

輝度の分布によるコンクリート護岸ブロックの テクスチャーの粗滑の判別手法

手代木 賢治¹・尾崎 正樹²・萱場 祐一³・大槻 順朗⁴

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター

(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

E-mail: k-teshirogi44@pwri.go.jp

²非会員 公益社団法人全国土木コンクリートブロック協会

(〒113-0033 東京都文京区本郷3丁目17番地13号本郷渡辺ビル)

E-mail: info@cba.or.jp

³正会員 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム

(〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

E-mail: y-kayaba@pwri.go.jp

⁴正会員 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター

(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

E-mail: k-ootsuki55@pwri.go.jp

コンクリート護岸ブロックの表面が滑らかな部分は目立ち、河川景観に馴染みにくいことが大きな課題の1つとなっている。風景への馴染みを促進するためには、護岸ブロック表面には適度な「粗さ」を持たせる必要があるが、テクスチャーの粗滑を量的に判別する方法が未開発である。本研究では、表面の凹凸構造に生じる明るさのばらつき（輝度の標準偏差： σ_L ）をパラメータとして評価する手法を開発した。本手法は、デジタルカメラで撮影した画像データから輝度値の分布を取得し、閾値により粗滑を判別する簡便な方法である。検証実験の結果、設定した閾値（ $\sigma_{Lth}=11$ ）により高い精度（正答率97.1%）で滑面を判別できることがわかった。これにより、定量的かつ簡易的な方法で、護岸ブロックのテクスチャーに対する粗滑の評価を行うことが可能となった。

Key Words : texture, revetment block, lake and stream landscape, quantitative evaluation, luminance signal

1. はじめに

河川整備に多く用いられる護岸には、治水面の機能を担保しつつ、河川環境（河川景観、自然環境）面の機能も保持することが求められ、材料となるコンクリート護岸ブロック（以下、護岸ブロックと呼ぶ）にも工夫がなされた様々な製品が製造販売されるに至っている（図-1）。平成22（2010）年には、中小河川に関する河道計画の技術基準が通知され、より具体性を持つ考え方や整備における留意事項が記載された¹⁾。この留意事項には、護岸の景観的機能についても必要となる機能が明示されており、周囲の景観と調和するために「明度」、「彩度」、「テクスチャー」の3つの機能について配慮され

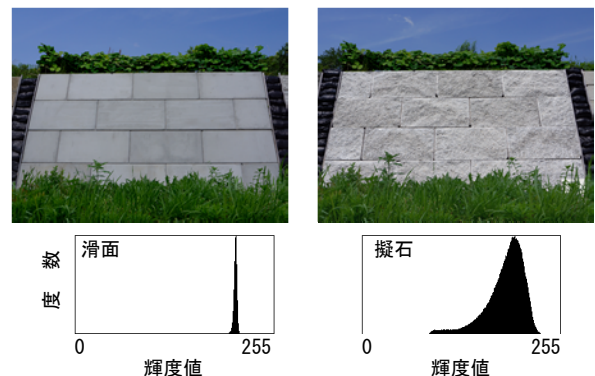


図-1 テクスチャーの異なる護岸ブロックと輝度の分布
(左：滑面，右：擬石)

