

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12061 号
------	---------------

氏 名 川越 寛之

論 文 題 目

波長1.7 μm 帯OCTを用いた高分解能かつ高侵達な生体イメージング

(High-resolution deep-tissue imaging with 1.7 μm optical coherence tomography)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	西澤 典彦
委員	名古屋大学	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	教授	岸田 英夫
委員	名古屋大学	准教授	富田 英生

論文審査の結果の要旨

川越寛之君提出の論文「波長1.7 μm 帯OCTを用いた高分解能かつ高侵達な生体イメージング」は、波長1.7 μm 帯における高分解能な光断層計測（光コヒーレンストモグラフィー、通称OCT）を開発し、それを用いた生体イメージングの諸特性の解析を行ったものである。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、序論として、論文の背景として、生物学・医学分野における高分解能なイメージング技術の必要性・重要性が示され、OCTが有効なイメージング手法の一つであることを述べている。

第2章では、本論文で取り組むOCTの基礎と、広帯域光源を用いた超高分解能OCTイメージングについて、解説している。

第3章では、本研究で取り組む波長1.7 μm 帯を用いた高侵達生体イメージングについて、解説している。特に、水の吸収の極小があり、散乱の小さい波長1.7 μm 帯の有効性や可能性、これまでの研究状況や今後の課題を述べている。

第4章では、高散乱かつ高水分含有な試料におけるOCTイメージングの波長依存性について、実験的に解析した結果を述べている。ここでは、リピッド溶液を用いて生体ファントムを作成し、波長0.8 μm 、1.1 μm 、1.3 μm 、1.7 μm の4つの波長帯におけるOCTイメージングの侵達長や減衰係数を実験的に定量的に比較・評価した。そして、高散乱組織では、波長1.7 μm 帯が深部イメージングに有効であることを明らかにした。

第5章では、波長1.7 μm 帯の高出力広帯域光源を用いて、超高分解能OCTの高侵達化を実現した。まず、単層カーボンナノチューブを用いた高繰り返し超短パルスファイバレーザを開発し、その出力を増幅器と高非線形ファイバに導入して、高出力なスーパーコンティニューム(SC)光源を開発した。更に、それを光源に用いて波長1.7 μm 帯のOCTを開発し、イメージングの高侵達化を実現した。また、従来の波長1.3 μm 帯とのイメージングの比較も行い、開発したシステムにおける高侵達化を実証した。

第6章では、イメージングの高速化・高感度化を図るため、波長1.7 μm 帯のスペクトル領域(SD)OCTの開発を行った。長波長帯で機能するInGaAaのフォトダイオードアレイを検出器に用い、光学設計ソフトを用いて分光光学系を設計・開発して、広帯域かつ高分解能な分光計測システムを実現した。また、フルレンジ法という手法を用いてOCTイメージングの測定領域の倍増を図った。更に、開発した1.7 μm 帯SD-OCTを用いてマウス脳の3次元測定を行い、これまで観察が困難であった海馬組織の深部の高分解能かつ高速な3次元イメージングを実現した。

第7章では、波長1.7 μm 帯における超高分解能OCTを用いた生体深部イメージングにおける空間分解能を定量的に解析・評価した。ここでは、生体ファントムを用いて散乱と水の吸収、および波長分散の影響を定量的に解析・評価し、特に水の波長分散の影響が支配的であることを明らかにした。更に、実際に生体試料を用いてイメージングを行い、試料中の分散補償を適切に行うことによって、生体試料深部でも深さ方向約4 μm の高分解能なイメージングが可能であることを示した。

第8章では、本研究の結論と今後の展望をまとめている。

以上のように、本論文では、波長1.7 μm 帯における高分解能な光断層計測OCTに関し、高出力光源の開発による高感度化・高侵達化と、スペクトル領域OCTの開発による高速化を実現し、実際に生体深部のイメージングに成功している。また生体イメージングにおける波長依存性や、サンプル中での波長分散の影響を定量的に解析し、波長1.7 μm 帯の有効性や、適切な分散補償によって生体深部でも高分解能イメージングを実現できることを実証している。これらの成果は、今後のバイオイメージングや光計測・応用光学において重要な指針を示すものであり、学術・工業上、寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である川越寛之君は、博士（工学）の学位を受けるのに十分な資格があると判断した。