

OCT 断層画像を用いた眼底ボリュームデータ構築のための画像処理手法の提案

鈴木聡 伊藤史人 土井 章男
岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

1. 背景

緑内障や網膜はく離などの眼底疾患の増加に伴い、眼底部の立体情報を理解することは治療を行う上で重要である。近年開発された Optical Coherence Tomography(OCT)は赤外線を用いた光干渉断層計であり、従来機器では不可能だった眼底部の内部情報を複数枚のスライス画像として得ることができる^[1]。そのため、これらの画像を用いてボリュームデータを構築することが可能である。しかし、OCT から得られた画像には多くのランダムノイズが存在し、また OCT は 200 本の独立したビームによって 1 枚の画像を構築しているため、脈動などによってラインごとに垂直方向のズレが生じる。そのため、直接この画像を用いて正確なボリュームデータを構築することは困難である。そこで本研究では OCT 断層画像を用いた眼底ボリュームデータ構築のための画像処理手法を提案する。

2. 関連研究

統計的手法である相関法は色素上皮を直線と仮定してアラインメントするものであり、高い精度でボリュームデータを構築することができる^[2]。しかしこの仮定は健常者ならば、ほぼ確実に成立するが、色素上皮が直線ではない乳頭や色素上皮にまで症状が及ぶ場合、この手法によって精度の高いボリュームデータを構築するのは困難である。

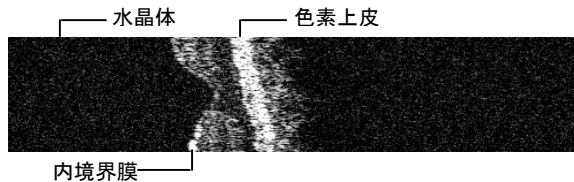


図 1. OCT 断層画像

3. 提案手法

3.1. 概要

本研究では OCT 断層画像に対して、閾値カット行って大域的なノイズを除去した後、メディアンフィルタを用いて残

Proposal of an image processing method for constructing volume data eye-ground from OCT slice images, Suzuki Satoshi, Fumihito Ito, Akio Doi, Iwate Prefectural University

ったノイズの除去を行う。次に xy 断面に近似曲線を用いたアラインメントを行い、yz 断面について遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)を用いた形状決定を行う。

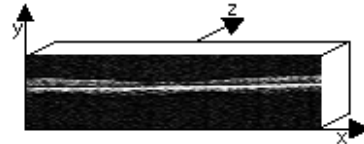


図 2. 座標系

3.2. ノイズ除去

OCT 断層画像には画像全体に撮影時に発生する多くのランダムノイズが存在する。正確なボリュームデータ構築のためにはこれらのノイズを除去し目的の眼底組織を取り出さなくてはならない。これらのノイズは眼底組織と比べ低輝度で、また隣接ラインとの相関が疎で独立して存在するという特徴がある。そこで本研究では閾値カットとメディアンフィルタを用いる。

OCT 画像には網膜層以外にも水晶体も撮影されている。OCT 画像においてこの水晶体は極めて低い輝度で撮影される。そのためこの水晶体の領域には事実上ノイズのみが存在することになる。そこで水晶体領域内の輝度情報を求めて閾値カットを行う。ノイズを除去するには閾値以下を切り捨てればよいが、この領域の最大輝度を閾値とすると目的組織にまで影響を与えてしまう可能性があるため、ここでは水晶体領域の最高輝度値の 70%程度の輝度値を用いる。さらに残ったノイズを除去するためにメディアンフィルタを用いる。ノイズは組織と比べ隣接ラインとの相関が疎であるため効率よく除去することができる。

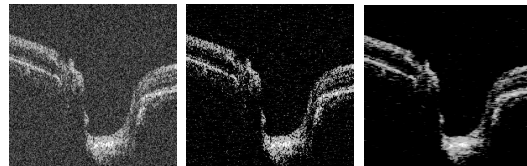


図 3. ノイズ除去結果(左:元画像, 中:閾値カット, 右:メディアンフィルタ)

3.3. アラインメント

OCT で撮影される患部は 2~4mm 程度の極めて小さい部

位である。そのため脈動やわずかな眼球運動でも撮影結果に大きな誤差を与えてしまう場合がある。本研究では各 xy 平面について網膜層の真線となる近似曲線を求めそれをもとにアラインメントを行い、さらにGAを用いて yz 断面についてアラインメントを行う。

