

UAV による災害後の迅速な溪流点検手法の提案

国土交通省 九州地方整備局 阿蘇砂防事務所 梶原 慎一※、山下 聡※
アジア航測株式会社 佐藤 厚慈、鳥田 英司、○菊地 瑛彦

※ 現所属：九州地方整備局 河川部

1 はじめに

緊急時の溪流点検は、流域の荒廃(土砂移動)状況、砂防施設状況(大規模損傷の有無、堆砂状況)、下流の被災状況の把握等を目的として実施する¹⁾。土砂移動発生有無等、状況把握は小型の無人航空機(以下、UAV)を用いることで、広域の俯瞰的な撮影や溪流内に立ち入ることなく安全・迅速に実施できる。

一方で、土砂変動量といった定量値を把握するには三次元地形モデルの作成が必要であるが、オルソフォト撮影で源頭部から末端まで溪流全体の広域撮影が必要な場合、複数回フライト実施となる。また、ヘリなどの斜め写真から地形モデル作成を行う事例も報告されているが、机上でのGCP(Ground Control Point: 標定点)選点、計測、登録と三つの人手による工程を踏んでいる。緊急時に多数の溪流を点検する場合、この作業時間は大きな時間のロスとなる。

本業務では発災後に効率的に点検が可能な UAV 斜め動画撮影及び同時取得される GNSS・IMU 情報を活用した三次元モデルを作成する手法を検討・考案した。

2 検討手法

本検討は、九州地整阿蘇砂防事務所管内の4溪流を対象とした。本検討で使用する機体は、RTK測位等の高い自機位置測位機能を持ち、比較的安価で災害時持ち運びがしやすく、地元業者でも運用実績のあるDJI社製の 小型機 Mavic3 Enterprise を選定した。

撮影は、河道上空を斜め45°下に向けた斜め動画撮影とし、飛行速度は5~8m/秒(18.0~28.8km/時)、河道中央付近上空を飛行させ、1回の撮影で流域・施設・保全対象を撮影できるよう上下流端部では旋回撮影を行った。

斜め動画は解像度3840×2160、30フレーム/秒で撮影し、動画は45フレーム間隔で画像をサンプリングし、撮影と同時に取得される位置情報ファイルをもとに、JPG画像に撮影位置情報を付与した。上記画像について、SfM解析を実施し地形表層モデル(DSM)とオルソフォトを作成した(以下、動画オルソ)。

表1 撮影諸元(一例)

溪流名	対地高度(m)	飛行速度(m/s)	飛行時間(分)	飛行距離(溪流往復)(m)
溪流C	100	8	16	2,211

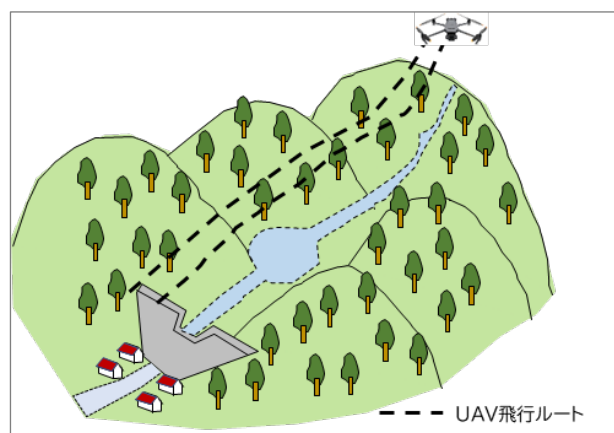


図1 溪流動画飛行のイメージ

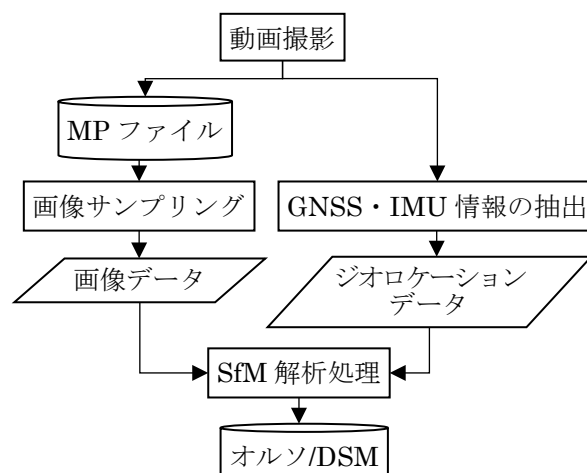


図2 解析処理の流れ



図3 動画と同時に取得される位置情報ファイル

表2 使用ソフト

項目	仕様
Pix4D Mapper	Version 4.9.0
CPU	Inte(R)Core(TM) i9-14900
RAM	128GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX4090
OS	Windows 11.64bit

