

# デバイスの身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティに与える影響

## Effect on the reality of the contact sensation of the device's embodiment and the operator's presence

山口 隆浩\*<sup>1</sup>      田中 一晶\*<sup>1\*2</sup>      中西 英之\*<sup>1</sup>  
 Takahiro Yamaguchi      Kazuaki Tanaka      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

\*<sup>2</sup> 独立行政法人科学技術振興機構, CREST

Various devices which enable to make physical contact with a remote person have been researched. But it hasn't been known yet what factors can make users feel as if they were actually making physical contact. We built a hypothesis that embodied devices and an operator's presence are the factors. We developed a robot hand that has real appearance and shape of a human hand for remote massage, and conducted an experiment to confirm that systems for remote physical contact with embodied device and with operator's live video improve the reality of the contact sensation. As a result, we concluded that the two factors improve the reality of the contact sensation.

### 1. はじめに

遠隔地にいる相手との身体接触を再現する様々なデバイスが研究, 開発されてきた. その一例として Hooman Samani らによって開発された Kissenger[Samani 11], Flank Vetere らによる Hug Over a Distance[Vetere 05], 遠隔地間で握手を再現するデバイス[Kasuga 05]などがある. Kissenger はロボットに付いているシリコン製の唇にキスをすると相手側のロボットで圧力や力加減が再現されるデバイスである. Hug Over a Distance は遠隔ハグを再現するデバイスであり, 相手側が遠隔操作で空気圧によってジャケットを膨らませることができ, 着用者にハグの感覚を与える仕組みになっている.

以上のように, 種々の身体接触を遠隔地間で再現するデバイスは研究, 開発されているが, このようなデバイスにおいてどのような要因が接触感覚のリアリティを生み出すかということは明らかにされていない. そこで本研究では, その要因を考え, 実験により検証した.

考えられる要因の 1 つとして, デバイスの身体性が挙げられる. デバイスの外見, 形状が人間の身体性をリアルに再現したものであれば, それを操作者の身体の一部であると感じやすいと考えられるからである. 実際, 人の手をリアルに再現したロボットハンドを用いた遠隔握手の実験[Nakanishi 2014]において, 実際に遠隔地の人と握手をした感じがしたと評価した被験者が多くいる. しかし, 身体性を有しないデバイスとの比較は行われていないため, その比較を本研究で行った.

2 つ目の要因として, 操作者の存在感が考えられる. その理由として, 操作者の存在感が感じられることにより, デバイスを実際に操作者が操作しているという感覚が強くなり, そのデバイスとの接触が, 操作者との接触の様に感じられることが期待されるからである. 遠隔地にいる相手の存在感を向上させる代表的な方法として, 相手の等身大の映像を提示すればよいことが知られている[Prussog 94]. 本研究でも相手の存在感を向上させるために映像を提示する方法を採用し, 映像の有無が身体接触のリアリティに与える影響を検証した.

### 2. 実験

#### 2.1 仮説

本実験の目的は, デバイスの身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティに与える影響を解明することである. デバイスに身体性を付与することは, そのデバイスが操作者の身体の一部であると感じられることが期待される. そこで次の仮説 1 を立てた.

**仮説 1:** デバイスの身体性は接触感覚のリアリティを向上させる.

また, 操作者の存在感が感じられると, デバイスを実際に操作者が操作していると感じられると考えられる. そこで次の仮説 2 を立てた.

**仮説 2:** 操作者の存在感は接触感覚のリアリティを向上させる.

#### 2.2 実験タスク

身体接触には様々なものがあるが, 本研究では, デバイスの身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティに与える影響を調べるため, 会話など接触感覚以外の要素を排し, かつ接触感覚に集中できるタスクが望ましいと考えた. このことから, 本実験では, 遠隔マッサージを受けるというタスクを採用した.

#### 2.3 マッサージ用ロボットハンド

身体性を有する遠隔マッサージ用デバイスとして, 図 1 のような人の手の外見をリアルに再現したマッサージ用ロボットハンドを開発した. 図 2 にロボットハンドの指の構造を示す. 各関節はベアリング部分を軸にまっすぐに伸びた状態から 90 度曲がった状態の間で動くことができる. 指の上下には, 図のように蛇管(1本の PE ラインが通っており, これを図のように引くことで関節が回転し, 指を開閉させることができるようになっている. PE ラインは, 外部のサーボモータとつながっており, モータの回転によって巻き取ることで引く仕組みとなっている.

