

写真画像粒度解析による河床材料調査方法と河床変動履歴調査事例について

応用地質(株) ○谷上 実 中村 晋, 畠山 正則 石井伸明

1. はじめに

河床に分布している材料の粒度構成の把握には「ふるい分けによる粒度試験方法¹⁾」が行われている。この方法は、現地の最大粒径によって、試料（河床材料）の採取量が定められている。そのため、粒径が300mmを越えるような巨石が分布する地点（写真-1）においては、極めて大量の試料を対象とした試験となり、多くの労力を必要としていた。

筆者らは、河床材料調査の省力化と、河床材料調査地点の変動履歴を追跡することを目的とし、写真画像を用いた粒度解析の方法を実施してきた。

本報文では、上述した写真画像を用いた粒度解析方法（以下、画像粒度解析と記す）と、その方法を利用した河床変動履歴調査事例について報告するものである。

2. 写真画像を用いた粒度解析方法と現場適用にあたっての検証

写真画像から粒度曲線を求める方法（写真-2）は、以前より行われていたが、広く一般化されているものではなかった。それは、いくつかの課題が検証されていなかったためである。以下に現場適用に当たって検証した結果について述べる。

(1) 最大粒径と写真撮影範囲の検証

ふるい分けによる粒度分析方法では、対象とする試料（地点）の最大粒径に対して、試験に必要な重量や容積が定められている^{1),2)}。画像粒度解析においても、撮影範囲（面積）を、最大礫の面積（等価円として求めた面積）が撮影した全体面積の5%以下になるように決定している^{3),4)}。例えば、最大粒径が500mm（約 0.2 m²）の巨石がある地点では、その1個の礫がしめる面積比を5%以下になるような撮影面積は約 4 m²となるので、2m×2mの範囲で撮影している。

(2) 撮影高さの検証

河床面の写真撮影は直上から行うのが望ましいが、現地での作業性を考慮すると斜め上方から撮影される。斜め写真については、そこから求める面積の精度が悪くなるので遠近法を用いてゆがみを補正をしているが、より解析精度を高める方法として、測定する範囲の1辺の長さの約2倍程度の高さから撮影することで精度の向上が図れた^{3),4)}。

(3) 最小読み取り礫径の検証

撮影範囲を2m×2mとしたときの、実際に読み取り可能な粒径の大きさを検証した^{3),4)}。その結果、撮影する1辺の長さの約1/50の礫については十分な精度で解析できている。

(4) 画像解析と室内粒度試験の合成

巨石が分布している河床でも写真（画像粒度解析）では解析できない細粒な礫分や砂分が多く分布している調査地点もある。そのような場合には、細粒な試料を持ち帰り室内において粒度試験を行い、画像解析の結果と合成させて粒度曲線を作成する。

(5) 画像粒度解析結果の精度検証（ふるい分けの結果との比較）

画像粒度解析の結果とふるい分けによる結果を比較し、その結果を図-1に示す。検証方法は、河床面を写真撮影（2 m×2 m）した画像と、同じ地点からバックホーにて採取した約1000kgの試料のふるい分けによって求めた粒度曲線の比較によって行った。図-1の結果は、現地で採取した試料を試験室に持ち込みふるい分けによって求めた粒度曲線（図中○印）と、画像粒度解析によって求めた粒度曲線（図中●印）



