

機関番号：82626

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700683

研究課題名（和文） 長期間の日常生活の生理計測に基づく個人適合型ストレス評価  
手法の開発研究課題名（英文） Personal adaptive method to assess mental stress during daily life  
using long-term recorded physiological signals

研究代表者

吉野 公三（YOSHINO KOHZOH）

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・研究員

研究者番号：10358343

研究成果の概要（和文）：長期間（2ヶ月間）にわたって同一個人の日常生活の心拍データと心理状態を測定したデータに基づいて、各個人ごとに最適化した心理的緊張感評価方法を構築した。身体運動と日内変動の影響を取り除いた後に、各個人毎に、緊張感を心拍変動指標値の主成分得点から推定する重回帰モデルを構築した。学習用データを用いて、重回帰係数を決定し、その最適化したモデルに対して「非」学習用データを用いて、モデルの汎化能力を調べた。その結果、モデルのパラメータの学習に用いていない△緊張感データの値とモデルによるその推定値との間の相関係数の被験者間平均値は学習用データで 0.51、「非」学習用検証データで 0.42 であった。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to present a method of assessing psychological tension that is optimized to every individual on the basis of the heart rate variability (HRV) data which, to eliminate the influence of the inter-individual variability, are measured in a long time (two months) period during daily life. The multiple linear regression model that estimates tension from the scores for principal components of heart rate variability indices were then constructed for each individual after eliminating the effects of body movement and circadian rhythm. The data were divided into training data set and test data set in accordance with the 5-fold cross validation method. Multiple linear regression coefficients were determined using the training data set, and with the optimized model its generalization capability was checked using the test data set. The subjects mean was  $r = 0.51$  with the training data set and  $r = 0.42$  with the test data set.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：生体生理工学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、応用健康科学

キーワード：心拍、気分、ライフログ、日常生活、学習、自律神経系、人間、心拍変動

### 1. 研究開始当初の背景

日常生活の中の心理的緊張感を評価できれば、心身の健康管理等に役立てることができる。心理状態は自律神経系の活動状態に影響を与える。このため、自律神経系の支配を受ける器官から計測される生理信号の時間変動パターンに変化が生じる。これを利用して、ヒトの体表面から計測することのできる生理信号の時間変動パターンを用いて心理状態を評価する試みがある。他の主観評価法や血漿、尿、唾液中のバイオマーカーを用いる方法に比べて以下の利点がある。(i)短いサンプリング間隔で連続的な計測評価が可能。(ii)比較的無意識な状態で自動的な計測評価が可能。これらのことから、その人の緊張状態に合わせて、リアルタイムに支援できる可能性がある。(iii)主観評価法に比べれば、比較的客観的に評価が可能。(iv)採血や針電極を用いた神経活動計測と違い、非侵襲計測である。

日常生活の中で、生活者に比較的負担をかけることなく、測定可能な生理信号として、瞬時心拍数(心拍変動)が挙げられる[2]。しかし、日常生活の中では、心理状態以外の様々な要因(運動、食事、日周リズム等)により、自律神経系の活動バランスは変化する。このため、日常生活の中の心理的緊張感と心拍変動パターンとの間の関係は単純ではなく、大きな個人差があることが知られている。我々の過去の研究において、40名の被験者の3日間にわたる日常生活の中の緊張感と心拍変動指標(HFnu、RMSSD、HRなど)との間の相関係数は被験者によってばらつきがあり、被験者間平均値は0.04-0.05と非常に低値であった。しかし、各個人毎に注目すると、相関係数の高い組み合わせが存在した。

### 2. 研究の目的

個人差の影響を取り除くための、長期間にわたって同一個人の日常生活の中の心拍データと心理状態を測定し、その心理生理データに基づいて、各個人ごとに最適化した心理的緊張感評価方法を構築することを研究の目的とする。

### 3. 研究の方法

被験者はインフォームドコンセントに同意後実験に参加した。産業技術総合研究所人間工学実験倫理委員会より本実験遂行の事前承認を得た。被験者は、2ヶ月間にわたって、心拍変動(RR間隔)と身体加速度を計測する装置(アクティブトレーサー、GMS社AC301-A)を常時(睡眠時を含む、入浴時等水に濡れる状況を除く)装着しながら日常生活を行った。被験者は起きている間、約1時間に1回の頻度で、緊張感を含む8種類の気分

