

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02112

研究課題名(和文) 安全な光による生体透視と機能イメージングを実現するシステムの創成

研究課題名(英文) System development to realize transillumination and functional imaging of animal body using safe light

研究代表者

清水 孝一 (Shimizu, Koichi)

早稲田大学・理工学術院(情報生産システム研究科・センター)・教授(任期付)

研究者番号：30125322

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)： 生体内部の構造情報および機能情報を安全な光により三次元的に透視イメージングする医用技術の開発をめざし、新原理を集約した新たな手法を確立するとともに、それを具現化するシステムを開発した。具体的には、次の成果を得た。

(1) 体外への出射光から体内構造を求める逆散乱問題を解決、(2) 散乱による光透視像劣化を点拡がり関数の逆畳み込みにより改善、(3) 深層学習原理を導入し散乱ボケの問題を解決、(4) 生体模擬試料により三次元透視の可能性を確認、(5) 試作システムを設計製作、(6) 透視像中の動静脈識別を通し機能イメージングの可能性を確認、(7) 動物実験において体内機能三次元透視イメージングに成功。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、次の意義を有する。(1) 拡散性散乱体の内部構造の高分解能な透視像を世界に示し、学術的な新原理およびそれを実現する新手法の大きなポテンシャルを明確に実証した。(2) 体内機能的変化の3次元光透視が実現された意義は大きい。提案手法は、放射線被曝がなく比較的小規模な装置にできることから、ベッドサイドでの使用も可能であり、臨床における実用性が高い。さらに、頭部等に対し造影剤なしの血管網撮影も可能となる。(3) これまで空間分解能の低さから普及してこなかった乳房や新生児頭部の光透視イメージングに、新たなブレークスルーが期待できる。

研究成果の概要(英文)： To realize 3D transillumination imaging of internal body structure and physiological function, we integrated our principles to establish a new technique, and developed a test system. Through this study, we achieved the following results.

(1) An inverse scattering problem was solved to obtain internal structure in a turbid medium using scattered light from the medium. (2) Blurred transillumination image could be improved by the deconvolution with a point spread function. (3) The problem of image blur was resolved using the convolutional neural network obtained by deep learning. (4) The feasibility of 3D transillumination imaging was confirmed using a tissue-simulated model phantom. (5) A test system was designed and manufactured. (6) The feasibility of functional imaging was confirmed in the identification of vein and artery in a transillumination image. (7) 3D functional transillumination imaging was achieved in animal experiments.

研究分野：生体医工学

キーワード：三次元光透視 生体透視 近赤外光 光散乱 点拡がり関数 深層学習 機能イメージング 生体安全

1. 研究開始当初の背景

光による生体透視や光CTは、安全性と実用性の高さからその有用性が指摘されながらも、強い拡散性散乱の問題が障害となり、実用化が阻まれてきた。主に米欧日を中心に研究が行われ、米国では乳房のCT、英国では新生児頭部のCT等の研究が進展した。しかし、どれも空間分解能がcmレベルと、実用には不十分なものとどまっているのが現状である。我が国では断層化を途中で断念し、脳表マッピング(光トポグラフィ)として実用化を優先した。しかし、それでは深さ方向の情報はなく、マッピング分解能もcmレベルにとどまっている。OCTという高分解能CT技術が普及しているが、この技術では組織表面から2-3mm程度と、イメージング深さに大きな制約がある。これに対し申請者らは、「生体の光透視など不可能」と考えられていた時期から、その可能性と有用性を実証してきた。またそれを進め、体内機能情報イメージングおよび光CTの可能性を実証してきた。さらに一貫してその可能性を追求し、生体光透視のための種々の技術基盤を確立してきた。これらの背景により、生体内部構造三次元光透視の可能性を追求するに至った。これまでの研究で、原理的可能性は示されてきたが、具体的な実験装置の開発はほとんどできてこなかった。

