

バイオスペックル血流イメージングにおける血流領域の深さ推定 Estimation of Depth of a Blood Flow Region in Bio-Speckle Imaging

旭川高専¹, 室蘭工大² ○横井 直倫¹, 相津 佳永²

Asahikawa Nat. Col. Tech.¹, Muroran Inst. Tech.², °Naomichi Yokoi¹, Yoshihisa Aizu²

E-mail: yokoi@asahikawa-nct.ac.jp

1. はじめに

レーザー光照射下の生体において観測されるバイオスペックルを利用した血流可視化法が Fujii らのグループ¹⁾により開発されている。また著者らは、2 波長のスペックルパターンにスペックルリダクションを適用することでヘモグロビン濃度情報を分光特性に基づいて取得し、血流と血液濃度変化を同時計測する手法を提案し、その有効性を確認してきた。²⁾ さらに著者らは、スペックル相関を利用した血流領域の深さ計測のための手法を提案し、これまでにすりガラスモデルとヒト手指を対象とした実験によりその原理を確認してきた。³⁾ 今回は、本手法の一部に改良を加えた上で、ヒト前腕部を対象とした血流、血液濃度変化の計測において、対象血液層の深さの同時計測を試みた。

2. 測定原理

測定に用いた光学系を Fig.1 に示す。波長 780 および 830nm の半導体レーザー(LD)からの光を直径約 40mm の円形状にして測定対象に照射し、その反射散乱光によるスペックルを結像面に置いた CCD カメラ(640×480 画素, 画素径 5.6μm)で連続撮像した。CCD カメラで検出された時間的に連続する 2 フレームのスペックルパターンから、時空間差分に基づき血流の相対速度、ガウシアンフィルタを利用したスペックル低減に基づき血液濃度変化、スペックル相関に基づき血流領域の深さを計測する。以上の手法に基づき、血流、血液濃度変化、血液層の深さを撮影機器のフレームレートで同時計測した。

3. 測定結果と考察

Figs.2(a), (b)は、ヒト前腕部による波長 830nm に対応するスペックルパターンに時空間差分を適用して取得した、上腕部の締付時と開放時に対応する血流画像の例である。Fig.2 より、(b)の方が画像の輝度値が高く、締付の開放による血流の再開が確認できる。一方、Figs.3(a), (b)は、波長 780 および 830nm に対応するスペックルパターンにガウシアンフィルタを適用して取得した、締付時と開放時に対応する血液濃度変化画像の例である。Fig.3 より、(a)の締付時に比べて(b)の開放時の方が画像の輝度値が高く、血流再開による血液濃度の上昇が再現されている。さらに、Figs.4(a), (b)は、波長 780 および 830nm に対応する開放時のスペックルパターンからスペックル相関に基づき取得した血流領域の深さの画像の例である。Fig.4 より、(a)と(b)のいずれにおいても血液層の深さは約 1.5mm と推定できる。

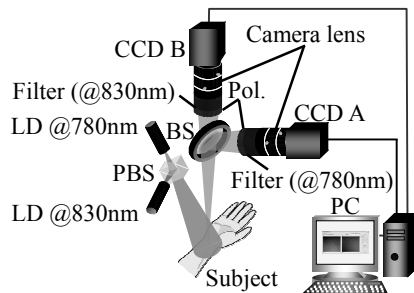


Fig.1 Schematic diagram of the experimental setup.

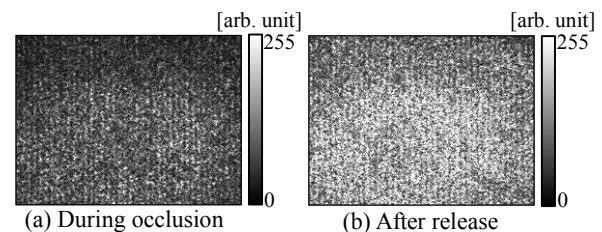


Fig.2 Images of blood flow.

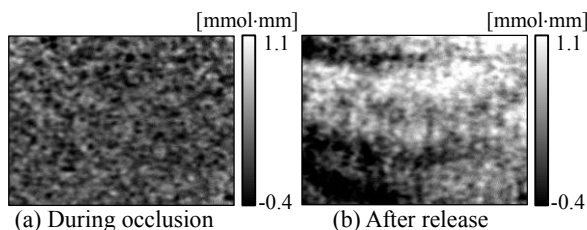


Fig.3 Images of blood concentration change.

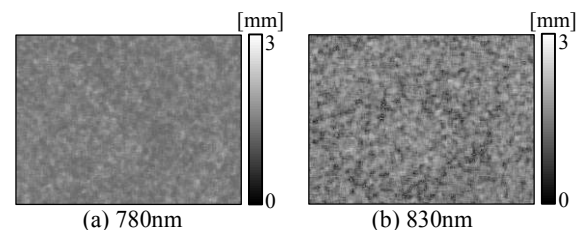


Fig.4 Images of depth of a blood flow region.

- 参考文献: 1) H. Fujii, K. Nohira, Y. Yamamoto, H. Ikawa and T. Ohura, Appl. Opt. Vol.26, No.24, pp.5321-5325 (1987).
2) 横井直倫, 佐藤潤季, 京相昌樹, 島谷祐一, 船水英希, 相津佳永, 第 51 回光波センシング技術研究会講演論文集, pp.161-168 (2013).
3) 横井直倫, 相津佳永, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集(CD-ROM), NO.18a-PG2-5 (2014).