



# トレイグジスタンスの研究 (第 80 報) フレキシブル基板を用いた 指腹部の分布触覚情報伝達システム

Study on Telexistence (LXXX)

Transmission system of distributed tactile information on finger pad using flexible substrate

佐藤克成<sup>1)</sup>, 杉山智紀<sup>2)</sup>, 木村泰介<sup>3)</sup>, 室本進吾<sup>3)</sup>, 尾崎和行<sup>3)</sup>, 南澤孝太<sup>2)</sup>, 館暲<sup>2)</sup>

Katsunari SATO, Tomoki SUGIYAMA, Taisuke KIMURA, Shingo MURAMOTO,

Kazuyuki OZAKI, Kouta MINAMIZAWA, and Susumu TACHI

1) 奈良女子大学 研究院生活環境科学系

(〒630-8506 奈良県奈良市北魚屋西町, katsu-sato@cc.nara-wu.ac.jp)

2) 慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科

(〒223-8526 神奈川県横浜市港北区 日吉 4-1-1, tomoki@kmd.keio.ac.jp, {kouta, tachi}@tachilab.org)

3) 日本メクトロン株式会社

(〒300-1283 茨城県牛久市奥原 1650-11-1, {kimtai, smromot, ozozk}@mektron.co.jp)

**概要:** 本研究では、フレキシブル基板技術を応用した指型の圧力分布センサと電気触覚ディスプレイを用いて、空間的に分布する触覚情報の伝達システムを構築する。フレキシブル基板を用いた圧力分布センサは、ロボットの指腹部の曲面に沿って実装でき、指腹部表面に加わる圧力分布を計測する。フレキシブル電極基板を用いた電気触覚ディスプレイは、圧力分布センサの計測情報に基づき、人の指腹部において任意の位置に触覚を呈示する。センサとディスプレイ共に薄く柔軟に実装可能であり、多指ロボットハンドの遠隔操作システムへの統合が期待できる。

**キーワード:** 触覚情報伝達, フレキシブル基板, 圧力分布センサ, 電気触覚ディスプレイ

## 1. はじめに

トレイグジスタンスにおける指腹部の触覚情報の伝達は、物体の器用な把持操作を可能とし、また臨場感の向上に繋がると期待できる。伝達すべき情報としては、人が指腹部において感じる圧力や振動、温度変化と、複数の感覚が挙げられる。これら複数の感覚を同時に計測・呈示する技術として、ロボットハンドのための指型触覚センサや、ロボット操作者のための触覚ディスプレイが研究され、伝達システムとして実装されている[1][2]。

指腹部の触覚情報を伝達する際、空間的な分布情報の扱いが課題となる。人の指腹部には、触覚受容器が密に配置されており、空間的な触覚知覚解像度が体表部の中で比較的高い。こうした触覚の空間的な特性を元にセンサやディスプレイを開発する場合、計測・呈示素子を密に配置し同時に制御するという、実装上の困難性が生じる。

本研究では、触覚の分布情報伝達における問題点を解決する一手法として、フレキシブル基板技術を応用した伝達システムを提案する。

## 2. 分布触覚情報の伝達システム

フレキシブル基板を応用した分布触覚情報の伝達システムは、フレキシブル圧力分布センサと、フレキシブル電極基板を用いた電気触覚ディスプレイで構成する。センサ・ディスプレイ共に、高い空間分解能を実現できる。また、薄く柔軟であり、既存の触覚情報伝達システムへの統合が容易である。

### 2.1 圧力分布センサ

開発したフレキシブル圧力分布センサは、主に圧力検知抵抗(導電性カバーフィルム)とセンサ電極(めっきした銅箔)から構成される(図 1)。表面に圧力が加わった場合、圧力検知抵抗が電極に接し、さらに圧力が強いほど接触面積が広がることでセンサの抵抗値が減少する(図 2)。圧力検知抵抗と電極間の隙間により、センサを曲げた場合の圧力誤計測を防ぎ、曲面への配置を可能としている。

