

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2014～2015
課題番号：26630241
研究課題名(和文)脳血流動態を考慮した模擬走行実験による運転負荷・事故リスク評価に関する研究

研究課題名(英文)Study on evaluation of driving load and accident risk by driving simulator experiment in consideration of a brain blood flow change

研究代表者
宇野 伸宏(Uno, Nobuhiro)

京都大学・経営学研究科・准教授

研究者番号：80232883

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は道路交通システムの安全性向上に資するため、各種安全対策をドライバーの運転負荷・行動面から評価するための試みを行う。主テーマは次の3つである。1) 道路・交通・環境要因および各要因間の関係性を考慮し、交通事故率に影響を及ぼす要因の明確化を試みた。そのため、都市高速道路の事故率データを対象に共分散構造分析を適用した。2) 脳血流動態を近赤外分光法という手法を用いて測定し、生理学的アプローチから運転負担を評価する方法を構築した。3) 模擬運転走行実験を実施し、事故リスクを削減のためのITS技術の適用可能性と課題について、被験者の運転挙動を踏まえ明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In order to enhance the traffic safety, this study is aimed at conducting trials to evaluate various safety countermeasures from the viewpoints of driving load and behavior. There are following three major themes in this study. 1) Considering the road, traffic and environment factors and the interrelation among them, this study is attempted to clarify the factors influencing accident rate. Accordingly, this study applied Covariance Structure Analysis for accident data of urban expressway. 2) This study also developed a methodology to evaluate driving load based on the brain blood flow change observed by Near Infrared Spectroscopy. 3) This study clarified applicability of ITS (intelligent Transportation System) to reduce accident risk and its subjects to be mitigated based on the driving behavior observed by driving simulator experiment.

研究分野：交通計画

キーワード：交通安全 交通工学 運転負荷 走行支援情報 模擬走行実験 脳血流動態 ITS

1. 研究開始当初の背景

交通事故発生に影響を及ぼす要因として、道路要因(線形・構造・案内誘導等)、環境要因(天候・照度)、交通要因(交通量・速度・大型車混入率等)が想定される。工学的アプローチにより交通安全性を高めるためには、各要因が運転者の認知・判断・操作にどの様に影響するのかを見極め、制御可能な要因を適切に改善、設定していくことが重要である。事故は、運転者の意志決定・行動の結果の中で、認知・判断・操作のいずれかまたは複数の段階でエラーが生じると発生確率が高まる。ITS(Intelligent Transportation System)を活用した安全運転支援では、道路インフラとの協調を前提とした運転支援のためのシステムにより、運転者が認知できない潜在的事故要因を適切に情報提供することができ、安全性の改善が大いに期待できるため、これら安全性向上方策(線形改良、車線運用の変更、交通制御、情報提供など)が運転者の負担を軽減し、認知・判断・操作を支援するものであることを検証することが強く望まれている。

2. 研究の目的

(1) 交通事故の主因は人的エラーであることは間違いなが、そのエラーを引き起こす要因は、種々想定される。本研究では、道路・交通・環境要因および各要因間の関係性を考慮し、交通事故率に影響を及ぼす要因の明確化を試みる。

(2) 安全で快適な交通社会の実現に向けては、運転負担を適切に評価する必要がある。近年普及しているITSによる運転支援等により運転環境は変化しているが、それに伴いドライバーの運転負担の感じ方も変容している可能性が考えられる。本研究では、ストレス反応において重要な役割を果たしていると報告されている前頭前野の活動に着目し、この脳部位における脳血流を近赤外分光法という手法を用いて測定することを通して、生理学的なアプローチから運転負担を経時的に評価することを目指す。

(3) ITSを活用した運転支援策が、ドライバーに及ぼす影響を統計的に把握するため、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行う。特に従来型の看板などによる注意喚起と信号切り替わりを予告する動的情報の提供を想定し、その効果を運転挙動面から検証する。