2. 研究の目的

本研究は、生体内部の構造情報および機能情報を安全な光により三次元的に透視イメージングする医用技術の開発をめざし、新原理を集約した新たな手法を確立するとともに、それを具現化するシステムを開発することを目的として行われた。

3. 研究の方法

- (1) 2017年度：次のような光透視の各原理を集約して、3次元光透視原理の確立をめざした。①透過型光透視から3次元透視像に再構成する方法を開発、②反射型透視から3次元透視像に再構成する方法を開発、③光CT法を高分解能化し、断層面をその法線方向に順次シフトして3次元光透視を実現、④深層学習原理を導入し、光散乱による画像劣化を抑制する方法を開発。
- (2) 2018年度：3次元光透視の原理を具体化するシステムを開発した。①シミュレーションを繰り返し行いシステムパラメータの最適化、②得られた最適化パラメータの実験的検証、③決定したシステムパラメータを実装するハードウェアおよびソフトウェアを設計製作。
- (3) 2019年度：得られたシステムを用い開発手法および開発システムの評価を行った。①内部構造既知の生体モデルファントムを製作、②システムの基本性能を検証、③システムの安定性および安全性を検証、④ヒトにおける体内構造および体内機能のイメージング。

4. 研究成果

(1) 逆問題解法の諸問題の解決：透視イメージングすなわち散乱光強度から散乱体内部の吸光係数空間分布を推定する逆問題において、非線形性の問題があった。つまり、散乱体内部を任意の層状に分割した場合、各層において多数の光子が同一光路長を辿るならば、各層の吸光係数は、一次線形連立方程式の解として正確に求めることができる。しかし実際は、光子ごとに光路長が異なるため、非線形問題とならざるを得ず、解の収束性や一意性は保証されない。これに対し、繰り返し演算による解法を考案し、その解決を図った。

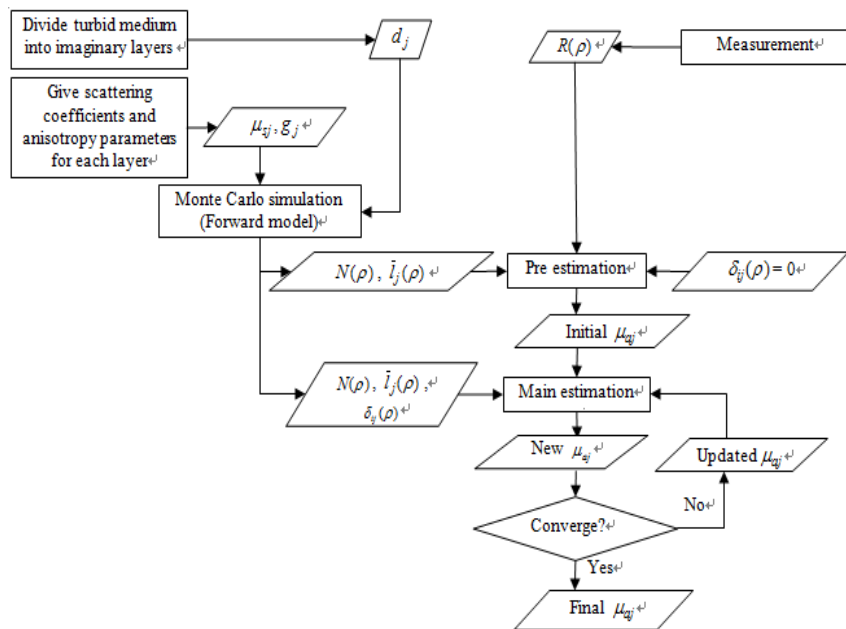


図1 吸光係数空間分布を推定するための非線形逆散乱問題解法アルゴリズム

またこれまでの解法は、ピコ秒オーダーの超短光パルスに対する時間分解波形の計測を前提とするものであり、高価で大がかりな装置を必要とした。これに対し、逆問題解法を拡張し、後方散乱光の空間分解計測により、吸収係数空間分布を推定できる方法を新たに開発した。これにより、従来より簡易な装置による計測が可能となり、実用性の高いシステムが期待できるようになった。これを実現するアルゴリズムを図1のフローチャートに示す。

