

参加者の身体性を表現する遠隔会議支援ロボットシステムの評価

○鈴木雄介 福島寛之 深澤伸一 竹内晃一

沖電気工業株式会社 研究開発本部 ヒューマンコミュニケーションラボラトリ

あらまし: 参加者の身体性を代理的に表現するロボットを利用して遠隔会議を支援するシステムを開発している.開発中のシステムの概要と,ロボットがもつ移動機能が参加者の存在感の強化に役立つという仮説を検証するための予備評価実験について報告する.

キーワード: テレコミュニケーション,遠隔会議,身体性

Evaluation of teleconference supporting robot system with presence of participants

○Yusuke Suzuki Hiroyuki Fukushima Shin-ichi Fukasawa Koichi Takeuchi

Oki Electric Industry Co., Ltd. Corporate Research and Development Center ,
Human Communication Laboratories

Abstract: We have been developing a teleconference supporting system with robots that represent meeting participants' presence and orientation of mind. In this paper we explain an overview of the system and a preliminary evaluation that aims to confirm a hypothesis that a robots' moving function provides a better awareness of the participants.

Keyword: telecommunication, teleconference, presence, awareness, communication robot

1. はじめに

筆者らは遠隔会議での会議参加者が実際に空間を共有しないことによって失われがちな,参加者の存在感や身体性を補完する可能性をもつ要素としてロボット技術に着目し,より良い遠隔コミュニケーションの実現に必要な要素を抽出することを意図した研究を行っている.

本論ではまず,筆者らが所属する組織内で実際に遠隔会議を行ううちに明らかとなった,参加者の存在感が欠如することによって生じる諸問題を述べ,存在感の欠如を補完する手段としてロボットを利用するに至った背景につい

て説明する.次にロボットを遠隔コミュニケーションに利用している先行研究を紹介し,そののち,現在われわれが開発中のロボットを利用した遠隔コミュニケーション支援システムの特徴について紹介する.さらに現在実施予定であるシステムの評価実験の概要について報告する.

2. 背景

筆者らが所属する組織は関東地区と関西地区に分かれて拠点が存在しており,メンバー全員で直接コミュニケーションを行うことは困難であったため,遠隔会議を定期的に行う必要があった.実際に行われた会議の状況について

表1にまとめた。特筆すべき点は、関東拠点と関西拠点で参加人数が非対称であったこと(11人と2人)、司会者が関東拠点に存在していたことなどである。

表1 遠隔会議の状況

・接続方法	映像,音声を利用する遠隔会議システムを使用
・参加人数	13人(関東拠点:11人, 関西拠点:2人)
・会議時間	2時間(1週間毎)
・司会	関東側に存在

実際に会議を行う最中にいくつかの問題が観察された。中でも重要と考えられるものを以下に示す。

- 1) 関東拠点で議論が白熱すると、関西拠点にいる2人の存在を忘れて話が盛り上がってしまうことがあった。
- 2) 関西拠点側の音声以外の非言語的な反応が、関東拠点に伝わりにくかった。
- 3) 関西拠点側から関東拠点の議論に介入する方法が音声に限られており、介入しづらい雰囲気を作ってしまった。
- 4) カメラが固定されており、関西拠点側は興味のある部分の映像を見ることができなかった。

実際に空間を共有している場合には

- 1) 参加者の存在感は自明である。
- 2) 参加者が姿勢、体や視線の向きを無意識に変更する様子から、周囲は参加者の会議内容に対しての興味関心や反応を推定できる。
- 3) 参加者は意識して、発言しようとする時に挙手を行ったり、身を前に乗り出したりすることで発言意思を積極的にアピールすることができる。
- 4) 移動したり視線を変えたりすれば興味のあるものを見ることができる。

そのため、前述の問題は、実際に空間を共有しないこと、物理的、三次元的に存在する参加者の身体によって表現されている情報が、遠隔コミュニケーションでは欠如することで生じる問題とまとめられる。物理的な身体が失われることによって問題が生じるのであれば、それを補う物理的な実体を持つものをシステムに追加すればよいとするのは自然な発想であろう。

3. 遠隔コミュニケーションロボットの先行研究

物理的な実体の持つ利点と情報通信技術の利点を組み合わせることで情報処理の質を変化させるという「実世界指向インタラクション」と呼ばれる研究領域がある。実世界指向インタラクションはコミュニケーションの分野でも有用であると考えられている^[1]。

