

連続路面すべり抵抗データを用いた冬期道路の性能評価の試行について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム

○徳永 ロベルト
高田 哲哉
高橋 尚人

著者らは、冬期路面管理の効率性、的確性及び透明性の向上に資する技術開発のため、路面のすべり抵抗値を連続的に計測することが可能な測定装置を用いて冬期路面のすべり抵抗モニタリングを現道にて実施し、蓄積した記録データを使用して冬期道路の性能評価を試行している。本稿では、路線の気象変化や地域の違いによる冬期路面状態の空間的・時間的出現傾向や冬期道路交通特性等との関係について分析した主な結果及び今後の取り組みについて述べる。

キーワード：冬期路面管理、すべり抵抗値、性能評価

1. はじめに

北海道のような寒冷地域では、冬期の気温低下や降雪によって、車道幅員の減少、凍結路面、視程障害等が発生し、道路交通機能が低下する。このような中、道路管理者は安全・快適な道路交通機能を確保するために、除排雪、凍結防止剤散布等といった冬期道路の維持管理を恒常的に行っているが、昨今の人口構造の変化、道路管理にかかる予算の縮減¹⁾等の制約下において、冬期道路交通機能の確保・維持をより効率的及び的確に実施するよう求められている。

当研究所では、冬期道路管理の効率性、的確性及び透明性の向上に資する技術開発の一環として、道路管理者に気象予測、路面凍結予測及び冬期路面すべり抵抗モニタリング情報を提供するとともに、前述のデータ、維持管理データ及びデジタル道路地図をリンク付けしたデータベースを構築し、GISの地図上に表示する他、蓄積したデータを用いた種々の分析が可能な「冬期道路マネジメントシステム」を構築した。これにより、冬期道路管理作業の判断とその結果・成果をより客観性かつ透明性の高い方法で評価することが可能になり、PDCA (Plan・Do・Check・Action) サイクルに基づいたより効率的な冬期道路管理への貢献が期待される。著者らは、当該システムに蓄積したデータを用いて札幌圏内の一般国道230号をケーススタディとして気象の変化等による冬期路面状態の時間的・空間的変化の特徴、冬期道路交通性能の因果関係等について基礎的な分析を行った。本稿ではこれまでの取組状況と今後の展望について述べる。

2. 冬期道路の性能評価について

(1) ロジックモデルの構築

道路行政では、より効果的、効率的かつ透明性の高い道路行政へと転換を図るため、事前に数値目標を設定し (Plan)、施策・事業を実施 (Do)、達成度の評価 (Check) を次の行政運営に反映 (Action) する「道路行政マネジメント」²⁾に取り組んでいる。冬期道路分野においても例外ではなく、マネジメントサイクルを構築することが必要である。このような中、北欧等では、冬期道路分野の性能評価やマネジメント研究が行われている。例えば、スウェーデンでは、交通安全、アクセシビリティ (旅行速度等)、燃料消費、腐食 (凍結防止剤による橋梁等の金属腐食)、道路管理コスト及び環境影響を貨幣価値に換算し、冬期道路管理の最適化を図る「ウィンター・モデル」³⁾を構築している。

当研究所では、冬期道路の性能評価を行うにあたり、ロジックモデル (論理モデル) を採用⁴⁾した。ロジックモデルは、原因と結果の連鎖関係を明らかにし、最初の資源投資が最後に受益者に起こる改善効果 (=成果) を引き起こすまでの道筋を表すもので、プログラム評価を行う際に広く用いられている。

図-1は、当研究所が構築した冬期路面管理のロジックモデルである。インプットには、冬期路面管理に投入する予算、機材、人員とし、アウトプットは、出動回数、凍結防止剤散布量としている。アウトカムには、中間アウトカムとして路面のすべり抵抗値、最終アウトカムとして冬期交通特性、冬期事故、旅行時間信頼度、道路利用者の満足度等を設定している。冬期道路管理の実施は、道路状態の改善を図るものであり、その最終目標は、道路利用者に安全で快適な道路交通環境を提供することであるため、冬期路面管理の直接の成果である路面のすべり抵抗値を中間アウトカム、道路交通現象として計測可

能な交通特性等を最終アウトカムとしている。

本稿では、前述のロジックモデルの中間アウトカムとして設定した路面のすべり抵抗値に主眼を置いて、気象等の変化による冬期路面状態の出現傾向や冬期交通特性との関係について分析した結果を幾つか紹介する。

