

ドライビングシミュレータを用いたドライバの運転支援に関する基礎的研究

日大生産工 ○栗谷川 幸代 大阪工大 大須賀 美恵子
日大生産工 景山 一郎

1 まえがき

交通事故死者数全体に占める高齢死者数の割合が年々増大している¹⁾ことから、高齢ドライバの事故防止に関する対策が急務とされている。そのため、近年、高齢ドライバの運転支援に関する研究が多く行われており、高齢ドライバの身体機能の衰えなど平均的な特性が示された²⁾³⁾。一方、高齢ドライバの運転行動は、個人特性やそのときの状況に大きく依存し、非高齢ドライバのそれに比して個人差が非常に大きいことから、各個人の様々な運転状況における運転特性の抽出を行う必要があると考える。しかしながら、個々のドライバにおける様々な運転状況を捉えるためのデータベースは膨大な量となり、そこから意味のある特徴を抽出するには、なんらかの方針が必要となる。そこで、筆者らは、前報⁴⁾において、自動車運転中の危険や苦手を感じた場面を心拍変化により効率的に検出する手法の提案を行い、実車による実環境走行データの中から、踏切や凹凸路、追い越し、対向車等の危険や苦手を感じたと考えられる場面の検出を行った。

しかしながら、実車・実環境走行の実験では、危険状況の設定や再現性のあるデータ収集は不可能である。この点、ドライビングシミュレータ(以下DS)では、走行条件の設定や統制が可能で、同じ状況での被験者間の比較実験や被験者内の繰り返し実験を行うことができるという利点がある。一方で、身に危険が及ばないシミュレータではドライバの情動反応が実環境走行ほど明確に得られない可能性もある。本研究では、DS実験でも心拍による危険や苦手場面の抽出がどの程度可能かを検討し、またこの検出方法を発展させて個人の特性や状態に応じた運転支援の方策について検討する。

2 心拍変化を用いたDS運転中の特徴場面検出

通常、人間はストレスや緊張を感じると(瞬時)心拍が上昇する⁵⁾⁶⁾。これより、運転中においても

渋滞におけるいらつきや他車の運転行動に対する怒り、合流や追い抜きなどの対処すべき行動に対する緊張、危険場面に遭遇したときのヒヤリ・ハット等によりドライバの心拍は上昇すると考える。

2.1 特徴場面検出手法

特徴場面検出のための瞬時心拍および検出閾値の算出には、前報⁴⁾と同様の手法を用いる。具体的には、瞬時心拍はローパスフィルタ(遮断周波数: 0.08Hz)をかけて呼吸性・MayerWave性心拍変動成分を除去して用い、検出閾値は各時点直前の一定区間の平均心拍と標準偏差を用いた基準区間の平均+ $(c \times \text{標準偏差})$ を用いる。ここで、心拍には危険予期や苦手状況による緊張等の比較的緩やかな持続性的変化と危険状況によるヒヤリ・ハット等の急激な一過性的変化があると考えられることから、検出判定には連続して検出閾値を越えている時間 t_d を加え、前述の想定した状況から小さめの c と長めの t_d 、大きめの c と短めの t_d を設定する。なお、基準区間の長さは1分間、調整係数はそれぞれ $c=0.0$ & $t_d=30.0$ [sec], $c=2.0$ & $t_d=5.0$ [sec]である。

2.2 実験概要

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などからなるキャビン、凸レンズを装着したプロジェクタ1台と球

