

# 視線計測可能な実写VRによる視覚的な高速道路逆走対策の評価 Evaluation of Visual Measures to Prevent Reversing on Highways Using Gaze-measurable Live Action VR

長谷川 裕修<sup>1</sup>, 田村 紬寧<sup>2</sup>, 葛西 誠<sup>3</sup>, 田村 亨<sup>4</sup>

Hironobu HASEGAWA<sup>1</sup>, Chiune TAMURA<sup>2</sup>, Makoto KASAI<sup>3</sup> and Tohru TAMURA<sup>4</sup>

高速道路における逆走での死傷事故率は高く逆走対策の重要性は高い。本研究では特に事例の多い視覚的な逆走対策について、最も逆走事故を起こしやすい年齢層である高齢者を対象とし、積雪期・非積雪期の逆走を疑似体験が可能な実写VRを作成し、映像視聴実験を行った。実験参加者に対しては、視線計測可能なVR・脳活動計測可能なNIRSを用いて視聴時の視線挙動・脳活動を計測し、実験実施後のアンケート調査で対策実施箇所に対する認識状況を調査した。これらの分析によって逆走対策の有効性を評価した結果、逆走対策として最も有効であるのは積雪期・非積雪期間問わず路面上の矢印標示であることが明らかとなった。

**Keywords:** 高速道路の逆走対策, 交通安全, 視線計測, 仮想現実

## 1. はじめに

高速道路における逆走事故は2018年に32件発生し、その死傷事故率は40%超と高速道路での事故全体に比べて著しく高い。また、逆走事故運転者の年齢構成は30歳未満8件、30～65歳未満8件、65～75歳未満9件、75歳以上7件と半数を高齢者が占めており、高齢者の逆走対策の重要性は高い<sup>1)</sup>。

高速道路会社等道路管理者は各種の逆走対策を実施しているが、その中でも特に視覚に訴える対策が多い。筆者らは既報論文<sup>2)</sup>において、視覚的な高速道路逆走対策について秋田工業高等専門学校の学生（以下、秋田高専生）を対象とした実写動画視聴実験を行い、路面上の矢印標示が最も有効であることを明らかにした。しかし、先述の通り逆走事故運転者の半数を高齢者が占めていること、積雪寒冷地においては積雪期に路面上の矢印標示が見えにくくなる可能性があること、といった課題が残った。

本研究では特に事例の多い視覚的な逆走対策について、実験対象者を逆走事故を引き起こしやすい年齢層である高齢者を対象として、季節の違いを考慮した逆走対策の有効性の検討を目的とする。具体的には積雪期・非積雪期の高速道路の逆走を体感できる実写VRを作成し、VR視聴実験時に実験参加者の視線データ・脳活動データを測定する。更に、実験実施後のアンケート調査で実

験参加者の対策実施個所の認識状況を把握し、対策の効果を総合的に評価する。

## 2. 研究方法

### 2.1 逆走対策実施箇所の選定・撮影

既報研究<sup>2)</sup>と同様に、NEXCO東日本にご提供いただいた秋田県内高速道路の逆走対策実施状況の資料を基に、研究の対象箇所として視覚的対策の最も多いIC（以下、IC）を選定した。非積雪期は2020年11月に、積雪期は2021年12月にそれぞれ本線IC手前からICを降りるまでの映像を撮影した。なお、非積雪期の映像は既報研究<sup>2)</sup>で使用したものと同一である。撮影ではGarmin社製の360度撮影可能なアクションカメラGARMIN VIRB 360とFEIYU TECH社製の電動手振れ補正ジンバルFeiyu Tech G360を軽トラックの荷台に固定し、順走する車両の後方を撮影した。カメラの位置や高さはドライバーの目線に合わせ地面から約120cmとなるように設定した。なお、撮影時のレンズモードを非積雪期では「フロントのみ」で、積雪時には「RAW」で撮影した。このため、後述するヘッドマウントディスプレイ（Head Mount Display, 以下HMD）による動画視聴時には、積雪期は360度動画となっているが、非積雪期は180度動画となっている。ただし、本研究では追い越し等の広い範囲の安

