

眼球運動を考慮した OCT断面画像の位置合わせ手法

広島大学 大学院工学研究科

岡林慶 玉木徹 金田和文

広島大学 大学院医歯薬学総合研究科

曾根隆志 木内良明

研究背景

緑内障

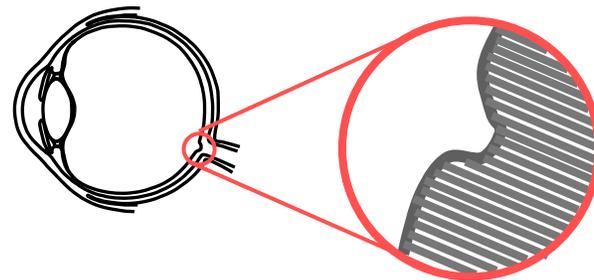
40歳以上の約5.0%が罹患

中途失明原因上位の病気

緑内障疫学調査(00'-02')

眼底検査

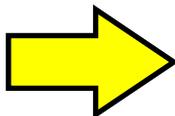
- ・ 撮像装置を用いてくぼみ(眼底部)を観察
- ・ 緑内障の進行→くぼみが肥大する



眼底部

現在

- ・ 二次元的な観察
- ・ 面積、径の数値評価



今後

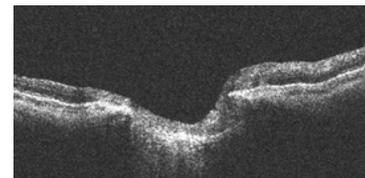
- ・ 三次元的な観察
- ・ 面積、径+体積の数値評価

三次元眼底形状の構築・可視化

研究目的

Optical Coherence Tomography(OCT)

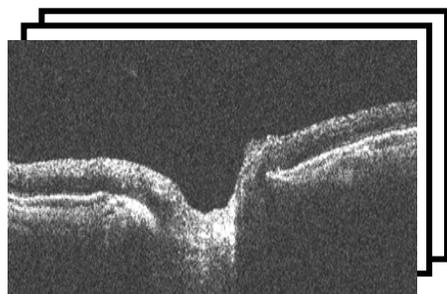
- 断面画像として眼底の内部情報が観察可能
- 平行、放射状等のスキャンモード



OCT断面画像

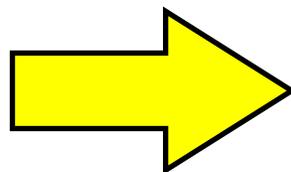
問題点・・・眼球運動によるスキャン位置のずれ

断面画像の適切な位置合わせが必要



OCT断面画像

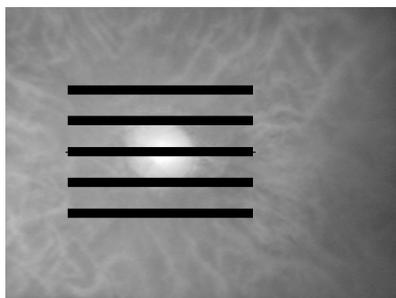
...



位置合わせ

高精度な
三次元眼底形状

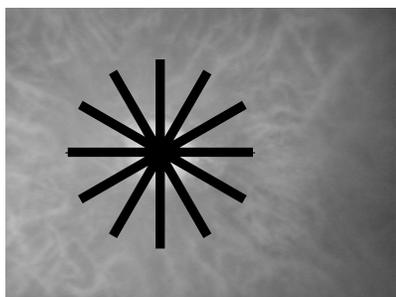
関連研究



伊藤ら[05']

- ・断面画像の水平, 垂直方向の平行移動
- ・特徴の高さ, 形状の最大相関係数のずれ → min.

平行スキャンモード



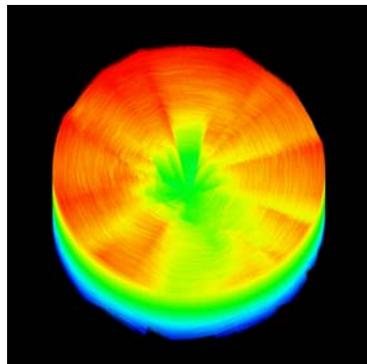
田中ら[07']

- ・画像主体の平行移動・回転
- ・交差位置での特徴の高さ → min.

