

遠隔参加者の存在感を表現する コミュニケーションロボットシステム

鈴木 雄介 福島 寛之

ネットワークを利用した遠隔コミュニケーションツールは多数開発されている。その背景にはネットワーク技術の発達で通信コストが低下したこと、また少子高齢化社会での多様な働き方を支援する方法や、環境問題への関心から移動に必要なエネルギーを節約する方法として期待されていることなどがある。オフィス環境においても、遠隔コミュニケーションの一つとして遠隔会議を支援するハードウェアやソフトウェアシステムが多数開発されている¹⁾。このようなシステムの利用層は、上記の背景からも今後一般への拡大が十分に考えられる。

しかし、実際に空間を共有してFace to Faceのコミュニケーションを行う場合と比較すると、上記システムには未だ不十分な点もある。通常の遠隔コミュニケーションツールは映像、音声を用いていることが一般的で、遠隔コミュニケーションの質を向上させるためには、映像・音声メディアの品質の向上が必要であることは言うまでもない。だが、それらの品質向上だけで必ずしもすべての問題が解決するとは限らない。

上記問題を解決するために、我々は会議参加者が実際に一つの空間を共有しないことで失われがちな、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を実現するための研究開発を行っている。

本論では、自社内で実施した遠隔会議で明らかとなった、参加者の存在感の欠如に起因する諸問題を述べ、その存在感の欠如を補完する方法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、ロボットおよびロボット以外の物理的媒体を利用した遠隔コミュニケーションに関する先行研究を紹介したのち、現在我々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説明する。最後に、今後の予定として、システムの評価実験の概要について説明する。

背景

ヒューマンコミュニケーションラボラトリ (HCL) の

拠点は蕨拠点（埼玉県）および関西拠点（大阪府）の2カ所に存在しており、ラボラトリ全員による直接コミュニケーションは困難なため遠隔会議を定期的に行っている。昨年度行われた実際の会議の状況は表1の通りである。

表1 HCLでの遠隔会議の状況

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（蕨拠点：11人、関西拠点：2人）
会議時間	: 2時間（1週間ごと）
司会	: 蕨拠点に存在
内容	: 業務連絡、各人の活動に対する質疑など

特筆すべき点は、蕨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）、司会者が蕨拠点に存在していたことである。実際に会議を行う最中にいくつかの問題が発生した。そのうちの主なものを下記に示す。

- 蕨拠点で議論が白熱すると、関西拠点にいる二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。（存在感の欠如）
- 関西拠点側の音声以外の非言語的な反応が、蕨拠点に伝わりにくい。（同上）
- 関西拠点側から、蕨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。（割込みが困難）
- カメラが固定されており、関西拠点側が興味のある部分を見ることができなかった。（映像の自由度不足）

このように、実際に発生した問題の多くは、実際に空間を共有しておらず、参加者が身体によって無意識に表現している情報が、遠隔コミュニケーションでは欠如してしまうことに起因していると考えられる。

実際に空間を共有している場合には、参加者の存在感は自明に感じられ、参加者の無意識な姿勢、意識的な体や視線の向きによって会議内容に対しての興味関心を推

定することは容易である。また発言しようとする参加者側も拳手を行ったり、身を前に乗り出したりすることによって発言意思などをアピールすることができる。

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身体に代わるものをシステムに追加すれば良いと考えるのは自然な発想であろう。

実世界指向インタラクション

実際に三次元的空間上に存在する物体を利用し、情報に物理的な物体の性質の一部を持たせることによって、情報世界の拡張を図るといった考え方は「実世界指向インタラクション」と呼ばれる。たとえばPhycon (Physical Icon、物理的アイコン) と呼ばれる、ユーザーが実際の世界にある立方体をつかんで別の位置に移動させると、情報空間に存在する要素が変化に反映して移動するといったものがある。

