

K6-20

昆虫を模倣した自律動作可能な歩行型 MEMS マイクロロボットの設計 Design of Autonomously Moveable Walking Type MEMS Microrobot Imitating Insects

○河村慧史¹, 田中泰介¹, 野口大輔¹, 金子美泉², 齊藤健², 内木場文男²*Satoshi Kawamura¹, Taisuke Tanaka¹, Daisuke Noguchi¹, Minami Kaneko², Ken Saito², Fumio Uchikoba²

Abstract: In this paper, we propose design of autonomously moveable walking type MEMS microrobot imitating insects. Recently, many microrobots are researched and developed. Microrobots that walk and fly by biomimetics that imitates features of organisms such as insects are developed. However, microrobots are driven by external factors, and autonomous operation becomes a problem. We designed a hexapod MEMS microrobot to enable autonomous operation. For the parts of the microrobot, the MEMS process using semiconductor manufacturing technology was used. It is possible to manufacture fine and highly accurate members by the MEMS process. Also, for walking control, we used an integrated artificial neural networks IC which imitates biological neural networks engineeringly.

1. はじめに

近年, 多くのマイクロロボットの研究開発が行われている。マイクロロボットの小型化と高機能化を進めていく中で昆虫などの生物の特徴を工学的に模倣したバイオミメティクスが注目されている。バイオミメティクスを利用したマイクロロボットは多く存在し, 小型でありながら歩行するものや飛翔するマイクロロボットなどの研究開発が行われている。

マイクロロボットは小型であることから医療分野においては低侵襲性医療, 産業分野では配管などの人間が入ることのできない空間での活躍が見込まれている。しかし, 多くのマイクロロボットは回転磁界や高電圧下などによる外的要因により駆動するため^{[1][2]}, 自律動作が課題となっている。

我々は以前, 6足 MEMS マイクロロボットの開発を行った^{[3][4]}。このマイクロロボットは蟻の小型な機構と柔軟な制御を模倣した。昆虫の小型な機構は半導体製造技術を応用した Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) を用いた。MEMS 工程をシリコンに適用することで微細かつ高精度な部材を作製することができる。

駆動源には形状記憶合金の 1 種である人工筋肉ワイヤを用いた。この人工筋肉ワイヤは熱を加えると収縮し, 放熱すると弛緩する性質を持っている。

歩行制御には生物のニューラルネットワークをアナログ回路で模倣したものを集積化した人工ニューラルネットワーク IC を用いた。外部電源によって人工ニューラルネットワーク IC 駆動させ, 4 相のパルス波を生成する。パルス波をロータに取り付けた人工筋肉ワイヤに印加することで収縮させ, 回転運動を生成する。

この回転運動をリンク機構によって歩行運動に変換することでマイクロロボットは歩行を行う。

今回, 我々は電源を搭載するために新たに 6 足 MEMS マイクロロボットの設計を行った。

2. マイクロロボットの機構

今回, 設計した 6 足 MEMS マイクロロボットを Figure 1 に示す。寸法は幅 21.1mm, 高さ 5.5mm, 長さ 23.7mm となった。従来の 6 足 MEMS マイクロロボットは歩行運動を生成するために 2 つのロータを使うため, 駆動源である人工筋肉ワイヤが 8 本必要であった。設計したマイクロロボットは 4 本の人工筋肉ワイヤで歩行運動を生成できるような機構とし, 中心部のリンクに 4 本の人工筋肉ワイヤを取り付けた。人工筋肉ワイヤが収縮されることで中心部のリンクパーツが擬似的な回転運動生成し, リンク機構によって歩行運動を生成する。後脚はヒンジ構造にすることで, 脚部が持ち上がるような機構とした。これにより固定された中脚と前後脚で蟻の 3 点接地歩行を再現できるように設計を行った。

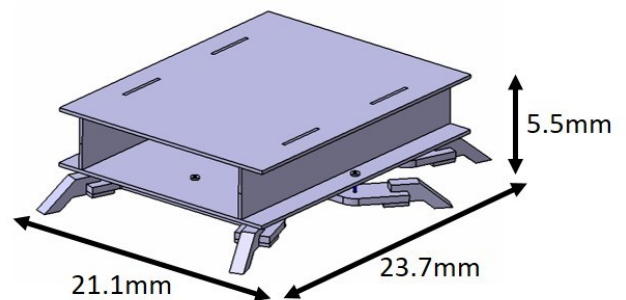


Figure 1. Designed hexapod MEMS microrobot

3. 人工ニューラルネットワーク IC

生物は歩行などの周期的運動は中枢パターン生成器 (CPG)によって生成される.我々はマイクロロボットの歩行制御のために CPG を模倣した人工ニューラルネットワーク IC を構築した.

