

ロボットからの抱き返しは向社会的行動と相互作用を促進するか

中田 彩^{†1,2} 塩見 昌裕^{†1} 神原 誠之^{†1,2} 萩田 紀博^{†1,2}

概要: 人同士のインタラクションにおいて、接触は人に身体的・精神的なメリットをもたらすことや、利他行動などの向社会的行動を促進することが明らかになっている。人とロボットのインタラクションにおいても、ロボットとの接触が心身へ良い影響をもたらすことや、向社会的行動を促進することが明らかになりつつある。しかし、それらの多くは人からロボットへの接触であり、ロボットから接触を返すことの効果を検証する研究はさほど行われてこなかった。そこで本研究では、人がロボットを抱擁する状況において、ロボットが人を抱き返す行為が、人々の向社会的行動やロボットとのインタラクションにどのような影響をもたらすかを明らかにすることを目的とし、人を抱き返す機能を備えたロボットを開発した。実験の結果、ロボットに抱き返された被験者は、ロボットに抱き返されなかった被験者に比べて、より多くの募金を行う傾向を示すことと、よりインタラクションを継続することが明らかになった。

Effects of being Hugged by a Robot for a Prosocial Behavior Request

AYA NAKATA^{†1,2} MASAHIRO SHIOMI^{†1} MASAYUKI KANBARA^{†1,2}
NORIHIRO HAGITA^{†1,2}

Abstract: Interpersonal touch provides positive effects from both physical/mental perspective in human-human interaction. In addition, people who are touched by others did more prosocial behaviors, and these effects are called as “Midas touch” effect. Similar phenomenon are observed in human-robot haptic interaction, but a hug interaction, which appears between closer persons, are less focused in human-robot interaction. This research work aims to unveil whether Midas touch effect exists in a being hugged by a robot; for this purpose, we developed a teddy bear like robot that can reciprocate hug to people. The experimental results showed the significant trend about the amount of donated money, i.e., participants who are being hugged by a robot did more donation than participants who are not being hugged.

1. はじめに

人と人工物とのインタラクションにおいて、物理的な身体・存在は、人々の意思決定や行動に多様な影響を与えることが知られている。物理的な存在が人に与える影響を明らかにするための取り組みとして、物理的な身体を持つロボットと、コンピュータ上で動作するエージェントの比較研究が行われている[1-5]。例えば Takeuchi らは、実環境下の情報提示タスクにおいて、人と同じ環境を共有できる物理的な身体を備えたロボットの方が CG エージェントよりも信頼されやすいことを明らかにしている[5]。

ロボットが備える物理的身体を利用して、身体的接触を伴うインタラクションの研究開発も進んでいる。既に人同士では接触が人の心身にもたらす有益な効果の検証が進んでおり [6-10]、それらを元にロボットとの接触を伴うインタラクションがもたらす有益な影響についても研究が進みつつある [11-18]。また、Midas touch 効果と呼ばれる、他者に接触された人々が向社会的行動をより行う現象も明らかになっているが [19-23]、それらの効果がロボットとの接触でも起きることが明らかになりつつある [24-26]。

本研究では、親密な関係において行われる身体的接触、抱擁に着目する。これまでの、人とロボットの抱擁に関する研究では主に人がロボットを抱きしめる場合の効果を中心に検証されてきたが [12, 18]、ロボットが人を抱き返す場合の定量的な検証はなされていなかった。人間同士の抱擁において、抱き返す行為は他者の抱擁を受容する暗黙的な意味を備えており、抱き返さないことはむしろ拒絶の意図を伝える可能性もある。そのため、ロボットが抱き返しを通じて受容の意図を伝えることが出来れば、より人に好意的な印象や望ましい効果を与えることが期待できる。



図 1 人からの抱擁に抱き返しを行うロボット
Figure 1 A person who is being hugged by a robot.

^{†1} 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
ATR
^{†2} 奈良先端大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

そこで本研究では、人を抱き返すことが可能なロボットを開発し、抱擁におけるロボットからの抱き返し効果の検証に取り組む。この目的を達成するために、人を抱き返す機能を備えたロボット「Moffuly」を開発した。抱き返しの効果を検証するための評価指標として、人同士の身体的接触がもたらす Midas touch 効果に着目し、抱き返しの有無による向社会的行動の変化を検証する。さらに、抱き返しによって人々がロボットとよりインタラクションの継続を所望するかについても合わせて分析を行った。

2. 関連研究

2.1 人同士における接触の効果

抱擁を含む人同士における接触行動は、接触された人に身体的・精神的ともに良い効果をもたらすことが明らかになっている。例えば、親しい人に抱擁されることで血圧が低下することや、ストレスを受けている状態でも心拍数が増加しにくくなることが明らかになっている [6]。抱擁を受けた人々は、ストレスに対する抵抗力がより強化され、免疫力が向上する効果が報告されている [7]。背中に触られる行為や抱擁といった行為が、信頼関係や社会的関係性を構築することに関連があるオキシトシンと呼ばれるホルモンの放出に影響があることも知られている [8]。Burgoon らは、人同士のインタラクションにおける接触行為が印象の変化に与える影響を明らかにしている [9]。Jakubiak らは、親しい人からの接触を想像することは、親しい人からの声をかけられることを想像するよりも、ストレスに対する抵抗力を増加できることを示している [10]。

