配線層機能素子による脳模倣技術とニューラルネットワークへの展開

Brain-inspired technology based on functional devices in LSI metal layers towards artificial neural networks

東芝　研究開発センター　フロンティアリサーチラボラトリー,
○丸亀 孝生, Radu Berdan, 野村 久美子, 西 義史
Frontier Research Lab., Corporate R&D Center, Toshiba Corp.,
°Takao Marukame, Radu Berdan, Kumiko Nomura and Yoshifumi Nishi
E-mail: takao.marukame@toshiba.co.jp

近年、人工知能の一技術としてディープラーニング（深層学習）が画像認識や音声認識などで基礎と実用にて成功を収めている [1]。深層学習は多層の人工ニューラルネットワーク（Neural Network; NN）を基本構成とし、大きな訓練データを用いてネットワークパラメータを更新する「学習」の繰り返しによって実用的に高い認識性能が得られる [1, 2]。学習時間を短縮するためのハードウェアアクセラレータとして一般的に GPU が知られているが、一方で従来型のノイマン型コンピューティングの枠を超えて極低消費電力化を目指した脳模倣型 LSI の研究が活発化している。

脳模倣型 LSI 研究の歴史は古くから続く [3]。しかし未だ新鮮であり、今後真に有用な技術体系となるべく、現代的な素子や材料での新現象発掘と、ハードウェア指向のアルゴリズム探索および回路研究などが並行して進められている[4-8]。前者の一例として脳神経接点での記憶更新原理として Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity (STDP) が知られており、固体素子での再現が報告されている(Fig. 1) [4-6]。本講演では脳模倣技術を分類し、有用性の高いものに注目して研究進展と課題を整理する。特に MRAM 等のメモリと同様に LSI 配線層に作り込むことが可能な金属酸化物ベースのアレイ状素子構造による NN 動作と[7, 8]、素子の物理特性を活用し更に自律的な学習アルゴリズムを付加することにより、従来型コンピュータアクセラレータの枠を脱するための可能性を議論する。

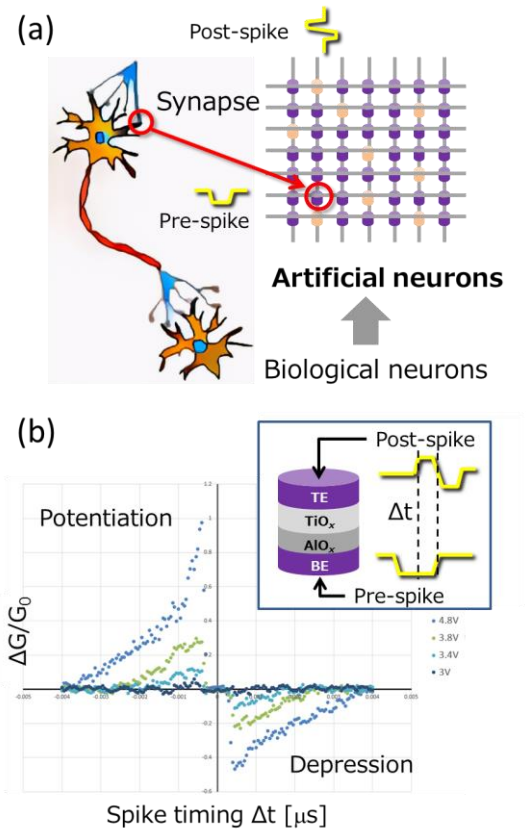

Fig. 1 Brain-inspired technologies on devices in an LSI wire layer for artificial neural networks. (a) a crossbar device for fully-connected NN which is comparable with biological neurons and synapses. (b) Spike-timing dependent plasticity (STDP) on a memristive AlO_x/TiO_x device. STDP was generated by pre- and post-spikes to top-electrode (TE) and bottom-electrode (BE).

[1] G. E. Hinton and R.R. Salakhutdinov, Science **313**, 5786, p.504－507 (2006).
[2] T. Marukame, *et al*., IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs. **64**, 4, pp.462－466 (2016).
[3] C. Mead, Proceedings of the IEEE. 78 1629–1636. (1990).
[4] S.H. Jo, *et al*., Nano letters **10**, pp. 1297-1301 (2010).
[5] R. Berdan, *et al*., Scientific Reports, **6**, 1038, (2016).
[6] T. Marukame *et al*., Ext. Abst. Solid State Devices and Materials (SSDM), pp. 201-201, (2017).
[7] M. Prezioso, *et al*., Nature **521**, pp. 61–64 (2015).
[8] P.M. Sheridan, *et al*., Nature Nanotech. **12**, 784–789 (2017).