

# ロボットとのインタラクションがユーザの持つ印象に与える影響 —ランダム性の認知に着目して—

Human-Robot Interaction Influencing on Impression of Robot: the recognition of randomness

佐久間 拓人\*1 \*2      加藤 昇平\*1  
Sakuma Takuto              Kato Shohei

\*1 名古屋工業大学工学研究科情報工学専攻

Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

\*2 日本学術振興会特別研究員 DC  
JSPS Research Fellow

This research is aimed at making human-robot interaction that users can really enjoy. We believed that it is necessary to reflect the preference of users so that they could have more positive impressions of robot through such interactions. So we have been developing a robot that can reflect the preference of users. In this robot, users reward the interaction between robot and themselves, and then the robot learns reward dynamically. By doing that the robot can create better interactions for users. Thereby, users' impression of robot can be improved. In order to assess the effectiveness of our robot, we have conducted an experiment of a ball game as the interaction between user and robot. According to sensitivity evaluation our robot gained good impression of users.

## 1. はじめに

本研究はユーザからの報酬を学習し、インタラクションにユーザの好みを反映することでユーザのロボットに対する印象を向上させることを目的としている。ユーザとロボットはインタラクションを行い、ユーザは自分の好みに従いインタラクションに報酬を付与する。ロボットは報酬を基にユーザの好みを学習し、次のインタラクションに反映する。我々はこれまで、ユーザから与えられた報酬の学習において All-Combinatorial N-gram (ACN) を提案し [佐久間 14c]、ロボットとのインタラクション実験を通して有効性を検証してきた [佐久間 14c, 佐久間 13, 佐久間 14a, 佐久間 14b]。インタラクション実験において提案手法によって報酬を学習するロボット (提案ロボット) との比較対象の一つとして、与えられた報酬を一切考慮せずランダムに行動を決定し動作するロボット (ランダムロボット) を設定した。音を使ったインタラクション実験 [佐久間 14c] およびビーズパターンを使ったインタラクション実験 [佐久間 13] においてランダムロボットに対する被験者の印象は明らかにネガティブであり、この結果に異論はなかった。しかし、[佐久間 14b] において、「ボールを使ったやりとり遊び」におけるランダムロボットは提案ロボットと同様にポジティブな印象を与え、被験者によっては提案ロボット以上にポジティブな印象を受けることが確認された。

本稿は先行研究 [佐久間 14b] にて行った「ボールを使ったやりとり遊び」に対する感性評価実験において、ランダムロボットが被験者から非常にポジティブな印象評価を受けたことに着目し、改めてランダムロボットを用いて追実験を行い被験者がランダムロボットに対して抱いた印象の要因を検証する。

## 2. 先行研究における実験結果

我々は先行研究 [佐久間 14b] において、図 1 に示す感性評価結果を得た。棒グラフは感性評価の平均を、誤差棒は標準誤差を表し、図中のロボット DL は提案ロボットを、ロボッ

連絡先: 加藤昇平, 名古屋工業大学, 名古屋市昭和区御器所町,  
052-735-5625, shohey@katolab.nitech.ac.jp

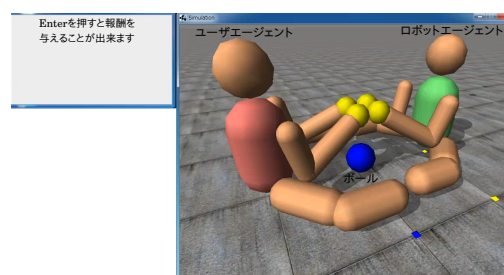


図 2: インタラクションに用いた擬人化エージェント

ト R はランダムロボットの結果を表す。図 1 に示した結果は [佐久間 14b] における実験被験者の内、特にロボットに対して積極的に報酬を与えていた被験者 (積極群) の感性評価結果である。注目すべきはランダムロボットが全ての形容詞対において提案ロボットよりもポジティブな印象である点。佐藤らが「面白さ」の演出には適度なランダム性が必要であると指摘している [佐藤 01] ように、ランダムな動きがポジティブな印象を誘発すること自体には疑問は無い。しかし、ロボットに対して積極的に報酬を与えてくれる被験者は提案ロボットにとって有利な存在であるにも関わらず、このような結果に至った過程には我々が見過としている要因があると考えられる。

