

K6-68

## 静電モータ用の伸縮が可能な菱形形状 MEMS バネの設計

### Design of Stretchable Rhomboid-Shape MEMS Spring for Electrostatic Motor

○水本明日也<sup>1</sup>, 長田元気<sup>1</sup>, 平尾聡志<sup>2</sup>, 仲田友也<sup>2</sup>, 齊藤健<sup>3</sup>\*Asuya Mizumoto<sup>1</sup>, Genki Osada<sup>1</sup>, Satoshi Hirao<sup>2</sup>, Yuya Nakata<sup>2</sup>, Ken Saito<sup>3</sup>

Abstract: In this paper, we designed stretchable rhomboid-shape Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) spring for electrostatic motor. The displacement of the point P of the microrobot's leg is 174  $\mu\text{m}$ . The shuttle of the electrostatic inchworm motor is attached to the point P of the microrobot's leg. The displacement of the shuttle of the electrostatic inchworm motor was set to 250 $\mu\text{m}$ . The rhomboid spring is attached to the shuttle of the electrostatic inchworm motor. Rhomboid spring has 11 steps. The displacement of rhomboid spring was set to the maximum displacement of 325  $\mu\text{m}$ . The maximum dimension of the designed rhomboid spring was 390  $\mu\text{m}$  and the minimum dimension was 140  $\mu\text{m}$ .

#### 1. はじめに

パソコンやカメラなど、身の回りにある電化製品には、アクチュエータが搭載されている。アクチュエータには高性能、省電力化、小型化が求められている。近年、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)技術を用いて微細加工を行うことで、マイクロロボットなどの小型ロボットに高レベルの小型アクチュエータを搭載することが研究されている。

現在我々は、小型マイクロロボットの脚部動作のアクチュエータの研究、開発を行っている<sup>[1]</sup>。これまでに、MEMS 技術を用いて、2.5mm 角サイズの静電インチワームモータを作製し、5mm 角サイズのマイクロロボットの脚部に取り付けて動作確認を行った<sup>[2]</sup>。作製した静電インチワームモータは、静電アクチュエータを利用して脚部の押出を、バネを利用して脚部の引き付けを行った。しかし、設計したバネの発生力が十分ではなかったため、シャトルを初期状態の位置まで戻すことができなかった。シャトルを元の位置に戻すために、我々はシャトルの押しだけでなく引きも静電アクチュエータで行うことを検討した。シャトルに取り付けるバネは伸び縮みができて、静電アクチュエータがシャトルを押し引きした後に、シャトルを元の位置に戻す補助をする必要がある。

本論文では双方向に駆動が可能な静電インチワームモータに対して、伸び縮みができ、シャトルを元の位置に戻す補助を行う菱形形状の MEMS バネを設計したので報告する。

#### 2. 菱形バネの設計

菱形バネを設計するにあたり、マイクロロボットの脚部の変位より、静電インチワームモータのシャトル

の変位を求める。

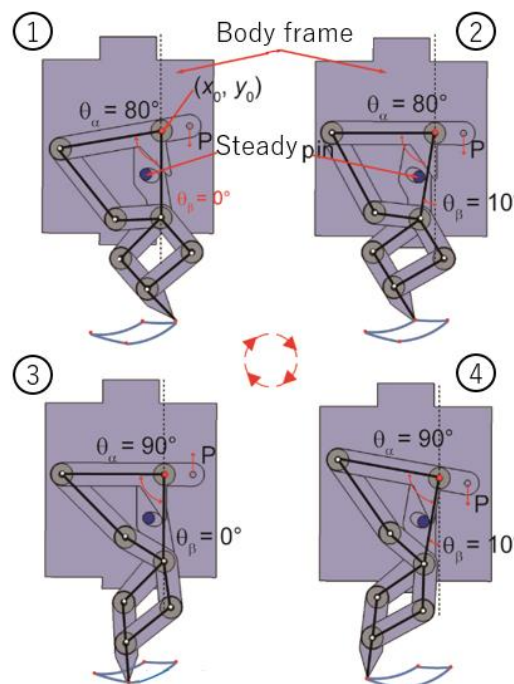


Figure1. Trajectory of the leg

Figure1 にマイクロロボットの脚部の構造を示す。 $(x_0, y_0)$ はマイクロロボットの本体と脚部の固定点の座標を示す。 $(x_0, y_0)$ を $(0, 0)$ とする。点 P に静電インチワームモータのシャトルを取り付けることで点 P を上下に動かし、脚部の踏み込み動作を行うことが可能になる。Figure2 に固定点と点 P を含む脚部のパーツを示す。

