

# 電気刺激を用いた指先への滑り感提示

Pseudo Slipping Sensation to the Fingertip with Electrical Stimulation

電気通信大学 人間コミュニケーション学科 梶本研究室  
0726002 岡部 浩之 指導教員 梶本 裕之

**Abstract:** When electrical stimulation constantly presents moving pattern to a finger, and shearing force is applied to the finger simultaneously, the participants feel as if their finger slip. As this slipping sensation presents pseudo motion, it can be applied to a new type of pointing device that does not require actual motion of the finger. In this paper, I investigated the occurrence condition of the sensation focusing on the shearing force of the fingertip and the velocity of the electrical stimulation.

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

PCのグラフィカルユーザインタフェース環境において、ポインタを操作する為の入力インタフェースはポインティングデバイスと呼ばれ、様々な形態が提案されている。

タッチパネルなどのタッチパッド型のデバイスは、指の位置によりポインタを操作する。位置の変位によりポインタの位置を制御するので、ポインタの操作が直感的であり曲線を描くような細かい操作が可能であるが、快適な操作の為には設置面積を拡大する必要がある。一方、ジョイスティックなどのポインティングスティック型のデバイスはユーザの入力した力によりポインタを操作する。前者に比べ小面積での入力が可能であるが、入力された力でポインタの位置を制御するため、力から位置への変換過程が加わり、操作が直感的でなくなり、曲線を描くような細かい操作が困難である。つまり、従来のポインティングデバイスでは、直感的操作と入力環境の小面積化はトレードオフの関係で両立が困難であった。

### 1.2. 先行研究および研究の目的

本研究では上記のトレードオフを解決する小面積かつ直観的操作が可能なポインティングデバイスの実現を目指す。直観的操作に必要なのは、ポインタの位置を指の位置により入力し、触覚との対応関係がある点である。そこで、小面積で指を動かすことなく、指を移動させた際の触覚を提示出来れば理想のポインティングデバイスが実現出来ると考えた。

指の移動に関する研究として、Tsuchiyaらはポインティングデバイスに触覚を付加することで、皮膚刺激のみで画面内のポインタで感じるであろう把持した物体の滑りなどを表現している[1]。しかし、対象物の滑りは再現出来るものの、滑りによる自身の指の移動は提示出来ていない。

自身の指の移動を提示するには、指の移動の際の指腹の皮膚感覚と、指の運動を知覚する固有受容感覚の複合、つまり触運動知覚を生起させればよいと考えられる。

そこで本稿では、皮膚感覚として指腹表面を移動する触覚刺激を提示し、指を動かさずにひずませることで固有受容感覚を生じさせ、触運動知覚である滑り感の提示を試みた。

## 2. 滑り感提示実験

### 2.1. 皮膚感覚の提示装置：電気触覚ディスプレイ

指腹に皮膚感覚を提示するために、Kajimotoが開発してい

る電気刺激を用いて触覚提示をする電気触覚ディスプレイを使用した(図1左)[2]。指腹が接触する部分に61個の電極が2mmの間隔で配置されている。電気刺激の提示はパルスでこない、刺激パルス周期60pps(pulses per sec)、刺激パルス幅50us、刺激パルス高さ0-3mA、350Vで提示した。

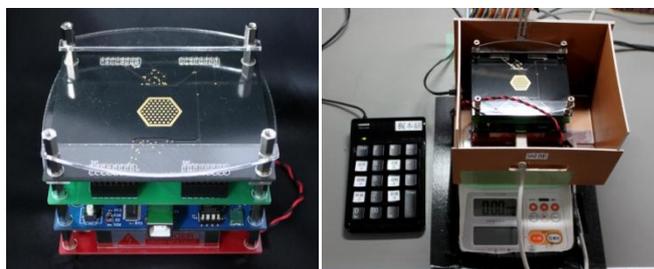


図1:電気触覚ディスプレイ[2] (左) と実験装置外観 (右)

