

UAV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

株式会社復建技術コンサルタント 正会員 ○市川 健
 (同) 非会員 那須野 新
 (同) 非会員 天谷 香織
 東京大学情報学環 正会員 齋藤 正徳

1. はじめに

河川の治水機能を確保するうえで、河道の流下能力の把握が重要な要因として挙げられる。流下能力は、河川定期横断測量や空中写真測量等の結果を用いた水位計算、及びその他にも河床変動や樹木繁茂状況の把握によって算定している。現在、河川定期横断測量や空中写真測量は5年に1回が基本であり、河道内の樹木繁茂状況の把握に関しては、年1回程度の目視点検となっている。しかし、河道内の地形変化は激しく、樹木の生長速度も著しい。そのため、上記の点検方法だけでは、地形の経年変化や客観的なデータが反映されないため、現況流下能力を適切に評価しているとは言えない。適切な評価を行うには、十分な頻度での計測が必要であり、そのためにはより安価かつ簡便な手法が求められる。

近年、UAV 測量と 3 次元形状を復元する技術 (SfM: Structure from Motion) を用いて、多くの研究が実施されているが、地被条件に応じた計測精度の検証が不十分である。さらに、河川管理に求められている植生下の地表面標高や植生繁茂量を簡易に計測する手法が課題となっている。

そこで、本稿では、流下能力算定に必要な植生下の地表面標高や植生繁茂量を簡易的に把握することを目的とし、名取川において UAV 測量を用いて SfM から得られた地形標高データと現地実測データを比較し、地被条件 (裸地、植生、水中) や植生の種類ごとの計測精度の検証を実施した結果を報告する。

2. 方法

(1) 検証サイト概要

本研究では、図-1に示すとおり、名取川水系名取川下流部の袋原付近低水路内を検証サイトとして選定した。名取川は、多くの河川にて問題となっている樹林化が進んでおり、また砂州の経年変化も著しい。検証サイト付近は、名取川において流下能力が不足している箇所であり、地被条件としては、裸地、草本類、木本類が混在している。そのため、UAV写真測量を実施する検証サイトとして適当である。なお、検証サイトは、感潮域に該当する。

本論では、6kp付近の検証結果について述べる。

(2) UAV写真測量

UAVによる写真測量を平成28年10月7日 (11時~15時) に実施した。UAVの飛行範囲は図-1に示している。撮影条件としては、UAVによる河川調査・管理への活用の手引き

を参考に、飛行高度：対地高度60m、写真のラップ率は河川横断方向：90%、河川縦断方向：60%とした。UAV機材は、Inspire1 (DJI社製) を使用し、搭載カメラ画素数は $4,608 \times 3,456$ (約1,600万画素)、地上解像度は1.8cm/pixlである。撮影時の天候は晴れ、また風によって植生が揺らぐことで3次元形状の標高精度に影響を及ぼす可能性があることから、撮影中は10分間隔にて撮影箇所の地上風速を計測した。



図-1 検証サイト

(3) SfMによるDSMの作成

UAV写真を用いて、3次元地形モデルを生成し、地形表層標高データ (以下、DSM: Digital Surface Model) を作成した。処理には、SfMの代表的な市販ソフトウェアであるAgisoft PhotoScanを使用した。入力する解析パラメータとしては、一般的な値を採用した。また、別途同時期に実施された定期横断測量の結果を用いて、堤防天端や舗装面端部より補正を行い、公共測量のDSMを作成した。

(4) DSMと実測河川地形との比較による精度検証

精度検証の概略イメージを図-2に示す。UAV-SfMにより得られたDSMの精度検証を行うため、同時期に実施された地表面標高 (以下、DEM: Digital Elevation Model) を計測した定期横断測量を正解データとし、2測線 (5.6kp, 5.8kp) にて比較検証を実施した。なお、植生部については、ポールを用いて現地計測を行い、植生高実測値を取得し、UAV-SfMにより得られたDSMと定期横断測量との差分とを比較することで精度検証を行った。

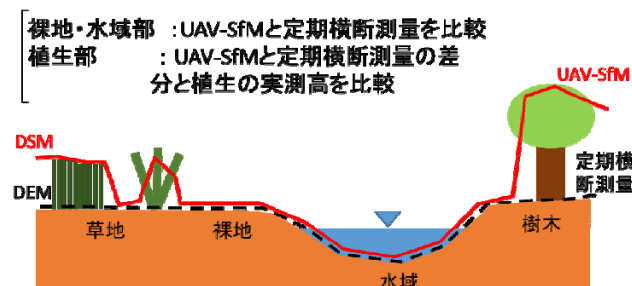


図-2 精度検証概略イメージ

キーワード UAV 測量, SfM, 流下能力, 河道維持管理

連絡先 〒980-0012 仙台市青葉区錦町一丁目7番25号 Tel022-217-2045

3. 結果

UAV-SfMにより得られたDSMと定期横断測量を比較し、精度検証を実施した。2測線の河川横断図を図-3に示す。各横断図にUAV-SfMにより得られたDSMと地表面実測値（河川定期横断測量結果、植生表層実測値、水面高）を重ね合わせた。また、UAV写真や現地踏査より判別した植生区分を横断方向に示している。地被条件は、水域、裸地、草地、樹林が混在している状況であった。裸地部については、UAV-SfMと地表面実測値がよく一致している結果が得られた。水域部に関しては、全体的にUAV-SfMがやや浅めに評価された。植生部は、UAV-SfMが植生表層実測値より低く、実際の植生背丈より低めに評価されていた。

