研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 2 年 6 月 2 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: 17H02106

研究課題名(和文)アーク型トランスデューサによる指関節用3次元光音響CTの開発

研究課題名(英文)Development of 3D photoacoustic CT with arc tran sducer for finger joint

研究代表者

西條 芳文(Saijo, Yoshifumi)

東北大学・医工学研究科・教授

研究者番号:00292277

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文):関節リウマチにおける指関節の炎症を評価するために、強力パルス光を照射した際に生じる光音響信号で指の微小血管を可視化する3次元光音響CTの基盤研究を行った。指の形状を考慮し、超音波振動子を半円状に配列しパルス光照射のための光ファイバを装着することでアーク型光音響トランスデューサを作製した。また、2波長レーザあるいは2波長LEDを光源とする強力パルス光を光音響トランスデューサに入力しそれぞれの波長での光音響信号を生体内での異なる光伝搬を考慮することでより正確な酸素飽和度の計算が可能なアルゴリズムを構築した。光音響CTにより水中に保持した生体指関節血管網の可視化に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義 関節リウマチの早期病変として、手の近位指節間関節、中手指節関節の滑膜の炎症が知られており、滑膜の炎症 を血流の増加として可視化することで高精度で定量的な病変診断方法が可能である。光音響イメージングでは超 音波ドプラ法では検出できないほどの遅い血流が細い血管を含むとできることがも、指の形状に特化した光音性を CTにより炎症の早期・精密診断が可能である。さらに、滑膜血流の酸素飽和度を計測することで炎症の活動性を評価し、関節リウマチの種々の治療薬の薬効評価方法への応用も可能である。

研究成果の概要(英文): Principles of 3D photoacoustic CT were investigated in order to evaluate inflammatory activity of finger joints in rheumatoid arthritis visualized with photoacoustic signal produced by strong short pulsed light. Ultrasonic sensors were semicircularly arranged to fit the shape of finger and optical fibers were inserted to pass through the light. Laser or strong LED with two different wavelengths were illuminated. Precise algorithm for calculation of the oxygen saturation was developed considering the propagation of light in biological tissue. Finally, visualization of the human finger was successfully visualized by the photoacoustic CT.

研究分野: 医用イメージング

キーワード: 光音響イメージング 関節リウマチ 酸素飽和度 微小血管

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、研究者個人に帰属されます。

様 式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1.研究開始当初の背景

関節リウマチ

関節リウマチの患者数は国内では $70 \sim 100$ 万人であるが、欧米諸国ではやや頻度が高く世界的には $0.3 \sim 1.5\%$ の有病率とされている。男女比は 1:4 で $30 \sim 50$ 代に初発することが多く、生命の危険に直結することは少ないが患者の QOL (quality of life) を著しく低下させるため、その早期診断・治療は医学的にも社会的にも重要な課題である。

診断はリウマトイド因子の陽性反応をみる RA テストが一般的である。しかし、関節リウマチ早期の陽性率は 50%、全経過中でも陽性率は 70~80%にとどまっている。また、RA テストは他の膠原病、たとえば全身性エリテマトーデスの 20~30%、シェーグレン症候群の 70%でも陽性を示し、簡便ではあるが感度・特異度ともに低い診断法とされている。

関節リウマチの早期病変として、手の近位指節間関節、中手指節関節の滑膜の炎症が知られている。したがって、画像診断による滑膜の炎症の検出が早期診断には有効である。しかし、広く用いられている X 線写真では骨を含む関節破壊まで至らない滑膜の炎症は画像化できない。 European League Against Rheumatism (EULAR) task force では、関節の炎症の検出や病変の進行の評価については超音波と MRI が有効であるとの見解を述べている。特に、超音波 B モード法にパワードプラ法を追加し滑膜の炎症を血流の増加として可視化することで、病変進行の評価の AUC (area under the curve) 値は 0.905 から 0.962 に増加する(Ann Rheum Dis 2013;72:804-814)。また、近年、有効な生物学的製剤も多く開発され、薬効評価のための高精度で定量的な病変診断方法が新たな重要課題となってきた。

光音響イメージング

研究代表者は、ナノ秒レベルの短パルスレーザーを対象に照射した際に、光エネルギーが熱エネルギーに変換され対象が熱膨張することで発生する超音波を検出することを原理とする光音響イメージングの研究を展開し、ラットの関節の変性を 3 次元で可視化することに成功している。右図は正常と関節変性モデルの光音響イメージングで、軟骨表面の凹凸と軟骨破壊のため表面に露出した血管網が可視化されている。

