

# 自動運転に起因する目的出口通過への対策が ドライバ行動に及ぼす影響

頓部 真大<sup>1</sup>・浜岡 秀勝<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 秋田大学 大学院理工学研究科土木環境工学コース (〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号)

E-mail: m8019802@s.akita-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 秋田大学 理工学部土木環境工学コース (〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号)

E-mail: hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

近年、高速道路では逆走による事故が発生しており、路面標示や逆走警告の標識の追加など、様々な対策が実施されている。しかし、逆走開始理由の一つである目的出口通過を防ぐ対策の実施例は少ない。一方で、技術発展により、自動運転が可能となった。今後、自動運転が普及した場合、ドライバの運転中の注意力が低下し、目的出口通過の更なる増加が予想される。

したがって、自動運転時にも機能する目的出口通過対策が必要と考える。そこで、脇見状態でもIC付近を走行中だと分かるカラー舗装対策と、目的ICまでの距離を任意のタイミングで確認できるように出口番号を変更した対策を考案した。2つの対策と現状の道路を比較し、対策の効果を検討した。その結果、ドライバの標識確認状況や前方確認時間に違いが見られ、対策の有効性を明らかにできた。

**Key Words :** Adaptive Cruise Control, Ride past, expressway, Driver behavior

## 1. 研究背景と目的

近年、高速道路では逆走によって重大事故が発生しており、社会的問題となっている。そこで、逆走事例から標識や路面標示による警告が実施されている。しかし、これらは主にIC・JCT構造部で実施され、逆走開始点前後の水際対策に留まる。そこで、逆走開始理由に着目した抜本的対策が必要である。

これまで、事故原因把握のため様々な調査が行われており、故意の逆走は、行き先間違いによる事例が半数であることが分かっている<sup>1)</sup>。そのうち、目的のICを誤って通過してしまう目的出口通過では、高速道路利用者の27%が経験している<sup>2)</sup>。そして、バスドライバが目的出口通過し、逆走した報道もある。非高齢者やベテランドライバも含め、幅広いドライバ属性が目的出口通過をしており、故意の逆走へ繋がる恐れがある。

一方で、交通事故の96%はドライバの法令違反に起因している。それに対し、自動運転が普及することで、事故減少が期待されている。これまで、先行車への追従を行うAdaptive Cruise Control (ACC) や自動ブレーキなどの技術はあったが、単一での利用に限定されていた。しかし、近年、自動運転技術の発展によって、操舵や加減

速など複数の技術を同時に実行することが可能となり、高速道路上での部分的な自動運転が実現した。このようなレベル2の自動運転は市販車両に搭載されはじめ、世界市場において2020年には500万台、2025年には2380万台に達するとされる。この自動運転のメリットの1つとして、ドライバの負担軽減が挙げられる。しかし、自動運転システムの過信や、運転負担の減少によって、ドライバが脇見運転などの運転以外の物事へ注意を向ける恐れがある。その結果、故意の逆走の原因である目的出口通過が従来に増して発生すると考えられる。したがって、自動運転走行時も機能する目的出口通過への対策が必要である。

以上のような背景から、自動運転走行時も機能する目的出口通過への対策を考案し、その有効性を検討することを本研究の目的とする。ドライバへ情報を伝達する手段は数多く存在するが、本研究では、脇見運転するドライバも周辺視でIC付近であると認知できるカラー舗装対策と、目的ICまでの距離を任意のタイミングで確認できるように出口番号を変更した対策を検討する。そこで、これらの対策についてドライビングシミュレータ(以下、DS)を用いて、ドライバの挙動変化を観測する走行実験を実施した。そこで得られたデータより、ドライバの

標識確認状況と、前方確認時間の割合に着目して分析する。現状の高速道路走行時の挙動と比較することで、2つの対策の有効性を明らかにした。また、走行実験後にアンケート調査を実施し、各対策の評価と比較を行った。

## 2. 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

本研究に関する既往研究として、高速道路での目的出口通過やディストラクション、情報提供に関する研究についてレビューする。

飯田ら<sup>2)</sup>は、ドライバーが逆走に至る過程を検証する目的で、行き先間違いの発生時の状況についてアンケート調査を実施した。結果として、高速道路を年1回以上運転するドライバーのうち、53%が行き先間違いをした経験があることが明らかとなった。このうち、目的ICを通過した人は全体の27%、手前のICに降りた人は8%だった。行き先間違い後の行動を集計すると、高速道路本線で転回し逆走した事例は2.6%であり、行き先間違いが起点となり逆走が発生する可能性が示された。また、行き先間違いが発生する要因の把握より、カーナビの案内を重視し、知識や案内標識を参考にしない傾向がある場合、行き先間違いが発生する比率が高い傾向が明らかとなった。しかし、この論文では、行き先間違いと逆走の関連性の把握、行き先間違い発生時の状況把握に関するものであり、行き先間違いの対策は提案されていない。

