

一緒に並んで歩くロボット〈マコのと〉とその手を介したコミュニケーションについて

林直樹^{†1} 西脇裕作^{†1} 都丸武宜^{†1} 岡田美智男^{†1}

誰かと手をつないで一緒に散歩するとき、その中ではどのようなやりとりが行われているだろうか。私たちは手をつないで並んで一緒に歩くロボット〈マコのと〉を構築し、言葉を介さずとも互いの気持ちが通じ合うような間身体的なコミュニケーションの可能性について議論を進めてきた。本研究発表では、人とロボットとが手をつないで歩く際の、人がロボットとつないだ手を動かす行為、ロボットが人とつないだ手を動かす行為に着目し、それらのやりとりが互いの意図や気持ちを探り合う手がかりとなる可能性について述べる。

A robot to walk together: Communication through holding hands

NAOKI HAYASHI^{†1} YUSAKU NISHIWAKI^{†1}
TAKENORI TOMARU^{†1} MICHIO OKADA^{†1}

While two people have a walk in the park, hand in hand, what kind of interaction do they have? We constructed a platform "Mako-no-te"; the robot could have a walk holding a person's hands. Using the platform, we have been discussing potentials of intersubjectivity as we could communicate without having to say a word. In this research, we focused on the human's and robot's arm movement while they walk holding hands. We report a possibility of "holding hands." The interaction could be a cue to find out each other's feelings and intentions.

1. はじめに

人とロボットの間では、どのようなコミュニケーションが可能なのだろうか。これまで人とロボットとのインタラクションを扱う HRI (Human-Robot Interaction) 研究の分野では、多様なコミュニケーションの可能性について議論が進められてきた。しかし、それらは音声言語を介してのコミュニケーションやそこに手振りや身振り、顔の表情を加えたマルチモーダルなコミュニケーションに関するものがほとんどであり、その多くはコードモデルに基づいたものであった。

本研究では、人とロボットとが「一緒に手をつなぎながら並んで歩く」という場面を手がかりに、人とロボットとの〈並ぶ関係〉での原初的なコミュニケーションや手を握りあうことから生じる原初的なコミュニケーションの可能性を議論してきた[1]。本発表では、こうした研究を進めるために構築してきたロボット〈マコのと〉の概要と実装内容、そこで想定される多様なコミュニケーションのタイプについて述べる。

2. 〈並ぶ関係〉での原初的なコミュニケーション

だれかと一緒に手をつなぎながら公園の中を歩くとき、二人の間ではどのようなコミュニケーションが行われているのだろうか。

2.1 音声言語を介したコミュニケーション

その代表的なものは、音声言語を介してのコミュニケー



図 1 プラットフォーム〈マコのと〉とのインタラクション

Figure 1 Interaction with robot "Mako-no-te"

ションだろう。一緒に歩きながら、時折、言葉をはさみながら、かつて見た映画のストーリーを思い出したり、テレビドラマのこれからの展開などを話題にする。そうした他愛もない会話を続ける中で、相手の調子や気分を推し量っていることも多い。

^{†1} 豊橋技術科学大学
Toyohashi University of Technology

2.2 共同注視を介した〈並ぶ関係〉でのコミュニケーション

このような会話を介してのコミュニケーションだけでなく、遠くの本々や目の前で遊んでいる子供たちの様子をただ眺めていたりすることもある。その際には、一緒に同じ対象を眺めるだけでなく、相手はその対象をどのようなものとして眺めているのかを、自分自身を参照しながら探り合う。これは双方向での社会的な参照を伴う共同注視を介したコミュニケーションである[2]。このとき目の前の対象（＝第三項）に対して、二人は並んでおり、「対峙しあう関係」に対して、〈並ぶ関係〉でのコミュニケーションであるといえる。

2.3 歩くスピードや方向に対する〈並ぶ関係〉でのコミュニケーション

一緒に歩くという行為の中では、共同注視と同様に、相手はどのようなスピードでどちらに向かおうとするのかをお互いに探り合いながら、相互に調整しあうようなコミュニケーションも行われている。その結果、何も話さなくとも、いつの間にかお互いの歩調が合ってくる。そうして、相手の気持ちがなんとなく伝わってくる、こちらの気持ちもなんとなく伝わっているような感じがしてくるということがある。

これは共同注視と同様に、相手の歩調に合わせようとするなかで、思わず自分の身体を相手に重ねている、いわゆる「なり込み」と呼ばれるものである[3]。同様に、その相手もこちら側に合わせようとして、自分の身体をこちらに重ねている。こうした「相互のなり込み」によって、それは自分の身体の動きなのか、相手に合わせた動きなのかわからなくなる。こうした自他非分離の関係では、自分の身体が感じていることから、相手の感じていることを類推できる。〈並ぶ関係〉における「間身体的なコミュニケーション」と呼ばれるものである。