(2) 点拡がり関数(PSF)による散乱抑制：我々は、散乱体内部の点光源が散乱体表面に作る光強度分布の関数形を理論的に求め、光散乱による画像ボケを表すPSFを得た。このPSFによる逆畳み込みを生体透視像に適用すれば、光散乱による顕著なボケを抑制することができる。実証実験の様子とその結果を図2に示す。

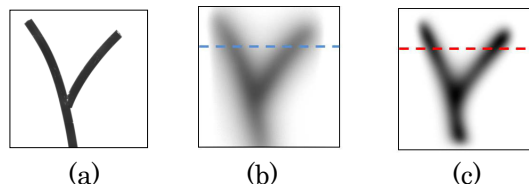
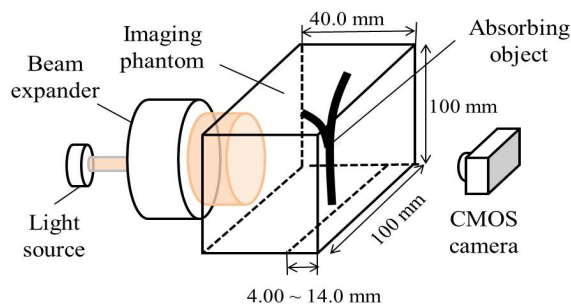
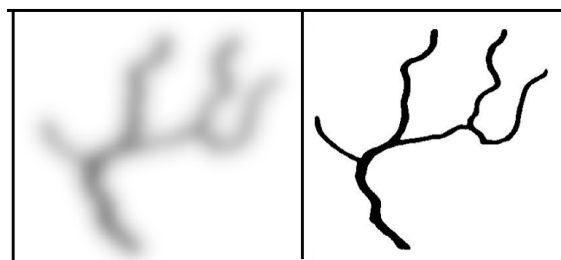


図2 PSF逆畳み込みの有効性検証：
(a)透明水中，(b)散乱媒質中，(c)演算結果

(3) 深層学習による散乱ボケの解消：ヒトは、ボケた像からボケる前の鮮鋭な像を想像することができる。したがって、同様のプロセスをコンピューターの神経回路網に学習させれば、光透視で得られたボケた画像からボケのない画像を自動的に生成することができると考えられる。この可能性を調べるため、深層学習の原理により神経回路網を構成した。深層学習においては大量の学習データが要求されるが、我々が導出したPSFを用いれば比較的容易にこれを生成することができる。このようにして学習させた神経回路網に入力した画像と、この回路網から出力された画像を図3に示す。光散乱に起因する画像ボケが、効果的に解消されることがわかる。



(a) 入力画像 (b) 出力画像

図3 深層学習による散乱ボケの解消

(4) 散乱体内部構造の三次元透視：実際の生体内部のように、複数の吸収体が、投影像では互いに陰に隠れるような配置で存在する場合でも三次元透視が可能かどうか検証した。実験の概念図と結果を図4に示す。観測方向によっては重なり合う構造に対し、散乱抑制処理前には不明瞭だが(図4(b))、提案手法により散乱効果が有効に抑制され(図4(c))、散乱体内部の三次元構造があたかも透明媒質内(図4(a))のように透視できることがわかる。

