

画像解析による河床材料調査の可能性

POSIBILITY OF BED MATERIAL INVESTIGATION USING IMAGE ANALYSIS

岡田拓也¹・小林範之²・小久保英博³・華房康憲⁴・國友優⁵・安部剛⁶・吉田健志⁷

Takuya Okada, Noriyuki Kobayashi, Hidehiro Kokubo, Yasunori Hanafusa,
Masaru Kunitomo, Tsuyoshi Abe and Takeshi Yoshida

¹正会員 学修 アジア航測株式会社 防災部ウォーターシロツクデザイン課 (〒243-0016 神奈川県厚木市田村町13-16)

²正会員 農修 アジア航測株式会社 防災部ウォーターシロツクデザイン課 (〒243-0016 神奈川県厚木市田村町13-16)

³非会員 アジア航測株式会社 防災部ウォーターシロツクデザイン課 (〒243-0016 神奈川県厚木市田村町13-16)

⁴非会員 理修 アジア航測株式会社 システムエンジニアリング部画像情報課 (〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8-10朝日生命ビル)

⁵非会員 農修 建設省東北地方建設局岩手工事事務所 洪水予報課 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田4-2-2)

⁶非会員 建設省東北地方建設局岩手工事事務所 洪水予報課 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田4-2-2)

⁷非会員 工修 建設省東北地方建設局岩手工事事務所 洪水予報課 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田4-2-2)

Sediment transport analysis has become more extensively used in recent years for river project planning, design and management activities. The general understanding of sediment transport process has improved and numerical programs to be used by the result of bed material grain size investigation. However the usual investigation have been involved a lot of times and costs.

We developed the reform method of bed material investigation using image analysis. The main point of the new method is to take pictures of riverbed and to use image analysis software semi-automatically for obtaining grain size. As the results of experiments it was shown possibility of new method similar to existing bed material investigations.

Key Words: Bed material investigation, image analysis, reform method

1. はじめに

河床材料の把握は、流送土砂量の算定や河道計画、河川工事等、河川管理における基礎的な情報として重要である。特に、河道計画においては準二次元不等流計算手法など計算手法の高度化に対応して基礎データとしての重要性が高まっている。

現状の河床材料調査は、潜水作業を伴う場合の安全管理上の問題やバックホー等の重機を用いる場合の周辺環境への影響のほか、コスト的にも問題がある。

本研究は、東北地方建設局岩手工事事務所の委託により、リモートセンシング技術を用いた簡便で経済的な河床材料調査手法の開発を目的としたものである。

今回提案する手法は、河床の写真画像を取得し、画像解析ソフトを用いて河床材料の粒径計測を行い、粒径加積曲線および代表粒径を算出するものである。

2. 画像解析による河床材料調査手法

本研究で用いた画像解析による河床材料調査（以下、画像解析法と呼ぶ）の手順を図-1に示した。

これまでの河床材料調査と大きく異なる点は、河床材料を採取せず、机上で半自動的に粒径加積曲線及び代表粒径を求めることができる点である。

以下に、画像解析法の手順を詳細に記す。

(1)河床の写真撮影

河床の写真撮影は、図-2に示すとおり船上から撮影装置をロープで吊す方法とした。撮影装置はフレームにカメラを取り付けて水中に降ろし、トリガー兼アンカーである錘が水底に接するとフラッシュが発光しシャッターが切れる仕組みとなっている。トリガー兼アンカーを吊すロープの長さが焦点距離に合うように調整した。

