

「革新的コンピューティング技術の開拓」
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

山本 英明

東北大学電気通信研究所
准教授

バイオニック情報処理システムの人工再構成

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、生体内での配線構造を模倣した神経回路を、培養細胞を用いて人工再構成し、さらに情報処理システムとしての機能発現を実証することを目指している。研究課題の3年目にあたる2020年度は、前年度までに構築した培養神経回路に対する摂動解析系を用いて、人工神経細胞回路の大自由度動的システムとしての特性評価を中心に研究を進めた。摂動解析系は、光インターフェースと電気インターフェースの2つのアプローチで構築している。まず光インターフェースによる実験では、マイクロ加工基板上で培養した培養神経回路に対して光感受性イオンチャネルChrimsonRを遺伝子導入しておき、パターン光照明装置を用いて刺激を印加する。その応答を蛍光カルシウムイメージング(GCaMP6s)により計測し、100細胞程度の多細胞神経ダイナミクスを用いて評価した。生物の脳神経系の配線構造を特徴付けるモジュール構造性を制御した2種類の神経回路について、複数の空間パターンに対する応答特性のデータが取得できた。現在、時間方向にも構造をもった入力信号に対する性能の評価をするための準備を進めている。並行して、多点電極アレイを用いた電気インターフェースの実験系を立ち上げており、電極アレイ上に培養神経回路をパターンニングする方法を検討した。複数の方法を検討し、マイクロ流体デバイスを用いたパターンニングが最も安定であることが分かった。さらに、実験を先導する形で、積分発火ニューロンモデルを用いた計算機シミュレーションによる解析も進めることができた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Takemuro, H. Yamamoto, S. Sato, A. Hirano-Iwata, “Polydimethylsiloxane microfluidic films for in vitro engineering of small-scale neuronal networks”, *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 59, no. 11, 117001, (2020).
- 2) Y. Dai, H. Yamamoto, M. Sakuraba, S. Sato, “Computational efficiency of a modular reservoir network for image recognition”, *Frontiers in Computational Neuroscience*, vol. 15, 594337 (2021).
- 3) R. Hasani, G. Ferrari, H. Yamamoto, T. Tanii, E. Prati, “Role of noise in spontaneous activity of networks of neurons on patterned silicon emulated by noise-activated CMOS neural nanoelectronic circuits”, *Nano Express* (in press).
- 4) K. Hattori, H. Kurakake, J. Imai, T. Hashimoto, M. Ishida, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, “Selective stimulation of a target neuron in micropatterned neuronal circuits using a pair of needle electrodes”, *Electrochemistry* (in press).
- 5) K. Hattori, T. Hayakawa, A. Nakanishi, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, “Contribution of AMPA and NMDA receptors in the spontaneous firing patterns of single neurons in autaptic culture”, *Biosystems*, vol. 198, 104278 (2020).