人同士の接触は、身体や精神に良い影響をもたらすだけではない。触れられた人々の向社会的行動にも影響をもたらすことが明らかになっており、その効果は「Midas touch」効果として知られている。例えば、他者から身体的な接触を受けた人々は、店員に対してよりチップを渡すようになることや [19]、他者を助ける行動をより行うようになること [20]、より良い印象を持つようになること [21]、要請をより受け入れるようになることなど [22, 23]、様々な現象がこれまでに報告されている。本研究では、この Midas touch 効果に着目し、ロボットが人を抱き返す場合に、人々の向社会的行動が促進されるかを明らかにする。

2.2 人とロボットにおける接触の効果

人とロボットの間においても、接触は人の心身に良い効果をもたらすことが明らかになりつつある [11-18]。例えば、アザラシ型ロボットの Paro は高齢者のセラピー目的に利用されているが、Paro に触れる行為が精神的な癒しをもたらすうえで重要であることを示している [11]。Tiffany らは、ロボットが人に触れる際の発話内容によって、人々のロボットに対する印象を変化させられることを検証している [27]。Hirano らは、ロボットと人の接触インタラクションにおいて、触れ方や視線の組み合わせでロボットに対する

印象が変化することを報告している [28]。野々村らは、接触を伴うインタラクションがロボットの外見からもたらされる悪印象を緩和することを報告している [29]。ハグビーと呼ばれるメディアを抱擁しながら他者と通話することで、スマートフォンのみを用いて通話した場合よりもストレスを減少させる効果があることが報告されている [12]。棟方は、ユーザが小型のロボットを把持する方法やその触感によって、インタラクションやロボットに対する愛着、インタラクションの継続を所望する度合いが変化することを明らかにしている [30]。実環境下でロボットを用いた実証実験では、ロボットからの抱擁が人々から好意的に評価されていることも明らかになっている [31, 32]。

Midas touch 効果は、人とロボットの接触インタラクションでも発生することが報告されている。例えば福田らは、ロボットが人の手をなでるように触れている状況において、EEG を用いて Medial Frontal Negativity と呼ばれる指標を計測し、人々がロボットの接触に対してどのような生理的反応をもたらしているかの検証を進めている [24]。Haans らは、振動するデバイスを用いた接触インタラクションが、人々の援助行動に影響をもたらすことを報告している [25]。テレプレゼンスロボットを用いた交渉タスクにおいて、接触行動が向社会的行動をもたらす報告もある [26]。

これらの研究を通じて、ロボットによる対人接触行動がどのような効果をもたらすかが明らかになりつつある。その一方で、抱擁という親密な関係で行われる接触がもたらす効果に着目した研究はあまり行われていない。また、それらの研究は主に人からの抱擁のみを扱うものであり、ロボットからの抱き返しを伴う抱擁を Midas touch 効果や相互作用促進という観点から検証したものは無かった。

我々は、ロボットからの抱き返しを伴う抱擁が、人からロボットを抱擁するだけの抱擁よりも、より良い効果をもたらす可能性が高いと考える。ロボットから抱き返しを行うことで、人からの抱擁を受容することを暗黙的に伝達できるためである。そこで本研究では、ロボットからの抱き返しが向社会的行動やロボットとのインタラクション継続に与える影響を明らかにし、その有効性を検証する。

3. システム構成

3.1 ロボット

本研究では、大きなクマ型のぬいぐるみを用いて、人々を抱き返すことが出来るロボット「Moffuly」を開発した。その外観を、図 2 に示す。ロボットの全長は約 2m であり、両肘部分にそれぞれ 1 自由度、合計 2 自由度が備わっている。顔部分にはスピーカーが埋め込まれており、人がロボットを抱きしめたときに顔が触れる部分には、取り外しおよび洗濯が可能な生地を取り付けた。抱擁時における安全性を確保するため、ロボットの腕部分はポリプロピレンおよび綿による保護を行い、腕部分の動作制御は比較的非力

なデジタルサーボ（トルク：11kg/cm）を採用した。ロボットの発話には、音声合成ソフトウェア XIMERA を採用した [33]。音声認識はオペレータが代替することとし、オペレータは音声認識結果及びあらかじめ決められたルールに従ってロボットの発話内容を決定した。

ロボットは、雑談と返答の 2 種類の発話を行えるように設計した。まず雑談については、ロボットの自己紹介、自己開示、および雑談を促す発話内容を準備した。具体的には、「こんにちは、僕は Mofully だよ。よろしくね」「僕は見た目がクマみたいだけど、好きな食べ物は、はちみつじゃなくて電気なんだよ」「もしよかったら、お話を聞かせてほしいな」などの発話を準備した。自己紹介や自己開示の発話を用意した理由は、過去の研究において、ロボットの自己紹介や自己開示が人に親しみを与えるために重要であることが報告されたためである [34-36]。

返答については、ロボットは人々の発話に対して簡単な返答のみを行うよう、8 種類の返答を準備した。例えば、「そうなんだ」「へー」「そうかそうか、頑張ってるね」などの発話を用意した。すなわち、主に人からの発話を聞く役割として振る舞うように設計しており、返答として不自然にならないようにルールを定めてオペレータが発話を決定するようにした。また、複雑な対話を回避するため、ロボットは被験者からの質問に対しては「うーん、それは僕に難しくてちょっとわからないや、ごめんね」などと発話し、常に聞き手として振る舞うように設計した。



