

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H01856

研究課題名(和文) 光・超音波の統合及び光の位相空間制御による高機能光音響イメージングシステムの開発

研究課題名(英文) Development of advanced photoacoustic imaging system based on integration of optics and ultrasound and control of optical phase space

研究代表者

椎名 毅 (Shiina, Tsuyoshi)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：40192603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、光音響イメージングの医療計測における画質劣化や定量性低下等の課題に対処し、臨床計測時においても高解像度、高画質を維持し、酸素飽和度等が定量的に得られる高機能で実用的な光音響イメージングの実現をめざす。このため超音波と光計測を統合した計測法、および光の位相情報を活用した光音響イメージング法の開発について、次の課題に取り組んだ。角度制限・スパース計測等の制約に適合した計測法の開発、光の位相空間制御による高機能画像手法の開発、超音波と光音響の統合による高精度・高機能化。開発した各手法に関し、シミュレーション解析、ファントムおよびin vivo計測の実験を通して、有効性が実証された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新たな診断情報が得られる光音響イメージングは、近年急速に研究開発熱が高まっているが、制約が多い臨床応用では、十分な画質が得られていない。本研究は、超音波と光音響技術の統合と従来は使われていない光の位相情報を活用することで、既存の光音響法の限界を克服し、深部計測や臨床計測時においても、高解像度、高画質を維持し、酸素飽和度などが定量的に得られる実用的な光音響映像法を開拓する点が特色である。本研究の成果により、臨床における高機能な光音響イメージング技術が確立すれば、新生血管や酸素飽和度による癌の早期診断だけでなく、動脈硬化や関節リウマチ、皮膚老化の診断など、様々な分野への実用化の促進が期待される。

研究成果の概要(英文)：We deal with problems such as degradation image quality and quantitative deterioration in medical application of photoacoustic imaging, and aim to realize sophisticated and practical photoacoustic imaging technology that maintains high resolution and high image quality even for clinical measurement, and obtain oxygen saturation quantitatively. We have tackled the following issues regarding the development of a measurement method that integrates optical and ultrasound technologies and a photoacoustic imaging method that utilizes the phase information of light. (1) Development of measurement methods that meet the constraints such as limited-view and sparse element, (2) Development of high-performance imaging method by controlling the phase space of light, (3) High accuracy and high functional imaging by integration of ultrasound and photoacoustics. The effectiveness of each developed method was verified through simulation analysis, phantom, and in vivo measurement experiments.

研究分野：生体医工学

キーワード：可視化 非侵襲生体計測 光音響イメージング がん診断 マルチモダリティ

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

生体画像計測において、高い組織特異性を示す光技術と、深部でも高い空間解像度を有する超音波は、臨床でも広く用いられているが、近年、その光と超音波の利点を併せ持つ、光音響イメージング法が注目されている。光音響イメージングは、他のモダリティでは描出が困難な、微細ながんの新生血管の描出による早期診断や、腫瘍血管の酸素飽和度から良悪性の鑑別診断が可能になることが期待されており、最近では小動物での *in vivo* 計測技術の研究開発熱が高まり、さらに臨床応用への研究も始まっている。

従来の光音響イメージングの原理は、近赤外パルス光を生体に照射し、光音響効果で生じる超音波（光音響信号）から、CT や超音波断層像に類似の手法で、光吸収分布を再構成する。しかし、小動物の計測と異なり、臨床計測では、視野角の制限やハード的な制約で十分な計測データが得られないため解像度低下やアーチファクトで画質劣化が顕著になる。また、原理的には同一センサで光音響像と超音波エコー像を計測できるが、実際には上記と同様に、超音波と光音響の統合した画像法を用いなければ、解像度の向上や高機能化がなされていない。さらに、現在の光の活用は、吸収強度分布を画像化するだけであり、超音波ドプラ法のように位相情報を活用した画像情報が得られていない。

我々は、ここ数年来、光音響イメージング法を用いた乳がん画像診断法の開発に取り組み、一定の成果は得られたが、上記の点で従来の光音響法に基づいており、臨床でのデータ計測点の制限、光の位相情報利用の欠如などが原因で、深部計測における解像度、画質、定量性の低下を招いている。

そこで、深部計測や臨床計測時においても、高解像度、高画質を維持し、酸素飽和度などが定量的に得られる、より高解像度で高機能な画像情報を得るには、超音波と光計測を統合した計測法、および光の位相情報を利用した計測系に基づく光音響イメージング法の開発が必要と考えた。

