

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：12102
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2018～2020
課題番号：18H01893
研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Optical coherence microscopy for biomechanical, polarization, and flow measurement

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) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：生体の光学特性、機械特性、組織内ダイナミクスを断層可視化するようなマルチコントラスト光コヒーレンス顕微鏡(MC-OCM)を開発した。この装置により、従来のOCMでは計測できなかったような *ex vivo* 動物組織の組織層構造、機械特性の断層内での分布の可視化に成功した。さらに、ヒト乳がん細胞スフェロイドの組織内ダイナミクスを可視化することにより、様々な濃度の抗がん剤に対する細胞スフェロイドの薬剤反応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

本課題により、非侵襲・ラベルフリーな三次元顕微鏡技術が確立された。近年の細胞培養技術の発展に伴い、薬剤開発、医学基礎研究においてラベルフリーな生体活動可視化手法の必要性が高まっている。しかしながら、このような可視化ツールは限られていた。今回の研究は、ラベルフリーな生体可視化ツールを確立するものであり、今後の薬剤開発、医学基礎研究での活用が期待される。さらに、*in vivo* 計測を実現することにより、将来的には *in situ* 腫瘍診断への応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed a multi-contrast optical coherence microscope (MC-OCM). It enables tomographic visualization of optical properties, mechanical properties, and intra-tissue dynamics of living tissue. This system successfully visualized the distribution of tissue layer structure and mechanical properties of *ex vivo* animal tissues, which could not be measured with conventional OCM. Furthermore, by visualizing the intratissue dynamics of human breast cancer cell spheroids, we successfully visualized the anti-cancer drug response of the tumor cell.

研究分野：生体光学

キーワード：光コヒーレンストモグラフィー 腫瘍 顕微鏡 ラベルフリー 非侵襲イメージング

3. 研究の方法

(1) 生体機械特性計測

生体の機械特性の計測は、OCM 計測と能動的な組織の圧縮を組み合わせることで行う。今回開発された OCM 装置は、計測用プローブ（OCM 走査ヘッド）に生体を微小に圧縮するための PZT 圧縮機構を有する（図 1 右下部分）。これによって、計測中に試料に圧力をかけ、組織を微量（1 μm 程度）圧縮することができる。

実際の計測では、まず、最初に OCM で試料の断層を計測する。次に、試料を 1 μm 程度圧縮し、再度 OCM 断層を撮影する。次に、これらの 2 枚の画像を新たに開発した digital shift speckle correlation 法で解析することにより、断層面内各点における圧縮による組織の移動、変形を可視化する [1]。

(2) 生体の機械特性と偏光特性の同時計測

本研究では、上記の機械特性と JM-OCM による偏光計測を両立するような OCM 装置を開発した（図 1）。この装置は上記の方法で生体の機械特性を計測するほか、試料への入射偏光を Passive polarization delay unit で変調し、かつ、光干渉信号を polarization diversity detection unit で計測することにより、組織の複屈折を計測することができる。

さらに OCM 信号から組織内における散乱の強さ（信号減衰係数）を可視化するような画像処理アルゴリズムを開発し、この装置に搭載した [2]。

以上のように、この装置は、一度の断層計測で生体の散乱特性（信号減衰係数）、複屈折、機械特性（局所変形）の分布を可視化することができる。

さらに、これらの複数のコントラストの試料深さ方向における変化を可視化する手法を開発し、これによって組織特性の違いを明瞭に観察することが可能になった。

(3) 生体内の活動性（細胞内 motility）の可視化

本装置は、OCM 信号の時間的なゆらぎを解析することで、組織内の活動の度合い（ダイナミクス）の可視化を行う。そのために、まず、6 秒程度の間 350 枚の OCM 断層を連続取得する。その後、断層画像の各点における OCM 信号の時間ゆらぎを解析する。この時間ゆらぎ解析のために三種類のアルゴリズムを開発した [3]。

[Logarithmic Intensity Variance] 対数化された OCM 信号の時間分散として定義される。これは、生体内のダイナミクスの大きさを表す。