画像解析法の評価を行うため、同時期に面積格子法、

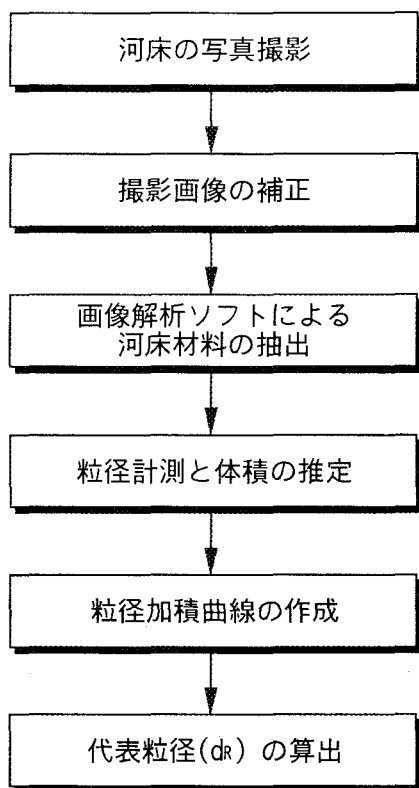


図-1 画像解析法の手順

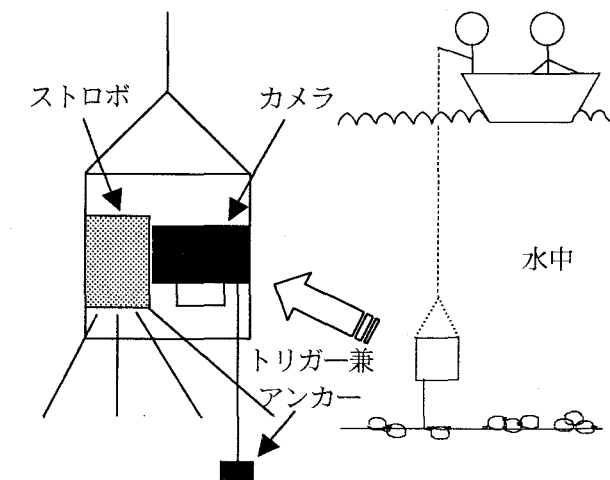


図-2 河床撮影イメージ

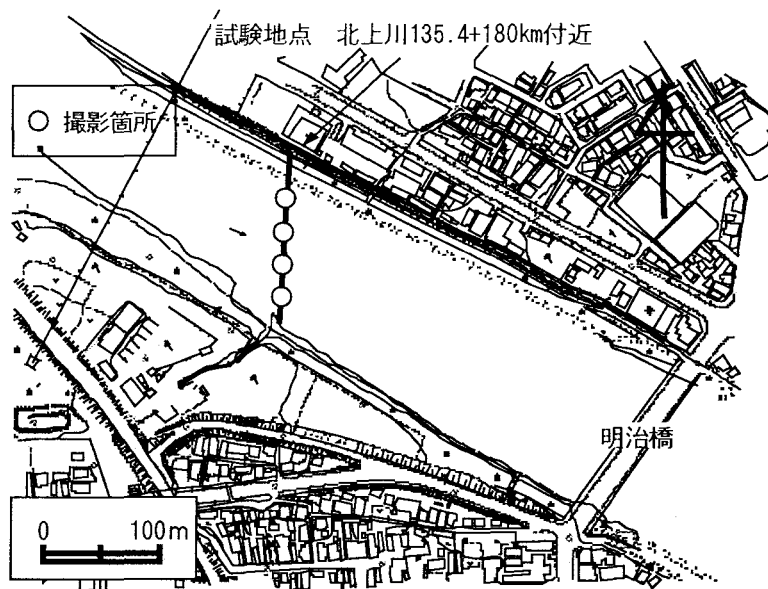


図-3 河床写真撮影箇所

表-1 調査実施日と調査項目

実施日	河床材料調査				
	画像解析法	面積格子法	線格子法	平面採取法	写真測定法
1999/11/25	○			○	
2000/ 1/17		○	○		○

表-2 調査実施日と調査項目

機材	仕様	
カメラ	機種	NIKONOS-V
	レンズ	35mmサイズ、F2.5
	フィルム	35mmサイズ
	撮影距離	50cm
	撮影範囲	約25×40cm
架台	形状	特注鉄枠加工
	大きさ	300×300×450mm
ストロボ	機種	スピードライト SB-104(ガイドナンバー)
画像解析・計測ソフト	ソフト名	Image-Pro Plus
	バージョン	DOS/V V4.0
	特徴	64百万画素対応

線格子法、平面採取法、写真測定法¹⁾による河床材料調査をあわせて行った。試験日と項目を表-1に示す。試験日撮影箇所は、図-3に示す岩手県盛岡市清水町地先の北上川135.4km+180mとした。撮影箇所は水深が2m未満であり、セグメント区分で表すと2-1に該当する地点である。使用機材の諸元を表-2に示す。

(2)撮影画像の補正

撮影した河床写真はパソコン上に解像度350dpi、JPEG

形式で取り込み、画像解析の準備を行った。

本手法では河床材料の輪郭を画像解析ソフトにより検出するが、トレースの精度向上のため、あらかじめ画像の明るさやコントラスト等を調整し、フィルタ処理することによって色調の補正を行った。フィルタ処理には、アンシャープマスキング・フィルタを使用した。アンシャープマスキング・フィルタは原画像からラプラシアン(2次微分)画像を減算するフィルタで、エッジを強調することにより画像を鮮明化するフィルタとして最も一般



