

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500555

研究課題名(和文) 網膜光干渉断層画像を対象とした3次元境界面追跡法による疾患部の推定システム

研究課題名(英文) Estimation System using 3D Boundary Following on Retinal 3D OCT Image

研究代表者

鶴岡 信治 (Tsuruoka, Shinji)

三重大学・地域イノベーション学研究科・教授

研究者番号：30126982

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、網膜撮影用光干渉断層(Optical Coherence Tomography :OCT)画像を処理対象とし、眼科医の診断を支援する知的画像解析システムの開発に関する研究であり、以下の研究成果を得た。

(1) 網膜3次元OCT画像を対象に、新しい画像解析法(境界追跡法、領域拡張法)により組織異常の範囲と程度を自動検出し、疾患部の面積を推定する画像診断支援システムを作成した。

(2) 本システムは、医師が容易にOCT画像上で指示できるインタフェースを有するソフトウェアシステムであり、疾患部を医師と比較し79%の一致率で抽出できることを検証した。

研究成果の概要(英文)：This research is a research on the development of a new intelligent image processing system on retinal Optical Coherence Tomography (OCT) image using high speed OCT unit. We obtained the following research results.

(1) We constructed a new image analysis system including 3D boundary following method and region growing method on retinal 3D OCT image, and it can estimate the abnormal area and volume on a retinal tissue automatically.

(2) This system is a software system with a high usability interface on OCT image, and we confirmed the extraction accuracy (89% for age related macular degeneration, 73% for drusen, 79% for total) of an abnormal area in comparison with medical doctors using the clinical 3D OCT images.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：医用画像処理 眼科用OCT画像 パターン認識 輪郭線追跡 画像解析

### 1. 研究開始当初の背景

日本人の失明（視覚障害者）原因疾患は、第1位緑内障、第2位糖尿病網膜症、第3位網膜色素変性、第4位黄斑変性症であり、網膜の異常部位を早期発見することにより大部分の失明を防ぐことができる。OCT画像は従来の眼底画像に対し、網膜断層像が観察でき、網膜の神経階層のどの部位が異常となっているかが把握でき、網膜診断では不可欠な診断方法となりつつある。

### 2. 研究の目的

本研究は2007年に世界で初めて日本で開発された超高速撮影（0.05秒/画像）網膜撮影用光干渉断層（Optical Coherence Tomography :OCT）画像を対象とした医師の診断を支援する知的画像解析システムの開発に関する研究であり、以下の機能を実現することを目指している。

(1)OCT画像を対象に網膜層の組織異常の範囲と程度を自動検出し、疾患部の容積と組織の種類を推定する独創的な新しい診断支援システムを作成する。このシステムは、医師が容易に画像上で指示できる新しいインタフェースを有し、疾患部を医師と同レベルの精度で抽出できる独創的な3次元画像理解モデルを作成する。

(2)(1)の3次元画像理解モデルを利用し、各種のレーザー治療や投薬の効果を提示し、治療の効果を患者とその関係者に説明するインフォームド・コンセントを支援するシステムを作成する。

### 3. 研究の方法

本研究では、2次元画像で広く使用されている境界追跡法と領域拡張法を、3次元OCT画像を処理するためにソフトウェアシステムを独自に開発し、画像処理アルゴリズムを検討しながら、画像診断支援システムを発展させた。すなわち、組織異常の範囲と程度を自動検出し、疾患部の面積と容積を推定する画像診断支援システムを作成し、臨床で計測したOCT画像に対して評価実験を行った。

(1)3次元境界追跡法では、従来からの2次元単方向アクティブ・ネット法（2 Dimensional One Directional Active Net; 2D-ODAN）を3次元OCT画像に適用するために、網膜の特性を利用した制約条件を設定し、局所統計量の利用範囲を工夫し、3次元情報を利用できるように拡張した（3次元単方向アクティブ・グリッド法（3 Dimensional One Direction Active Grid; 3D-ODAG））。また実測して蓄積してある治療後の3次元OCT画像と、治療前の一部のOCT画像を使用して、治療効果を3次元立体画像で表示する新しい技術も開発した。

(2)3次元領域拡張法では、独自の3次元関心領域を設定し、境界判別条件を多数の予備実験により最適なパラメータを設定し、画像診断支援システムを作成した。

### 4. 研究成果

本研究は、網膜撮影用光干渉断層（Optical Coherence Tomography :OCT）画像を対象とした医師の診断を支援する画像診断支援システムの開発を目指した研究であり、以下のような研究成果が得られた。

