

平成 22 年 4 月 9 日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19390439
 研究課題名(和文) 高速 Swept Source 光干渉断層計の開発と前眼部の 3 次元・定量的解析
 研究課題名(英文) Development of high-speed swept source optical coherence tomography system and three-dimensional analysis of anterior eye segment structure

研究代表者 大鹿 哲郎 (OSHIKA TETSURO)
 筑波大学・大学院人間総合科学研究科・教授
 研究者番号：90194133

研究成果の概要(和文)：眼の前部(前眼部)の内部構造を非接触で立体的に観察できる世界初の前眼部三次元 OCT (optical coherence tomography, 光干渉断層計)を開発した。本機は世界最速かつ最精密であり、従来にない高い深達度を有するリアルタイム三次元 OCT として臨床応用が開始された。本装置を用い、前房隅角部の定性的観察および定量的解析、緑内障手術後の濾過胞の内部構造の解析、前房深度や前房容積パラメーターの定量的解析、角膜形状解析などを非接触で詳細に行った。

研究成果の概要(英文)：We developed the world's first three-dimensional optical coherence tomography (OCT) which enables non-invasive stereoscopic observation of the inner structures of the anterior eye segment. We have started clinical application of this instrument as the fastest anterior segment OCT with ability to perform minute examination of the ocular tissue with deeper penetration. Non-contact investigations were conducted in areas such as qualitative and quantitative analysis of the anterior chamber angle, observation of the inner structure of the conjunctival bleb after glaucoma filtering surgery, quantitative analysis of anterior chamber depth and volume parameters, and assessment of corneal topography.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2008 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：眼科学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・眼科学

キーワード：光干渉断層計, OCT, 前眼部, Swept source

1. 研究開始当初の背景

研究開始当時、眼科用の OCT (optical coherence tomography, 光干渉断層計)としては、眼底用の time domain OCT があったが、基本的に点計測システムであることから、

断層画像を得るために非常に長い計測時間が必要であった。また、眼組織の観察において深達度が不十分であり、網膜を含む表層部分の観察に限られてきた。新世代の Fourier domain OCT テクノロジーは線計測システ

ムであり、高速測定が可能である。この理論を用いた新しい前眼部 OCT の開発が求められていた。

2. 研究の目的

世界最速で、最も精密な、前眼部 OCT を作製し、従来にない高い深達度を有するリアルタイム三次元 OCT として臨床応用することを目的とした。これにより、前眼部から結膜下、隅角、毛様体までの眼組織を、表面から内部構造まで、非侵襲・非接触で、精密かつ立体的に観察できるようになる。

3. 研究の方法

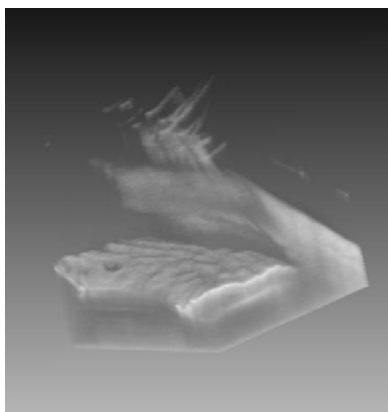
波長走査光源（レーザー）と Mach-Zehnder 干渉計を組み合わせ、種々のノイズ解析およびバランス・非バランス検出により swept source OCT の精度を高めることによって、前眼部解析用の OCT システムを構築した。

Swept source OCT には従来、広帯域・高速走査光源が少ない、830nm 帯域の光源がないなどの欠点があったが、中心波長 1.3 μm 波長走査光源を採用することにより、それらの欠点を克服した。このプロトタイプを正常ヒト篤志者眼で最適化し、精度を上げた。また種々の画像解析ソフトを開発し、前眼部構造の定量的解析に応用した。

4. 研究成果

(1) 世界初の前眼部三次元 OCT として完成し、種々の臨床応用を行った。

(2) 通常は角膜に直接接触する接触レンズを用いた観察が必要な前房隅角を、初めて非接触・非侵襲で三次元的に観察できるようになった。360 度全周にわたって、任意の方向から立体的に観察することができる。外傷性隅角解離眼において、受傷の程度を非接触で観察することが可能であった。

