

路面情報を連続測定する技術・装置を活用した冬期道路の路面管理

伊藤 玲次*¹・山田 忠幸*²・酢谷 浩*²・徳永 透*²

1. はじめに

北東日本の高速道路を管理する東日本高速道路東北支社にとって、雪氷対策作業は特に重要である。その中の1つで、路面の安全を確保するための重要な作業に凍結防止剤の散布がある。

作業の基本は路面凍結が予想される時、事前に剤散布を行なう場合（事前散布）と、散布後の天候の変化や交通量による路面の変化を考慮に入れつつ、路面温度・残留塩分濃度の測定によって作業判断を行なう場合（追加散布）があり、路面状況把握とともに、濃度の管理は重要である。

従来は、路肩等に車両を止め、手持ち式の塩分濃度計にて計測する方法が一般的であったが、停車した1点だけの測定数値であった。これに対し、連続的に測定のできる車載型センサの開発に着手。「点」から「線」の把握をめざし、東日本高速道路東北支社では、7年前より管内各事務所において車載式塩分濃度測定システムを順次導入し、作業支援及び路面管理に活用している。

本稿では、装置の概要・導入の目的を明示するとともに、実際の運用状況を報告する。

2. 濃度管理の必要性背景¹⁾

冬期道路の安全確保のため、管理者にとって剤散布作業はどちらかというと安全サイドになりがちである。しかし剤散布には次の課題が指摘されている。

① 剤購入にかかるコスト

② 塩害によるコンクリート構造物や橋梁の劣化

特に②については、購入費の何倍もの対策費用が必要になることを認識する必要がある。折しも道路構造物の経年劣化対策が叫ばれるようになっており、安全確保とともに適正な追加散布の判断が求められている。

3. 装置の概要及び情報の提示方法

3. 1. 車載式塩分システムの概要（図1）

システムの概要を示す。車載コンピュータ（ECU）に、塩分濃度センサ（写真1）・路温センサ・気温計・GPS装置・車内モニタ・通信装置・画像カメラ（路面状況を視覚的に把握するためのオプション）を組みあわせる。計測データは5秒おきにリアルタイム伝送され、雪氷対策本部内PCの専用ソフトにて表示される。

濃度センサはタイヤ後方に撥ね上げた水が計測部に付着するよう設置し、その溶液濃度を光学的に読み取る。



図1 塩分システムの構成

尚、十分な撥ね上げ水がないと、測定はできない。撥ね上げがないのは乾燥路面に近い状態のため、凍結の可能性が少ないともいえるが、この点は大いに議論の余地が残る点である。



写真1 ー システム搭載車と塩分濃度センサ

3. 2. 濃度データの活用原理

凍結防止剤の散布量を最適化するためには、路面状況に応じた塩分濃度を算出する必要がある。その考えの基準となるのが、NaCl 凝固点曲線を元にした NaCl 溶液状態図（図2）である。²⁾

この図は理論的な路面状態を塩分濃度（%）と路面温度（°C）との相関により表したものである。

*1 東日本高速道路株式会社 東北支社 管理事業部保全課 *2 山田技研株式会社

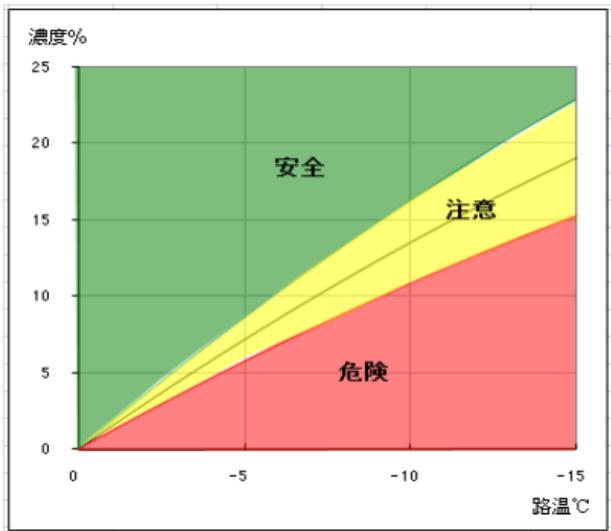


図2— NaCl 溶液状態図

黄色領域の中心線が凝固点曲線であり、上の領域（緑）は、溶液状態、下の領域（赤）は氷が析出し始める状態を表す（すべて凍るわけではない）。凍結防止剤を散布し、氷が析出し始める凝固点曲線より上の状態に路面を管理できれば、理論上全面凍結といった状態を回避できる。ただし、凝固点よりさらに温度低下しても、塩散布により塩水全部は凍らなくなるため、赤の領域でも完全凍結には至らない。いわゆる「完全氷化防止作用」と呼ばれる状態である³⁾。なお留意点としては、この図の適用には路面が溶液状態である必要があり、特にシャーベット・積雪・圧雪状態の濃度変化は、その後の気象状況に大きく影響されるため、判

定の適用には注意を要する。

3. 3. 測定データの表現方法

システムの特徴は、路線に沿って線的に、また連続で塩分濃度を測定し、しかもリアルタイムに状況が把握できることである。その特徴を活かし、測定した残留塩分濃度と路温データを、NaCl 凝固点曲線にプロットし、現在路温に対する凍結防止（に必要な）塩分濃度を瞬時に計算する。その結果を



写真2— 車内表示機

基に、路面状況を危険・注意・安全に3分類し、雪氷対策本部に路線ソフト（図3）上で赤・黄・緑に色別表示して知らせる。また車内でも助手席の前にあるモニタで測定値と判定を確認できる（写真2）。

4. 車載式センサを使用した運用例

こうした特徴を活かし、東日本高速道路東北支社では、19台の巡回車にシステムを取付け、取得した路線状況データに基づき凍結防止作業を行い、きめ細やかな路面管理を実現している。その具体例を次に紹介する。

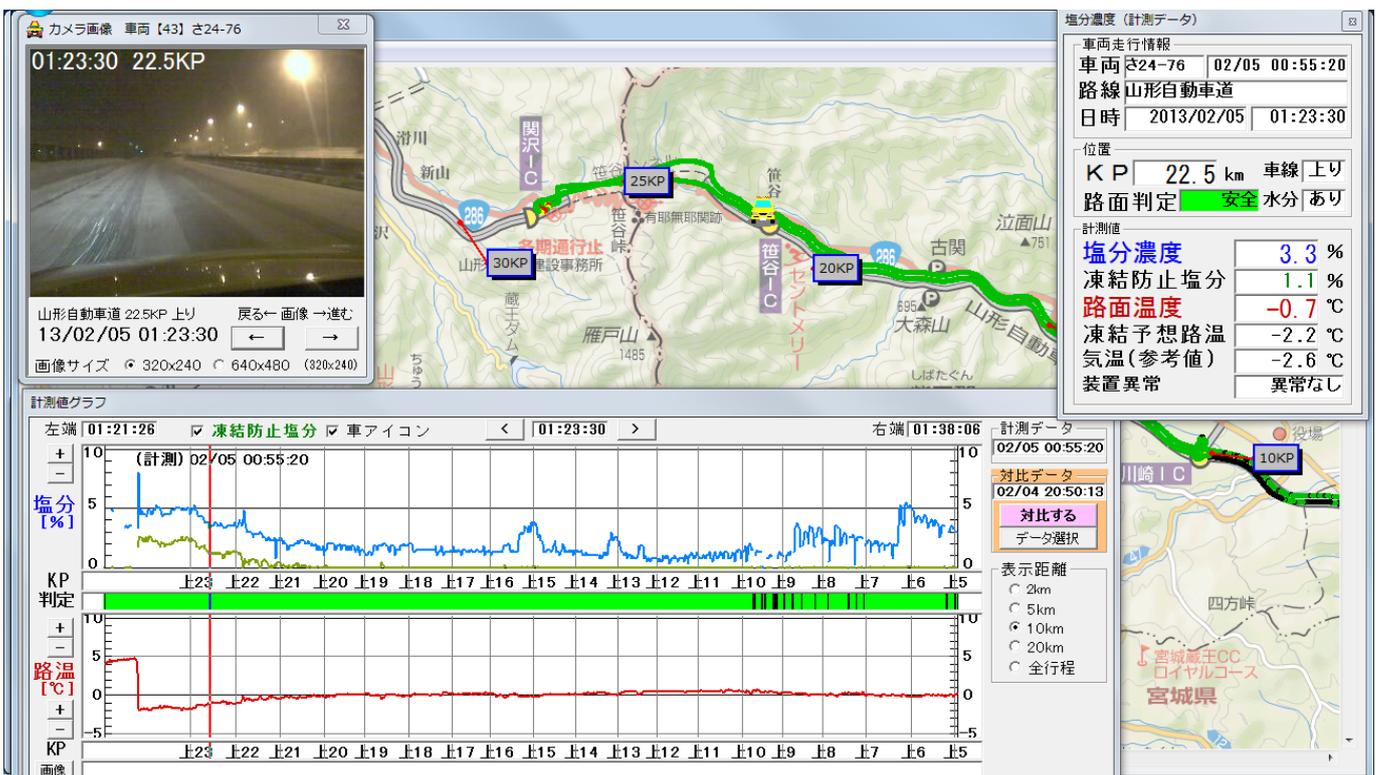


図3— 路線ソフト

4. 1. 巡回車による測定データに基づき追加散布を実施したケース

図4はある管理事務所の1月11日の測定データである。対比データ(前回巡回)の00:53の巡回計測時の路面判定は、ほぼ「警告」で、濃度は凍結防止塩分濃度付近であっ

た(5%、塩分ピンク線)。気象予測ではその後の降雪が予想されたため、巡回終了後の02:30より0-10KP間の散布を実施した。散布の結果、次の巡回03:53の巡回時に濃度が上がったことが確認された(6~8%、塩分青線)。路面温度も下がったため路面判定はほぼ凍結防止塩分濃度付



図4— 1月11日測定データを表示した路線ソフト

近であるが、安全路面は



図5— 1月2日測定データを表示した路線ソフト

確保されていることがわかる。

4. 2. 巡回車による測定データに基づき、追加散布を見送ったケース

図5は1月2日の測定データである。対比データ(前回巡回)の18:48の巡回計測時の測定路温(約4°C)に対し、塩分濃度が十分ある状況(0.5~2%)だった。もしデータが不明だと、通常であれば経験上散布するタイミングだったが、散布作業は見送った。次の22:20巡回で計測したところ、依然路温

が0℃より高かった(3℃)。従って、前回測定より濃度は下がっていたが、散布を見送ったことについては問題なかったことを確認できた。ただし、残留塩分が残っていないことも確認できたため、この計測後、安全のため23:40より散布作業を行なった。

4. 3. 路線の見える化

これらグラフ表示でわかる通り、管理路線全体の路面状況把握により、路線の見える化が図られる。

見える化を行なうことで、ある一定のK P間あるいは坂道・橋梁などの濃度の希釈度や低路温が現出する箇所分析により、危険箇所を科学的に抽出し、いわゆるサーマルマッピングや重点散布箇所マップの作成ができる。そうすることで現時点の路線特徴を把握することが可能になる。さらに①路線の安全状態を把握できる、②通常の管理路線全線散布だけでなく、危険な箇所のみ対応する部分散布も取り入れることができる、ことなどにより散布量が削減でき、コスト削減や構造物劣化への負荷軽減にもつながる。すなわち冬期の交通安全性向上とコスト削減の両立が図られることが期待できる。

5. 作業員の安全確保

システム導入前の濃度測定作業は路肩に巡回車を停止させ、作業員が降車し、ある1点の溶液を採取し手持ちの濃度測定器により測定を行っていた



写真3—降車による測定

(写真3)。課題としては、

①本線上で車外に出ることは危険を伴う作業である、②採取箇所が本線上でなく路肩である、③採取する作業員により測定箇所にはばらつきが出る、などがあつた。車載式塩分システムの導入によりこれらの問題点が解決されるとともに、車両を停車させることが不要になったことから、作業の時間短縮が図れ、作業効率向上にもつなげられることが可能となった。

6. 濃度センサの精度確認

濃度センサの精度については、内部試験により停止時で±1%、走行時で±1~3%との仕様表示としてきた。これに対し、乾燥路面や半湿潤路面で撥ね上げがないことによる測定不能が、「センサ精度が悪い」というように混同されることが見受けられた。そこで、第三者機関による測定を依頼した結果、走行時でも基準値より±1%以内になることが証明された(静岡県の施工技術研究所テストコースにて試験を実施、図6は証明書、写真4は測定風景)。

これにより、センサは付着した溶液に関しては、精度以内で測定するが、撥ね上げの有無による測定不能は別の問題であることを認識していただくことに努めていきたい。

7 まとめ

凍結防止剤の濃度を連続測定する装置を活用することにより、路面状況を線のかつリアルタイムに把握できるようになった。その測定データを活用し、安全と効率性を考慮した最適な散布作業に向けた取り組みが可能となった。もとより巡回による目視観測が必要なことは言うまでもないが、画像データを加えることにより、測定データから現場状況の把握をかなり補完することも可能になった。そこから短時間の雪氷予測の指標にも使用できる可能性がある。

今後も雪氷地域における凍結防止剤散布作業は重要な対策であり続けることは間違いないと思われる。この作業支援のため、装置をさらに改善していくことも必要である。具体的には、タイヤの撥ね上げ水の少ない箇所でも計測できるような装置改善や、センサの小型化、機能追加を行い、一層の性能向上を追求していく。さらに、システム搭載車の配備体制を検討し、引き続き高速道路をご利用されるお客さまに安全・安心な路面を提供できるよう効率的な新しい路面管理手法を確立していきたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 村國 誠：高速道路の雪氷対策を振り返って、社団法人雪センター「ゆき」、N0.90 2013.4
- 2) 吉江 誠吾：地域特性を考慮した凍結防止剤散布の濃度管理図の作成とその活用方法について、ゆきみらい 2009 高岡
- 3) 村國 誠：“冬期路面管理に使用する「塩」の散布効果に関する試験”と“凍結防止作用”・融雪氷作用”の考察、福井雪技術研究会論文報告集 第6号 2013.6



図6—試験結果証明書



写真4—テストコース試験状況

ゴム粒子を使った凍結抑制舗装に関する研究

東本 崇*1 鈴木 徹*1

1. はじめに

冬期の道路における交通安全確保のために、道路面、車両面などから、現在様々な対策がとられている。寒冷地域などで路面上に雪や雨水が氷結した箇所が発生すると、タイヤと路面のグリップ力が低下し、車両の走行が不安定となり、安全性が確保できなくなる。そこで、舗装に路面の凍結を抑制する機能を持たせ、冬期の走行安全性を確保するとともに除雪効率を高めた凍結抑制舗装が各機関・団体が開発および施工されている。

凍結抑制舗装はロードヒーティング等の消雪効果を発揮するものではなく、降雪時や凍結初期に凍結抑制効果を発揮し、冬期の路面管理を補う工法である。つまり、路面の凍結する時間帯や期間を短くできること、凍結防止剤の散布量や散布回数を減らすことおよび除雪作業回数を減らすことなどの効果をねらったものである。このような効果から、スリップ事故の低減による交通安全確保、凍結防止剤散布量の低減による沿道環境保全および冬期路面管理コスト低減につながると考えられる。

凍結抑制舗装は大別して「化学系凍結抑制舗装」と「物理系凍結抑制舗装」の2種類に分類される。昨今、両方の長所を兼ね備えた「物理化学系凍結抑制舗装」も研究および施工がされている。化学系凍結抑制舗装は、塩化ナトリウムや塩化カルシウム等を含む材料を混合物中に添加・混入することで凍結抑制効果を付与した舗装である。物理系凍結抑制舗装は、舗装表面および舗装体内に添加した弾性材料が通過する車両の荷重により変形することで、舗装表面の雪氷のはくりおきおよび破碎を促進させ、路面露出率を高めることで凍結抑制効果を発現する舗装である。

筆者らは、弾性材料としてゴム粒子を使った物理系凍結抑制舗装について長年研究してきており、要求される性能・機能に応じて各種工法を開発・改良し、施工実績に結びつけている。

本文は、それぞれ性能・機能の異なるゴム粒子混入型凍結抑制舗装4工法について紹介するものである。

2. 工法概要

2. 1 ギャップ混合物型凍結抑制舗装

ギャップ混合物型凍結抑制舗装（以下、ギャップ混合物型）は、廃タイヤを粉砕したゴム粒子をギャップ粒度のアスファルト混合物に混合した物理系凍結抑制舗装である。概念図を図-1に、舗装表面を写真-1に示す。

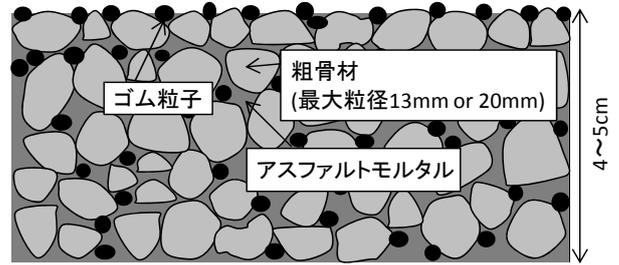


図-1 ギャップ混合物型の概念図

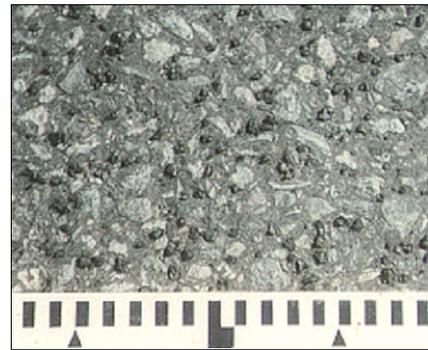


写真-1 ギャップ混合物型の舗装表面

ギャップ混合物型の特長は以下のとおりである。

- ①舗装表面に突出したゴム粒子が、交通荷重により変形することで、雪氷の破碎・除去を促進し路面露出率を高める。除雪作業などで舗装表面が削られても舗装体内に混合されたゴム粒子が現れるため効果が持続する。
- ②舗装表面にゴム粒子が突出していることや、ギャップ粒度の混合物であるため、すべり抵抗性を満足する。なお、表面に硬質骨材を散布することによって、初期すべり抵抗性を向上させることもできる。
- ③混合物の粗骨材量とアスファルト量が多い配合であるため、耐摩耗性に優れている。

本工法は通常のアスファルト混合物と同様にアスファルトプラントで製造することができ、一般的な舗設機械で施工が可能である。施工機械編成例を図-2に示す。



図-2 ギャップ混合物型の施工機械編成例

ギャップ混合物型は代表的な物理系凍結抑制舗装であり、これまでに114万㎡の施工実績がある。ギャップ混合物型の

*1 大林道路株式会社 技術研究所 材料研究室

適用箇所を以下に示す。

- ・車両の減速、停止が要求される箇所—交差点および交差点付近や坂路、カーブおよび踏切手前など
- ・路面状況の変化が著しい箇所—トンネル、スノーシェッド等の出入り口付近など
- ・特に凍結しやすい箇所—日陰部、橋面部
- ・凍結防止剤の散布を抑えたい箇所—農地隣接部、人家密集箇所
- ・除雪車の出勤や凍結防止剤の供給、散布が困難な山岳部

2. 2 薄層型凍結抑制舗装

薄層型凍結抑制舗装（以下、薄層型）は、骨材の最大粒径が5mmのアスファルト混合物中にゴム粒子を混合したもので、前述したギャップ混合物型は骨材の最大粒径が13mmまたは20mmであるため施工厚は4～5cmであるのに対し、本工法では2～3cmでの施工が可能である。概念図を図-3に、舗装表面を写真-2に示す。使用しているゴム粒子は、工業用ゴム端材を有効利用したもので、本工法専用に材質・形状等を選定したものである。

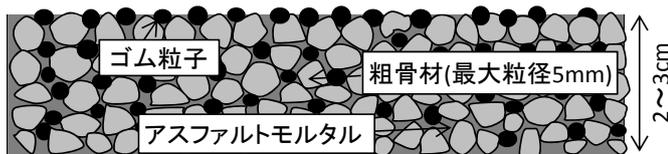


図-3 薄層型の概念図



写真-2 薄層型の舗装表面

薄層型の特長は以下のとおりである。

- ①舗装表面に突出したゴム粒子により、ギャップ混合物型と同様に凍結抑制機能を発揮する。
- ②施工厚が制限された橋梁や薄層オーバーレイなどに適用できる。
- ③薄層化によって既存の凍結抑制舗装よりも建設コストを低減することができる。コストの試算例から、ギャップ混合物型（最大粒径20mm、施工厚5cm）と比較して、施工厚2cmで50%程度、施工厚3cmで30%程度のコスト低減となる。

なお、製造および施工方法はギャップ混合物型と同様であ

る。薄層型の施工事例を表-1に示す。各施工事例とも施工厚が制限された箇所への適用である。

表-1 薄層型の施工事例

項目	施工事例(1)	施工事例(2)	施工事例(3)
施工箇所	県道橋梁部	県道橋梁部	県道土工部
施工面積	435m ²	1313m ²	3250m ²
施工内容	表層3cm 切削オーバーレイ	表層3cm 基層4cm	表層3cm オーバーレイ

2. 3 ポーラスアスファルト混合物型凍結抑制舗装

ポーラスアスファルト混合物型凍結抑制舗装（以下、ポーラス混合物型）は、高い空隙率を持つ開粒度型アスファルト混合物の中にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布・接着させた多機能舗装である。概念図を図-4に、舗装表面を写真-3に示す。

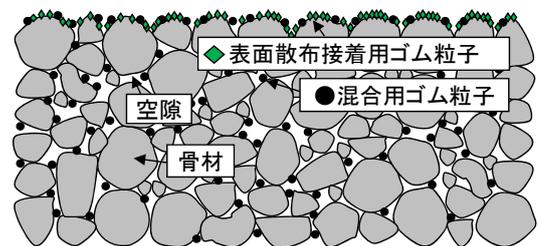


図-4 ポーラス混合物型の概念図



写真-3 ポーラス混合物型の舗装表面

ポーラス混合物型の特長は以下のとおりである。

- ①舗装表面および混合物中のゴム粒子により、ギャップ混合物型と同様に凍結抑制機能を発揮する。
- ②従来のポーラスアスファルト混合物とほぼ同等の排水機能を有する。
- ③従来の低騒音舗装と同等以上の低騒音機能を有する。
- ④従来のポーラスアスファルト混合物と同等の耐久性を有する。

ポーラス混合物型は上記のような特長を有していることから、通常のポーラスアスファルト舗装と同等以上の排水機能あるいは低騒音機能が求められる路線に凍結抑制機能を付加したい箇所へ適用できる工法であり、これまでに約26万m²の施工実績がある。

なお、本工法についても通常のアスファルト混合物と同様にアスファルトプラントで製造することができ、専用のゴムチップスプレッダを使用する以外は、一般的な舗設機械で施工が可能である。施工機械編成例を図-5に、ゴムチップスプレッダおよび施工状況を写真-4および5に示す。アスファルトフィニッシャのステップに、ディスク散布方式のゴムチップスプレッダを取り付けており、フィニッシャの進行とともに、ゴム粒子を所定量散布できる方式となっている。



図-5 ポーラス混合物型の施工機械編成例



写真-4 ゴムチップスプレッダ



写真-5 ポーラス混合物型の施工状況

2. 4 粗面型凍結抑制舗装

粗面型凍結抑制舗装（以下、粗面型）は、碎石マッシュック舗装（粗面型）¹⁾（以下、粗面SMA）にゴム粒子を混合するとともに、舗装表面にもゴム粒子を散布・接着させたもので、表面付近のテクスチャがポーラスアスファルト舗装と同等であり、それ以下はSMAと同等に骨材間隙がアスファルトモルタルで充填された密実な構成を持つ舗装である。概念図を

図-6に、舗装表面を写真-6に示す。

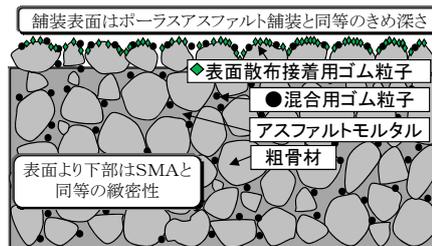


図-6 粗面型の概念図



写真-6 粗面型の舗装表面

粗面型の特長は以下のとおりである。

- ①舗装表面および混合物中のゴム粒子により、ギャップ混合物型と同様に凍結抑制機能を発揮する。
- ②舗装表面のきめ深さにより降雨時における路面の水膜発生を防止し、走行安全性を確保する。
- ③粗面SMAと同様な効果（骨材飛散抵抗性、耐流動性、耐水性の向上）が得られる。
- ④舗装表面のきめ深さおよびゴム粒子によりタイヤ/路面騒音が低減される。
- ⑤舗装表面の凹部により凍結防止剤の残留効果が高められる。

粗面型は上記のような特長を有していることから、交通量が多い路線や除雪作業による骨材飛散が懸念される路線において冬期および降雨時の走行安全性が望まれる箇所へ適用できる工法である。

なお、製造および施工方法はポーラス混合物型と同様である。粗面型の施工事例を表-2に示す。施工事例(1)は交差点手前の横断歩道部について局所的に凍結抑制舗装が求められた箇所での事例である。施工事例(2)は交通量区分がN7の直轄国道での事例である。

表-2 粗面型の施工事例

項目	施工事例(1)	施工事例(2)
施工箇所	市道横断歩道部	直轄国道走行車線
施工面積	63m ²	882m ²
施工内容	表層5cm 切削オーバーレイ	表層5cm 切削オーバーレイ

3. 凍結抑制効果の検証

3.1 氷着引張強度試験

各凍結抑制舗装の氷着引張強度試験結果を図-7に示す。比較のため、密粒度アスコンおよび細粒度ギャップアスコンの結果も併せて示す。図より、ギャップ混合物型、薄層型、ポーラス混合物型および粗面型いずれも密粒度アスコンおよび細粒度ギャップアスコンと比較して氷着引張強度は小さく雪氷がはがれやすいことが確認できる。なお、ポーラス混合物型および粗面型は氷板の接触面積が小さいことから、ギャップ混合物型および薄層型と比較して氷着引張強度は小さい値となっている。

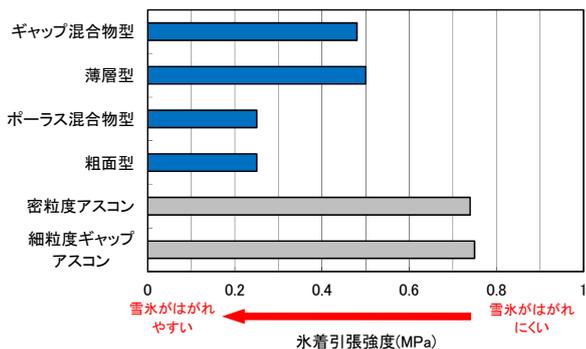


図-7 氷着引張強度試験結果

3.2 氷板ホイールトラッキング試験

凍結抑制効果の検証として、交通荷重により氷板が破碎しはがれる状態をシミュレートした氷板ホイールトラッキング試験²⁾ (以下、氷板WT試験) についても実施した。本試験は、WT試験用供試体の表面に氷板 (縦260mm×横120mm×厚さ1.5mm) を形成し、-5℃の恒温室内で荷重走行試験を行い、試験後の氷板の破碎・はぐりの状態を「氷板・ひび割れはぐり率」で評価するものである。この氷板・ひび割れはぐり率が大きいほど、雪氷を破碎する効果が大きくなる。

氷板WT試験結果を図-8に示す。比較のため、通常のポーラスアスファルト混合物の結果も併せて示す。図より、ポーラスアスファルト混合物の氷板・ひび割れはぐり率は5%程度であるのに対し、ギャップ混合物型、薄層型、ポーラス混合物型および粗面型いずれも80%以上となっており、雪氷を破碎しやすいことが確認できる。

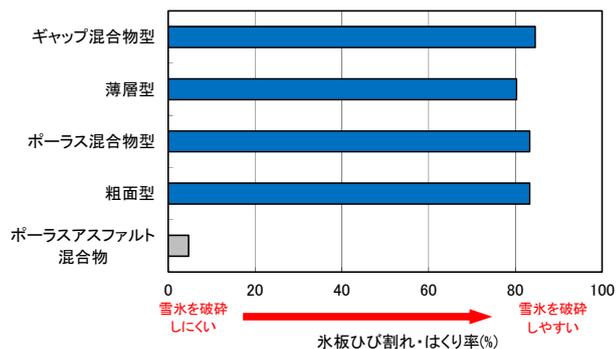


図-8 氷板WT試験結果

3.3 冬期路面状況

ギャップ混合物型およびポーラス混合物型の冬期路面状況の一例を写真-7および8に示す。写真より、両工法とも隣接する通常舗装と比較して黒路面が多く露出しており凍結抑制効果が確認できる。

なお、薄層型および粗面型については開発して間もない工法のため、今後、冬期路面状況を確認していく予定である。



写真-7 ギャップ混合物型の冬期路面状況



写真-8 ポーラス混合物型の冬期路面状況

4. おわりに

本文で紹介したゴム粒子混入型凍結抑制舗装は、いずれのタイプも大きな凍結抑制効果が期待できる工法である。ギャップ混合物型およびポーラス混合物型は、施工実績も多く、長期供用性も良好であり、10年以上経過した舗装において凍結抑制効果が確認された事例もある。薄層型および粗面型については、今後、冬期路面状況を確認するとともに、長期にわたって供用性の評価を行う予定である。

最後に、本文で紹介した凍結抑制舗装が道路利用者の冬期の交通安全確保の一助になれば幸甚である。

<参考文献>

- 1) (社) 日本道路協会：環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック, pp.230-233 (2009.6)
- 2) 鈴木ほか：排水性舗装における凍結抑制技術の向上と凍結抑制性能評価方法に関する検討, 第17回舗装技術に関する懸賞論文, (社) 日本道路建設業協会HP (2012)

WITHレーダーによる局地的強雪の捕捉と除雪作業支援

吉永創^{*1}、園田憲治^{*1}、小山健宏^{*2}、竹内茜^{*1}
渡辺 修治^{*3}、新田 正行^{*3}、本間 義春^{*3}、縄田 章^{*3}、中原 枝里子^{*3}

1. はじめに

冬季の日本海上では、強い冬型の気圧配置時における大陸からの寒気の吹き出しに伴い、雪雲が帯状に発達するJPCZ(Japan sea Polar air mass Convergence Zone, 日本海寒帯気団収束帯)と呼ばれる現象がみられる。JPCZは時に擾乱を伴い日本列島へ南下し、日本海側から順次大雪をもたらす。昨冬2012年12月9日は、このJPCZによる降雪の影響で、東海北陸道白鳥IC～荘川ICで通行止めが発生し、休日の道路利用者の足に大きく影響した。

東海地方と北陸地方を縦に結び、高速道路においては日本一標高が高い場所を通過する東海北陸道は、東海エリアで最も降雪量が多い路線である。白管理可能区間であるため、多少の降雪であれば大きな影響が出ないことが多いが、目安として「時間10cmクラスの強雪が2時間以上継続」すると通行止めリスクが高まるとされており、2012年12月9日もこの条件に合致していた。

株式会社ウェザーニューズ（以下、WNI）では、局地的な降雪現象等を捕捉することを目的に独自小型ドップラーレーダー（以下、WITHレーダー）を設置しているが、本事例において、高速道路本線上における時間10cmクラスの強雪の予兆および継続性を示唆する現象をWITHレーダーで観測することができた。本書では、本事例について紹介するとともに、この結果を活用して実際の雪氷作業判断を支援する手法を検討する。

2. WITHレーダーについて

2-1. 現状課題と設置目的

現在、気象庁レーダーは全国に20台設置されており、日本の国土のほぼ全ての地域の降水を監視している。ただし、レーダーに対して山などの障害物の裏手に当たるエリアでは、電波が遮られるため雨雪の捕捉ができないブラインドエリアとなり、実際気象庁レーダーでは観測していなくても降雪・降雨の発生は数多く報告されている。飛驒の山々を縫うように走る東海北陸道も、このブラインドエリアとなる区間が多く存在するため、降雪有無や強弱の推定が難しいポイントの1つである。

高速道路を守る道路管理者が雪氷作業を行うにあたっては、降雪状況のリアルタイムな把握が必要不可欠であるが、より速やかな対応を行うには、雪の降り出し・強まりはじめや終息見込み等、事前にある程度の想定ができることが望ましい。このため、WNIでは、ブラインドエリアかつ短時間強雪を含む降雪事象が比較的多いとされている郡上八幡IC～荘川IC周辺の降雪監視強化を目的に、2011年より岐阜県郡上市高鷲町の鷲ヶ岳西斜面（高度約920m）にWITHレーダーを設置し、冬季の運用を実施している。以下、本レーダーを「郡上WITHレーダー」と呼ぶ。

2-2. WITHレーダーの概要・特徴

WITHレーダーは、航空機に搭載される小型ドップラーレーダーを用いている。小型であるため柔軟に設置環境を選ぶことができ、気象庁レーダーのブラインドエリアにおいても降水を観測することが可能である。また、観測間隔が6秒と短いため、刻一刻と変化する雪雲・雨雲の動向をリアルタイムに近い状態で監視・分析することが可能である。

表1 WITHレーダーの特徴比較

	WITHレーダー	気象庁レーダー
観測高度	0km以上	2km以上
観測範囲	半径50km	半径250km
観測頻度	6秒	5分
解像度	150m	1km



図1 郡上WITHレーダー外観

*1 (株)ウェザーニューズ 道路気象コンテンツサービスチーム
*2 (株)ウェザーニューズ 名古屋支社
*3 中日本高速道路(株)名古屋支社保全・サービス事業部保全チーム

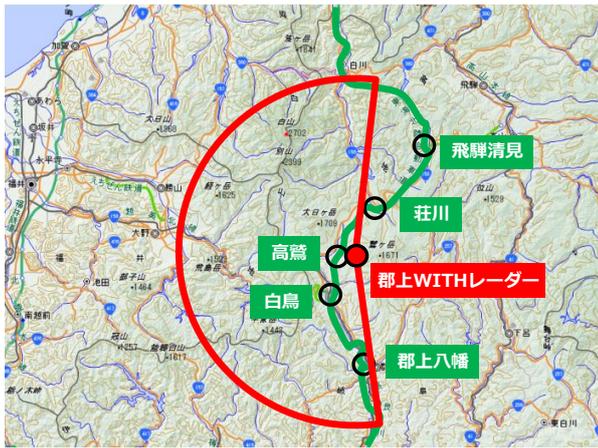


図2 郡上WITHレーダー観測範囲と東海北陸道位置関係

2-3. 活用方法

WITHレーダーは、エコー反射強度による降水強度、および鉛直断面観測による雲の発達状況の推定に加え、ドップラー効果を利用して降水の移動速度を推定することが可能である。WITHレーダーは観測方向を指定することができるが、指定方向についてレーダーに接近する降水は青く表示されるよう設定しており、速度が速いほど濃色で表現される。

3. 事例検証 (2012年12月9日)

3-1. 気象概況

発達した低気圧が千島列島付近に進む一方で大陸からは高気圧が張り出し、日本付近は強い西高東低の冬型気圧配置となった。さらに、日本海上には明瞭な JPCZ が発生、この南下に伴い東海北陸道では 12 月 9 日を中心に継続的な降雪となり、初冬期にも関わらず昨冬指折りの大雪事例となった。

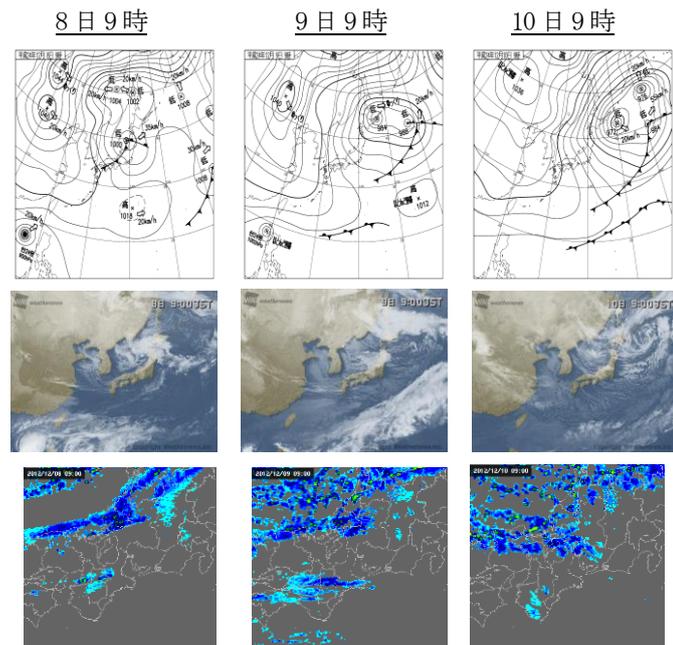


図3 天気図・衛星画像・気象庁レーダーエコー図
左から、8日9時、9日9時、10日9時

3-2. 降雪状況および交通への影響

12月8日18時～9日24時の東海北陸道雪氷基地「白鳥」「荘川」「飛騨清見」における時間降雪量を図4に示す (NEXCO名古屋支社高山保全・サービスセンター (以下、高山保全・SC) 提供)。期間内は降雪が継続していることが確認でき、さらに、9日7時前後には白鳥にて、本書にて焦点としている「時間10cmクラスの強雪が2時間以上継続」している状況が確認された。9時にはいったん降雪強度が弱まるものの、夜にかけては断続的に時間10cm前後の強雪を記録した。また、荘川においても、時間10cmには満たないものの、時間10cm弱の強雪が9日早朝から昼前にかけて観測された。

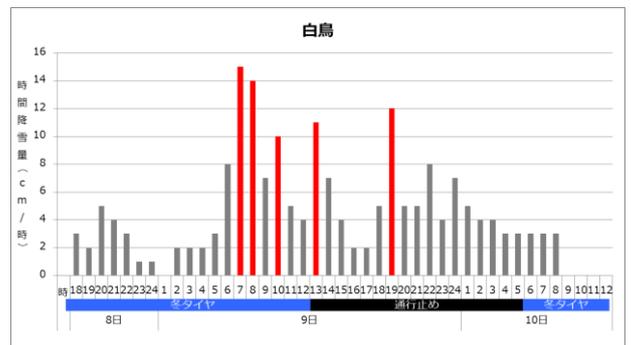
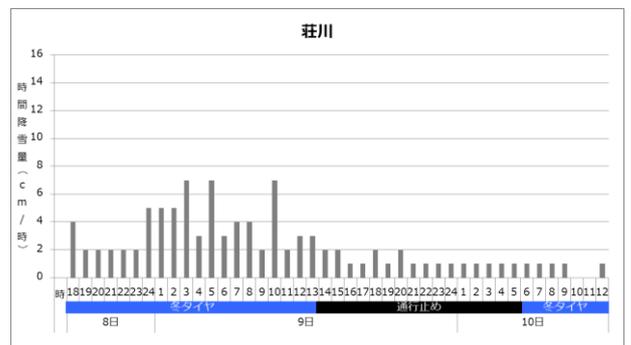
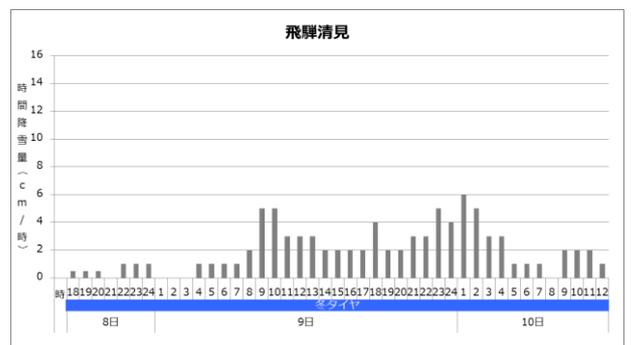


図4 各基地における時間降雪量・交通規制状況

縦棒グラフの赤色は時間10cm以上の降雪を示す。また、各時間帯における交通規制状況はグラフ下部の横棒で示しており、青色は冬タイヤ規制、黒色は通行止めを表す。

また、当時の荘川ICにおけるライブカメラ画像を写真1に示す (高山保全・SC提供)。降雪ピーク前の8日の時点で

既に路面に積雪している様子が確認できるが、その後、朝にかけても時間数cmの降雪が継続した結果、9日昼には本線路面が全く見えないほどの雪に覆われた。



写真1 荘川IC付近における本線積雪状況

(上段) 降雪および路面積雪がない状態

(下段) 左は8日15時頃、右は9日12時頃の様子

白鳥ICから荘川ICは、この間約20kmの走行距離で500m以上の標高差を有する、東海北陸道でも特に勾配が大きい区間である。同区間は、8日の時点で既に冬タイヤ規制がかかっているが、この大雪に伴いスタック車両も散見されたため、9日12時10分より白鳥IC～高鷲ICにて、さらに12時40分以降は白鳥IC～荘川ICにて通行止めが実施された。その後も降雪は継続し、通行止めの解除は翌10日5時10分となった。

3-3. WITHレーダーによる強雪捕捉

郡上WITHレーダーによる9日4時～9時の観測結果を図5に示す。

左列は反射強度を示しており、9日4時以降継続して雪雲が流れ込んでいる様子が確認できる。しかしながら、降水粒子の存在およびその分布の拡大縮小は判別が可能であるが、明瞭なエコー強度の変化は確認できない。このため、本事例においてエコー強度のみから降雪の強まり・弱まりを言及するのは難しい。

一方で、右列はドップラー速度の観測結果を示している。本事例では、レーダーの監視方向を西南西に設定しており、西南西を中心とした概ね西方向からの降水粒子の移動速度を観測している。反射強度による観測結果と同様に、エコーの存在から降雪をもたらす雪雲が9日4時以降継続して流れ込んでいる様子が捉えられており、また全体にレーダーサイトへの接近成分が卓越していることから、福井方面から東海北陸道を通って郡上WITHレーダーへ向かっていることが読み取れる。注目すべき事象を判別しやすくするために「接近成分17m/s以上」の基準を満たす粒子を赤色で表現すると（右列は既に色調変更

後）、5時頃の画像からエコーの西先端に赤色の粒子が現れ始め、時間10cmを超える降雪が継続した7時・8時頃に明瞭化している様子が確認できた。

反射強度

ドップラー速度

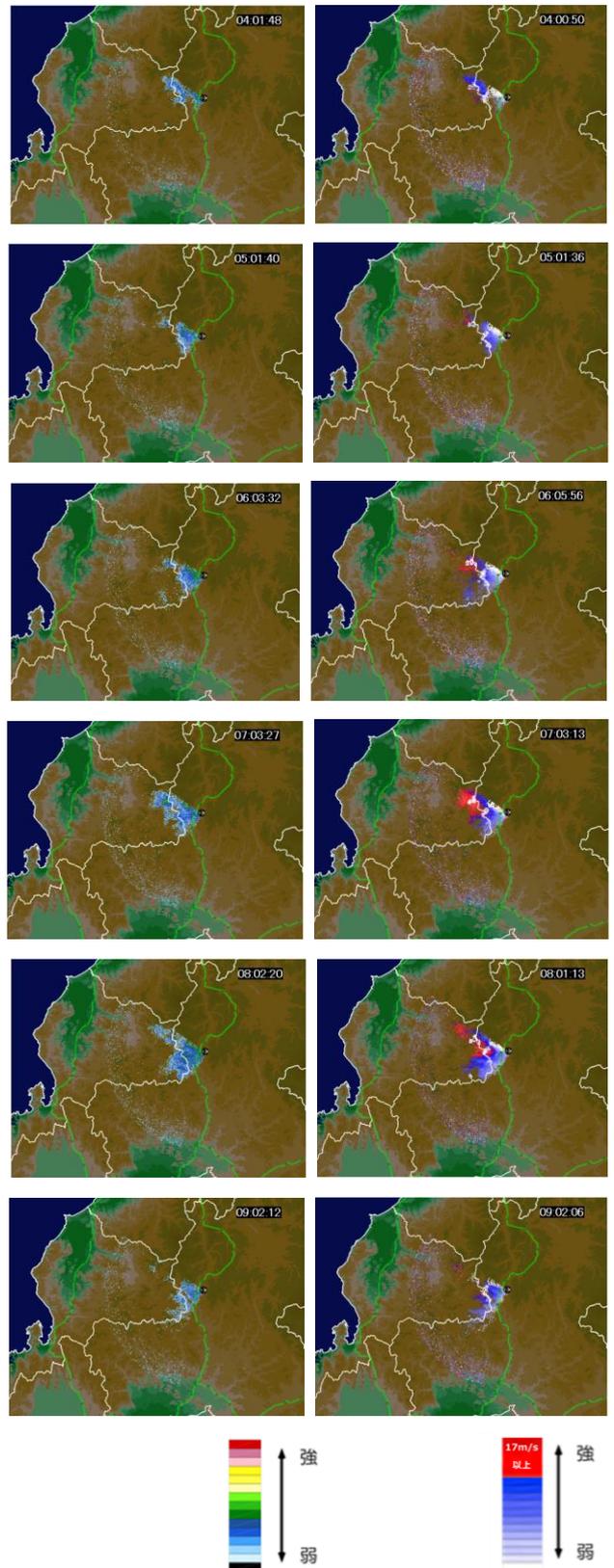


図5 郡上WITHレーダーの観測結果（9日4時～9時）

左列：反射強度 右列：ドップラー速度

最下段にそれぞれの凡例を示す。

この結果から、冬型降雪継続中において「接近成分17m/s以上の強風発生有無」を監視ポイントとして焦点を当てることで、本線上における時間10cmクラスの強雪の予兆及び継続性を見積もることができると考えられる。

4. 雪氷作業支援への活用に向けて

WNI独自小型ドップラーレーダー「WITHレーダー」の観測結果から、「接近成分17m/s以上の強風が、東海北陸道における時間10cmクラスの強雪の予兆および継続性の指標となる」という仮説を得ることができた。この風速変化に着目した監視の実施に基づいた情報提供を行うことで、通行止めリスクを伴う強雪について、発生一歩手前のアラートを、また強雪開始以降はその継続性を、道路管理者と共有することが可能になると考える。

これにより、道路管理者サイドでは、具体的な情報に基づく速やかな通行止め実施/解除の判断や除雪排雪作業のタイミングの検討、また道路利用者への案内等への有効活用が期待される。

今後も、事例を重ねる中で情報精度の向上に努めるとともに、通行止めリスクを伴うシビアな気象条件時の支援方法のひとつとして活用いただけるよう、引き続き取り組んでいく所存である。

路面振動を利用した冬用タイヤ自動判定装置の開発

佐藤 久長^{*1}、戎家 隆^{*1}、村部 敏彦^{*1}、上田 明^{*2}、中原 枝里子^{*2}

1. はじめに

冬期の高速道路において、安全かつ確実な交通を確保するため、チェック要員が目視によりタイヤ確認を行う「冬用タイヤ規制」を実施する場合がある。その場合、車両の一旦停止による渋滞の発生、チェック要員の厳しい労働環境が課題とされており、作業の効率化・自動化が切に望まれている。

このような背景から平成22年冬より中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱、名古屋電機工業㈱、大同大学、電気通信大学との共同研究で、非接触かつ比較的安価な構成となる、タイヤ発生音を利用した冬用タイヤ自動判定装置の開発を開始した^[1]。平成23年度には中日本高速道路㈱の協力を得て、冬用タイヤ規制時に当該冬用タイヤ自動判定装置の試験運用を実施したが、課題が生じた^[2]。

本論文は、さらなる判別精度向上を目指し、路面振動を利用した冬用タイヤ自動判定装置開発の取り組みと、実フィールドでの運用結果を報告する。

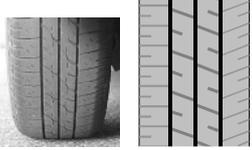
2. タイヤ発生音を利用した冬用タイヤ自動判定装置の判定手法

タイヤ発生音を利用した冬用タイヤ自動判定装置とは、夏用タイヤと冬用タイヤでトレッド部の形状の違い(表1)により発生する特徴音に違いがあることに着目し、車両走行音を周波数解析することでタイヤ判定を行うものである。

夏用タイヤと冬用タイヤを装着した車両を40, 50, 60km/hで定速走行させ、タイヤ発生音を収集し周波数解析を行った結果、夏用タイヤは速度に関係なく1kHzにピークがある(パターン主溝共鳴音)のに対し、冬用タイヤは、速度ごとにピーク周波数が変化(パターン加振音)している(図1)。このパターン加振が存在するか否かでタイヤ種別を判定する。

なお今回の冬用タイヤ自動判定装置は、エンジンノイズが大きい大型車のタイヤ判定が困難であったため、小型車を対象として開発を進めた。

表1 タイヤ種別の違いによる特徴

	夏用タイヤ	冬用タイヤ
トレッドパターン		
構造	直進安定性と排水性を重視するため、縦溝を主体としたリブ構造	氷雪路での制動力と駆動力を得るため、ブロック構造
ゴム質	硬い	柔らかい
発生音	パターン主溝共鳴音が主体	パターン加振音が主体

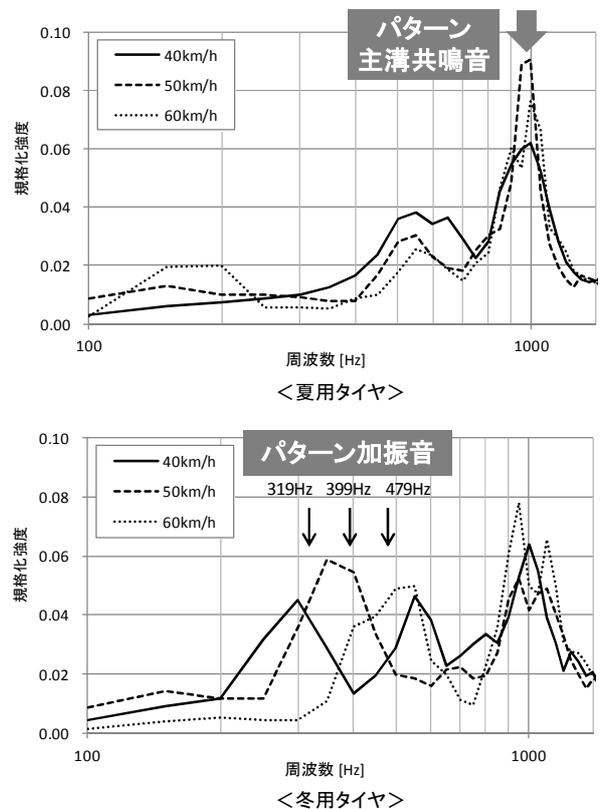


図1 周波数解析結果

*1 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ 名古屋支店 交通技術部

*2 中日本高速道路㈱ 名古屋支社 保全・サービス事業部 保全チーム

3. タイヤ発生音を利用した冬用タイヤ自動判定装置の運用上の課題

平成23年度に、東海北陸道 長良川SAで冬用タイヤ規制が実施された際、タイヤ発生音を利用した冬用タイヤ自動判定装置の試験運用を実施した(写真1)。その時の課題を下記に示す。

【課題① 装置の判別精度】

事前の実験では判別精度が80%程度であったが、長良川SAで運用した際の判別精度は75%であった。精度低下の要因としては、本線を走行する車両の風切音、車両走行音等、他車ノイズの影響と考える。

【課題② 判定不能車両の続発】

事前の想定では、車頭間隔が接近すると判定結果を車両に正確に伝達できなくなることと、前後を走行する車両の音の影響を考慮して、車頭間隔2.0秒以上を判定可能条件として設定した。また走行速度が遅くなると、特徴音(パターン加振音)の抽出が難しくなることから、判定可能な走行速度は35km/h以上と設定した。

結果として、交通量が少ない時間帯は車頭間隔が確保でき、比較的スムーズに運用できた。しかし交通量が増加すると、SAへ引き込むための車線規制の影響により、車頭間隔が短い連続走行状態となる場合があった(写真2)。よって、冬用タイヤ自動判定装置の当初の判定条件である「車頭間隔2.0秒以上」と「走行速度35km/h以上」を下まわる車両が続発する事態となった。



写真1 冬用タイヤ規制時での装置運用状況



写真2 判定不能車両の状況

4. 路面振動を利用した冬用タイヤ自動判定装置の開発

前記課題への対策を検討する中で、「車両の走行によるタイヤと舗装路面との関係で、空中を伝わる音だけでなく、冬用タイヤ固有のパターン加振によって舗装路面そのものも振動しているのではないかと」考察した。そうであれば、路面の振動を計測することで冬用タイヤの判定が可能になるとともに、他車のノイズ(風切音、車両走行音等)を排除でき、さらに風等の気象が要因となる影響も軽減することが期待できる。

そこで、東海北陸道 岐阜各務原ICの試験走路において路面の振動を計測したところ、判定可能との感触が得られたため、高速域でも走行できる東海北陸道 白鳥チェーンベース(以下、白鳥CB)の試験走路で本格的な試験を実施した(写真3)。白鳥CB試験走路では、夏用タイヤと冬用タイヤの装着車それぞれについて速度を変えて走行し、音センサ(タイヤ発生音を収集)と振動センサ(路面振動を収集)による測定を行った。

振動を測定する機器の位置と走行するタイヤの位置を変えて測定したところ、舗装体の振動の距離減衰が大きいことを確認した。特に振動センサは、走行する前後のタイヤを別々に確認しており、タイヤ1本ごとの判定も期待できる(図2)。



写真3 白鳥CB試験走路状況

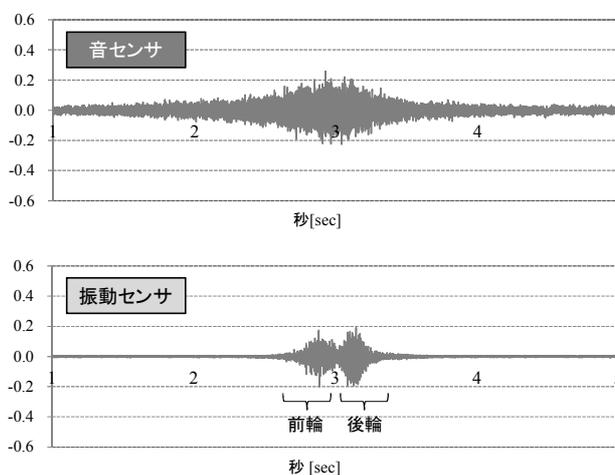


図2 音と振動のレベル比較

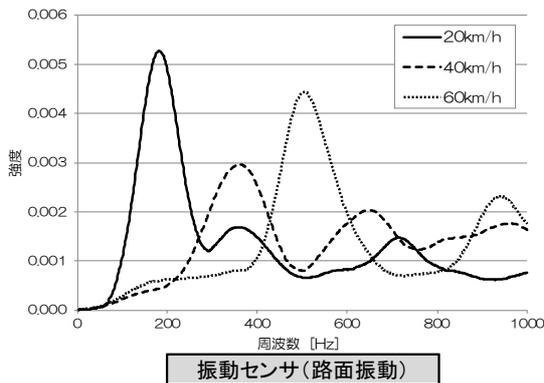
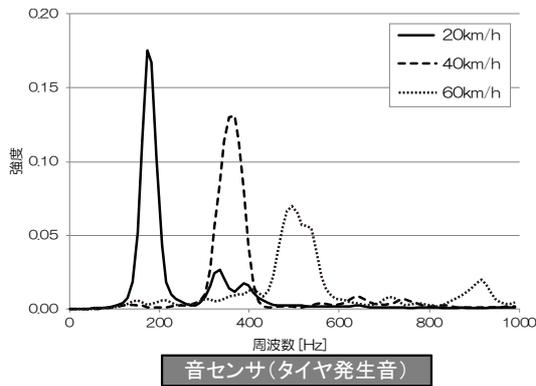


図3 冬用タイヤの周波数解析

表2 白鳥CB試験走路での判別精度

	振動センサ(路面振動)		音センサ (タイヤ発生音)
	センサとタイヤの距離 0.5m	センサとタイヤの距離 1.0m	
20km/h	94%(029/031)	90%(028/031)	56%(44/79)
30km/h	81%(025/031)	71%(022/031)	65%(50/77)
40km/h	98%(030/031)	90%(028/031)	68%(54/79)
50km/h	94%(029/031)	97%(030/031)	78%(60/77)
60km/h	87%(027/031)	87%(027/031)	86%(68/79)
70km/h	92%(012/013)	69%(009/013)	69%(27/39)
80km/h	73%(008/011)	77%(010/013)	62%(24/39)
合計	87%(314/360)		70%(327/469)

次に、冬用タイヤ装着車のタイヤ発生音と路面振動を周波数解析し、その波形を比較すると、路面振動の波形の方がより鮮明に冬用タイヤの特徴を示していることが確認できた(図3)。また判別精度を確認した結果では、路面振動を利用した場合、タイヤ発生音を利用した場合に比べ高い判別率であった。特にタイヤ発生音を利用した場合の弱点であった低速(20km/h)でも高い判別精度が得られた(表2)。

まとめると、①路面振動の方が冬用タイヤの特徴であるパターン加振による振動がより明確に測定できる ②路面振動の方が走行速度条件を拡大できる ③路面振動を利用した場合、舗装体の振動の距離減衰が大いため、車頭間隔が短くなっても隣接する車両を区分できる。

以上から、タイヤ発生音に比べ路面振動は判別精度の向上と、判定不能車両の減少が期待できる。

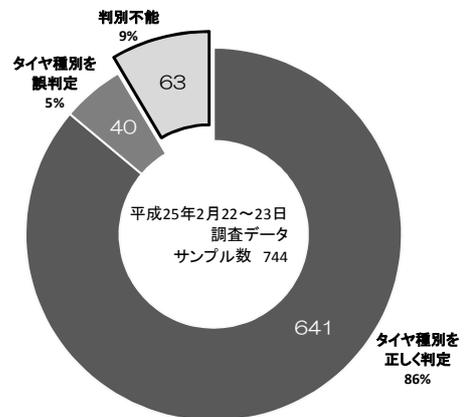


図4 装置運用箇所

表3 路面振動を利用した装置の判別精度(24年度)

長良川SA	白鳥CB	中央道 松川IC入口	平均
94%	82%	77%	85%

※装置の判別精度は、判別不能車両を除いた割合を示す。



【判別条件】

平成23年度(音センサ) : 速度35km以上、車頭間隔2.0秒以上

平成24年度(振動センサ) : 速度20km以上、車頭間隔1.0秒以上

図5 長良川SA判定不能車の割合(24年度)

5. 実フィールドでの運用結果

前述のとおり、試験走路での路面振動を利用した判定について良好な結果が得られたことから、中日本高速道路㈱名古屋支社管内のさまざまな箇所、冬用タイヤ自動判定装置を用いて冬用タイヤ規制での運用を実施した(図4)。

冬用タイヤ規制内の運用で、装置のタイヤ判定結果と、調査員がタイヤ種別を目視確認した結果をマッチングした結果、タイヤ発生音を利用した23年度の長良川SA運用時の判別精度は75%であったのに対し、路面振動を利用した24年度の判別精度は85%(平均値)であり、10%判別精度が向上した(表3)。また判定不能車も、装置通過車両のうち平成23年度は31%が判定不能であったのに対し、平成24年度の調査日においては、判定条件の緩和もあり、9%まで減少した(図5)。

6. 今後の課題と汎用性

6-1 現状での運用上の課題

前述のとおり、路面振動を利用したタイヤの判定が有効であり、冬用タイヤ規制の実フィールドにおいて、タイヤ発生音を利用した場合を上回る精度を得ることが出来た。

しかし路面振動を利用した判定には、

- ① 振動センサを事前に埋設する必要がある
- ② 舗装内に埋設する振動センサの耐久性を検証する必要がある
- ③ 舗装打継目に発生した想定外の周波数の対策などの課題があり、今後検討を進めていかなければならない。

6-2 汎用性の検証

路面振動を利用した冬タイヤ自動判定装置の汎用性について、高機能舗装での利用検証と、大型車の判定の可能性について検証を行った。

(1) 高機能舗装下での利用検証

タイヤ判定の基本となる特徴音について、路面凹凸が原因で特徴音が抽出されない場合がある。そのため、タイヤ発生音を利用した判定では、路面凹凸の多い高機能舗装は不向きである。しかし路面振動を利用した判定の場合、密粒舗装、細粒舗装ではかなり明確な波形が出現していたことから、高機能舗装でタイヤ判定ができないか検証を行った。

路面の平坦性が高い細粒舗装で、冬用タイヤの路面振動を周波数解析すると、速度に依存する加振ピークが明確に存在（図6）するのに対し、高機能舗装もピーク自体は存在した（図7）。しかし、このピークは速度に依存しないものであり、高機能舗装路面の凹凸によるものと考察される。残念ながら、高機能舗装下での装置運用は適さないことが判明した。

(2) 大型車のタイヤ判定

冬用タイヤ自動判定装置の対象車両は、現在、小型車両（全長5.5m以下）のみである。大型車についてはエンジン音が大きく、タイヤのサイズ及びタイヤトレッドのパターンが多種・多様で、冬用タイヤの特徴音を探し出すことは困難であった。しかし路面振動を利用した判定を行えば、エンジン等のノイズ問題はクリアできる。そのため、大型車のタイヤ種別判定の可能性について名神 養老SAで検証を行った。その結果、対象台数は37台と少ないが、正解率8割以上を得ることが出来た。路面振動を利用した大型車のタイヤ判定は、検討課題が多く残るが、可能性が十分あることを確認した。

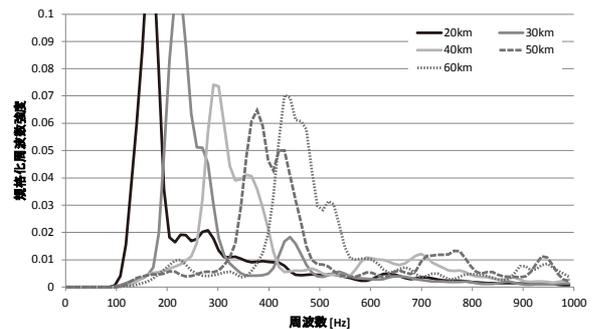


図6 冬用タイヤ周波数解析（細粒舗装）

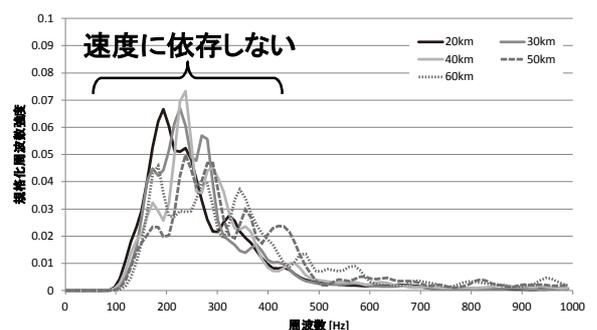


図7 冬用タイヤ周波数解析（高機能舗装）

7. 終わりに

冬用タイヤ自動判定装置を冬用タイヤ規制内で使用するには、円滑な運用のための案内誘導板や規制方法、経済性、交通管理者との協議など実用面で解決すべき課題が存在する。しかし、チェック要員の厳しい労働環境の改善、安全性及び効率性向上のためにも、装置の更なる判別精度の向上や汎用性の改善を果たし、広く実用化を図りたい。

参考文献

- [1] 谷寄徹也, 上田浩次, 村部敏彦, 野村英之, 鎌倉友男: 「車両走行音を用いた夏冬タイヤの判別」, 電気学会論文誌, 133 (5), pp. 558-565, 2013年
- [2] 谷寄徹也, 村部敏彦, 上田浩次, 鎌倉友男: 「冬用タイヤ自動判定装置の開発状況」, 高速道路と自動車, 平成24年12月号, pp. 28-32

越冬時期におけるエゾシカ交通事故対策工の効果および今後の取り組みについて

村上学¹、正岡久明¹、小笠原誠²

1. はじめに

北海道内では平成 10 年頃からエゾシカとの交通事故(図 1-1)が増加(726 件/年, 対前年比 16%増)し、道路管理者はこれまでに様々な対策を実施している。

本文では、釧路管内におけるエゾシカの越冬地のひとつである北海道根室市の道道花咲港温根沼線において、エゾシカ事故対策として平成 12 年に実施した立体横断施設(オーバーパス、アンダーパス)の対策効果について、生体反応型自動撮影カメラで利用状況のフォローアップ調査結果を報告する。また釧路建設管理部管内ではエゾシカの生息数の増加から依然として交通事故が増加しており、今後に向けた取り組みについて紹介する。



図 1-1 エゾシカ事故

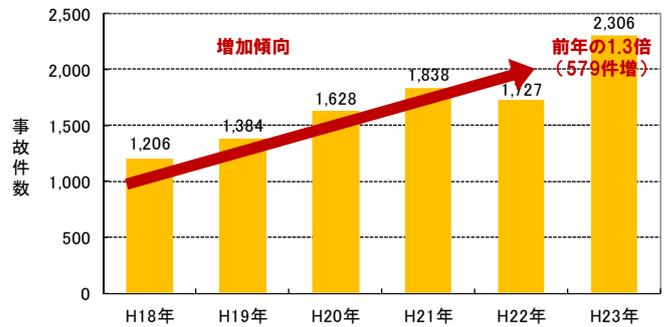


図 2-1 エゾシカ事故件数の推移

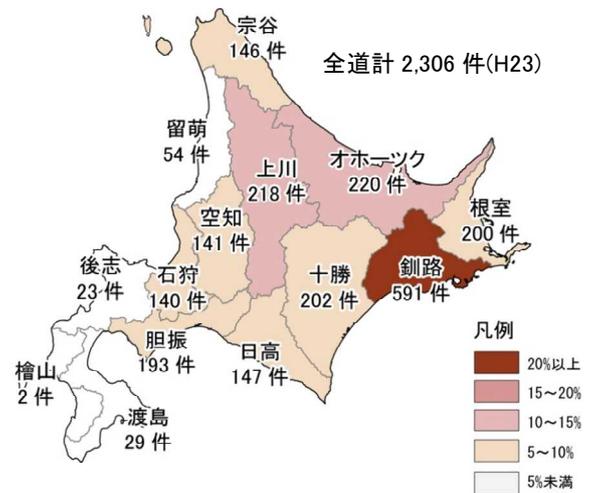


図 2-2 北海道におけるエゾシカ事故発生状況 (H23)

2. エゾシカ事故の発生状況および農林被害

北海道におけるエゾシカ事故は、ここ数年増加傾向で推移し、平成 23 年は前年の 1.3 倍の約 2,300 件の事故が発生し(図 2-1)、その内、約 3 割(約 590 件)が釧路・根室管内で発生している(図 2-2)。エゾシカ事故の発生件数を月別で見ると、10・11 月の 2 ヶ月間で 964 件が発生し、全体の約 4 割を占めている(図 2-3)。

エゾシカは、10 月下旬から 11 月にかけて、繁殖期を迎える。この時期のエゾシカは、興奮状態にあり、注意力が低下し事故が発生しているといわれている。

エゾシカの生態をみると、10 月下旬から 11 月は繁殖期と越冬地への移動期にあたり、繁殖時の移動や越冬地へと移動する際に道路横断して交通事故につながることも指摘されている(図 2-4)。

一方、農林被害は、平成 8 年度をピークに減少していたが、平成 17 年度から増加傾向に転じ、平成 23 年度には過去最高の約 64 億円に達している。そのうち、農林業被害作物は牧草が約半数を占めている(図 2-5)。

このような状況を踏まえ、エゾシカの事故対策と頭数調整が必要となってきた。

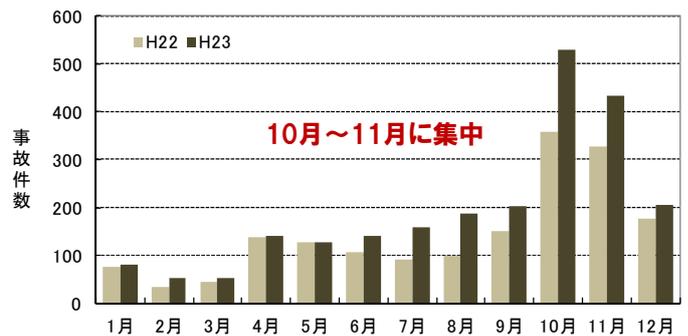


図 2-3 月別のエゾシカ事故件数 (H23)

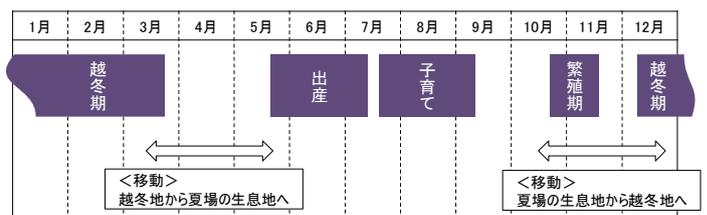


図 2-4 エゾシカの生息サイクル

*1 株式会社シー・イー・サービス

*2 釧路建設管理部事業室道路課

5. 調査結果

1) エゾシカ横断施設の利用状況（月別）

平成24年12月14日～平成25年4月30日においてエゾシカが立体横断施設を利用した回数を図5-1に示す。利用回数が最も多かった月は1月である。

2) 時間帯別利用頻度

調査期間中においてエゾシカが立体横断施設を利用した時間帯を図5-2に示す。朝方04:00～06:00頃と夕方16:00頃の利用が多いことがわかった。

3) 立体横断施設の利用状況の推移

エゾシカ横断施設の利用状況の経年変化を表5-1に示す。アンダーパス、オーバースとも建設当初はあまり利用されていなかったものの、2年後には若干利用が確認され、建設12年後には約2,000頭（一ヶ月）の利用が確認され、エゾシカ事故対策として整備した防鹿柵と立体横断施設が有効に機能していることが確認できた。

6. 今後の取り組み

北海道内では釧路管内のエゾシカ事故の発生が最も多く、平成23年は年間591件の事故が発生し、これは前年と比べ232件も増えている。また増加率でも+65%と高い増加率（図6-1～6-2）であり、防鹿柵や立体横断施設などのハード施設整備だけでは限界がある。

また防鹿柵や立体横断施設の設置は効果的である一方、エゾシカが他の新たな場所で道路出現してしまい、そこが新たなエゾシカ事故発生地点となってしまふなどの問題がある。

これらの問題への本質的なアプローチとして、北海道が定める「エゾシカ保護管理計画」に則ってエゾシカの個体数の削減に向けた取り組みが重要である。

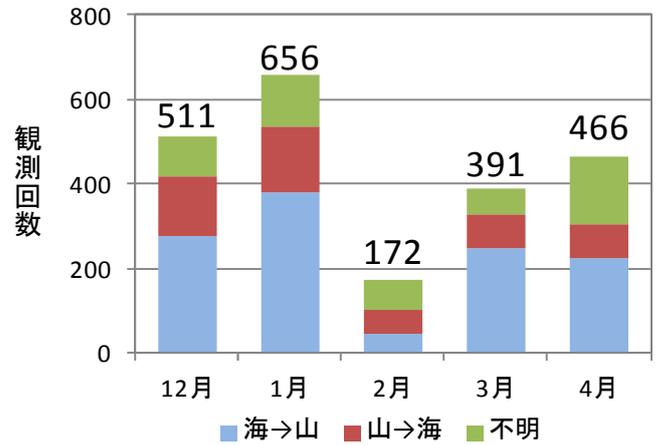


図5-1 横断施設 利用回数(月別)

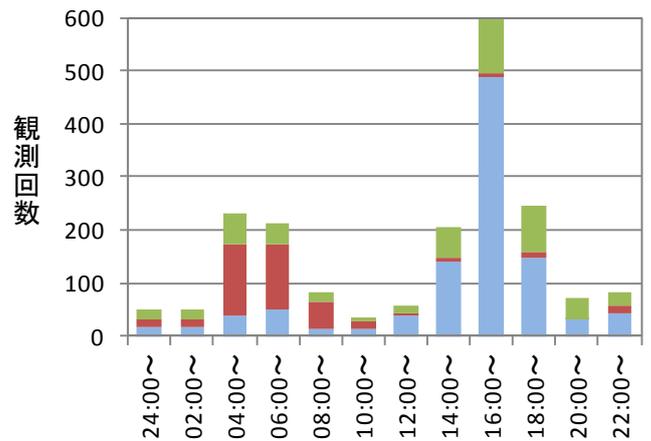


図5-2 横断施設 利用時間

表5-1 立体横断施設の利用状況(一ヶ月あたり)

調査年	横断施設	アンダーパス (2箇所)	オーバース (1箇所)
建設直後 (H10)		確認なし	確認なし
2年後 (H12)		10数頭	数100頭
12年後 (H24)		350頭	1,600頭

※観測1回に対して約5頭程度が利用した結果

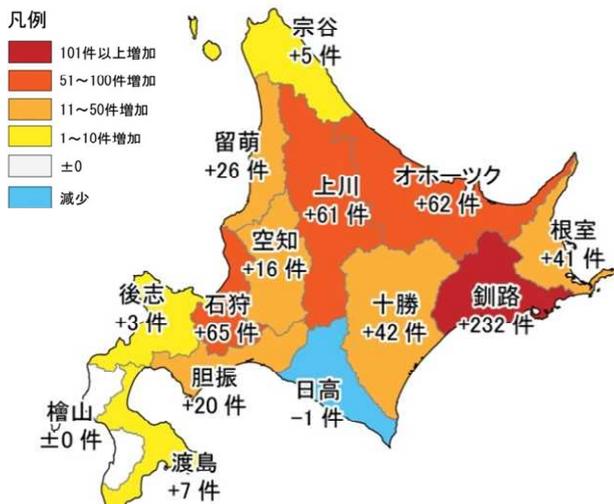


図6-1 平成22年から平成23年の増減数

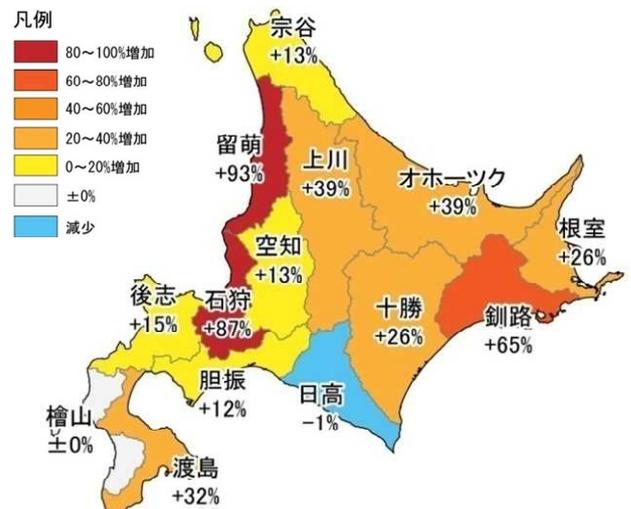


図6-2 平成22年から平成23年の増減率

1) 囲いワナ

囲いワナとは、エゾシカの越冬地において、冬期、エサの少ない時期に囲いワナまで撒餌で誘き寄せタイミングをみて落とし扉で出入口を閉鎖して生体のまま捕まえる方法である(図 6-3)。

捕獲後は、道路脇から運搬トラックで養鹿施設に移送し、衛生管理された施設で食肉として処理し、市場のニーズに合わせて食材として提供することが可能である。

2) 越冬地における「囲いワナ」の展開に向けた基礎検討

エゾシカの個体数削減の手法として、近年展開されている「囲いワナ」は、その地域が「エゾシカの越冬地」であること、および必要ないくつかの条件を満たせば実施可能な手法である。

平成 24 年度、北海道釧路総合振興局 釧路建設管理部が主催するエゾシカ検討会の中で、囲いワナの実施の効果や課題・留意事項などを議論し、今後のポイントを図 6-4 示す 6 項目にまとめた。

7. おわりに

従来の防鹿柵や横断施設の設置が効果的である一方、エゾシカ事故は増加傾向にあり、エゾシカの個体数削減を視野に入れた取り組みも必要である。

個体数削減のひとつの手法である囲いワナは、道路管理者のみで実施できる対策ではなく、自治体、研究機関、捕獲者、養鹿者など関係者の協力が必要不可欠であることから、今後は実際の候補地をモデルとしてより具体的な検討を行っていくことが重要である。

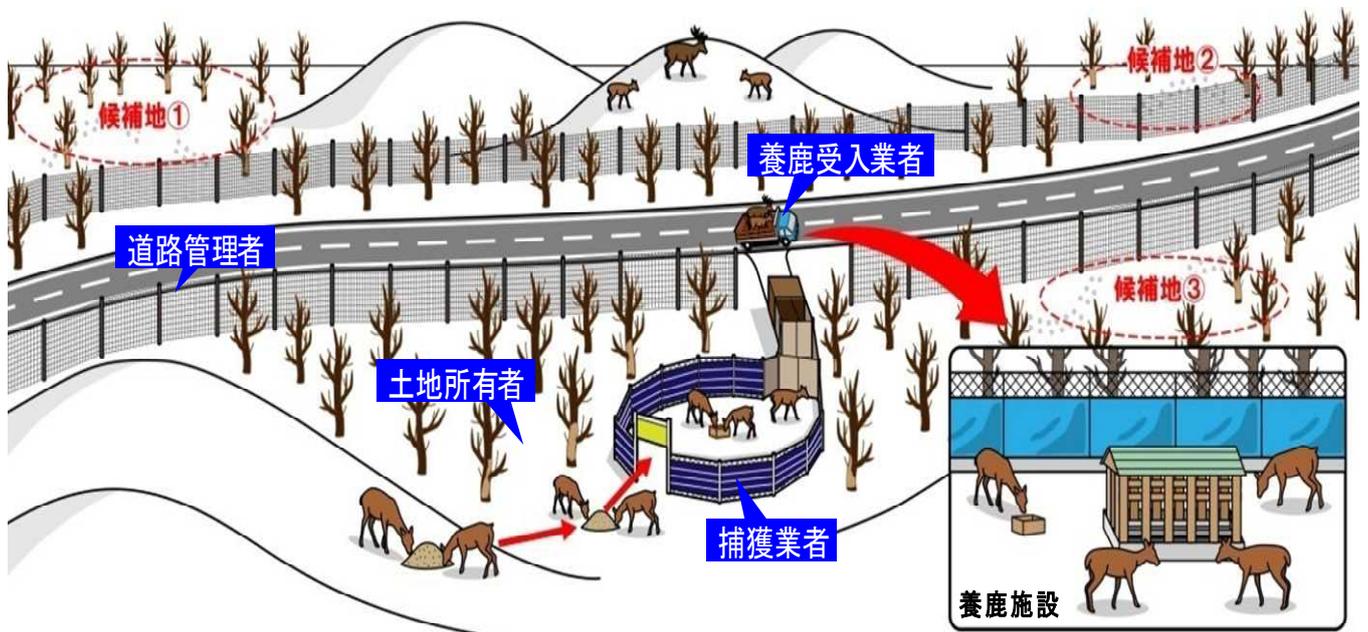


図 6-3 囲いワナによるエゾシカ捕獲イメージ

1 実施時期・行動特性の把握

- 囲いワナはエゾシカのエサがなくなる冬期に実施
- 候補地周辺におけるエゾシカの行動特性、移動状況などの把握

2 候補地の設定

- 道路周辺におけるエゾシカ事故(出現)、行動特性をもとに候補地をいくつか選定し、ローテーションで実施

3 地域特性の把握

- 候補地および候補地周辺の地形形状や、植生状況、給餌場の適地性などの把握

4 防鹿柵の設置

- 囲いワナの実施を考慮した防鹿柵の設置
- 積雪を考慮した搬出用扉の設置

5 捕獲体制の確立

- 1週間で給餌し、2日半程度でワナを仕掛け捕獲
- 遠隔カメラを活用した落とし扉による捕獲

6 受入れ体制の確立

- 生体捕獲したエゾシカの受入れ体制の確立(養鹿施設、加工業者など)
- 長時間の運搬はシカに負担あり

図 6-4 囲いワナの実施方法および検討事項

冬期の路面状況や路面凹凸が脳疾患患者の救急搬送に与える影響について

星野洋^{※1} 正岡久明^{※1} 金森弘晃^{※1} 西岡寿行^{※2} 橋本雅之^{※2}

1. はじめに

北海道は救命救急センター1施設あたりのカバー面積が全国の約5倍(図-1)となっており、面積が広大で医療施設の偏在が著しいことから、より迅速な救急搬送が求められている。特に「脳疾患搬送」では、舗装損傷部や橋梁ジョイント部など舗装表面の振動が脳への負担となるとともに、振動を抑えた慎重な運転により搬送時間の増加が救急搬送の大きな課題となっている。

また積雪寒冷地における雪氷路面は非常に滑りやすく、冬期間の救急車の走行速度にも大きな影響を与え搬送時間の増大が懸念されている。(図-2)

本調査報告は、路面凹凸“IRI(国際ラフネス指数)”と路面状況(雪氷路面)が救急搬送に与える影響をまとめたものである。

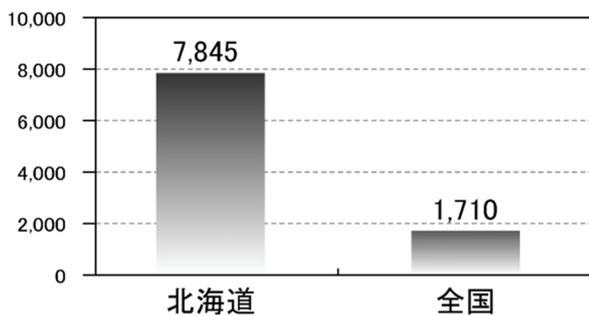


図-1 第3次医療施設のカバー面積



図-2 北見津別線の雪氷路面の状況

2. 調査概要

北海道オホーツク圏における、救急搬送に使用される地方道(主要道道北見津別線 図-3)において、次の調査を実施した。

1) 津別美幌消防組合津別消防署ヒアリング調査

2) 北見津別線における救急搬送速度・IRI調査

(平成24年11月10日~12月25日まで連続調査を行った中で、路面状況の異なる2つのケースを抽出して分析を実施)

- ・乾燥路面における脳疾患搬送(平成24年11月16日)
- ・雪氷路面における脳疾患搬送(平成24年12月20日)

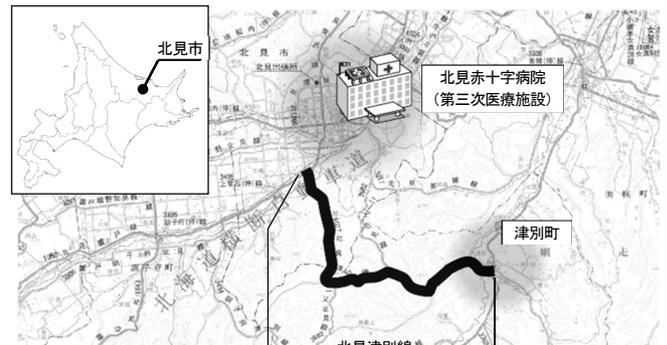


図-3 調査位置図

3. 調査結果

3.1 津別美幌消防組合津別消防署ヒアリング調査

津別消防署協力のもと、救急隊員にヒアリングを実施して得られた、搬送時の注意箇所を図-4に示す。

この結果から、救急搬送時には路面からの衝撃や遠心力による患者への負担を考慮した搬送をしていること、路面凹凸が大きい箇所や凍結路面が頻繁に発生する箇所などの要注意区間を詳細に記憶し、細心の注意を払いながら搬送していることがあらためて明らかとなった。

3.2 救急搬送速度およびIRI調査

津別消防署協力のもと、救急車両にGPS受信機とデータ記録するためのロガーを設置して、乾燥路面および雪氷路面における救急搬送時の走行速度の調査を実施した。合わせて、路面評価指標として道路利用者立場に立った「ユーザーサービス指標」であるIRI(国際ラフネス指数)を用いることとし(図-5)、救急車のバネ下加速の鉛直成分を計測し、クラス3によりIRIを算出した。調査に使用した機器を図-6、搬送速度とIRIの調査結果を図-7に示す。

この調査結果から明らかになったことは、次に示す点である。

※1 (株)シー・イー・サービス 企画部 (TEL 011-855-4440)

※2 網走建設管理部 事業室道路課

凹凸路面の解消



① 舗装の打ち継ぎは、揺れ、振動が大きいため脳疾患搬送時は注意を要する



② 舗装の劣化が著しく掘れており、振動が年々大きくなってきた



③ 路面凹凸の段差区間を忘れてがちな場所(あまり目立たない)



④ この区間は舗装が波打っており、速度を上げられない

橋梁段差の解消



① 長い直線の中で橋梁があり、加速したいが、手前で減速を行う



② 段差が大きいため、必ず減速する橋梁



③ 加速したいが、橋梁が連続してスピードを出せない



④ 見た目以上に段差が大きく、次の橋梁までの距離が短く、スピードを出せない



○ 改善要望箇所
★ 特に改善要望が高いところ

走りにくい区間



① この先にカーブがあるため、ここから減速をはじめる



② 直線で高速走行したいが、前方にカーブがあるため、このあたりから減速を行う



③ 立木で日陰となり、凍結路面になりやすい



④ カーブがきつく、膨らむと、ランブルを踏む恐れがあるため、速度を抑制している

走りやすい区間



① 市街地区間は、舗装がガタガタであったが、近年修繕され、走行しやすくなった



② 2年ほど前に、舗装が修繕されたため、高速走行ができるようになった



③ 山水橋は修繕されており、走りやすくなった



④ この区間は、脳疾患患者を走行する場合でも、50km/h～60km/hでの走行が可能

図-4 救急隊員へのヒアリング調査結果

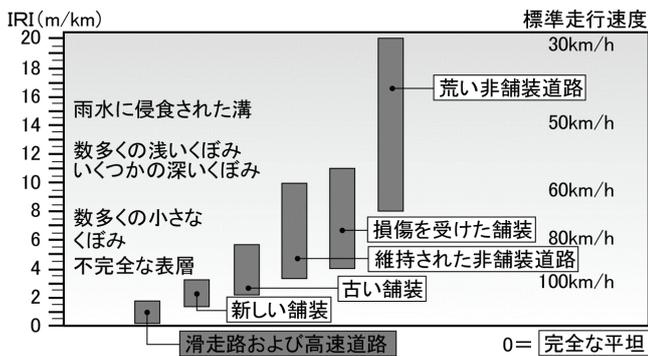


図-5 世界銀行が提示する IRI と路面状況の関係¹⁾



図-6 調査車両・調査機材

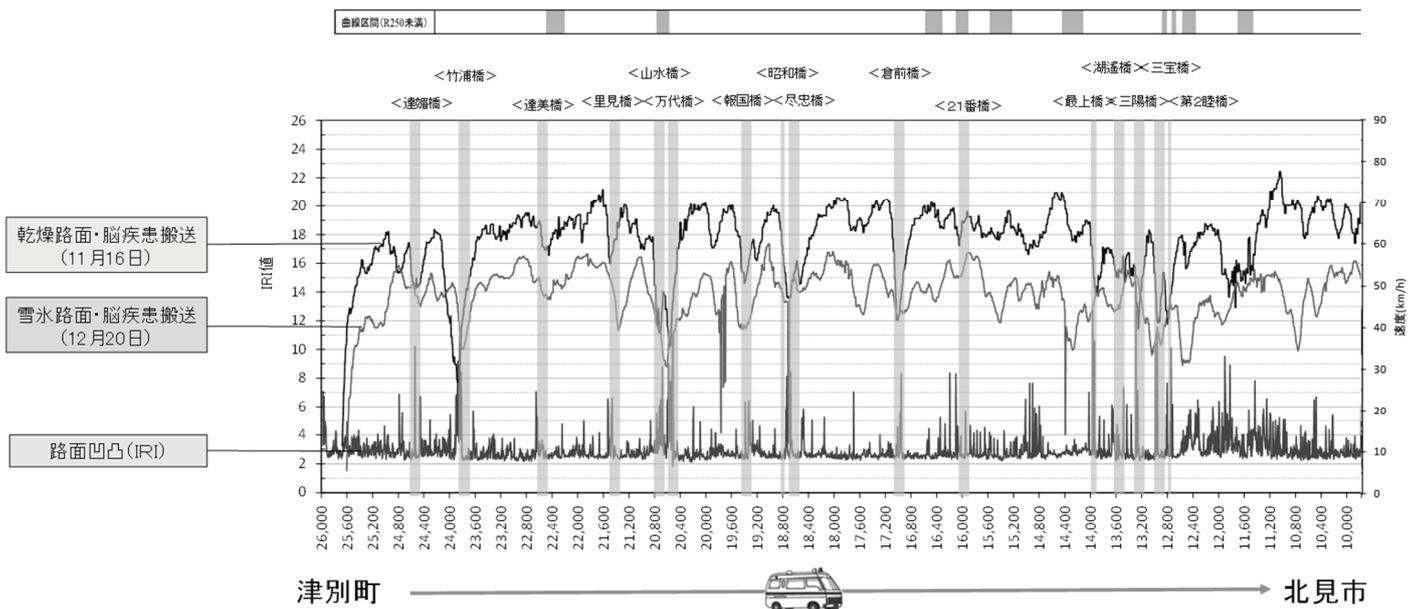


図-7 脳疾患搬送速度と IRI 調査結果

(1) 路面凹凸による搬送速度の調査結果

11月16日(乾燥路面)の脳疾患搬送時のグラフをみると、60~70 km/h前後で走行していることがわかる。また IRI の大きい(路面からの衝撃が大きい)箇所では、40 km/h前後まで減速を強いられている。

(2) 冬期路面の影響による搬送速度の調査結果

12月20日(雪氷路面)の脳疾患搬送のグラフをみると50 km/h前後で走行していることがわかった。11月16日の乾燥路面に比べて速度が低下していることがわかり、IRI が大きい箇所では、30 km/h前後まで減速を強いられていることがわかる。

(3) 路面状況の違いによる搬送時間

11月16日(乾燥路面)と12月20日(雪氷路面)の搬送時間の違いを図-8に示す。

雪氷路面においては、乾燥路面に比べ約6分搬送時間が増加した(約2割増)

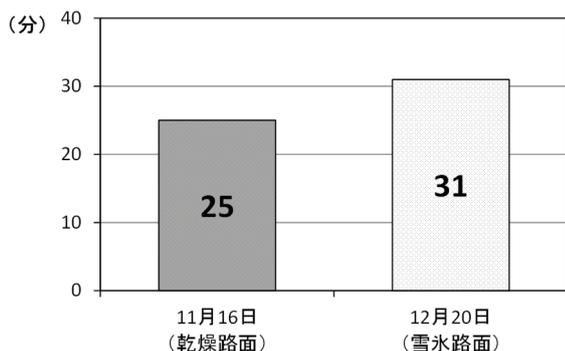


図-8 搬送時間の違い

4. 路面の平坦性が脳疾患搬送速度に与える影響

4.1 路面の平坦性 (IRI) と脳疾患搬送速度の関係

本路線の IRI と脳疾患搬送 (11月16日) 時の走行速度の関係を図-9に示す。

路面凹凸(橋梁ジョイント部、舗装段差、損傷など)のある箇所では、IRI が4~10の値を示し、IRI が大きくなるに従い走行速度が低下する関係性がみられる。IRI が4で約60 km/h、IRI が10で約40 km/h強での搬送速度となっている。

通常の救急搬送の場合には、80 km/hで走行できることを考えると、脳疾患搬送の場合においては、路面の凹凸により大きな速度低下が余儀なくされていることがわかる。

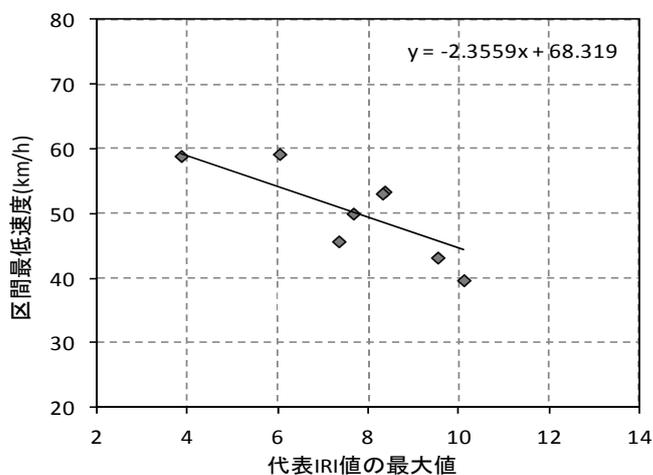


図-9 IRI と速度の関係

4. 2 雪氷路面が救急搬送速度に与える影響

IRI と路面状況、走行速度の関係を図- 10 に示す。

IRI が 4 未満の平坦部においては、雪氷路面の影響で約 80% 程度に速度低下していることがわかる。

同様に IRI が 4 以上の路面凹凸部においては、約 70% 程度に速度低下していることがわかる。

このことから橋梁や舗装補修等による段差の影響が雪氷路面でより顕著に見られている。

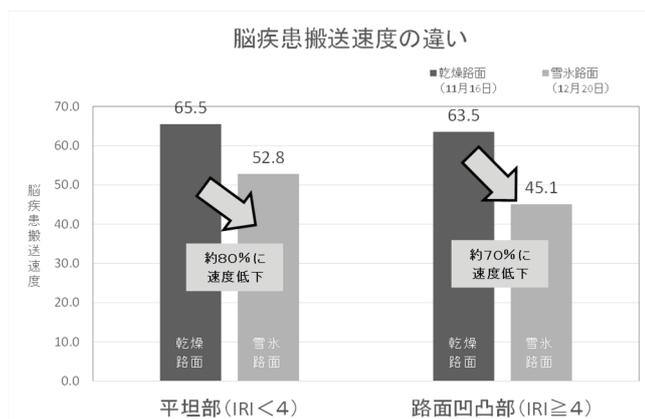


図- 10 脳疾患搬送速度 (路面状況別)

5. 平面線形が脳疾患搬送速度に与える影響

脳疾患搬送時の脳への負担として遠心力が要因の一つであることから、曲線半径が脳疾患搬送速度に与える影響を整理する。(図- 11)

本調査区間内には 11 の曲線があり、曲線半径は 150m ~ 250m である。走行速度との関係を見ると、乾燥路面では、R=250m で 55 km/h、R=150m で 45 km/h となっていることから、曲線半径が小さくなるにつれて速度低下していることがわかる。

雪氷路面においては、R=250m で 50 km/h、R=150m で 30 km/h となっており、乾燥路面に比べてより顕著に減速傾向を示している。

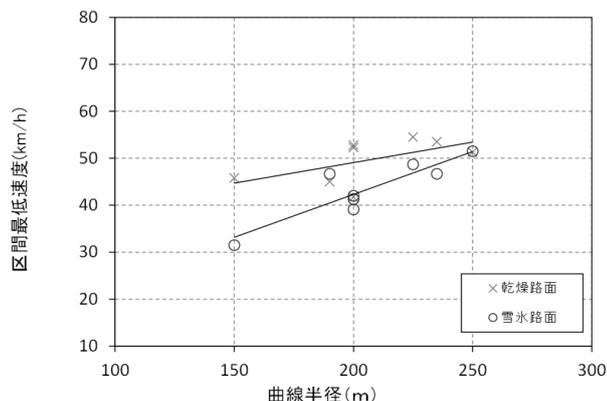


図- 11 路面状況別 曲線部走行速度

6. まとめ

本調査結果から、脳疾患搬送速度が、冬期の路面状況や路面凹凸、曲線半径の影響を受けていることを、定量的に把握することができた。

特に脳疾患搬送速度は、路面凹凸 (IRI) と曲線半径の間で高い相関性があることが明らかとなった。

特に雪氷路面においては搬送速度への影響が大きくなっていることがわかった。

(1) 路面状態・路面凹凸の影響

本調査により、救急搬送で利用される頻度の高い路線における、冬期路面の管理水準を検討する上で貴重な基礎データが得られた。

今後は、さらに路面状況の細分化、気象条件を加味したうえで、より詳細な影響評価を進める必要がある。

(2) 路面凹凸の管理水準について

道路上の路面凹凸を的確に修繕し、平坦性を維持することで、脳疾患救急搬送の搬送時間に大きく寄与することがわかった。

特に路面凹凸の影響による速度低下は、雪氷路面において顕著に表れていることから積雪寒冷地においては路面の平坦性管理水準が重要であるといえる。

(3) 積雪寒冷地における救急搬送路の設計条件

積雪寒冷地における脳疾患搬送では、曲線半径の大きさが、搬送速度に与える影響が高くなっていることがわかった。救急搬送路における曲線半径の設定は、道路計画時に特に重要であると言える。

本調査が、今後、救急搬送時における脳疾患患者の負担軽減と救急搬送の支援を検討する一助となれば幸いである。

7. 参考文献

1) 笠原篤, 加藤昌太郎; 国際ラフネス指数, 舗装, Vol. 26, No. 7, p 24~25, p 199