

UAV写真測量による中小河川の流下能力評価に関する一考察

株式会社復建技術コンサルタント

正会員 ○佐藤慶治

(同) 正会員 市川健、非会員 天谷香織、正会員 那須野新

1. はじめに

自治体管理の中小河川において、洪水氾濫が頻発しており、洪水対策や治水安全度の把握のために適切な河川の流下能力の評価が求められている。しかし、自治体の財政的な事情により、流下能力を把握することは全国的に厳しい状況である。流下能力評価に必要な地表面の標高を把握する手法として、従来の地上横断測量や、Unmanned Aerial Vehicle (以下、UAV) とレーザーを組み合わせた UAV レーザー測量が開発されているが、計測費用が高価である。

それらに対し、UAV 搭載カメラで撮影した画像を用い、写真合成により 3 次元形状を復元する技術 (以下、SfM: Structure from Motion) により地形を把握する UAV 写真測量はコスト的に優れている。しかし、植生繁茂下の地表面の標高を捉えにくいという欠点があるため¹⁾、河道形状把握への UAV 写真測量の利活用が限定的となっている。

以上の課題に対し、国管理河川において、UAV 写真撮影方法や SfM から得られた 3 次元点群の処理方法の工夫により、植生繁茂下の地表面の標高や樹木繁茂量を推定できることが、著者ら現地実証で証明された²⁾。

一方、中小河川は、堤防上の樹木が河床をオーバーハングし上空から河道内が見えにくい区間、法勾配が 5 分の立ち護岸を有する掘込区間が存在する等の特徴がある。これらの特徴に対し、従来実施の垂直写真のみの写真合成では、流下能力評価に用いる地表面の標高や樹木情報の取得は困難であると想定される。

そこで本研究では、中小河川を対象に、異なる条件下で UAV 写真撮影 (撮影時期、静止画撮影、垂直写真撮影と斜め写真撮影) を実施した。そして、得られた各画像から SfM により算出した 3 次元点群を用い地表面の標高や樹木情報を算出し、水位計算により流下能力を評価した。これらに対し、地上横断測量を用いる従来手法を真値として、流下断面積や流下能力の精度の比較を行った。さらに、地上横断測量から流下能力を評価する方法 (以下「従来手法」という。) に対し、本研究が示す UAV 写真測量から流下能力を評価する手法 (以下「新手法」という。) の利点について一考察を述べる。

2. 方法

(1) 検証サイト概要

本研究では、仙台市が管理する梅田川を検証サイトとした。検証の対象は、市街地を流下する延長約 1.7km の掘り込み河道の区間とした。川幅は 5~10m 程度、平均河床勾配は 1/100 である。河道の状況として、落葉樹のヤナギ等が繁茂しており、写真-1 に示すように樹木が

堤防をオーバーハングしている区間がある。また、護岸は 5 分程度の立ち護岸となっている。



写真-1 検証サイト河道状況 (著者ら撮影)



図-1 UAV写真撮影の飛行ルート (平面図)

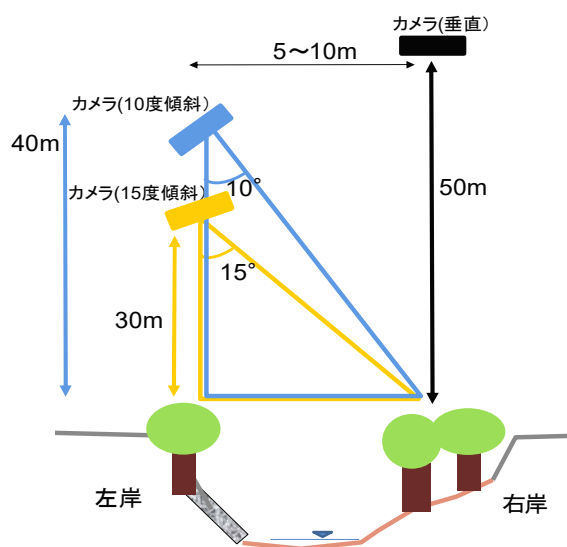


図-2 UAV写真撮影のカメラ角度と対地高度 (横断図)

キーワード UAV 写真測量、河道維持管理、中小河川、横断測量、流下能力評価、樹木群

連絡先 〒980-0012 仙台市青葉区錦町一丁目 7 番 25 号 Tel : 022-217-2045

(2) 流下能力評価（新手法）

水位計算は不等流計算とし、ヤマトソフトプランニング株式会社の「奔流」を用いた。横断面を3分割し計算する準二次元計算により実施した。河床の粗度係数は0.03を用いた。計算断面は、事前に UAV 写真測量で得られた網羅的な3次元点群情報から把握された川幅が変化している地点や河床勾配が変化している地点を含む任意断面で行う方法を実施した。樹木の取扱いについては、河道計画検討の手引き³⁾を参考に、樹木が繁茂している箇所を死水域とし、3次元点群から得られた推定樹高から死水域の高さを設定した。

