

PopArm:ビデオ会議を拡張する遠隔指差しロボットアームの開発

PopArm: Development of the remote pointing robotic arm expanding videoconferencing

大西 裕也*¹
Yuya Onishi

田中 一晶*^{1*2}
Kazuaki Tanaka

中西 英之*¹
Hideyuki Nakanishi

*¹ 大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

*² 科学技術振興機構 CREST
CREST, Japan Science and Technology Agency

To indicate the remote space, method using a teleoperated robot is suggested. However, the robotic gesture has a risk that reality that it was done by a real person is reduced. In this study, we developed remote pointing system which remote instructor's arm seems to pop out from the video. By using this system, we got a suggestion that participant feel instruction act as was done by remote person, even if a gesture that is reproduced by the robot.

1. はじめに

遠隔地コミュニケーションにおいて、遠隔の人の動きを提示する一般的な方法はビデオ会議である。しかし、映像を介した指差しなどの指示行為は、対話相手がどこを指しているか分かりにくいという問題がある。遠隔地の空間を指示するために、遠隔操作ロボットを用いる方法が提案されている[Kuzuoka 00]。しかし、ロボットによるジェスチャは、本物の人間によって行われたというリアリティが低下する恐れがある。我々は操作者の映像から腕が飛び出したかのように見える遠隔指差しシステムを提案する。

これまでに指示行為を支援するシステムが様々な研究が提案されてきた。初期の技術ではアナログ映像が用いられており[Tang 90], [Tang 91], [Ishii 92], 近年では, DOVE [Ou 03], VideoArms [Tang 06], C-Slate [Izadi 07] などのデジタル映像を使用した提案がされた。ClearBoard ではガラスの板を挟んで向かい合っている状況を設定し、そのガラスを描画面として視線や指示を遠隔地で共有する方法 [Ishii 92] が提案された。VideoArms では、スタイラスペンと映像を組み合わせることで接触跡を追加しスケッチを可能にした[Tang 06]。また、Remote Lag という手法によりジェスチャ映像が実物や人の手などに隠れて見えなくなってしまう状況を緩和し[Yamashita 11], 高さの表現を付加することで、ジェスチャの解釈を改善できることを示された[Genest 12]。また、指示棒の影を投影することで遠隔地間の机上で指示を共有する投影映像を用いる方法が提案された[渡辺 20]。しかし、これらの方法による指示行為は平面的であり、三次元的に対象を指し示すものではなかった。三次元的に指示行為を行う方法としては、自由に動き回ることが可能なロボットを遠隔操作し、そのロボットに搭載したレーザーポインタで指示する方法が提案されている[Kuzuoka 00]。しかし、これらのジェスチャは、本物の人間によって行われたというリアリティがないことが懸念される。



図 1 PopArm のデザイン

また、ビデオ会議において遠隔地の人の等身大映像には、ソーシャルテレプレゼンス(相手と対面している感覚の度合い[1])を強化する効果があることが報告されている[Prussog 94]。また、カメラの前後移動によって生じる運動視差[Nakanishi 08]や、対話相手の前後移動に同期したディスプレイが移動することによってソーシャルテレプレゼンスが強化されることが分かっている[Nakanishi 09]。そして、握手のような共有触覚感覚がソーシャルテレプレゼンスを強化することが分かっている[Nakanishi 14]。

本研究では、ビデオ会議にロボットアームを取り付けたPopArmを開発した(図 1)。PopArmは、ユーザの映像と同期してロボットアームが画面上を移動・回転することにより、指示行為を三次元的に行うことができる。さらに、遠隔地にいるユーザの肘から先をロボットアームに置き換えて画面から飛び出しているかのようなデザインにすることによって、ロボットによるジェスチャが本物の人間によって行われたというリアリティを生むことでソーシャルテレプレゼンスが向上することが期待される。

2. PopArm の構造

PopArm とは、ユーザの映像を表示したディスプレイ上を、ユーザの腕の動きに同期して移動・回転するロボットアームである。対話相手の映像を等身大でディスプレイに表示し、そのディスプレイの下に直動位置決め装置を設置する(図 2)。その位置決め装置には、肘から先のロボットアームがアクリル板を介して接続されている。ロボットアームは根本に回転する機構を備えている。位置決め装置とロボットアームの回転機構により、映像内の対話相手の腕の動きに合わせてロボットアームがディスプレイの表示面を移動・回転する。その際、画面から飛び出している部分の長さが変化するため、伸縮機構によってロボットアームの長さを調整する(図 3)。これは、ワイヤを巻き取り装置で引くことで伸縮させる機構であり、ワイヤは目立たないようにアクリル板のふちに沿わせるようにする。対話相手の腕の動きはモーショントラッキングによって取得する。映像とロボットアームとの境界面から先の腕の映像は不要であるため、クロマキー合成等の映像合成によって消去する(図 4)。消去した部分の映像は、予め用意した背景の映像で埋める。次節で説明する通り、この装置で行える指示行為は左右方向のみであるが、位置決め装置を二軸にすることにより、上下方向の指示行為も可能になる。