この分野の研究でもっとも著名なものに、マサチューセッツ工科大学の石井裕氏によるTangible Bits²⁾ と総称される一連の研究がある。Tangible Bits研究の成果物の一つであるinTouch³⁾ が映像、音声以外の物理的なコミュニケーションメディアを考える上で示唆に富んでいる。

inTouchは3本の木製の円筒を束ねて配置した装置二つを一組として動作する。装置はネットワークを介して接続されており、一人のユーザーが円筒を自由に回転させると、その回転がもう一方の円筒の回転として反映される。inTouchを利用するユーザーは触覚的に入出力される回転を通じてコミュニケーションを行う。inTouchを利用するコミュニケーションには以下のような特徴がある。

- 映像や音声以外の新しい情報伝達チャンネルとして触覚や力感覚を利用している。
- 情報の送受信が常時双方向に行われる。
- 特定の約束事を持たず、コミュニケーションの過程でユーザー同士がコミュニケーションを作っていく。

我々はinTouchの開発の礎となっている上記のような考え方を応用することで、先述した遠隔コミュニケーションの問題点を改善できると考え、映像、音声以外のコミュニケーションメディアについて研究することとした。

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、コミュニケーションの質を変化させるという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とき、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メディアとみなすのである。このような考え方に基づいたコミュニケーションを支援するロボットに関する先行研究は数例存在している。

ロボットをコミュニケーション支援に用いるための研究では、人工知能などでロボットに自律性を持たせ、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、本研究では、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焦点を当てている。

以下に関連の深い先行研究事例を紹介する。

筑波大学の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^{4) 5)} などが研究開発されている。遠隔地にいる人に対して、熟練者による作業指示や、教育などに使われるロボットである。自由に移動する台車と、社会学の専門用語では“志向 (orientation)”⁶⁾ と呼ばれるシステム利用者の視線や興味の方角を表現するための人間の頭や腕を模擬した要素をもち、遠隔作業の操作により実体として存在する体で志向を予告的に表現することができる。

ATR・大阪大学の知能ロボット学研究室では、Geminoid⁷⁾ を開発している。これは開発者自身の身体をシリコンで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。

これら既存の研究には以下のような特徴がある。

- a) 情報の方向が非対称
情報の送信者が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構成になっている。
- b) ロボットを操作する人間が一人
通常、情報の送信者が固定された1人である。
- c) 利用するロボットは等身大に近い大きさ
大きさや形状により身体的要素の表現を試みている。

開発中のシステム

上述のロボット研究に対し、開発中のロボットシステムは下記の差異、特徴を持つ。

- A) 情報の方向が双方向かつ対称
離れた各拠点に複数のロボットを存在させ、双方向にロボットを利用した情報送信を行う。
- B) ロボットを操作する人間は複数
会議参加者全員がロボットを操作可能とする。
- C) 利用するロボットが小型
会議卓上での動作を意図した大きさとする。
これらの特徴は我々の目標領域である「オフィス間の

遠隔会議支援」を背景としたものである。

システムを説明する上で、対象とする遠隔会議の状況をオフィス環境で行われる複数人同士による遠隔2拠点での会議と仮定する。この状況はオフィス環境での遠隔会議では典型的なものである。

遠隔参加者の失われている物理的な身体を補完するというシステムの目的から考えると、双方の拠点に会議参加者の人数と同数のロボットを配置し、双方向にロボットを通じてコミュニケーションをすることが望ましい（特徴A、B）。しかし、会議参加者数は多くの場合不定であり、かつ居室の空間的制限もある。また、ロボットのコストも考慮すると、ロボットの配置数には制限が出てくる。

したがって会議に参加する人数とロボットの台数が常には一致せず、限られたロボットに対する操作権を複数人で共有させるため、現在の操作者の識別および表示を何らかの方法で実現しなくてはならない。

同様にシステムの目的とコストのバランスから、ロボットは人間の身体を忠実に再現するのではなく、“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大きさを持つものとする（特徴C）。

また、ロボットの操作は会議への参加を妨げないように、全て単純かつ容易である必要があり、操作のためのインタフェースにも工夫を要する。

以下詳細に機能を説明する。

ロボットは基本機能として移動機能、カメラによる映像撮影機能を有する。システムを使用する操作者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”という状況を作り出す。このように“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。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。

