

K-23

人工ニューラルネットワーク IC を搭載するハーネスレス MEMS マイクロロボットの検討 Development of Harnessless MEMS Microrobot with Artificial Neural Network IC

○LYU SHUXIN¹, 高住昂樹¹, 高久美咲², 船越貴通², 山本涼太²,
楊一帆², 武田健嗣³, 栗飯原萌⁴, 金子美泉⁴, 内木場文男⁴

*SHUXIN LYU¹, Koki Takasumi¹, Misaki Takaku², Takamichi Funakoshi², Ryouta Yamamoto²,
YIFAN YANG², Kenji Takeda³, Megumi Aibara⁴, Minami Kaneko⁴, Fumio Uchikoba⁴

Abstract: Microrobots are expected to operate in confined spaces, but it is difficult to realize a millimeter-sized, harness-less microrobot. We have developed a microrobot with a total length of 9 mm that is powered by an external power supply. In this paper, we studied actuators and designed a new mechanism to achieve autonomous walking, which conventional microrobots have not been able to achieve. In addition, the kinetic simulation verified the microrobot's operation to cope with the external environment.

1. はじめに

世界では、幅広い分野で様々な用途に使用されるロボットが増えている。ロボットには、産業用ロボット、手術支援ロボット、医療用ロボットなど、さまざまな種類がある。また、狭所での作業を目的とした小型のロボットの開発が注目されている。例えば、産業分野では精密機器のメンテナンスを行うために、狭い空間での作業を目的としたロボットの研究開発されている。医療分野では低侵襲医療を目的としたロボットの研究開発が行われており、小型化は多くの分野での応用が期待されている。そのためには、自律駆動が可能なマイクロロボットの実現が求められる。しかし、ミリメートルサイズで電池搭載ハーネスレスのマイクロロボットの実現は未だに難しい状況である。現在までに報告されているミリメートルサイズマイクロロボットは外部からの操作を加えることによって動作しているものが多い^[1]。

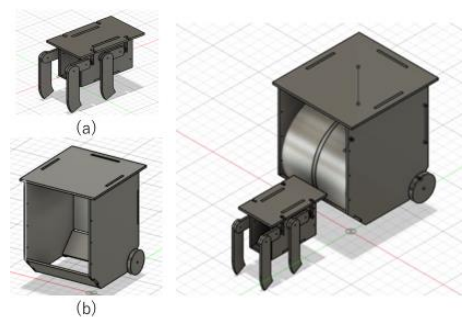
我々は先行研究として、形状記憶合金をコイル状にした人工筋肉ワイヤ (AMW) をアクチュエータとして、全長 10mm 以下の外部電源から電力を供給する 4 脚および 6 脚の MEMS マイクロロボットを作製した^{[2][3]}。マイクロロボットの部品は、半導体製造技術を応用した微細加工技術である MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) プロセスで作製した。歩行制御には、アナログ回路を用いて、生物の神経回路を再現した人工ニューラルネットワーク IC を使用し歩行動作させた。脚は複合 4 節リンク機構で構成され、それぞれが独立して動くことができる。この独立した脚に AMW を接続し、搭載された人工ニューラルネットワーク IC が出力する位相の異なる 4 つのパルスを AMW に入力することで AMW が伸縮し、歩行動作を確認した。

しかしながら、エナメル線を介して外部からの電力供給を行っていたため移動距離が制限されてしまうといった課題がある。そこで、我々はボタン電池を搭載した 6 足 MEMS マイクロロボットの開発を行った。実際に作製した電池内蔵型マイクロロボットの結果は、足踏み動作を実現した。しかしながら、地面での脚部の動作が不完全であった。その原因は電池の重さや AMW の放熱が十分にできなかったことが考えられる。

本研究では、電池の負担を低減することや駆動力を上昇させるため、全長 2cm 以内ハーネスレスマイクロロボットの電池搭載方法や新たなアクチュエータを検討した。

2. 牽引型マイクロロボット

電池の重さの影響を減らすために、我々は牽引型マイクロロボットを検討した。牽引型は、駆動部の出力が小さく、より大きな負荷をかけられるという利点がある。



(a) Power component (b) Battery box

Figure 1. Traction-type microrobot

設計した牽引型 MEMS マイクロロボットを Figure 1 に示す。この牽引型マイクロロボットは、電池を牽引するロボット本体部と、電池を搭載した電池積載部と

構成される。ロボット本体部が電池積載部を牽引することで前進する。

3. アクチュエータ

人工筋肉ワイヤは大きな変位と高い発生力を持つという利点がある。一方、応答速度が低い、消費電力が大きいことがある。そこで、マイクロロボット用の新しいアクチュエータの検討を行った。