また、飯田ら<sup>3)</sup>は、情報板に表示されるシンボルがドライバーに正しく理解されていないため、新規案を提示し、その可読性と理解度を評価した。DSを用いてランダムに選択された情報を表示し、走行後に情報板の内容をヒアリングする実験を実施した。結果として、図形の有無に関わらず、代替案間で理解度の差は確認できなかった。しかし、総中止時間に着目すると、図形の表示によって見た目の情報量が増加するにも関わらず、可読性が向上することが確認された。また、現行のシンボルでは、過度な凝視の発生率が高くなり、安全上好ましくないことを確認した。しかし、この論文では、情報板に表示する事故や火災等の情報について、シンボルの変更による可読性と理解度の評価しており、目的出口通過を減少させるための情報提供ではない。

飯田・日笠<sup>4)</sup>は、交通量レベルを考慮した案内標識・路面標示等の情報提供施設の配置に関して検討した。DSを用いて実際の道路を参考に情報提供施設の基本配置を行い、それを元に代替案を作成、実験を行った。その結果、案内標識は1回の配置で情報伝達効果が高いこと、高車の存在による煩わしさ、路面標示が交通量の影響を受けず短時間で判読可能であること、路面標示は複数回配置を行うことで情報伝達効果が向上することが明

らかとなった。しかし、この論文では、交通量の多い高速道路でJCTでの行き先選択について、ドライバーのディストラクションによる行き先間違いを想定していない。

丁・影山<sup>5)</sup>は、運転支援システムの個人適応のため、ドライバーの全社追従動作の概要把握と脇見が追従動作に与える影響を検討した。脇見による影響をDSを用いた実験から明らかにした。この実験では、追従動作中に指定された数字をパネルから選択する副次タスクにより、脇見運転を再現している。しかし、この論文は、追従動作中の副次タスクの影響を検討した研究であり、目的出口通過への影響に関する検討はされていない。

これらの既往研究により、逆走発生要因の把握や情報伝達方法、脇見運転の影響について明らかとなった。しかし、自動運転に起因するディストラクションによる目的出口通過の発生や、その対策の提案・検討を実施していない。一方、本研究では目的出口通過への対策の考案と、その有効性の検討を実施することで、抜本的な逆走対策への知見が得られる、そこで、負担軽減とシステム過信によるディストラクションの増加が懸念される自動運転を利用した走行実験を実施し、取得したドライバー行動データから目的出口通過対策の有効性を検討する。

## 3. 目的出口通過対策の検討

### (1) 対策対象の検討

現在、ナビの正確な案内により、適切なIC流出対応が可能である。しかし、乗用車のナビの普及率はおおよそ7割であり、日常的に利用する区間ではナビを利用していない可能性がある。加えて、高速バスやトラックなどの大型車では、ナビは普及していない。したがって、高速道路利用者のうち、ナビを利用せずに走行するドライバーは数多く存在すると考えられる。また、行き先間違いをするドライバーはナビを利用していない場合や、ナビから情報を得られない場合に多いことが明らかとなっている<sup>2)</sup>。そこで、本研究では、ナビを利用していないドライバーを対象とし、対策を検討する。

また、技術発展により、車両の速度や車間、ステアリングの維持の自動化が可能となるレベル2の自動運転が実現し、ドライバーの運転負担が減少した。しかし、自動化が進むことでドライバーの注意は減少するため、目的出口通過発生の可能性が増加する。その対策として、文字やシンボルを用いた標識や路面標示の案内、音や振動、色による注意喚起、キロポストを活用した案内が挙げられる。そこで、各対策の特長を考慮し、本研究で検討する対策内容を決定する。

文字やシンボルを用いた標識や路面標示は、必要な情報をドライバーに伝達しやすい。しかし、新たに標識や路

面標示を多く設置すると、標識全体の視認力を低下させ、真に必要な情報伝達を阻害する恐れがある。

また、音を用いた対策は、個別の車両に向けて実施する事例と、道路の走行音によって実施する事例が考えられる。このうち、個別の車両に対しては、ナビによる音声案内が挙げられる。しかし、本研究では、ナビ非利用のドライバーを対象とするため、個別車両への案内は対象としない。また、道路の走行音を変化させることで、ドライバーへ注意を促すことが可能である。しかし、この対策は周辺環境への騒音問題が懸念される。

さらに、ドライバーへの注意喚起の一つとして、危険な急カーブの直前に振動を与える事例がある。これは、目的出口通過対策への応用の可能性があるが、DSを用いた実験では再現が難しい。

そこで、本研究では、色による注意喚起として、IC前にカラー舗装する対策を考案する。また、キロポストを活用した案内として、出口番号を起点からの距離に変更する対策を考案する。

## (2) カラー舗装対策

現状の高速道路では、案内標識を見逃すと、IC前であることが分からず、流出対応の遅れに繋がってしまう。そこで、IC前をカラー舗装する対策を考案した(図-1)。長距離をカラー舗装する場合、対策効果が明らかであっても、施工時に多額の費用が必要となる。そこで、対策区間はICの500m前から分岐する点までの第1走行車線とした。また、案内や注意のために実施されているカラー舗装の色として、青や緑、赤色等が挙げられる。その中で、注意を促すカラー舗装として数多く採用されている色は赤色である。そこで、本対策も赤色を採用した。

