

北海学園大学工学部

正員 武市 靖

日本道路公団札幌建設局

問谷邦利

1. まえがき

路面凍結の予測手法として、道路周辺の気象データを説明変数とした重回帰分析やそれらを入力データとして繰返し演算を行って平衡地表面温度を求める熱収支解析、日最高・最低気温の予測式から路面凍結の時刻を予測するもの等がある。本研究では、フーリエ解析により、路面温度の日較差に対応した路面温度の日変動モデル曲線を作成し、予測日の路面凍結開始の時間帯を予測する手法について検討した。本文は、予測手法及び旭川鷹栖の観測現場における実測値と予測値との比較検証結果から算出した的中率について述べるものである。

2. 予測手法の手順

フーリエ解析による路面凍結の予測手法の検討は、先ず、札幌の市道観測現場での計測データを用いて行い、この手法の汎用性を明らかにするために、旭川鷹栖インターチェンジに造成された現場凍上試験ヤードの舗装路面の計測データを用いて以下の検討を行った。路面温度(以下、路温と略称する)の実測値は、アスコン舗装面下1cmに埋設された温度センサーにより1時間間隔で計測された1991年1月～3月のデータで、路面は除雪状態である。

予測手法の手順は、図-1に示すように、各月の観測日を路温の日較差(最高路温-最低面温)を5℃毎に分類し、各分類に対する7時～翌朝の6時迄の1時間毎の温度勾配を求め、それらの累積平均値による日変動を算出した。この日変動をフーリエ解析により理論曲線を作成し、路温の日較差に対する予測モデルを作成した。図-2は、試験ヤードでの1991年1月～3月の観測データに基づき作成した各月の予測モデルの内、日較差が大きい3月の予測モデルを示したもので、図の右上に予測

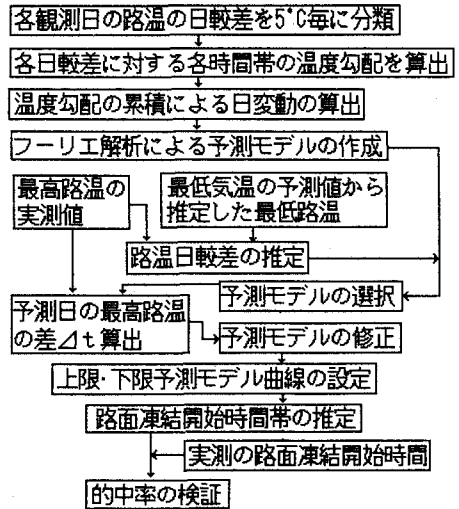


図-1 予測手法の手順

モデル1の上限・下限予測モデル曲線を付け加えた。

予測モデルのあてはめには、予測地点の14時までの路温の実測から得られる最高路温と、14時～翌朝6時における最低気温の予測値が与えられることを前提としている。最低気温と最低路温とは、図-3に示すように、良い相関を示すので、最低気温から推定した最低路温と実測の最高路温とから日較差が推定さる。

図-4は、日較差の実測値と推定値

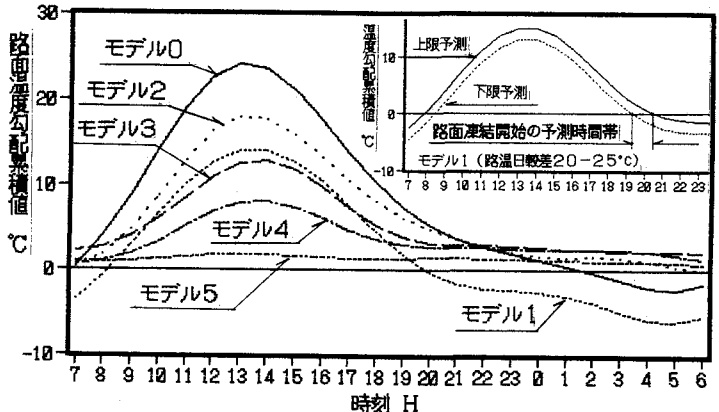


図-2 路温日較差に対する3月の予測モデル

との関係を示したもので、推定日較差から予測日に対応する予測モデルが選択される。予測モデルは、温度勾配の累積値でいわば路面温度の時間的変動を示しているにすぎないので、予測モデルの最大値 θ_{max} が実測の最高路温 T_{max} になるように、その差 $(\theta_{max} - T_{max}) = \Delta t$ だけ上下に平行移動させて実際の路温の日変動に修正する必要がある。これは、予測モデルを与えるフーリエ曲線の(1)式において、 θ の平均値を示す項の A_0 に $(A_0 - \Delta t)$ を代入すればよい。更に、1本の修正予測モデルから凍結開始時間帯の予測を行うために、 $\pm 1^\circ\text{C}$ 増減させた上限予測と下限予測の2本の修正予測モデル曲線を作成した。路面凍結開始時間の的中の検証については、予測日の実測路面温度が 0°C になる時間が、上限・下限予測の2本の曲線により予測される 0°C の時間帯の中に入っていれば的中となる。

$$\theta = A_0 + A_1 \cos xt + A_2 \cos 2xt + \dots + B_1 \sin xt + B_2 \sin 2xt + \dots \quad (1)$$

