光ニューラルネットワークの数理モデルの構築と解析

Modelling and analysis of a photonic neural network

阪大院情¹ ○中川 正基¹Osaka Univ.¹ ○Masaki Nakagawa¹

E-mail: m.nakagawa@ist.osaka-u.ac.jp

本研究は、フェルスター共鳴エネルギー移動 (FRET) を利用した、ナノ粒子間 FRET ネットワークを基本原理とする新しい計算デバイスの開発を目指している。本講演では、そのために必要な、FRET ネットワークの数理モデルにつながる先行研究や関連研究を紹介する。また、その結果得られた、実験結果を再現するような時空間ダイナミクスをもつ FRET ネットワークの数理モデルとその性質についても紹介する。

近年、時系列データに適した機械学習の枠組みとして、再帰的ニューラルネットワークや様々な物理現象のダイナミクスを利用するリザーバーコンピューティングが注目されている。本研究で扱う FRET ネットワークをリザーバーとして利用することも考えられるが、強い確率性などの従来のリザーバーとは質的に異なる側面があるとも考えられる。そこで、まず FRET ネットワークのダイナミクスがもつ性質を明らかにするために、その数理モデルを構築する必要がある。数理モデルが構築できれば、リザーバーコンピューティングへの応用だけでなく、FRET ネットワークに基づく新しい計算原理の検討にも用いることができる。

FRET 現象の基本である 1 段階の FRET の性質は、フェルスターの理論により既に理解されており (例えば [1] 参照)、多段階の FRET の性質もこれを基に理解できる。実際、先行研究 [2] において、フェルスターの理論を基礎とした多段階の FRET に対する連続時間マルコフ連鎖 (CTMC) モデルが提案されており、その性質がある程度理解されている。しかし、本研究で扱う FRET ネットワーク、すなわち複数の励起粒子からなるネットワーク上の多段階の FRET に対しては、我々の知る限り、数理モデルが提案されておらず、その性質が理解されていないようである。そこで、我々は [2] の CTMC モデルを拡張し、実際の量子ドットを用いた実験結果を定性的に再現するような FRET ネットワークの数理モデルを構築した [3]。現在我々は、上記の FRET ネットワークの数理モデルを数値的・理論的に解析し、その時空間ダイナミクスがもつ性質の理解に向けて取り組んでいる。

本研究は、JST CREST (JPMJCR18K2) の支援を受けたものである。

[1] J. R. Lakowicz, Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd ed., Springer, 2006.

[2] S. Wang et al., *Opt. Express*, 2016, 24 (14), pp.15528–15545.

[3] 中川正基, 豎直也, 西村隆宏, 白坂将, 谷田純, 鈴木秀幸, ”機械学習応用に向けた FRET ネットワークのモデリング,” 第十一回光塾ポスター発表, 2019 年 11 月 12 日.