

鼻部熱画像解析とステアリングスイッチ式報告による ドライバーの覚醒水準評定

Arousal Level Rating for Drivers by Facial Thermogram Analysis and by the Steering-wheel-switch

田中 久弥[†] 坂本 涼[‡] 三澤 裕樹[‡] 野澤 昭雄[‡] 内田 雅文[‡] 井出 英人[‡]
Hisaya Tanaka[†] Ryo Sakamoto[‡] Hiroki Mizawa[‡] Akio Nozawa[‡]
Masafumi Uchida[‡] and Hideto Ide[‡]

1. まえがき

Intelligent Transport Systems (ITS)の研究開発が国際的に活発になってきており、安全性、円滑性、快適性及び環境の面で飛躍的に進歩した道路交通システムが近い将来誕生しようとしている。人が安全に運転を行うためには適度な休憩を取り覚醒を維持する必要があるが、意識低下の自覚症状が現れるまで運転を続けると事故に至る場合もある。そこでドライバーの覚醒低下を生理指標から予測し注意を促すシステムが望まれる。このようなシステムは脳波、皮膚電気抵抗、心電図、眼球運動、瞬目によるものが提案されているが^{[1][2]}、安全で快適なドライビングを維持するためにはドライバーを接触型センサで拘束してはならない。我々は非接触生理計測である鼻部熱画像とその解析に基づく覚醒評定の研究を行ってきた^[4,5]。本報告は、トラッキング課題中の鼻部皮膚温の反応特性を理解するために鼻部皮膚温と従来報告されてきた接触型センサによる自発脳波・心電図、我々が提案するステアリングスイッチによる運転中の内省報告を同時計測し比較・考察した。

2. 調査項目

2.1 生理指標

鼻部皮膚温は交感神経の興奮によって血管収縮が起こり、抹消の動脈の直径が減少することにより低下する。逆に交感神経系の弛緩によって抹消の動脈の直径が増加し皮膚温は上昇する。これらはサーモグラフィで顔面熱画像を撮影し鼻部領域の平均温度を解析することにより観察できる。

自発脳波は各周波数帯 δ 波(0.5~4Hz)、 θ 波(4~8Hz)、 α 波(8~13Hz)、 β 波(13~20Hz)のパワースペクトルをトレンド解析するが、特に α 波のパワーは覚醒低下を示す有力な指標である。また心電図から心拍 RRI を計測し LF/HF を算出する。安静時の LF/HF を基準とし、LF/HF > 1.0 の場合は安静時比較で交感神経が優勢に、LF/HF < 1.0 の場合は安静時比較で副交感神経が優勢と判断する。これまでの研究報告に基づき、LF/HF の変化率が 0.9 以下で覚醒度低下の状態、1.2 以上で緊張状態と分析する。なお今回は疑似運転開始前の安静時間の LF/HF の平均値を 1 とし、運転中の LF/HF との比を調査した。

[†]工学院大学, Kogakuin University

[‡]青山学院大学, Aoyama Gakuin University

*電気通信大学, The University of Electro-Communications

2.2 心理指標

ドライバーの内省報告を受け取る方法として、比較的タスク遂行・集中を妨げず計測が簡易であるという理由からステアリングスイッチを用いた。これは (+) と (-) のスイッチがハンドル右側内径にある。タスク遂行中に意識低下を自覚したら (+) を押し、覚醒を自覚したら (-) を押し。押すタイミングと回数は任意である。報告は前の状態から意識がどちらへ振れたかの 2 択であるから、少なくとも覚醒が向上したか低下したかはグラフで読み取ることができる。

2.3 パフォーマンス

スクロールする道路画面を 2 次元グラフィックスで表示し、ステアリングで車の左右位置をコントロールして道路中央を走行させるように教示する(トラッキング課題)。スクロール速度は一定である。トラッキング課題の評価値は自動車の道路中央からの逸脱量である。道路の縁を越えた場合はみ出したと判断する。トラッキングエラーは意識低下に従って増加することが予想できる。また約 15 秒に 1 回、青信号または赤信号が道路上に表示される。被験者は赤信号が表示された場合は速やかにブレーキペダルを踏むように教示される(信号認知課題)。青信号と赤信号の出現率は約 3 : 1 である。信号認知課題の評価値は反応時間とする。反応時間は覚醒低下に従って長くなると予想できる。0.11 秒毎に車の位置、道路の中心線の位置、ステアリングスイッチ押下値、信号反応時間が記録される。

3. 実験

実験装置の構成を図 1 に示す。室温は 25 ± 1.0 度、照度は 200lx、無風の環境を維持した。シートは実際の自動車用シートを用いた。操舵ハンドルを設置し、操舵量は随時 PC に記録される。画面は被験者前方には 80 インチスクリーンに投影される。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 の位置に設置する。温度分解能は 0.08°C 、2 秒に 1 回の頻度で連続撮影される。脳波計は日本光電社製 EEG-2110 を使用した。脳波の探索電極は国際 10-20 法に基づく F3、F4、Fz とした。心電図は日本光電社製 BSM-3201 で計測し電極は II 誘導近似で装着した。被験者前方には顔表情撮影用と俯瞰撮影用の 2 台の CCD カメラを設置しそれぞれレコーダーで記録する(図 2)。運転課題は 40 分間連続で行う。被験者は、学生で 22~23 歳の健全な男性 3 名(A,B,C)、女性 1 名(D)の計 4 名である。運転暦は A は毎日、B・D は運転暦なし、C が月に 1~2 回である。被験者の実験前日の

