

一緒に散歩するロボット「マコので」における 手の握り機構について

Designing the Unique Mako-no-te Hand Sensing the Patterns of Grip when Human and Robot Walking Together

野坂竜也¹, 深町建太¹, 竹田泰隆¹, P. Ravindra S. De Silva¹, 岡田美智男¹

Tatsuya Nosaka¹, Kenta Fukamachi¹, Yasutaka Takeda¹,
P. Ravindra S. De Silva¹ and Michio Okada¹

¹豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹Department of Computer Science and Engineering,
Toyohashi University of Technology

Abstract: In this study, we developed a unique hand for Mako-no-te robot to explore side-by-side communication when human and robot walking together with takes the hand of each other. Through this unique hand-designing mechanism, we expect to explore how user indicates variety of communication or sensing through various patterns of handgrip. Moreover, long-term interaction might be indicating the various rules of intersubjectivity and connections. Since, paper is describing the designing mechanism of robot hand with relevant background of the study.

1. はじめに

人と手をつなぎながら一緒に散歩するとき、相手と歩調を調整する中で、相手の気持が伝わってくることもある。このような場面は、お互いの身体が相互になり込み合い、一つのシステムを構成しあう関係が成り立っている。このような相互に調整し、共有しあうコミュニケーションを人とロボットの間においても実現できないだろうか。本研究では、一緒に並んで歩くような散歩の場面に着目し、手をつないで一緒に散歩するロボット「マコので」を構築してきた[1]。

そこでは、(I)散歩のような二者の間に物・事象を共有している関係(「並ぶ関係」)において、二者が一体となっていく様相の調査を行った。その結果、「マコので」の腕を介して、進行方向の決定や歩く速度の調整をし、相手になり込み合うような行為が観察された。このような結果から、人とロボットにおいてオリジナルな関係性が見出され、一つのシステムを形成している可能性が示唆された[2]。

また、本研究では、(II)直接接触する掌を介したインタラクションに着目している。掌を介したインタラクションにおいて、ぎゅっと相手の手を握りしめたときに、相手が握り返したなら、相手とのくさわる手-さわられる手>の関係は容易に逆転し、相手



図 1 「マコので」とのインタラクション

との共同性を自他非分離となる感覚として感じるだろう[3]。「マコので」の掌について、人とロボットとの相互の意思疎通の可能性があると考え、手の握り合う機構を構築した。本研究では、そこでの二者のコミュニケーションの様相について調べている。

本稿では、2章で研究背景について、3章で「マコので」のコンセプト及びシステム概要を、4章で今後の展望についてインタラクション例を挙げながら述べる。

2. 研究背景

一緒に散歩するロボット「マコにて」の実現に向けて、3つのステップを考えている。一つは、(1)「並ぶ関係」における三項関係に着目したコミュニケーションを実現する。次に、(2)人とロボットとの相互の意思疎通の可能性のある握手を介したコミュニケーションに着目している。3つ目に(1),(2)を合わせたコミュニケーションに着目する。以下では、(1),(2)について述べる。

2.1. 「並ぶ関係」でのコミュニケーション

人と人が手をつないで並んで一緒に歩いていると、いつの間にか自然に歩調があってくる。そのとき、相手の気持ちも伝わってくる。そして、自分の気持ちも相手に伝わっているように思えてくる。お互いの身体が相互になり込み合っ一つに融合していくような事態が見られる。

「並ぶ関係」は二者の間で物・事象を共有する関係(三項関係)において、身体を基盤に、他者の身体が感じ取っているものを推測し合うような「なり込み」により両者の共感的な状態が形成されていると考えられる。発達心理学においては、幼児と養育者との間における三項関係の成立が、原初的コミュニケーションの基底にあるといわれている[4]。特に、「並ぶ関係」でのコミュニケーションの成立は人とロボットが一つのシステムを構成しあう関係の成立への可能性を示唆している。日常生活の中で、この関係の現れは共同想起対話での同時発話などの例が挙げられる[5]。

ここでは、人とロボットが手をつないで歩くとき、相手が止まると自分も止まるといったような模倣行為や何も言わずとも一緒に右に曲がるような同時に起こる予期的行為をこの関係の現れとして捉えている。

