

石黒 浩

(株)国際電気通信基礎技術研究所 石黒浩特別研究室・室長

人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発

§1. 研究実施体制

(1)「ATR」グループ

- ① 研究代表者:石黒 浩(ATR 石黒浩特別研究室、室長)
- ② 研究項目
 - ・存在感伝達のためのアンドロイドメディア・ロボットメディアの研究開発
 - ・アンドロイドとの身体的相互作用が存在感伝達に及ぼす影響を調べるための心理実験
 - ・テレノイドによる遠隔対話への適応性を評価するための実証実験

(2)「大阪大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:中西 英之(大阪大学大学院工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・話者の身体動作の伝達が存在感に及ぼす影響を調べるための心理実験

(3)「鳥取大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:岩井 儀雄(鳥取大学大学院工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・クラウドコンピューティングによる人情報処理技術の研究開発

§ 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

本年度は、遠隔操作アンドロイドのシステム開発(A)、遠隔操作アンドロイドシステムへの適応性、有効性評価(B)に加えて、遠隔操作アンドロイドを用いた社会実験に取り組んだ。以下では各項目に分けて実施内容と成果について報告する。

A. 遠隔操作アンドロイドのシステム開発

本年度はエルフォイドの改良に加え、新たな存在感伝達メディアの開発、ユーザ認識機能の開発、存在感を伝える形状や表出手法の検討を行った。

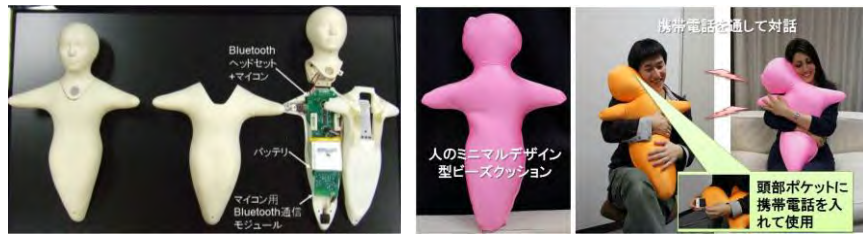


図 1 Bluetooth 版エルフォイド (左) とハグビー (右)

メディアの開発では、長期的な社会実験に向け、耐久性、使いやすさを改良した Bluetooth 版エルフォイド(従来の携帯電話のスピーカフォンとして機能する)を開発した(図 1 左)。さらにテレノイド簡易版となるハグビー(図 1 右)を開発した。ハグビーを介して対話相手を仮想的に抱擁(ハグ)することで相手の存在を強く感じることができる。ハグビーは通話機能のみを有する単純なメディアであるが、親密な身体的相互作用である抱擁が存在感伝達に強く寄与していることを明らかにした。

ユーザ認識機能に関しては、クラウドコンピューティングで処理する顔認識機能の精度向上のために、顔器官の各部位が持つ特徴量と識別器の解析を行った(図 2)。顔器官の部位によって最適な特徴量・識別器が異なることがわかり、特徴点の追跡時に識別力の高い組み合わせを用いることで顔認識機能の精度向上が見込めることがわかった。

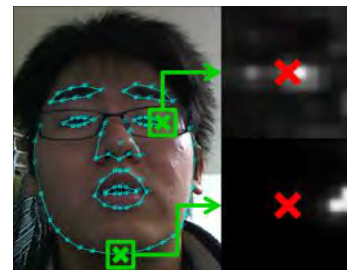


図 2 顔追跡のための特徴量の解析

エルフォイドの表出機能として、顔認識で感情を推定し、LEDを搭載したエルフォイドを用いて色効果の付加により感情伝達を試みた(図3左)。

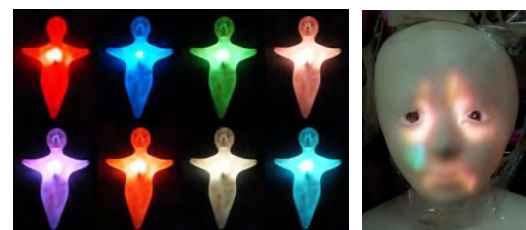


図 3 LED を用いた感情伝達 (左) とプロジェクションによる感情伝達 (右)