3. 実験

3.1 PopArm の指差し方法

本研究で開発した PopArm で可能な指示行為を図 6 に示す。(a) 肘回転中心:腕の回転の中心(肘)が映像とロボットアームの境界にあり、映像とロボットアームの動きの同期が見られない。(b) 平行移動:対話相手の映像とロボットアームが同期して平行移動する。(c) 肩回転中心:腕の回転の中心(肩)が対話相手側にあり、対話相手の腕の動きに合わせてロボットアームが画面上を移動・回転する。その回転によって映像から飛び出しているロボットアームの長さが変化する。

我々の先行研究では、対話相手の前後移動に同期したディスプレイの前後移動がソーシャルテレプレゼンスを強化することが分かっている[Nakanishi 09]。このことから以下の仮説を立てた。

仮説1 映像とロボットアームの同期が見られない肘回転中心と比較して、同期が見られる平行移動や肩回転中心による指示行為がソーシャルテレプレゼンスを強化する。

また、肩回転中心は平行移動に比べて腕の回転も再現しており、より映像との同期が感じられることから、

仮説2 映像との同期が最も見られる肩回転中心が本物の人間によって行われたというリアリティが向上する。

以上の仮説を検証するために、本研究では、ビデオ会議を行いながら会話の途中で指差し対象を変えるというタスクを設定した。

3.2 実験環境

実験環境を図 5 に示す。図 5(a) に示すように、ディスプレイの下にロボットアームの直動機構を設置する。操作者側と被験者側の両方に、マイクとスピーカがあり、音声通話ソフトを用いて遠隔地間で会話を行うことができる。被験者側のディスプレイは、50 インチのワイド画面のディスプレイに枠を取り付け、テーブルで下部を遮った。ウェブカメラより操作者の胸部から上の映像が送信され、ディスプレイに表示される。ディスプレイに

