

MEMS マイクロロボット用のてこクランク機構を用いた脚部に対する検討 Study on Legs with Lever Crank Leg Mechanism for MEMS Microrobot

○古屋董¹, 石川真聡², 伊藤穂高², 山田哲之², 長田元気², 水本明日也², 森下克幸²,
武井裕樹³, 齊藤健⁴

*Sumire Furuya¹, Masato Isikawa², Hotaka Ito², Noriyuki Yamada², Genki Osada², Asuya Mizumoto², Katsuyuki Morishita²,
Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract: The authors are developing a MEMS microrobot driven by electrostatic motors. The conventional leg of the microrobot did not drive enough with the electrostatic motor. The conventional leg had many connection points and large frictional force. Therefore, we developed the lever crank leg mechanism. The lever crank leg mechanism has fewer parts and connection points than the conventional leg. As a result, the force to drive the lever crank leg can be expected to be reduced. In this paper, we report that fabricated various shapes rotating parts of the lever-crank leg mechanism.

1. はじめに

近年、マイクロロボットは研究、開発が活発におこなわれている。医療分野では内臓や血管など体内の検査、治療、産業分野では小口径配の管内の検査、環境等によって近寄れない場所の調査など、人が直接関与できない場所に潜入できるマイクロロボットの活躍が期待されている^[1,2]。そのため、マイクロロボットの小型化、高性能化が求められている。

我々は、微細加工技術である Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)の技術を用いて、自律駆動が可能な、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。

先に我々は、アクチュエータとコントローラを搭載した6足歩行型のマイクロロボットを開発し、歩行に成功した。電源を搭載するために、低消費電力で駆動する静電モータを開発した^[3]。しかし、先に開発したマイクロロボットの脚部は6パーツで構成されたため、接続点が多く、摩擦力が大きい。そのため、静電モータと脚部を接続し、駆動実験をおこなったが、脚部は十分に駆動しなかった。我々は、接続点を削減するため、てこクランク機構を用いた4パーツで構成された脚部を開発した。

本論文では、てこクランク機構を用いた脚部の回転部品について、様々な形状を作製したので報告する。

2. てこクランク機構を用いた脚部の設計

Figure1 に、てこクランク機構を用いた脚部を示す。Figure1(a)は脚部部品、Figure1(b)は脚部の軌跡である。図中の F は固定点を表し、P は力点を表す。てこクランク機構を用いた脚部は、直線運動を足踏み運動に変

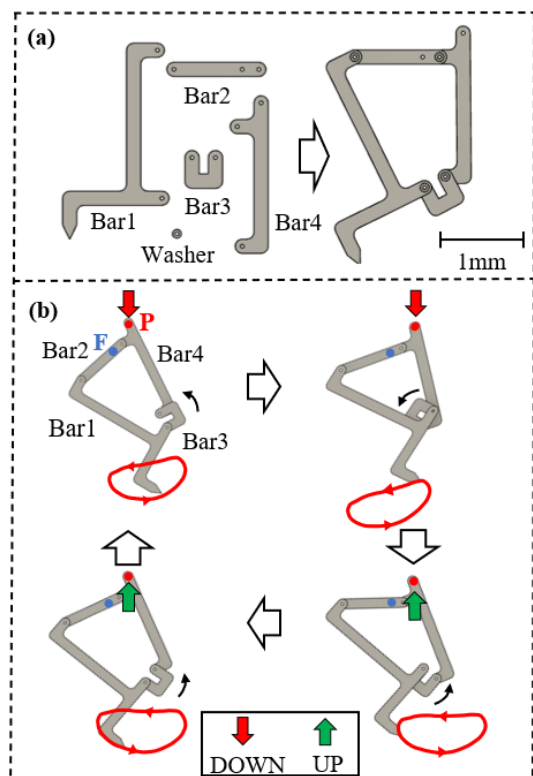


Figure1. Legs of a microrobot using a lever crank mechanism

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^[4]。各部品を超硬合金の軸で接続し、Washerによって固定する構造である。脚部の摩擦力を低減させるため、部品数を4点にし、接続点を削減することで摩擦力を減少させた。P 点を矢印方向に直線状に変位することで、Figure1(b)のような軌跡を描く足踏み運動を生成する。