放射状スキャンモード

従来手法

三次元構築結果



0[mm] 2[mm]

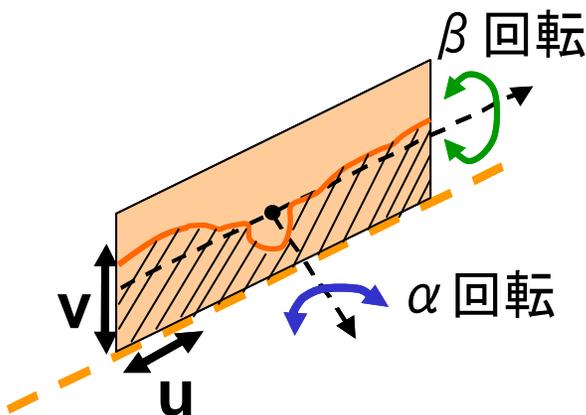
実際の眼底には存在しない凹凸

原因

断面画像の位置合わせが不適切

問題点

- ・眼球の回旋を考慮していない
- ・実際の眼球運動に則さない動き



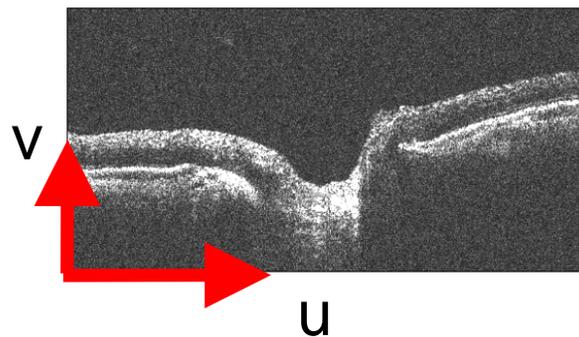
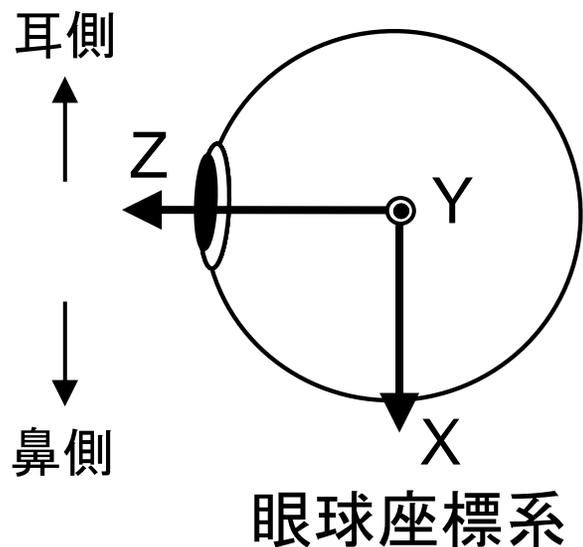
提案手法の座標系

眼球...

