

ドローンと Car-SAT 等を組合せた大規模崩壊地の変状把握のための訓練

中電技術コンサルタント(株) ○河井恵美, 荒木義則, 村上智哉, 傳明地隆志, 安井ゆりか
国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 山田啄也, 青野友哉
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 高原晃宙

1. はじめに

深層崩壊に起因する河道閉塞や同時多発的に発生する表層崩壊およびそれに伴う土石流等の大規模土砂災害が発生した場合、その後の豪雨等により二次災害が発生するおそれがある。このため、被災状況を迅速に把握するための調査が必要である。また、調査結果については速やかな情報共有が求められることから、携帯通信網が利用できない状況下においても、迅速に情報共有を行うことが可能な手段を構築する必要がある。

そこで、本稿では、深層崩壊に起因する河道閉塞(奈良県)および流域内で同時多発的な表層崩壊および土石流が発生(和歌山県)したと想定して、災害対応時における調査作業を円滑かつ確実に遂行するための体制強化を目的に実施した合同訓練の概要と、その実施結果について報告する。

2. 災害対応訓練シナリオの設定

大規模崩壊地の再崩壊等や同時多発的な表層崩壊による土石流災害が発生している箇所が確認された場合は、崩壊地等の近く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調査を行う必要がある。

ドローンを活用した災害調査は、資機材や基本操作等の確認を含めた事前訓練を行い、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)(図-1)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。

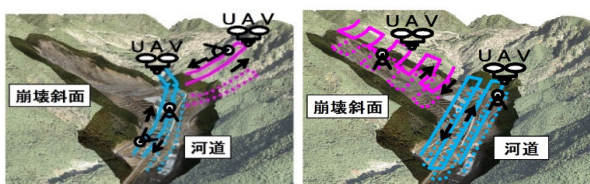


図-1 災害対応訓練シナリオに対応したドローン調査の概念¹⁾

3. 災害対応訓練のタイムライン

ドローンを活用した災害調査訓練は、災害発生後の「準備」段階が完了した状態を想定し、「フェーズ1」および「フェーズ2」について、災害対応訓練のタイムライン(表-1)に沿って、調査職員と災害協定業者が現地にて共同で実施する訓練とした(表-1 赤枠)。

表-1 災害対応訓練のタイムライン

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))	
			実施内容	実施内容	実施内容	実施内容
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	受注	■指示受領(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>	0:30	6			準備	■安全確認、UAV セッティングの準備
◆遠望監視フライト(動画撮影)	—	7	連絡	■リアルタイム調査映像にて、災害発生状況を確認	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
◆遠望監視フライト(静止画撮影)	—	10	確認	■UAV 飛行(崩壊地の静止画撮影)の開始を確認	連絡	■UAV 飛行(崩壊地の静止画撮影)の開始を連絡
	0:30	11			飛行	■UAV 飛行(崩壊地の静止画撮影)を実施
	—	12			連絡	■UAV 飛行(崩壊地の静止画撮影)の終了を連絡
	0:15	13			送付	■崩壊地の静止画(*.jpg:位置情報付き写真データ)を送付
	—	14	受取・確認	■崩壊地の静止画(*.jpg:位置情報付き写真データ)を受取 ■静止画を電子国土 WEB 上で確認し、災害発生場所の位置関係を把握する ■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>	—	16	指示	■崩壊地の詳細撮影の実施を指示	受注	■指示受領(崩壊地の詳細撮影)
◆近傍詳細確認フライト(静止画撮影)	0:45	17	準備		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
	1:00	21			処理	■撮影データの PC 取込 ■撮影データの確認 ■簡易オルソ画像の作成
	—	22	確認	■現場作業の終了を確認	連絡	■現場作業終了、撤収
	1:00	23			移動	■(災害調査現場~拠点)
◆データ解析	12:00	24			解析	■崩壊地詳細撮影データより SfM 解析の実施 ->オルソ画像、点群データの作成 ->点群データの精度確認(補正等) ->PPK 補正データ取得 ->補正解析実施(精度向上) ■UAV 点群データ(PPK 処理)を送付
	0:30	25			送付	グリッドデータ(Las, csv, txt)、オルソ画像(tif)、TRENDO-POINT のデータファイル(グリッドデータ読み込み、TIN 作成、オルソ画像貼り付け)を送付。
	—	26	準備	■災害前データ(最新 LP データ)の準備		
	0:30	27	受取・確認	■UAV 点群データの受取と確認 グリッドデータ(Las, csv, txt)、オルソ画像(tif)、TRENDO-POINT のデータファイル(XPT)		
	2:00	28	解析	■差分解析(災害前後)の実施 TRENDO-POINT V-mass Clair		
合計時間	24:00					

4. 情報共有手段

災害発生箇所では、携帯通信網が利用できない場所や、通信インフラの被害により携帯通信網が不通となる状況が想定される。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。さらに、衛星通信回線を介して Web 会議システム(Teams 等)を利用し、ドローン映像などの各種情報を共有することで、調査職員が現地の状況を把握しながら、指示・判断を行う体制とした。

国土交通省が保有する主な衛星通信設備としては、①衛星通信車、②Ku-SAT、③Car-SAT が挙げられる。本事例における災害対応訓練では、これらのうち③Car-SAT を活用した。