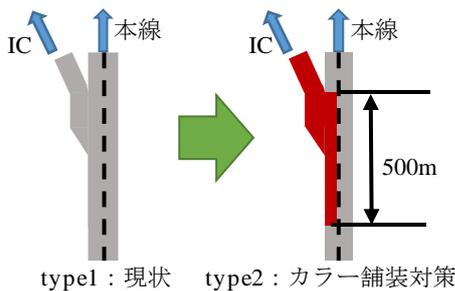


図-1 カラー舗装対策の概要



図-2 カラー舗装区間走行中の様子

対策区間の走行の様子を図-2に示す。この対策によって、案内標識を見逃したためICの存在に気付いていないドライバーも、瞬時にIC前を走行中であると認知できる。さらに、舗装の色が目立つ色へ急に変化するため、脇見状態のドライバーも周辺視によって、IC前であると認識できる。その結果、ドライバーは目前のIC確認等の対応が可能となり、適切な流出対応ができる。また、運転への注意力が低下しているドライバーに対し、分岐や合流といった危険性のある地点が近づいていると注意を促す効果も期待できる。

## (3) 出口番号変更対策

現状の高速道路では、目的ICまでの残りの距離を知ることができるのは案内標識確認時に限られる。したがって、標識を見逃した場合、ドライバーは残りの距離が分からず、距離感を意識しないまま走行する。その結果、目的IC付近であっても、運転に集中せず、流出対応の遅れに繋がる。そこで、ICの出口番号をそのICのキロポストに変更する対策を実施した(図-3)。出口番号は、現状では機械的に割り当てられた連番であり、ドライバーは出口番号から情報を得ることはできない。しかし、出口番号を起点からの距離とすることで、ドライバーは目的ICの出口番号と、走行中のキロポスト地点を比較することで残りの距離を算出できる(図-4)。本実験では、キロポストは100m毎に中央分離帯に設置した。したがって、ドライバーは出口番号と走行中のキロポスト地点の比較によって、任意のタイミングで残りの距離を確認することが可能である。

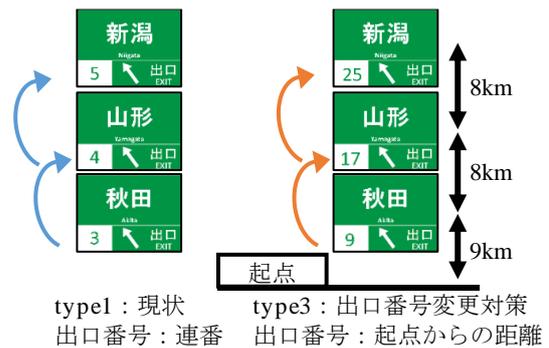


図-3 出口番号変更対策の概要



図-4 出口番号変更対策のメリット

## 4. 実験概要

### (1) 実験環境

目的出口通過対策の効果を検討するため、対策ごとにドライバの挙動変化を観測する実験を実施した。また、目的出口通過を誘発するような実験は危険であり、現実的ではないため、DSを用いて走行実験を実施した。

現状の高速道路を参考に道路環境を構築した(表-1)。延長 103km の高速道路中に、13 個の IC を設置した。日本の高速道路の IC 間隔は 1km 程度から 35km 以上の区間が存在するが、その平均はおおよそ 10km である。これらの値を参考に、走行実験時の所要時間や通過する IC 数を考慮して IC の間隔を決定する。そこで、最短区間は 4km、最長区間は 15km、平均 9km とした。

また、IC の名称について検討する。そこで、都道府県・都市名を採用した。青森を起点とし、日本海に沿って北から南へ進み、鹿児島を終点とした(図-5)。なぜなら、対策以外の影響による注意力の向上を抑え、目的出口通過のデータを取得するためである。例えば、無秩序な IC 名や認知されていない順序に基づいた IC 名にすると、次の IC が分からないことによる注意力が発生すると考えられる。そこで、すべての被験者が IC 名から IC の前後関係が認識できる名称として、都道府県・都市名を採用した。

次に、道路環境は森林で均一とした。これは、周辺環境の変化による影響を抑えるためである。また、周辺交通も注意力に影響を及ぼす恐れがあるが、周辺の交通が全くない環境は不自然である。そこで、第 1 走行車線に実験車両より遅い車両と、第 2 走行車線に高速な車両を設定した。これにより、12 回中 5 回程度の頻度で遅い車両に追いつくようになった。

最後に、走行地点の情報を知らせる案内標識の設置場所を検討する。現状の高速道路を参考に、IC の案内標識を設置した。IC の分岐開始点と分岐終了点に 1 つずつ、IC の 500m 前と 1km 前に 1 つずつ、大きな案内標識が表示される。また、2km 前に比較的小さい案内標識を設置した。加えて、前の IC とその前の IC 通過後も小さい案内標識が表示される。したがって、1 つの IC につき大小合わせて 7 回表示される。

こうして作成した現状の高速道路を模擬した道路環境を type1 とする。これを元に目的出口通過対策を実施した道路環境を作成した。カラー舗装対策を実施した道路環境を type2、出口番号変更対策を実施した道路環境を type3 とする。

