

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500240

研究課題名(和文)身体性を基盤としたコミュニケーションを通して子供と遊ぶ自律ロボットの研究

研究課題名(英文) A study on autonomous robots that can play with children through embodied communication

研究代表者

長井 隆行 (Nagai, Takayuki)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・准教授

研究者番号：40303010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、子供と自律で遊ぶことのできるロボットを実現するために、まずロボットの開発や子供と遊ぶための遊びモジュールの開発を行った。また、保育士と子どもの遊びを観察することで、子どもと長く遊ぶために必要な要素を検討した。その結果、子どもの表情や行動から子どもの内部状態を推定し、その結果に基づいて行動を決定するモデルを構築した。実際に幼稚園の子どもを被験者とした大規模な実験を行い、その有効性を検証した。また、ロボットと子どもの物理的な接触が関係構築に有効であることや、子どもの性格に応じたインタラクション方法があることを実験的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a robot platform and play modules in order to realize autonomous robots that can play with children. We also examined abilities which are required for the robots to play with children for a long period of time. To this end, we observed many scenes, in which preschool teachers play with children, and constructed an action decision model for the robot based on the estimation of inner states of the children. The estimation is carried out based on the facial expressions and actions taken by the children. We tested the model using many children in a kindergarten and figured out that the model works good. We also found out that the embodied physical communication between the robot and the child is very important for the child to make a good relationship between them. Furthermore, we experimentally found that a type of interaction, which is suitable for a certain personality, exists.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボット 遊び相手ロボット 身体性

1. 研究開始当初の背景

本課題の提案者はこれまでの研究で、図1に示す家庭用サービスロボットプラットフォームを開発し、本当の意味で役立つロボットの実現に向け、様々な要素技術の開発・ロボットへの実装を行ってきた。これによりロボットは、家事など様々なタスクをこなすことが可能となり、家庭用ロボットの技術を競うRoboCup@Home2010での優勝(世界一)や、展示会などでマスコミの注目を集めるなど、具体的な成果をあげている。さらに今後は、家庭用ロボットに求められる家庭内タスクとして、子供や高齢者の遊び相手が重要であると考えている。これは、核家族化や高齢化などを背景に、育児放棄や介護疲れなどが社会問題となっている昨今、こうした問題の解決の一助としてロボットが有用であるためである。また、遊びは子供の認知発達において非常に重要な役割を果たしており、ビデオゲームなどの一人遊びの極端な増加による遊びの質の低下を防ぎ、健全な発達のために遊びを誘導することも重要になると考えられる。最近では、ロボットが実際の介護や幼稚園など教育の場に試験的に導入され、癒しやコミュニケーション促進のツールとして有効であることが示されている。しかしこれらは、ロボット自体が遊びの道具であり、道具である以上、飽きられてしまう可能性が高いという問題をはらんでいる。一方、本課題で実現したいのは、遊び相手としてのロボットであり、ロボットはその身体性を利用して、子供や高齢者とおもちゃを使って遊んだり、また遊びを誘導したりすることができる。従って、ある遊びに飽きてしまっても、また別の遊びや新しいおもちゃを使うことができるため、本質的にロボットに飽きて遊ばなくなってしまうことがないと考えられる。こうした、遊び相手ロボットを実現するためには、環境認識や人-ロボットインタラクションなど非常に高度な技術的課題を解決する必

要があると同時に、子供の遊びと認知に関するメカニズムを明らかにしていく必要がある。こうした、要素技術開発と認知発達メカニズムの実験的、構成論的解明をベースにして、新たな遊び相手ロボットを実現することが本課題の最終的な目標である。但し本課題では、期間的な制約を考慮して、子供(4~6歳)のみを対象とする。実現する遊び相手ロボットの構想を図2に示す。