6本の筋肉により回転 → 三次元直交座標系の回転で表現

眼球運動によるずれを直接考慮

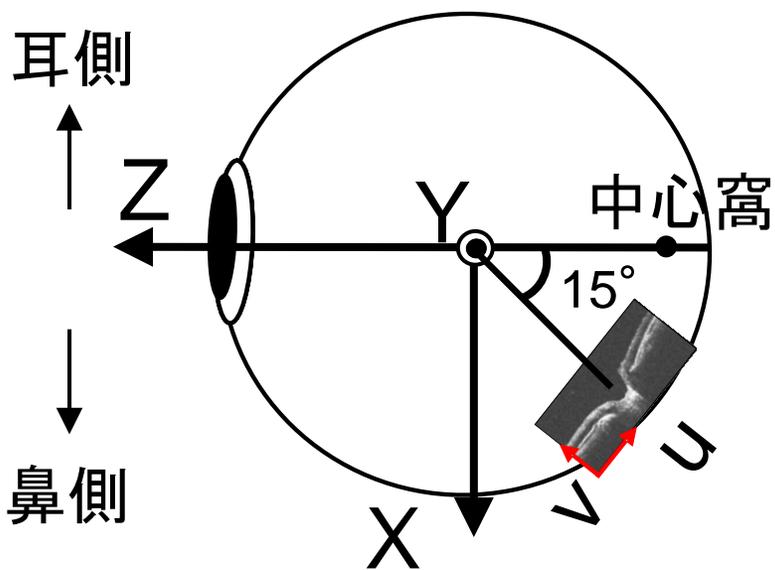
眼球の近似モデル {
・球形
・回転中心は不動



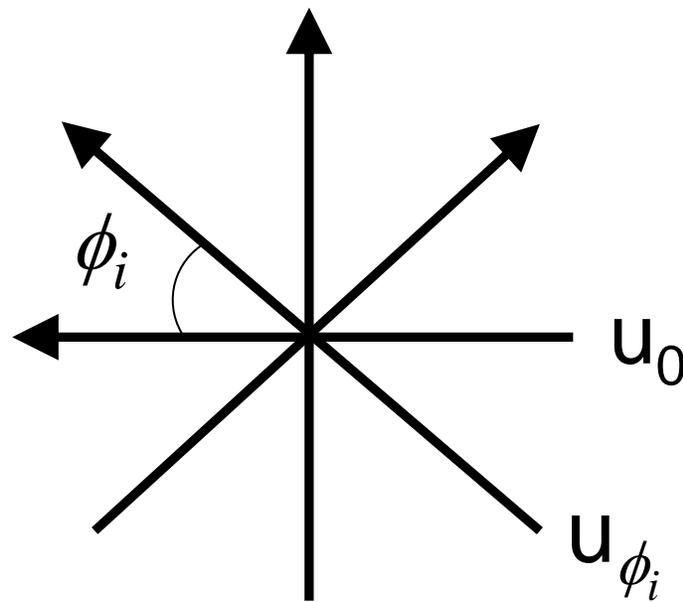
断面画像座標系

断面画像の初期配置

各断面画像を眼底位置に配置

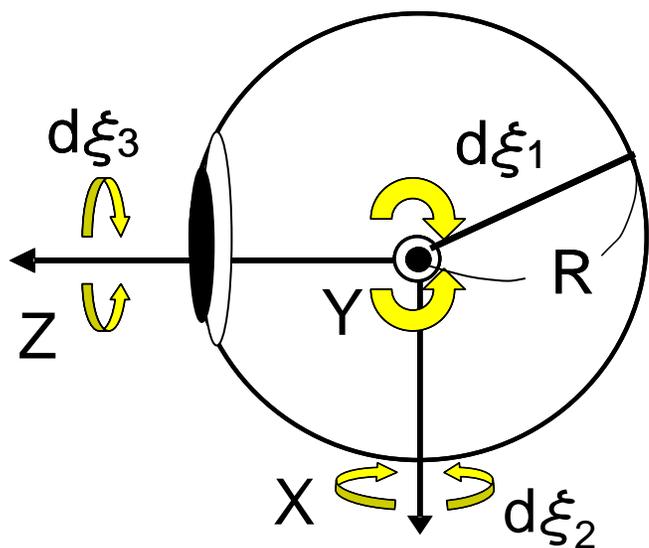


頭から見た図



原点から眼底部を見た図

断面画像配置のパラメータ



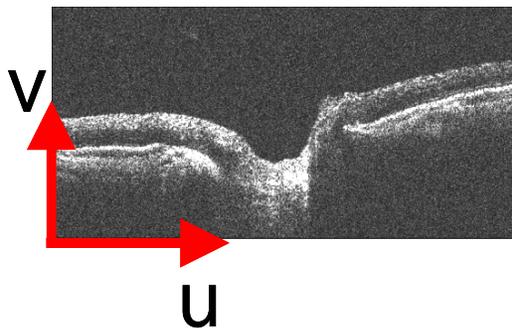
+

眼球の回転成分

水平方向... $d\xi_{1i}$
垂直方向... $d\xi_{2i}$
回旋... $d\xi_{3i}$
半径... R

平行移動成分

横方向... du
縦方向... dv

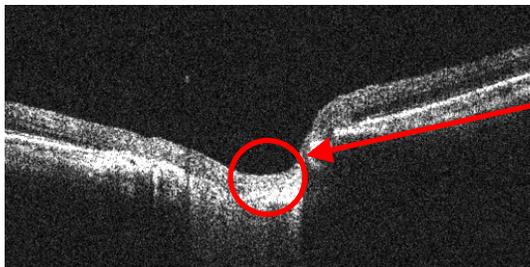
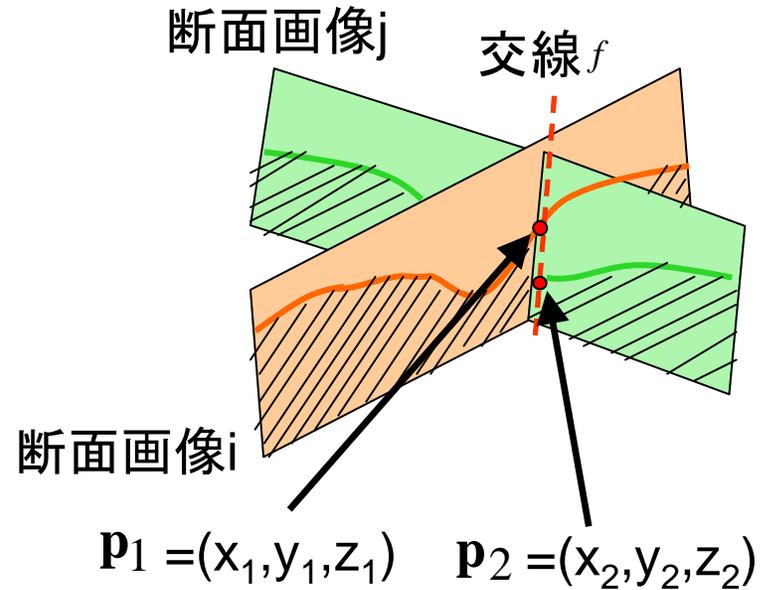


目的関数

