

ABS 作動データを用いた分析による札幌市内の道路凍結の予測

穂本 浩昇† 田中 譲† 瀧川 一学††

†北海道大学大学院情報科学研究科 †JST さきがけ

1 はじめに

北海道のような積雪の多い寒冷な地域では、冬季特有の交通問題が発生する。その中でも、札幌市は人口 100 万人を超える大都市であり交通量が特に多く、スパイクタイヤの使用規制に伴い、道路凍結によるスリップ事故や道路渋滞が急増した。その対策として、札幌市では凍結防止剤や滑り止め材（滑り止め用の碎石）の散布を行っている。しかし、札幌市全体に散布することはコスト的に厳しく、適切な位置に適切な量の散布をする必要がある。そのような効率的な道路凍結対策を行うためには、道路状況を把握するために道路凍結の検知や予測をするシステムが必要とされている。

道路凍結に関する研究では、主に観測された気象データを用いた分析による統計的手法 [1] と、路面に対するエネルギーの収支をモデル化して路面温度を推定する方法 [2] などが提案されている。統計的手法は、比較的容易に推定を行うことができるが、路面温度などをセンサー等を用いて測定する必要があり、また観測した地域以外では適用できない可能性が高いという問題がある。効率的な道路凍結対策を行うためには、札幌市内のどの地域が凍結しているのかが知りたい。そのために、地域ごとに新たにセンサーを設置し測定することはコスト的に難しい。

そこで、本研究では実際に札幌市を走行した車のアンチロックブレーキシステム (ABS) の作動データを用いた道路凍結の予測モデルの構築と検証を行う。札幌市を 1km のメッシュ状に分割し、そのメッシュ内の ABS 作動時の摩擦係数を気象データや交通データから推定するモデルを構築することで、リアルタイムにエリアごとの道路状態を予測し、凍結防止剤の散布のタイミングや対象エリアの助言サービスとドライバーへの凍結スリップ危険度の警告サービスの実現を目指す。

2 使用するデータ

2.1 ABS 作動データ

2012 年 12 月から 2013 年 3 月までの札幌市での ABS の作動データを用いる。この期間での札幌市での ABS

の作動データ数は約 30000 件である。このデータには ABS が作動した時刻 (1 時間単位) と作動した地点の緯度経度、作動時の速度、終了時の速度や継続時間が記録されている。これらより ABS 作動時の摩擦係数を

$$\text{摩擦係数} = \frac{\text{作動時の速度} - \text{終了時の速度}}{\text{継続時間} \times g}$$

の関係を用いて計算する。(g は重力加速度 9.8[m/s²])

2.2 気象データ

札幌市を 26×31 の 806 個の 1km メッシュ状に分割し、それぞれのメッシュごとに 1 時間の降雪量、気温が記録されたデータを用いる。また、他には札幌市のアメダスのデータから 1 日の平均気温、最高気温、平均風速、湿度、日射量を使用している。

2.3 交通データ

交通データには、札幌市内を走行するタクシーのプロブカーデータを用いる。このデータには、道路リンクごとに 5 分毎のタクシーの通行台数や速度などが記録されている。本研究では、タクシーの交通量は一般の交通量に比例するものとして考える。

3 予測モデルの目的変数と説明変数

3.1 目的変数

同じ路面状況でもタイヤの状態やドライバーのブレーキの踏み方などによって減速度は左右される。また、ABS 作動時は擬似車速を測定しているために摩擦係数に誤差が生じる。そのため、同じ時間に同じ道路で ABS が作動した場合でも摩擦係数が大きく異なることがある。この点を考慮して、各エリアごとの摩擦係数の 6 時間の単純移動平均値を道路凍結の予測のための目的指標とする。路面の状態はあまり急激には変化せず、前の路面状況の影響を受けるために移動平均を用いることで ABS データの個別のばらつきの影響をおさえることができる。凍結路面での摩擦係数は約 0.1~0.2 とされている [3]。本研究では、0.15 以下の路面を凍結路面とすることにした。

3.2 説明変数

3.1 で述べた目的変数の予測に用いる説明変数として表 1 の 12 変数を使用する。

Prediction of icy road in Sapporo using ABS data
†Kosho Akimoto †Yuzuru Tanaka †Ichigaku Takigawa
†Graduate School of Information Science and Technology,
Hokkaido University
†JST PRESTO

