

中小河川の地形把握のためのUAV写真測量時における 撮影方法の比較検討及び樹高推定に関する一考察

株式会社復建技術コンサルタント 正会員 ○那須野新
(同) 正会員 市川健 非会員 天谷香織 正会員 佐藤慶治

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、中小河川の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て、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、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は、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が存在したり、法勾配が5分の立ち護岸を有する堀込区間が存在したり等の特徴がある。これらの特徴に対して、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。よって、斜め写真を写真合成に加えるなど、河道の特徴に応じた撮影手法を開発するべきと考える。

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(垂直写真撮影と斜め写真撮影、動画と静止画撮影)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次元点群を用いて地表面の標高や樹木情報を算出した。本論では、撮影手法に応じた3次元点群の比較検討結果及び3次元点群を用いた樹高推定の有効性について報告する。

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。梅田川の川幅は5~10m程度で、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)

(2) UAV写真測量 (新手法)

Phantom4 RTK (DJI社製) を用いて2018年12月13日にUAV写真撮影を実施した。飛行ルートは、図-1に示す流軸に沿って自律飛行を行い、飛行速度約4m/sの動画モードと飛行速度約2m/sの静止画モードで撮影した。飛行高度やカメラ角度は、図-2に示したとおりである。

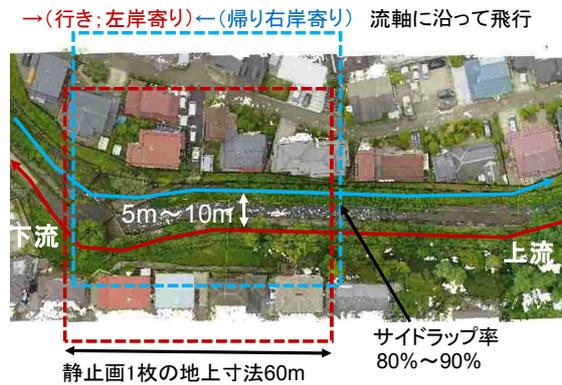


図-1 UAV写真撮影の飛行ルート (平面図)

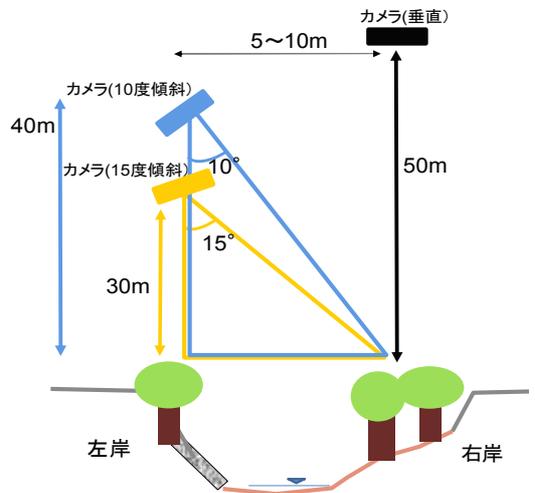


図-2 UAV写真撮影のカメラ角度と対地高度 (横断図)

キーワード UAV写真測量、河道維持管理、中小河川、横断測量、河川地形、3次元形状復元技術 (SfM)

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

(3) 地上横断測量（従来手法）

新手法から得られる3次元点群の標高値との比較検証用として、従来手法である地上横断測量を同区間で実施した。地上横断測量は、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、事前の現地調査の際に把握された川幅や河床の変化点を含む34断面を設定した。また、新手法による樹高値推定の比較検証用に、現地でポールを使用して樹木調査を別途実施した。

3. 結果と考察

(1) 垂直写真合成と斜め写真合成の比較

UAV写真測量から得られた3次元点群の標高値と地上横断測量による地表面標高の実測標高値との比較を実施した。対象区間において、植生が最も繁茂している1000kp付近を比較測線とした。

垂直写真のみで合成を行った場合と垂直写真及び斜め写真（10度及び15度）で合成を行った場合の発生する3次元点群の標高値を図-3(a)に示す。垂直写真のみを使用した場合には、地上横断測量の結果と比較し、鉛直方向に河床高がずれていることが確認できる。他の横断箇所についても同様に比較を行うと、河床高がずれている箇所とずれていない箇所が存在することが分かった。これより、垂直写真のみの合成の場合には、得られる3次元点群が不安定であることが把握された。河床高のずれは、流下能力を左右する河床勾配の値に大きく影響することから、垂直写真及び斜め写真の両方を用いて合成を行うことが適切であると考えられる。なお、図-3(b)から分かるように、斜め写真の傾斜角度による3次元点群の標高差は、確認されなかった。