$$O_1 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \left\| \mathbf{p}_1(f_{ij}) - \mathbf{p}_2(f_{ji}) \right\| \rightarrow \min$$

(t: 断面画像同士の交差点数)

\mathbf{p}_1 と \mathbf{p}_2 のユークリッド距離: 最小

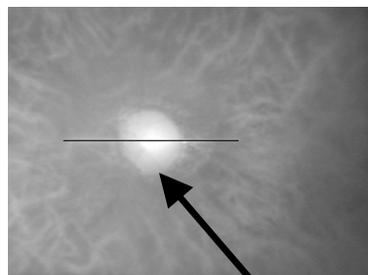


断面画像の交差位置付近が平坦

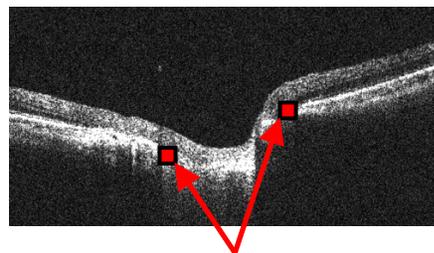
- ・高さが一致するような解が複数存在
- ・異なるパラメータ値で最適解となる

眼底の形状を考慮する目的関数

眼底部の形状に注目



眼底部で輝度に変化



RPE層末端

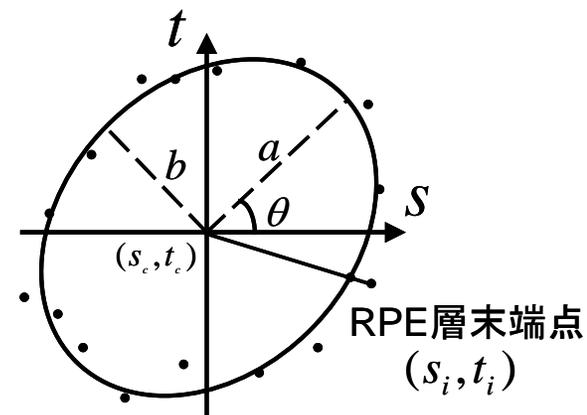
RPE層末端 → 最小二乗法により近似楕円を算出

楕円上点と各RPE層末端との誤差を総和: 最小

目的関数 O_2

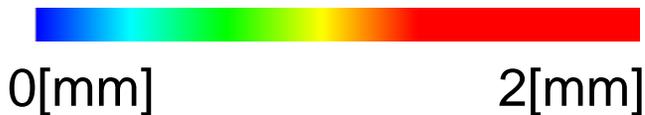
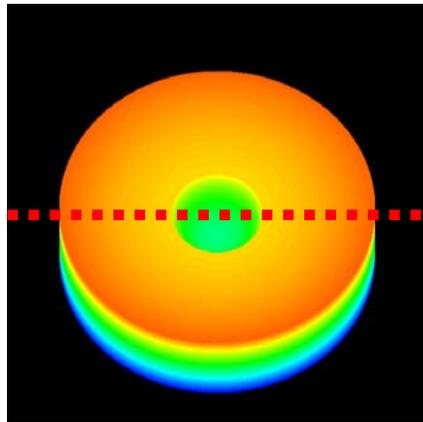
$$O = \frac{1}{2} O_1 + \frac{1}{2} O_2$$

