

積雪寒冷地の高速道路暫定 2 車線ワイヤロープ設置に伴う走行車両への影響分析

中名生 知之¹・松戸 努²・白濱 永才³・小島 卓也⁴・佐藤 靖⁵・相澤 範明⁶

・木村 敦史⁷

¹ 非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4 丁目 6-1)

E-mail: nakanomyo@oriconsul.com

² 非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4 丁目 6-1)

E-mail: matsudo@oriconsul.com

³ 非会員 東日本高速道路株式会社 東北支社 交通技術課 (〒980-0021 宮城県仙台市青葉区 3-2-1)

E-mail: n.shirahama.aa@e-nexco.co.jp

⁴ 非会員 東日本高速道路株式会社 東北支社 総合企画課 (〒980-0021 宮城県仙台市青葉区 3-2-1)

E-mail: t.kojima.ag@e-nexco.co.jp

⁵ 非会員 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 交通技術部 (〒980-0013 仙台市青葉区花京院 2-1-65)

E-mail: y.sato.si@e-nexco.co.jp

⁶ 非会員 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 交通技術部 交通技術課 (〒980-0013 仙台市青葉区花京院 2-1-65)

E-mail: n.aizawa.sa@e-nexco.co.jp

⁷ 非会員 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 交通技術部 交通技術課 (〒980-0013 仙台市青葉区花京院 2-1-65)

E-mail: a.kimura.sb@e-nexco.co.jp

本研究では、積雪寒冷地における暫定二車線高速道路の中央帯へのワイヤロープ（以下「WR」）設置に伴う走行性への影響を把握することを目的とし、対策前後の走行性を車両挙動と利用者意識の面から定量的・定性的に分析するとともに、雪氷期の影響を把握するため、路面状況の違いによる分析を実施した。

具体的には、東日本高速道路株式会社（以下「NEXCO 東日本」）東北支社管内のWR設置箇所において、通常期と雪氷期に分けてビデオ調査を実施し、走行速度や走行位置等の車両挙動を把握するとともに、高速道路利用者へのアンケート調査を行い、WR設置前後の利用者意識の変化を把握した。その結果、通常期においては、WR設置後に走行位置が路肩側へ変化し、左タイヤが外側線からはみ出す車両が増加すること、雪氷期では、WRの設置有無よりも路面状況（積雪時のわだちの位置）により走行位置が影響されることが分かった。また、利用者アンケートでは、WRの設置により、走行時の安心感が向上する一方で、圧迫感の増大を感じるドライバーも増加する傾向があることが分かった。

Key Words : Wire Rope Safety Barriers, Highways, Traffic safety, Heavy Snow Areas, Driving Behavior

1. 研究背景と目的

2017 年以降、暫定二車線の高速道路においては、中央分離帯突破事故に対する安全対策として、従来設置されているラバーポールに代わり、WRの試行設置が進められている（図-1）。

WRは、既存の道路幅員内に設置が可能であり、対向車線への突破による正面衝突を防止する効果が期待されている一方で、形状・大きさがラバーポールから大幅に変化していることから、本格運用に向けて車両の走行性への影響を把握する必要がある。

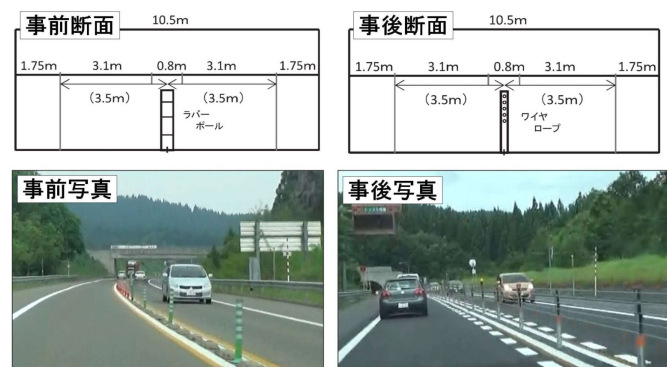


図-1 WR設置前後の状況図

本研究では、WR設置に伴う走行車両への影響について、車両挙動と利用者意識の面から定量的・定性的に分析するとともに、積雪の影響を把握するために、路面状況の違いによる分析を行った。

2. 試行区間の概況

本研究では、NEXCO 東日本 東北支社管内においてWRを試行設置した4箇所において、効果検証を実施した(図-2)。



図-2 WR設置箇所

WR設置箇所の横断構成および対策前後の安全対策設置状況を含めた各諸元を表-1, 図-3に示す。なお、各箇所ともWRと併せ、導流レーンマークを中央線側に設置している。

3. 対策による走行性への影響の分析

WR設置による走行性への影響について図-4の手順で調査・分析を行った。

(1) 分析手法

通常期に加え、雪氷期における走行性の変化を分析するため、ビデオ調査およびアンケート調査を通常期(5~8月)と雪氷期(12~1月)に各々実施した。

1) ビデオ調査

WRの設置前と設置後にビデオ調査を行い、走行速度や走行位置等をビデオ映像から読み取り、天候や路面状態などの条件ごとに集計することにより、WR設置による走行性への影響を検証した。取得した各データの計測方法および分類の基準は下記の通りとした。

表-1 効果検証対象箇所の諸元

路線	区間	方向	線形		安全対策設置状況	
			平面線形	縦断線形	WR対策前	WR対策後
秋田道	北上西IC 湯田IC	下り	円曲線 左 5,000m	上り勾配 4.0%	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=200mm)	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=200mm)
	湯田IC 横手IC	下り	クロノイド 右 2,016m	上り勾配 1.7%	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=200mm)	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=200mm)
	秋田南IC 秋田中央IC	下り	クロノイド 左 2,016m	上り勾配 0.7%	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (右側:350mm)	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ(右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=200mm)
磐越道	西会津IC 津川IC	下り	クロノイド 右 6,667m	上り勾配 1.8%	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm)	・ワイヤロープ ・ランブルストリップ (左側+右側:350mm) ・導流レーンマーク(幅員a=300mm)

