

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01836

研究課題名(和文) 高深度・ラベルフリーに代謝・細胞内活動を可視化するホログラフィックOCT顕微鏡

研究課題名(英文) Holographic optical coherence microscope for high-penetration and label free imaging of intracellular activities

研究代表者

安野 嘉晃 (Yoshiaki, Yasuno)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：10344871

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)：本課題では、生体の活動性を非侵襲・ラベルフリー・3次元的に可視化する新しい顕微鏡的光イメージング手法 dynamic optical coherence tomography (dynamic OCT)を確立した。さらに、その手法による腫瘍スフェロイドの薬剤反応試験、肺泡オルガノイドの線維化過程の可視化、マウス肝臓のゾーン構造の可視化、腎障害モデルによる組織活動性の低下の評価に成功した。さらに、dynamic OCTの基礎となるOCTのスペckル現象の数理的解明を試み、スペckルが加算的なノイズであること、OCT画像の中にはインコヒーレントなスペckルを伴わない成分が存在することを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Dynamic OCT の開発により、以下の2つのことが可能になる。(1) 近年、薬剤開発における重要性がまし、その培養技術が急速に発展しているものの、その評価手法が不十分であった「厚い培養サンプル」の全体評価。(2) 同じ試料の経時的な薬剤反応可視化(longitudinal evaluation)。これらが可能になることにより、低コストかつ迅速な薬剤開発、基礎医学研究が可能になる。

研究成果の概要(英文)：In this project, we established a new microscopic optical imaging method, dynamic optical coherence tomography (dynamic OCT), for non-invasive, label-free, three-dimensional visualization of biological activity. We have successfully demonstrated drug response imaging of tumor spheroids, visualization of the fibrosis process of alveolar organoids, visualization of the zonal structure of mouse liver, and evaluation of reduced tissue activity in a renal injury model by this dynamic OCT. Furthermore, we attempted to mathematically investigate the speckle phenomenon of OCT, which is the basis of dynamic OCT, and revealed that speckles are additive noise and that there is an incoherent speckle-free component in the OCT image.

研究分野：光工学 / 生体工学

キーワード：光コヒーレンストモグラフィー OCT Dynamic OCT in vitro drug testing imaging theory

### 1. 研究開始当初の背景

本研究は2020年度に終了した科研費基盤研究Bプロジェクト「生体の機械・偏光・血流特性の同時計測を可能とする光コヒーレンス顕微鏡の開発」(以下では前課題と呼ぶ)の発展プロジェクトとして企画・遂行されたものである。前課題の研究目的は、培養試料、小動物からの切除試料を対象としたラベルフリーの機械特性イメージング、偏光イメージング、血流イメージングを同時に行う新規顕微鏡技術の開発であった。この前課題の成功により「非侵襲・かつ3次元に生体の機能を可視化する」という新規イメージング研究の方向性が確立された。

この前課題では、培養試料のイメージングを効率的な薬剤試験、薬剤開発に用いることを社会的なターゲットとしていた。しかしながら、上記技術が確立するにつれ、機械特性、偏光、血流のイメージングに加え、「細胞の活動をラベルフリー・非侵襲にイメージング・評価する手法」が必要であることが明確になってきた。

### 2. 研究の目的

本研究は上記の全プロジェクトで明確になった問題を解決するために「非侵襲組織ダイナミクスイメージング」手法を確立するためのものである。この手法の基本コンセプトは前課題の最終段階で提案されたものである。本課題は、この基本コンセプトを発展させ、具体的なイメージング装置と手法(dynamic optical coherence tomography; dynamic OCT)の確立、実際の培養試料への適用とそれによる検証スタディー、さらに、それに基づいた手法の改良を実現するものである。

### 3. 研究の方法

#### Dynamic optical coherence tomography (dynamic OCT)

Dynamic OCT は複数の連続した OCT (光コヒーレンストモグラフィ画像)の取得と、それによって得られた時系列信号の解析からなるものである。図1にそのコンセプトを示す概念図を示す。

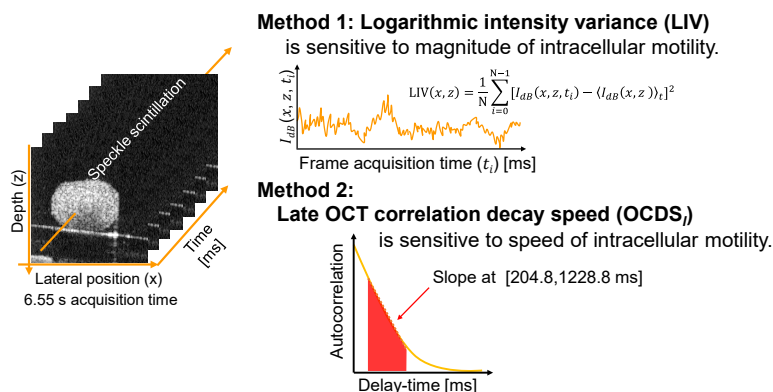


図1: Dynamic OCT 概念図。Dynamic OCT 撮影では試料の同じ場所の断面を連続して複数回計測する(左図)。これにより、画像の各点において時系列のOCT信号のゆらぎ情報が得られる。この時系列のOCT信号から試料(例えば培養細胞)の活動性に関する量を算出する(右図)。

