



# 足首への触覚刺激を介した遠隔コミュニケーション に関する基礎研究

A Basic Study on Remote Communication  
with Tactile Stimulation to the Ankle

伊藤万由子<sup>1)</sup>, 渡邊淳司<sup>2)</sup>, 田中由浩<sup>1)3)</sup>

Mayuko ITO, Junji WATANABE, Yoshihiro TANAKA

- 1) 名古屋工業大学 工学系研究科 (〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, t.kuhara.538@nitech.jp)  
2) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (〒 243 - 0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3 - 1)  
3) 稲盛科学研究機構 (〒 600-8411 京都市下京区烏丸通四条下ル水銀屋町 620 番地 COCON 烏丸 7F)

**概要:** Covid-19 の影響により遠隔コミュニケーション技術が注目され, 遠隔での身体的コミュニケーションに関する研究も行われている. 本研究では特に「存在感」に対する默示的な身体性情報の役割に着目し, 相手の動きに応じ足首に触覚刺激を提示するシステムを開発した. 本システムの構成および, 触覚伝送による心理的影響に関する調査の結果を報告する.

**キーワード:** コミュニケーション, 触覚伝送, ソーシャルハプティクス

## 1. 緒言

Covid-19 の影響により遠隔コミュニケーション技術が注目され, 遠隔で触覚情報を伝送するシステムも提案されている [1]. また, そのような技術を用いて触覚コミュニケーションを行うことで, 遠隔地にいても相手の存在感を得られることが報告されている [2]. 筆者らはこれまでに遠隔での視聴覚コミュニケーションに加え圧迫刺激を伝送するシステムを開発し, 心理学的手法を用いた実験から, システムを用いた圧迫刺激の伝送が情動の変化に影響をもたらす可能性を示した [3]. また田中ら [4] は, 遠隔握手を再現するインターフェースをビデオ会議システムに実装し, 双方性の遠隔触覚が相手が近くにいる感覚を惹起することを報告した.

このように視聴覚コミュニケーションに触覚情報を付与する場合, 言語コミュニケーションを促進する役割として明示的な触覚刺激が利用されることが多い. 一方で, 足湯で他者が足を動かした振動をお湯越しに感じる際や, 机の下で対面に座る相手の足が当たる感覚など, 明示的でない身体性情報からも存在感は惹起されると考えられる. そこで本研究では特に足元でのコミュニケーションに着目する. 足元へ触覚刺激を提示するシステムの多くは振動や温度を用いているが [5], 前述の通り握手やハグのような圧迫刺激にも効果が期待できる.

本研究では足の踏み込みに応じ相手の足首へ圧迫刺激を提示するシステムを開発した. また, システムを用いた際に触覚刺激の伝送がもたらす心理的影響を定量的に分析するため, 心理学的手法を用いて実験を行なった. 本稿で

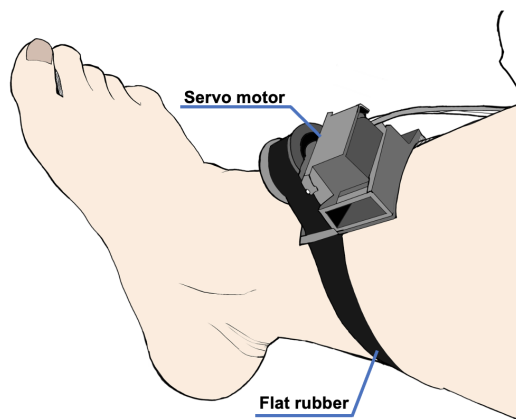


図 1: 圧迫刺激提示装置

は開発したシステムの構成および, 本システムを用いた触覚コミュニケーションがもたらす心理的影響の調査結果について述べる.

## 2. 足首への触覚刺激を介した遠隔コミュニケーションシステム

本研究では図 1 に示す装置を用いて圧迫刺激を提示した. 平ゴムで足首を巻く形状であり, サーボモータ (SG90 digital servo, Tower Pro Pte., Ltd.) が回転することで平ゴムが巻き取られ腕が締め付けられる. ウェアラブルかつ足元への装着であるため, 手元の作業に干渉しない. 平ゴムの締め付け具合はアジャスターで調節可能になっており, 使用者による足首の太さの違いへの対応や, 圧迫刺激の提示場所

