

L-16

光コヒーレンストモグラフィを用いた手の指の血管領域の検出の基礎実験 (II)

Fundamental Experiment of Blood Vessel Detection of Human Finger using Optical Coherence Tomography (II)

○塚田智也¹, 篠田之孝²

*Tomoya Tsukada¹, Yukitaka Shinoda²

Abstract: We are planning the noninvasive monitoring system of the blood clotting (medically referred as thrombosis) using the infrared ray. This paper shows the outer wall and inner wall detection of the blood vessel for human's finger of time series by image processing of 2 dimensional image using optical coherent tomography (OCT).

1. はじめに

著者らは光を用いた生体の可視化技術による血液中の血栓の非侵襲なモニタリングを企図している。本文は光コヒーレンストモグラフィ⁽¹⁾(Optical Coherence Tomography, 以下, OCT と記す)を用いた時系列の血管の外壁および内壁を検出し, その動きを測定した結果である⁽²⁾。

2. 実験

図 1 は実験装置であり, 光源と光ファイバを用いた干渉計から構成される。光源は近赤外領域である波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の波長可変レーザーを用いて波長を掃引する。光源を出射した光は光ファイバを伝搬し, 光カップラ 1 で参照光と測定光に 2 分される。参照光はサーキュレータ 1, ミラーを介して光カップラ 2 に入射する。測定光はサーキュレータ 2, X-Y スキャナを介して測定領域に入射する。測定領域からの後方散乱光は光カップラ 2 を介して参照光と合波され, 検出器に入射し PC に取り込まれる。また, X-Y スキャナは X 方向のみ走査した。

実験は 23 歳男性の左手薬指の第一関節の表面近傍とした。測定は指の表面から観測できる血管に対して垂直な方向を X 方向としてスキャンし, 2 次元の 2D OCT 画像を約 25fps で取得した。

図 2 は血管領域を検出するための信号処理の流れである。まず, 図(I)は指表面近傍の 2 次元の 2D OCT 画像を取得する。取得した 2D OCT 画像から血管周辺部の抽出を行う。抽出した画像はメディアンフィルター, X 方向の平均化, 1 フレーム前の画像との平均化を用いてノイズ除去を行う。ここで, ノイズ除去した画像から X 方向 1 ラインを抽出して 1 次元の 1D OCT 像を作成する。

次に, 図(II)は作成した 1D OCT 像から血管の外壁

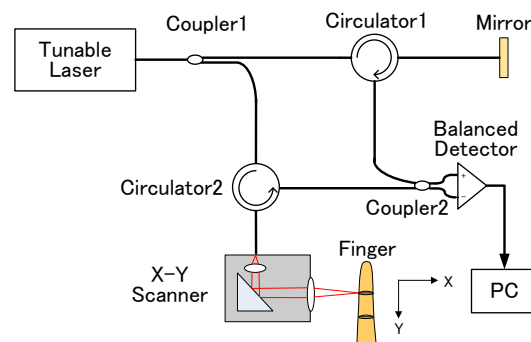
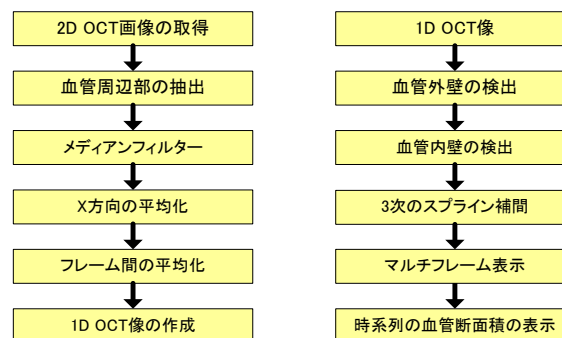
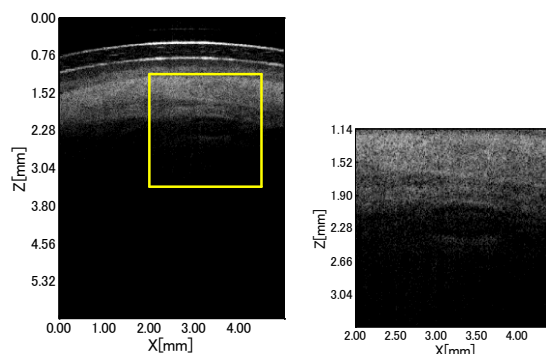


Figure1. Experimental setup



(I) Image processing (II) Detection of blood vessel

Figure2. Flow of signal processing



(I) 2D OCT image (II) Area of blood vessel

Figure3. 2D OCT image and area of blood vessel

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気

および内壁の検出を行う。血管側面は 3 次のスプライン補間を用いて補間する。検出した血管の外壁および内壁はマルチフレーム表示し、時系列の血管断面積の測定を行った。

