

# 携帯型遠隔操作アンドロイド「エルフォイド」の研究開発

港隆史 西尾修一 小川浩平 石黒浩 (ATR/JST,CREST)

## 1. はじめに

情報通信メディアの進歩によって離れた場所にいる者同士を様々な様式で結びつけることができるようになってきた。現在では、携帯電話のテレビ電話機能とハンズフリー対話機能を用いれば、いつでもどこでも相手の顔を見ながら話することができる。このような情報通信メディアの進歩は、人々が離れた人々とのより自然な（人と対面して会話するような）コミュニケーションを求めていることの現れだと考えられる。これまでの情報通信メディアの技術は音声や映像の利用に限定されたものであるが、人間らしいインターフェースを実現することによって、さらに自然なコミュニケーションを実現できる余地は充分にある。

より自然なコミュニケーションを実現するための試みの1つは、話者の存在感を他方に伝えることである。双方の対話者が相手の存在を目の前に感じながら対話することができれば、他者と実際に対面しているかのように対話することができる。そのためには、対話者の存在感を伝えることができるメディアの実現が望まれる。上記のテレビ電話機能を持つ携帯電話では、携帯電話そのものに相手の存在感を感じるわけではない。存在感を伝えるメディアとして、我々の研究グループでは遠隔操作型アンドロイド「ジェミノイド」の研究開発に取り組んできた [1]。この研究で、人に見かけも動きも酷似したアンドロイド「ジェミノイド」を遠隔操作することにより、ジェミノイド操作者とジェミノイドと対面する人の双方が、ジェミノイドを操作者本人と感じる、すなわち操作者がジェミノイドに乗り移っているように感じる事が明らかになってきた。しかし、ジェミノイドは実存する人に酷似しているため、携帯電話のように、不特定多数のユーザを想定できない。またジェミノイドのシステムは物理的に大きいため、簡易に持ち運び可能なメディアとはならない。これらの問題を解消するために開発した遠隔操作型アンドロイドが「テレノイド」である [2]。テレノイドは、人間としての必要最低限の見かけと動きの要素からなる、人間のミニマルデザイン (図1) を採用している。そのデザインは、一目で人間であると認識できる最低限の人間らしい見かけを持つとともに、男性とも女性とも、高齢者とも幼児とも判別できない見かけになっている。この見かけには、誰が操作者であっても、テレノイドと対面している者がテレノイドにその操作者を想像しやすい効果があることが期待される。さらにそのサイズ (80cm 程度) から、図1に示すように抱きかかえて対話することが可能であり、この人と人が行うような密接な身体的接触が話者の存在感伝達に大きく寄与することが、これまでの研究で明らかになってきている [2]。

本研究ではテレノイドの概念を更に押し進め、アンドロイドを携帯電話サイズに小型化することにより、何時でも何処でも誰でも自身の存在を遠隔地に伝達する



図1 遠隔操作型アンドロイド「テレノイド」

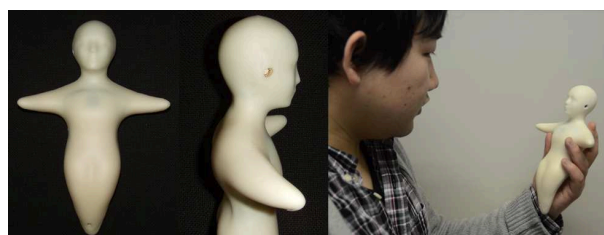


図2 携帯型遠隔操作アンドロイド「エルフォイド」

ことができるコミュニケーションメディアの実現を目指し、最初のプロトタイプとして「エルフォイド P1」(図2)を開発した(エルフォイド (Elfoid) は Elf (妖精) と oid (のようなもの) を組み合わせた造語)。エルフォイドはテレノイドと同様に人間の見かけのミニマルデザインを採用することで、誰もがエルフォイドを通して存在感を伝えることができるようにデザインされている。通信手段として携帯電話機能を有しており、携帯電話と同様、時間と場所を選ばずコミュニケーションが可能である。また外装には、人間の皮膚のような柔らかい素材を用いており、その触感からも人間を連想させるようになっている。

この新たなメディアによって、例えば離れて暮らす者同士を親密に結びつけることができると考えられる。電話では伝わらない本人の存在を感じながら対話できるため、電話を超えた通信メディアとなる。特にテレノイドは高齢者のコミュニケーション支援の手段として貢献できることが報告されている [2]。エルフォイドも同様に、高齢者が離れて暮らす子供や孫と何時でも親密に対話でき、彼らの生活に安心感を与えるメディアとなることが期待される。