### 2.2. 指のひずみ力の測定装置

水平方向の力の測定には、フィルム状圧力センサ(ニッタ製、FlexiForce)を用いた。上部に接触子を固定した電気触覚ディスプレイを硬い箱の中に入れ、底面には電気触覚ディスプレイが一方方向のみに可動できる溝を設けた。箱の内壁にフィルム状圧力センサを固定した。被験者が指を水平方向にひずませると、接触子が圧力センサに押し付けられる。その力をADボード(Interface社、PCI3523A)を介し、PC画面に表示した。

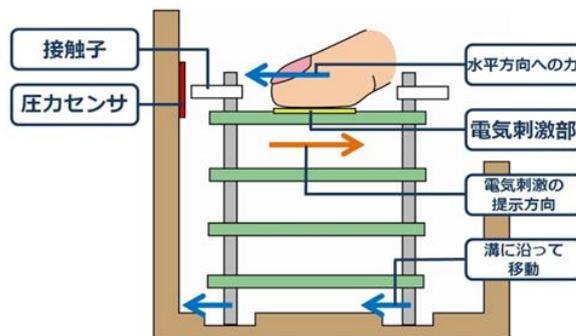


図2:実験設備の模式図

垂直方向の力の測定は電子はかりを用いた。図2の箱の下部に電子はかりを配置し固定した(図1右)。

### 2.3. 実験1：滑り感の生起条件の検証

電気刺激による触覚刺激の移動と、指のひずませることで、指を動かすことなく指の滑り感を提示できるかを実験した。

適切な電気刺激を提示するために、実験開始時に被験者が電気刺激をはっきりと知覚出来る強度になるようパルスの高さ(電流値)を調整した。電気刺激は線状に提示し、移動速度は 0-20 mm/sec を 2 mm/sec 間隔で提示した。速さ 0 mm/sec における試行は、電気刺激を行っていない試行を表す。

被験者は、移動する電気刺激を提示され、電子はかりの表示を見た状態で垂直方向の力を 100-300g の間に保ちながら、徐々に水平方向へ指先に徐々に力を加えた。そして、自分の指が滑ったと感じたところで手元のボタンを押し、その時の水平方向の力を記録した。被験者は 6 名(男性 4 名, 女性 2 名, 21-28 歳)である。

実験結果を図 3 に示す。グラフの横軸は電気刺激の移動速度、縦軸は水平方向に加えた力を電気刺激なしと比較した時の差を表す。エラーバーは標準偏差である。

実験結果より、6-18mm/sec の移動速度の電気刺激を提示すると、本来指が滑りを知覚するために必要な力より少ない力で滑りを知覚させたことが分かる。また、全被験者の内観報告からも自分の指が滑っていくような感覚がしたと報告された。これにより、指を動かすことなく滑り感が提示できたことが分かる。