3 検討結果

作成した動画オルソ（図4）について、位置精度を確認した。



図4 作成オルソ

まず、絶対精度検証として、動画に検証点の対空標識を写し込み、VRS 測量で計測した三次元座標を真値としたとき、SfM 解析で得られた三次元モデルの計算上の位置との誤差を整理した。検証点における位置の誤差は、水平方向が 10～60cm、高さ方向が 30～60cm 程度であった。位置を補正するための標定点 (GCP) を用いず、撮影データ内のジオロケーションデータのみを使用した解析結果としては、概ね良好な結果と言える。

次に、相対精度検証として、地形の再現性をみるために、撮影範囲の河床縦断面図を作成し、航空レーザ測量成果より作成した DSM データと比較し、ほぼ整合していることを確認した（図7）。

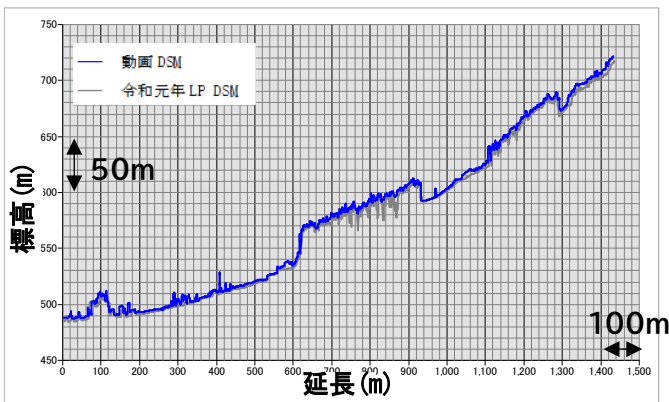


図5 比較河床縦断面図

加えて、砂防堰堤竣工前の LP データと竣工後の動画オルソで標高差分を算出（図6）し、実測で算出したコンクリートおよび土盛の量と比較した。動画オルソでの差分量は 170 千 m³ に対し、実測値は 165 千 m³（真値との割合差は 2.8% で実測値との大きな差は見られなかった）。

処理時間 (CPU タイム) は約 5 分から 35 分であり、写真枚数と面積によって差はあるが、数百枚単位の写真を処理する定期点検オルソフォト撮影と比べると、処理時間は短かった。撮影時間および処理時間だけであれば 30 分程度という短時間で対応が可能である。



図6 竣工前 LP と動画オルソの標高差分結果

表3 処理時間

溪流名	解像度 (cm)	面積 (Km ²)	処理時間（マッチング、点群作成、オルソ等作成）
溪流 A	4.87	0.129	7:11
溪流 B	4.93	0.164	9:14
溪流 C	5.07	0.321	13:20
溪流 D	6.88	0.942	33:16

4 今後の課題

今後の課題として、3 章より、ジオロケーションデータのみを使用した解析結果としては概ね良好な結果となっているが、本解析で作成した地形モデルをさらに現況地物等で標定した場合の精度検証を行い、さらなる精度向上が可能か確認する。

また、撮影と同時に位置情報が保存される機体が DJI 社製の測量用産業機体 (Mavic3E、Marice30T 等) となるため、撮影時の機体選定に留意する必要がある。この点について、上記の測量用産業機体以外の機体を用いた場合の効率的な点検手法の検討も実施していく予定である。

5 まとめ・今後の展望

今回検討した手法の利点は、点検業者に普及している汎用機体 (DJI 社製 Mavic3E) を用いて、発災後数日以内に、溪流の被災状況や土砂移動量把握をより安全に効率よく実施できる手法という点である。検討を通じて、発災直後の土砂流出の概算値の算出を行うに当たっては問題ない精度といえる。また、現場での作業時間が短くなることは、調査員の安全確保にもつながるため、安全面でも有効な手法といえる。

4 章の課題を踏まえ、今後も引き続きより安全かつ高精度・高効率の点検手法の検討を進めていきたい。

【出典】

- 『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）』（平成 28 年 3 月一部改訂 国土交通省）