

逆走対策の定量的評価

山邊 茂之¹・鈴木 高宏²・長谷川 史彦²・松本 章³・武山 和典³・
濱中 拓郎⁴・石川 正樹⁴・宮田 輝星⁴

¹正会員 東北大学准教授 未来科学技術共同研究センター (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-10)
E-mail: shigeyuki.yamabe.d1@tohoku.ac.jp

²非会員 東北大学教授 未来科学技術共同研究センター (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-10)
E-mail: suzuki@niche.tohoku.ac.jp, hasegawa@niche.tohoku.ac.jp

³正会員 国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所 (〒982-8566 仙台市太白区あすと長町4丁目1番60号)
E-mail: matsumoto-a82ac@milit.go.jp, takeyama-k82ac@milit.go.jp

⁴正会員 日本工営株式会社 (〒980-0803 宮城県仙台市青葉区国分町3丁目1番11号)
E-mail: a3478@n-koei.co.jp, a5249@n-koei.co.jp, a7339@n-koei.co.jp

国土交通省では「2020年までに高速道路での逆走事故をゼロに」を目指しているが、2015年の逆走の発見数は過去最高となり増加傾向にある。逆走を起こすのは65歳以上の高齢者が7割を占め、疾病を持っているドライバーとは限っていない。そのため、対策を講じれば一定の効果は得られるが、どの対策が効果的なのか定量的に示すことが難しく、対策案が様々存在する。宮城県の三陸自動車道では、一部無料高速道路として開通しており、逆走は年平均11件発生している。三陸自動車道河北ICを仮想空間(CG)で再現し、高齢者を対象としたドライビングシミュレータ走行実験により、既存の逆走対策の効果検証を行った。ドライバーのステアリング角、軌跡などの数値から逆走を未然に防ぐ対策を示した。実験結果に基づき、実際の河北ICに対策が施工される。

Key Words : *wrong-way driving, the elderly, driving simulator*

1. はじめに

逆走の発見件数が平成27年では、259件と過去最高となった。これはインフラ整備が進み、カメラの設置台数の増加に伴い、逆走する車両の発見数が増えたのも要因の一つではあるが、主は超高齢社会と言われ高齢ドライバーの増加が起因していると言える。高速道路での逆走は、高速道路事故全体と比較して、死傷事故になる割合が4倍、死亡事故は40倍と重大な事故に結びつく可能性が非常に高く、高速道路各社で対策実施も下げ止まりとはなっていない。国土交通省では「2020年までに高速道路での逆走事故をゼロに」¹⁾を目指しているが、一部無料の高速道路では、料金所がない出入口のため誤進入により逆走が起りやすい環境となってしまう。無料高速道路も今後増える傾向にあり、宮城県の三陸自動車道では既に一部無料高速道路として開通している。この区間では、出入口に料金所がないため、出口に誤進入してしまうケースやSAエリアから本線へ出る際に来た道に行ってしまう

ケースなど年平均11件、平成22年から平成26年の5年間で55件の逆走が発生している。

本研究では、既に実施されている逆走対策の中で効果的なものをドライバーの操作量から検証するため、実際に逆走が起きた三陸自動車道の河北IC付近をCGで仮想空間を構築し、逆走対策をそれぞれ実装させ、ドライビングシミュレータ走行実験から逆走対策を定量的に評価を行い、本稿の結果を元に実際の河北ICに逆走対策として施工することを目指す。本稿の目的は、逆走を起こすメカニズムの解明ではなく、逆走を未然に防ぐための対策案の導出と導入にある。

2. 既存の逆走対策の選定

逆走の発生は、高齢に伴う認知機能の低下が主と仮定すると、逆走を引き起こすヒューマンエラーは、運転行動「認知・判断・操作」に起因するもので、それに対応した逆走を引き起こす要因は、

- ・ 要因 1 (認知ミス)
→道路構造を正しく認知できていない
- ・ 要因 2 (判断ミス)
→道路案内の内容を正しく判断できていない
- ・ 要因 3 (操作ミス)
→運転操作がうまくできていない
- ・ 要因 4 (予測の欠如)
→運転時の注意力が低下し、予測が不十分
- ・ 要因 5 (要因 1 と 2 の複合)
→認知・判断にかけられる時間が不足する
- ・ 要因 6 (要因 1 と 4 の複合)
→予測の不十分に加え認知が遅れ行動が遅れる

