

ドライバの注意配分特性のモデリングと 不注意運転検出手法への応用

代表研究者 立命館大学情報理工学部 教授 和田 隆広

【まとめ】

不注意運転の検出を目的とし、先行車に対する衝突リスクとドライバの視線位置の対応関係に基づいて、ドライバの注意配分特性のモデリングを試みた。ドライビングシミュレータを用いた実験の結果、運転者の注意配分特性は、先行車への衝突リスクと、連続的に後方を視認していた時間を変数とした確率分布で表現できることを示した。本手法を不注意運転時に適用した。先急ぎ運転時には、この注意配分特性が、正規分布から外れるが、暗算課題付加時には顕著な変化は見られなかった。つまり本手法は先急ぎ運転に対して感度の高い手法であることが示された。

1. 研究の目的

交通事故の数は依然として多く、その削減が急務である。中でも、ヒューマンエラーがその原因の多くを占めていることから、ドライバのエラーの特徴解明と、その検出に基づく運転支援が重要である。ヒューマンエラーにはドライバの心的状態が強く影響していると考えられる。交通事故時のドライバ心理状態を調査した結果、最も多かったのが「急ぐ気持ちでいっぱいだった」という状態であり50%以上、ついで、「他事を考えていた」が20%を占めていたと報告されている[1]。このような心理状態におかれたドライバの認知・判断・操作特性に及ぼす影響の特徴を理解し、

不注意運転の検出手法の基礎的知見を得るのが本研究の目的である。これにより、不注意運転の検出をベースとした運転支援手法へと繋がると期待される。

不注意運転の研究は多く行われている。例えば先急ぎであれば、運転行動の荒さを捉えようと、行動の変化に着目した研究がある[2],[3]。またドライバの運転モデルに基づく検出法も研究されている[4]。また、漫然運転などの distraction 研究も多く行われており、同じくドライバ行動に基づく研究が行われている。一方、ドライバ状態検出手法として、心拍解析などの生理指標を用いたものも多い。しかしながら個人差も大きく、また侵襲性の問題も残っている。

一方で、先急ぎ運転や不注意運転時は認知機能にも影響を及ぼす。例えば吉田らは先急ぎ運転が歩行者などの物体検出能力に及ぼす影響を調査し、先急ぎ時には複雑な環境下における認知能力が低下するとしている[5]。運転操作ではなく、認知フェーズでのエラーを検出できれば、操作に現れにくい不注意運転の兆候などが捉えられる可能性がある。この考え方に基づき著者ら[6]は、先行車への衝突リスクと視線移動によって注意配分のモデリングを行い、先急ぎ運転の検出を試みている。そこで本研究ではこの手法が、メンタルタスク付加時にも適用可能か検証することを目的とする。

2. ドライビングシミュレータ実験

2.1 実験装置

実験には図1に示すような3画面ドライビングシミュレータのうち、正面の1画面のみを使用した。モニタ1には視認行動を行うためのルームミラーの映像が組み込まれている。ドライビングシミュレータのサンプリング周波数は100[Hz]である。ドライバの視認情報の計測にはアイマークレコーダEMR-8B(NAC イメージテクノロジー社製)を使用し、左目のみ計測した。アイマークレコーダのサンプリング周波数は60[Hz]であり、解析時に線形補間により同期させた。



図1 ドライビングシミュレータ

2.2 実験方法

被験者(8名)は、距離が約2[km]の片側1車線の道路を常に80[km/h]程度で走行する。1走行の間に先行車を追い越す場面1回遭遇するように他車両の制御を行った。後側方車の走行条件は、(a)後側方車なし、(b)側方車の設定速度85[km/h]、(c)95[km/h]の3水準とした。追い越し場面は、1台の先行車と1台の後側方車が走行している状況である。先行車の設定速度は60[km/h]である。すべての車両において、走行速度は、設定速度から±3[km/h]の範囲で速度の変動が生じるようにした。先行車間と後側方車間の間隔は

150[m]とした。被験者には、走行中に先行車が遅いと感じた時に追い越しを行うように指示をした。その際には他車両に衝突しないように考慮しつつ追い越しを行い、追い越し後は速やかに走行車線に戻るよう指示した。