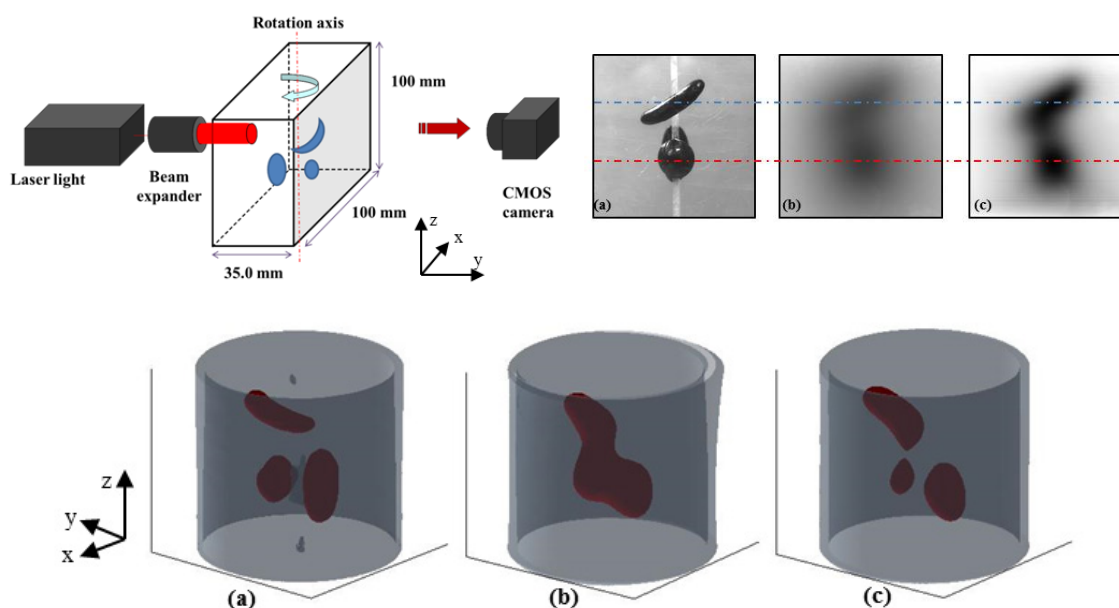
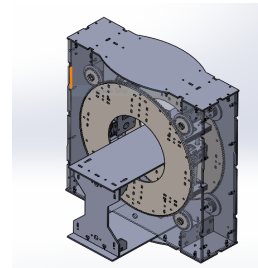


図4 散乱体内部構造の三次元透視：実験概念図および結果
(a)透明媒質中，(b)散乱媒質中，(c)散乱効果抑制結果

(5) イメージング機構部の開発: 三次元透視イメージングのためには、光源と撮像装置を生体周囲に移動や回転させる必要がある。しかし実験動物や人体の体表は複雑な形状をしており、単純な並進や同軸回転では対応できない。この問題を解決するため、二種のイメージング機構部を開発した。それらの構造を図5に示す。実験動物のイメージングでは、体軸を水平にした姿勢が一般的なため、通常のカントリー構造を基本としてイメージングの高速化を図った(図5(a))。人体では、起立位、座位、仰臥位、伏臥位、横臥位、前後屈など多岐にわたる姿勢に対応できるイメージングが望まれる。そこで、位置や運動制御の自由度が大きいロボットアームを導入し、イメージング機構部を構成した(図5(b))。なおロボットアームには、人協調用ロボットを用い、所定以上のトルクが生じた場合の自動減速や自動停止など、被験者や操作者に対する多重安全が図られている。



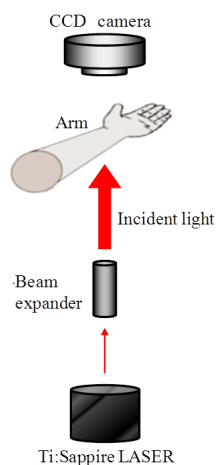
(a)



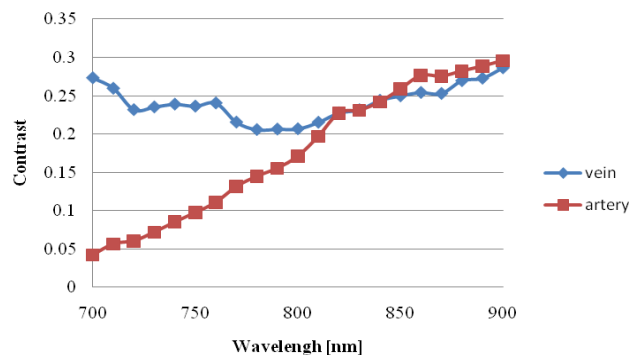
(b)

