

K-39

マイクロロボットの脚部用のリニアモータを複数使用した四節リンク機構の検討 Study on Four-Node Link Mechanism Using Multiple Linear Motors for Legs of Microrobot

○政井悠夏¹, 田巻祐哉², 木屋大地², LYUSHUXIN³, 森下克幸³, 齊藤健⁴
*Yuka Masai¹, Yuya Tamak², Daichi Kiya², Shuxin Lyu³, Katsuyuki Morishita³, Ken Saito⁴

Abstract: The authors studied microrobot that mimic insect functionality using Micro Electro Mechanical Systems technology, building on a previous study in which a six-legged Micro Electro Mechanical Systems microrobot was created and allowed for externally powered movement. This paper investigates the design of a leg mechanism that increases foot displacement by employing electrostatic actuators in two locations. Measurements using the fusion360 showed that the newly designed leg had a longitudinal displacement of 913 μm and a parallel displacement of 5418 μm . This development is expected to improve the performance of microrobot mobility when encountering bumps and obstacles.

1. はじめに

近年、マイクロロボットは工場などの管内の検査や人間が立ち入る事ができない危険な場所の調査など、人が直接関与できない狭い空間で活動することが期待され、研究・開発が進んでいる。上記の条件での活動にはマイクロロボットの自律駆動が求められている。自律駆動の実現のためにはセンサ、制御回路、アクチュエータ、電池の4つの要素が必要とされており、中でもこの4要素をもち、小型で自律行動する生物として昆虫が挙げられる。昆虫は上記の4要素を、感覚器官、脳、筋肉、エネルギー源として、全て小さな体に搭載している。昆虫を模倣した4つの要素を同様にマイクロロボットに搭載することで、マイクロロボットは自律駆動が可能となる。

我々は、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)技術を用いて微細加工を施し、先の研究では Shape Memory Alloy (SMA)を使用したアクチュエータとコントローラを搭載した6足歩行型 MEMS マイクロロボットを開発し、外部電源によって歩行に成功した^[1]。しかし SMA は消費電力が大きいため、本体への電源の搭載は困難を極めた。そこでマイクロロボットに電源を搭載するために、低消費電力であることが利点である静電モータを開発した^[1]。しかし6節リンク機構の脚部は人による組み立てが難しい。また現在の脚部の変位では不整地の小さな起伏に耐えることができずに活動ができない可能性がある。

本論文では、アクチュエータを二つ使用して脚部の設計を行い、機構によって二か所のアクチュエータの変位を足先の変位へ増加させ、部品数を減らすことで組み立て時の負担を軽減することを検討したので報告する。

2. MEMS マイクロロボット

Figure1 に先に作製した6足歩行型 MEMS マイクロロボットを示す。幅 9.9mm, 奥行き 4.6mm, 高さ 6.4mm の6足歩行型 MEMS マイクロロボットで、アクチュエータと制御回路を搭載している。アクチュエータには SMA を使用し、コントローラにはハードウェアニューラルネットワークIC を使用した。筐体と脚部はクリーンルームで厚さ 200 μm のシリコンウェハにアルミニウムを蒸着させ、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、混酸ウェットエッチングによってパターンを作製し、誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasmas : 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た。

従来の脚部の構造と変位を Figure2 に示す。筐体と同様に厚さ 200 μm のシリコンウェハを加工して作製した。従来の脚部は6節リンク機構となっており、点 P に加えられる直線運動を一連の歩行動作に変換する。

