

心拍変動による精神作業ストレスの定量解析

和文表題 14p

改行 10p

九東太郎* 九東次郎** 九東花子***

和文筆者名 12p

改行 10p

Quantitative Analysis of Mental Stress using Heart Rate Variability

英文表題名 14p

by 12p

Tarou KYUTO, Jirou KYUTO and Hanako KYUTO
改行 10p

英文著者名 12p

(Received: October 1, 2005, Accepted:)

紀要委員会記入

改行 10p

Abstract 12 p

The purpose of this study was quantitative analysis of autonomic nervous system activity during mental arithmetic task. We used spectral analysis of R-R intervals of electrocardiography (ECG). HF component and LF/HF were selected for indices of parasympathetic and sympathetic nervous activity, respectively. We also examined subjective evaluation to clarify the relationship between the power spectrum and the subjective evaluation. As a result, LF/HF is an important parameter to assess the mental work stress.

英文要約 10p

改行 10p

Key Words :

5ワード以内 10p

2行改行 10p

1行に25文字

1行に25文字

左マージン 20mm

1. はじめに

1.1 研究の背景 長時間にわたるコンピュータ操作や VDT (Visual

Display Terminal) 作業などの現代社会特有の様々な精神的作業負荷により、我々の生体は多くのストレスを受けている。これが健康阻害を引き起こしたり、ヒューマンエラーの一因となっている。近年になり、メンタルヘルスの立場から、作業負荷に応じたリラクゼーション誘導などの生体機能を正常に維持する方法の確立が求められている。個人によってその受け取り方や影響の度合いが異なるこれらのストレスを定量的に評価することができれば、ストレスを軽減する方法を与えることができる。ところで、ヒトが精神的なストレスを受けると、心拍、脈波、末梢皮膚温、呼吸、皮膚の電気活動、眼球運動脳波などの生理反応に変化が生じる。生理反応のうち、心拍変動はリアルタイムでの計測が比較的容易であり、被験者への負担が少ない。これまで心拍変動を用いたストレス研究は少なくないが¹⁾、その多くは精神作業課題に対して心拍変動がどのように変化するかを主眼であり、解析結果をもとにしたバイオフィードバックへの適用の試みはほとんどなされていない²⁾。

本研究ではストレス軽減のためのバイオフィードバック

* 応用情報学部情報システム学専攻教授

** 現日立物流ソフトウェア(株)勤務

〔2001年度大学院工学研究科情報工学専攻修了〕

罫線を入れる

右マージン 20mm

システム構築の第1段階として、精神的作業負荷が印加されたときの心拍変動の定量評価を試みた。

2. 心拍変動の計測

2.1 精神性ストレスと自律神経系活動 心臓をはじめとするヒトの内蔵器官は、交感神経と副交感神経からなる自律神経系の調整を受けて機能している。生体にストレスが印加されると副交感神経に比べて交感神経の活動が優位になる。一方、安静時や睡眠時は交感神経の活動が抑制され、副交感神経系の活動が優位になる³⁾。通常は、交感神経と副交感神経はバランスをとって活動するように支配されている。生理機能の中で心臓の活動は心電図として計測される。生体に様々なストレスが印加されると、心臓交感神経が興奮し、同時に副交感神経が抑制されるため、心拍変動にも影響が現れる。図1は心電図波形の一例である。

波形の特徴的なピークは P, Q, R, S, T, U 波と呼ばれる。このうち、最大振幅である R 波と R 波の間隔を R-R 間隔という。R-R 間隔は心拍一拍毎の時間間隔であり、毎分の心拍数に換算したものを瞬時心拍数という。この R-R 間隔は常に一定ではなく、体位や精神的活動の状態の影響を受けて変動している。R-R 間隔の変動の度合いは R-R 間隔時系列を周波数分析することにより求められる^{1), 2)}。これまでの研究成果によれば、R-R 間隔時系列の主な周波数成分は、主に 0.15Hz~0.45Hz の帯域を

