

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22891

研究課題名（和文）革新的振動子と深層学習による次世代超音波ビームフォーマ

研究課題名（英文）Next-Generation Ultrasonic Beamformer with Innovative Transducer and Deep Learning

研究代表者

長谷川 英之（Hasegawa, Hideyuki）

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） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：医用超音波画像の構築において、超音波ビームフォーマは重要な役割を果たす。本研究では、深層学習を用いた新しい手法を開発する。人工ニューラルネットワークの学習は、生体からの超音波エコー信号を模擬するシミュレーション環境を構築し、十分な数の学習用データの生成を実現した。シミュレーションにおいてはエコー源の特性が既知であるため、エコー源の特性を教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させることで超音波イメージングシステムの特性を抑制できることを示した。また、より高度なビームフォーマによる出力を学習させることで人工ニューラルネットワークにより高精度なビームフォーミングが可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医用超音波画像の品質はビームフォーマに大きく依存するため、ビームフォーマの高性能化に関する研究開発が精力的に行われている。一方、そのような高度なビームフォーマは計算負荷が高く、医用超音波画像の特徴の1つであるリアルタイム性を損なわずに実装できない場合が多い。本研究は、深層学習を用いて高度なビームフォーマと同様の画像を出力する手法について検討を行い、超音波伝搬シミュレーションにより人工ニューラルネットワークを学習させるための多数のデータを生成することで深層学習を用いてより高精度な画像が得られることを示した。本研究成果は、医用超音波画像の品質向上に資するものである。

研究成果の概要（英文）：A beamformer is an indispensable component in medical ultrasound imaging. This study explored beamforming methods through deep learning for accurate reconstruction of target structures. In the present study, a simulation platform was first developed for generation of numerous data mimicking ultrasonic echoes from biological tissues because a lot of data are required to train the artificial neural network appropriately. Generating data in simulation has another merit, i.e., the true property of the source of the simulated echo signals is known and can be used as a teacher data for training of the artificial neural network. Using the neural network trained by such simulated data sets, ultrasonic images were obtained with less influences of the characteristics of the ultrasonic imaging system. The artificial neural network was also trained by the data sets produced with a more sophisticated beamformer, and the trained neural network produced more accurate ultrasonic images.

研究分野：医用超音波工学

キーワード：超音波 ビームフォーミング 深層学習

1. 研究開始当初の背景

医用超音波画像は非侵襲的に測定が可能であり、医療診断において各種器官の形態観察などに広く活用されている。超音波診断装置におけるビームフォーミング処理は、医用超音波画像の元となるデータを構築するための欠かすことのできない処理であり、その性能が超音波画像の精度を決定する。したがって、ビームフォーマの性能向上に関する研究開発が精力的に行われている。現在の超音波診断装置において広く用いられている最も基本的なビームフォーマとして、遅延和ビームフォーマが挙げられる。遅延和ビームフォーマは高速に処理を行えるため、超音波診断装置における断層画像のリアルタイム表示に貢献しているが、その処理は受信信号によらず不変であるため使用する配列型超音波振動子の仕様などにより性能はあらかじめ規定されたものとなる。それに対し、受信信号に応じて適応的に処理を行う適応ビームフォーマが検討されている[1,2]。適応ビームフォーマは、遅延和ビームフォーマに比べ高い空間分解能を実現するなど、優れた特徴を有するが、計算コストが高いため診断装置への実装には未だ至っていない。また、医用超音波イメージングに使用する超音波振動子の帯域は有限であるため、生体組織からの散乱波どうしが干渉し、スペックルとよばれる生体組織の構造とは無関係なパターンが生じる。このようなスペックル低減のためのフィルタ処理なども検討されているが[3]、性能の高いフィルタはやはり計算コストが高くなる傾向にある。

2. 研究の目的

本研究では、深層学習に着目し、ビームフォーミング処理などにおいて使用する超音波振動子をはじめとするイメージングシステムの影響を低減し、より組織の構造を反映した画像を出力する人工ニューラルネットワークについて検討を行った。