#### (1)3次元境界追跡法

従来の他の研究組織の研究では、ボトムアップの手法が多かったが、本研究室では2次元エッジ抽出フィルタを用いた単方向2次元アクティブ・ネット（Two Dimensional One Directional Active Net: 2D-ODAN）を用いた網膜層境界線の抽出方法を提案し、実際の2次元OCT画像に適用されていた。しかし、その従来研究では、境界線の抽出精度は低く、医師が使用できるレベルにはなっていなかった。その理由は、網膜断層画像の隣接するOCT画像を使用しておらず、一枚のOCT画像に関してのみ画像処理をしており、適切に境界が抽出できない場合が多数見られた。そこで本研究では、一断面のOCT画像では不鮮明である境界でも、隣接する断面を利用すれば、境界の位置が明確化する場合があることに注目し、2次元アクティブ・ネットを3次元に拡張した単方向3次元アクティブ・グリッド（Three Dimensional One Directional Active Grid: 3D-ODAG）を用いて網膜層境界線の抽出方法を提案した。本研究では、網膜境界線として硝子体と網膜層の境界である内境界膜、網膜層と脈絡膜の境界である網膜色素上皮の2つの境界を抽出するシステムを開発した。

提案手法の評価として、臨床医が計測した正常例と疾患例のOCT画像（図1）を使用し、境界抽出実験を行った。

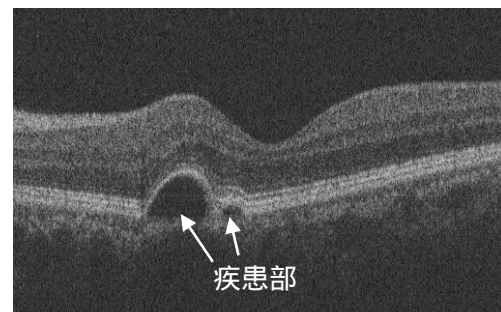


図1 網膜内の疾患部のOCT画像  
（加齢黄斑変性の疾患例、上側が硝子体で、下側が脈絡層）

その結果、提案手法を用い、内境界膜・網膜色素上皮の抽出を図3のように、従来の2次元の手法（図2）に比べ、飛躍的に高精

度で抽出でき、医師による手入力の抽出と比較して、境界線の抽出精度は約62%（2D-ODAN）から約84%（3D-ODAG）に向上し、実用レベルに近づいた。

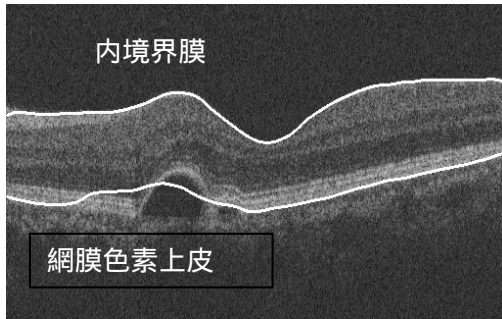


図2 2次元境界抽出法による抽出結果（内境界膜は正しく抽出できるが、網膜色素上皮は疾患部で誤動作する）

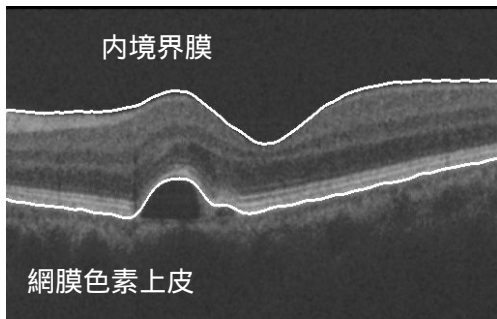


図3 3次元境界抽出法による抽出結果

（2）抽出した境界線からの3次元立体表示  
 （1）の抽出結果より、境界線が抽出できることが明確となったので、治療前と治療後のOCT画像を使用すれば、治療効果を立体表示できる可能性がある。蓄積されたOCT画像では、治療前と治療後のOCT画像が対になっていなかったために、3次元OCT画像を人工的に生成する方法を考案し、治療効果を立体表示するシステムを作成した。図4は正常な3次元OCT画像から、内境界膜を抽出した結果を立体表示した画像である。この画像に対して疾患部を持つ画像から、パラメータを目視により選択し、疾患部分を付加した3次元OCT画像から自動境界抽出した立体画像を図5に示す。

