

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

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：2019～2021

課題番号：19KK0100

研究課題名（和文）内膜弾性板の表面粗さの高精度超音波計測による動脈硬化症の極早期診断法

研究課題名（英文）Early diagnosis of atherosclerosis by accurate ultrasonic measurement of surface roughness of internal elastic membrane

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） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：表面形状をビームごと計測する際に解析範囲をラテラル変位のうち単調増加部分に限定することでビームごとに計測した表面形状の両端で不自然な形状を除外する手法を開発した。さらにビームごと計測した表面形状をラテラル位置1ミクロンごとに補間することで、ビームごとに計測した表面形状のすべてのラテラル位置において均等な重みで誤差パワーを算出し、高さの調整を適切に行う手法も開発した。その結果、単一ビームごとに計測した表面形状の高さ調整後のビーム間ばらつきが低減しin vivoで頸動脈表面粗さを得ることが可能となった。これらの成果はWilhelm教授の長年の研究も参考にすることで得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高血圧にさらされることで家兎の頸動脈内腔表面が十数 $\mu\text{m}$ の粗さを持つことが報告されており、超音波を用いて非侵襲的に頸動脈後壁の内腔表面の形状の変化を計測することで、動脈硬化症の極早期診断へ貢献できる可能性がある。しかし、超音波ビームを走査して得られるBモード断層像では、プローブと血管前壁間の音速不均一領域の影響により、 $\mu\text{m}$  オーダの精度で表面形状を計測することが困難である。本研究では、この数マイクロメートルの表面形状を非侵襲的に計測することを世界で初めて可能としたもので、学術的意義や社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：We have developed a method to exclude unnatural shapes at both ends of the surface shape measured for each beam by limiting the analysis range to the monotonically increasing part of the lateral displacement when measuring the surface shape for each beam. Furthermore, by interpolating the surface shape measured for each beam for each 1-micron lateral position, the error power is calculated with equal weight at all lateral positions of the surface shape measured for each beam, and the height is adjusted appropriately. We also developed a method. As a result, it became possible to obtain carotid artery surface roughness in vivo by reducing the beam-to-beam variation after adjusting the height of the surface shape measured for every single beam. These results were obtained by referring to Professor Wilhelm's many years of research.

研究分野：医用超音波工学

キーワード：動脈内膜弾性板 表面粗さ計測 超音波医学 粥状動脈硬化症 医用超音波計測 非侵襲的早期診断 超音波工学 位相差トラッキング法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

動脈硬化症の極早期診断は、血管変性の予防に対して大変有効である。動脈硬化症の極早期段階において、内皮細胞の増加と内弾性板の損傷によって、血管内腔面が粗くなることが報告されている。そこで、本研究グループでは、動脈硬化症の早期診断を目指し、頸動脈におけるミクロンオーダーの内腔表面形状を超音波計測する手法を開発してきた。本研究では、頸動脈が1心拍中に急速に動くことによる計測誤差を抑制することで、高精度に表面形状を推定する手法を提案し、基礎実験、in vivo 実験を通じて臨床応用できる点にまで到達させる。

### 2. 研究の目的

高血圧にさらされることで家兎の頸動脈内腔表面が十数  $\mu\text{m}$  の粗さを持つことが報告されており[E. Sho, *et. al.*, *Exp. Mol. Pathol.*, Vol. 73, pp. 142-153, 2002], 超音波を用いて非侵襲的に頸動脈後壁の内腔表面の形状を計測することで、動脈硬化症の極早期診断へ貢献できる可能性がある。

超音波ビームを走査して得られる B モード断層像では、プローブと血管前壁間の音速不均一領域の影響により、 $\mu\text{m}$  オーダーの精度で表面形状を計測することが困難である。ここで、本研究グループでは、拍動に伴う血管後壁の2次元変位を利用して、ビームごとに個別に頸動脈内腔表面形状を計測し、得られた表面形状を全ビームで結合することで幅広く頸動脈内腔表面形状を推定する手法を提案してきた[K. Kitamura, H. Hasegawa, H. Kanai, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 51, pp. 07GF05-1-07GF05-10, 2012]。本研究では、ビームごとに計測した表面形状を、より高精度に結合する手法についての検討を行い、臨床応用できる点にまで到達させる。

