

心理戦ボードゲームにおけるロボットの感情表現が 戦略と体験に与える影響

Examining the Impact of a Robot's Emotional Expression on Strategy and Experience in Strategic Board Games

白井 一輝^{1*} 吉田 直人¹
Kazuki Usui¹ Naoto Yoshida¹

¹ 工学院大学

¹ Kougakuin University

Abstract: 心理戦ボードゲームにおいて、相手の表情や仕草をもとに戦略を立てることが醍醐味の一つであるが、1人で手軽にそのような体験をするのは難しい。本研究では、限られた表現機構しか持たない小型の見守りロボットの非言語表現が対戦相手の行動や対戦の印象に与える影響を検証した。その結果、ロボットの感情を伴うリアクションは対戦相手の駒の選択に影響を与え、ロボットの強さや難易度、楽しさの印象が変化することが示された。

1 はじめに

近年、ボードゲームの市場規模に大きな変化は見られておらず [1]、その理由の一つとしてコミュニケーションへの不安感が挙げられている [2]。ボードゲームはプレイヤー間で駆け引きを行い、相手の感情を察することがゲームの重要な要素である場合が多いため、人とのコミュニケーションに不安や苦手意識を感じている場合、ボードゲームの魅力を体験することは難しい。

そこで本研究では、一般家庭用の見守りロボットを用いて対人戦と同じようにボードゲームを行うことができるかを検討する。限られた表現モダリティでゲームの優勢・劣勢に伴う感情を表現できるか、真意・偽りの表現を交えることで、より人間性・戦略性を感じるか検討する。これにより、家庭で1人でも手軽に2人以上向けのボードゲームの魅力を体験できるようになり、ボードゲームをプレイするきっかけとなることが期待される。

2 関連研究

2.1 ボードゲーム時における行動の決め手

トランプのババ抜きのように相手に何らか(ババ抜きの場合は相手の手札)の情報が隠されているゲームは

「不完全情報ゲーム」と呼ばれている [3]。この不完全情報ゲームでは、プレイヤーは自身の利益の最大化のため、限られた情報の中で相手の感情を察しながら行動を予測することが知られている [4][5]。また、不完全情報ゲームではブラフ(自身が有利なふりをする行為)やスロープレイ(自身が不利なふりをする行為)といった相手を欺く行為も行われており、作田 [6] はこれらをまとめて「心理戦および技術戦」としている。このように不完全情報ゲームと心理戦は関係の深いものであり、相手の感情が行動の決め手となることが考えられている。

通常、ボードゲームは手の出し方などゲームルールに基づいた行動によって心理戦が行われ、それが行動の決め手となる。しかし、そのようなゲームルール内の行動のみならず、ゲームルール外においても行動の決め手となる要素が存在する。宮田ら [7] は、協力型のボードゲームにおいて、ゲームルール外の要素である「表情」を制限したエージェントとのボードゲーム対戦を行い、表情が他のプレイヤーの行動の決め手となり得点向上に大きく関わっていることを示した。本研究では、協力型ではなく対戦型ゲームを用いるが、この研究における表情の要素に着目し、対戦型ボードゲームにおいても表情は決め手となるのか、また、顔面の動作ではなくロボットが持つ限られた機構で表情を再現した場合に、それが相手の行動の決め手となるのかを評価した。それに加えて「欺き」をこの感情表現で再現することにより同じロボットを使用しながらロボットの印象変化やゲーム体験の向上は可能であるか検証した。

*連絡先：工学院大学情報学部情報デザイン学科
192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1
E-mail: j221043@ns.kogakuin.ac.jp
yoshida@cc.kogakuin.ac.jp

2.2 ロボットの感情表現

人間同士のコミュニケーションは多くの場合顔の表情から感情を伝えることから、ロボットの感情表出においても表情が感情表現手法として使われることが多く、これは人間にとって直感的でわかりやすい長所であるが、ロボットが大規模な機構を搭載する必要があり、さらに多数のパターンの表情をデザインし作り込む手間がかかるなどの短所も存在する。そこで、表情のような大規模な機構に頼らない感情の表現方法が検討されている。

