

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04350

研究課題名(和文)新しい生体画像化技術を用いたマルチコントラスト三次元眼イメージング装置の開発

研究課題名(英文)Development of multicontrast three-dimensional ocular imaging system using novel bioimaging techniques

研究代表者

大鹿 哲郎(Oshika, Tetsuro)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：90194133

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：眼組織の形状だけではなく、組織の質的情報を評価できる新しい光干渉断層計を開発した。光信号を眼に照射して得られる偏光情報を解析することにより、眼組織におけるコラーゲン線維の変性や組織強度の変化を、in vivoで検出することができる。本装置を試作し、指定管理医療機器(クラスII)の認証を得た上で、ヒト眼での測定を開始した。早期円錐角膜眼や緑内障に対する濾過手術後眼において、これまでに得られることのなかった新たな知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

眼の形状を検査する方法はこれまでに様々なものが開発されてきたが、眼の組織の質的变化や強度といった情報を、in vivoにおいて非侵襲で評価する方法はこれまでに無かった。多くの眼疾患は、組織のコラーゲンが変性して生じたり、強度が変化することが発症の引き金になる。眼に対する手術後の評価でもこういった情報は重要である。我々は新しい光干渉断層計を開発し、世界に先駆けてヒト眼の前眼部疾患に応用することにより、種々の知見を得ている。

研究成果の概要(英文)：We developed a novel multicontrast three-dimensional ocular imaging system using original bioimaging techniques. By analyzing the phase retardation of incident light signals into the eye, the device can conduct in vivo evaluation of collagen fiber degeneration and changes in tissue strength of the eye. The test model was engineered and registered as a designated management medical equipment (class II). New findings were obtained in human eyes with early keratoconus and after glaucoma filtering surgery.

研究分野：眼科学

キーワード：光干渉断層計 OCT 偏光感受型 複屈折 phase retardation 円錐角膜 濾過胞 線維化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

光干渉断層計 (OCT, optical coherent tomography) は三次元の眼組織トモグラフィーであり、その簡便さと非侵襲性から広く眼科診断で用いられている。しかし、OCT は前眼部や眼底などの組織形態しか可視化することができず、疾患の前駆状態である組織の微小構造の変化や、繊維組織・色素分布の軽微な異常を捉えることはできない。つまり、OCT は簡便・非侵襲であるためほぼ全例に適用することができる一方、極初期の病変や確定診断に十分な情報を提供できていない。眼疾患の多くは早期発見することにより、進行を抑制したり、治癒させたりできる可能性が高まる。また、手術などの治療効果の判定においても、術後経過における変化を早期に検出することにより、手術成績の向上や再手術リスクの軽減を図ることができる。高齢化社会を迎え、眼疾患を有する患者が激増している現在、非侵襲、非接触、簡便で、リスクの少ない眼科検査法の開発が求められている。

2. 研究の目的

筑波大学眼科と筑波大学数理物質科学研究科が共同し、新しい概念に基づく OCT である Jones matrix OCT 方式を用いた、マルチコントラスト (マルチモダリティ) 前眼部イメージングシステムの開発、臨床実用化を行う。この装置は非侵襲で眼の形態異常、コラーゲン線維組織異常、強度異常、色素異常を定量計測することができる。すなわち、従来は数種類程度の別々の装置での検査が必要であったものを、1 種類の装置で置き換えることが出来るのみならず、従来法を上回る高い検出力と診断能力をもった検査である。本法を用いて、円錐角膜眼の極早期変化や、緑内障に対する手術後の濾過胞の変化、翼状片の進行状況を非侵襲で観察し、新しい知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) フル機能版マルチコントラスト眼底イメージャー試作機

Jones matrix OCT 原理に基づいたフル機能版マルチコントラスト OCT の製品化可能なプロトタイプを開発する。ここで作成される装置は、非侵襲で以下のコントラストの三次トモグラフィーを計測可能なトモグラフィーを撮影する装置である。散乱係数分布、三次元アンギオグラフィー、複屈折トモグラフィー (コラーゲン分布)、偏光均一性トモグラフィー (メラニン分布)。要素技術モジュール (偏光検出モジュール、偏光多重化モジュール) を開発し、筑波大学開発サイトでの運用を前提としたエンジニアリングプロトタイプを作製する。また外部医療サイトでの稼働を前提とした安定型プロトタイプを試作し、評価する。同時に、組織特性の定量計測を可能とする解析アルゴリズムを開発する。このモデルは、技術的にはほぼそのままの構成での臨床実用化 (商業化) 可能なレベルを目指す。