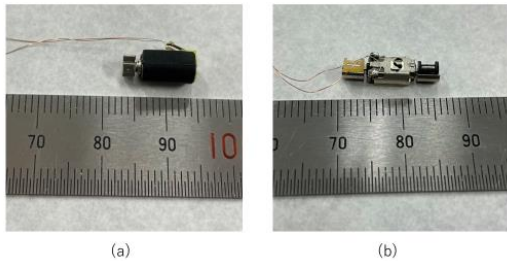


Figure 2. (a) Single-axis motor (b) Double-axis motor

今回は、全長 11mm、直径 4.5mm の片軸マイクロモータと全長 14mm、直径 4mm の両軸マイクロモータを測定した。測定した結果は Table 1 に示す。マイクロロボットの歩行周期は 0.2s が適していると考え、モータの減速比が 16:1 になるように機構や制御回路を設計する。

Table 1. Micromotor Datasheet

		Internal resistance (Ω)	number of rotations (rpm)	Voltage (V)
Single-axis motor	1	29.8	4980	1.55(SR416W)
	2	30.3	4080	
	3	30	5220	
	4	30.5	5200	
Double-axis motor	1	17.1	2460	3.0(CR1216)
	2	16.8	2460	
	3	16.7	2400	
	4	16.8	2460	

4. 動力学シミュレーション

先行研究の MEMS マイクロロボットの歩行動作は、エナメル線の張力によって、外部からの影響を受けていた可能性があった。また、歩行動作実験は、摩擦力や段差などの状態を考慮していない実験環境で行っていた。本研究では、さまざまな環境で自律的に歩行させるために、Figure 3 に示す、4 足リンク機構 MEMS マイクロロボットの 3D モデルを作成した。脚の各リンクパーツの軸には回転動作ジョイントを配置した。リンク機構を動作させるアクチュエータとして、人工筋肉ワイヤの部分にリニアアクチュエータを配置した。

現在では、脚部の動作が確認できた。脚部と地面との接触を設定し歩行環境を構築した。さらに、より複雑なシミュレーション環境を作製し、MEMS マイクロロボットの歩行動作を分析した。また、シミュレーションの結果から、脚機構の改善や、安定して歩行させる方法を検討した。

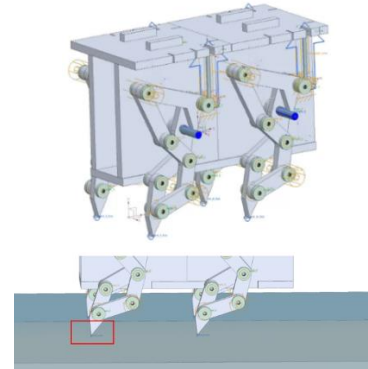


Figure 3. Dynamics Modeling

5. まとめ

本研究では、今後用途が広がるマイクロロボットについて、人工ニューラルネットワーク IC と電池を搭載した MEMS マイクロロボットの設計及びアクチュエータの検討をした。具体的には、牽引型マイクロロボットの構造の優位性、マイクロモータの発生力、さらに動力学シミュレーションによる走行性、それぞれに注目した。

6. 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の支援を受けた。

7. 参考文献

- [1] Chao Wang, Hongzu Li, Zezhan Zhang, Peifeng Yu, Lihao Yang, Jiale Du, Yi Niu, Jing Jiang: "Review of Bionic Crawling Micro-Robots", Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2022
- [2] K.Sugita, T.Tanaka, Y.Nakata, M.Takato, K.Saito, F.Uchikoba : "Hexapod type MEMS microrobot equipped with an artificial neural networks IC", International conference on artificial life and robotics, pp.225-228, 2017
- [3] Satoshi Kawamura, Daisuke Tanaka, Taisuke Tanaka, Daisuke Noguchi, Yuichiro Hayakawa, Minami Kaneko, Ken Saito, and Fumio Uchikoba, "Neural networks IC controlled multi-legged walking MEMS robot with independent leg mechanism", Artificial Life and Robotics, Vol.23, pp.380-386, (2018)