

Society5.0を支える革新的コンピューティング技術
2019年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

井上 公

産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門
主任研究員

スパイクングネットによるエッジでのリアルタイム学習基盤

§ 1. 研究成果の概要

現在広く利用されている深層学習の多くは大電力を消費します。クラウドにネット接続して深層学習を行うだけならよいのですが、私的データが学習対象の場合、ネット接続は危険であり、リアルタイム性の問題もあります。この問題を克服するため、本プロジェクトでは「低消費電力で学習と推論を行う方法」を開発し、エッジで独立に動作する学習プラットフォームに実装します。

我々は、ニューラルネットワーク(NN)のパラメータ空間に『(1)動的アトラクタという空間的時間的な自発的安定状態が形成される』ことが「学習」であると考えました。これを制御できれば、論理計算に頼らない低消費電力の学習プラットフォームになります。そこで、必要とされる『(2)ニューロモルフィック素子の開発』を行います。さらに『(3)アナログの CMOS 回路やデジタルの FPGA 回路の援用を受けて、(2)を用いたスパイク NN 回路に(1)を実装』する研究を行います。『(4)この NN 回路をもちいて、本人認証の実証を行う』ことが最終目標です。

2020 年度は(1)に関して、指針としていたモデルを変更しました。それに伴って研究計画も練り直すことになりましたが、(4)を想定した計算機シミュレーション等でモデルの正当性を確認する過程でグループ間の連携がより活発になりました。現在はモデルの改良に取り組んでいます。(2)では、生体ニューロンと同様な「リーク付積分」動作する FET を開発しました。酸素欠損の電界ドリフトと濃度勾配による拡散に基づくモデルで、その「リーク付積分」動作を説明できました。このニューロン素子および現在開発中のシナプス素子にとって重要な要素となる常誘電体薄膜と強誘電体薄膜の作り分けにも成功しました。(3)では、「リーク付積分」動作をアナログ CMOS 回路で再現し、FPGA デジタル回路でも 100 個の素子動作に成功しました。

§ 2. 研究実施体制

(1) 井上グループ

- ① 研究代表者: 井上 公 (産業技術総合研究所電子光基礎技術研究部門、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・素子開発(人工シナプス素子の作製、人工ニューロン素子の作製)
 - ・素子の動作原理解明(人工シナプス動作原理解明、人工ニューロン動作原理解明)
 - ・要素回路の動作検証(シナプスデバイスモデル構築、ニューロンデバイスモデル構築)
 - ・回路設計とシミュレーションと試作(じゃんけん装置を想定した回路設計・本人認証装置回路設計)

(2) 飯塚グループ

- ① 主たる共同研究者: 飯塚 哲也 (東京大学大学院工学系研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・要素回路の動作検証(シナプスデバイスモデル構築、ニューロンデバイスモデル構築、シナプスデバイス動作模擬回路の設計、ニューロンデバイス動作模擬回路の設計)、

・回路設計とシミュレーションと試作(じゃんけん装置を想定した回路設計・じゃんけん装置回路シミュレーション・じゃんけん装置回路試作・本人認証装置回路設計・本人認証装置回路シミュレーション・本人認証装置回路試作)

(3) 藤原グループ

① 主たる共同研究者: 藤原 寛太郎 (東京大学国際高等研究所ニューロインテリジェンス国際研究機構、特任准教授)

② 研究項目

・アトラクタ解析と設計(アトラクタ解析の数学的モデル構築、スパイク信号に対するアトラクタの設計、ノイズに対するアトラクタシステムの設計)、
・回路設計とシミュレーションと試作(じゃんけん装置を想定した回路設計、じゃんけん装置回路シミュレーション、本人認証装置回路設計、本人認証装置回路シミュレーション)

(4) 堀田グループ

① 主たる共同研究者: 堀田 育志 (兵庫県立大学大学院工学研究科、准教授)

② 研究項目

・アトラクタ解析と設計(スパイク信号に対するアトラクタの設計、ノイズに対するアトラクタシステムの設計、ノイズによるアトラクタ切替制御の開発)、
・回路設計とシミュレーションと試作(じゃんけん装置を想定した回路設計、本人認証装置回路設計)

【代表的な原著論文情報】

1) “金属絶縁体転移材料を利用した回路技術の研究”, 矢嶋赳彬, 電子情報通信学会和文論文誌C, vol. J103-C, No. 10, pp.420-427, 2020

2) “Two-Step FORCE Learning Algorithm for Fast Convergence in Reservoir Computing”, Hiroto Tamura and Gouhei Tanaka, In: Farkaš I., Masulli P., Wermter S. (eds) Artificial Neural Networks and Machine Learning - ICANN 2020 Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham., vol. 12397, pp.459-469, 2020

3) “Extended full-FORCE method for training recurrent neural networks with fewer neurons”, Hiroto Tamura and Gouhei Tanaka, Proceedings of the 30th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society, pp.38-39, 2020