脳型ハードウエア実現に向けた抵抗変化素子の応用

Application of resistive change devices for realization of brain-inspred neuromorphic hardware

西 義史，丸亀 孝生，ベルダン ラドゥ
東芝　研究開発センター
E-mail: yoshifumi.nishi@toshiba.co.jp

現在、人工知能技術は目覚しい発展を遂げており、社会の様々なシーンで応用されている。人工知能をモビリティーやロボット等のエッジで利用する場合、それぞれの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望ましいが、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 10 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に応じて個別に学習でき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ハードウエアの研究が活発になってきており、CMOS 技術を使った脳型ハードウエアの開発が欧米を中心に急速に進められている[1-5]。

脳型ハードウエアが学習を行うためには、シナプス可塑性が重要になる。高度な脳機能を実現するためには大規模なシナプスアレイが必要であると考えられるため、できるだけ小さな回路・デバイスでシナプス可塑性を実装することが求められる。シナプス可塑性を持つデバイスとして抵抗変化素子が注目されている。抵抗変化素子は生体のシナプスと類似した動作特性を示す上、セル自体は $4F^2$ 程度で作成できることから、大規模なシナプスアレイを小さな面積で実現することができる[6]。

我々は、金属酸化物による抵抗変化素子アレイを用いて生体シナプスの更新原理である STDP（Spike Timing Dependent Plasticity）を再現し、抵抗値の微細な制御を行うことに成功した [7]。一方で抵抗変化素子は、その動作原理から、抵抗値のばらつきが大きいという性質を持つため、脳型ハードウエアへの応用を検討する際、ばらつきが性能に与える影響の検討も進めている [8]。また、学習を行う際に、抵抗変化動作が確率的になるという問題もある [9]。従来のハードウエアでは、素子動作の確率性はハードウエアの正常動作を阻害する要因となるが、脳の神経細胞の動作は確率的であり、理論的にも、常時学習する脳においてはシナプスの確率的な更新は必要な機能であると考えられていることから [10]、脳型ハードウエアでは、むしろ確率性が利点になる可能性がある [11]。脳型ハードウエアの研究が活発化する中で、抵抗変化素子の抵抗ばらつきや動作の確率性の議論は、今後ますます重要になっていくものと考えられる。

[1] P. Merolla, Science 345, 668 (2014). [2] J. Schemmel, IEEE Int. Joint Conf. Neural Neworks 2008, 431. [3] B. V. Benjamin, Proceedings of the IEEE vol. 102, no. 5, 699 (2014). [4] N. Qiao, Frontiers in Neuroscience 9, 141 (2015). [5] M. Davies, IEEE Micro, 82 (2018). [6] G. Indiveri, Nanotechnology 24, 384010 (2013) [7] T. Marukame, JJAP 57, 04FK06-1 (2018). [8] ベルダン ラドゥ，2018 年応用物理学会春季大会. [9] 西義史, 2018 年応用物理学会春季大会. [10] Event-Based Neuromorphic Systems, edited by Shih-Chii Liu, WIELY 2015. [11] M. Payvand, ISCAS 2018.

© 2018年 応用物理学会