

ニューラルネットワークを用いた路面温度と走行速度予測に関する研究

交通工学研究室 藤田 浩成
指導教員 丸山 暉彦

1. はじめに

積雪寒冷地域の冬期道路交通は、降雪などによる雪害の影響を受け、輸送機能の低下および地域住民の社会生活へ影響を与えている。また冬期の路面は、気象条件およびその周辺環境の影響を受け、凍結危険箇所が点在し車両通行に支障をきたす恐れがある。このような影響を最小限にするため、除雪作業や凍結防止剤の散布が行われているが、近年の暖冬小雪の影響で経験豊富な技術者が減少していることや、近年の社会経済情勢の変化から高度な道路サービスが求められているなどの理由から、新たな冬期路面管理体制の確立が望まれている。

2. 研究概要

先の背景より、本研究では、路面温度と走行速度を重要なアウトプットとして考え、それらを予測するためのシミュレーションの検討を行った。路面温度と走行速度を予測することで、適切な除雪作業や凍結危険箇所を把握することができ、除雪作業にかかる費用や凍結防止剤の散布量を削減する効果が期待できる。路面温度と走行速度を予測する手法として、ニューラルネットワークを用いた。走行速度から除雪に関する路面の評価を行う方法として、RMSI¹⁾(Road Management Service Index)という指数を用いた。これは式1に示すように、自動車走行速度に依存した指数であり、道路利用者の意思を反映した評価方法であると考えられている。路面管理サービス指数とサービスレベルの関係を表-1に示す。

路面管理サービス指数(RMSI) =

$$\frac{\text{道路における走行速度(km/h)}}{\text{道路における希望速度(km/h)}} \times 100(\%) \quad (1)$$

「道路における希望速度」は

無積雪時路面での平均走行速度としている

表 - 1 路面管理サービスレベルと
路面管理サービス指数の関係

路面管理サービスレベル	路面管理サービス指数(%)
A	80 RMSI
B	70 RMSI < 80
C	60 RMSI < 70
D	40 RMSI < 60
E	RMSI < 40

また、路面温度予測より得られた結果から、サーマルマップ²⁾を作成する。サーマルマップとは、1路線における路面温度分布のことで、これを用いることにより、簡単に凍結危険箇所を見つけることができる。図-1にサーマルマップの例を示す。

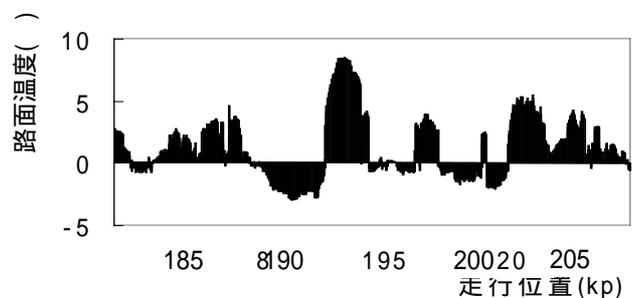


図 - 1 サーマルマップ例

3. 路面温度情報の収集

3.1 走行試験

路面温度・走行速度予測モデルを構築するための基となるデータを、走行試験により収集した。

調査区間は、新潟県中越地方国道17号塩沢道路ステーションから三国トンネル新潟県側入り口までの約32kmである。調査区間の標高差は約800mあり、カーブの多い厳しい山道となっている。

走行試験の観測項目および観測機器等を表 - 2 に示した。

表 - 2 観測項目と機器説明

観測項目	観測機器	観測間隔
外気温	サーモカップル	2 秒
路面温度	放射温度計	1 秒
走行速度	車載パルスセンサ	0.005 秒
雪堤高	車載ビデオカメラ	1 分程度
有効車両幅員		
車間距離		
天空率	車載デジタルカメラ	1 秒

3.2 定点観測装置

調査区間に設置されている定点観測装置より、定点における路面温度・気温データを収集した。定点観測装置データは年間を通して測定されており、また測定間隔も短い。次に説明する路面温度・走行速度予測モデルにおいては、このデータが重要なパラメータとなっている。

4. 路面温度・走行速度予測モデルの作成

路面温度・走行速度予測モデルの構築には、ニューラルネットワークを用いた。これは過去の経験に基づいて適切な値を出力するものである。この手法は、既往の研究において用いられた。本研究では、シミュレーションモデルの精度向上を目的とした再構築を図った。

