

**パルス型ハードウェアカオスニューロンモデルを用いた
階層型ニューラルネットワークの文字画像認識構築に対する一検討**
A Study of Hierarchical Neural Network Using Pulsed Hardware Chaos Neuron Model
for Character Image Recognition

○今村楓也¹, 佐々木芳樹²
*Fuya Imamura¹, Yoshiki Sasaki²

Abstract: Recently, research has been conducted to construct networks that enable brain-like computing, which mimics the ability of living organisms to process and recall information from the outside world. In physiology, the learning rule Spike Timing Dependent Plasticity (STDP), which can change the coupling load depending on the difference in firing time between the pre- and postsynaptic neurons, has attracted attention. However, previous research has not yet achieved the construction of a hierarchical neural network that mimics the ability of living organisms to recognize and classify information from the outside world. In this paper, we report on the construction of a hierarchical neural network that implements the STDP learning rule in a hardware structure to reproduce the ability of a living organism to learn external information and classify it. As a result, we found that the STDP model can be implemented in the hierarchical neural network proposed in this paper as a network with a supervised signal.

1. まえがき

近年、生体を持つ外界情報の処理能力を模倣した脳型コンピューティングの研究が行われている[1]. 特に、生体と同様のスパイク波形を再現したパルス型モデルを、生体で確認されている学習則である STDP[2]を用いたネットワークの検討が行われている。

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(以下、P-HCNM) (1)および STDP 回路(2)を提案し、ホップフィールドネットワークによる時系列想起について検討した(2). しかし、STDP を用いた階層型ネットワークによるデータ分類処理について検討を行っていない。

本稿では、階層型ニューラルネットワークを P-HCNM 及び STDP 学習則を用いて構築し、文字画像データの教師信号有り学習および想起動作によるデータの分類処理について検討したので報告する。

2. 本論

図 1 に、今回検討した階層型ニューラルネットワークの構成を示す。同図において、NM は P-HCNM を、SYM はシナプスモデルを、STDP は結合荷重制御回路を示す。また、入力層の NM1~NM25 および NM1'~NM25' は、入力画像の 1 画素に相当する NM の配列番号を示し、出力層の「A」「F」「K」NM および NM' は今回認識する P-HCNM のラベルを示す。同図に示すとおり、今回構築した階層型ネットワークは、学習を行うネットワークと想起を行うネットワークを分離させた構成である。また、入力層内の NM 同士は結合を

持たない構成とした。入

力層の各 NM にはそれぞれの画素情報に応じた入力信号を外部電流源により入力する構成とした。同図における想起ネットワークにおいて、入力層の NM は SYM を通して出力層の NM と全結合している。なお、SYM は OTA により構築しており、OTA の入力として STDP の出力電圧を用いた。また同図における、学習ネットワークでは、SYM の代わりに STDP を用いており、入力層と出力層間に接続を与えないものとした。そのため、同ネットワークは入力層に画像に相当する入力信号と教師信号それぞれ個別に入力し、STDP の出力電圧を変更させることで学習を行う構成した。

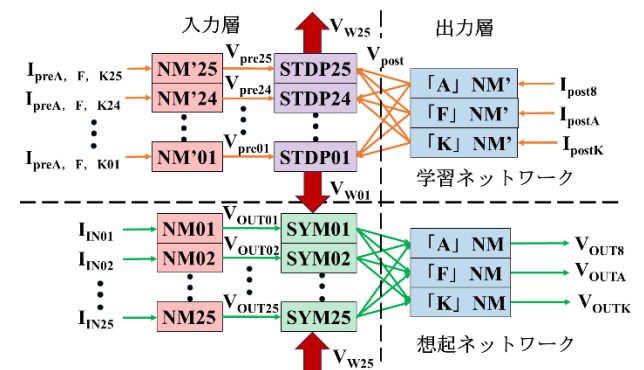
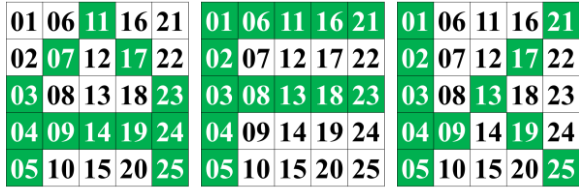


図 1 提案する階層型ニューラルネットワークの構成

図 2 に、図 1 のネットワークに学習させた文字画像を示す。同図において、01 から 25 は、図 1 の入力層で示した NM の番号を示している。また、白色で示した NM は入力層に刺激電流を与えていないことを、緑色で示した NM は刺激電流を与えていることを示して