図5 イメージング機構部：
(a)実験動物用、(b)ヒト用

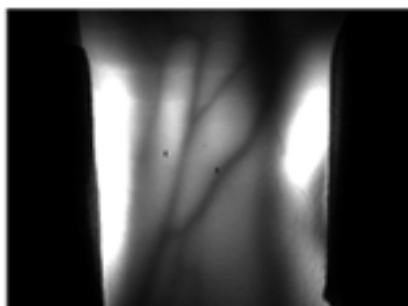
(6) 生体機能情報の透視イメージング: 血液の酸素飽和度変化は、生体内部における機能的変化の代表例である。この機能的変化を透視像中にイメージングする可能性を調べるため、血管透視像において酸素化の違いに基づく動静脈判別を試みた。実験の概念図と結果を図6に示す。あらかじめ、動静脈像コントラストの波長依存性(図6(b))を計測する。複数波長で得られた光透視像に、この波長依存性を適用することにより、血管内血液の酸素化状態を推定することができる。撮影されたヒト成人手首の血管透視像(図6(c))と判別結果(図6(d))を示す。この方法により、静脈像およびそれと並走する橈骨動脈が、それぞれ青色と赤色に分離識別できることがわかる。



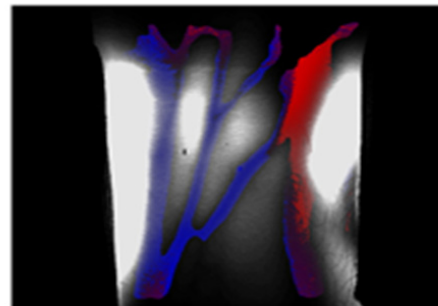
(a)



(b)



(c)



(d)

図6 生体機能情報の透視イメージング：
(a)ヒト成人手首部における光透視イメージングの概略、(b)動脈静脈の光透視像の波長依存性、(c)光透視像、(d)機能イメージングによる判別結果

(7) 生体機能の三次元透視イメージング：提案手法による生体機能三次元透視イメージングの可能性を調べるため、実験用小動物を用いたイメージングを行った。結果を図7に示す。マウス体内の局所に生理的变化を生じさせるため、一方の腎血流を人為的に変化させた。波長 850 nm の近赤外光で三次元透視イメージングを行った結果、一方の腎臓の腎血流阻害時に腎臓像が非対称的に変化する様子がとらえられた。

(8) 結 論

生体内部の構造情報および機能情報を安全な光により三次元的に透視イメージングする医用技術の開発をめざし研究を行った。その結果、いくつかの原理を集約した新たな手法を確立するとともに、それを具現化するシステムを開発することができた。逆問題解法、点拡がり関数の逆畳み込み、深層学習などの新技術を導入し、近赤外光の光透視における最大の問題である光散乱の問題をほぼ克服することができた。分光学的情報を利用することにより、体内機能の透視イメージングの可能性を確認した。最終的には、動物実験において、体内の機能的変化を三次元透視像としてイメージングできることを実証した。