(1) 深層学習を用いた超音波画像のスペックル低減

超音波イメージングにおいて真に画像化したいものは対象の超音波散乱特性であるが、使用する超音波振動子の特性などによりスペックルパターンが発生する。本研究では、対象の散乱特性を教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させることでスペックルを抑圧する手法について検討を行った。

(2) 深層学習を用いた適応ビームフォーミング処理の実現

基本的なビームフォーマである遅延和ビームフォーマにおける空間分解能は、使用する配列型超音波振動子の周波数帯域や開口幅などの仕様で規定される。適応ビームフォーマは受信信号に基づき適応的な処理を行うことにより超音波振動子の特性を抑圧し空間分解能等を向上させる。本研究では、適応ビームフォーマの出力を教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させることで、遅延和ビームフォーマの出力を入力として適応ビームフォーマと同様のデータを出力する手法について検討を行った。

3. 研究の方法

人工ニューラルネットワークを適切に学習させるためには、十分な数量の入力データと教師データのセットを準備する必要がある。したがって、そのようなデータを実験により得ることも可能であるが、計算機シミュレーションにより得ることができれば効率的である。本研究では、計算機シミュレーションにより入力データと教師データのセットを出力する環境を構築した。

(1) 深層学習を用いた超音波画像のスペックル低減

任意の散乱特性を配置し、それに対する超音波送受信をシミュレーション[4,5]することにより対象からの受信超音波信号を得た。受信信号に対して遅延和ビームフォーミングを適用して得られたデータを入力とし、配置した散乱特性を教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させた。ニューラルネットワークとしては、畳み込み層のみで構成したもの(図 1(a))と Encoder-Decoder で構成したもの(図 1(b))を検討した。

(2) 深層学習を用いた適応ビームフォーミング処理の実現

(1)で構築したシミュレーション環境を利用して入力データと教師データを生成した。適応ビームフォーミング処理を学習させるため、(1)のシミュレーション環境により得られる超音波信号に遅延和ビームフォーミングを適用して得られるデータを入力とし、超音波信号に適応ビームフォーミングを適用して得られるデータを教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させた。ニューラルネットワークとしては畳み込み層のみで構成したもの(図 1(c))を検討した。

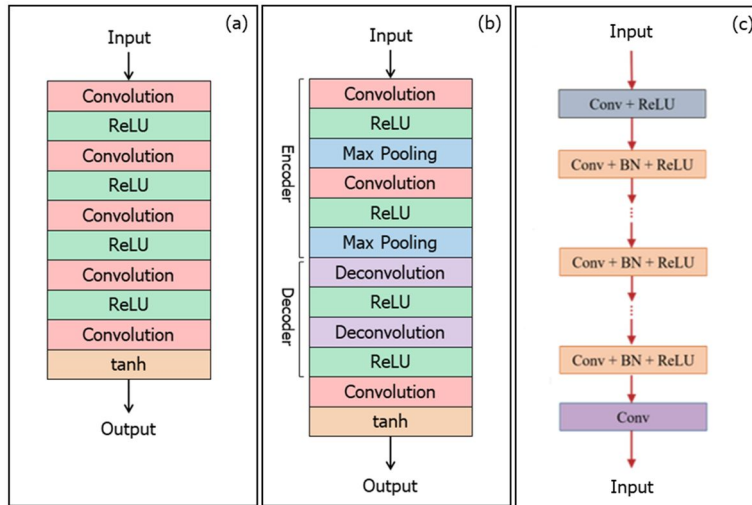


図 1: 人工ニューラルネットワークの構成図 . (a) スペックル低減用(畳み込み層のみ) . (b) スペックル低減用(Encoder-Decoder 構成) . (c) 適応ビームフォーマ再現用 .

