

ビデオチャットを指相撲ロボットハンドによって拡張したシステムの デザインがソーシャルテレプレゼンスに与える影響

Effect on Social Telepresence of the Design of the System Expanded the Video Chat
by a Thumb Wrestling Robot Hand

塩崎 恭平^{*1}
Kyohei Shiozaki

田中 一晶^{*1*2}
Kazuaki Tanaka

中西 英之^{*1}
Hideyuki Nakanishi

^{*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

When physical movement and physical contact using a robot hand are reproduced in video chat, there are the various positions of the robot hand and the video of the experimenter who operates a robot hand. Social telepresence may be influenced by the design of the system which includes a robot hand and a video. In this study, we developed a thumb wrestling robot hand that reproduces physical movement and physical contact. We conducted the experiment to verify that the position of the robot hand and the video of the experimenter who operates a robot hand influenced social telepresence.

1. はじめに

遠隔地の相手との音声のみの対話の際に問題となるのが、対面している場合と比べて、対話相手のソーシャルテレプレゼンスが低下することである。この問題を解決するため、本研究ではソーシャルテレプレゼンスを強化する方法を提案する。

ソーシャルテレプレゼンスとは、離れた場所にいる人同士がお互いに、介しているメディアの存在を感じることなく、あたかも対面しているかのように感じる感覚のことである。この感覚を再現する方法として、代表的なものが2つある。1つは、遠隔会議に出席している参加者の等身大の映像を、ディスプレイに表示するテレプレゼンスシステムである。遠隔地の人の等身大映像には、ソーシャルテレプレゼンスを強化する効果があることが報告されている[Prussog 94]。もう1つは、物理空間を移動することができるロボットにビデオ会議端末を備え付けたテレプレゼンスロボットである。過去の研究から、ビデオ会議端末が移動すること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分かっている[Nakanishi 08]。

遠隔地間のインタラクションにおいて、相手のソーシャルテレプレゼンスを強化する研究は数多く存在する。例えば、アイコンタクトが成立するように、カメラとディスプレイを設置することや[Bondareva 04]、遠隔地の対話相手の立体映像もしくは等身大の映像を用いることで、ソーシャルテレプレゼンスが強化されることが分かっている[Prussog 94]。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によって[Gaver 95]、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[Nakanishi 09]。

遠隔地間でのインタラクションにおいて、ロボットのような実体を用いて身体動作を提示する研究は多く行われており、カメラの向きを変えたり、指示棒を動かすことで身体動作を提示するロボットが存在している[Kuzuoka 04]。また、特定の個人に酷似したロボットを介し、ボイスチャットを行う場合、ロボットという実体を用いて首振りなどの身体動作を伝達することで、存在感が向

上することが分かっている[Sakamoto 07]。

人間同士の握手において、人間関係が強化されることが分かっている[Chaplin 00][Shipps 03]、遠隔地間で身体接触を再現することでソーシャルテレプレゼンスが強化される可能性がある。遠隔地間において身体接触を再現する研究も多く行われており、握手[Hashimoto 96]やハグを再現するデバイス[Vetere 05][森川 10]が提案されている。それらの研究の1つに、ビデオ会議に握手ができるロボットハンドを実装するというものがある[和田 12]。この研究から、遠隔地の相手と対話を行う際に握手を再現することで、対話相手のソーシャルテレプレゼンスが強化されることが分かっている。

ソーシャルテレプレゼンスを強化する方法として、映像の付加、物理的な身体動作の提示、身体接触の再現の3つの方法を挙げた。しかし、3つすべてを同時に満たすシステムは存在していない。よって、映像の付加、物理的な身体動作の提示、身体接触の再現を同時に行えるシステムとして、ビデオチャットを指相撲ができるロボットハンドで拡張することを提案する。ビデオチャットにより映像の付加が、指相撲ロボットハンドにより身体動作の提示や身体接触の再現が可能になり、ソーシャルテレプレゼンスを強化できる。ここで、ロボットハンドによってビデオチャットを拡張する際、どの位置にロボットハンドを装着するべきかという疑問が浮かび上がる。ロボットハンドを装着する位置や、ビデオチャットの端末に映る対話相手の映像の位置、またその組み合わせによってもソーシャルテレプレゼンスに影響が与えられる可能性がある。例えば、映像の中で対話相手の腕がデバイス側に伸びているか否かで、与えられる印象は違ってくる。この疑問を検証する実験を行った。

