

不完全なロボットとのインタラクションが 第三者への利他行動に与える影響

Effect of Interaction with Incomplete Robot on Altruistic Behavior to Third Persons

加藤卓馬¹ 谷郷力丸¹ 有川魁人² 末次雄介¹
廣田敦士¹ 村田義人¹ 市川淳³ 西崎友規子³

Takuma Kato¹, Rikimaru Tanigo¹, Kaito Arikawa², Yusuke Suetsugu¹
Atsushi Hirota¹, Yoshito Murata¹, Jun Ichikawa³, Yukiko Nishizaki³

¹ 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科, ² 京都工芸繊維大学工芸科学部, ³ 京都工芸繊維大学
^{1,2,3} Kyoto Institute of Technology

Abstract: The previous study indicated that interaction with an incomplete robot caused a person's helping behavior. In addition, another previous study confirmed that interaction with an unselfish person during a cooperative task prompted a player's helping behavior to third persons. Therefore, we investigated whether interaction with an incomplete robot such as failing during a cooperative task prompted a player's helping behavior to third persons. As the result, during the task, participants who interacted with an incomplete robot tended to help a third person more positively than those who interacted with a complete robot and those who played the task by ourselves.

1. はじめに

近年, ロボットと日常生活で触れ合う機会が増えている。家庭では, 自動で部屋の埃を集めてくれるお掃除ロボットが普及し, 店頭では, Softbank 社の Pepper や Aldebaran 社の NAO のようなヒューマノイド型ロボットが商品紹介や受付業務などで利用されつつある。このようなロボットは今後のサービス分野への進出に伴い, 我々の日常生活において, さらに身近な存在になることが予想され, ロボットと人がインタラクションする機会が増えると考えられる。

新たなロボットの開発においては, より優れたロボットを目指し, 性能の高さや機能の多さを追求する傾向がみられる。

一方で, あえて機能を削り, 「欠点」をもたせることで, 人とのコミュニケーションを実現するロボットの開発が行われている。例えば, 三宅ら[1] は, 自身でゴミを拾う機能がないという欠点をもつ“ゴミ箱ロボット”を開発した。このロボットは, 「ゴミを拾いたいけれども拾えない」という状態を周囲の子どもたちに示すことで, ゴミをロボットのために拾ってあげるといった利他行動を引き出し, 結果的にゴミを回収する(図1)。

また, Mirmig ら[2]や谷郷ら[3]の研究では, ロボットが誤動作や間違いを犯した際に, 人がみせる社

会的信号を調査している。その結果, Mirmig ら[2]の研究では, 誤動作を起こさない完全なロボットよりも, 意図的に不完全さと誤りを演出したロボットに対して, 人はより好感を持つ傾向にあることが示された。さらに, 谷郷ら[3]の研究では, ロボットの失敗行動がロボットに対する親しみやすさを向上させることがわかっている。



図1: ゴミ箱ロボット ([1]から引用)

このように, ロボットの不完全さによって, 「人の利他行動が引き出されること」, 「ロボットに対する印象が変化すること」が明らかになっており, 人とロボットの円滑なコミュニケーションにつながる可能性が示唆されている。しかし, ロボットに不完全さをもたせることに着目した研究はまだ少ない。このことから, 不完全なロボットが人に及ぼす影響や,

その活用方法を検討することは重要であると考えられる。

人と不完全なロボットとの新たなインタラクションとして、人同士で頻繁に行われる協力行動という場面に注目した。

人同士がペアを組んで課題を行った際、パートナーの行動によって、その後の利他行動にどのような影響があらわれるかを検討した研究がある。

Velez [4] は、相手と対戦するビデオゲームを行った際、チームメイトが利己的である場合とそうではない場合で、プレイ後のチームメイトや相手チームのメンバー対しての囚人のジレンマの課題による寄付金額や、親密度にどのような影響があらわれるのかを実験的に検討している。結果として、利己的なチームメイトとゲームをプレイした実験参加者は、利己的ではないチームメイトとゲームをプレイした実験参加者よりも、多く寄付を行った。さらに興味深い結果として、利己的なチームメイトとプレイした参加者は、チームメイトだけでなく、グループ外のメンバー、つまり対戦した相手のメンバーに対してもより多く寄付を行うことを確認した。Velez [4] の研究は、人同士でペアを組んで協力的なゲーム課題を行った際に、パートナーの行動が、第三者への利他行動に影響を与える可能性を示唆している。

