

ドライバの要求する運転支援レベルの違いとそれに伴う生体情報変化に関する研究

日大生産工(院) ○島村未菜

日大生産工 栗谷川幸代

1 はじめに

近年、様々な運転支援システムが開発されている。運転支援システムの機能区分である支援レベルは、情報提供・注意喚起、警報、制御介入などに分けられ、危険を伴わない情報提供などではドライバ特性や状態に合わせた情報が提供されることが望ましい。したがって、ドライバに適切な運転支援を提供するためには、ドライバの状態を把握することが重要であると考えられる。

これまで筆者らは、ドライバが苦手や危険な事象に遭遇した際の自律神経指標の変化を、ドライビングシミュレータ（以下、DS）を用いた実験において検討してきた¹⁾。これにより、ドライバが苦手な事象に遭遇した際に、その事象への対処が積極的か消極的かといった受け止め方によって心拍変化が異なる可能性を示した。しかし、DSを用いた実験では、実車実験に比べて自律神経指標の反応が小さく、実験参加者によってはほとんど反応が見られないなど知見を蓄積する上で問題があった。また、前述の検討では、ドライバが苦手や危険を感じた場面の検出手法構築を目的として実施したため、検出された特徴場面においてドライバが感じる苦手の度合い（以下、苦手レベル）や、その苦手事象に対してドライバが要求する支援レベル（以下、要求支援レベル）の検討は十分に行われていない。運転支援システム構築に向けた知見を収集する観点では、運転中にドライバが苦手を感じた事象に対する要求支援レベルや支援案を収集することが重要である。

本研究では、実車運転中にドライバが苦手事象に遭遇した際の要求支援レベルの違いとそれに伴う自律神経指標および顔表情の対応関係を検討する。

2 事前調査

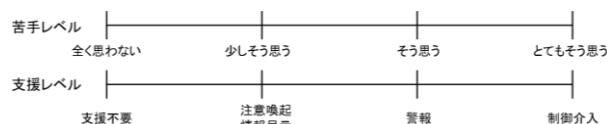
実車実験を実施するにあたり、普段ドライバが運転中に遭遇する苦手場面およびその場面における要求支援レベルと苦手レベルの調査を実施した。調査対象者は、後述の実車実験においてドライバとして実験参加の承諾を得た2名で、どちらも運転歴3年、運転頻度は週1、2回の20代男性である。

まず始めに苦手場面の抽出を行うため、自由記述方

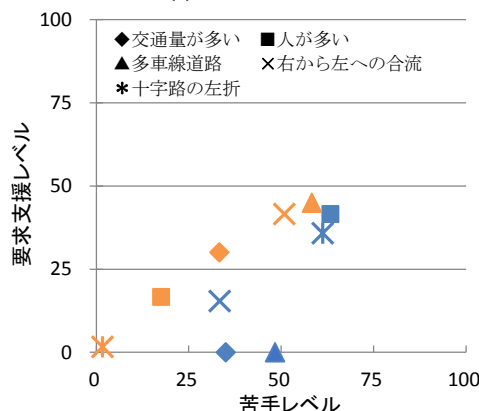
式でできるだけ多くの苦手場面を聞き出した。調査対象者から回答された苦手場面は以下の5つである。

- (1) 交通量の多い道路
- (2) 人が多い道路
- (3) 多車線の道路（特に車線により行先が異なる場合）
- (4) 右から左への合流
- (5) 十字路の左折（特に曲がる先の道路が狭い場合）

次に、これらの場面に対する苦手レベルおよび要求支援レベルを Visual Analog Scale (VAS) を用いて、前述の調査対象者2名に再度調査した。図1(a)に示すように、苦手レベルは「全く思わない」から「少しそう思う」、「そう思う」、「とてもそう思う」の4段階で、要求支援レベルは「支援不要」から「情報提供・注意喚起」、「警報」、「制御介入」の4段階でそれぞれ基準線を作成し、調査対象者の主観に当てはまる位置に線を記入してもらった。その位置を計測し0~100[%]に換算して得られた苦手レベルと要求支援レベルの関係を図1(b)に示す。橙色のマーカーが実験参加者A、青色のマーカーが実験参加者Bの結果である。



(a) 調査項目



(b) 苦手レベルと要求支援レベルの関係

図1 事前調査方法および結果

Study on relationship between the biological information changes
and the requested driving assist systems

Mina SHIMAMURA and Yukiyo KURIYAGAWA

図より、実験参加者 A は苦手レベルの上昇に伴い高い要求支援レベルを求めている。一方で、実験参加者 B は苦手レベルが低い場面では支援不要と回答して、苦手レベルが 50%以上になると注意喚起・情報提供以上の支援を要求している。これより、個人差はあるが、ドライバは苦手を強く感じた場面では、より高度な支援レベルを要求する傾向が示された。

