

UAV撮影画像処理による河床表層粒度分布把握 に関する基礎的研究

FUNDAMENTAL STUDY ON GRAIN SIZE DISTRIBUTION OF RIVERBED SURFACE BY ANALYZING UAV PHOTOGRAPH

平生昭二¹・阿左美敏和²・吉村真³・西口祐輝¹・河合彩里伊²

Shoji HIRAO, Toshikazu AZAMI, Makoto YOSHIMURA, Yuuki NISHIGUCHI, Sarii KAWAI

¹正会員 工修 株式会社 建設技術研究所九州支社 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区2-4-12)

²非会員 工修 株式会社 建設技術研究所東京本社 (〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎1-14-6)

³正会員 株式会社 建設技術研究所九州支社 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区2-4-12)

This study reports analyzing precision of grain size distribution of the riverbed surface by automatically analyzing UAV photographs. The grain size distribution curve and representative grain diameter varies according to the photographing condition; camera performance, flight height of UAV, wet riverbed and so on. Precision of analysis decreases by identifying the shadow, pattern on the grain surface or soil as a fine grain. This study examined the ability to improve the analyzing precision by monochrome image, higher brightness and population-break. Removing fine grains by population-break is effective in improving the analyzing precision, so the representative grain diameter is in error by less than 10 percent.

Key Words: grain size, grain size distribution, image analysis, UAV photograph, photographing condition, population-break

1. はじめに

砂礫堆が発達するような区間における河床構成材料は、平面的な分級が進み異なる粒度分布を示すが、従来の調査¹⁾では調査地点数が少なく(縦断1km~数kmピッチで横断3箇所等)、改修後の河道応答分析や動植物の生息・生育環境への影響評価を情報が少ない中で実施している。また、河床変動解析では数km区間の平均的な粒度分布を与えることが多く、またアーマーコート化している区間では表層の粒度分布データがないために、表層下の細粒分を含んだ粒度分布を設定しており、これが解析精度を落としている要因の一つになっている。

さらに、記憶に新しい平成28年熊本地震や平成29年7月九州北部豪雨などの大規模な土砂災害が発生した際には、航空測量やUAV測量等による地形変化に加え、河床や崩壊地の粒度構成まで把握できれば、それを解析等へ活用し、迅速な対策工の立案へつなげるものと考え。

現在、UAV等による高解像度の河床表層の写真撮影が容易になってきており、これまで現地計測していた河床表層の粒度構成も撮影写真を画像解析ソフトにかけることにより数cm単位で広範囲に把握可能となってきた

いる。しかしながら、河床材料の粒度構成に関する画像解析ソフトは、フリーソフトも含めいくつかあるが、精度、写真解像度との関係が不明なものも多く、実用化にあたっては課題も多い。

また、これまでの画像解析による河床粒度分布把握に関する研究は、大橋ら²⁾に代表されるように、地上においてデジタルカメラで撮影したものを画像処理する研究^{2~4)}が多くなされ、画像処理法が実用可能な精度や効率性を有していることが示されている。しかし、高度な位置から撮影されたUAV写真や航空写真を用いて河床材料の粒度分布を把握する研究は、渡邊ら⁵⁾の砂防領域での適用、原田ら⁶⁾の木曾川等と少なく、撮影条件と画像解析精度の関係をさらに検証する必要がある。

そのため、本研究では、洪水前後、河道改修・置き土前後や災害後における河床表層の粒度構成変化を広範囲に、かつ効率的(省力化、迅速、安価)に把握することを目的に、各種撮影条件下でのUAV撮影画像による粒度構成の精度検証を行い、河道管理への活用性を検討することとした。

2. 画像解析による粒度分布把握手法の概要

(1) 解析画像の撮影条件

各種撮影条件における解析精度を検証するため、撮影条件は、表-1に示す6ケースの条件の組み合わせとした。デジタルカメラによる撮影は、条件1, 3~6の組み合わせとした。乾湿条件を変えた河床材料を対象に撮影し、撮影した画像に対して白黒や明度について画像処理を行い、それらについてポピュレーションブレイク（画像解析により判読不可能な粒径10mm以下を除去）を行った。2種類のUAVによる撮影は、条件1~4の組み合わせとした。乾湿条件を変えた河床材料を対象に、それぞれ撮影高度を変えて撮影した。さらに、それらについてポピュレーションブレイクを行った。

(2) 解析画像の撮影方法

デジタルカメラ、UAVの撮影は、H29年6月の晴天時に、表-2に示す撮影方法により行った。

(3) 画像解析ソフト

河床材料粒度構成の画像解析ソフトは、一般公開されているBASEGRAIN（チューリッヒ工科大学 水文学・水文学研究室開発）を用いた。図-1に示すように、画像解析ソフトにより各種撮影条件における画像から河床材料の輪郭を自動取得し、粒度分布を自動解析した。なお、本研究では真値が不明な条件下で効率的に河床粒度分布を把握することを目的とするため、画像解析時の各種パラメータ調整は自動設定値を用いた。

