

コミュニケーションにおける 身体性に関する研究

鈴木 雄介

筆者らは筑波大学グループウェア研究室（代表 葛岡 英明筑波大学教授）と、ウェアラブルデバイス、AR（Augmented Reality）/VR（Virtual Reality）やロボット技術を応用した遠隔コミュニケーション、人とロボットのインタラクションに関する共同研究を進めている。共同研究方針は次のとおりである。

- ①人間同士の対面コミュニケーションで自然に発生している身体による情報伝達を技術的に再現すること
- ②これを深く理解し、応用に繋げること

共同研究成果による知見は現在開発中のOKIのウェアラブルデバイス活用遠隔作業支援システムなどにも活用されている。

本稿では、グループウェア研究室（葛岡研究室）の研究及びOKIとの共同研究を概説し、OKI単独では推進が難しかった未来志向の研究を如何に進めてきたか、また、今後の研究について、OKIの技術開発との関係を述べる。



図1 紹介する研究一覧

筑波大学グループウェア研究室での研究

図1に本論で紹介する研究の関係を示す。緑の背景で示された枠が、OKIとの共同研究成果を含む研究である。遠隔共同作業において作業者の視野を指示者が共有できるSharedViewを始祖的な研究とし、上段（角が丸い要素）は主にロボットの要素を活用した研究である。SharedViewにロボット要素を導入し、指示者の頭部の方向を伝達可能としたGestureCam、GestureCamに加え全身の動きを伝達できるGestureMan、詳細に興味の方向を身体で表現できるTorque Talk、ロボットを小型化し、また前傾姿勢を表現可能としたiRIS、視線方向を詳細に

表現可能としたThirdEyeがある。下段（角が四角い要素）には主にComputer Graphics（以下CG）を利用して、ロボット同様の身体による情報伝達実現を目指した研究が示されている。遠隔作業支援及びAR活用による作業支援である。

筑波大学グループウェア研究室は、Computer Human Interaction 分野の世界最高峰の国際会議であるCHIに継続して複数の論文が採録されている数少ない国内の研究室の一つであり、国際的な評価もきわめて高い¹⁾。

次に葛岡研究室の過去研究の展開を紹介しながら、身体性に関わる問題を解説し、現在の研究の取り組みへの流れについて説明する。

各研究内容

(1) SharedView

最初に紹介する、視点共有型実画像通信支援システムSharedView²⁾は1992年に葛岡教授自身の博士課程研究プロジェクトの一つとして開発された遠隔作業支援システムである。電話のみで作業支援する場合に困難が伴うことは容易に想像できるだろうが、映像が送信されている場合でもコミュニケーションが円滑に行えるとは限らない。送られてきた映像に対し、（注目すべき場所を指さしながら）「ここを見て」、（手を実際に動かしながら）「こんな風に取手をつかんで」などのように、指示者が作業者と同じ空間に存在している場合には、自然に行われている身体の動作を含んだ指示を伝えることはできないからである。

このような問題を解決するため、作業者の視線方向と作業者が身に着けるヘルメット搭載型のウェアラブルカメラの向きを一致させる機構を有し、実際に作業者が見ている視線方向の映像を遠隔地に送信することが可能である。また、透過型のウェアラブルディスプレイを活用し、作業からの指示を作業対象の物体に重ね合わせる形で提示できる。ハードウェアの進歩による軽量化等は行われているが、後述するOKIが開発中のシステムが有している機能の多くは1992年時点で既に提案されていたのである。

SharedView自体にはロボットの要素は多くないが、システムを利用した実験結果から、遠隔作業支援を円滑に行うためには、遠隔地と現場作業員間での視線の共有機能や、ロボットの身体要素が必要とされることを当時から示していた。



写真1 SharedView システム 作業員の外形

(2) GestureCam

SharedViewでは解決できなかった課題から開発されたのがGestureCam³⁾システムである。GestureCamシステムは相互参照を容易にするために、カメラとレーザーポインタを搭載した、遠隔操作可能なマニピュレーターである。遠隔操作ロボットが導入されたのは、SharedViewの課題であった、遠隔指示者による能動的な視線共有を可能にするためである。