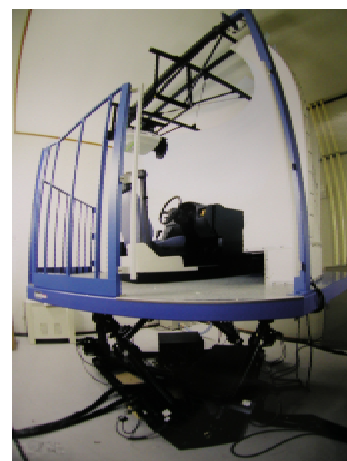


図1 ドライビングシミュレータ

Basic Study on Driver Assistance system using Driving Simulator

Yukiyo Kuriyagawa, Mieko Ohsuga and Ichiro Kageyama

面スクリーンによる画角水平約 140° 垂直約 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および模擬視界データベースなどからなり, リアリティのある運転走行を実現する装置である (図1). 走行シナリオは, 片側二車線高速道路と片側一車線対面通行の自動車専用道路を作成した (図2). 高速道路シナリオでは, 原則として走行速度は約 100km/h, 走行車線 (左車線) を走行するものとし, 主なイベントは, 導入路から本線への合流, 故障車回避のための車線変更, 前方車両の急減速, バスの割り込み, バイクのすり抜け等である. また, 自動車専用道路では, 原則として走行速度は約 60km/h とし, 主なイベントは, 故障車回避のための車線変更, 高速度走行の対向車, 対向車の対向車線から自車線にはみ出しての無理な追い越し等である. 検出した場面の状況を多面的に捉えるため, 走行状況画像, ハンドル角度, アクセル開度, ブレーキ踏み込み量, 前後速度, 前後加速度, 顔画像, 視線方向画像, 心電図, 呼吸, 顔面温度分布を計測した. シミュレータ体験では, 実経験が少ないほど, シミュレータであるという意識が強く, 実システムでの通常の操作・行動が取りにくいと想像される. そこで, 被験者は日常的に運転している高齢ドライバ2名 (平均年齢73.5歳) と若年ドライバ2名 (平均年齢22.5歳) の計4名とした. なお, 被験者には, 実験目的および内容について十分な説明をした上で, 実験参加の承諾を得た. 実験開始前に, 個人特性として, 視力・色覚調査や単純反応時間を測定し, 普段の運転目的など日常の運転行動を調査票に記入させた. DSや装着したセンサに十分に慣れてもらうため練習走行を行った後, 安静状態のデータを計測し, その後, 自動車専用道路, 高速道路の順に走行実験を行った. また, 各走行実験後には, 運転中に気になったことについて自由記述させた.

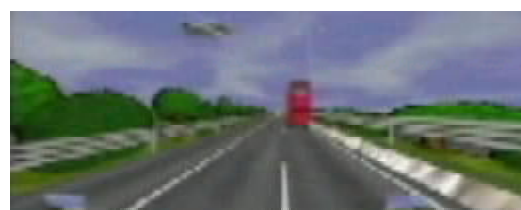
2.3 特徴場面検出結果

実験後のアンケートにおいて, 自動車専用道路実験では「遠方の対向車両が見えにくい」等のドライバ特性を検討する上で問題となるシナリオの不適當さに関する意見が多く聞かれた. また, 心拍変化による検出箇所と運転状況との関連性はほとんど見られなかった. そこで, 本研究では, 自動車専用道路実験は

検討対象外とした. 表1に高速道路シナリオにおける各被験者の特徴場面検出回数を示す. この表より, 約5分のデータに対し検出回数は2~8回と妥当な検出頻度であり, 設定した検出閾値は適当であったと考える. 高齢ドライバの方が若年ドライバよりも検出回数は多いことから, 本シナリオは, 高齢ドライバのストレスや緊張の誘発に有効だったと考えられる. また, この傾向は, 特に持続性の心拍上昇について顕著である. この差は基準となる標準偏差の大きさの違いから生じている可能性もあり, 今後の検討が必要である. なお, 検出箇所のおよそ半分では, 危険事象の事前の持続性変化と事後の一過性変化が続けて検出されている.

2.4 検出場面におけるドライバの運転支援に関する検討

本節では, 検出された場面における運転支援の方策について検討を行う. 図3に検出結果の一例を示す. 図3より, 同じ走行状況にあっても, 被験者により検出場面が異なることから, 走行状況に対する負担感受性には個人差があることが明らかになった. これより, 運転支援を考える場合には, 個人レベルでのドライバ特性の把握が必要であると言える. また, 心拍変化を引き起こしている原因によって, 運転支援の方策は異なるものとする. そこで, 持続性心拍



(a) 高速道路



(b) 自動車専用道路

図2 走行画像

表1 検出回数 (高速道路)

	sharp & abrupt	gentle & lasting
Sub.A (age72)	3	5
Sub.B (age75)	6	3
Sub.C (age21)	2	0
Sub.D (age24)	2	1

変化, 一過性心拍変化, あるいは両方で検出される場合の走行状況を分析し, 運転支援の方策を検討する.

持続性心拍変化による検出箇所は, エンジンをかけ発進加速の流れ, 合流注意の看板から合流するまでの間, 車線変更を行い他車両の追い越し過程, 前方に車両が見えてそこに近づくまでの過程等である. これより, ドライバがこれから対処すべき状況に対する予期緊張が検出されていることから, ドライバの負担状況の把握に有効であり, 特に走行中の負担状況報告が走行後アンケートから得られないことが多い高齢ドライバーに対する負担軽減運転支援システムの設計やオフラインでの注意喚起教育等への活用が期待できる.

