

DSを用いた高速道路速度超過防止対策の検討

平井 章一¹・Jian XING²・村重 至康³・寺崎 健雄⁴・松沼 毅⁵・大坪 裕哉⁶

¹非会員 (株) 高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)
E-mail: s.hirai.aa@ri-nexco.co.jp

²正会員 (株) 高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

³非会員 (株) 高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

⁴正会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)
E-mail: terasaki@oriconsul.com

⁵非会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

⁶非会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

本稿は、高速道路の交通事故に対し、ドライバーの認知や知覚、錯覚、意識など心理的・人間工学的見地に着目した交通安全対策手法について検証することを目的としたものである。

具体には、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行い、新たな交通安全対策や路面標示の効果をDS走行のログデータから検証した。また、DS走行後のアンケート調査を実施し、対策の主観的な評価や被験者の運転中の感覚などについて把握した。その結果、路面を用いて速度感を強調した対策に速度抑制の効果が確認できた。一方で、勾配を強調する対策については、被験者によっては下り勾配を上り勾配に錯覚する場合もあり、見え方に個人差が大きいことが明らかとなった。

Key Words :traffic safety,speed reduction measure, sequence design, DS, visual illusion

1. はじめに

近年、わが国における交通事故（人身事故）の発生件数は通減傾向にあり¹⁾、事故危険箇所や事故ゼロプラン等の施策により平成15年の948,251件から平成25年の629,021件と10年間で約32万件（約34%減）の削減となっている。しかし、高速道路に限れば平成15年に7,119件から平成25年の6,235件と10年間で約800件（約12%減）の削減状況であり、その削減量は小さく交通事故の削減が緊急の課題となっている。

また、高速道路の事故多発箇所について分類整理を行っている既往研究²⁾によると、事故多発箇所の41%が下り勾配の区間を有し、55%が平面曲線半径1,000m未満の急カーブ（Sカーブ含む）を有することが指摘されている。このことから、下り勾配かつ急カーブ区間へ集中的な対策実施により、効果的に事故を削減することが可能であると考えられる。

上記を踏まえ本稿では、新たな交通安全対策の立案とその効果検証を試みた。特に、ドライバーの認知や知覚、錯覚、意識等の心理的・人間工学的見地に着目した交通

安全対策についての効果検証を主な目的とした。具体には、路面や壁面等にシークエンスデザインを施すことにより、ドライバーの運転行動に自然に働きかけ、カーブ進入時の速度コントロールを促すことを目的とした。対策の効果検証は、ドライビングシミュレータ（以下「DS」と称す）を用いた走行実験を行い、走行時の速度の変化に着目するとともに、被験者に対し走行後にヒアリング調査を実施し、快適性や対策の認知状況等の主観的な評価も行った。さらに、1,000名の被験者に対して対策のVR動画を視聴してもらい、速度感や道路線形の見え方等について問うWEBアンケートを実施し評価を行った。

2. DS実験の概要

(1) 実験対象区間

DS走行実験を行うにあたり仮想空間（VR）の作成を行った。仮想空間ではあるものの、可能な限り現実に近い状態を再現するため、既に供用している高速道路の区間を選定しVRの作成を行った。区間の選定にあたっては、事故危険箇所のうち、下り勾配かつSカーブであり、分

合流やトンネル区間等の通常走行に影響を及ぼすと考えられる要素が含まれないよう配慮した。

上記の条件により事故多発箇所を選別した結果、中央道上り上野原ICから相模湖IC間を実験区間として設定した。当該区間は、Sカーブとなっており、2.7%の上り勾配の後に、1.2%~2.1%の下り勾配となっている（図-1）。

