

電気触覚ディスプレイにおける能動触

Active Touch in Electrocutaneous Display

梶本裕之¹⁾, 川上直樹¹⁾, 前田太郎²⁾, 舘暲¹⁾

Hiroyuki KAJIMOTO, Naoki KAWAKAMI, Taro MAEDA and Susumu TACHI

1) 東京大学大学院 情報理工学系研究科

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, kaji@star.t.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学大学院 情報学環 学際情報学府

Abstract: In electro-tactile display, so-called “electric shock” caused invasive impression and limited its application. The reason for this “shock” is not that we use electricity, but that the amount of sensation is unexpected and uncontrollable for the user. Therefore, by introducing the notion of active touch and building proper relationship between motion and generated sensation, we could not only acquire more natural haptic sensation, but also remove fear and convince us of its practical use.

Key Words: Tactile Display, Electrocutaneous, Active Touch, Force Feedback

1 はじめに

皮膚表面電極からの電流によって皮膚下の神経を直接駆動する電気触覚ディスプレイは、堅牢、高密度実装可能、機械的共振と無縁といった多くの長所を持つと共に、多種の皮膚感覚を生成できる可能性を持つ[1]。

その一方で我々の多くは電気刺激に恐怖感を持つようである。なぜ我々は、強力な機械式感覚提示デバイスを特に恐れることなく触ることができるのに、微弱な電気刺激を敬遠するのだろうか。

2 電気触覚ディスプレイの問題点

生じる皮膚感覚の質そのものが問題なのだろうか。しかし電気刺激特有と思われがちな強力な振動感覚は機械刺激でも容易に生成し得る。また我々は痛覚を生じ得る物体、例えば画鋸等を日常的に扱うが、恐れを感じることは無い。これらの事実は、皮膚感覚の質自体は電気刺激の持つ侵襲感の本質ではないことを示唆している。

機械的な刺激と電気刺激の著しい違いは、前者では皮膚感覚は多少なりとも操作者の運動に対応して生じるため操作者は感覚量を予測、調節することができるのに対し、電気刺激の体験者は、そのままでは能動的に感覚量を制御することも、予測することもできないという点である。この予測不可能性が、「電気ショック」という言葉で表現されるものの本質と思われる。

すなわち電気触覚ディスプレイを電気ショック生成器で無くすためには、行動計測とそれに伴った感覚生成が必須であると考えられる。これ自体は能動触として従来の触覚提示の研究でも多く行われているが、従来の研究がより

自然な触覚(Haptic Sensation)を得ることを目的としているのに対し、侵襲感を除き、電気触覚の実用性に説得力をもたせることを第一の目的としている点で大きく異なる。

3 電気触覚における能動触

指先と接触対象の接触点を原点として、各軸を図1のように定義する。

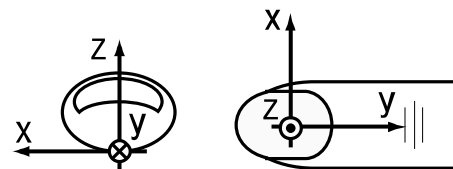


図1 接触点を原点とした各軸の定義

このとき考えられる指先の6自由度運動は次のように2つに分類することができる。第一に水平運動、すなわちx,y 軸方向の並進とz 軸周りの回転である(図2)。これらの運動では皮膚表面と接触対象の相対位置が変化する。

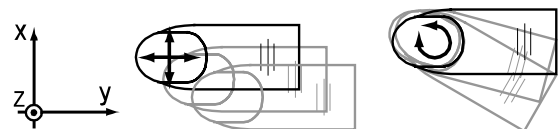


図2 接触位置の変化する指先の水平運動

皮膚感覚提示デバイスのうち、装着型、すなわちデバイスが指と共に移動する場合には電気式も従来の機械式触覚ディスプレイもこの運動に関しては特に違いはない。し

かし環境型,すなわち指先 - ディスプレイ面間の水平運動を許す場合,電気刺激では接触インピーダンスの変動により感覚量が大きく変動し,その変動が操作者にとって制御不可能であるために不快感に繋がる.これはインピーダンスのリアルタイム計測等に対応すべきである.

電気刺激にとってより重要なのは,指先運動の第二のグループ,すなわちz軸方向の並進とx,y軸周りの回転である(図3).これらの運動では接触位置は変わらないものの感覚量が変化する.単純には強く押した場合に強い皮膚感覚が返ってくるというものである.

