

S3-18

## 人工筋肉ワイヤを歩行機構に用いたムカデ形 MEMS ロボット Centipede Type MEMS Robot Using Artificial Muscle Wire for Walking Mechanism

○多谷大樹<sup>1</sup>, 星和樹<sup>1</sup>, 吉田直弘<sup>1</sup>, 斎藤遼<sup>1</sup>, 小野塚貴昭<sup>1</sup>, 長島大知<sup>1</sup>, 齊藤健<sup>2</sup>, 内木場文男<sup>2</sup>  
\*Masaki Tatani<sup>1</sup>, Kazuki Hoshi<sup>1</sup>, Naohiro Yoshida<sup>1</sup>, Ryo Saito<sup>1</sup>, Takaaki Onozuka<sup>1</sup>, Daichi Nagashima<sup>1</sup>,  
Ken Saito<sup>2</sup> and Fumio Uchikoba<sup>2</sup>

Abstract: This paper proposed the design of the centipede type MEMS robot. The size of the robot was 7.0, 2.6, 2.6 width, length, height, respectively. The mechanical parts of the robot consisted by three legs, somite and joints. The mechanical parts and mechanical structure of the robot was designed to realize the locomotion of the centipede. The shapes of the mechanical parts were machined by photolithography based inductively coupled plasma (ICP) dry etching. As a result, we fabricated the mechanical parts of the robot. It was shown that the accuracy of the fabricated mechanical parts was enough to fabricate the designed centipede type MEMS robot.

### 1. はじめに

マイクロロボットの研究開発が活発におこなわれているが、医療分野における血管内の医療補助や、精密機械分野における装置の微小配管部分における作業などへの適用には、さらなる小型化が必要である。しかし、従来の機械加工技術によるマイクロロボットの微細な構成要素の作製には限界があった。そこで、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)にもちいる微細加工技術を、単純な構造のマイクロロボットに応用する研究が報告されている<sup>[1-2]</sup>。一方で、昆虫や節足動物などの小型の生物は、その非常に小さいボディで優れた機能を実現していることから、生物の優れた機能をロボットに応用する研究もおこなわれている<sup>[3]</sup>。

我々は細い配管内などの、人が入り込めない狭小空間での活動を想定した、超小型ロボットの研究を行っている。先に我々は、蟻を模擬した 4 mm サイズの 6 足歩行の MEMS マイクロロボットを開発した<sup>[4]</sup>。しかし、3次元に複雑な配管内などの走破には、2次元平面上における歩行のみでは対応が難しい。

本論文では 3 次元方向にも自由度を持つ、ムカデの歩行動作を模擬した全長 7 mm の MEMS ロボットを設計し、MEMS 技術を基にした微細加工技術で機械的な構成要素を作製したので報告する。

### 2. ムカデ形 MEMS ロボット

図 1 に設計をおこなったムカデ形 MEMS ロボットの概略図を示す。本研究では、人工筋肉ワイヤをアクチュエータとして利用し、脚の動作をおこなう。人工筋肉ワイヤは電流を流した場合、ジュール熱により収縮し、電流を遮断した場合に放熱し弛緩する。ムカデ形

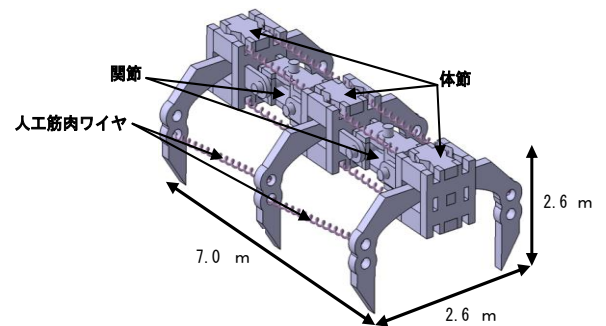


Figure 1. Schematic diagram of the centipede type MEMS robot.

MEMS ロボットは大きくわけて、歩枝、体節、関節の 3 種類のパーツから構成されており、それぞれにムカデに模倣した機能を施した。歩枝は左右に伸びた大きな一本のパーツを用い、人工筋肉ワイヤを通すためにスルーホールを左右に二つずつ加工した。体節には

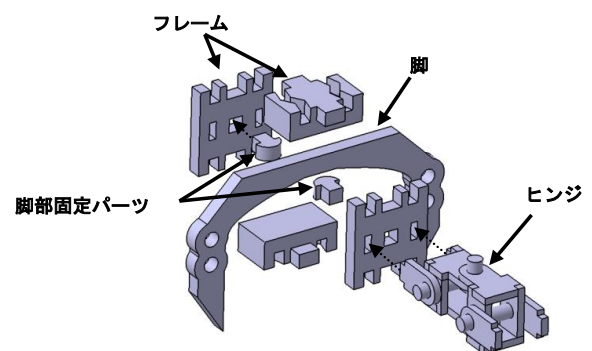


Figure 2. Schematic diagram of the basic compartment.

