

[B21]パルスオキシメータの研究

知能機械工学科 山田研究室

9914057 瀧川隆介

1. 緒言

パルスオキシメータは、動脈血の酸素飽和度を無侵襲かつリアルタイムに測定する医療機器であり、極めて広範囲に利用されている。しかし、現在使用されているパルスオキシメータはほとんどが透過型(図1)であり、指などを軽く圧迫して測定を行っている。そのため、光源である発光ダイオードLEDの発熱による低温やけどなどの症状や、圧迫による血流障害に起因する傷害を避けるため同じ部位での長時間測定は禁じられている。このような欠点を解決するために、圧迫を伴わない反射型で小型のパルスオキシメータ(図2)が望ましい。しかし、反射型パルスオキシメータは脈波が小さいなどの不利な点があり、普及していない。脈波を解析することはパルスオキシメータにおける酸素飽和度測定では不可欠である。本研究では、透過型と反射型の両方について実験を行い、脈波の解析を行ったので報告する。

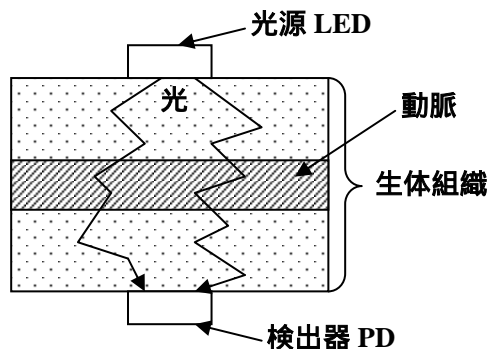


図1 透過型モデル

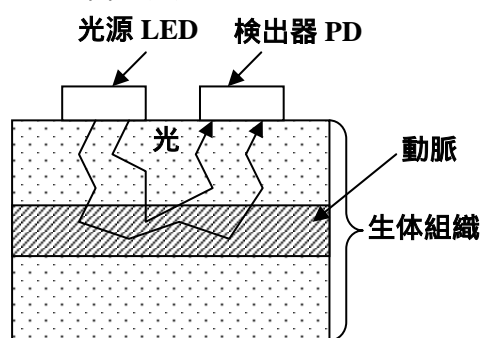


図2 反射型モデル

2. 原理

パルスオキシメータは赤色光と近赤外光の2つの光を用いて、2つの光の動脈血内のオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンによる吸光度の違いを利用して動脈血内の酸素飽和度を測定する医療機器である。生体組織の中から動脈血内の酸素飽和度を選択的に測定するには、動脈血は心臓の拍動により脈動成分をもつということを用いる。動脈血以外の生体組織は吸光成分が一定なのに対し、動脈血の吸光成分は心臓の拍動により脈動する。この脈波を解析することによって動脈血内の酸素飽和度を測定することができる。脈波の解析を行うには、脈波の波形変動幅AC値と波形平均値DC値を求める(図3)。求めた(AC値)/(DC値)の赤色光(R)と近赤外光(IR)の比 r (式(1))を求め、あらかじめ知られている r と酸素飽和度 SpO_2 の関数 $SpO_2=f(r)$ を用いて、酸素飽和度を得ることができる。

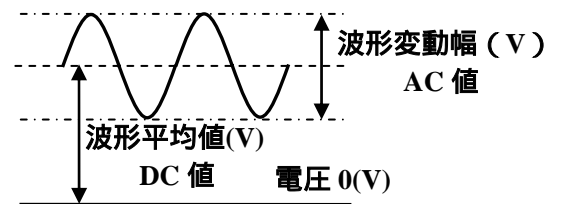


図3 AC値・DC値模式図

$$r = \frac{(V_{AC} / V_{DC})_R}{(V_{AC} / V_{DC})_{IR}} \quad (1)$$

3. 手法

実験では透過光と反射光強度に対応する電圧をサンプリングし、約10秒間の赤色光R(660nm付近)と近赤外光IR(880nm付近)の脈波を抽出した。次に、反射型パルスオキシメータで得られる脈波はノイズを多く含んでいるため、100点移動平均をによって、スムージングを行った。スムージングされた脈波のtopとbottomの電圧をそれぞれ抽出し、赤色

光 (R)、近赤外光 (IR) それぞれに対して電圧の AC 値 V_{AC} と DC 値 V_{DC} を求め、透過型で得られた関数 $SpO_2=f(r)$ より酸素飽和度を求める。