本研究では、先行研究の知見を利用し、人がロボットとペアを組んで課題を行った際に、パートナーであるロボットの行動によって、その後の利他行動に影響があらわれるかについて実験的な検討を行った。具体的には、「失敗することが多いロボットとペアを組んで課題を行う場合、そうではないロボットと課題を行う場合と比べて、その後のロボットに対する利他行動や第三者に対する利他行動が多く観察される」という仮説を立てて、検証を行った。

2. 方法

2.1. 実験概要

本研究では、人が、失敗をする不完全なロボットと協力課題を行うと、①ロボットへの親密度、②個人が有する思いやりの傾向が増し、③ロボットや第三者への利他行動を取りやすくなるか否かを検討した。協力課題として、パソコン上で行う簡易なボールキャッチゲームを導入した。このゲームで実験参加者は、画面上部から落下する2つのボールをロボットと協力（ロボットが前衛、実験参加者が後衛）してキャッチし、できるだけ高い得点を目指すことを要求された。不完全なロボットは、キャッチ可能なボールにも関わらず、不安定な挙動になり、ボールを後方に逸らしてしまうという失敗をする。

2.2. 環境

実験で使用したロボットは Aldebaran 社の自律型小型ヒューマノイドロボットである NAO を使用した（実験で使用したロボットを以後 NAO と呼ぶ）。実験参加者と NAO のゲーム用にデスクトップパソコンを2台用意し、それぞれ別のディスプレイ、パソコンでゲームを行ってもらった。NAO がゲームをしているように見せかけるため、PlayStation3 のコントローラーを利用し、右側のジョイスティックを NAO の右手に握らせた（図2）。実験者は、実験参加者がゲーム中、パーティションで仕切られた場所で NAO の起動やゲーム画面の監視を行った。実験中、部屋に滞在していた実験者は1人のみであった。

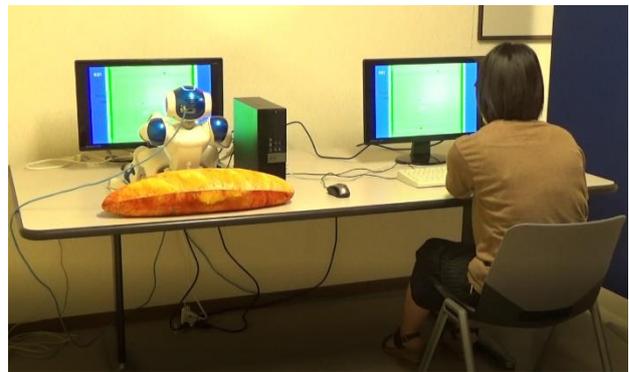


図2 ゲームプレイ風景

2.3. 参加者

実験者と実験参加者の関係が利他行動に影響を及ぼすことを避けるため、実験者と面識がない大学生および大学院生31名（年齢20-31歳、平均22.8歳、 $SD = 2.0$ 、男性24名、女性7名）が本実験に参加した。実験参加者には、ロボットと一緒に簡単なビデオゲームをする実験だと伝え、事前に十分な説明を行った。実験は京都工芸繊維大学倫理委員会の承認を得て実施した。

