

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：94301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05322

研究課題名(和文) ロボットによる心地の良い撫で動作の実現とその応用

研究課題名(英文) Comfortable touch interaction with a robot

研究代表者

塩見 昌裕 (Shiomi, Masahiro)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・研究員

研究者番号：90455577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ロボットが人と身体的に触れ合いながら親しみのある関係性を構築することを目指し、人に不安を与えない触れ方、人に心地よい感覚を伝える撫で動作、撫で動作を通じて関係性を構築するロボット、の3つの基礎技術の確立を進めた。ロボットが人と触れ合いを通じてインタラクションを行うための技術開発、および知見の収集を進め、3年間の研究期間中に合計で雑誌論文計8件、学会発表30件の研究成果を得ることが出来た。

研究成果の概要(英文)：Social touch interaction is one essential factor to build friendly relationship between social robots and people in daily life. This study aimed to enable such social robots to interact with people through touches. For this purpose, this project developed robots that can touch or hug to bring comfortable feeling to interacting partners.

研究分野：ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：ソーシャルタッチインタラクション

1. 研究開始当初の背景

接触動作は、人同士のインタラクションにおいて重要な役割を持つ。母親は子供の頭の手を添えて情愛を示し、恋人は愛情を確かめるために手をつなく、看護師や介護士は、病気に苦しむ患者や高齢者の手をなでたり肩を叩いたりして励ますなど、接触を伴うメンタルケアを積極的に行う。特に、他者の多様な部位に対する撫で動作は、愛情や友情、激励などの様々な感情を伝える役割を担っており、他者との円滑な対話や関係性の構築に欠かせない普遍的要素である。

人間社会へ参加するロボットの実現を目指す中で、ロボットから人への撫で動作は、人との円滑な対話や関係性構築の実現に必要な不可欠である。申請者は、世界に先駆けてロボットからの撫で動作に着目した研究を進めてきた。ロボットからの撫で動作が、ロボットとの対話で生じる不満感を抑制できることを脳波計測によって明らかにした研究は、人とエージェントに関わる国内会議 HAI で優秀賞を受賞した。撫で動作が人間の行動変容を引き起こすロボットの研究は、人とロボットの相互作用に関する最難関国際会議 HRI (採択率 22%) に採択された。申請者の進めるロボットからの撫で動作に関する研究は、国内外から高い評価を得ている。

このような背景の元、申請者は、ロボットからの撫で動作が人へ与える影響を明らかにしつつある。しかし、提案者の長期的な目標である「人との関係性を構築するロボットの実現」を目指す中で、対話相手に不安を与えない触れ方や、心地よい触れ方を実現するための制御技術、触れ合いを通じて関係性を構築するロボットの実現など、いくつかの解決すべき課題が残されている。本提案では、ロボットが自然で心地よい感覚を伝える撫で動作を実現するための基礎研究を完成させ、ロボットが人との身体的な接触を通じて親しみのある関係性を構築する応用研究に展開するための基盤研究を行う。

2. 研究の目的

上記の背景及びこれまでの成果を基に、申請者は、具体的な長期目標として、ロボットが人と身体的に触れ合いながら親しみのある関係性を構築することを目指している。ただし、この目標を直ちに実現するのは非常に困難であるため、研究期間内に、以下の3つの課題に取り組むことで、長期的な目標の実現に資することを目指した。

1. 不安を与えない触れ方
2. 心地よい触れ方
3. 関係性を構築する触れ合いロボット

3. 研究の方法

不安を与えない触れ方については、ロボットからヒトへ触れる際の視線や身体動作をどのように制御することで、人に不安を与えないように触れられるかを明らかにするた

めの研究開発を進める。

心地よい触れ方については、人と触れ合うロボットの手先や全身を柔らかい素材でカバーし、センサ情報などに基づいてその移動速度や伝達する力を制御して触れ合いを行う技術の研究開発を進めるとともに、心地よい触れ方が人の行動変容へと及ぼす影響についても検証を進める。

