

# I-to-Te: 人とロボットの〈ひも〉を介した 相互主体的コミュニケーションの研究

I-to-Te: Research on Mutual Subjective Communication Between Humans and Robots via a “Tether”

伊東 大裕<sup>1</sup> 長谷川 孔明<sup>1\*</sup> 岡田 美智男<sup>1</sup>

Daiyu Ito<sup>1</sup>, Komei Hasegawa<sup>1</sup>, and Michio Okada<sup>1</sup>

<sup>1</sup>豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

<sup>1</sup>Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

**Abstract:** 人同士が散歩するときのように、互いを自然と気遣い合いながら歩く感覚を、ロボットとの間でも実現できないだろうか？例えば、ブラインドマラソンでの〈ひも〉を介したやりとりでは、互いをゆるやかに制約しあいながらも、強制せずに主体を出し合える関係となる。本研究では、ここから着想を得て、〈ひも〉を介した人とロボットの相互主体的なコミュニケーションを探求し、自立共生に基づく関係について議論する。

## 1 はじめに

私たちは誰かと一緒に外を歩いている際、横に並んで歩調を合わせながらも、進む方向を相手に合わせたり、自身の進みたい方向に相手に合わせてもらったりなど、進む方向の調整を行い、互いにゆるやかに制約し合いながら一緒に歩いている。言葉にせずとも、お互いの主体性を交換しながらコミュニケーションを取り、そこには特にどちらが誘導する側/誘導される側といった明確な線引きは存在しない。

サービスロボットの中でも案内ロボットは、人が行き先を設定すると案内ロボットが道を誘導し、人はそれについていく。これでは人とロボットの間で役割が明確に線引きされた関係となり、ふだん私たちが友達や家族と一緒に歩いているときのような明確な線引きがない関係とは異なる。人とロボットの共生を考えたときに、サービスロボットのように何かをしてあげる/してもらうといった関係だけでなく、どちらの主体性も奪い過ぎずゆるやかに制約し合う関係があってもいいだろう。

ブラインドマラソン(視覚障がい者と併走者がひもでつながってペアとなって走るマラソン競技)では、両者がひもでつながり制約し合いながらも、ひもを介して意思の伝達や相手の心理的な状態の把握

などのコミュニケーションが行われる。ひもを介したコミュニケーションによって両者が同じ方向を向き、一緒になって走っている。

本研究では、ブラインドマラソンに着目し、人とロボットがひもでつながって一緒に歩き、相互主体的コミュニケーションを行う研究プラットフォーム I-to-Te (イトテ)(図 1)を構築した。I-to-Te には相互主体性として、I-to-Te が自律的に進む時もあるれば、ひもの手がかりから人の進行方向についていく時もあるように、主体性を切り替えながら進むよう実装を行った。人とロボットがひもでつながって一緒に歩き、それぞれの自律性を保ちながら、ときに人がひ



図 1 I-to-Te (イトテ)

\* 連絡先: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系  
〒441-8154 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1  
E-mail: hasegawa.komei.zs@tut.jp

もを引っ張ることもあれば、I-to-Te の進行方向に委ねることもあるような関わりを目指した。本研究では、人とロボットがひもでつながって一緒に歩いたときの相互主体的コミュニケーションとその関係について着目し調査した。

## 2 研究背景

### 2.1 サービスロボットの弊害

サービスロボットは文字通り、何らかのサービスを人に提供することを意図している。この場合、ロボットは「提供する側」であり、人は「提供される側」という構図となる。こういった一方的で役割が線引きされた関係（対峙しあう関係）[1]では、人はロボットに対してより質の高いサービスを求め、それに対してロボットはより機能性を充実させていく必要がある。このような関係では、「つかう側 - つかわれる側」で人とロボットがそれぞれで独立した存在となってしまう。人とロボットとの共生を考えるうえで、別のアプローチで、人とロボットの関係について議論する必要がある。

また、案内ロボットなどのサービスロボットでは、人はサービスを受けるだけの存在となってしまう、人本来がもつ能力がうまく生かされないという課題がある。AI スーツケース[2]と呼ばれる、視覚障がい者の白い杖の代わりとして開発されたものがある。行先を設定すると、スーツケースが自動で案内をしてくれるが、人はただ案内についていだけとなり、道中歩く際に人の持っている創造性や歩行能力などが十分に生かされていない。さらに、人混みの多いような場所において、AI スーツケースが予期せず停

