

RGB カメラを用いた経皮的動脈血酸素飽和度の非接触計測のための 基礎的検討

Fundamental study on non-contact measurement of percutaneous arterial oxygen saturation using RGB camera

東京農工大院 BASE¹, 山形大医学部脳神経外科²

○西館泉¹, 安井理矩¹, 泉拓也¹, 小久保安昭²

Tokyo Univ. Agri. Tech. BASE¹, Yamagata Univ.²

¹Izumi Nishidate¹, Riku Yasui¹, Takuya Izumi¹, Yasuaki Kokubo²

E-mail: inishi@cc.tuat.ac.jp

皮膚などの末梢血行動態から得られる重要な生理学的指標として、組織酸素飽和度 StO_2 と経皮的動脈血酸素飽和度 SpO_2 が知られている。 StO_2 は組織中の細動脈、細静脈や毛細血管に存在するヘモグロビンの酸素結合割合を表し、局所的なヘモグロビン酸素飽和度を評価するために利用される。 SpO_2 は心臓から全身に流れる動脈血に存在するヘモグロビンの酸素結合割合を反映し、心肺機能の評価に使われる。 StO_2 と SpO_2 はそれぞれ近赤外分光法やパルスオキシメーターにより評価することが可能であるが、いずれも接触型である。一方で、末梢血行動態の非接触計測法として、これまでに、RGB カメラで計測した皮膚のカラー画像の色彩情報を生体内光伝搬モンテカルロシミュレーションと重回帰分析に基づき解析することで、メラニン量、酸素化・脱酸素化ヘモグロビン量、ビリルビン量を非接触で画像計測する方式が提案されており、ラットやヒト被験者に対する実験により生体での妥当性が確認されている[1-3]。また、これらの方法を RGB カラー動画の各フレームに適用することで、心拍由来の末梢容積脈波や自律神経活動由来の血管運動を非接触かつ広範囲に画像計測できることが確認されている[4]。さらに、酸素化ヘモグロビン量と脱酸素化ヘモグロビン量の脈波成分を解析することで SpO_2 の非接触計測を行うアルゴリズムが提案され、ラットに対する動物実験による実証が行われている[3]。しかしながら、このアルゴリズムでヒトを対象とした SpO_2 計測が可能であるかは実証されていない。本研究では、上記非接触 SpO_2 計測法のヒトに対する有効性を実験的に検証することを目的とした基礎的な検討を行った。

実験では、吸入酸素濃度 $FiO_2\%$ を 40%, 20.9%, 18%, 14%, 11% の 6 段階の異なる条件を設定し、座位・安静状態、白色光照明下の被験者の顔、手のひら、および前腕内側の RGB 動画の計測を行った。試験用ガスの吸入と動画の計測は各 FiO_2 条件につき 1 分 30 秒間とし、動画はデータサーバーに非圧縮 AVI フォーマット形式で保存した。被験者は人差し指にパルスオキシメータープローブを装着し、パルスオキシメーター装置で経皮的動脈血酸素飽和度 SpO_2 と脈拍数を連続的に計測した。RGB 動画の各フレームに対して Nishidate らの提案した SpO_2 計測アルゴリズム[3]を用いることで酸素化ヘモグロビン量 C_{HbO} と脱酸素化ヘモグロビン量 C_{HbR} の動画を求め、設定した関心領域内の画素平均値の時間波形を周波数解析することでそれぞれの脈動成分を抽出し、脈波振幅値(Pulse wave amplitude, PWA)の平均値を算出した。 C_{HbO} の脈波振幅値 PWA_{HbO} と C_{HbR} の脈波振幅値 PWA_{HbR} の比である ϕ を求め、パルスオキシメーターにより得られた SpO_2 との比較を行った。実験結果から、 ϕ の値は、 SpO_2 の減少に伴い単調な減少を示し、ラットを用いた実験結果と同様の傾向が得られることが確認された。この結果に対して、非線形曲線フィッティングによる回帰式を求めておくことで、 ϕ の実測値から SpO_2 を推定できることが確認された。以上より、ヒトに対する非接触 SpO_2 計測の可能性が得られた。

謝辞：本研究の一部は医療研究開発機構（AMED）長寿・障害総合研究事業「WEB カメラを用いた脈拍・呼吸・酸素飽和度の非接触型遠隔リアルタイムモニタリングシステムの開発」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] I. Nishidate *et al.*, *Opt. Lett.*, **33**(19), 2263 (2008).
- [2] I. Nishidate *et al.*, *J.Biomed. Opt.*, **16** (8) 086012 (2011).
- [3] I. Nishidate *et al.*, *Biomed. Opt. Express*, **11**(2), 1073 (2020).
- [4] D. McDuff *et al.*, *Sci. Rep.*, **10**, 10884 (2020).