3. 研究の方法

本研究課題では上述の通り、次の3つの課題に取り組んできた。(1) 交通事故率に対する統計分析に基づき、事故発生に影響を及ぼす可能性が高い要因(道路・交通・環境要因)及び構造の特定を行う。(2) 交通要因を体系的に設定し、ドライビングシミュレータによる模擬走行実験を行い、運転行動及び脳血流動態の生理指標を計測し、運転負担の評価を

行う。(3) 危険事象発生過程の再現を企図した模擬運転走行実験を実施し、事故リスクを削減するためのITS技術の適用可能性について検証する。以下では、各課題に関する方法論を簡潔に説明する。

(1) 都市高速道路を対象として、追突事故の発生要因を統計的に特定するため、事故率データを対象に共分散構造分析を適用する。ここでは道路線形・構造要因および交通要因の間の相互の影響を考慮しつつ、各要因が事故の発生に影響を及ぼすというパス図を想定し、分析を行う。図-1に追突事故率と各要因の関係を表した想定パス図を示す。また、パス解析に用いる要因と観測変数の関係を表-1に示す。

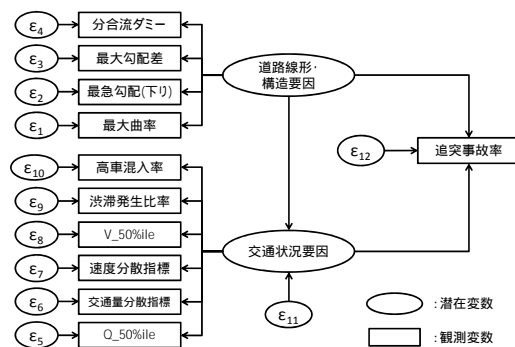


図-1 追突事故率と道路要因・交通要因

表-1 事故影響要因と観測変数

要因	変数名	定義
道路線形・構造要因	分合流ダミー	勢力圏内での分合流の有無
	最大勾配差	勢力圏内でのサグ部のうち勾配の変化が最も急な地点の勾配の変化量
	最急勾配(下り)	勢力圏内での最も急な下り坂の勾配
	最大曲率	勢力圏内での最も大きな値の曲率
交通状況要因	高車混入率	勢力圏内での高車交通量を総交通量で除したもの
	渋滞発生比率	勢力圏内での30(km/h)以下の速度が発生した時の交通量を総交通量で除したもの
	V_50%ile	勢力圏内での5分間平均速度の50パーセンタイル値
	速度分散指標	勢力圏内での5分間平均速度の標準偏差
	交通量分散指標	勢力圏内での5分間交通量の標準偏差
	Q_50%ile	勢力圏内での5分間交通量の50パーセンタイル値

(2) 本研究で用いた近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy: NIRS)という手法では、近赤外光を頭皮上から照射し、大脳皮質などでの散乱・吸収を経て頭皮上に戻った一部を検出する。ヘモグロビンはその酸素化状態によって吸光特性が異なるという特徴を有しており、これを利用して異なる波長の近赤外光を用いることで、脳内の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)や脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)の濃度長を求めることができる。この手法には、被験者を拘束せず非侵襲で動きに頑健であるというメリットがあり、今回のようなドライバーの脳機能測定には適していると考えられる。本実験では、前述の通りストレス反応との関係が指摘されている前頭前野を測定部位とする。

本研究では、渋滞の有無および情報提供の有無が、運転負担に及ぼす影響をあきらかにするため、表-2に示す4ケースのシナリオを設定し、ドライビングシミュレータによる走行実験を実施した。なお、本研究では「追い

越しができない状況での前の車にあわせて低速での追従走行」を渋滞とみなして実験を実施した。

表-2 走行実験のケース設定

ケース	実験条件	他車両速度
ケース 1	渋滞のない交通流	50km/h
ケース 2	渋滞	20km/h
ケース 3	渋滞	10km/h
ケース 4	渋滞 + 情報提供	10km/h

