

令和 5 年 5 月 4 日現在

機関番号：13201

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2022

課題番号：18KK0110

研究課題名（和文）動脈硬化症診断のための超音波高精度血管動態計測法の開発

研究課題名（英文）Accurate functional imaging of artery using ultrafast ultrasound

研究代表者

長谷川 英之（Hideyuki, Hasegawa）

富山大学・学術研究部工学系・教授

研究者番号：00344698

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：動脈硬化症は、心筋梗塞や脳梗塞などの主たる原因であるが、生活習慣病であり、長い時間をかけて徐々に進展するため、繰り返し診断による経時変化の観察が重要である。本研究における海外共同研究者は、動脈の動態が、動脈硬化の進展に関わる内分泌系の変化と関係するという知見を有している。研究代表者は、毎秒最高10,000枚の超高速撮像を可能とする超高速超音波イメージング法を実現しており、繰り返し診断に適した非侵襲な超音波を用いて動脈壁のひずみや血流などの重要な動態を高精度に計測する手法の研究開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動脈硬化症の診断は、X線CT、MRI、超音波などを用いて血管内腔の閉塞度や血管壁の肥厚を測定することにより行われている。しかし、そのような検査法では動脈壁の形態に変化が生じるほど動脈硬化が進展するまで検出することができない。本研究では、動脈硬化の初期段階から変化が生じると考えられる血管壁の動態や、動脈硬化の進展に影響する血流の情報を、秒間最高10,000枚の撮像速度を実現する超高速超音波イメージングにより計測する手法を開発した点に学術的意義がある。動脈硬化症は長い年月をかけて進展するため繰り返し診断が必要であり、それに適した非侵襲な超音波による測定方法を開発することは社会的にも意義がある。

研究成果の概要（英文）：Arteriosclerosis is the main cause of serious circulatory diseases such as myocardial infarction and cerebral infarction, but it is a lifestyle-related disease and progresses gradually over a long period of time. The overseas collaborator in this study has the finding that arterial dynamics is related to changes in the endocrine system related to the progression of arteriosclerosis. The principal investigator has realized a high-frame-rate ultrasound imaging method that enables an imaging frame rate of up to 10,000 frames per second. In this study, methods for measurements of strains in arterial walls and blood flows using non-invasive ultrasound suitable for repeated diagnosis were developed through collaborations with the overseas researchers.

研究分野：医用超音波工学

キーワード：超音波 循環動態 イメージング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動脈硬化症は、心筋梗塞や脳梗塞などの主たる原因であり、早期診断・治療が求められている。動脈硬化症は生活習慣病であり、長い時間をかけて徐々に進展するため、繰り返し診断による経時変化の観察が重要である。X線 CT や MRI などは、被曝やコストの問題により繰り返し診断は難しいため、非侵襲的でありコストの低い超音波診断は、このような目的には最適であると言える。

従来の動脈硬化症の非侵襲的診断手法としては、心臓の拍動とともに血管を伝搬する脈波の伝搬速度を計測して動脈壁の硬さを評価する脈波伝搬速度法が挙げられる。脈波伝搬速度を計測するためには、血管の拍動を測定する必要がある。動脈は、心臓の拍動に伴う血圧上昇により径方向に拡張し、動脈の長手方向(長軸方向)にもわずかに移動する。本研究における海外共同研究者はこのような心拍に伴う動脈壁の動態と動脈硬化症との関係を見出し研究を続けている。また、動脈壁の恒常性を維持するためには、動脈壁の内腔を覆う内皮細胞の機能が重要であり、その機能の維持のためには、血流からの内皮細胞へのせん断応力が重要であることが知られている。

2. 研究の目的

本研究では、動脈硬化の進展と関連すると考えられる心拍に伴う血管壁のひずみや、血流から血管壁にはたらくせん断応力を推定するための計測法について研究開発を行った。日本側研究代表者はこれまでに、超音波断層法の長所である時間分解能をさらに飛躍的に向上させる手法の開発に取り組み、血管の超音波診断において撮像速度を従来の数十 Hz から数 kHz まで飛躍的に向上させた。本研究では、そのような高時間分解能を実現する超高速超音波イメージング法を用いて、血管壁の動態や血流を高精度に計測する手法の開発を行った。

3. 研究の方法

3 - 1. 血管壁動態の計測法

本研究では、対象からの超音波散乱波についてビームフォーミング処理を行った後の 2 次元信号の周波数スペクトルの位相から血管壁の微小変位を推定する 2 次元位相追跡法を用いた[1]。得られた変位分布の空間勾配が血管壁のひずみ(変形量)に対応するため、最小二乗法により変位の空間勾配を算出することによりひずみを推定した。

計測法の評価については、血管壁内部の複雑な変位分布の真値を実験的に得ることは難しいため、有限要素法を用いた数値シミュレーションにより評価を行った。解析条件は構造力学と流体力学を組み合わせた流体-構造連成解析とした。流体は粘性率が一定の非圧縮性ニュートン流体を仮定し、支配方程式は流体の質量保存を表す連続の式と流体の運動量保存を表す Navier-Stokes 方程式を使用した。構造物(血管壁)は等方性弾性体と仮定した。理由に 1 kHz を超えるフレームレートでは、フレーム間の瞬間的な変形は小さく、十分に線形とみなせる。そのため、弾性体モデルはフックの公式に基づくと仮定した。

血管壁ファントムはアテローム性動脈硬化により頸動脈にプラークが形成したモデルを作成した。頸動脈のモデルとして、血管壁は均質等方性のフック固体から成る非圧縮性の中空円筒管として扱った。モデルは内腔 6 mm、血管壁の厚さ 1 mm、その周囲を覆う直径 30 mm の組織層を配置した。モデル内部で層流を発生させるために、円筒管の長さは 100 mm とした。円筒管中央部にプラークを模擬した偏楕円体を包埋し、内腔のおよそ 1/2 を占める狭窄を作成した。プラークは内膜と脂質の層で構成し、最大の厚さは内膜で 1 mm、脂質 1.5 mm とした。流体は非圧縮性のニュートン流体を仮定し、密度と粘性率は血液を模擬した値にした。

