

## 自律化に向けた電池搭載可能なリンク駆動型マイクロロボットの検討

## Investigation of link-driven Microrobots that can be equipped with batteries for autonomy.

○野口大輔<sup>1</sup>, 早川雄一郎<sup>1</sup>, 大槻るみ<sup>1</sup>, 石井雄大<sup>2</sup>, 加藤凌<sup>2</sup>, 金子美泉<sup>3</sup>, 齊藤健<sup>3</sup>, 内木場文男<sup>3</sup>\*Daisuke Noguchi<sup>1</sup>, Yuichiro Hayakawa<sup>1</sup>, Rumi Otuki<sup>1</sup>, Yudai ishii<sup>2</sup>, Ryo kato<sup>2</sup>,  
Minami Kaneko<sup>3</sup>, Ken Saito<sup>3</sup>, Fumio Uchikoba<sup>3</sup>

Abstract: In this paper, we propose investigation of link-driven Microrobots that can be equipped with batteries for autonomy. Recently, many Microrobots imitating insects have been researched and developed. These Microrobots aim to achieve both miniaturization and high functionality, but there are few successful examples. We have developed two kinds of micro robots so far. However, batteries have not been installed due to problems with actuators and leg mechanisms. In this study, we examined hexapod Microrobot that can be equipped with a battery operated by a link mechanism.

## 1. はじめに

近年, 様々な用途に合わせたロボットの開発が数多く行われている. その中でもマイクロロボットは小型であることから, 医療分野では低侵襲性医療, 産業分野では精密機器内や配管内のメンテナンスなどの人間や従来のロボットでは作業が困難な, 狭小空間での活躍が期待されている.

マイクロロボットは小型化および高機能化を進めていく中で, 生物の特徴を工学的に模倣したバイオミメティクスに注目が集まっている. これまでにも, 昆虫などの微小生物を模倣したマイクロロボットは数多く開発されており, 歩行以外にも飛行を可能とするマイクロロボットも存在する. しかし, これらのマイクロロボットは駆動原理の関係から, 完全な自律動作を可能とするものは少なく<sup>[1][2]</sup>, 小型化と自律化の両立は最大の課題となっている.

我々は上記の課題の解決に向け, これまでに 6 足 MEMS マイクロロボットの開発を行っている. このマイクロロボットは昆虫の中でも小型な蟻を模倣している. 昆虫の小型な構造は半導体製造技術を応用した Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)を用いることで再現した. MEMS 工程はシリコン板に適用することで, 微細かつ高精度な部材を, 大量に作製することができる<sup>[3]</sup>.

機構を動作させるためのアクチュエータには, 形状記憶合金(Shape Memory Alloy:SMA)の一種である人工筋肉ワイヤを用いた. 加熱すると収縮し冷却すると弛緩する性質を持っており, 単純かつ小型でありながら大きな力を生み出すことができる.

歩行制御には生物の神経伝達回路を模倣した人工ニューラルネットワークを用いた. 我々は生物の中樞パ

ターン生成(Central Pattern Generator : CPG)を一般的なプログラミング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を集積化した人工ニューラルネットワーク IC を用いた<sup>[4][5]</sup>. 人工ニューラルネットワーク IC を組み込んだ制御回路に, 外部電源を接続し, 位相の異なる 4 相のパルス波を生成する. 生成したパルス波を人工筋肉ワイヤに印加することで, 機構が駆動し歩行動作を生成することができる.

これまでに制御回路を搭載した状態で, 2 種類の 6 足歩行型マイクロロボットの歩行に成功している. 今回は電源を搭載するための 6 足マイクロロボットを検討した.

## 2. これまでの 6 足マイクロロボットの構造

歩行に成功した 2 種類の 6 足マイクロロボットを Figure1 及び Figure2 に示す. Figure1 は人工筋肉ワイヤをロータパーツの 4 方向に接続し, 順に通電することで擬似的な回転運動を生成することができた. ロータパーツ及び脚部機構は軸で接続されているため, 歩行動作を生成することができた. ロータ及び脚部を本体フレームに互いに位相を 180 度ずらして接続することにより 3 点接地歩行を行った.

しかし, 人工筋肉ワイヤを 8 本使うため, 1 周期の歩行を行うまでの電流量が大きく, 電源の搭載に不向きであること, ロータと脚部が連結されているため, 自由度が少なく柔軟な動作が行えないことなどの課題があった.

