

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04482

研究課題名(和文) 生体の物理特性を反映したマルチスケール超音波病理診断技術の開発

研究課題名(英文) Development of multi-scale ultrasound pathological diagnosis method reflecting physical characteristics of living tissue

研究代表者

山口 匡 (Tadashi, Yamaguchi)

千葉大学・フロンティア医工学センター・教授

研究者番号：40334172

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：体内の生体組織を臨床の周波数帯の超音波で観察し、摘出後に臨床～顕微レベルの周波数帯で観察して多様な分解能のエコーデータを集積した。それらについて、音速・後方散乱係数・振幅包絡特性などをそれぞれ評価し、各音響的・物理的特性の周波数依存性を理解するためのプロトコルを構築した。この検討を推進するために、摘出組織を生体内と近い状態で観察するための試料作成プロトコルの確立、後方散乱特性解析の高精度化、振幅包絡特性評価モデルの提案なども行い、それぞれについて高精度化を達成した。

また、超高速超音波観察と組織性状評価技術を融合し、血管の動きと血流を同時に高い時間分解能で評価可能なシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体内と摘出後の同一組織について、広い周波数帯の超音波で音響的・物理的性質を評価した例は極めて少ない状況にある。本研究によって、一般的な超音波診断におけるエコー画像の成り立ちと組織性状との関係性を、細胞レベルの性質とリンクさせて考えることが可能となった。この検討方針で評価された肝臓やリンパ節の多様なデータが蓄積されることで、現状の超音波診断の限界と考えられている分解能を超越した新規の診断法が実現される。

新規診断法は、生体内の組織を摘出することなく、体外からの超音波観察のみで現状の病理診断レベルの性状評価が可能であるため、患者・医療従事者の双方にとって大きな負担軽減となり、医療費高騰を防ぐ。

研究成果の概要(英文)： Echo data of various resolutions were collected by observing the biological tissues to be evaluated in vivo with ultrasound in the frequency band used in clinical practice, and by observing them in the clinical to microscopic level frequency band after removal. We evaluated the speed of sound, backscattering coefficient, and amplitude enveloping characteristics of these data, and developed a protocol to understand the frequency dependence of each acoustic and physical property.

To promote this study, we also established a sample preparation protocol to observe excised tissue under conditions similar to those in vivo, improved the accuracy of backscattering property analysis, and proposed a model for evaluating amplitude enveloping properties.

In addition, we have constructed a system that can evaluate the movement of blood vessels and blood flow at the same time with high time resolution by fusing ultra-high-speed ultrasonic observation and tissue property evaluation technologies.

研究分野：医用超音波

キーワード：超音波 定量診断 標準化 無侵襲 病理診断 マルチスケール

## 1. 研究開始当初の背景

内科・外科領域にわたり、各種疾患の確定診断および組織性状の把握のために、現在の血液検査、画像診断および病理組織検査では理解が極めて困難である、複数組織の同時変性や早期の病因特定、病変進行度などを標準化して定量評価する手法を早期に実現することが望まれている。消化器系疾患では、線維化と脂肪沈着を伴う疾患である非アルコール性脂肪肝炎 (NASH) への注目度が高い。NASH はウイルス性肝疾患とは異なり肝線維化程度が軽い段階でも発癌が多い (男性の 30%) と指摘されている。現在、NASH 確定への唯一の診断法は侵襲的を有する肝生検であるが、通常の肝炎の病理診断は線維化の程度に重きが置かれており、多種の脂肪組織と線維組織が肝臓内に混在する状況において、それらについて染色標本から弁別して組成と変性を把握することは困難である。

また、外科領域においては、手術の必要性の検証や安全性・正確性を担保した状態で迅速な手術を行うために、術前および術中に対象組織の質的評価を実施する必要性が論じられている。現状では特に、リンパ節におけるがん転移判定と両悪性鑑別が行われているが、本診断法は無染色の凍結標本を読像するため、診断に極めて高い技能を要するという問題があり、さらに形態的特徴を指標とするために質的評価ができない。