境界条件として、流入口に最低 80 mmHg、最高 120 mmHg のヒトの典型的な血圧波形を与えた。血圧波形は、ヒト頸動脈の in vivo 計測により 2 次元位相追跡法[1]で得られた頸動脈の径方向の変位波形を最低 80 mmHg、最高 120 mmHg と校正して用いた。流出口は 80 mmHg の静圧とし、脈圧 40 mmHg の変化が生じるよう設定した。

解析の時間間隔は 0.1 ms とした。実際の超高速超音波イメージングのフレームレートと同一であり、フレームレートは 10000 fps となる。収縮期の血圧上昇による応力とそのタイミングでの血管壁動態の測定が定量化に重要である。そこで、本研究ではシミュレーション時間短縮の観点から収縮期を含む 0~0.1 s の 1000 フレームを解析対象とした。

超音波送受信の数値シミュレーションは、「Field II」ソフトウェアを使用した[2,3]。中心周波数 7.5 MHz のリニアアレイプローブを想定している。方位方向に幅 0.18 mm の素子を間隔 0.02 mm で 192 個配置した。素子間隔は 0.2 mm となる。ビームフォーミングにより形成する信号の横方向間隔も 0.2 mm である。スライス方向には音響レンズを設定し、焦点距離を 20 mm とした。平面波送信による超高速超音波イメージングに基づき、1 回の平面波送信に 192 素子を使用し、1 枚の超音波断層像を構築する。受信超音波 RF (radio-frequency) 信号のサンプリング周波数は 31.25 MHz であり、生体軟組織の超音波伝搬速度は 1540 m/s である。よって、深さ方向の空間分解能は 0.02464 mm となる。

超音波送受信シミュレーションファントムは、有限要素法モデルの領域内にランダムに超音波点散乱体を配置することで構築した。散乱強度はシミュレーション上での相対強度として、血管壁で 20、プラークで 15、組織で 5 と設定した。また、散乱体密度は十分にスペックルパターンが形成されるよう波長あたりに 10 個配置した。フレーム間での散乱体の移動量は有限要素法の解析結果を補間することで再現した。

3 - 2 . 血流計測方法

本研究では、超音波受信信号の取得および速度ベクトルの計算を非リアルタイム処理により実行することで、2次元ブロックマッチング法により血流速度ベクトルを推定した。初めに、参照フレームにおいて関心点および関心点周辺に相関関数を算出するための矩形のカーネル窓を設定する。次に、連続する探索フレームにおいて探索領域を設定する。探索フレーム内に設定された探索範囲内でカーネル窓を2次的に走査することで、相互相関関数を計算する。ピクセルサイズ以下の変位量を推定するために、平均した相関係数に対して再構築補間法を適用した[4]。血球からの超音波エコー信号の振幅は、周囲組織からのエコー信号に比べ 40 dB 程度も低いため、それを解析するためには周囲組織からの信号を抑圧するクラッタフィルタが必要である。本研究では、特異値分解によるクラッタフィルタを適用した後の超音波エコー信号にブロックマッチング法を適用して血流速度を推定した。

血流計測方法についても、数値シミュレーションによる精度評価を行った。遅延和ビームフォーミングは数値データである素子エコー信号に対する、ソフトウェア処理として実装可能である。そのため、受信焦点位置は任意の位置に設定することが可能である。そこで、受信焦点を深さ方向 (z 方向) に 0.02 mm、横方向 (x 方向) に 0.2 mm または 0.1 mm 間隔で配置した。これにより、受信走査線間隔が $\Delta x = 0.2$ mm, 0.1 mm の超音波信号の2種類の受信超音波信号が得られる。本研究では、横方向に移動する流体を模擬した。超音波プローブの表面から深さ方向 24 mm を中心、半径を 2.5 mm とした円柱領域内に散乱体をランダム配置させることで、血管内にある血球散乱体を模擬した。横方向の移動速度を 200 mm/s とし、血球流れを模擬した。この散乱体分布に超音波を照射した際に得られる B モード画像を、シミュレーションソフトウェア「Field II」を用いて取得した[2,3]。

4 . 研究成果

4 - 1 . 血管壁動態計測法の評価

図 1 左(a)と図 1 左(b)は深さ方向速度の推定値と真値の速度分布を示す。また、フレームは収縮期流入波形の傾きが最も大きい 0.08 s を対象とした。推定された速度分布の空間的特徴は、真の速度分布とよく一致した。平均二乗誤差は 17.8%であった。

