

# 遭遇型指装着触覚ディスプレイによる摩擦感提示

## Presentation of Friction by Encounter Type Wearable Tactile Display

○西村 奈令大 (電通大) Daniel Leonardis (PERCRO lab)  
 Massimiliano Solazzi (PERCRO lab) Antonio Frisoli (PERCRO lab)  
 梶本 裕之 (電通大, JST)

Narihiro NISHIMURA, The University of Electro-Communications, n-nishimura@kaji-lab.jp  
 Daniel LEONARDIS, PERCRO lab, Scuola Superiore Sant'Anna, d.leonardis@ssspp.it  
 Massimiliano SOLAZZI, PERCRO lab, Scuola Superiore Sant'Anna, m.solazzi@ssspp.it  
 Antonio FRISOLI, PERCRO lab, Scuola Superiore Sant'Anna, a.frisoli@ssspp.it  
 Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications, kajimoto@kaji-lab.jp

Presentation of friction is a critical essence in various scenes such as support for remote operation of robot hand or haptic interaction with virtual world. In this paper, we propose a novel tactile device that can present friction by using vertical vibration and horizontal skin deformation to user's fingertip. Adding tangential skin deformation, which has been used for presenting friction in previous works, we represent counter force from surface so that we can present natural haptic interaction with friction. Furthermore, the device can present friction by cutaneous feedback system, which is able to be realized by simple implementation, while kinesthetic feedback system can be heavy and complex.

**Key Words:** Encounter haptic display, Force contact, Friction, Skin deformation

### 1. 緒言

指先への触覚提示はロボットハンドによる遠隔作業の支援、タッチパネル上での操作の拡張[1]など、様々な場面での有効性が示されている。特に遠隔および VR 空間での手作業のようにデバイスを装着した指の 3 次元運動が必要な状況では、指先に加わる力の方向および表面滑り（これらを総称して本論文では摩擦感と呼ぶことにする）提示は作業性の向上に大いに役立つと考えられる。本論文では指先への装着を前提とし、垂直及び水平方向に駆動するアクチュエータを用いて高品位な摩擦感提示を行うことのできる軽量かつ簡便な実装の触覚ディスプレイについて述べる。

#### 1.1 従来手法とその問題点

これまで、装着型のデバイスによる指先への摩擦感提示について様々な提案がなされてきた。Minamizawa らは、モータでベルトを巻き取る簡便なデバイスによって皮膚変形を発生させ、摩擦感のうちの低周波成分である力覚を方向も含めて擬似的に提示、グラスの重量感などを提示することに成功している[2]。低周波成分を提示するもう一つの例として、Massimiliano らが提案した形状記憶合金アクチュエータによって刺激子を 2 次元平面上で駆動させるデバイスが挙げられる[3]。このデバイスはモータを用いる場合よりも軽量でありながら、力覚を提示するのに十分な皮膚変形を発生させている。昆陽ら、ICPF アクチュエータを用いた指先装着型のデバイスにより、振動によって指先への摩擦感のうちの高周波成分を提示することに成功している[4]。以上のような装着型のデバイスは、装着している間常に触覚が提示され続ける。しかし、摩擦感には平面との接触の有無が手掛かりになっている可能性がある。

平面との接触の有無を含めて提示する触覚提示手法は遭遇型と呼ばれ、接触瞬間の衝突に起因する高周波成分を高品位

に提示できる方式として知られている[5][6]。一般に遭遇型の提示はシステムが大がかりになる傾向があるが、Nakagawara らは遭遇的方式によって触覚提示を行う遭遇型多指マスタハンドを提案している[7]。しかしシステム自体が高コストであり、また皮膚鉛直方向の力の提示のみ行っているため、摩擦感提示としては自然であるといえない。例えば、Sylvester らは摩擦感の提示にはせん断方向の皮膚変形が重要であると報告している[8]。

