

人型ロボットの全身を使った情動的動作が人の行動決定に及ぼす影響の検証

Case Study of Influence of Emotional Gesture using whole body of Humanoid Robot to Human Behavior Decision-Making

粥川 優騎¹ 高橋 泰岳^{1*} 寺田 和憲² 井上 博行¹
Yuki Kayukawa¹ Yasutake Takahashi¹ Kazunori Terada² Hiroyuki Inoue¹

¹ 福井大学

¹ University of Fukui

² 岐阜大学

² Gifu University

Abstract: In conventional research, the emotional expression of a robot affects human action decision in human-robot communication. It often uses an emotional expression by mimicking human facial expression on a robot. However, the motion of limbs, LEDs of eyes, and voices of a humanoid robot has not been studied for the evaluation of human action decision effect. This study proposes a repeated Prisoner's Dilemma game between a human and a humanoid robot that shows emotional expressions during the game in order to investigate the effect of the cooperative and selfish emotional expression of the robot on decision making of the human. The experimental results are analyzed to show the strategy changes of the humans according to the emotional expression of the humanoid robot.

1 緒言

近年、介護ロボットやエンターテインメントロボットなどの需要が増加し、人間共生環境下におけるロボット導入の実証実験が多く行われている。飲食店やデパートの受付にロボットを導入したりなど、実際に人々の暮らしの中にロボットを取り入れている企業も多く存在する。それに伴って人とロボットが接する機会も増加し、ロボットの対人親和性を高めるためのコミュニケーション能力、人間との相互インタラクションを行うための技術の向上が必要とされている。そのためには、ロボットのアピランスや振る舞いが人に与える影響を予め検証し分析しておくことが重要となる。人とロボットがコミュニケーションをとる際にロボットに感情を付与した情動コミュニケーションの研究が注目されており、特にロボットの表出する情動が人の協力・利己的行動決定に与える影響を検証する研究がなされている [1]。従来の研究では、画面上に表示したロボットの顔画像を用いてロボットの感情を表現するものが多いが、実際の人型ロボットによる情動的動作が

人の協力・利己的行動決定に与える影響を調べたものは少ない。そこで本研究では、動作、目のカラー発光、音声を備え付けた人型ロボットによる情動的動作が人の協力・利己的行動決定に与える影響について、繰り返し囚人のジレンマゲームを用いて検証する。

2 人型ロボットの情動表現

NAO による情動表現は、ロボットの上半身の動作、目の発光、音声によって作成した図 2.1 は実験で用いたロボットの情動表現の 1 例である。「喜び」、「怒り」、「悲しみ (小)」、「悲しみ (大)」、「恥」の感情についてそれぞれ 1 つずつ動作を作成した。

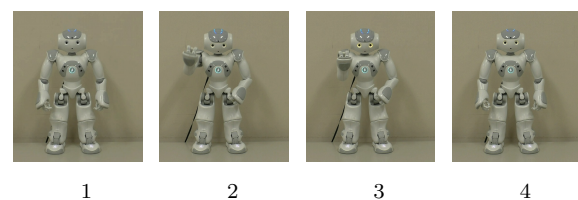


図 2.1: 「喜び」の情動表現 (NAO の声: 「よし」)

*連絡先: 福井大学工学部知能システム工学科 インタラクティブ・ロボティクス研究室
福井県福井市文京3丁目9-1
E-mail: yasutake@ir.his.u-fukui.ac.jp

動作は人の手で NAO を動かしている間の関節角の時系列データをファイルへ記録し、それを再現することによって作成した。音声は6歳の女の子の声を録音しそれを NAO の声として用いた。NAO のそれぞれの感情における目の LED の色、点灯時間、繰り返し回数のパラメータを表したものを表 2.1 に示す。文献 [2] の NAO の目の色がどのような感情を表しているかの研究を参考に設計した。表の通り、それぞれの感情によって色や点灯時間が異なる。

表 2.1: NAO の目のカラー発光

感情	光の色 (Hue)	点灯時間 (秒)	繰り返し回数 (回)
喜び	43	1.5	3
怒り	0	1.0	3
悲しみ	245	3.2	1
恥	320	3.2	2

3 繰り返し囚人のジレンマゲーム

表 3.2: 繰り返し囚人のジレンマゲームの得点表

		NAO	
		協力	裏切り
被験者	協力	ロボット: 5 pts 被験者: 5 pts	ロボット: 7 pts 被験者: 3 pts
	裏切り	ロボット: 3 pts 被験者: 7 pts	ロボット: 4 pts 被験者: 4 pts