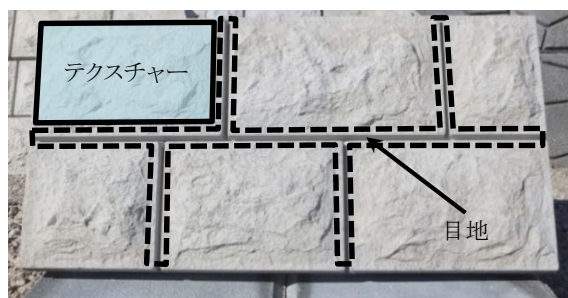


図-2 護岸ブロックのテクスチャーの評価範囲

ていることが必要であると述べられている。また、河川構造に大きく手が入れられる災害復旧に関する事項が示される「美しい山河を守る災害復旧基本方針」の平成26（2014）年における改訂では、河川景観に対する具体的留意事項が改められ、護岸ブロック本体については、「法面の明度・彩度を小さくする」、「素材は適切な大きさとする」、「素材にはテクスチャーを付ける」、「忌避される景観パターンを避ける」の4つが追記されるなど²⁾、景観に馴染む護岸ブロックの普及のための制度整備が進められてきている。しかしながら、これらについて定量的な整備基準が設けられているのは「明度（上限値6）」についてのみであり、現場への適用を円滑に行うためには、他の評価項目についても具体的・定量的な基準や評価手法の開発が必要である。本研究では「テクスチャー」の定量的な評価方法の妥当性について検証を行うものである。

テクスチャーに関する既往の研究では、風景に調和しない印象を多く持たれているテクスチャーは「滑面」であり、ネガティブな印象を持つ理由として「人工的である」「明るい」「平らである」³⁾が上位となっている。一方、コンクリートに表面処理（はつり、たたき）を施したり、擬石風に仕上げることで景観評価が高くなること⁴⁾、表面に凹凸がある方が自然物に近い感じを受ける⁵⁾、表面テクスチャーが複雑な場合に自然な感じを受ける⁵⁾との報告がある。このことから、本研究では特に、風景への調和を著しく損ねる「滑面」を規制することが一義的に重要であり、本研究ではそれを念頭とし、現場への普及のための汎用性を備えた評価手法を示すことを目的とする。

2. 手法

本研究で提案する評価手法については、護岸ブロックを評価する性質上、屋外の自然光の下で行われることを前提としている。そのため、種々の条件がどの程度評価に影響しうかを念頭に、次のような手法により検証実験および評価手法の構築を行った。

表-1 テクスチャーの撮影条件

項目	条件
解像度	0.24 [mm/pixel] 以下
撮影位置	対象ブロックに正対
照度	40,000 [lux] 以上

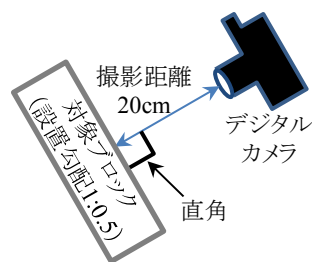


図-3 写真撮影の位置（側面図）

(1) 対象範囲

護岸の「テクスチャー」とは、素材表面が持つ質感や肌理（きめ）を表す⁹⁾用語である。本研究で取り扱う護岸ブロックのテクスチャーの評価範囲については、図-2に示すとおり、護岸ブロックの目地（破線）により区切られる面的な部分（実線）に限定する。すなわち、目地も含んだテクスチャーについてはここでは記述しない。しかしながら、テクスチャーを構成する要素は、護岸ブロックを見る距離に応じて、素材表面から目地などに変化する。目地についても当然ながら景観上影響を与えることから今後の重要な課題である。

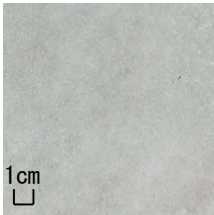
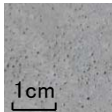
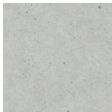
(2) 評価指標

護岸ブロック表面の肌理や凹凸の存在は、光源の影響を受けることにより明暗、すなわち輝度のばらつきとして量的に表現しうる。具体的には、護岸ブロック表面の肌理が細かく平らであれば陰影が乏しく輝度のばらつきは小さく、肌理が粗く凹凸があれば陰影に富み輝度のばらつきは大きくなる。つまり、輝度のばらつきは標準偏差で表現できると考えられる（図-1）。また泉ら⁶⁾は、コンクリートのはつり表面の凹凸評価に簡易的な輝度値取得法としてデジタルカメラから取得した輝度値を用いている。本研究では、テクスチャーの評価指標として輝度の標準偏差（ σ ）を用い、その適用性について検討した。輝度については、デジタルカメラの画像データからも得られるYUV色空間における輝度信号Y（ $=0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$ ；ここに、R,G,B赤緑青の各画素値）⁷⁾を用いた。

