

# 寒冷地域における冬期道路の性能評価 に関する研究

徳永ロベルト<sup>1</sup>・高田哲哉<sup>1</sup>・高橋尚人<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3-1-34)

E-mail: roberto-1097ga@ceri.go.jp

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実施しているが、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行うよう求められている。

寒地土木研究所では、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、連続路面すべり抵抗値を用いて冬期道路の性能評価に必要な計測技術を構築し、札幌圏内の一般国道においてH19年度冬期より計測・蓄積したすべり抵抗モニタリングデータ等を基にケーススタディを行っている。本報では、冬期気象の変化等による路面状態の出現率、冬期道路交通特性との関係等についてこれまで行った主な分析結果と今後の展望について述べる。

**Key Words :** winter roadway, performance measurement, road surface friction

## 1. はじめに

寒冷な地域では、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しているが、昨今の人口構造の変化、道路管理にかかる予算の縮減<sup>1)</sup>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。

著者らは、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、連続路面すべり抵抗値等を用いた冬期道路の性能評価に必要な計測技術を構築し、札幌圏内の一般国道においてH19年度冬期より継続的に計測・蓄積したすべり抵抗モニタリングデータ等を基に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基礎的な分析を行っている。本稿ではこれらまでの取組と今後の展望について述べる。

## 2. 冬期道路の性能評価

### (1) 冬期路面管理性能評価のロジックモデル

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」<sup>2)</sup>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」<sup>3)</sup>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<sup>4)</sup>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、出勤回数、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。本文では、当該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お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

我が国では、路面のすべり抵抗値を計測する装置として測定輪をロックさせて測定するバス型すべり測定車が標準機器と使用されているが、この試験車両は導入費・維持費ともに高額なため、試験・研究目的の保有に限られており、実務導入には適さない。一方、諸外国では冬期路面管理の実務に導入されている計測機器として主に北欧諸国で使用されている「加速度計」が挙げられる。このような計測機器は比較的安価であるが、路面のすべり摩擦係数を計測する際に車両に急制動を掛けるため、測定可能な道路交通条件が限られている他、測定者の運転技能や測定車両の技術的な違いによって測定結果が影響を受けるなどの短所がある。また、上記のバス型すべり測定車と共通する課題として、地点での計測となるため、断続的な測定しかできず、路線の連続的なすべり抵抗値を計測することはできない。

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）」<sup>5)</sup>を導入した。当該装置（写真1）は、通常のスUV型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。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HFN0、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（ $\mu$ ）との相関が良好であることが確認されている<sup>6)</sup>。

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リアルタイムにすべり抵抗値を確認できる。更に、時刻、測位、路面温度、天候

