

災害初動期におけるヘリコプターからの河道閉塞調査手法の検証

アジア航測株式会社 ○西村 直記, 山口 悠, 三浦 俊介, 藤目 直也
 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 佐光 洋一, 井上 淳平
 国土交通省 北陸地方整備局 梅田 ハルミ*, 四十谷 朋子
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高原 晃宙, 山口 柊生
 ※現: 国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

1. はじめに

土砂災害防止法に基づき、河道閉塞の湛水・決壊による被害想定範囲を推定するため、河道閉塞の規模や位置を迅速に把握することが求められている。近年、災害初動期を想定し、ヘリコプターから取得した画像をSfM/MVS(以下、SfM)解析により三次元モデル化して河道閉塞規模を把握する手法が検討されている¹⁾が、適用事例や撮影条件に関する知見は十分に蓄積されていない。そこで本研究では、能登半島に形成された河道閉塞を対象に、SfM解析の精度検証を行うとともに、赤外線カメラによる河道閉塞認識の可能性について検討した。

2. 河道閉塞調査手法の検証方法

2.1 対象地域・調査方法

本研究の対象地域は、能登半島における河道閉塞発生箇所とした。河道閉塞規模や湛水域の把握に関する検証を行うため、能登半島で形成された河道閉塞のうち、調査時点で湛水が残存している図1に示す6箇所を対象とした。また調査には北陸地方整備局所有の防災ヘリコプター「ほくりく号」に搭乗して実施した。

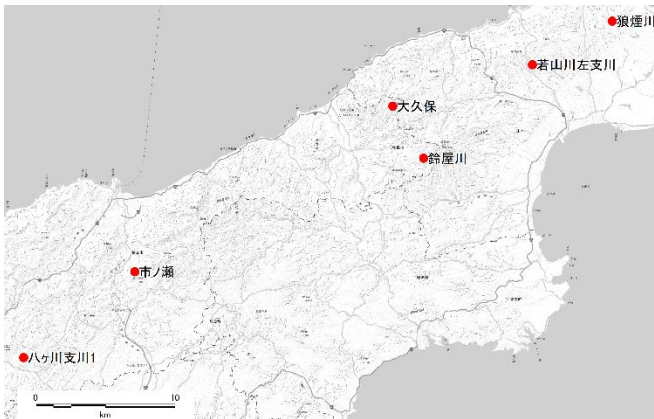


図1 検証対象箇所

2.2 SfM解析による検証方法

SfM解析による河道閉塞規模の把握手法について、以下の項目で作成される三次元モデルの精度検証を行った。なお、SfM解析にはRealityScan(Epic社, ver2.0)を用いた。また精度検証にはR6年に北陸地方整備局により計測されたLPデータを用いた。

- ①機内からの手持ちカメラの撮影角度による検証
- ②手持ちカメラの取得情報による検証
- ③撮影間隔による検証
- ④可視カメラで撮影した動画を用いた検証
- ⑤位置情報を補正した場合の検証

2.3 赤外線カメラによる検証方法

「ほくりく号」には赤外線カメラ(FLIR社製, Star SAFIRE 380Hdc)が搭載されている。本カメラを用いて、以下の条件が湛水域の確認に与える影響について検証を行った。

- ①撮影高度・撮影角度による検証
- ②地被状況や湛水状況の違いによる検証

3. 検証結果

3.1 SfM解析による河道閉塞規模の抽出結果

①機内からの手持ちカメラの撮影角度による検証結果

ヘリコプター機内から窓越しに手持ちのデジタルカメラ(OM SYSTEM社製, TG-7)を用いて、水平を0度として下方方向に30度と45度で写真を撮影した場合の三次元モデルの精度検証を行った。LPデータと縦断的な河道閉塞の規模及び同一点の水平ズレを比較したところ、いずれも撮影角度30度の方が良好な精度であった。

