

QOL 可視化システムのための 脈拍センサを用いたストレス状態推定手法

秋山 早弥香, 加藤 由花

東京女子大学大学院 理学研究科

1. はじめに

生活習慣病は、日常の乱れた生活習慣の積み重ねにより引き起こされる病気であり、国内の死亡原因の 3 分の 2 を占めると言われている。そのため、生活習慣を改善することにより病気を予防し、健康年齢を延ばしていくことは、少子高齢化が急速に進む日本において、重要な検討課題である。このような背景から、我々は、日常生活において QOL (Quality Of Life) を低下させる要因を分析・提示することにより、生活習慣病を予防することを目的とした、QOL 可視化システムの研究を進めている。ここで、システムの構築にあたっては QOL の数値化が必要になるが、QOL の感じ方には個人差があり、また日常的にデータを取得、蓄積するのは容易ではないという問題があった。

そこで、本稿では、日常生活における長期的なストレス要因の特定を目的に、装着型デバイスから取得した脈拍データを利用してストレス状態を推定する手法を提案する。心理的なストレス状態を表す指標として、脈波のピーク間隔のゆらぎから算出される LF/HF (Low Frequency/High Frequency) がある[1][2]。提案手法は LF/HF を脈拍データから推定するとともに、長期的なストレス状態を時系列データとして表現する。

2. QOL 可視化システム

まず、考察対象となる QOL 可視化システムについて説明する。本システムでは、生体情報から推定される自律神経のバランス（心的ストレス状態）をストレス度 S と定義し、これを QOL 指標として利用する。QOL 低下要因としては、ブレスローの 7 つの健康習慣[3]を参考に、運動、睡眠、食事、その他の 4 つの指標を用いる。図 1 に示すように、各種センサから収集されるデータが入力されると、時系列データ間の相関が分析され、分析結果が出力される。

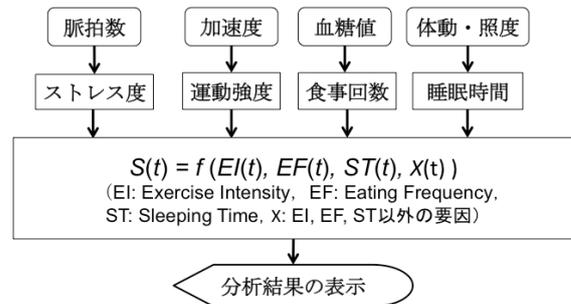


図 1 : QOL 可視化システムのイメージ

3. 提案手法

3.1 LF/HF とストレス度

ストレス度 S を定義するために、本稿では、脈波のピーク間隔のゆらぎ波形をスペクトル解析し、低周波区間 (LF) と高周波区間 (HF) のパワースペクトル密度の比を取った LF/HF を利用する。LF は交感・副交感神経機能の活動度合いを、HF は副交感神経機能の活動度合いを表す。ストレス状態では、交感神経の活動は活発になるが、副交感神経の活動は抑えられるため、ストレス度と LF/HF の関係は、LF/HF を縦軸、HF を横軸に取ったとき、図 2 のようになる。この関係を利用し、 S の定式化を行う。

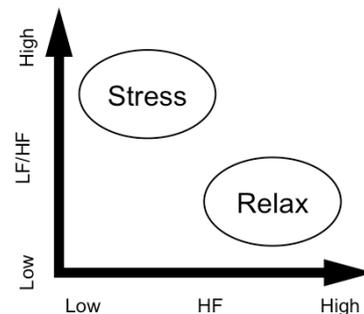


図 2 : LF/HF とストレス度の関係

3.2 ストレス度の推定

以下、3 ステップでストレス度を推定する。

Step1: LF/HF の算出

提案手法では、日常生活での定常的な測定を前提とするため、通常用いられる心拍間隔 (RR In

A method for estimating a stress state using a pulse sensor for QOL visualization systems
Sayaka Akiyama and Yuka Kato,
Tokyo Woman's Christian University

terval : RRI) の代わりに、取得が容易な脈拍数
 を利用し、そこから算出される脈拍間隔 (Pulse
 Rate Interval : PPI) を用いて LF/HF を算出する。
 まず、1 秒ごとに直近 1 分間の脈拍数 $PR(i)$
 を測定する。これは i を時刻とする時系列データ
 であり、この逆数をミリ秒に変換したものを、

$$PPI(i) = \frac{60 \times 1000}{PR(i)} \quad (1)$$

とする。このとき、測定エラー等による異常値
 を除去し、スプライン補間により欠損値を補う。
 次に、 $PPI(i)$ の周波数 f におけるパワースペク
 トル $P(f)$ を求め、低周波区間 $[0.05, 0.15]$ 、高周
 波区間 $[0.15, 0.4]$ で積分した以下の値を求める。

$$LF = \int_{0.05}^{0.15} P(f) df \quad (2)$$

$$HF = \int_{0.15}^{0.4} P(f) df \quad (3)$$

Step2: ストレス度の推定

以下の式を用いて、ストレス度 S を求める。

$$S = \begin{cases} \frac{LF}{HF} - HF & (\frac{LF}{HF} > HF) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

