

## 7. 1 冬期道路管理に関する研究

研究予算：運営費交付金

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、路面の凍結が発生する。特に、スパイクタイヤの使用規制以降は「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、事故等の要因となっている。

本研究は、冬期における安全・円滑な道路交通の確保に向けて、効率的・効果的な冬期道路管理を可能とするために、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管理手法の開発を行うものである。

キーワード：路面凍結予測、熱収支モデル、定量的路面評価、すべり抵抗値、性能評価

### 1. はじめに

積雪寒冷地では、冬期特有の現象として積雪による道路幅員の縮小や、路面の凍結により渋滞・事故などが発生する。特に、スパイクタイヤの使用規制以降は「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が出現するため、冬期道路交通機能を確保に向けた様々な対策が講じられている。

一方、欧米諸国では、道路管理コストの削減を図るため、既に、摩擦係数等を指標とした性能規定による冬期道路管理コストの削減に取り組まれている。昨今、我が国では道路関係予算が縮減されており、欧米諸国と同様に、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急がれている。このような背景の下、本研究は、効率的・効果的な冬期道路管理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・円滑な道路交通を確保に向けて、効率的・効果的な冬期道路管理を可能とするために、以下の3つの技術開発を行った。

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

### 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、路面温度と路面水（量と状態）が挙げられる。この路面温度と路面水は、気温や降雪など気象条件の影響に加えて、

走行車両や道路構造等の外的条件の影響を受ける。そのため、冬期路面状態の決定にあたっては、気象条件のみならず、走行車両や道路構造等の影響を考慮することが重要となる。

本研究では、一般的な熱収支法を用いて路面に出入りする熱の収支から路面温度を求める際、気象条件から構成される熱収支モデルに対して、沿道構造物と走行車両の影響を考慮する改良を加えた。すなわち、車両の影響（車体による日射等の遮蔽と長波放射）と沿道構造物の影響（沿道構造物による日射等の遮蔽と長波放射）を考慮することにより、固定観測地点における新たな路面温度推定モデルを開発した（図-1）。あわせて、路面上の水の収支に基

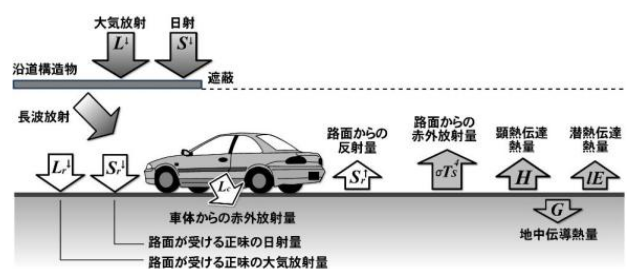


図-1 路面温度推定モデルの概念図

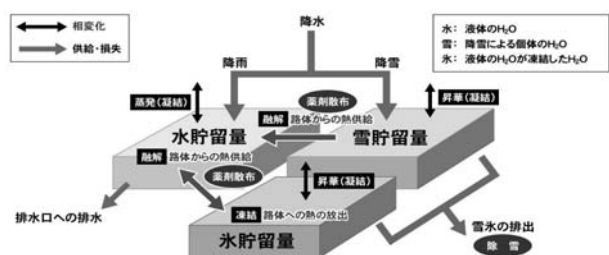


図-2 路面状態推定モデルの概念図

づき路面上の水分（水・雪・氷）貯留量を求め、路面状態を推定するモデルを開発した（図-2）。路面温度推定モデルによる推定結果として、路面温度の推定精度は、全日で1.6℃向上し、誤差（RMSE）は全日で1.9℃、昼間で2.4℃、そして夜間で1.3℃となった（図-3）。特に、凍結防止剤散布が多く行われる夜間の路面温度推定精度が向上したことは有意義であり、冬期道路管理の意思決定支援に大きく寄与すると考えられる。

また、本推定式は、固定観測点としての予測手法であるため、路線（延長方向）としての路面凍結予測に適用する必要がある。そのため、大気安定度（パスキル安定度）（表-1）を用いた路面温度差分布図（図-4）を作成することにより、路線の路面温度分布を推定する手法を開発した。