写真-1 撮影した河床の写真

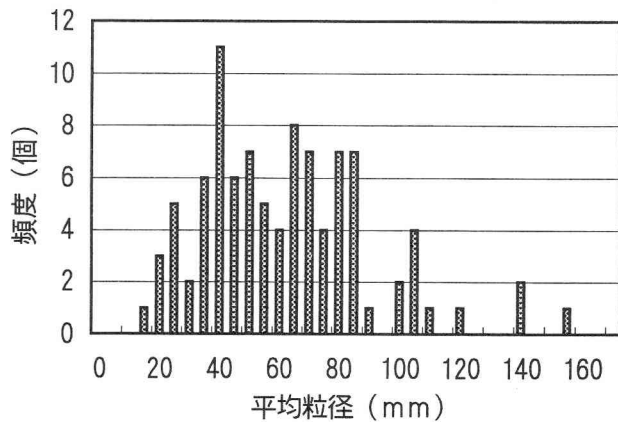


図-5 抽出された河床材料の粒径分布

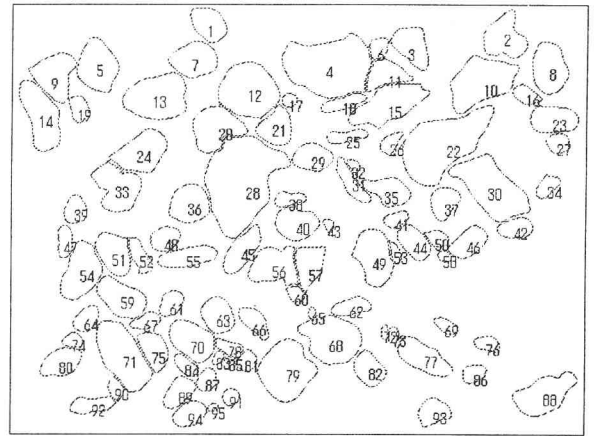


図-4 抽出された河床材料 (数字は通し番号)

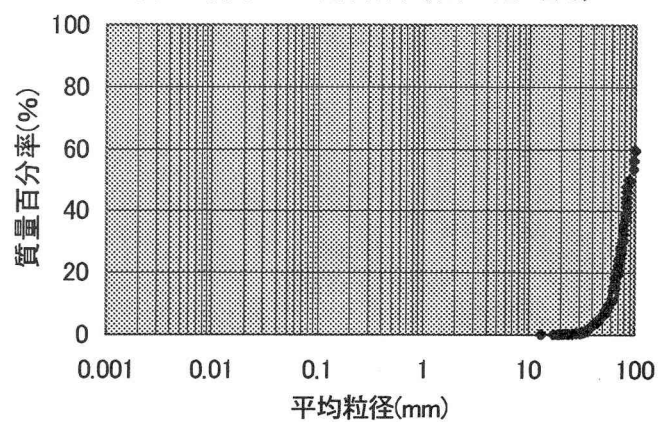


図-6 抽出された河床材料の粒径加積曲線

的に用いられているものである。

また、画像にスケールが写るように設定し、画像計測の値を校正した。以後の解析は、校正された空間スケールで行った。

(3) 画像解析ソフトによる河床材料の抽出

「(2)撮影画像の補正」で得られた河床材料のエッジ強調画像から、河床材料の各粒子の輪郭をトレースし、個々の測定対象を抽出した。水中の濁度や河床面の光の当たり方、堆積物の状況により、撮影画像の画質は大きく影響を受ける。そのため、画像上のすべての河床材料を抽出することは不可能であった。

また、河床材料の輪郭上にコントラストの強い点（例えば河床材料の陰影や他の河床材料と接している点）があるとノイズとなり、正しくトレースされない場合がある。このような場合は正しくトレースできる場所まで作業者が手動で補正する必要がある。

(4) 粒径計測と体積の推定

抽出された河床材料各粒子に対して、平均径、最大径、最小径を自動計測した。なお、画像解析ソフトにはその他の項目として、面積、真円率等も計測可能である。

また、粒径加積曲線を作成するためには、河床材料の

体積と質量が必要である。そこで、一般的な河床材料の形状を回転楕円体と考え、回転軸方向の直径は計測された最大径、回転軸に直角方向の直径は計測された最小径と仮定し、各河床材料の体積を推定した。

なお、回転楕円体の体積 V は次式で与えられる。

$$V = \frac{4}{3} \pi a b^2 \quad \begin{array}{l} a: \text{回転軸方向の直径} \\ b: \text{回転軸に直角方向の半径} \end{array}$$