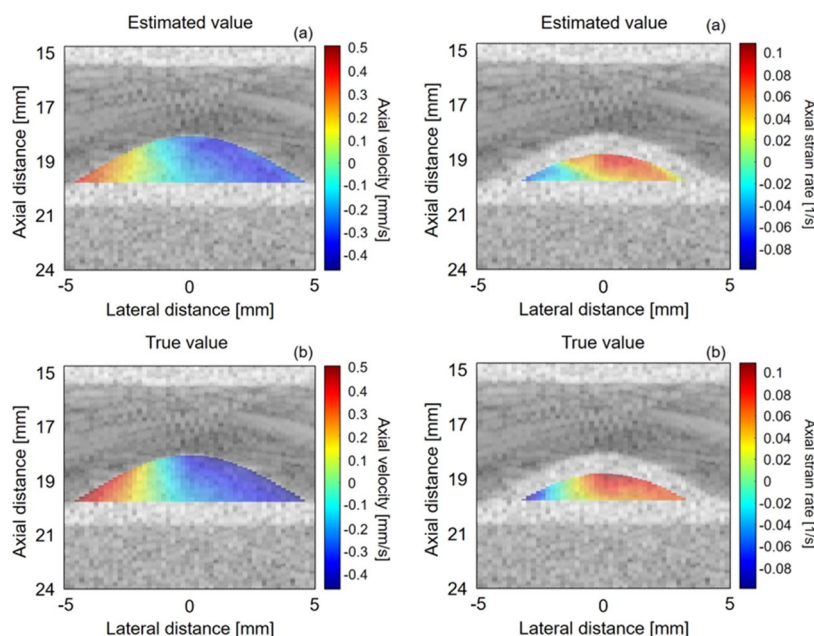


図 1: 深さ方向速度の推定値(a)と真値(b)の分布。

図 1 右(a)と図 1 右(b)はそれぞれ、深さ方向ひずみ速度(ストレインレート)の推定値と真値の速度分布を示す。また、図 1 左の速度分布と同様にフレームは収縮期流入波形の傾きが最も大きい 0.08 s を対象とした。平均二乗誤差は 25.2 %であった。推定されたストレインレート分布の空間的特徴は、速度分布と同様に真の分布とよく一致した。しかし、全体的に推定値が真値より過少に算出されている。これは、変位の空間勾配の算出に最小二乗法を用いているため、その算出幅の影響を受けていると考えられる。図 1 の結果より、開発した手法は血管壁内の微小な変形量分布を計測可能であることが示された。

4 - 2 . 血流計測法の評価

図2は、シミュレーションファントムのBモード画像である。図2(b), (c) からわかるように、深さ約30 mm付近(シミュレーションファントムの外側)でグレーティングローブによる虚像が観測されていることがわかる。このような望ましくないエコー信号は、図2(e), (f)に示すように、素子ピッチを0.2 mmから0.1 mmに変更することで低減されたため、グレーティングローブから発生したものであると思われる。図3に2次元速度推定値の偏り誤差BEおよび標準偏差SD ($BE \pm SD$)を示す。これらのプロットのうち、点群がBE、エラーバーがSDを表す。図3(a), 図3(b)は、それぞれprobe I (192素子, 間隔0.2 mm), probe II (384素子, 間隔0.1 mm)を用いたブロックマッチング法で得られたものである。図3(a)に示す実験結果では、中心周波数が7.5 MHz, 横方向のサンプリング間隔が0.2 mmの場合、ブロックマッチング法により推定速度のBEは-13% (三角プロット) となった。また、横方向のサンプリング間隔を0.1 mmとした場合(丸プロット), BEは-13%から-1.4%へと改善された。このように今回調査した条件では、中心周波数が7.5 MHz以上で横方向サンプリング間隔が0.2 mmの場合、ブロックマッチング法での推定時にBEが発生するため、サンプリング間隔は0.2 mm未満とすることが望ましいことがわかった。

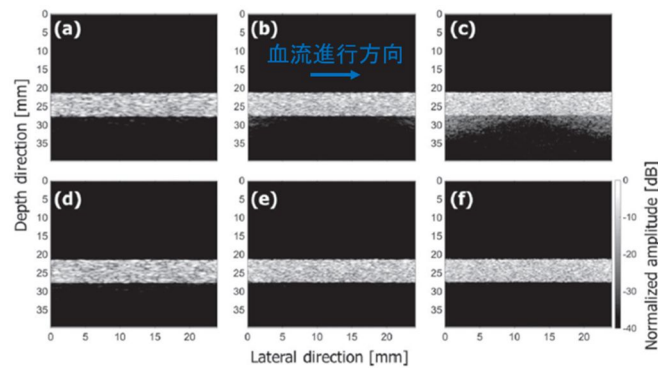


図2 シミュレーションで得られたBモード画像。(a)-(c) : 中心周波数を5 MHz, 7.5 MHz, 10 MHzとしたprobe Iにより取得。(d)-(f) : 中心周波数を5 MHz, 7.5 MHz, 10 MHzとしたprobe IIにより取得。

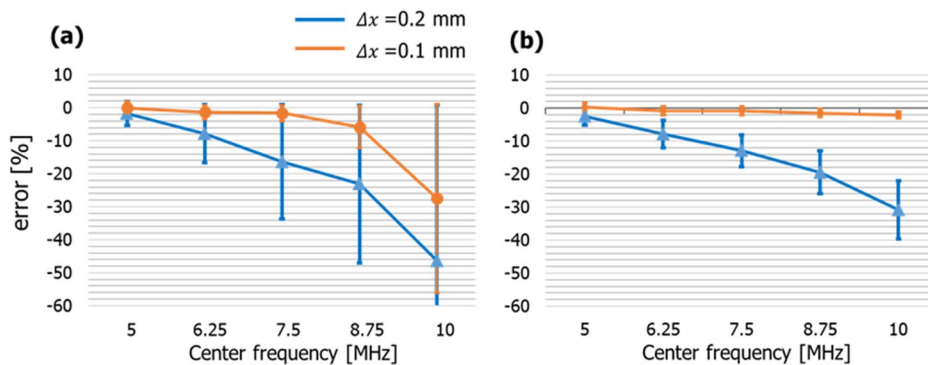


図3: ブロックマッチング法推定結果。(a) probe Iにより推定(素子ピッチ: 0.2 mm)。(b) probe IIにより推定(素子ピッチ: 0.1 mm)。三角プロットと丸プロットは受信走査線間隔0.2 mmおよび0.1 mmの違いを表す。

シミュレーション実験の検討により、サンプリング間隔0.15 mmに設定した場合、偏り誤差を5%に抑えることができたことがわかった。この傾向をin vivo実験において検証する。図4にヒト頸動脈超音波画像のin vivo実験におけるブロックマッチング法速度推定結果を掲載する。図4(a), 4(b)は、横方向のサンプリング間隔を0.2 mmと0.15 mmとして、ブロックマッチング法により得られた2次元速度ベクトルをそれぞれ示している。ここで、プローブはprobe I(素子ピッチ0.2 mm)に対応するものである。図4(a)の2次元速度ベクトルは、図4(b)に比べて大きさが小さくなっていることがわかる。したがって、in vivo実験でもシミュレーションと同様に速度の過小評価が確認され、開発した手法により血流速度ベクトルが推定可能であることが示された。