1 正会員, 博士 (工学), 秋田工業高等専門学校

〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町1-1 e-mail: hasegawa@akita-nct.ac.jp Phone: 018-847-6067

2 元秋田工業高等専門学校 (令和3年度卒業)

3 正会員, 博士 (工学), 秋田工業高等専門学校

4 正会員, 工学博士, 北海商科大学



路面上の矢印標示

進入禁止標識



【逆走とまれ】看板



ガードレールの矢印標示

各図の左が非積雪期、右が積雪期

図1 動画内の逆走対策

全確認が必要な動作を伴わない高速道路の運転場面を対象とするため、180度動画で問題が生じないことを確認している。

## 2.2 実験用動画作成と実験環境構築

撮影した映像を逆走映像に近い映像表現にするため、以下の手順で撮影した映像を編集した。

- (1) 映像全体を逆再生動画に変換
- (2) 映像前後の不要箇所を削除
- (3) 非積雪期の映像と積雪期の映像を繋げ、冒頭に実験の説明や注意等を、映像間に休憩時間としてインターバルを設けた実験用動画を作成

実験ではどちらの季節の映像を先に見たかによる実験参加者への順序効果を制御するべく、刺激提示に用いたTobii社製視線計測・解析ソフトウェアのTobii Pro Lab VR360エディションICの機能を用いて、登場順序をランダムとした。動画内にある逆走対策は路面上の矢印表示、進入禁止標識、【逆走とまれ】看板、ガードレールの矢印表示の4種類である(図1)。

図2に実験環境を示す。実験時には没入感を向上させるため、レーシングハンドルとフットペダルを設置したレーシングコックピットを用いた。ハンドルには機能を割り当てていないが、フットペダルスイッチには踏むことによって視聴中の映像のスクリーンショット(以下、SS)を撮影できるように機能を設定した。この機能を用いて、実験参加者が動画中のどの場面で違和感を感じた



図2 実験環境

のか把握するため「走行を続けることに問題がある」と感じた場面でフットペダルスイッチを踏んでもらい、SSを撮影した。

実験参加者はHTC社製の視線計測可能なHMDであるVIVE PRO Eyeと脳活動計測装置であるNeU社製NIRSデバイスのHOT-2000-VRを装着し、実験動画を視聴中の視線・脳活動を計測した。なお、本稿執筆時点では脳活動に関する定量的な分析が未完了のため、視線計測とアンケート調査結果に絞って報告する。

## 2.3 実験の概要

本研究で実施した映像視聴実験は筆者が所属する秋田工業高等専門学校の人生命倫理委員会において審査を受け、その承認のもとに実施した。

本研究では実験対象者を逆走事故を引き起こしやすい年齢層である高齢者に設定し、積雪期・非積雪期の2つの時期の運転動画を作成し、対策実施箇所に対する認識状況を視線計測・脳活動計測・アンケート調査を用いて調査することを目的として、動画視聴実験を行った。実験は2022年1月8日に秋田県シルバー人材センター登録者の高齢者20名(平均年齢 $70.9 \pm 4.9$ 歳)を対象に実施した。いずれの実験参加者も普通自動車免許を保有しており、日常的に運転している。

実験参加者に対しては、実験開始前に研究の目的や方法、倫理的配慮や個人情報の取扱いについて説明を行い、参加の同意を得た。なお、実験実施時には実験参加者にバイアスを与えないために、ドライバーの運転時の視線を計測するという偽の研究目的で説明をした。この点についての倫理的配慮として、実験後に参加者に対して本来の実験目的を説明するとともに、偽の研究理由を提示した理由を説明し、そのことに対する同意を得た。

