

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23240027

研究課題名(和文) ロボット演劇の創成とそれに基づく人に親和性の高いロボットの実現

研究課題名(英文) Creating robot theater for building a more preferable robot

研究代表者

平田 オリザ (HIRATA, ORIZA)

大阪大学・コミュニケーションデザイン・センター・教授

研究者番号：90327304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,700,000円、(間接経費) 11,310,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、現代口語演劇理論に基づき、人間型ロボットやアンドロイド(人間と同じ見かけを持つロボット)を人間の俳優とともに役者として演劇に登場させる「ロボット演劇」の創作を通じ、特定のシーンにおいてロボットが人と関わる振舞を実現する枠組みを構築した。期間内に国内26件、国外31件(15カ国)の公演を成功させ、聴衆を対象とした大規模かつ文化比較的なアンケート調査により、提案する枠組みにより親和的なロボットの振舞が実現できることを確かめた。また実現された演出事例の分析から、ロボットの振舞のルールが抽出できることを示し、その効果を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this project, we have created stage plays called robot theatre where humanoid robots or android robots which have the exactly same appearance of an existing person play rolls of actor with human actors. Through the trials of creating them, we have developed a methodology to implement interactive behavior for robots in specific scenes. The validity of the proposed methodology has been confirmed through large and cross-cultural investigation on the audience of public performances on 26 theatres in Japan and 30 ones in 14 countries. Meanwhile, we have shown that we can extract rules for robots from the analysis on the created plays.

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 ロボット演劇 アンドロイド演劇 現代口語演劇理論

1. 研究開始当初の背景

近年、様々なヒューマノイド型ロボットが開発されるようになり、それらを用いたコミュニケーションの研究が盛んに行われるようになった。特に、高度な運動性能を持ったロボットが人の特徴的な動きを模倣することによって、非言語コミュニケーションの重要性が徐々に明らかにされつつある。しかし、どのようなロボットのしぐさが、人間にとって心地よく、自然と感ずることができるかについては、未だ知見は十分に蓄えられていなかった。

ロボット開発には、機能中心の開発と、シナリオやシーン中心の開発がある。これまでのほぼ全てのロボット開発プロジェクトは、機能中心の開発を目指していた。しかし、ロボットの知覚機能や運動機能、さらには対話機能の制限により、自律型のロボットは人間らしく人間と関わることができず、一般の人々のロボットに対する期待に応えることができてこなかった。しかしながら、人々はそれでも人間のような形を持つ(人間そっくりではなく、擬人化しやすい最低限の見かけを持つという意味)ロボットに惹かれ、その可能性を期待し続けている。このことは、ロボットの魅力が知覚機能などの基本機能だけにあるのではなく、ロボットの形そのものやロボットの存在そのものにあることを示唆する。すなわち、ロボットの基本機能に対するこだわりを捨てれば、ロボットの潜在的な表現能力を発揮させることができる可能性がある。これに対し、特定のシーンに限定して、ロボットの動作を徹底して作り込み、役者として演劇の舞台に立たせる「ロボット演劇」の創作を通じて、この問題にアプローチすることが考えられる。

2. 研究の目的

従来のロボット工学において、人間のような形を持つロボットは既に数多く開発され、ロボットと人間との違い、すなわち「人間にとって人間とは何か」が議論されてきた。しかしその自由度の多さや制御の制約のため、人間との関わりは、複雑な対話を伴わない、あるいはごく短時間の間に限るなど、簡略化されて取り扱われることが多く、必ずしもロボットの表現能力を十分引き出した上での議論ではなかった。また人間にできるだけ近い表現をさせる機能自体に焦点が当てられることが多く、どのような表現がそのロボットが人間らしさを表現するのに適しているかについての議論は必ずしも十分ではなかった。

本研究では、このような過去の研究に対して、「ロボット演劇」という演劇(芸術)と技術を融合させたアプローチにより、新しい演劇の創出とロボットによる表現のデザインを行う。すなわち世界的に評価の高い研究代表者の演出方法論のロボットへの応用と、実現されるロボットに対する社会的な評価

の分析を繰り返し、新たな人間らしさの表現をロボットに獲得させるとともに、人間が人間を感じるしくみを理解する。



Robovie-R3

「働く私」

図1：ロボット演劇「働く私」

ロボット演劇を通じた人と関わるロボットのための人間らしい振舞の実現における基本問題と、これらそれぞれに対する本研究におけるアプローチとして、

- (1) ロボットの表現の実現方法の確立：演出家の意図をより直感的にロボット表現に反映させる枠組みを開発する
 - (2) ロボットの表現の評価：一般市民によるロボット表現の人間らしさについての大規模評価を実施する
 - (3) ロボット表現事例の一般化：特定のシーンにおけるロボットの人間らしい振舞のルールの演出事例からの抽出
- の3つが挙げられる。