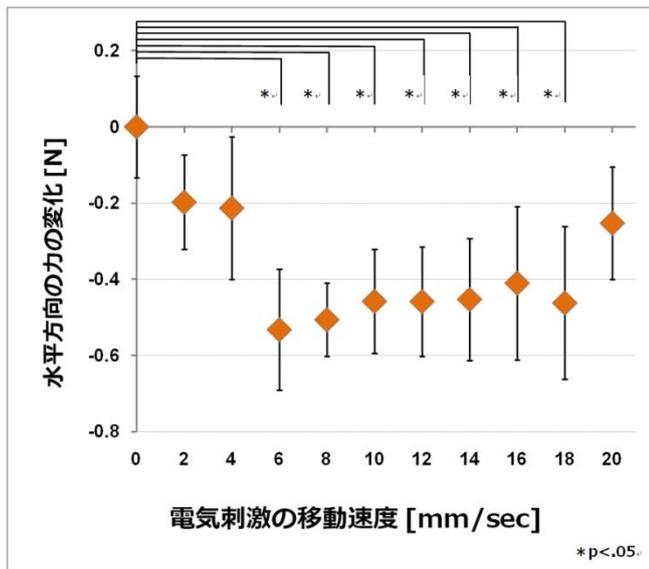


図 3:滑りを知覚するのに必要な水平方向への力の変化

#### 2.4. 実験 2 : 上下左右への滑り感提示の検証

指先方向を上方向として、上下左右の 4 方向に指をひずませ、移動する電気刺激も 4 方向から提示して滑り感の方向知覚特性を調べた。

図 2 の構造と同様に圧力センサを上下左右に配置して水平方向の力を測定した。被験者は 10mm/sec で移動する電気刺激を提示され、実験 1 と同様に指を静止した状態でひずませ、滑ったと感じたところでボタンを押しした。被験者は 6 名(男性 4 名, 女性 2 名, 21-25 歳)である。

実験結果を図 4 に示す。グラフは電気刺激の移動方向によって色分けされ、横軸が指をひずませた方向、縦軸が電気刺激なしと比較した時の水平方向の力の変化を表す。エラーバーは標準偏差である。

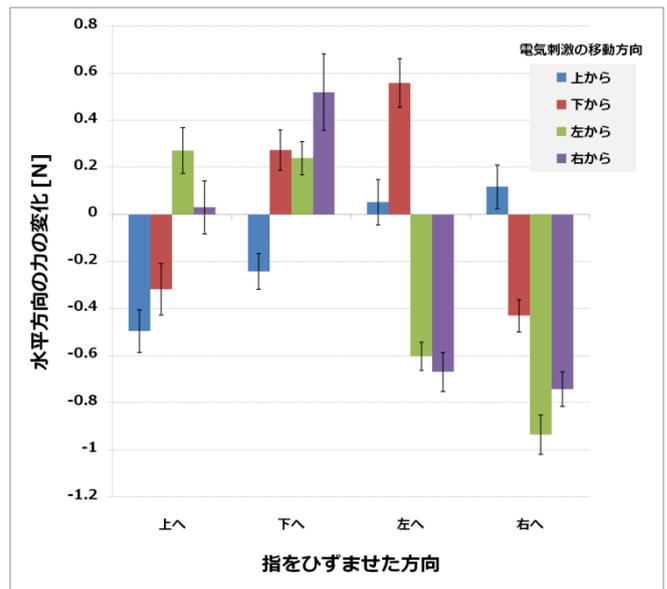


図 4:滑り感提示の方向知覚特性

実験 1 で検証した、電気刺激の移動方向と指のひずませる方向が反対方向の条件のみ水平方向の力が減衰して滑りを知覚されると予想されたが、結果は異なった。その条件以外にも水平方向の力を減衰させて滑りを知覚させる条件も存在した。そして、下方向へ指をひずませた場合、予想された下からではなく上から電気刺激を提示した際に水平方向の力を減衰して滑りを知覚した。

また、16 試行中 14 試行において、指をひずませた方向と同軸方向から電気刺激を提示(指を上方向にひずませた場合、電気刺激が上からと下からの方向)すると水平方向の力は減衰するが、直交軸方向だと水平方向の力が増加している傾向がみられた。つまり、指をひずませた方向と同軸方向からの電気刺激を提示することが滑り感提示になり、指の滑り感を提示したくない場合は直交軸方向からの電気刺激を提示すればよいのではないだろうか。これらの点については今後より詳細な生起メカニズムを求めていく。

### 3. おわりに

本稿では、指腹を接触させた状態で指をひずませ、移動する電気刺激を提示すると、指を動かすことなく自らの指が滑っていくように感じる、滑り感が提示できることを報告した。今後は滑り感の生起条件をさらに解明すると共に、ポインティングデバイスへの実装を試みる。

#### 参考文献

- [1] S. Tsuchiya et al. Vib-Touch: Virtual Active Touch Interface for Handheld Devices, the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2009
- [2] H. Kajimoto. Electro-tactil display with real-time impedance feedback, EuroHaptics 2010, 2010