

ヘリコプターから撮影した画像及び SfM/MVS 技術を活用した 河道閉塞（天然ダム）形状把握手法の検討 ～災害発生初動期での対応を想定して～

○高原晃宙^{*1}， 水流竜馬^{*2}， 鈴木啓介^{*1}
岸本優輝^{*3}・小林正直^{*3}・竹下航^{*3}

^{*1} 国土技術政策総合研究所/大規模土砂災害対策技術センター， ^{*2} 国土技術政策総合研究所

^{*3} 紀伊山系砂防事務所/大規模土砂災害対策技術センター

1. はじめに

豪雨や地震などを起因として河道閉塞（以下、天然ダム）が形成された際、それによって湛水並びに越流決壊のおそれが懸念される場合、迅速に影響範囲を推定する必要がある。天然ダムの越流決壊を想定する場合、氾濫計算によって下流域の影響範囲を推定するが、災害発生初動期（以下、初動期）においては安全側の対応がとれる範囲において一定程度の精度でも良いから迅速性を優先しており、計算の入力条件となる天然ダムの想定越流開始地点や天然ダム土塊下流末端等をヘリコプター等からレーザー距離計を用いて把握することを基本としている¹⁾。本手法は、簡便かつ迅速に天然ダムの規模把握が可能である一方、測量者の習熟度合いによって結果が左右されることがわかっている²⁾。そのため、本研究では初動期において、どの測定者でも迅速かつ一定程度の精度を担保可能な天然ダムの形状及び規模把握手法を構築するために、近年さまざまな分野で活用されている SfM/MVS 技術に着目し、同技術の有用性について検討した。

2. 方法

2.1 研究方法

初動期では、現場状況を迅速かつ広域に把握するためにヘリコプターを用いて調査することが多い。このため、本研究でもヘリコプターを用いて図-1 の流れのとおり検討を実施した。

2.2 検討対象領域

本研究の対象領域は、奈良県五條市の南端に位置す

る赤谷地区の天然ダムである。当該天然ダムは、平成23年紀伊半島大水害により発生した深層崩壊により形成され、仮に決壊すれば下流域に甚大な被害の発生のおそれがあった箇所である。現在、砂防堰堤群が整備されたことから、地形が極端に変化する可能性は低く、現地地形を正值として検証がしやすいことから、本研究の対象領域とした。なお、現地地形データは令和5年度に RTK-UAV によって取得した画像から SfM/MVS 技術によって作成されたオルソ画像及び地形データ（DSM データ）を用いるものとした。

2.3 実験ケース

本研究での実験ケースは、合計4ケース用意した。各ケース共通事項は、次のとおりとした。まず、ヘリコプターは、ヘリコプター本体右側に常に天然ダムが位置するように円弧を描くように一定高度及び一定速度で飛行するものとする。次に、撮影者（搭乗者）は、ヘリコプターの最も右側の座席に搭乗し、窓から視認できる天然ダムを中心に窓越しから連続写真撮影を実施することとした。なお、各ケースで用いたカメラ（スマートフォン）は、それぞれ異なるものを用意した。さらに、連続写真撮影の間隔については、撮影者に委ねるものとした。

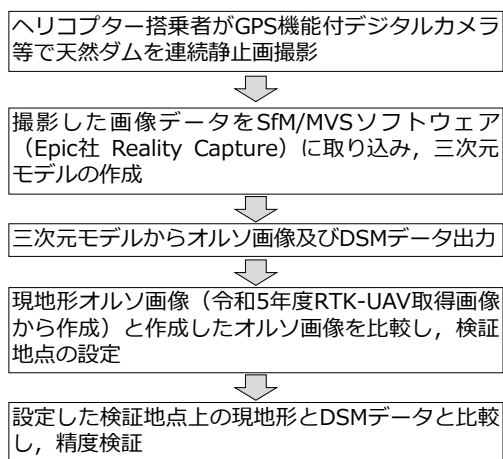
2.4 精度検証方法

検討対象地域に整備されている砂防堰堤群（合計3基）の水通し部を精度検証のための地点と設定した。まず、現地地形オルソ画像から各堰堤の水通し部の位置を確認し、それぞれの位置情報（x, y, z 情報）を抽出した。次に、地形が作成できた各ケースにおいて出力したオルソ画像から各砂防堰堤群の水通し部の位置を確認し、それぞれの位置情報（x, y, z 情報）を抽出した。そして、砂防堰堤群のうち、最も上流の砂防堰堤水通し部を天然ダムの「想定越流開始地点」、下流の砂防堰堤水通し部を「天然ダムを形成している土塊の下流末端」と仮定し、それぞれの位置情報から算出した天然ダム下流側水平長（直線水平距離）及び比高差について比較することとした。

3. 結果

3.1 各ケースとりまとめ結果

各ケースで使用したカメラ、撮影に要した時間、撮影枚数、三次元モデルを作成できたケース（○もしくは×で表記）、天然ダム下流側水平長（以下、水平長）



※SfM/MVS技術…異なる視点から撮影された複数の写真（または動画）から対象物の三次元形状を復元する技術

図-1 本研究の流れ

表-1 各ケース実施結果

ケース	カメラ	実験日	撮影時間(分)	画像枚数	枚/分	三次元モデル化	天然ダム 下流側 水平長	比高差
1	iPhone12pro	2024/10/17	16	67	4.2	○	436.39	45.01
2	iPhone14Pro	2024/10/17	19	117	6.2	○	434.46	48.77
3	F-02L	2024/10/17	2	63	31.5	×	-	-
4	TG-6	2025/02/14	4	141	35.3	○	434.59	47.34
現地地形	-	-	-	-	-	-	436.83	53.41

