

平成22年6月7日現在

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2008～2009

課題番号：20683008

研究課題名（和文）運転者の注意低下に起因する反応時間の遅れ推定に関する研究

研究課題名（英文）A study on predicting the delay of driver's reaction time caused by inattention

研究代表者

松木 裕二（MATSUKI YUJI）

福岡工業大学・工学部・准教授

研究者番号：00315128

研究成果の概要（和文）：自動車事故の発生原因の一つに、運転者の反応時間の遅れがある。本研究では、運転者の反応時間の遅れ具合を推定するために、運転者の眠気や注意低下との関係性について調べた。その結果、運転中の運転者の眼の開き具合を用いることによって、反応時間の遅れを推定することが可能になった。また、運転中のリスクによって、運転者の反応時間が大きく変わることを見出した。

研究成果の概要（英文）：The delay of reaction time of a driver is one of the main factors for the traffic accidents. Despite many studies regarding the criteria for attention and arousal level reduction, the method of predicting the delay of reaction time was unclear, as was the relation between these criteria and reaction time. In this study, therefore, we evaluated the attention and arousal level by using a measurement regarding the eyelid, named the 'eye-opening rate', and herein investigated the relation between the eye-opening rate and reaction time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	12,500,000	3,750,000	16,250,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：反応時間、ドライビングシミュレータ、覚醒水準、交通事故防止、運転者、注意

1. 研究開始当初の背景

近年の交通事故の殆どはヒューマンエラーが主原因であり、事故防止のためには運転者

の運転状態を適切に評価し、エラーを事前に防ぐことが重要である。しかしながら、従来の運転評価と言えば、速度や急減速の回数、

ヒヤリハット回数といった主観的または間接的な評価が殆どであり、運転者の運転がどの程度危険なのかという客観的かつ直接的な運転評価は存在しなかった。そこで、申請者は運転の危険度合いを衝突の発生確率（衝突確率）として扱うことを提案してきた。衝突確率は任意の時刻における車速、車間距離、路面とタイヤとの摩擦係数、そして、運転者の反応時間分布（正確には反応時間の確率密度関数を利用）から計算されるものである。衝突確率を求める上で速度や車間距離などの測度は、センサを介して正確に計測することが可能である。しかし、運転者の反応時間分布を実時間で推定することは困難であった。

松木は平成 18 年度に民間企業と行った共同研究により、運転者の眼映像を解析することによって、運転者の覚醒状態の変化に応じた反応時間分布が変化することを見出した。しかしながら、この手法で反応時間を推定可能な反応時間の遅れは、覚醒水準低下に起因するものだけであり、運転者の注意の低下（運転中に先行車に注意を払うべきところで、他の考え事などをしてしまう場合を指す）による反応時間の遅れについては未検討であった。竹田によれば、心的作業負荷の増加は両眼眼球運動の不整合を生じさせ、注視課題遂行時における左右注視点に「ずれ」が生じる（輻輳点に変化）ことが分かっている。また、先行車を追従している状態で、注意の低下が生じた場合、運転者は先行車に注意を払っていない（視認していない）状態になる。そのような状態での輻輳は、休止点付近（約 1.7m の観察距離）に近づくことが推察される。以上のことから、運転者の運転中の輻輳変化は、注意の低下の重要な手掛かりになることが十分に推察される。

2. 研究の目的

本研究課題では、注意の低下に起因する反応時間の遅れを実時間で推定する手法の開発を目的とする。また、注意の低下と同様に覚醒水準の低下による反応時間の遅れ推定についても検討する。

3. 研究の方法

(1) 装置

本研究の目的は、運転中の運転者の注意低下をリアルタイムに評価することである。これを実現するために本研究では、運転者の眼球運動および瞬目活動に着目した。眼球運動および瞬目活動の計測は、眼球運動計測装置である Seeing 社製 FaceLab システムを用い

ることにした。一方、運転者の運転挙動計測や視覚刺激の提示については、この眼球運動計測装置に合わせた仕様にする必要があったため、新しいドライビングシミュレータシステムの開発を行った。このドライビングシミュレータは、従来のドライビングシミュレータに比べて、大きな画角（約 135 度）と高い解像度（5760pixel×1080pixel）を持つ特徴を有している。このような広い画角と高い解像度によって、運転者の視界の自由度を確保することが可能になった。また、眼球運動計測装置と開発したドライビングシミュレータシステムは、高速なネットワークで接続されているため、眼球についての計測結果は、リアルタイムでドライビングシミュレータ用計算機でも処理することが可能になった（図 1）。