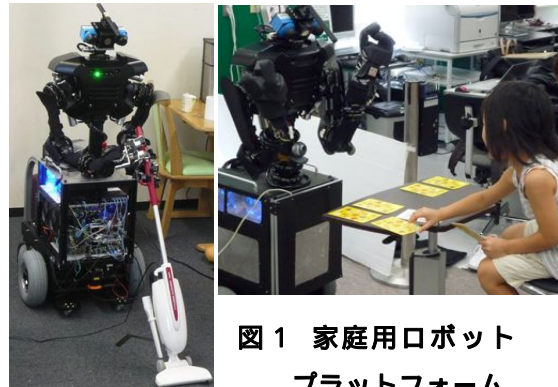


図1 家庭用ロボットプラットフォーム

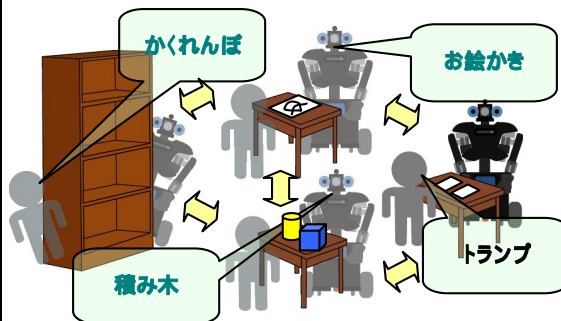


図2 遊び相手ロボットの構想

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、子供と身体を使って自律的に遊ぶことのできるロボットの実現である。これは、(1): 子供のケアにおける扶養者の負担低減、(2): 子供の認知発達と遊びの関係性の構成論的アプローチによる解明、(3): (2)の結果に基づく適切な遊びを誘導できるロボットの実現、といった重要な課題の解決につながると考えている。こうした目的のために、人工知能・ロボティクスの先端技術を利用した遊び相手ロボットを実現し得る最高のレベルで実装し、そのロボットを用いた実験、遊びにおける認

知発達モデル化を行った後、モデルを利用した最終的な遊び相手ロボットを実現する。

遊び相手ロボットを実現するために、以下の課題を解決することを目指す。

おもちゃや身体を使った”ロボットの遊び”のための要素技術の開発と高精度化

ロボットが子供と遊ぶためには、物体操作や自己位置推定、パスプランニングなどロボティクスや知覚情報処理に関する要素技術の高精度化が必要である。現状既にいくつかの遊びをロボットに実装しているが、それ以外に実現すべき遊びと、そのために必要な技術を明らかにし、実装しなければならない。また、歌や手遊び、ダンスなど音楽に関連する遊びを実装することを考えているが、これには音楽や相手に合わせて体を動かすなどの技術を開発する必要がある。さらに、新しいおもちゃの使い方や、新しい遊びの学習手法なども開発する必要がある。

子供とのインタラクション手法(コミュニケーションモデル)の確立

全ての遊びの基盤は、子供とロボットとのコミュニケーションである。コミュニケーションにおいて重要なのは、対話である。遊びの前、遊び中の対話をどのように制御するのかを明らかにする。また子供の音声認識自体が困難であるという問題もある。但し、子供との対話では常に筋が通っている必要はなく、どの遊びを選択するかといった、重要なところのみ認識ができればよい。それ以外の場合は、早いレスポンスで何かを発話することが重要である。さらに、コミュニケーションをうまく成立させるためのロボットの振る舞いや、ロボットの視線制御も検討する。

子供の状態センシング手法とロボットの遊び行動選択手法の確立

ロボットは、子供と遊んでいる際、子供の内部状態を推定しその結果に基づいて行動を計画する必要がある。内部状態としては、「楽しんでいる」、「集中している」、「飽

きている」などが考えられる。これらの推定のために必要となるセンシングや情報処理手法を確立する。また、子供の状態をセンシングするためのロボットの制御を検討する必要がある。さらに、子供の状態推定結果に基づき、遊びの戦略や遊び自体を切り替えるアルゴリズムを検討する。