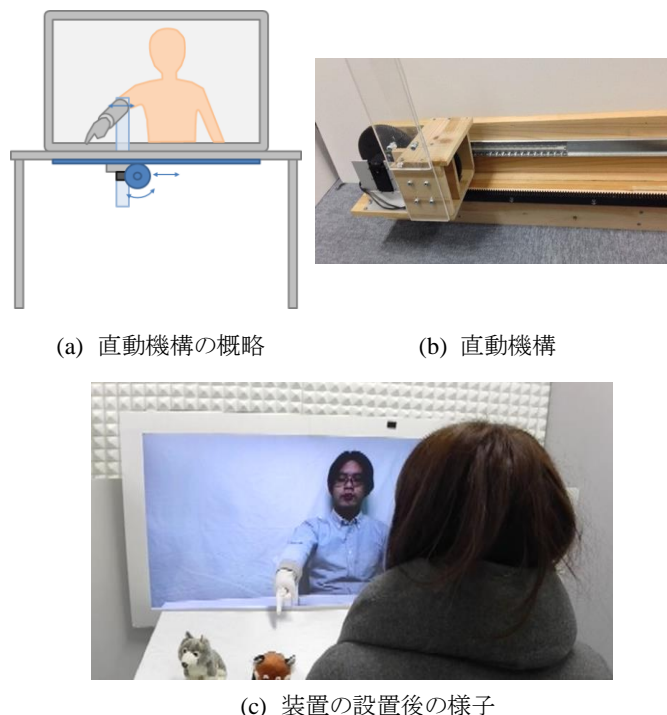


図 2 ロボットアームの直動機構

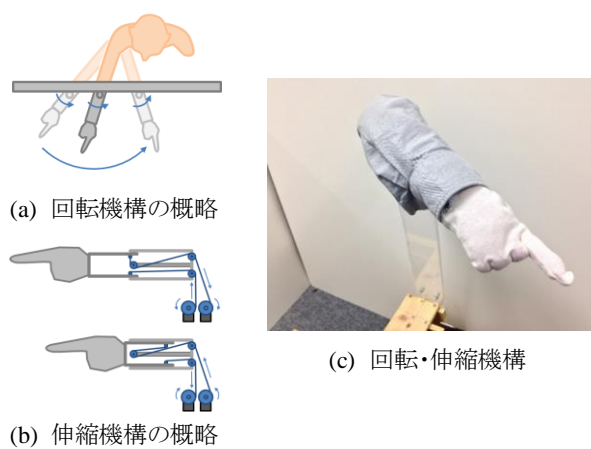


図 3 ロボットアームの回転・伸縮機構



図 4 映像合成による腕の消去

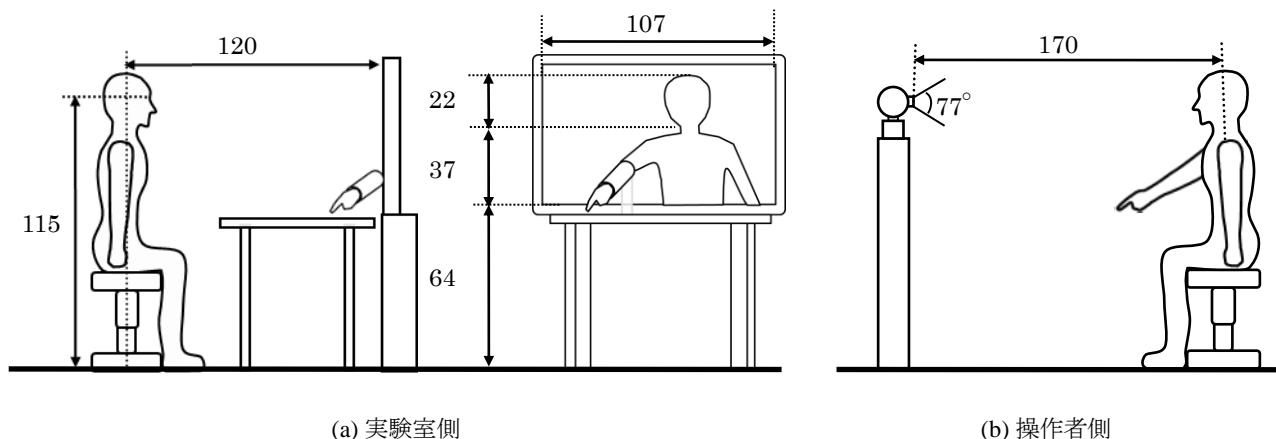


図5 実験環境

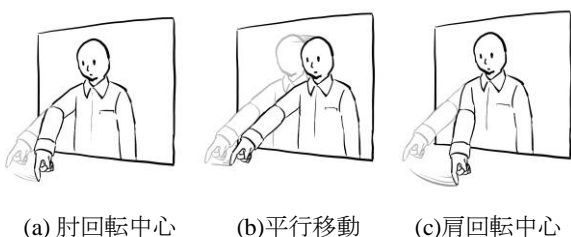


図6 ロボットアームの指差し方法

3.3 実験結果および考察

実験は被験者内実験とした。各条件で5人ずつの被験者に実験後のアンケートに回答してもらい、そのアンケート評価を用いて比較した。アンケートでは7段階のリッカート尺度を用いた。1は全くあてはまらない、2はあてはまらない、3はややあてはまらない、4はどちらともいえない、5はややあてはまる、6はあてはまる、7は非常によくあてはまる、に対応させた。このアンケートについて、各条件を比較した結果を図7に示す。棒グラフは平均値で、バーは標準誤差を表す。

相手と話をしている感じに関する項目で、各条件間に有意差は見られなかったが肘回転中心条件が他の条件よりも高い評価を得た。映像とロボットアームの同期の一致が不十分であったことによりソーシャルプレゼンスが低下したことが原因として挙げられる。腕のジェスチャに関する項目では肘回転中心条件が平行移動条件に比べて高い評価となった。こちらも平行移動条件において映像とロボットアームの同期の一致が不十分であったことが原因として挙げられる。しかし、肩回転中心条件が肘回転中心条件よりも高い評価となった。これは映像とロボットアームに同期かわらず肩回転中心がよい結果となった。また、相手にあなたのいる側の空間を指されている項目に関して肘回転中心は他の条件に比べ低い評価となった。ロボットアームの動きの大きさが影響したと考えられる。このことから、ロボットアームが本物の人間によって行われたというリアリティは、映像とロボットアームの同期とロボットアームの動きのダイナミックさが影響していると考えられる。

