

IV-17 積雪寒冷地域の冬季道路における路面凍結予測システムの構築

日本大学大学院工学研究科 学生会員○ 湯田 俊哉
日本大学工学部土木工学科 正会員 堀井 雅史

1. はじめに

近年、積雪寒冷地域の冬季道路では、スパイクタイヤの規制、スタッドレスタイヤの普及に伴い路面凍結時にスリップ事故、交通渋滞などが多発している。したがって、道路管理者は冬季道路を適切に管理することが重要となってきた。

路面凍結対策¹⁾としては様々な方法が存在するが、凍結防止剤を路面に散布する方法が、低コストで効率の良い方法であるため広く使用されている。凍結防止剤には一般的に塩化ナトリウムが使用されている。散布方法は、凍結の発生防止を目的とする事前散布と、融氷を目的とした事後散布に分けられる。路面に凍結が発生する前に凍結防止剤を散布すると、路面上の水分の氷点温度を下げ路面凍結を抑制することができる。また、路面温度が氷点温度まで低下しても、氷の固層と塩水の液層が混在することで路面の水分が完全に凍結することがない。よって事前散布が効果的となる。そこで本研究では、効果的・効率的な凍結防止剤の事前散布を支援するための路面凍結予測システムを構築する。

2. 路面凍結予測システム

図-1に路面凍結予測システム構築の手順を示す。路面の凍結は基本的に、路面上に水分が存在し、かつ路面温度が氷点以下となる状態において発生することから、路面水分有無予測モデル、路面温度予測モデルの構築を行い、これらを組み合わせて路面凍結予測システムを構築する。

このためにまず、気象データを基に、ニューラルネットワーク、判別分析を用いた路面水分有無予測を行う。つぎに、路面温度予測では既往の研究²⁾において、路面温度の時系列データを用いたものが最良の結果を示しているので、路面温度の時系列データを用いニューラルネットワークにより路面温度予測を行い、これらの結果を組み合わせ、路面凍結予測を行う。さらに、気象データから直接凍結予測を行う。予測は、ある時点から3時間後とする。これは、凍結防止剤散布車が凍結前に出勤し、散布が完了するまでの時間に相当する。

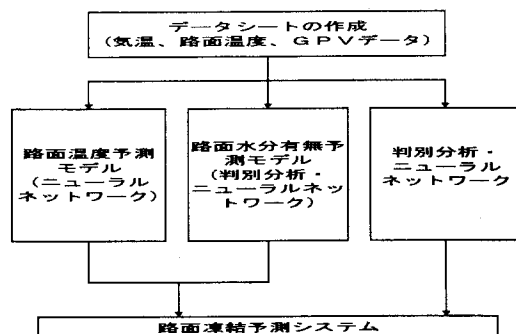


図-1 路面凍結予測システム

3. 分析データおよび分析方法

分析地点は、福島県河沼郡会津坂下町に位置する国道49号147.4K Pの七折峠トンネル郡山側坑口³⁾（延長=1,045m）とする。分析期間は、2003年12月1日～2004年3月31日を使用する。データ項目は、入力値として路面温度(℃)、気温(℃)、東西風(m/s)、南北風(m/s)、積雪深(cm)、路面状態、GPV(Grid Point Value)データを用いる。出力値は、①路面温度、②水分有無、③凍結有無とする。

路面温度予測を除く各予測モデルの入力変数は、変数選択式判別分析の結果とし、分析期間の学習期間と全期間の両方で選択された変数とする。路面温度予測の場合は過去の路面温度の時系列データを入力値とする。各入力値は入力時間数を指定し、中間層のユニット数を変化させ、学習時、予測時それぞれについての的中率を算出し、最も精度の高いものを予測モデルとする。水分有無予測の入力値は各3～5、路面温度予測は各5～12、凍結有無予測は各2～6時間に変化させ、中間ユニット数は各モデル共通に5～10に変化させるものとする。学習期間は分析期間のうち凍結回数の最も多い1月とし、学習期間を含めた各月分を予測対象とする。学習回数は既往の研究⁴⁾を参考に200回とする。学習方法は少ない学習で収束が可能な拡張カルマンフィルタ⁵⁾を用いる。水分有無、凍結有無の出力値は全て0,1変数(0:無し,1:あり)とする。

