

令和元年6月18日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16385

研究課題名（和文）緑色光による光電容積脈波を用いた血圧推定の試み

研究課題名（英文）Trial of estimating blood pressure using green light photoplethysmogram

研究代表者

阿部 誠 (Abe, Makoto)

信州大学・学術研究院工学系・准教授

研究者番号：90604637

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、非侵襲かつ安価である緑色光による光電容積脈波センサを用いることで、日常生活において容易に血圧推定ができるシステムを開発し、生活習慣病の予防のための仕組みを構築することを目的とした。

研究成果として、緑色光による光電容積脈波信号の特徴量を入力、血圧を出力とするニューラルネットワークを構築することで、高精度の血圧推定が可能であることを示した。さらに、血圧推定モデルを構築する際には、血圧変動の大きい実験のデータを使用することで、推定精度が向上することを確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光電容積脈波を用いた血圧推定については、これまで多くの研究がなされてきたが、本研究のように、計測条件や日時が異なっても高精度の血圧推定が可能となるものではなく、汎用性の点において優位性があり、学術的意義がある。加えて、提案手法では、一度個人の血圧推定モデルを作成することで、日常生活においてもウェアラブルデバイス等を用いて簡便な血圧計測が可能となり、生活習慣病の予防のための個人ごとの健康管理に役立つと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study was aimed at developing a system of estimation of blood pressure in daily life using a green light photoplethysmogram which is a non-invasive and inexpensive sensor, and at making a system to prevent lifestyle-related diseases.

One of main findings was that we could estimate blood pressure with high accuracy by using the neural network which had features obtained from green light photoplethysmographic signals as input and blood pressure as output. Furthermore, we ascertained that using experimental data including large blood pressure variability improved the estimation accuracy in constructing the model of blood pressure estimation.

研究分野：生体医工学

キーワード：光電容積脈波 ニューラルネットワーク 血圧

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会にともなう医療費高騰への具体的な対策として、生活習慣病の予防やその早期発見などが重要な課題となっており、それらの実現のためには日頃の健康管理への高い意識と健康状態の把握が必要である。近年、腕時計型のウェアラブル端末などの登場により、家庭においても手軽かつ低拘束で健康管理ができる環境が提供され始めている。

しかし、これらの端末に搭載されているセンサによって計測・推定される物理量の中に、健康管理において最も重要な要素の一つである血圧が含まれていない。特に高血圧は生活習慣病との関連が指摘されており、日常生活における血圧の連続的なモニタリングによる早期発見が望まれている。そのため、ウェアラブル端末等を用いて血圧計測が可能となる技術は、社会的な要請として重要な位置づけになっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、非侵襲、低拘束、安価なデバイスとして、体動に強いと言われている緑色光による光電容積脈波 (Photoplethysmogram: PPG) センサを用いて、血圧推定システムを構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) PPG の多点計測による血圧の推定

緑色光電容積脈波センサの多点計測による血圧の絶対値を推定するモデルの構築を行うために、まず、緑色光電容積脈波センサの計測部位の安定性を、図 1 のような指尖、手首、前腕、上腕における計測にて検証を行った。

さらに、指尖、手首、前腕、上腕の各部位において緑色光による光電容積脈波計測し、それぞれの部位における脈波信号の波形から 11 個の特徴量を算出した。そして、各部位から求めた計 44 個の特徴量を説明変数、平均血圧を目的変数とした重回帰モデルを作成する方法の有効性を検証した。

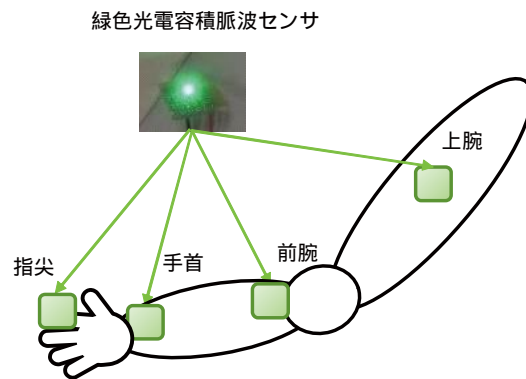


図 1 検証実験における緑色光電容積脈波センサの配置部位

#### (2) 非線形モデルを用いた血圧の推定

次に、緑色光電容積脈波センサによって複数の部位で計測した信号から、非線形モデルを用いて血圧の絶対値を推定するモデルの構築およびその有効性の検証を行った。指尖、手首、前腕、上腕の各部位において計測した緑色光電容積脈波の波形から、それぞれ 7 個ずつ特徴量を算出した。そして、算出された 7 個の特徴量を入力、連続血圧計によって計測された血圧をターゲットとしたニューラルネットワークによる非線形モデルを構築した。