(3) データの取得と解析方法

テクスチャーの輝度データ取得のための写真撮影条件を表-1 および図-3に示す。写真はブロック表面から20[cm]の距離から、護岸ブロックの表面に対し正対して撮影した。これにより、1[pixel]の実サイズが、視力 1.0

表-2 検証実験に供したテクスチャーの種類と検討項目一覧

項 目		条 件			
テクスチャーの種類					
		①滑面	②擬石小	③擬石大	④半割
					
		⑤はつり	⑥洗い出し	⑦砂面	⑧ポーラス
a)	光の入射角度[°]	35, 45, 55			
b)	照度[lux]	40,000, 50,000, 60,000, 70,000および80,000			
c)	デジタルカメラの機種	No.1:カシオ EX-H20G, No.2富士フィルム FINEPIX F70EXR, No.3富士フィルム FINEPIX F770EXR, No.4ニコン COOLPX L30, No.5パナソニック LUMIX DMC-SZ8			
d)	油泡による影響		油泡あり $\sigma_L=14$ (4.5万個/㎡)		 油泡なし $\sigma_L=5$
e)	解析範囲[cm]四方	1, 3, 5, 7, 9, 10および11			

の成人男性が法面勾配 5 分の護岸の法尻に直立した状態で視認可能なサイズ (0.24[mm]) 以下となる。得られた画像データから 5[cm]四方の範囲を切り出しデータ解析に用いた。ここでは、護岸ブロックの代表的な 8 種類のテクスチャー (表-2) を選定し、その中から滑面 (表-2, ①) と比較的肌理の細かい滑面以外 3 種 (同表, ②, ③, ⑤) とに判別することを念頭に、撮影時の光源の入射角度 (θ) と照度をそれぞれ 35, 45, 55[°] (表-2 a), 40,000~80,000[lux] (同表 b) に変化させた際の輝度の標準偏差 (σ_L) に与える影響について検討した。

(4) 考えられる変動要因

撮影条件以外の σ_L の変動要因として、①デジタルカメラの機種の違い、②コンクリート表面の油泡、③解析範囲が考えられる。デジタルカメラの機種による σ_L への影響は表-2 c) に示す機種を用いて検討した。油泡による σ_L の応答は、油泡有りと油泡無しの滑面の護岸ブロックを用い検討した。解析範囲については、同一写真の解析範囲を 1[cm]四方~11[cm]四方に変化させたときの σ_L の応答を評価した。

(5) 判別手法

コンクリート製品メーカー10社の護岸ブロック製品の画像データに対し、滑面の判別が可能か検討した。判別には、滑面が 4 社、35 製品で、滑面以外が 9 社、90 製品のサンプルデータを使用した。

3. 結果

(1) 撮影条件ごとの輝度の標準偏差の特性

a) 光の入射角度の影響

4 種 (表-2①~③, ⑤) のテクスチャーについて、光の入射角度 (θ) と輝度の標準偏差 (σ_L) の関係を図-4 に示す。 θ の変化が σ_L に与える影響は、全てのテクスチャーにおいて θ が鋭角になるほど σ_L が大きくなる傾向を示した。一方、 θ が一定であればテクスチャーの違いを判別することができた。

b) 照度の影響

4 種 (表-2①~③, ⑤) のテクスチャーについて、照

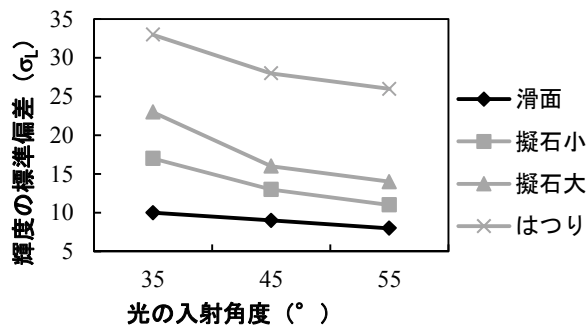


図-4 光の入射角度の影響 (カメラ : No3,80000lux)