3.3.1. xy 方向のアラインメント

xy 断面は各ラインの撮影時間の差が少ないため、ある程度の形状を残していると考えられる。そこで各ラインについて色素上皮と内境界膜に囲まれた領域の中心を求めそれを元に最小2乗法を用いて近似曲線を求め、近似曲線上に中心を移動させるという処理を行う。

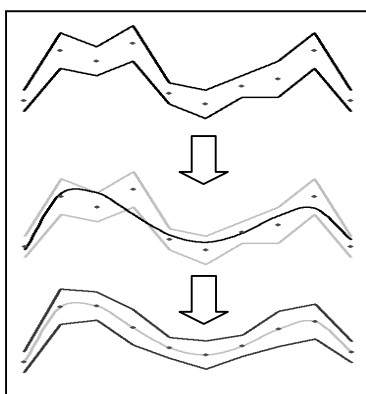


図 4. 真線を用いたアラインメントの流れ

3.3.2. yz 方向のアラインメント

yz 断面では xy 断面と比べて隣接ラインとの誤差が大きい。そのため xy 断面のように近似曲線を用いた手法では正しい形状が得られない場合がある。そこでGAを用いたアラインメントを行う。同じ組織は似た輝度値をもつため、 z 方向について前後のラインとの輝度を比較し、類似した輝度がかかるようにアラインメントを行う。そこで各ラインの座標を染色体として交叉と変異を繰り返す、各ラインの輝度の差分の総和が最も小さくなるようにGAで最適化を行うことにする。差分の総和は以下の式で表せる。

$$M = \sum_{i=0}^{mz} \sum_{j=0}^{my-1} |\lambda(i, j) - \lambda(i, j+1)| \quad (1)$$

my は y 方向の最大値、 mz は z 方向の最大値、 $\lambda(i, j)$ は座標 $(0, i, j)$ の位置にある画素の輝度の強さを示す。今回はこの式の値を最小とすることで最適化を行う。つまり最適化

関数は以下のような式で表せる。

$$M \Rightarrow \min \quad (2)$$

図5に yz 断面のアラインメント結果を示す。

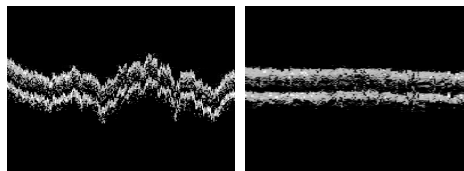


図 5. yz 断面のアラインメント結果(右:処理前, 左:処理後)

4. 適用結果

図6にOCTから得られた乳頭に対して適用した結果を示す。実験は変異率1%を20000世代行い、乳頭のデータセットは健康者の 1600×200 [pixel] の200枚組を用いた。

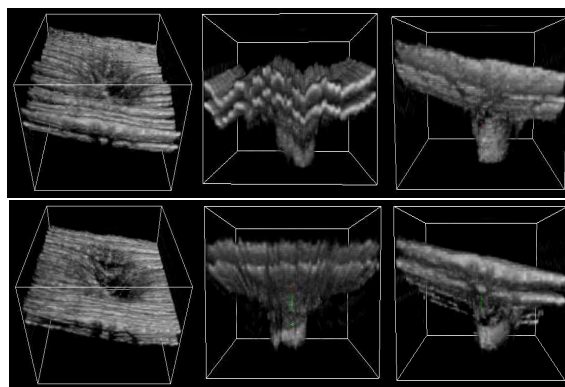


図 6. 適用結果(上:処理前, 下:処理後)

5. 考察と今後の展望

GAを用いたアラインメントは、データセットの枚数が多くなると計算コストが指数関数的に大きくなるという問題がある。今後は得られた結果に対して従来手法との比較や、評価方法の考案が必要となる。また、網膜はく離などの他の症例に対して対応していくことも今後の課題である。

謝辞

本研究を行うにあたり、の徳田正幸氏には貴重なアドバイスを頂きました。ここに記して御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 大西 克尚, 石橋 達朗, 岸 章治: 眼底疾患を読むための眼病理のポイント, 金平出版
- [2] 伊藤史人, 土井章男, 徳田正幸, “光学的干渉断層計による眼底断層画像群の3次元可視化技術とその有用性”, 電子情報通信学会, 信学技法, Vol. 105, No. 64, pp. 73-78, 2005