

着色砂トレーサー調査のための画像解析手法に関する基礎的研究

豊橋技術科学大学 学生会員 ○黒澤愛子
豊橋技術科学大学 正会員 岡辺拓巳
豊橋技術科学大学 学生会員 青木勇介
豊橋技術科学大学 正会員 加藤 茂

1. はじめに

土砂動態把握のために、着色砂や蛍光砂を用いたトレーサー観測が行われている。しかし、従来の分析手法では採取したサンプルから着色砂を検出する作業に膨大な時間と労力を要する。齋藤ら(2010)が開発した手法では、画像解析とベルトコンベアを用いた装置により計測時間の短縮化を実現しているが、撮影面に着色砂が出現する確率を指標としており、サンプル中の着色砂の総個数を計数するものではない。また、専用の分析機器が必要という難点がある。そこで本研究では、着色砂検出のコスト低減と検出精度の一定化を目指した検出システムの改良を行い、実験や現地調査への適用結果を踏まえ、この正確さなどを検討する。

2. 検出手法の概要

(1) サンプル画像の取得方法

本研究では、土砂を両面テープを用いてケント紙に付着させ、スキャナを用いて土砂の画像を取得する。この利点は、紙に貼り付けることで粒子が重なることなく均一に付着し、サンプルの粒子全てに対して分析を行うことができる点である。また、特殊な分析機器を必要としない利点もある。

(2) 分析に用いる土砂量

台紙に砂を貼り付ける方法、および土砂量と台紙面積の関係を検討した。使用した砂は、三河珪砂 7 号 ($D_{50}=0.16\text{mm}$)、6 号 ($D_{50}=0.22\text{mm}$)、5.6 号 ($D_{50}=0.29\text{mm}$)、5 号 ($D_{50}=0.47\text{mm}$) および表浜海岸の自然砂 ($D_{50}=0.30\text{mm}$) の 5 種類である。スプレーのりと両面テープで土砂の貼り付き状態を比較したところ、両面テープの方が土砂を均すために必要な面積は小さくなった。作業面積を減らし、時間を短縮するため、土砂の貼り付けには両面テープを用いるのが適していた。図-1 は三河珪砂 5 号と 7 号を均した時の重量と必要とした面積の関係を表したものである。これより、粒径が小さいほど均し面積は大きくなることがわかった。また、いずれの砂においても均し面積は理論値よりも 20~30% 小さくなった。作業量やサンプリン

グ量の適切さを既往の研究と比較し、本手法で用いる土砂量は 100g とした。

(3) 画像解析による着色砂検出方法

取得した画像からピクセルごとの色情報を取得し、RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系に変換した後、着色砂とそれ以外の色範囲を分離し 2 色化する。これから着色砂の輪郭を検出し、その個数を計数する。

図-2 は着色砂 (黄・緑・青・赤) と自然砂を撮影した画像について、ピクセルの色座標を a^*b^* 色度図に表したものである。自然砂は愛知県六条潟で採取した。これをもとに画像解析時の着色砂の色範囲を表-1 のように設定し分離した。 a^*b^* 色度図を用いることで、明度 (L^*) に影響されることなく色を識別できる。また、XYZ 表色系の xy 色度図上での着色砂と自然砂の色域分布と比較すると、 a^*b^* 色度図の方が色域の重複が小さいため、 $L^*a^*b^*$ 表色系が解析に適していると考えた。

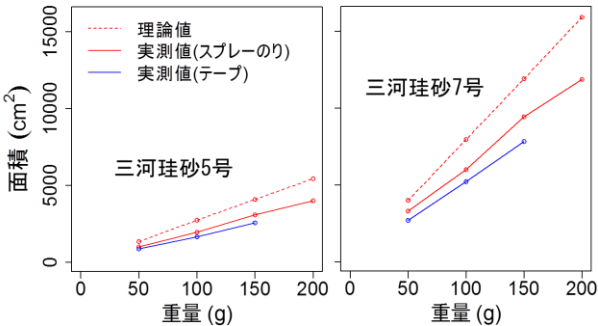


図-1 土砂重量と均し面積の関係

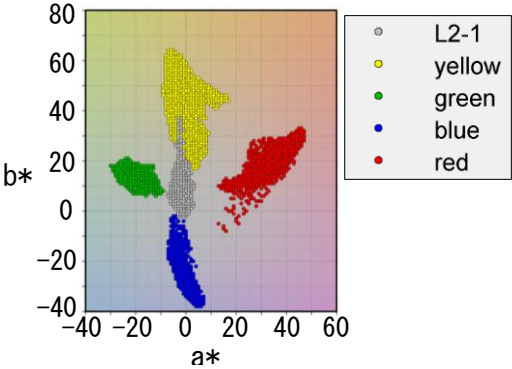


図-2 着色砂と自然砂の a^*b^* 色度図上の分布

表-1 画像解析時の着色砂の色範囲

着色砂の色	a^*	b^*
青	$-10 < a^* < 10$	$b^* < -10$
緑	$a^* < -10$	$5 < b^* < 20$
黄	$-20 < a^* < 20$	$b^* > 30$

