



〈マコにて〉：つないだ手を介して引き出される 志向的な構えについて

林 直樹^{*1} 深町 建太^{*1} 岡田 美智男^{*1}

Mako-no-te: Intentional Stance Elicited through Communication with Hand in Hand

Naoki Hayashi^{*1}, Kenta Fukamachi^{*1} and Michio Okada^{*1}

Abstract - Without using any language and while walking hand in hand together, humans can have feelings for each other. However, for the case of human-robot interaction, it is widely known that face-to-face communication is primordial so that such feelings emerge. That it is why we could imagine that side-by-side communication between the human and the robot is difficult to lead to the emergence of such positive feelings between the human and the robot. In the current paper, we address the problematic of positive feelings emergence while walking side-by-side with the human. The robot used in the current research is called Mako-no-te. We show that when the human and the robot are walking side-by-side, still people could engage themselves on pulling the hand of the robot when the latter pull their hands too which means that feelings still could be transferred in a mutual way between the human and the robot.

Keywords: human-robot interaction, side-by-side communication, intentional stance and embodied interaction

1. はじめに

コミュニケーションロボットの普及に伴い、人とロボットとのコミュニケーションは多様化してきている。これまでの人とロボットとの関係は、人とロボットが対峙しあうことを前提とし、デザインされてきた。例えば、人と会話を行うロボットは人と向かいあう形で対話することが多く、そこで行われるやりとりは人からロボットへの命令や情報入力、またはロボットから人への情報伝達が中心となっている。しかし、人同士のコミュニケーションではその限りではない。私たちは日常の中で「対峙しあう関係」とは異なる「並ぶ関係」をとることもある。

私たちは友人と映画を見たあと、その感想を言いあうことがあるだろう。このような場面において、人はただ対峙して感想を相手に伝えているわけではない。相手があるシーンについて話しているとき、自分も同じシーンを思い出しながら話を聞き、相手に共感したり、違う感想を抱いたりする。同様に自分が話しているとき、相手も同じシーンを思い出しながら話を聞いている。このように、人はただお互いに対して感想を伝えているというよりは、二人で同じ映画の内容を思い浮かべることで映画に対して「並ぶ関係」となり、感想を共有している。

手をつないで一緒に並んで散歩したりすることもまた「並ぶ関係」で行われるコミュニケーションである。手をつないで歩いているうちに、最初はぎこちなかった歩調がだんだんと合ってくる。このとき人は、歩調や周囲の環境といった物事を共有しあい、自身の身体的な経験



図1 〈マコにて〉とのインタラクション

Fig.1 Interaction with robot (Mako-no-te)

をもとにお互いの気持ちを推測し合っている。このような状態は、相互の「なり込み」と呼ばれている[1]。

筆者らは、このような相互の「なり込み」に基づいた「並ぶ関係」でのコミュニケーションを議論するための研究プラットフォームとして、人と手をつないで一緒に歩くロボット〈マコにて〉の構築を進めてきた[2]。〈マコにて〉は、つないだ手を介して伝わる原初的な情報やお互いの位置関係、周囲の環境の変化を手掛かりに人と相互になり込み合い、歩調を合わせ、人同士が手をつないで並んで歩くような関係の実現を目的とするロボットである(図1)。

本稿では、人とロボットとが一緒に並んで歩く中で、つないだ手を引っ張り合うインタラクションに着目し、お互いの手を引っ張り合う行為が、人とロボットとの間でどのような意味を成すのかを議論する。

^{*1}: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

^{*1}: Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

2. 研究背景

2.1 「並ぶ関係」でのコミュニケーション

人と人との間では共に同じ物事を共有し、それを介してお互いの気持ちを理解し合うような「並ぶ関係」でのコミュニケーションが日常的に行なわれている。一方で、人とロボットとの関係はどのようにになっているだろうか。従来のロボットと私たちとの間では、コマンドによる命令の入力や、システム側からの情報伝達が中心となっており、物事の共有や気持ちを通じるといった場面はあまり見られない。

「並ぶ関係」でのコミュニケーションでは、自身の身体的な体験や経験を基に、相手の身体が感じていることを推測する。このような現象は「なり込み」と呼ばれている[1]。「並ぶ関係」では相手もまた、こちらの感じていることを推測しており、お互いに「なり込み合う」ことで二者の間で共有した物事を通じてお互いの気持ちを推測し合うのである。

近年、コミュニケーションロボットの普及に伴い、人とロボットとの関係も変化しつつある。人とロボットとのコミュニケーションの形として、「並ぶ関係」でのコミュニケーションを提案する。

