

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 その2

北海学園大学大学院 学生会員 ○平河内 雄也 北海学園大学工学部 正会員 武市 靖

1. はじめに : デジタル画像処理を用いて、室内撮影でのアスファルト供試体の路面状態判別は以前から進めてきた。本研究では、現場の道路の路面状態判別についての検証をフーリエ変換と統計学的パラメータの組み合わせ及びファジ理論により行なった。

2. 統計学的パラメータ

(1) 確率密度関数 $P_I(I) = \int_{-\infty}^{\infty} I(x) dx$: 輝度の不規則波形 $I(x,y)$ を連続型と考えたとき、その輝度 I が I と

$I + \Delta I$ の間に入る画素数の和に対する全画素数の割合、すなわち正規化されたヒストグラム割合について、その解析区間を十分大きくとったものが確率密度関数 $P_I(I)$ である。

(2) 中心モーメント $M_k = \int_{-\infty}^{\infty} (I - I_m)^k P_I(I) dI$: 中心モーメント M_k は、平均輝度のまわりのモーメント (積率) である。 I_m は平均輝度である。中心モーメントからコントラスト $TV = (M_2)^{1/2} / I_m$ 、歪度 $Sk = M_3 / (M_2)^{3/2}$ 、尖度 $Ku = M_4 / (M_2)^2$ が求まる。

(3) 自己相関関数 $R_I(r) = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} R_I(r, q) dq$: 画素平面で $(\Delta x, \Delta y)$ だけ離れた2点間の輝度 (256階調) の相関の度合いを示したものが、自己相関関数 $R_I(I)$ である。極座標表示 $R_I(r, \theta)$ より、平均輝度を I_m とすると角度平均の自己相関関数が求まる。

(4) パワースペクトル $S_I(r) = \frac{1}{2p} \int_0^{2p} S_I(r, f) df$: 輝度の不規則波形を一連の周波数成分の和と考え、各周波数成分のパワーの分布を示したものがパワースペクトル $S_I(\rho)$ である。極座標表示 $S_I(\rho, \varphi)$ より、角度平均のパワースペクトルが求まる。また、 $S_I(\rho)$ の $10 \leq \rho \leq 20$ (ρ は空間周波数) における平均値を低周波成分 low freq.、 $40 \leq \rho \leq 50$ における平均値を高周波成分 high freq. とおくと、

lowfreq. $= \frac{1}{11} \int_{20}^{10} S_I(r) dr$ 、highfreq. $= \frac{1}{11} \int_{50}^{40} S_I(r) dr$ が求まる。自

己相関関数 $R_I(\Delta x, \Delta y)$ とパワースペクトル $S_I(fx, fy)$ は互いにフーリエ変換(FT)の関係にあるので、 $S_I(fx, fy) = FT[R_I(\Delta x, \Delta y)]$ で表される。

3. 路面撮影 : 路面状態は図 - 1 のように a : 乾燥(dry)、b : 湿潤(wet)、c : 氷板(ice-crust)、d : 圧雪(compact-snow) の4種類を各6枚撮影した。撮影場所は大学周辺の市道、撮影時間は夕方16~17時に行った。色調はモノクロでフラッシュを焚き、デジタルカメラの高さを70、100、150、200cmと変えて撮影した。

4. 統計学的パラメータの解析結果 : 200cmから撮影した各路面の確率密度関数を図 - 2 に示した。乾燥と氷板は類似した輝度分布の形状となり、湿潤はフラッシュの反射の影響が高輝度として現れた。圧雪は均一で尖度の大きい輝度分布となった。

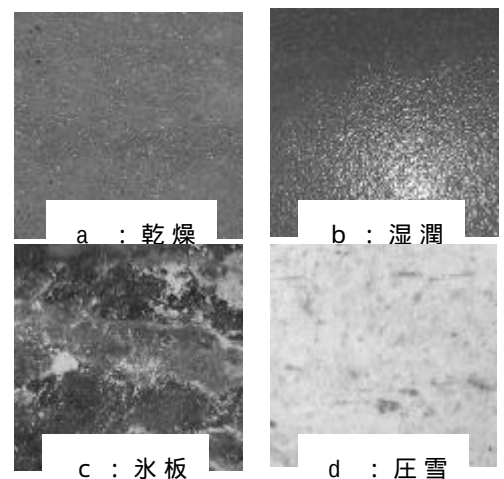


図 - 1 各路面状態の画像
(200cm)

キーワード : 現場の路面状態判別、デジタル画像処理、統計学的パラメータ、ファジ理論

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

コントラスト・歪度・尖度の関係のうち、コントラストと歪度の関係を例として図 - 3 に示した。撮影した4つの高さ全てにおいて、各路面状態でそれぞれクラスターを形成している。また、カメラの高さによる大きな違いは見られなかった。

図 - 4、図 - 5、図 - 6 は200cmの高さから撮影した画像の自己相関関数と画素数、パワースペクトルと空間周波数、パワースペクトルにおける低周波成分と高周波成分の関係である。図 - 4、5 は撮影した内一枚の画像の結果であるが、同じ路面状態においてもばらつきが見られ、判別に適さないと考えられる。図 - 6 においても、乾燥と圧雪の分布が重なってしまい、湿潤・氷板は広範囲にばらついた。

5. ファジィ理論による各路面の発生率 : 判別に適していると考えられるコントラスト・歪度・尖度を前件部、後件部を各路面状態として、200cmの高さから撮影した画像についてファジィ理論による各路面状態の発生率を求めた。実際の路面状態と同じ状態が高い発生率となる結果が得られた。

