

# 一回拍出量・心拍数・自律神経の活性度・血管の硬化度を考慮した血圧変動のウルトラディアンリズムに基づく無拘束血圧推定法の提案

山崎元基† 西尾啓太† 浜田百合† 鏑木崇史† 栗原陽介†

青山学院大学 理工学部 経営システム工学科†

国際基督教大学 教養学部 アーツ・サイエンス学部‡

## 1. はじめに

65歳以上の日本の人口は平成30年10月1日現在、3558万人となり、総人口に占める割合も28.1%となった。今後はさらに高齢化率は上昇するとされ、国民医療費が増加している。その中で特に、高血圧により心筋梗塞や脳卒中等の病気を患い、死亡者数やそれらに伴う年間医療費が年々増加している傾向にある[1]。高血圧の一種に夜間高血圧という睡眠中の血圧が高くなるものがあり、家庭での定期的な血圧測定が重要である。血圧には上の血圧と呼ばれる収縮期血圧と下の血圧と呼ばれる拡張期血圧が存在する。高血圧かを判断するにはこの2つの血圧の値が非常に重要となる。

一般的に収縮期血圧と拡張期血圧の測定には、オシロメトリック式の血圧計が用いられている。しかし、夜間における測定では腕にカフ圧迫があり、腕のしびれなどから就寝時の血圧測定には不向きであるという問題点がある[2]。著者らはこれまで無拘束デバイスを用いて時間変動を考慮した先行研究では、1晩の睡眠のNREM睡眠とそれに続くREM睡眠までを1つの睡眠構成単位としたウルトラディアンリズムを考慮し、血圧を推定する手法を提案してきた[3]。しかし、短い時間のデータでしか検証されていないという点と、データごとのウルトラディアンリズムを考慮できていない点と収縮期血圧のみの検証しか出来ていないという問題点がある。

よって、本論では短いデータから長いデータまでの計5つのデータ(ID1:2時間40分、ID2:4時間10分、ID3:6時間30分、ID4:5時間50分、ID5:5時間00分)で各データのウルトラディアンリズムを考慮した上で、収縮期血圧と拡張期血圧の推定を行うことを目的とする。

「Proposal of unrestrained blood pressure estimation method based on ultradian rhythm of blood pressure fluctuation considering stroke volume, heart rate, autonomic nerve activity, and blood vessel sclerosis」

† 「Motoki Yamazaki, Keita Nishio, Yuri Hamada, Yosuke Kurihara · Aoyama Gakuin University. Science and Engineering, Industrial and Systems Engineering」

‡ 「Takashi Kaburagi · International Christian University」

## 2. 提案手法

Bristowらの研究から夜間の血圧変動には一回拍出量、心拍数、自律神経の活性度、血管の硬さの4つの要素が影響を与えるといわれている[4]。これらのことから、本研究ではベッドのマットレスの下に空気圧方式の圧力センサを設置し、10分間を一区間として得られた心拍信号を分析することで、一回拍出量、心拍数、自律神経の活性度、血管の硬化度の4つの指標に関連する指標を求める。一回拍出量に関連する指標として、心拍信号から得られた7つの波(H, I, J, K, L, M, N波)のJ波とそれ以外の波の振幅比を $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ とした。心拍数に関連する指標として、J波同士の間隔(JJ間隔)の平均を $x_7$ とした。自律神経の活性度の指標として、JJ間隔の分散を $x_8$ とした。血管の硬さに関連する指標として、心拍信号の二階微分波から取得した5つの波(a, b, c, d, e波)のa波とそれ以外の波の振幅比を $x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$ とした。

血圧を推定する際に使う1晩分のデータごとのウルトラディアンリズムを考慮する。10分間ごとの心拍数の変動から対象とする一晩のウルトラディアンリズム(X分周期)を決定し、その期間の $x_1 \sim x_{12}$ を特徴量とする。このため、特徴量の数がウルトラディアンリズムの周期によって異なってしまふ。