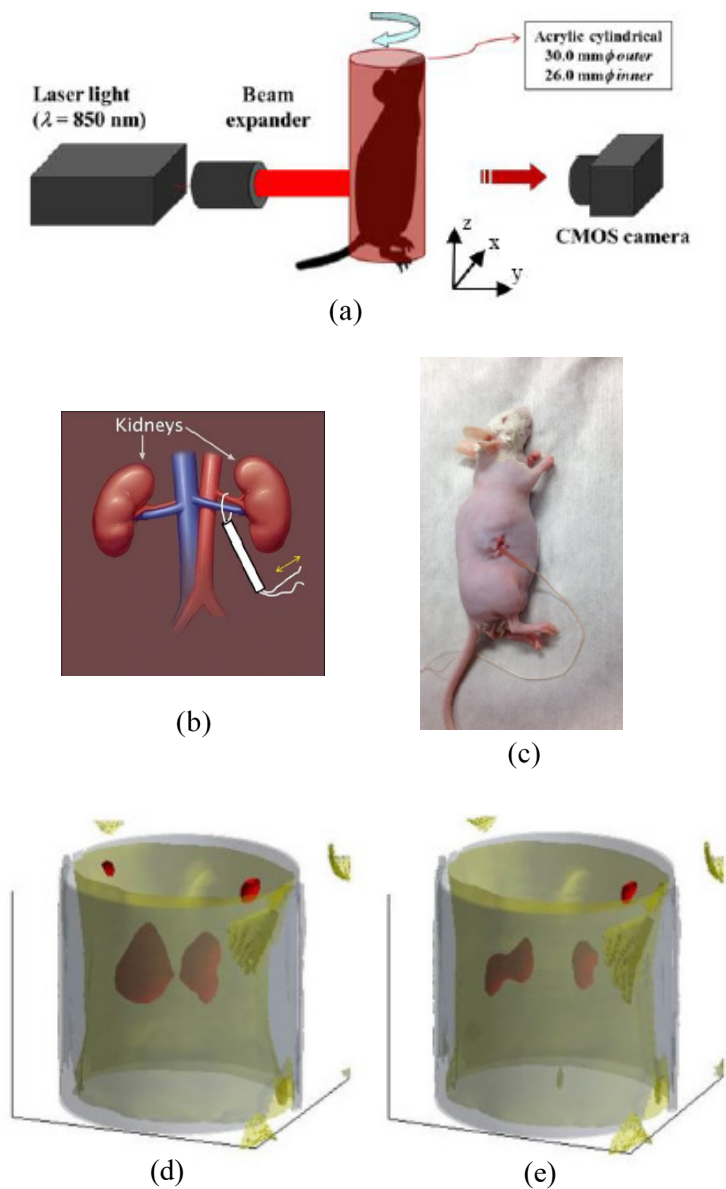


図7 マウス体内機能変化の三次元透視イメージング：
 (a)実験の概要，(b)体外からの腎血流阻害法，
 (c)マウスの外観，(d)正常血流時の胴体部三次元像，
 (e)腎血流阻害時の三次元像

これらの結果は、安全な光による生体透視と機能イメージングの実現可能性を実証したものであり、本基盤研究(B)の目的は、十分達成できたものとする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Nishida Kazuhiro, Kato Yuji, Kudo Nobuki, Shimizu Koichi	4. 巻 126
2. 論文標題 Nonlinear inversion technique for absorption tomography of turbid media using spatially resolved backscattered light	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics and Lasers in Engineering	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） 10.1016/j.optlaseng.2019.105891	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 Toda Sogo, Kato Yuji, Kudo Nobuki, Shimizu Koichi	4. 巻 58
2. 論文標題 Influence of absorption coefficient and coherence length on time-reverse scattering suppression using digital phase-conjugate light	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	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） 10.7567/1347-4065/aafc1f	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 Toda Sogo, Kato Yuji, Kudo Nobuki, Shimizu Koichi	4. 巻 10886
2. 論文標題 Improvement of scattering suppression effect of time-reversal propagation using digital phase-conjugate light	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SPIE Proceedings	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2505213	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 Toda Sogo, Kato Yuji, Kudo Nobuki, Shimizu Koichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Effects of digital phase-conjugate light intensity on time-reversal imaging through animal tissue	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 1570~1581
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/BOE.9.001570	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 Yamakoshi Yasuhiro, Matsumura Kenta, Yamakoshi Takehiro, Lee Jihyoung, Rolfe Peter, Kato Yuji, Shimizu Koichi, Yamakoshi Ken-ichi	4. 巻 22
2. 論文標題 Side-scattered finger-photoplethysmography: experimental investigations toward practical noninvasive measurement of blood glucose	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Optics	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) 10.1117/1.JBO.22.6.067001	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 該当する