(2) 冬期路面のすべり抵抗値計測

当研究所では、連続的に路線のすべり抵抗値の値を測定できる「連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT：Continuous Friction Tester）」⁵⁾を導入した。当該装置（写真-1）は、通常のSUV型道路巡回車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。なお、HFNはこの装置の開発者が独自に設定した値である。この値は、横力無負荷状態の時にHFNO、標準舗装路面が乾燥状態（路面温度−17.8℃）の時にHFN100とし、その間を100等分している。即ち、測定輪にかかる横力が低いほど路面がすべりやすく、横力が高いほど路面がすべりにくいことを意味する。なお、当該装置から出力されるHFNについては国内の標準機器であるフルロック式路面すべり測定車のすべり摩擦係数（ μ ）との相関が良好であることが確認済みである⁶⁾。

CFTは、牽引車または測定輪を制動させる必要がないため、走行しながら周辺車両の交通に支障を及ぼすことなく路面のすべり抵抗値を連続的に測定することができる。また、測定に特別な操作（機器操作、一定速度維持等）を要しないという利点もあり、現在、北米の一部の州で実務への導入が進められている他、スウェーデンでは導入を前提とした実践的な検討が行われている。当該装置によるHFNのサンプリングレートは最大100Hz（通常10Hz）である。また、走行中車内に設置されたディスプレイを通して瞬時にすべり抵抗値を確認できる。更に、日付、時刻、測位、路面温度、天候（晴・曇・雨・雪）、路面状態（乾燥・湿潤・シャーベット・圧雪・凍結）、牽引車・試験輪速度データ等と組み合わせて外部記録装置に記録するとともに通信端末を介して記録データを15秒毎に事務所のサーバーに自動転送する機能が備えられている。

著者らは、計測車両から転送されたデータを気象機関から得た気象（気温・降雪・降雨・視程等）データ、道路構造データ等と組み合わせて、デジタル道路地図の道路区間とリンク付けしたデータベースを作成し、GISの地図上にモニタリング結果を表示する他、蓄積したデータを用いて種々の分析が可能な「冬期路面すべり抵抗モニタリングシステム」を構築した。当該システムを構築したことにより、気象条件や道路構造による時間的及び空間的な路面状態（すべり抵抗値）の変化を仔細に捉え