実世界指向インタラクションの考え方を遠隔会議に応用する際に、遠隔地に存在する人間の物理的な代替物、分身として動作するものとしてロボットを利用することを発想した。つまりロボットを物理的に身体的な情報を表示するための一種のメディアであるとみなす。

ロボットをメディアと考えてコミュニケーションを支援する先行研究は数例存在している。先行研究では、ロボットに人工知能などで実現される自律性を持たせて人とロボットのコミュニケーションを研究したものも多いが、われわれの関心は人間同士のコミュニケーションを支援するためのロボットにある。以下関連の深い研究を紹介する。

筑波大学グループウェア研究室では、遠隔作業指示用のロボットシステムとしてGestureMan^{[2][3]}を開発している。これは遠隔地にいる人に対して、熟練者が作業指示をしたり、教育を行ったりする用途に使われるロボットである。自由に移動する台車と、システム利用

者の視線や興味の方向を表現するための人間の頭や腕を模した要素をもち、遠隔作業者の操作で動作する実体として存在する体によって、“志向”^[5]を予告的に表現したりすることができる。

ATR・大阪大学知能ロボット学研究室では、Geminoid^[4]を開発している。これは開発者自身の身体から型取りした精巧な人間型ロボットで、遠隔地からの操作によって人間の表情や動作を忠実に表現できる。

われわれの関心領域である遠隔会議を意識した観点からこれら既存の研究には以下のような共通の特徴があると考えた。

- 1) 情報の送受信が非対称である。
- 2) ロボットを操作する人間が一人である。

通常情報の送信者が1人であり、1台のロボットを操作して遠隔地の受け取り手側に情報を送信するという構成になっている。

- 3) 利用するロボットが等身大などある程度の大きさを持つ。

等身大の大きさや形状によって身体性の要素を表現しようとしている。

4. 開発中のシステム

4.1 システムの特徴とその背景

上記で説明した先行研究に対し、われわれが開発中の遠隔会議を支援するロボットシステムは下記のような差異や特徴を持つ。

- 1) 情報の送受信が双方向かつ対称である。離れた各拠点にロボットを存在させる。
- 2) ロボットを操作する人間は複数である。会議に参加する全員がロボットを操作可能とする。
- 3) 利用するロボットが小型である。会議卓上での動作を意図した大きさとなっている。

これらの特徴は背景となったオフィス間で

の遠隔会議支援を意識することで現れたものである。オフィス環境で行われる典型的な遠隔会議の例として複数人同士が遠隔 2 拠点に存在する状況を仮定して説明する。

遠隔参加者の失われる身体を補完するという目的から考えると、会議参加者の人数と同数のロボットを配置することが自然である。しかし、

- 1) 会議参加者数は多くの場合不定である。
- 2) 居室の空間的な制限がある。
- 3) ロボットを用意するコストに制限がある。

などの問題からロボットの配置数には制限があると考えられる。この制限から会議に参加する人数とロボットの台数が常には一致しないことになる。1台のロボットに対して複数人が操作権をもち、ロボットは複数人の身体を交代で表現しなくてはならない。そのためロボットは個人に合わせた身体特徴を柔軟に変更できるか、ある程度抽象的な共通する身体要素を表現できる必要がある。われわれは方針として後者を選択した。開発したロボットは人間の身体を忠実に再現することよりは、“志向”を表現するのに重要度の高い動作を表現するための単純化された機構と、ロボットが現在誰の身体を表現しているのかを提示する機能を持つ。

4.2 システムの詳細説明

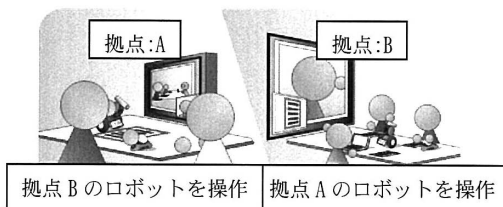


図 1 2 拠点間での遠隔会議

本システムは、遠隔会議を行う 2 拠点それぞれに存在し（図 1）、各拠点の会議参加者によって共有される。映像と音声を利用する通常の遠隔会議システムと併用され、“ロボット”、“操作インターフェース（以下、操作 I/F）”から構