2.2 並んで一緒に歩く

家族や恋人と並んで歩いていると、言葉を交わさずとも、いつの間にか歩調が合ってくる。やがて、相手の気持ちがなんとなく伝わってくるように思えると同時に、自分の気持ちも相手に伝わっているようにも思えてくる。

一緒に並んで歩くという行為も「並ぶ関係」でのコミュニケーションであり、相手の振る舞いや周囲の環境を手掛かりにお互いに「なり込む」ことで、まるで一体となっているように感じながら歩くことができる。もし、互いに「なり込む」ことができなければ、相手の行きたい方向を察することができず、自然に歩くことはできないだろう。

また、並んで一緒に歩くとき手をつなぐことで、より親密な関係を構築できる場合が多い。つないだ手を介した僅かな感覚を手掛かりとすることで、原初的な領域で相互に「なり込む」ことができ、一体となる感覚が得やすくなるからであると考えている。本研究では、「並ぶ関係」について、手をつないで一緒に並んで歩くという行為の中で議論していく。

2.3 相互適応のプロセス

人がロボットとインタラクションを行うとき、人は必ずロボットの機能に対して適応している。このとき、ロボットも人の行動に合わせて適応するのであれば、相互に適応し合っていることになる。このように、二者が互いに相手のことを学習し、それに適応して自分の行動を変化させていく現象を「相互適応」という[3]。

相互に「なり込んでいる」状態では、互いの身体を通

して、相手の状態を推測しあっている。山本らは、このような過程を原初的な領域における「相互適応のプロセス」として捉え、アバターとして遠隔操作されたロボットと人とのペアによる、手をつないでの歩行実験を行い、人とロボットとの間での身体の同期する過程を再現できないか検討している[4]。その中で、ロボットの操作者と人との間での調整行動、歩調や経路の同調傾向の変化を「なり込み」の過程として、インタラクションの観察を行った。その結果、進行方向を相互適応していくための方略として手の引っ張りの有効性が示唆されている。手の引っ張りは、お互いの方略を探り合うための教師信号になっていると考えられ、相互適応によって進行方向調整の方略が共有されていくにつれて、手を引っ張る力が弱くなっていく様子が見られている。またアンケートの自由記述でも、ロボットの操作者と歩行者との間で、手を引っ張ることで方向調整を行う方略が共有されていることが確認できる。このことから、手の引っ張りが相互適応による方略の共有のために有効であると考えられる。

2.4 3つの構え

人の動くものに対する捉え方について、Dennett の提唱した3つの構え（心的姿勢）を手掛かりに議論する[5]。Dennettによると、人は「動くもの」に対して、物理的な構え（物理姿勢）、設計的な構え（設計姿勢）、志向的な構え（志向姿勢）のいずれかをとりとられている。

物理的な構えでは、対象が物理学の法則に則った動きをしていると捉える。設計的な構えでは、対象は誰かに他の人に設計されたように動く捉える。志向的な構えでは、対象は自らの意図や信念を持ち、それに則って動く捉える。人は機械に対しては、設計的な構えをとることが多い。しかし、ロボットに対してはそればかりだとは言えない。

2.5 「並ぶ関係」に必要な構え

人とロボットとの間で「並ぶ関係」を構築するとは、人とロボットとが互いに「なり込み合う」ことで、お互いの状況を察することができる関係を築くことである。そのためには、人のロボットに対する志向的な構えを引き出すことが重要であると考えている。

私たちは、ロボットが機械のように振る舞ったとき、ロボットがどのような動きをするように設計されているか想像することだろう。このときロボットは物事の共有が可能な相手であると判断されず、「なり込み」が生じにくいと考えられる。対して、人がロボットを志向的な構えで捉えることができれば、ロボットの持つ意図や物事の共有ができる可能性を見出すことができ、「なり込み」が可能であると考えられる。

本研究では、手をつないで一緒に並んで歩くという行為において、ロボットが人の志向的な構えを引き出す方略について述べる。

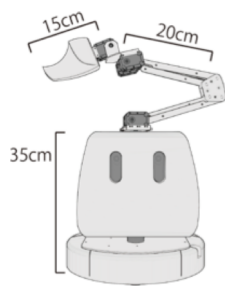


図2 〈マコにて〉の外観
Fig.2 Appearance of robot (Mako-no-te)