(2) VRで作成した対策案

対策案として表-1に示す7案（現況を含む）のVRを作成し、走行実験を行った。

下り勾配かつカーブ部での事故は、ドライバーが速度超過でカーブに進入し曲がりきれずに施設に接触する場



図-1 VR再現区間の概要（相模湖IC～上野原IC）

表-1 作成した対策案

対策	VRのイメージ	対策内容
パターン0 対策なし（現況）		—
パターン1 導流レーンマーク ⇒一般的な導流レーンマーク		平面イメージ：
パターン2 オプティカルバー ⇒路面標示の設置間隔が疎から密へ次第に変化させ速度が高くなっているように感じさせる		平面イメージ：
パターン3 大型視線誘導標（斜め） ⇒大型視線誘導標を斜めに設置することで道路面の下り勾配を強調		縦断イメージ： 下り勾配部に、水平面に対して斜めに大型視線誘導標を連続（等間隔）で設置
パターン4 ガードレール ⇒ガードレールにストライプを描いて下り勾配を強調		縦断イメージ： ガードレールに、水平面に対し斜め（15度）の赤色ラインを設置し下り勾配を強調
パターン5 遮音壁（ストライプ） 5.0度 ⇒遮音壁に水平ラインを描いて、水平線を強調することで道路面の下り勾配を強調		縦断イメージ： 遮音壁に青色ライン（水平面に対し5.0度）を設置し水平線を強調
パターン6 遮音壁（ストライプ） 0.5度 ⇒遮音壁に水平ラインを描いて、水平線を強調することで道路面の下り勾配を強調		縦断イメージ： 遮音壁に青色ライン（水平面に対し0.5度）を設置し水平線を強調

合や、下り勾配によりドライバーが予測している以上に車両が自然に加速してしまいハンドル操作を誤る場合等が考えられる。そこで実験では、速度感を強調する対策、勾配を強調する対策の2つの視点で対策を立案した。

オプティカルバー（パターン2）は、路面標示の設置間隔が次第に密になっていくものである。これにより、一定速度で走行していてもドライバーには次第に速度が高くなっていくように感じられる。大型視線誘導標（パターン3）は、本来鉛直に立っていると認知している視線誘導標をわずかに傾けて設置することで、ドライバーは大型視線誘導標が鉛直であり路面が下り勾配となっていると感じさせることを狙ったものである。ガードレールや遮音壁への着色も、水平を強調することで路面の勾配を強調することを狙ったものである。

(3) 被験者及び交通状況

DS実験は、高速道路の利用者特性、交通事故の当事者割合等を考慮し、20代から40代の男女20名（男性16名、女性4名）により行った。

当該車両以外の周辺の車両については、周辺の車両により被験者本来の走行に影響を及ぼさないようにするた

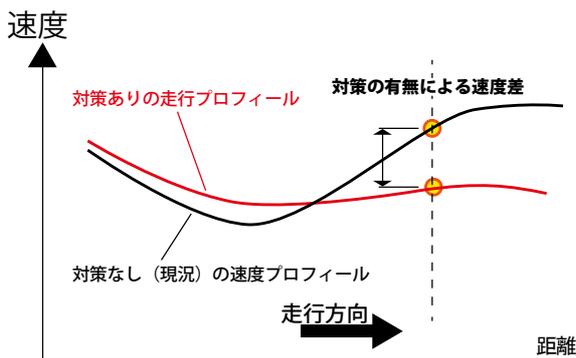


図2 対策の有無による速度変化の分析イメージ

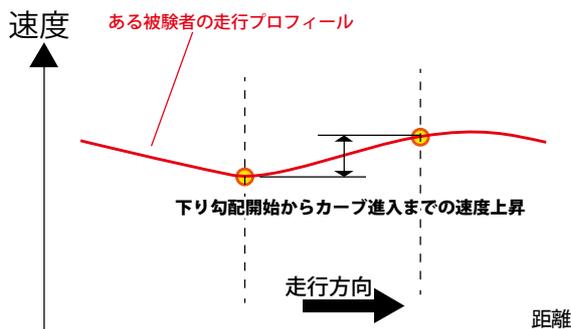


図3 カーブ進入までの速度上昇状況の分析イメージ



図4 DS実験の様子

め、本DS実験では当該車両以外はVR内には再現していない。ただし、被験者による走行速度のバラツキを可能な限り抑えるため、実験走行の初速度を90km/hに設定し実験を行った。

(4) 評価項目

DSの走行ログデータを用いて、走行速度の変化に着目した評価を行う。

対策の有無により速度がどの程度抑制されたかを把握するため、各被験者について対策なし（パターン0）と対策あり（パターン1～6）との速度に着目した（図-2）。

また、下り勾配かつカーブ区間における交通事故については、自然に車両が加速してしまうのに対し、カーブ進入時に速度をコントロールして安全な速度でカーブに進入することが重要であると考えられる。そのため、分析では下り勾配開始地点での速度とカーブ進入時の速度差に着目し、対策により自然な速度上昇がどの程度抑えられたかを評価項目の一つとした（図-3）。