写真-1 河床の写真撮影状況

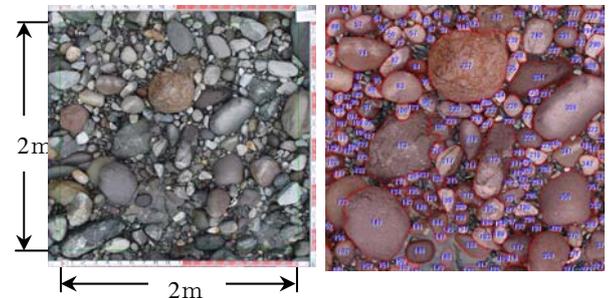


写真-2 写真画像粒度解析の状況

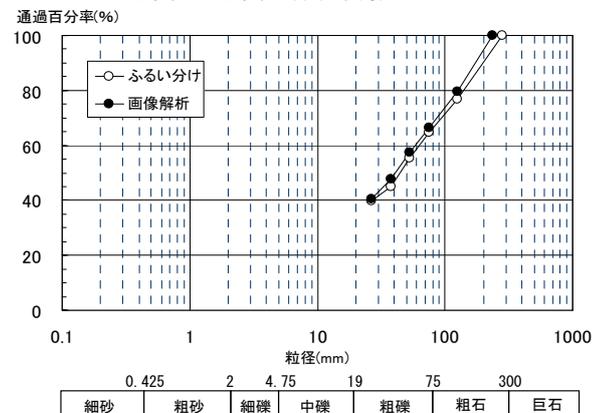


図-1 粒度曲線の比較

を比較したものである。図から明らかなように、両者の相関性は極めて高く、通過百分率でほぼ4%以内の差に収まっていることが確認できている。

3. 河床変動履歴調査

河床堆積物は多くの場合、融雪時期や豪雨時の出水により侵食と堆積を繰り返して現況面を形成している。ここでは、河床変動現象の解明に重要な要素となる、河床堆積物の質の特定に画像粒度解析を応用した。

図-2に河床変動履歴調査の流れ図を示した。以下に調査手法について述べる。

(1) 測量成果の整理～調査地点の選定

既往の定期横断測量成果を図上で重ね合わせる。重ね合わせた範囲から侵食箇所と堆積箇所を区分するとともに既往の出水記録と照合して、各出水に対応した堆積物（堆積時期が明確な地中痕跡物）を抽出する（図-3参照）。

抽出した地中痕跡物のうち、上流から下流まで存在している同一出水の堆積物を中心に調査地点の選定を行う。

(2) トレンチ調査

上記の各出水に対応した堆積物をトレンチ調査（図-4）によって確認する。トレンチ調査では、網状河川の特徴から1回の出水によって堆積する層相(ユニット)を表-1のように想定し、その上で観察面の層相の識別を行った。また、地層(境界)の識別には、風化土砂層(褐色砂層)、褐色細粒付着物(鉄バクテリアなど礫表面の付着物)の存在も一つの指標とした。さらに、スケッチで区分した観察面の粒度分布の把握は画像粒度解析によって行った。

(3) 堆積履歴と質の特定

以上の作業を上流から下流までの間で行うことで、堆積物の堆積環境および質が特定できる。例えば、図-4に示す同一出水時の堆積状況を見ると、上流は規則性のない土石流的な堆積となり、下流は掃流的な堆積となっている。また、当時の横断図を用いて不等流計算で求めた移動可能礫径と画像粒度解析の粒度分布は比較的調和した結果となった。

このように、堆積環境から出水時の流れの状況が想定できるとともに、対象出水時の流量から想定される水理諸元と粒度分布から土砂移動形態を類推することもできる。

4. おわりに

写真画像粒度解析方法は、簡便にその場所の粒度構成を把握することができる大きな利点がある。また、巨石が分布する河床においても、地表面の粒度と数10cm掘削した河床面の粒度構成を取得できることと、鉛直方向の粒度構成の変化状況の把握も比較的簡便に実施でき、土砂の堆積環境を把握するための有効な調査手段となり得ると考える。

《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（山海堂）pp.292～293
- 2) 社) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，pp.125～126，2009.
- 3) 谷上 実, 畠山正則：河床材料調査における写真画像粒度解析手法の適用について：第40回地盤工学研究発表会講演集，pp.85～86ページ，2005
- 4) 谷上実，畠山正則：河床材料調査における写真画像粒度解析手法の適用について：技術e-フォーラム2009，論文No.58

