

画像解析による礫・砂分布域の抽出

小原 彩¹

¹浜松河川国道事務所 開発調査課（〒430-0811 静岡県浜松市中区名塚町266）

航空写真を用いて、河道内における礫の粒径の算出及び礫・砂分布域の自動抽出を行う手法を構築した。この手法の活用により、簡易かつ迅速に河道内の堆砂状況を面的に把握することができる。

キーワード 土砂管理、画像解析、礫・砂分布域

1. はじめに

河川において、従来河川全体を対象として航空写真などの目視判断による河道、瀬淵、植生、土地利用等のマクロ的な調査が行われてきたが、近年、高解像度画像を取得できるカメラの登場により、ミクロ的な調査への利用の可能性が広がりつつある。

天竜川水系は、土砂に関する問題が顕在化しており、総合的な土砂管理が求められている。現在、中下流部の洪水防御と土砂移動の連続性確保のための事業が計画されている。今後、ダムからの排砂を行う恒久堆砂対策施設が整備された場合、その土砂の流下に伴う河道内への土砂堆積等の影響把握を行うためには、従来の河床材料調査等では多大な労力と時間が必要となる。

そこで、航空写真から河道内の堆砂状況を把握するため、高解像度画像解析により礫・砂分布域を抽出する手法を検討した。

2. 解析手法

(1) 対象範囲

天竜川下流部の扇状地形が広がる鹿島（25km）から河口までの範囲において、航空写真撮影を行った。

(2) 解析手法の基本的な考え方

航空写真から従来の手法を用いて粒径分布調査を実施する場合、数cmレベルの粒径に対し数mmレベルの解像度で撮影する必要があり、広域に粒径分布を把握する方法として現実的とはいえない。

そこで、河道に分布する礫は様々な色・大きさ・形を

呈しており、航空写真の画像解析により粒径分布傾向を把握できる可能性があると考え、粒径の大小と輝度（影などによる濃淡、明るさ）を示す画像データレベルの変化の大きさに相関があると仮定した。

図-1は、粒径の変化が明らかな場所におけるA-A'上の画像データレベルの変化を示したものである。画像左側の水際線付近では粒径が細かく、右側では粒径が大きくなっているが、その大小に画像データレベルの振幅が整合していることが確認できる。

(3) 解析手順

高精細な撮影が可能な航空写真測量用のデジタルカメラ（UCD）を使用してオルソ画像（地上解像度10cm）の撮影を行い、16bit（65,536階調）のモノクロ画像を取得した。この画像から得られたデータレベルの2mメッシュ内での標準偏差（以下、「DL標準偏差」という。）を指標として、代表粒径解析及び砂分布域解析を行った。解析手順を図-2に示す。

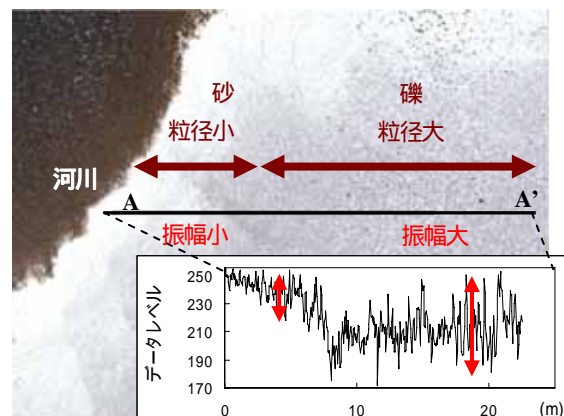


図-1 粒径の変化による画像データレベル値の変化例
(A-A' 上におけるデータレベルの変化をグラフに示す)

