

OCT 画像から得られる網膜の層情報を用いた緑内障診断補助 Diagnostic Aid of Glaucoma Using Thickness of Layers Extracted from OCT Images

滝田清† 西優紀美† 寺林賢司† 梅田和昇† 富所敦男‡

Kiyoshi Takita†, Yukimi Nishi†, Kenji Terabayashi†, Kazunori Umeda†, Atsuo Tomidokoro‡

†中央大学 ‡東中野とみどころ眼科

†Chuo University, ‡Tomidokoro Eye Clinic

E-mail: takita@sensor.mech.chuo-u.ac.jp

Abstract

健康診断や人間ドックを受診する人が増加し，医師への負担が増すという問題が生じている．この問題を軽減する為，CAD (computer-aided diagnosis) の必要性が高まっている．

本研究では緑内障に対する CAD として網膜神経線維層の厚さの非対称性を用いることで緑内障を早期に発見出来るか検証する．

非対称性を考慮するために乳頭，黄斑を通る直線を対称線と定義し乳頭と黄斑を自動検出することで対称線を取得する．緑内障の診断補助を行う評価値として神経線維層の厚さを表す Thickness, 非対称性を表す Asymmetry, Asymmetry-rate を定義する．これらの評価値を用いて，医師が進行度ごとにグループ分けした病状を判断できるか解析実験を行うことで確かめた．その結果，初期診断の補助を行うのに Asymmetry-rate が有用であることを示した．

1 序論

近年，高齢化が進む日本では，健康への関心が高まり，生活習慣病の予防や病気の早期発見の重要性が高まってきた．そのため，健康診断や人間ドックを受診する人の数が増加している．このような背景から診断を行う医師への負担が増すという問題が生じている．この問題を軽減する為，CAD (computer-aided diagnosis) [1]～[3]の必要性が高まっている．先行研究では緑内障に対する CAD として乳頭輪郭に対する陥凹部の比(Cup/Disc 比)[4]や乳頭出血，網膜神経線維欠損の検出[5][6]などがある．しかし，これらの診断補助では緑内障の初期段階での診断を行うことが困難である．

そこで本研究では，網膜の神経線維走行が対称であるという特徴と緑内障は部分的に網膜神経線維層が薄

くなるという特徴に注目する．これら二つの特徴から緑内障初期段階では網膜神経線維層の厚さの対称性が崩れる．この非対称性を考慮することで緑内障の早期発見を行うことを本研究の目的とする．

2 対称線決定手法

本研究では非対称性を考慮するため対称線が必要となる．そこで，乳頭と黄斑を通る直線を対称線と定義する．本章では対称線を決定するために眼底画像から乳頭と黄斑を検出する手法について述べる．

2.1 乳頭検出

乳頭の特徴から，図 1 のような眼底画像を上中下に三分割した中央部に乳頭があると仮定する．図 2 のようにグレースケール化を行い，グレースケール化した画像の画素値に対して適当なしきい値を与え，しきい値以下の領域を選択する．選択した領域にクロージングとラベリングを行い，最大領域を抽出する．しきい値を変更しながら最大領域の面積が経験的に定めた値以下になるま

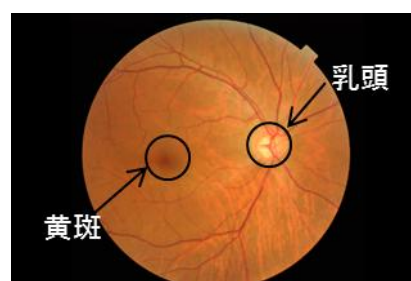


図 1 眼底画像

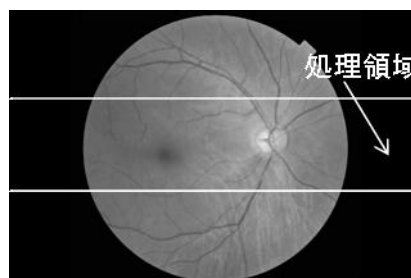


図 2 グレースケール画像

でしきい値処理から最大領域抽出を繰り返す。抽出結果を図3に示す。最後に、図4のようにテンプレートマッチングを行い、テンプレートの中心を乳頭の中心とすることで乳頭を検出する。