単純な色提示による生起感情と異なる場合があるだけでなく、部位や発光パターンにより伝達される感情が異なるため、エルフォイドのような人肌に近いアピランスを持つデバイスに色効果を付加して目的の感情を伝達したい場合には、点灯色・点灯場所・点灯パターンのすべてを考慮して発光させる必要があることがわかった。また、モバイルプロジェクタを用いてアニメーション効果の

付加により感情伝達を試みた(図3右). アニメーションで見られる漫画の効果に基づき, 目や口の動作を強調させるとともに, 顔色を変化させることで情動の伝達を明確に行うことができることを確認した¹⁵⁾. さらに人を投影するミニマルな形状の検証として, 原始的な人型の表現方法に着目し古代の人型造形物の調査を行った. その中で日本の土偶にエルフォイドと同じような頭部, 両腕, 胴体, 一本化した両脚で表現される人型形状が見つかったことは, エルフォイドの形状が日本人の根源的な人型表現になって

いるとも解釈できる興味深い発見である.

B. 遠隔操作アンドロイドシステムへの適応性, 有効性評価

ジェミノイド携帯の有効性の

実証に向けて, 従来の携帯電話と比べた場合の最大の特徴となっている身体動作の伝達能力が遠隔コミュニケーションに及ぼす影響を解明する研究を昨年度に引き続き行った. 昨年度は, コンピュータグラフィックスで生成されたアバタを用いた心理学的統制実験を行い, アバタが伝える身体動作の効果として, 離れた場所にいる人同士の音声会話において, 発話中に含まれる途切れを減少させる効果があるという示唆を得た. これは, 電話などによる音声のみの会話に加えて, ジェミノイド携帯などのデバイスを通して相手の身体動作を眺めることで, 会話が滑らかになることを意味する. 今年度はテレノイドを用いて, アバタとテレノイドの差異である物理的な実体の持つ効果を確認する実験を実施した. 実験では, 身体動作伝達の効果ととも, コンピュータグラフィックスによって伝達する場合と, 物理的な実体によって伝達する場合の違いも調べた. 図4に示すように, 実体の有無と身体動作・外見の有無を要因とする会話環境の比較を行った. その結果, 身体動作を伝達すると遠隔話者の存在感が増し, さらに外見を伝えることでも存在感が増すことが分かった. そして, それらの伝達に実体が伴うと, さらに存在感が増すことが判明した. テレノイドはビデオ会議と比べると, 外見を伝えない分だけ不利だが, 実体を伴った身体動作を提示できる点で有利である. 実験では, テレノイドとビデオ会議においてほぼ同じレベルまで遠隔話者の存在感が増加した. この結果は, ジェミノイド携帯などのデバイスを通して身体動作を伝えることができると, 外見というプライバシー情報を伝えることなくビデオ会議と同レベルにまで存在感を高めることができることを意味する.

身体動作の伝達に加えて物理的な実体の重要な特徴は, 仮想的に離れた場所にいる者との接触を伴う身体的相互作用を可能にする(例えばジェミノイド携帯を抱擁することで対話相手を仮想的に抱擁できる)ことである. そこで, 抱擁のような親密な相互作用が対話相手との関係性に与える影響を調べる研究を行った. ここではジェミノイド携帯を抱擁する側への効果として, 抱擁という好意的行為から対話相手(ジェミノイド携帯の操作者)への好意が生起することを確かめる実験を行った. 異性との対話においてハグビー(図1右)を用いる条件と携帯電話を用いる条件を比較



図4 物理的な実体の持つ効果を確認する実験

したところ、ハグビー条件の方がより相手への関心を持つことが示された。これはジェミノイド携帯との身体的相互作用が、相手との親しい関係構築に貢献することを示す結果と考えられる。

遠隔操作ロボットと対面する者はロボットに操作者を投影して対話するが、ジェミノイド携帯の単純化された人型の見かけは、どのような人をも投影できる効果を狙ったものである。この効果を検証するために、ロボットの見かけに個性的な特徴があると、操作者の投影が妨げられるという仮説を立て、テレノイドとぬいぐるみ型遠隔操作ロボットを比較する

