

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：12612  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2010～2011  
 課題番号：22700110  
 研究課題名(和文) 高品質な生活を実現するための生体情報に基づく「人の疲労」分析手法の開発とその応用  
 研究課題名(英文) Development of evaluation method of human tiredness based on biological information  
 研究代表者  
 矢崎 俊志 (YAZAKI SYUNJI)  
 電気通信大学・情報基盤センター・助教  
 研究者番号：60454138

研究成果の概要(和文)：本研究では、日常生活で人が発する生体情報から「人の疲労」を活動量と運動強度に基づいて定量的に評価する手法を提案した。本研究では既存手法に用いられている体動の頻度・大きさから求めた活動量だけでなく、ユーザの体力を考慮するため、心拍数から求めた運動強度を用いる疲労評価手法を提案した。心拍数に基づく運動強度と体の加速度変化に基づく活動量を可視化するウェアラブルシステムを試作した。面接試験中の運動強度と活動量の変化を試作システムにより評価する実験を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, an evaluation method of human tiredness based on the intensity of exercise and amount of activity observed in daily life is proposed. In existing method, the amount of activity calculated from magnitude and frequency of movement of the human body. In this research, heart rate is used for calculating the intensity of exercise to take into account physical strength of human. A prototyping wearable system that measures and displays the intensity of exercise and amount of activity at the same time was implemented. We also conducted a preliminary experiment that we measure the intensity of exercise and amount of activity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：運動強度, 身体加速度, 人の疲労

## 1. 研究開始当初の背景

現在、社会に大きな影響を与えている問題として、ストレスや疲労、またはこれらを原因とするうつ病をはじめとした健康障害などがある。これらの障害は、専門知識を持たない人がその障害の度合いを判断することは難しく、本人または他者による偶発的な気

づきをきっかけに、医師等の診断によって発見される場合が多い。そのため、発見が遅れるなど、適切なタイミングで適切な対応をとることが難しい。このような障害は可能な限り早い段階で発見し、予防もしくは悪化を防止する対策を講じることが重要である。そのためには、ストレスや疲労を専門家ではない

個人でも実行可能な仕組みによって、自覚可能な数値などで評価する必要がある。

人が感じるストレスの評価手法として唾液成分や心拍からストレスの大きさを評価する試みがされている。

唾液成分分析では、唾液中に含まれるアミラーゼの量をストレス評価の指標とする方法が用いられる。また、心拍からストレスを推定する方法として、心拍間隔の変動を利用した方法もある。この手法は、心拍変動を周波数分析することで、交感神経と副交感神経の優位性を評価し、これに基づいてストレスの強さを評価する。

日常生活の中で人が感じる疲労を評価する研究も行われている。疲労の評価手法には、本人の主観的な感覚を数値化して分析・評価する自覚的疲労感評価と、装置などを用いて客観的に測定した数値を分析・評価する他覚的疲労評価の2つがある。

自覚的疲労評価には、通常のアンケート調査や Visual Analogue Scale (VAS) 検査などが用いられる。VAS 検査は、自身のストレス度合いを数直線上の数値で報告する検査手法である。この数値の推移を分析することで被験者が感じている疲労の大きさを推定する。

他覚的疲労評価では Trail Making Test (TMT)、アクティグラフ、バイオ・バランス・チップ(BBC) 等が用いられる。TMT は被験者に一定の課題を与え、回答の正確さの変化から疲労による注意力の低下を測定する手法である。アクティグラフや BBC は微細な体動の変化を頻度や大きさとして記録・分析する装置である。測定結果に基づいて被験者の活動状況を推定し、これをもとに疲労の度合いを判断する。

これらのストレスまたは疲労評価手法には実用化されているものもある。しかしこれらの手法は実施環境や測定環境が限定されるため、個人では継続した評価が難しい。また、評価に必要な測定器についても専門家の補助なしで用いるのは難しいものが多い。

アンケートや課題に回答する形式の評価手法は実施場所や時間が限定される。そのため、1日に複数回実施したり、試験を長期間継続したりすることは難しい。測定器を用いた評価手法の多くは小型化されたセンサを用いるものが多く、それ身につけることによって日常的なデータを収集・蓄積する。一定量蓄積したところで測定器を専門家に提出し、専用の機器やソフトウェアを用いて分析を行うものが多い。このような試験は、専門家の補助なしでは評価の実行は難しい。また、分析結果を被験者にフィードバックするまでにある程度の時間がかかるため、被験者の自覚と分析結果の対応付けが難しい。

これらの問題を解決するため、ストレス・

疲労評価システムには、場所や時間を限定せず実行可能なこと、身体の動きを可能な限り拘束しないこと、短い時間で被験者に分析結果をフィードバックする仕組み、が必要であると考える。

