

研究種目：若手研究(スタートアップ)  
研究期間：2007-2008  
課題番号：19860012  
研究課題名(和文) 反射像を利用した触覚センサの研究

研究課題名(英文) Tactile sensors using reflection image

研究代表者

嵯峨 智 (SAGA SATOSHI)  
東北大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：10451535

研究成果の概要：

はじめに、センサの構成については、硬軟2層の構造にすることにより、シミュレーションおよび実験を通じて角度変位を拡大可能なことを明らかにした。また、センサの高速化のため、他デバイスの組み合わせとして LED(Light Emission Diode), PD(Photo Diode)を用いたシステムを試作し、LEDを用いたときの光学的特性を実測に基づき解析した。500 Hz 程度の振動の測定ができること、測定対象の粗さと信号の分散と相関があることを明らかにした。そして、微小変位の検出可能性を探るシミュレーションなどを通じて、本センサと人間の皮膚の特性が類似していることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,360,000	0	1,360,000
2008 年度	1,350,000	405,000	1,755,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,710,000	405,000	3,115,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：計測工学

キーワード：触覚センサ, 光てこ, 反射像

1. 研究開始当初の背景

近年、失われつつある技能を記録する目的で様々なシステムが構築されている。力を記録、再生することで技能を伝える研究もなされている。彫刻や陶芸など高度な技能を要求するものほど、精細な力情報を、分布的な広がりをもって記録する必要があるが、これら精細な力の分布を記録するための最適なセンサは現在までのところ開発されていない。

また、ロボット技術の普及に伴い、多くのロボットが人間の身近な環境で動作するようになり、さまざまな種類のセンサが用いられてきているが、頑健性と精細な測定性能を合わせ持つセンサの登場も望まれている。このような背景のもと、申請者はシリコンゴムを用いた構成により頑健性を保持しながらも、人間の触覚解像度程度に精細な力(変位)情報を、分布的な広がりをもって測定可能なセンサを開発することを目的とする。具体的に

は、図1のような構成の透明な弾性体を用い、空気との境界における反射特性を利用し、変位が増幅された反射像を光学的に観察することで接触の状態を測定するセンサの開発および定量的評価を目指す。

## 2. 研究の目的

申請者は”柔軟な反射膜と光でこの原理を利用した、詳細な接触、変形情報を取得可能な触覚センサの開発”を研究目的とする。研究予定として、弾性体の変形シミュレーション、幾何光学的シミュレーションを通じて本手法の特性を見積もり、センサ本体の設計論を確立する。その後、シリコンゴムを用いたプロトタイプセンサおよび簡易型のカメラを用いて本手法を実装し、触覚センサとしての特性を検証する。

さらに、本センサの応用装置について検討を加えることで、実用化への道筋をつける。

## 3. 研究の方法

触覚の詳細な接触、変形情報を取得可能なセンサを構築することを研究目的とし、以下のように研究を進める。本センサの構成要素である1. センサ自身の構成、2. 得られる情報の光学的解析、3. センサ試作に基づく検証を進めることで、センサのもつ特性を最大限に活かせる構成手法を確立する。その後は本センサの構成に基づき、他デバイスとの組み合わせなどを検討することで本センサの応用範囲を確立する。

## 4. 研究成果

はじめに、センサ自身の構成として、シミュレーションおよび実験を通じて、硬軟2層のセンサ構造にすることにより、角度変位を拡大可能なことを明らかにした。また、センサの高速化のため、他デバイスの組み合わせとしてLED(Light Emission Diode), PD(Photo Diode)を用いたシステムを試作し、LEDを用いたときの光学的特性を実測に基づき解析した。これより、500 Hz程度の振動の測定ができること、測定対象の粗さと信号の分散と相関があることを明らかにした。そして、センサの特性を最大限に活かすため、微小変位の検出可能性を探るシミュレーションなどを通じて、本センサと人間の皮膚の特性が類似していることを明らかにした。以下、それぞれについて詳述する。

### (1) センサ構造について

反射型触覚センサにおけるセンサ自身の構成について、シリコンゴムの構造を有限要素法シミュレーションにより検討した。反射

型触覚センサの特徴である、角度変位に対する感度の高さを活かすための構成を調べるため、硬い層のみ、柔らかい層のみ、硬軟2層など構造の異なるセンサモデルを作成し、シミュレーション(Fig.1)により、角度変位の大きさの違いについて定量的に検証した。その結果、上層が下層に比して硬いセンサ構成をとることで、同じ力入力に対して比較的大きな角度変位が得られることがわかった。

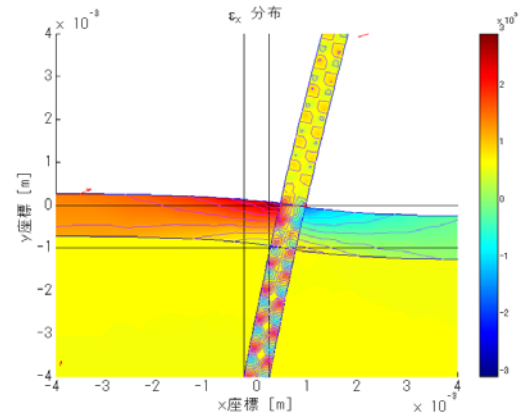


Fig. 1: Stress distribution & change of surface shape

### (2) 光学的解析について

他デバイスの組み合わせとして、パターンとカメラを用いる代わりにLEDとPDを用いる構成を検討した。カメラの代わりにPDを用いることで、高速なセンサ応答が期待されることから、PDを用いたセンサ(Fig.2)における応答特性について実験的に検証した。結果、LEDを用いた反射型触覚センサは500 Hz程度の振動を定量化できること、測定対象の表面荒さをPD出力の分散から推定できること(Fig.3)を示した。

