

事故多発多車線区間における危険挙動防止策検討のためのシミュレーション分析

Simulation analysis on driver's behaviors and effects of anti-accident measures to reduce dangerous lane-switching *

宮本賢治**・土井健司***・高井健一****・山下大輔*****

By Kenji MIYAMOTO**・Kenji DOI***・Kenichi TAKAI****・Daisuke YAMASHITA*****

1. はじめに

道路空間の高度利用に伴い車線運用が複雑化する一方で、運転者への適切な情報提供の不足により、運転者の迷い挙動が生じ、事故の発生につながるケースが見られる。香川県内においては、国道 11 号上天神交差点の立体化（平成 16 年 3 月）に伴い、そうした問題が顕在化しており、交通流の円滑化と安全・安心の確保を両立するための新たな方策が求められている。

本稿は、事故が多発する多車線区間における運転者の認知・判断・操作に着目して、事故発生のメカニズムを探ると共に、視覚的な誘導改良という観点から危険挙動防止に有効な対策案の検討結果を報告するものである。この検討は、四国地方整備局香川河川国道事務所が平成 19 年度香川県交通事故対策検討業務として、香川大学との連携の下に、ドライビング・シミュレータ（以下 DS）を活用して実施したものである。

分析にあたっては、上述の国道 11 号の上天神交差点の周辺区間を取り上げている。図-1 に示すように、この区間と国道 32 号との重複区間での交通事故件数は同事務所管内で最も多く、事故防止のためには運転者の適切な予測或いは認知に働きかける誘導策が求められる。

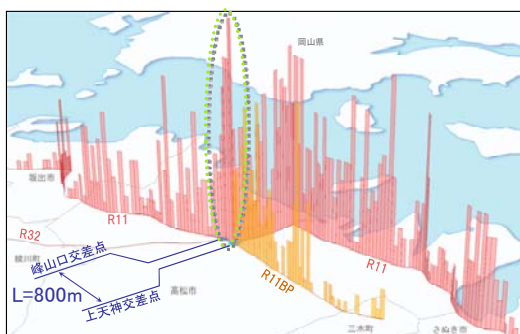


図-1 対象区間周辺の事故件数の分布

*キーワードズ：交通安全、交通行動分析、ドライビングシミュレータ

**：正員、工修、前 香川大学大学院

***：正員、工博、香川大学工学部

(高松市林町2217-20、TEL087-864-2165)

****：正員、四国地方整備局 香川河川国道事務所

(高松市高松町2422-1、TEL087-844-4319)

*****：正員、復建調査設計（株）高松支社

(高松市錦町1丁目3番9号、TEL087-826-1918)

車線誘導策は物理的構造改築と視覚的誘導改良に大別されるが、前者はコスト面や施工面での実施が難しいことから、本研究では後者の視覚的誘導策に着目し、検討を行っている。

2. DS走行実験の概要

(1) 実験区間の概要と実験の特徴

実験対象（図-2）とした国道 11 号の上天神交差点～峰山口交差点間（L≒ 800m）は、国道 32 号と重複する片側 3 車線道路であり、利用交通が集中・分散する区間である。区間交通量も約 55,000 台/日と香川県内のトップとなっている。

また、香川県内の直轄国道全体（約174km）における死傷事故件数が2,485件/年であるのに対し、実験区間が103件/年であり、延長比率が県全体の1%にも満たない区間に対して、県全体の約4%を占める事故が発生し、典型的な事故多発区間となっている。

実験区間は、主要な幹線道路であるため交通量も多く、事故対策メニューの試験施工を行い、効果を事前に評価して最良案を選定することは難しい。また、実走による挙動データを収集することは、被験者のみならず他車両の走行安全面からも実現性が低い。そこで、本研究では、実際の道路交通状況を厳密に再現したCGにより仮想空間を用いて対策案を検討し、DSを用いて模擬走行して詳細なデータを取得し、対策案の違いによるドライバーの運転挙動と心理状況の関連性を分析する。なお、CG画像で再現した実在区間での走行実験にあたり、本研究では体感加速度の再現性などに優れたMOVIC-T4Sを用いることとした。なお、このMOVIC-T4S¹⁾は平成18年度に香川河川国道事務所が導入し、暫定2車線高速道路の安全性の改善方策等の検討²⁾に活用を図っている。

