

冬期道路管理における定量的指標の導入と活用について

高橋尚人，切石亮，徳永ロベルト，浅野基樹（（独）土木研究所寒地土木研究所）

1. はじめに

路面のすべりやすさは、道路上の車両の運動性能に影響を与える要因であり、特に、積雪寒冷な地域では雪氷路面对策が重要な課題である。冬期道路管理のポリシー、業務実施体制、冬用タイヤなどの違いから一概に比較できないが、我が国の路面のすべりやすさの計測評価に関する試験研究は欧米に比べて盛んではない。

本稿では、諸外国の冬期道路管理基準への定量的指標の導入、活用及び計測技術の動向をまとめるとともに、我が国の冬期道路管理における定量的指標の導入可能性について論じる。

2. 日本の冬期道路管理基準と雪氷路面のすべり計測に関する研究

我が国の冬期道路管理では、路面状況に関しては“圧雪、シャーベット”などの路面分類に基づく管理を行っている（表-1）¹⁾。路面状況は、道路巡回時等に目視で判別する方法を採用している。目視判別は判断者の経験等に影響を受け²⁾、また、目視による路面分類は定性評価であるため、冬期路面のすべりやすさが道路交通に及ぼす影響、冬期道路管理と道路交通性能との因果関係が不明確なため、冬期道路管理の効果・有効性を定量的に評価することができない。

かかる課題に対し、路面状態とすべり摩擦係数との関係の解明³⁾、欧州で使用している加速度計の導入可能性に関する試験研究⁴⁾、目視判別の正確性の検証⁵⁾が行われてきたが、雪氷路面のすべり計測に関する研究は盛んではない。

表-1 札幌市の冬期道路管理基準

道路種別	LOSと対象道路状況
主要幹線、幹線	路面水準 4（日中）：粉雪、つぶ雪、シャーベット
補助幹線 A	路面水準 3（日中）：圧雪、つぶ雪 下層氷板
補助幹線 B	原則として路面水準 3：圧雪、つぶ雪 下層氷板
生活道路	路面水準 2（日中）：氷板、つぶ雪 下層氷板等

出典：Snow & Ice Databook¹⁾

3. 諸外国の冬期道路管理における定量的指標の導入、活用状況

ヨーロッパでは、フィンランド、ノルウェー、アイスランド及びスウェーデンで冬期道路管理の基準に路面のすべり抵抗値を導入し、気象、時間帯、道路区分に応じた基準を設定している（図-1）¹⁾。4カ国とも、計測には加速度計を使用している（図-2）。

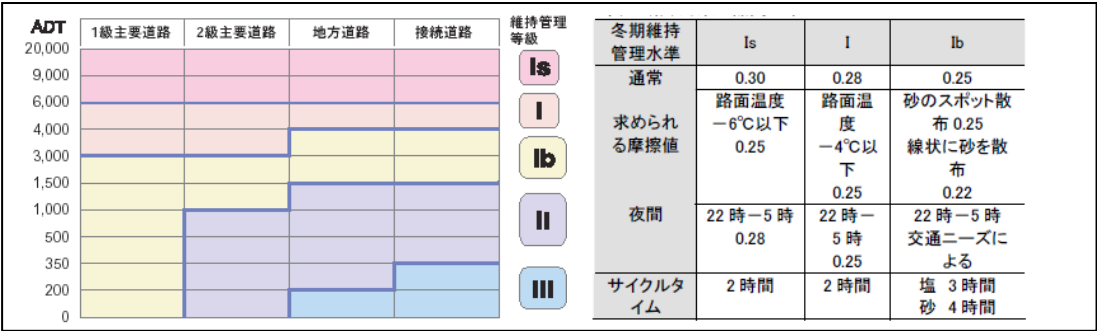


図-1 フィンランドの冬期道路管理基準（抜粋）¹⁾

計測方法は、加速度計を設置した車両が急制動し、その際に発生する負の加速度（減速度）から路面のすべり抵抗値を算出する。



図-2 加速度計

これらの国々は、道路管理を民間委託しており、請負業者の監督・道路管理の評価にすべり

抵抗値を活用している。フィンランドでは、道路管理業務を性能規定発注しており、基準を満たす方法（対策の選定）は受注者に任されている。発注者は、無作為抽出検査を行い業務が取り決め通りに実施されていることを確認し、基準が満たされていない場合、請負業者に警告が出され、時に課徴金が課される仕組みとなっている。

これに対し、アメリカ、カナダでも、積雪寒冷な地域（州）ですべり抵抗値の計測を行っているが、露出路面管理を原則とするため⁶⁾、詳細なしきい値は設定していない。測定方法に統一性はないが、これは、露出路面であるか否かの判定が主目的だからと考えられる。すべり抵抗値の計測結果は、作業意思決定、冬期道路管理の評価（コスト縮減・業績測定）、情報提供に活用されている。