3. 画像解析による精度検証

(1) 対象地点の河道特性

画像解析ソフトの精度検証の対象地点は、画像解析により粒径の判読が可能な砂礫堆が発達する河床をフィールドとし、表-3に示す3地点（阿賀野川水系阿賀川）とした。代表粒径d60は地点1が約36mm、地点2と3が約107mmであり、中礫～粗石が河床材料の主モードである。この代表粒径d60は表層下の試料に対しふるい分け試験により得られた粒度分布から求めたものである。

(2) 精度検証の真値とする粒度分布

画像解析ソフトの精度検証において真値とする粒度分布および代表粒径d60は、図-2に示すようにCAD上で目視・手作業により、河床表層画像の石礫の輪郭を設定してその粒径の計測を行い、粒度分布（面積百分率）を作成して代表粒径d60を算定した。表-4に算定した代表粒径d60を示す。なお、河道計画や環境評価に関する実務において、真値との誤差が±10%以内であれば、解析結果の代表粒径d60は概ね精度を確保できるものと考え、解析精度を確認した。

表-1 解析画像の撮影条件

条件	解析目的	解析ケース
1 カメラ性能	カメラの性能による影響の確認	①デジタルカメラ ※画素数：1610万画素 ②Phantom4Pro(UAV) ※画素数：2000万画素 ③Phantom2(UAV) ※画素数：1400万画素
2 撮影高度	UAV撮影高度による影響の確認	①10m ②20m ③50m
3 乾湿	撮影時の天候による影響の確認	①乾燥した河床材料 ②水を撒いた河床材料（雨天を想定）
4 ポピュレーションブレイク	細粒分を解析結果から除去することによる影響の確認	①全データを使用 ②粒径10mm以下を除去
5 白黒	礫や石の種類、表面模様、影、汚れ等を細粒分として捉えることによる解析精度低下の抑制可能性を確認	①画像処理なし ②モノクロ写真
6 明度		①画像処理なし ②明度アップ

表-2 撮影方法

項目	デジタルカメラ撮影	UAV撮影
撮影高度	約2m（脚立を使用）	①10m, ②20m, ③50m（表-1参照）
撮影方法	1m四方の枠を設置し、真上から撮影後、画像処理により、上下左右の歪みを補正	1m四方の枠を設置し、真上から撮影
撮影状況		

※枠:1m四方

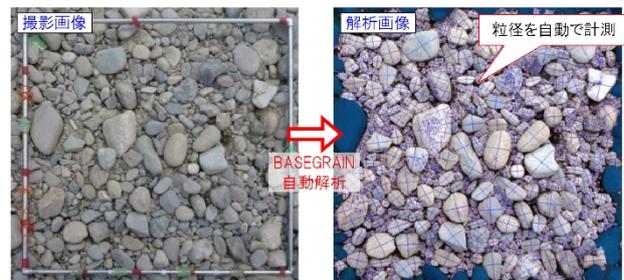


図-1 河床表層画像解析イメージ（BASEGRAIN）

表-3 対象地点の河道特性

項目	地点1	地点2	地点3
河川名	阿賀野川水系 阿賀川		
距離標	13.4k右岸	19.9k右岸	23.1k左岸
勾配	1/580	1/200	1/200
区間平均代表粒径d60(mm)	36	107	107
セグメント	Seg 2-1	Seg 1	Seg 1



図-2 河床表面画像解析（面積百分率による粒度分布）

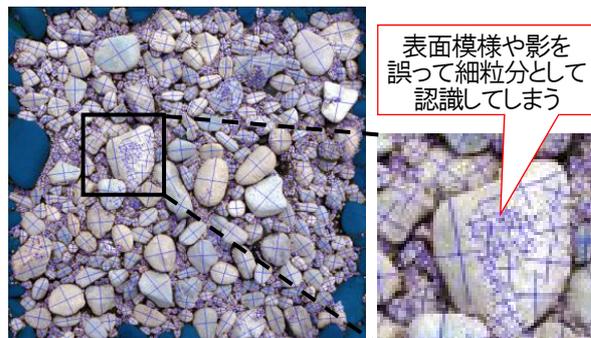


図-3 細粒分の誤認識例

表-4 対象地点の代表粒径（真値）

項目	地点1	地点2	地点3
代表粒径d60(mm)	66	96	58

(3) 精度検証結果

BASEGRAINによる自動解析と河床表面画像解析による解析から求めた、粒度分布および代表粒径d60を比較し、撮影条件の相違による影響を定量的に評価した。本稿ではSeg2-1の地点1とSeg1の地点2について報告する。