光音響イメージングでは超音波ドプラ法では検出できないほどの遅い血流や細い血管を可視化できることから、指の形状に特化した光音響 CT により滑膜の血流評価を行うことで炎症の早期・精密診断を行うという着想に至った。さらに、滑膜血流の酸素飽和度を計測することで炎症の活動性を評価し、関節リウマチの種々の治療薬の薬効評価方法への応用も可能である。

2.研究の目的

本研究の最終目的は、関節リウマチにおける指関節の炎症を評価するための 3 次元光音響 CT を開発することである。本研究期間には、指の形状を考慮したアーク型光音響トランスデューサによって超音波および光音響信号を多方向から送受信し、従来の超音波 B モード法よりも精細な CT 画像を構築することを目的にする。また、2 波長の強力短パルス光を照射することで発生した光音響信号から酸素飽和度を計測可能にするアルゴリズムを構築する。

これらの成果をもとに、光音響 CT システムを構築し、3D プリンタにより作製した指関節モデルを可視化してシステムを評価する。本システムにより正常者の指の微小血管を可視化し、医学応用及び事業化への道筋を立てる。

3.研究の方法

○光音響トランスデューサの作製

本研究では超音波の進行方向に平行な構造物も画像化するために、図 1 に示すような指の中心を弧の中心としたアーク型トランスデューサを作製した。このとき、超音波の周波数:7.5 MHz、チャンネル数:128ch、光ファイバの本数:7 本、弧の内径:38.79mm で、光ファイバを7本通し、防水処理を施し光音響トランスデューサとして完成させた。



図1 光音響トランスデューサ

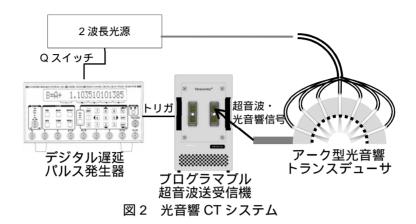
〇光音響 CT システムの構築

アーク型トランスデューサで超音波 CT 画像を得ることを確認後、デジタル遅延パルス発生器を用いてレーザ発振をコントロールして同期をとり、2 波長のレーザ光あるいは LED 光を光音響トランスデューサに入力し、光音響信号を得る。光音響イメージングに特化した delay and sum方式を開発するとともに、微細血管の構造を強調した3次元 wavelet filtering による画像プロセッシング方法を開発し、超音波画像に重畳することで2次元光音響 CT 画像を得る。

4.研究成果

○アーク型光音響トランスデューサの開発

超音波振動子を半円状に配列し光ファイバあるいは LED 光学系を装着し、防水処理を施すことで光音響トランスデューサとして完成した。図 2 に示すようにプログラマブル超音波送受信システムに接続し、アークの内径やピッチ幅を考慮した超音波送受信アルゴリズムを構築し、さらに光音響イメージングに特化した delay and sum 方式と微小血管の構造を強調した wavelet filtering による画像プロセッシング方法により微小血管の 2 次元光音響 CT 画像を得た。



○酸素飽和度の計測

2波長レーザあるいは2波長 LED を光源とする強力パルス光を光音響トランスデューサに入力 しそれぞれの波長での光音響信号を生体内での異なる光伝搬を考慮することでより正確な酸素 飽和度の計算が可能なアルゴリズムを構築した。

○指の血管網の可視化

指を水中に保持し開発したアーク型光音響イメージングにより2次元光音響CT画像を得た。生体データ取得に際しては「人を対象とした研究」に関する倫理委員会による承認を得て、被験者からインフォームドコンセントを得て行った。

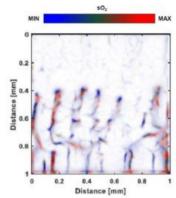


図3 指の微小血管の酸素飽和度

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件(うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件)

