

え？そっちなの？人と並んで歩くロボット〈Walking-Bones〉との視線を介したインタラクションについて

Which way? Gaze interaction for "Walking-Bones" that walks side by side with people

平井一誠^{1*} 長谷川孔明¹ 大島直樹² 岡田美智男¹

Kazumasa Hirai¹, Komei Hasegawa¹, Naoki Ohshima², Michio Okada

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

²豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所

²Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute, Toyohashi University of Technology

Abstract: 私たちがみんなと一緒に歩いている時、無意識に互いの様子を参照している。どこに、どのように歩くのかといった志向を探り、互いに調整することでみんなの志向が一体化していく。その過程で安心感や心強さを覚えるだろう。では、人とロボットで並んで歩く時はどうだろうか。本研究では、人と志向を調整し合いながら並んで歩くロボット〈Walking-Bones〉を構築した。本稿では、視線による志向の表示・参照に着目したインタラクションについて提案する。

1. はじめに

友人達との旅行中、歩いて観光地を巡る、ということがあろう。小股な人や大股な人、速く歩いたりゆっくり歩いたり、歩き方はそれぞれ様々である。それでも、みんなと一緒に並んで歩いているときは特別言葉を交わすことなく歩く速さや歩調が揃っていく。ある人が道の端に寄るとみんなもつられて端に寄り、またある人がふと立ち止まって景色を眺め始めたらみんなも立ち止まって景色を眺める。こうしているうちにみんなの志向が一体化して行き、気が付くとそこには安心感や心強さが生まれている。

一方で、道案内や荷物持ち、工場内での作業の補助といった業務において、人と一緒にロボットが移動する場面が増えている。その業務の性質上、人に正確に付いていくことを重視している場合が多い。研究においても、人への追従や障害物の回避、目的地までのスムーズな移動等が主に議論されている。しかし人同士の場合、相互調整しながら並んで歩く関係の中で、安心感や心強さといったただ歩く以上の効果が生まれている。ロボットが人の生活を助けるパートナーとなるのであれば、ただの道具と使用

者という関係よりもより親密で心地よい関係を目指すことで生活がより豊かになるのではないだろうか。

本研究では、人と志向を調整し合いながら並んで歩くロボット〈Walking-Bones〉を研究プラットフォームとして構築した。本稿では、視線による内部状態や志向の表示・参照に着目したインタラクションについて提案する。



図 1: 人と並んで歩く 〈Walking-Bones〉

*連絡先：豊橋技術科学大学
愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
E-mail: hirai18@icd.cs.tut.ac.jp

2. 研究背景

2.1. 並んで歩く

人が歩くとき、その人にとって最もエネルギーの消費が少ない歩き方で歩き、その歩き方には個人差があることが知られている^[1]。そのため、複数人が同じ向きで歩くだけではその歩き方が揃うことはなく、集団を維持することは難しい。一方で、なにかしらによって複数人が一緒に並んで歩く関係にある場合、歩き方を相互に調整しあうことで位置関係を維持し並んで歩くことが分かっている^[2]。この相互調整は会話でのやり取りを介さずに行われる。このことから、並んで歩く関係の維持は身体的なインタラクションによって行われているといえる。

2.2. 社会的相互行為

お互いに共同して調整することで成り立つ行為を社会的相互行為という。たとえば会話において、発言順番の交代をお互いに共同して調整することで、(a)そのつど局所的に、(b)会話の参加者自身によって、(c)相互行為的に会話をデザインし、成立させているといえる。こうした共同性をともなう行為を社会的相互行為と呼ぶ。社会的相互行為の要素は二つある。一つ目は、社会的表示と呼ばれ、他者から参照可能なかたちで自身の状態を表示するものである。二つ目は、社会的参照という、他者の状態を他者の様子を介して参照するものである。

並んで歩く行為も相互調整によって成り立つことから社会的相互行為といえる。たとえば歩く速さは、あせっている、のんびりしているといった内部状態を示す社会的表示として捉えられる。他者の歩き方を見て状態を伺うことは社会的参照といえる。また、人は歩く時に進みたい方向や曲がり角といった歩くことに関わる対称に視線を向けるほか、観光地では観光物やひらけた空間に視線を向けることがわかっている^{[3][4]}。これらの視線を向ける行為は他者へ自身の志向を示す社会的表示にもなり、他者の視線を観察しその志向を推定することは社会的参照になる。このように、お互いに志向を表示・参照しながら歩き方を調整しあうことでお互いの志向が一体化していき、歩き方や志向を第三項として共有することで“並んで歩く”という行為は成立している(図2)。

