

## 河床粒度分布調査への画像処理技術の応用

岐阜大学工学部社会基盤工学科 非会員 ○安田真悟, 正会員 大橋慶介, 非会員 伊原一樹

## 1. はじめに

河川水理学において河床材料の粒度分布は最も重要な変数の一つである。現在、粒度分布調査では容積サンプリング、面格子法や線格子法といった表面サンプリング法がよく用いられる。また、そのサンプル数は河村・小沢<sup>1)</sup>によると50個以上が望ましいとされ、その労力の大きさから多数地点の調査が困難な現状がある。そこで、近年発達してきたデジタルカメラと画像処理技術を用いて写真法を試みる。これにより、省力化、遠距離からの撮影といった効果が期待できる。本研究では画像処理技術の粒度分布調査への応用を目的として、それぞれの処理手続きについて検証を行うものである。

## 2. 研究方法

画像処理にはオープンソースのC/C++ライブラリ集であるOpenCV<sup>2)</sup>を用いる。そして、河床の画像に対して、カメラのレンズ歪み、及び、傾きによる歪みの除去、石礫の輪郭検出の手順を経て、輪郭の面積から石礫を球と仮定したときの粒度分布を推定する。

## 1) カメラのレンズ歪みの特性について

OpenCV に備わった歪み補正関数を用いてチェスボード状の画像を数十枚撮影し、カメラのイメージセンサーとレンズの組み合わせに固有の5行1列の変換行列(歪み係数ベクトル $[k_1 \ k_2 \ p_1 \ p_2 \ k_3]^T$ )を取得する。これらからレンズ歪みを除去する。半径方向、円周方向の歪み修正はそれぞれ次式で表され、

$$\begin{aligned} x_{corrected} &= x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \\ y_{corrected} &= y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x_{corrected} &= x + [2p_1 xy + p_2(r^2 + 2x^2)] \\ y_{corrected} &= y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2 xy] \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $x, y$ は補正前の座標、 $x_{corrected}, y_{corrected}$ は補正後の座標である。

## 2) 撮影時の傾きによる歪み特性について

撮影角度による歪みをボールを使った室内実験、現地実験で検証する。撮影俯角は30, 45, 60, 75, 90°、焦点距離は18, 24, 35, 55 mmでそれぞれ射影変換したときの歪みを比較する。

## 3) 輪郭検出

雑音除去, 2値化, エッジ強調を行う。輪郭は座標値として出力される。

## 4) 粒度分布推定

輪郭の面積から、石礫の密度が2650 kg/m<sup>3</sup>の球であると仮定した体積, 粒径, 質量を計算し, 粒径加積曲線を作成する。

## 3. 結果と考察

円が描かれた正方形領域の画像に対して、レンズの歪み除去, 射影変換前後の画像を図-1に示す。正方形領域を鉛直下向きに撮影した画像として変換されている。



図-1 正方形領域に円が描かれた画像の歪み除去前(左図)と除去後(右図)の画像。

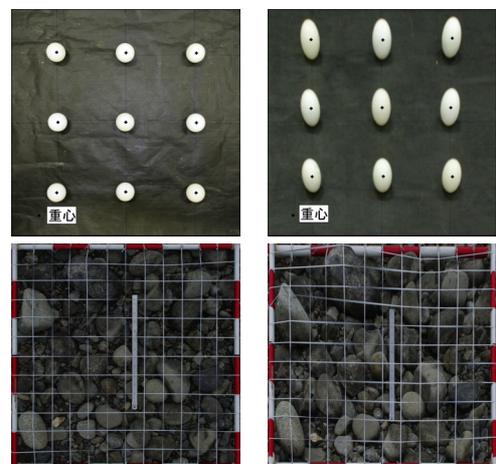


図-2 焦点距離18 mm, 俯角90°(左図)と俯角30°(右図)のとき室内実験の歪み方の違い(上図)と現地実験の歪み方の違い(下図)。

次に、撮影角度による歪み方の違いを図-2に示す。俯角 30° の画像は画面上方、即ち奥行き方向に歪みが大きくなっている。

撮影状況の光学的な模式図を図-3に示す。これによると、俯角 90° であっても歪みが発生していることがわかる。これは、撮影対象が基準面（ここでは床）に対して突出した高さを持っているためであり、図-1のような平面で歪みが発生しないのはこのためである。図-2の室内実験の結果において俯角

