

光を用いた血行動態の時間・空間的評価

1200053 北村 瞭和 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. 研究背景・目的

現在の医療分野では、画像診断装置として内視鏡検査や膀胱鏡検査などが用いられている。これらはリアルタイムに表示される臓器内部の画像から形態変化による疾患や病気を見つけ出すことができる。しかし、疾患などによって臓器や血管の形態変化が発生することで初めて疾患部位を特定するため、形態変化が引き起こる前の段階での疾患部位の特定は困難である。形態変化が引き起こされる原因の1つとして血行障害があり、組織内における血流の評価を分光的に行う研究は多く行われている[1]。しかし、実際の医療分野で光を用いた血行障害の評価方法は少ないことが課題である。

本研究では近赤外・緑の波長の光を用いることで脈拍成分を測定し、生体組織における血行動態の時間・空間的評価を目指している。また、具体例として現在の医療分野でも活用されている内視鏡検査や膀胱鏡検査に応用し、臓器の組織表面における血行動態評価が考えられる。生体組織の血行動態評価から血行障害を発見し、疾患などの早期発見に繋がることを目指している。

2. 光の特性・脈拍の振幅成分の原理

本研究では波長 810nm の近赤外光、波長 530nm の緑光の2つの光を用いて観測を行った。吸収・散乱の強さでは近赤外光より緑光の方が大きい特性がある。この2つの光を用いることで、血管の評価場所や光の吸収の度合いで画像としての見え方が異なると予想される。

散乱反射光観測では、ImageJ を用いて観測された脈拍計1つの振幅とその1つの振幅内に同期している被験者の信号波形から a:最大 b:最小の数値を独自の式(1)に当てはめ、脈拍の振幅成分を算出した。解析箇所としては、人差し指と中指の指先・第一関節・第一二関節の間・第二関節・第二三関節の間の5点を解析している。また、測定した動画像の画像全体の評価を行う。

$$\frac{a-b}{(a+b)/2} = p \tag{1}$$

a:脈拍の最大 b:脈拍の最小 p:脈拍の振幅成分

3. 散乱反射光観測の実験構成、脈拍・画像解析

散乱反射光観測では、CMOSカメラとマウントLEDを図1のように配置した。撮影時間は0分~3分後まで行い、また、血行動態評価を行う比較対象として、正常な状態と中指の第二関節に輪ゴムを巻いた状態を撮影した。

血行動態評価方法として、ImageJを用いて脈拍計と被験者の信号波形を観測し、脈拍の振幅成分を算出している。画像解析では、撮影した被験者の元画像の画素数や階調度を変更して脈拍・血流の変化を画像として観測できる解析も行った。

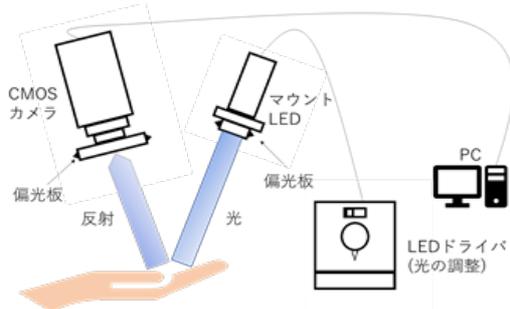


図1. 散乱反射光の実験系

4. 実験結果

緑光(530nm)での正常な状態と中指の第二関節に輪ゴムを巻いた状態の3分後の結果を図2に表す。解析箇所を比較するとそれぞれの指先において大きな差が発生し、指先での血流の変化が確認できる。これは、緑光は吸収・散乱が強く指の表面のすぐ下(皮下)の血管、特に毛細血管が光を吸収しているため指先での脈拍の振幅成分に変化が観測できたと考察した。また、緑光での画像解析結果を図3、4に表す。白い部分が血流の変化があり、黒い部分が血流の変化があまりないことを表す。図3、4を比較すると、中指の第二関節に輪ゴムを巻いた状態では黒く見えるので、画像からも血流の変化部位が観測できる。

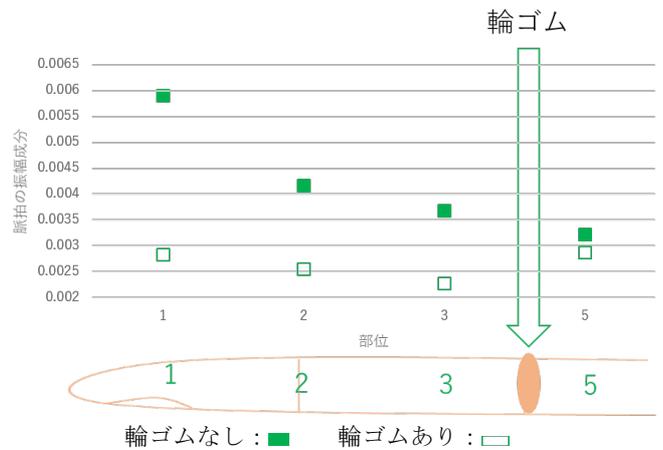


図2. 緑光での中指の正常な状態と輪ゴムを巻いた状態

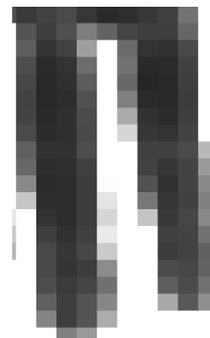


図3. 正常な状態

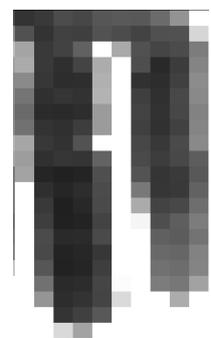


図4. 輪ゴムを巻いた状態

5. 結論

散乱反射光観測実験において、緑光の特性から血管の評価場所が確認でき、脈拍の振幅成分と画像解析から血流の変化を得ることができた。これらより、光を用いた血行動態評価は可能である。本研究を内視鏡検査や膀胱鏡検査に応用することで生体組織の血行動態評価が可能となり、疾患などの早期発見に繋げることができる。今後は、実際に内視鏡や膀胱鏡の装置に組み込むことを想定し、装置や測定対象の振動の除去や脈拍の振動成分を強調できる画像解析手法の改良が課題である。

参考文献

[1] Norimichi Tsumura, "Image-based skin color and texture analysis/synthesis by extracting hemoglobin and melanin information in the shin", ACM Transaction on Graphics22(3), pp. 770-778, 2003