

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

2019年度 実績報告書
-----------------

井上 公

産業技術総合研究所電子光技術研究部門  
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

本研究の最終目標はエッジで独立して使える学習プラットフォームの製作です。エッジのみで学習と推論を行うには、大量の計算を必要とし電力消費の大きい深層学習などの現在の方法は不都合です。そこで本研究はまず低消費電力で学習と推論を行う方法を探究します。指針とするのは、ニューラルネットワーク(NN)の入力と出力を結んでループを作り、そこに空間的時間的な秩序形成である(1)動的アトラクタを形成することで学習を行わせようというアイデアです。NNには人工ニューロンや人工シナプスが必要ですから、(2)機能性素子の開発を行います。学習則の実装に関して、NNからの要請と素子からの要請をうまくすり合わせることが最大の障壁になります。そのために(3)数値計算によるシミュレーションや(4)FPGAのようなデジタル回路によるエミュレーションを併用します。2019年度は半年間の短い期間であった上に、最後にはコロナの影響を受けてしまいましたが、(2)で大きな進展があり、新しいタイプの人工ニューロンの開発に踏み込みました。(1)と(3)の結果に基づいて理論モデルの見直しが必要になり、新しい学習方法に注目して、再検討を開始しました。(4)では人工ニューロンモデルのエミュレーションを行うための環境構築が進展しました。



左：本研究が目指すのは、クラウドにある大型コンピュータにインターネットで繋がなくても、エッジ本体で学習と推論を行える方法を開発することです。そのためには大電力を消費する既存の深層学習に代わる、省電力なリアルタイム学習推論プラットフォームの開発が必要です。右：我々は、物理、数学、生理学、電子工学、計算機アーキテクチャなど様々な分野の研究者の集合体です。2019年度の研究成果はまだ公開できないので、議論の断片を拾い集めました。電子素子開発、回路設計、アトラクタ生成について2019年度は研究と検討を行いました。

### 【代表的な原著論文】

本年度はまだありませんでした。

## § 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)