(a) (b)

図 2 Mofully の外観

Figure 2 Appearance of "Mofully"



(a) (b)

図 3 抱擁動作

Figure 3 Hug-request and reciprocated hug behaviors

3.2 抱擁に関する振る舞い

ロボットが人との抱擁を実現するために、2 種類の振る舞いを実装した。1 つは、ロボットが人々に対して抱擁をするように促す振る舞いである。もう 1 つは、ロボットを抱擁した人に対して、抱き返しを行う振る舞いである。

(1) 抱擁を求める動作

まず、ロボットは両腕を若干閉じた状態（図 2-a）で静止していた。被験者と対峙した後、被験者がロボットを抱きしめやすくするために、腕を開く動作を行った（図 2-b）。その後、「お話をする前に、Mofully のこと、抱きしめて欲しいな」（図 3-a）と発話した。

(2) 抱き返し動作

上記の抱擁を求める動作に応じて人々がロボットを抱擁したのち、ロボットの両腕を人の背中部分に接触するまで閉じた（接触しているかどうかの判定は、オペレータが行った）。その後、ロボットは自身の腕を開いたり閉じたりすることで、人の背中をとんとんと叩くような動作を行った（図 3-b）。背中を叩く動作のタイミングは、人々の発話が無い場合には 30 秒ごととし、人々の発話があった場合には発話と発話の切れ目で行うように設計した。腕の角速度は、15 deg./sec. に設定した。

4. 実験

4.1 仮説

ロボットからの抱き返しが人々に与える影響を明らかにするため、本研究では向社会的行動の一つである募金に着目する。身体的接触は向社会的行動を促進する効果があることは知られているが、ロボットからの抱き返しがどのような効果をもたらすことは明らかになっていなかった。人同士の抱擁において、抱き返しは抱擁を受け入れる意図を暗黙的に伝える行為である。そのため、人とロボットの抱擁においても、ロボットからの抱き返しは受容の意図を伝達し、より人がロボットの抱擁を好意的に受け止めることで、向社会的行動を促進することが考えられる。

さらに本研究では、ロボットからの抱き返しが、人々がロボットとよりインタラクションの継続を所望する度合いに影響を与えると考えた。抱擁などの身体動作は、社会的関係性や愛着を構築するうえで重要であることが明らかになっている [8, 30]。そのため、ロボットが抱き返しを行うことで、人々との社会的関係性がより強く構築され、人々がよりロボットとのインタラクション継続を所望すると考えた。以下に、これらの考察を踏まえた仮説を記述する。

仮説 1: ロボットが抱き返しを行った人々は、ロボットが抱き返しを行わなかった人々よりも多くの募金を行う。

仮説 2: ロボットが抱き返しを行った人々は、ロボットが抱き返しを行わなかった人々よりもロボットとインタラクションを行う。

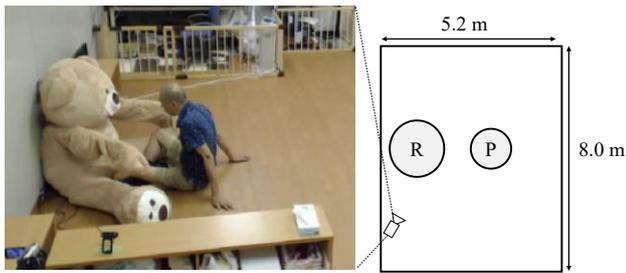


図 4 実験環境

Figure 4 Environment

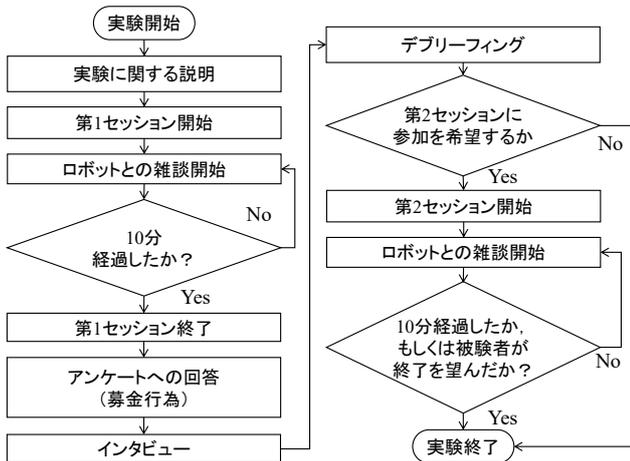


図 5 実験の流れ

Figure 5 Experiment procedure

4.2 被験者

本実験には、合計 34 名の被験者（男性 18 名、女性 16 名、平均年齢 35.17 歳、最大年齢 52 歳、最少年齢 20 歳、標準偏差 10.34）が参加した。全ての被験者に、謝礼の 2 千円が支払われた。

4.3 実験環境

図 4 に、実験環境を示す。実験では、被験者がロボットを抱擁した際にその位置が大きく移動しないように、ロボットを壁際に固定した。環境内には合計で 3 つのカメラとマイクを設置し、それらのデータはオペレータによるロボットの操作及び実験結果の分析を行うために利用された。