流速ベクトルの空間分布が計測できれば、その空間勾配から血管壁内腔にはたらくせん断応力の推定も可能である。空間勾配を推定するために、線形モデルや流速分布を放物線に近似したモデルなどが用いられるが、本研究では、拍動流のモデルであるWomersley分布を用いることで、せん断応力の推定精度を向上させることができることを見出した。流体から管内壁にはたらく

くせん断応力の真値を別途計測することは難しいため、有限要素法を用いた数値シミュレーションにより精度評価を行った。図5はその結果であり、図5(a)の超音波による推定結果は、図5(b)のせん断応力の真値の分布に良く対応している。推定誤差は、線形モデル46.7%、放物線モデル42.7%、Womersleyモデル18.2%と、開発した手法により大幅に誤差を低減することができた。上述のとおり、本研究では秒間10,000枚の超高速撮像により血管壁動態や血流速度等推定する手法を開発した。

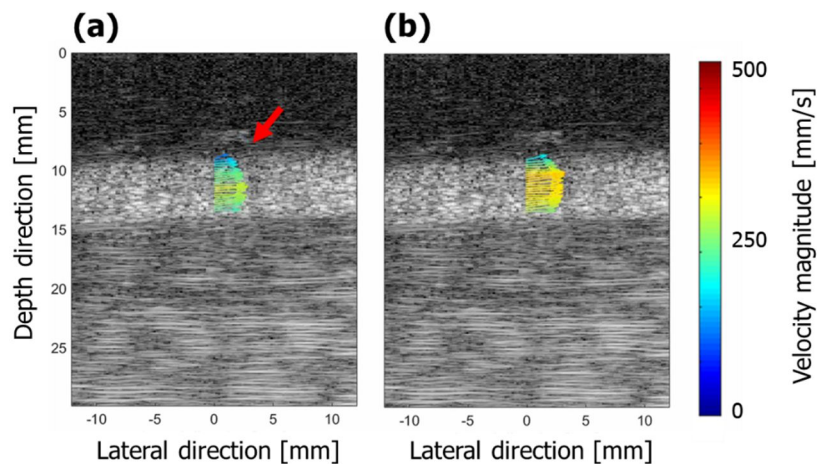


図4: in vivo実験におけるブロックマッチング法推定結果。(a)は受信走査線間隔0.2 mm, (b)は受信走査線間隔0.15 mmに対応。

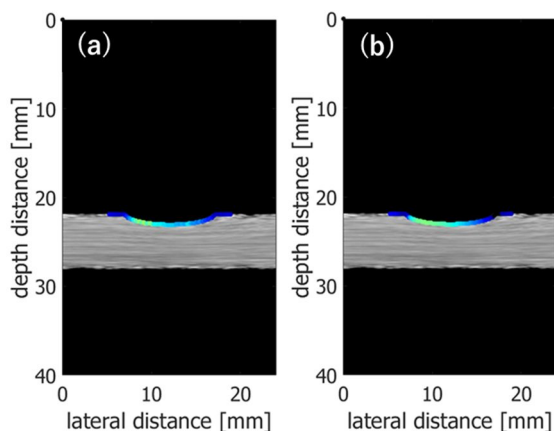


図5: せん断応力の推定結果。(a)超音波により計測した血流速度ベクトルから推定したせん断応力。(b)せん断応力の真値。

参考文献

- [1] H. Hasegawa, "Phase-sensitive 2D motion estimators using frequency spectra of ultrasonic echoes," *Applied Sciences*, vol. 6, no. 7, pp. 195-1-19, 2016.
- [2] J. A. Jensen, "Field: A Program for Simulating Ultrasound Systems," Paper presented at the 10th Nordic-Baltic Conference on Biomedical Imaging Published in *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 34, pp. 351-353, 1996.
- [3] J. A. Jensen and N. B. Svendsen, "Calculation of pressure fields from arbitrarily shaped, apodized, and excited ultrasound transducers," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 39, pp. 262-267, 1992.
- [4] I. Céspedes, et al, "Methods for estimation of subsample time delays of digitized echo signals," *Ultrasonics Imaging*, vol. 17, no. 2, pp. 142-171, 1995.
- [5] C. Demené, et al., "Spatiotemporal clutter filtering of ultrafast ultrasound data highly increases Doppler and fUltrasound sensitivity," *IEEE Transaction on Medical Imaging*, vol. 34, no. 11, pp. 2271-2285, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Omura Masaaki, Yagi Kunimasa, Nagaoka Ryo, Yoshida Kenji, Yamaguchi Tadashi, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 23
2. 論文標題 Effect of Clutter Filter in High-Frame-Rate Ultrasonic Backscatter Coefficient Analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2639 ~ 2639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s23052639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hasegawa Hideyuki, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Saito Kozue	4. 巻 22
2. 論文標題 Two-Dimensional Wavenumber Analysis Implemented in Ultrasonic Vector Doppler Method with Focused Transmit Beams	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 9787 ~ 9787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22249787	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Yagi Kunimasa, Yoshida Kenji, Yamaguchi Tadashi, Hasegawa Hideyuki	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 ~ 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 Yano Tatsuya, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Investigation on effect of transmit condition on ultrasonic measurement of 2D motion velocity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1053 ~ SG1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac49fd	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 Akamatsu Takumi, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Investigation on improving performance of adaptive beamformer by statistical analysis of ultrasonic echoes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1040 ~ SG1040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4f1f	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 Tochigi Kazuhiro, Nagaoka Ryo, Wilhelm Jens E., Hasegawa Hideyuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Enhancement of reflection and backscattering components by plane wave imaging for estimation of surface roughness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1025 ~ SG1025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4682	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 Hasegawa Hideyuki, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Saito Kozue	4. 巻 61
2. 論文標題 Preliminary study on estimation of flow velocity vectors using focused transmit beams	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1026 ~ SG1026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4687	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 Nagaoka Ryo, Omura Masaaki, Mozumi Michiya, Yagi Kunimasa, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Investigation on application of singular value decomposition filter in element domain for extraction of ultrasonic echoes from blood cells in jugular veins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1011 ~ SG1011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4680	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 Mozumi Michiya, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 120
2. 論文標題 Improving image contrast and accuracy in velocity estimation by convolution filters for intracardiac blood flow imaging	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 106650 ~ 106650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultras.2021.106650	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 Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Cinthio Magnus, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Impact of spacing of ultrasound receiving beams on estimation of 2D motion velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE07 ~ SDDE07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abeac0	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 Nagata Kazunori, Nagaoka Ryo, Wilhelm Jens E., Hasegawa Hideyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Study on estimation of surface roughness by separation of reflection and backscattering components using ultrasonic synthetic aperture imaging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE09 ~ SDDE09
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf2a4	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 Hasegawa Hideyuki, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo	4. 巻 60
2. 論文標題 Improvement of spatial resolution of medical ultrasound images by constrained least-square method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE16 ~ SDDE16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf3a1	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 Nagaoka Ryo, Yoshizawa Shin, Umemura Shin-ichiro, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Effects from correction of speed of sound in transmit and receive beamforming using focus beam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE19 ~ SDDE19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf55b	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 Wang Hongpeng, Gao Shangce, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Preliminary investigation on clutter filtering based on deep learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE21 ~ SDDE21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf39d	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 Omura Masaaki, Takeuchi Michio, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 48
