

非接触計測によるドライバーの覚醒度評価

Evaluation of the driver's temporary arousal level by noncontact measurement

坂本 涼† 野澤 昭雄†
Ryo Sakamoto Akio Nozawa

田中 久弥‡ 井出 英人†
Hisaya Tanaka Hideto Ide

1. はじめに

近年、運転免許保有者数と自動車保有台数の増加に伴い交通事故発生件数が増加傾向にある。交通事故の原因は長時間運転することによる疲労の蓄積・覚醒度低下に起因する居眠り運転が多いとされる。特に高速道路での大型車の事故原因の40%を居眠り運転が占めている。このように覚醒低下が起因する自動車事故は大きな社会問題となっており、ドライバーの生理・心理状態を客観的かつ定量的に評価することは交通安全の観点から重要な課題となっている。運転中のドライバーの覚醒低下検出には、操舵角・蛇行量・アクセル・ブレーキ操作・車速等の運転操作や車両情報を用いる方法と、脳波・心拍・皮膚電位反応が報告されている。これらの生体情報は、客観性やリアルタイム性に優れているが、測定を行う際には一般的にセンサーを装着する必要があり、接触計測すること自体が精神的・物理的負担となる可能性がある。そこで本研究では、非接触かつ低拘束で容易に計測を行うことが出来る赤外線サーモグラフィ装置を用いて測定した顔面熱画像と同時に他の生理量・運動行動量・心理物理量を計測することによって覚醒水準を評価する事を目的としている。本稿では、顔面熱画像のウェーブレット解析を中心とした眼気の指標との相関関係を示した。

2. 実験方法

2.1 実験システム

実験は、擬似運転システムを室内に設置し被験者に操作させた。実験装置の構成と計測スケジュールを図1に示す。シートは実物の自動車用シートを用いた。操作部として、被験者の手元に操舵ハンドルを設置し、足元にはブレーキペダルを設置する。操作部からは、操舵量、主観的覚醒度変動量、およびブレーキトリガが出力され逐次記録される。被験者前方には80インチのプロジェクションスクリーンを設置し液晶プロジェクションを介してスクリーンに実行画面を映写する。

2.2 生理指標

生理指標の測定には赤外線サーモグラフィ装置、脳波計、ベッドサイドモニタを用いる。赤外線サーモグラフィ装置(TH3102 NEC 三栄製)は被験者の鼻尖から1.0mの位置に設置する。本装置の熱画像サイズは255×239pixel、温度分解能は0.08°Cで、皮膚放射率は0.98とし、測定された顔面熱画像は専用PCにサンプリング周波数0.3Hzで記録する。脳波の導出電極は国際10-20法に基づく3点(F3,F4,Pz)とし、電極ボックスを介して脳波計(日本光電製EEG-2110)に接続する。また、心電図測定用の電極は、左鎖骨下窓(N)、右鎖骨下窓(-)、および左前腋窓線上最下