以上の水位計算を用い、計算流量を $0\text{ m}^3/\text{s}$ から $1\text{ m}^3/\text{s}$ 刻みで順次増加させ水位縦断面図を求める。そして、各計算断面において堤防護岸天端高を上回る水位を示す計算流量の最小値を、それぞれの計算断面の流下能力値とした。

(3) 地上横断測量による流下能力評価（従来手法）

新手法の作業時間や精度の比較検証用として、従来手法の地上横断測量から水位計算を行うケースを実施した。地上測量は、2018年9月25日～10月1日の5日間でトータルステーションを用いて実施した。測線は、事前の UAV 写真測量から把握された川幅や河床の変化点を含む34断面とした。また、水位計算用に樹高や樹木の本数について、ポールを用いて計測する現地の樹木調査を別途実施した。流下能力評価は(2)に示す方法と同様である。

3. 結果と考察

(1) UAV写真測量による流下能力の精度検証

新手法と従来手法による流下能力の比較結果を図-3に示す。なお、計算に用いた断面は、地上横断測量を実施した34断面から堰や水門など複雑な構造物が測線にかかっている7断面を除外した27断面で両者を比較した。結果として、新手法は従来手法に対し若干過小評価の傾向となっている。新手法の誤差として、新手法の流下能力と従来手法との差分値 ΔQ を従来手法の流下能力 Q で除した値 $\Delta Q/Q$ の標準偏差は7.9%であった。これは、流量の浮子観測誤差（1割程度以上⁴⁾）より小さい誤差であり、粗度係数の丸め誤差（ $n=0.021$ と $n=0.02$ の流下能力の差は約5%）と同等の誤差である。

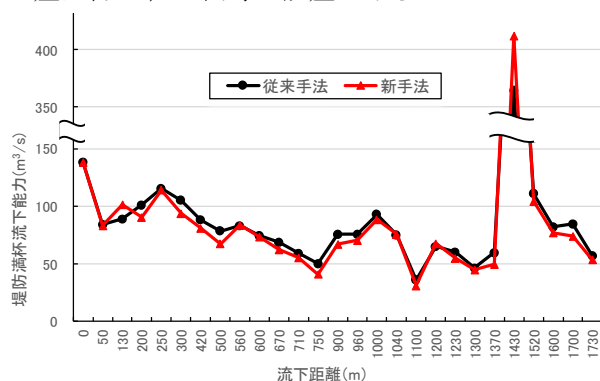


図-3 新手法と従来手法における流下能力の比較
(新手法：UAV 写真測量による流下能力評価、
従来手法：地上横断測量による流下能力評価)

(2) UAV写真測量による中小河川の河道管理への活用

以上の中小河川における現地実証から、UAV 写真測量による流下能力評価は精度面の評価から有効であることが把握された。さらに、従来手法に対して新手法のその他の利点について、計算断面の設定と樹木の設定の観点が考えられる。

まず、局所的な断面変化点や堤防の不連続箇所など流下能力に影響する地点を計算断面に任意に設定できる。従来手法である地上測量は作業量の問題から縦断的に粗な横断データとならざるを得ず、流下能力が小さい区間を取りこぼしてしまう可能性がある。一方、新手法である UAV 写真測量は、SfM から得られる3次元点群により面的に地形データを取得することができ、流下能力評価に影響する局所的な河道の変化を取りこぼさず網羅的に把握することができる。これらの地点を計算断面と設定することにより適切な流下能力評価が実施可能となる。

次に、樹木調査を別途行う必要がなく、3次元点群処理により樹高などを同時に把握し、現地作業を簡素化できる。また、それぞれの樹木繁茂箇所について、樹木ごとに樹高を推定でき、透過係数を用い粗度係数に反映させることも可能である。

4. 結論

本研究では、中小河川を対象にして実施された UAV 写真測量と地上横断測量とによって得られた河道横断面を用いて流下能力を算定し、新手法（UAV 写真測量による流下能力評価）の精度検証を行った。新手法は、従来手法（地上測量による手法）と比較して、誤差が7.9%であり、精度面の評価から有効な手法であることが把握された。

さらに、UAV写真測量は勾配や断面の変化点を網羅的かつ連続的に把握可能であり、計算断面を任意に設定することや、3次元点群処理により樹高を簡易に把握できることから、新手法は中小河川における流下能力評価に適していると考えられる。

今後は、UAV写真測量により樹木群の透過係数を推定する手法を検討し、より実際の河道状況を反映した流下能力評価に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 齋藤正徳，湧田雄基，唐木正史，市川健，天谷香織，那須野新：UAV写真測量による簡易な河川地形把握手法を活用した河道管理の検討，河川技術論文集，第23巻，pp.179-184，2017。
- 2) 齋藤正徳，市川健，湧田雄基，天谷香織，那須野新，小田嶋健太，池内幸司，石川雄章：UAV写真測量における多時期計測データを用いた河道管理手法の検討，河川技術論文集，第24巻，pp.257-262，2018。
- 3) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，2002。
- 4) 原田靖生，二瓶泰雄，酒井雄弘，木水啓：浮子観測の洪水流量計測精度に関する基礎的検討，水工学論文集，第51巻，pp.1081-1086，2007。