②手持ちカメラの取得情報による検証結果

撮影に異なるカメラを用いた場合の精度検証を行った。使用したカメラはTG-7とiPhoneSE2(Apple社製)である。LPデータと縦断的な河道閉塞の規模を比較したところ、機種による精度の違いは小さかった。一方、水平ズレはiPhoneSE2の方が小さかった。これはカメラ位置情報(Exif)の取得精度に起因しているものと考えられる。

③撮影間隔による検証結果

三次元モデル作成には画像間のオーバーラップ率が十分に確保されていることが重要であることから、使用する画像の撮影間隔を変更した場合の精度検証を行った。撮影間隔は2秒間隔で撮影した画像を等間隔で間引くことにより変更し、検証を行った。LPデータと縦断的な河道閉塞の規模を比較したところ、2秒~6秒間隔では大きな差はなかった(図2)が、10秒間隔では三次元モデルが作成されない箇所があった。水平ズレは撮影間隔が長いほど大きくなる傾向にあった。

④可視カメラで撮影した動画を用いた検証結果

本研究では、ヘリコプターに搭載されている可視カメラで撮影された動画から1秒間隔で切り出した静止画データと、各静止画に対応する緯度・経度情報に加え、ハンディGPSで取得した高度情報を時間同期により付与し、検証に用いた。iPhoneSE2から作成した三次元モデルと比較したところ、縦断的な形状に顕著な差はなかったものの、画像の解像度が低いため、三次元モデルが平滑化されていることが確認された。

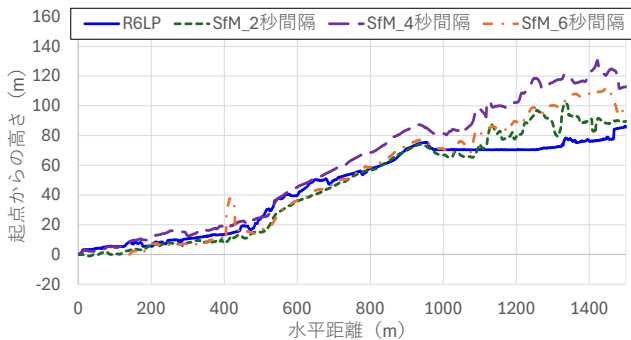


図 2 撮影間隔による縦断形状の確認例 (市ノ瀬)

⑤位置情報を補正した場合の検証結果

本検証では TG-7 で 2 秒に 1 枚の写真撮影を行ったが、位置情報の取得は 10 秒に 1 回程度であった。ヘリコプターの飛行速度は 120~150km/hr であったため、実際の撮影位置と写真に付与された情報には数百 m のズレが生じている可能性がある。そこで位置情報を補正することで三次元モデルの精度向上につながるかを検証を行った。補正方法はハンディ GPS (Garmin 社製, eTrex30) の座標を用いた場合と、GCP (Ground Control Point) を設定した場合の 2 パターンで実施した。GCP は 5 箇所設定し、標高値は LP と国土院が公表している 5mDEM の値を用いた。

ハンディ GPS を用いて補正を行ったところ、検証を行った 3 地点のうち 1 地点 (市ノ瀬) では河道閉塞規模、実標高ともに ±10m 以内の精度で作成ができた。他地点においてもカメラ単独の位置情報と比較して大幅に精度が向上した (図 3)。GCP により補正を行ったところ、検証を行った 2 箇所 (市ノ瀬, 鈴屋川) ではいずれも河道閉塞規模、実標高ともに ±10m 以内の精度で作成ができた。

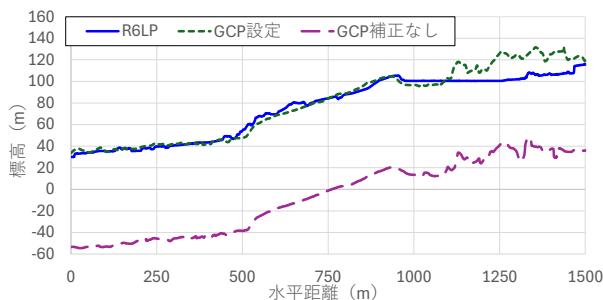


図 3 GCP 設定による縦断形状の確認例 (市ノ瀬)

