

昆虫型マイクロロボット用の静電モータと一括形成した脚部の移動量の検討 Study on Movement Range of Legs Integrated with Electrostatic Motors for Insect-Type Microrobot

○熊田圭一郎¹, 佐藤隼², LYU SHUXIN³, 齊藤健⁴
*Keiichiro Kumada¹, Jun Sato², Shuxin Lyu³, Ken Saito⁴

Abstract : The author have been studying microrobots that mimic the behavior of insects. Microrobots are expected to play an active role in various fields. We are developing an actuator that integrates an electrostatic motor and a leg assembly into a single unit. We aim for this microrobot to drive autonomously. In this paper, we calculate the theoretical values of the displacement of the leg section formed integrally with the electrostatic motor.

1. はじめに

近年、マイクロロボットは人が直接関わるできない場面や場所で活動することが期待されている。工場内の狭い箇所や低侵襲手術など、人間や大型ロボットの手が届かない空間で動かすために、自律可能な動きが求められる。

我々は自律可能な動きをさせるために、昆虫の機能や機構を模倣したロボットを開発している。昆虫のエネルギー源、脳、感覚器官、筋肉の4つの要素を電池、制御回路、センサ、アクチュエータの4つの要素で模倣し、マイクロロボットに搭載することで、自律駆動が可能となる^[1]。

先に我々は、Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術を用いて微細加工を施し、形状記憶合金(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昆虫型MEMSマイクロロボットを開発し、歩容の生成に成功した。しかしSMAは消費電力が大きく外部電源を繋ぐ必要があった。その問題を解決するため、消費電力が少なく小型化可能な静電モータに着目した。また、マイクロロボットのパーツは小型で顕微鏡を見ながらすべて手作業で組み立てる必要があった。この問題を解決するため、静電モータと脚部を一括形成を行った。MEMS技術を用いることで、静電モータと脚部を同一平面上で一括形成することが可能である。静電モータと脚部を構成するウエハはデバイス層、犠牲層、ハンドル層からなるSilicon On Insulator(SOI)ウエハを用いる。

本論文では、静電モータと一括形成する剣型脚部の移動量の理論値について検討したので、報告する。

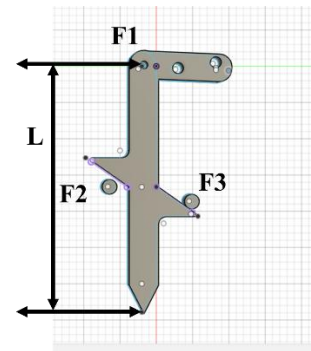


Figure 1. Microrobot sword-shaped leg unit

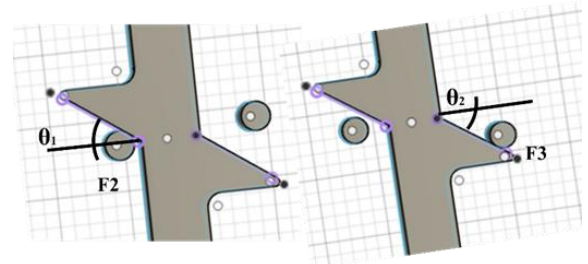


Figure 2. Angle of contact between the leg and F₂, F₃

2. 静電モータと一括形成する剣型脚部の機構

静電モータと一括形成する剣型脚部^[2]を Figure 1 に示す。

- ①の状態における F₂ と脚部との垂直方向の距離を l_1 、
- ②の状態における脚部と F₂ の接触角度を θ_1 とする。
- ③の状態における F₃ と脚部との垂直方向の距離を l_2 とし、④の状態における脚部と F₃ の接触角度を θ_2 とする。また②から③の状態に動く脚部の y 軸方向の移動量を X とする。①の状態の足先の位置を原点とする。