Figure 2 に細胞体モデルの回路図を示す.細胞体モデルは生物の細胞体をアナログ回路で工学的に模倣したもので,生物の特徴である活動電位,閾値,不応期を持ち合わせている.この細胞体モデルは周期的なパルス波を生成する.

Figure 3 に抑制性シナプスモデルの回路図を示す.抑制性シナプスモデルは2つの細胞体モデルを抑制性シナプスモデルによって相互結合することにより一方の細胞体モデルがパルス波を生成した時,もう一方の細胞体モデルのパルス波の生成を抑制し,逆相同期波形を生成する.

Figure 4 に CPG モデルの概略図を示す.4つの細胞体モデルを12の抑制性シナプスモデルによって相互結合することで,CPGモデルを構築した.構築したCPGモデルによりFigure 4に示したような4相の逆相同期波形を生成する.生成されたパルス波をエナメル線を介して人工筋肉ワイヤに印加することで,脚部を駆動させる.

構築した CPG モデルを集積化し,人工ニューラルネットワーク IC を構築した.実際の人工ニューラルネットワーク IC を Figure 5 に示す.

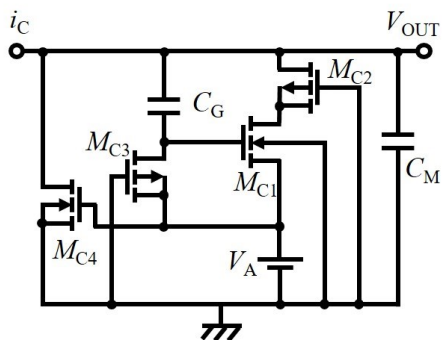


Figure 2. Cell body model

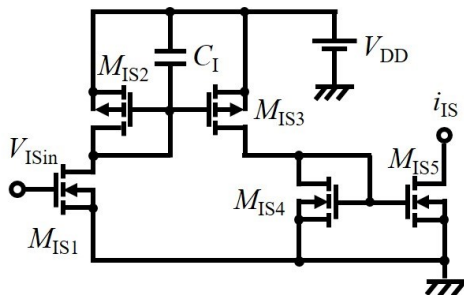


Figure 3. Inhibitory synaptic model

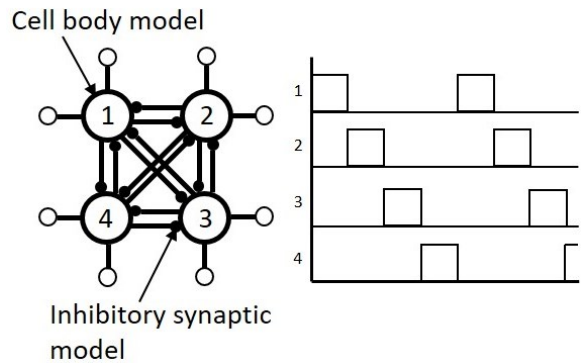


Figure 4. Schematic diagram of CPG model and output waveform example

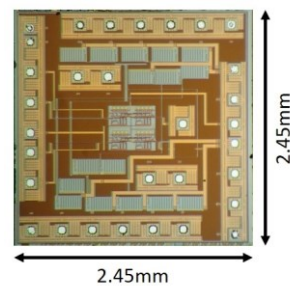


Figure 5. Artificial neural networks IC

4. まとめ

今回,我々は電源を搭載した6足MEMSマイクロロボットの設計を行った.今後はマイクロロボットを駆動させるための電源の選定を行い,周辺回路の設計を行う.また,今回設計したマイクロロボットに周辺回路を搭載し,歩行試験を行う.

5. 参考文献

- [1] D. Vogtmann, R. S. Pierre and S. Bergbreiter: "A 25 mg magnetically actuated microrobot walking at >5 body lengths/sec", IEEE MEMS, pp179-182, 2017.
- [2] M. Qi, Z. Yangsheng, Yan X. and L. Liwei: "A fast-moving electrostatic crawling insect", IEEE MEMS, pp761-764, 2017.
- [3] K. Sugita, D. Tanaka, S. Ono, S. Chiba, K. Iwata, Y. Han, M. Takato, K. Saito, and F. Uchikoba: "SMA actuator and pulse-type hardware neural networks IC for fast walking motion of insect-type MEMS microrobot," IEEE international conference on advanced intelligent mechatronics, pp431-435, 2016.
- [4] K. Sugita, T. Tanaka, Y. Nakata, M. Takato, K. Saito, and F. Uchikoba: "Hexapod type MEMS microrobot equipped with an artificial neural networks IC," International conference on artificial life and robotics, pp225-228, 2017.