#### 1.2 提案手法

前節より、指先への摩擦感提示を現在よりも高品位に実現するためにはデバイスが、

- ① 遭遇型である
  - ② 垂直のみならず水平方向に力を提示することができる
- という 2 点が重要であると考えられる。そこで我々は、従来から実現されてきた皮膚変形に加え平面との接地条件および垂直・水平方向の反力を再現することのできるデバイスを提案する。ここでは垂直・水平方向それぞれに対応したアクチュエータを用いる。遭遇型でありながらせん断方向の皮膚変形を提示することができる。また、指先への装着を前提としており、軽量かつ簡便な実装で摩擦感提示を実現できる。

### 2. 提示装置

Fig.1 に提示装置の外観を示す。本装置は垂直方向に振動するボイスコイルモータ (VCM) と水平方向に駆動されるリニアサーボから構成される。前者は皮膚の接地・非接地条件を実現すると共に摩擦によって生じる振動を提示し、後者は指先に水平方向の皮膚変形を起こすことによって摩擦感の一要素である抵抗力を提示する。装置上部には指が装置から外れないようにキャップが設置されている。使用環境のイメージを Fig.2 に示す。デバイスには磁気センサ (LIBERTY240/8,

Polhemus 社製) が取り付けられ、位置情報に基づいてそれぞれのアクチュエータが駆動される。Fig.3 に示すように、磁気センサで読み取った位置情報が PC を介してマイクロプロセッサ (mbed NCP LPC 1768, NXP Semiconductors) に送られる。

本試作システムでは VR 空間中の水平な平面との触覚的インタラクションを実現している。指先の垂直位置の値が平面の高さ以上だと接触子は皮膚に触れないが、それ以下になると VCM が駆動されて接触を開始する。さらにその状態で指先位置が水平方向に移動すると指の進行方向とは逆向きにリニアサーボが駆動され、摩擦に起因する皮膚変形が表現される (Fig.4)。以上の仕組みにより、ユーザはバーチャル平面からの摩擦を感じることができると考えられる。また、VCM は高周波も呈示することが可能であるため、様々な素材をなぞった際の摩擦の高周波成分、すなわちテクスチャ感をモデリングできると考えられる。