Dynamic OCT 撮影では、試料の同じ場所を複数回(数10回から数100回)連続して撮影する。これにより、試料の各

点におけるOCT信号の時系列が得られる。これを適切に解析することにより、生体の活動性に対応した量(コントラスト)を算出することができる。

本課題では「LIV(logarithmic intensity variance)」とOCDS「OCT correlation decay speed」と呼ばれるに種類のコントラスト計算手法を提案した。LIVは対数表示されたOCT信号強度の時間分散であり、生体の活動性の大きさを表す。一方、OCDSはOCT信号の自己相関の減少速度として定義され、生体活動性の速さを示す指標である。本手法のさらなる詳細は文献[1]に記述されている。

### 4. 研究成果

#### 実証スタディー群

本課題では、上記の dynamic OCT 手法を軸として、実際に (1) 腫瘍スフェロイドをターゲットとして薬剤反応の可視化試験、(2) 肺泡オルガノイドを用いた機能的培養組織のラベルフリーイメージングを行い、本手法の有効性を証明した。

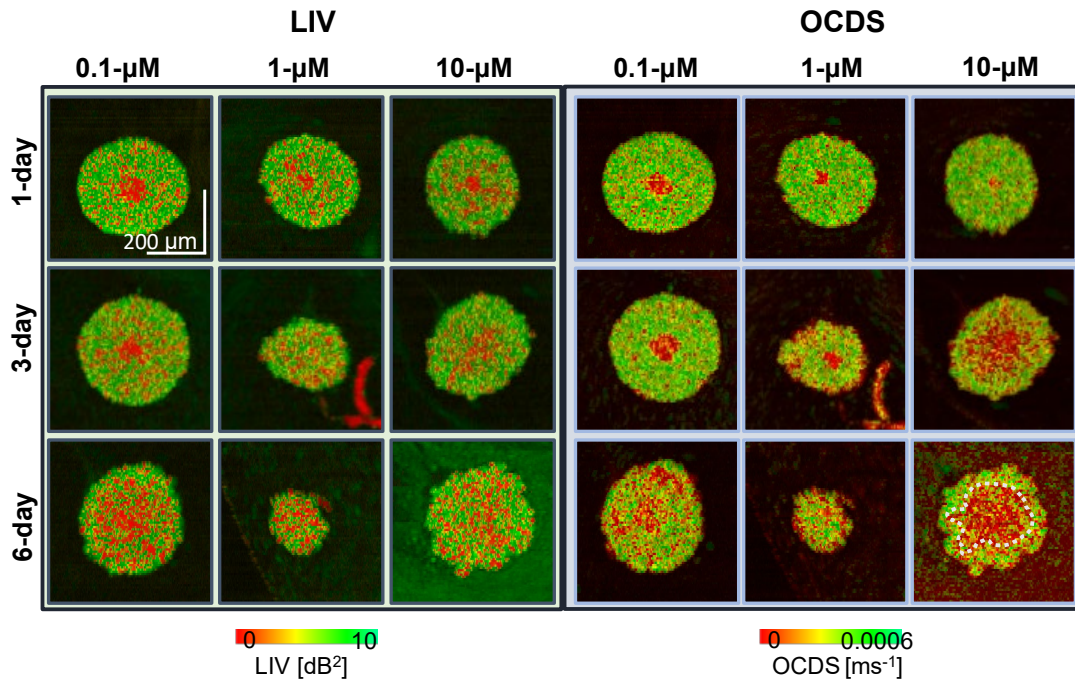


図 2: Dynamic OCT による腫瘍スフェロイドの細胞活動可視化画像。図の左右はそれぞれ LIV 画像と OCDS 画像。ここではヒト乳がんスフェロイド (MCF-7) に抗がん剤 (doxorubicin) を作用させている。図の上部に示されているのは抗がん剤濃度、図の左は作用時間である。

図 2 に Dynamic OCT (LIV および OCDS) をもちいたヒト乳がん細胞 (MCF-7 セルライン) スフェロイドの細胞活動可視化の事例をしめす。ここでは Doxorubicin と呼ばれる抗がん剤をスフェロイドに作用させ、その薬剤効果を可視化している。低抗がん剤濃度、短い作用時間ではスフェロイドの中心に細胞活動の低い部位 (赤い部位、ネクローシス・コア) が形成されていることがわかる。また、作用時間が長くなるにつれて、内部に大きな低活動部位 (赤い部位、アポトーシス・コア) が形成されていることが明瞭に可視化されている。腫瘍スフェロイドへの dynamic OCT 適用とそれによる薬剤反応研究の詳細は文献 [1-3] に報告されている。

さらに、dynamic OCT の高次の構造を持った培養組織への適用可能性を検討するために肺泡オルガノイドのイメージングを行った (図 3)。上段の図は従来の OCT 画像、下段の図はそれに対応する dynamic OCT (LIV) 画像である。また、左がわの 3 つの列は正常肺泡オルガノイド、右 2 列は bleomycin を用いて繊維性を誘起した線維化肺泡オルガノイドモデルの計測結果である。すべてのオルガノイドにおいて明瞭に肺泡 (図の中の空乏領域) が可視化されている。また、培養時間の短い正常オルガノイドでは、肺泡の周辺に高散乱かつ高 LIV の層が可視化されている (矢印)。これは、肺泡上皮組織であり、これが高い LIV をしめしていることから、肺泡上皮組織は高い活動性を持っていることがわかる。

