

[研究助成 (C)]

複数の子ども同士のふれ合い創出に向けた人型ロボットの 対人距離調整能力構成法

Robot system design of bringing children closer to create interactions among them

2197004



研究代表者

東京大学大学院 学際情報学府

博士課程

東風上 奏 絵

[研究の目的]

人と社会的に関わるソーシャルロボットの研究が加速する現代において、子どもとの長期的なふれ合いの中で、周囲の子どもとうまく関われない子どもに寄り添い、子ども同士がコミュニケーションするきっかけを作るロボットの役割が期待される。中でも、子どもとロボットが移動する場面でのロボットによる周囲の子どもとの関わり方を考えることは、子ども達の自然な交流を可能にするため重要である。子どもと移動するロボット周囲での子ども同士のふれ合い発生については、他の子どもがその輪の中に入るのを遠慮する場合がありますと報告者の過去の研究において報告されている。このことは、ロボットの周りで子どもの輪を作るために、ロボットが周囲の子どもに働きかけを行う必要性を示唆している。

そこで本研究では、移動中のロボットに必要な周囲の子ども達への働きかけ方を検討し、子どもとの長期的なふれ合いを想定したシステムとして表現する方法を明らかにすることを目的とする。

[研究の内容, 成果]

1. ロボットの行動デザイン

(1) 独り言を用いた移動時対人距離調整行動

子どもと移動中のロボットが、子ども同士の

輪を作る行動には、直接周囲の子どもに呼び掛けるもの(例:「こっちにおいでよ」と、間接的に呼び掛けるものが考えられる。本研究では、ロボットによるさりげない交流作りを目指して、間接的な呼び掛けに着目する。ロボットが独り言を言うことで、一緒に移動する子どもと周囲の子どもが反応し、交流が始まるという状況を考える。

(2) 子どもと1日を過ごす生活行動

また、ロボットが子ども同士の交流を作るには、まずロボットが長期的なふれ合いの中で子どもと共に生活する仲間として扱われるようになる必要がある。そこで、人にスイッチを押されて起動するのではなく、自ら起床(ソフトウェア起動)して子どもと共に1日を過ごせるようにすることに着目する。ロボットによる生活行動の1つに、移動があると位置づける。

2. ロボットシステム構成

(1) 外部PCを用いたインターフェース層構築

本研究では、家庭や公共空間での使用を想定し開発された人型ロボット Pepper を用いる。複数のセンサ情報を扱い様々な処理を実行する必要性から、外部PCを Pepper に接続し、インターフェース層として、ROSを用いたシステム構築を行う。ROSは分散処理型ロボット用オープンソフトウェアプラットフォームで、要素単位のシンプルなプログラムを組み合わせることでシステム構築が行える。ROSではプロセス

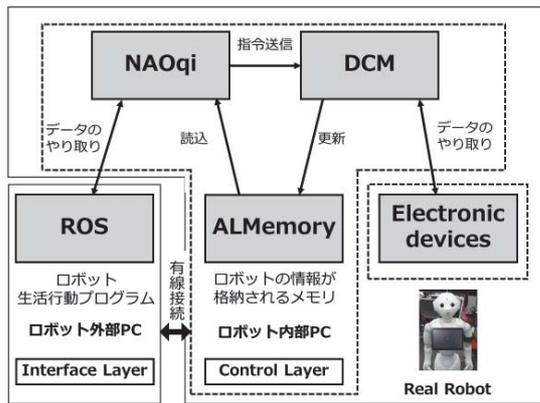


図1 ロボットシステム構成。ロボットの生活行動プログラムとして起動するROSノードはNAOqiとデータのやり取りをする。NAOqiは、ソフトウェアモジュールであるDCMに指令を送信したり、ロボットの情報が格納されるメモリであるALMemoryの情報を読み込んだりする。DCMは、ロボットの電装系とデータをやり取りしたり、ALMemoryに情報を格納したりする。

をノード (node) と呼び、ノード間の通信をトピック (topic), サービス (service), アクション (action) の送受信で行う。

ロボットのシステムは、ロボット本体とロボット頭部にある内部PC, 外付けのロボット外部PCからなる(図1)。内部PCには、元々NAOqiと呼ばれるミドルウェアが搭載されている。内部PCと外部PCを有線接続することで通信が行われ、外部PCにはROSを用いたロボット生活行動プログラム(子どもと1日を過ごす生活行動のためのプログラム)が運用されている。