(5) 実験方法

各被験者には、DSの操作に慣れてもらうため、実験走行の前に練習走行を実施した。これは、練習用のコースを用いてハンドル操作やアクセル・ブレーキの感覚をつかんでもらい、普段の運転行動と近い状態となるようにするためのものである。

練習走行後に、各対策（7案）について走行実験を行った。各走行後には、被験者に対し実験目的が把握されていない程度（直感的な走りやすさや感想等）の簡単なヒアリングを実施した。さらに、すべての走行を終了した後に、DSでの走行状況を撮影したビデオを確認しながら縦断線形の見え方等についての聞き取り調査を行った（図-4）。

3. DSIによる対策案の評価

(1) DSのログデータによる評価

図5は、各走行について対策なしと対策ありの場合のカーブ進入速度の差を示したものである。対策なしに比べ速度差が負の値となっていれば、対策なしに比べ速度が抑制され対策の効果が発現していると考えられる。対策を比較すると、導流レーンマークが-1.77km/hと最も現況との差が大きく、現況に対して速度が低下している。速度差の分布に着目すると、速度感を強調する導流レーンマーク、オプティカルバーは他の対策に比べマイナス側に分布している割合が高く、速度抑制効果があると考えられる。一方、勾配を強調し速度抑制効果を狙った対策案（パターン3～6）については、対策によりばらつきがあり、遮音壁の着色したパターン6では、対策なしよ

りも速度増加側に分布していて、対策前より速度が上昇している。ガードレールは、最小値が比較的に低く、中央値も他に比べわずかに低く若干の効果が確認できた。ガードレールに設置した大きなストライプの効果とともに、赤色の注意喚起のイメージによりドライバーに注意を促した可能性も考えられる。勾配を強調した対策において効果にばらつきがみられた要因として、後述するヒアリング調査では、道路が下っているように見えた被験者と、逆に上っているように見えた被験者も存在したことで速度コントロールの方法が加速と減速に分かれたこ

とが要因のひとつであると考えられる。

一方、図-6は下り勾配開始位置とカーブ進入位置での速度の差を示したものである。対策を実施していない現況（パターン0）は、カーブ進入までに中央値で6.45km/h加速している。対策で最も効果が高かったものはオプティカルバー（パターン2）であり中央値4.55km/hと最も速度上昇が抑えられており、75%タイル値等の比較的の高い速度が抑えられている。次に効果があったのは、導流レーンマーク（パターン1）5.70 km/hであった。ガードレール（パターン4）は、速度分布の幅も大きく効果にばらつきみられる。遮音壁への着色（パターン5, 6）は速度上昇側に分布しているため、速度抑制効果は他の対策に比べて低いと考えられる。

DS実験により現れた速度差について、分散分析により有意差検定を行った（表-2、表-3）。その結果、有意差は認められなかった。この要因として、被験者数20人に対し、同じような傾向で速度上昇が抑えられたわけではなく、被験者によって効果の現れ方に差が大きかったことも要因のひとつと考えられる。

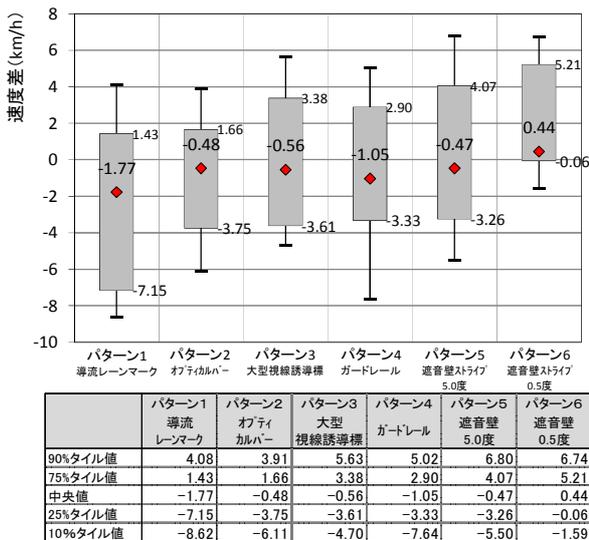


図-5 対策の有無による速度変化

表-2 対策の有無による速度変化（分散分析表）

因子	平方和	自由度	平均平方	F値	P値
誤差	113.6465	5	22.7293	0.696	0.6277
全体	3069.5552	94	32.6548		
全体	3183.2017	99			

