

2 波長ファイバ照射によるスペックル血流・血液濃度変化の同時計測に関する検討

Investigation on simultaneous measurements of blood flow and concentration using two-wavelength laser speckle in fiber illumination

○篠原 智美¹, 横井 直倫², 船水 英希¹, 湯浅 友典¹, 相津 佳永¹ (1. 室工大院、2. 旭川高専)

○Tomomi Shinohara¹, Naomichi Yokoi², Hideki Funamizu¹, Tomonori Yuasa¹, Yoshihisa Aizu¹

(1. Muroran Inst. Tech., 2. Asahikawa National. Col. Tech.)

E-mail: 11022076@mmm.muroran-it.ac.jp

1. はじめに

レーザー光をヒト皮膚に照射することで、光が皮膚内に侵達し組織や動きを有する赤血球などからの散乱光の干渉により動的スペックルが観察される。このスペックルにおける時空間的強度揺らぎを解析することで血流イメージングを行う技術の研究が進んでいる。当研究室では血流と血液濃度変化を同時に計測・解析可能なシステムの研究を続け、その有用性を示してきたが¹⁾、光学系調整の煩雑さが問題であった。そこで本研究ではシングルモードファイバ付き半導体レーザー(SMF-LD)による2波長のレーザー光同軸照射を新たに取り入れた。今回は、血流およびヘモグロビン濃度変化の同時計測において、ヒトの測定時の最高血圧値に対する締め付け条件とその応答の関係について検討を行ったので報告する。

2. 原理

血流評価には式(1)に示す SBR (Square Blur Rate)²⁾ 値を用いる。 SBR 値はスペックル画像上の各画素における平均強度に対するコントラストの逆数を示す。

$$SBR_k = \frac{\langle I_{k,n} \rangle^2}{\langle |I_{k,n} - \langle I_{k,n} \rangle| \rangle^2} \quad (1)$$

ここで、 I は反射光強度、 k は画素番号、 n はフレーム番号、 $\langle \dots \rangle$ は連続撮影の平均である。また、血液濃度変化は修正ランバート・ベール則に基づく式(2)、(3)によって評価する。

$$\begin{pmatrix} \Delta(C_{oxy}l) \\ \Delta(C_{deoxy}l) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{oxy}^{\lambda_1} & \varepsilon_{oxy}^{\lambda_2} \\ \varepsilon_{deoxy}^{\lambda_1} & \varepsilon_{deoxy}^{\lambda_2} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \Delta OD^{\lambda_1} \\ \Delta OD^{\lambda_2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\Delta(C_{total}l) = \Delta(C_{oxy}l) + \Delta(C_{deoxy}l) \quad (3)$$

ここで ε は吸光係数、 C はヘモグロビン濃度、 l は平均光路長、 Δ は変化差分、 OD は吸光度である。また oxy , $deoxy$ は各々の酸素化、脱酸素化ヘモグロビンを意味する。波長は $\lambda_1 = 780\text{nm}$, $\lambda_2 = 830\text{nm}$ を用いる。

3. 実験

本実験で用いた光学系を Fig.1 に示す。実験は左手中指の末梢血管を対象とし、計測開始 10 秒後から左上腕部を血圧計測用カフにより 110mmHg から 150mmHg まで 10mmHg 毎に圧力上昇し、各々 60 秒間締め付けを行い、血流・血液濃度の変化を計測した。Figs.2(a), (b), (c) は測定最高血圧値が 127mmHg の人に対する血液濃度変化の結果である。締め付け時に全ヘモグロビン濃度の変化が確認でき、締め付け条件によりその変化に上昇と低下の差異が見られた。これは被験者の最高血圧値との関係が考えられる。今後は生体的知見を元にした考察が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 相津 佳永：光技術コンタクト，第 46 巻，第 6 号 (2008) pp.16-22.
- 2) 藤居 仁：計測と制御，第 39 巻，第 4 号 (2000) pp.246-252.

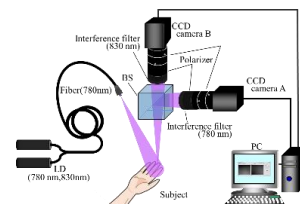
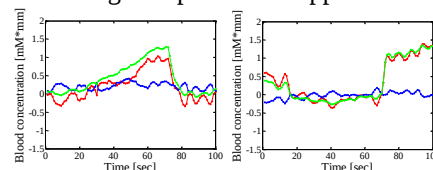
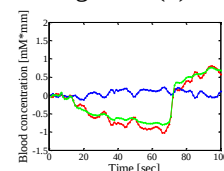


Fig.1 Experimental apparatus.



(a) 110mmHg (b) 130mmHg



(c) 150mmHg

— $\Delta(C_{oxy}l)$ — $\Delta(C_{deoxy}l)$ — $\Delta(C_{total}l)$

Fig.2 Measured samples of concentration.