及び比高差を表-1に示す。また、SfM/MVSソフトウェア使用時のケース1での結果(キャプチャ画像)を図-2に示す。ケース3では、表-1に示すとおり画像枚数がケース1と同等かつ一分あたりの撮影(平均)枚数は、ケース4と同程度であったものの地形(天然ダム)を作成することができなかった。本研究で利用したソフトウェアでは、写真撮影位置を視覚的に表現でき、当該ケースの写真撮影位置を確認したところ、三次元モデルを作成できたケースでは、ヘリコプター飛行経路上にほぼ等間隔かつ全体にわたって撮影していた一方で、ケース3では局所的に複数枚の写真を撮影していたことが確認された。このことによって、各画像の重ね合わせができず、天然ダムの三次元形状が作成できなかったと考えられる。

3.2 現地地形との比較結果

ケース3を除く各ケースと現地地形比較のための縦断線及び縦断図をそれぞれ図-3、図-4に示す。まず、表-1に示す現地地形の水平長(436.83m)、比高差(53.41m)と各ケースを比較すると、水平長の差はおおむね0.4mから2.4m、比高差の差はおおむね4.6mから8.4mの範囲におさまっていた。一方で、標高値のみで比較すると現地地形の想定越流開始地点は、約478.2m(図-4 黒色実線 x 座標0m 地点)であるのに対し、ケース4では約618.5m(図-4 緑色実線 x 座標0m 地点)と約140.3m高い結果となった。このため、当該ケースで撮影された画像データのExif情報として記録されていた高さ情報を確認したが、当該情報はヘリコプターの飛行高度を推移しており位置情報の記録に問題ないと考えられた。ほかの要因により、現地地形よりも全体的に高くなる結果となったと考えられるが、本件については詳細な検証が必要である。ケース4では全体として標高が高くなる結果であり、各ケースともに絶対評価で比較すると粗い結果となったが、本研究の位置づけとしている初動期において求められる精度という観点で比較した場合、地形形状及び水平長、比高差で比較するとおおむね良好な結果であった。

4. まとめ

本研究では、次のことが確認できた。

- ・天然ダムを中心に旋回飛行したヘリコプターからほぼ等間隔で撮影した画像により作成した天然ダム三次元モデルは、初動期において求められる

精度としては良好な精度を有していた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、近畿地方整備局及び紀伊山系砂防事務所ご協力のもと実施することができました。ここに感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 国土交通省ら (2016) : 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き(河道閉塞による土砂災害対策編)
- 2) 内田ら (2011) : 長距離レーザー距離計を用いた天然ダム形状の計測

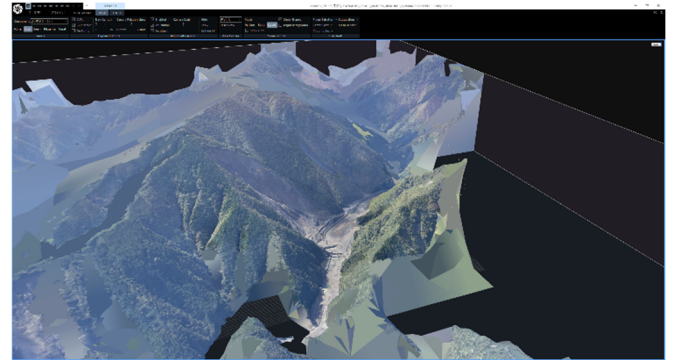


図-2 ケース1 三次元モデル作成結果(キャプチャ画像)

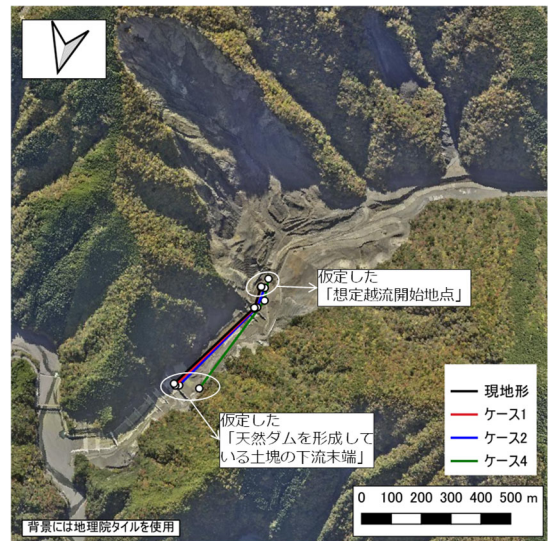


図-3 各ケース縦断線重ね合わせ結果

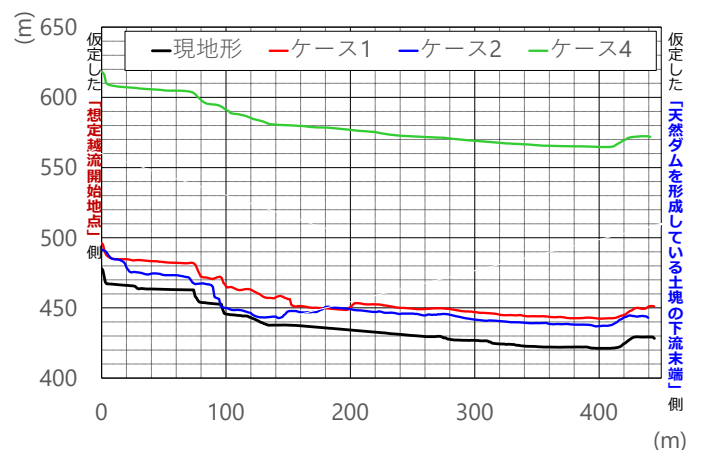


図-4 各ケース縦断比較結果