

UAV 写真測量を活用した砂防堰堤の堆砂量把握における精度向上に関する取り組み

越美山系砂防事務所 吉野 睦、片桐 知治、山本 一兆^{※1}、小関 輝明^{※2}

※1 現 木曽川下流河川事務所 ※2 現 富士砂防事務所

株式会社パスコ ○板野 友和、山崎 溪、堺 浩一、石塚 淑大、鈴木 崇、堀内 成郎

1. はじめに

近年、急速に性能が進展した UAV による写真撮影と比較的安価な SfM 解析ソフトの普及により、容易に高精度な三次元地形モデルの作成が可能となった。砂防分野においては、事業に必要な地形状況を効率的に把握するための手法として、UAV 写真測量技術の活用に関する検討が進められている。

越美山系砂防事務所では、保全対象への影響等から空き容量確保が必要な砂防堰堤の適切な管理や、調査員の安全に配慮した効率的な調査手法の開発等を目的とし、UAV を活用した堆砂状況把握手法の検討を進めている。平成 28 年度検討では、汎用的な UAV と SfM 解析ソフトウェアを用いて、高さ精度 0.2m、堆砂量数百 m^3 程度、堆砂率 10% 程度の精度を目標とした堆砂状況把握手法を整理した¹⁾。一方、植生域や湛水域では、樹木や水の影響により、地形の再現精度に大きな誤差が生じることが明らかとなった。

本検討では、H28 年度検討での課題を踏まえ、植生域や湛水域での堆砂量把握精度向上を目的とし、UAV 写真撮影方法や、SfM 解析処理後の地形モデル作成方法について検討・検証し、地形モデル作成精度への影響について整理したので報告する。

2. 検討内容

2.1 使用する機材とソフトウェア

使用機器等は、汎用性を考慮して下記とした。

使用機器等	UAV : Phantom4 Pro (Dji 社)
	SfM 解析ソフト : Pix4Dmapper (Pix4d 社)

2.2 検討する撮影手法

UAV 写真測量では、撮影写真の良し悪しで三次元地形モデルの再現性が概ね決定される。H28 年度検討では、植生繁茂域の地表面撮影率、水面下地形の不鮮明な画像、光条件による黒潰れ・白飛び等が地形モデル精度向上のため課題となった。

そこで、下記①～⑤の撮影手法を適用し、植生域や湛水域の地表面の撮影状況や、作成される地表標高モデルの精度にどのような影響が生じるかを比較・検証した。基本的な撮影方法を表 1 に、適用する撮影手法のイメージを図 1 に示す。

- ①高度別撮影：精度・範囲・安全性に配慮し、堆砂量を高度約 30m、広域を樹高より高い高度で撮影。
- ②陰域スポット撮影（又は RAW 撮影）：黒潰れ・白飛びが生じやすい範囲のみを斜め撮影。
- ③植生域スポット撮影：垂直撮影で樹冠の陰になる範囲を斜め方向から複数の向きで撮影。
- ④湛水域スポット撮影：水面の反射低減のため、水面下の地形を偏光フィルター装着で斜め撮影。
- ⑤落葉期の撮影：落葉後に撮影することで画像に地表が写る範囲の充実を図る。

表 1 基本的な撮影方法

撮影対象・範囲	砂防堰堤堆砂数（計画堆砂範囲）
撮影高度（垂直）	二段の高度で撮影（30m、植生上空）
標定点（GCP）	堰堤付近両岸+堆砂数内（RTK 法）
撮影時期	9 月初旬、12 月初旬
写真の重複率	サイド・オーバーラップ 60%以上

