

ロボットの目の発光パターンによる感情表出は人の社会的意思決定に影響を与える

Expressing Emotion with Blinking Colored Eyes Functions Socially

勅使宏武 寺田和憲* 伊藤昭

Hirom Teshi, Kazunori Terada, Akira Ito

岐阜大学

Gifu University

Abstract: We propose a novel method of expressing emotions with a humanoid robot by dynamically changing the color luminosity of its eyes. We tested the effectiveness of blinking eyes for representing two emotional states, happiness and sadness, in terms of the social-interpersonal function. An ultimatum game was used to measure the robot's ability to express the two emotional states. Results indicated that although blue blinking was perceived as disgust rather than sadness and yellow blinking was perceived as trust rather than happiness, blue blinking for low offers and yellow blinking for high offers elicited a significantly high offer from the participants, indicating that our proposed method is valid in terms of the social function of emotions.

1 はじめに

本研究では、色と感情を結びつけるという人の特性を利用し、ヒューマノイドロボットを用いた感情表現の新しい方法を提案し、感情を表現する能力が社会的機能を持つことを示した。ロボットは目の色とその明滅によって感情を表現し、その表現能力の有効性は人の利他的行動を評価基準として評価を行った。

近年、ロボットの感情表現の方法について多くの研究がなされ、表情や会話、体の動き、色等を用いた様々な方法が提案されている。表情による感情表現は、人と人とのコミュニケーションでも使われる為、ロボットの感情表現においてもよく利用される。これらのロボットの多くは高度な表情変化の機能を搭載している。基本的にそれらのロボットは、実際に人と交流する際に人の表情を真似することで、相手に感情を伝達させている。表情変化による感情表現は、直観的に感情を伝える利点がある一方、人の顔を真似するデバイスを考案しなければならず、コストも高くなり、設計が難しくなってしまう。そこで本研究では、ロボットの表情を変化させることなく、感情を表現する方法を提案する。これは、動きや姿勢、色、音等の人に感情移入させることができる重要な要因を利用した方法である。我々はそれらの中でも色とその変化について注目し、調査を行った。

人は早期乳児期に色と感情を結びつけることを学び、感情的な反応や考え、行動を生涯無意識的に引き起こすことが示されている [5]。色が特定の感情を連想させることは広く知られており、赤は怒りや情熱、青は平静、黄は喜び、緑は安らぎを連想させるとされている [1]。光の色を用いたロボットによる感情表現が可能であるという研究もあり、菅野らは青と恐れ、赤と怒り、黄は喜びを連想させることを示した [6]。松井らは、ロボットの顔にカラー LED を装着し、LED を目と口の動きに合わせて光らせた [3]。彼らの研究では、怒りは顔を赤く、喜びは頬を緑に、悲しみは頬を青く光らせることで表現した。有吉らは、感情認識の観点からヒューマノイドロボットの顔の色を用いた影響を調査した。彼らは赤は怒りを、黄は喜びを、青は悲しみを表すことを示した。

ロボットの感情についての研究の多くは、ロボットによる感情表現についての印象を評価するアンケート調査が利用されていることが多い。本研究では、ロボットの喜びと悲しみという 2 つの感情が表現されているかを調査する為に、人の利他的行動を用いて検証を行った。感情によるコミュニケーションの主な特徴として、言葉を用いずに気持ちを伝えることが挙げられる。例えば、悲しみの表情は、言葉を介さずに社会的援助を引き出すことができるとされている [2]。感情の対人間機能については、Trivers が社会的関係、特に協調的關係を生成、維持するための生得的システムとして進化的に獲得されたとしている [8]。

*連絡先: 〒 501-1193 岐阜大学
岐阜県岐阜市柳戸 1 番 1
E-mail: terada@info.gifu-u.ac.jp

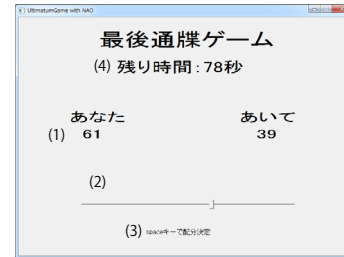
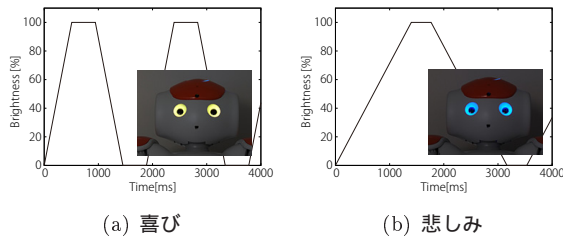


