

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの基盤技術
2017年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

福田 大治

産業技術総合研究所 計量標準総合センター
首席研究員

単一光子スペクトル計測によるイメージング技術開発と
細胞機能ヴィジュアライザの創生

§ 1. 研究成果の概要

単一光子スペクトル計測によるイメージングを実現するための要素技術開発と、細胞機能ヴィジュアルライザを構成する高精度細胞識別アルゴリズムの構築について、2021年度は以下の研究を実施した。

単一光子スペクトル計測の要素技術開発では、超伝導転移端センサ(TEs)の分光特性の向上とアレイ化デバイスの開発、及びマイクロ波マルチプレクシングデバイス(MW-Mux)の信号帯域の向上に取り組んだ。また、TEsの低雑音特性とエネルギー分散型特性を活用し、より高感度な単一光子スペクトル計測による細胞イメージ画像取得システムを開発した。これにより、従来よりも1/10から1/100程度の励起光強度である100 nWでも、明瞭なカラーイメージ画像が得られることを実証した。MW-Muxについては、広い信号帯域の実現に向けて共振周波数等の設計指針を見出し、チップを試作してその性能を実験的に検証した。

また、微生物細胞がつくる集合体(バイオフィーム)は複雑な立体構造を持っており、こうした立体構造は発酵生産や排水処理において有用であるだけでなく、感染症の難治化の一因とも指摘される。しかしながら、バイオフィームの立体構造の解析にはこれまで複雑な前処理が必要とされてきた。そこで、本研究では、無処理非染色での構造解析を容易にする撮像技術を開発した。これにより得た結果からバイオフィーム構造の新たなモデルを提案する等の取り組みを行った。

§ 2. 研究実施体制

(1) 福田グループ(産業技術総合研究所)

① 研究代表者:福田 大治 (産業技術総合研究所 物理計測標準研究部門 首席研究員)

② 研究項目

課題 1: 超広域計数率を持つ単一光子分光イメージングシステムの開発

課題 2: 超低励起強度下での高速イメージングシステム

(2) 野村グループ(筑波大学)

① 主たる共同研究者:野村 暢彦 (筑波大学 生命環境系 教授)

② 研究項目

研究項目 1 単一光子分光スペクトル測定装置を蛍光検出器とした生物対応共焦点顕微鏡による超低ダメージ自家蛍光パターン取得法の構築

研究項目 2 単一光子分光スペクトル測定法を利用した細胞機能の評価

(3) 山森グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者:山森 弘毅 (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 研究グループ長)

② 研究項目

研究項目 1: 超伝導周波数多重化チップの広帯域化

研究項目 2: 多重化チップ後段に配置される室温回路の広帯域化

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Niwa, K. Hattori and D. Fukuda, “Few-Photon Spectral Confocal Microscopy for Cell Imaging Using Superconducting Transition Edge Sensor,” Front. Bioeng. Biotechnol., 9, 789709 (2021).
- 2) C. Okano, K. Takabe, T. Hirayama, N. Nomura and Y. Yawata, “Three-dimensional morphology of bacterial community developed on the index-matched materials,” Sci. Rep., 11, 19508 (2021).