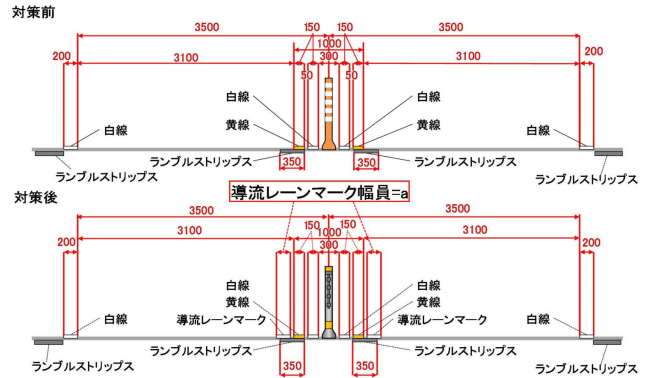


図-3 WR設置箇所の横断構成

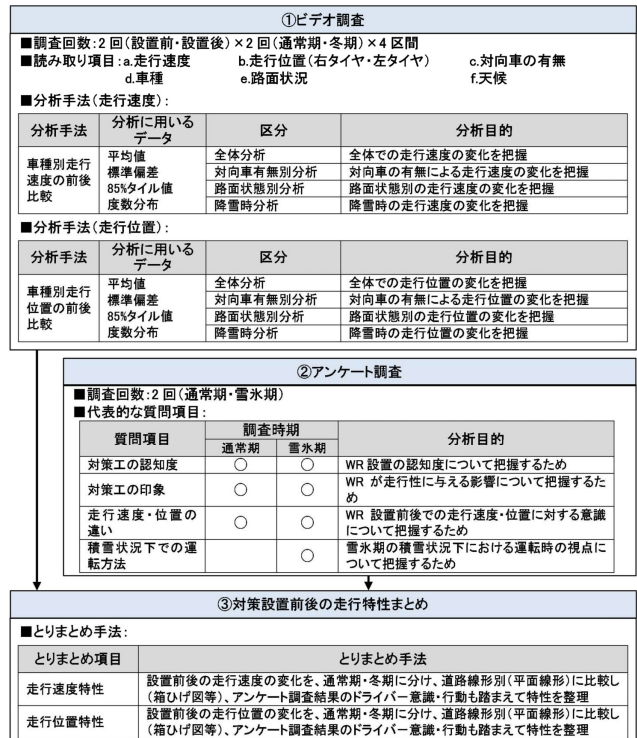


図-4 調査・分析の流れ

①走行速度

車両の前タイヤが基準線に接地した瞬間を基準線通過時間と定義し、画面上に設定した2本の基準線間の距離(50m)と、基準線間の通過時間から「走行速度」を算出した(図-5)。

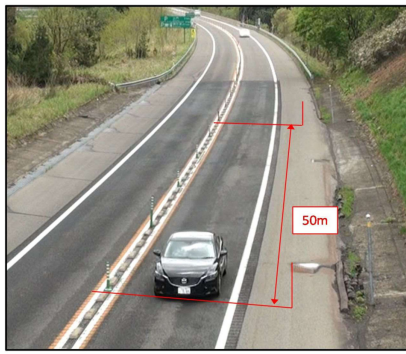


図-5 走行速度の取得基準

②走行位置

車両が手前の基準線を通じた瞬間の左右タイヤ外側の側面部と中央線との離隔(図-6)を「走行位置」とし、右左タイヤそれぞれの数値を取得した。

また、左タイヤが路肩側外側線より外側にはみ出した車両の割合(車線逸脱率)を算出した(表-2)。

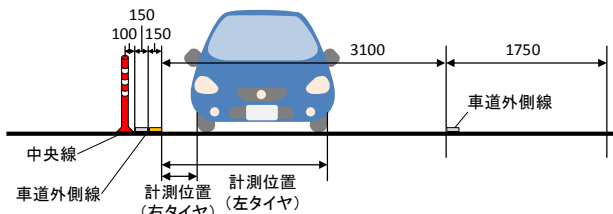


図-6 走行位置の取得定義

表-2 左タイヤ逸脱基準

左タイヤ車線内	左タイヤ車線逸脱
左タイヤ走行位置 < 310	310 ≤ 左タイヤ走行位置

③対向車の有無

計測対象とする車両を順向車、順向車と対向する車両を対向車と定義した。対向車が順向車の計測断面を通過した時刻を各対向車の通過時刻とし、順向車が走行位置計測線を通してから±13秒以内に対向車が同計測線を通して場合に「対向車あり」とした(図-7)。

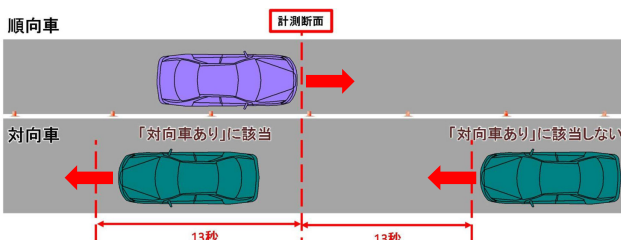


図-7 対向車有無の基準

④車種

対象車種は、「普通車・大型車」の2車種とし、二輪車は集計対象外とした(表-3)。

表-3 車種分類

車種区分	軽自動車	普通車 (車長 5.5m 以下)	大型車 (車長 5.5m 超)	二輪
2車種	普通車		大型車	対象外

⑤路面状況

映像をもとに観測時間帯ごとの路面状況を確認し、積雪の状態に応じて「積雪なし」「積雪あり(わだちあり)」「積雪あり(わだちなし)」の3つに分類した(表-4)。

表-4 路面状況分類例(秋田道 湯田 IC~横手 IC間)

積雪なし(通常期)	積雪なし(雪氷期)
積雪あり(わだちあり)	積雪あり(わだちなし)

⑥天候

映像をもとに観測時間帯ごとの天候を確認し、雨粒が確認できる場合を「降雨」、雪片が確認できる場合を「降雪」と分類した(表-5)。

表-5 天候分類

降雨なし	降雨	降雪

2) アンケート調査

秋田道のサービスエリア(1箇所)において、WR設置区間を走行したドライバーを対象として、ワイヤロープの認知度や運転時の影響をインタビュー形式で質問した(表-6)。

表-6 アンケートの調査項目

箇所	区分	実施日	調査時間	回答数	調査項目
秋田道 錦秋湖SA	通常期	2017年 8/5(土) 8/6(日)	7:00 ~ 21:00	227	安心感 不安感 対向車の影響
	雪氷期	2018年 2/12 (月祝)		53	視覚的な影響 走行車線幅の感じ方 圧迫感 運転中の感覚 走行位置・速度の違い 積雪下の運転方法 ※雪氷期のみ