[OCDS_e] (Early-time OCT Correlation decay speed) OCM 信号の自己相関信号の時間的な減衰速度を可視化したものである。OCDS_e は特に、12.8 ms から 64 ms の時間範囲における減衰速度を可視化する。

[OCDS_l] (Late-time OCT Correlation decay speed) OCDS_e 同様、OCM 信号の自己相関信号の時間的な減衰速度を可視化したものである。OCDS_l は特に、64 ms から 627.2 ms の時間範囲における減衰速度を可視化する。

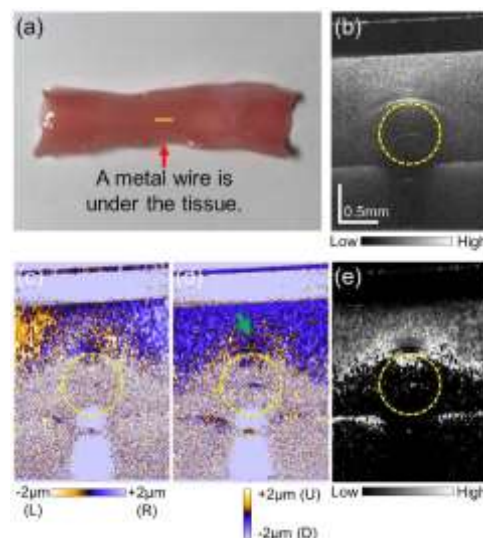


図 2: Ex vivo 豚大動脈の機械特性の計測例。(a) 試料外観。生体硬組織のファントムとして、試料の下部に金属ワイヤを設置している。(b) OCM 断層。(c) 圧縮によって発生した横方向変異。(d) 圧縮によって発生した深さ方向（縦方向）変異、(e) 組織の変形度マップ。

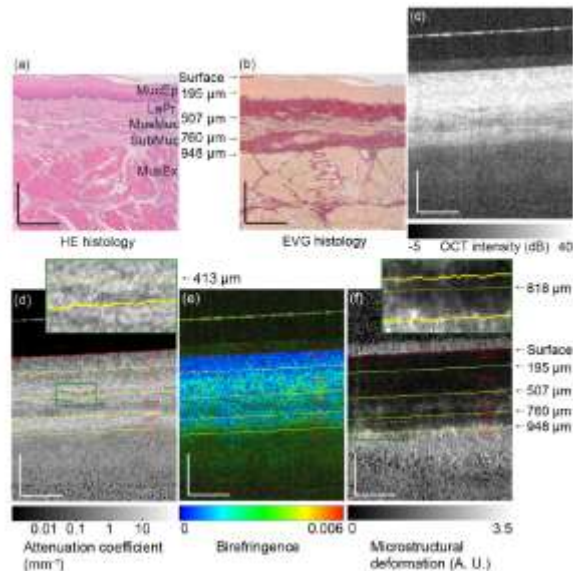


図 3 : Ex vivo 豚食道組織のヒストロジー画像(a, b)、OCM 断層、減衰係数断層画像(d)、複屈折断層(e)、局所変形分布(f)。

4. 研究成果

以上の方法を実装した装置を開発し、生体組織の機械特性、偏光特性、ダイナミクス計測に成功した。

(1) 生体機械特性の計測結果

図 2 に ex vivo 豚大動脈の計測例を示す [1]。ここでは、生体硬組織のファントムとして試料の下部に金属ワイヤを配置している。このワイヤは OCM 断層画像(b)で黄色の丸で示したものである。本手法により、(c)、(d)に示すように、圧縮によって発生した横方向、縦（深さ）方向の変異を確認することができる。さらに、(e)のように、生体の局所変形度のマップを計測することも可能になった。

(2) 生体の機械特性と偏光特性の同時計測

今回開発した装置によって、ex vivo 豚食道組織の断層計測を行った（図 3）。ヒストロジー画像をみると、この組織は 5 層の層構造を持つことがわかる。しかしながら、通常の OCM 断層（図 3(c)）ではすべての層を区別することができない。減衰係数(d)、減衰係数(e)に加え、今回新たに計測可能になった局所変形マップ(f)のすべてを用いることで、はじめてこれらの 5 層を弁別することが可能になった [2]。

