

# 路面温度予測による路面凍結危険箇所の推定検討

富士技研センター株式会社 正会員 小川哲也  
 富士技研センター株式会社 正会員 西山芳文

## 1. はじめに

路面凍結現象は九州地方においても発生し、冬季においては高速道路での重大事故の発生要因にもなっている。道路管理者による路面凍結の対応策として、凍結防止剤の散布、滑り止め対策、また、最近ではドライバーに対する路面凍結箇所の情報提供等が実施されつつある。近年、路面凍結現象の予測手法に関する研究が進められ、統計的手法や熱収支法等による予測技術が開発されつつある<sup>1),2),3)</sup>。

本論文では、路面凍結による交通事故防止を目的として、福岡県前原有料道路において過去3年分の気象データを基に、2次元スプライン補間法により道路500mごとの気温、風速等の分布を計算し、それらの計算結果を基に熱収支法による路面温度の推定を試みた。それらの推定結果から路面温度が0℃以下になった累積時間を算出し、路面凍結のし易い箇所の設定を行い、路面凍結ハザードマップの作成を試みた。

## 2. 路面温度予測

### (1) 予測方法

予測に用いた路面温度予測式は、式(1)の熱収支式について、今回の路温予測では $|T_s - T| < 10$  [℃]の条件が成り立つため、式(2)に示す近似式を適用するものとした。

また、必要となるパラメータを以下に示す<sup>3),4)</sup>。

$$R^\downarrow = \sigma T^4 + H + \epsilon E + G \quad (1)$$

$$|T_s - T| = \frac{R^\downarrow - \sigma T^4 - \rho \beta C_H U [q_{SAT} (1 - rh)]}{4\sigma T^3 + c_p \rho C_H U \Delta + \cos \frac{\pi}{4} (\omega c_G \rho_G \lambda_G)^2} \quad (2)$$

但し、 $R^\downarrow$  : 入力放射 [ $W/m^2$ ]

: ステファン・ボルツマン定数

( $= 5.67 \times 10^{-8} [W/m^2 K^4]$ )

$T$  : 気温 [K]

$T_s$  : 路面温度 [K]

: 空気密度 [ $kg/m^3$ ]

: 気化潜熱 [ $2.5 \times 10^6 J/kg$ ]

: 蒸発効率 (=1)

$C_H$  : バルク係数 (=0.003)

$U$  : 風速 [m/s]

$q_{SAT}$  : 温度  $T$  における飽和比湿 [ $kg/kg$ ]

$rh$  : 相対湿度 [%]

$c_p$  : 空気の定圧比熱 (=1005) [ $J/kg \cdot K$ ]

: 飽和比湿の温度に対する変化率

: 地表面温度周期変化の角速度 ( $= 0.727 \times 10^{-4} [s^{-1}]$ )

$c_G$  : アスファルトの比熱 (=879) [ $J/kg \cdot K$ ]

$\rho_G$  : アスファルトの密度 (=2250) [ $kg/m^3$ ], 道示)

$\lambda_G$  : アスファルトの熱伝導率 (=1.05) [ $Jm^{-1} s^{-1} K^{-1}$ ]

入力気象条件は、アメダス観測点及び道路端の定点気象観測所(今宿観測所、瑞梅寺橋観測所)の観測値を使用した(図-2)。なお、今回は車両による放射熱は考慮しないものとした。

### (2) 路面温度予測

図-1 は気象データと式(2)により予測した路面温度と実測値をプロットしたものである。実測値に比べ予測値が2℃程度低く予測される傾向にあるが、路温が0℃以下になる累積時間を算出するに当たっては問題ないと考えられる。

## 3. 気象データの道路分布推定

### (1) 推定方法

道路の雪氷対策及び凍結箇所の実用性を考えると、少なくとも道路上500mごとの路面温度を予測する必要がある。そのため、路面温度の予測に必要な気象データについて、道路500mごとの分布を推定する必要がある。推定方法は、地形や構造物等による影響パラメータを重回帰分析等により計算する統計的手法が考案されているが、本論文では図-2に示す前原道路近傍の4箇所の気象観測値を、2次元スプライン補間法を用いて道路500mごとの気象データを推定することを試みた。