また、成熟しすぎた正常オルガノイド (control, day 18) や線維化オルガノイドでは肺泡上皮が肥厚化し、かつ、その中に活動性の低い (疑似カラーで赤で示される) 細胞が混入していることがわかる。本研究では、これらの組織を破壊的に病理検査し、これらが気管支上



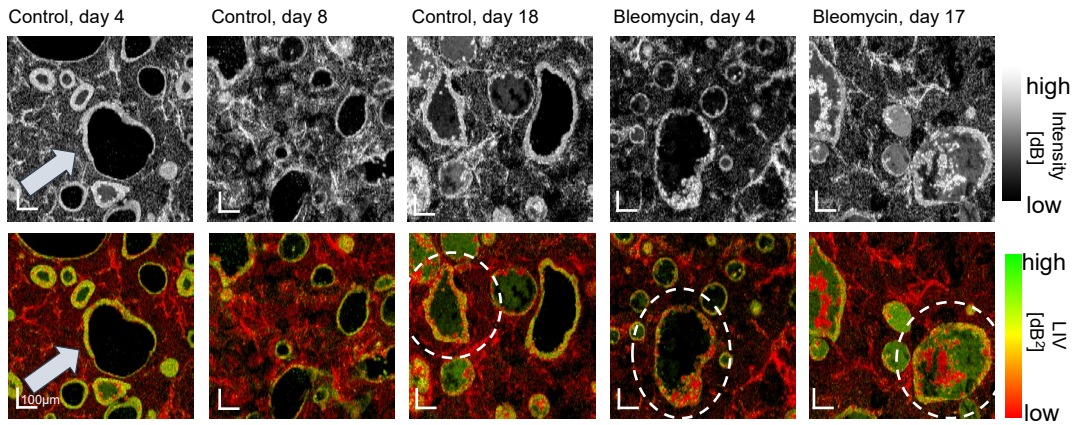


図 3: 肺泡オルガノイドの en face dynamic OCT (LIV) 画像。肺泡上皮が高い活動性を持つこと、成熟しすぎたオルガノイドや線維化オルガノイドでは気管支上皮化による活動性の低い細胞が上皮に混入することがわかった。

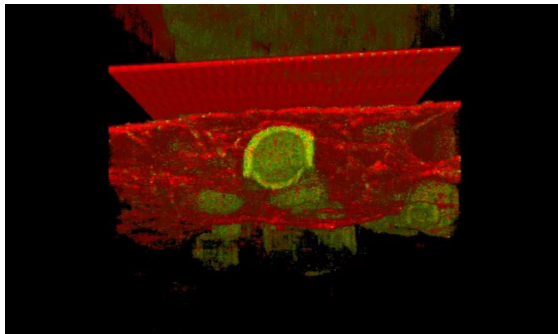


図 4: 肺泡オルガノイドの dynamic OCT の 3 次元再構築画像。

皮化成（異常リモデリング）によって発生した気管支上皮細胞であると結論付けている。さらに、dynamic OCT の 3 次元計測特性を活用することで、オルガノイドの活動性の 3 次元分布を可視化することにも成功した（図 4）。さらなる詳細は文献 [4] として出版されている。

また、本手法はマウスの摘出臓器も適用され、その有用性が示された。図 5 はマウス肝臓への適用例では非アルコール

性脂肪肝モデルのマウス肝臓において、血管構造に類似した形態を示す炎症部位の可視化に成功した（図 5）。この研究の詳細は文献 [5,6] として出版されている。

また、結紮腎障害モデルマウスの摘出腎臓を撮影することにより、結紮腎臓では比較腎臓（非結紮コントロール）に比べて組織の活動性が低下していることも示された。本研究の詳細は文献 [7] として出版された。

### Dynamic OCT のコントラスト源の理論探索

本課題では、上記の生体への適用研究に加え dynamic OCT のコントラストに関する理論的研究を行った。このなかで、dynamic OCT の理解のためには、OCT 画像を構成するスペクル現象の数理的説明が必須であることが強く意識され

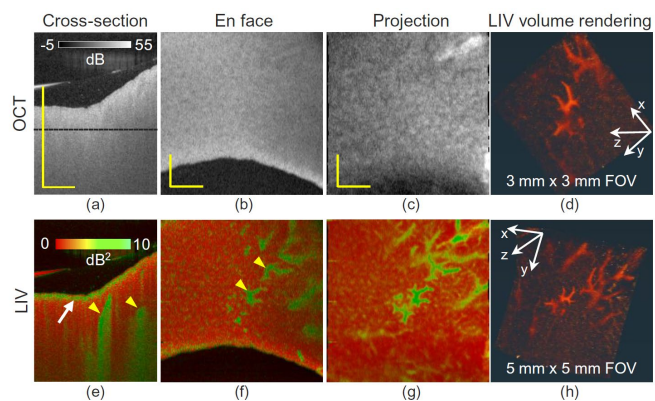


図 5: 非アルコール性脂肪肝モデルマウスの摘出肝臓の dynamic OCT 撮影例。(a-c) は OCT 画像、(e-g) は対応する LIV 画像。(d, h) は LIV の 3 次元再構築画像である。血管様の構造を示す炎症領域が 3 次元的に可視化されている。