(2) 実験の流れ

a) 事故対策メニューの抽出

実験区間の事故データ及び定点カメラによる交通流調査により、当該区間（上下方向別）における事故特性と危険挙動特性を把握した。この結果より、当該区間の課題は、ドライバーの迷い挙動や急な車線変更に起因し

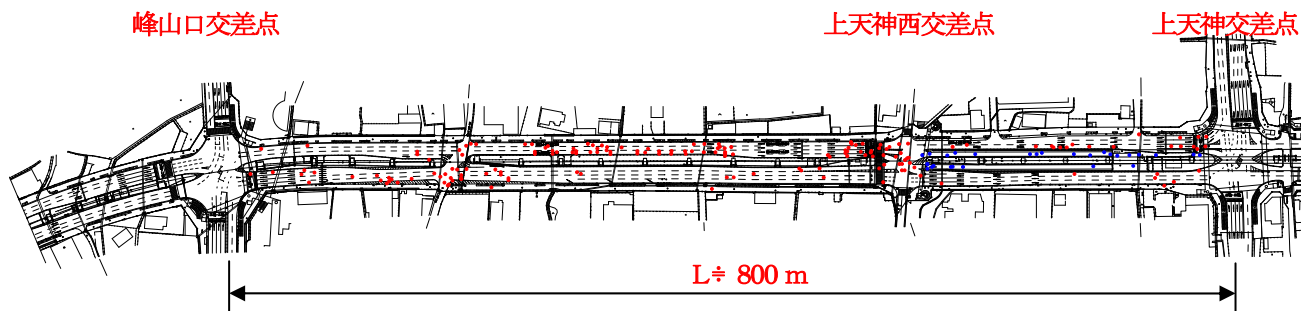


図-2 実験区間における事故発生箇所の分布

表-1 走行実験ケース対策メニューの組合せ設定

	行先表示	視線誘導
ケース1	行先路面標示	導流レーンマーク(短区間)
ケース2	行先案内標識	カラー舗装
ケース3	行先路面標示	導流レーンマーク(長区間)



図-3 対策メニューのCG画像

た追突事故の撲滅であると考えられるため、事故対策メニューとして、行先を明確にするための、行先路面標示の追加と行先案内標識の変更を、車線変更を抑止するための視覚的誘導改良として導流レーンマークとカラー舗装を抽出した。

b) DSデータの構築

対策メニューを組合せて、表-1のように3ケースのDSデータを作成した。

c) 実験方法

一般に、ドライバーの運転状態を表す概念は、「予測・認知・判断・操作」という絶え間ない心理的・生理的過程によって営まれるという「運転行動」がある。本研究における実験は、対策メニューを変えることにより、被験者の運転行動に及ぼす影響度合いの変化を計測できるように図-4のような手順で行った。

d) 走行実験

走行実験は香川大学工学部において2007年12月初旬(7日間)に行った。有効被験者数は27名で年齢構成は若年層20代9名、中年層30~40代9名、高齢層60代以上9名であった。実験では、被験者に『現況→ケース1→ケース2→ケース3』という順番で各ケース3回走行させ、挙動データを取得するとともに、走行に伴う意識(認知・判断)について、各ケースの走行終了直後にアンケート調査を行った。