(2) Phase retardation 評価の数値化と精緻化

従来、OCT による生体計測は反射信号による評価や、複屈折の擬似カラー化による質の評価が行われてきたのみで、定量的な指標は存在しなかった。本プロジェクトでは、phase retardation を数値化し、組織の質の評価をさらに精緻化する試みを行う。

線維柱帯切除後の濾過胞を従来の OCT と偏光 OCT 同時に 5 ライン測定する。得られた画像を ImageJ ソフト (National Institutes of Health, MD) で解析し、phase retardation value を算出する。また、濾過胞に様々な画像処理を施すことにより、fibrosis score を算出。これらのパラメータと、従来の OCT で評価される濾過胞内部形状に関する因子や、眼圧や点眼薬種類などの臨床因子との関連を、多数例にて解析する。phase retardation value や fibrosis score の臨床的意義、正当性を評価する。

(3) 眼組織変化との対応付け

Jones matrix OCT 測定値と組織強度因子の関係を詳細に検討する。動物眼強膜を切り出した試料において、組織に外力を与えたときの変形・異方性を測定。測定試料の機械特性と複屈折、およびヤング率、組織硬度の関係を調べる。通常のレオロジーでは対象となる組織に直接機械的な負荷を加え、それに対する反応を見ることで組織の機械特性を計測する。生体の眼球組織に直接機械的な負荷をかけることは難しいことから、本研究では光レオロジーと呼ばれる概念のもと、組織に直接的な機械負荷を加えることはせず、組織の複屈折を計測することでその機械特性を類推する方法を確立する。ここでは組織の複屈折が光の波長程度の組織の微小構造により発生していることを積極的に利用し、その微小構造により決定される組織の機械特性を間接的に計測する。

(4) フル機能版マルチコントラストイメージャーの臨床評価

マルチコントラストイメージャーの測定を正常眼及び種々の眼疾患患者において行い、臨床的有用性を評価する。本装置の測定を、正常眼を含めたヒト眼で行い、設定の最適化を行うと共に、従来の非侵襲的検査法と比較する。臨床評価によってデータを蓄積すると

共に、円錐角膜眼、緑内障に対する濾過手術後眼、翼状片眼における診断精度の向上、初期前駆病変の発見精度向上をはかる。組織の質に関する新たなインデックスを作成し、その臨床的有用性を各種疾患で検証する。

(5) 角膜の偏光位相差を可視化することにより、組織の光学的特性のひとつである複屈折性を評価する。正常眼における年齢変化、眼疾患による特徴的变化を解析する。

4. 研究成果

(1) Jones matrix 方式を用いた偏光感受型 OCT の臨床試作機を作成し、ヒト眼に最適化しつつ改良を行い、engineering model (EM 機) を完成させた。メーカーと協力して EM 機の完成度を高め、指定管理医療機器 (クラス II) 認証を得た。装置を眼科外来に設置し、臨床データの取得を開始した。

(2) 偏光感受型 OCT で翼状片の局所複屈折を可視化・評価した。初発翼状片患者を対象に、Jones matrix を用いて局所位相遅延量から局所複屈折を抽出した。切除術を行った症例でヘマトキシリン・エオジン (HE) 染色を用いて翼状片組織の病理学的検討を行い、偏光 OCT 画像と比較した。全症例で翼状片内部の局所複屈折が上昇していた。en face 画像では翼状片増殖組織が角膜中央へ向かうベクトルに一致して、強い局所複屈折を示す帯状の領域を認めた。翼状片組織の HE 染色では、偏光 OCT で強い局所複屈折を示す領域に一致して、変性した弾性線維を認めた。偏光 OCT を用いて翼状片の局所複屈折を評価することで、非侵襲的に、翼状片内部の線維化の程度や増殖組織の範囲を可視化できる可能性が示された。

(3) 緑内障手術後の濾過胞における線維化を偏光 OCT で定量化し、経時変化および眼圧コントロールとの関連を調べた。緑内障濾過手術後眼を対象とした。術後 1 週、1, 3, 6 ヶ月で、眼圧の測定および偏光 OCT の撮影を行った。偏光 OCT で得られた濾過胞の複屈折断層像から高複屈折領域の割合を算出し、線維化スコア (%) とした。術後 1 ヶ月以降、眼圧 15 mmHg 以内を維持できたか否かで経過良好群と不良群に分類し、眼圧および線維化スコアの経時変化を評価した。線維化スコアは術後 1 週、1, 3, 6 ヶ月において良好群で 17.2, 18.1, 18.1, 19.7%, 不良群で 15.8, 21.7, 34.9, 36.0% であった。良好群では線維化スコアの上昇は見られず、不良群では 1 ヶ月以降で線維化スコアが有意に上昇した ($P < 0.05$)。線維化スコアは眼圧コントロールに関連しており、組織の線維化を他覚的・定量的に表していると考えられた。

