

パルス型カオスニューロンモデルを用いた自己組織化マップのための Best Matching Unit 決定ユニット回路に対する一検討

A study on Best Matching Unit Decision Unit Circuit for Self-Organizing Maps Using Pulsed Chaotic Neuron Model

○牛島爽介¹, 佐々木芳樹²

Sosuke Usihijima¹, Yoshiki Sasaki²

Abstract: In this paper, to implement Self-Organizing Map (SOM), a type of unsupervised learning, as a spiking neural network, we investigated a circuit configuration that can determine the Best Matching Unit with the reference vector closest to the input vector using only standard CMOS. We investigated a circuit configuration that can determine the Best Matching Unit with the reference vector closest to the input vector using only standard CMOS processes. In order to implement SOM as a spiking neural network, we investigated a configuration in which the feature vector closest to the input vector is extracted and only the node corresponding to it can fire the most. As a result, we found that the use of a vector filter can extract similar data, which is a characteristic of SOM.

1. まえがき

近年、脳が持つ優れた処理能力および低消費電力性を、スパイクニューラルネットワークで再現する研究が行われている[1]。先に我々は、標準的な CMOS プロセスのみで構築可能なパルス型カオスニューロンモデルを用いた全結合ネットワークを検討した。しかし、学習には教師信号を用いるの必要があり、教師信号を与えることが難しいリアルタイムな環境に適応することが困難であった。そのため、教師信号なしで学習が可能なネットワークをスパイクニューラルネットワークにおいても実現する必要がある。

本稿では、教師なし学習の一種である Self-Organizing Map(以下, SOM)をスパイクニューラルネットワークとして実装するため、入力ベクトルに最も近い参照ベクトルを持つ Best Matching Unit を決定可能な回路構成について検討を行ったので報告する。

2. 本論

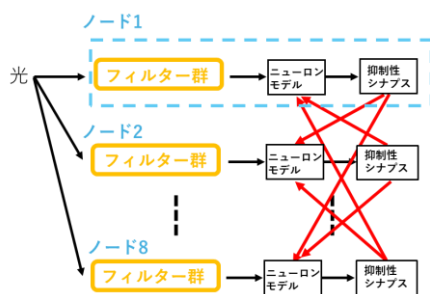


図1 ブロック図

図1に、今回検討した回路のブロック図を示す。同図は、フィルター群、ニューロンモデル、抑制性シナプスモデルにより構成している。同図は、階層を持たない相互結合ネットワークであり、すべてのニューロンモデルは自身以外のすべてのニューロンモデルに対

して抑制性シナプスモデルで接続している。また、ニューロンモデルは、入力として一つのフィルター群と接続しており、入力ベクトルとフィルター群がもつ参照ベクトルの距離に応じた電流をフィルター群から受け取る構成である。フィルター群がニューロンモデルに出力する電流値の大きさに応じて、ニューロンモデルの出力周波数も増大するように設計しており、最も周波数が高いニューロンモデルを Best Matching Unit とする構成である。なお、ベクトルフィルタのみでは勝者ベクトルである Best Matching Unit を決められないことから、ニューロンモデルは自身以外のニューロンモデルに対し抑制性シナプスを接続した。これにより、入力ベクトルに最も近い参照ベクトルを持つベクトルフィルタに接続されたニューロンモデルの発火生起確率が高くなり、他ノードのニューロンモデルの発火生起確率を下げることで Best Matching Unit を決める構成である。

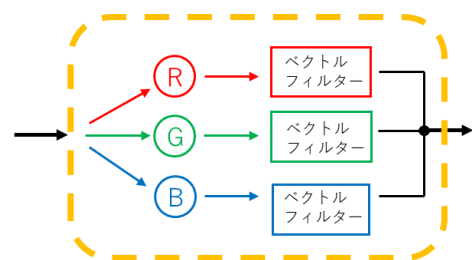


図2 フィルター群

図2に、フィルター群の構成を示す。ベクトルフィルタは入力ベクトルと参照ベクトルの一致度に応じた出力電流を生成する回路である。今回、色の自己組織化を目的に、RGBの3つのベクトルフィルタを用いた。図中、3つのベクトルフィルタはすべて同じパラメータを用いた。また、入力電圧はそれぞれ個別に与え、出力電流は共通の端子に接続した。

図3に、図1で用いるベクトルフィルターの回路構成を示す。同図は、2つの入力端子 V_{in} および V_w 、1つの出力端子 I_{out} を持つ。入力端子 V_{in} は RGB の要素に分けた光強度を、入力端子 V_w は RGB それぞれの参照ベクトルを入力する。出力端子 I_{out} は、2つの入力端子のユークリッド距離に応じた電流を出力する。

