

カーボンマイクロコイルを用いた触覚センサ (第1報:基本コンセプト)

本間将人(慶大) 昆陽雅司(慶大) 白土寛和(慶大院)

前野隆司(慶大) 河邊憲次(CMC技術開発) 元島栖二(岐阜大)

Tactile Sensor using Carbon Micro Coil (1st Report: Fundamental Concept)

*Masato Homma, Masashi Konyo, Hirokazu Shirado, Takashi Maeno, Keio University

Kenji Kawabe (CMC Tech. Devl.), Seiji Motojima, Gifu University

Abstract - Tactile sensors are playing an important role for detecting environmental information by robots. Especially, a robot skin with distributed tactile sensors embedded inside is needed so as to detect qualitative information as well as quantitative information. In the present paper, a distributed tactile sensors using carbon micro coils (CMC) is presented. It has numerous numbers of CMCs inside the robot skin made of silicone rubber. Fundamental concept followed by a fundamental experiment are shown.

Key Words: Tactile sensor, Carbon Micro Coil, Texture,

1. はじめに

自律ロボット・テレロボットの高度化に伴い、皮膚触覚センシングの重要性が高まっている。すなわち、指先における物体の触感検出、把持力制御や歩行制御のための接地情報やスティック・スリップ情報の検出、全身触覚による環境や人体との接触・衝突情報の検出など、ロボットの様々な階層における制御情報として、触覚の役割が期待されている。このため、様々な触覚センサの研究が盛んに行なわれている[1]。しかし、いずれの触覚センサも、実用レベルの小型化と集積化を両立するためには課題が残されている。

元島ら[2]は、これまで、数 $10\mu\text{m}$ オーダサイズのカーボンマイクロコイル(CMC)を電磁吸収素材やマイクロエレクトロニクス素子用途に開発している。また、シリコンゴム中にCMCを配置した触覚センサの開発も行なっている。本触覚センサの考え方を拡張し、電極数を増大させた分散型センサによって分布情報を検出すれば、小型化・集積化された高機能触覚センサが実現できると考えられる。このため、本報では、CMCの原理および分布触覚センサのコンセプトについて述べた後に、基本的な触感検出実験の結果を示す。

2. CMCの構造と機能

Fig. 1に、CMCの拡大図を示す。CMCは、2重螺旋構造を有する炭素繊維である。コイル径は $1\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ 、コイル長は 0.1mm から 25mm 、線径は $0.01\mu\text{m}$ から $1\mu\text{m}$ である[3]。ただし、コイルの大きさはある程度まで選別して製造することが可能である。

これまでに試作されたCMCを用いた触覚センサにおけるCMCのサイズ、個数とシリコンゴムの体積から、CMCの分布密度を計算すると、隣接したCMCは平均数 $10\mu\text{m}$ 置きに配置されていることになる。この距離はCMCの長さに比べ短いため、近接し

たCMCの一部は接触しているか、あるいはシリコンゴムの変形に伴い接触する確率が高いと考えられる。この結果、CMCは巨大なネットワーク状LCR回路網を形成することになる。このため、物体接触時のLCR回路特性変化に伴うインピーダンス変化を検出することによって、触覚情報を得ることができる。

3. 触覚センサのコンセプト

CMCを含有したシリコンゴムはそれ自体が巨大なネットワーク状LCR回路網となっているので、近接して多数の電極を配置し、それぞれの電極間のインピーダンス変化を計測すれば、パターンとして

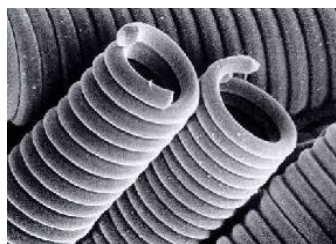


Fig. 1 CMC macrograph[3]

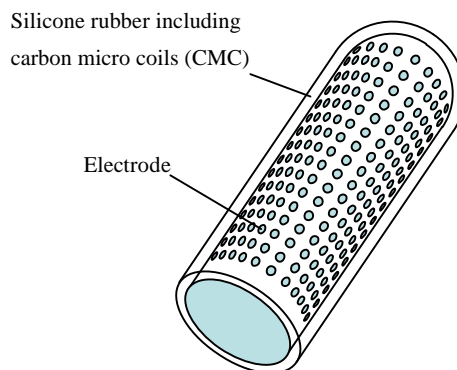


Fig. 2 Conceptual figure of artificial robot finger including CMC

の分布触覚を検出できると考えられる。得られたパターンを情報処理すれば、接触力分布、触感、接触面内の初期すべり状態など、多様な触覚情報を得られると考えられる。

将来的な分布触覚センサのイメージ図を Fig. 2 に示す。人工皮膚内部に配置された多数の電極により、多様な触覚情報パターンを検出し処理することができる。

4. 試作センサの概要

CMC を用いた分布触覚センサの基本的な特性を解析するために、CMC を用いて、筆者らがこれまでに開発してきた曲面状弾性フィンガを製作した。曲面状である理由は、垂直反力を分布させることによって、摩擦力に分布を持たせ、その分布情報を検出するためである。