(2) ヒアリングによる評価

図-7~11は、各対策の勾配の感じ方や速度感等についてDS実験の被験者へヒアリングを行った結果である。

導流レーンマークは、速度を速いと感じた人の割合が高く、スピードを下げたいと感じた人も多い。しかし、走りやすいと感じている割合が低く、緊張感を感じている人の割合が高い。

オプティカルバーは、速度感、スピードを下げたいと思う割合が低い。走りやすいと感じている人が多くドライバーへの負担が少ない。

遮音壁への着色は、スピードを下げたいと感じる人が多い。しかし、走りやすいと感じている人の割合が低くなっている。

また、その他の対策では、ガードレールへの着色が下り勾配に感じている割合が比較的に高い。また、ガードレールは、赤色で着色を行ったことで注意喚起のイメージにつながり速度を下げたいと感じている回答者の割合が高くなっていることも考えられる。大型視線誘導標は、下り勾配を強調する目的の対策として立案したが、上り勾配に見えている回答者の割合が高くなっている。

図-12は、VRの走行動画をWEB画面で視聴し、その見え方についてアンケートを行った結果である。WEBアンケートでは、各対策による縦断線形の見え方の違いは少なく、各対策で20%前後の回答者が上り勾配に見えている回答している。その一方で、同じく20%前後の回答者が下っているように見えると回答しており、半数以上は勾配を感じていない。ガードレールが下り勾配を感じる割合が高いのは、DS実験の被験者へのヒアリングと

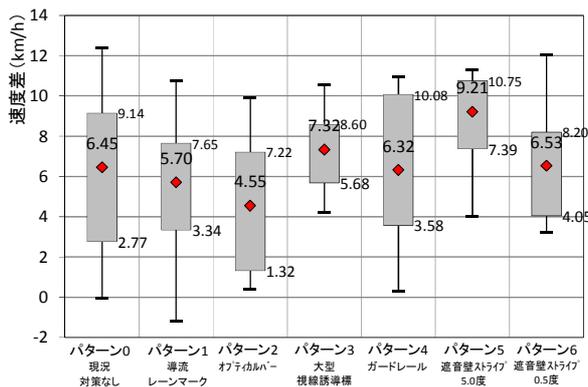


図-6 カーブ進入までの速度上昇状況

表-3 カーブ進入までの速度上昇状況（分散分析表）

因子	平方和	自由度	平均平方	F値	P値
誤差	131.4300	6	21.9050	1.2468	0.2879
全体	1985.2165	113	17.5683		
全体	2116.6465	119			