実験に使用するデバイスとして、遠隔地の相手と指相撲ができるロボットハンドを開発した。本研究では、この開発したロボットハンドを用いてビデオチャットを拡張し(図1)、映像やロボットハンドの位置関係がソーシャルテレプレゼンスにどのような影響を与えるかを検証する実験を行った。



図1 ロボットハンドを実装したビデオ会議システム

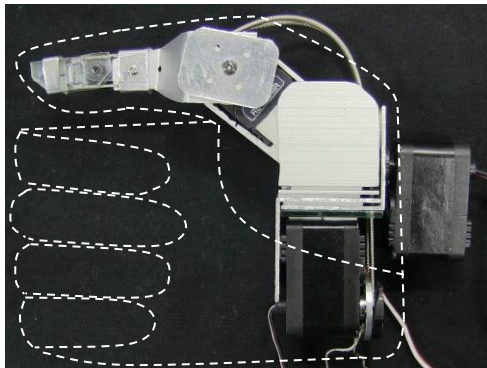
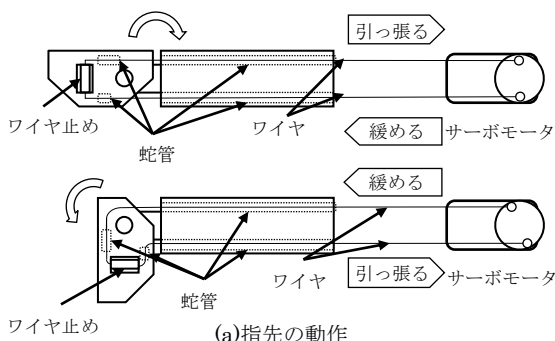
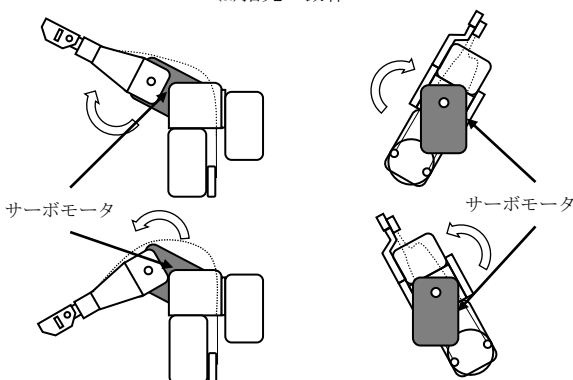


図2 指相撲ロボットハンドの親指部分



(a) 指先の動作



(b) 付け根の動作

図3 親指の動作

2. 指相撲ロボットハンドの開発

2.1 満たすべき要件

まず、指相撲をする上で、ユーザの親指の動きを正確にロボットハンドで再現する必要がある。加えて、予備実験において、人間の肌のような温かさ・柔らかさが必要であることが分かっている。これらの要件を満たすように開発した指相撲ロボットハンドの機構を以下に示す。

(1) 親指の機構

指先の関節の機構を図2に示す。ロボットハンドの親指の上下に、ワイヤーが一本ずつ通っており、これらのワイヤーをモーターで動かすことで指が動く。また、付け根側の2関節はサーボモータを直結させることで関節が駆動するようにした。親指の動作の様子を図3に示す。

(2) 温度

フィルムヒーター(電気容量 30W/m)を用い、手を握った時に人の手に触れる位置である指の上下部分、及び手のひら部分に張り付けた。

(3) 柔らかさ

柔らかさを出すために、ロボットハンドの指の部分と手のひらには、人肌ゲル(それぞれ厚さ 2.3mm)をフィルムヒーターの上から張り付けた。また、素材の性質上、人肌ゲルに触れたときに若干手にくっつく感覚があるため、実験時には布手袋を装着して行った。