3. 結果

図 3(I)は取得した 2D OCT 画像である。横軸が走査した X 方向、縦軸が指の深さ方向の Z 方向である。図 3(I)の信号レベルが高くなっている部分は指の表面の表皮である。図 3(II)は図 3(I)の枠線で囲んだ血管周辺部を抽出した 2D OCT 画像である。

図 4(I)は図 3(II)の画像をノイズ除去した画像である。図 4(II)は図 4(I)の 1 ライン(X=3.40[mm])で示した 1D OCT 像である。血管領域は血液による測定光の後方散乱光が弱く、信号レベルが低下している。この領域を血管の外壁および内壁の上部、下部に分けて検出する。

まず、血管外壁の検出を行った。外壁上部は図 4(II)の結果から、信号レベルが低下している中央付近である Z_0 から $-Z$ 方向に走査した。信号レベルが 12dB 以上を閾値として、この設定した閾値以上となる最初のピーク位置を外壁上部として検出した。外壁下部は Z_0 から $+Z$ 方向に走査し、信号レベルが最大となる位置として検出した。

次に、血管内壁の検出を行った。内壁上部および内壁下部は外壁上部、外壁下部より Z_0 方向に走査を行い、各々の最初のピーク位置として検出した。

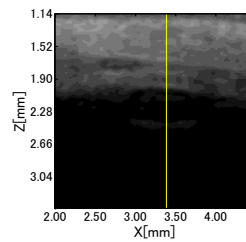
図 5(I)は X 方向の各点での血管外壁、血管内壁の検出位置を 2D OCT 画像に表示した結果である。図 5(II)は図 5(I)の血管側面を 3 次のスプライン補間を用いて補間した結果である。なお、血管中心点から各検出点までの距離の算出を行い、大きく外れた検出点は取り除いた。

図 6 は 0/25 秒から 28/25 秒までを 2/25 秒の刻みでマルチフレーム表示した結果である。

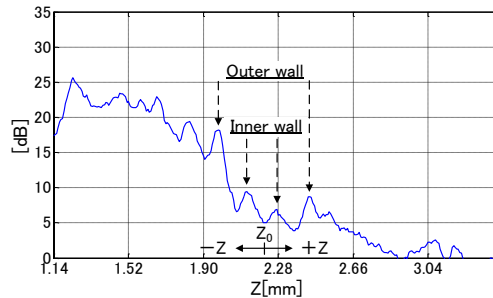
図 7 は血管の外壁および内壁の断面積を時系列で表示した結果である。横軸が時間、縦軸が各断面積のピクセル数である。血管の外壁および内壁はともに一定の周期で拡張と収縮を繰り返していることがわかる。

参考文献

[1] M.Kuwabara, T.Fuji, M.Ohmi, M.Haruna: Applied Physics Express 1,058001 (2008)
 [2] 塚田, 篠田 : 平成 26 年電気学会 A 部門大会, 21-F-pF-22 (2014)

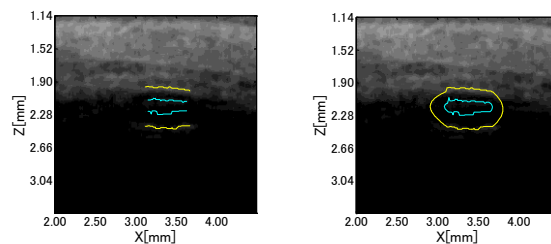


(I) 2D OCT image by image processing



(II) 1D OCT image

Figure4. 2D OCT image and 1D OCT image



(I) Detection of blood vessel (II) Interpolation
 Figure5. Results of detection of blood vessel

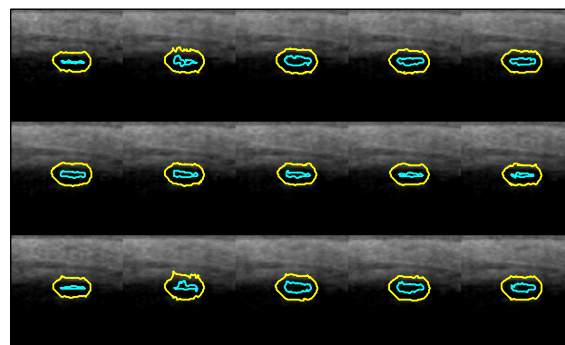


Figure6. Screenshot of multi-frame display

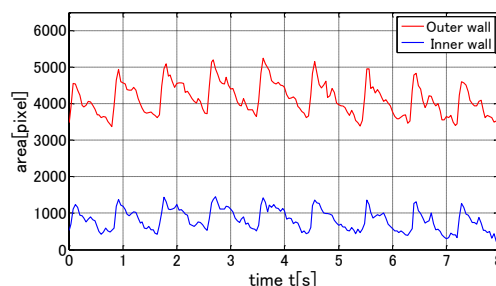


Figure7. Results of sectional area of blood vessel