研究代表者は研究分担者の石黒と協力して、本研究期間が開始する3年前からロボット演劇の取り組み(図1：ロボット演劇「働く私」)を始めており、本研究ではこれまで蓄積してきたノウハウを元にこれをさらに発展させる。具体的には、研究代表者の平田が提唱する現代口語演劇理論に従い、シーンとシナリオを限定して十分な人間らしさを表現するロボットの発話と動作を実現するとともに、演劇として公開し、人間らしさに関して広く評価を得ることを試みる。人間型ロボットと、人間に酷似したアンドロイドの双方を用いて演劇を実現し、得られる評価を演劇の定量的分析とともに解析する。そして、これらを元に、ロボットの制御プログラムの部分的な自律化やアドリブ機能を開発する。

3. 研究の方法

(1) に関して、まず独自に確立しなければならないのは、アンドロイドの演技動作を生成する枠組みである。これについては、研究分担者の石黒らが開発してきたアンドロイドの遠隔操作システムを用いて構築する。具体的には、人間の俳優に、アンドロイドが演じる役を演じさせ、その俳優の演技動作を画像処理、音声処理を用いて取得し、アンドロイドの動作に変換することで、アンドロイドの演技動作を得る。すなわち、人間の俳優にアンドロイドを遠隔操作させることで、人間の俳優の演技をアンドロイドの演技に変換

する。一般に俳優は、演技を行う際に、日常生活で動作を行うのとは異なり、演出家の意図をくみ取り、登場人物の心的状態や意図を自身の体を使って適切に表現することができる。従って、俳優が普段演技を行う場合と可能な限り近い状態で演技させるだけで、アンドロイドの演技動作が生成できるようになれば、俳優が持つ暗黙知を利用したロボットの動作生成が可能になると考えられる。

また、人間型ロボットの動作生成については、身体構造の違いのため、俳優の演技をロボットの動作に変換するのは一般的に容易ではない。そこで本研究では、従来人間型ロボットの動作編集インターフェースを改良し、ロボットのプログラマーあるいは開発者ではない、演出家自身が容易にロボットの動作編集ができるようにする。これは、簡素的なシナリオを用意し、演出家がどのような動作編集があれば、望みの演出が可能になるかをインタビューし、これに基づく改善を繰り返すことで実用に耐えるロボットの動作編集インターフェースを実現する。

(2)については、研究代表者自身が、脚本・演出を手がけるとともに、劇団の協力を得て、演劇を有料で上演することで、実現する(収益は劇団が管理し役者の人件費、舞台費用などに充てる)。有料とするのは、有料顧客の厳しい目を通して、ロボットのリアリティについての調査を行うためである。

平田が提唱する現代口語演劇理論は、日常のリアリティを表現するための演劇理論であり、これによる平田の演劇は日本国内にとどまらず、その数多くの作品がフランスをはじめ諸外国で翻訳、出版、上演が繰り返されるなど、世界的に評価が高く、国内外の様々な劇場で実際に公演招待を受けることが見込める。

国内外の劇場で、ロボット演劇・アンドロイド演劇を上演し、上演直後に観客が劇中のロボットの表現をどのように感じたかをアンケート調査することで、大規模かつ文化比較的な調査を執り行う。

(3)については、創作された演劇の公演の記録し、これを詳細に記述・分析することによってアプローチする。また注目シーンに限定して、モーションキャプチャ等の行動計測が可能な環境でこれを再演することで、より詳細に分析することを試みる。

また分析結果に基づき、インタラクションを表現するのに代表的と考えられるシーンを表現する簡素的なシナリオを新規作成し、インタラクションに参加する人数や関係性などの様々な状況パラメータを変更したときに、動作に関する演出がどのように変化するかを分析する。そしてこれを通じて、状況に応じて適切な動作を自律的に選択できるロボットのアドリブ機能を開発する。