### (2) 実験方法

実験概要を表-2 に示す。被験者 20 人に 12 回ずつ、合計 240 回の走行実験を行った。被験者は 20~25 歳の男性 17 人、女性 3 人、計 20 人である。走行順序とコース種類の組み合わせを表-4 に示す。type1 を 8 回、type2 を 2 回、type3 を 2 回走行した。走行実験の初めや休憩直後は、DS に慣れていない可能性がある。そこで、初めの 2 回と休憩後の 1 回は type1 の走行とした。また、type2、type3 の走行と同一区間の type1 走行を 4 回設定した。これらを比較することで、対策効果について分析を行う。

走行条件を表-3 に示す。初めにスタート地点と目的 IC を確認し、自動運転を利用して 100km/h での走行を指示する。そして、任意のタイミングでマニュアル運転へ切替を行い、目的 IC で流出する。また、実際の走行に近づけるため、周辺交通を設定した。時速 100km/h 未満で走行する車両が第 1 走行車線を走行している場合、マニュアル運転に切替えた後、追越すよう指示した。

表-1 コース概要

道路延長	103km
IC 数	13 個
IC 間隔	平均 9km. 最小 4km, 最大 15km
IC 名	都道府県・都市名
道路周辺環境	森林
コースの種類	type1: 現状の高速道路 type2: カラー舗装対策 type3: 出口番号変更対策

表-2 実験概要

実験場所	秋田大学 総合研究棟 5 階	
実験日時	2018 年 12 月 2 日~14 日	
被験者	20 人 (20~25 歳)	
走行回数 と内訳	type1 (現状の高速道路)	8 回
	type2 (カラー舗装対策)	2 回
	type3 (出口番号変更対策)	2 回
	一人あたりの走行回数合計	12 回
走行時間	走行 1 回あたり約 15 分 一人あたり合計 3 時間 (途中休憩あり)	

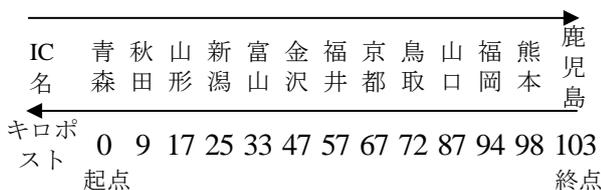


図-5 IC名とキロポスト地点

表-3 走行条件

課題	目的地 IC までの走行
走行状況	自動運転 (レベル 2)
走行速度	100km/h
マニュアル運転	IC 流出時, 追越時のみ
ディストラクション	コメディ番組の放映

本実験で利用する自動運転はレベル 2 を想定している。したがって、走行車線の維持と定速走行、車間距離の維持が可能であり、ドライバが運転操作することなく走行できる。しかし、事故が発生した場合、ドライバの責任となる。したがって、ドライバは常にステアリングを握り、不測の事態にはドライバが対応する必要がある。

対策の効果を確認するために、目的出口通過が発生する環境を再現する必要がある。したがって、ドライバがディストラクションを受け、運転への注意力が低下している状況を再現する。被験者がステアリングを握った状態で、運転から注意が逸れてしまう環境として、テレビが挙げられる。そこで、被験者前方のナビ位置にタブレット端末を設置した。放映内容はコメディ番組とした。コメディ番組はドラマと異なり、一瞬見ただけでも状況が理解できる。また、ラジオと異なり音声だけでは理解できない。したがって、脇見運転等のディストラクションの再現に適している。

また、type3 対策の効果を有効にするには、その特徴を認識している必要がある。したがって、走行実験前に被験者が理解するまで説明した。さらに、目的 IC の出口番号を事前に伝え、そのメモを被験者の前方に設置し、走行中いつでも確認できる状況で実験を実施した。

表-4 走行順序と組み合わせ

走行No.	走行距離 (km)	走行区間	コース種類
1	24	秋田-富山	type1
2	31	鹿児島-鳥取	type1
3	32	福井-新潟	type2
4	20	京都-山口	type1
5	25	青森-新潟	type3
6	27	福岡-京都	type1
休憩 (15分)			
7	32	福井-新潟	type1
8	27	青森-新潟	type3
9	25	青森-新潟	type1
10	20	京都-山口	type2
11	24	富山-秋田	type1
12	31	京都-熊本	type1



図-6 実験の様子

## 5. 実験結果

### (1) 取得データ

走行実験中の被験者の顔の動きを記録するため、被験者の前方にビデオカメラを設置した。この映像データより、各地点で前を確認していたかどうか、ドライバの姿勢などが分かる。そこで、本研究では案内標識の確認状況を調査した。しかし、ビデオカメラでは、視線位置を詳しく特定することは困難である。そこで、被験者前方にアイカメラも設置した。このデータの特徴として、実験中の任意の区間で、どこをどれくらい見ていたのか特定できる。そこで、本研究では前方確認時間を求めた。また、各取得データの同期やモニタ表示内容の確認し、前述のデータを補完する目的で、被験者の後方にもビデオカメラを設置した。加えて、各地点での速度、自動運転の利用状況などを把握するため、DS のログデータを記録した。このデータから、追越や流出対応時に任意であったマニュアル運転への切替タイミングが分かる。さらに、走行実験終了後に各データを補完する目的でアンケート調査を実施した。この結果から、対策の有効性や、3つのコースの比較ができる。