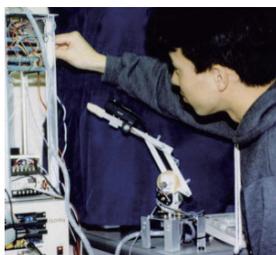


写真2 GestureCam の外形

また、ロボットの機構動作自体が、遠隔指示者の次の指示を予告する役割を持つことも期待された。このようなシステムの性質は「予期の資源」と呼ばれ、空間を共有している場合に、作業指示者の頭の向き、視線の動きから次に何に注目して作業を行うべきかを予測できる機能を、ロボットを代替物として実装したものである。

(3) GestureMan

GestureCamはいわば人間の頭部と手先をロボット化した要素を取り入れたシステムと見ることができるが、続いて開発されたGestureMan⁴⁾は、人間身体全体をロボットとしたシステムである。遠隔作業支援だけでなく、教育などにも利用される。自由に移動する台車と、社会学の専門用語では“志向 (orientation) ”⁵⁾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、人間の頭や腕を模擬した要素をもち、遠隔作業員の操作により実体として存在する身体で志向を予期的に表現することができる。ロボットが空間内を自在に動くことにより、映像の撮像範囲を変更できるなどの基本的な機能の拡張に加え、どの位置に移動し、どの方向を向いたか（動的身体配置）等の、コミュニケーションを円滑にする情報もロボット身体経由で伝達されるのである。



写真3 GestureMan3 の外形

(4) Torque Talk

Torque Talk⁶⁾はGestureManのさらなる発展系で、身体的表現の中でも特に、ロボットの身体方向による影響を調べることを目的として開発された。上半身と下半身それぞれの方向を明確にしつつ、自然な身体のねじりを表現できるように、デザインや機構が工夫されている。

ロボットの身体全体の向きを変える時は、その方向に対する強い関心、下半身の向きを変えずに、上半身の方向だけを変化させる時は一時的な関心を示すなどの表現が可能となり、この変化によってロボットと同一空間にいる人間の行動が変化することが実験的に示された。

Torque Talkを利用したコミュニケーション分析に関する研究はOKIとの共同研究成果として、情報処理学会研究会インタラクション2016の登壇発表に採録された。



写真4 Torque Talk の外形

(5) iRIS

iRISはGestureMan/Torque Talkと類似した問題意識を持ちながら、テレビ会議等を支援するため、システム全体を小型化することを目指したシステムである⁷⁾。幅:約200[mm]高さ:約360[mm]奥行き:約240[mm]の大きさで、本体の他に制御用PCを用いて動作させる。iRISの頭部には4インチの多機能携帯電話端末を収納することができ、携帯電話端末ディスプレイ上に、遠隔指示者の顔を表示することも可能である。

iRIS頭部はサーボモータでヨー、ピッチ、前後方向の動作が可能である。三次元計測装置を用いて計測した操作者の頭部動作と連動してうなづきや首ふり、身の乗り出し等のジェスチャーを行い、身体情報を遠隔地の相手に伝達する。また、内蔵プロジェクタによって手振りを投影できる。

iRISはOKIとの共同研究成果として、国際学会Human Robot Interaction 2013で発表された。デモシステムとしての完成度とコンセプトを評価され、最優秀ビデオ賞を受賞した。

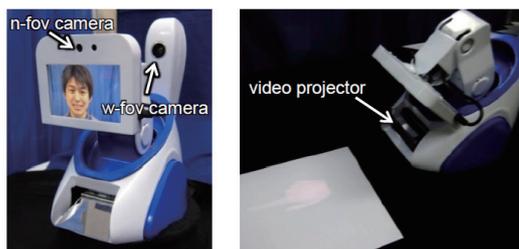


写真5 iRISの外形

(6) ThirdEye

iRISでは、遠隔地の参加者の表情は平面ディスプレイに表示されていたが、同様のシステムを利用した遠隔コミュニケーションを評価した結果、人間の視線方向を正確に伝達するには、平面ディスプレイを利用する構成では限界があることが示された。特に顔の姿勢が正面向きでない場合に、視線方向の観察誤差、いわゆるモナリザ効果が発生してしまう⁸⁾。