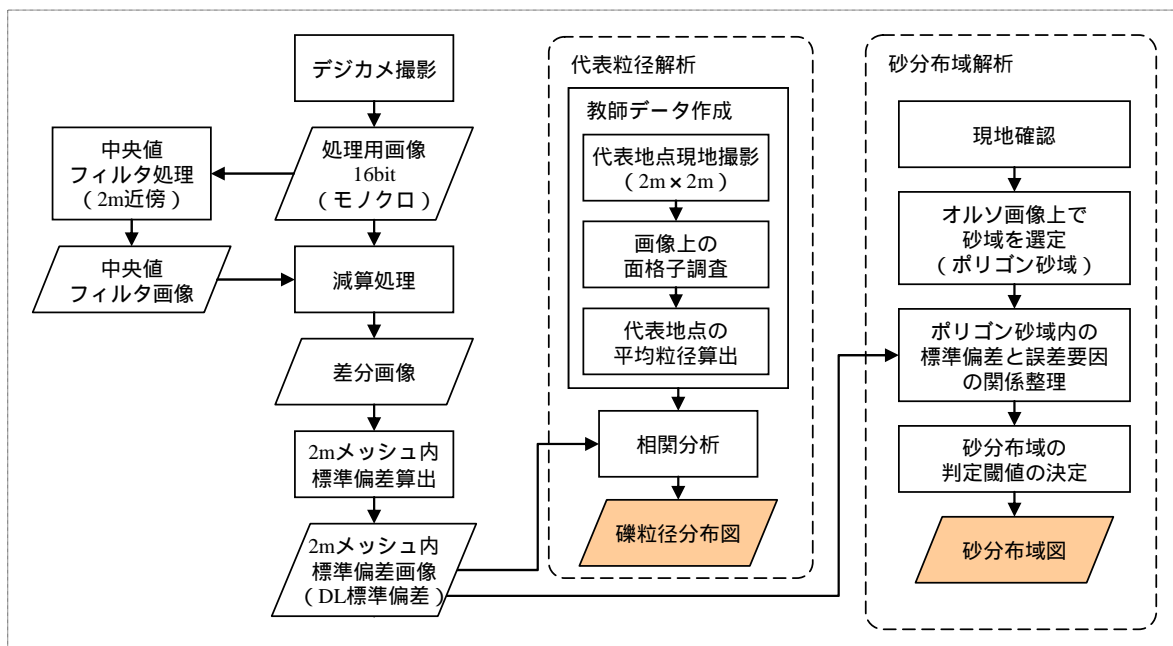


図-2 解析手順のフロー

3. 代表粒径解析

代表地点において現地撮影した画像上で面格子調査 (2m x 2m内、図-3参照) を行い、その中央値を代表粒径とした。算出した代表粒径とDL標準偏差の相関分析を行った結果、図-4に示すように両者の相関性が高いことが確認された。

この相関式によると、砂 (約1cm以下) はDL標準偏差が約2,500であるので、DL標準偏差2,500以下を砂域と判断し現地確認を行ったところ、砂の存在を確認できた。

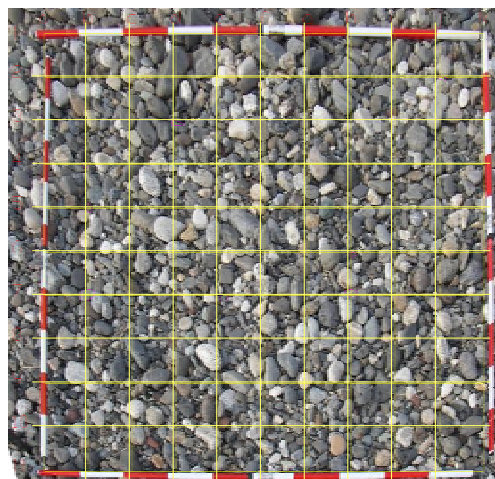


図-3 画像上の面格子調査のイメージ

4. 砂分布域解析

しかしながら、現地確認を行ったところDL標準偏差2,500以上の箇所においても砂域が存在しており、相関式だけでは抽出されない砂域が存在することが明らかとなった。

そのような箇所には下草やわだちが点在しており、これらがDL標準偏差に影響していると考え、誤差要因による影響を考慮した砂分布域を判断するためのDL標準偏差を算出することとした。

(1) ポリゴン砂域の選定

砂の存在を確認した箇所付近において、オルソ画像上で砂と読み取れる範囲を括った。そのうち、ある程度面的広がりのある箇所 (1,000m²以上を目安) をポリゴン砂域として選定した。