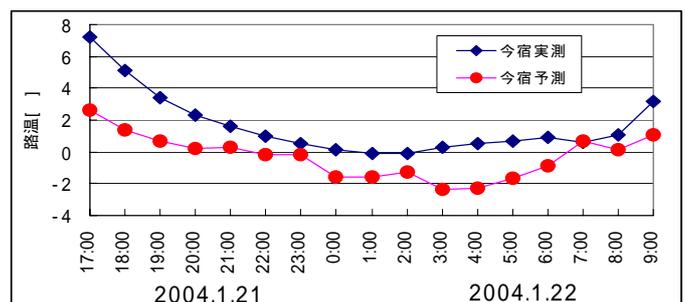


図-1 路面温度予測結果

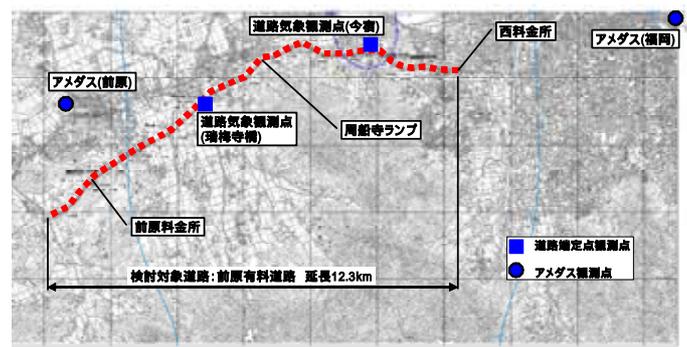


図-2 対象道路・気象観測点

**(2) 気象データの道路分布**

気温データをスプライン補間法により推定した結果を、前原道路の西料金所、周船寺、前原料金所について図-3 に示す。横軸は時間、縦軸は気温を示し、同時に実測値をプロットした。これを見ると、3箇所とも 1/22 6:00 以外は推定値と実測値がほぼ一致している。1/22 6:00 における推定値と実測値に差異は、局所的な要因よりも道路全体で共通した要因と考えられ、前原道路内における相対的な路面凍結危険箇所の評価においては、問題ないと考えられる。

