

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01901

研究課題名（和文）光コム顕微鏡を用いた非侵襲生体イメージング法の創出

研究課題名（英文）Noninvasive biomedical imaging using optical-comb microscopy

研究代表者

南川 丈夫（MINAMIKAWA, Takeo）

徳島大学・ポストLEDフォトンクス研究所・准教授

研究者番号：10637193

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）：本研究では、極限的光源である光コムを利活用し、光強度と位相同時計測能を用いた新たな光学顕微鏡「光コム顕微鏡」を開発した。その結果、これまで実現困難であったサブマイクロメートルの分解能を有する3次元光学定数分布イメージングを実現した。また、生体イメージングへの応用も行い、3次元光学定数分布に基づいた新たな無侵襲生体組織・細胞イメージング法の可能性を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光コムは、これまで超精密分光を中心に活用されてきた。本研究は、光コムの持つ別の視点の特徴（光強度・位相同時計測能）を活用可能性を示した。そのため、本研究は、従来の光コム分光を学術的に深化させ、あるいは実用的な展開可能性を示した研究である。また、光コムは主に固体物理学を中心とした光物性への応用が主であったが、本研究により生体計測への展開可能性も示すことができ、光物理学から生物学への橋渡し研究としても意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a novel optical microscope, namely "optical frequency comb microscope", which utilizes the optical frequency comb. The optical frequency comb is an extreme light source and involves simultaneous measurement capability of the light intensity and phase because of its ultra-long coherence. We have realized three-dimensional optical constant distribution imaging with submicrometer resolution, which was challenging to achieve so far. We also applied the optical frequency comb microscope to biological imaging, clarifying the possibility of a novel non-invasive biological imaging method based on a three-dimensional optical constant distribution.

研究分野：顕微分光学

キーワード：光コム 光学顕微鏡 バイオイメージング 光学定数イメージング

1. 研究開始当初の背景

光学顕微鏡は、医学・生物学を中心として細胞や組織の解析に必要な不可欠なツールとして広く普及している。細胞や主要な組織は、無色透明である事が多く、光の強度のみでありのままの生体の微細構造を可視化することは困難であった。そのため、一般的に色素等による染色法により、光強度の変化がつくよう人工的な処理が行われてきた。しかし、染色は細胞へダメージを与える可能性があるとともに、その毒性からヒトへの応用は困難である事が多い。光の位相を活用した位相差顕微鏡やデジタルホログラフィー顕微鏡等を用いることで、細胞や組織の屈折率分布に基づき無染色に細胞内小器官等の生体組織・細胞の微細構造を可視化することができる。しかし、従来法では位相計測の深さ方向の空間分解能が低いため、生体組織や細胞などのサブ μm 微細構造を3次元的にイメージングすることは困難であった。

もし、試料の構造分布に基づく光の位相変化の3次元イメージングができれば、それらの微細構造を無侵襲的に可視化する新たな手法につながる。また、光強度と位相の同時計測により、様々な光学定数(吸収、屈折率、複屈折性、偏光解消度など)に基づいたイメージングが実現できる。

2. 研究の目的

本研究では、光コムを用いた独自の光コム顕微鏡を開発することで、サブ μm 分解能を有する3次元光学定数イメージングの実現を目的とする。また生体イメージングへの応用も行い、3次元光学定数分布に基づいた新たな無侵襲生体組織・細胞イメージング法の創出を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、主に下記の3点について実施した。

- (1) 光コムを用いた新たな光学顕微鏡の開発
- (2) 光コムによる光の特徴抽出と光学定数推定法の開発
- (3) 非侵襲的細胞・組織微細構造可視化法の創出

4. 研究成果

- (1) 光コムを用いた新たな光学顕微鏡の開発

まず、光コムを用いた新たな光学顕微鏡の開発を行った。本研究では光コム2台を高度に制御したデュアルコム分光法を採用したレーザー走査型光学顕微鏡を構築した。

図1にレーザー走査型光コム顕微鏡の概念図を示す。本研究では、光コム1を資料に照射する光源として用いた。光コム1は、レーザー走査光学系、対物レンズなどを通り、試料へ照射される。試料から反射・散乱等された光は、再び同じ対物レンズで集められる。その後、ビームスプリッターにより反射された光コム1と光コム2と空間的に重ね合わせる。このとき、光コム2は、光コム1と高度に同期されており、また繰り返し周波数が僅かに異なるように設定する。これにより、光コム1と光コム2の干渉信号を得ることができる。得られた干渉信号をフーリエ変換することで、光強度と位相の情報を得る。本手法を直交2偏光成分に対して行うと、偏光の計測へも応用可能である。また、共焦点光学系の採用により、3次元空間分解能をもたせることも可能である。実際に構築したレーザー走査型光コム顕微鏡を図2に示す。

