

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 13 日現在

機関番号：94301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25240042

研究課題名(和文)人間関係を理解する対話ロボットの実現

研究課題名(英文)Enabling technologies for social robots that understand human relationships

研究代表者

神田 崇行(Kanda, Takayuki)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・室長

研究者番号：90374107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,500,000円

研究成果の概要(和文)：対話型のロボットが人間社会へ参加することをめざした研究を進めた。センサネットワークを用いて、教室内の子供たちの行動を観測して、社会的地位を認識する技術を実現した。「ロボットいじめ現象」の分析から、子供たちは楽しさや好奇心のために「いじめ」行動を引き起こしている様相を明らかにした。センサネットワークを用いて指さしを認識するロボットと、それが子供たちの質問行為を促すことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We aim to realize a social robot that participates to human society. In this project, there are mainly three achievements. First, we built a sensor network for classroom in an elementary school, which enabled us to observe children's daily behavior. Using it, we developed a technique to recognize children's social status in a classroom. Second, we analyze a data about "robot abuse" phenomena, from which we found that children abused a robot for their enjoyment although they perceive it a kind of human-like entity that perceives its suffering from their actions. Third, we have developed a robot system that understand children's pointing gesture, and we empirically confirmed that it helps children to ask more questions to the robot.

研究分野：情報学

キーワード：ヒューマンロボットインタラクション

1. 研究開始当初の背景

パートナーとして活動するロボットが期待されている。これは、我が国の進んだロボット技術が応用される好機である。その実現のために人間との自然な関わり合い、ヒューマン・ロボット・インタラクションの研究が進んでいる。対話にかかわる認知情報処理のメカニズムを構成的に検証するという、人間理解に関する基礎研究と工学分野での応用研究の両面を併せ持つ研究である。

ヒューマン・ロボット・インタラクションの研究では、リアルな環境における人々との日常的な関わり合いのなかでロボットの役割を見出すフィールド研究が盛んである。学校の教室場面でのフィールド研究など、多くの研究事例がある。導入に積極的な韓国では、すでに約650台の英語対話ロボットが幼稚園や小学校に導入され、利用されている。

研究代表者らも、これまでにこのような取り組みを行う中で、小学校の教室にロボットを2ヶ月にわたって導入し、友達同士と一緒に行動する、という現象をロボットが観察することで、子供たちの友達関係を推定できることを見出す、など研究を進めており、その中で、ロボットが子供同士の対話を促進するような現象も見出してきた。この現象は、ロボットが、集団生活の場で人間関係に作用するという新しい関わり方の可能性を示唆している。学校でカウンセリングに来る子供は「休み時間」が苦手だと言われる。「休み時間」に自分が孤立しているのが自他共にわかるためである。ロボットはこの孤立した子供の学校での暮らしを楽しくし、友達作りのきっかけとなり、不登校の問題を緩和できる可能性がある。

さらに孤立が深刻化した先には「いじめ」問題がある。平成22年度の全国の小中高등학교での「いじめ」の認知件数は7万7630件、4割以上の学校で「いじめ」が認知されている。進行中の「いじめ」は、子供たちの輪に入っていない大人(教師)からは発見が難しく、注意しても見ていないところで進行したりする。また、子供たちの中からは「いじめ」をやめるような動きが起きにくく、やめるように促した子供が孤立させられてしまうこともある。むしろ、さらに自らの集団内での地位を維持するために、各自が積極的に「いじめ」に加担してしまうような「いじめ」がエスカレートするプロセスもみられる。ここに、子供たちの輪に対等な立場から入りうるロボット利用の可能性がある。すなわち、「いじめ」に加担しないロボットの存在が、子供たちの集団の構造変化を起し、「いじめ」問題を緩和する可能性がある。

このように、ロボットが人間の集団構造を理解し、集団内に参加することには大きな潜在的可能性がある。そのために、人間関係を認識することに加えて、その構造変化を予測し、構造変化を起こす行動をとれる、ということも含めた広い意味での人間関係の理

解が必要となっている。

2. 研究の目的

我々は、これまでも対話型のロボットが人間社会へ参加することを可能にするための研究を行ってきており、その延長線上の具体的な長期的目標として、**対話ロボットによる「いじめ」問題の発見・防止・解決**を可能にすることを目指す。しかし、この目標は直ちに実現するのは非常に困難であるため、研究期間内に、以下の3つの課題に取り組むことで、長期的な目標の実現に資することを目指した。