次に、被験者 20 名を対象とした実験データに対し、光電容積脈波信号における特徴量に基づいて作成したニューラルネットワークによるモデルを用いて、血圧の推定を行った。

#### (3) 個人差を考慮したモデルの検証

(2) のニューラルネットワークによるモデルの実用性を向上させるため、日内変動や個人差を考慮した汎用的なモデルの構築およびその有効性の検証を行った。具体的には、指尖で計測された緑色光電容積脈波の波形における 7 個の特徴量を入力とし、連続血圧計によって計測された血圧をターゲットとしたニューラルネットワークによる非線形モデルを構築することとした。

提案モデルの有効性を検証するために、被験者 20 名を対象として、血圧を意図的に変動させるための息こらえ負荷試験と寒冷昇圧試験の 2 種類の実験を異なる日時で行った。そして、息こらえ負荷試験で得られた実験データを学習データ、寒冷昇圧試験で得られたデータをテストデータとし、血圧の推定精度の検証を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) PPG の多点計測による血圧の推定

被験者 20 名を対象とした実験データから、脈波波形における特徴量に基づいて作成した重回帰モデルを用いて、血圧の推定を行った。その結果、実測血圧と推定血圧の間の相関係数が 0.9 以上となる被験者が見られるほど、高精度での推定が可能であることが示された。加えて、特徴量の個数を半分以下の 21 個に減らした場合においても相関係数 0.8 以上の推定精度が保たれることが確認された。ただし、本研究における推定精度は相関係数による評価であり、推定値が血圧変動の値に近いかどうかの評価である点に注意が必要である。

以上の結果から、緑色光電容積脈波センサの計測の安定性を生かした複数部位による計測によって、高精度で血圧変動の推定が可能になったと推察される。今後は、血圧の絶対値としての推定精度を向上させ、長時間の計測においても推定精度が維持できる手法への改良が必要であると考えられる。

## (2)非線形モデルを用いた血圧の推定

被験者 20 名を対象とした実験データに対し、光電容積脈波信号における特徴量に基づいて作成したニューラルネットワークによるモデルを用いて、血圧の推定を行った。その結果、重回帰モデルにおいて 4 箇所部位におけるすべての特徴量を用いて血圧推定を行った場合と、ニューラルネットワークにおいて指尖における特徴量を用いて血圧推定を行った場合とで、どちらも実測血圧と推定血圧の間の相関係数が 0.8 以上となり、同等の推定精度があることが示された。

以上の結果から、ニューラルネットワークによる非線形モデルの導入によって、より少ない測定部位の情報から高精度に血圧の推定が可能になったと推察される。これは、光電容積脈波から得られる情報が動脈の容積情報を反映しており、圧容積の非線形な関係における推定を行う際、ニューラルネットワークによってその複雑な非線形性を十分に表すことが可能であったためであると考えられる。

## (3) 個人差を考慮したモデルの検証

解析可能であった 19 名のデータにおいて、図 2 に示すように、テストデータにおける血圧の推定誤差が 19 名中 16 名で 10 [mmHg] 以下となり、学習データとテストデータが異なる実験から得られたデータであっても、高い精度で推定が可能であることが示された。

以上の結果から、提案手法では個人ごとのモデルを作成することで、汎用性の高いモデルを構築可能であることが示された。これは、学習データとして用いる息こらえ負荷試験時のデータにおいて、被験者の血圧変動が大きく、血圧の分布が広範囲にわたっていることが推定精度の向上に寄与しているためであると推察される。したがって、一度息こらえ負荷試験を実施し、個人の血圧推定モデルを作成さえすれば、計測条件や日時が異なっても、高精度の血圧推定が可能となると考えられる。

今後は、本課題で実現可能となった血圧推定をウェアラブルデバイス等のヘルスケア機器に搭載し、応用性を確認することが必要であると考えられる。さらに、個人によらないより汎用性の高いモデルの提唱を検討することで、モデル構築の負担を減らすことも課題となると考えられる。