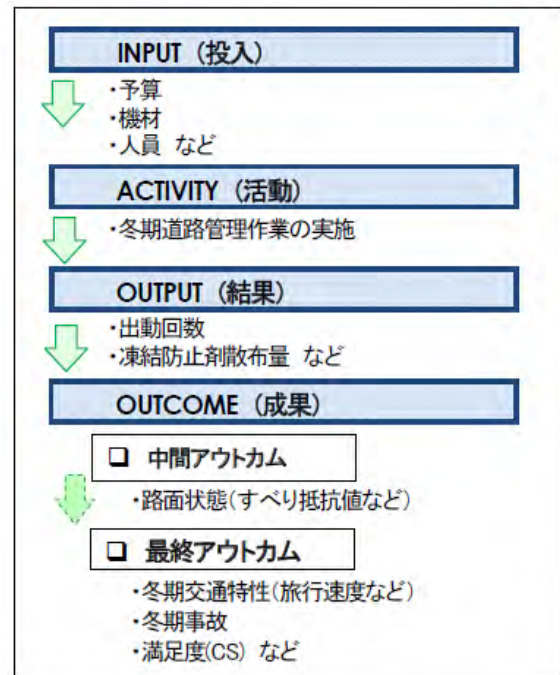


図-1 冬期路面管理のロジックモデル（概念図）



写真-1 連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）

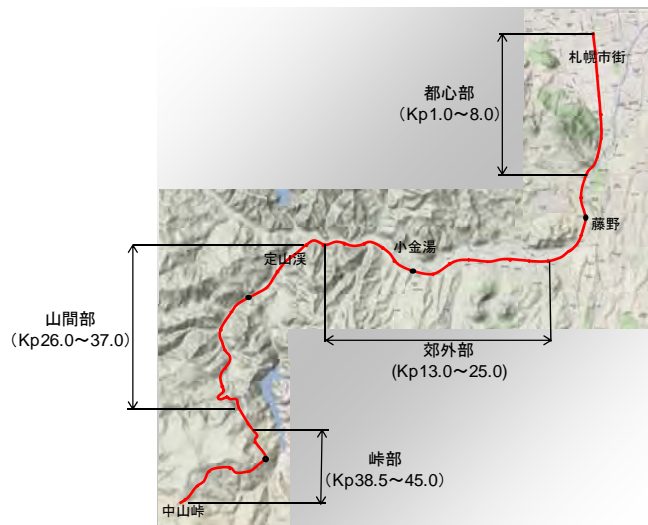


図-2 一般国道230号（KP1.0～KP45.0区間）

ることが可能となった。

(3) 冬期路面のすべり抵抗モニタリング

本研究では、HFNデータによる路面状態の出現傾向の把握及び冬期路面管理の性能評価への活用可能性を検討するため、H19年度より冬期間（12月中旬～2月下旬）の平日において札幌圏内一般国道230号（KP1.0～45.0の区間、L=44.0km）を対象に路面すべり抵抗モニタリング（1日2往復）を継続的に実施している（図-2）。当該路線の沿道状況は、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。

3. 冬期道路の性能評価の試行

(1) 冬期路面状態の出現傾向

図-3は、H19～22年度冬期間（1月）に計測した一般国

道230号のHFNデータをHFN：～44（赤・雪氷路面）、HFN：45～59（黄・断続的な路面）、HFN：60～（緑・露出路面）の3水準で路面状態を分類して表現したものである。路面状態の出現率は、100m単位で集計しているため、道路を構成する構造物区間と若干ずれが生じているが、とりわけ上記4冬期間（1月）において山間部方向に断続的な路面及び雪氷路面の出現率が高くなっていることが分かる。特に、KP38.0付近のトンネル坑口から中山峠の区間において断続的な路面及び雪氷路面の出現率が最も高い。これは、山間部の標高に加え、山の斜面等によって日射が遮られ、日中でも路面が雪氷化し易いためであると考えられる。また、アンダーパスやトンネル坑口付近において路面状態が急変するケースが多い。このような結果は、冬期路面管理の適正化を目指す上で過剰作業の予防や注意を要する区間の選定に有効であると考ええる。