表-2 カナダ、オンタリオ州の冬期道路管理基準⁶⁾

維持管理等級	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス5
管理目標	原則、露出路面	原則、露出路面	原則、露出路面	原則、露出路面	圧雪
降雪後、管理目標を達成するまでの時間(超過してはならない)	8時間	16時間	24時間	車線中央部は24時間以内、状況が許せば原則、露出路面	24時間

4. 日本の冬期道路管理における定量的指標の導入可能性検討

近年の我が国における道路管理にかかる予算制約、環境負荷懸念等のある中、冬期道路管理の必要性や妥当性などについて定量データに基づいて説明責任を達成する必要がある。冬期道路管理の基準に定量的指標（すべり抵抗値）を導入することは有効な手段と考えられる。しかし、ヨーロッパとアメリカ・カナダでは基準値設定、測定方法及び活用方法が異なるように、日本の道路条件や冬期道路管理に適合するよう、導入可能性を検討することが必要である。

(1) 測定装置の検討

ヨーロッパで使用している加速度計は、安価で設置が容易だが、測定には急制動が必要なため、測定できる道路・交通条件が限られ、地点での計測しかできない。日本の地形条件・沿道立地の変化、凍結防止剤のスポット散布などの管理手法に対応するためには連続測定可能で、更に、コストと計測の容易さも重要な要素である。

そこで、筆者らは、走行しながら連続測定可能な“連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT：Continuous Friction Tester）”に着目している（図-3）。CFTは、回転可能な測定輪を牽引する構造で、測定輪には進行方向に対して1°程度の角度が与えられ、測定輪の回転時に発生する横力からすべり抵抗値（0～100の整数値）を算出する。



図-3 CFT 外観（左）と測定原理（右）

(2) 基準の検討

我が国では、露出路面管理を原則とするアメリカ型の基準ではなく、気象や道路区分に応じて基準値を設けるヨーロッパ型の基準を検討することが妥当と考えられるが、検討に当たっては、諸外国の基準値がどの程度の値なのか確認し、我が国の冬期路面のすべりやすさの現状を把握するなどの基礎的なデータ蓄積が最初に必要なのである。

諸外国の基準値の解釈では、試験道路に作成した各種路面を加速度計と CFT で測定する比較試験を行い、両装置の測定値の関係式を作成している(図-4)。例えば、フィンランドの基準値の 0.30 は、CFT では 54 に相当する。データの蓄積が必要であるが、日本国内での測定結果に対して考察を加える上で重要な情報である。

冬期路面のすべりやすさの現状把握では、CFT の測定の信頼性や実務への適用性の検証も兼ねて、路面すべりモニタリングを実施している(図-5)。図-6 は、路面温度と路面すべり抵抗値の関係を表している。2月18日(図-6 左)には、常に路面が乾燥し、路面温度に関わらず高いすべり抵抗値を保った。他方、常に路面上に水分があった2月19日(図-6 右)には、路面温度がマイナスの場合は、すべり抵抗値が概ね 60 以下で、路面温度がプラスの場合は、すべり抵抗値が概ね 60 以上だった。気象と路面すべり抵抗値との関係では、路面温度と路面上の水分有無が重要な要素であることを示している。また、2月19日の路面温度 0℃付近では、すべり抵抗値の変動が大きく、路面管理の判断が難しい温度帯であることを示している。

モニタリングデータを蓄積して、すべり抵抗値の出現状況を把握するとともに、気象、道路構造とすべり抵抗値の関係、冬期道路管理との関係、冬期道路管理の効果の評価や、交通特性との関係を明らかにしていくことが必要である。