成される（図2）。



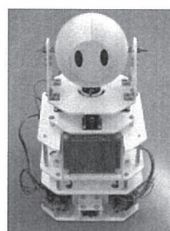
図2 システム構成

ロボットはパン・チルト動作可能なカメラを搭載した移動車両であり、遠隔地における自身の分身として働く。またカメラによる映像撮影機能を有する。ユーザは実体のあるロボットを使って相手側の興味のあるものを“見る”ことができ、その“見ている”行為を相手側の人達に“見られる”状況を作ることで、“見る”という行為とそれに伴う移動という行為によって、自然に存在感、または、何に対して興味を持っているのかといった表現をすることができる。ロボットが空間内を移動することで三次元的な存在感が生まれ、顔を模擬したカメラの形状、パン・チルトカメラの動作により操作者の視線・顔の向きといった志向の表現ができる。遠隔地からの参加者はロボットによって志向を表現することができ、ロボットと同じ空間に居る参加者はロボットをメディアとして遠隔参加者の志向を把握することができる。

ロボットは複数の会議参加者で共有するため、誰が操作者であるか明瞭に把握できる必要がある。複数の方法の検討を必要とするが、現在開発中の構成ではロボットに LED マトリックスを付け、操作者を区別するために名前などを表示する。この表示により、ロボットの動作が相手側の誰の意思によるものかを把握できる。

操作者の識別には RFID を利用する。各会議参加者に、RFID タグ付きリストバンドを身に

付けてもらい、これを操作 I/F に備えたタグリーダーで読み取ることで識別を行う。識別結果は LED マトリックスの表示内容に即座に反映される。



- ロボットの持つ機能
- ・本体（3次元に存在する実体をもつ）
 - ・移動機能
 - ・映像取得機能
 - ・カメラ姿勢変更機能
 - ・LED によるシステム使用者の表示機能

図3 ロボットの機能構成

操作 I/F は、ボール型の操作方式によりカメラの姿勢操作を行い、ボールの操作とカメラ姿勢をリンクさせて、ロボットを操作する際に直接的な操作感覚が得られるようにしている。

5. 評価実験

システム導入の効果を確認するための予備的実験の内容について説明する。ロボットは多数の機能を提供するが、ロボットの動作によって参加者が会議に集中している際にも遠隔会議参加者の挙動、存在に気付きやすくなることが重要な機能であると考えた。さらに動作のなかでも、台車によって場所を移動できることが通常の会議で利用されるパン・チルトカメラとの大きな違いであると仮定し、この移動機能によって、ロボットと空間を共有する参加者がロボットを通して表現される遠隔参加者の挙動への気付きやすさに差が出ることを確かめるための実験を行う。

実験参加者に遠隔会議参加状況を模した副課題を与え、ロボットに移動、またはパン・チルトカメラと同様の動作を行わせ、被験者がロボットの動作に気づいて反応するまでの時間を計測する。ロボットに注意を払ってボタンを押して反応することが主課題となる。

以下、ロボットの「移動」とは車輪による移

動、「動作」とはカメラ部分のパン・チルト回転を意味する。(図4, 図5 参照)。

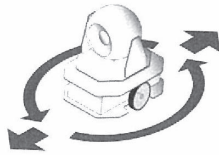


図4 「移動」車輪による移動

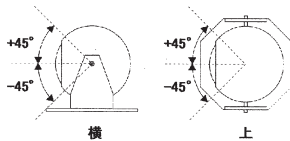


図5 「動作」パン・チルト回転

5.1 音声課題

副課題として音声復唱課題を採用した。遠隔会議は音声、視覚を利用する複雑な作業であり、ロボットの動作に反応する作業は主として視覚的な情報処理であると考えられる。副課題として音声課題を加えることで主/副課題の負荷が加わる情報のチャンネルを別にでき、また実際の会議に近い状況を模擬できる。

5.1.1 単語復唱課題

西本ら^[6]による先行研究を参考に、課題を設定した。図6に概略を示す。一定時間ごとに提示される音声を記憶して、数秒後に提示されるピープ音による指示にあわせて復唱する。西本らによれば一度に提示する単語数の変更で負荷の調節が出来るが予備実験では4単語を提示して復唱させている。

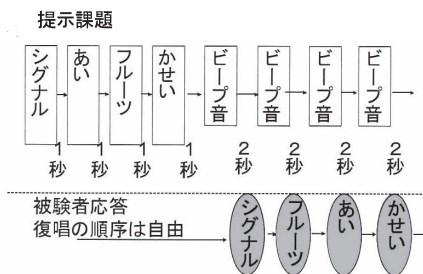


図6 音声提示課題の概略

5.1.2 実験に利用する音声データ

単語復唱課題の語彙サイズは270単語とした。単語親密度 5.0 以上の語^[7]の中から、単語の頭文字が濁音を除く 50 音としてバランスよく出現するように 2-5 モーラの普通名詞をランダムに選択し、聞き取りにくいものなどを除いた。音声データはテキスト音声変換ソフト OKI SMARTTALK[†]を使用して作成した。