4. 分析結果

分析結果の一例を以下に示す。まず表-1 に水分有無の予測適合数を示す。水分あり的中率が高い値となったが、無しの的中率は低下した。表-2 は路面温度予測の適合数を示す。全体的に高い的中率であり、よく予測できている。表-3 は上記の路面温度予測、水分有無予測の組み合わせからの路面凍結予測、表-4 はニューラルネットワークによる直接凍結予測の適合数を示している。前者をモデルⅠ、後者をモデルⅡとすると、空振り率に関しては両者において若干高い結果となったが、見逃し率はモデルⅡにおいて低い結果を得ることができた。

5. まとめ

本研究は、凍結防止剤の効率的事前散布を支援する路面凍結予測を目指したものである。

その結果、水分有無、路面温度予測はある程度予測可能であることがわかった。凍結予測モデルでは、モデルⅠにおいて見逃し率が若干高いが、モデルⅡにおいては改善された。しかし、両モデルともに空振り率が若干高いことからモデル改善の余地がある。ただし、これは安全側の誤判別であるので道路管理上は差し支えないと思われる。今回の研究では、路面温度が0度以下の場合を凍結発生の条件としたが、実際には凍結防止剤によって路面温度が0度以下になっても路面が凍結しない場合が多数見受けられる。今後、凍結防止剤の散布実績のデータを入手できれば、空振り率は大幅に低下し、的中率の上昇が期待できる。また、予測システムへの遺伝的アルゴリズムの適用も研究中である。

最後に、資料を提供していただいた関係各位の皆様に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1)道路公団試験所：技術手帳，路面凍結防止剤，1991。
- 2)堀井雅史，加藤清也，福田正：ニューラルネットワークを用いた冬季道路の舗装路面温度予測モデル，土木学会論文集，NO.620/V43，P.271-278，1999.5。
- 3)国土交通省東北地方整備局郡山国道事務所：H15 年度冬季気象データ，2004。
- 4)堀井雅史，福田正：舗装路面凍結予測システムの構築，土木学会論文集，NO.669/V50，P.243-251，2001.2。
- 5)村瀬治比古，小山修平共著，石田良平：パソコンによるカルマン・ニューロコンピュータリング，森北出版，1994。

表-1 ニューラルネットワークによる水分有無予測適合数
(南北風成分 GPV,地上気圧 GPV 各 5 時間分,中間ユニット数 6)

1月学習			
分類結果		予測値	的中率
実測値	水分あり	532	38
	水分無し	79	95
的中率		0.871	0.714
見逃し率		$38/(532+38+79+95)=0.051$	
空振り率		$79/(532+38+79+95)=0.106$	

2月予測			
分類結果		予測値	的中率
実測値	水分あり	416	70
	水分無し	116	96
的中率		0.782	0.578
見逃し率		$70/(416+70+116+96)=0.100$	
空振り率		$116/(416+70+116+96)=0.166$	

表-2 ニューラルネットワークによる路面温度予測適合数
(11 時間分,中間ユニット数 6)

1月学習			
分類結果		予測値	的中率
実測値	0度以下	394	87
	0度以上	28	235
的中率		0.934	0.730
見逃し率		$87/(394+87+28+235)=0.117$	
空振り率		$28/(394+87+28+235)=0.038$	

2月予測			
分類結果		予測値	的中率
実測値	0度以下	275	85
	0度以上	58	278
的中率		0.826	0.766
見逃し率		$85/(275+85+58+278)=0.122$	
空振り率		$58/(275+85+58+278)=0.083$	

表-3 路面凍結予測モデルの適合数(モデルⅠ)

1月学習			
分類結果		予測値	的中率
実測値	凍結あり	228	95
	凍結無し	136	285
的中率		0.626	0.750
見逃し率		$95/(228+95+136+285)=0.127$	
空振り率		$136/(136+95+136+285)=0.183$	

2月予測			
分類結果		予測値	的中率
実測値	凍結あり	164	88
	凍結無し	127	317
的中率		0.564	0.783
見逃し率		$88/(164+88+127+317)=0.126$	
空振り率		$127/(164+88+127+317)=0.183$	

表-4 直接凍結予測モデルの適合数(モデルⅡ)

(水分有無,路温:各 4 時間分,中間ユニット数 9)

1月学習			
分類結果		予測値	的中率
実測値	凍結あり	268	55
	凍結無し	124	297
的中率		0.684	0.844
見逃し率		$268/(268+55+124+297)=0.074$	
空振り率		$124/(268+55+124+297)=0.167$	

2月予測			
分類結果		予測値	的中率
実測値	凍結あり	195	57
	凍結無し	131	313
的中率		0.598	0.846
見逃し率		$195/(195+57+131+313)=0.082$	
空振り率		$131/(195+57+131+313)=0.188$	