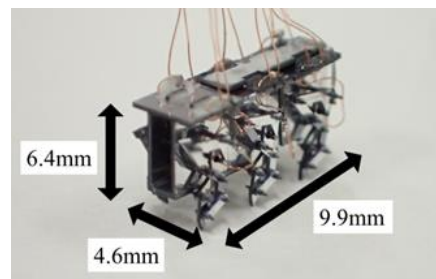


Figure1. MEMS Microrobot

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

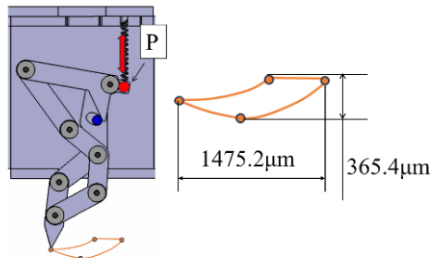


Figure 2. Microrobot leg structure and displacement

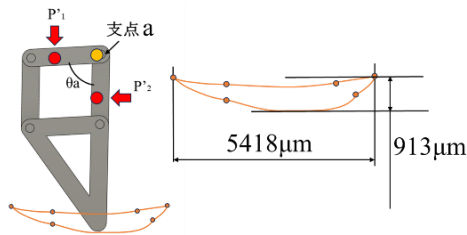


Figure 3. Four-link leg structure and displacement

3. 4 節脚部の構造

Figure 3 に新たに設計した 4 節脚部の構造を示す。従来のマイクロロボットは体長が 9.9mm であることに倣い、設計する際はひとつの脚部の大きさを縦 6.4mm 横 3mm に収まるよう限定した。3 本のバーと三角形の足先プレートとそれらを繋ぐシャフトで構成されており、そのうち 1 か所のみが固定されている。赤い点にはひとつずつアクチュエータが使用され P'_1 、 P'_2 を力点とし、黄色い固定点を支点 a とする。固定点以外は土台となるプレートに対して自由に動くことができ、クローズドループ構造でありながら 2 自由度を持っている。

Figure 4 に脚部動作を示す。まず①から②に移行するとき力点 P'_1 を押し、 P'_2 を引く。これにより θ_a を変えずに後ろへ足先を移動させて地面を掻くことができる。②から④へ移動するとき、 P'_1 と P'_2 を片方ずつ停止させることで足を上へ持ち上げる。④から⑤へは P'_1 を引き、 P'_2 を押すことで、再び θ_a を固定したまま、足先を前方へ動かす。⑤から①に戻るとき、 P'_1 と P'_2 を順に停止させて P'_2 、 P'_1 の順で動かすことで足先が元の位置まで降りる。

この脚部は P'_2 の変位による支点 a 下のバーの角度変化に加えて、4 節リンク全体の形状を決める角度 θ_a によって足先までの角度が決まる。このため支点から足先までの距離を増減させるための 2 変数を、2 つの力点の変位に分散することができると考えられる。また、従来の脚部と比較して 4 節脚部は力点の数が増えたことに伴って変位も増加した。

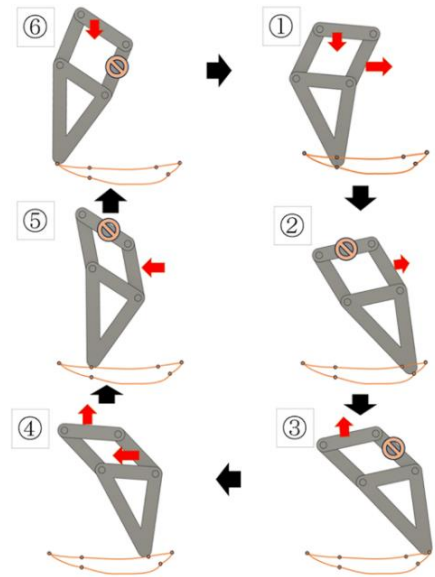


Figure 4. Four-link leg movement

Fusion360 を用いて変位を計測した結果、足先の変位は縦 913 μ m、並行方向 5418 μ m となった。これは Figure 2 に示した従来の変位の約 2 倍と約 3 倍になる。

4. まとめ

マイクロロボットの脚部の構造を検討した。変位を計測した結果、足先の縦の変位が 2 倍に増加し横の変位が 3 倍となった。これにより技術的問題は多々残るものの、段差に対する移動性能の改善が期待できる。今後はこれを動かすことができる十分な出力の静電モータを検討し、駆動実験をおこなう予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業(JPMXP1223UT1015)の支援を受けたものです。また、日本大学特別研究の助成を受けたものである。静電モータの試作は、日本大学マイクロ機能デバイス研究センター、武田先端知ビルスーパークリーンルーム(d.lab)の支援を受けて行われたものです。

5. 参考文献

- [1] K. Saito, D.S. Contreras, Y. Takeshiro, Y. Okamoto, Y. Nakata, T. Tanaka, S. Kawamura, M. Kaneko, F. Uchikoba, Y. Mita, and K. S. J. Pister : “Study on Silicon Device of Microrobot System for Heterogeneous Integration”, ICEP, 2018.