# 北近畿豊岡自動車道における広域路面温度予測モデルの精度検証

福井大学 正会員 ○齊田 光
土木研究所寒地土木研究所 正会員 藤本 明宏
福井大学大学院工学研究科 正会員 寺崎 寛章
福井大学大学院工学研究科 正会員 福原 輝幸

## 1. はじめに

積雪寒冷地域では，冬期の路面凍結や積雪による事故および渋滞が多発しており，これに伴う人的および経済的損失は大きな問題となっている．その一方で，これらの地域では凍結防止剤の散布やタイヤ確認などに多額の費用を費やしており，道路管理者は雪寒対策費用の削減と冬期道路のサービスレベル維持の両立が求められている．この問題を解決する方法の1つとして，数時間から数日先の路面温度を予測する手法(路面温度予測モデル)は様々な機関で開発が行われている[1)]．この中でも路線全体の路面温度を予測するモデル(広域路面温度予測モデル)は予測結果を基に凍結防止剤散布や除雪の区間やタイミングを決定することが出来るため実用性が高く，冬期道路管理への適用が期待されている．しかしながら，広域路面温度予測モデルは予測精度の検証例が少ないため信頼性に乏しく，現時点では一般に広く用いられていない．

この問題を解決するための一助として，本研究では兵庫県北近畿豊岡自動車道を対象として広域路面温度予測モデルの予測精度について検討を行ったので，ここに結果の一部を報告する．

## 2. 広域路面温度予測モデルの概要

本研究では，路線周辺の建築物や地形(沿道地物)による日射遮蔽や反射が路面温度に及ぼす影響をデジタル地表データ(DSM)を用いて定量的に評価する広域路面温度予測モデル(以下 SAFF モデル)を用いて路面温度の予測を行った(Fig. 1 参照)．路面における熱収支は以下の式で表される．

$$(\rho c)_s \frac{\partial T_s}{\partial t} z_s = q_{cs} + q_{sds} + q_{lds} - q_{lus} + q_{as} \quad (1)$$

ここに，$(\rho c)_s$：道路表層の体積熱容量(J/m$^3$K)，$T_s$：道路表層温度(℃)，$z_s$：道路表層厚(m)，$q_{cs}$：路面熱伝導フラックス(W/m$^2$)，$q_{sds}$：路面に入射する日射フラックス(W/m$^2$)，$q_{lds}$：路面に入射する長波放射フラックス(W/m$^2$)，$q_{lus}$：路面からの長波放射フラックス(W/m$^2$)，$q_{as}$：車両誘発風および自然風による顕熱フラックス(W/m$^2$)，および $t$：時間(sec)である．各項の詳細な計算方法については参考文献 2)を参照されたい．

## 3. SAFF モデルの精度検証方法

2012 年 12 月 25 日 15:00 から 12 月 27 日 10:00 に亘り，北近畿豊岡自動車道和田山 IC－青垣 IC 間において路面温度空間分布の計測(サーマルマッピング)を行った．ま

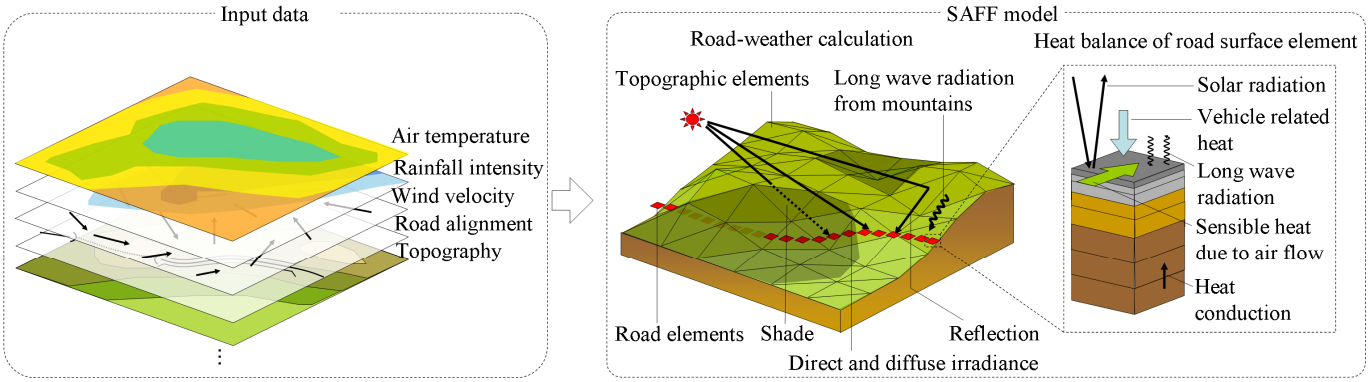


Fig. 1 SAFF モデルの概要

キーワード：サーマルマッピング，沿道状況，冬期道路管理，路面温度予測
連絡先 ：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科環境熱・水理研究室 TEL 0776-27-8595