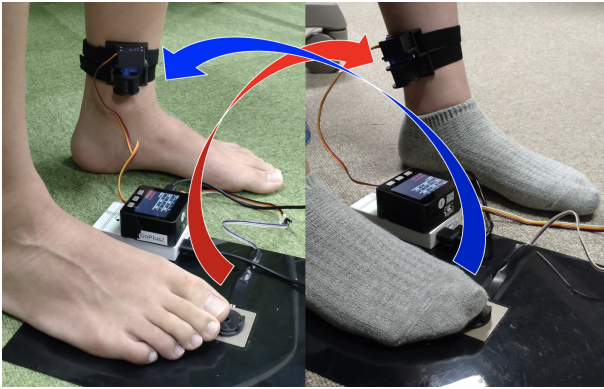


図 2: システムの使用イメージ

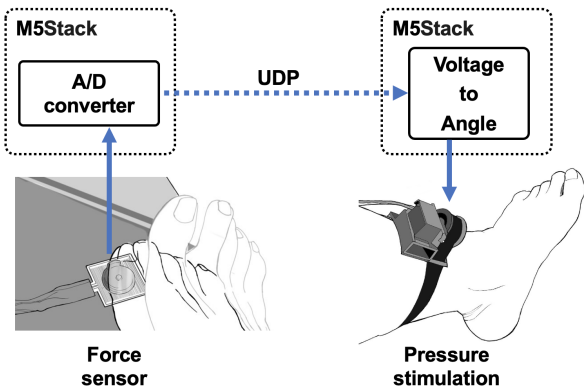


図 3: システムの構成

をふくらはぎや前腕等に変えることが可能である。

図 2 に今回開発した遠隔触覚コミュニケーションシステムを使用した際の様子を、図 3 にシステムの構成を示す。センサ部分を足で踏みつけると、圧力センサ (MF02-N-221-A01, Taiwan Alpha Electronic Co., Ltd.) から取得した電圧値が M5Stack (SKU:K001-V26, M5Stack Technology Co., Ltd.) を介して UDP により無線で伝送される。受信側の M5Stack で電圧値からサーボモータの回転角に変換し制御することで、踏みつける力に応じた圧迫刺激が受信側の足首に提示される。

本システムはデバイス間の通信をマルチキャストで行なっているため、PC でもデータを受信し入力信号のログを取得することや、多人数でのインタラクションも可能である。また、入力用センサおよび提示装置の取り外しや入れ替えも容易である。そのため、センシング手法や提示する刺激の種類の変更のみならず、入力専用デバイスのみを複数用意することで 1 対多コミュニケーションとするなど、幅広い活用が可能である。

### 3. 実験方法

2 章で述べたシステムを用いて、触覚刺激が心理状態に与える影響について調査を行った。被験者は健康な 20 代の男女 16 名で、触覚刺激ありの実験を 8 名、触覚刺激なしの実験を 8 名に対して行った。被験者同士は互いに知り合いであり、1 度は会話を交わしたことがある者同士で 2 人 1 組

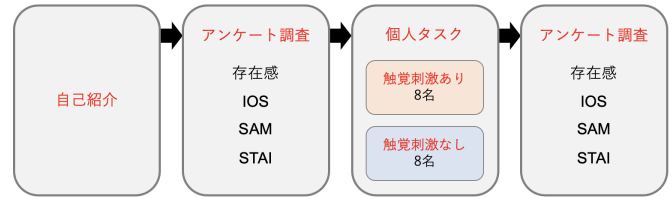


図 4: 実験デザイン

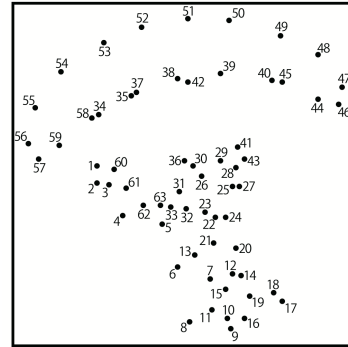


図 5: 個人タスク

となり実験に参加してもらった。実験の流れを図 4 に示す。

最初に Zoom(株式会社 Zoom Video Communication) を用いて被験者間で約 30 秒間の簡単な自己紹介をしてもらった。その後被験者にいくつかのアンケートに答えてもらい、被験者の心理状態を測定した。すべてのアンケートに回答した後、図 5 に示すような点つなぎパズル [6] の個人タスクに 20 分間取り組んでもらった。タスク中は足首に圧迫刺激提示装置を装着してもらい、触覚ありの条件ではセンサの踏みつけに応じた圧迫刺激が双方向に伝送された。なお、本システムがどのようにコミュニケーションに利用されるのかを調査するため、触覚刺激を提示するタイミングについては自由なタイミングで行うよう指示した。タスク終了後、タスク前に行ったものと同様なアンケートに答えてもらった。また実験終了後に、実験全体を通しての感想や装置の使用感等についての簡単なアンケートも行った。