(a) カメラ性能・撮影高度等について

地点1と2の粒度分布および代表粒径の整理結果を図-4～図-7に示す。性能の高いデジカメの使用、低高度のUAVによる高解像度の撮影など、解像度を上げるほど河床材料の輪郭を鮮明に撮影できるが、図-3に示すように表面模様や影を誤って細粒分として認識してしまうことにより代表粒径が小さくなり、解析精度が低下する。しかし、ポピュレーションブレイクを行うことにより細粒分が除去され、真値に近づけることが可能になる。特に、粒度分布については十分な精度が得られている。

また、図-5、図-7に示すように、高高度で撮影したUAVでも地上で撮影したデジカメと同等の精度は確保できている。しかしながら、Phantom2のカメラは撮影高度50mの場合、解像度不足のため河床材料の輪郭を捉えられず、解析精度が極端に悪化するケースもあった。

乾湿条件は、DryよりもWetの方が表面模様が強調されるため、誤って細粒分と認識し、解析精度が低下する。以上から、BASEGRAINの自動解析では、最善の撮影条件を一律設定できず、ある程度の幅の誤差を許容する必要があることが示唆された。

(b) 画像処理による精度向上の可能性について

石礫輪郭の自動取得では、表面模様や影を誤って細粒分として認識することが精度低下の要因であったため、これを改善する画像処理方法を検討した。

モノクロ画像や明度を上げる解析前の画像処理手法は、表面模様や影が不鮮明になり、誤って認識していた細粒分が減少し、解析精度が向上する。特に、明度をアップする手法が有効である（図-5）。

4. おわりに

本研究では、極力省力化を図る石礫輪郭の自動取得方法は、表面模様や影を誤って細粒分として認識してしまうことにより解析精度が低下する結果を得た。

これを改善する方法としては、ポピュレーションブレイクによる細粒分の除去を行う方法や明度アップが概ね誤差10%以内であり、有効であることが確認された。

上記より、UAV撮影画像を元にした画像解析は、粒径10mm以下が少ない砂礫堆（Seg2-1, 1）やアーモコート化した河床において、実務レベルで必要とする精度を確保できるものとする。なお、自動取得に加え、目視による手動補正を加えることで、さらに精度向上が図れるため、調査地点数によっては自動取得と手動補正を組み合わせることが有効と考える。

今後は、小礫や砂成分が卓越する河床（Seg2-2）や石分が卓越する河床（SegM）を対象に、河床材料の画像解析を行い、粒度分布の精度や適用範囲を検討していく。この細粒分の存在率も把握可能となれば、置き土やダム排砂対策等による土砂供給増加による細粒化などの変化も効率的に把握可能となると考える。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：河川砂防技術基準 調査編，2014.4.
- 2) 大橋慶介，伊原一樹，安田真悟：画像処理による河床粒度分布情報の高空間解像度化，土木学会論文集F3（土木情報学），Vol.67, No. 2, I_111-I_118, 2011.
- 3) 谷上実，畠山正則：河床材料調査における画像粒度解析の適用について，一般社団法人全国地質調査業協会連合会「技術e-フォーラム2009」松江，【58】，2009.
- 4) 中路貴夫：写真撮影による河床材料調査，国土交通省近畿地方整備局，新技術・新工法部門：No.06，2012.
- 5) 柏原佳明，渡邊正一，綱川浩章，井良沢道也，白杵伸浩，西村直記，大野勝正：画像解析による表面粒径把握の試み，平成25年度砂防学会研究発表会，Pa-79, 2013.
- 6) 原田守啓，荒川貴都，大井照隆，鈴木英夫，沢田和秀：UAVと水域可視化処理による河川地形計測手法の検討，河川技術論文集，Vol22, 67-72, 2016.

①ポピュレーションブレイクなし

②ポピュレーションブレイク (粒径10mm以下を除去)

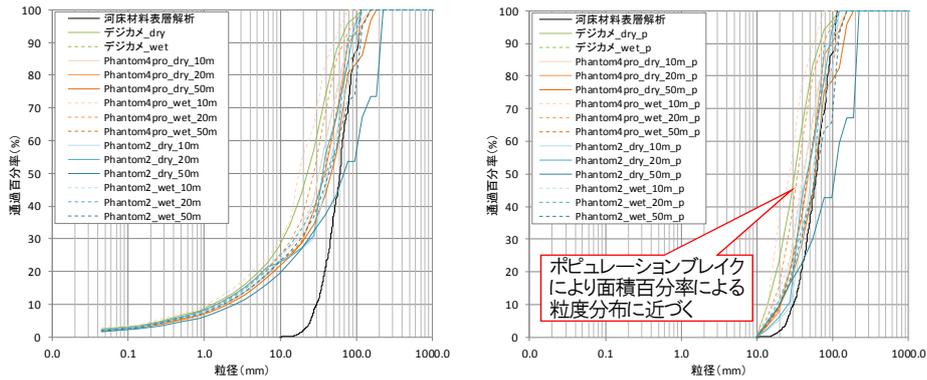


図-4 BASEGRAIN解析結果 (地点1: 13.4k右岸)

