

ビデオ会議に身体接触を付加した遠隔握手による ソーシャルテレプレゼンスの強化

和田 侑也^{†1} 田中 一晶^{†1†2} 中西 英之^{†1}

ビデオ会議システムでは、対面でのインタラクションと異なり身体接触が起こらない。本研究では、ビデオ映像に遠隔地間での擬似的な身体接触を加えることで、ソーシャルテレプレゼンスの向上を試みた。我々は、初対面で最も広く用いられる身体接触として握手に着目し、握手の感覚を再現できるロボットハンドを開発した。このロボットハンドでビデオ会議システムでのソーシャルテレプレゼンスを強化する上で、双方向で遠隔握手を行う必要があるのか、遠隔地で握手が行われていることを映像で提示する必要があるのか、これら2つの疑問が生じる。まず、これらの疑問を解決するために、遠隔握手の最も効果的なデザインを検証した。その結果、遠隔地の身体接触を提示せずに双方向で遠隔握手を行うデザインが最も効果的であることがわかった。次に、遠隔握手がソーシャルテレプレゼンスを強化するか検証するため、最も効果的であったデザインと通常のビデオ会議システムを比較する実験を行った。その結果、遠隔握手を行うことで、映像のみの場合よりもソーシャルテレプレゼンスが強化されること、さらに、ロボットハンドを用いた擬似的な握手であっても相手に親近感を与えられることがわかった。

Remote Handshaking That is Video Incorporated with Touch Strengthens Social Telepresence

YUYA WADA^{†1} KAZUAKI TANAKA^{†1†2} HIDEYUKI NAKANISHI^{†1}

In a videoconferencing system, a user doesn't make physical contact with a conversational partner unlike a face to face communication. In this study, We thought that a pseudo-touch with a remote person enhanced social telepresence. We focused on a handshake as a natural physical contact between strangers, and developed a robot hand that reproduces the feeling of a human hand. On the occasion of strengthening social telepresence in a videoconferencing system by a robot hand, there were two questions of whether the system needs to show synchronization between the robot hand and a human operator's hand, and whether remote handshakes need to be two-way. First, we verified the most effective design of a remote handshake in order to resolve these questions. As a result, it was found that a two-way design in which the system doesn't show the synchronization in a live video was most effective. Secondly, we compared the most effective design with a normal videoconferencing system in order to confirm whether the remote handshake enhances social telepresence. The result showed that the remote handshake strengthened social telepresence. Furthermore, the operator of the robot hand could give the remote conversational partner a sense of intimacy even though their physical contact was the pseudo-handshake.

1. はじめに

ソーシャルテレプレゼンスとは、離れた場所にいる人と、あたかも対面している感覚のことである。ビデオ会議システムにおいて、ソーシャルテレプレゼンスを評価した様々な研究がなされている[9][14]。遠隔地間のコミュニケーションでは、基本的にビデオ映像によってソーシャルテレプレゼンスが強化される。特に、アイコンタクトを成立させる[4][18]、会話相手の等身大映像や、立体視映像を用いる[22]などの方法によりソーシャルテレプレゼンスが向上することが分かっている。最近の研究では、ユーザの目の位置の変化に応じて遠隔地のカメラを移動させることによる視点の移動[12]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報告されている[15][16]。また、対話相手を映したディスプレイを物理的に移動させることによって、対話相手の前後移動を強調して提示することで、ソーシャルテレプレゼンスが強化されることがわかっている[17]。

これらの研究は、映像による視覚効果を利用するものであり、他のモダリティを追加するものではない。本研究では、映像とは異なるモダリティとして身体接触を追加することによって、ソーシャルテレプレゼンスの強化を試みた。

擬似的な身体接触を行うための触覚デバイスを開発した研究は多数存在するが、その多くは触覚デバイスの開発が主な目的であり、コミュニケーションにおける有効性まで検証されていない[5][10][11][13][20][28][32][33][34]。コミュニケーションにおける触覚デバイスの効果について検証した研究も存在するが、その多くは主に、触覚デバイスによる身体接触が、コミュニケーションにおいてどのように用いられるかに着目して研究されている[1][6][7][21][26][27]。他には、触覚デバイスの効果としてソーシャルテレプレゼンスに着目して検証した研究がいくつか存在する。その中の1つに、身体接触によってソーシャルテレプレゼンスが強化されることを示した研究が存在する[3]。しかし、映像や音声といった他のチャンネルがない状態であるため、接触による効果が出やすくなっていた可能性がある。近年の研究では、音声に身体接触を追加した会話は、音声のみで行われる会話よりもソーシャルテレ

^{†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
CREST, Japan Science and Technology Agency



図1 遠隔握手のデザイン

Figure 1 Five conditions for remote handshaking

プレゼンスが強化されることが示されている[29]. しかし、この研究では、映像に身体接触を追加した場合については明らかにされていない. そこで、本研究ではビデオ映像を介したコミュニケーションに身体接触を組み合わせることで、ソーシャルテレプレゼンスが強化されるかどうかを調べる実験を行った.

他の研究では、遠隔地間で身体接触を行う機能を持ったビデオ会議が通常のビデオ会議よりソーシャルテレプレゼンスを向上させることがわかっている[24]. しかし、この研究では、被験者は通常のビデオ会議と、接触を行う機能が備わったシステムの両方経験した後に比較を行っているため、実験意図が分かりやすく、後者が高く評価される傾向にあった可能性がある. また、この研究では、等身大よりも小さい映像[22]や、頭部だけの映像[19]が使用されていたが、これらの映像はソーシャルテレプレゼンスを低下させるため、身体接触による効果が出やすくなっていた可能性がある. 本研究では身体接触を行う条件と行わない条件は被験者間実験で比較を行った. また、大型のディスプレイを用いることで会話相手の上半身を等身大で提示した.