これらの問題を解決する手段として医用画像が注目されているが、侵襲性・精度・対象組織の制限などの複数の要因が複雑に入り組み、総合的な診断指標化が進まない状況にある。米国放射線学会・日本医学放射線学会・日米の超音波医学会では医用画像診断の標準化を検討しているが、これは現技術で得られる指標の統一化にとどまっている。そこで、研究代表者は超音波系の代表委員として各々に参画するとともに、そもそも超音波で生体の何がどのように分かるのかという根本的な問いについての検討成果や、革新的新技术による生体特性評価の成果を踏まえた検証を標準化に組み込むことを進めてきた。

## 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、体表からの超音波観察のみで生体組織の物理的性質を細胞以下のマイクロサイズから臓器単位のマクロサイズの視点で総合的に評価することが可能な組織性状診断システムを具現化し、「肝臓・リンパ節の切らない病理診断」を実現することである。これは、検診レベルで非観血・無侵襲で疾患を早期検出するのはもちろんのこと、術中の超迅速な生体特性および機能の評価や、投薬などによる治療後において継時的に細胞レベルの検知能力で発がんリスクを定量モニタリングすることも可能にする。本研究期間においては、体表から任意の超音波ビームで高速かつ高解像度での超音波観察を行うための計測系の諸条件の確定と、これまでに進めてきた細胞以下のマイクロサイズでの生体組織の物理的性質の理解および体内組織のマクロな定量診断アルゴリズムを結びつけることを主軸とし、超音波病理診断用の基幹ロジックを確定する。

## 3. 研究の方法

本研究代表者がこれまでに分担者らと実施してきた「病態と生体組織の物理的変性の関係性の解明」の成果を基礎情報とし、細胞・モデル動物・ヒト生体試料の音響的・機械的物性を解析して結びつけるとともに、超音波信号の解析技術を用いた複数の組織性状評価法を融合することで、「既存の画像診断法にも適用可能な標準診断指標」を確立する。同時に、分担者が開発してきた超高速な超音波生体観察技術を応用し、体動がある状態においても安定した計測と信号解析が可能な状態とすることで、これまでは主に生体外に摘出した試料や体動のない状態での生体内臓器に対してのみ可能であった組織性状評価手法を改良し、「体表からの非侵襲な病理診断を可能とするマルチスケール超音波病理診断技術」として具現化し、動物およびファントムでの検証実験を経て、ヒトデータへの適用と最適化までを行う。

#### 4 . 研究成果

超高周波数帯域の超音波を用いて細胞レベルのミクロな音響特性を評価する際の課題として、評価試料の作成時における生体組織の変性の影響が強いことを確認した。そこで、薄切標本の作製に使用する基材などの音響特性について温度依存性も考慮して評価するとともに、複数の試料作成プロトコルを比較し、摘出直後の生体組織の性質に最も近い状態で超音波観察と音響特性評価が可能な方法を割り出した。同時に、多数毎の薄切試料の音響特性評価を安定して実施可能としたため、三次元音響特性像の構築も可能となった。

また、組織の組成と構造の両者に起因するマクロ的な音響特性・散乱特性を評価する信号解析アルゴリズムおよび評価に用いる数学モデルについて、これまでに提案してきた手法の改良と検証を行った。結果として、肝臓内に脂肪や線維が混在した状況における音速・減衰の周波数依存性を理論的に推定可能とし、散乱特性評価においてはロバスト性の向上が課題であることを確認した。本課題については、新規の評価モデルの提案や計算機シミュレーションでの検証などを進めている。

上記の2検討と並行して、生体内組織における散乱特性と組織構造との関係性について、超音波・X線・光の複数モダリティで評価するとともに、摘出後の組織についても超音波と光で音響特性と構造を評価し、マルチモダリティ情報を用いて検証した。その結果、肝臓やリンパ節における各種の組織の性質と構造および性状と音響的性質の関係性が三次元で理解可能となった。これらの成果により、生体内にある評価体表組織と摘出後の組織とにおけるマルチスケールでの音響特性・散乱特性の評価が可能となった。

