

薄い弾性体を使った光学式触覚センサ

富田元将[†] 森大祐[‡] 玉城絵美[‡] 星野聖[‡]

[†]筑波大学工学システム学類 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1

[‡]筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†]e0411335@edu.esys.tsukuba.ac.jp,

E-mail: [‡]{mdaisuke, emi}@edu.esys.tsukuba.ac.jp, hoshino@esys.tsukuba.ac.jp

あらまし 弾性体を用いた圧力センサは、薄くて柔らかい性質を持つことから、人の皮膚のような圧力センサを作ることが可能である。しかし、人の皮膚は力の位置、大きさ、角度を測定することができるが、これまでの弾性体を使った光学式圧力センサでは入射角度を測定できなかつたり、分解能が不十分であった。そこで本研究では、薄い弾性体を用いて、カメラで弾性体の変形を測定することで物体の入射位置、力の大きさ、入射角度を高分解能で推定できる圧力センサを試作した。

キーワード 薄い弾性体、光学式圧力センサ

Development of optical tactile sensor with thin elastic body

Motomasa Tomida[†], Daisuke Mori[‡], Emi Tamaki[‡], and Kiyoshi Hoshino[‡]

[†]University of Tsukuba, Cluster of Engineering Systems, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, 305-8573, Japan

[‡]University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering, Tsukuba, 305-8573, Japan

E-mail: [†]e0411335@edu.esys.tsukuba.ac.jp, [‡]mdaisuke@edu.esys.tsukuba.ac.jp

Abstract: The tactile sensors with the elastic body may work as human skin sensors, because the elastic body is soft and thin, and easy to be distorted. But the conventional elastic bodies for the optical sensors are not thin due to their producing procedure, and the sensors have no sufficient resolution on the estimation of the position, force, and angle of the object. In this study, therefore, we propose a new tactile sensor with a thin elastic body to increase the high resolution of the estimation of the position, force, and angle of the object. The elastic body has no patterns on the surface of, or within the body to measure the features of distorted body. Rather, we adopted the lights to estimate the characteristics of the force through the image processing on the distortion of the elastic body.

Key words: thin elastic body, optical tactile sensor.

1. 序論

弾性体を用いた圧力センサは、薄くて柔らかいという人間の皮膚に性質を持つ。弾性体の形状変化情報をカメラにより計測することで、2次元接触面上の各種の圧覚情報を推定することが可能となる[1]-[3]。

ところが、たとえば文献[1]の手法では、接触面に対して垂直方向の力の大きさや位置は求めることができるものの、力の入射角度を求めることができなかつた。その理由は、深さ方向に対して2層の色素をマトリックス状に配置する必要があるが、製造の過程で必然的に厚くなってしまふ弾性体を計測する方法では、弾

性体の形状変化に乏しく、取得できる情報のダイナミックレンジや分解能が少ないからであると考えられる。また、文献[2]では、現実には弾性体表面に格子状あるいはハニカム状の模様を描く必要があるため、弾性体の加工や製造に手間が必要で、これが薄い弾性体を使うことを困難にしていると考えられる。

そこで本研究では、接触面に薄い弾性体を用いることで、より広いダイナミックレンジと分解能を作り出し、また3次元の弾性体形状変化情報を利用することで、物体の接触位置、力の大きさ、入射の角度を推定できる光学式圧力センサを試作した。

2. システム構成

2.1 装置

図1に装置の全景を、図2に装置の構成概略を示す。図3に示すような厚さ 0.1mm 以下の弾性体の膜を接触する面に設置し、その横から弾性体の膜に水平な方向に光を当てる。光の入射方法は図4に示す通りである。弾性体が半スリットを超えたところから弾性体に光が当たるようにした。また、カメラが弾性体の接触面全体を映し出すように設置した。

