

令和 2 年 5 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：2017～2019

課題番号：17H02105

研究課題名（和文）超音波による動脈壁の血圧 - 歪みヒステリシスと粘弾性特性の非侵襲的計測に関する研究

研究課題名（英文）A study on noninvasive ultrasonic measurement of visco-elastic property between blood pressure and strain

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） 12,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、血圧と血管径を同時に計測できる超音波プローブを開発し、血圧 - 血管径特性から動脈壁の機械的特性と粘弾性率を評価した。さらにこの特別な超音波プローブにより、圧と歪みを血管上の厳密に同じ個所で計測することで、従来法よりも高精度かつ簡便に動脈壁粘弾性の計測を可能とした。本研究を通じ、従来の超音波診断検査などで血管壁に異常が発見できない無徴候性で早期の被験者の内皮機能反応性が、健康体に比較して差が現れることが期待できる。また、得られた応力-歪みのヒステリシス特性から、血管壁の弾性特性だけでなく、粘性特性に関する過渡応答に差異が現れることを示したことは今後の医学応用が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超音波プローブは、通常数MHzの周波数帯域信号を送信し、生体からの反射波を受信する。本研究では、同じ超音波プローブを用いて、数十Hzの低周波の血圧波形を計測したが、これは独創的成果と言える。従来の内皮由来血管弛緩反応は、NOによる直径変化を計測している。しかし、本研究では、駆血解除後には脈圧も減少することが分かり、血圧と内直径の両方の同時計測が重要であることが分かる。すなわち、その血圧 - 内直径特性の「傾き」に相当する弾性率の計測が重要であると示したことは、医学上の意義も大きい。従来は粘性の非侵襲的計測の例は殆どなく、粘性計測の実現は、バイオレオロジー領域を含め学術的意義が非常に大きいと言える。

研究成果の概要（英文）：To establish an evaluation index for vascular endothelial function, we developed an ultrasonic probe that can measure changes in blood pressure and blood vessel diameter at the same position in the radial artery. Based on phantom experiments, the pressure waveforms measured using the piezoelectric effect of the ultrasonic probe element and those using a pressure sensor exhibited a high correlation. We confirmed the continuous measurement of the relationship between changes in blood pressure and diameter to estimate the changes in viscoelasticity by calibrating the output from the probe element to the absolute blood pressure values in advance. We measured the changes in the viscoelastic moduli of several subjects at rest and examined the accuracy of the estimated values. This study demonstrated the possibility of measuring changes in the viscoelastic moduli of the radial arterial wall due to flow-mediated dilation using the developed ultrasonic probe.

研究分野：医用超音波工学

キーワード：超音波プローブ 血圧計測 血管内径変化 応力 - 歪みのヒステリシス特性 血管反応性の検査法 内皮由来血管弛緩反応 内皮細胞 無徴候性動脈硬化症の検出

1. 研究開始当初の背景

カフ駆血の解除後の血管反応性の検査法は、既に開発されている¹⁾。この検査法では、既存の超音波診断装置に描出される断層像上の距離計測機能を用い、駆血解除後の動脈内径の僅か数百 μm の変化を計測しているが、その空間分解能は、超音波の波長オーダーの約 200 μm であり、十分な計測精度は得られていない。

本研究者は、1 拍の中で、拍とともに頸動脈内腔が拡張し、血管壁が十数 μm 薄くなる様子を、超音波を用いて経皮的に計測し、血管壁の弾性率を算出することに世界で初めて成功している²⁾。これは本研究者が 10 年間に掛けた独創的成果である。

さらに本研究者は、1 拍内での血管壁の応力(血圧)—歪み(内径変化)特性を求め、その結果から、血管壁の内中膜領域の弾性特性の計測に成功した³⁾。

しかし、これらの研究の問題点として、血圧は 2 つの圧センサ、血管内径変化は超音波を用いて計測しているため、装置が大がかりとなり、臨床応用は困難であった^{4,5)}。そのため、動脈硬化などの疾患等による血圧—内径変化のヒステリシス特性の変化を見極めるために必要な多くの臨床データを集める段階まで進むことができなかった。