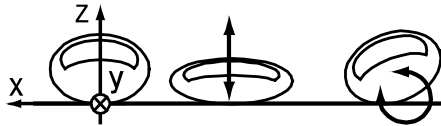


図3 接触位置は変化せず感覚量のみ変化する指先運動

機械式の皮膚感覚ディスプレイの場合,この自由度に対する意図的なサポートは少ない[2][3].何故なら多くの実装は装着型,環境型を問わずこの自由度の指先 - ディスプレイ間微小運動を許しているため,「強く押すと強い感覚が返ってくる」という,運動と皮膚感覚の対応は,特に意図せずとも接触界面での力学的作用反作用によって自然に実現されているからである.

しかし電気触覚の場合,この自由度に対する感覚量の対応を特に意図的に行う必要がある.日常経験する電気ショックは触った瞬間に生じる強い刺激が生む侵襲感であり,まず安心して触ることが出来るという大前提のためには指先の上下運動に依存した感覚量の制御が必要となる.

4 カセンサを内蔵した電気触覚マウス

図4が今回試作した電気触覚マウスである.



図4 カセンサを内蔵した電気触覚マウス

マウス上にアレイ状電極(ステンレス製 1mm, 4x4 アレイ 2mm 間隔), 電極直下にカセンサ(TEAC 社製 Load

Cell)を配置し,指の垂直抗力を測定した.前述の議論に基づき,刺激強度(電流パルス幅: 0~200 μ s)を接触圧に対する単調増加関数(現在は対数関数)とした.これによって操作者は指の圧力によって感覚量を能動的に制御可能となり,侵襲的印象を著しく軽減することが出来た.

本システムでは,ある瞬間には16電極のうち1本のみを陽極,周りを接地電極として一点のみを刺激し,テレビ等と同様の時間的な走査(50Hz)によって多点提示を実現している(図5).マウスの移動にあわせて提示パターンを変化させることで水平運動の能動性も付与している.

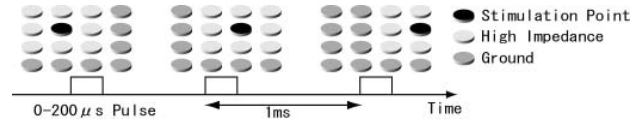


図5 動的に刺激電極と接地を選択,走査する.

提示パターンの形が与えられたとき各点をどのように刺激するかは慎重に扱うべき問題である.なぜなら機械的な接触の場合,指が弾性体であることに起因する空間的 band-pass filter 特性の為に,接触面のエッジ部分に応力が集中し,自然にエッジ強調がなされているのに対し,電気触覚ではこの効果は期待できないからである(図6).実際我々の予備実験では,電気刺激自体の二点弁別能力は機械刺激と同等(2mm)とすることが出来るにもかかわらず,提示パターン内の各刺激点を平等に刺激すると機械式に比べ空間的に鈍った感覚となることが分かっている.このため我々は,提示パターンのエッジ部分をより強調するため,エッジでの刺激パルス周波数を増加させている.

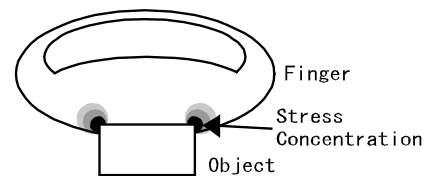


図6 指の弾性体特性によるエッジへの応力集中

5 おわりに

本稿では,従来の機械式デバイスが暗黙のうちに仮定している指とディスプレイの物理的な相互作用を電気刺激で模擬する問題を,特に上下方向の能動性に限って論じた.謝辞 本稿の研究の一部は文部省科研費補助金(特別研究員奨励費 13-06135)によっている.

参考文献

- [1] 梶本, 川上, 前田, 館: 皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ, 電子情報通信学会誌, pp120-128, vol.j84-D-II, no.1, Jan, 2001.
- [2] 藤田, 大森, 片桐: 指先接触面積制御による柔らかさディスプレイの試作, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 5, pp. 251-254, 2000.
- [3] 下条, 萩谷, 篠原: 高密度型触覚ディスプレイを用いた触覚情報提示の試み, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 5, pp. 255-256, 2000.