2.2 操作方法

ロボットハンドを操作する方法として、グローブにセンサを取り付け、実際の指の動きと同期させる。親指の先に加速度センサを設置し、左右への傾きの角度から親指の左右方向の動作を取得する。指先側の2関節の屈伸運動は曲げセンサを用い、関節の曲げ具合を取得する。このグローブを装着することで、ロボットハンドと実際の手の親指が同期して動く。

3. 実験

開発したロボットハンドによって拡張されたビデオチャットを用いて、ロボットハンドの位置と、ディスプレイに映った操作者の手の位置を変えてソーシャルテレプレゼンスへの影響を検証した。

映像の中の腕とロボットハンドが繋がって見えるようにした場合、映像の中の人と実体のあるロボットハンドが一体化するように感じるのではないかと考えたことから、以下のような仮説を立てた。

仮説1. ロボットハンドと映像の腕が一致しているように見ればソーシャルテレプレゼンスが強化される。

また、ロボットハンドをディスプレイの外側に置いた場合より、内側に置いた場合の方が自然な体制で手を出しているように見えると考えたことから、以下の仮説を立てた。

仮説2. ロボットハンドをディスプレイの内側に設置するとソーシャルテレプレゼンスが強化される。

以上の仮説を検証するために、本研究では、被験者にディスプレイを用いてビデオチャットを行いながら指相撲を行うというタスクを設定した。ビデオチャットにおける会話の内容を図4に示す。

我々の大学のキャンパス付近に住む大学生10人(男性5人、女性5人)に以上のタスクを行ってもらった。

3.1 実験条件

仮説を実証するために、操作者の映像内の手の位置(ロボットハンドの設置位置と一致させる・ロボットハンドと同期するように見せる)と、ロボットハンドの設置位置(ディスプレイの内側・外側)に要因を分け、4つの条件を用意した(図5)。以下がその4条件である。

内側一致条件: ロボットハンドをディスプレイの内側に設置し、映像内の操作者の手の位置は、ロボットハンドの設置位置と一致させる。

説明	0:00	操作者：よろしくおねがいします。 被験者：よろしくおねがいします。 操作者：それでは簡単にルールを確認をさせていただきます。指相撲の勝ち負けはこちらで判断、宣言すること。勝負は全部で3回行うこと。勝負を行う際は、そちらが好きなタイミングで『よーい、スタート』などの合図を言えば開始。何か質問はございますか？ 被験者：いいえ、ありません。 操作者：それでは、好きなタイミングで始めてください。 被験者：よーい、スタート。
	0:20	(指相撲を開始) 操作者：はい、私の勝ち/負けですね。では、次の勝負を行いましょう。 被験者：よーい、スタート。 (三回指相撲を行う)
	1:00	操作者：○勝○敗ですね。勝ち負けの結果で納得いかない部分等ありましたか。 被験者：特にないです。 操作者：はい、わかりました。何か質問や感想などはありますか？ 被験者：特にないです。 操作者：はい、わかりました。これで、指相撲は終了となります。ありがとうございました。 被験者：ありがとうございました。
終了の挨拶	1:30	