(2) 走行性への影響に関する分析結果

ビデオ調査やアンケート調査結果を用いて、WR設置による走行性への影響を通常期と雪氷期に分けて分析した。

1) 通常期における調査・分析結果

a) 走行速度

① ビデオ調査結果

通常期における走行速度の変化を分析した結果、全箇所とも対策前後での大きな変化は見られなかった(図-8)。この傾向は、同時期にWRの試行が行われた他地域での傾向りとほぼ同等である(図-9)。なお、各箇所の道路線形別に傾向の差異を確認したところ、対策前後での走行速度に大きな差異は見られなかった(図-8)。

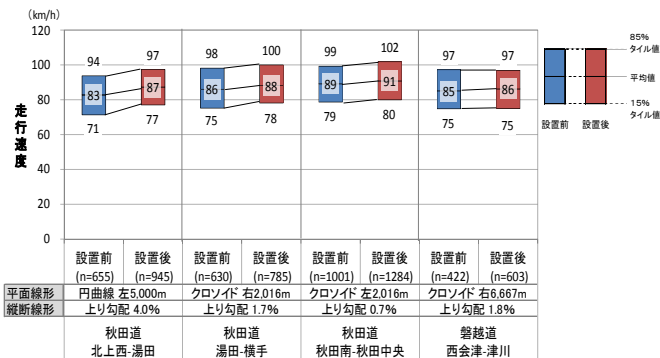
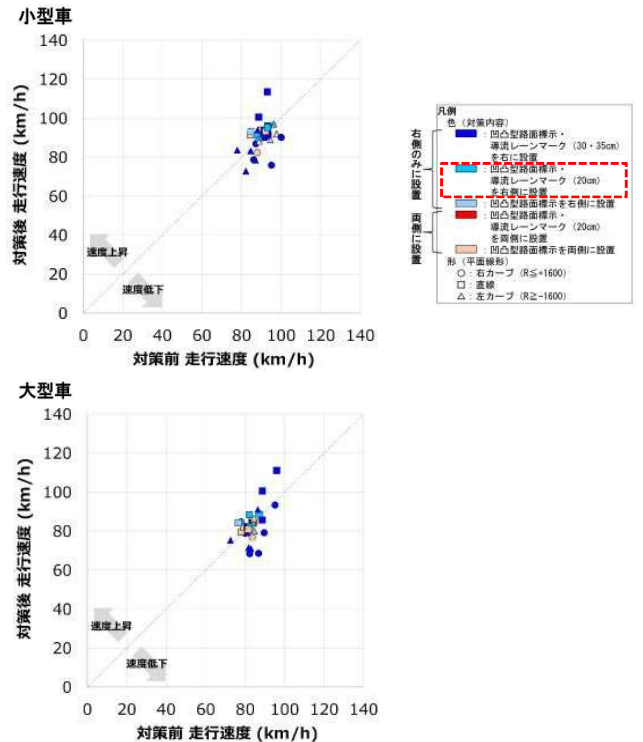


図-8 箇所別の走行速度の変化

車種別分析：車種別に傾向の差異を確認した結果、対策前後での走行速度に大きな差異は見られなかった(図-10)。

対向車有無別分析：対向車有無の傾向の差異を確認した結果、対策前後での走行速度に大きな差異は見られなかった(図-11)。



(出典) 第二回高速道路の正面衝突対策に関する技術検討委員会(2017) P. 16

図-9 対策前後の走行速度変化 (WR 試行全箇所)

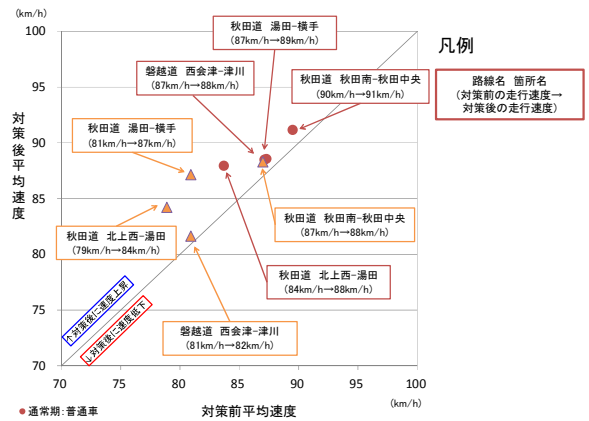


図-10 対策前後の車種別走行速度変化

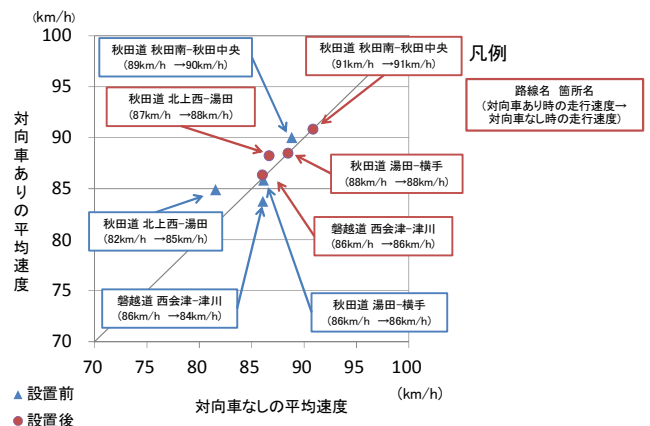


図-11 対策前後の対向車有無別走行速度変化

② アンケート調査結果

アンケート調査（通常期）の結果，WR 設置により「安心感を感じる」と答えた利用者が約 5 割を占めている（図-12）．また，ラバーポール区間と比較して「走行速度に変化なし」と答えた利用者が約 9 割を占めている（図-13）．