2. 研究の目的

血管壁の内側に敷き詰められた内皮細胞は、容易に障害を受け、その傷付いた部分から動脈硬化の進行が始まるとされる。健全な内皮細胞は、血流によるずり応力により一酸化窒素(NO)を産生し、その NO は血管中膜に浸透して平滑筋に作用し、血管を弛緩・拡張させる(内皮由来血管弛緩反応)。

本研究では、「この内皮由来血管弛緩反応に伴って中膜が柔らかくなる現象を評価する高感度計測法を新たに研究開発すること」を目的とした。そのため、「超音波を用い、皮膚から血管壁の応力(血圧)—歪み(血管内径変化)のヒステリシス特性の直接計測を可能とすること」を目指した。

さらに本手法によって、内皮の障害の程度を非常に敏感に診断できることを示すことで、従来不可能だった、「動脈硬化症の無徴候性段階での検出も含めた、動脈硬化症の極早期診断の研究領域」を新たに開拓し、高感度な診断法とすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究者が独自に長年にわたり開発してきた『動脈壁の微小振動の超音波計測法』(IEEE 論文等に掲載⁶⁾、日本音響学会論文賞・日本超音波医学会論文賞・日本 IBM 科学賞・日本超音波医学会技術賞)に基づき、本研究者が研究代表者となって科学研究費で構築してきた『超音波ビーム方向のリアルタイム制御機能を有する医用超音波診断装置』がある。本研究では、(1) 応力(血圧)—歪み(血管内径変化)ヒステリシス特性計測のための超音波プローブを新規開発し、動脈壁で 1 拍内に生じる僅かな内径変化と血圧を同位置で計測可能とし、(2) 応力(血圧)—歪み(厚み変化)ヒステリシス特性を 6 分間にわたって 10 秒間隔で連続計測できる計測システムを構築し、計測上の再現性評価など様々な評価を行った上で、(3) 被験者に適用し、駆血開放前後の血管の弾性特性・粘性特性の変化を評価するシステムを作成した。

4. 研究成果

研究の主な成果

(1) 超音波プローブ素子で取得した圧力波形の精度

循環系を模擬した水槽に血管模擬ファントムを設置し、その内腔に脈動圧を印加した。その際のファントムの壁にかかる圧力の波形を超音波プローブで計測し、内圧の波形を、圧力センサを用いて計測した。また、血圧波形を取得するときに血管を押し潰す必要がある。その影響を調べるために超音波プローブで血管模擬ファントムに押圧を加えながら計測した。

図 1 に B モード断層像と、超音波プローブと圧力センサから取得した圧力波形、それらの関係を示す。形状によらず超音波プローブと圧力センサで計測した圧力波形の概形はよく一致し、非常に高い相関を示した(相関係数 $r=0.979-0.999$)。血管の形状によらず、超音波プローブの圧電素子を用いて圧力波形を高い精度で計測できることを示した。