2. 遠隔握手のデザイン

映像と身体接触を組み合わせるデザインを考える上で、双方に接触デバイスを設置する必要があるのか、遠隔地で接触している様子を映像で提示する必要があるのかという疑問が生じる. これらの疑問を検証するために、本研究では、お互いに接触している様子を視認することができる身体接触として握手を採用した. また、握手は初対面で行う接触行為として自然であるため、実験を行うにあたって適切な身体接触であると考えられる.

本研究では、ビデオ会議システムに装着可能な、人と握手をしている感覚を再現できる握手用ロボットハンドを開発した. このロボットハンドについては、3 節で詳しく説明する. 図1に、ビデオ会議システムと握手用ロボットハンドを組み合わせる5つのデザインを示す. (a)片方向: ユーザ側にロボットハンドが設置されており、そのロボットハンドをユーザが握る. 遠隔地の会話相手がロボットハンドを操作するが、ユーザは会話相手の操作する手を視認できない. (b)可視片方向: ユーザ側にロボットハンドが設置されており、そのロボットハンドをユーザが握る. ユーザ

は遠隔地の会話相手がロボットハンドを操作する手を視認できる. (c)非接触片方向: ユーザが遠隔地にあるロボットハンドを操作することで、会話相手と握手を行うことができる. ユーザは、会話相手がロボットハンドを握る様子を映像上で視認することができる. (d)双方向: ユーザ側と遠隔地の両方にロボットハンドが設置されており、それぞれが相手側のロボットハンドを操作する. 相手がロボットハンドを握っている様子は、お互いに視認することができない. (e)可視双方向: ユーザ側と遠隔地の両方にロボットハンドが設置されており、それぞれが相手側のロボットハンドを操作する. 相手側がロボットハンドを握っている様子を映像上で視認することができる. これらの方法を実験で比較した.

3. 握手用ロボットハンド

遠隔握手を行うために、握手の感覚を再現できるロボットハンドを開発した. 握手用のロボットハンドには、通常のロボットハンドに求められる性能とは異なり、十分な握力、人肌のような温かさ・柔らかさが必要であることが分かっている[31]. 開発したロボットハンドの機構を以下に示す.

3.1 握力

我々が開発したロボットハンドは、人が握手をした際にしっかりと握られていると感じることができる十分な握力で握ることができる. 一般的なロボットハンドの多くは、主に、動きの精度を重視して設計されており、十分な握力で握ることができない.

図2(a)に指を動かす機構を示す. ロボットハンドの各指の上下に、ワイヤが一本ずつ通っており、各指の先端に固定されている. モータで上のワイヤを引っ張り指が開き、逆に、下のワイヤを引っ張ると指が曲がる. ワイヤは、摩擦を軽減するために指の各関節の上下に埋め込まれた蛇管の中を通っている. 握手をした際に、一定の握力で握るために、内側のワイヤには引っ張りコイルばね(ばね定数2.0 N/mm)が取り付けられている.

3.2 温度

従来のロボットハンドは、人肌を再現する機能はなく、ユーザが握手をした際に、人の手と比べて冷たいと感じ、人の手と異なる印象を与えてしまうという問題がある. この問

題を改善するために、図 2(a)のように、フィルムヒータを指と手のひらに設置し、温めることで、人肌のような温度を再現した。

3.3 柔らかさ

ロボットハンドの表面は、人肌の柔らかさに近いとされる人肌ゲルでおおわれており、手のひらの部分にはスポンジが埋め込まれている。この構造によって、ロボットが変形しやすくなっており、人が握手をした際に、手とロボットハンドとの隙間を減らすことができる。また、柔らかさを感じることで、人工物であるという感覚が緩和される。

4. 実験

4.1 目的

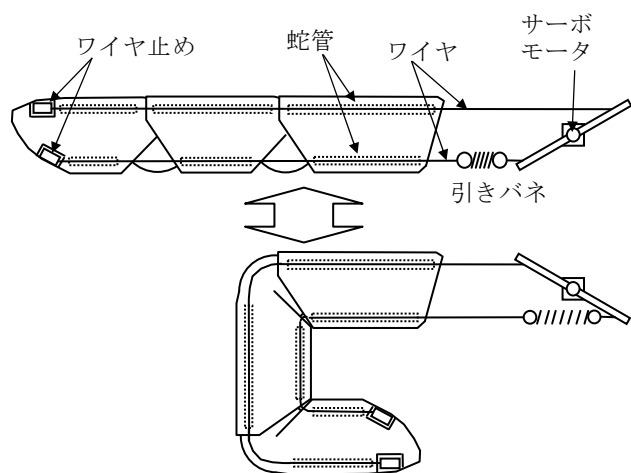
本研究では、遠隔握手によってソーシャルテレプレゼンスが強化されるかどうかを調べるために、握手を行わない条件と遠隔握手を行う条件を比較した。この実験では、被験者間実験が適切であると考えられる。遠隔握手のデザインとして、図 1 に示す 5 つが考えられる。しかし、握手を行わない条件とすべてのデザインで同時に被験者間実験を行うと、多くの被験者が必要となる。したがって、まず 5 つのデザインの内、ソーシャルテレプレゼンスを向上させる上で最も効果的なデザインを明らかにし、そのデザインと握手を行わない条件を被験者間実験で比較した。

