

K-21

## ボタン電池を内蔵することで自立歩行を可能にした6足MEMSマイクロロボット

## A Six-legged MEMS Microrobot that Can Walk Independently with a Built-in Button Battery

○加藤凌<sup>1</sup>, 高住昂樹<sup>3</sup>, 中村こもも<sup>3</sup>, LYU SHUXIN<sup>1</sup>, 武田健嗣<sup>2</sup> 栗飯原萌<sup>4</sup>, 金子美泉<sup>4</sup>, 内木場文男<sup>4</sup>  
 \*Ryo Kato<sup>1</sup>, Koki Takasumi<sup>3</sup>, Komomo Nakamura<sup>3</sup>, Jyokin Ryo<sup>1</sup>,  
 Kenji Takeda<sup>2</sup>, Megumi Aibara<sup>4</sup>, Minami Kaneko<sup>4</sup>, Fumio Uchikoba<sup>4</sup>

**Abstract:** We are conducting research on microrobots for use in spaces where humans and conventional robots have difficulty working. We have developed a 10-mm-long microrobot using the MEMS process, a semiconductor microfabrication technology. In this paper, we present a six-legged MEMS microrobot with a built-in button battery that we are developing for self-sustaining walking, which conventional microrobots have not yet achieved.

## 1. はじめに

新型コロナウイルスの感染が拡大するなか、様々な分野において感染リスクを低減させるような非接触・非対面で活躍できるロボットへの期待が寄せられており、ロボットの活躍の場は広がりを見せている。

また、小型化技術の発展に伴いマイクロロボットも様々な分野で注目されており、例えば、医療分野では投薬機能を備えたマイクロロボットを体内に投入するドラッグデリバリーシステムや、大腸内での作業を想定したマイクロロボットなど、人の身体への負担を低減する低侵襲医療への応用が期待されている。

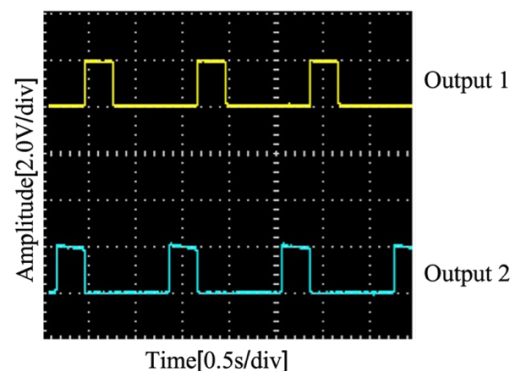
我々は人間や従来サイズのロボットでは作業が困難である狭小部での運用を想定したマイクロロボットの研究を進めている。マイクロロボットのパーツ作製には、半導体製造技術を応用した微細加工技術であるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 工程を用いている。先行研究では形状記憶合金をコイル状に巻いた人工筋肉ワイヤ(Artificial Muscle Wire:AMW)をアクチュエータとした全長 10mm 未満の 4 足および 6 足 MEMS マイクロロボットを作製した<sup>[1][2]</sup>。歩行制御には生物の神経回路網をアナログ回路で再現した人工ニューラルネットワークを IC 化したものを用いており、生物を模倣した歩行を行う。また、脚部は 2 つのリンク機構で構成され、それぞれの脚は独立した動作が可能である。この独立脚部に AMW を接続し、搭載した人工ニューラルネットワーク IC から出力される 4 相の位相の異なるパルスを接続することで AMW が伸縮し歩行動作を生成する。なお、IC への電力供給は外部電源により行った。

これまでに歩行動作を実現したマイクロロボットは外部から電力を供給していたため、移動距離が制限されてしまう課題があった。そこで、本研究ではボタン

電池を搭載することで自立歩行可能な 6 足 MEMS マイクロロボットの開発を行った。

## 2. 電池個数の再検討および本体の再設計

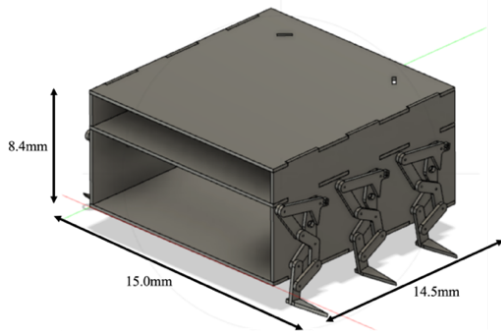
我々はまず、酸化銀電池 SR1120 とコイン型リチウムイオン電池 CR1216 をそれぞれ 1 つずつ内蔵した 6 足 MEMS マイクロロボットを作製し、歩行実験を行った。結果として、ボタン電池による電力供給が不十分であり IC および人工筋肉ワイヤを十分に駆動することができず、歩行動作を実現することができなかった。そのため、IC から出力されるパルス波形の電圧値を高くするために IC に接続するボタン電池の個数を変更した。Figure1 に歩行制御用 IC の  $V_{DD}$  に SR1120 を 2 つ接続し、 $V_A$ ,  $V_{syn}$  に CR1216 を 1 つ接続したときの出力波形を示す。