4.1 ニューラルネットワークの概要

ニューラルネットワークは、図 - 2 に模式的に示したニューロンで構成したものである。ニューロンとは、生物の脳を形成している神経細胞のことであり、情報処理を行っている。ニューロンは、樹状突起、細胞体、シナプス、神経繊維の4つの部分から構成されている。樹状突起では、信号伝達部のシナプスを介して、他のニューロンからの信号を受け取る。細胞体では、ニューロン本体であり、各シナプスで受け取っ

た信号をアナログ電位の形で加算される。この加算された電位がしきい値を越えると、神経インパルスによって、情報が他のニューロンに神経繊維を通して送られる。このときシナプスで、他の細胞への結合の程度を変化させることにより、ネットワークの学習が行われると考えられている。

次に、ニューロンをモデル化したものを図 - 3 に示した。ニューロンに入力する他のニューロンの出力値 (x_n) と、それに対応する結合荷重 (w_n) の積の総和 (net) でニューロンに入力し、関数を用いてそのニューロンの出力値 ($f(\text{net},)$) に変換される。

出力値は、教師データと比較し、希望どおりの出力値を得るように、結合荷重およびしきい値を任意に変化させる。この過程を学習といい、最も重要な作業である。

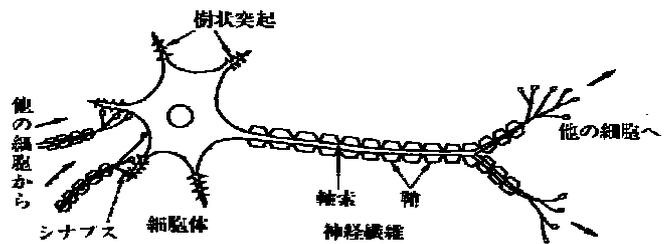


図 - 2 ニューロン構造

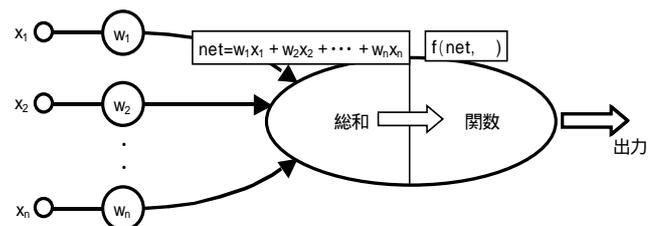


図 - 3 ニューロンモデル

4.2 路面温度・走行速度予測モデルの作成

図 - 4, 図 - 5 に、路面温度・走行速度予測に使用するニューラルネットワークモデルを示した。両予測モデルとも入力層・中間層・出力層の3層で構成されており、路面温度および走行速度予測モデルの入力層はそれぞれ6個、9個となっている。

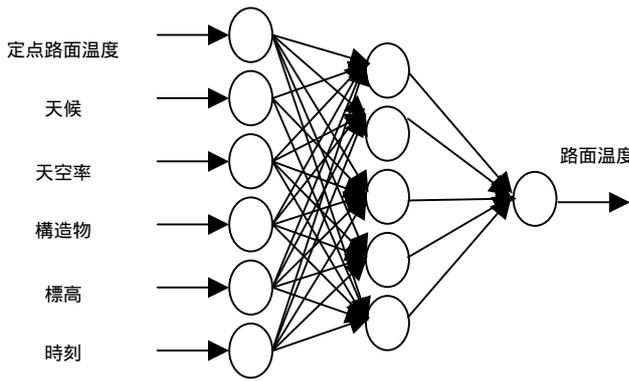


図 - 4 ニューラルネットワーク(路面温度)

