

K-17

## 人口ニューラルネットワーク IC と電池を搭載した独立駆動する平坦化 MEMS マイクロロボットの検討

### Examination of independently driven flattening MEMS microrobot equipped with artificial neural network IC and battery

○戸松麗実<sup>1</sup>, 西田海都<sup>1</sup>, 本田真梨<sup>1</sup>, LYUSHUXIN<sup>1</sup>, 加藤凌<sup>2</sup>, 栗飯原萌<sup>3</sup>, 金子美泉<sup>3</sup>, 内木場文男<sup>3</sup>  
\*Remi Tomatsu<sup>1</sup>, Kaito Nishida<sup>1</sup>, Mari Honda<sup>1</sup>, Jyokin Ryo<sup>1</sup>, Ryo Kato<sup>2</sup>, Megumi Aibara<sup>3</sup>,  
Minami Kaneko<sup>3</sup>, Fumio Uchikoba<sup>3</sup>

Abstract: Insects have excellent walking mechanisms and flexible thinking circuits. The technology that imitates the characteristics of insects has been drawing attention. We developed an insect type microrobot as a previous research. However, there is a limit to the driving distance due to the use of an external power supply. Therefore, in this paper, we considered a robot that does not require external wiring by installing batteries in the microrobot. The components of microrobot are fabricated by micro electro mechanical systems (MEMS) process, and artificial muscle wire based on shape memory alloy (SMA) is used for the actuator. As a control circuit of a microrobot, an artificial neural networks IC that mimics the function of a neural network of organisms is used.

#### 1. はじめに

昆虫は小さな体でありながら、様々な環境の中で適応できる優れた歩行機構や柔軟な思考回路を兼ね備えている。このような昆虫の特徴を工学的な分野で模倣し応用するバイオミメティクスが注目されている。これはマイクロロボットの研究においても有用であり、昆虫を模倣したマイクロロボットが多く発表されている<sup>[1]</sup>。昆虫を模倣したマイクロロボットの実現は、将来的には、精密機器のメンテナンスや医療分野、災害現場など、様々な分野での活躍が期待される。

我々は昆虫のような小型で複雑な歩行機構を模倣するために、Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)工程を用いた。MEMS 工程を用いることで、マイクロメートルサイズの微細かつ高精度な部品の作製が可能である。

歩行制御には、柔軟な制御システムの実現のために、生物の神経細胞系を模倣した人工ニューラルネットワーク IC を用いた<sup>[3][4]</sup>。この IC は、生物の中枢パターン生成を一般的なプログラムによるものではなく、外乱の少ないアナログ回路で模倣したものである。人工ニューラルネットワーク IC に規定の電圧を印加することで4相のパルス波を生成する。生成したパルス波をアクチュエータに印加することで脚部の歩行動作を生成することができる。

先行研究として、アクチュエータに形状記憶合金を用いた6足歩行型 MEMS マイクロロボットを開発<sup>[2]</sup>

した。しかし、電源は配線を介して供給しているため、狭小部での作業に対して移動距離が制限される。また、重心位置が高く歩行動作にぶれが生じていた。そこで、本研究では、電池を搭載することで配線を取り除き、独立駆動可能なマイクロロボットを検討した。また、平坦化により重心が低く安定した歩行を行うマイクロロボットを設計したので、報告する。

#### 2. MEMS マイクロロボット

Figure1 に設計したマイクロロボットを示す。マイクロロボットは本体フレーム、脚部、アクチュエータで構成されている。各パーツは MEMS 工程を用いて、シリコンウェハにフォトリソグラフィによりパターンニングを行い、ICP ドライエッチングにより作製する。

アクチュエータには形状記憶合金を基にした人工筋肉ワイヤ(Artificial Muscle Wire:AMW)を用いる。本研究では制御回路からの出力電流によってジュール熱を発生させ、AMW を収縮させる。Figure2 に脚部機構の動作原理を示す。AMW が収縮することにより足先が地面を蹴り上げ、弛緩すると前方方向に移動する。この動作を左右3足の脚部で交互に行うことにより、昆虫の歩行動作を模倣した3点接地歩行を実現する。また、脚部の先端に接地面と水平なパーツを取り付けることにより、安定化かつ各脚の接地面を蹴る力の増加を図った。

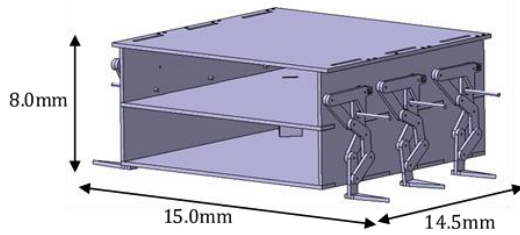


Figure 1. Structure of Flattened MEMS microrobot.

