

## VDT作業における脈波を用いた自律神経機能に関する研究

小池瑞生<sup>†</sup> 佐伯昌造<sup>†</sup> 佐々木隆志<sup>‡</sup> 川原稔<sup>‡</sup>愛媛大学大学院 理工学研究科<sup>†</sup> 愛媛大学 総合情報メディアセンター<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

情報技術の発展に伴い、スマホ、パソコン、ゲーム機などのVDT(Visual Display Terminals)が仕事や日常生活の中に導入されている。VDT作業における問題点は身体的疲労や精神的疲労を感じている作業者が多数に上ることである[1]。これらの疲労は自律神経系のバランスを崩し、めまいや頭痛などの体調不良を引き起こす。そのため自身の自律神経機能の変化を理解することは重要であると考えられる。

本研究では耳から容積脈波を検知し、その心拍変動から自律神経指標を算出する。実験ではシミュレーションゲームを用いる短時間のVDT作業をしてもらい、作業中の自律神経指標の変化から疲労状態の推定の可能性について検討する。

## 2. 実験

## 2.1. 実験環境

20～23歳の健常者11名(男性7名、女性4名)に対して実験を実施する。実験場所は被験者と実施者以外の人の出入りがない場所で行い、時間帯は15時～18時とする。脈波変動の取得には耳に装着するセンサ(Grove - Ear-clip Heart Rate Sensor)を使用する。

本研究におけるVDT作業としてMicrosoft Flight Simulator 2020(以下MSFSと書く)を用いた作業を行わせる。被験者には経路を3か所設けた1時間程度かかる航路を飛行させる。その際に速度、高度を指定の数値に合わせることに目的地向けの方角を合わせることを目標タスクとして課す。

## 2.2. 自律神経指標の算出

前処理としてロバストzスコアを用いた異常値処理を行う。例えばzスコアが3であれば、そのデータは標準正規分布において平均値から標準偏差の3倍の区間内に存在することに相当する。本研究では外光や体動の影響を受けた明ら

かな異常値のみを除外したいため、99.99994%信頼区間の外に相当するようにzスコアが5以上のデータを異常値として判断する。

本研究では自律神経指標として周波数領域解析で得られるLF, HF, LF/HF, HF/(LF+HF)を用いる。心拍間隔からARモデルを用いて推定したパワースペクトル密度を利用して各指標を求める。パワースペクトル密度の低周波成分(0.04～0.15Hz)の積分値をLF、高周波成分(0.15～0.4Hz)の積分値をHFという。HFは副交感神経活動を反映した指標である。LFは交感神経、副交感神経両方の活動を反映するため、交感神経活動の指標としてLFとHFの比であるLF/HFを用いる。ほかにも自律神経活動量のうちの副交感神経活動の割合を示すHF/(LF+HF)という指標も参考にする。

## 2.3. 実験手順

被験者に対して実験内容を事前に説明し、同意を得たうえで実験を行う。実験の手順は以下の通りである。まず座位の状態ですべて10分間安静にさせる。その後安静時のデータを得るために座位の状態ですべて5分間の計測を行う。計測終了後、MSFSによる作業を1時間程度遂行させる。このとき、被験者には耳にセンサをつけてもらい、作業中の心拍変動の計測を行う。作業終了後、作業後のデータとして安静時と同じく座位の状態ですべて5分間の計測を行う。

疲労度の評価としてMSFS操作前の疲労度と比較した操作後の疲労度を主観的に回答させる。疲労度は「まったく疲労を感じない」を1、「これ以上ない疲労感だ」を7とする7件法で回答させる。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1. 自律神経指標

安静時と作業後のLF/HF, HF, HF/(LF+HF)を比較したグラフを図1に示す。LF/HFとHFはパワースペクトル密度の積分値であるため、個人ごとに値が異なり、変動量にも違いが生じる。被験者のうち8人は安静時と比べて作業後のLF/HFは増加し、HFは減少した。これは作業によって生じ

A Study on Autonomic Nervous System Function Using Pulse Wave in VDT Work

<sup>†</sup>Mizuki Koike, Shozoh Saeki, Ehime University Graduate School of Science and Engineering

<sup>‡</sup>Minoru Kawahara, Takashi Sasaki, Center for Information Technology, Ehime university

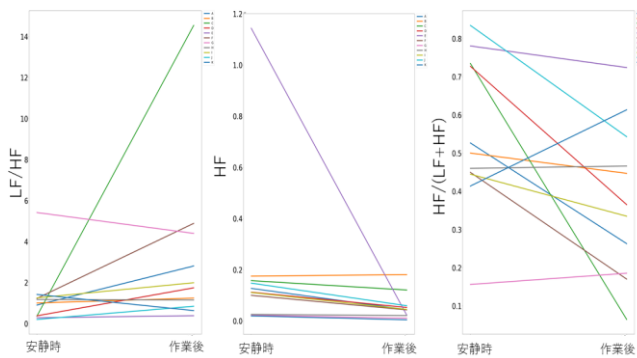


図1：安静時と作業後の自律神経指標の変化  
(左：LF/HF, 中央：HF, 右：HF/(LF+HF))