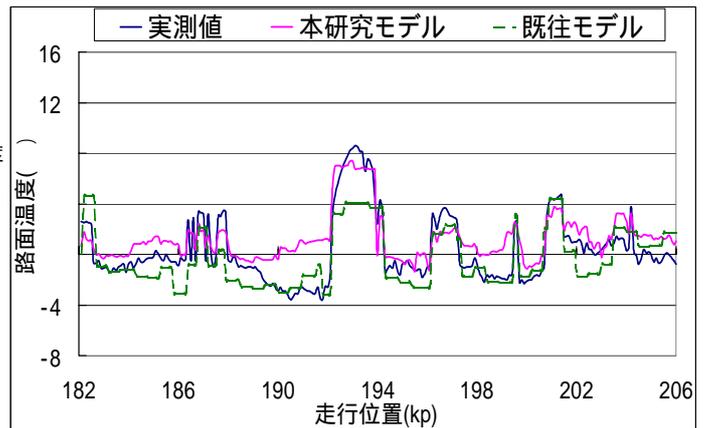


図 - 6 路面温度予測結果

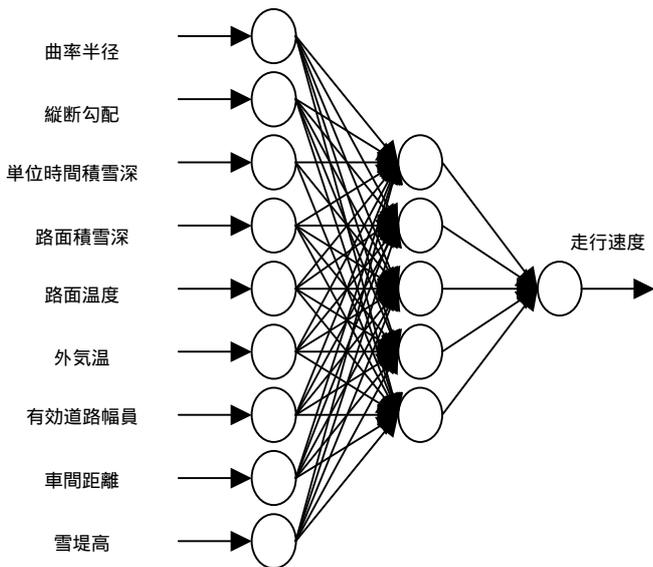


図 - 5 ニューラルネットワーク(走行速度)

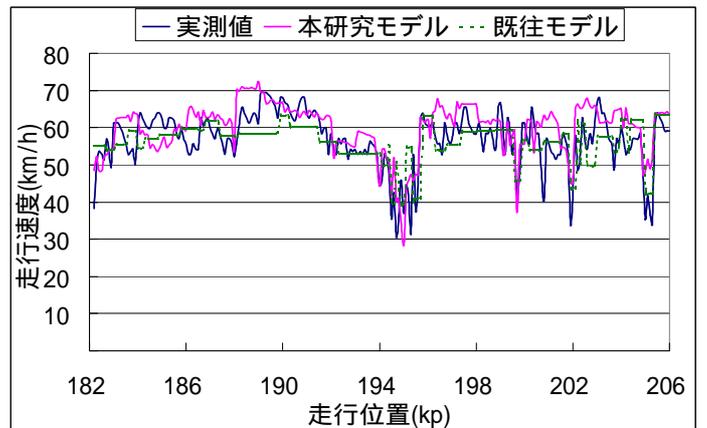


図 - 7 走行速度予測結果

5. 予測結果

路面温度・走行速度の予測結果例として、2002年12月3日の路面温度予測結果を図-6に、2002年2月14日の走行速度予測結果を図-7に示す。各図とも、走行試験より得られたデータと、本研究モデルでの予測値、既往モデルでの予測値を載せ、比較した。図の左側が三国側であり、右側が湯沢側である。両予測結果とも相関係数を求めると、路面温度の相関係数は、本モデルが0.852、既往モデルが0.792となった。また、走行速度との相関係数は、本モデルが0.684、既往モデルが0.629となった。このことから、路面温度・走行速度とも本研究で構築したモデルの精度が、既往のモデルより高いことが分かった。

6. 凍結危険箇所の抽出

本研究では、凍結危険箇所の把握にあたり、路面温度予測モデルを活用するため、路面温度に着目し、凍結防止剤散布システムの構築を図った。本研究による予測モデルを用いた時の、凍結危険箇所を示したものを図-8に示した。この結果を基に、実際の凍結防止剤散布の判断基準を提案できると考えられる。