本研究で構築したセンサは、圧力計測点が 4 mm 間隔でマトリクス状に配置されている。このセンサを直径 20 mm

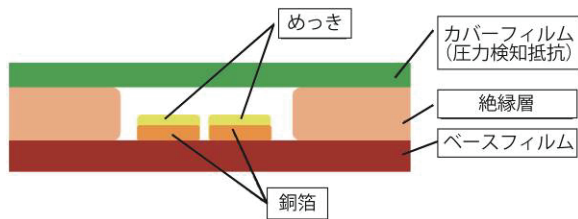


図 1: フレキシブル圧力分布センサの構成

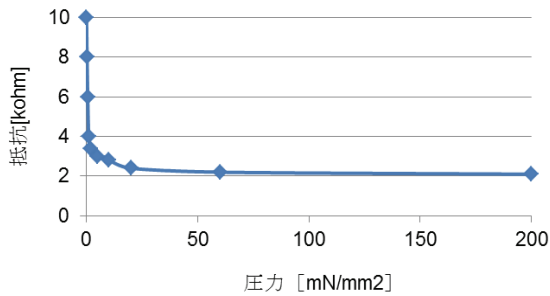


図 2: センサの圧力-抵抗特性

の円柱に巻き、さらにその上からウレタンクッションを巻くことで、指型センサを構成する。指腹部と見なす円柱の先端部分において、3×5の15点で圧力を計測できる。

## 2.2 電気触覚ディスプレイ[3]

計測された圧力分布情報は、電気触覚ディスプレイで表示する。電気触覚ディスプレイは、皮膚表面の電極から皮膚内部に電流を流すことで触覚受容器に繋がる神経を刺激し、バーチャルに触覚を生成する。皮膚表面に配置する電極マトリクスをフレキシブル基板として実装することで、曲面形状である指腹部上に複数の電極を接触させ、広範囲で安定した触覚を呈示できる。

本研究で構築した電極基板(図3)は、電極直径が1mm、中心間距離が2mm、刺激用電極数54個である。電極基板は、手の甲に装着されるスイッチング回路と接続し、さらに外部の制御回路と接続する。刺激の位置と強度は、制御基板につながるコンピュータ内で算出する。

## 3. 指腹部における分布触覚情報伝達

フレキシブル基板技術を応用したセンサ・ディスプレイを用いて、分布触覚情報を伝達した様子を図4に示す。ここでは、円柱形のセンサを平面とエッジに押し付けた場合

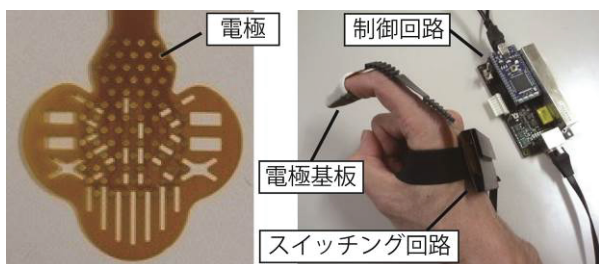


図 3: (左) フレキシブル電極基板 (右) 電気触覚ディスプレイの全体図

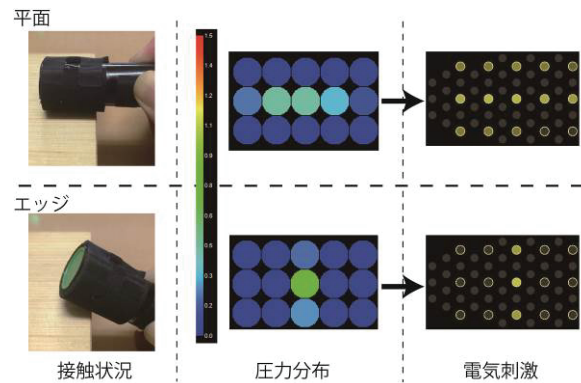


図 4: 平面とエッジに触れた場合の分布触覚情報伝達の様子

の、計測された圧力分布と、提示された電気刺激パターンを可視化している。図4中央の圧力分布では、丸の色が圧力の強さを示す。赤色が最大、青色が最小である。センサと物体の接触状況に応じて、異なる圧力分布が計測されたことを確認できる。また電気刺激のパターンは、15ヶ所の計測点を15個の電極に対応させ、計測された圧力の大きさを元に呈示した。図4右側の黄色の円が刺激用電極位置、円内部の黄色の濃さが刺激強度を示す。ここでは、圧力(抵抗値)の大きさが予め設定した閾値を越えた場合に、対応する電極において圧力の大きさに比例した電気刺激を行った。この場合、エッジと平面の差やセンサを物体に押し付ける力の差が判別可能であることを、定性的ではあるが確認できた。

## 4. おわりに

本研究では、実装上の利点を有するフレキシブル基板技術を応用した分布触覚情報の伝達システムを提案し、圧力分布情報を伝達し得ることを確認した。今後は、センサとディスプレイの計測・刺激位置の対応付け手法と、圧力から電気刺激への変換手法を検討する。

謝辞 電気触覚ディスプレイには、電気通信大学梶本裕之准教授が開発した制御回路を使用しました。

## 参考文献

- [1] 佐藤克成, 舘暲: 指型 GelForce と電気触覚ディスプレイを用いた分布触覚情報伝達システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.2, pp.55-62, 2010.
- [2] Tadatoshi Kurogi, et al.: Haptic Transmission System to Recognize Differences in Surface Textures of Objects for Telexistence, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2013, pp. 137-138, 2013.
- [3] 佐藤克成, 他: フレキシブル基板を用いた指先装着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 2013, 2A1-A13, 2013.