

物体移動再現と身体動作提示による遠隔地間物体共有

Remote Object Share by Reproduction of Object Movement and Projection of Body Motion

野村 和裕
Kazuhiro Nomura

中西 英之
Hideyuki Nakanishi

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

We can share a state of an object around the remote location by reproduction of the movement of the sharing object. However by only object movement, users seem the object not is moved by a remote partner but moves itself. In this study, we develop a system that project body motion and share movement of object. Making use of this system, we got a suggestion that increasing the sense that dialogue partner move shared object in the same space.

1. はじめに

遠隔地間での共同作業とは、遠隔地をインターネットなどの通信システムでつなぐことで、遠隔地の人物同士が本来なら同じ空間でしかできない共同で作業を行うことである。これによって、一か所に作業に参加する人物が集まらなくても共同で作業が行えるため、一か所に参加者が集まるための移動の費用、時間が削減できるという特徴があり、注目されている。この遠隔地間での共同作業は、教育[Bijani 10]の現場でも利用方法が研究されている。しかし、遠隔地間での共同作業を行うための通信装置の制約上、遠隔地に作業対象の物体が存在した場合、その物体を直接操作できない。そのため、他の参加者に指示を出すことでしか物体を操作する方法がないという問題がある。他の参加者に指示を出して物体を操作する方法では物体の操作方法を指示するために時間がかかり、作業のテンポが低下する場合がある。また、その指示の内容がうまく伝わらなかった場合、物体への操作に誤りが生じてしまう恐れがある。そして、そのような方法でしか物体が操作できないために相手の存在感が薄くなり、その作業の臨場感が低下し、作業効率やコミュニケーションの活性化に影響を与えてしまう可能性もある。そこで、遠隔地の人物と作業環境の共有ができるようにする研究、遠隔地の人物があたかも対面しているかのような感覚を強化することで臨場感の低下の解決を図っている研究がなされている。投影された共有文書に遠隔地の人間が自由に書き込みを行えるようなシステムを使用する方法[Tuddenham 06]、遠隔地の人物の腕を実体化し、また手のぬくもりを再現することで遠隔地の人物の存在感を強化する方法[Nakanishi 14]、身体動作を映像提示する方法[Isaacs 94]、アイコンタクトが成立するようカメラとディスプレイを設置する方法[Bondareva 04]、ジェスチャーなどの身体動作を提示する方法などが提案されている[Greef 01], [Kirk 06], [Luff 2006], [Li 07].

本研究では、遠隔地の人物があたかも対面しているかのような感覚を強化する方法として物体への操作に着目した。遠隔地の人物が作業の指示を行うタスクで、遠隔地の人物の身体動作を提示することによって相手の存在感の強化がなされ、作業時の行動の変化が起こっていることが分かっている [Yamashita 11]。これに加えて作業の参加者が、遠隔地にある物体を操作できるようにし、それに付随して遠隔地の人物の物体への操作の様子を提示することによって、あたかも遠隔地の人物が目の前で操作したかのように見せることで、より遠隔地の人物の存在感が強



図 1: 実験の様子

化されるのではないかと考えた。

この考えを基に、遠隔地の人物の机上での腕の動作の映像の投影に加えて、物体の操作を物理的に再現するシステムを開発した。これは一対一の机を挟んだ対面環境での物体を用いた会話を想定している、テーブル上での腕のジェスチャーによる遠隔地の人物への指示行為を行うシステムを発展させたものである。このシステムでは物体と同じ空間にいる人物から見るとテーブル上に表示されている遠隔地の人物の腕の映像が、同じくテーブル上にある実物の物体に直接接触して移動させているように見える。この際の物の動きは、卓上作業で自分側にある物体を相手に渡す時や相手側にある物体を自分側に引き込む際などに発生する、物体の前後の移動を再現した。これを用いて、映像の身体動作と、それと同期した物体の移動による物体の共有感覚や遠隔地の人物の存在感への影響を検証した。