た。そこで、本研究ではあらたに「分散散乱体モデル」と呼ばれる数学的サンプル表現モデルを開発し、これにより、OCT のイメージングプロセスのあらたな式化を行った。これにより、(1) OCT 画像はサンプルにある複数の散乱体からの信号寄与（フェーザー寄与）のインタラクションよりなること、さらに、(2) そのインタラクションは、同じ散乱体からの寄与のインタラクション (AI; auto-interaction) と異なった散乱体からの寄与のインタラクション (CI; cross-interaction) に分類できることがわかった。

この再定式化により、以下の 2 つのことが明らかになった。(1) OCT 画像は AI 由来の画像と CI 由来の画像の加算であることがわかった。(2) AI 由来の画像は試料のインコヒーレント画像と等価であることが示された。従来、OCT 画像はすべてがコヒーレント画像（スペックルによって変調された画像）と考えられてきたが、実際には、変調を受けない（性質のより）インコヒーレント画像成分が含まれているということになる。(3) CI 由来の信号はコヒーレントな OCT 画像である。これは、いわゆるスペックルであり、ノイズである一方で、dynamic OCT においては試料の時間的なゆらぎをエンコードした情報のキャリアであることが示唆されている。この理論研究の詳細は文献 [8] として出版されている。

### まとめと展望

本課題では、dynamic OCT と呼ばれる手法を確立し、前課題の最後に提示された問題の解決を試みた。LIV、OCDS と呼ばれる 2 つの dynamic OCT 手法を確立し、その生体への適用を行った。複数の研究により、これらの手法の有用性が示唆された。

しかしながら、上記の研究の中で dynamic OCT には新たな課題が提示されてきている一つは、dynamic OCT 信号と生体内の具体的なダイナミクスの関連性が不明確なことである。この問題は今後、以下の 2 つのアプローチで解決を試みる。(1) 上記の OCT イメージング理論を拡張した dynamic OCT イメージング理論の確立。また、それによる dynamic OCT simulation 法の開発。(2) 上記理論と simulation を活用した「より解釈の容易な dynamic OCT コントラスト (アルゴリズム) の開発。

もう一つの問題は dynamic OCT の計測時間である。Dynamic OCT は試料の一ヶ所につき数十枚の OCT 計測を必要とするため、1 ボリュームの計測に 1 分程度の計測時間が必要である。今後、dynamic OCT をハイ・スループットの試料評価手法とするためには、この計測時間を大幅に短縮する必要がある。この問題に対し、現在、deep learning を用いて少ない数の計測画像から高精細な dynamic OCT 画像を生成する手法を開発中である。

これらを含めた今後の継続的な研究により、dynamic OCT は創薬、基礎医学研究において重要なイメージングツールとなるはずである。

### 参考文献

1. I. A. El-Sadek, A. Miyazawa, L. T.-W. Shen, et al., *Biomed. Opt. Express* (2021).
2. I. Abd El-Sadek, L. T.-W. Shen, T. Mori, et al., *Sci. Rep.* **13**, 15377 (2023).
3. I. Abd El-Sadek, R. Morishita, T. Mori, et al., *Sci. Rep.* **14**, 3366 (2024).
4. R. Morishita, T. Suzuki, et al., *Biomed. Opt. Express* **14**, 2333–2351 (2023).
5. P. Mukherjee, A. Miyazawa, S. Fukuda, et al., *Sci. Rep.* **11**, 20054 (2021).
6. P. Mukherjee, S. Fukuda, D. Lukmanto, et al., *Biomed. Opt. Express* **13**, 4071 (2022).
7. P. Mukherjee, S. Fukuda, D. Lukmanto, T. H. Tran, et al., 2023.05.01.539010 (2023).
8. K. Tomita, S. Makita, et al., *Biomed. Opt. Express* **14**, 3100–3124 (2023).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Morishita Rion, Suzuki Toshio, Mukherjee Pradipta, Abd El-Sadek Ibrahim, Lim Yiheng, Lichtenegger Antonia, Makita Shuichi, Tomita Kiriko, Yamamoto Yuki, Nagamoto Tetsuharu, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Label-free intratissue activity imaging of alveolar organoids with dynamic optical coherence tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 2333-2351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.488097	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 Tomita Kiriko, Makita Shuichi, Fukutake Naoki, Morishita Rion, Abd El-Sadek Ibrahim, Mukherjee Pradipta, Lichtenegger Antonia, Tamaoki Junya, Bian Lixuan, Kobayashi Makoto, Mori Tomoko, Matsusaka Satoshi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Theoretical model for en face optical coherence tomography imaging and its application to volumetric differential contrast imaging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 3100-3124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.491510	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 Zhu Lida, Makita Shuichi, Tamaoki Junya, Lichtenegger Antonia, Lim Yiheng, Zhu Yiqiang, Kobayashi Makoto, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Multi-focus averaging for multiple scattering suppression in optical coherence tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 4828-4844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.493706	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 Mukherjee Pradipta, Fukuda Shinichi, Lukmanto Donny, Tran Thi Hang, Okada Kosuke, Makita Shuichi, El-Sadek Ibrahim Abd, Lim Yiheng, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Renal tubular function and morphology revealed in kidney without labeling using three-dimensional dynamic optical coherence tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-023-42559-3	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 Abd El-Sadek Ibrahim, Shen Larina Tzu-Wei, Mori Tomoko, Makita Shuichi, Mukherjee Pradipta, Lichtenegger Antonia, Matsusaka Satoshi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Label-free drug response evaluation of human derived tumor spheroids using three-dimensional dynamic optical coherence tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-023-41846-3	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 Zhu Lida, Makita Shuichi, Tamaoki Junya, Zhu Yiqiang, Mukherjee Pradipta, Lim Yiheng, Kobayashi Makoto, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 15
2. 論文標題 Polarization-artifact reduction and accuracy improvement of Jones-matrix polarization-sensitive optical coherence tomography by multi-focus-averaging based multiple scattering reduction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 256-276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.509763	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 Abd El-Sadek Ibrahim, Morishita Rion, Mori Tomoko, Makita Shuichi, Mukherjee Pradipta, Matsusaka Satoshi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Label-free visualization and quantification of the drug-type-dependent response of tumor spheroids by dynamic optical coherence tomography	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-024-53171-4	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 Morishita Rion, El-Sadek Ibrahim A., Mukherjee Pradipta, Seesan Tanatchaya, Lim Yiheng, Mori Tomoko, Furukawa Atsuko, Matsusaka Satoshi, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12830
2. 論文標題 Quantitative dynamic optical coherence tomography by multi-time-window signal intensity variance	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.3003694	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 該当する