(1)子供たちの人間関係の認識技術

センサネットワークにより、教室内の全域で子供たちの間の相互作用を観察する。その情報をもとに、人間関係や社会的地位も認識する技術を実現する。

(2)関係が「いじめ」へと移るプロセスのモデル化

ロボットが「いじめ」現象を扱うには、具体的データに基づいた研究が必要である。しかし、進行中の「いじめ」は発見が難しく、仮に発見してもプロセスの観察は困難である(問題解決を優先すべき)。このため、「いじめ」化のプロセスの観察データは少ない。これに対して、我々は、「ロボットいじめ」現象を発見した。この「ロボットいじめ」現象の観察を糸口として、関係が悪化し、エスカレートし、「いじめ」へと移るプロセスのモデル化を進める。これにより、「いじめ」の早期発見のための技術開発の基礎とする。

(3)子供たちと友好的な関係を築く対話ロボットの構築

センサに監視される教室ではなく、ロボットという親和的な仲間がいる教室を作り出すために、教室内に日常的に滞在し、子供たちと友好的な関係を築くロボットの実現に寄与する研究を進める。

3. 研究の方法

人間関係の認識については、3次元測距センサとカメラ、マイクロホンアレイによるセンサネットワークにより「誰が」「誰に」話しているのか、そしてそれは「好意的な会話」かどうかを認識し、その履歴から、人間関係を推定する技術を実現する。

「いじめ」へと移るプロセスのモデル化については、子供たちが集団でロボットに対して攻撃行動を示す「ロボットいじめ」のデータを収集し、その生起・維持のメカニズムをモデル化する。これを糸口に、子供同士の関係の悪化についても、検出を試みる。

教室内でロボットに監視されていると感じられないように、ロボットが子供たちに働きかけて友好的な関係を築くロボットの実現を目指す。センサネットワークと連動したロボットにより新たなインタラクションを実現し、ロボットが、親和的な仲間として受

け入れられるような状況を作り出す。

4. 研究成果

対話型のロボットが人間社会へ参加することをめざし、子供たちの人間関係の認識技術、関係が「いじめ」へ移るプロセスのモデル化、子供たちと友好的な関係を築く対話ロボットの構築、の3つの基礎技術を確立することを目的として進めた。

(1) 子供たちの人間関係の認識技術に関する研究成果

小学校の教室内 (8m×16m) 6 台のマイクロホンアレイ、24 台の測距センサによる人位置・向き計測システム、6 台のカメラなどによる個人同定システムを組み合わせたセンサネットワークを構築した (図1)。このシステム上での処理に関して研究を進め、約 1 か月間、教室内的子供たちの行動に関するデータ収集を行った。構築したセンサネットワークを用いることで、93.3%の時間、教室内的人々の位置を追跡することが出来た。また、65.5%の時間、個人を正しく同定することが出来た。