(2) ロボットの睡眠状態と覚醒状態

ロボットの状態は、睡眠状態(ロボットがサーボオフ, NAOqiとロボット生活行動プログラム終了中)と覚醒状態(NAOqiとロボット生活行動プログラム起動中)に分けられる。起床・就寝行動を通して、睡眠状態と覚醒状態が切り替わる。起床時は、決められた朝の時刻にロボット外部PCでcronが起動する。NAOqiが起動した後、ロボット生活行動プログラムが起動し、ロボットがサーボオンする。就寝時は、決められた夜の時刻にロボット外部PCでcronが起動する。ロボットがサーボオフした後、ロボット生活行動プログラム、

NAOqiの順に終了する。また、昼にも昼寝として20分間睡眠を取る。これらの行動の目的は、人と同じように生活する様子を見せるためであると同時に、ロボット内部・外部PCが長時間起動することで、フリーズするのを防ぐためである。

3. ロボット生活行動プログラムの開発

ロボット覚醒時に起動する、ロボット生活行動プログラムに含まれるノードの関係を図2に示す。この中に含まれる1日の行動制御ノードにより、ロボットの1日の行動が制御される。ロボットは、時間や人の声掛けに応じて行動したり、関節温度状態に応じて休憩したり、就寝前に1日の出来事を日記にしたりする。

声掛けに応じて行う行動の1つに、移動が含まれる。1日の行動制御ノードの中で新たに行われる行動は、全て subprocess で実行される。ロボット生活行動プログラムに含まれるノード

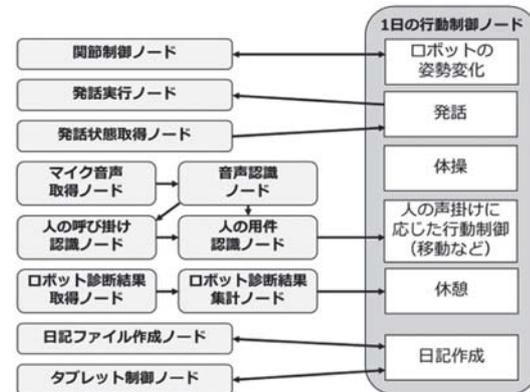


図2 ロボット生活行動プログラムに含まれるノード群

| ノード種類 | パッケージ名 | 使用トピック, サービス, アクション名 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| 関節制御ノード pose_controller | naoqi_pose (pose_manager.launch) | /pepper_robot/pose/ joint_trajectory (naoqi_bridge_msgs:: JointTrajectoryAction型) |
| 発話実行ノード pepper_robot | naoqi_driver (naoqi_driver.launch) | /speech (std_msgs::String型) |
| 発話状態取得ノード naoqi_speech | naoqi_apps (speech.launch) | /speech_status (std_msgs::String型) |
| 音声認識ノード julius_isolated | julius_ros (julius.launch) | /speech_to_text (speech_recognition_msgs:: SpeechRecognitionCandidates型) |
| ロボット診断結果 取得ノード pepper_robot | naoqi_driver (naoqi_driver.launch) | /diagnostic_agg (diagnostic_msgs:: DiagnosticArray型) |
| タブレット制御ノード naoqi_tablet | naoqi_apps (tablet.launch) | /show_app (naoqi_bridge_msgs:: SetString型) |

図3 ロボット生活行動プログラムに含まれるノード種類, パッケージ名, 使用トピック・サービス・アクション名。

のうち、オープンソースとなっているものの詳細を図3に示す。

4. ロボット移動プログラムの開発

(1) 移動行動に関する状態遷移図

移動行動に関する状態遷移図を図4に示す。ロボットは目的地の名前を聞いた後、一緒に立ち止まっている状態から手を引かれた方向に進み、一緒に移動する。移動中には立ち止まる時もあるが、長い間立ち止まっていると、今いる所がどこかを確認し、目的地までの距離に応じた発話をする。その後、目的地に着いたことを知らされ、目的地の思い出について話す。現在地と目的地の思い出を独り言として話すことで、周囲の子ども達が反応し、交流が生まれることを想定している。図5にロボット移動プログラム実行時に起動するノードの関係を示す。

