



ウェアラブル回転円筒型接触子によるなぞり感覚の再現

Wearable Stick-Slip Display on Fingertip to Reproduce Rubbing Sensation

原茂 帆乃夏¹⁾, ヤェム ヴィボル¹⁾, 池井 寧¹⁾
Honoka HARAMO, Vibol YEM, and Yasushi IKEI

1) 首都大学東京 システムデザイン研究科 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, {haramo, yem, ikei}@vr.sd.tmu.ac.jp)

概要: 本研究では, ウェアラブル回転円筒型接触子によって指先に振動やスティック・スリップ感覚を与えることで, 木材やゴムなど様々な素材をなぞった感覚の再現を目的としている. 接触子は無限回転できるため, 連続にスティック・スリップ感覚を与えることができる. 本稿はウェアラブル装置の機構を紹介し, 力センサで素材をなぞって測定したデータに基づいてなぞり感覚の再現について評価する.

キーワード: スティック・スリップ覚, ウェアラブルディスプレイ, なぞり感覚

1. はじめに

素材を擦ったり触れたりする感覚を提示するための, 様々なウェアラブル触覚デバイスが大きく発展している. 素材の摩擦や粗さ等を再現するために, 振動が一般的に使用されている[1][2]. しかし, 振動は皮膚に剪断力を与えることができず, 摩擦に関わるスティック・スリップ感覚を広範囲で制御するのは困難である. これに対して, 皮膚の剪断変形を与えるためのデバイスが開発されている[3][4][5]. しかし, これらは接触子の動きに制限があるため, スリップ感覚を提示できない.

本研究では, 連続的に滑る可能な円筒型回転接触子を開発し, これを用いて様々な素材のスティック・スリップ感覚を再現することを目的としている.

2. スティック・スリップディスプレイ

本ウェアラブルデバイスは, モータ軸と固定する円筒型回転接触子, および指に装着するパーツで構成されている(図 1). 接触子と装着用パーツは積層ピッチ 0.1mm の 3D プリンタで作製し, 材質は PLA (ポリ乳酸) 樹脂である. 装着用パーツは指の大きさに合わせてサイズ変更が可能であり, 着脱も容易である. また本装置は, 20g と軽量で, シンプルな機構になっているため, 指の動きを邪魔しない.

スティック・スリップの覚は, 指の腹と素材の表面との間の動摩擦係数によって変わる. 従来の多くの装置は, 接触子の動きの制限でスティック・スリップ覚を連続的に制御することができなかった. 本研究の設計は接触子が皮膚の上で無限回転することを可能にした. また DC モータを

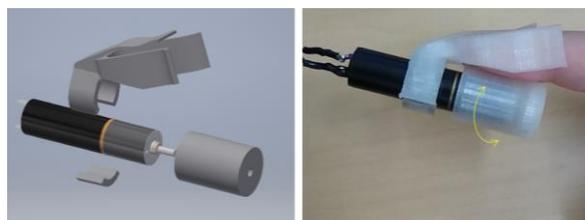


図 1 人差し指に取り付けたウェアラブル円筒型回転接

利用することで, 振動感覚も提示可能となった.

3. 実験

3.1 実験目的

本実験では, 二種類の素材に対して円筒型回転接触子の回転力, 振動振幅, 振動周波数をパラメータとし, スティック・スリップ覚にどのように影響を与えるか調査する. このために, まず力覚センサを用いて, 二種類の素材のなぞる摩擦力を測定する. 次に, 測定した波形を編集し, これを電圧に変換して円筒型回転接触子を駆動する.

3.2 実験方法

力覚センサ (μ DynPick, WACOH 社) でシリコンゴム (摩擦係数 0.74) と, 光沢表面の加工で滑りやすい木製テーブル (摩擦係数 0.35) の動摩擦力を測定した(図 4(左)). 図 2 はその測定データで, 横軸は時間, 縦軸はトルクである.

次に, スティック・スリップ覚を再現するために, 力覚センサで測定した動摩擦力のデータを電圧に変換方法を

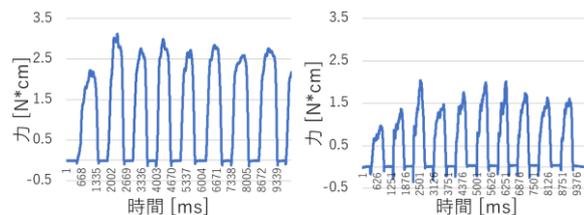


図2 シリコンゴム（左）と木製テーブル（右）の動摩擦力

考えた。図2に示すように、木製テーブルの動摩擦力がシリコンゴムよりも小さく、駆動電圧への変換において接触子の滑り感覚を強めるために、木製テーブルの測定データの振幅をシリコンゴムとほぼ同じように大きくした(図3)。また、測定データにスティック・スリップの振動がほぼ見られなかったが、振動効果を検討するために、シリコンゴムのデータに20 Hzと30 Hz、木製テーブルのデータに100 Hzと150 Hzの周波数の振動を加えた。それぞれの振動の振幅を{0.5および0.25}×1.6Vとした。したがって、実験では計8条件であった。図3はそのデータであり、横軸は時間、縦軸はモータ駆動電圧である。

