

量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出
2018 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

小関 泰之

東京大学 大学院工学系研究科
教授

量子光源による超高感度分子イメージング

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、量子光源を用いることで、標準量子限界感度を上回る超高感度性を有する誘導ラマン散乱(SRS)顕微法を実現し、複数種の小さな生体分子を、高感度性・高速性・分子識別能をもって可視化する分子イメージング法を実現する。

2021年度の研究成果の概要は以下の通りである。

小関グループでは、2020年度に開発したピコ秒パルススクイーズド光源に対して、新規構成のコヒーレントコントロールサイドバンド法[1]による位相安定化を行うことで、量子増強 SRS 信号を長時間取得することに成功した。さらに、低損失顕微鏡光学系を導入し、量子増強 SRS 顕微鏡を製作し、テストサンプルのイメージング実験を進めた。また、広帯域ラマン信号取得のためのファイバーパラメトリック発振器の構築と、超低雑音ファイバーレーザーの開発を進めた。また、従来の高速 SRS 顕微鏡を用い、超多色イメージングや代謝イメージングなどの生物学・医学応用開拓実験も進めた[2]。

山下グループでは、高安定量子光源のための Er ファイバーレーザー光源の高出力化を進め、波長 800 nm 帯において 380 mW の出力パワーを得た。これは当初目標の 2 倍近い値である。

安井グループでは、SRS を含むマルチモーダル顕微鏡を用いて、避妊薬、麻酔薬等の薬剤分子の可視化実験や、脳内の水動態のイメージング実験を進めた[3]。

§ 2. 研究実施体制

(1) 小関グループ

- ① 研究代表者: 小関 泰之 (東京大学大学院工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・量子光源の位相安定化と量子増強 SRS イメージングの原理確認
 - ・広帯域波長可変光源・超低雑音光源の構築
 - ・SRS イメージングの生物学応用

(2) 山下グループ

- ① 主たる共同研究者: 山下 真司 (東京大学先端科学技術研究センター 教授)
- ② 研究項目
 - ・量子光源のためのファイバーレーザーの研究

(3) 安井グループ

- ① 主たる共同研究者: 安井 正人 (慶應義塾大学医学部薬理学教室 教授)
- ② 研究項目
 - ・SRS イメージングの生物学応用

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Taguchi, K. Oguchi, Z. Xu, D. Cheon, S. Takahashi, Y. Sano, F. Harashima, and Y. Ozeki, “Phase locking of squeezed vacuum generated by a single-pass optical parametric amplifier,” *Opt. Express*, vol. 30, pp. 8002–8014, 2022.
- 2) J. Shou, R. Oda, F. Hu, K. Karasawa, M. Nuriya, M. Yasui, B. Shiramizu, W. Min and Y. Ozeki, “Super-multiplex imaging of cellular dynamics and heterogeneity by integrated stimulated Raman and fluorescence microscopy,” *iScience*, vol. 24, issue 8, 102832, 2021.
- 3) R. Oda, J. Shou, W. Zhong, Y. Ozeki, M. Yasui, and M. Nuriya, “Direct visualization of general anesthetic propofol on neurons by stimulated Raman scattering microscopy,” *iScience*, vol. 25, no. 3, p. 103936, 2022.