図4 会話の流れ



図5 実験条件

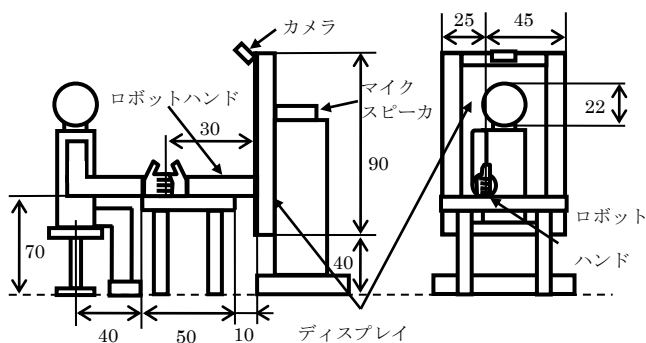


図6 実験環境

内側同期条件: ロボットハンドをディスプレイの外側に設置し、映像内の操作者の手の位置は、ロボットハンドの設置位置と一致させる。

外側一致条件: ロボットハンドをディスプレイの内側に設置し、映像内の操作者の手は、操作している様子が被験者に見えるようにする。

外側同期条件: ロボットハンドをディスプレイの外側に設置し、映像内の操作者の手は、操作している様子が被験者に見えるようにする。

3.2 実験環境

実験環境を図6に示す。ロボットハンドの操作者側と被験者側の両方に、マイクとスピーカがあり、音声通話ソフトを用いて遠隔地間で会話を行うことができる。被験者側のディスプレイは、40インチのワイド画面のディスプレイに枠を取り付け、90度回転した後にテーブルで下部を遮った。最終的に被験者の目に入るサイズは48×56(単位:cm)の画面とし、解像度は、391×463ピクセルに設定した。ネットワークカメラより操作者の胸部から上の映像が送信され、ディスプレイに表示される。ディスプレイに表示される操作者の顔の縦の長さが22cmでとなるように調節した。ディスプレイの枠は、操作者と同じ部屋にいる感覚を増すために、操作者側の背景の色と合わせて白くした。被験者側にあるウェブカメラは黒色であるため、目立たないように白い布に隠してディスプレイの上に設置した。テーブルは、操作者側の背景と同じ色である白い布で覆い、ディスプレイのテーブルより下の部分を隠せるようにした。テーブルとディスプレイは10cm離し、ロボットハンドがディスプレイから出ていることを意識させるようにした。被験者側のスピーカは画面の方向から音声がか聞こえるように、ディスプレイの後ろに設置した。

3.3 結果及び考察

実験は被験者内実験とした。各条件で被験者に実験後のアンケートに回答してもらい、そのアンケート評価を用いて比較した。アンケートでは7段階のリッカート尺度を用いた。1は全くあてはまらない、2はあてはまらない、3はややあてはまらない、4はどちらともいえない、5はややあてはまる、6はあてはまる、7は非常によくあてはまる、に対応させた。このアンケートについて、各条件を比較した結果を図7に示す。棒グラフは平均値で、バーは標準誤差を表す。映像内における操作者の手の位置の要因と、ロボットハンドの設置位置の要因を、それぞれ映像要因、ロボットハンド要因とし、この2要因から2要因分散分析を行った。

映像要因において、握り合っている感じ($F(1,9)=8.8049$, $p=0.0158$), 指相撲をしている感じ($F(1,9)=10.3211$, $p=0.0106$), 話している感じ($F(1,9)=5.6512$, $p=0.0414$), の3項目で主効果が有意、そばにいる感じ($F(1,9)=3.3664$, $p=0.0997$)の項目で主効果が有意傾向であった。この結果は、映像内の操作者の手を、ロボットハンドと同期しているように見せる場合よりも、ロボットハンドの設置位置と一致させている場合の方がソーシャルプレゼンスが強化されることを示しており、仮説1を支持している。同期しているように見せた場合よりも、一致しているように見せた場合の方がソーシャルプレゼンスが強化された理由は、アンケートの後に行ったインタビューによると操作する手を見せていたことに対する違和感であった。この結果から、ロボットハンドがどのように操作されているのかよりも、見た目の自然さがソーシャルプレゼンスに影響するものと考えられる。

また、ロボットハンド要因において、そばにいる感じ($F(1,9)=5.0000$, $p=0.0522$)の項目で主効果が有意傾向であった。この結果は、ロボットハンドをディスプレイの外側に設置した場合よりも、内側に設置した場合の方がソーシャルプレゼンスが強化されることを示しており、仮説2を概ね支持して