4 . 研究成果

(1) 深層学習を用いた超音波画像のスペックル低減

図 2 は , 人工ニューラルネットワークを学習させるためにシミュレーションにより生成したデータの 1 例である . 図 1(a)は配置した散乱特性分布 , 図 2(b)は図 1(a)の散乱特性分布に対して超音波送受信シミュレーションを行うことにより得られた超音波信号に遅延和ビームフォーミングを適用して得られた画像である . 図 2 のようなデータを入力と教師データのセットとし , 散乱特性分布をランダムに与えながら多数回超音波送受信シミュレーションを繰り返すことにより 512 個の学習用データセットを作成した .

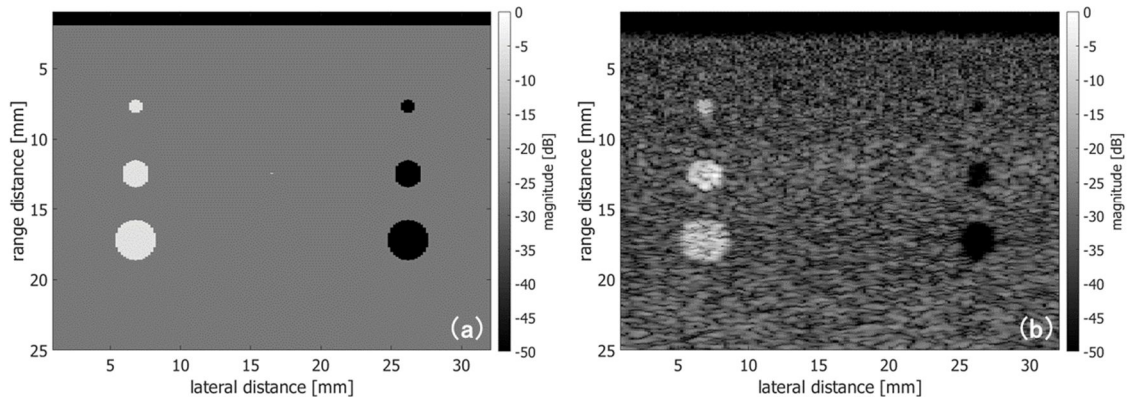


図 2: シミュレーションデータにより生成した学習データの例 . (a) 配置した散乱特性 (教師データ) . (b) 配置した散乱特性に対して超音波送受信シミュレーションを行って得られた超音波信号に遅延和ビームフォーミングを適用して得られたデータ (入力データ) .

シミュレーションにより得られた学習用データセットを用いて学習させた人工ニューラルネットワークにより実際の実験データの処理を行った . 図 3(a)は , リニア配列型探触子を用いて頸動脈に対して超音波を送受信することにより得られた受信信号に遅延和ビームフォーミングを適用して得られた画像である . 血管内腔はエコー強度が低いいため暗く , 血管壁はエコー強度が高いため白く描出されている . 図 3(a)では , 特に血管壁の外側の領域においてスペックルパターンによる輝度の変動が目立っている . スペックル抑制に用いられるフィルタの一種である non local means フィルタを適用した結果が図 3(b)である . 図 3(b)に比べ血管壁などの組織構造の空間的連続性が向上していることが分かる . 図 3(c)と 3(d)はそれぞれ , 畳み込み層のみと Encoder-Decoder 構成の人工ニューラルネットワークによる出力結果である . 畳み込み層だけでもスペックルによる輝度変動は抑制されるが , Encoder-Decoder 構成によりさらに空間的連続性が向上している . また , 人工ニューラルネットワークにより血管内腔と血管壁のコントラストも non local means フィルタよりも向上している .