図 1 実験用ドライビングシミュレータ

(2) 実験方法

本研究では、運転者の反応時間の確率分布推定に関する実験と、運転者の注意に関する実験の 2 つを行った。反応時間の確率分布推定に関する実験では、実験参加者に実験用ドライビングシミュレータ上で先行車に対する反応時間計測実験を行わせて、サンプリングしたデータから反応時間分布を規定した。運転者の注意に関する実験では、実験用ドライビングシミュレータを用いて、様々な交通環境（車間時間、先行車の停止頻度）を独立変数として、先行車の急ブレーキに対する反応時間を調べた。

4. 研究成果

(1) 反応時間の確率分布モデル

本研究では、運転者の注意低下状態の評価を、ある確率密度関数による反応時間分布で表わすことを提案している。従来から実験心理学の分野においては、反応時間を表す分布モデルがいくつも提案されている。しかしながら、本研究のように運転者の状態が連続的に変化する（注意低下や覚醒水準低下）よう

な場合のモデルについては殆ど提案されていない。そこで、先に開発したドライビングシミュレータを運転中の運転者の反応時間を計測する実験を行った。この計測結果を用いて、確率分布モデルを規定する方法について検討した。その結果、確率密度分布の推定には、ガウシアン核密度推定法を用いることが有効であることを確認した。また、核密度推定法によって得られた確率密度分布から、確率分布モデルおよびパラメータの推定を試みた。その結果、自動車運転中の反応時間の確率分布は、運転者の状態に関わらず、ex-Gaussian 分布が良く当てはまることが明らかになった (図2)。

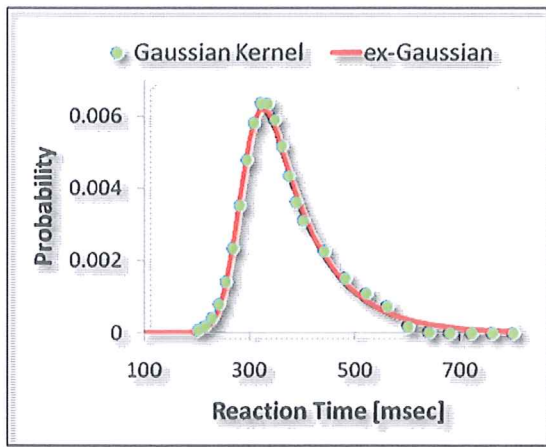


図2 ex-Gaussian分布への当てはめ結果。(Gaussian Kernel法を用いた場合、ex-Gaussianへの適合度が最も良かった)

(2) 運転状況と反応時間の関係

開発したドライビングシミュレータおよび運転者の眼球運動計測装置(視線方向および開眼率計測)を用いて、運転者の運転中の覚醒水準特性および注意特性について様々な状況を想定して実験的に調査を行った。具体的には、運転者の注意力に影響を及ぼす要因として、「衝突のリスク(車間時間の大きさ)」と「先行車の急停止頻度」の2点に着目し、研究を行った。

① 衝突のリスクと運転者の注意力の関係

運転者の保持する車間時間の長さを独立変数として運転中のリスクを定量化し、様々な車間時間における運転者の先行車に対する反応時間、眼球運動特性(注意力、覚醒水準)について調べた。その結果、車間時間が大きくなるにつれて、運転者の反応時間の平均値は増加し、運転中の注意力も低下することが明らかになった(図3)。自動車事故防止を考慮する場合、車間を大きく保持するこ

とは望ましい。しかしながら、その一方で、運転者の注意力および覚醒水準は低下しやすくなること、また、反応時間のばらつきも大きくなることが示された(図4, 図5)。また、運転者の車間距離の保持方法に応じて、リアルタイムに運転者の注意力低下を検出する手法についても検討した。

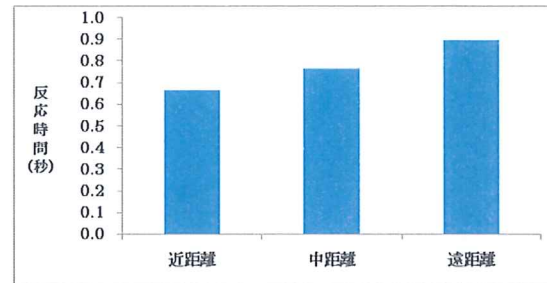


図3 車間距離と平均反応時間。(車間距離が大きくなるにつれて、平均反応時間が増大した)