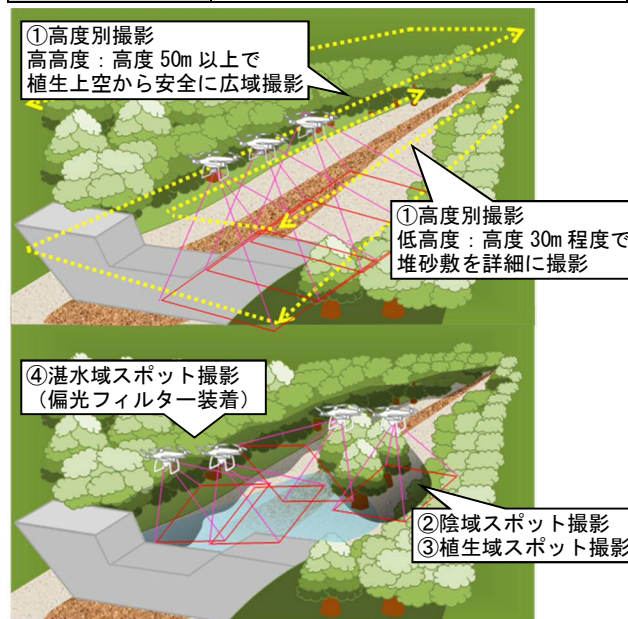


図 1 UAV 撮影イメージ

2.3 検証する地表標高モデル作成手法

SfM 解析処理により作成される三次元地形モデル（点群）から、地表以外を表現する点群を除去し、堆砂量を算出するための地表標高モデルを作成する。簡易的には、SfM 解析ソフト搭載の DTM 作成ツール等があるが、地形の再現性が良くない場合が多いため、汎用的な GIS ソフトウェア等で実施可能な以下の手法を考案した。

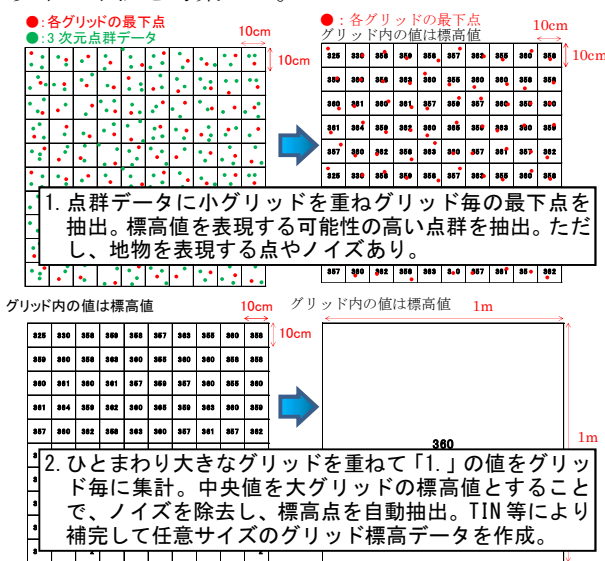


図 2 地表標高モデル（グリッド）作成手法

3. 結果

3.1 撮影手法による地形の再現性

各手法の適用・非適用の三次元地形モデル上の横断面図により、地形の再現性を比較した。なお、表 1 手法での地形モデルの基本的な精度は、H28 年度検討において検証済のためここでは割愛する。