2. 論文標題 A study on understanding the physical mechanism of change in ultrasonic envelope statistical property during temperature elevation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 3042 ~ 3054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.14890	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 Bohman Elin, Berggren Johanna, Bunke Josefine, Albinsson John, Engelsberg Karl, Dahlstrand Ulf, Hult Jenny, Hasegawa Hideyuki, Cinthio Magnus, Sheikh Rafi	4. 巻 37
2. 論文標題 Novel Evidence Concerning Lacrimal Sac Movement Using Ultra-High-Frequency Ultrasound Examinations of Lacrimal Drainage Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery	6. 最初と最後の頁 334 ~ 340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/IOP.0000000000001865	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 Hasegawa Hideyuki, Mozumi Michiya, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Saito Kozue	4. 巻 48
2. 論文標題 Measurement of flow velocity vectors in carotid artery using plane wave imaging with repeated transmit sequence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 417 ~ 427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-021-01113-2	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 Takeuchi Michio, Sakai Toshihiko, Andocs Gabor, Takanaka Tsuyoshi, Taka Masashi, Yamashita Kuniko, Kawahara Masahiro, Nojiri Tomoko, Tanaka Asaka, Norishima Azusa, Omoto Yoshitaka, Omura Masaaki, Nagaoka Ryo, Takao Keizo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 47
2. 論文標題 Statistical Analysis of Ultrasonic Scattered Echoes Enables the Non-invasive Measurement of Temperature Elevations inside Tumor Tissue during Oncological Hyperthermia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 3301 ~ 3309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.07.019	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 Hasegawa Hideyuki	4. 巻 48
2. 論文標題 Advances in ultrasonography: image formation and quality assessment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 377 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-021-01140-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 Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki, Tamura Kazuki, Yoshida Sachiko, Hozumi Naohiro, Kobayashi Kazuto	4. 巻 118
2. 論文標題 Suppression of reflected signals from substrate as clutters for cell measurements using acoustic impedance microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 106580 ~ 106580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultras.2021.106580	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 Mozumi Michiya, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 120
2. 論文標題 Improving image contrast and accuracy in velocity estimation by convolution filters for intracardiac blood flow imaging	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 106650 ~ 106650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultras.2021.106650	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 Nagaoka Ryo, Wilhelm Jens E., Hasegawa Hideyuki	4. 巻 47
2. 論文標題 Preliminary study on the separation of specular reflection and backscattering components using synthetic aperture beamforming	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 493 ~ 500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-020-01038-2	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 Takeuchi Michio, Sakai Toshihiko, Andocs Gabor, Takao Keizo, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Temperature elevation in tissue detected in vivo based on statistical analysis of ultrasonic scattered echoes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9030-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-65562-4	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 Mozumi Michiya, Nagaoka Ryo, Cinthio Magnus, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Anti-aliasing method for ultrasonic 2D phase-sensitive motion estimator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE20 ~ SKKE20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8c9a	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 Sannou Fumitada, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Estimation of speed of sound using coherence factor and signal-to-noise ratio for improvement of performance of ultrasonic beamformer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE14 ~ SKKE14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7fe7	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 Nagaoka Ryo, Ishikawa Kazuma, Mozumi Michiya, Cinthio Magnus, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Basic study on estimation method of wall shear stress in common carotid artery using blood flow imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE16 ~ SKKE16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab87f2	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 Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 47
2. 論文標題 Modified high-resolution wavenumber analysis for detection of pulse wave velocity using coefficient of variation of arterial wall acceleration waveforms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 167 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00998-4	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 Hasegawa Hideyuki, Nagaoka Ryo	4. 巻 59
2. 論文標題 Temporal averaging introduced in linear regression beamforming for improvement of contrast-to-noise ratio	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE12 ~ SKKE12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab867e	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 Ando Kazuma, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Speckle reduction of medical ultrasound images using deep learning with fully convolutional network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE06 ~ SKKE06
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab80a5	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 -