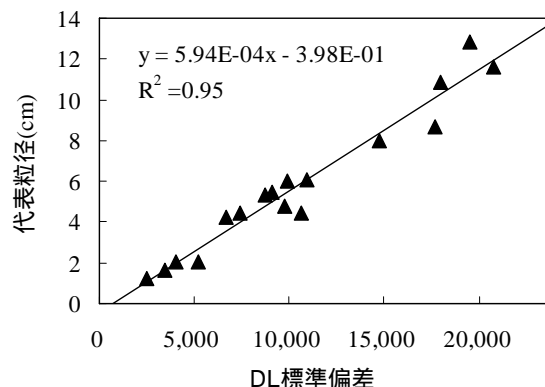


図-4 相関分析結果

このポリゴン砂域の範囲内で集計したDL標準偏差の平均値をポリゴン砂域内標準偏差 (以下、「P-DL標準偏差」という。) とする。

(2) 誤差要因による影響度合いの判定

誤差要因として考えられるのは、植生（下草）、うろこ状砂州等の砂漣、わだち、段丘等地形による陰影、礫混じり砂、砂色変化がある。

それぞれに特徴はあるものの、いずれの誤差要因もDL標準偏差を大きくする傾向にあった。そこで、影響度合いに応じた3段階の判定基準を設け、各ポリゴン砂域の誤差要因による影響度合いの判定を行った。

誤差要因の特徴と判定基準を表-1に、判定結果一覧を表-2に、またある地点での判定結果例を表-3に示す。

(3) 砂分布域の判定閾値の決定

表-1で設けた判定基準は、ポリゴン砂域に占める誤差要因の影響度合いを示したものと考えることができる。ここで、判定結果の中で1つでも基準値3がある箇所（表-2 印）、もしくは基準値の合計が4を超える箇所

表-1 誤差要因の特徴と判定基準

誤差要因	状況写真	特徴	判定基準	影響度合いレベル		
				1	2	3
植生		主に下層植生や低木層が疎ら～密になるに従い、標準偏差が大きくなる。	草本類・樹木の被度	疎らに点在	5割程度	5割以上
うろこ状砂州等の砂漣		砂州表面のうろこ状砂州などの砂漣により陰影が発生している。紋様の周期性と、比高の変化により影響度が違う。	専有面積または陰影の卓越度	2割程度以下 軽微	5割程度以下 やや大	5割以上 大
わだち		自動車等のわだちにより、河床面に凹凸できた陰影が標準偏差を大きくしている。一定の箇所に集中して存在することが多い。	専有面積	2割程度以下	5割程度以下	5割以上
段丘等地形による陰影		砂州が段丘状になり、比高差により影が伸びる。他の誤差要因に比べれば影響は軽微である。	影の専有面積	2割程度以下	5割程度以下	5割以上
礫混じり砂		砂が礫表面を覆ったり、砂の中に礫が所々に散在している。画像上では礫面程度の輝度変化だが、数値計算上は標準偏差を明らかに大きくなる。	専有面積または礫透過の割合	2割程度以下 軽微	5割程度以下 やや大	5割以上 大
砂色変化		砂の乾湿条件や光線の状態によって砂色が違って見える。変色域が広範囲の場合の影響は軽微だが、砂漣に伴い現れている場合には、標準偏差が大きくなる。	変化面積または変化の程度・頻度	2割程度以下 少	5割程度以下 やや多	5割以上 多

表-2 判定結果一覧

地点番号	ポリゴン砂域内標準偏差	誤差要因						合計
		植生	砂漣	わだち	地形陰影	礫混じり砂	砂色変化	
3	2108.2							0
5	5464.3	1	1					2
6	6120.0		1	1				2
7	4119.5		1	1		2		4
8	3761.6	1	2			1		4
11	6559.8		1	1		3		5
13	3899.9				1			1
15	8824.2	2		3			2	7
17	7598.1			3				3
43	4287.5				1	2		3
44	5329.5		2			2		4
45	4336.4					2		2
46	5885.5					3	2	5
47	10782.0	1				3		4
49	6565.8			3				3
54	4705.2					2		2
ave	4203.4							

表-3 判定結果例

地点番号	ポリゴン砂域内標準偏差	誤差要因					
		植生	砂漣	わだち	地形陰影	礫混じり砂	砂色変化
43	4287.5				1	2	
UCD画像							
現場写真							

(表-2 印)は、ポリゴン砂域内において誤差要因が5割以上を占めていると考えられるため、砂分布域の判定閾値の算出対象から除外することとした。

誤差要因の影響が大きいポリゴン砂域を除いて算出したP-DL標準偏差の平均値4,200を砂分布域の判定閾値とした。解析結果の画像例を図-5に示す。DL標準偏差4,200以下は砂分布域とし、DL標準偏差4,200以上については代表粒径解析で得た相関式から粒径を算出した。ただし、相関式はDL標準偏差4,200(粒径約2cm)以上に適用するものとする。