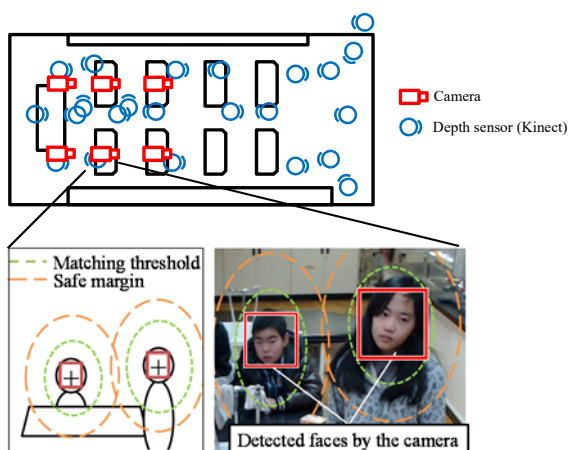


図1：構築したセンサネットワーク

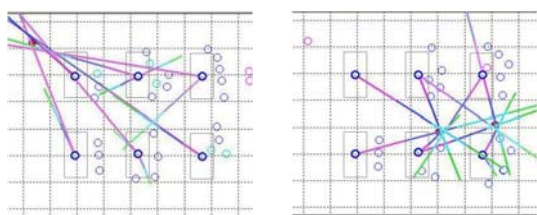


図2：各机に設置した6台のマイクロホンアレイによる、音源方向推定結果の例

図2に6台のマイクアレイにより理科室で測定された音源方向推定 (1度の角度分解能、0.1秒の時間分解能) 結果の例を示す。色付きの直線は各アレイで検出された音源方向を示し、複数の線が重なった位置から音源のアクティビティを推定した。左図は、教室の前方で先生が説明している場面で、右図は、実験中、2列目と3列目の左側の机の生徒が同時に声を発している瞬間を捉えている。

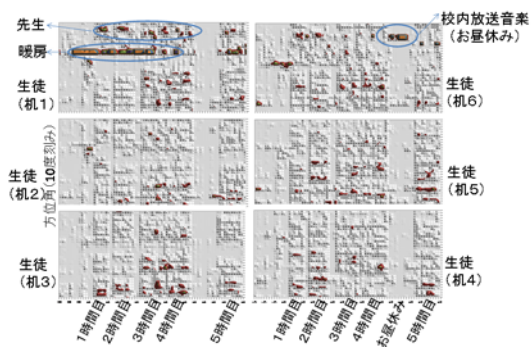


図3：6台のマイクアレイによる音源アクティビティの時系列ヒストグラムの例

瞬間的 (0.1秒毎) に抽出される音源方向情報を長いスパンで可視化した時間経過を図3に示す。時間帯に応じて、クラスと机によって、生徒の音声アクティビティが異なり、その状況が図3で捉えられる。暖房や、お昼休みの校内放送音楽などの音声以外の音源も観測できることが分かる。

教室内で収集された5年生の授業の際の人物位置・画像・音声データを用いて、授業中に行われるグループワークと授業後の自由時間における84人の子どもたちの振る舞いに関する特徴量を抽出し、サポートベクターマシンを用いて個人の性格を予測する技術を確立した。その結果、いじめに関係の深い社会的地位の高低を、71.4%の精度で推定することが出来た。特に性能に寄与した特徴量として、教室内において一人で過ごす時間と、ロボットの周囲において一人で過ごす時間の2つが明らかになった。観察の結果からも、社会的地位が相対的に低い子供がロボットの周囲に集まる子どもたちの輪に参加できず、一人でロボットを遠巻きに観察している様子 (図2) や、グループワーク中に一人で過ごしている様子などが見られた。



図2：ロボットを遠巻きに見つめる子ども

音環境分析の研究も進め、複数のマイクロホンアレイのデータに基づいて検出される音源アクティビティのうち、教室内で起きる笑いイベントに焦点を当て、笑い方の種類、笑いがもたらす機能、および授業との関係性について分析を進めた。教室内で生じた子どもの笑い声という音情報から彼/彼女らの交友関係を解明することを目的として、笑いの生起数とスタイルを子どもごとに観察し、それが指標化された交友関係にどのように反映するのかについて分析した。交友関係が豊かな児童は、そうでない児童に比べて授業中における笑いの頻度が多く、彼/彼女らの

笑いが周囲と共有される傾向がみられた。そして、交友関係が少ない児童は、授業中に一人で笑う割合が多くみられた。これらは「他者指向性」や「演技性」といった児童の気質に起因すると考えられる。

(2) 関係が「いじめ」へ移るプロセスのモデル化に関する研究成果

関係が「いじめ」へと移るプロセスのモデル化に関しては、一定数の子供たちがロボットに対して行う妨害的行為としての「ロボットいじめ」の生起・維持のメカニズムを解明することで、人間の「いじめ」のメカニズム解明の手がかりを得て、そして「いじめ」の予防・解消に役立てるための研究を進めるための研究を進めた。擬人的な部分もありながら、人よりも対話能力が劣るロボットは、いわゆる社会的弱者であり、自らが、「いじめ」の被害者となることが分かっている。この、いわゆる「ロボットいじめ」現象(図3)のデータを、子供の集まりやすい場所(商業施設の広場)で収集した。臨床心理学的な視点からも検討した結果、観察データのみでなく、子供へのインタビューも収集することにした。データの収集には、臨床心理学における面接法の技法を導入しつつ多くの試行錯誤が必要であったが、最終的に「いじめ」行動を示した子供たちの、インタビューまで含めたデータを23例集めた。これらインタビューデータ内の言説を分類・分析した結果、子供たちの多くはロボットにある種ヒトに類する特性を見出しているものの、主にロボットに対する好奇心から反応を試そうとしていたり、楽しさやのために「いじめ」行動を引き起こしていることが分かった。また、他の子供が行っていることから行動が「いじめ」行動が誘発されている場合も見出された。