次に、前述の苦手場面において、調査対象者が疲労や眠気を感じる状態等、通常に比べて悪化した状態を想像してもらい、同じ苦手場面に関する調査を実施した。図 2 に、通常状態と疲労や眠気を感じる状態における同じ苦手場面での支援レベルの関係を示す。図より、実験参加者 A と実験参加者 B で共通して、若干ではあるがドライバ状態の悪化に伴い、同じ苦手場面であっても高い支援レベルを要求するようになることがわかる。これより、ドライバは通常状態から状態が悪化した場合には、同じ苦手場面でも、より高度な支援を要求するようになり、ドライバ状態に応じた支援が必要であることが示唆された。

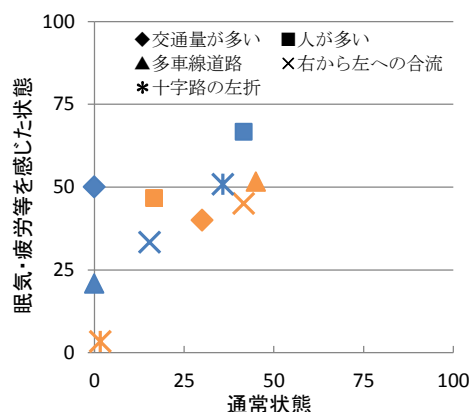


図 2 ドライバ状態の変化に伴う要求支援レベル

3 実車実験

苦手事象に遭遇した際の生体情報とその場面に対するドライバの苦手レベルと要求支援レベルを収集するため、実車実験を実施した。

3.1 方法

3.1.1 実験車両と走行コース

実験車両は図 3 に示す国産 2253cc の普通乗用車を使用した。走行コースは、前述の事前調査で挙げられた苦手場面を含むように設定した (図 4)。なお、ドライバの体調は良好であることを実験前に確認した。走行時間は疲労を感じないように約 40 分間として、日を空けて 2 回の実験を行った。

3.1.2 実験参加者

事前調査に参加してもらった 20 代男性 2 名である。実験前に実験目的および内容について十分な説明を行

った上で書面にて実験参加の承諾を得た。



図 3 実験車両

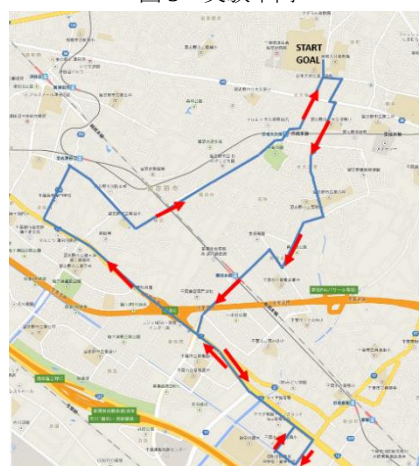


図 4 実験コース

(Google map : <https://www.google.co.jp/maps/>)

3.1.3 計測項目

自律神経指標は、TEAC 社の Polymate を用いてドライバの胸部誘導による心電図と、胸部および腹部の周囲長変化による呼吸、手の第 2 指、第 3 指の中節より皮膚コンダクタンスを計測した。それらに加えドライバの顔表情を捉えるため Canon のビデオカメラ (iVHS HFS11, 約 601 万画素) を運転者斜め前に、運転中の自車の周辺状況を把握するため車両の前方と後方に CCD カメラを設置して撮影を行った。これらの装置は運転者の運転の妨げにならないように、安全に十分注意して設置した。

3.1.4 手順

走行コースは同乗した実験担当者が安全に十分に注意して指示を与えた。走行速度等の指示は行わず、普段通りの運転を心掛けるよう教示した。また危険や体調の悪化などを感じた際には実験担当者に速やかに申告するよう教示した。走行後には、撮影した自車の周辺状況の映像を見ながら、苦手を感じた場面を申告してもらい、前章と同様のアンケートを用いて苦手レベルおよび要求支援レベルを収集した。また、運転中に気になったことなどについてフリーコメントを求めた。

3.2 解析方法

3.2.1 心電図

一般に苦手意識が強い事象では、交感神経の賦活により心拍 (Heart rate: HR) は上昇し、事象に注意を集中して情報を取り込もうとするときには低下すること²⁾が知られている。そのため、HR の変化様式を観察する。心電図の時系列データから、R 波の検出を行い、一拍ごとの心拍を求め、スプライン補間を行うことにより等時間間隔の HR を求める。加えてローパスフィルタ (遮断周波数: 0.08Hz) をかけて呼吸性および MayerWave 性心拍変動成分を除去する。

3.2.2 呼吸

注意集中を必要とするようなドライバに作業負荷を与える苦手場面において、呼吸は速く浅くなり、一時的に息こらえが起こることもある³⁾。このように呼吸の不規則な変化を想定し、呼吸様式の観察を行う。呼吸の時系列データに移動平均フィルタ (1.0Hz) をかけ、ノイズを除去する。

