

統計的テクスチャを指標とした 河川護岸表面の景観的特徴

杉尾 哲¹・出口近士²・山崎孝一郎³

¹正会員 工博 宮崎大学教授 工学部土木環境工学科 (〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1)

²正会員 工博 宮崎大学助教授 工学部土木環境工学科

³宮崎県土木部 (〒880 宮崎市橋通東2-10-1)

統計的テクスチャ指標を用いて、自然河岸および在来工法と近自然工法による河川護岸の景観的特徴を抽出した。統計的テクスチャを変量とした主成分分析により、コンクリートブロック護岸、石張・石積護岸および自然石河岸を概ね分類できる護岸表面景観の自然的様相を意味する主成分が抽出された。また、景観保全を意図して施工されている自然石を利用した石張・石積護岸は、自然石河岸がもつ景観的特徴を概ね良好に表現すると推定される。

Key Words : river revetment, texture analysis, Principal Component Analysis

1. はじめに

近年、河川構造物を周囲の自然の風景と調和させることの重要性が認識され^{1), 2), 3)}、護岸についても種々の工法が施工されてきている。ここに、これらの工法による人工的な護岸がどの程度自然の中に溶け込んでいるのかを、定量的に評価することが重要と考えられる。

本論文では、護岸や自然河岸を主として対岸や橋の上から写したカラープリント写真を題材として、物体面の特徴の認識に利用されているテクスチャ解析によって自然河岸と護岸表面の特徴を抽出する。ついで、これらの特徴量を変量とした主成分分析を実施することによって、人工的な護岸と自然河岸の表面の持つ景観的特徴を定量的に分析しようとするものである。なお、本解析は護岸表面のみを景観の対象にしており、周辺景は含まない。

2. テクスチャ解析

テクスチャとは画像の構成要素が表す形状、分布密度、方向など、2次元分布の性質が均質である領域がもつ画像の特徴である⁴⁾。テクスチャには統計的なテクスチャと構造的なテクスチャの2つのレベルが存在するが、本論では統計的テクスチャに着目した。

解析に用いた護岸と河岸はTable 1に示す宮崎県内の河川の護岸(No.101~118)、スイスの近自然工

法護岸(No.201~205)、宮崎県内河川の自然石河岸(No.301~306)および自然植生河岸(No.401~405)である。なお、No.107とNo.109は自然石に似せてつくった疑似コンクリートブロック工である。本論では、コンクリートに石を埋め込んだ工法や加工石を張り付けた工法を石張工、自然石や加工石を積んだ工法を石積工と表現し、表中の記号は後出Fig.2に対応している。これらの写真をPlate 1に示す。

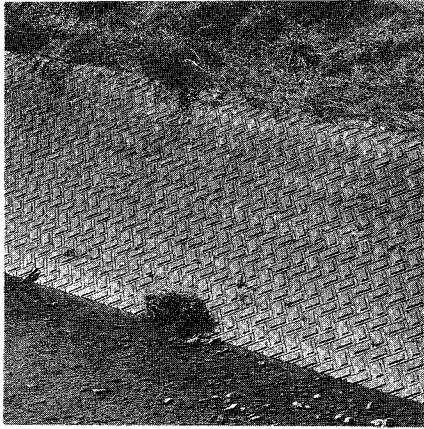
解析の手順を以下に示す。まず、Plate 2に例示するような護岸と河岸のカラー写真の解析部分(97×97画素、Plate 1)をカラーイメージスキャナでR(赤)、G(緑)、B(青)の3原色について8ビットの値として読み込む。ついで、R、G、Bのそれぞれの値を0~13の数値に変換し、その中の最大値で定義される明度 r_k [$k=1,2,\dots,L=14$]による濃淡画像 $f(i,j)$ を作成した。これらの濃淡画像の一部をPlate 3に示す。Plate 1とPlate 3を比較すれば、濃淡画像は、原画像の特徴(パターン)を概ね近似していることが視覚的に判断できる。

この濃淡画像から、1次測度として平均値、分散、スキュー、エネルギー、エントロピーを計算した。すなわち明度 r_k をもつ画素数を全画素数で除し、これを出現確率 $p(r_k)$ として1次測度を計算した⁵⁾。これらの定義式をTable 2の上部に記す。