1: 日大理工・学部・電 2: 日大理工・教員・電子

いる。今回、同図に示すとおり5列5行の画像データを学習している。なお、同図は画像としてわかりやすくなるように番号順に並び替えを行ったものであり、実際のネットワーク上は図1で示したとおり入力層及び出力層は上下左右の区別を持たない。



パターン「A」 パターン「F」 パターン「K」
図2 入力を行うニューロンモデル

図3に、図1の構成に対し図2の画像データを学習させた際の動作波形を示す。同図において、横軸は時間を、縦軸は各素子の電圧を示す。解析条件として、すべてのSTDP回路の初期値は0.9Vに設定した。また、学習用前段NMには図2の緑色で表したNMに対して、10~20 μ sの区間に「A」、40~50 μ sの区間に「F」、70~80 μ sの区間に「K」の学習を行う教師信号としてパルス幅10 μ s、振幅1.2 μ Aを入力した。さらに、学習用後段NMに関しても「A」NM'には10~20 μ sの区間に、「F」NM'には40~50 μ sの区間に、「K」NM'には70~80 μ sの区間に、パルス幅10 μ s、振幅1.8 μ Aのパルス波を入力した。同図に示すとおり、図2にて緑色で示したNMに接続したSTDPの結合荷重値は、「A」を学習させたSTDPは1.0382V、「F」を学習させたSTDPは1.0349V、「K」を学習させたSTDPは1.021Vとなる。

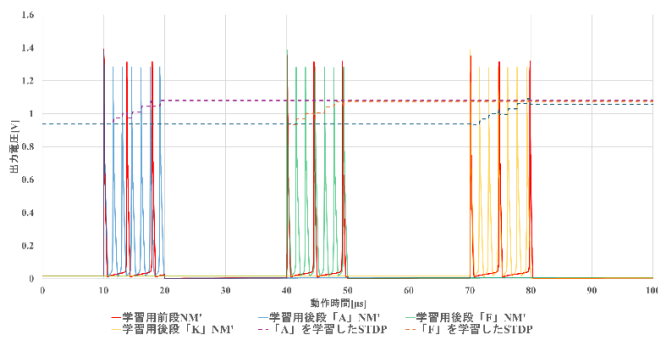


図3 学習ネットワークの動作波形

図4に、図3で示した結合荷重値を用いた画像判別動作解析結果を示す。今回、一例として図2で示した「A」を入力した際の動作について解析を行った。なお、横軸には動作時間、縦軸は電流及び電圧を示す。解析条件として、入力層には図2「A」の緑色で表したNMに対して100~110 μ sの区間にパルス幅10 μ s、振

幅1.8 μ Aを入力した。また、同区間において出力層には教師信号を入力しないものとした。同図に示すとおり、出力層の「A」NMは15 μ s間に11回発火しているが、「F」NM及び「K」NMは発火していない。ここで出力層すべてのNMの発火回数を比較した場合、「A」NMが最も発火回数が多いことがわかる。これはネットワーク上に入力された入力画像パターンを「A」と分類したと言える。このことは、提案した階層型ネットワークを用いることで、文字画像の教師あり学習および想起を行うことが可能であることを示している。

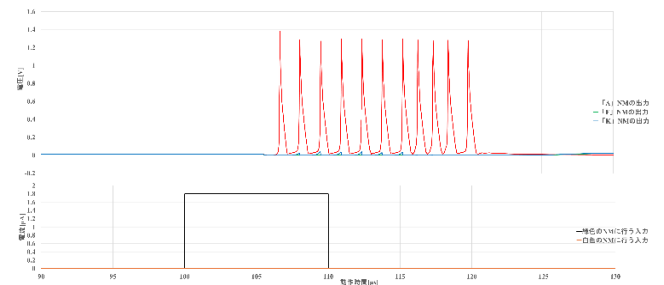


図4 「A」入力時の想起ネットワークの動作波形

3. まとめ

今回、階層型ニューラルネットワークをP-HCNM及びSTDP学習則を用いて構築し、文字画像データの教師信号有りの学習、および想起動作についてを検討した。その結果、5行5列で構成した文字を教師ありのネットワークに学習させた文字を想起し、データの分類処理が可能であることを明らかにした。

今後は、文字や画像データ数をより多く認識するためのネットワーク規模の拡大および本稿では実装していない階層型ニューラルネットワークにおける中間層の構築、実装の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、日本シノプシス 合同会社、及び日本ケイデンス・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] 関根好文, 佐伯勝敏「カオス発生可能なパルス型ハードウェア化カオスニューロンモデルのCMOS実装とその応用」日本神経回路学会誌, Vol.15, No.1, p28-30, 2008年
- [2] 佐々木芳樹:「多値SRAMを有するSTDPシナプスモデルを用いたANNに対する検討」, 日本大学理工学部電子工学科修士論文, 平成24年