新規評価技術を臨床応用に結び付けるためには高速で安定した超音波観察が必要となるため、アニュラレイセンサを用いた超音波観察システムおよび並列ビームフォーミングを用いた超高速超音波観察法と組織性状評価技術の融合を推進した。アニュラレイセンサでは、体表近傍組織の散乱特性を高分解能で評価可能となり、並列ビームフォーミングでは血管と血流の動態評価を同時に行うことが可能となった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masaaki Omura, Kenji Yoshida, Shinsuke Akita, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 47(1)
2. 論文標題 Validation of differences in backscatter coefficients among four ultrasound scanners with different beamforming methods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00984-w	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 Takeru Mizoguchi, Kazuki Tamura, Jonathan Mamou, Jeffrey A. Ketterling, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 58
2. 論文標題 Comprehensive backscattering characteristics analysis for quantitative ultrasound with an annular array, Basic study on homogeneous scattering phantom	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE08
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0df9	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 該当する
1. 著者名 Masaaki Omura, Kenji Yoshida, Shinsuke Akita, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 47(1)
2. 論文標題 Frequency dependence of attenuation and backscatter coefficient of ex vivo human lymphedema dermis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 25-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00973-z	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 Yusuke Sato, Kazuki Tamura, Shohei Mori, Dar-In Tai, Po-Hsiang Tsui, Kenji Yoshida, Shinnosuke Hirata, Hitoshi Maruyama, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 60
2. 論文標題 Fatty liver evaluation with double-Nakagami model under low-resolution conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE06
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf07d	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 該当する

1. 著者名 Daiki Ito, Takuma Oguri, Naohisa Kamiyama, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 60
2. 論文標題 Verification of the influence of liver microstructure on the evaluation of shear wave velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf59a	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 Takuma Oguri, Masaaki Omura, Wakana Saito, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 60
2. 論文標題 Stability of backscattering coefficient evaluation with clinical ultrasound scanner in homogeneous medium when sound field characteristics differ from reference signal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abfa6c	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 Masaaki Omura, Wakana Saito, Shinsuke Akita, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 45(4)
2. 論文標題 In vivo quantitative ultrasound on dermis and hypodermis for classifying lymphedema severity in humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 646-662
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.12.003	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 Takeru Mizoguchi, Kenji Yoshida, Jonathan Mamou, Jeffrey A. Ketterling, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 59
2. 論文標題 Improved evaluation of backscatter characteristics of soft tissue using high-frequency annular array	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8bcb	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 該当する

1. 著者名 Masaaki Omura, Kenji Yoshida, Shinsuke Akita, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 59
2. 論文標題 High-frequency Ultrasonic Backscatter Coefficient Analysis Considering Microscopic Acoustic and Histopathological Properties of Lymphedema Dermis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab86d	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 liver steatosis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE23
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 該当する

1. 著者名 Takuya Ogawa, Kanji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 59
2. 論文標題 Speed of sound evaluation considering spatial resolution in a scanning acoustic microscopy system capable of observing wide spatial area	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab83da	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 Wakana Saito, Masaaki Omura, Jeffrey A. Ketterling, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 61
2. 論文標題 Backscatter Properties of Two-layer Phantoms using a High frequency Ultrasound Annular Array	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac48d3	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 該当する

1. 著者名 Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Kunimasa Yagi, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi, Hideyuki Hasegawa	4. 巻 61
2. 論文標題 Characterization of blood mimicking fluid with ultrafast ultrasonic and optical image velocimeters	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4ea9	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 Mai Ino, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Kazuyo Ito, Tadashi Yamaguchi	4. 巻 49
2. 論文標題 Assessment of the frequency dependence of acoustic properties on material, composition, and scatterer size of the medium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

〔学会発表〕 計77件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 33件)