止してしまうことが多発してしまうと、周囲から見ても逆に不自然に感じられてしまう。スーツケースのように見た目を環境に対してシームレス[3]なロボットにするのではなく、犬と一緒に歩いているような、生き物らしさがあるロボットと一緒に歩くというアプローチはどうだろうか。

本研究では、自らの中に能力や機能を自己完結させることを目指す「個体能力主義的なアプローチ」ではなく、むしろ社会的な手がかり(Social cues[4])を表示しながら外に開くことで、まわりからの手助けや協調を上手に引き出し、一緒に目的を果たしているようにする「関係論的なアプローチ」[5]からロボットと人とのかかわりを議論する。

### 2.2 ブラインドマラソン

そこで本研究で着目したのがブラインドマラソンというマラソン競技である。ブラインドマラソンとは、視覚障がい者と健常者の併走者がひもでつながりペアとなって走るマラソン競技である。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(=環世界[6])でこのブラインドマラソンの両者の関係を捉えれば、知覚の仕方が異なるため、視覚障がい者の知覚する世界と晴眼者の知覚する世界に差があり、非対称な関係ともいえる。非対称な関係でありながら、ひもでつながりコミュニケーションを行いながら二人三脚で一体となって走っているのである。

経験者の話[7]によると、最初はぎくしゃくし、「併走してあげる」/「併走してもらおう」といった一方的な関係だったのが、次第に一緒に走っている感覚になるという。ひもを通して相手の状態やまわりの環境などの情報が伝わり、お互いのペースを調整し合うことで、「してあげる」/「してもらおう」のような関係を超越、どちらが能動でどちらが受動かという線引きができなくなるという。

### 2.3 自立共生(Conviviality)

自立共生(Conviviality) [8]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。図 2 に示すように、第 1 の分水嶺として、人が手で使うようなはさみなどの道具がありこれらは人の自由度が高く、人の能力が生かされる道具である。第 2 の分水嶺として、自動で掃除をしてくれたり自動で何かをしてくれる道具があり、これらは人の自由度が奪われ、人の能力が生かされていない状態である。サービスロボットは第 2 の分水嶺に分類される。案内ロボットのようにサービスが

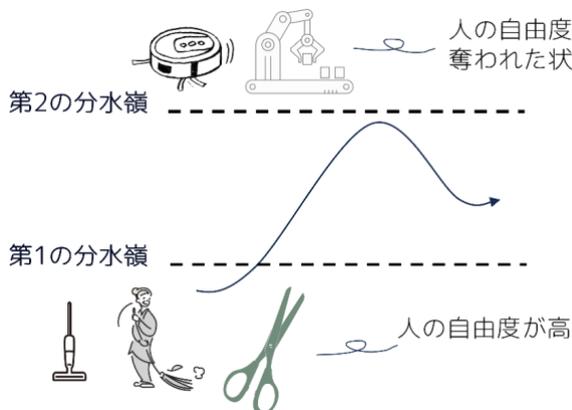


図 2 自立共生における 2つの分水嶺 (18)を参考に作成)

提供され、その際の判断や行動をロボット側に一方的に委ねると、人の「自らの能力が十分に生かされ、生き生きとした幸せな状態」(=*well-being*[9])は、案内ロボットによって「ただ連れていかれてる」という感覚となることからそのウェルビーイングな状態を低下させてしまう懸念もある。今後の人とテクノロジーの関係において自立共生の考え方では、この2つの分水嶺の中間の領域で、主従関係がなく人の能力も適度に生かされているような状態が人の創造性を高め、共生において重要とされている。

イヴァン・イリチの著書の中で、“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”と述べられている。ブラインドマラソンをこれにあてはめて考えると、ひもを介したコミュニケーションにおいて共鳴し両者の自律性が保たれている状態であるため自立共生の要素を満たしていると考えられる。

#### 2.4 ブラインドマラソンと自立共生

ブラインドマラソンと自立共生を考えたときに、〈ひも〉が重要な役割を担っていると考えられる。ブラインドマラソンにおいてひもで両者がつながるメリットとして挙げられるのが、相手に押しつけすぎないということである。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。もし棒や金属などの固いものとつながると、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。また、ひもはピンと張った状態のときに力が伝わり、だら