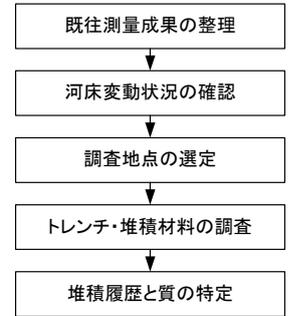


図-2 河床変動履歴調査の流れ

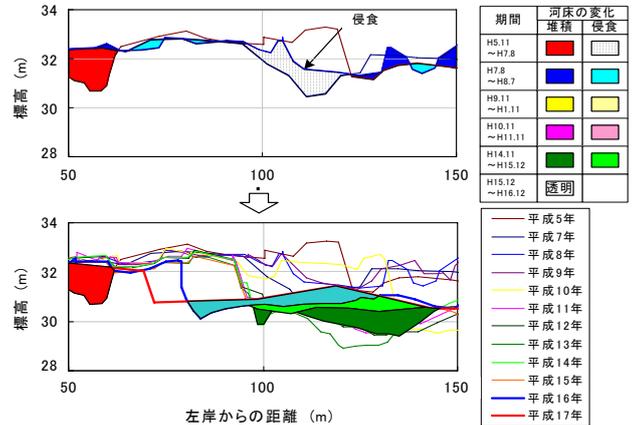


図-3 河床変動状況の確認(横断測量整理)

表-1 1ユニットの層相変化と堆積環境の例

模式層相図	層準	層相	堆積環境
	第6層	礫の混入は少なく、シルトと細粒砂の細互層で構成される。時には葉理構造が発生する。	出水が収束し、水流が安定した静穏な環境で堆積したものと推定される。
	第5層	礫の混入は少なく、ほとんどが中粒砂～細粒砂の細粒分で構成される。	出水が収束し、水流が遅い静穏な環境で堆積したものと推定される。
	第4層	下位の第3層と比較すると礫径は小さく、一般に礫率は低くなる。扁平した礫が下流側に倒れこむ形で累重するインプリケーションが発生することが多い。	やや、流速は早いが出水は収束に向かう中、流量がほぼ一定の状態に堆積したものと推定される。
	第3層	大礫を多数含む第2層と堆積物を構成する粒径に大きな違いは無いが、扁平した礫が下流側に倒れ混り、累重するインプリケーションが認められる。	出水は、収束に向かうが、流速は比較的早く、流量も多い流れの中で堆積したものと推定される。
	第2層	巨礫～粗粒砂が無秩序に堆積した、乱れた堆積構造を有する。礫と礫が接する礫支持礫層となる。	出水のピーク付近で、上流から流れ出た巨礫が堆積し、礫間を基質が充填したものと推定される。
	第1層	巨礫～粗粒砂が無秩序に堆積し、礫を基質である細礫～粗砂が取りまいた基質支持礫層となる。	出水のピーク時に、乱流(土石流)状態で、礫と基質が混然となり、一気に堆積したものと推定される。

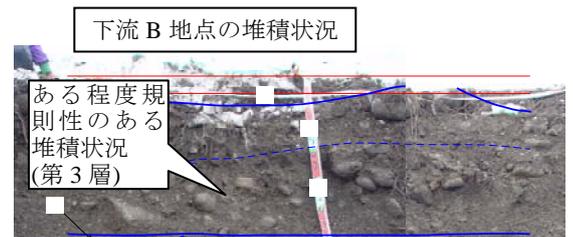
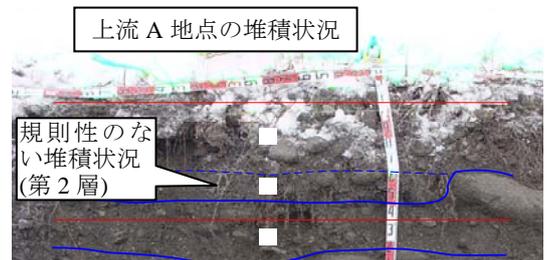


図-4 トレンチ面の観察結果