

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：94301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21118008

研究課題名(和文) ロボットが人々から会話を学ぶ

研究課題名(英文) Robot Learning from inter-human interaction

研究代表者

宮下 敬宏 (Miyashita, Takahiro)

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：50332771

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 81,000,000円、(間接経費) 24,300,000円

研究成果の概要(和文)：立ち位置，話し方，振る舞いに関するモデルを実現した．学びの場での実験を進め，大人がいない，子供とロボットのための学習環境で，子供たちが自ら考えるような自主的な学びが起きることを見出した．学校の教室場面で，ロボットに質問することが子供たちが理科への好奇心を持つことにつながった．「質問」は先生役の人間よりも，ロボットの方がしやすいことも見出した．これらの研究から，ロボットが，人間らしさを持ちながらも，人間とは違う存在感を持つことで，学習者のより自主的な学びを引き起こす可能性が分かってきた．

研究成果の概要(英文)：We have developed model of proximity, speech, and behavior for natural human-robot interaction. We conducted field studies in learning context. We found that we can create a learning environment with only children and a robot but without adults, and revealed that such a learning environment leads to children's spontaneous learning where children think for themselves. In a school classroom, we revealed that science questions to a robot leads to children's curiosity to science. A separate laboratory study revealed that students are easier to ask questions to a robot than a human teacher. Overall, the series of studies suggest that robots have both human-like presence and non-human-like presence, which can lead to retrieve spontaneous learning from learners.

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：学び合い 会話パターン 対話履歴構造化

1. 研究開始当初の背景

日常生活の中で人間のパートナーとして活動するロボットに向けた研究が進められている。ただし、人々との関わり合いの中から学ぶロボットという視点は、国際的な研究動向においてもまだ見られていない。古くは強化学習の研究や、最近では発達ロボティクスに関する研究で、ロボットを題材にした学習・発達の研究が扱われているが、本領域で扱うような高次の学習過程は扱われていない。本領域の提案にあたって、ロボット工学と学習科学の知見を結びつけることで、ロボットの擬人的な存在感を用いて、ロボットが学びの場を誘発する一方で、ロボット自身も学ぶメカニズムを実践的に解明する新しい融合研究を進めることが可能になってきている。

研究代表者・分担者らは、これまでに小学校にロボットを導入し、学びの場で活動させるロボットの研究を進めてきた。インタラクティブな英語だけを話すロボットを小学校に導入することで子供たちが興味を持ち、英語の単語を学んだことを見出した。科学館においても科学技術への興味向上に寄与するロボットの開発を進めてきた。これらの取り組みから、ロボットが学びの場において活動することの必要性を明らかにしてきた。

一方で、研究代表者・分担者らは、これまでにヒューマン・ロボット・インタラクションを実現するメカニズムの研究にも取り組み、世界的に本研究分野で先行している。対話の状況に応じて、状況依存モジュールと呼ばれるモジュールを逐次実行するアーキテクチャを提案した。その後、遠隔操作機能をこのアーキテクチャに組み入れることで、対話しながら機能拡張するロボットのメカニズムを実現した。実際にロボットをショッピングモールに1ヶ月設置し、遠隔操作者が得た経験をプログラムへ逐次的に追加することで、98%以上の状況で自律的に動作するロボットを実現した。

これらの取り組みから、より実際の学びの場にロボットを導入し、さらに、高度化するように研究を進める展望が見えてきた。

2. 研究の目的

日常生活の中で人間のパートナーとして活動するロボットが期待されているが、人々との関わり合いの中から学ぶロボットという視点は、国際的な研究動向においてもまだ見られていない。一方、研究代表者・分担者らは、これまでに、小学校に対話ロボットを導入し、ロボットが学びの場に参加することの基本的な有効性を確認してきた。一方、その中で明らかになってきたのが、ロボット自身もその会話能力を発展させる必要性である。そこで、ショッピングモールでの実証実験の場を通じて、オペレータの遠隔操作履歴に基づく逐次開発を行い、ロボットシステムを高度化するために必要な手法に関しての

基本的な知見を得た。これらの成果を発展させ、本領域の提案にあたって可能になる、ロボット工学と学習科学の知見を結集した、ロボットが学びの場を誘発する一方で、ロボット自身も学ぶメカニズムを実践的に解明する新しい融合研究を進める。