4.結果

透過型、反射型のデータから抽出した脈波を図 4,5 に示す。図 4,5 に示したように、R と IR の脈波をそれぞれ抽出することができた。

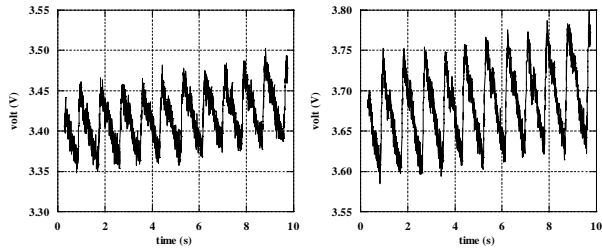


図 4 抽出された脈波 (透過型)

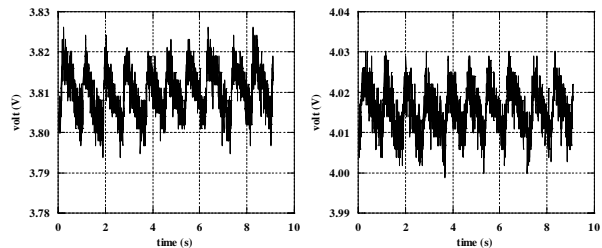


図 5 抽出された脈波 (反射型)

反射型で得られる脈波はノイズが多いが、スムージングをすることによって、図 6 のようなノイズの多い脈波の波形を図 7 のように明瞭な脈波の特徴をもつ波形にすることができる。このようにスムージングすることによって、より正確に赤色光と近赤外光の AC 値・DC 値の比 r の値を求めることができた。

実験で透過型、反射型のデータをそれぞれ解析し、透過型で用いられている関数 $SpO_2=f(r)$ を用いて酸素飽和度を算出したところ、透過型については正確に酸素飽和度を求めることができたが、反射型については実際の酸素飽和度より低い値が測定されることが多かった。

5.結言

透過型と反射型のデータに透過型で得られた関数 $SpO_2=f(r)$ を当てはめると、反射型の酸素飽和度が実際の酸素飽和度より低く測定されるのは、赤色光と近赤外光の生体組織内の経路が透過型と反射型では異なることなどが原因として挙げられる。よって、反射型プローブにおいても酸素飽和度を正確に測定するには、反射型の場合の関数 $SpO_2=f(r)$ を作成する

必要があることがわかった。

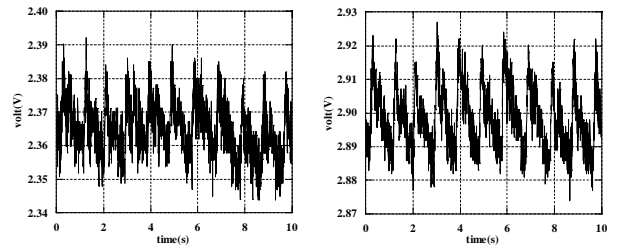


図 6 スムージング前の脈波

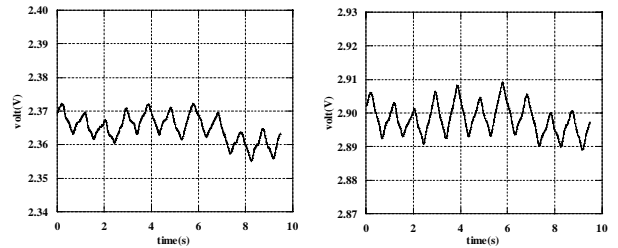


図 7 スムージング後の脈波

参考文献

- 1) 諏訪邦夫, パルスオキシメーター, 中外医学社 (1989)
- 2) 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
- 3) 松下圭介, 反射型パルスオキシメータの基礎研究, 平成 14 年度電気通信大学修士論文
- 4) John G. Webster, Design of Pulse Oximeters, Inst. of Physics Pub. (1997)
- 5) 野川雅道, 荘従伸, 板倉恵子, 田中志信, 高谷節雄, 低レベル酸素飽和度測定を目指した反射型パルスオキシメトリ, 第 36 回日本エム・イー学会大会 Japan Soc. ME&BE, 医用電子と生体工学 第 35 巻特別号, April (1997)
- 6) 野川雅道, 佐竹健一, 海和健史, 高谷節雄, 反射型パルスオキシメトリ - 光拡散理論による検討および計測部位による脈波成分の分布について, 第 37 回日本エム・イー学会大会 Japan Soc. ME&BE, 医用電子と生体工学 第 36 巻特別号, May (1998)
- 7) 富田規裕, 野川雅道, 八巻通安, 久保田功, 友池仁暢, 高谷節雄, 反射型光電子脈波による循環動態計測, 第 38 回日本エム・イー学会大会 Japan Soc. ME&BE, April (1999)