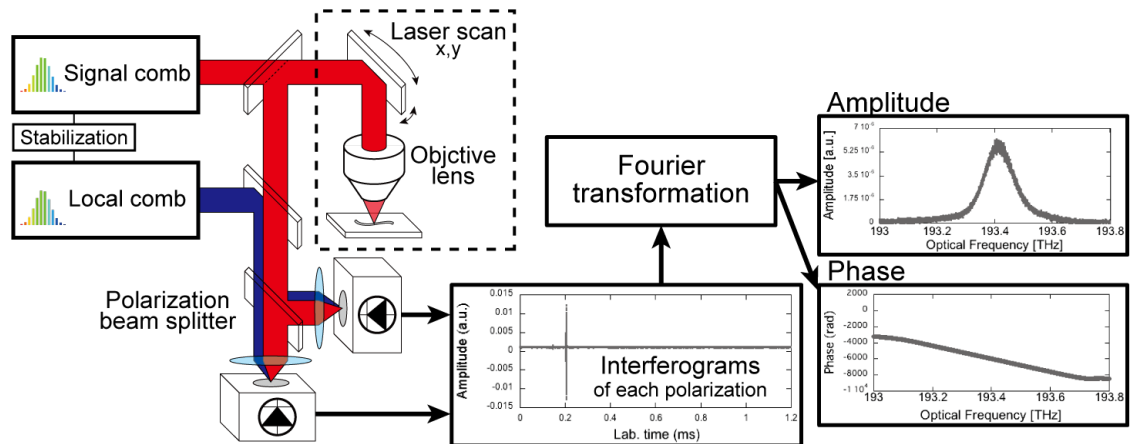


図1 光コム顕微鏡の概念図。

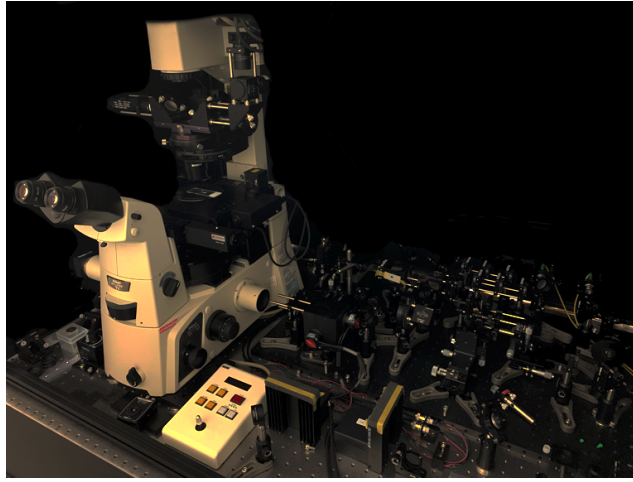


図2 構築したレーザー走査型光コム顕微鏡の写真

(2) 光コムによる光の特徴抽出と光学定数推定法の開発

次に、光コム顕微鏡を用いて、光コムによる光の特徴抽出と光学定数推定法の開発を行った。

まず、開発した光コム顕微鏡で得られた干渉信号から、光の特徴量を抽出する特徴抽出アルゴリズムの開発を行った。本研究では光の特徴量として、光強度、位相、偏光、スペクトルを対象とした。その結果、直交2偏光成分に対して干渉信号を取得し、その干渉信号をフーリエ変換することで各直交した偏光成分それぞれの光強度スペクトルと光位相スペクトルを取得可能であることを実証した。また、各偏光成分の強度比と位相差を用いることで、偏光の情報を回復可能なことを明らかにした。さらに、光コムのパルス性を活用し時間領域で解析することで、パルスの群遅延に関する情報も取得できることを明らかにした。以上のことから、開発した光コム顕微鏡によって光強度、位相、偏光、スペクトルなどの光の特徴量を抽出可能な手法を明らかにした。