2. 研究の目的

本研究では、光音響イメージングの医療計測における、解像度、画質、定量性などの機能の低下をもたらす要因に対処するため、超音波と光音響技術の一体化、照射光の位相情報の活用を図る手法を開発する。

これにより、臨床計測時においても、高解像度、高画質を維持し、酸素飽和度などが定量的に得られる高機能で実用的な光音響イメージングの実現をめざす。さらに、実証実験システムにより臨床応用に向けての基礎的検討を進めることを目的とする。

3. 研究の方法

超音波と光計測を統合した計測法、および光の位相情報を利用した計測系に基づく光音響イメージング法の開発について、具体的には以下の課題に取り組んだ。

（1）角度制限・スパース計測下での高画質光音響像再構成法アルゴリズムの開発

従来の光音響イメージングで、光超音波信号から、音源である光吸収分布を再構成する標準的なアルゴリズムとしてUBP (Universal Back-Projection) 法が用いられる。しかし、UBP 法はセンサ素子が稠密で対象を取り囲む理想的な場合のみ、高画質像が再構成できる。実際の臨床では、角度制限で十分なデータが得られず、またハード的な制約で受信アレイセンサがスパースになり、UBP 法では解像度低下やサイドローブによるアーチファクトが生じ画質が低下する。MRA も信号のスパース性が高いが、画像再構成でCS法 (compressed sensing) が使われ高い改善率が示されている。そこで、光音響像の再構成にもCS法を適用し、上記の計測条件下でも高画質が得られるかを検証した。

（2）光の位相空間制御による高機能イメージング手法の開発

従来の光音響のように、光照射をエネルギー源として捉えるだけに留めずに、光の位相制御による高機能な光音響イメージング法の開発を検討した。光音響イメージングの臨床応用を加速するためには、超音波診断装置のプロープを用いるのが便利であるが、通常の1Dプロープでは視野角の制限による欠損した画像が生成されることになる。そこで、エネルギーを伝達する光に波面制御の技術を導入することで、超音波診断装置の1Dプロープ計測下でも画像欠損が生じない計測方法を考案し、シミュレーションとファントム実験において有効性を実証した。

（3）超音波と光音響の統合による高精度・高機能化

光音響用のセンサで超音波エコー像を得ることで両画像を統合したマルチモーダルな診断が可能になる。従来、光音響像を得るには、簡便な既存の超音波リニア探触子を使う場合が多いが、視野角の制限により血管等の連続性に乏しい画像になる。また視野角の広い半球型のセンサは、光超音波像に適するが、素子がスパースなため通常の送受信ビーム形成ができず、適切な超音波エコー像が得られない。

そこで、光超音波と超音波の双方で実用的な3D画質が得られる手法を検討し、ファントム実験および掌等の *in vivo* 計測で有効性を実証した。

①半球型センサによる高画質超音波画像計測

光音響計測に適した半球型の光音響センサは、スパースなため通常のビーム形成による超音波計測は適さない。そこで、空間的に走査しながら、光音響信号の計測および超音波パルスの送受信と、開口合成の手法を用いることで、双方とも仮想的に稠密に信号を受信し、高画質な画像が得られる方法を開発した

②超音波・光音響一体型3D計測プローブ

①で検討した手法は、半球型センサをそのまま利用可能であるが、走査のための時間を要するため、動きの速いものの計測には適さない。そこで、通常の超音波検査のように短時間で光超音波と超音波の双方が計測可能な超音波・光音響一体化3D計測プローブについて検討した。

4. 研究成果

(1) 角度制限・スパース計測下での高画質光音響像再構成法アルゴリズムの開発

光音響像では、血管像など画像としてはスパース性が高いためCS法の適用が効果的と考えられる。センサでの受信音圧のベクトル \mathbf{P} は初期音圧のベクトル \mathbf{p}_0 と計測行列 \mathbf{K} を用いて以下で表わされ、 \mathbf{p}_0 は基底 ψ でスパースな信号 θ から変換されるとする。(引用文献①参照)

$$\mathbf{P} = \mathbf{K}\mathbf{p}_0, \quad \mathbf{p}_0 = \psi\theta \tag{1}$$

このとき、以下の最適化問題を解く

$$\theta_{CS} = \operatorname{argmin}_{\theta} \frac{1}{2} \|\mathbf{P} - \mathbf{K}\psi\theta\|_{\ell_2}^2 + \tau \|\theta\|_{\ell_1} \tag{2}$$

