

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成28年度研究進捗評価用〕

平成25年度採択分
平成28年2月29日現在

人のような存在感を持つ半自律遠隔操作型アンドロイドの研究

Studies on humanlike presence by using tele-operated
androids

課題番号：25220004

石黒 浩 (ISHIGURO HIROSHI)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授



研究の概要

これまで、人と関わるロボットの研究開発において世界に先駆け、人間に酷似した遠隔操作型アンドロイドの基礎研究に取り組んできた。本研究の目的は、そのアンドロイドをさらに進化させ、操作者の操作能力の限界を補完し、かつて実現されたことのない高度に臨場感のある視覚、聴覚、触覚を通じて人と関わる半自律遠隔操作型アンドロイドを実現することにある。

研究分野：情報学

キーワード：知能ロボット

1. 研究開始当初の背景

研究代表者の石黒は、テレビ会議システムと移動台車を組み合わせた、日常活動型ロボットとしての遠隔操作型ロボットを世界に先駆け提案するとともに、2007年には自分自身をモデルにした遠隔操作型アンドロイド「ジェミノイド」を世界に先駆けて開発するなど、日常活動型ロボットの研究を先導してきた。

2. 研究の目的

本研究ではこのような背景のもと、従来の遠隔操作型アンドロイドを、ハードウェア的にもソフトウェア的にもさらに進化させる。これにより、遠隔操作型ロボットの研究開発プラットフォームとして、半自律遠隔操作型アンドロイドを実現する。特に、高度に臨場感のある視覚、聴覚、触覚を通じた人と関わる機能を実現する。

3. 研究の方法

従来の遠隔操作型アンドロイドの持つ遠隔操作機能を自律機能に置き換えていく。その自律化の対象となる振る舞いとしては以下の5つの段階が考えられる。

- (1) 瞬きや呼吸に伴う動作等、生命維持機能に由来する身体動作
- (2) 声や表情表出に付随する身体動作
- (3) 対人状況や社会的状況における注意に伴う動作(反射的なものから熟考的なものまでであり、熟考的なものほど、自律化が難しい)
- (4) 状況や発話内容に沿う動作や対話

- (5) 状況や発話内容に沿わない意図的な動作や発話

以上をこれまでの研究をさらに発展させて取り組む。

4. これまでの成果

研究計画に示した3つの項目の順に説明する。「人と多様な相互作用が可能なアンドロイドの開発」においては、理想的なアンドロイド用アクチュエータとして、横磁束型リニア同期モータとパーニアモータを組み合わせた電磁モータを開発し、その性能を確かめた。また、12本を製作して、腕や足を構成できることを確認した。一方で、即時利用可能な空気アクチュエータを用いた上半身アンドロイド開発し、二重関節機構と連結連動機構という新たな機構導入することで、より人間らしいしなやかな動きが実現できることを確認した。

また、ハードウェアの開発に加えて、遠隔操作の自律化させるためのソフトウェアの開発を行い、操作者の声に基づいてアンドロイドの自然な動作を生成する以下のような機能を実現した。

- (1) 操作者の音声からのアンドロイドの口唇動作の生成
- (2) 操作者の音声に伴うアンドロイドの頭部動作の生成
- (3) 操作者の音声に伴う上半身動作の生成
- (4) 操作者の笑い声に伴うアンドロイドの表情や動作の生成

これらにより、すべてを直接遠隔操作で操作する場合に比べて、アンドロイドへの乗り移

り感が損なわれないだけでなく、むしろ容易に操作できることからより強い乗り移り感をもたらすことを発見した。

さらに、開発したアンドロイドやロボット用いて、ロボットと人との関わりについての以下の仮説を被験者実験により検証した。

- (a) 14ヶ月以前の乳幼児は人間とアンドロイドを区別できない。
- (b) 最初は不気味なアンドロイドも時間が経てば不気味ではなくなる。
- (c) 人間らしい見かけは、ミラーニューロンの反応を促進する。
- (d) アンドロイドの方が人間よりも瞬きの同調が起こりやすい。
- (e) 自閉症児は人間よりもアンドロイドの方が関わりやすい（目を見て話ができる）。
- (f) 自閉症児は人間よりもロボットやアンドロイドに心を開きやすい。