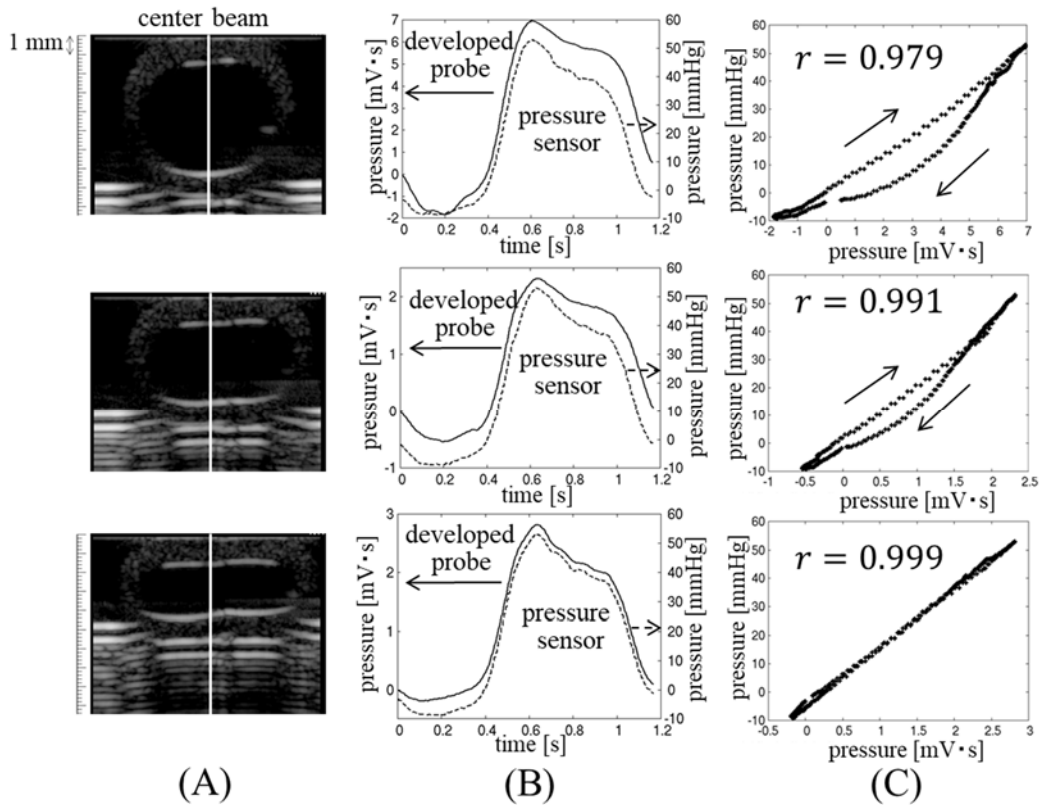


図1 ファントム実験結果：(A) 血管模擬ファントムのBモード断層像，(B) 超音波プローブの素子と圧力センサを用いて計測した血圧波形の比較，(C) 2つの圧力波形の相関。

(2) 橈骨動脈壁の粘弾性率推定

左手橈骨動脈を対象に，超音波プローブを用いて血管径と血圧波形を計測した．超音波プローブの中心の圧電素子1素子を用い，その圧電効果により取得した波形を積分することで血圧波形を取得した．血圧波形の計測と同時に超音波計測を行い，RF信号に位相差トラッキング法⁵⁾を用いることで血管径を取得した．橈骨動脈の真上にプローブの中心が来るようにBモード断層像を見ながら計測位置を設定した．計測した圧力波形は電圧の値として出力されるため，右手においてトノメトリ血圧計で取得した収縮期血圧と拡張期血圧の値を用いて始めの1心拍のみ絶対値を校正した．以降の心拍ではその校正値を用いた．被験者を20代健常男性とし，安静時において計測した．

60秒間隔で180秒間計測した，連続する3心拍の血圧-血管径特性を図2に示す．心電図のR波からR波の1心拍ごとに血圧-血管径特性を示した．図2から粘弾性率を1心拍ごとに算出し，その時間変化を図3に示した．図2のBモード断層像や血圧-血管径特性から，血管の位置や形状が大きく変わることはなく，安定して計測することができたといえる．粘弾性率推定値を平均値±標準偏差で表すと，弾性率は 180 ± 5.5 kPa，粘性率は 0.59 ± 0.05 kPa·sとなった．それぞれの時刻で求めた3心拍の変動係数(Coefficient of Variation: CV)の平均は，弾性率で0.03，粘性率で0.08となり，連続する心拍間での粘弾性率のばらつきが小さく推定された．図3に実線で示した3心拍の粘弾性率の平均値を用いて時間経過によるCVを求めると，弾性率は0.08，粘性率は0.08とそれぞれ小さい値となった．さらに，5名の被験者に対して計測を行ったところ，3心拍のCVの平均は弾性率で0.03，粘性率で0.17となった．

本研究では，単一の超音波プローブを用いて橈骨動脈壁の血圧-血管径特性を計測し，粘弾性率の経時変化を推定した．本手法をFMD計測に適用することで，動脈壁の機械的特性の変化と血管内皮機能を評価できる可能性が示唆された．