次に、得られた光の特徴量から、光学定数の決定する手法の開発を行った。本研究では、光学定数として光吸収、屈折率、複屈折性、偏光解消度を対象とした。その結果、光吸収は光強度の変化量から、屈折率は光位相と群遅延から、複屈折性は直交偏光2成分の光強度、位相、群遅延から、偏光解消度は直交偏光2成分の光強度から推定可能であることを明らかにした。以上のことから、開発した光コム顕微鏡によって様々な光学定数を推定可能であることが明らかとなった。

さらに、光コム顕微鏡による光特徴量抽出や光学定数決定の2次元イメージング能について、様々な光学特性を持つ試料を用いて確認した。まず、段差を有するテストチャートを用い、光強度、光位相検出能について検証した。開発したレーザー走査型光コム顕微鏡を用いてテストチャートを測定した例を図3に示す。レーザー走査光学系により、空間的マップを得ることで、試料の形状に応じた光強度・位相イメージが得られていることがわかる。本手法では、光強度イメージでは試料の反射率、透過率、散乱係数などによりコントラストが得られる。一方、位相イメージでは微細構造や屈折率によってコントラストが得られる。図5の例では、テストチャートに蒸着されたクロム膜と基板ガラスの反射率の差により強度コントラストが得られ、クロム膜と基板ガラスの微細な段差によって位相コントラストが得られていると考えられる。

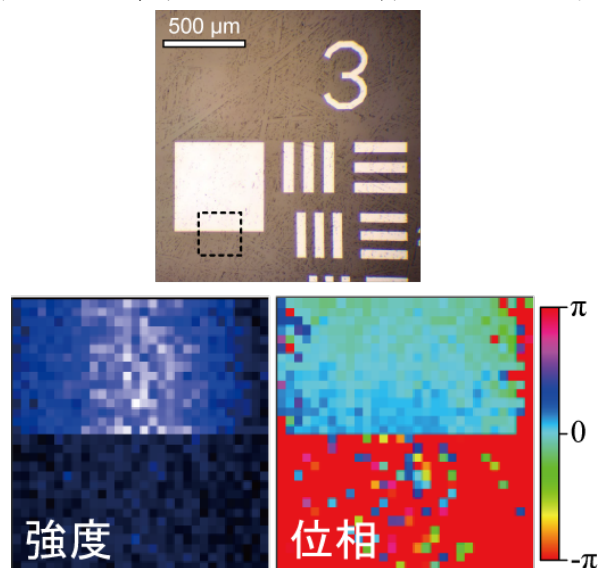


図3 レーザー走査型光コム顕微鏡による光強度・位相同時測定

また、開発したレーザー走査型光コム顕微鏡を用いてセロハンテープの複屈折性を測定した例を図 4 に示す。セロハンテープは、主にポリマーを延伸することで作成されている。そのため、長軸方向（図 4 において上下方向）にポリマーが配向した複屈折性物質として扱うことができる。本研究では、45 度直線偏光を持つ励起光を試料へ入射した。試料と光源の相互作用によって変化した X 偏光、Y 偏光それぞれの成分の光強度、位相スペクトルの空間的マップをレーザー走査により取得した。得られた各偏光成分の光強度、位相スペクトルから、偏光方位角、楕円率を算出した。その結果、複屈折性のないミラー部では偏光方位角は変化せず、楕円率は 0（直線偏光）が得られた。一方、複屈折性を有するセロハンテープ部では、部位により偏光方位角や楕円率が変化した様子を取得することに成功した。なお、これらの偏光方位角や楕円率の部位依存性は、セロハンテープの厚みやポリマーの配向度を反映していると考えられる。即ち、レーザー走査型光コム顕微鏡により、複屈折性という光学定数由来の情報を取得可能であることを実証した。