### 3. 2 冬期路面管理意思決定支援システムの運用

上記の路面凍結予測手法とともに、定量的冬期路面評価手法（後述）を活用した路面凍結予測及びすべり抵抗値情報を気象予測情報と合せて発信するために、GISを活用した情報提供システムを開発・運用した（図-5）。予測に必要なデータ収集にあたって、北海道開発局の設置する道路テレメータを利用すること（平成22年度は120地点の道路テレメータデータ）により、システムの適用範囲は拡大し、北海道全域を対象に情報提供を行うことが出来た。この意思決定支援システムに対するアクセス件数は、平成22年度で11,876件、累計では121,193件に達するなど、技術の普及・活用が図られた。

## 4. 定量的冬期路面評価による管理手法の開発

### 4. 1 定量的路面評価手法の確立

これまでの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に大きく依存してきた。しかし、目視による路面状態の判断は、判定者の個人差に加えて、特定の路面状態においては正確な判別が難しいなど、客観性・的確性に問題が残る。

そのため、本研究では目視による路面評価と機器による路面すべり計測を同時に試験し、相互の関連性を把握・評価した。その結果、目視による路面状態の評価は、雪氷路面であるか否かを「概ね」判別することには有効であるが、実際の路面のすべりやすさと必ずしも合致しないことが明らかになった。これは例えば、すべり摩擦係数の高い路面を凍結路面と誤判断する場合（不要な“凍結路面”対策を行

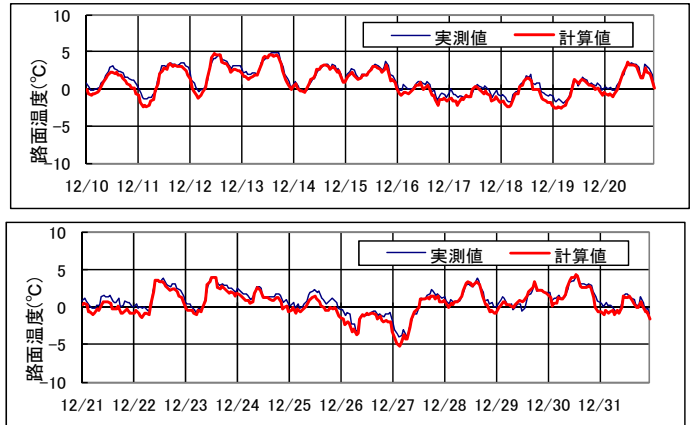


図-3 固定観測地点における路面温度計算結果例

表-1 大気安定度（パスキル安定度）

地上風速 (m/s)	日中(日射量)			日中・夜間	夜間	
	強	並	弱	雲量(8~10)	上層雲 (5~10) 中・下層 雲量(5~7)	雲量(0~4)
<2	A	A-B	B	D	G	G
2~3	A-B	B	C	D	E	F
3~4	B	B-C	C	D	D	E
4~6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

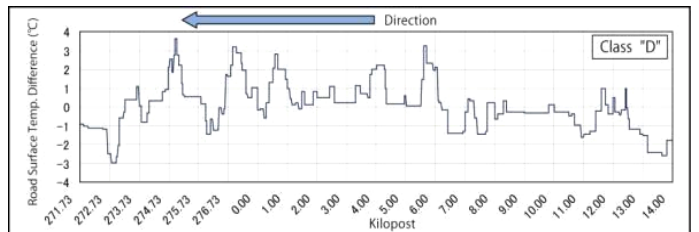


図-4 一般国道5号・274号の路面温度差分布図  
(パスキル安定度D)