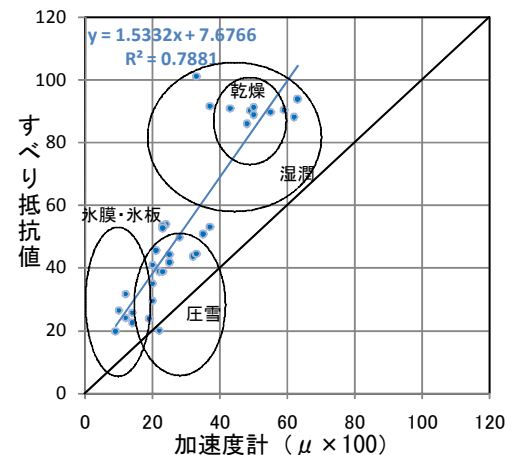


図-4 加速度計と CFT の測定値



図-5 実道でのモニタリング

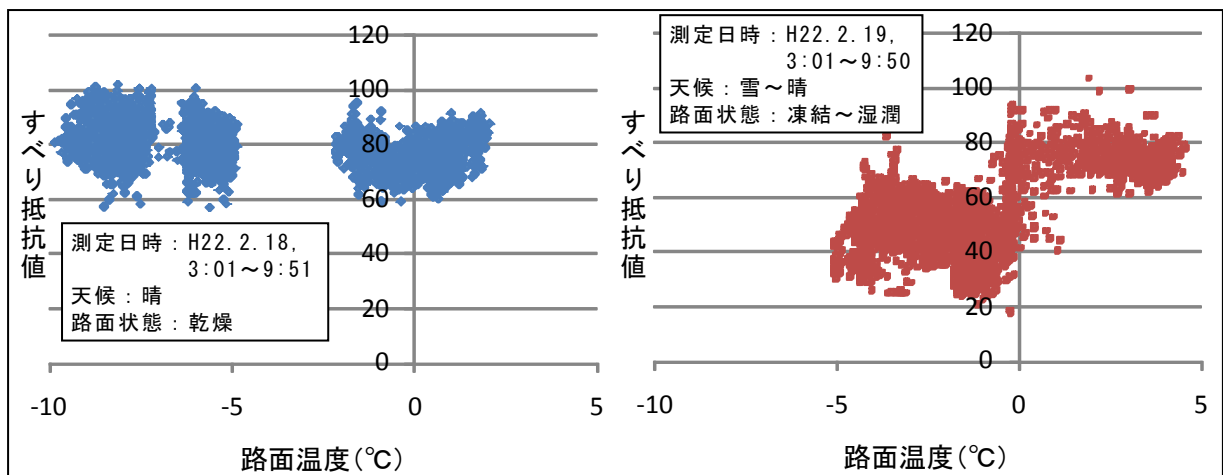


図-6 路面温度とすべり抵抗値の関係 (左: 路面乾燥時、右: 路面凍結～湿潤時)

なお、諸外国の冬期道路管理基準では、回復時間（降雪終了後〇時間以内に基準値を達成する）を設定している場合がある。突発的な豪雪時等も含めて路面状態を常に保つことは難しく、むしろ、速やかに路面状態を回復させることが必要であり、しきい値の検討と併せ、どのような基準設定を行うべきかについても検討が必要である。

（３）その他の課題検討

その他の課題として、計測機器の導入・メンテナンスについての検討が必要である。計測機器の導入と保守に関するコスト検討の他、測定品質の確保についても検討が必要である。ヨーロッパでは、測定方法を習得するための研修の制度を設けている国もある。また、測定値の信頼性確認のためのキャリブレーション用の装置を所有し、定期的なキャリブレーションを行っている国もある。

また、欧米では、冬期路面状態に関する情報を道路利用者に提供しているが、すべり抵抗の値は情報提供していない。道路利用者への情報提供の可否、また、情報提供可能な場合には、誰が、どのような情報を、どのように提供するかについて検討が必要である。

５．まとめと今後の課題

路面のすべり抵抗値は、冬期道路管理の計画立案（基準設定）(Plan)、実施 (Do)、評価 (Check)、次年度に反映 (Action) というマネジメントサイクルを構築する上で重要な指標であるが、それ故に、測定データの信頼性や品質の確保、基準設定等には十分な検討が必要であり、引き続き、すべり抵抗値の導入と活用に関する情報を収集して参りたい。

また、路面のすべり抵抗データは、近年、連続的に取得・蓄積可能になったばかりであり、測定データの蓄積と同時に、気象、道路構造、道路交通特性及び道路交通管理に関するデータを蓄積し、冬期道路交通に影響を与える気象、道路構造、沿道土地利用、道路管理、交通管理など様々な要因との関係の分析を進める予定である。

【参考・引用文献】

- 1) Snow & Ice Databook 2010, PIARC Technical Committee B5 (2010)
- 2) Feasibility of Using Friction Indicators to Improve Winter Maintenance Operations and Mobility, NCHRP Web Document 53 (Project 6-14): Contractor's Final Report. (2002)
- 3) 美馬大樹, 高木秀貴, 川村浩二: 幹線道路における冬期道路管理水準の現状分析について, 第 12 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集 vol.12-No.1, pp.161-167 (1996)
- 4) たとえば, 武田祐輔, 川村和幸, 阿部篤: 加速度計によるすべり摩擦係数の測定, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol. 49, pp. 28-29 (1994)
- 5) 高橋尚人, 徳永ロベルト, 舟橋誠: 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)
- 6) Liping Fu and Feng Feng, Probabilistic Models for Discriminating Roads Surface Conditions Based on Friction Measurements Final Report (2008)
- 7) 国土交通省道路局道路交通管理課: 平成 18 年度道路管理瑕疵実態調査について, 道路行政セミナー11月号 (2008)