

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24680022

研究課題名(和文)人と一体化するロボットによるコミュニケーション支援システムの構成

研究課題名(英文)Development of a supportive system of communication using robots fused with human

研究代表者

吉川 雄一郎(Yoshikawa, Yuichiro)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：60418530

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ロボットを端末とする遠隔対話にもう一体のロボットを陪席させる集団型遠隔対話ロボットシステムを構築した。そして複数のロボットおよび自身の振る舞いを同一視させる人間の錯覚を考慮し、ロボット間の非言語的表現の補完および相互作用をデザインするとともに、それがコミュニケーション効力感の改善に寄与することを示した。さらに得られた知見を言語的表現に拡張し、より高度なコミュニケーション効力感を与える集団型対話ロボットシステムを実現した。また対話相手間の同一視に基づく対話訓練プログラムをデザインし、自閉症スペクトラム症者のコミュニケーション療育への応用可能性を検討した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed a multi-robot telecommunication system consisting of a proxy robot of a distant person and a bystander robot standing by the proxy one. Based on the consideration of illusion by which a person confuses behavior produced by participants of conversation including robots and the person her- or himself, the interaction of and complementation of nonverbal representations between robots were designed so that the felt efficacy of interlocutor of the robots in the communication with the distant person through them. The findings on the nonverbal representation were extended to the verbal one so as to show the similar effect on the efficacy in the verbal modality. Furthermore, we designed a program of treatment and education for individuals with Autism Spectrum Disorders to communicate with others and conducted field trials to evaluate the possibility of this form of application.

研究分野：知能ロボット学

キーワード：知能ロボット ヒューマン・ロボットインタラクション 同調 陪席ロボット 遠隔対話

1. 研究開始当初の背景

(1) 人間が他者とコミュニケーションし続けるためには、相手と情報交換ができるという実感(コミュニケーション効力感)を持ち続けられることが重要である。近年のロボット工学では、対話に陪席し、非言語的なしぐさによる調整を代わりに担うことで、コミュニケーション効力感の形成を支援する人間型ロボットの実現に注目が集まっている。

(2) 人同士のコミュニケーション効力感を促進する陪席ロボットや遠隔対話の端末となるロボットの例はいくつか示しているが、代理的な応答行動の設計論は確立されていなかった。これに対し、設計論の基となる人間の社会的認知過程に陪席者がどのように関与しうるのかをモデル化することが課題として残されていた。

2. 研究の目的

本研究では、エージェント間の同調による認知的一体化の設計によりコミュニケーション効力感の促進が可能であるという仮説に基づき、周囲と同調するロボットを人間の対話に導入することを手段として、人間の対話を支援するシステムの実現に取り組むとともに、人間の社会的認知のしくみを構成的に理解することを目指す。

具体的には、人間どうしの直接対面対話、および端末ロボットを介した遠隔対話にロボットを陪席させることを想定した集団型対話ロボットシステムを構築し、インタラクション実験によるフィードバックを通じて陪席ロボットが周囲と効果的に同調する機構を開発することで、人間のコミュニケーション効力感を促進する対話支援システムを実現する。

3. 研究の方法

(1) ロボットを端末とする遠隔対話にもう一台のロボットを陪席させるシステム(集団型遠隔対話ロボットシステム)を構築し、遠隔対話において遠隔話者の存在感が増強されるかを評価することを通じ、遠隔対話に陪席するロボットの振る舞いによって、遠隔対話におけるコミュニケーション効力感を促進可能であることを示す。

(2) 対話支援システム的具体例として、コミュニケーションの質的な障害が指摘される自閉症スペクトラム症(ASD)者を想定する。ASD 者が、人とロボットそれぞれと関わることを交互に繰り返していくインタラクション実験を実施し、人とロボットの間に認知的一体化が起こることを通じて、ロボットとの間に生じやすい同調的な関わりが、人との関わりの改善につながるかどうかを評価する。