図 3 I-to-Te の外観

んと垂れているときには力は伝わらないため、相手の自律性を奪わずにゆるやかに制約し合うことで、一体となって走っているのである。ブラインドマラソンにおいて、ひもがもつ「ゆとり」が重要な役割を果たしているのである。

ブラインドマラソンでは、ひもでつながるというシンプルな関わりを通して、両者の自律性を保ちながらも一体となって走っていて、このような自立共生的な関わりは人とロボットにおいても有効なものと考えられる。

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 (いとて) を構築し、人とロボットがひもでつながりながら一緒に歩いたときの両者の関係について調査した。

### 3 I-to-Te とその構成

#### 3.1 コンセプト

図 3 に I-to-Te の外観を示す。人と I-to-Te が〈ひも〉でつながり互いにゆるやかに制約しあい、人が進みたい方向にひもを引っ張ることもあれば、I-to-Te が行こうとしている方向へ委ねることもあるような関係を目指した。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、後述する相互主体性の中で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。

#### 3.2 システム構成

##### 3.2.1 ハードウェア

ハードウェアは図 4 のように構成されている。移動機構として iRobot 社の Create3<sup>i</sup> 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(YDLIDAR T-mini Pro<sup>ii</sup>) が付けられている。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、進行方向に向くようになっている。また、すべての機構は Intel 社の小型 PC の NUC を用いて制御されている。また、移動機構と頭部をつなぐ胴体部にはばねを用いて接合することで、I-to-Te が動くたびにばねによりぶるぶる揺れ、生物的意志を感じさせる動き(=*biological motion*[10])になるよう設計した。

<sup>i</sup> : <https://edu.irobot.com/what-we-offer/create3>

<sup>ii</sup> : <https://www.ydlidar.com/products/view/22.html>

### 3.2.2 ソフトウェア

ソフトウェアは図 5 のように構成されている。OS は ubuntu 22.04 上で ROS2 Humble<sup>iii</sup>で動作している。移動方向決定ノードで I-to-Te の進行方向を決め、ひもで引っ張られた際は Joystick のデータを移動方向決定ノードに反映させている。2D Lidar で得たスキャンデータから障害物検知ノードで障害物があれば回避するよう反映する。最終的な移動命令を車輪モータおよび頭部モータに反映する。

### 3.3 インタラクシオンデザイン

図 6 に I-to-Te の実装概要を示す。I-to-Te には相互主体性を実装し、人の合図した方向に動く時もある。I-to-Te の進みたい方向に進む時もある。「人の合図した方向に動く時」は、基本はまっすぐ進み、人側からひもを引っ張られることで Joystick から方向を感知し移動に反映する。「I-to-Te の進みたい方向に進む時」は、前方方向-90° ~90° にランダムに 2 秒ごとに決定し進む。相互主体性の実装では、「人の合図した方向に動く時」と「I-to-Te の進みたい方向に進む時」の実装が 4~6 秒ごとに切り替わる。

また、頭部は最終的に I-to-Te が進む方向を向くため、人側は I-to-Te がどの方向に進もうとしているのかを把握することができる。進行方向を随時見ながら進むことで、“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ろうと捉える姿勢” (=志向的な構え[11])を引き出す。「人の合図した方向に動く時」には、I-to-Te の顔は基本はまっすぐ前を見ながら進み、人からひもを引っ張られるとその方向に顔が向く。「I-to-Te の進みたい方向に進む時」ではランダムに随時決定された方向に顔が向く。

障害物を感知すると障害物がない方へ回避するように実装をしており、周囲の自然環境との関わり方が人間と同じ、もしくは似ていることによる“関係としての同型性” [12][13] が I-to-Te の生き物らしさを生み出す。人と一緒に前を向きながら歩き、目の前の状況を共有し(共同注視[14])、二者の間で共通な物・事象がある関係「三項関係」[15]の中でお互いの志向性を調整しあう関係を目指す。