睡眠時間は8時間程度とさせ、実験時刻は当日の起床後6時間以上経過してから、食後2時間以上とした。実験直前の喫煙、過度の運動、カフェインの摂取はさせない。実験中の着衣量は一定とした。

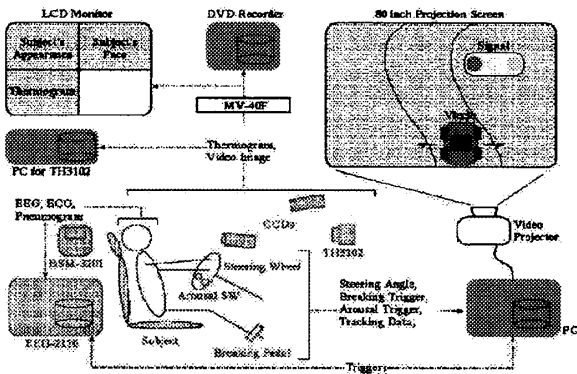


図1:実験装置の構成図



図2:撮影画像

(左上) 俯瞰図 (右上) 顔表情
(左下) 顔面熱画像 (右下) トラッキング画面

4. 結果と考察

図3は鼻部皮膚温度とステアリングスイッチによる内省報告である。課題を開始すると鼻部皮膚温度が低下するが内省報告の増加に対応して徐々に上昇する。また図4に示す自発脳波(α 波パワー)とも経時変化の対応がある。これは鼻部皮膚温が被験者の眠気の経時変化を反映する生理指標になっている事を示している。

図5に心拍RRIのLF/HFの解析結果を示す。図3と図5と比較すると、内省報告や鼻部皮膚温との対応はみられない。図5に課題中に出現する信号への反応時間を示す。信号への反応時間が遅れるとその後にLF/HFが急峻に増加する(図5に○囲みで図示)。その後の信号への反応時間は短くなる。これは被験者が信号の出現によって一時的に覚醒し、信号反応のパフォーマンスが向上したことを示している。図3と図5を比較すると鼻部皮膚温でこの一時的な覚醒は観察しにくいと考えられる。これは鼻部皮膚温が交換神経興奮、血管収縮、血流量の減少、皮膚温度の低下という機序を持つ生理指標であるから、急峻な変化が平滑化されているためと考えられる。

4. まとめ

本報告はサーモグラフィでドライバーの覚醒低下を評定するにあたり、その反応特性を理解するために従来指標と、ステアリングスイッチによる運転中の内省報告の同時計測を行った。その結果、鼻部皮膚温の経時変化は α 波パワー、および内省報告に対応関係があった。これは顔面熱画像がドライバーの覚醒水準の有効な指標となる可能性を示唆している。今後は日内変動の影響、課題の長時間化の反応、計測環境について条件を設定しデータを収集していく。

本研究の一部はトヨタ自動車(株)の受託研究であり、御助力頂いた同社各位に謝意を表します。

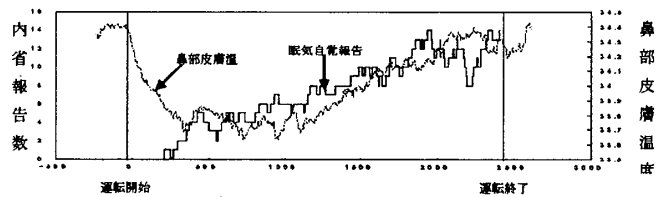


図3:鼻部皮膚温度と眠気自覚報告(被験者B)

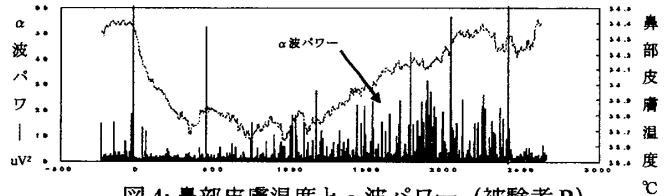


図4:鼻部皮膚温度と α 波パワー(被験者B)

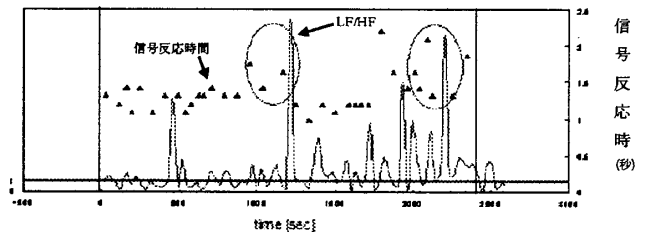


図5:心拍RRIのLF/HFと信号反応時間(被験者B)

文献

- [1] 林, 小栗: "生体情報解析による自動車運転時の精神負荷推定," 電子情報通信学会, MBE2003-98, pp.13/18(2003)
- [2] 熊倉, 原, 五井: "瞬き閉じ時間を用いた自動車運転時の覚醒度評価法," 自動車技術会論文集, 980721(1998)
- [3] 西尾, 鈴木: "生体情報による覚醒度評価技術," OMRON TECH, Vol38, No2(1998)
- [4] 島田賢, 田中久弥, 井出英人, "顔面皮膚温の局所フラクタル次元解析による覚醒水準の評価法," 電気学会論文誌, Vol.120-C, No.10, pp.1429/1434(2000).
- [5] Hisaya Tanaka, Hideto Ide, and Yuji Nagashima, "Nasal Thermogram Analysis for Human Feeling Estimation," Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol.8, pp.300/305(2001).