4.4 実験条件

本実験では、被験者間による 2 条件比較実験を行った。各条件に、男女比を考慮した 17 人の被験者を割り当てた。両条件においてロボットを遠隔操作するオペレータが利用するルールは同一とし、抱き返しに関する振る舞い以外の動作や発話については条件間で差が出ないように設定した。

人の抱擁のみ条件：この条件では、ロボットは「抱擁を求める動作」のみを行った。すなわち、ロボットは人に抱擁を依頼するが、ロボットからの抱き返しは行わなかった。

抱き返し条件：この条件では、ロボットは「抱擁を求める動作」を行った後、「抱き返し動作」を行った。すなわち、ロボットは人に抱き返しを行い、設定されたルールに従って抱擁している相手の背中をとんとんと叩く動作を行った。

4.5 実験手順

本実験は、2 つのセッションから構成される（図 5）。まず、第 1 セッションの開始前に被験者に対する実験の説明を行い、実験に対する同意書への署名を行う時間を設けた。その後、第 1 セッションで行う実験の説明を被験者に行った。ただしこの時点では、ロボットとどのようにインタラクションを行うか、どのようにロボットを抱擁すればよいか、についてのみ説明を行い、募金や第 2 セッションに関する説明は行わなかった。次に、ロボットの顔部分を取り外しおよび洗濯可能であることを説明し、衛生面における配慮を行っていることを被験者に伝えた。また、ロボットの対話機能は現時点ではさほど高性能ではなく、人からの様々な質問を含む複雑な対話には対応できないものの、人の話を聞くことが好きであるため、出来るだけ被験者からロボットに雑談をするように依頼した。これらの説明を行った後、実験者は実験室から退室し、被験者が実験室内でロボットのみと対峙する状況を設定した。その後、第 1 セッション（10 分間のインタラクション）を開始した。

第 1 セッションでは、両条件ともにロボットは最初に「抱擁を求める動作」を行い、抱き返し条件ではその後から「抱き返し動作」を開始した。被験者がロボットを抱擁した後、ロボットは自己紹介および自己開示を伴う雑談を行った。その後、ロボットは被験者に対して雑談を行うよう依頼し、被験者の雑談内容に応じて返答する形で対話を繰り返した。第 1 セッション開始後から 10 分が経過した段階で、ロボットは「そうそう、実は今、地震で被災した人のための募金に協力しているんだ。もしよかったら、あなたも協力してほしいな。この後アンケートを答えてもらう部屋に募金箱があるから、良かったら協力してね」と発話した後、実験の終了を被験者に伝えた。その後、実験者が実験室に入室し、被験者を募金箱とアンケート回答用の机が設置された別室に誘導した。その部屋で実験者は被験者に謝金を支払った後、アンケートに答えるよう依頼して退室した。

10 分後、実験者は再び入室し、アンケートの記入終了を確認したうえでデブリーフィングを行い、実験の目的が募金額の計測であったことを伝えた。その後、募金した金額を返却することが可能であることと、仮に返却した場合でも実験者が代わりに同じ金額を募金することを伝えた。ただし本実験においては、返却を希望する被験者は存在しなかったため、被験者らが募金した金額をそのまま当初の目的通り募金した。

デブリーフィング終了後、実験が終了したことを被験者に伝えるとともに、もし被験者が再度ロボットとのインタラクション継続を所望するのであれば 10 分間の延長が可能であること、ただし延長しても追加の謝金が無いことを

伝えた。そのうえで被験者が自由意思の元に追加インタラクションを望んだ場合には、第2セッションを開始した。

第2セッションでは、第1セッションと同様に、ロボットは被験者に対して雑談を行うように促した。もし被験者が雑談を望まず、抱擁のみを求めた場合には、ロボットは特に発話を行わず、抱擁動作のみを行った。なお、第2セッションでは、被験者の意思でいつでも実験を終了できた。

本実験は、ATRの倫理委員会（第三者を含む）による承認を経たうえで実施された。また、実験の参加に同意した被験者のみが参加した。

4.6 評価手法

4.6.1 客観的指標

ロボットからの抱き返し動作が被験者の向社会的行動に与える影響を検証するため、募金する人数とその金額の計測を行った。さらに、被験者がよりロボットとのインタラクション継続を所望するかを検証するため、第2セッションに参加した人数とインタラクション時間の計測を行った。

4.6.2 主観的指標

本研究の主な目的は、ロボットからの抱き返し動作が被験者の行動に与える影響を計測することであるが、主観的な印象に与える影響も付加的に計測した。具体的には、ロボットの見た目のかわいらしさと、総合的な印象を7段階で評価してもらうアンケート調査を行った。また、普段募金をするかどうかについても調査を行った。

5. 結果

5.1 仮説の検証

表1に募金を行った人数を、図6に募金額の平均値と標準誤差を示す。まず、募金を行った人数について条件間でカイ二乗検定を行ったところ、有意な差は得られなかった ($\chi^2(1) = 1.07, p = 0.30, \phi = 0.18$)。次に、募金額に対する対応無しt検定を行った結果、有意な差が得られた ($t(32) = 2.02, p = 0.05, r = 0.34$)。すなわち、仮説1が部分的に支持された。