(2) 到達地点ごとの自己位置推定と独り言

ロボットは、一定時間立ち止まった際に、自

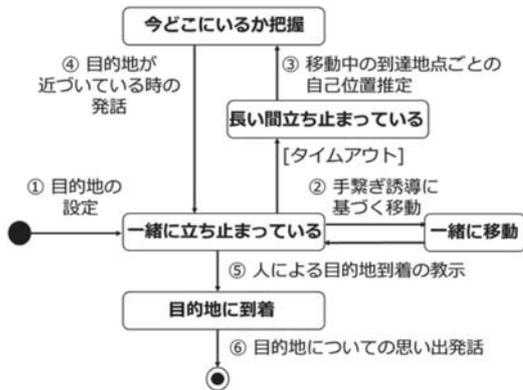


図4 移動行動に関する状態遷移図

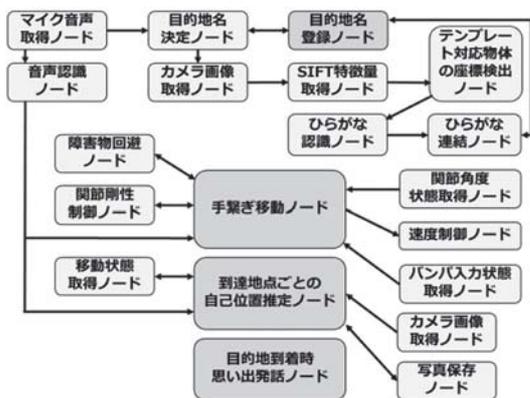


図5 移動プログラムに含まれるノード群

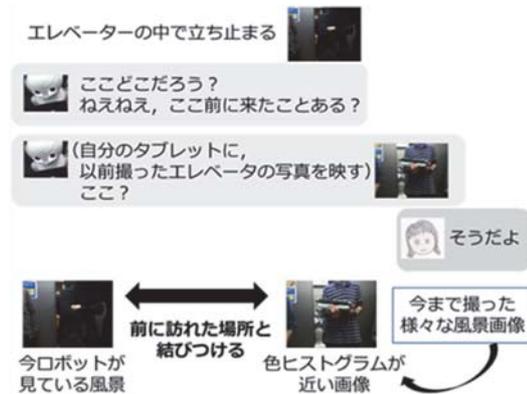


図6 到達地点ごとの記憶に基づく発話

分が今どこにいるかの予測を行う(図6)。まずロボットは、ロボットに取り付けられたカメラを通して写真を撮る。この画像と、事前に蓄えた様々な風景の画像を特徴量を用いて比較し、今いる所がどの風景に近いかを予測する。事前に蓄えた様々な風景の画像には、数字のラベルが振られており、風景ごとに分類されている。一緒に移動する子どもに、今いる場所の写真と、特徴量の近い風景写真を見せ、今いる場所がこの場所と一致するかを尋ねる。特徴量の近い順に画像を見せていき、一致する画像があった場合は、その画像と同じラベルを今撮った画像にも付与する。一致する画像が無ければ、新しいラベルを付与する。本研究では風景ごとの色の違いに着目し、各画像の色ヒストグラムを、バタチャリヤ距離を計算し比較する。

ロボットは、ラベルが付与された地点ごとに自己位置を更新していく。同時に、出発地から目的地の間をラベルが付与された地点で埋め、道順の記録をしていく。

(3) 目的地が近づいている・到着時の発話

ロボットは、以前同じ出発地から目的地に移動したことがある場合、目的地ごとの道順についての記憶を元に、目的地の手前に着いたら目的地が近づいていることを発話で伝える(図7)。目的地に到着すると、ロボットは「誰とこの場所に来たことがあるか」についての記憶を用いて、一緒に移動した経験の記憶に関する発話(例:「ここ先週も来たね」)を行う。

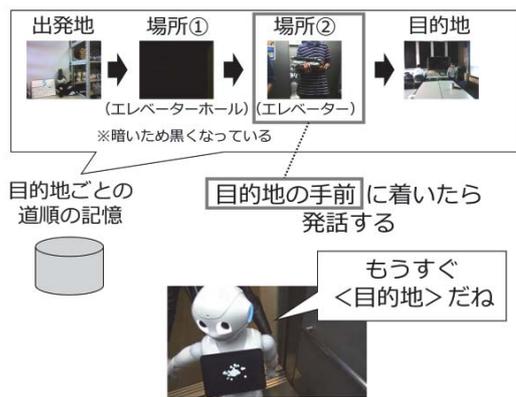


図7 目的地に近づいた時の発話

5. ロボット移動時の周囲の人との交流観察

(1) 大学内での観察実験

提案システムを用いて人と移動を行う Pepper の周りで、どのような人同士の交流が生まれるかを観察した。移動者は報告者で、大学内の3階の会議室と7階の研究室の間を週に一度、計6回往復した。研究室と会議室の間には廊下とエレベーターがあり、エレベーターの待ち時間等も含めてかかった時間は片道約12分だった。観察データには移動中のロボットカメラ画像・録音、報告者のフィールドノートを用いた。

