

# 大規模土砂災害における ICT技術の活用検討について

松岡 和行

近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 豊岡出張所 (〒668-0026兵庫県豊岡市元町13-32)

近年、豪雨や地震に伴う大規模な土砂災害が数多く発生し、国土交通省では防災ヘリ等により迅速に状況を把握し、必要に応じてTEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）による緊急調査を実施している。また、その調査結果を踏まえ、警戒避難や応急対策について熟慮し、二次災害の防止も図っている。しかしながら、発災直後の初動対応や緊急調査には、迅速性・安全性の確保など、未だ多くの課題があり、本検討ではこれらの課題を最新のICT技術を使って解決する方策について検討した。また結果として、ICT技術を活用する事で非常に効果的・効率的に緊急調査が実施できることを確認し、新たな初動対応の手引きとしてとりまとめたので紹介する。

キーワード 大規模土砂災害、ICT、無人航空機、初動調査、河道閉塞

## 1. はじめに

近年我が国では、豪雨や地震に伴う大規模な土砂災害が数多く発生している。例えば、近畿地方では、平成23年の紀伊半島大水害の際に、大規模な深層崩壊等が発生し、崩壊土砂が河道を閉塞して多くの天然ダムが形成されたことが記憶に新しい。一般に、形成された天然ダムは降雨や溪流の流水により次第に侵食されることが多いが、天然ダムが決壊すると上流に溜まった水を含む大規模な土石流が発生し、下流域の人家等に甚大な被害を及ぼす危険性がある。このため、天然ダムが形成された際に実施する緊急調査については、「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23年4月<sup>1)</sup>」が策定されている。また、本手引きでは、地上またはヘリコプターでレーザー距離計による計測等を行って緊急調査の必要性を判断すること、緊急調査では天然ダムの形状の計測結果等を踏まえて被害のおそれのある区域及び時期を推定することなどが定められている。

本検討では、上記手引きに定められた大規模土砂災害

発生時に必要となる初動対応のうち、最も重要と考えられる「Ⅰ.緊急調査着手の判断」、「Ⅱ.初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査」について、既往資料を基に課題を整理した上で、無人航空機やICT機器（砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」）を活用してそれらの課題を解決するための実証実験を行い、その有効性を検証した。

## 2. 大規模土砂災害における初動対応の課題と対応の方向性

我が国の近年の大規模土砂災害における緊急調査の実績の記録、調査に関する研修・アンケート結果等の資料を整理し、大規模土砂災害における初動対応の課題を抽出した。その結果、初動対応の主な課題は、緊急調査の迅速性・安全性・正確性の確保であった。

そこで、これらの課題を解決する方策として、無人航空機やICT機器を活用する調査方法について、その有効性を検証することとした（図-1）。

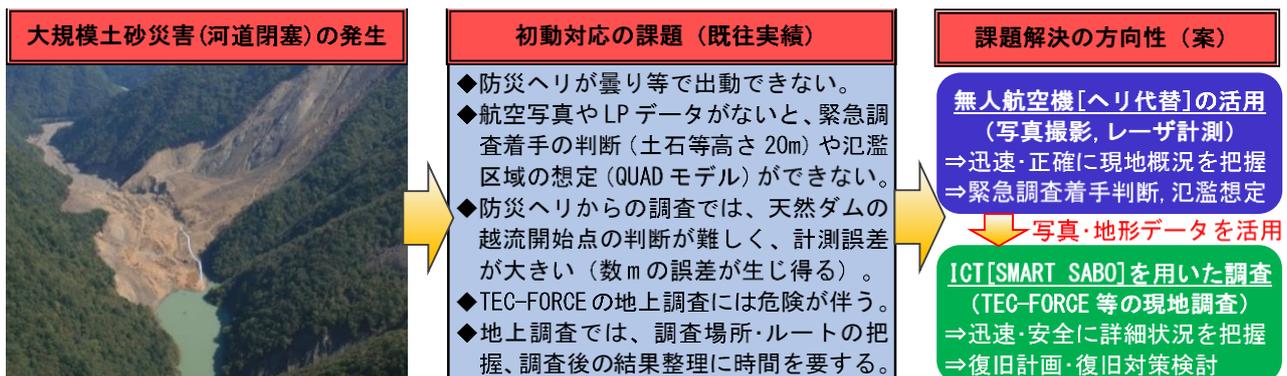


図-1 大規模土砂災害発生時の初動対応の課題と課題解決の方向性(案)