2.2 測定方法

a. 作用点の位置の測定について

本システムでは、力の大きさ、力の向き、作用点の位置、接触面の形状を測定することができる。



図1 装置の全景。

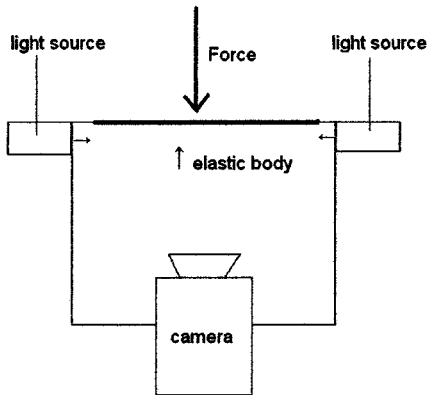


図2 本体の概略図。

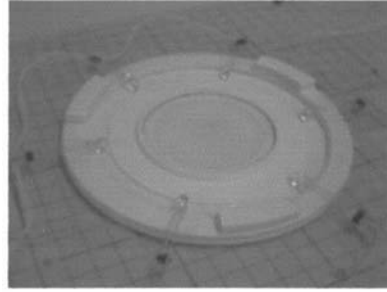


図3 本システムで使用した薄い弾性体の膜。

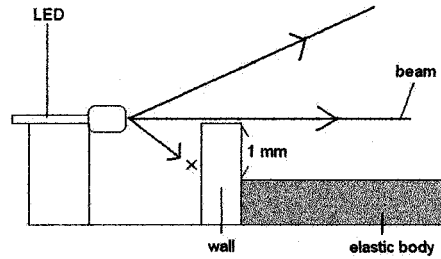


図4 光源と弾性体の設置方法。

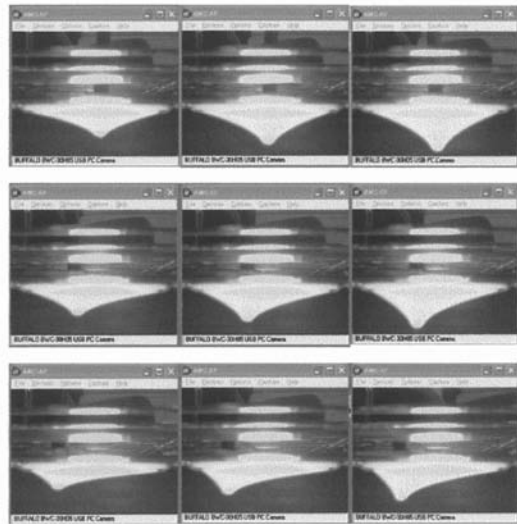


図5 物体を弾性体中央や外れた位置から鉛直方向あるいは斜め方向に押した場合の弾性体の形状変化の例。

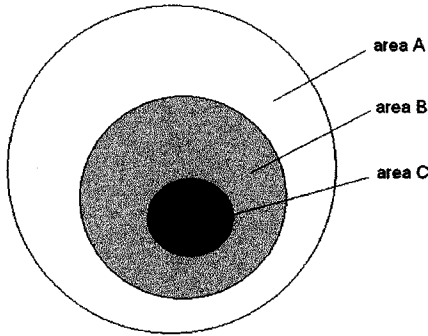


図6 力が加えられた時にカメラにより撮像される画像の例。領域A：白色部分，領域B：灰色部分，領域C：黒部分。領域Bが光源からの光を反射する部分で，領域A，Cは光の当たらない部分である。

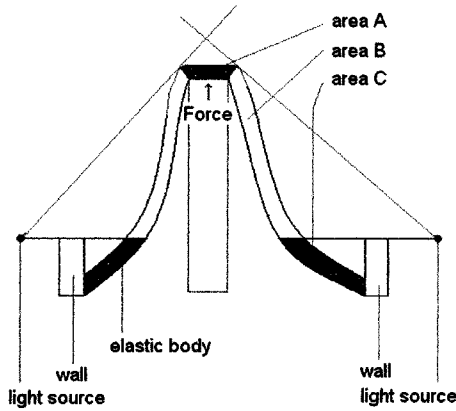


図7 力が加えられた時の光照射の例。

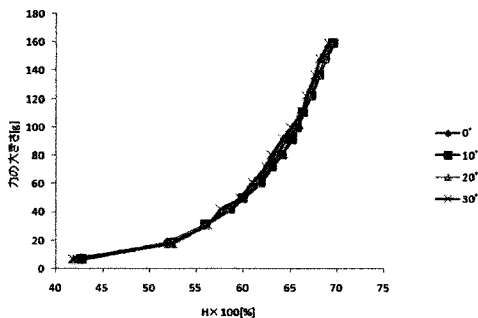


図8 角度を変化させた時の光の面積の割合Hと加えられた力の大きさHとの関係。

作用点の位置に関しては，ある一点に力を加えられた時，カメラからは図5のような画像が撮像される。それぞれの領域を模式的に示したものが図6である。

水平方向を見たとき，光源からの光は図7のように弾性体に照射される。同図から分かるように，接触面の上面部分には光が当たらない。よって，領域Cは接触面をそのまま表すことになり，本システムでは，その重心を作用点の位置とする。

b. 力の大きさの測定について

力の大きさは，図6の領域A，Bの面積に比に対応している。ここで，その比をHとすると

$$H = \text{領域B} / (\text{領域A} + \text{領域B})$$

のように表すことができる。加えられた力の大きさFとHとの関係は図8のようになる。同図より，Hは入射角度に関係なく，力の大きさに依存することが理解できる。この関係は