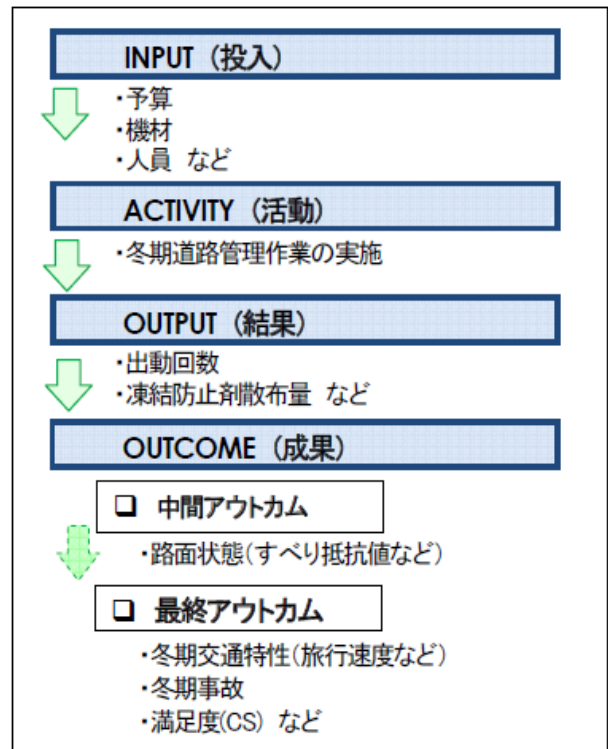


図1 冬期路面管理のロジックモデル



写真1 連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）

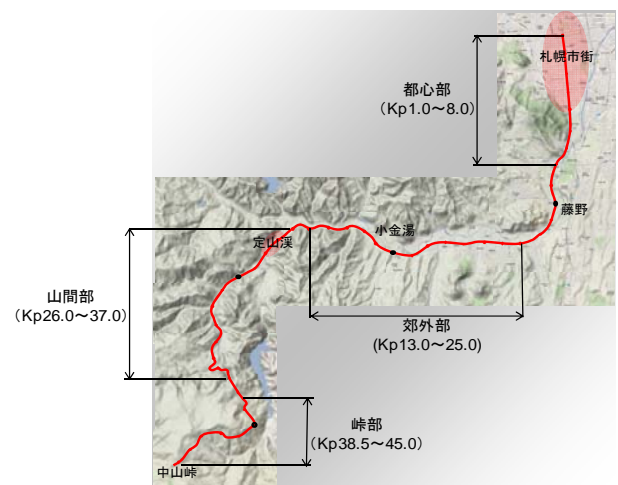


図2 一般国道230号（KP1.0～KP45.0区間）

(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事務所等のサーバー転送することも可能である。

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証試験及び活用方法の検討が行われている。

### (3) 冬期路面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)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)を対象に冬期路面すべり抵抗モニタリング試験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られる。

更に、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判る。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の違いが影響しているものと考えられる。但し、H19年度及び22年度冬期(1月)については、月平均気温、月累計降雪量、月降雪日数が類似しているにもかかわらず、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

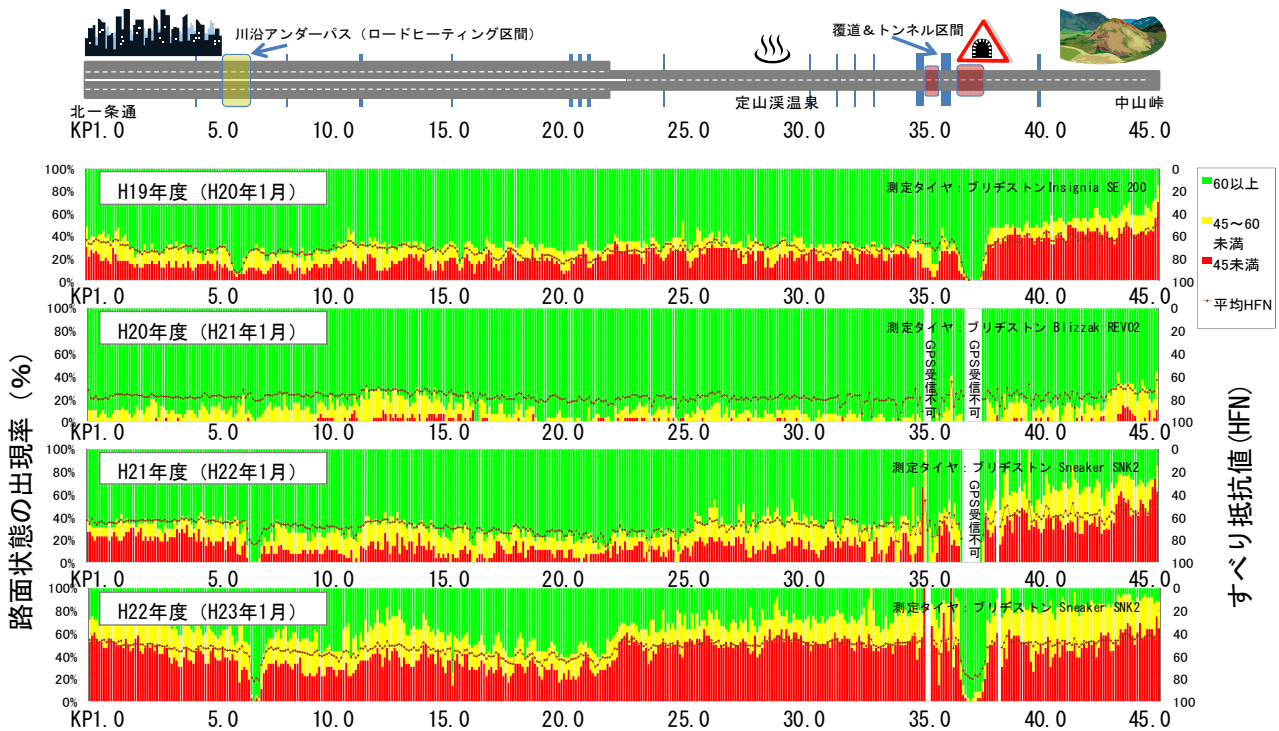


図3 一般国道230号における路面状態の出現傾向 (H19～22年度冬期・1月)

