

K-19

歩行バランス改善に向けて低容量 IC を実装した 4 足 MEMS マイクロロボット 4-legged MEMS microrobot equipped with a low-capacity IC to improve walking balance

○加藤凌¹, 本田真梨², 栗飯原萌³, 金子美泉³, 内木場文男³*Ryo Kato¹, Mari Honda², Megumi Aibara², Minami Kaneko³, Fumio Uchikoba³

Abstract: We are conducting research on microrobots that assume work in narrow spaces such as inside precision equipment and piping, which are difficult for humans and conventional robots to work with. So far, we have developed a walking microrobot with a total length 10 mm by applying the MEMS process, which is a semiconductor microfabrication technology. In this study, in order to improve the walking balance, which was a problem, we investigated a microrobot whose weight was reduced by mounting a walking control IC with a reduced capacity.

1. はじめに

近年マイクロロボットは様々な分野で注目されており、研究が行われている。例えば、医療分野では投薬機能を備えたマイクロロボットを体内に投入し、治療薬を直接治療箇所へ投与するドラッグデリバリーシステムなど、人の身体になるべく負担をかけない低侵襲医療への応用が期待されている。

我々は用途として人間や従来サイズのロボットでは作業が困難である狭小部での運用を想定したマイクロロボットの研究を進めている。

狭小部での作業を想定した場合、ロボットのサイズはミリメートルサイズ以下が望ましい。そこで我々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)工程を用いてマイクロロボットの各パーツを作製している。

先行研究では Ti-Ni 系の形状記憶合金をコイル状に巻いた人工筋肉ワイヤ(Artificial Muscle Wire:AMW)をアクチュエータとした全長 10mm 未満の 4 足 MEMS マイクロロボットを作製した^{[1][2]}。歩行制御には生物の神経回路網をアナログ回路で再現した人工ニューラルネットワークを IC 化したものを用いており、4 足歩行動物を模倣した歩行を行う。また、脚部は 2 つのリンク機構で構成されており、それぞれの脚は独立して動作することが可能である。この独立脚部に AMW を接続し、搭載した人工ニューラルネットワーク IC から出力される 4 相の位相の異なるパルスを接続することで AMW が伸縮し歩行動作を生成する。なお、現状では人工ニューラルネットワーク IC への電力供給は外部電源により行っている。

これまでに歩行動作を実現した 4 足 MEMS マイクロロボットは制御回路のコンデンサ容量が大きく IC に直接組み込めないため、外部にコンデンサを配置する

ための基板が必要であった。この制御回路搭載用基板はマイクロロボット本体と同等の重量であり、天板パーツ上部に配置したことで重心が高くなり、歩行バランスが不安定になってしまう問題があった。

今回我々は、4 足 MEMS マイクロロボットの歩行バランス改善に向けて、日本大学の佐伯らによって開発された間質細胞体モデル^{[3][4]}を用いることで IC の低容量化を行い、外部に配置していたコンデンサを IC 内に組み込むことで、IC を本体天板パーツに直接搭載することが可能な IC 一体化型 4 足 MEMS マイクロロボットについて検討を行った。

2. 従来型 4 足 MEMS マイクロロボット

先行研究にて歩行に成功した 4 足 MEMS マイクロロボットを Figure1 に示す。本体フレームの重量は 44.7mg、制御回路搭載用基板の重量は 48.8mg であり、重心は地面からおおよそ 4mm の位置であると算出できる。全体の高さの 6.4mm に対して考えると中心点よりも上部に重心が位置しており歩行時に左右に振れてしまうことで歩行バランスが安定しないといった課題があった。

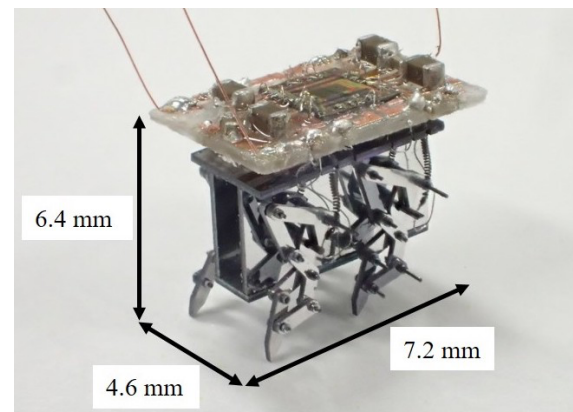


Figure1. Conventional 4-legged MEMS microrobot

1 : 日大理工・院 (前)・精機 2 : 日大理工・学部・精機 3 : 日大理工・教員・精機

3. IC 一体型 4 足 MEMS マイクロロボット

Figure2 に間質細胞体を用いることでコンデンサを IC 内に組み込んだ低容量 IC を, Figure3 に実際に低容量 IC を搭載した天板パーツを示す. この IC を直接マイクロロボット天板パーツに搭載した IC 一体型 4 足 MEMS マイクロロボットの寸法は幅 4.5mm, 長さ 7.0mm, 高さ 5.2mm になる予定である. また, 本体フレームの重量は 53.7mg, 低容量 IC の重量は 4.7mg となり, 重心は地面からおよそ 2.6mm の位置であると算出できる. Figure4 に従来型マイクロロボットと IC 一体型マイクロロボットの重心位置の比較図を示す. IC 一体型マイクロロボットは全体の高さの半分の位置に重心が位置することで従来型のマイクロロボットに比べて歩行時の左右の振れを軽減することができ, 安定性の向上が期待できる.