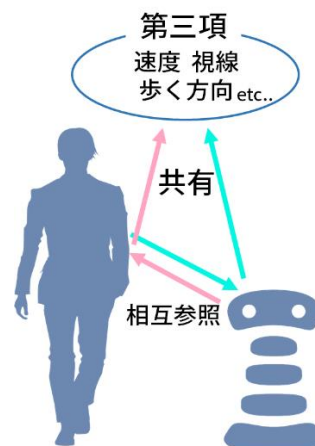


図2: 並んで歩くという社会的相互行為

2.3. 人と一緒に移動するロボット

社会で活躍している人と一緒に移動するロボットの一例として、OMRON社のLDシリーズ^[5]が挙げられる。このロボットは空港や工場での荷物運びを行う。この時、周囲の環境に合わせた障害物の回避や人と一緒に移動するために人を正確に追いかけるような移動を行う。人が行為の主体となり、ロボットが一方向的に合わせている関係といえる。

研究においては、LRFとカメラを併用した制御手法^[6]や、人に道を譲るための制御手法^[7]、人との距離を元にした誘導ロボットの制御手法^[8]がある。これらもロボットが人に合わせる制御となっている。

ここまで述べたロボットはロボットが人に対して正確に合わせることで人とロボットが連携することを目的としており、人とロボットで社会的相互行為を構築することが目的ではない。そのため、ロボットの志向を表示することや人の志向を参照することについては検討されておらず、社会的参照、社会的表示のどちらについても不十分であるといえる。

人とロボットで相互参照しながら歩くロボットの例として、人と手をつないで歩くロボット(マコので)が挙げられる^[9]。(マコので)は人と手をつなぎながら並んで歩く。手を引っ張り合うことでやりとりをし、歩き方の相互調整を行う。しかし、手をつないでいない第三者からの社会的参照が難しく、条件が限定的といえる。

3. 〈Walking-Bones〉

3.1. 概要

本研究では、人と志向を調整し合いながら人と並んで歩くロボット(Walking-Bones)を研究プラットフォームとして構築している。(Walking-Bones)は進みたい方向や認識した人に顔を向ける、進もうとし

ている方向に体を向けてから歩き出すなど、顔や体の向きで内部状態を表示する。これは身体的振る舞いによる社会的表示であり、誰からでも社会的参照が可能である。また、同行者にセンサーを装着してもらうことで歩行時の視線を推定することができる。これは視線から志向を推定する社会的参照である。

3.2. ハードウェア

〈Walking-Bones〉の3DCAD図を図3に示す。移動するための機構としてiRobot create 2^[10]を利用し、その上に骨をイメージした外装を持つ胴体と頭部が乗っている。胴体及び頭部はサーボモータによっておじぎや首振りといった動作が可能である。センサーとしてiRobot create 2に搭載されている障害物検出センサーや衝突検出センサーの他に、レーザーレンジファインダ(LRF)やヒューマンビジョンコンポーネンツ(HVC)、9軸センサーを搭載している。これらハードウェアは外装内部に搭載された小型PCによって監視・制御される。

3.3. ソフトウェア

〈Walking-Bones〉の制御はRobot Operating System (ROS)^[11]上で行われる。ROSではセンサーの監視やアクチュエータの制御が独立したノードとして動作することから、ロボットを構成する各要素それぞれを単独で開発・検証することができ、よりスムーズにロボット開発を行うことができる。ROSノード図を図4に示す。

HVCノードからはHVCによって認識した人の位置や画像上の大きさ、LRFノードからは〈Walking-Bones〉を中心とした周囲の物体との距離、9軸センサーノードからは〈Walking-Bones〉自身や同行者に装着した9軸センサーの加速度・角速度・地磁気の値を受け取っている。9軸センサーの姿勢推定にはMadgwick Filter (マッジウィックフィルター)を用いている。これにより〈Walking-Bones〉自身の姿勢や同行者の視線方向を推定する。

3.4. 移動制御・振る舞い

移動制御として、LRFのデータから周囲の環境を把握し、なにかしらの物体が近づいた時に減速および後退しながら旋回することで衝突を回避する。またHVCのデータによって周囲の人の位置を把握し、人に近寄るように移動する。この人に近寄る移動制御と衝突を回避する移動制御とが拮抗することで人と一定の距離を保ちながら歩く振る舞いとなる。また同行者に装着してもらった9軸センサーのデータから視線を推定し、視線方向に従った移動をすることもできる。これは視線を介した社会的参照である。



図3: 3DCAD図

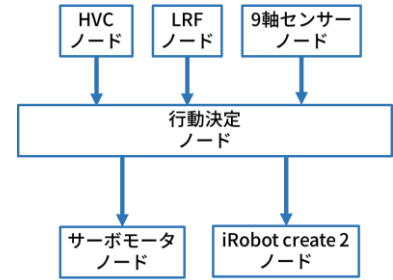


図4: ROSノード図

身体的な振る舞いとして、HVCによって認識した人に視線を向けることができる。これは、同行者を認識している、志向していることを示す社会的表示である。また9軸センサーで推定した同行者の視線と同じ方向を向くこともできる。これは視線を元にした社会的参照であると同時に、志向を一体化しようとしていることを示す社会的表示でもある。