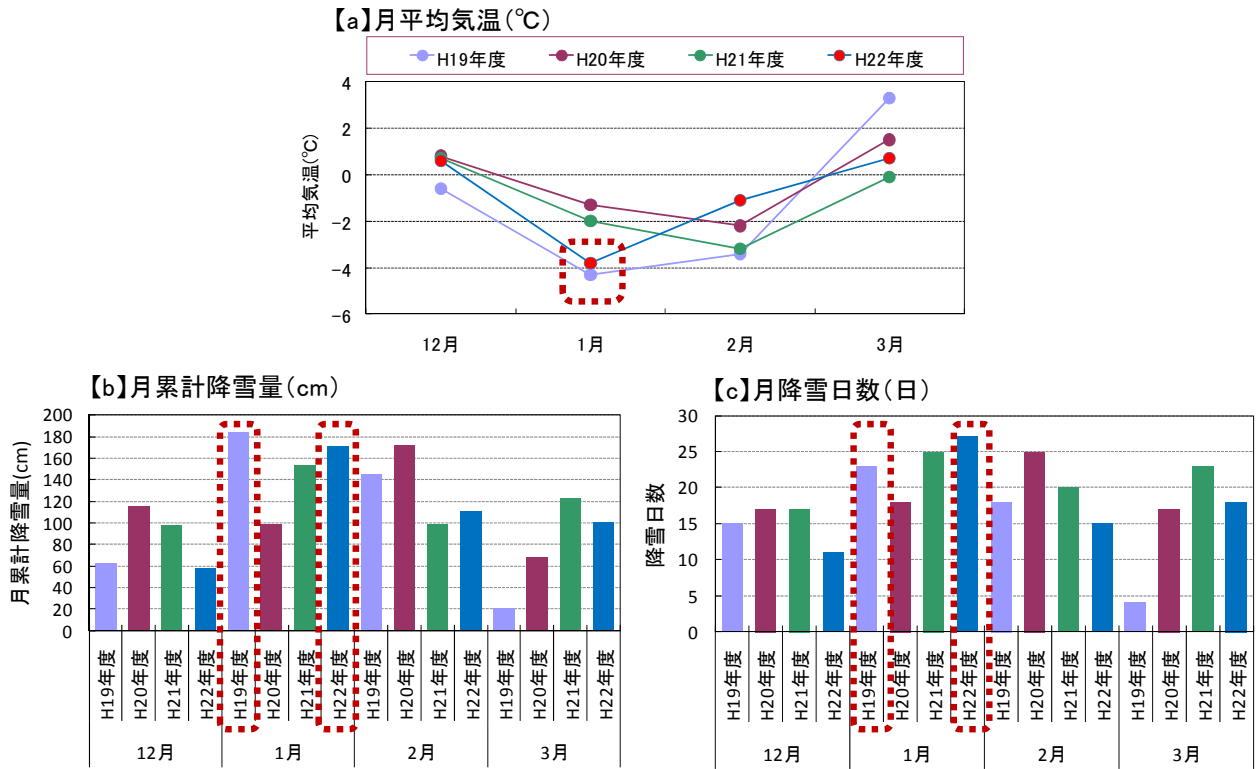


図4 過去4冬期間における札幌市内の月平均気温・月累計降雪量・月降雪日数 (出典：気象庁札幌管区气象台)

