

画像処理データに基づくウェーブレット解析による冬期路面判別

北海学園大学工学部 正会員 武市 靖 北海学園大学大学院 学生員 佐々木 龍
北海学園大学工学部 ○正会員 三浦 真平

1. はじめに

積雪寒冷地において冬期路面状態を正確かつ迅速に判断することは、効率的な道路管理を行う上で重要である。筆者らはこれまで統計学的パラメータ解析、スペクトル解析による路面状態の判別の検討を進めてきた¹⁾。本研究では空間-空間周波数解析が可能なウェーブレット解析のうち、1次元、2次元離散ウェーブレット変換による路面状態の判別方法について検討を行った。

2. 路面画像

解析は図-1に示す画像について行った。図-1は国道230号線を高さ2.0mから撮影した乾燥、湿潤、氷板、圧雪路面画像を張り合わせたものである。天候は曇り、時間帯は乾燥、圧雪が日中、湿潤、氷板が夕方フラッシュは焚かずに撮影した。また、画素数512×512(pixel)である。1次元の解析は図-1のA-A断面について行った。

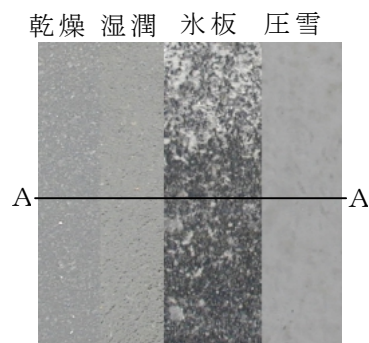


図-1 解析を行った路面画像

3. 1次元離散ウェーブレット変換

ウェーブレットとは、時間(空間)軸に局在する与関数 $f(x)$ から、ある特定成分を取り出す時の最小単位として用いられる。ウェーブレット関数 $\phi(x)$ を b だけ空間座標において平行移動し、 a だけ伸縮した基底関数 $\phi_{a,b}(x)$ は、式(1)で表される。また、ウェーブレット変換の離散表現では、2進移動と2進ダイレーションを施した $\phi(2^j x - k)$ (j, k は整数)と $f(x)$ との内積から、式(2)で表される。

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j}t - k) \quad (1), \quad (W_\psi f)(2^{-j}, 2^j) = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{a}} (2^j x - k) f(x) dx \quad (2)$$

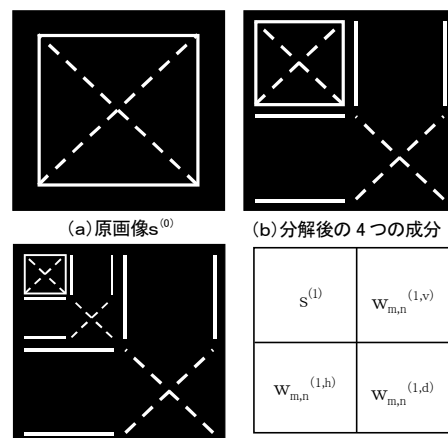
ウェーブレットと同様、このスケーリング関数の整数シフトおよびダイレーションを考え、 $\phi_{j,k}$ を、式(3)で定義する。また、 $\phi_{j,k}$ を用いて、レベル j の近似関数 $f_j(t)$ を式(4)で表す²⁾。

$$\phi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \phi(2^{-j}t - k) \quad (3), \quad f_j(t) = \sum_k s_k^{(j)} \phi_{j,k}(t) \quad (4)$$

4. 2次元離散ウェーブレット変換

図-2(a)(b)(c)(d)は2次元離散ウェーブレット変換のモデルである。(a)の原画像 $s^{(0)}$ をレベル1のマザーウェーブレットで離散ウェーブレット変換を行う。(b)には(d)に示すようにスケーリング係数 $s^{(1)}$ 、ウェーブレット展開係数 $w_{m,n}^{(1,h)}$ 、 $w_{m,n}^{(1,v)}$ 、 $w_{m,n}^{(1,d)}$ が示されている。 $w_{m,n}^{(1,h)}$ は横軸方向にスケーリング関数、縦軸方向にウェーブレットを、 $w_{m,n}^{(1,v)}$ は横軸方向にウェーブレット、縦軸方向にスケーリング関数を、 $w_{m,n}^{(1,d)}$ は横方向、縦方向ともにウェーブレットを作用させた係数を表す。次に(c)に示すように、 $s^{(1)}$ をレベル2のマザーウェーブレットでさらに4つの成分に分解する。この作業を繰り返し行うことが2次元離散ウェーブレット変換である³⁾。

尚、マザーウェーブレットは1次元、2次元解析ともに Haar wavelet を用いた。



(c) $s^{(1)}$ をさらに4つに分解した図 (d) (b)に示される係数
図-2 2次元多重解像度解析のモデル

キーワード: 画像処理、冬期路面判別、1次元・2次元ウェーブレット解析

連絡先: 〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目 Tel:011-841-1161 Fax:011-551-2951

