

7. 1 冬期道路管理に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：寒地交通チーム・雪氷チーム

研究担当者：高橋尚人、徳永ロベルト、松澤勝

【要旨】

積雪寒冷地では、積雪による道路幅員の縮小や、路面の凍結が発生している。特に、スパイクタイヤの使用規制以降、「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が出現し、渋滞、事故が発生している。本研究は、冬期における安全・快適な道路交通を確保するための適切で効率的・効果的な冬期道路管理手法を可能とするための技術開発を行う。具体的には、熱収支法等を用いた路面凍結予測手法の開発、定量的冬期路面評価による管理手法の開発及び冬期道路の性能評価による適切な管理手法の開発に取り組んでいる。

キーワード：路面凍結予測、熱収支モデル、すべり抵抗、性能評価

1. はじめに

積雪寒冷地では、積雪による道路幅員の縮小や、路面の凍結により冬期特有の渋滞・事故などが発生している。特に、スパイクタイヤの使用規制以降、「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が発生するようになり、冬期道路交通機能を確保するために様々な対策が講じられている。

欧米諸国では、道路管理コストの削減を図るため、摩擦係数等を指標とする性能規定発注による冬期道路管理コストの削減に取り組んでおり、我が国においても道路管理コストの削減等に資する冬期道路管理手法の確立が求められている。本研究は、効率的・効果的な冬期道路管理手法の構築に資する技術開発を行うものである。

2. 研究実施内容

本研究では、冬期における安全・快適な道路交通を確保するための適切で効率的・効果的な冬期道路管理手法を可能とするための技術開発として、

- (1) 路面凍結予測手法の開発
- (2) 定量的冬期路面評価による管理手法の開発
- (3) 冬期道路の性能評価による適切な管理手法の開発

等に取り組んでいる。

3. 路面凍結予測手法の開発

3.1 路面凍結予測手法の概要

冬期路面状態を決定する要因には、路面温度と路面上の水分（量と状態）が挙げられる。路面温度や路面上の水分は、気温や降雪など気象の影響を受け、更に、走行

車両や道路構造等の種々の条件の影響を受けて路面温度や路面状態が決定されるため、気象のみならず、このような影響を考慮することが必要となる。

本研究では、路面に出入りする熱の収支から路面温度を求める熱収支法を用い、車両の影響（車体による日射等の遮蔽と車体からの長波放射）と沿道構造物の影響（日射等の遮蔽と沿道構造物からの長波放射）を考慮した路面温度推定モデルを構築した（図1）。また、路面上の水の収支から路面上の水分（水、雪、氷）貯留量を求め、路面状態を推定するモデルを構築した（図2）。

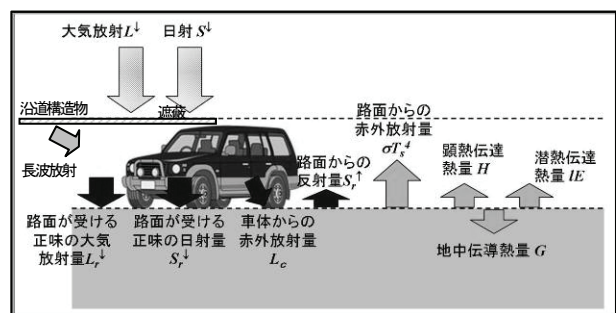


図1 路面温度推定モデルの概念図

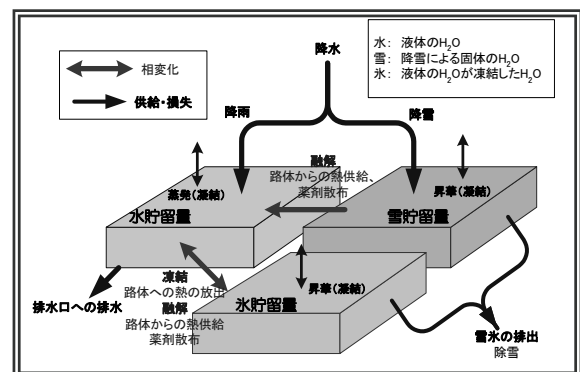


図2 路面状態推定モデルの概念図

モデルの改良や検証データの蓄積によって推定精度は年々向上しており、平成20年度冬期間（平成20年12月～平成21年3月）における路面温度の推定誤差(RMSE)は、過年度から検証を行っている地点では平均1.0℃まで向上した。図3に路面温度の計算結果例を示す。