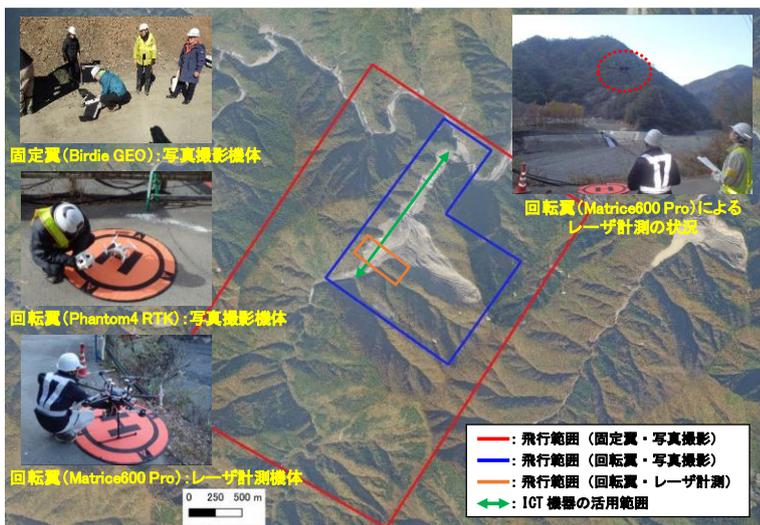


図-2 ICT技術を活用した初動対応の実証実験（奈良県五條市赤谷地区）



### 3. 無人航空機やICT機器を活用した初動対応の実証実験の概要

前述の課題と課題解決の方向性(案)を踏まえ、平成23年の紀伊半島大水害で大規模な河道閉塞が発生した奈良県五條市赤谷地区で、無人航空機やICT機器を活用した初動対応の有効性を確認するための実証実験を行った。

実証実験では、初動対応の内容を大きく3ステップに分け、各ステップで調査項目と調査対象を分けて、ICT技術の活用の有効性を検証することとした(図-2)。

最初に、Step1で無人航空機(固定翼)を用いた災害箇所の全容把握(写真撮影・オルソ作成)により、前述の手引きの「Ⅰ.緊急調査着手の判断」に必要な天然ダムの高さや河道閉塞箇所の下流域の居室数を把握できるか検証した。

次に、Step2で無人航空機(回転翼)を用いた災害箇所の詳細把握(写真撮影・オルソ作成・レーザ計測・解析)により、手引きの「Ⅱ.初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査」で必要となるQUADモデルを用いた天然ダム決壊時の氾濫シミュレーションに必要なデータ(①天然ダムの位置、②天然ダム比高、③天然ダム下流側水平長、④天然ダム越流までの水位差、⑤天然ダム湛水長)を計測できるか検証した(図-3)。

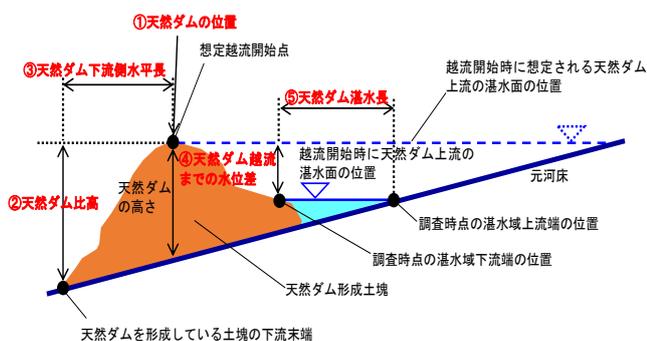


図-3 天然ダム調査の計測箇所概念図

最後に、Step3でICT機器(砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」)を用いて現地調査を行うことで、TEC-FORCE等が行う現地の詳細調査の迅速性及び安全性を向上させることができるか検討した。

