

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

学位論文内容の要旨

北海道は、平均積雪日数が100日を超え、多くの市町村で12月から翌年3月は平均気温が氷点下となる多雪寒冷な厳しい冬期気象条件を有している。スパイクタイヤ規制を契機とし、冬期路面状態の変化、冬期交通特性の変化に対応し、冬期道路管理における路面管理の比重が増した。路面管理目標が高い路線では、除雪時に路面上の雪氷を極力減らすことが必要となり、除雪後や無降雪時には凍結防止剤の散布による路面管理が行われるようになった。路面管理目標を達成・維持できるよう、凍結防止剤散布車の整備が進められるとともに、雪氷巡回の強化と凍結防止剤の散布が行われるようになった。このため、除雪技術や凍結路面対策技術は格段に高度化された。

しかし、冬期道路管理が充実・強化されたにもかかわらず、冬期には首都圏レベルの走行速度となり、かつ冬型交通事故の約9割をスリップ事故が占めるなど、冬期の道路交通性能は低いままとなっている。一方、人口構造の変化、道路管理に係る予算制約とCO₂増加や凍結防止剤の散布による環境負荷懸念という制約下において、冬期道路交通の性能を高めるため冬期道路管理を的確かつ効率的に行う新たなマネジメントシステムの構築が必要である。しかし、冬期道路管理の基本となる路面状態の評価が、主観や経験に基づいて行われている。例えば、路面管理作業の実施判断を行う際の路面凍結の予測は気象情報等に基づいて経験的に行っている。また、路面状態の評価は目視によって路面上の雪氷の状況を判別して路面を分類する方法が主体であり、評価の客観性・信頼性に疑問が残る。更に、目視による路面分類は定性的な評価であるため路面のすべりやすさを表しておらず、すなわち、冬期における路面のすべりやすさが道路交通に及ぼす影響、ひいては、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。そこで、本研究は、冬期道路管理のなかの路面管理に着目し、その基本となる路面状態の評価とそれによる交通への影響に関する問題あるいは課題を解消することを目的としている。具体的には、路面凍結を事前に予測する路面凍結予測手法の構築、冬期路面のすべりやすさを定量的に測定・評価するための技術開発、路面のすべり抵抗値の活用に関する技術的な提案を行っている。

本研究は、第1章から第7章で構成される。

まず、第1章で、本研究の背景に関する冬期道路管理の経緯と課題をまとめている。北海道では、道路交通の発達に伴い、道路上の雪を取り除いて車線を確保する除雪作業を中心に除雪機械の整備や機能の高度化され、きわめて高い水準で除雪事業が実施されるようになった。他方、スパイクタイヤ規制を契機に、冬期道路管理は、それまでの除雪中心の管理から、凍結防止剤の散布などによる冬期路面管理が主体となったが、凍結防止剤の散布技術の向上に比べ、凍結防止剤の散布とその効果の因果関係があいまいとなっている課題、また、人口構造の変化、道路管理にかかる予算制約、環境負荷懸念という制約下において、冬期道路交通性能を高め、安全で快適な冬期道路を実現していくため、冬期道路管理の効率性や的確性を高めていかなければならないことを指摘している。

第2章では、国内外で取り組まれている冬期道路管理の高度化に関する研究と冬期道路管理技術に関する研究レビューを行い、技術の体系に沿ってとりまとめている。路面状態に関する客観的評価

指標の構築が進められているが、汎用性と測定の実用性の点で技術開発が欠けている。北海道は多雪かつ寒冷な気象条件を有し、かつ、多くの人口を抱えるため12時間交通量が4万台を超える路線もある世界でも希な地域であり、北海道特有の冬期気象条件・交通条件下において路面状態を的確に捉える実用的な技術が必要であることを示している。

