

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25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解析

② 路面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 現道での路面すべり抵抗モニタリング

現道での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。対象路線は、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）に至り、気象条件の変化や様々な沿道状況が観測できる区間である。

路面すべり抵抗モニタリングは、冬期間（1月～2月）の平日に、1日2往復実施した。

すべり抵抗値（HFN: Halliday Friction Number）は、連

続路面すべり抵抗値測定装置（CFT：Continuous Friction Tester）³⁾を用いて測定した。CFTは、道路パトロールカーの後部に取り付け可能な装置で、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測定輪に発生する横方向の力からHFNを算出する。

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。取得したデータは種々の分析を実施するために、冬期道路マネジメントシステムのデータベースに蓄積した。

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〜H25年度の7冬期間（1月）に計測された一般国道230号の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（KP1.0）から、札幌市都市部のDID区間、郊外部、山間部を通過して終点（KP45.0）の中山峠部に至る。縦軸はHFNの出

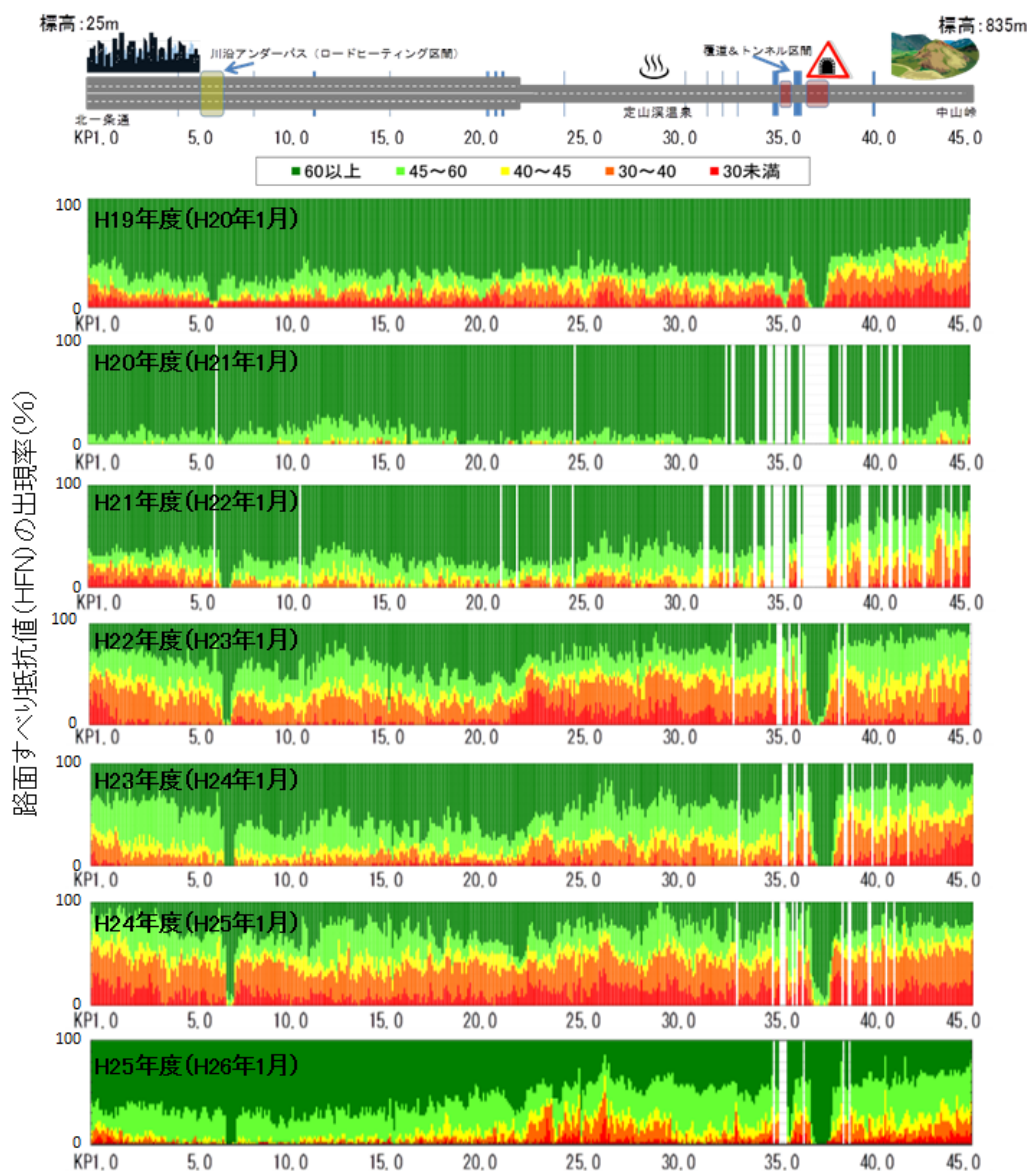


図1 一般国道230号線におけるすべり抵抗値（HFN）の出現特性（H19〜H25年度・1月）