本ロボットハンドの操作方法は, 遠隔操作モードと自動モードの 2 種類がある. 遠隔操作モードでは図 3 に示すような, 各指に曲げセンサを内蔵した手袋を使用する. 操作者の指の曲げ具合をセンサで検出し, その値に応じてモータの回転量を定めることで, 操作者の手の動きとロボットハンドの動きを同期させる.

自動モードでは、モータの回転量を時間の周期関数として与える。後述するように、実験ではそれぞれのモードをその特徴に応じて使い分けた。

ロボットハンドの外見と形状を人の手に近づけるために、ゴム硬度 0 の人肌ゲルで覆った。本研究では、デバイスの身体性を、リアルな外見、形状と定義し、一般に人の手が有する柔らかさや体温といった要素は含まない。従って、外見以外の要素は実験で比較対象に用いた一般的なマッサージ器と一致させる必要があり、各指には人肌ゲルの上からマッサージ器の揉み玉と同じ程度の固さのゴムを貼り付けた。図 1 はそれらの上から手袋を被せたものである。

## 2.4 実験条件

デバイスの身体性の有無が接触感覚のリアリティに与える影響を調べるためには、身体性を有するデバイスと有しないデバイスを比較する必要がある。本研究において、身体性とはリアルな外見、形状を意味する。身体性を有するデバイスとして我々が開発したマッサージ用ロボットハンドを、身体性を有しないデバイスとして市販の一般的なマッサージ器を用いた。

また、操作者の存在感は本実験では操作者の映像を提示することにより与え、映像がある場合とない場合とで接触感覚のリアリティに与える影響を比較した。

実験条件としては、上記 2 つの要因の組み合わせとして図 4 のように、以下の 4 条件を設定した。

**映像あり身体性あり条件:** 操作者の映像を見ながら、ロボットハンドを用いたマッサージを受ける。

**映像なし身体性あり条件:** 操作者の映像を見ずに、ロボットハンドを用いたマッサージを受ける。

**映像あり身体性なし条件:** 操作者の映像を見ながら、マッサージ器を用いたマッサージを受ける。

**映像なし身体性なし条件:** 操作者の映像を見ずに、マッサージ器を用いたマッサージを受ける。

## 2.5 実験手順

実験を開始する前に、被験者に対して事前説明を行った。ここでは、本実験では腕のマッサージを受けてもらうことを説明し、ロボットハンド及びマッサージ器がどちらも遠隔操作によって動かすことができることを伝えた。このことを信じてもらうために、ロボットハンドについてのみ、遠隔操作モードを用いて説明者の手とロボットハンドが同期して動かす様子を実演した。その後、両方のデバイスによるマッサージを受けてもらい、マッサージの強さが両者で同じになるようにロボットハンドの握力をモータの回転量を調節した。

以上の事前説明が終了した後、前節で述べた 4 条件の実験を行った。順序による効果をなくすために、実施する条件の順番は被験者ごとに変えた。

いずれの条件においても冒頭、被験者に、デバイスは遠隔地にいる人が操作していること及び操作者とは音声がつながっていることを伝えた。各条件ともマッサージ前の挨拶部、マッサージ部、マッサージ後の挨拶部の 3 つの部分からなっている。

マッサージ前の挨拶部では、操作者が「こんにちは」と被験者に話しかけ、被験者がこれに応えると、操作者が「それでは、これからマッサージを始めさせていただきます」と言う。

その後、マッサージ部に入り、ロボットハンドまたはマッサージ器によるマッサージを 1 分間行う。この際、会話は一切行わない。

マッサージ開始から 1 分が経過すると、操作者が「それでは、これでマッサージを終わらせていただきます。ありがとうございました」と言い、マッサージをやめ、実験終了である。