2.4. 実験計画

実験計画は、実験参加者を以下の3群に分け、被験者間計画とした。(1)失敗をする不完全な NAO と協力課題をする群11名（以下、協力・不完全条件と呼ぶ）、(2)失敗をしない NAO と協力課題をする群10名（以下、協力・完全条件と呼ぶ）、(3)NAO と実験参加者がそれぞれ1人でゲームをする群10名（以下、単独条件と呼ぶ）の3群である。単独条件は、ロボットとの協力課題というインタラクションが、ロボットへの心理的な印象や、その後の利他行動に影響を及ぼすか否かを検証する必要があると考え、統制条件として追加した。

2.5. 実験前調査

実験参加者を3つに群分けする際、ロボットへの親密度や個人が有する思いやりの傾向、さらには第三者への利他行動などの個人特性に関する偏りを防ぐために実験前調査を実施した。実験参加者には、情動的共感性尺度[5]と思いやり尺度[6]、また金銭感覚を問う質問をWeb上で回答してもらった。

情動的共感性尺度[5]は、他者の情動や感情に対する共感性を測定するため開発された。この尺度は25項目からなっており、3つの下位尺度、1) 感情的暖かさ尺度、2) 感情的冷淡さ尺度、3) 感情的被影響性尺度、で構成されている。各項目について1: 全く当てはまらない、2,3,4: 記載なし、5: 非常によく当てはまる、として5件法で回答を求めた。群分けする際、3群それぞれの平均値がほぼ等しくなるように配慮した。

思いやり尺度[6]は、実験前後での個人の思いやり傾向の変化を調べるために実施した。「思いやり」とは、他者の気持ちを察し、その人の立場に立って考え、その上でその気持ちや状態に共感もしくは同情することと定義されており、思いやり尺度[6]は、その「思いやり」の個人差を測定するために開発された。各項目について1: 全く当てはまらない、2,3,4: 記載なし、5: 非常によく当てはまる、として5件法で回答を求めた。

尺度の全22項目をWebアンケート以前に、予備調査を通して11項目ずつの2つに分割した。思いやり尺度[5]には、過去の経験に基づいて答えてしまうと考えられる項目が含まれていたため、実験後に行う質問群には過去に基づく必要のないものを問う必要があった。よって、全22項目を、本実験参加者ではない大学生、大学院生および研究員11名(年齢22-28歳、平均24.1歳、 $SD=1.5$ 、男性10名、女性1名)に対して、「過去に基づいて答える必要があるものはどれか」と聞き、また本実験参加者ではなく、上記の回答者でもない大学生および大学院生36名(年齢19-23歳、平均20.7歳、 $SD=1.4$ 、男性15名、女性21名)に対して質問紙への回答を求めた。そのうえで、思いやり尺度22項目を平均値がほぼ等しくなるように2つに分割し、過去に基づいて答える必要があるという回答が多かった質問群を実験前のWebアンケートに含め、その他を実験後質問紙に含めた。

実験前に行った質問群の例として、「もらい泣きしやすい方だ」、「映画やテレビをみてよく泣く」といった項目が挙げられ、実験後の例として、「人を思いやるのが何よりも大切だと思う」、「弱い立場にある人も自分で何とかするべきだ」といった項目が挙げられる。

金銭感覚を問う質問は、ビデオゲーム課題を行った

後に実施するNAOへの利他行動を検証するにあたって、謝礼500円から募金をお願いする際に、実験参加者にとっての500円の価値を調査するために実施した。質問方法として、「ひと月に自分の趣味・娯楽に平均いくらほど使いますか」と聞き、500円未満、500~3000円、3000~5000円、5000~10000円、10000~20000円、20000~50000円、50000~100000円、100000円以上、というように尋ねた。

2.6. 手続き

全ての実験参加者は最初に、ゲームの操作に慣れるために1分間の練習課題(図3)を1人でプレイした。操作方法は、画面の上部から垂直に落下するボールをキャッチするために、図3下部のバーをカーソルキーで左右に移動させるのみである。練習終了後、実験参加者は3群それぞれで本番課題を行った。本番課題は、いずれの群も4分間×2回プレイを行って、間に30秒の休憩をした。本番課題では、いずれの群でもNAOがゲームをプレイするが、実際に操作するわけではなく操作しているように見せるため、コントローラーのジョイスティックを右手で握り、ランダムな時間感覚で左右に動かすように設定した。

