

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20376

研究課題名(和文)人とロボットの 相互主体的な関係 を実現する能動性を含む相互適応モデルの構築

研究課題名(英文) Designing Mutual Adaptation Model with Activeness for Constructing Inter-subjective Relationship between Human and Robot

研究代表者

長谷川 孔明 (Hasegawa, Komei)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30816210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人とロボットの間で 相互主体的な関係 を築くことを目指す。人と視線を交わし並んで歩くロボット Walking-Bones を用いてフィールドワークを行った。ロボットの周囲で一緒に歩く子供たちの様子をビデオで撮影し、行動分析を実施した。分析の結果、高学年は離れた距離からロボットを観察し、低学年はロボットに近づき接触を伴う行動が多く見られることが明らかとなった。また、子供たちがロボットの頭をなでたり、ロボットの進路にある障害物を移動させるなどの行動が多く見られた。これらの他者を思いやる行動は向社会的行動と呼ばれ、相互主体的な関係を築く上での重要な要素であると考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人同士は自己の主体を押し出しながらも相手の主体を受け入れる 相互主体的な関係 のなかで生きている。一方、人と機械やロボットの関係は、人が一方的に機械に要求を押し付け実行させることがほとんどである。本研究では、人とロボットの間でも相互主体的な関係を築くことを目指す。本研究の結果では、子どもたちからロボットを思いやる向社会的行動が観察された。また、子供の学年により向社会的行動の種類が変わることも明らかとなった。これらの分析結果は相互主体的な関係を築く上での重要な要素であると考えている。

研究成果の概要(英文)：This study aims to establish a "mutually proactive relationship" between humans and robots. Fieldwork was conducted using "Walking-Bones," a robot that walks side-by-side with a person while exchanging glances. Children walking together around the robot were videotaped and their behavior was analyzed. The analysis revealed that the older children observed the robot from a distance, while the younger children approached the robot and showed more contact behavior. In addition, many behaviors were observed, such as children patting the robot on the head and moving obstacles in the robot's path. These behaviors of caring for others are called "prosocial behaviors" and are considered to be an important element in establishing a mutually proactive relationship.

研究分野：Human Robot Interaction

キーワード：ヒューマンロボットインタラクション Human Agent Interaction ヒューマンエージェントインタラクション 向社会的行動 三項関係

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

人は相互主体的な関係のなかで生きている。

乳幼児教育の心理学者 鯨岡によると、1歳ごろまでの乳児は親に一方的に主体(欲求や感情)をぶつける存在であるが、幼児期になると自分の主体を押し出しながらも親の主体(欲求や感情)を受け入れる関係を築き始める。うまく互いの主体を受け止め合うことができると、主体を共有した行為(例えば、言葉などで明示的に目的地を共有する必要なく、二人で互いの行きたいところを察しあって一緒に並んで歩けたり)ができる。これは親と子の関係だけに限らない。大人同士であっても互いに主体を押し出しながらも受け入れる相互主体的な関係のなかで生きている。

ここで、人とロボット(機械やシステム)の関係に目を向けてみると、人は自分の欲求をスイッチや言葉を介してロボットに伝え、ロボットはそれをいかに正しく認識し、正確かつ迅速に作業をこなせるようにするかということばかり着目されてきた。これは人がロボットに一方的に主体をぶつけている関係である。現在、ロボットは複雑・高度化し、自動運転車のような自律的な(主体を持つとも考えられる)ロボットが人の生活に入り込んできている。このような背景のなか、人とロボットの関係にも、人同士のような相互主体的な関係が求められる時代が訪れることは予想に難くない。

### 2. 研究の目的

人同士は自己の主体を押し出しながらも相手の主体を受け入れる相互主体的な関係のなかで生きている。一方、人と機械やロボットの関係は、人が一方的に機械に洋弓を押し付け実行させることがほとんどである。本研究では、人とロボットの間でも相互主体的な関係を築くことを目指す。具体的には、人に合わせて挙動を変化させて調整していく相互適応モデルを拡張し、人に合わせるだけでなくロボット側からも自己を主張する、能動性を含んだ相互適応モデルを構築するを本研究の目的とする。

### 3. 研究の方法

人とロボットの相互主体的な関係の研究方法として、構成論的アプローチと実証実験での行動分析を行う。構成論的アプローチとは、対象(この場合はロボット)を作って動かすことにより理解する手法である。構成論的アプローチによりロボットのプロトタイプを作成し、実際のフィールドで人々とロボットのやりとりを分析することで相互主体的な関係の解明と構築を目指す。

状況設定とロボットの設計はミニマルデザインに則って行う。ミニマルデザインとは、必要最低限の本質的な要素だけを残し、複雑な副次的な要素は除くことで、シンプルなデザインに収める手法である。本研究ではシンプルに、原始的かつ現在の人同士でも行われるコミュニケーションに着目し、人とロボットが並んで歩く状況を設定する。また、「事前に主従の役割や目的を規定しない」状況として、親子やパートナーが宛もなく公園などを散歩している状況を想定している。