1. 発表者名 Wakana Saito, Masaaki Omura, Jeffrey A. Ketterling, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Evaluation of Backscattering Properties in Skin Tissue by High-frequency Annular Array
3. 学会等名 The 42nd Symposium on UltraSonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kodai Osato, Wakana Saito, Takuma Oguri, Naohisa Kamiyama, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 FDTD verification of influence of layered structure on shear wave velocity
3. 学会等名 The 42nd Symposium on UltraSonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	azuma Noguchi, Masaaki Omura, Takashi Ohnishi, Matsumoto Daiki, Tetsuya Kodama, Hideaki Haneishi, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Three-dimensional evaluation of the relationship between speed of sound and scattering characteristics of lymph nodes in tumor-bearing mice
3. 学会等名	The 42nd Symposium on UltraSonic Electronics (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Mai Ino, Kazuma Noguchi, Suguru Seto, Masaaki Omura, Kazuki Tamura, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Evaluation of relationship between liver structure and frequency dependency of speed of sound and attenuation
3. 学会等名	The 42nd Symposium on UltraSonic Electronics (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Yuki Ujihara, Kazuki Tamura, Shohei Mori, Dar-In Tai, Po-Hsiang Tsui, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Verification of Amplitude Envelope Analysis Model for NASH Liver Evaluation
3. 学会等名	The 42nd Symposium on UltraSonic Electronics (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Yuki Ujihara, Kazuki Tamura, Shohei Mori, Dar-In Tai, Po-Hsiang Tsui, Hiroyuki Hachiya, Shinnosuke Hirata, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Amplitude Envelope Analysis for Characterization of Fibrous Tissue and Fat Droplets in Liver
3. 学会等名	IEEE International, Ultrasonics Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年