話者の存在感を遠隔地に伝達することを試みる研究はこれまでも行われている。中でも携帯型通信メディアとしては Sekiguchi et al.[3] が、クマのぬいぐるみの形状をした小型の通信ロボットを開発している。片方のロボットを手で動かすと、他方のロボットがそれと同期して動くことによって操作者の存在感を伝えることを試みている。本研究では話者の存在感を、アンド

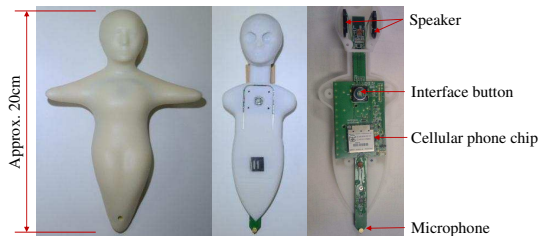


図3 エルフォイドの内部機構

ロイドの姿（デザイン）と身体的接触（人肌のような素材）によって高めようとする点が、彼らの研究とは異なる。

本報告では、エルフォイドのデザインコンセプトとプロトタイプ開発について報告し、何時でも何処でも誰でも自身の存在を遠隔地に伝達することができるコミュニケーションメディアの実現における研究課題について述べる。

## 2. エルフォイドの開発

エルフォイドのコンセプトは、(a) 何時でも何処でも、(b) 誰でも、(c) 自身の存在を遠隔地に伝達することができることである。各要件に対して次のような実装を行っている。

(a) 何時でも何処でも エルフォイドでは携帯電話機能による通信を実現した。そのために3G超小型通信ユニットを組み込んでいる(図3)。プロトタイプ機は、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ある。外部PCから本体のメモリに登録した電話番号(プロトタイプ機では1件のみ)に対して発信ができ、また他の電話機からプロトタイプ機(固有の電話番号を有する)へ発信可能である。これにより、通常の携帯電話と同様、時間と場所を選ばず簡単に他者との対話を行うことができる。

(b) 誰でも 一目で人間であると認識できるが誰でもかは特定できないような見かけ(人間のミニマルデザイン)をエルフォイドに持たせることによって、誰もがエルフォイドに乗り移れるようになることを試みている。人間の顔は左右対称に近づく中性的に(また美人に)見えることが知られているが、エルフォイドの顔も左右対称であるため、男性とも女性とも判別しにくい見かけとなっている。他にも、エルフォイドの顔の各部位の位置・大きさの比率は大人の顔の比率であるが、頭身は子供の頭身であり、大人と子供の比率を混在させることによって、大人とも子供とも判別しにくい見かけを実現している。また、インターフェースを簡素化することにより、誰もが容易に使えるシステムを目指している。プロトタイプ機では図3に示すように、発信や着信を操作するためのボタンを1つだけ備えている。

(c) 存在感を伝達 テレノイドを用いたコミュニケーション実験から、対話者が遠隔操作型アンドロイドと人間同士のような身体的接触(抱きかかえる)を行えることが、存在感の伝達に大きく寄与することが指摘されている[2]。すなわち触覚のモダリティにおいても、

人間らしさを伝えることが重要である。エルフォイドでは人肌に近い柔らかさを持つウレタンゲルを外装に採用し、エルフォイドを手を持って対話する際に触感においても人間を感じさせる機体を実現している。

プロトタイプ機ではアクチュエータおよびセンサは搭載されておらず、音声通話のみが可能である。これらの実装については今後の開発課題となっている。

## 3. 研究課題

### 3.1 システム開発

上述した通り、プロトタイプのエルフォイドP1ではアクチュエータが搭載されておらず、動きによって話者の状態を伝えることができない。今後は小型アクチュエータを実装する計画であるが、筐体の大きさやバッテリーの容量などの制約により、多数のアクチュエータを埋め込むことは困難である。従って話者の存在感を伝えるのに必要な最小限の動きを探りつつ自由度を決定する必要がある。また話者の動作を伝える他の方法として、LEDなどの表出デバイスを用いる方法が考えられる。例えば船越ら[4]は、明滅光源による微細な表情をコミュニケーションロボットに持たせることによって、人とロボットのコミュニケーションを円滑化できることを示している。多数のアクチュエータ実装が困難なエルフォイドにおいても、LED光の表出を制御することによって話者の存在感を高めることができれば有用である。そのためには、どのような位置にどのような点灯パターンの表出を行うと効果的か検討することが課題となる。