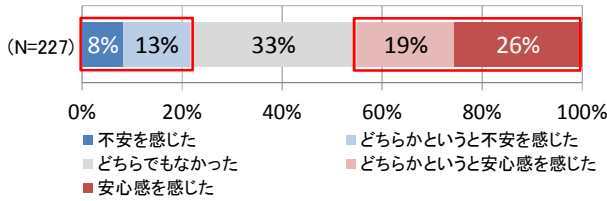


図-12 WR 区間での安心感・不安感について（通常期）

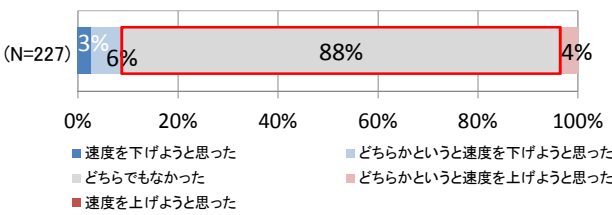


図-13 WR 区間の走行速度について（通常期）

③ 通常期における走行速度への影響

以上の結果からWR の設置はドライバーの心理への安心感を与えるものの，走行車両の速度上昇や速度低下を誘発するような影響は小さいと推察される．

b) 走行位置

① ビデオ調査結果

通常期における走行位置を分析した結果，対策後，すべての箇所では平均値が路肩寄りにシフトしていることが明らかになった．シフト量は，最小で 16cm（秋田道 北上西 IC～湯田 IC），最大で 30cm（磐越道 西会津 IC～津川 IC）となっている（図-14）．この傾向は，同時期にWR の試行が行われた他地域での傾向と同等であるが，シフト量は全国平均よりも大きい傾向にある（東北平均：23cm，全国平均：13cm 図-15）．なお，道路線形別に傾向の差異を確認したところ，全箇所ともに対策前後で路肩寄りに移動しており，線形別の傾向に差異は見られなかった（図-14）．

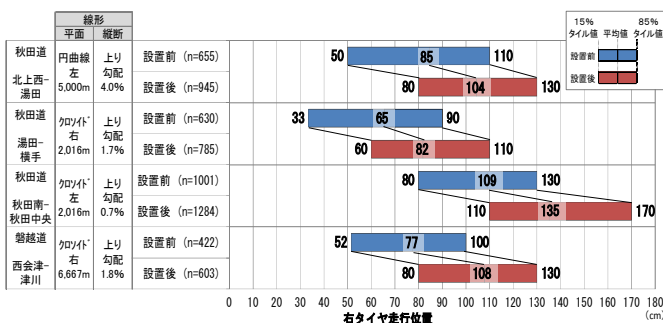
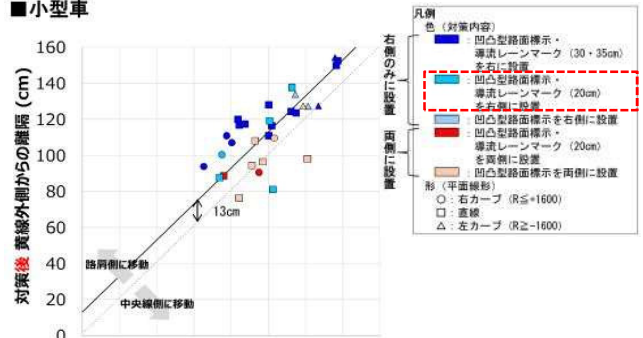
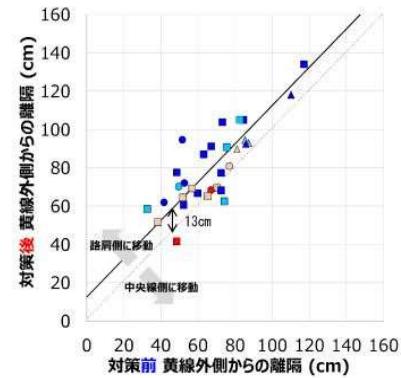


図-14 箇所別の走行位置の変化

■ 小型車



■ 大型車



（出典）第二回高速道路の正面衝突対策に関する技術検討委員会（2017）P. 15

図-15 対策前後の走行位置変化（WR 試行全箇所）

車種別分析：車種別に傾向の差異を確認した結果，対策前後での走行位置に大きな差異は見られなかった（図-16）．

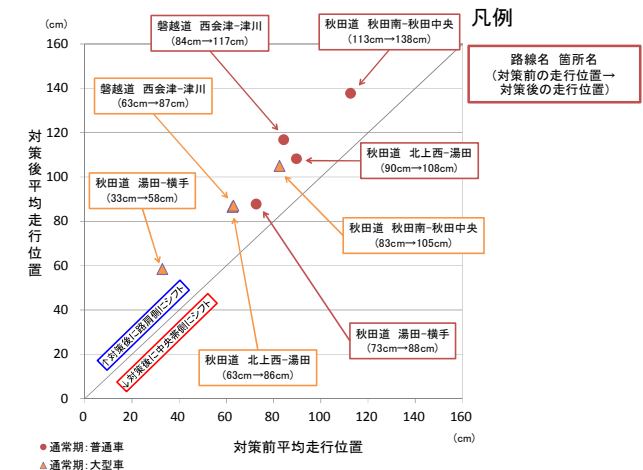


図-16 対策前後の車種別走行位置変化

対向車有無別分析：対向車有無による傾向の差異を確認した結果，対策前後での走行位置に大きな差異は見られなかった（図-17）．

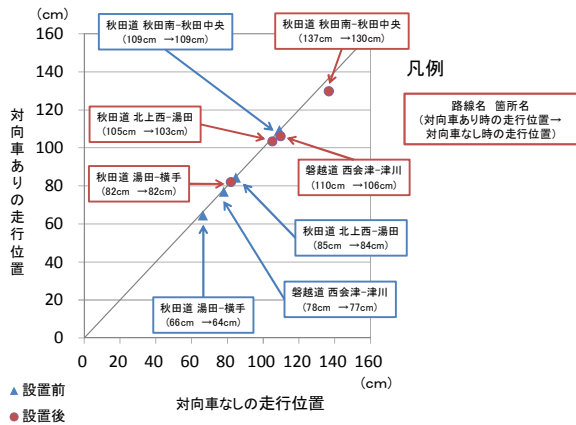


図-17 対策前後の対向車有無別走行位置変化

車線逸脱率分析：各箇所とも対策前後で車線逸脱率が上昇していることが確認された。特にランブルストリップスを路肩側に設置していない秋田道 秋田南 IC～秋田中央 IC 間では、設置済の区間と比較して、車線逸脱率が高いことが確認された（対策前:9.3%⇒対策後:16.0%）（図-18）。