上記の問題設定を対象として2種類のロボットを構築して研究を行う。一つは、人とロボットが手をつないで並んで歩く状況を想定したマコノテというロボットで、移動と手の引っ張りあいと、二者間で互いを受け入れあうことでスムーズに歩くことを目指すロボットである。2つ目は、周囲をキョロキョロ見回しながらヨタヨタと歩くWalking-Bonesというロボットで、周囲で歩く人と視線を交わして並んで歩く状況を想定している。

### 4. 研究成果

構成論的アプローチとして、マコノテとWalking-Bonesの2種類のロボット



図1 Walking-Bones

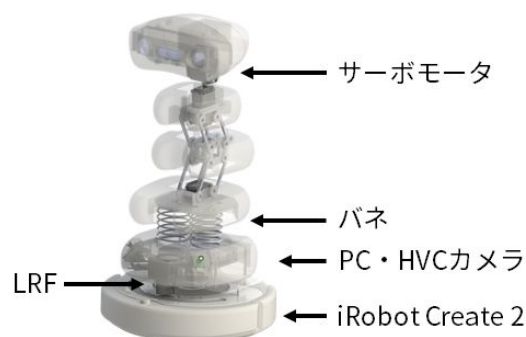


図2 Walking-Bones 3DCAD 図

表1 身体距離タグ一覧

タグ名	定義	該当パーソナルスペース
IC	抱きつける距離	密接距離近接相
IF	相手に触れられる距離	密接距離遠方相
PC	どちらかが手を伸ばすだけでは届かない距離	個人距離近接相
PF	両者が手を伸ばせば届くか届かないかという距離	個人距離遠方相
SC	知らない人と話をする距離	社会距離近接相
SF	ビジネスライクな会話をするような距離	社会距離遠方相

表2 行動タグ一覧

タグ名	定義
顔を覗く	Walking-Bones の顔を覗き込む行動。単に顔を向けるものではなく、身を乗り出す・しゃがむ・上半身を横に傾げるといった、覗き込むために顔以外の動作を伴うもの。
顔以外を覗く	Walking-Bones の体の内部や足元などを覗き込む行動。単に顔を向けるものではなく、しゃがむ・上半身を横に傾げるといった、覗き込むために顔以外の動作を伴うもの。
進路を開ける	Walking-Bones の進路を開ける行動。進路から自身の身を引く、進路上の障害物を進路外に移動させるなど。
進路を塞ぐ	Walking-Bones の進路を塞ぐ行動。前方の近距離で立ち止まる、障害物を進路上に移動させるなどの行動。
頭をなでる	Walking-Bones の頭をなでる行動。頭に静止させた手を置き続ける行動や、ごく短時間頭に触れる行動も含む。
顔以外をなでる	Walking-Bones の体や足元をなでる行動。顔以外の外装に触れ続ける行動や、ごく短時間触れる行動も含む。
歩行模倣	Walking-Bones が左右の足を踏み出すリズムに合わせて自身も足踏みする行動。
体の動きの模倣	Walking-Bones の体の揺れを模倣する行動。
投機的探索	反応をうかがうために Walking-Bones の顔の前で行う行動。顔の前で手を振る、手に持ったものを顔の前にかざして見せるなどの行動。
他者の模倣	他の参加者の行動を模倣する行動。他の参加者の歩行模倣を見た直後に歩行模倣を行うなどの行動。
他者に話す	他の参加者に対して話す行動
他者をとがめる	他の参加者に対して、その参加者の行動をとがめるような行動。他の参加者が Walking-Bones の顔の前に出した手を払いのける、進路を開けるように身振りを行うなどの行動。

の構築を行った。その中でも、人と視線を交わし並んで歩くロボット Walking-Bones を用いてフィールドワークを行った。Walking-Bones の外観を図1、ハードウェア構成を図2に示す。

フィールドワークは愛知県にある田原市立野田小学校で行った。普段生活している小学校という環境により、環境を起因とする緊張等が無い状態でフィールドワークが実施できると考え、小学校をフィールドとして選んだ。小学5年生15人と、小学1,2年生の合同グループの28人が参加した。ロボットの振る舞いの違いにより子どもたちの反応が変わることを期待し、ロボットの動作条件として2種類を用意し実施した。ロボットの動作条件の条件は、人の顔を認識して人のいる方向に頭を向けたり近づいたりする「人反応条件」と、人の顔を認識せず近寄る行動も行わない「人無視条件」である。

ロボットの周囲で一緒に廊下を歩く複数の子供たちの様子をビデオで撮影し、そのビデオをもとに子供たちの行動を動画アノテーションソフト ELAN を用いてラベル付けし、行動を分析した。

行動分析では、ロボットと子供の距離を表す身体距離タグと、子供の行動を表す行動タグを選定しラベル付を実施した。本分析で使用した身体距離タグの一覧を表1、行動タグを表2に示す。