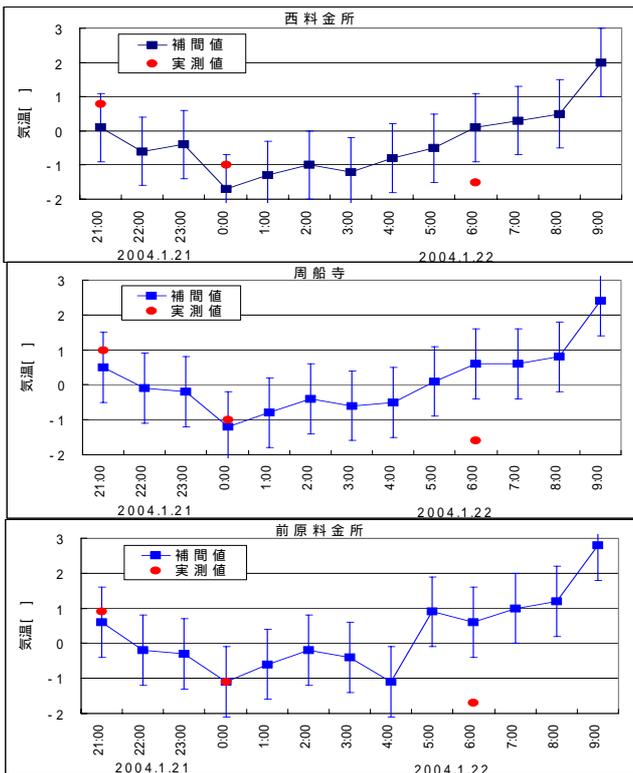


図-3 気象データの分布推定結果

**3. 路面凍結ハザードマップ**

**(1) 路面凍結累積時間の予測**

本論文では、路面温度が 0[ ]以下になった時間を路面凍結が発生した時間として定義した。2003-2005 年までの冬季(1-3月,12月)における前原道路 500m ごとについて、路面温度を予測し路面温度が 0[ ]以下になった累積時間(以下、路面凍結累積時間)を計算した。尚、日ごとの予測時間は、路面凍結が発生し易い 17 時~翌 9 時までを対象とした。その結果を図-4 に示す。図-4 は横軸が前原道路のキ口標、縦軸は路面温度が 0[ ]以下になった累積時間を示す。路面凍結累積時間が非常に多い箇所は、瑞梅寺及び雷山橋で 580 時間程度(全時間 5635 時間)あり、同橋は 2 橋とも鋼床版箱桁橋である。次いで、2-3kp 付近であり(図-4 の斜線部)400 時間程度となっている。

**(2) 路面凍結ハザードマップ**

図-5 に路面凍結累積時間を基に、路面凍結危険箇所

を設定し道路平面図上に示したハザードマップを示す。最も危険な箇所を赤色で示し、瑞梅寺橋及び雷山橋部が路面凍結を最も発生し易いことを意味する。また、西料金所付近は斜線部について路面凍結が発生する確率が高い箇所として設定した。実際の路面凍結ハザードマップは、事故防止の観点から作成されるものであるため、路面凍結箇所以外にブレーキを頻繁に踏む箇所(ON・OFF ランプ部)や横風を受ける箇所等についての情報を記載することとなる。

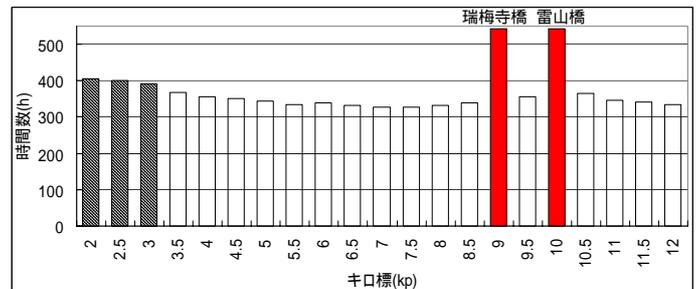


図-4 路温が 0 以下になった累積時間

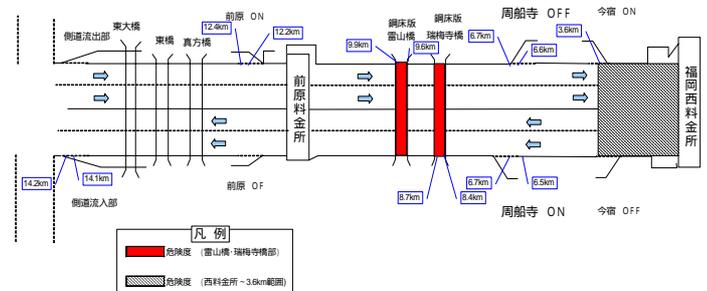


図-5 路面凍結ハザードマップ

**4. まとめと今後の課題**

今回の研究により得られた成果を以下に記述する。

路面凍結ハザードマップを作成する上で、気象データに局所的な路面温度の推定方法について示した。

路面温度の予測結果から路面凍結時間を計算することにより、路面凍結ハザードマップへの適用方法を示すことができた。

今後の課題として、道路の維持管理面から路面温度の推定ピッチを、100m 程度にすることが望まれている。実測データと本手法による予測値との検証を今後も行い、精度向上についての検討が必要である。また、本手法の都市部での適用性の検証を進める予定である。

**参考文献**

- 1) 近藤純正:地表面に近い大気の科学,東京大学出版会.
- 2) 福原輝幸・渡邊洋・藤本明宏:凍結路面の発生メカニズム,日本雪工学会誌,Vol.21,No.2,pp.110-115,2005.
- 3) 高橋尚人・徳永ロベルト・浅野基樹・石川信敬:交通量を考慮した熱収支法による路面温度推定モデルの構築について,北海道開発土木研究所月報,No.631,pp.28-36,2005
- 4) 上田真代・高橋守人:鋼床版舗装の温度測定,開発土木研究所月報,No.572,pp.33-38,2001