2.3 サブタスク

不注意運転を模擬するために、サブタスクとしてn-back taskを被験者に課した[7]。これは情報の一時的な保持と更新、除法に基づく判断といった情報処理を要する課題である。音声により繰り返し提示された1桁の数字に対し、n回前に提示された数字が一致した場合にYes、異なる場合にNo、と答えるように教示した。なお、情報の音声提示間隔は2[sec]で一定とした。試行錯誤により、n=2とした。また事前に2回程度サブタスクのみの練習したうえで本実験を行った。

3. 解析手法

3.1 他車両との衝突リスクの解析

先行車追従の状況において、先行車、自車の関係は先行車速 V_p 、自車速 V_o 、車間距離 D にて記述できる。これらの状態変数を用いて自車からみた先行車に対する衝突リスクを評価することを考える。このような状況におけるリスク指標としてはTTC(Time To Collision)などいくつか提案されている。本論文でドライバの視覚情報と関連する式(1)で表されるリスク指標 ϕ を用いる[8]。

$$\phi(V_r, V_p, D) \equiv 10 \log_{10}(|\alpha V_p - V_r|) + \beta \log_{10} D + \gamma = 0 \quad (1)$$

V_r は相対速度であり次式で定義される。

$$V_r = V_p - V_o = \frac{dD}{dt} \quad (2)$$

このリスク指標 ϕ はエキスパートドライバの追い込みブレーキのタイミングのモデル化の結果として導出された関数であり、 $\phi = 0$ は、エキスパートドライバがパニックにならずにブレーキできるぎりぎりのタイミングを表している。なお ϕ は相対速度 V_r が大きく、また車間距離 D が小さいような、より先行車に対する衝突リスクが高い状況と考えられる場面で大きな値となる。実車実験の結果、本リスク指標は様々な接近状態に対して精度良くブレーキ開始タイミングを表現できていることが示されており、この ϕ はある種のドライバのリスク感覚として捉えることができる。

3.2 ドライバの視認行動の解析

ライバの視認行動は、アイマークレコーダから得られる視線位置データがサイドミラー、もしくは、ルームミラーの座標内に含まれた場合を後側方接近車両の注視状態(Rear)、それ以外を先行車の注視状態(Front)として2値で取り扱った(図2)。なお、瞬目時は視線データが乱れるため無効とし除外した。

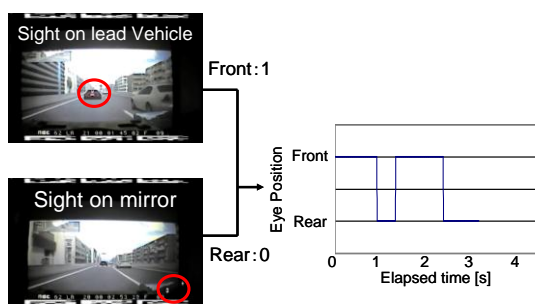


図2 視認行動解析

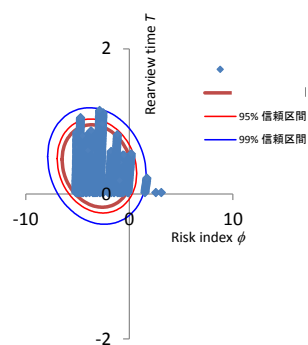
3.3 注意配分特性のモデリング

先行車との衝突リスクと連続的に後方を視認していると判断された時間（以下、後方視認時間）の関係を、2次元正規分布としてモデル化する[6]。

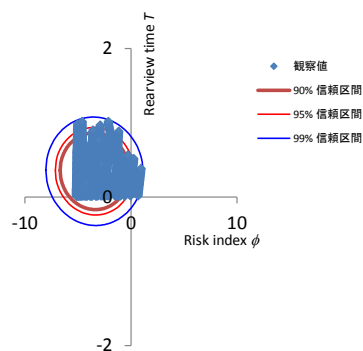
車線変更の準備を行っている想定される区間において、先行車に対するリスク指標 ϕ と後方視認時間 T の分布を正規分布でモデリングする。