ここで、 $\mathbf{P} = (\mathbf{K}\psi)\theta$ の計算で、空間領域で行列 $\mathbf{K}\psi$ を掛けるための計算に膨大な時間がかかる。そこで、以下のように3次元フーリエ変換して \mathbf{k} -space で表現することで、計算の高速化を図った。

$$P(r, \omega) = \frac{1}{2c(2\pi)^3} \int_S \hat{p}_0(\mathbf{k}) \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}) dS \tag{3}$$

$$\hat{p}_0(\mathbf{k}) = \mathcal{F}_x\{p_0(\mathbf{r})\} \tag{4}$$

ここで S は \mathbf{k} -space での半径 ω/c の球殻上の積分であるため、計算量を大幅に削減できる。以上の高速計算法に関しては特許出願をした。

図1は、シミュレーション解析の例で、(a)は測定系で、9点の吸収体が3D空間に配置され、上部にある1.6mmピッチ256ch(16×16)のスパースなアレイセンサによる計測を想定した。(b)は吸収体の真の分布像、(c)は光音響像を従来のUBP法で得られたもので吸収体以外に多くのサイドローブによるアーチファクトが見られる。(d)は光音響像をCS法で求めた結果で、従来法に比べアーチファクトは大幅に低減されている。また、図2は、半球型センサで計測した手の血管の光音響像に対して処理した結果を示す。(a)はセンサを走査しながら1024回の光照射を行って、UBP法で得られた画像を加算したもので、広範囲で鮮明な血管像が得られているが、走査のため2分程度の時間を要する。(b)は1回の照射とUBP法で得られたもので、測定範囲は(a)の一部になると同時に、雑音の多い画像となっている。(c)は同じ1回照射であるがCS法を適用したもので、SNが改善されているのが分かる。

今後の課題としては、高速化手法を開発したが、最適化処理の繰り返し演算を要するので、並列処理などでの計算時間の短縮や、血管構造に適した基底の探索などが挙げられる。

(2) 光の位相空間制御による高機能イメージング手法の開発

図3に示すように、生体の各点に、基準の振幅・位相の光を照射し、透過した各点での振幅と位相の計測により、その組織の光学的応答を表す光透過行列を求める。これにより、所望の箇所を伝搬する光を照射時に加算し高振幅の光音響波を得ることができる。

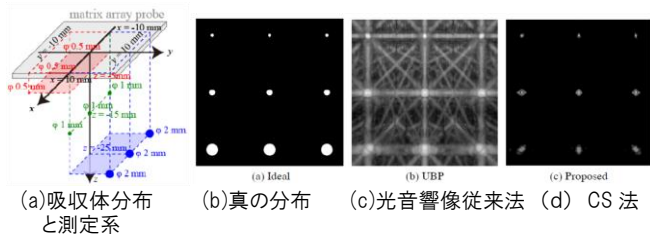
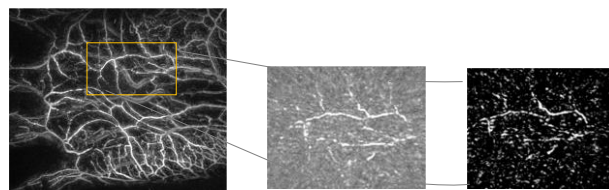


図1 光音響像へのCS法の適用(3D吸収体分布シミュレーション)



(a)1024回(UBP) (b)1回(UBP) (c)1回(CS法)

図2 掌の血管の計測におけるCS法の適用例

この光透過行列を用いることで、1Dプローブでも視野角の影響を抑えて画像欠損が生じない計測方法を可能にする。即ち、図4のように、SLMなどを用いて、レーザー光の波面制御を行うことで、光吸収体でのレーザー光の位相応答をレーザーのスペックルサイズで各領域に誘起する。次に、レーザーエネルギーの線形変換となる光吸収体からの超音波を受信する。その超音波に変換された位相応答を複数回受信して画像化し、各領域を透過行列として観察することで、その行列の特異値から吸収体の有無を画像化する手法を考案した。(引用文献②参照)

図5はシミュレーションでの検討結果で、1Dプローブを用い、16×16アダマール変調した照射光を想定した。(a)は真の吸収体の形状、(b)はプローブを上部に置き従来の様な光照射で得られた光音響像であり、1Dプローブの視野角の制限でリングの左右が欠けた像になっている。(c)は提案手法で得られた画像であり、欠損がなく描出されている。

