

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02156

研究課題名(和文) 硬膜外麻酔支援を目指した超音波による胸椎の可視化に関する研究

研究課題名(英文) Ultrasonic visualization of thoracic vertebrae for supporting epidural anesthesia

研究代表者

金井 浩(Kanai, Hiroshi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：10185895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：皮膚表面から胸椎間隙へ麻酔針を穿刺する硬膜外麻酔では、間隙が狭く棘突起が伸びているため、適切な位置への穿刺が困難である。臨床では、穿刺位置を確認するために、超音波を用いることがあるが、超音波を散乱する筋肉と、超音波を反射する骨の描出を区別できないため、穿刺位置の描出が不鮮明である。先行研究では、対象物からの反射波の影響が重畳し、空間分解能が低下するという課題があった。そこで本研究では、(1)各素子の包絡線振幅の瞬時値から求めた振幅角度特性から、散乱と反射の違いを特定し、(2)散乱と反射の振幅角度特性の違いを用いて、描出において筋肉を抑制し、骨を強調することで、胸椎間隙を鮮鋭化している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

骨では、筋組織により浅部に広がる受信信号が得られること、高強度の受信信号の位置は対象物の傾きに依存して得られることが実験的に示された。また、筋組織と骨から得られる受信信号の違いから筋組織を抑制し、骨を強調する描出法を提案し、その優位性を示した。現状では、硬膜外麻酔で、穿刺位置を確認するために、超音波を用いるが、超音波を散乱する筋肉と、超音波を反射する骨の描出を区別できず、穿刺位置の描出が不鮮明である。本研究成果は、今後の硬膜外麻酔の際の超音波ガイダンスとなり、新たな胸椎描出法を研究開発の基礎になったものと言える。さらに、整形分野での医用超音波による骨の描出能の向上にも寄与すると期待される。

研究成果の概要(英文)：In epidural anesthesia, in which an anesthetic needle is inserted into the thoracic space from the skin surface, it is difficult to puncture the appropriate position because the space is narrow and the spinous process extends. In clinical practice, ultrasound is sometimes used to confirm the puncture position, but the visualization of the puncture position is unclear because it is not possible to distinguish between muscle that scatters ultrasound and bone that reflects ultrasound. In the previous research, the influence of the reflected wave from the object was superimposed and the spatial resolution decreased. Therefore, in this research, (1) the difference between scattering and reflection is identified from the amplitude angle characteristics obtained from the instantaneous value of the envelope amplitude of each element, and (2) using the difference in the amplitude angle characteristics of scattering and reflection, The thoracic interspace is sharpened by emphasizing bones.

研究分野：医用超音波工学

キーワード：医用超音波計測 硬膜外麻酔 超音波散乱 反射波の影響 包絡線振幅 振幅角度特性 超音波工学 骨の描出

### 1. 研究開始当初の背景

皮膚表面から胸椎間隙へ麻酔針を穿刺する硬膜外麻酔においては、間隙が狭く、棘突起が伸びていることから、適切な位置への穿刺が困難である。臨床では、穿刺位置を確認するために、超音波を用いることがあるが、画像において、超音波を散乱する筋肉と、超音波を反射する骨の描出を区別できないため、穿刺位置の描出が不鮮明である。図1に、散乱体に対する超音波の送受信の模式図を示す。先行研究では、図1のような、遅延加算処理前の各素子で得られる生の受信信号から散乱と反射の違いを検討し、骨のような反射体からの反射波が、各素子データにおいて時間方向に広がることを利用した方法を提案した<sup>1)</sup>。しかし、この方法は、時間方向に幅を持った領域で受信パワーを平均化していることから、ある観測点におけるパワーを求める際に、それ以外の対象物からの反射波の影響が重畳し、空間分解能が低下するという課題があった。