(3) 本研究課題では、危険事象発生過程の再現を企図した模擬運転走行実験を実施し、事故リスクを削減するための ITS 技術の適用可能性と実用化に向けた課題について、被験者の運転挙動を踏まえ明らかにした。具体的には、将来導入が想定され得る交差点での信号切替り時の音声による情報提供という ITS 技術が、ドライバーの運転行動に与える影響を分析した。また、比較対象として、従来より実施されている路側の看板設置による情報提供の効果も検証する。本研究では以下の仮説を掲げ、模擬走行実験を実施した。

[仮説 1] 前方視認性の影響に関する検証

音声による情報提供は、前方車両が乗用車である場合よりも、車両高があり前方の視界が遮られるトラックの場合の方が、交差点での停止に備える動作を早期に行い、結果として交通安全に寄与する。

[仮説 2] 情報提供方法の影響に関する検証

定常的に設置されている看板による情報提供よりも、ドライバー個別に提供される音声による情報提供の方が、相対的に安全な運転挙動となる。

上記の仮説を検証するため、前方車両が乗用車、トラックとなるケースを想定するとともに、図-2 に示す 4 パターンの実験を実施した。実験対象区間として、追突事故や急減速行動が多発している交差点を含む片側 2 車線の国道 1 号を模した道路を DS の仮想空間上に再現し実験に用いた。対象道路および交差点のイメージを図-3 に示す。交差点進入時の信号現示のパターンとしては、「青」・「黄から赤」・「赤」の 3 つを用意し、各交差点において、信号パターンをランダムに並び替えて実験を行った。被験者は自動車運転免許を有し、日常的に自動車の運転している 35 名であった。

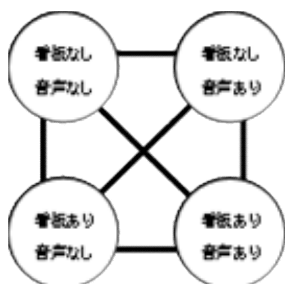


図-2 情報提供パターンの比較ケース



図-3 対象道路及び交差点のイメージ

4. 研究成果

本研究課題で得られた主な成果を 3 つのテーマごとに総括しておく。

(1) 本研究課題では、都市高速道路を対象として、交通事故率に対する統計分析に基づき、事故発生に影響を及ぼす可能性が高い要因について統計的分析を行い考察した。特に、「道路線形・構造要因」が「交通状況要因」に影響を与える構造を仮定した共分散構造分析結果について考察した。

交通状況の違いを考慮して一日を四つの時間帯に分割して分析を行った結果、朝時間帯では想定した関係が見られなかったものの、他の時間帯では「道路線形・構造要因」からの有意な影響が認められた。また各要因に大きな影響を与える変数は時間帯によって異なること、事故発生を引き起こす構造も異なることが分かった。そのため追突事故発生防止に向けた対策を行う際にこれらの時間帯毎に異なった対策・情報提供を行うことによって、より大きな効果が得られる可能性が示された。図-4 には分析結果の一例として、昼・夜時間帯における追突事故発生要因間の構造の推定結果を示す。平面線形の厳しさが交通流の不安定さに影響を及ぼし、それが追突事故発生の多寡に影響を及ぼす構造が示されている。

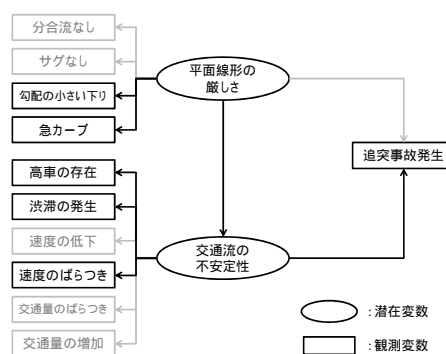


図-4 昼・夜時間帯の追突事故発生要因

(2) 2 つ目の課題として、交通要因を体系的に設定し、ドライビングシミュレータによる模擬走行実験を行い、運転行動及び脳血流動態の生理指標を計測し、運転負担の評価を行った。本研究では、脳活動と関連がある血流の変化をよく表す指標とされている oxy-Hb に着目し、その濃度長の変化量を用いて評価を行う。oxy-Hb 濃度長に関して、各コース中央 1200m(以下タスク区間という)に着目し、