また、判定閾値による砂分布域の抽出精度について確認を行った。確認を行った箇所(図-5の枠内)を図-6に示す。現地で砂の存在を確認した範囲(図-6の枠内)において、砂分布域は概ね抽出されており、また誤差要因の影響を考慮したことにより抽出精度が向上していることも確認された。

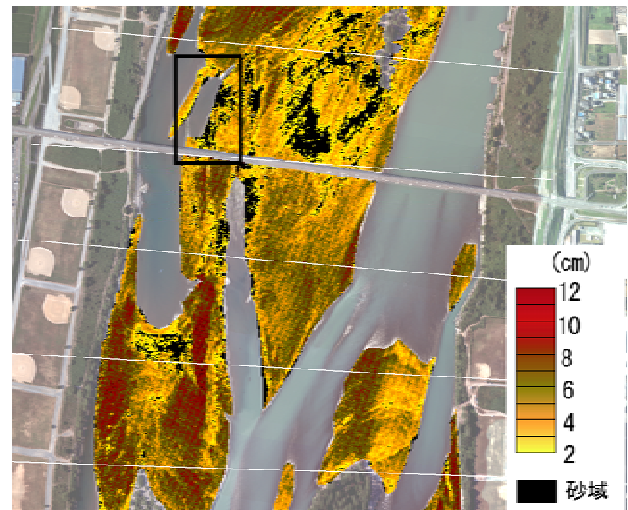


図-5 解析結果例

5. 今後の課題

砂分布域の判定閾値の算出対象から除外したポリゴン砂域の誤差要因に着目すると、砂漣、地形陰影による影響は比較的小さいが、植生、わだち、礫まじり砂による影響は大きくことが分かった。

今後、砂分布域の抽出精度を向上させるには、これら誤差要因についての対応策を検討する必要があると思われる。それぞれの対応策案と課題を以下に示す。

(1) 植生についての対応策案

デジタルカメラ撮影時に同時取得する近赤外画像を利用したマスク処理を実施する。

近赤外画像は植物量の調査に適していることから、解析処理をおこなう前に誤差要因となる領域を可能な限り除外することで、影響を低減することが可能であると考えられる。

(2) わだちについての対応策案と課題

わだちによる幾何学模様(線状模様)の除去を行う。

しかし、画像解析により該当箇所をパターン分類することは難易度が高いため、対応策についてはさらなる検討が必要である。

(3) 礫混じり砂についての対応策案と課題

礫の混じり具合とDL標準偏差の関係を詳細に分析、検討を行う。

ただし、砂と礫の混じり具合は連続的に変化しており、砂の状態から礫が多く混じる状態に遷移していく箇所もある。そのため、どの状態までを砂の領域とするか、判断基準を明確にすることは困難である。

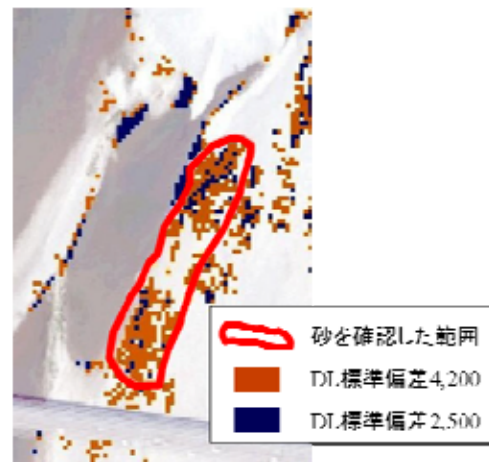


図-6 砂分布域の抽出精度確認

6. 結論

今回、決定した閾値のDL標準偏差4,200を用いることにより、河道内における礫の粒径の算出及び礫・砂分布域の抽出を行うことができた。

天竜川のように川幅が広く河道状況を面的に把握することが困難な河川において、航空写真により礫・砂分布域を確認できることは、出水後の河道状況を把握する上で有効な手法と思われる。

また、今後は、この結果をレーザープロファイラーによる河床高データと合わせて分析検討することで、より詳細な土砂移動特性の把握につながるものと考えられる。

謝辞：とりまとめを行うに当たり御協力頂いた中日本航空株式会社及び関係者各位に深く感謝の意を表します。