

PopArm : 遠隔指差しロボットアームによる ソーシャルテレプレゼンスの強化

大西 裕也^{†1} 田中 一晶^{†1, †2} 中西 英之^{†1}

ビデオ会議において、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。この問題を解決するため、本研究では、映像から飛び出した腕で直接指示を行うことが可能な PopArm を開発した。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。このロボットアームによって、平面だけではなく、遠隔地を三次元的に指さすことが可能になる。また、遠隔地にいるユーザの腕が映像から飛び出しているかのようなデザインによって、ソーシャルテレプレゼンス（相手と対面している感覚）が向上することも期待される。

PopArm : The Remote Pointing Robotic Arm for Enhancing Social Telepresence

YUYA ONISHI^{†1} KAZUAKI TANAKA^{†1, †2}
HIDEYUKI NAKANISHI^{†1}

In a videoconferencing system, there is a problem that the direction to which a remote instructor points is unclear. To solve this problem, we developed the PopArm, a remote pointing robotic arm that seems to pop out from the video. The PopArm is able to move and rotate on a display, synchronizing with the movement of the remote instructor's arm. This robot arm allows the remote instructor to three-dimensionally point at remote locations. In addition, it is expected that the PopArm enhances social telepresence, i.e., the sense of resembling face-to-face interaction due to the design which the remote instructor's arm seems to pop out from video.

1. はじめに

ビデオ会議システムにおいて、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。この問題を解決するため、これまでに指示行為を支援するシステムが様々な研究で提案されてきた。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[3]や、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方法[5]がある。

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[4]が提案されている。

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、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]) が向上することも期待される。



図 1 PopArm のデザイン

2. PopArm

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

^{†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} 独立行政法人科学技術振興機構, CREST
Japan Science and Technology Agency, CREST

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。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。

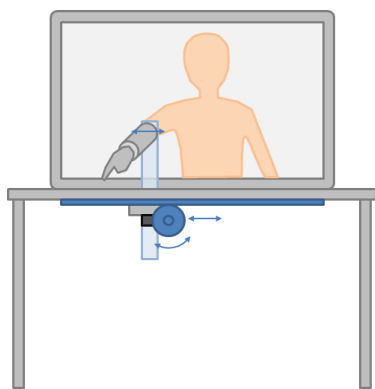


図2 ロボットアームの直動機構

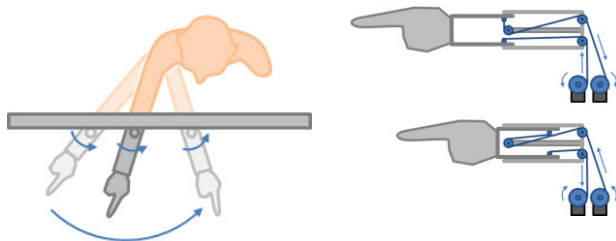


図3 ロボットアームの回転機構

3. PopArm の指差し方法

本研究で開発した PopArm で可能な指示行為は次の3つである(図4)。(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2)。したがって、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方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可能性がある。また、肩回転中心は平行移動に比べて腕の回転および伸縮も再現しており、より映像との同期が感じられる。これにより、肩回転中心による指示行為が最もソーシャルテレプレゼンスを強化するかもしれない。これらの仮説を明らかにする実験を今後実施する。



(a)肘回転中心 (b) 平行移動 (c)肩回転中心

図4 PopArm の指差し方法

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ることができる。これにより、遠隔地間での指示行為が分かりやすくなることが期待される。さらに、映像とロボットアームとの同期によって、対話相手のソーシャルテレプレゼンスが向上することも期待できる。今後、これらの仮説を実験によって明らかにする予定である。

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

- 1) Finn, K.E., Sellen, A.J. and Wilbur, S.B.: Video-Mediated Communication, Lawrence Erlbaum Associates (1997).
- 2) Nakanishi, H., Kato, K., Ishiguro, H.: Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence. *Proc. CHI 2011*, pp. 63-72 (2011).
- 3) Ishii, H., Kobayashi, M. and Grudin, J.: Integration of Interpersonal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments, *ACM Transactions on Information Systems*, Vol.11, pp.349-375 (1993).
- 4) Kuzuoka, H., Oyama, S., Yamazaki, K., Suzuki, K. and Mitsuishi, M.: GestureMan: A Mobile Robot that Embodies a Remote Instructor's Actions. *Proc. CSCW 2000*, pp.155-162 (2000).
- 5) 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).