現率である。昨年度までは、HFN データを3水準に区分したが、より詳細に検討するために、今年度は HFN データを HFN : 30 未満 (赤色)、HFN : 30 以上~40 未満 (橙色)、HFN : 40 以上~45 未満 (黄色)、HFN : 45 以上~60 未満 (黄緑色) および HFN : 60 以上 (緑色) の5水準に区分して出現率を示した。なお、経年的な傾向についても検討するため、前中期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。

同図より、平成25年度のHFNは、他の年度と比較して比較的高いことが分かる。都市部や郊外部 (KP 1.0~20.0 あたり) では大半が HFN \geq 45 (黄緑色と緑色) であり、良好な路面が長期間に亘り継続したことが分かる。山間部や峠部 (KP 26.0~45.0) においても、HFN < 40 (橙色と赤色) の出現率は例年の半分程度である。

次に、月平均気温および月累計降水量の推移 (図2) を通して、HFN の出現率を考察する。H25年1月の月平均気温は約4.3℃、月累計降雪量は約121cmであった。平年値と比較すると、月平均気温は過去7冬期間の中で2番目に低く、月累計降雪量は平年値程度である。比較的厳しい気象条件であったが、H25年度のHFNは比較的高い傾向にあった。

そこで、図3に示す道路維持管理作業をみる。H25年度の除雪作業時間は過去7冬期間の中で最長であり、薬剤散布作業時間も例年と比べて比較的最長い。

以上から、H25年度は、気象条件が比較的厳しかったものの、道路維持作業の実施時間が長かったことが影響し、HFNは例年に比べて比較的高い値を示したと考えられる。ただし、KP23、KP26およびKP33などでは、局所的にHFN < 40の出現率が高い区間が見られる。こうした局所的なHFNの低下は、スリップ事故などの事故の危険性を高める要因になると考えられるため、今後はこれまでに得られたデータを分析し、こうした低HFN区間の発生要因を気象や道路維持作業内容など多方面から検証し、明らかにする必要がある。

5. 路線におけるすべり特性の把握と診断技術の確立

一般国道230号で得られたHFNデータを用いて路線のすべり特性を把握するため、25年度は、路線のHFNデータを気象条件で区分し、気象条件別のHFN分布の再現性 (パターン化) を検証した。このような気象別のHFNの分布パターンを構築することにより、気象毎の路線のすべり特性を把握することが可能になる。また、気象予報と組み合わせることで、数時間先の路線のHFN分布パターンの予測が可能になる。

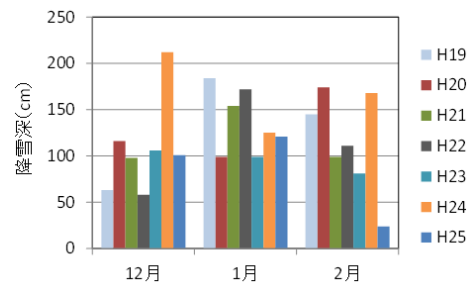
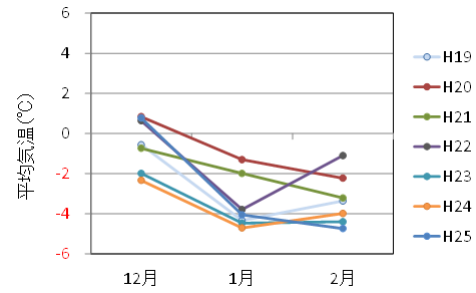