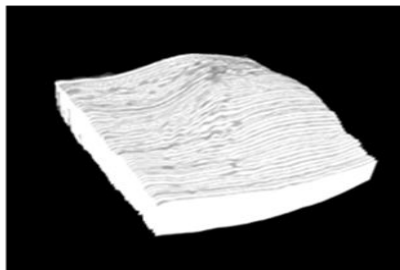


図4 OCT画像から抽出した3次元境界

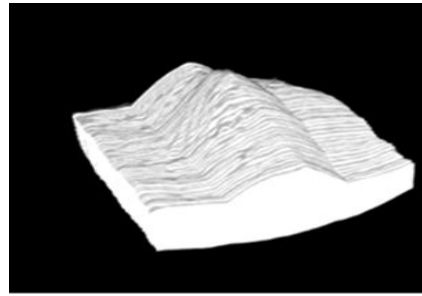


図5 図4から生成した疾患のある境界

そして、図4と図5から治療効果を表示するために差分処理した結果から立体表示した画像を図6に示す。この立体画像を見ることにより、医師だけでなく、被検者も疾患部位の変化が視覚的に見え、治療効果が明確化し、次の処置方針を立てる情報を提供することができる。

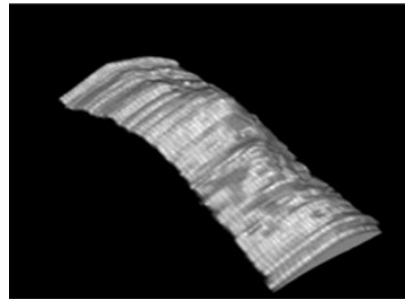


図6 図4と図5から抽出した模擬治療効果

### （3）3次元領域拡張法

医師が、2次元OCT画像上で疾患部（図7）の中の1点をマウスで指定し、その点を基に疾患領域の境界を3次元領域拡張法により、高精度で自動抽出するアルゴリズムを独自に提案し、性能評価実験の結果を報告した。

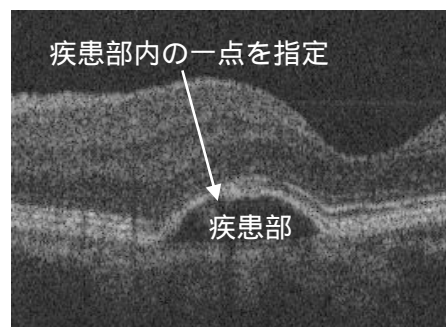


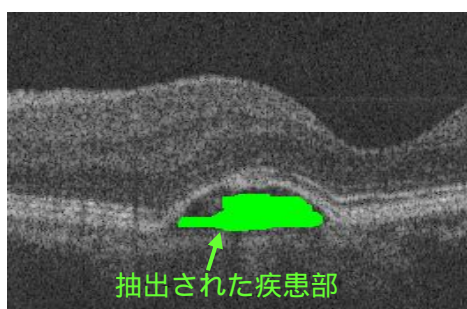
図7 OCT画像内の疾患部

従来のOCT画像に関する疾患部抽出処理アルゴリズムの研究では、2次元で疾患部の輪郭抽出を行っており、疾患部の形状は複雑であり、正確に抽出できず、臨床医から性能向上が要望されている。

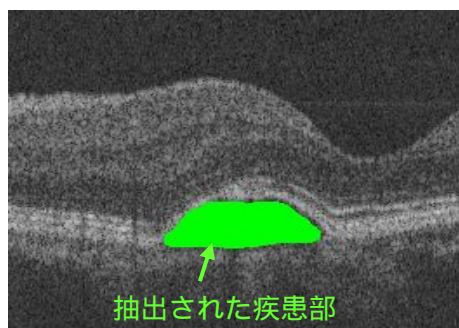
そこで、本研究では、失明の大きな原因である網膜黄斑部の疾患である加齢黄斑変性とその前兆である老廃物の固まり（ドローゼン）について、抽出精度の向上を目指

し、位置をずらして撮影した2次元画像の集合である3次元OCT画像を処理対象にした。2次元領域拡張法を3次元に拡張する場合の問題として、撮影に要する時間内の眼球は、固視微動をするので、その位置補正が重要であり、正規化相関法により位置補正を行った。そして、補正した3次元画像を対象に医師が指定した注目点(1点)に対して、3次元近傍を使用して平均と分散を使用し、3次元領域拡張法を適用し、3次元の疾患部の抽出システムを構築した。

評価実験は、実際の5名の患者から取得した3次元OCT画像(128枚×5人)を使用し、自作したソフトウェアで評価実験を行った。その結果の一例を図8に示す。抽出精度は、2次元領域拡張法で65.3%であったが、3次元領域拡張法では79.3%に向上し、本手法の有効性が示された。



