

令和 5 年 5 月 2 9 日現在

機関番号：3 2 4 0 7

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：1 8 K 1 2 1 1 3

研究課題名（和文）動脈血酸素飽和度の非接触測定の研究

研究課題名（英文）Non-contact Measurement of Blood Oxygen Saturation

研究代表者

秋元 俊成（Akimoto, Toshinari）

日本工業大学・先進工学部・准教授

研究者番号：1 0 5 1 1 4 6 2

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、動脈血酸素飽和度を非接触で計測するためのシステム開発とその評価検証を行った。まず、レンズで集光した光を高感度フォトトランジスタに入力し非接触で脈波計測を行うシステムを開発した。次に、複数の照明を切り替える形で反射光から血中酸素飽和度を推定するシステムの開発を行った。これまでのカメラを用いた手法より安価に装置を作成できる可能性を示すと共に、カメラでの計測における高性能化につながる結果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果として、レンズとフォトトランジスタを利用して非接触で酸素飽和度を推定する新しい計測手法が開発されました。この手法は、異なる波長の光を組織に照射し、反射した光を分析することで酸素飽和度を算出します。研究室における実験では、従来のパルスオキシメーターと同等の精度を達成することが示されました。また、この手法は特に新生児のモニタリングに有望であり、非接触測定の計測精度と利便性を高めるための技術改良も行われました。これらの研究成果は、臨床現場において非侵襲的かつリアルタイムな酸素飽和度モニタリングの実用化に向けた重要な一歩となっています。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a system to non-invasively measure arterial blood oxygen saturation and evaluated its performance. Firstly, we developed a system that collects light using a lens and performs non-contact pulse wave measurement by inputting the light to a highly sensitive phototransistor. Next, we developed a system to estimate blood oxygen saturation from reflected light by switching multiple illuminations. We obtained results that demonstrate the potential for creating a more cost-effective device compared to previous camera-based methods and contribute to the improvement of performance in camera-based measurements.

研究分野：医工学

キーワード：非接触 酸素飽和度 計測 レンズ ミラー 生体計測 非接触計測 パルスオキシメーター

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1．研究開始当初の背景

呼吸、脈拍、体温、血圧に続いて、酸素飽和度は人間の健康状態を把握するために特に重要視される項目である。酸素飽和度は、血液中のヘモグロビンと酸素が結合した割合を示し、身体が酸素を正常に取り込んでいるかどうかを判断する指標となる。現在、酸素飽和度を計測するためには、パルスオキシメーターと呼ばれる装置が一般的に使用されている。パルスオキシメーターは、皮膚表面に装着して計測を行う。病院では、入院患者の観察やモニタリングに広く使用されているが、いくつかの問題も存在する。パルスオキシメーターは、計測に LED を使用しているため、長時間計測を行う際には発熱が起こり、低温やけどのリスクがある。特に新生児では、ケーブルが首に絡まることによる窒息の危険性があるため、慎重な使用が求められている。これらの問題により、24 時間連続の計測が困難になっている。

近年、これらの問題を解決するために、カメラを使用した非接触計測法が提案されている。これらの方法は、パルスオキシメーターとは異なり、皮膚に装着する必要がないため、上記の問題を完全に解決することができる。しかし、高性能なカメラを利用したシステムは装置自体が大きくかさばり、高価になるという課題がある。

非接触計測法は理想的な解決策であるが、現在の技術では装置が大型かつ高価になってしまうという課題が残っている。将来的には、よりコンパクトで費用効果の高い非接触測定装置の開発が期待されている。

## 2．研究の目的

本研究は、非接触での動脈血酸素飽和度測定システムの開発を行い、その評価検証を行う事を目的とした。非接触での計測には、カメラが利用される事が多いが、カメラを利用するとセンサ情報がカメラの性能に制限される。また、応用時の低価格化も考慮し、本研究ではレンズとフォトトランジスタを組み合わせた新たな計測手法の開発を行った。開発したシステムが実用的なレベルになるように評価、改良を行ない、できるだけ離れた点からの計測実現を目指した。

## 3．研究の方法

本研究ではパルスオキシメーターの計測法を元に、非接触で血中酸素飽和度の計測が可能か実験を行いその結果を評価した。パルスオキシメーターは、酸素と結合したヘモグロビンとそうでないヘモグロビンの色の違いを利用して血中酸素飽和度の計測を行っている。この計測には、主に透過光式と反射光式の 2 種類が用いられている。本研究では反射光式に着目し実験をおこなった。製作した装置は LED で肌に光を照射させ、その光の反射を計測することで脈波の計測を行っている。本研究では、反射した光の減光度を計測することで脈波の計測を行い、計測したデータでの血中酸素飽和度の測定が可能か評価を行った。