子供の発達のための遊びの誘導

子供がどのような遊びが好き(得意)なのかをさりげなく調べて、長所を伸ばしたり、バランスよく遊ばせたりする遊び誘導手法を開発する。このために、遊ぶことによる認知発達の仕組みや、好きな(嫌いな)遊びと個性との関連性を解明する。

3. 研究の方法

目的とする遊び相手ロボットを実現するために、まず初年度は、必要となる要素技術の開発を行い、基本となる遊び相手ロボットを実装することを目標とする。ロボットとしては、当時開発中のロボットプラットフォームを適宜改良して利用することとした。さらに、保育士の実験、データ解析、ロボット実装、ロボット実験を繰り返すことで、実験データを蓄積しつつ遊び相手ロボットの改良を進めていく。2年目以降は、遊びと認知発達の関連性や趣向・性格の関連性を、実験を交えて調査し、遊びのモデル化を行う。また、遊びモジュールの充実や新たな遊びへの適応などの拡張を進める。最終的には、50人程度の幼稚園児(4~6歳を想定)による評価を行い、ロボットが完全自律で遊び相手となり、平均約1時間を過ごすことを目標とする。また、もう一つの評価として、ロボカップ@ホームリーグに参加し、家庭用タスクと共に遊び相手ロボットの機能の評価を受ける。

4. 研究成果

23年度はまず、基本となる遊びロボットの実現、及び「保育士-子供」による遊び観測実験を行い、その後の検討を行うための実験デ

一タの蓄積を行うことが目標であった。具体的な成果は次の通りである。

(1) 遊びロボットの基本モジュール開発：研究を開始する段階で既に、ロボットプラットフォームに、簡単な対話を中心に、「じゃんけん」、「神経衰弱」、「お絵かき」、「積木」、「絵本読み聞かせ」の6つの遊びモジュールが実装済みであった。ただし、完全な自動化や自動的な遊びの切り替え機能を実装していないため、そうした点を改善し、基本的な遊びロボットの開発を行った。実際、数名の大人を被験者として予備実験を行い、動作の確認を行った。

(2) 「保育士-子供」による遊び観測実験：保育士がどのように子供とインタラクションしながら遊びを促進するかを観測するために、保育士に数名の子供と遊んでもらい、その様子を複数台のビデオに記録した。また、このビデオの解析を行い、保育士と子供の遊びに関する状態遷移モデルを開発した。

(3) 子供の状態センシング手法検討：研究開始時点では、子供の顔向きと笑顔度を計測することで、子供の興味度が推定できることを確認済みであった。しかし、その他の情報や推定手法の高度化により、推定精度の向上を図ることのできる可能性があった。そこで(2)の実験データを解析し、3次元情報を利用したより高精度な状態推定手法を開発した。

(4) 「子供-ロボット」予備実験：数名の子供による予備実験を行い、動作確認と来年度の実験に向けた最終的な改良を行った。

(5) @ホームリーグ出場による評価：実装した遊びモジュールを評価するために、RoboCup@Home リーグに出場した。結果として、ジャパンオープンで優勝し、ロボット学会賞を受賞するなどの具体的な成果を挙げることができた。

24年度は、23年度開発した遊びロボットを用いた「子供-ロボット」実験を実施し、こ

れによって蓄積した実験データを基に、遊びにおける趣向と性格の関係性や認知発達との関連性などを調査することが目標であった。そこで実際に実験を行い、20名程度のデータを解析したところ、遊びにおける趣向と性格の間に関係があることが明らかになった。これは、ロボットと遊んでいる間の子供の動作に関する特徴と実験終了後に行った、子供の性格検査の結果を解析することで得られた知見であり、ロボットが子供の動作を遊びを通して観察することで子供の性格を推定し、ロボット自身の振る舞いを調整することや、子供にとって必要と思われる遊びを誘導することなどができる可能性を示唆している。

