

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

2020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成

§ 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、2020年度は以下の研究を実施しました。

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)のアレイ化デバイスとその信号読出し回路であるマイクロ波マルチプレクシングデバイス(MW-Mux)の開発に取り組みました。アレイ化した光子測定素子の開発では、昨年度の $3 \times 3 = 9$ ch アレイ化素子を元に、これをさらに40 chまで多素子化して配列したデバイスを試作し、MW-Muxによる複数素子の同時読出しに取り組みました。各素子の電流電圧測定の結果、負の微分特性を持つ抵抗特性が観測され、試作した素子は超伝導状態となっていることを確認しました。これは、100 ch アレイ化素子の同時読み出しに向けて重要な一歩です。また、MW-Muxの素子開発の研究も、低雑音化と高速化の両立を目指した研究を進めました。読出線路や超伝導共振器、超伝導量子干渉素子などの回路パラメータの最適化を進め、設計値の妥当性を検証するための素子を試作し、その評価を行いました。その結果、雑音特性については、世界最高性能となる $9 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ の電流雑音特性を得ることに成功しました。また、広帯域化やチャンネル間クロストークの低減に必要な知見についても見出しています。また、単一光子分光スペクトル計測に適した共焦点顕微鏡の開発と細胞機能評価の研究も進めました。Hela/GFP細胞のレーザー出力に対する退色影響の検討を進め、微弱励起レーザー光照射下のイメージング像取得に取り組みました。また、高精度細胞識別アルゴリズムの構築では、細胞のストレスへの応答に応じて自家蛍光パターンが変化することを見出し、これにより、細胞のストレス状態を検出・評価することに成功しました。

§ 2. 研究実施体制

(1) 福田グループ

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

研究項目1: 単一光子スペクトル測定装置による生物蛍光発光スペクトルの測定

研究項目2: 超広帯域かつ高波長分解能をもつ超伝導光検出技術の開発

研究項目3: 単一光子スペクトル素子の集積化技術の開発

研究項目4: 非古典的な光子統計に基づく超解像イメージング (新型コロナウイルス感染に関する追加研究)

(2) 野村グループ

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

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: 読出し回路の高速化

研究項目2: 100 素子アレイ用読出し回路開発

【代表的な原著論文情報】

1) “Low-noise microwave SQUID multiplexed readout of 38 x-ray transition-edge sensor microcalorimeters,” Applied Physics Letters, vol. 117, no. 12, 122601, 2020.

2) “Reconstruction of Single-Cell Innate Fluorescence Signature by Confocal Microscopy”, Journal of Visualized Experiments, DOI:10.3791/61120, 2020.