## 4．研究成果

本研究で製作した計測装置の概略図を図 1 に示す。

本研究で製作した計測装置の原理としては、手に照射した光の反射光で血中酸素飽和度の計測を行っている。しかし、単純に手に照射させた光の反射光のみでは減光度が大きすぎるため変化を計測することができない。そこで、カメラを用いた計測と同様にレンズによって反射光を集光することで計測を行う事とした。計測手法の概略図を図 2 に示す。

光の照度 $E_1$ を光源の光度 $C$ と光源からの距離 $D$ により求めると、照度を求める式は(1)式ようになる。

$$E_1 = \frac{C}{D^2} \quad (1)$$

肌を反射させたことによる減衰を考慮に入れると、反射時の減衰率 $k$ を用いて、肌で反射させた光の照度 $E_2$  は(2)式ようになる。

$$E_2 = k \cdot \frac{C}{2 \cdot D^2} \quad (2)$$

この(2)式を用いた、距離による光の照度 $E_2$

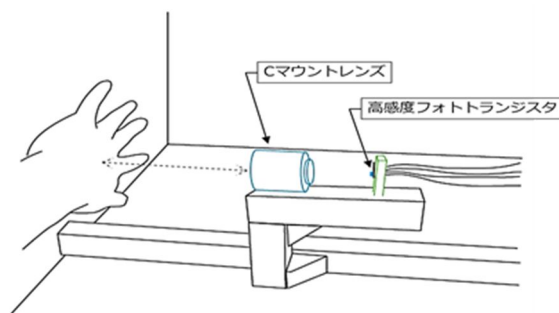


図 1 計測装置の概略図

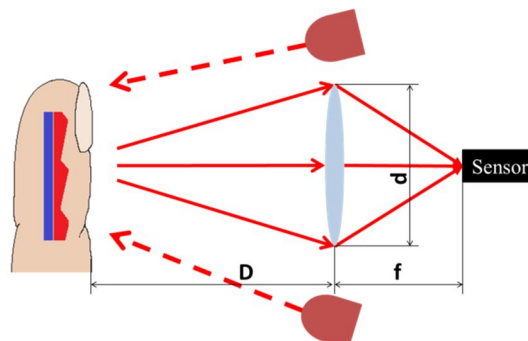


図 2 計測手法の概略図

の変化を図3に示す。今回は、減衰率  $k$  を 1、0.5、0.1 で計算した。  
 このように、反射式の照度は微弱である。そこでレンズによる集光を追加することとした。レンズの面積  $S_1$  とセンサの面積  $S_2$  との面積比  $S_m$  を求めた。レンズの直径を  $d$  として、センサには正方形のものをを用いるため一辺を  $a$  とした。

$$S_1 = \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \quad (3)$$

$$S_2 = a^2 \quad (4)$$

$$S_m = \frac{S_1}{S_2} \quad (5)$$

(5)式を用いて求めた比からセンサに照射される照度  $E_3$  を求めた。

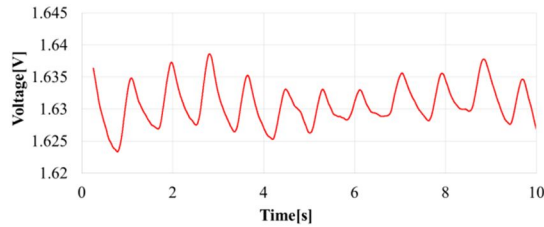
$$E_3 = E_2 \cdot S_m \quad (6)$$

(2)式と(6)式を用いて、肌の反射率を 0.5 とした場合に従来の反射式の計測手法（LED1 つを密着させて計測する場合）と本研究における計測手法（LED8 つを照射してレンズで集光した場合）の照度を比較すると、0.2[m]付近で 1/10 程度の照度を得られるようになる。このため、0.2[m]付近でのレンズを用いた反射式血中酸素飽和度計測が有効であると考えた。

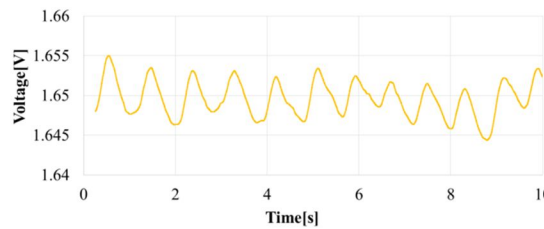
実験では反射光から計測するパルスオキシメーターに利用されているフォトトランジスタ（新日本無線社製 NJL5501R）を使用し、身体からの反射光を集光するためにカメラレンズ（サインソニック社製 C マウントレンズ 25mm F/1.4 C）を用いた。増幅回路には NJL5501R 使用例に記載されているものを利用した。光源にはパルスオキシメーターで使用される波長に近い LED を選んだ。実験では、他の部位と比べて脈波が検出しやすい指に光を照射し、計測部位からの距離を変えて脈波を計測できるかを実験した。