として、この要因に対応した対策案を講じることで、逆走を引き起こす可能性を低減させる。ただし、重要な点としては、画期的な新しい対策を施すのではなく、直ぐに現場に反映できる対策であるために、既存を使用し組み合わせる最も良い対策を示していくことにある。

具体的な対策案としては、既存の対策案を元に

- ・ 対策案 1 : IC 流入部の視認性向上のために中央分離帯に「ラバーポール」の設置 (対要因 1)
- ・ 対策案 2 : 認知向上のために「看板」の設置. 看板は矢印, 矢羽根, 文字の 3 種を検討 (対要因 2, 4)
- ・ 対策案 3 : 操作ミス低減を狙った路面カラー舗装による誘導 (対要因 1, 3)
- ・ 対策案 4 : 案内看板のデザイン変更 (対要因 5)
- ・ 対策案 5 : 路面標識を拡大 (対要因 6)

を走行シナリオを複数用意し、各シナリオに対策案を導入して仮想空間で再現する。仮想空間で再現した対策案を図-1にまとめる。

対策案 1 では、IC 流入部の入口と出口の境界に赤の視認性の高いラバーポールを設置した。

対策案 2 では、旋回直前に視野に入りやすい IC 入口の側壁に案内板と矢印板を設置した。一番良く取られている対策案である。

対策案 3 は、路面カラー舗装を 2 種類検討した。車線をフル舗装した対策案 3-1 と車線外側のみを塗装し、車両が走行してカラー舗装が剥がれず持続性を上げる目的とした対策案 3-2 を考えた。対策案 3-2 は、既存の対策案 3-1 の応用で、この対策案 3-2 は今回唯一の逆走対策提案型である。

対策案 4 は、看板のデザインを変更し、現況は道路構造通りの案内板だが IC は迂回しないと入れないと錯覚を起こす可能性があったことから、直感的にシンプルな矢印案内と高速道路を緑で表現していることが多いため色も統一した。