1. 著者名 Nunome Soichiro, Nagaoka Ryo, Hasegawa Hideyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Accuracy evaluation of 3D velocity estimation by multi-frequency phase-sensitive motion estimator under various specifications of matrix array probe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE01 ~ SKKE01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab78e7	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, Hideyuki Hasegawa, Ryo Nagaoka, Kenji Yoshida, and Tadashi Yamaguchi"	4. 巻 47
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 35-46
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 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"	4. 巻 42
2. 論文標題 Converting coherence to signal-to-noise ratio for enhancement of adaptive ultrasound imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ultrasonic Imaging	6. 最初と最後の頁 27-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0161734619889384	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 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"	4. 巻 46
2. 論文標題 Initial phantom study on estimation of speed of sound in medium using coherence among received echo signals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 297-307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00936-4	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 "Michiya Mozumi, Ryo Nagaoka and Hideyuki Hasegawa"	4. 巻 58
2. 論文標題 Utilization of singular value decomposition in high-frame-rate cardiac blood flow imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE02-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1131	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 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"	4. 巻 58
2. 論文標題 Singular value decomposition filter for speckle reduction in adaptive ultrasound imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE06-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0ad6	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 "Michio Takeuchi, Yuta Matsui, Toshihiko Sakai, Gabor Andocs, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"	4. 巻 58
2. 論文標題 Investigation of initial value dependence in the statistical analysis of ultrasonic scattered echoes for the non-invasive estimation of temperature distribution in biological tissue	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE09-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0ba8	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 "Ryo Nagaoka, Michiya Mozumi, and Hideyuki Hasegawa"	4. 巻 58
2. 論文標題 Investigation of the estimation accuracy of two-step block matching methods using envelope and RF signals for two-dimensional blood flow vector imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE10-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0ffa	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 "Akira Miyajo, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"	4. 巻 58
2. 論文標題 Comparison of ultrasonic motion estimators for vascular applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE16-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab19b5	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 "Ryo Nagaoka and Hideyuki Hasegawa"	4. 巻 46
2. 論文標題 Identification of vascular lumen by singular value decomposition filtering on blood flow velocity distribution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 187-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00928-4	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 John Albinsson, Hideyuki Hasegawa, Hiroki Takahashi, Enrico Boni, Alessandro Ramalli, Åsa Rydén Ahlgren, and Magnus Cinthio	4. 巻 8
2. 論文標題 Iterative 2D tissue motion tracking in ultrafast ultrasound imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 662-1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8050662	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計92件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 25件）

1. 発表者名 長谷川英之, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮
2. 発表標題 最尤推定法による超音波断層像の距離分解能向上に関する検討
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 長谷川英之, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 斎藤こずえ
2. 発表標題 平面波パケット送信におけるクラッタフィルタに関する検討
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 大村眞朗, 長岡 亮, 茂澄倫也, 八木邦公, 吉田憲司, 山口 匡, 長谷川英之
2. 発表標題 散乱特性解析による静脈血評価と微小血栓検出に向けた基礎検討
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 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 超音波画像の受信ビーム間隔のブロックマッチング法の推定精度への影響に関する検討
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 長岡 亮, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長谷川英之
2. 発表標題 頸動脈の2次元変位計測におけるエレベーション方向の動きの影響に関する基礎検討
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 斎藤こずえ, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 小林泰代, 杉江和馬, 平井都始子, 長谷川英之
2. 発表標題 超高速超音波イメージングによる頸動脈プラーク動態計測の試み
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 矢野達也, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 心拍による頸動脈変位の2次元超音波計測における送信条件の影響の検討
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 杉岡虎太郎, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 送信波の伝搬遅延時間の考慮による超音波画像向上の検討
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 小路重虎, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 心臓血流速度計測のためのブロックマッチングにおける回転考慮
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口 崇, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, Jens E. Wilhjelmsen, 長谷川英之
2. 発表標題 超音波開口合成法による表面粗さ評価の深さ依存性に関する検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森 友雅, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 深層学習による静脈内異常エコー検出のためのシミュレーションによる基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高松佳汰, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 血管壁の3次元変位計測のための少数素子プローブの検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢野達也, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 基礎実験による2次元位相追跡法における送信条件の影響の検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大村眞朗, 長岡 亮, 八木邦公, 吉田憲司, 山口 匡, 長谷川英之
2. 発表標題 血液の後方散乱係数解析におけるクラッタフィルタの効果検証
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Michio Takeuchi, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Effect of material properties on Ultrasonic Envelope statistical property during temperature change
3. 学会等名 IEEE 2021 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideyuki Hasegawa, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, and Ryo Nagaoka
2. 発表標題 Enhancement of layered and fibrous structure by constrained least-square estimator
3. 学会等名 IEEE 2021 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Kunimasa Yagi, Kenji Yoshida, Tadashi Yamaguchi, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Comparison of tracking methods of particle distribution in ultrafast ultrasound imaging
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro Tochigi, Ryo Nagaoka, Jens E. Wilhjelm, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 On the investigation of separation between reflection and backscattering components by plane wave imaging for estimation of surface roughness
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michio Takeuchi, Toshihiko Sakai, Yusuke Oshima, Yasuhiro Kojima, Kenji Mori, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 A basic study on ultrasound noninvasive measurement of temperature elevation inside biological tissue cauterized by radiofrequency catheter ablation
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro Sugioka, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Investigation on improvement of spatial resolution of ultrasound images by considering propagation delay time of transmitted wave
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Akamatsu, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Improvement of performance of minimum variance beamformer by Nakagami shape parameter
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Basic study on separation of reflected components in pulse wave propagation using ultrafast ultrasound
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Nagaoka, Masaaki Omura, Michiya Mozumi, Kunimasa Yagi, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Investigation on singular value decomposition filter for extraction of reflected signals from blood flow in veins
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideyuki Hasegawa, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Kozue Saito
2. 発表標題 Investigation on estimation of velocity vectors for blood flow measurements
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuya Yano, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Investigation on effect of transmit condition on displacement estimation by phase-sensitive 2D motion estimators
3. 学会等名 The 42th Symposium on Ultrasonic Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka
2. 発表標題 Estimation of covariance matrix in minimum variance beamforming
3. 学会等名 IEEE 2020 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Hideyuki Hasegawa, Kenji Yoshida, and Tadashi Yamaguchi
2. 発表標題 High-frame-rate imaging for ultrasonic backscatter and functional analyses of vascular system
3. 学会等名 IEEE 2020 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Nagaoka, Benjamin Meirza, Maria Evertsson, Magnus Cinthio, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Visualization of micro flow channel by plane wave imaging and temporal variance
3. 学会等名 IEEE 2020 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Michiya Mozumi, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Noise suppression in blood speckle imaging by estimation of point spread function of imaging system
3. 学会等名 IEEE 2020 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Nagaoka, Shin-Ichiro Umemura, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Development of two-frequency switchable array probe consisting of piezoelectric elements with polarization-inverted structure for portable ultrasonic equipment
3. 学会等名 IEEE 2020 International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長尾生成, 石川数馬, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 心拍による頸動脈変位の2次元超音波計測におけるスライス方向変位の影響に関する検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉岡虎太郎, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 集束超音波ビームを用いた開口合成法による血流測定法の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 比企隆一, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 深層学習を用いた超音波ビームフォーマの検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大村眞朗, 竹内道雄, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 熱特性が異なる散乱媒質におけるエコー振幅包絡特性の変動評価
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 2020年