(1) 協力・完全条件は、4分間の本番課題(図4)を2回プレイする。間には30秒の休憩をはさんだ。練習課題とは異なり、NAOが前衛、実験参加者が後衛を務め、2つのボールが同時に、ランダムな地点に落下する。操作方法は練習課題と同様に左右のカーソルキーのみである。NAOはゲームのプレイ時間のうち、1分間で15秒間(開始から15秒と35秒後に10秒間と5秒間)挙動が不安定になり(この挙動を1分×4回の4分間、休憩後、同様の挙動をさせた)、落下するボールを取らないような失敗をするように設定した。失敗をするとき以外は、2つの落下するボールのうち近い方に向かっていき、届く範囲ならば必ずキャッチするように設定した。

(2) 協力・不完全条件は、上記の群と同様のプレイ内容であり、NAOは4分間のプレイの中に不安定な挙動をまったくせず、2つの落下するボールのうち近い方に向かっていき、届く範囲ならば必ずキャッチするように設定した。

(3) 単独条件には、まず「NAOと別々にゲームをしてもらいます、競争ではありません」と伝えた。NAOと実験参加者は、練習コースのように、落下するボールを1人でキャッチする。それぞれの画面上には自分のプレイ画面のみ表示される。

本番課題が終了した後、実験参加者にNAOの印象を評価や日常のゲームプレイ時間などを尋ねる質問紙への回答を求めた。

次に、実験参加者にコインと募金箱を見せ、「謝礼として500円をお渡ししようと思うのですが、実はNAOの維持費がかかっておりまして、もし可能ならば、この謝礼のうちからいくらか募金をお願いしてもよろしいですか」と伝えた。コインは500枚用意し、1枚1円換算で募金箱に入れてもらうように伝えた。

その後、募金箱を受け取り、これからお金に換金するために、部屋から退室すると伝えた。実験者は退室する際に、コンタクトレンズを思わず落としてしまい、あわてて探す演技を行った。ここでは、実験者が退室した後の実験参加者の行動を実験参加者には見つけられない場所に設置したビデオカメラで録画し、実験者がいなくともコンタクトレンズを探すという利他行動が生起するかを調査した。1分後、実験者は部屋に戻り、「コンタクトレンズは大丈夫です、謝礼から募金を募るとするのはあくまで実験の中の話です」と伝え、謝礼は一律500円渡した。

最後に、実験参加者に対して、寄付金額はなぜその金額にしたのか、ここ2年間で募金に応じたかの有無・その金額を尋ねる質問紙に回答を求めた。協力・不完全条件と協力・完全条件の実験参加者に対しては、上記の質問に加えて、NAOと協力していた感覚の有無等を尋ねる質問紙にも回答を求めた。実験内容を全て参加者に説明し、同意を得て実験を終了した。

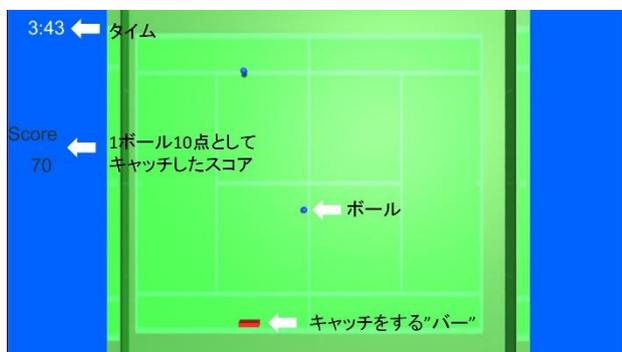


図3 練習課題プレイ画面



図4 本番課題協力プレイ画面

2.7. 課題の終了後に行った質問紙

2.7.1 NAOの印象評価

この質問紙はBartneck[7]らがロボットに対する人の印象を測るためのアンケートを基に作成した。Bartneck[7]らは、人間らしさ、生き物らしさ、好ましさ、知性、安全性の5つの指標を形容詞の項目群で構成した。実験目的を踏まえて、本研究では5つの指標のうち、「人間的である」、「生き生きとしている」、「親しみやすい」、「有能である」という4項目のみを使用した。各項目について、1:全く当てはまらない、2,3,4,5:記載なし、6:非常によく当てはまる、として6件法で回答を求めた。