た疲労等により交感神経活動が賦活し、副交感神経活動が抑制されたためと考えられる。残る3人はLF/HF, HFの両方が減少していたがHF/(LF+HF)の値は増加していた。これは交感神経活動と副交感神経活動の両方が抑制されており、副交感神経活動優位であることが示唆される。この原因として、作業後の計測は安静時と同じく座位の状態での計測したため、計測中に疲労感が回復した可能性が考えられる。

MSFS作業中のLF/HFの変動の一例を図2に示す。どの被験者も作業開始付近と終了付近に増加し、作業中盤は増加と減少を繰り返す傾向がみられた。作業開始付近と終了付近は離陸と着陸の作業を行う場面であった。作業中盤に増加している部分は経由地を通過して次の経由地のために方向転換が必要な場面と対応していた。これらは作業量に応じて一時的に交感神経活動が賦活したため、LF/HFの値が増加したと考えられる。

### 3.2. 主観的疲労度との比較

7件法で回答を得た主観的疲労度と自律神経指標の変動率(作業後/安静時)を比較した。主観的疲労度を縦軸、自律神経指標の変動率を横軸とした散布図を図3に示す。主観的疲労度とLF/HF, HFの変動についてそれぞれスピアマンの順位相関係数を求めた。相関係数は主観的疲労度とLF/HFでは0.187, 主観的疲労度とHFでは0.052であり、ほとんど相関がみられなかった。

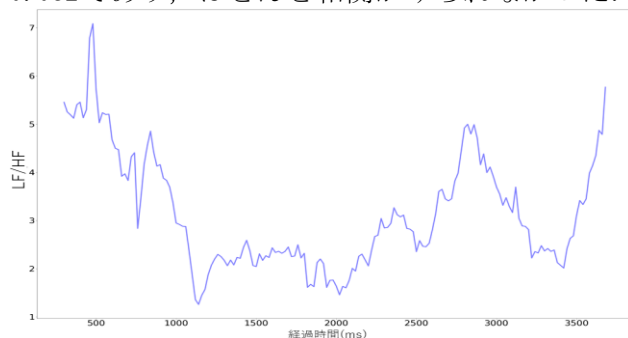


図2：MSFS作業中のLF/HF値の変動の一例

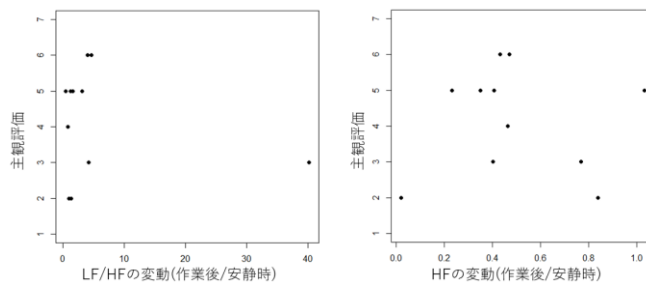


図3：主観評価と各指標の変化率  
(左：LF/HF, 右：HF)

疲労感は交感神経活動と正の相関があり、副交感神経活動と負の相関があると報告されている[2]が、本結果はこの報告と異なる結果となった。この原因として感情による影響が考えられる。

図3のLF/HF(左図)において、主観的疲労度が3で、安静時と作業後の変動率が40程度の数値となった被験者について取り上げる。この被験者は着陸までに時間がかかり、作業終盤に焦るような表情がみられた。焦りといった感情は交感神経活動を賦活させるため、LF/HFの値が増加する。この被験者は疲労感による影響よりも焦りなどの感情による影響が大きく、主観的疲労度とLF/HFの変動に差が生じたと考えられる。他の被験者についても着陸作業の際に生じた感情の影響が考えられるため、主観的疲労度と自律神経指標に相関がみられない結果となった可能性がある。自律神経指標から疲労状態を推定する際には感情による影響を考慮する必要がある。今回の結果から疲労を推定することは困難だと考える。

### 4. まとめ

本研究ではVDT作業としてMSFSを用いた実験を行い、心拍変動から求められる自律神経指標による疲労推定の可能性について検討した。その結果、作業前後や作業中の自律神経指標の変化は疲労だけに起因するものではない可能性がわかった。今後は緊張や焦りといった感情による変化についても主観評価をとるなど感情の影響も考慮し、疲労状態の推定について検討を進める。今回の実験では20歳前後の人に対して行ったが、実験の対象年齢を広げての検討を行う必要もある。

### 文献

[1] 厚生労働省：情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて(2021)。  
 [2] 久保千春, 吉原一文, 古川智一：慢性疲労における自律神経系の機能異常と心身の症状との関連および事前の香り暴露がストレス刺激による疲労や精神・神経・内分泌系に及ぼす影響, 厚生労働科学研究費補助金(障害者対策総合研究事業)(神経・筋疾患分野)(分担)研究年度終了報告書, pp. 80-87(2012)。