4. 実験結果

実験で得られた衝突リスクと後方視認時間の分布の結果と、それを2次元正規分布にてモデリングした際の90, 95, 99%楕円を図3に示す。メンタルタスク無しの通常条件(左)と、メンタルタスク有り時(右)の確率楕円は、ほぼ同一であることがわかる。個人差は大きかったが、同様の結果であった。



(a) Normal 条件



(b) Distracted 条件

図3 注意配分特性のモデリング結果 (被験者 A)

図4に distracted 条件下における、全解析時間に占める外れ値の割合（外れ値判定率）を

示す。なお、外れ値判定には、normal 条件で得られた 95%ile 楕円を用いた。外れ値判定率は平均で 6.6%であり、normal 条件化における判定率(図示せず)と同様である。つまり、メンタルタスク付加による不注意運転時には、本研究で定義した注意配分特性に顕著な変化が無いことを明らかにした。

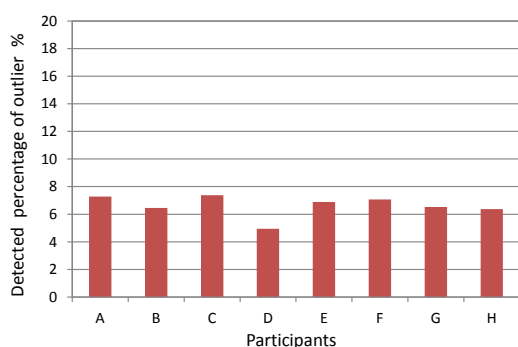


図4 外れ値判定率

5. まとめと今後の課題

本研究では、先行車に対する衝突リスクと、後方の連続視認時間の分布は、不注意運転ではほとんど変化しないことをつきとめた。一方、文献[6]では、同分布は先急ぎによって多に変化することが示されている。この結果は、漫然運転と先急ぎ運転が分離して検出できることを示している。

今後、漫然運転に感度の高い注意配分特性のモデリング手法を検討する予定である。

6. 研究成果の公表方法

本研究の成果に基づいて不注意運転の検出に有効な手法が導出された後に、自動車技術会などにおいて口頭発表する予定である。

参考文献

[1] 丸山康則:13 ヒヤリ・ハット体験—その原因と対策, 日本交通心理学会編, 安全運転の人間科

学 I, 企業開発センター交通問題研究室, pp.222-248 (1982)

[2] 坂輝彦, 小口泰平, 澤田東一, 春日伸予:ドライバーの先急ぎ衝動が運転に及ぼす影響に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.104, No.581, pp.23-27 (2005)

[3] 堀田佳彦, 谷田公二: 急ぎ運転の特徴とその検出の考察, 自動車技術会論文集, Vol.36, No.1, pp.259-264 (2005)

[4] Pongsathorn Raksincharoensak, Takashi Iijima, Kozo Maeda, and Masao Nagai: Individual Adaptation of Driver Assistance System Based on Real-World Naturalistic Driving Database, Proceedings of International Symposium on Advanced Vehicle Control, pp.473-478 (2008)

[5] 吉田誠, 朝尾隆文, 和田隆広, 土居俊一: 先急ぎ課題を課した場合の運転行動の解析, 日本機械学会年次大会講演論文集, Vol.5, pp.487-488 (2007)

[6] 和田隆広, 吉田誠, 土居俊一, 堤成可, " 衝突リスクと注意配分特性に基づく先急ぎ運転行動の解析", 計測自動制御学会論文集, Vol. 46, No. 5, pp. 289-295, 2010

[7] 徳田暁, 大日方五郎, 白井右, 犬塚保広, 濱田洋人: 前庭動眼反射を利用し周辺課題のメンタルワークロードを定量的に評価する研究. 自動車技術会論文集, Vol. 40, No. 1, pp. 205-211, 2009.

[8] Wada, T. et al. "Characterization of Expert Drivers' Last-Second Braking and Its Application to A Collision Avoidance System", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol.11, no.2, pp.413-422 2010