対策案 5 は、IC 出口路面に大きめの路面標示を入れて、出口に入る直前で気づいてもらう目的の対策案である。

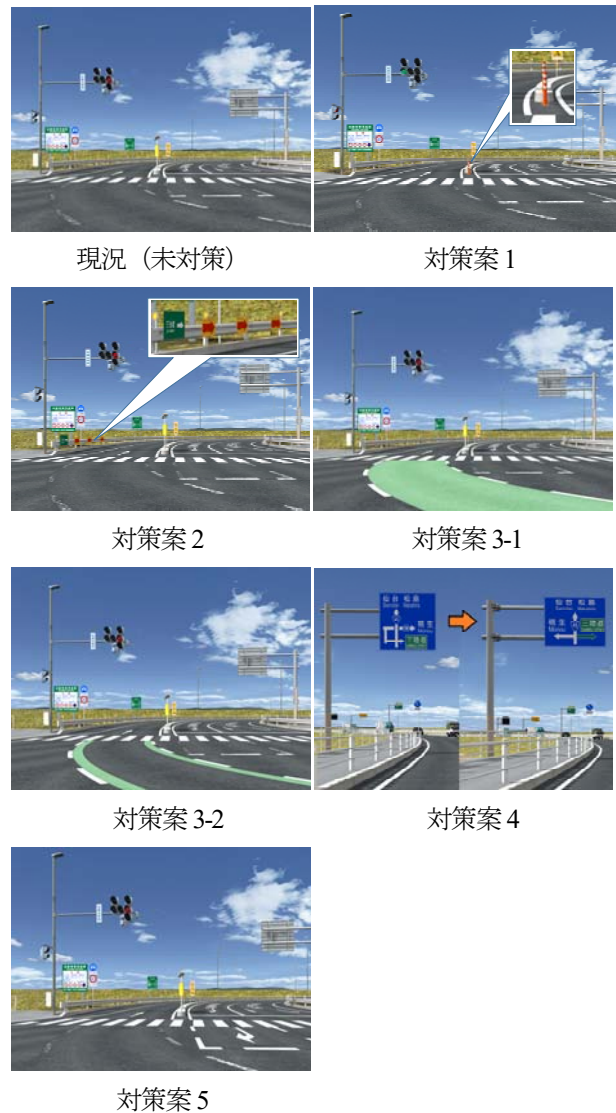


図-1 逆走対策案

3. 走行実験概要

(1) ドライビングシミュレータの活用

対策案を実際の現場で実施するのは、設置や交換、通行規制して実験を行うなど制約が多く、多くの方を対象とした実験が難しくN数確保が困難となる。そこで、被験者であるドライバを変えても同じ環境条件が提供可能なドライビングシミュレータを活用する。ただし、実際の運転や風景などがかけ離れたものでは、単なるゲームとなってしまうことから、図-2に示す動揺装置が付いたドライビングシミュレータにより、運転操作に連動して車両の動作が再現され、動作によりドライバに加速度を与えることで実際の車両を運転している感覚をドライバに持ってもらう装置を今回用いた。

ドライビングシミュレータの諸元を表-1にまとめる。キャビンはフルボディを備え、車内も実車と同じ環境となっている。スクリーンは正面150インチで視野角140度を確保している。



図-2 ドライビングシミュレータ外観

表-1 ドライビングシミュレータ諸元

	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
稼働範囲	-200mm~ +180mm	-190mm~ +190mm	-190mm~ +230mm	-12deg~ +12deg	-12deg~ +11deg	-11deg~ +11deg
最大速度	300mm/s	300mm/s	300mm/s	20deg/s	20deg/s	20deg/s
最大加速度	0.5G	0.5G	0.5G	-	-	-

(2) 実験場所の仮想空間構築

三陸自動車道河北 IC 出入り口の交差点周辺約 100m は現況の線形・道路構造等を実際の施工時の CAD データを元に CG で仮想空間を構築，一般道から IC への流入に関わる挙動・視距を考慮し，助走区間およびダミー区間の構造等についても可能な限り現況の構造に従って構築した。図-3 に構築した仮想空間 TOP ビューを示す（再現された仮想空間における IC 付近交差点は図-1 を参照）。

走行スタート位置は助走区間（下り方向）とし，IC には，現況再現区間で車線変更して交差点部で右折して入る。車線変更から IC 入口までは1車線となる。逆走を起ししやすい要因としては，図-1内現況に示す通り，IC 入口は1車線，出口が2車線であり，出口部分に車が停止していないと2車線ある出口に誤進入が発生しやすい構造になっている。交差点の信号機は現況のサイクルと同じにしている。IC から一般道に降りてくる，つまり出口に停車車両はなしとした。走行実験の際は先行車両，後続車両，対向車両など走行させて現実に近い交通流を発生させた。

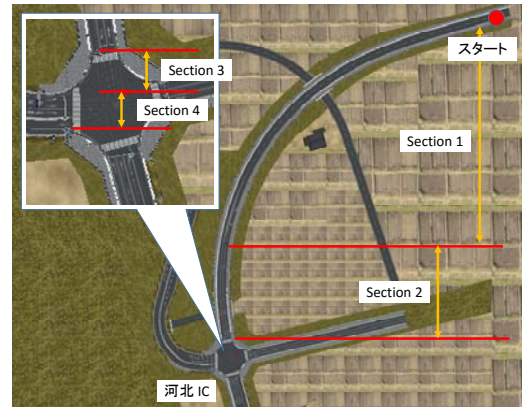
逆走の発生時間帯を三陸道維持出張所管内逆走車両統計（平成22年から26年）によると，夜における視認性低下に伴うものではなく，9時から15時と昼間に多いことから，実験は昼間の時間帯で検証を行う。

(3) 実験被験者

実験被験者の性別，年齢構成は，宮城県内の免許人口の割合より65歳以上の高齢者を27名（男性20名，女性7名），65歳未満の非高齢者を7名（男性5名，女性2名）とした。34名の中には普段から河北ICを利用する方や今まで走行したことが無い方を含ませている。実験前に実



河北IC付近航空写真



河北IC付近CG

図-3 河北IC CGシナリオ

験被験者にインフォームドコンセントを実施して同意を得てから実験を行っている。なお，本実験は，東北大学大学院工学研究科ヒトを対象とする研究に関する倫理委員会の承認（承認番号15A-6）を得て行った。

