

石黒 浩

(株)国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所・客員室長

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. 研究実施の概要

本年度は主として(A)ジェミノイド携帯(エルフォイド)の開発とユーザ認識機能の研究開発、(B)80cm 版ジェミノイド携帯(テレノイド)の評価実験および存在感の伝達能力を調べるための心理実験に取り組んだ。エルフォイドの開発では、クアルコムジャパン株式会社の協力の下、3G 超小型携帯電話ユニットを組み込んだ、実際の携帯電話として使用可能な機体を開発し、報道発表によりその成果を国内外にアピールした。また万人が簡単に利用できるインターフェースの実現を目的として、ユーザの音声情報から口唇動作を生成する技術を開発した。ユーザ認識機能の開発では、負荷の高い音声・画像処理をエルフォイドに実装することを目的として、エヌ・ティ・ティ・ドコモ株式会社の協力の下、LTE による高速通信を利用したクラウドコンピューティングによる音声・画像処理技術の開発に着手した。テレノイドの評価実験では、遠隔対話におけるユーザの適応評価を目的として、小学校のグループ学習授業へのテレノイドによる参加や、高齢者施設でのテレノイドを介した高齢者と介護士の対話などの実証実験を実施し、テレノイドによる遠隔対話への適応性についての知見を得た。実証実験については、福祉政策が充実しているデンマーク スヴェンボー市での長期実験の実施に着手している。さらに存在感の伝達能力に関する心理実験では、遠隔対話においてユーザの身体動作伝達が存在感伝達に及ぼす影響を評価するための心理実験に着手し、身体動作伝達の有無により相手の反応が変化することを見いだした。

§ 2. 研究実施体制

(1)「ATR」グループ

① 研究分担グループ長:石黒 浩(ATR 知能ロボティクス研究所、客員室長)

② 研究項目

- ・エルフォイドの携帯電話機能開発
- ・音声情報から口唇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 研究分担グループ長: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
- ・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

§3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

本研究はジェミノイド携帯のシステムの開発とその評価を繰り返し行うことで進める。本年度は、システム開発では、コアとなる携帯電話機能とそのインターフェースの開発、操作者の動作を認識するためのユーザ認識機能の開発に取り組んだ。一方、システムの評価実験では、遠隔対話における適応実験や存在感伝達要因を調べる心理実験を実施した。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。

A. ジェミノイド携帯のシステム開発

本年度はクアルコムジャパン株式会社の協力の下、3G 超小型通信ユニットを組み込んだ機体を完成させた(図1)。本機は NTT DoCoMo の IOT(相互接続試験)の承認を受けており、実際に FOMA 端末として使用可能で、外部 PC から登録した特定の相手に対して発信ができ、携帯電話として機能する。技術的に特筆すべき点は、スピーカ部分である。小型スピーカながら頭部内部の反響を利用して大音量音声(ハンズフリー通話に十分な)を発生する性能を実現した。また外装素材には人肌に近い柔らかさを有するウレタンゲルを採用し、触感においても人間を感じさせる機体を実現した。本機体へのアクチュエータの実装は今後の研究課題である。開発した機体を「エルフォイド P1」として 2011 年 3 月 3 日に日本科学未来館において報道発表を行い、本成果を広くアピールした。この報道は数多くのメディアに取り上げられ大きな関心を集めた。

ジェミノイド携帯に適した遠隔操作インターフェースとして、ジェミノイド携帯を使って対話している相手の唇の動きを、相手発話の音声情報より推定する手法の研究開発に取り組んだ。ここではまず母音に焦点を当てた。従来から母音についてはフォルマント空間と口唇の形状が関係づけられることは知られているが、母音のフォルマント空間は話者により異なるため、話者正規化を行う必要がある。本研究ではフォルマント空間(図2)に対し、母音空間の中心に原点を移動させ、軸を反時計周りに約 25 度回転させることにより、回転後の $\log F1'$ 軸と唇の(上下)の開閉度合いとの相関が高くなることを明らかにした(唇の横開きの度合いは、回転前の $F2$ 値との相関が高い)。この結果を用いて操作者の発話に合わせて 80cm 版ジェミノイド

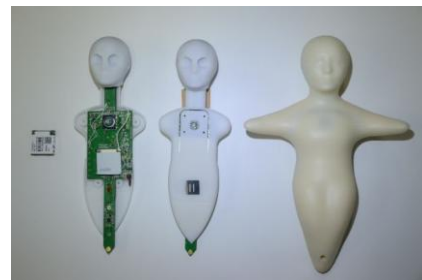


図1 開発したジェミノイド携帯
(エルフォイド P1)