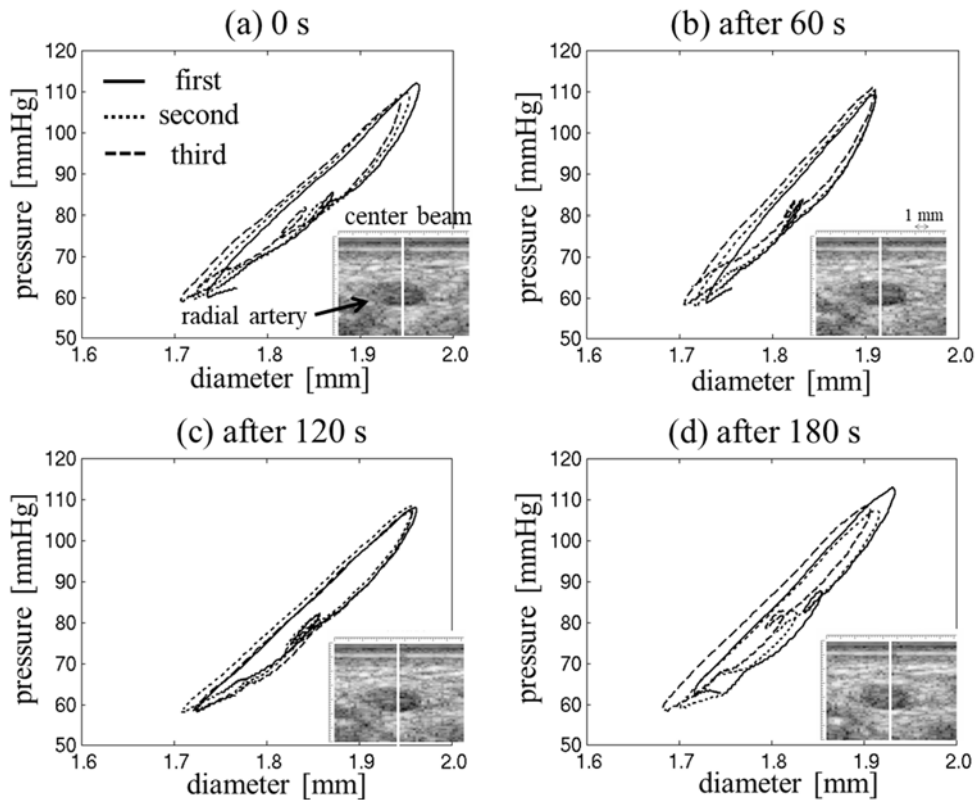


図2 連続した3心拍における血圧-血管径特性とBモード断層像 (a) 計測開始時, (b) 60 s 経過後, (c) 120 s 経過後, (d) 180 s 経過後.

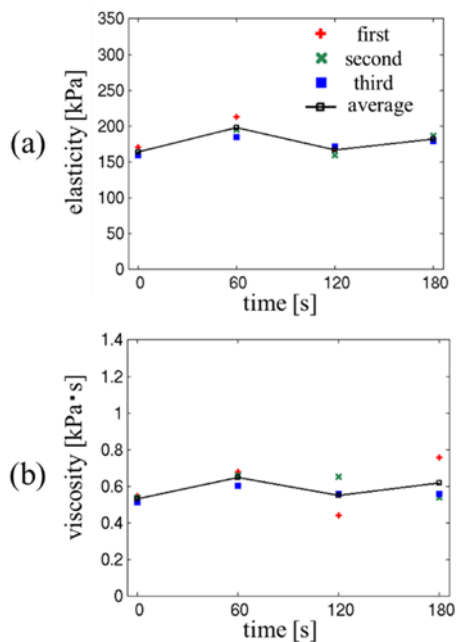


図3 連続した3心拍における粘弾性率とその平均値の時間変化 (a)弾性率, (b)粘性率.

得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

カフ駆血の解除後の血管反応性の検査法は、既に開発されている¹⁾。この検査法では、既存の超音波診断装置に描出される断層像上の距離計測機能を用い、駆血解除後の動脈内径の僅か数百 μm の変化を計測しているが、その空間分解能は、超音波の波長オーダーの約 $200 \mu\text{m}$ であり、十分な計測精度は得られていない。一方、機械的力学センサ(歪みセンサ)を用いた研究も幾つかあるが⁷⁾、皮膚から皮下組織の下にある血管の力学特性を計測することは容易ではないと言える。また、心臓から末梢血管までの脈波伝搬速度の計測から、動脈壁の弾性特性を計測する研究もあり臨床応用もされているが、脈波伝搬速度は、心臓から末梢に向かうに従って速度が上昇す

ることが知られており⁸⁾、脈波伝搬速度の計測から、動脈壁の弾性特性を計測する計測精度は高くはないと言える。さらにこうした手法は、弾性特性は計測できても、粘性計測には応用できない。本研究では、この内皮由来血管弛緩反応に伴って中膜が柔らかくなる現象を評価する高感度計測法を新たに開発した。超音波を用いて、血管壁の応力(血圧)–歪み(血管内径変化)のヒステリシス特性の直接計測を可能としており、血管の局所における弾性特性と粘性特性を高精度に計測できる点で、国内外における他の研究に対する優位性をもち、大きなインパクトを有する。