同時期にWRの試行が行われた他地域での調査結果からは、（本研究の対象箇所と同様に）中央線側に導流レーンマークが設置されている箇所は、走行位置が路肩側へ大きくシフトする傾向にあることが確認されている¹⁾。このことから、WRと同時に設置した導流レーンマークについても、路肩側への走行位置のシフト（全国平均値を上回るシフト量）や車線逸脱率の上昇に影響を与えているものと考えられる。

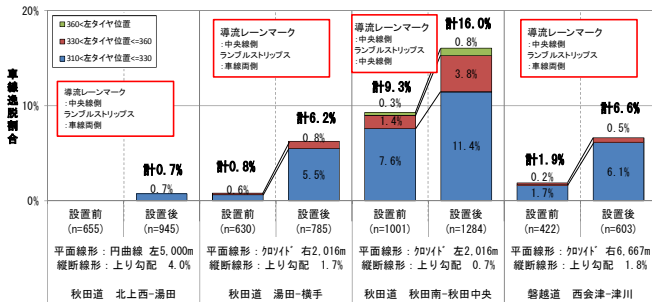


図-18 対策前後の車線逸脱率変化

②アンケート調査結果

アンケート調査（通常期）の結果、WRによって「圧迫感を感じた」と回答した利用者の割合が「圧迫感を感じなかった」と同程度を占めており（図-19）、また、「WRへの接触の恐れを感じた」と感想を述べた利用者も見られた。このことから、導流レーンマークとともにWRの設置が走行位置に影響を及ぼしていると考えられる。また、WRの支柱について、「太陽光が反射して走行しづらい」との自由意見も見られた。

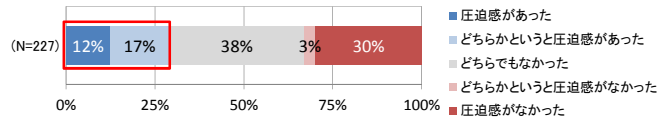


図-19 WR設置区間で圧迫感を感じた割合

③通常期における走行位置への影響

ビデオ調査やアンケート調査の結果から、WRや同時に設置した導流レーンマークが走行位置や車線逸脱率に影響を与えていることが確認された。

また、路肩側にランブルストリップスが設置されている秋田道 秋田南 IC～秋田中央 IC は、他の 3 箇所と比較し、対策後の車線逸脱率の増加傾向が小さいことから、ランブルストリップスは車線逸脱の抑制に一定の効果を与えるものと推察される。

2) 雪氷期における調査・分析結果

a) 走行速度

①ビデオ調査結果

雪氷期の走行速度を分析した結果、秋田道 北西上 IC～湯田 IC 間と、湯田 IC～横手 IC 間においては対策後に速度が上昇した一方、秋田道 秋田南 IC～秋田中央 IC 間、磐越道 西会津 IC～津川 IC 間では対策後に速度が低下しており、対策による走行速度の変化に統一的な傾向は見られなかった（図-20）。

また、線形別に傾向の差異を確認したところ、対策前後での走行速度の変化に、線形別の統一的な傾向は見られなかった（図-20）。

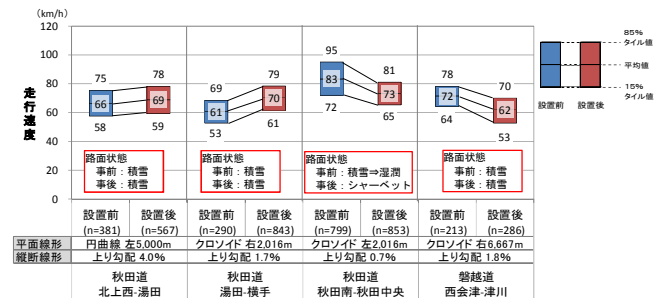


図-20 箇所別の走行速度の変化

車種別分析：車種別に傾向の差異を確認したところ、対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった（図-21）。

対向車有無別分析：対向車の有無による走行速度の変化は、対策前後ともに見られなかった（図-22）。

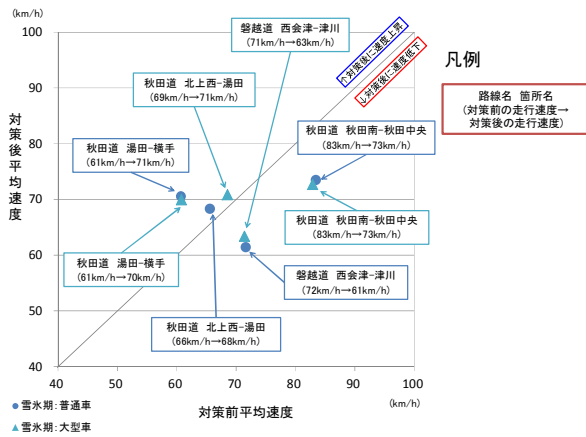


図-21 対策前後の車種別走行速度変化

は見られなかった (図-24).

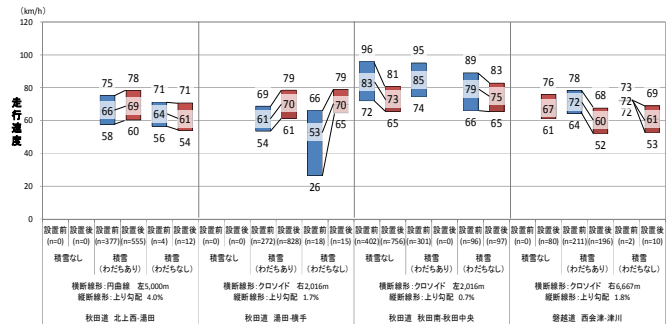


図-24 対策前後の路面状況別走行速度変化

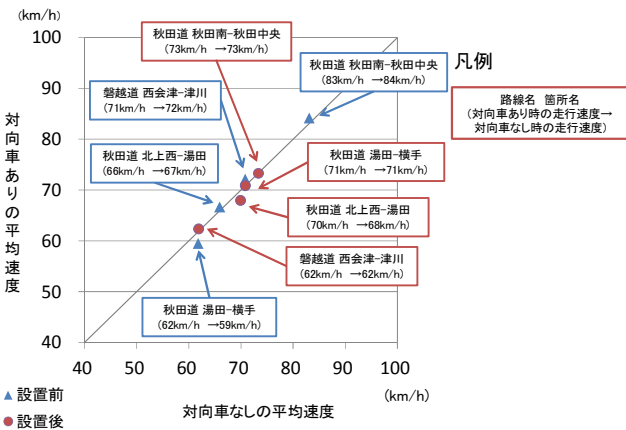


図-22 対策前後の対向車有無別走行速度変化

降雪状況下での分析：降雪状況下での走行速度の差異を確認したところ、同じ降雪状況下においても、秋田道 北上西 IC～湯田 IC 間と湯田 IC～横手 IC 間では走行速度が上昇傾向、秋田道 秋田南 IC～秋田中央 IC 間と磐越道 西会津 IC～津川 IC 間では走行速度が低下傾向にあるが、降雪状況下での対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった (図-23).

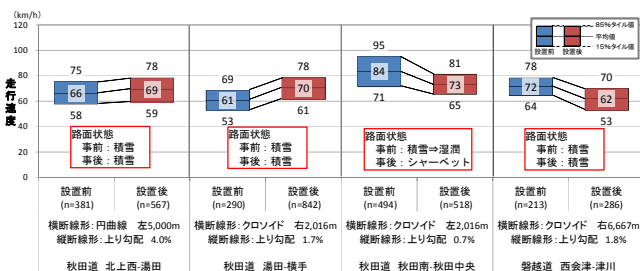


図-23 対策前後の天候別平均走行速度変化

路面状況別分析：路面状況別に傾向の差異を確認したところ、全体的に積雪あり (わだちあり) 時と比較し、積雪あり (わだちなし) 時の走行速度は、低下する傾向にあるものの、同一路面状況下であっても、対策前後での走行速度の変化に統一的な傾向

②アンケート調査結果

ビデオ調査結果から、走行速度はWRの設置による統一的な影響を受けていないことが推察される。雪氷期に実施したアンケートの結果ではWRによって「安心感を感じた」との回答が約7割を占める (図-25)。一方、「走行速度に変化なし」との回答が9割以上を占める (図 26) 他、「運転しにくさ」を感じなかった回答も9割以上を占める等の意見が見られて (図-27) おり、対策による走行性への悪影響は発生していないことが推察される。

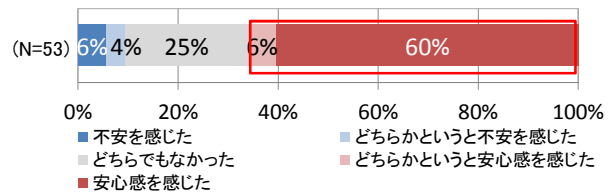


図-25 雪氷期のWR区間での安心感・不安感について

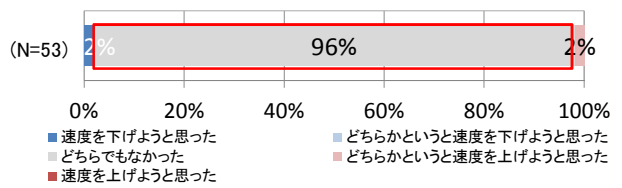


図 26 雪氷期におけるWR区間の走行速度

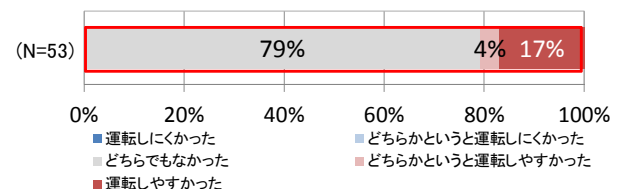
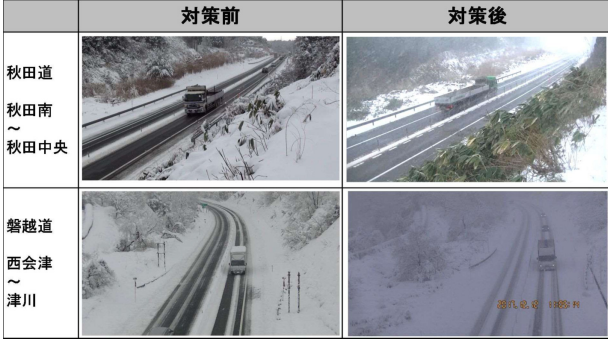


図-27 雪氷期におけるWR区間の運転しやすさについて

③雪氷期における走行速度への影響

ビデオ調査映像を確認した結果、同じ路面状況・天候下であっても、降雪の強弱等（表-7）が、ドライバーの走行速度選択に影響を及ぼしていることが推察される。

表-7 同一天候・路面状況区分下での条件の差異例



b) 走行位置

①ビデオ調査結果

雪氷期の走行位置を分析した結果、秋田道 北上西 IC～湯田 IC 間では対策前後で走行位置が中央線側に移動した一方、他の箇所においては、対策前後で走行位置が路肩側に移動した（図-28）. 線形別に傾向の差異を確認したところ、対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった（図-28）.

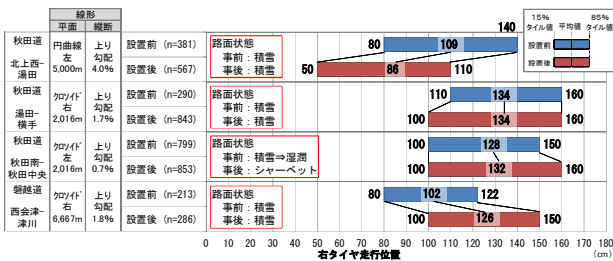


図-28 箇所別の走行位置の変化

車種別分析：車種別に傾向の差異を確認したところ、磐越道 西会津 IC～津川 IC 間以外の箇所においては大型車の走行位置が中央線寄りにシフトしていることが確認できるものの、対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった（図-29）.

対向車有無別分析：対向車の有無による走行位置の変化は、対策前後ともに見られなかった（図-30）.

降雪状況下での分析：降雪状況下での対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった（図-31）.

