクションが存在し、もしエージェントが意思決定や予測、あるいは適応する存在であるとすると、それらの能力を有している人間との間に入れ子構造が発生する。それは、つまり人間が対象に対してただ単に予測や適応だけでなく、人間自身に対して予測や適応してくる対象に対して、予測や適応するという自己言及的な構造が発生する。以上のようなことは相互予測や相互適応 [4] と呼ばれる。

本研究ではこのような、心的飽和では捉えきれない、相互予測や相互適応が人間の「飽き」に与える影響について取り扱う。

2.2 相互予測

我々は日常生活において他者の行動を予測して行動している。当然、他者も自身の行動を予測して行動する。このように、お互いがお互いを予測しあう場合、入れ子構造による無限後退が発生し、どこまでいっても最適解が存在しない。

N. Luhmann はこのような相互予測に着目し、法や規範がいかにして形成されるかを考察している [5]。Luhmann はその中で予測を認知的予測と規範的予測の二種類に区別した。認知的予測とは、予測に反した現実が現れた場合

に、それに適応し、予測を改める予測であり、それに対して規範的予測とは、予測に反した現実が現れた場合にも、もとの予測を変えない予測であるとした。認知的予測と規範的予測は、学習でいうところの exploration (探索) と exploitation (利用) にあたるものと考えることが出来る。心的飽和で取り上げられたような特定の行為や物理的なものに対しては、一度、予測を形成すれば、対象が変化することはあまりないので、予測における exploitation (規範的予測) が可能になる。それに対して人間や動物、あるいはエージェントのように対象も自分自身を予測し、適応してくるものに対しては予測における exploitation (規範的予測) だけでなく、予測を更新し続け予測における exploration (認知的予測) が必要となる。

Iizuka ら上述のような相互予測を計算論的なモデルで提唱している [6]。Iizuka らはリカレントニューラルネットワークを用いた学習器を使用し、2台の移動エージェントに相互予測に基づく相互追跡ゲームを行わせ、ある一定のパターンが形成されるフェーズとパターンが崩れカオス的な軌跡が現れるフェーズがあるということを報告している。これは相互に予測し相互適応するがゆえに発生する現象である。

このように HAI においては物理的なものとのインタラクションとは異なる側面を持っており、予測における exploitation (規範的予測) というある程度のパターンを形成する方向性と相互予測における不完全性ゆえに予測における exploitation (規範的予測) が必要になりパターンが崩れる相反する2つの方向性が人間のインタラクションに対する「飽き」に大きな影響を与えているのではないかと考えられる。

2.3 主観的な対象認知による相違

人間とコンピューターのインタラクションにおける先駆的な研究として B. Reeves と C. Nass らの一連の研究が挙げられる [7]。彼らの研究によると人間は無意識のうちにコンピュータやテレビなどのメディアを人間のように扱っているという報告をしている。

一方、Gallagher らの実験によると、対象が人間と教示された条件とコンピューターであると教示された条件という人間の対象に対する主観的認知の違いだけで、脳の賦活部位が異なったという報告がある [8]。Gallagher らの実験では、被験者にじゃんけんを行わせ、対戦相手が人間と考えているときの脳部位の賦活状況と相手がコンピューターであるときの脳部位の賦活状況を fMRI を用いて比較している。ただし、どちらの条件においても対戦相手はコンピューターによって出手がランダムに決定されるプログラムである。このとき、どちらの条件でも勝率は 33% であり、条件間で勝率の差はないにもかかわらず、条件によって脳の賦活する部位が異なるとしている。また、Takahashi の実験では、同様に被験者に対

戦相手に対する主観的認知を条件として、被験者の行動を比較している [9]。彼らの実験によると被験者が対戦相手を人間と教示されるか、コンピューターと教示されるかによって、被験者の行動が異なると報告している。対戦相手が人間と考えている条件の方がコンピューターと考えている条件に比べ exploration の割合が exploitaion の割合が大きいことをエントロピーを使って説明している。つまり、人間は対戦相手が人間であると信じている方が探索的な行動を取るといえる。

上述のように報告のように、人間は相手を人間と思うか、コンピューターと思うかで違いがある。これは、人間がコンピューターに対する思い込み、信念によるものではないかと考えられる。つまり、コンピューターは機械的であり、ある一定の法則（設計）に支配されていると思っているからではないかと考えられる。一方、HAI を考えた場合、先述した相互予測、相互適応の観点からエージェントは 機械的であるものと生物的なもののどちらにも属さない中間的な存在であるといえる。