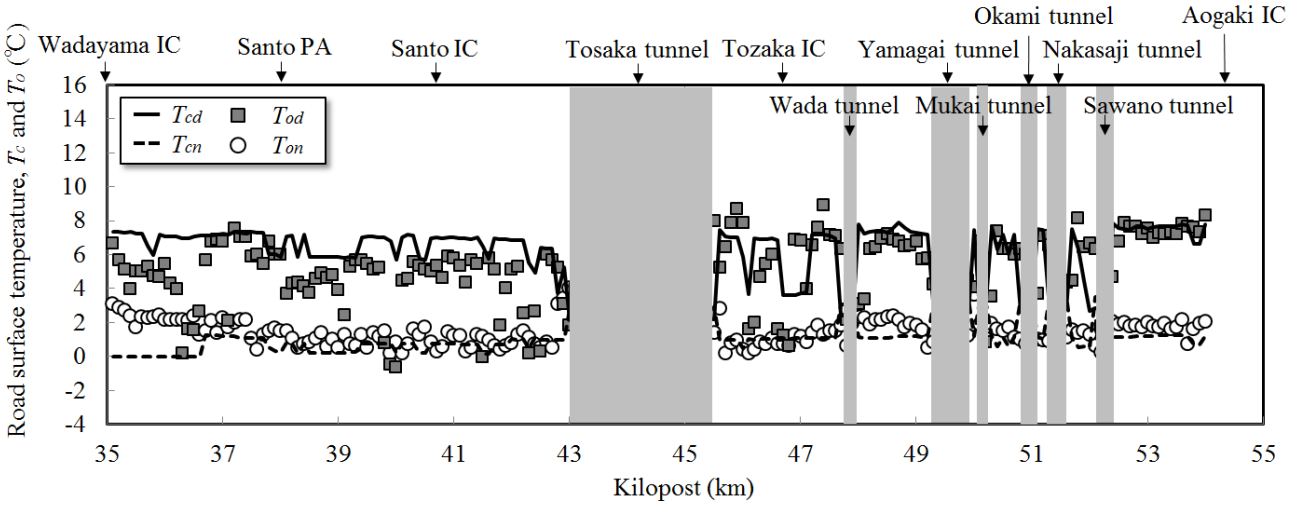


Fig. 2 2012 年 12 月 25 日 22:00 および 12 月 27 日 10:00 における路面温度空間分布の実測値および計算値

Table 1 各時刻の路面温度予測誤差および 0℃分割的中率

| 時刻 | 路面温度予測誤差(℃) | 0℃分割的中率(%) | 過大評価率(%) | 過小評価率(%) |
|---|---|---|---|---|
| 12/25 18:00 | 0.93 | 99.4 | 0.6 | 0.0 |
| 12/25 22:00 | 0.91 | 99.0 | 1.0 | 0.0 |
| 12/26 2:00 | 0.92 | 99.4 | 0.6 | 0.0 |
| 12/26 7:00 | 1.01 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12/26 10:00 | 1.19 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12/26 14:00 | 1.14 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12/26 18:00 | 2.17 | 31.9 | 65.3 | 2.8 |
| 12/26 22:00 | 1.63 | 46.6 | 24.1 | 29.3 |
| 12/27 2:00 | 1.71 | 64.7 | 6.1 | 29.2 |
| 12/27 7:00 | 2.03 | 58.0 | 10.1 | 31.9 |
| 12/27 10:00 | 1.95 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| 全時間平均 | 1.42 | 81.7 | 9.8 | 8.5 |

た, SAFF モデルを用いて同期間の路面温度空間分布を計算し，観測により得られた値と比較することで路面温度予測精度検証を行った．計算に用いた気象条件は気象庁メソ数値予報モデルとし，日射フラックスは Berlage 式, Bouguer 式および近藤による雲量を考慮した補正式[3]により，長波放射フラックスは Brunt 式によりそれぞれ求めた．路面温度初期値は 12 月 25 日 15:00 における路面温度空間分布の実測値を用いた．

## 4. 精度検証結果および考察

Fig. 2 は 2012 年 12 月 25 日 22:00 および 12 月 27 日 10:00 における路面温度空間分布の実測値 $T_o$ と計算値 $T_c$ をそれぞれ示す．なお，図中灰色の区間はトンネルを示す．12 月 27 日 10：00 における路面温度実測値 $T_{od}$(図中■)は道路南側の沿道地物による日射遮蔽の影響を受け，36 から 43 キロポストおよび 46 から 47 キロポスト付近で断続的に他の区間より小さくなった．同時刻における路面温度計算値 $T_{cd}$(図中実線)は $T_{od}$ とおおむね同様の傾向を示したが，39 から 43 キロポスト付近では DSM 解像度(50m)より小さな沿道地物が路面温度に与える影響を考慮できなかったために $T_{od}$ との差が大きくなった．他方，12 月 25 日 22:00 における路面温度実測値 $T_{on}$(図中○)と計算値 $T_{cn}$(図中破線)は良好に一致した．

Table 1 は各時刻の路面温度予測誤差，0℃分割的中率(全区間長に対する $T_o$ および $T_c$ がともに 0℃以上または 0℃未満となった区間長の割合)，過大評価率および過小評価率を示す．路面温度予測誤差は 12 月 26 日 18:00 以降にやや増大し，0℃分割的中率は低下した．この理由としては, SAFF モデルでは 12 月 26 日 18:00 からの弱い降雪が路面温度に及ぼす影響を正確に評価できなかったためであると考えられる．

## 5. おわりに

本研究により，広域路面温度予測モデル(SAFF モデル)を用いることで路面温度予測および凍結危険性の予測をおおむね正しく行うことが可能であることが示された．今後は予測精度の検証をより多くの路線で行うとともに，SAFF モデルの改良による予測精度の向上を目指す．

## 参考文献

1) 例えば，高橋尚人，浅野基樹，石川信敬：沿道構造物の影響を考慮した路面温度推定モデルの構築について，寒地技術論文・報告集，Vol. 22，pp. 153-158，2006.

2) 齊田光，藤本明宏，福原輝幸：熱収支法による広域路面温度予測モデル —乾燥路面の路線温度分布予測—，土木学会論文集，Vol. 69，No. 1，pp.1-11，2013.

3) 近藤純正：水環境の気象学 —地表面の水収支・熱収支—，朝倉書店，pp. 86-91，1994.