

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02108

研究課題名(和文) 複数の生体組織音響特性の融合による慢性肝疾患の高精度超音波定量診断の実現

研究課題名(英文) Enhanced diagnostic accuracy for quantitative ultrasound of the chronic liver by the fusion of acoustic characteristics

研究代表者

蜂屋 弘之 (Hachiya, Hiroyuki)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：90156349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：慢性肝疾患の定量診断を目的に、疾患の進行により変化する複数の生体組織音響特性を融合することにより、生検を超える安定度と臨床的に十分なロバスト性を持つ非侵襲な慢性肝疾患の定量診断手法の開発を試みた。生体中のせん断波伝搬速度、減衰の周波数依存性について種々の方法で計測を行い、せん断波伝搬で得られる肝病変情報について把握した。さらに、超音波画像の振幅確率分布から、線維化情報を抽出する方法の最適化を行い、初期病変においても高い検出精度を得ることを可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、生体組織は複雑で、生体組織の音響特性から病変の定量診断を行うのはむずかしいと考えられてきた。われわれは、音響的構築が変化するとどのような信号変化が生じるのかを詳細に検討し、複数の音響特性を融合することで、組織線維構造の情報を抽出する新しい定量診断技術を開発した。この成果は、病変の進行による生体組織の音響的变化と超音波画像の関係を理解するという「超音波定量診断学」の確立に寄与し、超音波医学分野への本質的な貢献である。

研究成果の概要(英文)：For the quantitative diagnosis of chronic liver disease, we tried to develop a noninvasive quantitative diagnosis method of chronic liver disease with clinically sufficient robustness by fusing multiple acoustic properties of living tissues that change with the progression of disease. The frequency dependence of shear wave propagation velocity and attenuation in the living body was measured by various methods, and the knowledge about liver lesion information obtained by shear wave propagation was obtained. Furthermore, we optimized the method of extracting fibrosis information from the amplitude probability distribution of ultrasound images, and made it possible to obtain high detection accuracy even in early disease stages. This result is an essential contribution to the field of ultrasonic medicine.

