

L-3

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

○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 describes the fundamental measurement of diameter by of the blood vessel detection of human's finger 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を用いて、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(Optical Coherence Tomography, OCT)を用いた時系列における手の指の血管領域の検出の基礎実験を行った報告である。

2. 実験

図 1 は実験装置の構成である。実験装置は光源、光ファイバを用いた干渉計から構成されている。光源は波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の波長可変レーザーを用いて、高速に波長掃引することにより、SS-OCT(Swept Source OCT)を構成している。

光源からの光は光ファイバを伝搬し、光カップラ 1 により参照光と測定光に 2 分される。参照光はサーキュレーター1, ミラーを介して光カップラ 2 に入射される。測定光はサーキュレーター2 を介して、ガルバノミラー(X-Y Scanner)により測定領域の空間を 2 次元に走査することができる。測定領域からの測定光の後方散乱光は再び光ファイバを伝搬し、サーキュレーター2 を介して、光カップラ 2 で参照光と合成され検出器に入射する。検出器はバランスドディテクタを用い、検出器の出力は AD 変換器を介してパーソナルコンピュータ(PC)に取り込まれる。

測定は 23 歳の男性の左手薬指の第 1 関節付近とした。指の表面から観測できる血管の方向を 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。また、同時に左手薬指の先端はパルスオキシメータを取り付け、脈拍数の検出を行った。

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。取得した 2D OCT 画像から血管周辺部の抽出を行う。血管周辺部の画像はメディアンフィルターを用いてノイズ除去を行う。次に、走査した X 方向の 20 ラインの平均化を行う。ここで、2 次元の 2D OCT 画像から 1 次元の 1D OCT 画像の作成を行う。この 1D

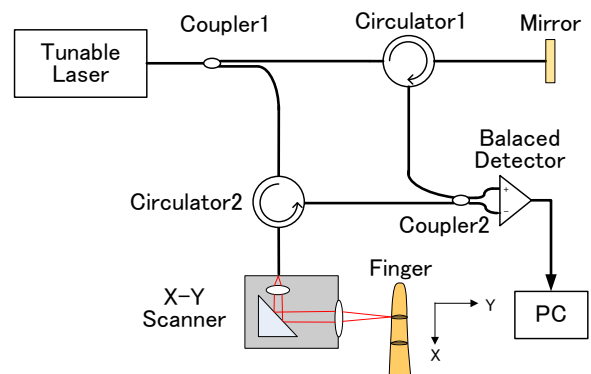


Figure1. Experimental setup

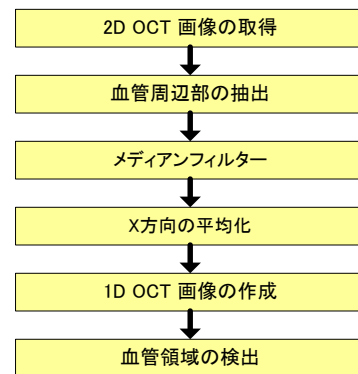
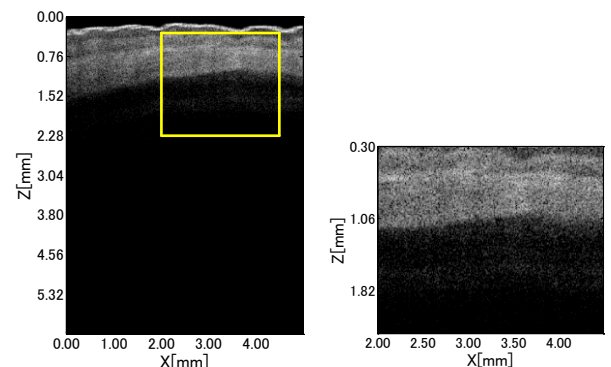


Figure2. The flow of signal processing



(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

OCT 画像から血管の検出を行う。

3. 結果

図 3(I)は左手薬指の第 1 関節付近から取得した 2 次元の 2D OCT 画像である。横軸が走査した X 方向、縦軸が指の内部の深さ方向 Z になっている。図 3(I)の浅い部分において信号レベルが高くなっている部分は表皮である。さらに表皮の下は真皮となっている。図 3(II)は図 3(I)の黄色の枠線で囲んだ X 方向の 2.00mm ~ 4.50mm, 深さ方向 Z の 0.30mm ~ 2.28mm の範囲で血管周辺部の抽出を行った 2D OCT 画像である。