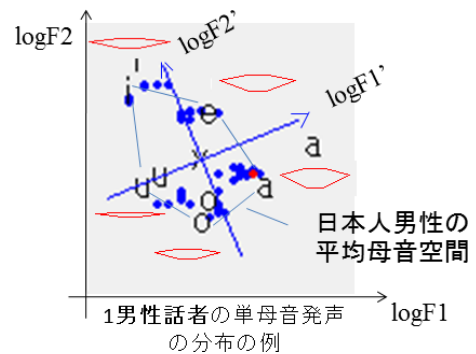


図2 フォルマント空間と口唇形状

携帯(テレノイド)の口開閉動作を行うシステムを実現した。この手法により、モーションキャプチャ等のセンサを用いずに操作者の発話に伴いジェミノイド携帯で自然な口の動きを生成することが可能となる。

存在感伝達のための操作者動作の認識においては、ジェミノイド携帯の比較的少ない計算資源で、安定な認識処理を実現することが問題点であるが、本研究では次世代高速通信規格 Long Term Evolution (LTE)による高速通信を用いて、外部計算資源を利用する(クラウドコンピューティング)ことでその解決を図る。そのためには遅延の少ない情報転送や音声処理と映像処理の同期などを実現しなければならない。それらの問題に取り組むため本年度は LTE 通信網を介した顔画像処理システムを構築し(図3)、実用上の問題点を分析した。

B. システム評価実験

ジェミノイド携帯という新しいコミュニケーションメディアが持つ基本的な性質について考察を深めるために、一般の人々に使ってもらい彼らの反応を観察する実験を実施した¹⁾。本年度はジェミノイド携帯の開発と並行して、エルフォイドと同一デザインの80cm版ジェミノイド携帯である「テレノイド R1」を使用して実験を実施した。小学校のグループ学習授業へのテレノイドによる参加、高齢者施設でのテレノ



図3 LTE 通信実験システム

ノイドを介した高齢者と介護士の対話、ショッピングモール来客の使用体験などを実施し(図4)、使用者の反応の観察やアンケートによる印象評価を行った。観察結果から、テレノイドというメディアに対して使用者が早期に適応する(最初は外見に躊躇するも対話を始めるとすぐに好むようになる)、特に多くの高齢者は躊躇することなく対話を始めることが明らかになった。また印象評価では、適応後には「人みたい」/「抱っこしたくなる」などテレノイドの感触や形状に対して好印象を抱くことが明らかになった。これらの結果からテレノイドが遠隔コミュニケーションメディアとして



図4 テレノイド R1 を用いた実証実験の様子

人々に受け入れられる存在であることが示唆される。テレノイドを用いた実証実験については、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機関と協力して、高齢者を対象とした長期的実験の実施に着手している。

一方で存在感に関わる個々のモダリティに焦点を絞りながら、存在感を伝達する要因を明らかにするための研究にも取り組んだ。ジェミノイド携帯が通常の携帯電話や仮想空間上のアバターなどの他の遠隔対話メディアと大きく異なる点の1つに、ユーザの身体動作を実体を伴っ

て伝達することが挙げられる。既存研究では音声や映像が存在感に及ぼす影響は調べられているが、身体動作の影響は調べられておらず、未知の領域である。そこで本年度は身体動作を「見ること」や「見られること」が存在感に及ぼす影響の調査に着手した。図5のように身体動作を伝達するメディアとしないメディアを用意して、対話中の被験者の反応を観察する実験を実施した結果、身体動作を伝達しないボイスチャット


		自分の身体動作	
		伝達しない	伝達する
相手の身体動作	伝達しない	ボイスチャット 	ボイスチャット+カメラ 
	伝達する	ボイスチャット+ディスプレイ 	ビデオチャット 

図5 身体動作影響の比較実験

では、伝達するビデオチャットと比較して、被験者の発話が通常の文節以外のところで区切れる(単語の途中で区切りが入るなど)現象が頻繁に観察された。この結果が示唆するのは、身体動作の伝達が存在感を伝え、自然な対話を生み出している可能性である。今後はより精緻な解析によってこの点を明確にしてゆく。

§4. 成果発表等

(4-1) 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 (Special Issue on Human-Robot Interaction System), (accepted).

(4-2) 知財出願

- ① 平成22年度特許出願件数(国内 1件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 1件)