2.7.2. ゲームに対する所感

この質問紙はGrizzard[8]が協力的なビデオゲーム課題を行ったあとに実施したアンケートを基に作成した。本研究では、「楽しかった」、「ストレスを感じた」、「熱中した」、「疲れた」という4項目のみを使用した。各項目について、1:全く当てはまらない、2,3,4,5:記載なし、6:非常によく当てはまる、として6件法で回答を求めた。

2.7.3. 協力課題と寄付行動に関して

この質問紙は、謝礼の500円を渡した後に実施した。実験参加者全員に「なぜその金額を寄付しようと思ったか」、「ここ2年間で何回募金に応じたか」、「寄付金額の平均」という質問に回答してもらった。また協力・完全条件と協力・不完全条件の実験参加者には「NAOと協力して課題を行っている感覚はありましたか?またその理由をおしえてください」という質問にも回答してもらった。

3. 結果

ここでは、各実験条件(単独条件:10名、協力・完全条件:10名、協力・不完全条件:11名)における、質問紙、寄付金額、および利他行動の結果を示し、それらの分析を行った。

3.1. 質問紙

まず、実験前後に行った思いやり尺度について、実験前と実験後の個人の思いやり得点に変化が生じたかどうか検討した。実験前の得点に対する実験後の得点の割合を算出し、条件ごとの平均値を3条件で1要因分散分析を行った。その結果、要因の主効果は確認されなかった($F(2,28) = 3.33, p = .852$)。

次に、Naoに対する印象評価の質問紙において、4つの項目それぞれに対して、3条件間の比較を行った。その結果、「親しみやすい」という項目に関して、3条件で1要因分散分析を行ったところ主効果が有意傾向であった($F(2,28) = 2.93, p = .070$)。そこで、

多重比較を行ったところ、図5のように、単独条件と協力・不完全条件の間で有意傾向を確認した ($p = .094$)。

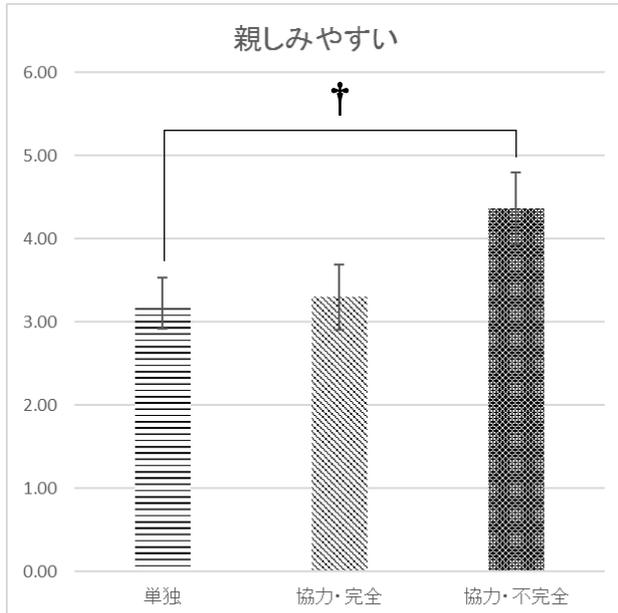


図5：NAOに対する親しみやすさの印象評価

3.2. NAOに対する寄付

実験報酬である500円の中から協力課題を行ったパートナーであるNaoに対して、寄付してもよい金額を尋ねた。各条件での平均額は単独条件：256円、協力・完全条件：295円、協力・不完全条件：280円となり、1要因分散分析を行ったところ、要因の主効果は確認されなかった ($F(2,28) = 3.34, p = .887$)。