3.5. 想定されるインタラクション

同行者と〈Walking-Bones〉と一緒に並んで歩くと、同行者はまず進む方向を見ながら歩くだらう。このとき、〈Walking-Bones〉は同行者の視線方向から同行者が進もうとしている方向を推定し、その方向を向きながら歩き始める。また同行者が道端のなにかに興味を持って注視した時には、〈Walking-Bones〉も同じ方向を向いてみたりその方向へと近づいてみたりする。このように同行者の志向に対して〈Walking-Bones〉自身の志向を一体化させるような振る舞いを繰り返すことで、同行者はいつの間にかただロボットがついてきている以上の一体感を感じているだろう。そうして同行者と〈Walking-Bones〉の間に関わりが生まれた時に、同行者がふと〈Walking-Bones〉の様子を伺うように視線を向けると、〈Walking-Bones〉も視線を向け返してアイコンタクトをとる。このアイコンタクトによって同行者と〈Walking-Bones〉がお互いにお互いを意識し合っていることを確認することができる。こうしたインタラクションの結果並んで歩く関係を構築できた場合、例えば〈Walking-Bones〉が周囲の環境等の影響により移動に手間取ってしまった場合でも、ただ性能の低いロボット、というネガティブな印象を与えるのではなく、「ちょっと待ってあげようかな」「うまく歩けるように手伝ってあげようかな」といったポジティブな考えを引き出せると考えている。

4. おわりに

人と志向を調整し合いながら並んで歩くロボット〈Walking-Bones〉を構築し、視線を介した社会的表示・参照に着目した振る舞いを実装した。今後、今

回実装した振る舞いについて、実際に一緒に歩いてもらい、アンケートを用いた印象評価を行う予定である。また同時に同行者の歩行軌跡や視線方向を記録して〈Walking-Bones〉の振る舞いが同行者の歩行にどのような影響を及ぼすのか検証する予定である。

今回は視線を推定するために同行者にセンサーを装着してもらっているが、例えば画像認識等の非接触で多数に対して視線方向を推定できる手法を用いればより自然により多人数とインタラクションすることが可能であるので、今後検討していきたい。

謝辞

本研究は、科研費補助金(基盤研究 (B)18H03322, 若手研究 19K20376)によって行われた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Ralston, H. J.: Energy-speed relation and optimal speed during level walking, *Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie Einschliesslich Arbeitsphysiologie*, Vol.17, No.4, pp.277-283 (1958).
- [2] 新田 晴, 阪田 真己子, 正田 悠, 鈴木 紀子, “並んで歩く身体一発話が「足並み」へ及ぼす影響”, 2014年度日本認知科学会第31回大会, P3-14, pp.752-755, (2014).
- [3] 黒岩将人, 岡崎甚幸, 吉岡陽介, “視野制限下と通常視野での注視行動の比較:廊下および階段の歩行時において”, *人間工学* Vol.37, No.1, pp.29-40 (2001).
- [4] 長澤 朋哉, 野本 弘平, “歩行時の注視の空間分布における習慣的訪問者と初回訪問者との比較”, *知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌)*, Vol.31, No.1, pp.608-612 (2019).
- [5] LD シリーズ モバイルロボット/特長 | オムロン制御機器, <https://www.fa.omron.co.jp/products/family/3664/> (2020/1/10 アクセス)
- [6] 小出 健司, 三浦 純, 佐竹 純二, “人物追従機能を有する付き添いロボットの開発”, *Proceedings of the 2013 JSME Conference on Robotics and Mechatronics*, No.13-2, 1P1-L03, Tsukuba, Japan, May 22-25 (2013).
- [7] Yoichi Morales, Takayuki Kanda, and Norihiro Hagita, “Walking Together: Side-by-Side Walking Model for an Interacting Robot”, *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol. 3, No. 2, 2014, pp.50-73 (2014).
- [8] 須藤 健太, 富岡 遼, 中沢 信明, “ヒトの距離感覚に基づいた誘導ロボットの速度制御”, *Proceedings of the 2013 JSME Conference on Robotics and Mechatronics*, No.13-2, 2A1-G06, Tsukuba, Japan, May 22-25 (2013).
- [9] 長谷川 孔明, 林 直樹, 岡田 美智男, “マコので: 並ぶ関係に基づく原初的コミュニケーションの研究”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.21, No.3, pp.23-36 (2019).
- [10] Create 2 Programmable Robot | iRobot, <https://www.irobot.com/about-irobot/stem/create-2> (2020/1/10 アクセス).
- [11] ja - ROS Wiki, <http://wiki.ros.org/ja> (2020/1/10 アクセス).