1. 著者名 Matsumura Kenta, Shimizu Koichi, Rolfe Peter, Kakimoto Masanori, Yamakoshi Takehiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Inter-Method Reliability of Pulse Volume Related Measures Derived Using Finger-Photoplethysmography	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1027/0269-8803/a000197	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 該当する

1. 著者名 Toda Sogo, Kato Yuji, Kudo Nobuki, Shimizu Koichi	4. 巻 10251
2. 論文標題 Fundamental study for scattering suppression in biological tissue using digital phase-conjugate light with intensity modulation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPIE Proceedings	6. 最初と最後の頁 1~3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2274053	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39件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Koichi Shimizu (Keynote)
2. 発表標題 Functional transillumination imaging of animal body with NIR light scattering
3. 学会等名 European Lasers, Photonics and Optics Technologies Summit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yingdong Chen and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Depth Estimation of Blood Vessels in 2D NIR Transillumination Images using Machine Learning
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youjie Wang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Deblurring of NIR transillumination images by deep learning
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Xiao Wang, Phan Van To Ni and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Attempt for transillumination imaging along irregular-shape surface
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yu Du and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Development of real-time system for NIR functional transillumination imaging
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yingshuai Fan, Shiyang Liang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Monte-Carlo simulation of light propagation in human tissue for noninvasive measurement of blood turbidity
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yang Cui, Shiyang Liang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Experimental verification of scattering estimation from backscattered light for noninvasive evaluation of blood turbidity
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Gang Wang, Motoshi Sobue, Koichi Shimizu
2. 発表標題 Non-invasive optical measurement of blood turbidity in capillary
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi Shimizu (Keynote)
2. 発表標題 From War to Peace in Optical Engineering - Befriending light scattering for biomedical applications
3. 学会等名 ISIPS 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 To Ni Phan Van, Trung Nghia Tran, and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Three dimensional transillumination imaging of human body using near-infrared light
3. 学会等名 ISIPS 2019 (Best Presentation Award) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiyang Liang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Development of new optical technique for noninvasive measurement of blood turbidity
3. 学会等名 ISIPS 2019 (Best Presentation Award) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jiazhe Wang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Extraction of blood vessel image by deep learning in NIR transillumination imaging
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu Ye and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Noise reduction of hyper-spectral image for NIR functional transillumination imaging of human body
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Shimizu (keynote)
2. 発表標題 Seeing-through animal body by scattering suppression of NIR light
3. 学会等名 ISAS 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 To Ni Phan Van, Trung Nghia Tran, Tuan Vo Ngoc Anh, Koichi Shimizu
2. 発表標題 Three dimensional transillumination imaging of human body using near-infrared light - Preliminary study using deep learning
3. 学会等名 13th SEATUC Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gefei Chen and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Development of real-time system for near-infrared functional transillumination imaging
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jiekai Guo and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Attempt to estimate absorber depth in two-dimensional near-infrared transillumination image
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ji Huang, Weichang Feng and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Simulation of light propagation in human tissue for noninvasive measurement of blood turbidity
