K6-83

ＳＭＡ駆動型ＭＥＭＳマイクロロボットの継続駆動の検討

Investigation for Continuous Driving of SMA Driven MEMS Microrobot

○小野聡子[1]，千葉哲玄[1]，岩田蛍[2]，岡根佑樹[2]，高藤美泉[3]，齊藤健[3]，内木場文男[3]
*Satoko Ono[1], Satohiro Chiba[2], Kei Iwata [2], Yuki Okane[2], Minami Takato[3], Ken Saito[3], Fumio Uchikoba[3]

Abstract: This paper suggests that continuous drive of the rotary actuators in a microrobot. Components of the microrobot are link mechanisms, rotary actuators and frames. These components are fabricated by MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology. SMA (Shape Memory Alloy) is used the rotary actuators. Link mechanisms of the leg part is moved by tracking the rotational motion of the actuator. The hexapod walking like insects is realized by the microrobot. The micro robot of 2.7 × 4.0 × 2.5mm was fabricated. The purpose of this paper is to optimize the actuator current. The minimum current was 85mA.In this current value, stable drive of the actuator and walking motion of microrobot was realized.

１．緒言

昆虫は，その小さな身体で優れた形態や機能を持ち，生態系の中で長期に渡り生存してきた．その個体数と種類は全動物の中で最も多く，現在まで発展を続けてきた．このように高機能な昆虫を人工的に再現することは非常に好奇心をそそられる．

昆虫のような小型な生物の体躯を模倣するために，半導体製造技術を応用した MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を用いたマイクロロボットが数多く報告されている[1]．MEMS 技術を利用することで小型で高精度なマイクロロボットの部品を製作することが可能である．しかしながら，マイクロロボットの移動機構の現状として，振動を利用した這う移動方法や磁界や電界を用いた外部からの力が必要なものが多く，これらの機構は昆虫の 6 足歩行を正しく再現していない．

このことから，我々は昆虫のように 6 足歩行を行うマイクロロボットの実現を目指して研究を行っている．以前我々が作製したマイクロロボットはアクチュエーターの動きが不安定であり，継続した駆動が困難であるという問題があった[2]．

本研究では，MEMS 技術を用いたマイクロロボットを作製し，SMA を用いたマイクロロボットの継続駆動を目的とし，最適な駆動電流を調べた．

２．マイクロロボット

本研究で作製するマイクロロボットを **Figure 1** に示す．マイクロロボットは脚部，回転アクチュエータ部，フレームから構成されている．

これらのパーツ作製には半導体作製技術を応用した MEMS 技術を用いる．MEMS 技術はシリコン基板にアルミを蒸着後，感光剤であるレジスト溶液を塗布する．露光，現像を経て，ウェットエッチング，ドライエッチングを行うことで 3 次元構造のパーツが作製可能である．

回転運動を行うアクチュエーター部は脚部のリンク機構に接続されており，アクチュエーターの回転に追従して脚部が動く．左右の脚は半周期ずれて動くので常時３本の脚を接地させることで昆虫のような安定した６足歩行が可能となる．

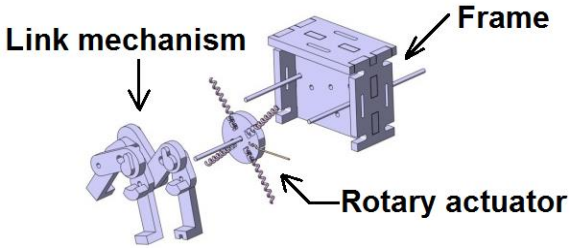

Figure 1. Structure of the microrobot

３．SMA 駆動のアクチュエータ

回転型アクチュエータには人工筋肉ワイヤを用いる．人工筋肉ワイヤは形状記憶合金（SMA）の一種であり，電流を流した際に発生するジュール熱で収縮，流し終えた後は自然放熱で弛緩する．アクチュエーターに SMA を用いることにより，小型で大きな変位と高いトルクが得られることが期待できる．

通電時のアクチュエータの回転動作を **Figure 2** に示す．本研究では，片面ローターに 4 本，両面で計 8 本の SMA を使用して，A，B，C，D の順に 0.5s ずつ電流を与えて回転運動を生成する．

