

## 【特別推進研究】

### 理工系（工学）



## 研究課題名 スピントロニクスを用いた人工知能ハードウェアパラダイムの創成

東北大学・電気通信研究所・教授 おおの ひでお  
大野 英男

研究課題番号： 17H06093 研究者番号：00152215

研究分野： 工学

キーワード： スピントロニクス、電子デバイス・集積回路

#### 【研究の背景・目的】

CMOS 集積回路ハードウェアと人工知能（AI）ソフトウェアの高度化により、従来は難しかった認識や判断といった高度な情報処理を計算機で実行することが可能となってきた。しかし一般の AI は膨大な計算機リソース、電力供給、及びビッグデータへのアクセス手段が前提となっており、これが今後の多様な社会実装への拡大を妨げる大きな壁となっている。このような壁を乗り越えて、AI システムを一層進展させるためには、ハードウェアの高度化と低消費電力化、そして小型化により、ウェアラブルあるいは身近な家電や携帯機器に組み込まれ、学習により使用者や環境に適応する“エッジ” AI ハードウェアを実現することが不可欠となる。このような要求を従来の CMOS 集積回路技術だけで満たすのは難しく、新たなテクノロジーによる AI システムの実現（パラダイムの創成）が喫緊の課題となる。本研究はこのような背景のもと、スピントロニクス素子の省電力性、高速性、及び無限回の書き換え耐性を活かし CMOS 集積回路に融合・集積することで初めて実現できる AI システムにおけるハードウェアに関して新たなパラダイムの創成を目指すものである（図 1）。

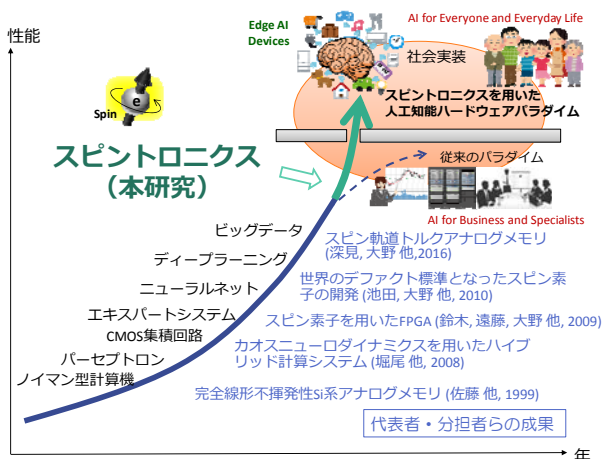


図 1 人工知能の発展と本研究の位置づけ

#### 【研究の方法】

本研究では、スピントロニクスを用いた AI ハードウェアパラダイムの創成を念頭に、不揮発性スピントロニクス素子を用いた AI ハードウェアとしての集積回路を設

計実現する。加えて、スピントロニクスが備えるアナログ性や確率性を支配する物理、材料科学を深耕して AI 用スピントロニクス素子を実現し、またその効果を最大化するスピントロニクス集積回路の設計基盤を構築する。このために本研究は以下の 3 つの主要課題、①AI コンピューティングハードウェア向けスピントロニクス素子の開拓、②ノイマン型 AI コンピューティングハードウェアの実現、③非ノイマン型 AI コンピューティングハードウェアの実現、から構成する。

#### 【期待される成果と意義】

CMOS 集積回路とスピントロニクス、さらに脳型処理の融合により新しいパラダイムを創成することは AI 分野全体、及び関連分野における新しい学理の構築につながる。例えば分散学習や情報選択、分散記憶などのハードウェアに対応した新しい AI の概念が創出・確立され、自律分散処理 AI の基礎が構築される。また生体の脳で見られるような素子ばらつきを許容して知能処理を行う脳型計算機構とスピントロニクスの融合は、ハードウェア効率を飛躍的に高める可能性を含んでおり、IoT 社会への普及が期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Fukami, C. Zhang, S. DuttaGupta, A. Kurenkov, and H. Ohno, “Magnetization switching by spin-orbit torque in an antiferromagnet-ferromagnet bilayer system,” *Nature Materials*, vol. 15, pp. 535-541 (2016).
- W. A. Borders, H. Akima, S. Fukami, S. Moriya, S. Kurihara, Y. Horio, S. Sato, and H. Ohno, “Analogue spin-orbit torque device for artificial-neural-network-based associative memory operation,” *Applied Physics Express*, vol. 10, 013007 (2017).

#### 【研究期間と研究経費】

平成 29 年度－平成 33 年度 447,300 千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.ohno.riec.tohoku.ac.jp/>  
ohno@riec.tohoku.ac.jp