4.1.1 実験 1

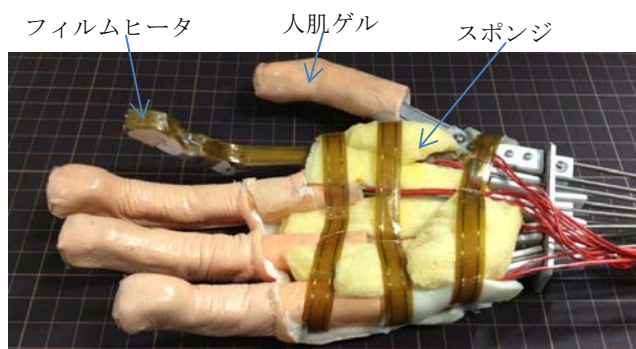
図 1 の 5 つのデザインを比較する実験では、全て遠隔握手を行うため、被験者内実験が可能である。しかし、片方向のみの条件(a, b, c)と、双方向の条件(d, e)でロボットハンドの操作に違いがあったため、5 つの条件を 2 つの実験(実験 1, 2)に分けて比較した。実験 1 の目的は、片方向のみの条件(a, b, c)の中で最も効果的なデザインを明らかにすることである。ロボットハンドの操作者は、図 5 の写真(可視片方向条件、非接触片方向条件)のように指の屈伸の度合を取得するセンサを指に装着した。モーションキャプチャーのような非接触のセンサで動きを取得することも技術的には可能であった。しかし、このような接触型のセンサを用いることで、非接触のセンサを用いるよりも、ロボットハンドの動きが人の手の動きと同期していることを被験者に感じてもらいやすいようにした。指に装着したセンサで指の動きを取得して、それに応じてロボットハンドが動いているという仕組みを被験者に説明してから、実験を行った。

4.1.2 実験 2

実験 2 の目的は、実験 1 で最も効果的であった片方向条件と双方向の 2 条件(d, e)との比較によって、5 つのデザインの中で最も効果的なデザインを明らかにすることである。双方向で遠隔握手を行う場合、接触型のセンサの装着はロボットハンドの触感を感じにくくする恐れがあるため、接触型のセンサを用いない方が良く考えられた。実験 1 で



(a) 握力



(b) 温度と柔らかさ

図 2 ロボットハンドの機構

Figure 2 Mechanisms of the robot hand



図 3 説明の様子

Figure 3 Snapshot of the presentation

可視片方向条件、もしくは非接触片方向条件のどちらかが最も有効な方法であるとわかった場合、ロボットハンドの操作方法を統制するため、実験 2 においても、センサを用いて実験を行わなければならなかった。しかし、片方向条件が最も効果的であったため、実験 2 ではセンサを用いずに片方向条件と、双方向の条件(d, e)との比較を行うことができた。実験 2 では、ロボットハンドを握ることで相手側にあるロボットハンドが動く和被験者に説明した。

4.1.3 実験 3

遠隔握手によってソーシャルテレプレゼンスが強化されるかどうかを調べるために、実験 2 で最も効果的であった双方向条件と握手を行わない統制条件を比較した。

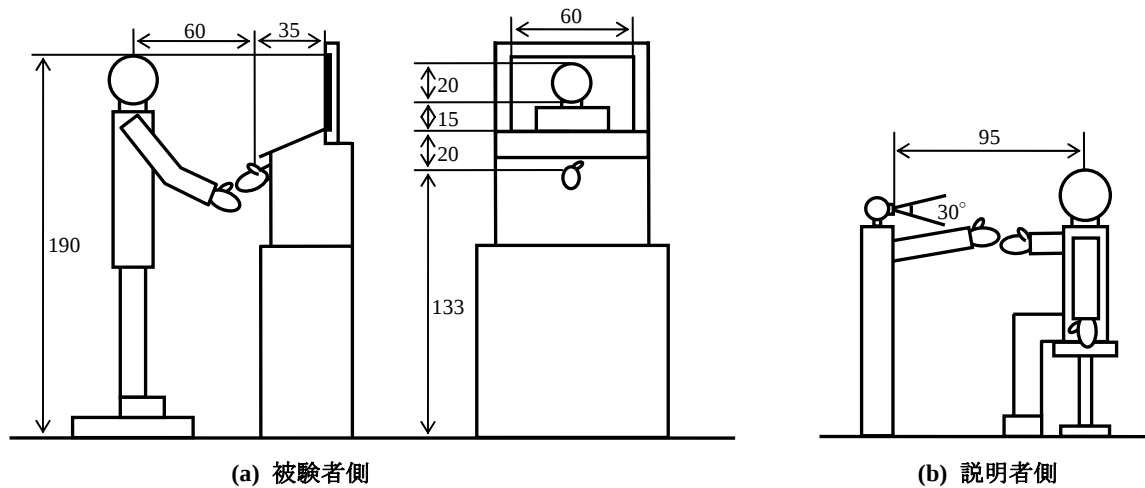


図 4 実験環境(単位: cm)
Figure 4 Setup of the experiment (length unit: centimeters)

4.2 タスク

全ての条件において、実験者と被験者は会話の最初と最後に挨拶を行った。握手を行う 5 つの条件では、この挨拶の場面で握手を行った。

統制された実験を行うためには、全ての実験で、同じ会話を行う必要がある。会話が長かったり、会話中の質問が多くなると、そばにいる感覚や親近感の項目で高いスコアがつけられやすくなり、天井効果が発生しやすくなるため、会話は短く、会話中の質問の数は少なくした。