5. 解析結果

図-3は1次元離散ウェーブレット変換の結果である。左最上部には輝度信号、 $s_1 \sim s_4$ がスケーリング係数、 $w_1 \sim w_4$ がウェーブレット展開係数を示してある。表-1は1次元離散ウェーブレット変換におけるレベル1でのスケーリング係数、ウェーブレット展開係数の平均値、標準偏差の結果である。氷板、圧雪路面はそれぞれ特徴ある結果になり判別可能であると考えられるが、乾燥、湿潤路面は近似した結果となり、判別は困難である

表-1 1次元離散ウェーブレット変換の結果

	スケーリング係数		ウェーブレット展開係数	
	平均値	標準偏差	絶対値の平均値	標準偏差
乾燥	158.65	9.38	2.88	3.76
湿潤	161.78	10.12	2.62	3.73
氷板	109.72	25.60	6.34	7.96
圧雪	162.66	3.126	0.72	1.00

図-4は2次元離散ウェーブレット変換の結果を示したものである。濃い青は数値が小さく、薄い青、黄、赤に移るにしたがって数値が大きくなることを示している。表-2は2次元離散ウェーブレット変換におけるレベル1でのスケーリング係数、ウェーブレット展開係数の平均値、標準偏差の結果である。1次元の場合と近似した結果となった。

表-2 2次元離散ウェーブレット変換の結果

	スケーリング係数		ウェーブレット展開係数	
	平均値	標準偏差	絶対値の平均値	標準偏差
乾燥	158.06	8.16	2.99	4.00
湿潤	161.67	9.85	3.45	4.78
氷板	122.51	36.38	5.86	7.65
圧雪	163.66	4.49	0.85	1.14

6. まとめ

今回、冬期路面状態の判別に離散ウェーブレット変換を用いたが、1次元、2次元ともに氷板、圧雪路面は判別可能であるという一定の知見を得た。一方、乾燥、湿潤路面は結果が近似しており明確な判別がしづらく、今後検討が必要とされる。

[参考文献]

- 1) 平河内雄也、武市靖：デジタル画像処理による冬期路面状態の判別方法に関する検討(2)、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集、第V部門、V-4、V-035、2001.10
- 2) 武市靖、平河内 雄也：画像処理による冬期路面の判別方法に関する検討、舗装工学会論文集、第6巻、VOL. 6
- 3) 中野宏毅、山本鎮男、吉田靖夫：ウェーブレットによる信号処理と画像処理、共立出版、pp. 71-73、1999

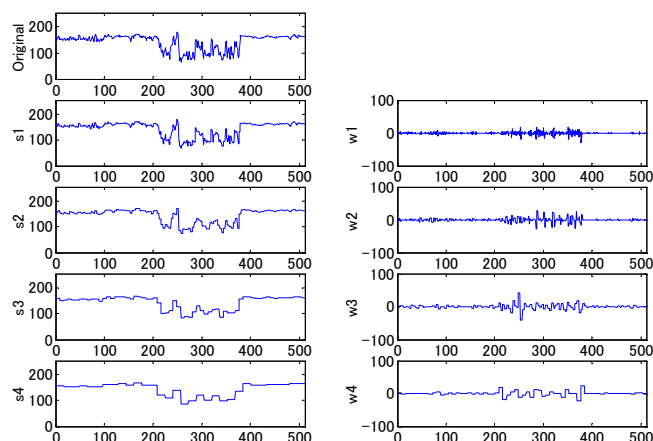
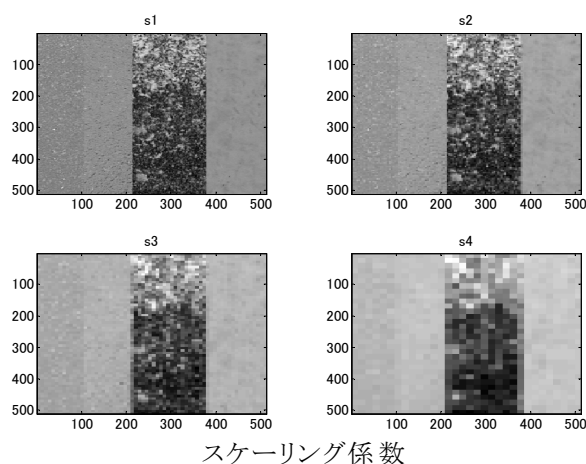
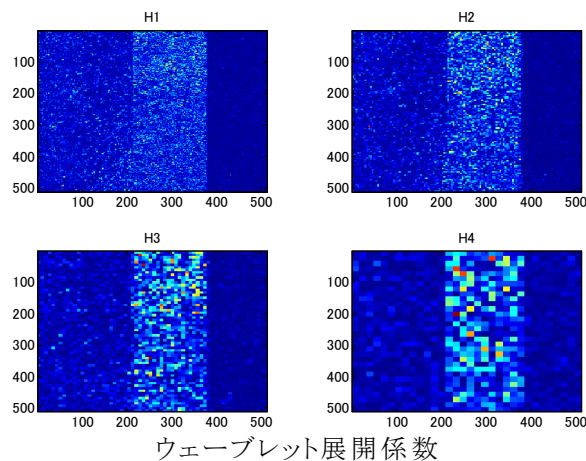


図-3 1次元離散ウェーブレット変換の結果



スケーリング係数



ウェーブレット展開係数

図-4 2次元離散ウェーブレット変換の結果