

1. はじめに

本研究では兵庫県西部を流れる一級河川揖保川の、河口からの距離標 25.2~25.6km 地点に発達する砂州（丸石河原）上を対象としている。この砂州上にはカワラハハコ群落という河原特有の貴重植生が生育しており、大規模な洪水の前後でその分布と個体数の変化が継続的に調査されてきている¹⁾。これらの植生群の消長は、洪水時にその生息域である丸石河原の礫がどの程度の範囲で移動するかどうか依存している。即ち、植生の根の深さの程度まで河床が洗掘されるような掃流力が作用すればその植生は流失されることになる。従ってこのような植生が生き残るための条件としては、洪水時の掃流力が上の限界値を下回るような場所が存在しなければならないが、このことを調べるための流れのシミュレーションには詳細な河床形状と河床材料の分布に関するデータが必須となる。本研究では、特に河床材料に注目し、出水前後の丸石河原の粒度の空間分布をマルチコプターから撮影した空中写真の画像解析から求め考察した。

2. マルチコプターによる撮影と画像解析

対象とする丸石河原におけるマルチコプターによる撮影は 2013 年 6 月 16 日と約 1000m³/s の出水後の 11 月 16 日に行った。使用したマルチコプター（ルーチェサーチ社）は 6 枚羽で、デジタルカメラが搭載されておりリモートで連写をコントロールできる。連写は 1 秒間隔で行い、基本的には高度 30m を保ちながら、縦横に移動して河原全体をオーバーラップ撮影した。解析のために切り出した画像一枚の撮影範囲はおおよそ 7.5×6.0m である。粒度分布の画像解析には、MATLAB ベースのソフトウェア「BASEGRAIN」^{2,3)} を用いた。このソフトウェアでは河床表面に現れている礫を個別に識別し、長軸、短軸の粒径を自動的に画像計測できる。解析例を図-1 に示す。表面に出ている個々の礫が良好に識別、抽出されていることがわかる。

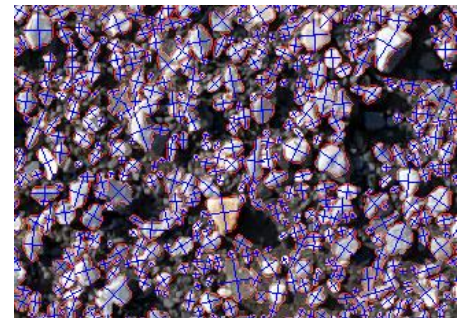


図-1 BASEGRAIN による礫の
検出例（一部分約 2×3m）

3. 粒度分布の合成手法

画像解析で得られる粒度分布は河床の表面に現れているものだけであるが、画像の解像度は撮影高さによって異なるため、ここでは、異なる高度から得られた画像の解析結果を合成する方法について説明する。本研究では例として同一地点を高度 5m と 30m から撮影した結果の合成を行う。基本的には粒度分布は局所的に一樣と仮定し、単位面積当たりの各粒径の粒子の個数を求める。このとき、細粒分の個数は、5m からのデータ、大粒径の個数は 30m からのデータで互いに補完する。粒子を球形とみなして質量に換算すれば粒度分布が求まる。得られた結果の一例を図-2 に示す。散在する非常に大きな岩を考慮するかどうかで分布は若干変化するが、細粒から大粒径に及ぶ表面の粒度分布が良好に得られていることがわかる。

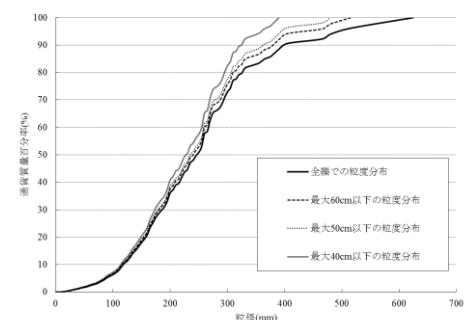


図-2 合成から求めた粒度分布

4. 出水前後の粒度分布の比較

前述のように、現地における撮影は、9月の出水前後に行っているため、ここでは図-3に示す主要な4地点における粒度分布を比較する。但し、ここでは高度30mからのデータのみを用いる。それは、30mから検出される最小粒径は、直径3cm程度であり、カワラハハコの消長を論じる上では十分小さいと考えられるからである。BASEGRAINによる解析においては、出水前後のほぼ同一地点を検出し、画像サイズを1000×800pixelにそろえた。このときの解析範囲は各々33.7m²である。