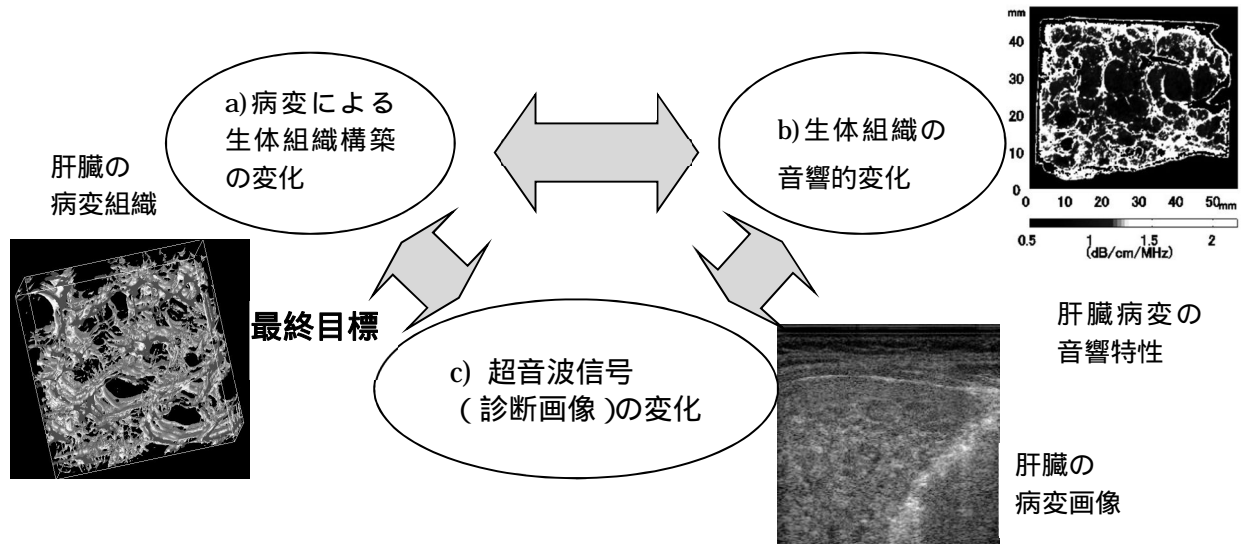
研究分野：医用超音波工学・超音波応用計測

キーワード：超音波医学 定量診断 肝炎 びまん性肝疾患 エラストグラフィー shear wave

1. 研究開始当初の背景

超音波による医用画像は、安全かつリアルタイムな診断手法として大きな成果をあげ、超音波診断装置は広く普及している。しかし、超音波画像診断は医師の経験や熟練を必要とする上に、診断情報は形態的な情報が主で、臨床的な定量診断手法としては、確立したものがなかった。この原因の一つは、診断時に得られる超音波信号の変化と生体組織の音響特性の変化との関係が十分解明されていないことである。病変による生体組織音響特性変化と、それによる超音波信号変化について信頼できるデータは、意外なほど少ない。特に、臨床診断に重要な、病変初期段階の定量的理解は極めて不十分であった。

われわれは、「a)生体組織構築の変化」、「b)生体組織の音響的变化」、「c)超音波信号の変化」を明確に区別し、超音波により取得される情報をすべて利用した次世代の定量診断技術をめざし、ひとつひとつの要素を丹念に実証しながら「超音波定量診断学」の構築を進めてきた。



研究開始当初、肝臓の超音波反射信号の振幅確率分布をモデル化する方法が提示され、そのモデルを用いることにより、肝臓内の線維化組織の情報を定量化することができ、線維確率画像が取得できることが示されていたが、初期病変の検出感度については、十分な検討が進んでいなかった。

2. 研究の目的

年間数万人が死亡する肝疾患が、本研究の主要な対象である。これまでの成果を基盤に、疾患の進行により変化する複数の生体組織音響特性を融合することにより、生検を超える安定度と臨床的に十分なロバスト性を持つ非侵襲な慢性肝疾患の定量診断手法を実現することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

肝病変の定量診断、とくに初期病変の検出精度の向上を実現するために、

- (1) 縦波・横波伝搬と減衰を考慮できる病変組織モデルの開発
- (2) 音響特性変化モデルを用いた超音波の送受により臨床的に得られる複数の音響特性情報の理解
- (3) 臨床的に得られる複数の生体組織音響特性を融合し、初期病変にも十分な感度をもつ慢性肝疾患の高精度定量診断の確立

を基本方針として、研究を進めた。

具体的な内容について述べる。

従来の縦波による超音波エコー信号を用いた定量解析手法に、肝臓内を伝搬する横波(せん断波)による情報を付加する効果について検討を加えた。本補助金により超音波のエコー信号を多数高速で取得できる実験用プラットフォームを整備し、生体模擬ファントムを用いて、剛性・粘性、加振方法などを変化させながら、ファントムの表面、内部を伝搬する横波(せん断波)を観測した。加振周波数は20 Hzから200 Hzである。測定結果から、せん断波の伝搬特性のモデル化を行い、臨床的な装置で得られる音響特性についての理解を深めた。

平行してこれまで開発してきた超音波断層画像から線維組織を抽出する手法の最適化を行い、この抽出結果とせん断波伝搬速度計測を組み合わせ、診断精度を向上させる方法の検討を進めた。線維組織の抽出する手法では、臨床データの超音波反射信号が、「正常組織+線維組織」の組み合わせでモデル化し、線維化の進行度を評価する。この推定には、反射信号の統計量を入力として用いるが、この統計量と推定精度の関係を検討し、初期病変の検出感度を向上させる最適な入力パラメータを探索した。

