

# 指先の触覚を背中に転移する高解像度触覚ベストの開発

The Development of High-Density Tactile Vest that Realizes Tactile Transfer to Fingers

森山多覇<sup>1)</sup>, 高橋哲史<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Taha MORIYAMA, Akifumi TAKAHASHI, and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 情報理工学研究所

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {moriyama,a.takahashi,kajimoto@kaji-lab.jp})

**概要:** VR 空間内にある物体に対する触覚提示デバイスは、指に直接装着する物が多く存在するが、指の動きを妨げてしまう問題点がある。またこうしたデバイスを用いる場合、触覚能力は人間の指先が本来持つ能力の上限を超える事はない。そこで、本研究では指に本来知覚するはずの触覚を、振動子を用いて背中に提示 (触覚転移) するデバイスを提案する。本稿ではベスト型のデバイスを試作し、5本の指先に加わる力の面積情報を、独立して駆動する 144 個の振動子を用いて背中に提示した。

**キーワード:** 触覚転移, 人間拡張, 振動触覚, VR

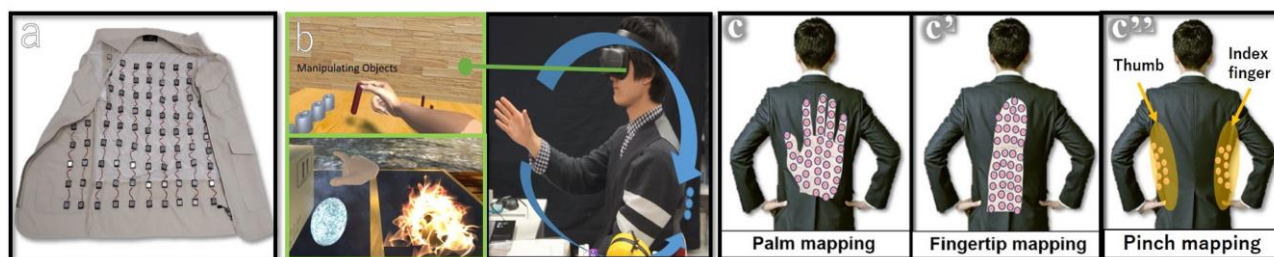


図 1: 試作したデバイス (a), VR 空間の映像 (b), 指先の背部へのマッピング (c, c', c'')

## 1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) 環境中で触覚情報を提示する試みは多数存在する。特に、指先に装着する物からグローブ形状の物など、指や手首をターゲットとした触覚提示デバイスが多い。しかしながら、これらの多くは多自由度の力触覚提示を実現するために、機構が複雑となる傾向がある。また、複数指に装着する事で、各々の指の動きを妨げてしまうという問題も存在する[1]。

こうした問題を解決するために、我々は指先に加わる力の大きさや方向の情報を、指先以外の部位に提示することを提案した[6]。我々の従来の提案では人差し指に対応する部位として手首の背側を、親指に対応する部位として手首の腹部が適切であることを見出し、VR 空間中での体験が向上した事を見出した。しかしながら、腕に提示する触覚情報は、各指に対応する力の大きさ及び力の向きに焦点を当てていたため、形状やエッジなどの分散された触覚情報の提示は困難であった。

本研究ではこれらの問題を解消するために、144 個の振

動子を用いて、VR 空間中の物体に指先で触れた際に加わる力の面積情報を直接指先に提示せず、背部と腹部に提示 (触覚転移) する事を提案する (図 1)。指先を大面積である背部にマッピングする事により、分散された触覚情報の提示が可能になり、物体の形状やエッジなどの触覚が提示できる事が示唆される。

## 2. 関連研究

身体の触覚情報を、身体他部位に提示する触覚転移は、感覚義手の研究では一般的な方法であり、腕や肩に振動子を配置する試みは数多く存在する[2]。すなわち、福祉機器で知られた手法を VR 技術として見直すものであるといえる。他にも振動子を用いて身体に触覚を提示する研究は他にも多く存在しており、着衣型のデバイスから、椅子やソファに振動子を埋め込む物も存在する[3][4][5]。しかしながら、これらの研究は触覚転移を題材としたものではなかった。

触覚転移の技術を VR 技術として応用した例はすでにい

くつか存在する。岡野らは足裏に大面積の触覚提示を行っている[8]。手掌部の触覚を足裏にマッピングするもので、手と足の形の類似性から直感性に優れていると考えられる。さらに指先の触覚情報を、5節のリンク機構を用いて力の大きさと力の向きを腕に提示するもの[6]、空気駆動型吸引デバイスを用いて、指先の触覚を顔に提示するもの[7]などが挙げられる。

一方でこれまで提案されてきた触覚転移の研究は、指先の優れた触覚能力を十分に維持して転移されているとは言えない。この一つの理由は指先に比べて身体他の部位は二点弁別閾が大きく、手掌部と同程度の面積では極めて低い空間解像度しか実現できないためである。

そこで我々は次のような新たな考えに基づく触覚転移を行う。触覚提示素子を背中の大面積に大量に配置し、手掌部の触覚情報を十分に高い解像度で提示する。刺激モードを切り替えることが出来、手掌部全体をマッピングすること、五本の指をマッピングするモード、二本指をマッピングするモード、および一本指のみマッピングするモードを作る。一本指の場合には提示される解像度は人間の指先が本来持つ触覚能力を超えることを目指す。これにより、単に手先がフリーになるというこれまでの触覚転移の利点以上に、手先の触覚能力を「本来よりも引き上げる」という、人間能力の拡張も目指す。