Cindyら [8] は表情や言語によらない表現の有効な方法として身体運動 (体の動き, 姿勢, 向き), 色音を挙げている。山内ら [9] は特に色の要素について、ロボットに搭載された LED の色彩を動的に変化させることで、ロボットの感情を表現する手法を提案した。この研究は感情を表現するための LED の色と動きのパラメータを明らかにするもので、LED の色相が Plutchik [10] の感情モデルの感情の種類を表すことがわかった。また身体運動について、上村ら [11] は人型・動物型の 2 種類のロボットの身体動作において、手足や尻尾などの限られた機構のみを用いて一部感情を正しく伝えることが可能であることを示した。尻尾などの簡易な機構や LED は多くの家庭用ロボットに共通して搭載されており、このような機構を組み合わせた表現手法を用いることで、ボードゲーム中のロボットの感情を表現し、人間に伝えることができると考えられる。

3 研究の方法

3.1 概要

実験は 19~22 歳の男女 16 人 (男性 14 人, 女性 2 人) を対象に行った。

先行研究より、ボードゲームにおいて行われる心理戦は、表情から相手の感情を察して対抗手段を取るといった流れで行われる。これをロボットで再現するためには

1. ロボットの感情を人間が正しく読み取れるか
2. 人間がロボットの感情を基に対抗手段を取れるか

を検証する必要がある。これらを以下の実験 1, 2 にて検証する。さらに、実用化の際にはゲームの難易度をパラメータで調整したり、性格を選択できたりするなど、同じロボットを使用していても別人と対戦しているような機能を搭載すればより多様な心理戦を体験できると考えた。そのため

3. ロボットが嘘をつく割合を変えることで、ロボット・ゲームの印象変化をさせることはできるか

を実験 3 にて検証した。

3.2 実験の構成

実験 1 相手の感情を察して、対抗手段を取るボードゲームの特徴において、対戦相手が機構に制約のあるロボットだった場合に感情を正しく読み取ることができるのかを検証した。まず相手の感情を察するロボットと実際に対戦を行う前に、ロボットと誰かがボードゲームで対戦をしている場面を想定し、その中で感情表出を行う局面を 11 種類設定した。ロボットが置かれている状況を説明した後、ロボットの動作と LED の発色による局面に応じた感情表現動作を参加者に観察させ、ロボットがどの感情を示しているように見えたかをアンケートで回答させた。そして回答の分布により、多くの人がロボットの意図した感情の通りに読み取れたか、他の感情を選択する人が多かったのか、あるいは 2 つ以上の感情が同程度選ばれ、識別ができていなかったのかを検証した。

実験 2 相手の感情を察して対抗手段を取るというボードゲームの特徴において、相手がロボットの場合でも感情を察した後、対抗手段を取ることかを検証した。ロボットとボードゲームの対戦を行い、参加者の行動に応じてロボットが自身が有利ならば「喜び」、不利ならば「驚き」の状態を動作と LED の発色にて呈示する。それを見た後に参加者が自身の有利になる選択をして、ロボットに勝利できるかを検証する。また、実験 1 と同様にロボットがどの感情に見えたかアンケートを取ることで、参加者がロボットの有利・不利を察した上でその行動を取ったのかを確認した。対戦結果によりロボットに勝利した人数が、敗北した人数を有意に上回っているかを確認し、アンケートの結果よりロボットの感情を理解した上での選択であったのかを確認した。

実験 3 実用化に向けて、同じロボットを用いても対戦したロボットの印象・性格およびゲームの印象を変化させることが可能かを検証した。嘘をつく割合を変化させたロボットとそれぞれ対戦をさせ、ロボットの印象・ロボットの性格・ゲームの印象についてアンケートで評価をさせた。そしてゲームの対戦結果およびアンケートの回答結果に有意差が生まれるかを確認した。



図 1: 実験の環境

4 実験環境

図 1 に本実験の実験環境を示す。本研究のロボットはユカイ工学社の BOCCO emo を用いた。制御は Node-RED (Version 3.1.11) により BOCCO emo Platform API (Version B2.0.0-1C2.0.0) を用いて行った。本ロボットは頭部の左右上下 2 軸の回転と頭頂部のアンテナの左右への振動が可能であり、両頬と胴体に計 5 個のフルカラー LED を有している。ボードゲームにはメビウスゲームズ社の 2 人用ボードゲームであるガイスターを使用し、本来のルールを簡略化した以下のルールで行った。

ゲームの流れ

- ・プレイヤー (ロボット) は相手から色を確認できないように赤い駒と青い駒を 2 つ横並びにする
- ・もう一方のプレイヤー (実験参加者) はどちらか片方を選ぶ