4. 研究成果

生体模擬ファントムを用いて、ファントム中を伝搬する横波（せん断波）の伝搬を観察し、せん断波の伝搬速度の周波数依存性について測定した。ファントムは、静的剛性率や、粘性を変化させた。せん断波を発生は、ファントムの表面を、インパルスで加振、または、周波数を変化させたパースト波による加振することで行った。発生させたせん断波の伝搬は、超音波エコー画像とレーザードブラ振動計により観測した。超音波エコー画像のフレームレートはおよそ 3900 Hz である。レーザードブラ振動計では、表面を伝搬する波動を観測し、超音波エコー画像では表面の加振点から内部へ伝搬する波動の様子を測定した。図 1 にファントム内部を伝搬するせん断波を高フレームレートの超音波画像取得装置により、せん断波を観測した結果を 10 ms ごとに示したものである。図中、赤色系は振動速度が正、青色系は振動速度が負の波動を示している。図 2 には、加振周波数を変化させながら、せん断波伝搬速度を計測した結果を示す。粘性のないファントム（黄線）と、粘性のあるファントム（青線）の計測結果である。粘性のあるファントムでは周波数によりせん断波の伝搬速度が異なっている。肝臓におけるせん断波は、肝臓の線維化と関係があることが知られているが、粘性のある生体組織では、伝搬するせん断波の周波数成分も把握することが、重要であることが明らかとなった。さらに、機械的インパルス加振による臨床診断装置の伝搬波形を把握でき、距離ともに変化する波形を観察し、せん断波の減衰の周波数依存性も測定し、モデルとの比較を行い、良好な結果を得た。

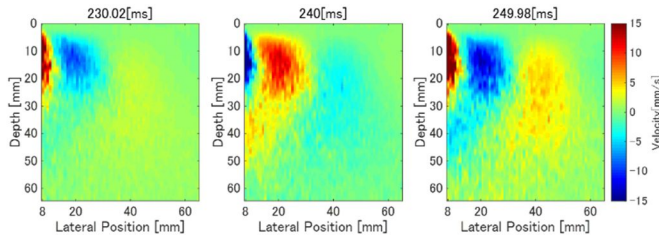


図 1 ファントム内部を伝搬するせん断波

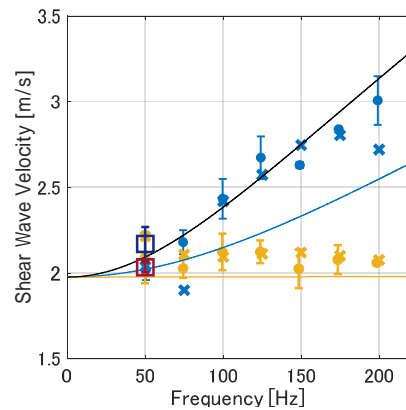


図 2 せん断波伝搬速度の周波数特性

これまで、開発を進めてきた超音波断層画像から線維組織を抽出する手法について、最適化を行い、抽出できる病変情報の特徴について検討した。本手法では、臨床データの超音波反射信号が、「正常組織 + 線維組織」の組み合わせによって表現できることに基づいており、反射信号の振幅確率密度関数を、次式のように複数のレイリー分布を組み合わせによりモデル化している。

$$p_{mix3}(x) = \alpha_L p_L(x) + \alpha_H p_H(x),$$

ここで、 $p_H(x)$, $p_L(x)$ はそれぞれ線維組織、正常組織からの反射波の振幅確率密度を示すレイリー分布である。 α_H, α_L はそれぞれの成分比を示す重み係数であり、 $\alpha_L + \alpha_H = 1$ である。複数のレイリー分布の推定には、反射信号のモーメントを入力として用いるが、最適な入力モーメントを非整数次にまで広げた探索を行い、初期病変の推定精度の向上を図った。図 3 に従来法 (a) と最適な入力を用いた場合 (b) の比較を示す。最適推定値は、推定結果が設定値周囲に集中しており、精度が高い。図 4 に最適入力モーメントによる推定結果を示す。半径方向が線維化の程度、角度方向が線維量の推定結果である。シミュレーション画像による精度評価では、初期病変において、線維量の推定精度を高くすることは困難であるが、線維組織の音響特性の変化に対応する、組織病変による物理的变化については高精度で推定できることが明らかとなり、初期病変の定量化が可能であることが示された。