具体的なアンケート内容について説明する。被験者の心理状態を測定するために、「存在感」「IOS[7]」「SAM[8]」「STAI[9]」の 4 項目についてアンケートを行った。存在感の評価では、「先程の自己紹介中/タスク中、相手の存在感をどの程度感じましたか」という質問に対し、0(何も感じない)から 10(すぐ隣に/目の前に座っている)の 11 段階で回答してもらった。Inclusion of Other in Self (IOS) は被験者が相手に対しどの程度の親密さを感じているかを測定するものであり、図を用いた 7 段階の尺度である [7]。Self-assessment manikin (SAM) は被験者の状態を覚醒度および感情価の 2 種類の尺度で測定するものであり、絵を用いて 9 段階で評価される [8]。STAI の Y-1 は被験者がその時どの程度不安に感じているかを測定するものであり、20 の質問からなる。文献 [9] に基づき算出した合計点を評価に用いる。各質問の順番はランダムとした。

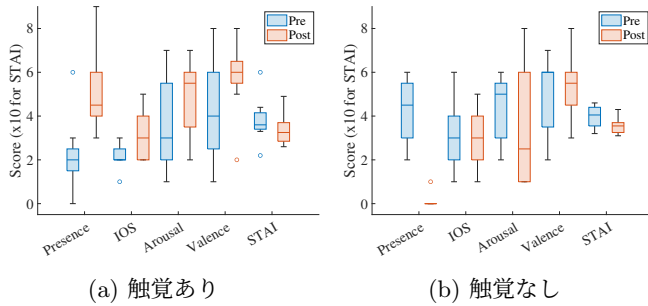


図 6: 実験結果

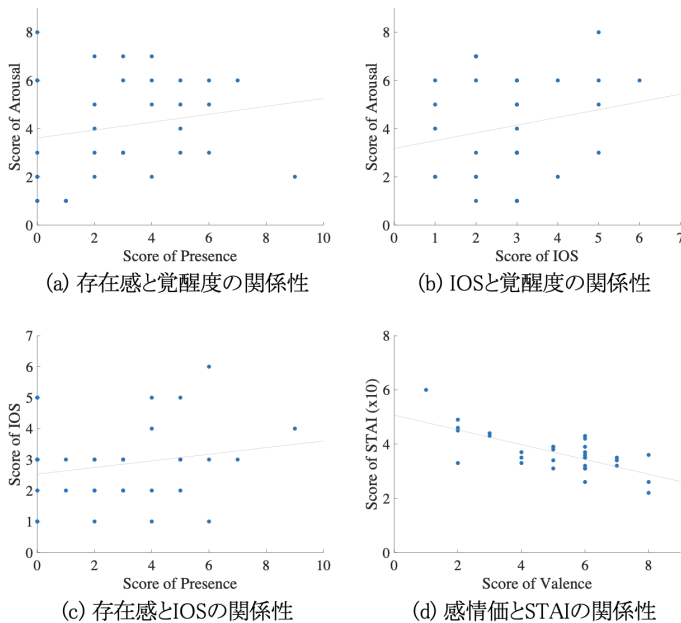


図 7: 各評価項目間の相関関係

解析にあたってはタスク前後での各測定値の差に着目し、触覚刺激の有無による測定値の変化を比較するため、各尺度についてウィルコクソンの符号順位検定を採用した。有意水準は 0.05 とした。

#### 4. 実験結果

図 6 は、各測定におけるタスク前後の結果を箱ひげ図に示したものである。タスク前後での各測定値の差を算出し、触覚刺激ありと触覚刺激なしで比較した結果、存在感 ( $p=0.007$ )、IOS ( $p=0.031$ )、覚醒度 ( $p=0.047$ ) に有意差が見られた。存在感および IOS 共に、触覚刺激ありの条件ではスコアが上昇し、触覚刺激なしの条件では下降する傾向が見られた。

図 7 は、各評価項目間の関係性を解析し、相関関係が得られた組み合わせについて散布図に示したものである。存在感と IOS ( $r=0.651$ ,  $p=0.006$ )、存在感と覚醒度 ( $r=0.513$ ,  $p=0.042$ )、IOS と覚醒度 ( $r=0.582$ ,  $p=0.018$ )、感情価と STAI ( $r=-0.660$ ,  $p=0.005$ ) に有意な相関関係が見られた。