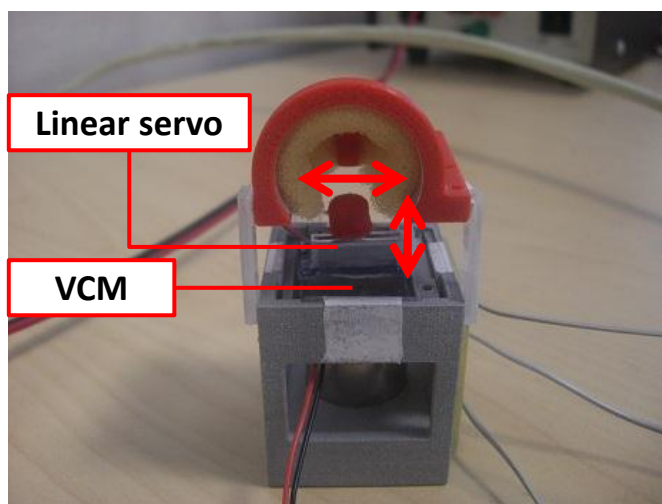


Fig.1 Overview of the device

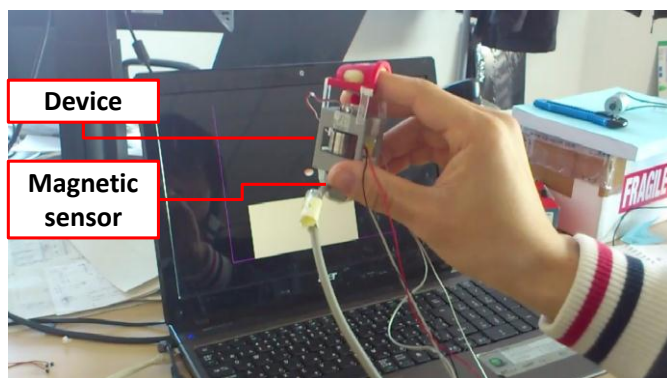


Fig.2 The image of device usage

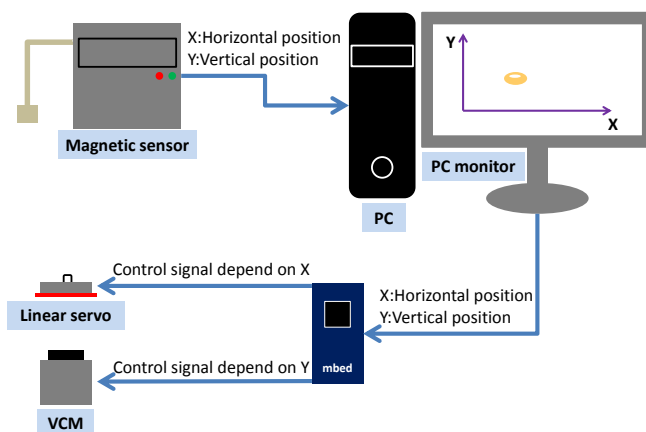
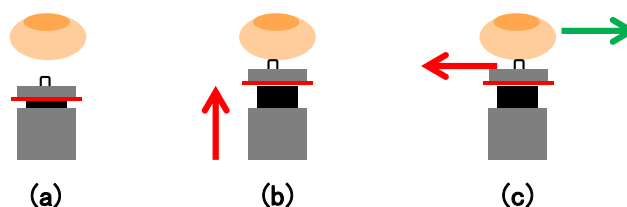


Fig.3 System structure



→ : Movement direction of actuator  
→ : Movement direction of finger

Fig.4 Principle of device motion. (a) No touch condition. (b) Touched condition. (c) Presentation of shear deformation

### 3. おわりに

本論文では指先への装着を前提とし、高品位な摩擦感提示を行うことのできる触覚ディスプレイを提案した。今後はデバイスの改良を行うと共に、摩擦感の提示に遭遇型であることがどの程度貢献するかを被験者実験によって検証していく。

### 謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会の「組織的な若手研究者等海外派遣プログラム」による支援を得た。

### 文献

- [1] Bau, O., Poupyrev, I., Islar, A., Harrison, C., "TeslaTouch: Electro-vibration for Touch Surfaces," *Symposium on User Interface Software and Technology*, pp.283-292, 2010
- [2] Minamizawa, K., Fukamachi, S., Kajimoto, H., Kawakami, N., Tachi S., "Gravity Grabber: Wearable Haptic Display to present Virtual Mass Sensation", *ACM SIGGRAPH*, 2007
- [3] Solazzi, M., Provancher, WR., Frisoli, A., Bergamasco, M., "Design of a SMA Actuated 2 DoF Tactile Device for Displaying Tangential Skin Deformation," *IEEE World Haptics Conference*, 2011
- [4] 昆陽 雅司, 中本 雅崇, 前野 隆, 田所 諭, "ICPF アクチュエータを用いたヒト指腹部への分布振動刺激に基づく把持力調整反射の誘発", *VR 学会論文誌*, vol11, no.1, pp.3-10, 2006
- [5] Y.Yokokohji, J.Kinoshita, and T.Yoshikawa, "Path Planning for Encountered-type Haptic Devices that Render Multiple Objects in 3D Space," *Proc. IEEE VR2001*, pp.271 - 278, 2001
- [6] S. Tachi, T. Maeda, R. Hirata and H. Hoshino: A Construction Method of Virtual Haptic Space, *Proceedings of the 4th International*

- Conference on Artificial Reality and Tele-Existence (ICAT '94)*, pp.131-138, 1994
- [7] Nakagawara, S., Kawabuchi, I., Kajimoto, H., Kawakami, N., and Tachi, S., "An Encounter-type Multi-fingered Master Hand Using Circuitous Joints," *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2005)*, pp.2667-2672, 2005
- [8] Sylvester, Nicholas, D., Provancher, William, R., "Effects of Longitudinal Skin Stretch on the Perception of Friction," *IEEE World Haptics Conference*, 2007