

K6-79

SMA 駆動型 MEMS マイクロロボットに用いる回転アクチュエータの高速化

Increase Speed of Rotary Actuator Used for SMA Driving-Type Microrobot

○仲田友也¹, 田中泰介¹, 杉田和貴², 高藤美泉³, 齊藤健³, 内木場文男³*Yuya Nakata¹, Taisuke Tanaka¹, Kazuki Sugita², Minami Takato³, Ken Saito³, Fumio Uchikoba³,

Abstract: This paper presents how to obtain rapid motion of the SMA (Shape Memory Alloy) type actuator for the MEMS micro robot. The SMA is driven by temperature, and therefore the heat capacity takes important roll to achieve fast motion. Although the mass of our microrobot is tiny, about 20mg, still the release time decides its speed limit. In addition to the conventional silicon rotor, copper was introduced. The copper actuator performed more stable motion than the silicon.

1. はじめに

昆虫は地球の歴史上で比較的初期の段階から存在しており、現在まで進化を続け生き残っている。これは昆虫が環境への高い適応能力があるからだと考えられる^[1]。すなわち、昆虫はマイクロロボットのこの上なく良い規範なのである^[2]。近年、昆虫と同スケールのマイクロロボットの研究開発が活発になっている。昆虫のように小型で高機能なマイクロロボットが実現すれば、狭小空間での作業など産業分野、医療分野といった多くの分野での活躍が期待される。

しかしながら、現在の研究では数センチメートルサイズのロボットや、磁力等の外部からの力を利用した移動方法である等、小型化、高機能化の点で多くの問題が存在する。

我々は体長数ミリメートルの 6 足歩行型マイクロロボットの開発を行っている。昆虫と同スケールであるマイクロロボットは半導体作製技術を応用した Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術を用いることで実現している。

本論文では、形状記憶合金(SMA)を材料とした人工筋肉ワイヤを用いた 6 足歩行型の MEMS マイクロロボットの回転アクチュエータの高速化を目的とした。今回は、ロータの熱容量を考慮し、銅製のロータと、シリコン製のロータの動作を確認し比較した。また、アクチュエータ動作時のロータの中心点をプロットし、回転運動の大きさを確認したので報告する。

2. 回転アクチュエータ

Figure 1 に作製したアクチュエータの概念図を示す。SMA 駆動型 MEMS マイクロロボットに用いる回転アクチュエータは人工筋肉ワイヤ、ロータ、軸で構成した。銅製のロータは長さ 5 mm、幅 4 mm のサイズを基盤加工機を用いて作製した。また、銅製のロータと比較するためにロータをシリコンで作製したシリコン製

のアクチュエータも作製した。

人工筋肉ワイヤは Ti-Ni 系の形状記憶合金の一種で、通電時のジュール熱によって収縮し、自然放熱により元の長さに戻る。4 本の人工筋肉ワイヤに順番に電流を流すことでロータの回転運動を生成した。

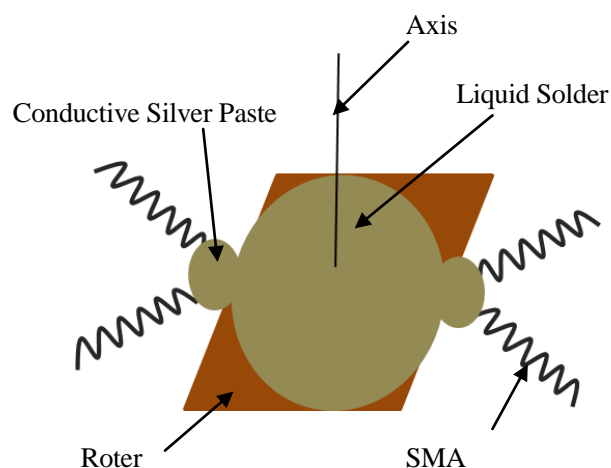


Figure 1. Revolving actuator

3. MEMS マイクロロボット

設計した SMA 駆動型 MEMS マイクロロボットはアクチュエータに加え、フレーム、脚部で構成した。フレームと脚部はフォトリソグラフィを用いてシリコンウェハ上にパターンニングし構築した。脚部はリンク機構を用いて構築し、6 本の足で歩行する。常に 3 点が地面に接地する昆虫を模倣した安定した歩行が可能である。アクチュエータが回転運動を軸と繋がっているリンク機構である脚部へと伝える。脚部はアクチュエータの回転運動に追従して歩行動作を行う。

4. 測定方法

今回の測定では、シリコン製のアクチュエータと銅板製のアクチュエータの動作の比較を行なった。それぞれのアクチュエータの図を Figure 2 (a), (b)に示す。