4.3 実験環境

図 4 に実験環境を示す。図 4(a)のように、ロボットハンドは、説明者の腕が端末から飛び出していると感じられるように、ディスプレイの真下に設置した。また、同様の理由で、ロボットハンドの腕には説明者と同じ服を装着した。図 4(b)に示すように、説明者は実際には座っていたが、全ての被験者は立っており、説明者も同様に立っていると思っていた。

説明者の上半身を等身大に近い大きさで映すために、28 インチのディスプレイを使用した。説明者が腕を前に差し出していることを、被験者が認識できるように、垂直画面角を 30° とした。被験者と説明者の目の高さを同じになるように、被験者の足場においてある台の高さを調節した。

図 4 は可視双方向条件の実験環境である。統制条件では、双方にロボットハンドを設置せず、非接触片方向条件では説明者側へのみロボットハンドを設置した。可視片方向条件、片方向条件、双方向条件では、どの条件においても同じように、被験者側へのみロボットハンドを設置した。これら 3 つの条件は握手の方法に関する説明のみ異なっていた。双方向条件では、説明者はディスプレイに映っていない場所でロボットハンドを握っていると説明した。しかし、実際には説明者側にロボットハンドはなく、片方向条件と同様に、説明者の腕の動きで握手を行ったように見えただけであった。

4.4 アンケート

遠隔握手の影響を調べるために、アンケートを用いた。会話相手と身体接触をするには物理的に同じ場所にいないなければならない。したがって、遠隔地間で身体接触の感覚を補うことで、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。この効果を確認するために以下質問項目を設定した。

- ・ 実際に説明者が同じ部屋の中でそばにいるように感じた。

握手は単に物理的に接触したということだけでなく、親近感に影響を与える行為である。握手は、一般的に挨拶であったり、人間関係を築く儀式として用いられる。握手は言語情報を用いずに個性を伝達したり [8][25][30]、親近感を与える [2] ことがわかっている。遠隔地間の握手による影響を確認するために以下の項目を質問した。

- ・ 説明者は親しみやすいと感じた。

実験 1, 2 では、上記のアンケートの後に、握手に関するアンケートを行った。このアンケートは、最初のアンケートで握手に意識が行き過ぎないように別々にアンケートを行った。項目は以下の通りである。

- ・ 実際に説明者と握手をした感じがした。

実験 3 では、握手のリアリティを比較しないため、2 つ目のアンケートを行わなかった。実験 3 は被験者間実験で行うため、被験者の間で、説明の質の違いがないかを調べるために以下の項目を質問した。

