

# 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

## Enhancing Conversation Partner's Presence by a Robot Hand for Remote Handshaking

和田 侑也<sup>\*1</sup>  
Yuya Wada

田中 一晶<sup>\*1\*2</sup>  
Kazuaki Tanaka

中西 英之<sup>\*1</sup>  
Hideyuki Nakanishi

<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

<sup>\*2</sup> 科学技術振興機構 CREST  
CREST, Japan Science and Technology Agency

There is a problem that is less presence of a remote person in general videoconferencing systems than in face-to-face environments. We thought that a pseudo-handshake with a remote person enhanced his/her presence. In this study, we developed a robot hand that reproduced the feeling of Handshakes: a strong grip, warmth, and softness, and equipped a videoconferencing system with the robot hand. We conducted an experiment to confirm that this system enhanced the presence of the remote person.

### 1. はじめに

現在、握手を行うためのロボットハンドの研究が多く行われている。人とロボットとの握手の動作に関する先行研究では、神経振動子を用いて人が腕を振るリズムに同期してロボットが腕を振る方法[Kasuga 05]や、ロボットの視線提示によって、人間に握手を求めると手を出し出す握手要求動作を生成する握手要求モデル[Jindai 11]が提案されている。遠隔地間において人と人とが擬似的に握手を行う研究では、フォースフィードバックによって腕振りを相手に伝える方法[Bailenson 07]や、曲がった指を直動に動かすことによって握った感覚を伝える方法[國井 97]が提案されている。本研究では、遠隔地間において人と人とが擬似的に握手を行うことを遠隔握手と呼ぶ。これらの遠隔握手に関する研究では、握手に関するロボットハンドの設計や、その動作生成の方法を提案するものが主であり、コミュニケーションにおけるロボットハンドによる握手の効果について研究されているものはない。本研究では、握手の感覚を再現できるロボットハンドをビデオ会議システムに装着し、遠隔握手を行うことができるシステムを構築した。このシステムを用いて遠隔握手の効果を検証する。

まず、遠隔握手の効果としては、身体的な接触による感覚を補うことができるため、一般的な音声と映像のみのビデオ会議システムと比べて、会話相手の存在感が向上することが考えられる。現在、ビデオ会議システムによる会話において、会話相手の存在感に与える影響について様々な研究がなされている。遠隔コミュニケーションにおいて、会話相手のビデオ映像は存在感を向上させる[de Greef 01]。さらに、アイコンタクトを成立させる[Bondareva 04]、会話相手の等身大映像を用いる、立体視映像を用いる[Prussog 94]などの方法によって、会話相手の存在感が向上することが分かっている。また、ユーザの能動的な動作により会話相手を写すカメラを前後移動させ、運動視差を発生させることにより奥行き手がかりを与えることで、会話相手の存在感を向上することが分かっている[Nakanishi 09]。さらに、会話相手が接近する動作に合わせて、会話相手を表示したディスプレイを前後させ相手との物理的な移動を表現することによって

会話相手の存在感が向上することが分かっている[Nakanishi 11]。これらの方法は、対面環境でなければ得ることのできない情報を伝達することにより、遠隔地にいる会話相手の存在感を向上させている。本研究では、遠隔握手によって身体的な接触という対面環境でしか得ることができない情報を伝達することで、会話相手の存在感が向上すると考えた。

また、人と人との握手では、ただ会話をするよりも、相手に親しみやすい印象を与えることが分かっている[Bardeen 71][松尾 94]。ロボットハンドを用いた遠隔握手においても相手に対して親しみやすい印象を与えられる可能性がある。

握手は商談の場面で行われることが多い。これは、握手によって相手に良い印象を与え、商談をうまく進めるためであると考えられる。したがって、遠隔握手においても、このような効果が得られれば、遠隔地間での商談に遠隔握手が利用できる可能性を示すことができる。

本研究では、構築した遠隔握手システムを用いて、以上の3つの効果を検証する実験を行った。

### 2. 握手用ロボットハンド

我々が所属している研究室における先行研究[妹尾 2010]では、ロボットハンドと握手をした被験者のインタビューの結果から、握手用のロボットハンドの要件として、握られていると感じる事ができる十分な握力、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。また、ロボットハンドが人の手を握った際、必要以上の力で手を握らないように安全性を考慮した機構にする必要がある。これらの要件を満たすように開発した握手用のロボットハンドの機構を以下に示す。

