

# 身体映像に接した物体移動による遠隔地間での空間共有

野村 和裕<sup>†1</sup> 猪股 誠至<sup>†1</sup> 中西 英之<sup>†1</sup>

**概要:** ビデオチャットを用いた会話では、実際に対面で会話している場合と比較して会話相手と同じ部屋の中にいる感覚や相手の存在感が低下する。そのため、実際に対面で会話している際に行う動作の一部を遠隔地間のビデオチャットにおいてもできるようにする事で、ビデオチャットを実際の対面環境に近づける研究が行われてきた。本研究では、遠隔地の相手の上半身の映像を映すディスプレイの前に、相手のテーブルの上を映すディスプレイを置き、その上に遠隔地側の相手の動作に反応して動く物体を配置することでビデオチャットを拡張した。このシステムで相手の腕の動きの映像に合わせて物を動かす事ができるようになることで、会話相手が目の前にあるテーブルのものを触って動かしている感覚を与えることができる可能性がある。今回提案するシステムによってこの感覚を生み出し、通常のビデオチャットより会話相手の存在感が強化されることが期待できる。

## Remote Space Sharing by Object Movement with Body Motion Image

KAZUHIRO NOMURA<sup>†1</sup> SEIJI INOMATA<sup>†1</sup> HIDEYUKI NAKANISHI<sup>†1</sup>

**Abstract:** Conversation with video chat around a remote location reduces a presence of the remote partner compared to a conversation with face to face. To solve this problem, various systems that convey remote partner action for reproducing conversation with face to face have been developed. In this study, we developed systems that enabled a person to move an object on remote table and showed his body motion on the table. This systems can give local user a sense that remote partner moves an object in user's space. We expect that this system can create this sense and enhance the presence more than conventional video chat.

### 1. はじめに

ビデオチャットを用いた遠隔地間での会話において、遠隔地の会話相手の存在感を向上させることを目的として様々な方法が検証されている。その方法の一つとして、ビデオチャットによる会話に物理的な接触を再現して相手の存在感を高める方法や、他には作業を共同で行える場を作るため、次に示すような研究が行われてきた。例えば、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、その作業の様子を見ることができるようシステムを使用する方法[10][13]、遠隔地の人物の腕を実体化し、対面環境で行う握手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[9]、会話中の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調整して設置する方法[2]、ジェスチャー等の身体動作を提示する方法などが提案されている[1][3][4][5][6][7][8][11][14]。

本研究では、ビデオチャットにおいて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、作業時の行動に変化が起こっていることが分かっている[12]。この遠隔地の会話相手の身体動作の提示に加えて、会話相手が別の空間にある

物体を操作する動きに合わせて自分の目の前にある物体が動くことで操作の様子を提示する。これによって、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、遠隔地の人物の存在感が強化されるのではないかと考えた。

この考えを基に、遠隔地の人物のテーブル上での腕の動作の映像を用いた表示に加えて、遠隔地の人物の物体への操作を物理的に再現するシステムを開発した。これは一対一のテーブル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。このシステムを用いることで、遠隔地間の会話で物体を双方から動かす事ができ、その際の動きや身体動作の提示によって遠隔地の会話相手に自分の存在感をより強く伝えることを可能にする。また、物体を遠隔地の会話相手が表示されているディスプレイに寄せた状態で回転させることで、正面の映像の人物の身体動作で物体を動かしているように見せることも可能である。これを用いて、映像の身体動作と、それと同期した物体の動きによる遠隔地の人物の存在感への影響を検証した。

### 2. 予備実験

このシステムを開発するにあたって、まず、身体の動きに合わせて物体が動くことで相手の存在感が強化されるかどうか、二つの予備実験によって検証した。

<sup>†1</sup> 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.

## 2.1 予備実験 1

一つ目は、遠隔地の会話相手の正面の映像の前に回転する台を設置し、正面に映っている会話相手の動作に合わせて台を回転させることによる存在感への影響を検証した。この実験では正面の映像の身体動作に合わせて台を回転させる垂直映像+実物体操作条件、テーブルの上に映し出された相手の身体動作によって台を回転させる水平映像+実物体操作条件、台が遠隔地の会話相手側にあり、そこで会話相手が台を回転させる垂直映像条件を比較する被験者内実験を行った。関西圏在住の18歳から24歳までの大学学部生を対象とし、男性10人、女性8人の計18名に対して行った。実験タスクとして、台の上に乗せたぬいぐるみの動物の身体的特徴を被験者に正面になるように見せてから解説を行う2分程度の会話を設定した。実験後に7段階のリッカート尺度のアンケートを取った。全尺度をそれぞれ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。アンケートの質問項目としては以下のように設定した。