さらに、図 4 のような減衰係数(attenuation coefficient)、複屈折 (birefringence)、局所変形(MSD)の 3 次元空間において組織特性の深さ方向変化を可視化する手法を開発した。この可視化手法では、上記 5 層の境界面を明瞭な変曲点として同定することが可能である。

(3) 生体内活動性の可視化

培養されたヒト乳がん細胞（MCF7）をスフェロイド培養し、様々な濃度の抗がん剤

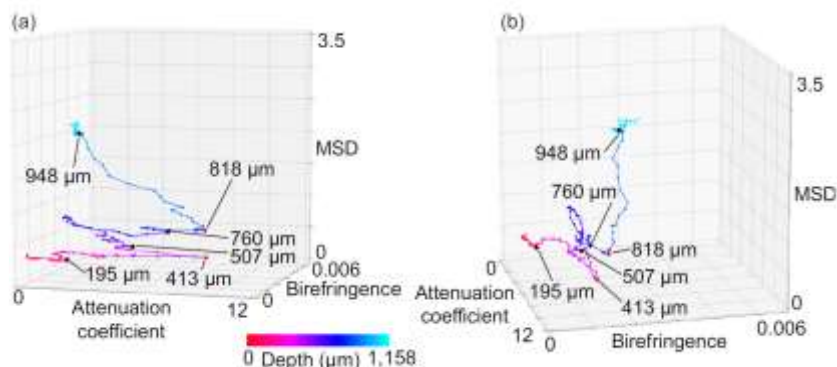


図 4 : 豚食道の特性の深さ方向変化の三次元可視化。左右は、同じプロットを異なった方向から観察したもの。

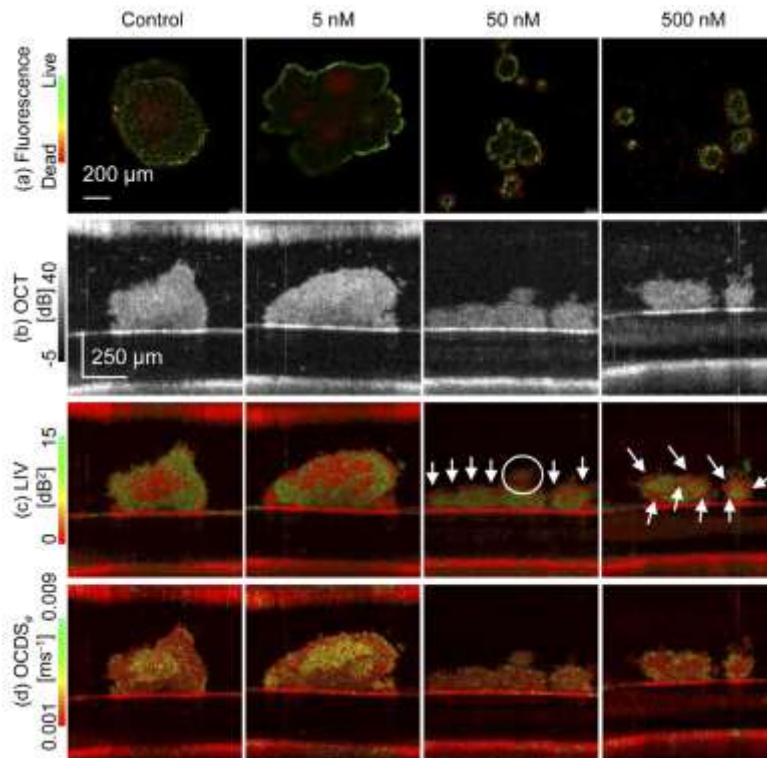


図 5:培養腫瘍組織(MCF7)の活動性の断層画像。

(Paclitaxel)を投与したうえで、その生体活動性の可視化を行った [3]。図 5 に示すように、低濃度(control、5 nM)ではスフェロイドの外側で大きな活動 (LIV) がみられる一方、内側では小さいが早い活動 (OCDS_e) がみられることが分かった。この内側の活動は細胞の壊死と関連しているものと考えている。