6. まとめ : 実際の冬期路面状態の判別を行った結果、室内撮影の場合と違いカメラの高さによって大きな違いが見られず、各路面状態でコントラスト・歪度・尖度の値はほぼ一定でファジィ理論でもよい結果が得られた。撮影時間帯は夕方と一定ではあるが、実際の路面状態についても判別は可能であると考えられる。今後は、時間(空間)・周波数領域の解析が可能なウェーブレット変換による検証を考えている。

表 - 1 ファジィ理論による発生率

路面状態	No.	路面状態の発生率			
		乾燥	湿潤	氷板	圧雪
乾燥	No. 1	0.889	0.441	0.697	0.754
	No. 2	0.885	0.440	0.700	0.753
	No. 3	0.891	0.441	0.697	0.754
	No. 4	0.885	0.440	0.700	0.755
	No. 5	0.901	0.441	0.696	0.754
	No. 6	0.894	0.441	0.697	0.754
湿潤	No. 1	0.370	0.875	0.699	0.510
	No. 2	0.370	0.876	0.697	0.512
	No. 3	0.370	0.875	0.700	0.510
	No. 4	0.370	0.875	0.700	0.510
	No. 5	0.372	0.877	0.697	0.512
	No. 6	0.370	0.875	0.700	0.510
氷板	No. 1	0.541	0.596	0.920	0.754
	No. 2	0.542	0.596	0.933	0.754
	No. 3	0.540	0.598	0.920	0.752
	No. 4	0.540	0.595	0.920	0.755
	No. 5	0.540	0.598	0.920	0.752
	No. 6	0.540	0.595	0.920	0.755
圧雪	No. 1	0.542	0.441	0.535	0.948
	No. 2	0.540	0.440	0.535	0.948
	No. 3	0.542	0.441	0.535	0.948
	No. 4	0.540	0.440	0.533	0.948
	No. 5	0.542	0.441	0.534	0.948
	No. 6	0.540	0.441	0.535	0.946

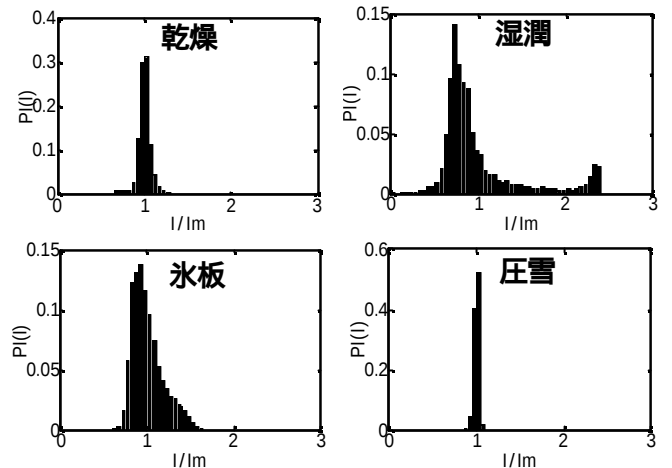


図 - 2 路面状態別の確率密度関

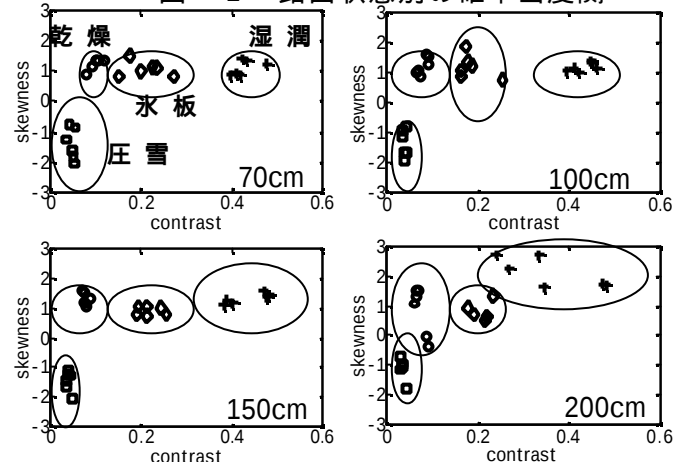


図 - 3 高さ別のコントラストと歪度の関係

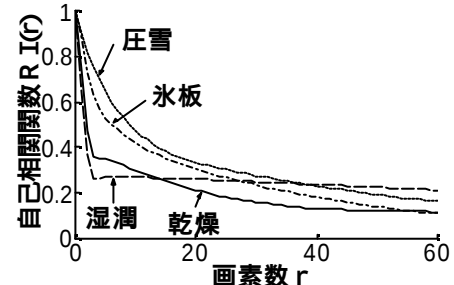


図 - 4 自己相関関数と画素数の関係

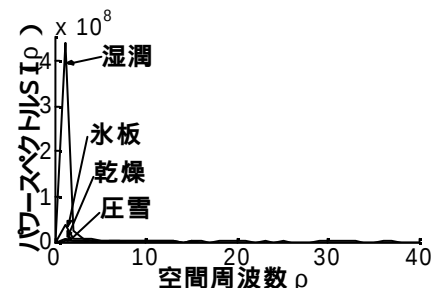


図 - 5 パワースペクトルと空間周波数の関係

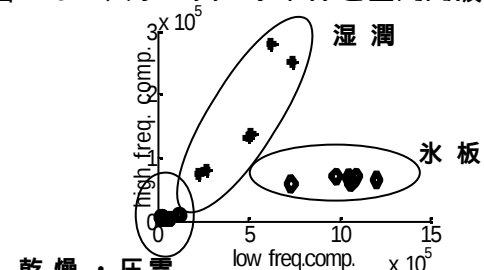


図 - 6 低周波成分と高周波成分の関係