

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検討

交通工学研究室 岸田 正憲
指導教官 丸山 暉彦

1. はじめに

積雪地域の冬期道路交通は、降雪などによる雪害によって、地域経済および地域住民の社会生活に影響を与えている。これらの影響を最小限にするため、国道 17 号では冬期道路交通管理が実施されている。しかし近年の社会経済情勢の変化により、高度な道路サービスが求められるようになった。

本研究では、道路利用者の意思を反映した冬期路面管理手法を検討した。そのため、冬期路面の評価方法として走行速度を設定し、除雪に関する路面評価方法として、路面管理サービス指数 RMSI¹⁾ (Road Management Service Index)を用いた。これは式 1 に示したように、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 に示した。

定点観測装置では、点情報でしか路面の評価を把握できないが、冬期道路における走行速度を出力する冬期道路交通流シミュレーションの構築で、線情報による把握が可能となると考えられ、検討を行った。

$$\text{路面管理サービス指数(RMSI)} = \frac{\text{冬期道路における走行速度(km/h)}}{\text{冬期道路における希望速度(km/h)}} \times 100(\%) \quad (1)$$

「冬期道路における希望速度」は
無積雪路面時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

2. 走行試験調査

定点観測装置の点情報を線情報へと拡張するために、走行試験を実施した。ここで得られたデータは、冬期道路交通流シミュレーションモデルの構築に用いた。

走行試験は、国道 17 号塩沢除雪ステーション (214.50kp) から三国トンネル新潟県側入口 (182.18kp) までの約 32 km 区間で実施した。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		

3. 冬期道路交通流シミュレーションの構築

冬期道路交通流シミュレーションモデルの構築には、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²⁾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行った。

3.1 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 - 1 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取る。細胞体では、ニューロン本体であり、各シナプスで受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とおして送られる。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る。

次に、ニューロンをモデル化したものを図-2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 ($f(\text{net}, \theta)$) 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。

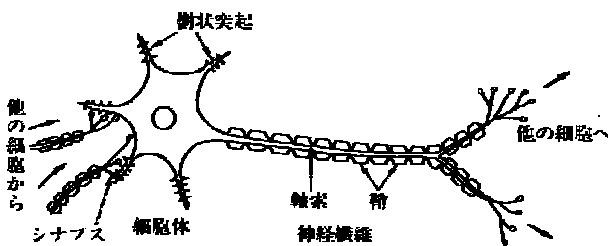


図 - 1 ニューロン構造

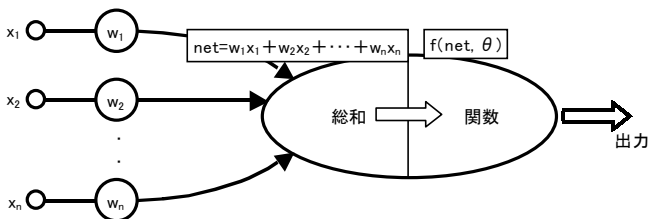


図 - 2 ニューロンモデル

3.2 シミュレーションモデルの構築

本研究で使用した冬期道路交通流シミュレーションモデルを図-3に示した。入力層は9ユニット、中間層は9ユニット、出力層は1ユニットで構成される3層の階層モデルとした。

図-3で四角で囲んだ「雪堤高」「有効道路幅員」「車間距離」は、本研究において導入した入力要素である。これらの要素は、ドライバーが受ける心理的な圧迫感を再現するために導入した。

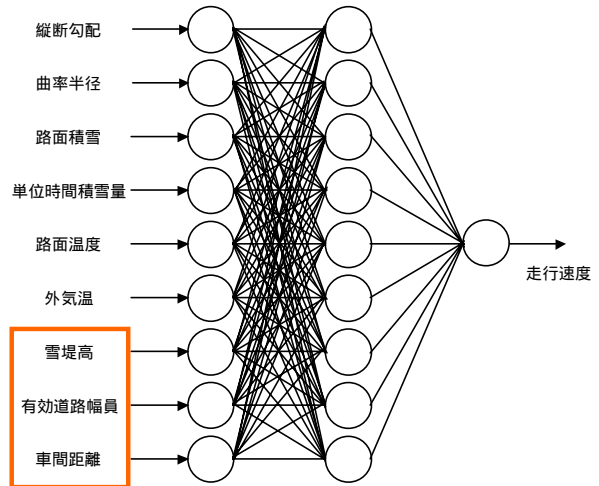


図 - 3 本研究で用いたモデル

3.3 シミュレーションモデルの評価

学習させたニューラルネットワークに、未学習の平成14年2月14日15時38分に上り車線において測定したデータを入力し、走行速度を出力した。その結果を図-4に示した。この図では、実測値と本研究によるモデルの出力値、さらに既往のモデルの出力値を示した。図の左側が三国側であり、右側が湯沢側である。ここでは、上り車線において行ったため、右から左へと走行したことになる。それぞれ実測値との相関係数を求めた。本研究で構築したモデルは0.635であり、既往のモデルは0.322であった。そのため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わかった。