関係性を構築する触れ合いロボットについては、触れ合いを行うことで人がロボットに受ける印象や、関係性を構築するうえで重要となる自己開示などの行動が促進されるかどうかを明らかにするための研究開発を進める。

4. 研究成果

1. 不安を与えない触れ方

人に不安を与えない触れ方を実現するため、ロボットの視線および触れ方の主体性に着目した研究を進めた。具体的には、ロボットが人と物理的に触れ合う状況において(図1)、ロボットの視線や触れ方が人へ与える印象に影響をもたらすかの検証を進めた。

ロボットが人と接触を行う際の、視線と触れ方の影響を検証するため、視線要因(1:触れる際に常にロボットが人の顔を見る場合と、2:触れる前に顔・触れる部位・顔を見るようにした場合)および触れ方要因(1:人からロボットに触れる場合、2:ロボットから人に触れる場合、3:人がロボットに触れた後にロボットから触れ返す場合)の、2×3要因の被験者内実験を実施した。実験には20名の被験者(男女10名ずつ)が参加し、被験者は各条件におけるロボットの接触行動を体験した後、ロボットの印象に関するアンケートに回答した。図2に、接触を行うロボットに対する総合的な印象評価の結果を示す。分散分析の結果、触れ方条件に有意差が得られた($p=0.019$)。視線条件、および交互作用には有意差が見られなかった($p=0.288$, $p=0.622$)。触れ方条件に関して多重比較を行った結果、人から触れる条件とロボットから触れる条件において有意傾向がみられた($p=0.061$)。

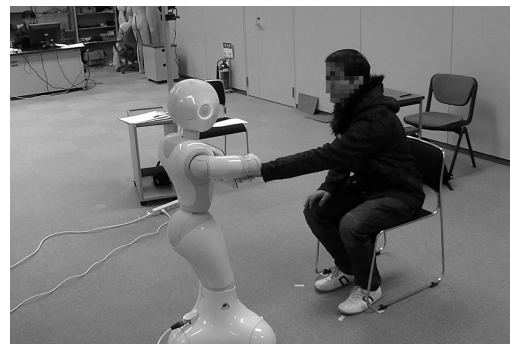


図1 人に触れるロボット

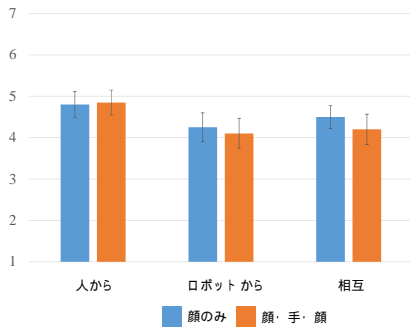


図2 アンケート結果

2. 心地よい触れ方

小型のコミュニケーション・ロボット、robovie-mR2 の腕部分に柔らかい素材と気圧センサで構成される手を開発し、秒速 5 cm 程度の速度で人の手を撫でることで心地よい触れ方を実現するロボットを開発した。さらに、ロボットとの触れ合いが人間のモチベーション向上に与える効果について検証した。性別によってモチベーション向上の効果がどのように変化しているかを明らかにするために、ロボットが被験者に退屈なタスクを依頼する被験者間実験を行った。実験条件は接触なし・受動的接触・能動的接触(図3)の3条件とした。実験の結果、能動的接触条件において、他の2条件よりもタスク達成量およびタスク継続時間が優位に高くなること示された(図4)。

また、男性は能動的接触条件において他の条件よりもタスク達成量およびタスク継続時間が高い傾向になることが示された。女性におけるタスク達成量およびタスク継続時間は、接触なし条件よりも受動的接触条件が、受動的接触よりも能動的接触条件が高い傾向になることが示された。