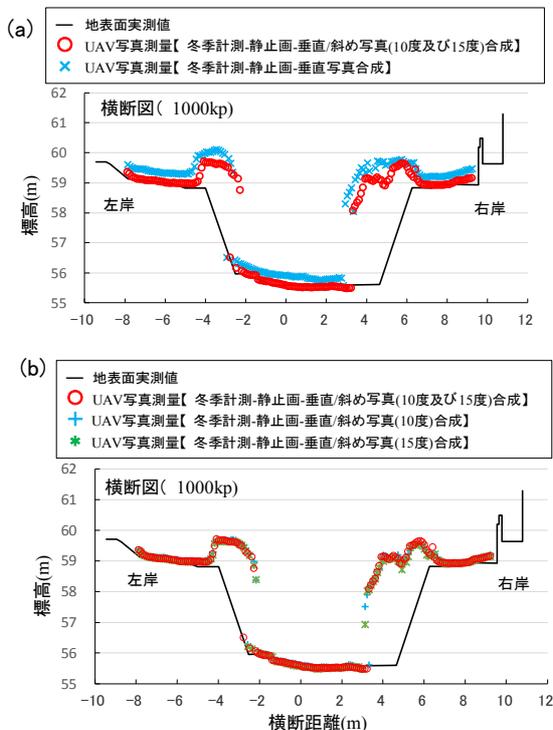


図-3 垂直写真合成と斜め写真合成の3次元点群の比較
(a: 垂直写真のみの合成と垂直写真及び斜め写真の合成との差, b: 合成に使用する斜め写真の角度による差)

(2) 動画撮影と静止画撮影の比較

UAV写真撮影方法の比較として、動画撮影と静止画撮影による3次元点群の発生数の比較を図-4に示す。動画撮影は、静止画撮影の場合と比較し、全体的に3次元点群の発生数が少なく、横断距離3m付近の箇所で確認されるように、植生繁茂下の地表面を捉えられない領域が増加する傾向となっている。これは、動画撮影の場合、動画より切り出した画像の解像度が低下していることが要因の一つとして考えられる。

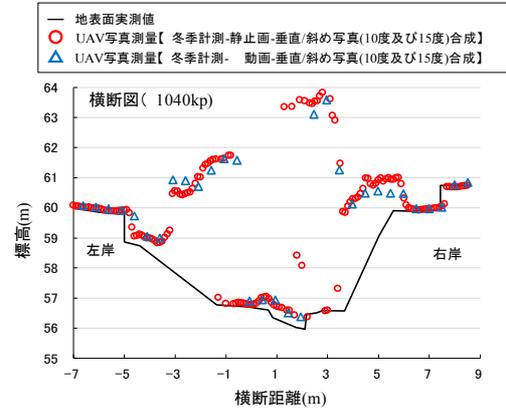


図-4 垂直写真合成と斜め写真合成の3次元点群の比較

(3) UAV写真測量から推定した樹高と実測値の比較

特に樹木が繁茂している5箇所について、UAV写真測量から得られた3次元点群より推定した樹高値と樹木調査による樹高実測値との比較を図-5に示す。なお、各箇所、最も高い樹木の樹高を示している。比較結果より、概ね両者は一致しており、UAV写真測量の3次元点群から樹高を推定する方法は、有効であることが把握された。

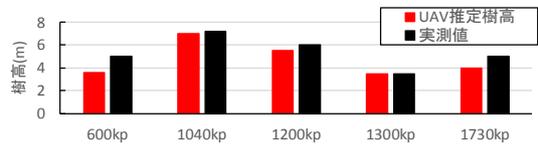


図-5 UAV写真測量による推定樹高と実測値との比較

4. 結論

本研究では、中小河川を対象に撮影方法の違いによる3次元点群の比較及び樹高の推定について検討を行った。結果、垂直写真だけではなく斜め写真を加え合成すること、可能な限り静止画を使用すること、3次元点群を用いた樹高の推定が有効であることが示された。

ただし、斜め写真の適切な角度など不明な点も存在するため、今後も引き続きUAV写真測量に関する研究開発に積極的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) 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.