図2 札幌圏の月平均気温・月累計降雪量 (H19~H25年度)

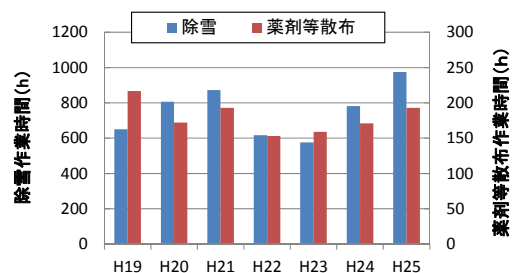


図3 除雪および薬剤等散布の作業時間の推移 (H19~H25年度・1月)

表1にHFN分布データを気象別に区別した条件を示す。今回、冬期道路管理マニュアル (案) や除雪・防雪ハンドブックを参考に、凍結防止剤と防滑材の切り替えの基準の目安である気温-8℃、機械除雪の出動基準の目安である降雪量5cmを閾値にとり、HFN分布データを気温で3区分、降雪量で3区分、計9区分 (3区分×3区分) に分けた。

表1 HFN分布データのパターン化の気象条件

区分	閾値	区分	閾値
非冬日	0℃ < 日最低気温	無降雪日	夜間12時間降雪量=0cm
冬日	-8℃ < 日最低気温 ≤ 0℃	降雪	0cm < 夜間12時間降雪量 ≤ 5cm
厳冬日	日最低値 ≤ -8℃	日	多雪
			5cm < 夜間12時間降雪量

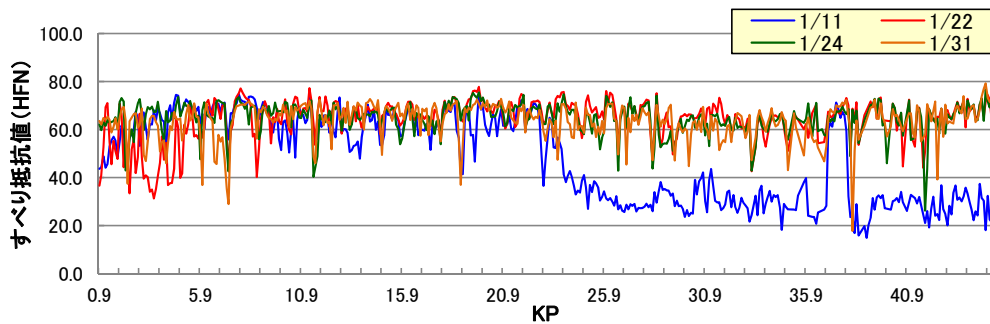
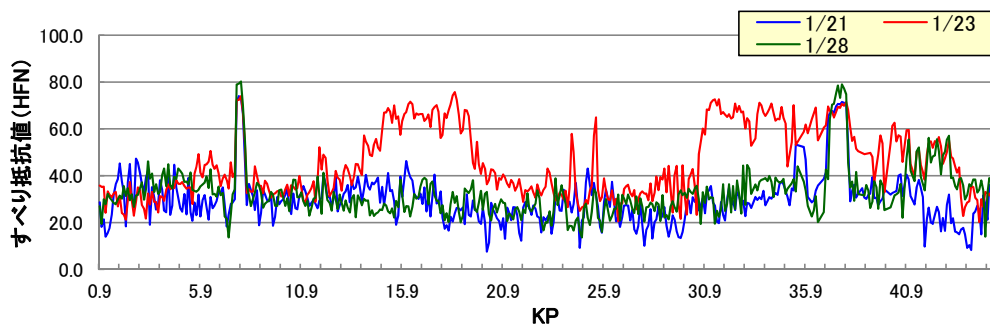
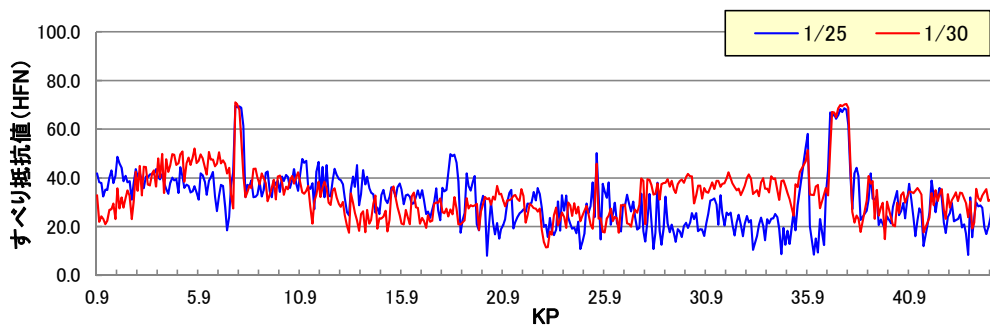
(a) 冬日・無降雪日(日最低気温: $-8\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、夜間 12 時間降雪量: 0 cm)(b) 冬日・降雪日(少雪)(日最低気温: $-8\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、夜間 12 時間降雪量: 0~5 cm)(c) 冬日・降雪日(多雪)(日最低気温: $-8\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、夜間 12 時間降雪量: 5 cm 以上)