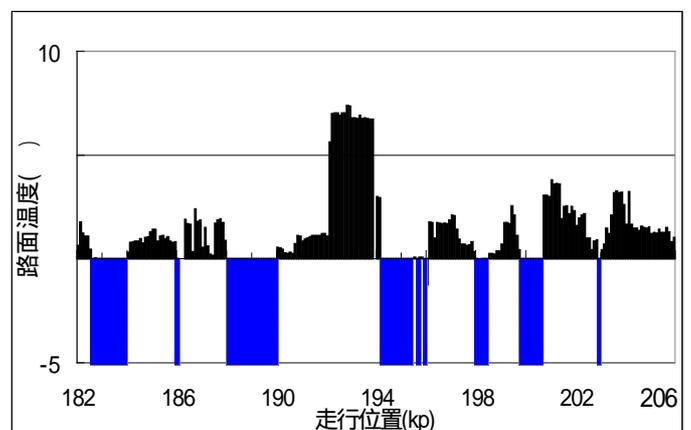


図 - 8 凍結危険箇所予測結果

7. 除雪作業体制の検討

本研究では、走行速度予測と RMSI を用いることで、道路利用者の意思を反映した冬期路面管理手法を提案することが可能であると考えた。

図 - 9 はニューラルネットワークの入力層のうち、路面温度だけを変化させシミュレーションを行い、RMSI を算出した結果である。RMSI が大きく変化している地点を見ると、202kp から 206kp にかけて大きく RMSI が変化していることが分かる。この付近の道路線形は、予測を行った路線全体の中でも縦断勾配がきつく曲率半径の小さなカーブが連続している地点で、雪の無い夏期でも走行速度が低下する地点である。またこの他の RMSI が変化した地点も同様に道路線形を調べると、曲率半径や縦断勾配が厳しい地点が多く見られた。

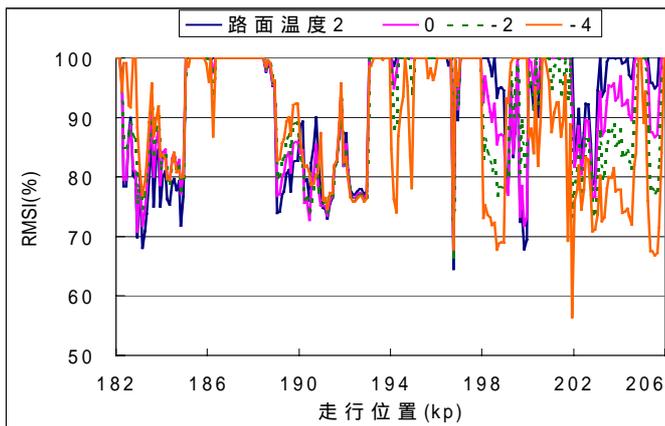


図 - 9 路面温度による RMSI の変化

以上の結果から、現行の RMSI よりも地域に即した RMSI の算出方法を提案することにより、さらに効率的な冬期路面管理ができると考え、地形による危険箇所を考慮した新たな路面管理サービスレベルの検討を行った。その結果を表 - 2, 3 に示した。表中の危険箇所とは、縦断勾配 5.0%以上、曲率半径 $R=300$ 以下、スノーシェッド連続箇所、橋上を指す。新たに縦断勾配などの道路線形や橋などの構造物を考慮した表を作り、凍結危険箇所と組み合わせることにより、さらに効率的な冬期路面管理が可能となると考えられる。

表 - 2 路面管理サービスレベルと

路面管理サービス指数の関係

路面管理サービスレベル	RMSI(%) (危険箇所)	RMSI(%) (一般部)
A	95 RMSI	95 RMSI
B	80 RMSI < 95	85 RMSI < 95
C	60 RMSI < 80	70 RMSI < 85
D	RMSI < 60	60 RMSI < 70
E		RMSI < 60

8. まとめ

本研究では冬期路面管理の一環として、雪氷対策の検討を行った。

氷に関する検討としては、路面温度予測モデル結果から凍結危険箇所の抽出を行うことにより、凍結防止剤使用量を削減するシステムを提案した。また、システム化を行うことで冬期路面に対する知識が無くても容易に凍結防止剤散布ができるようになると思われる。

雪に関する検討としては、シミュレーションを行い、路線全体の中でも縦断勾配や曲率半径が厳しい地点で RMSI が低下することが確認でき、本研究の予測モデルは、より実情にあった予測ができていることが分かった。

また、さらに効率的な冬期路面管理を行うため、地形による危険箇所を考慮した新たな路面管理サービスレベルと RMSI との関係を提案した。

参考文献

- 1) 岸田正憲：道路交通流シミュレーションを用いた冬期路面管理に関する研究，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文，2003
- 2) 平石哲夫：サーマルマップを用いた凍結危険箇所の予測に関する研究，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文，2004