

# 外装温度を可変としたロボットハンドが ユーザの安心感に与える影響

Studying the Influence of a Robot Hand that is Capable of Changing its Surface Temperature on a Sense of Security of Humans

柏井 雄登\*<sup>1</sup> 田中 文英\*<sup>2</sup>  
Yuto Kashiwai Fumihide Tanaka

\*<sup>1</sup>筑波大学 理工学群 工学システム学類  
College of Engineering Systems, School of Science and Engineering, University of Tsukuba

\*<sup>2</sup>筑波大学 システム情報系 知能機能工学域  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

In this study, we developed a robot hand for handshaking that could change its surface temperature, and investigated the optimal combination of parameters that achieved high sense of security during handshaking. Considering the appearance of the robot, the temperature of the robot hand, and the tactile sensation as parameters, we investigated how such impression as discomfort of the combination of the robot hand temperature and tactile sensation, reality of robot hand, and the comfort and stress of the robot changed according to the combination of those parameters. Results show that regardless of the appearance of the robot, users felt high sense of security for the robot when the humanity of the robot hand was perceived high. It is also suggested that the stress of the robot increases when the user feels uncomfortable with the combination of the robot hand temperature and tactile sensation.

## 1. はじめに

コミュニケーションロボットの普及に伴い、商業施設などでロボットが接客を行うという場面が増えてきている。しかし、ユーザがそういったロボットに対して不安や抵抗を抱いてしまっているという問題がある [株式会社クロス・マーケティング 16]。そこで、ユーザが不安などを感じずに、安心感を感じることができるロボットの開発が必要である。

握手は人間同士で頻繁に行われるインタラクションであり、相手に安心感を与え、双方の関係を良好に構築できる。人間とロボットの握手でもこういった効果は期待できる。また、Nieらはユーザが体温を持ったヒューマノイドロボットと身体的インタラクションを行うことで、そのロボットに対する友情と信頼が高まることを明らかにしている [Nie 12]。Moriらの研究 [Mori 70] では、ある地点まではロボットの人間との類似性が高まるとユーザのロボットに対する親しみが向上することが明らかにされている。よって、ロボットハンドの温度などのパラメータを人間に近づけることで、ユーザのロボットに対する安心感の向上が期待できる。しかし、Nieらの研究 [Nie 12] ではロボットの見た目と人間のような温度のギャップにより、ユーザが恐怖も感じてしまった結果が得られている。したがって、ロボットの温度などを人間に近づける場合、外観などの他のパラメータとの組み合わせを違和感がないものにするべきだと考えられるが、それについての研究はまだ行われていない。

そこで本研究では、握手によってユーザに安心感を与えるロボットハンドの最適なパラメータの組み合わせの探索を行うことを目的とする。本研究で変化させるパラメータは、ロボットの外観、ロボットハンドの温度、触感とし、それらの組み合わせによって、ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感、ロボットハンドの人間らしさ、ユーザのロボットに対する安心感がどう変化するか調べ、それらの変化の相関関係を調査する。

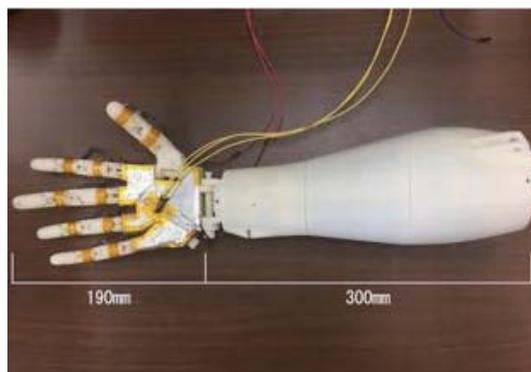


図 1: 開発したロボットハンド

## 2. 握手用ロボットハンド

安心感をユーザに与えるロボットハンドの最適なパラメータの組み合わせの探索を行うために、図 1 に示す外装温度を可変としたロボットハンドの開発を行った。ロボットハンドの骨格は InMoov [Langevin 15] で公開されている STL データを用いて制作し、表面にヒータを取り付けることで外装温度を可変とした。また、触感も可変とするために、本ロボットハンドに装着可能な、人肌の触感を再現したカバーの作成も行なった。図 2 にそのカバーを装着した状態を示す。なお、指部分に装着したヒータの仕様とカバーの材質は田中らの握手用ロボットハンド [田中 15] を参考にした。

