

〈ひも〉を介して一緒に並んで歩くロボット

〈I-to-Te〉の提案

“I-to-Te” :

a robot walking side-by-side together via a rope

伊東 大裕^{1*} 長谷川 孔明¹ 岡田 美智男¹

Daiyu Ito¹, Komei Hasegawa¹ 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: 私たちは犬と散歩をしている際、進みたい方向にひもを引っ張ることもあれば、犬が行こうとしている方向へ委ねることもある。〈ひも〉を通じて互いにゆるやかに制約しあいながらも、それぞれの主体性が保たれている。〈I-to-Te〉は自律的に障害物を避けて進みながらも、ひもの手がかりから相手を慮って一緒に歩くロボットである。本発表では、そのプロトタイプを紹介とウェルビーイングの観点での応用について議論する。

1. はじめに

〈ひも〉は、ピンと張った状態のときに力が伝わり、だらんと垂れているときには力は伝わらない。

〈ひも〉はこのゆとりを持つがゆえに様々な場面で用いられている。例えば犬と散歩するとき。散歩のルートからそれないようにひもを引っ張り、進む方向を犬に教えてあげることもあれば、ひもをゆるめ、犬が行こうとしている方向に委ねることもある。その他にも、マラソン競技のブラインドマラソンでも〈ひも〉は用いられている。後述で紹介するが、視覚障がい者と併走者との間をつなぎ、ひもを通して伝わってくる感覚を繊細に捉えながら、相手を誘導したり、心理的な変化を感じ取ることもある^[1]。

このような場面では、〈ひも〉を介してつながり、互いにゆるやかに制約しあいながらもそれぞれの主体性が保たれている。〈ひも〉を用いた研究として、二台のロボットがひもでつながって協調して歩く研究^[2]がある。この先行研究では、ロボット同士は通信を行わずに、お互いの位置はひもを介して把握し協調動作を行っている。

では、〈ひも〉を介したコミュニケーションを人とロボットとの関係に生かせないだろうか。本研究で

は、ロボットに自律性を備えながらも、〈ひも〉を介した手がかりから相手を慮り一緒に歩くロボット〈I-to-Te(いとて)〉を製作した(図1)。人とロボットがひもでつながって一緒に歩き、それぞれの主体性を保ちながら、ときに人がひもを引っ張ることもあれば、ロボットの進行方向に委ねることもあるような関わりを目指す。



図1 〈ひも〉を介して一緒に並んで歩くロボット
(I-to-Te)

* 連絡先：豊橋技術科学大学情報・知能工学系
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
E-mail: ito.daiyu.fr@tut.jp

2. 研究背景

2.1 環世界

ドイツの生物学者・哲学者ヤーコプ・フォン・ユクスキュルによって提唱された、「環世界」^[3] という考え方がある。環世界とは、「すべての生物は自身の知覚した情報をもとに独自の世界を理解している」という考え方である。様々な植物や虫によって知覚が違えば、捉えている世界も異なり、当然、人が捉えている世界と見え方も異なる(図2)。

これは人とロボットにおいても同様で、人は視覚や嗅覚などから知覚した情報をもとに世界を捉えているが、ロボットの場合はセンサの情報をもとに世界を捉える。後に3.2.1にて後述するが、本研究ではロボットはセンサの情報をもとにポテンシャル場と呼ばれるセンサマップを形成するがこれがロボット側の環世界となる。

人とロボットで環世界は異なるが、これを踏まえたいうえで、人とロボットとの共生について議論する必要がある。



図2 人(左)とミツバチ(右)が見ている世界^[3]

2.2 ブラインドマラソン

環世界が異なるもの同士でのコミュニケーションの一例として、ブラインドマラソンが挙げられる。ブラインドマラソンは、視覚障がい者と併走者がペアとなり走るマラソン競技で、きずな(図3)と呼ばれるひもを片側ずつ軽く握り、これを通してお互いの動きを知覚する。環世界の異なる両者がひもを介したコミュニケーションによって同じ方向を向き、一緒になって走っているのである。ブラインドマラソンの経験者によると、ひもを持って二人で走っていると、共鳴するような感覚がある^[4] という。「併走してあげる」/「併走してもらおう」ではなく、「一緒に走っている」感覚になるのだという。

このようなブラインドマラソンでの関係性では、〈ひも〉のゆとりが重要な役割を果たしている。ゆ

とりがあるからこそ、両者のあいだには余白があり、相手の主体性が入り込む余白があることで、互いの主体性が奪われていないのである。



図3 きずな^[4]

