

UAV測量による多時期計測データを活用した河道管理手法の検討

株式会社復建技術コンサルタント

(同)

(同)

(同)

東京大学情報学環

(同)

正会員 ○那須野 新

正会員 市川 健

非会員 天谷 香織

非会員 小田嶋健太

正会員 齋藤 正徳

正会員 湧田 雄基

1. はじめに

都道府県管理の中小河川や国管理の大河川において、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流下能力の評価が求められている。流下能力の算定には、植生下の地表面標高や植生繁茂量の情報が必要である。近年、UAV 及び SfM (Structure from Motion) を用いて、河道状況を把握する研究が数多く報告されている。安価なため定期的なモニタリングには適しているが、植生が繁茂している箇所の植生下の地表面標高を捉えることができない、その他にも UAV-SfM から得られた植生の地形表層標高データ (以下、DSM: Digital Surface Model) が高さ方向のどの位置を表しているか明確ではないといった点が課題として挙げられる。

これまで著者らは、UAV-SfM を用いて得られた DSM から、植生が繁茂している場合は既知の平均的な植生高を差し引き、地表面標高 (以下、DEM: Digital Elevation Model) を簡易に把握する手法を検討している。計測結果より、SfM から得られる DSM は必ずしも植生の表層を捉えるのではなく、植生の繁茂形態に応じて、表層、中層、下層を捉えていることが把握された。よって、落葉や枯死等の季節的变化により、UAV-SfM から得られる DSM の植生高が変動することは十分に想定される。以上から、UAV 測量により河道の地形や樹木の繁茂量を把握する場合、季節的な変化に対して DSM の植生高がどのように応答するか定量的に把握する必要がある。

本研究では、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、植生が繁茂する時期 (以下、展葉期) と木本類が落葉及び草本類が枯れる時期 (以下、落葉期) を含む多時期の UAV 測量データを用いて、植生種類ごとの DSM の季節的な変動の評価結果を述べる。

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低水路を検証サイトとして選定した。名取川は多くの河川で問題となっている樹林化が進んでおり、河川植生としては草本類と木本類が混在しているため、本研究の検証サイトに適している。

(2) UAV測量

UAV測量は、2016年10月7日、展葉期の2017年6月23日、落葉期の2017年11月29日に実施した。飛行範囲は図-1に示している。撮影ラップ率は河川横断方向90%、河川縦断

方向60%とした。2016年10月7日の撮影では、Inspire1 (DJI社製) を使用し、画素数4,608×3,456 (約1,600万画素) のカメラを搭載した。また、2017年6月23日及び11月29日の撮影では、Inspire2 (DJI社製) を使用し、画素数5,280×3,956 (約2,080万画素) のカメラを搭載した。地上解像度を1.5cm/画素に揃えるため、飛行対地高度を2016年10月7日は60m、2017年6月23日及び11月29日は80mと設定した。撮影時の天候は晴れであった。なお、調査期間中の2017年10月23日に低水路満杯相当の洪水が発生している。



図-1 検証サイト

(3) SfMによるDSMの作成

UAVを用いて得られた静止画像から、SfM処理によりDSMを作成した。処理には市販ソフトウェアであるAgisoft PhotoScanを使用した。入力するパラメータは一般的な値を採用した。また、堤防天端や舗装面の端部を評定点とし、別途同時期に実施された定期横断測量の結果から、公共測量座標の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の精度検証を実施するため、対象とする測線上において、同時期に実施した定期横断測量の結果と重ね合わせた。なお、植生部については、ポールを用いて植生の最高部1点計測により植生高の実測値を取得し、UAV-SfMから得られたDSMと定期横断測量との差分と実測植生高を比較することで精度検証を行った。

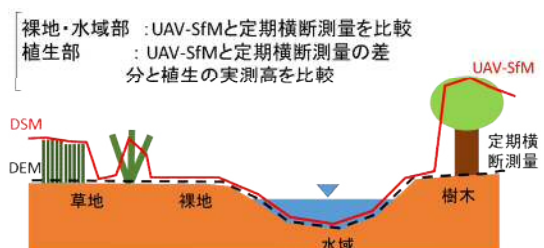


図-2 精度検証概略イメージ

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 Tel: 022-217-2045

3. 結果

UAV-SfMにより得られたDSMの精度検証及び季節的な変化を把握するため、図-3に示す5.8kpの横断測線において、定期横断測量から得られた地表面標高データとDSMの重ね合わせを行った。まず、水中部に関しては、欠測箇所が多く見られるものの、重ね合わせにより河床変動が発生している様子が確認できる。ここで、欠測の理由として、水面の光の反射や濁りによって河床部が画像に写らないことが原因として考えられる。また、植生部については、展葉期の2017年6月23日のDSMに対し、落葉期の2017年11月29日のDSMの標高が低い値を示す傾向であることが把握された。裸地部の標高に変動がないことから、地面の標高の変動ではなく、植生の変化がDSMの標高値の変動に表れているといえる。特に水際部のイタドリ（草本類）と区分された領域について、標高の低下幅が大きいことから、枯死および洪水（標高3.76mまで水位が上昇）による倒伏の影響があると推定される。