## 3. 実験

### 3.1 目的と仮説

本実験の目的は、ロボットハンドとの握手によって安心感をユーザに与える最適なパラメータの組み合わせの探索を行うことである。Nieらの研究 [Nie 12] より、体温を持ったロボッ



図 2: 人肌を再現したカバー装着した状態のロボットハンド

トと身体的インタラクションを行うことで、ユーザのロボットに対する友情や信頼が高まること明らかにしているが、ロボットらしい見た目と人間の体温のような外装温度によって、ユーザがロボットに対して恐怖も抱いてしまうことも明らかになっている。本研究では、友情や信頼をポジティブな印象、恐怖をネガティブな印象と認識する。また、本実験で使用するアンケートは上出寛子ホームページで公開されているヒューマノイドロボットに対する心理的安心感を評価する心理評価尺度 [上出 12] をもとに作成したが、評価を行う際、ポジティブな印象は快適性、ネガティブな印象はストレスと表すこととした。以上より、次のような仮説を立てた。

**仮説 1-1 :** 見た目の人間らしさが低いロボットでは、ロボットハンドの人間らしさが高いほど快適性は大きくなるがストレスも大きくなる。

**仮説 1-2 :** 見た目の人間らしさが高いロボットでは、ロボットハンドの人間らしさが高いほど快適性は大きくなり、ストレスは小さくなる。

また、我々はロボットの外観と温度の組み合わせのギャップと同様に、ユーザがロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感によって、ロボットに対してネガティブな印象を抱くと予想し次のような仮説も立てた。

**仮説 2 :** 温度と触感の組み合わせの違和感が大きくなるとストレスが大きくなる。

したがって、本実験では 2 種類のロボットについて、外観の人間らしさ、ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感、ロボットハンドの人間らしさ、握手によるユーザのロボットに対する安心感を調査した。

### 3.2 パラメータ

ロボットの外観として、スクリーンに図 3 に示す 2 種類のロボットの動画を映し出す。ロボット 1 は株式会社日立製作所の EMIEW3、ロボット 2 は長崎県佐世保市の「変なホテル」で利用されているゆめこである。それぞれのロボットの動画は約 10 秒で、台詞として、「初めまして、私は接客ロボットです。あなたのお手伝いをいたします。よろしくお願いします。」という音声を流す。なお、それぞれのロボットで流した音声は同じである。ロボットハンドの触感は、図 1 の何も加工をしない硬い状態（プラスチック）と、図 2 の人肌の触感を再現したカバーを取り付けた人肌状態を用意した。ロボットハンドの温度は、



ロボット 1  
株式会社日立製作所のEMIEW3

ロボット 2  
長崎県佐世保市の「変なホテル」で  
利用されているゆめこ

図 3: 実験で使ったロボットの外観

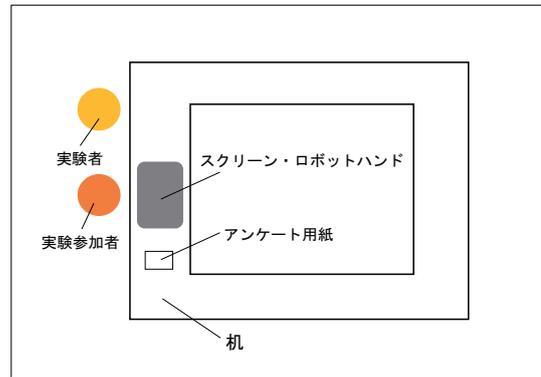


図 4: 実験を行なった部屋の配置図

ヒータを作動させない常温状態 (22 °C) と、ヒータを作動させた体温状態 (36 °C) を用意した。実験ではこれらのパラメータを組み合わせた合計 8 種類の条件の比較を行う。