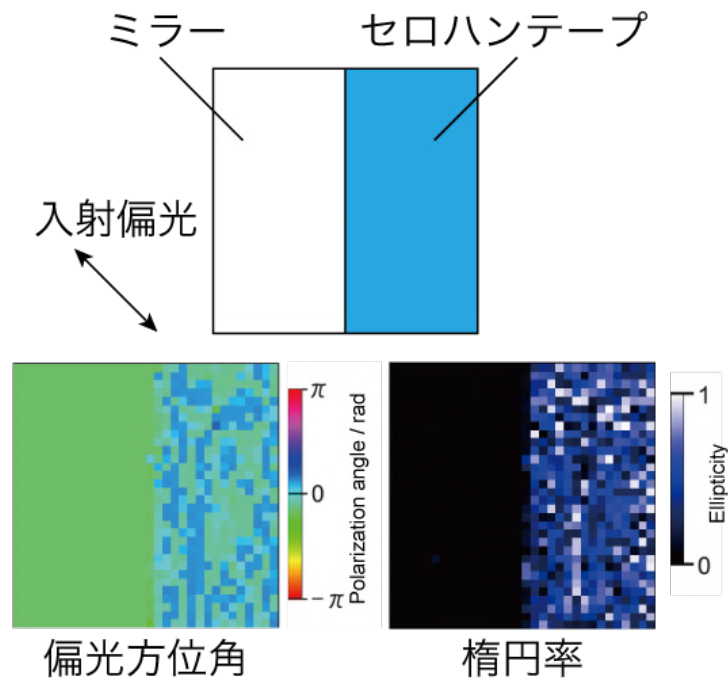


図 4 レーザー走査型光コム顕微鏡による複屈折性測定

(3) 非侵襲的細胞・組織微細構造可視化法の創出

最後に、開発したレーザー走査型光コム顕微鏡のバイオイメージング性能を評価するため、細胞のイメージングを行った。

細胞イメージングの結果を図 5 に示す。使用したサンプルは HeLa 細胞である。レーザー走査光学系により、各空間座標に対応させてイメージングすることで、光強度と位相の 2 次元マップの取得に成功した。光強度イメージングでは、HeLa 細胞の境界部分が光の吸収または屈折により検出光強度が下がったことによるコントラストが得られている様子がわかる。一方、位相イメージングでは、HeLa 細胞の厚みまたは屈折率の違いが可視化されている。位相イメージングの結果から、位相変化量を推定すると 5.81 rad であった。

以上のことから、本研究で実現したレーザー走査型光コム顕微鏡により、光強度、位相、偏光、スペクトルなどの光の特徴量、および光吸収、屈折率、複屈折性、偏光解消度などの光学定数の推定が可能であり、その情報に基づいたバイオイメージングへの応用可能性を示すことができた。今後は本手法を多様なバイオサンプルへ応用していくことで、光コム顕微鏡による光学定数イメージングの有用性を実証し、生命現象の理解や医療診断への展開可能性について探求していく。