- ・ 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。
- ・ 説明はわかりやすかった。

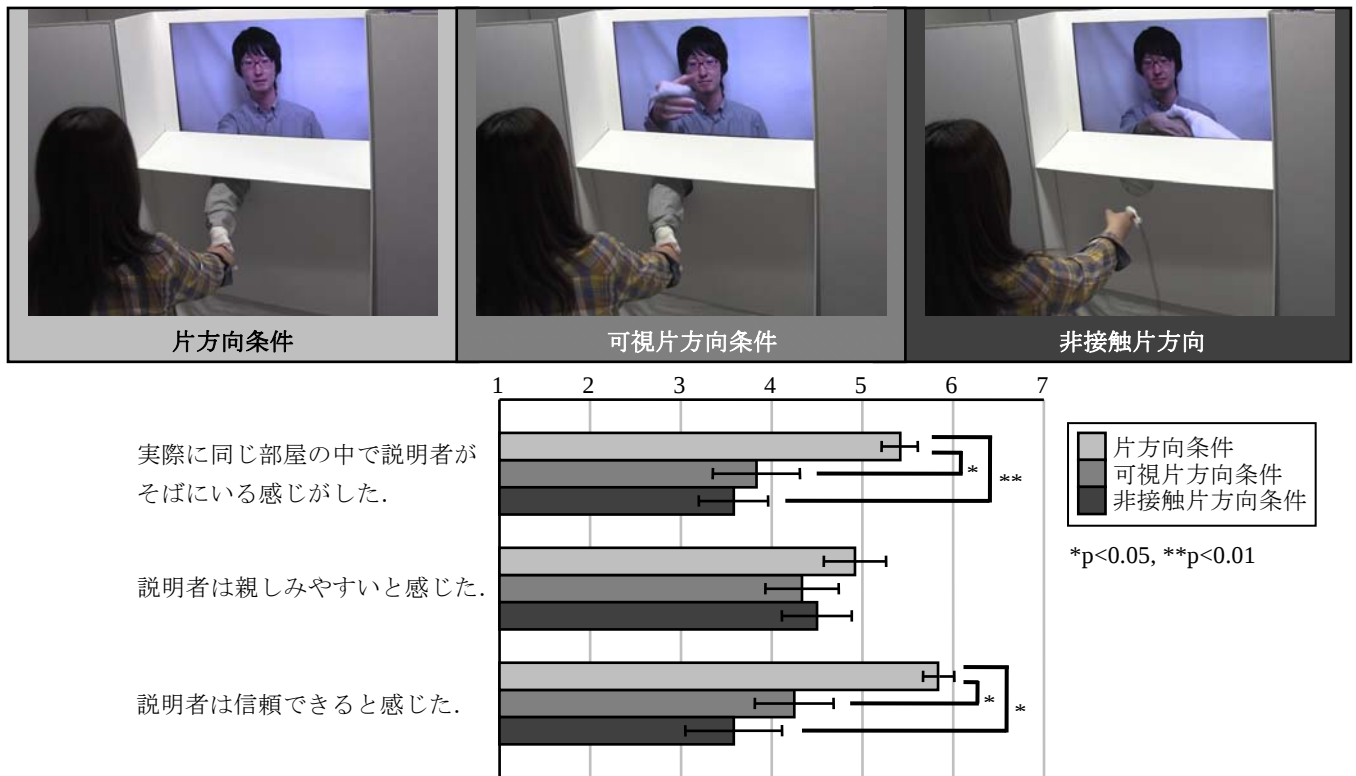


図5 実験1のアンケート結果
Figure 5 Results of the first experiment

実験1, 2では, 3条件全て終了した後に, 2つのアンケートで各条件について答えてもらった。順序による影響が起こらないようにカウンターバランスをとった。実験3では, 1つ目のアンケートのみ答えてもらった。また, 被験者間実験であるため, 行った1つの条件について答えてもらった。

実験1, 2では, アンケートに全7段階のリッカート尺度を用いた。1はまったくあてはまらない, 4はどちらともいえない, 7は非常にあてはまる, に対応させた。3つ目の実験では, アンケートに, 全9段階のリッカート尺度を用いた。1はまったくあてはまらない, 3はあてはまらない, 5はどちらともいえない, 7はあてはまる, 9は非常にあてはまる, に対応させた。スコアの理由を推測するために, 全ての項目には自由回答欄を用意し, 被験者にスコアを付けた理由を記入してもらった。

4.5 被験者

我々の大学キャンパスの近くに住む18才から24才の大学生53名に実験に参加してもらった。実験1では12名(男性6名, 女性6名)に参加してもらった。実験2では15名(男性6名, 女性9名)に参加してもらった。実験3では両条件13名(男性7名, 女性6名)ずつ, 合計26名に参加してもらった。

5. 結果

3つの実験のアンケート結果を図5, 6, 7に示す。棒グラフは各項目のスコアの平均値を表し, エラーバーは標準

誤差を表す。

図5に実験1の比較結果を示す。3つの条件を一元配置の分散分析とBonferroniの多重比較を用いて比較した。その結果, ソーシャルテレプレゼンス($F(2,22)=8.084, p<.01$)で有意な差が見られた。多重比較の結果, 片方向条件でのソーシャルテレプレゼンスは, 可視片方向条件および非接触片方向条件よりも高いことが分かった(それぞれ, $p<.05, p<.01$)。また, 握手のリアリティ($F(2,22)=7.675, p<.01$)においても有意な差が見られた。多重比較の結果, 片方向条件での握手のリアリティは, 可視片方向条件および非接触片方向条件よりも高いことが分かった(それぞれ, $p<.05, p<.05$)。親近感については有意な差はなかった。自由回答欄では, 12名の被験者に内6名が, 可視片方向条件で, 説明者の手がディスプレイ上と被験者側の部屋のロボットハンドの2つ見えていることに違和感があったためスコアを下げたと記述した。また, 非接触片方向条件では, 9名の被験者が接触がないことをスコアを下げた理由に挙げた。

図6に実験2の比較結果を示す。3つの条件を一元配置の分散分析とBonferroniの多重比較を用いて比較した。その結果, ソーシャルテレプレゼンス($F(2,28)=4.191, p<.05$)と握手のリアリティ($F(2,28)=3.341, p<.05$)で有意な差が見られた。多重比較の結果, この2つの感覚は, 双方向条件において片方向条件($p<.05$)よりも有意に強いことがわかった。双方向条件と可視双方向条件の平均値はほとんど同じであったが, 可視双方向条件では分散が大きかったため,