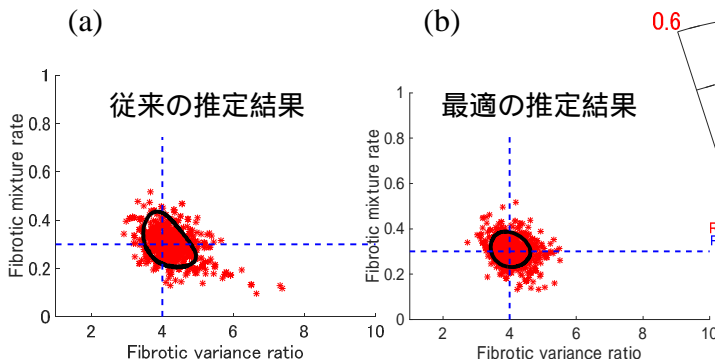


図 3 線維推定結果の比較

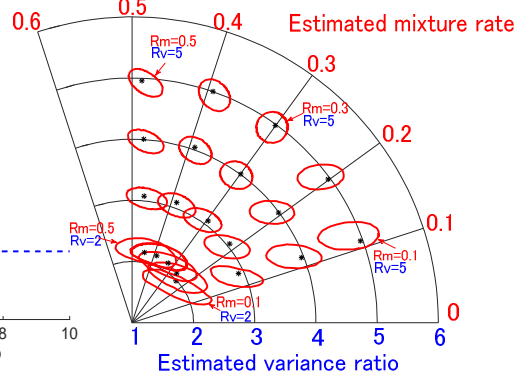


図 4 最適入力モーメントによる推定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Chuang ZHANG, Shohei MORI, Shinnosuke HIRATA, Hiroyuki HACHIYA	4. 巻 57
2. 論文標題 Examination of optimal input parameters for evaluation of liver fibrosis based on multi-Rayleigh model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LF27:1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.07LF27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shohei Mori, Shinnosuke Hirata, Tadashi Yamaguchi, Hiroyuki Hachiya	4. 巻 57
2. 論文標題 Quantitative evaluation method for liver fibrosis based on multi-Rayleigh model with estimation of number of tissue components in ultrasound B-mode image	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LF17:1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.07LF17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Otani Takahiko, Fukunaga Masao, Yho Kosei, Miki Takami, Yamazaki Kaoru, Kishimoto Hideaki, Matsukawa Mami, Endoh Nobuyuk, Hachiya Hiroyuki, Kanai Hiroshi, Fujiwara Saeko, Nagai Yoshinori	4. 巻 45
2. 論文標題 Attempt at standardization of bone quantitative ultrasound in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3~13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10396-017-0814-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Isono Hiroshi, Hirata Shinnosuke, Yamaguchi Tadashi, Hachiya Hiroyuki	4. 巻 44
2. 論文標題 Analysis of fluctuation for pixel-pair distance in co-occurrence matrix applied to ultrasonic images for diagnosis of liver fibrosis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 23~35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10396-016-0741-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 蜂屋 弘之	4. 巻 45
2. 論文標題 生体組織の音響的構造を考慮した散乱波シミュレーション	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 超音波医学	6. 最初と最後の頁 35 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3179/jjmu.JJMU.R.123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuki Tamura, Jonathan Mamou, Kenji Yoshida, Hiroyuki Hachiya, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 59
2. 論文標題 Ultrasound-based lipid content quantification using double-Nakagami distribution model in rat	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE23:1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab918e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chuang Zhang, Shinnosuke Hirata and Hiroyuki Hachiya	4. 巻 59
2. 論文標題 Accuracy evaluation of quantitative diagnosis method of liver fibrosis based on multi-Rayleigh model using optimal combination of input moments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE27:1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab9352	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuki Tamura, Kenji Yoshida, Hitoshi Maruyama, Hiroyuki Hachiya and Tadashi Yamaguchi	4. 巻 57
2. 論文標題 Proposal of compound amplitude envelope statistical analysis model considering low scatterer concentration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LD19:1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.07LD19	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計37件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Chuang Zhang, Shinnosuke Hirata, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Evaluation of liver fibrosis using optimal moments as input parameters based on multi-Rayleigh model