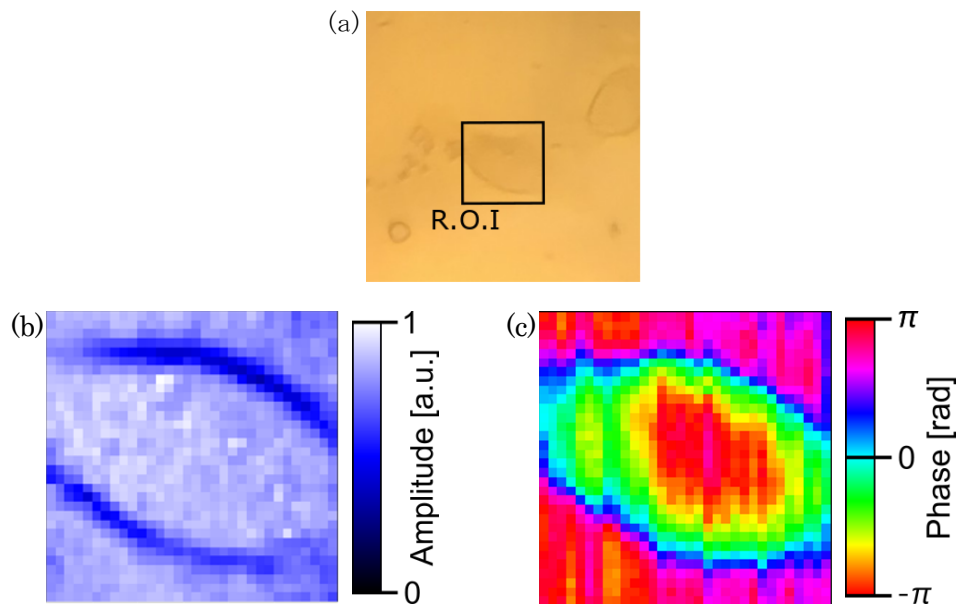


図5 レーザー走査型光コム顕微鏡による HeLa 細胞のイメージング. (a) 明視野像. (b) 光コム顕微鏡による強度イメージング. (c) 光コム顕微鏡による位相イメージング.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Koresawa Hidenori, Gouryeb Marc, Shibuya Kyuki, Mizuno Takahiko, Hase Eiji, Tokizane Yu, Oe Ryo, Minamikawa Takeo, Yasui Takeshi	4. 巻 11671
2. 論文標題 Dual-comb spectroscopic polarimetry for dynamic characterization of polarization property	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 116710H-116710H
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2583107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 安井 武史, 長谷 栄治, 水野 孝彦, 麻植 凌, 南川 丈夫	4. 巻 103
2. 論文標題 光周波数コム (光コム) の新奇特徴に基づいた知的光計測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 1126-1131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 南川 丈夫, 中野 祥汰, 長谷 栄治, 水野 孝彦, 安井 武史	4. 巻 31
2. 論文標題 光コムを用いた顕微イメージング -光を極限的に制御し計測し活用する-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 34-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 麻植 凌, 南川 丈夫, 安井 武史	4. 巻 58
2. 論文標題 光コムを用いた新たなファイバーセンサー	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光技術コンタクト	6. 最初と最後の頁 9-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 津田 卓哉, 水野 孝彦, 長谷 栄治, 新田 一樹, 是澤 秀紀, 南川 丈夫, 安井 武史, 山本 裕紹	4. 巻 31
2. 論文標題 スキャンレス・デュアル光コム顕微鏡を用いた動体サンプルのイメージング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 11-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 長谷 栄治, 南川 丈夫, 水野 孝彦, 山本 裕紹, 安井 武史	4. 巻 48
2. 論文標題 スキャンレスデュアルコム顕微鏡による共焦点位相イメージング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 462-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 Mizuno Takahiko, Nakajima Yoshiaki, Hata Yuya, Tsuda Takuya, Asahara Akifumi, Kato Takashi, Minamikawa Takeo, Yasui Takeshi, Minoshima Kaoru	4. 巻 29
2. 論文標題 Computationally image-corrected dual-comb microscopy with a free-running single-cavity dual-comb fiber laser	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 5018 ~ 5018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.415242	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 Mizuno T., Hase E., Minamikawa T., Tokizane Y., Oe R., Koresawa H., Yamamoto H., Yasui T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Full-field fluorescence lifetime dual-comb microscopy using spectral mapping and frequency multiplexing of dual-comb optical beats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabd2102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abd2102	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 Mizuno Takahiko, Tsuda Takuya, Hase Eiji, Tokizane Yu, Oe Ryo, Koresawa Hidenori, Yamamoto Hirotsugu, Minamikawa Takeo, Yasui Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical image amplification in dual-comb microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8338-8338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64927-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 -