図-4に地点②と④における粒度分布の変化を示す。これより、地点②では、大きく粒度分布が変化しているのに対し、地点④では全く変化がないことがわかる。これは地点②では大粒径の丸石まで掃流されたのに対し、地点④では河床変動がほとんど生じていないか、あるいは平衡状態が保たれていることを示唆する。同様に上流側の地点①では、地点②と同様の平均粒径の減少が見られたのに対し、下流側の地点③ではやはり変化はほとんどなかった。

以上のことより、砂州の上流では大きな河床変動が生じ、粒径15cm以上の砂礫まで移動したことが推測できる。上流域で繁茂していた実生のカワラハハコは出水後の調査でも流失しており、粒度分布の変化と対応している。これに対し、下流地域では粒度分布の大きな変化は見られないことがわかった。

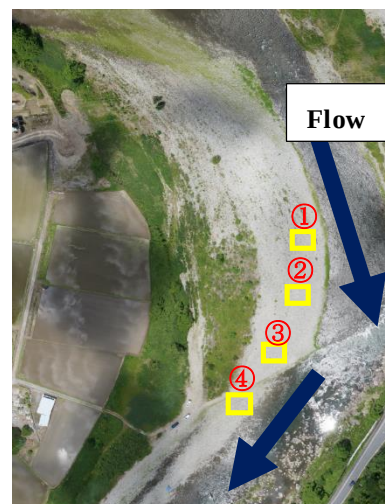


図-3 解析地点
(縦 350×横 250m)

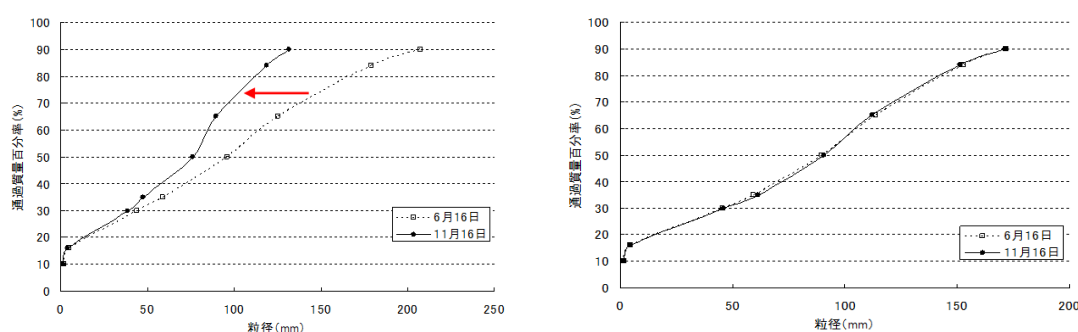


図-4 地点②（左）、④（右）の粒度分布の変化

5. おわりに

マルチコプターを利用した砂州表面の画像計測により、出水前後の粒度分布の変化を非常に詳しく調べることができた。特に粒度分布が上・下流で異なっていたことを明らかにできた点は重要と考える。今後は粒度分布の比較対象地点を平面的に与え、さらに詳細な比較を行う。そこで得られる知見は、今後実施する河床変動解析の精度を検証する上で有用なベンチマークデータとして利用できると思われる。

謝辞

本研究は公益財団法人河川財団の平成 25 年河川整備基金助成事業による支援を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 浅見佳世, 中山昭彦, 川谷健, 藤田一郎: 現地調査と数値解析による揖保川におけるカワラハハコ群落成立地の水理学特性の研究, 建設工学研究所論文報告集, 第 54 号 2012.
- 2) M. Detert, V. Weitbrecht: Automatic object detection to analyze the geometry of gravel grains – a free stand-alone tool, River Flow 2012 – Murillo (Ed.), © 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62129-8, 2012.
- 3) BASEGRAIN ホームページ(<http://www.basement.ethz.ch/services/Tools/basegrain>)