

フィルム状電気触覚ディスプレイにおける 圧力分布計測を用いたフィードバック

○武井 聖也 (電気通信大学), 渡辺 亮 (電気通信大学), 岡崎 龍太 (電気通信大学),
梶本 裕之 (電気通信大学, 科学技術振興機構さきがけ)

Feedback in Film-Type Electro-Tactile Display Using Pressure Distribution Measurement

○Seiya TAKEI (UEC), Ryo WATANABE (UEC), Ryuta OKAZAKI (UEC),
Hiroyuki KAJIMOTO (UEC, JST PRESTO)

Abstract: Electro-tactile display can be thin and flexible, making it easier to shape large and curved display that covers the whole palm. However, the sensation is affected by the contact condition, which may result in uncomfortable sensation. We propose a method to stabilize the sensation by the feedback using pressure distribution measurement. We constructed the system using film-type tactile display and film-type pressure distribution sensor, and evaluated the feedback method.

1. はじめに

電気触覚ディスプレイは接触部が電極のみで構成されるため、機械的な触覚ディスプレイと比較して薄型かつ任意形状に作成することが出来る。これを利用して例えば掌全体への触覚提示が提案されており、ロボット操縦やトレイグジスタンス環境下におけるマスタハンドとしての利用が期待される[1]。

一方で電気触覚ディスプレイにおける感覚の安定化は非常に重要な問題である。これまでに、力センシングによるフィードバック[2]、皮膚インピーダンス計測によるフィードバック[3][4]等によって電気刺激の不快感の軽減が行われてきた。力センシングによるフィードバックはユーザの押下圧を計測し、強く押すと刺激が強くなるというものであり、ユーザ自身による刺激強度の調整に長けているが、各電極で同一強度での刺激しか行うことができない。つまり例えば指先に力を込めている状況でも指腹と指先に一様な触覚が生じるため不自然な感覚となる。皮膚インピーダンス計測によるフィードバックは、接触、非接触の切り替わりを検出することによって不完全な接触での刺激を行わないことで不快感を軽減することに成功しているが、ユーザ自身が刺激強度を調整することは難しい。

そこで我々は、電気触覚ディスプレイがフィルム状電極によって構成可能であることを利用することを考えた。フィルム状の電気触覚ディスプレイを用いることで、電極直下に圧力分布センサを敷設し、圧力分布の計測が可能となる。本稿では、圧力分布計測によってユーザ自身が刺激強度を調整すること、および接触、非接触の境界で生じる不快感を軽減することを同時に行うフィードバック手法を提案する。さらに電気触覚ディスプレイによって表現できる新たな触覚についても議論する。

2. システム構成

2.1 使用デバイス

電気刺激装置には、筆者らのグループが以前開発したものをを用いた[4]。装置に接続したフィルム状電気触覚ディスプレイは電極間隔 3mm であり、1 枚あたり $8 \times 24 = 192$ 点の電極を持つ (Fig. 1)。圧力分布計測には、ニッタ社製フィルム式圧力分布測定システム I-SCAN を利用した。圧力分布センサは 8 ブロックで構成されており、1 ブロックあたりセンシング部分を $4 \times 13 = 52$ 点持つ (Fig. 2)。この 1 ブロックとフィルム状電極一枚は同じサイズである。