状態のレベルをVisual Analog Scale (VAS)上に回答した。各回答時刻から512秒間前の心拍データに対して、次の14種類の心拍変動指標を算出した。

- $h_1$ : 心拍数(HR): 瞬時心拍数の平均値
- $h_2$ : 変動係数(CV): RR間隔の標準偏差(SD) / 平均値
- $h_3$ : RMSSD: 隣接するRR間隔の二乗平均平方根
- $h_4$ : pnn50: 前拍より50ms以上変化した割合
- $h_5$ : skewness: RR間隔変動の3次モーメント / (SDの3乗)
- $h_6$ : kurtosis: RR間隔変動の4次モーメント / (SDの4乗)
- $h_7$ : VLF power: RR間隔変動の0-0.04Hz帯域パワー
- $h_8$ : LFnu: RR間隔変動の0.04-0.15Hz帯域パワーを規格化(規格化とはVLF帯域を除く全帯域パワーを除すること。)
- $h_9$ : HFnu: RR間隔変動の0.15-0.4Hz帯域パワーを規格化
- $h_{10}$ : MFLF: RR間隔変動の0.04-0.15Hz帯域内の平均周波数
- $h_{11}$ : MFHF: RR間隔変動の0.15-0.4Hz帯域内の平均周波数
- $h_{12}$ : DFA $\alpha$ 1: 4-11拍におけるDFA $\alpha$ 指数
- $h_{13}$ : DFA $\alpha$ 2: 11-64拍におけるDFA $\alpha$ 指数
- $h_{14}$ : DFA $\alpha$ 3: 64-100拍におけるDFA $\alpha$ 指数

自律神経系活動は心理状態以外にも身体運動やサーカディアンリズムの影響を受ける。さらに、心理状態の回答や心拍計装着の違和感等に対して慣れる期間を考慮する必要がある。また、日常生活中に計測されるデータは実験室で計測するデータに比べてS/N比は低い。以上を考慮して、以下の条件(i)-(iv)を全て満たしたデータのみを解析対象とした。

- (i) 実験開始から48時間後以降であること。
- (ii) 心拍計を装着していること。
- (iii) 平均身体加速度が30mG以下であること。
- (iv) RR間隔の分布の下2%と上2%が0.3-2.0secの範囲にあること。

さらに、サーカディアンリズムの影響を取り除くために、気分点数と心拍変動指標値の両方について、同じ時間帯の参照値からの差分( $\Delta$ 緊張感、 $\Delta$ 心拍変動指標値)を計算した。次に、 $\Delta$ 緊張感を $\Delta$ 心拍変動指標値から推定する以下の重回帰モデルを構築した。

$$\Delta \text{緊張感} = \sum a_k \times \Delta h_k + b$$

(ただし、 $a_k$ は重回帰係数、 $h_k$ はk番目の心拍変動指標)

しかし、説明変数(心拍変動指標  $h_k$ )間の共

相関性を避けるために、△心拍変動指標値のデータの主成分得点を計算し、これを説明変数とした。以下の通りの式とした。

$$\Delta \text{緊張感} = \sum c_k \times \Delta p_k + d$$

(ただし、 $c_k$ は重回帰係数、 $p_k$ は心拍変動指標の第k主成分得点)

各個人毎に、重回帰モデル式のパラメータ  $c_k$  と  $d$  を決定した。データを 5-fold cross validation 法に基づいて、学習用と「非」学習用に分けた。学習用データを用いて、パラメータ  $c_k$  と  $d$  を決定し、その最適化したモデルに対して「非」学習用データを用いて、モデルの汎化能力を各個人毎に調べた。

