

顔面熱画像解析に基づいた ドライバのメンタルワークロードの評価

Evaluation of the Driver's Mental Workload based on Facial Skin Thermal Image Analysis

野澤 昭雄†
Akio Nozawa

三澤 裕樹†
Hiroki Mizawa

田中 久弥‡
Hisaya Tanaka

井出 英人†
Hideto Ide

1. まえがき

近年、カーナビゲーションや携帯電話の普及による自動車内環境の情報化、高度化が目覚ましい。しかし、情報機器の操作はドライバのメンタルワークロードを増加させ、安全運転を阻害することが懸念されている。警視庁発表の平成15年度法令違反別死亡事故件数で、脇見や慢性運転等の不注意型の事故が全体の約25.7%に達した。自動車事故はドライバの生理心理状態に密接に関係している為、それを客観的、定量的に把握することは事故防止の観点から重要な課題となっている。これまでドライバの生理心理計測に関する研究は運動行動量・生理量・主観的心理量を対象として行われてきた。生理量に関して、心拍計測、脳波計測、視線計測に基づいた研究が報告されているが、装置の装着による精神的・物理的負担が問題となる。本研究は低拘束・非接触計測を特徴とする赤外線サーモグラフィ装置により測定した顔面熱画像に基づくドライバのメンタルワークロードの評価を目的とする。顔面熱画像の計測と他の生理量・運動行動量・主観的心理量の計測を同時に行い、それぞれの特性を理解し、最終的には顔面熱画像の計測のみで生理心理推定を行うものである。本稿では擬似運転課題中の副次課題提示時での各指標の相関関係を示した。

2. 実験方法

2.1 計測システム

室温は25±1.0度、照度は200lx、室内は無風とする。被験者は実物の自動車用シートに着座する。操作部として輪形操舵ハンドルを設置し、操舵量は随時PCに記録される。被験者前方には80インチのプロジェクタ・スクリーンを配置し、擬似運転課題の制御用PCに接続された液晶プロジェクタを介して、擬似運転課題を視界に映写する。赤外線サーモグラフィ装置(NEC三栄社製TH3102)は被験者の鼻尖から水平距離1.0mの位置に配置する。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 $\epsilon = 0.98$ 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0.5Hz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、Fz)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(N)、右鎖骨下(-)、および、左前最下助骨(+)の3点に装着する(II誘導近似)。さらに、呼吸曲線測定用の呼吸ピックアップを胸部第6、第7肋骨間に設置する。心電図出力はヘッドサイドモニタ(日本光電社製BSM-3201)を介して、呼吸ピックアップ出力を脳波計の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

† 青山学院大学

‡ 工学院大学

頭部に眼球運動測定装置(ナックイメージテクノロジー社製EMR-8B)を装着する。注視点は視野画像内の相対座標に変換され、サンプリング周波数60HzでPCに記録する。被験者前方には顔表情撮影用と全体像撮影用の2台のCCDカメラを設置する。2つのCCDカメラ画像と眼球運動測定装置から出力される注視点を含む視野画像および顔面熱画像は、画面分割装置(朋栄社製MV-40F)によりLCDディスプレイモニタに4分割表示するとともに、DVDレコーダにて記録する。

2.2 課題と評価値

本実験では、擬似運転課題を与え、副次課題としての暗算課題を異なる手法で提示した。以下に各課題の詳細と評価値を述べる。

(1) 擬似運転課題

擬似運転課題は、ランダムに歪曲す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て、画面上の自動車を左右に移動させるトラッキング課題とする。道路幅を本課題の難易度とし、本稿では「広(400pixel)」、「狭(200pixel)」の2通りの難易度のうち「狭」のみについて検討した。自動車の速度は難易度によらず常に一定とする。本課題の評価値は自動車の道路からの逸脱量とする。

(2) 副次課題

副次課題として、暗算課題とその提示方法を与えた。暗算課題は被験者に計算問題を与え口頭で回答させる。数字の桁数を難易度とし、本稿では一桁同士の加算と二桁同士の加算の2通りを定義する。ただし、双方とも繰り上がり計算は含まない。さらに、問題の提示方法は、

- (a) 予め録音しておいた問題を再生提示する
- (b) 隣接した問題提示者が口頭で提示する
- (c) 保持している電話の受話器を通じて問題提示者が口頭で提示する

の3通りを検討する。問題の提示頻度は(a)では10秒に1回とし、(b)(c)では被験者の回答の5秒後とする。

2.3 測定手順

似運転課題、暗算課題、問題の提示方法の全ての組み合わせを各々のタスクとして定義し、さらにこれに擬似運転課題のみを加えた計14タスクを時系列にランダムに配置する。但し、擬似運転課題のみのタスクが連続して配置されないように留意する。被験者は安静時間終了と同時に最初のタスクから開始する。各タスクは4分間とし、タスク間には3分間の休憩を設ける。休憩時間中に被験者は直前に実施したタスクに関する主観的心理量をVASアンケートに記録する。主観的心理量は(1)タスクの難度、(2)運転の難度、(3)運転とタスクに関する集中度、(4)実験に対する意欲、について測定する。心理量は主観的な個人差が存在し、絶対的に定量化するのは困難である。しかし、VASは対をなす語句を両端に配置したスケール上のマ

ーク位置により、主観的心理量を測定することが可能となる。スケールの長さに対するマーク位置の長さとし、値が高いほど(1)、(2)では難しい、(3)ではより運転に集中し(4)では継続意欲が減少したと解釈し評価する。