観察の結果、3種類の交流・反応があった。

A. 報告者への声掛けと会話

エレベーター内で報告者に声掛けする人、ロボットに返事する人(例:ここ、前に来たことがある?というロボットの発話に、「賢い。覚えているんだね」などの返答があった)、ロボットの発話に笑う人が見られた。

B. 会話を伴わない手助け

エレベーター乗降時、開ボタンを押し続けてくれる人がいた。

C. 人とロボットが移動する様子に戸惑う発話

報告者らがエレベーターを降りた後や、すれ違う際に複数人の間で戸惑いの声(例:シュール)が発せられる場合があった。報告者と同年代(20代)くらいの集団から発せられた。

報告者が普段1人でエレベーターに乗っても

周囲の人との交流は生まれないが、本研究ではエレベーターの中で知らない人に話し掛けられたり、ロボットの発話に反応する人がいたり、一緒にエレベーターに乗っている人たちの間で笑いが起きたりした。また、直接会話が無くても、報告者とロボットの移動を率先して手助けしてくれる人もいた。周囲の人が報告者とロボットの移動を見守る状況ができていたと考えられる。また、ロボットが過去の記憶に基づき行う発話(例:ここ、前に来たことがある?)に子どもを見守るように返答する人の様子も観察され、ロボットによる独り言に、周囲の人がロボット達の移動を見守る状況を印象づける効果があったと示唆される。一方、観察では20代の大人がロボットと一緒に移動する様子に戸惑う人の様子も観察されたが、子どもがロボットと移動する状況であれば、社会的にも受け入れられやすくなるのではないかと考えられる。

(2) 科学館での観察実験

提案システムを搭載したロボットの周りでの子どもの輪の生じ方を調べるための準備として、科学館(日本科学未来館)でのイベント設計を行った。イベントでは、報告者とロボットが交代で研究紹介を行う。イベントの前に報告者とロボットが展示エリアを移動し、発表会場へ向かう。説明交代は身振りの合図で行う。図8に状態遷移図を示す。発表のためのプログラムは、提案システムでロボットが行う行動の1つとして追加された。今後、発表会場への移動中と発

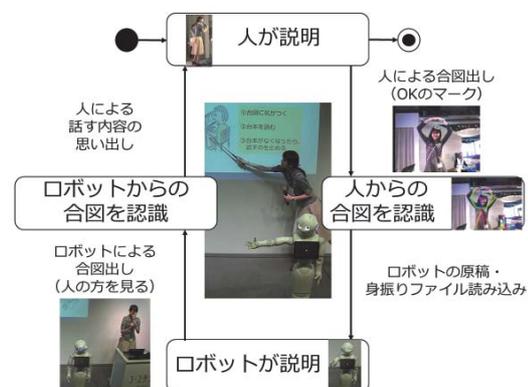


図8 人との合同発表中の状態遷移図

表会場到着時のイベント開始前に、ロボットの行動に応じた子どもの集まり方を詳細に調べていく予定だが、現時点では報告者らと一緒に移動する子ども達の様子が観察されたり、一緒に遊びたい、可愛いなどの子どもの肯定的な意見が得られたりしている。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、ロボットの移動中の独り言に着目し、複数人の子どもの輪を作るロボットシステムの構築を行った。日々を共に過ごせるロボットシステムとしての構築と、不特定多数の子どもが集まる科学館での運用評価に向けた準備を行った。今後の課題は3つある。1つは、対人距離変化やロボット・子どもの行動の連続に着目した子どもの集まり方の詳細な計測、2つ目は、ロボット静止時の子どもの輪の作り方

に関する検討、3つ目は間接的な子どもへの呼び掛け行動への、直接的な呼び掛け行動の追加である。

[成果の発表, 論文等]

- [1] 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸: 人との長期的なふれ合いを目指した人型ロボットの起床・就寝・休息制御を用いたインタラクションシステムの開発, 第37回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3F3-04, 2019.
- [2] 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸: 子どもに分かりやすく伝えることを目指した研究者とロボットの合同研究紹介システムの開発と評価, 第37回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3F3-06, 2019.
- [3] 東風上奏絵, 北川晋吾, 岡田慧, 稲葉雅幸: 手繋ぎ誘導を通じたロボットへの場所指示・移動経路記憶と移動時の周囲の人とのインタラクション評価, 第20回 SICE システムインテグレーション部門講演会講演概要集, 1E1-05, 2019.

優秀講演賞受賞