3. 研究の方法

学習科学の知見を融合する新しいロボット工学の研究を進める。学習科学分野の知見を参考に人々の振る舞いをモデル化する。ロボットが学びの場において、聞き手の役割を取り、学びを誘発して知的創造を促すための振る舞いのモデル化を進める。学習科学の知見を踏まえて、必要な振る舞いを選出する。学びの場における媒介者となるため、話し手として、適切なタイミングで会話に割り込み、情報を提示していく必要がある。話し手となるために人同士の協調過程で重要な振る舞いのモデル化を進める。

学びの場面に参加する中でロボットの周囲での会話パターンを構造化することで会話を学ぶための手法の研究を進める。学びの場での会話パターンを、ロボットのビヘイビアの流れと、その流れを切り替えるセンサ情報に対応づけて連結したビヘイビアネットワークの形に構造化する。ビヘイビアネットワークには、ある知識を効果的に提示するためのノウハウが蓄積されたものとなる。

領域全体の共同実証実験に参加する。センサネットワークと接続することで、実現したロボットが適切な自律性で動作すること、人々の学びにも貢献できることを確認する。

4. 研究成果

まず、学びの場に参加できるようなロボットを構築するために、教室環境でロボットが子供たちに話しかけるための立ち位置モデルの研究に取り組んだ。対象者が注意を向けている対象をモデルに含めることで、物を見ている対象者に近づいて話しかけることが可能になった(図1)。このロボットの話しかけ方についての研究結果は、ロボット工学分野の難関会議 RSS2011 (採択率 25%) に採録された[30]。立ち位置[8]、話し方[2]や、振る舞いの評価実験[4,5,34,43]、学びの場での実験用の遠隔操作システムの開発も進めた[7]。

その後、学びの場での実験を開始した。8週間にわたって、毎回2時間、4~6名の子供達が Lego の作り方を一緒に学ぶ協調学習型の放課後教室を開催した(図2)。人型ロボットが作り方の説明や進行役といった教室運営の役割を担い、大人がいない、子供とロボットのための学習環境を作り出した(図3)。これまでに63名の小学校4-6年生が実験に参加した。参加した子供たちは Lego の使い方を理解し、モーターとセンサを組み合わせた Lego ロボットを自分で作れるようになった[28] (達成度チェック:10点満点中で平均

9.9点). また, 事前・事後の比較からも, ロボットの作り方に関して, 知識を得たことがわかった(図4).

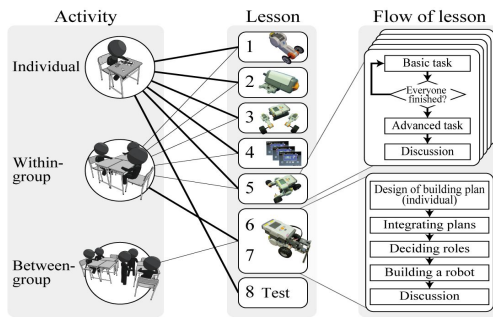


図2: 協調学習のデザイン



図3: ロボットと子供による協調学習

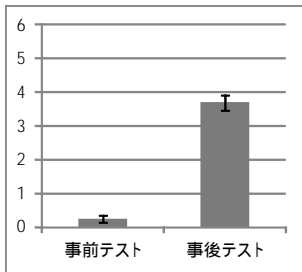


図4: 理解度テスト

大人の先生ではなく, 課題の正解を知らないロボットが教室運営するという学習環境を子どもたちは非常にポジティブにとらえた。「大人だと"もうちょっとこうしたら?"と言われてたりするが, ロボットとだからのびのびやれた」「学校では先生についつい答えを聞いてしまうけど, ロボットは答えを知らなそうだから自分で考えようと思った」といった声が上がっており, ロボットが運営する教室ならではの, 学習者中心の学習を引き出せたと言える。

学びの場を作り出すためのロボットの役割も明らかになりつつある。ロボットが話しかけたことで, 子供たちが励まされ, より学習を続けたり, 工夫を試みたりする可能性が見出されつつある[22]。たとえば, ロボットに励まされてさらに工夫し, ロボットに見せる(図5), ロボットが褒めた工夫を他の子供と共有する(図6)といった場面が観察された。