高齢者になると運転特性にばらつきが顕著となることから，今回の実験被験者の運転スタイルチェックシート（DSQ）を図-4に示す。帯となっている範囲は，人間生活工学研究センター（HQL）から公表されている全国平均値

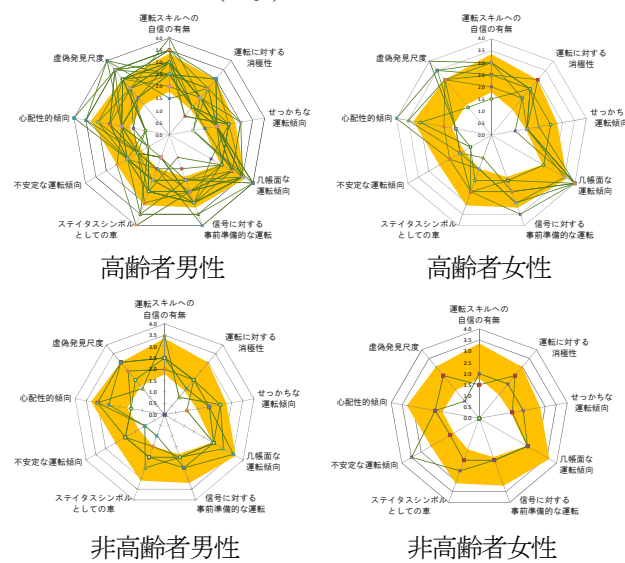


図-4 実験被験者運転スタイルチェックシート

の範囲²⁾である。高齢者男性は、虚偽発見尺度が平均より高めで、逆に心配性的傾向にばらつきがあったが、平均的な運転スキルと言える。高齢者女性は、几帳面な運転傾向が強く、これに対応して心配性的傾向も高めで安全運転を行う傾向と言える。非高齢者男性は、6名と少ないが全員平均範囲であった。非高齢者女性も2名と少なく、1名は不安定な運転傾向が強く運転が得意でない傾向と言える。

この結果から、逆走が年齢による認知低下による要因が強くであるのか、運転スキルの低さが要因で引き起こされる可能性があるのかを比較検討を行っていく。

(4) 実験手順

実験は、ドライビングシミュレータに慣れてもらう練習走行を2回行い、その後一人10回構築したシナリオを本実験として走行してもらった。1回の走行時間は5分弱で、二人一組で一人が走行している最中はもう一人はドライビングシミュレータから降りて休憩し、これを交互に行ってもらった。シナリオは、1シナリオに図-1に示す対策案を1つまたは2つ入れて、シナリオも実験の順序効果を無くす配慮として同じシナリオを連続で行うことはなく、また、実験被験者ごとにシナリオ順を変えた。さらに、図-3北側からスタートするシナリオに加えて、一部、南側からスタートするシナリオを織り交ぜるなど実験手順を工夫して実施した。

実験被験者への教示は具体的な指定は行わず、「市街地に適した速度」と「三陸自動車道にお進み下さい」のみとした。

(5) 定量的評価指標

逆走対策が有効か否かは、

- ①交差点内を理想的な運転行動を行ったか
- ②多くのドライバが同様の運転行動をすることが逆走リスクの低下に繋がる

と仮定して、逆走対策を①②の視点から評価を行う。①の理想的な運転行動とは、道路構造と道路幅が決まっているため、道路幅の中心を走行し、なおかつカーブなどは道路構造から、その曲率に合ったハンドル角となっているかである。よって、定量的評価指標としては、車両データの車両軌跡、ステアリング角度、ブレーキ頻度を取得し、“対策実施後の走行が理想の状態にどれだけ近づいたか”、“ドライブごとの行動のばらつきがどれだけ減ったか”の観点から数値で比較を行う。

指標となるデータの箇所としては、図-3中に示す区間3の交差点から交差点内停止位置までと区間4の交差点内停止位置付近からIC流入部までに分け、この区間のデータを用いる。