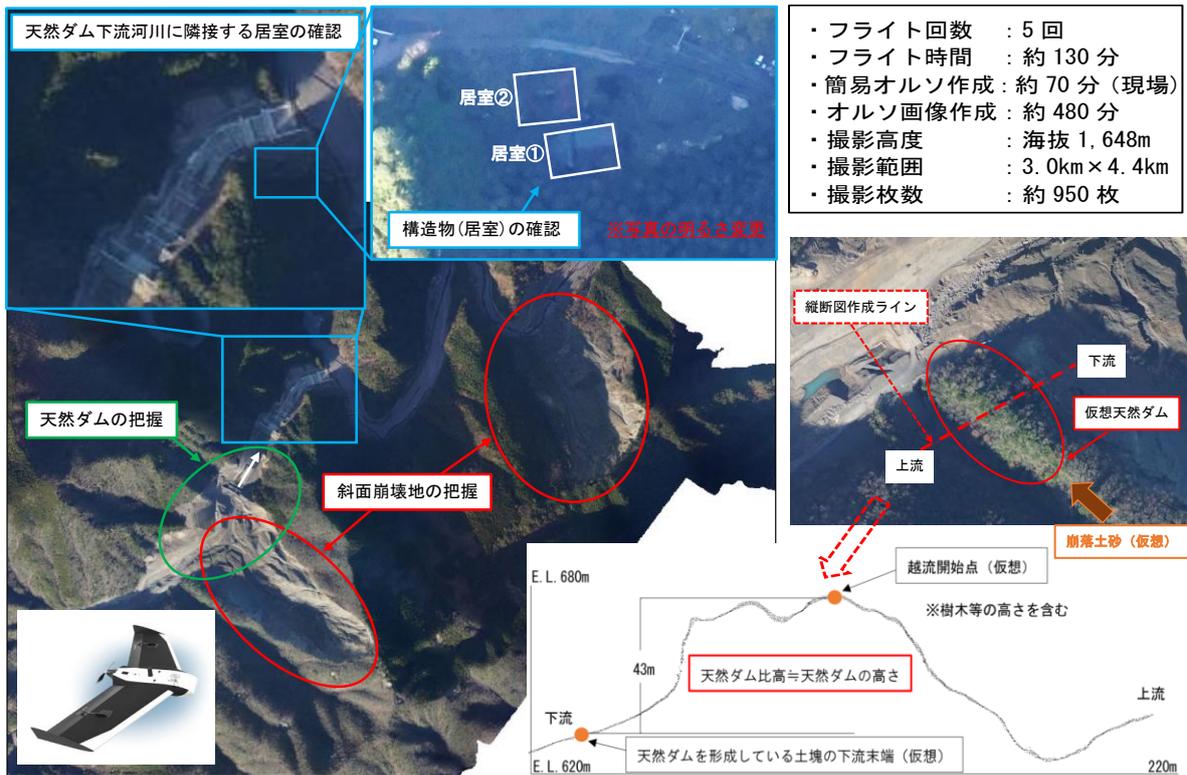
### 4. 初動対応の実証実験の結果

#### (1) 緊急調査着手の判断

Step1の固定翼(Birdie GEO)を用いた広域調査(撮影高度:海拔1,648m、撮影範囲:3.0km×4.4km)の結果、赤谷地区の大規模崩壊地の10倍程度の広さを撮影でき、天然ダムや周辺の崩壊地を含む災害箇所周辺の全容を把握することができた。また、撮影写真からPPK(Post Processing Kinematic:後処理キネマティック方式)で位置情報を取得して3次元点群モデルを作成することにより、1日以内に仮想天然ダム(実験では尾根部を設定)の概略形状(天然ダムの高さ等)を計測できた(図-4)。これより、防災ヘリ調査を実施できない場合も、固定翼を用いた調査を行うことで、緊急調査着手の判断が可能になると言える。ただし、写真から作成した3次元点群は樹木を含んだ地表のデータであるため、樹木の高さ程度の誤差を含むことに留意が必要である。