2.2. 握手を介したコミュニケーション

握手に着目したコミュニケーションロボットの研究は多方面で行われている。高橋らは握手の身体的影響について、心拍、発汗などの観点からストレスの軽減の効果を述べている[6]。また、中川らはロボットから手を握られることによる、説得性の効果に着目している[7]。橋本らは、ロボットと人の手の振りが同調することで、安心感が増加することを述べている[8]。このような関連研究が示した握手の効果は疎通性を示すコミュニケーションと関わりが深い。

また、握手という行為は、「相補的である」と浜田は指摘している[9]。他者身体との関係の中では、さ

まざまに<能動-受動>をやりとりしており、このような身体をとおして、人と人とが通じ合うひとつの側面を浜田は「相補性」と名づけている。典型的な相補性の例として、目が合うという行為を挙げる。それは単に目を見ているのではなく、その目に相手の主体性を感じるということである。同様に、相手の手を単なるモノとして握っているのではなく、自分が握る>とき、そこに相手から握られる>ことを感じ取り、この<握られる>ということのなかに相手の<握る>主体を感知しているということである。

身体どうしが出会うとき、必ず何らかの形での志向のやりとりがなされていることは、身体をもつものとしての人間のきわめて本質的な条件であると考えられる。そこで、握り合いを通して、人とロボットの間で、この相補性の観点から、相互の意思疎通の可能性について議論していく。

3. 手をつないで並んで歩く ロボット「マコにて」

「マコにて」は歩行者と手をつなぎながら並んで一緒にふらふらと散歩することをコンセプトとしたロボットである。そのため、ナビゲーションのような機能は備えていない。さらに自分の行きたい方向を発話することもない。しかし、「あっちへ行きたい」「いや、こっち」と手を引きながら、歩調や手の感覚という原初的な領域で、人と相互に行為を調整しあう。

3.1. デザインコンセプト

ロボットとの社会的なインタラクションをデザインするためのひとつの指針として、「ミニマルデザイン」と呼ばれる考え方がある[10]。このミニマルデザインの狙いは、外見や機能的な制約があることを前提とした上で、周囲の状況や文脈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(対人的な行動)を引き出すことである。「マコにて」は「ミニマルデザイン」に依拠し、人からの積極的な関わりを引き出すことを狙う。

したがって、手の握り機構で手の感覚を実現しているが、この機構は手の握り合いに必要と思われる最小限の機能のみ持たせた。そのため、手はジェスチャーで意思を伝達する機能を持たず、物を把持することにも特化していない。手の形状についても、ミニマルデザインに依拠し、人のように五本指では「マコにて」独自の手に、先入観にとらわれないデザインにしている。手の大きさは、幅広くどの年代の大きさである手幅約7cm 手長約18cmに設計し、

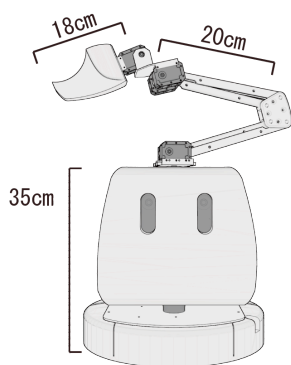


図 2 外観

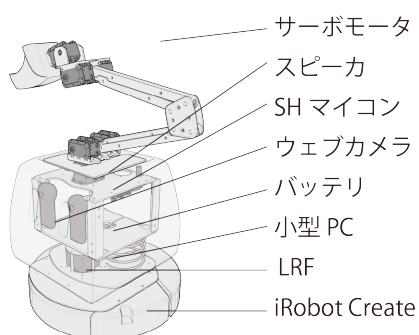


図 3 システム構成

包み込まれる感覚が得られることを想定している [11]. また、アクチュエータとしてサーボモータを一つにすることで、大きさを抑えている。

3.2. システムの概要

「マコにて」の身体は、並んで歩いても違和感のない大きさを目指した。手をつなぐ為に腕を伸ばしたときの高さはおよそ 750mm となっており、大人と子どもが手をつなぐような、馴染みやすい大きさとなっている(図 2)。システムは、小型 PC(fitPC2)を中心に構成され、モータの制御やセンサからのデータを取得するマイコン(SH2)、サーボモータ、測域センサ(LRF)、ウェブカメラなど、最小限の要素からなる(図 3)。また、「マコにて」のアーム機構では、意思表示としての関節動作に加え、各サーボモータから、モータの回転角、速度変化やトルクの変化を検出している。そして、その取得値から手をつないでいる人の位置や手の振りを認知する。

