

Title	光と超音波の相互作用を利用した生体内部の3次元計測に関する研究
Author(s)	日坂, 真樹
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/42052
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	日坂真樹
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第15422号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	光と超音波の相互作用を利用した生体内部の3次元計測に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 河田 聡 (副査) 教授 石井 博昭 教授 高井 義造 助教授 笠井 康弘 助教授 谷田 純

論文内容の要旨

本論文は、生体組織内の特定の局所を超音波で標識することによって、組織深部の観察を実現する光計測手法の原理について提案・検討を行った結果をまとめたものであり、本論5章、および総括から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、および論文内容についての概略を述べている。

第2章では、光と超音波の相互作用を利用した光計測法の原理を、レーリーの散乱理論を用いて構築し、パルス超音波の伝搬に伴って散乱体内部の深さ方向の複素誘電率分布を計測できることを理論的に明らかにしている。さらに、超音波と光の照射許容量に関する安全基準をもとに本光計測法における測定深さ限界を議論し、既存の光計測手法に対する有効性を示している。

第3章では、光束に対して同一方向から収束超音波を照射する超音波トランスデューサーヘッドを設計・試作し、超音波による散乱光を試料裏面側で検出・測定する透過型光計測装置を試作している。さらに、装置評価用の試料の作製とその特性評価を行っている。

第4章では、提案する手法の有効性を検証する実験結果について述べている。パルス超音波が試料を伝搬し、光吸収物体の配置位置を通過したときのみ散乱光強度が変調していることより、試料内部の光吸収分布を測定できることを実験的に示している。実験より、厚さ10.0mmの試料に対し、面内方向に0.3mm、奥行き方向に1.5mmの空間分解能を得ている。また強散乱体(散乱係数 2.0cm^{-1})中に埋め込まれた吸収物体の測定や、吸収分布を有する物体の場合においても、本計測法が有効であることを示している。

第5章では、光と超音波の相互作用を利用した反射型光計測法について議論している。超音波の粗密波による複素屈折率面に対して光を高入射角から照射する系を用い、光が超音波の一波面によって反射されることを示している。さらに、散乱体中に吸収物体の分布や散乱体に濃度分布が存在する場合について測定を行い、物体の位置情報と濃度分布を測定できることを示している。

総括では、本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

生体内部の構成分子やその分子状態を測定できる光計測は、生体組織内部の形態、さらには生命活動情報を無侵襲に観察する手法として、近年医学・生物学において注目されている。本論文は、生体組織の局所部位を超音波で標識することにより、既存光技術では困難とされていた生体組織の深部の観察を高分解能で実現する光計測法の原理について提案・検討を行っている。これは光計測に超音波技術を融合する新しい着想をもとにしている。主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 散乱体内部の深さ方向の複素誘電率分布を、超音波の伝搬に伴う光散乱断面積の時間変化から計測できることを散乱理論を用いて示し、光と超音波の相互作用を利用した光計測法の原理を明らかにしている。さらに、パルス状の超音波を導入することで、奥行き方向に対して空間分解能を有する計測が可能であることを理論的に示している。
- (2) 光と収束パルス超音波を同一方向から試料に照射する透過型光計測装置を開発し、パルス超音波が複素誘電率分布を持つ試料を伝搬する際に散乱光強度の変調信号が時間変化することから、試料深部の3次元光学空間分布を測定できることを実験的に示している。さらに試料の奥行き方向に空間分解能を有することを実験的に検証し、散乱体深部をサブミリメートルオーダーの空間分解能で観測することに成功している。また強散乱体中の光吸収物体や、光吸収分布を有する物体の可視化に成功しており、生体組織の計測への可能性を明らかにしている。
- (3) 光が超音波により誘起された複素屈折率面で反射することを実験と数値解析により示し、散乱体試料に対してその有効性を検証している。さらに、強散乱体中に光吸収分布や光散乱濃度分布をもつ試料の観察において本手法が有効であることを示している。

以上のように、本論文では、光計測法に超音波技術を導入することにより散乱体中の深部を高分解能で測定する手法について提案し、理論的・実験的にその有効性を示している。本研究で得られた成果は、強散乱体における光計測が抱える問題に対する一つの新たな知見を与え、小型かつ安全性の高い3次元生体計測法の有用性を示唆し、応用物理学、特に医用生体工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。