表2に第2セッションに参加した人数を、図7に第2セッションでロボットとインタラクションを行った時間の平均値と標準誤差を示す。まず、第2セッションに参加した人数について条件間でカイ二乗検定を行ったところ、有意な差が得られた ($\chi^2(1) = 14.24, p = 0.01, \phi = 0.65$)。次に、インタラクションを行った時間に対する対応無しt検定を行った結果、有意な差が得られた ($t(32) = 4.66, p = 0.01, r = 0.64$)。すなわち、仮説2が指示された。

5.2 実験の様子

5.2.1 第1セッションにおける観察

両条件においても、ロボットから「抱っこして欲しいな」と発話された後、被験者らは特に躊躇せず、教示されたようにロボットを抱擁した。抱き返し条件においては、ロボ

ットから抱き返しをされた被験者の一部が、初めて抱き返しを受けたタイミングでほほ笑む様子も観察された。

被験者らは、ロボットの自己紹介や、自己開示に関する雑談を聞いた後、ロボットの依頼に従って雑談を開始した。雑談の主な内容は、被験者らの家族や週末の過ごし方、学生生活や仕事に関するもの、または最近の旅行に関する思い出であった。例えば被験者らは、子どもたちと花火を見に行った際の様子や、友人らと自転車旅行に行った際の思い出などを、ロボットに説明していた。

抱き返し条件においては、被験者がロボットをなでたり、とんとんと叩き返したりする動作が見られた。ロボットが被験者らの背中をとんとんと叩いたタイミングで、そのような動作を行うことが比較的多く観察された。

表1 募金人数

Table 1 Number of donated people

| | 募金しなかった人 | 募金をした人 |
|--------|----------|--------|
| 人の抱擁のみ | 9 | 8 |
| 抱き返し | 6 | 11 |

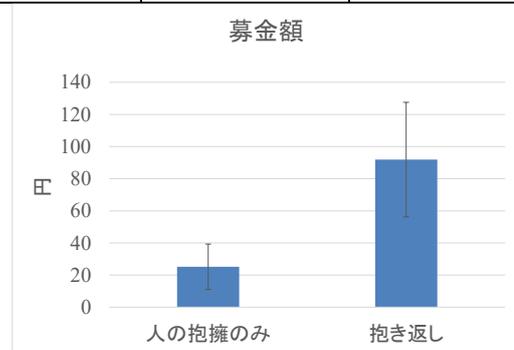


図6 平均募金額

Figure 6 Donated money

表2 第2セッション参加人数

Table 2 Number of people in the second sessions

| | 参加しなかった人 | 参加した人 |
|--------|----------|-------|
| 人の抱擁のみ | 14 | 3 |
| 抱き返し | 3 | 14 |

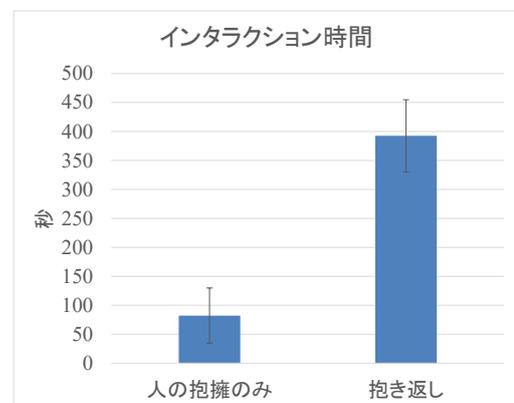


図7 第2セッションの平均インタラクション時間

Figure 7 Additional interaction time

第1セッション終了後の募金行動については、条件間で特に差は見られなかった。募金を行っていた被験者らは、アンケートに回答した後、時間を空けずに募金を行っていた。その後は、募金を行わなかった被験者らと同様に、スマートフォンを操作したり、読書をしたりして実験者が戻ってくるのを待っていた。

5.2.2 第2セッションにおける観察

本節では、第2セッションに参加した被験者らの振る舞いが、第1セッションとどのように異なっていたかについて記述する。まず、人の抱擁のみ条件において第2セッションに参加した被験者は3名であり、いずれの被験者も第1セッションで行っていた内容の雑談を継続していた。すなわち、ロボットとのインタラクションは第1セッションとさほど変わらないものであった。2人は第2セッションの途中で実験終了を希望し、1人は第2セッションの最後まで、すなわち10分間のインタラクションを行った。

抱き返し条件において第2セッションに参加した被験者は12名であり、人の抱擁のみ条件と同様に、多くの人々が第1セッションで行っていた内容の雑談を継続していた。ただし、そのうち2名の被験者はロボットとさほど雑談を行わず、ほとんどしゃべらないまま10分間を過ごしていた。その間は、ロボットと抱擁しあったり、少し離れてロボットをなでたりする動作を行っていた。

また、抱き返し条件において、実験者が指示していない抱擁のスタイルを試みる被験者も1人存在した(図8)。具体的には、一度ロボットから離れた後、後ろ向きにロボットにもたれかかり、目を瞑った後にロボットに自身を抱きしめるように依頼することで、後ろから抱擁される状態になっていた。この被験者は、第2セッション終了までほぼ雑談を行わず、このままの状態でも過ごしていた。

5.3 追加分析

5.3.1 アンケート結果

図9に、ロボットの見た目のかわいらしさに関するアンケート結果を示す。対応無しのt検定を行った結果、条件間に有意な差は見られなかった($t(32)=0.34, p=0.74, r=0.06$)。接触を伴うインタラクションはロボットの外見もたらす悪印象を緩和するものの[29]、本研究では外見に対する印象に有意な差は見られなかったため、条件間で外見が被験者に与えた印象は統制できていたと考える。