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特徴量を抽出し評価を行う。

- (1) 顔面熱画像：鼻部皮膚温と前額部皮膚温の差を取得する。タスクの前後における平均温度を結んだベースラインを基準として温度曲線の傾きを1次補正し、最大温度変異・最大温度勾配について注目する。最大温度変位 (ΔT_{max}) は実験開始直後の温度と最も変位の大きい時の温度の差分とし、最大温度勾配 ($\Delta T(t)$) は実験開始直後を始点、最大温度変位時を終点とした時の傾きとする。一般に、快状態推移時には鼻部皮膚温が上昇し、不快状態推移時には下降することが知られており、ストレス状況下では低下する。
- (2) 脳波： α 波と β 波の含有率とする。メンタルワークロードの変動により変化すると考えられる。
- (3) 心拍：R波とR波の間隔(RRI)とする。ストレス時には交感神経が優位になり、RRIが狭くなることが予測される。
- (4) 呼吸：PeakとPeakの間隔とする。メンタルワークロードに応じて呼吸数に変動することが予想される。

3. 結果および考察

被験者は健康成人7名。図1、2、3は副次課題なし、暗算課題難易度別、提示方法別にまとめ、最大を絶対値1、最小を0で規格化したグラフである。トラッキングエラーが運転行動量、最大温度変異～ β 波までが心理量、タスクの難度～継続意欲までが主観的心理量である。図1より、最大温度変異・最大温度勾配が減少しており、擬似運転課題のみでもストレスが与えられたことが伺える。しかし、最大温度変異・最大温度勾配は大きく低下しておらず、脳波では α 波に対して β 波の含有率が極端に少なく、主観的心理量においては運転の難度が小さく、継続意欲が多くは減少していないことから、大きなストレスではないことがわかる。図2では、difficultのときにeasyよりもトラッキングエラーが減少しているのに対して、最大温度変異は低下し、心拍間・呼吸間は短くなり、 α 波は減少し、各心理量ではより難しかったことを示した。したがって、運転操作では測りしえなかったメンタルワークロードの変化を生理量・主観の主観量により反映されたと推測される。しかし、最大温度勾配に注目すると、easyの方がdifficultよりも勾配が大きく、トラッキングエラーとの相関性が確認された。ここで、図1と比較すると、全ての指標で図1よりも大きく変化しており、特に生理量・主観的心理量においてdifficultの時に激しく変化している。すなわち、暗算課題の提示によるメンタルワークロードの増加が影響したと考えられる。図3の場合、Handsetが他の提示方法に対して、すべての指標で最も激しく変化した。特に呼吸と β 波、主観的心理量で大きな変化が見られ、高い相関性が示された。これは、機器の操作の複雑さによるものと類推される。また、運転操作・生理量・主観的心理量でHeadset、Direct、Handsetの順でより変化しており、高相関性が示された。

そして、口頭による質問の方が、録音された問題の再生による質問よりも変化が大きく、心理生理状態の変動を引き起こしやすいことが伺える。図1と比べると、Headset・Direct・Handsetの全てで、特に生理量・主観的心理量において大きく変化していることから、図2と同様に暗算課題の提示によるメンタルワークロードの増加が影響し、さらに、提示方法の違いによる機器の操作の複雑さ、口語会話による変動が現れたと推測される。

4. まとめ

本稿では顔面熱画像に基づくドライバのメンタルワークロードの評定を目的とし顔面熱画像の計測と他の生理量・運転行動量・主観的心理量の計測を同時に行った結果、メンタルワークロードと顔面熱画像に相関性を確認した

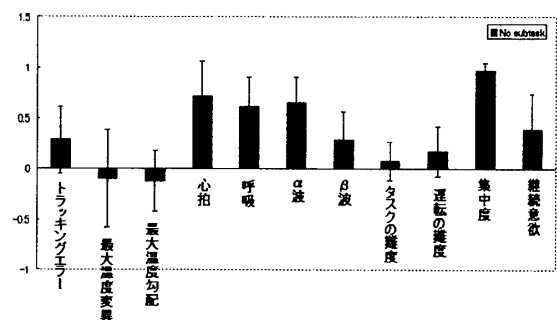


図1. 副次課題なし

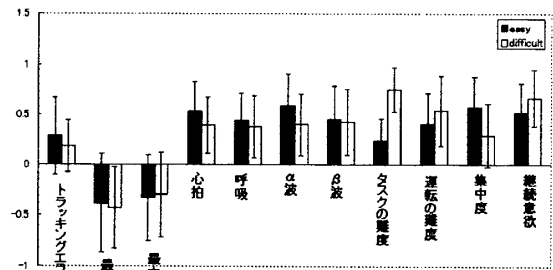


図2. 暗算課題難易度別

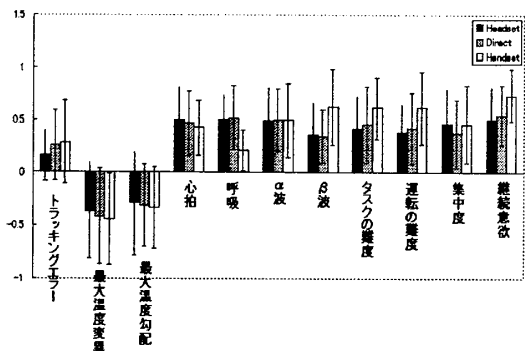


図3. 提示方法別