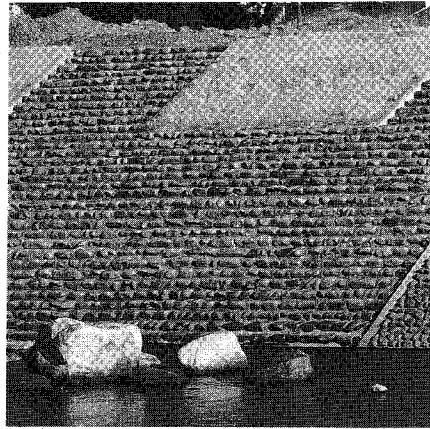
2次測度は同時生起行列法⁶⁾を用いて計算した⁵⁾。これらをTable 2の下部に示す。なお同時生起確率 $P(r_1, r_2)$ は右下に隣接する画素間で計算した。また石と植生を区別する目的で、全画素でのGの数値



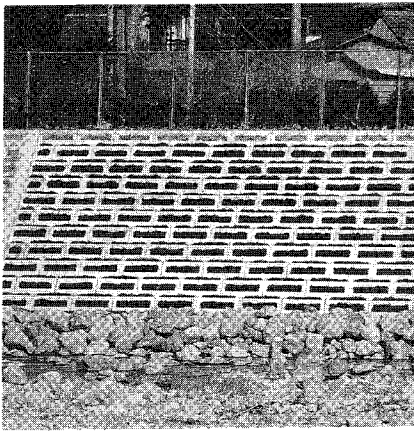
Plate 1 Images of River Revetment Analyzed



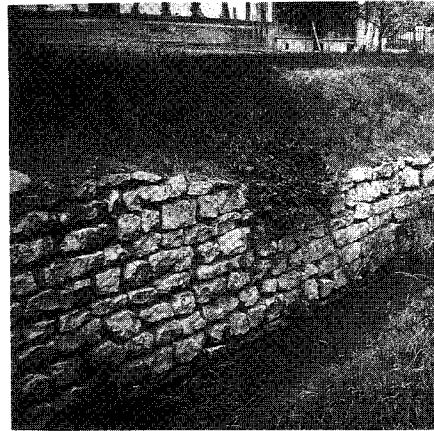
105



108



111



201

Plate 2 Photographs of Representative River Revetments

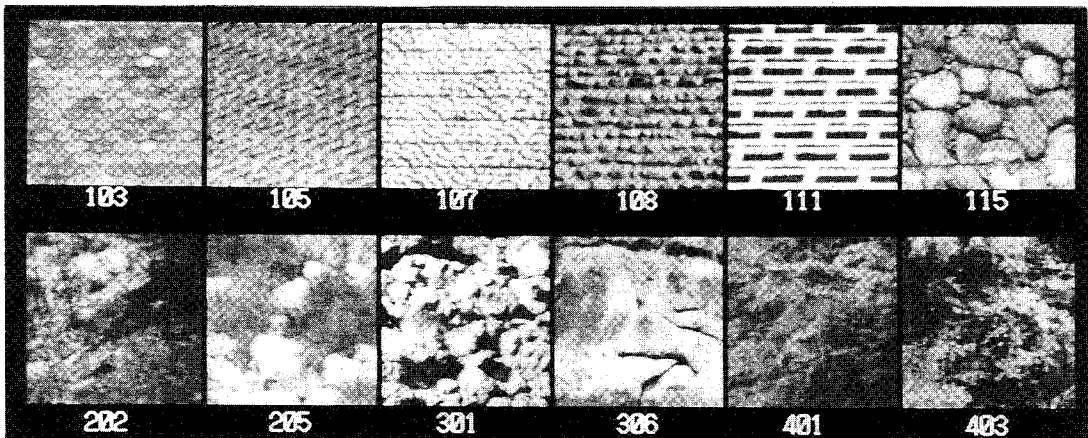


Plate 3 Black and White Images of Representative River Revetments Analyzed

Table 4 Results of Principal Component Analysis

統計量	主成分	
	1	2
平均 \bar{r}	-0.20	0.55
分散 σ^2	-0.42	-0.08
スキュー s	0.18	-0.49
エネルギー e	0.44	0.21
エントロピー h	-0.45	-0.20
均一性 H	0.42	0.14
コントラスト C	-0.39	0.10
相関 Q	-0.04	-0.35
G/R	G/R	0.11 -0.46
固有値	4.38	1.82
寄与率	0.49	0.20
累積寄与率	0.49	0.69

