

電気刺激を用いた滑り感提示における 指先の水平力と電気刺激の方向依存性

Directional Dependency of Fingertip Shear Force and Electrical Stimulation Flow in a Slipping Illusion

○岡部浩之（電通大） 大原淳（電通大） 福嶋政期（電通大）
古川正紘（電通大, JSPS） 梶本裕之（電通大, JST）

Hiroyuki OKABE, Jun OOHARA, Shogo FUKUSHIMA, Masahiro FURUKAWA, Hiroyuki KAJIMOTO
The University of Electro-Communication,
Japan Society for the Promotion of Science, Japan Science and Technology Agency
{h.okabe, oohara, shogo, furukawa, kajimoto}@kaji-lab.jp

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 fingers slip though they do not actually move. We named this phenomenon “slipping illusion”, and we proposed a pointing-stick-type GUI input device that applied this phenomenon, hoping that owing to the illusion, it can reproduce operation feeling of touchpad where the finger actually moves. In this paper, we investigated the occurrence condition of the slipping illusion focusing on the directional dependency of fingertip shear force and electrical stimulation flow.

Key Words: Electrical stimulation flow, Pointing device, Slipping illusion

1. 緒言

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。ポインタの位置を指の位置の変位により制御するので、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、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。

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ポインティングデバイスの実現を目指す。そのために、ポインティングスティックなどの小面積のポインティングデバイスに、指を動かすことなく指を移動させた際の触覚を付加す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。

ポインティングスティックに触覚を付加する研究として、TsuchiyaらのVib-Touchがある[1]。この研究はポインティングスティックに振動による触覚提示を付加したものである。画面中のカーソルを指先のポインティングスティックで操作し、その指先に皮膚刺激をフィードバックすることで、手を実際に動かさずにポインタが把持した物体の滑りなどの触運動を知覚させることが出来る。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が移動する感覚の提示を目的としたものではない。

自身の指が滑る感覚提示として、我々は滑り錯覚という錯覚を発見し報告した[2][3]。滑り錯覚は指を静止させた状態で、指をひずませ、指腹に指先方向から移動する線状の電気刺激

を提示することで生じた(図1)。電気刺激を提示することで、電気刺激を提示せずに指をひずませ滑りを知覚するのに必要な力に比べ、指をひずませた際の水平方向の力を減衰させて滑りを知覚することが分かった。言い換えると、指が滑るのに満たない水平方向の力で滑りを知覚する。つまり、指先が静止している状態で、指をひずませた方向に自分の指が滑っていく感覚が提示出来たと言える。

この滑り錯覚をポインティングスティックに付加することで、指をひずませるだけでタッチパッドを使用しているような指を移動する感覚が提示でき、理想的なポインティングデバイスが実現できると考えられる。そこで本稿では、指先方向のみでなく、指先方向を上方向とする上下左右の4方向において滑り錯覚が生起することを検証した。



Fig.1 Electrical stimulation with fingertip

2. 実験

滑り錯覚は電気刺激を指先側から提示し、指先方向に指をひずませることで生じた。つまり、この滑り錯覚の生起には電気刺激の移動方向と指のひずませる方向に関係があると考えられる。そこで、指先方向を上として電気刺激を上下左右の4方向から提示し、指も同様に4方向にひずませることで滑り錯覚の方向依存性を調べる実験を行った。

2.1 実験装置

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[4]。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。

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、箱の内壁にフィルム状圧力センサを固定した(図 2 右)。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を押し付ける。その力を AD ボード(Interface 社, PCI3523A)を介し、PC 画面に表示した。

垂直方向の力の測定は電子はかりを用いた。この電子はかりは圧力センサを配置した箱の下部に固定した。

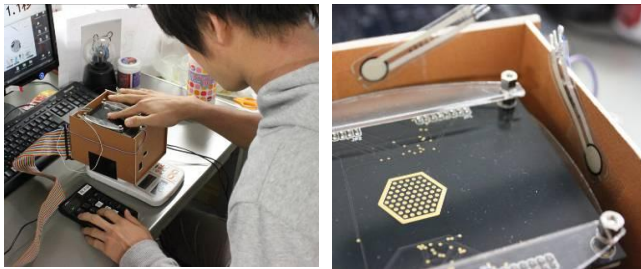


Fig.2 Appearance of experiment (Left), Pressure sensors in the box (Right)