#### 4. 研究成果

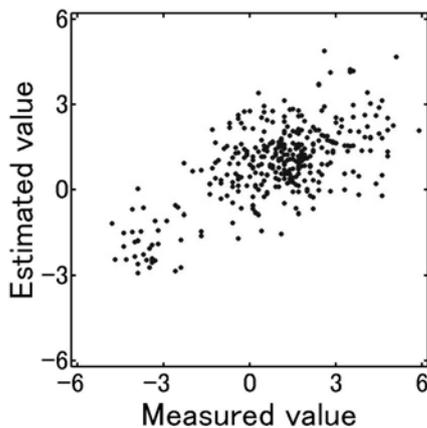


図1 学習用データの緊張感の計測値と推定値の散布図

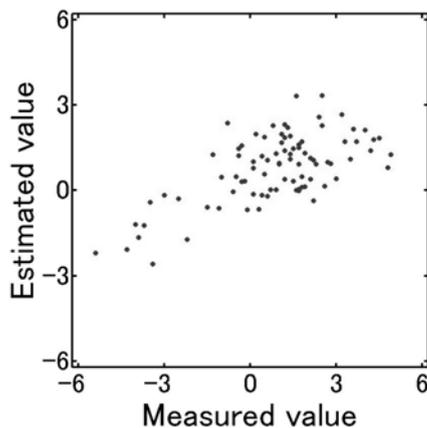


図2 「非」学習用検証データの緊張感の計測値と推定値の散布図

図1にある被験者のモデルの学習に用いた△緊張感の計測値と推定値との間の散布図を示す。図2に学習に用いていない検証用の△緊張感の計測値と推定値との間の散布図を示す。被験者間平均値は学習データで0.51、学習に用いていない検証データで0.42

であった。学習データの相関係数が0.5以上であった被験者の学習に用いていない検証データの相関係数の平均値は0.50であった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 吉野公三、斎藤芳郎、地頭所眞美子、吉田康一、若年男性の就寝前唾液コルチゾール濃度と自律神経系活動バランスとの相関性、ストレス科学研究、査読有、26巻、pp. 48-52 (2011)
- ② 吉野公三、松岡克典、Effect of mood during daily life on autonomic nervous activity balance during subsequent sleep、Autonomic Neuroscience、査読有、Vol. 150、pp. 147-149 (2009)

[学会発表] (計12件)

- ① 吉野公三、斎藤芳郎、地頭所眞美子、吉田康一、健常若年男性の就寝前の自律神経系活動と唾液コルチゾール濃度との相関性、第50回日本生体医工学会大会、2011年5月1日、東京
- ② 吉野公三、生理情報を用いたストレス状態評価と数理モデル、第2回デザインバイオニクス講演会、2011年3月29日、大阪
- ③ 吉野公三、Mental state assessment using physiological signals、7th International Conference on Ubiquitous Healthcare (u-Healthcare 2010)、2010年10月28日、韓国、招待講演
- ④ 吉野公三、松岡克典、長期間の日常生活での生理心理計測に基づく個人適合型緊張感推定法、第25回生体・生理工学シンポジウム、2010年9月23日、岡山
- ⑤ 吉野公三、松岡克典、Optimization of psychological tension assessment method to individuals using heart rate variability、15th World Congress of Psychophysiology、2010年9月2日、ハンガリー
- ⑥ 吉野公三、松岡克典、Personal adaptive method to estimate psychological tension using heart rate variability、第49回日本生体医工学会大会、2010年6月26日、大阪
- ⑦ 吉野公三、松岡克典、Effects of mood on sympathovagal balance during daily life and sleep、20th World Congress on Psychosomatic Medicine、2009年9月26日、イタリア
- ⑧ 吉野公三、松岡克典、仮想空間と現実空間における生理反応を用いた心理評価に関する

る取り組み、日本人間工学会第50回記念大会、2009年6月11日、つくば

- ⑨吉野公三、松岡克典、日常生活での気分状態と就寝後の自律神経系活動との相関性、第48回日本生体医工学会大会、2009年4月25日、東京

〔図書〕(計1件)

- ①吉野公三、ヒューマンインタフェースのための計測と制御(シーエムシー出版)、共著、第2章「生理応答」pp.11-20(2009)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉野 公三 (YOSHINO KOHZOH)  
独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・研究員  
研究者番号：10358343