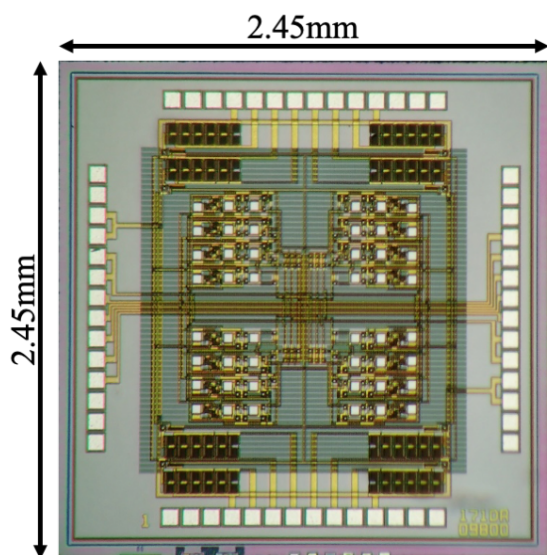


Figure2. Low capacity IC

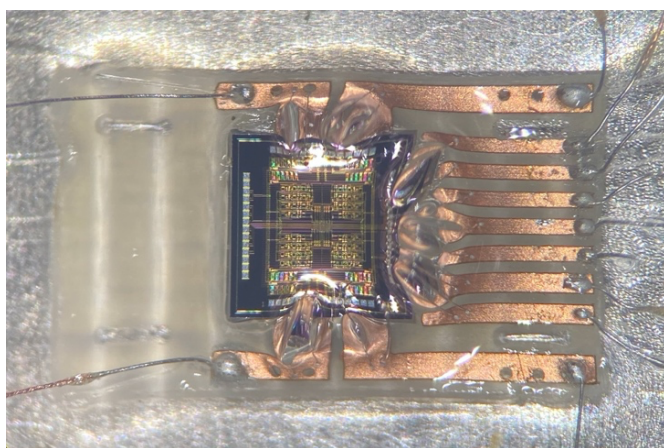


Figure3. Top plate parts of IC integrated microrobot

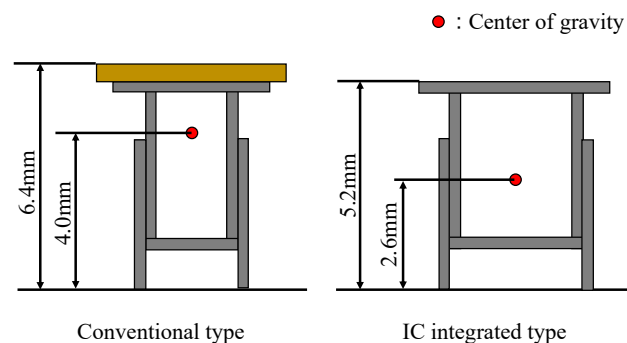


Figure4. Comparison of the position of the center of gravity between conventional type and IC integrated type

4. まとめ

今回我々は4足MEMS マイクロロボットの歩行バランス改善に向けて, 歩行制御用ニューラルネットワーク IC の低容量化により, IC を本体天板パーツに直接搭載可能な IC 一体型 4 足 MEMS マイクロロボットについて検討を行った. 結果として, 従来型よりも重心位置を低くすることができ, 歩行バランスの改善が期待できることを確認できた. 今後は Figure3 に示したような天板パーツを用いて出力波形の測定を行い, 波形が安定するような入力電圧を特定し, その後, 実際に本体を組み立て, 動作確認を行う予定である.

5. 参考文献

- [1] 野口大輔, 早川雄一朗, 河村慧史, 田中泰介, 金子美泉, 齊藤健, 内木場文男: 「独立脚を用いた 4 足歩行型 MEMS マイクロロボットの開発」, 日本ロボット学会学術講演会 2018, RSJ2018AC2G1-01, 2018
- [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] K.Saeki, T.Tanabe, Y.Sekine: “A study on CPG Model Transition Swing and Stance Pattern with Interstitial Cells”, The 2012 International Joint Conference on Neural Networks(IJCNN), 2012
- [4] K.Saeki, D.Nihei, T.Tanabe, Y.Sekine: “IC implementation of an interstitial cell-based CPG model”, Analog Integrated Circuit and Signal Processing, Vol.81, Issue3, pp.551-559, 2014