## 4 実験

### 4.1 実験目的

本実験では、人とロボットがひもでつながり両者の主体性を保ちながら一緒に歩いたときに、人にど

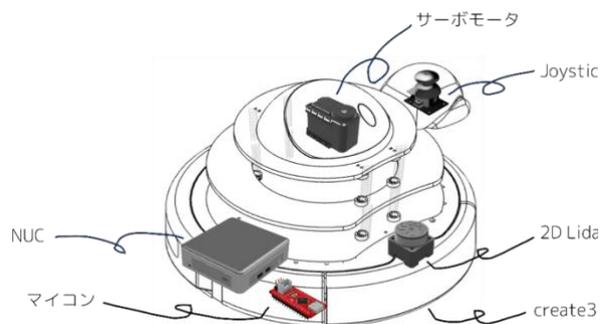


図 4 I-to-Te のハードウェア

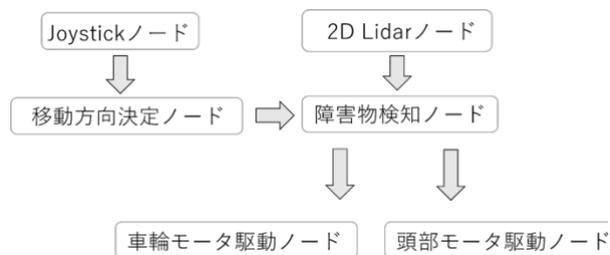


図 5 I-to-Te のソフトウェア

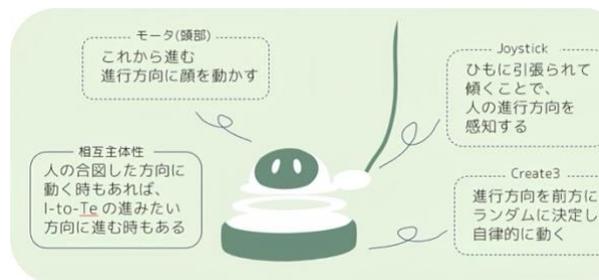


図 6 インタラクシオンの概要

のような印象を与えるのかを検証することを目的とした。案内ロボットと人との関係のようにどちらか一方に主体性があるのではなく、両者に主体性を持たせ、相互主体的な関係を築くことで、人は有能感がありながら生き物と一緒に歩いているように自然な感覚になるのではないかとという仮説を検証した。

### 4.2 実験方法

#### 4.2.1 実験概要

図 8 に、実験フィールドを示す。実験参加者には、部屋の決められたエリアの中を自由に 5 分間一緒に歩いてもらい、3 条件で実験し、それぞれで 7 段階評価の質問紙にて印象評価を行った。I-to-Te と一緒に歩くにあたって、目的地(ゴール)は設定せずに、周囲に展示物が置いてある部屋の中を I-to-Te と一緒に

<sup>iii</sup> : <https://docs.ros.org/en/humble/index.html>



図 8 実験フィールド

表 1 実験条件

条件名	条件の説明
人主体条件	人の介入がない限りまっすぐ進む。左右どちらかにひもを引っ張られるとその向きに方向を変える。その結果、I-to-Te は人の合図した方向に進む。
ロボット主体条件	進行方向を I-to-Te がランダムに決定して進む。人の合図には反応しない。その結果、I-to-Te が進行方向をランダムに随時決定して進み、それに人はついていく。
相互主体条件	人主体の実装とロボット主体の実装が 4~6 秒ごとに切り替わる。その結果、人の合図した方向に進む時もある、I-to-Te の進みたい方向に進むときもある。

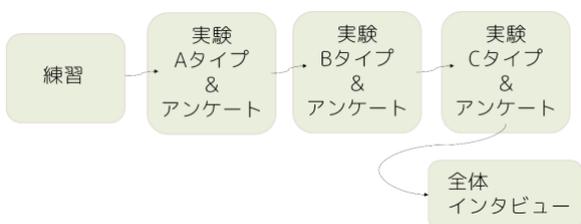


図 7 実験手順

自由に散策してもらうことを目的として、このような環境に設定した。

分析方法は一元配置反復測定分散分析および事後検定として Holm 法で多重比較を行い、有意差の有無を調べた。ただし、事前に球面性検定を行い、球

面性が仮定できない場合は Greenhouse-Geisser 推定による補正を行った。有意水準は 5% 未満とした。実験参加者数は 19 人 (平均 22.0 歳、標準偏差 2.13) で実験を実施した。

#### 4.2.2 実験条件

表 1 に、実験条件を示す。I-to-Te と一緒に歩くに当たり、主体性を変化させた 3 つの条件を設定した。

#### 4.2.3 実験手順

図 7 に、実験手順を示す。最初の練習フェーズでは、ひもを介した歩行方法についてデモと口頭にて、「ひもでの合図の仕方」、「引っ張る強さ」、「立ち位置は I-to-Te の左横に立ってもらう」ということを教示した。練習は相互主体条件で実施し、実験参加者が不安を感じなくなるまで(最大 15 分)行ってもらった。

