

M-19

記録可能な STDP を有する結合荷重制御回路における時間窓特性の面積比に対する一検討

A study on Size of Time Window for Synaptic Weight Control Circuit with STDP

○竹重裕太¹, 守田敏春², 佐伯勝敏³, 関根好文³

*Yuta Takeshige¹, Toshiharu Morita², Katsutoshi saeki³, Yoshifumi Sekine³

Abstract: In recent years, attention has been paid to STDP that changes the transmission efficiency depending on the firing timing of the neuron. It is reported that it has the time window characteristic of the long-term potentiation and the long-term depression. We previously reported that the area was changed into the time window characteristics of time when the network was composed of pulse type hardware neuron model with STDP.

In this paper, we study the memorization of the temporal sequence output voltage patterns by the changing of area ratio of time window characteristic. As a result, it is shown that, by changing the area of the long-term depression characteristic it influences the memorization related to comparison of the two areas (long-term potentiation, long-term depression).

1. まえがき

生体の神経回路網は、多数のニューロンでネットワークを構成しているため、現在のコンピュータが苦手としている高次かつ並列情報処理能力を有しており、これらを工学的に応用することを目的とした研究が進んでいる。近年、ニューロンの発火タイミングに依存して伝達効率が変わる STDP (Spike Timing Dependent synaptic Plasticity) が着目され、記憶の機能を司る海馬において非対称型の時間窓特性をもっていると報告されている^{[1][2]}。

今回、非対称型の時間窓特性を示す STDP を有する P-HNM (Pulse type Hardware Neuron Model) によるネットワークを構成する。時間窓特性には細胞体の発火を促進させる長期増強(Long-Term Potentiation; 以下 LTP) と細胞体の発火を抑圧する長期抑圧(Long-Term Depression; 以下 LTD)がある。非対称型の時間窓特性を示す STDP を有する P-HNM によるネットワークの構成を用いることでLTPまたはLTDの領域の面積を変えることができる。

今回、LTP または LTD の領域の面積と記録の関係性を調べるために、P-HNM によるネットワークの構成を用いて、非対称型の結合荷重制御回路における時間窓特性の面積比による記録に対する検討を行った。

2. 本論

Fig.1 に、STDP を有する P-HNM の構成図を示す。同図において pre, post は細胞体モデル、 i_{pre} , i_{post} は細胞体モデルへの入力電流、—○は STDP シナプスモデルを示している。

Fig.2 に、今回の検討で用いた P-HNM によるネットワーク構成を示す。今回のネットワークは cellA~J の 9 個の細胞体モデルで構成し、それぞれの細胞体モデル

を STDP シナプスモデルにより相互結合する構成である。また、 i_{cell} は各細胞体モデルへの入力電流を示す。

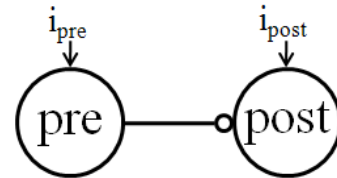


Fig.1 Construction of P-HNM with STDP

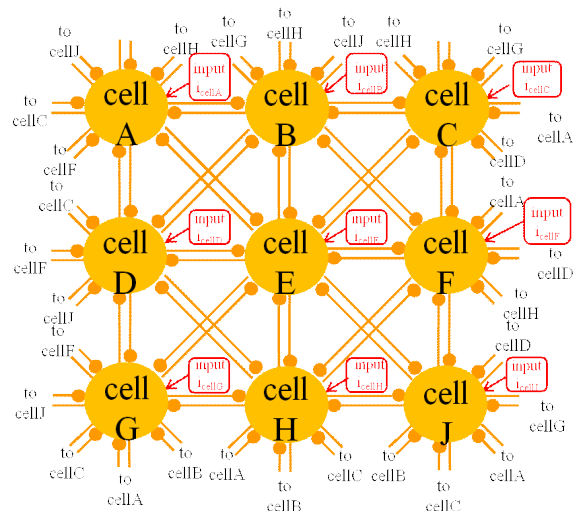


Fig.2 Construction of neural network using P-HNM

Fig.3 に、pre, post 間の STDP シナプスモデルにある結合荷重制御回路を示す。結合荷重制御回路は V_{pre} , V_{post} の入力によって結合荷重電圧 V_w が依存する回路である。Fig.3 中の M_{pre3} の L/W 比において LTP の領域の面積を制御でき、 M_{post3} の L/W 比において LTD の領域の面積を制御できる。