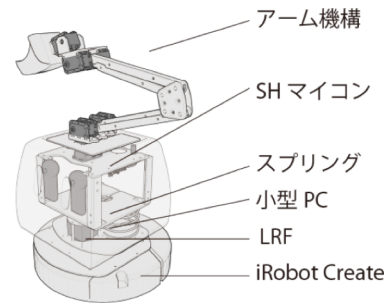


図3 〈マコにて〉のシステム構成
Fig.3 System Configuration of robot (Mako-no-te)

3. プラットフォーム〈マコにて〉

3.1 概要

本研究で用いるプラットフォーム〈マコにて〉は、人と手をつないで並んで一緒に歩くロボットである。〈マコにて〉は、人と手をつないで並んで歩くという場面において、人とロボットとの「並ぶ関係」でのコミュニケーションを実現することを目標としている。ここでは〈マコにて〉のデザインコンセプトとシステム構成を述べる。

3.2 デザインコンセプト

〈マコにて〉は、人と手をつなぐためのアームと、人と並んで歩くことができる大きさの身体を備えるようにデザインされている(図2)。手の高さはアームの動きによっておよそ550mm~1000mmとなり、手をつなぐとあたかも子供と手をつないでいるようなイメージで並んで歩くことを目指している。

また、〈マコにて〉は「ミニマルデザイン」と呼ばれる考えに基づいてデザインされている。「ミニマルデザイン」とは、ロボットの外観やインタラクションをデザインするときの一つの指針となる考え方であり、外見や機能に制約を与えることで、周囲の状況の変化による人の意味付け行為を利用し、人からの積極的な関わりを引き出すことを狙いとする。

〈マコにて〉のインタラクションは手をつないで一緒に歩くことであるが、人の手を引いて目的地へ誘導するような機能は備えていない。また、〈マコにて〉には発話や表情の変化によって人に感情を伝える機能はなく、目は身体がどちらを向いているかを表示するに留まっている。これらの機能および外見的な制約を設けることは、人と〈マコにて〉とのインタラクションは原初的な領域に制限し、人の積極的な解釈を引き出すことを狙っている。

3.3 システム構成

〈マコにて〉のハードウェアは、人と手をつなぐためのアーム機構、周囲の環境を検知するためのセンサ類やバッテリー格納のための空間を備えたボディ、水平方向の移動を可能とする移動機構で構成されている(図3)。〈マコにて〉のアーム機構は、腕の6つのサーボモータ

で構成されている。各サーボモータのトルクや速度を制御することで、アームとボディの接続部の関節(肩)の回転および屈曲・伸展動作、アームの中間部分の関節(肘)の屈曲・伸展動作、手の付け根の関節(手首)のとう屈・尺屈動作が可能である。瞬間的に各関節の屈曲動作を行うことで、手を引っ張る動作を実現することができる。また、各サーボモータの回転角度を取得し、アームの向きや手の位置を検出できる。

ボディには障害物を検知するための二次元走査型の光距離センサ(Laser Range Finder : LRF)を搭載している。LRFは地上100mmの位置に設置されており、正面を中心として270°の範囲の障害物の検出が可能である。

移動機構には、iRobot社のiRobot Createを用いており、水平な床を移動することが可能である。また、iRobot Create本体前部にはバンパーが備えられており、障害物との衝突を検知することが可能である。

移動機構とボディの接続部にはスプリングが用いられており、移動時にはボディが揺れることで、ヨタヨタとした動きが生まれる。

4. 志向的な構えを引き出す方略の検討

4.1 相互適応の方略としての手の引っ張り

2.3節で述べた研究の結果より、つないでいる手を引っ張ることと方向調整行動の対応が、進行方向を相互適応していく方略として有効である可能性が示唆されている。手を引っ張る行為は、それだけで相手を誘導することが可能な強い振る舞いであるが、相互の調整の教師信号として用いることで、一方的な誘導ではない方向調整行動を共有するための方略になることがある。

これは、物理的に誘導するような強さのない手を引っ張る動作には、元々の意味は存在しておらず、お互いに調整しているうちに、二者の間で新しい解釈や方略が生まれ、共有する過程を実現することが可能であるからだと考えられる。

「並ぶ関係」でのコミュニケーションにおける相互の「なり込み」は、自身の身体的な経験を通して、相手の気持ちを推測しあう現象である。人とロボットとがつかない手を介してお互いに調整し合うことで方略を共有し

