M-6

MEMS マイクロロボットの歩行パターンを生成する人工ニューラルネットワーク IC の改善

Improvement of Artificial Neural Networks IC Generating Walking Pattern of MEMS Microrobot

○内海裕人[1]，河村彗史[1]，田中大介[2]，高藤美泉[3]，齊藤健[3]，内木場文男[3]
Yuto Uchiumi[1], Satoshi Kawamura[1], Daisuke Tanaka[2], Minami Takato[3], Ken Saito[3], Fumio Uchikoba[3],

Abstract: Improvement of the artificial neural networks IC for MEMS microrobot is explained in this paper. We have researched in order to mount the artificial neural networks IC on the MEMS microrobot. The artificial neural networks IC generates the walking pattern of a MEMS microrobot. Through resent activity, It is found that the resistance of conductor inside IC becomes problem. In this paper, the resistance of the wiring inside IC is calculated.

１．はじめに

近年，微細加工技術が発展したことによって様々なマイクロロボットの研究開発が進んでいる．例として血管内を走行するマイクロロボットの研究が報告されている[1]．マイクロロボットは配管や精密機械内部などいずれも人間が入り込めない狭い場所における活躍が期待されている．

ロボットを人間の手が届かないような狭い場所に投入することを考えると，極めて小さいサイズにする必要がある．そこで従来の機械加工よりも微細加工が可能な Micro Electro Mechanical System(MEMS)技術を利用することで極めて小さいマイクロロボットを作ることができる．

またロボットには，ロボットを制御する回路を搭載する必要がある．ロボットを制御するにはプログラム制御が多く用いられているが，プログラム制御は起こりうる事態を想定してプログラミングするため，想定していない事態には対応ができない．そこで生物のように自ら考え行動できるような制御システム，即ち人工ニューラルネットワークをロボットに搭載すれば，ロボットはあらゆる事態に対応しやすくなる．

我々は生物のニューラルネットワークを回路でモデル化，これを高集積化してマイクロロボットに搭載してロボットを駆動させる研究を行っている．

本論文では，マイクロロボットが自律して歩行することを目的として以前作製した MEMS マイクロロボットの歩行パターンを生成する人工ニューラルネットワーク IC の改善を行ったので報告する．

２．MEMS マイクロロボット

Figure1 は以前作製した人工ニューラルネットワーク IC を搭載した MEMS マイクロロボットである．このロボットは人工筋肉ワイヤで駆動し，大きさは縦 4.0mm，横 2.7mm，高さ 2.5mm である．ロボットの各パーツはシリコンでできており，MEMS 工程で作製した．

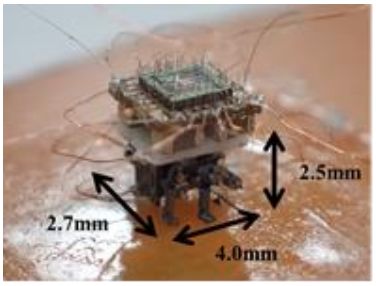


Figure1. MEMS microrobot that will be equipped with artificial neural networks

３．人工ニューラルネットワーク IC

人工ニューラルネットワーク IC は Figure2 で示す回路モデルを用いて設計した．

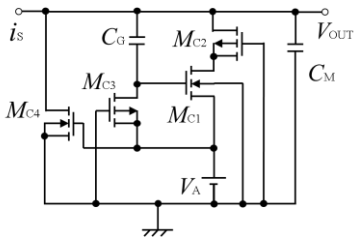
Figure2(a)は集積回路化した細胞体モデルである．設定した回路定数は C_G=10pF, C_M=1pF, V_A=2.8V である．また MOSFET M_{C1}=M_{C2}:W/L=10, M_{C3}:W/L=0.1, M_{C4}:W/L =0.3 となっている．

Figure2(b)は集積回路化した抑制性シナプスモデルである．回路定数は C_{IS1}=1pF, V_{DD}=4.0V である．また MOSFET M_{IS11}=M_{IS2}= M_{IS3}:W/L=0.5, M_{IS12}= M_{IS13}:W/L =1 となっている．これらのモデルを用いて人工ニューラルネットワークを構築した．