2. システムの開発

本研究で使用した、遠隔地間で共有している物体の移動動作の再現をするシステムは、相手に物体を差出し、また、自分の方へ目的の物体を引き寄せる動作を想定している。よって、机の上で物体を両手で持って前後に動かし、目的位置に物体を移動させる動作を再現している。遠隔地での物体の移動操作を再現するうえで、物体の移動が、遠隔地の人物から見て不自然なように見えないことが重要になる。そのため、物体を動かす人物の物体を動かす手や腕の動作に物体の移動が同期していることが必要となる。また、物体を動かしている人物の動作に合わせてぬいぐるみが動いていることを認識しやすいように考慮した設計にする必要がある。これらの要件を満たすよう開発した遠隔地間共有物移動再現システムの概要を図 2 に示す。

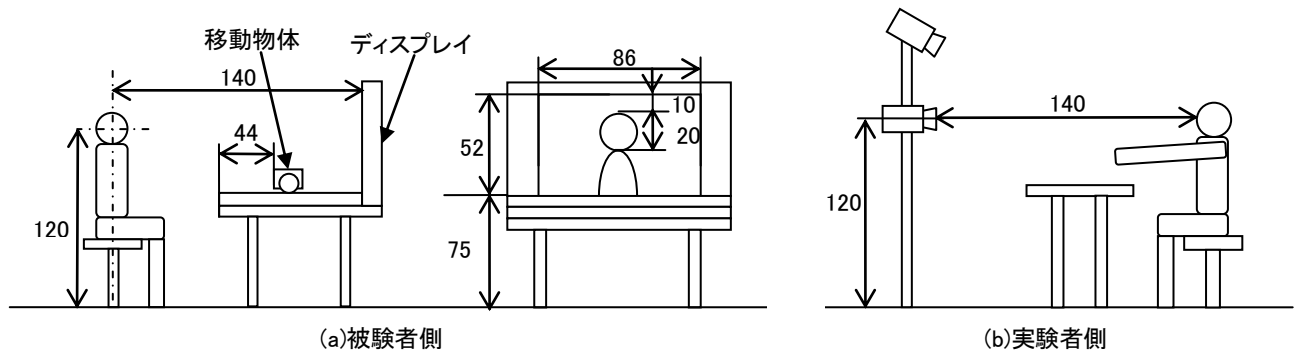


図 2: 装置配置[単位: cm]

このシステムは、片側には会話相手の等身大映像を映すディスプレイとその前には机として地面に水平に設置された遠隔地の机上の身体動作を映すディスプレイが設置されており、その上を物体が移動する仕様になっている。遠隔地側に設置されたカメラは、下は実験者の上半身の映像を、上は遠隔地の机上を撮影している。移動ロボットは遠隔地の人物の操作によって前後に移動するようになっている。水平に設置されたディスプレイ上に表示される腕の動きに合わせて物体を移動させることによって、相手に物体が遠隔地の人物の腕の映像に合わせて動いているように見せることができる。こうすることで身体映像を伴った物体の移動の再現を行っている。今回は、物体を遠隔地の人物が移動させた際の物体の共有感覚や人物の存在感を評価するのが目的であるため、片方向のシステムを構成した。

2.1 物体移動再現

この研究では、遠隔地の人物が動かす物体としてぬいぐるみを使用した。図 3 のようにぬいぐるみの底辺をくりぬいて空間を作り、そこに小型の 2 輪走行ロボットを埋め込んだ。このロボットに移動する指示を与えることによってぬいぐるみが遠隔地の人物の指示に反応して移動できるようにした。移動距離は前に 10cm、後ろに 20cm ほど移動するようにした。

このロボットの移動は、物体を移動させるように指示を与えられた際は、徐々に加速しながら移動し、逆に止まるように指示を与えられた際は、徐々に減速するようにプログラムされている。これは、ぬいぐるみの移動が急発進、急停止のように突然動くと、物体がロボットによって動いているという印象を与えてしまい、被験者に悪い印象を与えかねないためである。