## 3. 感性評価実験

人 - ロボット間のインタラクションにおいて、ランダムに行動を決定するロボットに対して人が抱く印象およびその要因を確認するため、感性評価実験を行った。

### 3.1 実験設定

本実験では先行研究 [佐久間 14a] と同様の環境を用いた。ボールを使った遊びに場面を設定し、シミュレータ上にユーザとロボットを模した擬人化エージェントの身体を二体構築し、対面する形で配置した。なお本稿ではシミュレータ上のユーザを「ユーザーエージェント」、ロボットを「ロボットエージェン

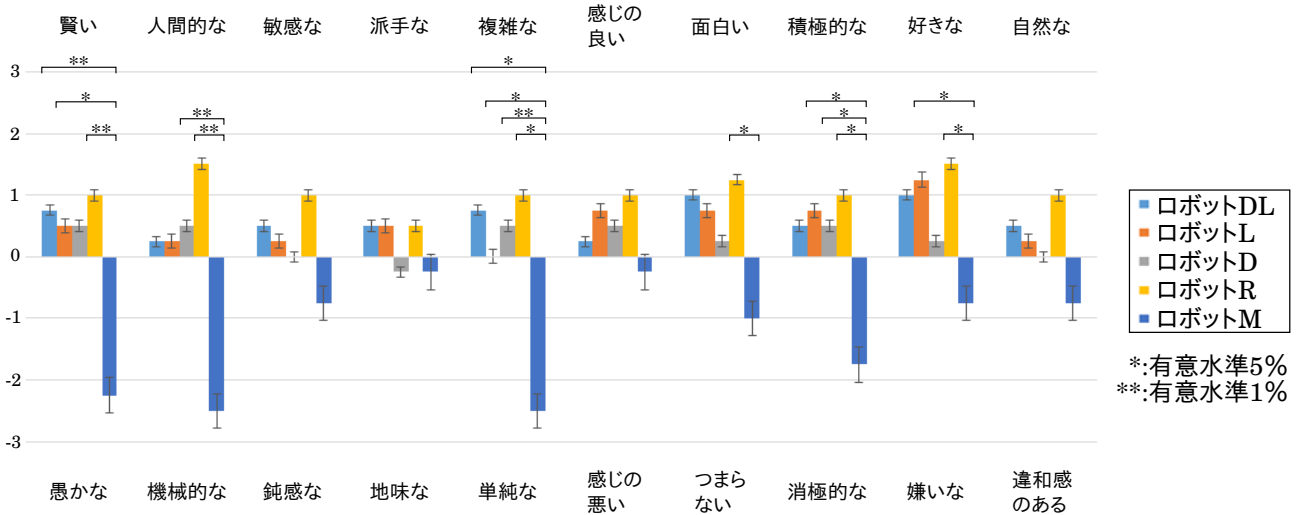


図 1: 積極群の感性評価実験の結果 ([佐久間 14b] から抜粋)