3.2 赤外線カメラを用いた湛水域の把握検証結果

①撮影高度・撮影角度による検証結果

撮影高度 (対地高度) の異なる 2 地点の湛水域を赤外線カメラで撮影したところ、湛水域の見え方に大きな違いはなかった。ただし、本検証で使用した赤外線カメラはターゲット (画角中心) を基準とした相対的な温度により色調整が行われるため、ターゲット位置によっては崩壊地などの相対的に温度が高い箇所において白飛びが発生する場所が確認された。

②地被状況や湛水状況の違いによる検証結果

光学カメラでは識別が困難な樹木などで陰になっている箇所の湛水状況を赤外線カメラで識別できるかを検証を行った。検証の結果、湛水域と樹木等の陰の識別は困難で

あり、赤外線カメラのみで湛水域を把握することはできなかった (図 4)。また、湛水域を周回して撮影したところ、水面の鏡面反射により湛水域が白く見える場合があった。このことから、赤外線カメラは対象となる物体の温度だけでなく、日射にも影響を受けることが確認された。

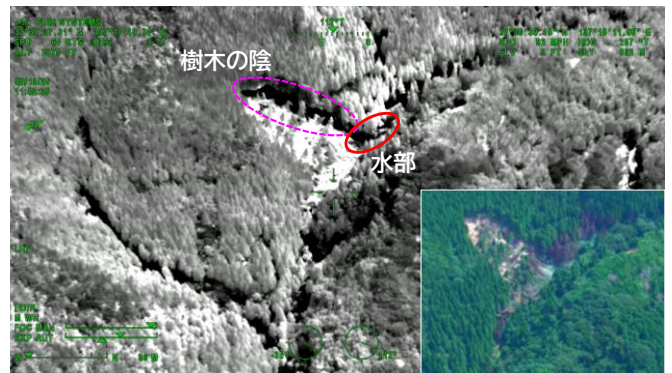


図 4 赤外線カメラによる湛水域の確認例 (狼煙川)

4. 考察

本研究では、災害初動期に河道閉塞の発生規模と湛水状況などを迅速に把握するための手法として、SfM 解析による三次元モデルの精度検証と、赤外線カメラを用いた湛水域の把握手法の検証を行った。

SfM 解析の検証結果から、表 1 に示す条件で画像を取得することにより土砂災害防止法に基づく緊急調査の判断を行うための情報を取得できることが示された。特に GCP を設定することにより精度の大幅な向上が確認できたことから、SfM 解析では使用する画像に付与される位置情報の精度が重要であることが示唆された。GCP の設定は災害発生直後の迅速性が求められる中で行うことは困難であると考えられるため、撮影時の測位精度や頻度が高いカメラを用いることが望ましい。

表 1 SfM 解析の推奨条件

条件	内容
撮影角度	30 度~45 度 (30 度の方が形状精度は高くなる可能性あり)
カメラ	緯度経度高度 (X, Y, Z) が都度測位できるもの
解像度	なるべく高解像度なもの
撮影間隔	細かく撮影 (2 秒間隔で 1 枚以上)
GCP の設定	可能であれば、地理院地図や航空 LP 測量成果を用いて GCP を設定 (最低 5 点程度)

赤外線カメラを用いた湛水域の把握手法の検証では、使用した赤外線カメラの特性上、赤外線画像のみで湛水域を特定することは困難であることが確認できた。一方で、崩壊地や河道閉塞土塊に流水が生じている場合は明らかな温度の違いを確認できるため、越流や漏水の発生状況の把握に活用できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 高原ほか：河道閉塞の迅速な規模把握を目的としたヘリコプター空撮と SfM/MVS 技術の活用, 砂防学会誌, Vol. 78, No. 6, p. 11-18.