図4 気象別の HFN 分布データ

本報では、気象別の HFN 分布の一例として、表 1 における冬日の無降雪日、冬日の降雪日(少雪)および冬日の降雪日(多雪)の計 3 区分を図 4 に示す。

同図(a)の冬日・無降雪日は 4 つの HFN 分布データが該当した。これらの HFN 分布データの 3 ケース(1/22、1/24、1/31)は、分布系が酷似した。しかしながら、残り 1 ケース(1/11)は異なる分布系を示した。この要因は、前日の路面状態の相違、つまり 1/22、1/24、1/31 の前日の路面状態は良好(乾燥や湿潤状態)であったと推測されるのに対して、1/11 の前日は、特に KP 22~45 の区間で雪氷路面であり、その路面状態が 1/11 まで継続したと推察される。

次に、同図(b)の冬日・降雪日(少雪)に着目する。冬日・降雪日(少雪)は 3 ケースあった。その内の 2 ケース(1/21、1/28)の HFN は概ね類似の分布系を示し、同図(a)の無降雪日と比べると相対的に低い値であった。しかしながら、残りの 1 ケース(1/23)の HFN は、一部の区間(KP 12~22 および KP 30~41)で異なる分布系を示した。この理由として局所的な気象条件の相違が要因の一つとして考えられる。今後、さらにデータを蓄積し、こうした異なる分布系がどのような気象条件で、またどれくらいの頻度で出現するか検証する必要がある。

最後に、同図(c)の冬日・降雪日(多雪)に注目する。2 ケースしかなかったものの、両ケースは概ね同じよう

な分布系を示した。また、図(b)の少雪日と比較すると、少雪日と多雪日の HFN の分布系に明確な違いは見受けられない。

6. まとめと今後の課題

平成 25 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。以下に主な成果を列挙する。

- i. 一般国道 230 号において、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、HFN の出現率について気象と除雪および薬剤等散布の作業時間から分析を行った。平成 25 年度は、気象条件が比較的厳しかったものの、HFN は比較的高い値を示した。これは、過去 7 冬期間の中で、除雪および薬剤等散布の作業実施時間が長かったためと推察される。
- ii. 路線のすべり特性を把握するために、一般国道 230 号線で得られた路面すべり抵抗モニタリングデータを、気象条件（日最低気温および夜間 12 時間降雪量）で 9 区分に分け、気象別に路線の HFN 分布の再現性を検証した。
- iii. 冬日・無降雪日の気象条件では、HFN 分布データの全 4 ケースの内、3 ケースは酷似したものの、残

りの 1 ケースの一部の区間で分布系に違いが見られた。この要因として、前日の路面状態の相違が考えられる。従って、次年度は前日の路面状態も HFN 分布データの区別の条件に加え、気象と前日の路面状態別に HFN 分布のパターン化を試みる。

- iv. 降雪日の場合は、概ね類似の路線の HFN 分布を示したが、一部で異なった。この理由は気象の局所性と考えられる。少雪日の路線のすべり分布と多雪日のそれには、明確な違いは見られなかった。

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路面すべり抵抗モニタリングを継続し、路線の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

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 and
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 conditions, service level, friction, decision support