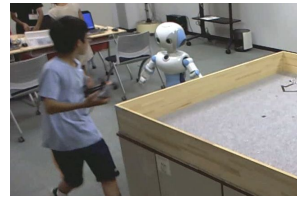


図5: 人型ロボットが子供に話しかけ, 励ます様子

近隣の小学校の理科教室にロボットを導入し, フィールドでの実証実験を進めた。領域内の他のプロジェクトとも連動して, 人の位置情報や音声情報をとるためのセンサネットワークも合わせて導入し, それと連動してロボットが動作するような準備を進めた。5年生の授業の後に子供たちが理科についての質問などをロボットに自由にできるように導入した(図6)。その効果や具体的なインタラクションの内容について分析を進め, ロボットへの質問が子供たちが理科への好奇心を持つことにつながったことを見出した。



図6: 小学校の教室で子供たちと人型ロボットが対話する様子

また, その結果を踏まえて, ロボットに質問することがどのような意味を持つのか, ロボットと人間の比較実験を行い, 先生役の人間よりもロボットの方が質問しやすく(図7), 学習結果も良くなることを見出した(図8)。この結果は, 人とロボットとの相互作用に関する最難関国際会議 Human-Robot Interaction に採録された[12]。

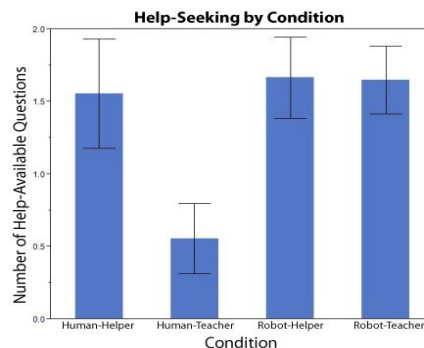


図 7: 人とロボットとの比較実験の質問回数に関する実験結果

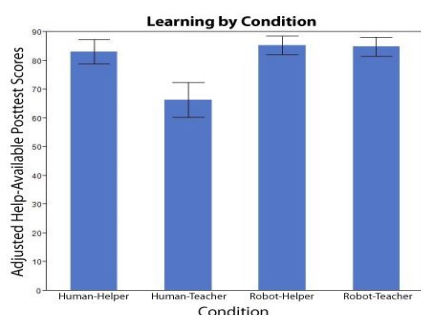


図 8: 人とロボットとの比較実験の学習結果に関する実験結果

こういった学びの場も含んだ実践的な場
で対話するロボットを構築するなかで、会話
パターンの構造化についても研究を進めて
きた。その基本構造について、インタラクシ
ョンパターンという考え方を提案し[39, 43]、
不同意や討議といったインタラクシ
ョンを生じさせるインタラクシ
ョンパターンを明らかにしてきた[13,14,40]。

以上、本プロジェクトを通じて、学校など
での学びの場で、ロボットが果たしうる役割
について、少しずつ解明することができた。
ロボットは人間らしさを持ちながらも、人間
とは違う存在感を持つことで、自ら考える必
要性がでる、必要なときには質問しやすい、
といった、学習者のより自主的な学びを引き
起こす可能性を持つことが分かってきたと
言える。

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 11 件)

1. Jinyung Jung, Takayuki Kanda,
Myung-Suk Kim, "Guidelines for
Contextual Motion Design of a Humanoid
Robot", International Journal of
Social Robotics, 査読有, Vol.5, No.2,
2013, pp. 153-169,
DOI:10.1007/s12369-012-0175-6
2. Michihiro Shimada, Takayuki Kanda,
"What is the appropriate speech speed
of a communication robot?",
Interaction Studies, 査読有, Vol.13,
No.3, 2012, pp 408-435,
DOI:10.1075/is.13.3.05shi
3. 志和敏之, 奥野佑将, 神田崇行, 今井
倫太, 石黒浩, 萩田紀博, "コミュニケ
ーションロボットによる道案内 ジェ
スチャの有用性と発話タイミングのモ
デル化", 電子情報通信学会論文誌,
査読有, J95-D, 2012, pp 1818-1828,
<http://jglobal.jst.go.jp/detail.php>

