

V-41

道路の温度予測システムの検討

東北学院大学大学院 学生員○坂西 馨

東北学院大学 正会員 菅井幸仁

東北学院大学 正会員 遠藤孝夫

1. はじめに

本論文では、冬期間の道路での凍結防止剤散布や除排雪作業の効率化を支援するため、任意地点の路面温度を精度良く予測する新しいシステムの概念を提案するものである。すなわち、舗装構造の温度を伝熱解析をもとに推定するものとし、この際問題となる舗装材料の熱特性値を逆解析により求め、伝熱解析の境界条件となる日射量や外気温の入力値については、気象庁の予測が発表される地点の値をもとにニューラルネットワークを用いて推定するものである。ここでは、特にこのシステムの成否の鍵を握ると考えられる外気温推定方法を具体的に検討した結果について記述する。

2. 舗装路面温度予測手法の提案

本論文では、図-1に示すような舗装路面温度予測手法のシステムを提案する。

路面温度は道路構造の違いを考慮できる熱伝導解析によって行うものとする。文献¹⁾ではアスファルト舗装構造物の熱伝導解析を行い、良好な精度で温度分布が求まることが述べられている。

また、熱伝導解析では熱特性値が精度に大きく影響を及ぼすが、従来はこの熱特性値を既往の研究成果をもとに与えている場合が多く、これが解析精度の低下の一因と考えられる。そのため、本システムでは熱特性値の信頼性を向上させるため、路面温度を予測する時点までの路面温度や舗装構造体温度の観測値をもとに、熱特性値を同定²⁾し、これによって求まる値を用いることにより舗装路面の温度予測値の精度を向上させようとするものである。

さらに、熱伝導解析の境界条件として考慮すべき外気温と日射量は、路面温度に決定的な影響を及ぼすと考えられる。このため、日射量については気象庁の発表する気象情報を参考に、理論式より算出³⁾するものとする。外気温は気象庁より発表される固定点の時系

列予報をもとにニューラルネットワークを用いて予測する。気象庁より発表される予報の的中率は年々向上し誤差 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 以内に80%以上の的中率である。この予報より、予報が発表されない任意の地点の外気温が推定が出来れば、予測地点での外気温変動も高い精度で求めることができると考えた。

本論文では、気象庁の予報データをもとに、ニューラルネットワークを用いて外気温の推定を行う外気温予測モデルを組み込んでいるところが斬新で、従来のものと大きく異なっている。

なお、ここではニューラルネットワークの教師学習データとして入手が容易で汎用性に富むAMEDAS観測の外気温データを用いることにした。

これらの各手法を組み合わせることにより、国内の任意地点で、舗装構造の違いを考慮した、最適な舗装路面の温度予測システムが構築できるものとする。

図-1に、本予測システムの流れ図を記述する。

3. ニューラルネットワーク・外気温予測モデル

ニューラルネットワークを用いた外気温予測モデルを構築するにあたり、本論文では宮城県(仙台、白石)よ

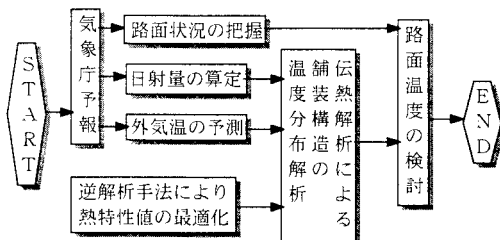


図-1 温度予測システム図

表-1 解析条件の変化

学習データ数の変化	
1998年1月～3月	119データ
1999年1月	
1997年～1998年1月～3月	208データ
1999年1月	
1995年～1998年1月～3月	387データ
1999年1月	
中間ユニット数の変化	8 10 12 15
学習回数の変化	50 100 150 200

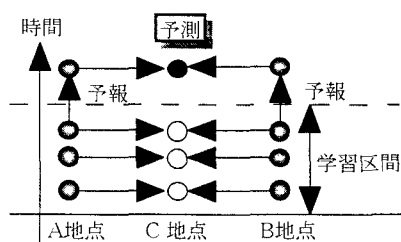


図-2 温度予測模式図

り宮城県(川崎)を、宮城県(仙台)・岩手県(大船渡)より宮城県(古川)を、岩手県(盛岡、大船渡)より岩手県(北上)の3地点の外気温を条件を変化させ解析し、外気温予測モデルを構築する。変化させる条件を表-1に示すとおり、各48ケースについて検討した。