- 映像は十分にきれいだと感じた。
- 音声は十分にきれいだと感じた。
- 説明はわかりやすかった。
- あたかも相手と同じ机に向かい合っている感じがした。
- あたかも相手が自分の目の前でぬいぐるみを回している感じがした。
- あたかも実際に同じ部屋の中で相手と会話している感じがした。

その結果を図1に示す。図1の箱は尺度の平均値を表し、棒は標準誤差を表している。映像、音声の質と説明のわかりやすさに関する項目において、各条件に有意な差は見られず、その質に違いはなかったと考えられる。そのため、後述するアンケート項目に対する影響はなかったと考えた。「あたかも実際に同じ部屋の中で相手と会話している感じがした。」「あたかも相手と同じ机に向かい合っている感じがした。」「あたかも相手が自分の目の前でぬいぐるみを回している感じがした」という3つの項目については遠隔地の会話相手に対して感じたリアリティの度合を測っている。これらの項目について、一要因分散分析を行った結果、ぬいぐるみの扱い方の主効果が有意であった(順に、 $F(2, 34) = 11.46, p < .01, F(2, 34) = 7.20, p < .01, F(2, 34) = 30.78, p < .01$ )。ボンフェローニ補正法を用いて多重比較を行った結果、これらの項目において垂直映像条件と比較して他の2条件のスコアが高くなり垂直映像+実物体操作条件と垂直映像条件の間に有意差が認められ(順に  $p < .01$ ,

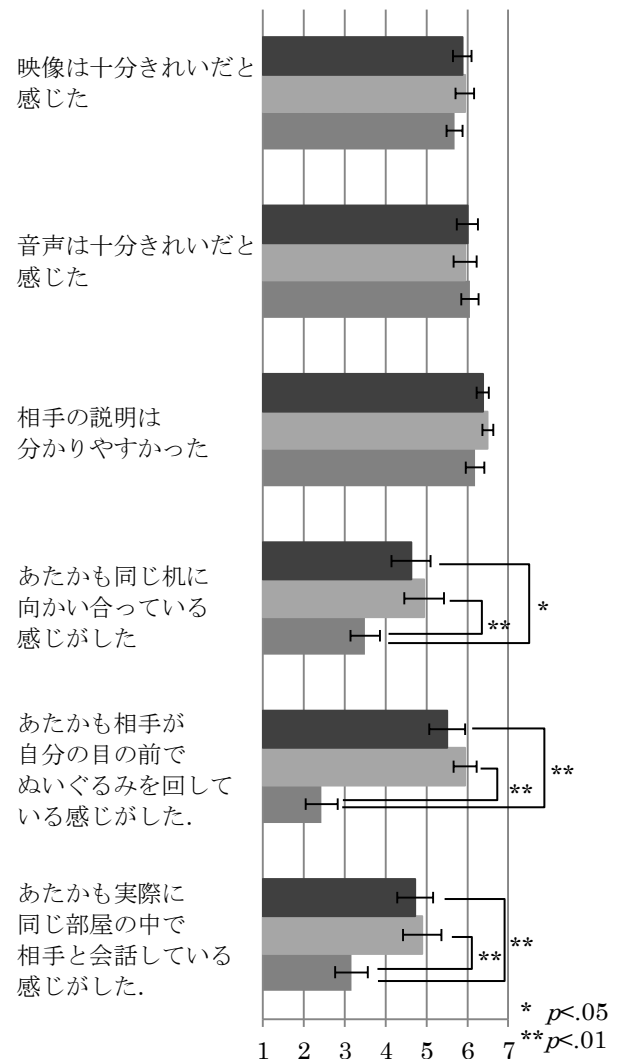
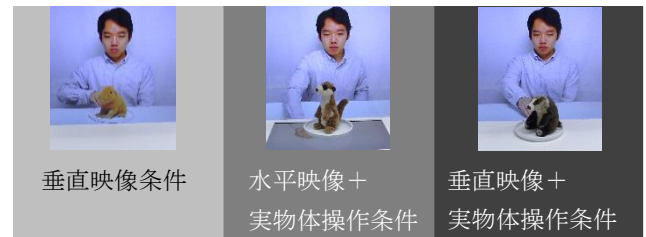


図1 予備実験 1

Figure 1 Pilot Study 1.