図10に、ロボットとのインタラクションを含む総合的な印象に関するアンケート結果を示す。対応無しのt検定を行った結果、こちらも条件間に有意な差は見られなかった($t(32)=0.72, p=0.48, r=0.13$)。被験者らの向社会的行動及び第2セッションにおけるインタラクション時間など、条件間で被験者らの行動にはいくつかの差異が見られたが、主観的な評価における有意な差は見られなかった。

普段募金を行うかどうかについて、人の抱擁のみ条件が

「普段する」2人、「たまにする」10人、「しない」4人、「未記入」3人となり、抱き返し条件では「普段する」3人、「たまにする」9人、「しない」4人、「未記入」2人であった。

5.3.2 性別による差異

人同士の接触に関する研究では、接触がもたらす影響は性別によって異なることが報告されている[37, 38]。そこで、性別の影響を検証するため、募金した被験者と第2セッションに参加した被験者の男女数を計測した。人の抱擁のみ条件で募金した被験者の男女比は4:4、抱き返し条件では6:5であった。人の抱擁のみ条件で第2セッションに参加した被験者の男女比は1:2、抱き返し条件では8:6であった。

募金した被験者の男女比に対してカイ二乗検定を行ったところ、有意な差は得られなかった($\chi^2(1)=0.42, p=0.52, \phi<0.11$)。第2セッションに参加した被験者の男女比に対してもカイ二乗検定を行ったが、有意差は得られなかった($\chi^2(1)=0.47, p=0.49, \phi=0.12$)。少なくとも本研究においては、性別による行動の差異は見られなかった。



図8 後ろから抱擁される被験者

Figure 8 A spooning-type hug

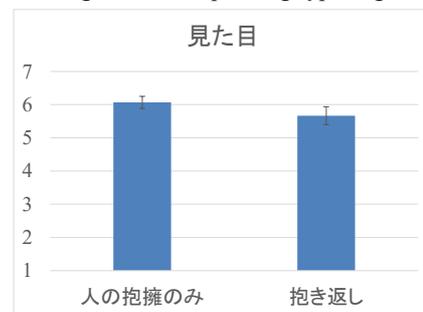


図9 見た目のかわいらしさに関する印象評価

Figure 9 Questionnaire results about appearance feeling

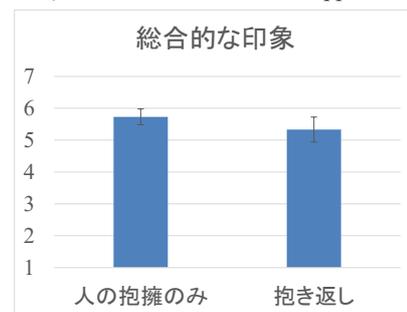


図10 総合的な印象に関する評価

Figure 10 Questionnaire results about total impression

6. 考察

6.1 知見の応用可能性

本研究の実験結果から、ロボットからの抱き返しが、人々の向社会的行動やロボットに対するインタラクションに影響をもたらすことが示された。雑談をほぼ行わずにロボットとの抱擁を継続して行う被験者も存在していたが、無言で身体的なインタラクションを行う行為は人間同士でも特に親密な関係においては比較的好まれる行為であり、ロボットとの身体的接触を通じて興味深いインタラクションが行われたと考える。これらロボットの抱き返しが人の向社会的行動やロボットに対する行動にもたらした効果は、ロボットが物理的な身体を通じて人々とインタラクションを行うことの有用性を示唆するものであると考える。

本研究では主に大人を対象としたが、子どもを対象としたインタラクションにおいても、ロボットからの抱き返しは有用であると考えられる。例えば Hicida らは、幼児とロボットが手をつなぎあうことで、幼児らとロボットとのインタラクションが促進される可能性を報告しており [39]、身体的接触を通じて子どもがよりロボットに好意的な印象を持つことが示唆されている。小さい子どもに対する抱擁が保育環境でも有用であることも報告されており [40]、子どもを対象としたインタラクションにおける抱擁の効果を検証することは、今後の保育支援技術や Child-robot interaction の分野において有用な知見をもたらすことが期待できる。

6.2 知見の一般性

本研究で最終的な狙いは、ロボットが人を抱擁することで得られる効果を明らかにすることである。しかしながら、本研究はある特定のデザインのロボットがある実験室内で人を抱擁するという限定的な状況で実験を行ったため、この結果をそのまま他のロボットに適用することは困難である。抱擁という接触行為は文化差の影響も大きく [41]、普段あまり抱擁を行わない日本人に対してロボットからの抱き返しがより強い影響を与えた可能性もある。しかし、ロボットが人を抱き返すことで、向社会的行動及びロボットとのインタラクション継続が促進されるという知見は、身体的な接触を伴うロボットの設計に有用であると考えられる。

7. おわりに

これまで、人がロボットに触れたり、人がロボットを抱きしめたりする効果の検証は行われてきたが、ロボットからの抱き返しが人々にもたらす影響に着目した研究は行われてこなかった。そこで本研究では、ロボットからの抱き返しが人々の向社会的行動及びロボットとのインタラクションに与える影響に着目し、人を抱き返せるクマ型ロボット、Moffuly を開発した。さらに、ロボットからの抱き返しが人々の向社会的行動やロボットとのインタラクションに与える影響を検証するための実験を実施した。