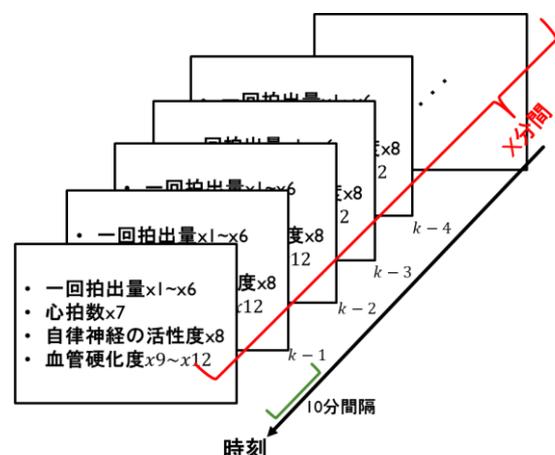


図1 ウルトラディアンリズムを考慮し、推定するイメージ図

本研究では、異なる特徴量の数を一定に揃えるため Autoencoder を用いた。Autoencoder で一定に揃えた特徴量と血圧が線形時不変システムであると仮定し、伝達関数により血圧を推定する。

### 3. 実験方法

被験者は、上腕に自動血圧計を装着し 10 分毎に自動で血圧を測定し、これをリファレンスとする。センサとして空気圧方式の圧力センサを使用し、リファレンスとして株式会社オムロンの HEM-7252G-HP を使用し血圧を測定した。サンプリング周波数は 1000Hz とする。被験者は 20 代男性 1 名の計 5 データ。推定された血圧の評価は、リファレンスの血圧との相関係数、平均絶対誤差、誤差の標準偏差を用いて行う。



図 2 圧力センサと設置位置

### 4. 実験結果

表 1 に収縮期血圧を推定したときの相関係数、平均絶対誤差、誤差の標準偏差を示す。また、表 2 に拡張期血圧を推定したときの相関係数、平均絶対誤差、誤差の標準偏差を示す。

表 1 収縮期血圧の結果

	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	平均
相関係数	1.0000	1.0000	0.6535	0.9732	0.8069	0.8867
平均絶対誤差	0.0000	0.0000	5.3533	1.0962	0.9590	1.4817
誤差の標準偏差	0.0000	0.0000	9.5094	1.7654	1.3334	2.5216

表 2 拡張期血圧の結果

	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	平均
相関係数	1.0000	1.0000	0.7635	0.9942	1.0000	0.9515
平均絶対誤差	0.0000	0.0000	4.4218	1.8101	0.0000	1.2464
誤差の標準偏差	0.0000	0.0000	7.9659	1.0584	0.0000	1.8049

収縮期血圧は ID1 と ID2 の相関係数が 1.0000 になり、平均絶対誤差と誤差の標準偏差はともに 0.0000 になった。それに対し、拡張期血圧は ID1 と ID2 と ID5 の相関係数が 1.0000 になり、平均絶対誤差と誤差の標準偏差はともに 0.0000 になった。

### 5. むすび

本研究ではデータごとにウルトラディアンリズムを考慮し、異なる特徴量の数を Autoencoder により一定に揃え、伝達関数を用いることで、収縮期血圧と拡張期血圧の推定を行った。

結果は相関係数、平均絶対誤差、誤差の標準偏差すべて拡張期血圧のほうが高い精度となった。

### 参考文献

- [1] 内閣府：令和 2 年版高齢社会白書。
- [2] Ding X., Yan B. P., Zhang Y. T. et, al. : Pulse Transit Time Based Continuous Cuffless Blood Pressure Estimation: A New Extension and A Comprehensive Evaluation, Scientific reports, Vol. 7, No. 1, pp. 11554-017-11507-3(2017).
- [3] 梶遥幹、山崎智将、鍋木崇史、栗原陽介：血圧変動のウルトラディアンリズムに基づく伝達関数の構築および無拘束血圧推定法、研究報告社会デザイン(ASD)、2020-ASD-17 巻、9 号、pp.1-2、2020 年。
- [4] Bristow J. D., Honour A. J., Pickering T.G .et, al : Cardiovascular and respiratory changes during sleep in normal and hypertensive subjects, Cardiovascular research, Vol. 3, No. 4, pp. 476-485(1969).