

論文内容要旨 (和文)

平成 17 年度入学 大学院博士後期課程 生体センシング機能工学専攻 生体計測科学講座

学生番号 05522408

氏名 Hrebesh Molly Subhash 

論文題目 Study on advancement of single-shot full-field optical coherence tomography

(単一露光光波鉛直断層画像測定法の高性能化に関する研究)

光波断層画像測定法(optical coherence tomography : OCT)は、低コヒーレンス干渉法の原理に基づいて、数 $10\mu\text{m}$ から数 μm の高い空間分解能で、生体などの多重散乱体の断層画像を無侵襲的に測定できる方法である。当初、画像測定の高速度化と簡素化のために、二次元干渉光学系とカメラを用いた full-field OCT (FF OCT) が提案され、画像横方向の走査なし断層画像が測定される。FFOCT で測定されるのは、試料表面に平行な内部の断層画像である鉛直断層画像である。この断層画像は試料表面に垂直な断層画像と含む情報が異なるために区別されている。

従来、FF OCT では鉛直断層画像を得るために位相シフト法が用いられてきたが、これは信号光と参照光の位相差を圧電素子などで制御し、位相差の異なる 3 から 4 枚の干渉画像を取得して、画像処理により断層画像を得る方法である。しかし、3 から 4 枚の干渉画像を測定するために、カメラ自体の測定速度に対して、FF OCT の時間分解能が $1/3$ から $1/4$ に低下する問題があった。これに対して、位相の異なる複数の干渉画像を同時に測定する single-shot FF OCT (SS FF OCT) が報告されたが、実用面からは光学系が複雑で、感度も十分でない問題があった。

本研究の目的は、SS FF OCT においてシンプルな構造と高感度化等の高性能化のために、光学系と信号処理アルゴリズムに検討を加えて、新規の SS FF OCT を提案し、その基礎特性と生体画像の測定を行い、工学の進展に寄与することである。

論文の主な内容は、次の通りである。

- 1) 光学系の小型化と安定化を目的に、ペアーのウェッジプリズムと組み合わせ波長板を用いて SS FF OCT を試作し、基礎特性と粗面試料の測定を行った。粗面試料として日本硬貨を用いて、縦 4mm x 横 4mm x 高さ $160\mu\text{m}$ の三次元形状を測定した。
- 2) 小型で低画像歪の 4 チャンネル位相ステッパを提案し、偏光干渉マイケルソン干渉計と小型 4 チャンネル位相ステッパを用いて SS FF OCT を試作した。これにより、鉛直断層画像に必要な 4 つの干渉画像を同時にカメラで取得でき、 $280\mu\text{m}$ x $320\mu\text{m}$ の画像領域が実時間で測定できる。さらに、高感度化のために生きたミジンコの臓器の動く状態が鉛直断層画像として、毎秒 5 フレームの速度で測定した。

(10pt 2,000 字程度 2 頁以内)

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 20年 8月 20日

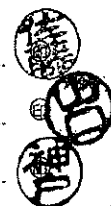
理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 佐藤 学

副査 山口 峻司

副査 神戸 士郎



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 生体センシング機能工学専攻
氏名 Hrebesh Molly Subhash

2. 論文題目

Study on advancement of single-shot full-field optical coherence tomography
(単一露光光波鉛直断面画像測定法の高性能化に関する研究)

3. 審査年月日

論文審査 平成 20年 7月 22日 ~ 平成 20年 8月 11日
論文公聴会 平成 20年 8月 11日
場所 工学部 9号館 300-2号室
最終試験 平成 20年 8月 11日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果

(1) 学位論文審査 「合格」
(2) 最終試験 「合格」

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	生体センシング機能工学専攻	氏名	Hrebesh Molly Subhash
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、単一露光光波鉛直断層画像測定法(single-shot full-field optical coherence tomography : SS FF OCT)の高性能化に関する研究について述べており、全5章で構成されている。フルフィールド OCT とは、組織表面に平行な内部の断層画像（鉛直断層画像）を測定する OCT であり、一度の露光でこの鉛直断層画像を測定するのが、SS FF OCT である。</p> <p>以下、各章について述べる。</p> <p>第1章：研究の背景として、現状の測定技術である X 線 CT, MRI, 超音波エコー法などの各種断層画像測定法と OCT との比較・位置付けを行い、OCT の特徴として高空間分解能、無侵襲性を述べ、さらに OCT の大別、現状の問題点を論じている。</p> <p>第2章：OCT の中で、本論文が取り上げているフルフィールド OCT の位置づけ、問題点を述べ、次に SS FF OCT の研究状況を述べ、光学系の複雑さによる画像歪、感度の低下、校正アルゴリズムの複雑さなどの課題を明らかにしている。</p> <p>第3章：光学系の小型化とアルゴリズムの単純化を目的に、ヘアーのウェッジプリズムと組み合わせ波長板を用いて SS FF OCT を試作し、基礎特性と粗面試料の測定を行った。深さ方向と横方向空間分解能は、それぞれ 10μm, 35μm であり、測定速度は 28frames/sec で鉛直断層画像の実時間測定が可能である。粗面試料として日本硬貨を用いて、縦 4mmx 横 4mmx 高さ 160μm の三次元粗面形状を測定した。</p> <p>第4章：小型で低画像歪の 4チャンネル位相ステッパを提案し、偏光干渉マイケルソン干渉計と小型 4チャンネル位相ステッパを用いて SS FF OCT を試作した。これにより、鉛直断層画像に必要な位相差 0°, 90°, 180°, 270° の 4つの干渉画像を同時にカメラで取得でき、225μm x 225μm の画像領域が実時間で測定できる。深さ方向と横方向空間分解能は、それぞれ 20μm, 4.4μm であり、測定速度は 28frames/sec で鉛直断層画像の実時間測定が可能である。死後直後のミジンコを用いた測定では、縦 280μm x 横 320μm x 高さ 350μm の三次元断層画像が得られた。さらに、生きたミジンコの背中から 170μm 深部で臓器の動く状態が鉛直断層画像として、5frames/sec の速度で測定できた。</p> <p>第5章：全体の総括と考察及び今後の展望について論じている。</p> <p>本論文では、光学的かつ画像処理の点から SS FF OCT に関して検討を行った結果がまとめられている。各章から得られた知見は学術的に有意義であり、SS FF OCT の高性能化に関して有用な成果が得られていると判断した。</p> <p>本研究の成果として、欧文誌で2件が掲載済、1件は投稿中、国際会議では2件、国内学会では7件が報告されている。以上より、本論文が学位論文として十分であると認め、合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>学位論文公聴会における質疑応答、及び個別面接試問を通して、関連する知識、理解力、洞察力、問題解決能力など博士（工学）として必要とされる広範囲の能力、ならびに語学力を検査した結果、十分な能力を備えていると認められ、合格と判定した。</p>			