

河床礫形状の画像計測に関する検討

環境リモートセンシング工学研究室 高溝啓輔

1. はじめに

日本の河川は過去幾度となく洪水などの水害に見舞われている。それに対処すべく河川工事が進められてきたが、当初は治水という目的のみが先行してしまい、河川環境にはそれほど配慮がなされなかった。しかし、近年になり各地の河川においてその環境の変化が指摘されるようになり、各地の河川でその環境の回復・保全をすべく努力が続けられている¹⁾。

懸念されている河川環境の変化の一つに、河床材料の変化がある。これにより、河川の生態系が影響を受けている。魚沼川もそうした河川の一つである²⁾。河川工事により河床礫の粒径が変化し、アユの漁獲量に影響を与えているという指摘がある。本研究では、前述した河床材料の変化を把握するための一環として、粒径以外にも多くの形状特徴量を扱える、画像からの形状計測を目的とした。

とくに、魚野川において実際に河床材料の変化が指摘されている地点を撮影し（第3章）、幾つかの画像処理を行い（第4章）その形状を計測する（第5章）までのプロセスについて述べる。

2. 河川工事の影響

一般に河床材料の粒径は、侵食・運搬・堆積の作用により、上流部が粗く下流にいくほど細くなる（図2.1）。その河床材料により、河川の生態系が築かれてきた。河床材料の粒径が変化すれば、こうした生態系も影響を受けることになる。そして、このような影響が各地の河川で見られている。

魚野川流域でも過去に集中豪雨や融雪に伴う水害による被害を受けてきた。このような背

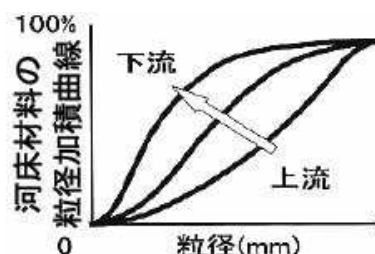


図 2.1 河床材料の粒径加積曲線²⁾

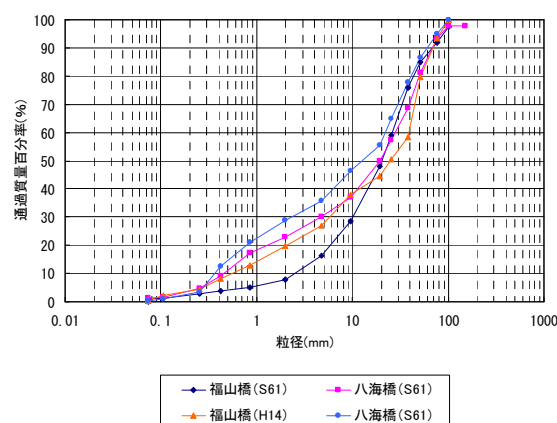


図 2.2 問題の指摘される箇所の粒径加積曲線
(国土交通省信濃川河川事務所)

景から魚野川流域でも治水を目的とした河川工事が進められてきた³⁾。しかし近年、他の河川と同じく、河川工事による影響が見られるようになった。

その一つに前述の河床礫の細粒化がある。これによりアユの漁獲量の減少につながったというものである。図2.2に、実際に問題が指摘されている福山橋と八海橋付近の粒径加積曲線を示す。この結果より、問題の指摘のある箇所で河床材料の細粒化が起きていると考えられる。よってそうした地点で河床材料の形状を把握することは、魚野川の河川環境を考える上でも重要と考えられる。

3. 河床材料の撮影

河床材料の画像から、その形状を抽出するため、魚沼川で河床材料の撮影を実施した。対象としたそれぞれの地点で、対標を置いた河床材料をデジタルカメラによりステレオ撮影した。

対象とした地点は、問題の指摘されている福山橋と八海橋、更に比較対象として八海橋より上流の坪池橋も対象とした（図 3.1）。

撮影は福山橋と坪池橋では橋の上から直接撮影し、坪池橋では砂州に降りて、スタッフにデジタルカメラをくくりつけて撮影した。

4. オルソ画像作成

デジタルカメラで撮影した画像は、レンズの歪みの影響を受けている。また中心投影方式なので、その画像を補正せずに使用すると、実際の河床礫の形状とは異なってしまふ。そこで、画像の解析に移る前にカメラキャリブレーションとオルソ（正射）画像を作成する必要がある。

撮影画像を元にキャリブレーション計算を行う。キャリブレーションシートのマーク点の重心座標値 (x,y) を取得し、キャリブレーション計算を行うと、次の内部要素が算出される。

- ①レンズの焦点距離 f 、②レンズの歪（放射方向） $K1$ 、 $K2$ 、③レンズの歪（接線方向） $P1$ 、 $P2$ 、④センサの主点位置 Xp 、 Yp 。