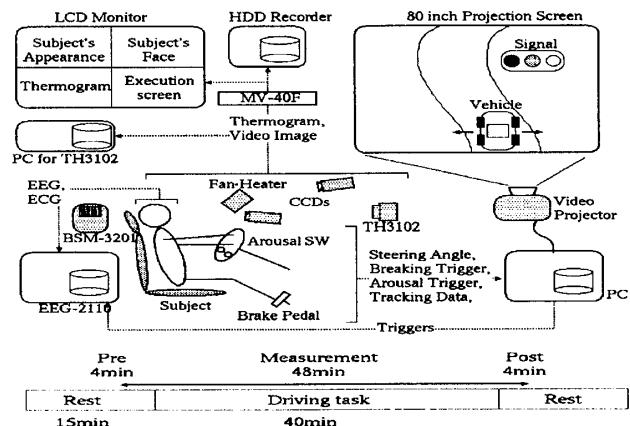


図1 計測システムと計測スケジュール
Fig1. Measurement system and schedule of measurement

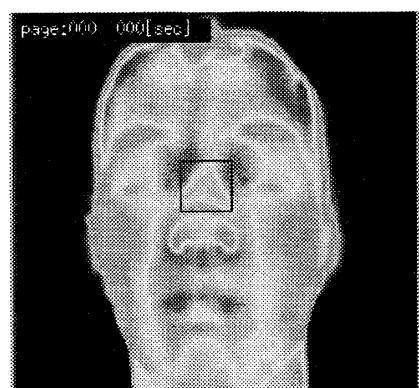


図2 取得領域
Fig2. Acquisition area

表1 顔表情による眼気の判定表
Table1. table of drowsiness by facial expression

| 段階 | 覚醒度段階 | 基準 |
|----|---------|----------------------|
| 1 | 全く眠くさそう | 視線の移動が速く頻繁・瞬きは2秒に2回位 |
| 2 | やや眠そう | 唇が開いている・視線の動きが遅い |
| 3 | 眠そう | 瞬きはゆっくりと頻発・口の動きがある |
| 4 | かなり眠そう | 意識的と思われる瞬きがある |
| 5 | 非常に眠そう | 瞼を閉じる・頭が前後に傾く |

肋骨(+)の3点に装着する(II誘導近似)。心電図出力はベッドサイドモニタ(日本光電製BSM-3201)を介しての右派系のDC入力部に接続する。脳波計のサンプリング周波数は500Hzとする。被験者前方には顔表情撮影用と俯瞰撮影用の2台のCCDカメラを設置する。2つのCCDカメラ画像と顔面熱画像は、画面分割装置(朋栄製MV-40F)により

†青山学院大学

‡工学院大学

LCDディスプレイ装置に表示すると共にHDDレコーダーにて記録する。

2.3 模擬運転課題

被験者に与える作業は、直線とカーブで構成される道路から自動車が逸脱しないように操舵ハンドルを操作し車両を左右に移動させる単調なトラッキング課題とする。トラッキング課題中、約15秒毎に認知ターゲットとして青信号または赤信号が画面上に表示され、被験者は赤信号に対してのみブレーキペダルを踏む。青信号と赤信号の出現比率は3:1とする。さらに模擬運転課題中に被験者が覚醒の変動を自覚した場合にはステアリングに付加されている覚醒度変動報告ボタンを押す。覚醒度変動報告ボタンはプラスとマイナスがあり、被験者が眠気・覚醒低下を自覚したらプラスボタンを、覚醒を自覚した場合にはマイナスボタンを押す。被験者にはあらかじめ実験の趣旨や測定の流れ等を詳しく説明した。トラッキング課題の計測はタスク開始の4分前から開始し、模擬運転課題終了後の4分間の計48分間とする。

2.4 生理指標の評価法

測定された各生理指標について以下の通り算出し評価を行う。

- (1)顔面熱画像：取得した顔面熱画像から鼻部を32×32pixelで抽出する。図2に取得領域を示す。抽出領域でウェーブレット解析を行い領域内のスペクトルの平均値(以下、周波数成分と記す)を算出する。
- (2)脳波：周波数解析を行い、 α 波パワー値を算出する。
- (3)心拍：R-R間隔を周波数解析を行い低周波成分をLF(0.04~0.15Hz)、高周波成分をHF(0.15~0.4Hz)としLF/HFの比率を求める。
- (4)顔表情：被験者以外の5名によって、CCDカメラによって撮影された実験中の顔表情を30秒に1回評価した。なお眠気の判定は、表1に基づいて行った。

3. 結果および考察

被験者は健常成人5名。図2に被験者Aの各指標の変化を示す。タスク開始と同時に周波数成分の顕著な低下が見られる。その後、周波数成分は緩やかに上昇し始める。 α 波パワーの増大も、周波数成分が上昇し始める時刻と一致した。さらに、心理物理量である主観的覚醒度や顔表情による客観評価も同様に、周波数成分が上昇し始めた時刻から評価値の変動が見られた。これよりウェーブレット解析による周波数成分の変化は心理量である眠気を反映していると考えられる。