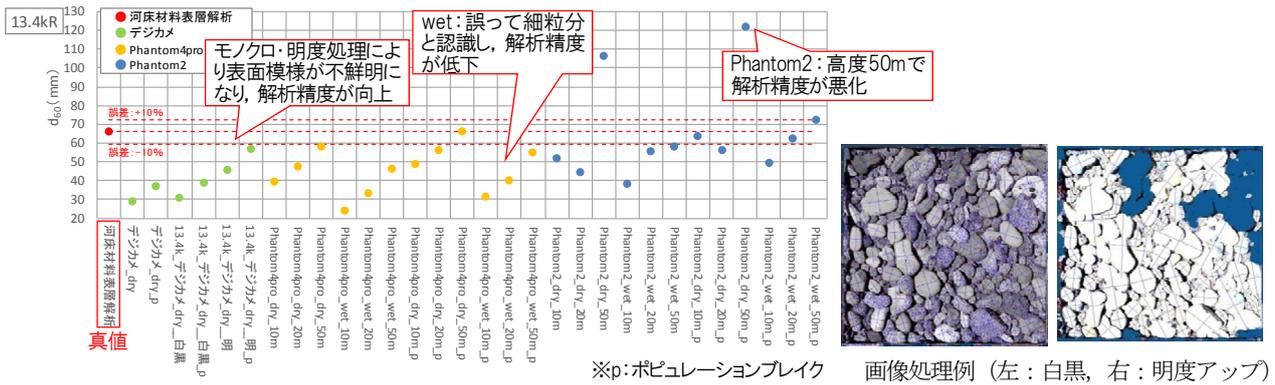


図-5 代表粒径d60 (地点1: 13.4k右岸) と画像処理例

①ポピュレーションブレイクなし

②ポピュレーションブレイク (粒径10mm以下を除去)

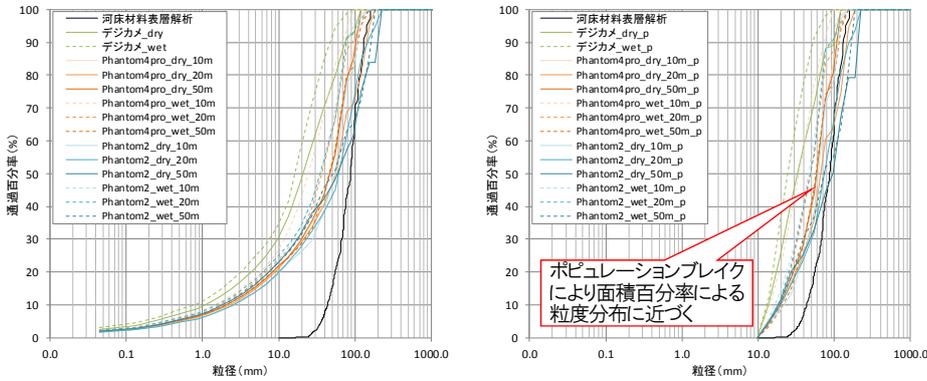


図-6 BASEGRAIN解析結果 (地点2: 19.9k右岸)

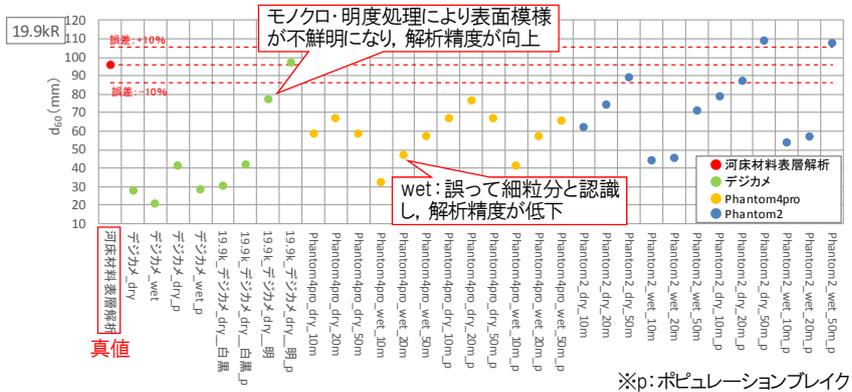


図-7 代表粒径d60 (地点2: 19.9k右岸)

(2018. 4. 3受付)