図 3 より , 深層学習により従来のスペックル低減フィルタよりも良い性能を実現できることが示された . 処理時間については , 人工ニューラルネットワークは non local means フィルタの

100分の1程度であり，計算の高速化もはかれることが示された．

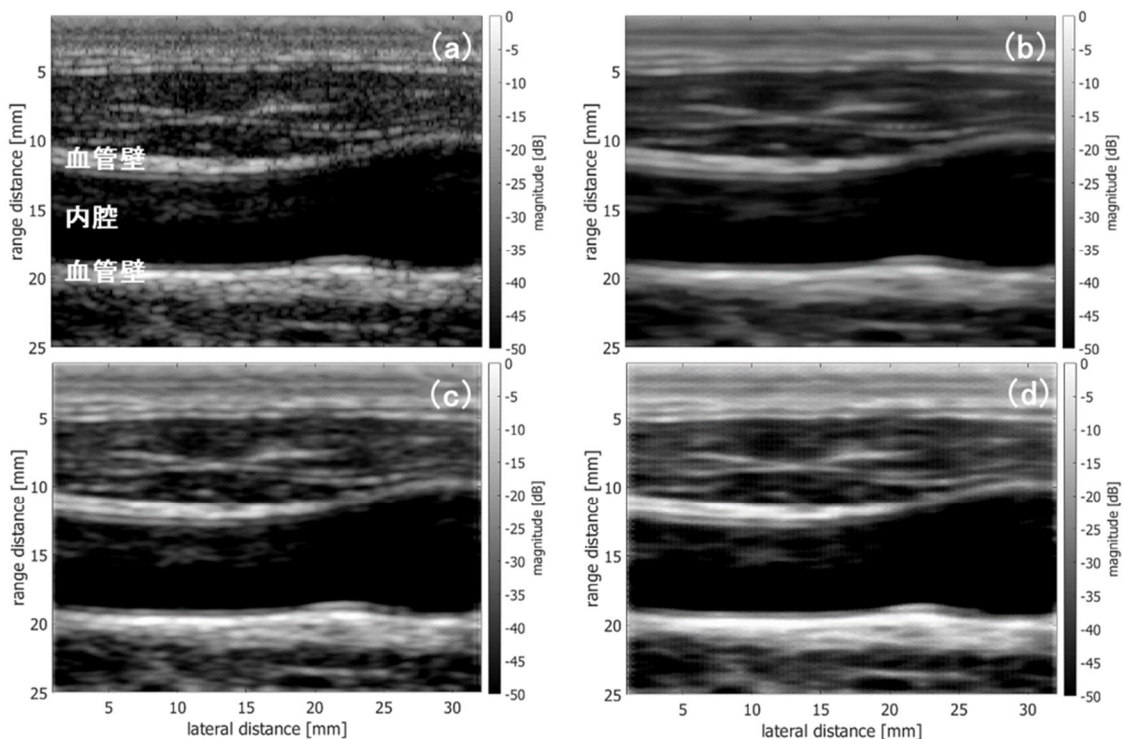


図3: 実験データの解析例．(a) 遅延和ビームフォーミングによる画像．(b) non local means フィルタによる画像．(c) 畳み込み層のみで構成された人工ニューラルネットワークによる画像．(d) Encoder-Decoder 構成の人工ニューラルネットワークによる画像．

(2) 深層学習を用いた適応ビームフォーミング処理の実現

適応ビームフォーマの出力と同等のデータを出力するよう，人工ニューラルネットワークを学習させるためのデータをシミュレーションにより生成した．図4はその例であり，図4(1)は輝度が高い病変を，図4(2)は輝度の低い病変を模擬したシミュレーションデータである．それぞれの図において，(a)は遅延和ビームフォーミングにより得られた画像，(b)は適応ビームフォーミングにより得られた画像を示す．図4(1)，3(2)ともに，適応ビームフォーミングにより病変部位のコントラストが向上していることがわかる．本検討では，遅延和ビームフォーマ出力を入力データ，適応ビームフォーマ出力を教師データとして人工ニューラルネットワークを学習させた．