次にファントムに対して実際に計測し、その効果を検証した。図6は計測システムの構成で、照明光(800nm)を基準位相領域および、位相変調領域 8×8 の領域に分割して各符号パターンに位相変調を $\pi/2$ ずつ4位相加えた。位相変調領域は8×8Hadamard 行列を用いて符号化を行い、各パターンで照射光をSLMを用いて変調し、計256回の計測を実施した。帯域4-15MHzの1Dプローブで計測した光音響信号はそれぞれ画像再構成し、復号化することで各再構成ピクセルサイズの光の位相応答性を算出した。

図7(a)は、ワイヤーファントムを従来法に相当する全ての変調光に対し得られた光音響像を平均したもので、(b)は提案手法で得られた像である。以上の結果から、位相変調光を用いた視野角制限下での光音響計測の有効性が検証された。

一方で、残された課題として計測回数の増加に伴う計測時間の短縮化と、生体深部でのレーザーのコヒーレンシーの担保をすることがあげられる。今後は、生体環境下においても計測ができるように、高い繰り返し発光周波数のレーザー、およびDMD(Digital Micro-mirror Device)を用いた位相変調の高速化を進め、より生体深部での変調観察を可能にするために、本研究をさらに発展させ、実用化を進める必要がある。

(3) 超音波と光音響の統合による高精度・高機能化

①半球型センサによる高画質超音波画像計測

光音響用の半球型センサの場合、素子配置がスパースなため超音波ビームによる焦点形成が困難となる。そこで、図8に示すように、各単一素子から超音波パルスを送信し、全素子で受信したエコーから低解像度の超音波像を構成する。これを順次繰り返して、最終的に全素子分の画像を加算することで高画質な超音波像を構成する。また、間にレーザー光を照射し光音響像を得る操作を繰り返すことで、超音波と光音響像を同期して計測することが可能となる。

基礎実験システムを構築し、提案手法の有効性を検証した。図9(a)は測定系で、256素子、2MHzの直径10cmの半球型センサを用いた。センサをステージで走査しながら、PRF=30Hzでレーザー照射し、その間に超音波パルスを16回、PRF=480Hzで送信を行うため、これを16回で256素子分の照射が完了し、高精細な超音波像が構成される。図9(b)は掌を計測した結果で光音響像を超音波に重畳して表示したMIP像で、

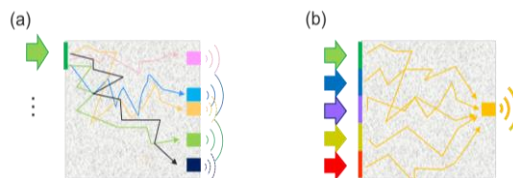


図3 光透過行列を利用した散乱体を通しての集光 (a)入射光と散乱体の透過光から光透過行列の計 (b)入射光の波面形成と光透過行列による集束

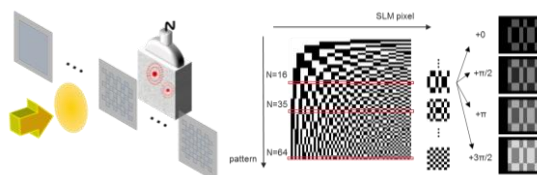
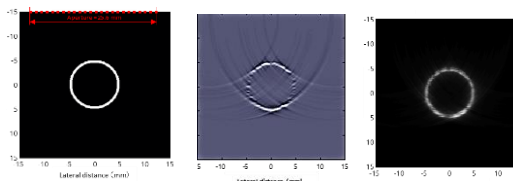


図4 光透過行列の計測とHadamard 光変調パターン



(a)真の分布 (b)従来法 (c)提案手法

図5 16×16Hadamard 変調光でのイメージングのシミュレーション

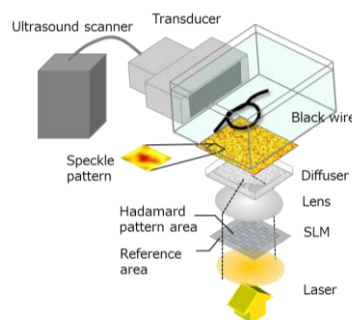
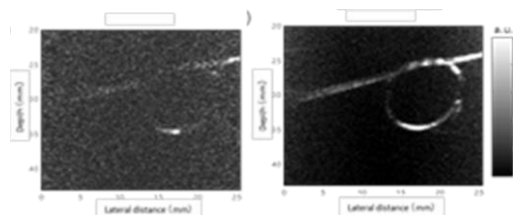