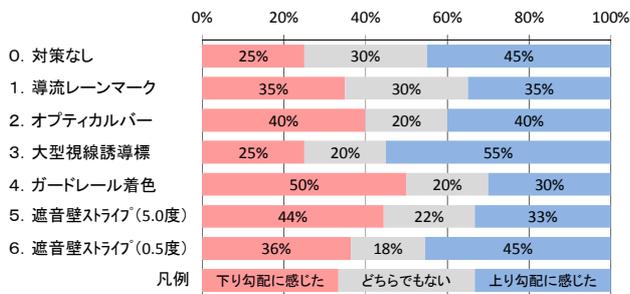


図-7 下り勾配だと感じた人の割合

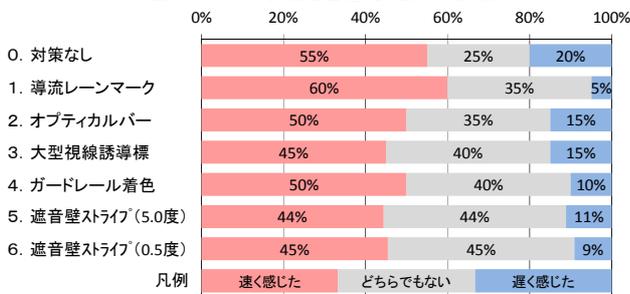


図-8 速度が高いと感じた人の割合

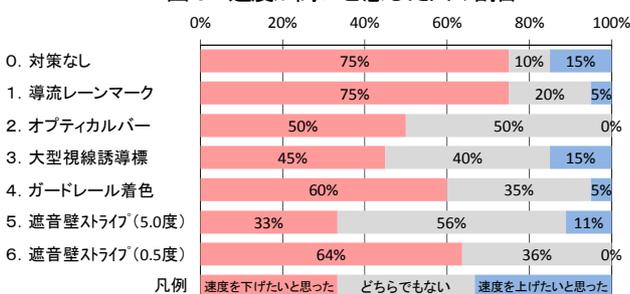


図-9 速度を下げたいと感じた人の割合

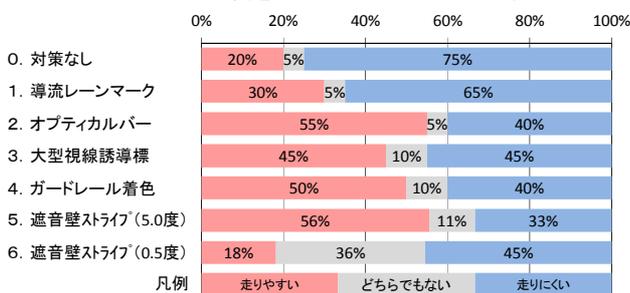


図-10 走りやすいと感じた割合

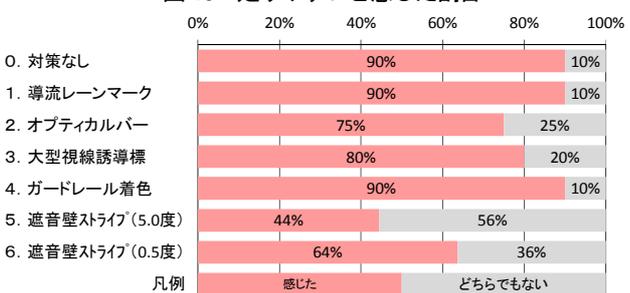


図-11 走行中に緊張を感じるか

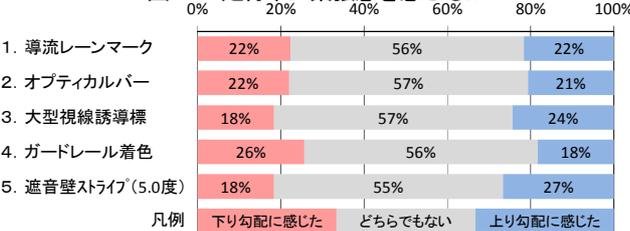


図-12 下り勾配だと感じた人の割合 (WEB アンケート)

同様な傾向である。しかし、DS実験の被験者アンケートでも上りに感じている回答者の割合が一定数存在することもあり、勾配の見え方については個人差が大きいと考えられる。

WEBアンケートにおいて、対策によって勾配の見え方に大きな差が現れなかったのは、WEB上の限られた画面で動画を視聴して回答していることが要因のひとつと考えられる。

4. おわりに

本稿では、DSを用いて安全対策の評価を行った。その結果、速度を抑制する場合には路面等を用いて速度感を強調する対策が、下り勾配を強調する対策よりも速度抑制効果が高いと考えられる。また、縦断線形については、個人により見え方に差が大きいことが分かった。これは、用い方によっては速度超過を助長する可能性もあることを示している。

本稿では、さまざまな対策に対しDS実験を実施したが、設置する路面標示のピッチや、設置範囲、設置位置等について検討し、より効果が発現する対策へと最適化することが今後の課題である。

謝辞: 対策の検討に多大なるご協力を頂いた明治大学大学院先端数理科学研究科 杉原特任教授、武蔵野大学環境学部環境学科 友枝准教授に謹んで感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 警察庁;平成25年中の交通事故発生状況,2014年2月,警察庁HP.
- 2) 平井章一ほか;「都市間高速道路における事故多発箇所の特徴分析」,土木計画学研究・講演集,CD-ROM,Vol.49,2014年6月.
- 3) 足立幸郎ほか;「シークエンスデザインを用いた速度抑制対策の効果とその実験的検証」,土木学会論文集D.Vol. 66 (2010) No.1. pp.27-39.
- 4) 韓亜由美ほか;「高速道路におけるシークエンスデザイン‘オプティカルドット’による走行制御効果の長期検証」,生産研究 64(2), pp.297-302, 東京大学生産技術研究所,2012年.