

K-64

## マイクロロボットの重心偏移する脚部機構の作製 Fabrication of Centroid Shift Leg Mechanism of Microrobot

○伊藤穂高<sup>1</sup>, 石川真聡<sup>1</sup>, 山田哲之<sup>1</sup>, 長田元気<sup>2</sup>, 水本明日也<sup>2</sup>, 平尾聡志<sup>2</sup>, 武井裕樹<sup>3</sup>, 金子美泉<sup>4</sup>,  
内木場文男<sup>4</sup>, 齊藤健<sup>4</sup>

\*Hotaka Ito<sup>1</sup>, Masato Ishikawa<sup>1</sup>, Noriyuki Yamada<sup>1</sup>, Genki Osada<sup>2</sup>, Asuya Mizumoto<sup>2</sup>, Satoshi Hirao<sup>2</sup>, Yuki Takei<sup>3</sup>,  
Minami Kaneko<sup>4</sup>, Fumio Uchikoba<sup>4</sup>, Ken Saito<sup>4</sup>

Abstract: The authors are developing the millimeter-sized MEMS microrobot that drive autonomously. The conventional leg of microrobot did not drive enough with the motor mounted on the microrobot. This is caused by the frictional force of the conventional leg of microrobot is large. The conventional leg of microrobot is composed of six parts. This paper reports the centroid shift leg composed of four parts. The centroid shift leg has two parts less than the conventional leg of microrobot to reduce the frictional force. The authors measured the force to drive the centroid shift leg.

### 1. はじめに

マイクロロボットは様々な分野で活躍が期待されており、研究、開発が積極的におこなわれている。医療分野では、マイクロロボットが内臓や血管の検査や患者の患部に直接投薬することで、身体への負担軽減が期待されている。また産業分野では、工場の配管検査などが期待されている<sup>[1][2]</sup>。

我々は、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)技術を使用して自律行動が可能なミリメートルサイズのMEMS マイクロロボットの開発をおこなっている。自律行動のためにはアクチュエータ、センサ、電源、制御回路の搭載が必要である。先に我々は、アクチュエータと制御回路を搭載した9.0mm×4.6mm×6.4mmの6脚のマイクロロボットを開発し、歩行に成功した。マイクロロボットに電源を搭載するために、低消費電力の静電モータを開発した<sup>[3]</sup>。しかし、駆動実験より、脚部の駆動が十分におこなえなかった。これは、脚部の摩擦力による影響が大きいためである。

本論文では、脚部駆動に必要な力を減少させるため従来のマイクロロボット脚部を見直し、4つの部品で構成した重心偏移脚部の作製及び測定をおこなったので報告する。

### 2. 重心偏移脚部の概要

Figure1 にマイクロロボットの脚部部品を示す。Figure1(a), Figure1(b)に従来のマイクロロボット脚部と、今回作製した重心偏移脚部を示す。従来のマイクロロボット脚部部品はシリコンウェハを加工して作製した。Figure1(a)のBar1～Bar6の6つの部品を外径0.1±0.002mmの超硬合金の軸で接続し、ワッシャによ

って固定して作製した。従来のマイクロロボット脚部は直線運動を足踏み運動に変換するために、4節リンク機構を2つ組み合わせた。したがって、接続部の数は7個である。接続部の数が多いと摩擦力が大きくなる。マイクロスケールでは表面依存の摩擦力が大きくなってしまふ。そのため脚部が十分に駆動しなかった。

今回作製した重心偏移脚部は、直線運動を足踏み運動に変換するために、4節リンク機構とクランク機構を組み合わせた構造とした。摩擦力を軽減するため、従来のマイクロロボット脚部の部品点数を2つ減らし、4つの部品、4個の接続点で構成した。従来のマイクロロボット脚部と同様にシリコンウェハを加工して作製した。Figure1(b)のBar1～Bar4の4つの部品を外径0.1±0.002mmの超硬合金の軸で接続し、ワッシャによって固定して作製した。

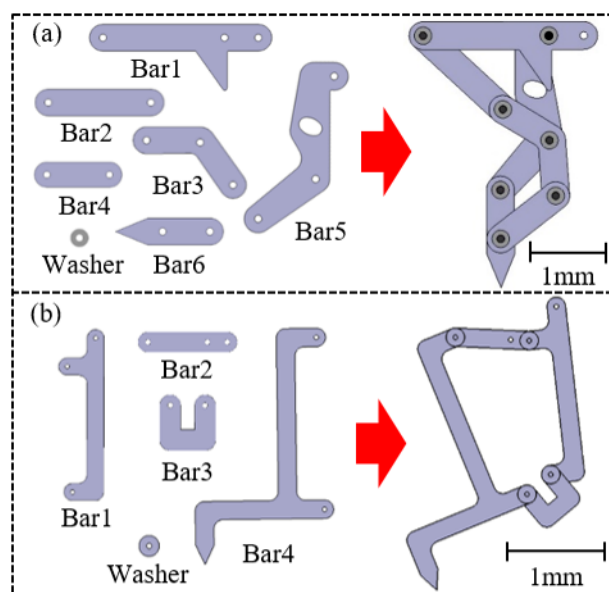


Figure1. Parts of the microrobot leg

1 : 日大理工・学部・精機 2 : 日大理工・院 (前)・精機 3 : 日大理工・院 (後)・精機 4 : 日大理工・教員・精機

また、各部品間にワッシャをスペーサーとして入れ、動作を妨げないようにした。また、部品点数を減らしたことにより部品作製時における人為的ミス減少や時間短縮が見込まれる。