### 3.3 実験環境

実験を行なった部屋の配置図を図 4、実験中の様子を図 5 に示す。実験時に、実験参加者から見えるものをロボットの動画のみとするために、動画を映し出すスクリーンを穴の空いた箱で覆い、実験参加者にその穴を覗きながらロボットハンドと握手をしてもらった。動画の再生中には、ロボットのセリフ音声を流すので、実験参加者にはヘッドホンをしてもらった。また、ロボットハンドの見た目による影響を除くために、箱の下部にはロボットハンドを隠す布を取り付けた。室温は空調を用いて 22 °C に設定した。

### 3.4 実験参加者

本実験の実験参加者は、筑波大学田中文英研究室の学生 6 名 (男性 4 名、女性 2 名) であった。実験は 1 人あたり比較する 8 つの条件全てを経験する参加者内配置で行なった。また、各実験参加者で経験する実験条件の順番は変えており、順序効果が少なくなるように考慮した。

### 3.5 実験手順

実験は大きく分けて、ロボットの外観の人間らしさを評価する事前実験と、動画を見ながらロボットハンドと握手をしてロボットとロボットハンドの評価を行う主実験の 2 段階で構成した。また、本実験はユーザが初めて出会った接客用コミュニケーションロボットから挨拶として握手を求められるという場面を想定して行う。

#### 事前実験

まず、実験参加者には図 3 に示す 2 種類のロボットの外観の人間らしさについてアンケート評価をしてもらった。



図 5: 実験中の様子: 実験参加者は箱の中を覗いてロボットの動画を見ながら箱の下の空間でロボットハンドと握手をする

この評価の際、実験参加者にはアンケート項目を確認後、ロボット 1 の動画を見てアンケートに回答してもらい、その後、ロボット 2 の動画を見てアンケートに回答してもらった。この時、実験参加者が 1 度動画を見ただけではアンケートに答えるには不十分だと感じた場合には複数回見ることを認めた。

### 主実験

主実験では、実験参加者にはロボットの動画を見ながら 10 秒ほどロボットハンドと握手をしてもらい、ロボットとロボットハンドの印象について評価をもらった。初めに、実験者が実験参加者に対して場面設定の説明を行った。その後、実験参加者にアンケート項目の確認をもらい、ヘッドホンを装着してロボットハンドを軽く握りながらスクリーンを覗いてもらった。実験者は実験参加者の以上の準備が完了したことを確認し、リモート操作によって動画の再生を行うと同時にロボットハンドを閉じるよう動作させ、実験参加者とロボットハンドの握手を開始した。実験者はロボットの動画が終了したことを確認し、ロボットハンドを開くよう動作させ、実験参加者とロボットハンドの握手を終了させた。以上の流れを終えた後、実験参加者にアンケートの回答をもらった。もし一度のインタラクションのみでは評価が難しいということであれば、複数回のインタラクションを認めた。

### 3.6 アンケート

本実験で使用するアンケートは上出寛子ホームページで公開されているヒューマノイドロボットに対する心理的安心感評価 [上出 12] を参考に作成した。この心理評価尺度に含まれる質問項目は、大きく分けて、快適性、ストレス、性能の高さ、統制可能性、ロボットらしさの 5 つの因子に分類されている。これらのうち、本実験の目的に準じたものとして、快適性、ストレス、ロボットらしさを使用するアンケートに採用した。ただし、本実験ではロボットとロボットハンドにおいて、人間らしさの評価を行うため、ロボットらしさに含まれる質問項目のうち逆転項目のスコアは逆転させず、逆転項目でない項目のスコアを逆転させることで、ロボットらしさを人間らしさという因子として扱うものとする。また、快適性は主にポジティブな印象、ストレスは主にネガティブな印象として扱い、快適性が高く、ストレスが低く評価された場合には、その結果を「ユーザがロボットに対して安心感を感じた」と認識するものとする。また、ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感を評価する質問項目は以下のように我々が作成した。