次に標定作業を行った。これは、ステレオ撮影時のカメラの3次元位置、3軸の傾きを求めることを指す。これらを求めることにより、縦視差を除去し、さらにカメラキャリブレーションで得た内部要素で画像を修正することにより、画像を幾何的に補正されたものとなる。

通常、カメラで撮影された画像は中心投影により撮影される（図 4.1）。これは特に画像に寸法を持たせ、計測を行うような場合には測量的な観点から不都合が生じる。以上のことより、画像からの河床礫の計測に先立ち、オルソ（正射）画像を作成（正射変換）した（画像 4.1）。



図 3.1 撮影箇所 (google earth)

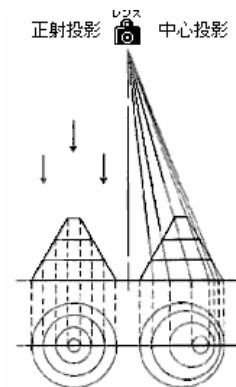
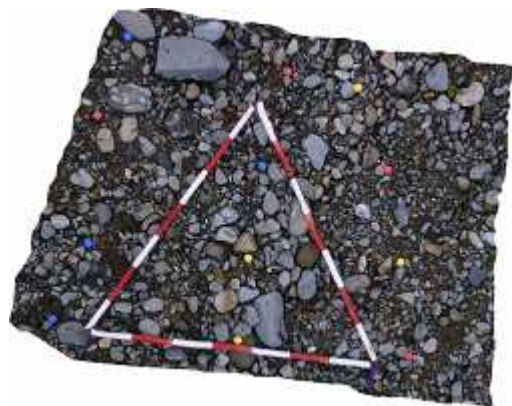


図 4.1 中心投影と正射投影



画像 4.1 オルソ画像（八海橋）

5. 形状特徴量抽出

作成したオルソ画像を元に、河床礫形状の計測を行った。まず画像上から不要な箇所を除去し(画像 5.1)、次に河床礫の輪郭を抽出する。その輪郭をもとに河床礫の形状特徴量を計測した。

河床礫の輪郭抽出には、watersheds 法を適用した。これは対象の画像から watersheds (分水嶺) および basins (くぼ地) を抽出するものである。画像は mountain range として解釈され、より低いグレイ値が谷間に対応し、より高いグレイ値が山に対応する。今回の解析では、basins (くぼ地) として抽出されるのが河床礫の輪郭ということになる。ここまでで画像から河床礫の輪郭を抽出できた(画像 5.2)。

以下に画像の形状特徴量解析で評価できる主な形状特徴を示す。

(1) 面積 (area)

対象領域の面積である。値は対象領域内のピクセル数により計算される。

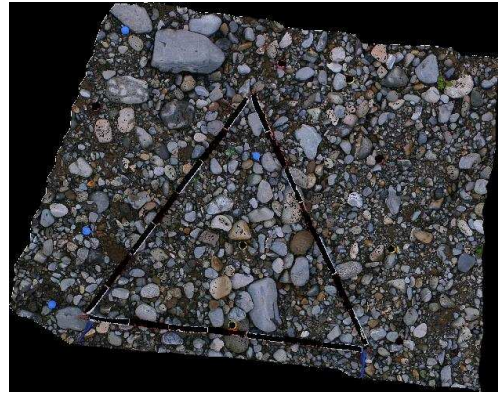
(2) 真円度 (circularity)

真円度は対象の丸みを表わす特徴量である。対象が完全な円であれば 1 であり、円から離れるほど 0 に近づく。F を領域の面積、max が中心から全てのピクセルまでの最大距離であるとする、真円度 C は次式 5.1 義される。

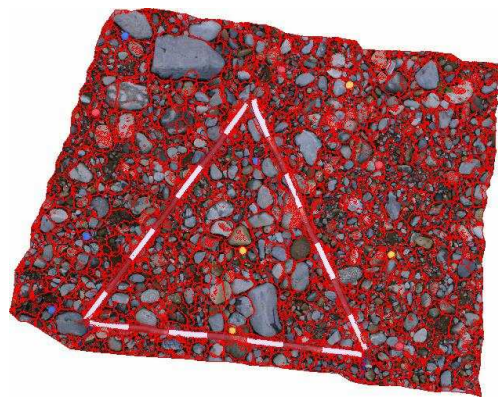
$$C = \frac{F}{\max^2 \times \pi} \quad \dots \text{式 5.1}$$

(3) 領域の外接円の半径 (outer radius)

