

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：82626

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：21118002

研究課題名(和文)人とかがわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動

研究課題名(英文)Adaptive Control for Symbiotic Android Robot

研究代表者

松本 吉央(MATSUMOTO, YOSHIO)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・研究グループ長

研究者番号：00314534

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 71,400,000円、(間接経費) 21,420,000円

研究成果の概要(和文)：人とのインタラクション研究のテストベッドとして開発してきたアンドロイドに関する知見を発展させ、人間と関わり“よい聞き手”となるロボットの適応的な要素行動の実現を目指す。そのために、豊かな表情を表出可能で、実証現場に持ち込むことが容易なアンドロイドロボットを開発し、ゆらぎを用いた人間とロボットの動作の同調制御手法と、ロボットと共存している人への心理的影響の評価手法を開発した。さらに、学校、病院などの人との共存場面での実証実験を行い、本手法の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：We have developed android robots for the human-robot interaction study. We aim to construct robot's novel behaviors to make the android robots "Good Listener." The new android robots are facially expressive and easy to be brought to the real validation field. We have developed a synchronization method of human-robot behaviors with fluctuation and evaluated psychological effects of coexisting persons with the robot. Finally we have confirmed the effectiveness of the androids study through the demonstration test at the real schools and hospitals.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ロボット アンドロイド コミュニケーション 同調 制御 心理 認知

1. 研究開始当初の背景

これまでに開発されたコミュニケーション型ロボットの多くは、Paro, PaPeRo, キーポンなど、動物またはデフォルメされた生物的な外観を持つ小型ロボットであった。一方、人間に酷似した外観を持つアンドロイドを教育、医療、福祉分野で活用する試みも始まっている。例えば、アンドロイドにうつ病患者の表情と会話を実装し、保健学科の学生がうつ病を学ぶモデルとして活用する試みがある。また、頭部や顔に運動障害を持つ患者の動作の特徴をアンドロイドに実装し、事前に慣れさせることによって、実際の患者とのコミュニケーションを円滑にする研究もある。アンドロイドは、人間に酷似した外観を活かすことで、従来のコミュニケーションロボットとは異なるアプリケーションを現場に提供できる可能性がある。

また、研究代表者らによるアンドロイドに関するこれまでの研究で、アンドロイドが人の話を聞く際の表情を、ゆらぎの概念を取り入れながら周囲の人間と同期させることが、コミュニケーションにおける満足度や安心感の向上につながることを実験的に見出してきた。

2. 研究の目的

本新学術研究領域「人とロボットの共生による協創社会の創成」では、“学び”の現場において活用できる“よい聞き手”となるロボットを実現することを目指している。

ここで、社会で活躍するロボットには、人間と関わるためのインタラクションが重要となる。インタラクション研究のテストベッドとしてアンドロイドが開発されたが、そこで問題となっているのが制御方法である。“人間”はモデル化が困難なため、従来の制御手法だけでは、ロボットは人間とのインタラクションの状況の変化に対応しきれない。モデル化困難な対象に対する制御手法として、研究代表者らは、生物に特有の現象である「ゆらぎ」をロボットに取り入れる研究に取り組んできた。本研究では、この「ゆらぎ制御」を用いて、モデル化が困難な人間と複雑なモダリティを介して関わるロボットの制御を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、これまでのアンドロイドに関する知見を発展させ、人間と関わり“よい聞き手”となるロボットの適応的な要素行動を実現するために、以下の3つの研究課題に取り組む。

(1) 豊かな表情を表出可能で、実証現場に持ち込むことが容易なアンドロイドロボットの開発

(2) ゆらぎを用いた人間とロボットの動作の同調制御手法の開発

(3) ロボットと共存している人への心理的影響の評価手法の開発

(4) 学校、病院などの人との共存場面での実証実験

4. 研究成果

(1) アンドロイドロボットの開発

アンドロイドとして図1(左)に示すアクトロイド-Fを開発した。シリコン製の皮膚を持ち、極めて人間に近い外観を備えた空気圧アクチュエータで駆動するアンドロイドである。システムの小型化、低価格化のため、可動部を従来よりも減らし全12自由度としているが、顔のみで7自由度あり、図1(右)に示すように、微笑む、嫌がる、驚くなど「よい聞き手」に必要な表情が表出可能となっている。また手足は動かないが、首(上下、左右、傾げる)、腰(おじぎ)、および呼吸動作が再現できる。

アンドロイドは空気圧アクチュエータを採用していることから、動作音や発熱の問題がなく長時間安定して動作し、関節も柔軟なため人との接触時にも安全性が高い。また、アクトロイド-Fは従来のアンドロイドと比べて自由度を大幅に減らしたため、制御装置(エアバルブ)を全て胴体に内蔵され、コンプレッサも小型・軽量化(重量50kg)され家庭用100V電源で駆動できる、乗用車でシステム一式を運ぶことが可能である、など実証実験のための学校、病院等への導入が容易であるという特徴を持つ。