勝利条件

- ・青い駒を取る

また、ゲーム時の参加者の駒の選択を Web カメラで撮影、記録し、ロボットの行動選択には Wizard of Oz (WOZ) 法 [12] を用いた。

5 実験 1

5.1 実験の概要

実験 1 では、ボードゲームをプレイ中と仮定したロボットの感情表現動作を実験参加者に観察させ、参加者がロボットの感情を正しく読み取れるかを検証した。

表 1: 自分のターンでの動作

行動No.	状況	有利/不利	ロボットの行動	LEDの色	カラーコード	感情	基本感情
1	駒を動かそうとする前	有利	狙っている駒を見続ける	赤	#FF3200	警戒	期待
2	駒を動かそうとする前	不利	焦っている駒を見る	紫	#AA00FF	非常な恐怖	恐れ
3	駒を動かそうとしているとき	不利	悩んでうつむきLEDを点滅	赤	#FF3200	警戒	期待
4	駒を動かした後	有利	青い駒を取ると嬉しそうにアンテナを振る	黄	#FFB200	歓喜	喜び
5	駒を動かした後	不利	赤い駒を取ると悔しそうに首を左右に振る	赤	#FF0400	激怒	怒り

表 2: 自分のターンでの動作

行動No.	状況	有利/不利	ロボットの行動	LEDの色	カラーコード	感情	基本感情
6	駒を動かそうとする前	有利	余裕を見せて置く	緑	#32FF00	受け入れ	信頼
7	駒を動かそうとする前	不利	緊張してうつむく	紫	#AA00FF	非常な恐怖	恐れ
8	駒を動かそうとしているとき	有利	赤を取りそうするとき嬉しそうにアンテナを振る	黄	#FFB200	歓喜	喜び
9	駒を動かそうとしているとき	不利	青を取りそうするとき動揺してアンテナと首を振る	赤	#FF6600	驚愕	驚き
10	駒を動かした後	有利	赤い駒を取られると、嬉しそうにアンテナを振る	黄	#FFB200	歓喜	喜び
11	駒を動かした後	不利	青を取られると、悔しそうに首を左右に振る	赤	#FF0400	激怒	怒り

5.2 実験の条件

ロボットの感情表現動作は、その意図した感情を人間に正しく伝えられるかを調査する。そのために表 1 と表 2 に示す 11 種類の動作を用意した。この動作は実際に人間同士のボードゲーム対戦を観察し、特に見られた行動を「相手 (本実験においては参加者) のターン」で表出されたものと「自身 (本実験においてはロボット) のターン」で表出されたものに分け、それが表出された状況において表出者が有利であったか不利であったかでさらに分類している。そして分類された行動に、山内ら [9] の研究で用いられた Plutchik の感情モデル [10] の内「歓喜」「驚愕」「受け入れ」「警戒」「非常な恐怖」「激怒」をそれぞれ当てはめ、LED の発色も同じ色を使用した。

5.3 実験の手順

実験の参加者は表 1 と表 2 に示す、ロボットが置かれた状況について説明を受け、行動と LED の発光を確認し、以下の 6 種類の感情のうち最も合うものを選択した。

- ・怒り (激怒)
- ・期待 (警戒)

- ・喜び (歓喜)
- ・信頼 (受け入れ)
- ・恐れ (非常な恐怖)
- ・驚き (驚愕)

なお括弧内の語句はアンケートに記載されていない。4.2 実験の条件にてロボットに当てはめた感情とは語句が異なるが、これは先行研究 [9] において、感情を表す言葉としては聞きなじみのない語句をその基本感情に置き換えており本研究でもそれに倣ったためである。

5.4 実験結果

得られたアンケート結果に対して、有意水準 $\alpha=0.05$ でカイ二乗検定を行ったところ全ての行動において有意差がみられた ($p<0.01$)。表 3 にアンケートの回答状況を示す。まず最も回答された人数が多かった回答である最多回答とロボットが意図した呈示感情が一致したのは、行動 1, 4, 5, 7, 10, 11 であった。この行動においては多くの人がロボットの意図を読み取れていたといえる。次に各行動の最多回答とその他の回答の間で Benjamini & Hochberg (BH) 法による多重比較を行った。

その結果、最多回答の回答人数がその他の回答人数より有意に高かったのは行動 4 と 10 のみであった。行動 4 と行動 10 (呈示感情はいずれも「歓喜」) ではロボットの意図した感情を他の感情と混同することなく一意に識別できることが示唆された。次に、最多回答と呈示感情が一致しなかった行動に着目する。行動 2, 3, 6, 8, 9 では多くの人がロボットの呈示した感情以外を選択していたが、多重比較の結果、行動 9 以外では最多回答と呈示感情の間で有意差はなかった。このことから一意に識別はできないが行動 9 以外ではロボットの呈示感情だと感じた人も一定数いることが示唆された。

