

遠隔操作アンドロイドによる存在感の研究

Representation of human presence
by using tele-operated androids

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

遠隔操作型アンドロイド「ジェミノイド」に関して、遠隔操作システムやアンドロイドの開発に取り組むと共に、操作者と訪問者双方のアンドロイドへの適応を、認知科学的、脳科学的に研究してきた。そしてそれらの経験を基に、人との対話に必要なミニマルデザインを持つアンドロイド「テレノイド」を開発した。

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：アンドロイド、遠隔操作、存在感、認知科学、脳計測

1. 研究開始当初の背景

人と関わるロボットの研究開発において、ロボットの持つべき人間らしさを研究するために、世界に先駆けて、人間と酷似したアンドロイド研究に取り組んできた。このアンドロイド研究の特徴は、認知科学的知見がアンドロイドの工学的実現を支え、一方、開発されたアンドロイドがテストベッドとして新たな認知科学研究を生むという、工学と認知科学が密に融合した研究枠組みにある。この研究枠組みをアンドロイドサイエンスと呼ぶ。この新たな研究は、Scientific American 等の様々な雑誌やメディアで数多く紹介され、世界的な注目を集めてきた。

そして、このアンドロイドサイエンスの研究において、より人間らしい対話を実現するため、人間の代わりとして対話できる遠隔操作アンドロイド「ジェミノイド」を開発した。

2. 研究の目的

ジェミノイドでは、操作者が遠隔地のパソコンから声や動作をアンドロイド本体に送ることにより、操作者は遠隔地の対話者とアンドロイドの体を通して、対話することができる。

このジェミノイドでは、そのジェミノイドが単に人間らしく振る舞えるだけでなく、操作者はジェミノイドを自分の体の様と感じ、対話者はジェミノイドを操作者本人のように感じるという興味深い現象が起こる。すなわち、操作者の存在を、ジェミノイドを介し

て遠隔地に送ることのできるものである。

本研究は、この操作者と対話者の双方が適応できる遠隔操作アンドロイドについて、その適応の原理を探るとともに、より強い適応を引き起こせるようにシステムを改良していくことを目的とする。

3. 研究の方法

研究は、アンドロイドサイエンスの研究枠組みと同様に、システムの工学的開発と認知科学的・脳科学的の評価双方に取り組みながら進めていく。

工学的開発としては、後に述べる認知科学的・脳科学的研究に基づきながら、遠隔操作システム改良に取り組む。パターン認識的手法による操作者の動作認識機能の開発や、インターフェース工学的手法による、操作者への情報提示方法の改良開発にも取り組む。

認知科学的・脳科学的研究では、対話者と操作者の適応について、SD 法等の心理学的アンケート調査方法や発汗や脈拍等の生理指標、等に基づく評価に加え、脳イメージング手法である、fMRI, EEG, NIRS (光トポグラフィ) を用いた研究に取り組む。

また得られた認知科学的知見に基づき、人間の存在を表現可能な最小限の見かけのデザインと機能を持つ、いわゆるミニマルデザインのジェミノイド「テレノイド」の開発にも取り組む。

4. これまでの成果

ジェミノイドの遠隔操作において、操作者はジェミノイド本体や対話者を映し出すモニターを見ながら、対話する。このとき画像処理システムが操作者の動きを検出して、声と共に、ジェミノイド本体に送る。

この遠隔操作システムに関して、より操作者が適応できるように改良した。まず、画像処理によって、操作者の顔の動きを追跡し、音声から唇動作を復元する機能を実現した。加えて、対話者の顔をカメラで認識・追跡し、ジェミノイドの視線を対話者に自動的に合わせる機能を実現した。

ジェミノイド本体の改良については、代表者本人のジェミノイド Geminoid HI-1 において、視線制御機構等の改良を行った。

一方、認知科学的・脳科学的研究では、対話者と操作者の適応について、それぞれ以下の研究に取り組んだ。

対話者の適応については、まず訪問者がジェミノイドをどのように認識しているかについて、ビデオと fMRI を用いた脳科学研究に取り組んだ。これは、本研究開始当初から取り組んで来た不気味の谷の問題を脳科学的に明らかにする研究である。人に対する不気味さを脳のどの部分で感じているか明らかにし、論文誌論文としてまとめた。