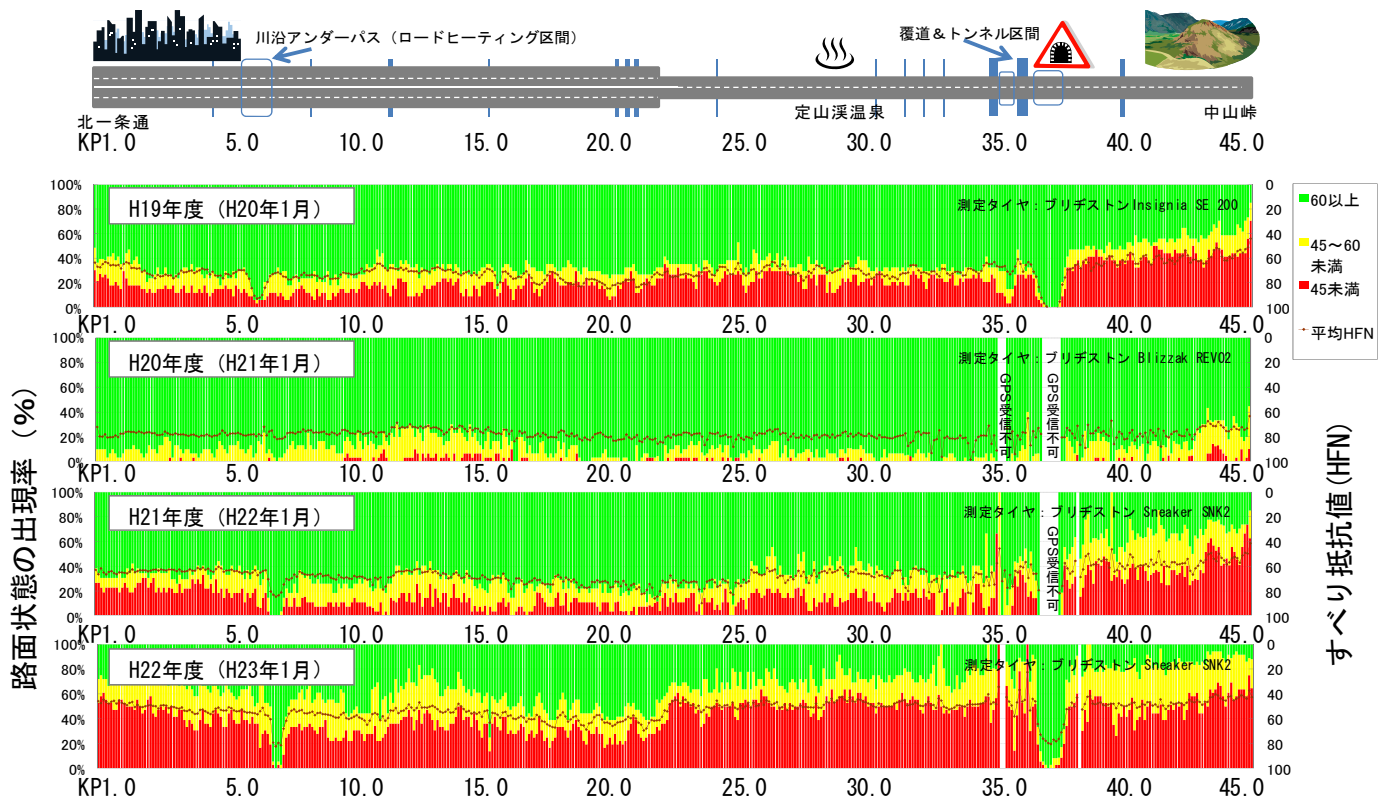


図-3 一般国道230号における路面状態の出現傾向（H18～22年度冬期・1月）

同じ図において、4冬期間（1月）の計測結果をみると、期間によって路面状態の出現率が異なることが伺える。これは、其々の期間のすべり抵抗モニタリング試験において使用した測定タイヤが異なったことも要因として考えられるが、図-4に示すように各冬期間における気象条件⁷⁾の違いが影響しているものと考えられる。但し、月

平均気温、月累計降雪量、月降雪日数が類似しているH19年度及びH22年度冬期（1月）を見るとH22年度のHFN60以下の出現率が著しく増えている。これは、冒頭でも述べたように、H22年度冬期の道路維持管理の予算縮減によって除雪作業、凍結防止剤散布等の基準が見直されたことで雪氷路面状態等の出現率増加に影響した可