タスク区間の濃度長の平均値とタスク区間前100mの平均値の差分を評価値として用いた。各ケースにおけるoxy-Hb濃度長変化量を図-5に、自覚症しらべのスコア変動率を図-6に示す。自覚症しらべは作業に伴う負荷の特徴と疲労状況の変化を捉えることを目的とした5件法の質問紙であり、今回は脳血流動態測定を基にした評価値と比較対照する。今回はスコアの変動率をとることによって実験前と各ケース走行後の変化に着目しており、これが高いほどそのケースの負担が大きいといえる。両評価値は、タスク区間内の他車両速度が低いケースになるにつれて値が増大しており、ケース間で同じような傾向を示していることが確認できる。このことからoxy-Hb濃度長変化量が運転に伴う負担の側面を反映している可能性が考えられる。

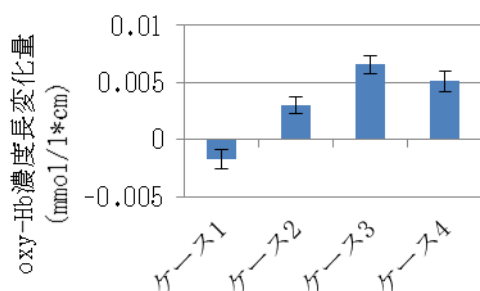


図-5 oxy-Hb濃度長変化量のケース間比較

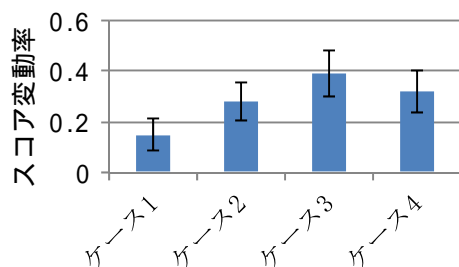


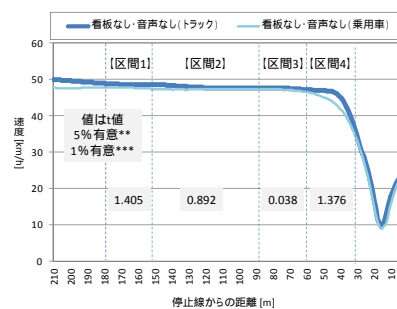
図-6 自覚症しらべスコア変動率

(3) 3つ目の課題では、危険事象発生過程の再現を企図した模擬運転走行実験を実施し、事故リスクを削減するためのITS技術の適用可能性と実用化に向けた課題について、被験者の運転挙動を踏まえ明らかにした。得られた知見を、3(3)で提示した仮説の検証という形で取りまとめる。

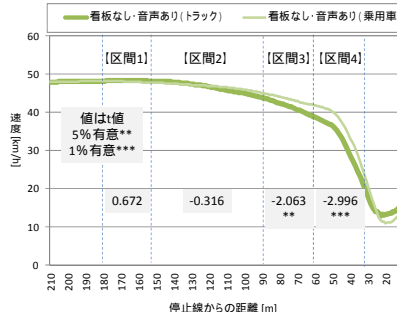
[仮説1]前方の視認性の影響に関する検証

平均速度の車種間・ケース間比較の結果(図-7に例示)より、基本的に平均的な減速挙動の傾向は情報提供の有無・看板の有無を問わず各ケースで共通であるが、音声による情報提供を用いた場合で、かつ、前方車両がトラックのケースでは、停止線近傍での速度が有意に低下しており、安全側の挙動を示す傾向にあることが確認された。これは前方の視界が悪いトラックの場合の走行の方が、提供される音声情報を頼りにして運転してい