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

ファンクションジェネレータを用いて、振幅が 5V、パルス幅が 0.2 秒の 4 相の逆相同期波形を入力した。その結果を中心軸の位置を駆動直後から 0.5 秒毎にプロットし、駆動してから 10 秒後から 0.5 秒毎にプロットをそれぞれのアクチュエータで測定した。

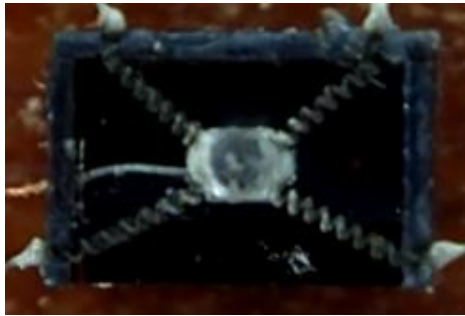


Figure2. Actuator made of the silicon

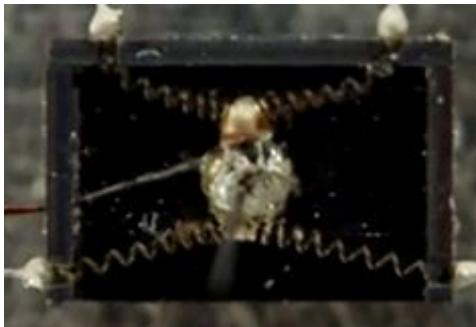


Figure3. Actuator made of the sheet copper

5. 結果及び考察

Figure 4 にシリコン製のアクチュエータの測定結果、Figure 5 に銅板製のアクチュエータの測定結果を示す。Figure 4 より、シリコン製のアクチュエータは駆動直後の回転動作の大きさに比べ、10 秒経過した回転動作は小さくなった。Figure 5 より、銅板製のアクチュエータは回転動作に大きな変化は確認されなかった。銅製のロータはシリコン製のロータと比べ軽量で熱容量が小さく、蓄熱が抑えられたため回転動作の大きさが変化しなかったと考えられる。シリコン製のロータでは、蓄熱によって人工筋肉ワイヤが完全に元の長さに戻りにくい状態となり、回転の大きさが変化したと考えられる。したがって、マイクロロボットに用いるアクチュエータは、回転の大きさが比較的变化しない銅製のアクチュエータを用いることで、更なる回転動作の高速化が可能となると考えられる。

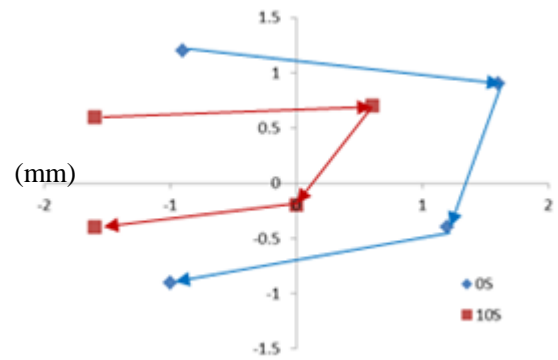


Figure 4. The location of the center axis of an actuator made of silicon

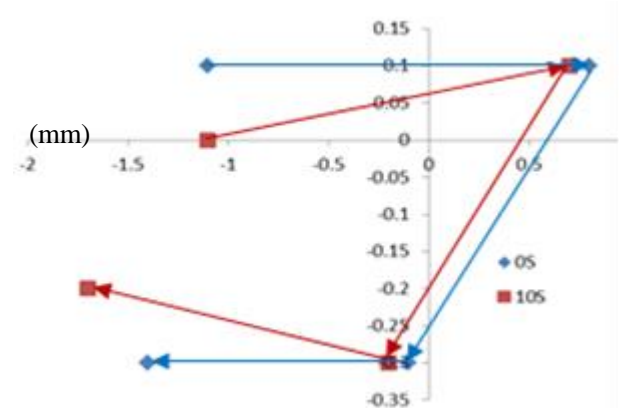


Figure 5. The location of the center axis of an actuator made of sheet copper

6. まとめ

本論文では、銅を用いたのアクチュエータを作製し、シリコン製のアクチュエータとの回転動作の比較を行った。結果として、より低熱容量化した銅製のアクチュエータでは蓄熱を抑え、より安定した回転動作を実現した。今後は、さらに短いパルス波形を印加した場合でも安定した回転動作を得られるか実験を行う予定である。

7. 参考文献

- [1] 下山 勲, 神崎 亮平: バイオメカニズム学会誌 22(4), 152-157, 1998-11-01
- [2] 三浦 宏文: 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集 (24), 5-7, 2007-08-18