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutong Wang, Shiyang Liang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Optical technique for noninvasive measurement of blood turbidity using differential principle
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Toda, Y. Kato, N. Kudo, K. Shimizu
2. 発表標題 Improvement of scattering suppression effect of time-reversal propagation using digital phase-conjugate light
3. 学会等名 BIOS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Shimizu
2. 発表標題 Functional transillumination imaging of human body using near-infrared light
3. 学会等名 Annual Meeting of APSCIT (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sogo Toda, Yuji Kato, Nobuki Kudo, Koichi Shimizu
2 . 発表標題 Effect of digital phase-conjugate light intensity on time-reversal imaging of scattering medium
3 . 学会等名 Annual Meeting of APSCIT (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Kitama, H. Kamiyama, M. Yamashita, H. O. Shimizu, G. Okuyama, A. Kikuchi, K. Shimizu
2 . 発表標題 Fundamental study for transillumination imaging of arteriovenous fistula
3 . 学会等名 Annual Meeting of APSCIT (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Koichi Shimizu
2 . 発表標題 Macroscopic 3D transillumination imaging of animal body by scattering suppression of NIR light
3 . 学会等名 International Conference on Lasers, Optics and Photonics (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Phan Van To Ni, Tran Trung Nghia, Tuan Vo Ngoc Anh, Koichi Shimizu
2 . 発表標題 Three dimensional transillumination imaging of human body using near-infrared light - Proposal of new application of deep learning -
3 . 学会等名 12th ISIPS (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 任田崇吾, 加藤祐次, 工藤 信樹, 清水 孝一
2. 発表標題 デジタル位相共役光による生体組織を介した光源像回復の試み
3. 学会等名 レーザー学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神山英昇, 北間正崇, 清水久恵, 山下政司, 菊池明泰, 奥山豪, 小島洋一郎, 清水孝一
2. 発表標題 臨床応用に向けた内シャント光イメージングの基礎的検討 - 困難な血管狭窄透視実現の試み -
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会北海道支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xuan Wang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Estimation of absorber depth in transillumination image by deep learning
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川紘平, 清水孝一
2. 発表標題 生体の光透視像におけるピクセル毎の連続波長分光解析の試み
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤坂謙, 清水孝一
2. 発表標題 深層学習による生体の光透視像改善手法の開発
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Weichang Feng and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Simulation analysis on light propagation in inhomogeneous scattering medium for noninvasive optical measurement of blood turbidity
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zejing Han and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Development of optical transillumination system for functional imaging of human foot
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Liang Shiyang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Development of optical system for noninvasive measurement of blood turbidity
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xu Luhang and Koichi Shimizu
2. 発表標題 Depth estimation of absorbing object in turbid medium from optical transillumination image
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koichi Shimizu (keynote)
2. 発表標題 Macroscopic 3D transillumination imaging of animal body by scattering suppression of NIR light
3. 学会等名 Optics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神山英昇, 北間正崇, 清水久恵, 山下政司, 小島洋一郎, 奥山豪, 菊池明泰, 清水孝一
2. 発表標題 光による内シャント透視実現のための基礎的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Phan Van To Ni, Anh Tu Tran, Trung Nghia Tran and Koichi Shimizu
2. 発表標題 NIR transillumination imaging of veins using low-cost camera and scattering suppression
3. 学会等名 ISIPS 2017 (Excellent Paper Award) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 清水 孝一 (特別講演)
2. 発表標題 光と通信の医療応用
3. 学会等名 北海道医学大会生体医工学分科会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Toda, Y. Kato, N. Kudo and K. Shimizu
2. 発表標題 Experimental Study for Scattering Suppression Effect Using Digital Phase-Conjugate Optics with Intensity Modulation
3. 学会等名 The 24th Congress of the International Commission for Optics (国際学会)
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	加藤 祐次 (Kato Yuji) (50261582)	北海道大学・情報科学研究科・助教 (10101)	
研究分担者	北間 正崇 (Kitama Masataka) (50285516)	北海道科学大学・保健医療学部・教授 (30108)	
研究分担者	犬島 浩 (Inujima Hiroshi) (60367167)	早稲田大学・理工学術院 (情報生産システム研究科・センター)・教授 (32689)	

6. 研究組織（つづき）

	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	大貝 晴俊 (Ogai Harutoshi) (80367169)	早稲田大学・理工学術院（情報生産システム研究科・センター）・教授 (32689)	
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	惠 淑萍 (Hui Shu-ping) (90337030)	北海道大学・保健科学研究所・教授 (10101)	