(4) シュレム管や集合管といった房水流出組織は従来生体での観察を行った。phase retardation を数値化し、組織の質の評価をさらに精緻化する試みを行った。線維柱帯切除後の濾過胞を従来の OCT と偏光 OCT 同時に 5 ライン測定。得られた画像を ImageJ ソフトで解析し、phase retardation value を算出。濾過胞に様々な画像処理を施すことにより、fibrosis score を算出。これらのパラメータと、従来の OCT で評価される濾過胞内部形状に関する因子や、眼圧や点眼薬種類などの臨床因子との関連を、多数例にて解析した。phase retardation value や fibrosis score の臨床的意義、正当性を評価した。これらの評価を正常眼および緑内障術後眼のみならず、円錐角膜眼でも行い、定量的指標の妥当性について検討した。概ね、臨床的な重症度や病気進行程度を良く反映したものであり、絶対値の正当性はまだ確立していないものの、相対値としては有用な指標が得られていると考えられた。

(5) 円錐角膜眼においては、従来の検査方法 (スリットランプ、形状解析検査、波面解析検査) で明らかな異常が検出できない早期眼 (forme fruste keratoconus の対側眼) において、角膜実質のコラーゲン線維が正常であるかどうか、また、角膜形状異常の進行と角膜実質強度の変化の間の相関を検討した。

(6) 角膜の偏光位相差の分布を解析したところ、正常角膜の右眼では低複屈折領域が L 字型に、左眼では逆 L 字型に分布しており、年齢に依らず概ね一定のパターンを呈した。角膜中心 3mm 領域の平均偏光位相差は若年群 $23.7 \pm 6.3^\circ$ に対して、中高年群では $29.3 \pm 7.5^\circ$ と有意に高値であった ($P < 0.05$)。

円錐角膜では正常角膜で見られた規則性が乱れ、中心からやや下方に位相差の大きい部位が混在する症例を多く認めた。特に角膜混濁を伴うような重症例ではより顕著であった。中心 3mm 領域の偏光位相差の平均値は正常眼の $25.8 \pm 6.7^\circ$ に比して、円錐角膜眼では $40.7 \pm 18.6^\circ$ と有意に高値であった ($P < 0.05$)。

正常眼と円錐角膜眼の平均偏光位相差を比較したところ、6mm 径の撮影で正常眼 29.8° 、円錐角膜 31.7° で有意差はなく、12mm の撮影では正常眼 28.0° に対して円錐角膜 36.2° と有意に高値であった ($P < 0.05$)。繰り返し精度は 6mm 径の撮影で正常眼 1.60° に対して円錐角膜 3.13° と有意に高値であり ($P < 0.05$)、12mm では正常眼 1.03° 、円錐角膜 1.27° と有意差はなかった。

(7) 新たに3台の前眼部 JM-OCT を完成させ、1号機との互換性を確認した。協力施設である金沢大学、宮田眼科病院、みなとみらいクリニックに設置して多施設共同研究を開始した。それぞれの施設での倫理委員会の承認を得ている。

筑波大学において、正常角膜・円錐角膜・円錐角膜傍眼の偏光位相差の比較を行ったところ、角膜厚を考慮したパラメータを用いることで正常眼と円錐角膜眼の重複した分布を明瞭にし、円錐角膜の持つ光学的特徴を強調することが可能であることが分かった。また、高深達 OCT 機能により前部硝子体膜の観察を行い、前部硝子体剥離膜の有無が検出可能であること、さらに白内障手術前に検出しておくことの重要性を見出した。

金沢大学では円錐角膜、角膜移植後眼、緑内障術後眼の測定を行った。宮田眼科では、円錐角膜、角膜クロスリンク前後、緑内障術後眼の測定を行った。みなとみらいクリニックでは、屈折矯正手術前のスクリーニング、角膜クロスリンク前後の測定を行った。円錐角膜眼においては、従来の検査方法（スリットランプ、形状解析検査、波面解析検査）で明らかな異常が検出できない早期眼（forme fruste keratoconus の対側眼）において、角膜偏光特性が正常であるかどうか検討した。また、角膜形状異常の進行と角膜実質強度の変化の間の相関を検討した。クロスリンクによって角膜の偏光、コラーゲン線維の性質がどのように変化するか検討した。緑内障術後眼においては、濾過胞の偏光変化を経時的に観察し、術後どの時点から結膜及び強膜に癒着が生じるのか、その予防法あるいは遅延法、眼圧上昇との関連についてデータを解析した。