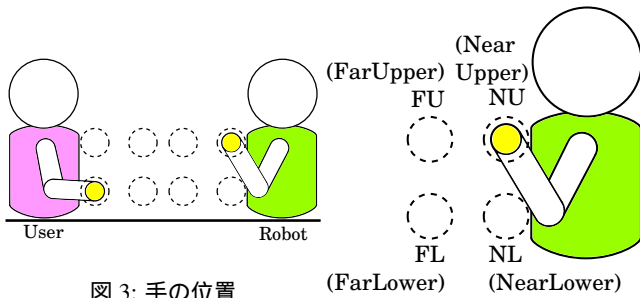


図 3: 手の位置

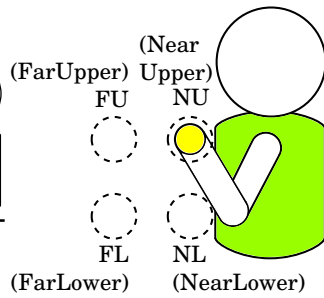


図 4: 手を移動できる場所

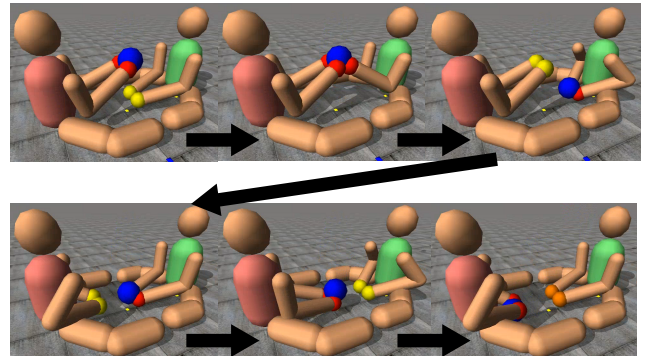


図 5: 「ボールの受け渡し」の様子

ト」と呼称する。ユーザエージェントとロボットエージェントの間にはボールを配置した。被験者はユーザエージェントを操作しボールに働きかけることでロボットとインタラクションする。図 2 に実験に用いた擬人化エージェントおよびボールの外観を示す。本稿ではユーザエージェントとロボットエージェントの手の位置の状態数は 4 であるとす。すなわち、両者の手先位置は予め定めた 4 箇所 (図 3) にのみ移動できるものとする。また 4 箇所の名称はそれぞれ、NearUpper (NU), NearLower (NL), FarUpper (FU), FarLower (FL) とする (図 4)。なお、本稿における「手の位置」とは「両手の位置」である。すなわち、両者の左右の手は拘束されており、左右の手それぞれが異なる状態に移動することは無いとする。手の握りは「握っている」「握っていない」の 2 状態とする。ロボットエージェントが選択できる行動の種類は {NU, NL, FU, FL} の手の位置 4 つそれぞれに対し手を握っているかどうかの 2 値を考慮した 8 種類とする。紙面の都合上、インターフェースの詳細は先行研究 [佐久間 14a] を参照して頂きたい。

本実験では「ボールの受け渡し」の行動が創発されたと認められる場合ほど高い報酬を与えるよう被験者に指示した。本稿における「ボールの受け渡し」とは図 5 に示すように、ボールをユーザエージェントが持ち、そのボールをロボットエージェントが受け取り、その後ロボットエージェントがユーザエージェントにボールを渡す、という一連のやりとりの呼称である。「ボールの受け渡し」はボールを使ったインタラクションにお

いて一般的であり、比較的成立しやすいものである。先行研究 [佐久間 14a] においても多くの被験者で「ボールの受け渡し」が確認されており、被験者によっては「ボールの受け渡し」が創発されるようにロボットエージェントに報酬を与えていた者もいた。本実験ではこの「ボールの受け渡し」を目標行動として設定することで、被験者間の報酬付与基準を統一した。被験者は 20 代男性 10 名。事前にユーザエージェントの操作方法は説明し、インタラクションに必要な動きを練習させた上で実験に臨んだ。ロボットとのインタラクションは 30 分間とし、10 分毎にロボットに対する印象を評価させた。

### 3.2 印象評価

被験者はロボットに対する印象を SD 法 [C.Osgood 57] による感性評価および自由記述により回答する。感性評価は各形容詞対 (図 6 参照) について 7 段階評価で行う。自由記述は「ロボットの学習具合についてどう思いますか」という質問項目に回答させた。

図 6 に感性評価の結果を示す。棒グラフはユーザの感性評価の平均を、誤差棒は標準誤差を表す。また各時点の評価に対して Tukey の多重比較検定による有意差検定を行った。検定の結果、有意水準 10% および 5% にて有意差を確認できたものをそれぞれ「\*」および「\*\*」で示す。