### 3. 研究の方法

#### (1) ビームごとの表面形状計測法

本手法では、ブロックマッチング法を用いて計測した血管後壁全体のラテラル方向変位  $\Delta x(n)$  とビームごとに位相差トラッキング法で計測したビーム方向変位  $\Delta z_m(n)$  を組み合わせて、ビームごとに頸動脈内腔の表面形状  $z(x_{m,n})$  を推定する。 $z(x_{m,n})$  は式①、②で示される。

$$z(x_{m,n}) = z_{m0} + \sum_{k=0}^n \Delta z_m(k). \quad (①)$$

$$x_{m,n} = \delta x \cdot m + \sum_{k=0}^n \Delta x(k). \quad (②)$$

ここで、 $m$  はビーム番号、 $n$  はフレーム番号、 $z_{m0}$  は初期フレームに  $m$  番目のビームで計測された表面高さ、 $\delta x$  はビーム間隔である。

#### (2) 従来の表面形状結合方法

1 ビームにおける  $z(x_{m,n})$  の計測範囲は血管後壁のラテラル方向変位量  $x_R$  (約 1 mm) に限定されてしまう。そこで、 $x_R$  がビーム間隔  $\delta x$  よりも大きいことを利用し、ビームごとに個別に計測した表面形状を結合することで計測範囲を拡張する。しかし、式①の  $z_{m0}$  は真値と、プローブと血管前壁間の音速不均一領域の影響による高さずれ  $h_m$  が足し合わさった値となっている。

$h_m$  はビームごとに異なるため、式③で表される root mean square deviation (RMSD)  $\varepsilon_m(h_m)$  が最小になるように  $h_{m0}$  を調整してから結合する。

$$\varepsilon_m(h_m) = \sqrt{\frac{1}{x_R - \delta x} \sum_{x=\delta x \cdot m}^{\delta x \cdot (m-1) + x_R} [\{z(x_{m,n_2}) + h_m\} - \{z(x_{m-1,n_1}) + h_{m-1}\}]^2} \quad (③)$$

ここで従来法において、 $n_2$  はフレーム番号  $n_1$  に対して  $|x_{m,n_2} - x_{m-1,n_1}| \leq 10 \mu\text{m}$  を満たすフレーム番号である。また、基準として  $h_0 = 0$  とする。

ビームごとに計測した表面形状のラテラル位置ごとのサンプリング間隔が不等間隔であり、かつ、ビームごとに計測した表面形状の始点のラテラル位置がビームごとに異なることから、図 1 に示すように、ビーム間で同一ラテラル位置にデータ点が揃わない場合がある。

そのため、従来法では図 1 の灰色の帯で示すように、隣接したビーム間で推定された表面形状において  $|x_{m,n_2} - x_{m-1,n_1}| \leq 10 \mu\text{m}$  となる場合に、 $x_{m,n_2} \doteq x_{m-1,n_1}$  と近似して  $\varepsilon_m(h_m)$  算出していた。そのため、 $|x_{m,n_2} - x_{m-1,n_1}| > 10 \mu\text{m}$  となるラテラル位置の情報は高さ調整に使われない。その結果、限られたデータ点同士のみを用いて高さの調整が行われており、表面形状の結合が適切に行われない場合がある。

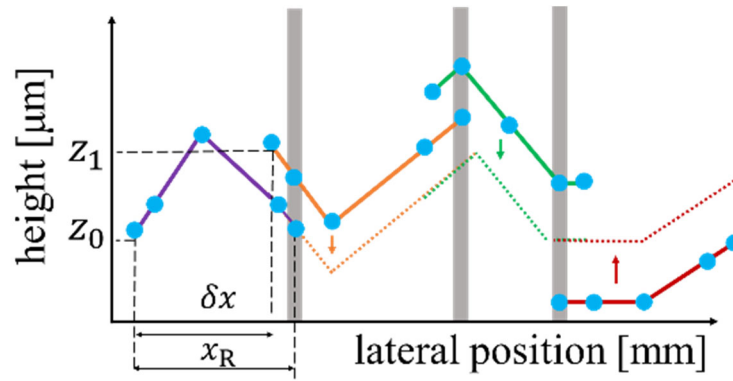


図1：表面形状結合の概念図(実線：高さ調整前，破線：高さ調整後，丸点：データ点)

(3) 内挿補間を用いた表面形状結合方法

本研究では，上記の問題点を解消するために，ビームごとに計測した表面形状  $z(x_{m,n})$  をラテラル位置  $1 \mu\text{m}$  のサンプリング間隔で線形補間した表面形状  $z_m(x)$  に対して，式④に示す  $\epsilon'_m(h_m)$  を算出し，高さ調整を行う。

$$\epsilon'_m(h_m) = \sqrt{\frac{1}{x_R - \delta x} \sum_{x=\delta x \cdot m}^{\delta x \cdot (m-1) + x_R} [\{z_m(x) + h_m\} - \{z_{m-1}(x) + h_{m-1}\}]^2} \quad (4)$$