(8) *in vitro* において、OCT によるダイナミックイメージングにて tumor spheroids の経時変化や薬剤反応を観察可能であることを示した。また、Jones Matrix OCT による多コントラスト・イメージングにより肝臓微細血管構造が *ex vivo* で描出可能であることを示した。

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 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Fukuda S, Ueno Y, Fujita A, Mori H, Tasaki K, Murakami T, Beheregaray S, Oshika T	4. 巻 258
2. 論文標題 Comparison of anterior segment and lens biometric measurements in patients with cataract	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol	6. 最初と最後の頁 137-146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00417-019-04482-0	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 Mukherjee P, Miyazawa A, Fukuda S, Yamashita T, Abd El-Sadek IG, Makita S, Oshika T, Yasuno Y	4. 巻 9 March 2021
2. 論文標題 Volumetric multi-contrast dynamics imaging for ex vivo liver microvasculature activity visualization using Jones matrix optical coherence tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings Volume 11630, Optical Coherence Tomography and Coherence Domain Optical Methods in Biomedicine XXV	6. 最初と最後の頁 online only
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2577994	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 Fukuda S, Fujita A, Kasaragod D, Beheregaray S, Ueno Y, Yasuno Y, Oshika T	4. 巻 8
2. 論文標題 Comparison of intensity, phase retardation, and local birefringence images for filtering blebs using polarization-sensitive optical coherence tomography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci Rep	6. 最初と最後の頁 7519
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-018-25884-w	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 Hasegawa Y, Hiraoka T, Nakano S, Okamoto F, Oshika T	4. 巻 13
2. 論文標題 Effects of astigmatic defocus on binocular contrast sensitivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0202340
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0202340	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 Akiyama T, Inoko A, Kaji Y, Yonemura S, Kakiguchi K, Segawa H, Ishitsuka K, Yoshida M, Numata O, Leproux P, Couderc V, Oshika T, Kano H	4. 巻 7
2. 論文標題 SHG-specificity of cellular Rootletin filaments enables naive imaging with universal conservation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sci Rep	6. 最初と最後の頁 39967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep39967	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 Kaji Y, Akiyama T, Segawa H, Oshika T, Kano H	4. 巻 36
2. 論文標題 Raman microscopy: A noninvasive method to visualize the localizations of biomolecules in the cornea	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cornea	6. 最初と最後の頁 S67-S71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/ICO.0000000000001369	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 Horiuchi T, Mihashi T, Fujikado T, Oshika T, Asaka K	4. 巻 26
2. 論文標題 Voltage-controlled IPMC actuators for accommodating intra-ocular lens systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Smart Materials and Structure	6. 最初と最後の頁 online
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 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 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Mukherjee P, Miyazawa A, Fukuda S, Yamashita T, Abd El-Sadek IG, Makita S, Oshika T, Yasuno Y
2. 発表標題 3D label-free dynamics imaging of liver microvasculature by optical coherence microscopy
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田亜佳里, 上野勇太, 福田慎一, 大鹿哲郎
2. 発表標題 角膜厚を考慮した正常角膜・円錐角膜・円錐角膜僚眼の偏光位相差の比較
3. 学会等名 第74回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田慎一, 森 悠大, 上野勇太, 藤田亜佳里, 長谷川優実, 平岡孝浩, 大鹿哲郎
2. 発表標題 高深達前眼部OCTによる前部硝子体剥離の観察
3. 学会等名 第74回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 悠大, 福田慎一, 上野勇太, 藤田亜佳里, 長谷川優実, 平岡孝浩, 大鹿哲郎
2. 発表標題 CASIA2による核硬度評価と白内障手術リスクとの関連
3. 学会等名 第74回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲福勇仁, 長谷川優実, 大鹿哲郎
2. 発表標題 複数の機器で測定した角膜乱視の比較
3. 学会等名 第74回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Palchunova K, 三橋俊文, 三野聡大, Liu J, 平岡孝浩, 長谷川優実, 大鹿哲郎
2. 発表標題 OCT with auto-alignment function: fundus shape model for myopia screening