また、自律神経系の活動の指標となるLF/HFは、認知ターゲットに対して反応が遅れた場合に高い値を示している。これは一過性の緊張によって交感神経が優勢になったためと考えられる。このような特徴は、周波数成分には発現しなかった。表2に全被験者の周波数成分と各指標との相関係数を示す。被験者Cは、実験後の聞き取り調査によると、主観的覚醒度の報告を忘れてしまい1度しか報告を行っていないかったが眠気は感じたという回答が得られた。主観的覚醒度の報告には、このような問題が挙げられる。しかし主観的覚醒度の報告量が多く、眠気を訴えた被験者は、周波数変化との相関係数が高く、顔表情による眠気の評価とも相関を得ることが出来た。

4. まとめ

本稿では、顔面熱画像のウェーブレット解析に基づくドライバーの覚醒水準を評価する事を目的とし、顔面熱画像の計測と同時に他の生理量・運転行動量・心理物理量の計測を同時に行った結果、覚醒度と顔面熱画像に相関性を確認した。

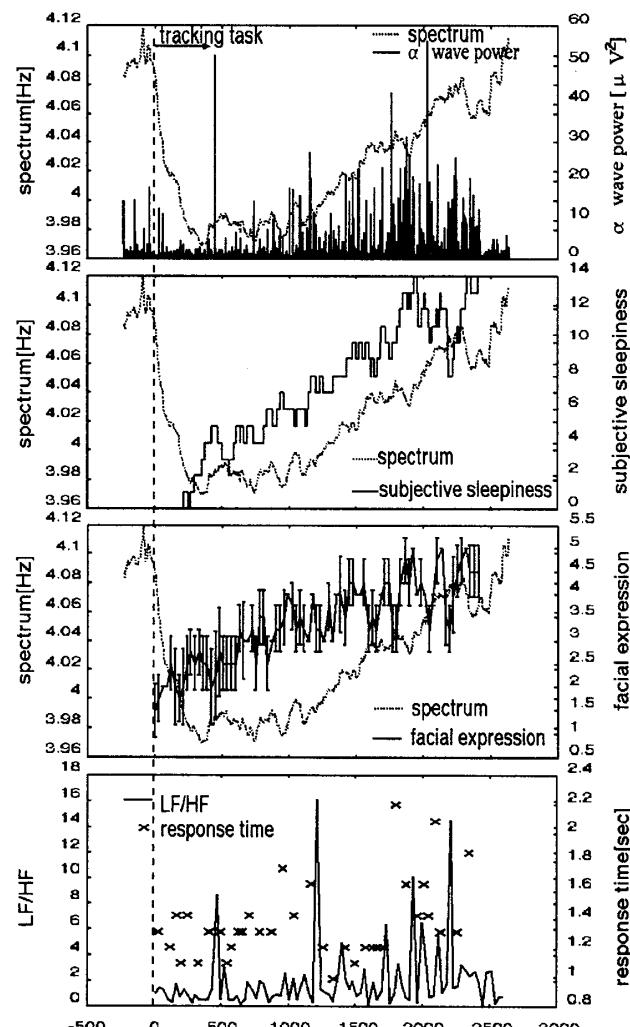


図3 各生理量の変化

Fig3. change of each physiological amount

Table 2. correlation coefficient of physiological indicator and difference spectrum

| subject | α wave power | subjective sleepiness | facial expression |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| A | 0.64 | 0.63 | 0.53 |
| B | 0.60 | 0.35 | 0.77 |
| C | 0.38 | -0.60 | 0.45 |
| D | 0.28 | 0.70 | 0.58 |
| E | 0.06 | 0.28 | -0.08 |
| mean ± SD | 0.39±0.23 | 0.27±0.51 | 0.45±0.31 |