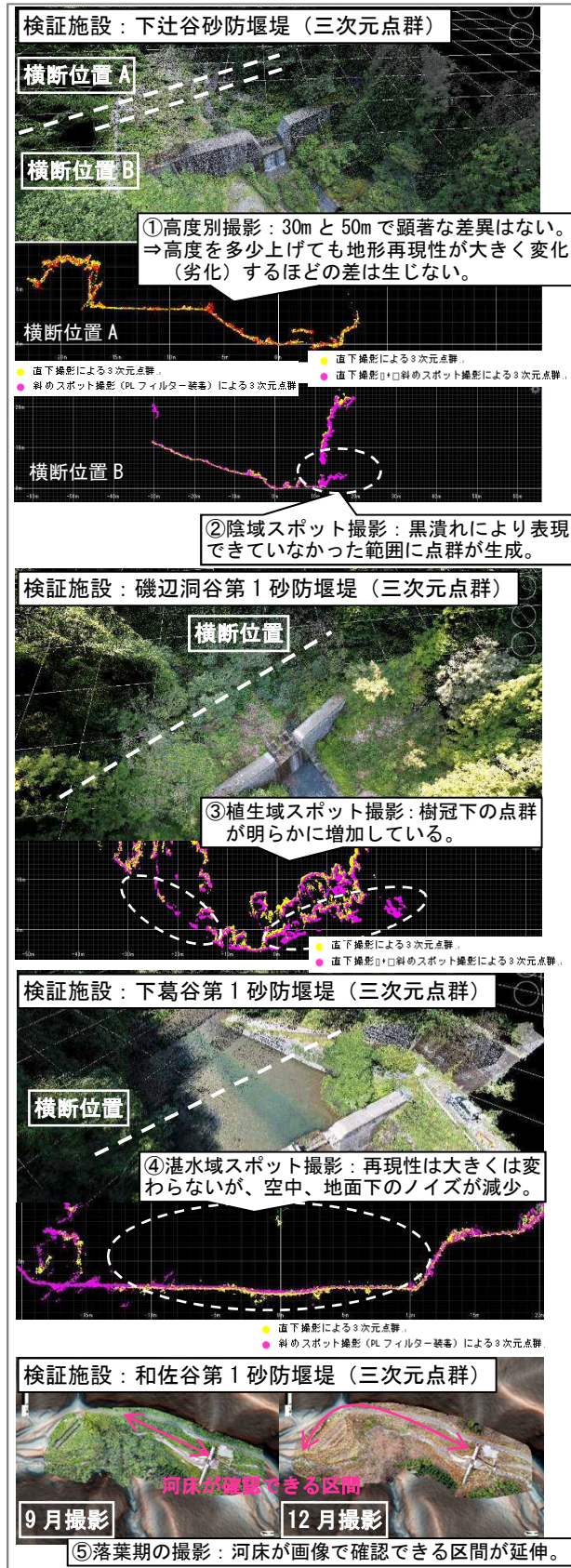


図 3 地形再現性の検証結果

3.2 地表標高モデルの再現性

図 2 の手法により作成した地表標高モデルと、地上レーザスキャナによる計測データとを重ね合わせ、その精度を検証した。結果を図 4 に示す。

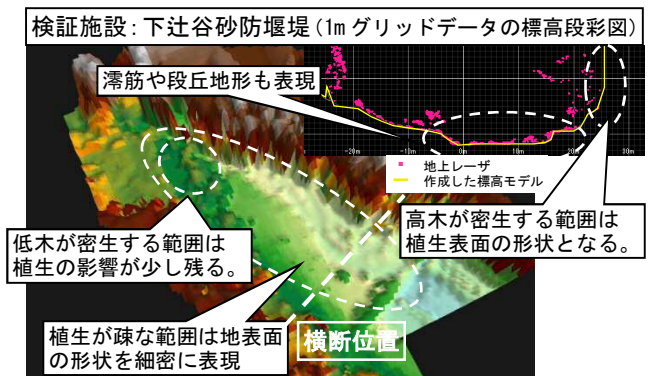


図 4 地表標高モデル作成結果の検証結果

3.3 結果の考察

3.1 の何れの手法においても地形再現性向上への影響を確認した。3.2 では、写真に一定の割合で地表面が写っている場合は、効率的に標高地形モデルの作成が可能であることを確認した。

一方、2.2④の手法でノイズの低減が確認できたが、地形モデル上の水深と、現地で計測した水深に差異が生じた。これは屈折による見かけの水深で説明される²⁾³⁾が、場所によって実際の水深に対する比率が異なっていた。原因の推測結果を図 5 に整理する。

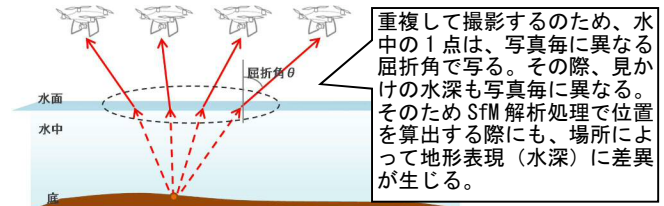


図 5 見かけの水深に関する考察

4. おわりに

UAV 写真測量の手法や精度に関する資料は、国土地理院のマニュアル⁴⁾を初め多くの検討・検証が進められている。一方、植生域など、写真に地表が写らない領域を含む範囲の撮影方法や処理方法、モデルの再現性については、十分な検討がなされていない。本検討では、植生域を含む砂防堰堤の堆砂敷を対象とすることで、砂防分野における UAV を活用した効果的な地形情報の把握手法について示すことができた。現地状況に応じてこれら手法を組み合わせることにより、地形再現性の向上が図れることが期待される。UAV 写真測量技術は、さらなる発展が期待される新技術であるため、より効果的な活用方法等について継続的な検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 池上 浩二 ほか (2017) : UAV と写真解析技術を用いた砂防堰堤の堆砂量管理に関わる取り組みについて, 平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 464-465
- 2) 田中 龍児 ほか (2007) : サンゴ礁海域を対象とした写真測量 (測深) 法の開発, 海洋開発論文集, 第 23 巻, p. 543-547
- 3) 神野 有生 (2016) : UAV を用いた水面下の写真測量, 講演会「防災・環境分野における UAV 活用の現状と将来」資料
- 4) 国土地理院 (2016) : UAV を用いた公共測量マニュアル (案), 国土交通省 HP