

ヒヤリハット検出システムの構築に関する研究 -生理指標を用いたヒヤリハット検出アルゴリズムの検討-

日大生産工(院) ○大塚 善行 日大生産工 栗谷川 幸代
日大生産工 景山 一郎

1 まえがき

近年、ドライブレコーダで得られたデータから交通事故や潜在事故の発生過程および要因を分析する研究が盛んに行なわれている

(1). ドライブレコーダは走行中の車両の状態変化をトリガとして交通事故や潜在事故が発生する前後のドライバの顔画像や走行画像、車両状態量を記録し、交通事故の低減対策等に有益な知見を得ようとするものである。一方で、筆者らは、運転中にドライバが危険や苦手の場面に遭遇した際に生じる生体反応をトリガとしてその前後の運転状況を捉えて観察することで運転支援の方策検討に有益な知見が得られると考え、運転状況に応じた生体反応検出手法の検討を行ってきた(2)。このドライバ状態の検出手法をドライブレコーダに組み込めば、車両状態量変化が生じる前にドライバが事象を認識して対処した状況も捉えることが出来ることから、前述した交通事故低減等の予防安全技術やドライバの負担軽減等の運転支援方策の具体的な検討に役立つと考えた。

そこで、本研究では運転支援方策の検討に有効なヒヤリハット状態の検出を目指し、生理指標を用いたヒヤリハット検出アルゴリズムの検討を行なう。

2 生理指標変化と検出アルゴリズム

2.1 ヒヤリハット場面での生理指標変化

筆者らは、これまでの検討で、前方に狭路等の苦手の事象にドライバが遭遇すると、事象を通過するまでに心拍が緩やかに上昇する場合と下降する場合があることを確認した

(3)。これらは予期緊張の現れであるが、ドライバの事象の受け止め方に応じて、事象に対して強い危険を感じた場合には上昇し、事象に対して注意集中した場合には低下すると解

釈された。一般に、心拍は危険を強く感じる事象では上昇し(防御反応: DR)、事象に強い危険を感じず注意を向けたときには低下する(定位反応: OR)ことが知られている(4)。前述の2種類の変化はDRとORのいずれが強く現れるかによるものと推察した。さらに、ドライバが他車の割り込み等の突発的な事象に遭遇した際は急で大きな心拍変化の上昇が見られることも確認している(3)。これらより、心拍変化の緩急2種類、さらに緩やかな変化の上昇と下降の2種類の変化の合計3種類を区別して検出すれば、ドライバの事象に対する受け止め方のある程度捉えられと考えている。

皮膚コンダクタンス反応(SC)は、DR、OR共に上昇することが知られている(4)。そのため、SCの変化ではDRとORの区別は出来ないが、心拍では明確に捉えられなかったドライバの小さな情動を捉えた例もある(3)。

呼吸は、呼吸の速さと深さで示され、身体活動状態や休息、緊急事態に合わせて調節し、肺胞中のCO₂%の上昇を抑える為、常に呼吸を一定に保つ働きから緊張ストレスや注意集中を必要とする状況や時間切迫感の高い状況では安静時と比較して速く浅くなる。また、作業の開始時や注意集中時には一時的に呼吸停止(息こらえ)が起こることもあり(5)、変化様式には個人差があるが(6)、個人の中では比較的安定であり、個人ごとに変化検出アルゴリズムを定めれば、被験者の意図や状態を捉える有用な指標となる可能性もあり(7)、HRが変化しても、ドライバが危険に感じるか感じないかで呼吸振幅が増減する事が確認されている(8)。

また、危険(ハザード)知覚にはドライバの運転スタイルなどの特性が関係するといわれており(9)、生理指標変化に基づく主観申告収集手法の検討が必要となる。

Research on Detective system of Important scenes
-Examination of Detective algorithm of Important scenes using Physiological Indices-

Yoshiyuki OHTSUKA, Yukiyo KURIYAGAWA, Ichiro KAGEYAMA

そこで、個人差があるものの、事象に対する変化様式の個人内差は少ないという呼吸変化の特徴に着目し、心拍・SCと組み合わせ、ヒヤリハット検出アルゴリズムの検討を行なう。