2.4 手をひっぱり合うことによるコミュニケーション

一緒に手をつないだり、握り合ったりする状況では、その手をひっぱり合うことによるコミュニケーションも行われている。「こちらに行こう」と相手を誘導するような場合には、その手の力の方向や強さは、相手に対して「提案」として伝わったり、「半ば強制的な主張」として伝わったりする。一方で、その「提案」に対する相手からの随伴的な応答も重要なメッセージとなる。「そちらではなく、こちらに行きたい」という新たな提案や主張を行うのか、そのまま「そちらに従う」であるのか、あるいは渋々それに従うのか、その応答の際の力の具合や反力の程度によって、その意味するところが変わってくる。お互いの手をひっぱり合う加減や調整そのものがコミュニケーションになるのである。

言語によるコミュニケーションでも、「こっちに行こうよ」という提案に対して、「いや、こっちにしよう」というような同様のやり取りも行える。しかし、人とロボットとのコ

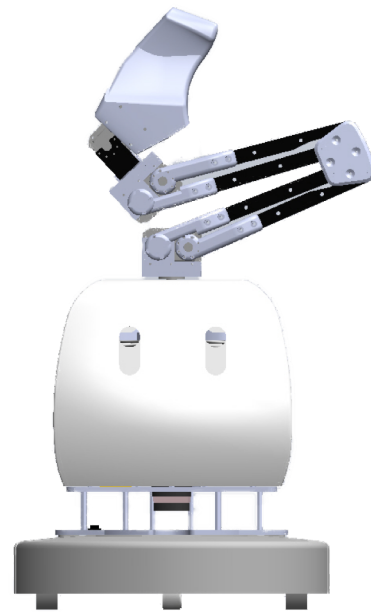


図 2 プラットフォーム〈マコにて〉の外観デザイン

Figure 2 Appearance of robot "Mako-no-te"

ミュニケーションを想定するとき、その応答や解釈における力関係は、数値化された「物理量」として測定可能である。そのため、人とロボットとの素朴なコミュニケーションを捉えるためには、この「物理的なひっぱり合い」というモードは有用なものと考えられる。

また、その調整の有無によっては、相手の頑固さや強引さが伝わってきたり、自分の気弱さを再認識したりといった、他者の性格を特定する知覚行為として、あるいは対人的な自己を獲得するような知覚行為として機能する可能性がある。

2.5 手を握り合うことによる原初的なコミュニケーション

手をひっぱり合うことに加え、手を握り合うことも、一つの原初的なコミュニケーションのモードとなると考えられる[4]。相手の手を握る際には、ただのモノを握るのとは違い、相手に志向を向けるということであり、同時に相手が握り返してくるのを感じながら、相手からこちらに向けられる主体性を感じ取っている。そこで心理的なつながりや疎通しあった感覚を得ることできると考えられる。

3. プラットフォーム〈マコにて〉

本研究では、〈並ぶ関係〉での原初的なコミュニケーションを実現し、議論するための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〉を構築している。ここでは〈マコにて〉のデザインコンセプトとハードウェア構成について述べる。

3.1 デザインコンセプト

プラットフォーム〈マコにて〉は「ミニマルデザイン」と呼ばれる考え方に基づいてデザインされている。「ミニマルデザイン」とは、外観や機能に制約を与えることで、状

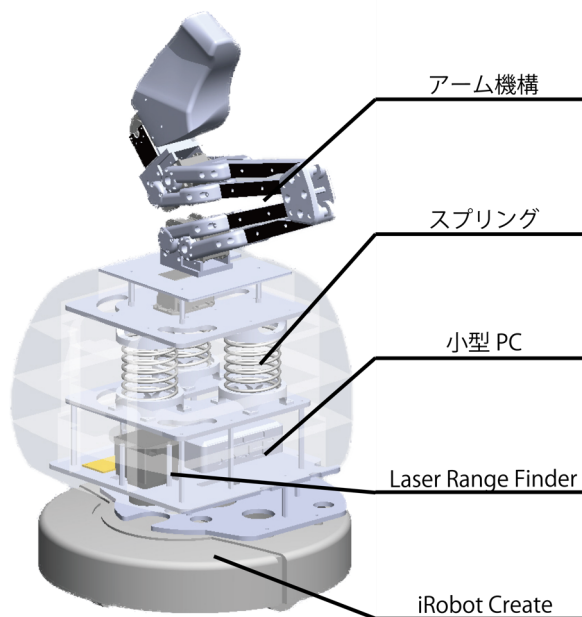


図 3 プラットフォーム〈マコのて〉のシステム構成
Figure 3 System Configuration of robot “Mako-no-te”

況の変化に対する人の意味付け行為を利用して、相手からの積極的な関わりを引き出すことを狙う外観やインタラクションのデザイン指針である[5]。

〈マコのて〉の外観は人と手をつないで並んで歩くためのアーム機構や移動機構、身体がどちらの方向を向いているかを最低限表示するためのシンプルな目のみを有するボディによって構成されている。また、発話や表情の変化によって感情や自身の状態を伝える機能は有していないため、インタラクションは身体的なやりとりに限定されている。これらの制約により、人からの積極的な解釈を引き出しながらインタラクションを行うこと狙っている。

3.2 ハードウェア構成

プラットフォーム〈マコのて〉のハードウェアは人と手をつなぐためのアーム機構、動作の中核となる小型 PC や周囲の環境を検知するセンサ類を備えるボディ部分、水平方向に移動するための移動機構で構成されている。