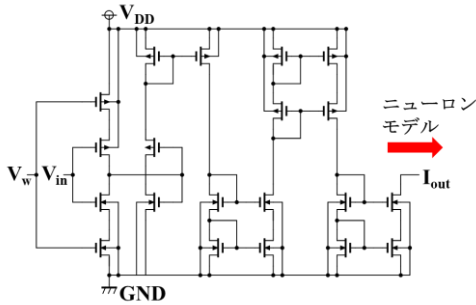


図3 ベクトルフィルターの構成

図4に、図3の V_{in} - I_{out} 特性を示す。図中、横軸は V_{in} を、縦軸は I_{out} を示す。また、解析条件として V_w を 0~1.8V まで変化させた。同図から、設定した参照ベクトル V_w に応じて最も強く反応する入力ベクトルが変化していることがわかる。以上により、本回路構成は、入力ベクトルと参照ベクトルの一致度に応じた出力電流を生成可能であることを示している。

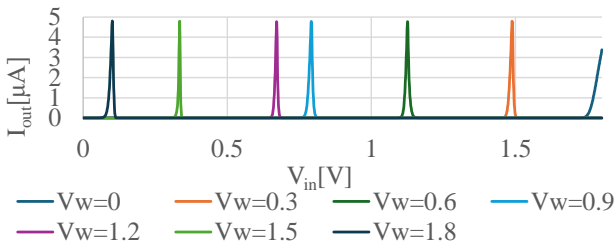


図4 V_{in} - I_{OUT} 特性

図5に、図1で示したブロック図のシミュレーション結果を示す。解析条件として、RGBの光強度に相当する V_{in} はすべて 1.5V に設定した。また、ノード1の V_w は 5.5mV に、ノード2は 110mV、ノード3は 155mV、ノード4は 195mV、ノード5は 235mV、ノード6は 275mV、ノード7は 315mV、ノード8は 360mV とした。また、図中の $V_{OUT1} \sim V_{OUT8}$ は、図1で示したノード番号に対応したニューロンモデルの出力電圧を示す。同図に示すとおり、 V_{OUT6} は 1 発火/50 μ s、その他は 0 発火/50 μ s の発火頻度を持つことがわかる。そのため、本結果よりノード6が持つ参照ベクトルが入力ベクトルに最も近いと推測できる。図4より、 $V_{in}=1.5V$ に対して最も電流値が大きくなる V_w は 0.275V である。そのため、入力ベクトル V_{in} に最も近い参照ベクトル V_w

を持つユニットはノード6である。また、他のノードにおいては発火していないため、ノード6による抑制の作用が働いていることがわかる。以上のことは、本構成を用いることで、入力ベクトルを最も近い特徴ベクトルを持つノードに分類することが可能であることを示している。

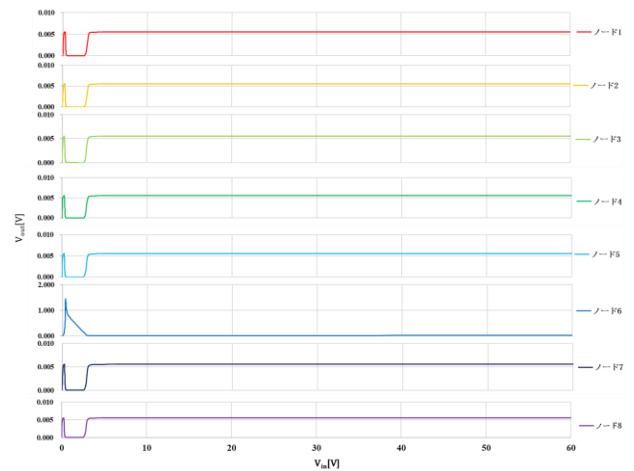


図5 シミュレーション結果

3. まとめ

今回、SOMをスパイクングニューラルネットワークとして実装するため、入力ベクトルに最も近い特徴ベクトルを抽出し、それに対応するノードのみが最も発火することが可能な構成について検討を行った。その結果、ベクトルフィルターを用いることで、SOMの特性である類似したデータの抽出が出来ることを明らかにした。

今後はノードの数を増やし、規模を大きくして検討を行う予定である。

謝辞

本研究は東京大学大学院工学系研究科付属システムデザイン研究センター基板設計研究部門を通して、ローム(株)、TOPPAN(株)、日本シノプシス合同会社および日本ケイデンス・デザイン・システムズ社の協力で行われたものである。

4. 参考文献

- [1] 飯島楓, 「スパイクングニューロン解析用ソフトウェアのための STDP 学習則実装に関する一検討」, 日本大学理工学部電子工学科卒業論文, 令和6年
- [2] 一戸 竜司, 長名 優子, 「不応性を有する自己組織化マップによる類似画像検索」, 情報処理学会第80回全国大会, 2018号, 1巻, 2018年