### (2) 目的出口通過の発生状況

走行実験の結果を表-5に示す。240回の走行中8回の目的出口通過が発生した。被験者に着目すると、目的出口通過発生数が8回であるのに対し、4人の被験者で発生した。1人あたり12回の走行中3回通過する被験者が1人、2回通過する被験者が2人、1回通過する被験者が1人であり、特定の被験者が繰り返し目的出口通過した。

次に、目的出口通過が発生したコースに着目する。type1 が 6 回であり、対策コースでも 1 回ずつ発生した。type2 で目的出口通過が発生した走行では、被験者は極度にコメディ番組に夢中であった。運転から完全に意識が離れたため、目的出口通過したと考えられる。

また、type3 で目的出口通過が発生した走行においても、同様に意識が離れていた。これらの結果から、完全に意識が離れてしまったドライバには対策が機能しない恐れがある。

加えて、type3 において、手前の IC で流出する走行が 1 回発生した。該当被験者は、目的 IC までの距離を計算せず走行したことがアンケート調査より明らかとなっ

表-5 実験結果

目的出口通過人数 / 被験者数	4人 / 20人	
目的出口通過発生数 / 走行回数	8回 / 240回	
目的出口通過 8 回の内訳 通過回数 / 走行回数	type1	6回 / 160回
	type2	1回 / 40回
	type3	1回 / 40回

た。したがって、type1 と同じ状況で走行しており、計算を面倒と感じるドライバーには type3 対策効果が見られない。

## 6. 対策の効果検討

### (1) カラー舗装対策の効果検討

カラー舗装対策を実施した type2 の効果を検討する。type2 対策では、IC 前 500m から分岐点までカラー舗装を実施した。走行実験では、コメディ番組に気を取られるため、注意力の低下が想定される。その結果、標識を見逃し、IC 付近を走行中であると認識できないため、目的出口通過に繋がる。それに対し、type2 では道路舗装の色の変化によって IC 付近であると認識でき、案内標識の IC 名を確認し適切に対応できる。したがって、案内標識の確認状況から IC の認識状況が判断できる。対策によって、type1 と比較して type2 の走行では 500m 前と出口の案内標識の確認率が上昇すると考えられる。

そこで、標識確認状況をビデオカメラ映像を用いて調べる。その判断内容として、標識の確認の有無や確認時間が挙げられる。しかし、標識確認時間では、既に該当 IC 名を認識している場合、案内標識の内容を確認する必要が少ないため、IC を認識しているにも関わらず確認時間が短くなる状況が考えられる。そこで、標識確認の有無を調べた。案内標識が表示されている状況で前方確認を行った場合、案内標識を確認したと判断する。

目的出口通過した 4 人と、各データが問題なく取得できた 6 人の計 10 人を抽出した。標識確認の有無を調査し、標識確認率を求めた結果を図-7 に示す。ここで、type1 と type2 の標識確認率に着目すると、その差はわずかである。これは、type1 で十分標識を確認できている被験者が含まれるためであり、標識確認率から type2 の効果を確認することは困難である。したがって、標識を見逃す傾向にある被験者を対象に分析する。図-8 のように全案内標識の標識確認率を求めた。その結果、3 つのグループに分類できる。そこで、標識確認率の低いグループ I の type1 と type2 での標識確認率の比較結果を図-9 に示す。type2 対策効果が期待できる 500m 前案内標識と出口案内標識の確認率に着目すると、type1 と比較して type2 では標識確認率が向上した。

また、20 回の type2 走行のうち、舗装の色の変化に気づき、500m 前案内標識を確認できた事例が 2 回確認できた。さらに、前方確認するとカラー舗装区間であり、その後運転へ集中することで目的 IC の案内標識を確認し、流出できた事例が 2 回あった。これらの結果より、type2 対策は IC 前での注意力を向上させ、目的出口通過を防ぐ効果を確認できた。