3.2.3 皮膚コンダクタンス水準

皮膚コンダクタンス水準 (Skin Conductance Level: SCL) は、苦手場面における不安や緊張等によって汗腺活動が増加し、上昇することが知られている³⁾。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変化を捉えた例もある⁴⁾ことから、SCL の変化様式を観察する。SCL の時系列データに移動平均フィルタ (1.0Hz) をかけ、ノイズを除去する。

3.2.4 顔表情

苦手場面に遭遇した際、ドライバはその事象に対して恐怖や驚きを感じる事が想定される。特に苦手意識が強い場合には、緊張や恐怖を感じて顔表情が変化することが考えられる。恐怖や驚きの強さの違いは恐怖の場合には口、驚きの場合には顎にはっきりした変化が現れるとされる⁵⁾。そこで、顔表情の判定には Ekman らが考案した顔面の動きの単位である Action Units を参考にして、録画した映像から顔の各部位 (眉、眼、口) の変位を計測する。

4 実験結果

実車実験で得られた結果について検討を行う。なお、本研究ではドライバ自身が苦手を感じた場面を検討対象とするため、ヒヤリハットのような突発的な事象は扱わない。

4.1 主観評価

表 1 に、走行後に行ったアンケートから得られた苦手場面とその場面对する苦手レベルおよび要求支援レベルを示す。表より、実験参加者 A は、事前調査で申告した道路の分岐や多車線での運転を、苦手を感じた場面として挙げており、苦手レベルと要求支援レベ

ルで共に値が高くなっていることがわかる。また実験参加者 B も同様に、事前調査で申告した T 字路や交差点での右左折を、苦手を感じた場面として挙げており、苦手レベルと要求支援レベルの値が共に高くなっている。これより、事前調査で得られた苦手場面は実車実験の走行コース設定に有効であったと言える。

本研究は検討の初段階であるため、事前調査の主観評価における苦手レベルと要求支援レベルの相関関係が明確であった実験参加者 A に着目して検討を進める。実験参加者 A が実車実験において申告した苦手場面の苦手レベルと要求支援レベルの関係を事前調査の結果と重ねたものを図 5 に示す。

表 1 苦手場面と苦手・要求支援レベル

実験参加者 A		
状況	要求支援レベル [%]	苦手レベル [%]
高速道路と一般道の分岐点 (車線変更有)	43.3	80.8
車線ごとに行先が変わる場面	43.3	78.3
交差点右折時、対向右折車線の車両により他の対向車線が見えない	36.7	32.5
交差点進入時、予期せぬタイミングで右側より原付が追い越し	32.5	32.1
対向車線に駐車車両があり、その後方より来た対向車の様子をうかがう	20.8	31.7
対向車線で自転車と車と同じタイミングで通過 (車が自転車を避け、大回りに)	15.0	21.7
前方車両の予期しないブレーキ	10.0	15.8
道路沿いの住宅の駐車スペースに駐車中の車両に注意する	3.30	9.17
実験参加者 B		
T 字路左折時に大回りになった (対向車がクラクション)	51.7	84.6
交差点右折時、対向右折車列によって他の対向車が見えない	50.8	66.7
路上駐車をする+さらに人の出現	33.3	54.2
交差点で歩行者を気にする	33.3	33.3
先の見えないカーブ	23.3	50.8
横断者への対応 (手前から認識していた)	19.6	33.3
T 字路の左折	0.00	36.3
右折車線の車両を避ける	0.00	8.33

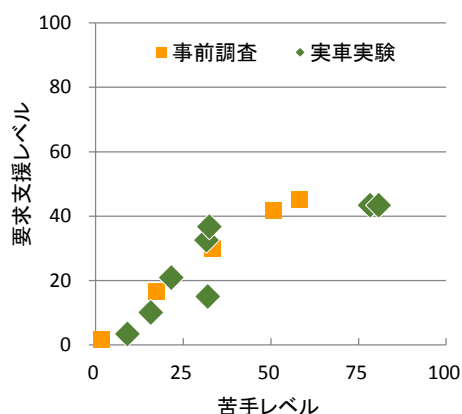


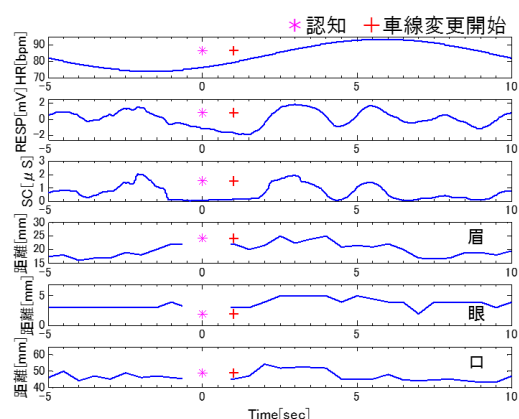
図 5 実車運転時の苦手レベルと要求支援レベルの関係

図より、実験参加者 A は実車実験において、ある程度の範囲における複数の苦手レベルと要求支援レベルの苦手場面に遭遇したことがわかる。そこで、苦手レベルおよび要求支援レベルと生体情報の関係性を検討するため、図中の実車実験で遭遇した場面の中から、要求支援レベル (43.3%) および苦手レベル (80.8%) が最も高かった高速道路と一般道の分岐点の場面と、