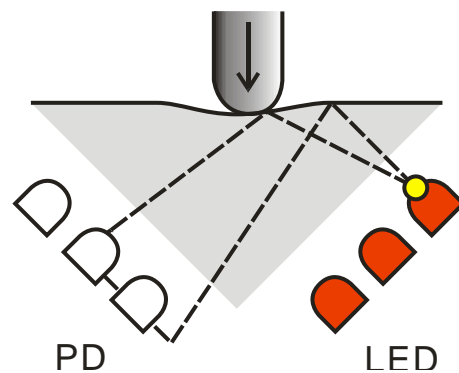


Fig. 2: Section of reflection-type tactile sensor using LEDs and PDs

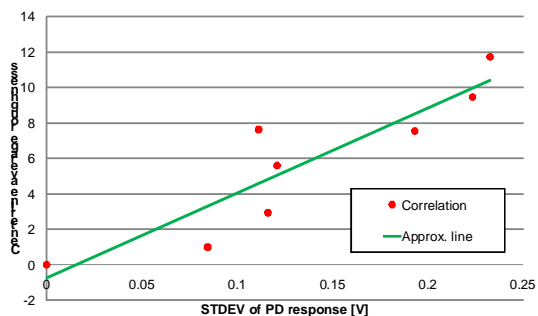


Fig. 3: Correlation between centerline average roughness

(3) センサのもつ特性について

センサの特性を最大限に活かすため、微小変位の検出可能性を探ることを目的とし、普通紙のような極めて薄い対象を計測する際に必要となるセンサ構造の特性についてシミュレーションを通じて検証した。これより、カメラとPD、LEDを併用することで、利用するセンサユニットの時空間分布と、センサの構造の持つ意味が反射型触覚センサと人間の触覚において極めて類似した利用形態を実現できることを示した。

Table 1: Comparison of reflection-type tactile sensor and human skin

	Reflection sensor	Human Skin
Measurement method	Reflection image on sensor surface	Internal strain of sensor body
Spatial resolution	Thin epidermis	Thin epidermis
Temporal resolution	Thick epidermis	Thick epidermis

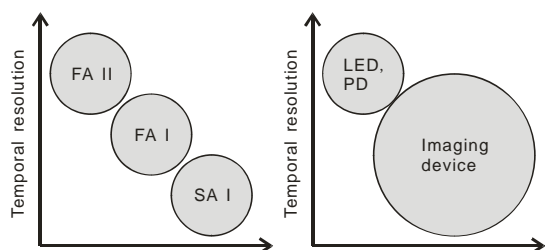


Fig. 4: Distribution of spatio-temporal resolution

(4) 今後の予定

以上より、提案する反射型触覚センサが、単純な構成ながら人間の触覚特性と類似する性質を持ち、これまで検出が難しかった時空間形状を測定可能なことがわかった。これに基づき、今後は人間の特性をもつ触覚センサとして、皮膚、毛髪性状や微小凸など人間に頼ってきた特性評価への応用や、人間の皮

膚特性を持つロボットハンドの実現を目指す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 8 件)

1. 嵯峨 智, 昆陽 雅司, 出口 光一郎. 反射像を用いた触覚センサにおける微小変位の検出. In 日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会論文集, 奈良, 2008.09.25. (査読無)
2. Satoshi Saga, Satoshi Tadokoro and Susumu Tachi. Dynamic conditions of reflection-type tactile sensor. In Haptics: Perception, Devices and Scenarios (Proceedings of 6th International Conference, EuroHaptics 2008), pp. 464-473, Madrid, Spain, 2008.06.13. (査読有)
3. 嵯峨 智, 田所 諭, 館 暉. 反射型触覚センサの動的特性評価. In Proceedings of the 2008 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, pp. 1A1-H08, 長野, 2008.06.06. (査読無)
4. 嵯峨 智, 田所 諭, 館 暉. 反射型触覚センサの静的特性評価と毛状触覚センサの提案. In 第 8 回 SICE システムインテグレーション部門 講演会論文集, pp. 497-498, 岐阜, 2007.12.07. (査読無)
5. 嵯峨 智, 田所 諭. 反射像を利用した触覚センサの高速化. In 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会予稿集, pp. 187-190, 福岡, 2007.09.19. (査読無)
6. Satoshi Saga, Shinobu Kuroki, Naoki Kawakami and Susumu Tachi. Fibratus tactile sensor using reflection on an optical lever. In Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH2007, San Diego, America, 2007.08.06. (査読有)
7. Satoshi Saga, Shinobu Kuroki & Susumu Tachi. Fibratus tactile sensor using reflection image -The requirements of fibratus tactile sensor-. In Proceedings of 16th International Symposium on Measurement and Control in Robotics, Warsaw, Poland, 2007.06.22. (abstract査読有)
8. 嵯峨 智, 黒木 忍, 館 暉. 反射像を用いた毛状触覚センサ. In Proceedings of the 2007 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 秋田, 2007.05.11. (査読無)

〔図書〕(計 1 件)

1. Satoshi Saga. Vedran Kordic (ed.).  
Sensors, Focus on Tactile, Force and  
Stress Sensors. Ch. 1 IN-TECH, pp.  
1-14, 2008.

〔その他〕

ホームページ等

1. [http://www.fractal.is.tohoku.ac.jp/  
2008/04/01\\_173147.html](http://www.fractal.is.tohoku.ac.jp/2008/04/01_173147.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

嵯峨 智 (SAGA SATOSHI)

東北大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：10451535

### (2) 研究分担者

( )

### (3) 連携研究者

( )