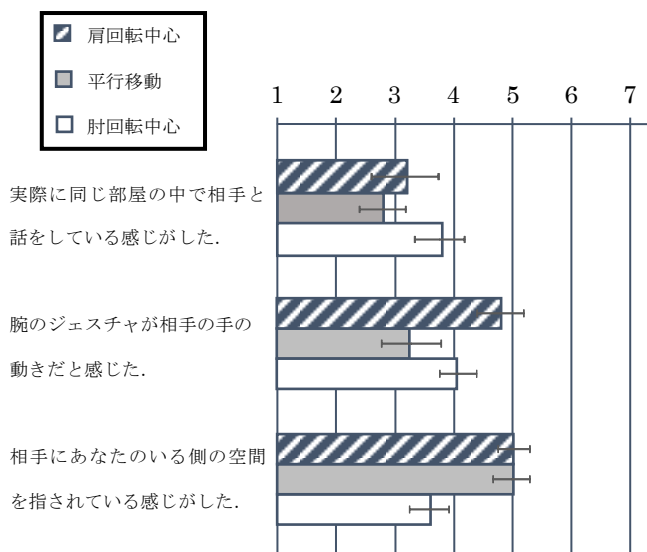


図7 アンケート結果

表示される操作者の顔の縦の長さが22cmでとなるように調節した。操作者と同じ部屋にいる感覚を増すために、操作者の服とロボットアームの袖を同じ服で統一し、ディスプレイの枠は操作者側の背景の色と合わせて白くした。テーブルは、操作者側の背景と同じ色である白い布で覆い、ディスプレイのテーブルより下の部分を隠せるようにした。テーブルとディスプレイに隙間はあまりなく、ロボットハンドがディスプレイから出ていることを意識させるようにした。被験者側のスピーカは画面の方向から音声が聞こえるように、ディスプレイの後ろに設置した。

4. おわりに

本研究では、遠隔地にいる対話相手の腕が映像から飛び出したかのように見える遠隔指差し用のロボットアームであるPopArmを開発した。対話相手は、このPopArmによって遠隔地の空間を三次元的に指差すことができる。これにより、ロボットによるジェスチャが本物の人間によって行われたというリアリティを生まれ、映像とロボットアームとの同期と動きのダイナミックさによって、対話相手のソーシャルプレゼンスが向上することも期待できる。今後、これらの仮説を明らかにするため実験を継続していく予定である。

謝辞

本研究は、JST CREST「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(研究領域:共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築)」からの支援を受けた。

参考文献

- [Finn 97] Finn, K.E., Sellen, A.J. and Wilbur, “S.B.: Video-Mediated Communication, Lawrence Erlbaum Associates,” (1997).
- [Fraser 07] Fraser M., McCarthy M., Shaukat M., and Smith P., “Seconds Matter: Improving Distributed Coordination by Tracking and Visualizing Display Trajectories,” Proc. CHI 2007, pp. 1303-1312, (2007).
- [Genest 12] Genest A., and Gutwin C., “Evaluating the effectiveness of height visualizations for improving gestural communication at distributed tabletops,” Proc. CSCW 2012, pp. 519-528, (2012).
- [Gutwin 02] Gutwin C. and Penner R., “Improving interpretation of remote gestures with telepointer traces,” Proc. CSCW 2002, pp. 49-57, (2002).
- [Ishii 92] Ishii H. and Kobayashi M., “ClearBoard: a seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact,” Proc. CHI 1992, pp. 525-532, (1992).
- [Izadi 07] Izadi S., Agarwal A., Criminisi A., Winn J., A. Blake, and Fitzgibbon A., “C-Slate: a multi-touch and object recognition system for remote collaboration using horizontal surfaces,” Proc. Tabletop 2007, pp. 3-10, (2007).
- [Kuzuoka 00] Kuzuoka H., Oyama S., Yamazaki K., Suzuki K., and Mitsuishi M., “GestureMan: a mobile robot that embodies a remote instructor's actions,” In Proc. ACM Press 2000, pp. 155-162, (2000).
- [Nakanishi 08] Nakanishi, H., Murakami, Y., Nogami, D. and Ishiguro, H.: Minimum Movement Matters: Impact of Robot-Mounted Cameras on Social Telepresence. Proc. CSCW 2008, pp.303-312, (2008).
- [Nakanishi 09] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces. Proc. CHI 2009, pp.433-442, (2009).
- [Nakanishi 14] Nakanishi, H., Tanaka, K. and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence. Proc. CHI 2014, (2014).
- [Ou 03] Ou J., Chen X., Fussell S., and Yang J., “DOVE: Drawing over video environment,” Proc. Multimedia 2003, pp. 100-101, (2003).
- [Prussog 94] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications. Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society, pp.25-38 (1994)
- [Tang 90] Tang J. and Minneman S., “VideoDraw: a video interface for collaborative drawing,” Proc. CHI1990, pp. 313-320, (1990).
- [Tang 91] Tang J. and Minneman S., “VideoWhiteboard: video shadows to support remote collaboration,” Proc. CHI 1991, pp. 315-322(1991).
- [Tang 06] A. Tang, C. Neustaedter, and S. Greenberg, “Videoarms: embodiments for mixed presence groupware,” Proc HCI 2006, pp. 85-102, (2006).
- [Yamashita 11] Yamashita N., Kaji K., Kuzuoka H., and Hirata K., “Improving visibility of remote gestures in distributed tabletop collaboration,” Proc. CSCW 2011, pp. 95-104, (2011).
- [渡辺 00] 渡辺 貴文, 上杉 繁, 三輪 敬之: 異なる空間への指示行為が可能な仮想の影による道具インタフェースの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3919-3930 (2007)