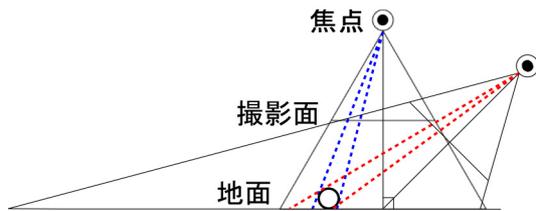


図-3 撮影状況の光学的な模式図。

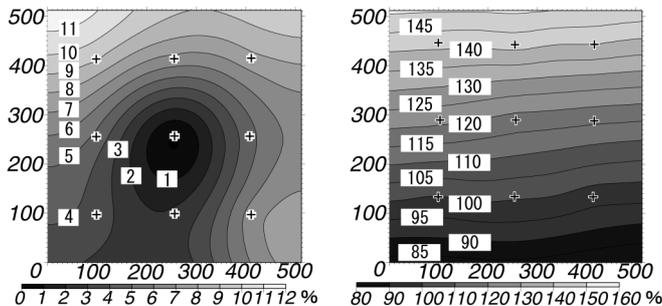


図-4 座標位置による俯角 90° (左図)と俯角 30° (右図)の歪みの割合分布。

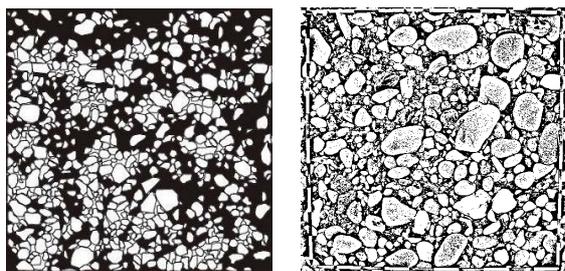


図-5 手動(左図)と自動(右図)の2値化画像。

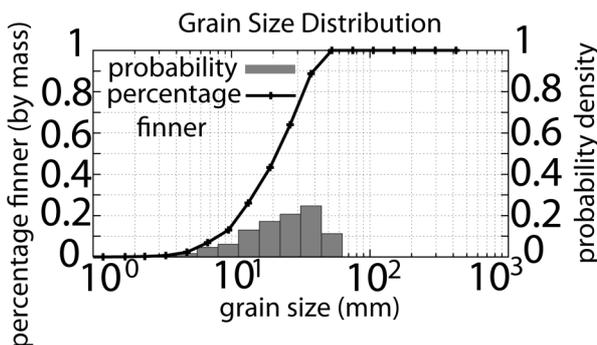


図-6 粒径加積曲線。

90° の画像中央にある球を基準として変換前後の面積のずれを表したものが図-4である。俯角 90° のときは中心から遠ざかる程歪みが大きくなっており、最大 9%程歪んでいることがわかる。同心円状に歪みが分布していないのは撮影時に対象と平行でなかったことと、輪郭を手動で取得したことによる影響が考えられる。また、俯角 30° では画面上方に向かって歪みが起きており、最大で 140%程歪んでいる。この結果、俯角 90° , 30° 共に歪みが発生しており、鉛直下向きの画像であっても処理前に補正が必要であることがわかる。反対に、撮影角度がある場合でも突出高さで決まる歪みの大きさに応じて補正すれば現実に近い結果を得ることができると言える。ただし、この補正方法の詳細については今後の課題の一つである。

手動で輪郭確定し2値化した画像と自動によるものを図-5に示す。自動処理は、画像中の輝度分布が違って自動で閾値が変化する動的閾値処理である。輝度が一定でない石礫を被写体として扱うためこの処理は有効であると考えられる。ただし、この関数に与えるパラメータは今後詳細に検証する必要がある。

図-5の河床の粒径加積曲線が図-6である。10 mm以下の粒径の検出が少ないのは大きな粒径の石礫を優先して手動で輪郭を取得したためである。細かい粒子に関しては焦点距離を大きくして撮影すれば理論上は抽出可能なはずである。

#### 4. おわりに

- 本研究で明らかになったことは以下の点である。
- (1) 撮影角度に関わらず歪みは存在するが、俯角が小さいほど歪みは大きく異なる。
  - (2) 撮影俯角による歪み分布を明らかにし、その割合を補正すれば粒度分析が可能であることが示唆された。角度がある場合も補正をすれば有用である。
  - (3) 2値化アルゴリズムは動的閾値処理が有用である。

#### 参考文献

- 1) 河村三郎, 小沢功一: 山地河川における河床材料のサンプリング方法と粒度分布, 土木学会誌, 第55巻12号, pp. 53-58, 1970.
- 2) Open Source Computer Vision Library : (URL:[http://opencv.jp/opencv-1.1.0\\_org/docs/index.htm](http://opencv.jp/opencv-1.1.0_org/docs/index.htm))