今後の展望

今後、内皮の障害の程度をさらに敏感に診断できることを示すことで、従来不可能だった、動脈硬化症の無徴候性段階での検出も含めた、動脈硬化症の極早期診断の研究領域を新たに開拓することができる。これは、動脈硬化症など生活習慣病の治療のためには鍵になると期待できる。

引用文献

- 1) D. S. Celermajer, K. E. Sorensen, V. M. Gooch, D. J. Spiegelhalter, O. I. Miller, I. D. Sullivan, J. K. Lloyd, and J. E. Deanfield, *Lancet* **340**, 1111-1115, 1992.
- 2) H. Kanai, and Y. Koiwa, J. Zhang, *IEEE Trans. on UFFC*. **46**, 1229–1241, 1999.
- 3) Y. Sakai, H. Taki, and H. Kanai, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 07KF11, 2016.
- 4) M. Arakawa, K. Kudo, K. Kobayashi, and H. Kanai, *Sens. Actuators A Phys.*, **286**, 146, 2019.
- 5) M. Arakawa, T. Saito, S. Mori, S. Ohba, K. Kobayashi, and H. Kanai, *Sens. Actuators A Phys.*, **297**, 111487, 2019.
- 6) H. Kanai, H. Sato, Y. Koiwa, and N. Chubachi, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Contr.*, **43**, 791, 1996.
- 7) A. Kutluk, T. Tsuji, M. Hamit, R. Nakamura, N. Saeki, Y. Higashi, M. Kawamoto, and M. Yoshizumi, *J. Biomater. Tissue Eng.*, **5**, 334, 2015.
- 8) B. M. Learoyd and M. G. Taylor, *Circ. Res.*, **18**, 278, 1966.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15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 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 Arakawa Mototaka, Saito Takumi, Mori Shohei, Ohba Shigeo, Kobayashi Kazuto, Kanai Hiroshi	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 and 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 -

1. 著者名 Keiichiro Abe, Mototaka Arakawa, and Hiroshi Kanai	4. 巻 46
2. 論文標題 Estimation method for sound velocity distribution for high-resolution ultrasonic tomographic imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-018-0915-9	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 Hiroki Sakaki, Mototaka Arakawa, Satoshi Yashiro, Yusuke Todate, Yasushi ishigaki, and Hiroshi Kanai	4. 巻 46
2. 論文標題 Ultrasound scattering by aggregated red blood cells in patients with diabetes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 3-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10396-018-0892-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 林あかね, 荒川元孝, 山本裕朗, 諸沢薦, 下川宏明, 金井浩	4. 巻 45
2. 論文標題 ブタ心臓壁における収縮応答の伝播速度の心筋虚血による低下の超音波計測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn J Med Ultrasonics	6. 最初と最後の頁 595-603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3179/jjmu.JJMU.A.121	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 Eguchi Kumiko, Shindo Tomohiko, Ito Kenta, Ogata Tsuyoshi, Kurosawa Ryo, Kagaya Yuta, Monma Yuto, Ichijo Sadamitsu, Kasukabe Sachie, Miyata Satoshi, Yoshikawa Takeo, Yanai Kazuhiko, Taki Hirofumi, Kanai Hiroshi, Osumi Noriko, Shimokawa Hiroaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Whole-brain low-intensity pulsed ultrasound therapy markedly improves cognitive dysfunctions in mouse models of dementia - Crucial roles of endothelial nitric oxide synthase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Brain Stimulation	6. 最初と最後の頁 959 ~ 973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.brs.2018.05.012	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 Mika Ito, Mototaka Arakawa, Hiroshi Kanai	4. 巻 57
2. 論文標題 Local pulse wave velocity estimated from small vibrations measured ultrasonically at multiple points on the arterial wall	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LF14-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.07LF14	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 Ryoichi Watanabe, Mototaka Arakawa, Hiroshi Kanai	4. 巻 57
2. 論文標題 Frequency characteristics of vibration generated by dual acoustic radiation force for estimating viscoelastic properties of biological tissues	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LF09-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.07LF09	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 Yukiya Miyachi, Mototaka Arakawa, Hiroshi Kanai	4. 巻 57
2. 論文標題 Accuracy improvement in measurement of arterial wall elasticity by applying pulse inversion to phased-tracking method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LF08-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.07LF08	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 Mototaka Arakawa, Shohei Mori, Hiroshi Kanai, Ryo Nagaoka, Miki Horie, Kazuto Kobayashi, and Yoshifumi Saijo	4. 巻 57
2. 論文標題 Robust analysis method for acoustic properties of biological specimens measured by acoustic microscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 07LB07-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.07LB17	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 Mototaka Arakawa, Kota Kudo, Kazuto Kobayashi, and Hiroshi Kanai	4. 巻 286
2. 論文標題 Blood pressure measurement using piezoelectric effect by an ultrasonic probe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A	6. 最初と最後の頁 146-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2018.12.019	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 Masanori Hisatsu, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, and Hiroshi Kanai	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 -