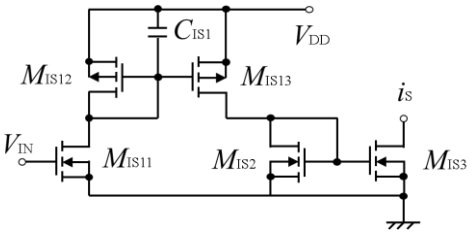
Figure3 は人工ニューラルネットワークの概略図であり，C は細胞体モデル，●は抑制性シナプスモデルを示している．

Figure4(a)は人工ニューラルネットワーク IC のレイアウト図である．Figure4(b)は前回設計した IC のレイアウト図である．

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



(a)Integrated circuit of cell body model



(b)Integrated circuit of inhibitory synaptic model

Figure2. Circuit using artificial neural network

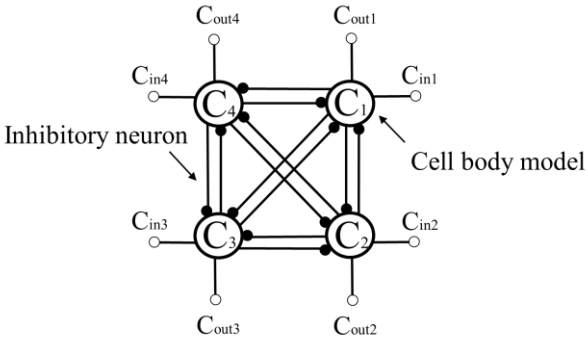
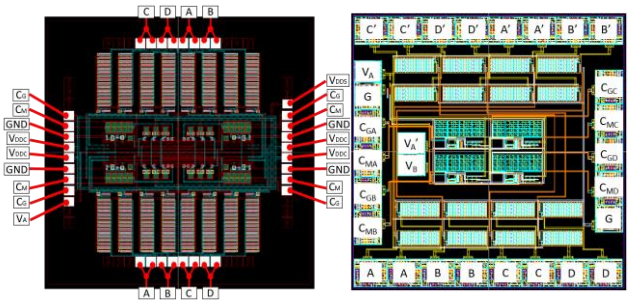


Figure3. Schematic diagram of the artificial neural network



(a)New IC　　(b)Previous IC

Figure4. Layout diagram of artificial neural network IC

IC は人工筋肉ワイヤのアクチュエータを動かすための電流出力型回路である．前回の IC は内部のアルミ配線自体の抵抗を考慮せずに設計したため，シミュレーションによる IC の出力と比較して不安定であった．

今回はより安定した出力を得るため，我々は IC の配線幅を太くして抵抗を小さくするといった改善策を考え，新たに IC を設計した．

本論文では，新たに設計した IC と前回の IC において，カレントミラー，細胞体モデル，シナプスモデルの電源から出力までの配線の長さと幅を測定し，与えられているシート抵抗の値を用いて，配線の抵抗を算出した．そして今回設計した IC と前回作製した IC の抵抗を比較した．尚，配線の抵抗は配線の長さと幅の比，そしてシート抵抗の値を用いて計算した．

４．結果・考察

Table1 は今回設計した IC と前回の IC における各電源から出力までの配線抵抗である．Table1 から，今回設計した IC の配線抵抗は前回の IC よりも小さくなっていることがわかる．前回の IC と比較して，配線幅を大きくしたため抵抗を小さくすることができたと考えられる．

Table1. Wiring resistance fromeach of the power supply to the output

	Wiring resistance [mΩ]	
	Previous IC	New IC
Current mirror part	19798.82	8013.19
Cell body model part	53694.77	9726.79
Synaptic model part	20823.77	4364.74

５．まとめ

前回の IC と今回設計した IC を比較した結果，前回の抵抗の大きさを改善し，小さくすることができた．今後は新たに設計した IC を実際に動作させようと考えている．

６．参考文献

[1] 長尾　巧，中里　裕一 :「管内走行マイクロロボットの研究－血管狭窄に対応するマイクロロボットの開発」The 2014 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Toyama, Japan, May 25-29, 2014

７．謝辞

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．また，本研究は東京大学大規模集積システムシステム設計教育研究センターを通し，日本ケイデンス株式会社，シノプシス株式会社，メンター株式会社、オンセミコンダクター新潟(株)，凸版印刷(株)，および京セラ(株)の協力で行われたものである．