

K6-13

インパクト機構を用いた MEMS マイクロロボットの研究 Research of MEMS Microrobot Using Impact Type Mechanism

○多谷 大樹¹, 石原 優毅¹, 奥 大純¹, 内藤 友香¹, 高藤 美泉², 齊藤 健³, 内木場 文男³
*Masaki Tatani¹, Yuki Ishihara¹, Hirozumi Oku¹, Yuka Naito¹, Minami Takatou², Ken Saito³, Uchikoba Fumio³

Abstract: This paper reports a design of MEMS micro-robot using impact type mechanism. The parts of the robot consider by six legs, body frames, and impact type actuator. These components are fabricated by micro electro mechanical system(MEMS)technology. Actuator realize the rotational motion when impacted the rotor by vibration of the piezoelectric element. The rotational motion is transduced to the leg motion like an insect by link mechanism. The robot was controlled by artificial neuron model. The size of the robot was 4.0, 4.6, 3.6, width, length, height, respectively. The rotational speed was 60rpm, and the robot was walking on 180mm/min..

1. 背景

マイクロロボットの研究開発が活発におこなわれているが、医療分野における血管内の医療補助や、精密機械分野における装置の微小配管内部での作業などへの適用にはさらなる小型化が必要である。そこで、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の研究が報告されている^[1-2]。また、ロボットの駆動源としては圧電素子を用いるものが研究されており、アクチュエータの小型化と高トルク化が進められている^[3]。

また現在のロボット制御はマイクロプロセッサやソフトウェアプログラムを基にしたデジタルシステムが主流であるが、プログラムを基にした制御では予測のできない事象に対して柔軟に対応することは困難である。一方で、昆虫などはシンプルなニューラルネットワークを用いて歩行動作を実現しており、変化し続ける環境に柔軟に対応している。そこで、Artificial neural networks(ANNs) と呼ばれる生物の脳を模倣した制御システムが研究されている。

我々は生物の脳を模倣したANNsをデジタルシステムに代わる新しい制御システムとして用い、昆虫を模倣した六足歩行型のMEMSマイクロロボットを開発した^[4]。アクチュエータには人工筋肉ワイヤと呼ばれる、通電時に発生するジュール熱を利用して伸縮する形状記憶合金を用いた。また、電流の制御にはANNsを用いた。しかし変位量が大きい反面、アクチュエータの駆動に8本の人工筋肉ワイヤを用いるため、消費電力が大きいというデメリットも存在した。

本論文では、駆動源に圧電素子を用いた、インパクト型の省電力性に優れた MEMS マイクロロボットを研究したので報告する。また、このロボットの制御は

Artificial neural model (ANM)を用いて行った。

2. マイクロロボットの設計と作製方法

Figure 1に設計したインパクト型のMEMSマイクロロボットを示す。マイクロロボットは昆虫のような六本の足を持ち、アクチュエータとロータが接続されることで六足歩行を実現する。

また、アクチュエータの駆動源に圧電素子を用いており、電圧を印加した際の素子の伸縮運動をロータの回転運動に変換するための機構としてインパクト機構を採用した。素子の先端に取り付けられたインパクトヘッドがロータを叩くことにより、衝撃力を回転力へと変換する。加えて、インパクトヘッドにはリム構造が施されており、これによってヘッドが安定してロータを叩くことを可能にした。

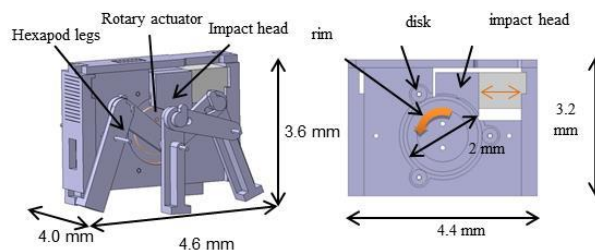


Figure1 Design of MEMS microrobot and actuator

インパクト機構を用いたMEMSマイクロロボットの構成要素は、フォトリソグラフィによってシリコンウェハ上にパターンニングを行い、ICPドライエッチングによって形成した。マイクロロボットの構成要素は、リンク機構とロータの接続に用いたシャフトと圧電素子を除いて、すべてMEMS技術を用いて作製した。