表 3.3: 協力的ロボットの感情表出条件

		ロボット	
		協力	裏切り
被験者	協力	喜び	恥
	裏切り	怒り	悲しみ

文献 [1] を参考にして、実ヒューマノイドロボットを用いた繰り返し囚人のジレンマのゲームを提案する。このゲームは、被験者がヒューマノイドロボット NAO と 1 対 1 で行い、お互いが同じタイミングで協力が裏切りかをボタンで選択し、その組み合わせによって表 3.2 に従い自分と NAO の得られる得点が変わるものである。被験者には高得点を目指すよう指示するが、得点の勝敗はゲームに関係ないことを伝え、自らの得点を高くすることのみが目的であることを伝える。

ゲーム中に情動表現を行うロボットがお互いの手の組み合わせによって表す感情を表 3.3, 3.4 に示す。こ

表 3.4: 利己的ロボットの感情表出条件

		ロボット	
		協力	裏切り
被験者	協力	なし	喜び
	裏切り	悲しみ (大)	悲しみ (小)

これらの感情を表出させる条件は文献 [1] を参考に作成した。これらの特徴として、協力的ロボットはお互いに協力できたときに喜び情動表現を行うが、利己的ロボットは自分自身が相手を裏切ること成功したときに喜び情動表現を行う仕組みになっている。

実験の流れは以下の通りである。

1. NAO によるルール説明
2. 1 台目の NAO と実験開始
3. アンケート記入
4. 2 台目の NAO と実験開始
5. アンケート記入
6. 3 台目の NAO と実験開始
7. アンケート記入
8. 実験終了

被験者は協力的ロボット、利己的ロボット、情動なしロボットの計 3 台の NAO とゲームを行う。それぞれのロボットは感情表出条件に基づいて感情を表出するが、情動表現を行わないロボットは感情を表出しない。被験者には 3 台の性格が異なるロボットとゲームをしてもらうとだけ伝え、どのロボットがどんなロボットなのかは伝えていない。また、被験者が 3 台のうちどのような順番でロボットと対戦するかは公平を期すためにランダムに決定する。

協力的ロボット、利己的ロボット、情動なしロボットは全て同じ行動戦略を行う。具体的には、全体で 25 回のゲームの中で 1 回目から 5 回目までは、協力・協力・裏切り・裏切り・協力、の選択を順に取り、その後は一回前に相手が選択した選択をロボットが選択する。協力的ロボットはお互いに協力の選択を取ったときに喜び、利己的ロボットは裏切りが成功したときに喜びの情動を示す。情動なしロボットはゲームの間に情動的動作を行わない。

実験の環境を図 3.2 に示す。被験者とロボットは手前に配置されたボタンを用いて協力・裏切りを選択する。また、実験はモニターに従って進行し、被験者とロボットの選んだボタン、得点なども表示される。

また、アンケート調査では、ロボットに対する印象について以下の 10 項目について調査を行った。

- 1:大人びた, 7:幼稚な
- 1:協力的な, 7:利己的な
- 1:感情的な, 7:機械的な
- 1:面白い, 7:退屈な
- 1:親しい, 7:疎遠な
- 1:自然な, 7:不自然な
- 1:賢い, 7:愚かな
- 1:複雑な, 7:単純な

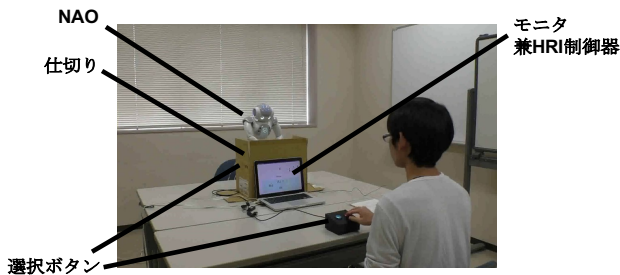


図 3.2: 繰り返し囚人のジレンマゲーム実験の環境

- 1:明るい, 7:暗い
- 質問 A (ロボットは感情を 1:持っている, 7:持っていない)

3.1 実験

57名(平均年齢19.1歳, 標準偏差1.1歳)の被験者を対象に実験を行った。そのうち, 男性は33名(平均年齢18.7歳, 標準偏差0.8歳), 女性は24名(平均年齢19.8歳, 標準偏差1.0歳)である。それぞれの被験者に対して説明を統一させるため, またロボットとのインタラクションをしてもらうことを目的として実験を行う前の実験の説明はロボット自身にさせた。協力的なロボットと実験を行った被験者を C-human, 利己的なロボットと実験を行った被験者を I-human, 情動表現を行わないロボットと実験を行った被験者を N-human とする。