表 2: エリアごとのそれぞれのモデルでの推定結果

エリア名	データ数	単純回帰			二段階推定			確率二段階推定		
		平均絶対誤差	中央絶対誤差	RMSE ¹	平均絶対誤差	中央絶対誤差	RMSE	平均絶対誤差	中央絶対誤差	RMSE
エリア A	1329	0.0373	0.0261	0.0531	0.0365	0.0253	0.0527	0.0340	0.0210	0.0499
エリア B	908	0.0473	0.0360	0.0622	0.0460	0.0324	0.0631	0.0427	0.0313	0.0570
エリア C	620	0.0401	0.0293	0.0530	0.0422	0.0307	0.0570	0.0386	0.0307	0.0504
エリア D	205	0.0556	0.0354	0.0748	0.0593	0.0427	0.0824	0.0555	0.0427	0.0754
エリア E	106	0.0517	0.0481	0.0645	0.0547	0.0510	0.0673	0.0522	0.0489	0.0629

表 1: 説明変数一覧

番号	変数名
1	現在気温
2	1 日前 (24 時間以内) の最高気温
3	2 日前 (25~48 時間以内) の最高気温
4	3 日前 (49~72 時間以内) の最高気温
5	現在降雪量
6	1 日前の合計降雪量
7	2 日前の合計降雪量
8	3 日前の合計降雪量
9	現在のタクシーの平均速度
10	現在のタクシーの通過台数
11	周辺エリアのその日の推定摩擦係数
12	周辺エリアのその日の推定 ABS 発動回数

4 実データを用いた予測モデルの評価実験

4.1 モデル構築

3 節で述べた目的変数, 説明変数を用いて, 次の 3 種類の予測モデルを構築し, 実データを用いて予測精度の評価を行った.

- (1) サポートベクトル回帰を用いた単純回帰推定モデル
- (2) 凍結路面 (摩擦係数が 0.15 以下) と圧雪路面 (摩擦係数が 0.15 より大きい) の回帰モデルをそれぞれ生成し, 先にランダムフォレストを用いて分類してから各々のモデルにて回帰をする二段階推定モデル
- (3) 凍結路面と圧雪路面をランダムフォレストを用いて分類し, 帰属確率が 60% 以上の場合は各々のモデルで回帰を行い, そうでない場合には, それぞれの回帰モデルに属する確率をそのモデルによって得られた値にける重み付きの確率二段階推定モデル

予測精度の各評価指標は leave-one-out 交差検証の 100 回平均により算出した. また, 学習や評価を python の機械学習ライブラリである scikit-learn を用いて行った.

4.2 結果と考察

実験の結果を表 2 に示す. データ数が比較的多いエリア A,B,C では, 凍結と圧雪の分類の効果により二段

¹RMSE:Root Mean Squared Error(平均二乗平方根誤差)

階推定で精度が向上している. これらのエリアでの中央絶対誤差は 0.03 前後と良い結果が得られたが, 他の評価の仕方では誤差が大きくなっている. これは, データ数が多いエリアでもすべてのデータに対して平滑化できているわけではないために外れ値の影響を大きく受けるためと考えられる. 一方で, データ数が少ない場合には二段階推定をすることによって精度が悪化している. また, 上記のエリアに比べると誤差が全体的に大きくなっている. これは, データ数が少ないために平滑化できていないデータが多く存在しているためと考えられる.

これらの結果から, 今後, より大規模にデータが収集できれば ABS の作動データを用いて, さらに良い精度での道路凍結の予測が期待できる.

5 おわりに

本研究では, ABS の作動データを用いて 1km のメッシュごとに気象データや交通データからそのエリア内の道路状況を予測するモデルを構築した. データ数が多めに得られているエリアでは中央絶対誤差が約 0.03 と実用的な結果が得られた.

ABS の作動データは, ばらつきが激しくデータを単体で見ると信頼度は低い. そのために, データ数の少ないエリアでは外れ値なども多く十分な精度を得ることはできなかった. しかし, ABS の作動データは多数のデータから平均をとることで実際の路面状況に近くなるのではないかと考えられる. この結果から ABS の作動データをさらに大量に得ることができると精度の向上が期待できる.

参考文献

- [1] 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, pp. 271-278, 1999.
- [2] 井上元哉, 高田吉治. 路面凍結の予測システム. 雪氷 33 巻 4 号, pp. 35-53, 1971.
- [3] 市原薫, 小野田光之. 路面のすべりとその対策. 技術書院, 1997.