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

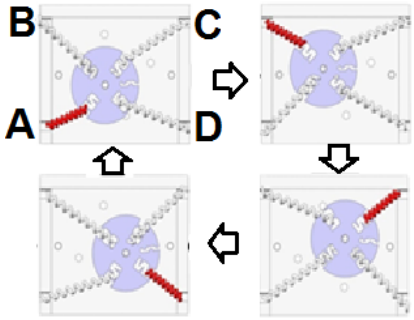

Figure 2. Moving mechanism of the rotary actuator

４．結果と考察

本研究で作製したマイクロロボットを **Figure 3** に示す．大きさは 2.7×4.0×2.5mm である．

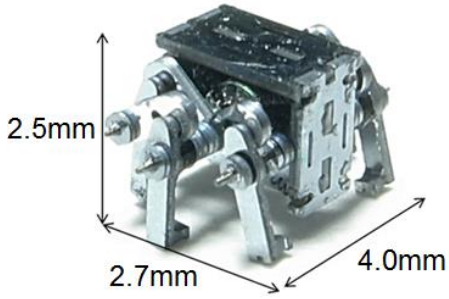

Figure 3. Manufactured MEMS microrobot

このマイクロロボットにおいて SMA に可変抵抗を直列に接続し，回転動作が可能となる電流を調べた．アクチュエーターが回転する最小の電流値は 85mA 程度であることがわかった．**Figure 4** に電流値 85mA のときのローターの中心軸の動きを示す．

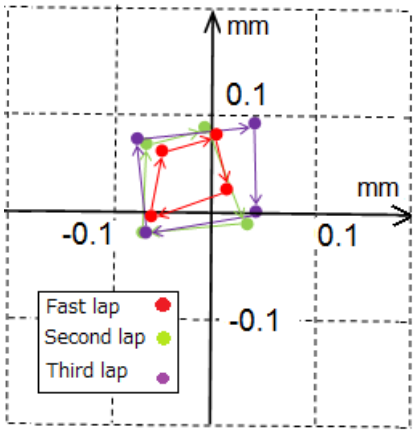

Figure 4. Confirmation of the rotational movement of the central axis

従来は，1，2 周目と徐々に変位が小さくなり 3 周目では回転が確認できなかったが，本研究ではローターの移動が安定し，数サイクル後も類似した動きが得られた．また，0.5s ごとの脚部の動作を観察した．これを **Figure 5** に示す．

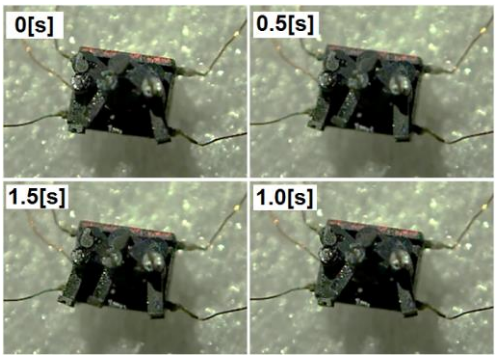

Figure 5. Moving mechanism of the link mechanism

電流量が 85mA のときにリンク機構が追従して歩行動作が可能であることが分かった．今後は，通電する電流の周期を短くすることでより速い歩行動作が可能となると考えられる．

５．結言

MEMS 技術により 2.7×4.0×2.5mm の歩行型マイクロロボットを作製することが出来た．

SMA を用いたマイクロロボットの最適電流値は 85mA 程度であることがわかった．これにより，安定したローターの回転と継続駆動が可能となった．

謝辞

本研究は日本大学マイクロ機能デバイス研究センターでサンプル部品作製の支援を受けた．また，本研究は日本学術振興会科研費補助金 25420226 の助成を受けたものである．

６．参考文献

[1] Bruce R. Donald, Christopher G. Levey, Craig D. McGray, Igor Paprotny, Daniela Rus “An Untethered, Electrostatic, Globally Controllable MEMS Micro-Robot”, JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, VOL. 15, NO. 1, pp1-15,2006.

[2] Fumio Uchikoba, Minami Takato, Ken Saito, “Hardware Neural Networks Controlled MEMS Rotational Actuators and Application to Micro Robot,” Journal of Mechanics Engineering and Automation, Vol.2, pp. 499-506, 2012 .