4. 研究成果

(1) 従来の遠隔対話ロボットシステムでは、ロボットを遠隔操作して遠隔地のロボットの前にいる話者(訪問者)と対話する際に、

対話に必要な非言語的信号を端末ロボットに生成させながら対話することができるため、遠隔対話でありながら、訪問者に高度なコミュニケーション効力感を与えることが期待されている。しかし、例えば、頷くという動作は、同意を表現できる信号であるが、その動作を生成しない場合、文脈によっては非同意を表現してしまうなど、ひとたび端末に非言語的表現能力を持たせると、対話において適切に非言語的表現を生成し続ける必要が生じてしまい、操作者の負担となっていた。これに対し、端末ロボットの非言語的表現を自動生成するシステムをことが考えられるが、操作者の操作とシステムの出力が干渉する恐れがある。また対話状況の自動認識の困難さため、場合によっては操作者の意図しない動作が自動生成されてしまう可能性もあり、非言語的表現の自動生成は自然な対話の阻害要因となる恐れがある。

そこで本研究では、端末ロボットのそばに、もう一台の陪席ロボットを導入することで、対話において必要な非言語的表現を、端末ロボットの代わりに陪席ロボットに生成させたり、端末ロボットの非言語的表現をフォローするように動作させたりすることを考える。このような対話ロボットシステムで、複数のロボットを使用する必要があるため、人の生活空間で使用されることを考慮すると、その端末は人間らしさを備えている必要があるとともに、小型であることが重要になる。またロボット間の認知的一体化あるいは両者の同調傾向の認知を促進することを考慮すると、使用する複数のロボットにはある種の類似性を持たせることが望ましい。本研究では、上半身に自由度を持ち、視線や頷きなどの非言語的な社会的信号を生成できる小型の人間型ロボットを2体、それぞれ遠隔話者の端末となる端末ロボットおよび遠隔対話に陪席する陪席ロボットとして使用した集団型遠隔対話ロボットシステムを構築した(図1)。

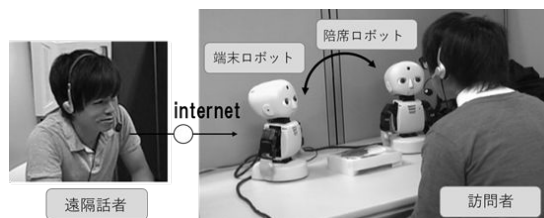


図1 集団型遠隔対話ロボットシステム

このようなシステムにおいては、訪問者が陪席ロボットの生成する非言語的表現を遠隔話者のものとして捉えることで、訪問者にとって、遠隔話者のコミュニケーション効力感が高まることが期待される。これに対し、本研究では、陪席ロボットに被験者に対して応答的に有声相槌(「なるほど」という発話を伴う頷き動作)を生成する自律機能を持たせ、陪席ロボットがいる条件といない条件で、

被験者を訪問者として5分程度の遠隔対話を体験させ、コミュニケーション効力感を評価させる実験を実施した。その結果、陪席ロボットがいることが、被験者は遠隔操作者が「同じ部屋にいる」という感覚を強化することが確認された(図2)。これは、被験者が端末ロボットと陪席ロボットを同一視したことで、すなわち被験者にとって二つのロボットの認知の一体化が生じることで、陪席ロボットが適切に同意の応答を示しているという認知が、端末ロボットすなわち遠隔話者の認知に当てはめられることによって生じたものと解釈された。

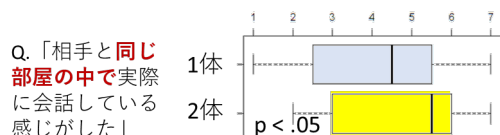


図2 陪席ロボットが端末ロボットの代理応答(有声相槌)をする効果

また、陪席ロボットを導入したことで、遠隔話者の振る舞いに対して、訪問者の代わりに端末ロボットを応答させることが考えられる。これにより、端末ロボットが自動生成する非言語的表現の意図、すなわち遠隔話者の意図が瞬時には解釈できないようなものであっても、陪席ロボットがこれに反応することで、表現の意図が認知できるようになると考えられる。

この効果の評価するため、コミュニケーション効力感を感じるうえで、訪問者が遠隔話者に見られていると感じられるために重要であると考えられる視線を逸らし動作を、自律機能として端末ロボットに備えさせることを考える。なぜなら端末ロボットに単純に訪問者を見続けさせてしまうと、端末ロボットが選択的に訪問者を見ていないと感じられにくくなってしまいうえ、何らかの視線逸らし動作をさせる必要があるからである。また遠隔話者自身が遠隔操作インターフェース上の訪問者を注視するパターンは対面対話におけるそれと異なると考えられるため、適切な頻度で視線を逸らす機能は操作者の操作によってではなくシステム側の自動生成機能として提供することが望ましいからである。ただし、いつ視線を逸らすべきかは対話の文脈に依存するため、このような視線逸らし動作は、場合によっては、操作者が意図しない表現として解釈されてしまう恐れがある。