遺伝的アルゴリズム
最適化



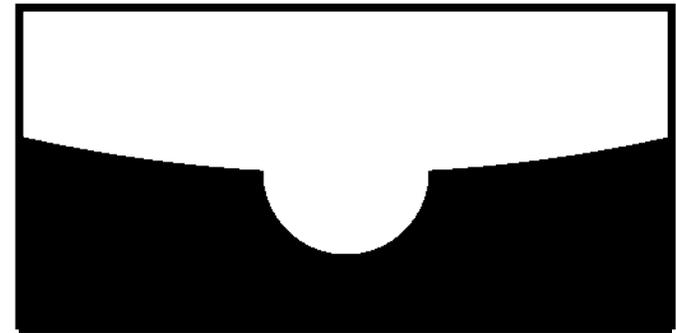
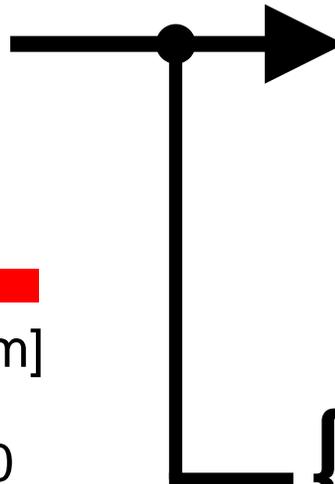
適用例(眼底モデル)

眼底モデル



画像サイズ: 600 × 600

視点位置: 方位角 0°
仰角 60°



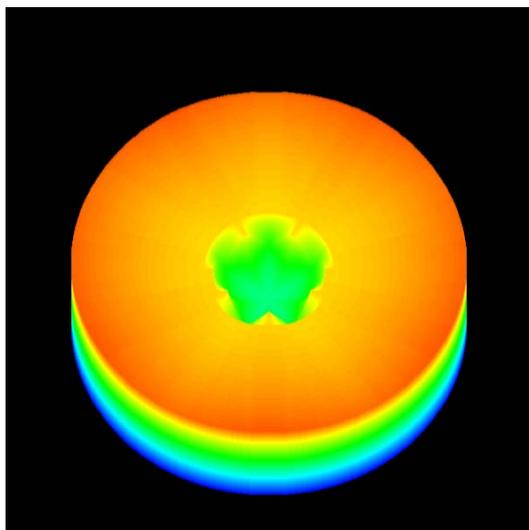
断面画像6枚
(512 × 256[pixel])

- ・スキャン開始位置のずれ(du, dv)
- ・眼球運動によるずれ($d\xi_1, d\xi_2, d\xi_3$)

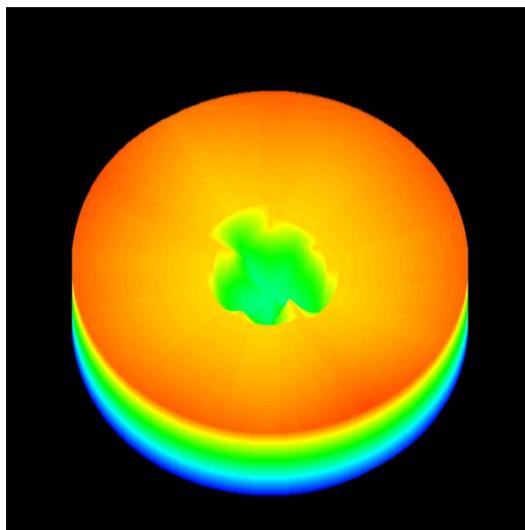
1つのパラメータを用いて適用

適用結果(du)