以下に示した場所は、本研究のモデルが、既往のモデルより実測に近い値を出力していることが明らかである。そのため、本研究で導入した入力要素が効果的に作用していることがわかった。

- 186～188kp：火打のスノーシェッド群
- 188～192kp：登板車線を有する直線道路
- 192～194kp：幅員の小さいトンネル
- 194～196kp：曲率半径の小さいカーブが連続する区間

図-5に、本研究のモデルによる出力値と実測値との相関図を示した。ここでは、区間を「山間部」「構造部」「曲線部」「市街部」に分類して表示した。

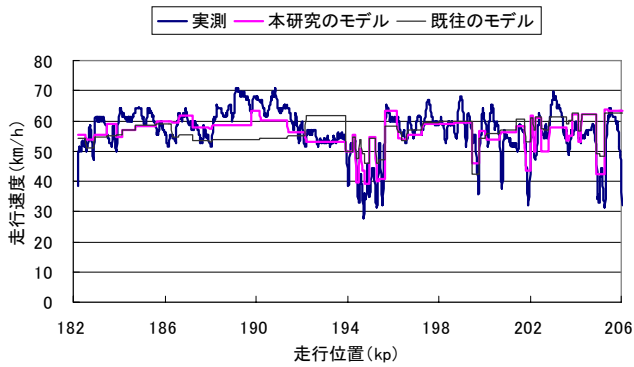


図 - 4 平成 14 年 2 月 14 日 15:38 (上り車線) 測定
本研究のモデルと既往のモデルとの推測精度比較

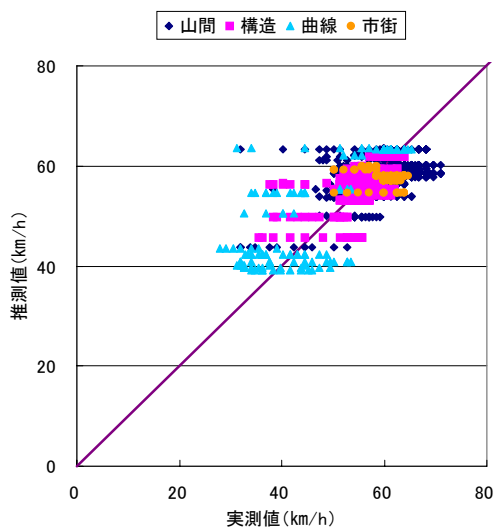


図 - 5 推測値と実測値の相関図

4. 冬期路面管理手法の検討

本研究では、冬期道路交通流シミュレーションを用いることで、路面管理サービス指数を線情報として把握し、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る、検討を行った。

4.1 路面管理サービス指数の出力

定点観測装置による点情報ではなく、線情報として冬期路面を把握し評価する。そのため、前章において構築した冬期道路交通流シミュレーションモデルを用いて、路面管理サービス指数を表示した。ここでは、冬期道路を表 - 3 に示した条件で仮定し、それに対する路面管理サービス指数を出力した。その結果を図 - 6 に示した。ここでは、単位時間積雪量に着目した路面管理サービス指数を、182~194kp に関して示した。

表 - 3 シミュレーション条件

要素	入力値
車線	下り車線
路面積雪	あり
単位時間積雪量	0, 1, 2, 3 cm/h
路面温度 外気温	実測データ (下り車線) 2001 年 1 月 25 日 15:18 測定 平均路面温度: - 0.1 平均外気温: - 1.1
雪堤高	1 m
有効道路幅員	3.5 m
車間距離	考慮しない