5.5 考察

結果から、感情が一意に識別可能だった行動は 2 つのみで、いずれも「喜び (歓喜)」を呈示したものだ。理由の 1 つとしてロボットのアンテナの左右への振動動作が「喜び」を伝えやすかった可能性がある。先行研究 [23] において、ロボットの尻尾の機構は動物のように怒りや興奮した感情を伝えやすいと示されている。先行研究における尻尾は本研究で使ったロボットのアンテナに相当する機構であると考えられ、さらにこ

表 3: 実験 1 アンケートの結果

行動No.	有利/不利	ロボットの行動	LEDの色	呈示感情	基本感情	怒り	期待	喜び	信頼	恐れ	驚き
1	有利	狙っている駒を見続ける	赤	警戒	期待	1▼	11	4	0▼	0▼	0▼
2	不利	焦っている駒を見る	紫	非常な恐怖	恐れ	7	0▼	0▼	0▼	5	4
3	不利	脳んでうつむきLEDを点滅	赤	警戒	期待	2	4	1	0▼	9	0▼
4	有利	青い駒を取ると押しそうにアンテナを振る	青	歓喜	喜び	0▼	0▼	15	0▼	0▼	1▼
5	不利	赤い駒を取ると押しそうに首を左右に振る	赤	激昂	怒り	7	0▼	0▼	0▼	5	4
6	有利	余裕を見せて頷く	緑	受け入れ	信頼	0▼	10	2	3	1▼	0▼
7	不利	緊張してうつむく	紫	非常な恐怖	恐れ	0▼	4	0▼	1▼	11	0▼
8	有利	赤を取りそうとき押しそうにアンテナを振る	赤	歓喜	喜び	0▼	11	5	0▼	0▼	0▼
9	不利	青を取りそうとき、緊張してアンテナと首を振る	青	驚愕	驚き	1▼	3	0▼	0▼	12	0▼
10	有利	赤い駒を取られると、押しそうにアンテナを振る	赤	歓喜	喜び	0▼	1▼	15	0▼	0▼	0▼
11	不利	青を取られると、押しそうに首を左右に振る	赤	激昂	怒り	10	0▼	0▼	0▼	5	1▼

▼は呈示感情と最多回答の一致を示す
▼は最多回答より有意に低いことを示す ($p<0.05$)

の「喜び」の動作は頭部の動作がなく、アンテナの揺動が強調されて見えた可能性がある。参加者はロボットの現在の状況について説明を受けており、ロボットが有利な場面だと理解していたため、ロボットが有利な状況で興奮しているように見えるという情報から、「喜び」を一意的に識別で来たのではないかと考えられる。

また、「喜び」以外が一意的に識別ができていないことについても考察する。アンケートにおける正解であるロボットの呈示感情と、最も多くの人が回答した感情である最多回答の感情が一致していない場合でも、行動 9 以外ではその間に有意差がなかった。例えば、表 3 の行動 2 は呈示した感情が「恐れ」であるのに対し、最多回答は「怒り」であった。しかしこの 2 感情の回答人数には有意差がなく、回答状況にばらつきがあるといえる。

これについては LED の色の混同、もしくは頭部動作が影響して LED の色が認識できなかった可能性があると考えられる。前者について、LED の色が赤に近い色で似通っているため、たとえ参加者がその色に対応した感情のイメージを持っていても、実際に呈示されていたのは異なる色であった可能性がある。後者については、ロボットの可動部がアンテナと頭部のみだったため、ほぼすべての動作で頭部の可動を用いていた。そのため、最も面積の大きい頬の LED の色を観察できず、動作の観察からの印象のみでアンケートに回答した可能性も考えられる。

6 実験 2

6.1 実験の概要

実験 2 では、ロボットがゲーム中に感情表現動作をした際、それを見た参加者は自身が勝つための行動を選択してロボットに勝利できるか、つまりロボットの感情表現が参加者の行動に影響を与えることができるかを検証した。

表 4: 対戦中の動作

状況	素直/嘘	行動	感情	基本感情	LEDの色	カラーコード	使用した動作
相手が赤い駒を取りそうとき	素直	頬しそうにアンテナを振る	歡喜	喜び	黄色	#FFB200	行動8
相手が青い駒を取りそうとき	素直	動揺してアンテナと首を振る	驚愕	驚き	赤色	#FF6600	行動9
相手が赤い駒を取りそうとき	嘘	動揺してアンテナと首を振る	驚愕	驚き	赤色	#FF6600	行動8
相手が青い駒を取りそうとき	嘘	頬しそうにアンテナを振る	歡喜	喜び	黄色	#FFB200	行動9