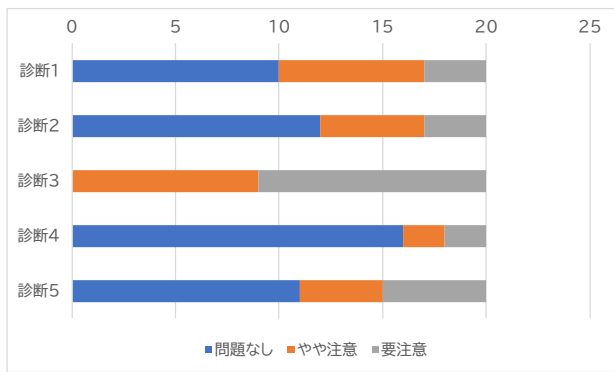


図3 認知・判断力診断結果

実験では視線計測可能なVR・脳活動データを計測できるNIRSを装着した参加者1名ずつがレーシングコックピットに着席し、実験動画を視聴する。動画視聴後は逆走対策の認識状況および個人属性・運転状況に関するアンケート調査を行い、最後に全日本交通安全協会「認知・判断力診断セルフチェック版」によって認知・判断力診断を実施した。図3に認知・判断力診断結果を示す。診断項目は、診断1：注意配分力、診断2：注意配分力・コントラスト識別力、診断3：判断力、診断4・診断5：記憶力である。全参加者が判断力にやや注意・要注意であった。

## 2.4 実験の概要

アンケート調査では個人属性および運転に関するアンケートとして、性別・年齢・運転免許所有状況・免許取得時期・自動車保有状況・運転頻度・年間運転距離・運転目的・高速道路の利用頻度・高速道路の逆走対策として効果的と考えられる対策・運転中の交通事故経験の有無を尋ねた。また、映像視聴実験での逆走対策の認識状況と実験映像視聴中にどのような違和感を感じたかについて以下の6項目を季節ごとに尋ねた。

- 1) 問題があると感じた運転行動を「スピードを出しすぎている」「道路の左側によりすぎている」「道路の右側によりすぎている」「ブレーキのタイミングが不適切」「その他」から複数選択式。その他を選択した場合は具体例を回答
- 2) 逆走に気が付いたか否かの択一式。逆走に気が付いた場合はその具体的な過程を回答
- 3) 逆走していることに早く気が付いたか否かについて「思う」「少しはそう思う」「あまりそう思わない」「思わない」の4件法
- 4) それぞれの逆走対策についてどの程度印象に残っているかを「強く印象に残っている」「印象に残っている」「あまり印象に残っていない」「印象に残っていない」の4件法。この時、参考資料として図1に示した4つの対策画像（非積雪期）に加えて、映像中

には出現しないLED発光体の画像も提示した

- 5) 最も効果的と感じた逆走対策を択一式
- 6) 実際に映像のような場面で逆走してしまう可能性について「思う」「少しはそう思う」「わからない」「あまりそう思わない」「思わない」の5件法

## 2.5 視線データによる評価方法

本節では視線データによる逆走対策の評価方法について説明する。分析の対象は逆走対策実施箇所を映像から抽出した画像である。動画視聴に用いたHMDで測定した視線データを用いて、分析対象箇所における注視データをTobii社の視線計測解析ソフトウェアであるTobii Pro Labの機能を用いて作成した。注視データはヒートマップ・ゲイズプロットの2種類で可視化した。また、対策実施箇所を興味関心領域（Area of Interest, 以下AOI）として、AOI分析を行った。ヒートマップは注視データを可視化する方法の1つであり、注視時間の長さを密度測定したものである。赤色>黄色>緑の順に注視時間が長くなっている。ゲイズプロットも同じく注視データを可視化する方法の1つであり、円が注視していることを表している。円の色は参加者の区別、円の大きさは注視時間、円内の数字は注視の順番、円同士を繋ぐ線はサッカードをそれぞれ表している。サッカードとは、ある対象物から別の対象物を見るときに高速に視線を移動させる動きのことである。