2.3 コンヴィヴィアリティ(自立共生)

コンヴィヴィアリティ(以下、「自立共生」と記す)^[5] とは、オーストリアの思想家イヴァン・イリイチが提唱した概念で、英語表記だと *conviviality* で、con(共に)+vivial(生きる)を語源とする。著書では、「テクノロジーによる利便性」と「人間の自由度」のバランスを説く中で、「自立共生的な社会は他者から操作されることの最も少ない道具によって、すべての成員に最大限に自律的な行動を許すように構想されるべき」^[5] と述べている。ブラインドマラソンの〈ひも〉を介したコミュニケーションも自立共生の要素を満たしていると考えられる。

本研究では、人と〈ひも〉を介した手がかりからコミュニケーションを行うロボット(I-to-Te)を提案する。ひもには性質上ゆとりがあることで相手に押しつけず自律性を奪わないという特徴がある。もしロボットと人が棒や金属などの固いものをつなぐと、お互いの動きがダイレクトに伝わり、どちらかの自由度を奪い過ぎてしまう恐れがある。ひもでつながりお互いを慮りながら一緒に歩くことで、ただついていっただけでもなく、それぞれの自律性が保たれる。〈I-to-Te〉は人とロボットのかかわりにおいて、自立共生を意識したロボットである。

3. 〈I-to-Te〉

図4に〈I-to-Te(いとて)〉の外観を示す。〈I-to-Te〉は自律的に障害物を避けて進みながらも、ひもの手がかりから相手を慮って一緒に歩くロボットである。大きさは人の膝下ほどの高さで、ロボットの手についたひもの片側を人が握って一緒に歩く。ひもは手

の中の Joystick に結んでつながっており、後述するポテンシャル法を用いて自律移動をしながら、人からひもを引っ張られると人の意思を移動に反映する。



図4 〈I-to-Te〉の外観

3.1 ハードウェア構成

ハードウェアは図5のように構成されている。移動機構として iRobot 社の Create3 を使用しており、水平な床を移動することが可能である。障害物を検知するために本体に 2D Lidar が付けられている。ここから取得された情報を基にポテンシャル場を算出する。ひもは手の中の Joystick とつながっており、ひもの引っ張られた方向を取得し、データはマイコンを通して制御に用いられる。頭部にサーボモータが接続され、進行方向を見るようになっている。また、すべての機構は Intel 社の NUC を用いて制御されている。

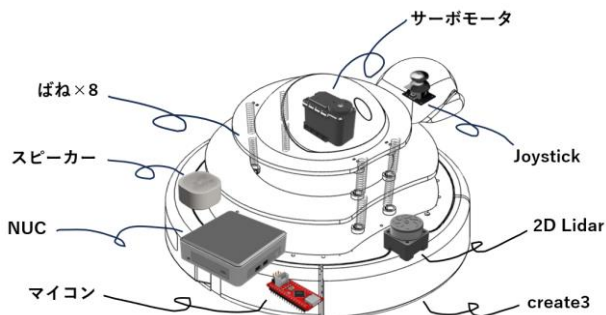


図5 ハードウェア構成

3.2 ソフトウェア構成

OS は ubuntu 22.04 上で ROS2 Humble で動作している。ソフトウェアは図6のように構成されている。2D Lidar で得たスキャンデータからポテンシャル法ノードでポテンシャル場を生成し、リアルタイムで都度算出し設定した目的地に移動する。ひもで引っ

張られた際は Joystick のデータをポテンシャル法ノードに反映させている。

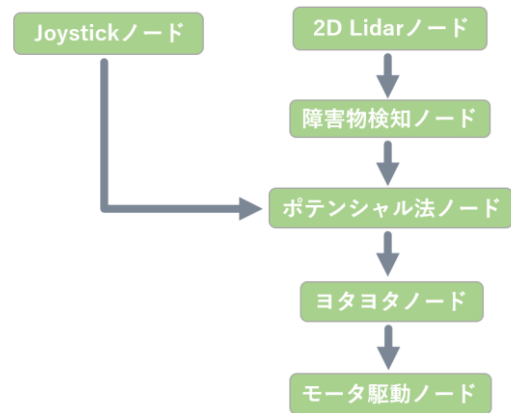


図6 ソフトウェア構成

3.2.1 ポテンシャル法

本研究で使用するロボットの自律移動の制御はポテンシャル法⁶⁾に基づいている。ポテンシャル法は、障害物と目標位置の座標にポテンシャル関数と呼ばれる関数を定義し、その関数の勾配（座標成分ごとの偏微分）から進むべき方向を導出する手法である。障害物に対しては正の無限大、目標位置に対しては負の無限大に発散するような滑らかな関数を定義する。この関数群の重ね合わせがポテンシャル場(図7)となり、ポテンシャル場の勾配（微分）は、障害物から離れ、かつ目標位置へ接近する方向となる。つまり、障害物を山、ゴールを穴と考え、谷をボールが転がるような経路で移動する。