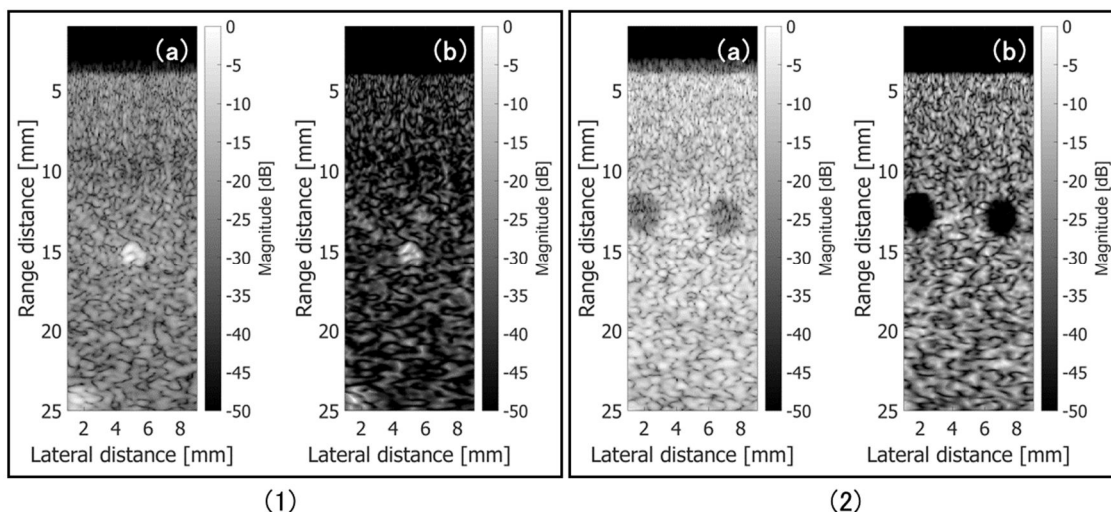


図4: シミュレーションにより生成した学習データの例．(1) 輝度が高い病変を模擬したもの．(2) 輝度が低い病変を模擬したもの．(a) 遅延和ビームフォーミングにより得られた画像（入力データ）．(b) 適応ビームフォーミングにより得られた画像（教師データ）．

学習させた人工ニューラルネットワークを用いて，実際の実験により得られた超音波受信信号の解析を行った．本研究では，超音波画像評価用ファントムを測定し，空間分解能評価用ターゲットおよびコントラスト評価用ターゲットを画像化した．解析結果を図4に示す．

図 5(1)と図 5(2)はそれぞれ、空間分解能評価用ターゲット(点ターゲット)とコントラスト評価用ターゲットである。図 4 において、(a)、(b)、(c)はそれぞれ、遅延和ビームフォーミングによる画像、適応ビームフォーミングによる画像、人工ニューラルネットワークによる画像である。図 5(1)は空間分解能評価用ターゲットであり、輝度の高い点の大きさが小さいほど性能が良い。(a)の遅延和ビームフォーマに比べ(b)の適応ビームフォーマによる画像では輝度の高い点の大きさが小さく、遅延和ビームフォーマより空間分解能が良いことがわかる。(c)の人工ニューラルネットワークによる画像は(b)の適応ビームフォーマによる画像に近い性能が得られている。図 5(2)のコントラスト評価用ターゲットについても、(c)の人工ニューラルネットワークによる画像は、(b)の適応ビームフォーマによる画像と同様、(a)の遅延和ビームフォーマによる画像に見られるターゲット領域(輝度の低い領域)の不要信号を抑圧できていることが確認できる。これらの結果から、人工ニューラルネットワークによりビームフォーマの性能向上が図れることが示された。また、処理時間は適応ビームフォーミングの 100 分の 1 程度まで削減できており、計算時間の面でも優れた性能を実現できることが示された。

