

積雪寒冷地における冬季道路環境向上のためのエキスパート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 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、路面凍結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、積雪・湿潤・凍結の各路面状況を判別する手法を考案する。

2. 実験方法

試験施工箇所は、屋外に透水性アスファルト舗装とコンクリート舗装を試設して、4.5mの高さにカメラレンズを設置するよう枠組足場を設置した。高さの異なる地点の設置場所として、アスファルトとコンクリートの境目、高さ1mの所をカメラレンズの設置場所とした。路面画像はカメラハウジングで固定した赤外線カメラと 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(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。赤外線カメラ画像は、物体の相対的な温度により濃淡が決まる¹⁾。今回は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る。

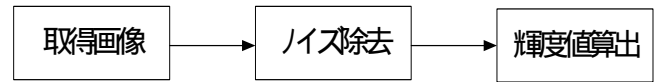


図2 画像処理の概要

4. 実験結果および考察

(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1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。

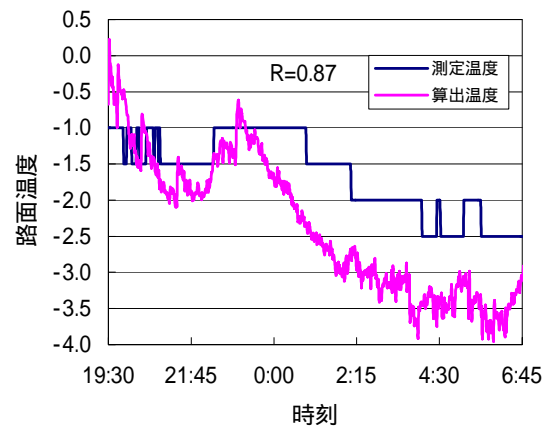


図3 測定路面温度と算出路面温度

(2) CCDカメラでの路面状況判断

輝度値を算出することで、雪が積もった場合の変化(積雪)と、積もった雪が解けたときの変化(融雪)を検知できた。図4に積雪の検知状況を示す。

このように、積雪や融雪は路面状況が変化した際に輝度値が大きく変動し、輝度値からこれらの状況を判別することは十分に可能である。図5に、路面上の水分が凍結していく場合(凍結)の輝度値の変化を示す。凍結前後で輝度値にわずかな違いはあるものの、積

雪・融雪の時のように明確に凍結の状況を検知することはできなかった。また、凍結した路面上の氷が解ける場合（融解）も、同様に輝度値だけでは判別できなかった。

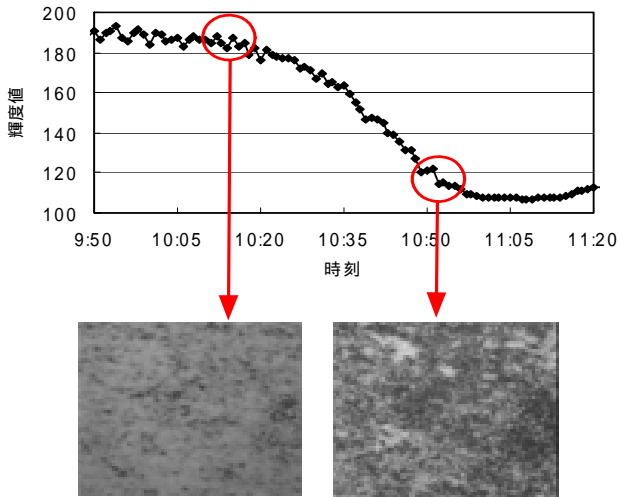


図4 積雪 湿潤の検知

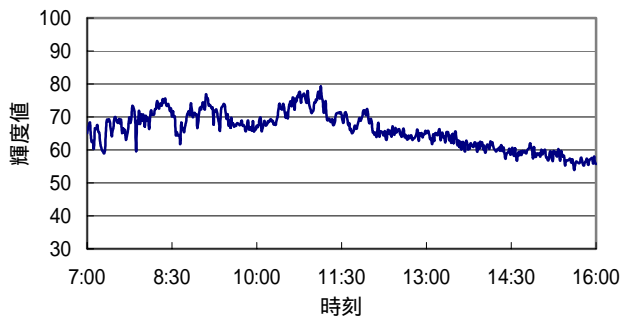


図5 湿潤 凍結の検知

(3) ファジィ推論による路面状況判別手法

画像の輝度値だけでは凍結や湿潤の状況を判別することは出来ないために、赤外線カメラの画像から得た路面温度のデータを組み合わせてファジィ推論を用いて、これらの路面状況の判別を行った。図6にファジィ推論²⁾を組み合わせた路面状況判別手順を示す。本実験では輝度値を前件部、算出路面温度を後件部として広範囲における路面状況を度合いで表す。メンバーシップ関数の重心をMIN-MAX合成重心法を用いた。

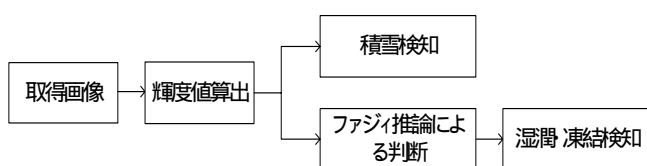


図6 路面状況判別手順

ファジィ推論により対象路面の凍結面積の割合(%)

を求め、これを推論値とした。また、対象路面の凍結に当たる輝度値範囲(65~75)をもつピクセル数を計測し、凍結路面の割合を求めた。これを観測値とした。図7に、推論値と観測値を比較したグラフを示す。

ファジィ推論を用いる事で、現実の路面状況の把握が可能である。

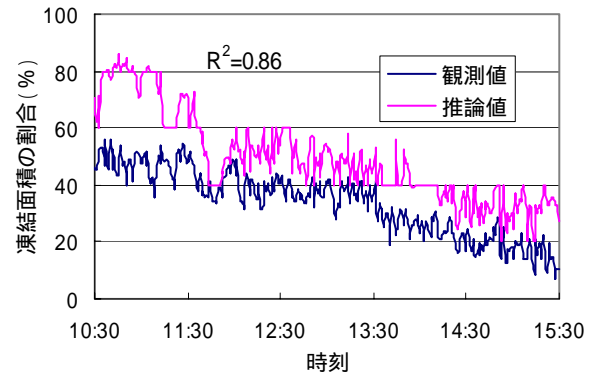


図7 融解の検知

5. おわりに

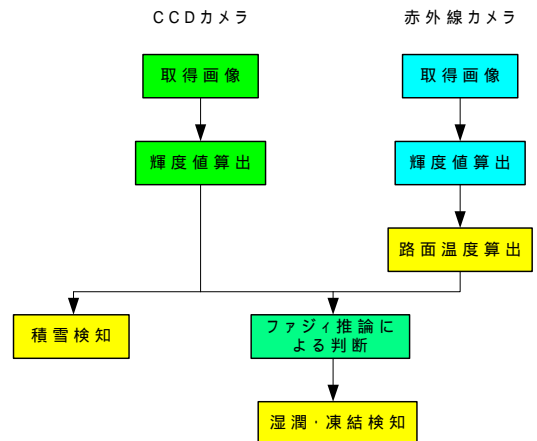


図8 路面状況判別システム

これまでの実験結果より、本研究では図8のようなシステムを構築した。今後の課題として、ファジィ推論で適用できる範囲の拡大、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を開発する必要がある。

謝辞

本研究は、「財団法人長岡技術科学大学技術開発教育研究振興会の平成19年度研究開発助成」を受けて実施したものです。

[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