図 1 マッサージ用ロボットハンド



図 2 指の構造



図 3 遠隔操作用手袋

		身体性	
		なし	あり
映像	なし	映像なし 身体性なし条件	映像なし 身体性あり条件
	あり	映像あり 身体性なし条件	映像あり 身体性あり条件

図 4 実験条件

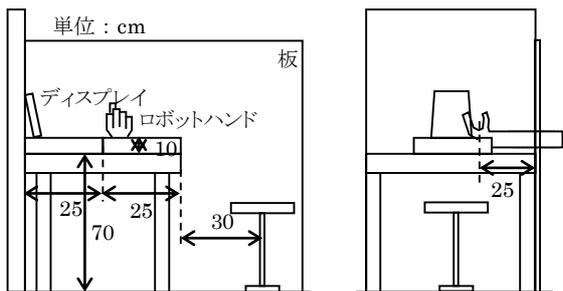


図5 実験環境

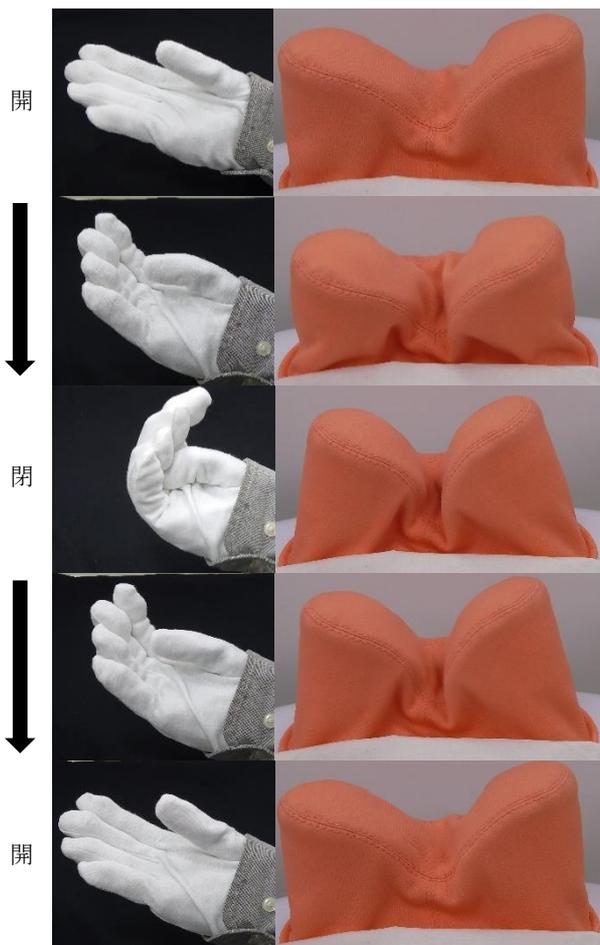


図6 ロボットハンドとマッサージ器の動き

事前説明では、ロボットハンドもマッサージ器も遠隔操作で動くと被験者には説明したが、4つの条件においては両者の動きを統制するために自動モードを用いた。

## 2.6 実験環境

図5は映像あり身体性あり条件の実験環境を示したものである。映像なし条件ではディスプレイが無くなり、身体性なし条件ではロボットハンドがマッサージ器に変わるが、それ以外の相違点はない。

### (1) 音声

スピーカとマイクが被験者側と操作者側の両方にある。被験者側のスピーカとマイクは図5の板の裏に設置されており、ロボットハンドが伸びている方向から操作者の声が聞こえてくるようになっている。