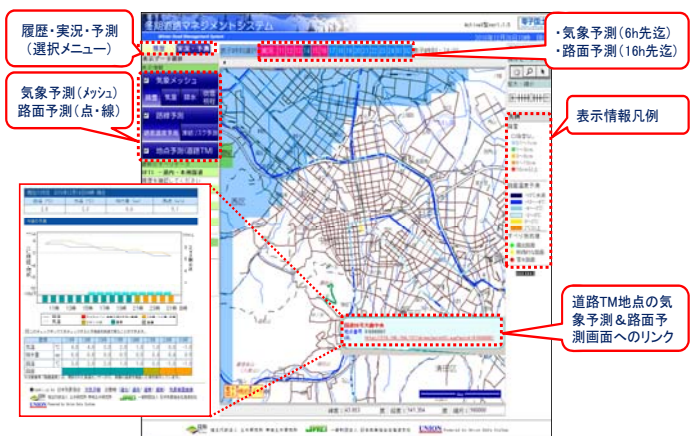


図-5 情報提供システムの表示画面

う可能性)、又は、すべり摩擦係数の低い路面を乾燥または湿潤と誤判断をする場合（滑りやすい状態を

放置する可能性)があることを意味する。

冬期路面のすべりやすさは、冬期道路の交通特性、安全性に影響する重要なファクターである。既に北欧等では路面のすべりやすさ(摩擦係数)を冬期道路管理の指標として採用している例があるが、冬期路面状態の定量的な評価に関する既往研究のレビューを行ったところ、測定の実用性と汎用性に課題があることが明らかになった。

そのため、本研究では、我が国において冬期路面状態を定量的・客観的に計測評価するために必要な連続的なすべり計測技術に関する検討を行った。具体的には、連続路面すべり抵抗値測定装置(Continuous Friction Tester: CFT)(写真-1)を導入し、路面のすべり抵抗モニタリング手法を開発した。この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とする装置であり、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がなされているものである。このCFTを用いて、本研究では、すべり抵抗値(Halliday Friction Number:以後、HFNと記す)を活用した冬期路面管理手法の高度化に関する研究を行った。具体的には、これまで国内の道路分野における路面状態評価の標準機であった路面すべり測定車とCFTとの比較試験(図-6)や、実道での計測試験を行うことにより、当該装置の冬期道路管理への適用性を確認した。

#### 4.2 路面すべり抵抗モニタリング

CFTによる冬期路面状態の定量的評価が、実道における冬期路面管理に対して活用可能かを検討するため、札幌圏内の一般国道を中心に冬期路面すべり抵抗モニタリング試験を実施した(H19年度から22年度の毎冬12月~2月)。また、CFTの冬期道路管理への適用性・意思決定の迅速性を高めるため、すべり抵抗値データを測定位置、路温、速度等とともに記録し、道路区間とリンク付けして表示・蓄積・分析することが出来、さらに、これら計測データをリアルタイムで転送可能とするシステムとして、「冬期路面すべり抵抗モニタリングシステム(特許第4665086号・路面摩擦モニタリングシステム)」を開発した(図-7,8)。

当該支援ツールにより、道路管理者は目視による判定に加えて、道路巡回時や作業実施前後等の路面状態を、客観的なデータに基づき判断・確認ができるようになった。これにより、凍結防止剤等の過剰



写真-1 連続路面すべり抵抗値測定装置 (CFT)

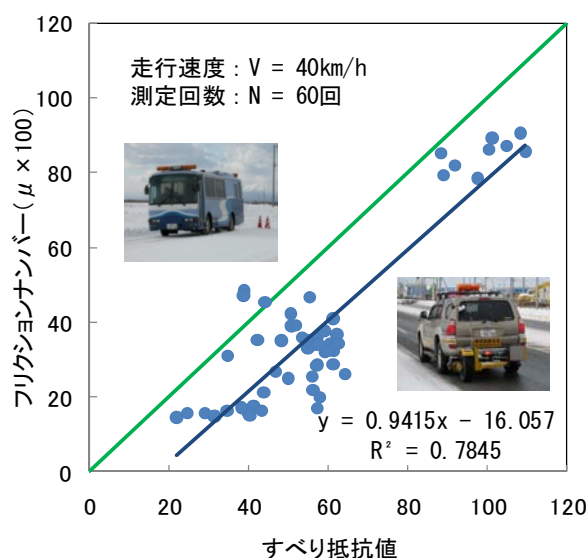


図-6 路面すべり測定車とCFTの比較

散布防止、要対策区間の見落とし回避、作業実施の説明根拠など、幅広い活用が考えられる。

また、当該モニタリングシステムに蓄積したデータを基に、路線の路面のすべり抵抗値の出現傾向の分析、凍結防止剤散布効果の検証、薬剤散布等の意思決定支援及びすべり抵抗値と気象・交通特性の関係把握等の分析を試みた。