実験の参加者は、21～24歳の学生男女6名で行った。参加者にはデータの条件は伝えず、シリコンゴムと木製テーブルのどちらをなぞっていると思うかを口頭で解答させた。右手の人差し指にウェアラブル円筒型回転接触子を装着し、左手でシリコンゴムと木製テーブルを自由になぞって比較させた(図4(右))。

3.3 実験結果と考察

各刺激に対して、シリコンゴムと木製テーブルの選択割合を図5に示す。これより、周波数または振動振幅を大きくした条件において、多くの参加者はシリコンゴムを選択した。これに対して、周波数または振動振幅を小さくした

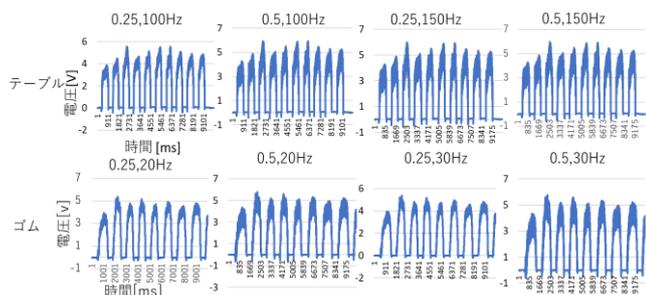


図3 感覚提示のための、8条件のモータ駆動電圧

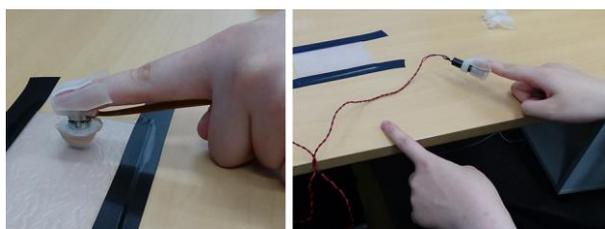


図4 動摩擦力の測定（左）と実験の様子（右）

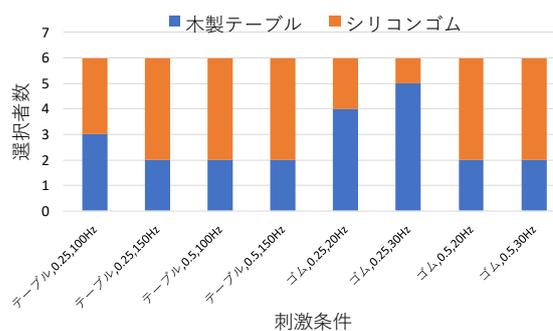


図5 8条件刺激による材料選択の実験結果

条件においては、木製テーブルを多く選択した。この結果によって、振動周波数と振動振幅は素材のスティック・スリップ覚に影響を与えることがわかった。木製テーブルの測定データの振幅をシリコンゴムとほぼ同じにしたため、回転力の影響について見られなかった。今後接触子の動きを観察しながら回転力(滑る速度)、振動振幅および振動周波数とスティック・スリップ覚との関係を明らかにする。

4. おわりに

本論文で示したように、ウェアラブル円筒型回転接触子を無限回転させることで、スティック・スリップ感覚を連続的に提示可能である。実験の結果、様々なスティック・スリップ感覚を提示するために、振動振幅と振動周波数の設定の必要性が示された。今後、様々な摩擦力を持つ素材を利用し、摩擦感覚をより広範囲で制御できるように、接触子の回転速度と振動パターンの影響を徹底的に調査する。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 JP18H06481 と JP19K20325 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] M. Konyo, et al. "Alternative Display of Friction Represented by Tactile Stimulation without Tangential Force" Proc. Lecture Notes in Computer Science, Volume 5024/2008, pp. 619-629, 2008.
- [2] I. Poupyrev, S. Maruyama and J. Rekimoto. "Ambient touch: designing tactile interfaces for handheld devices." Proc. ACM UIST, pp. 51-60, 2002.
- [3] K. Minamizawa, et al. "Gravity Grabber: Wearable Haptic Display to Present Virtual Mass Sensation." Proc. ACM SIGGRAPH Etech, 2007.
- [4] D. Leonardis, et al., "A wearable fingertip haptic device with 3 DoF asymmetric 3-RSR kinematics." Proc. IEEE World Haptics Conf., pp. 388–393, 2015.
- [5] D. Tsetsrukou, et al., "LinkTouch: A wearable haptic device with five-bar linkage mechanism for presentation of two-DOF force feedback at the fingerpad." Proc. IEEE Haptics Symp. pp. 307–312, 2014.