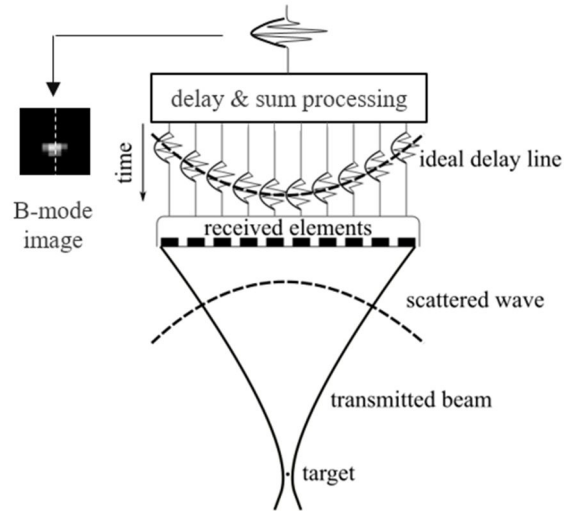


図1: 散乱体に対する超音波の送受信の模式図。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、以下の2つを目的とした。

- (1) 各素子の包絡線振幅の瞬時値から求めた振幅角度特性から、散乱と反射の違いを特定する。
- (2) 散乱と反射の振幅角度特性の違いを用いて、描出において筋肉を抑制し、骨を強調することで、胸椎間隙を鮮鋭化する。

### 3. 研究の方法

対象物から返ってきた波を各素子で受信する時刻は、媒質内音速を仮定して、対象物の深さと受信素子の位置によって求めることができる。対象物からの散乱波・反射波の、各素子での受信時刻に対応した包絡線振幅値を取り出したものが振幅角度特性である。

本研究では、筋肉を散乱体と仮定し、1本のワイヤーの短軸で模擬した。骨を反射体と仮定し、平らなアクリルブロックの表面で模擬した。プローブから深さ  $z_R = 30 \text{ mm}$  に設置したワイヤーおよびアクリルブロックの表面に、7.5 MHz のリニアプローブを用いて集束波を送信し、受信信号を計測した。集束波の焦点深さが  $z_R$  となるように各素子に遅延をかけた。アクリルブロックはプローブ表面に対して  $0^\circ \sim 15^\circ$  まで  $1^\circ$  ごとに傾けて計測した。

図2に、散乱の振幅角度特性  $R_S(\theta; z_R)$  と反射の振幅角度特性  $R_R(\theta; z_R, \phi)$  の計測結果を示す。横軸の  $\theta$  は、対象物から受信素子への見込角である。 $R_R(\theta; z_R, \phi)$  について、反射体の傾き  $\phi$  が偶数のときを実線、奇数を破線で示した。振幅角度特性の角度依存性は  $R_S(\theta; z_R)$  で小さく、 $R_R(\theta; z_R, \phi)$  で大きかった。また、反射体の傾き  $\phi$  に応じて反射特性が  $\theta$  軸方向に  $\theta = 2\phi$  だけシフトした。

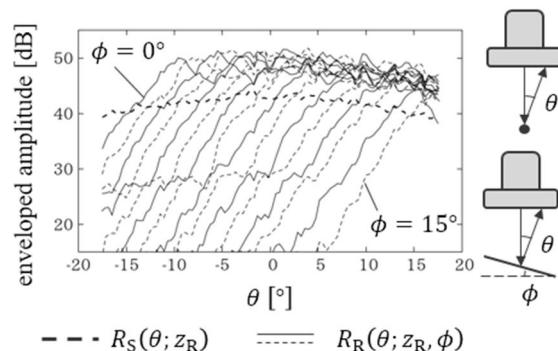


図2: 散乱と反射の振幅角度特性の計測結果。

散乱と反射で振幅角度特性が異なることを利用して、胸椎を鮮鋭に描出する。1つ目の方法は、ある点  $P(x, z)$  で計測した振幅角度特性  $R(\theta; P)$  に対して、水槽実験で得られた散乱特性  $R_S(\theta; z_R)$ 、反射特性群  $\{R_R(\theta; z_R, \phi)\}$  を参照することで、対象物が散乱体か反射体かを推定する方法である。計測データと参照データを比較するために2乗平均平方根誤差 (RMSE) を用いた。