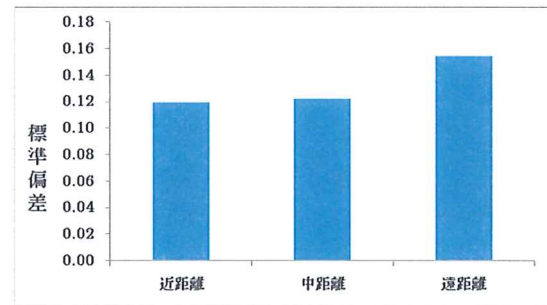


図4 車間距離と反応時間の標準偏差。(車間距離の増大に伴って、反応時間の標準偏差も増大した)

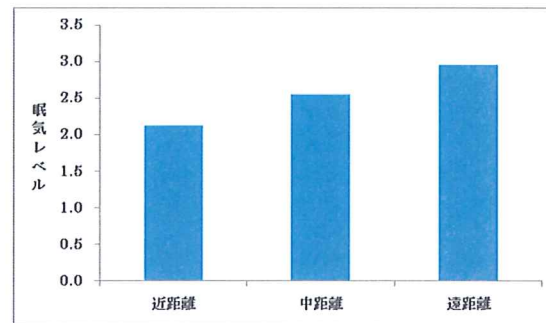


図5 車間距離と眠気レベル(眠気レベルの数値が高いほど、主観的な眠気を感じていることを表す)

② 先行車の急停止頻度と注意力の関係

高速道路のような単調で、進行方向上に障害物が殆どないような状況での運転者の注意特性について検討する為に、先行車の急停止頻度と注意力の関係について検討した。実験は、開発したドライビングシミュレータを用いて、先行車の急停止頻度を独立変数とし、

先行車の急停止に対する運転者の反応時間、注意力、覚醒水準がどのように変わるかを調べた。その結果、急停止の頻度が低下するにつれて、運転者の反応時間は延長し、注意力および覚醒水準は低下することが明らかになった（図6）。

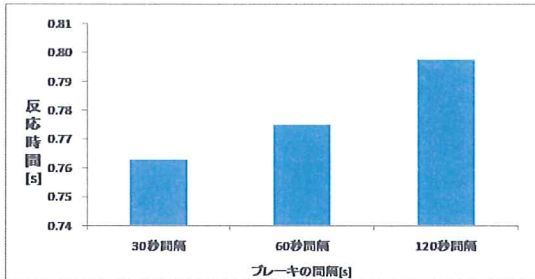


図6 先行車の停止頻度と反応時間

以上の研究により、運転者の運転中の注意力は、衝突のリスクや急停止を必要とするイベントの頻度によって、大きく影響を受けることが示された。このことは、将来、運転中に運転者の状態推定を行う運転支援装置の開発に生かすことができる知見であると考えられる。

(3) 反応時間の遅れ推定システムの開発
 これまで得られた知見を基に運転者の開眼率EORを用いて反応時間分布を推定し、運転の危険性を評価するシステムを、ドライビングシミュレータ上に開発した。システムの構成は以下の図7のとおりである。このシステムでは運転中の車両情報（速度）・運転者情報（開眼率）・環境情報（車間距離・路面の摩擦係数）を用いて、リアルタイムに運転者の運転の危険性を評価することができる。

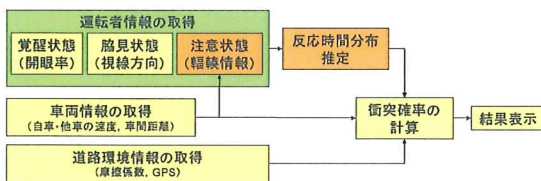


図7 運転評価システム

(4) 今後の課題

本研究では、当初は運転者の注意を輻輳情報によって調べることを目的としていたが、輻輳情報から運転者の注意レベルを明確にすることは困難であった。この問題を解決する為には、輻輳の測定精度を高めた装置での再実験が必要であると同時に、実験環境および実験方法についてさらなる改良が必要と考えられる。また、今回開発した運転評価シ

ステムはあくまでドライビングシミュレータ上でのものであり、実際の運転環境下での様々な外乱には対応していない。実用化を目指すためには、実際の運転環境下での試験が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計2件）

① Takahiro YOSHIOKA, Shuji MORI, Yuji MATSUKI, From RT to POC: Proposal for Computation of Probability of Automobile Accidents from Empirical Reaction Time Distribution. International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications, 2009年7月, アメリカ（オーランド）

② Shuji MORI, Takahiro YOSHIOKA, Yuji MATSUKI, Reaction times in automobile driving under various arousal states. International Congress of Psychology 2008. 2008年7月, ドイツ（ベルリン）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松木 裕二 (MATSUKI YUJI)
 福岡工業大学・工学部・准教授
 研究者番号：00315128