

# ディスプレイを用いた擬似的脈波生成手法の検討

藤井 敦寛<sup>1,a)</sup> 村尾 和哉<sup>1,2,b)</sup>

**概要：**ウェアラブルデバイスに関する研究は活発に行われており、様々な形状、装着部位のデバイスが提案されている。ウェアラブルデバイスは自身の生体情報を記録するために利用される場合が多く、取得されたデータから身体異常を検知する手法も提案されている。脈波データも生体情報として記録される情報の一つである。脈波センサは機構の特性上、データの取得に血管を必要とする。そのため、義手やロボットアームにスマートウォッチを装着する場合などには正しいデータが取得できず、ノイズデータになってしまう。そこで、ディスプレイを用いて擬似的に脈波データを生成する手法を提案する。本手法が実現すれば、別の身体部位から取得した脈波データを入力値として利用することが可能となる。本研究では、このアプローチの実現可能性を調査するために、ディスプレイの色調を変化させることで、脈波センサの取得値を意図的に操作することが可能であるか調査した。予備実験として、ディスプレイの色調を変化させながら、ディスプレイ上に設置した脈波センサからデータを取得した結果、ピークの存在するデータが取得できた。したがって、擬似的に脈波データを生成するためにディスプレイを用いるアプローチは有効であると考えられる。

## 1. はじめに

近年、健康管理への意識の高まりから、自身の生体情報を記録するウェアラブルデバイスが広く普及している。記録する生体情報は活動量や呼吸数、体温など様々な情報があり、心拍数もその一つである。心拍数を取得するために用いられる脈波センサでは、緑色のLEDを皮膚に照射して、血管を通して反射した光の変化から脈波を計測する光電式容積脈波記録法（PPG）と呼ばれる方式のものが一般的であり、スマートウォッチなどにも導入されている。スマートウォッチのこのセンサから取得できる心拍データを用いて疲労度を検出する手法を今井ら [1] が提案しているなど、脈波センサから得られるデータを使用した研究は盛んである。しかしながら、皮膚内の血管に向けて光を照射するという特性上、センサの装着位置に血管が存在しない場合は使用が不可能である。例えば、義手やロボットアームなどにスマートウォッチを装着する場合、正常な心拍数が取得できない。多くのスマートウォッチは身体活動を記録する機能を持つが、この機能は心拍数データも含めた生体情報から活動状態を識別し、アノテーションを行うものが多い。そのため、正常な心拍数が取得できない場合にはデータにノイズが混入してしまい、正しい活動が記録され

ない可能性がある。この問題を解決するには、現状では特注のスマートウォッチを別途作成する必要があると考えられる。

本研究では、ディスプレイを用いて擬似的に脈波データを生成する手法を検討する。擬似的に脈波を生成することが可能であれば、スマートウォッチを義手やロボットアームなどに装着する場合でも、任意の脈波を入力することが可能となる。例えば義手装着者の場合、他の身体部位から取得された本人の脈波データを複製し、スマートウォッチに入力することが可能となる。また、ディスプレイを用いるのみでスマートウォッチには手を加えないため、市販のスマートウォッチをそのまま利用することが可能である。本稿は検討段階であるため、あらかじめ収集された実際の脈波データを参考にして、ディスプレイの色調を変化させることで、脈波センサの取得値を意図的に操作する。ディスプレイを用いて擬似的に脈波データを生成することが可能か確認し、提案手法の有効性を明らかにする。

以降、2節で関連研究を紹介する。3節で提案手法の予備実験と結果の考察を行い、4節で今後の計画を述べ、最後に5節で本研究をまとめる。

## 2. 関連研究

本節ではウェアラブルデバイスの普及、脈波データの使用、脈波センサの制御に関する研究を紹介する。

<sup>1</sup> 立命館大学

<sup>2</sup> JST さきがけ

<sup>a)</sup> atsuhiro.fujii@iis.ise.ritsumei.ac.jp

<sup>b)</sup> murao@cs.ritsumei.ac.jp

## 2.1 ウェアラブルデバイスの普及

Ham ら [2] はスマートグラス用の入力デバイスとして、リストバンド型のデバイスを提案している。このデバイスはタッチパネルと慣性計測ユニットを搭載しており、タッチや手首をひねるなどのモーションで操作ができる。手首にデバイスを装着することで使用できるため、ユーザは動きを制限されず、自由度が高い。また、ポインティングにはタッチパネルを使用することで、入力の安定性を向上させた。Hernandez ら [3] は頭部装着型のウェアラブルデバイスである、Google Glass に内蔵された加速度センサ、ジャイロセンサ、カメラから脈拍数と呼吸数を認識する手法を提案している。Nishajith ら [4] は、視覚障害者の状況認識を支援するウェアラブルデバイスとして、スマートキャップの設計と実装を行った。デバイスは Raspberry Pi 3, Raspberry Pi NoIR Camera V2, イヤホン、電源から構成される。Raspberry Pi NoIR (No Infrared) Camera V2 とは Raspberry Pi の赤外線カメラモジュールである。この赤外線カメラで得られる画像から検出された対象物について、イヤホンを通して音声で説明する。これらはいずれも身体部位に装着するウェアラブルデバイスに関する研究であり、様々な形状のデバイスを用いた研究が行われている。