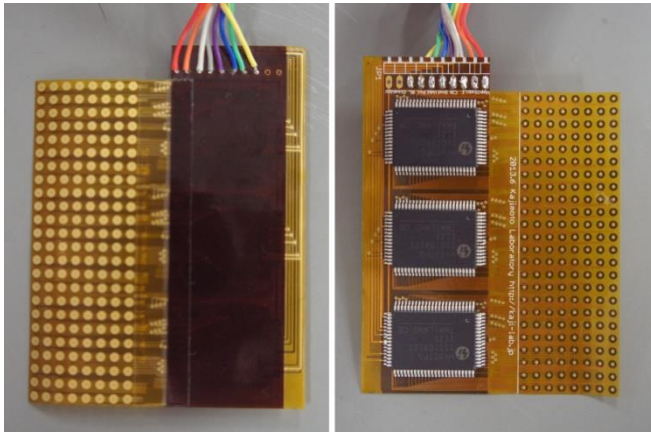


Fig. 1 Film-type electro-tactile display

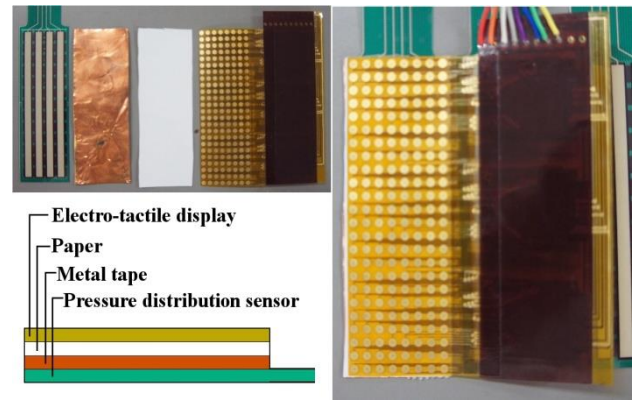


Fig. 3 Layer of electro-tactile display and pressure distribution sensor

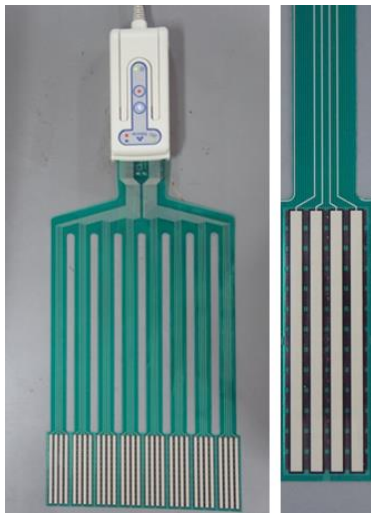


Fig. 2 Sensor for the measurement of pressure distribution

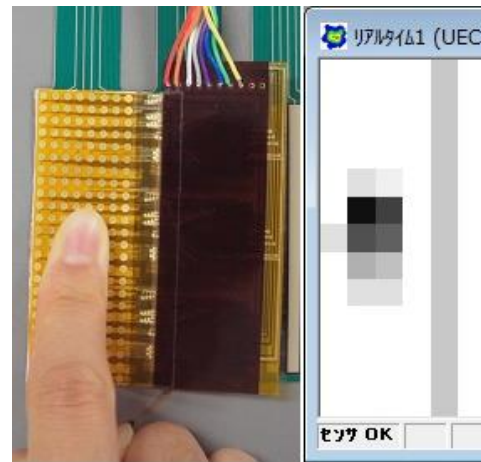


Fig. 4 State of pressure distribution measurement

2.2 フィードバック手法

電気触覚ディスプレイと圧力分布センサを重ね合わせ、指の押下圧分布を計測し、圧力が加わった部分にのみ触覚提示を行う。圧力分布センサの誤動作を防ぐため、圧力分布センサと電気触覚ディスプレイの間を金属テープで電磁的に防護し、紙で絶縁した (Fig. 3)。圧力分布計測の様子を Fig. 4 に示す。刺激の強度は各電極に加えられた圧力値に比例させた。電流値は 0~10mA、パルス幅は 30us、刺激周波数は 59Hz である。電極数(192)と圧力分布センサ数(52)が異なるため、各電極から最も近い圧力分布センサ4点の圧力値と距離を基に2次元線形補間(bi-linear 法)を行って電極位置での圧力値とした。

3. 実験

電気触覚の不快感を比較する実験を被験者 6 人に対して行った。被験者は 3 種類の刺激手法を体験し、それぞれの不快感を Visual Analog Scale (VAS)により評価した。

3.1 刺激手法

刺激手法としては、全電極に同じ電流値の刺激を提示するもの (手法 1)、圧力分布計測に基づき、ある閾値を超えた電極に対して同じ電流値の刺激を提示するもの (手法 2)、各電極の刺激強度をそれぞれ圧力値に比例させた本稿における提案手法 (手法 3)とした。手法 1,2 においては、10mA を上限とし、被験者には痛みを感じない程度になるべく大きな刺激をボリュームレバーで設定させた (Fig. 5)。なお手法 2 は先行研究において、電気刺激時のインピーダンス計測によって接触・非接触を判定する手法を模擬したものである[3]。手法 3

においては、ボリュームレバーによる刺激強度の設定は行わず、圧力値に応じた 0~10mA の電流を提示した。

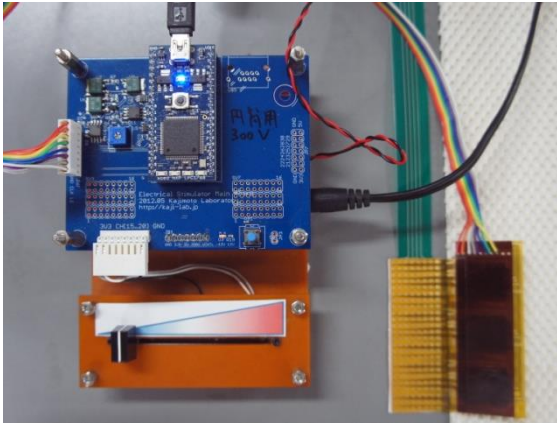


Fig. 5 Appearance of the experimental apparatus

3.2 実験手順

被験者 1 人あたり、手法 1~3 をランダムに 3 回ずつ、合計 9 回行った。被験者は先に述べた 3 種類の刺激を提示した電気触覚ディスプレイを人差し指の腹で押した。それぞれについて快、不快の程度をアナログスケール上に書き込んだ (Fig. 6)。快の基準を「ずっと触っていたい」、不快の基準を「すぐに指を離したい」とし、中心を「どちらでもない」とした。