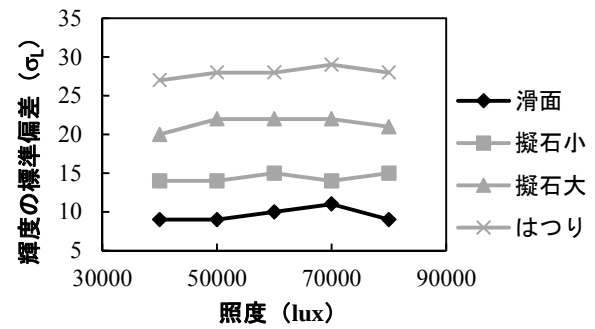


図-5 照度の影響 (カメラ : No3,θ=45°)

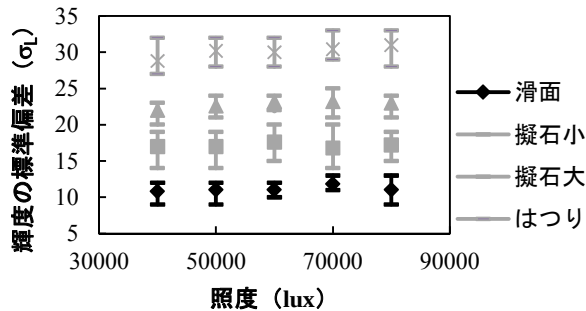


図-6 カメラ機種ごとの σ_L のばらつき ($\theta=45^\circ$)

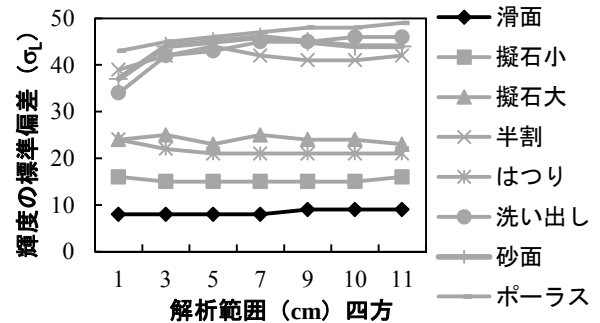


図-7 解析範囲の影響 ($\theta=45^\circ$)

度と σ_L の関係を図-5 に示す。全てのテクスチャーについて、照度の変化に対する σ_L の応答は小さかった。なお、照度 40,000lux 以下 (曇天) については、陰影が薄く光の入射角度 (θ) を正確に把握できないため、実験を行っていない。

(2) 考えられる変動要因の影響

a) デジタルカメラの機種による影響

デジタルカメラの機種による影響をみるため、4 種 (表-2①~③, ⑤) のテクスチャーについて、照度別にデジタルカメラ 5 機種の σ_L の平均値と 5 機種の中の最大値, 最小値を図-6 に示す。検討に用いた機種については、照度が異なる場合においてもテクスチャーごとの値の範囲に重複がなかった。

b) 油泡による影響

滑面の護岸ブロックについて、油泡がある箇所と無い箇所を選定し、 σ_L を測定した結果を表-2 d) に示す。その結果、油泡がある箇所と無い箇所では、 σ_L は前者で14, 後者は5となり、油泡の量による σ_L への影響が認められた。

c) 解析範囲の影響

8 種 (表-2①~⑧) のテクスチャーについて分析範囲と σ_L の関係を図-7 に示す。テクスチャーの種類によって、分析範囲が大きくなると、 σ_L が小さくなるものと逆に大きくなるものまたは変わらないものがあった。