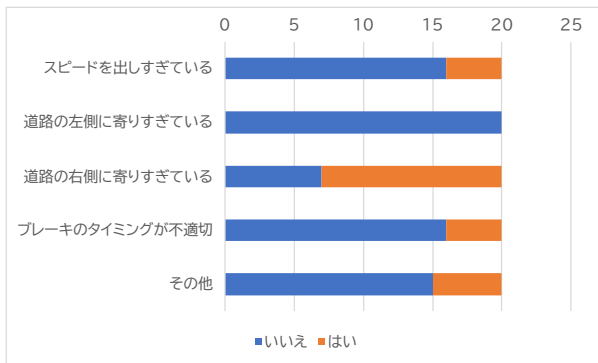
## 3. 結果と考察

### 3.1 アンケート調査の結果と考察

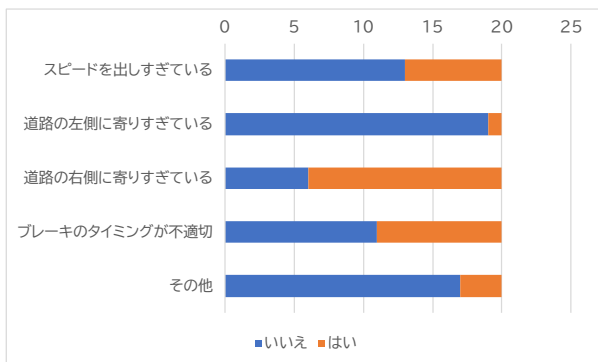
図4に問題があると感じた運転行動についての集計結果を示す。積雪期・非積雪期ともに「道路の左側によりすぎている」との回答が最も多く、「道路の右側によりすぎている」が最も少なかった。これは撮影時のカメラ位置を調整することで改善する可能性がある。「スピードを出しすぎている」「ブレーキのタイミングが不適切」は非積雪期の方が回答が多かった。撮影時には規制速度を遵守しており、ランプ部での法定速度がどちらも40 km/hに対して、本線部では積雪期に50 km/hの速度規制が敷かれていたことが影響したものと考えられる。「その他」は全て逆走についての指摘であった。

逆走に気が付いたか否かについては、非積雪期は19名が積雪期では18名が気が付いた。気が付く過程としては、積雪期・非積雪期ともに路面上の矢印標示についての言及が最も多く15件、分岐で右側に進入・右側走行が2件、進入禁止標識が1件であった。

逆走対策についてどの程度印象に残っているかを尋ねた結果を図5に示す。積雪期・非積雪期ともに路面上の矢印標示が多く、【逆走止まれ】看板は映像中には出現



(1) 問題があると感じた運転 (非積雪期)



(2) 問題があると感じた運転 (積雪期)

図4 問題があると感じた運転

していないLED発光体よりも印象に残らなかった。

早く逆走に気づけたか否かについては、非積雪期では13名がそう思う、6名が少しはそう思う、1名があまりそう思わないと答えた。積雪期では12名がそう思う、5名が少しはそう思う、1名が気が付かなかった、2名が逆走そのものに気が付いていないので無回答であった。

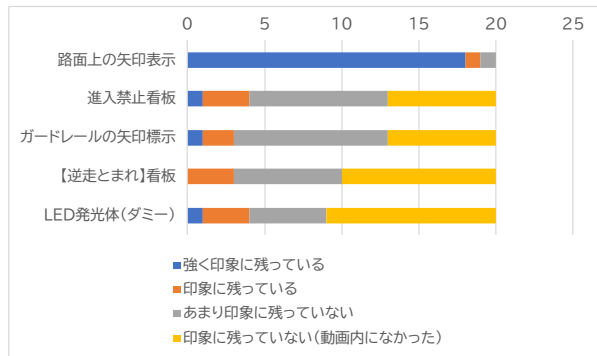
実際に逆走する可能性については、非積雪期では3名がそう思う、4名が少しはそう思う、5名があまりそう思わない、8名が思わないと答えた。積雪期では2名がそう思う、6名が少しはそう思う、1名がわからない、6名があまりそう思わない、5名が思わないと答えた。