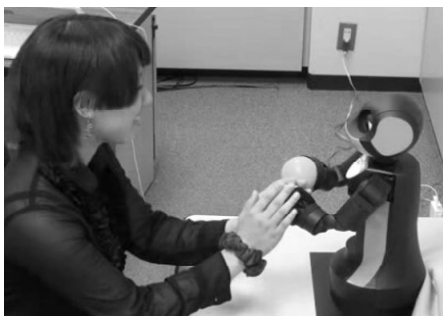


図3 ロボットと触れ合う被験者

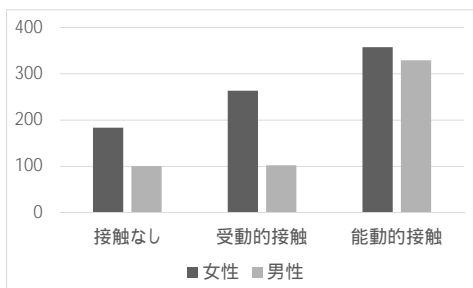


図4 実験結果 (タスク達成量)

3. 関係性を構築する触れ合いロボット

人を抱き返すことが可能な半自律動作型ロボット「Moffuly」を開発し(図5)、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んだ。抱き返しの効果を検証するための評価指標として、抱き返しによって人々がロボットに対して自己開示を行うかどうか、およびロボットとのインタラクション継続を所望するかについて分析を行った。

抱き返しの効果を検証するため、2条件の被験者間実験を行った。各条件に、17人の被験者を割り当てた。両条件で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た。また、抱き返しに関する振る舞い以外の動作や発話についても、条件間で差が出ないように設定した。実験時間は最低10分、最大20分とした。

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、「抱擁を返す動作」を行った。すなわち、ロボットは人に抱き返しを行った。

実験の結果、ロボットが人を抱き返す場合と、人を抱き返さない場合との間で、自己開示の数に有意差が見られた。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。本研究の結果は、人と関わるロボットの設計において、身体的接触が自己開示を促すことで関係性の構築に有用である可能性を示したと考える。



図5 Moffuly

表1 自己開示と非自己開示の発話カテゴリ数

	人の抱擁のみ	抱き返し
非自己開示	1.82 (1.29)	1.35 (2.21)
自己開示	3.18 (1.63)	5.71 (3.41)

以上、本研究を進めることで、対話型のロボットが人間との関係性を構築することを目指し、人と触れ合えるロボットの研究が何時を進めることで、不安を与えない触れ方、心地よい触れ方、および関係性を構築して人々と関わりあえる触れ合いロボット構築のための研究を進めることが出来た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

1. Tsuyoshi Komatsubara, Masahiro Shiomi, Thomas Kaczmarek, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Estimating Children's Social Status through their Interaction Activities in Classrooms with a Social Robot, *International Journal of Social Robotics*, DOI: <https://10.1007/s12369-018-0474-7>, pp. 1-14, 2018
2. Tsuyoshi Komatsubara, Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, and Hiroshi Ishiguro "Can Using Pointing Gestures Encourage Children to Ask Questions?" *International Journal of Social Robotics*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-017-0444-5>, pp. 1-13, 2017.
3. Mitsuhiko Kimoto, Takamasa Iio, Masahiro Shiomi, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, Norihiro Hagita "Gender Effects on Lexical Alignment in Human-Robot Interaction," *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol.137, No. 12, pp1625-1632, 2017.
4. 木本充彦, 飯尾尊優, 塩見昌裕, タネヴィヴァン, 下原勝憲, 萩田紀博 "指示物体認識性能を向上させるロボットの確認行動," *日本ロボット学会誌*, Vol. 35, No. 9, pp.681-692, 2017
5. Zeynep Yucel, Francesco Zanlungo, Masahiro Shiomi, "Modeling the Impact of Interaction on Pedestrian Group Motion," *Advanced Robotics*, Vol. 32, No. 3, pp.137-147, 2017.
6. Takahiro Hirano, Masahiro Shiomi, Takamasa Iio, Mitsuhiko Kimoto, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, Norihiro Hagita "How Do Communication Cues Change Impressions of Human-Robot Touch Interaction?," *International Journal of Social Robotics*, Vol. 10, No.1, pp.21-31, 2017.
7. Masahiro Shiomi, Kayako Nakagawa, Kazuhiko Shinozawa, Reo Matsumura, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, "Does A Robot's Touch Encourage Human Effort?" *International Journal of Social Robotics* 2016, 1, 1-11 10.1007/s12369-016-0339-x
8. Reo Matsumura, Masahiro Shiomi, Kayako Nakagawa, Kazuhiko Shinozawa, Takahiro Miyashita, "A Desktop-Sized Communication Robot: "robovie-mR2" *Journal of Robotics and Mechatronics* 2015, 28, 107-108