ポテンシャル場はセンサマップであると同時に〈I-to-Te〉が認識する環世界でもある。自律移動の制御に用いられているが、人からひもを引っ張られた際には意図的にポテンシャル場をゆがめることで、人の意志を移動経路に反映する。

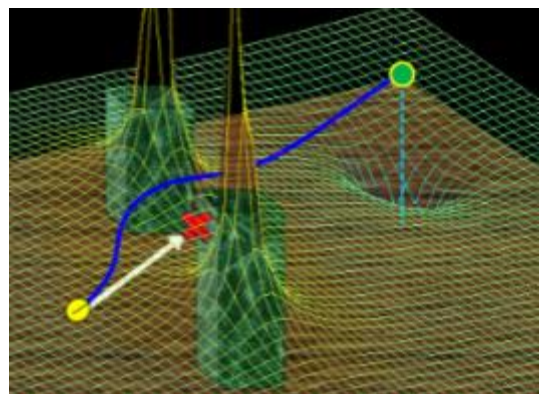


図7 ポテンシャル場⁶⁾

3.3 インタラクシオンデザイン

〈I-to-Te〉には自律性を備えるだけでなく、相手(人)から「インタラクシオン可能な対象である」と認識してもらうために、生き物らしいふるまいを実装した。ばねをロボットの胴体に用いることで動くたびにぶるぶる揺れる機構や見た目のほか、左右の車輪を交互に動かす「よたよた歩行」(=biological motion^[7])により生物的な意志を感じさせる動きとした。さらに、筆者らが「もこ語」^[8]と呼んでいる言語の発声も加えた。これらのデザインから、人から志向的な構え^[9](その対象が何か信念や欲求に基づいて行動しているのだらうと捉える姿勢)を引き出し、生き物らしさを付与した。

4. まとめと今後の展望

本稿では人とロボットのかかわりにおいての「自立共生」の議論を行うためのプラットフォームとして〈I-to-Te〉を構築した。サービスロボットのように、「なにかをしてくれる」だけの関係性ではなく、人とロボット両者の主体性を奪わない関係づくりを念頭に構築を行った。今後は改良を重ねながら、人との関係の観察や行動変容の有無の検証を行うことで、「自立共生」の要素について議論を深めていきたい。

参考文献

- [1] 伊藤亜紗:『手の倫理』,講談社(2020).
- [2] 武本一馬,上村綜次郎,中園健児,長谷川孔明,大島直樹,岡田美智男:〈Te-to-Te〉ロボット同士の〈並ぶ関係〉でのコミュニケーションの研究; Human-Agent Interaction Symposium 2023,P-72(2023).
- [3] Jakob von Uexküll, Georg Kriszat:『Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen : ein Bilderbuch unsichtbarer Welten』,Julius Springer(1934).
- [4] 日本ブラインドマラソン協会:
<https://jbma.or.jp/challenge/guiderunner/preparation/>,(2024-2-14 参照).
- [5] Ivan D. Illich:『Tools for Conviviality』,Calder and Boyars(1973)(イヴァン イリイチ,渡辺京二・渡辺梨佐(訳):『コンヴィヴィアリティのための道具』,ちくま学芸文庫(2015)).
- [6] 彌城祐亮, 江口和樹,岩崎聡,山内由章,中田昌宏:ポテンシャル法によるロボット製品の障害物回避技術の開発; 三菱重工技報 Vol.51 No.1 (2014).
- [7] Balkemore,S-J.,Decety,J.:From the perception of action to the understanding of intention, Nature Reviews Neuroscience,vol.2,pp.561-567(2001).

- [8] 石川将輝,西脇祐作,塚本浩祐,岡田美智男:〈もこー〉〈もこもこ〉〈もこもん〉…は何を伝えるのか; Human-Agent Interaction Symposium 2017,G-18(2017).
- [9] Dennett,D.C.:KindsofMinds:TowardsanUnderstandingof Consciousness,Weidenfeld&Nicolson(1996).