被験者の協力を選択した回数とアンケート調査をもとにデータを分析する。協力回数は, 実験中に被験者が6試行目から25試行目までに「協力」を選択した回数を記録し, 評価を行う。

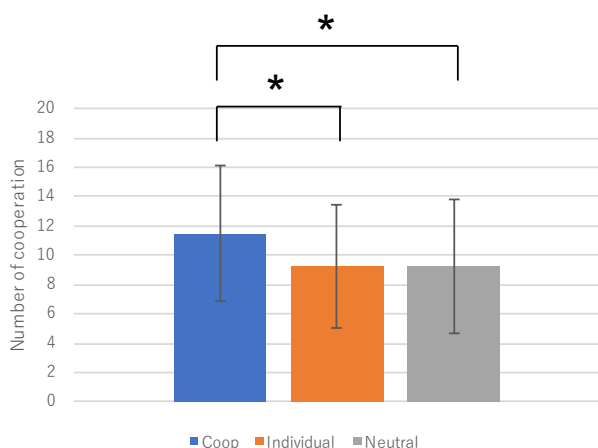


図 3.3: 感情表現の条件の間のゲームにおける被験者の協力回数の平均と標準偏差の比較

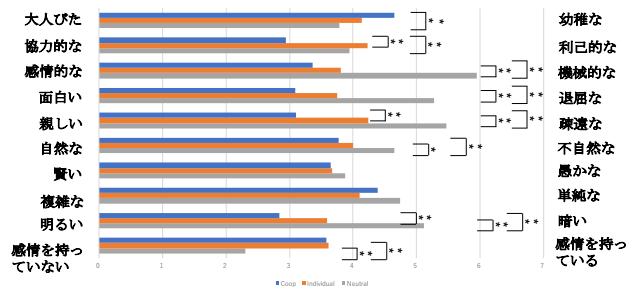


図 3.4: 被験者のアンケート

被験者 57 名による囚人のジレンマ実験の協力回数の平均と標準偏差を Fig.3.3 に示す (* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$). C-human は 11.491 回, I-human 9.263 回, N-human 9.246 回となり, 分散分析の結果 3 つの間に有意な差があることが分かった。Tuckey の多重比較分析の結果, C-human · I-human, C-human · N-human それぞれの間で $p < 0.05$ の有意差が表れた。

図 3.4 は, 被験者に対して調査した印象評価アンケートの平均を表したものである (* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$)。Tuckey の多重比較分析の結果, $p < 0.01$ の有意差があったものは, 「大人びたー幼稚な」 C-human and N-human, 「協力的なー利己的な」 C-human and I-human · C-human and N-human, 「感情的なー機械的な」 C-human and N-human · I-human and N-human, 「面白いー退屈な」 C-human and N-human · I-human and N-human, 「親しいー疎遠な」 C-human and N-human · C-human and I-human · I-human and N-human, 「自然なー不自然な」 C-human and N-human, 「明るいー暗い」 C-human and N-human · C-human and I-human, I-human and N-human, 質問 A C-human and N-human · I-human and N-human $p < 0.05$ の有意差があったものは, 「自然なー不自然な」 I-human and N-human である。

また, アンケートの 10 項目について主因子法のバリマックス回転を用いた因子分析を行った。結果を図 3.5 に示す。分析の結果 3 つの因子が表れ, それぞれの因子の中で最も割合を占める項目は因子 1 では「感情的なー機械的な」, 因子 2 は「親しいー疎遠な」, 因子 3 は「賢いー愚かな」であった。

さらに, 被験者の協力回数とアンケート結果の相関分析を行い, 相関係数を求めたものを表 3.5,3.6,3.7 に示す。相関分析に用いたアンケートの質問項目は, 因子分析を行い出てきた 3 つの因子のうちそれぞれの因子の中で最も割合を占めていてかつ有意差があるもの 1 つを用いる。(因子 1 : 感情的なー機械的な, 因子 2 : 「親しいー疎遠な」, 因子 3 : 「大人びたー幼稚な」)

