

脳型ハードウェアにおけるオンライン学習に向けたシナプス重み更新規則の検討 Study of synaptic weight update rule toward online learning in neuromorphic hardware systems

西 義史, 野村久美子, 丸亀孝生, 水島公一

株式会社 東芝 研究開発センター

Yoshifumi Nishi, Kumiko Nomura, Takao Marukame, Koichi Mizushima

Corporate R&D Center, Toshiba Corporation

E-mail: yoshifumi.nishi@toshiba.co.jp

人工知能の普及に伴い、IoT 機器が個別に自身の環境・状況を自律的に学習し、利用シーンに応じた最適な動作を行うようになることが期待されている。しかし、学習には膨大な量の数値計算が必要であり、消費電力が大きくなるため、エッジでの個別学習は難しい。一方、人間の脳は 20 W 程度という極めて高いエネルギー効率を持ちながら、個々人の置かれた環境や状況を個別に学習し、対応する能力を持っている。そこで、脳の情報処理原理を模倣し、低消費電力でオンライン学習を実現する脳型ハードウェアの開発が進められている[1]。

脳神経系では、Spike Timing-Dependent Plasticity (STDP) と呼ばれる規則によってシナプスの重みが増減し、学習が行われると考えられている。そこで、脳型ハードウェアに STDP を実装する研究が進められている。特に、メモristaは生体のシナプスに類似した動作特性を持っていることから、メモristaを用いて STDP を実現する研究が近年、盛んに進められている[2-3]。

脳型ハードウェアでは、情報を電圧スパイク列で表現する。例えば画像データにおける各ピクセルの情報は、コントラストに対応する密度の電圧スパイク列として扱われる。空白部分のピクセルの電圧スパイク密度はゼロとなる。空白に対応するピクセル情報が入力されるシナプスには電圧スパイクが入らないため、STDP が起こらず、シナプス重みが更新されずに過去の情報が残ってしまう[4]。

一方、生体のニューロンでは、ひとつのニューロンに接続するシナプスの重み総和が一定の範囲内に保たれる規格化機能が存在する[5]。規格化機能により、強化されないシナプス重みは相対的に減衰されるため、空白情報を学習することができる。しかしながら、ハードウェア動作によって規格化を実装することは容易ではない。メモristaに印加する電圧パルスを工夫して STDP そのものに規格化機能を付与する提案もある[6]。これにはメモristaの書き込みおよび消去の動作電圧や時間スケールが近いことが必要であるが、一般に、書き込みと消去は必ずしも対称ではない。

そこで我々は、シナプス重み更新規則における強化と減衰を分離し、スパイク入力がないシナプスの重みを減衰する機能を持つシナプス更新規則の検討を進めている。図 1 はスパイクニューラルネットワークにおいて MNIST 文字の学習を行った後のシナプス重みを可視化したものである。左図は、STDP を規格化なしで行った場合である。過去の学習結果を消去できないため、複数のパターンが重なり合っており、つぶれてしまっている。一方、右図は全シナプスを一定確率で減衰させながら、シナプス強化のみを STDP によって行った場合である。スパイク入力のないシナプスでも一定確率で減衰するため、規格化を行わなくても、文字パターンを学習できていることが分かる。このようなシナプス強化と減衰を分離した手法は、書き込みと消去の非対称性が強いメモristaとも相性が良いと考えている。

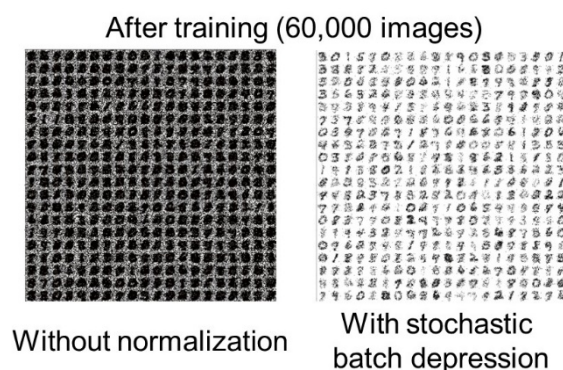


Fig. 1: Synaptic weight patterns after training with MNIST by STDP without normalization (left) and by STDP with stochastic batch depression (right).

- [1] N. Qiao, et al., Front. Neurosci. 9, 141 (2015).
- [2] T. Serrano-Gotarredona, et al., Front. Neurosci. 7, 2 (2013).
- [3] T. Marukame, et al., JJAP 57, 04FK06-1 (2018).
- [4] S. Sidler, et al., ICANN 2017.
- [5] C. Tetzlaff, et al., Front. Comp. Neurosci. 5, 47 (2011).
- [6] D. Querlioz, et al., IJCNN2011.