もう1つの方法は、計測した振幅角度特性の角度依存性に応じて B-mode 像を強調する方法である。 $\theta$  軸方向に移動平均した  $R(\theta; P)$  の最大値と最小値の比を B-mode の振幅に掛けることで、散乱を抑制し、反射を強調する。これらの方法を、水槽実験と *in vivo* 実験へ適用した。

## 4. 研究成果

### 研究の主な成果

図3に、ヒト胸椎の計測データに対して提案法を適用した結果を示す。(a)は従来のB-mode像、(b)は、RMSEを用いて対象物を推定した結果、(c)は、角度依存性を用いてB-mode像を強調した結果、(d)は、図3(a)と(c)の白破線上のパワーを、それぞれ破線と実線でプロットした結果である。図3(a)と(c)の画像は、それぞれの輝度最大値を基準に60 dBのレンジで作成した。図3(b)では、輝度が低い点を黒、散乱体と推定された点を灰色、反射体と推定された点を白で表示した。骨を反射体、筋肉を散乱体と推定したことで、胸椎の描出が鮮鋭化された。図3(d)より、従来のB-mode像に対し、筋肉は平均して9.7 dB、骨は22.5 dB強調された。したがって、胸椎の描出を12.8 dB強調できた。

振幅角度特性の角度依存性が、散乱で小さく反射で大きいこと、また反射の振幅角度特性が反射体の傾きに依存することを見出した。上記を用いた胸椎描出法を提案し、*in vivo* 実験によって本手法の有用性を示すことができた。

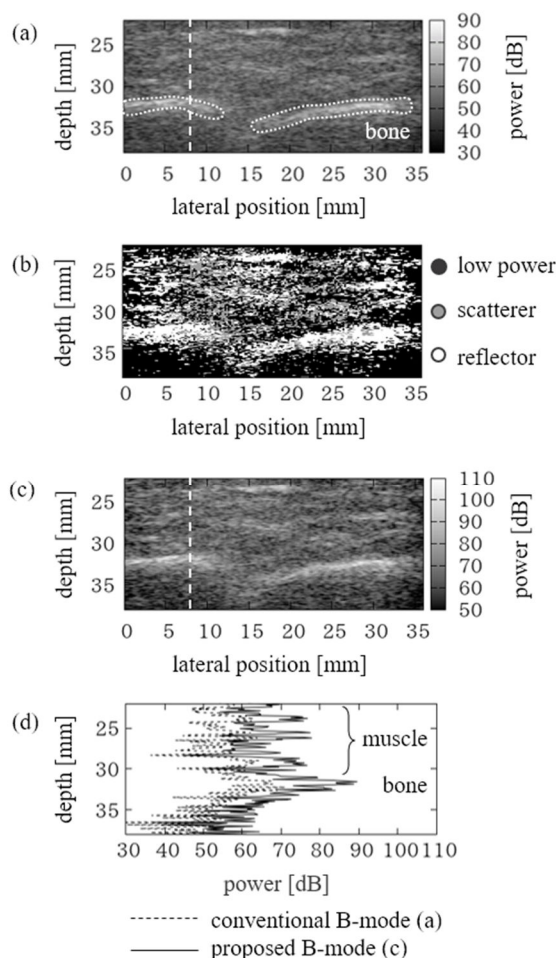


図3: ヒト胸椎に提案法を適用した結果。

- (a) 従来のB-mode像。
- (b) RMSEによる散乱体・反射体の推定結果。
- (c) 角度依存性を用いた結果。
- (d) (a)と(c)の白破線上の輝度値。