一方、高濃度 (50 nM、500 nM) ではスフェロイドの外側では抗がん剤の影響で活動 (LIV) が小さくなる一方、抗がん剤から守られた内側ではそれが大きくなることがわかった。

参考文献

1. E. Li, S. Makita, S. Azuma, A. Miyazawa, and Y. Yasuno, "Compression optical coherence elastography with two-dimensional displacement measurement and local deformation visualization," *Opt. Lett.* **44**, 787–790 (2019).
2. A. Miyazawa, S. Makita, E. Li, K. Yamazaki, M. Kobayashi, S. Sakai, and Y. Yasuno, "Polarization-sensitive optical coherence elastography," *Biomed. Opt. Express* **10**, 5162–5181 (2019).
3. I. A. El-Sadek, A. Miyazawa, L. T.-W. Shen, S. Makita, S. Fukuda, T. Yamashita, Y. Oka, P. Mukherjee, S. Matsusaka, T. Oshika, H. Kano, and Y. Yasuno, "Optical coherence tomography-based tissue dynamics imaging for longitudinal and drug response evaluation of tumor spheroids," *Biomed. Opt. Express*, BOE **11**, 6231–6248 (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Miyazawa, Arata, Shuichi Makita, En Li, Kohei Yamazaki, Masaki Kobayashi, Shingo Sakai, and Yoshiaki Yasuno	4. 巻 10
2. 論文標題 Polarization-Sensitive Optical Coherence Elastography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 5162-5181
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/BOE.10.005162	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 Miura, Masahiro, Shuichi Makita, Shinnosuke Azuma, Yoshiaki Yasuno, Satoshi Sugiyama, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Tetsuya Agawa, Takuya Iwasaki, Yoshihiko Usui, Narsing A. Rao, Hiroshi Goto	4. 巻 60
2. 論文標題 Evaluation of Retinal Pigment Epithelium Layer Change in Vogt-Koyanagi-Harada Disease With Multicontrast Optical Coherence Tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Investigative Ophthalmology & Visual Science	6. 最初と最後の頁 3352-3362
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/iovs.19-27378	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 Miyazawa Arata, Makita Shuichi, Li En, Yamazaki Kohei, Kobayashi Masaki, Sakai Shingo, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11242
2. 論文標題 Tissue analysis using optical and mechanical tissue properties obtained by polarization-sensitive optical coherence elastography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 1124214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2544687	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 Abd El-Sadek Ibrahim, Miyazawa Arata, Shen Larina, Fukuda Shinichi, Yamashita Toshiharu, Oka Yuki, Mukherjee Pradipta, Makita Shuichi, Matsusaka Satoshi, Oshika Tetsuro, Kano Hideaki, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11228
2. 論文標題 Quantification of ex vivo tissue activity by short and long time-course analysis of multifunctional OCT signals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 112282C
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2548541	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 Oida Daisuke, Oikawa Kensuke, Wang Tai-Ang, Tsai Meng-Tsan, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11228
2. 論文標題 Virtual multi-directional optical coherence tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 112281G
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2548902	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 Yamazaki, Kohei, En Li, Arata Miyazawa, Masaki Kobayashi, Tetsuya Sayo, Shuichi Makita, Yoshito Takahashi, Yoshiaki Yasuno, and Shingo Sakai	4. 巻 11211
2. 論文標題 Depth-Resolved Investigation of Multiple Optical Properties and Wrinkle Morphology in Eye-Corner Area by Multi-Functional Jones Matrix Optical Coherence Tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 112110R
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2543977	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 Miura, Masahiro, Shuichi Makita, Shinnosuke Azuma, Yoshiaki Yasuno, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Satoshi Sugiyama, and Takuya Iwasaki	4. 巻 11218
2. 論文標題 Retinal Pigment Epithelium-Melanin Specific Contrast Imaging by Multi-Contrast OCT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 112181H
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2542922	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 Li En, Makita Shuichi, Azuma Shinnosuke, Miyazawa Arata, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 44
2. 論文標題 Compression optical coherence elastography with two-dimensional displacement measurement and local deformation visualization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 787 ~ 787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.44.000787	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 Kasaragod Deepa, Makita Shuichi, Hong Young-Joo, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Machine-learning based segmentation of the optic nerve head using multi-contrast Jones matrix optical coherence tomography with semi-automatic training dataset generation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 3220 ~ 3220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.9.003220	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 Azuma Shinnosuke, Makita Shuichi, Miyazawa Arata, Ikuno Yasushi, Miura Masahiro, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Pixel-wise segmentation of severely pathologic retinal pigment epithelium and choroidal stroma using multi-contrast Jones matrix optical coherence tomography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 2955 ~ 2955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.9.002955	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 Oikawa Kensuke, Oida Daisuke, Makita Shuichi, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Bulk-phase-error correction for phase-sensitive signal processing of optical coherence tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 5886 ~ 5886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.396666	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, Miyazawa Arata, Tzu-Wei Shen Larina, Makita Shuichi, Fukuda Shinichi, Yamashita Toshiharu, Oka Yuki, Mukherjee Pradipta, Matsusaka Satoshi, Oshika Tetsuro, Kano Hideaki, Yasuno Yoshiaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Optical coherence tomography-based tissue dynamics imaging for longitudinal and drug response evaluation of tumor spheroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 6231 ~ 6231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.404336	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 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