てこクランク機構を用いた脚部は、Bar3 の位置が死点の位置になり、棒状の部品では回転方向が定まらな

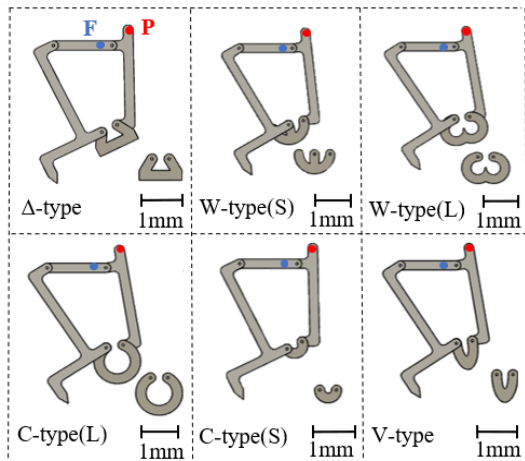


Figure 2. Rotary parts of the lever crank leg mechanism

い場合がある^[5]。Figure 1の脚部では、Bar3の形状をコの字に設計することで、Bar3の重心位置がずれて安定して回転する。

Figure 2にBar3を様々な形状に変えた脚部を示す。各脚部の右下に各脚部の回転部品を示す。Figure 1に示した脚部を基準として、回転部品であるBar3の形状を変化させることで、どのような形状の部品が駆動時に必要な力をより低減するのかを評価する。本論文では、Δ型、W型2種、C型2種、V型の計6種の形状を設計した。脚部の設計の際、Bar3以外の部品の寸法は変化させていない。

3. てこクランク機構を用いた脚部の作製

Figure 3に作製した脚部を示す。脚部の部品は、クリーンルームでシリコンウェハを加工して作製した。シリコンウェハにAlを蒸着し、ポジ型レジストを塗布し、露光装置での露光をおこなった。その後、現像、ウェットエッチングによってパターンを作製した。誘導結合プラズマ(ICP)ドライエッチング装置によってシリコンをエッチングし、各部品を作製した。基準とした脚部と同様にBar1~Bar4の4つの部品を外径 $0.1 \pm 0.002\text{mm}$ の超硬合金の軸で接続し、Washerによって固定した。また、部品間の摩擦力を減少させるために、Washerを部品間に入れた。部品数を減らしたことにより、組み立て時の作業数も減ったため、人為的ミスの減少や時間短縮が可能となった。

4. まとめ

本論文では、てこクランク機構を用いた4パーツで構成された脚部の回転部品について、様々な形状を作製し、脚部を組み立てた。

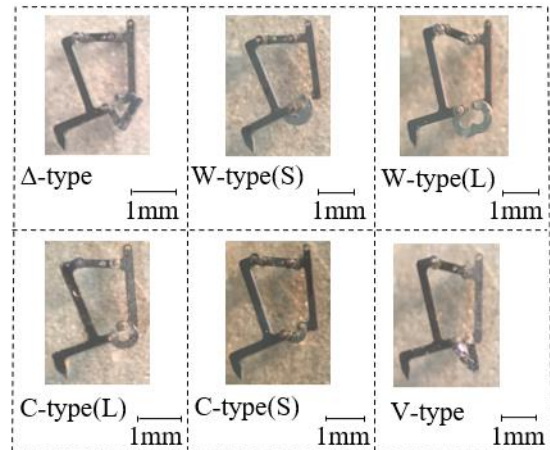


Figure 3. Legs for a microrobot made of designed rotating parts

今後は、基準となる脚部の必要な力と、設計した脚部にかかる力を比較するため、新しく設計した6種の回転部品ごとで構成された脚部の駆動時に必要な力を微小力測定装置で測定する予定である。

5. 参考文献

- [1] 鈴森康一, 近藤文夏, 田中裕久:「小型歩行ロボット」, 日本ロボット学会誌, 11巻, 3号, pp.83-88, 1993.
- [2] 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.
- [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.
- [4] 内藤学, 佐藤隆之介, 上野秀夫, 佐竹拓人:「電源を必要としない研磨装置の開発」, 精密工学会, pp.663-664, 2014.
- [5] 佐藤悠貴, 高橋泰輔, 湯川俊浩:「無段変速機用四節リンク機構の運動解析」, 計測自動制御学会東北支部, 第271回研究会, 2021.