

UAV 撮影画像の連続処理による詳細な河床表層粒度分布把握技術の提案

高知高専専攻科 学生会員 池田圭吾

1. 緒言

従来、河床材料の粒度分布調査は、粒径に応じて容積法や線・面格子法¹⁾によって行われてきており、大量のデータ取得が困難であった。平生ら²⁾は、UAV 撮影画像を用いた画像解析 (BASEGRAIN) により、粒径 10mm 以下が少ない砂礫堆において、提案する手法が実用可能な精度を確保できるとしている。しかし、解析対象に 1m 四方のスケールを設置した条件だけで UAV 撮影を行っているため、広範囲への活用までには至っていない。

そこで本研究では、UAV-SfM で得られた河床高の点群データと低空飛行した UAV 撮影画像から得られる位置座標情報を組み合わせることで、各画像の対地高度から地上画素寸法を算出し、画像内にスケールを必要としない手法を提案する。さらに BASEGRAIN による粒度分布解析の課題である画像内の石礫以外の映り込みを AI によって分類した後、解析速度および精度の改善を目的として画像処理を行う。また一連の作業を RPA プログラムにより自動化することで大量の UAV 撮影画像に対して連続処理を行い、詳細な河床表層粒度分布の把握を可能とする技術を提案する。

2. 方法

北海道十勝川の千代田実験水路を対象として、画素数 2000 万画素の Phantom4 Pro により撮影された UAV 撮影画像を用いて解析を行った。撮影条件を表-1 に示す。各画像の対地高度は、解析用とは別に 30m の高度で撮影された画像より PIX4D を用いた UAV-SfM で求めた河床高の座標と解析用画像の高さ座標の差より求めた。なお、本研究で用いた Phantom4 Pro では、対地高度が 36m の際に地上画素寸法は 1cm/px となる。

河床表層粒度分布の解析ソフトには、一般公開されている BASEGRAIN (チューリッヒ工科大学水文学・氷河学研究室開発) を用いた。このソフトでは、河床材料の輪郭を自動取得し、粒度分布を自動解析できる。なお、画像解析時の各種パラメータには自動設定値を用いた。BASEGRAIN による画像解析の例を図-1 に示す。

画像分類 AI は、Microsoft 社が提供する Lobe により、解析対象以外の 1738 枚の UAV 撮影画像を用いて構築した。石礫以外の映り込みが多くある画像と映り込みが少ない画像に分類した。画像分類の例を図-2 に示す。

また画像処理には、Python 版の OpenCV 3.4.15 を用いて、マスク処理および輝度の改善を目的にガンマ補正、コントラストの改善を目的にヒストグラム平坦化を行った。画像処理の例を図-3 に示す。

RPA (Robotic Process Automation) プログラムは、開発言語に Python 3.7.6 (Anaconda3)、ライブラリに PyAutoGUI 0.9.53 を用いて作成した。なお、1 枚の UAV 撮影画像の解析処理に要する時間は、2~3 分程度となった。

表-1 対象河川と撮影条件

対象河川名	撮影日	画像枚数 [枚]	撮影高度 [m]	地上画素寸法 [mm/px]
千代田実験水路	2021. 6. 25	558	約 7.5	約 2.083

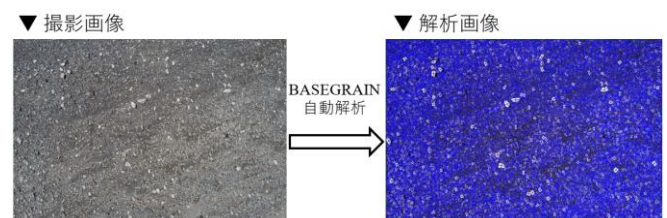


図-1 BASEGRAIN による画像解析の例



図-2 AI による画像分類の例

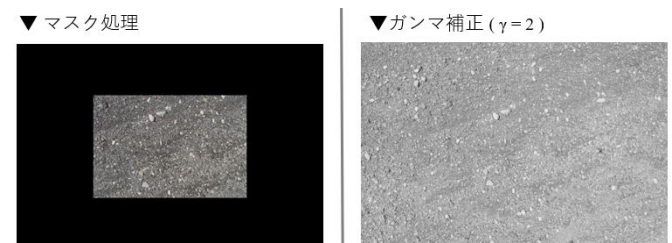


図-3 画像処理の例 (マスク処理, ガンマ補正)

3. 結果および考察

図-4 に十勝川千代田実験水路のオルソ画像を示す。

AI を用いた結果、全画像 558 枚のうち、映り込み部のある画像 339 枚と石礫部だけの画像 219 枚に分類した。図-5 に全画像を用いた解析結果の d_{60} コンター図を、図-6 に AI により分類した画像を用いた解析結果の d_{60} コンター図を示す。図-5 では、堤防など石礫以外の映り込み部で解析値が大きくなり、石礫部の粒度分布が不明瞭となっているが、図-6 では映り込み部の値が 0 となり、石礫部の粒度分布が明瞭となっている。また、粒度分布は、図-4 と図-6 より、高水敷の粒径が低水敷と比較して全体的に高くなっていることが確認できた。