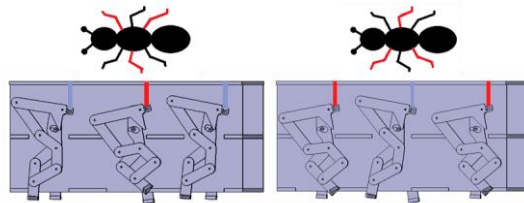


Figure 2. The operating principle of the leg mechanism.

### 3. 制御回路

Figure3 に設計した制御回路の設計図を示す. この回路は, マイクロロボットの天板パーツと一体化している. 回路には強度, 耐熱性に優れ, 信頼性の高いガラスエポキシ基板を用いた.

本研究では, 電源にコイン型リチウムイオン電池の CR1216 を制御回路用に用いる. 直径 12.5mm, 幅 1.6mm, 公称電圧 3V, 容量 75mAh である. 一方, 人工筋肉ワイヤ駆動用には酸化銀電池の SR1120 を用いる. 直径 11.6mm, 幅 2.05mm, 公称電圧 1.55V, 容量 60mAh である. 電池の内部抵抗が低く, 大電流を取り出すのに有利になる. また, SR1120 は 50mA の電流を流しても 1.1V 以上の電圧を維持することができる. 今回は人工ニューラルネットワーク IC の駆動電圧範囲を満たすために, CR1216 と SR1120 の 2 つを内部に搭載し, それぞれの電池から IC の入力端子へ接続した.

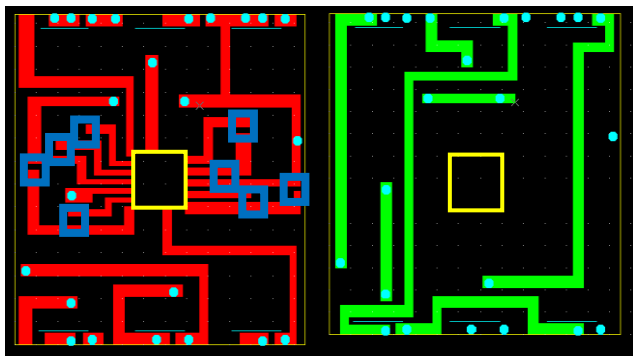


Figure 3. Diagram of mounted circuit.

### 4. 結果

Figure4 に作製した各パーツを示す. 今回作製するマイクロロボットは, 本体フレームの中に駆動条件を満たすコイン型リチウムイオン電池を搭載する. また, 高さよりも横幅を長くすることで全体の重心を低く保っている. 脚部の機構では, 1 つの脚部につき 1 本の AMW を接続することにより, 脚部の独立した動作を可能としている.

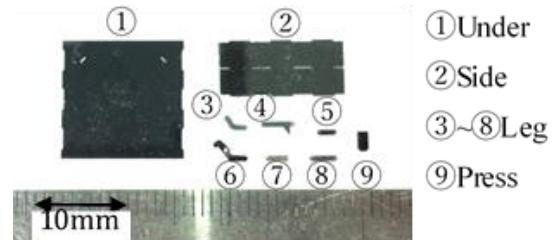


Figure 4. Fabricated mechanical parts.

### 5. まとめ

本研究では, 人工ニューラルネットワーク IC と電池搭載によって独立駆動する昆虫型 MEMS マイクロロボットの検討を行った. 今後は, 電池を搭載し, 歩行動作の検討を行う予定である.

### 6. 参考文献

- [1]D. Vogtmann, R. S. Pierre, and S. Bergbreiter, I. Paprotny : “A 25 mg magnetically actuated microrobot walking at 5 body length /sec”, IEEE Conference Proceedings, Vol.2017, pp179-182, 2017.
- [2]Satoshi Kawamura, Daisuke Tanaka, Taisuke Tanaka, Daisuke Noguchi, Yuichiro Hayakawa, Minami Kaneko, Ken Saito and Fumio Uchikoba, “Neural networks IC controlled multi-legged walking MEMS robot with independent leg mechanism”, Artificial Life and Robotics, Vol.23, pp.380-386, 2018.
- [3]関根好文, 隅山正巳, 佐伯勝敏, 合原一幸, : 「エンハンス型 MOSFET による A 型ニューロンモデル」, 電気情報通信学会, Vol.J84-C, no.10, pp.988-994, 2001.
- [4]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.