

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((株)国際電気通信基礎技術研究所 石黒浩特別研究室、室長)

② 研究項目

- ・携帯型遠隔操作エルフォイドおよびテレノイドの研究開発
- ・音声情報から頭部動作を生成する手法の研究開発
- ・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)

昨年度に引き続き、携帯型遠隔操作アンドロイド(エルフォイドおよびテレノイド)のシステム開発(A)と、携帯型遠隔操作アンドロイドシステムへの適応性および遠隔操作アンドロイドを用いたコミュニケーションの有効性を評価する実験を実施した。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。

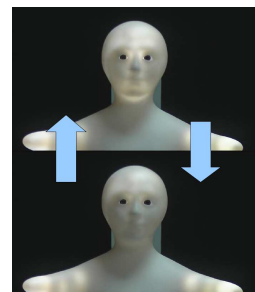


図1 頷きを錯覚させるLED点灯パターン(頷きに伴う眉間と顎下の影の動きを表現)

A. 携帯型遠隔操作アンドロイドシステムの開発

本年度はシステム開発として、LED光を用いたエルフォイドの動作表現機能の開発、操作者音声からアンドロイド動作を生成する操作インタフェースの開発、およびアンドロイドに搭載したカメラ画像に基づくユーザ認識機能の開発に取り組んだ。

エルフォイドの動作表出に関して、アクチュエータを用いずLED明滅光により頭部動作を表出する手法を開発した。錯視の研究において、静止している物体の影の部分だけ動かすと、物体が動いているように錯覚するメカニズムが知られている。このメカニズムを利用して、エルフォイド頭部に埋め込んだLEDの明滅光で、頭部頷きに伴い発生するはずの影の動き(図1)を表出することで、ユーザにエルフォイドの頷き動作を錯覚させる手法を実現した。被験者実験により、多くの方が本手法で頷きを錯覚すること、さらに単純な明滅パターンより効果的な動作表現であることを明らかにした。エルフォイドは人らしい見た目を持つため、人らしい動きの表現手法がユーザに好まれたと考えられる。エルフォイドの動きを低コスト、低エネルギーで表出できるという点で、実用化において有益な手法である。

エルフォイドの外皮素材選定については、前年度、柔らかさと人間の皮膚らしさを備えた素材「人肌ゲル」(超軟質のエラストマーゲル状物質)を用いた試作を行ったが、汚れに弱い、耐久性が低いという問題が発生した。本年度は耐久性の高いスチレン系エラストマー素材によって柔らかさ・人間の皮膚らしさを備える外皮の試作を行い、実用化の目途をつけた。

遠隔操作におけるアンドロイド動作の自動生成に関して、発話音声に伴う口唇動作および頭部動作の生成に関する研究開発を進めている。口唇動作生成においては、アルゴリズムの改善・安定化に伴い、遠隔操作システムへの組み込みを容易にするためのライブラリー化を進めている。頭部動作生成に関しては、人対人の対話において、話者の発話に伴う頭部動作の分析より、談話機能と頷きや首傾げなどの頭部動作との関係が導かれ、これらに対応付けるモデルを

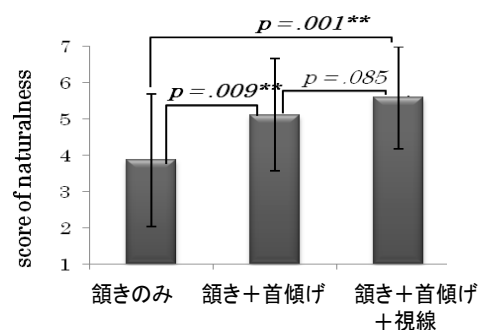


図2 動作の自然性の比較結果

構築した⁹⁾。首傾げに伴う視線の影響も考慮した分析とモデル化も行った。このモデルを用いて人間に酷似したアンドロイドやテレノイドの頭部動作制御を行い、操作者の動きを再現したものと比較し、自然性を評価した。その結果、首傾げの制御、視線の制御、それぞれにおいて、自然性の向上における効果が得られた(図 2)。今後の課題として、音声から談話機能を推測し、音声から直接頭部動作を生成することを試みる。



図 3 可変形状モデルを利用した顔特徴点の追跡

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ための顔認識機能の実装を行った。エルフォイド使用者の顔画像を事前に撮影し、それらの画像を学習して生成した可変形状モデルを利用して顔表面上の特徴点をリアルタイムで追跡することにより、唇の動き、まばたきの検出および傾きや首振りなどの頭部の動きの推定を行った(図 3)。また、これらの機能の実証のために、エルフォイドの使用を想定した様々な環境下で実画像を撮影して動画像データベースの構築を行い、顔検出の精度検証を行った。さらに、クラウドコンピュータとエルフォイドの画像通信では応答時間をできる限り速く行う必要があるため、JPEG 形式による画像のネットワーク転送実験を試みたが、ソフトウェア処理のため、エンコード・デコードに時間を要した。今後、ハードウェア化など他の転送方法を検討する必要がある。