る可能性があることを示唆するものである。また、停止線に近い区間3,4において、走行速度に有意な差が示され、前方車両がトラックの場合に急激な速度変化を示していることから、仮説1は支持されるものと考えられる。すなわち、音声による情報提供は、前方車両が乗用車である場合よりも、車両高があり前方の視界が遮られるトラックの場合の方が、交差点での停止に備える動作を早期に行い、結果として交通安全に寄与するといえる。



(a) 音声情報なし・看板なし



(b) 音声情報あり・看板なし

図-7 停止線からの距離別走行速度平均値

[仮説2]情報提供の方法による差の検証

交差点に差し掛かる前の情報提供において、看板よりも音声による情報提供を用いた方が速度の変化が緩やかになるとともに(図-8)、急ブレーキの発生が低減した(図-9)。つまり、音声による情報提供を行った方がドライバーに及ぼす影響が大きく、追突事故発生を抑制する効果が期待できることが示唆されており、仮説2についても支持される結果となった。

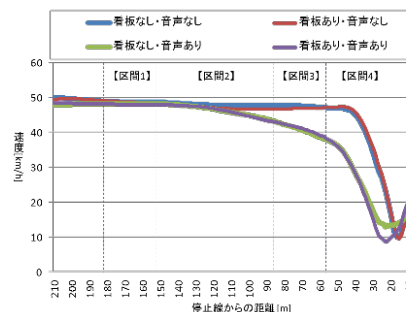


図-8 距離別走行速度の平均値

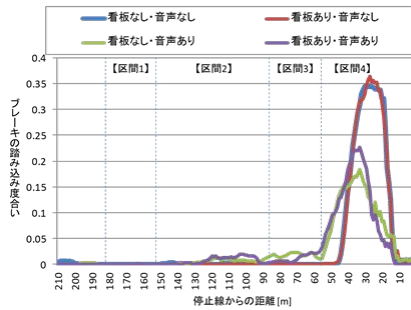


図-9 ブレーキ踏み込み度合いの平均値

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

中山達貴・中村俊之・宇野伸宏・山崎浩気・山村啓一：ドライビングシミュレータを利用した赤信号切り替わり情報提供時の車両挙動分析,土木学会論文集D3(土木計画学),査読有,Vol.71, No.5(土木計画学研究・論文集第32巻), pp.1_865-1_874, 2015.

http://doi.org/10.2208/jscejipm.71.1_865

仙田昂之・中村俊之・宇野伸宏・絹田裕一・北村清州：自動車専用道路事故多発区間における交通安全対策事業実施の車両挙動への影響分析,交通科学,査読有, Vol. 46, No.1, pp.3~12, 2015.

〔学会発表〕(計 2 件)

Takayuki Senda, Hiroki Yamazaki, Nobuhiro Uno, Toshiyuki Nakamura: The Study of Characteristics of Traffic Accident Factors in Inner-City and Inter-City Expressway, The 19th international conference of Hong Kong society for transportation studies (HKSTS), 2014.

仙田昂之・山崎浩気・宇野伸宏・中村俊之：共分散構造分析を用いた追突事故発生要因に関する基礎研究,土木計画学研究・講演集, CD-ROM, Vol.49, 2014.

中村正裕・谷口栄一・山田忠史・中村有克：脳血流動態測定を通じた渋滞走行時のドライバーの運転負担の評価に関する研究,平成27年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究代表者

宇野 伸宏 (UNO, Nobuhiro)

京都大学・大学院経営管理研究部・准教授

研究者番号：80232883

(2)研究分担者

谷口 栄一 (TANIGUCHI, Eiichi)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70252468

中村 俊之 (NAKAMURA, Toshiyuki)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：10419062

中村 有克 (NAKAMURA, Yuki)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：80589185

山崎 浩気 (YAMAZAKI, Hiroki)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：60612455

(3)連携研究者

なし