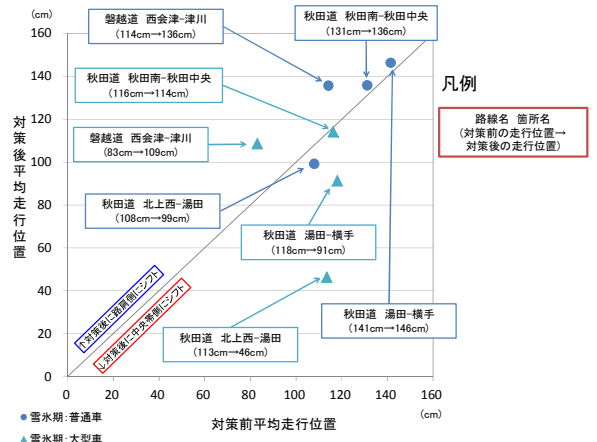


図-29 対策前後の車種別走行位置変化

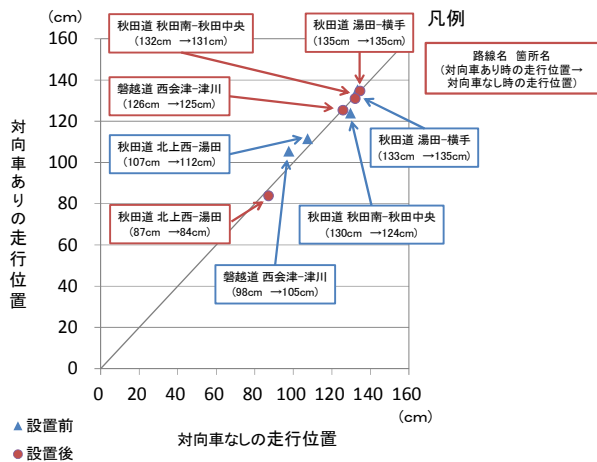


図-30 対策前後の対向車有無別走行位置変化

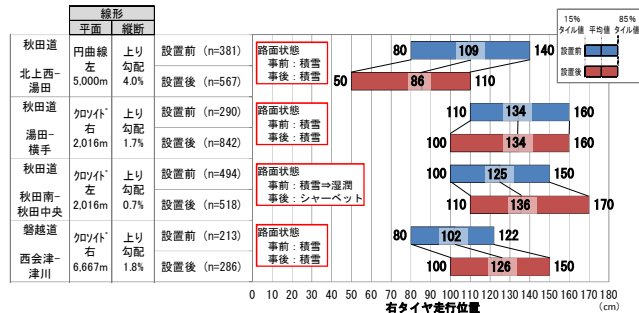


図-31 対策前後の降雪状況下の平均走行位置変化

路面状況別分析：路面状況別に傾向の差異を確認したところ、積雪あり（わだちあり）の状況下においては対策前後での走行位置の変化に、統一的な傾向は見られなかった. 一方、積雪あり（わだちなし）の状況下においては、全箇所ともに中央線側へのシフトが見られる. このことから、わだちのない積雪状況下では中央線を目印にして車両が走行することで、走行位置が中央線側にシフトしている可能性が推察される（図-32）.

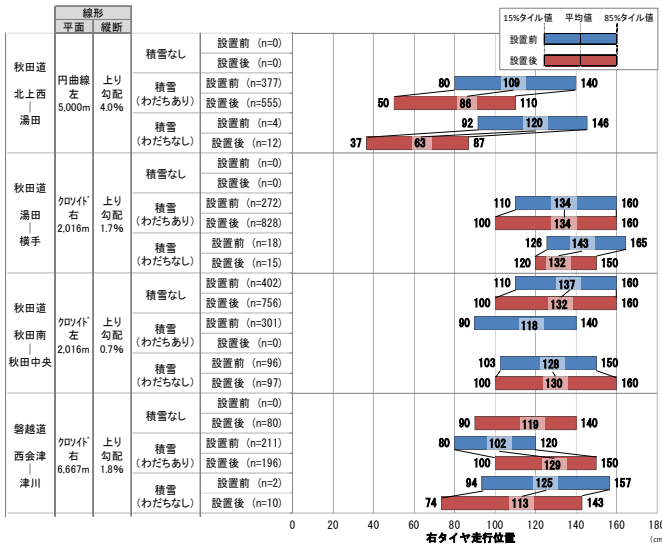


図-32 対策前後の路面状況別走行位置変化

車線逸脱率分析：秋田道 湯田 IC～横手 IC 間以外の箇所では、対策前と比較し対策後の車線逸脱率が上昇している一方、湯田 IC～横手 IC 間については対策前と比較し、対策後の車線逸脱率が低下が確認された。なお、ランブルストリップスを路肩に設置していない秋田道 秋田南 IC～秋田中央 IC 間と比較して、ランブルストリップスを路肩に設置した区間では、車線逸脱率の増加傾向が小さいことが確認された (図-33)。また、磐越道 西会津 IC～津川 IC 間については、ビデオ調査映像から、除雪車とその後の車両のわだち位置が対策後に大きく路肩側へシフトしていることが確認された (図-33)。

② アンケート調査結果

アンケートの結果から、積雪あり (わだちあり) 状況下においては「わだちを目印に走行している」との回答が 9 割以上を占めることが把握された他、視界が悪くわだちの無い状況では、中央線 (ラバーポールやWR) や路側 (ガードレール, デリニエータ等) など様々な道路施設を目印に走行している回答者がみられた。今回の調査結果を踏まえ、調査に使用したビデオ映像を確認した結果、アンケート結果で得られた傾向 (図-34) と同様にわだちに合わせて走行している車両が多くみられた (表-8)。

③ 雪氷期における走行速度への影響

ビデオ調査結果から、雪氷期の走行位置については、通常期と比較し、WR の設置による統一的な影響がみられにくいことが把握された。そのため、導流レーンマークやWR の設置による影響よりも、除雪車や前方車により形成されたわだちの位置が雪氷期の走行位置に大きく影響を及ぼしていることが推察される。わだちのない積雪路面では、中央線側や