3.3. 実験参加者の第三者に対する利他行動

課題後、実験者がコンタクトレンズを落としたことを実験参加者に伝え、実験室を退出している約1分間の実験参加者の行動について、3条件間で比較を行った。録画した映像の中で、録画ミスがあった実験参加者の映像を除いた26名(単独条件：9名、協力・完全条件：8名、協力・不完全条件：9名)の映像の分析を行った。3条件において条件ごとに、実験者が落としたコンタクトレンズを探すという利他行動の有無の割合を、その期待値と比較し、カイ2乗検定を用いて検定した。

その結果、表1のように、協力・不完全条件において、期待値と比較して利他行動の割合に有意な偏りの傾向が見られた ($\chi^2(1) = 2.78, p = .096$)。それに対し、単独条件、協力・完全条件においては、それぞれ期待値と比較して利他行動の割合に有意な偏りはなかった。

表1 第三者に対する利他行動

	利他行動(人数)		合計	カイ2乗値	p値
	あり(期待値)	なし(期待値)			
単独条件	4(4.5)	5(4.5)	9	.11	.317 n.s.
協力・完全条件	5(4)	3(4)	8	.50	.480 n.s.
協力・不完全条件	7(4.5)	2(4.5)	9	2.78	.096 †

†: $p < .10$, n.s.: not significant

4. 考察

4.1. NAOへの印象評価

実験後の質問紙の結果より、実験参加者が不完全なNAOと協力課題を行う協力・不完全条件の方が、1人で課題を行った単独条件よりもNAOに対して親しみやすくなる傾向が確認された。

パートナーであるNAOの不完全さに愛着を抱いたため、結果的に「親しみやすい」という印象評価が高くなったのかもしれない。この結果は、谷郷ら[3]の研究の知見を再現する結果である。

ただし、先述した「人間的である」といった愛着に関連するような項目に条件間で有意な差はなかった。これは、1条件の参加者数が10名程度と少なかったことによる影響が考えられる。今後、各条件の参加者数を5名程度増やして検討を行う必要がある。

4.2. NAOに対する寄付

協力課題を行ったパートナーであるNAOに対する利他行動を見るために、NAOに対する寄付金額を比較した。

NAOと協力課題を行った実験参加者の中にはNAOの課題の中での働きを評価して寄付額を決めている実験参加者もいたが、実験の報酬である500円全額をNAOに寄付する実験参加者が多く存在し、仮説を支持する結果とは言えなかった。その理由として「先輩に頼まれた実験であったため、報酬は特に必要ない」や「研究室に対しての寄付」などが挙げられていた。

このことから、協力課題と無関係な要因が寄付金額に強く影響を与えていた可能性があり、本来お金を必要としないロボットに対する寄付は、ロボットに対する利他行動を調査するためには適切ではなかったと考えられる。例えば、協力課題の後にロボットが困っている状況を演出し、実験参加者の利他行動を見るような調査を今後検討する必要がある。

4.3. 第三者への利他行動

不完全なNAOと協力するビデオゲーム課題を行った実験参加者の中には、実験者という第三者に対して、落としたコンタクトレンズを探すという利他

行動をとる人が多く存在していることが分かった。実験前調査により、各条件における実験参加者の思いやり、共感性の個人特性は統制されており、親切的な実験参加者が一部の条件に偏っているわけではなかった。また、実験参加者に先輩であると認識されていたものの、過去に面識はない。ゆえに、知り合いであるという理由が、利他行動に影響は与えたと考えることは難しい。

以上のことから、不完全なロボットと協力的に行動を行うことで、第三者への利他行動を誘発する可能性が示された。これは、仮説を支持する結果である。

4.4. 本実験における協力課題の正当性について

NAO と一緒に協力するビデオゲーム課題を行った協力・完全条件と協力・不完全条件の実験参加者 21 人に対して、課題の後、質問用紙で「Nao と一緒に協力している感覚はありましたか？」という質問をしたところ、21 人中 18 人が「協力している感覚があった」と回答した。

