

災害直後における統合災害情報システム（DiMAPS）を活用した 三次元モデルの作成手法の開発

国土技術政策総合研究所 ○水流竜馬^{*1}、高原晃宙、鈴木啓介

^{*1}：現 国際航業株式会社

1. はじめに

河道閉塞（以下、天然ダム）が確認された際、上下流への影響範囲を「迅速」に推定する必要がある。『土砂災害防止法に基づく緊急調査（河道閉塞）実施の手引き』において「天然ダム飛行に関する調査においては、ヘリコプターまたは地上から、レーザー距離計を用いて計測することを基本とする¹⁾」とある。しかし、この手法は迅速に計測できるものの習熟が必要であり、計測者が測定した地点を第三者が確認できないなどの課題点がある。そこで、本研究では既存手法とは別の方法で天然ダムの規模を把握する手法を開発するために、国土交通省が所有するヘリコプター（以下、ヘリ）に搭載されているカメラから撮影された画像がほぼリアルタイムで閲覧可能な『統合災害情報システム（以下、DiMAPS）²⁾³⁾』に着目し、簡便に天然ダムの三次元モデルを作成する手法について検討した。

2. 作成手法

ヘリが動画を撮影した直後から、DiMAPS 上にて「1秒ごとのキャプチャ画像」および「1秒ごとの位置情報（緯度・経度）」（併せて、以下、ヘリ撮影成果）がダウンロード可能である。ダウンロードした「1秒ごとのキャプチャ画像」にpythonコードを用いて「1秒ごとの位置情報（緯度・経度・標高）」を付与した。

（なお、位置情報の標高については国土地理院より提供いただいた。）その後、SfM ソフトの Reality capture（以下、RC）を使用し、SfM 解析を行った。今回の検討では迅速かつ簡便に行うことを想定しているため、位置及び高さ情報の精度向上に必要となる GCP（地上基準点）の設置は行わず、画像の位置情報のみで三次元モデルの位置推定を行った。図1に作成イメージを示す。



図1 作成手法イメージ

3. 実証実験

本研究では、表1に示すケースの解析を行った。研究対象地区は、平成23年紀伊半島大水害で深層崩壊および天然ダムが確認された赤谷地区（奈良県五條市）である。当該地区は、紀伊山系砂防事務所により砂防堰堤群等の整備がなされており、これら構造物を含めた地形情報と三次元モデルの地形情報の比較に適していることから対象地区とした。

表1 解析ケース一覧

ケース	飛行コース	撮影角度	枚数	飛行時間(分)	解析時間(分)
1	河道直線	垂直	133	04:07	01:28
2	河道直線	45度	74	01:14	00:50
3	河道直線	垂直	143	02:24	01:37
4	ジグザグ	垂直	238	06:54	02:04
5	ジグザグ	垂直	381	06:24	03:21
6	ケース4+5	垂直	619	-	07:26

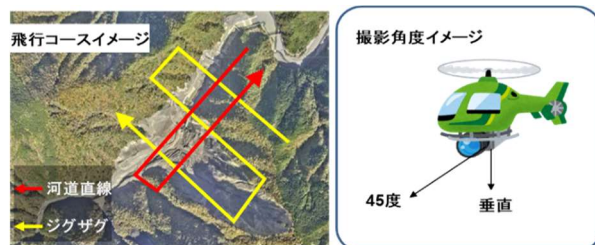


図1 飛行コースと撮影角度のイメージ図

3.1 3次元モデルの河道形状比較

各ケースの3次元モデルからオルソ画像（以下、オルソ）を作成し、各オルソの谷地形部にある砂防堰堤群から判読した河道と令和5年度に取得された測量成果から判読した河道（図2上ケース0の黒色実線）を比較した。「河道直線かつ垂直」の飛行のケース1、3で水平方向におけるずれが大きいことが確認された。（図2上ケース1及びケース3の線）