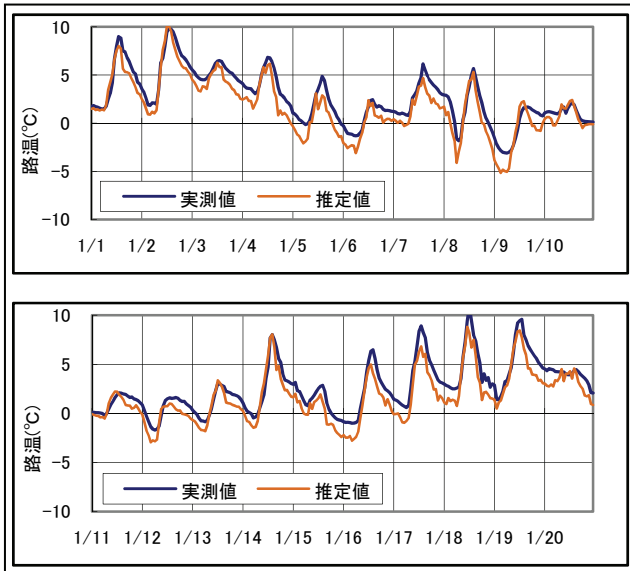


図3 路面温度計算結果例（上：平成21年1月1日～10日、下：平成21年1月11日～20日）

次に、国道に設置された道路テレメータ9地点のデータを用い、路面凍結予測への適用可能性を検証した。路面温度の推定誤差(RMSE)は1.0～1.5℃となった(図4)。道路端からの距離などの設置条件を確認した上で、道路テレメータデータを利用できることを確認した。

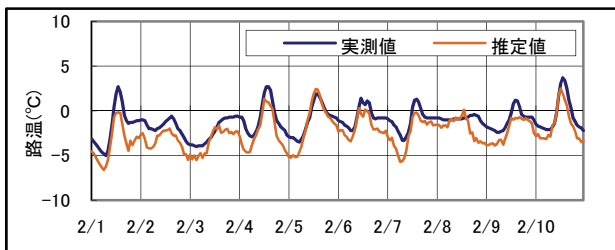


図4 道路テレメータデータを用いた路面温度計算結果例（一般国道12号江別太テレメータ）

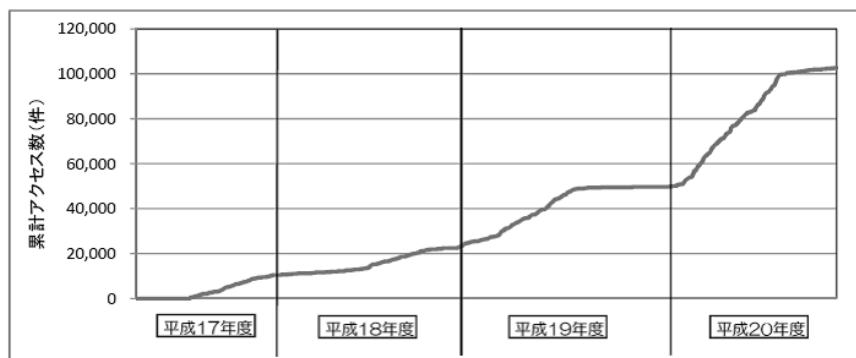


図6 冬期路面管理支援システムへのアクセス数の推移

3. 2 冬期路面管理支援の試行

平成17年度より、降雪予測情報等の気象予測情報と路面凍結予測情報を発信する「冬期路面管理支援システム」の運用を行っている。平成20年度は、道路テレメータデータを活用して適用エリアを拡大するとともに、国土地理院の「電子国土」を利用してGIS化し、任意の情報を任意の区間・倍率で閲覧可能にした(図5)。

システムへのアクセス数は着実に伸びており、平成20年度冬期（平成20年12月1日から平成21年3月31日まで）のシステムへのアクセス数は約5万件に達し、過去3冬期間の累計アクセス数を上回った。平成17年度冬期からの累計アクセス数は10万件を超えた(図6)。



