

循環器 OCT 画像の解析と 3 次元再構築

鈴木一正[†] 粉川豊[†] 津田嶺雪[†] 呉海元[†] 久保隆史[‡] 赤阪隆史[‡]

[†]和歌山大学 [‡]和歌山県立医科大学

1 はじめに

近年、OCT (Optical Coherence Tomography: 光干渉断層法) を用いた血管内の撮影が医療分野で行われている。OCT は、近赤外線光ファイバーから照射し画像化する血管内画像診断装置である。波長約 1300nm の近赤外線を用い、光の干渉性を利用して生体組織から多重散乱した光波を高感度に検出することにより、冠動脈の短軸断面像をリアルタイムで表示することができる。最大の特徴は 10-20 μm という高い空間分解能であり、微細な血管壁構造や動脈硬化の進行過程を生体内で直接観察することができる。しかし、現在は専門家による目視によって異常箇所の発見が行われており、見落としなどの問題点が存在する。そのため各種組織の自動検出など、血管内の状況を即座に把握可能な表現方法が現在の医療において求められている [1][2]。本論文では、循環器 OCT 画像に対して角度基準で自動的に領域分割を行う手法と、ステントストラットの自動検出を行う手法の提案、また、解析された情報を用いた 3 次元再構築を行うシステムを構築する。

2 組織の領域分割

OCT 画像は、組織性状により特有の輝度・減衰パターンを有しているため、これらの情報を利用することで自動的に領域分割を行い、カラーマップで表現することが可能である。これは、OCT 画像判読の一助となり、検者による読影誤差の解消、患者とのコミュニケーションの円滑化に寄与する。

本研究では、OCT の血管断面画像を活かすために、

画像中心を原点とする極座標系を用いて角度ごとの輝度ベクトル (polar-angle-Brightness distribution vector; PABDV) を構築する。図 1 は、組織性状ごとの輝度ベクトルを示している。横軸は血管内壁からの距離であり、縦軸は輝度値である。この輝度ベクトルを特徴として用いることで領域のクラスタリングを行う。本研究では、組織数が未知な画像に対しての領域分割を行うため、クラスタリング手法には、自動的にクラスタ数を決定できる AP (Affinity Propagation) や MSC (Mean Shift Clustering) を用い、また、輝度分布ベクトル間の距離指標には Bhattacharyya 距離やカイ 2 乗など、手法の違いによる性能の比較を行った。MSC 及びカイ 2 乗を用いた時のクラスタリング結果例を図 2 に示す。

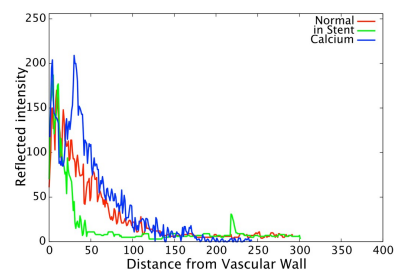


図 1 組織性状ごとの輝度分布

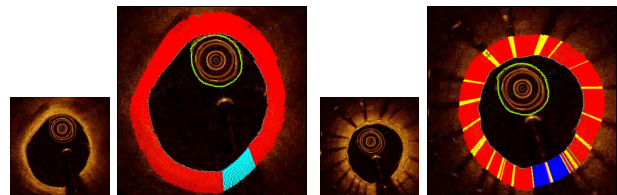


図 2 MSC の結果例

Blood Vessel Image Analysis and 3D Reconstruction for Optical Coherence Tomography

Kazumasa SUZUKI[†], Yutaka KOKAWA[†], Mineyuki TSUDA[†], Haiyuan WU[†], Takashi kubo[‡], Takashi Akasaka[‡]

[†]Wakayama University

[‡]Wakayama Medical University

3 組織の自動検出

OCT 画像において、ステントストラットは周囲組織よりも輝度値が大きく明瞭に描出することができる。これを自動的に検出することによって、ステントマルアポジションの検出や新生内膜による被覆度を自動的に計測

することが可能となり、検者の負担を軽減することができる。

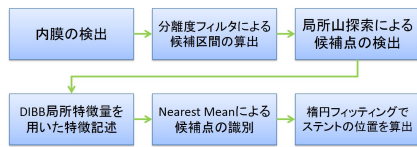


図3 ステントストラット検出のフロー

ステントストラット自動検出の処理フローを図3に示す。OCT 画像の中心を原点とする極座標系では、ステントストラットの外側は扇型形状で輝度値が低い特徴がある。しかし、ステントストラットの両サイドの輝度勾配は大きくなく、通常の微分処理で鮮明なエッジを検出することは難しい。本研究では、輝度情報に対して統計処理を行える分離度フィルタ(図4)を用いてステントストラットの候補区間を算出する。候補点の検出は、ステントストラット部分の輝度値が周囲よりも大きい特徴を用いた局所山探索フィルタ(図5)により行われる。候補点において、9つに分割された領域の平均輝度値を要素とする9次元のDIBB (Direction-Invariant Brightness Based) 局所特徴量(図6)を記述し、この特徴群を用いた学習と識別を行う。学習データに対し、LDA (Linear Discriminant Analysis) による変換を行ったあと、テストデータを射影し、Nearest Mean を用いた識別を行う。これらの処理を行った検出結果例を図7に示す。

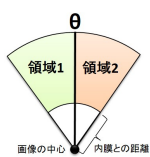


図4 分離度フィルタ

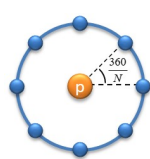


図5 局所山探索フィルタ

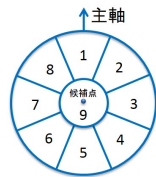


図6 DIBB 局所特徴量

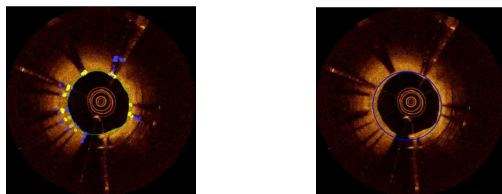


図7 ステントストラット検出結果例(左:黄色は検出されたステント点群,右:点群よりフィッティングされた楕円)

4 3次元再構築

本研究では、OCT 画像から血管の3次元モデルを構築し、任意視点から血管を観察できるソフトウェアを開発する。図8は、血管内腔と血管壁の輝度値の差を利用してその境界を検出し、3次元再構築を行ったものである。所々突起している箇所は、血管の分岐部分である。血管内腔から血管壁を眺める Flythrough view や画像解析結果をモデル上に表示することで、分岐部病変やステント留置後の状態を直感的に理解でき、狭窄形態など血管壁構造を正確に把握するのに有用である。



図8 構築された血管の3次元モデル

5 おわりに

OCTは、生体内で病理組織像に近い情報を得るための非常に有用なツールであり、特殊な研究用ツールから臨床用ツールへと普及しつつある。本研究によるOCT画像解析は、OCT画像を判読する際の一助となり、検者の負担軽減、専門知識のない患者との円滑な対話に貢献できる。OCTを用いて冠動脈内の微細構造を理解することで、個々の患者に合わせた治療が可能となり、冠動脈疾患の診断と治療に寄与するものと期待される。

参考文献

[1] Wang, Zhao, et al. "Semiautomatic segmentation and quantification of calcified plaques in intracoronary optical coherence tomography images." Journal of biomedical optics 15.6 (2010).
 [2] Van Soest, Gijs, et al. "Atherosclerotic tissue characterization in vivo by optical coherence tomography attenuation imaging." Journal of biomedical optics 15.1 (2010).