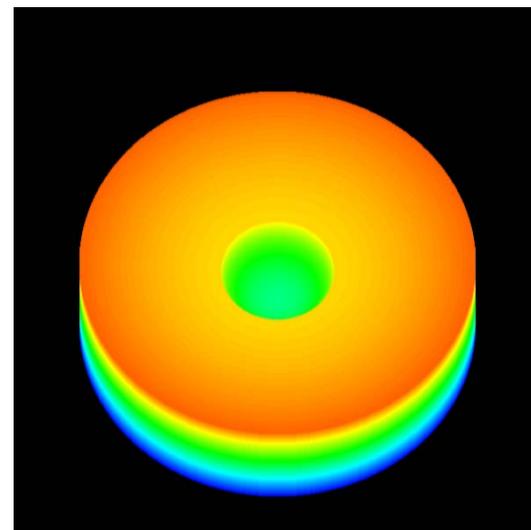
ずれ: duのみ GA: duのみ



位置合わせなし



従来手法

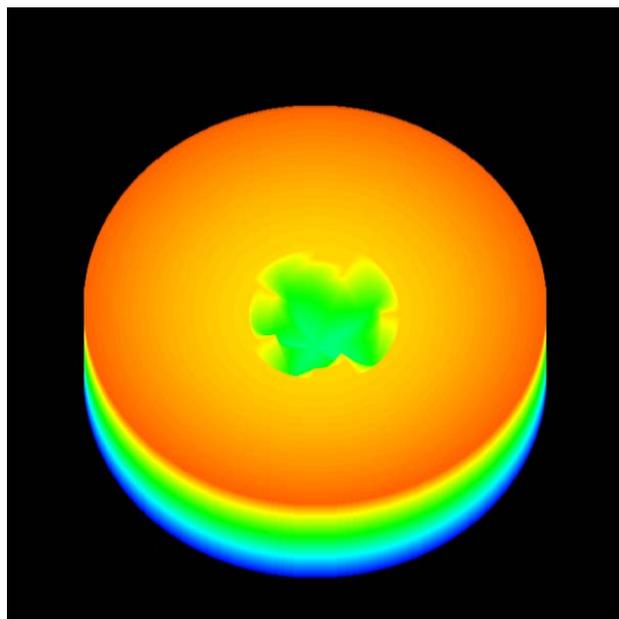


提案手法

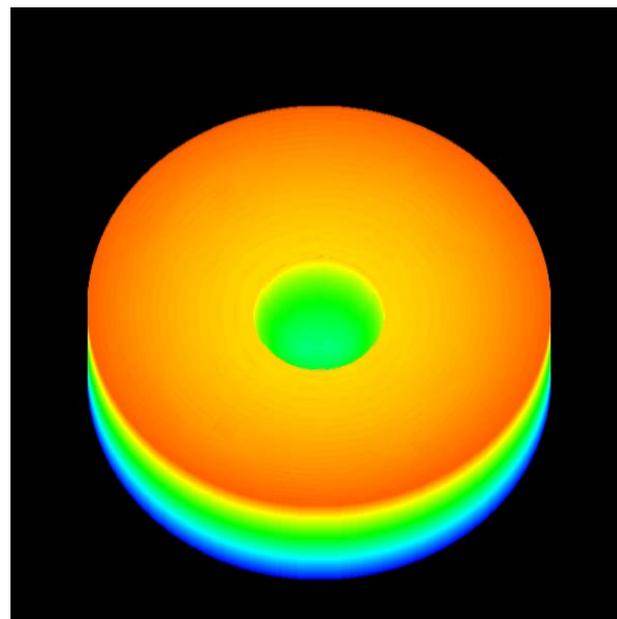
	位置合わせなし	従来手法	提案手法
目的関数値	1.667	0.333	0.000

適用結果($d\xi_1$)

ずれ: $d\xi_1$ のみ GA: $d\xi_1$ のみ



位置合わせなし

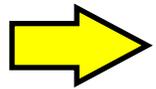


提案手法

	位置合わせなし	提案手法
目的関数値	1.032	0.091

まとめ

- ・眼球運動によるずれを直接考慮した位置合わせ手法の提案
- ・眼底部の形状を考慮した目的関数



有用性を実証

今後の課題

- ・パラメータを組み合わせたケースでの実験
- ・目的関数の重みの決定
- ・OCT断面画像への適用