4. 研究成果

(1) に関して、既存のアンドロイドの遠

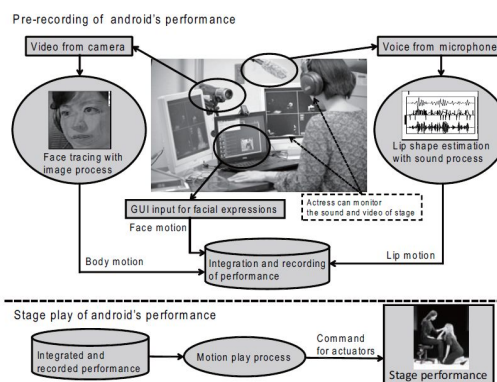


図2 ロボット演技生成システム

隔操作システムを利用し、劇中のアンドロイドの動作および発話を、現代口語演劇理論による演出に基づいて実現するための枠組み(図2)を構築した。すなわち、アンドロイドの動作および発話を事前に俳優が演じ、これを遠隔操作システムのインターフェースによって、アンドロイドの動作に変換し、舞台上で再生することで、アンドロイドの演劇動作が生成できる。

この際、現代口語演劇理論による演出を反映した動作編集ができる手順を確立した。すなわち、(i)台本読み合わせ、(ii)初期演出、(iii)台詞音声の録音、(iv)演技動作の記録、(v)仕上げ演出の5つの手順である。(i)において、俳優自身が台詞やタイミングを覚え、(ii)において、実際に、アンドロイドを動かしながら練習し、相手役の俳優と一緒に、発話のタイミング、アンドロイドや相手役の視線方向、動作について演出家からの指示を受けながら練習をする。(iii)、(iv)において、練習したタイミングに従って、演技し、これを遠隔操作インターフェースを用いてロボットの発話と動きに変換し、(v)において、アンドロイド、俳優の両方の動作をあわせ、演出家から最終的な指示を受ける。アンドロイドに対して、主に視線方向、発話のタイミングなどの微調整を行う。相手役の俳優も、同様の演出の指示を受ける。

現代口語演劇理論に基づく平田の演出手法では、俳優に対して精神論を求めることや、登場人物の心境になることを要求することは、稀であるとされている。本作品の創作においてなされた演出の指示も、主に発話開始のタイミング、発話のスピード、視線の方向、立ち位置、といった演技の物理的特徴といえるものがほとんどであった。興味深いことに、アンドロイドに対する指示と、相手役の俳優に対する指示は、ほぼ同じ事柄についてのものであった。

このアンドロイドの演技動作生成システムに加え、人とロボットの位置を計測するレーザーレンジファインダを用いた人位置計測システムを用い、遠隔演技操作システムを複数のロボットをそれぞれ適切なタイミングで操作する機能拡張、移動ロボットのための障害物回避の自律機能の統合を進めた。これを2体の日常活動型ロボット Robovie-R3



図3 アンドロイド・ロボット演劇
「三人姉妹」

が役者として登場する演目（「働く私」）および1体の人間酷似型アンドロイド Geminoid-F と1体の Robovie-R3 の2種類のロボットが役者として登場する演目（「三人姉妹」）の創作、公演に適用し、拡張したシステムにより舞台上で複数のロボットを人間の役者の代わりとして動作させられることを確認した。

また、人間型ロボットの発話・動作編集インターフェースをより直感的となるよう改良を施し（図4）、演出家自身が、ロボットの発話・動作を作成することによるロボット演劇の創作にも成功した（図5、ロボット演劇「銀河鉄道の夜」）。

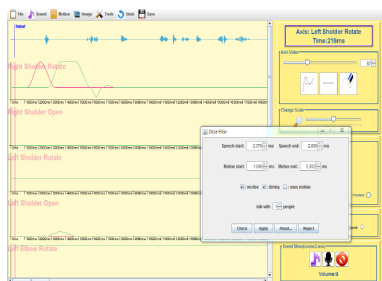


図4：発話・動作編集インターフェース

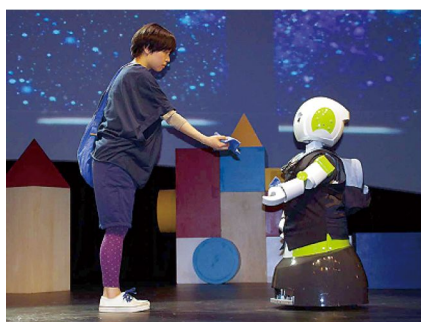


図5：ロボット演劇「銀河鉄道の夜」

（2）に関して、1体のアンドロイドと1人の人間の役者によって構成したアンドロイド演劇（アンドロイド演劇「さようなら」図6）を、研究期間内に、国内20ヶ所（東京（5回）、大阪（5回）、愛知県（2回）、神奈川県（2回）、山口県、沖縄県、北海道、福島県、福井県、鳥取県、京都府、熊本県、海外29ヶ所（オーストリア・リンツ、ドイツ・ベルリン、イタリア・パレルモ、フランス・パリ、フランス・トゥールーズ、タイ・バンコ