1. 著者名 Fujimura Shumpei, Abd El-Sadek Ibrahim, Mukherjee Pradipta, Lim Yiheng, Zhu Lida, Morishita Rion, Feng Yuanke, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 PC12830
2. 論文標題 Investigating the dependency of dynamic optical coherence tomography signals on resolution and wavelength by experimental and simulation approaches	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.3005612	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 該当する

1. 著者名 Feng Yuanke, Fujimura Shumpei, Lim Yiheng, Seesan Thitiya, Morishita Rion, Abd El-Sadek Ibrahim, Mukherjee Pradipta, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12830
2. 論文標題 Mathematical modeling of intracellular and intratissue activities for understanding dynamic optical coherence tomography signals	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.3005637	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 該当する

1. 著者名 Guo Yu, Morishita Rion, Abd El-Sadek Ibrahim, Mukherjee Pradipta, Zhu Yiqiang, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12830
2. 論文標題 In vivo dynamic optical coherence tomography with hardware- and software-based motion correction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.3005623	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 該当する

1. 著者名 Zhu Yue, Shuichi Makita, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12830
2. 論文標題 Theoretical consideration of maximum numerically correctable defocus of point-scanning and full-field optical coherence tomography	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.2692849	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 該当する



1. 著者名 Fukutake Naoki, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12847
2. 論文標題 Four-dimensional image formation theory for all optical microscopy including optical coherence tomography	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	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) 10.1117/12.3002194	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 Zhu Lida, Makita Shuichi, Oida Daisuke, Miyazawa Arata, Oikawa Kensuke, Mukherjee Pradipta, Lichtenegger Antonia, Distel Martin, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Computational refocusing of Jones matrix polarization-sensitive optical coherence tomography and investigation of defocus-induced polarization artifacts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 2975 ~ 2975
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.454975	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 Lichtenegger Antonia, Mukherjee Pradipta, Tamaoki Junya, Bian Lixuan, Zhu Lida, El-Sadek Ibrahim Abd, Makita Shuichi, Leskovar Konrad, Kobayashi Makoto, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 27
2. 論文標題 Multicontrast investigation of in vivo wildtype zebrafish in three development stages using polarization-sensitive optical coherence tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Optics	6. 最初と最後の頁 16001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JBO.27.1.016001	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 Lichtenegger Antonia, Mukherjee Pradipta, Zhu Lida, Morishita Rion, Tomita Kiriko, Oida Daisuke, Leskovar Konrad, Abd El-Sadek Ibrahim, Makita Shuichi, Kirchberger Stefanie, Distel Martin, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Non-destructive characterization of adult zebrafish models using Jones matrix optical coherence tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 2202 ~ 2202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.455876	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 Lim Yiheng, Kojima Shumpei, Mukherjee Pradipta, Abd El-Sadek Ibrahim, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12391
2. 論文標題 Dynamic OCT to visualize development of cotyledon vessels in sprouts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 1239100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2648801	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 該当する