3. 解析結果

図-5には、3月初旬(3/5)と下旬(3/24)に予測モデルの1と0を適用した予測結果を示した。的の中率 P_1 と P_2 の算定は、(2)式と(3)に基づいている。

$$P_1 = \{Y / (Y + YN + N)\} \cdot 100 (\%) \quad \dots \dots (2)$$

$$P_2 = \{(Y + YN) / (Y + YN + N)\} \cdot 100 (\%) \quad \dots \dots (3)$$

ここで、Y: 的中した日数、YN: 予測時間が1時間以内のずれの日数、N: 非的中の日数、である。表-1には、同様の方法で算出した1月と2月の的の中率を示したが、各月ともほぼ P_1 が80%以上、 P_2 が90%以上と良い結果が得られた。

表-1 予測モデルによる各月の的中率

モデル	0	1	2	3	4	5	的の中率(%)	
日較差	$25^\circ\text{C} \sim 20$	$15 \sim 20$	$10 \sim 15$	$5 \sim 10$	$0 \sim 5$		P_1	P_2
1月	***	***	3 (0)	6 (1)	9 (1)	9 (0)	87	94
2月	***	2 (1)	3 (0)	4 (1)	8 (2)	5 (0)	79	93
3月	2 (0)	6 (0)	6 (0)	8 (2)	5 (0)	5 (0)	87	94

5. まとめ

フーリエ解析予測モデルの適用による路面凍結開始時間予測の的の中率は良い結果が得られた。今後、熱収支解析モデルによる予測についても同様の検証を行うと同時に、路面凍結のリアルタイムでの検知と予測による雪氷管理システムの検討を行いたい。

【参考文献】

- (1) 問谷, 村橋, 横田: 道路盛土における現場凍上試験, 第27回土質工学研究発表会講演集, 1992.
- (2) 武市, 前野, 久保: 路面凍結の検知と推定手法に関する研究, 土木学会論文集 No. 440/IV-16, 1992.

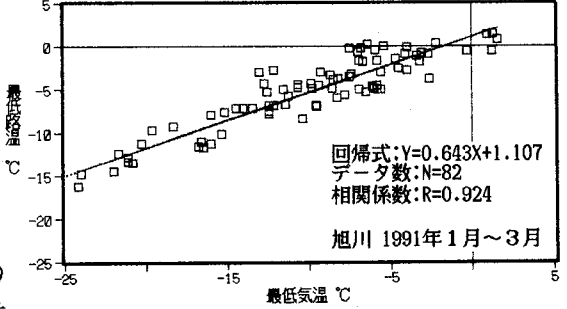


図-3 最低気温と最低路温との関係

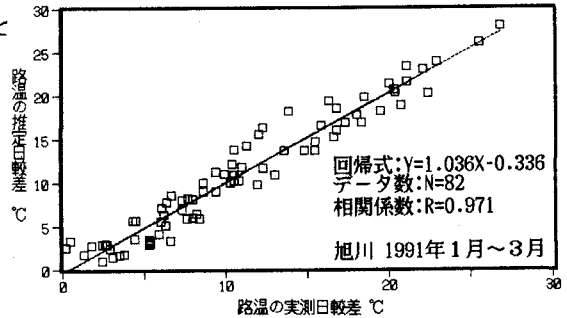


図-4 路温日較差の実測値と推定値との関係

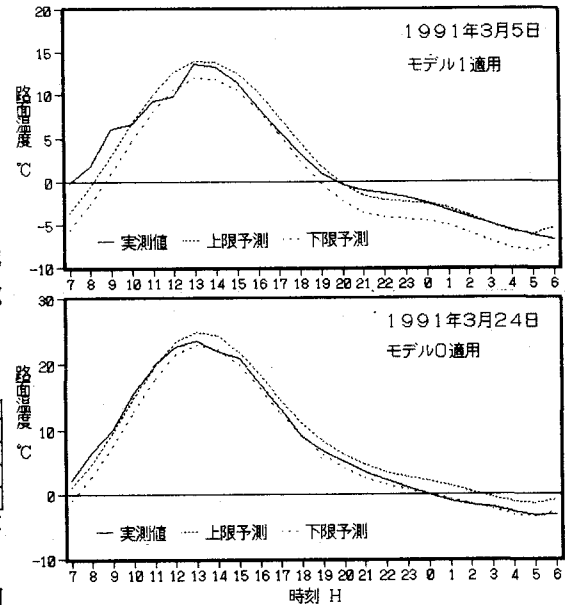


図-5 路面凍結開始時間の予測例