(a) 2次元の領域拡張法による抽出結果



(b) 3次元の領域拡張法による抽出結果

図8 疾患部の自動抽出結果の比較

また疾患部の3次元表示(図9)を行い、医師と患者が疾患部の複雑な形状を視覚的に理解でき、インフォームド・コンセントのためのツールとなりえる。

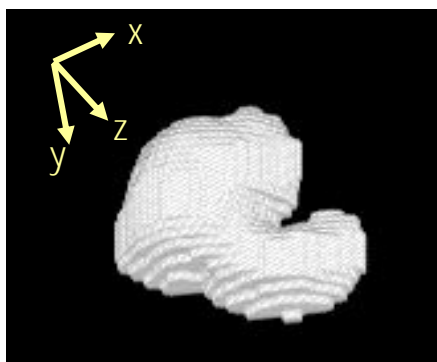


図9 疾患部の3次元表示

## 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17件)

Ngoc Anh Huyen Nguyen, Shinji Tsuruoka, Haruhiko Takase, Hiroharu Kawanaka, Hisashi Matsubara, Hisanori Yagami, Fumio Okuyama, Effect of Treatment Using 3-dimensional Disease Generating Model on Optical Coherence Tomography Images, IFMBE Proceeding (ICBME2013), Springer, 査読有, Vol.43, 2013, pp.96-99

DOI: 10.1007/978-3-319-02913-9\_25,

Nguyen Ngoc Anh Huyen, Ai Yamakawa, Dai Kodama, Shinji Tsuruoka, Hiroharu Kawanaka, Haruhiko Takase, Yukitaka Uji, Hisashi Matsubara, Fumio Okuyama, Disease Generating Model for 3D Display of the Effect of Treatment on 3D Optical Coherence Tomography Images, Precedia Computer Science (KES2013), 査読有, Vol. 22, 2013, pp.780-789

DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.160

Ikunari Nakahara, Mohd Fadzil Abdul Kadir, Shinji Tsuruoka, Haruhiko Takase, Hiroharu Kawanaka, Fumio Okuyama, Hisashi Matsubara, Extraction of Disease Area from Retinal Optical Coherence Tomography Images Using Three Dimensional Regional Statistics, Precedia Computer Science (KES2013), 査読有, Vol. 22, 2013, pp.893-901

DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.172

Naoki Takeno, Kosuke Kagotani, Shinji Tsuruoka, Hiroharu Kawanaka, Haruhiko Takase, Hisashi Matsubara, Fumio Okuyama, Hisanori Yagami, Multi-Directional Alignment Method for Three-Dimensional Optical Coherence Tomographic Images, Proc. of 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC2012), 査読有, 2012, pp.1438-1442

Mohd Fadzil Abdul Kadir, Shinji Tsuruoka, Haruhiko Takase, Hiroharu Kawanaka, Fumio Okuyama, Yukitaka Uji, Hisashi Matsubara, Hisanori Yagami, Automatic extraction of retinal disease area for optical coherence tomography image using regional statistic, Academic World Education & Research Center (AWER) Precedia Information Technology & Computer Science (WCIT2011), 査読有, Vol.1, 2012, pp.1250-1255

Naoki Takeno, Shinji Tsuruoka, Hiroharu Kawanaka, Haruhiko Takase, Hisashi Matsubara, Fumio Okuyama, Hisanori Yagami, Extraction Method of Abnormal Part in Retinal Macular Region from Three-Dimensional Optical Coherence

Tomography, Proc. of the 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2011), 査読有, 2011, pp.371-374

〔学会発表〕(計 15件)

竹野直樹、山川愛、児玉大、鶴岡信治、高瀬治彦、川中普晴、宇治幸隆、松原央、奥山文雄、眼科用光干渉断層画像における網膜色素上皮に注目した疾患部抽出方法、第31回医療情報学連合大会、2011年11月21-23日、鹿児島市

竹野直樹、鶴岡信治、高瀬治彦、川中普晴、松原央、奥山文雄、光干渉断層画像における深度図解析を用いた網膜黄斑部の疾患部抽出法、平成23年度電気関係学会東海支部連合大会、2011年9月26-27日、三重大学

竹野直樹、山川愛、児玉大、鶴岡信治、高瀬治彦、川中普晴、宇治幸隆、松原央、奥山文雄、眼科用光干渉断層(OCT)画像を用いた網膜黄斑部の疾患部抽出方法、電子情報通信学会 医用画像研究会(MI2011-14)、2011年5月19-20日、名古屋大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鶴岡 信治 (TSURUOKA, Shinji)  
三重大学・大学院地域イノベーション学  
研究科・教授  
研究者番号：30126982

(2) 研究分担者

高瀬 治彦 (TAKASE, Haruhiko)  
三重大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：10283516

川中 普晴 (KAWANAKA, Hiroharu)  
三重大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：30437115

(3) 連携研究者

なし