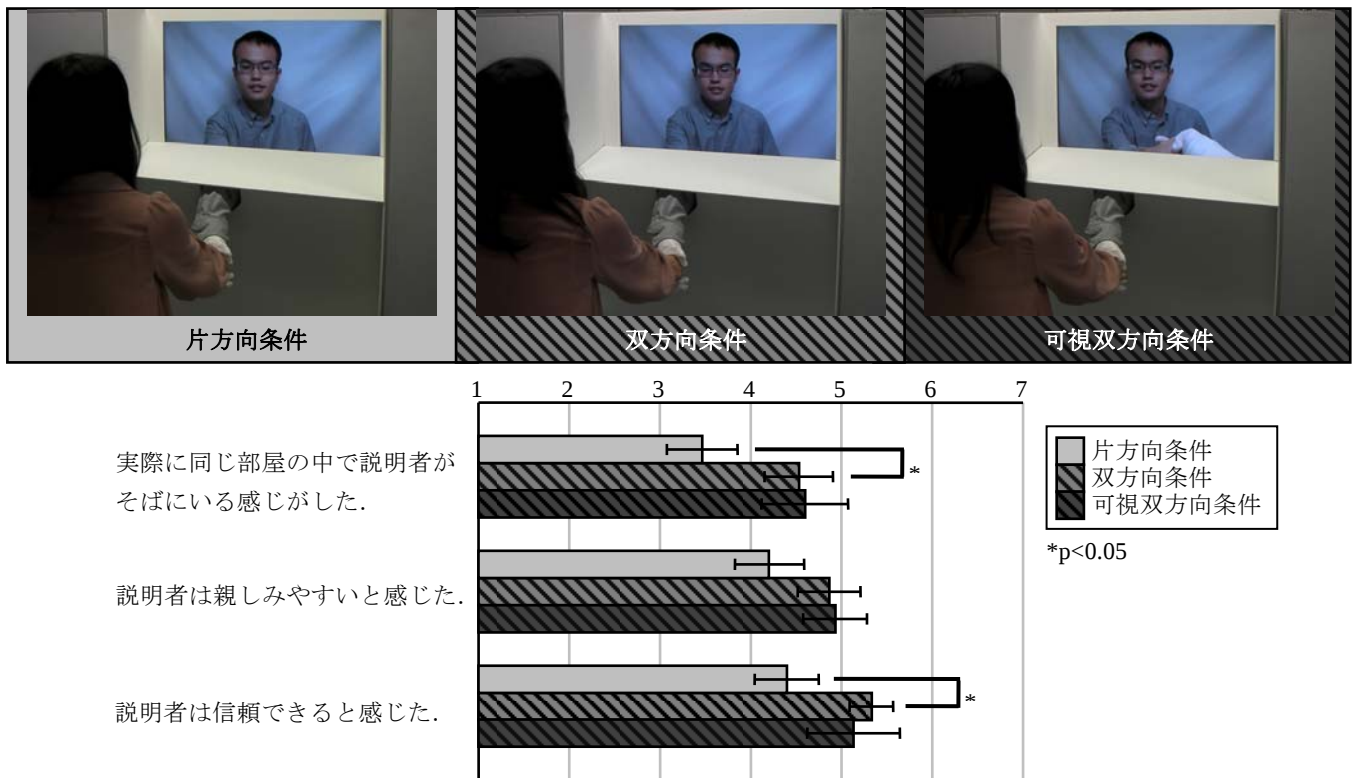


図 6 実験 2 のアンケート結果
Figure 6 Results of the second experiment

他の条件との間に有意な差が見られなかった。自由回答欄では、可視双方向条件において、遠隔地でも身体接触が起こっていることが見え、それを高いスコアを付けた理由に上げる被験者が 15 名中 7 名いたが、反対にスコアを低くつけた理由として挙げた被験者が 5 名いた。その結果、分散が大きくなったことで有意な差は見られなかった。

図 7 に統制条件と双方向条件を比較したグラフを示す。双方向条件において、スコアが高くなると仮定し、片側 t 検定を用いて比較を行った。ソーシャルテレプレゼンス ($t(24)=1.791$, $p<.05$) と親近感 ($t(24)=2.434$, $p<.05$) で有意な差が見られた。両方の感覚は、ともに統制条件よりも双方向条件で強かった。自由回答欄では、握手条件の被験者 13 名のうち 6 名が遠隔握手によって同じ部屋の中でそばにいる感覚が向上したと答えた。その 6 名のうち 3 名が、中でも特にロボットハンドの温かさによって向上したと答えた。

映像、音声、説明のわかりやすさといった、説明の質に関する項目については有意な差が見られなかったため、これらの結果に影響を与えていないと考えられる。

6. 考察

実験 1 では、説明者の手とロボットハンドの同期を提示することが、ソーシャルテレプレゼンスを向上させると予想していた。しかし、実験 1 の 3 つの条件の中で最も有効であったのは同期を提示しない片方向条件であった。可視片方向条件に低いスコアをつけた理由として、被験者は、

説明者の手の分身となるロボットハンドが目前にあるにも関わらず、映像上に実際の説明者の手が見えていることに対する違和感を挙げた。このことから、遠隔地の会話相手の手が映像上で見えてしまうと、手の分身となるロボットハンドを会話相手の手であると感じにくくなり、ソーシャルテレプレゼンスと握手のリアリティを低下させたのだと考えられる。

実験 2 では、遠隔地と被験者側の両方で身体接触が起こっていることを視認できる可視双方向条件が有効であると予想していたが、片方向条件、双方向条件と比べて有意な差は見られなかった。実験 1 と同様に、映像に説明者の手が見えていることに対する違和感を低いスコアを付けた理由として挙げている被験者がいた。その一方で、遠隔地の身体接触が映像で見えることを理由に高いスコアを付けた被験者もいた。その結果、スコアの分散が大きくなり有意な差は見られなかった。同期を提示することはソーシャルテレプレゼンスを向上させる上で効果的かもしれないが、会話相手の手と、その分身であるロボットハンドが同時に見える違和感が同期の効果を打ち消している可能性がある。このような違和感を与えずに、同期のみを提示することによるソーシャルテレプレゼンスへの影響を検証することは今後の課題である。以上の結果から、映像と身体接触デバイスを組み合わせる方法として、遠隔地の身体接触を提示せずに双方向で遠隔握手を行うデザインが最も効果的であると考えられる。