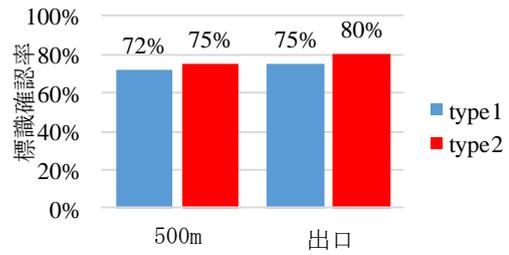


図-7 標識確認率の比較

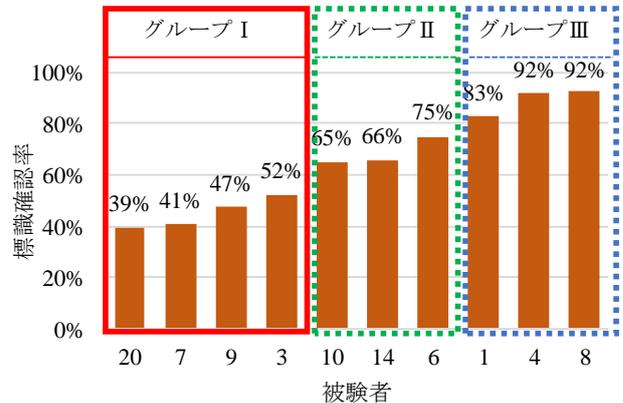


図-8 被験者のグループ分け

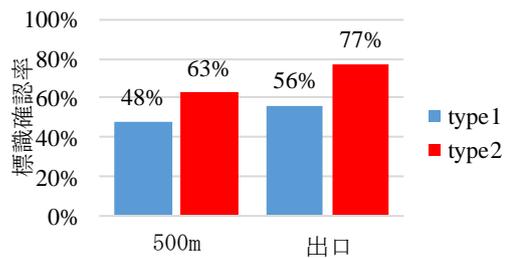


図-9 グループ I の標識確認率

### (2) 出口番号変更対策の効果検討

出口番号変更対策を実施した type3 の効果を検討する。type3 対策では、出口番号をキロポストの値としたため、走行中のキロポスト地点と比較することで、任意のタイミングで目的 IC までの距離を知ることができる。ドライバーは案内標識に頼らず、目的 IC までの距離を常に認識することができる。したがって、type3 走行中のドライバーは、type1 と比較して目的 IC との距離感を意識できる。そこで、IC の意識状況を判断する内容として、標識確認状況や前方確認時間、確認回数が挙げられる。しかし、type3 ではキロポストによって目的 IC までの距離が分かるため、標識を確認せずに走行できる。また、前方確認回数では、長時間前方を見ている状況を正しく評価することが難しい。そこで、走行時間に占める前方確認の時間に着目して目的 IC の意識状況を評価した。

前方確認時間をアイカメラの視線位置データを用いて調べた。各瞬間に前方確認を行っていたかどうか、1/15 秒毎に評価する。そして、各区間走行時の前方確認時間

が占める割合を算出する。

本実験で使用したアイカメラは、被験者の顔と目の動きから、その角度を記録する。したがって、データで記録されるのは角度のみであり、視線位置の特定には角度と視線位置をリンクする必要がある。そこで、横方向の視線位置の動きについて被験者の右側を正にとり、縦方向について上を正にとる。実験中の被験者の視線位置は主に 2 点に集中することが予想される。前方確認中のモニタ正面と、コメディ番組視聴中のタブレット端末である。したがって、分布図を求めると、2 つ正規分布が表れ、一部が重なり合うと考えられる。これらの重複区間の最小値を基準値とする。また、y 方向視線位置も同様である。それぞれ基準値よりマイナスの場合はタブレットを見ていたと考えられる。本実験では、x・y 共に基準値を下回る場合をタブレットを見ていたと判断した。各基準値を原点とした分布図の例を図-10 に示す。タブレットを見ていたのは、図-10 の第三象限に含まれる点である。

初めに、前方確認時間の分布を把握するため、走行全体での前方確認時間の推移を求める。そこで、走行実験中に姿勢の変化が少ない被験者 4 人を抽出して分析を行った。type3 の走行は、1 人あたり 2 回ずつ実施した。そのうち 1 回の走行について、同区間を走行する type1 と、1 分毎の前方確認時間の割合を比較した結果を図-11 に示す。図-11 から、走行全体における前方確認時間の割合に大きな差や傾向は確認できない。しかし、走行終了前 1 分間では type3 が type1 よりも高い値を示している。

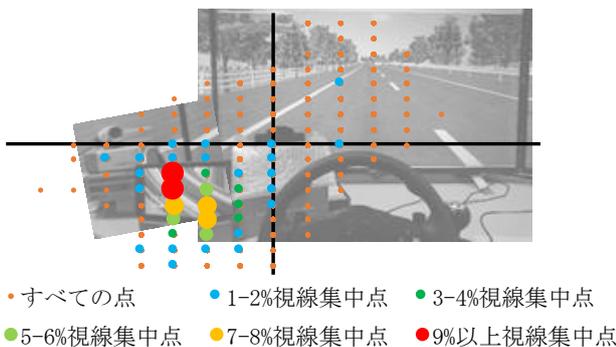


図-10 x・y方向分布図

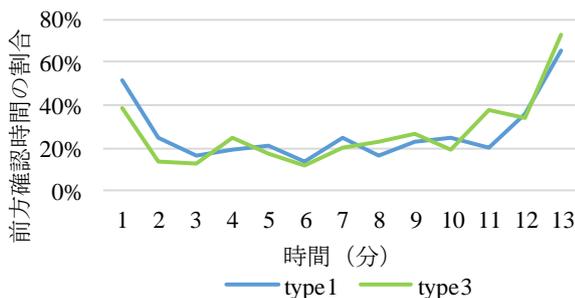


図-11 走行全体での前方確認時間の割合の比較

これは、type3 では、目的 IC までの残りの距離が算出できるため、直前までは余裕をもって走行できるためである。また、残りの type3 走行においても、同様の傾向が確認できた。そこで、個別の前方確認時間の割合を確認すると、アンケート調査で type3 を 3 つのコース中最も支持した被験者では type3 走行の終盤で前方確認時間の向上が確認できた。

