

K6-37

歩行型マイクロロボットにおける独立脚部機構の開発 Development of Independent Leg Mechanism in Walking Type Microrobot

○早川雄一郎¹, 大野悟¹, 野口大輔¹, 田中泰介², 河村慧史², 田中大介², 金子美泉³, 齊藤健³, 内木場文男³
* Yuichiro Hayakawa¹, Satoru Ohno¹, Daisuke Noguchi¹, Taisuke Tanaka², Satoshi Kawamura², Daisuke Tanaka²,
Minami Kaneko³, Ken Saito³, Fumio Uchikoba³

Abstract: This paper describes development of independent leg mechanism in walking type microrobot. Microrobots with legs are expected to be used in narrow areas and rough terrains. We reviewed the design of leg mechanism we developed previously and improved locomotion behavior. For the leg of the microrobot, link mechanism is used and artificial muscle wire drives it. The component of the leg is fabricated by micro electro mechanical systems (MEMS) process. As a result of actually moving of the leg, the displacement in the horizontal direction of the leg's trajectory was 1.53 mm, and in the vertical direction was 0.43 mm.

1. はじめに

近年、マイクロロボットの研究は幅広い分野において広く注目を集めており、狭小部や不整地などでの運用が産業や医療の分野において期待されている。現在、外部磁界や静電誘導を用いて駆動させるマイクロロボットが報告されている^[1-2]。これらは外部からの磁界やロボット自身の振動を利用して移動を行う。しかし自律的に歩行を行うマイクロロボットはあまり報告されていない。不整地の移動などにおいては脚を用いることは非常に有用である。したがって脚で歩行するマイクロロボットの開発が望まれている。

我々は Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)工程を用いて、人工筋肉ワイヤを駆動源とした六足型マイクロロボットを開発した^[3]。MEMS 工程は半導体 IC の製造プロセスを従来の機械加工に代わって機械部品の作製に応用したものである。これにより従来の機械加工では難しいマイクロメートルオーダーの機械部品を高い精度で作製することが可能である。人工筋肉ワイヤを接続したロータパーツが回転運動を生成し、3本の脚がリンク機構になっている脚部を動作させることで歩行を行う。しかしこの脚部機構ではそれぞれの脚を独立して動作させることができないため歩行動作において自由度が低いという問題点があった。

次に我々は独立して脚を動作させる脚部機構を開発した^[4]。リンク機構により脚部が構成されており、駆動源である人工筋肉ワイヤに電流を流し伸縮させることで直接脚部を動作させる。これにより脚部を生物のように独立して動かせることが可能となった。しかしながら脚部を動作させるとき十分な歩行動作が得られないという問題が生じた。

本稿では、この問題を解決するために独立脚部機構の設計を再検討し、歩行動作の改善を行ったので報告する。

2. リンク機構

Figure 1 に脚部のリンク機構を示す。両てこ機構と呼ばれる四節のリンク機構を 2 つ組み合わせた複合四節リンク機構になっている。Rod 3 が Steady Pin と接触することによって固定節の役割を果たし、てことしての役割を担っている Rod 1 が揺動運動をすることで 1st Link の最短節(1st Link 側の Rod 5)の変位が 2nd Link に伝達され動作する。Rod 1 の揺動運動によって 2 つのリンク機構を組み合わせている脚部全体の動作を生成することが可能になっている。Rod 1 の揺動運動を効果的なものにするためにこの原理を利用して、大きな力が必要になるが力点を支点に近づけることで小さな変位量で作用点に大きな変位量および運動速度を得ることを可能にした。

