

MEMS マイクロロボットに用いる剣形の脚部機構の開発 Development of Sword-shaped Leg Mechanism for MEMS Microrobot

○伊藤穂高¹, 石川真聡¹, 山田哲之¹, 長田元気¹, 水本明日也¹, 森下克幸¹, 武井裕樹², 齊藤健³
*Hotaka Ito¹, Masato Ishikawa¹, Noriyuki Yamada¹, Genki Osada¹, Asuya Mizumoto¹, Katsuyuki Morishita¹,
Yuki Takei², Ken Saito³

Abstract: The authors are developing the MEMS microrobot that walks autonomously. We intend to use electrostatic motors to drive the microrobot's legs. Reducing the frictional force and the leg's weight is important for miniaturizing the microrobot. In this paper, we propose a sword-shaped leg mechanism. The sword-shaped leg mechanism has fewer parts and connection points than the conventional microrobot's leg. We produced the sword-shaped leg mechanism and measured the forces required to drive the leg mechanism to assess its usefulness. As a result of measurement, we confirmed that the sword-shaped leg mechanism needs significantly low force to drive than the conventional leg mechanism.

1. はじめに

マイクロロボットは工場配管のメンテナンスや、災害現場の調査など、狭所での活躍が期待されている^[1]。このような活動には、マイクロロボットは自律歩行が必要となる。ロボットは、小型化することで、より狭所な空間に潜入することができる。

我々は、微細加工技術である Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)の技術を用いて、自律歩行が可能な MEMS マイクロロボットの開発をおこなっている^[2]。自律歩行を可能にするためには、センサ、コントローラ、アクチュエータ、電源、筐体をロボットに搭載する必要がある。先に我々は、脚部を駆動するためのコントローラとアクチュエータを搭載した 9.0 mm × 4.6 mm × 6.4 mm の6足歩行型マイクロロボットを開発し、歩行に成功した^[3]。また、マイクロロボットに搭載可能な小型の電源で脚部を駆動するための、低消費電力の 2.2 mm × 2.5 mm の静電モータを開発した^[2]。一方で、脚部は改善の余地があり、脚部機構に生じる摩擦力や、重量を低減することで、静電モータを小型化することが可能である。したがって、マイクロロボットもさらなる小型化が可能である。

本論文では、脚部の駆動に必要な発生力を低減するために、従来の脚部機構と比較して部品点数および接続点を削減した剣形の脚部機構を開発し、評価したので報告する。

2. 剣形の脚部機構の設計

Figure1 にマイクロロボットの脚部機構を示す。Figure1(a)は従来の脚部機構、Figure1(b)は剣形の脚部機構である。図中の F_1 , F_2 , F_1' , F_2' , F_3' は固定点

を表す。P, P'は力点を表す。従来の脚部機構は、Bar1 ~ Bar6 の部品を Shaft で接続し、両側から Washer で固定する構造である。したがって、部品の接続点の数は7つである。

一方で、剣形の脚部機構は、脚部の駆動に必要な発生力を低減するために、従来の脚部機構と比較して、部品点数を4つ、接続点を6つ削減した。Bar1'と Bar2'の部品を Shaft で接続し、両側から Washer で固定する構造である。SideFrame の2つの穴に Shaft を2本固定し、Washer を2つ接続することで、脚部がスムーズに駆動するようにした。したがって、部品の接続点の数は1つである。