1行 25文字

1行 25文字

持つ HF 成分 (High Frequency component と、0.05Hz ~ 0.15Hz の帯域を持つ LF 成分 (Low Frequency component) からなる。HF 成分はヒトの呼吸活動に由来するとされる RSA 成分 (Respiratory Sinus Arrhythmia)、LF 成分は血圧に由来する成分 (Mayer Wave related Sinus Arrhythmia, MWSA) がそれぞれ主成分と考えられている。HF 成分は主に副交感神経の支配を受けており、自律神経障害や精神的負荷により副交感神経の活動が低下すると HF 成分は小さくなるといわれている⁹⁾。また、LF 成分は副交感神経と交感神経の両方の支配を受けており、いずれの成分もストレスにより、そのレベルが低下する¹⁰⁾。

の周波数成分を得るには R-R 間隔時系列を等間隔に再プロットしなければならない。ここでは簡単のために、R-R 間隔時系列に直線補間処理を施し、サンプリング周波数 100Hz で再サンプルした。

(4) R-R 間隔時系列の平均値を算出する。時系列の各値からその平均値を差し引き、直流成分を除いた新しい時系列を作る。

(5) この新しい時系列に対してハミング窓をかけた後に DFT (Discrete Fourier Transform) 計算を行い、得られた実部と虚部の 2 乗和の平方根をとって振幅スペクトルを求める。

(6) スペクトル上において 0.15Hz ~ 0.45Hz の帯域に存在する面積を求めて HF 値とする。同様に 0.05Hz ~ 0.15Hz の帯域に存在する成分を求めて LF 成分とする。

その他、R-R 時系列より瞬時心拍変動時系列を作成した。心電図 R-R 間隔時系列の作成過程を図-2 に示す。(a) は計測した心電図波形の一例、(b) は計測時間を横軸に、各 R-R 間隔を縦軸に置き換えた時系列を示す。(c) は時系列の包絡線を直線補間して再サンプルした R-R 間隔時系列である。時系列の作成から周波数分析までは Visual Basic 6.0 で作成した。

46行

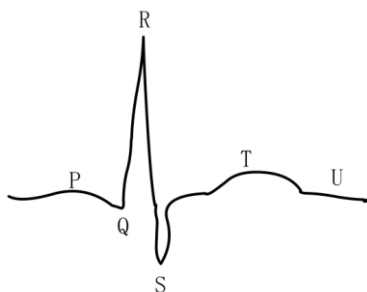


図-1 心電図波形の特徴のピーク

本研究では、まず心電図 R-R 間隔時系列に対して周波数分析を行い、精神的作業負荷の度合いと周波数成分との関連性を調べ、定量評価の可能性を検討した。

2.2 R-R 間隔時系列処理

R-R 間隔時系列を得るには、まず R 波を検出しなければならない。心電図の R 波は QRS 波の中のピークであるため、検出は比較的容易である。R-R 間隔時系列の作成および周波数分析の手順を以下に示す。

(1) 計測対象範囲の ECG データ中の最大値を検出し、その時刻をメモする。ただし、対象範囲中の ECG の直流変動が極力小さくなるように、ECG のハイパスフィルタは 10Hz とした。

(2) Rmax の 50% を R 波検出の閾値とし、閾値を越える区間の中央値をそれぞれの R 値を与える時刻とした。

(3) 横軸を計測の経過時間、縦軸を各 R-R 間隔 (単位は時間) に置き換える。この際、R 値のサンプル間隔は R-R 間隔であるため、等間隔ではない。R-R 間隔時系列

3. 実験

3.1 実験方法 心電図計測に双極胸部誘導法を用いた。双極胸部誘導では、前胸部に 2ヶ所または 3ヶ所の電極を装着して双極誘導で導出する。一般に双極胸部誘導の場合は陰極を胸骨柄に、陽極を V5 の部位に置く誘導法が用いられる。陰極は胸骨柄よりも左鎖骨の下の方が体動によるノイズが混入しにくく、測定対象となる心電図 R 波の抽出が優れていたため、左鎖骨下に電極を取りつけた。本実験では心電図の最も振幅の大きい R 波の抽出を目的としている。ここでは体動による低周波の混入を防ぐために

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○