

ドローンと Car-SAT 等を組合せた大規模崩壊地の変状把握

国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター 竹下航, 岸本優輝, 小林正直
中電技術コンサルタント(株) ○濱田隆敬, 荒木義則, 河井恵美, 大盛泰我, 猿渡雄二

1. はじめに

地震や豪雨により生じる大規模な河道閉塞は、河道閉塞部上流に溜まった水が越流することにより土石流を発生させ、下流に甚大な被害を及ぼすことがある。このような天然ダムを原因とする土石流による被害を軽減するためには、被害の生じるおそれのある範囲及び時期を速やかに推定することが重要となる。

本稿では、紀伊山系直轄砂防事業における河道閉塞箇所を例に、官民が一体となって河道閉塞箇所の変状を把握する方法について検討し、災害対応オペレーションの確認と訓練のために実証実験を行った結果について報告する。

2. ドローンを活用した災害調査

ドローンを活用した災害調査は、災害現場に行って調査を行うのは「測量業者（災害協定業者）」とし、調査の指示・確認・判断・データ解析等を行うのは「調査職員」とすることで、迅速な災害調査につなげることを基本方針とした。

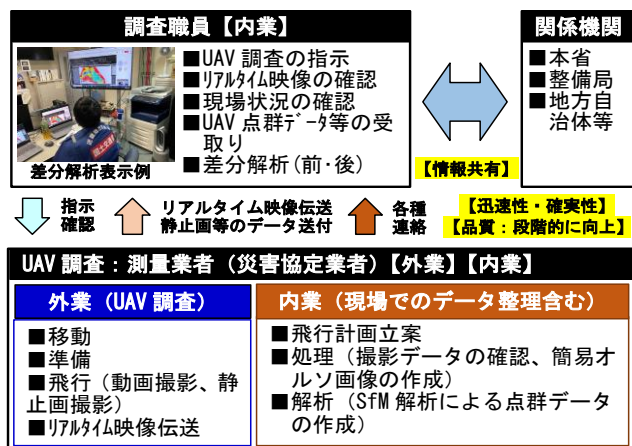


図-1 災害調査の役割分担関係図

3. 災害調査シナリオの設定

大規模崩壊地の再崩壊等により災害が発生している可能性のある箇所が監視カメラ等で確認された場合は、河道閉塞内への立ち入りに危険が伴うため調査職員による巡視が出来ないことが想定される。その場合は、ドローンを活用した災害調査により迅速な災害対応を行う必要がある。

ドローンを活用した災害調査は、対象地区の調査範囲（崩壊斜面部、河道閉塞部または河道部）に対して、「遠望からの概略調査」と「近傍からの詳細調査」の2つの段階（以下、フェーズ1、2と呼ぶ）で行うものとする。

<フェーズ1：遠望監視フライト>

遠望からの概略調査（動画撮影や斜め写真撮影）により「崩壊地等の状況の目視確認」を行う。離発着箇所（以下、拠点）は、既往災害時に立ち入りが可能であった場所とした。

<フェーズ2：近傍詳細確認フライト>

近傍からの詳細調査（UAV 写真測量）により「崩壊地等の規模の計測」を行う。フェーズ2の拠点は、フェーズ1よりも近づき、崩壊斜面を視認可能な場所とした。

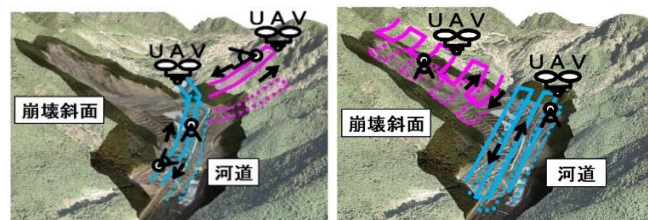


図-2 災害調査シナリオに対応したドローン調査の概念図

4. 情報共有手段

災害発生箇所は、携帯通信網が利用できない場所や通信インフラの被害等で携帯通信網が利用できなくなる場合が想定される。本検討では、携帯通信網の不通を想定し、衛星通信回線を用いたオペレーションを設定した。また、衛星通信回線を経由したWeb会議システム（Teams等）によりドローン映像等の共有を図ることにより、「調査職員」が現地状況を確認しながら、指示・判断を行うこととした。