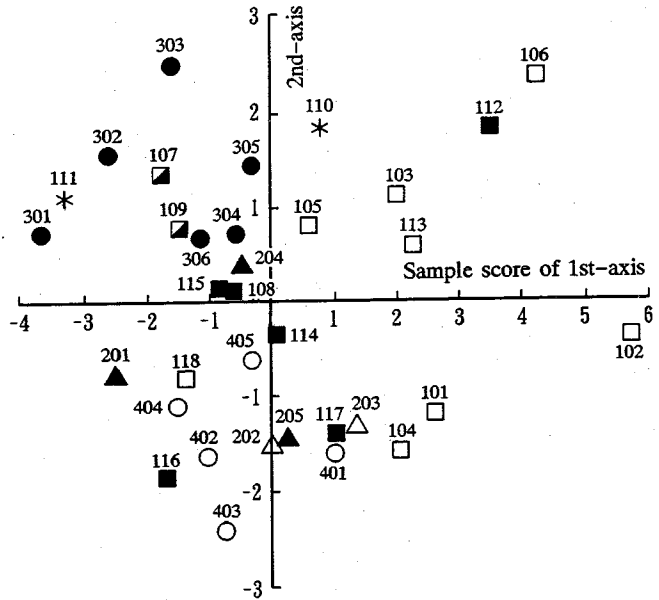


Fig.2 Scatter of Sample Scores

(緑色)を施したNo.111と、比較的大きな石からなるNo.301の自然石河岸の分散が大きい。また、No.101～No.106のコンクリートブロック工の分散は小さく、暗くて平坦な表面であることを示している。

エネルギーは石張・石積工(No.114～No.118)、スイスの近自然工法(No.201～No.205)、自然石河岸(No.301～No.306)および自然植生河岸(No.401～No.405)が $e=0.15$ 程度の総体的に小さな値になっている。

コントラストの最大はコンクリートブロックの中に植生(緑色)を施したNo.111であり、その植生が茶色に変色しているNo.110の値は低い。ついで大きいのは大きな寸法からなるNo.301の自然石河岸であり、小さな石を表現したNo.107の疑似ブロック工が続いている。逆に、コントラストが小さいのはコンクリートブロック工(No.101～No.106)である。これらのことから、コントラストは日光の陰影に依存していて、コントラストを得ようとすれば、石張・石積工が有効と判断できる。

なお、自然植生河岸(No.401～No.405)のコントラストは $C=2.5$ 程度で、本解析に用いた画像の平均的な値となっており、自然植生河岸には適当な濃淡差が存在していることを示している。

これらの結果から、以下のことが特徴として挙げられる。

- (1) コンクリートブロック工は、明度の分散とコントラストが小さく、年月の経過とともに暗く均質的な色調になる。特に護岸面積が大きい場合には、周囲の自然物と異質なテクスチャとなる

可能性が高い。

- (2) 自然石河岸と自然植生河岸の明度の分散は相対的に大きく、エネルギーは低い。また、スイスの近自然工法のエネルギーはこれらの値とほぼ同じである。
- (3) 自然植生河岸には適度なコントラストが存在する。自然石河岸のコントラストは日光の陰影や岩石の大きさに依存すると考えられる。

護岸は河川景観の中でも特に目立ちやすく²⁾、景観全体に与える影響は大きい¹⁾。それだけに護岸工のテクスチャを自然河岸のそれに近づけて人工構造物としての印象を和らげる、すなわち、 $e=0.15$ 程度のエネルギーに近づけ、 $C=2.5$ 程度のコントラストにすることで、周囲の自然の風景と調和³⁾させることができると考えられる。

(2) 主成分分析

上記の9のテクスチャ測度の相関係数を変数として主成分分析を行った。Table 4はこの解析結果の一部であり、第2主成分までを記している。また、Fig.2は各護岸の第1主成分得点を横軸に、第2主成分得点を縦軸にとった散布図である。

第1主成分の固有値ベクトルは、エネルギー(0.44)と均一性(0.43)が正值で大きく、分散(-0.42)、エントロピー(-0.46)とコントラスト(-0.40)が負値で大きい。前項の解析結果を考慮すると、第1主成分は護岸の景観上の自然的様相の程度を表していると判断され、第1主成分スコアが負値で大きいほど景観上の自然的様相の程度が高いと考えられる。