4. 研究成果

(1) シリコンファントム計測

図2には，シリコンファントムの実験結果を示すが，通常の超音波断層像ではほとんど認識できない，高さ約  $12 \mu\text{m}$  の歯が，本手法では計測できていることが分かる。

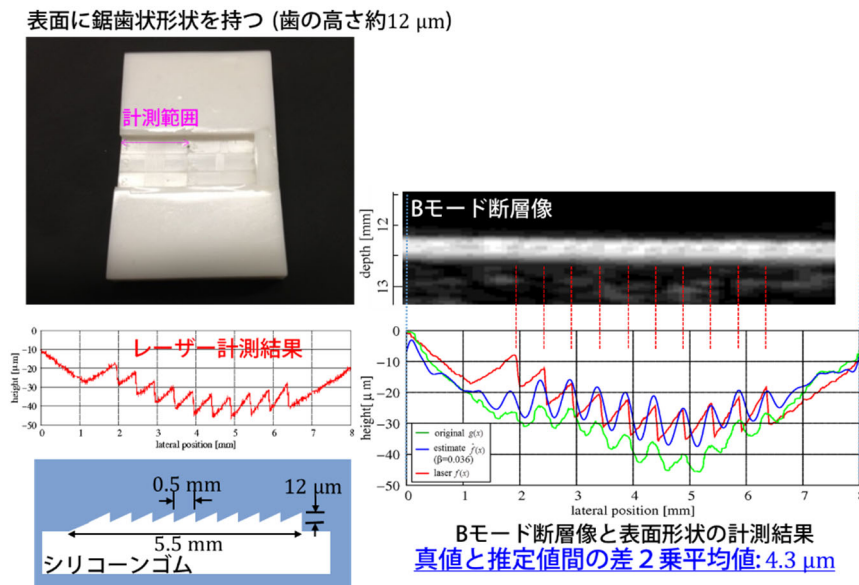


図2：表面に鋸歯状形状を持つ（歯の高さ約  $12 \mu\text{m}$ ）シリコンファントムの実験結果

(2) in vivo 計測

22歳健康男性に対して，頸動脈内腔表面の *in vivo* 計測を行った。ALOKA社製超音波診断装置 Prosound-F75 を使用し，リニアアレイプローブ（UST-5415；日立アロカ社製）を用いた。送信周波数，標本化周波数をそれぞれ  $7.5 \text{ MHz}$ ， $40 \text{ MHz}$  に設定し，ビーム本数を61本，フレームレートを  $187 \text{ Hz}$  とした。計測対象は，図3に示す右総頸動脈後壁の内膜中膜複合体(IMC)の内腔表面とした。

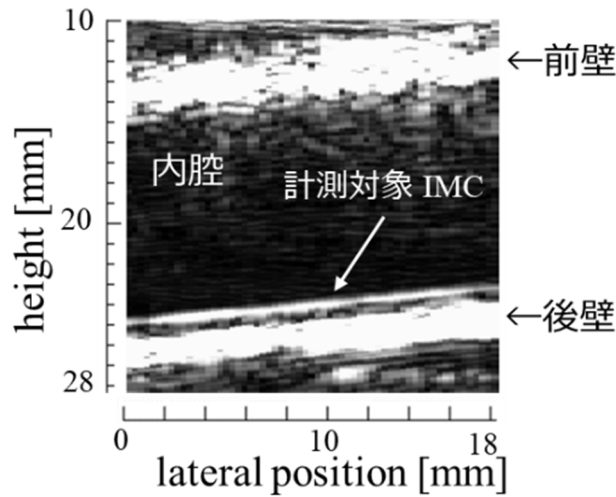


図 3：頸動脈内腔の超音波断層像

図 4 にビーム番号 36 と 37 で計測した表面形状の高さ調整結果を示す。従来法ではデータ点 21 点のうち灰色の帯で示す 3 点のみを用いて高さを調整しており、条件を満たす点が 2 つある左側が揃うように高さが調整されている。そのため、左側に比べて右側の表面形状間の高さ方向の差が大きいことがわかる。一方、提案法ではラテラル位置  $1 \mu\text{m}$  ごとに  $\varepsilon'_m(h_m)$  を算出しているため、ラテラル位置によらず均等な重みで高さが調整されている。

