

AR 遠隔協調作業における指示者アバタのデザインが 作業者に与える印象に関する検討

大槻麻衣^{†1} 王子洋^{†1} 佐藤勇二^{†1} 葛岡英明^{†1} 鈴木雄介^{†2}

概要: 本研究では、拡張現実型遠隔作業支援システムにおける指示者アバタのデザインについて、全身、手+腕、手先のみ の 3 条件を比較し、ユーザビリティや作業者に与える印象を評価した。その結果、全身アバタを備えた遠隔指示システムのユーザビリティは、それ以外の条件よりもより高い評価を得た。加えて、作業者は、全身アバタの方が手先のアバタよりも容易に追跡することができた。しかし、指示内容の理解のしやすさに関しては、3 条件間に差は見られなかった。

1. はじめに

モバイル端末などを用いることで、離れた場所にいる参加者同士が実オブジェクトに対してネットワーク越しに協調して作業を行う「遠隔物理的協調作業」が可能である。中でも、遠隔地にいる指示者が現地の作業者の状況を把握しながら、作業者へ指示を行うような「遠隔指示」は典型的なシナリオである。

こうしたシナリオにおいて、音声だけではなく、拡張現実感 (Augmented reality; AR) 技術によってジェスチャを伝達可能な AR システムが提案されている [2,3]。これらの研究は卓上など、比較的狭い領域に注目しており、指示者・作業者ともに大きな移動は発生しないために、指示者の手のジェスチャが効果的に伝達される [3]。しかし、大型プラントの保守のように、作業者や指示者が頭部や体を動かすことで視野を移動させなければ作業対象の観察ができないような「広い空間」で作業をする場合には、対話者が手先を見失う等の理由で、広い空間のどの部分で作業を行おうとしているのかが予期できず、作業効率が低下するという問題がある。

コミュニケーションにおいて、相手の目線や身振り手振り、位置関係、体の向きなどの情報は非言語表現と呼ばれ、この重要性は古くから指摘されてきた [7]。そのため、遠隔作業においても、頭部と腕からなるアバタを現地の作業者に提示する例もある [4,5]。これらの研究では、手先だけではなく、全身アバタを提示することによって社会的プレゼンスが向上することを示した [6,8]。このことから、広い空間においても、より詳細な身体情報を提供することにより、遠隔指示システムの質を向上させることができると考えた。しかし、これまでに、ユーザビリティという観点でのアバタのデザイン指針は十分に検討されてこなかった。よって本研究では、AR 遠隔協調作業において、異なるデザインの指示者アバタを作業者に提示し、その使いやすさ、および作業者に与える印象を比較した。

2. 実験

2.1 実験設計

実験は、全身アバタ (Body) [6,8]、手+腕 (Hand + arm) [4,5]、手先のみ (Hand only) [3,8] の 3 条件を参加者内配置で比較した (図 1)。図 2 に実験環境を示す。

指示者からの指示は、事前に演者がテーブル上のブロックをポインティングする動作を、モーションキャプチャシステム (Optitrack S250e) を用いて 5 パターン記録した。各パターンは 10 回のポインティングから成り、同じブロックのポインティングは行わなかった。各パターンの平均時間は約 33 秒であり、ポインティングの順序はシーケンス間で異なるものとした。

参加者は HTC VIVE ヘッドマウントディスプレイ (HMD) によって、ステレオカメラ ovrVision によってキャプチャされた現実の光景に仮想の指示者アバタを重畳描画した映像を観察した。

参加者は大学生・大学院生 (男性 9 名、女性 1 名、年齢は平均 23.6 歳 (SD 1.26)) 10 名であった。



図 1 実験条件

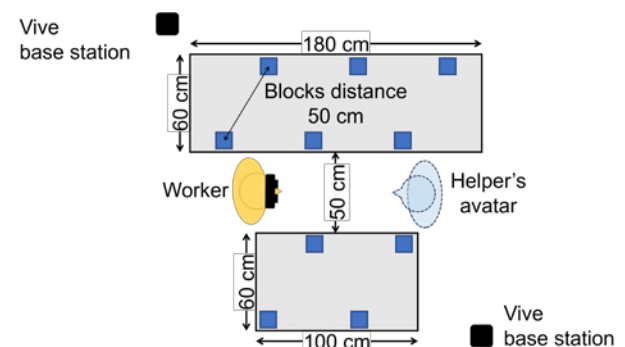


図 2 実験環境

^{†1} 筑波大学

^{†2} 沖電気工業株式会社

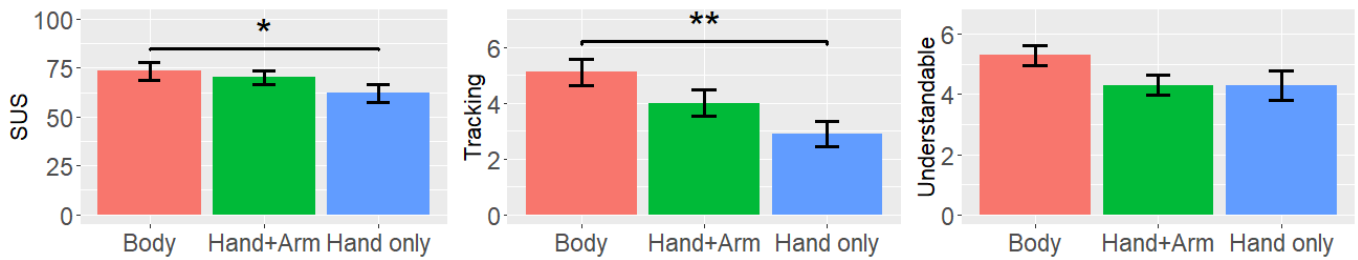


図 3 実験結果

2.2 評価指標

ユーザビリティの評価には SUS (System usability scale) [1] を用いた (10 問, 各設問 1~10 点で回答). また, 指示と指示の間, および指示を受けている間に指示者アバタのデザインが作業者に与える印象を調査するために, 以下の設問に回答させた (各設問 1~7 点で回答).