5. 災害対応訓練

災害対応訓練では、再崩壊を繰り返している赤谷地区（奈良県）および、流域内で集中的に土砂災害が発生した那智川流域（和歌山県）を対象とし、奈良県測量設計業協会および和歌山県測量設計業協会から参加者を募って実施した。訓練への参加は計9社であり、各参加者が保有するドローン（産業機または汎用機）を用いて災害調査を行った。調査では、Car-SATを活用したリアルタイム映像伝送による情報共有を行うとともに、三次元点群データの作成が可能な各種データの取得を実施した。なお、ドローンの飛行については、航空法を遵守し、対地高度150m未満での飛行条件とした。

＜事前訓練＞本災害対応訓練に先立ち、必要となる資機材の整理、航空法に基づく各種申請、保険加入状況の確認を行うとともに、災害対応時に想定される飛行方法や安全管理体制について整理した。あわせて、緊急対応時に求められる手動飛行等の機体の操作方法について確認を行い、課題を抽出した上で、それらに対する改善策を講じた。

＜フェーズ1＞崩壊地上の飛行では、崩壊地全体が把握できないため、崩壊地の対向となる斜面沿い（図-2 桃色）飛行させることにより、崩壊地全体の動画、斜め写真撮影が可能となり、Car-SATを用いたリアルタイム映像伝送（図-3）により、崩壊地の状況を遠隔から迅速に確認できた。

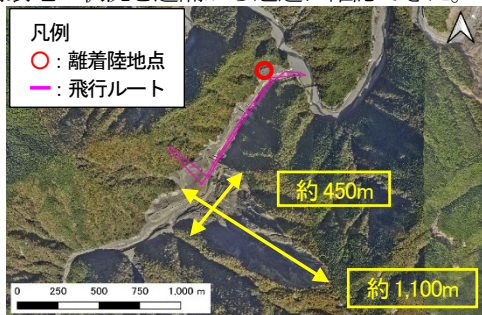


図-2 飛行ルート（フェーズ1）

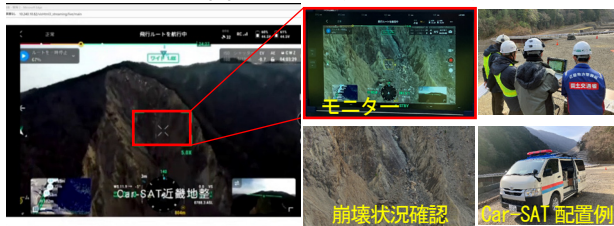


図-3 Car-SATとTeamsを組合わせた崩壊地の状況確認

＜フェーズ2＞設定した飛行ルート（図-4）により計画通り計測ができることを確認した。

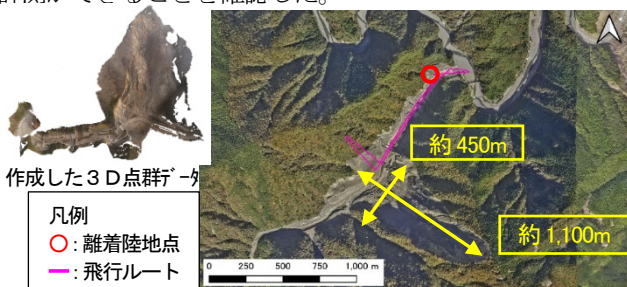


図-4 飛行ルート（フェーズ2）と3D点群データ

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。作成したオルソ画像（図-4）の地上解像度は、2.27cm/pix であり、災害対応訓練前に取得している航空 LP データ（R2 計測）と比較しても十分な精度を確保していることを確認した。

6. 災害対応訓練内容の選定

本事例では、事前訓練において把握した産業用機および汎用機それぞれの特性について、映像の外部出力の可否、搭載センサーの種類、撮影画像の位置精度などの観点から整理を行った。これらの整理結果を踏まえ、今後の災害対応訓練において、使用する機体の特性に応じて対応可能な内容を選定できるフロー（図-5）を作成した。

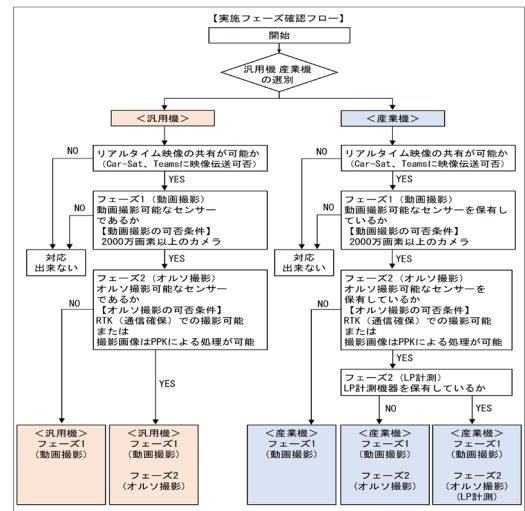


図-5 災害対応訓練内容の選定フロー

7. 今後の課題

本報告は、赤谷地区および那智川流域において実施した災害対応訓練の結果を取りまとめたものである。

本訓練に参加した災害協定業者は、ドローンを活用した災害調査は未経験ではあったものの、事前訓練の実施や予め設定した飛行ルートを用いて、目視外補助者を配置した「レベル2飛行」により、災害対応訓練のタイムラインに沿って合同訓練を実施することができた。一方、実際の災害対応においては、実施場所の条件や崩壊規模等に応じて、飛行ルートの柔軟な計画や無人地帯における目視外補助者なしでの飛行である「レベル3飛行」による対応も想定しておく必要がある。

また、今後は引き続き、災害協定業者と調査職員が連携し、合同訓練や意見交換等を継続的に実施することで、災害対応力のさらなる向上を図っていくことが重要である。

参考文献 1) 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: UAV の自律飛行による天然ダムの緊急調査及び被災状況把握に関する手引き, 2023