図 3: 移動物体の構造

2.2 身体動作の投影

物体を移動させる際の物体を持っている腕の映像は、水平に設置したディスプレイを用いて被験者側に映し出した。水平に設置したディスプレイには、遠隔地の実験者の空間にある机の

上の状態を映し出している。机を撮影するカメラは、机に対して垂直ではなく、傾けて撮影している。このような設置方法を行ったのは、ディスプレイに映る際の、腕のつながりや手の大きさの不自然さを抑えて、被験者に腕がつながって見えないことによる実験結果への影響を避けるためである。

3. 実験

構築したシステムを用いて、身体動作を伴った物体の移動の再現によって、物体を共有している感覚や遠隔地の人物の存在感が強化されるのかを検証した。先行研究では上半身の映像と机上の身体動作の映像によって同室感に影響を与えている事がわかっている[Yamashita 11]。本研究では物体の移動の再現によって机上の身体映像が物体を動かすという、同じ空間にいなければ行けないと思われる現象を引き起こした。これによって、被験者が感じる遠隔地の実験者と物体を共有している感覚や実験者の存在感が強化される可能性がある。よって以下の仮説を立てた。

- 仮説 1: 身体動作が提示されている場合、物体移動の再現により、会話相手が物体を触っている感覚が強化される
- 仮説 2: 物体の移動が再現される場合、身体映像により会話相手が物体を触っている感覚が強化される
- 仮説 3: 物体の移動とそれに伴う身体映像の提示により、会話相手の存在感が強化される
- 仮説 4: 物体の移動が再現される場合、身体映像により会話相手の存在感が強化される

3.1 実験条件

上記の仮説を検証するために、物体の移動がある場合とない場合、水平設置ディスプレイ上に身体動作が投影される場合とされない場合の二つの要因を用いて以下の 3 つの実験条件を組み立てた。

- 身体映像 + 物体移動条件: 腕の身体映像に伴って物体が移動する。
- 物体移動条件: 身体動作が投影されず、物体のみが移動する。
- 身体映像条件: 物体が移動せず、身体動作のみが提示されている。