1. 著者名 Zhu Yiqiang, Zhu Lida, Makita Shuichi, Lim Yiheng, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12367
2. 論文標題 B-scan-wise multi-focus averaging method to suppress multiple scattering signal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 1236713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2652555	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 Yasuno Yoshiaki	4. 巻 29
2. 論文標題 Multi-Contrast Jones-Matrix Optical Coherence Tomography?The Concept, Principle, Implementation, and Applications	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	6. 最初と最後の頁 1~18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTQE.2023.3248148	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 Lichtenegger Antonia, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical Coherence Tomography Is a Promising Tool for Zebrafish-Based Research?A Review	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bioengineering	6. 最初と最後の頁 5~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/bioengineering10010005	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 Lichtenegger Antonia, Tamaoki Junya, Licandro Roxane, Mori Tomoko, Mukherjee Pradipta, Bian Lixuan, Greutter Lisa, Makita Shuichi, W?hrer Adelheid, Matsusaka Satoshi, Kobayashi Makoto, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Longitudinal investigation of a xenograft tumor zebrafish model using polarization-sensitive optical coherence tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-19483-z	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 Seesan Thitiya, Abd El-Sadek Ibrahim, Mukherjee Pradipta, Zhu Lida, Oikawa Kensuke, Miyazawa Arata, Shen Larina Tzu-Wei, Matsusaka Satoshi, Buranasiri Prathan, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Deep convolutional neural network-based scatterer density and resolution estimators in optical coherence tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 168 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.443343	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 Lichtenegger Antonia, Mukherjee Pradipta, Tamaoki Junya, Bian Lixuan, Zhu Lida, El-Sadek Ibrahim Abd, Makita Shuichi, Leskovar Konrad, Kobayashi Makoto, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 27
2. 論文標題 Multicontrast investigation of in vivo wildtype zebrafish in three development stages using polarization-sensitive optical coherence tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Optics	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) 10.1117/1.JBO.27.1.016001	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 Lichtenegger Antonia, Mukherjee Pradipta, Zhu Lida, Morishita Rion, Tomita Kiriko, Oida Daisuke, Leskovar Konrad, Abd El-Sadek Ibrahim, Makita Shuichi, Kirchberger Stefanie, Distel Martin, Baumann Bernhard, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Non-destructive characterization of adult zebrafish models using Jones matrix optical coherence tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 2202 ~ 2202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.455876	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 Oida Daisuke, Tomita Kiriko, Oikawa Kensuke, Wang Tai-Ang, Makita Shuichi, Tsai Meng-Tsan, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Computational multi-directional optical coherence tomography for visualizing the microstructural directionality of the tissue	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 3851 ~ 3851
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.426125	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 Mukherjee Pradipta, Miyazawa Arata, Fukuda Shinichi, Yamashita Toshiharu, Lukmanto Donny, Okada Kosuke, El-Sadek Ibrahim Abd, Zhu Lida, Makita Shuichi, Oshika Tetsuro, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Label-free functional and structural imaging of liver microvascular complex in mice by Jones matrix optical coherence tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-021-98909-6	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 El-Sadek Ibrahim Abd, Miyazawa Arata, Shen Larina Tzu-Wei, Makita Shuichi, Mukherjee Pradipta, Lichtenegger Antonia, Matsusaka Satoshi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Three-dimensional dynamics optical coherence tomography for tumor spheroid evaluation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 6844 ~ 6844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.440444	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

〔学会発表〕 計38件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Pradipta Mukherjee, Shinichi Fukuda, Donny Lukmanto, Toshiharu Yamashita, Kosuke Okada, Shuichi Makita, Ibrahim G. Abd El-Sadek, Yiheng Lim, Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2. 発表標題 Renal tubular structure and metabolism revealed by dynamic optical coherence tomography and OCT angiography
3. 学会等名 Photonics West2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Ibrahim G. Abd El-Sadek, Univ. of Tsukuba (Japan), Damietta Univ. (Egypt); Rion Morishita, Tomoko Mori, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Satoshi Matsusaka, Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2. 発表標題	Dynamic optical coherence tomography for tumorspheroid-based anti-cancer-drug testing
3. 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Yiheng Lim, Shumpei Kojima, Pradipta Mukherjee, Univ. of Tsukuba (Japan); Ibrahim Abd El-Sadek, Univ. of Tsukuba (Japan), Damietta Univ. (Egypt); Shuichi Makita, Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2. 発表標題	Dynamic OCT to visualize development of cotyledon vessels in sprouts
3. 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Lida Zhu, Shuichi Makita, Yiheng Lim, Junya Tamaoki, Yiqiang Zhu, Makoto Kobayashi, Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2. 発表標題	"Multiple scattering suppression by multi-focus averaging in Jones-matrix optical coherence tomography"
3. 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Thitiya Seesan, Pradipta Mukherjee, Ibrahim G. Abd ElSadek, Yiheng Lim, Shuichi Makita, Univ. of Tsukuba (Japan); Prathan Buranasiri, King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang (Thailand); Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2. 発表標題	Improving the estimation accuracy of the scatterer density estimation by accounting for the spatial property of the noise in optical coherence tomography
3. 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4. 発表年	2023年



1 . 発表者名	Kiriko Tomita, Shuichi Makita, Naoki Fukutake, Rion Morishita, Ibrahim Abd El-Sadek, Pradipta Mukherjee, Antonia Lichtengger, Junya Tamaoki, Lixuan Bian, Makoto Kobayashi, Tomoko Mori, Satoshi Matsusaka, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題	Volumetric differential contrast imaging by computationally augmented optical coherence tomography microscopy
3 . 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4 . 発表年	2023年

1 . 発表者名	Yusong Liu, Shuichi Makita, Univ. of Tsukuba (Japan); Masahiro Miura, Takuya Iwasaki, Tokyo Medical Univ. (Japan); Shinnosuke Azuma, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Topcon Technohouse Corp. (Japan); Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2 . 発表標題	Synthesizing retinal degree of polarization uniformity from OCT with OCT-angiography by deep learning
3 . 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4 . 発表年	2023年