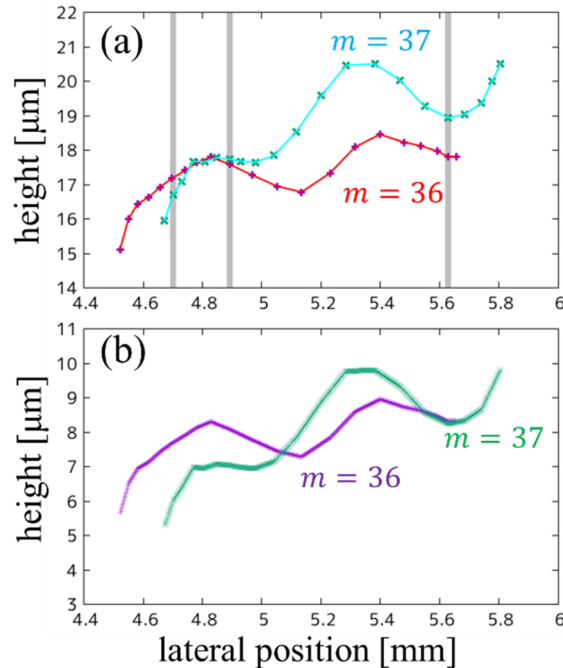


図 4：ビーム番号 36 と 37 で計測した表面形状の高さ調整結果。(a)従来法。(b)提案法。

図 5(a) に従来法、5(b) に提案法での、ビームごとに計測した表面形状の全ビームでの高さ調整結果を示す。提案法によって、ビームごとに計測した表面形状同士のばらつきが小さくなっていることが定性的に確認できる。また、ビームごとに計測した表面形状の従来法による高さ調整結果と提案法による高さ調整結果のそれぞれに対して、式⑤で示される最小 RMSD のビーム間平均  $\overline{\varepsilon'_m}$  を算出した。

$$\overline{\varepsilon'_m} = \frac{1}{60} \sum_{m=1}^{60} \min_{h_m} \varepsilon'_m(h_m) \quad (5)$$

比較のため、従来法では高さ調整後にラテラル位置のサンプリング間隔が  $1 \mu\text{m}$  になるように線形補間をした上で  $\overline{\varepsilon'_m}$  を算出した。従来法では  $\overline{\varepsilon'_m}$  が  $1.23 \mu\text{m}$  であるのに対して提案法は  $0.91 \mu\text{m}$  とビーム間の表面形状のばらつきが小さくなった。

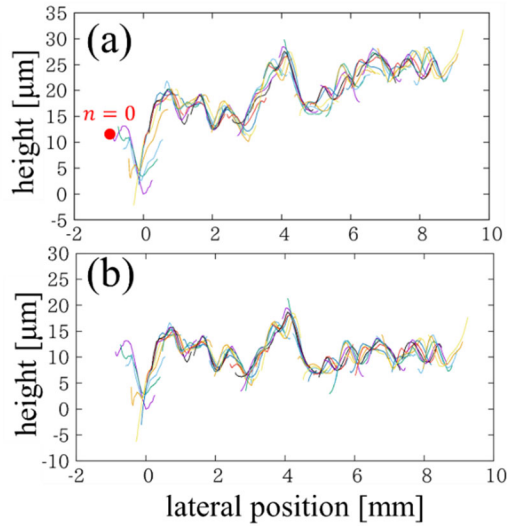


図 5： ビームごとに計測した表面形状の高さ調整結果 (全ビーム)。  
(a)従来法。(b)提案法。

次に被験者 A,B の 2 名に対して本手法を適用し, 血管表面形状を推定した結果を図 6 に示す。各被験者において, 従来の超音波 B-mode 画像では空間分解能が不足しているため表面形状を観察することはできないこと, 本手法により推定された表面形状を示すが, 超音波の波長以下の振動成分が見られ, 高空間分解能な計測ができたことが分かる。