製作した CMC 分布触覚センサを Fig. 3 に示す。電極は Fig. 4 のように配置し、端部から 1, 2, ..., 6 とする。試作センサは、Fig. 2 のイメージ図よりも電極の集積度は低いですが、分布情報を検出することの可能性検討には十分である。

5. 実験

1kHz の交流電圧を印加した Fig. 3 の触覚センサにアクリル平板を垂直に押し込み、インピーダンス分布を計測した。押し込み量の初期値はアクリル平板を垂直に押し込む際、平板と触覚センサが触れた位置とし、初期値から 0.1mm 刻みで 0.6mm まで押し込んだ。

押し込みによるインピーダンス分布の平均値を Fig. 5 に示す。Fig. 5 より、押し込み量が大きくなるにつれ、インピーダンスが小さくなるのがわかったが、シリコンゴムのひずみから接触情報を検出できると考えられる。

また、Fig. 5 において、インピーダンスの変化は触覚センサの中心部(電極 3, 4)において大きく、端部(電極 1, 6)において小さい傾向を示す。中心部のインピーダンスの変化が大きい要因は、触覚センサに曲面形状を持たせたため、中心部の法線力が大きくなるためと考えられる。この結果より、電極配置を細分化することによって、局所的なインピーダンスを測定することが可能であるといえる。すなわち、インピーダンスの分布情報より、接触状態および接触パターンの情報を検出できると考えられる。したがって、触覚センサの形状や電極の配置を最適化することにより、インピーダンスの分布情報を的確に検出可能である。

本実験結果の問題点として、端部において、押し込み量によらずインピーダンスが大きくなる部分がある点が挙げられる。この原因は、シリコンゴムの切断面の粗さにより、電極とシリコンゴムの接触状態が不均一であったためと考えられる。今後、円柱型触覚センサに対し一様な荷重を加える実験を行うことによって、接触力、触感、初期すべ

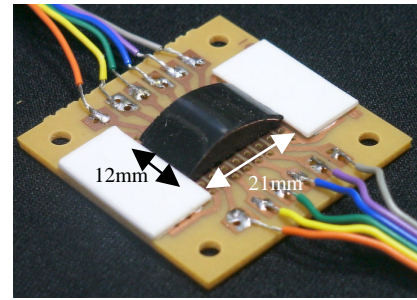


Fig. 3 Prototype of CMC tactile sensor

Silicone rubber including CMC

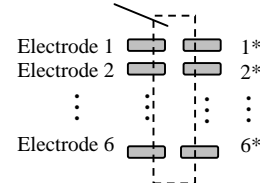


Fig. 4 Electrode allocation

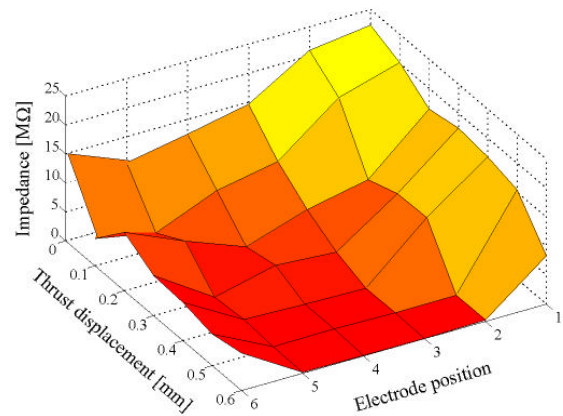


Fig. 5 Experimental result

りといった多様な触覚検出特性の検討を行う。

また、LCR 回路網のモデリング、インピーダンス計測法の最適化、様々な条件下での詳細計測、実用レベルの集積化などは今後の課題である。

6. 結論

カーボンマイクロコイル (CMC) を用いた小型分布触覚センサにより多様な触覚情報を検出する人工皮膚の基本コンセプトを提案した。まず、CMC の原理および分布触覚センサのコンセプトについて述べた。つぎに、基本的な触感検出実験を行い、本センサの可能性を示した。

参考文献

- [1] 白土寛和, 前野隆司: 「触る」ということ - ヒトとロボットの触覚 - , 表面, Vol. 41, No. 5, pp. 145-152 (2003)
- [2] 元島栖二, 岩永浩: 新規の電磁波吸収:カーボンマイクロコイルの気相合成とその電磁波吸収特性, 機能材料, Vol. 7, No. 7, pp. 37-44 (1997)
- [3] <http://www.sunwa-trading.co.jp/cmc.htm>