

砂防堰堤における堆砂測量への UAV 活用の試み

—八幡平山系松川流域—

国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所 山影修司※1
 アジア航測株式会社 ○滝澤雅之 落合達也 新井瑞穂 堀口礼顕 中島達也
 株式会社タックエンジニアリング 千葉一博 佐々木聖 原田昌大
 ※1 (現) 国土交通省東北地方整備局新庄河川国道事務所

1. はじめに

砂防堰堤における堆砂測量は、堆砂量・堆砂形状の把握だけでなく、異常堆積による堰堤の機能阻害の確認、土砂流出特性（土砂量・流出頻度・堆砂形状）を把握できる。そのため「砂防堰堤の管理面」では、除石の頻度及び除石形状、堆砂モニタリング等へ活用できる。また、「砂防計画面」では、砂防施設効果量の実績が把握できるとともに、砂防計画を立案するための流出土砂量の検討等にも活用できる。

以上のように砂防分野において非常に重要な技術である。堆砂測量は継続的に実施されていない現状がある。それは、費用面等に課題があるのも一つの要因である。

そこで本稿では、堆砂測量に UAV を活用することを試みた。

2. 対象箇所

UAV の計測は八幡平山系に位置する松川に施工された「松川第一砂防堰堤」の堆砂域（満砂）を対象として実施した（図.1、表.1）。

松川は八幡平と大深岳を水源とし、岩手山の北西を流れる北上川水系の河川である。地形は、火山地形で上流には火山性地すべりが多く分布する土砂移動の激しい流域である。

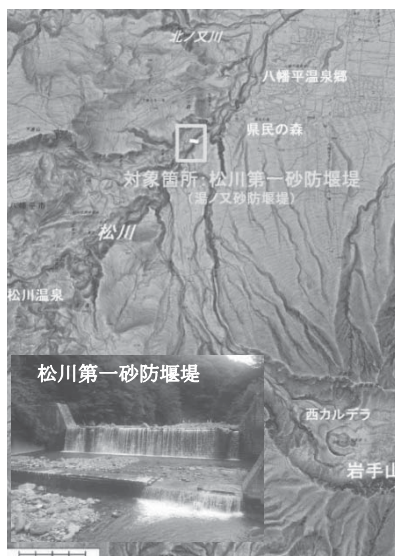


図.1 対象箇所

表.1 松川第一堰堤の諸元

堤高	7.0m
堤長	56.0m
流域面積	30.14km ²
元河床勾配	1/25
計画堆砂勾配	1/50
地質	安山岩
計画貯砂量	10,623m ³

3. UAV を用いた調査手法

UAV と SfM (Structure from Motion) を用いた 3次元モデリングを実施した。SfM は多視点撮影画像の同一点をマッチングさせ、3次元のデータを作成する技術である。

UAV は DJI 社製の SpreadingWingsS900、カメラは SONY NEX-7 を使用した（図.2、表.2）。



図.2 使用した UAV

UAV 諸元	
フライト時重量	4.7kg~8.2kg
機体重量	3.3kg
バッテリー	LiPo (6S 10000mAh~15000mAh 15C/min)
最大消費電力	3000W
ホバリング消費電力	1000W (離陸重量6.8kg)
ホバリング時間	18分 (12000mAh & 離陸重量6.8kg)
動作環境温度	-10℃~40℃
カメラ諸元	
焦点距離	16mm (35mmカメラ換算: 24mm)
画素	6000x4000pix

空撮は範囲を幅 50m、延長 350m とし、平成 27 年 7 月に実施した。撮影高度は 20~30m とした。撮影の際には、位置情報の精度確保のために GCP (基準点) を撮影範囲に配置し、GNSS 測量により位置出しを行った。撮影結果からは点群データ・DSM 及びオルソ画像を作成した。

4. UAV-SfM 法と従来手法の比較

UAV-SfM 法による堆砂測量と従来手法を比較した（表.3）。比較の結果、UAV-SfM 法は、空撮で一気にデータが取得できるため、従来手法より現地作業効率が飛躍的に向上している。

表.3 従来手法との比較

	従来手法 縦横断: 測線間隔20mと設定	UAV-SfM法 今回の測量条件の場合	
データ密度	20m	解像度0.1m	
精度(高さ)	約6cm	約10cm	
現地測量時間	約15人日	約3人日	
特性	3次元地形データの生成	線データのため補完(盤折)が必要	
	天候の影響	小	大
	地形断面	計測した測線で取得可能	計測エリア内の任意測線で取得可能

※従来手法: 精度は公共測量作業規定の準則より、現地測量時間は標準歩掛の縦横断測量より

5. 検討結果

5.1. 堆砂状況の把握

堆砂状況を把握するため、DSM と既往 LP データ (平成 20 年) を用いて差分解析を行った。

差分解析図は堆積・侵食の平面分布を見える化するため、河床高 (増) を赤色、河床高 (減) を青色で表現した (図.3)。

縦横断面図は 2 時期のデータを重ねることで堆砂状況の差異を表現した。また、UAV-SfM 法によるデータは堆砂域を面的に計測しているため、任意の地点の縦横断面データが取得可能である (図.4)。