6.2 実験の条件

ロボットが感情表現動作をすることで、それを見た人の行動選択に影響を与えるかを調査するために、以下の表 4 の嘘/素直の「素直」に示す動作を呈示した。なお、使用した動作は実験 1 における行動 8(喜び)と行動 9(驚き)と同じものである。この 2 行動はそれぞれ相手(参加者)のターンで、相手が駒を動かそうとしている状態での有利・不利を表しており、実際のゲーム状況と一致するためこの 2 行動を呈示した。

6.3 実験の手順

ロボットが嘘をつかないことおよび常に青い駒の獲得を目指す(ロボットに対して勝利を目指す)よう参加者に指示をした。また横並びになった駒をどちらも一度は持ち上げて取ろうとする仕草をするよう指示をした。その後、参加者が駒を持ち上げたタイミングで表 4 の「素直」に示す動作を呈示した。参加者が駒を選択し、自身の勝敗を確認した後、両駒を取ろうとした時のロボットの動作について実験 1 と同じ項目のアンケートに回答させた。選択に影響を与えたかは勝敗人数の分析により評価を行うが、その際に参加者の動機(どの感情だと思って駒を取ったか)を確認する目的でアンケートを行った。

6.4 実験結果

対戦結果に対してカイ二乗検定を行った結果を図 2 に示す。参加者 16 人中ロボットに勝利したのが 15 人、負けたのが 1 人で結果には有意差が見られた。(** $p < .01$)。次にアンケートの結果を図 3、図 4 に示す。参加者が赤い駒を取ろうとした(ロボットが有利)とき、その動作を「喜び」と感じた人が最多で 8 人、「期待」と感じた人が 5 人、「恐れ」と感じた人が 3 人となっていた(図 5)。対して参加者が青い駒を取ろうとした(ロボットが不利)とき、「恐れ」を感じた人が最多で 12 人、「期待」が 2 人、「怒り」「驚き」が 1 人ずつとなっていた(図 6)。ロボットの有利・不利の状況と選択した基本感情の単語のポジティブ・ネガティブは半数以上で一致しており、多くの参加者がロボットの有利・不利の状況を察して勝利していたことが示唆された。

図 2: 実験 2 対戦結果

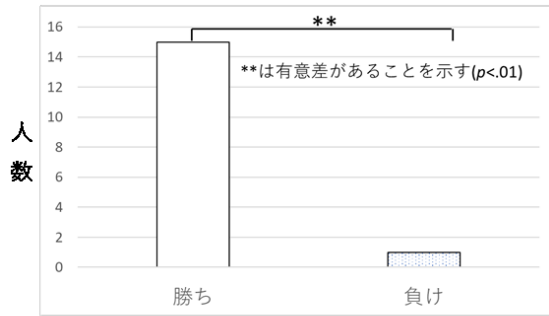


表 5: 実験 2 アンケート結果 (ロボット有利)

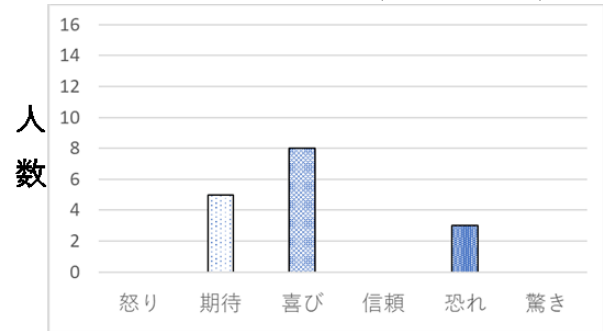
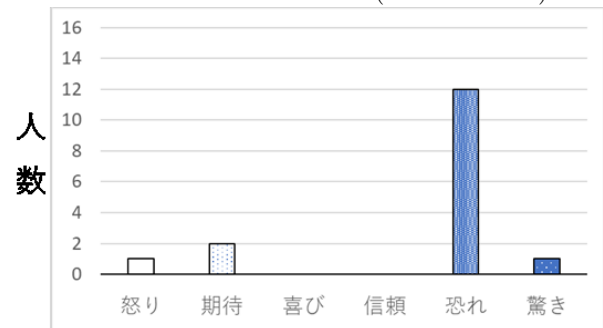


表 6: 実験 2 アンケート結果 (ロボット不利)