4. 逆走対策案定量的評価

(1) 年齢比較

3章(3)の実験被験者の運転スタイルチェックシートから年齢による差をまずはまとめる。データは区間3で交差点進入の速度とステアリング角を示し、区間3の行動結果が反映される区間4での道路幅中央からの逸脱距離を示す。

a) 速度

区間3の平均速度の年齢別平均値を図-5に示す。全シナリオにおいて約20km/h前後で交差点に進入しており、高齢者と非高齢者では差はなかった。

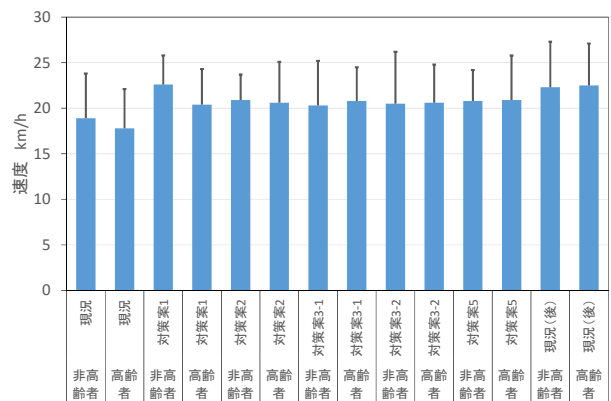


図-5 年齢別区間3の平均速度

b) ハンドル角

区間3の平均ハンドル角の年齢別平均値を図-6に示す。ハンドル時計回りがマイナス値となる。河北ICは、図-3から交差点を右折して進入する進路となり、右折途中で視覚的には図-1に示す通り、IC入口が左側、出口が右側に見ることができる。進入する際、ハンドルを回しすぎると出口に進む恐れがあり、逆走を引き起こすきっかけにも成り兼ねない。図-6から有意差があるとはいえないが、高齢者は非高齢者よりステアリング角が大きく、曲がり過ぎる傾向にあり、シナリオによっては非高齢者より約2割多く回している場合もある。a)において、

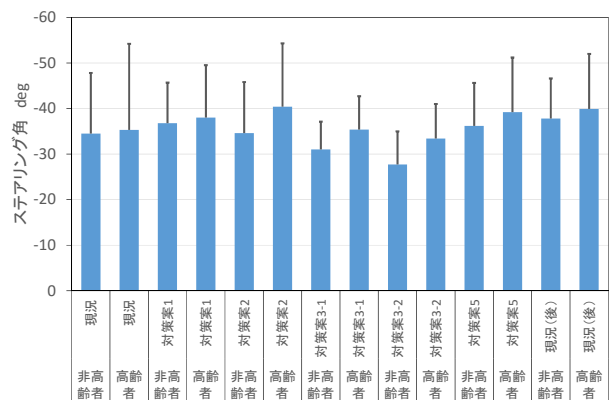


図-6 年齢別区間3の平均ステアリング角

速度は高齢者と非高齢者では差がなく、ステアリングで差が出たことで、進むコースが内側寄りになることが分かる。次項では、そのズレの距離を求める。

c) 道路幅中心位置からの逸脱距離

本項の中心位置からの逸脱距離とは、道路幅の中心と車両中心のズレを算出する。ズレがなければ、道路の中心を走行し、道路線形に沿った運転ができていくことになる。逸脱距離は、区間3の進入行動の結果が反映される区間4のデータをまとめる。まとめた結果を図-7に示す。道路中心右側が正で、河北IC付近の右折車線幅は3.0mなので、中心から道路端までは1.5mとなる。

b)から高齢者の方がステアリングの操作量が大きい傾向を示し、その影響が走行軌跡にも表れており、全てのシナリオにおいて高齢者の方が中心からズレて走行しており、交差点を内側寄りに走行していることになる。エラーバーが長い箇所は、IC出口に進みかけ逆走を起こしそうな場合があった。