1. アバタの追跡は容易だった (Tracking)
2. アバタの指示は理解が容易だった (Understandable)

2.3 実験手順

参加者は AR 空間でアバタの指示に従ってブロックを順にタッチした. 実験は図 1 に示す 3 条件で行われ, 各条件で, 練習と本番セッションを設けた. 提示する指示シーケンスは 5 種類中 1 種類を全参加者, 全条件共通の練習用とし, 残り 4 種類を本番セッションの各条件にランダムに割り当てた.

参加者およびアバタの初期位置は毎タスク固定された位置とし, 参加者には指示が連続で与えられること, できるだけ早くブロックに触れるよう教示した. 3 条件終了後, 質問票に回答させた.

2.4 結果と考察

SUS の結果を図 3 左に示す. 条件を固定要因, 参加者をランダム要因とした線形回帰分析の結果, 条件間に有意傾向が見られた ($F(2,18) = 3.47, p = 0.053$). 下位検定 (Bonferroni correction) の結果, Body 条件は Hand only 条件よりも有意に高いスコアとなった ($p = 0.031$).

次に, Q1 の結果 (図 3 中) に関しても同様の分析を行った結果, 条件間に有意差が見られた ($F(2,18) = 5.47, p = 0.014$). 下位検定の結果, Body 条件は, Hand only 条件よりも有意に高いスコアを得た ($p = 0.003$). しかし, Q2 (図 3 右) に関しては条件間の有意差は見られなかった. 以上より, より詳細な身体情報を提供することにより, 遠隔指示システムの質を向上させることができるという我々の仮説はユーザビリティ, 追従のしやすさという 2 点において支持された.

Q1 (追従のしやすさ) について, 実験時のビデオより, Body 条件の場合はアバタの頭が見えているために, 手が動く前でも顔が動いた直後に参加者が追従できており, このことが参加者の印象を向上させたと考えられる. また, 参加者より, 「Hand only の場合はある地点からある地点へ大

きく移動する際に, 見失いそうになることがあるが, Body 条件は容易に追従できた」というコメントを得た.

一方で Q2 (理解のしやすさ) について, いずれの条件でも差が見られなかった. これは, 今回のタスクがブロックに触れるという単純なタスクであったため, 差が見られなかったものと考えられる. よって今後は, ブロックを回転させる, 移動させるといったより複雑なタスクにすることを検討している.

3. むすび

AR 遠隔協調作業において, 全身, 手+腕, 手先のみ, の 3 種類の指示者アバタを作業者に提示し, その使いやすさ, および作業者に与える印象を比較した. 実験結果より詳細な身体情報によって, ユーザビリティ, 追従のしやすさという 2 点において遠隔指示システムの質を向上させることを確認した. 今後は, 組み立てなど, より複雑なタスクにおける効果を調査することを検討している.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP16K16097 の助成を受けた.

参考文献

1. J. Brooke. 1996. SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*.
2. Keita Higuchi, Ryo Yonetani, and Yoichi Sato. 2016. Can Eye Help You?: Effects of Visualizing Eye Fixations on Remote Collaboration Scenarios for Physical Tasks. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16*: 5180–5190. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858438>
3. Weidong Huang, Leila Alem, Franco Tecchia, and Henry Been-Lirn Duh. 2018. Augmented 3D hands: a gesture-based mixed reality system for distributed collaboration. *Journal on Multimodal User Interfaces* 12, 2: 77–89. <https://doi.org/10.1007/s12193-017-0250-2>
4. Jan Kolkmeier, Sander Giesselink, Dennis Reidsma, and Dirk Heylen. 2018. With a Little Help from a Holographic Friend: The OpenIMPRESS Mixed Reality Telepresence Toolkit for Remote Collaboration Systems. In *24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, No. 26. <https://doi.org/10.1145/3281505.3281542>
5. Thammathip Piumsomboon, Arindam Day, Barrett Ens, Youngho Lee, Gun Lee, and Mark Billinghurst. 2017. Exploring

- Enhancements for Remote Mixed Reality Collaboration. In *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications* (SA '17), 16:1--16:5. <https://doi.org/10.1145/3132787.3139200>
6. Thammathip Piumsomboon, Gun A Lee, Jonathon D Hart, Barrett Ens, Robert W Lindeman, Bruce H Thomas, and Mark Billingham. 2018. Mini-Me: An Adaptive Avatar for Mixed Reality Remote Collaboration. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3173574.3173620>
 7. Emanuel Schegloff. 1998. Body Torque. *Social Research* 65, 3: 535–596. <https://doi.org/10.1017/S0140525X04400053>
 8. Harrison Jesse Smith and Michael Neff. 2018. Communication Behavior in Embodied Virtual Reality. 1–12.