

ニューロモルフィック制御システムにおける酸化物材料の役割

Role of oxide materials in neuromorphic control systems

兵庫県大工, °堀田 育志

Univ. of Hyogo, °Yasushi Hotta

E-mail: hotta@eng.u-hyogo.ac.jp

正確性とエネルギー効率の観点から最も上手く動作している情報処理システムは人の脳であり、現在の計算機はこの脳の機能を手本として発展してきた。そして、脳機能の完全なる再現を最終目標としてニューロモルフィックシステムの開発が進められている。材料研究の立場からみたニューロモルフィックハードウェアの開発は、シリコンにはない物性を活用することによって、よりニューラル処理に適した機能デバイスを実現するものと定義できる。そして開発の初期段階である今、実際にどのような機能が必要であるか、また応用サイドからの要求はどのようなものであるか、しっかりと議論しておくことは極めて重要である。

これまでのコンピュータの進化は、脳とは全く違った材料や方法で行われてきた。その基本原理は、大まかにみてブール代数に基づく論理回路とチューリングの計算模型がベースとなっているが、これらは単にコンピュータ動作の基本的枠組みに過ぎない。それより、実際に動作するハードウェアを具現化するための材料や方法が重要であった。そして 1960 年代以降は、プレーナー技術によるシリコンベースの MOSFET 集積回路が、動作の信頼性、デバイス設計と実装の容易性、製造工程の容易性において他の材料や方法を圧倒したため、シリコンテクノロジーがこの分野を席卷することとなった。¹⁾ そして、当時に示されたムーアの法則は、現在でもこの体系を主導する牽引力となり続けている。現在、最も脳の機能に近づいていると考えられる人工知能分野であっても、ハードウェアに関してはこの進化の流れの中にあるため、要求されるスペックは明確であり、またその指針に基づいたハードウェア開発が IBM や NVIDIA といった企業を中心に強力に推し進められている。^{2), 3)}

このようなシリコンデバイスの発展の歴史と現状を踏まえると、新機能材料デバイス開発と既存技術の流れの間に大きな隔たりがあることが分かる。上述の人工知能を例にすると、まずそれらは十分成功しており、現時点ではその流れを大きく変える必要がないという認識で一致していること、そして使う側の要求スペックは既に決まっており、ハードウェアとしても確実に動作するものが求められるということである。その結果、新しい機能デバイスを取り入れるよりも、2030 年までは性能向上が続くと考えられている CMOS 技術を用いることが検討されている。⁴⁾ ここで、材料デバイス開発が目指すべきは、真にニューロモルフィックな原理によって動作するシステムを材料デバイスによって構築し、2030 年以降を担える技術体系を創っていくことである。

本発表では、我々が開発しているニューロン型信号伝達素子の集合体システムを例に、材料科学の観点からニューロモルフィックハードウェア実現に必要な機能やそれを実現する材料について考えていきたい。開発中のシステムは、ニューロモルフィックな原理で動作する新たな制御システムである。確率共鳴とよばれる現象を積極的に利用するように設計されており、また自律活動と抑制制御という生物に特徴的な機構を取り入れている。⁵⁾ そこで、このような制御システムを実現する上で必要となる素子機能やその素子を実現するための材料候補について述べるとともに、その中で酸化物材料が占める役割について考えていきたい。

本研究発表の内容については、平成 18 年～21 年度に大阪大学で実施された文部科学省科学技術振興調整費の先端融合イノベーション創出拠点形成プログラム「生体ゆらぎに学ぶ知的人工物と情報システム」の材料グループによって研究・開発されたものである。また研究の一部は科学研究費助成事業の基盤研究(S)で実施された。

¹⁾ W. D. Hillis, The Pattern on the Stone. Brockman, Inc. (1998). ²⁾ <http://www.ibm.com/smarterplanet/jp/ja/brainpower/>

³⁾ <http://www.nvidia.co.jp/object/deep-learning-jp.html> ⁴⁾ 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、AI/ディープラーニング時代に向けた IoT/IoE デバイス技術シンポジウム ⁵⁾ Y. Hotta et al., APEX 1, 088002 (2008).