図3：「ロボットいじめ」現象

(3) 子供たちと友好的な関係を築く対話ロボットの構築に関する研究成果

対話ロボットの構築に関しては、ロボットが子どもたちの指さしを認識する能力を備えることで、子どもたちが自発的に学ぶために重要となる、他者への非言語な質問行為を促すことができるかを検証した(図4)。

展示物とその展示物を説明する半自律型ロボットを設置した実験室内で、小学校1年生から6年生の子ども合計92人を対象に行った実験の結果、ロボットが指さしを認識する能力を備えることでより子どもたちの非

言語な質問行為を促すこと、および年齢が低い子供ほどその効果が高いこと、を明らかにした。また、子どもたちがロボットに最初に質問するまでの時間も、短くなることが示された。



図4：指さしを交えて子供たちと対話するロボット

さらに、実験を通じて取得した距離画像データを利用し、子どもたちの指さし動作を認識する技術を確認した。具体的には、距離画像から人を構成する点群データをクラスタリングした後、頭部分と肩部分の位置推定を行う。さらに、肩部分から最も遠く、肩部とつながっておりかつ他の部位と分離できる部分を手先部分として扱い、肩部分と手先部分のベクトルを指さしベクトルとして認識する(図5)。開発した指さし認識システムは、子どもたちの指さしを65.9%の精度で認識することが出来た。



図5：距離画像を用いた指さし認識

以上、この研究費において、対話型のロボットが人間社会へ参加することをめざし、センサネットワークを基盤に、子供たちの社会的関係の認識技術や、関係が「いじめ」へ移るプロセスのモデル化、子供たちと友好的な関係を築く対話ロボットの構築のための研究を進めることができた。

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2件)

・小松原剛志、塩見昌裕、神田崇行、石黒浩、萩田紀博、理科室で授業の理解を支援するロボットシステム、日本ロボット学会誌、vol. 33, pp. 59-69, 2015 (DOI: 10.7210/jrsj.33.789)

・Phoebe Liu, Dylan F. Glas, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, A Model for Generating Socially-Appropriate

Deictic Behaviors Towards People,
International Journal of Social Robotics,
2016. (DOI: 10.1007/s12369-016-0348-9)

[学会発表] (計 17 件)

・石井カルロス寿憲, 波多野博顕, 萩田紀博,
小学校理科室における笑いイベントの分析、
日本音響学会、2014年03月10日、日本大学理
工学部、東京

・Iris Howley, Takayuki Kanda, Kotaro
Hayashi, Carolyn Rose, Effects of Social
Presence and Social Role on Help-Seeking
and Learning、ACM/IEEE International
Conference on Human-Robot Interaction、
2014年03月06日、Bielefeld University,
Germany

・Peter H. Kahn, Jr., Jolina H. Ruckert,
Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Heather
E. Gary, Solace Shen, Will Humans Mutually
Deliberate with Social Robots?, ACM/IEEE
International Conference on Human-Robot
Interaction、2014年03月06日、Bielefeld
University, Germany

・Peter H. Kahn, Jr., Jolina H. Ruckert,
Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Heather E.
Gary, Solace Shen, No Joking Aside - Using
Humor to Establish Sociality in HRI、
ACM/IEEE International Conference on
Human-Robot Interaction、2014年03月03日～
2014

年03月06日、Bielefeld University, Germany

・石井カルロス寿憲, Jani Even, 塩見昌裕,
萩田紀博、複数のマイクロホンアレイを用い
た理科室における音源アクティビティの分析、
人工知能学会、2013年12月06日、早稲田大学
西早稲田キャンパス、東京

