

## ロボットの身体性・移動機構を利用したタッチコミュニケーション

Touch communication using robot physical embodiment and moving mechanism

古橋 道彦\*1 前田 光泰\*1 加納 政芳\*2 山田 晃嗣\*3 中村 剛士\*1  
 Michihiko Furuhashi Yoshihito Maki Masayoshi Kanoh Koji Yamada Tsuyoshi Nakamura

\*1名古屋工業大学 Nagoya Institute of Technology  
 \*2中京大学 Chukyo University  
 \*3情報科学芸術大学院大学 Institute of Advanced Media Arts and Sciences

Robots have generally physical embodiment and moving mechanism. Our study puts the features into practical use to touch-communicate between humans and robots. We are developing active touch-communication robot (AcToR) which is based on iRobot Roomba. AcToR can move, approach and touch a human body or a chair he/she is sitting in order to communicate to him/her. As one of the fundamental considerations for AcToR, we chose a research question that is “Can humans take a robot touching behavior as an intentional stance?” The experimental result showed a positive possibility regarding the utility of touch-communication from the robot.

## 1. はじめに

ロボットは、実体を備えている点において、仮想環境のCGで表現されたエージェントとは大きく異なる。実体を持つことは、CGにはない存在感を提供し、人間と物理空間を共有することにより、人間との自然なコミュニケーションを実現するとされる [Hara 04, Goto 08]。また、身体を持つことは、臨場感のあるジェスチャ表現にも繋がる。奥平 [Okuhira 05] や岩城ら [Iwaki 09] は、ロボットのジェスチャをモーションメディアとして利用することを提案している。岡田ら [Okada 13] は、携帯電話の着信通知の1手法としてロボットのモーション利用の提案とその効果について実験し、その有効性を示している。

他方、ロボットの身体性を利用した“接触”をコミュニケーションに活用する事例も存在する。中川ら [Nakagawa 11] は、ロボットから人間に対しタスク実施要求をする際、身体接触の有無が人間のモチベーションを変化させ得るとの報告をしている。このことは、身体接触が人間とロボットの間においても有効なコミュニケーション手段であることを示唆している。また、医療用途では、可部ら [Kabe] による患者の顔を叩いて睡眠時無呼吸を改善する枕型ロボットの提案や、Chen ら [Chen 11] によるロボットからの接触に対する人間の反応に関する調査がされている。

ロボットは、物理的実体を持つが故に身体性を持ち、さらに物理的な移動機構を具備することができる。そこで、本研究では、移動機構を持つロボットを用い、ロボットの身体接触を情報伝達に利用することを提案する。これによって、例えば、音の使用が不可な環境において、携帯電話の着信通知をロボットの接触によって人に伝達する等、遠隔地コミュニケーションの補助的役割をロボットで行うことができるのではないかと考える。

## 2. ロボットの構成

本研究で構築するロボットは、iRobot社製の掃除ロボットRoombaをベースとし、これをUSB接続で外部PCから制御する。外部PCはRoombaの上に搭載する形で配置し、有線でありながらも行動範囲に制限をなくすよう設計した。以下、この

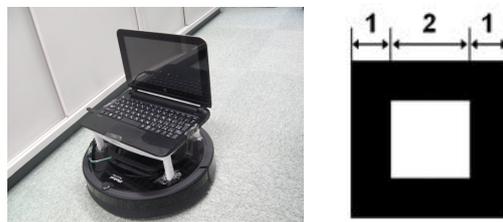


図1: AcToRの外観(左)とQPToolkit マーカ例(右)

RoombaにPCを搭載したロボットをAcToR(Active Touch-communication Robot)と呼ぶ(図1左参照)。Roombaについては、接触を前提としたバンパが本体に装着されており接触の衝撃を吸収できること、接触/非接触の判定も容易に可能なこと、移動機構を備えていることからロボットとしてこれを採用した。また、人の位置を特定するツールとしてQPToolkitを用いる。QPToolkitマーカ(図1右参照)をWebカメラが捉えることにより、TCP/IP通信経由でマーカの位置座標を特定することができる。このマーカを人が座る椅子等に貼付し、椅子への接触によって間接的に人に接触を知覚させる。

## 3. 評価実験

AcToRはRoombaをベースに構成されており、当然ながら掃除ロボットとしての側面も持つ。Roombaはその機能として、障害物を回避し掃除することがある程度可能であるが、壁や物に接触することが少なからず発生する。そのため、接触が掃除時の偶発的な事故によるものか、着信通知のような何らかのメッセージなのかを、接触のみによって人が識別できる方が利便性が高く適当であると思われる。そこで、以下のような実験を実施した。

