



東北大学



文部科学省

平成28年12月14日

報道機関 各位

東北大学電気通信研究所  
文部科学省

## 世界初、スピントロニクス素子を使った人工知能の動作実証に成功 - 人工知能技術の適用範囲を飛躍的に拡大 -

### 【概要】

国立大学法人東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設の大野英男教授、佐藤茂雄教授、深見俊輔准教授、秋間学尚助教、同ブレインウェア実験施設の堀尾喜彦教授らのグループは、磁石材料から構成されるマイクロなスピントロニクス素子を使った人工知能の基本動作の実証に世界で初めて成功しました。

近年、脳の情報処理機構を真似て効率的に認識・判断を行うことを目指す人工知能と呼ばれる技術が非常に注目され、一部で実用化されています。現在実用化されている人工知能はいずれも従来の半導体集積回路技術の枠組みに立脚しており、このため脳が有する特徴である小型性、低消費電力性を実現するのは困難でした。脳の情報処理様式により近いかたちで高速・小型・低消費電力性を兼ね備えた人工知能を実現するためには、生体におけるシナプスの役割を単独で果たす固体素子を用いることが有効です。今回東北大学のグループは、最近開発した磁石材料から構成されるスピントロニクス素子をシナプスとして用い、人工的な神経回路網を構築しました。そしてこの回路網を用いて従来のコンピューターが苦手とする連想記憶という動作を検証しました。ここで用いられたスピントロニクス素子は従来のスピントロニクス素子とは異なり「0」から「1」までの連続的な値を記憶することができ、これが生体においてシナプスが果たす学習機能を担う点に特徴があります。多数回の試行を通して、今回用いたスピントロニクス素子は期待通りの学習機能を有し、これにより構築した人工神経回路網が人間の脳のように連想記憶動作を実現できることを実証しました。今回の技術を用いることで、高速・小型・低消費電力性を兼ね備えた人工知能が実現可能となり、人工知能の適用領域が顔・音声認識、ウェアラブル端末、センサーネット、介護ロボットなど、社会の様々な分野へと拡大していくことが期待されます。

本研究成果は公益社団法人応用物理学会論文誌「Applied Physics Express」のオンライン版（日本時間12月20日出版）に掲載されます。

## 【詳細な説明】

### <背景>

近年、脳の情報処理機構を真似て効率的に認識・判断を行うことを目指す「人工知能<sup>注1</sup>」と呼ばれる技術が非常に注目されています。人工知能は既存のコンピューターと比べて画像認識や渋滞予測などの高度な情報処理を小さな端末を用いて圧倒的に高速に、かつ低い消費電力で実現できることが期待されます。人工知能技術はすでに社会の一部において用いられていますが、これらは従来の半導体集積回路技術の枠組みの大部分を踏襲しています。この場合には人工知能の持つ主な利点である小型、高速、低消費電力のうち小型、低消費電力は実現できず、このため現時点では社会における適用範囲は限定的となっています。この課題を打破するためには脳において記憶を司る重要な要素であるシナプス<sup>注2</sup>の役割を単独で果たす固体素子を開発し、それを用いることが有効です。ここでこの人工シナプス素子には、生体のシナプスと同じくアナログ的に状態を変化させることができ、その状態を長時間に渡って保持し、かつ無制限に更新できることが望まれます。東北大学の研究グループは以前、磁石材料から構成され、上述のような特徴を有するスピントロニクス素子（図1）を開発したことを報告していました。今回当グループはこのスピントロニクス素子を用いて人工知能の基本動作の原理実証に取り組みました。

### <成果の内容>

今回、東北大学の研究グループは、上述のアナログ的に振る舞うスピントロニクス素子36個とFPGAと呼ばれる集積回路を組み合わせ、人工神経回路網（人工ニューラルネットワーク）<sup>注3</sup>（図2）を構築しました。これまでに開発が行われてきたスピントロニクス素子では「0」、「1」の2状態しか記憶できなかったのに対して、今回用いたスピントロニクス素子は「0」から「1」までの連続的な値を記憶することができ、これが構築した人工神経回路網においてはシナプスの役割を果たします。今回の実験では構築した人工神経回路網を用い、現在のコンピューターが苦手とする連想記憶という動作を検証しました。具体的には、図3に示すような3×3ブロックにおける「I」「C」「T」の3つのパターンのいずれかから1ブロックを反転させたパターンを人工神経回路網に与え、その元となったパターンを想起するという試験を行いました。パターンの想起にあたってはホップフィールドモデルという神経回路網の情報処理様式を模倣したモデルを採用しており、ここではシナプスであるスピントロニクス素子の状態がある一定の法則に基づいてアナログ的に書き換えられることで学習が行われ、これによって人工神経回路網が正解を導きます。多数回の試行を通して、開発したスピントロニクス素子は期待通りの学習機能を有しており、これにより正解パターンの想起に寄与することが確認されました。

### <成果の意義>

人工知能は既に一部で実用化が始まっていますが、本研究で用いられたスピントロニクス素子をシナプスとして用いた人工知能では、従来技術と比べて圧倒的な小型化と低消費電力化を実現する可能性を有しています。またスピントロニクス素子以外の固体素子を用いた人工知能の研究開発も行われていますが、スピントロニクス素子には無制限、かつ高速な状態の書き換えが可能であり、人工知能応用という観点で非常に有望な性質を有しています。今回の原理実証実験の成功により、高速・小型・低消費電力という脳が有する利点を兼ね備えた人工知能の実現への新しい道が切り開かれました。この技術が実用化されれば、社会における人工知能技術の適用が可能な範囲が顔認識、音声認識、ウェアラブル端末、センサーネット、介護ロボットなど、様々