実験では I-to-Te と一緒に散策してもらうことを目的とし、実験フェーズに移る際に実験参加者が実験に参加するに当たり、タスクの内容や目的に対して直感的にイメージを持ってもらうため、「犬と散歩をするような感じで I-to-Te と歩いてください」と伝えてから実験を行った。また、以下の 3 つのタイプで実験を行うことを伝え、各実験前に、これから行うタイプを伝えた。なお、実験参加者ごとにタイプの順番は入れ替え、なるべくすべての組み合わせになるように実施した。

- ・人主体条件：「人の合図した方向に動くタイプ」
- ・ロボット主体条件：「ロボット自身で動くタイプ」
- ・相互主体条件：「人の合図した方向に動く時もある、ロボット自身で動く時もあるタイプ」

#### 4.2.4 質問項目

各実験条件での I-to-Te とのコミュニケーションに対して、2 種類の質問項目を用意した。いずれも、7 段階 (1: 全くそう思わない - 2: そう思わない - 3: あまりそう思わない - 4: どちらともいえない - 5: 少しそう思う - 6: そう思う - 7: とてもそう思う) で評価を行った。

表 2 に、主観評価のための質問項目を示す。実験参加者がどのように感じたのかを、疎通性、主体性、有能感、満足感に関する質問を用意し評価を行った。

表 3 に、形容詞対による質問項目を示す。ロボットにどのような印象を抱いたのかを、生き物らしさ、好ましさ、活動性、協調性に関する形容詞対を用意し評価を行った。

表 4 に、口頭インタビューの質問内容を示す。

表 2 主観評価アンケートの質問項目

カテゴリ	番号	質問文
疎通性	Q1	I-to-Te の行きたい方向があなたに伝わってきた
	Q2	あなたの行きたい方向が I-to-Te に伝わっていた
	Q3	I-to-Te と心が通っているように感じた
主体性	Q4	あなたは I-to-Te に誘導されていた
	Q5	あなたが I-to-Te を誘導していた
	Q6	あなたは I-to-Te とお互いの北師を自然に調整できた
有能感	Q7	あなたは自身の能力を十分に発揮できた
	Q8	あなたは自身の動作に対して自信を持てた
満足感	Q9	I-to-Te といっしょに楽しく歩くことができた
	Q10	また I-to-Te と一緒に歩きたいと思った
	Q11	体感時間は短く感じた

表 3 形容詞対の質問項目

カテゴリ	番号	質問文
生き物らしさ	Q1	機械的な - 生物的な
	Q2	偽物のような - 自然な
	Q3	意思を持たない - 意思をもっている
好ましさ	Q4	親しみにくい - 親しみやすい
	Q5	冷たい - 暖かい
	Q6	つまらない - おもしろい
活動性	Q7	無気力な - 意欲的な
	Q8	内向的な - 外交的な
	Q9	不活発な - 活発な
協調性	Q10	従順な - 強情な
	Q11	柔らかい - 硬い
	Q12	素直な - わがままな

#### 4.3 実験結果

図 9 と図 10 に、主観評価アンケートと、形容詞対のアンケート結果を箱ひげ図で示す。なお、箱ひげ図について、箱部(四分位範囲)は分布全体の 50 % を指し、ひげの上限を「第三四分位数 + 1.5 × 四分位範囲」、ひげの下限を「第一四分位数 - 1.5 × 四分位

表 4 インタビューの質問項目

番号	質問文
Q1	A、B、C の 3 つのタイプと一緒に歩いてみて違いはわかりましたか
Q2	それぞれにどのような印象や違いがありましたか
Q3	一番良いと思ったのはどのタイプですが、それはなぜですか
Q4	一番良くなかったのはどのタイプですか、それはなぜですか