図 1: 実験で使用したインタフェース

我々は最後通牒ゲームを用いて、喜びと悲しみの2つの感情をロボットの目を光らせることで表現し、対人的機能の面からその効果を検証した。最後通牒ゲームは、2人のプレーヤが提案者と応答者となり、報酬を分配するというゲームである。報酬の分配権を与えられている提案者は、応答者に配分を提案し、応答者が配分を承諾すれば提案通りに報酬が分配され、拒否すれば両者共報酬を受け取ることができないというルールである。最後通牒ゲームを用いた実験の結果によると、応答者への配分が40%の時、拒否する応答者は16%であった[4]。我々は、応答者が悲しみの感情を表すと提案者への配分は低くなり、喜びの感情を表すと配分は高くなると仮説を立てた。

2 実験方法

感情の社会的機能の観点から動的に色を変化させることで、喜びと悲しみの2つの感情の状態が起こす効果を検証した。

2.1 実験参加者

岐阜大学の学生34人に協力してもらい、実験を行った。実験参加者は19歳から24歳で、男性29人、女性5人であった ($M_{age} = 21.46$, $SD_{age} = 1.17$)。

一要因二水準、実験参加者間の実験計画で行った。実験参加者はロボットの目が「感情的な変化をしない」条件と「感情的な変化をする」条件の2種類に無差別に振り分けられた。光らない状況下では、NAOの目のLEDは常に消灯とした。

2.2 実験装置と刺激

感情を表出する点滅パターンは、あらかじめ、岐阜大学の学生20名に調整法によって、設定してもらったものの平均値を用いた。図2.2に色と点滅パラメータを示す。

本実験で使用したインタフェースを図1に示す。実験参加者には、90秒間スライダーを操作し、相手の反応を見ながら提案する配分を決定するよう指示した。

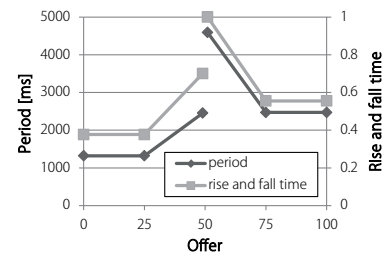


図 2: 提案に対するロボットの LED の周期と明滅速度

スライダーの操作にはコンピュータのキーボードを使用した。

実験参加者には最後通牒ゲームを行ってもらった。実験参加者には提案者の役を与え、1枚あたり10円の価値があるチップを100枚渡し、そのチップを実験参加者とロボットに分配するチップの枚数を提案してもらった。制限時間を90秒とした。配分を決定するまでの間、実験参加者はスライダーを操作することで配分を提案することができ、ロボットの目の反応を見て、配分を決定することができた。

LEDの明滅パターンはスライダーの位置によって変化した。NAOへの配分が50%未満の時は青色に光り、悲しみを表現し、50%より大きい時は黄色に光り、喜びを表現した。色相はそれぞれの感情の中で変化することは無く、周期と明滅速度はスライダーの位置によって感情の強弱を表現する為に変化した。寺田ら[7]の研究では、強い感情を表す程周期は高くなり、波形は矩形波になる。逆に弱い感情を表す程周期は低くなり、波形はコサイン波になるとされた。図2は本実験で使用した感情の強度変化を示すグラフである。また、提案が50%からの変動が25%以内である時、各感情の周期と明滅速度が事前実験の結果から算出された各感情の平均値から $\pm 30\%$ で徐々に変化するようにした。その結果、提案が25%未満の時及び75%よりも高い時、感情の強度の変化はしなかった。