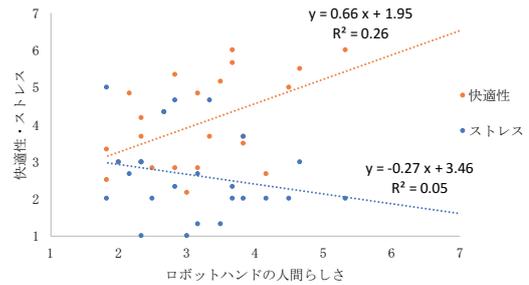


図 6: ロボット 1 に関するロボットハンドの人間らしさ - 快適性、ロボットハンドの人間らしさ - ストレス

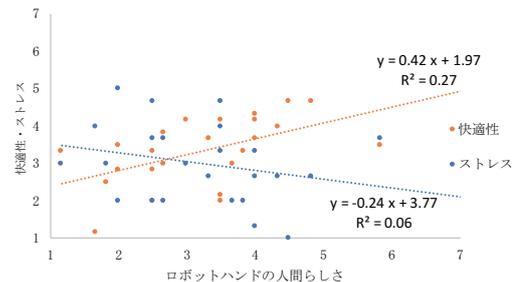


図 7: ロボット 2 に関するロボットハンドの人間らしさ - 快適性、ロボットハンドの人間らしさ - ストレス

- ロボットハンドの触感に対して、表面の温度に違和感がある (触感と温度の組み合わせが妥当でない)

実験参加者は各質問項目に対して、7 段階のリッカート尺度で回答した。1 は全く当てはまらない、2 は当てはまらない、3 はやや当てはまらない、4 はどちらともいえない、5 はやや当てはまる、6 は当てはまる、7 は非常に当てはまる、に対応させた。

## 4. 実験結果

図 6 と図 7 にロボットハンドの人間らしさが快適性とストレスに与える影響をロボットの外観ごとにまとめた結果を示す。各散布図は各質問項目のスコアを平均したものを条件、実験参加者ごとにプロットしたもので、快適性とストレスに関する結果を同じ図中にまとめた。また、2 本の点線は快適性、ストレスについての回帰直線を示している。相関分析の結果、図 6 のロボットの外観がロボット 1 であるときのロボットハンドの人間らしさと快適性の間の相関係数は 0.51 なので、2 つの間に正の相関があることが確かめられた。また、ロボットハンドの人間らしさとストレスの間の相関係数は -0.21 なので、2 つの間に弱い負の相関があることが確かめられた。図 7 のロボットの外観がロボット 2 であるときのロボットハンドの人間らしさと快適性の間の相関係数は 0.52 なので、2 つの間に正の相関があることが確かめられた。また、ロボットハンドの人間らしさとストレスの間の相関係数は -0.25 なので、2 つの間に弱い負の相関があることが確かめられた。

図 8、図 9 にロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感が快適性、ストレスに与える影響に関する結果を示す。各散布図は各質問項目のスコアを平均したものを条件、実験参加

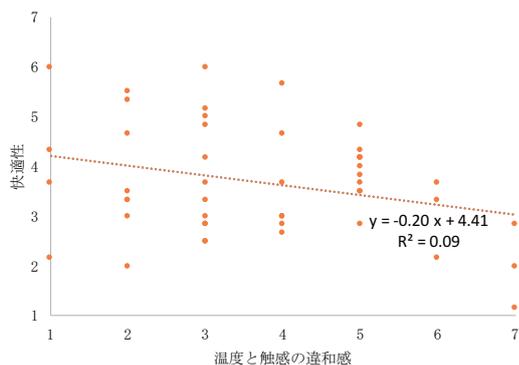


図 8: 温度と触感の組み合わせの違和感 - 快適性

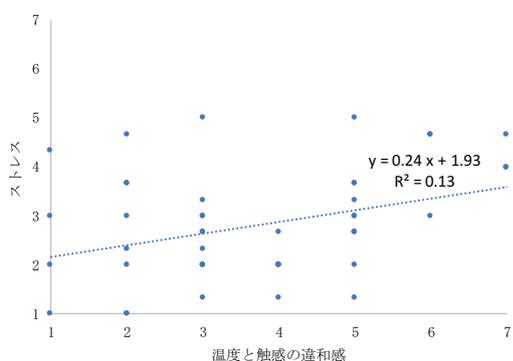


図 9: 温度と触感の組み合わせの違和感 - ストレス

者ごとにプロットしたものである。また、図中の点線は回帰直線を示している。相関分析の結果、図 8 のロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感と快適性の間では相関係数は  $-0.29$  なので、2 つの間に弱い負の相関があることが確かめられた。図 9 のロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感とストレスの間の相関係数は  $0.35$  なので、2 つの間に弱い正の相関があることが確かめられた。