範囲」とし、平均値をバツ印で、中央値を横線で示している。

図 11 と図 12 に、インタビューでの Q3、Q4 の回答結果を示す。

## 5 考察

### 5.1 主観評価アンケート

図 9 に示した疎通性に関する質問(Q1、Q2、Q3)では、Q1、Q3 で相互主体条件が人主体条件との間に有意差がみられ、Q2、Q3 で相互主体条件がロボット主体条件に対して有意差がみられた。人主体条件は人の意思が I-to-Te に反映することを感じやすいため、Q2 では高いスコアだが Q1 では最も低いスコアとなった。同様に、ロボット主体条件では人の意思の反映は感じにくくロボットのみ主体性があるため、Q1 では高いスコアだが Q2 では最も低いスコアとなった。一方で相互主体条件では、Q1、Q2 の両方で比較的高いスコアにあり、Q3 の「I-to-Te と心が通っているように感じた」では最も高いスコアの傾向となった。このことから、相互主体条件ではお互いの行きたい方向をすり合わせる中で心のつながりを感じていたと考えられる。

主体性に関する質問(Q4、Q5、Q6)では、3 条件の間に有意差がみられた。相互主体条件が Q4、Q5 ともに他の条件と比べて中間のスコアであり、Q6 の「あなたは I-to-Te とお互いのペースを自然に調整できた」では高い値となった。このことから、相互主体条件では協調性のバランスが取れていて、一緒に歩くうえにおいて自然らしさが満たされていたことがわかる。

有能感に関する質問(Q7、Q8)では、人主体条件と相互主体条件が高い傾向にあり、人の意思が I-to-Te のふるまいに反映されたことを通じて有能感を感じていたと考えられる。

満足感に関する質問(Q9、Q10、Q11)では、相互主体条件が人主体条件とロボット主体条件との間に有意差がみられ、高い値となった。双方向に意思のやり取りを行いながら歩いたことで、人の内面が満たされる感覚につながったと考えられる。

## 5.2 ロボットの印象に関する形容詞対

図 10 に示した生き物らしさの印象に関する形容詞対(Q1、Q2、Q3)では、特に Q1、Q3 でロボット主体条件と相互主体条件が人主体条件との間に有意差がみられ評価が高く I-to-Te の自律的なふるまいが生き物らしさを感じさせたと考えられる。

好ましさに関する形容詞対(Q4、Q5、Q6)では、相互主体条件と他の 2 つの条件との間に有意差がみられ評価が高かった。相互主体条件では疎通性や協調性の取れた中で人と I-to-Te との間に信頼関係が築かれ、一緒に歩いている感覚が生じていたのではないかと考えられる。

活動性に関する形容詞対(Q7、Q8、Q9)では、ロボット主体条件と相互主体条件が人主体条件との間に有意差がみられ、評価が高く、I-to-Te の自律的なふるまいが活動的な印象を感じさせたと考えられる。