ク、ベトナム・ハノイ、韓国・ソウル、韓国・テジョン、アメリカ・ピッツバーグ、バーリントン、コロンバス、ニューヨーク、フィラデルフィア、カナダ・トロント、オーストラリア・メルボルン、デンマーク・オーデンセ）で公演し、観客が劇中のアンドロイドの表現をどのように感じるかについて実施したアンケート調査の結果を詳細に分析した。

その中でも特に、2011年にオーストリア、ドイツ、イタリア、フランスで、2012年に日本各地で行った公演で実施した調査では、劇中のアンドロイドについての評価とともに、来場者の年齢・性別などの個人的な背景、評価、来場者の心理的な背景を調査し、文化間比較を試みた。



図6：アンドロイド演劇「さようなら」

2011年から2012年にかけて、ヨーロッパと日本の各地で行われた公演において、上演後に観客に対して実施したアンケート調査によると、「アンドロイドの見かけは、この上なく美しかった」という設問に対して、肯定的な回答をした割合は63.2%（N = 449）であった。これは、「この上なく」という極端に強い表現をしたにもかかわらず、肯定的な回答を多く得られているため、美しさを損なう程に不気味さを感じさせている、ということはないと考えられる。そこで、アンドロイドが不気味で無かったことを確認するために、2014年に日本でアンケートを追加実施した。この結果、「アンドロイドが不気味でなかった」という問いに対しては、80.1%（N = 30）が肯定的な回答をし、「アンドロイドはよい演技をした」という問いに対しては、86.6%（N = 30）が肯定的な回答をした、これらの結果からも、しばしば指摘されるアンドロイドの不気味さを回避しつつ、美しさという人間的な特性をアンドロイドの所作に表現できていたことが確認できる。

また日本人の来場者は、他国の来場者に比べ、作品中のアンドロイドに対して人間的な性的な性質を強く帰属する傾向が認められた。この結果は、ロボット演劇というアプローチによる人間らしいロボットの開発の有効性を支持する結果であるともいえるが、同時に、

人間がどのような対象に心を認めるかには文化差があることを示唆する結果であるともいえる。本研究で実施した心理的背景を示す心理尺度との相関の分析から、日本人がロボットに心を認める傾向があったのは、共感性（MES）の高さではなく、アニミズム傾向（ASA）の強さによっていた可能性が示唆される。

（3）に関して、対話行動分析および音声学の手法を適用することで、ロボット演劇を通じて、複数人状況に置ける人の対話行動、人とロボットの振舞のデザインにおけるタイミング調整過程を詳細にモデル化・分析できることを示した。また同様の記述的なアプローチの分析から、人間の俳優とアンドロイドとのやりとりには、身体動作に微細な相互行為が埋めこまれており、人間性や非人間性が表現されていることが見出された。

また、より直感的な編集が可能になるよう改良したインターフェース（図4）を用いて、特定のパラメータだけが異なる状況の実験的ロボット演劇の作成に取り組んだ。現代口語演劇に基づく演出をロボットの動作プログラム設計に反映するモデル事例として、ここから抽出した、発話と動作の生起タイミングが2人と3人の状況において異なるなどの動作生成ルールにより、より自然と感じられるロボットの振舞が実現できることを示した（図7、図8）。またロボットが複数人対話に参入し、そしてこれから離脱する状況を、様々な設定で表現したシナリオによる小演劇を複数種類作成し、人間どうしの対人関係、人間とロボットの位置関係に応じて、ロボットの視線行動や位置取りなどの物理的パラメータのデータベースを構築するとともに、各社会的状況に応じた振舞のルールを抽出し、人位置計測に基づく、半自律的遠隔操作システムをデザインした。

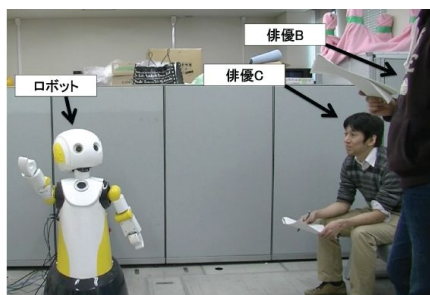


図7：実験的ロボット演劇の状況

このように本研究では、現代口語演劇理論を応用し、人間型ロボットおよびアンドロイドが役者として登場するロボット演劇を創作し、国内外の数多くの劇場で一般公演するという形で評価する研究に取り組み、その有効性を確認するとともに、その演出事例の分析から、人と関わるロボットのための振舞のルールを抽出できることを示した。より具体的には、（1）ロボットの表現