[学会発表] 計22件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Miyazawa, Arata, Shuichi Makita, En Li, Kohei Yamazaki, Masaki Kobayashi, Shingo Sakai, and Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Tissue Analysis Using Optical and Mechanical Tissue Properties Obtained by Polarization-Sensitive Optical Coherence Elastography
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abd El-Sadek Ibrahim, Miyazawa Arata, Shen Larina, Fukuda Shinichi, Yamashita Toshiharu, Oka Yuki, Mukherjee Pradipta, Makita Shuichi, Matsusaka Satoshi, Oshika Tetsuro, Kano Hideaki, Yasuno Yoshiaki
2. 発表標題 Quantification of Ex Vivo Tissue Activity by Short and Long Time-Course Analysis of Multifunctional OCT Signals
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Oida, Daisuke, Kensuke Oikawa, Tai-Ang Wang, Meng-Tsan Tsai, Shuichi Makita, and Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Virtual Multi-Directional Optical Coherence Tomography
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamazaki, Kohei, En Li, Arata Miyazawa, Masaki Kobayashi, Tetsuya Sayo, Shuichi Makita, Yoshito Takahashi, Yoshiaki Yasuno, and Shingo Sakai
2. 発表標題 Depth-Resolved Investigation of Multiple Optical Properties and Wrinkle Morphology in Eye-Corner Area by Multi-Functional Jones Matrix Optical Coherence Tomography
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miura, Masahiro, Shuichi Makita, Shinnosuke Azuma, Yoshiaki Yasuno, Toshihiro Mino, Tatsuo Yamaguchi, Satoshi Sugiyama, and Takuya Iwasaki
2. 発表標題 Retinal Pigment Epithelium-Melanin Specific Contrast Imaging by Multi-Contrast OCT
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安野嘉晃
2. 発表標題 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
3. 学会等名 光電相互変換第125委員会 第245回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Multi-Contrast Imaging by Optical Coherence Tomography
3. 学会等名 The 4th International Conference on Biophotonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Multi-Contrast and Motion Free OCT as the Fifth En-Face Imaging Modality
3. 学会等名 Singapore Eye Research Institute (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野嘉晃
2. 発表標題 多機能光コヒーレンス顕微鏡による ex vivo 生体イメージング
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会 シンポジウム 皮膚と光 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安野嘉晃
2. 発表標題 Jones Matrix OCT によるマルチコントラスト眼底イメージング
3. 学会等名 第3回 Retina Deep Dive (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kubota, Shuichi Makita, Yoshiaki Yasuno,
2. 発表標題 "High-speed maximum a posteriori birefringence estimator for Jones matrix optical coherence tomography by GPU implementation,"
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Naoki Fukutake, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Exact image-formation theory for high-NA high-resolution optical coherence tomography by four-dimensional formulation,
3 . 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Naoki Fukutake, Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Four-dimensional formulation of image formation in optical coherence tomography
3 . 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Arata Miyazawa , Shuichi Makita , En Li , Kohei Yamazaki , Masaki Kobayashi , Shingo Sakai , Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Comparison analysis with histology using optical and mechanical tissue properties obtained by polarization-sensitive optical coherence elastography
3 . 学会等名 Optics Photonics Japan 2019