国土交通省保有の衛星通信設備として、①衛星通信車②Ku-SAT③Car-SAT等が挙げられる。このうち、本事例では③Car-SATを活用した実証実験とした。また、平行して民間の衛星通信設備（StarLink）の利用についても検討した。

5. 実証実験

実証実験では、河道閉塞の発生から現在に至るまで複数回の再崩壊を繰り返している赤谷地区を対象現場として、ドローン（M300RTK）による災害調査を行い、Car-SATを活用したリアルタイム映像伝送等の情報共有と3D点群データの作成を行った。ドローンの飛行は、航空法に則り対地高度150m未満の飛行とした。

<フェーズ1>計画飛行ルート（図-3 桃線）では、機体とプロポ間の通信が不安定な状況となったため、崩壊地の対向となる尾根沿い（図-3 青線）を対地150m未満で飛行させることにより、動画、斜め写真撮影は実施可能であり、Car-SATを用いたリアルタイム映像伝送（図-4）により、崩壊地

の状況を遠隔から迅速に確認できた。

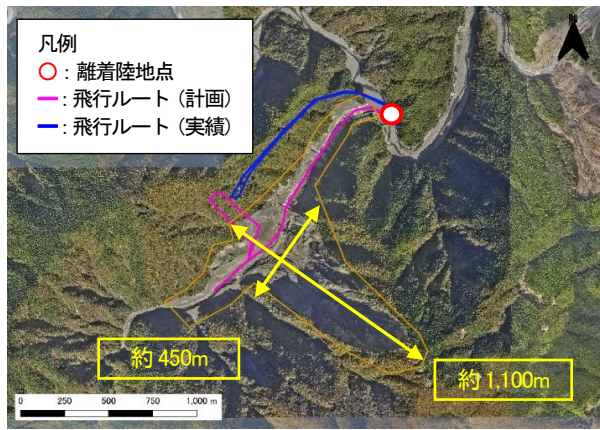


図-3 飛行ルートの変更（フェーズ1）



図-4 Car-SAT と Teams を組合わせた崩壊地の状況確認

＜フェーズ2＞設定した飛行ルートにより計画通り計測ができることを確認した。

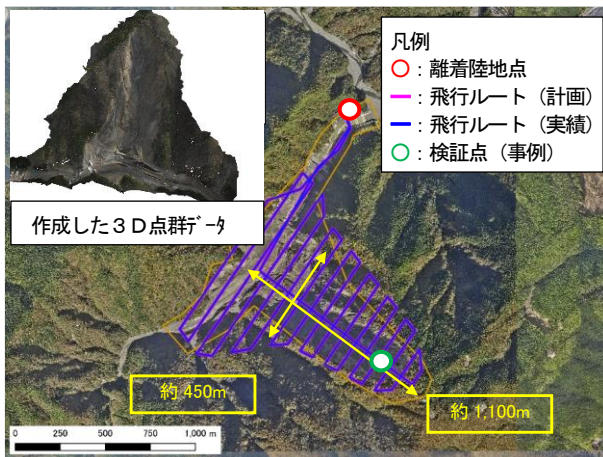


図-5 飛行ルート（フェーズ2）と3D点群データ

取得した画像データは、PPK 測位方式による補正を行った上で SfM 解析を実施した。作成した3D点群データは、既往LPデータ（R2計測）との比較検証を行い、崩壊地内部での検証点（事例）において標高誤差が±18 cm程度であることを確認した。

6. 緊急調査タイムライン(案)の作成

緊急調査タイムライン(案)は、準備・フェーズ1・フェーズ2・データ解析の4つの段階とし、目標時間は24時間(1日)と設定した。【準備】では、災害発生の可能性の確認、測量業者への連絡方法、現地通信状況に応じた衛星通信機材の確保、その他準備すべき事項。【フェーズ1】では、遠