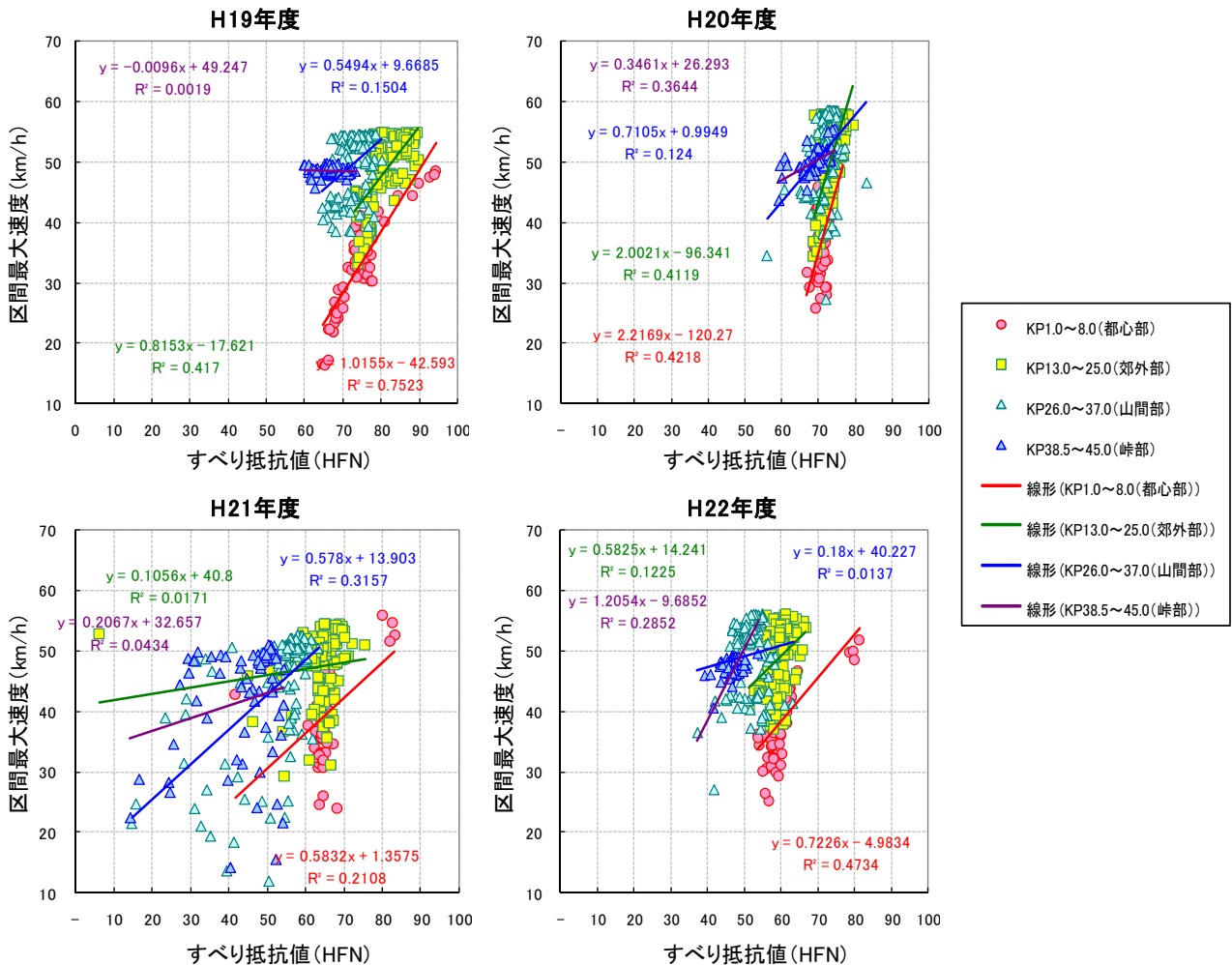


図5 過去4冬期間における一般国道230号 (都心部・郊外部・山間部・峠部) のHFNと区間最大速度

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能性が考えられるため、今後、維持管理記録データ等を収集して更に分析を継続する予定である。

## (2) 冬期交通特性

図5は、H19～22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。各年度の気象条件や道路条件（例：H21年度冬期は工事区間数カ所あり）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、区分別にみると、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、特にH19・20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）をみると気象条件が類似しているH19年度程度速度が低下しておらず、理由も不明である。今後、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

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を判断する技術開発に向け、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・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>、H18年。
- 3) Carl-Gustaf Wallman: The Winter Model, A Winter Maintenance Management System, Transportation Research Circular Number E-C063, pp83-94, Transportation Research Board, H16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: URL: <http://www.hallidaytech.com/>、H23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、H20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。