1 . 発表者名	Thitiya Seesan, Pradipta Mukherjee, Ibrahim G. Abd ElSadek, Yiheng Lim, Shuichi Makita, Univ. of Tsukuba (Japan); Prathan Buranasiri, King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang (Thailand); Yoshiaki Yasuno, Univ. of Tsukuba (Japan)
2 . 発表標題	Improving the estimation accuracy of the scatterer density estimation by accounting for the spatial property of the noise in optical coherence tomography
3 . 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4 . 発表年	2023年

1 . 発表者名	Antonia Lichtenegger, Lida Zhu, Tomoko Mori, Rion Morishita, Lixuan Bian, Ibrahim Abd El-Sadek, Shuichi Makita, Satoshi Matsusaka, Makoto Kobayashi, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題	Non-invasive and label-free zebrafish investigations using polarization-sensitive optical coherence tomography
3 . 学会等名	Photonics West2023 (国際学会)
4 . 発表年	2023年

1 . 発表者名 Rion Morishita, Ibrahim Abd El-Sadek, Pradipta Mukherjee, Arata Miyazawa, Shuichi Makita, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Sparse frame acquisition for optical coherence tomography toward three-dimensional tissue dynamics imaging
3 . 学会等名 Optics and Photonics Japan
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Pradipta Mukherjee, Shinichi Fukuda, Donny Lukmanto, Toshiharu Yamashita, Kosuke Okada, Ibrahim Abd, El-Sadek, Arata Miyazawa, Lida Zhu, Shuichi Makita, Tetsuro Oshika, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Assessment of renal functional changes in obstructed nephropathy using optical coherence tomography
3 . 学会等名 Optics and Photonics Japan
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Thitiya Seesan, Ibrahim Abd El-Sadek, Pradipta Mukherjee, Kensuke Oikawa, Prathan Buranasiri, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Evaluation of scatterer density estimator for tissue phantom visualization of optical coherence tomography
3 . 学会等名 Optics and Photonics Japan
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kiriko Tomita, Daisuke Oida, Antonia Lichtenegger, Makoto Kobayashi, Junya Tamaoki, Lixuan Bian, Shuichi Makita, Kensuke Oikawa, Rion Morishita, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Volumetric phase-differential imaging in scattering mode by optical coherence tomography
3 . 学会等名 Optics and Photonics Japan
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Kensuke Oikawa, Shuichi Makita, Masahiro Miura, Takuya Iwasaki, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Synthesizing degree of polarization uniformity from non-polarization-sensitive optical coherence tomography signals by convolutional neural network
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Antonia Lichtenegger, Pradipta Mukherjee, Junya Tamaoki, Lida Zhu, Lixuan Bian, Ibrahim Abd El-Sadek, Shuichi Makita, Konrad Leskovar, Makoto Kobayashi, Bernhard Baumann, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Structural, and functional investigation of in vivo zebrafish using Jones matrix optical coherence tomography
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lida Zhu, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Thitiya Seesan, Arata Miyazawa, Jiajie Luo, Yasuno Yoshiaki
2. 発表標題 Multi-focus complex fusion with computational refocusing to reduce multiple scattering in optical coherence tomography
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ibrahim Abd El-Sadek, Arata Miyazawa, Larina Shen, Tomoko Mori, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Satoshi Matsusaka, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Label-free three dimensional evaluation of tumor spheroid drug response using dynamics optical coherence tomography
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Pradipta Mukherjee, Shinichi Fukuda, Donny Lukmanto, Toshiharu Yamashita, Kosuke Okada, Ibrahim Abd, El-Sadek, Arata Miyazawa, Lida Zhu, Shuichi Makita, Tetsuro Oshika, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 3D label-free metabolic imaging in non-alcoholic fatty liver disease model by optical coherence microscopy
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuichi Makida, Shinnosuke Azuma, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Masahiro Miura, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 In vivo three-dimensional motion-free retinal imaging by Lissajous optical coherence tomography
3. 学会等名 Optics and Photonics Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 及川健介、巻田修一、三浦雅博、岩崎琢也、三野聡大、山口達夫、安野嘉晃
2. 発表標題 CNNを用いた OCT画像からの偏光均一性画像の生成
3. 学会等名 日本網膜硝子体学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoko Mori, Ibrahim Abd El-Sadek, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Lida Zhu, Atsuko Furukawa, Yoshiaki Yasuno, Satoshi Matsusaka
2. 発表標題 Optical-coherence-tomography based tissue dynamics imaging method for tumor spheroid drug response
3. 学会等名 Pacifihem 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thitiya Seesan, Ibrahim Gamal, Abd El-Sadek, Pradipta Mukherjee, Kensuke Oikawa, Prathan Buranasiri, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Quantitative scatterer density estimator to characterize tissue-based phantom in optical coherence tomography
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kiriko Tomita, Daisuke Oida, Antonia Lichtenegger, Makoto Kobayashi, Junya Tamaoki, Lixuan Bian, Shuichi Makita, Kensuke Oikawa, Rion Morishita, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Volumetric differential-phase imaging in scattering mode by optical coherence tomography
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kensuke Oikawa, Shuichi Makita, Masahiro Miura, Takuya Iwasaki, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Synthesizing degree of polarization uniformity from non-polarization sensitive OCT by convolutional neural network