## 3.1 実験方法

提案するロボットの基礎的評価のためのリサーチクエストンとして、「人はロボットの接触に情報伝達の意味を感じるか？」を設定し、実験により調査する。

実験条件を人が着座した椅子へのロボットの接触とする。ここでは、周期的な接触条件(周期的な接触を繰り返す動作)を受けるA群と、非周期的な接触条件(掃除時の動作を模擬)を

連絡先: 古橋 道彦, 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻, furuhashi@ai.nitech.ac.jp

受ける B 群を設け、群間比較を行う被験者間計画とし、人が受ける心理的印象を調査した。各群は 10 名で構成され、被験者は 19~24 歳の男性 16 名、女性 4 名である。実験実施においては、二重課題法のダミータスクとして脳波計測実験を設定した。これは、ロボットが接触する状況を不自然にしないための措置の 1 つで、被験者には簡易脳波センサを装着してもらい、ディスプレイモニタに映った映像を見る作業を指示した。またそれと同時に、被験者がロボットの動作音や実験遂行作業等の周りの状況を把握できなくするため、大音量の音楽を聴いてもらうことで聴覚を遮断した。なお、実験開始前に、被験者の視界に動作中の AcToR を置くことで、AcToR の存在を提示し、実験中に後方で AcToR が動いていることを暗示させた。

ダミータスク開始一定時間経過後、被験者の後方から AcToR が接近・接触するものとし、接触動作を開始する位置は椅子後方約 50cm と定めた。接触方法は先に述べたように、周期的な接触条件と、非周期的な接触条件に分けて行った。また、調査及び被験者の様子をビデオカメラにより撮影し観察した。実験終了後には、紙面によるアンケート調査と口頭によるアンケート調査を実施した。紙面によるアンケート内容を以下に示す。

- ルンバが接触したことについて感じたことをお答えください。

- (1) 驚きましたか？
- (2) なにか伝えたいことがあったと思いませんか？
- (3) 偶然ぶつかったと思いませんか？
- (4) 可愛らしかったですか？
- (5) 何か合図を送っていると思いませんか？
- (6) ただ掃除しているだけだと思いませんか？
- (7) 怖いと思いませんか？
- (8) わざとぶつかったと思いませんか？
- (9) 意味もなくぶつかっていると思いませんか？

これを「いいえ」、「どちらかといえばいいえ」、「どちらとも言えない」、「どちらかといえばはい」、「はい」の 5 段階評価で回答してもらい、「いいえ」なら 1、「どちらかといえばいいえ」なら 2、「どちらとも言えない」なら 3、「どちらかといえばはい」なら 4、「はい」なら 5 のような評点で回答してもらうものとした。質問 (2), (5), (8) については、AcToR が何かを伝えようとしていることを被験者が理解できていたかを直接確認する質問である。質問 (3), (6), (9) については、AcToR が意図せず偶発的にぶつかったものと判断したかを確認する質問であり、質問 (2), (5), (8) とは逆の評価回答が期待されるものである。質問 (1), (4), (7) については、調査とは直接関係のない質問であり、被験者に実験目的を悟られにくくするためのダミーの質問として用いた。

### 3.2 実験結果

紙面による各質問の平均値と標準偏差を図 2, 3 に示す。質問 2, 5, 8 のアンケート結果については、周期的接触を受けた被験者の結果の方が平均値がどの質問に対しても高く、質問 3, 6, 9 のアンケート結果については、非周期的接触を受けた被験者の結果の方が平均値がどの質問に対しても高いという結果が出ており、周期的接触の有効性が伺える結果になったと思われる。しかし、これだけでは、異なる接触を受けた被験者間で、感じた感覚に違いがあるかを確認するには不十分である。そこで、このアンケート結果から得られた評点から、周期