そのため, Figure2 ではそれぞれの脚部が独立して動作する設計を行った. 4 節リンク機構を連結した脚部を持っており, 1 足に 1 本の人工筋肉ワイヤを用いるため Figure1 に比べ 6 本に抑えることができるほか, 独

立して動作するため、ある程度の自由度を得ることができた。この脚部は人工筋肉ワイヤが収縮すると踏み込み動作を行い、弛緩すると蹴り出す動作を行うが、その際に収縮と弛緩では脚部の軌跡が異なるため蹴り出すときに地面を擦らないという特徴があった。この脚部が駆動する順番を変えることで3点接地歩行を実現できた。

しかし、人工筋肉ワイヤの自然放熱で弛緩しているため、蹴り出す動作が踏み込みに比べ低速であるほか、連続駆動させると放熱が間に合わなくなってしまう課題があった。

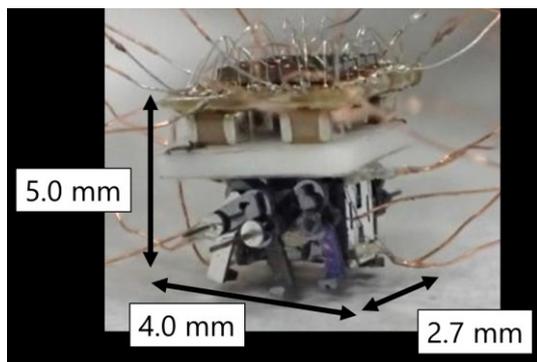


Figure 1. Rotor type hexapod Microrobot

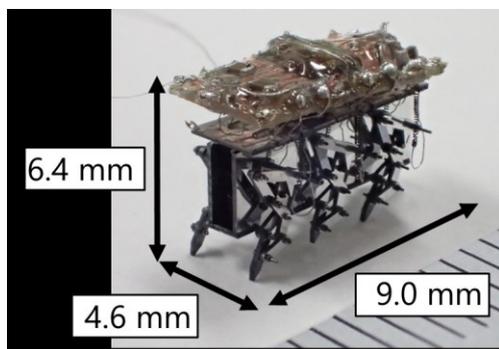


Figure2. Independence leg type hexapod Microrobot

### 3. 電池搭載を可能とした6足マイクロロボットの構造

今回はこれらの課題をふまえ、Figure3を設計した。寸法は幅19.8mm、長さ25.2mm、高さ2.7mmとなった。脚部は4節リンク機構を用いており、2本の人工筋肉ワイヤをリンク機構の前後に取り付け、順に動作させることでリンク機構が駆動する。続いて、リンク機構と接続された、ヒンジ構造を持つ脚部が駆動し歩行動作を生成することができる。中央の固定脚と前後の脚を駆動させることで3点接地歩行を可能としている。

このマイクロロボットは、これまでのマイクロロボットに比べ、脚部を駆動させるアクチュエータである

人工筋肉ワイヤが4本になっており、1周期での消費電流量が少ない。また連続駆動させた場合であっても人工筋肉ワイヤ2本が交互に動作するため、蓄熱によって人工筋肉ワイヤの弛緩が間に合わなくなる可能性が低くなる。さらに前後の脚が別々で動作するため、方向転換が可能であるといった利点を持つ。

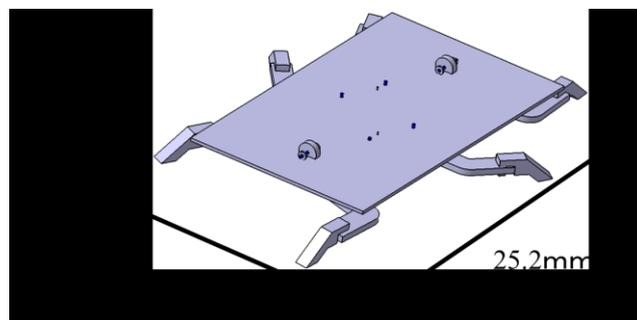


Figure3, Designed hexapod Microrobot

### 4. まとめ

今回、電池搭載を可能とするマイクロロボットの検討を行った。リンク機構とヒンジ構造で構成されたマイクロロボットは、これまでの6足マイクロロボットであがった課題の解決を見込めるものであるが、搭載する電池との兼ね合いもあり、大型化してしまっている。今後は電池の再選定や設計の見直しを計り、小型化と自律化の両立に向け、研究を進めていきたい。

### 5. 参考文献

- [1] D. Vogtmann, R. S. Pierre and S. Bergbreiter: "A 25 mg magnetically actuated microrobot walking at >5 body lengths/sec", IEEE MEMS, pp179-182, 2017.
- [2] M. Qi, Z. Yangsheng, Yan X. and L. Liwei: "A fast-moving electrostatic crawling insect", IEEE MEMS, pp761-764, 2017.
- [3] 池原毅, 小林健, 単学伝: "MEMS のはなし", 日刊工業新聞社, pp.10-14, 2005
- [4] 関根好文, 隅山正巳, 佐伯勝敏, 合原一幸: 「エンハンスメント型 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.
- [5] 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