そこで、本研究では以下の 2 点を明らかにすることを目的とする。

(1) まず、被験者の対象に対する主観的認知によってインタラクションに対する「飽き」方に違いがあるかを明らかにする

(2) Gallagher や Takahashi の実験では被験者に課せられたゲームはじゃんけんなど単純なものであったが、もう少し互いに予測が成り立ち得る状況であればインタラクションに対する「飽き」に影響があるのかを明らかにする。

上述の目的を実験的に明らかにするため、次節では実験設定について説明する。

3. 実験設定

3.1 実験概要

本実験では簡単なカードゲームを被験者に行ってもらおう。行うカードゲームは 1 から 3 までの 3 枚のカードを順次、被験者と対戦相手が同時に出し合い数字が大きい方が 1 勝とする。一度出したカードはそのセットにおいては使えないものとし、3 戦中 2 勝した方が勝者とする。例えば、被験者が 3, 1, 2 の順にカードを出したとき、対戦相手が 2, 3, 1 の順でカードを出してきた場合、被験者の 2 勝 1 敗となり、そのセットは被験者の勝利となる (図 1)。

被験者にはこのようなカードゲームを繰り返し行ってもらおう。

このカードゲームは本質的にはじゃんけんなどと変わらないが、出すカードの順序によって出せるカードが制約されるので、多少、戦術的な要素が考慮されるものと考えられる。カードを出す順序は 6 通りなので、対戦相

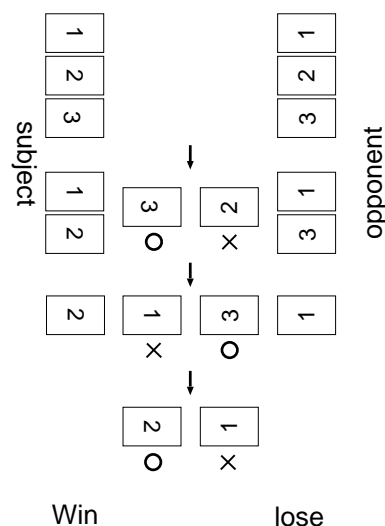


図 1 ゲームの流れ

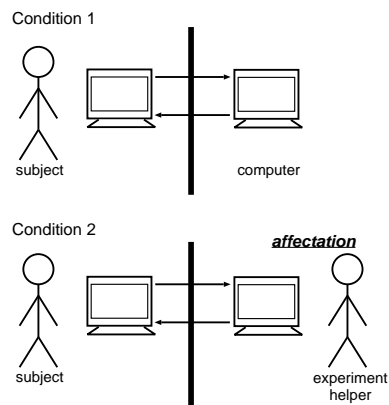


図 2 実験条件

手も合わせて全体で 36 通りとなる。その中、勝つ確率、負ける確率は共に 1/6。残り 2/3 が引き分けである。そのセットで勝利した場合には + 100 点、引き分けの場合は 0 点、負けの場合は - 100 点とする。被験者にはこのようなカードゲームをディスプレイ上でキーボードを使用し行ってもらおう。

3.2 実験 1

実験 1 では被験者の対戦相手に対する主観的認知によって、インタラクションに対する被験者の「飽き」に違いがあるかを調べる。条件としては、

- 対戦相手を人間と思わせる
- 対戦相手をコンピューターだと思わせる

とする。対戦相手を人間と思わせる条件のときは、実際に被験者の前に実験協力者を配置して、被験者から相手のディスプレイとキーボードは見えないようにし、実験協力者がゲームをしているかのように振る舞ってもらおう (図 2)。

このとき、実際の対戦相手はどちらの条件の場合でもコンピューターが出すカードをランダムに決定するもの

とする。被験者はゲーム自体に飽きるのが自然だと考えられるので、被験者によってどちらの条件を先にするかを均等になるようにし順番効果を相殺するようにする。

各条件の試行の後に被験者にその試行についてのアンケートに答えてもらう。

この実験によって、人間の思い込みだけでインタラクションに対しての「飽き」方に違いがあるかを調べる。つまり、「相手がコンピューターだからつまらない」という思い込みがあるかを明らかにする。

3.3 実験 2

本研究の焦点は相互予測が人間のインタラクションに対する「飽き」に与える影響を明らかにすることである。実験 2 では、コンピューターに履歴からある程度被験者の次のカードを予測する簡単な機構を組み込み、それが被験者の対戦相手に対する主観的認知とインタラクションに対する「飽き」にどのような影響を及ぼすかを調べる。条件としては、