指を動かす機構を図1(a)に示す。指の上下に通ったワイヤーをモーターで動かすことにより指が動く。手のひら側を通るワイヤーとモーターの間にはばね(ばね定数 2.0 N/mm)があり、このばねが 10mm 伸びることで、約 100N の力で握る。これは、予備実験で、被験者が丁度良い強さだと感じた握力に調節した。

次に温度、柔らかさを再現する機構について図1(b)に示す。人の手に触れやすい手のひらの部分はスポンジで作られており、人の手に密着しやすいようになっている。さらに人肌の柔らかさを再現するために手の全体を人肌の柔らかさに近いとされるシリコンゴム(ゴム硬度 5)で覆ってある。そして、指の各関節と手

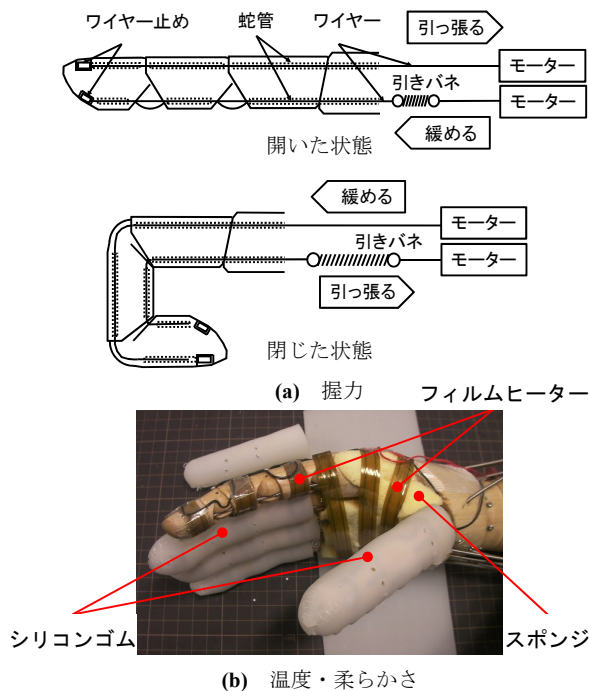


図1 ロボットハンドの機構

のひらには、場所によって温度の違いが出ないように等間隔にフィルムヒーターを巻きつけた。予備実験では人肌の温度とされる約 32℃では温度に気付かれなかったため、人肌よりも高い約 37℃とした。

### 3. 実験

本研究では、構築した遠隔握手システムを用いて、遠隔握手による効果を検証するために実験を行った。まず、遠隔握手によって疑似的な身体的な接触が起こる、会話相手の存在感が向上すると考えた。しかし、会話相手が持っている物は、疑似的な接触が起こらないため、存在感が向上しないと考えた。

**仮説 1:** 遠隔握手を行うことで、疑似的な接触がおこる会話相手のみ存在感が向上する。

また、人と人との握手における、相手に親しみやすい印象を与える効果が、ロボットハンドによる遠隔握手においても得られると考えた。

**仮説 2:** 遠隔握手を行うことで、ただ会話するよりも、相手に親しみやすい印象を与える。

握手を行うことによる商談をうまく進める効果が、遠隔握手においても得られると考えた。

**仮説 3:** 遠隔握手を行うことで、ただ会話するよりも、商品が高い価格で購入する。

以上の仮説を検証するために、商談の場面を想定し、被験者がビデオ会議システムを通して説明者から説明を受けるというタスクを設定した。説明の内容は、ワニのぬいぐるみに新たな機能を付与し、ワニの玩具を開発する。そして、そのワニの玩具を商品として売り出そうと考えているというものである。商品の説明の際には、疑似的な接触が起こらない物として、ワニのぬいぐるみを被験者に見せて説明を行う。仮説3を検証するために、説明の最後に被験者に対して以下の質問を行う。

**質問:** 商品が完成したら価格はいくらなら欲しいと思いますか。我々の大学のキャンパス付近に住む大学生 18 人に以上のタスクを行ってもらった。

0:00	挨拶	説明者: はじめまして。 (ロボットハンドを開くと同時に手を出す) 被験者: はじめまして。 説明者: よろしくお願ひします。 (被験者が手を握るタイミングに合わせてロボットハンドを閉じる) 被験者: よろしくお願ひします。 (手を下げて、ロボットハンドを開く) (被験者が手を下げたのを確認し、ロボットハンドを閉じる)
0:10		
1:40	挨拶	説明者: 今から我々の研究室で製作しようと考えている玩具について説明致します。このワニのキャラクターはご存じですか? 被験者: いいえ、知りません。 説明者: これは、阪大の豊中キャンパスで発掘された、[中略] このぬいぐるみは元々 500 円なのですが、製品が完成したら価格はいくらなら欲しいと思いますか? 被験者: 2,000 円くらいなら欲しいです。 説明者: それでは、以上で説明終了となりますが、何か質問や感想などありますか? 被験者: 特にないです。
		説明者: では、以上で終了とさせていただきます。お疲れ様でした。 (ロボットハンドを開くと同時に手を前に出す) 説明者: ありがとうございます。 (被験者がロボットハンドを握るタイミングに合わせてロボットハンドを閉じる) 被験者: ありがとうございます。 (手を下げて、ロボットハンドを開く) (被験者が手を下げたのを確認し、ロボットハンドを閉じる)
		1:50
玩具の説明		

