T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

論 文 要 約

THESIS OUTLINE

専攻： Department of	機械制御システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	森 翔平	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	蜂屋 弘之 教授

要約

Thesis Outline

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，その中での本研究の位置づけと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確率分布モデルとして各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た，肝線維化進行度を初期段階から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て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進展度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や臨床画像評価を行い，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。つぎに，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，多数反射体の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が振幅確率分布上で高振幅部の不連続な分布となる特徴を用いると，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を用いて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て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ることを示している。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。

論 文 要 約

THESIS OUTLINE

専攻： Department of	機械制御システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	森 翔平	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	蜂屋 弘之 教授

要約
Thesis Outline

This dissertation intensively focuses on a quantitative evaluation of liver fibrosis based on probability distribution properties of ultrasound echo envelope. A quantitative diagnostic method of liver fibrosis using ultrasound B-mode image is highly required because of its noninvasive and real-time properties. The terminal objective of this dissertation is to establish a quantitative evaluation method of liver fibrosis which effectively works in a clinical environment by using a probability distribution model of ultrasound echo envelope.

We first propose a multi-Rayleigh model to express the probability distribution of ultrasound echo envelope from the fibrotic liver. The multi-Rayleigh model is a combination model of Rayleigh distributions with different variances and each Rayleigh distribution expresses each tissue in the fibrotic liver such as nodule, normal and fibrotic tissues. Using fibrotic component's parameters in the multi-Rayleigh model, the quantitative liver fibrosis parameters which correspond to the amount and progression of fibrotic tissue can be estimated.

We next address the several challenges to establish a quantitative evaluation method of liver fibrosis based on the multi-Rayleigh model which effectively works in the clinical environment. First, we quantify an effect of ultrasonic beam width. Then, we propose a removal method of high intensity signals from a small vessel wall and an estimation method of a number of tissue components. By combining these methods, the tissue structural change caused by liver fibrosis can be quantitatively and accurately evaluated using the multi-Rayleigh model.

We finally propose quantitative visualizing methods of fibrotic tissue. Using fibrotic component's parameters in the multi-Rayleigh model, the ultrasound B-mode image is converted to a quantitative fibrotic probability image. Evaluation results for simulated ultrasound B-mode image and clinical data reveal that the fibrotic probability imaging method has high detection capability at an initial stage of liver fibrosis compared with a conventional dynamic threshold processing for ultrasound echo envelope.

This dissertation concludes that evaluation methods based on the multi-Rayleigh model give quantitative information to diagnose progression of liver fibrosis.