### 今後の展望

骨では、筋組織により浅部に広がる受信信号が得られること、高強度の受信信号の位置は対象物の傾きに依存して得られることが実験的に示された。また、筋組織と骨から得られる受信信号の違いから筋組織を抑制し、骨を強調する描出法を提案し、その優位性を示した。現状では、硬膜外麻酔で、穿刺位置を確認するために、超音波を用いるが、超音波を散乱する筋肉と、超音波を反射する骨の描出を区別できず、穿刺位置の描出が不鮮明である。本研究成果は、今後の硬膜外麻酔の際の超音波ガイダンスとなり、新たな胸椎描出法を研究開発の基礎になったものと言える。さらに、整形分野での医用超音波による骨の描出能の向上にも寄与すると期待され、これは、臨床診断の鍵になると期待できる。

### 引用文献

- 1) T. Yokoyama, S. Mori, M. Arakawa, E. Onishi, M. Yamauchi, and H. Kanai, *J. Med. Ultrasonics*, **42**, 3-11 (2019).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 40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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 69
2. 論文標題 Appropriate Window Function and Window Length in Multifrequency Velocity Estimator for Rapid Motion and Locality of Layered Myocardium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	6. 最初と最後の頁 1353 ~ 1369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TUFFC.2022.3153048	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 Shoji Yuto, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Ohba Shigeo, Kobayashi Kazuto, Kanai Hiroshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Accurate measurement of elasticity of the radial artery wall considering changes in cross-sectional shape of artery caused by pushing pressure applied by ultrasound probe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1043 ~ SG1043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4e4a	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 Higashiyama Kyohei, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Yashiro Satoshi, Ishigaki Yasushi, Kanai Hiroshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Estimation of aggregate size of red blood cell by introducing reference power spectrum measured for hemispherical ultrafine wire	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1046 ~ SG1046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac4683	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 Kawamata Kenta, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Improving axial resolution of medical ultrasound images by using noise-robust broadband filter based on singular value decomposition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1061 ~ SG1061
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac5a2c	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 Bando Taiga, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Onishi Eiko, Yamauchi Masanori, Kanai Hiroshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Transmission conditions for clear depiction of thoracic spine based on difference between reflection and scattering characteristics of medical ultrasound	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1068 ~ SG1068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac51c0	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 Haji Yuta, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Yamagishi Toshio, Kanai Hiroshi	4. 巻 49
2. 論文標題 Evaluation of local changes in radio-frequency signal waveform and brightness caused by vessel dilatation for ascertaining reliability of elasticity estimation inside heterogeneous plaque: a preliminary study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 529 ~ 543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-022-01229-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 Hisatsu Masanori, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 49
2. 論文標題 Application of low-complexity generalized coherence factor to in vivo data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 555 ~ 567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-022-01243-1	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 Nakamura Iori, Ida Haruhi, Yabuta Mayu, Kashiwa Wataru, Tsukamoto Maho, Sato Shigeki, Ota Syuichi, Kobayashi Naoki, Masauzi Hiromi, Okada Kazunori, Kaga Sanae, Miwa Keiko, Kanai Hiroshi, Masauzi Nobuo	4. 巻 12
2. 論文標題 Evaluation of two semi-supervised learning methods and their combination for automatic classification of bone marrow cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-20651-4	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 Nakata Takashi, Shindo Tomohiko, Ito Kenta, Eguchi Kumiko, Monma Yuto, Ichijo Sadamitsu, Ryoke Rie, Satoh Wakako, Kumasaka Kazunori, Sato Haruka, Kurosawa Ryo, Satoh Kimio, Kawashima Ryuta, Miura Masahito, Kanai Hiroshi, Yasuda Satoshi, Shimokawa Hiroaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Beneficial Effects of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Therapy on Right Ventricular Dysfunction in Animal Models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JACC: Basic to Translational Science	6. 最初と最後の頁 283 ~ 297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jacbts.2022.08.010	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 Arakawa Mototaka, Higashiyama Kyohei, Mori Shohei, Yashiro Satoshi, Ishigaki Yasushi, Kanai Hiroshi	4. 巻 11
2. 論文標題 In vivo measurement of attenuation coefficient of blood in a dorsal hand vein in a frequency range of 10?45?MHz: A preliminary study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Physics	6. 最初と最後の頁 1077696-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2023.1077696	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 Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 49