2.2 黄斑検出

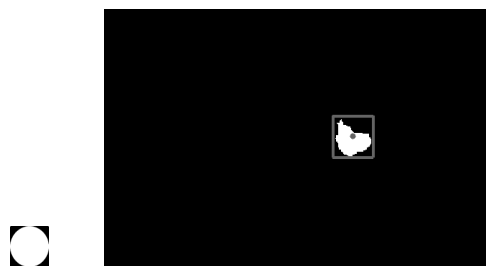
黄斑は乳頭とほぼ同じ高さで画像の中心から見て乳頭と左右反対側にあると仮定する。眼底画像を RGB 画像から HSV 画像に変換する。図5のような V(明度)画像の画素値に対して適当なしきい値を与え、しきい値以下の領域を選択する。選択した画像にラベリングを行い、最大領域を抽出する。しきい値を変更しながら最大領域の面積が経験的に定めた値以下になるまで閾値処理から最大領域抽出を繰り返す。抽出結果を図6に示す。最後に、図7のように楕円近似を行い、楕円の中心を黄斑の中心とすることで黄斑を検出する。

2.3 対称線決定

検出した乳頭の中心と黄斑の中心を通る直線を対称線とする。結果を図8に示す。



図3 最大領域抽出



(a) テンプレート画像 (b) マッチング結果

図4 テンプレートマッチング



図5 V(明度)画像

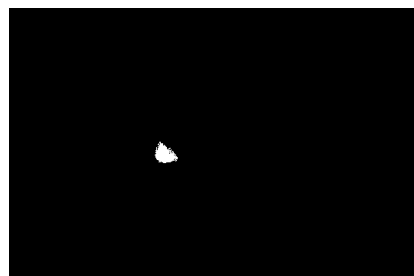


図6 最大領域抽出

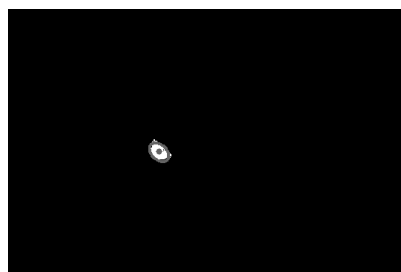


図7 楕円近似

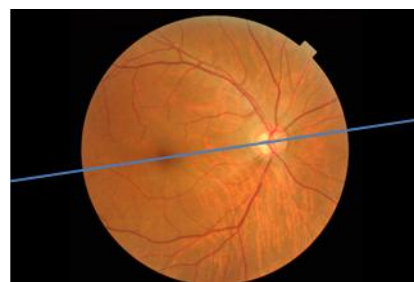


図8 対称線決定

3 診断補助に用いる評価値の取得

評価値を算出するため図9で示す OCT(optical coherence tomography) 画像から取得できる NFL(nerve fiber layer)の厚みを用いる。図10に眼のスキャン範囲内の NFL の厚みをカラーマップにして表す。眼のスキャン範囲を S, S 内のデータ数を N(S), ある位置 A での NFL の厚さを thick(A)とする。対称性をはかるため、線対称となる位置がそれぞれスキャン範囲内にある必要がある。対称位置がいずれもスキャン範囲内にあるデータ範囲を S'とし、A の対称位置を B とする。診断補助を行うために厚み Thickness, 非対称性 Asymmetry, 非対称性の割合 Asymmetry-rate という評価値を次式で定義する。

$$\text{Thickness} = \frac{\{\sum_S \text{thick}(A)\}}{N(S)} \quad (1)$$

$$\text{Asymmetry} = \{\sum_{S'} |\text{thick}(A) - \text{thick}(B)|\} / N(S') \quad (2)$$

$$\text{Asymmetry-rate} = \left\{ \sum_{S'} \frac{|\text{thick}(A) - \text{thick}(B)|}{\{\text{thick}(A) + \text{thick}(B)\}/2} \right\} / N(S') \quad (3)$$