2 つの要因の組み合わせとして、水平ディスプレイ上に腕の身体映像が表示されず物体の移動も発生しない正面映像条件も存在するが、今回の研究では検証しなかった。

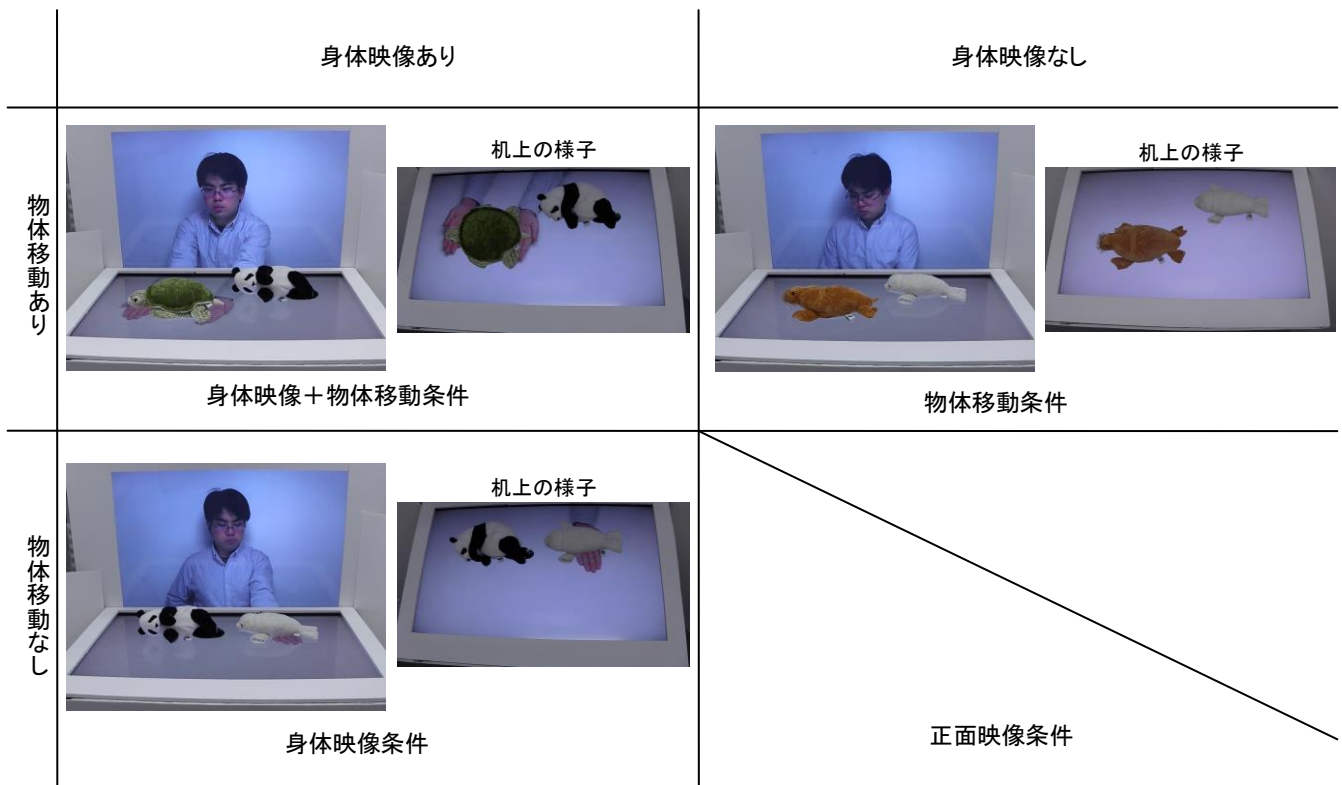


図 4: 実験条件

実験では被験者が遠隔地にいる実験者とディスプレイを通して実験者が出題をするクイズ形式の会話を行い、身体映像+物体移動条件および、物体移動条件では物体を移動させることにより、身体映像条件では手を差し出すことにより、クイズの正解を示した。その後、正解についての説明をした後、物体が移動する条件では正解の物体を、身体映像条件では手を引っ込めるタスクを設定した。

3.2 アンケート

実験後、被験者に実験条件ごとに 7 段階のリッカート尺度を用いたアンケートに回答してもらった。全 7 段階を、1:全くあてはまらない、2:あてはまらない、3:ややあてはまらない、4:どちらともいえない、5:ややあてはまる、6:あてはまる、7:非常によくあてはまる、に対応させた。実験のアンケート項目は以下の通りである。

- 映像は十分きれいだと感じた
- 音声は十分きれいだと感じた
- 説明者の説明は分かりやすかった
- ぬいぐるみが説明者と同じ部屋の中にいると感じた
- 説明者と同じ部屋の中にいると感じた

また、各項目で自由記述欄を設けて各項目の点数のつけた理由を回答してもらった。また、アンケートへの回答のうち、インタビューを行い、より詳しい感想を答えてもらった。

3.3 実験結果および考察

実験は被験者内実験とした。大学の近くに住む大学生を対象に、男性 7 人、女性 6 人の 13 人の被験者が参加した。図 5 において箱は平均値を、棒は標準誤差を表す。実験において図 5 で示している映像及び音声に関する質問では、差が確認できず、映像と音声のクオリティに関してそれぞれの実験条件間での違いがなかったことが確認できた。また、説明者の説明