$p < .05, p < .01$ ), 水平映像+実物体操作条件の間に有意差が認められた(3項目全て  $p < .01$ )。これは垂直映像+実物体操作条件ではぬいぐるみの陰となった位置に遠隔地の相手被験者が想像し、水平映像+実物体操作条件ではテーブル上に映し出された手の映像に合わせて台が動くことで遠隔地の会話相手が画面を通り越して下から触っているという印象を与えることができたと考えている。

## 2.2 予備実験 2

二つ目は、遠隔地の会話相手の正面の映像と共にテーブルの上に映像を映せるようにし、そのテーブルの上での身

体の動きの映像に合わせて物体を動かす事によるビデオチャットにおける会話相手の存在感への影響を検証した。水平映像を用いた理由は、垂直映像のみの場合前後方向に移動させると物体に接触して動かすことができないが、水平映像を用いると前後方向への移動であっても物体に接している印象を与えることが可能なためである。この実験では物体を持ちながら動かしているようにみせる接触型物体移動条件、相手側のテーブル上のボタンを操作して動かす操作型物体移動条件、物体が移動しない物体移動なし条件を比較した。実験は、被験者内実験で、実験者と被験者がそれぞれの実験条件で遠隔地間での会話タスクを行った。その後、予備実験1と同様の尺度で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。そのスコアを比較した。アンケートの項目は以下の通りとなっている。

- 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
- 相手の説明は分かりやすかった
- 相手の腕が机の上にあると感じた
- 相手がぬいぐるみを触ったように感じた
- あたかも実際に同じ部屋の中で相手と会話していると感じた

これらのアンケート項目のうち、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、相手の説明は分かりやすかったという3つの項目が実験条件によって映像、音声、実験中の会話のクオリティに変化がないか検証するための質問である。そして、相手の腕が机の上にあると感じた、相手がぬいぐるみを触ったように感じた、あたかも実際に同じ部屋の中で相手と会話していると感じたという3つの質問が相手の存在感に関する質問となっている。アンケート回答後はインタビューを行い、より詳しく印象を聞いた。実験は関西圏在住の18歳から24歳までの大学学部生を対象とし、男性5名、女性1名の計6名に対して行った。その結果は、図2のようになった。グラフの箱の部分はそれぞれの実験条件の平均値を、棒の部分は標準誤差を表している。映像、音声の質と説明のわかりやすさに関する項目において、各条件に有意な差は見られず、その質の違いはなかったと考えられる。そのため、後述するアンケート項目に対する影響はなかったと考えた。一要因分散分析の結果、相手がぬいぐるみを触ったというアンケート項目で主効果が現れた ( $F(2, 10) = 5.449, p < .05$ )。これ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、接触物体移動条件が物体移動なし条件よりもスコアが高くなり有意傾向が見られた ( $p = .085$ )。インタビューでは映像の腕に合わせてぬいぐるみが動いたことで、接触型物体移動条件は触って動かしているように感じたが、物体移動なし条件ではただ単に腕の映像がぬいぐるみの下に映し出された

ようにしか見えなかったと答えた被験者がいた。このことから、身体動作に同期して物体が動くことで、物体を遠隔地の会話相手に触っているような印象を与えることができる

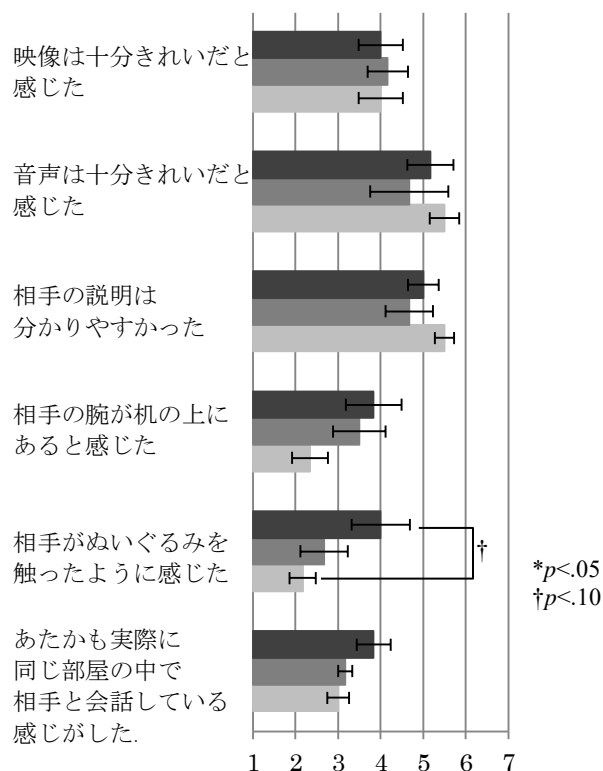


図2 予備実験2

Figure 2 Pilot Study 2.

と考えられ、この接触している感覚の強化によって相手の存在感が強化できる可能性がある。

この二つの予備実験に共通している結果として、自分の目の前の物体に遠隔地の人の身体動作の映像が接触した状態で動く事で、相手が目の前で物体に触れている感覚の向上が見受けられるという点がある。このことから物体が身体動作の映像と接して動くことで相手の触れているという動作のリアリティが向上すると考えられる。

このことから、映像に映し出した身体動作によって物体が動くことによって相手の存在感が向上できると考えられるので、正面の映像からも、テーブルに映し出した映像からも物体を動かせるようなシステムを提案する。

### 3. システム提案

本研究で提案するシステムの外観は、図3のようになっている。これは遠隔地にいる相手が目の前のテーブルで物

を動かす様子と、その相手の動作によってローカル側のテーブル上に存在する物体が動かされる様子を提示するものである。



図3 システム外観

Figure 3 System Appearance.