2.2 実験条件

実験は 6 名(男性 4 名, 女性 2 名, 21-25 歳)の被験者に対して行なった。電気刺激の提示はパルスでおこない、刺激パルス周期 60 pps (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。被験者によって電気刺激の知覚閾値が異なるので、事前に電気刺激を明瞭に感じるように刺激パルスの高さ(電流値)を調節させた。提示する電気刺激の移動速度は 10mm/sec とした。

実験条件は、電気刺激の方向を 5 パタン(上下左右の 4 方向 + 電気刺激なし)と指をひずませる方向 4 パタン(上下左右)を組み合わせた計 20 条件である(図 3)。被験者には各条件を連続して 3 度提示し、合計 60 試行を回答させた。

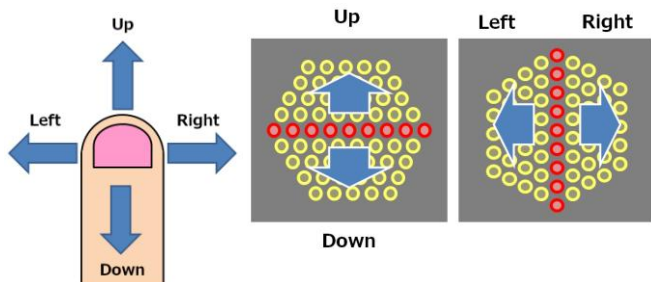


Fig.3 Direction of shearing force(left) and Electrical stimulation flow (Right)

2.3 実験手順

被験者は電子はかりの液晶画面で垂直方向の力を確認し、その力を 1-3 N に保ちながら指をひずませていき、滑ったと感じたところでボタンを押し回答した(図 2 左)。提示される電気刺激の方向と指をひずませる方向の組み合わせはランダムで行われ、全 60 試行において同様の方法で回答した。

2.4 実験結果

実験結果を表 1 に示す。各セルの値は滑りを知覚した際の

水平方向の力が電気刺激なしの条件と比較してどのように変化したかを表す。単位は N である。負の値は電気刺激なしと比較して水平方向の力が少なく滑りを知覚することを意味し、正の値はその逆を意味する。

Table.1 Directional Property of Fingertip Shear Force and Electrical Stimulation Flow

Normalized Horizontal Force [N]		Direction of Horizontal Force			
		UP	Down	Left	Right
Direction of	Nothing	0.00	0.00	0.00	0.00
	Down	-0.50	-0.24	0.05	0.12
Electrical	Up	-0.32	0.27	0.56	-0.43
	Right	0.27	0.24	-0.60	-0.94
Stimulation	Left	0.03	0.52	-0.67	-0.74

3. 考察

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(例えば指のひずませる方向”上”に対して電気刺激の移動方向”下”など)のみ水平方向の力が減衰すると予想されたが、予想された条件以外にも水平方向の力が減衰する条件があった。また、下方向へ指をひずませた場合、予想された下からの電気刺激の移動ではなく、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。

電気刺激なしを除く 16 条件中 14 条件において、指をひずませた方向と電気刺激の移動方向が同軸の場合(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)、水平方向の力は減衰するが、直交していると水平方向の力が増加している傾向がみられた。つまり、必ずしも電子刺激の移動方向と指をひずませる方向は対抗関係にある必要はなく、2つの方向が同軸であると滑り感が提示できるとの仮説が成り立つ。この点は、さらなる検証が必要である。

4. 結言

本稿では、滑り錯覚における電気刺激の移動方向と指をひずませる方向の特性を報告した。従来の生起条件のみならず、その他の条件でも滑り錯覚は認められた。また、電気刺激の移動方向と指をひずませる方向が同軸の場合に滑り錯覚が生起する可能性が示唆された。今後はさらなる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。

文 献

- [1] Sho Tsuchiya, Masashi Konyo, Hiroshi Yamada, Takahiro Yamauchi, Shogo Okamoto and Satoshi Tadokoro. Vib-Touch: Virtual Active Touch Interface for Handheld Devices, *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 2009
- [2] 岡部浩之, 大原淳, 蜂須拓, 古川正紘, 福嶋政期, 梶本裕之. 電気触覚ディスプレイを用いた指先への滑り錯覚の提示日本バーチャルリアリティ学会 大会論文集, 2010
- [3] 岡部浩之, 大原淳, 蜂須拓, 古川正紘, 福嶋政期, 梶本裕之. 電気刺激を用いた指先への滑り感提示, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告(力触覚の提示と計算研究会), Vol. 1, pp. 41-44, 2010
- [4] Hiroyuki Kajimoto. Electro-tactil display with real-time impedance feedback, *EuroHaptics 2010*, pp.285-291, 2010