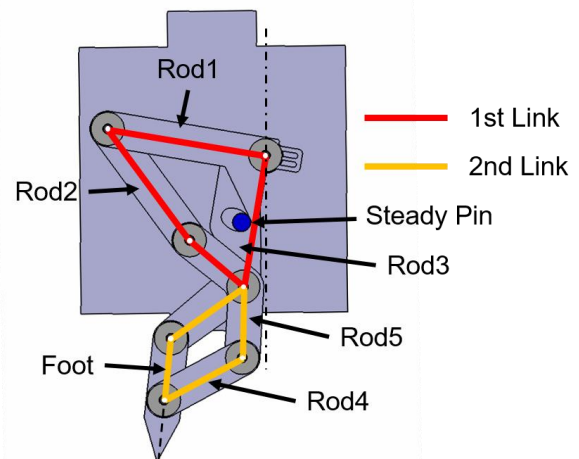


Figure 1. Link mechanism

3. 脚部機構

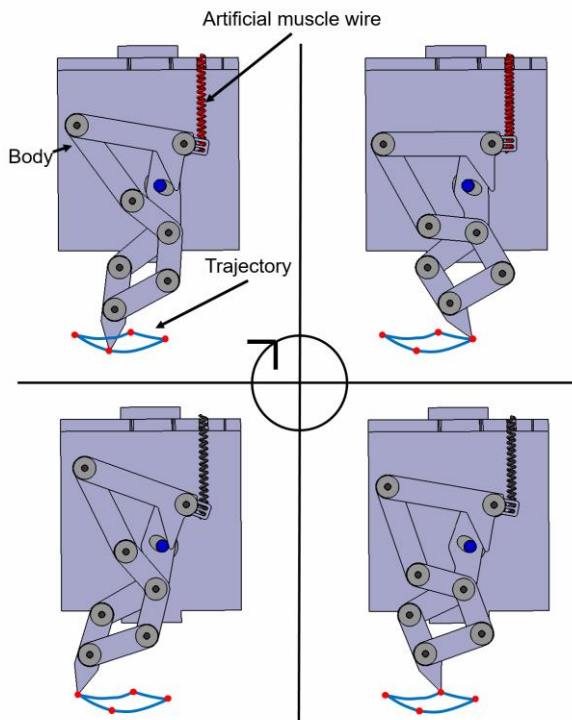


Figure 2. Movement of leg mechanism and the trajectory of the leg

Figure 2 に脚部機構の動作および脚部の軌道を示す。脚部の構成要素は MEMS 工程を用いてマイクロメートルオーダの精度でシリコンウェハから作製している。Rod 1 および Body に人工筋肉ワイヤを接続し、人工筋肉ワイヤの伸縮による Rod 1 の揺動運動を 2 つのリンク機構を用いて脚部の回転運動に変換している。人工筋肉ワイヤは熱が与えられると収縮し、放熱すると弛緩する。人工筋肉ワイヤが収縮すると脚部全体が動いて地面を蹴り、Rod 3 が Body に取り付けている Steady Pin に衝突することで固定され、Rod 5 が回転して脚が屈折する。次に人工筋肉ワイヤが弛緩すると脚が屈折した状態を維持しながら動き、Rod 3 が Steady Pin に衝突することで固定され、Rod 5 が回転して脚が伸びる。これらの一連の動作を繰り返すことにより歩行動作が生成される。

4. 結果

Figure 3 に実際に作製した脚部機構のサンプルおよびはんだごての熱を用いて人工筋肉ワイヤを伸縮させたときにおける脚部の変位を示す。結果として、作製した脚部機構が動作することを確認した。また脚部の軌道において水平方向の変位は 1.53 mm、垂直方向の変位は 0.43 mm であった。

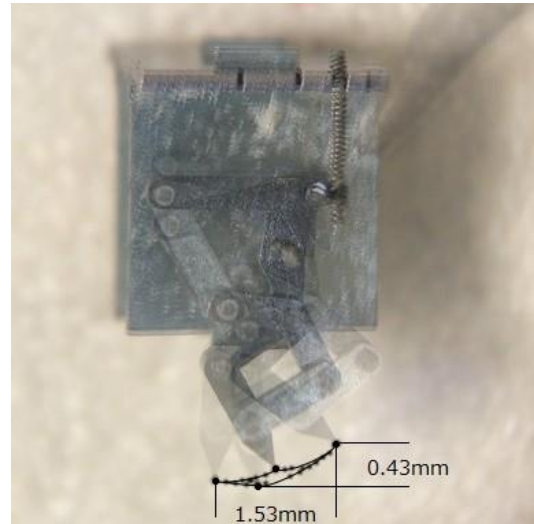


Figure 3. Sample of leg mechanism and the displacement of the trajectory of the leg

5. まとめ

本稿では、歩行型マイクロロボットにおける独立脚部機構の開発を行った。作製した脚部を実際に動作させて、水平方向に 1.53 mm、垂直方向に 0.43 mm の変位を得ることが確認できた。

6. 参考文献

- [1] Dana Vogtmann, Ryan St. Pierre, and Sarah Bergbreiter, Igor Paprotny : “A 25 mg magnetically actuated microrobot walking at 5 body length /sec”, IEEE Conference Proceedings, Vol.2017, pp.179-182, 2017.
- [2] Mingjing Qi, Yangsheng Zhu, Zhiwei Liu, Xiaoyong Zhang, Xiaojun Yan, and Liwei Lin : “A fast-moving electrostatic crawling insect”, IEEE 30th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems(MEMS), pp.761-774, 2017.
- [3] K. Sugita, T. Tanaka, Y. Nakata, M. Takato, K. Saito, and 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] 河村慧史, 内海裕人, 田中大介, 高藤美泉, 齊藤健, 内木場文男 : 「四足歩行型 MEMS マイクロロボットに用いる脚部開発」, 日本大学理工学部学術講演会予稿集, 2017.

謝辞

本研究では、マイクロ機能デバイス研究センターによる支援を受け、歩行型マイクロロボットの独立脚部を作製した。