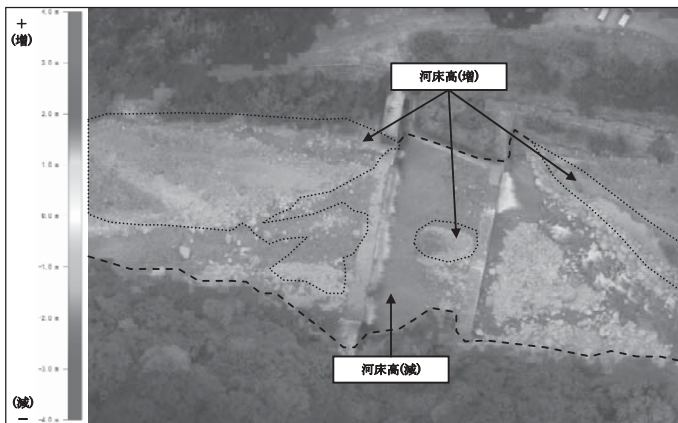


図.3 堆砂状況の把握 (差分解析図)

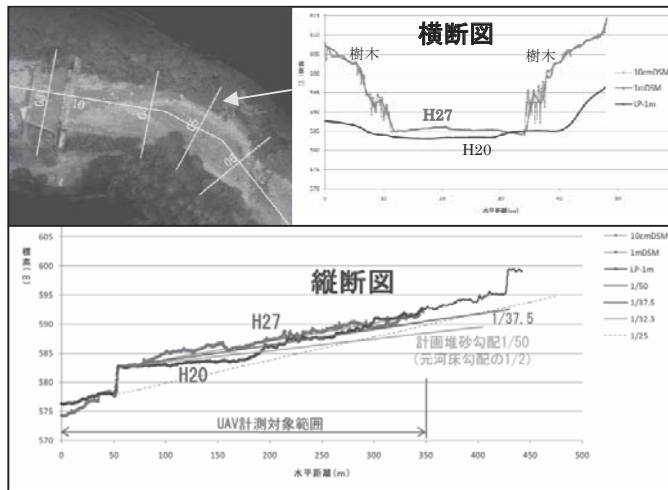


図.4 堆砂状況の把握 (縦断面図の一例)

5.2. 礫径調査への応用

UAV 撮影画像から作成した点群データ・DSM は解像度約 10cm、オルソ画像は解像度約 1cm であった (図.5)。データは高解像度であるため、河床の詳細な状況の把握が可能であり、詳細な礫径計測 (cm オーダー) が可能である。

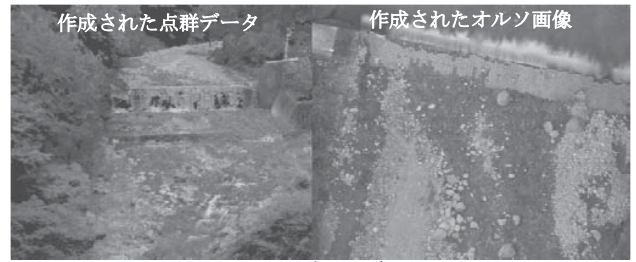


図.5 作成したデータ

5.3. まとめ

UAV-SfM 法による堆砂測量の利点と課題を表.4 に示す。同手法による堆砂測量は、面的に堆砂状況が把握できる等の利点が多く、有効な手法である。

一方、樹木等の陰に隠れて撮影できない地盤面はデータが欠測となる点や、常時動きのある水面等の 3 次元モデリングが難しい点が課題であり、撮影法を工夫する等して解消する必要がある。今回の測量の場合は、低空で撮影したことにより、樹木直下の地盤面のデータ欠測は解消した。

表.4 UAV-SfM 法の利点と課題

利点	課題
<ul style="list-style-type: none"> ・低空撮影のため、高分解能(cmオーダー) ・写真測量のため、オルソ画像も取得可 ・河床形状を把握でき、礫径計測も可能 ・面計測のため、堆砂量(差分解析)は従来手法(線計測)より高精度 ・任意地点で縦横断面データを取得可 ・データ取得は従来手法より短期間・安価 	<ul style="list-style-type: none"> ・天候の影響を大きく受ける ・樹木等の陰になって撮影できない地盤面のデータが欠測する可能性がある ・常時動きのある水面での 3 次元モデリングが難しい

6. 将来のデータ更新法について

UAV を活用し、堆砂状況の経年変化を精度良く面的に把握できることが明らかとなった。また、流域の崩壊等の土砂生産状況や、河床変動状況がわかる「流域

を網羅した航空レーザ計測データ」と組み合わせることにより、さらに精度の高い土砂動態の把握が可能となる。図.6 に実施フローを示す。

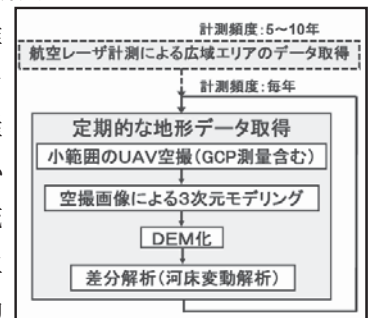


図.6 UAV を用いた堆砂測量実施フロー

7. おわりに

UAV-SfM 法による堆砂測量を実施し、有効な手法であることが分かった。今後はデータを蓄積していくとともに、欠測が発生しない撮影高度を試行する等して課題の解決法も検討していきたい。