Figure2 に重心偏移脚部の脚先の軌跡を示す。F 点が固定点であり、P 点が力点である。P 点が左斜め下に直線状に変位することで、Figure2 の①、②、③のように動作する。次に P 点が右斜め上に直線状に変位することで、Figure2 の③、④、①のように動作する。①～④を繰り返すことで足踏み運動をおこなう。Bar1 と Bar3 が死点の位置にある場合、Bar3 をコの字型に設計したため重心がずれて死点を解消できる。Bar2 が揺動運動して Bar3 が回転運動するため、Bar4 の脚先が Figure2 に示す楕円の軌跡を描く。

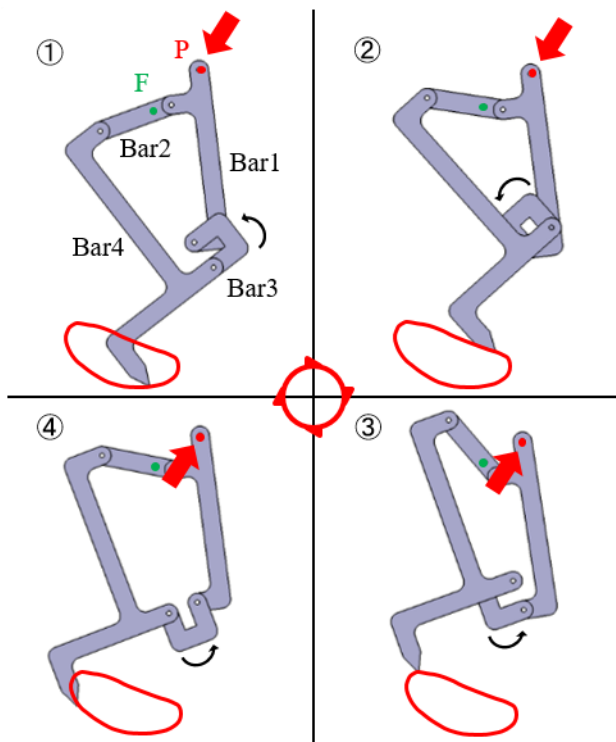


Figure2. Trajectory of the centroid shift leg

### 3. 重心偏移脚部の測定

Figure3 に P 点の変位に対し重心偏移脚部を駆動するのに必要な力を示す。この測定は微小力測定装置でおこなった。P 点が右斜め上に変位するときを UP、P 点が左斜め下に変位するときを DOWN とする。Figure3 より、重心偏移脚部では、UP 時の力が最大 138 $\mu$ N、DOWN 時の力が最大 72 $\mu$ N である。そのため脚部は 138 $\mu$ N 以上の力を与えれば駆動が可能である。従来のマイクロロボット脚部では、駆動のために最大 219 $\mu$ N の力が必要であった。この結果より、重心偏移脚部は従来のマイクロロボット脚部の約 63% の力で駆動が可

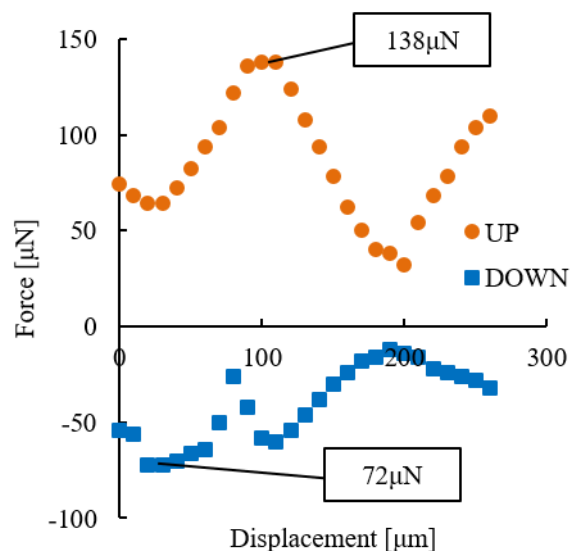


Figure3. The characteristic of the force required to drive the centroid shift leg against point P

能である。部品点数が従来の脚部と比べて 2 点少なく、接続部の数が 3 個少ないため、摩擦力の影響が少なくなり脚部の駆動に必要な力が減少した。

### 4. まとめ

本論文では重心偏移可能な MEMS マイクロロボット用の脚部を新たに作製した。さらに、作製した脚部の駆動に必要な力を測定した結果から、マイクロロボットに利用可能か検討をおこなった。重心偏移脚部は 4 つの部品で構成し、従来のマイクロロボット脚部の約 63% の力で駆動可能であることを示した。

今後は、実際にマイクロロボットに搭載して動作実験をおこなう予定である。

### 5. 参考文献

- [1] 平尾聡志, 仲田友也, 金子美泉, 内木場文男, 齊藤健: 「MEMS マイクロロボット用の静電アクチュエータの開発」, JPCAshow アカデミックプラザ, 2018.
- [2] 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.
- [3] 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, 2018.