

K-19

MEMS マイクロロボットに用いる触覚センサに対する検討

A Study on Tactile Sensor for MEMS Microrobot

○熊倉佑樹¹, 木屋大地¹, 榎澤瑠奈², 古屋堇², 石川真聡², 伊藤穂高², 山田哲之²,
森下克幸³, 武井裕樹³, 齊藤健⁴

*Yuki Kumakura¹, Daichi Kiya¹, Runa Enosawa², Sumire Furuya², Masato Ishikawa², Hotaka Ito², Noriyuki Yamada²,
Katsuyuki Morishita³, Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract: We are developing a six-legged autonomous MEMS microrobot. Autonomous driving of a microrobot requires a battery, controller, an actuator, and a sensor. We had already succeeded in developing a microrobot equipped with a controller and an actuator. Therefore, we worked on making a sensor. We considered tactile sensor is suitable for detecting obstacles and can be mounted on the small body of a microrobot because the sensor can detect the presence or absence of contacting objects in an easy electric circuit. In this paper, the authors report on the design and fabrication results of the tactile sensor.

1. はじめに

マイクロロボットは小型な体を活かし、工場内の配管のメンテナンスや人間の体内の検査など狭い空間での活躍が期待されている^[1, 2]。このような活動を可能にするためにはマイクロロボットに高い自律性が求められる。

我々は MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) の微細加工技術を用いた、自律駆動が可能な MEMS マイクロロボットの開発をおこなっている。これを実現するためには電源、コントローラ、アクチュエータのほかにセンサが必要となる。先に我々は、コントローラとアクチュエータを搭載した 6 足歩行型 MEMS マイクロロボットを開発し歩行に成功した^[3]。マイクロロボットの概略図を Figure 1 に示す。マイクロロボットが外部環境に対応し自律駆動をおこなうためには、昆虫の触覚の役割を果たすセンサの開発が求められる。

本論文では、マイクロロボットに搭載するための触覚センサを設計し、障害物の検知に利用する検討をおこなったので報告する。

2. 触覚センサ

Figure 2 に触覚センサの概略図を示す。触覚センサはカンチレバー、電極 V_1 , V_2 , 可動接点, 固定接点で構成した。カンチレバーの先端が障害物に接触することにより、衝撃力が加わりカンチレバーがたわむ。電極 V_1 , V_2 間に電位差を与えているため可動接点と固定接点の接触により触覚センサが導通する。触覚センサの導通, 非導通によって障害物の接触の有無を判断する。センサはマイクロロボット上部に搭載する予定である。

