

自己回帰スペクトル解析による心拍変動と 精神的負荷強度との関係

6W-6

本多 薫

産能短期大学

1. はじめに

情報処理技術の進展により、脳波、心拍および皮膚電気活動などの生体情報（生体信号）を解析し、生体の状態を把握する研究が多く行われている。その1つとして、心拍データのスペクトル解析による心拍変動の分析がある。心拍変動は異なる周波数を持つ複数の成分を含んでおり、これらの成分のそれぞれが自律神経系の働きを反映しているといわれている [1]。そのため、心拍変動の分析には周波数解析が有効である。周波数解析の方法には、高速フーリエ変換 (FFT)、ウェーブレット解析、自己回帰スペクトル解析などがある。

近年では、スペクトル解析による心拍変動の分析により人間の精神活動の変化や精神的負荷を評価する試みが行われている。

本研究では、CRT上に提示間隔時間により精神的負荷強度を変化させた計算問題を提示し、暗算作業を行った。その際の心拍のR-R間隔時間データを自己回帰スペクトル解析を行い、心拍変動の成分の変化と精神的負荷強度との関係を検討した。

2. 自己回帰スペクトル解析

データに対し自己回帰モデル

$$y_n = \sum_{j=1}^m a_j y_{n-j} + v_n \quad \text{を仮定する。}$$

(y_n : 時系列データ (n 拍目の心拍間隔), v_n : 分散が σ^2 である白色雑音系列, m : 自己回帰モデル次数, a_j : 自己回帰係数)

時系列データのパワースペクトルは、

$$p(f) = \frac{\sigma^2 \Delta t}{\left| 1 - \sum_{j=1}^m a_j \exp(-2\pi i j \Delta t) \right|^2}$$

(i : 虚数単位, Δt : サンプリング間隔)

により推定できる。

本研究における心拍データの解析は、作業開始より5分後の時点における300個のR-R間隔時間データに自己回帰モデルを適応し、パワースペクトルの推定を行い、0.1Hz付近に中心周波数をもつ低周波成分(LF)と0.25Hz付近に中心周波数をもつ高周波成分(HF)を抽出した。また、一般に安静時の心拍変動の次数は、3~10程度であるため、自己回帰モデル次数を15に設定し、スペクトルの推定を行った。

これまでの報告により、LF成分は血圧変動に関連したものであり、主に交感神経活動の反映を示し、HF成分は呼吸変動に関連したもので、副交感神経活動を反映しているといわれている [2]。よって、安静時と作業時における交感神経と副交感神経バランスを評価するために、式1を用いた。

$$PSB = \frac{LF2/HF2}{LF1/HF1} \quad \text{(式1)}$$

(1: 安静時, 2: 作業時)

Relationship between Heart Rate Variability and Intensity of Mental load by Autoregressive spectral analysis.

Kaoru HONDA

Sanno College, Jiyugaoka

3. 実験の概要

被験者は男性5名および女性3名(年齢21~32才)である。実験開始前に食事、喫煙から2時間以上の間隔をとって行った。コンピュータの前に座

り、CRT画面に提示された数字を掛け算（2桁×1桁）する作業を行った。作業時間は、10分間であり、計算の結果は口答とした。また、実験終了後、心理調査アンケートを実施した。精神的負荷強度として、計算問題の提示間隔時間を5秒、10秒、15秒、20秒、25秒の5水準に設定した。5水準の実験の順序はランダムに行った。

4. 実験の結果と考察

図1に提示間隔時間（精神負荷強度）とPSBとの関係を示す。また、図1のPSBは被験者8名の平均である。実験結果をみると、提示間隔時間が短くなり、精神的負荷強度が増加すると、PSBの値が大きくなることがわかる。特に最も精神的負荷強度の強い提示間隔時間が5秒においては、20秒、25秒と比較して有意にPSBが増加したことがわかる（t検定：p<0.01）。PSBが増加したことは、安静時と比較して作業を行うことにより交感神経活動が活発となり、LF成分が増加しHF成分が減少したものと考えられる。

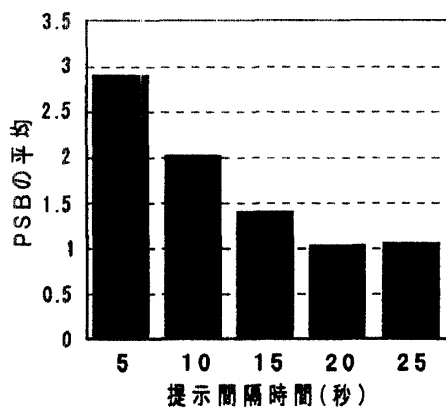


図1 提示間隔時間とPSBとの関係 (n=8)

作業中の緊張の度合いを調査するため、心理調査アンケートを実施した。アンケート形式は、SD法（7段階）によるもので8形容詞対について調査した。図2に心理評価とPSBとの関係を示す。図2の心理評価値には、「緊張した-緊張しない（-3

～+3）」の形容詞対の評点を用いた。実験結果をみると、心理評価値がマイナス側（緊張した）になるとPSBが増加する傾向がみられる。また、心理評価値とPSBとの間の相関係数を計算したところ、 $r=0.5955$ との結果であった。

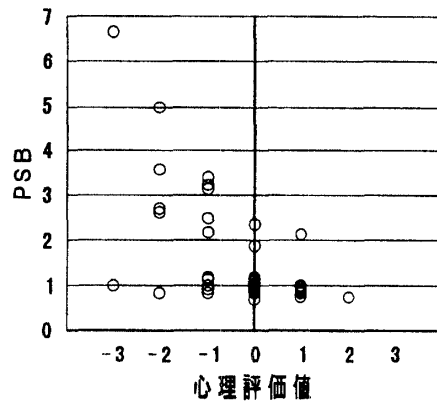


図2 心理評価とPSBとの関係 (n=40)

5. おわりに

本研究から、計算問題の提示間隔時間を短くし精神的負荷強度を強くすると、スペクトル解析から得られた心拍変動のLF成分が増加し、HF成分が減少する傾向がみられた。同様に緊張の度合いが大きくなると、LF成分が増加し、HF成分が減少する傾向がみられた。

以上より、心拍データに自己回帰モデルを適応し、パワースペクトルの推定を行い、心拍変動の成分である低周波数成分(LF)と高周波成分(HF)を抽出し、検討することにより、人間の精神的負荷および緊張の度合いを把握できることが示唆された。

参考文献

- [1] Sayers, B. McA.: Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*,16(1),17-32,1973.
- [2] Pomerantz, B. et al.: Assessment of autonomic function in human by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology*, 17(1),H151-H153,1985.