なおこのアプローチは、触覚能力が衰えた人にとっても有用であると考えられる。例えば指先の触覚は加齢とともに劇的に低減していくことが知られており、器用な作業が難しくなる1つの原因と考えられる。これが本研究の手法によって、触覚のより残存している部位に転移させることができれば高齢化社会の課題に対する1つのアプローチになりうる。

### 3. デバイス

図2に試作したベスト型デバイスの外観を示す。偏心モータを144個使用しており、50mmの等間隔で設置した。背部の2点弁別閾は50mmとされており[10]、振動刺激を提示する部位をこの2点弁別閾と同等の間隔にした。振動子はマイクロコントローラ(ESP32)を通じて18個の8bit-ソフトレジスタ(TPIC6B595)に接続されており、144個の振動子を独立して駆動する事が可能である。複数人で試したところ、144個の振動子を独立して駆動した時、全ての振動子を区別して知覚できる事を確認できた。

図3にシステム概要を示す。前述のように複数のモードが存在し、指先一本を背中全体にマッピングする場合、「指先に144点(12×12)の提示が行われる」状況となる。これは現在までに提案されている指先用触覚ディスプレイの多くよりも高い解像度である(例えばTactile Labs社のLateroは現在市販されている指先用触覚ディスプレイの中で最も高い解像度を持つが、 $8 \times 8 = 64$ 点である[9])。この触覚転移だからこそ実現できる空間解像度を生かして、本来の能力よりも高い能力で触覚を用いる作業が可能

となるかどうかを検証していく。



図2: 試作したベスト

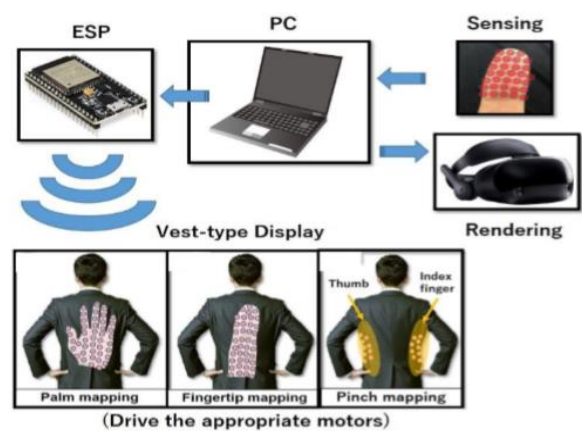


図3: システムの概要

### 4. まとめ

本研究では、VR空間内で物体に触れた際に、本来指先に生じる触覚情報を、背部といった身体他の部位に提示することを提案し、特に力の面積情報を提示するベスト型のデバイスを作成した。また、設置した144個全ての振動子を区別して知覚できる事が分かった。

今後の課題として、本システムを用いた評価実験の実施と、各指に対応した振動刺激のマッピング調査、ベスト型デバイスを用いたコンテンツの制作等が挙げられる。こうした評価を通じて、本研究が人間の触覚能力を本来よりも高く引き上げることができるか検証していく。

**謝辞** 本研究の一部は、独立行政法人情報処理推進機構が実施する末踏IT人材発掘・育成事業の支援を受けています。

### 参考文献

- [1] D. Prattichizzo, F. Chinello, C. Pacchierotti, and M. Malvezzi. 2013. Towards Wearability in Fingertip Haptics: A 3-DoF Wearable Device for Cutaneous Force Feedback, IEEE Trans. Haptics, vol. 6, pp. 506-516.

- [2] M. Gabardi, M. Solazzi, D. Leonardis, and A. Frisoli. 2016. A new wearable fingertip haptic interface for the rendering of virtual shapes and surface features. In Proceedings of Haptic Symposium 2016.
- [3] Delazio, A., Nakagaki, K., Klatzky, R.L., Hudson, S.E., Lehman, J.F. and Sample, A.P. 2018. Force Jacket. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18
- [4] Konishi, Y., Hanamitsu, N., Minamizawa, K., Sato, A., Mizuguchi, T. and Sato, A. 2016. Synesthesia suit. ACM SIGGRAPH 2016 VR Village on - SIGGRAPH '16
- [5] Collins, C.C. 1970. Mechanical and electrical image projection. IEEE Transactions on Man-Machine Systems. 11, 1 (Mar. 1970), 65–71
- [6] T. K. Moriyama, A. Nishi, R. Sakuragi, T. Nakamura, and H. Kajimoto. 2018. Development of a Wearable Haptic Device that Presents the Haptics Sensation to the Forearm. In Proceedings of Haptic Symposium 2018.
- [7] T.Kameoka, Y.Kon, H.Kajimoto, 2018. Haptopus: Transferring Touch Sense of Hand to Face Using Suction Mechanism Embedded in Head-mounted Display. In Proceedings of SUI 2018
- [8] 岡野 哲大, 日岐 桂吾, 広田 光一, 野嶋 琢也, 北崎 充晃, 池井 寧. “空気圧駆動型デバイスを用いた足裏への触覚提示による物体の位置認識” 第 21 回日本バーチャルリアリティ学会大会 2016.
- [9] Latero  
<http://www.cim.mcgill.ca/~haptic/laterotactile/index.php>
- [10] S. Weinstein, “Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality”, D. R. Kenshalo (Ed.) The Skin Senses, Thomas, Springfield, IL, 1968