1. 発表者名 大里晃大, 西東若菜, 大栗拓真, 神山直久, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口 匡
2. 発表標題 筋肉組織におけるシアウェーブエラストグラフィの評価安定性のシミュレーション検証
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 氏原裕貴, 田村和輝, 森翔平, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 複数種の散乱源が混在する媒質における振幅特性の成分判定精度の検証
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬戸駿, 伊能舞, 野口和馬, 田村和輝, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 ラット臓器の凍結試料における音速評価精度の検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木風音, 西東若菜, 大村眞明, 大栗拓真, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 多成分媒質の後方散乱係数解析における周波数依存性の検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 沓沢駿人, 西東若菜, 八木風音, 大村真朗, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 層構造媒質の後方散乱解析における音場特性と減衰補正精度の関係性
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 比賀大成, 氏原裕貴, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 複数種の散乱体が混在する媒質におけるDouble-Nakagami Modelの評価精度検証
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明榮, 大澤侑暉, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 サルコベニアの早期評価に向けた多種組織の音響特性評価の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大里晃大, 西東若菜, 大栗拓真, 神山直久, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 FDTDによる層構造を有する媒質における横波伝搬の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西東若菜, 大村眞朗, 大澤侑暉, Ketterling Jeffrey, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 層構造を持つ媒質におけるアニュラレイでの後方散乱特性評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木風音, 西東若菜, 大村眞朗, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 後方散乱特性解析における送受信音場と組織構造の関係性の検証
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原裕貴, 田村和輝, 森翔平, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 NASH肝エコーの振幅包絡特性解析における組織分布と評価パラメータの関係性に関する検証
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明楽, 大澤侑暉, 平田慎之介, 吉田憲司, 丸山紀史, 山口匡
2. 発表標題 臓器不全マウス・ラットにおける多種組織の音響インピーダンス評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊能舞, 野口和馬, 瀬戸駿, 吉田憲司, 平田慎之介, 山口匡
2. 発表標題 臨床から顕微レベルの周波数帯におけるラット臓器の音速・減衰特性の評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬戸駿, 野口和馬, 田村和輝, 平田慎之介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 試料作製法の違いが生体組織の音速評価に与える影響の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西東若菜, 大村眞朗, Jeffrey Ketterling, 山口匡
2. 発表標題 アニュラアレイによる後方散乱特性解析の臨床応用へ向けた基礎検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第94回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口匡, 伊藤大貴, 大栗拓真, 神山直久
2. 発表標題 筋のSWV評価における骨の影響の工学的考察
3. 学会等名 日本超音波医学会第94回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西東若菜, 大村眞朗, 秋田新介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 後方散乱特性解析によるリンパ浮腫組織の超音波定量評価
3. 学会等名 日本超音波医学会第94回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuma Oguri, Masaaki Omura, Wakana Saito, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Examination of Stability of Backscattering Coefficient Evaluation Under Clinically Applied Transmission/Reception Conditions
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryoya Hashimoto, Hitoshi Maruyama, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Acoustic impedance evaluation of myoblasts for quantitative diagnosis of sarcopenia
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wakana Saito, Masaaki Omura, Shinsuke Akita, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Effect of attenuation correction on backscattering coefficient evaluation of lymphedema
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mai Ino, Kazuma Noguchi, Wakana Saito, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Evaluation of frequency dependence of speed of sound of liver in clinical to microscopic frequency band
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Ito, Takuma Oguri, Mikio Suga, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Verification of the influence of microstructure in the liver on the evaluation of shear wave velocity
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuya Ito, Masaaki Omura, Emilie Franceschini, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Stability verification of backscattering coefficient evaluation in medium composed of scatterers of multiple sizes
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Sato, Kazuki Tamura, Shohei Mori, Po-Hsiang Tsui, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Accuracy Verification of Amplitude Envelope Analysis Models for Fatty Liver Assessment
3. 学会等名 The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Kazuma Noguchi, Masaaki Omura, Takashi Ohnishi, Daiki Matsumoto, Tetsuya Kodama, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Three-dimensional evaluation of speed of sound of lymph nodes in tumor bearing mice
