

ブレインモルフィックコンピューティングハードウェア ー脳型物理デバイスからの構成的アプローチー

Brainmorphic Computing Hardware

ーConstructive Approach from Brainmorphic Physical Devicesー

東北大学電気通信研究所 堀尾喜彦

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku Univ.

E-mail: horio@riec.tohoku.ac.jp

脳の情報処理様式を実装し、脳に特異的な機能（意識・無意識、予測・推論・記憶、注意、自己・自律性など）を実現するためには、ノイマン型コンピュータとは本質的に異なる計算原理、アーキテクチャ、デバイスが必要である。そこで、我々は「ブレインモルフィックコンピューティング(BMC)^[1-4]」パラダイムを提唱し、これを実装する BMC ハードウェアについて研究を進めている。BMC の要件は、A) 脳神経系の解剖学的、生理学的な「構造」や「仕組み」を模倣して情報を処理する；B) 物理化学的な「プロセス」（ダイナミクス）によって情報処理を行う；C) 最新の脳神経科学、特に、意識・無意識などの高次機能の知見を反映させる；D) 進化的構造と機能や、身体的・環境的制約等を積極的に活用する、などである。特に B)では、(1) デバイスの物理的・動力学的性質を直接的に利用して、生物物理をデバイス物理で模倣・再現することや、(2) 複雑性・複雑ダイナミクスを活用し、情報の豊かな表現と、多様で分散した情報の統合とを同時に実現することなどが重要である。

脳の情報処理原理が未だ明らかでない現状では、脳の構成要素（例えば、ニューロンやシナプスなど）を、脳の構造に学んで有機的に組み合わせることにより、上記の脳に特異的な情報処理様式を創発させる、いわゆる、構成的研究が重要である。そのためには、脳の構成要素の特性やダイナミクスをデバイスが持つ物理的な機序により直接的に実現することが、プロセスによる情報処理を行うためにも肝要である。そこで我々は、スピン軌道トルクナノデバイス^[5-7]のスイッチングダイナミクスと熱ダイナミクスを活用したニューロン・シナプスデバイスを用いた構成的研究を進めている。

[1] 堀尾喜彦：日本神経回路学会誌，25(4), 140-147, 2018.

[2] 堀尾喜彦：応用物理，88(9), 619-623, 2019.

[3] Y. Horio: in Proc. NOLTA, 189-192, 2017.

[4] Y. Horio: in Understanding Complex Systems, Chapter 5, Springer, ISBN 978-3-030-10891-5, 2019.

[5] S. Fukami et al., Nature Materials 15 (2016) 535.

[6] A. Kurenkov et al., Applied Physics Letters 110(9) (2017) 092410.

[7] A. Kurenkov et al., Advanced Materials 31(23) (2019) 1900636.