1. 著者名 Oe Ryo, Minamikawa Takeo, Taue Shuji, Koresawa Hidenori, Mizuno Takahiko, Yamagiwa Masatomo, Mizutani Yasuhiro, Yamamoto Hirotsugu, Iwata Tetsuo, Yasui Takeshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Refractive index sensing with temperature compensation by a multimode-interference fiber-based optical frequency comb sensing cavity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 21463 ~ 21463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.021463	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 Oe Ryo, Minamikawa Takeo, Taue Shuji, Nakahara Takuya, Koresawa Hidenori, Mizuno Takahiko, Yamagiwa Masatomo, Mizutani Yasuhiro, Yamamoto Hirotsugu, Iwata Tetsuo, Nakajima Yoshiaki, Minoshima Kaoru, Yasui Takeshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Improvement of dynamic range and repeatability in a refractive-index-sensing optical comb by combining saturable-absorber-mirror mode-locking with an intracavity multimode interference fiber sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 060912 ~ 060912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab219a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koresawa Hidenori, Shibuya Kyuki, Minamikawa Takeo, Asahara Akifumi, Oe Ryo, Mizuno Takahiko, Yamagiwa Masatomo, Mizutani Yasuhiro, Iwata Tetsuo, Yamamoto Hirotsugu, Minoshima Kaoru, Yasui Takeshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Lock-in-detection dual-comb spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 1998 ~ 1998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.2.001998	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 長谷 栄治, 南川 丈夫, 水野 孝彦, 佐藤 克也, 中嶋 善晶, 浅原 彰文, 美濃島 薫, 水谷 康弘, 岩田 哲郎, 山本 裕紹, 安井 武史	4. 巻 48
2. 論文標題 光コムを用いたスキャンレス共焦点位相イメージング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 227 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 Asahara Akifumi, Minoshima Kaoru	4. 巻 12
2. 論文標題 Coherent multi-comb pulse control demonstrated in polarization-modulated dual-comb spectroscopy technique	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 072014 ~ 072014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab2991	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minamikawa Takeo, Masuoka Takashi, Ogura Takashi, Shibuya Kyuki, Oe Ryo, Hase Eiji, Nakajima Yoshiaki, Yamaoka Yoshihisa, Mizuno Takahiko, Yamagiwa Masatomo, Mizutani Yasuhiro, Yamamoto Hirotsugu, Iwata Tetsuo, Minoshima Kaoru, Yasui Takeshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Ultrasonic wave sensing using an optical-frequency-comb sensing cavity for photoacoustic imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 439 ~ 449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.2.000439	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 Hase Eiji, Minamikawa Takeo, Mizuno Takahiko, Miyamoto Shuji, Ichikawa Ryuji, Hsieh Yi-Da, Shibuya Kyuki, Sato Katsuya, Nakajima Yoshiaki, Asahara Akifumi, Minoshima Kaoru, Mizutani Yasuhiro, Iwata Tetsuo, Yamamoto Hirotsugu, Yasui Takeshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Scan-less confocal phase imaging based on dual-comb microscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 634 ~ 643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.5.000634	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hase Eiji, Minamikawa Takeo, Miyamoto Shuji, Mizutani Yasuhiro, Iwata Tetsuo, Yamamoto Hirotsugu, Yasui Takeshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Application of Scan-less Two-Dimensional Confocal Microscopy Based on a Combination of Confocal Slit With Wavelength/Space Conversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTQE.2018.2869615	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南川 丈夫, 安井 武史, 長谷 栄治, 山本 裕紹	4. 巻 23
2. 論文標題 空間 / 波長次元変換を用いたワンショット共焦点顕微鏡	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 検査技術	6. 最初と最後の頁 6-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 Hase Eiji, Minamikawa Takeo, Miyamoto Shuji, Ichikawa Ryuji, Hsieh Yi-Da, Mizutani Yasuhiro, Iwata Tetsuo, Yamamoto Hirotsugu, Yasui Takeshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Scan-Less, Kilo-Pixel, Line-Field Confocal Phase Imaging with Spectrally Encoded Dual-Comb Microscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTQE.2018.2879017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南川 丈夫, 大久保 章, 稲場 肇, 岩田 哲郎, 安井 武史	4. 巻 29