図6 ファントム実験での計測システム



(a)従来法 (b)提案手法

図7 8×8Hadamard 変調光を照射したワイヤーファントム計測の実験結果

超音波像も 2MHz には十分な解像度を得ており、これにより組織構造と血管分布との関係の把握が容易になっている。

②超音波・光音響一体型 3D 計測プローブ

上記の方法ではセンサをステージで走査する必要から計測時間が問題になる。しかし、半球型アレイで走査せずに超音波像を得た場合、図 10 のシミュレーション結果のように、(a) のビーム特性はサイドローブが大きいため、(b) の嚢胞モデルでの超音波像は低画質なものとなる。そこで、半球型アレイセンサで図 10(c) のように、一部を超音波用に送受信ともにアーク型でスライス方向には無焦点とする、超音波・光音響一体型の 3D 計測プローブを検討した。この場合、送受信のビーム特性は先鋭化し、(d) のように 3D 空間の高画質な超音波像をセンサを走査せずに計測可能となる。光音響像は通常と同様、半球形センサを用いる。

このため、実証実験に際しては、一体型プローブとして図 10(a) と (b) を合わせたものを作ることになり、さらに多チャンネルの駆動装置部分も含めると、コストと時間がかかり、本研究の研究実施期間及び予算範囲を超えることが明らかになった。そこで、クロスアーク型の特性を検証するため、スライス方向にフォーカスして、少ない素子数 (550ch) で光音響と超音波ともに計測可能なプローブを図 11(a) のように、試作し実験を行った。図 11(b) (c) は、ワイヤファントムと、手首の断面を計測したもので、何れも実時間で実用的な画質の超音波像と光音響像が計測できることが確認された。

以上より、超音波と光音響の両画像を統合したマルチモーダルな診断を目指して、光超音波と超音波の双方で高画質な 3D 画像が得られるセンサ及び計測法を開発し、ファントム実験等で有効性を実証した。

<引用文献>

- ① K. Kondo, T. Namita, M. Yamakawa and T. Shiina, "Three-dimensional Photoacoustic Reconstruction for Sparse Array Using Compressed Sensing Based on kspace Algorithm," 2016 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings, 2016, 1-3, DOI:10.1109/ULTSYM.2016.7728883.
- ② H. Abe, T. Shiina, "Visualization of photoacoustic images in a limited-view measuring system using eigenvalues of a photoacoustic transmission matrix," Photoacoustics, 8, 2017, 1-7. DOI: 10.1016/j.pacs.2017.06.003

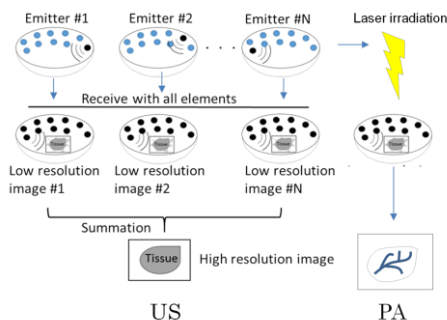
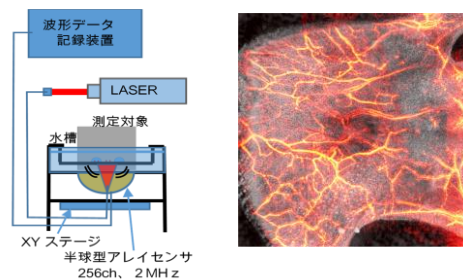