	I	II	III	共通性
質問A	-0.60	-0.11	-0.11	0.39
明るい,暗い	0.45	0.68	-0.01	0.66
複雑な,単純な	0.20	0.07	0.71	0.54
賢い,愚かな	0.16	0.15	0.91	0.88
自然な,不自然な	0.60	0.20	0.06	0.40
親しい,疎遠な	0.45	0.81	-0.04	0.86
面白い,退屈な	0.61	0.45	0.25	0.64
感情的な,機械的な	0.85	0.32	0.04	0.82
協力的な,利己的な	0.08	0.50	0.10	0.27
大人びた,幼稚な	-0.04	-0.02	0.55	0.31
因子寄与	2.29	1.75	1.73	5.77
累積寄与率	22.8800	40.3900	57.6600	

図 3.5: アンケート項目の因子分析結果 (バリマックス回転後の因子付負荷量)

表 3.5: アンケート「感情的な-機械的な」と、各被験者たちの相関係数

被験者	C-human	I-human	N-human
相関係数	-0.137	-0.108	0.014

3.2 考察

被験者の協力回数 (図 3.3) では, C-human と I-human, C-human と N-human の間にそれぞれ $p < 0.05$ の有意差が表れ, ロボットの情動表現について協力的な情動表現の方が利己的な情動表現よりも被験者の協力を引き出せることがわかった. また, 協力的な情動表現をする方が情動表現をしないロボットよりも被験者の協力を引き出すことができ, 協力的な情動表現を行うロボットは被験者の協力・裏切り選択において影響を与えるということが考えられる.

アンケート結果では, 「賢い-愚かな」, 「複雑な-単純な」を除いた 8 項目の中で有意差があった. このことから, ロボットに抱く印象に対し 3 体のロボット間で情動表現の影響が現れたと推測できる.

因子分析 (図 3.5) の結果, 因子 1 は「感情的な-機械的な」, 「面白い-退屈な」, 「質問 A」, 「自然な-不自然な」が上位に上がり, この因子はロボットの感情部分を担う因子であると推測できる. 因子 2 は「親しい-疎遠な」, 「明るい-暗い」, 「協力的な-利己的な」が上位となり, この因子はロボットと被験者の新密

表 3.6: アンケート「親しい-疎遠な」と、各被験者たちの相関係数

被験者	C-human	I-human	N-human
相関係数	-0.132	-0.215	-0.342

表 3.7: アンケート「大人びた-幼稚な」と、各被験者たちの相関係数

被験者	C-human	I-human	N-human
相関係数	-0.323	-0.323	-0.071

度を表す因子であると考えられる. 因子 3 は「賢い-愚かな」, 「複雑な-単純な」, 「大人びた」が上位になり, この因子はロボットの賢さを表す因子であると考えられる. これらから, 10 項目のロボットの印象に対するアンケート結果は 3 つの因子に分解できることがわかった.

表 3.5, 3.6, 3.7 では 3 つの因子を代表するアンケート項目と被験者の協力回数との相関を調べたものである. 表 3.5 ではどの条件下でも相関は見られなかった. 表 3.6 では親しさと I-human, N-human との間に弱い負の相関があり, 利己的な情動表現や情動表現を行わないことが被験者の協力回数を減少させていると考えられる. 表 3.7 では大人さと C-human, I-human と協力回数間に弱い負の相関がみられた. これは, ロボットの情動表現の声や動きが被験者に幼い印象を与え, これが被験者の協力回数を減らしてしまったことが原因であると考えられる. これより, ロボットの情動表現の音声や動きを変更して被験者に大人っぽい印象を与えることができれば協力回数が減少しない知見が得られた.

4 結言

本研究では人型ロボットの全身を使った情動的動作が人の協力・利己的行動決定に及ぼす影響の検証を行い, 繰り返し囚人のジレンマゲームを提案し実験を行った. ロボットの情動表現によって人の協力選択回数の比較を 3 種類のロボットを用いて行った結果, 協力的な情動表現が人の協力回数に有意に影響を与えることが確認された. また, 印象評価アンケートによってロボットの情動表現が人に好印象を与えることが分かった. 今後の課題として違うロボットで実験を行い本実験の結果との比較をすることや, より適した情動表現の模索が挙げられる.

参考文献

- [1] M Celso, De Melo, Peter Carnevale, Jonathan Gratch, The influence of emotions in embodied agents on human decision-making. ... *international conference on Intelligent virtual agents*, Vol. 6356, pp. 357-370, 2010.
- [2] 和憲寺田. カラー発光パターンによるロボットの感情表出 (色インタフェース特集). ヒューマンインタフェース学会

誌 = Human interface = Journal of Human Interface
Society, Vol. 16, No. 4, pp. 279-282, 2014.