協調性に関する形容詞対(Q10、Q11、Q12)では、特に Q10、Q12 で 3 条件の間に有意差がみられ、相互主体条件が中間の値となった。このことから、相互

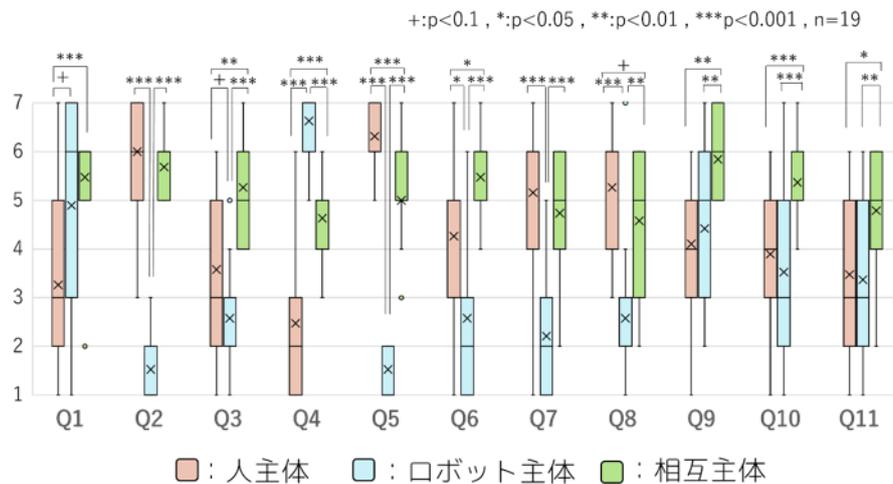


図 9 主観評価アンケートの箱ひげ図

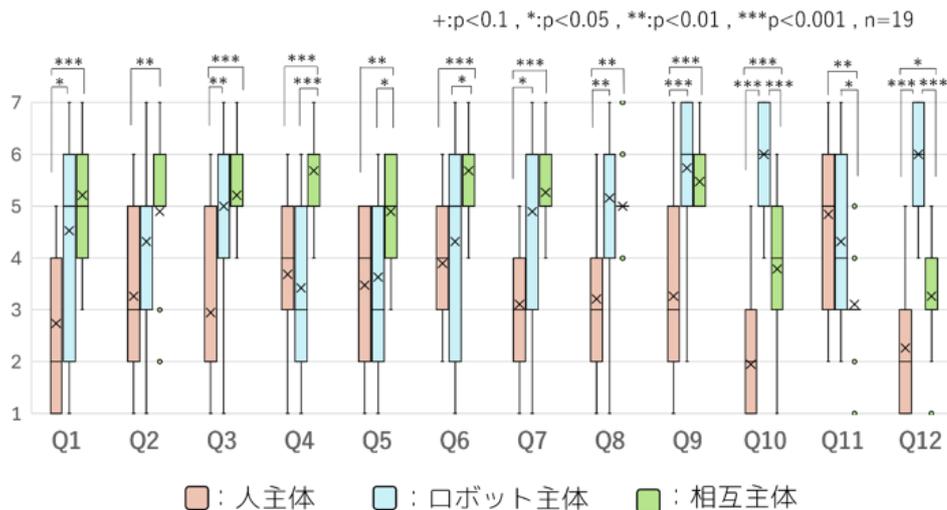


図 10 形容詞対の箱ひげ図

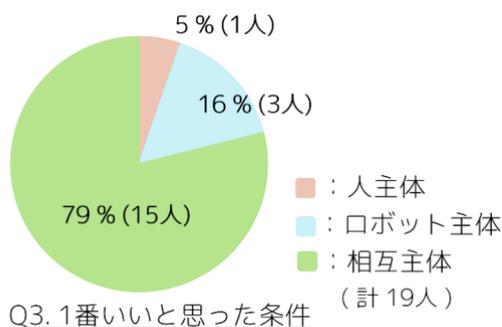


図 11 インタビュー結果(Q3)

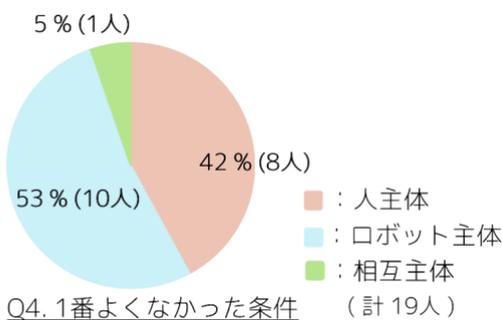


図 12 インタビュー結果(Q4)

主体条件で協調性の印象においてバランスが取れていて、I-to-Te の相互主体的なふるまいが協調性のある印象へとつながったと考えられる。

### 5.3 インタビュー回答

インタビューの回答では、人主体条件の時には、「機械的な感じ」、「ラジコンみたい」、「一緒に歩いている感がなかった」といった回答がみられ、人主体条件では一緒に歩いている感覚は感じにくく操作している感覚が強かったと考えられる。ロボット主体条件についてのインタビューの回答では、「我が強い」、「見守ってる感じ」、「引っ張られてる感じ」といった回答がみられた。ロボット主体条件では、活動性が高い印象があるが協調性においてバランスが取れていない、人は有能感を感じにくく I-to-Te についていってる感覚が強かったと考えられる。相互主体条件のインタビューの回答では、「懐いた犬」、「1番自然な感じ」、「一緒に歩いている感覚」といった回答がみられた。相互主体条件では、どちらが「誘導する-誘導される」といった明確な役割の線引きがなく、お互いに行きたい方向をすり合わせながら歩き、両者の主体性が保たれた状態であったことがわかる。

図 11 に示したように、「1番いいと思った条件」では相互主体条件と答えた人が1番多かった。人主

体条件では人が一方的に誘導し、ロボット主体条件では主についていく印象が強い中で、相互主体条件では I-to-Te 自身で自由に動きながらも時折、人の意思も反映されるため、疎通性が高まり、主体性のバランスに好ましい印象を抱いていたと考えられる。

図 12 に示したように、「1番よくなかった条件」では人主体条件とロボット主体条件と答えた人でほぼ半数だった。人主体条件とロボット主体条件はいずれも主体性が一方的となり、一緒に歩くうえで不自然な印象を与えたと考えられる。