身体距離タグに関する行動分析の結果を図3に示し、学年と身体距離の関係を表すクロス統計表を表3に示す。身体距離の割合から、子供の学年の違いによりロボットとの距離のとり方が異なり、5年生は離れた距離からロボットを観察する傾向が強く、1,2年生はロボットに近づいていることが多いことが明らかとなった。

行動タグの分析結果を表4と表5に示す。5年生は直接ロボットに触れるのではなく、遠くで観察しながら歩行模倣をすることが多く、それに比べて1,2年生はロボットの頭をなでるような直接ロボットに触れる行動が多く見られた。また、ロボットの動作条件により、「人反応条件」では学年に関わらず子どもたちがロボットの顔を覗き込む行動が多くなった。

またその他の観察で見られた行動として、ロボットの歩行ペースに子供たちがペースを合わせたり、ロボットの進路にある障害物を子供たちが移動させて衝突しないようにしてくれるなど、

人側からロボットに合わせる行動が多く見られた。今回見られた頭をなでたり、障害物を移動させるような他者を思いやる行動は向社会的行動と呼ばれ、相互主体的な関係を気づく上での重要な要素であると考えている。

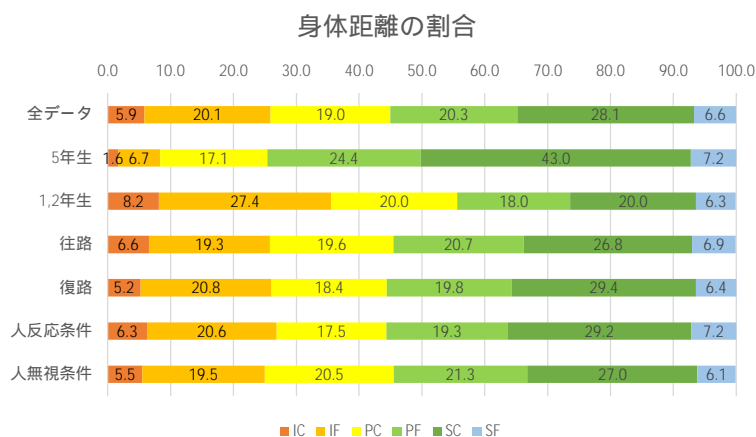


図3 身体距離の割合

表3 学年-身体距離のクロス統計表

	IC	IF	PC	PF	SC	SF	合計
5年生	1.6(4.9)	6.7*(17.0)	17.1(18.6)	24.4(21.2)	43.0*(31.5)	7.2(6.8)	100
1,2年生	8.2(4.9)	27.4*(17.0)	20.0(18.5)	18.0(21.2)	20.0*(31.5)	6.3(6.8)	99.9
合計	9.8	34.1	37.1	42.4	63.0	13.5	199.9
p値	0.141	0.012	0.729	0.488	0.041	0.859	

\*:  $p < .05$  ( )内は期待度数を表す

表4 行動タグ-学年の残差検定結果

	頭をなでる	歩行模倣
5年生	0.7*[s]	14.3*[s]
1,2年生	14.8*[s]	7.8*[s]
p値	0.0065	0.0003

\*:  $p < .05$

表5 行動タグ-振る舞い条件の残差検定結果

	顔を覗く	進路を塞ぐ	他者の模倣	体の動きの模倣
人反応条件	8.9*[s]	6.7[s]	0.0[s]	0.2[s]
人無視条件	2.6*[s]	1.5[s]	2.9[s]	4.0[s]
p値	0.039	0.053	0.092	0.061

\*:  $p < .05$

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 平井 一誠、植野 慎介、長谷川 孔明、大島 直樹、岡田 美智男	4. 巻 23
2. 論文標題 Walking-Bones:子どもたちは移動ロボットとどう関わるのか？小学校でのフィールドワークに基づく行動分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 255 ~ 266
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.23.3_255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 平井 一誠、植野 慎介、長谷川 孔明、岡田 美智男
2. 発表標題 Walking-Bones に子どもたちはどう関わるのか？ 小学校でのフィールドワークとその近接学的分析
3. 学会等名 HAIシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Komei Hasegawa, Michio Okada
2. 発表標題 Mako-no-te: Investigating Intersubjectivity with Side-by-Side Walking Robot
3. 学会等名 the 7th international conference on Human-Agent Interaction (HAI '19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平井一誠、長谷川孔明、大島直樹、岡田美智男
2. 発表標題 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
3. 学会等名 HAIシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村 綜次郎, 中園 健児, 大島 直樹, 長谷川 孔明, 岡田 美智男
2. 発表標題 ロボットなの?クルマなの?自律性と操作性をあわせ持つパーソナルビークルの提案
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中園 健児, 上村 綜次郎, 長谷川 孔明, 大島 直樹, 岡田 美智男
2. 発表標題 生き物らしさや社会性を備えたパーソナルビークル RunRu の提案
3. 学会等名 HAIシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関