1. 著名名 Nagacka Ryo, Yoshizawa Shin, Umenura ShinIchiro, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Basic Study of improvement of axial resolution and suppression of time side lobe by phase-corrected Wiener filtering in photoacoustic tomography. 3. 離議名 Np J Appl Phys. 6. 最初と最後の頁 O7LD11 5. 第行年 2018年 6. 最初と最後の頁 O7LD11 7. カープンアクセス 10.7.861/JAP-57.07LD11 11. 著名名 Siregar Syshril, Oktaruliani Sri, Saijo Yoshifumi 2. 論文理題 A theoretical rodel of laser heating carbon nanotubes. 5. 第行年 2018年 6. 最初と最後の頁 E580 7. 第行年 2018年 7. 第一方ンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 7. 第一方ンアクセス 10.3390/nano80800580 7. 第一方ンアクセス 7. 第一方ンアクセス 7. 第一方ンアクセス 8. 第一方ンアクセス 7. 第一方ンアクセス 8. 第一方ンアクセス 7. 第一方ンアクセス 8. 第一方ンアクセス 7. 第一方ンアクセス 8. 第一方ンアクセス 8. 第一方ンアクセス 9. 第一方ンアクセス 1. 著名名 1. 著名名 1. 著名名 1. 第五名 2. 第五子 2	〔雑誌論文〕 計6件(うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件)	
Nogaoka Ryo, Yoshizawa Shin, Umemura ShinIchiro, Saijo Yoshifumi 57 2. 論文標題 Sasio Study of improvement of axial resolution and suppression of time side lobe by phase-corrected Wiener filtering in photoacoustic tomography. 5. 発行年 2018年 2018年 5. 操列と最後の頁の7LD11	1.著者名	4 . 巻
Basic study of improvement of axial resolution and suppression of time side lobe by phase-corrected Wilemer filtering in photoaccoustic tomography. 3. 旅誌名 Jpn J Appl Phys. 6. 最初と最後の頁 O7LD11 春花の有無 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 1. 著名名 Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2. 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3. 雑誌名 Nanomaterials 6. 最初と最後の頁 E580 1. 著名名 Interest Color (デジタルオプジェクト機別子) Interest Color (デジタルオグシェクト機別子) Interest Color (デジタルオグシェクト機のののののののののののののののののののののののののののののののののののの		
Basic study of improvement of axial resolution and suppression of time side lobe by phase-corrected Wilemer filtering in photoaccoustic tomography. 3. 旅誌名 Jpn J Appl Phys. 6. 最初と最後の頁 O7LD11 春花の有無 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 1. 著名名 Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2. 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3. 雑誌名 Nanomaterials 6. 最初と最後の頁 E580 1. 著名名 Interest Color (デジタルオプジェクト機別子) Interest Color (デジタルオグシェクト機別子) Interest Color (デジタルオグシェクト機のののののののののののののののののののののののののののののののののののの	2 绘文博昭	5
corrected Wiener filtering in photoacoustic tomography. 3		
3. 非誌名 Jpn J Appl Phys. 6. 最初と最後の頁 O7LD11 6. 最初と最後の頁 O7LD11 6. 最初と最後の頁 O7LD11 6. 元が7JJAP.57.07LD11 7. 7507LD11 7	Basic study of improvement of axial resolution and suppression of time side lobe by phase-	2018年
Jpn J Appl Phys. 07LD11		
Jpn J Appl Phys. 07LD11	3.雑誌名	6.最初と最後の頁
a 語の有無 有 オープンアクセス コープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難		
1 . 著者名 Si regar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2 . 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3 . 雑誌名 Nanomaterials おカブンアクセス 「表者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文程	Spir & Appr Triys.	072511
1 . 著者名 Si regar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2 . 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3 . 雑誌名 Nanomaterials おカブンアクセス 「表者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文程		
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 4.巻 8 4.巻 8 5 iregar Syshril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 8 8 8 5 発行年 2018年 2018年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁 E560 1 1 著名名 1 shi kawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 2 i 論文語 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 4 8 7 プンアクセス 1 国際共著 2018年		
*** *********************************	10.7367/33AF.37.07EDT1	[F
*** *********************************	1 P 1	C Chy III ++
1. 著者名 Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2. 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3. 雑誌名 Nanomaterials 信務の有無 「フンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 「Shi kawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 指数論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 4. 巻 「Aーブンアクセス 「デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 Tーブンアクセス 「国際共著 「Aーブンアクセス 「国際共著 「Aーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「Aーブンアクセス 「国際共著 「Aーブンアクセス 「国際共著 「Aーブンアクセス 「国際共著 「Aーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「Aーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「Aーブンアクセス 「国際共著 「Aーグンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「Aーグンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「Aーグンアクセスではない。又はオーブンアクセスが困難 「Aーグンアクセスではない。」 「Aーグンアクセスではない。又はオーグンアクセスが困難 「Aーグンアクセスではない。」 「Aーグンアクセスではない。」 「Aーグンアクセスが困難 「Aーグンアクセスが困難」「Aーグンアクセスが困難」 「Aーグンアクセスではない。」 「Aーグンアクセスが困難」 「Aーグンではないないないないないないないないないないないないないないないないないないない		国際共者
Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2. 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3. 雑誌名 Nanomaterials 6. 最初と最後の頁 E580 大きの方式である 大きの方式であ	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	-
Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi. 2. 論文標題 A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3. 雑誌名 Nanomaterials 6. 最初と最後の頁 E580 大きの方式である 大きの方式であ	. ***	1 4 24
2. 論文標題	1.者者名	4. 巻
A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3 . 雑誌名 Nanomaterials 6 . 最初と最後の頁 E580 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580 7 オーブンアクセス オーブンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文様題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc おーブンアクセス 「掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 おーブンアクセス オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「国際共著 「コーズンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「国際共著 「リードロタ/EMBC 2018.8513104 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文様題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 5 . 発行年 2017年 2017年	Siregar Syahril, Oktamuliani Sri, Saijo Yoshifumi.	8
A theoretical model of laser heating carbon nanotubes. 3 . 雑誌名 Nanomaterials 6 . 最初と最後の頁 E580 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580 7 オーブンアクセス オーブンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文様題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc おーブンアクセス 「掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 おーブンアクセス オーブンアクセス オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「国際共著 「コーズンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難 「国際共著 「リードロタ/EMBC 2018.8513104 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文様題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 5 . 発行年 2017年 2017年		5.発行年
3 . 雑誌名 Nanomaterials 6 . 最初と最後の頁 E580 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580 7 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) 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 4 . 巻 10.1109/EMBC.2018.8513104 1 . 著者名 Ul Haq Israr, Nagaoka Ryo, Siregar Syahril, Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 5 . 発行年 2018年		
Ratia 文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580	A theoretical model of tasel healthy carbon handlubes.	ZU10 '
Ratia 文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580	3.雑誌名	6.最初と最後の百