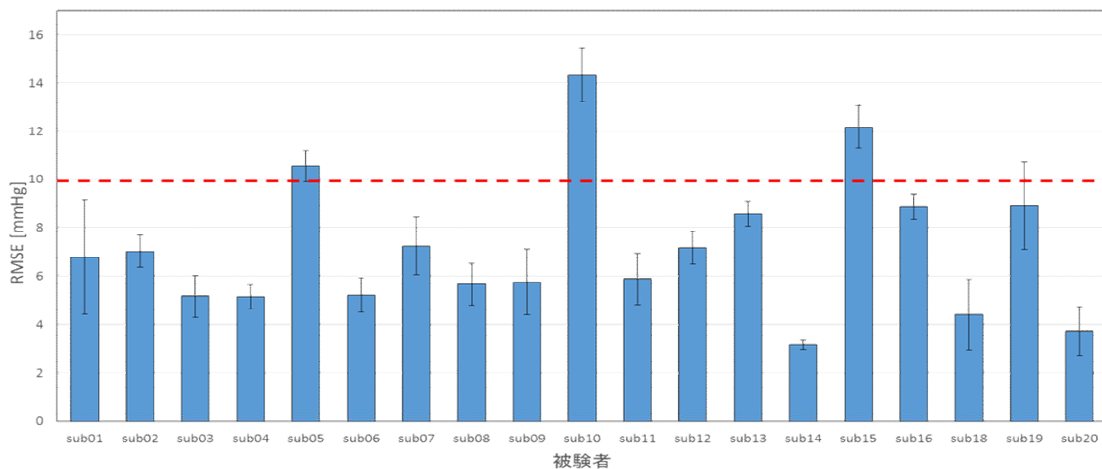


図 2 学習データとテストデータが異なる実験における各被験者の血圧の推定誤差

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 2 件)

Norihiro Sugita, Katsuhiko Sasaki, Makoto Yoshizawa, Kei Ichiji, Makoto Abe, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe: Effect of viewing a three-dimensional movie with vertical parallax, Displays, in press, 査読有

DOI: 10.1016/j.displa.2018.10.007

Norihiro Sugita, Makoto Yoshizawa, Makoto Abe, Akira Tanaka, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe: Contactless technique for measuring blood-pressure variability from one region in video plethysmography, Journal of Medical and Biological Engineering, Vol. 39, No. 1, pp. 76-85, 2019, 査読有

DOI: 10.1007/s40846-018-0388-8

### 〔学会発表〕(計 9 件)

尾澤 拓朗, 阿部 誠, 杉田 典大, 吉澤 誠: 光電容積脈波に基づく指標を用いた自律神経機能推定法の検証, 生体医工学シンポジウム 2018, 2018

網敷 和樹, 阿部 誠: 体表面心電図における不整脈検出アルゴリズムに関する研究, 生体医工学シンポジウム 2018, 2018

Norihiro Sugita, Makoto Yoshizawa, Akira Tanaka, Makoto Abe, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe: Extraction of blood pressure information from video plethysmography, 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018

秋山 航, 阿部 誠, 吉澤 誠, 杉田 典大, 山家 智之: 緑色光による光電容積脈波を用いた血圧推定, SSI2017, 2017

Makoto Yoshizawa, Akira Tanaka, Makoto Abe, Norihiro Sugita, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe: Non-contact blood pressure estimation using video pulse waves for ubiquitous health monitoring, 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics, 2017

Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Tomoyuki Yambe: Evaluation of autonomic nervous activity using green light photoplethysmogram, 生体医工学シンポジウム 2017, 2017

小川 貴広, 阿部 誠, 吉澤 誠, 杉田 典大, 山家 智之: 近赤外光と緑色光による光電容積脈波を用いた自律神経活動推定の比較, 第 15 回日本生体医工学学会甲信越支部長野地区シンポジウム, 2017

小川 貴広, 阿部 誠, 吉澤 誠, 杉田 典大, 山家 智之: 緑色光による光電容積脈波を用いた自律神経活動の推定, ME とバイオサイバネティックス研究会, 2016

阿部 誠, 吉澤 誠, 杉田 典大, 山家 智之: 近赤外光および緑色光による光電容積脈波を用いた血圧変動推定, 第 34 回レーザセンシングシンポジウム, 2016

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

該当なし

### (2)研究協力者

該当なし

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、研究者個人に帰属されます。