2.2 検出アルゴリズム

前述の様にドライバの危険の感じ方によってHRの変化様式は3種類に分類される。しかし、HRの変化だけでは捉えられない事象もある。狭路や見通しの悪い道路等の緊張が続くような場面の後のイベントや、HRに変化が無くても呼吸変化が見られる時等、HR変化が検出されない事もある。また、ドライバの情動によって呼吸の変化様式が変わる。そこで、今回の検討では呼吸の振幅と単位時間当たりの変化量(呼吸速度)、「手に汗を握る」や「冷や汗」等の精神性発汗を捉えるSCのイベント前後の変化に着目し、呼吸とSCを組み合わせる事でHRによる検出がされない場合でも、ヒヤリハット検出が出来るアルゴリズムの構築を行なう。

心拍一過性変化時には「ハットする」や息こらえが見られるので、呼吸速度上昇と呼吸速度減少・呼吸振幅減少が見られ、SCに反応がある時に検出を行なう。心拍持続性変化時には呼吸速度が上昇し、呼吸振幅の増加で危険後の緩和と考えられ、呼吸振幅の減少で注意集中と考えられる。HRの反応が見られない時は精神性発汗と呼吸の変化に見られる反応を合わせ、危険時と集中時にトリガとなる検出アルゴリズムとした(Fig.1)。

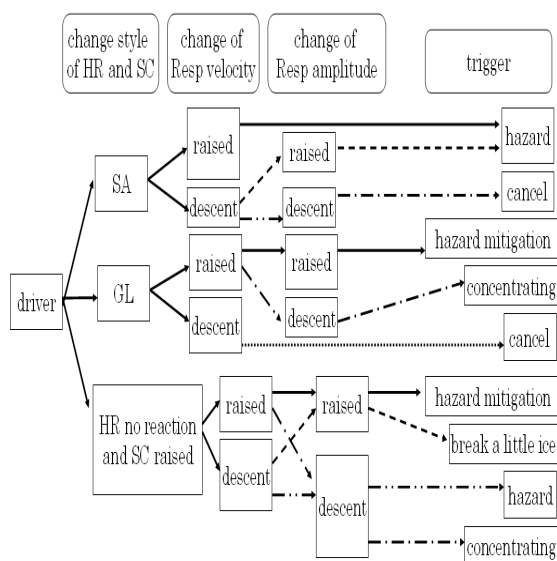


Fig.1 Constructed algorithm

3 実験方法

3.1 瞬時心拍一過性上昇発生実験

構築したアルゴリズムの適合性を確認する為、確認実験を行う。ヒヤリハット場面時の反応として見られる瞬時心拍の一過性の上昇はドライバが危険に感じた危険場面で見られる為、安全を考慮して、ドライビングシミュレータ(Fig.2)を用い、走行シナリオとして対向車線から自車線にはみ出している無理な追い越しをさせ、実験を行った。本実験で用いるDSは、電動6軸動揺装置、ステアリング反力装置を有した模擬運転席等からなるキャビン、凸レンズを装着したプロジェクタ1台と球面スクリーンによる画角水平140° 垂直80°の平面視模擬視界発生装置(バックミラーとサイドミラーをピクチャーイン)、走行音をリアルタイムに合成して再生する音響装置、車両運動を計算する演算処理装置、シミュレーションプログラム及び模擬視界データベース等からなり、リアリティのある運転走行を実現する装置である。走行速度は約60km/hで走行してもらった。