したがって、type3 を最も支持した被験者のうち、走行実験中に姿勢の変化が少ない被験者 4 人を抽出して分析する。目的 IC 前の区間ごとに前方確認時間の割合を算出した結果を図-12 に示す。走行全体での前方確認時間の割合は type1 と type3 でほぼ同じ値であるのに対し、目的 IC の 2km 前から出口の区間では、type1 より type3 が高い値を示した。特に、1km-出口では、19%もの差が確認できた。この結果より、type3 対策では、目的 IC 前において、type1 よりも IC が近づいていることを意識して運転していると考えられる。

## 7. アンケート調査結果

### (1) アンケート調査概要

本研究では、ドライバ行動に着目して目的出口通過対策の効果を検討した。しかし、ドライバが対策の有効性を感じていたか、実験で取得したデータでは分析できない。そこで、実験で取得したデータを補い、対策の有効性を確認する目的で、走行実験後にアンケート調査を実施した。質問内容の一例を表-6 に示す。

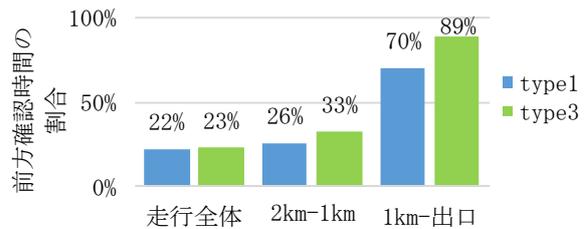


図-12 目的IC前での前方確認時間の割合の比較

表-6 アンケート調査での質問内容の例

項目	質問内容
実験中の状況	安全確認への意識を維持できたか
	案内標識の文字・数字は読めたか
	コメディ番組を見ていた割合の自己評価
type1	標識の見過ごしがあったか
type2	ICが近づいていることが分かりやすかったか
	IC前であると意識し、運転に集中できたか
type3	目的地までの距離が分かりやすかったか
	出口番号から残りの距離を計算したか
3コースの比較	各コースを10段階評価
	各コースを順位付け

(2) 対策の効果検討

カラー舗装対策を実施した type2 の効果を検討する。対策区間において、IC 直前であることを意識して走行していたか、走行実験中のドライバ行動から把握することは困難である。そこで、運転に集中することができたか、5 段階評価で調査した結果を図-13 に示す。運転に集中することができたドライバは全体の 85% を占めた。したがって、type2 対策の効果によって、多くのドライバに IC 前での注意力向上の効果が期待できる。

出口番号変更対策を実施した type3 の効果を検討する。対策のメリットは、目的 IC までの残りの距離が任意のタイミングで確認できることである。しかし、走行実験中のドライバ行動から、被験者が目的 IC までの距離間を把握していたか確認することは困難である。そこで、目的 IC までの距離が分かりやすかったか 5 段階評価で調査した結果を図-14 に示す。残りの距離が分かりやすいと感じたドライバは全体の 80% を占めた。したがって、type3 対策の効果によって、多くのドライバが適切なタイミングで運転に集中し、流出対応することが可能となる。

(3) 3つのコースの比較

走行実験による結果より、type1 と対策コースを比較して対策の効果を確認できた。しかし、3 つのコースがそれぞれどの程度ドライバに支持されていたか確認することは困難である。そこで、どれくらい安心して走行できる道路だったか、10 段階評価で調査した結果を図-15 に示す type1 と比較して、type2 と type3 は高い点数を獲得した。それぞれの点数差は、 $P < 0.05$  であり、有意差である。したがって、type2 と type3 はそれぞれ対策の効果によって、自動運転中のドライバが走行しやすいコースであったと確認できた。

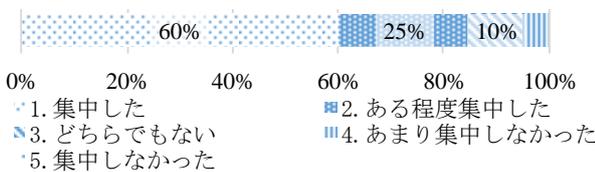


図-13 type2 対策区間での運転集中に関する調査

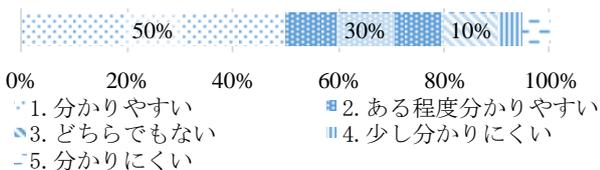


図-14 type3 対策での目的 IC までの残り距離の分かりやすさに関する調査結果

10 段階評価では、被験者が同一の得点で評価することが考えられる。この場合、その被験者が最も支持したコースは分からない。そこで、type2 と type3 のどちらがより支持されているか明らかにするため、3 つのコースを安心して走行できる順に順位付けする調査を実施した。その結果、1 位に選択されたコースの割合を図-16 に示す。type2 が最も支持されていることが明らかとなった。これは、ドライバが能動的にキロポストを確認する必要がある type3 と比較し、type2 の対策ではドライバが受動的に得る視覚情報に基づくためであると考えられる。