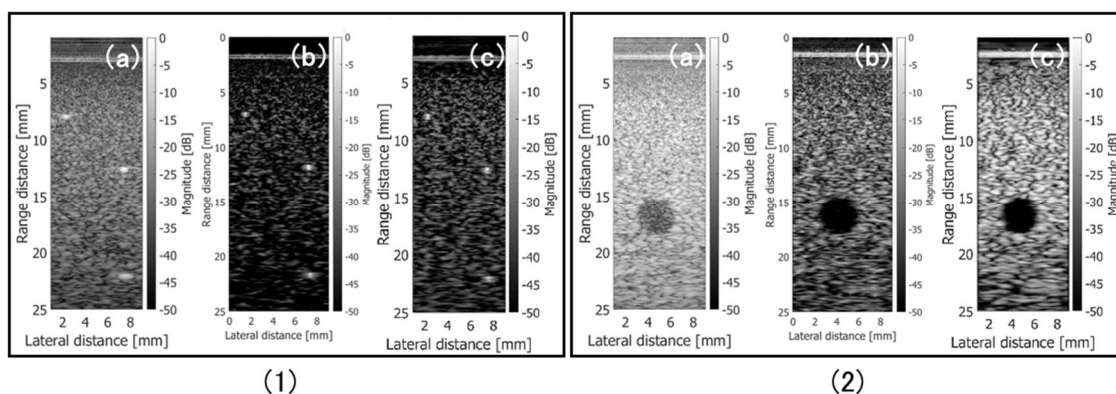


図 5: 実験により得られた超音波受信信号の解析結果。(1) 空間分解能評価用ターゲットの計測結果。(2) コントラスト評価用ターゲットの計測結果。(a) 遅延和ビームフォーミングによる画像。(b) 適応ビームフォーミングによる画像。(c) 人工ニューラルネットワークによる画像。

< 引用文献 >

- [1] J. Capon, "High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis," *Proc. IEEE*, vol. 57, no. 8, pp. 1408-1418, 1969.
- [2] J. F. Synnevåg, A. Austeng, and S. Holm, "Adaptive beamforming applied to medical ultrasound imaging," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 54, no. 8, pp. 1606-1613, 2007.
- [3] P. Coupé, P. Hellier, C. Kervrann, and C. Barillot, "Nonlocal means-based speckle filtering for ultrasound images," *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. no. 10, pp. 2221-2229, 2009.
- [4] J. A. Jensen, "A model for the propagation and scattering of ultrasound in tissue," *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 89, no. 1, pp. 182-190, 1991.
- [5] J. A. Jensen and N. B. Svendsen, "Calculation of pressure fields from arbitrarily shaped, apodized, and excited ultrasound transducers," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control*, vol. 39, no. 2, pp. 262-267, Feb. 1992.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

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 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 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 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 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 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 Hasegawa Hideyuki, Nagaoka Ryo	4. 巻 47
2. 論文標題 Improvement of performance of minimum variance beamformer by introducing cross covariance estimate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 203 ~ 210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-020-01009-7	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 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 -

〔学会発表〕 計68件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 35件)

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 森 友雅, 茂澄倫也, 大村真朗, 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 山口 崇, 茂澄倫也, 大村眞朗, 長岡 亮, Jens E. WilhjeIm, 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 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 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 Kazuhiro Tochigi, Ryo Nagaoka, Jens E. WilhjeIm, 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 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 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 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 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 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 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 (国際学会)
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 (国際学会)
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 (国際学会)
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 (国際学会)
4. 発表年 2020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 "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 "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 "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 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 "Kazunori Nagata, Ryo Nagaoka, Jens Erik Wilhjelmsen, 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 (国際学会)
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 (国際学会)
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 (国際学会)
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 "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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

富山大学工学部工学科知能情報工学コース長谷川研究室
<http://www3.u-toyama.ac.jp/hase/index.html>
 富山大学 工学部工学科 知能情報工学コース 長谷川研究室
<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	藤原 久美子 (Fujiwara Kumiko) (60404737)	富山大学・学術研究部医学系・助教 (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	高 尚策 (Gao Shangce) (60734572)	富山大学・学術研究部工学系・准教授 (13201)	

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