6.5 考察

実験2の対戦の結果(図2)より、参加者1名以外全員がロボットに勝利できていた。さらにアンケートの結果(図5, 図6)より、回答された感情とロボットの有利・不利はほとんど一致していた。このことから、ロボットの感情表現動作が人間の駒の選択の決め手となっていると考えられ、言い換えれば選択に影響を与えたと考えられる。ただし、一致したのはロボットの感情がポジティブ・ネガティブかどうかのみで、呈示した感情を正しく伝えられたとは言えない。また、ロボットに負けた1人についてもポジティブ・ネガティブの感情が逆に伝わったことが考えられる。そのため、感情表現動作のさらなる検討が必要だと考えられる。

7 実験3

7.1 実験の概要

実験3では、ロボットが嘘の表現を交えることで人がロボットに対して感じる人間性や性格に変化を与えるか、また、ゲームの楽しさや難易度などゲーム体験に変化を与えるか検証を行った。

7.2 実験の条件

実験3では、ロボットが嘘の表現を交えることで人間性やゲームの印象などに変化を与えるかを検証する。そのため嘘をつく割合である嘘つき度を要因として設定し、以下の3条件の被験者内実験計画を実施した。

嘘つき度要因(100%:8ゲーム中全て嘘の表現を行う嘘つき度, 50%:8ゲーム中4回嘘の表現を行う, 0%:8ゲーム中一度も嘘をつかない)

嘘をつく際の動作を表4の嘘/本当の「嘘」に示す。嘘をつくとは実験2とは逆の動作を行い、状況と感情が一致しない状況のことである。本実験では対戦中にロボットが青い駒を取られそうな不利な状況でも「喜び」を呈示し、赤い駒を取られそうな有利な状況であるのに「驚き」を呈示した。

7.3 実験手順

実験3では、実験2と同じ対戦を8ゲーム1セットとして3セット行うこと、8ゲーム内で青い駒を取った個数を参加者の点数とする(最大8点)ことを伝え、途中で勝敗が決まってしまった場合もなるべく高得点を目指すよう指示した。また今回はロボットが嘘をつく可能性があることと、1セットごとにロボットの人格が変わると伝えた。

その後、上記の3条件のロボットとそれぞれ1セットずつ対戦を行い、1セット終了ごとにアンケートに回答させた。条件ごとのロボットの印象・ロボットの性格・ゲームの印象を測るため、以下の尺度を用いた。

ロボットの印象 ロボットの印象の測定は、人間がロボットに対して感じる代表的な5つの知覚(例: 擬人観)を測定できる God Speed Questionnaire[13] とオリジナルの質問項目をそれぞれ5件法にて行った。

ロボットの性格 ロボットの性格の測定は、人間のパーソナリティを5つの因子で捉える BigFive 尺度[14]の短縮版[15]を用いて5件法で行った。

ゲームの印象 ゲームの印象の測定は、ゲームの対戦結果・5件法のオリジナルの質問項目で行った。

7.4 実験の結果

実験3により得られたロボットと対戦した際の平均点数と標準誤差、および平均点数に対して一要因分散分析を行った結果を図3に示す。結果には有意差が見られ、100%>50%, 0%>50%となり、50%条件のロボットが最も難しかった可能性が示唆された(* $p<.05$)。

次に、ロボットに対する印象について God Speed Questionnaire を行い、一要因分散分析を行った結果を表7に示す。結果は、擬人観、有生性、知性の有無に有意差が見られた(* $p<.05$)。有意差が見られた3つの項目に Holm 法による多重比較を行った結果、擬人観は 50%>0%>100%, 有生性と知性の有無は 50%>100%, 0% となった。

次にオリジナルの質問について、リッカートのシグマ法を用いて順序尺度を間隔尺度に補正し、分散分析を行った結果を表8に示す。結果、行動の可愛らしさ、優秀さ、信頼感、性格、対戦相手としての強さに有意差が見られた(* $p<.05$)。有意差が見られた項目に Holm 法による多重比較を行ったところ、行動の可愛らしさに有意差は見られなかった。優秀さと対戦相手としての強さは 50%>100%, 0% となった。信頼感と性格は 100%>50%となった。これらのことから、嘘を織り交ぜることでより生き物や人間らしく見え、知性や優秀さ、対戦時の手ごわさを感じていることが示唆された。また、嘘をつかない方が性格がよく見え、より信頼感も感じる事が示唆された。