### 3.1 テーブルディスプレイ

本研究で用いたシステムでは、通常のビデオチャットのように遠隔地の相手の上半身を提示する正面のディスプレイの前に、テーブルとして水平にディスプレイが設置されている。このディスプレイは遠隔地の相手の前にあるテーブルの上を提示するもので、これによって相手のテーブル上での様子を見ることができる。水平に設置されたディスプレイに映す映像はカメラの角度を傾けて撮影することで違和感が少なくなるように調整している。

### 3.2 テーブル上での身体動作に合わせて移動する物体

実際に対面で会話している場合、同じ空間にある物体はお互いが移動させることができる。本研究では水平に設置したディスプレイの上に置かれている物体が遠隔地の会話相手のテーブルの上での動作を反映して移動する機構を作成した。構造は動きを反映させる物体として用いる台座の中にパソコンからの無線通信によって前後、左右への移動の他、その場での回転ができるロボットを設置した。この台座ロボットはローカル側と遠隔地側にそれぞれ一つずつあり、片方の人物が台座ロボットを操作した際、パソコンがそれを検出して、ロボットに同じような動きをするように、もう片方に通信を送り、その通信を受信したロボットが移動の再現を行う。



図4 物体操作ロボット

Figure 4 Robot for object manipulation.

## 4. おわりに

本研究では、テーブルを挟んだ対面型の会話を再現するディスプレイを使用する際、テーブルに遠隔地の相手の腕の動きを表示したうえで、その動きに作用されたかのように物体を動かすことによって、テーブル上での相手の動作とその動作による作用の提示によって遠隔地の相手の存在感を向上させるシステムを提案した。このシステムを用いることで、相手の存在感の向上の他にも、相手の作業が物体に反映されていることによって、相手と物体を共有している感覚の生成が期待できるのではないかと考えられる。

**謝辞** 本研究は、JSPS 科研費 JP26280076, JP15K12081, KDDI 財団, 科学技術融合振興財団, 電気通信普及財団からの支援を受けた。

## 参考文献

- [1] Baden, P., Comber, R., Green, D., Jacson, D., Ladha C., Bartindale, T., Bryan-Kinns, N., Stockman, T., and Oliver, P.: Telematic Dinner Party: Designing for Togetherness through Play and Performance, *Proc. DIS 2012*, pp.38-47, Newcastle, UK, 2012.
- [2] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *Proc. AVI 2004*, pp.1-9, 2004.
- [3] Brave, S., Ishii, H., and Dahley, A., "Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication," *Proc. CSCW '98*, pp.169-178, Seattle, USA, 1998.
- [4] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, *Proc. Cyberpsychol Behavior 2001*, 4(2), pp.307-315, 2001.
- [5] Isaacs, E.A. and Tang, J. C.: What Video Can and Cannot Do for Collaboration: a Case Study, *Proc. Multimedia Systems 1994* 2(2), pp.63-73, 1994.
- [6] Kirk, D. and Fraser, D.S.: Comparing: Remote Gesture Technologies for Supporting Collaborative Physical Tasks, *Proc. CHI2006*, pp.1191-1200, 2006.
- [7] Li, J., Wessels, A., Alem, L. and Stitzlein, C.: Exploring Interface with Representation of Gesture for Remote Collaboration., *Proc. OzCHI 2007*, pp.179-182, 2007.
- [8] Luff, P., Heath, C., Kuzuoka, H., Yamazaki, K., and Yamashita, J.: Handling Documents and Discriminating Objects in Hybrid Spaces., *Proc. CHI2006*, pp.561-570, 2006.
- [9] Nakanishi, H., Tanaka, K. and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence, *Proc. CHI2014*, pp.2143-2152, 2014.
- [10] Tuddenham, P. and Robinson, P.: Remote Review Meetings on a Tabletop Interface, *Proc. CSCW2006*, pp.17-24, 2006.
- [11] Wesugi, S. and Miwa, Y.: Facilitating Interconnectedness between Body and Space for Full-bodied Presence - Utilization of "Lazy Susan" video projection communication system, *Proc. Presence2004*, pp.208-215, 2004.
- [12] Yamashita, N., Kuzuoka, H., Hirata, K., Aoyagi, S. and Shirai, Y.: Supporting Fluid Tabletop Collaboration across Distance, *Proc. CHI2011*, pp.2827-2836, 2011.
- [13] 山下 淳, 葛岡 英明, 井上 直人, 山崎 敬一: コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムの開発, *情報処理学会論文誌 vol.45, no.1*, pp.300-310, 2004.
- [14] 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.