図 6 より時間の経過に伴って各形容詞の印象がポジティブ

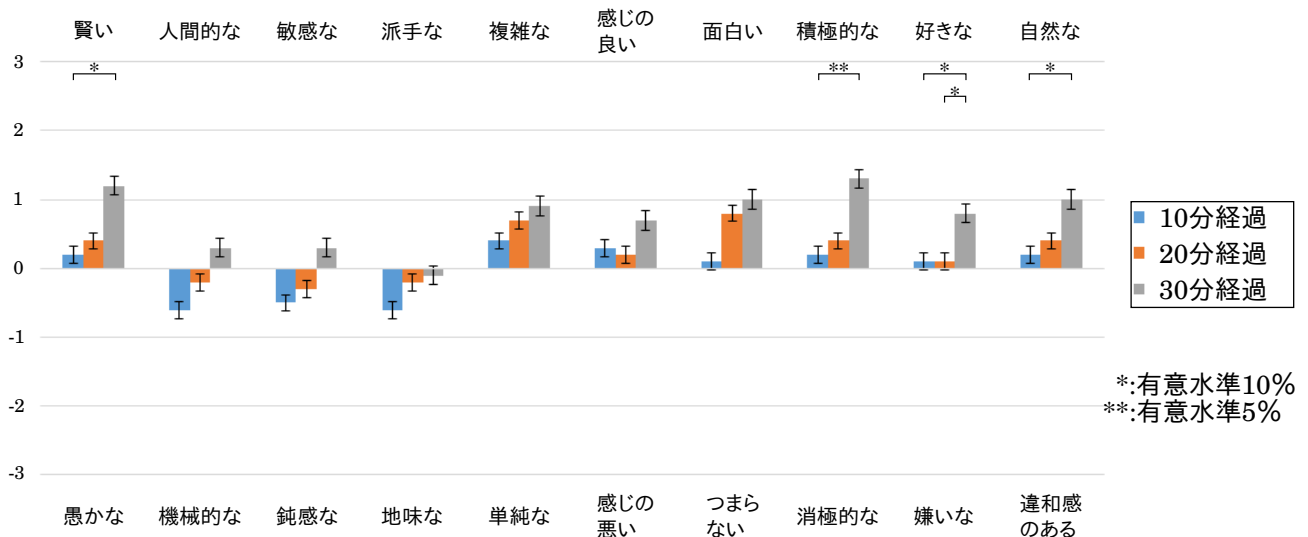


図 6: 感性評価実験の結果

表 1: 自由記述における内容別回答人数 (被験者数 10)

	10分経過	20分経過	30分経過
学習できていない	5名	1名	1名
学習できている	2名	6名	6名
その他	3名	3名	3名

に変化していることがわかる。「感じの良い」以外の形容詞対では単調増加であることも確認した。また、「賢い」「積極的な」「好きな」「自然な」の4つの形容詞対に関しては有意差を確認した。このことから被験者は、与えられた報酬を考慮せずランダムに行動を選択するロボットにも関わらず、インタラクションによって好印象を抱いたと考えられる。

また、「ロボットの学習具合についてどう思いますか」の質問項目に対する回答内容に着目し、「学習できている」という旨の回答をした被験者、「学習できていない」という旨の回答をした被験者、その他前述の二種類に分別出来ない回答をした被験者の3群に分類し人数をカウントした。表1に自由記述における内容別回答人数を示す。10分経過時点では「学習できていない」という旨の回答は10名中5名であり、「学習できている」という旨の回答は2名であったが、30分経過時点では「学習できていない」という旨の回答は10名中1名であり、「学習できている」という旨の回答は6名であった。このことから被験者は、報酬を与え続けることによってロボットが学習しているような印象を受けており、インタラクション時間の経過に伴い同様な印象を抱く被験者が増えたと考えられる。

感性評価の結果および自由記述の結果から、被験者はランダムに行動を決定するロボットに対して、報酬によって学習している印象を受け、その印象がポジティブな感性評価に繋がったと考える。本稿では被験者が本来ロボットは学習できていないにも関わらず「学習できている」という錯覚を起こした要因として考えられるものを二つ挙げる。一つは指示による思い込み、もう一つはピーク・エンドの法則 [Kahneman 00] である。被験者は実験者から「ボールの受け渡し」をロボットエージェントが学習できるように報酬を与えるように指示を受けている。必然的に被験者はロボットがなにかしらの方法で与えられ

