

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトリソグラフィの基盤技術
2017年度採択研究代表者

2019年度 実績報告書

藤 貴夫

豊田工業大学大学院工学研究科
教授

超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応用

§ 1. 研究成果の概要

1. 新規トリウム再生増幅器とそれを光源としたコヒーレント赤外白色光発生

赤外光は、分子振動と共鳴している波長領域であり、古くから非接触・非侵襲的な計測で使用される光です。この研究プロジェクトでは、先端的な赤外線レーザーを構築し、これまでにないような高速で高分解能な計測方法を実現することを目指しています。本年度は、赤外領域である1940nmを中心波長としたパルスレーザーを開発しました。パルス幅は360fs(10^{-15} s)で、最大パルスエネルギー2mJ程度のパルスを発生するトリウム再生増幅器と呼ばれる装置です。この波長領域、パルスエネルギーで、レーザーから直接発生するレーザーパルスとしては最も短いパルス幅となります、そのパルスを新しく開発した偏波保持フッ化物ファイバーに入射し、可視光から中赤外光まで広がった超広帯域白色光を発生させることができました。その白色光の位相を評価し、再生増幅器の周回数によって、コヒーレンスが大きく変わることを見つけ、今後の赤外レーザー開発において、極めて重要な指針を得ることができました。

2. トリウムファイバーレーザーを光源とした3光子顕微鏡の開発

本プロジェクトで開発したトリウムファイバー増幅器の出力を3光子顕微鏡の光源として利用することを行いました。このパルスを用いて、波長600nm近傍の赤色光を吸収する蛍光タンパク質を発現させたHeLa細胞およびラットの脳細胞のスライスを、3光子蛍光イメージングによって観察することに成功しました。ファイバーレーザーから直接発生するレーザーパルスを用いて3光子蛍光イメージングを実現した初めての実験となります。

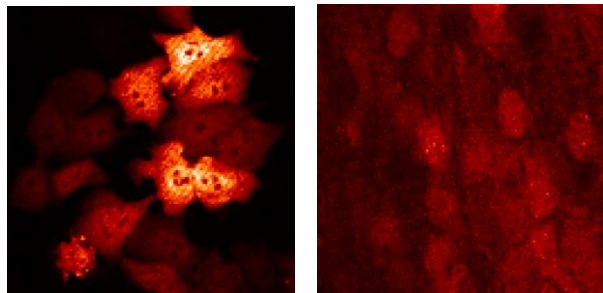


図 A: 本プロジェクトで開発されたレーザーによって観察した HeLa 細胞とラット海馬スライスのイメージ

【代表的な原著論文】

1. Seyed Ali Rezvani, Yutaka Nomura, Kazuhiko Ogawa, and Takao Fuji, “Generation and characterization of mid-infrared supercontinuum in polarization maintained ZBLAN fibers,” *Opt. Express*, vol. 27, No. 17, pp. 24499–24511 2019
2. Seyed Ali Rezvani, Yutaka Nomura, Takao Fuji, “Generation and Characterization of Mid-Infrared Supercontinuum in Bulk YAG Pumped by Femtosecond 1937 nm Pulses from a Regenerative Amplifier,” *Appl. Sci.* vol. 9 No. 16, 3399 2019

§ 2. 研究実施体制

(1) 藤グループ

- ① 研究代表者: 藤 貴夫 (豊田工業大学大学院工学研究科 教授)
※2019年9月まで自然科学研究機構・分子科学研究所、教授を兼任
- ② 研究項目
 - ・赤外ハイパースペクトラルイメージング装置の開発
 - ・赤外光パラメトリック増幅器の開発

(2) 野村グループ

- ① 主たる共同研究者: 野村 雄高 (自然科学研究機構分子科学研究所 助教)
- ② 研究項目
 - ・ファイバーレーザーおよび顕微鏡システムの改良
 - ・3光子顕微鏡による細胞のイメージング

(3) 古谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 古谷 祐詞 (名古屋工業大学大学院工学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・膜タンパク質試料の調製および活性確認
 - ・膜タンパク質-リガンド相互作用解析法の開発

(4) 村越グループ

- ① 主たる共同研究者: 村越 秀治 (自然科学研究機構生理学研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・3光子顕微鏡の開発
 - ・3光子顕微鏡用蛍光タンパク質の開発
 - ・3光子蛍光寿命イメージング顕微鏡の開発

(5) ファイバーラボ社グループ

- ① 主たる共同研究者: 堀田 昌克 (ファイバーラボ株式会社 代表取締役)
- ② 研究項目
 - ・超短赤外パルスファイバーレーザーの製品化
 - ・フッ化物(ZBLAN)ファイバーの試作製造