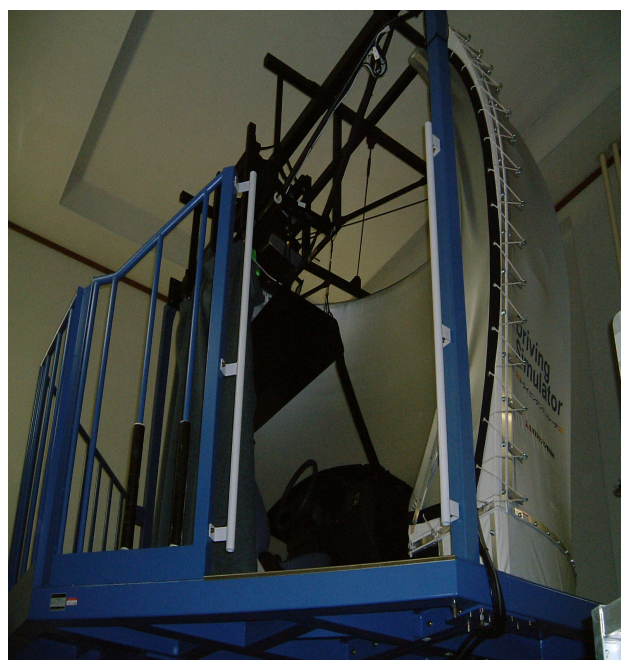


Fig.2 Driving simulator

3.2 計測項目

生理指標として心電図、呼吸(RSP)を心電呼吸センサ(DL-320)で計測し、皮膚コンダクタンス(SC)をG.S.Rブリッジ回路(MA-1002A)で計測した。

また、事象に対するトリガとして検討を行なう為、主観評価として走行前・事象直前・事象通過後に実験参加者の危険度合を確認する事で、生体反応の変化と危険度合を捉える。

実験参加者は67歳の移動における自動車利用頻度が半分の男性と、48歳の移動における自動車利用頻度が1/4の男性の2名で、実験参加者には実験目的および内容について十分な説明をした上で、実験参加の文章による承諾を得た。

3.3 生理指標の変化検出方法

本研究では計測した生理反応と運転状況の時系列変化の対応を検討する。

心電図はディスポーサブル電極を用い、胸部誘導により計測した。デジタルフィルタを用いてR波検出を行い、RR間隔を求めた。RR間隔を1分当たりの心拍数に換算して瞬時心拍を求め、その時系列データをスプライン補間して、等時間間隔とした。さらに、呼吸性およびMayerwave性の心拍変動成分を除去するため、遮断周波数0.08Hzのローパスフィルタをかけ、呼吸性及びMayerwave性の心拍変動成分を除去した。瞬時心拍は、心臓交感神経と心臓副交感神経の拮抗支配を受けており、前者の賦活あるいは後者の活動低下により上昇する。

RSPは胸部に装着した心電図電極間のインピーダンス変化から計測した。細かいノイズによるピーク誤検出を防ぐため、平滑化を行った後、呼吸振幅を微分し、呼吸速度を求め、呼吸振幅も呼気時と吸気時の振幅を見易いように0から下の波形を絶対値にし、0から上の波形と足し合わせる事で求めた。

また、肺自体は自律神経による支配は受けないが、気管の呼吸時に使う筋肉は自律神経の支配を受けるため、「息が詰まる」や「息を呑む」等の不安や緊張時や、「息急ぐ」や「息を弾ませる」等の興奮や怒り等の促進的变化が見られる。また、イベント前後に見られる「息をつく」や呼吸振幅の低下は吸気により肺が伸展すると求心性迷走神経が興奮し、吸息性神経の活動を抑制するヘーリング・ブロイエル反射や、肺の強い収縮が見られた時に働く吸息性反射により吸息期が早まり、呼吸の深さが制限されて呼吸数が増加する事から呼吸は自律神経による調節を受けながらも、感情や精神活動に影響される。

SCは皮膚電気活動測定専用ディスポーサブル電極を用い、精神性発汗部位である掌の第2指と第3指の中節掌側から計測を行なった。SCは発汗による電気抵抗の変化を捉えたもので、精神性の発汗は交感神経の支配を受けており、活動中の汗腺の密度に比例するので、交感神経賦活により増大する。

4 計測結果及び考察

4.1 実験結果

実験結果の例として、急な飛び出し時のデータを示す(Fig.3)。検出閾値としてHRはイベント60秒前からの平均値±標準偏差で、呼吸速度、呼吸振幅、SCは10秒前からの平均値とした。検出箇所は波形下側に方形波となっている。また、各指標の方形波はHRが大きい順に一過性上昇、持続性上昇、持続性下降、呼吸速度と呼吸振幅は大きい順に上昇、下降。SCは上昇のみ検出している。図より飛び出した箇所460秒付近で各指標にて検出されている事がわかる。HRは一過性上昇、呼吸速度は減少、呼吸振幅は上昇、SCは上昇が検出されている。また、飛び出した車両の前に停止している車両があり、停車車両発見時の430秒付近からHRと呼吸振幅で反応が見られる事がわかる。また、この場面の情動としては、2名とも停止車両発見時から少し緊張していたが、予期せぬ飛び出しでとても驚いたと回答しており、運転行動も急ブレーキと路肩に急操舵を行っており、各指標の反応様式も同じ様であった。