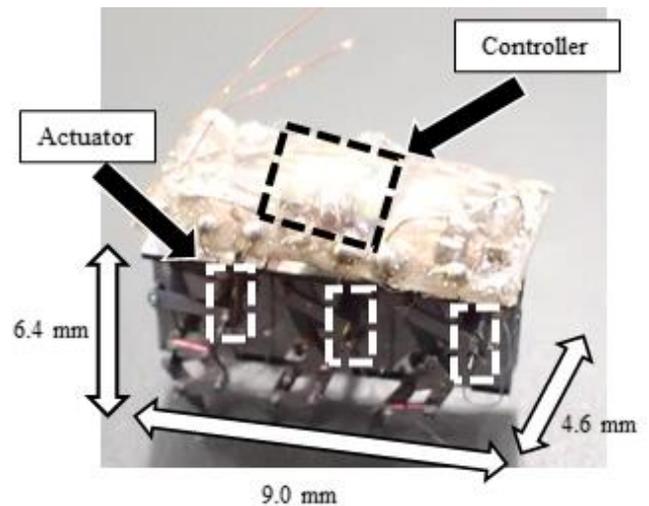


Figure 1. Six-legged MEMS Microrobot

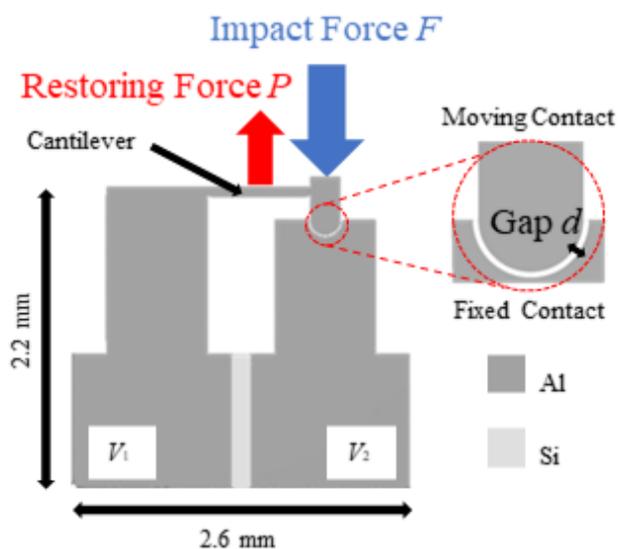


Figure 2. Tactile Sensor

センサは厚さ 200 μm の Si ウェハを加工して作製した。Figure 3 にセンサの作製工程を示す。まず真空蒸着により厚さ 100 nm の Al 薄膜を Si ウェハ上に成膜する。次に Al 薄膜上にレジストを塗布し、マスクアライナーを用いて露光をおこなう。その後、現像、混酸ウェットエッチングをおこない触覚センサのパターンを Si ウェハに作製する。次に ICP ドライエッチングをおこない、Si を垂直にエッチングする。最後に可動接点と固定接点間を絶縁するために FIB 加工装置を用いて Al 薄膜を削る。Figure 4 に FIB 加工後の触覚センサを示す。

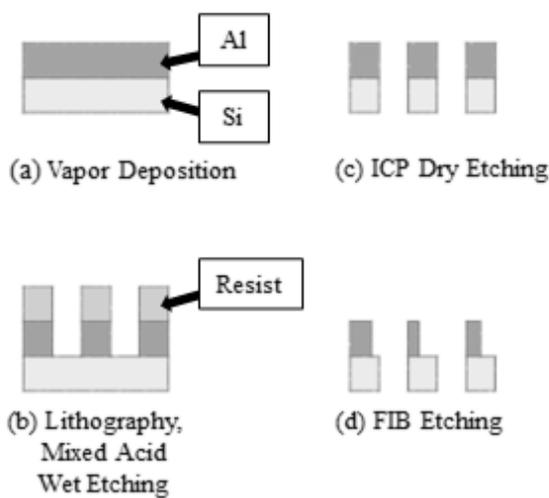


Figure 3. Process of Tactile Sensor

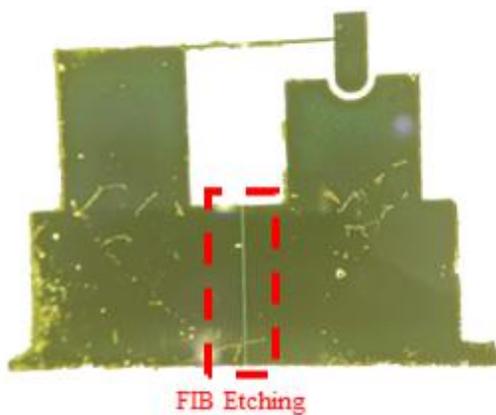


Figure 4. FIB processed Tactile Sensor

センサが導通するための条件として、センサに入力される衝撃力 F がカンチレバーの復元力 P より大きいこと、たわみ y が可動接点、固定接点間の隙間 d より大きいことの 2 つがある。ロボットの質量を M 、ロボ

ットの移動速度を v 、カンチレバーの長さを L 、カンチレバーの厚さを h 、カンチレバーの幅を b 、ヤング率を E として以下の式により条件について検討した。ただし、式(1)は F 、式(2)は P 、式(3)は y についての式である。

$$F = \frac{2Mv^3}{d} \quad (1)$$

$$P = \frac{Ehb^3}{4L^3} d \quad (2)$$

$$y = \frac{4FL^3}{Ehb^3} \quad (3)$$

検討した結果、 $M=281 \text{ mg}$ 、 $v=27 \text{ mm/min}$ 、 $L=1000 \mu\text{m}$ 、 $b=20 \mu\text{m}$ 、 $d=30 \mu\text{m}$ の場合、 $F=3.79 \text{ mN}$ 、 $P=1.56 \text{ mN}$ 、 $y=73 \mu\text{m}$ という結果になった。したがって $P < F$ 、 $d < y$ より、接触の検知が可能であることを示した。

3. まとめ

本論文では、マイクロロボットに搭載する触覚センサの設計、および障害物の検知に利用する検討をおこなった。触覚センサが障害物との衝突を検知するために必要な計算の結果、触覚センサは障害物の検知が可能であることを明らかにした。今後は、障害物の検知が可能であるか導通確認をおこなう予定である。

4. 参考文献

- [1] 鈴森康一, 近藤文夏, 田中裕久:「小型歩行ロボット」, 日本ロボット学会誌, Vol.11, No.3, pp.83-88, 1993.
- [2] 真下智昭:「医療ロボットのためのマイクロ超音波モータ」, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.9, pp.668-672, 2015.
- [3] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Satoshi Hirao, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minami Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, Kristofer S. J. Pister: “Study on Electrostatic Inchworm Motor Device for a Heterogeneous Integrated Microrobot System” Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.12 ,pp. E18-009-1-E18-009-7, 2019