図1：開発したアンドロイドロボット

(2) 同調制御手法の開発

瞬き、視線遷移、頭の揺れなど人間が無意識に行っている動作は、アンドロイドでも常に行われることが望ましい。そこで、2~3秒間の幅をもたせたランダムなタイミングで瞬き、視線をそらす動作を行うこととした。また頭の揺れは予め計測した人間の動きを基に動作を生成し、外部から操作入力のないアイドル時に実行される。人への同調のためには、Webカメラと顔認識技術を用いて、カメラで捉えた人物の頭部姿勢、顔の特徴点を検出する。カメラをアンドロイドの対話相手に向けることで、相手の頭部の動き(ロール、ピッチ、ヨー)、表情(口の開閉、眉の上下、眉間のしわ、口角の引き上げなど)に同調させてアンドロイドの行動を生成可能である。

また、対話中の人物の振る舞いが他の対話

参与者に与える影響のモデル化と、それに基づくロボットの行動決定メカニズムを開発した。具体的には、プレゼンテーションの場面(図2)においてロボットを用いて対話のコンテキストを制御しながら、人間の行動を自動的に記録することで、統制の取れた対話行動のデータを収集した。また、対話を部分観測マルコフモデルであると仮定することで、取得したデータに基づき人間の動作に対する確率モデルを構築した。

また、未知の環境、あるいは環境の変動に強い生体を模倣した制御手法として、“ゆらぎ”に基づく制御手法の基礎的な研究も進めた。

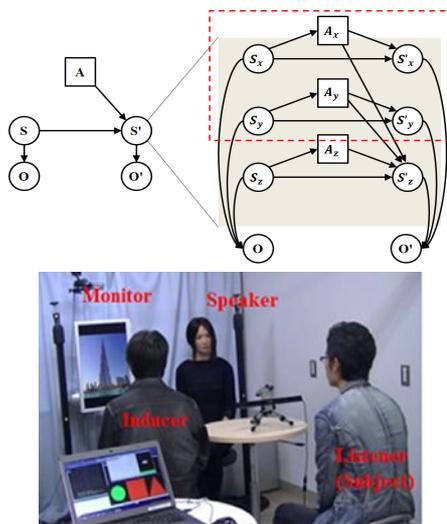


図2：対話モデルとデータ収集の様子

(3) 心理的影響の評価手法の開発

同調的に動いているアンドロイドに対し、他者が接近するなどした際には、心理的な影響が生じることが経験的に言われてきた。そこで、情動に関連する人の生理指標であるSCR (Skin Conductance Response) 値を手指に電極を貼ることにより計測したところ、アンドロイドへの人の接近により、値に変化が見られた(図3)。これによって、アンドロイドへの没入感(パーソナルスペースの拡張)を、客観的な指標により定量的に評価することができるようになった。

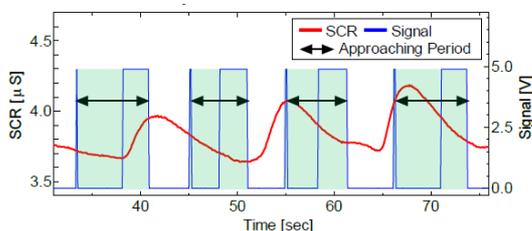


図3：SCRの計測による心理的影響の評価

(4) 実証実験

医療現場において可能な限りアンドロイドを自律動作させた場合に、患者にどのような印象を持たれ、診察にどのような影響を与

えるか調査するため、東京大学医学部附属病院の痛み外来(図4(上))の70名の患者の診察においてアンドロイドを同席させ、アンケート調査を行った。その結果、以下のことが分かった。

- ・ アンドロイドが診察に同席することの可否に関して、約1/3の患者が「同席したほうが良い」と回答し、「同席しないほうが良い」と答えたのは5.7%(4名)のみであった。
- ・ アンドロイドに対する形容詞対を用いた印象評価を行い分析した結果、65歳以上の患者の方がより肯定的な印象を持っていた(図4(下))。
- ・ 医師に対する印象が、アンドロイドが同席することによりどう影響するか、アンケートにより比較した。その結果、
 - Q1: 医師の言葉遣いはわかりやすかったか?
 - Q3: 医師はあなたに共感してくれたか?

に関して、同席しない診察に比べて有意に評価が高かった。

特に Rogers が提唱したカウンセラーに必要な3つの基本的態度のうちの一つ、「共感的理解」に関連したQ3の質問に対する評価が向上したのは重要な点である。

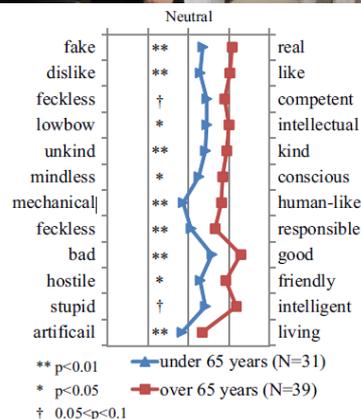


図4：病院での実証実験の様子とアンドロイドの印象評価

また、発達障害児のソーシャルスキル学習のためにアンドロイドを利用することに関して、病院や学校での対話デモンストレーションを行った。児とロボットとのアイコンタクトや共同注意がどの程度成立するかを観察し、どのようなプロトコルでの介入実験を行えば効果が期待できるかについての検討