$$F = a \times \exp(b \times H) \quad (a, b = \text{const})$$

のように近似することが可能である。あらかじめHとFの値から曲線当てはめによりa，bが推定できれば，加えられた力の大きさFはHを実測すれば算出できることになる。

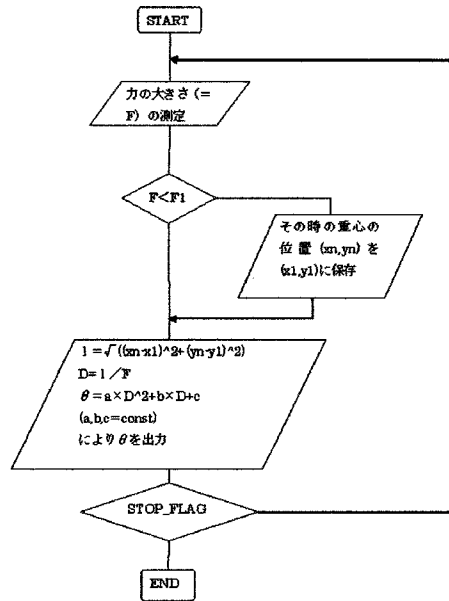


図9 入射角度の測定方法。

c. 力の向きについて

力が入射される向きは、重心の移動量と力の大きさの変化を使って求める。図9に同処理のフローチャートを示す。同図のDは力の変化に対する重心座標の移動量を表す。重心の移動量と力の大きさの関係は図10に示す通りである。

図10より、加えた力が17.4gよりも大きい時にそれぞれ比例関係にあることが見て取れる。図11はそれぞれの入射角度と図10の比例部分のそれぞれの傾きの関係である。このような関係は

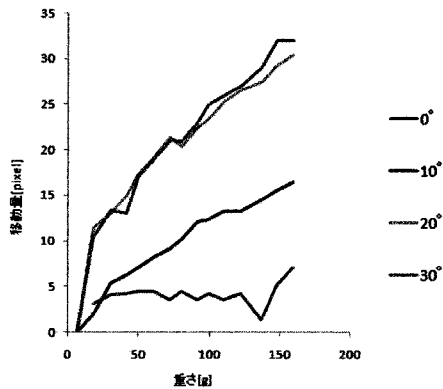


図10 入射角度を変化させた時の力の大きさと移動量の関係。

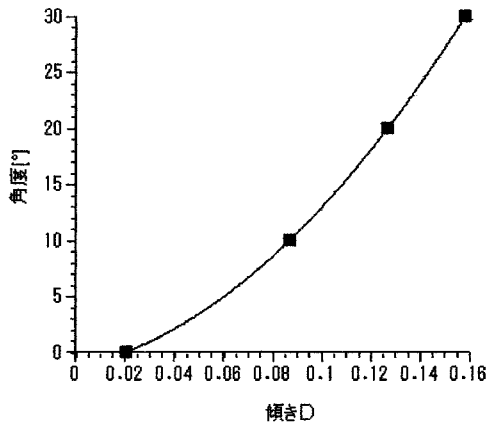


図11 傾きDと入射角度の関係。

$$\theta = a \times D^2 + b \times D + c \quad (a, b, c = \text{const})$$

で近似することが可能である。同式を用いることでDから θ を推定することが可能となる。

3. まとめ

弾性体を用いた触覚センサでは、薄くて柔らかいという特性から、人の皮膚に近い性質をもった圧力センサの開発が可能である。ところが従来の圧力センサでは、弾性体内部に形状変化情報を得るための色素の層を加えたり、弾性体表面に各種の模様を描いたりする必要があったため、弾性体の厚みが厚くなったり、固さが大きくなってしまい、接触物体の力や位置情報を高い分解能で検出することが不可能であった。その結果、弾性体圧力センサの中には、接触物体の力や位置情報を十分に高い分解能で検出できなかったり、力の大きさと位置は求めることができて力の入射角度を求めることができなかった。

そこで本研究では、薄い弾性体の膜を接触面に用い、弾性体の表面や内部に加工をしなくても、接触物体の位置や力情報を高分解能で検出できるようにした。具体的には、光を使って弾性体の変形の度合いを検出することで、高精度に接触物体の入射位置、力の大きさ、入射角度を推定できるような手法を考案した。

文 献

- [1] 神山和人, 梶本裕之, 稲見昌彦, 川上直樹, 館日章: “触覚カメラ – 弾性を持った光学式3次元触覚センサの作成 –,” 電気学会論文誌E, 123, 1, pp.16-22, 2003.
- [2] 大日方五郎, 岡潔, 三浦弘樹, 森山伸彦: 光学式触覚センサ, 光学式触覚センサを利用したセンシング法, センシングシステム, 物体操作力制御方法, 物体操作力制御装置, 物体把持力制御装置及びロボットハンド, 特開 2005-257343, 公開日 2005年9月
- [3] M. Ohka, Y. Mitsuya, I. Higashioka, and H. Kabeshita: “An experimental optical three-axis tactile sensor for micro-robots, Robotica, 23, 4, pp.457-465, 2005.