さらに、保育士と子供の大規模遊び実験に向けたロボットシステムの構築を行った。これは、保育士がロボットを操作することで多数の子供と長期的に遊び、その際の子供の行動データと、保育士のロボット操作データをすべて記録することで大規模な状況ロボット行動(操作)データベースを構築することを目的としている。このようなデータを構築することで、ロボットは行動と状況の対応関係や子供の状態をよりよく予測することが可能となる。本年度構築したシステムは、保育士がロボットを非常に直感的に操作でき、かつ子供がロボットが操作されていることに気づかないよう考慮されており、予備実験によりその有効性を示した。実際にこのシステムを利用して、25年度に本格的な実験を実施した。

上述の通り、25年度はまず幼稚園において大規模遊び実験を実施した。実験は約40名の幼稚園年長を対象とし、幼稚園教諭と遠隔ロボットを介して遊ぶというものであった。実験時には、ロボットの操作情報やカメラの映像など、可能なセンサ情報を全て記録した。また、実験前と実験後に被験者の子どもとその保護者に性格検査やアンケートを実施した。こうしたデータを全て合わせると一人当

たり 43GB、全体で 1.6TB のデータとなった。実験データを解析することで、主に以下の 3 つの知見を得た。

(1) フィジカルコミュニケーションがロボット 子どもの関係を良好なものにするとの仮説をたて、手つなぎ行動を遊びの中に取り入れた場合と取り入れない場合を比較した。その結果、ロボットによる手つなぎが関係性の向上に効果的であることが明らかとなった。これは、物理的な接触が予測性の向上や安心感を引き起こすことに起因した効果であり、こうしたフィジカルコミュニケーションがこれからの対人口ロボットに必要であることを示唆している。

(2) 内向的な性格の中でも特に人見知りの子どもに焦点を当て、人見知りの子どもとの関係構築に有効な遊び行動があるという仮説を立てた。実験では、保育者のスキルによって全員の子どもと最後まで遊び通すことができたが、人見知りの子どもの 1/3 はロボットへ親近感を持ち、1/3 は持たなかった。その違いから、人見知りの子どものロボットへの親近感を高めるために有効な遊び行動が示唆された。

(3) 生体データに基づくストレス指標と保護者アンケートの相関を計算することで、ストレス指標から性格の傾向も推定できることが示唆される結果を得た。これにより仮に心拍を測りながら遊ぶシステムがあれば、子供の遊びの質や性格をモニタリングしながら遊び相手を行うことができようになり、これを利用してより子供個人に合わせた行動を選択できるようになると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

ムハンマドアッタミミ, ファドリルムハンマド, 阿部香澄, 中村友昭, 船越孝太郎, 長井隆行, "多層マルチモーダルLDA

を用いた人の動きと物体の統合概念の形成", 日本ロボット学会誌, 採録決定 (査読有)

岩崎安希子, 下斗米貴之, 阿部香澄, 中村友昭, 長井隆行, 大森隆司, "遊びロボットによる子どもの性格傾向の推定に関する研究", 日本感性工学会論文誌, no. 12, vol.1, pp.219-228, 2013 (査読有)
阿部香澄, 岩崎安希子, 中村友昭, 長井隆行, 横山絢美, 下斗米貴之, 岡田浩之, 大森隆司, "子供と遊ぶロボット: 心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用", 日本ロボット学会誌, Vol.31, No.3, pp.263-274, 2013 (査読有)

〔学会発表〕(計 14 件)

Muhammad Attamimi, Kasumi Abe, Akiko Iwasaki, Takayuki Nagai, Takayuki Shimotomai, Takashi Omori, "Robots That Can Play with Children: What Make s a Robot Be a Friend," Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science Volume 8226, pp.377-386, Daegu, Korea, Nov.2013 (査読有)