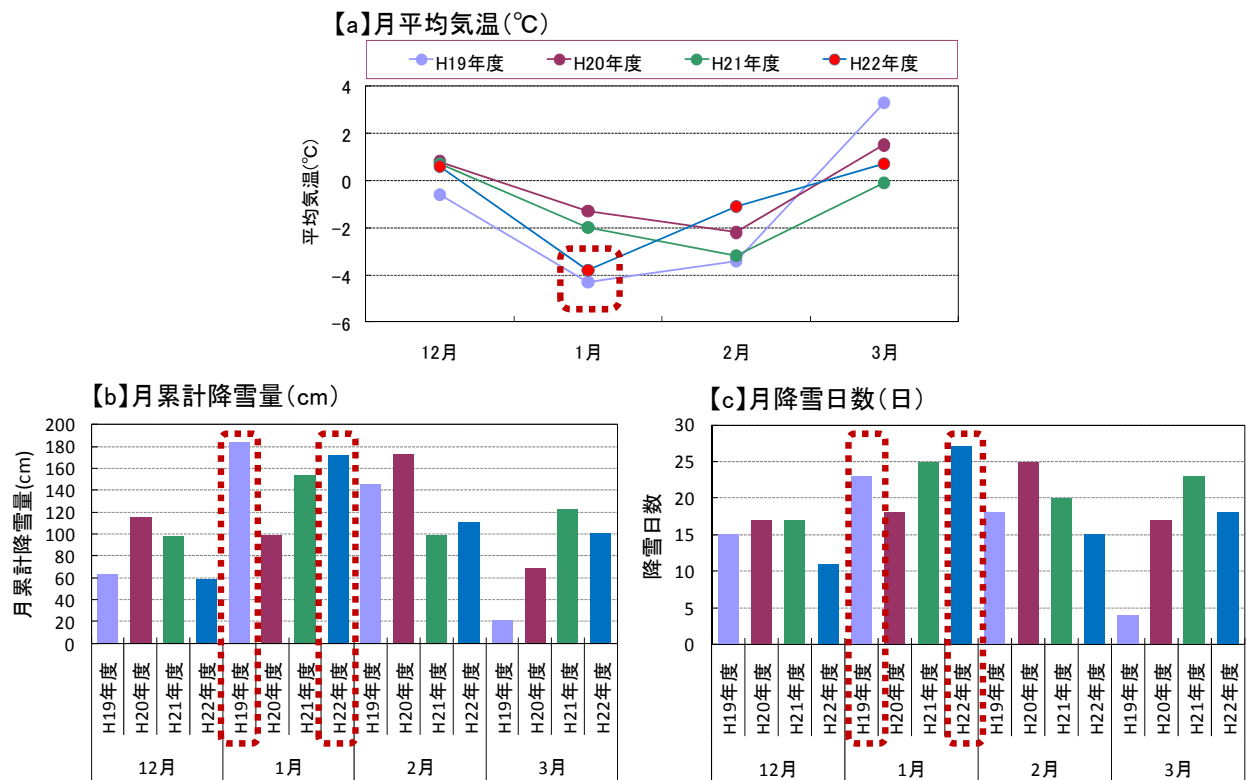


図-4 過去4冬期間における札幌市内の月平均気温・月累計降雪量・月降雪日数 (出典：気象庁札幌管区気象台)