次に、展葉期と落葉期における植生種類ごとに、UAV-SfMから求めた植生高の評価値と実測高の比較を表-1に示す。植生を木本類と草本類に分別し、計測値の変化と目視による時期の変化を整理した。以下にUAV-SfMにより得られたDSMについて、展葉期と落葉期における植生種類ごとの傾向を示す。

a) 展葉期におけるUAV-SfMの植生評価高

植生が繁茂している展葉期の計測結果として、植生の実測値に対するSfMの評価値の割合（表-1(c)）は、0.9以上を示しており、概ね植生の表層付近を捉えていることが把握された。よって、展葉期にUAV-SfMから計測されたDSMは植生の表層を表し、SfMが捉える高さ方向の位置は、植生の種類による傾向差は確認されなかった。

b) 落葉期におけるUAV-SfMの植生評価高

植生が落葉や枯死している落葉期の計測結果として、表-1(f)に示すように、木本類の常緑樹や草本類の倒伏していないものは0.9以上を示しているが、落葉樹や倒伏した草本類は0.1-0.8を示した。これは、概ね植生の下層から中層付近をSfMが捉えていることになる。なお、ヤナギやハギは、落葉が終わっておらず葉が残存していたことからDSMは表層付近を示したが、落葉が完了していれば、他の落葉樹同様の傾向を示すと推察される。

落葉樹であるハリエンジュや倒伏しているイタドリは、空間的な隙間が落葉期に多く発生するため、SfMの植生評価値が展葉期と比較し低い値を示していると推察される。また、常緑樹であるモウソクチクや洪水による攪乱を受けずに直立している草本類のススキのように、空間的な密度に変化がない場合は、展葉期と同様にSfMの植生評価値が植生の表層付近を示すことが把握された。

以上から、落葉期に計測されたUAV-SfMのDSMは、植生の種類ごとに捉える高さ方向の位置に傾向差があることが把握された。具体的には、木本類の常緑樹や一年を通して空間的な密度に変化がない草本類は、DSMは植生の表層を表し、一方で、木本類の落葉樹や倒伏している草本類は空間的な隙間が発生することにより、DSMが植生の中層や下層を示すことが把握された。

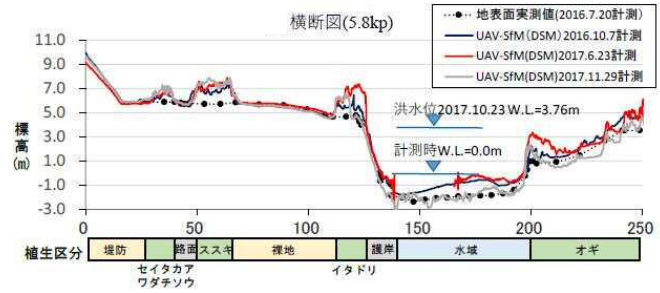


図-3 横断測線における標高及び植生の分布 (5.8kp)

表-1 植生ごとのUAV-SfMから得られた植生高と実測高との2時期の比較

群落名	展葉期 (2017.6.23計測)			落葉期 (2017.11.29計測)			目視による2時期の変化
	(a) ^{※1}	(b) ^{※2}	(c) ^{※3}	(d) ^{※1}	(e) ^{※2}	(f) ^{※3, n※4}	
	UAV-SfM	実測値	a/b	UAV-SfM	実測値	d/e	
木本類							
ヤナギ	5.9	5.5	1.1	6.8	5.9	1.2	5 一部落葉
モウソウチク	17.9	19.0	0.9	19.0	19.0	1.0	1 常緑
マダケ	7.2	7.8	0.9	7.6	7.8	1.0	2 常緑
オニグルミ	2.8	2.9	1.0	2.0	4.5	0.4	1 落葉
ハギ	2.6	2.6	1.0	2.0	2.5	0.8	1 一部落葉
ハリエンジュ	3.5	3.5	1.0	3.0	5.5	0.5	1 落葉
草本類							
イタドリ	2.6	2.1	1.2	0.2	1.4	0.1	1 枯死/倒伏
セイタカアワダチソウ	1.4	1.4	1.0	1.9	2.0	1.0	1 開花
ヨモギ	1.7	1.6	1.0	0.6	1.3	0.4	2 枯死/倒伏
ススキ(高水敷)	1.6	1.9	0.9	2.1	2.3	0.9	2 枯死

- ※1 UAV-SfMから得られたDSMと定期横断測量による地上面の標高との差分により求めた値の平均値 (単位はm)
- ※2 ポールを用い地表面から植生の枝葉の最頂部までの高さを現地で計測し平均化した値 (単位はm)
- ※3 (a)の群落ごとの平均値を(b)で除した
- ※4 検証地点数

4. 結論

本研究では、流下能力算定に必要な植生下の地表面の標高や植生の繁茂量を簡易的に把握することを目的とし、展葉期と落葉期を含む多時期のUAV測量データを用いて、UAV-SfMから得られたDSMの植生種類ごとの季節的な変動の評価を行った。得られた成果を以下に示す。

- (1) 展葉期の2017年6月23日のDSMに対し、落葉期の2017年11月29日のDSMは、植生の落葉や倒伏の影響により、低い値を示す傾向であることが把握された。
- (2) 展葉期の2017年6月23日のDSMは、植生の表層付近の高さを捉える傾向にある。
- (3) 落葉期の2017年11月29日のDSMは、植生の下層から中層付近の高さを捉える傾向にあり、植生の種類や自生場所により、変動があることが把握された。

以上の結果から、UAV測量により河道の地形や植生高の評価を実施する場合、計測を行う時期が重要であり、分布している植生区分に応じて計測データを加工する必要があることが把握された。

今後は、更なる現場実証により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、河道管理およびモニタリング手法の枠組みの検討を行っていく予定である。