図6に最も効果的と感じた逆走対策の集計結果を示す。印象と同様に路面上の矢印標示が最も多く、非積雪期では18名が、積雪期では17名が選択した。

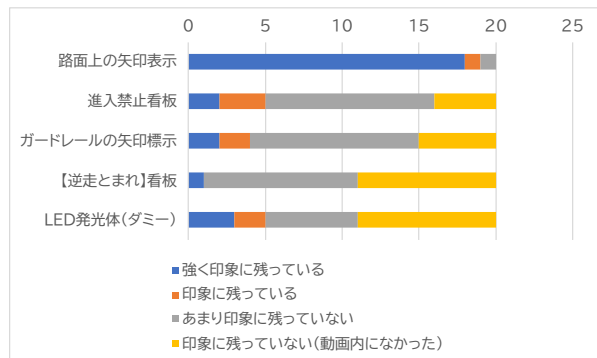
以上のアンケート結果より、積雪期・非積雪期ともに路面上の矢印標示が最も効果的であることが分かった。

### 3.2 視線データによる対策評価の結果と考察

図7に全ての渋滞対策が実施されている地点における視線データの可視化結果を示す。なお、積雪期・非積雪期ともにほぼ同一の地点であるが、先述(2.2節)した通り、積雪期は180度動画、非積雪期は360度動画のため、見た目が異なる。個々の実験参加者の注視状況ではなく、参加者の全体的な注視状況を把握するためにヒートマップ・ゲイズプロットともに実験参加者20名分のデー



(1) 渋滞対策の印象 (非積雪期)



(2) 渋滞対策の印象 (積雪期)

図5 渋滞対策の印象

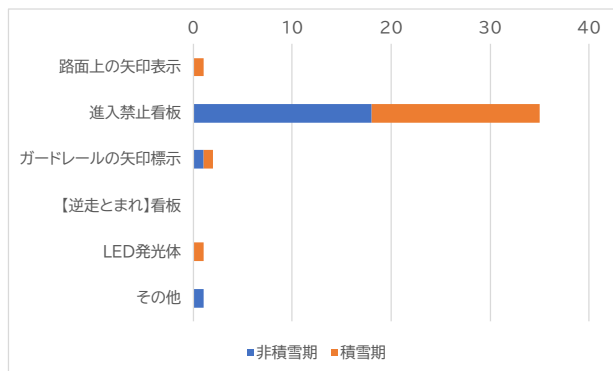


図6 最も効果的と感じた逆走対策

タをすべて重ねて表示している。

図7より、非積雪期・積雪期間わらず視線が路面中心部付近に集中しており、左右をほとんど確認していないことがわかる。これは既報研究<sup>2)</sup>の学生を対象とした結果と同様であった。

各逆走対策をどれほど注視しているのかを明らかにするためにAOI分析を行った。結果を図8に示す。

非積雪期・積雪期の各逆走対策についてそれぞれAOIを設定して分析したが、注視の反応があったのは非積雪期の逆走とまれ看板【れ】と路面上の矢印標示のみであった。

先述した通り参加者の視線は路面上の中心に向いていたため、路面の左右になされていたほかの逆走対策を注視しなかったものと考えられる。また、積雪期の逆走対策を分析したところ注視の反応は一切見られなかった



