

# 積雪寒冷地における冬季道路環境向上のためのモニタリングシステムの開発

○八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 学生会員 滝沢 諒  
八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 学生会員 助川由宇  
八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 正会員 杉田尚男  
長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 宮木康幸

## 1. はじめに

冬期の積雪地における雪や凍結の影響は、産業経済活動はもとより人命にも大きく影響している。積雪地における冬期の総事故率は冬期以外の事故率に比べ約3~4倍に上昇する傾向にあり、路面状況の変化が道路交通の安全性に影響を与えている。

そこで本研究では、非接触でかつ広範囲に検出できる赤外線カメラとモノクロ CCD カメラの画像から冬季の路面状況を判別する手法を考案する。

## 2. 実験方法

観測を行うにあたり透水性アスファルト舗装とコンクリート舗装を用い、1.5mの高さにカメラレンズを設置して観測を行う。夜間に時間帯をしぼり、積雪または積雪から融解のデータの取得を主として行うため、路面画像はカメラハウジングで固定し赤外線カメラと CCD カメラからそれぞれ 1 枚/min でデータを取得し、画像処理を施す手法を用いた。



図1 枠組足場上カメラ設置状況

## 3. 画像処理方法の概要

撮影画像は約 30 万ピクセルに (640×482) で出力される。1つ1つのピクセルが 0 (黒) ~255 (白) の 256 段階の濃淡値を持っており、それらの値(輝度値)を得ることで路面状況を定量的に判断することが可能となる。赤外線カメラ<sup>1)</sup>画像は、物体の相対的な温度により濃淡が決まる。今回は図 2 に示すように取得画像をコントラストストレッチし、メディアンフィルタによる雑音除去を行った後、輝度値を算出して用いた。

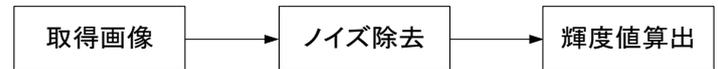


図2 画像処理の概要

## 4. 路面状態の推定と予測手法

### (1) 赤外線カメラによる路面温度算出

赤外線カメラ画像では物体の放射する赤外線量(温度)と輝度値は比例関係にある。しかし、その比例関係は時間経過や画面内の輝度値分布によって変化する。そのため、本実験では温度を一定に保つことのできる保冷材を二つ設置し、その温度を画像取得と同じ間隔で測定することで対象路面の温度を算出した。

前述のような特徴から、赤外線カメラ画像の輝度値より路面温度を推定することができた。平均誤差は 2°C 以内に収めることが可能であった。図 3 に測定路面温度と算出路面温度のグラフを示す。

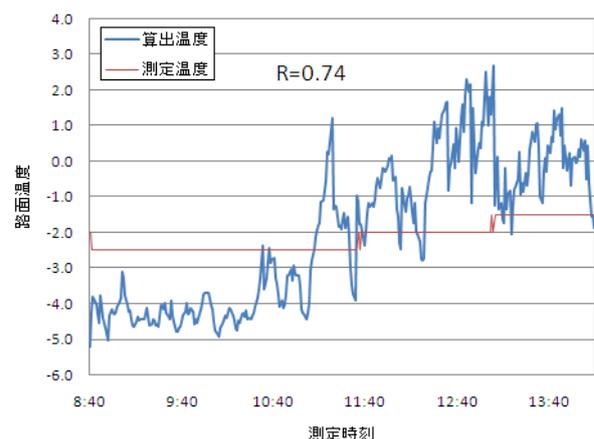


図3 測定路面温度と算出路面温度

図 4 の路面状況判別フローチャートに示すように、赤外線 CCD 各カメラより画像を取得し、ニューラルネットワークでの解析、ファジー推論での解析の各結果を比較し実用性の検証を行った。