3. 学会等名 第56回日本眼光学学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野勇太, 高木星宇, 大鹿哲郎
2. 発表標題 前眼部OCTを使用した蛋白質溶液および標準粒子溶液の定量評価
3. 学会等名 第124回日本眼科学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野勇太, 森 悠大, 福田慎一, 大鹿哲郎
2. 発表標題 偏光OCTで測定した角膜偏光位相差の加齢変化の検討
3. 学会等名 角膜カンファランス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 悠大, 上野勇太, 福田慎一, 大鹿哲郎
2. 発表標題 偏光OCTを用いた角膜偏光位相差測定ソフトの繰り返し精度の検討
3. 学会等名 角膜カンファランス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木星宇, 上野勇太, 星 崇仁, 大鹿哲郎
2. 発表標題 CASIA2を用いたタンパク質溶液および標準粒子溶液の定量評価
3. 学会等名 第51回筑波大学眼科集談会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田亜佳里, 上野勇太, 阿部里沙, 山成正宏, 大鹿哲郎
2. 発表標題 速広画角偏光OCTで撮影した正常眼と円錐角膜の偏光位相差の比較
3. 学会等名 第73回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井寛紀, 上野勇太, 藤田亜佳里, 山成正宏, 大鹿哲郎
2. 発表標題 高速広画角偏光OCTを使用した緑内障術後濾過胞の局所複屈折の評価
3. 学会等名 第73回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mukherjee P, Abd El-Sadek IG, Miyazawa A, Shen LTW, Fukuda S, Yamashita T, Oka Y, Matsusaka S, Oshika T, Kano H, Yasuno Y
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 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Abd El-Sadek IG, Miyazawa A, Shen LTW, Fukuda S, Yamashita T, Oka Y, Mukherjee P, Makita S, Matsusaka S, Oshika T, Kano H, Yasuno Y
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 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li E, Ueno Y, Makita S, Oshika T, Yasuno Y
2. 発表標題 Simultaneous imaging of scleral birefringence and biomechanics by Jones matrix optical coherence elastography
3. 学会等名 2018 ARVO Imaging in the Eye Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiraoka T, Kiuchi G, Ueno U, Oshika T
2. 発表標題 An attempt to determine normal range of corneal higher-order aberrations
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mihashi T, Hirohara Y, Morishima S, Mori H, Hiraoka T, Okamoto F, Oshika T
2. 発表標題 Transparency distribution of cataractous crystalline lens from analysis of images obtained by a Shack-Hartmann wavefront aberrometer
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野勇太, 藤田亜佳里, 高橋尚子, 阿部里沙, 大鹿哲郎
2. 発表標題 CASIA2を使用した嚢内固定されている眼内レンズ度数の推測
3. 学会等名 第72回日本眼科臨床眼科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田亜佳里, 上野勇太, 高橋尚子, 阿部里沙, 大鹿哲郎
2. 発表標題 CASIA2を使用した3種類の眼内レンズ形態の比較
3. 学会等名 第72回日本眼科臨床眼科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kasaragod D, Makita S, Ueno Y, Hoshi S, Fukuda S, Oshika T, Yasuno Y:
2. 発表標題 Evaluation of filtration surgery outcome using multi contrast anterior eye segment Jones matrix optical coherence tomography
3. 学会等名 BIOS 2017 - Ophthalmic Technologies XXVII (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kasaragod D, Fujita A, Makita S, Ueno Y, Hoshi S, Okubo T, Oshika T, Yasuno Y
2. 発表標題 Birefringent imaging of limbal region using Jones matrix optical coherence tomography
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hoshi S, Kasaragod D, Ueno Y, Fujita A, Fukuda S, Yasuno Y, Oshika T
2. 発表標題 Visualization of depth-localized birefringence of pterygium using polarization sensitive optical coherence tomography
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tasaki K, Ueno Y, Kasaragod D, Hoshi S, Fujita A, Okubo T, Fukuda S, Yasuno Y, Oshika T
2. 発表標題 Evaluation of fibrosis in filtering bleb before and after needling revision using polarization-sensitive optical coherence tomography: two case reports
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ueno T, Kasaragod K, Hoshi S, Fujita A, Okubo T, Fukuda S, Yasuno Y, Oshika T
2. 発表標題 Longitudinal changes in the fibrosis score of filtering bleb using polarization-sensitive optical coherence tomography
3. 学会等名 Association for Research in Vision and Ophthalmology 2017 (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	安野 嘉晃 (Yasuno Yoshiaki) (10344871)	筑波大学・医学医療系・教授 (12102)	

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	岡本 史樹 (Okamoto Fumiki) (30334064)	筑波大学・医学医療系・講師 (12102)	
研究 分 担 者	平岡 孝浩 (Hiraoka Takahiro) (30359575)	筑波大学・医学医療系・准教授 (12102)	
研究 分 担 者	加治 優一 (Kaji Yuichi) (50361332)	筑波大学・医学医療系・研究員 (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