



# 人肌同士の接触時の皮膚温度変化を再現する 温度触覚ディスプレイ

Thermo-haptic display that reproduces skin temperature changes during skin-to-skin contact

濱口美月<sup>1)</sup>, 浜崎拓海<sup>1)</sup>, 溝口泉<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Mizuki HAMAGUCHI, Takumi HAMAZAKI, Izumi MIZOGUCHI and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 情報学専攻 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {hamaguchi, hamazaki, mizoguchi, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**概要**：本研究では皮膚同士が触れた時の温度変化に着目することで人肌感を再現する手法を提案する。物体接触時の皮膚温度変化については多く研究されているが、人肌同士の接触時に関する研究はきわめて少ない。我々の前報では、触れる身体の部位ごとに指先の皮膚表面温度変化に違いが観察された。この実験結果に基づき、温度提示装置を作成した。

**キーワード**：触覚, 提示, 温度, 人肌感

## 1. はじめに

Covid-19 による社会状況の変化と人型ロボットの発達に伴い、遠隔コミュニケーションの最も素朴な形である遠隔握手の研究が盛んになっている[1][2]。人間は他者との人肌を通じた身体接触によって親密な関係を維持し[3][4]、こうした接触は心身の発達や健康に重要である[5][6][7][8][9]。また、看護や介護の領域においても身体同士の接触は患者の不安を低下させる[10]ことから、人肌同士のふれあいを再現することは遠隔コミュニケーションのみならず、人間に接するロボットの開発のためにも重要である。

人肌同士が触れ合う状況において重要な「人らしさ」の手がかりとしては、握力、柔らかさ、温度などが挙げられているが、従来の人肌感再現の研究において温度が重視されているものは少ない。和田ら[11]は、ロボットハンドをビデオ会議システムに実装した実験において、ロボットハンドの温度が人肌よりも高い温度(約 40°C)に設定すると、遠隔地の相手と握手している感覚が生起されることを示している。ただし、ロボットハンドは一定の温度で、実際にユーザ側の皮膚温度がどのように変化しているかの検討は行っていない。

一方で触覚ディスプレイによって材質感の情報を伝達・提示するには、皮膚温度に時間的变化を与えることが有力な手法であることが知られている[12][13]。人間は物体接触時の温度変化によって素材を判別できることが先行研究により明らかになっている[12][14][15]。例えば、アルミニウムに触れた際は急激な温度低下が発生する一方、木材は触れた際に緩やかな温度低下の後、元の皮膚

温に戻る特徴がある。このような特徴を使って我々人間は素材の識別を行っている。

以上のように物体接触時の皮膚温度変化については数多くの研究が行われ、モデル化されてきた[16][17]。しかしながら、人肌同士が触れたときの温度変化に関する研究はきわめて少ない。そこで我々は前報にて、人肌接触時の皮膚表面温度変化計測を行い、触れる部位による皮膚表面温度変化の違いを観察した[18]。

皮膚温度の変化の例を図 1 に示す。通常の物体を触る際には皮膚温度は低下するのに対して、人肌同士の接触の場合には、温度の相互関係により(1)温度が下がる(2)温度が上がる(3)一度下がってまた上がる状況がありうる事が分かる。

本稿では、前報の実験結果に基づき、温度提示装置を作成した。

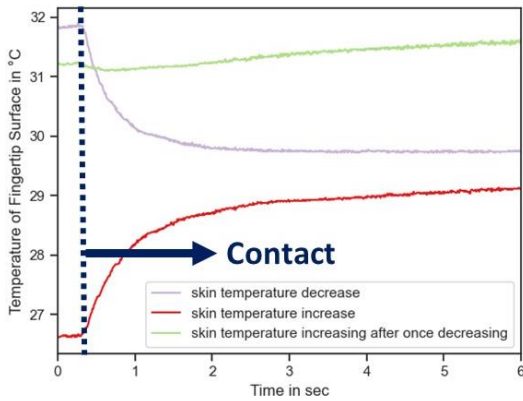


図 1: 皮膚温度変化の例

## 2. 提示装置

ペルチェ素子を用いて、人肌同士の接触時の皮膚温度変化を再現する温度触覚ディスプレイを作成した。本装置はマイクロコントローラ (ESP32-devKitC)、モータドライバ (DRV8835 使用ステッピング&DC モータドライバモジュール)、ペルチェ素子 (TES1-12739)、薄型サーミスタ (103JT-050, 厚み 500  $\mu\text{m}$ ) より構成される。ペルチェ素子の表面温度の測定には薄型サーミスタを用いた。サーミスタの先端部分を熱伝導テープで取り付けた様子を図 2 に示す。PID 制御によってペルチェ素子の表面温度が目標値となるように制御した。

