

# 圧覚提示と電気触覚刺激の組み合わせによる装着型触覚ディスプレイの試作

An experimental prototype of wearable tactile display by combination of pressure and electro-stimuli

- 杉山智紀 (慶應大) †, 水品友佑 (慶應大) †, MHD Yamen SARAJI (慶應大) †  
Charith Lasantha FERNANDO (慶應大) †, 正 佐藤克成 (奈良女子大) ‡  
正 南澤孝太 (慶應大) †, 正 舘暲 (慶應大) †\*

†, †\* Keio University, ‡ Nara Women's University

Email: † {tomoki, mizushina, yamen, charith, minamizawa}@kmd.keio.ac.jp, ‡ katsu-sato@cc.nara-wu.ac.jp

‡\* tachi@tachilab.org

We propose a wearable tactile display using transcutaneous electric nerve stimulation and tactile force. This tactile display is suitable for virtual reality applications, for users can wear this device and it doesn't disturb user's hand movement. This device has a high space resolution and users can differentiate edge and flat surface of virtual objects.

**Key Words:** Haptic Interface, Tactile Display, Electrotactile Display

## 1. はじめに

バーチャルリアリティやレイグジスタンスにおいて、触覚を提示するために、これまでに数多くの触覚ディスプレイが研究・開発されてきた。バーチャルな触覚にリアリティを持たせるために重要な要素はいくつかあるが、その一つに高い空間分解能が挙げられる。実際に指腹部や手掌部で物体に触れている時のように、具体的にどの部分で物体に触れるかといったことが可能となれば、VR 環境や遠隔作業において、より細かな作業を行うことも可能となる。人の皮膚には、触覚を受容する機械受容器が密に配置されており、それらを効果的に刺激することによって、微細な空間分布を提示することが可能であると考えられる。このような考え方に基いて製作された触覚ディスプレイに、ピンを用いることにより、物体の表面形状を再現するものがある[1]。しかしながら、ピンを用いる場合、ピン数分のアクチュエータが必要になり、装置全体も大型化・複雑化してしまうという欠点がある。

そのため、簡易かつ自由に手指を動かすことの出来る装着型の触覚ディスプレイがより実用的であり、このような研究事例としては、南澤ら[2]による Gravity Grabber や梶本[3]による電気触覚ディスプレイが存在する。また、黒木ら[4]は、力覚、圧覚、振動覚、冷覚、温覚といった複数の触覚を複合的に呈示し、LEGO ブロックやデニムといった素材の表面テクスチャを知覚することに成功している。

本研究では、VR 環境において、細かな作業を可能にすることを目標とし、空間分解能の高い圧覚を呈示するために、Gravity Grabber で指腹部全体に対する圧覚呈示を行うとともに、電気触覚ディスプレイにより、高精細な触覚呈示を実現する。

## 2. 触覚ディスプレイ

本研究では、佐藤ら[5][6]によって開発されたフレキシブル電極基板を用いた指先装着型の電気触覚ディスプレイ、および南澤ら[2]による Gravity Grabber を利用する(図1)。電気触覚ディスプレイは、電極基板、スイッチング回路、および制御回路により構成されており、電極基板は、電極直径が 1mm、中心間距離が 2mm、刺激用電極が 54 個と高い空間分解能を持つ。

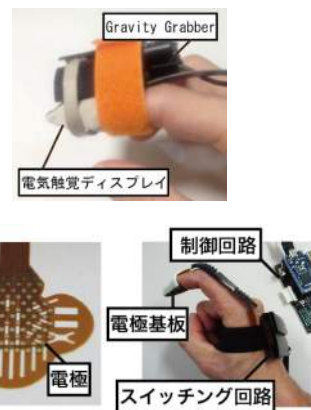


Fig. 1 Electrotactile display and Gravity Grabber

## 3. 触覚情報伝達システム

本研究では、図2に表されるシステム図のように、VR 環境で、バーチャルなオブジェクトに触れた際の触覚情報を、今回新たに製作した触覚ディスプレイに伝達するシステムを構築した。

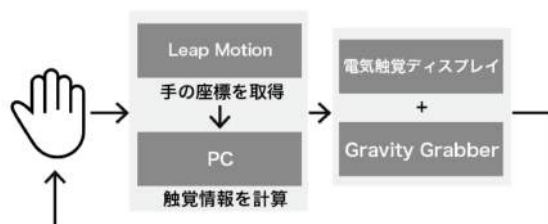


Fig. 2 System chart

### 3.1 バーチャルリアリティ環境

本研究では、VR 環境を統合開発環境の Unity により構築した。人差し指を模擬したオブジェクトは、電極基板の刺激用電極の配置に合わせて、54 個の接触判定のトリガーを Sphere 形状で、図3のように作成した。なお、右図は実際の刺激点であり、両者は、一対一に対応している。

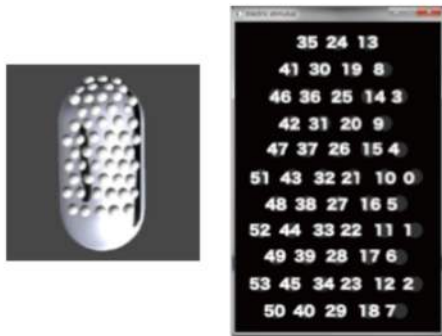


Fig. 3 Virtual finger tip

また、本システムの全体像は、図4のようになっている。これは、Leap motionによって取得されたバーチャルな手で、VR環境上のオブジェクトに触れ、その際の分布触覚情報、および垂直抗力を右手人差し指に装着している触覚ディスプレイに伝達している状況を示している。