な領域へと拡大します。加えて、今回の成果は情報処理分野、さらには脳神経科学分野の新しい学理の構築にも寄与することが期待されます。

本研究の一部は、文部科学省『未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発』採択課題：「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発（研究代表者：大野英男）」、及び日本学術振興会・科研費 15K18044 の支援により行われたものです。

<参考図面>

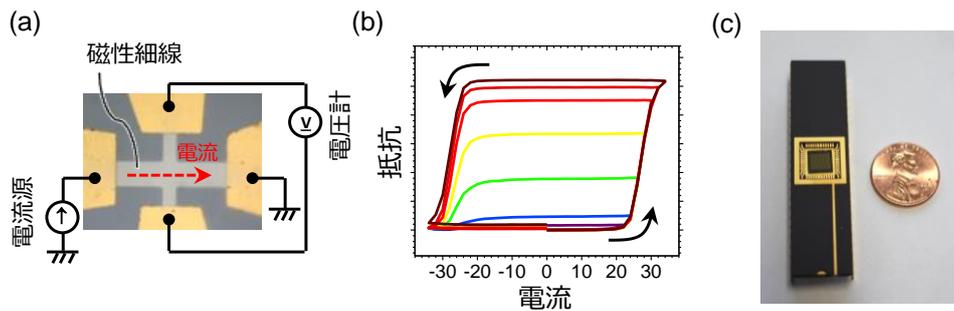


図 1 : (a) 今回の実験において人工シナプスとして用いたスピントロニクス素子。白金・マンガン合金とコバルト・ニッケル積層膜からなる磁性細線に電流を流したとき、電流の大きさに応じて細線の抵抗（ホール抵抗）が連続的に変化する。(b) 用いたスピントロニクス素子の印加電流と抵抗の関係の測定結果。電流の大きさに応じて抵抗が連続的に変化していることが分かる。(c) 実証実験用にパッケージにマウントしたスピントロニクス素子アレイ（右は 1 セントコイン）。

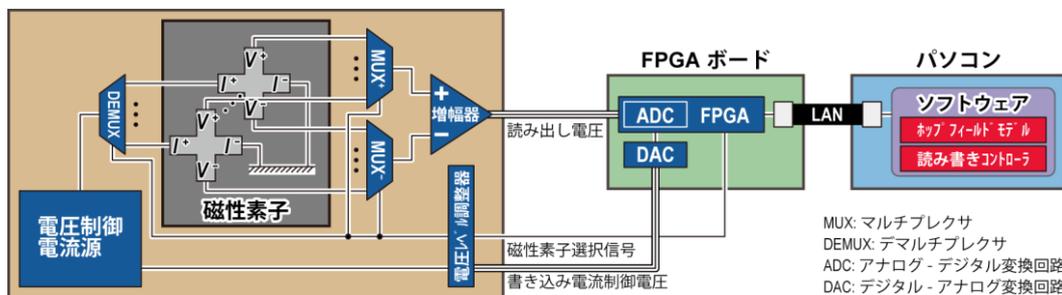


図 2 : 構築した人工神経回路網のブロック図。パソコン (PC) と FPGA とスピントロニクス素子から構成される。

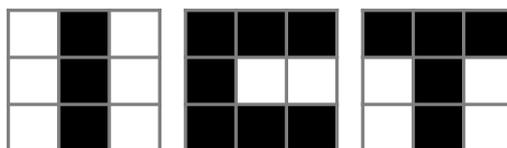


図 3 : 連想記憶の実験に用いた 3 × 3 のブロックに表現された「I」「C」「T」の 3 つのパターン。

## <用語解説>

### 注1：人工知能

脳の情報処理機構を真似て効率的に認識、判断を行う情報処理システム。米国 IBM の調べによると、スーパーコンピューターが 1.4 メガワットの電力を使って 500 秒で行う演算を、脳はわずか 10 ワット程度の電力を使って 5 秒で処理できることが分かっていることから(出典:IEEE Spectrum 2009 “IBM unveils a new brain simulator”)、人工知能の適用によって既存の情報処理技術の高性能化、低消費電力化が期待される。

### 注2：シナプス

脳における神経回路網は演算を行うニューロンが互いに接続されて構成されており、ニューロン間で電気信号が送られることで情報が伝達される。ニューロン間の接続部分はシナプスと呼ばれ、このシナプスが脳の記憶を担っている。つまり、シナプスの結合強度（荷重値）がアナログ的に変化することで記憶や学習が行われる。

### 注3：人工神経回路網（人工ニューラルネットワーク）

脳の機能を人工的に表現するための回路、システム。一般的にはニューロンに相当する素子または回路と、シナプスに相当する素子または回路が結合して構成される。

## 【論文情報】

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.

### (お問い合わせ先)

- 研究に関すること  
東北大学電気通信研究所  
担当 深見 俊輔  
電話 022-217-5555  
E-mail s-fukami@riec.tohoku.ac.jp
- 報道に関すること  
東北大学 電気通信研究所 総務係  
電話 022-217-5420  
E-mail somu@riec.tohoku.ac.jp