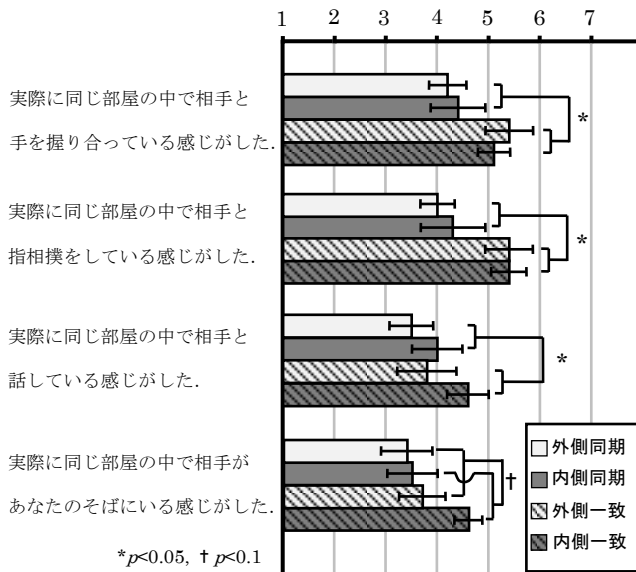


図7 アンケート結果

いる。内側にロボットハンドを設置した場合の方が、外側にロボットハンドを設置した場合よりもソーシャルテレプレゼンスが強化された理由として、ディスプレイの外側に設置した場合に、ロボットハンドが枠から出ているように設置していたことが考えられる。ディスプレイの枠からロボットハンドが出ていることで、被験者が枠のことを内側に設置した場合よりも強く意識したことで、ソーシャルテレプレゼンスが低下したと考えられる。

4. おわりに

本研究では、遠隔地間でのインタラクションにおいてソーシャルテレプレゼンスを強化するため、ビデオチャットを指相撲ロボットハンドで拡張した。また、ロボットハンドで拡張するにあたり、映像内の手とロボットハンドの位置を変えることで対話相手のソーシャルテレプレゼンスに与えられる影響について検証する実験を行った。

その結果、映像内の操作者の手をロボットハンドと同期しているように見せた場合か、一致しているように見せた場合において、同期しているように見せた場合より、一致しているように見せた方がソーシャルテレプレゼンスが強化されることがわかった。また、ロボットハンドをディスプレイの外側に設置した場合か、内側に設置した場合において、外側にロボットハンドを設置した場合より、内側にロボットハンドを設置した場合の方がソーシャルテレプレゼンスが強化される傾向にあることがわかった。

本研究において、操作する手を被験者に見せるデザインと、ロボットハンドの設置位置と一致させるデザインの比較を行ったが、一致させた場合の方がソーシャルテレプレゼンスが強化されるという結果であった。しかし、ソーシャルテレプレゼンスが強化された理由が、ロボットハンドと操作する手を一致させたことにあるのか、操作する手を見せなかったことにあるのか、本研究では検証できない。検証するために、操作する手をロボットハンドの設置位置と一致させず、かつ被験者に見せないというデザインが考えられる。今後、このデザインを実験条件に追加し検証を行う予定である。

謝辞

実験に協力していただいた宇野弘晃氏に感謝する。本研究は、若手研究(A)「テレロボティ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

- [Bondareva 04] 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).
- [Chaplin 00] 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).
- [Gaver 95] Gaver, W.W., Smets, G. and Overbeeke, K.: A Virtual Window on Media Space. Proc. CHI 95, pp.257-264 (1995).
- [Hashimoto 96] Hashimoto, H. and Manorathkul, S.: Tele-Handshake through the Internet. Proc. ROMAN 96, pp.90-95 (1996).
- [Nakanishi 08] 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).
- [Nakanishi 09] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces. Proc. CHI 2009, pp.433-442 (2009).
- [Kuzuoka 04] Kuzuoka, H., Yamazaki, K., Yamazaki, A., Kosaka, J., Suga, Y. and Heath, C.: Dual Ecologies of Robot as Communication Media: Thoughts on Coordinating Orientations and Projectability. Proc. CHI2004, pp.183-190 (2004).
- [Prussog 94] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications. Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society, pp.25-38 (1994).
- [Sakamoto 07] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Android as a Telecommunication Medium with a Human-like Presence, Proc. HRI2007, pp.193-200 (2007).
- [Shippes 03] 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).
- [Vetere 05] Vetere, F., Gibbs, M.R., Kjeldskov, J., Howard, S., Mueller, F., Pedell, S., Mecoles, K., Bunyan, M.: Mediating Intimacy: Designing Technologies to Support Strong-Tie Relationships. Proc. CHI 2005, pp.471-480 (2005).
- [森川 10] 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).
- [和田 12] 和田 侑也, 田中 一晶, 中西 英之: 遠隔握手用ロボットハンドによる会話相手の存在感の向上, 第 26 回人工知能学会全国大会, 3L2-R-12-2, (2012).