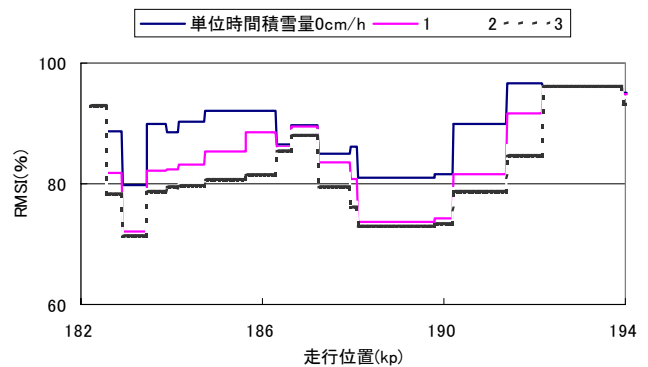


図 - 6 路面管理サービス指数の出力

単位時間積雪量が増加することで路面管理サービス指数が低下するが、その低下量は場所によって異なることがわかった。このような現在の路面の評価を把握することで、除雪タイミングが決定できると考えられる。この結果では、単位時間積雪量が 1cm/h のときには、一部を除いて路面管理サービス指数が 80% 以上である。これは、路面管理サービスレベルが A ランクであることを示す。それに対し、単位時間積雪量が 2cm/h に増加すると、路面管理サービス指数が 80% 以下、つまり路面管理サービスレベルが B ランクに低下する場所が増加した。そのため、除雪タイミングとして単位時間積雪量 2cm/h を目安に出動することが考えられる。ただし、これはこの出力結果から考えられる出動タイミングであり、実際は単位時間積雪量だけで決まらず、道路環境を総合した上で路面管理サービス指数が得られ、その路面管理サービス指数から路面を評価した上で、除雪タイミングが決定される。

4.2 除雪業務でのシミュレーション手法の検討

実際の除雪業務において、走行試験を行わずに冬期路面を評価することが必要不可欠である。そのため、考えられる手法として冬期道路交通流シミュレーションに、定点観測装置による点情報を入力することである。このような手法を行うため、定点観測装置のみのデータをシミュレーションに入力したとき、その出力値の妥当性を検証した。その結果を図-7に示した。ここでは、走行試験のデータを入力値とした場合と、定点観測装置のデータを入力値とした場合の出力結果を比較した。定点観測装置のデータは、点情報であるため、その点の有効範囲を道路線形または構造物の位置を考慮して仮定し、入力した出力結果である。

走行試験によるデータから得られた路面管理サービス指数と、定点観測装置によるデータから得られた路面管理サービス指数は、一部の場所を除いて一致することが確認できた。ここでは、定点観測装置の点情報の有効範囲を仮定したため、その範囲を変化させ、一致しなかった場所において調査を行う必要がある。

道路交通流シミュレーションモデルを構築した。本研究では、既往の研究において用いられた手法であるニューラルネットワークを用いた。そして、モデルの入力要素を増やし、推測精度が既往のモデルより高くなった。

冬期道路交通流シミュレーションは、現在の道路環境を入力することで、走行速度を推測し、現在の路面管理サービス指数を出力することができる。その値から除雪タイミングが決定できることがわかった。ここで、実際の業務においてシミュレーションは、走行試験を行わずに定点観測装置の情報で用いることが必要不可欠であり、その適用性を示した。

以上のことから、本研究による冬期路面管理手法は、定点観測装置のデータを用いてリアルタイムに路面管理サービスレベルを出力し把握し、その値を判断して除雪タイミングを決定することである。

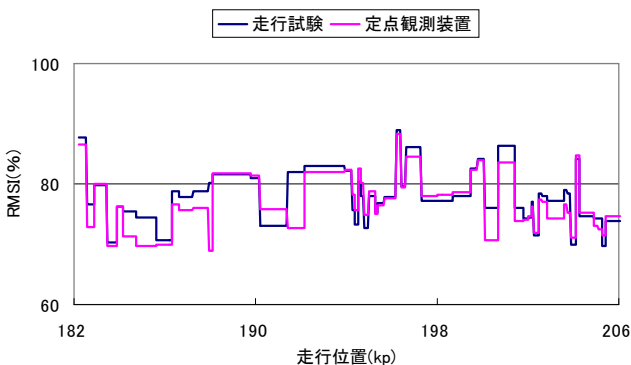


図-7 走行試験と定点観測装置によるデータを用いたときのシミュレーション結果の比較

5. まとめ

本研究では、除雪に関する路面の評価方法として、路面管理サービス指数を用いることとし、定点観測装置の点情報を拡張する線情報の収集のため、走行試験を行った。路面管理サービス指数は、走行速度に依存しているため、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た。

走行試験によって得られた線情報から、冬期

参考文献

- 1) 山田高史, 丸山暉彦, 倉又章: 路面管理の効率化とCS型情報供給の複合化による冬期路面管理, 2000.
- 2) 北山覚: 積雪寒冷地の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, 2001.
- 3) R. ビール, T. ジャクソン: ニューラルコンピューティング入門, 海文堂, 1993.