2. 論文標題 Lateral M-Mode: Ultrasound Visualization of Displacement Along Longitudinal Direction at Intima-Media Complex	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 875 ~ 888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.11.014	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 Mori Shohei, Kanai Hiroshi, Arakawa Mototaka	4. 巻 50
2. 論文標題 Speed-of-sound estimation in ultrasound propagation medium by considering size of target scatterer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-023-01282-2	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 Nagai Yoshifumi, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 Ultrasonic measurement of thickness of carotid arterial wall using its natural longitudinal displacement	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SJ1039 ~ SJ1039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acba26	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 Hara Kaisei, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 High-speed measurement of two-dimensional displacement of myocardium using element RF data of ultrasonic probe	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SJ1040 ~ SJ1040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acc112	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 Suzuki Saki, Mori Shohei, Iwai-Takano Masumi, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 Internal pressure dependence on viscoelasticity of arterial wall by ultrasonic measurement	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SJ1041 ~ SJ1041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acbf5d	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 Yamane Ryota, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Wilhjejm Jens E., Kanai Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 Ultrasonic measurement of carotid luminal surface roughness with removal of axial displacement caused by blood pulsation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SJ1042 ~ SJ1042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acc07a	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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Strain Rate Distribution in Layered Myocardium Measured Using Local Velocity Estimator with Multifrequency Phase Differences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 2768 ~ 2773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.05.021	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 Hisatsu Masanori, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Low-complexity generalized coherence factor estimated from binarized signals in ultrasound beamforming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 259 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-021-01089-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 Nakayama Aoi, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Estimation error in sound velocity depending on size of target scatterer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE17 ~ SDDE17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf39e	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 Hashimoto Takumi, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Onishi Eiko, Yamauchi Masanori, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 A study on differentiation of depiction between scatterer and reflector to assist epidural anesthesia by ultrasound	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE15 ~ SDDE15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf4a3	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 Fukase Akiyo, Higashiyama Kyohei, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Yashiro Satoshi, Ishigaki Yasushi, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Stabilization of red blood cell aggregation evaluation using short-axis view of vein of ultrasound	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE08 ~ SDDE08
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abf3d5	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 Akiyama Seira, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Accuracy verification in ultrasonic elasticity measurement within intima-media complex visible range using phantom experimental system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDA07 ~ SDDA07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abef0d	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 Sugahara Kana, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Evaluation of error factors depending on ultrasonic transmitted beamwidth in measurement of myocardial minute velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE05 ~ SDDE05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abef0e	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 Ichijo Sadamitsu, Shindo Tomohiko, Eguchi Kumiko, Monma Yuto, Nakata Takashi, Morisue Yoshihiko, Kanai Hiroshi, Osumi Noriko, Yasuda Satoshi, Shimokawa Hiroaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Low-intensity pulsed ultrasound therapy promotes recovery from stroke by enhancing angiogenesis in mice in vivo	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-84473-6	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 Shoji Yuto, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Ohba