一過性心拍変化による検出箇所は, 発進, 合流, 前方車両が突然減速したため慌ててブレーキ操作, 割り込み等である. これより, 運転操作開始時や事象によるヒヤリ・ハットの緊張が検出されていることから, 走行状況によるヒヤリ・ハットが検出された場合には, その状況に応じた車両側の能力補助支援トリガーとして有効であると考ええる.

ここで, 持続性変化にひきつづいて一過性の心拍変化が検出された状況においては, ある事象に対して事前準備的に緊張が高まっており, いわゆる適度な緊張状態であることから, 予期している事象はもちろんのこと, 予期していない事象が生じた場合も

顔画像や運転操作データから比較的スムーズに対応できていることがわかる. このことより, 持続性と一過性の心拍変化の組み合わせでドライバの状態を捉えて支援の仕方を変えることにより, ドライバと運転支援システムの協調走行が実現する可能性があると考ええる.

3.1 DS 実験における運転特徴抽出の可能性検討

本実験において, 自動車専用道路の実験後アンケートでは, 「遠方の対向車両が見えにくい」「距離感がつかめない」「速度感がない」といった走行シナリオの問題に関する回答が多く聞かれた. 高齢ドライバーからは「通常の運転では間違いなく見えるはずの対向車が見えないので, 走行中は恐怖心からずっと前方に集中していて疲れた」と運転行動に伴う負担よりも走行シナリオの問題による負担の方が大きかったとの回答もあった. これは, 自動車専用道路は対面通行のため対向車は自車との相対速度で急激に接近してくるが, 本実験で用いたDSの走行画像は二次元表示であり, また画像分解能による遠方のちらつき現象もあることから, ドライバは運転行動を行うために必要となる距離感を十分に得られなかったためと考える. また, 自動車専用道路の道路脇は平原であったため, 走行の際, 高速道路の道路脇のガードレールといった周辺視野を移動する物体がなく, 速度感を表現する視覚刺激は不十分であったと考える.