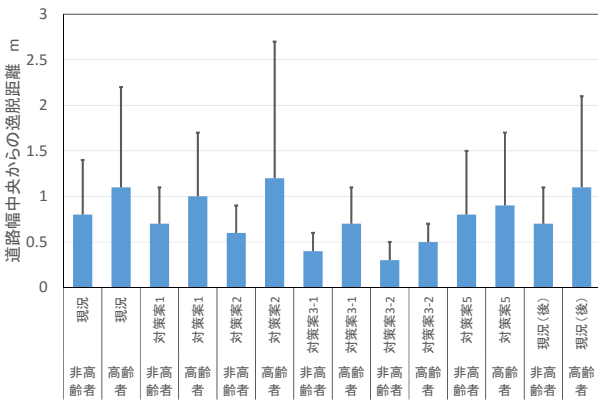


図-7 年齢別区間4の平均逸脱距離

年齢別比較結果をまとめると、高齢者と非高齢者と違いは、交差点進入時点でハンドルを大きく回し、IC入口に鋭角に進入する傾向があり、人によっては入口の隣にある出口に向かって走行しているケースもあった。この行動が逆走を引き起こす要因の可能性があると言える。この行動を抑制する対策案が3-1、3-2であり、その成果も図-7から見られることから、次節に対策案ごとの結果を示す。

(2) 対策案比較

本実験の目的である逆走に有効な対策案の定量的評価において、高齢者と非高齢者のデータから対策案ごとの比較を行い、一番良い対策案を示していく。逆走は突発的に起こる事象と思われることから、まとめるデータとしては最大値で検証する。

a) 速度

区間3における最大速度の平均値を図-8に示す。対策案1とは本実験1回目走行であり他の対策案と比べて慎重

さがうかがえる。対策案2から6は、図-5の平均値と比べても最大値が+5km/hとほぼ同じ速度で減速して交差点に進入できていることを示す。

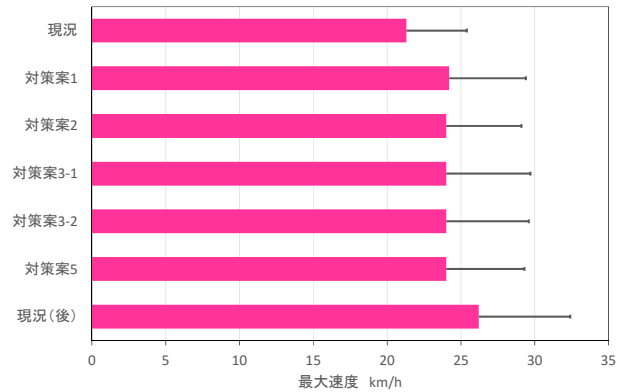


図-8 対策案別区間3の最大速度

b) ハンドル角

区間3の最大ステアリング角の平均値を図-9示す。全ての対策案において図-6の平均値よりも約3倍の入力があったことになる。最大ステアリング角が最も小さかった対策案2は、交差点に進入して右折動作をする際に視界に入りやすい対策であり、目的地が定まりステアリング操作が少なく済んだ。次に良かったのが対策案3-1であり、路面カラー舗装の対策では道しるべとなることから対策案2と同じ低い値となったが分散が他の対策と同等となり、カーブの際の修正舵角が入ったと思われる。

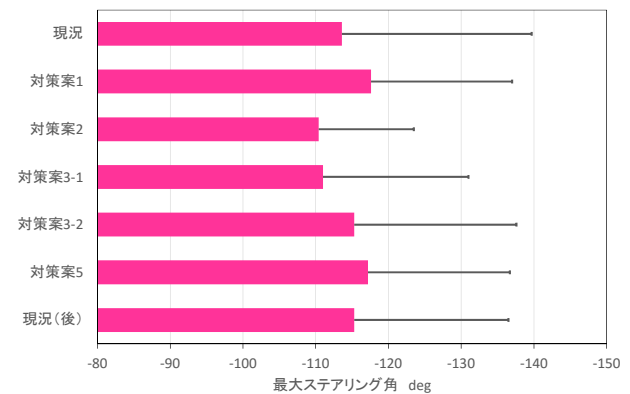


図-9 対策案別区間3の最大ステアリング角

c) 道路幅中心位置からの逸脱距離

図-10に区間4の最大逸脱距離の平均値を示す。対策案3-1と3-2はカラー舗装対策により、ドライバをうまく道路線形通りに誘導できており、逸脱距離が最大で1m以下に抑えられている。つまり、逆走を起こす可能性を低減していることにつながる。一方、逸脱距離が一番大きかったのが図-9では一番ステアリング角が小さく済んだ対策案2であり、これは前記の通り、交差点を最短距離で進んだ結果であり、図-11に示す車両軌跡(黄色線)