第3章では、路面管理において、気象情報等に基づいて経験的に行っている凍結防止剤の散布の判断を科学的なデータによって支援するため、路面の凍結を予測する路面凍結予測手法を構築した。熱エネルギーの収支から路面温度を求める熱収支法を用い、走行車両と沿道構造物の影響を考慮することで、交通量が多く、沿道構造物の立ち並ぶ都市部においても適用可能な路面温度推定モデルを構築することで路面凍結を予測し、路面管理作業実施の判断支援が可能になることを示している。次に、第4章では、冬期道路管理を司る路面管理実施の判断の基本となる路面状態の評価手法として、現在行われている目視による路面分類の問題点の検証と冬期における路面のすべりやすさを定量的にモニタリングするための技術開発を行った。目視による路面分類とすべり摩擦係数の比較試験の結果、目視では、雪氷路面か非雪氷路面であるかを判別することは可能だが、乾燥、湿潤及び凍結路面で判断ミスが生じていることを明らかにし、路面のすべりやすさを連続測定が可能な連続路面すべり抵抗値測定装置を利用した冬期路面のすべりやすさの定量的なモニタリング手法を構築する。第5章では、冬期における道路交通性能の低下と冬期道路管理の効果を定量的に評価するため、札幌市域においてタクシーを活用したプローブカー調査を行った。タクシーの走行データと道路区間をリンク付けしたデータベースを構築して対象とする路線や区間の旅行速度変化を分析可能にすることで、数年に一度、調査日数・調査対象路線が限られている道路交通センサスでは把握不可能な日々の旅行速度変化を捉え、札幌都心部を中心として大きな時間損失が生じていること、更に、冬期道路管理の効果の評価のケーススタディとして道路条件(道路幅員および路面状態)を同時に改善する運搬排雪作業を対象として費用便益分析を行い、冬期道路管理の効果が大きいことを定量的に示している。第6章では、冬期道路管理の一連の流れを視覚的・体系的に表現する論理モデル(ロジックモデル)を用いて冬期道路管理のロジックモデルを構築し、冬期道路管理と道路交通性能の因果関係を論理的に表現した。冬期道路管理と道路交通性能の因果関係を明らかにしていくための中間アウトカムとして路面のすべり抵抗値を活用することが有効であることを示すとともに、冬期道路管理のマネジメントを実現していくために今後必要となる技術や水準の設定の考え方について提案を行っている。

最後に第7章では、本研究の成果をとりまとめるとともに、今後の課題を記す。本研究は、スパイクタイヤ規制以降の冬期道路管理の問題点・技術的課題を明らかにし、科学的・定量的なデータに基づいた冬期道路管理を実行するため、路面の変化を予測する路面凍結予測手法の構築と定量的に路面状態を定量的に測定・評価するための技術開発を行った。更に、冬期道路管理のロジックモデルを構築し、路面のすべり抵抗値を業績評価の中間アウトカムとして活用することで、数値目標による冬期道管理のマネジメントを実現する可能性について技術的提案を行った。本研究で取り組んだ技術開発は、直ちに冬期道路管理の効率的なマネジメントを実現するものではないが、このような技術の積み重ねによって、冬期道路管理の実施判断、実施、結果及び成果の評価の各プロセスを科学的なデータ・定量的な指標に基づいて行うこと、各プロセス間の因果関係の明確化を一層進めていくことが今後も必要となる。

学位論文審査の要旨

主 査 准教授 萩 原 亨
副 査 教 授 加賀屋 誠 一
副 査 教 授 林 川 俊 郎
副 査 教 授 中 辻 隆
副 査 准教授 高 野 伸 栄
副 査 教 授 西 村 浩 一 (名古屋大学大学院

環境学研究科)