が分かりやすかったという質問でも実験条件間で差は見られず、実験条件間でクオリティの差が出なかったことが確認できた。

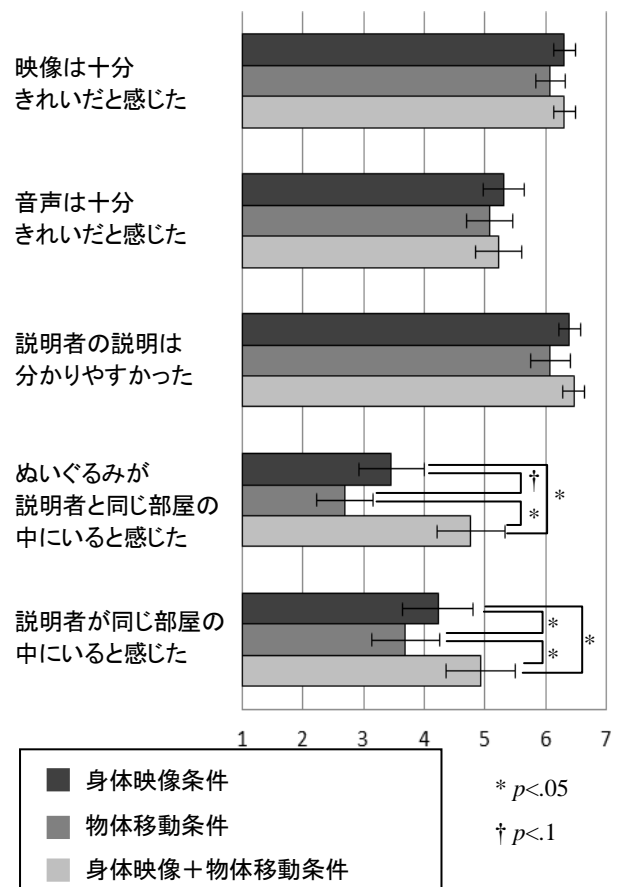


図 5: 実験結果

ぬいぐるみが説明者と同じ部屋の中にいると感じたという質問は物体を共有している感覚に、説明者と同じ部屋の中にいると感じたという質問には遠隔地の人物の存在感に対応している。結果をボンフェローニ補正法を用いて多重比較を行った結果、ぬいぐるみが説明者と同じ部屋の中にいると感じたという質問では、身体映像+物体移動条件と物体移動条件間、身体映像+物体移動条件と身体映像条件間で有意差が認められた($p<.05$)。また、身体映像条件と物体移動条件の間では有意傾向が認められた($p<.1$)。これは仮説 1 および仮説 2 を支持する結果である。アンケートの自由記述欄では水平ディスプレイ上に映し出されている腕の動きに連動して物体が移動していることを理由に身体映像+物体移動条件に高いスコアを付けたと書いている被験者がいた。このことから、腕の身体映像に物体の移動の再現が加わることで物体を共有している感覚が強化されていることが分かった。逆に、物体移動条件が、身体映像+物体移動条件と比較して、物体を共有している感覚が低下している。アンケートでは、物体のみが移動する場合、腕の動作が確認できず、勝手に移動しているため現実味が無いと回答した被験者がいる。このことから、この結果は身体映像が伴わないことで実際に相手と物体を共有しているリアリティが低下したためであると考えられる。また、物体移動条件は、身体映像条件とも有意傾向が出るほど物体を共有している感覚が低下しているのは、物体が動かないが、腕が提示されている条件のほうが、リアリティがあるためではないかと推測している。

説明者と同じ部屋の中にいると感じたという質問では、身体映像+物体移動条件と物体移動条件間、身体映像+物体移動条件と身体映像条件間で有意差が認められた($p<.05$)。また、身体映像条件と物体移動条件の間でも有意差が認められた($p<.05$)。これは、仮説 3 および仮説 4 を支持する結果である。これは被験者側に存在する物体が、遠隔地の実験者の腕の映像に連動して動いたため、被験者から見ると腕の映像によって物体が移動させられたように見える。そのため正面に映し出されている遠隔地にいる実験者のリアリティが強化され、実験者の存在感が強化されたのではないかと考えられる。また、物体移動条件が身体映像条件と比較して、遠隔地の人物の存在感が低下しているのは、物体の共有感覚と同じく、腕の身体映像がない状態で物体のみが移動したため物体が自力で移動したと捉えられ、リアリティが低下したためであると考えられる。