[学会発表](計30件)

1. Zeynep Yucel, Francesco Zanlungo, Masahiro Shiomi, "Walk the talk: Gestures in mobile interaction," *Proceedings of the Ninth International Conference on Social Robotics*, pp.220-230, 2017.
2. Masahiro Shiomi, Norihiro Hagita "Do Audio-Visual Stimuli Change Hug Impressions?," *Proceedings of the Ninth International Conference on Social Robotics*, pp. 345-354, 2017.
3. Masahiro Shiomi, Aya Nakata, Masayuki Kanbara Norihiro Hagita "A Robot that Encourages Self-Disclosure by Hug," *Proceedings of the Ninth International Conference on Social Robotics*, pp. 324-333, 2017.
4. Soto Okumura, Mitsuhiko Kimoto, Masahiro Shiomi, takamasa iio, Katsunori Shimohara, Norihiro Hagita "Do Social Rewards from Robots Enhance Offline Improvements in Motor Skills?," *Proceedings of the Ninth International Conference on Social Robotics*, pp. 32-41, 2017.
5. Mitsuhiko Kimoto, Masahiro Shiomi, Takamasa Iio, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, "Can Graphical Interaction Increase Feelings of Conveying and Understanding in On-line Group Discussion?," *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 11, No. 1, pp 55-64, 2017.
6. 塩見昌裕, 中田彩, 神原誠之, 萩田紀博, ロボットとの身体的接触は自己開示を促すか, 2017年度人工知能学会全国大会(第31回) JSAI2017, 2017, 2017, 0, 0
7. Masahiro Shiomi, Takashi Minato, Hiroshi Ishiguro "Subtle Reaction and Response Time Effects in Human-Robot Touch Interaction," *Proceedings of the Ninth International Conference on Social Robotics*, pp.242-251, 2017.
8. Masahiro Shiomi, Aya Nakata, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita, "A Hug from a Robot Encourages Prosocial Behavior," *26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.