また、EEG を用いた研究では、アンドロイドにおいては、動きだけではミラーニューロンは反応しないが、人間らしい見かけが加われば反応するという仮説を検証する手がかりを得た。その他、対話内容以外の全て統制した二重操作系実験等に取り組んだ。

また、Geminoid HI-1 が一般社会の中でどのように受け止められるかについて、ロボットになじみの無い海外のカフェに、1ヶ月設置して、人々の反応を見るフィールド実験にも取り組んだ。

一方、操作者の適応については、操作者がアンドロイドの体に与えられる刺激を自らの体への刺激だと感じることを、生理指標を用いて明らかにした。

そして、上記の経験を基に、人との対話において、最小限の見かけのデザインと機能を持つ遠隔操作アンドロイド「テレノイド」を完成させ、報道発表により広く公表した。テレノイドは、明らかに人間として認識される一方で、年齢や性別が判断できない見かけと、対話に必要な目、唇、頭、腕の動きだけを持つ。特に高齢者は例外なく、このアンドロイドとの対話を楽しめることを実験によって確認した。

これらの結果は、61本の論文と、National Geographic News をはじめとする127回以上メディア取材により、世界に広く公表されている。また、加えて、本研究を基に、米国ハリウッドにおいてSF映画が作られたことは、特筆すべきことである。現在の多くの技

術は過去のSF映画に登場しているが、映画化されるということは、本研究が将来実用的なシステムへと発展する可能性を示すものである。

5. 今後の計画

遠隔操作システムに関して、今後は、音声からの唇の動作生成だけでなく、頭部の運動の再現まで行うとともに、EEGをブレインマシンインターフェースのデバイスとして用いて、脳波や感情に基づく無意識の身体動作を再現することで、操作が不得意な操作者でも、適応しやすいシステムに改善する。

操作者と対話者の適応における、fMRIやEEGを用いた実験においては、より明確な結果を得るため、今後も引き続き実験を継続していく。

一方で、これまでの対人関係における適応実験を、3者以上が関わる社会関係の適応実験に発展させていく。すでに行った予備実験では、3者以上の社会関係を構成すると、操作者の適応がより進むことが分かっている。今後は、複数のジェミノイドを用いた研究へと進んでいって、遠隔操作アンドロイドの可能性をさらに探究する。

テレノイドについては、認知科学的・脳科学的実験により、操作者と対話者の適応について確認をすると共に、さらに最適なデザインを探求していく。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

A. Saygin, T. Dchaminade, H. Ishiguro, J. Driver, C. Frith, "The thing that should not be: Predictive coding & the uncanny valley in perceiving human & humanoid robot actions", *Social Cognitive Neuroscience*, 2011 (in press)

渡辺哲矢, 西尾修一, 石黒浩, "遠隔操作によるアンドロイドへの身体感覚の転移", *子情報通信学会論文誌*, vol. J94-D, no. 1, pp. 86-93, 2011.

石黒浩, "アンドロイドの存在感", *日本バーチャルリアリティ学会誌*, 第14巻1号, pp. 7-11, 2009

西尾修一, 石黒浩, "人として人とつながるロボット研究", *電子情報通信学会学会誌*, vol. 91, no. 5, pp. 411-416, 2008

石黒浩, "“アンドロイド, ジェミノイドと人間の相違”, *情報処理*, vol. 49, no. 1, pp. 7-14, 2008

特許出願, "遠隔操作ロボット(テレノイド)", 発明者: 石黒浩, 出願番号: 特願2010-166058, 出願日: 2010年7月23日。

その他, 論文誌論文 33 件, 国際会議論文 28 件等

ホームページ等

<http://www.irc.atr.jp/Geminoid/index-j.html>