本実験では、被験者は研究者本人とした。実験場所は通常の実験室で蛍光灯の下で実験を行い、計測は安静坐位にて手を机の上に置く形で行った。

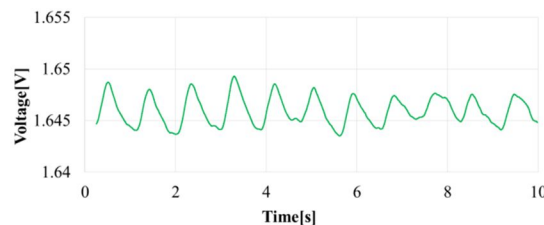
非接触で計測可能な距離を評価するために人の肌から 50[mm]、100[mm]、200[mm]、300[mm]、400[mm]の地点での計測を行った。各地点での計測時間は 30 秒として、脈波成分の検出が行えているかの検討を行った。



(a) Measurement for red LED



(b) Measurement for IR LED



(c) Measurement for green LED

図4 脈波計測結果

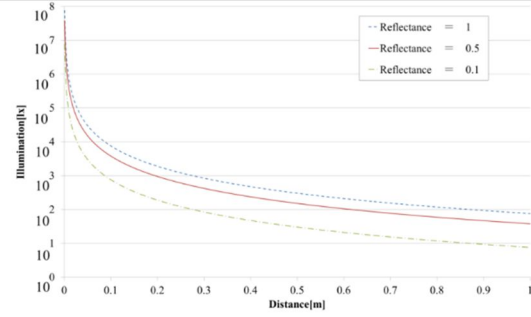


図3 照度変化の計算結果

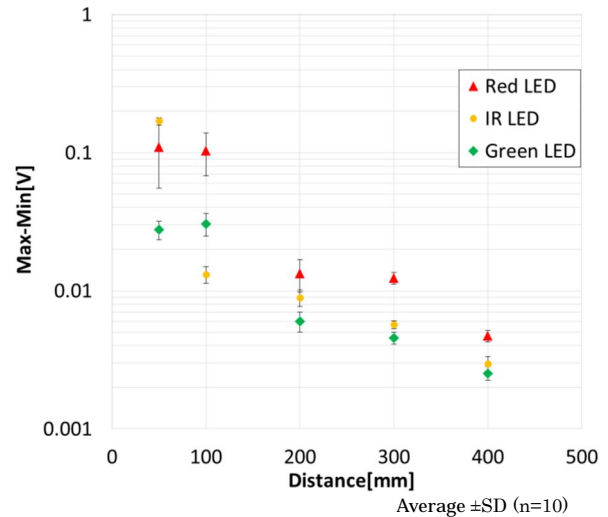


図5 距離と振幅の関係

実験の結果から、レンズを利用する事で皮膚から離れた状態であっても脈波が計測できる事が確認できた。これは、非接触での生体情報計測の新たな取り組みの基礎となると考える。今回開発したシステムは、レンズと LED、フォトトランジスタの構成でできるセンサである為、非常に安価な構成でシステム化できる。これは、コスト面で考えると非常に優れた構成である。また、計測距離に関しては、理論通り距離が離れることにより計測結果の振幅が小さくなる結果となった。今回のシステムでは 300[mm]程度が限界の距離であったが、レンズの径を大きくしより多くの光を集光する事で、1[m]程度までの距離では計測を行う事が可能になると考える。

今回の計測結果によって、離れた地点から各色 LED を用いての脈波計測が可能であった。各色 LED による計測結果の振幅を比較する事で、血中酸素飽和度が推定できることから、非接触で血中酸素飽和度の計測を実現できる可能性を示す結果となった。非接触で血中酸素飽和度を計測できることは、日常生活での健康維持管理のみでなく、病院での患者モニタや介護施設や老人ホーム等の施設での見守りをより安定して行う事を可能にする。また、未熟児や新生児のモニタの配線もなくすことができ、自動運転中の運転手のモニタにも応用することが出来ることから、その応用範囲は広いと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 日野 燦一, 仮屋 謙吾, 丸山 恵佑, 田村 仁, 秋元 俊成	4. 巻 57
2. 論文標題 非接触酸素飽和度計測を目的とした簡易計測システム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 230-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.57.230	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松井 慧, 秋元 俊成
2. 発表標題 コールドミラーを用いた血中酸素飽和度の非接触計測
3. 学会等名 IIP2023 情報・知能・精密機器部門（IIP部門）講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 仮屋 謙吾, 山内 一輝, 秋元 俊成
2. 発表標題 分光法による非接触型血中酸素飽和度の計測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日野燦一, 丸山恵佑, 根岸智哉, 秋元俊成
2. 発表標題 非接触酸素飽和度計測に向けた反射式パルスオキシメトリを用いた提案手法の検討
3. 学会等名 福祉工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日野燦一, 丸山恵佑, 根岸智哉, 秋元俊成
2. 発表標題 非接触酸素飽和度計測を目的とした簡易計測システム
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日野燦一, 丸山恵佑, 根岸智哉, 秋元俊成
2. 発表標題 反射式パルスオキシメトリを用いた非接触計測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------