領域の外接円(対象領域を含む全ての円の中で最も小さい面積をもつ円)を描く。この円に対して、中心と半径が計算される。



画像 5.1 不要な領域を除去した画像



画像 5.2 輪郭抽出画像

(4) 領域の内接円の半径 (inner radius)

対象領域の内接円(対象領域に適合する全ての円の中で、最大面積をもつ円)を描き、この円に対して、中心と半径が計算される。

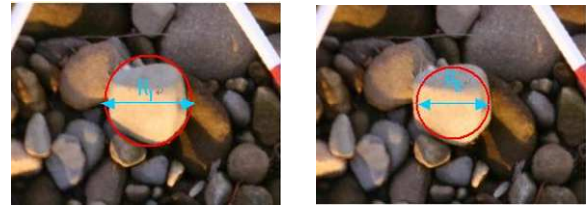
(5) コンパクト性 (compactness)

領域のコンパクト性を算出する。円のコンパクト性は 1 であり、領域が長いかもしくは穴を有するならば、コンパクト性は 1 より大きくなる。L が領域の周長、F を領域の面積とすると、コンパクト性 Com は次式 5.2 で表わされる。

$$Com = \frac{L_2}{4F\pi} \quad \dots \text{式 5.2}$$

抽出できるパラメータの中で、特に河床礫の粒径の抽出に利用できると思われるものとして、領域の外接円ならびに内接円の半径を求めるパラメータが挙げられる。画像 5.3(a)と画像 5.3 (b)のようにそれぞれ領域の外接円と内接円を描いた場合、それぞれの直径 R_1 と R_2 は、河床礫の最大、最小粒径と見なすことができる。また、 R_2/R_1 である程度の丸みも推察することができる。

図 5.1 に領域の内接円の最大半径から算出した粒径分布を示す。坪池橋はほぼ粒径加積曲線と同じ傾向を示していたが、八海橋の分布が実際より大きくとられていた。これは輪郭として抽出された領域が完全ではなかったためと考えられる。



(a) 外接円 (b) 内接円
画像 5.1 粒径抽出の概念

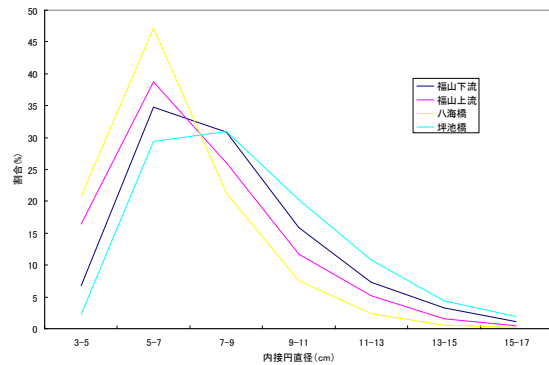


図 5.1 内接円半径より抽出した粒径分布

6. まとめ

本研究では、河床材料の変化を把握するための一環として、河床礫の画像からその形状を計測することを目的としてきた。以下にそのまとめを述べる。

(1) 魚野川の河床材料の変化

河床材料の粒径加積曲線より、魚野川における河床材料の変化が見受けられた。その中でもアユの漁獲量の減少が指摘されてきた、八海橋付近や福山橋付近の粒径は小さくなっている傾向が見られた。

(2) 河床材料の撮影とオルソ画像作成

粒径の変化が見られる地点とそうでない地点とで、河床材料の撮影を行った。

オルソ画像作成に当たり、特に標定作業において画像の質が大きく影響するのがわかった。本研究で河床材料形状の計測が比較的に正確にできた画像の特徴は、①影が写りこんでいない、②河床材料の粒径が大きい、③河床材料の輝度ムラが少ない、といった点である。

(3) 河床材料形状の計測

河床材料の大きな形状は計測できたものの、粒径加積曲線から読み取ることであった傾向とは異なり、定量化には至らなかった。原因として撮影時の手ぶれ、影の写りこみ、画像処理に使用したオペレーターの特性が考えられた。特に前者の 2 つについては、画像を撮影する段階で注意が必要な点のため、事前の撮影計画を十分に行う必要がある。また、画像処理に関しても、より安定して河床材料形状を計測できる手法を見つける必要があるといえる。

参考文献

- 1)高瀬信忠:河川水文学, 森北出版株式会社, pp.15-23, 2002.
- 2)和久井武:還れ魚野川, NPO 法人魚沼ネットワーク, <http://www.mlit.go.jp/river/gaiyou/houritu/9705.html>.
- 3)信濃川水系魚野川圏域河川整備計画, 新潟県, pp.1-12, 2004.
- 4)阿部徹, 斐義光, 並木嘉男:河川を軸とした土砂及び栄養塩類の動態に関する研究, 河川環境総合研究所報告第 11 号, pp.9-19, 2005.