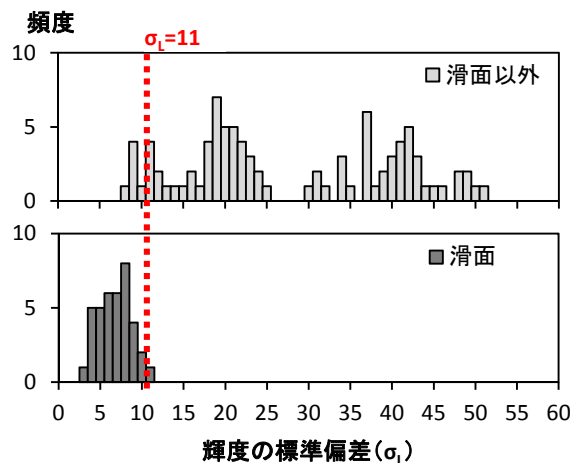


図-8 滑面と滑面以外の分布 ($\theta=45^\circ$)

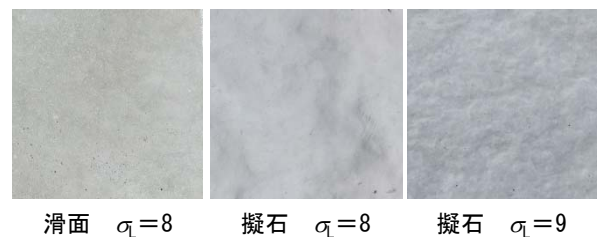


図-9 重複区間の画像データ ($\theta=45^\circ$)

(3) 閾値と判別能

滑面 (4 社, 35 製品), 滑面以外 (9 社, 90 製品) の σ_L のヒストグラムを図-8 に示す。この図に示す値は、前述の油泡がある護岸ブロックは除外している。また、滑面以外の画像データには、擬石, 半割およびポーラス

(表-2②～④, ⑧) の値が含まれている。

取得した滑面の画像データの σ_L の範囲は、3～11であった。一方、滑面以外の画像データの σ_L の範囲は、8～51であり、 σ_L が8以上～11以下の範囲で、滑面と滑面以外が重複していることが分かる。重複区間の滑面と滑面以外の画像データの一部を図-9に示す。滑面以外と称された画像データは、陰影が乏しく σ_L の評価と同様に、見た目においても滑面と同程度のテクスチャーであると判断できるものであった。

4. 考察

結果より、画像データを取得する場合の撮影条件や撮影範囲を定めることで、護岸ブロックの滑面と滑面以外を概ね判別することが示唆された。そこで以下では、撮影条件、解析範囲、定量的な評価について考察する。

(1) 撮影条件

光の入射角度(θ)が輝度の標準偏差(σ_L)に与える影響が認められた(図-4)。これは、護岸ブロックに対し θ が鋭角になるほど陰影の映る面積が広がるため、 σ_L が大きくなったと考えられる。そのため、評価においては平均的な陰影を映し出す $\theta=45^\circ$ が良いと考える。

照度が σ_L に与える影響は微少ながら認められ、照度が高くなるに従い σ_L が大きくなる傾向を示した(図-5)。しかし、照度の影響に比べ、テクスチャーの違いによる影響が大きく、滑面と滑面以外を判別するために影響を与えるほどではない。撮影時に必要な照度としては、40,000[lux]以上を確保すれば良いと考えられる。

(2) 設定条件

デジタルカメラの機種については、滑面で最大4、滑面以外で最大6の変動が生じた(図-6)。しかし、滑面と滑面以外の σ_L に重複がなく、テクスチャーの違いによる影響の方が大きいことから、滑面と滑面以外を判別するために影響を与えない。ただし、今回検証していない機種については、判別に影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。

油泡については、油泡があると σ_L が大きくなるため(表-2 d)、油泡が含まれた画像データで評価を行うと、正しい評価が得られない。評価を行う場合には、油泡が無いブロックを製造し、撮影することが望ましい。同様に、護岸ブロックの色ムラや気泡についても製造時に配慮が必要である。