この式を用いて各点におけるストレス度を算出
 すると、図 3 のようになる (円の直径がストレ
 ス度を表す)。これは図 2 の傾向を表現するモ
 デルになっていることがわかる。

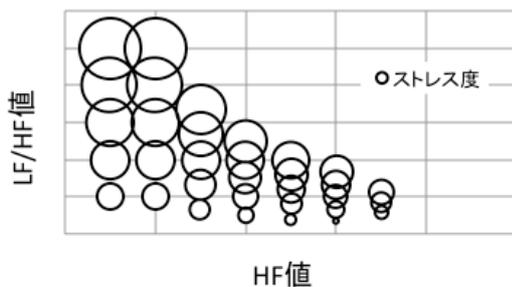


図 3: 式 (4) の計算結果

Step3: 時系列データの生成

以上の操作を 5 分間隔で繰り返し、 t を時刻とす
 るストレス度の時系列 $S(t)$ を得る。

4. 評価実験

提案手法では、心拍間隔の代わりに脈拍数を利用
 して LF/HF を算出した。この妥当性を示すた
 めに、RRI を用いた場合と PR を用いた場合の
 脈波間隔の時系列データ、およびストレス度の
 値を比較することにした。

RRI を用いた測定には、心拍センサーモジュ
 ール IW9PLS (東京デバイセズ製) で取得した
 指尖容積脈波を心拍の波形とみなし、PPI を算出
 した。PR を用いた測定には、パルスオキシメー
 タ iSpO2 (MASIMO 製) で取得した脈拍数を利用
 し、式 (1) により PPI を算出した。測定対象
 は、20 代の女性 1 名、運動直後およびリラク
 ス時に、椅子に座った状態で約 15 分間計測した。

測定結果を図 4 に示す。多少の誤差はあるも
 のの、ほぼ同様の傾向を示している。ストレ
 ス度 S については、リラックス時の値が、RRI を
 用いた場合で 0.1453935、PR を用いた場合で 0.
 1453935 と、一致した。

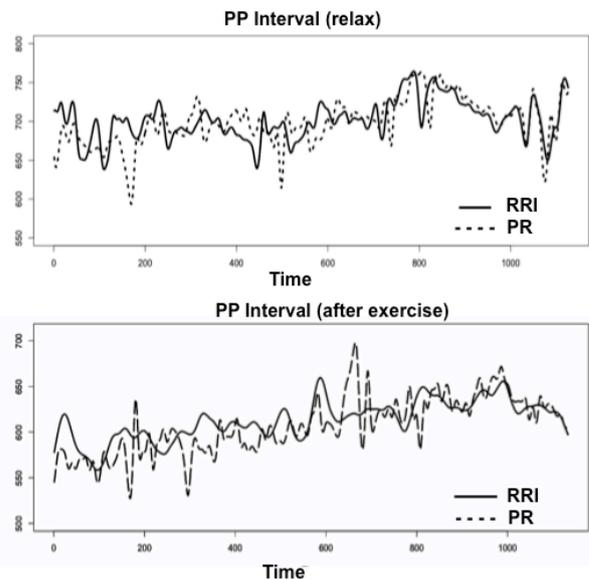


図 4: リラックス時 (上) と運動直後 (下) の PPI

5. おわりに

本稿では、装着型デバイスから取得した脈拍デ
 ータを利用したストレス状態推定手法を提案し
 た。また、脈波間隔を用いた測定結果と比較を
 行い長期間連続測定が可能な脈拍データを用い
 ても、脈波間隔と同等のストレス状態推定結果
 を得られることを確認した。

今後、今回提案したストレス度の有効性の検証、
 QOL 低下の要因分析手法の検討等を行っていく
 予定である。

参考文献

[1] 日本自律神経学会編: 自律神経機能検査 (第 4 版),
 文光堂, 2007.
 [2] 高津他: 心拍変動による精神的ストレスの評価につ
 いての検討, 電学論 C, Vol.120, No.1, pp.104-110, 2000.
 [3] N. B. Belloc and L. Breslow: Relationship of phys-
 ical health status and health practices, Preventive
 Medicine, Vol.1, No.3, pp.409-421, 1972.