

眼球運動を考慮した OCT 断面画像の位置合わせ手法

†岡林慶 †玉木徹 †金田和文 ††曾根隆志 ††木内良明
 (†広島大学大学院工学研究科 ††広島大学大学院医歯薬学総合研究科)

1. はじめに

医学の分野において、緑内障の早期発見および経過観察のために、眼底の3次元形状の詳細な観察が望まれている。眼底形状を観察できる装置として Optical Coherence Tomography (OCT)[1]がある。これは、眼底の断面画像を光学顕微鏡切片に近い精度で、非侵襲的に画像化するものである。しかし、OCTによる測定の際に眼球の動きによりスキャン位置がずれるため、3次元眼底形状を再構成するためには断面画像を位置合わせする必要がある。

従来手法として田中ら[2]により、複数枚の放射状断面画像を用いて、それぞれの断面画像主体の平行移動、回転をパラメータとして断面画像を位置合わせする手法が提案された。しかし、三次元再構成結果は、実際の眼底には存在しない凹凸が見られる。従来手法では、眼球の回旋を考慮していない。また、眼球運動によるずれと位置合わせに用いるパラメータが一对一に対応していないため、パラメータの範囲の適切な設定が困難であると考えられる。

そこで、本研究では眼底モデルを想定し、眼球運動によるずれを直接考慮した位置合わせ手法を提案する。

2. 提案手法の概要

本研究では、眼球形状を球とし、球の中心を眼球中心に設置した眼球モデルを用いる。

2.1 断面画像配置のパラメータ

図1に示すように眼球中心を原点とした右手系の座標系を設定する。眼球の半径を R とし、眼球運動を3軸の回転 (Y 軸中心の回転 $d\xi_1$ 、 X 軸中心の回転 $d\xi_2$ 、 Z 軸中心の回転 $d\xi_3$) で表す。また、スキャン開始位置は未知であるので、 u, v 方向の平行移動成分 du, dv としてスキャン開始位置を設定する (図2参照)。

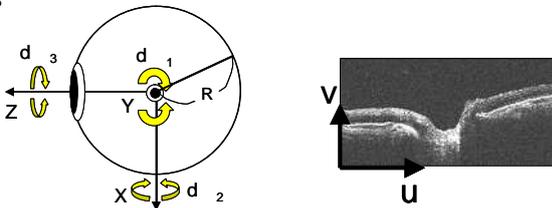


図1 眼球運動パラメータ 図2 平行移動パラメータ

2.2 断面画像配置問題の目的関数

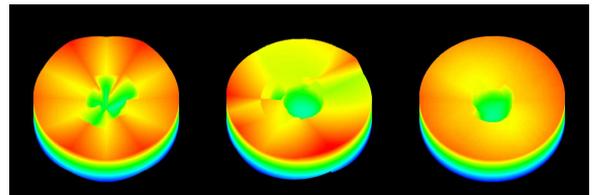
各断面画像のスキャン位置決定のために、断面画像どうしの交差位置における眼底表面の高さを一致させる。目的関数 O を次式で与える。

$$O = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n} \sum_{t=1}^{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n} \|p_1(f_{ij}) - p_2(f_{ij})\| \quad (1)$$

ここで、 n は放射状断面画像枚数を表し、 f_{ij} は2つの断面画像 i, j 間の交線の方程式を断面画像 i の uv 座標系で表したものであり、 $p(f_{ij})$ は断面画像 i の交線 f_{ij} 上の眼底表面の高さの三次元座標を表す。また、 $\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n$ は、放射状断面画像の全交差点数を表している。

3. 適用例

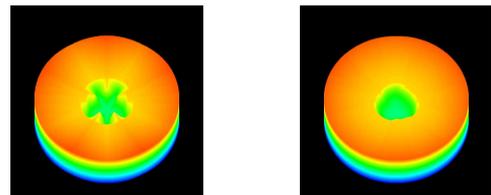
眼底モデルデータに適用した結果を図3に示す。また、目的関数値を表1に示す。眼底モデルは、高さに応じて線形的に色を変化させ、6枚の断面画像を用いている。これより、見た目では、提案手法のほうが良いが、目的関数では従来手法のほうが小さくなっている。そこで、提案手法において、 du のみを用いて位置合わせを行った結果を図4に示す。これより、各断面画像の交差位置付近は比較的平坦なため、高さの差だけでは見た目と目的関数が対応しない。したがって、眼底表面の高さを一致させる目的関数では正確な位置合わせが困難である。



(a)位置合わせなし (b)従来手法 (c)提案手法
 図3 位置合わせ結果

表1 目的関数値

	(a)	(b)	(c)
目的関数値	11.324	0.0058	0.348



(a)位置合わせなし (b)位置合わせ後
 図4 位置合わせ結果(du のみ)

表2 目的関数値

	(a)	(b)
目的関数値	1.667	0.333

4. おわりに

本稿では眼球運動を直接考慮した位置合わせ手法を提案した。しかし、断面画像の交差点における眼底表面の高さを一致させる目的関数では精度よい位置合わせが困難であるため、今後は、目的関数を改良する。すなわち、視神経乳頭の陥凹部形状に着目し、最小二乗法により算出した近似楕円を用いて、特徴点との誤差をとる要素を目的関数に追加する予定である。

参考文献

- [1]小川他：“非侵襲・可視化技術ハンドブック”，NTS(2007)
- [2]田中他：“放射状断面画像からの眼底ボリュームデータの高精度再構成手法”，MIRU2007 画像の認識・理解シンポジウム論文集, pp.487-492 (2007)