テクスチャーの種類によって傾向は異なるが、解析範囲の違いによって、 σ_L が変化する場合がある。しかし、全てのテクスチャーにおいて、解析範囲を広げることで

σ_L が安定していくことが見て取れる(図-7)。そのため、標準的な解析対象範囲としては、今回の5[cm]四方以上が妥当である。

(3) 判別方法

滑面と滑面以外を判別するために、取得した滑面の画像データ 2σ の範囲は、 6.1 ± 4.9 となった。正規分布を仮定すると、この範囲に滑面の約95%が入る。図-8より、滑面で σ_L が11以上であった数量は1製品で、滑面全体の2.9%であった。そのため、滑面と滑面以外を区別する σ_L の閾値には、滑面の評価結果から算出した 2σ の上限値を閾値(σ_{Lth})として、11を設定することが妥当であると考えられる。

以上のことから、今回対象としていた護岸ブロックのテクスチャーより、河川景観状忌避すべき滑面を合理的に判別することが可能となった。

5. 結論

本研究では、護岸ブロックにおいて景観上避けられるべき滑面の判別手法を開発した。以下にまとめて記す。

- ① 撮影条件は、光の入射角度 $\theta=45^\circ$ で、かつ照度は40,000[lux]以上とすることで、輝度の標準偏差(σ_L)が安定する。
- ② 油泡、気泡および色ムラが含まれると、正当な評価が得られない。画像データを取得する際にはそれらが無い護岸ブロックを製造する必要がある。
- ③ 滑面の評価結果から算出した 2σ の上限値を閾値 $\sigma_{Lth}=11$ と設定することで、テクスチャーの中から忌避すべき滑面を定量的に判別可能である。

以上を踏まえ、画像データの撮影方法および評価基準を整備することにより、現場への普及が図られ河川景観の保全に繋がるものと考えられる。

謝辞：護岸ブロックの製造および画像データの提出にご協力いただきました、(公社)全国土木コンクリートブロック協会の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：中小河川に関する河道計画の技術基準について、2010。
- 2) 公益社団法人全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、p70-71, p95-97, 146pp, 2014。
- 3) 櫻井玄紀, 原田守啓, 森照貴, 尾崎正樹, 萱場祐一：中小河川における積み護岸の明度・テクスチャーに対する定量的評価手法の確立, 河川技術論文集, vol.19, pp.117-122, 2013
- 4) 菊森佳幹, 河野広隆, 岡本享久, 鳥居南康一：道路

- 擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, vol.17, pp295-300, No.1 1995
- 5) 村田茂樹, 岡本享久, 鳥居南康一, 仕入豊和: コンクリート系製品を用いた河川護岸構造物の景観設計に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集, 第7巻第1号, pp133-141, 1996.1
- 6) 岡村雄樹, 足立一郎: コンクリートのはつり表面の凹凸評価に関する基礎的研究, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.32-5, pp95-96, 2005
- 7) 須田清隆, 本田陽一, 木下朋子, 吹石康広: ダム空間の景観デザインについて, ダム工学, Vol. 7 (1997) No. 4, pp 217-224
- (2017.8.25 受付)

ANALYTICAL METHOD FOR DISCRIMINATION OF ROUGHNESS OF TEXTURE ON BANK PROTECTION CON-CRETE BLOCK

Kenji TESHIROGI, Masaki OZAKI, YUICHI KAYABA and Kazuaki OHTSUKI

The smooth surface of the concrete protection block is conspicuous, and it is one of the major tasks that it is difficult to be familiar with the river landscape. In order to promote familiarity with the landscape, it is necessary to have moderate "roughness" on the surface of the revetment block, but a method for quantitatively determining the discrimina of roughness of the texture has not been developed yet. In this research, we developed a method to evaluate brightness variations (standard deviation of brightness: σ_L) caused by surface irregularities on the surface as parameters. This method is a simple method of acquiring the distribution of luminance values from image data photographed with a digital camera and discriminating discrimina of roughness based on the threshold value. As a result of the verification experiment, it was found that the smooth surface can be distinguished with high accuracy (correct answer rate 97.1%) by the set threshold ($\sigma_{Lth} = 11$). This makes it possible to evaluate the discrimina of roughness of the texture of the revetment block by a quantitative and simple method.