図5 冬期路面管理支援システム（全道広域画面）

4. 定量的冬期路面評価による管理手法の開発

4. 1 すべり抵抗モニタリングの実施

我が国における冬期路面管理は、目視による路面状態の判断を基に行っている。しかし、目視による路面状態の判断には、正確な判別が難しい路面や個人差があることから、客観性・的確性に問題が残る。

冬期路面状態を定量的・客観的に評価し、より適正で的確な冬期路面管理を行うための研究を行っている。具体的には、連続路面すべり抵抗値測定装置（Continuous Friction Tester: CFT）（図7）を導入し、路面のすべり抵抗モニタリング手法の構築と、すべり抵抗値を活用した冬期路面管理手法の高度化に関する研究に取り組んでいる。

CFTは、フレームに保持された回転可能な測定輪を牽引する構造となっている。測定輪には車両進行方向に対して1°程度の角度が与えられており、発生する横方向の力（横力）からすべり抵抗値を算出する装置である。CFTは、測定輪や搭載車両に制動を掛けることなく、走行しながら連続して路面のすべり抵抗値を測定可能であり、現在、アメリカの一部の州とスウェーデンにおいても試験的な導入と活用方法の検討がなされている。



図7 連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）

4.1.1 試験道路における比較試験

過年度に続き、我が国のすべり摩擦係数計測の標準機器である路面すべり測定車（図8）とCFTの比較試験を苫小牧寒地試験道路で実施した。

過年度に続き、路面すべり測定車の測定値（すべり摩擦係数 μ (BF)）とCFTの測定値（HFN）の間には良好な相関関係が認められ、CFT測定値の信頼性を確認できた（図9）。



図8 路面すべり測定車

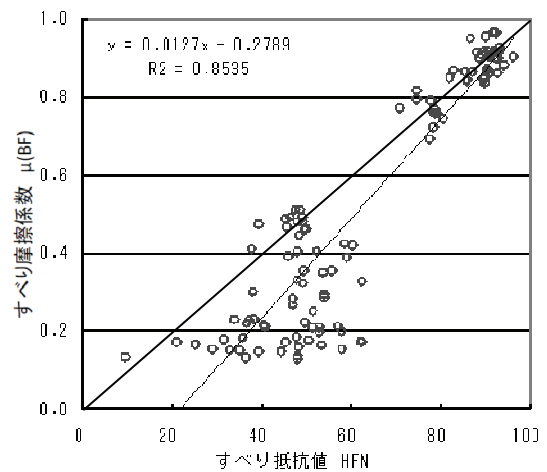


図9 路面すべり測定車とCFTの比較試験結果

4.1.2 実道での路面すべり抵抗モニタリングの実施

CFTを用いて北海道内の国道の路面すべり抵抗モニタリングを実施した（図10）。CFTを用いることで路線の路面すべり抵抗値の分布状況を詳細に把握でき、すべり抵抗値の低い箇所、すべり抵抗値の変動の大きな区間等の要注意箇所の把握が可能である（図11）。



図10 実道におけるモニタリング



図11 路面すべり抵抗モニタリング結果例

4.2 路面すべり抵抗モニタリングシステムの構築

CFT によって測定されたすべり抵抗値は、車内の表示装置でリアルタイムに確認できるため、道路巡回時にすべり抵抗値の低い箇所を確認した場合に凍結防止剤散布判断を迅速化することができる。冬期路面管理をより高度化するためには、車内でのすべり抵抗値の確認にとどまらず、すべり抵抗値のモニタリング結果を道路管理者に広く情報提供することや、データを蓄積して凍結防止剤散布効果の把握など日々の冬期路面管理の評価、さらに、冬期間を通じた冬期路面管理の評価などに活用していくことが必要である。

測定したすべり抵抗値を時刻やGPS 測位データ等とともにデータロガー等に記録し、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構築することで測定結果を地図上に表示し、更に、蓄積したデータを用いて種々の分析が可能な“路面すべり抵抗モニタリングシステム”を構築した(図12)。さらに、モニタリング結果を、GIS を活用した「路面すべり抵抗モニタリングサイト」を構築し、道路管理者への情報提供を試行している(図13)。