1. 発表者名 尾本吉隆, 長岡 亮, 竹内道雄, 坂井俊彦, Andocs Gabor, 高雄啓三, 長谷川英之
2. 発表標題 超音波エコー振幅分布モデルへの整合誤差の評価による散乱体密度推定精度の向上
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 茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 速度ベクトル推定のための点拡がり関数の畳み込みによる不要エコー抑制の検討
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 竹内道雄, 坂井俊彦, Gabor Andocs, 高雄啓三, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 ラジオ波加熱されたラット腫瘍内の超音波散乱波の統計解析による温度変化測定
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 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 特異値分解および時間的分散を用いた微小血管の可視化に関する基礎検討
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 Kazunori Nagata, Ryo Nagaoka, Jens. E. Wilhjelm, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Phantom experiments on separation of reflection and scattering components using ultrasonic synthetic aperture imaging
3. 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Magnus Cinthio, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Investigation of Relationship between Accuracy of 2D Velocity Estimation and Scan Pitch of Ultrasound Image
3. 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hongpeng Wang, Shange Gao, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2 . 発表標題 Preliminary investigation on clutter filtering based on deep learning
3 . 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hideyuki Hasegawa, Ryo Nagaoka, Masaaki Omura, and Michiya Mozumi
2 . 発表標題 Maximum likelihood estimation of scattering strength applied to beamformed ultrasonic signals
3 . 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Ryo Nagaoka, Shin Yoshizawa, Shin-ichiro Umemura, and Hideyuki Hasegawa
2 . 発表標題 Basic study on correction of speed of sound in forming of non-cylindrical focus beam
3 . 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Michio Takeuchi, Toshihiko Sakai, Gabor Andocs, Tsuyoshi Takanaka, Masashi Taka, Kuniko Yamashita, Masahiro Kawahara, Tomoko Nojiri, Asaka Tanaka, Azusa Norishima, Yoshitaka Omoto, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, Keizo Takao, and Hideyuki Hasegawa
2 . 発表標題 Non-invasive measurement of temperature elevation inside tumor tissue during oncological hyperthermia treatment by statistical analysis of ultrasonic scattered echoes
3 . 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuma Ishikawa, Michiya Mozumi, Masaaki Omura, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Evaluation of accuracy in ultrasonic measurement of motion velocity with simulation of blood vessel deformation
3. 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaaki Omura, Yoshitaka Omoto, Michio Takeuchi, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
2. 発表標題 Simulation study to evaluate variable factors of Nakagami parameter due to temperature change
3. 学会等名 41th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上坂拓実, 大村眞朗, 長岡 亮, 八木邦公, 長谷川英之
2. 発表標題 静脈血流内の高輝度エコー信号の検出
3. 学会等名 日本音響学会2020年秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"
2. 発表標題 Quantitative cardiac blood flow imaging with high frame rate ultrasound
3. 学会等名 178th Meeting of the Acoustical Society of America (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Masaaki Omura, Hideyuki Hasegawa, Ryo Nagaoka, Kenji Yoshida, and Tadashi Yamaguchi"
2 . 発表標題 Validation of effect of different beamforming on backscatter coefficient analysis
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 "Benjamin Meirza, Hideyuki Hasegawa, Maria Evertsson, Sandra Sjostrand, and Magnus Cinthio"
2 . 発表標題 Construction of an ultrasound phantom with micrometer sized wall-less vessels
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 "Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Recent developments in adaptive beamforming
3 . 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2019 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Ryo Nagaoka, Michiya Mozumi, and Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Visualization of blood flow velocity vectors in human heart using high frame rate ultrasound imaging and vector flow mapping
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 "Hideyuki Hasegawa, Ryo Nagaoka, and Michiya Mozumi"
2. 発表標題 Cardiac blood flow imaging using very high frame rate ultrasound
3. 学会等名 2019 International Congress on Ultrasonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"
2. 発表標題 Effect of size of transmit aperture on estimation of ultrasonic speed of sound in diffuse scattering medium
3. 学会等名 2019 International Congress on Ultrasonics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Hideyuki Hasegawa"
2. 発表標題 Very high frame rate ultrasound for medical diagnostic imaging
3. 学会等名 International Conference of Electrical and Electronic Engineering 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Michiya Mozumi, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"
2. 発表標題 Michiya Mozumi, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa
3. 学会等名 International Conference on Electric and Electronic Engineering 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "尾本吉隆, 長谷川英之, 長岡 亮, 竹内道雄, 坂井俊彦, Gabor Andocs, 高雄啓三"
2. 発表標題 超音波エコー振幅分布への理論分布整合誤差の評価による散乱体密度推定精度の向上
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

1. 発表者名 "栃木一宏, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 表面粗さの評価を目指した偏向平面波送信による反射・散乱成分の分離
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