図2 会話の流れ



図3 握手の様子

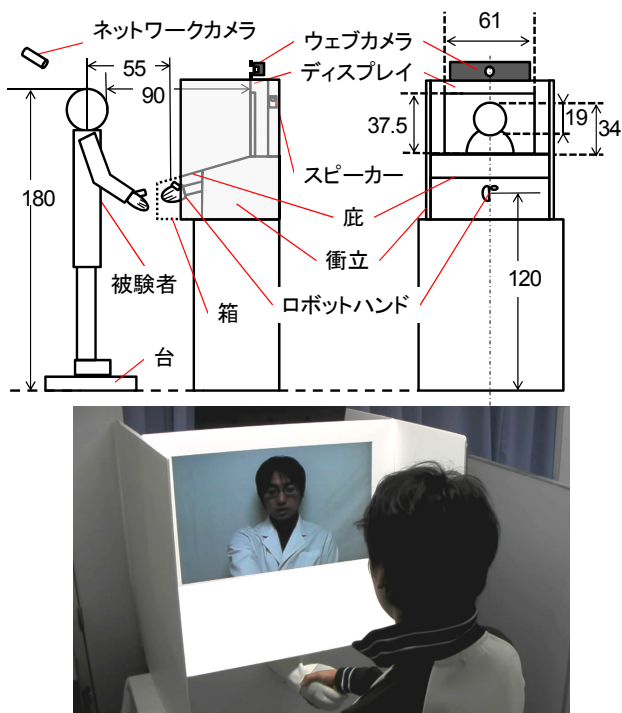
#### 3.1 実験条件

仮説を検証するために本実験では以下の2条件を設定した。

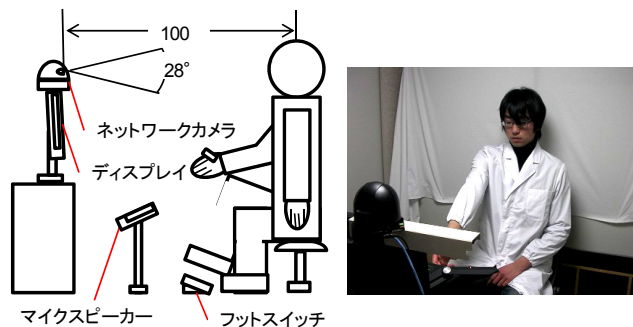
**統制条件:** 握手をせずに会話を行う。

**握手条件:** 会話の最初と最後に、ロボットハンドによる遠隔握手を行う。

図2に示す会話の内容は、握手条件と統制条件と全く同じでしたが、括弧内の説明者の動作は握手条件のみ行った。握手条件では、被験者と説明者は握手をするのが自然であると思われる会話の最初と最後に、画面の下にあるロボットハンドを用いて遠隔握手を行う(図3)。握手を行う場面では、説明者が手を前に差し出すと同時に、閉じているロボットハンドの指を開くことで被験者に握手を促した。この動作を行っても、握手をためらっ



(a) 被験者側



(b) 説明者側

図4 実験環境 (単位:cm)

た被験者には、「そちらの手を握っていただけますか。」と言葉で握手を促した。統制条件ではロボットハンドは白い箱で隠した(図4(a))。握手条件では、図4(b)に示すように、実際には説明者側にロボットハンドはないが、事前説明で説明者側にも同じようなロボットハンドがあると述べた。また、実際はロボットハンドの操作はフットスイッチで行っているが、被験者側のロボットハンドを握ると説明者側のロボットハンドが閉じるようになっており、説明者側のロボットハンドを握ると被験者側のロボットハンドが閉じるようになっていたと説明した。このように説明したのは、説明者の握手が被験者側のロボットハンドに伝わると感じてもらい、説明者と握手をしている感覚を強くするためである。