た報酬を学習すると思ひ込み、たとえロボットエージェントの動きがランダムであっても学習した上での動きであると感じてしまうのではないかと考える。同様の現象として、浅田らは実際にはプログラムが確率的に行動を決定するにも関わらず「人間が行動を決定している」と被験者に教示を与えることで被験者が人間を想定した思考となることを指摘している [浅田 14]。岡田らはエージェントに関する事前刺激がユーザの持つ印象に与える影響を検証し、継続的なインタラクションを通じて事前刺激の影響が強まることを指摘している [岡田 14]。すなわち被験者の抱く印象は、実際に行われた行動そのものよりも実験者が与えた指示や教示、事前情報に大きな影響を受けてしまう危険性がある。また、本実験環境におけるロボットが選択できる行動は8種類であり、「ボールの受け渡し」が成立する瞬間も存在する。そのため、偶然「ボールの受け渡し」が成立することにより被験者がロボットは学習しているという印象を強めると考えられる。また、このような偶然の成立はピーク・エンドの法則によって最終的なロボットへの印象に大きな影響を与えると考える。ピーク・エンドの法則は、自分自身の過去の経験の判定においてピーク時にどうだったか、どう終わったかが重要であるとするヒューリスティクスである。すなわちピーク時に嬉しかった経験はピーク時以外の嬉しさあるいは悲しさの総量および時間に関わらず嬉しかったものとして判定される。ランダムに行動を決定するロボットエージェントとのインタラクションにおいて「ボールの受け渡し」が成立することは稀であり、その他多くのインタラクションが実験時間を占めている。すなわち「ボールの受け渡し」の成立は稀であるがゆえにピークとなっており、「ボールの受け渡し」が成立した瞬間の「賢い」「学習できている」といった印象が最終的な感性評価に繋がっていると考えられる。

### 3.3 報酬付与と頻度

図7に被験者が実験中ロボットエージェントに付与した報酬の頻度を示す。同図より、被験者間で報酬付与頻度の差は見られるが、時間経過による差にあまり傾向が見られないことがわかる。報酬付与頻度は報酬付与対象の様子に応じて変化すると考えられる。本稿における報酬はあくまで学習のために与えられるものであり、付与対象が与えられた報酬に鈍感で様子や行動に変化が見られなければ報酬は次第に与えられなくなると



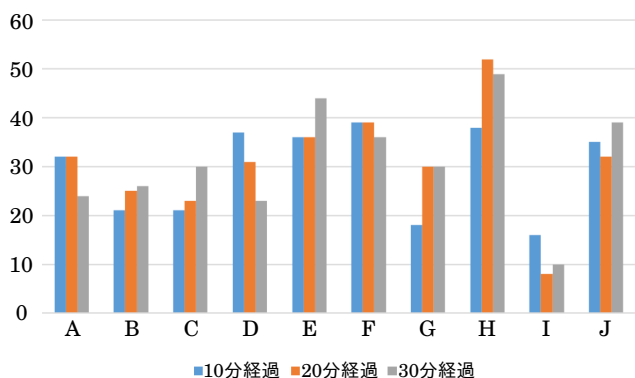


図 7: 報酬付与頻度

考える。我々はユーザの行動を真似するだけのロボットとのインタラクションにおいて報酬は頻繁に与えられない傾向があることを確認した [佐久間 14b]。先行研究における実験および本実験では人型エージェントをインタラクションに用いているが表情や仕草は表出されず、それらからロボットが学習しているかどうかは読み取れないため、被験者はロボットが学習しているかどうかはロボットが行った行動のみから推測していると考えられる。つまりロボット内部の学習の有無に関わらず行動に明確な変化が見られれば報酬は数多く与えられ、頻度は高くなると考えられることから、本実験で使用したランダムに動作するロボットは被験者にとって報酬を与えやすいロボットであったといえる。