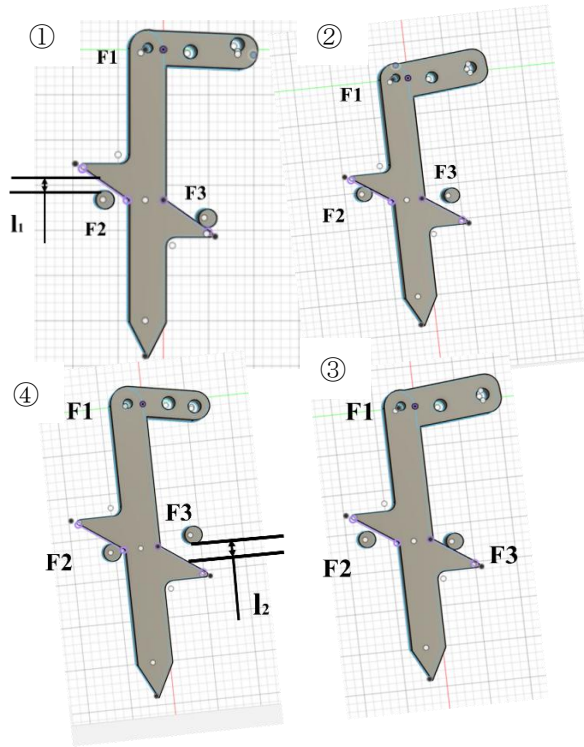


Figure 3. Condition of the legs in ①,②,③,④

3. 計算結果

Figure 1~3 から①~④の状態の座標は、

$$\textcircled{1} \quad (0,0) \quad (1)$$

$$\textcircled{2} \quad (0, -l_1) \quad (2)$$

$$\textcircled{3} \quad (X\cos\theta_1\sin\theta_2, -l_1 - X\cos\theta_1\sin\theta_2) \quad (3)$$

$$\textcircled{4} \quad (X\cos\theta_1\sin\theta_2 - l_2\sin\theta_2, \\ l_2\cos\theta_2 - \{l_1 + X\cos\theta_1\sin\theta_2\}) \quad (4)$$

となる。

また、Figure 1 より F1 から足先を L とすると、F1 から足先の距離は①~④の状態のとき、

$$\textcircled{1} \quad (0,0) \quad (5)$$

$$\textcircled{2} \quad (0, -Ll_1) \quad (6)$$

$$\textcircled{3} \quad (LX\cos\theta_1\sin\theta_2, -L(l_1 - X\cos\theta_1\sin\theta_2)) \quad (7)$$

$$\textcircled{4} \quad (L(X\cos\theta_1\sin\theta_2 - l_2\sin\theta_2), \\ L\{l_2\cos\theta_2 - \{l_1 + X\cos\theta_1\sin\theta_2\}\}) \quad (8)$$

である。

4. まとめ

今回、剣型脚部の移動量の理論値を求めたことで、脚部の動きに対する影響について検討した。実際に剣型脚部を作成して動作させ、正常に動作しなかった場合に、式(1)~(8)からどこの寸法を修正すればよいか明らかとなった。また今回検討した動作と異なる動作を設計する場合には、設計値を修正すれば求めたい動作が得られる。

今後は本論文の結果を用いて、設計に生かす予定である。

謝辞

本研究（一部）は、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（JPMXP1225UT1126）の支援を受けて、東京大学武田先端知ビルクリーンルーム微細加工拠点で実施されたものである。

5. 参考文献

- [1] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Satoshi Hirao, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minami Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, Kristofer S. J. Pister :” Study on Electrostatic Inchworm Motor Device for a Heterogeneous Integrated Microrobot System” Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 12, pp. E18-009-1-E18-009-7, 2019
- [2] 古屋堇, 伊藤穂高, 石川真聡, 山田哲之, 森下克幸, 武井裕樹, 金子美泉, 内木場文男, 齊藤健 : 「MEMS マイクロロボットに用いる剣型脚部の検討」, 第 38 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, 10P3-SSP-19(1-4), 2021.