Shigeo, Kobayashi Kazuto, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Estimation of viscoelasticity of radial artery during flow-mediated dilatation using a single ultrasound probe based on blood pressure measurement via pulse transit time method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE03 ~ SDDE03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abef0b	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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Measurement of propagation of local and minute contractile response in layered myocardium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE02 ~ SDDE02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abeabf	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 KUROKAWA Takafumi, NAKAJIMA Hiroyuki, TAKAHASHI Shinichiro, TANAKA Motonao, KANAI Hiroshi, SAIJO Yoshifumi	4. 巻 48
2. 論文標題 High temporal resolution measurement of propagation pattern of myocardial stretching in left ventricle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Choonpa Igaku	6. 最初と最後の頁 73 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3179/jjmu.JJMU.A.177	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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Multifrequency Phased Tracking Method for Estimating Velocity in Heart Wall	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 1077 ~ 1088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.12.011	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 Nagasawa Kanta, Fukase Akiyo, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Yashiro Satoshi, Ishigaki Yasushi, Kanai Hiroshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Evaluation method of the degree of red blood cell aggregation considering ultrasonic propagation attenuation by analyzing ultrasonic backscattering properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-020-01065-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 Sugahara Kana, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Evaluation of error factors depending on ultrasonic transmitted beamwidth in measurement of myocardial minute velocity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE05 ~ SDDE05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abef0e	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 Shoji Yuto, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Ohba Shigeo, Kobayashi Kazuto, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Estimation of viscoelasticity of radial artery during flow-mediated dilatation using a single ultrasound probe based on blood pressure measurement via pulse transit time method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE03 ~ SDDE03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abef0b	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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Measurement of propagation of local and minute contractile response in layered myocardium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDE02 ~ SDDE02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abeabf	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 KUROKAWA Takafumi, NAKAJIMA Hiroyuki, TAKAHASHI Shinichiro, TANAKA Motonao, KANAI Hiroshi, SAIJO Yoshifumi	4. 巻 48
2. 論文標題 High temporal resolution measurement of propagation pattern of myocardial stretching in left ventricle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Choonpa Igaku	6. 最初と最後の頁 73～80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3179/jjmu.JJMU.A.177	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 Obara Yu, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Multifrequency Phased Tracking Method for Estimating Velocity in Heart Wall	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 1077～1088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.12.011	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 Nagasawa Kanta, Fukase Akiyo, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Yashiro Satoshi, Ishigaki Yasushi, Kanai Hiroshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Evaluation method of the degree of red blood cell aggregation considering ultrasonic propagation attenuation by analyzing ultrasonic backscattering properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3～12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-020-01065-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 Kobori Shusaku, Murotsuki Jun, Watanabe Shimpei, Hasegawa Hideyuki, Kanai Hiroshi, Yaegashi Nobuo, Saito Masatoshi	4. 巻 46
2. 論文標題 Feasibility of Non-invasive Pulse Pressure Measurement Using the Phased-Tracking Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ultrasound in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 2711～2716
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.06.019	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 Muramoto Jin, Murotsuki Jun, Miyashita Susumu, Hasegawa Hideyuki, Taki Hirofumi, Kanai Hiroshi, Yaegashi Nobuo	4. 巻 46