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Antonia Lichtenegger, Pradipta Mukherjee, Lida Zhu, Shuichi Makita, Konrad Leskovar, Martin Distel, Yoshiaki Yasuno, Bernhard Baumann
2. 発表標題 Rapid, non-destructive, and volumetric characterization of zebrafish tumor models using Jones-matrix optical coherence tomography
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名	Antonia Lichtenegger, Pradipta Mukherjee, Junya Tamaoki, Lida Zhu, Lixuan Bian, Ibrahim Abd El-Sadek, Shuichi Makita, Konrad Leskovar, Makoto Kobayashi, Bernhard Baumann, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題	Non-invasive, structural and functional imaging of in vivo zebrafish in various development stages using Jones matrix optical coherence tomography
3. 学会等名	Photonics West (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Lida Zhu, Shuichi Makita, Antonia Lichtenegger, Junya Tamaoki, Kensuke Oikawa, Pradipta Mukherjee, Yiheng Lim, Makoto Kobayashi, Jiajie Luo, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題	Multi-focus average for multiple scattering noise suppression in optical coherence tomography
3. 学会等名	Photonics West (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Lida Zhu, Shuichi Makita, Daisuke Oida, Arata Miyazawa, Kensuke Oikawa, Pradipta Mukherjee, Antonia Lichtenegger, Martin Distel, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題	Depth-of-focus extended multi-contrast imaging by polarization-sensitive optical coherence tomography
3. 学会等名	Photonics West (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Ibrahim G. Abd El-Sadek, Arata Miyazawa, Tomoko Mori, Larina Shen, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Satoshi Matsusaka, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題	Label-free three dimensional optical coherence tomography (OCT-) based imaging method for drug response evaluation of human derived tumor spheroids
3. 学会等名	Photonics West (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Ibrahim Abd El-Sadek, Arata Miyazawa, Tomoko Mori, Larina Tzu-Wei Shen, Shuichi Makita, Pradipta Mukherjee, Satoshi Matsusaka, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Three dimensional tumor spheroid drug response evaluation using OCT based tissue viability evaluation method
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Pradipta Mukherjee, Shinchi Fukuda, Donny Lukmanto, Toshiharu Yamashita, Kosuke Okada, Shuichi Makita, Ibrahim Abd El-Sadek, Arata Miyazawa, Lida Zhu, Tetsuro Oshika, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Label-free assessment of renal function with unilateral ureteral obstruction (UUO) model by optical coherence microscopy
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuichi Makita, Lida Zhu, Kensuke Oikawa, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Motion-immune digital refocusing of point-scanning optical coherence tomography with Lissajous scan
3. 学会等名 Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Multi-contrast imaging of skin by Jones-matrix optical coherence tomography
3. 学会等名 Photonics West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuichi Makita, Masahiro Miura, Shinnosuke Azuma, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 High-dense, wide field-of-view, three-dimensional posterior eye imaging by Lissajous scan optical coherence tomography
3. 学会等名 ARVO imaging 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kensuke Oikawa, Shuichi Makita, Masahiro Miura, Takuya Iwasaki, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Synthesizing degree-of-polarization-uniformity from non-polarization sensitive OCT by convolutional neural network
3. 学会等名 ARVO imaging 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Miura, Shuichi Makita, Yoshiaki Yasuno, Takuya Iwasaki, Shinnosuke Azuma, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi
2. 発表標題 Choroidal melanin thickness measurement in healthy Japanese subjects by polarization-sensitive optical coherence tomography
3. 学会等名 ARVO 2021 (視覚と眼の研究会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiaki Yasuno, Masahiro Miura, Toshihiro Mino, Shinnosuke Azuma, Tatsuo Yamaguchi, Shuichi Makita
2. 発表標題 Imaging quality of Lissajous scan OCT for in vivo retinal imaging
3. 学会等名 ARVO 2021 (視覚と眼の研究会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuichi Makita, Masahiro Miura, Toshihiro Mino, Shinnosuke Azuma, Tatsuo Yamaguchi, Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Accurately motion-corrected OCT by Lissajous scan and OCT-and-OCTA based motion correction
3. 学会等名 ARVO 2021 (視覚と眼の研究会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 情報処理装置およびプログラム	発明者 安野嘉晃、及川健介、巻田修一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-078457	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 評価装置、評価方法及びプログラム	発明者 安野嘉晃、森下梨音、ホセイインブラヒム、宮澤新	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-169494	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 情報処理装置、情報処理方法およびプログラム	発明者 安野嘉晃、ジュリーダ、巻田修一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-169481	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム	発明者 安野嘉晃、富田季里呼、巻田修一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-169492	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室ホームページ <a href="https://cog-news.blogspot.com/">https://cog-news.blogspot.com/</a>
--

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	松阪 諭  (Matsusaka Satoshi)  (00372665)	筑波大学・医学医療系・教授    (12102)	
研究分担者	巻田 修一  (Makita Shuichi)  (50533345)	筑波大学・医学医療系・准教授    (12102)	
研究分担者	三浦 雅博  (Miura Masahiro)  (60199958)	東京医科大学・医学部・教授    (32645)	
研究分担者	福田 慎一  (Fukuda Shinichi)  (80643246)	筑波大学・医学医療系・准教授    (12102)	

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