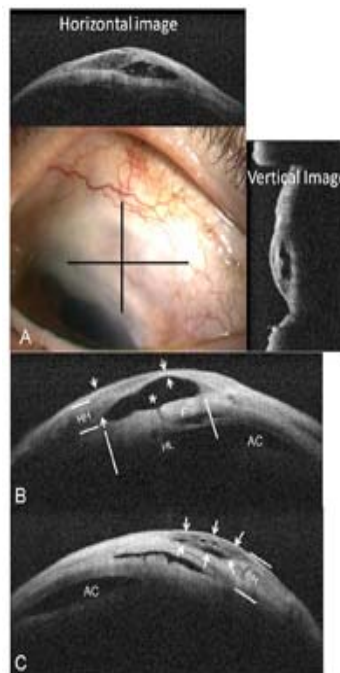


また、強膜岬及び線維柱帯の検出力を上げ、従来の侵襲的な隅角鏡検査に代わり、非侵襲的で簡便な隅角スクリーニング方法として確立することを目指した。

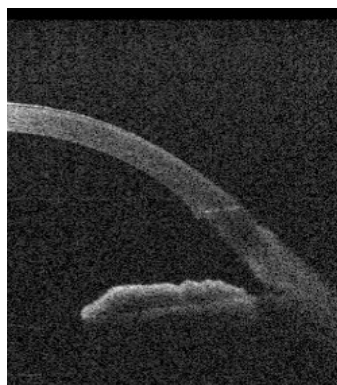
(3) 前房深度、前房容積、角膜厚を測定するソフト、前房隅角に関する各種パラメーター、AOD (angle opening distance), ACA (anterior chamber angle), ARA (angle recess area), TISA

(trabecular iris space area) を自動計算できるソフトの開発を行った。それらのパラメーターについては、Scheimpflug カメラ（ペンタカム）、スリットスキャン型角膜形状解析装置、超音波測定器機との比較を行い互換性を統計学的に検討するとともに、測定の再現性を評価した。

(4) 緑内障に対して濾過手術を行った眼において、術後の濾過胞の内部構造を非侵襲・非接触で解析できるようになった。濾過胞内の房水貯留部分を明示し、その容積を算出するとともに、良好に機能している濾過胞の内部構造における特徴を明らかにした。

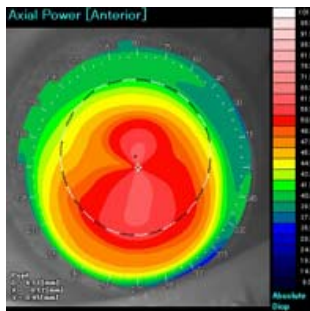


(5) 透明角膜切開による白内障手術後の創口の形状およびその安定性、さらには stromal hydration の術後短中期的な影響について、三次元的に解析を行った。

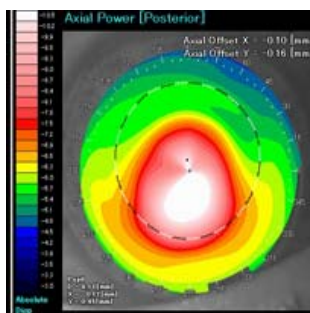


(6) 角膜形状解析機能を開発し、装置のさらなる多機能化を図った。この角膜形状解析機能は、涙液の状態に影響を受けない点で従来のビデオケラトグラフィーより優れており、

円錐角膜や角膜移植後眼などの不正乱視眼での測定に威力を発揮することが判った。また、角膜前面のみならず、後面の形状も正確に描写することができる。



角膜前面マップ



角膜後面マップ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① Kawana K, Kiuchi T, Yasuno T, Oshika T: Evaluation of trabeculectomy blebs using 3-dimensional cornea and anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2009;116:848-855, 査読有り
- ② Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T: Anterior ocular biometry using 3-dimensional optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2009;116: 882-889, 査読有り
- ③ Yasuno Y, Yamanari M, Kawana K, Oshika T, Miura M: Investigation of post-glaucoma-surgery structures by three-dimensional and polarization sensitive anterior eye segment optical coherence tomography. *Optics Express* 2009;17:3980-3996, 査読有り
- ④ Yasuno Y, Okamoto F, Kawana K, Yatagai T, Oshika T: Investigation of multifocal choroiditis with panuveitis by three-dimensional high-penetration optical coherence tomography. *J Biophotonics* 2009;2:435-441, 査読有り
- ⑤ Miura M, Kawana K, Iwasaki T, Kiuchi T, Oshika T, Mori H, Yamanari M, Makita S, Yatagai T, Yasuno Y: Three-dimensional anterior segment optical coherence tomography of

filtering blebs after trabeculectomy. *J Glaucoma* 2008;17: 193-196, 査読有り

- ⑥ Kawana K, Yasuno Y, Yatagai T, Oshika T: High-speed, swept-source optical coherence tomography: a three-dimensional view of anterior chamber angle recession. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:684-685, 査読有り
- ⑦ Miura M, Mori H, Watanabe Y, Usui M, Kawana K, Oshika T, Yatagai T, Yasuno Y: Three-dimensional optical coherence tomography of granular corneal dystrophy. *Cornea* 2007;26:373-374, 査読有り

[学会発表] (計 30 件)