#### 5. 考察

タスク前後でのスコアの変化について、触覚刺激なしの条件に対し触覚刺激ありの条件で有意に存在感のスコアが上昇したことから、触覚刺激によって存在感が惹起されたと言える。IOS についても同様に、触覚刺激なしの条件に対し触覚ありの条件で有意にスコアが上昇したことから、触覚刺激は IOS にポジティブな影響を与え、システムを介した触覚コミュニケーションにより心理的距離が有意に縮まることが示唆された。触覚なしの条件で存在感および IOS のスコアが下降する傾向が見られたのは、タスク中に伝送される相手からの情報量が自己紹介中よりも減少したためであると考えられる。タスク前のアンケート調査は自己紹介、すなわち視聴覚コミュニケーションの直後に行われるため、相手からの視聴覚情報から存在感や親密さを得られる可能性がある。それに対し、タスクを行なっている 20 分間は相手の情報が一切伝送されないため、時間の経過とともに存在感や親密さは減少していくと考えられる。

SAM における覚醒度のスコアが、触覚刺激なしの条件に対し触覚刺激ありの条件で有意に上昇した理由として、圧迫刺激提示装置による慣れない触覚刺激が与えられたことが挙げられる。以前筆者らが行なった調査 [3] においても圧迫刺激の提示によって覚醒度のスコアが上昇する傾向が見られたことから、今回の結果は整合的であると言える。

各評価項目間の相関関係について、存在感、IOS、覚醒度は前述の通り触覚刺激の影響によりスコアが上昇した可能性があるため、存在感と IOS、存在感と覚醒度、IOS と覚醒度にそれぞれ相関関係があることも矛盾のない結果と言える。存在感と IOS の相関関係について、今回の実験において被験者同士は互いに知り合いであったため、相手の存在感を感じることで相手との心理的距離が縮まることに関連性が見られたのは矛盾する結果ではないと考えられる。

感情価と STAI に相関があった理由として、触覚刺激を不快に感じていた被験者は、不快な刺激が与えられることで不安度も上昇した可能性がある。また、実験後のアンケートで「タスク自体を楽しんで行えた」という感想が多く得られたことから、タスクの遂行を通し不快感や不安度が減少した可能性も考えられる。

#### 6. 結言

本研究では足の踏み込みに応じ相手の足首へ圧迫刺激を提示するシステムを開発し、システムを用いた際に触覚刺激の伝送がもたらす心理的影響について調査を行なった。実験の結果、触覚刺激が相手への存在感および心理的距離にポジティブな影響を与える可能性や、覚醒度を上昇させる可能性が示唆された。また、評価項目間の相関関係からも一貫した解釈が得られた。

今後は活用が容易な本システムの特性を活かし、提示する刺激の種類の変更や多人数での使用等、様々な応用を試し心理的影響を調査したい。将来的には、遠隔でのコミュニケーションにおける触覚刺激の役割を解明したい。

謝辞 本研究は、科研費 学術変革領域研究 (B) 「デジタル身体性経済学」(21H05071), 稲盛科学研究機構フェローシッププログラムの支援を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] N. Mostofa, I. Avendano, R. P. McMahan, N. E. Conner, M. Anderson and G. F. Welch: Tactile Telepresence for Isolated Patients, *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 346–351, 2021.
- [2] 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) : 443–460, 2000.
- [3] Ito, M., Kuhara, T., Matsushashi, T., Hosoda, C., Inukai, K., Watanabe, J., Minamizawa, K., Tanaka, Y.: A psychological and behavioral study on remote audio-visual-tactile communication system with pressure stimulation, *Progress of the EuroHaptics Conference 2022*, 1–4, 2022.
- [4] 田中一晶, 和田侑也, 中西英之: 遠隔握手: 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, *日本バーチャルリアリティ学会*, 56(4), 1228–1236, 2012.
- [5] 三浦光梨, 光岡宏海, 北野るな, 栗原渉, 有山大地, 串山久美子: オンライン会議における足元の触覚コミュニケーションシステムの提案, *情報処理学会 インタラクシオン 2021*, 243–245, 2021.
- [6] “点つなぎ レベル3”. *ちびむすドリル【幼児の学習素材館】*. <https://happyilac.net/mu1906271002.html>, (参照 2023-07-04).
- [7] Aron, A., Aron, E. N., Smollan, D.: Inclusion of other in the self scale and the structure of interpersonal closeness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63(4), 596–612, 1992.
- [8] Lang, P. J.: Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications, *Technology in Mental Health Care Delivery Systems*, 119–137, 1980.
- [9] I. Poupayrev, M. Okabe and S. Maruyama: State-Trait Anxiety Inventory for Adults: Manual and Sample: Manual, Instrument and Scoring Guide. *Consulting Psychologists Press*, 1983.