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano8080580 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) 1. 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1. 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5. 発行年 2017年 2017年 3. 雑誌名		
1. 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 1. 著者名 UI Haq Israr, Nagaoka Ryo, Siregar Syahril, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 5. 発行年 2018年 6. 最初と最後の頁 4800-4803 1. 著者名 UI Haq Israr, Nagaoka Ryo, Siregar Syahril, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 4. 巻 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁	INGLIGITATS	E360
1. 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 1. 著者名 UI Haq Israr, Nagaoka Ryo, Siregar Syahril, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 5. 発行年 2018年 6. 最初と最後の頁 4800-4803 1. 著者名 UI Haq Israr, Nagaoka Ryo, Siregar Syahril, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 4. 巻 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁		
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) 1. 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 指載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 オープンアクセス コ際共著 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 1. 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 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)	査読の有無
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 該当する 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 5 . 聚行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 4800-4803 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	10.3390/nano8080580	有
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 該当する 1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 5 . 聚行年 2018年 6 . 最初と最後の頁 4800-4803 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	+ = 1.75+7	
1 . 著者名 Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 「掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 4 . 巻 2017年 3 . 雑誌名		1
Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 5 . 発行年 2018年 2018年 3 . 雑誌名	オーブンアクセスとしている(また、その予定である)	該当する
Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi 1 2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 5 . 発行年 2018年 2018年 3 . 雑誌名		
2 . 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 オープンアクセス I 国際共著 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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 4800-4803	1.著者名	4.巻
2. 論文標題 Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3. 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1. 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2. 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3. 雑誌名 6. 最初と最後の頁 4. 巻 3 5. 発行年 2017年 5. 発行年 2017年 6. 最初と最後の頁	Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo, Saijo Yoshifumi	1
Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 4 . 巻 3 . 雑誌名	······································	
Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁 4 . 巻 3 . 雑誌名	2 签计证明	C 彩行在
detector. 3 . 雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁		
3.雑誌名 Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513104 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 1.著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	Optical resolution photoacoustic microscopy with fast laser scanning and fixed photoacoustic	2018年
Roman Conf Proc 39th IEEE Eng Med Biol Soc 4800-4803 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	detector.	
R載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	3.雑誌名	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/EMBC.2018.8513104 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 - 1.著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3.雑誌名 6.最初と最後の頁		
10.1109/EMBC.2018.8513104 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 - 1.著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5.発行年 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	Soft 1100 33th 1222 Eng wood B101 300	4000-4000
10.1109/EMBC.2018.8513104 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 - 1.著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5.発行年 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁		I to the first
オープンアクセス 国際共著 - コープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁	掲載舗乂のDOI(ナシタルオフシェクト識別子)	貧読の有無
** 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 - 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁		
** 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 - 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁	10.1109/EMBC.2018.8513104	有
1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁		
UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁	オープンアクセス	
UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 3 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5 . 発行年 2017年 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁	オープンアクセス	
2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5.発行年 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	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
2.論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 5.発行年 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	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 1.著者名	国際共著 -
Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	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 1.著者名	国際共著 -
Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 2017年 3.雑誌名 6.最初と最後の頁	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 1.著者名	国際共著 -
3.雑誌名 6.最初と最後の頁	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi	国際共著 - 4 . 巻 3
	オープンアクセス	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年
	オープンアクセス	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年
DIOMEG PRIVS ENG EXDITESS I 045014 ~ 045014	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年
3.5577 0.6677	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁
	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁
10.1088/2057-1976/aa7a44 有	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014~045014
	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014 ~ 045014
+ +	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/aa7a44	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014~045014 査読の有無 有
オープンアクセス 国際共著 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 該当する	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/aa7a44 オープンアクセス	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014~045014 査読の有無 有 国際共著
	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/aa7a44	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014~045014 査読の有無 有
	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 1 . 著者名 UI Haq Israr、Nagaoka Ryo、Siregar Syahril、Saijo Yoshifumi 2 . 論文標題 Sparse-representation-based denoising of photoacoustic images 3 . 雑誌名 Biomed Phys Eng Express 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2057-1976/aa7a44 オープンアクセス	国際共著 - 4 . 巻 3 5 . 発行年 2017年 6 . 最初と最後の頁 045014~045014 査読の有無 有 国際共著