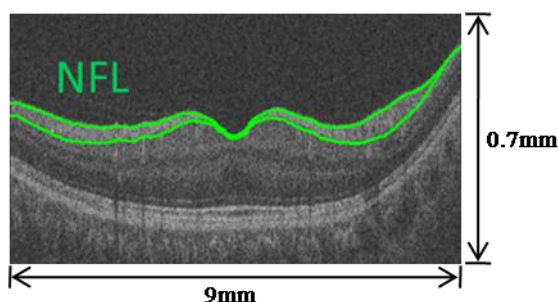


図 9 OCT 画像

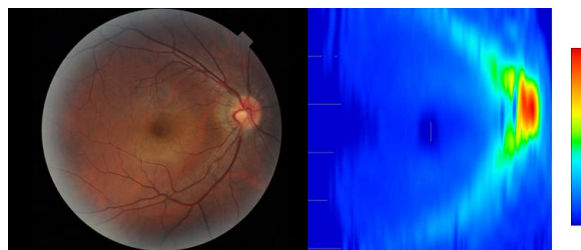


図 10 NFL の厚みを表すカラーマップ

4 実験

3 章で示した評価値を用い，緑内障の進行度評価実験を行った．患者のデータ数は 37 で，あらかじめ医師によって，進行度別に表 1 の 7 つのグループに分類されている．表 2 に進行度別の患者データ数を示す．次に各患者データに対して解析を行い，各グループ内での平均，標準偏差をもとに進行度を判断できるか確かめた．図 11 から図 13 に結果を示す．

図 11 の実験結果より，病状が進行するにつれて Thickness の値が小さくなることがわかった．これは緑内障が進行すると NFL の厚みの減少が，一部から全体へと拡大していくため Thickness の値が減少していったのだと考えられる．

図 12 の実験結果より病状が中期になるにつれて Asymmetry の値は大きくなり，末期になるにつれて値が小さくなることがわかった．これは病状が進行するにつれ NFL 全体の厚さが減少するため，対称性の崩れが表れにくくなるからだと考えられる．また，乳頭周りのような元々の厚みが厚い箇所の影響が大きく出てしまい，黄斑周りのような元々の厚みが薄い箇所の厚みの減少を見落としてしまうという問題が考えられる．

図 13 の実験結果より病状が進行するにつれて Asymmetry-rate の値が大きくなることがわかった．これは Asymmetry とは異なり，対称位置との平均で割る

ことで正規化しているため，元々の厚みが薄い箇所の厚みの減少を考慮した評価値になっているためだと考えられる．

本実験より評価値 Thickness, Asymmetry-rate で病状の判断が可能なが分かる．表 3 から Normal から Late への評価値の変化と前の病状からの変化を元に変化率を算出すると，Thickness では病状が末期の段階での変化率が大きいのにに対して，Asymmetry-rate では病状が初期段階での変化率が大きくなっており，緑内障初期段階での早期発見も可能であると考えられる．表 3 の病状は表 1 で示した病状の頭文字を表している．

しかし，今回の実験では早期発見の可能性は見出せたが，患者データ数が 37 と少ないことや病状ごとにデータ数に偏りがあることから，現段階では信頼度に欠けるとも言える．

表 1 病状

初期 ← → 末期						
Normal	Almost Normal	Preperimetric	Early	Early to middle	Developed	Late

表 2 病状ごとの患者データ数

病状	データ数
Normal	11
Almost Normal	2
Preperimetric	6
Early	9
Early to middle	4
Developed	4
Late	1

表 3 実験結果

病状	Thickness[μm]		Asymmetry[μm]		Asymmetry-rate	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
N	50.0	2.4	14.6	2.3	24.5	3.4
A N	56.4	1.7	14.8	1.1	19.7	1.8
P	44.3	4.1	18.9	3	32.1	5.3
E	36.8	3.3	20.4	5.2	42.4	6.5
E T M	36.6	7.3	19.8	7.3	40.6	7.3
D	21.0	5.3	15.1	3.9	46.4	3.8
L	4.5	0	7.4	0	44.2	0