よって、今回設定したビデオゲーム課題はロボットとの協力課題として適切であったと考えられる。

5. 今後の展望

本実験により、失敗が多いという不完全なロボットと、ゲームという協力的なインタラクションを行うことで、①ロボットに対して「親しみやすさ」を感じ、②第三者に対してより利他行動をとる傾向がある可能性が示唆された。

しかし、この結果は「不完全さ」という要因が強く影響している可能性も否めない。例えば、隣にいるロボットが「不完全な」要素を持っているだけで、協力課題という行動を行わなくてもロボットに対して好印象を持ち、その後の第三者に対する利他行動も促進される可能性を無視することはできない。

また、本研究では協力するパートナーの親しみやすさという要因が、第三者に対する利他行動にどのような影響を及ぼしているかに関する検証が不十分である。

実験参加者を増やし、「協力」という行動に関する性質と「不完全」というロボットの性質という 2 つの要因が、ロボットに対する印象と第三者に対する利他行動にどの程度強く影響しているかを調査する必要がある。加えて、不完全なロボットとの協力行動によるロボット印象と、その後の第三者に対する利他行動との間にどのような関係があるのかを検討することについても今後の課題とする。

本実験では、協力してビデオゲームを行うという、

人と人同士で頻繁に行われる場面を参考に課題を考案したが、実際に、人とロボットの間でこのように協力を有する行動場面は稀である。

また、本実験の協力課題は「相手の事を考えてお互いが行動する」や「言葉やアイコンタクトでコミュニケーションや合図を行う」など、本来、人と人同士で協力行動を行うときに見られる行為が再現できていない。人とペアを組んで課題を行う場面により近い状況で、ロボットとペアを組んで課題を行った際に、今回と同様の結果が得られるかについても今後検討する必要がある。

先述したような様々な状況で実験を行うことによって、人の利他行動を促進させる方法として、不完全なロボットとのインタラクションが有効であることが示されると考えられる。

参考文献

- [1] 三宅泰亮, 山地雄士, 大島直樹, デシルバ・ラビンドラ, 岡田美智男: Social Trash Box : 子供たちはゴミ箱ロボットとどのようにかわるのか フィールドにおける調査結果とその報告, 人工知能学会論文誌, Vol. 28, No. 2, pp. 194-209, (2013)
- [2] Mirnig, N., Stollnberger, G., Miksch, M., Stadler, S., Giuliani, M. and Tscheligi, M.: To Err Is Robot: How Humans Assess and Act toward an Erroneous Social Robot, *frontiers in Robotics and AI*, Vol. 4, No. 21, (2017)
- [3] 谷郷力丸, 高橋卓見, 廣田敦士, 早川博章, 岡夏樹, 西崎友規子: 失敗する演出を施したロボットは人と円滑な関係を築くか, 2016 年度情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, (2016)
- [4] Velez, J.: Extending the theory of Bounded Generalized Reciprocity: An explanation of the social benefits of cooperative video game play, *Computers in Human Behavior*, Vol. 48, pp. 181-491, (2015)
- [5] 加藤隆勝, 高木秀明: 青年期における情動的共感性の特質, 筑波大学心理学研究, Vol.2, pp. 33-42, (1980)
- [6] 内田由紀子, 北山忍: 思いやり尺度の作成と妥当性の検討, 心理学研究, Vol. 72, No. 4, pp. 275-282, (2001)
- [7] Bartneck, C., Kulic, D., Croft, E., and Zoghbi, S.: Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 71-81, (2009)
- [8] Grizzard, M. N.: *Cooperative Video Game Play and Generosity: Oxytocin Production as a Causal Mechanism Regarding Prosocial Behavior Resulting from Cooperative Video Game Play*, Doctoral Dissertation, Michigan:

Michigan State University, (2013)