

マイクロロボット用ハードウェアニューラルネットワークを駆動する太陽電池の検討

Study of Solar Cells for Drive the Hardware Neural Networks of Microrobot

○黒澤実花¹, 小原正也², 佐々木拓郎¹, 平尾聡志², 齊藤健³

*Mika Kurosawa¹, Masaya Ohara², Takuro Sasaki¹, Satoshi Hirao², Ken Saito³

Abstract: The authors are studying microrobots. In the previous research, the power supply for driving the microrobot was supplied from the outside. Therefore, by using a solar cell as a small power source, autonomization of the microrobot can be expected. In this paper, the power consumption of HNN and the output of two solar cells were measured. The power consumption of the hardware neural networks is 0.58 mW/s. One solar cell outputs 50 V, 15.7 μ A, 0.79 mW/s. The other solar cell outputs 3.5 V, 168 μ A, 0.59 mW/s. Based on the measurement results, a solar cell that drives a hardware neural networks was studied.

1. はじめに

近年、マイクロロボットは人や大型のロボットが行うことができない狭所での作業を目的とした研究が行われている。ミリメートルサイズ以下で移動し、作業できる自律的なロボットの実現は、より狭所での活躍が期待できる。

マイクロロボットの小型化には電源、制御回路、アクチュエータの小型化が必要である。小型電源の一例として太陽電池が挙げられる。太陽電池は面積が大きくなるほど電力が得られる。さらに化学電池に対し、光が供給される限り行動することができる。しかし、マイクロロボットを小型化するにあたり太陽電池の面積の大きさには限度がある。そのため低消費電力の制御回路が必要である。

ロボットの制御方法として、生物のニューラルネットワークを模倣した人工ニューラルネットワークの研究がある。中でも人工ニューラルネットワークを CMOS 技術を用いてハードウェア化したハードウェアニューラルネットワーク(以降 HNN と表記)は、集積回路技術により回路サイズの縮小、低消費電力が期待できる。

我々はこれまでに HNN を用いて、5 mm 程度の大きさのマイクロロボットの歩行に成功した^[1]。しかしながら、電源は外部から供給しており、電源を搭載した自律型マイクロロボットはまだ実現できていない。本論文ではマイクロロボット用ハードウェアニューラルネットワークを駆動する太陽電池の検討を行ったので報告する。

2. 6 足用歩様変化 HNN

Figure 1 に今回使用した HNN の構成要素を示し、

Figure 2(a)に今回使用した 6 足用歩様変化 HNN の回路図を示す。6 足用歩様変化 HNN は 6 個の細胞体モデル、10 個の抑制性シナプスモデル、2 個の興奮抑制シナプスモデルで構成される^[1]。本 HNN は発振回路であり、周期的にパルス出力を行う。興奮抑制シナプスモデルの V_w に印加する電圧 $V_w = 3$ V 時に三脚歩行パターン、 $V_w = -3$ V 時に波状歩行パターンを生成する。Figure 2(b)は三脚歩行パターン、(c)は波状歩行パターンの HSPICE シミュレーションによる出力波形の一例である。6 足用歩様変化 HNN の消費電力は三脚歩行時は 0.58 mW/s、 $V_w = -3$ V の波状歩行時は 0.55 mW/s である。

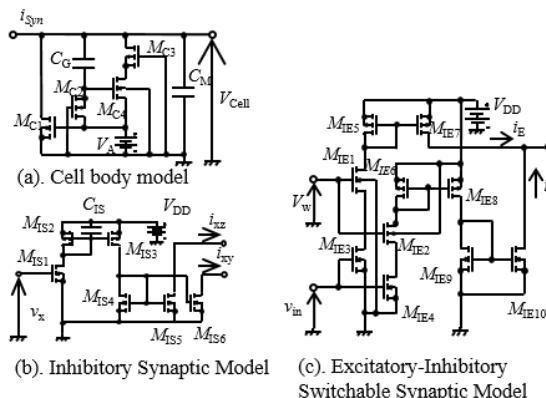


Figure 1. Circuit diagram hardware neuron model

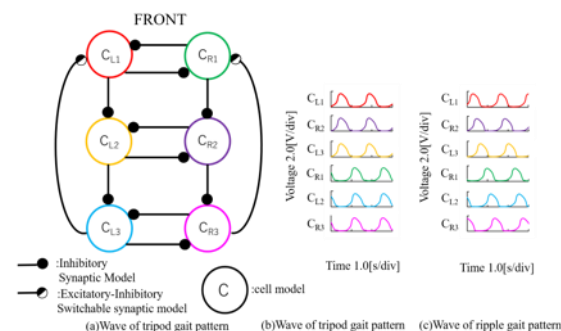


Figure 2. 6leg HNN

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

3. 太陽電池

figure 3 に東京大学の三田らが開発した 144 個の太陽電池セルを直列に接続して構成されたシリコン太陽電池を示す^[2]. 太陽電池の寸法は 7.5×7.5 mm である. 太陽電池は CMOS 後処理ドライリリース及びデバイス分解法によって作製された. 144 個の太陽電池セルを直列に接続して構成されたものと, 並列接続を 12 列, 直列接続を 12 列で構成された 2 種類が存在する.