この視線逸らしに対し、端末ロボットを見返す機能を陪席ロボットを導入する条件としない条件を用意し、訪問者として遠隔対話に参加する被験者のコミュニケーション効力感を評価した。その結果、そのような陪席ロボットを導入することで、被験者は遠隔操作者と目が合った感覚が強まり、遠隔操作者が「同じ部屋にいる」という感覚を強化する

ことが確認された(図3)。これは、被験者が陪席ロボットと自分自身を同一視したことで、すなわち被験者にとって陪席ロボットとの認知的一体化が生じたことで、陪席ロボットと端末ロボットが目が合っているという認知が、自分自身と端末ロボットの間に起こったものとして認知されることによって生じたものと解釈された。

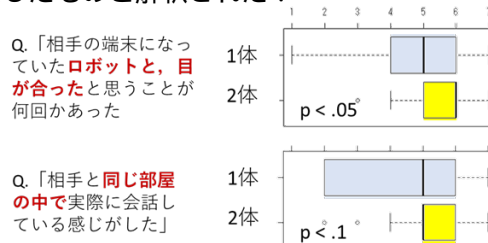


図3 陪席ロボットが人の代理応答(見つめ返し)をする効果

集団型遠隔対話ロボットの研究の結果から、以下の重要な示唆が得られた:

- ・ 陪席ロボットには、対話相手のロボットの代わりに人に応答する役割、あるいは人の代わりに対話相手のロボットに応答する役割を持たせることができる
 - ・ それぞれの役割における陪席ロボットの振る舞いを、対話相手のロボットの自分に対する振る舞い、あるいは自分自身の対話相手のロボットの振る舞いとして、人に同一視させることで、コミュニケーション効力感を高められる可能性がある
- この知見は、遠隔対話における非言語的表現の認知に留まらず、直接対話における言語的表現にも応用可能であると考えられる。

そこで本研究では、(A)現在の人の対話相手のロボットが人に返答すべきタイミングで、人に対して発話をする機能、(B)人が返答すべきタイミングで現在の人の対話相手のロボットに返答する役割を陪席ロボットに担わせる集団型対話ロボットシステム(図4)を構築し、陪席ロボットがそのように振る舞うことが、人のコミュニケーション効力感に及ぼす効果を検証した。人に質問しては、曖昧に、あるいは時折自分の意見を差し挟んで返答する、ということを繰り返す対話スクリプトを用意し、このスクリプトに従って発話する1体のロボットと対話する条件と同じスクリプトに従って交互に発話する2体のロボットと対話する条件の直接対面対話を被験者に体験させ、コミュニケーション効力感を評価させた。その結果、対話の難しさ、自分の発話が無視された感じ、に関して2体のロボット条件で改善が認められた(図5)。これは前述の直接対面対話においても、また言語的表現においても、認知的一体化に基づきコミュニケーション効力感を高められることを示唆していると考えられ、人間同士の対話において、陪席するロボットに同様の役割を持たせることで、同様

の効果が期待できることを示唆している。

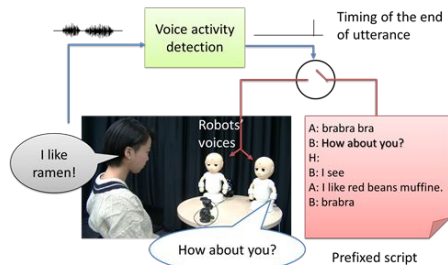


図4 集団型対話システム

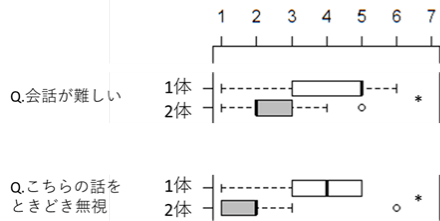


図5 1体と2体の対話における効力感

またここで特筆すべきは、実験に使用したスクリプトは人間の発話音声を認識せずに対話を進めていくものであったにもかかわらず、発話するロボットを適宜切り替えるという形態をとるだけで、人のコミュニケーション効力感を高められたという点である。これは一般の対話ロボット研究においてボトルネックになっている音声認識の困難さを回避する新たなアプローチとしてロボットを集団化することの有用性を示すとともに、人間にとって対話が成立するとはどういうことであるか、という基本問題に対して、新たな視点を与える結果であり、当初予定していた以上の成果と呼べるものである。