さらに、デバイスの装着部位も多岐にわたる。Vahdatpour ら [5] は 25 人の被験者に頭部、胸部、両上腕、両前腕、腰部、両大腿部、両脛部の計 10 箇所に加速度センサを装着してもらい、日常行動下の加速度データを収集した。収集したデータから SVM (Support Vector Machine) を用いて、平均 89% の精度で装着部位を推定した。Timo ら [6] は 15 人の被験者の頭部、胸部、左上腕、左手首、腰部、ズボンの左ポケット、左足首の計 7 箇所に加速度センサを装着し、様々な身体活動における加速度データを収集した。収集したデータから Random Forest を用いて装着部位を推定し、平均 89% の精度を達成した。Kunze ら [7] は 6 人の被験者の右手首、右目付近の側頭部、ズボンの左ポケット、左胸のポケットの計 4 箇所に加速度センサを装着し、歩行動作におけるデータを収集した。収集したデータから C4.5 分類木を用いて装着部位を推定した。また、筆者ら [8] はウェアラブルデバイスで取得可能な生体情報である心電と脈波を利用し、特定の行動を装着者に行わせることなくウェアラブルデバイスの装着部位を推定する手法を提案している。

このように、ウェアラブルデバイスは様々な形状のものが提案されており、装着部位も広範囲であることから、活発な研究が行われている。

## 2.2 脈波データの使用

また、ウェアラブルデバイスは身体情報を取得するために用いられることが多い。Spinsante ら [9] は低強度の身体

活動時にスマートウォッチから取得される心拍数に注目し、その精度を計測している。Han ら [10] はスマートウォッチから取得された脈波データから心房期外収縮 (PAC) および、心室性期外収縮 (PVC) を検出する手法を提案している。

これらはウェアラブルデバイスから取得された脈波データを用いた研究であり、正常なデータが取得されているという前提に基づくものである。一方で、我々はウェアラブルデバイスに対して入力するデータを擬似的に生成する手法を提案するため、新規性を有するといえる。

## 2.3 脈波センサの制御

筆者ら [11] は身体を圧迫することで血流変化を生み出し、脈波センサへの入力を改変することでコマンド入力を可能とする入力インタフェースを提案している。

本研究では脈波センサの入力において人体を使用しない。そのため、義手やロボットアームへの使用も可能である。

## 3. 予備実験

本節では、提案手法の実現可能性を調査するため行った予備実験について説明する。予備実験として、ディスプレイ上に脈波センサを貼り付けた状態で、ディスプレイの色調を変化させたときの脈波センサの取得値を観察した。

### 3.1 データ収集

事前に、参考にするための実際の脈波データを 20 代男性 1 名から収集した。図 1 の左図に示すように、左手人差し指に光電式容積脈波記録法の脈波センサ (pulsesensor.com 製) を装着した。脈波センサは ArduinoUNO を介して PC に接続しており、サンプリング周波数は約 90Hz で 10 秒間データの収集を行った。

### 3.2 実験方法

擬似脈波の生成には、データの収集で使用する PC とは異なる PC (SurfaceLaptop) のディスプレイを使用した。図 1 の右図に示すように、ディスプレイ上に脈波センサを乗せ、光が入らないように布で覆った後、ガムテープで固定した。事前に脈波データを収集した時と同じ条件でデータの取得を行った。ディスプレイの色調の変化には JavaScript を使用し、ブラウザの背景色を変化させることで制御した。事前に収集した脈波データを 1 サンプルずつ読み込み、その値に応じた 3 色で表示を繰り返す。全サンプルの処理が終了した場合、同じデータで再び処理を行う。表示する色は、次式により定義した。

$$value < \theta_1 \quad (\theta_1 = 465) \quad (1)$$

$$\theta_1 \leq value \leq \theta_2 \quad (\theta_1 = 465, \theta_2 = 685) \quad (2)$$

$$\theta_2 < value \quad (\theta_2 = 685) \quad (3)$$

式 1 を満たす場合は R:150, G:19, B:20, 式 2 を満たす場合は R:157, G:26, B:27, 式 3 を満たす場合は R:156, G:25, B:26 で表現される色を表示する。また, 1 サンプルを読み込み, 色を表示するごとに 10[ms] の遅延を挟んだ。