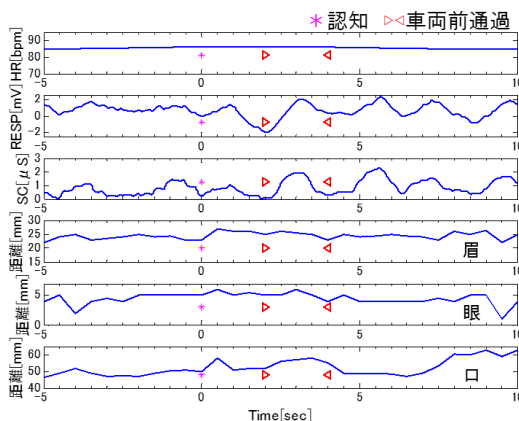
要求支援レベル（3.30%）および苦手レベル（9.17%）が最も低かった駐車中の車両に注意した場面の生体情報の違いを把握する。

4.2 苦手場面における生体反応

図 6(a)に要求支援レベルが最も高かった高速道路と一般道の分岐点の場面（以下、高レベル）、図 6(b)に要求支援レベルが最も低かった駐車中の車両に注意した場面（以下、低レベル）における生体情報を示す。図中、ドライバが録画した映像を見て苦手場면을認知したと申告した時点(*)を 0 秒とし、苦手場面に対処した時点または区間を赤印で示している。ドライバが苦手場면을認知した時点の反応に着目すると、レベルに関わらず呼吸や皮膚コンダクタンスでは顕著な反応は見られない。心拍では、高レベルの場合に場面の認知時点から場面对処に向けて上昇する様子が観察できるが、低レベルでは認知時点から対処まで下降する様子が観察できる。顔表情では、高レベルでは事象を認知してすぐに対処行動として顔を後ろへ向けてしまったため、対処中の計測はできなかったが、事象の対処後に口を開いてホッとした表情および安堵感から口角を上げた笑みが観察された。低レベルでは、顔表情に変化はほとんど見られなかった。



(a) 要求支援レベル：高



(b) 要求支援レベル：低

図6 苦手場面における生体情報

5 考察

苦手場面に遭遇したドライバは、要求支援レベルが高い場面で心拍が上昇し、要求支援レベルが低い場面では下降する変化が見られた。これは、前者は事象に対して苦手を強く感じ、後者では事象に対する苦手意識よりも対処するために注意集中した状態が生体情報に反映された可能性がある。また顔表情では、要求支援レベルが高い場面では事象を対処している最中の表情は計測できなかったが、苦手事象から解放された際の安堵の表情や笑みが観察されたことから、事象対処後の表情変化に着目することで要求支援レベルが推察できる可能性がある。

6 おわりに

ドライバが運転中に遭遇する場面对する苦手意識が高まると要求する運転支援レベルも高まることが示された。また、ドライバが運転場面から感じる苦手意識や要求する支援レベルの違いにより、心拍変化や顔表情の表出様式が異なり、ドライバが要求する運転支援レベルを推察できることが示唆された。今後、実験参加者および実験回数を増やし、本検討結果の再現性および汎用性を示すとともに、ドライバが要求する具体的な支援案の調査、検討を行うことにより運転支援システム構築に向けた知見の収集を進める。

7 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの助言を頂いた大阪工業大学大須賀美恵子教授に感謝の意を表します。また、実験に参加頂いた実験参加者の皆様に感謝の意を表します。

「参考文献」

- 1) 栗谷川, 大塚, 大須賀, 景山: 運転中の予期緊張によるドライバの生理指標変化; 第24回生体・生理工学シンポジウム論文集(2009) pp.321-322.
- 2) 大須賀: 生体計測の手法とその応用; JSAE SYMPOSIUM No.21-13 ドライバ心理・生理・行動特性の評価技術と応用展開(2014)pp.18-24
- 3) 独立行政法人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(2003)pp.87-90,93
- 4) 栗谷川, 大須賀, 景山, 心拍変動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誌, Vol.9, No.2(2007) pp.117-123.
- 5) エクマン,フリーセン著, 表情分析入門; 工藤編訳, 誠信書房(1987) pp.59,74.