学位論文題名

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

北海道は、平均積雪日数が100日を超え、多くの市町村で12月から翌年3月は平均気温が氷点下となる多雪寒冷な厳しい冬期気象条件を有している。スパイクタイヤ規制を契機とし、冬期路面状態の変化、冬期交通特性の変化に対応し、冬期道路管理における路面管理の比重が増した。路面管理目標が高い路線では、除雪時に路面上の雪氷を極力減らすことが必要となり、除雪後や無降雪時には凍結防止剤の散布による路面管理が行われるようになった。このため、除雪技術や凍結路面対策技術は格段に高度化された。しかし、冬期道路管理の費用を引き上げているにもかかわらず、冬期には首都圏レベルの走行速度となり、かつ冬型交通事故の約9割をスリップ事故が占めるなど、冬期の道路交通性能は低いままとなっている。一方、人口構造の変化、道路管理に係る予算制約とCO₂増加や凍結防止剤の散布による環境負荷懸念という制約下において、冬期道路交通の性能を高めるため冬期道路管理を的確かつ効率的に行う新たなマネジメントシステムの構築が必要である。現状において、冬期道路管理の基本となる路面状態の評価が、主観や経験に基づいて行われていることが大きな課題である。そこで、本研究では、路面凍結を事前に予測する路面温度予測手法、冬期路面のすべりやすさを定量的に測定・評価する技術、道路交通性能をアウトプットとする冬期道路管理マネジメントモデルの構築について検討している。

本論文は、次の7章から構成されている。第1章は、冬期道路管理の経緯と現状の課題を示している。第2章では、国内外で取り組まれている冬期道路管理の高度化に関する研究に関するレビューを行っている。北海道は多雪かつ寒冷な気象条件を有し、かつ、多くの人口を抱えるため12時間交通量が4万台を超える路線もある世界でも希な地域であり、北海道特有の冬期気象条件・交通条件下において路面管理を的確に評価し管理にフィードバックする実用的な技術が必要であることを論じている。第3章では、都市部の幹線道路においても適用可能な熱収支法をベースとした路面温度推定モデルを構築した。熱エネルギーの収支から路面温度を求める熱収支法を用い、走行車両と沿道構造物の影響を考慮することで、交通量が多く、沿道構造物の立ち並ぶ都市部においても

適用可能な路面温度推定モデルを構築することで路面凍結を予測し、路面管理作業実施の判断支援が可能になることを示した。路面が雪氷に覆われたときの熱収支算定や路線としての路面温度予測につながる基本的な路面温度推定手法の基礎を築いた。次に、第4章では、冬期路面のすべりやすさを定量的にモニタリングする連続路面すべり抵抗値測定装置を開発した。目視では、雪氷路面か非雪氷路面であるかを判別することは可能だが、乾燥、湿潤及び凍結路面で判断ミスが生じていることを明らかにし、路面のすべりやすさを連続測定が可能な連続路面すべり抵抗値測定装置を利用した冬期路面のすべりやすさの定量的なモニタリング手法のメリットを示した。第5章では、札幌市においてタクシー・プローブ調査を行い、道路交通性能と冬期道路管理の関係を定量的に評価した。冬期道路管理の効果の評価のケーススタディとして道路条件(道路幅員および路面状態)を同時に改善する運搬排雪作業を対象として費用便益分析を行い、冬期道路管理の効果が大きいことを定量的に示した。第4章による路面のすべりやすさ評価を加えることから、今後、すべり対策を加えた路面管理全体と道路交通性能の定量的な因果関係を評価する手法の基礎を築いている。第6章では、第4章で開発した測定装置による連続路面すべり抵抗値を中間アウトカムとすることで、冬期路面管理の定量的評価を実行できるロジックモデルを構築した。ロジックモデルの構築によって、冬期道路管理の一連の流れを視覚的・体系的に表現できるようになった。冬期交通特性は、気象や道路・交通管理など様々な下外的要因の影響を受けるため、冬期道路管理と冬期交通特性との因果関係を見出すのは困難であるが、冬期道路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とすることで、冬期道路管理と道路交通性能の因果関係を論理的に表しうるようになった。第7章では、本研究の成果と今後の課題を示している。

これを要するに、著者は、路面の変化を予測する路面凍結予測手法の構築、定量的に路面状態を測定・評価するための技術開発、そして路面のすべり抵抗値を中間アウトカムとするロジックモデルを構築することから冬期道路管理の高度化について具体的な新知見を得たものであり、交通計画学および交通工学において貢献するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。