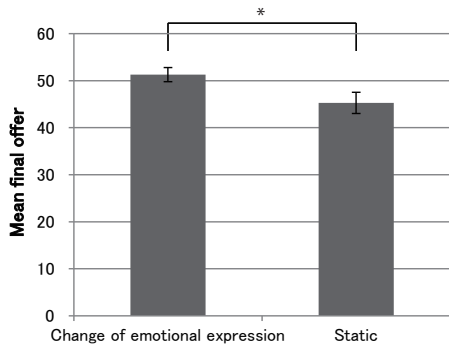


図 3: 最終的な提案におけるロボットへの配分

2.3 実験手順

実験室では、実験参加者は最後通牒ゲームのルールが書いてある説明書を読み、実験参加者は提案者の役であることを知らされた。インタフェースが表示されているコンピュータのディスプレイはNAOの横に設置され、実験参加者はNAOとインタフェースの両方を同時に見ることができた。提案の決定後、実験参加者はすぐに提案が受け入れられたかどうかを知らされず、アンケートに回答した。これは、ロボットの決定によりアンケートの回答が変化することを防ぎ、正確にアンケートに回答してもらう為である。アンケート回答後、全ての実験参加者には50:50で受諾されたとし、500円を支払った。

最終的な提案を記録した。ゲーム後のアンケートでは、以下を含む6つの質問に回答してもらった。アンケートは7段階評定の質問(1:全く思わない, 7:とてもそう思う)と自由記述の質問で構成されていた。

提案の決定後に行ったアンケートでは、実験参加者に以下のような7段階評定の質問(1:全く思わない, 7:とてもそう思う)に回答してもらった。

Q1. ロボットの目の発光パターンから感情を感じたか

Q2. 感情を考慮し、提案を決定したか

2.4 実験結果

感情的な変化をする条件と感情的な変化をしない条件との提案を決定するまでの時間の平均はそれぞれ、78.59s($SD = 21.23$)と85.71($SD = 5.58$)であった。一元配置の分散分析の結果は、 $F(1, 32) = 1.78, p = .19$ であり、統計的に有意な差は確認されなかった。

図3は水準間での最終的な提案の平均を示している。一元配置の分散分析の結果は、 $F(1, 32) = 4.93, p < .05$ となり、統計的に有意な差が確認され、実験参加者は感情的な変化をする条件($M = 51.29, SD = 6.21$)は

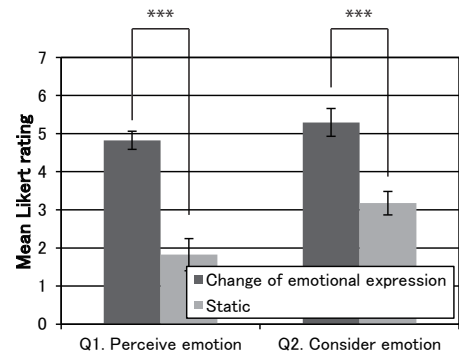


図 4: Q1 と Q2 についてのアンケート結果

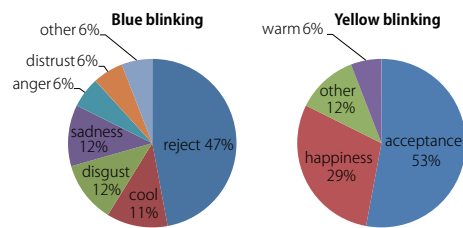


図 5: 青色と黄色の明滅から感じた感情

感情的な変化をしない条件($M = 45.29, SD = 9.24$)よりもロボットへの配分が高くなる提案をしていた。

図4はアンケートの結果を示している。マンホイットニーU検定の結果、ロボットから感情を感じたか、提案を決定する際に感情を考慮したか、ロボットの反応は機械的に感じたかという質問の回答は、感情的な変化をする条件の方が感情的な変化をしない条件よりも高いことを示した($U = 2, z = 5.04, p < .001, U = 44.5, z = 3.52, p < .001, U = 72, z = 2.64, p < .01$)。

図5は感情的な変化をする条件における実験参加者が答えた、Q1に対する回答を集計したグラフである。

3 議論

本実験では、感情的な変化をしない条件下よりも感情的な変化をする条件下の方が、実験参加者はNAOへの配分が高い提案をすることが示された。つまり、実験参加者は、ロボットの目のLEDの明滅が感情を表していると感じていることが言える。目の明滅から読み取られる感情は、その時の提案に対する意思の表れであった(図5)。多くの実験参加者は青色の明滅を「拒否」と感じたが、拒否とは嫌悪による行動である。従って、約60%の実験参加者が青色の明滅から嫌悪を感じていると言える。Plutchikのモデルによると、受諾は