内部に歩枝を収納できるスペースを用意し、さらに、半球状の突起を持ったパーツで足の中心部を拘束する事によりムカデのような足の動作を可能にした。また、関節は自由度 4 のヒンジを用いて、体節同士を連結させた(図 2)。これにより上下左右に関節が動くため、模倣したムカデと同じように、でこぼこした荒い地面や、大きくくねった細い管の中でも支障なく進むことが可能である。また、図 1 は一例として図 2 の基本構成要素を 3 つ連結した構造であるが、構造的に多数の基本構成要素を連結し、体長を自在に変化可能な構成とした。

### 3. ムカデ形 MEMS ロボットの構成要素の作製

図 3 に作製をおこなったムカデ形 MEMS ロボットの機械的な構成要素を示す。ムカデ形 MEMS ロボットの構成要素は、フォトリソグラフィプロセスにより厚みが 200[ $\mu\text{m}$ ]、400[ $\mu\text{m}$ ]のシリコンウェハ上に部品の形状をパターンニングし、Inductively Coupled Plasma (ICP)ドライエッチングをおこなった。ロボットを駆動する人工筋肉ワイヤおよび、ヒンジの接合に使用した軸をのぞいた各構成要素は、全て MEMS 技術に用いる微細加工技術により作製した。各構成要素の中で最も微細な構造は、ヒンジの接合に使用する軸を導入するスルーホールである。我々は実際に軸に用いる超鋼棒をスルーホールに挿入し、各構成要素の組み立てをおこなった。その結果、作製した構成要素は、ロボットの組み立てに十分な精度であった。

ムカデ形 MEMS ロボットの歩行動作は、蟻を模倣した MEMS マイクロロボット<sup>[4]</sup>と同様に、Peripheral Interface Controller (PIC)もしくは人工脳にて制御をおこなう。すなわち、小型の歩行機構と PIC を用いた 4 相回路で構成する予定である。ロボットの動作は、体節同士を連結する自由度 4 のヒンジと、歩枝、体節間を繋いだ人工筋肉ワイヤによりムカデを模倣した。本

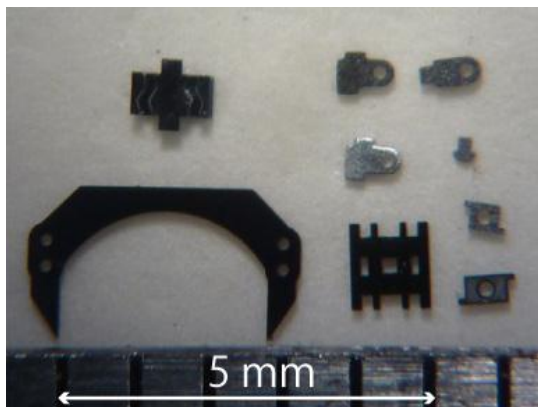


Figure 3. Fabricated mechanical parts.

研究では、人工筋肉ワイヤに電流を流し、ジュール熱により収縮させ、電流を遮断する事で放熱し弛緩させる。この動作を利用し、歩枝同士に連結させた人工筋肉ワイヤと体節同士を連結させた人工筋肉ワイヤに順次、電流を流す事でムカデのような滑らかな動きを可能にする。また、これらの動きは全て PIC の 4 相のパターンで制御可能である。

### 4. まとめ

本論文では、3 次元方向にも自由度を持つ、ムカデの歩行動作を模倣した全長 7 mm の MEMS ロボットを設計し、半導体プロセスを基にした微細加工で機械的な構成要素を作製した。その結果、作製した構成要素は、ロボットの組み立てに十分な精度で作製可能であったことを明らかにした。現在、ロボットの組み立てを実施中であり、今後はさらに優れた歩行機構開発を進めると共に、ニューロンモデルを用いた人工脳の搭載に向けた検討も進める予定である。

### 5. 参考文献

- [1] E. Edqvist, N Snis, R C. Mohr et al : "Evaluation of building technology for mass producible millimeter-sized robots using flexible tinted circuitboards", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.19, No.7 p.11 2009.
- [2] Bruce R. Donald, Christopher G. Levey, Craig D. McGray, Igor Paprotny, and Daniela Rus : "An Untethered, Electrostatic, Globally Controllable MEMS Micro-Robot", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, Vol.15, No.1 pp. 1-15 2006.
- [3] Habib, MK, "Biomimetics: Innovations and Robotics", International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems, Vol. 4, No.2, 2011, pp. 113 – 134.
- [4] 齊藤健, 岡崎一人, 荻原龍矢, 高藤美泉, 佐伯勝敏, 関根好文, 内木場文男, パルス形ハードウェアニューラルネットワークによる MEMS マイクロロボットの歩行動作制御, 電気学会論文誌 C, Vol.133, No.7, pp1094-1100, 2012.7.