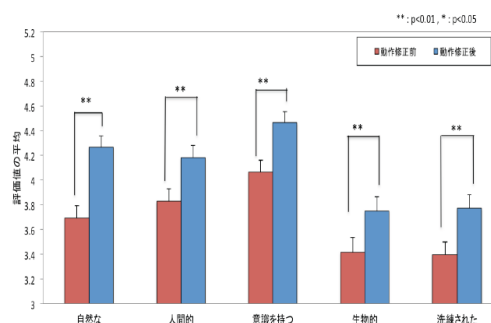


図8：抽出ルールに基づくロボットの

振舞の人間らしさの評価

の実現方法の確立の課題に関して、ロボットの表現エディタの開発を通じて、演出家本人の手により、ロボットの発話と動きを調整できる枠組みを完成させた。これを使用し、ロボット演劇の長期公演を新規作成し、長期間安定した人との関わりを表現し続けられる振舞が実現可能であることを示した（ロボット版「銀河鉄道の夜」の公演）。

また（2）ロボットの表現の評価の課題に関して、

これまで開発してきたロボット演劇の演目を改良するとともに、新規の演目を創作し、国内26件、国外31件の公演を実現することで、本研究で実現される人と関わるロボットの表現が、一般市民に受け入れられるレベルで実現できていることを示した（改良した演目の発表：「働く私」「森の奥」「さようなら」の公演、新規に創作した演目の発表：「三人姉妹」「銀河鉄道の夜」の公演）

国内外の多数回におよぶ各公演において、上演直後に聴衆に対してアンケートを実施することで、つまりロボット演劇を創作・講演することで、ロボット表現の人間らしさについて大規模かつ文化間比較可能な調査が実現できることを示した。調査結果の分析から、限定されたシナリオとシーン中でこれまでにないレベルで人間らしさを表現できていたこと、また特に日本人は、ロボットの人間らしい表現に心的性質を帰属する傾向が強い可能性があることを示した（雑誌論文、学会発表）。

そして、（3）ロボット表現事例の一般化の課題に関して、

音声学的・対話分析的な分析を元に特定のパラメータに注目したシーンの演劇を複数作成し、分析することにより、ロボットが話す人数の違いによって、発話と動作の自然な生起タイミングの生成ルールが抽出できることを示した（雑誌論文、学会発表）。

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 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), 査読無, Vol.7, No.4. 2014, pp.326-335

細間宏通, 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. 査読有, Vol.29, No.1, 2014, pp.60-68

石黒浩, アンドロイド, 日本機械学会誌, 査読有, Vol.115, No.1126, 2012, pp.630-631

〔学会発表〕(計 134 件)

(ロボット・アンドロイド演劇の発表も含む)

K. Ogawa, T. Chikaraishi, Y. Yoshikawa, S. Nishiguchi, O. Hirata, H. Ishiguro, Designing Robot Behavior in Conversations based on Contemporary Colloquial Theatre Theory, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, UK, 2014年8月 (to appear). M. Komuro, M. Bono, H. Ishiguro, and O. Hirata, Practices for Sequential Structure in Robot-Human Theater. International Workshop on Multimodality in Multiparty Interaction, Keio University, Japan, 2013年10月28日

橋本慎吾, アンドロイド演劇の稽古における演出家の指示 タイ語話者による日本語版とタイ語版の舞台稽古について, The 4th conference on International Association of Performing Language, University of Victoria, Canada, 2012年8月8日

〔図書〕(計 6 件)

平田オリザ, 徳間書店, 世界とわたりあうために, 2014, 239

平田オリザ, 日経新聞社, ていねいなのに伝わらない, 2013, 222

平田オリザ, 講談社, わかりあえないことから, 2012, 232

齋藤孝, 金田一秀穂, 平田オリザ, 坂東真理子, 幻冬舎, 賢人の日本語力, 2012, 159

鎌田修, 平田オリザ, 牧野成一, 川村宏明, 凡人社, 対話とプロフィেশンシー, 2012, 198

石黒浩, 日本評論社, 人と芸術とアンドロイド, 2012, 190

〔その他〕

ロボット演劇・アンドロイド演劇公演履歴
<http://www.seinendan.org/plays/seinendan>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田オリザ (ORIZA HIRATA)

大阪大学・コミュニケーションデザイン・センター・教授

研究者番号: 90327304

(2) 研究分担者

石黒浩 (HIROSHI ISHIGURO)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号: 10232282

橋本慎吾 (SHINGO HASHIMOTO)

岐阜大学・留学生センター・准教授

研究者番号: 20293582

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

宮下敬宏 (MIYASHITA TAKAHIRO)

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: 50332771