

2021年 8月 17日

豊橋技術科学大学長 殿




電気・電子情報工学専攻
学位審査委員会
委員長

石川靖彦



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

| | | | | |
|---|---|---|--------------------------------|------------|
| 学位申請者 | Edo Bagus Prastika | | 学籍番号 | 第 189202 号 |
| 申請学位 | 博士 (工学) | 専攻名 | 大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻 | |
| 博士学位論文名 | Development of three-dimensional physical property imaging method for layered materials using ultrasound (超音波を用いた層構造物質の三次元物性量イメージング法の開発) | | | |
| 論文審査の期間 | 2021年 7月 15日 ~ 2021年 8月 17日 | | | |
| 公開審査会の日 | 2021年 8月 3日 | 最終試験の実施日 | 2021年 8月 3日 | |
| 論文審査の結果* | 合格 | | 最終試験の結果* | 合格 |
| 審査委員会(学位規程第6条) | | | | |
| 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 | | | | |
| 委員長 | 滝川 浩史 |  | | |
| 委員 | 澤田 和明 |  | | 印 |
| | 穂積 直裕 |  | | 印 |
| | | 印 | | 印 |

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

超音波は光に比べて透過性が高く、深部に至る断層像を得ることができる。得られた断層像は音速や弾性率など弾性特性の空間分布に由来する。しかし従来の方法は異なる弾性特性をもつ領域の境界からの反射の強さを画像化しているため、形状は判るが物性量は表示されない。本論文ではこれを硬さに関係する音響インピーダンスや、内部の帯電電荷量といった物性量で表示する方法を提案している。

本論文は7章から構成され、第1章では研究の背景として超音波による断層イメージングの歴史を述べるとともに、新たな手法として定量イメージングを提案している。第2章では、音響物性による三次元イメージングを実現するための計測方法と信号処理方法を準備している。第3章では生体皮膚を対象とし、100 MHz程度まで広がる集束超音波を使って三次元音響インピーダンスイメージングを行い、角層、表皮および真皮が明瞭に識別できることを実証している。第4章では、深さ方向の音響インピーダンス分布を計算するために必要となる安定した規格化処理をできる限り高速に行うことを目的とした最適化手法の検討を行っている。第5章では、400 MHz以上までの広帯域に広がる集束超音波による計測結果にもとづき、培養細胞内部の三次元音響インピーダンスイメージングを行っている。第6章では、同様の手法を工業的応用に展開するため、多層塗装膜内部の音響インピーダンス分布や、超高压電力ケーブルおよび接続部の内部帯電電荷量の二次元、三次元像の取得を行っている。第7章では全体をまとめるとともに、医学生物学および工業的応用と将来課題に言及している。

審査結果の要旨

本論文では、内部構造の境界面からの反射強度を画像化していた超音波断層イメージングの新しい手法として、広帯域パルス超音波のエコー波形をもとに音響インピーダンスや帯電電荷量といった物性値を表示することを提案している。その過程で、物性が既知である反射体からの反射波形を参照した逆畳込み(規格化)処理を行う必要があるが、よく行われる高速フーリエ変換を利用した周波数領域の計算では信号成分が小さい低周波帯でスプリアスが発生する。これを避けるために時間領域で逆畳込み処理を行うと計算時間が増大する。そこで両者を相補的に利用した複合領域逆畳込み処理を提案し、実際に計測した波形に適用してその効果を定量的に評価している。超音波ビームに沿った音響インピーダンスへの変換においては、試料に接する基板の物性を参照し、時間領域の反射係数から逐次音響インピーダンスに変換するアルゴリズムを開発している。

以上の準備のもとに、生体皮膚と培養細胞の内部構造を三次元音響インピーダンス像として表示することに成功している。生体皮膚においては加齢にともなう数値の変化、培養細胞においては化学固定前後の数値の変化が、いずれも非侵襲・無染色で見えるようになった。工業的応用として、塗装被膜に同様の手法を適用し、多層被膜の均一性の評価につながる断層像を得るとともに、エコーの伝搬距離が大きい超高压ケーブルと接続部に適用し、高電圧印加時の内部帯電の評価が可能となることを示している。

これら一連の成果は、超音波イメージングの新しい応用を導くものであり、国内外の学会において高い評価が得られている。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと判断した。

(各要旨は1ページ以上可)