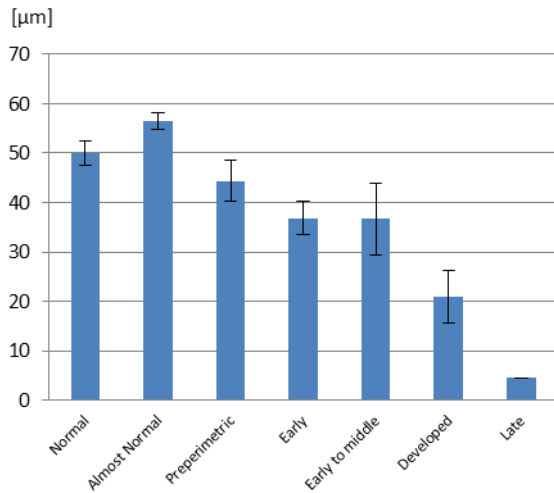


図 11 Thickness の結果

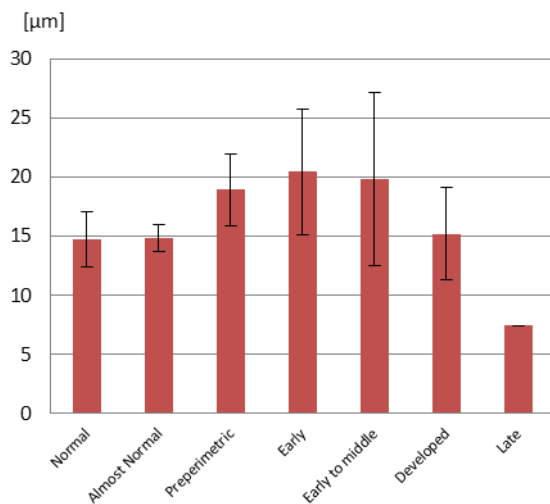


図 12 Asymmetry の結果

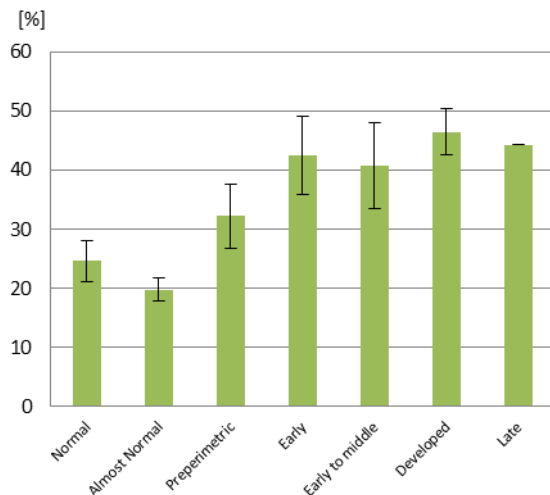


図 13 Asymmetry-rate の結果

5 結論

緑内障に対する診断補助として対称性に注目し，眼底画像から乳頭，黄斑を自動検出することで対称線の決定を行った．対称線から対称位置を特定することで，従来の診断補助に用いられていた NFL の厚みに加え，非対称性を表す評価値を定義した．そして，定義した Thickness, Asymmetry, Asymmetry-rate という評価値を用いて解析実験を行い，進行度を判断できるか確かめた．従来の手法である Thickness だけでなく Asymmetry-rate を用いることで病状の判断が可能であるということを確認した．今後は，疾患領域を特定するために領域を細かく分け解析を行い，データ数を増やすことで信頼度の高い実験結果を得る．

参考文献

- [1] 藤田広志，“マンモグラフィ CAD システムの現状”，Med Imag Tech, Vol.21, 27-33, 2003.
- [2] 内山良一，“脳 MR・CT の CAD”，ミニ講座．日放技学誌, 63(12), 1454-1459, 2007.
- [3] 藤田広志，“特別寄稿・コンピュータ支援診断 (CAD) の現状概観”，日放技学誌, 63(12), 1389-1395, 2007.
- [4] 中川俊明, 林佳典, 畑中裕司，“眼底画像上の神経乳頭部解析による緑内障リスク推定”，信学技報(MI), 109(127), 25-28, 2009.
- [5] 片井麻貴, 今野伸介, 前田祥恵, 大塚賢二，“光干渉断層計 OCT3000 による網膜神経線維層厚と緑内障視野障害の関係”，新しい眼科, 21, 1707-1709, 2004.
- [6] 小林義治，“OCT の見方”，第 50 回日本視能矯正学会教育講演, 2010.