## 2. 研究の目的

本研究では、日常生活における「人の疲労」の変化を観測・分析し、その分析結果を出来る限り短い時間で被験者にフィードバックすることで、被験者の自覚に近い疲労分析手法を開発する。また、その手法を常に身に付けて使うことができるウェアラブルシステムとして実装する。これにより、自身のストレスや疲労の状況を容易に把握できる環境を提供することで、人の高品質な生活を支援する環境を実現する。

## 3. 研究の方法

本研究実現するシステムの概要を図1に示す。

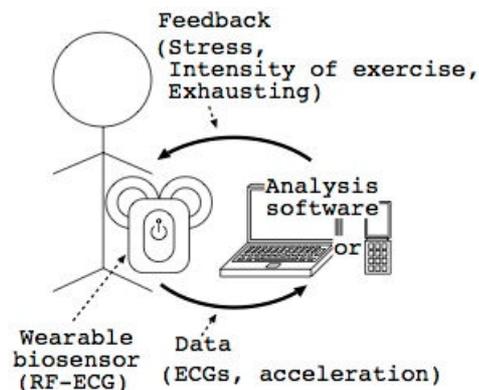


図1：システム概要

本システムはウェアラブルセンサで測定した情報をワイヤレスでモバイル端末に転送する。モバイル端末では、受け取った情報をほぼ実時間で分析し、その結果をユーザにフィードバックする。

ウェアラブルセンサにはマイクロ・メディカル・デバイス株式会社の提供する RF-ECG 評価キットに含まれるセンサを用いた。センサの外観を図2に示す。このセンサ上部の丸いパッドを胸部の心臓付近に貼付して用いる。このセンサは心電・3軸加速度・体表温度の3つの生体情報を同時に測定することができる。加速度については、図2に示す軸方向に従い、体の左右・上下・前後方向をそれぞれ  $x$ ,  $y$ ,  $z$  軸として記録する。

本研究では既存の加速度の変化に基づく活動量評価手法と、測定対象者の体力を反映した心拍数に基づく運動強度評価手法を併用することで、ユーザの体力を考慮した疲労評価手法を提案する。

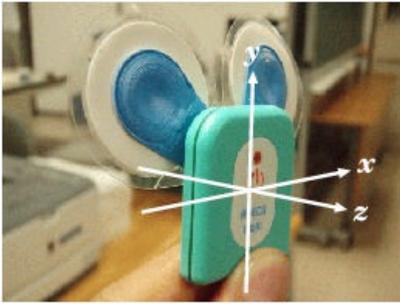


図2：ウェアラブルセンサの外観

過去の研究から、慢性疲労症候群患者と健康者では、平均的に活動量に差が生じることが確認されている。本研究ではこのことを踏まえ、活動量の多さを人の疲労の評価に用いる。これまで活動量の多さは体にかかる加速度の変化量とその頻度で評価されてきた。加速度を利用して歩数を数える万歩計を用いた評価などはその一例である。この手法は測定が容易であり、かつ比較的正確な評価結果を与えることから、様々な用途に実用されている。一方で、この手法は、単純な動きの回数のみに着目した測定手法であり、評価対象者の体力を考慮することができないという問題がある。体力のある人とそうでない人が同じ量の活動をした場合、その疲れの度合いに大きな差があることは日常の経験からも明らかである。

一方、人の運動の強さを表す指標として、運動強度がある。運動強度を評価する手法には呼気に含まれる酸素濃度から求めた酸素摂取量を用いる方法と、心拍数を用いる方法がある。酸素摂取量を測定する手法は、運動中の被験者の呼気を採取する必要があるため、比較的大規模な装置が必要になる。心拍数は小型の装置で測定可能であるため本研究ではこの方法を採用する。

加速度の変化に基づく活動量の評価に際して、本研究では、加速度の急な変化の大きさと頻度を記録する。加速度の急な変化は、歩行をはじめとする急な体位の変化により生じる。加速度の変化の度合いを調べるためには、観測した加速度を微分したものが用いられる。本研究でも、これを活動量の評価に用いる。

運動強度の評価では、ウェアラブルセンサにより取得した心電位から心拍数を求める。心拍数から運動強度を求めるにあたり、Zero to peak 法を用いる。Zero to peak 法では、運動強度  $MHR$  を  $MHR = HR / GHR$  として求める。ここに、 $HR$  は観測した心拍数、 $GHR$  は最大心拍数をそれぞれ示す。また、最大心拍数は、本来であれば事前に測定する必要があるが、一般的には、ユーザの年齢  $Age$  から  $GHR$