ていく相互適応のプロセスを実現することは、人とロボットとの間での「なり込み」の実現につながると考えられる。

その相互適応のプロセスを実現する第一段階として、手をつないで一緒に歩くロボット〈マコにて〉がいくつかの決まった方略を持った手の引っ張る振る舞いをしたときに、それらの方略を共有できる可能性の検討を行う。

4.2 方向調整行動時の手の引っ張り

2.3 節で述べた山本らの実験では、ロボットをアバターとして操作している操作者と歩行者のあいだで、進行方向を反転する際の合図として、手の引っ張りが共有される様子がみられた。このことから、手を引っ張ることを進行方向の調整を行う合図とする方略は、人と〈マコにて〉の間で、共有することが可能であると考えられる。

4.3 手の引っ張りによる人への志向

ロボットが方略を持って行動している存在であることを人に認識してもらう為には、志向的な構えを引き出すことが重要である。そこで、ロボットから人に対して志向する振る舞いは、ロボットの社会的な知性を表現することができ、志向的な構えを引き出す為に有効であると考えられる[6]。

〈マコにて〉から人に対しての志向を表示する振る舞いとして、人から手を引っ張られた際に、随伴的に引っ張り返す振る舞いを行う。これは、人からの行為に対した志向した振る舞いであり、人を自身が志向されていると感じることができると考えられる。

4.4 環境に対する調整方略

人が他者に「なり込む」ためには、ある物事を身体的な経験をもとに共有することが必要となる。人とロボットとの関係を考える場合、同型な身体を備えていることが重要であると考えられる。ここでの同型な身体とは、必ずしも同一の手足や知覚を備える必要があるわけではない。私たちと周囲の環境との関係が同一であることこそが重要なのである[7]。〈マコにて〉は、そのデザインから並んで一緒に歩くという関係は築くことができる。加えて、周囲の環境に対する志向を表示できれば、人は〈マコにて〉を「なり込み」の対象として志向的に捉えることができる。

環境に対する志向を表示する振る舞いとして、〈マコにて〉が目目の障害物を回避する際に、方向調整行動の合図として手を引っ張る。障害物という周囲の環境と手を引っ張られた感覚を手掛かりに、人は〈マコにて〉が障害物を避けるために方向転換するという方略を察することができると考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、人とロボットとの「並ぶ関係」でのコミュニケーションを議論するための研究プラットフォームとして、人と手をつないで一緒に並んで歩くロボット〈マ

コにて〉の構築を進めてきた。

ここでは、手を引っ張るという行為によって、人とロボットとの間でつないだ手を介して、お互いに調整し合うことで方略を共有していく相互適応のプロセスを実現することが、人とロボットとの「なり込み」の実現につながると考えている。人とロボットとの相互適応のプロセスを実現するための第一段階として、〈マコにて〉が方略を持って手を引っ張るときに、人と方略を共有できる存在であると認識できると考えられる振る舞いについて検討した。

今後の展望としては、今回検討した振る舞いを行う〈マコにて〉と歩行者のインタラクション実験を行い、〈マコにて〉に関する構えや、方略の共有が可能かについて検討を行う。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(B):26280102)の助成を受けて行われている。ここに記して感謝申し上げたい。

参考文献

- [1] 鯨岡：原初的コミュニケーションの諸相；ミネルヴァ書房（1997）。
- [2] 山本、吉池、De Silva, R., 岡田：マコにて：「並ぶ関係」に基づく共感的なインタフェースの構築に向けて；ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集, pp.355-358 (2010)。
- [3] 高岡、尾関、岡：ヒューマン-ロボット・インタラクションにおける理想的な相互適応を目指して；Human-Agent Interaction シンポジウム 2013 (HAI-2013) 論文集, pp.176-179 (2012)。
- [4] 山本、深町、竹田、De Silva, R., 岡田：マコにて：「並ぶ関係」に基づく人とロボットのコミュニケーションの可能性を探る；Human-Agent Interaction シンポジウム 2012 (HAI-2012) 論文集, 2C-1 (2012)。
- [5] デネット（若島、河田訳）：志向姿勢の哲学；白揚社（1996）。
- [6] 吉田、樺口、岡田：Sociable Trash Box: "弱さのチカラ"に基づくインタラクションデザインとその応用；インタラクション 2008 論文集(情報処理学会シンポジウムシリーズ Vol.2008, No.4), pp.69-70 (2008/3/3)。
- [7] 吉池、岡田：ソーシャルな存在とは何か-Sociable PC に対する同型性の帰属傾向について-；電子情報通信学会論文誌 A Vol. J92-A No.11 pp.743-751(2009)。