「社会的存在としての機能の実現」においては、対話の認知科学的モデル化の研究に取り組んだ。そのモデル化のツールとしてタッチパネル対話を導入するなどの工夫により、多数の実証実験を行い、対話に関する重要な幾つかの性質を明らかにした。

複数のロボットやアンドロイドを対話に参加させることで実施した、社会的状況における対話の研究では、以下の知見を得た。

- (a) 人とロボットの対話にもう一台ロボットが陪席すると、人は話しやすくなる。
- (b) 遠隔対話にもう一台ロボットが陪席すると、操作者の遠隔存在感が強まる。
- (c) アンドロイド同士の対話に参加することで、アンドロイドの同士の対話がより強く人の心に残る。

「実社会におけるアンドロイドの社会参加の実現」では、遠隔操作アンドロイドを用いた対話実験を基に、大阪の高島屋で服を販売するアンドロイドシステムを開発し、実証実験を行った。このシステムは人間を超える売り上げを上げるなど成果を上げている。また、BMIを用いたアンドロイドの操作については、対話による身体感覚転移や体性感覚の身体感覚の影響やBMI遠隔操作時のフィードバックによる脳波の変化などを調査し、脳科学的に非常に興味深い成果が得られた。

本研究の研究成果は、62本の論文誌論文、63本の国際会議論文に報告した。また、学術的分野だけでなく、一般にも非常に高い関心を集め、サイエンス誌(346:6206)の表紙を飾るなど、研究期間内の新聞・雑誌91件、テレビ・ラジオ57件、Webその他22件の取材を受けている。また関連した招待講演は161件になる。その中で特筆すべきは、日本テレビの「マツコとマツコ」というアンドロイドを用いた番組の製作に関わったことである。テレビ番組として非常に高い評価を得るとともに、アンドロイドの可能性を世間に広く伝えることができた。

5. 今後の計画

遠隔操作の自律化としては、操作者の音声から、口唇、頭部、上半身の動作を生成する研究を進めていく。究極的には、画面を見ながら話すだけで、ロボットやアンドロイドを自ら全て遠隔操作しているかのように感じられるシステムの実現を目指す。また、操作者の意図を先読みしたり、ジョイスティックによるフォースフィードバックなどを用いて操作者に積極的に働きかける(操作者を操作する)など、操作者が瞬時に適応できる半自律的な遠隔操作インターフェースの実現を目指す。そして、BMIを用いたアンドロイドの遠隔操作においては、これまでの研究をさらに発展させて、単なる動作の伝達ではなく、感情や物事への集中度合いなど、人間の内面をも反映させるBMI遠隔操作技術の開発に取り組んでいく。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- ・石黒浩 “人と関わるロボットの研究” 人工知能学会誌 30:3, pp.377-382. (2015)
 - ・境くりま、石井カルロス寿憲、港隆史、石黒浩 “音声に対応する頭部動作のオンライン生成システムと遠隔操作における効果” 電子情報通信学会論文誌 A J99-A:1, pp.14-24 (2016)
 - ・G. Matsuda, H. Ishiguro, K. Hiraki “Infant discrimination of humanoid robots” *Frontiers in Psychology* 6:1397 pp.1-7 (2015)
 - ・渡辺美紀、小川浩平、石黒浩 “公共空間における情報提供メディアとしてのアンドロイド” 日本バーチャルリアリティ学会誌 20:1, pp.15-24 (2015)
 - ・M. Alimardani, S. Nishio, H. Ishiguro “Humanlike robot hands controlled by brain activity arouse illusion of ownership in operators” *Scientific Reports* 3:2396 (2013)
 - ・境くりま、港隆史、石井カルロス寿憲、石黒浩 “アンドロイドロボットの制御システム、装置、プログラムおよび方法” 特願 2015-220049 (2015)
 - ・仲田佳弘、野田智之、森本淳、石黒浩 “アクチュエータ装置、ヒューマノイド型ロボットおよびパワーアシスト装置” 特願 2014-266466 (2014)
 - ・石黒浩 平成 27 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 “人と関わるロボットの研究” (2015)
 - ・石黒浩 “アンドロイドは人間になれるか” 文春新書 (2015)
- その他、論文誌論文 57 件、国際会議論文 63 件等
ホームページ等

<http://www.irl.sys.es.osaka-u.ac.jp>

<http://www.geminoid.jp/ja/index.html>