(2) ロボットを用いてコミュニケーション効力感を支援するシステムの対象として、コミュニケーションの質的な障害を抱えるとされる自閉スペクトラム症(Autism Spectrum Disorder: ASD)の患者への適用が考えられる。これまでも ASD 者のコミュニケーションや社会適応を支援するツールとして、人間型ロボットを用いることが注目されており、人間型ロボットの視線や指さしに反応できるようになるなど療育効果が期待されているが、ロボットに対してできるようになったことを、人に対して汎化させることが課題として残されていた。これに対し、人間に酷似した見かけを持つロボットであるアンドロイドを用いることで、人間に対して汎化しやすい体験をデザインできる可能性がある。

これに対し本研究では、ASD 者の対話相手となるアンドロイドと人間の間の認知的一体化を誘導する対話体験プログラムを構築する。具体的には、(1)ASD 者がアンドロイドとの対話において、人に対するときより

も非言語的表現を表出しやすいこと、(2)ASD 者が、アンドロイドとの対話と人との対話を繰り返すうちに、アンドロイドとの対話において可能になる非言語的表現の傾向が人に対するときにも表出できるようになる、ことを示すことを目的に、ASD 児がアンドロイドおよび人と交互に対話する状況を構築し、その際の様子を観察、分析した。

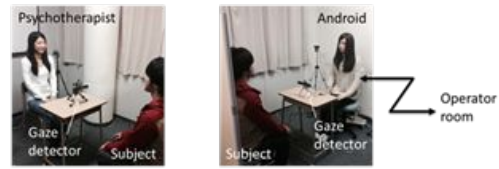


図6 認知的一体化に基づく対話支援プログラムの実施環境

パーティションで区切られた部屋に成人女性および遠隔操作される女性型アンドロイドを配置し、15歳~18歳のASD男児4名と非ASD男児6名を、このそれぞれを相手とした2分程度の対話を交互に5回繰り返すセッションに参加させ、対話中の児の視線を視線計測装置(Tobii, X2-60)により計測した。児の返答によらず対話が成立するようにスクリプトを注意深くデザインし、対話内容を統制した。分析は視線が計測できた区間限定して実施した。その結果、全ての児において、顔付近の領域を注視する時間の割合は、人間(M=.55, SD=.25)よりもアンドロイド(M=.76, SD=.27)に対するときの方が高かった。顔領域のうち鼻より上を注視していた割合の平均値は、非ASD児では、人間(M=.75, SD=.35)とアンドロイド(M=.65, SD=.26)で有意差は認められなかった(t(5)=.83, n.s)が、ASD児においては、アンドロイド(M=.61, SD=.29)の方が人間(M=.17, SD=.17)に対するときよりも高く(t(3)=3.78, p<.05)、非ASD児が人間とアンドロイドに対したときと同程度であった。これは、ASD児が人の目を避け、アンドロイドの目を注視する傾向を示しており、目を用いたコミュニケーションの訓練にアンドロイドを利用することの有用性を示唆している。ただし、目付近を見る傾向は5回のセッションの中で人と対する際にも増加することは観察されたが、統計的な有意性は確認できなかった。実験回数のデザイン、アンドロイドと対話相手の人の認知的一体化を促進するためのセッションのデザイン、被験者となるASD者の症状の分類を注意深く行い、対話支援の療育プログラムを改善していくことが今後の課題である。

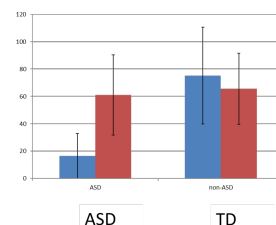


図7 顔付近観察時の目付近の注視率
 認知的一体化，すなわちエージェント間の同一視の程度を強化，あるいは計測する方法としてエージェント間の生理的な身体的同調に注目することが考えられる．人が話す映像を用いた研究において，健常者は話し手の発話終わり付近の瞬きに同調する傾向があることが示されている一方で，ASD 者では見られないことが知られている．しかし，の研究で示されたように，ASD 者においてはアンドロイドに対する非言語的反応が促進される可能性があり，同様に同調傾向を示す可能性がある．