握り機構は、一つのアクチュエータで動作可能なリンク機構を採用し、単純な動作で手が包み込まれるようにしている。指は第1関節と第2関節を持ち、駆動源と連動し、人の手のひらを「マコにて」の指先で包み込むことを可能としている(図 4)。また、握手において握力も重要な要素である。中西らは、

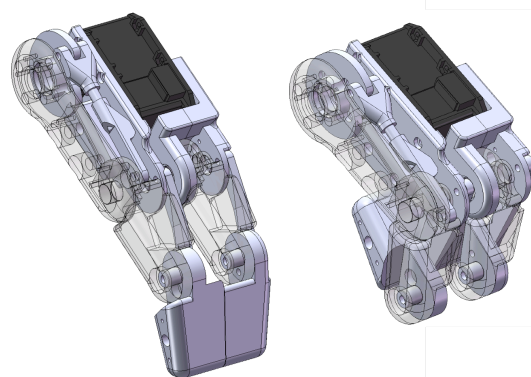


図 4 握り機構(左：展開時，右：収縮時)



図 5 握り機構の外観

ロボットとの握手において、握力が 90.45[N]であると心地よい握られた感覚が得られると述べている [12]. この知見をもとに、「マコにて」では、握力を 90[N]以上に設計した。安全面を考慮し、機構全体をカバーで覆い、手の巻き込みを防止している(図 5)。

また、径 18mm の圧力センサを機構の側面に 2 つずつ、指先の内側に 2 つ計 6 つを実装することで、人の握力の変動及び「マコにて」自身の握りの強さの変動を感知できるようにしている。この圧力センサからは、図 6 に挙げるようなデータを取得することができ、このデータをもとに握りの動作を調整していく。たとえば、手を強く握られた場合に「マコにて」も強く握り返す、「マコにて」の握力が強くなった場合に弱めるなど手先の状況に応じたインタラクションをデザインする。

ここで、この握り機構の一連の動作を挙げる。

<握る>

1. 小型 PC よりサーボモータに命令が送られる
2. サーボモータが駆動する
3. サーボモータの動力がリンク機構に伝わる
4. リンク機構により指が閉じる

<握り返す>

1. 人が機構を握ったことを圧力センサが検知し、小型 PC へデータを送信する

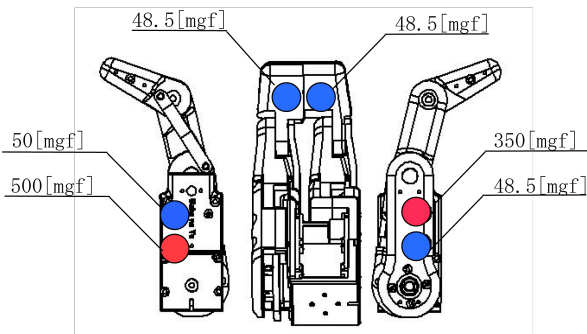


図 6 圧力センサのデータ例

2. 小型 PC よりサーボモータに命令が送られる
3. サーボモータが駆動する
4. サーボモータの動力がリンク機構に伝わる
5. リンク機構により指が閉じる

4. インタラクション例

ここで、「マコにて」とのインタラクションは以下のように3つに分けることができる。(1)「並ぶ関係」の中で進行方向を調整したり、「マコにて」との距離を調整しあうインタラクション、(2)握り合う中で生じる疎通性に着目したインタラクション、そして、(3) (1),(2)を合わせたインタラクションがある。それぞれについて、想定しているインタラクションの事例を以下に挙げる。

4.1. 「並ぶ関係」でのインタラクション

「マコにて」と人が散歩をするとき、人が障害物を避けるため、右に曲がろうと「マコにて」の左前に立った場合、「マコにて」は人の位置から右に進行方向を調整する。このように「マコにて」は人に合わせ進行方向を調整する。一方、「マコにて」が障害物を避けるため、右や左に曲がる。そのとき、人は「マコにて」に合わせ進行方向を調整する。さらには、手の引き合いで進行方向を決定することもある。このようなやりとりをしていると、次第に二人の行きたい方向が分かるようになり、調整する動作が少なくなる[2]。