裸地部及び水域部において、UAV-SfMにより得られたDSMの点群と地表面実測値との標高の相関関係を図-4に示す。1:1の直線に近いほどDSMの精度が高いことを表している。裸地部は、UAV-SfMと実測値との標高の差分の平均二乗誤差(RMSE)は0.18mであった。水域部については、水深のRMSEは0.45mであり、全体を通して実測水深よりUAV-SfMが浅めに計測される傾向であることが分かる。

UAV-SfMにより得られた植生の群落ごとのDSMは、必ずしも植生の表層を捉えているわけではなく、植生の繁茂形態に応じて、表層・中層・下層の高さを捉えていることが把握された。つまり、上層に隙間が多い群落は、より下層の位置を捉えているということになる。本サイトの群落として、セイタカアワダチソウ、モウソウチク、オニグルミは、表層をDSMが捉え、植生背丈の8~10割の高さを示した。オギについては、中層をDSMが捉え、植生背丈の6~7割の高さを示した。イタドリに関しては、下層をDSMが捉え、植生背丈の3割の高さを示した。

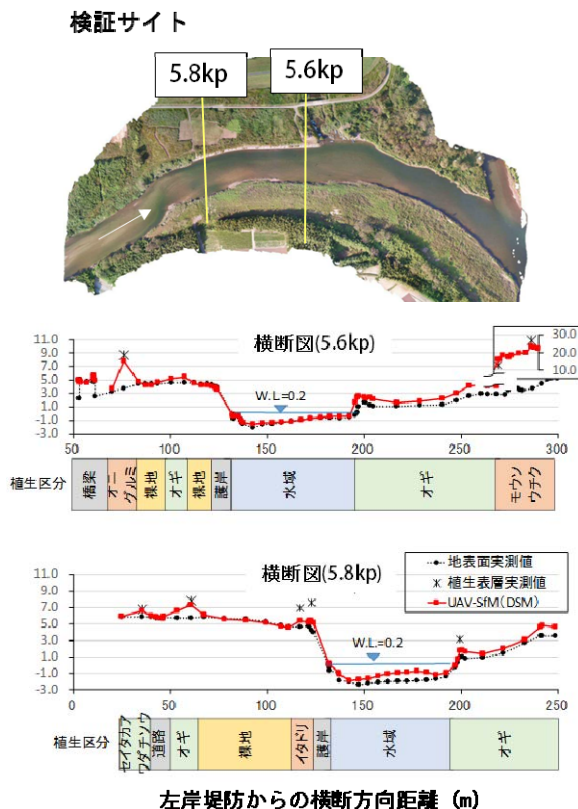


図-3 各測線の断面形状

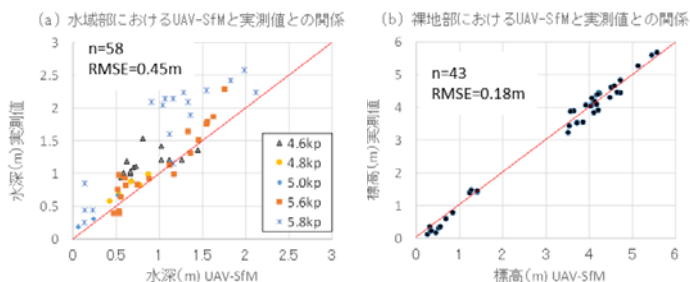


図-4 UAV-SfMにより得られたDSMの点群と地表面実測値との相関関係

4. 考察

名取川におけるUAV写真測量からSfMを用いて算出したDSMについて、地被条件ごとに計測の傾向が把握された。従来手法である定期横断測量にて要求されている計測精度が0.15mであることを鑑みると、図-4に示すとおり、裸地部では良好な結果である一方、水域部では計測精度が不十分であった。水域部に関して、本研究では水深2m以下浅の地点についても、河床形状が実測より浅めに評価された。この要因としては、本サイトが感潮域のため透視度が低いことが挙げられる（透視度約1.0m）。

次に、植生群落ごとのDSMの評価結果から、群落の繁茂形態によってDSMにて捉える位置が異なることが把握された。UAV-SfMから得られたDSMは、一律に植生表層部を捉えるわけではなく、上層に大きな空隙がある場合には、より下位の位置を捉えることになる。本研究の実証結果は地点数が十分ではないため、今後現場検証を重ね、計測データを蓄積することが必要である。計測データが蓄積されれば、新たに計測したDSMから、群落ごとに蓄積されたUAV-SfM植生高評価値の平均値を差し引くことで、流下能力の算定に必要な植生下のDEMを推定することが可能となる。以上より、現況治水安全度の評価を行ううえで、流下能力算定に必要なDEMや樹木繁茂量をUAV写真測量という簡易かつ安価な手法により推定できると考える。

5. おわりに

本研究では、流下能力算定に必要な河道内の植生下の地表面標高や植生繁茂量を簡易的に把握することを目的とし、名取川においてUAV-SfMの現場実証を行った。UAV-SfMにより作成したDSMについて、精度検証を行った結果より得られた成果を以下に示す

(1) 地表面が裸地の場合、標高計測誤差は、RMSE=0.18mであった。従来の地形測量に求められる要求精度を概ね満たしていた。

(2) 水域部に関しては、標高計測誤差は、RMSE=0.45mであり、実測より浅く評価されていた。

(3) 植生については、必ずしも植生の表層部をDSMが捉えているわけではなく、植生繁茂形態に応じて、表層・中層・下層を捉えていることが把握された。

今後は更なる現場実証を重ね、計測データを蓄積し、群落ごとのDSM値の定量的な評価の実施、簡易かつ安価な河道管理手法の検討を行っていく。