を行った。

さらに、文化によるアンドロイドの心理的な受け取られ方の違いを調べるため、アンドロイドを海外（University of New South Wales, シドニー）に持ち込み、デモンストラーションを行い反応を観察した。また昨年度行ったアンドロイドの遠隔操作時にオペレータを感じる違和感の SCR（皮膚抵抗値）による定量化実験を、オーストラリア人研究者を対象に行った。その結果、これまでの日本人研究者を対象とした場合と同様に「同調的な操作」をしているときは、そうでない場合と比べて SCR の反応が有意に大きくなることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

- S.G.Nurzaman, Y.Matsumoto, Y.Nakamura, K.Shirai, S.Koizumi, H.Ishiguro, "From Levy to Brownian: a computational model based on biological fluctuation", PLoS ONE, 6(2), e16168, 2011.
- 吉川雅博, 住谷昌彦, 松本吉央, 石黒浩, "医療福祉現場を支援するアンドロイドロボットシステム", "ヒューマンインタフェース学会論文誌", Vol.14, No.2, pp.197-207, 2012.
- N.Takemura, Y.Nakamura, Y.Matsumoto, H.Ishiguro: A path-planning method for human-tracking agents based on long-term prediction, IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics--Part C. 42(6), pp.1543--1554, 2012.
- 細馬宏通, 坊農真弓, 石黒浩, 平田オリザ, 人はアンドロイドとどのような相互行為を行いうるか: アンドロイド演劇『三人姉妹』のマルチモーダル分析, 人工知能学会論文誌, 29 巻, 1 号, pp.60-68, 2014.
- H.Takahashi, K.Terada, T.Morita, S.Suzuki, T.Haji, H.Kozima, M.Yoshikawa, Y.Matsumoto, T.Omori, M.Asada, E.Naito, "Different impressions of other agents obtained through social interaction uniquely modulate dorsal and ventral pathway activities in the social human brain", Cortex, 2014 (In Press).

〔学会発表〕(計 26 件)

- M.Yoshikawa, Y.Matsumoto, M.Sumitani, H.Ishiguro, "Development of An Android Robot for Psychological Support in Medical and Welfare Fields," IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2011), pp. 2378-2383, Dec.2011.
- 大武美保子, 大谷昂, 小泉智史, 吉川雅

博, 松本吉央, 三宅なほみ, "高齢者が遠隔操作するロボットを用いた司会による共想法形式のグループ会話支援," 第 25 回人工知能学会全国大会論文集, pp.1A2-NFC1b-11, 2011.

- Yoshio Matsumoto, Masahiro Yoshikawa, Masahiko Sumitani, Masutomo Miyao, Yutaka Nakamura, Hiroshi Ishiguro. "Acceptance of Android in Medical and Nursing Fields", Workshop on Human-Humanoid Interaction: Toward Symbiosis of Humans and Robots at IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humamoids), 2012.
- 12. 陪席ロボットの行動決定のための識別器を用いた人間の行動予測, 横山晋, 吉川雄一郎, 中村泰, 石黒浩. ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2012.
- K.Tanaka, M.Yoshikawa, Y.Matsumoto "Change of Personal Space Induced by Operation of Android Robot Synchronized with Operator," IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2013), pp.346-351, Kobe, 2013.

〔図書〕(計 2 件)

- E.Takano, Y.Matsumoto, Y. Nakamura, H.Ishiguro, K.Sugamoto, "The Psychological Effect of Attendance of an Android on Communication", Experimental Robotics, O.Khatib, V.Kumar, and G.Pappas (Eds.), ISBN:978-3-632-00195-6, Springer, pp221-228, 2009.
- Y.Matsumoto, M.Yoshikawa, Y.Wakita, M.Sumitani, M.Miyao, H.Ishiguro: Impression of Android for Communication Support in Hospitals and Elderly Facilities, Field and Service Robotics (11), K.Yoshida Eds, Springer, 2013.

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://unit.aist.go.jp/is/srrg/ci/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 吉央 (MATSUMOTO, Yoshio)

産業技術総合研究所・知能システム研究部門・研究グループ長

研究者番号: 00314534

(2)研究分担者

石黒 浩 (ISHIGURO, Hiroshi)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号：10232282

宮尾益知 (MIYAO, Masutomo)
国立成育医療研究センター・こころの診療
科・医長
研究者番号：70120061

中村泰 (NAKAMURA, Yutaka)
大阪大学・未来戦略機構・特任准教授
研究者番号：70403334

住谷昌彦 (SUMITANI, Masahiko)
東京大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：80420420

脇田優仁 (WAKITA, Yujin)
産業技術総合研究所・知能システム研究部
門・主任研究員
研究者番号：90358367