

# スマートウォッチの心拍センサによるストレス状態推定に関する研究

S17010 安西 瑠輝

## 1. はじめに

これまで自動車の運転者の心的状況を分析するために、簡易脳波センサやスマートウォッチの心拍センサを利用した解析がおこなわれてきた。簡易脳波センサでは、運転者の緊張度やリラックス度を計測することが可能であり、心拍数の増減により心的状態の変化を捉えることが可能であり、さらに、自律神経機能の活性度を表す LF/HF を用いることで、より運転者のストレス状態を捉えることができることが確認された<sup>1)</sup>。

本研究では、運転者の心拍の状態をスマートウォッチの心拍センサを利用することを目的とする。しかし、スマートウォッチの心拍センサでは、心拍数のみ計測が可能である。そのため、本研究では、心拍数からリアルタイムに LF/HF を算出するプログラムを作成した。

## 2. 対象スマートウォッチ

図 1 には本研究で利用したスマートウォッチを示した。本研究では、JSBP 社製のスマートウォッチ Kingwear KW88 を利用した。右の図のように、背面に心拍センサが搭載されており、左の図は心拍センサの値を出力するアプリケーションの様子である。



図 1 利用したスマートウォッチ

## 3. LF/HF によるストレス度の推定

一般的に、LF/HF の算出には、心拍間隔(RRI)が用いられる。しかし、スマートウォッチでは、心拍数のみの計測となるため、本研究では、心拍数から計算可能な脈拍間隔(PPI)を用いて LF/HF を算出する方法を採用した<sup>2)</sup>。

脈拍間隔(PPI)は式(1)のように計算される。PR(i)は時刻*i*秒における直近1分間の心拍数であり、この逆数をミリ秒に変換したもとして計算される。

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

次に、式(2)および式(3)によって、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]と、高周波区間[0.15, 0.4]で積分することで LF および HF を算出する。

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

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

ここで、LF は交感神経の活性度であり、緊張状態などを表す指標である。また、HF は副交感神経の活性度であり、リラックス状態などを表す指標である。これらの指標の比として計算される LF/HF は、値が大きいほど、ストレス状態であることを意味する。

## 4. Android プログラミングによる実装

LF と HF の値を算出するためには、脈拍間隔の値から、スペクトル解析を行う必要がある。そのため本研究では、Android プログラムでも利用可能な高速フーリエ変換(FFT)の Java ライブラリである JTransforms 3.1<sup>3)</sup>を利用した。

以下は、作成したプログラムの一部を示した。

```

1 // 心拍数のデータ
2 int hz = 5;
3 int fft_size = 64;
4 double[] data = new double[fft_size];

5 // スマートウォッチから心拍数へ読み込み
6 ... 省略...

7 // 心拍数 PR から脈拍間隔 PPI への変換
8 for(int i=0; i<data.length; i++){
9     data[i] = 60*1000/data[i];
10 }

```

2行では、5Hzの0.2秒間隔で心拍数のデータを収集するように設定し、3行でフーリエ変換のデータ数を64個に設定し、4行でデータを格納するための配列を確保した。したがって、12秒間のデータを利用して、スペクトル解析を行うように設定した。上記のプログラムでは省略しているが、6行目の部分において、直近の64個分の心拍数のデータを4行で確保した `data` 配列に格納している。8-10行にて、心拍数から脈拍間隔への変換を行っている。

```

11 // フーリエ変換(FFT)の実行
12 fft.realForward(data);

13 // 振幅の計算
14 double[] amp=new double[FFT_SIZE/2];
15 for(int i=0; i<amp.length; i++){
16     amp[i]=Math.sqrt(data[2*i]*data[2*i]
17     + data[2*i+1]*data[2*i+1]);
18 }

```

12行では、Javaライブラリである `JTransforms 3.1` を用いて、フーリエ変換を行っている。この時、引数に与えた心拍数の `data` 配列は、フーリエ変換の結果に書き換えられる。14行では、振幅データを格納するための配列 `amp` を確保している。ここで、配列数は `FFT_SIZE` の  $1/2$  である。 $1/2$  とする理由は、フーリエ変換させた値は取得した `FFT_SIZE` 分のデータの後半部分が前半部分と対照となり、データとして意味を持たないためである。15-18行で、振幅の計算が行われ、フーリエ変換した値から複素数の値を取り出し、絶対値を算出している。

20行では、振幅データ一つ分の周波数間隔を求めており、22-29行で、LFとHFの計算を行っており、それぞれの周波数範囲の振幅値を加算している。LFの周波数範囲は0.05Hzから0.15Hzであり、HFの周波数範囲は0.15Hzから0.40Hzである。最後に30行でLF/HFの値を計算している。

```

19 // 周波数単位の計算
20 double freq = hz / (double) FFT_SIZE;

21 // LF と HF の計算
22 for(int i=0; i<amp.length; i++){
23     double f = freq*i;
24     if(0.05 <= f && f < 0.15){
25         LF = LF + amp[i];
26     }
27     else if(0.15 <= f && f < 0.4){
28         HF = HF + amp[i];
29     }
30 }
31 LFHF = LF/HF;

```

## 5. おわりに

本研究では、ストレス状態を推定するための指標として利用されるLF/HFの値を、スマートウォッチの心拍数を基にリアルタイムに算出することのできるプログラムを作成した。

今後はストレス推定をスマートウォッチ上に表示させ、アプリケーション使用者が認識しやすいUIを作成することが今後の課題とであると考える。

## 参考文献

- 1) 三川桃果, “心拍センサーを利用した運転時における心的状態の解析”, 令和元年度足利大学工学部創生工学科システム情報分野, 卒業研究論文, 2019.
- 2) 秋山早弥香, 加藤由花, “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”, 第 77 回全国大会講演論文集, Vol.2015, No.1, pp.129-130, 2015.3.
- 3) `JTransforms`, <https://github.com/wendykierp/JTransforms>, (Accessed 2020.7.31)