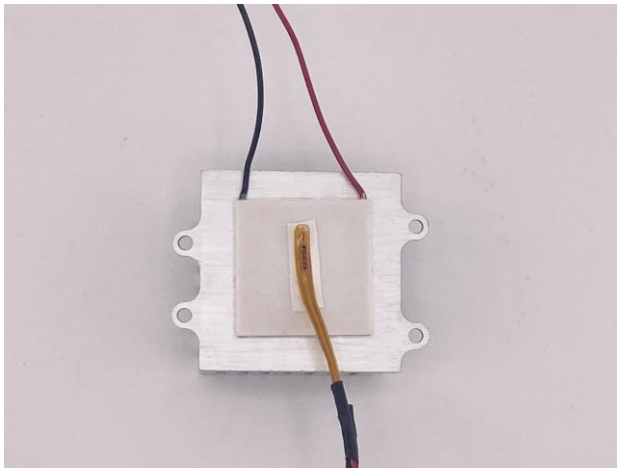


図 2: サーミスタを取り付けた様子

## 3. むすび

本稿では、前報の実験結果に基づき、温度提示装置を作成した。今後は、人肌接触時の指先の皮膚温度変化を再現することによって人肌感を提示しうることを検証する実験を行い、どのような温度変化パターンが人肌と認識されるか調査する。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP20H05957 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Vignesh, P., Ruth, S. H., Jan, P., Human-Robot Handshaking: A Review, *International Journal of Social Robotics*, 14, pp.277-293, 2022.
- [2] Haans, A. and IJsselsteijn, W Mediated Social Touch: a Review of Current Research and Future Directions. *Virtual Reality*, 9(2), pp.149-159, 2006.
- [3] Boderman, A., Freed, D. W. and Kinnucan, M. J., Touch me, like me: Testing an encounter group assumption, *Journal of Applied Behavioral Science*, 8, pp.527-533, 1972.
- [4] Bardeen, J.P. Interpersonal Perception through the Tactile, Verbal, and Visual Modes. *International Communication Association Convention*, 1971.
- [5] McParlin, Z., Cerritelli, F., Manzotti, A., Friston, K. J., Esteves J. E., Therapeutic touch and therapeutic alliance in pediatric care and neonatology: An active inference framework. *Front Pediatr*, 2023.
- [6] 鍵谷方子: 皮膚刺激と心身の健康, 第 17 回日本心身健康学会学術集会, 10(1), pp.14-17, 2014.
- [7] Kurosawa M, Suzuki A, Utsugi K, Araki T: Response of adrenal efferent nerve activity to non-noxious mechanical stimulation of the skin in rats, *Neurosci Lett*, 34, 295-300, 1982.
- [8] Tsuchiya T, Nakayama Y, Ozawa T: Response of adrenal sympathetic efferent nerve activity to mechanical and thermal stimulations of the facial skin area in anesthetized rats, *Neurosci Lett*, 123, 240-243, 1991.
- [9] Sato A, Sato Y, Schmidt RF (著), 山口真二郎 (監訳). 体性自律神経反射の生理学. シュプリンガー・ジャパン. 2007.
- [10] Field, T. M., Seligman, S., Scafidi, F., and Schanberg, S., Alleviating posttraumatic stress in children following Hurricane Andrew, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 17, pp.37-50, 1996.
- [11] 和田侑也, 田中一品, 中西英之: 握力・体温・触感を伝える遠隔握手用ロボットハンド, *情報処理学会インタラクティブ*, 2012.
- [12] 井野秀一, 泉隆, 高橋誠, 伊福部達: 物体接触時の皮膚温度変化に着目した材質触覚ディスプレイ方式の提案-感覚フィードバック型ハンドのための基礎的研究-, *計測自動制御学会論文集*, 30(3), pp.345-351, 1994.
- [13] Yamamoto A, Cros, B., Hashimoto H, Higuchi T: Control of Thermal Tactile Display Based on Prediction of Contact Temperature, *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, pp. 1536-1541, 2004.
- [14] Ho, H.-N.: Material recognition based on thermal cues:

- mechanisms and applications. *Temperature* 5(1), 36-55, 2018.
- [15] Jones, L.A., Ho, H.-N.: Warm or cool, large or small? The challenge of thermal displays. *IEEE Trans. Haptics* 1, 53-70, 2008.
- [16] Jones, L.A., Ho, H.-N.: Incorporating Thermal Feedback in Cutaneous Displays: Reconciling Temporal and Spatial Disparities, *Haptic and Audio Interaction Design*, pp.48-58, 2022.
- [17] Ho, H.-N.: Temperature as an exteroceptive sense: Challenges remain in thermal modeling of skin-object interactions, *Temperature*, 6(2), pp.104-105, 2019.
- [18] 濱口美月, 浜崎拓海, 金田実久, 金子征太郎, 溝口泉, 梶本裕之: 人肌感提示のための皮膚温度計測, *ロボティクス・メカトロニクス講演会*, 2023.