

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能
2021年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

松本 卓也

大阪大学 大学院理学研究科
教授

神経ネットワーク型分子・ナノ材料システム

主たる共同研究者:

田中 啓文 (九州工業大学 大学院生命体工学研究科 教授)

永野 修作 (立教大学 理学部 教授)

研究成果の概要

分子・ナノ材料ネットワークに内在する神経型情報処理機能に着目し、分子配列・配向と情報処理の機能の学理を明らかにする。分子設計やデバイス設計からロボット搭載まで見据えた研究を実施し、分子科学と情報処理技術の融合を目指している。

松本グループでは、複合分子系における外部電界分布を明らかにするために、静電気力計測とトンネル電界放出を融合した新しい計測手法を開発し、分子層内部の電子状態アライメントを明らかにした。また、伝導性高分子に微細加工ギャップ電極を適用してES ホッピングを観測し、伝導性高分子におけるハバードギャップを始めて観測した。これらの成果は神経型情報処理に必要な非線形応答と時定数を導き出す基礎となるものである。このようにして求めた分子の構成・配列条件をネットワークとして実現するため、永野グループでは疎水性高分子の水面単分子膜形成方法を発展させ、新たにナノオーダーの導電性高分子ネットワーク構造構築手法を確立した。これにより、ネットワーク構造の精密化、三次元化が図れ、これまでのランダムにて行われてきたニューロモルフィックデバイス構造に分子精密制御が組み込めると期待される。このようにして作製したデバイスをロボット等に搭載して運用する条件として、生体に学んだノイズの活用は極めて重要である。田中グループでは、従来リザバー演算においてノイズ重畳は演算精度が著しく下落するという従来の定説に対し、材料系と演算条件を選択することで演算精度が向上する可能性があることを実験的に初めて確認した。

上記の成果は、物質による神経型情報処理実現のみならず、有機デバイス全般の電子状態エンジニアリングに寄与し、高い異方性を有する先端的導電フィルムへの応用展開が期待できる。また、物質というハードウェアでロボットを駆動することで、リアルタイム AI 制御が可能であることを示すなど、産業界に対する波及効果が大きい。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Shape-Dependent Conduction Regime in Self-Doped Polyaniline” Jiannan Bao, Y. Otsuka*, H. Ohoyama, and T. Matsumoto*, *J. Phys. Chem. C* 126, 8029–8036 (2022). DOI: 10.1021/acs.jpcc.1c10929
- 2) “Pulse width dependent operations of a Ag₂S island network reservoir” K. Minegishi*, Y. Shimizu and T. Hasegawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* 62, SG1032 (2023). DOI: /10.35848/1347-4065/acb8c0
- 3) “Ag₂S island network reservoir that works with direct optical signal inputs” Y. Shimizu, K. Minegishi, H. Tanaka and T. Hasegawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* 62, SG1001 (2023). DOI: 10.35848/1347-4065/acab0a
- 4) “In-Material Reservoir Implementation of reservoir-Based Convolution” Y. Tanaka, Y. Usami, H. Tanaka H. Tamukoh, *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2023)*, Paper ID 2056, Monterey, CA, USA, May 21-25 (22), (2023).