望監視フライトの準備・連絡・飛行・状況確認。【フェーズ2】では、近傍詳細フライトの準備・連絡・確認・飛行等をアクション項目として設定した。【データ解析】では、3D点群データを用いて調査職員が土砂変動量の差分解析を実施するまでとし、緊急調査タイムライン(案)を作成した。実証実験により、各項目の手順に沿った作業により所用時間を計測し、目標時間の設定にフィードバックした。

表-1 緊急調査タイムライン(案)

災害調査シナリオ	目標時間	アクション	災害対策本部（事務所：調査職員）	現地調査班（測量業者（災害対応業者））
準備	0:00	1	確認・指示 ■降雨や地震等の防災情報や監視カメラにより災害が発生している可能性がある箇所を確認 ■〇〇地区の調査を指示	受諾 ■指示受諾（〇〇地区の調査）
	1:00	2		飛行計画立案 ■飛行計画の作成
	1:00	3		準備 ■機材の準備・積込
	1:00	4		移動 ■（拠点～災害調査現場）
	—	5	確認 ■現地調査班の現場到着を確認	連絡 ■現場到着の連絡
＜フェーズ1＞ ◆遠望監視フライト（動画撮影）	0:30	6		準備 ■安全確認、UAV セッティングの準備
	—	7		連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の動画撮影）の開始を連絡
	0:30	8	状況確認 ■リアルタイム調査映像にて、災害発生状況を確認	飛行 ■UAV 飛行（崩壊地の動画撮影）を実施 ■撮影映像は Car-SAT や Web 会議システム等を用いて災害対策本部へ伝送
	—	9	確認 ■UAV 飛行（崩壊地の動画撮影）の終了を確認	連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の動画撮影）の終了を連絡
	—	10	確認 ■UAV 飛行（崩壊地の静止面撮影）の開始を確認	連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の静止面撮影）の開始を連絡
◆遠望監視フライト（静止面撮影）	0:30	11		飛行 ■UAV 飛行（崩壊地の静止面撮影）を実施
	—	12		連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の静止面撮影）の終了を連絡
	0:15	13		送付 ■崩壊地の静止面を送付
	—	14	受取・確認 ■崩壊地の静止面を受取・確認 ■フェーズ1作業の終了を確認	
	0:30	15	判断 ■近傍詳細確認フライトの実施を判断	
＜フェーズ2＞ ◆近傍詳細確認フライト（静止面撮影）	—	16	指示 ■崩壊地の詳細撮影の実施を指示	受諾 ■指示受諾（崩壊地の詳細撮影）
	0:45	17		準備 ■移動、安全確認、UAV セッティングの準備
	—	18	確認 ■UAV 飛行（崩壊地の詳細撮影）の開始を確認	連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の詳細撮影）の開始を連絡
	1:00	19		飛行 ■UAV 飛行（崩壊地の詳細撮影）を実施
	—	20	確認 ■UAV 飛行（崩壊地の詳細撮影）の終了を確認	連絡 ■UAV 飛行（崩壊地の詳細撮影）の終了を連絡
◆データ解析	1:00	21		処理 ■撮影データのPC取込 ■撮影データの確認 ■崩壊地詳細データの作成 ■現場作業終了。撤収
	1:00	22	確認 ■現場作業の終了を確認	連絡 ■（災害調査現場～拠点）
	12:00	24		解析 ■崩壊地詳細撮影データより SfM 解析の実施
	0:30	25		送付 ■UAV 点群データ（PPK 処理）を送付
	—	26	準備 ■災害前データ（最新 LP データ）の準備	
合計時間	24:00	27	受取・確認 ■UAV 点群データの受取と確認	
	—	28	解析 ■差分解析（災害前後）の実施	
	—	28		



図-6 緊急調査タイムライン(案)沿ったオペレーション

7. 今後の課題

本報告は、赤谷地区において実施した実証実験の結果を取りまとめたものである。実際の緊急調査では、実施場所や崩壊規模等の状況等により様々な対応が必要となる。今後は、「測量業者」（災害協定業者）と「調査職員」が協力して事前訓練や意見交換等を行うことで、官民が連携した災害対応力の向上に向けた取組みを図っていくことが重要である。

参考文献：UAV の自律飛行による天然ガムの緊急調査及び被災状況把握に関する手引き、大規模土砂災害対策技術センター R5.5 改訂