?JGLOBAL_ID=201202228416802031

4. Christian Becker-Asano, Takayuki Kanda, Carlos Toshinori Ishi, Hiroshi Ishiguro, "Studying laughter in combination with two humanoid robots", AI & Society, 査読有, Vol.26, No.3, pp.291-300, 2011,
DOI:10.1007/s00146-010-0306-2
5. Christoph Bartneck, Takayuki Kanda, Omar Mubin, Abdullah Al Mahmud, "Does the Design of a Robot Influence Its Animacy and Perceived Intelligence?", International Journal of Social Robotics, 査読有, Vol.1, No.2, pp.195-204, 2009,
DOI:10.1007/s12369-009-0013-7
6. R. Azevedo, G. Biswas, D. Bohus, T. Carmichael, M. A. Finlayson, M. Hadzikadic, C. Havasi, E. Horvitz, I. Kanda, O. Koyejo, W. F. Lawless, D. B. Lenat, F. Meneguzzi, B. Mutlu, J. Oh, R. Pirrone, A. Raux, D. A. Sofge, G. Sukthankar, B. Van Durme:, "Reports of the AAAI 2010 Fall Symposia", AI Magazine, 査読無, Vol.32, No.1, pp. 93-100, 2011,
DOI:10.1609/aimag.v32i1.2338
7. 小泉智史, 神田崇行, 宮下敬宏, "ソー
シャルロボットを用いた協調学習実験
~事例紹介~", 日本ロボット学会誌,
解説, 査読無, Vol.29, No.10,
pp.902-906, 2011, 10.7210/jrsj.29.90
8. 山岡史享, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀
博, "協調的移動に基づく対話ロボット
による注意共有の実現", 日本ロボット
学会誌, 査読有, vol.28, No.3,
pp.338-348, 2010,
DOI:10.7210/jrsj.28.338
9. 垣尾政之, 宮下敬宏, 光永法明, 石黒
浩, 萩田紀博, "倒立振り移動機構を持
つ人型ロボットの反応動作の違いが人
に与える印象の変化", 日本ロボット学
会誌, 査読有, Vol.28, No.9,
pp.1110-1119,
DOI:2010,10.7210/jrsj.28.1110
10. 田近太一, 宮下敬宏, 石黒浩, 萩田紀
博, "部分線形モデルに基づくロボット
動作に起因する触覚ノイズ除去", 日本
ロボット学会誌, 査読有, Vol.27, No.6,
pp.645-651, 2009,
DOI:10.7210/jrsj.27.645
11. 田近太一, 宮下敬宏, 石黒浩, 萩田紀
博, "実データの分類による人とロボッ
トの触覚インタラクシ
ョンの典型パ
ターン抽出", 電子情報通信学会論文誌,
査読有, Vol.J92-A, No.11, pp.710-717,
2009,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/1100074678>
89

〔学会発表〕(計 30 件)

12. Iris Howle, et al., "Effects of Social Presence and Social Role on Help-Seeking and Learning", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2014), 2014年3月6日, Bielefeld University, Germany
13. Peter H. Kahn, Jr., et al., "Will Humans Mutually Deliberate with Social Robots?", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2014), 2014年3月3-6日, Bielefeld University, Germany
14. Peter H. Kahn, Jr., et al., "No Joking Aside - Using Humor to Establish Sociality in HRI", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2014), 2014年3月3-6日, Bielefeld University, Germany
15. 神田崇行, ほか "授業外で, ロボットが活躍する学びのフィールドを求めて", 平成25年度人口ロボット共生学シンポジウム「人口ロボット共生学の近未来に向けて」(招待), 2014年1月12日, 東京大学伊藤国際学術研究センター(東京)
16. 神田崇行, ほか "Interacting with humanoid robots: field observations", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2013) Workshop (招待), 2013年11月3日, 東京ビッグサイト(東京)
17. 石超, ほか, "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9月4日, 首都大学東京南大沢キャンパス(東京)
18. Gerhard Sagerer, et al., "Revisioning HRI Given Exponential Technological Growth", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2013), 2013年3月5日, 日本科学未来館(東京)
19. Tatsuya Nomura, et al., "Measurement of Rapport-Expectation with a Robot", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2013), 2013年3月4日, 日本科学未来館(東京)
20. Jolina H. Ruckert, et al., "Designing for Sociality in HRI by Means of Multiple Personas in Robots", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2013), 2013年3月4日, 日本科学未来館(東京)
21. Takayuki Kanda, et al., "Interacting with Pedestrians", Human-Robot Interaction 2013 Workshop on Collaborative Manipulation, 2013年3月3日, 日本科学未来館(東京)
22. Michihiro Shimada, et al., "How Can a Social Robot Facilitate Children's Collaboration?", International Conference (ICSR2012), 2012年10月29日, Chengdu, China
23. 小泉智史, ほか, "社会ロボットを用いた協調学習実験~結果報告~", 平成24年度第1回人口ロボット共生学シンポジウム, 2012年9月30日, 東京大学福武ホール(東京)
24. 小泉智史, ほか, "社会ロボットを用いた協調学習", 日本ロボット学会第30回記念学術講演会(RSJ), 2012年9月17日, 札幌コンベンションセンター(北海道)
25. 林宏太郎, ほか, "街角で活動する移動ロボットの為の邪魔にならず話しかけやすい移動行動の設計", 日本ロボット学会第30回記念学術講演会(RSJ), 2012年9月17日, 札幌コンベンションセンター(北海道)
26. 小泉智史, ほか, "もし, ロボットが入ってきたら, 君ならどうする?-ロボットによる高齢者生活支援と学習支援-", 奈良県立奈良高等学校コアSSH事業サイエンスフォーラム, 2012年7月28日, 奈良市北部会館市民文化ホール(奈良)
27. Takayuki Kanda, et al., "Human-robot interaction (HRI) in daily environment", RSS Area chair workshop, 2012年4月12日, Oxford, UK
28. Takayuki Kanda, et al., "Children learning with a social robot", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2012), 2012年3月7日, Boston, USA
29. Peter H. Kahn, Jr., et al., "Do People Hold a Humanoid Robot Morally Accountable for the Harm It Causes?", ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2012), 2012年3月6日, Boston, USA
30. 小泉智史, ほか, "社会ロボットによる協調学習実験", 第29回日本ロボット学会学術講演会, 2011年9月7日, 芝浦工業大学豊洲キャンパス(東京)
31. Takayuki Kanda, et al., "Using a social robot as a teaching robot: A Classroom with a social robot", 9th