・神田崇行、Interacting with humanoid
robots: field observations、IEEE/RSJ
International Conference on Intelligent
Robots and Systems (IROS2013) Workshop (招
待講演)、2013年11月03日、東京ビッグサイ
ト、東京

・石超, 塩見昌裕, 嶋田倫博, 神田崇行, 石
黒浩, 萩田紀博、人と対話するロボットのため
の会話開始行動モデル、日本ロボット学会
学術講演会、2013年09月04日、首都大学東京
南大沢キャンパス、東京

・石井カルロス寿憲, Jani Even, 塩見昌裕,
小泉智史, 萩田紀博、複数のマイクロホンア
レイによる音源のアクティビティ: 小学校理
科室におけるデータ分析、日本ロボット学会
学術講演会、2013年09月04日、首都大学東京
南大沢キャンパス、東京

・浦谷尊之, 野村竜也, 神田崇行, 城所宏行,
末廣芳隆, 松本和剛, 山田幸恵、子供による
ロボットいじめ行為の要因探索、HAIシン
ポジウム2014、2014年12月13日～2014年12月
14日、岐阜

・Tatsuya Nomura, Takayuki Uratani,
Kazutaka Matsumoto, Takayuki Kanda,

Hiroyuki Kidokoro, Yoshitaka Suehiro,
Sachie Yamada、Why Do Children Abuse
Robots?, 2015 ACM/IEEE international
conference on Human-robot interaction (HRI
2015)、2015年03月02日～2015年03月05日、
Portland, USA

・Tsuyoshi Komatsubara, Masahiro Shiomi,
Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Norihiro
Hagita, Can a Social Robot Help Children's
Understanding of Science in Classrooms?,
The 2nd Int. Conf. on Human Agent
Interaction、2014年10月28日～2014年10月31
日、筑波

・小松原剛志, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩、
理科室で授業の理解を支援するロボット、日
本ロボット学会第32回学術講演会、2014年09
月04日～2014年09月06日、九州産業大学

・Ishi, C., Hatano, H., Hagita, N., Analysis
of laughter events in real science classes
by using multiple environment sensor data、
15th Annual Conference of the
International Speech Communication
Association (Interspeech 2014)、2014年09
月14日～2014年09月18日、Singapore

・Dylan F. Glas, Phoebe Liu, Takayuki Kanda,
Hiroshi Ishiguro, Can a social robot train
itself just by observing human
interactions?, IEEE International
Conference on Robotics and Automation (ICRA
2015) Workshop on Machine Learning for
Social Robotics、2015年05月26日、Seattle,
WA, USA

・小松原剛志, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩,
理科室内の行動分析に基づく個人特性の推定、
第33回日本ロボット学会学術講演会

(RSJ2015)、2015年09月03日～2015年09月05
日、東京電機大学 東京千住キャンパス

・Peter H. Kahn, Jr., Takayuki Kanda,
Hiroshi Ishiguro, Brian T. Gill, Solace,
Shen, Jolina H. Ruckert, Heather E. Gary,
Human Creativity Can be Facilitated
Thought Interacting With a Social Robot,
ACM/IEEE International Conference on Human
Robot Interaction (HRI2016)、2016年03月07
日～2016年03月10日、The Chateau on the
Park, Christchurch

・Hiroaki Hatano, Carlos Ishi, Tsuyoshi
Komatsubara, Masahiro Shiomi and Takayuki
Kanda, Speech Prosody 2016、2016年05月31
日～2016年06月03日、Boston University, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神田 崇行 (Takayuki Kanda)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知
能ロボティクス研究所 室長

研究者番号: 90374107

(2) 研究分担者

塩見 昌裕 (Masahiro Shiomi)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知
能ロボティクス研究所 室長
研究者番号：90455577

佐竹 聡 (Satoru Satake)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知
能ロボティクス研究所 研究員
研究者番号：50510418

GLAS Dylan・F
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・石
黒浩特別研究所 研究員
研究者番号：20426646

石井 カルロス寿憲 (Carlos Ishii)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・石
黒浩特別研究所 グループリーダー
研究者番号：30418529

野村 竜也 (Tatsuya Nomura)
龍谷大学・理工学部 教授
研究者番号：30330343

山田 幸恵 (Sachie Yamada)
東海大学・文学部 准教授
研究者番号：30399480