4.2. 握手を介したインタラクション

ユーザが「マコにて」を握ったとき、センサ値の変化を手掛かりに、「マコにて」が握り返す。このとき、ユーザは「マコにて」に主体性や一体感を感じると考えられる。さらには、「マコにて」の握り方に

パターンを持たせることで「マコにて」から感情のようなものが伝わってくると考えている。たとえば、強くかつ速く握り締められたとき、何かわからないが強い意思(志向性)を感じる。また、ゆっくりと長く握られたとき、優しさ(親密性)を感じる。

このように手を握るという行為を更に細かく分解していくと、以下に挙げるようなパラメータがあると考えられる。

- 握手の持続時間
- 握力の強弱
- 握り始めのスピード
- 握り始めのタイミング
- 握り返しの遅延度など

これらが組み合わさることでインタラクションは調整されていると考える。

4.3. 「並ぶ関係」の中での握手を介したインタラクション

「マコにて」と散歩する際に、障害物が前方にあった場合、「マコにて」が左へ手を引きながら握ることをしたとすると、人は進行方向を左にしたいという「マコにて」の志向性のようなものを感じる。一方、人が右へ引きながら握ると「マコにて」は、圧力センサの強さを手掛かりに、握り返すことで人と進行方向の確認が可能になる。

また、人は危機感を覚えたとき、思わずぎゅっと強く握ることが想定される。そのとき、「マコにて」が止まり、握り返した場合、人と危機感の共感的なコミュニケーションができると考えられる。

5. まとめ・課題

本研究では、人とロボットで一つのシステムを構成しあう関係において、相互に調整、協調するコミュニケーションについて議論をするため、プラットフォームとして「マコにて」を構築してきた。そこでは、人とロボットの「並ぶ関係」について、関係を構築する可能性を示唆した。次に、人とロボットの意思疎通について議論をするため、人と手を握り合える、「マコにて」の握り機構を構築した。この握り機構の実装により手を握り合うインタラクションの例を示し、相補性の観点から、より進んだ分析が行えると考えている。今後は4章で挙げるパラメータの調整を行う。また握り合いにおいて、人とロボットが調整しあう様相の調査、実験を行う予定である。同時に、デバイスとして握り機構の小型化や、より自然な握り合いの実装を進めていく。

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
論文集, pp.1523,(2010)
- [2] 山本直輝, 深町建太, 竹田泰隆, P. Ravindra De Silva,
岡田美智男: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(HAI2012)論文
集, 2C-1,(2012)
- [3] 中村雄二郎:『術語集-気になることば-』, 岩波新
書, (1984)
- [4] 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, (1997)
- [5] 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 信学技報, SP97-56, (1997)
- [6] Kazuko Itoh, Hiroyasu Miwa, Yuko Nukariya,
Massimiliano Zecca, Hideaki Takanobu, Stefano Roccella,
Maria Chiara Carrozza, Paolo Dario, Atsuo Takanishi :
Development of a Bioinstrumentation System in the
Interaction between a Human and a Robot, *Proceedings
of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on
Intelligent Robots and Systems*, pp.2620-2625, (2006)
- [7] Kayako Nakagawa, Masahiro Shiomi, Kazuhiko
Shinozawa, Reo Matsumura Hiroshi Ishiguro, Norihiro
Hagita : Effect of Robot's Active Touch on People's
Motivation, *Human-Robot Interaction (HRI), 2011 6th
ACM/IEEE International Conference on*, pp.465 – 472,
(2011)
- [8] 橋本稔, 春日智史, 一藁武史:同調性を考慮した人
間とロボットの握手インタラクション, ロボティク
スシンポジウム予稿集, Vol.11,pp.56-61, (2006)
- [9] 浜田寿美男:『「私」というものの成り立ち』, ミ
ネルヴァ書房(1992)
- [10] N. Matsumoto, H. Fujii, M. Goan and M. Okada:
Minimal Design Strategy for Embodied Communication
Agents, *In Proceedings of the 14th IEEE International
Workshops on Robot and Human Interactive
Communication (ROMAN' 05)*, pp. 335-340 , (2005)
- [11] 「人間工学-設計のための基本人体測定項目」, 日
本工業標準調査会(JISC), (2002)
- [12] 和田 侑也, 田中 一品, 中西 英之:握力・体温・
感触を伝える遠隔握手用ロボットハンド, 情報処理
学会 インタラクション 2012 論文集, Vol.3, 1EXB05,
(2012)