## 5. 考察

### 5.1 ロボットハンドの人間らしさが安心感に与える影響

図 6, 図 7 より、快適性に正の相関、ストレスに弱い負の相関が見られたので、ロボットの外観の人間らしさに関わらず、ロボットハンドの人間らしが高まると快適性は向上し、ストレスは減少することが確かめられた。よって、ロボットハンドの人間らしが高まればユーザのロボットに対する安心感は向上することが示唆された。またこの結果より、仮説 1-1 は支持されず、仮説 1-2 は支持される結果となった。仮説 1-1 が示されなかった原因として、Nie らの研究 [Nie 12] では温度のみを人間のものに近づけていたが、本研究では温度に加え触感も人間のものに近づけていたため、その効果が予想よりも大きかった可能性がある。また、実験で比較したロボットの外観の種類は 2 種類であったため、さらに外観の人間らしさが低いロボットを使用した場合は仮説 1-1 が支持される結果が得られる可能性がある。これについては今後の課題である。

### 5.2 ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感が安心感に与える影響

図 9 より、ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感とストレスの間に弱い正の相関が見られたことから仮説 2 が支持された。また、図 8 よりこの違和感と快適性の間に弱い負の相関が見られたことも踏まえると、この違和感が小さければ安心感は向上することが示唆された。

## 6. おわりに

本研究では、外装温度が可変な握手用ロボットハンドを開発し、握手でユーザに安心感を与える最適なパラメータの組み合わせの探索を行った。パラメータは、ロボットの外観、ロボットハンドの温度、触感に焦点を当て、それらの組み合わせで、ロボットハンドの温度と触感の組み合わせの違和感、ロボットハンドの人間らしさ、ロボットの快適性、ストレスがどう変化するか調べ、それらの相関関係を調査した。実験結果から、ロボットの外観に関わらずロボットハンドの人間らしさが高いほど安心感が向上することが示唆された。また、ユーザがロボットハンドの温度と触感の組み合わせに違和感を感じた時にロボットへのストレスが大きくなり、安心感が低下することも示唆された。つまり、握手によるユーザのロボットに対する安心感に関して、各パラメータの組み合わせは重要であり、同時にロボットハンドの人間らしさも重視すべき点である可能性がある。

また課題として、仮説 1-1 が支持されなかったことについて、ロボットの外観の比較数が少なかったことが挙げられたので、本研究で使用したロボットの外観よりもさらに人間らしさが低いロボットを使用して実験を行い、ロボットハンドの人間らしさとストレスの相関がどう変わるかを調査する必要がある。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K19993 の支援を受けて行われた。

## 参考文献

- [Langevin 15] Langevin, G. : InMoov (2015). <http://www.inmoov.fr/project/> (2018 年 2 月参照)
- [Mori 70] Mori, M. : The uncanny valley. Energy, Vol. 7, No. 4, pp. 33-35, 1970.
- [Nie 12] Nie, J. , Park, M. , Martin, L. A. , and Sundar, S. S. : Can you hold my hand? physical warmth in human-robot interaction, In Human-Robot Interaction (HRI), 2012 7th ACM/IEEE International Conference on, pp. 201-202. IEEE, 2012.
- [株式会社クロス・マーケティング 16] 株式会社クロス・マーケティング, コミュニケーションロボットによる接客に関する調査 (2016). <https://www.cross-m.co.jp/report/it/rb20160531/>. (2018 年 2 月参照)
- [上出 12] 上出寛子 : 上出寛子ホームページ, ヒューマノイドロボットに対する心理的安心感評価 (2012). <http://kamidehiroko.jp/other.html> (2018 年 2 月参照)
- [田中 15] 田中一晶, 和田侑也, 中西英之 : ビデオ会議と触覚提示デバイスの一体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 4, pp. 1228-1236, 2015.