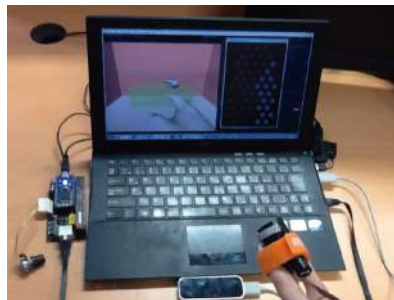


Fig. 4 Entire picture

### 3.2 触覚情報の計算

#### 3.2.1 抗力計算

図4に示したように、バーチャルな指先は、バーチャルなオブジェクトに触れると、それ以上侵入することはないものの、現実の手の座標は、VR環境内では、オブジェクトの有無に関わらず、オブジェクト内部方向へさらに進むことができる。そこで、本システムでは、接触点と侵入点の差分をとり、その値に比例した電圧を電気触覚ディスプレイ、および Gravity Grabber に与えることによって、抗力の強弱を表現する。このとき、Gravity Grabber は、2つのモータがベルトを巻き取る方向に動作させている。

#### 3.2.2 経皮電気刺激による圧力の再現

経皮電気刺激では、陽極刺激と陰極刺激という2種類の刺激手法によって、皮膚下に存在する機械的受容器に繋がる神経を選択的に刺激する。Johanssonら[7]によると、皮膚にかかる圧力が変化した場合は、振動覚に関わるマイスナー小体が、圧が定常的に加わっている際には、圧覚に関わるメルケル盤が応答する。そこで、本システムでは、VR環境で指先に加わる圧力が変化した際は、陽極刺激と陰極刺激を、一定の強さで押し続けている際には、陰極刺激のみを与えることによって、現実の物体に指先が触れている状況の擬似的な再現を試みる。

VR環境において、オブジェクトに触れている様子と電気刺激の極性、強度の関係は、図5のようになっており、左から順に、オブジェクトに触れていない状態、オブジェクトに触れ

た際、一定の強さで押し続けている状態を示している。なお、図中の黄点は、陽極刺激と陰極刺激が同時に加えられている状態、青点は、陰極刺激のみが加えられている状態であり、色の濃淡が強度を表している。

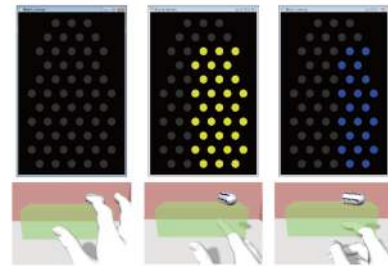


Fig. 5 Electric stimulus

## 4. 結果と考察

本研究では、電気触覚ディスプレイ、および Gravity Grabber を組み合わせることにより、バーチャルリアリティ環境においてオブジェクトに触れた際に、空間分解能の高い触覚情報を伝達することが出来た。体験者の感想には、「指のどの部分でオブジェクトに触れているかを認識することができた」というものがあり、VR環境でも物理環境と同様に分布触覚情報を伝達可能であることが確認された。しかしながら「陽極刺激と陰極刺激の差が分かりにくい」「Gravity Grabberによる圧力提示が単純で触覚という感じはしない」といった意見もあった。

今回は、VR環境でエッジと平面の区別を可能にするという目標は達成されたものの、体験者がリアルな触覚と知覚できるにはまだ課題が残る。今回、構築したシステムは、触覚分布情報、および押しした強さのみを提示したが、今後は、物体表面を擦った際のなぞり感などの触覚提示手法を検討するとともに、電気刺激の手法、触覚ディスプレイにペルチェ素子やボイスコイルなどを組み合わせることにより、よりリアルな触覚に近づけることを目指す。

## 参考文献

- [1] 仲谷正史, 川上直樹, 舘暉. 高密度ピンマトリクスを利用した触覚ディスプレイのピン径・ピン間隔と形状認識率の基礎検討 TVRSJ Vol.14 No.3, 2009.
- [2] 南澤孝太, 深町聡一郎, 梶本裕之, 川上直樹, 舘暉:バーチャルな物体の質量および内部ダイナミクスを提示する装着型触覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 1, 2008年3月.
- [3] 梶本裕之:東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻修士論文, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2001年.
- [4] 黒木帝聡, 中山雅野, 佐藤克成, 家室証, Charith Lasantha Fernando, 古川正紘, 南澤孝太, 舘暉:布の触感の違いを伝えられる触感伝送システム, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2012), pp.1340-1343(2012.12)
- [5] 佐藤克成, 杉山智紀, 南澤孝太, 舘暉, 木村泰介, 室本進吾, 尾崎和行:テレイグジスタンスの研究(第80報)フレキシブル基板を用いた指腹部の分布触覚情報伝達システム, 第19回バーチャルリアリティ学会大会, 2014年9月.
- [6] 佐藤克成, 他:フレキシブル基板を用いた指先装着型電気触覚ディスプレイ, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2AI-A13, 2013
- [7] Johansson RS, Westling G: Afferent signals during manipulative tasks in humans. In Franzen O, Westman J (eds): Information Processing in the Somatosensory System, pp 25-48, Wenner-Gren International Symposium Series 57, New York・Stockton, 1989.