3. 学会等名 The 39th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shohei Mori, Masaru Yamauchi, Shinnosuke Hirata, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Improvement of Estimation Accuracy of Liver Fibrosis Parameters Based on Multi-Rayleigh Model Considering Fluctuation of Statistical Moment of Ultrasound Echo Envelope
3. 学会等名 The 39th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shohei Mori, Shinnosuke Hirata, Tadashi Yamaguchi, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Quantitative evaluation method for liver fibrosis in clinical ultrasound B-mode image based on optimized multi-Rayleigh model
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tamura, Jonathan Mamou, Kenji Yoshida, Hiroyuki Hachiya, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Development of double Nakagami distribution model for quantitative evaluation of early-stage fatty-liver disease
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuichi Toda, Masashi Isomura, Shinnosuke Hirata, Hiroko Iijima, Mikio Suga, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Evaluation of properties of shear wave propagation in tissue using viscoelastic phantom
3. 学会等名 The 39th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森翔平, 山内優, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 超音波エコー振幅統計量の統計ゆらぎがマルチレイヤーモデルを用いた肝線維化推定に与える影響の検討
3. 学会等名 日本音響学会2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸田雄一, 碓村将志, 平田慎之介, 飯島尋子, 菅幹夫
2. 発表標題 生体模擬ファントムにおける横波伝搬速度の周波数依存性の検討
3. 学会等名 日本音響学会2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村和輝, 吉田憲司, 蜂屋弘之, 山口匡
2. 発表標題 評価パラメータの同時最適化を用いた二成分Nakagamiモデルでの散乱体密度推定精度の向上
3. 学会等名 日本音響学会2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸田雄一, 中村健太郎, 平田慎之介, 飯島尋子, 菅幹生, 蜂屋 弘之
2. 発表標題 生体擬似ファントムの粘弾性がせん断波伝搬速度に与える影響の基礎的検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第91回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸田雄一, 碓村将志, 平田慎之介, 飯島尋子, 菅幹生, 蜂屋弘之
2. 発表標題 生体模擬ファントムの粘弾性がせん断波の伝搬に与える影響の検討,
3. 学会等名 日本超音波医学会第30回関東甲信越地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張闡, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 超音波エコーの振幅モーメントを用いた肝線維化推定の精度検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第30回関東甲信越地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森翔平, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 マルチレイヤーモデルを用いた肝線維化定量評価のための実用的な非スペックル信号除去手法
3. 学会等名 日本超音波医学会第56回東北地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸田雄一, 平田慎之介, 碓村将志, 菅幹夫, 飯島尋子, 蜂屋弘之
2. 発表標題 生体模擬ファントム中を伝搬するせん断波の観測
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張闌, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 二成分マルチレイリーモデル推定における高精度な入力パラメータの検討
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安留祐樹, 平田慎之介, 蜂屋弘之, 碓村将志, 菅幹夫, 飯島尋子
2. 発表標題 生体模擬ファントムの表面におけるせん断波伝搬速度の周波数分散性の検討
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蜂屋弘之
2. 発表標題 超音波による生体情報の定量計測
3. 学会等名 圧電材料・デバイスシンポジウム 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蜂屋 弘之
2. 発表標題 Ultrasonic tissue characterization and quantitative diagnosis
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonic Electronics, Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chuang Zhang, Shohei Mori, Shinnosuke Hirata, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Examination of optimal input parameters for evaluation of liver fibrosis based on multi-Rayleigh model,
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonic Electronics, Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shohei Mori, Shinnosuke Hirata, Tadashi Yamaguchi, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Quantitative evaluation method of liver fibrosis based on multi-Rayleigh model with number estimation of tissue components in ultrasound B-mode image