図12 路面すべり抵抗モニタリングシステム概念図

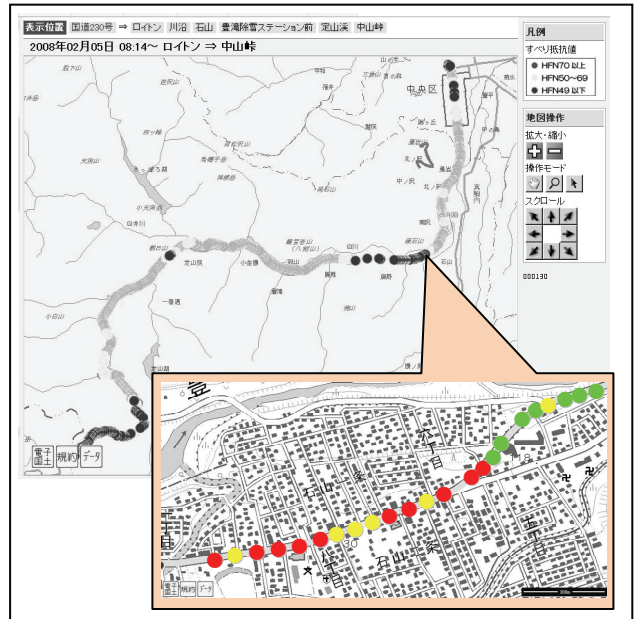


図13 路面すべり抵抗モニタリングサイト (下は拡大図)

5. 冬期道路の性能評価による適切な管理手法の開発

5.1 冬期道路の性能評価について

道路行政では、国民の視点に立ち、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”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。

近年、北欧等では、冬期道路分野の性能評価 (パフォーマンス・メジャメント) 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」を構築している (図14)。

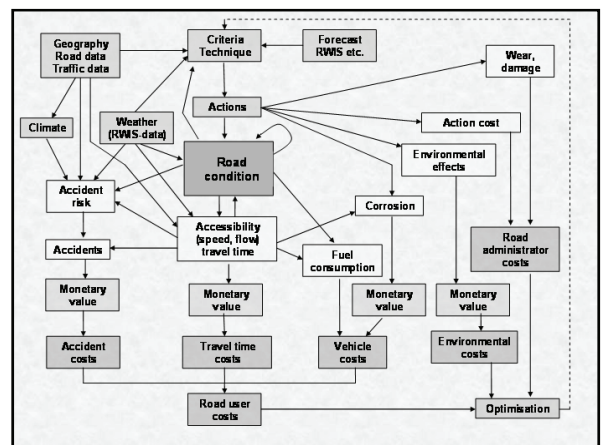


図14 ウィンター・モデル概念図

本研究では、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 15 は、冬期道路の性能評価を行うため、冬期道路管理のロジックモデルを構築したものである。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た。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、旅行時間信頼度及び満足度を設定した。

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（顧客）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た。