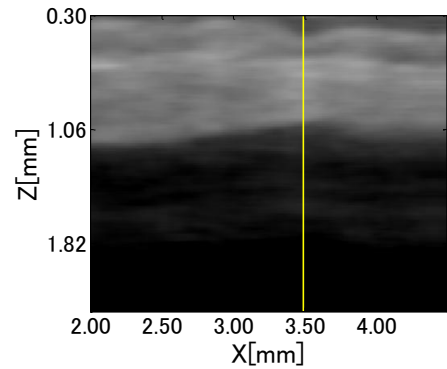
図 4(I)は図 3(II)に、メディアンフィルター、X 方向の 20 ラインを用いて信号レベルの平均化の処理を行った画像である。次に、X 方向の 1 ラインから横軸が深さ方向 Z、縦軸が信号レベルとした 1 次元信号である 1D OCT 画像を作成した。図 4(II)は図 4(I)のラインで示した X 方向が 3.50mm での 1D OCT 画像である。深さ方向 Z が 1.06 mm ~ 1.52 mm 付近で信号レベルが低下している。この領域が血管領域となる。

血管領域の検出は血管上部、血管下部に分けて行う。血管上部は図 4(II)の結果から、信号レベルが低下している中央付近(深さ方向 Z が 1.36mm)から -Z 方向に走査し、信号レベルが 15dB を立ちあがる位置として検出した。血管下部は信号レベルが低下している中央付近から +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。図 5 は 2D OCT 画像の X 方向の各点での血管上部、血管下部の検出結果である。

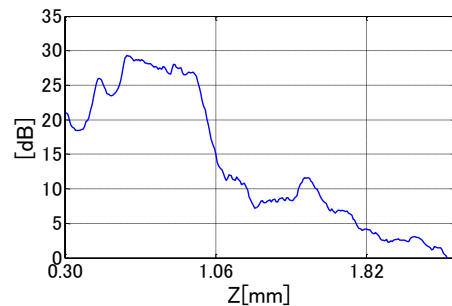
図 6 は時系列の 2D OCT 画像から血管上部、血管下部を検出をし、X 方向が 3.50mm での血管上部、血管下部の動きを表示した結果である。横軸が時間、縦軸が指の内部の深さ方向 Z である。図 6 から血管下部が周期的に脈動していることがわかる。血管上部と血管下部との差が血管領域となる。この差をフーリエ変換により周波数解析を行った結果、脈動の周期は約 0.75s となった。この値は同時に測定したパルスオキシメータの脈拍数から換算した値とほぼ一致した。

参考文献

- [1] M.Kuwabara, T.Fuji, M.Ohmi, M.Haruna: “Dynamic Optical Coherence Tomography of Small Arteries and Veins of Human Fingers”, Applied Physics Express 1,058001 (2008)
- [2] 塚田, 篠田 : 平成 25 年照明学会全国大会, No.13-6 (2013)



(I) 2D OCT image of image processing



(II) 1D OCT image

Figure4. 2D OCT image 1D OCT image

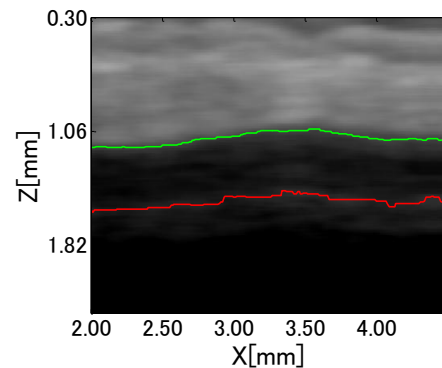


Figure5.Result of 2D OCT image

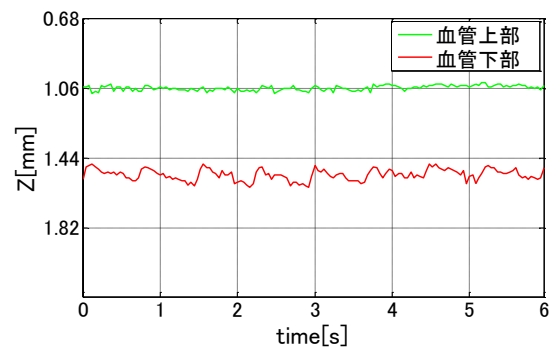


Figure6.Result of diameter measurement of blood vessel