### 3.2 実験環境

図4に実験環境を示す。説明者側と被験者側の両方に、マイクとスピーカーがあり、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。被験者側は28インチのディスプレイを使用し、解像度は335×209ピクセルに設定した。被験者側のディスプレイには、説明者側のネットワークカメラから送られる説明者の胸部より上の映像が表示される。ネットワークカメラの画角は

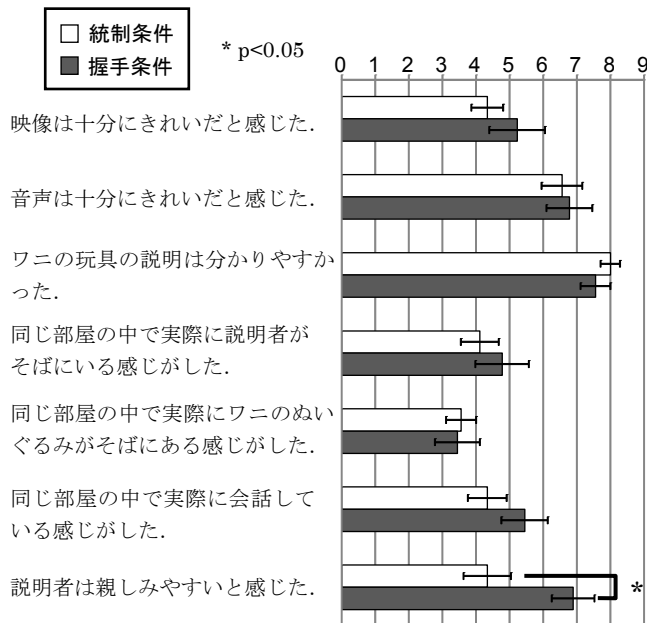


図5 統制条件と握手条件の比較

28°とし、被験者から見て説明者が腕を前に出したことが分かるようにした。ロボットハンドはその腕の延長上に設置し、説明者の手であると錯覚しやすいようにした。同様の理由で、ロボットハンドの手首には白い布を巻きくことで、白い服の袖に見えるようにし、説明者はロボットハンドの外見と合わせて白衣を着用した。また、実験セットからロボットハンドが出ている部分が見えないように、ロボットハンドの上に底をつけて隠した。握手は立って行うのが自然であると考え、被験者は立った状態で実験を行った。被験者からは説明者の胸部から上しか見えず、説明者が座っていても立っていると感じるため、説明者は座って実験を行った。被験者からの説明者の見え方を同一にするために、被験者の目の高さが、説明者の目の高さと同じになるように、被験者の身長に合わせて足元に台を置くことで高さを調節した。説明者は、被験者側のウェブカメラとネットワークカメラの映像を見て、握手のタイミングが合うようにロボットハンドを操作する。

### 3.3 結果及び考察

実験は被験者間実験とした。各条件9人ずつの被験者に実験を行い、実験後にアンケートに回答してもらった。アンケートは全項目で9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、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。このアンケートについて、統制条件と握手条件の比較結果を図5に示す。棒グラフは平均値で、バーは標準偏差を表す。両条件間でt検定を用いて比較した。

最初の3つの映像、音声、説明に関する項目では、両条件間に有意な差は見られなかったため、これらの質に条件間の差がなかったことが分かる。会話相手の存在感に関する項目である、同じ部屋の中で実際に説明者がそばにいる感覚と同じ部屋の中で実際に会話している感覚の項目では、条件間に有意な差は見られなかった。しかし、握手条件では、高い評価をつけた被験者が多くおり、平均値でも上回っているため、被験者の数を増やせば有意差が出る可能性がある。また、ワニの存在感に関する項目である、同じ部屋の中で実際にワニのぬいぐるみがそばにある感覚では、有意な差はなく平均値にも差はないので、被験者を増やしても有意な差は出ないと考えられる。したがって、

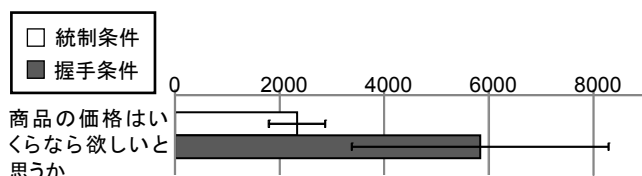


図6 統制条件と握手条件の比較 (質問)

遠隔握手による疑似的な接触を行った会話相手のみ、存在感が向上する可能性がある。また、握手条件において説明者の存在感の項目で、高い評価をつけた理由として、ロボットハンドの温度を挙げている被験者が多くいた。そのため、会話相手の存在感向上させるためには、握手の感覚の中でも特に温度が重要である可能性がある。