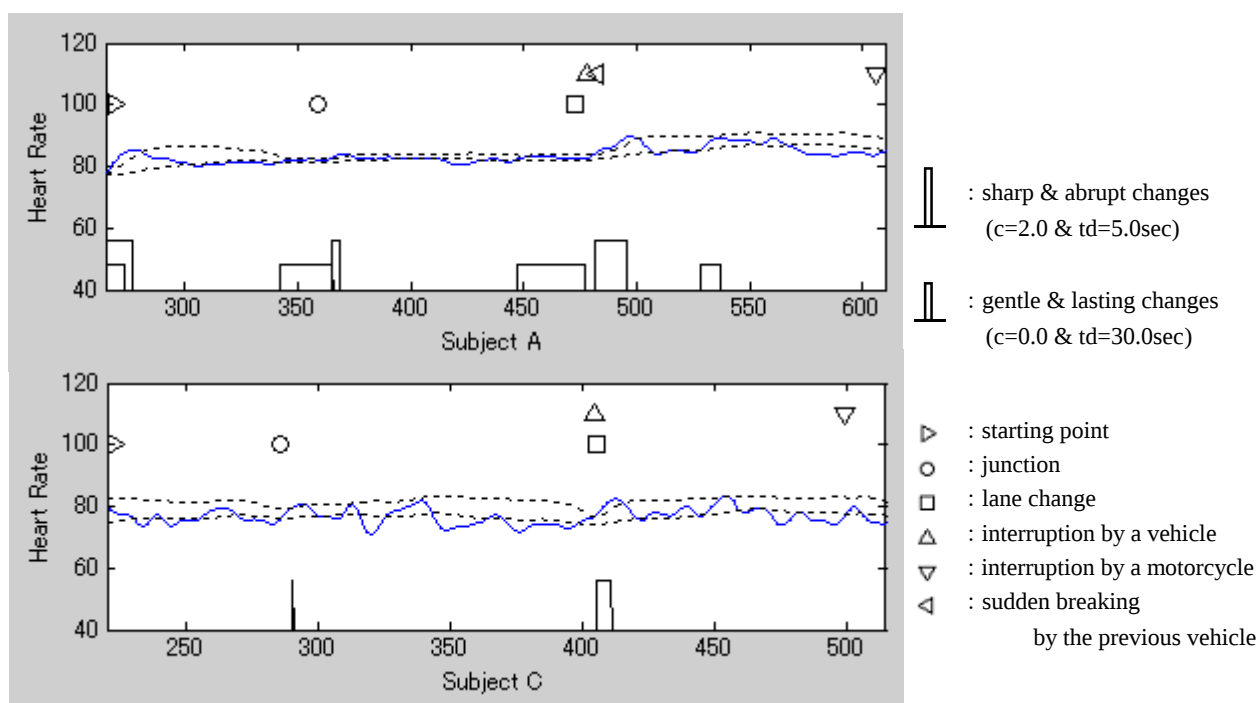


図3 心拍上昇検出結果および走行状況

さらには、速度指定が約 60km/h と比較的低速のため、高速走行に比べてドライバの運転操作に関するタスクは小さく運転操作には比較的余裕があることから、ドライバはDS上の走行環境を詳細に観察することで、DSのリアリティ上の問題が顕著に影響してしまったものとも考える。一方で、走行路面振動の模擬においては、路面を非常に平坦としているため高級車レベルの振動状況であり、これもリアリティを欠く要因となった可能性がある。これらのことより、DSを用いてドライバ特性の検討を行う場合には、実験装置であるDSの影響がドライバ特性に影響を与えないよう、速度感や距離感といった走行感覚のリアリティが非常に重要であると考え。これらの対策としては、走行画像の画素数の増加や立体視化⁷⁾、走行振動⁸⁾等が考えられ、本実験で用いたDSも立体視への改修を予定している。

一方、若年被験者1名では、本実験において心拍変化と運転状況の関連性がほとんど見られなかった。過去の実験において、若年者で走行開始と同時にアクセルを全開にし超高速走行をする等、ゲーム感覚で運転する傾向にあることが確認されている。本被験者には、このような極端な運転行動は見られなかったが、自動車専用道路で衝突事故を起こした際にも心拍変化は起こらず、またその瞬間の顔画像からも特に慌てた様子が見られなかったことより、DS実験では走行状況変化に伴うリアルな情動変化が生じなかったものとも考える。このことより、DS実験で通常時と同等の運転行動をとるかどうか、また、情動反応が見られるかについても、人による違いが大きく、実験に際しては被験者のスクリーニングが重要であると考え。

4 まとめ

以上のことより、本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1)DS実験においても、ドライバの心拍の変化から、ドライバがストレスや緊張を感じた場面の検出はある程度可能である。しかし、被験者に依存するため、スクリーニングが必要である。
- (2)DS実験におけるドライバ特性の検討を行う際には、DSのリアリティが重要となる。
- (3)検出された特徴場面の分析を行うことにより、支援策を示唆できる可能性を示した。

今後は、多数の被験者に対し、多数の走行シナリオの実験を行い、適正な検出閾値の設定方法等、本検出手法の妥当性について検討する予定である。

謝辞

なお、本研究は、国際交通安全学会 H494 プロジェクトの一部として実施されたものである。この実験を共に実施した森田純行君(当時日本大学大学院)、上野由歌君(日本大学大学院)、伊倉智和君(当時日本大学)、堀内真人君(当時大阪工業大学)、また本研究をまとめるにあたりご助言頂いた日本大学堀江良典教授に感謝する次第である。

参考文献

- (1) 平成 14 年度版交通統計, (財)交通事故総合分析センター, (2002)
- (2) 宇野宏:通常走行時の高齢ドライバ運転特性, 自動車技術会学術講演前刷集, No.5-2, pp.1-6, (2002)
- (3) 池田敦他:ドライビングシミュレータによるドライバ特性, 自動車技術会学術講演前刷集, No.21-01, pp.13-17, (2001)
- (4) 大須賀美恵子他:心拍変化をトリガーとした自動車運転中の危険・苦手場面抽出, 日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.36-37, (2003)
- (5) 早野順一郎:心拍変動と自律神経機能, 生物物理, Vol.28, No.4, pp.32-36, (1988)
- (6) 大須賀美恵子他:心拍・呼吸・血圧を用いた緊張・単調ストレスの評価手法の検討, 人間工学, Vol.34, No.3, pp.107-115, (1998)
- (7) 松井良道他:三次元立体視情報提示型ドライビングシミュレータによるドライバが感じる恐怖感の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002, pp.131-132, (2002)
- (8) Akamatsu.M, et.al: Simulating Vehicle Cabin Floor Vibration using AR Model, Proceedings of DSC2002, pp.45-54,(2002)