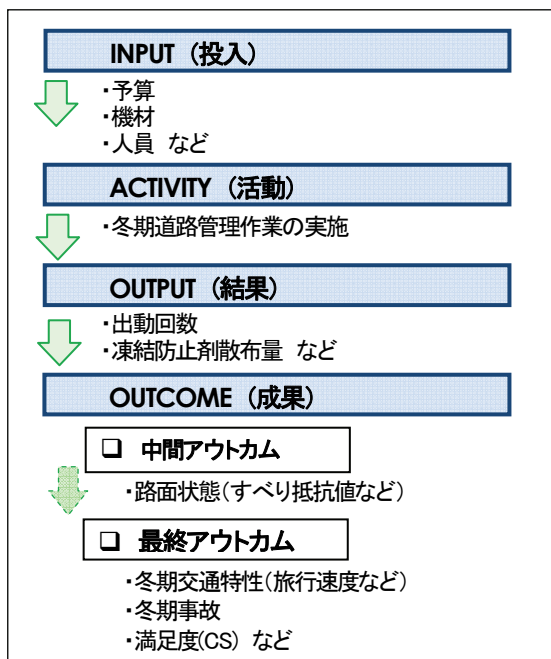


図 15 冬期道路管理のロジックモデル

5.2 すべり抵抗値等と冬期交通特性データの収集と関係把握

路面すべり抵抗モニタリングシステムを活用してモニタリング結果を蓄積し、冬期交通特性に関するデータとの相関関係の把握を試みた。

図 16 は、一般国道 230 号線の札幌市の郊外部を対象に計測されたすべり抵抗値と旅行速度の関係を散布図に表

したものである。すべり抵抗値の低下に伴って旅行速度が低下するとともに、旅行速度のばらつきが大きくなり、道路交通の定時性が損なわれていることが分かる。

図 17 は、一般国道 12 号線の札幌市内の橋梁区間での凍結防止剤散布前後のすべり抵抗値の推移を表している。当日は、終日、気温が零度以下であったが、時間の経過とともにすべり抵抗値が向上しており、凍結防止剤散布による路面状態の改善を表していると考えられる。

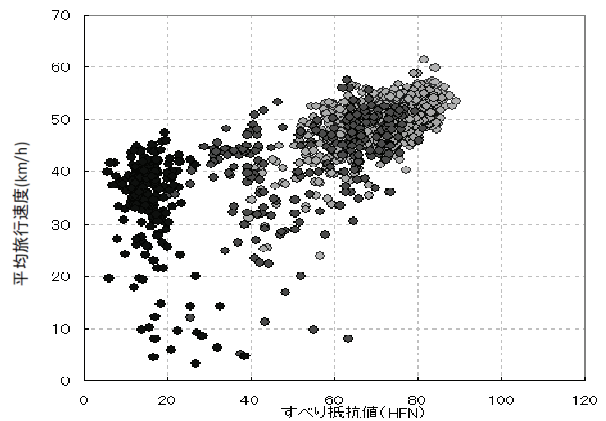


図 16 すべり抵抗値と旅行速度の関係

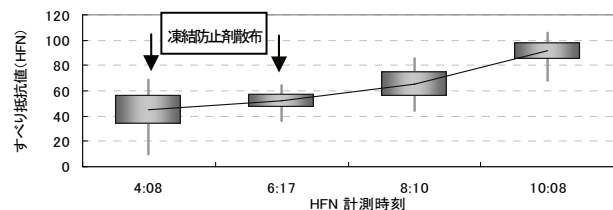


図 17 凍結防止剤散布前後のすべり抵抗値の推移

5.3 冬期道路の性能評価の試行

一般国道 230 号線札幌市内を対象に、平成 19 年 12 月から平成 20 年 2 月までの 40 日間（2 往復/日）、CFT を用いて路面のすべり抵抗値を測定した結果をもとに図 15 に示したロジックモデルを用い、性能評価を試行した（図 18）。

データは、道路管理者の協力を得て現在利用可能なデータ項目を収集した。インプット及びアクティビティとして冬期路面管理に係わる予算、人員、技術等とし、アウトプットとして凍結防止剤散布の出勤回数や散布量を用い、中間アウトカムに路面のすべり抵抗値（HFN）、最終アウトカムを旅行速度、冬期交通事故とした。なお、区間での詳細な検討も可能なように、横軸を道路距離とするグラフ形式で表示している。

一路線のみ、また、年度や蓄積年数が不揃いなデータ

があり、他の路線との比較や経年的な評価等はできないが、定量的なデータを用いて冬期道路の性能評価を行うことが可能である。

6. まとめ

変化の多い我が国の冬期路面の実情に対応できるよう路面予測精度の向上や連続すべり抵抗値の活用方法の確立に向けて更に研究を進めるとともに、道路管理者との連携を図りながら適切な水準で効率的・効果的な冬期路面管理の実施を可能とする技術開発を進め、冬期道路のマネジメントや道路管理者の説明責任達成に貢献していきたい。