しかし、10 段階評価において type2 と type3 の差に有意差はない。また、コース順位付けにおいて、type3 を選択した被験者は 35% に上り、被験者によって意見が分かれていることが明らかである。これは、被験者の前方確認状況や、個人属性によって効果的な対策が異なるためであると考えられる。今後、個人属性やドライバ行動と、効果的な対策の関係について、分析する必要がある。

8. おわりに

自動運転に起因し、ドライバの不注意の増加による目的出口通過の増加が懸念されている。そこで、本研究では、自動運転時の目的出口通過対策を2種類考案し、その有効性について、ドライバ行動とアンケート調査の結果から明らかにした。

カラー舗装対策を行ったtype2では、標識確認率に着目すると、標識確認率の低いドライバにおいて、type2

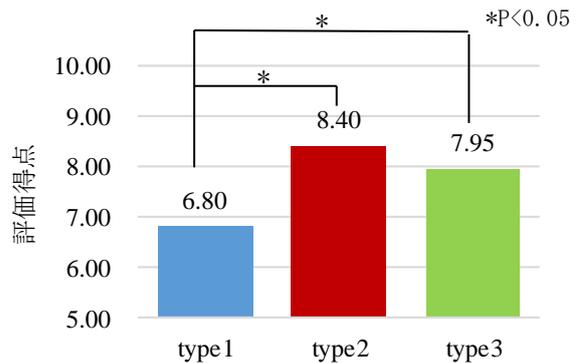


図-15 各コースの10段階評価

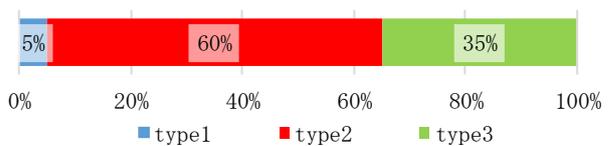


図-16 コース順位付け結果1位の割合

ではtype1よりも出口付近の案内標識確認率が向上した。さらに、走行実験中に合計2回、目的出口通過を防ぐことに成功していた。

出口番号を起点からの距離に変更したtype3では、前方確認時間に着目すると、type3を高く評価したドライバにおいて、目的IC前での前方確認時間の割合の向上が確認できた。これらの結果より、type2とtype3は有効な対策であると考えられる。

また、ドライバが対策を有効に感じたか確認するため、アンケート調査を実施した。その結果、type2では、85%のドライバに効果が期待できることが分かった。さらに、3つのコースを順位付けすると、type2を1位に選択する被験者が最も多かった。また、type3では、80%のドライバに効果が期待できることが分かった。しかし、どちらの対策がより有効であるか、アンケート調査から明確な結果は得られなかった。

今後の課題として、走行実験で取得したデータより、マニュアル運転への切り替えタイミング等に着目し、type2とtype3で同一内容の分析を行うことで明らかにする必要がある。また、本研究では、ドライバ属性と対策の有効性について明らかにできていない。アンケート調査結果より、どの対策がどのような属性のドライバに有

効であるか分析する。加えて、本実験の被験者は若者のみである。しかし、故意の逆走の半数は高齢者で発生しているため、ドライバが高齢者の場合の対策有効性を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省，高速道路での逆走対策に関する有識者委員会資料
- 2) 飯田克弘，浅井 翔治，井上 剛志：交通工学論文集 第3巻 第2号（特集号 A），ppA11-A18, 2017
- 3) 飯田克弘，梶原雄哉，高橋秀喜，糸島史浩：シンボルを導入した道路情報の判読と運転行動との関連性，交通工学論文集 第2巻 第2号（特集号 A），pp.A174-A182, 2016
- 4) 飯田克弘，日笠誠：交通量レベルを考慮した都市高速道路における情報提供施設の配置検討，交通工学論文集 第1巻 第2号（特集号 A），pp.A1-A9, 2015
- 5) 丁宇鷹，影山一郎：ドライバの運転動作に与えるディストラクションの影響に関する研究，日本大学生産工学部第48回学術講演会公演概要, 2015

(?受付)

## AN EFFECT OF MEASURES TO RIDE ON SELF-DRIVING CAR PAST THE DIRECTION ON DRIVER BEHAVIOR Masahiro TOMBE, Hidekatsu HAMAOKA

On the expressway, ride-past one's destination has occurred. It is one of the causes of the wrong-way driving. Therefore, it is necessary to measure. Also, it is concerned about reduced driver's vigilance by the overconfidence in self-driving cars. Along with the spread of self-driving car, ride-past one's destination will increase.

Hence, we proposed two types of measures: one measure is the road that has been paved with red while another is the exit number that is changed kilometer post. Also, we performed experiments and took a survey. We compared measures with the state of expressways, to find out the effect of measures. As a result, the analysis of driver behavior revealed them.