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・院・電子 3 : 日大理工・教員・子情

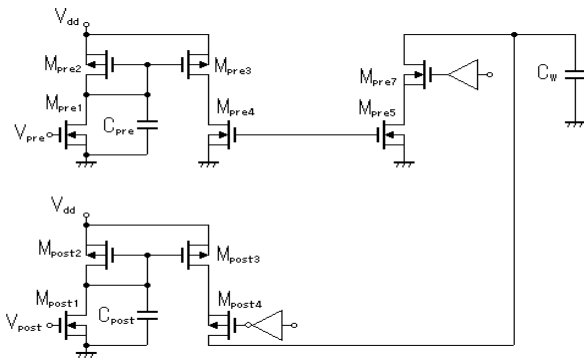


Fig.3 Control circuit of synaptic

Fig.4 に, LTP または LTD を変化させたときの非対称型の時間窓特性を示す. Fig.4 中の縦軸は Fig.2 の V_w の変化量を示し, 横軸は v_{pre} , v_{post} の入力の時間差を示す. 入力の時間差が正のときが LTP, 入力が負のときは LTD である. M_{pre3} の L/W 比を 2.7/3.0, M_{post3} の L/W 比を 2.7/10.0 の場合の面積を, LTP1 倍, LTD1 倍としている. L/W 比は LTP を一定にして LTD を 2 倍, 1/2 倍としたとき, LTD を一定にして LTP を 2 倍, 1/2 倍としたとき, LTP, LTD をともに 1/2 倍としたときの 6 パターンで行った.

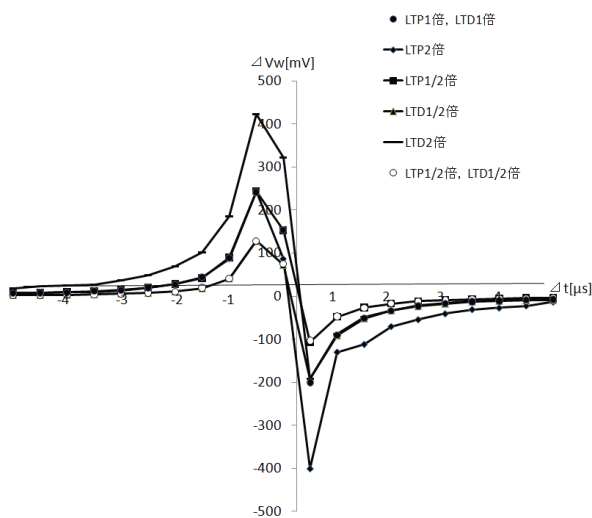


Fig.4 Characteristics of asymmetric type window

Fig.5 に, 記名できた割合に差が生じた, 入力数 5, 6, 7 の記録の可否の結果を示す. 入力数とは P-HNM によるネットワークの構成における $input_{i_{cell}}$ の数である. Fig.5 中の縦軸は記録できた割合を示し, 横軸は LTP または LTD の面積比を示す. 同図より, 面積比の基準である LTP1 倍, LTD1 倍では記録できた割合が 100% であり, LTP の面積比を 1/2 倍または 2 倍に変化させたときには記録ができた割合は 100% と変化は生じなかった. しかし, LTD の面積比を 2 倍に変化させたとき

に記録ができた割合が 90% に下がり, LTP, LTD の面積比を 1/2 にしたときには 80% に下がった. 入力数が 6, 7 のときでも同じような傾向を示している.

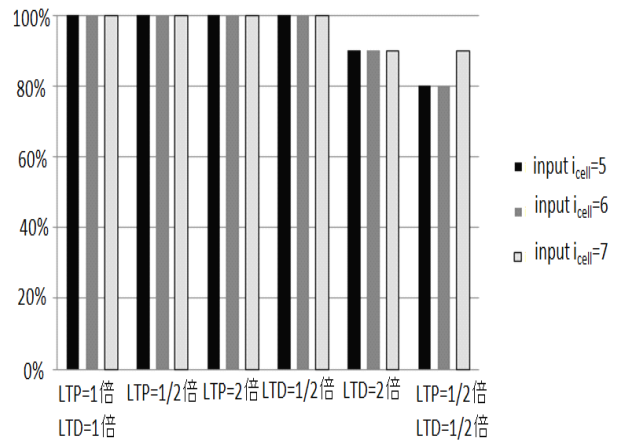


Fig.5 Result of right or wrong of memorization (Input i_{cell} = 5, 6, 7)

この結果より, 記録において LTP の領域の面積の変化より LTD の領域の面積の変化のほうが影響は大きいことを示している.

3. まとめ

P-HNM によるネットワークの構成を用いて, 非対称型の結合荷重制御回路における時間窓特性の面積比による記録の検討を行った. その結果, 記録において LTP の面積の変化より LTD の面積の変化のほうが影響が大きいことを明らかにした.

今後は結合荷重制御回路にバイアス電源をつなげることによって面積比を変えられるようにするとともに, そのときの記録について検討を行う予定である.

4. 参考文献

- [1] Bliss T.V.P and Lome T. “Long-lasting potential of synaptic transmission in the dentate area of the anesthetized rabbit following simulation of perfrant path” The Journal of Pysiology, Vol232, pp.331-356, 1973.
- [2] G.Bi and M.Poo, “Synaptic modifications in cultured hippocampal neurons, Dependent on spike timing synaptic strength, and postsynaptic Cell Type”, J.Neurosci, 18, pp.10464-10472, 1998.
- [3] Nishiyama M, Hong K, Mikoshiba K, Poo M-m&Kato K: “Calcium stores regurte the polarity and input specificity of synaptic modification”, Nature, Vol408, pp.584-588
- [4] 柳直樹, 守田敏春, 佐伯勝敏, 関根好文, 「非対称型 の特性を示す STDP を有する ANN の記録に対する検討」, 電子情報通信学会, 2010.