〔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 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 斎藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 単一超音波プローブを用いた血圧と血管径の同時計測による橈骨動脈壁の粘弾性推定
3. 学会等名 第97回超音波エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 単一超音波プローブを用いた血圧と血管径の同時計測による橈骨動脈の粘弾性推定
3. 学会等名 第40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 2019年

1. 発表者名 工藤広太, 齋藤拓海, 荒川元孝, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 超音波による橈骨動脈の血管径 - 血圧同位置計測に関する検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第91回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 血管壁粘弾性評価のための単一超音波プローブを用いた橈骨動脈の血管径と血圧の同時計測に関する検討
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 血管壁粘弾性推定のための単一超音波プローブを用いた血管径 - 血圧同時計測
3. 学会等名 第2回先端生体超音波シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒川元孝, 斎藤拓海, 森 翔平, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 内皮機能の早期診断のための血圧と血管径の同位置同時計測可能な超音波プローブの開発
3. 学会等名 第39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 2018年

1. 発表者名 斎藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 単一超音波プローブを用いた血圧 - 血管径同時計測の再現性に関する検討
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 Arakawa, Mototaka Saito, Takumi Mori, Shohei Ohba, Shigeo Kobayashi, Kazuto Kanai, Hiroshi
2. 発表標題 An ultrasonic probe to measure both radial arterial pressure and diameter at identical position for early diagnosis of arteriosclerosis
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤拓海, 森 翔平, 荒川元孝, 大庭茂男, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 血管壁粘弾性推定を目指した単一超音波プローブによる橈骨動脈の血圧 - 血管径同時計測に関する検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第56回東北地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井 浩, 小林 樹, 森 翔平, 荒川元孝
2. 発表標題 収縮期初期における心臓壁の螺旋状の動きの検出～高速スペクトルトラッキングによる検出～
3. 学会等名 日本超音波医学会第57回東北地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤拓海, 工藤広太, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩
2. 発表標題 橈骨動脈の血管系と血圧の同一超音波プローブによる計測に関する基礎検討
3. 学会等名 平成30年東北地区若手研究者研究発表会「音・光・電波・エネルギー・システムとその応用」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤 広太, 金井 浩, 小林 和人
2. 発表標題 超音波による橈骨動脈の血管径-血圧同位置計測
3. 学会等名 日本音響学会2017年春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤 広太, 金井 浩, 小林 和人
2. 発表標題 超音波による橈骨動脈の血管径-血圧同位置計測
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤広太, 荒川元孝, 金井 浩, 小林和人
2. 発表標題 超音波による橈骨動脈の血管径-血圧同位置計測に関する検討
3. 学会等名 第38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 2017年

1. 発表者名 工藤広太, 荒川元孝, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 超音波による血管径-血圧同位置計測の高精度化と粘弾性特性評価に関する基礎検討
3. 学会等名 第85回超音波エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤広太, 荒川元孝, 小林和人, 金井 浩
2. 発表標題 超音波を用いた橈骨動脈の血管径-血圧同一計測法に関する検討
3. 学会等名 IEEE主催2017年度第2回学生研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>金井・荒川研究室学術論文 http://www.ecei.tohoku.ac.jp/~hkanai/publication.html#articles</p>
--

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	高瀬 圭 (TAKASE Kei) (60361094)	東北大学・医学系研究科・教授 (11301)	