一般国道230号におけるHFNの出現傾向(図-9)については、19・21年度では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り、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くなった。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とが分かった。このような計測データの活用は、冬期路面管理の適正化

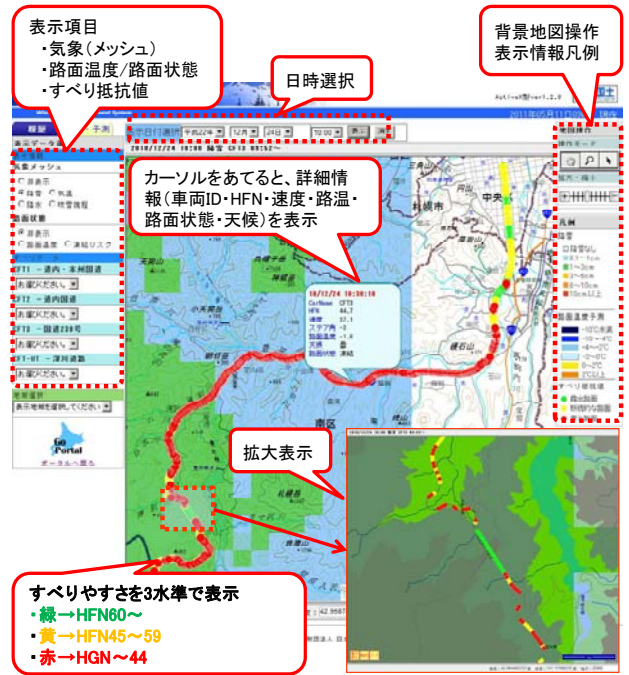


図-7 冬期路面すべり抵抗モニタリングシステムの概略

図-8 冬期路面すべり抵抗モニタリングサイト

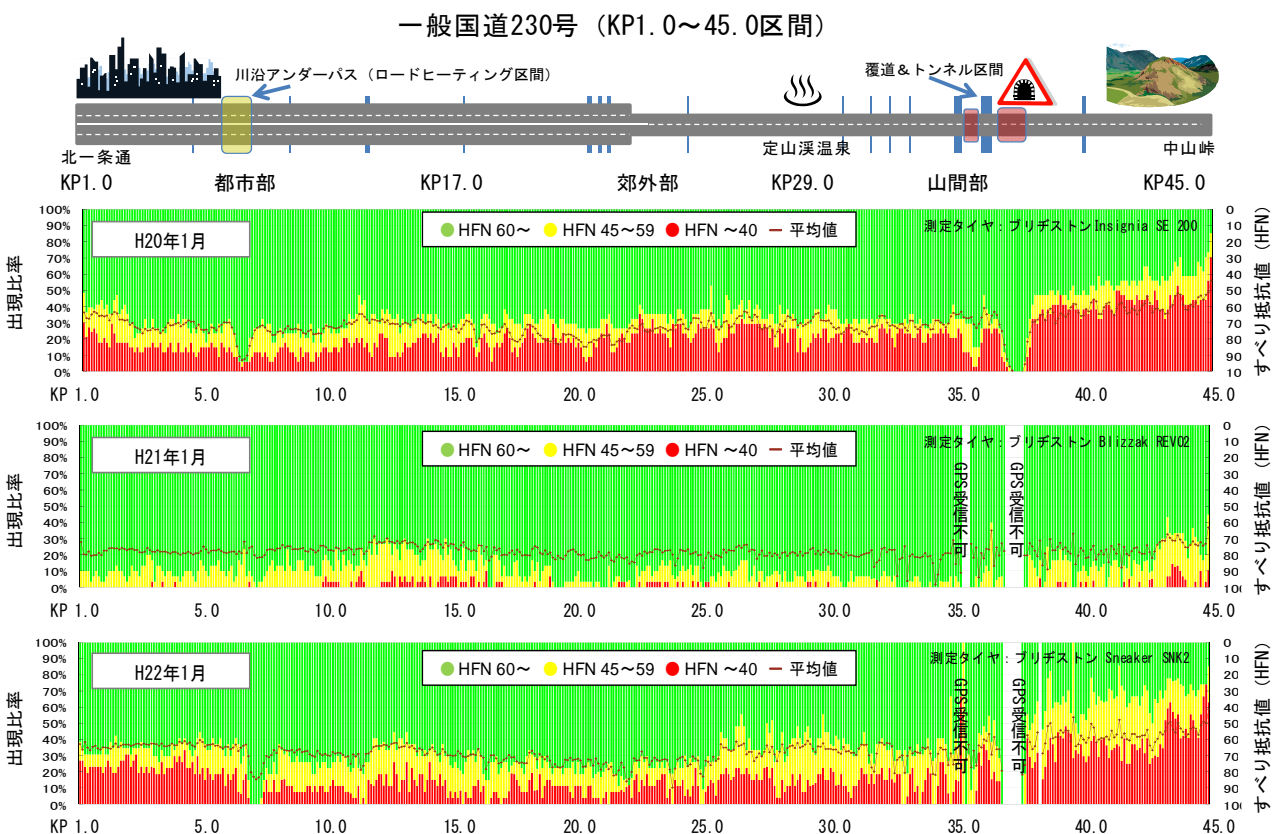


図-9 一般国道におけるH20~22年1月のHFN出現率

に有効と考えられる。

また、降雪量によるHFN及び走行速度への影響について(図-10)は、都市部においては、降雪量が多

くなるに従ってHFNが低下し、走行速度も低下すること、また、速度のばらつきが大きくなるのが分かった。これは、降雪による路面状態の悪化によ