図 8 半球型センサによる高画質超音波像計測法



(a)測定系 (b)掌の光音響と超音波の重畳画像
図 9 光音響と超音波像の同時計測結果

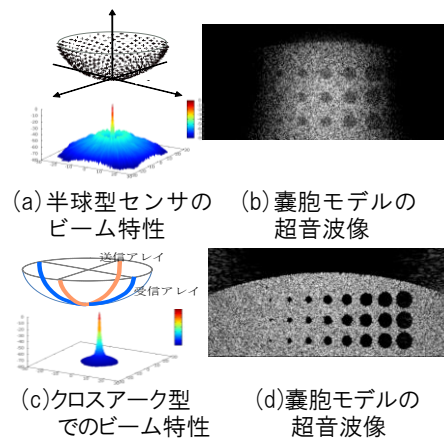


図 10 超音波・光音響一体型 3D プローブのシミュレーションによる特性解析結果

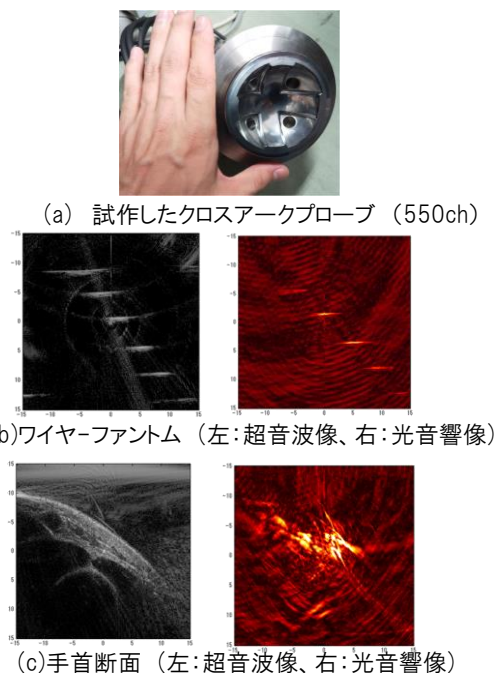


図 11 超音波・光音響一体型プローブによる計測結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shiina Tsuyoshi, Toi Masakazu, Yagi Takayuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Development and clinical translation of photoacoustic mammography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Engineering Letters	6. 最初と最後の頁 157 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13534-018-0070-7	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 Asada Kyosuke, Namita Takeshi, Kondou Kengo, Yamakawa Makoto, Shiina Tsuyoshi	4. 巻 10878
2. 論文標題 Evaluation of the usefulness of handheld photoacoustic imaging system for quantitative diagnosis of fatty liver	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE BiOS 2019	6. 最初と最後の頁 202-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2510786	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 Uchimoto Yo, Namita Takeshi, Kondo Kengo, Yamakawa Makoto, Shiina Tsuyoshi	4. 巻 10878
2. 論文標題 Usefulness verification of handheld photoacoustic imaging system for evaluating hypodermal tissue	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE BiOS 2019	6. 最初と最後の頁 237-242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2509476	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 Takaoka Shunto, Kondo Kengo, Namita Takeshi, Yamakawa Makoto, Shiina Tsuyoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Simultaneous Photoacoustic and Ultrasound Imaging Using a Hemispherical Sensor Array	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 2018 IEEE International Ultrasonics Symposium	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) 10.1109/ULTSYM.2018.8580127	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 Nakahata Kazuyuki, Ogi Keiji, Namita Takeshi, Ohira Katsumi, Maruyama Masayuki, Shiina Tsuyoshi	4. 巻 1949
2. 論文標題 Photoacoustic microscopic imaging of surface and subsurface damages in CFRP	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Conf. Proc	6. 最初と最後の頁 180004-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5031633	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 Abe Hiroshi, Shiina Tsuyoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Visualization of photoacoustic images in a limited-View measuring system using eigenvalues of a photoacoustic transmission matrix	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Photoacoustics	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pacs.2017.06.003	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 浪田 健, 橋本 一輝, 平野 進, 内本 陽, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅	4. 巻 29
2. 論文標題 超音響イメージングによる頸動脈プラークの性状診断 = 多波長ハンドヘルド型システムの臨床応用に向けて =	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 超音波テクノ	6. 最初と最後の頁 94-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 浪田 健, 平野 進, 内本 陽, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅	4. 巻 46
2. 論文標題 多波長ハンドヘルド型超音響イメージング装置の応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 359-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Y. Murata, T. Namita, K. Kondo, M. Yamakawa, T. Shiina	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantitative evaluation of skin aging with photoacoustic microscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. 2017 IEEE Int. Ultrasonics Symposium	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ULTSYM.2017.8092271	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 Susumu Hirano, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina	4. 巻 9708
2. 論文標題 Aortic atherosclerotic plaque detection using a multiwavelength handheld photoacoustic imaging system	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc of SPIE	6. 最初と最後の頁 97084Y
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2212256	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 Haichong K. Zhang, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa and Tsuyoshi Shiina	4. 巻 24
2. 論文標題 Coded excitation using periodic and unipolar M-sequences for photoacoustic imaging and flow measurement	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 17-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.24.000017	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26件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 T.Shiina
2. 発表標題 Development of 3D Photoacoustic Imaging System and its Clinical Translation