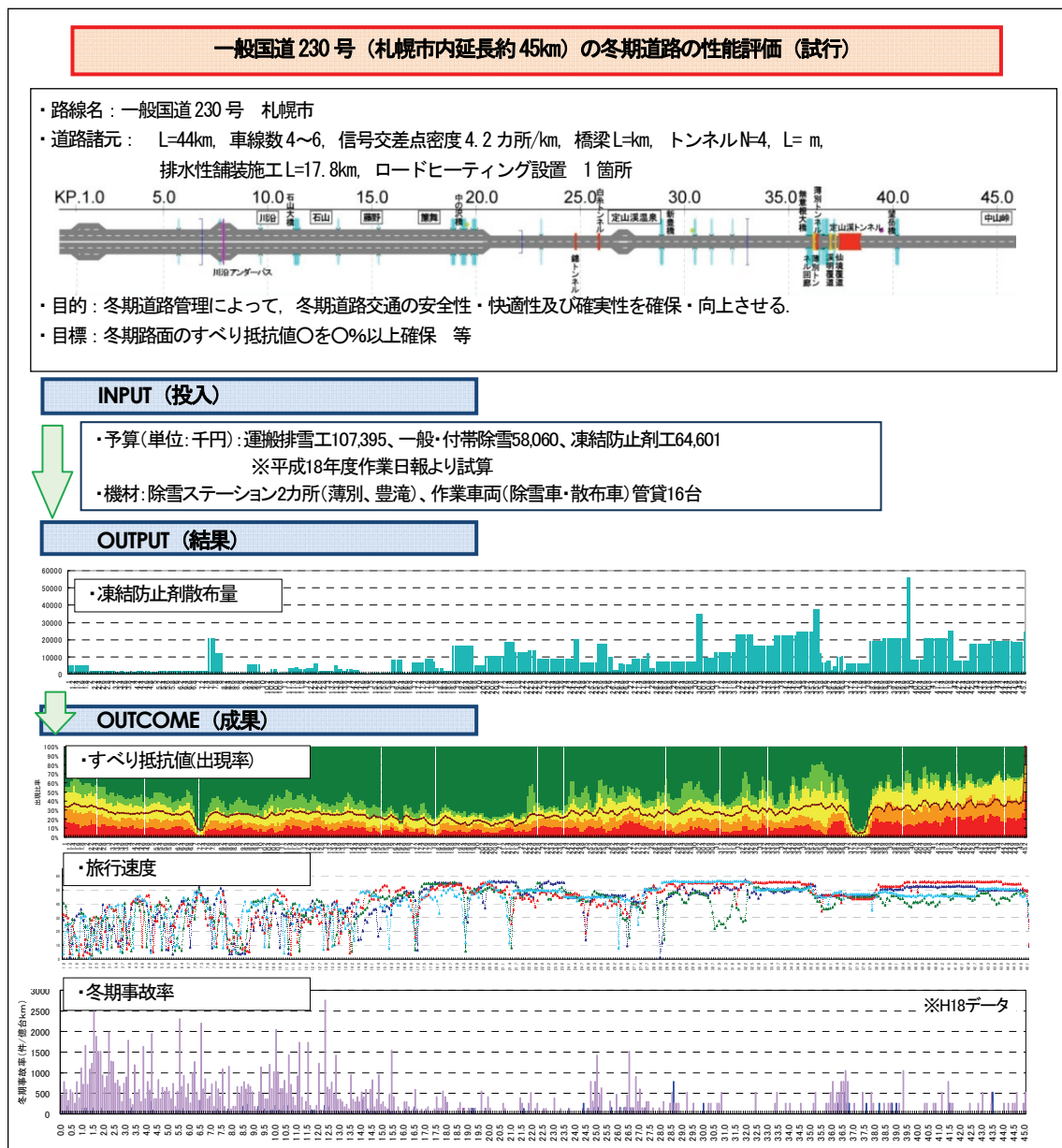


図18 ロジックモデルを用いた一般国道230号の冬期道路管理の性能評価（試行）

RESEARCH ON WINTER ROAD MANAGEMNT

Abstract : In this research, Traffic Research Engineering Research Team and Snow and Ice Research Team perform research on technological developments that improve the efficiency and effectiveness of winter road management to secure road safety and mobility in cold, snowy regions. From FY 2006 to FY 2008, the teams perform research on development of a road-icing forecasting method with applying heat balance model, development of management method of winter road surface's friction and examination of performance measurement of winter road maintenance.

Key words : winter road management, road-icing forecast, friction, performance measurement