図 1 脈波データの取得方法

### 3.3 結果と考察

取得された脈波データを, 最初のピークから 5 秒間切り出した結果を図 2 に示す。結果から, 擬似的にピークを生成できていることが確認できる。したがって, ディスプレイを使用するアプローチは有効だといえる。しかしながら, ピークの位置や値に違いが見られる。これは, ディスプレイ制御の開始時刻とセンサ値の取得の開始時刻を同期していなかったことや, サンプルの処理ごとの遅延を 10[ms] に固定していたことが影響したと考えられる。

図 2 脈波センサの取得値の変化

## 4. 今後について

本予備実験の結果から, ディスプレイを用いて脈波センサに入力を行うことが可能であることが確認できた。そこで, 今後は実環境での使用を想定して, 身体部位から得られた実際の脈波データを入力することで, ディスプレイ上に設置した脈波センサから同一のデータが取得できるような機構を実装する。この機構の想定を図 3 に示す。実現するには, ディスプレイに表示する色を自動で決定し続ける必要がある。そのため, 脈波データを入力することでディスプレイに表示する色を出力することができるような識別モデルを構築する必要がある。

図 3 脈波センサの取得値の変化

## 5. まとめ

本研究では, ディスプレイを用いて擬似的に脈波データを生成する手法を実現するために, ディスプレイの色調を変化させることで, 脈波センサの取得値を意図的に操作することが可能であるか調査した。予備実験として, 事前に被験者 1 人から実際の脈波データを収集しておき, そのデータから値に応じた色調をディスプレイに繰り返し表示しながら, ディスプレイ上に設置した脈波センサからデータを取得した。予備実験の結果, ディスプレイ上の脈波センサからピークの存在するデータが取得できた。この結果から, 擬似的に脈波データを生成するためにディスプレイを用いるアプローチは有効であることが確認できた。

今後は, 身体部位から取得された実際の脈波データを, ディスプレイを用いて再現する機構を実装する。そのためには, 自動でディスプレイの色調を決定していく必要があるため, 適切な識別モデルを設計していく。

## 参考文献

- [1] 今井龍一, 神谷大介, 井上晴可, 田中成典, 櫻井淳. スマートウォッチを用いた疲労度検出の試行に関する研究. 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム講演論文集, Vol. 34, pp. 407-408, 2018.
- [2] Jooyeun Ham, Jonggi Hong, Youngkyoon Jang, Seung Hwan Ko, and Woontack Woo. Smart wristband: Touch-and-motion-tracking wearable 3d input device for smart glasses. In Norbert Streitz and Panos Markopoulos, editors, *Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*, pp. 109-118, Cham, 2014. Springer International Publishing.
- [3] J. Hernandez, Y. Li, J. M. Rehg, and R. W. Picard. Bioglass: Physiological parameter estimation using a head-mounted wearable device. In *2014 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - Transforming Healthcare Through Innovations in Mobile and Wireless Technologies (MO-BIHEALTH)*, pp. 55-58, 2014.
- [4] A. Nishajith, J. Nivedha, S. S. Nair, and J. Mohammed Shaffi. Smart cap - wearable visual guidance system for blind. In *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, pp. 275-278, 2018.
- [5] A. Vahdatpour, N. Amini, and M. Sarrafzadeh. On-body device localization for health and medical monitoring applications. In *2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pp. 37-44, 2011.
- [6] Timo Sztyler, Heiner Stuckenschmidt, and Wolfgang

Petrich. Position-aware activity recognition with wearable devices. *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 38, pp. 281 – 295, 2017. Special Issue IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom) 2016.

- [7] Kai Kunze, Paul Lukowicz, Holger Junker, and Gerhard Tröster. Where am i: Recognizing on-body positions of wearable sensors. In Thomas Strang and Claudia Linnhoff-Popien, editors, *Location- and Context-Awareness*, pp. 264–275, Berlin, Heidelberg, 2005. Springer Berlin Heidelberg.
- [8] Kazuki Yoshida and Kazuya Murao. Estimating load positions of wearable devices based on difference in pulse wave arrival time. In *Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers*, ISWC '19, p. 234–243, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [9] S. Spinsante, S. Porfiri, and L. Scalise. Accuracy of heart rate measurements by a smartwatch in low intensity activities. In *2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, pp. 1–6, 2019.
- [10] Dong Han, Syed Khairul Bashar, Fahimeh Mo-hagheghian, Eric Ding, Cody Whitcomb, David D. McManus, and Ki H. Chon. Premature atrial and ventricular contraction detection using photoplethysmographic data from a smartwatch. *Sensors (Basel, Switzerland)*, Vol. 20, No. 19, p. 5683, Oct 2020.
- [11] 秋元優摩, 村尾和哉. 手で上腕を圧迫することによる脈波制御を用いたウェアラブルデバイス入力インタフェース. Technical Report 19, 立命館大学大学院情報理工学研究科, 立命館大学大学院情報理工学研究科／科学技術振興機構さきがけ, dec 2020.