## 6 まとめ

本研究では、今後の人とロボットの共生に向けた両者の関係において、互いの主体性を保ちながらもゆるやかに制約しあうような自立共生的な関係を提案するため I-to-Te を構築した。

評価実験では、人とロボットがひもでつながり両者の主体性を保ちながら一緒に歩いたときに、人にどんな印象を与えるのかを検証した。生き物らしさの印象はロボット主体条件と相互主体条件で高かったが、そのうち相互主体条件では主体性や協調性においてバランスが取れていたことが確認された。人主体条件では一緒に歩いている感覚は感じにくく操作している感覚が強かったと考えられる。ロボット主体条件では、活動性の印象が高くなったが協調性においてバランスが取れていない、人は有能感を感じにくく I-to-Te についていってる感覚が強かったと考えられる。相互主体条件では、どちらが「誘導する-誘導される」といった明確な役割の線引きがなく、お互いに行きたい方向をすり合わせながら歩き、両者の主体性が保たれた状態であったことがわかる。両者の主体性が保たれたことで、意思の疎通や親しみやすさが高まり信頼関係が築かれ、人は有能感をもちながら、自然らしく生き物と一緒に歩いているように感じていたと考えられる。

今後の展望としては、I-to-Te の人を慮った動作の精度を上げることが考えられる。現状では、I-to-Te には一緒に歩いている人のことを見る動作は実装していない。また、I-to-Te の自律的な動作についても、ランダムに進行方向を随時決定しているだけであり、I-to-Te に何か意図があるように見せかけているに過ぎない。建物内の部屋や廊下のマップ情報を活用できれば、I-to-Te に意図を持たせたり、人の意図をくみ取り、それを動作に反映することで人を慮った動作の精度を上げることにもつながる。I-to-Te の応用例としては、高齢者施設で I-to-Te を運用し、普段あまり部屋から出ずに運動をしたがらない高齢者が、I-to-Te があることで施設内を一緒に散歩するように

なり結果として体の健康と心の健康につながっていくようなことを想定している。そのような応用を実現するためにも、人を慮った動作の精度を上げていき、人とロボットにおける自立共生的な社会を目指していきたい。

## 謝辞

本研究の一部は、科研費・基盤研究(B)「自律性と操作性をあわせ持つパーソナルビークルの構築とその療育支援への応用」、および基盤研究(C)「人とロボットの〈相互主体的な関係〉を目指した構成論的・分析的手法によるモデル構築」により行われた。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 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.279-29, 2019.
- [2] 高木啓伸, 村田将之, 佐藤大介, 田中俊也, 藪内智浩, 粥川青汰, 木村駿介: 自律型視覚障がい者ナビゲーションロボットの普及を目指して, 会誌「情報処理」Vol.63, No.11, pp. d12-d29, 2022.
- [3] Carroll, T.: Blindness What It Is, What It Does and How to Live, Little Brown & Co, 1961.
- [4] Boelhouwer, A., Dijk, J.v., and Martens, M.H.: Turmoil Behind the Automated Wheel, HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems, Vol. 11596, pp.3-25, 2019.
- [5] 岡田美智男: 『ロボット: 共生に向けたインタラクション』, 東京大学出版会, 2022.
- [6] エクスキュル, クリサート (日高敏隆, 羽田節子訳): 『生物から見た世界』, 岩波書店, 2005.
- [7] 伊藤亜紗, 『手の倫理』, 講談社, 2020.
- [8] 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.
- [9] 渡邊淳司, ドミニク・チェン: わたしたちのウェルビーイングをつくりあうために その思想、実践、技術, ビー・エヌ・エヌ新社, 2020.
- [10] Balkemore, S.-J., Decety, J.: From the perception of action to the understanding of intention, Nature Reviews Neuroscience, Vol. 2, pp.561-567, 2001.
- [11] Dennett, D.C.: Kinds of Minds: Towards an Understanding of Consciousness, Basic Books, 1996.
- [12] 林直樹, 深町建太, 岡田美智男: 〈マコので〉: 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,

ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016 論文集, pp.831-834, 2016.

- [13] 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.1, pp.743-751, 2009.
- [14] Moore, C., Dunham, P.J.: Joint Attention: Its Origins and Role in Development, Psychology Press, 1995.
- [15] Tomasello, M., Moore, C., Dunham, P.: Joint Attention as Social Cognition; Its Origins and Role in Development, pp.103-130, 1995.