- 418-423, 2017.
9. Reo Matsumura, Masahiro Shiomi, Norihiro Hagita "Does an Animation Character Robot Increase Sales?" Proceedings of the Fifth International Conference on Human Agent Interaction, Poster session, pp. 479-482, 2017.
 10. 松村 礼央, 塩見 昌裕, 萩田 紀博, "ネットワーク化されたロボット店員の社会実装とその実運用," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 111-03, 2017.
 11. 塩見 昌裕, 港 隆史, 石黒 浩, "接触行為に対するロボットの反応時間がもたらす印象変化," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 1G2-01, 2017.
 12. 塩見 昌裕, 萩田 紀博, "視聴覚提示に伴うロボットからの抱擁への印象変化," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 1G2-04, 2017.
 13. 奥村 奏音, 木本 充彦, 塩見 昌裕, 飯尾 尊優, Ivan Tanev, 下原 勝憲, 萩田 紀博, "ロボットからの社会的報酬が技能向上へ及ぼす影響," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 3F2-01, 2017.
 14. 塩見 昌裕, 萩田 紀博, "ロボットの台数変化がもたらす同調圧力の効果検証," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 3F2-02, 2017.
 15. 塩見 昌裕, 中田 彩, 神原 誠之, 萩田 紀博, "ロボットとの抱擁がもたらす自己開示の促進効果," 日本ロボット学会第 35 回学術講演会講演論文集, 3B3-01, 2017.
 16. 中田 彩, 塩見 昌裕, 神原 誠之, 萩田 紀博 "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" インタラクション 2017(一般講演), 2017.
 17. Masahiro Shiomi, Norihiro Hagita, "Do Synchronized Multiple Robots Exert Peer Pressure?" Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, pp. 27-33, 2016.
 18. Mitsuhiro Kimoto, Takamasa Iio, Masahiro Shiomi, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, Norihiro Hagita, "Alignment Approach Comparison between Implicit and Explicit Suggestions in Object Reference Conversations" Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, pp. 193-200, 2016.
 19. Takahiro Hirano, Masahiro Shiomi, Takamasa Iio, Mitsuhiro Kimoto, Takuya Nagashio, Ivan Tanev, Katsunori Shimohara, Norihiro Hagita, "Communication Cues in a Human-Robot Touch Interaction" Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, pp. 201-206, 2016.
 20. Aya Nakata, Masahiro Shiomi, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita "Does a Reciprocated Hug from a Robot Encourage Self-Disclosure?" HRI2017 Late Breaking Reports, 2017.
 21. Aya Nakata, Masahiro Shiomi, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita "Does a Reciprocated Hug from a Robot Encourage Prosocial Behavior?" HRI2017 Late Breaking Reports, 2017.
 22. 塩見 昌裕, 萩田 紀博, "複数台ロボットによる同調圧力の効果検証," 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2016, 1W3-04, 2016.
 23. 小松原 剛志, 塩見 昌裕, 神田 崇行, 石黒 浩, "ロボットによる指差しの理解が子どもたちの質問を促す効果の検証," 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2016, 3G1-01, 2016.
 24. 木本 充彦, 飯尾 尊優, 塩見 昌裕, Tanev Ivan, 下原 勝憲, 萩田 紀博, "明示的な発話依頼と暗黙的な引き込みにおける物体認識精度と印象の比較," 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2016, 3W2-04, 2016.
 25. Zeynep Yucel, Francesco Zanlungo, 塩見 昌裕, "移動軌跡に基づく歩行者グループのインタラクション検出," 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2016, 3W2-06, 2016.
 26. 平野 貴大, 塩見 昌裕, 飯尾 尊優, 木本 充彦, Tanev Ivan, 下原 勝憲, 萩田 紀博, "接触時におけるロボットの視線と触れ方の影響," 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2016, 3W3-06, 2016.
 27. 塩見昌裕, 萩田紀博 "ロボットとの触れ合いがもたらすモチベーション向上効果" 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2015, 3G3-05, 2015.
 28. 塩見昌裕, 大和信夫, 前田武志, 横山智彰, 深津将生, 今川拓郎, 石黒浩 "テーブルトップ型対話ロボットプラットフォーム「Sota(ソータ): Social Talker」の開発" 日本ロボット学会第 33 回学術講演会講演論文集, RSJ2015, 3G3-06, 2015.
 29. 奥村 奏音, 塩見 昌裕, 飯尾 尊優, 木本 充彦, Ivan Tanev, 下原 勝憲, 萩田 紀博 "人間の技能向上に複数台ロボットによる「褒め」が及ぼす影響の検証", 第 44 回 知能システムシンポジウム, 2017.
 30. 木本 充彦, 飯尾 尊優, 塩見 昌裕, Ivan Tanev, 下原 勝憲, 萩田 紀博 "指示物体認識における人のパーソナリティとロボットの対話戦略との関係性分析",

第 44 回 知能システムシンポジウム,
2017.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称：コミュニケーション・ロボット
発明者：塩見昌裕，中田彩，神原誠之，萩田
紀博
権利者：同上
種類：特許
番号：特許願 2017-029189 号
出願年月日：2017 年 2 月 20 日
国内外の別： 国内

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

WEB ページ：

http://masahiroshioimi.jp/index_ja.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩見 昌裕 (SHIOMI Masahiro)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能
ロボティクス研究所・室長
研究者番号：90455577

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし