

16.1 冬期路面管理水準の判断支援技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（寒地交通）

研究担当者：石田樹、高橋尚人、徳永ロベルト、
川端優一、切石亮、藤本明宏

【要旨】

積雪寒冷地では、冬期の交通機能確保・維持のため冬期道路管理を実施している。昨今の厳しい財政事情の中、道路維持管理費は削減されており、管理基準が見直されている。こうした状況下において、従来どおりの冬期道路の安全性を維持するためには、管理基準の見直しによる効果と影響を定量的に把握することが不可欠となり、管理の効率化を今まで以上に促進させなければならない。

本研究では、道路維持担当者の経験や主観による路面状態の評価を補完し、定量的に路線の冬期路面状態を把握する技術を確立するとともに管理基準の見直しによる効果と影響を適切に把握する技術を開発し、適切な冬期路面管理の実施判断とそれによる信頼性向上に資する研究に取り組んでいる。

キーワード：冬期路面、管理水準、判断支援、路面すべり特性

1. はじめに

道路を良好な状態に維持することは道路管理者の責務であり、厳しい財政状況下、冬期路面管理をより効率的に行うことが必要である。しかし、路面管理の判断の基本となる路面状態の評価は、目視による維持管理担当者の経験と主観に基づいて行われる場合が多く¹⁾、凍結防止剤等の過剰散布や散布の見落としが懸念される²⁾。また、時々刻々と変化する気象・路面状態に対し、重点散布区間の選定が適切に行われているかも不明である。今後、冬期道路管理の効率化を促進させるためには、路面状態を把握する技術、さらには凍結防止剤の適切な散布を支援する技術開発が必要となる。

当研究所では、経験や主観による冬期路面状態の評価を補完する指標として路面すべり抵抗値に着目し、第2期中期計画期間において、定量的・連続的にすべり抵抗値を測定する技術を開発した（特許第4665086号：路面摩擦モニタリングシステム）。

本研究では、前中期計画期間に開発したすべり抵抗値の測定技術を活用した定量的・客観的な路線の冬期路面状態の診断技術、道路維持作業の効果の評価技術及び判断支援技術の確立に取り組む。

2. 研究実施内容

平成24年度は、以下の事項に取り組んだ。

① 冬期路面管理水準の妥当性の検討：現道でのすべり

モニタリングの実施、路面管理作業データの取得及びデータ解析

② 路線におけるすべり特性の把握と診断技術の開発： 路線における冬期路面状態の出現傾向、要注意箇所・条件等の路線のすべり特性の把握及び気象・道路構造等による路線のすべり特性診断技術に関する検討

なお、研究実施内容①と②は密接に関連し、いずれも、現道での路面すべり抵抗モニタリングデータが共通の基盤データとなる。本報告では、第3章において①の現道でのすべりモニタリングの実施方法、第4章において①のデータ解析結果、第5章において②のすべり特性の把握およびその診断技術の検討結果について報告する。

3. 冬期道路管理水準の妥当性の検討

3.1 現道でのすべり抵抗モニタリング

冬期路面すべり抵抗モニタリングは、一般国道230号札幌市内（KP1.0～45.0の区間、L=44.0km）を対象に実施した。対象区間は、始点（北1条西11丁目・標高≒25m）から、都心部（DID区間）、郊外部、山間部を通過して峠部（中山峠・標高≒840m）に至る約40kmであり、気象条件の変化や様々な沿道状況が観測できる。

モニタリング実施期間は、冬期間（12月上旬～3月上旬）の平日約100日間で、1日2往復実施した。

写真1は路面すべり抵抗モニタリングで使用した路面

すべり抵抗測定器「連続路面すべり抵抗値測定装置 (CFT: Continuous Friction Tester)」³⁾である。CFTは、道路パトロールカーの後部に取り付け可能な牽引型装置で、測定輪には車両の進行方向に対して1~2度程度のトー角が設定されており、牽引車の走行によって横方向に発生する力からすべり抵抗値 (HFN: Halliday Friction Number) を算出する。



写真1 連続路面すべり抵抗値測定装置 (CFT)

HFN データは、車両速度データ等と組み合わせて外部記録装置に記録されるとともに、通信端末を介して当所が所有する冬期道路マネジメントシステム⁴⁾のサーバーにデータを15秒毎に転送し、Webサイトに反映される。このシステムにより、パトロール員と事務所スタッ

フはリアルタイムに情報を共有できる。

3.2 路面管理作業データの取得

冬期路面管理作業データは、当該路線を管理する国土交通省北海道開発局から提供を受けた。データの取得に際しては、種々の分析を効率的に実施するために、冬期道路マネジメントシステムの改良を行った。平成24年度はCSVファイル形式で保存された凍結防止剤散布車の散布作業情報 (散布機械毎の作業日時、散布区間、材料種別、散布量、散布幅等)の一部を自動でグラフ化できるように改良した。

4. 冬期路面状態およびすべり抵抗値の出現特性

図1は、H19~24年度の6冬期間 (1月) に計測した一般国道230号の冬期路面状態およびHFNの出現率である。グラフの横軸はキロポスト (KP) を表し、左側の始点 (KP: 1.0) から、札幌市都心部のDID区間、郊外部、山間部を通過して終点 (KP: 45.0) の中山峠部に至る。縦軸は路面状態の出現傾向で、すべり抵抗 (以下、HFN) データをHFN: 45未満 (赤色: 雪氷路面)、HFN: 45~59 (黄色: 断続的な路面)、HFN: 60~ (緑色: 露出路面)の3水準に区分して出現率を表している。なお、経年的な傾向についても検討するため、前中期間内に実施した路面すべりモニタリングデータも併せて示す。

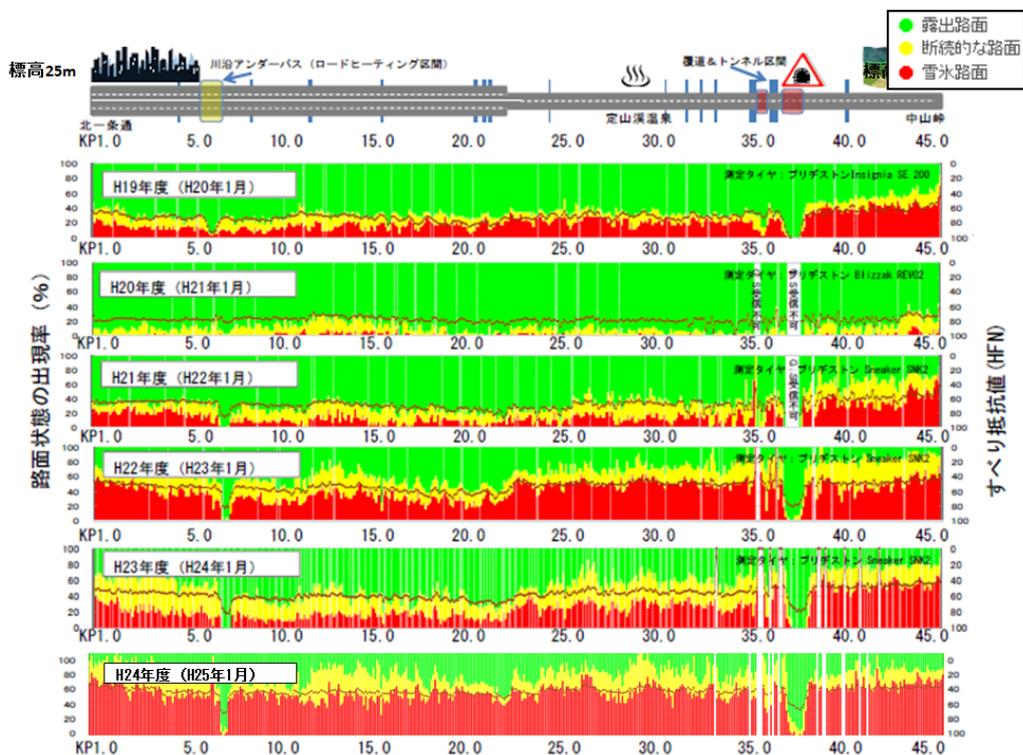


図1 一般国道230号における路面状態およびすべり抵抗値 (HFN) の出現特性 (H18~H24年度・1月)

一般国道230号札幌市内における冬期路面状態およびHFNの出現特性について基本的な特徴を以下に列挙する。

- ① 各年度によってHFNの出現率は大きく異なる。
- ② 各年度におけるHFNの出現率の分布系は概ね同じである。
- ③ 同じような気象条件であっても、HFNの出現率は必ずしも一致しない。

①の主な要因は気象条件であり、各冬の気象条件の違いがHFNの出現率に影響を与えている。一例として、6冬期間の中で1月の平均気温が最も高く、1月の月累計降雪量が最も少ない平成20年度(図2参照)は、雪氷路面(赤色)の出現率が6冬期間の中で格段に小さい。

②については、いずれの年度も標高が高くなるにつれて雪氷路面の出現率は高くなる。また、トンネルやアンダーパス区間前後で出現率の変化が著しい。これより、道路構造や標高とHFNの出現率に相関性があることが分かる。

次に③について考察を述べる。まず、図2に示す月平均気温、月累計降雪量が類似している平成19年度(平成20年1月)と平成22年度(平成23年1月)を比較すると、平成22年度はHFN60以下の出現率が平成19年度より高い。この要因は表1に示すように平成22年度に国土交通省北海道開発局では冬期道路管理の基本方針を見直し、より一層の工夫によるコスト縮減に取り組んだ^⑩ことが影響していると考えられる。

次に、平成22年度(平成23年1月)と平成23年度(平成24年1月)を比較する。月平均気温は同程度であるが、月累計降雪量は前者(約170cm)が後者(約100cm)の約1.7倍である。こうした気象条件に対して、路面整正・拡幅除雪回数および薬剤散布日数は前者が後者の1/2程度であり、平成23年度は平成22年度に比べて月累計降雪量が減少したが維持管理作業が増大するといった実態であった。

最後に、平成23年度(平成24年1月)と平成24年度(平成25年1月)を比較すると、気象条件および維持管理作業の内容は概ね同じであるが、平成24年度で雪氷路面(赤色)の出現率が高いことが知れる。

以上のように、路面状態およびHFNの出現率は気象条件や道路構造の影響だけでなく、維持管理作業等の影響も受ける。従って、今後は、データの蓄積を継続し、維持管理作業を含めすべり特性に影響を及ぼす因子を明らかにし、総合的に評価することで冬期道路管理水準の妥当性を検討する。こうした成果は路線の要注意箇所を

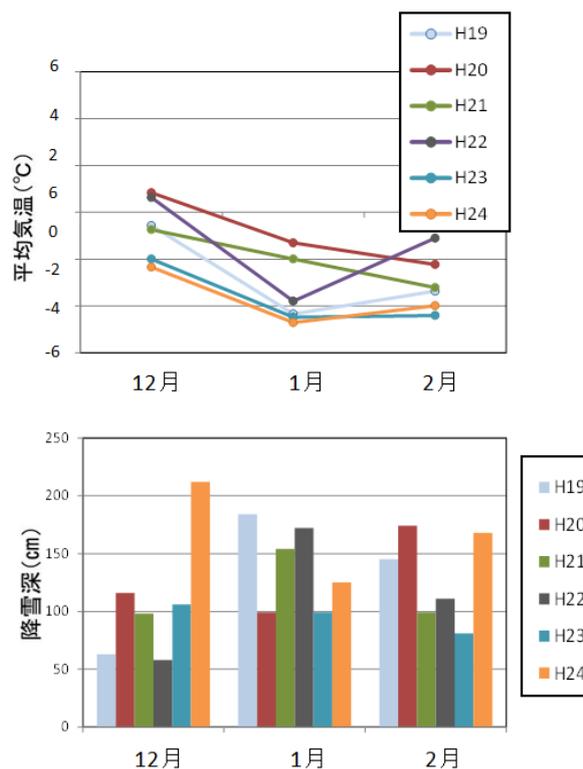


図2 札幌圏の月平均気温・月累計降雪量 (H19~24年度)

表1 維持管理作業の推移 (H19~24年度1月)

	除雪作業出勤回数(1月)			薬剤散布日数(1月)
	新雪除雪	路面整正	拡幅除雪	
H19年度	80	90	75	18
H20年度	63	141	99	15
H21年度	65	151	82	14
H22年度	89	45	29	18
H23年度	75	96	47	30
H24年度	82	115	43	31

特定するだけでなく、管理水準の見直しによる効果と影響を示すための説明ツールとして活用が期待できる。

5. 路線におけるすべり特性の把握と診断技術の確立

ここでは、道路構造、標高、気象条件がすべり特性へ与える影響を把握するための基礎的分析を実施した。特に、今年度はトンネル坑口前後におけるすべり特性を詳細に分析した。また、本州と北海道ですべり特性の比較を行い、地域別・地形区分別のすべり特性について検討した。

5.1 トンネル坑口前後のすべり特性

図3はトンネル坑口前後のすべり特性を示す。同図は上段にトンネルA、下段にトンネルB、左列は2011年

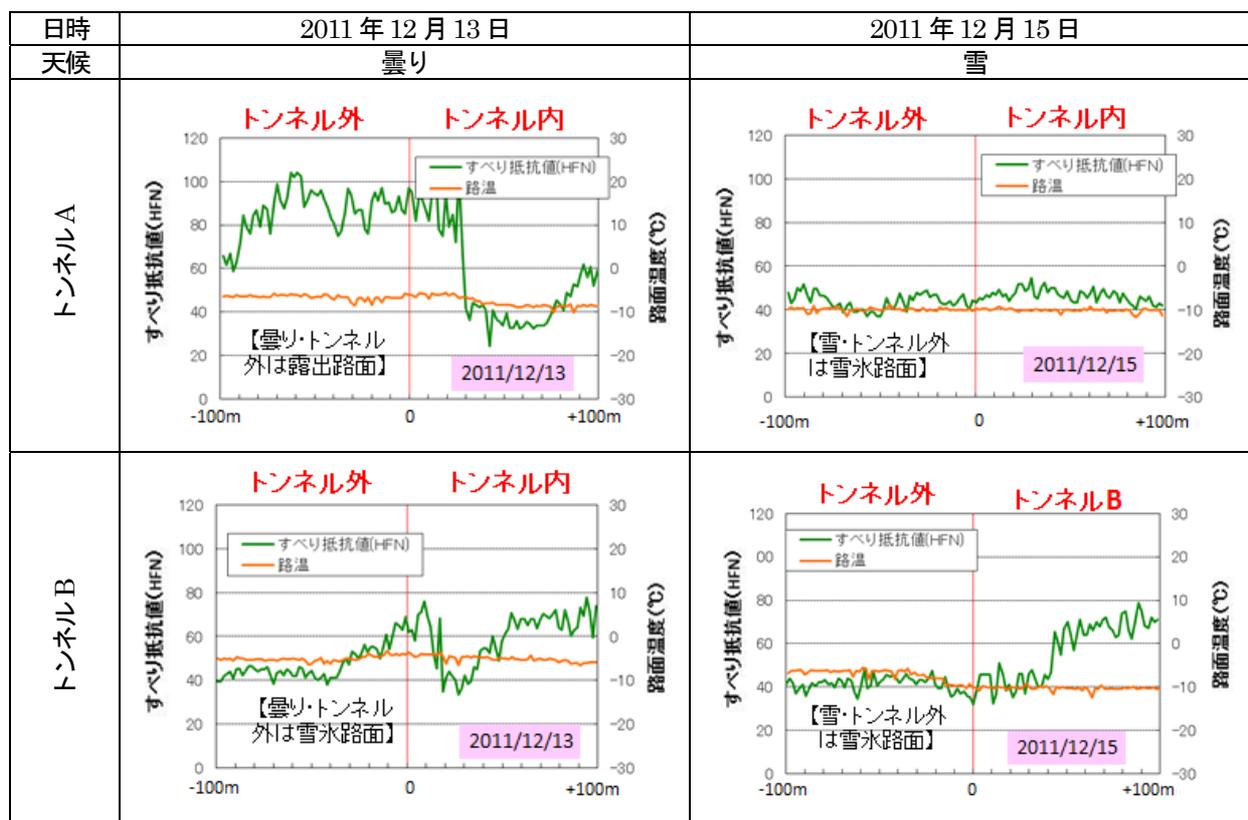


図3 トンネル坑口前後のすべり特性

12月13日(天候:曇り)、右列は2011年12月15日(天候:雪)のHFNの変化である。まず、トンネルAに着目する。12月13日のHFNはトンネル外では80~100程度と高いが、坑口から約30mのトンネル内で急激に低下し、その先約50mに亘って低い値を推移した。一方で、12月15日ではトンネル坑口±100mにおいてHFNに大きな変化はなく、40前後を推移した。

次にトンネルBについて述べる。12月13日のHFNはトンネル外の約40から坑口に向かって上昇し、坑口で約70となったが、坑口から約10mのトンネル内で急激に低下し、40を下回った後で再び上昇した。12月15日のHFNはトンネル外からトンネル内40mまでは40程度と低く、それよりトンネル内に向かって上昇した。

以上より、同じ気象条件であってもトンネルによって坑口前後のHFNの分布は異なり、また同じトンネルであっても気象条件や路面状態の違いによってHFNの分布は異なることを確認した。

今後は、こうしたトンネル坑口付近のすべり特性を気象条件やトンネルを取り巻く環境条件を考慮して定性的

に評価するために、データ取得と分析を継続する。

5.2 地域別・地形区分別のすべり特性

図4は、本州と北海道における都市部、郊外部および山地部のすべり特性の例を示す。(a)の本州・郊外部では路面温度が高く、HFNの低下は局所的であった。(c)の北海道・都市部では路面温度が低く、沿道状況が目まぐるしく変化するために、HFNの変動が大きい。山地部について本州(b)と北海道(d)を比較すると、低温な北海道では構造物前後でHFNの変動幅が大きい。

本解析により、地域や地形区分に付随する気象条件(例えば月累計降雪量や月平均気温)の相違がHFNの分布系の基本特性を変化させる可能性が示唆された。今後は、得られたHFNデータの範囲に限られるが地域間のすべり特性の比較を行い、地域別や地形区分別のすべり特性をとりまとめる。

5.3 すべり特性の診断技術に関する検討

図5は、すべり特性を気象条件で分類し、HFNの分布の再現性を調べた。同図上段(a)は晴・晴天が続いた

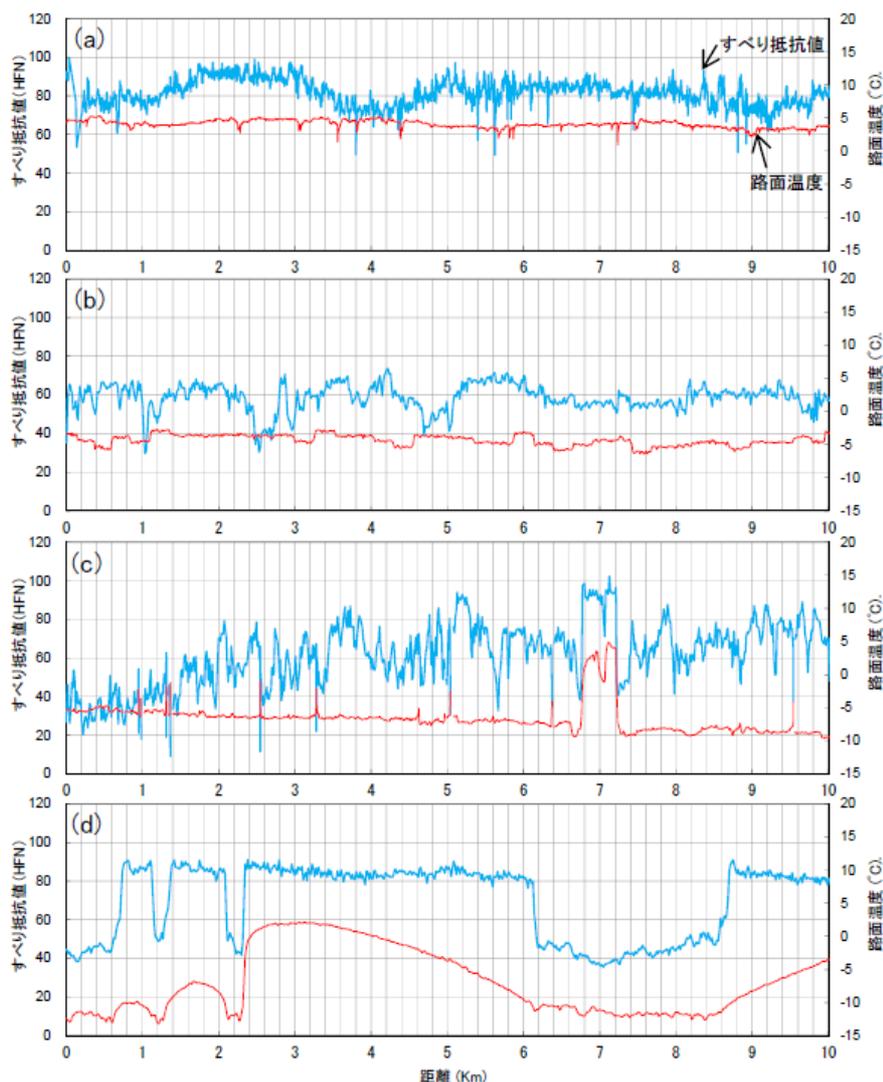


図4 地域別や地形区分別のすべり特性例

(a:本州・郊外部、b:本州・山地部、c:北海道・都市部、d:北海道・山地部)

日、中段 (b) は気温が夜間に急激に低下した日、下段 (c) 雪・日中の降雪のある日の HFN 分布である。いずれも 3 日間の HFN データを重ねて示す。同図 (a) は路線方向の HFN 変化は小さく、3 日間ともに分布系はほぼ一致した。同図 (b) は距離 7~8km の間でいずれの日も急激な HFN 低下が観られる。同図 (c) も橋梁やトンネル坑口で低下の度合は異なるものの、3 日間ともに同じ区間で急激な HFN 低下があった。このように気象条件で区別した路線のすべり抵抗分布には一定の再現性が観られた。

今後、路線のすべり特性に影響を与える要因と条件を把握し、道路気象・道路構造等を考慮して路線のすべり特性診断技術の確立を目指す。

6. まとめと今後の課題

平成 24 年度は、冬期における安全・円滑な道路交通確保に向けて、効率的・効果的な冬期道路管理の判断支援に資する技術開発を進めるために、現道での冬期路面すべり抵抗モニタリングの実施、冬期路面管理水準の妥当性検討および路線におけるすべり特性の把握と診断技術の開発に関する検討を行った。以下のその成果を列挙する。

- i. 冬期路面管理水準の妥当性を検討するに当たり、一般国道 230 号札幌市内を対象に実施した路面すべり抵抗モニタリングデータと道路維持管理作業記録データを取得し、効率よく分析するために冬期道路マネジメントシステムの改良を行った。

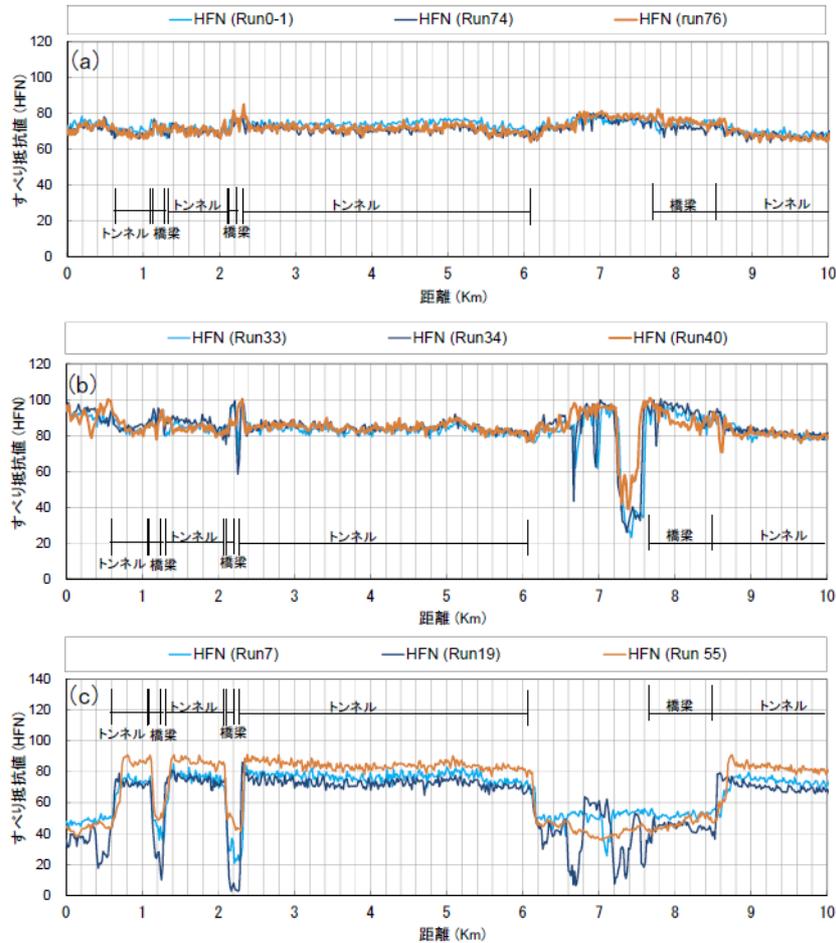


図5 同一路線におけるすべり特性

(a:晴・晴天が続いた日、b:晴・気温が夜間に急激に低下した日、c:雪・日中の降雪のある日)

- ii. 冬期路面管理水準の妥当性の検討に向けて、蓄積した過年度のすべり抵抗モニタリングデータ等を用いて、気象条件、道路維持管理作業の実施状況とすべり特性に対して基礎的分析を行った。その結果、路面状態および HFN の出現率は気象条件や道路構造の影響だけでなく、維持管理作業等の影響も受けることが分かった。
- iii. 路線のすべり特性を把握するために、トンネル坑口前後のすべり抵抗値の特性を詳細に分析した。結果、同じ気象条件であってもトンネルによって坑口前後の HFN の分布は異なり、また同じトンネルであっても気象条件や路面状態の違いによって HFN の分布は異なることを確認した。
- iv. 本州と北海道の HFN データを照らし合わせ、地域別・地形別のすべり特定について検討を行った。その結果、地域や地形区分に付随する気象条件 (例え

- ば月累計降雪量や月平均気温) の相違が HFN の分布系の基本特性を変化させる可能性が示唆された。
- v. すべり特性の診断技術を確立するための基礎分析として、気象条件で分類したすべり特性の再現性を調べた。その結果、路面のすべりモニタリングデータを、気象条件で分類・集計することで、路線や構造物前後の路面のすべり特性を把握し、パターン可

が可能なことが分かった。
 今後は、引き続き道路管理者と緊密な連携を図りながら現道におけるすべり抵抗モニタリングを継続し、路線におけるすべり特性の把握と診断技術の確立を目指すとともに、気象値等と組み合わせた冬期路面管理水準の判断支援技術の確立に取り組む所存である。

参考文献

- 1) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル (案)、1997
- 2) 高橋尚人、徳永ロベルト、舟橋誠徳：冬期路面状態の評価

- と管理手法に関する研究、土木学会安全問題研究論文集 Vol.3、pp.17-22、2008
- 3) Halliday Technologies Inc.: RT3 Friction Measurement Technology Saves Lives & Money, URL: <http://www.hallidaytech.com/>, April 2012
 - 4) 徳永ロベルト、切石亮、高橋尚人：冬期道路管理の高度化に資する意思決定支援システムの構築について、第29回日本道路会議論文集、H23年11月
 - 5) 佐々木憲弘、小野寺敬太、豊島真生：除雪機械のリアルタイムな位置情報を活用した除雪工区の弾力的な運用システムの開発、第53回年度北海道開発技術研究発表会、http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/giken/h21_pre_i ntra/pdf_files_h20/FY/FY-8.pdf、H22年2月
 - 6) 北海道開発局道路維持課：今冬の除雪の基本方針について、国土交通省北海道開発局報道発表資料、2011
 - 7) Naoto Takahashi, Roberto A. Tokunaga, Motoki Asano and Nobuyoshi Ishikawa: Modeling to Predict Bridge Pavement Temperature for Winter Maintenance Decision, 86th Annual Meeting, Transportation Research Board, 2007
 - 8) PIARC Technical Committee B5 Winter Service: Snow & Ice Databook - 2010 Edition, 2010

A STUDY ON DECISION SUPPORT TECHNOLOGY FOR WINTER ROAD SURFACE MANAGEMENT LEVEL

Budget: Grants for operating expense
General account

Research Period: FY2011-FY2015

Research Team: Cold Region Road Engineering
Research Group (Traffic
Engineering Research Team)

Author: ISHIDA Tateki
TAKAHASHI Naoto
TOKUNAGA Roberto
KAWABATA Yuichi
KIRIISHI Makoto
FUJIMOTO Akihiro

Abstract : In cold and snowy region, in order to secure and maintain a safe and functional traffic during the winter, the road administrators are permanently providing road maintenance services. However, due to budget constraints in recent years, more efficient and effective winter road management is required. In that situation, it is important to carry out the winter road surface management properly based on quantitative evaluation. And it is necessary to evaluate quantitatively the effects of management standards.

In this study, the authors research and develop technologies to contribute in the improvement of decision making on level of service in the winter road management by using continuous friction devices.

Key words : winter road surface, service level, friction, decision support