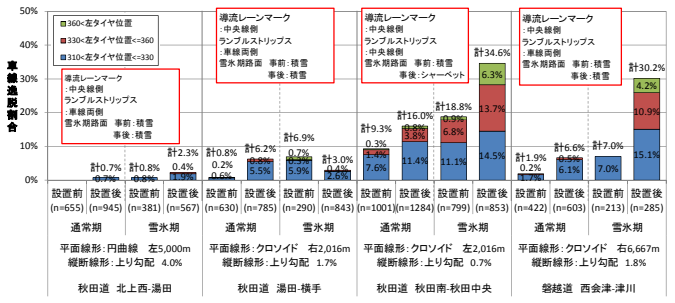
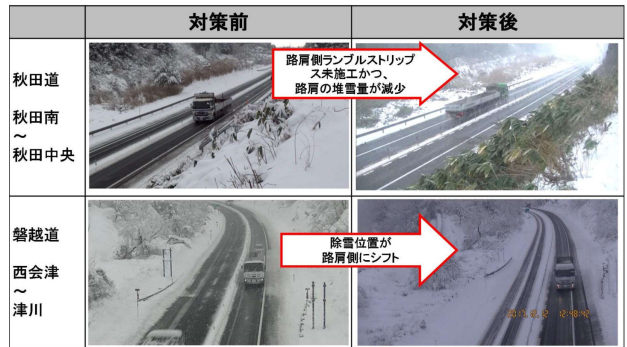
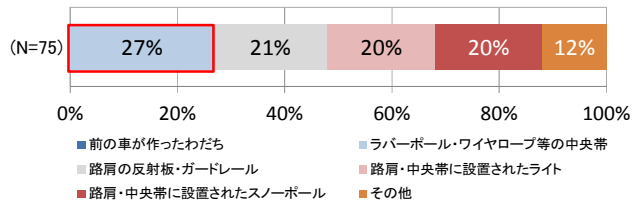


図-33 対策前後の車線逸脱率変化

表-8 車線逸脱率大幅増加箇所の要因



わだちなし



わだちあり

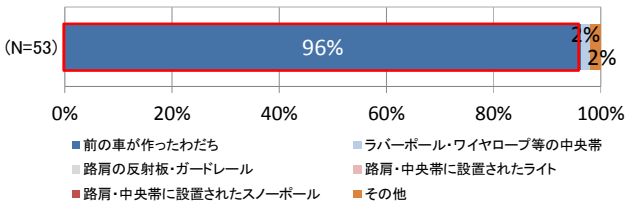


図-34 積雪時の運転で頼りにするもの

路側など、ドライバーによって目標物が異なることがアンケート調査から確認されている。そのため、WR を目標として走行しているドライバーが一定数存在することで、走行位置が中央線側にシフトしていると推察される。

4. まとめ

分析のまとめは以下の通りである。

(1) 通常期

WR の設置はドライバーに安心感を与えるものの、それによる走行速度の変化を誘発する影響は見られなかった (図-10)。一方で、WR や、WR と同時に

設置された中央線側の導流レーンマークが与える圧迫感によって、走行位置が路肩側にシフトし、車線を逸脱する車両が増加している(図-16)。また、全国的な調査結果からも、走行位置の路肩側へのシフトの傾向が、中央線側にのみ導流レーンマークを設置している箇所において顕著に現れることが確認された(図-15)。

(2) 雪氷期

走行車両への影響は、WRの設置の有無よりも、路面状況(積雪時のわだちの位置)や気象状況による部分が多い(図-32)ことがビデオ調査から推察された。一方で、降雪により視界が悪く、わだちが形成されていない積雪路面状況においては、車両の走行位置が中央線側にシフトするケースが確認されている。また、アンケート調査の結果からは、WR等の中央線に設置された視線誘導設備を目標物として走行しているドライバーが多いことが確認されている(図-34)。また、WRに関する自由回答としては、通常期には「WRに太陽光が反射して走行しづらい」、雪氷期には「雪でWRが見えない」、「冬場はラバーポールの方が視認性が高い」との意見が挙げられた。

5. 今後の課題

今回の調査対象箇所はいずれも平面線形が比較的穏やかであったため、線形の違いによる傾向がみられなかった。見通しが悪いカーブ区間や、路肩の狭い構造物(トンネル、橋梁等)上の区間では、車線逸脱が事故リスクに繋がる可能性を秘めていると考えられることから、このような箇所でWR設置による走行特性への影響について調査を実施することが、WRの本格的な導入をする際の課題として挙げられる。また、それらの区間へのWR設置に際しては、導流レーンマークやランプルストリップスを路肩側にも設置(図-35)するなど、車線逸脱を抑制する対策が望まれる。

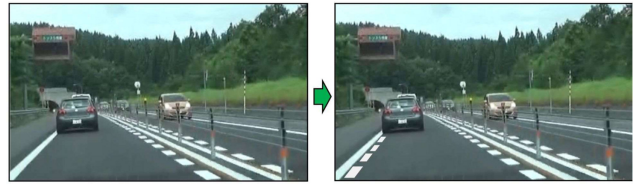


図-35 路肩側への導流レーンマーク追加イメージ

雪氷期は、気象や路面状況により車両の走行環境の変化が大きくなることが把握できた。そのため、更なるデータの蓄積を図ることで、気象別や路面状況別でのWRが走行性に与える影響に対する詳細な分析が継続して必要となると思われる。

また、アンケート調査にて、通常期にはWRの支柱に反射する太陽光による走行性への影響を指摘する意見、雪氷期には積雪下状況でのWR支柱の視認性の低さを指摘する意見が得られたことから、WR支柱の色彩変更(図-36)により視認性を向上し、雪氷期における視線誘導効果を高めることが必要と思われる。

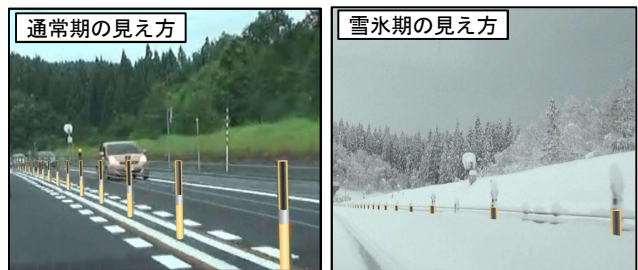


図-36 WR支柱の色彩変更イメージ

参考文献

- 1) 国土交通省:ワイヤロープ試行設置箇所の交通状況について(中間報告), 第二回高速道路の正面衝突対策に関する技術検討委員会 2017

(2018. 4. 27 受付)

The Analysis of the Effects of Constructing Wire Rope Safety Barriers in Two-Lane Rural Highways Located in Heavy Snow Areas