から分かる通り、交差点を鋭角で進入しており、このような運転が出口への誤進入を誘発する可能性を高め、逆走のきっかけとなる。

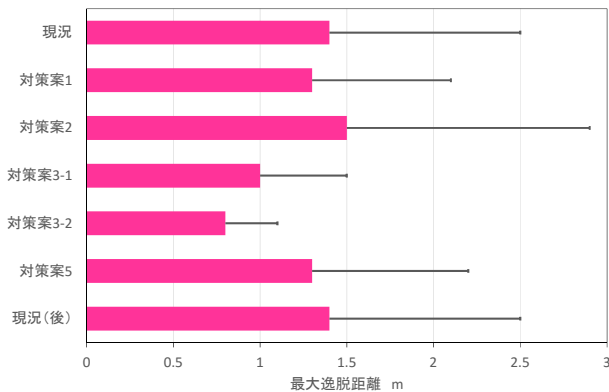


図-10 対策案別区間4の最大逸脱距離

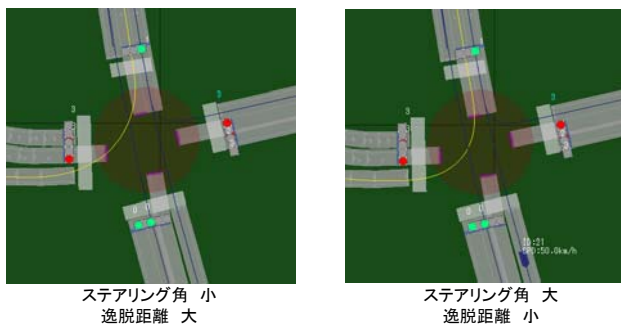


図-11 IC進入軌跡

表-2 対策案主観評価結果

対策内容		平均点	
流入部の視認性向上	対策案1	52.0	
交差点入口の案内	標識+アロー	対策案2	71.4
	車線案内標識(法定外)		23.8
カラー舗装の塗り方	全面	対策案3-1	81.5
	外側線沿い	対策案3-2	53.5
	中央		18.4
カラー舗装の着色範囲	交差点+右折車線	対策案3-1	85.5
	交差点内	対策案3-2	49.4
舗装色	緑	対策案3-1	66.0
	赤	対策案3-2	11.1
流出部の明確化	右折出口の明示		20.0
	車線案内矢印の拡大	対策案5	71.3
案内標識の簡略化	対策案4	81.4	
案内標識のカラー化	対策案4	44.9	



図-12 対策案3-1を対向車線から見た視認性

5. アンケート調査結果

実験の後、アンケート調査も行い、走行実験では実施していない対策案のバリエーションを増やして主観評価として点数化 (0から100点) してもらった (表-2参照)。

結果、視認性が高い対策案3-1が高得点であり、色においても緑が赤より良かった。ここで、図-12に対策案3-1を対向車線から見た視認性として、「特に違和感を感じない」が16名、「少し違和感を感じる」が15名、「強く違和感を感じる」が4名となり、運転操作からの定量的評価、アンケートにおける定性的評価から対策案3-1が逆走を未然に防ぐ対策案としては最善であることが分かった。

6. まとめ

本実験結果から今回検証した対策案の中で対策案3-1が評価が一番良かったことを受け、実際に対策案3-1が河北ICに施工されることが決まった。

参考文献

- 「2020年までに高速道路での逆走事故をゼロに」国土交通省, 2015, <http://www.mlit.go.jp/common/001111517.pdf>.
- 社団法人人間生活工学研究センター(HQL): 「HQL式運転スタイルチェックシート」「HQL式運転負担感受性チェックシート」解説書, 2003

(2016.7.? 受付)

QUANTITATIVE EVALUATION FOR PREVENTING WRONG-WAY DRIVING

Shigeyuki YAMABE, Takahiro SUZUKI, Fumihiko HASEGAWA,
Akira MATSUMOTO, Kazunori TAKEYAMA, Takuro HAMANAKA,
Masaki ISHIKAWA, Kisei MIYATA