

[B27] 反射型パルスオキシメータの研究

知能機械工学科 山田研究室
9924023 檜原高行

1. 緒言

パルスオキシメータは赤色、および近赤外の光を指などに照射して拍動に対応した検出光の変動から動脈血の酸素飽和度を計測する機器である。

現在一般的に使用されている透過型パルスオキシメータは、指や耳たぶに挟むため血流を阻害して傷害を発生することがあり長期のモニタリングには不向きである。そのような傷害などを防止し、装着部位の自由度が高い反射型パルスオキシメータが望まれている。しかし、反射型パルスオキシメータいくつかの課題がある。

本研究では、反射型パルスオキシメータの実現のため、試作した反射型プローブによる基礎実験からの特徴や可能性について検討した。

2. 透過型パルスオキシメータの原理

血管以外の組織と静脈血による光の吸収は心拍の影響を受けないので一定なのに対し、動脈血は脈動するのでその成分による吸収は心拍に同期して変動する。この変化する成分は小さなもので、吸光度全体から見ると1-2%程度である。動脈血による吸光がこのように心拍により変動しているため、吸光全体から変動の不変な成分を数値的に差し引けば、組織や静脈血による吸収の成分は除去され、動脈血による吸収成分のみが残り、これが動脈血酸素飽和度を示す。

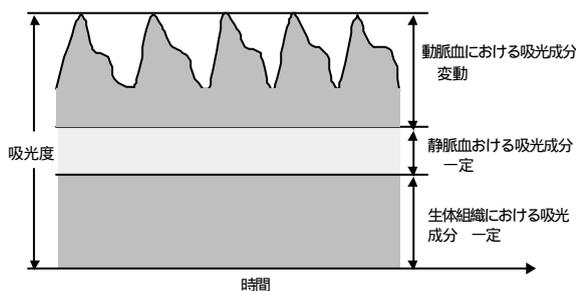


図 2-1 生体組織の吸光成分

ここで使用する波長は赤色光(660[nm]付近)と近赤外光(880[nm]付近)である。この2つの波長の光を組み合わせると、一定の光をあてたときにどれだけの光が透過してくるかを電気信号にして取り扱う。この2つの波長は、オキシヘモグロビン(HbO₂)とデオキシヘモグロビン(Hb)の吸光度が逆になるため分解能が高く、660[nm]付近は、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光度が大きく異なるので感度が高くなる。また 660[nm]付近より短い波長は、組織の散乱が高く、また

880[nm]付近より長い波長は、水の吸収が高いためヘモグロビンの信号が小さくなりすぎるためである。

図 2-2 より近赤外光が多く検出されれば酸素飽和度が高く、赤色光が多ければ酸素飽和度が低いことがわかる。

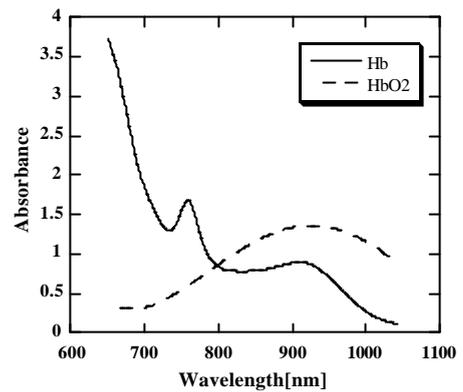


図 2-2 オキシデオキシヘモグロビンの吸光スペクトル

3. 透過型プローブと反射型プローブについて

図 3 のように透過型プローブは生体組織を挟むように光源と検出器を配置するのに対して反射型は同一面上に光源と検出器を配置する。これにより理論上、光源と検出器の距離が変動しないことで測定精度が高く、装着部位の自由度は高くなるとされるが、実際に動脈の脈動成分の信号を拾っているのかわか、最適な光源 - 検出間距離はいくつか、などの問題がある。

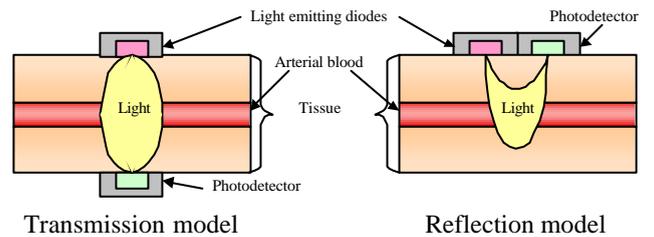


図 3. 透過型・反射型プローブのモデル

4. 反射型プローブによる実験

試作した反射型プローブは図 4-1 のように中央に PD があって、その周囲に半径 6[mm],10[mm],12.5[mm]の同心円にそれぞれ 8 箇所波長 660[nm]と 880[nm]の LED が配置されている。各波長の LED は光を交互に出す。プローブの皮膚接触面は黒いものと白いものの 2 種類用意した。それぞれの LED がスイッチにより ON-OFF 可能となっている。