(5) 粒径加積曲線の作成

推定した河床材料各粒子の体積に試験箇所では調査した土粒子の密度を乗ずることにより、河床材料各粒子の質量を算出した。

各粒子を平均径によって粒径区分し、粒径加積曲線を作成した。

(6) 代表粒径(d_r)の算出

代表粒径(d_r)は、平均粒径あるいは60%粒径とされているが、本研究においては60%粒径 (d_{60}) を代表粒径とした。

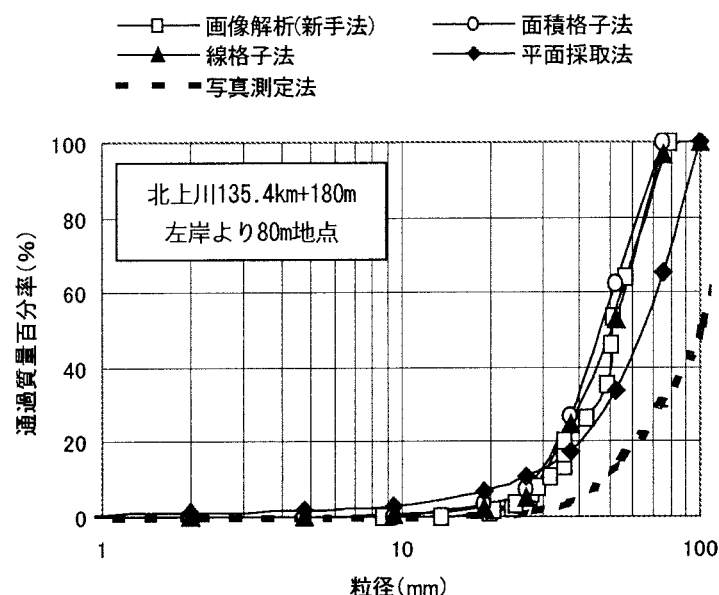


図-7 調査手法別の粒径加積曲線の重ね合せ

表-3 調査手法と代表粒径の関係

河床材料調査手法	代表粒径(d60)
画像解析法	58.1
面積格子法	52.0
線格子法	56.1
平面採取法	71.3
写真測定法	110.3

3. 結果

(1) 撮影画像と画像解析結果

撮影した河床材料の一例を写真-1に示す。また、その写真から画像解析ソフトによって河床材料を抽出した結果を図-4に示す。図-4に示される線で囲まれた区域が河床材料として認識されたものであり、番号は河床材料各粒子の画像解析上便宜的につけた通し番号である。

写真-1と図-4から河床の写真からかなりの河床材料粒子が抽出されることが明らかとなった。

ただし、重なりあう礫や粒径の小さな砂やシルトは抽出することは不可能であった。撮影に使用するカメラと撮影距離および水中の状況（濁度、流速等）により計測可能な河床材料の粒径は異なると考えられるが、この画像の場合、抽出された粒径範囲は13.2～152.1mmであった。

(2) 既存の河床材料調査手法との比較

今回提案する画像解析法の精度を比較するため、既存の河床材料調査を同時期に同じ箇所において行った(表-1参照)。それぞれの手法から作成された粒径加積曲線を重ね合わせたものを図-7に示す。

既存の河床材料調査手法のうち、平面採取法はある一定区間の河床材料をすべて採取するため、粒径が0.075mm以下のシルトや粘土まで計測されている。表-3に各河床材料調査手法によって算出された代表粒径の値を示す。写真測定法によって算出された代表粒径の値が他のものより一桁高くなっているが、その他の手法は大きく異ならなかった。

このことは、既存の河床材料調査手法と比較しても、

今回提案する画像解析法が活用可能であることを意味すると考えられる。

4. まとめ

(1) 本研究により得られた知見

本研究により、以下の事柄が明らかとなった。

a) 画像解析による河床材料の把握

既存の河床材料調査の多くは、実際に河床材料を採取し、室内で土質分析を行い、河床に関する特性値（平均粒径、代表粒径等）を算出するケースが一般的である。

本手法は画像解析を用いることにより、直接河床面に接することなく代表粒径まで算出することが可能であった。このことは作業上の安全面や経済面にとどまらず、河川環境にも配慮した調査手法と言える。