ここで疑問となるのは被験者はロボットが「学習できている」と印象を受けているにも関わらず、報酬頻度に時間経過に基づく変化が見られなかった点である。田中らは学習タスクが定まっている条件において学習が進むにつれて教示者がロボットに教示を与えなくなることを確認しており [田中 10]、本実験においても同様に報酬付与回数の減少が起こると考えていた。しかし 30 分経過時点の自由記述において「学習できている」という旨の回答をした 6 名の被験者、A, B, C, D, G, I に着目すると、30 分経過時点の報酬付与頻度が 10 分経過時点に比べ減少しているのは A, D, I の 3 名のみと、「学習できている」という印象と報酬付与頻度の減少が必ずしも結びつくわけではないことが示唆される。報酬付与頻度と学習具合との関係への言及はランダムロボットに対する結果のみからは不十分で先行研究で提案した学習機能、すなわち与えられた報酬に応じて学習を行い行動を変化させるロボットを用いた感性評価実験が必要である。

#### 4. 考察

本実験の感性評価の結果から被験者がランダムロボットに対してポジティブな印象を持つことは確認された。しかし一章で述べた通りランダムロボットがネガティブな印象となった実験結果も存在する [佐久間 14c, 佐久間 13]。実験条件として大きく違う点として擬人化エージェントの存在が挙げられる。[佐久間 14c, 佐久間 13] におけるインタラクション実験では画面上にインタラクション対象であるロボットそのものは描画されていない。それに比べ「ボールを使ったやりとり遊び」ではロボットが擬人化エージェントとして存在している。梁らは擬人化エージェントは「知性」を持っているような印象を与えると指摘しており [梁 13]、人間のような形状・形態に被験者は

ある種の知能を期待してしまい、本稿で示した結果に繋がったのではないかと考える。

#### 5. おわりに

本稿では、ランダムに行動を決定するロボットとユーザをインタラクションさせ、感性評価実験を行うことで先行研究におけるランダムロボットに対するポジティブな印象の要因を探った。今後はこれまでの提案手法によって学習するロボットに関しても追実験を行い、本実験による結果と合わせて検証する。

#### 謝辞

本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金（課題番号 25280100、および、25540146）の助成により行われた。

#### 参考文献

- [浅田 14] 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 2014, pp. D-1 (7-pages) (2014)
- [C.Osgood 57] C.Osgood, G.Suci, and P.Tannenbaum, : *The measurement of meaning*, Urbana:University of Illinois Press (1957)
- [Kahneman 00] Kahneman, D.: Experienced utility and objective happiness: A moment-based approach, *Choices, values, and frames*, pp. 673-692 (2000)
- [梁 13] 梁 静, 山田 誠二, 寺田 和憲: 擬人化エージェント・人間・システムによる商品推薦効果の実験的比較と行動デザイン, HAI シンポジウム (2013)
- [岡田 14] 岡田 翼, 今井 順一: エージェントに関する事前刺激がユーザの印象の変化過程に与える影響, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 97, No. 6, pp. 439-442 (2014)
- [佐久間 13] 佐久間 拓人, 加藤 昇平: All-Combinatorial N-gram を用いたピースパターン遊びにおける応答規則の動的獲得, 人工知能学会全国大会, pp. No.4D1-4 (2013)
- [佐久間 14a] 佐久間 拓人, 加藤 昇平: All-Combinatorial N-gram に基づく擬人化エージェントによるボールを使ったやりとり遊び, 第 175 回情報処理学会 知能システム研究会, pp. No.13 (6-pages) (2014)
- [佐久間 14b] 佐久間 拓人, 加藤 昇平: ユーザの報酬付与頻度がロボットとのインタラクションに与える影響 ~ ボールを使ったやりとり遊びの学習と印象評価 ~, HAI シンポジウム 2014, pp. G-14 (6-pages) (2014)
- [佐久間 14c] 佐久間 拓人, 加藤 昇平: ユーザ評価傾向の動的獲得によるヒューマンインタラクションの創発, 電気学会論文誌, Vol. 134-C, No. 2, pp. 303-311 (2014)
- [佐藤 01] 佐藤 知正, 中田 亨: 人と調和するペットロボットのための対人心理作用技術, 人工知能学会誌, Vol. 16, No. 3, pp. 406-411 (2001)
- [田中 10] 田中 一晶, 尾関 基行, 荒木 雅弘, 岡 夏樹: ロボットへの教示場面における「間」の重要性: ロボットの行動の遅れは学習効率を向上させ教えやすい印象を与える, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 703-711 (2010)