

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	超音波エコー信号の振幅確率分布モデルを用いた肝線維化定量評価手法の研究
Title(English)	Study about quantitative evaluation method of liver fibrosis using probability distribution model of ultrasound echo envelope
著者(和文)	森翔平
Author(English)	Shohei Mori
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10634号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:蜂屋 弘之,奥富 正敏,倉林 大輔,大山 真司,塚越 秀行,山口 匡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10634号, Conferred date:2017/9/20, 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		森 翔平	
		氏 名	職 名		氏 名	職 名
論文審査 審査員	主査	蜂屋 弘之	教授	審査員	塚越 秀行	准教授
	審査員	奥富 正敏	教授		山口 匡	千葉大学 教授
		倉林 大輔	教授			
		大山 真司	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「超音波エコー信号の振幅確率分布モデルを用いた肝線維化定量評価手法の研究」と題し、和文全6章で構成されている。

第1章「序論」では、背景となる医用超音波画像診断の現状と問題点について述べ、構築が進められている超音波定量診断の枠組みと、その中で本研究の目的について述べている。医師は、病変の進行により生じる超音波画像上の変化により診断情報を得ているが、生体組織構造の変化との定量的な検討は十分でない。本研究では、画像の変化を評価する解析手法として超音波エコー信号の振幅確率分布に着目し、肝線維化進行に伴う組織構造変化を反映した振幅分布モデルとして、組織に対応したレイリー分布を複数組み合わせたマルチレイリーモデルを提案し、このモデルを利用し肝線維化の初期段階から進行度を定量的に診断できる手法の開発を目的としている。

第2章「超音波画像診断装置を用いた肝線維化診断」では、超音波画像診断装置の原理について述べ、肝臓の組織構造と肝エコー信号が微小散乱体からの干渉の結果であること、および、肝線維化に伴うエコー信号の変化について説明している。また、超音波による肝病変の定量診断手法を概説し、超音波のエコー信号を用いた肝炎の生体組織性状を定量評価するために提案されている従来の振幅確率分布モデルについて整理している。

第3章「マルチレイリーモデルを用いた肝線維化定量評価手法」では、超音波エコー信号の振幅確率分布を用いて肝線維化を定量評価するため、肝線維化進行による組織構造変化を反映したマルチレイリーモデルを提案し、本モデルに基づき線維組織の量や硬さに対応する定量的な肝線維化パラメータを推定する手法について述べている。生体組織性状を評価する際に、従来提案されている種々の振幅確率分布モデルとマルチレイリーモデルの推定精度を、臨床画像を用いて比較し、マルチレイリーモデルは他のモデルよりも線維性肝組織の振幅確率分布を高精度に推定できることを示している。さらに、マルチレイリーモデルを用いた肝線維化パラメータ推定の特性を明らかにするため、数値シミュレーションによる評価を行い、本モデルを用いて臨床的に十分な精度を持つ肝線維化定量評価を行うためには、血管壁などの微小ではあるが肝臓組織の干渉信号に比べ強い反射のある構造物からの信号を除去すること、超音波肝画像中の組織の構成要素数を判定し、その結果を反映し解析を行うことが精度向上に必要であることを明らかにしている。

第4章「臨床画像に対するマルチレイリーモデル評価の高精度化」では、臨床的に十分な精度を持つ肝線維化定量評価手法を確立するため、種々の課題について評価を行っている。はじめに、超音波ビーム幅が肝線維化評価に与える影響を評価し、ビーム幅の影響により線維推定量は少なく見積もられるものの、補償することが可能であることを述べている。次に、血管壁などの微小構造物からの反射強度の強い信号を除去する手法について検討している。このような信号が存在すると、多数反射体による干渉によるエコー信号を近似するマルチレイリーモデルのモデル近似精度が低下するが、微小強反射体からの信号は振幅確率分布上で高振幅部に不連続な分布をもつ特徴を用いると、効率よく除去することが可能であることを述べている。さらに、超音波肝画像中の組織の構成要素数推定手法の検討を行い、解析データから求めたモーメントより、定量的に組織の構成要素数を推定する新たな方法を提案している。以上の改善手法を組み合わせると肝線維化パラメータを推定すれば、肝線維化進行に伴う組織構造変化を定量的かつ高精度に評価できると述べている。

第5章「超音波ビーム分解能を維持した肝線維定量画像」では、前章までの成果を利用し、マルチレイリーモデルに基づき超音波ビーム分解能を維持して肝線維定量画像を高精度に作成する新たな手法を提案し、臨床画像に対して評価を行っている。肝線維確率画像を用いると、肝線維化進行に伴い線維組織量が増えていく様子を、初期病変から定量的に可視化でき、本手法の有用性が示されている。提案の線維確率画像化手法は、これまでの動的な振幅閾値処理による線維抽出手法よりも初期肝炎の検出能が高い優れた方法である。

第6章「結論」では本論文の成果を総括し、残された課題と今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、超音波診断装置で取得される超音波エコー信号の振幅確率分布に着目し、びまん性肝疾患の線維化を定量的に評価する手法を提案し、シミュレーションと臨床画像による検討を行い、その結果から、新たな線維化評価システムを構築し有効性を示したもので、工学的・工業的に貢献するところ大である。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

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。