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Pradipta Mukherjee , Ibrahim Abd El-Sadek , Arata Miyazawa , Shuichi Makita , Larina Shen , Shinichi Fukuda , Toshiharu Yamashita , Yuki Oka , Satoshi Matsusaka , Tetsuro Oshika , Hideaki Kano , Yoshiaki Yasuno
2 . 発表標題 Birefringence dynamics imaging for ex-vivo tissue activity quantification using polarization-sensitive optical coherence tomography
3 . 学会等名 Optics Photonics Japan 2019
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Ibrahim Abd El-Sadek , Arata Miyazawa , Larina Shen , Shinichi Fukuda , Toshiharu Yamashita , Yuki Oka , Pradipta Mukherjee , Shuichi Makita , Satoshi Matsusaka , Tetsuro Oshika , Hideaki Kano , Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Short and long time-course ex vivo tissues activity quantification by multifunctional OCT
3. 学会等名 Optics Photonics Japan 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Oida , Kensuke Oikawa , Tai-Ang Wang , Meng-Tsan Tsai , Shuichi Makita , Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Virtual multi-directional optical coherence tomography for visualizing microfiber structure of the tissue
3. 学会等名 Optics Photonics Japan 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 及川 健介 , 卷田 修一 , 笈田 大輔 , 安野 嘉晃
2. 発表標題 位相差を用いたSD-OCTの位相安定化
3. 学会等名 Optics Photonics Japan 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 En Li , Yuta Ueno , Shuichi Makita , Tetsuro Oshika , and Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Simultaneous imaging of scleral birefringence and biomechanics by Jones matrix optical coherence elastography
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 En Li, Shuichi Makita, Arata Miyazawa, Shinnosuke Azuma, and Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Simultaneous analysis of optical and biomechanical properties of tissue by compression-based polarization sensitive optical coherence elastography
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 En Li, Shuichi Makita, Arata Miyazawa, Shinnosuke Azuma, and Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Lateral and axial displacements and microstructural decorrelation measurement for compression-based optical coherence elastography
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Yasuno
2. 発表標題 Extending Optical Coherence Tomography Toward Multiple-Contrast Imaging
3. 学会等名 SPIE Photonics West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計5件

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、笈田大輔	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-206436	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 信号処理装置、信号処理方法および信号処理プログラム	発明者 安野嘉晃、笈田大輔、及川健介	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-206506	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 生体組織の評価方法および評価装置	発明者 安野嘉晃、ホセイン イブラヒムガマルア ブデルサデック、宮	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-207348	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 計測信号処理装置、計測信号処理方法およびプログラム	発明者 安野嘉晃、シーサン ティティヤ	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-070913	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 計測信号処理装置、計測信号処理方法およびプログラム	発明者 安野嘉晃、ムカルジ プロティブト	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-070309	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	三浦 雅博 (Miura Masahir) (60199958)	東京医科大学・医学部・教授 (32645)	
研究分担者	大鹿 哲郎 (Oshika Tetsuro) (90194133)	筑波大学・医学医療系・教授 (12102)	
研究分担者	上野 勇太 (Ueno Yuta) (90759317)	筑波大学・医学医療系・講師 (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)	

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
---------	---------