実験を行った⁹⁾。遠隔操作ロボットと対面する者に対話相手(ロボット操作者)の個性を推測させたところ(図5)、ぬいぐるみ型ロボット条件では対話相手の個性が分かりづらくなるという結果が得られた。すなわち、ぬいぐるみのような見かけと比較して、ジェミノイド携帯の見かけは個性的要素を排除した中立的な見かけであることが示唆された。このことは、ジェミノイド携帯の見かけが操作者の個性を(そして操作者の存在感を)伝えやすい見かけであることを示していると考えられる。



図5 ロボットの外見の効果検証実験

C. 遠隔操作アンドロイドを用いた社会実験

昨年度までの実証実験を通して、テレノイドを用いた遠隔対話が人々に、とりわけ高齢者に容易に受け入れられることが明らかになってきた^{2,8,14,19)}。本年度は高齢者の実生活の活動の中でのテレノイドの応用性を確かめる実験に着手した。そのために、国内のいくつかの高齢者施設に対して長期的な実験への協力を得るための活動を行った。その中で京都府の特別養護老人ホームでは、実際に高齢者への傾聴活動をテレノイドを介して行うことを試みた(図6)。幾度か試行を通して、高齢者にとって、対面よりテレノイドを用いた方が傾聴士と対話しやすい面があることがわかった。また、ぬいぐるみ型ロボットと比較しても、人型のテレノイドの方が高齢者の注意を引きつける面があることが分かった。さらに、傾聴士にとっても対面より話しやすい面があることが分かった。一方で、傾聴士がテレノイドの操作を習熟する過程が必要であることが分かったため、テレノイドの導入をどのように行うかが課題となった。



図6 特別養護老人ホームでの試行

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. 田中一晶, 加藤慶, 中西英之, 石黒浩, 人の移動の表現方法:ズームカメラと移動ディスプレイによる社会的テレプレゼンスの向上, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.4, pp.1393-1400, Apr. 2012.
2. Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Kohei Ogawa, Hiroshi Ishiguro, Kohei Matsumura, Kensuke Koda, and Tsutomu Fujinami, How Does Telenoid Affect the Communication between Children in Classroom Setting?, Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 2012), Austin, Texas, USA, pp.351-366, May 5-10, 2012 (DOI:10.1145/2212776.2212814) (Acceptance ratio 23% for total of full papers and extended abstracts)).
3. Hiroshi Ishiguro, Shuichi Nishio, Antonio Chella, Rosario Sorbello, Giuseppe Balistreri, Marcello Giardino, and Carmelo Cali, Perceptual Social Dimensions of Human-Humanoid Robot Interaction, In Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-12), Jeju International Convention Center, Korea, pp.409-421, Jun.26-29, 2012 (10.1007/978-3-642-33932-5_38).
4. Hidenobu Sumioka, Shuichi Nishio, Erina Okamoto, and Hiroshi Ishiguro, Doppel Teleoperation System: Isolation of physical traits and intelligence for personality study, In Proceedings of Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012), Sapporo Convention Center, Japan, pp.2375-2380, Aug.1-4, 2012 (Acceptance ratio 48%).
5. Hidenobu Sumioka, Takashi Minato, Kurima Sakai, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro, Motion Design of an Interactive Small Humanoid Robot with Visual Illusion, In Proceedings of the 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI2012), Matsue, Japan, pp.93-100, Aug.28-31, 2012 (DOI: 10.1145/2350046.2350068) (Acceptance ratio 26.5%).
6. 山本文香, 堀磨伊也, 岩井儀雄, 石黒浩, 事例データに基づく移動物体の抽出, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D, No.8, pp.1573-1584, Aug. 2012.
7. Martin Cooney, Francesco Zanlungo, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro, Designing a Flying Humanoid Robot (FHR): Effects of Flight on Interactive Communication, In Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012), Paris, France, pp.364-371, Sep.9-13, 2012 (DOI:10.1109/ROMAN.2012.6343780) (Acceptance ratio 68%).

8. Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Kohei Ogawa, and Hiroshi Ishiguro, Teleoperated Android as an Embodied Communication Medium: A Case Study with Demented Elderlies in a Care Facility, In Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012), Paris, France, pp.1066-1071, Sep.9-13, 2012 (DOI:10.1109/ROMAN.2012.6343890) (Acceptance ratio 68%).
9. Kaiko Kuwamura, Takashi Minato, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro, Personality Distortion in Communication through Teleoperated Robots, In Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012), Paris, France, pp.49-54, Sep.9-13, 2012 (DOI: 10.1109/ROMAN.2012.6343730) (Acceptance ratio 68%).
10. Hidenobu Sumioka, Shuichi Nishio, Erina Okamoto, and Hiroshi Ishiguro, Isolation of physical traits and conversational content for personality design, In Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012), Paris, France, pp.596-601, Sep.9-13, 2012 (DOI: 10.1109/ROMAN.2012.6343816) (Acceptance ratio 68%).
11. Carlos T. Ishi, Chaoran Liu, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita, Evaluation of a formant-based speech-driven lip motion generation, In Proceedings of 13th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2012), pp. P1a.04, Portland, Oregon, USA, Sep.9-13, 2012 (Acceptance ratio 52%).
12. Carlos T. Ishi, Chaoran Liu, Hiroshi Ishiguro, and and Norihiro Hagita, Evaluation of formant-based lip motion generation in tele-operated humanoid robots, In Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012), pp.2377-2382, Vilamoura, Algarve, Portugal, Oct.7-12, 2012 (DOI: 10.1109/IROS.2012.6385795) (Acceptance ratio 45%).
13. Martin Cooney, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro, Recognizing Affection for a Touch-based Interaction with a Humanoid Robot, In Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), Vilamoura, Algarve, Portugal, pp.1420-1427, Oct.7-12, 2012 (DOI:10.1109/IROS.2012.6385956) (Acceptance ratio 45%).
14. Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Hiroshi Ishiguro, Marco Norskov, Nobu Ishiguro, and Giuseppe Balistreri, Social Acceptance of a Teleoperated Android: Field Study on Elderly's Engagement with an Embodied Communication Medium in Denmark, In Proceedings of International Conference on Social Robotics (ICSR2012), Chengdu, China, pp. 428-437, Oct.29-31, 2012 (DOI:10.1007/978-3-642-34103-8_43) .
15. Maiya Hori, Hideki Takakura, Hironori Yoshimura, and Yoshio Iwai, Generation of

- Facial Expression for Communication Using Elfoid with Projector, In Proceedings of the International Workshop on Multimodal Pattern Recognition of Social Signals in Human Computer Interaction (MPRSS2012), Tsukuba, Japan, Nov. 11, 2012 (Acceptance ratio 65%).
16. 劉超然, 石井カルロス寿憲, 石黒浩, 萩田紀博, 人型コミュニケーションロボットのための首傾げ生成手法の提案および評価, 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.2, pp.112-121, Jan. 2013 (DOI:10.1527/tjsai.28.112).
 17. Chaoran Liu, Carlos T. Ishi, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita, Generation of Nodding, Head Tilting and Gazing for Human-Robot Speech Interaction, International Journal of Humanoid Robotics, Vol.10, No.1, Jan. 2013.
 18. 港隆史, 境くりま, 西尾修一, 石黒浩, 運動錯視を利用した携帯型遠隔操作ヒューマノイドの運動表現, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.15, No.1, pp.51-62, Feb. 2013.
 19. 田中一品, 中西英之, 石黒浩, 実体で身体動作を提示するロボット会議によるソーシャルテレプレゼンスの強化, インタラクション, pp.125-132, 東京, Feb.28-Mar.2, 2013 (Acceptance ratio 40.9%).
 20. Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Kohei Ogawa, Kohei Matsumura, Takashi Minato, Hiroshi Ishiguro, Tsutomu Fujinami, and Masaru Nishikawa, Promoting Socialization of Schoolchildren Using a Teleoperated Android: An Interaction Study, International Journal of Humanoid Robotics, Vol.10, No.1, 2013 (in press).
 21. 石井カルロス寿憲, 劉超然, 石黒浩, 萩田紀博, 遠隔存在感ロボットのためのフォルマントによる口唇動作生成手法, 日本ロボット学会誌, 2013 (in press).
 22. Kurima Sakai, Hidenobu Sumioka, Takashi Minato, Shuichi Nishio, and Hiroshi Ishiguro, Motion design of interactive small humanoid robot with visual illusion, International Journal of innovative Computing Information and Control, Vol.9, No.12, 2013 (in press).

(3-2) 知財出願

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 3 件)