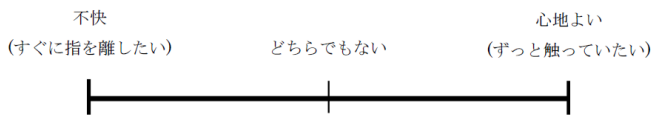


Fig. 6 Analog scale used in the experiment

3.3 結果

各手法に関する評価の平均値と標準偏差は Fig. 7 の通りである。10 が「心地よい」、5 が「どちらでもない」、0 が「不快」を示す。分散分析および多重比較 (Tukey 法) を行ったところ、手法 1 と手法 2 および手法 1 と手法 3 の間には有意差が見られ、手法 2 と手法 3 の間には有意差は見られなかった。しかし、手法 2 と手法 3 においては平均値が 5 を超えているため、刺激手法として不快感は少なく、実用性が高いと考えられる。個々の結果としては、手法 1 を最も心地よく感じ、3 を最も不快と感じる傾向と手法 3 を最も心地よく感じ、手法 1 を最も不快と感じる傾向が確認できた。これは、手法 1 がボリュームによって刺激量を調整するため、その際の刺激の強弱

に個人差があること、および手法 3 において電流の上限値を全被験者で統一したため、被験者によっては「少し押しただけで強くなる」と感じられたことの 2 つが影響したと考えられる。

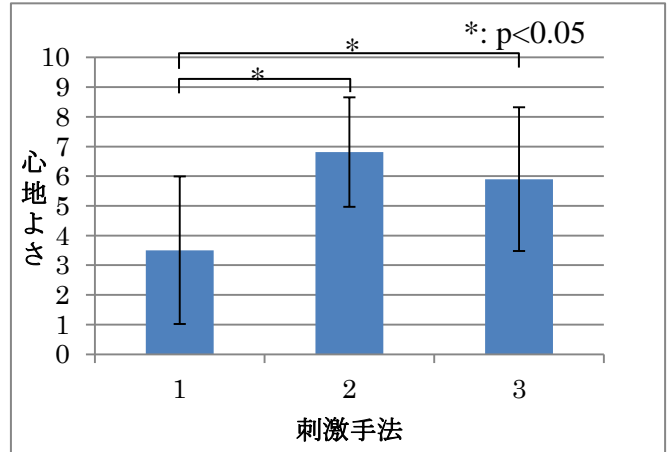


Fig. 7 Result of the experiment

本実験の感想として、「指の輪郭を刺激されているような場合と、指の中心を刺激されるような場合があった」というコメントが多く得られた。これは手法 1 では接触境界部分では接触が不完全なために主観的な刺激が強くなり、結果として輪郭が強調されること、手法 3 では指腹の中心の接触圧が最も高くなるために刺激が強くなること、手法 2 がこれらの中間的な結果となることから説明できると考えられる。この結果は言い換えれば、電気刺激によって物体と皮膚との接触面積が変化した際の感覚の提示が可能であることを示していると考えられる。接触面積変化と対象の物性知覚の間には柔らかさの知覚などが知られており [5][6]、電気刺激によって物性を提示することへの応用が可能であると考えられる。

4. 結論

本稿では電気触覚ディスプレイの感覚安定化を目標に、圧力分布計測に基づくフィードバックを提案した。フィルム状電気触覚ディスプレイを用いることで圧力分布計測を可能とし、電極ごとに刺激量の調整を行うシステムを構築、その評価を行った。今後は曲面形状の提示面を持つ電気触覚ディスプレイへの応用や、物体の柔らかさ感覚などの物性の提示、圧力分布計測によるインタラクティブシステムへの応用を行う。

5. 参考文献

- [1] H. Kajimoto, "Design of Cylindrical Whole-hand Haptic Interface using Electrocutaneous Display", EuroHaptics, 2012
- [2] Kajimoto, Kawakami, Maeda, Tachi, "Electro-Tactile Display with Force Feedback", World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, 2001
- [3] 高橋, 黒木, 新居, 川上, 館, "タッチパネルのための環境型電気触覚ディスプレイ", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2009, "1P1-G05(1)"-"1P1-G05(4)", 2009-05-25
- [4] H. Kajimoto, "Electro-tactile Display with Real-time Impedance Feedback using Pulse Width Modulation", IEEE Transactions on Haptics, 2011
- [5] A. Bicchi, E. P. Scilingo, D. De Rossi, "Haptic discrimination of softness in teleoperation: the role of the contact area spread rate", IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 16, no. 5, pp. 496-504, 2000
- [6] Fujita, Ohmori, "A New Softness Display Interface by Dynamic Fingertip Contact Area Control", World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, 2001