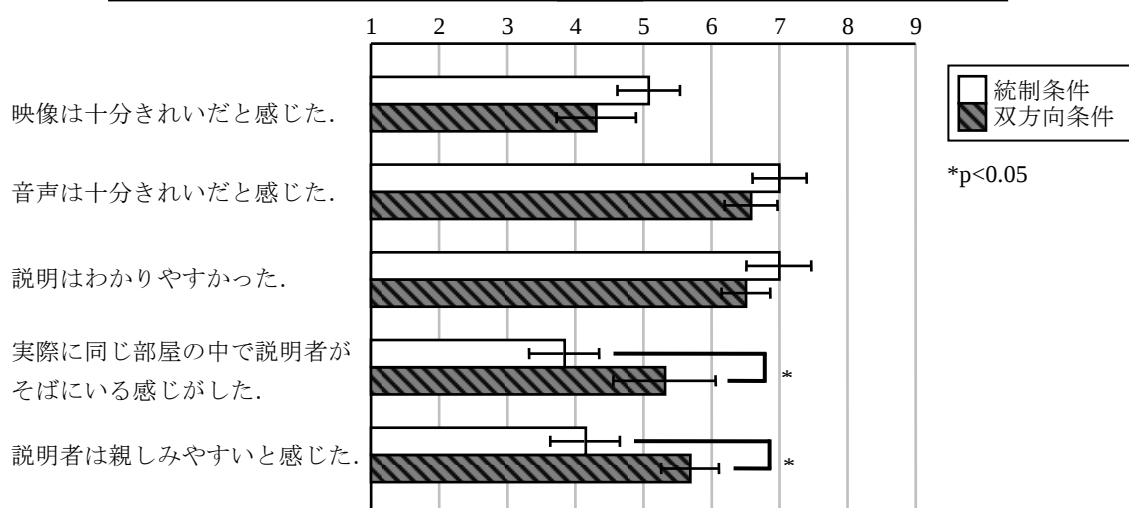


図7 実験3のアンケート結果
Figure 7 Results of the third experiment

実験1と実験2では、ビデオ会議システムと握手用ロボットハンドを組み合わせデザインの違いによって、ソーシャルテレプレゼンスと遠隔握手のリアリティに有意な差が見られたが、親近感には有意な差が見られなかった。一方、実験3においては、遠隔握手を行うことで、ソーシャルテレプレゼンスだけでなく親近感も向上することが分かった。実験1, 2においては、すべての条件において握手を行っているため、スコアに差を付けなかったと述べた被験者が多くいた。したがって、ソーシャルテレプレゼンスの向上は、遠隔地間での擬似的な身体接触による効果であり、親近感、友好的な姿勢を示す握手による効果であると考えられる。この2つの要因を切り分けて身体接触の効果を明らかにすることは今後の課題である。

ヒューマノイドロボットは全身が物理的な実体[23]となっているが、我々が開発したデバイスは手のみである。全身を物理的な実体にするにはソーシャルテレプレゼンスを向上させる上で有効であるかもしれない。しかし、ソーシャルテレプレゼンスを強化することが知られている会話相手の外見の伝達[9][14]はヒューマノイドロボットには困難であるため、会話相手と異なる外見を持ったヒューマノイドロボットはソーシャルテレプレゼンスを低下させる恐れがある。そこで、我々は、会話相手の視覚的な提示と物理的な提示を組み合わせる方法を採用した。会話相

手の上半身を映したビデオで視覚的な情報を提示し、手を実体化したロボットデバイスで触覚情報を提示した。これらの組み合わせるにより、通常のビデオ会議と比較して、ソーシャルテレプレゼンスを向上させることに成功した。さらに、ロボットデバイスを介した遠隔地間の擬似的な身体接触で会話相手に親近感を与えることにも成功した。ロボットで全身を提示する場合と映像とロボットデバイスを組み合わせる場合との比較は今後の課題である。

7. おわりに

本研究では、対話相手のビデオ映像を見ながら擬似的な身体接触を行う遠隔握手の効果を検証した。その結果、遠隔握手を行うことで、映像のみで会話するよりもソーシャルテレプレゼンスが強化されること、さらに、ロボットハンドを用いた擬似的な身体接触であっても相手に親近感を与えられることがわかった。また、ビデオ映像と身体接触を再現するデバイスを組み合わせる場合、片方のユーザのみ身体接触を行うよりも、遠隔地間のユーザがお互いにデバイスを使用して身体接触を行うことがソーシャルテレプレゼンスの強化に有効であることがわかった。その際に、遠隔地で身体接触が起っている様子を映像で提示すると、相手の分身であるデバイスと、相手の身体の映像が両方見えているという違和感によって、ソーシャルテレプレゼン

スが低下する可能性があることもわかった。したがって、ビデオ映像と身体接触デバイスを組み合わせるデザインには、身体接触が双方向であること、遠隔地の身体接触を映像で提示しないことが有効であると考えられる。

謝辞 本研究は妹尾岳氏が行った実験に基づくものである。本研究は、若手研究（A）「テレロボティックメディアによる社会的テレプレゼンスの支援」、基盤研究（S）「遠隔操作アンドロイドによる存在感の研究」、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）」グローバル COE プログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」からの支援を受けた。

