

平成 29 年度プロジェクト研究実績報告書

【研究課題】	カオス理論を用いた身体の変調を予測する数理モデルの開発
【研究代表者】	大石 朋子（東京情報大学・講師）
【研究分担者】	伊藤 嘉章（東京情報大学・助教） 豊増 佳子（東京情報大学・講師） 吉澤 康介（東京情報大学・准教授） 三宅 修平（東京情報大学・教授） 川口 孝泰（東京情報大学・教授）
【研究報告及び成果の公表等】	
1. プロジェクトの目的	
<p>生体情報の多くは、ウェアラブルデバイスを用いることで、在宅においても患者の負担とならず、かつ非侵襲に血圧や心拍、心電図など様々な生体情報の収集を可能とした。生体情報の中でも、特に指尖容積脈波(photoplethysmogram: PTG)の活用が注目されている。指尖容積脈波とは、心拍出に伴う血流変化を指尖部で測定するものである。指尖容積脈波の測定は、指先にプローブを装着する、または測定部に指を乗せるという簡便かつ非侵襲なものである。近年では、指尖容積脈波を 2 回微分することで得られる加速度脈波を用いた分析によって、血管年齢の推定[1]や自律神経機能を定量評価することが可能となった[2]。さらに、加速度脈波の挙動はカオス性を有する[3]ことから、加速度脈波はカオス解析によって、心拍変動による検査よりも鋭敏に精神状態の変化を評価することが可能である[4]。また、疲労感を定量的に評価すること[5]も可能となっている。</p> <p>指尖容積脈波をはじめ、様々な生体情報の取得が可能となったが、それらは生体の 1 時点の状態を項目ごとに測定するものであり、観察者はそれらの情報を組み合わせることで対象者の状態を自身の知識と経験から判断してきた。しかし、近年の生体情報測定装置は1000Hz以上でのサンプリングを可能としていることから、観察者が自身の知識と経験から生体情報を判断する方法は、測定装置の性能を十分に活用しているとは言い難い。さらに、生体は多様な要素から構成されることから、測定項目を単独で解析するのではなく、様々な項目を同一時間軸上で解析することで対象者の健康状態を明らかにすることができると考える。</p> <p>そこで本研究は指尖容積脈波測定装置の開発と、指尖容積脈波から得られるデータと非侵襲的に測定できる生体情報を、高次元非線形時系列データ解析することで、健康状態を予測する数理モデル開発の基礎研究を実施する。基礎研究内容は、指尖容積脈波からマンシエットによる加圧を必要としない、新たな血圧値推定法の開発である。</p>	
2. プロジェクトの実施内容	
指尖容積脈波測定装置の開発	
<p>本プロジェクトでは、Arduino 型マイコンを中心に測定装置を構成した。マイコンは Arduino Uno R3 を使用した。センサ部分は、マイコンに ROHM 社製センサシールド (SensorShield-EVK-001)を実装し、ROHM 社製脈波センサモジュール(BH1792GLC)を接続することで構成した。</p>	

3. 測定プログラム

ROHM 社が公開している BH1792GLC 用サンプルコードは、サンプリングレート 32Hz 設定である。そこで、サンプルコードの一部を修正し、サンプリングレート 1024Hz 設定で測定できる仕様とした。サンプルコードの修正内容については、ROHM 社へ確認し、正常に作動する修正内容であることを確認した。測定値を PC 上で波形表示するプログラムは Processing3.3.5 で作成した。1024Hz で測定したデータは、Tera Term で受信しログファイルに保存した。ログファイルの保存開始にあわせ、Processing でログファイル上のデータを読み取ることで、測定データを波形表示する構成とした。

測定データは、PC 上でデジタルノイズ処理(RC フィルタ、移動平均フィルタ)、2 階微分処理によって加速度脈波へ変換した。デジタルノイズ処理、2 階微分処理のプログラムは C 言語を用いて exe ファイルを作成した。

4. 調査手順

調査は、座位安静姿勢を維持し、机(高さ 70cm)に設置した指尖容積脈波測定装置に左手第二指の指腹部をセンサ部に接着し脈波を 200 秒間測定した。脈波測定後に、血圧、体重、BMI、体脂肪、水分率、骨量、筋肉量を測定した。生体情報の測定後、POMS2 短縮版へ回答を依頼した。

5. 解析手順

解析は、基本属性、加速度脈波の成分波(a 点、b 点、c 点、d 点、e 点)の値、成分波の波高比率、加速度脈波指数、血圧値を用いて実施した。特徴量は、得られたデータから相関行列を計算し、血圧値との関係性から決定した。脈波による血圧値の推定は、選択した特徴量を用いて非線形サポートベクターマシン回帰により実施した。機械学習の実行環境は Anaconda(Jupyter Notebook5.4.0)を使用した。

6. 結果

解析の結果、特徴量は成分波 c 点、波高比率 c/a、b/d、a/e、c/e の 5 項目を選択した(相関係数 $r > 0.5$)。グリッドサーチから得られた最適パラメータ ($C=0.03125$ 、 $\gamma = 3.051 \times 10^{-5}$)において、有意な計測結果が確認でき、その実用性については実証できた。詳細については、以下学会に発表予定である。

7. プロジェクトの成果

研究成果は、第 44 回日本看護研究学会学術集会に採択され、2018 年 8 月に公表予定である。

参考文献

- [1] 高沢 謙, 黒須 富, 齋木 徳, et al. 加速度脈波による血管年齢の推定. 動脈硬化. 1999;26:313-319.
- [2] 高田 晴, 高田 幹, 金山 愛. 心拍変動周波数解析の L F 成分・H F 成分と心拍変動係数の意義—加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価. 総合健診. 2005;32:504-512.
- [3] Tsuda Y, Tamura H, Sueoka A, Fujii T. Chaotic Behavior of a Nonlinear Vibrating System with a Retarded Argument (Characteristics in the Region of Subharmonic Resonance). Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C. 1993;59:2425-2432.
- [4] Imanishi A, Oyama-Higa M. On the largest Lyapunov exponents of finger plethysmogram and

heart rate under anxiety, fear, and relief states. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2007, 2007:3119-3123.

[5] 山口 浩二. 加速度脈波を用いた評価法. Nippon Rinsho. 2007; 65:6; 1034-1042