信頼の弱い感情で、嫌悪の反対側に位置している。つまり、実験参加者は黄色と青色の明滅パターンから、喜びと悲しみよりも信頼と嫌悪を感じていることが言える。しかし Plutchik のモデルにおいて、信頼は喜びの隣に位置し、嫌悪は悲しみの隣に位置していることから、この2組は似ている感情であると言える。このことから本実験の結果は、我々の提案した方法が実験参加者に感情を想起させることを示したと言える。

従来の最後通牒ゲームを用いた実験結果によると、大抵の提案者は応答者への配分を40%にしているとされた[4]。しかし、感情的な変化をする条件では応答者への配分は51.29%であった。これは、応答者が感情的な反応を行うと、応答者への配分が約10%上昇することを示している。また、感情的な変化をしない条件における応答者への配分の平均は45.29%となっている。この値は、先行研究における感情表現を行わなかった時の実験結果とおおよそ一致している。

実験後に行ったアンケートの結果は、実験参加者がロボットの目から感情の変化を認識したかどうかによって水準間に差が生じたのであると考えられる。ロボットの目から感情を感じたかどうかという質問に対しては、感情的な変化をする条件の方が高く、平均値は4.82であった。この値は感情的な変化をしない条件の平均値と比べて、3.0高い値である。このことから、実験参加者は感情を感じ取ることで、彼らの利他的行動に影響を与えていると言える。

感情的な変化をする条件下において、実験参加者が配分を50:50に近い値で提案した理由について、次の2つの可能性が考えられる。1つ目は、実験参加者の操作に対して感情表現の変化を動的に返していると判断されたのではないか。この場合、ロボットの感情表現に意味は無く、実験参加者の入力に対して単純に反応を返しているだけであると予測され、公平な提案を判断したのかもしれない。2つ目は、スライドバーの初期位置が50:50であり、この時ロボットのLEDは光らない為、実験参加者は50:50で提案を決定したのかもしれない。これらの仮定を検証する為に、スライドバーの初期位置を50%以外に設置する等し、調査する必要がある。

4 まとめ

本研究では、ヒューマノイドロボットを用い、その目の色を動的に変化させることで感情を表現するという新しい方法を提案した。最後通牒ゲームを用いて感情の社会的機能の観点から、喜びと悲しみの2つの感情について実験を行った。その結果、青色の明滅は悲しみよりも嫌悪を感じさせ、黄色の明滅は喜びよりも信頼を感じさせた。従って本研究では、目の色の明滅

による感情表現は社会的機能を持つことを示した。本研究では社会的状況の中で、2つの感情のみについて調査を行ったが、今後はその他の感情や違う状況においても研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] Michael Argyle. *Bodily Communication*. International Universities Press, 1975.
- [2] Oren Hasson. Emotional tears as biological signals. *Evolutionary Psychology*, Vol. 7, No. 3, pp. 363–370, 2009.
- [3] Yuki Matsui, Masayoshi Kanoh, Shohei Kato, Tsuyoshi Nakamura, and Hidenori Itoh. A model for generating facial expressions using virtual emotion based on simple recurrent network. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 14, No. 4, pp. 453–463, 2010.
- [4] Hessel Oosterbeek, Randolph Sloof, and Gijs van de Kuilen. Cultural differences in ultimatum game experiments: Evidence from a meta-analysis. *Experimental Economics*, Vol. 7, pp. 171–188, 2004.
- [5] Debbie J. Pope, Hannah Butler, and Pamela Qualter. Emotional understanding and color-emotion associations in children aged 7-8 years. *Child Development Research*, Vol. 2012, pp. Article ID 975670, 9 pages, 2012.
- [6] Shigeki Sugano and Tetsuya Ogata. Emergence of mind in robots for human interface - research methodology and robot model. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1996*, Vol. 2, pp. 1191–1198, Apr 1996.
- [7] Kazunori Terada, Atsushi Yamauchi, and Akira Ito. Artificial emotion expression for a robot by dynamic color change. In *The 21th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012)*, pp. 314–321, 9 2012.
- [8] Robert L. Trivers. The evolution of reciprocal altruism. *The Quarterly Review of Biology*, Vol. 46, No. 1, pp. 35–57, 1971.