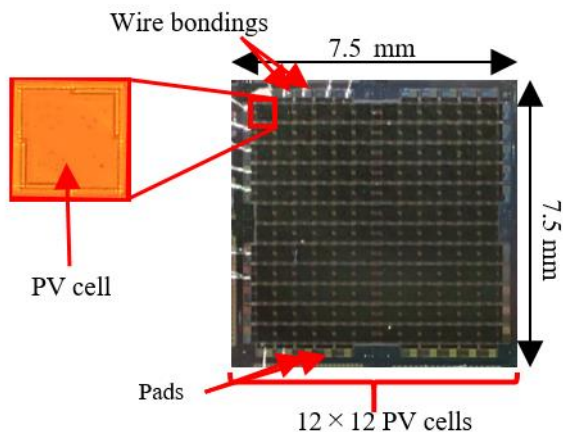


Figure 3. Silicon PV cell

本論文では特性を調べるため, 太陽電池の測定を行った. figure 4(a)に太陽電池セルを 144 個直列接続した太陽電池の I-V 特性, Figure 4(b)に太陽電池セルを並列接続を 12 列, 直列接続を 12 列に接続した太陽電池の I-V 特性を示す. 太陽電池の出力電流は KEITHLEY 2000 MULTMETER を用いて測定を行い, 電圧源には KIKUSUI PMC500-0.1A を使用した. 光源は DC6V 電圧源を備えた 54 個の LED アレイ(6W)を使用し, 1.0cm の距離から照射を行った.

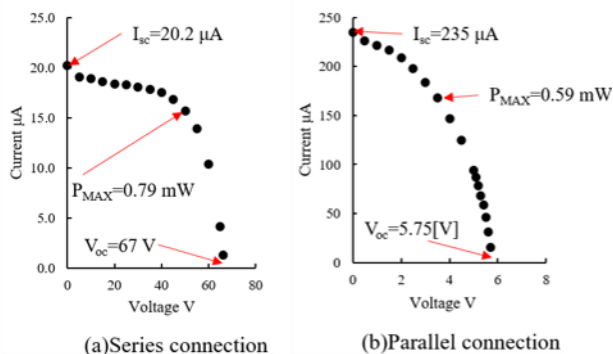


Figure 4. I-V curve Silicon PV array

144 個直列接続した太陽電池の閉回路電圧(Voc)は 67V であり, 各太陽電池セルの閉回路電圧の平均は 0.47V である. また, 短絡電流(Isc)は 20.2µA であった. 最大出力は電圧 50V, 15.7µA の時の 0.79mW/s である.

並列接続を 12 列, 直列接続を 12 列に接続した太陽電池の閉回路電圧(Voc)は 5.75V であり, 各太陽電池セル

の閉回路電圧の平均は 0.48V である. また, 短絡電流(Isc)は 235µA であり, 各太陽電池セルの短絡電流の平均は 19.6µA である. 最大出力は電圧 3.5V, 168µA の時の 0.59mW/s である.

4. HNN 駆動用太陽電池

2 章, 3 章の結果から設計した太陽電池により駆動, 歩容変化を行う HNN の概要図を示す. 並列に 24 列, 直列に 6 列の太陽電池は 0.59mW/s の電力を生成可能であり, HNN を十分に稼働できる. また Vw の切り替えを太陽電池で直列に 6 個セルを接続した太陽電池を 2 個用いる. 入力端子反転することで Vw を -3V, 3V で切り替えを行う.

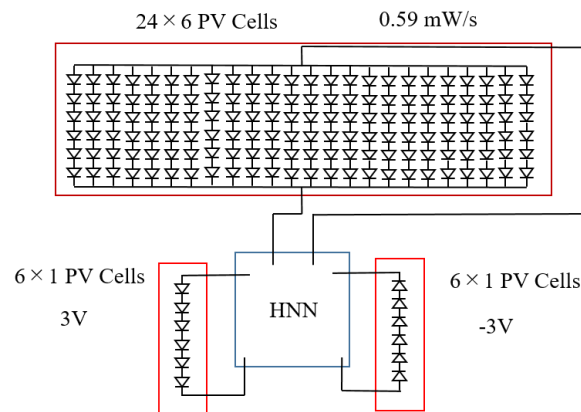


Figure.5 Designed PV cell array

5. 結論

本論文では HNN の消費電力および 144 セル太陽電池の出力を測定し, HNN を動かすために必要な太陽電池を開発した. 今後は設計した太陽電池の測定と HNN の駆動実験を行う予定である.

6. 参考文献

[1] 田中 泰介, 阿部 水樹, 田中 大介, 早川 雄一郎, 金子 美泉, 内木場 文男, 齊藤 健, 「6 足歩行型マイクロロボットの歩容切替えが可能なハードウェアニューラルネットワークの開発」, 電子通信情報学会第 31 回, pp98~103, 2018 年
 [2] Y. Takeshiro , Y. Okamoto , and Y. Mita , “Mask-programmable on-chip otovoltaic cell array.” Proc. of the Power MEMS 2017, November 14-17, Kanazawa, Japan, pp. 596-597, 2017,