次にロボットの性格の変化について BigFive 尺度のアンケートの分散分析を行った結果を表9に示す。分析の結果、開放性にのみ有意差がみられた。Holm 法による多重比較を行ったところ 50%>100%, 0% となり、嘘を織り交ぜることでロボットの好奇心や冒険心をより感じられることが示唆された。

最後にロボットとの対戦の印象についてオリジナルのアンケートを行い、リッカートのシグマ法による補

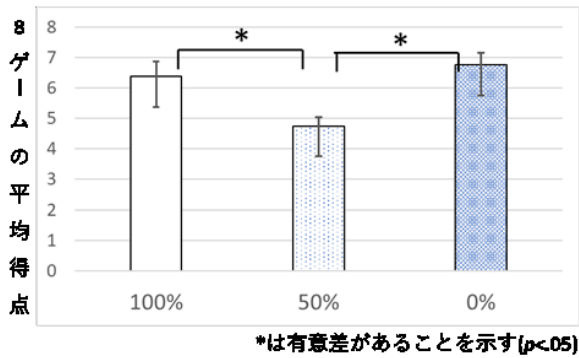


図 3: 実験 3 平均得点の比較

表 7: God Speed Questionnaire の分析結果

項目	分散分析	多重比較
擬人観	*	A<B, A<C, C<B
有生性	*	A<B, A=C, C<B
好感度	n.s.	
知性の有無	*	A<B, A=C, C<B
安心感の有無	n.s.	

*は有意差があることを示す(p<.05) A:100%条件, B:50%条件, C:0%条件

正の後、一要因分散分析した結果を表 10 に示す。対戦の難易度と楽しさに有意差が見られた。この項目について Holm 法による多重比較を行ったところ難易度は 100%, 0%>50%, 対戦の楽しさは 50%>100%, 0% となり、実際の対戦結果とは反対に、50% 条件の難易度が最も低く感じていたことと、50% 条件のロボットとの対戦を最も楽しく感じていたことが示唆された。

7.5 考察

まずロボットの印象について、50% 条件で嘘を織り交ぜることで人間らしさや知性、優秀さ、対戦相手としての強さの印象が有意に高く感じられたことが結果からわかる。これは、嘘をつく割合が人間のものと最も近い(ゲーム中全く嘘をつかないことや嘘しかつかないことは考えづらいため)、人間とボードゲームを

表 8: ロボットの印象評価アンケート (オリジナル質問) の分析結果

質問	分散分析	多重比較
ロボットへの親しみやすさ	n.s.	
ロボットの行動の可愛らしさ	*	n.s.
ロボットの優秀さ	*	A<B, C<B, A=C
ロボットへの信頼感	*	B<A, A=C, B=C
ロボットのユーモア	n.s.	
ロボットの性格	*	B<A, A=C, B=C
ロボットの対戦相手としての強さ	*	A<B, C<B, A=C

*は有意差があることを示す(p<.05) A:100%条件, B:50%条件, C:0%条件

表 9: BigFive の分析結果

項目	分散分析	多重比較
外向性	n.s.	
情緒不安定性	n.s.	
開放性	*	A<B, A=C, C<B
勤勉性	n.s.	
協調性	n.s.	

*は有意差があることを示す(p<.05) A:100%条件, B:50%条件, C:0%条件

表 10: 対戦の印象評価の分析結果

質問	分散分析	多重比較
対戦の印象	n.s.	
対戦の難易度	*	B<A, A=C, B<C
対戦の楽しさ	*	A<B, A=C, C<B

*は有意差があることを示す(p<.05) A:100%条件, B:50%条件, C:0%条件

しているような感覚を重ねられたと考えられる。また、信頼感や性格の良さは 50% 条件より嘘をつかない 0% 条件のロボットの方が有意に高くなっている。参加者は 0% 条件のロボットのみ裏切られるという体験をしなかったため、積極的に騙そうとしてくる 50% 条件のロボットよりも性格の良さと信頼感を感じたと考えられる。どちらも仮説通りとなったため、ロボットの印象については嘘をつく表現にて変化させられると考えられる。

次に、ロボットの性格については知己好奇心などを示す「開放性」のみ有意差が見られた。50% 条件の開放性が最も高くなった理由として、50% 条件が他の条件に比べて予測困難な動きだったことが考えられる。100%, 0% 条件では最初から最後まで全て同じパターンの動作をするため、途中でその法則性に気づいてしまった場合、残りのゲームは単調に認識されやすい。実際、実験後の感想として、途中でパターンに気づいてしまったので残りが作業的になってしまったというコメントが見受けられた。