2. 論文標題 Ultrasound measurement of fetal arterial pulse pressure using phased tracking methods: A phantom study and clinical experience with antenatal corticosteroid therapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Obstetrics and Gynaecology Research	6. 最初と最後の頁 1994 ~ 2001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jog.14402	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 Kawamura Hibiki, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Measurement of viscoelasticity of anisotropic viscoelastic phantom by dual ultrasound excitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE24 ~ SKKE24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8bc0	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 Hisatsu Masanori, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Kanai Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Generalized coherence factor estimated from real signals in ultrasound beamforming	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 179 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-01004-7	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 Saito Takumi, Mori Shohei, Arakawa Mototaka, Ohba Shigeo, Kobayashi Kazuto, Kanai Hiroshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Estimation of viscoelasticity of radial artery via simultaneous measurement of changes in pressure and diameter using a single ultrasound probe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKE04 ~ SKKE04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7f1c	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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Mototaka Arakawa, Yuto Shoji, Shohei Mori, Shigeo Ohba, Kazuto Kobayashi, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Elasticity Measurement of Radial Arterial Wall Considering Vessel Shape Change Caused by Pushing Pressure Applied by Ultrasonic Probe
3. 学会等名 2022 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mototaka Arakawa, Kyohei Higashiyama, Rina Takeyama, Shohei Mori, Satoshi Yashiro, Yasushi Ishigaki, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Estimation of Size of Red Blood Cell Aggregates Using Reference Power Spectra
3. 学会等名 2022 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu Obara, Shohei Mori, Masumi Iwai-Takano, Mototaka Arakawa, Susumu Morosawa, Tomohiko Shindo, Hiroaki Yamamoto, Satoshi Yasuda, Hiroaki Shimokawa, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Local Measurement of Instantaneous Change in Myocardial Thickness in Swine Heart During Acute Myocardial Ischemia
3. 学会等名 2022 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波の反射・散乱特性の差異を用いた胸椎描出法のin vivo計測における集束波送信好条件の検討
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 原 魁星, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 理想遅延線に基づく超音波プローブの素子信号群間の相互相関による瞬時変位推定
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 原 魁星, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 超音波プローブの素子群での散乱波受信時刻分布を用いた2次元変位推定法の検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第64回東北地方会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原 魁星, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 超音波探触子素子群での散乱波受信時刻分布を用いた2次元変位推定
3. 学会等名 第43回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曾禰佑気, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波空間コンパウンド法による胸椎間隙描出の鮮鋭化に関する検討
3. 学会等名 令和5年東北地区若手研究者研究発表会「音・光・電波・エネルギー・システム・材料とその応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本拓実, 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 硬膜外麻酔補助を目指した超音波の反射・散乱特性の差異による胸椎間隙の鮮鋭な描出
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 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 反射体の振幅角度特性におけるディップの形成原因に関する検討
3. 学会等名 2021年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波の反射・散乱特性の差異を用いた胸椎描出における集束波送信好条件の検討
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 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 医用超音波の反射・散乱特性の差異を利用した胸椎描出における送信好条件の検討
3. 学会等名 第42回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 阪東泰河, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波の反射・散乱特性の差異を用いた胸椎描出法のin vivo計測における集束波送信好条件の検討
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 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 硬膜外麻酔補助のための骨表面の描出を目指した超音波反射特性に関する理論的・実験的検討
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 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 反乱と散乱の振幅角度特性の差異を利用した胸椎の超音波検出の鮮鋭化に関する検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第60回東北地方会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波の反射特性と散乱特性の差異による胸椎表面の描出に関する基礎検討
3. 学会等名 14th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波の反射特性と散乱特性の差異を用いた胸椎表面の描出に関する基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・日本音響学会 超音波研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 超音波による硬膜外麻酔補助を目指した反射体の角度推定に関する検討
3. 学会等名 第41回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本拓実, 森 翔平, 荒川元孝, 大西詠子, 山内正憲, 金井 浩
2. 発表標題 医用超音波による硬膜外麻酔補助を目指した超音波の反射・散乱特性の計測
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

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本音響学会、松川 真美、山口 匡、長谷川 英之、斎藤 繁実、西條 芳文、細川 篤、長谷 芳樹、蜂屋 弘之、神山 直久、吉田 憲司、金井 浩、椎名 毅、山越 芳樹、梅村 晋一郎、工藤 信樹	4. 発行年 2022年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 244
3. 書名 生体組織の超音波計測	

〔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	荒川 元孝  (Arakawa Mototaka)  (00333865)	東北大学・医工学研究科・准教授    (11301)	
研究分担者	山内 正憲  (Yamauchi Masanori)  (00404723)	東北大学・医学系研究科・教授    (11301)	
研究分担者	大西 詠子  (Ohnishi Eiko)  (10822265)	東北大学・大学病院・助教    (11301)	
研究分担者	森 翔平  (Mori Shohei)  (50815149)	東北大学・工学研究科・助教    (11301)	

## 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