5.2 主課題

画面上の注視点を注視しながら音声課題を行っている被験者から距離、角度の異なる9つの位置にロボットを配置し、その場で移動または動作を行わせて被験者に反応を行わせる。図7に被験者とロボットの位置関係を示す。ロボットの動作については5.3に示す。

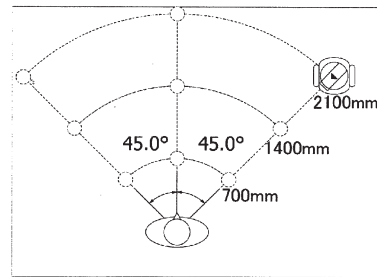


図7 被験者とロボットの位置関係

5.3 実験の流れ

実際の実験の流れを表2に示す。

表2 実際の実験の流れ

実験開始
被験者への実験の説明
音量等確認
練習
Loop1 位置と動作種類の組み合わせ回数反復
ロボットの位置を変更
音声課題開始
Loop2 12 回の反応を計測
ランダム時間後ロボットが移動/動作
ユーザがボタン押しで反応する
反応時間記録
Loop2 終了
休憩
Loop1 終了
質問紙への回答とインタビュー
実験終了

ロボットの移動/動作であるが、移動では前

[†]SMARTTALK は OKI の登録商標。

後移動とその場回転(図 4)を行わせ、動作ではパン回転とチルト回転(図 5)を行わせる。視覚的な判断を行わせるため、それぞれ前後移動の際だけ、パン回転の際だけに被験者に反応動作を行わせる。反応時間の長短によって、移動と動作による気づきやすさの差を定量的に評価できると考えている。図 8 に予備実験実施時の写真を示す。

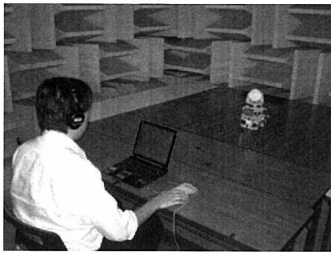


図 8 予備実験風景

5. 4 検証する仮説

視界中の情報の変化が大きい「移動」のほうがより気づきやすく、被験者との角度、距離が大きくなるとともに「移動」と「動作」の差が大きくなるという仮説を持っている。現在被験者数が少ないため、精緻な議論を出来る状況にないが、被験者数を増やした後結果を再度報告する予定である。

6. まとめ

遠隔会議を含む、遠隔コミュニケーションにおいて、実際のコミュニケーションでは無意識に行われる非言語的、身体的な情報の交換が失われる問題の解決手段として、ロボットを新たなコミュニケーションメディアとして用いた遠隔会議支援システムを開発した。

ロボット同様に実体を持ち、映像取得可能な要素として、パン・チルトカメラの機能を比較対照として本システムのロボットの「移動」による遠隔参加者への気づきやすさを検証するための予備実験について説明した。

本研究の目的は、従来の映像、音声中心の遠隔コミュニケーションに生じる諸問題を従来の映像、音声メディアとは異なる方法で解決する可能性をもつ新しいメディアに対する研究である。今後は、紹介した予備実験だけでなく、開発したロボットを利用した遠隔コミュニケーション支援システムを実際に会議で使用するといった、より質的な評価実験を実施し、予備実験の結果とも併せて遠隔コミュニケーションに必要な要素の抽出等を行ってゆく。

参考文献

- [1] H.Ishii,B.Ullmer: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,pp.234-241(1997)
- [2] 葛岡英明他: GestureCam システム: カメラロボットを介した遠隔教育の試み, 放送教育センター研究紀要, No.12, pp.165-173(1995)
- [3] 小山慎哉,葛岡英明他:”実空間上の遠隔作業指示を支援するシステムの開発”,情報処理学会論文誌, Vol. 40, No.11, pp.3812-3822(1999)
- [4] 石黒浩:”アンドロイドサイエンス～人間を知るためのロボット研究～”,毎日コミュニケーションズ,(2007)
- [5] Schegloff,E:BodyTorque,SocialReseach, Vol 65,No.5,pp.535-596(1998)
- [6] 西本卓也他:”音声インタフェースにおける 認知的負荷測定法とその評価,” 情報処理学会研究報告, 2002-SLP-45-5, pp.29-34(2003)
- [7] 天野成昭他:“日本語の語彙特性 第 1 期 第 1 卷”三省堂,(1999)