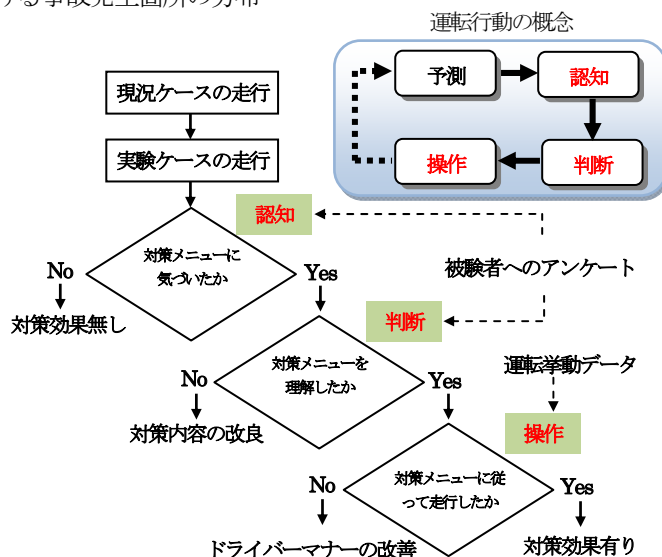


図-4 運転行動の概念に基づく実験方法

3. “走りやすさ”に関する影響分析

(1) 心理指標に基づく対策メニューの抽出

アンケート調査結果から得られた心理指標値に基づき、実験区間で発生している迷い挙動や急な車線変更に対して有効と考えられる対策メニュー案の選定を行った。

a) 対策に対する認知度

図-5は実験区間での対策メニューに対する認知度(走行中に対策の存在を認知した人の割合[%])を示したものである。まず、「行先路面標示」、「行先案内標識」といった行先表示に関するメニューに対しては、認知度が低く、この区間では対策の効果がほとんどないと考えられる。このことは、被験者の大部分が実験区間を実際に走行した経験があるため、行先表示を見なくても行先を知っていたことが原因と考えられる。次に、視線誘導に関するメニューのうち「導流レーンマーク(短区間)」はほとんど認知されず、対策の効果がないと考えられる。一方、「カラー舗装」と「導流レーンマーク(長区間)」は、ほとんどの被験者に認知されていることから、効果が大きいと考えられる。

従って、以後の対策案の評価は「カラー舗装」と「導流レーンマーク(長区間)」の二つの対策メニューの比較で行うこととする。

認知度

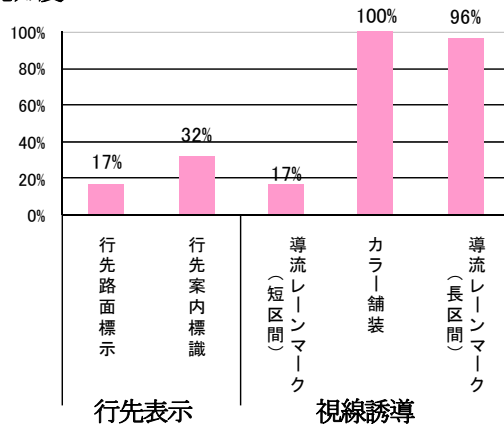


図-5 対策メニューに対するドライバーの認知度

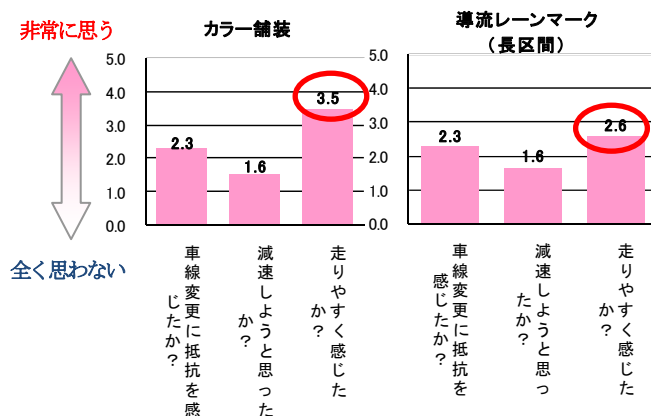


図-6 対策に対するドライバーの意識

b) 対策に対する判断度合

図-6 は「カラー舗装」と「導流レーンマーク（長区間）」の判断度合（対策の存在により判断した人の平均カテゴリー値）を示している。「カラー舗装」、「導流レーンマーク」共に、「車線変更への抵抗感」と「減速意思」が低い値を示しており、差もみられない。一方、「走りやすさ」についてみると、「カラー舗装」の方が高い値を示している。従って、車線変更や減速意思、走行性（走りやすさ）に対する判断面のうち、特に心理指標値の高い「走りやすさ」という側面から対策の有効性を考えると、「導流レーンマーク（長区間）」に比べて「カラー舗装」がより有効であるといえる。

(2) “走りやすさ”に対する影響要因

(1) の結果を受けて“走りやすさ”を目的変数とし、「対策案」、「年齢層」、「意識」、「運転挙動」を説明変数とした重回帰分析を行い、「走りやすさ」に対する影響要因を抽出した。その結果“走りやすさ”は減速意思や走行位置や走行速度といった運転挙動や道路空間が与える視覚といった運転行動特性によって影響されている傾向があるとわかった。このことから、対策案