$= 220 - Age$  で見積もられた値が用いられている。

ユーザに自身の疲労の自覚を促す仕組みとして、先の活動量と運動強度を同じ時間軸でグラフ化し、その変化をわかりやすい形で示すユーザインタフェースを設計した。自身の日々の行動に基づく活動量と運動強度を同時に確認することで、どの程度の強度の運動活動をどれくらい行なったのかを自覚することができる。

#### 4. 研究成果

実装したシステムを用い、実用試験を行った。試験は、被験者A（30代男性、日常的な運動有り）および被験者B（20代男性、日常的な運動無し）の2名について、本人の同意を得た上で面接試験中の運動強度と活動量の変化を、記録したものである。被験者Aの面接試験では30分間のプレゼンテーションとその後30分間の質疑応答が行われた。被験者Bは着座姿勢による40分間の問答式面接であった。変化を観測するため、測定結果には試験前後の移動中のデータも含まれている。

被験者AとBの測定結果をそれぞれ図3と図4に示す。

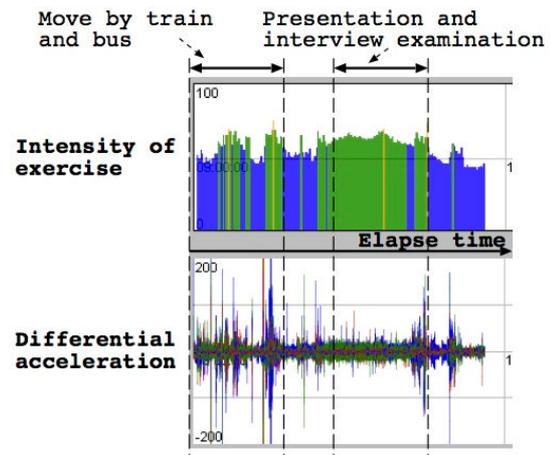


図3：被験者Aの測定結果

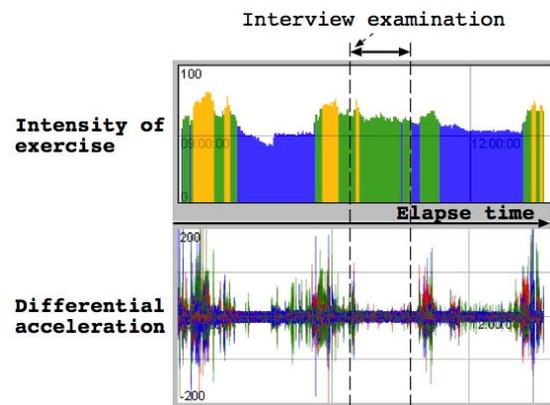


図4：被験者Bの測定結果

図中の横軸は右向きに時間の進行を表す。上のグラフは運動強度、下のグラフは微分した加速度（活動量）の変化を表す。運動強度はグラフが高いほど強度が大きいことを意味する。活動量グラフの青、緑、黄の色は、3軸加速度センサの各軸  $x$ ,  $y$ ,  $z$  を表す。図3, 4に示すグラフはモバイル端末上で被験者がいつでも確認することができる。

両図の結果をみると、面接時間中は、活動量度変化は小さいが運動強度の変化は大きい。これは面接の緊張により心拍数が上昇したためである。このような精神的負荷が高い状況での活動において、人は平常時より大きな疲労を感じると考えられる。この点は疲労の評価において考慮すべきである。次に、面接時間以外のグラフに着目する。両被験者共に、面接前後は、自転車、徒歩、バス、電車などの手段により移動（軽い運動）している時間である。この時、普段運動をあまりしていない被験者Bの方が運動強度が高くなる傾向がみられた。一般に、体力のある人ほど、運動時の心拍数が低く安定する傾向を示す。両被験者は厳密に同じ行動をとっていないので、単純な比較はできないが、この結果は、体力の違いが運動強度の変化として観測することができる可能性を示唆していると考ええる。

## 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)

[学会発表] (計3件)

- ① 矢崎 俊志, 松永 俊雄, 心拍数と身体加速度を用いた人の疲労評価手法の提案, 第11回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会 (SI2010), 2010年12月23日, 東北大学.
- ② 矢崎 俊志, 松永 俊雄, 心拍数と加速度に基づく緊張状態を考慮した人の活動量評価手法の提案, 平成22年電気学会産業応用部門大会予稿集 (JIASC2010), 2010年8月24日, 芝浦工業大学.
- ③ Syunji Yazaki, Toshio Matsunaga, Evaluation of Activity Level of Daily Life Based on Heart Rate and Acceleration, SICE Annual Conference 2010, Aug. 19 2010, Tiwan.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

矢崎 俊志 (YAZAKI SYUNJI)

電気通信大学 情報基盤センター 助教

研究者番号: 60454138

(2) 研究分担者  
なし

(3) 連携研究者  
なし