

# 画像処理による河床粒度分布調査法に関する研究

岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 学生会員 安田 真悟  
 岐阜大学工学部社会基盤工学科 正会員 大橋 慶介  
 岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 学生会員 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、河川計画や土砂移動量算出時に必要とされる重要なデータである。しかし、山地河川などでは粒度分布調査にかかる労力が大きく、作業量の簡便化が望まれている。そこで、正確な粒度分布を簡便に得るために、デジタルカメラと画像処理技術を用いて、画像処理法による粒度分布測定を行う。また、斜めから撮影した画像を用いて、特殊な機材を必要としない計測を可能にする。この方法は、撮影対象領域の石礫全てをサンプルすることから、等間隔でサンプルする面格子法などとは異なり、より詳細な粒度分布が期待できる。

## 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>1)</sup> を用いる。斜めから撮影した画像に対して、レンズ歪みを除去し、射影変換を施す。変換時には変換歪みが発生し、これを光学的モデルによる数値計算から得られる歪み分布を用いて補正する。その後、石礫の輪郭を検出し、その面積から円相当径とした球換算質量を求め、粒度分布を決定する。

**レンズ歪みの除去** 撮影した画像には、レンズによる歪みが発生しているため、カメラの内部パラメータから変換行列を求め除去する。

**射影変換** 斜めから撮影した画像を正対画像に変換する。このとき発生する変換歪み（以下、歪み）を室内実験において、撮影俯角 90°、75°、60°、45°、30°、焦点距離 55 mm、35 mm、24 mm、18 mm で厚みを持たない物体とピンポン球の画像を用いて比較する。

**数値計算による変換歪み分布** 変換歪みは、仮想三次元空間の座標値、撮影角度、突出高さから求められる。この補正関数から得られた値を補正值とする。

**輪郭検出** フィルタ処理、輪郭検出をし、画像中の石礫を抽出する。フィルタ処理は、平滑化と二値化を

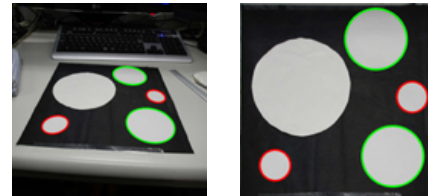


図-1 厚みを持たない物体(左図)とその射影変換後の画像(右図)。

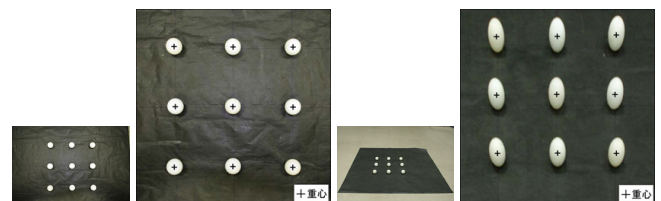


図-2 ピンポン球の画像を用いた撮影俯角 90° (左図), 30° (右図) の歪み方の比較。

行う。平滑化は、輪郭検出が目的であるためエッジ保存平滑化<sup>2)</sup>を用いる。二値化は、画像内の輝度値の違いから固定閾値ではなく適応型閾値処理<sup>3)</sup>を用いる。

**粒度分析** 石礫の輪郭から面積を求め、円相当径としたときの球換算質量によって粒度分布を決定する。質量換算時に用いる石礫の密度は、実際の現地の石礫から求める。

## 3. 結果と考察

厚みを持たない物体を斜めから撮影してレンズ歪み除去し、射影変換を施す前後の画像を図-1 に示す。このとき、赤、緑で示した同じ大きさの円は変換後も再現され、歪みが発生していないことがわかる。同様に、ピンポン球の画像を射影変換したときの撮影俯角 90°、30° の画像を図-2 に示す。俯角 30° で画面上方に向かって歪んでいることがわかる。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 では、突出高さがいないため歪みは発生しない。次に、歪み発生前後のピンポン球の面積から歪みの分布を示したものが図-3 である。俯角 90° のケースでは、中心から遠ざかる程歪みが大きくなっている。俯角 30° のケースでは、画面

上方に向かって歪みが分布している．ここで，画像全体に密にピンポン球を配置したときの歪み分布を数値計算によって調べた．撮影対象までの距離を 1500 mm，2500 mm としたときの俯角 90°，30° の歪み分