表-2 “走りやすさ”に対する影響要因の分析結果

説明変数	推定値	t値
定数	-2.3114	-3.69
対策案		
ケース1	0.000	-
ケース2	2.5802	9.77
ケース3	1.3760	5.26
年齢層		
若年層(20代)	0.000	-
中年層(30~40代)	-0.5164	-3.09
高齢層(60代以上)	-0.2067	-1.09
意識		
減速意思	0.2388	2.95
挙動		
走行速度平均値	-0.0278	-2.15
走行速度標準偏差	0.0335	1.56
走行位置平均値	-0.6693	-2.24
走行位置標準偏差	-1.0824	-2.23
ブレ回数	-0.0553	-1.09
重相関係数	0.7209	
決定係数	0.5197	
サンプル数	159	

運転挙動要因

道路空間が与える視覚要因

の効果を評価するためには、対策案毎の運転行動データに基づく分析が必要であるといえる。

4. 対策案と運転行動との関係分析

(1) 運転行動および対策案の影響に関する仮説

本研究においては、実験区間での運転者の迷い挙動や急な車線変更に起因する追突事故に対して、事故対策案が図-7 のような影響を及ぼすことを仮定し、その検証に共分散構造モデルを適用する。まず、対策案、覚醒水準、運転挙動（走行位置、走行速度、車線変更）を潜在変数とした因果関係が存在するという仮説を設けた。すなわち、対策案がもたらす道路空間の変化が運転者の走行位置や走行速度、覚醒水準に影響を及ぼし、覚醒水準は走行位置と走行速度に影響を及ぼす。さらに、走行位置と走行速度は車線変更に影響を及ぼすと考えた。本研究では、共分散構造分析を用いて、この仮説の妥当性を検証し、追突事故防止に有効な対策案の検討を行うための共分散構造モデルを構築した。

(2) 仮説の検証

表-3 と図-8 は、図-7 の仮説に基づき対策案から覚醒水準への因果パス及び対策案から走行速度の乱れへの因果パスを除いた場合のモデルの検証結果である。これによると、すべての因果係数が期待された（妥当性のある）符号を示すとともに、統計的に有意な結果を示している。また、モデルの適合度を示す GFI 指標の値が 0.944、AGFI の値が 0.897 であることから、モデルの再現性も良好といえる。図-7 の因果関係図においては、対策案が走行位置のブレに影響を及ぼし、覚醒水準は走行位置のブレに正の影響を、走行速度の乱れに負の影響を及ぼしていることが読み取れる。対策案が覚醒水準に及ぼす影響については有意な影響は抽出されていない。

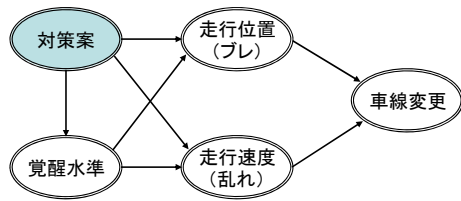


図-7 対策案と運転行動の因果構造仮説

表-3 対策案と運転行動の因果関係の検証結果

影響および因果パス	推定値	t値
(覚醒水準)→[SPL平均]	8.2055	3.29
(覚醒水準)→[SPL標準偏差]	0.3617	2.20
(対策案)→[ケース1]	0	
(対策案)→[ケース2: カラー]	0.4014	4.12
(対策案)→[ケース3: 導流レーンマーク]	-0.2774	-4.01
(乱れ走行)→[アクセル変動係数]	1	
(乱れ走行)→[速度標準偏差]	3.8344	5.45
(ブレ走行)→[ブレ回数]	1	
(ブレ走行)→[位置標準偏差]	0.3792	5.91
(車線変更)→[車線変更回数]	1	
(車線変更)→[走行位置平均]	0.0668	2.16
(覚醒水準)→(乱れ走行の抑制)	-0.0562	-2.77
(覚醒水準)→(ブレ走行の助長)	0.0906	2.48
(カラー舗装)→(ブレ走行の助長)	0.0545	2.31
(乱れ走行)→(車線変更の助長)	0.1708	2.60
(ブレ走行)→(車線変更の助長)	0.6688	5.59
GFI(適合度指標)	0.9435	
AGFI(修正適合度指標)	0.8965	
サンプル数	234	