また、話者の存在感を伝達するためには話者の状態を計測する必要もある。そのためにカメラ等のセンサをエルフォイドに埋め込む計画である。しかしながら、エルフォイド本体の通信ユニット上の演算装置では計算資源が限られており、高度な画像処理や音声処理を行わせることが困難であると予想される。そこで、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)ことでその問題を回避することを考えている。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について研究開発を行う必要がある。一方で音声情報のみから話者の表情や動作を推定することができれば、画像処理すなわちカメラ映像を必要とせずに話者の状態を知ることができる。すでに人の発話中における音声と頭部動作の相関を調べる研究[5]等に取り組んでおり、本研究において上記手法の開発を目指す。

### 3.2 システム評価

誰もが自身の存在を伝達することができるようにデザインされたエルフォイドが、実際に存在感を伝達可能か実験により明らかにする必要がある。ここで重要なことは、存在感の評価指標を確立することである。本研究では質問に基づく評価指標だけでなく、視線、脳波、動作、生理指標などに基づく存在感指標を構築することを試みる。そして存在感の伝達に必要な要因、特に他の通信メディアと異なるメディアの身体的要因や触覚相互作用の要因について、実験を通して明らかにする。

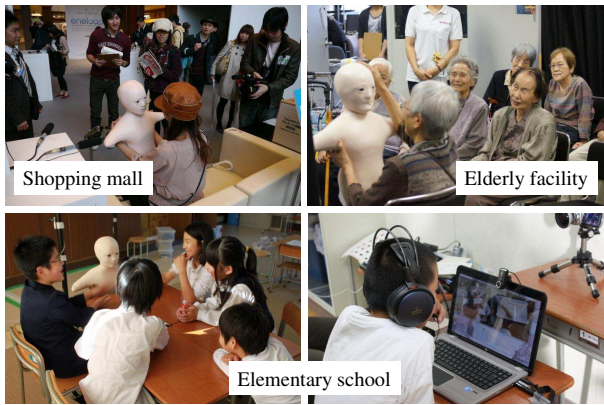


図 4 テレノイドの実証実験の様子

また人々がエルフォイドにどのように適応するか，すなわちエルフォイドをどのように利用するかを実験により明らかにする必要がある．新たな携帯型通信メディアに，人々がどのようなアプリケーションを見出すのか，そしてこのメディアによって人間関係がどのように変化するかを調べることによって，このメディアの影響力を明らかにする．

これらシステム評価をエルフォイドのシステム開発と並行して行うため，最初はエルフォイドと相似の形状を持つテレノイドを用いて評価実験を行う．テレノイドは身体的接触様式がエルフォイドと大きく異なるが，存在感伝達メディアの基本的な性質においては共通する点が多いと考えられる．すでにこれまでにショッピングモール来場者や高齢者施設の利用者に対するテレノイドの印象評価実験 [2] や，小学校での遠隔操作による授業参加実験を通じたテレノイドへの適応評価実験 [6] などを実施している．これらの実験から，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ことや，テレノイドの感触や形状に対して好印象を抱く人が多いことが明らかになっており，エルフォイドにおいてもそのような結果が期待される．

#### 4. おわりに

本報告では，存在感を伝達する新たな携帯型遠隔操作アンドロイドの研究について紹介し，開発したエルフォイドのプロトタイプについて紹介した．またこの新たなメディアの実現における研究課題を今後の研究計画として紹介した．今後は本報告で述べた研究課題に取り組んでいく．

#### 謝辞

本研究は，JST 戦略的創造推進事業 (CREST) 「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」採択課題「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」(研究代表者 石黒浩)の一環として行われたものです．

#### 参考文献

[1] Suichi Nishio, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita, Geminoid: Teleoperated Android of an Existing Person, A. C. de Pina Filho eds, *Humanoid Robots, New Developments*, I-Tech Education and Publishing, pp. 343–352, 2007.

[2] 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, 2011.

[3] Dairoku Sekiguchi, Masahiko Inami, and Susumu Tachi, RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication, In *Proceeding of Computer Human Interaction on Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 277–278, 2001.

[4] 船越孝太郎, 小林一樹, 中野幹生, 山田誠二, 北村泰彦, 辻野広司, Artificial Subtle Expression としての明滅光源による音声対話の円滑化, *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. J92-A, No. 11, pp. 818–827, 2009.

[5] Carlos T. Ishi, Judith Haas, Freerk P. Wilbers, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita, Analysis of head motions and speech, and head motion control in an android, In *Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 548–553, 2007.

[6] 山崎竜二, 西尾修一, 小川浩平, 石黒浩, 幸田健介, 松村耕平, 藤波努, 寺井紀裕, 遠隔操作ロボットの福祉教育への適用, *人工知能学会全国大会論文集*, 1A2-NFC1b-10, 2011.