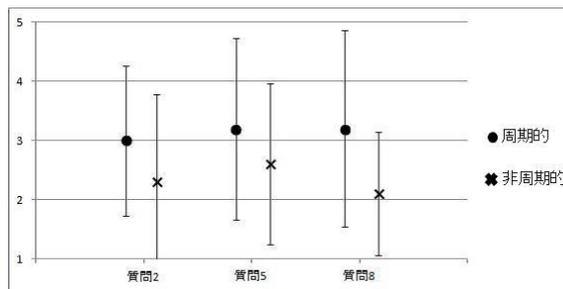


図 2: 質問 2,5,8 のアンケート結果

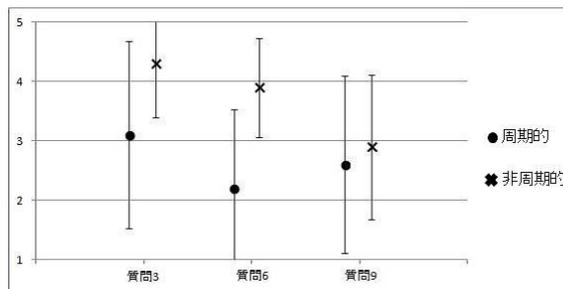


図 3: 質問 3,6,9 のアンケート結果

的な接触を受けた被験者と非周期的な接触を受けた被験者との間に、接触により感じた感覚に違いがあるかを検定によって示す。

検定には以下の式で計算される値  $s$  を被験者ごとに算出して用いた。これはダミーの質問の評点を除く質問 2, 5, 8 の評点と質問 3, 6, 9 の評点を合計したものである。ただし、質問 2, 5, 8 と質問 3, 6, 9 の評点は逆の意味を示すため、式中にはるように質問 3, 6, 9 の評点を変換して使用した。なお、 $x_i$  は各  $i$  番目の質問の評点を示す。

$$s = \sum_{i=2,5,8} x_i + \sum_{i=3,6,9} (-x_i + 6)$$

なお、今回の実験では各群の被験者数が 10 と少ないため、コルモゴロフ・スミルノフ (KS) 検定により正規性を確かめた。検定結果を表 1, 2 に示す。周期的接触実験の結果では  $p$  値が 0.7985 であるが、非周期的接触実験の結果では  $p$  値が 0.0258 と 5%水準で有意であるという結果であり、「正規性がある」という帰無仮説は棄却されたため、ノンパラメトリック検定であるマン・ホイットニーの U 検定を採用し検定を行った。その結果を表 3 に示す。  $p$  値が 0.0436 と 5%水準で有意であり、周期的接触と非周期的接触の間には人の感じ方に差異があるのではないかと思われる。ただし、本実験では各群の被験者数が 10 人と少ないため、得られた検定結果が近似的な検定結果であることには留意しなければならない。また、紙面による質問

表 1: 周期的接触実験の正規性の検定

KS 検定		
統計量	自由度	p 値
0.2042	10	0.7985

表 2: 非周期的接触実験の正規性の検定

KS 検定		
統計量	自由度	p 値
0.1539	10	0.0258

表 3: 周期的接触と非周期的接触の群間比較

U 検定	
統計量 Z	p 値
2.0177	0.0436

とは別に実施した口頭による調査により、「何回かぶつかることによって、接触してきていることに何かあると感じた」と答えた被験者、または、「何度もぶつかる動作が、掃除の過程でぶつかったものだとは思わなかった」と答えた被験者が 10 名中 8 名おり、周期的な接触方法にメッセージ性を感じたのではないかと推測される。

以上から、接触のデザインの仕方によっては、ロボットによる意図伝達は十分可能なのではないかと期待される。

#### 4. まとめ

本稿では、Roomba をベースにしたロボットを構成し、ロボットからの物理接触を行うことで人に情報伝達する手法を提案した。また、実験により、周期的接触によって、ロボットの情報伝達に関する意図スタンスを人が理解できる可能性があることを示した。

今回、ロボットからの接触によるコミュニケーションの有効性をある程度示すことが出来たものの、残された課題は少なくない。技術的課題としては、人の探索・検知については QPToolkit だけで解決出来ないことは明らかであり、早急に検討する必要があると考えている。また、携帯電話の着信通知等の遠隔地コミュニケーション支援への応用も今後の大きな課題の 1 つである。

#### 参考文献

- [Chen 11] Chen, T. L., King, C., and Thomaz, A. L.: Touched By a Robot : An Investigation of Subjective Responses to Robot-initiated Touch, HRI'11, pp. 457-464, 2011
- [Goto 08] 後藤, 加納, 加藤, 中村, 伊藤: ニューラルネットワークを用いた感性ロボットと人の表情対応付け, 日本感性工学会研究論文集, Vol.7, No.4, pp.693-700, 2008
- [Hara 04] 原: 顔という知能, 共立出版, 2004
- [Iwaki 09] 岩城, 松丸: モーションメディアとインフォマティク・モーション -モーションを基軸にしたシステム・インテグレーション-, 計測と制御, Vol.48, No.6, pp.443-447, 2009
- [Kabe] <http://jp.diginfo.tv/v/11-0242-r-jp.php>
- [Nakagawa 11] Nakagawa, K., Shiomi, M., Shinozawa, K., Matsumura, R., Ishiguro, H., and Hagita,

N.: Effect of Robot's Active Touch on People's Motivation, HRI'11, pp. 465-472, 2011

[Okada 13] 岡田, 後藤, 小林, 北原: ロボットを用いたメッセージ着信通知の一手法, 情処全大, 6ZA-2, pp.115-116, 2013

[Okuhira 05] 奥平: モーションメディアとしてのロボット制御・メディア融合技術, 映情学技報, Vol.29, No.58, pp.25-28, 2005