まず測定部位を、手のひら、指、額、足の裏、上腕、胸部、腹部の計 7 箇所とした。測定の結果、同一被験者であっても、

図 4-2 のように部位が手のひら、指、額、足の裏では脈動波形を確認できるが、上腕、胸部、腹部では脈動波形をほとんど確認できなかつた。

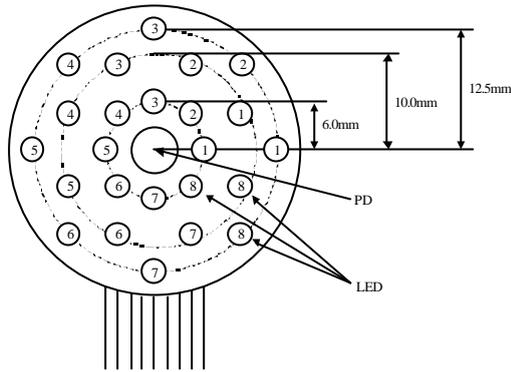


図 4-1. 反射型プローブ形状

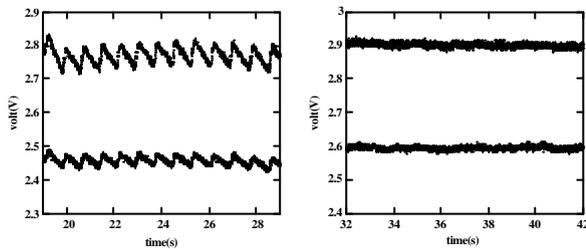


図 4-2. プローブ表面白、光源-検出間 6[mm]のときの手のひら(左)と上腕(右)の脈動波形

次に脈動波形の確認できた手のひら、指、額、足の裏を対象に 14 人の被験者を測定した。

結果、図 4-3 に示されるように装着部位ごとに個人差も確認できた。また、すべての被験者の実験をとおし、装着部位にプローブをあてる際の微妙な圧力の違いによる波形変化があることが確認できた。

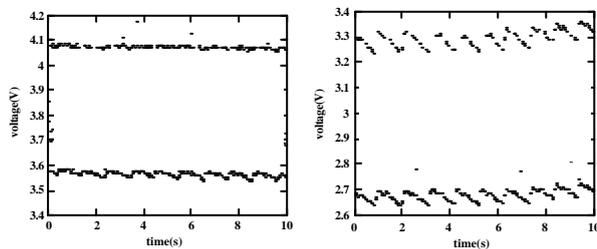


図 4-3. プローブ表面黒、光源-検出間距離 10[mm]のときの被験者 A(左)と被験者 B(右)の指の脈動波形

5. 被験者の平均波形変動幅と平均波形変動率

グラフは、各プローブにおける 14 人の波形変動幅(V)、波形変動率(%) [透過型(クリップ型)の波形変動幅に対する反射型(各部位、各プローブ)の波形変動幅]の平均値である。

これらの結果から、全体的に見ると指で測定したものが最も

波形変動幅、波形変動率が良いことがわかる。足の裏ではあまり良い結果が得られなかつた。

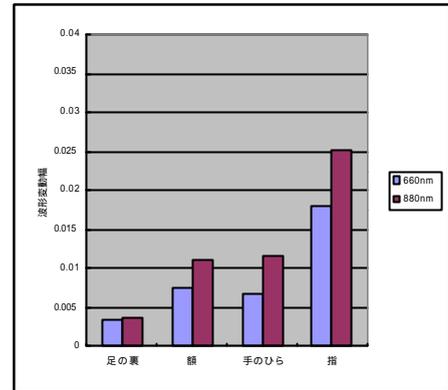


図 5-1. プローブ表面白光源-検出間 6[mm]の波形変動率

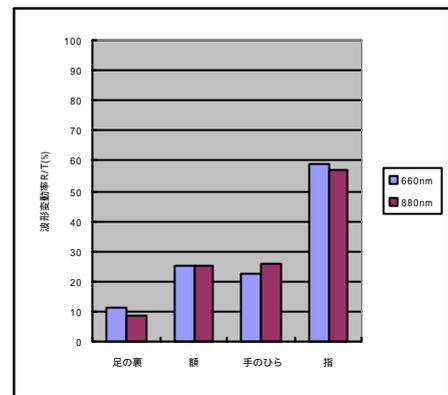


図 5-2. プローブ表面白光源-検出間 6[mm]の波形変動率 R/T

6. 結言

反射型プローブによる測定可能箇所と部位による脈動波形に個人差があることがわかつた。装着部位にプローブをあてる際の微妙な圧力の違いによる波形変化があることが確認できた。しかし、LED の出力や個数は被験者ごとに値が異なるため、厳密ではなく、単純に比較できない。

参考文献

- [1] Anna Zourabian, Andy Siegel, Britton Chance, Nirmala Ramanujan, Martha Rode, David A. Boas, *Trans-abdominal monitoring of fetal arterial blood oxygenation using pulse oximetry*, Journal of Biomedical Optics 5(4), 391-405 (October 2000)
- [2] 諏訪邦夫, *パルスオキシメーター*, 中外医学社(1989)
- [3] 山田幸生, 高橋ゆかり, *医学・生物学における光と生体組織の相互作用および光におけるイメージング*, 機械技術研究所報 Vol.49 (1995) No.1
- [4] 松下圭介, 青木一男, 角田直人, 山田幸生, *反射型パルスオキシメータの基礎研究*, 日本機械学会第 15 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集 (2003)