B. システムへの適応性およびシステムの有効性の評価実験

これ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¹⁾。本年度は、テレノイド、エルフォイドを用いた高齢者のコミュニケーション支援の可能性を探るべく、日本の地域施設(小学校や介護施設)、さらには福祉サービスの先進性が優れているデンマーク・スヴェンボー市や周辺研究機関と協力して、高齢者を対象にした評価実験を実施した(図 4 上段)。スヴェンボー市では幾人かの高齢者の個人宅でテレノイドを用いた遠隔コミュニケーションを行い、実際の生活環境の中でも本システムが受け入れられることを確認した。また、現代社会で認知症高齢者に最も縁遠く隔絶している子どもを起点にした新たなコミュニティの創造、並びに異世代間への遠隔コミュニケーション技術の応用を図る目的で、小学生と認知症高齢者間でテレノイドを用いた遠隔コミュニケーションを行う実験を実施した(図 4 下段)。本実験においても、テレノイドは高齢者に初対面から好印象で受け入れられ、抱っこをして離さずにいる反応も示された。



図 4 テレノイドを用いた実証実験の様子(上段:デンマーク スヴェンボー市 個人宅, 下段:小学校(石川県)と高齢者施設(京都府))

児童が直接対面で握手や触れ合うことはできても、抱っこされるほどのスキンシップを図ることは難しく、テレノイドを用いて高齢者に対する距離感を縮める効果の可能性を確認することができた。また、介護職員へのインタビューから、普段人形をあやす以上に双方向的な応答で会話に積極的になり、発言を増す傾向や、実際に児童と対面して対話する場合より緊張感を緩和している傾向があることが明らかになった。本実験より、高齢者の対人関係を発展させる契機となる発話の意欲や相手に応答する力を引き出す新たなメディアとなりうることが示唆された。

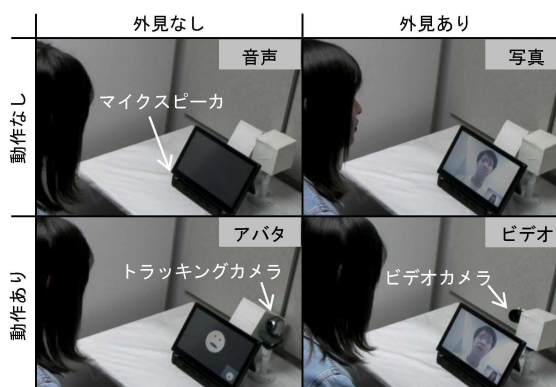


図5 身体動作伝達効果の評価実験

遠隔操作アンドロイドを用いたコミュニケーションの有効性に関しては、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行っており^{2,3)}、今年度は、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ことを発見した。この実験では図5に示すように、外見の有無と動作の有無を要因とする会話環境の比較を行い、動作の有無に効果があることが観察された。すなわち、音声のみによる会話や相手の写真が見えるだけの会話に比べて、相手の身体動作を眺めることができるビデオやアバタを用いた会話のほうが、発話中の途切れが少なかった。これは、音声のみで会話する電話や、相手の写真アイコンが見えるだけのボイスチャットに比べて、テレノイドやエルフォイドなどのデバイスを通して相手の身体動作を眺めることができると、会話が滑らかになることを意味する。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. Kohei Ogawa, Shuichi Nishio, Kensuke Koda, Giuseppe Balistreri, Tetsuya Watanabe, and Hiroshi Ishiguro, "Exploring the Natural Reaction of Young and Aged Person with Telenoid in a Real World", *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 15, no. 5, pp. 592-597, July, 2011.
2. 加藤慶, 村上友樹, 中西英之, "可動式カメラによる社会的テレプレゼンスの強化", *情報処理学会論文誌*, vol. 52, no. 4, pp. 1635-1643, Aug, 2011.

3. Hideyuki Nakanishi, Kei Kato, Hiroshi Ishiguro, "Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence", In ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2011), Vancouver, Canada, pp.63-72, May 7-12, 2011
4. Panikos Heracleous, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, "Visual-speech to text conversion applicable to telephone communication for deaf individuals", In International Conference on Telecommunications, Ayia Napa, Cyprus, pp. 130-133, May 8-11, 2011.(DOI : 10.1109/CTS.2011.5898904) (Acceptance rate is unknown,
5. Panikos Heracleous, Norihiro Hagita, "Automatic Recognition of Speech without any audio information", In IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Prague, Czech Republic, pp. 2392-2395, May 22-27, 2011.(DOI : 10.1109/ICASSP.2011.5946965)
6. Panikos Heracleous, Miki Sato, Carlos T. Ishi, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, "Speech Production in Noisy Environments and the Effect on Automatic Speech Recognition", In International Congress of Phonetic Sciences, Hong Kong, China, pp. 855-858, August 18-21, 2011
7. Panikos Heracleous, Hiroshi Ishiguro, Carlos T. Ishi, Norihiro Hagita, "Investigating the use of NAM microphone for human-robot communication in the case of Geminoid HI-1", In Annual Conference of the International Speech Communication Association, Florence, Italy, August 28-31, 2011
8. Martin Cooney, Takayuki Kanda, Aris Alissandrakis, Hiroshi Ishiguro, "Interaction Design for an Enjoyable Play Interaction with a Small Humanoid Robot", In IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), Bled, Slovenia, pp. 112-119, October 26-28, 2011
9. Chaoran Liu, Carlos T. Ishi, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, Generation of nodding, head tilting and eye gazing for human-robot dialogue interaction, ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction (HRI2012), Boston, USA, March 3-5, 2012

(3-2) 知財出願

- ① 平成 23 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)