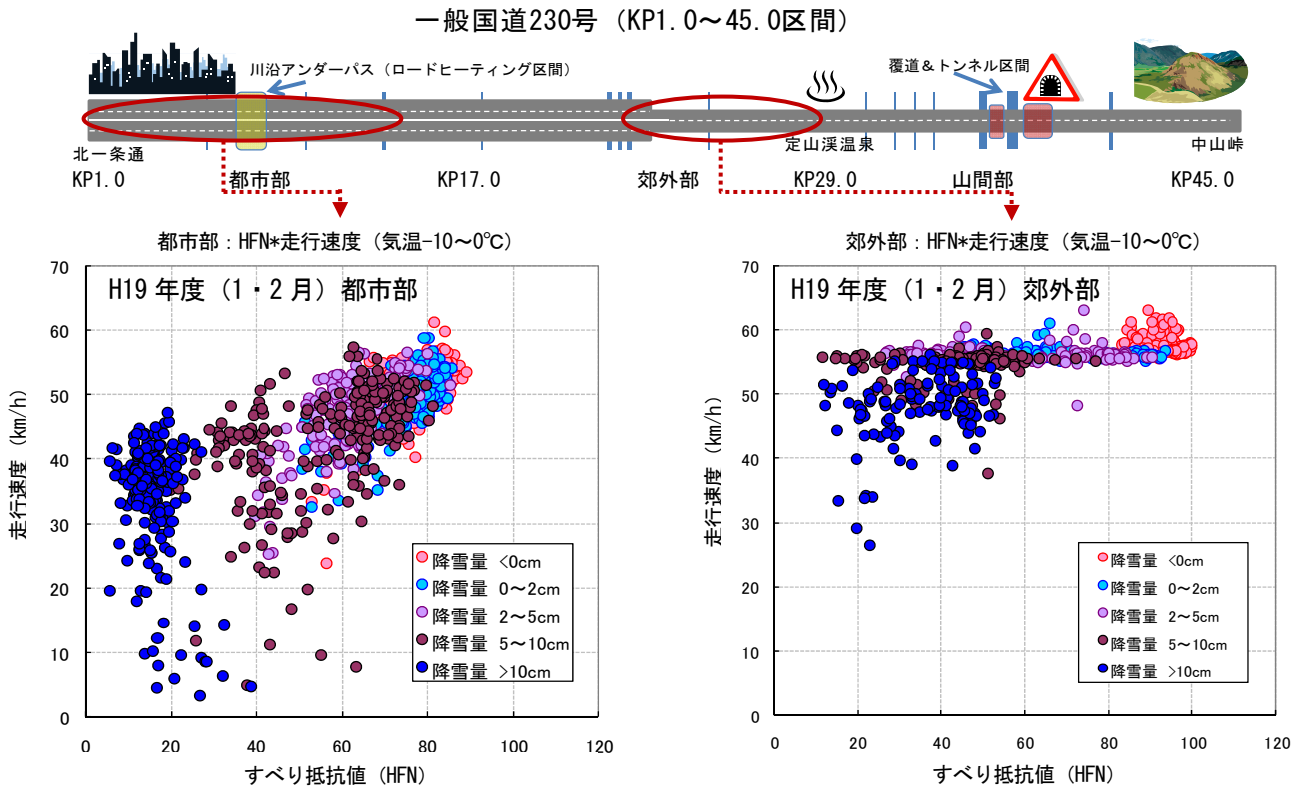


図-10 降雪量によるHFN及び走行速度への影響 (左:都市部、右:郊外部)

て当該区間における走行速度が低下するとともに旅行時間の定時性が損なわれることを意味する。一方、郊外部の場合、降雪量が多くなるに従ってHFNが都市部と同様に低下するものの、走行速度については都市部のような著しい低下及び分散は見られない。その理由として、信号交差点の数や間隔、交通量等が影響しているものと考えられる。このように、降雪量によるHFN及び走行速度への影響を評価するにあたっては、地域や道路構造などの特徴を考慮することが重要であることが明らかになった。今後、各路線や地域における路面管理水準、対策手法、実施頻度等の策定や妥当性の検討にあたって有効と考えられる。

## 5. 冬期道路の性能評価

近年、様々な事業活動における生産管理や品質管理などの管理業務を効果的に進める手法として、PDCA サイクルによるマネジメントが提唱されている。道路行政では、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」に取り組まれているところであり、冬期道路管

理においても、本マネジメントサイクルの考え方が重要と考えられる。このため、本研究では、冬期道路の性能評価を行うことを目的に、冬期道路管理のロジックモデルを開発した(図-11)。

ロジックモデルでは、原因と結果の連鎖関係を明らかにしながら、最初の資源投資が、最終的に受益者に対してどのような改善効果(=成果)を与えるかの道筋を表すものである。そして、評価を行う際の必要な要素を「投入(インプット)→活動(アクティビティ)→結果(アウトプット)→成果(アウトカム)」の流れ図を使って整理することにより、各要素の因果関係を視覚的に理解することを可能とした。本モデルでは、冬期道路管理における直接的な指標(路面状態の改善)であるすべり抵抗値を「中間アウトカム」とし、冬期道路管理の最終目標である交通の安全性・快適性を表す定量的な指標として冬期交通特性や冬期交通事故、利用者満足度を「最終アウトカム」と位置付けることなどにより、冬期道路管理のインプット、アウトプット、アウトカムの一連の流れを明らかにした。また、本研究では、開発したロジックモデルを用い、道路管理に関して実際に入手・利用可能なデータに基づき、冬期道路管理