参考文献

- [1] Bailenson, J.N., Yee, N., Brave, S., Merget, D. and Koslow, D.: Virtual Interpersonal Touch: Expressing and Recognizing Emotions through Haptic Devices. *Human-Computer Interaction*, 22 (3), pp.325-353 (2007).
- [2] Bardeen, J.P.: Interpersonal Perception through the Tactile, Verbal, and Visual Modes. Paper presented at the International Communication Association Convention, (1971).
- [3] Basdogan, C., Ho, C., Srinivasan, M.A. and Slater, M.: An Experimental Study on the Role of Touch in Shared Virtual Environments. *Human-Computer Interaction*, 7(4), pp.443-460 (2000).
- [4] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing. *Proc. AVI 2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9 (2004).
- [5] Brave, S., Ishii, H. and Dahley, A. Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication. *Proc. CSCW 98*, pp.169-178 (1998).
- [6] Brown, L.M., Sellen, A., Krishna, R. and Harper, R. Exploring the Potential of Audio-Tactile Messaging for Remote Interpersonal Communication. *Proc. CHI2009*, pp.1527-1530 (2009).
- [7] Chang, A., O'Modhrain, S., Jacob, R., Gunther, E. and Ishii, H.: ComTouch: Design of a Vibrotactile Communication Device. *Proc. DIS 2002*, pp.312-320 (2002).
- [8] Chaplin, W.F., Phillips, J.B., Brown, J.D., Clanton, N.R. and Stein, J.L.: Handshaking, Gender, Personality, and First Impressions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(1), pp.110-117 (2000).
- [9] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), pp.307-315 (2001).
- [10] Fogg, B.J., Cutler, L.D., Arnold, P. and Eisbach, C.: HandJive: A Device for Interpersonal Haptic Entertainment, *Proc. CHI 98*, pp.57-64 (1998).
- [11] Furukawa, M., Kajimoto, H. and Tachi, S. KUSUGURI: A Shared Tactile Interface for Bidirectional Tickling. *Proc. AH 2012*, pp.9:1-9:8 (2012).
- [12] Gaver, W.W., Smets, G. and Overbeeke, K.: A Virtual Window on Media Space. *Proc. CHI 95*, pp.257-264 (1995).
- [13] Hashimoto, H. and Manaratkul, S.: Tele-Handshake through the Internet. *Proc. ROMAN 96*, pp.90-95 (1996).
- [14] Isaacs, E.A. and Tang, J.C.: What Video Can and Can't Do for Collaboration: a Case Study. *Multimedia Systems*, 2(2), pp.63-73 (1994).
- [15] 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).
- [16] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K. Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces. *Proc. CHI 2009*, pp.433-442 (2009).
- [17] Nakanishi, H., Kato, K. and Ishiguro, H. Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence. *Proc. CHI2011*, pp.63-72 (2011).
- [18] Nguyen, D.T. and Canny, J. Multiview: Improving Trust in Group Video Conferencing through Spatial Faithfulness. *Proc. CHI 2007*, pp.1465-1474 (2007).
- [19] Nguyen, D.T. and Canny, J. More than Face-to-Face: Empathy Effects of Video Framing. *Proc. CHI 2009*, pp.423-432 (2009).
- [20] O'Brien, S. and Mueller, F. Holding Hands Over a Distance: Technology Probes in an Intimate, Mobile Context. *Proc. OZCHI 2006*, pp.293-296 (2006).
- [21] Park, Y.W., Baek, K.M. and Nam, T.J. The Roles of Touch during Phone Conversations: Long-Distance Couples' Use of POKE in Their Homes. *Proc. CHI 2013*, pp.1679-1688 (2013).
- [22] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications. *Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society*, pp.25-38 (1994).
- [23] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Android as a Telecommunication Medium with a Human-like Presence. *Proc. HRI 2007*, pp.193-200 (2007).
- [24] Samani, H.A., Parsani, R., Rodriguez, L.T., Saadatian, E., Dissanayake, K.H. and Cheok, A.D. Kissenger: Design of a Kiss Transmission Device. *Proc. DIS 2012*, pp.48-57 (2012).
- [25] Shippes, E.M. and Freeman H.R.: Handshake: Its Relation to First Impressions and Measured Personality Traits. *Psi Chi Journal of Undergraduate Research*, 8(4), pp.144-148 (2003).
- [26] Smith, J. and MacLean, K.: Communicating Emotion through a Haptic Link: Design Space and Methodology. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(4), pp.376-387 (2007).
- [27] Suhonen K., Vaananen-Vainio-Mattila, K. and Makela, K. User Experiences and Expectations of Vibrotactile, Thermal and Squeeze Feedback in Interpersonal Communication. *Proc. BCS-HCI 2012*, pp.205-214 (2012).
- [28] Vetere, F., Gibbs, M.R., Kjeldskov, J., Howard, S., Mueller, F., Pedell, S., Mecoless, K., Bunyan, M.: Mediating Intimacy: Designing Technologies to Support Strong-Tie Relationships. *Proc. CHI 2005*, pp.471-480 (2005).
- [29] Wang, R., Quek, F., Tatar, D., Teh, J.K.S. and Cheok, A.D. Keep in Touch: Channel, Expectation and Experience. *Proc. CHI 2012*, pp.139-148 (2012).
- [30] Wesson, D.A. The Handshake as Non-verbal Communication in Business. *Marketing Intelligence & Planning*, 10(9), pp.41-46 (1992).
- [31] 妹尾 岳, 中西 英之, 石黒 浩: 視覚的な身体接触がテレプレゼンスに及ぼす効果, 第 24 回人工知能学会全国大会, 1D5-1(2010).
- [32] 高橋 宣裕, 國安 裕生, 佐藤 未知, 福嶋 政期, 古川 正紘, 橋本 悠希, 梶本裕之: 口腔内動作を出力とする触覚コミュニケーションデバイス, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 13(4), pp.53-62 (2011).
- [33] 館 暉, 南澤 孝太, 古川 正紘, 佐藤 克成: テレグジスタンスの研究 (第 65 報)-Telesar5: 触覚を伝えるテレグジスタンスシステム, *Entertainment Computing (EC2011)*, (2011).
- [34] 森川 治, 橋本 佐由理, 前迫 孝憲: 仮想的な抱擁を取り入れた遠隔カウンセリングシステム, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 1(1), pp.415-425 (2010).