ThirdEye⁹⁾は眼球型ディスプレイによる視線方向提示手法を導入したシステムである。人工テレビ石を加工して作成した、人間の眼球を模した半球状の眼球型ディスプレイを開発し、ディスプレイ上で黒目の表示位置を変化させることで眼球が回転しているように見せ、映像通信を利用した遠隔対話状況において遠隔対話者の視線方向を正確に読み取ることが可能にした。視線誤差が抑制されることが実験の結果明らかになると共に、視線の読み取りやすさは従来とほとんど変わらないことが示された。OKIとの共同

研究結果は、HCI (Human-Computer Interaction) 分野に対する貢献が評価され、情報処理学会山下記念賞を受賞した⁹⁾。また研究を詳細化した論文は英語化され、国際会議CHI2017で2017年5月に発表予定である¹⁰⁾。

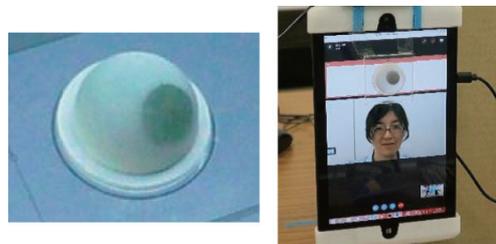


写真6 ThirdEyeの外形

応用システム紹介

(1) ウェアラブルデバイス活用遠隔作業支援システム

遠隔地でプリンターやATMなどの保守点検作業者に指示することで、作業を補助するようなタスクを遠隔作業支援と呼ぶ。現場作業を行う熟練技術者の人員減が課題となる昨今、現場で経験が不足している技術者が作業する際に、熟練技能者の支援を遠隔から受けることで、作業の質を担保できることなどが期待されている。図2にOKIが開発中であるウェアラブルデバイス活用遠隔作業支援システムの構成を示す。現場の作業者が頭部に装着可能な小型ディスプレイ (Head Mounted Display = HMD) と小型カメラを身に着け、ネットワーク経由で撮像映像を遠隔地の指示者に送信する。指示者は映像上への線の描画や手の形をジェスチャーとして合成して返送する。ここで用いたジェスチャーの機能は葛岡研究室の研究成果から得られた知見であり、身体による情報表現を技術的に実現したものである。

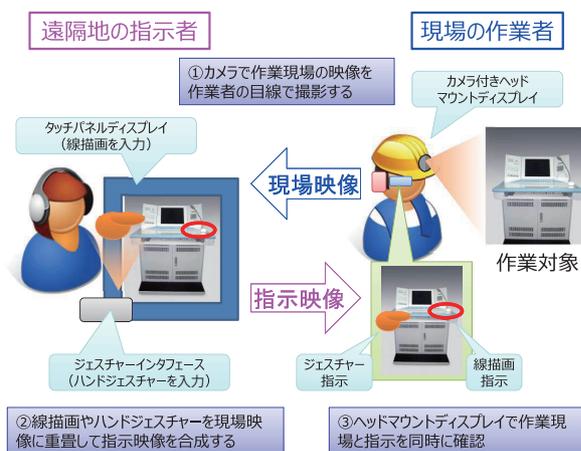


図2 ウェアラブルデバイス活用遠隔作業支援システム

(2) AR の応用

OKI共同研究の直接的成果ではないが、ARを応用した関連研究も行われている。これまで説明してきた問題の解決をロボットとは異なる手段で図るものである¹⁾。作業者が身に着けている没入型のヘッドマウントディスプレイには、三次元計測装置で計測された遠隔作業者の身体が、コンピュータグラフィックスで実風景に重畳描画された形で表示され、身体情報を表現した指示を受けることができるシステムである。