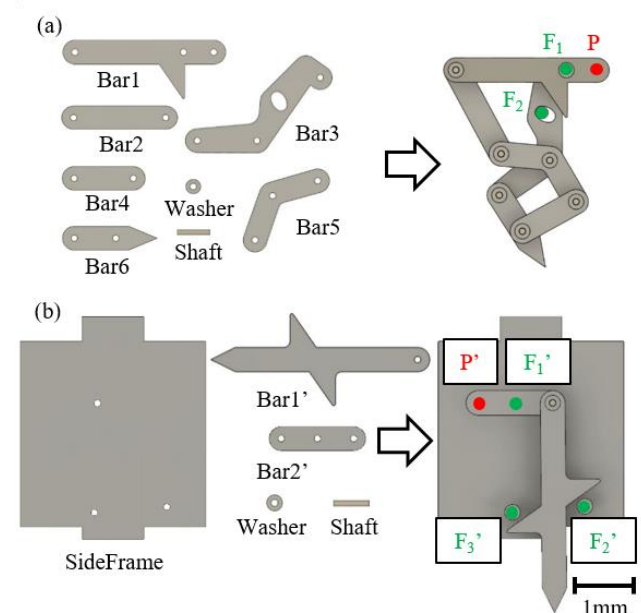


Figure1. Comparison of the leg mechanism (a) Conventional (b) Sword-shaped

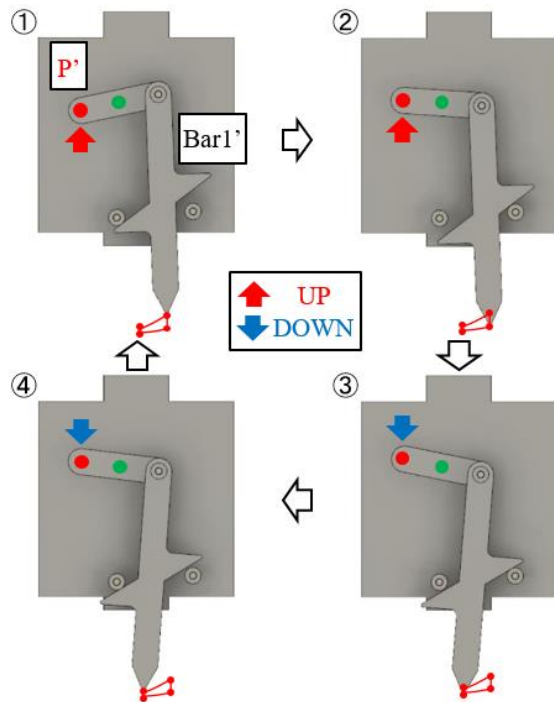


Figure2. Trajectory of the sword-shaped leg mechanism

Figure2に剣形の脚部機構の脚先の軌跡を示す。P'点をアクチュエータと接続し、直線運動させる。P'点が上に変位するときをUP、P'点が下に変位するときをDOWNと表す。P'点が上に変位することで、Bar1'の右側がWasherと接触し、Figure2の①、②、③のように動作する。P'点が下に変位することで、Bar1'の左側がWasherと接触し、Figure2の③、④、①のように動作する。①～④を繰り返すことで、結果として、Figure2のような軌跡を描く足踏み運動を生成する。

3. 脚部の駆動に必要な力の測定

Figure3に作製した剣形の脚部機構を示す。Figure3(a)は脚部機構、Figure3(b)はP'点の変位に対し脚部の駆動に必要な発生力の測定結果である。測定には微小力測定装置を使用した。Figure3は、剣形の脚部機構では、UP時に必要な発生力が最大13 μN 、DOWN時に必要な発生力が最大8 μN 必要であることを示している。従来の脚部機構では、UP時に必要な発生力が最大198 μN 、DOWN時に必要な発生力が最大219 μN 必要であった。剣形の脚部機構に必要な発生力は、UP時は従来の脚部機構の約6.6%、DOWN時は約3.7%に低減した。部品点数を4パーツ、接続点を6つ削減することで、脚部の摩擦力が低減し、駆動に必要な発生力を低減することに成功した。マイクロロボットに剣形の脚部機構を搭載することで、静電モータの櫛歯部分を大幅に削減することができ、モータ全体で約50%の小型化が可能であると見込んでいる。

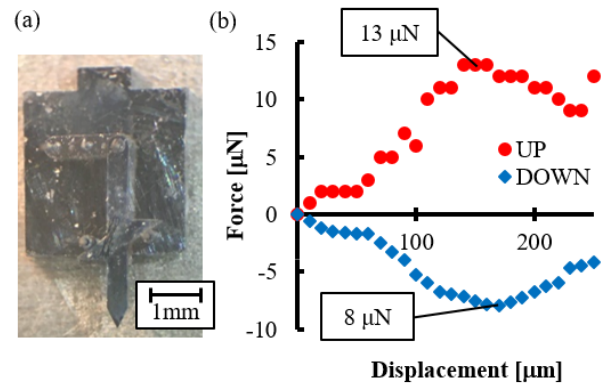


Figure3. The sword-shaped leg mechanism (a) Leg mechanism (b) The characteristic of the force required to drive the leg against point P'

4. まとめ

本論文では、マイクロロボットの脚部の駆動に必要な発生力を低減するために、従来の脚部機構と比較して部品点数および接続点を削減した、剣形の脚部機構を開発したことを報告した。脚部機構の駆動に必要な発生力を測定した結果から、剣形の脚部機構は、従来の脚部機構と比較し、UP時に約6.6%、DOWN時に約3.7%の発生力で駆動可能であることを示した。マイクロロボットのさらなる小型化が可能であると考えられる。

今後は、実際にマイクロロボットに搭載し、動作実験をおこなう予定である。

5. 参考文献

- [1] 真下智昭：「マイクロ超音波モータを用いたマイクロロボットの開発を目指して」、日本ロボット学会誌，36巻，3号，pp.191-194，2018.
- [2] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minami Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, and Kristofer S. J. Pister : “Study on Silicon Device of Microrobot System for Heterogeneous Integration”, ICEP, pp.33-37, 2018.
- [3] Satoshi Kawamura, Daisuke Tanaka, Taisuke Noguchi, Yuichiro Hayakawa, Minami Kaneko, Ken Saito, Fumio Uchikoba : “Neural networks IC controlled multi-legged walking MEMS robot with independent leg mechanism”, Artificial Life and Robotics, pp.380-386, 2018.