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、音声を利用する通常の遠隔会議システムに重畳される形で動作し、“ロボット”、“操作インタフェース（以下、操作IF）”、“ディスプレイ”から構成される（図2）。

ロボット（図3）は前述のとおりパン・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の役割を果たす。ロボットを操作し、自由に移動させることで任意の場所を見ることができる。

ロボットが空間内で動作することで3次元的な存在感が

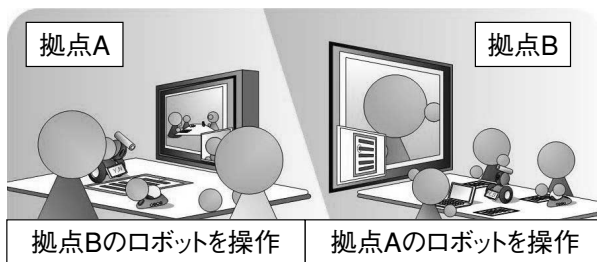


図1 2拠点間での遠隔会議



図2 システム構成図

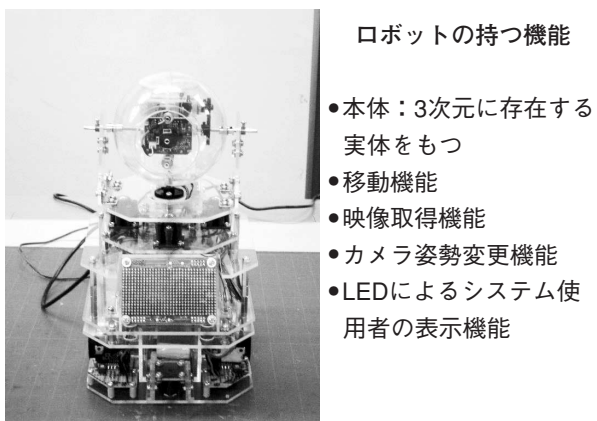


図3 ロボットの機能構成

生まれ、顔を模擬したカメラの形状、パン・チルトといった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を行う。

ロボット操作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。

また、操作者の識別にはRFIDを使用する。会議参加者それぞれに、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IFに備えたタグリーダ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。

操作IF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ることで、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。

今後の展開

今後は開発したロボットを利用する遠隔会議支援システムを蕨-関西間でのコミュニケーションや会議の状況で実際に使用し、それによって生じるコミュニケーションの変化を調査する。評価では利用する状況を長期間観察して、注目すべきエピソードを分析する定性的な方法と、被験者を用意して特定のタスクを実施し、タスク終了までに必要な時間を計測するなどの定量的な方法を組み合わせて行う予定である。

評価結果から、よりよい遠隔コミュニケーションを実現するために重要度の高い要素を抽出し、新規システム製作へのフィードバックを行うこと、最終的には実際の遠隔コミュニケーション製品開発に必要な要素の抽出など高い物理的メディアの開発に応用できる知見を得ることを目標としている。

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、Face to Face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ている。この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る遠隔会議支援システムの研究開発について紹介した。

本研究の目的は、製品として販売するロボットシステムの開発ではなく、従来の映像や音声中心の遠隔コミュニケーションに生じる諸問題を、異なる方法で解決する可能性をもつ新しいメディアの検討である。

今後は、開発したロボット利用の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し、評価実験を通して遠隔コミュニケーションに必要な要素の抽出などを行ってゆく。◆◆

参考文献

- 1) 垂水浩幸：グループウェアとその応用，共立出版，2000年
- 2) 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
- 3) S.Brave, A.Dahley: inTouch: a medium for haptic interpersonal communication, in CHI'97: CHI'97 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp.363-364, 1997
- 4) 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年
- 5) 小山慎哉 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年
- 6) E.Schegloff: Body Torque, Social Research, Vol.65, No.5, pp.535-596, 1998
- 7) 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年

筆者紹介

鈴木雄介：Yusuke Suzuki. 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 臨場感コミュニケーション研究チーム
 福島寛之：Hiroyuki Fukushima. 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 臨場感コミュニケーション研究チーム