1: Department of Precision Machinery Engineering, CST., Nihon-U

3. マイクロロボットの制御回路

開発したマイクロロボットの制御はArtificial Neuron Model(ANM)を用いて行った。これは脳の信号を、アナログ回路を用いて模倣したものである。駆動パルスはP-HNM回路によって生成され、回路は閾値と不応期を特徴とし、連続パルスを生成する。

回路による出力波形を図2に示す。立ち上がり立ち下がり及び、周期はそれぞれ8.2, 7.8および8[μ s]ある。我々はさらに、回路をロボットに搭載するためANMのIC化を行うと共に、制御システムの小型化を行った。ベアチップICのサイズは1.93[mm]角である。我々はこのベアチップICに付帯回路を取り付け制御システムとし、ロボットに搭載した。ベアチップICと付帯回路の大きさは合わせて5.5×6.0[mm]であった。

4. 結果と考察

我々はインパクト機構を用いたMEMSマイクロロボットを開発した。構成要素はMEMS技術を用いて作製し、パーツの寸法誤差を測定した結果、 $\pm 5[\mu\text{m}]$ 以内に収まった。これはロボットを組み立てるのに十分な精度である。アクチュエータの回転数は25[kHz]、20[V]のとき60[rpm]で、足を取り付けた状態での空中での回転数は200[rpm]であった。

各周波数とロボットの足の回転数を計測した結果をFigure 2に示す。計測結果より、25[kHz]の時が最も回転数が早く、ロボットの共振点が上記の周波数であることがわかる。そしてロボットはANM回路による制御の下、周波数は25[kHz]、印加電圧20[V]において180[mm/min]での歩行を実現した。

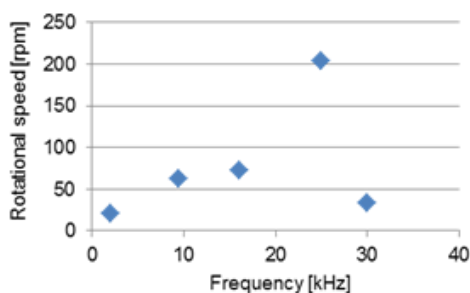


Figure2 Graph of the frequency property of the robot leg

また、ANM回路のIC化を行い、制御システムの小型化及び、ロボットへの搭載を行った。ベアチップICと付帯回路の大きさは合わせて5.5×6.0[mm]である。ロボットへの搭載の結果、空中での歩行動作を確認した。

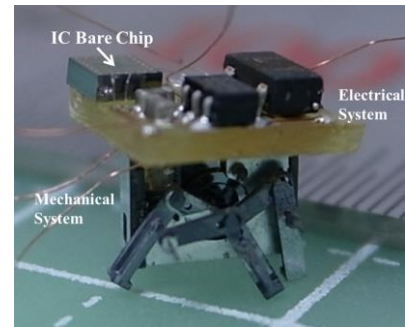


Figure 3 Microrobot of ANM circuit when mounting

5. 結論

本論文では、インパクト機構を用いたMEMSマイクロロボットの研究を行った。作製したロボットのサイズは4.0×4.6×3.6[mm]であり、構成要素はMEMS技術を用いて作製した。ロボットはディスクリートのANM回路により、電圧20[V]、周波数25[kHz]で歩行速度180[mm/min]を実現した。ANM IC及び付帯回路を搭載したところ、空中での歩行動作を確認した。

謝辞

本研究は日本大学のマイクロ機能デバイス研究センター及びCST研究プロジェクトの支援を受けました。日本学術振興会科研費補助金25420226と23760243標本作成の支援を受けました。

参考文献

- [1] E. Edqvist, N. Snis, R. C. Mohr et al : "Evaluation of building technology for mass producible millimeter-sized robots using flexible printed circuitboards", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.19, No.7 p.11 2009.
- [2] Bruce R. Donald, Christopher G. Levey, Craig D. McGray, Igor Paprotny, and Daniela Rus : "An Untethered, Electrostatic, Globally Controllable MEMS Micro-Robot", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, Vol.15, No.1 pp. 1-15 2006.
- [3] Y. Okamoto, R. Yoshida, and H. Sneyoshi, "The Development of a smooth Impact Drive Mechanism(SIDM) Using a Piezo electric Element" Konica Minolta Technology Report 1 (2004): 23
- [4] Ken Saito, Kazuto Okazaki, Tatuya Ogiwara, Katsutosi Saeki, Sekine Yoshihumi, Humio Uchikoba, the journal of The institute of Electrical Engineers of Japan. C, Vol.133, No.7, pp1094-1100, 2012.7