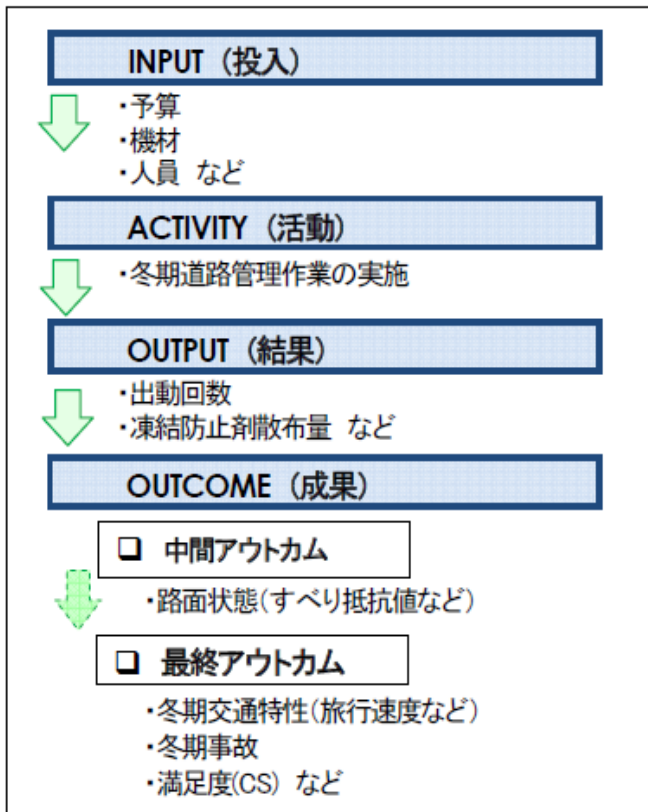


図-11 冬期道路管理のロジックモデル

の性能評価を行うための業績測定(図-12)を試行するなど、冬期道路管理マネジメントのモデル化の可能性を示した。今後は、業績測定の対象路線を増やし、路面のすべり抵抗に関するデータ、道路交通特性、気象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道路構造など様々な要因の分析を進めながら、冬期道路管理のプロセス間の因果関係を明らかにしていくことが必要である。

## 6. まとめ

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効率的・効果的な冬期道路管理を可能とするために、路面凍結予測手法、定量的冬期路面評価手法を開発し、これらを活用した路面凍結予測及びすべり抵抗値情報を発信する情報提供システムを開発運用する等、冬期道路管理の意思決定を支援する技術開発を行った。また、道内外各地の実道ですべり計測を行うこと等を通じて、路線毎のすべり抵抗値の出現特性の分析、凍結防止剤散布前後のすべり抵抗値の変化の把握、冬期路面管理(凍結路面対策)改善のためのすべり抵抗値の活用可能性を提案した。また、すべり抵抗値のモニタリング結

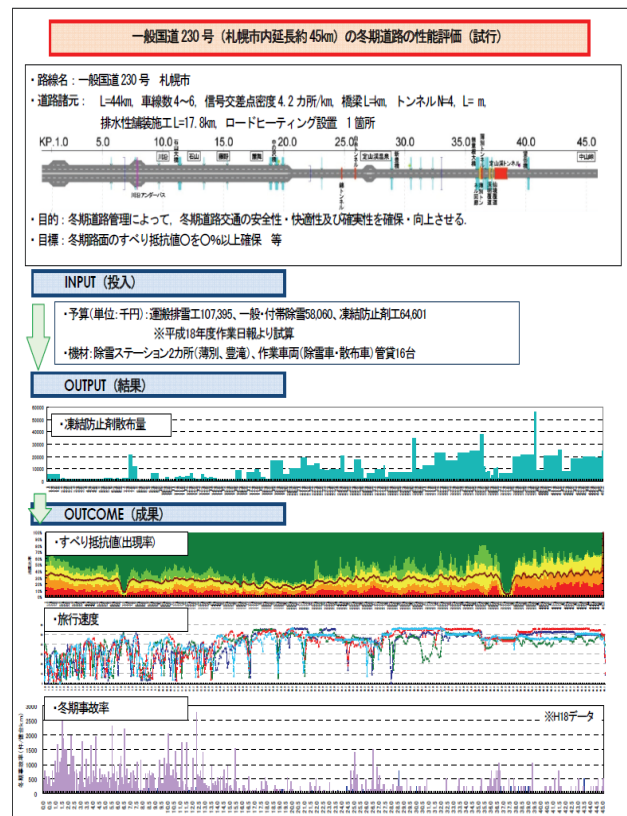


図-12 ロジックモデル適用例

果と道路管理に関して実際に活用可能なデータを用いて冬期道路管理の業績測定を試行するなど、冬期道路管理マネジメントのモデル化の可能性について示した。