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonic Electronics, Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuki Tamura, Kenji Yoshida, Hiroyuki Hachiya, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 A proposal of compound amplitude envelope statistical analysis model considering low scatterer concentration
3. 学会等名 The 38th Symposium on Ultrasonic Electronics, Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村 健太郎, 平田 慎之介, 飯島 尋子, 蜂屋 弘之
2. 発表標題 種々の加振方法における生体擬似ファントム内を伝搬するせん断波の計測
3. 学会等名 日本音響学会 アコースティックイメージング研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村健太郎, 森翔平, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 粘弾性ファントム内を伝搬する横波の観察
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 張 闖, 森 翔平, 平田 慎之介, 蜂屋 弘之
2. 発表標題 超音波エコー振幅統計量を用いた肝線維化推定のための 入力パラメータと推定精度の関係の検討
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森翔平, 平田慎之介, 山口匡, 蜂屋弘之
2. 発表標題 臨床応用を考慮した超音波肝画像中の成分数判定によるマルチレイヤーモデルに基づく肝線維定量画像の高精度推定
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村和輝, 吉田憲司, 蜂屋弘之, 山口匡
2. 発表標題 非レイリー成分を考慮した複合型振幅包絡解析モデルの提案
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田村和輝, 吉田憲司, 蜂屋弘之, 山口匡
2. 発表標題 二成分Nakagamiモデルにおける散乱体密度推定精度の検証
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張闡, 森翔平, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 肝線維化推定のための入力パラメータとして最適な超音波エコー振幅モーメントの検討
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村健太郎, 森翔平, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 種々の加振条件による生体模擬ファントム内を伝搬する横波の計測
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Tamura, Jonathan Mamou, Kenji Yoshida, Hiroyuki Hachiya, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Quantitative ultrasound fat detection using a weight filter and a double Nakagami distribution model
3. 学会等名 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Quantitative ultrasound based on echo amplitude statistics
3. 学会等名 International Symposium on Medical Ultrasonics in Chiba (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張闡, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 二成分マルチレイヤーモデルによる肝線維化定量評価における最適入力パラメータの検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第92回学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蜂屋 弘之, 林 良優, 戸田 優作, 平田 慎之介, 飯島 尋子, 碓村 将志, 菅 幹生
2. 発表標題 粘弾性ファントム中に種々の加振方法により発生させたShear Waveの観測
3. 学会等名 日本超音波医学会第31回関東甲信越地方会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chuang Zhang, 平田 慎之介, 蜂屋 弘之
2. 発表標題 最適入力パラメータを用いた二成分マルチレイリーモデルによる肝線維化パラメータの推定
3. 学会等名 日本超音波医学会第31回関東甲信越地方会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張闡, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 複素数空間での振幅確率密度関数モーメントを用いた肝線維化パラメータの推定精度評価
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chuang Zhang, Shinnosuke Hirata, Hiroyuki Hachiya
2. 発表標題 Quantitative evaluation of liver fibrosis using optimal input parameters for multi-Rayleigh model with two components
3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Tamura, Jonathan Mamou, Kenji Yoshida, Hiroyuki Hachiya, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Novel method of lipid content quantification using double-Nakagami distribution model in rat liver steatosis
3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 張闡, 平田慎之介, 蜂屋弘之
2. 発表標題 分解能の影響を考慮した二成分マルチレイリーモデルによる肝線維化パラメータ推定の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松本政雄(著, 編集), 蜂屋弘之他, 日本医学物理学会	4. 発行年 2017年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 407
3. 書名 放射線診断物理学(医学物理学教科書)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平田 慎之介 (Hirata Shinnosuke) (80550970)	東京工業大学・工学院・助教 (12608)	
連携研究者	山口 匡 (Yamaguchi Tadashi) (40334172)	千葉大学・フロンティア医工学センター・教授 (12501)	