3. 学会等名 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Namita, Kyosuke Asada, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 Photoacoustic imaging for evaluating tissue characterization
3. 学会等名 APSCIT 2018 Annual Meeting
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 多波長を用いた光音響イメージングによる血腫性状の評価
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会,
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Nakao, Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 光音響像におけるアーチファクトの多波長計測による特定・除去方法の基礎的検討
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Ogawa, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiin
2. 発表標題 関節炎疾患モデルラットの光音響イメージング解析
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyosuke Asada, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 肝組織の多波長光音響解析による脂肪化評価の基礎的検討
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Shiina, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa
2. 発表標題 光音響と超音波の統合イメージング
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 ハンドヘルド型光音響イメージング装置による皮下血腫評価に向けた基礎的検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Nakao, Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 ハンドヘルド型装置による光音響像のアーチファクト特定・除去のための基礎的検討
3. 学会等名 日本超音波医学会第45回関西地方会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyosuke Asada, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 多波長光音響イメージングによる脂肪肝定量評価のための基礎的検討
3. 学会等名 平成30年度第3回光超音波画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 多波長光音響イメージングによる皮下血腫評価に向けた基礎的検討
3. 学会等名 平成30年度第3回光超音波画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Nakao, Yo Uchimoto, Takeshi Namita, Kengo Kondo, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 光音響像のアーチファクト特定・除去のための基礎的検討
3. 学会等名 平成30年度第2回光超音波画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 光超音波計測の定量化と脳機能イメージングへの展開
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 Shunto Takaoka, Kengo Kondo, Takeshi Namita, Makoto Yamakawa, Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 半球型光超音波センサによる超音波イメージング法の基礎的検討
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 Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 光超音波イメージングが拓く医療イノベーション
3. 学会等名 第37回日本脳神経学会超音波学会総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 光超音波イメージングの基礎と応用
3. 学会等名 第26回日本乳癌学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仲尾 勇輝, 内本 陽, 浪田 健, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 ハンドヘルド型装置による光音響像の高画質化のための基礎的検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村田 勇也, 浪田 健, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 光音響イメージングによる組織性状診断に関する基礎的検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 椎名 毅
2. 発表標題 光超音波イメージングによるVascular Health Sciences の展開
3. 学会等名 日本超音波医学会第90回学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 Photoacoustic Imaging of Tumor Vessels
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Ultrasound Contrast Imaging (ACUCI) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tsuyoshi Shiina
2. 発表標題 Innovative Photoacoustic Imaging Technology to Support Vascular Health Science
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浪田 健, 平野 進, 近藤健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 ハンドヘルド型超音響撮像装置による頸動脈プラークの性状診断に向けた基礎的検討
3. 学会等名 日本超音波医学会 第89回学術集会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高田正泰, 山賀 郁, 片岡正子, 金尾昌太郎, 川島雅央, 浅尾恭史, 羽賀博典, 椎名 毅, 富樫かおり, 戸井雅和
2. 発表標題 光超音波マンモグラフィを用いた乳腺腫瘍における超音響像の形態的特徴に関する検討
3. 学会等名 日本超音波医学会 第89回学術集会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 村田 勇也, 浪田 健, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 光超音波顕微鏡による皮膚組織定量化のための基礎的検討
3. 学会等名 平成28年度 第3回 光超音波画像研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浪田 健, 平野 進, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 ハンドヘルド型超音響撮像装置を用いた脂質性プラークの検出
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第37回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内本 陽, 浪田 健, 近藤 健悟, 山川 誠, 椎名 毅
2. 発表標題 ハンドヘルド型プローブを用いた生体光音響イメージングのための基礎的検討
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第37回年次大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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	山川 誠 (Yamakawa Makoto) (60344876)	京都大学・医学研究科・特定准教授 (14301)	
研究分担者	浪田 健 (Namita Takeshi) (10571250)	京都大学・医学研究科・特定助教 (14301)	
研究分担者	近藤 健悟 (Kondou Kengo) (50649233)	京都大学・充実した健康長寿社会を築く総合医療開発リーダー育成リーディング大学院・特定助教 (14301)	
研究分担者	戸井 雅和 (Toi Masakazu) (10207516)	京都大学・医学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	新田 尚隆 (Nitta Naotaka) (60392643)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・主任研究員 (82626)	