図-7 に図-4 の P 地点でのふるい分け試験による実測値と各画像処理後の UAV 撮影画像の BASEGRAIN による解析値を比較した粒径加積曲線を示す。実測値と解析値の差は d_{60} で比較して +3.4% であり、実用可能な精度であると考えられる。しかし、約 6mm 以下の粒径においては、解析値が実測値よりも大幅に小さくなっている。これに関しては、粒子輪郭を判別する画像解析の原理において 1 粒子あたり最低でも 3px 以上で写っている必要があるとされており、本研究の撮影条件では約 6mm 以下の粒径を判別することができないためと考えられる。

画像処理に関しては、マスク処理を行うことで BASEGRAIN において解析速度が大幅に向上するため、他の画像処理はマスク処理に加えて行った。その結果、ヒストグラム平坦化により解析精度が向上することを確認できた。理由としては、陰の影響が小さくなり、粒子の輪郭が強調されたためであると考えられる。

各画像の地上画素寸法を算出することにより、BASEGRAIN の GUI 操作を大幅に短縮した。また、RPA プログラムにより、画像の読み込み、地上画素寸法の入力、解析の開始、解析結果の出力などの GUI 操作を自動化し、複数画像に対する連続処理を可能とした。

4. 結言

本研究では、UAV 撮影画像の連続処理により、詳細に河床表層の粒度分布を把握する技術に関して検討した。その結果、各画像の地上画素寸法の算出および画像分類 AI、RPA プログラムの導入により、効果的・効率的に広範囲の河床表層粒度分布の把握を可能とした。

5. 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) 平生昭二，阿左美敏和，吉村真，西口祐輝，河合彩里伊，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，河川技術論文集，Vol.24，2018.6.

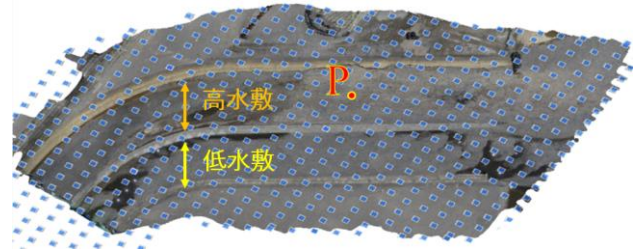


図-4 千代田実験水路のオルソ画像

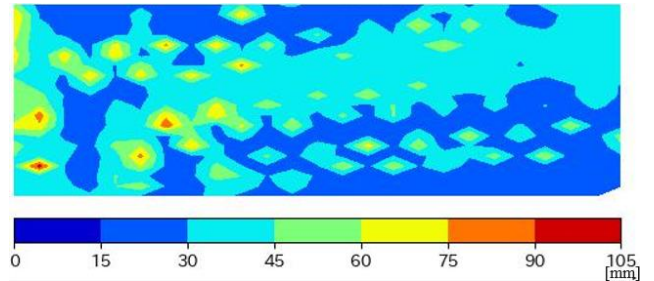


図-5 d_{60} コンター図（全画像による解析結果）

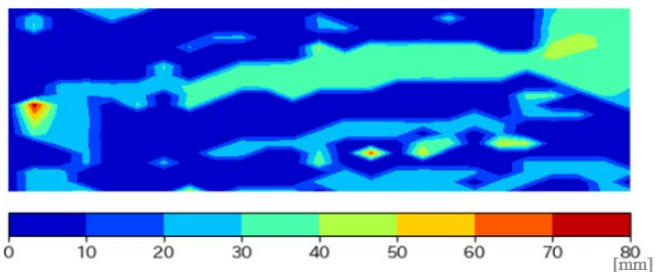


図-6 d_{60} コンター図（AI 分類画像による解析結果）

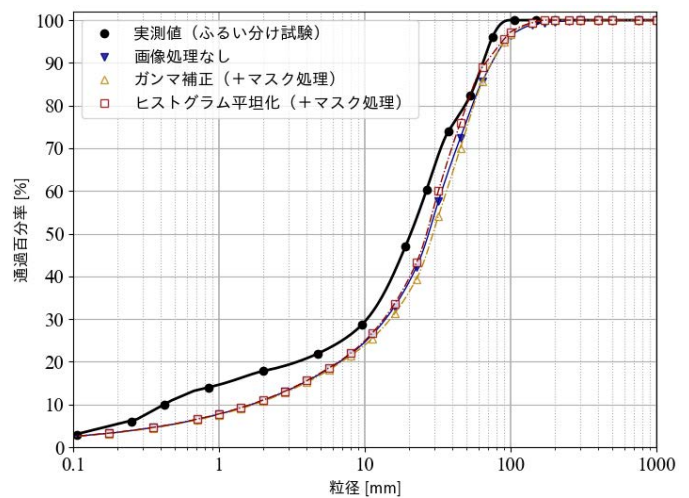


図-7 粒径加積曲線（図-4 内 P 地点）