3. 学会等名	The 41th Symposium on UltraSonic Electronic (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Daiki Ito, Takuma Oguri, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Verification of Effect of Lipid Droplet Distribution in the Liver on Evaluation of Shear Wave Velocity
3. 学会等名	IEEE International, Ultrasonics Symposium 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Wakana Saito, Masaaki Omura, Shinsuke Akita, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題	Backscattering Analysis for Characterization of Lymphedema Dermis and Hypodermis
3. 学会等名	IEEE International, Ultrasonics Symposium 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Mai Ino, Kazuma Noguchi, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi,
2. 発表標題	Evaluation of Frequency Dependency of Speed of Sound in Homogeneous Phantoms and Diverse Rat Livers
3. 学会等名	IEEE International, Ultrasonics Symposium 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 瀬戸 駿, 野口 和馬, 吉田 憲司, 山口 匡
2. 発表標題 ラット肝臓の音速評価における組織構造と試料作製法の影響の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊能 舞, 野口 和馬, 吉田 憲司, 平田 慎之介, 山口 匡
2. 発表標題 ラット肝臓音速のマイクロ - マクロサイズにおける周波数依存性の評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口 和馬, 大村 眞朗, 小島 拓也, 小玉 哲也, 山口 匡
2. 発表標題 マウス胆がんリンパ節における散乱体構造と音速の関係性の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 氏原 裕貴, 佐藤 悠佑, 田村 和輝, 森 翔平, Po-Hsiang Tsui , 山口 匡
2. 発表標題 NASH肝臓の臨床エコーデータにおける振幅包絡特性評価モデルの適用性の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 大澤 侑暉, 橋本 諒哉, 丸山 紀史, 山口 匡
2. 発表標題 マウス筋芽細胞およびHuH7細胞の分化過程における音響インピーダンス評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 匡
2. 発表標題 超音波バイオマーカーの確立に向けた関連研究動向
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西東 若菜, 大村 眞朗, Ketterling Jeffrey, 山口 匡
2. 発表標題 アニュラアレイによる後方散乱特性解析の臨床応用へ向けた安定性評価
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木 風音, 西東 若菜, 大村 眞朗, 平田 慎之介, 山口 匡
2. 発表標題 ラット肝臓の組織構造と後方散乱特性の関係性の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 大貴, 大栗 拓真, 吉田 憲司, 山口 匡
2. 発表標題 FDTDを用いた脂肪肝の組織構造とせん断波速度評価に与える影響の検証
3. 学会等名 日本超音波医学会第93回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 匡
2. 発表標題 Shear Wave Elastographyの安定性についての考察
3. 学会等名 日本超音波医学会第93回学術集会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大村 眞朗, 永松 大輝, 小玉 哲也, 佐藤 悠佑, 吉田 憲司, 山口 匡
2. 発表標題 リンパ節転移モデルマウスの3次元in vivo超音波定量評価の基礎検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第93回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Kenji Yoshida, Shinsuke Akita, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Effect of Acoustic Impedance Distribution and Histopathological Structure on Backscatter Coefficient Analysis of Skin Tissue
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 Takuya Ogawa, Kenji Yoshida, Takashi Ohnishi, Hideaki Haneishi, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Evaluation of Relationship between Liver Pathological Structure and Speed of Sound of Longitudinal Wave
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 Yusuke Sato, Kazuki Tamura, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 vivo Application of Fatty Liver Progression Assessment Method by Double Nakagami Model:
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 Development of Backscatter Coefficient Evaluation Method on Conventional Ultrasound Scanner?Comparison with Single-Element Transducer
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 Takeru Mizoguchi, Kenji Yoshida, Jonathan Mamou, Jeffrey A. Ketterling, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Comprehensive scattering characteristics analysis of soft tissues with a high-frequency annular array
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 Kazuya Ito, Masaaki Omura, Takuma Oguri, Takeru Mizoguchi, Atsuko Yamada, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Comparison of different sound field correction methodson backscatter coefficient analysis
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 Daiki Ito, Atsuko yamada, Takuma Oguri, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Verification of influence of tissue structure on shear wave velocity evaluation
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 Minoru Ito, Daiki Ito, Masashi Usumura, Takuma Oguri, Kenji Yoshida, Mikio Suga, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Verification of influence of push pulse irradiation condition on shear wave propagation by actualmeasurement of phantoms
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 Atsuko Yamada, Kazuki Tamura, Emilie Franceschini, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Backscattering coefficient analysis considering micro structure of liver tissue
3. 学会等名 2019 IS-3T-in-3A ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiki Matsuzaki, Atsuko Yamada, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Relationship between accuracy of speed of sound analysis due to surface asperity of measurement target
