

Title	Two-photon electronic resonance imaging using stimulated parametric emission microscopy
Author(s)	山際, 将具
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57480">https://hdl.handle.net/11094/57480</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 際 将 員
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23766 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生命先端工学専攻
学位論文名	Two-photon electronic resonance imaging using stimulated parametric emission microscopy (誘導パラメトリック発光顕微法による2光子電子共鳴イメージング)
論文審査委員	(主査) 教授 伊東 一良  (副査) 教授 金谷 茂則 教授 福住 俊一 教授 宮田 幹二 教授 菊地 和也 教授 伊東 忍 教授 高井 義造 教授 渡部 平司 教授 兼松 泰男

## 論文内容の要旨

本論文では、誘導パラメトリック発光 (Stimulated Parametric Emission, SPE) 顕微法を確立するために、生体試料からの2光子電子共鳴 (Two-Photon Electronic Resonance, TPER) 発生の実証と、赤血球のような特殊な細胞以外の無染色生体試料による TPER イメージングの可能性を検討した結果をまとめた。高感度化および3次非線形感受率の振幅と位相の分離検出のために、二光束干渉型 SPE 顕微法を提案した。提案した手法を用いて、試料内物質の非線形感受率  $\chi^{(3)}$  の非線形位相を検出して、TPER の発生を直接的に実証した。無染色生体試料による TPER イメージングでは、Dual-band SPE 顕微法を用いて、無染色花卉組織の TPER イメージングが可能であることを見出した。以下に本論文の各章のまとめを述べる。

1章では、本論文の基礎となる、超短光パルス、非線形光学や非線形光学顕微法についてまとめた。また、SPE 顕微法の原理や応用を述べた。

2章では、二光束干渉型 SPE 顕微法を提案し、簡素な構成でショットノイズ限界に迫る高感度性を持つことを確認し、さらに植物細胞をイメージングして生体試料への実用性を確認した。

3章では、二光束干渉型 SPE 顕微法を用いて、生体試料の非線形位相イメージングによる TPER 発生の実証を試みた。実験では、ヘマトキシリン-エオシン染色したマウス腎組織を用いて、核を染色しているヘマトキシリンによる非線形位相シフトを確認し、TPER が生じていることを実証した。また、位相像に生じる位相揺らぎによるノイズが、数値微分処理によりほぼ除去できることも実証した。

4章では、Dual-band SPE 顕微法を用いて、無染色のペチュニア花卉組織で TPER イメージングが可能であることを見出した。また、光軸方向に画像を数値微分処理することにより、SPE 像のコントラストが向上することを確認した。

本研究を通じて、SPE 顕微法という新規手法が、非線形光学顕微法として無染色生体試料の観察に有用であることを実証した。

## 論文審査の結果の要旨

近年、生きた細胞を実時間観測する目的のために、無染色生体試料の3次元イメージングが可能な非線形光学顕微法が盛んに研究されている。本論文は、誘導パラメトリック発光 (Stimulated Parametric Emission, SPE) 顕微法という新規手法を確立するために、生体試料中の2光子電子共鳴 (Two-Photon Electronic Resonance, TPER) の実証と、無染色生体試料による TPER イメージングの可能性の検討を行った結果についてまとめたものである。高感度化および3次非線形感受率の振幅と位相の分離検出のために、二光束干渉型 SPE 顕微法を提案している。提案した手法を用いて、試料内物質の非線形感受率  $\chi^{(3)}$  の非線形位相を検出して、TPER の発生を直接的に実証している。無染色生体試料による TPER イメージングでは、Dual-band SPE 顕微法を用いて、無染色花卉組織の TPER イメージングが可能であることを見出している。以下に本論文の各章のまとめを述べる。

1章では、本論文の基礎となる、超短光パルス、非線形光学や非線形光学顕微法についてまとめている。また、SPE 顕微法の原理や応用について述べている。

2章では、二光束干渉型 SPE 顕微法を提案し、簡素な構成とショットノイズ限界に迫る高感度性を持つことを確認し、さらに植物細胞のイメージングを行い、生体試料への実用性を確認している。

3章では、二光束干渉型 SPE 顕微法を用いて、生体試料の非線形位相イメージングによる TPER 発生の実証を試みている。実験では、ヘマトキシリン-エオシン染色したマウス腎組織を用いて、核を染色しているヘマトキシリンによる非線形位相シフトを確認し、TPER が生じていることを実証している。また、位相像に生じる位相揺らぎによるノイズが、数値微分処理によりほぼ除去できることも実証している。

4章では、Dual-band SPE 顕微法を用いて、無染色のペチュニア花卉組織で TPER イメージングが可能であることを見出している。また、光軸方向に画像を数値微分処理することにより、SPE 像のコントラストが向上することを確認している。

以上のように、本論文は、試作した2種類の SPE 顕微鏡を用いて、生体試料中において2光子電子共鳴が生じていることを実証し、SPE 顕微法が新しい非線形光学顕微法として無染色生体試料の3次元観察に有用であることを実証している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。