b) 既存の河床材料調査結果との類似性

同時期に同じ場所で既存の河床材料調査を行い、各調査手法による粒径加積曲線の作成および代表粒径値の算出を行った。

その結果、他の手法と画像解析法を比較しても代表粒径値に大きな差が見られなかった。このことから、本手法の活用の可能性が示唆された。

図-8に本手法の適用範囲を整理した。本文には示さなかったが、本研究において粒径約3mmまでの粒子について抽出が可能であった。

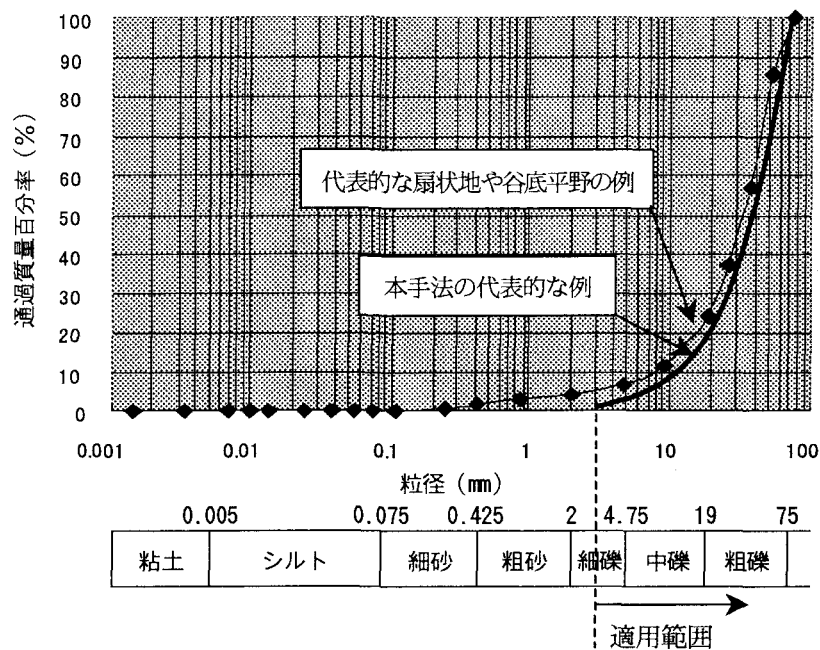


図-8 扇状地や谷底平野を流れる河川河床の代表的な粒径加積曲線と本手法適用範囲の関係

表-4 セグメントの特徴と本手法の適用範囲

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	山間地	扇状地	谷底平野	デルタ	
河床材料の 代表粒径 (dr)	さまざま	2cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出 ている事が多い	表層に砂、シルト が載ることがある が薄く、河床材料 と同一物質が占め る	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、 粘土の混合物	シルト・粘土	
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000	1/5000~水平	

備考:河道計画の技術史³⁾を参考とし、一部抜粋

そのことから、少なくとも表-4に示すセグメント1やセグメント2-1の区間で適用可能であることが示唆された。しかしながら、撮影に使用するカメラの特性や撮影する距離あるいは水中の状況(濁りや流速等)、河床の状態(付着藻類の繁茂状況等)により、抽出可能な河床材料の粒径は異なってくると考えられる。

(2)今後の検討課題

今後の検討課題として以下のことが挙げられる。

a)撮影装置の改良および開発

本手法は河床の撮影画像の品質によるところが大き

い。また、コスト的にも撮影作業の占める意義は大きく、効率的に質の高い河床画像を得ることが重要である。そのためには、目的に合わせた撮影機材の開発、改良が求められる。撮影方法の改良点としては、流水中における機材の固定や現場での画像の確認方法、撮影機材の高性能化(カメラやプラットフォーム)等が考えられる。

b)撮影方法の改良

カメラと河床までの距離により撮影範囲が異なるため、抽出可能な河床材料粒子の大きさも異なってくる。

すなわち、カメラを河床に近づけると大粒径の粒子が

抽出できず、カメラを河床から離すと小粒径の粒子が抽出不可能になる。

このような相反する状況に対応できる撮影方法の改良が重要な課題となる。

c)画像解析の省力化

本研究では市販の画像解析ソフトを利用して計測を行っているため、計測にあたっては、作業者によるマニュアル操作の部分が多い。今後さらに簡便性、経済性を追求するため画像解析ソフトの開発、改良を進め、解析の自動化を目指す必要がある。

河道計画では維持管理とモニタリング内容の計画へのフィードバックを重要な要素と捕らえている。そこで、河床変化の継続的なモニタリングも不可欠であると考えられる。

今後、実際の現場におけるデータを蓄積し、また撮影装置および撮影方法の改良を加えることにより簡便で経済的な河床材料調査手法が確立されるものと考えられる。

参考文献

- 1) (社)日本河川協会編:建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編、pp.292-293、山海堂、1997.
- 2) 山本晃一、河道計画の技術史、pp.606、山海堂、1999.

(2000.4.17受付)