一方で 50% 条件は嘘をつく場合とつかない場合の 2 パターンの動作があり、勝つための工夫をしている、つまり「創造的」であるという印象を与えたと考えられる。他の特性で有意差が見られなかった理由としては、嘘をつく割合がこれらの特性の評価に強く影響しなかった可能性が考えられる。例えば「誠実性」は正直さなどを示す特性であるが、ボードゲーム中という状況なので嘘をつくという行為は当然のことであり、それだけではスコアが低下しなかったのではないかと考えられる。

最後にロボットとの対戦の印象について、楽しさと難易度に有意差が見られた。楽しさについては 50% のロボットは 100%, 0% のようなワンパターンな動作ではなく、2 つのパターンがあるので飽きづらかったこ

とが考えられる。難易度については、100%と0%が有意に高くなっており、実際の対戦結果と一致していない。対戦結果は50%条件の点数が有意に低くなっており、事実として最も難しかったと考えられるが、参加者のアンケートでは最も簡単という結果となった。これについては参加者の経験が影響していることが考えられる。参加者はこれまでの心理戦ゲーム経験において全く嘘をつかないもしくは全て嘘をつく人と対戦を行った経験が少ないことが考えられる。実際、ゲームの場面において人間がそのような立ち回りをするのは考えづらい。この経験のなさが影響し、100%, 0%条件をより高難易度と感じた可能性がある。

8 まとめと考察

本研究の実験1, 2の結果から、人間はロボットの喜びの感情のみを一意に識別可能であることが示され、一意に識別まではできないが、有利・不利の状況を察することはでき、それを行動の決め手として対抗手段を取っていることが示唆された。このことより、ロボットの動作とLED発色による感情表現は有効な手法であり、これにより心理戦を再現可能であると考えられる。また、実験3では多様な心理戦体験を可能にするために嘘をつく割合によりロボットとゲームの印象を変化させることを試みた。その結果、ロボットの人間らしさや頭の良さといったロボットの印象と、ゲームの難易度や楽しさといったゲームの印象に変化を与えられることがわかった。このことから、嘘をつく割合はゲーム体験を変化させる要素の1つであり、人間がロボットから感じるロボットの戦略性や人間性に影響を与えることが可能であることが示唆された。

謝辞

本研究はJSPS 科研費23K11202, 23K11278, 19K12090, 22K19792, 21K11968の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 矢野経済研究所. アナログ(非電源系)ゲーム(ボードゲーム, カードゲーム分野)市場に関する調査を実施, 2023. <https://www.yano.co.jp/pressrelease/show/pressid/3224>.
- [2] 株式会社アスマーク. ボードゲームカフェに関するアンケート調査, 2023. https://www.asmarq.co.jp/data/board_game_cafe202310.
- [3] 西野哲朗. 不完全情報ゲーム. 情報処理, Vol. 53, No. 2, pp. 112–117, 2012.
- [4] 丹野法隆, 米澤朋子. ビデオゲームにおける心理戦で発生する非合理的行動の要因の検証. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 3, No. 1, 2022.
- [5] 糸原義人. 不確実性下における情報の働きと酪農経営者行動に関する一考察. 農林業問題研究, Vol. 26, No. 1, pp. 1–9, 1990.
- [6] 作田誠. 不完全情報ゲームの研究. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 52, No. 1, pp. 65–73, 2015.
- [7] 宮田貫誠, 大澤博隆. 協力型カードゲーム Hanabi における暗黙のシグナルの分析. HAI シンポジウム 2024, 2024.
- [8] Cindy L. Bethel and Robin R. Murphy. Survey of non-facial/non-verbal affective expressions for appearance-constrained robots. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Vol. 38, No. 1, pp. 83–92, 2008.
- [9] 山内厚志, 寺田和憲, 伊藤昭. 動的な発色によるロボットの感情表出. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 41–52, 2011.
- [10] Robert Plutchik. The multifactor-analytic theory of emotion. *The Journal of Psychology*, Vol. 50, No. 1, pp. 153–171, 1960.
- [11] 上村真理奈, 金子豊, 奥田誠, 星裕太, 萩尾勇太, 西本友成, 佐々木陸, 橋田規子. 感情表現動作をするコミュニケーションロボットの感情の伝わり方と人へ与える印象. HAI シンポジウム 2022, 2022.
- [12] Norman M. Fraser and G. Nigel Gilbert. Simulating speech systems. *Computer Speech Language*, Vol. 5, No. 1, pp. 81–99, 1991.