

K6-15

人工筋肉ワイヤを用いた昆虫型 MEMS マイクロロボットの開発 Development of Insect Type MEMS Microrobot Using Artificial Muscle Wire

○浅野洋平¹ 岡根佑樹¹ 高藤美泉² 斎藤健³ 内木場文男³Yohei Asano^{1,*}, Yuki Okane¹, Minami Takato², Ken Saito³, Humio Uchikoba³

Abstract: This paper reports insect type MEMS microrobot and control system. Mechanical system of the microrobot is manufactured by the micro electro mechanical systems (MEMS) technology. Microrobot has six legs and shows walk movement like an insect. A control circuit is made from artificial neural networks integrated circuit (ANNIC) bare chip and peripheral circuit. The artificial neural network imitating a living thing enables flexible control. The sizes of the case of a micro robot are 4.0 mm, 2.7 mm, and 2.5 mm, respectively. The sizes of the control system are 8.5mm, 8.5mm and 2.5mm, respectively. The control system could be carried in the micro robot and was able to generate walk movement.

1. 緒言

多くのマイクロロボットが研究されているが、特に昆虫を模倣したロボットを開発することは、蟻のような群行動をとる昆虫の生態をコントロールすることが可能となり、害虫の駆除等に役立つと考えられる。昆虫を模したロボットを作製するためにはミリメートルサイズの機構を作製することが必要であるが、従来の加工技術ではミリメートルサイズの機構を作製することは困難である。そこで半導体製造プロセスを基にした MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を用いたマイクロロボットが多く研究されるようになった^{[1][2]}。また従来のロボットの制御の多くはソフトウェアプログラムに基づくデジタル制御であるが、そのような制御方法は突然の状況変化に対応することが困難である。そこで従来のシステムに代わり ANNs(Artificial Neural Networks)を用いた制御が注目されている。ANNs は生物の神経回路網を模倣したシステムであり、柔軟な制御を実現することができる。ANNs はソフトウェア型とハードウェア型に分類されるが、ハードウェア型 ANNs は集積回路技術によって小型化が可能である。そのため制御システムをマイクロロボットに搭載することが可能であり自律化へのアプローチとして効果的である。本研究では、ANNs 制御システムを搭載した MEMS マイクロロボットを作製することを目標とした。

2. MEMS マイクロロボットの機構と駆動方法

Figure 1 に作製したマイクロロボットの機構を示す。マイクロロボットはフレーム、回転アクチュエータ、リンクの 3つの要素で構成されている。回転アクチュエータはフレームの左右に取り付けられている。回転アクチュエータのロータにはそれぞれ 4本のずつ人工筋肉ワイヤが取り付けられている。人工筋肉ワイヤは電流が流れる際に発生する

ジュール熱で収縮し、放熱することで弛緩する。ロータに取り付けられた人工筋肉ワイヤに順番に電流を流すことによってロータは回転運動を生成する。足にはリンク機構を用い、リンクとロータは軸で接続されている。回転アクチュエータの動きと連動してリンクが稼働することで歩行運動が生成される。

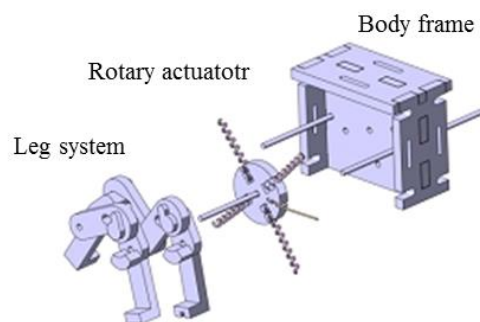


Figure 1. The mechanism of a micro robot

3. MEMS マイクロロボットの制御

制御システムは生物のニューラルネットワークを模した ANNs を使用した。ANNs は細胞体モデル回路とシナプスモデル回路で構成されている。これらのモデル回路は生物の神経回路網と同様な特性を持っており、連続的な活動電位を発生させる。また ANNs は CPG(Central Pattern Generator) に基づいて設計した。CPG は互いに発振を制御しあうことによって、様々な運動パターンの制御が可能である。本研究では ANNs は 4 個の細胞体モデルと 12 個の抑制性シナプスモデルを用いて作製した。マイクロロボットの制御システムはベアチップ IC と周辺回路を組み合わせたものを用いた。ANNs 回路をベアチップ IC として高集積化することで小型化を図った。回路は 2 層構造であり、ロボットの筐体に直接搭載する層にバッファ回路としてオペアンプ、出力増幅用にトランジスタ、2 層目にチップコンデンサとベアチップ