第2主成分の固有ベクトルは平均が正值で大きく、スキューと G/R が負値で大きい。また、自然石河岸(●印)と石張・石積護岸(■印)が上部に、自然植生河岸(○印)が下部に分布している。したがって第2主成分は無機質と有機質の材質を分ける植生指標と解釈できるが、図の下部に無機質材料の護岸が混在していることから、ここでは第1主成分による考察にとどめることとする。

Fig.2において、コンクリートブロック工(□印)はNo.118を除いて第1主成分の正值側、すなわち横軸の右側に分布している。一方、自然石河岸(●印)と自然植生河岸(○印)の大部分はともに左側に分布しており、第1主成分に自然的様相の指標を意味づけることの妥当性を裏付けている。

人工構造物の中で最も左端に位置しているNo.111(*印)はコンクリートブロックの間に植生を施工法の施工直後のものであり、植生は緑色をしている。これと対称的なのはNo.110である。これはNo.111と同一の工法であるが、植生が茶色に変色してコンクリートブロックも若干汚れているために横軸の中央上部に位置している。このことは、ブロック中に植生する工法は、季節によってその自然度が変動し、植生の活性が高い時季には自然石河岸と同程度の自然的様相を造り出すと判断できる。しかし、このNo.110でさえ横軸上ではコンクリートブロック工(□印)の左端に位置しており、活性が低下する時季においても景観保全の上で有効な方法と考えられる。

No.118はブロックの溝が深い点が他のコンクリートブロック工とは異なっている。これは石張・石積工と同程度の第1主成分得点となっており、また自然植生河岸のグループの近くに位置しているのが興味深い。

No.107とNo.109は疑似コンクリートブロック工、No.115およびNo.116は石張・石積工であり、これらは第一主成分得点の負値の領域に位置している。このことから、景観保全を意図して施工されるこれらの工法は、自然石河岸に似た景観を造り出していると判断できる。

スイスの石積護岸のNo.201はNo.204に比較して横

軸のより左側に位置している。前者の表面は凹凸が大きく、後者は平坦に加工されている。すなわち、石張・石積工は凹凸を残してコントラストや分散を高めることにより、自然度のより高いテクスチャを提供できると考えられる。

以上、統計的テクスチャを説明変数として護岸表面景観の自然的様相を定量化できる可能性が得られた。このことは、景観保全のための護岸工について、その表面の景観的な特徴を事前に操作でき、定量的な尺度を指標として自然河岸に近づけることが可能なことを意味している。

4. 結論

本論を要約すれば、以下のとおりである。

- (1) 分散、エネルギーやコントラストなどの統計的テクスチャは河川護岸表面の景観的特徴を把握するのに有効と考えられる。
- (2) 統計的テクスチャを変量として主成分分析を行うことにより、これらを説明変数として護岸表面景観の自然的様相を定量化でき、周囲の自然景観との調和の程度を事前に評価することが可能なことを示唆する結果が得られた。
- (3) 景観保全のために自然石を用いた石張・石積護岸工や疑似コンクリートブロック工は、自然石河岸がもつ景観的な特徴を概ね良好に表現できると判断される。

参考文献

- 1) リバーフロント整備センター編：まちと水辺に豊かな自然を，pp.107-111，山海堂，1990。
- 2) 土木学会：水辺の景観設計，pp.78-86，技報堂，1988。
- 3) 松浦茂樹，島谷幸広：水辺空間の魅力と創造，pp.105-113，鹿島出版会，1987。
- 4) 日本リモートセンシング研究会：画像の処理と解析，pp.218-227，共立出版，1981。
- 5) 塩野充：PC-9800シリーズ BASIC画像処理プログラム150選，pp.149-161，オーム社，1988。
- 6) 高木幹雄，下田陽久監修：画像解析ハンドブック，pp.517-527，東京大学出版会，1991。

(1994. 8. 31 受付)

SURFACE FEATURES OF RIVER REVETMENT MEASURED BY STATISTICAL TEXTURE

Satoru SUGIO, Chikashi DEGUCHI and Koichiro YAMASAKI

Texture measures of river revetments made from concrete blocks and stones, and of natural riverbanks are calculated. The natural feature of the revetment surface is quantified by Principal Component Analysis using the texture measures as variables. It is seen that stone pitching work bears good similarity as the natural feature which is given by natural riverside stones.