実験の結果、ロボットからの抱き返しが有る場合と、抱

き返しが無い場合で、被験者からの募金金額の差に有意な差があることが示された。また、ロボットとよりインタラクション継続を所望した人の数やそのインタラクション時間が、ロボットからの抱き返しが有る場合には有意に増加することが明らかになった。すなわち、ロボットからの抱き返しを行うことで、人々の向社会的行動を促進すること、およびロボットとのインタラクションをより継続させることが可能であることを示した。今後は、ロボットからの抱き返しが人とロボットのインタラクションに与える影響のさらなる検証を進める予定である [42, 43]。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP15H05322, JP16K12505 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Li, J., "The benefit of being physically present: A survey of experimental works comparing copresent robots, telepresent robots and virtual agents," *International Journal of Human-Computer Studies*, 2015, vol. 77, pp. 23-37.
- [2] Bainbridge, W. A., Hart, J., Kim, E. S., and Scassellati, B., "The effect of presence on human-robot interaction," in RO-MAN 2008-The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2008, pp. 701-706.
- [3] Powers, A., Kiesler, S., Fussell, S., and Torrey, C., "Comparing a computer agent with a humanoid robot," in Human-Robot Interaction (HRI), 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on, 2007, pp. 145-152.
- [4] Shinozawa, K., Naya, F., Yamato, J., and Kogure, K., "Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making," *International Journal of Human-Computer Studies*, 2005, vol. 62, no. 2, pp. 267-279.
- [5] Takeuchi, Y., and Naito, H., "How Do Real or Virtual Agent's Body and Instructions Contribute to Task Achievement?," in Symposium on Human Interface, 2011, pp. 142-151.
- [6] Grewen, K. M., Anderson, B. J., Girdler, S. S., and Light, K. C., "Warm partner contact is related to lower cardiovascular reactivity," *Behavioral medicine*, 2003, vol. 29, no. 3, pp. 123-130.
- [7] Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Turner, R. B., and Doyle, W. J., "Does hugging provide stress-buffering social support? A study of susceptibility to upper respiratory infection and illness," *Psychological science*, 2015, vol. 26, no. 2, pp. 135-147.
- [8] Bartz, J. A., Zaki, J., Bolger, N., and Ochsner, K. N., "Social effects of oxytocin in humans: context and person matter," *Trends in cognitive sciences*, 2011, vol. 15, no. 7, pp. 301-309.
- [9] Burgoon, J. K., Buller, D. B., Hale, J. L., and Turck, M. A., "Relational messages associated with nonverbal behaviors," *Human Communication Research*, 1984, vol. 10, no. 3, pp. 351-378.
- [10] Jakubiak, B. K., and Feeney, B. C., "Keep in touch: The effects of imagined touch support on stress and exploration," *Journal of Experimental Social Psychology*, 2016, vol. 65, pp. 59-67.
- [11] Yu, R., Hui, E., Lee, J., Poon, D., Ng, A., Sit, K., Ip, K., Yeung, F., Wong, M., and Shibata, T., "Use of a Therapeutic, Socially Assistive Pet Robot (PARO) in Improving Mood and Stimulating Social Interaction and Communication for People With Dementia:

- Study Protocol for a Randomized Controlled Trial,” *JMIR research protocols*, 2015, vol. 4, no. 2.
- [12] Sumioka, H., Nakae, A., Kanai, R., and Ishiguro, H., “Huggable communication medium decreases cortisol levels,” *Scientific Reports*, 2013, vol. 3, pp. 3034.
- [13] Yamazaki, R., Christensen, L., Skov, K., Chang, C.-C., Damholdt, M. F., Sumioka, H., Nishio, S., and Ishiguro, H., “Intimacy in Phone Conversations: Anxiety Reduction for Danish Seniors with Hugvie,” *Frontiers in Psychology*, 2016, vol. 7, pp. 537.
- [14] DiSalvo, C., Gemperle, F., Forlizzi, J., and Montgomery, E., “The Hug: an exploration of robotic form for intimate communication,” in *Robot and human interactive communication, 2003. Proceedings. ROMAN 2003. The 12th IEEE international workshop on, 2003*, pp. 403-408.
- [15] Cramer, H., Kemper, N., Amin, A., Wielinga, B., and Evers, V., “‘Give me a hug’: the effects of touch and autonomy on people's responses to embodied social agents,” *Computer Animation and Virtual Worlds*, 2009, vol. 20, no. 2-3, pp. 437-445.
- [16] Nakagawa, K., Shiomi, M., Shinozawa, K., Matsumura, R., Ishiguro, H., and Hagita, N., “Effect of Robot’s Whispering Behavior on People’s Motivation,” *International Journal of Social Robotics*, 2012, vol. 5, no. 1, pp. 5-16.
- [17] Shiomi, M., et al., “Does A Robot’s Touch Encourage Human Effort?,” *International Journal of Social Robotics*, 2016, pp. 1-11.
- [18] 中西惇也, 桑村海光, 港隆史, 西尾修一, 石黒浩, “人型対話メディアにおける抱擁から生まれる好意,” *電子情報通信学会論文誌 A*, 2016, vol. 99, no. 1, pp. 36-44.
- [19] Crusco, A. H., and Wetzel, C. G., “The midas touch the effects of interpersonal touch on restaurant tipping,” *Personality and Social Psychology Bulletin*, 1984, vol. 10, no. 4, pp. 512-517.
- [20] Takemura, K., “The effect of interpersonal sentiments on behavioral intention of helping behavior among Japanese students,” *The Journal of Social Psychology*, 1993, vol. 133, no. 5, pp. 675-681.
- [21] Fisher, J. D., Rytting, M., and Heslin, R., “Hands Touching Hands: Affective and Evaluative Effects of an Interpersonal Touch,” *Sociometry*, 1976, vol. 39, no. 4, pp. 416-421.
- [22] Guéguen, N., “Touch, awareness of touch, and compliance with a request,” *Perceptual and Motor Skills*, 2002, vol. 95, no. 2, pp. 355-360.
- [23] Guéguen, N., Jacob, C., and Boulbry, G., “The effect of touch on compliance with a restaurant's employee suggestion,” *International Journal of Hospitality Management*, 2007, vol. 26, no. 4, pp. 1019-1023.
- [24] Fukuda, H., Shiomi, M., Nakagawa, K., and Ueda, K., “‘Midas touch’ in human-robot interaction: Evidence from event-related potentials during the ultimatum game,” in *Human-Robot Interaction (HRI), 2012 7th ACM/IEEE International Conference on, 2012*, pp. 131-132.
- [25] Haans, A., and IJsselstein, W. A., “The virtual Midas touch: Helping behavior after a mediated social touch,” *IEEE Transactions on Haptics*, 2009, vol. 2, no. 3, pp. 136-140.
- [26] Bevan, C., and Stanton Fraser, D., “Shaking hands and cooperation in tele-present human-robot negotiation,” in *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2015*, pp. 247-254.
- [27] Chen, T. L., King, C.-H. A., Thomaz, A. L., and Kemp, C. C., “An Investigation of Responses to Robot-Initiated Touch in a Nursing Context,” *International Journal of Social Robotics*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 141-161.
- [28] Hirano, T., et al., “Communication Cues in a Human-Robot Touch Interaction,” in *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, Biopolis, Singapore, 2016*, pp. 201-206.
- [29] Nonomura, K., Terada, K., Ito, A., and Yamada, S., “Effects of interaction and appearance on subjective impression of robots,” in *Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2015 24th IEEE International Symposium on, 2015*, pp. 95-100.
- [30] 棟方渚, “ロボットに対する愛着行動の解析,” *日本ロボット学会誌*, 2014, vol. 32, no. 8, pp. 696-699.
- [31] Tanaka, F., Cicourel, A., and Movellan, J. R., “Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, vol. 104, no. 46, pp. 17954-17958.
- [32] Kanda, T., Sato, R., Saiwaki, N., and Ishiguro, H., “A two-month field trial in an elementary school for long-term human-robot interaction,” *IEEE Transactions on Robotics*, 2007, vol. 23, no. 5, pp. 962-971.
- [33] Kawai, H., Toda, T., Ni, J., Tsuzaki, M., and Tokuda, K., “XIMERA: A new TTS from ATR based on corpus-based technologies,” in *ISCA Speech Synthesis Workshop, 2004*, pp. 179-184.
- [34] Bickmore, T. W., and Picard, R. W., “Establishing and maintaining long-term human-computer relationships,” *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2005, vol. 12, no. 2, pp. 293-327.
- [35] Kanda, T., Shiomi, M., Miyashita, Z., Ishiguro, H., and Hagita, N., “A communication robot in a shopping mall,” *Robotics, IEEE Transactions on*, 2010, vol. 26, no. 5, pp. 897-913.
- [36] 宮下善太, 神田崇行, 塩見昌裕, 石黒浩, 萩田紀博, “顧客と顔見知りになるショッピングモール案内ロボット,” *日本ロボット学会誌*, 2008, vol. 26, no. 7, pp. 821-832.
- [37] Gallace, A., and Spence, C., “The science of interpersonal touch: an overview,” *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2010, vol. 34, no. 2, pp. 246-259.
- [38] Martin, B. A., “A stranger’s touch: Effects of accidental interpersonal touch on consumer evaluations and shopping time,” *Journal of Consumer Research*, 2012, vol. 39, no. 1, pp. 174-184.
- [39] Hieida, C., Abe, K., Attamimi, M., Shimotomai, T., Nagai, T., and Omori, T., “Physical embodied communication between robots and children: An approach for relationship building by holding hands,” in *Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), 2014 IEEE/RSJ International Conference on, 2014*, pp. 3291-3298.
- [40] 竹澤博美, 相守節子, 牧野雅美, 堀親秀, “「抱きしめる」という効果,” *新田塚医療福祉センター雑誌*, 2007, vol. 4, no. 1, pp. 17-18.
- [41] Hall, E. T., “The hidden dimension,” 1966.
- [42] Aya Nakata, Masahiro Shiomi, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita, “Does Being Hugged by a Robot Encourage Prosocial Behavior?” *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Late-Braking Reports, 2017*. (to be apeer)
- [43] Aya Nakata, Masahiro Shiomi, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita, “Does Being Hugged by a Robot Encourage Self-Disclosure?” *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Late-Braking Reports, 2017*. (to be apeer)