1 : 日本大学・院(前)・精機 2 : 日大理工・院(後)・精機 3 : 日大理工・教員・精機

IC を実装し、ワイヤボンディングにて回路内の結線、回路とベアチップ IC との結線を行った。

4. 結果と考察

Figure 2 に作製したマイクロロボットを示す。筐体の寸法は縦 2.7[mm]×横 4.0[mm]×高さ 2.5[mm]、重量は 0.02[g]であった。作製した制御回路を Figure 3 に示す。大きさは縦 8.5[mm]×横 8.5[mm]×高さ 2.5[mm]、重量は 0.31[g]であった。Figure 4 に出力波形を示す。各ポートからの出力電圧は 1[V]でデューティ比 25[%]であった。各ポートの位相は 0.5[s]ずつずれておりアクチュエータの人工筋肉ワイヤに順々に電流が流れ、回転運動を実現した。駆動波形による脚の挙動を Figure 5 に示す。脚のステップ幅は 0.88[mm]となった。

Figure 6 に制御回路を搭載したマイクロロボットを示す。高さは 5.0[mm]、重量は 0.33[g]となった。

今回作製したマイクロロボットは、歩行動作を長時間維持することが出来なかった。また回路を搭載した状態では歩行できなかった。原因として人工筋肉ワイヤの放熱が加熱に追い付かず、人工筋肉ワイヤの温度が伸縮温度以下に下がらなくなってしまったためと考えられる。また、ロボットに対して制御回路の重量が約 15 倍と大きくなったためだと考えられる。これはアクチュエータの駆動に出力増幅用のトランジスタとバッファ回路用のオペアンプが必要だったためである。現在、1つのロータで駆動する単駆動型マイクロロボットの研究を行っている。このマイクロロボットは、回転アクチュエータの数を削減することで回路の出力が減り、回路の小型化が期待できる。

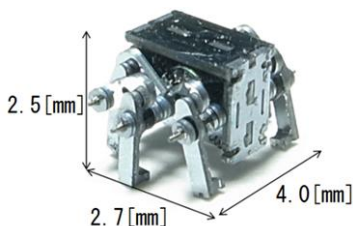


Figure 2. Schematic view of a microrobot

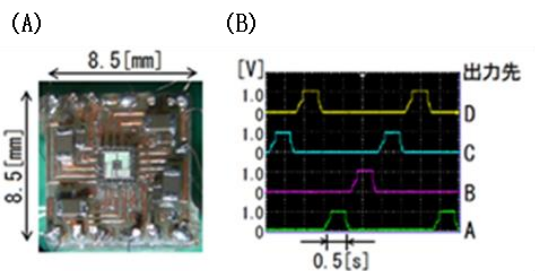


Figure 3(A). Bare chip IC and peripheral circuits (B) Driving waveform of the developed control system



Figure 5. Walking motion of the microrobot

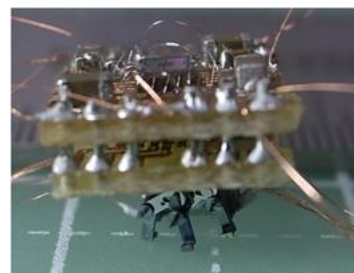


Figure 6. Complete system of the hexapod-type MEMS microrobot

5. 結論

本研究ではベアチップ IC を搭載した MEMS マイクロロボットを製作した。製作したマイクロロボットの寸法は縦 2.7[mm]×横 4.0[mm]×高さ 2.5[mm]、重量は 0.02[g]であった。作成した制御回路の寸法は縦 8.5[mm]×横 8.5[mm]×高さ 2.5[mm]、重量は 0.31[g]であった。駆動波形は出力電圧は 1[V]でデューティ比 25[%]で出力されマイクロロボットの歩行動作を実現した。また、制御回路はマイクロロボットに搭載可能であったが、回路を搭載した状態では歩行には至らなかった。今後回路を搭載した状態で歩行させるため回路を小型化する必要がある。

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の支援を受けました。

参考文献

- [1]Johan Ulfstedt Mattsson, “A WALKING SILICON MICRO-ROBOT” Conference on Solid-State Sensors and Actuators, pp.1202-1205 (1999)
- [2]Erik Edqvist, et al“Evaluation of building technology for mass producible millimetre-sized robots using flexible printed circuit boards”