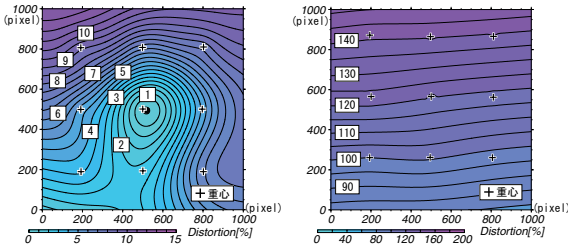


図-3 撮影俯角 90° (左図)，30° (右図) の歪み分布．

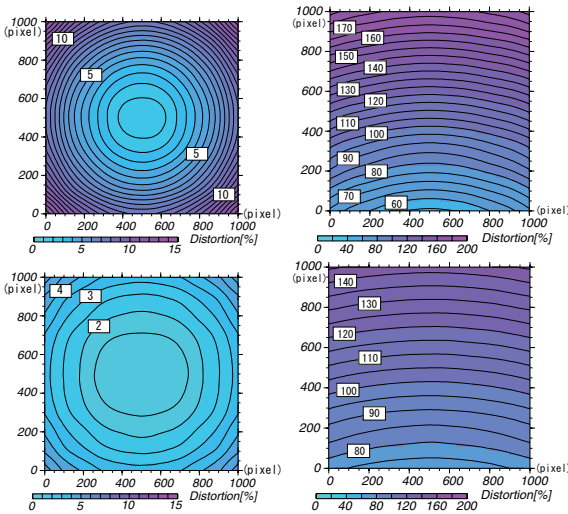


図-4 数値計算による撮影距離 1500 mm (上図)，2500 mm (下図) のとき，撮影俯角 90° (左図)，30° (右図) の歪み分布．

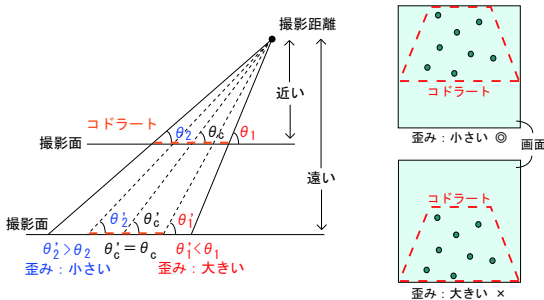


図-5 撮影距離による歪みの光学的な模式図 (左図) と歪みを最小にする撮影方法 (右図)．

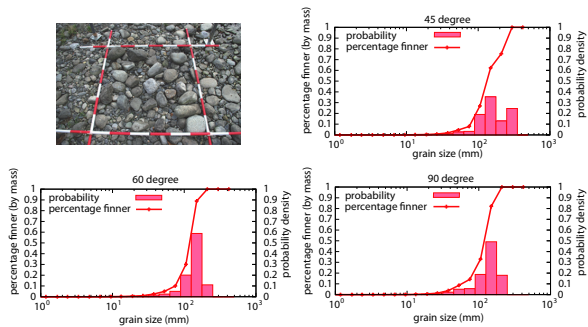


図-6 本巣市根尾川の石礫 (左上図) と撮影俯角の異なる画像を変換して求めた粒径加積曲線．

布を図-4 に示す．俯角 90° のとき，同心円状に歪みが分布しており，撮影対象までの距離が遠いほど歪みが小さいことがわかる．ピンポン球実験の結果で歪みが同心円状に分布していなかったのは，撮影時に床とカメラが厳密に平行でなかったこと，ピンポン球の配置などによる影響が考えられる．俯角 30° のときは，画面上方に行くに従って歪みが大きくなっていることがわかる．しかし，撮影距離が大きくなるに従い，撮影距離が小さいケースと比較して，画面上方は歪みが小さくなるが，下方は歪みが大きくなっている．これは，図-5 に示すように，撮影距離を変えたことによって画面上方と下方で俯角が異なるためである．このことから，斜めから撮影する台形に写ったコドラートの上底が画面上端に写るとき，歪みを最小にする最も良い撮影方法であるといえる．また，焦点距離を変えたとき歪み方に差はなかったため，レンズを望遠にして，対象から離れて撮影するのが良いといえる．しかし，フィルタ処理などは画素数によって結果が異なるため，適切な撮影距離，焦点距離については今後検証する必要がある．次に，図-6 に示す河床を撮影俯角 90°，60°，45° で撮影し，変換歪みの補正なしで各処理過程を経て求めた粒径加積曲線が図-6 である．俯角が小さいとき，歪みの影響で粒径の大きいものが多く検出されている．今後は，現地での石礫の異なる突出高さを求めて歪みを補正する必要がある．また，フィルタ処理のパラメータを最適化することで実用化に向けた精度向上を図る．

4. おわりに

撮影角度に関わらず歪みは発生する．この歪みを最小にする撮影方法は，撮影対象が画面上端に写るときであった．さらに，数値計算の結果，歪みの分布が明らかになり，補正をすれば撮影角度がある場合でも俯角 90° と同様の粒度分布が得られる．しかし，現地の石礫は異なる突出高さを持つため，今後はそれらを測定する必要がある．本研究で，斜めから撮影した画像が粒度分布調査に適用できる可能性が示唆された．

参考文献

- 1) Open Source Computer Vision Library : [http://opencv.jp/opencv-1.1.0\\_org/docs/index.htm](http://opencv.jp/opencv-1.1.0_org/docs/index.htm)
- 2) Gary Bradski, Adrian Kaehler : 詳解 OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識，ティム・オライリー，初版，pp. 113-119, 2009 .
- 3) Gary Bradski, Adrian Kaehler : 前掲書，pp. 139-144 .