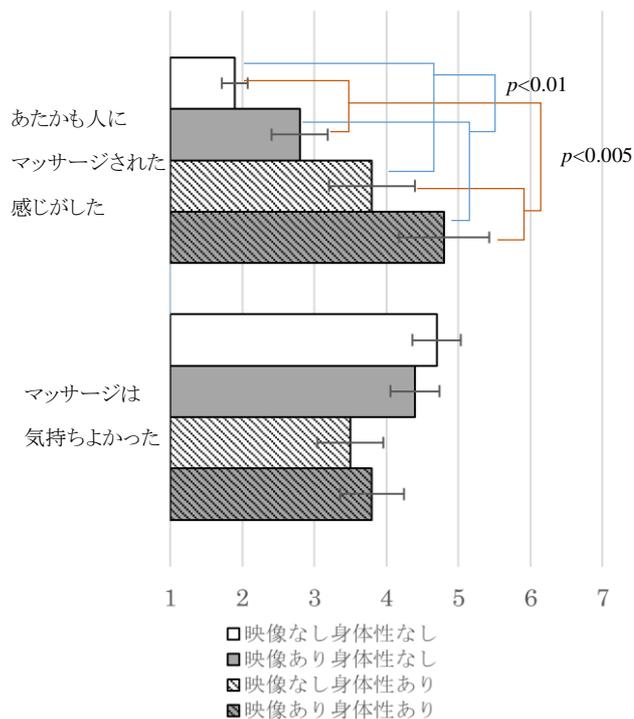


図7 実験結果

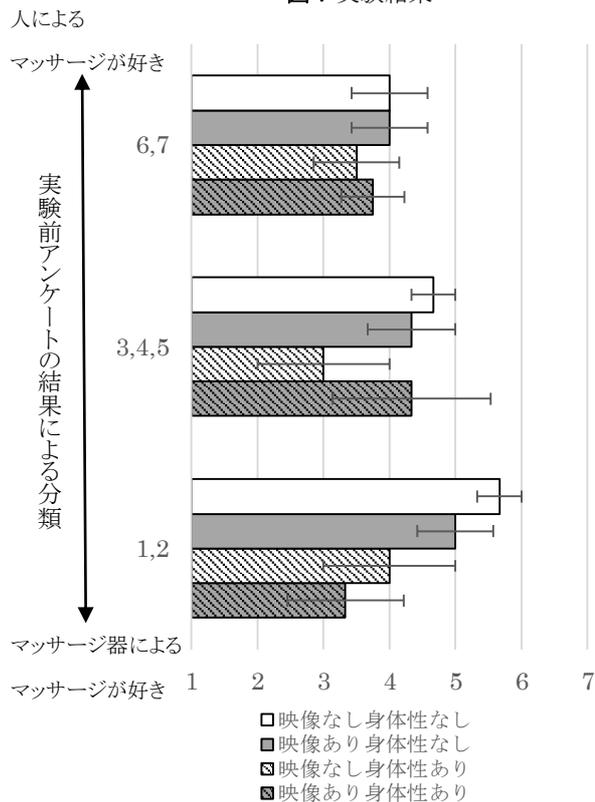


図8 グループごとに分けた気持ちよさに関する結果

### (2) 映像

映像あり条件では操作者の映像を10インチディスプレイにより被験者に提示した。ディスプレイは被験者に正対させて正面の壁に縦長に立てかけた。映像の範囲は、操作者の胸部より上である。

### (3) マッサージ

ロボットハンドまたはマッサージ器を用いて、右腕の手三里というツボを刺激した。ロボットハンドとマッサージ器の動きを図 6 に示す。マッサージ器は実験の際には図 4 のように白い布で包んだ。

## 2.7 アンケート

実験前後に被験者に対して以下のアンケートを行った。

### (1) 実験前に行ったアンケート

- 人によるマッサージと、マッサージ器のどちらが好きか。

この質問は、7 段階で答えてもらい、1 に近いほどマッサージ器が好き、7 に近いほど人によるマッサージが好きとした。

### (2) 実験後に行ったアンケート

- マッサージは気持ちよかった。
- あたかも人にマッサージをされた感じがした。

この質問は、7 段階のリッカート尺度で答えてもらった。1 が全く当てはまらない、2 が当てはまらない、3 がやや当てはまらない、4 がどちらともいえない、5 がやや当てはまる、6 が当てはまる、7 が非常によくあてはまる、にそれぞれ対応する。