(1) アーム機構

〈マコのて〉のアーム機構は4つのサーボモータで構成されている。アーム機構全体の鉛直軸方向の回転動作、アームとボディ接続部の関節及びアームの中間部分の関節の屈曲・伸展動作を実現しており、手をつないでいる相手の手の位置に合わせて、手の位置・方向を調整することが可能である。また、アームの先端には人と手を繋ぐ時に接する手を備えており、人から握ってもらうことで手をつないだ状態を実現する。その状態で各サーボモータの回転角度及び回転速度を検知し、各サーボモータのトルクを制御することで手をつないだ相手とのやりとりを行う。

(2) ボディ部分

ボディ部分の下部、地上約 100mm の位置に周囲の障害物を検知するための二次元走査型の光距離センサ (LRF : Laser Range Finder) を搭載している。LRF により、周囲の壁や移動の妨げとなる障害物を検知することが可能である。

また、ボディ部に搭載されている小型 PC はアーム機構のサーボモータや LRF・後述する iRobot Create のセンサからのデータを処理し、各機構を操作するために十分な処理能力を有している。

また、アーム機構の接続部には3つのスプリングを用いており、手をつないで並んで歩くと、アーム機構、外装が揺れ、ヨタヨタとした動きが生まれる。

(3) 移動機構

〈マコのて〉は移動機構として、iRobot 社の iRobot Create を採用している。iRobot Create を用いて水平な床を移動することが可能である。2つの車輪は片方ごとに制御することができ、交互に回転させることでヨタヨタとした動きを実現できる。また、本体前部に備えられているバンパーにより、障害物との衝突を検知することが可能である。

4. インタラクションデザイン

4.1 手をつないで並んで歩く

〈マコのて〉は人と手をつなぐことができるアーム機構と、並んで歩くことができる大きさの身体を有している。手の高さはアームの動きによって約 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かのような感覚を得ることができる。

また、並んで歩いているとき〈マコのて〉は、アームの方向、手の位置、LRF のデータを手がかりに、手をつないでいる相手の位置や速度を推測し、それに合わせて移動速度や方向を変えていく。〈マコのて〉が自らの歩調にあわせて歩いている様子から人は〈マコのて〉からの志向を感じることができる。人からも〈マコのて〉に対して志向が向けられることで、相互に志向を向け合う関係での並んで歩くコミュニケーションを実現する。

4.2 手のひっぱりによるインタラクション

人と〈マコのて〉はつないだ手を介してやりとりを行うことができる。中でも手のひっぱり合いによるやりとりでは相手に対して行きたい方向や速度の調整を主張したり提案したりすることができる。また、相手からの手のひっぱりによる提案に対して自らも手のひっぱりによって応答することで、提案を受け入れたり、新たな主張を相手に伝えることができる。このやりとりを相互に繰り返し行うことで、言語を用いずとも進行方向や移動速度を調整しながら歩いていくことができる。

〈マコのて〉はアーム機構を構成しているサーボモータの回転角度や回転速度をモニターすることで人からの手のひっぱりや動きを検知する。またそれらのサーボモータを

制御することで〈マコにて〉からの手のひっぱりを実現する。例えば、人から〈マコにて〉に対して手のひっぱりが行われたとき、〈マコにて〉はそのひっぱりに対して随伴的なひっぱり返しを行う。人からのメッセージに応答することで相手へ志向を向けていることを表示する。また人からのひっぱりに対して受け身になって反応するだけでなく、〈マコにて〉からも方向転換したいときや速度を落としたい時に人に対してのひっぱりを行う。それに対する人からの反応を手がかりに、実際にどう移動するのか調整していく。

5. まとめ

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プラットフォームとして、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、構築した人が手をつないで一緒に並んで歩く場面で想定されるコミュニケーションのタイプについて述べ、特に言語を用いるのではなく、移動方向や速度の調整のやりとりや、つないだ手を介した手のひっぱり合いによるやりとりについて人と〈マコにて〉との間におけるインタラクションデザインについて論じた。

今後の展望として、プラットフォーム〈マコにて〉に実装を進めているこれらのインタラクションの効果について、検証実験を行なっていく。

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) 山本直輝, 吉池佑太, P. Ravindra De Silva, 岡田美智男: 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 (2010/9/7-10, 立命館大学)
- 2) 岡田美智男, 鈴木紀子, 石井和夫, 犬童早苗: 共同想起対話における間身体的な場について、電子情報通信学会技術研究報告. SP, 音声, Vol. 97, No. 338, pp. 37-43, (1997)
- 3) 鯨岡峻: 『原初的コミュニケーションの諸相』, ミネルヴァ書房, p.139 (1997).
- 4) 野坂竜也, 深町建太, 竹田泰隆, P. Ravindra S. De Silva, 岡田美智男: 一緒に散歩するロボット「マコにて」における手を握りあうことの効果について、ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.17, No.2, pp.191-200 (2015/5)
- 5) 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李銘義, 三嶋博之: ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 7, No. 2, pp. 189--197 (2005)