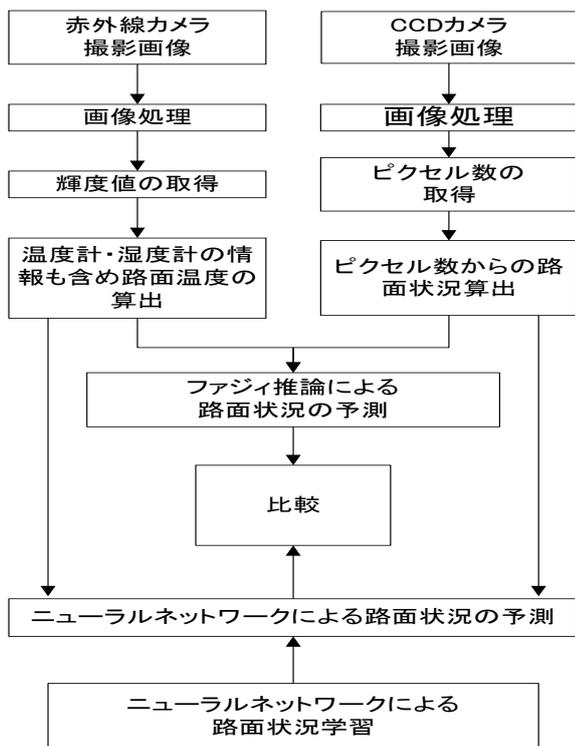


図4 路面状況判別フローチャート

### (1) ファジィ推論

現在までの研究において、画像の輝度値だけでは路面の状況を判別しにくいことが判っているので、赤外線カメラの画像から得た路面温度のデータを含め、ファジィ推論<sup>2)</sup>を用いてこれらの路面状況の判別を行った。

本実験では輝度値を前件部、算出路面温度を後件部とした。メンバーシップ関数の重心を、MIN-MAX 合成重心法を用いて路面状況を算出した。

ファジィ推論により対象路面の積雪面積の割合 (%) を求め、これを推論値とした。また、対象路面の積雪に当たる輝度値範囲をもつピクセル数を計測し、積雪路面の割合を求め、これを観測値とした。

### (2) ニューラルネットワーク

階層型ネットワーク<sup>3)</sup>で、学習にはクロスバリデーション法(CV 法)を用い構築した。階層型ニューラルネットワークでは、多入力1出力のニューロンを1つのユニットとして、多数のユニットが層状にグループ化される。入力信号は入力層から出力層へ一方向にのみ伝達される。各層ユニットは次の上位層のユニット全てに結合しており、同一層内のユニット相互の結合はない。入力層にはアスファルト路面の輝度値と路面算出温度、出力層には観測値を入力した。

## 5. 解析結果

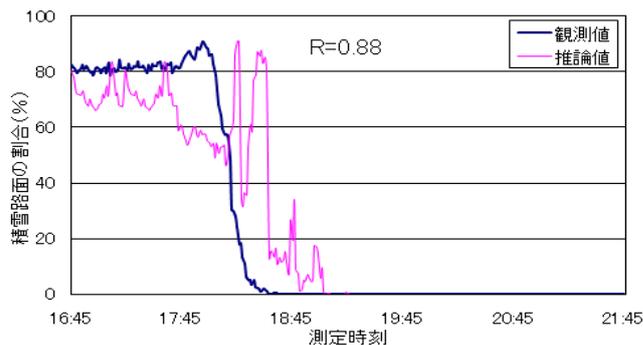


図5 観測値とニューラルネットワーク予測値

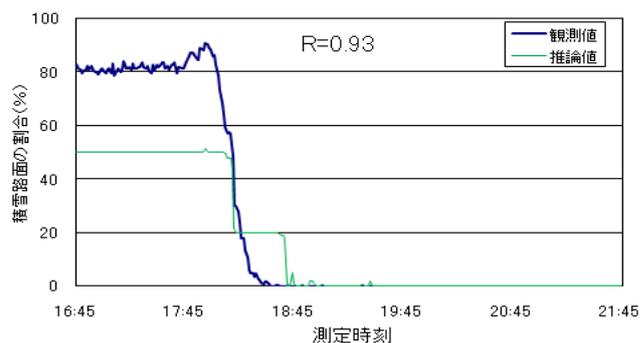


図6 観測値とファジィ推論値

## 6. おわりに

ニューラルネットワークを用いた手法が、ファジィ推論法を用いた手法と比較することで判別状況を明確にできた。相関特性から見て、概ね近似な値となることから短時間における路面の状況を把握することが可能である。入力変数が増加すると再現性が低下する傾向にあるので、今後の課題として学習データの精選、入力変数の選別などを行っていく必要がある。また、長期予測を行なうにはモデル構造に関してもさらに改良する必要がある。システムの改良点として赤外線カメラによる路面温度算出の精度向上、光の反射による輝度値への影響を考慮した手法の開発を行なっていく必要がある。

## 7. 参考文献

- 1) 近赤外光を利用した路面凍結検知システムの開発  
波、本間、宮崎、池上、磯田、村上、金村、安藤  
北海道立工業試験場報告 No. 300
- 2) ファジィとソフトコンピューティングハンドブック  
日本ファジィ学会 共立出版
- 3) 感性と設計  
矢川元基、吉村忍、松田聡浩 培風館