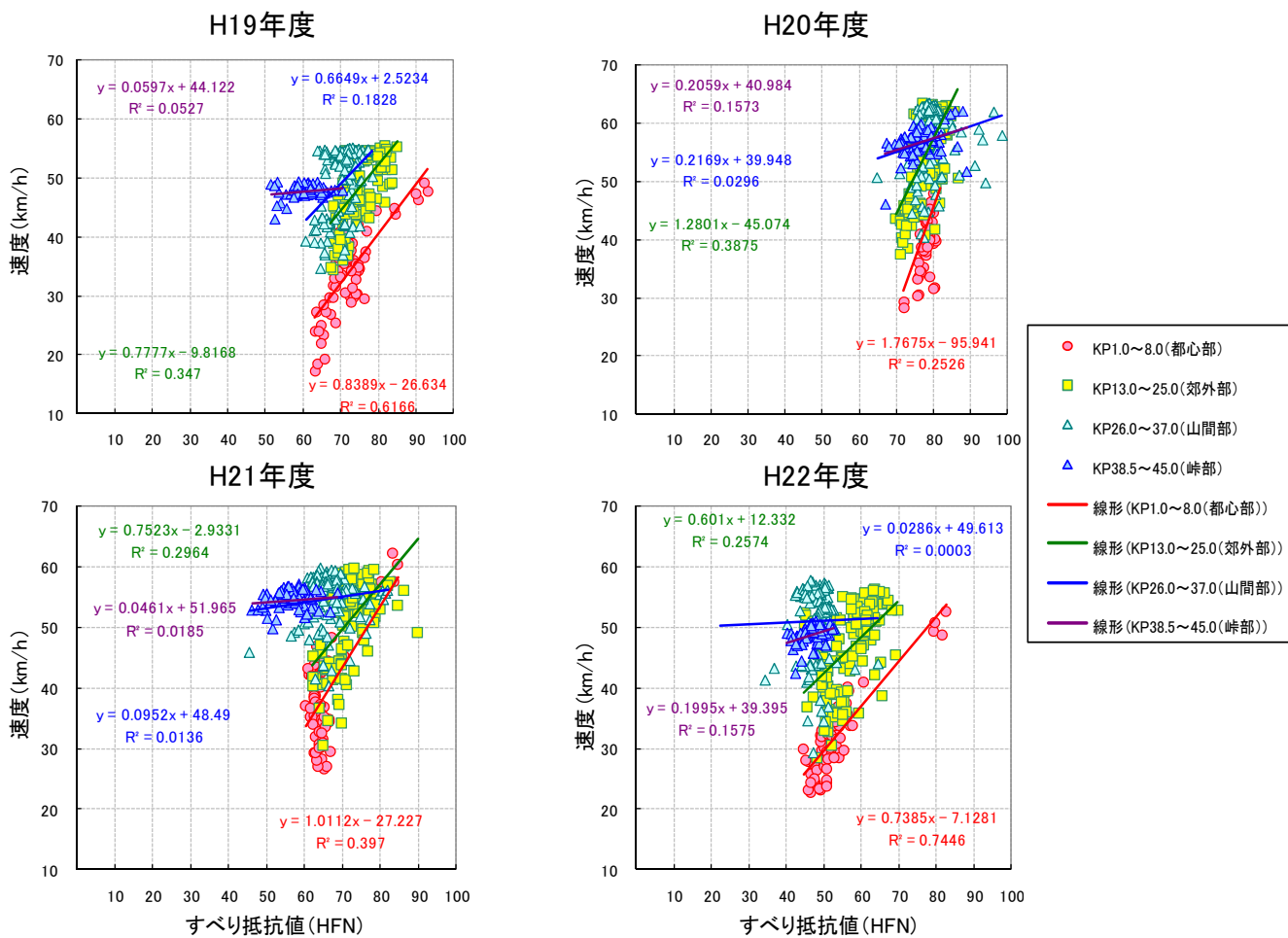


図-5 4冬期間における国道230号(都心部・郊外部・山間部・峠部)のHFNと区間最大速度

能性が考えられるため、今後、当該路線の維持管理記録データ等を用いて詳細な分析を進める予定である。

(2) 冬期交通特性

図-5は、H19～21年度の4冬期間における一般国道230号を都心部（冬期の12時間交通量≒22,000台）、郊外部（冬期の12時間交通量≒8,000台）、山間部及び峠部（冬期の12時間交通量≒5,000台）の4区間に分け、各区分における平均HFNとCFT牽引車の走行速度（区分内の最大速度）を分布図で表している。各年度の気象条件等の違いによって分布形状が異なると考えられるが、全体的にHFNの低下が走行速度の低下に影響していることが分かる。また、区間別にみると、都心部から峠部に向かってHFNの低下による速度低下の割合が小さくなる傾向が伺える。これは、信号交差点数や間隔、交通量等が各区分によって異なることが影響しているものと考えられる。なお、4冬期間の中で雪氷路面（すべりやすい路面）状態等の出現率が最も多かったH22年度冬期に関しては、HFNの分布は概ね40～65であり、H19・20・21年度の分布範囲に比べて低かった。一方、4冬期間の中で雪氷路面状態等の出現率が最も高かったH22年度のHFN低下と走行速度低下の関係（特に都心部）を見ると、気象条件が類似しているH19年度ほど速度が低下しておらず、理由も不明である。そのため、今後は道路構造、交通管理といった他の要因を踏まえた更なる分析を進めることが必要である。

以上のような結果は、気象条件や地域の特徴によって路面状態の出現傾向や旅行速度等に及ぼす影響の度合いが異なることが表現されており、各路線や地域における今後の路面管理水準、対策手法、実施頻度等の策定や妥当性の検討に有用であると考えられる。

4. まとめと今後の課題

当研究所は、冬期道路の性能評価による効果的・効率

的な冬期路面管理手法の構築・提案に向け、冬期路面管理性能評価のロジックモデルを構築し、中間アウトカムとして設定したすべり抵抗値（HFN）を用いて札幌圏内の一般国道230号においてH19年度冬期より継続的に計測・蓄積したデータを基に気象の変化等による冬期路面状態の特徴を把握するとともに、冬期道路交通特性等との関係について分析を行い、冬期道路の性能評価が可能であることを示した。今後は、冬期道路の性能評価に基づいた路面管理水準の判断を支援する技術の確立に向け、道路管理者と連携して各種対策実施前後等のすべり抵抗値を継続的に測定・蓄積し、路線の気象条件、交通条件、道路構造等を踏まえた冬期路面状態の出現傾向の把握、要注意箇所・条件の抽出等より実践的な検討に取り組む所存である。

参考文献

- 1) 例えば、北海道新聞朝刊・H22年11月19日朝刊：国道除雪ピンチ、維持費過去最大の2割削減、H22年
- 2) 国土交通省道路局：道路行政マネジメント、URL：<http://www.mlit.go.jp/road/management/about.html>、H17年
- 3) Carl-Gustaf Wallman: The Winter Model, A Winter Maintenance Management System, Transportation Research Circular Number E-C063, pp83-94, Transportation Research Board, H17年
- 4) 高橋尚人：積雪寒冷地における冬期道路管理の高度化に関する研究、北海道大学学位論文、H22年
- 5) Halliday Technologies Incorporated Web Page: <http://www.hallidaytech.com/>、H24年
- 6) 舟橋誠、徳永ロベルト、高橋尚人、葛西聡：冬期路面のすべり抵抗値計測試験について、北海道の雪氷No.27、57-60、H19年
- 7) 気象庁札幌管区气象台、気象統計情報：URL：<http://www.jma-net.go.jp/sapporo/>、H23年