- ① Miyazawa A, Yamanari M, Makita S, Miura M, Kawana K, Oshika T, Yasuno Y: Discrimination of conjunctiva and sclera by analysis of local statistics of polarization sensitive optical coherence tomography images. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2009/5/5.
- ② Nakakuki N, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T: Comparison of two- and three-dimensional anterior segment optical coherence tomography in the evaluation of anterior chamber angle structures and parameters in two- and three-dimensional anterior segment optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2009/5/5
- ③ Yasuno Y, Kawana K, Yamanari M, Miura M, Fukuda S, Oshika T: Improved visualization of trabecular meshwork by polarization sensitive optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2009/5/5..
- ④ 川名啓介, 福田慎一, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部 3 次元光干渉断層計による円錐角膜の前房容積評価. 第 23 回角膜カンファレンス, 第 25 回日本角膜移植学会, 大阪市 2009/2/20.
- ⑤ Yasuno Y, Yamanari M, Kawana K, Miura M, Makita S, Oshika T: Investigation of anterior chamber angle by swept-source polarization sensitive optical coherence tomography. *BiOS* 2009/2, San Jose, USA 2009/1/20.
- ⑥ 宮井尚宏, 川名啓介, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部 3 次元光干渉断層計と Scheimpflug 型およびスリット型前眼部解析装置の比較. 第 62 回日本臨床眼科学会, 東京 2008/10/24.
- ⑦ 中嶋典子, 川名啓介, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部光干渉断層計の強膜岬検出率比較. 第 62 回日本臨床眼科学会, 東京 2008/10/24.
- ⑧ Yasuno Y, Miura M, Oshika T: Three-dimensional investigation of anterior and posterior eye by optical coherence tomography. Association for Research in Vision and

Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2008/5/1.

⑨Yamanari M, Miura M, Kawana K, Iwasaki T, Oshika T, Yasuno Y: Birefringence imaging of anterior eye by three-dimensional polarization sensitive anterior eye segment optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2008/5/1

⑩Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T: Evaluation of clear corneal incision of cataract surgery using three dimensional corneal and anterior segment optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2008/5/1.

⑪ Kawana K, Fukuda S, Sato M, Kiuchi T, Yasuno Y, Oshika T: Evaluation of trabeculectomy bleb using three dimensional cornea and anterior segment optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2008/5/1.

⑫Moriya M, Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T: Anterior segment biometry with three-dimensional swept-source optical coherence tomography, Scheimpflug camera, scanning slit topography, and ultrasound pachymetry. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2008/5/1.

⑬福田慎一, 川名啓介, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部3次元光干渉断層計による円錐角膜の急性水腫および全層角膜移植術評価. 第22回角膜カンファレンス, 第24回日本角膜移植学会, 浦安市 2008/2/28.

⑭川名啓介, 福田慎一, 平岡孝浩, 大鹿哲郎, 安野嘉晃: 前眼部3次元光干渉断層計による2種類の抗緑内障薬点眼後の涙液動態解析. 第22回角膜カンファレンス, 第24回日本角膜移植学会, 浦安市 2008/2/28.

⑮福田慎一, 川名啓介, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部3次元光干渉断層計による翼状片評価. 第31回日本眼科手術学会, 横浜市 2008/2/1.

⑯川名啓介, 福田慎一, 森谷充雄, 木内貴博, 安野嘉晃, 大鹿哲郎: 前眼部3次元光干渉断層計によるレーザー虹彩切開術前後評価. 第31回日本眼科手術学会, 横浜市 2008/2/1.

⑰Kawana K, Oshika T, Yasuno T, Yatagai T: Clinical application of high-speed swept-source three dimensional optical coherence tomography for analyzing anterior eye segments after glaucoma surgery. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2007/5/7.

⑱Takahashi K, Kawana K, Oshika T: Anterior chamber angle assessment using anterior segment

optical coherence tomography, ultrasound biomicroscopy, and rotating Scheimpflug camera. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2007/5/7.

⑲Iwasaki T, Miura M, Yamanari M, Watabnabe T, Mori H, Elsner AE, Kawana K, Oshika T, Yatagai T, Yasuno Y: Imaging polarimetry in anterior segment disorders with polarization-sensitive Fourier domain optical coherence tomography. Association for Research in Vision and Ophthalmology, Fort Lauderdale, Florida, USA 2007/5/7.

⑳Miura M, Yamanari M, Watabnabe Y, Mori H, Iwasaki T, Elsner AE, Kawana K, Oshika T, Yatagai T, Yasuno Y: Polarization-sensitive Fourier domain optical coherence tomography for the imaging the anterior segment disorder of the eyes. European Conferences on Biomedical Optics 2007, Munich, Germany 2007/6/18.

6. 研究組織

(1)研究代表者

大鹿 哲郎 (Oshika Tetsuro)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・教授

研究者番号 : 90194133

(2)研究分担者

安野 嘉晃 (Yasuno Yoshiaki)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・助教

研究者番号 : 10344871

川名 啓介 (Kawana Keisuke)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・講師

研究者番号 : 00436271

平岡孝浩 (Hiraoka Takahiro)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・講師

研究者番号 : 30359575