

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	レーザダイオードを用いた光音響測定による細い血管における動脈硬化の評価
Title(English)	Characteristics of arteriosclerosis in thin blood vessel through laser-diode-based photoacoustic measurement
著者(和文)	
Author(English)	Kun Wang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12904号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 健太郎,徳田 崇,山口 雅浩,和田 裕之,鈴木 左文
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12904号, Conferred date:2024/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Wang Kun	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	中村健太郎	教授	鈴木 左文	教授
	審査員	徳田 崇	教授		
		山口 雅浩	教授		
	和田 浩之	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Characteristics of arteriosclerosis in thin blood vessel through laser-diode-based photoacoustic measurement”と題し、英文7章から構成されている。

第1章“Introduction”では、動脈硬化症はいくつかの重篤な疾病の背景にあること、また、それが全身に起こることが多いことから抹消にも症状が現れることを指摘している。そのため、指先などの抹消の血管の状態を非観血的かつ短時間に評価できる手法が望まれていると述べている。これに対し、光超音波測定により血管径や硬さ、血管内のコレステロール量などを定量的に求める手法を開発し、動脈硬化症の迅速なスクリーニングに利用できる診断装置を実現するためのさまざまな基礎技術を開発・検証することが本研究の目的であると述べている。

第2章“Photoacoustic excitation of acoustic mode in a tube”では、光パルスを血管に照射した際に起きる音響現象についてまとめている。すなわち、血管のような細管内の音響共振モードの形状と固有周波数について述べている。パルス光のパルス幅と発生する光音響信号の強度の関係から、細管内の音響共振モードの固有周期の半分のパルス幅の照射光により効率よく光音響信号が発生するとしている。また、実際の血管のように管壁が柔らかくなると共振はブロードになるが、内径1mmの模擬血管では1.5MHz程度に卓越した信号成分が存在することを確かめている。

第3章“Directivity of photoacoustically generated ultrasound from a thin tube embedded in the soft phantom”では、照射光の減衰から血管断面半分にのみ音源を設定した簡易な有限要素法モデルを作り、光音響信号の放射指向性を卓越周波数毎に数値計算により求めている。その結果は実験結果をよく表していることを確かめている。ガラスキャピラリーのような硬い細管に比べて血管のような柔らかい管では指向性は弱く、診断装置における光の照射方向と超音波の受信方向の設計自由度は高いとしている。

第4章“Estimation of the composition ratio of two contents filled in an elastic thin tube through laser-diode-based photoacoustic measurements”では、オリーブオイルと赤インクによりコレステロールを含む血液を模擬し、それをシリコン細管に充填した試料を用いて光音響測定を行っている。オリーブオイルと赤インクの吸収波長の違いから、2つの光波長を適切に選択して用いることで、それぞれの光波長による光音響信号の大きさの比からオリーブオイルの含有率を推定する方法を提案し、実験により検証している。

第5章“Photoacoustic properties of narrowed tubules induced by beef fat”では、コレステロールがたまって断面面積が減少した微小血管を模擬するファントムを、シリコン細管と牛脂を用いて作製し、その光音響応答を測定、評価している。発生した光音響信号を周波数解析し、牛脂による血管内の断面面積の減少により卓越周波数が上昇することを実験的に確かめている。このことにより微小血管の断面の閉塞率を推定できるとしている。

第6章“Photoacoustic signal from thin blood vessel in human's finger”では、人の指の直径1mmオーダの微小血管について試作装置により測定し、光音響信号の時間波形およびその周波数特性について検討している。実際の血管の光音響信号では卓越周波数が2つに分かれたが、これは、3重壁の血管モデルによる数値シミュレーション結果から、実際の血管壁が多重構造であることに起因していると述べている。

第7章“Conclusions and future work”では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

以上を要するに本論文は、直径1mm以下程度の微小血管の光超音波信号の性質を詳細に調べて、血管の内径や硬さ、血管内の血液のコレステロール量やプラークの発生状況など定量的に知るための原理を示したもので、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。