1 . 著者名	4.巻
Arakawa Mototaka、Kanai Hiroshi、Ishikawa Kazuo、Nagaoka Ryo、Kobayashi Kazuto、Saijo Yoshifumi	84
2.論文標題	5 . 発行年
A method for the design of ultrasonic devices for scanning acoustic microscopy using impulsive signals	2018年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Ultrasonics	172~179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1016/j.ultras.2017.10.023	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	4 . 巻
Nagaoka Ryo, Tabata Takuya, Yoshizawa Shin, Umemura Shin-ichiro, Saijo Yoshifumi	9
2.論文標題	5.発行年
Visualization of murine lymph vessels using photoacoustic imaging with contrast agents	2018年
3.雑誌名	6.最初と最後の頁
Photoacoustics	39 ~ 48
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1016/j.pacs.2018.01.001	有
オープンアクセス	国際共著
オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-

〔学会発表〕 計5件(うち招待講演 5件/うち国際学会 5件)

1.発表者名

Saijo Yoshifumi, Nagaoka Ryo, Shintate Ryo, Iwazaki Hideaki, Omuro Toshiyuki, Ida Taiishiro, Yoshizawa Shin, Umernura ShinIchiro

2 . 発表標題

Photoacoustic and ultrasound microscope for imaging of three-dimensional skin vasculature.

3 . 学会等名

III International Caparica conference on ultrasonic-based applications: from analysis to synthesis (招待講演) (国際学会)

4.発表年

2018年

1.発表者名

Saijo Yoshifumi, Ishikawa Kodai, Shintate Ryo, Nagaoka Ryo

2 . 発表標題

High frame rate photoacoustic imaging of micro vessel.

3 . 学会等名

2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (招待講演) (国際学会)

4 . 発表年

2018年

1. 発表者名
Saijo Yoshifumi
2. 発表標題 Evaluation of skin aging with photoacoustic and ultrasound microscopy.
3.学会等名 12th ICME International Conference on Complex Medical Engineering(招待講演)(国際学会)
4 . 発表年 2018年
1 . 発表者名 Yoshifumi Saijo
2 . 発表標題 Photoacoustic imaging of human skin with parabolic array transducer and tunable laser.
3 . 学会等名 IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(招待講演)(国際学会)
4.発表年 2017年
1 . 発表者名 Yoshifumi Saijo
2.発表標題 High Frequency Ultrasound Imaging and its Recent Progress with Optics.
3.学会等名 The International Conference on Biomedical Ultrasound 2017(招待講演)(国際学会)
4 . 発表年 2017年
〔図書〕 計0件
〔産業財産権〕
(その他)
西條研究室 http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index.html
Saijo Laboratory http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index-e.html
西條研究室
http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index.htm Saijo Laboratory
http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index-e.html

6 . 研究組織

	NI JUNE PRIM			
	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	
	松浦 祐司	東北大学・医工学研究科・教授		
研究分担者				
	(10241530)	(11301)		
	石井 智徳	東北大学・大学病院・特任教授		
研究分担者				
	(10282138)	(11301)		