- 出すカードをランダムに決定
- 出すカードを履歴による予測によって決定

とする。このとき、どちらの条件においても、対戦相手が人間かコンピューターかは教示しない。実験 1 と同様、順番効果は先に行う条件が均等になるようにして相殺する。また、各条件の試行の後に被験者にその試行についてのアンケートに答えてもらう。

履歴による予測は被験者の出した手をカウントしておき、それに基づいてコンピューターの出す手の確率を変動させる。その試行において被験者が出した手を順に a_{s1}, a_{s2}, a_{s3} 、対戦相手であるコンピューターが出した手を順に a_{c1}, a_{c2}, a_{c3} とし、状況 s を $s = \{a_{s1}, a_{s2}, a_{s3}, a_{c1}, a_{c2}, a_{c3}\}$ とする。このとき、コンピューターが一手目に出すカード $d (d \in \{1, 2, 3\})$ の確率を以下の式で決定する。

$$P_1(d|s) = \frac{\text{Count}(d|s)}{\sum_a \text{Count}(a|s)} \quad (1)$$

一回の試行が終わるたびに $\text{Count}(a = A|s = S)$ のカウント数を 1 増やす。(A, S はその試行において、一手目に実際に出した手とその試行によって決まった状況を指す)

コンピューターが二手目出す手は単純に一手目の双方の手によって決定し、一手目のときと同様に一回の試行が終わるたびにカウント数を増やし、二手目に出す手の確率を変動させるようにする。

$$P_2(d|a_{s1}, a_{c1}) = \frac{\text{Count}(d|a_{s1}, a_{c1})}{\sum_a \text{Count}(a|a_{s1}, a_{c1})} \quad (2)$$

この実験において、被験者は対戦相手のカードの出し方によって対戦相手を判断しなければならない。それにより、ある程度、相互に予測が成り立ちえる状況において、被験者の対戦相手に対する主観的認知に与える影響とそれによるインタラクションに対する「飽き」への影響を明らかにする。

4. おわりに

本研究では HAI における飽きないインタラクションを目指し、人間の「飽き」の性質の側面について明らかにすることを大きな目的とした。特に動物の際立った特徴である予測について着目した。特に人間とエージェントとのインタラクションを対象にする場合は相互予測が、人間と物理的な対象（あるいは環境）とのインタラクションと大きく異なる点であることを議論し、その相互予測が人間のインタラクションに対する「飽き」にどのような影響を与えるかを分析するための実験設定について述べた。実験結果については、後日報告する。

今後、被験者のアンケートだけでなく、被験者の実験中の生体情報を計測し、インタラクションに対しての「飽き」について、ある程度、定量的に扱えるようにしたい。生体情報は特にヒューマンインターフェースの研究で緊張や興奮の計測などに使用される、心電図や皮膚電気伝導などを使うことを考えている。

文献

- [1] 小松孝徳, 開一夫, 岡夏樹, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 人工知能学会誌, Vol.17, No.6, pp.679-686, 2002.
- [2] 山田誠二, 角所考, 適応としての HAI, 人工知能学会, Vol.17, No.5, pp.658-664, 2002.
- [3] A. Karsten, Psychology saturation, Psychological Research, Vol.10, pp.612-628, 1928.
- [4] 山田誠二, 山口智浩, 人間とロボットの相互適応 - AIBO をしつける -, 第 58 回人工知能学会「知識ベースシステム」研究会, pp.93-98, 2002.
- [5] N. Luhmann (村上純一, 六本佳平 訳), 法社会学, 岩波書店, 1977.
- [6] H. Iizuka and T. Ikegami, Adaptability and Diversity in Simulated Turn-taking Behaviour, Journal of Artificial Life, Vol. 10, No. 4, pp.361-378, 2004.
- [7] B. Reeves and C. Nass, The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places, University of Chicago Press, 1996. (細馬宏通訳, 人はなぜコンピューターを人間として扱うか, 翔泳社, 2001.)
- [8] H. Gallagher, A. Jack, A. Roepstroff, and C. Frith, Imaging the Intentional Stance in a Competitive Game, NeuroImage, Vol.16, No.3a, pp.814-821, 2002.
- [9] H. Takahashi and T. Omori, Intentional stance regulates behavioral balance of exploration and exploitation in a competitive game, 2nd Annual Computational Cognitive Neuroscience Conference, 2006.