握手条件では、説明者の親しみやすさ ( $t(16) = 2.692$ ,  $p < 0.05$ ) が有意に増加した。これは、ロボットハンドによる遠隔握手においても、相手に親しみやすい印象を与えることを示す。また、握手条件において、会話相手の存在感と親しみやすさの項目で、片方だけに高い評価をつけた被験者がいた。会話相手の存在感は、遠隔握手の身体的な接触に影響されると考えられるが、親しみやすさに関しては、握手を行った行為自体の儀礼の効果によるものであると考えられる。そのため、今後はこれらの要素を切り分ける必要があると考えられる。

会話中に行った質問についての各条件間の比較結果を図6に示す。両条件間で  $t$ -検定を用いて比較したところ、有意な差は見られなかったが、値段の平均値に大きな差があった。また、握手条件でのみ、1万円以上の高い価格をつけた被験者がいた。そのため、被験者の数を増やせば、遠隔握手を行うことで、商品の価格が有意に高くなる可能性がある。

#### 4. おわりに

本研究では、握られていると感じることができる十分な握力、人肌のような温度、柔らかさを再現す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を、ビデオ会議システムに装着することで、遠隔地間で疑似的な握手を行うことができるシステムを構築した。このシステムを用いて、遠隔握手の効果について調べた。具体的には、ロボットハンドを用いて遠隔握手を行うことで、会話相手の存在感が向上するか、相手に親しみやすい印象を与えるか、商談をうまく進めることができるかを調べる実験を行った。

その結果、人と人の握手による、相手に親しみやすい印象を与える効果が、ロボットハンドによる遠隔握手においても得られることが分かった。また、遠隔握手を行うことで、会話相手の存在感が向上する効果は観測されなかった。しかし、遠隔握手を行った場合、会話相手の存在感に関して高い評価をつけた被験者が多くいたため、被験者を増やすことで、遠隔握手による会話相手の存在感を向上させる効果が観測できる可能性がある。また、高い評価をつけた理由として、握手を行ったこと、特に温度を感じたことをあげる被験者が多くいたため、会話相手の存在感を向上させるには、温度が重要である可能性がある。今後は、握手の感覚の中でも、どの要因が重要であるかを調べるために、要因を切り分けて条件を設定し、実験を行う予定である。遠隔握手を行うことで、商品に対して高い価格をつける被験者がいたが、被験者が少なかったため、有意な差は見られなかった。商談をうまく進める効果についても、今後、被験者を増やすことで観測できる可能性がある。これらの遠隔握手の効果は、疑似的な身体的な接触かによるものか、もしくは、握手を行ったこと自体の儀礼の効果によるものであると考えられる。したがって、

今後は、これらの要因に関しても切り分けて実験を行う予定である。

#### 謝辞

実験に協力していただいた大嶋悠司氏に感謝する。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

- [Bailenson 07] Bailenson, J. N., Yee, N., and Brave, S.: Virtual interpersonal touch: expressing and recognizing emotions through haptic devices, *Human-Computer Interaction*, 22(3), pp.325-353, 2007.
- [Bardeen 71] Bardeen, J. P.: International perception through the tactile, verbal, and visual modes, Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association Convention, Phoenix, 1971.
- [Bondareva 04] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *Advanced Visual Interfaces 2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9, 2004.
- [de Greef 01] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), pp. 307-315, 2001.
- [Jindai 11] Jindai, M. and Watanabe, T.: Development of a Handshake Request Motion Model Based on Analysis of Handshake Motion between Humans, *Proc. of 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM2011*, pp.560-565, 2011.
- [Kasuga 05] Kasuga, T., Hashimoto, M.: Human-Robot Handshaking using Neural Oscillators, *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.3813-3815, 2005.
- [Nakanishi 09] Nakanishi, H., Murakami, Y. and Kato, K.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces, *International Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI2009*, pp.433-442, 2009.
- [Nakanishi 11] Nakanishi H, Kato K. and Ishiguro H.: Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence, *International Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI2011*, pp. 63-72, 2011.
- [Prussog 94] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications, *Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society*, pp.25-38, 1994.
- [國井 97] 國井 康晴, スラダー マノロックマン, 橋本 秀紀: 握手マシンの開発及びインターネットを介した遠隔握手, *電気学会論文誌*, vol.117-C, pp.500-505, 1997.
- [妹尾 10] 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.
- [松尾 94] 松尾 香弥子: 親愛感の知覚における視覚・聴覚・触覚の優先関係, *社会心理学研究*, 10(1), pp.64-74, 1994.