学習方法の模式図を図-2に示す。

各ケースとも学習回数100回で誤差が最小となり、それ以上の学習で精度の向上は見られなかった。中間層12層での各ケースでの誤差を図-3に示す。学習回数100回で誤差が平均的に低くなるのが解る。他の中間層数のケースでは予測波形が振動するなど問題が生じた。そこで外気温予測モデルを中間層12層、学習回数100回、学習データは387データ以上とした。図-4に外気温予測モデルを用いた解析結果を示す。

局所的に最大 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 程度の差が見られるが、平均し80%が $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内の差であり概ね良好な予測値が得られている。また、構築した予測モデルが予測期間が異なった場合での予測精度を確認した。

宮城県(川崎)の1999年2月25日正午～28日正午までを予測したその結果を図-5に示す。局所的に $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 程度の差が見られるが、80%が ± 1.0 以内の差で良好な予測値を示している。

4. 結論

本論文の内容を以下にまとめる。

1. 任意地点の路面温度を精度良く予測する新しいシステムの概念を提案した。これは、舗装構造の温度を伝熱解析をもとに推定するもので、この際問題となる舗装材料の熱特性値を逆解析により求め、伝熱解析の境界条件となる日射量や外気温の入力値については、気象庁の予測がでる地点の値をもとにニューラルネットワークを用いて推定するものである。
2. ニューラルネットワークモデルによる外気温予測モデル構築した。これはを入力層8層、中間層12層、出力層4層にすることで外気温を最大で $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 程度の差

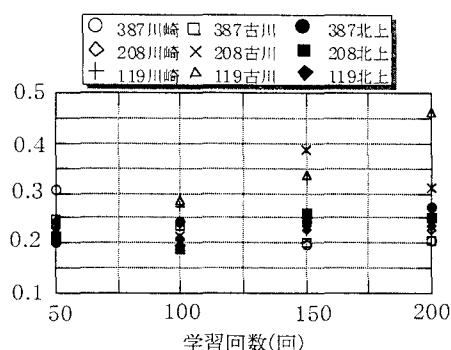


図-3 式4) による誤差

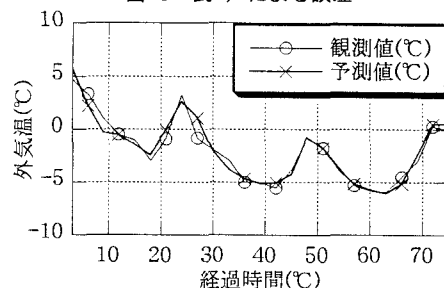


図-4 川崎予測結果

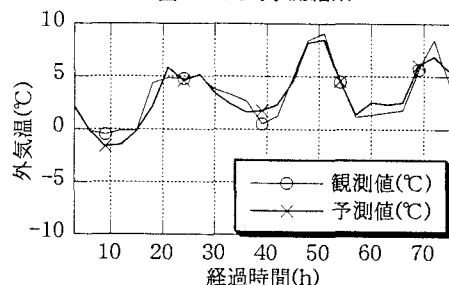


図-5 1999年2月25日～28日

で、解析値の平均80%が $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 以内の差で予測することができた。

3. この外気温予測モデルでは、予測期間を変えても、良好に外気温を推定できることが示された。

参考文献

- 1) 姫野賢治, 渡辺隆, 勝呂太: アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究, 土木学会論文集, 第366/V-4, 1986年2月
- 2) 黒後卓也, 坂西馨, 菅井幸仁, 遠藤孝夫: 実測値にもとづくマスコンクリートの熱特性値の逆解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.1171-1176, 1999
- 3) 山田由紀子: 建築環境工学, 株式会社培風館, 1989
- 4) 村瀬治比古, 小山修平, 石田良平: カルマン・ニューロコンピューティング, 森北出版株式会社, 1994