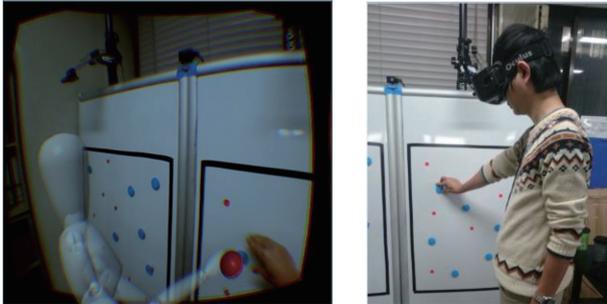


写真7 AR Systemの外形

おわりに

ウェアラブルやVR、またコミュニケーションロボットと呼ばれる技術は、近年急速に脚光を浴びているが、本稿で紹介したように、実は学術分野では長年研究されてきた分野である。「ウェアラブル、VR、ロボットを利用することが目的ではなく、空間共有時と同様な、円滑な遠隔コミュニケーションを実現するべく、機能を追加してきたら人間の表現、人間型ロボットに近づいてきてしまった」という葛岡教授のコメントであるが、一貫した方針で研究を行っている葛岡研究室との共同研究の知見の活用で、OKIが開発しているウェアラブルデバイス活用遠隔作業支援システムの試行錯誤に要する時間を短縮し、研究を加速化できている。

OKIに限らず、企業の研究では新しいデバイスができて、初めてその応用性を検討する機会を持つことが比較的多いわけであるが、純粋な産業的な視点とは異なった観点で研究を行っている大学の研究が技術トレンドを先取りしていることが多々ある。ウェアラブル、VRだけでなく、ロボットを応用したコミュニケーションも重要な課題と認識し、今後も研究を継続して大学研究室の知見とOKI独自の展開を融合させてゆきたい。◆◆

参考文献

- 1) 坂本:CHI Conferenceにおける日本人の活動動向. ヒューマンインタフェース学会誌、ヒューマンインタフェース学会、Vol.15、No.4、pp.21-26、2013.
- 2) H.Kuzuoka: Spatial workspace Collaboration: A Shared View Video Support System for Remote Collaboration Capability, Proc. of CHI '92, 1992.
- 3) H.Kuzuoka, et al.: GestureCam: A video communication system for sympathetic remote collaboration, Proc. of CSCW'94, pp.35-43, 1994.
- 4) H.Kuzuoka, et al.: GestureMan: A Mobile Robot that Embodies a Remote Instructor's Actions, Proc. of CSCW 2000, pp.155-162, 2000.
- 5) E.Shegloff: Body torque, Social Research, Vol. 65, No. 3, CONVERSATION, pp. 535-596, 1998.
- 6) 川口、他: ロボットによる身体ねじりが対話者の身体配置に与える影響に関する研究、情報処理学会インタラクシオン2016論文集、pp.21-28、2016.
- 7) H. Kawanobe et al. :iRIS a remote surrogate for mutual reference, Proc. of HRI '13, pp. 403, 2013.
- 8) I. Kawaguchi et al.: Study on Gaze Direction Perception of Face Image Displayed on Rotatable Flat Display. Proc. of CHI '15. pp 1729-1737. 2015.
- 9) 河野、他: 眼球型ディスプレイによる視線方向提示手法の開発、研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI)、2016-HCI-166(2)、pp.1-6、2016
- 10) M.Otsuki et al.: ThirdEye: Simple Add-on Display to Represent Remote Participant's Gaze Direction in Video Communication. CHI '17 (to appear).
- 11) 山本、他: 遠隔作業指示における身体動作提示が预期に及ぼす影響、研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI) 2016-HCI-167(17)、2016

筆者紹介

鈴木雄介: Yusuke Suzuki. 情報・技術本部 研究開発センター イノベーション推進室