- International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL2011): Connecting computer supported collaborative learning to policy and practice, 2011年7月5日, Boston, USA
32. Chao Shi, et al., "Spatial Formation Model for Initiating Conversation", Robotics: Science and Systems Conference (RSS2011), Proceedings of Robotics: Science and Systems VII, 2011年6月28日, Los Angeles, USA
 33. Peter H. Kahn, Jr., et al., "The New Ontological Category Hypothesis in Human-Robot Interaction", 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2011), pp.159-160, 2011年3月6-9日, Lausanne, Switzerland
 34. Tatsuya Nomura, et al., "Exploring Influences of Robot Anxiety into HRI", 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2011), pp.213-214, 2011年3月6-9日, Lausanne, Switzerland
 35. 神田崇行, ほか, "人とロボットとの自然なインタラクションに向けて", 関西大学第15回先端科学技術シンポジウム, 2011年1月14日, 関西大学(大阪)
 36. Tetsunari Inamura, et al., "Simulator platform that enables social interaction simulation SIGVerse: SociolIntelliGenesis simulator". IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2010), 2010年12月21日, 東北大学(仙台)
 37. Takayuki Kanda, et al., "Natural Human-Robot Interaction", 2nd International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPACT2010), 2010年11月17日, Darmstadt, Germany
 38. 嶋田倫博, ほか, "人とロボットの共生による協創社会の創成(人口ロボット共生学領域)", 情報処理学会創立50周年記念全国大会, 2010年3月9-10日, 東京大学本郷キャンパス(東京)
 39. Peter H. Kahn, Jr., et al., "Validating Interaction Patterns in HRI", 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2010), pp. 183-184, 2010年3月2-5日, 大阪産業創造館(大阪)
 40. Peter H. Kahn, Jr., et al., "Psychological Intimacy with Robots? Using interaction patterns to uncover depth of relation", 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2010), pp. 123-124, 2010年3月2-5日, 大阪産業創造館(大阪)
 41. Tatsuya Nomura, et al., "Influences of concerns toward emotional interaction into social acceptability of robots", 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction (HRI 2009), pp.231-232, 2009年3月11-13日, San Diego, USA
- 〔図書〕(計 2件)
42. Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, "Human-Robot Interaction in Social Robotics", CRC Press Human-Robot Interaction in Social Robotics, 2012, 372 pages
 43. Peter H. Kahn, Jr., Aimee L. Reichert, Brian T. Gill, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Jolina H. Rukert, "Validating characterizations of sociality in HRI: It's more than psychometrics", New Frontiers in Human-Robot Interaction, 2011, pp.57-72
- 〔その他〕
本領域内で共同して行った実証実験について, NHK (おはよう関西, インタビューここから), CBS News をはじめとして約20件報道された。
- 領域全体のホームページ:
<http://www.irc.atr.jp/human-robot-symbiosis/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
宮下 敬宏 (MIYASHITA, Takahiro)
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: 50332771
 - (2) 研究分担者
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