3. 学会等名 2019 IS-3T-in-3A (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Ito, Takuma Oguri, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Verification of instability factors of tissue structure on shear wave velocity by FDTD
3. 学会等名 2019 IS-3T-in-3A (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Kenji Yoshida, Shinsuke Akita, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Macroscale Backscattering Analysis for Characterization of Skin Lymphedema Considering Microscale Acoustic and Histopathological Properties
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Takuro Ishii, Alfred Yu, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Application of ultrafast plane wave imaging for high-temporal-resolution analysis of backscattering and fluid mechanics
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeru Mizoguchi, Kenji Yoshida, Jonathan Mamou, Jeffrey A. Ketterling and Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 Comprehensive Scattering Characteristics Analysis of Rat Livers with High-Frequency Annular Array
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西東若菜, 大村眞朗, 秋田新介, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 リンパ浮腫の真皮および皮下組織における後方散乱特性評価の基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊能舞, 大村眞朗, 溝口岳, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 媒質の散乱体構造と散乱・減衰・振幅包絡特性の関係性の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野口和馬, 小川拓朗, 吉田憲司, 大西峻, 羽石秀昭, 小玉哲也, 山口匡
2. 発表標題 マウス担がんリンパ節における音響特性の評価
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤大貴, 大栗拓真, 神山直久, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 FDTD を用いた生体組織構造とせん断波伝搬速度評価精度の関係性の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 溝口岳, 大村眞朗, Jeffrey Ketterling, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 アニュラレイでの振幅包絡特性解析におけるコヒーレンス因子の影響
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤悠佑, 田村和輝, 大村眞明, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 Double-Nakagami モデルによる振幅特性評価の精度検証
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本諒哉, 伊藤一陽, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 びまん性疾患の肝臓における組織構造と音速および音響インピーダンスの関係性の評価
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村眞朗, 吉田憲司, 秋田新介, 山口匡
2. 発表標題 皮膚組織の後方散乱係数解析における音響特性・組織構造の関連性評価
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村眞朗, 吉田憲司, 秋田新介, 山口匡
2. 発表標題 音響インピーダンスを考慮した皮膚組織の後方散乱係数評価
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 小川拓朗, 吉田憲司, 松本大輝, 大西峻, 羽石秀昭, 山口匡
2. 発表標題 マルチスケール音速解析による肝臓組織の構造特性評価
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 溝口岳, 田村和輝, Jonathan Mamou, Jeffrey Ketterling, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 アニユアラレイによる生体組織の後方散乱特性評価の高精度化
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 伊藤大貴, 大栗拓真, 山田敦子, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 FDTD によるShear wave elastography の不安定要因の検証
3. 学会等名 第38回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤一陽, 丸山紀史, 橋本諒哉, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 肝臓内の脂肪酸組成に着目した NASH 肝の音響特性評価
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 山口匡
2. 発表標題 Shear Wave Elastography の基本原理と多様性
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 山口匡
2. 発表標題 生体組織の散乱特性評価の現状と課題
3. 学会等名 日本超音波医学会第92回学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口匡
2. 発表標題 生体組織の散乱特性評価への応用
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 山口匡
2. 発表標題 超音波の減衰による脂肪化定量の理論的背景
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 大村眞朗, 石井琢郎, Alfred YU, 吉田憲司, 山口匡
2. 発表標題 散乱特性の高時間分解能・高精度解析に向けた平面波イメージングの応用
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>【受賞】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>山口匡、日本超音波医学会 第1回工藤賞（2022.5）</li> <li>瀬戸駿、伊能舞、野口和馬、田村和輝、平田慎之介、吉田憲司、山口匡、ラット臓器の凍結試料における音速評価精度の検討、日本音響学会 第24回学生優秀賞（2022.3）</li> <li>八木風音、西東若菜、大村眞朗、平田慎之介、吉田憲司、山口匡、後方散乱特性解析における送受信音場と組織構造の関係性の検証、日本音響学会 第23回 学生優秀賞（2021.9）</li> <li>伊藤一陽、丸山紀史、橋本諒哉、吉田憲司、山口匡、肝臓内の脂肪酸組成に着目したびまん性肝疾患の音響的評価、日本音響学会 第46回粟屋潔学術奨励賞</li> <li>溝口岳、田村和輝、Jonathan Mamou、Jeffrey A Ketterling、吉田憲司、山口匡、アニユラアレイを用いた複合的な散乱特性解析に関する基礎検討、日本音響学会 第19回学生優秀賞（2019.9）</li> <li>大村眞朗、吉田憲司、秋田新介、真鍋一郎、山口匡、音響・散乱特性解析による皮膚の組織構造評価、日本音響学会 第19回学生優秀賞（2019.9）</li> </ol>
--

## 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	長谷川 英之  (Hasegawa Hideyuki)  (00344698)	富山大学・学術研究部工学系・教授   (13201)	
研究分担者	吉田 憲司  (Yoshida Kenji)  (10572985)	千葉大学・フロンティア医工学センター・准教授   (12501)	
研究分担者	林 秀樹  (Hayashi Hideki)  (20312960)	千葉大学・フロンティア医工学センター・教授   (12501)	
研究分担者	小玉 哲也  (Kodama Tetsuya)  (40271986)	東北大学・医工学研究科・教授   (11301)	
研究分担者	丸山 紀史  (Maruyama Hitoshi)  (90375642)	順天堂大学・医学部・准教授   (32620)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	Riverside Research	Columbia University	University of Wisconsin-Madison	他1機関
その他の国・地域(台湾)	Chang Gung University			
フランス	Aix-Marseille University			