1. 発表者名 "石川数馬, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 血管変形モデルシミュレーションを用いた超音波によるひずみ計測法の精度評価
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 "長岡 亮, 吉澤 晋, 長谷川英之"
2. 発表標題 2次高調波成分を用いたContinuous Shear Wave Elastographyに関する基礎検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 "茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 心腔内血流信号強調のための2次元点拡がり関数の推定に関する検討
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

1. 発表者名 "長岡 亮, 茂澄倫也, 長谷川英之"
2. 発表標題 超高時間分解能ベクトルフローマッピング法による心臓内血流ダイナミクスと2次元速度情報の評価
3. 学会等名 第13回血流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 "長谷川英之"
2. 発表標題 血流計測テクノロジーの開発と基礎的検討
3. 学会等名 第13回血流会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 "Hideyuki Hasegawa and Ryo Nagaoka"
2. 発表標題 Characteristic analysis on linear regression beamformer
3. 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Michiya Mozumi, Ryo Nagaoka, Magnus Cinthio, and Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Anti-aliasing method for 2D phase-sensitive motion estimator in ultrasound measurement
3 . 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Kazunori Nagata, Ryo Nagaoka, Jens Erik Wilhjelm, and Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Basic study on differentiation of reflection and scattering components by synthetic aperture method using spherically diverging transmit beams
3 . 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Michio Takeuchi, Toshihiko Sakai, Gabor Andocs, Keizo Takao, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Non-invasive measurement of temperature elevation inside tumor tissue of living rat induced by radiofrequency current heating based on statistical analysis of ultrasonic scattered echoes
3 . 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 "Ryo Nagaoka, Kazuma Ishikawa, Michiya Mozumi, Magnus Cinthio, and Hideyuki Hasegawa"
2 . 発表標題 Basic study on estimation method of shear stress in carotid artery using blood flow imaging
3 . 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 "Fumitada Sannou, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"
2. 発表標題 Examination of effectiveness of signal-to-noise ratio factor in estimation of sound speed of medium
3. 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Kazuma Ando, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"
2. 発表標題 Study on speckle reduction of medical ultrasound images using deep learning with fully convolutional network
3. 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Soichiro Nunome, Ryo Nagaoka, and Hideyuki Hasegawa"
2. 発表標題 Accuracy evaluation of 3D velocity estimation by multi-frequency phase tracking method with matrix array probe
3. 学会等名 40th Symposium on Ultrasonic Electronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 高時間分解能超音波計測による腹部大動脈の脈波伝搬イメージング
3. 学会等名 電子情報通信学会超音波研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "長岡 亮, 茂澄倫也, 石川数馬, 長谷川英之"
2. 発表標題 超高速超音波断層法による左心室内血流動態の可視化
3. 学会等名 日本超音波医学会第40回中部地方会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "長岡 亮, 大村眞朗, 山口 匡, 長谷川英之"
2. 発表標題 高時間分解能超音波イメージングを用いた血球の粒子サイズと圧力との関係に関する基礎検討
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 "参納史匡, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 配列型振動子を用いた音速推定における諸条件の検討
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 "茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 心腔内血流計測のための特異値分解クラッタフィルタの空間分割化に関する検討
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 "長谷川英之, 長岡 亮"
2. 発表標題 2種送信波を用いた開口合成法に関する基礎的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 超音波研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "長谷川英之, 長岡 亮"
2. 発表標題 並列ビーム形成技術とその応用
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 "長谷川英之, 長岡 亮"
2. 発表標題 血管エコーの基礎工学 - Bモード法から新技術まで
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 "長岡 亮, 茂澄倫也, 長谷川英之"
2. 発表標題 超高速超音波断層法による心臓内血流ダイナミクスと流速ベクトルの可視化
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 "長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 特異値分解を用いた頸動脈内腔領域抽出
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 "茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 心腔内血流イメージングのための空間基底画像を用いた特異値分解クラッタフィルタ
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 "長谷川英之, 長岡 亮"
2. 発表標題 素子信号間相関性評価による音速推定の平面波イメージングへの適用
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 "安藤数真, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 深層学習を用いたスペckル除去手法の検討
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 "茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 心臓壁振動の計測における不要エコーの影響に関する基礎検討
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 "長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 脈派の反射波成分の検出に関する基礎検討
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 "竹内道雄, 坂井俊彦, Gabor Andocs, 高雄啓三, 長岡 亮, 長谷川英之"
2. 発表標題 生体の深部加温実験における超音波散乱波の統計的解析による内部温度変化測定
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 石川数馬, 宮條 晃, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 有限要素法による血管変形モデルシミュレーションを用いた周波数補償付多周波位相追跡法の精度評価に関する基礎検討
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 茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 特異値分解を用いたカラードプラ画像の正則化
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 長谷川英之, 長岡 亮
2. 発表標題 素子信号間の相関性に基づく音速推定に関する基礎的検討
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 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 脈波伝搬速度検出のための超音波照射シーケンスに関する基礎検討
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 茂澄倫也, 長岡 亮, 長谷川英之
2. 発表標題 特異値分解を用いた心臓壁の速度伝搬計測に関する基礎検討
3. 学会等名 2019 年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 藤田 広志、椎名 毅、工藤 正俊	4. 発行年 2021年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 198
3. 書名 医療AIとディープラーニングシリーズ 超音波画像AI診断	

〔産業財産権〕

〔その他〕

富山大学工学部工学科知情報工学コース医用情報計測学研究室 http://www3.u-toyama.ac.jp/hase/

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	玉木 潔 (Tamaki Kiyoshi) (20435928)	富山大学・学術研究部工学系・教授 (13201)	
研究分担者	長岡 亮 (Nagaoka Ryo) (60781648)	富山大学・学術研究部工学系・准教授 (13201)	
研究分担者	斎藤 こずえ (Saito Kozue) (80398429)	奈良県立医科大学・医学部・病院教授 (24601)	

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			
スウェーデン	Lund University			