**Figure1.** Measurement results of IC for walking control by button battery

負荷抵抗には人工筋肉ワイヤを 3 つ直列に接続することを想定して  $30\Omega$  の抵抗を接続した。この時の出力電圧は約 2.0V であり、人工筋肉ワイヤに流れる電流はオームの法則より、約 67mA と算出できる。人工筋肉ワ

イヤは約 50~100mA の電流で駆動するため、この電池の個数であれば人工筋肉ワイヤを駆動させられると考えられる。電池の個数の変更に伴い、マイクロロボット本体の再設計を行った。Figure2 に新たに設計したボタン電池内蔵 6 足 MEMS マイクロロボットを示す。



**Figure2.** Design of a six-legged MEMS microrobot with built-in button battery

SR1120 の個数が増加した分、本体の高さが増加した。また、ボタン電池の容易な交換を可能にするために、ボタン電池を内蔵する部分に約 200 $\mu$ m の隙間を設け、厚さ 100 $\mu$ m のりん青銅板を差し込めるようにした。これらの変更によりマイクロロボットの寸法は幅 15.0mm、長さ 14.5mm、高さ 8.4mm となった。

### 3. ボタン電池内蔵 6 足 MEMS マイクロロボット

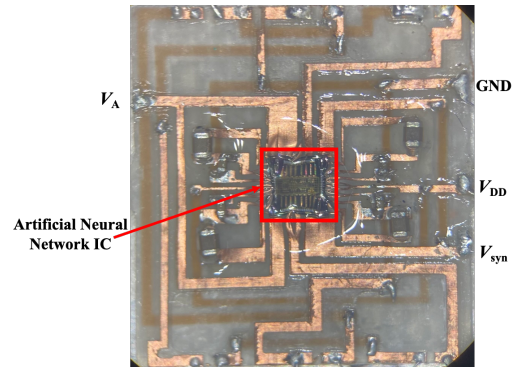
新たに設計したマイクロロボットの各パーツを MEMS 工程を用いて作製した。Figure3 に実際に組立てた電池内蔵 6 足 MEMS マイクロロボットを示す。



**Figure3.** Six-legged MEMS micro-robot with built-in button battery.

結果として、ボタン電池を 3 個内蔵可能な本体を作製することができた。また、Figure4 にマイクロロボットの歩行制御に用いる人工ニューラルネットワーク IC を実装した歩行制御基板を示す。この制御基板にボタン電池を接続したところ、人工筋肉ワイヤの周期的な

駆動は確認できたが、完全に収縮する前に弛緩が始まっていた。



**Figure4.** Control circuit board with mounted IC

### 4. まとめ

今回我々は、ボタン電池の個数変更に伴うマイクロロボットの再設計を行い、実際に MEMS 工程を用いて各パーツを作製し、組立てを行った。その結果、IC を駆動させるために必要な SR1120 を 2 個、CR1216 を 1 個内蔵可能なマイクロロボット本体を作製することができた。また、歩行制御に用いる人工ニューラルネットワーク IC を実装した歩行制御基板を作製し、ボタン電池を接続したところ、人工筋肉ワイヤの周期的な駆動が確認できた。しかし、人工筋肉ワイヤは完全に収縮する前に弛緩が始まっていた。これは Figure1 に示した出力波形からも分かる通り、通電時間が短すぎるものが原因であると考えられる。今後、歩行制御用基板内のコンデンサの容量を調整することでこの問題を解決し、ボタン電池内蔵 6 足 MEMS マイクロロボットの歩行動作の実現を目指していく。

### 5. 謝辞

本研究は日本大学マイクロ機能デバイス研究センターの支援を受けた。

### 6. 参考文献

- [1] 野口大輔, 早川雄一郎, 河村隼史, 田中泰介, 金子美泉, 齊藤健, 内木場文男: 「独立脚を用いた 4 足歩行型 MEMS マイクロロボットの開発」, 日本ロボット学会学術講演会 2018, RSJ2018AC2G1-01, 2018
- [2] K.Sugita, T.Tanaka, Y.Nakata, M.Takato, K.Saito, F.Uchikoba: “Hexapod type MEMS microrobot equipped with an artificial neural networks IC”, International conference on artificial life and robotics, pp.225-228, 2017