3. 本手法を用いた着色砂検出の特性把握

(1) 検出精度の検討

検出の正確さを調べるために、着色砂個数が既知である土砂サンプルを作り、目視および画像解析による着色砂検出を行った。表浜海岸の砂 15g に、青・緑・黄の着色砂を 1, 5, 10, 50, 100 個ずつ混入させたサンプルを各色 3 ケースずつ作製し、計 45 サンプルを対象とした。実験は、(1)自然砂に着色砂を混ぜてサンプルを作製し、(2)台紙に貼り付け、(3)スキャナで土砂の画像を取得し、(4)画像解析により着色砂を検出した。

画像解析による分析では、青・緑の着色砂については、投入個数とおおむね同じ個数が検出できたが、誤検出も発生した。表-2 に着色砂投入個数 50 個、100 個の検出結果と誤検出の種類を示す。表中の()内は、画像を目視することにより誤検出を取り除いた個数を示す。誤検出の主な原因として(a)着色砂の色に似た自然砂が検出される、(b)1 個の着色砂の中に色むらがあり 2 個分の輪郭があると判定される、(c)画像を分割する工程時に着色砂の粒子が二分割されることによって着色砂数が多く計数される、などが挙げられる。分析後に検出された着色砂画像を目視で確認し、誤検出を消去することで、一定の検出精度を得られることがわかった。青の着色砂を用いた場合、目視および本手法いずれも投入砂個数よりも少ない検出となった。目視での検出個数が少なくなったのは、見落としが原因であると考えられる。画像解析の場合は、着色砂の色は検出されているものの、ノイズ除去のために設定した輪郭面積の下限值に満たなかったため、計数対象と判断されなかったことが原因であった。この基準を調整するなどの改善が必要である。緑の着色砂で、投入砂個数と同様の個数が確認されたのは、図-2 に示すように、緑の着色砂と自然砂の色域が離れているためであると考えられる。画像解析による黄の着色砂検出では、検出個数のばらつきが大きかった。これは、着色砂と自然砂の色域が近いことが原因であると考えられる。

図-3 は画像解析で検出された黄色の着色砂である。図-4 は、黄色と検出されたが実際には自然砂の粒子である。このように、目視においても黄の着色砂の判別は難しく、両検出手法とも検出個数にばらつきが生じる結果となった。背景となる自然砂の色により検出しにくい着色砂もあるため、現地の砂の色特性を把握することが必要である。

表-2 着色砂の検出実験結果

		着色砂50個			着色砂100個		
		B-50-1	B-50-2	B-50-3	B-100-1	B-100-2	B-100-3
青	サンプル名	B-50-1	B-50-2	B-50-3	B-100-1	B-100-2	B-100-3
	目視(個)	46	48	49	97	98	96
	画像解析(個)	47	49	49	96(95)	99	94
緑	誤検出要因	-	-	-	c	-	-
	サンプル名	G-50-1	G-50-2	G-50-3	G-100-1	G-100-2	G-100-3
	目視(個)	50	50	50	98	100	97
黄	画像解析(個)	50	50(49)	50(49)	100	100	100
	誤検出要因	-	c	c	-	-	-
	サンプル名	Y-50-1	Y-50-2	Y-50-3	Y-100-1	Y-100-2	Y-100-3
	目視(個)	49	48	51	99	95	100
	画像解析(個)	51(47)	49(48)	45(44)	89(88)	90(88)	90(89)
	誤検出要因	a,b	a	a	a	a	c

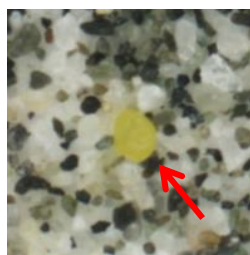


図-3 検出された黄色の着色砂 図-4 黄色と判別された自然砂

(2) 現地調査の土砂サンプルでの適用

愛知県六条潟での着色砂トレーサー調査で採取された、着色砂含有個数が未知であるサンプルに本手法を適用した。緑色の着色砂投入（2012 年 11 月 14 日）から 5 日後、約 1 か月後に採取された全 36 サンプルを対象とした。5 日後のサンプルでは、投入地点から岸側の 2 地点からそれぞれ 2 個と 1 個の緑色の着色砂が検出された。これらのサンプルを目視で計数したところ、同様の個数を計数できた。着色砂の含有個数が未知であるサンプルから着色砂を検出できたことから、本手法には有用性があると言える。

4. おわりに

本研究では、画像解析を用いた着色砂検出手法を改良し、その検出精度を検証した。青と緑の着色砂については検出することができたが、黄の着色砂は検出誤差が大きくなった。これは六条潟の砂の色特性に影響を受けたものであり、調査地点の土砂の色特性は重要であることがわかった。現地調査への適用においても、着色砂を検出することができた。現地の砂の色特性を把握して、着色砂の色範囲設定の改善等を行い、検出精度を向上させることが今後の課題である。

参考文献

齋藤晴久，坂本繁，鈴木誠，尼崎貴大，加藤茂，青木伸一，上山聡，佐藤慎司（2010）：土砂動態の高頻度モニタリングのための着色砂分析システムの開発，土木学会論文集 B2（海岸工学），66(1)，pp.1391-1395。