

ランブルストリップスの施工技術を活用した 注意喚起手法の開発

(独) 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○武本 東
平澤 匡介
葛西 聡

北海道の郊外部一般国道の大半を占める2車線道路では、前方不注意や速度超過に起因した交通事故が多発している。本研究では、ランブルストリップスの施工技術を活用して車道横断方向に深さ一定の凹型溝を切削した注意喚起手法を考案した。本稿では、この注意喚起手法について、走行車両に危険を与えない範囲で、注意喚起効果や速度抑制効果がある規格を検討するため、運転手に伝わる騒音・振動の測定、被験者を用いた走行実験を行ったので、その結果を報告する。

キーワード：事故防止、注意喚起手法、ランブルストリップス

1. はじめに

北海道の郊外部一般国道の大半を占める2車線道路では、前方不注意や速度超過に起因した交通事故が多発している。前方不注意による交通事故は、脇見や漫然運転をしていて走行車線を逸脱しても気づかなかつた場合に発生する事故である。速度超過による交通事故は、適切な速度以上で走行中、ハンドル操作を誤ったり、回避操作を行う余地がなかったりした場合に発生する事故である。こうした人的要因による交通事故を未然に防ぐため、注意喚起効果や速度抑制効果を期待した事故対策として、車道舗装面に施工するすべり止め舗装やイメージランプ、車道外側線として施工する高視認性区画線等が挙げられる。しかし、これらの事故対策は、舗装面に区画線塗料や骨材等を凸状に施工するため、北海道のような積雪寒冷地では、除雪によって剥離、破損しやすく、耐久性が懸念されている。一方、道路の中央線上や路肩に凹型の溝を連続して施工するランブルストリップスは、除雪作業の支障にならず、費用が安いことや施工速度が速いといった利点もあり、正面衝突事故対策として急速に普及している。

そこで、本研究では、ランブルストリップスの施工技術を活用し、前方不注意や速度超過の事故対策として、車道横断方向に深さ一定の凹型溝を切削した注意喚起手法を考案した。本稿では、この注意喚起手法について、走行車両に危険を与えない範囲で、速度抑制効果や注意喚起効果がある規格を検討するため、運転手に伝わる騒音・振動の測定、被験者を用いた走行実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 注意喚起手法の概要

(1) ランブルストリップスの概要

ランブルストリップスは、道路の中央線上や路肩に凹型の溝を直線的に施工し、その上を通過する車両に対し不快な振動や音を発生させることにより、ドライバーに車線を逸脱したことを警告する正面衝突事故対策である（写真-1左）。ランブルストリップスの施工方法の特徴は、既存の切削機の案内輪を異径に改造し、異形車輪回転による異形差を利用することにより、切削機の走行に従って切削ドラムが上下し、これに伴って凹型の溝を連続して切削することである（写真-1右）。



写真-1 ランブルストリップス（左）と施工機械（右）

(2) 考案した注意喚起手法の概要

本研究では、ランブルストリップスの施工技術を活用して、車道横断方向に深さ一定の凹型溝を切削し、この溝を車線に沿って複数施工することで、通過車両に対して音や振動を発生させる注意喚起手法を考案した（写真-2）。凹型溝の規格として、幅と深さをそれぞれ2種類設定し、苫小牧寒地試験道路に4種類の注意喚起手法を100m間隔で施工した（図-1）。幅については、中央線が2条線の場合のランブルストリップスの規格値であ

る35cmと、中央線が1条線の場合の規格値である15cmを設定した。深さについては、路肩用のランブルストリップスの規格値である9mmと、車線逸脱時にのみ注意喚起するランブルストリップスとは異なり、全走行車両が本手法を通過することから、より浅い6mmを設定した。設置本数は、幅35cmの場合は2本とし、幅15cmの場合は3本とした。また、溝の縦断方向の間隔は、普通車の車両長を考慮して5mとした。横断方向の切削長は、除雪プラウによる溝の損傷を防ぐことを考慮し、車線の両端から20cmを切削せず、車線幅員から40cm短い規格とした。また、注意喚起手法の視認性を考慮して、全ての凹型溝に幅15cmの区画線を施工した。



写真-2 注意喚起手法の施工状況



図-1 4種類の注意喚起手法の規格

3. 車内騒音・振動の調査

(1) 調査概要

苫小牧寒地試験道路に施工した4種類の注意喚起手法について、車内騒音、振動を測定するため、2008年10月1日（水）に調査を行った。本調査では、普通乗用車（2002年式日産プリメーラ：UA-TP12）の助手席ヘッドレストに騒音計を固定し、ステアリングコラム上部に振動計のピックを固定して、0.1秒間隔の車内騒音（騒音レベル）と車内振動（振動加速度レベル）を測定した。走行速度は、40、60、80、100km/hとし、各速度で3回走行した。比較対象として、通常の路面とすべり止め舗装を走行した時の車内騒音、振動も測定した。

測定した騒音レベルの集計方法は、各回の走行において調査対象毎に最大値を抽出し、走行速度、調査対象毎に平均する方法とした。振動加速度レベルの場合は、JISの「振動レベル測定法」における周期的または間欠的に変動する場合の測定方法¹⁾を準用し、各速度で各調査対象を通過した時に得られる複数の測定値を平均して算出した。1回の走行で得られる測定値の数は、走行速度と調査対象の延長によって異なり、表-1の通りである。

表-1 走行1回当たりの取得データ数

走行速度	秒速 [A]	延長 (m) [B]					
		すべり止め舗装		注意喚起手法 (2本)		注意喚起手法 (3本)	
40	11.1	2.9	5.7	10.45	3	5	9
60	16.7	2.9	5.7	10.45	2	3	6
80	22.2	2.9	5.7	10.45	1	3	5
100	27.8	2.9	5.7	10.45	1	2	4

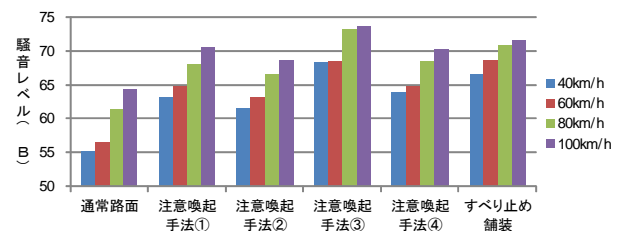


図-2 走行速度別、調査対象別の騒音レベル

表-2 通常路面と各調査対象の騒音レベルの差

	通常路面				対象				騒音レベル (B)			
	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100
通常路面	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
注意喚起手法①	7.9	8.3	8.3	6.7	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
注意喚起手法②	6.3	6.5	6.5	5.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
注意喚起手法③	13.0	11.9	11.9	11.8	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
注意喚起手法④	8.6	8.3	8.3	7.2	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
すべり止め舗装	11.3	12.1	12.1	9.5	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2

(2) 車内騒音・振動調査結果

調査の結果、車内騒音が最も大きかったのは、どの速度においても注意喚起手法③（幅35cm、深さ9mmの規格）を走行したときであり（図-2）、通常路面を走行したときに比べて、騒音レベルが9.3～13.0dB高くなった（表-2）。車内騒音が、2番目に大きかったのは、すべり止め舗装であった。注意喚起手法①、②、④は、通常路面を走行しているときよりも4.3～8.6dB高くなった。

車内振動は、騒音同様、注意喚起手法③を走行したときに最も高くなり（図-3）、通常路面を走行したときに比べて、振動加速度レベルが7.0～12.0dB高くなった（表-3）。注意喚起手法①、②、④は、通常路面を走行しているときよりも2.3～8.2dB高くなった。

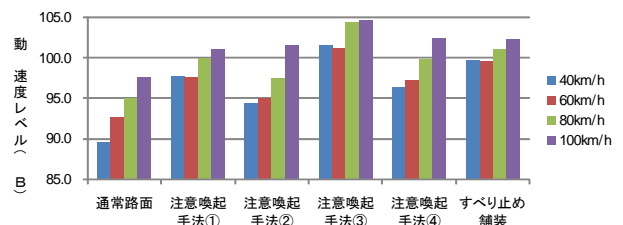


図-3 走行速度別、調査対象別の振動加速度レベル

表-3 通常路面と各調査対象の振動加速度レベルの差

	通常路面				対象				動 速度レベル (B)			
	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100
通常路面	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
注意喚起手法①	8.2	5.0	5.0	4.9	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
注意喚起手法②	4.8	2.3	2.3	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
注意喚起手法③	12.0	8.6	8.6	9.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
注意喚起手法④	6.9	4.5	4.5	4.9	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
すべり止め舗装	10.3	6.9	6.9	6.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6

4. 被験者を用いた走行実験

(1) 走行実験概要

注意喚起手法の最適規格を検討するため、2008年10月25日(土)～27日(月)に苫小牧寒地試験道路において20～60代の被験者54人を集めて実験を行った(写真-3)。

実験では、評価対象を4種類の注意喚起手法とすべり止め舗装とし、乗用車(2002年式日産プリメーラ:UA-TP12)、自動2輪(400cc)、原動機付自転車、自転車を用意して、被験者に制限速度が60km/hの一般国道を想定して各車両で走行してもらった後、アンケートに回答してもらった(図-4)。乗用車には、車両挙動計測装置(ULOGGER-TRJ)²⁾を搭載し、走行中の速度、加減速度、ブレーキ操作の有無を計測した。走行後のアンケートでは、速度抑制効果、注意喚起効果、学習効果、走行時の危険の程度、実際に設置してほしい規格について調査した。また、車両の走行順を2種類設定し、25日～26日午前の被験者32人には、乗用車、自動2輪、原動機付自転車、自転車の順で走行してもらい、26日午後～27日の被験者22人には、逆の順で走行してもらった(表-4)。実験時の天候・路面状態は、26日午前は少雨、湿潤路面であり、他の日時は晴れか曇りで、乾燥路面であった。

(2) 乗用車による走行結果

各被験者が乗用車を走行したときの各評価対象通過時の速度について集計した結果、平均で56.5～59.5km/hで



写真-3 走行実験状況

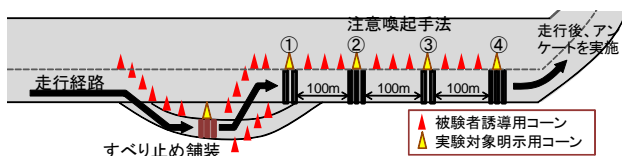


図-4 実験コース図

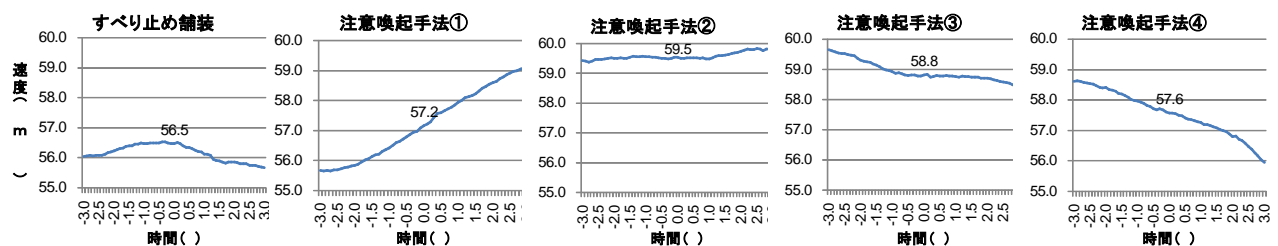


図-5 各評価対象走行前後の速度変化

あった(図-5)。しかし、各評価対象の前後3秒間の速度変化を見ると、実験コースが直線ではないことや、注意喚起手法④を走行後にカーブがあることが、少なからず影響していると考えられ、評価対象の違いによる走行速度や減速挙動への影響は分からなかった。また、実験対象の前後でブレーキ操作を行った被験者はいなかった。

次に、乾燥路面のときに、実験コースを最初に乗用車で走行した被験者18人の平均速度と、他の車両で走行後に乗用車で走行した被験者22人の平均速度について平均値の差の検定を行った。その結果、すべり止め舗装と注意喚起手法①で5%有意、注意喚起手法②、③、④で1%有意であることを確認でき、他の車両で走行後に乗用車で走行した被験者の平均速度のほうが有意に小さかった(図-6)。このことから、各注意喚起手法を一度経験した被験者は、次に走行するときに、より低い速度で走行するように学習していたと考えられる。

(3) 意識調査結果

被験者が各車両で走行後に行ったアンケートでは、速度抑制効果、注意喚起効果について、「とても効果がある」を7とし、「全く効果がない」を1とした7段階の評価を行った。学習効果については、「次回から速度を落とそうと思う」を7とし、「速度を落とそうとは思わない」を1とした7段階の評価を行った。走行時の危険の程度については、「とても危険を感じた」を7とし、「全く危険を感じなかった」を1とした7段階の評価を行った。

表-4 実験概要

		被験者数(人)	天候	路面状態	走行順
	PM	6	晴	乾燥	乗用車→自動2輪→原付→自転車
2008/10/26(日)	AM	14	少雨	湿潤	乗用車→自動2輪→原付→自転車
	PM	13	曇	乾燥	自転車→原付→自動2輪→乗用車
2008/10/27(月)	AM	9	曇	乾燥	自転車→原付→自動2輪→乗用車
計		54			

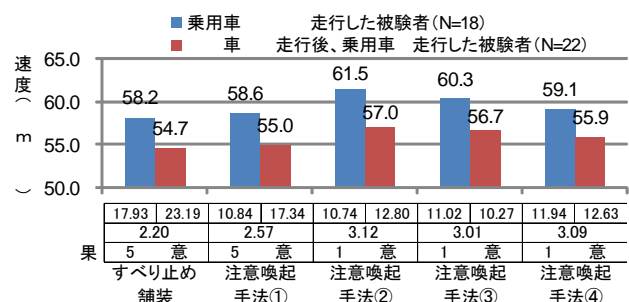


図-6 走行順による走行速度の差

アンケートの結果、速度抑制効果、注意喚起効果については、注意喚起手法③の評価が乗用車では5.4、自動2輪では4.8と高く、学習効果についても、注意喚起手法③の評価が乗用車で5.4、自動2輪で4.9と最も高かった(図-7(a, b))。注意喚起手法③のこれらの評価は、すべり止め舗装の評価と同程度であった。走行時の危険の程度については、どの条件においても、評価が4.1以下となり、危険を感じるという結果にはならなかった(図-7(c))。次に、被験者の事故経験の有無による速度抑制効果、注意喚起効果の評価を比較した結果、事故経験がある被験者のほうが、評価がやや高いことが分かった(図-8)。このことから、当該手法は事故経験者に対しても効果的であることを確認できた。

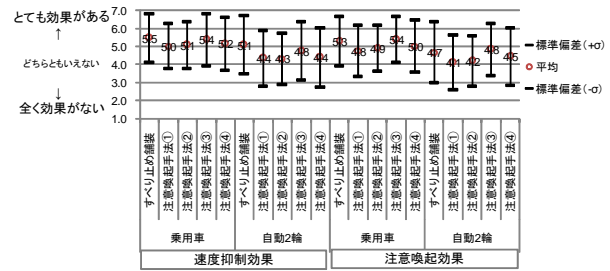
全車両での走行実験後、実際に設置してほしい規格についてアンケートを行った。4種類の注意喚起手法のうち、最も設置してほしい手法としては、前方不注意事故対策としても速度超過事故対策としても注意喚起手法③の割合が最も高いことが分かった(図-9(a))。個々の規格については、設置本数は3本以上と回答した被験者が8割以上を占め、設置深さは9mmと回答した被験者が多くなった(図-9(b, c))。よって、最適規格は、深さ9mm、幅35cmとし、設置本数は実施箇所の線形や事故発生状況等を考慮して決定することが望ましいと考えられる。

5. まとめと今後の課題

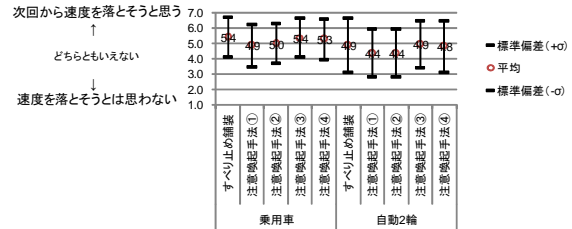
本稿では、ランブルストリップスの施工技術を活用して、通過する車両に注意喚起や速度抑制を促す注意喚起手法を考案し、車両通過時の騒音・振動調査や、被験者実験を実施することで、最適な規格を検討した。乗用車による走行実験では、注意喚起手法を一度経験した被験者は、初めて経験する被験者よりも低速で走行する挙動を確認できた。また、注意喚起手法③は、今回検討した規格の中で、運転者に伝わる騒音、振動が最も大きく、速度抑制効果や注意喚起効果に対する被験者の評価が最も高いことが分かった。このことから、前方不注意や速度超過による事故対策として、深さ9mm、幅35cmの注意喚起手法を5m間隔で設置することを基本とし、対策実施箇所の線形や事故発生状況等を考慮して設置本数を決めることで、有効な事故対策となる可能性が示された。今後は、当該手法の普及に向けて、適切な設置位置や冬期の効果を把握することを考えている。

参考文献

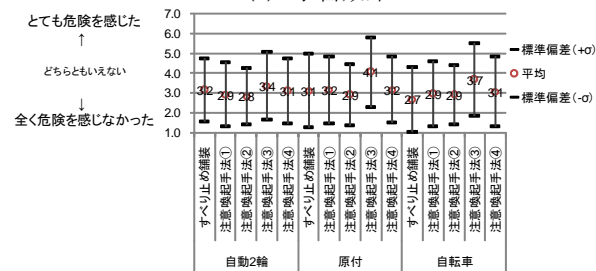
- 1) 福原博篤, 振動レベル測定マニュアル, (社)日本環境測定分析協会, 1996.
- 2) Salvatore Cafiso, Alessandro Di Graziano, and Grazia La Cava: Actual Driving Data Analysis for Design Consistency Evaluation, Transportation Research Record No.1912, Washington, D.C., 2005, PP19-30



(a) 速度抑制効果と注意喚起効果



(b) 学習効果



(c) 走行時の危険の程度

図-7 アンケート回答結果

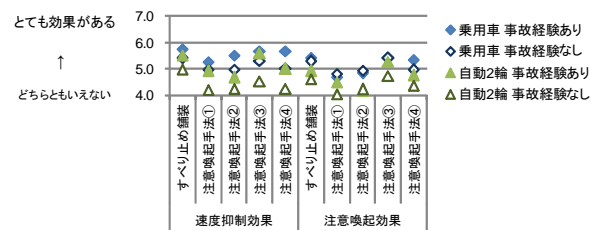
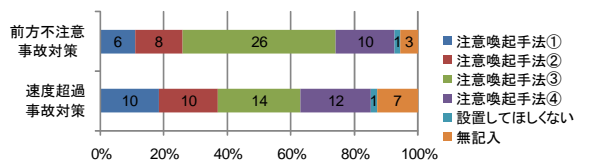
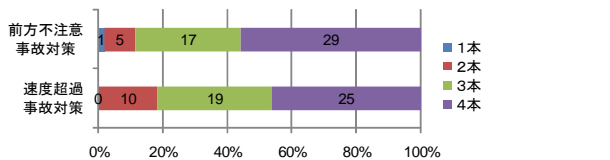


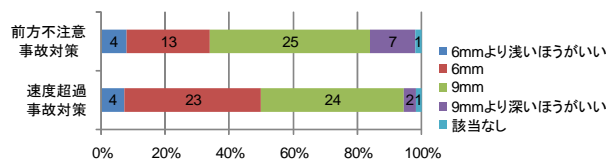
図-8 事故経験の有無による各効果の評価の比較



(a) 設置してほしい注意喚起手法



(b) 設置してほしい注意喚起手法の本数



(c) 設置してほしい注意喚起手法の深さ

図-9 実際に設置してほしい注意喚起手法の規格