() : 潜在変数 [] : 観測変数

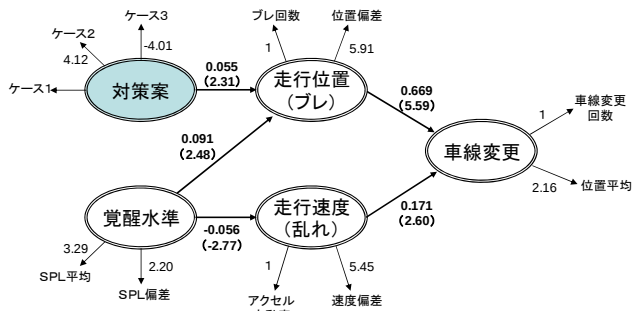


図-9 対策案と運転行動の因果関係図

これは、覚醒水準の低下が長時間の走行によるものか、対策によるものかの判別できなかったことに起因している。また、今回の設定したケースでは、対策案が走行速度に及ぼす因果パスは有意なものとはなっていない。

5. 対策案の有効性評価

図-9 の対策案と運転行動の因果関係図より、カラー舗装の区間を走行する際には、走行位置のブレが助長され、車線変更を促すという関係が読み取れる（図-9）。一方、導流レーンマークの区間を走行する際には、走行位置のブレが抑制され、車線変更が抑制されることが期待される（図-10）。以上の結果より、カラー舗装は、走行位置のブレを助長して車線変更を促す可能性が高く、

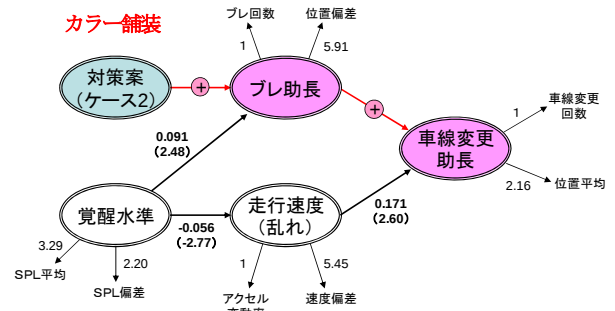


図-9 カラー舗装と運転行動の因果関係

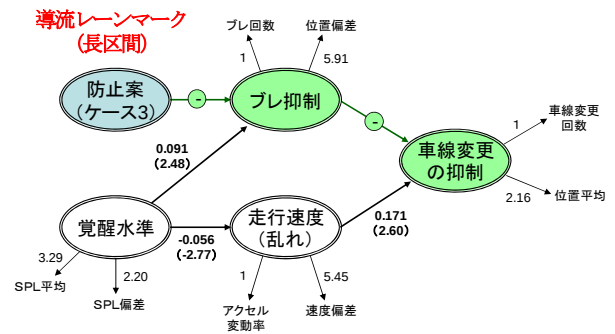


図-10 導流レーンマークと運転行動の因果関係

導流レーンマークは走行位置のブレを抑制し、車線変更を抑制する効果があることが示された。したがって、迷い挙動や急な車線変更を抑制するための対策案としては、導流レーンマークがより有効であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、多車線道路区間における交通安全対策の事前評価を DS 実験に基づき実施した。その結果、車線変更を抑止する効果として、導流レーンマークが有効であり、今回の実験で用いたカラー舗装の有効性については期待した結果が得られなかった。カラー舗装については、寒色系（青色と緑色）のみであったことから、暖色系に変更した場合に、寒色系の色とは違う効果が認められる可能性がある。この点については、今後より詳細な分析が必要とされる。

末筆ながら本研究の実施にあたり、事故データ等の提供及び対策案の検討にご協力頂いた香川県交通事故対策会議の委員の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平田ら: MOVIC-T4 を活用した都市内地下道路の走行安全性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol23, [4], pp.797-804, 2006.
- 2) 久坂ら: ドライビングシミュレータ (MOVIC-T4S) を用いた暫定2車線高速道路における運転者挙動と心理状況の関係分析土木計画学研究・論文集, Vol36, CD-ROM, 2007.