図7 全渋滞対策実施地点における視線データの可視化結果

左上：非積雪期ヒートマップ，右上：非積雪期ゲイズプロット，左下：積雪期ヒートマップ，右下：積雪期ゲイズプロット

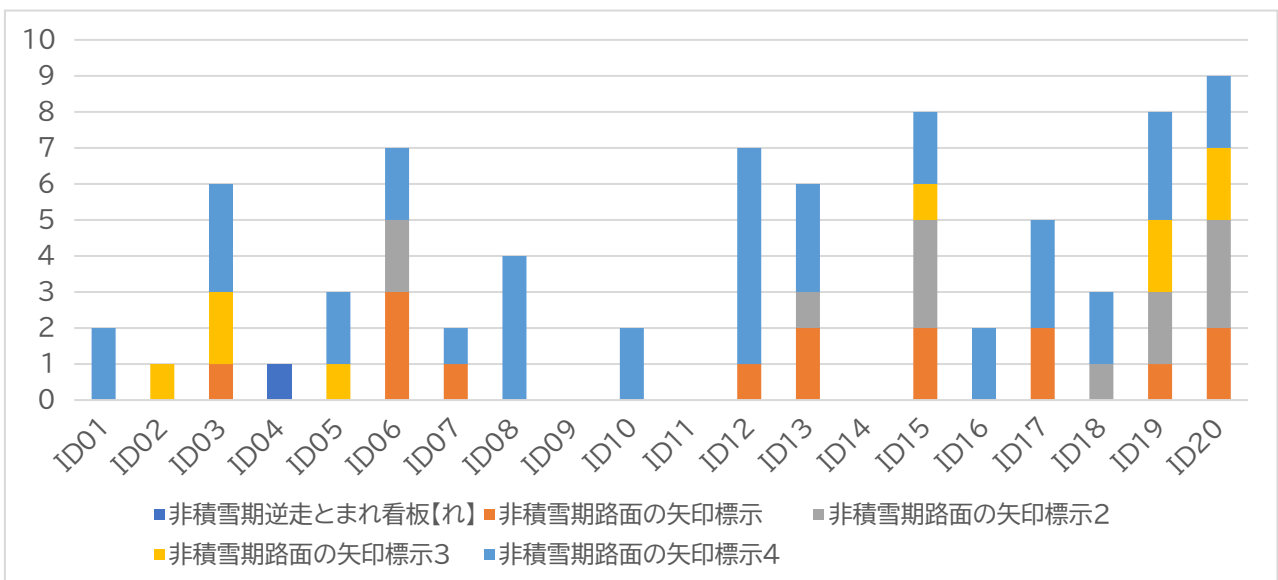


図8 非積雪期AOI分析結果

が、アンケート調査の結果から参加者が積雪期においても路面上の矢印標示を認識していることは明らかである。AOIツールは注視に反応することから、参加者は積雪期の路面の矢印標示を注視ではなく瞬時に視認したと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では特に事例の多い視覚的な逆走対策について、実験対象者を逆走事故を引き起こしやすい年齢層である高齢者を対象として、季節の違いを考慮した逆走対策の有効性把握を目的として、実写VRを用いた動画視聴実験を実施した。

アンケート調査によって得られた実験参加者の対策実施箇所の認識と注視の傾向は概ね一致していること、またAOI分析によって対策の注意の引きやすさを把握することも分かった。

今後の課題と展望として、以下の2点が挙げられる。

- 1) 本研究では脳活動データの定量的な分析は実施できていない。今後の追加分析により、渋滞対策の効果が発現する過程をより詳細に把握可能になることが期待される。
- 2) AOI分析では非積雪期の逆走とまれ看板【れ】と路面上の矢印標示にのみ注視が検出された。これに対して、筆者らは非積雪期では路面の矢印標示を瞬時

に視認したと考察したが、瞬時に視認できるということは顕著性が高いということを示唆している。非積雪期・積雪期ともに各逆走対策の顕著性も合わせて分析することで、より有効な視覚的逆走対策の評価方法の確立に寄与できると考えている。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP21K04309 の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) NEXCO 東日本: 高速道路における逆走の発生状況, <https://www.e-nexco.co.jp/activity/reverse/status.html>, (2021年5月6日閲覧) .
- 2) 長谷川裕修, 保坂美咲, 葛西誠, 田村亨: 注意の引きやすさに着目した視覚的な高速道路逆走防止対策の評価, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 41, pp. 333–339, 2021.