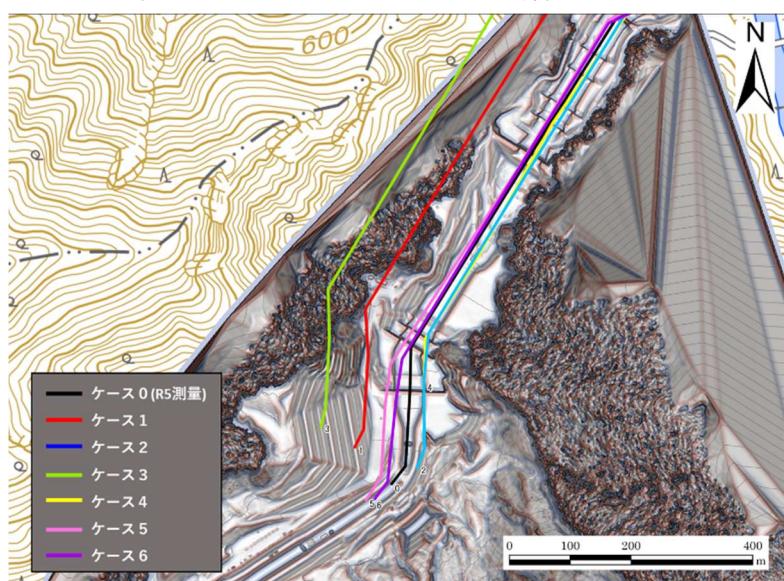


図2 河道形状の比較

3.2 3次元モデルのZ値比較

出来上がった3次元モデルのそれぞれのオルソ画像から、判読できた地物で比較ポイントを設定した。

(図3 赤点) 令和5年度の測量成果と比較し、各比較ポイントのZ値および比高差の誤差を算出した。(令和5年度の測量成果における比高差は1-2:15.3m、2-3:33.5m)ほとんどのケースでZ値の誤差は20m程度であったが(図4)、比高差の誤差は10m程度以内に収まっていた(図5)。この検討において特にケース2とケース6で誤差がより小さかった。



図3 比較したポイント位置図

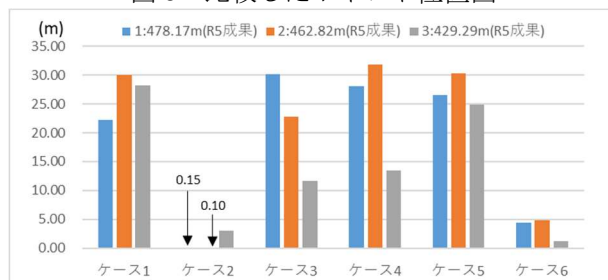


図4 Z値(標高)の誤差

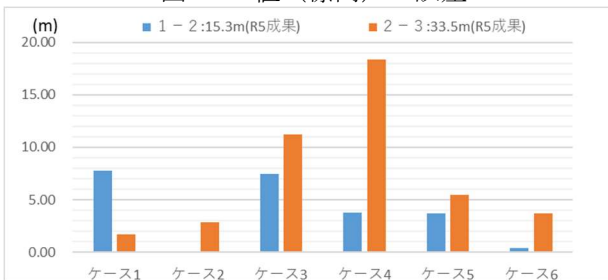


図5 比高差の誤差

4. 考察

4.1 撮影角度による解析結果の違いについて

赤谷地区のような兩岸に急斜面を持つ谷地形では、45度の角度を付けた撮影の方が精度よく地形が再現できた。これは、45度の撮影によって画像の画角が広がり、オーバーラップが確保しやすくなったためと考えられる。

4.2 飛行コースによる解析結果の違いについて

ケース4、5のジグザグ飛行による解析ケースは河道直線による解析ケースよりずれが大きい結果となった。これは、赤谷地区のように谷が深い地形だと対地高度が谷部と山部で大きく異なることが原因の一つと考えられる。また、ケース6において誤差が小さかつ

たことから、ジグザグ飛行においてはより多くの枚数を解析すれば結果が良くなることが確認できた。

4.3 実際に災害直後に撮影された事例での作成

本研究の同様の手法で、令和6年能登地震の発災直後(1月2日)に市ノ瀬町の大規模崩壊地で撮影された画像から3次元モデルを作成した。概形は現地地形に近いものができたが、縦断的な再現性が低く、標高に50m以上のずれが確認された。このようにオーバーラップを考慮せずに撮影された自由飛行の場合は、災害前の測量成果より標定点を設定する手法⁴⁾も活用することが重要である。



図6 1月2日撮影のSfM解析結果3次元モデル

5. 結論

今回の手法を用いることで、DiMAPSでダウンロードできるヘリ撮影成果を使って3次元モデルを作成することができた。絶対座標にずれはあるものの、比高差の誤差は、河道直線飛行の場合はいずれも概ね10m程度以内におさまっていることを確認した。なお、本研究をととして「撮影対象の地形(谷地形、扇状地、平地、斜面など)における適切な撮影方法の検討」が今後必要であると考えられる。また、災害対応運用面の課題として、現状では、ヘリ撮影成果にかかる標高データを別途国土地理院より提供受ける必要があるため、迅速な状況把握の観点で検討すべき課題と考えられる。

謝辞

令和5年撮影の測量成果をご提供いただいた紀伊山系砂防事務所、軌跡データの提供および手法のご助言をいただいた国土地理院の方々に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 『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) ヘリ画像処理システムの開発(国土地理院時報(2015年、127集))
- 3) 地図情報の新たな整備技術の開発—一眼レフカメラ画像やハイビジョンカメラ動画を活用した災害後迅速な簡易正射画像の作成(国土地理院平成30年度調査研究年報)
- 4) SfM-MVSを用いた発災直後の地形把握手法の検討～能登半島地震 市ノ瀬町での事例～(令和6年度砂防学会研究発表会概要集)
- 5) ヘリコプターからの斜め写真を用いたSfMによる天然ダム形状の計測(土木技術資料2017年59巻5号)