

K-25

昆虫の歩行を模倣したリンク機構をもつ6足 MEMS マイクロロボットの設計

Design of a Six-legged MEMS Microrobot with a Linkage Mechanism that Mimics Insect Walking

OLYU SHUXIN¹, 加藤凌¹, 武田健嗣², 栗飯原萌³, 金子美泉³, 内木場文男³

* Jyokin Ryo¹, Ryo Kato¹, Kenji Takeda², Megumi Aibara³, Minami Kaneko³, Fumio Uchikoba³

Abstract: We are researching micro-robots that can act autonomously in confined spaces where conventional robots cannot work. We have developed a six-legged insect-like microrobot that can walk by supplying power from an external source. However, since the legs were independent of each other, at least six SMAs were required for the walking motion. In this paper, we studied the design of a link-driven microrobot that can be equipped with batteries by reducing the number of SMAs.

1. はじめに

近年, 世界では, 幅広い分野で様々な用途に使用されるロボットが増えてきている. ロボットには, 産業用ロボット, 手術支援ロボット, 医療用ロボットなど, さまざまな種類がある.

そのひとつとして, 昆虫を模倣したマイクロロボットが研究されている^[1]. 昆虫は小さな体にもかかわらず, 優れた歩行機構や柔軟な制御回路を持ち, さまざまな環境に適応することができる. このような昆虫の特性を工学的に応用したバイオメテックスが注目されている. しかし, 昆虫のように小型で自律行動が可能な制御システムをもつロボットの開発には至っていない.

我々は, 人間や従来のロボットでは作業が困難な狭い場所において, 自律行動が可能なマイクロロボットの研究をしている.

昆虫のような小型で複雑な歩行メカニズムを模倣するために, マイクロメートルサイズの微細かつ高精度な部品を製造できる Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 工程を用いている.

歩行制御には, 柔軟な制御システムの実現のために, 生物の神経系を模倣した人工ニューラルネットワーク IC を用いている^{[2][3]}. この IC は, 生物の運動パターンをソフトウェアプログラムを用いずに, 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.

アクチュエータには形状記憶合金(Shape Memory Alloy : SMA)を基にした人工筋肉ワイヤを用いている. 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, SMA を収縮させる.

我々はこれまでに, 外部電源から電力を供給する 6 足昆虫型のマイクロロボットを開発した^[4]. しかし, 足が互いに独立しているため, 歩行動作には少なくとも 6 本 SMA を必要とした. 電池による電力供給を想定した場合, 消費電力を削減することが必要である.

本研究では, 消費電力を削減するため, SMA の本数を減らした新しい機構を設計した. 電池を搭載することで余分な配線を取り除き, 独立駆動可能なリンク駆動型マイクロロボットの機構と設計について検討した.

2. SMA 数を削減した MEMS マイクロロボット

先行研究として設計した, SMA 数を削減したリンク駆動型 MEMS マイクロロボットを Figure1 に示す.

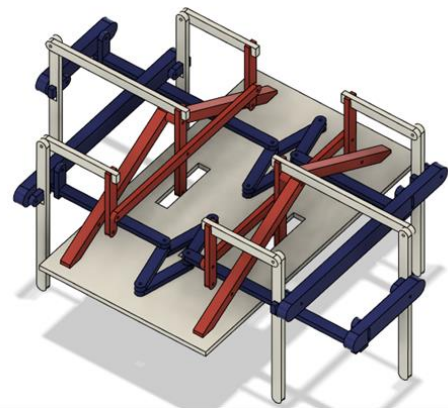


Figure 1. Link-Driven Insect-Type MEMS Microrobot

実際に作製した結果, 足が前後に動く部分が十分に動かないことや, パーツ数が多いため, 組み立て作業が困難であるといった問題が生じた.

3. 部品数を削減した設計案

Figure2 に新たに設計したリンク駆動型 MEMS マイクロロボットを示す. リンク駆動型 MEMS マイクロロボットの寸法は長さ 12.0 mm, 幅 16.0 mm, 高さ 8.0 mm

である。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、SMAを基にした人工筋肉ワイヤを用いる。

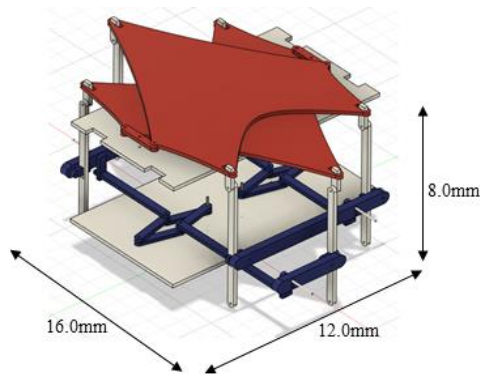


Figure2. New Link-Driven Insect-Type MEMS Microrobot

設計したマイクロロボットは、4本のSMAを使用しして作動させることを想定した。動作構造は、足を上げる部分と足が前後に動く部分の2部で構成した。

Figure3に動作原理を示す。

動作は以下のような順序で行われる。

① オレンジ色の矢印に人工筋肉ワイヤを連結して、足を上げる構造部分下の人工筋肉ワイヤは収縮し、菱形のパーツが底板中の溝に沿って両辺に拡張する。横のパーツは同時に拡張して右側の中央の足と左側の前後足が上昇する。

② 足が前後に動く部分の左の人工筋肉ワイヤが収縮し、右の人工筋肉ワイヤは弛緩することで、①段階で上昇した足が前に移動する。

③ 足を上げる構造部分上の人工筋肉ワイヤが収縮し、菱形のパーツは底板中の溝に沿って両辺に拡張する。横のパーツは同時に拡張して左側の中央の足と右側の前後足は上昇する。

④ 足が前後に動く部分の右の人工筋肉ワイヤが収縮し、左の人工筋肉ワイヤは弛緩することで、③段階で上昇した足が前に移動する。両側の足は対称に前後動作させることで、3点接地の動作を可能にする。

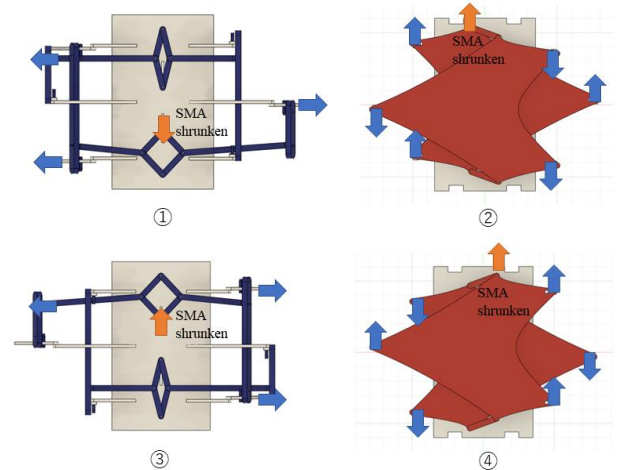


Figure3. The operating principle of the structure

4. 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リンク駆動する昆虫型MEMSマイクロロボットの設計と検討を行った。今後は、人工ニューラルネットワークICと電池を搭載し、歩行動作の実験を行う予定である。

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] Benjamin Goldberg, Raphael Zufferey, Neel Doshi, Elizabeth Farrell Helbling, Griffin Whittedge, Mirko Kovac, Robert J. Wood, "Power and Control Autonomy for High-Speed Locomotion With an Insect-Scale Legged Robot", IEEE Robotics and Automation Letters (2018).
- [2] 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Λ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.
- [3] 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
- [4] 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)