2. 論文標題 光コムを用いた分光エリブソメトリー法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 南川 丈夫	4. 巻 37
2. 論文標題 若手研究者の挑戦第30回：光コムを用いた精密計測と顕微イメージングへの応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 オプトロニクス	6. 最初と最後の頁 130-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 大谷 圭史郎, 南川 丈夫, 中野 祥太, 長谷 栄治, 安井 武史
2. 発表標題 透過型光コム分光顕微鏡の開発
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 圭史郎, 南川 丈夫, 中野 祥太, 長谷 栄治, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型光コム分光顕微鏡による生体イメージング
3. 学会等名 LED総合フォーラム in 徳島
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Shota Nakano, Eiji Hase, Akifumi Asahara, Hidenori Koresawa, Takahiko Mizuno, Hirotsugu Yamamoto, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Optical-frequency-comb microscopy with laser-scanning configuration for simultaneous and spectroscopic amplitude, quantitative phase and polarization imaging
3. 学会等名 SPIE Photonics West, OPTO 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa
2. 発表標題 Optical-frequency-comb microscopy for multivariate spectroscopic imaging utilizing amplitude and phase information
3. 学会等名 International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory (ISOM ' 20) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Optical-frequency-comb microscopy for spatio-temporal imaging with comprehensive optical information
3. 学会等名 The 9th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南川丈夫
2. 発表標題 光コム顕微鏡～光を極限的に制御し，計測し，活用する～"
3. 学会等名 第23回光科学若手研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南川丈夫
2. 発表標題 光コムを用いた分光エリプソメトリー
3. 学会等名 第44回光学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa
2. 発表標題 Optical microscopy with optical-frequency-comb
3. 学会等名 The 5th Biomedical Imaging and Sensing Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Shota Nakano, Eiji Hase, Akifumi Asahara, Hidenori Koresawa, Takahiko Mizuno, Hirotsugu Yamamoto, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Optical-frequency-comb microscopy with laser-scanning configuration for simultaneous and spectroscopic amplitude, quantitative phase and polarization imaging
3. 学会等名 SPIE Photonics West, OPTO 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shota Nakano, Takeo Minamikawa, Eiji Hase, Akifumi Asahara, Takahiko Mizuno, Hirotsugu Yamamoto, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Laser scanning dual optical-frequency-comb spectromicroscopy
3. 学会等名 CLEO/Europe-EQEC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Eiji Hase, Takuya Tsuda, Takahiko Mizuno, Hirotsugu Yamamoto, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Scan-less dual-comb microscopy for confocal amplitude and phase imaging
3. 学会等名 Focus on Microscopy 2019 (FOM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野 祥汰, 南川 丈夫, 長谷 栄治, 浅原 彰文, 水野 孝彦, 佐藤 克也, 山本 裕紹, 美濃島 薫, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型光コム分光顕微鏡による生体計測
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会予稿集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野 祥汰, 南川 丈夫, 長谷 栄治, 浅原 彰文, 水野 孝彦, 佐藤 克也, 山口 堅三, 高成 広起, 鈴木 昭浩, 山本 裕紹, 美濃島 薫, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型光コム定量位相差顕微鏡によるパライメーシング
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山 誠志郎, 浅原 彰文, 足立 拓斗, 美濃島 薫
2. 発表標題 デュアルコム分光と光渦を用いた角度計測におけるトポロジカルチャージによる測定レンジの拡大
3. 学会等名 第20回レーザー学会東京支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白川 正之, 足立 拓斗, 浅原 彰文, 徳永 英司, 美濃島 薫
2. 発表標題 偏光変調コムを利用した円二色性計測システムの開発と評価
3. 学会等名 OPJ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田切 雄介, 足立 拓斗, 浅原 彰文, 石橋 爾子, 波多野 智, 美濃島 薫
2. 発表標題 デュアルコム分光法を用いた磁性材料評価装置の開発
3. 学会等名 OPJ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 足立 拓斗, 浅原 彰文, 小田切 雄介, 白川 正之, 石橋 爾子, 波多野 智, 徳永 英司, 美濃島 薫
2. 発表標題 デュアルコム分光法による固体材料の複素テンソルスペクトル計測
3. 学会等名 OPJ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Adachi, A. Asahara, Y. Odagiri, M. Shirakawa, M. Ishibashi, S. Hatano, E. Tokunaga, and K. Minoshima
2. 発表標題 Dual-comb spectroscopy for direct measurement of solid-state optical response
3. 学会等名 Irago conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 足立 拓斗, 浅原 彰文, 小田切 雄介, 白川 正之, 石橋 爾子, 波多野 智, 徳永 英司, 美濃島 薫