## 3. 結果・考察

我々の大学の近くに住む大学生 10 人に対して被験者内実験を行った。あたかも人にマッサージをされた感じがした、及びマッサージは気持ちよかった、の項目の結果を図 7 に示す。棒グラフは平均値を、エラーバーは標準誤差を表す。あたかも人にマッサージをされた感じがした、の項目についてデバイスの身体性と操作者の存在感を要因とする対応ありの二要因分散分析を行った結果、デバイスの身体性( $F(1,9)=19.87, p<0.005$ )、操作者の存在感( $F(1,9)=11.24, p<0.01$ )で主効果が有意である。これは、仮説 1、仮説 2 を支持する結果である。身体性あり条件では、ロボットハンドについて、「マッサージ器とは違って機械的な見た目ではなく、人の手の形をしている」、「壁の向こうから実際に人が手を出してマッサージをしてくれたようであった」の意見があったが、このことから、身体性が重要であることが分かる。また、「市販のマッサージ器は動きが人のものではない」などの意見から、ロボットハンドは単に外見、形状がリアルだけでなく、形状がリアルであるために動きも人の手に似ており、そのことが実際に人にマッサージをされた感覚を向上させていると考えられる。

映像あり条件では、被験者の意見として「画面の中にいる人の顔を見ると、人にマッサージをされているという実感がわいた」という意見があったように、遠隔地にいる操作者の存在を意識し、より実際に人にマッサージをされた感覚が増したと考えられる。

次に、身体性と操作者の存在感がそれぞれ接触感覚に与える影響の大きさを比較する。図 7 から、映像なし身体性なし条件を基準として、そこに映像だけを加えた映像あり身体性なし条件よりも、身体性だけを加えた映像なし身体性あり条件の方が、評価が高くなっていることが分かり、身体性の影響の方が大きいといえる。これは、操作者の映像があってもマッサージ器は機械的な外見であるため、人にされたとは感じられないためであるとされる。中には「操作者の映像はあるのに、マッサージ器が機械的であることに違和感がある」という意見があり、映像を加えたことがマイナス要因になる可能性があることも考えられる。

次に、マッサージは気持ちよかった、の項目について述べる。図 7 より、身体性なし条件の方が高くなっているが、「マッサージ

器は元々マッサージのために作られているため気持ちよい」という意見があり、ロボットハンドのクオリティが低いことが影響していると考えられる。しかし、この結果を実験前に行った、人によるマッサージとマッサージ器のどちらが好きか、というアンケートの結果に従って被験者をグループ分けし、グループごとに本項目の結果を示すと図 8 のようになる。グループ分けは、実験前のアンケートにおいて 1,2 を選んだグループ、3,4,5 を選んだグループ、6,7 を選んだグループに分け、図 8 の縦軸に示した。この図から、1,2 を選んだマッサージ器の方が好きなグループ、3,4,5 を選んだ中間的なグループ、6,7 を選んだ人によるマッサージが好きなグループと進むにつれて、身体性あり条件の評価が身体性なし条件に対して相対的に上昇していることが分かる。この結果は、デバイスに身体性を付与することによって確かに接触感覚のリアリティが向上していることを示しているといえる。

## 4. おわりに

本研究では、遠隔接触デバイスにおいて、デバイスの身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティを向上させるのではないかと考え、これを検証するために、遠隔マッサージを受けるというタスクで実験を行った。

その結果、身体性を有するロボットハンドを用いた場合、及び操作者の映像を提示した場合に実際に人にマッサージされた感覚が向上しており、身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティを向上させることが分かった。

## 謝辞

本研究は、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)」からの支援を受けた。

## 参考文献

- [Kasuga 05] Kasuga, T. and Hashimoto, M.: Human-Robot Handshaking using Neural Oscillators, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3813-3815, IEEE, 2005.
- [Nakanishi 2014] Nakanishi, H. Tanaka, K. and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence, International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2014), 2014.
- [Prussog 94] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications, Proceedings of Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society, pp.25-38, SAGE, 1994.
- [Samani 12] Samani, H. A., Parsani, R., Rodriguez, T. R., Saadatian, E., Dissanavale, K. H. and Cheok, A. D.: Kissenger: Design of a Kiss Transmission Device, Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference, pp.48-57, ACM, 2012.
- [Vetere 05] Vetere, F., Gibbs, M. R., Kjeldskov, J., Howard, S., Mueller, F., Pedell, S., Mecoles, K. and Bunyan, M.: Mediating Intimacy: Designing Technologies to Support Strong-Tie Relationships, CHI '05 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.471-480, ACM, 2005.