今回設計する菱形バネは、マイクロロボット脚部の点 P の変位に対して、菱形バネがその変位に対応できるように設計する必要がある。

固定点 $(x_0, y_0)$ から点 P までの距離は  $500\mu\text{m}$  あり、点 P は上下に  $10^\circ$  ずつ傾くので、 $+10^\circ$  傾いた場合、点 P の座標は、 $(492, 87)$  となり、 $-10^\circ$  傾いた場合、点 P の座標は、 $(492, -87)$  となる。よって、マイクロロボット脚部の点 P の y 軸方向の変位は  $174\mu\text{m}$  である。点 P の変位分シャトルが駆動する必要があるので、静電インチワームモータの変位は  $250\mu\text{m}$  とした。シャトルの変位に対して菱形バネが十分耐えられるために、余裕を持たせて、菱形バネの最大変位を  $\pm 125\mu\text{m}$ 、最大伸びを  $390\mu\text{m}$  とする。

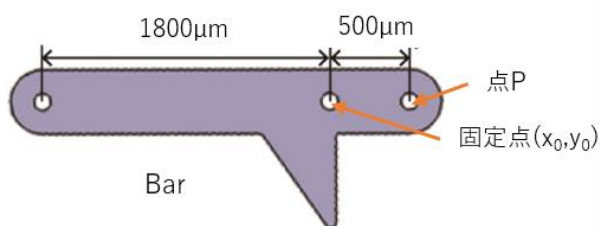


Figure2. Mechanical part of the leg

### 3. 菱形バネ

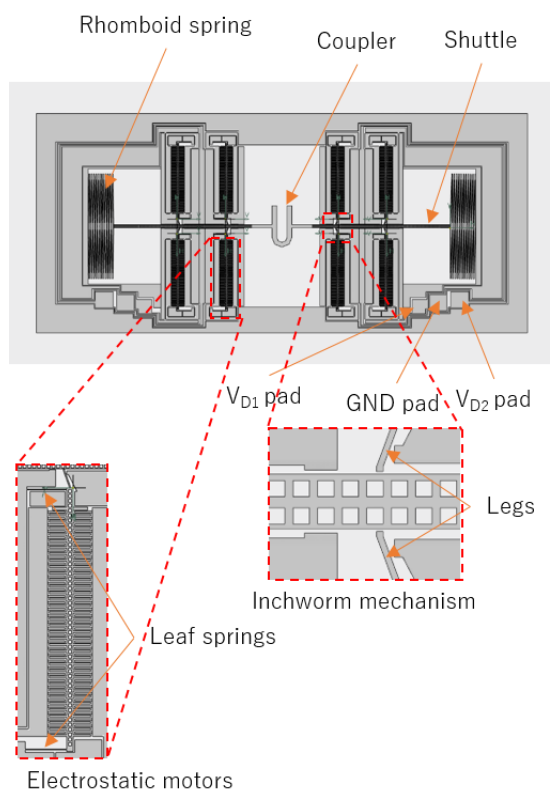


Figure3. Double supported electrostatic inchworm motor

今回菱形バネを取り付ける静電インチワームモータはシャトルの押し引きを静電アクチュエータで行う構造になっている。

菱形バネが静電アクチュエータによって移動したシャトルを元の位置に戻す補助を行っている。Figure3 に菱形バネを取り付ける静電インチワームモータの全体図を、Figure4 に菱形バネを示す。

菱形バネは、段数が 11 段で、1 段あたり  $24\mu\text{m}$ 、横幅は、 $1000\mu\text{m}$  とした。菱形バネが最も伸びた場合、 $390\mu\text{m}$ 、最も縮んだ場合、 $140\mu\text{m}$  となる。

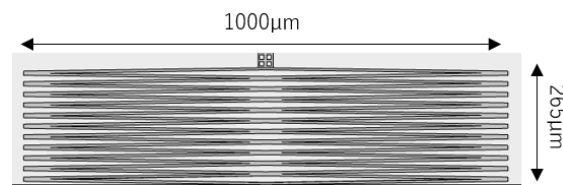


Figure4. Rhomboid-shape MEMS spring

### 4. まとめ

本論文では静電インチワームモータに菱形バネを取り付けシャトルが元の位置に戻るよう設計した。その結果、11 段で  $265 \times 1000\mu\text{m}$  のサイズになる菱形バネを設計した。今後、強度について詳しく吟味し実装に向けて検討していく予定である。

### 5. 参考文献

- [1] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minamia Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, and Kristofer S. J. Pister : 「Study on Silicon Device of Microrobot System for Heterogeneous Integration」, ICEP, 2018
- [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」, JPCA アカデミックプラザ, 2018