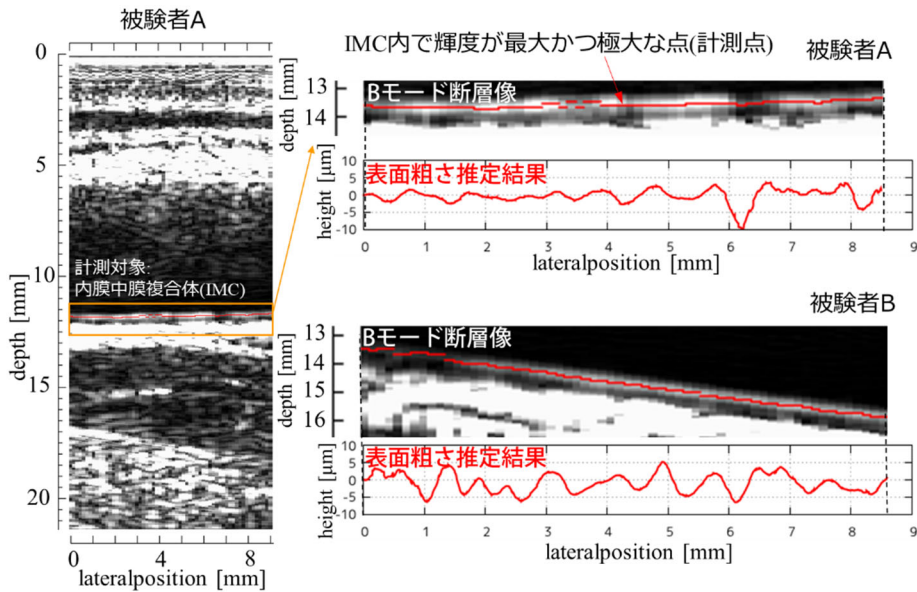


図 6. 頸動脈の内腔表面粗さ in vivo 計測 (21~22 歳 健常 2 名)

本研究では表面形状の結合方法を検討し, ビームごとに計測した表面形状をラテラル位置 1 μm 間隔に補間してから高さ調整を行う手法を提案し, ビーム間の表面形状のばらつきを低減できた。これにより臨床応用が可能な段階に進むことができたと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

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 -

1. 著者名 Takumi Saito, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, Shigeo Ohba, Kazuto Kobayashi, and Hiroshi Kanai	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 SKKE04-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7f1c	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 Tomohiro Yokoyama, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, Eiko Onishi, Masanori Yamauchi, and Hiroshi Kanai	4. 巻 47
2. 論文標題 Discrimination of thoracic spine from muscle based on their difference in ultrasound reflection and scattering characteristics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00964-0	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 Motonao Tanaka, Tsuguya Sakamoto, Yoshifumi Saijo, Yoshiaki Katahira, Shigeo Sugawara, Hiroyuki Nakajima, Takafumi Kurokawa, and Hiroshi Kanai	4. 巻 46
2. 論文標題 Role of intraventricular vortex in left ventricular ejection elucidated by echodynamography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 413-423
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-019-00943-5	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 Naoya Furusawa, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, and Hiroshi Kanai	4. 巻 58
2. 論文標題 A new evaluation method for dependence of width of transmitted waves on accuracy in multipoint simultaneous ultrasonic measurements of cardiac wall vibration waveform	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGA08-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1a30	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 Akane Hayashi, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, and Hiroshi Kanai	4. 巻 58
2. 論文標題 Local two-dimensional distribution of propagation speed of myocardial contraction for ultrasonic visualization of contraction propagation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGE05-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0d0b	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 Mototaka Arakawa, Takumi Saito, Shohei Mori, Shigeo Ohba, Kazuto Kobayashi, and Hiroshi Kanai	4. 巻 297
2. 論文標題 Development of an ultrasonic probe to measure both radial arterial pressure and diameter change at the same position for early diagnosis of vascular endothelial function: Preliminary study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors & Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2019.07.011	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 -

〔学会発表〕 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 北爪聡一郎, 木村元幸, 阿部貴久, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 超音波を用いた頸動脈内腔表面の微小粗さ推定拍動成分除去の高精度化
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 Shohei Mori, Takahisa Abe, Mototaka Arakawa, Jens E. Wilhjelm, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Ultrasonic Measurement of Luminal Surface Roughness of Carotid Artery Wall with Removal of Local Displacement Induced by Blood Vessel Pulsation
3. 学会等名 2020 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akiyo Fukase, Kanta Nagasawa, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, Satoshi Yashiro, Yasushi Ishigaki, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Correlation between Red Blood Cell Aggregation and Blood Glucose Level
3. 学会等名 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Iwamori, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, Hiroshi Kanai
2. 発表標題 Accurate Estimation Method of Arterial Wall Movement in Longitudinal Direction
3. 学会等名 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Kanai, Shohei Mori, Mototaka Arakawa
2. 発表標題 Speeds of Contraction Responses Propagating Along Septum at Pre-Ejection Period Are Different between Radial and Longitudinal
3. 学会等名 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部貴久, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 超音波計測による頸動脈内腔表面粗さ推定の精度向上 - 血管の拍動成分除去法に関する検討
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 2019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〕

東北大学 金井・荒川研究室 論文  
<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/~hkanai/publ.html>

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	森 翔平  (Mori Shohei)  (50815149)	東北大学・工学研究科・助教   (11301)	
研究分担者	高瀬 圭  (Takase Kei)  (60361094)	東北大学・医学系研究科・教授   (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		
デンマーク	デンマーク工科大学		