2. 発表標題 複素テンソル評価に向けたデュアルコム固体分光法の高度化
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会予稿集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅原彰文, 足立拓斗, 美濃島薫
2. 発表標題 デュアル光渦コム分光法によるOAM検出性能の高度化
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会予稿集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidenori Koresawa, Kyuki Shibuya, Akifumi Asahara, Takeo Minamikawa, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Combination of lock-in detection with dual-comb spectroscopy
3. 学会等名 CLEO:2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akifumi Asahara, Takuto Adachi, Yue Wang, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Orbital Angular Momentum-resolved Dual-comb Spectroscopy towards Topological Material Studies
3. 学会等名 CLEO:2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Odagiri, Akifumi Asahara, Takuto Adachi, Masayuki Shirakawa, Yue Wang, Chikako Ishibashi, Satoshi Hatano, Eiji Tokunaga, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Development of Dual-Comb Faraday Effect Measurement Equipment
3. 学会等名 ALPS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuto Adachi, Akifumi Asahara, Yusuke Odagiri, Masayuki Shirakawa, Yue Wang, Chikako Ishibashi, Satoshi Hatano, Eiji Tokunaga, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Dual-comb Spectroscopy Technique for Magneto-optic Effect Measurements
3. 学会等名 ALPS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akifumi Asahara, Takuto Adachi, Yue Wang, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Rapid Characterization of Orbital Angular Momentum Spectrum of Arbitrary Optical Vortex using Dual-comb Spectroscopy
3. 学会等名 ALPS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南川 丈夫
2. 発表標題 光コムを用いた分光エリプソメトリー法
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南川 丈夫
2. 発表標題 ノーベル賞から見るバイオメディカルイメージングの潮流
3. 学会等名 バイオエンジニアリング部門若手講演交流会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Shota Nakano, Eiji Hase, Takahiko Mizuno, Hirotsugu Yamamoto, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Fourier transform spectroscopic optical microscopy using dual-comb spectroscopic technique
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Takashi Masuoka, Takashi Ogura, Yoshiaki Nakajima, Yoshihisa Yamaoka, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Static and dynamic strain sensing over 3.5 kHz with fiber-based optical frequency comb cavity
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeo Minamikawa, Takashi Masuoka, Takashi Ogura, Yoshiaki Nakajima, Yoshihisa Yamaoka, Kaoru Minoshima, and Takeshi Yasui
2. 発表標題 Photo-acoustic sensing with fiber-based optical frequency comb cavity
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野 祥汰, 南川 丈夫, 長谷 栄治, 浅原 彰文, 水野 孝彦, 山本 裕紹, 美濃島 薫, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型光コム顕微鏡による偏光計測
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福池 悠人, 南川 丈夫, 中野 祥汰, 塩見 涼介, 長谷 栄治, 山本 裕紹, 安井 武史
2. 発表標題 空間/波長変換を用いたワンショット共焦点顕微鏡による生体組織観察への応用
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野 祥汰, 南川 丈夫, 長谷 栄治, 浅原 彰文, 水野 孝彦, 山本 裕紹, 美濃島 薫, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型光コム顕微鏡の開発
3. 学会等名 LED総合フォーラム2019 in 徳島
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福池 悠人, 南川 丈夫, 中野 祥汰, 塩見 涼介, 長谷 栄治, 安井 武史
2. 発表標題 空間/波長変換を用いたワンショット共焦点顕微鏡の開発と角膜組織診断への応用
3. 学会等名 LED総合フォーラム2019 in 徳島
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩見 涼介, 南川 丈夫, 麻植 凌, 安井 武史
2. 発表標題 擬似ライン照明型ラマン散乱顕微鏡による無染色分子イメージング
3. 学会等名 LED総合フォーラム2019 in 徳島
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩見 涼介, 南川 丈夫, 麻植 凌, 谷口 一徹, 安井 武史, 太田 博文
2. 発表標題 マルチモーダル分光計測を用いた茶葉に与える抹茶製法の影響分析
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野 祥汰, 南川 丈夫, 長谷 栄治, 浅原 彰文, 水野 孝彦, 山本 裕紹, 美濃島 薫, 安井 武史
2. 発表標題 レーザー走査型共焦点光コム分光顕微鏡の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

徳島大学ポストLEDフォトンクス研究所 南川グループWebサイト https://femto.me.tokushima-u.ac.jp/member/minamikawa/

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	浅原 彰文 (ASAHARA Akifumi) (00770091)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・助教 (12612)	

6. 研究組織（つづき）

	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	安井 武史 (YASUI Takeshi) (70314408)	徳島大学・ポストLEDフォトンクス研究所・教授 (16101)	

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