

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

2021 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

§ 1. 研究成果の概要

阪大・松本は独自の時間分解静電気力顕微鏡を発展させて、「神経型機能コア」の形成に必要な分子層深さ方向の電荷追跡技術を確立した。本手法は、電荷移動追跡という物性測定に基づいた分子設計を行い、デバイスの電気特性を制御し、神経型情報機能に結び付けるという原子・分子の自在配列をシステム機能に結び付けるための核となる計測手法である。さらに、神経型機能コアのネットワーク特性を計測するためのブリッジアレイ電極の作成にも成功し、実際に神経型の非線形特性を得て、高次関数の生成や相互干渉効果の取得に成功した。

立教大・永野の独自の単分子膜形成技術を用い、方向性ナノネットワーク形成物質である p 型導電性高分子(ポリ(3-アルキルチオフェン)系、PTB7-Th)および n 型導電性高分子(n2200)の単分子膜形成、水面圧縮による主鎖配向膜を形成し、それらの多層累積膜、交互積層膜の構築を行った。さらに、チオール末端ポリ(3-ヘキシルチオフェン)を Grignard 法により合成、金ナノ粒子を被覆した導電性高分子被覆金ナノ粒子を調製した。上記の手法を用いた導電性金ナノ粒子単一層膜の形成を行った。今後、デバイスとしての神経型機能コアとしての機能を確認する。山形大・松井の電界配向技術によるまた、カーボンナノチューブ積層ネットワーク膜の形成を行った。

九工大・田中は「神経型機能コア」ネットワークとして利用できる材料として数種に候補を絞り、リザーバー動作を確認した。早大・長谷川とともに複数の動的過程を利用することで周波数依存したリザーバー動作を確認した。リザーバー素子を用いてロボットハンドのセンサー出力信号を学習することで把持物体認識に高精度で成功した。ノイズによりリザーバー演算素子の学習能力増減を確認するため、周波数の異なる正弦波を入力した。急激に学習精度が増加する強度が存在した。立教大・永野に提供するための水溶性グラフェンナノリボンの作製手順を確立した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 松本グループ

- ① 研究代表者: 松本 卓也 (大阪大学大学院理学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 項目 1a: 単電子計測に基づく「神経型機能コア」の分子設計
 - 項目 1b: 金微粒子と自己組織化を用いた「神経型機能コア」の構築
 - 項目 1c: (田中 G と共同) ヒステリシスを導く「神経型機能コア」の構築

(2) 永野グループ

- ① 主たる共同研究者: 永野 修作 (立教大学理学部化学科 教授)
- ② 研究項目
 - 項目 2a: 「方向性ナノネットワーク」接続プラットフォームの構築
 - 項目 2b: (松本 G と共同) 方向性の付与による分子系フィードバック経路の構築
 - 項目 2c: (田中 G と共同) ナノ炭素物質を用いたネットワーク接続プラットフォーム構築

(3) 田中グループ

- ① 主たる共同研究者: 田中 啓文 (九州工業大学生命体工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 項目 3a: 「神経型機能コア」ネットワークの電気物性
 - 項目 3b: リザーバーによる時系列情報処理と非線形写像演算による分類 (音声と文字認識)
 - 項目 3c: (松本 G と共同) ノイズ注入による神経ネットワーク型情報処理の確率共鳴動作

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Emergence of In-Materio Intelligence from an Incidental Structure of a Single-Walled Carbon Nanotube-Porphyrin Polyoxometalate Random Network”, D. Banerjee, T. Kotooka, S. Azhari, Y. Usami, T. Ogawa, J. K. Gimzewski, H. Tamukoh, **H. Tanaka**,* *Adv. Intell. Syst.*, **4**, 2100145 (2022). DOI: 10.1002/aisy.202100145.
- 2) “In-materio Reservoir Working at Low Frequencies in a Ag₂S-island Network”, M. Nakajima, K. Minegishi, Y. Shimizu, Y. Usami, **H. Tanaka**, T. Hasegawa, *Nanoscale*, 2022, DOI: 10.1039/D2NR01439D.