Muhammad Fadlil, Keisuke Ikeda, Kasumi Abe, Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, "Integrated Concept of Objects and Human Motions Based on Multi-layered Multimodal LDA," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2256-2263, Tokyo, Nov.2013 (査読有)

Kasumi Abe, Iwasaki Akiko, Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, Ayami Yokoyama, Takayuki Shimotomai, Hiroyuki Okada, Takashi Omori, "Playmate Robots That Can Act According to Child's Mental State," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.4660-4667, Portugal,

Oct.2012 (査読有)

阿部香澄, 日永田智絵, 嶋原宏明, 長井隆行, 下斗米貴之, 大森隆司, "子どもの性格を考慮して遊ぶロボットの実現に向けた基礎的検討", 人工知能学会全国大会, 1E4-0S-23a-5, 愛媛, May 2014 (査読無)

日永田智絵, 阿部香澄, 長井隆行, "ロボットと子どもの身体的コミュニケーション~手をつなぐことによる関係性の構築~", 第76回情報処理学会全国大会, 2S-2, 東京, Mar.2014 (査読無)

嶋原宏明, 藤岡直幹, 安東裕司, 日永田智絵, Muhammad Attamimi, 長井隆行, 岩崎安希子, 下斗米貴之, 大森隆司, "サービスロボットのための遠隔操作システムの開発", 第14回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会SI2013, 3A4-6, 神戸, Dec.2013 (査読無)

日永田智絵, アッタミミ ムハンマド, 長井隆行, 下斗米貴之, 大森隆司, "人とロボットのフィジカルコミュニケーション:手をつないで一緒に散歩するロボットの実現", 第14回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会SI2013, 1J2-2, 神戸, Dec.2013 (査読無)

岩崎安希子, 下斗米貴之, 嶋原宏明, 藤岡直幹, 安東裕司, 日永田智絵, アッタミミ ムハンマド, 長井隆行, 大森隆司, "生体指標によるロボット 子供遊び戦略の妥当性の評価", HAI シンポジウム 2013, P4, pp.55-58, 岐阜, Nov.2013 (査読無)

日永田智絵, 阿部香澄, 長井隆行, 下斗米貴之, 大森隆司, "ロボット 子ども間の関係構築における手つなぎの影響", HAI シンポジウム 2013, S-3, pp.206-213, 岐阜, Nov.2013 (査読無)

Muhammad Fadlil, 池田圭佑, 阿部香澄, 中村友昭, 長井隆行, "多層マルチモーダルLDAを用いた人の動きと物体の統合的概念の形成", 人工知能学会全国大会, 2G4-0S-19a-3, 富山, Jun.2013 (査読無)

下斗米貴之, 岩崎安希子, 阿部香澄, 中村友昭, 長井隆行, 大森隆司, "性格を読み取るロボットシステム", 研究報告 知能システム (ICS), 2013-ICS-171, 16, pp.1-3, 名古屋, Mar.2013 (査読無)

岩崎安希子, 下斗米貴之, 阿部香澄, 中村友昭, 長井隆行, 大森隆司, "遊びロボットによる子供の性格推定に関する基礎的研究", 2012年度日本認知科学会第29回大会発表論文集, P1-10, pp.224-233, 仙台, Dec.2012 (査読無)

池田圭佑, 阿部香澄, 中村友昭, 荒木孝弥, 長井隆行, "多層マルチモーダルLDAに基づく物体と動作の統合モデル", 電気学会計測研究会, IM-12-071, 東京, Dec.2012 (査読無)

阿部香澄, 岩崎安希子, 中村友昭, 長井隆行, 横山絢美, 下斗米貴之, 岡田浩之, 大森隆司, "子供の内部状態を推定しながら遊ぶPlaymate Robotの実現", 情報処理学会第74回全国大会, 1D-5, 名古屋, Mar.2012 (査読無)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長井 隆行 (NAGAI TAKAYUKI)

電気通信大学・情報理工学研究科・教授

研究者番号: 40303010