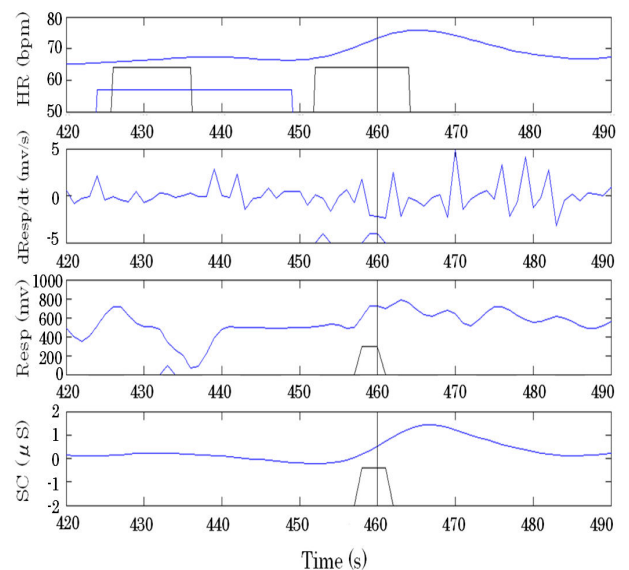


Fig.3 Scene of the car rocketed out of the oncoming lane

4.2 考察

今回の実験で、個人差はあるものの、イベント発生時のドライバの情動や運転行動が同じであると各生理指標の反応様式も同じであった。予期せぬイベントとして急な飛び出しのシナリオを使用した、前方に停止車両がいる事で構えられてしまい、強い危険を誘起出来なかったと考える。また、危険度合との関連の検討も行なったが、明確な関連は見られなかった。

5 まとめ

実験結果から、HRの一過性上昇と呼吸速度の減少・呼吸振幅の増大が見られ、ドライバの情動として驚いた等の強い緊張の誘起時の反応として構築したアルゴリズムの適合性を確認した。また、生理指標の変化に個人差はあるものの、HRの一過性変化は、イベント時の情動が同じであればドライバの自動車利用頻度に関わらず、変化様式は同じような変化をする事を確認した。

今後はHRの持続性変化時とHRの反応が見られない時の生体反応の変化を見る為、実験を行い、アルゴリズムの適合性の検討を行っていく。

「参考文献」

- 1) 永井他：ドライブレコーダ活用によるヒヤリハット研究, 自動車技術, Vol. 60, pp. 51/58, (2006)
- 2) 栗谷川他：心拍変化を用いた高齢ドライバの苦手・危険場面検出をめざして, ヒューマンインタフェース学会論文集, Vol. 9, No. 2, pp. 117/124, (2007)
- 3) 栗谷川他：ドライバの生理指標変化をトリガにした危険・苦手場面検出, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 134-07, pp. 5/8, (2007)
- 4) 宮田監修：新生理心理学第 2 巻, pp. 30, (1997) .
- 5) 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門編：人間計測ハンドブック, 朝倉書店, pp. 93, pp. 88/89, (2003)
- 6) 栗谷川他：運転中の危険・苦手場面におけるドライバの生理指標変化, 第23回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp. 255/256, (2008)
- 7) 中川他：呼吸波形解析プログラムとその応用-動揺病発症事例-, 人間工学会, Vol. 43, No. 1, pp33/40, (2007)
- 8) 栗谷川他：ドライバの生理指標変化をトリガにした危険・苦手場面検出 (第 2 報), 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 51-08, pp. 25/28, (2008)
- 9) 大須賀美恵子：健常者の心理的状态評価への応用を目的とした心電図QRSの検出方法について, 医用電子と生体工学, Vol. 30, No2, pp27-35, (1992)