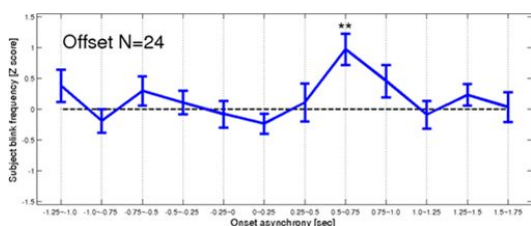


図8 まばたきの同期性

そこで本研究では，その第一歩として，健常者を対象に，話し手として実物のアンドロイドを用いて，まばたきの同調傾向を調査した．その結果，アンドロイドの瞬きの発話終わり付近の瞬きの直後に，より頻繁に瞬きをしている傾向が認められた．また興味深いことに，その傾向は，被験者とアンドロイドとの間の別のモダリティにおける非言語的な関わりを調整すると強くなったり，弱くなったりする傾向があった．これは，人とロボットの間において，あるモダリティの同調を操作することで，別のモダリティの同調を操作できる可能性を示しており，複数のモダリティを用いることで，同調の傾向，認知的一体化の程度を制御できる可能性を示唆している．同様の傾向がASD 者においてもみられるか，またその傾向を操作することによる認知的一体化に基づく対話支援プログラムへの応用が今後の課題である．

以上のように，本研究では，コミュニケーション効力感を高めるための複数の人とロボットの対話システムに関して，認知的一体化という視点から，集団型遠隔対話ロボットシステムの開発およびASD 者の対話支援を対象とした臨床応用に取り組んだ．陪席ロボットあるいは第三のエージェントを導入することの効果を確認することを通じ，ロボットを集団化することが対話ロボット開発において音声認識の困難さを緩和する有望な方向性であることを示す，全く新しい設計思想の集団型対話ロボットを開発することができた．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

坊農真弓，吉川雄一郎，石黒浩，平田オリザ，ロボット・アンドロイド演劇の工学・科

学・芸術における意味，電子情報通信学会・基礎・境界ソサイエティ，ファンダム・レビュー (FR)，査読有，Vol.7, No.4, 2014, pp.326-335

熊崎博一，吉川雄一郎，ロボットを用いたASD 児への介入効果についての予備的研究，Human Developmental Research 2015, 査読無，Vol.29, 2015, pp.169-174

中江文，吉川雄一郎，住岡英信，柴田政彦，力石武信，石黒浩，アンドロイドによる医療支援の可能性，整形・災害外科，査読無，Vol.58, No.8, 2015, pp.1057-1061

〔学会発表〕(計47件)

K. Ogawa, T. Chikaraishi, Y. Yoshikawa, S. Nishiguchi, O. Hirata, H. Ishiguro, Designing Robot Behavior in Conversations based on Contemporary Colloquial Theatre Theory, The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Edinburgh, Scotland, 2014.8.25-29, 査読有

T. Arimoto, Y. Yoshikawa, H. Ishiguro, Nodding Responses by Collective Proxy Robots for Enhancing Social Telepresence, The Second International Conference on Human-Agent Interaction, Tsukuba, JAPAN, 2014.10.29-31, pp.97-102, 査読有

Y. Yoshikawa, H. Kumazaki, Y. Matsumoto, S. Mizushima1, M. Nakano, A. Tomoda, H. Ishiguro, M. Miyao, Preference and reaction of ASD children in conversation with three types of human-like robots, 9th International Conference on Early Psycholosis, Tokyo, Japan, 2014.11.17-19, 査読有

Y. Yoshikawa, H. Kumazaki, Y. Matsumoto, Y. Wakita, S. Mizushima, S. Nemoto, M. Miyao, M. Nakano, M. Mimura, and H. Ishiguro. Positive Bias for Eye Contact in Adolescents with Autism Spectrum Disorders during Conversation with an Andoroid Robot. International meeting for Autism Research, May13-16, 2016, Salt Lake City, Utah, USA, 査読有

吉川雄一郎，人と関わりやすいロボットと，The 17th Annual International Conference of the Japanese Society for Language Sciences, 2015.7.18-19, Oita, Japan, 招待講演

〔図書〕(計2件)

苧阪直行，ロボット共生する社会脳(第8章，吉川雄一郎，人間とロボットの間の注意と選好性)，新曜社，2015

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：エージェント対話システムおよびプロ

グラム

発明者：吉川雄一郎，石黒浩，有本庸浩

権利者：大阪大学

種類：特許

番号：2015-006970

出願年月日：2015年1月16日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 雄一郎 (YOSHIKAWA, Yuichiro)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教

授

研究者番号：60418530