今回の研究で、実験後に行ったインタビューの中でそれぞれの条件の違いがどのようなものであったか、その条件がどのように見えたのか被験者に質問をした。その結果、身体映像+物体移動条件については複数の被験者が、まず移動する物体が目に入り、それを動かしている手が見えたため、手に連動して物体が動いていると感じたと答えた。また、物体移動条件で動いている物体の周りに何も見えなかったため不自然さを感じたという回答をした。これは、被験者がまず、移動する実体のある物体を認識し、その後移動する物体の周りの状況を確認していることを示している。

身体映像を伴った物体の移動によって、物体を共有している感覚や遠隔地の人物の存在感の強化が確認された。しかし、前後方向の平行移動だけではなく、ぬいぐるみそのものが浮き上がる上下方向への移動との組み合わせや、ぬいぐるみを遠隔地に置き、被験者からはすべてが映像で映し出される条件との比較が考えられ、その効果を検証する必要がある。また、今回用いたシステムは一方方向での物体の移動再現であるため、被験者が物体に触って物体を共有する双方向性のシステムの開発を検証する必要がある。これらは、今後の研究で検証していきたいと考えている。

4. おわりに

本研究では、遠隔地間での物体の共有に注目し、身体映像も用いた遠隔地間での物体移動操作を再現するシステムを開発した。これを用いて、被験者実験による評価を実施した。その結果、身体映像と同期した物体の移動の再現により、物体の共有感覚や遠隔地の人物の存在感を強化する効果が確認できた。今回の実験では検証しなかった、物体の上下左右への移動、回転などの、より複雑な動きの再現による効果の検証をする必要があるため今後、実験装置などの改良を行い、同種の実験を継続する予定である。

謝辞

本研究は、基盤研究(B)「ソーシャルテレプレゼンスのためのロボットエンハンスドディスプレイ」、挑戦的萌芽研究「気配伝達型ソーシャルテレプレゼンスの研究」、KDDI財団「人間クラウドのためのロボティックアバター」、倉田記念日立科学技術財団「監視感を最小化しつつ存在感を最大化するミニマルロボティックメディア」からの支援を受けた。

参考文献

- [Bijjani 10] Bijjani K., Rangan P. V., Subramanian S., Vijayan, V. and Jayahari, K.R.: A-VIEW: Adaptive Bandwidth for Telepresence and Large User Sets in Live Distance Education. Education Technology and Computer (ICETC) 2010 2nd International Conference on (Volume: 2), IEEE, pp.219-222, 2010.
- [Bondareva 04] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, AVI 2004, pp.1-9, 2004.
- [Greef 01] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, Cyberpsychol Behavior 2001, 4(2), pp.307-315, 2001.
- [Isaacs 94] Isaacs, E.A. and Tang, J. C.: What Video Can and Cannot Do for Collaboration: a Case Study, Multimedia Systems 1994 2(2), pp.63-73, 1994.
- [Kirk 06] Kirk, D. and Fraser, D.S.: Comparing: Remote Gesture Technologies for Supporting Collaborative Physical Tasks, CHI'06, pp.1191-1200, 2006.
- [Li 07] Li, J., Wessels, A., Alem, L. and Stitzlein, C.: Exploring Interface with Representation of Gesture for Remote Collaboration., Proceedings of the 19th Australasian Conference on Computer-Human Interaction, Entertaining Users Interfaces, pp.179-182, 2007
- [Luff 2006] Luff, P., Heath, C., Kuzuoka, H., Yamazaki, K., and Yamashita, J.: Handling Documents and Discriminating Objects in Hybrid Spaces., CHI'06, pp.561-570, 2006
- [Nakanishi 14] Nakanishi, H., Tanaka, K. and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence, International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2014), pp.2143-2152, 2014.
- [Tuddenham 06] Tuddenham, P. and Robinson, P.: Remote Review Meetings on a Tabletop Interface, CSCW2006, pp.17-24, 2006.
- [Yamashita 11] Yamashita, N., Kuzuoka, H., Hirata, K., Aoyagi, S. and Shirai, Y.: Supporting Fluid Tabletop Collaboration across Distance, CHI2011, pp.2827-2836, 2011.