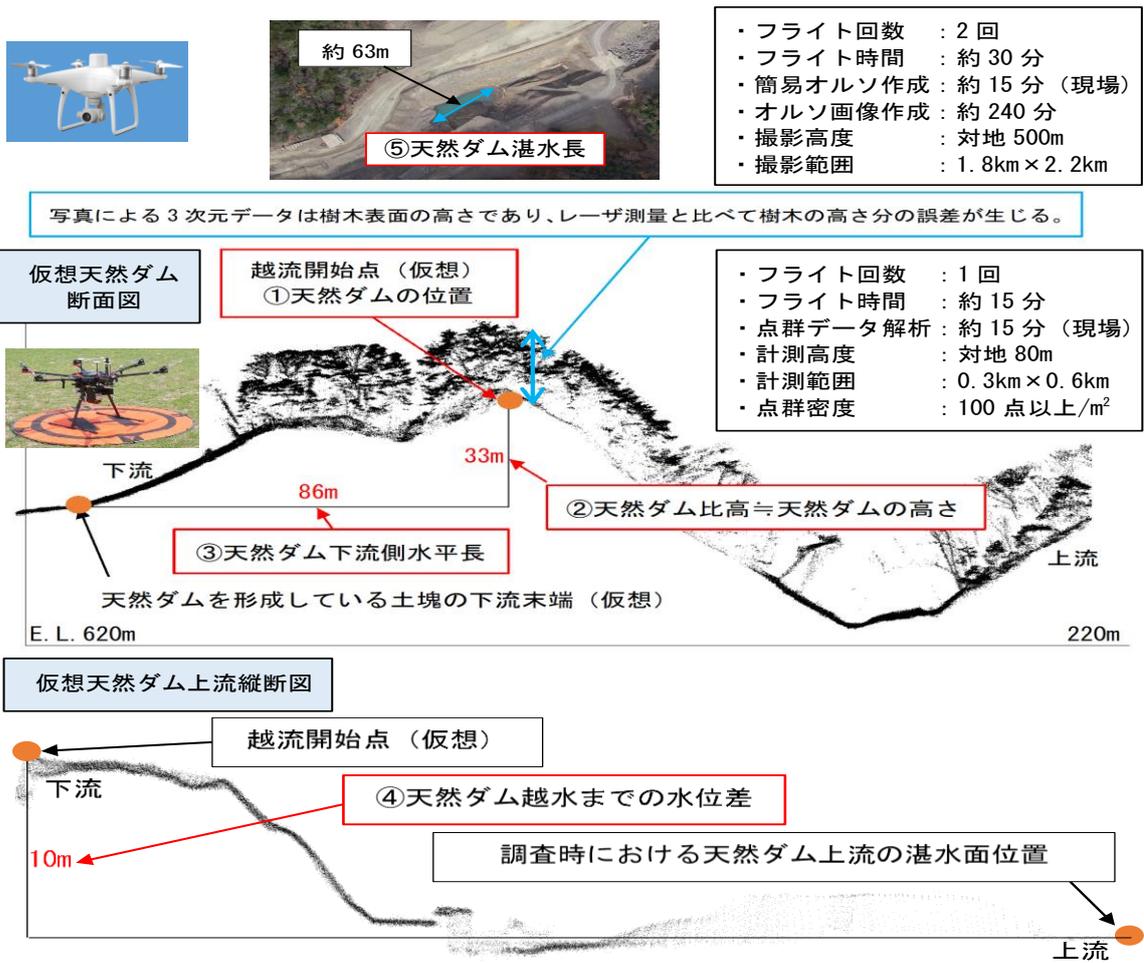
#### (2) 初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査

Step2の回転翼(Phantom4 RTK)を用いた垂直写真撮影により、天然ダム周辺の詳細なオルソ画像を作成し、天然ダムの湛水長を計測することができた。また、回転翼(Matrice600 Pro)を用いたレーザ計測(計測誤差:30cm未満)により、QUADモデルによる天然ダムの決壊シミュレーションに必要な数値データ(天然ダムの位置・比高・下流側水平長・越流までの水位差)を全て半日以内に計測することができた(図-5)。これより、防災ヘリ調査を実施できない場合も、回転翼を用いた写真撮影・



- ・フライト回数 : 5回
- ・フライト時間 : 約130分
- ・簡易オルソ作成 : 約70分(現場)
- ・オルソ画像作成 : 約480分
- ・撮影高度 : 海拔1,648m
- ・撮影範囲 : 3.0km × 4.4km
- ・撮影枚数 : 約950枚

図4 固定翼を用いた災害箇所の全容把握 (Step1)



- ・フライト回数 : 2回
- ・フライト時間 : 約30分
- ・簡易オルソ作成 : 約15分(現場)
- ・オルソ画像作成 : 約240分
- ・撮影高度 : 対地500m
- ・撮影範囲 : 1.8km × 2.2km

写真による3次元データは樹木表面の高さであり、レーザ測量と比べて樹木の高さ分の誤差が生じる。

- ・フライト回数 : 1回
- ・フライト時間 : 約15分
- ・点群データ解析 : 約15分(現場)
- ・計測高度 : 対地80m
- ・計測範囲 : 0.3km × 0.6km
- ・点群密度 : 100点以上/m<sup>2</sup>

図5 回転翼を用いた天然ダム形状の詳細把握 (Step2)

レーザ計測を行うことにより、従来より迅速かつ高精度で天然ダム決壊に係る被害区域や決壊時期のシミュレーションを実施できると考えられる。

### (3) 砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」を活用した現地調査

Step3では、(2)で作成した天然ダム周辺のオルソ画像を「SMART SABO」の背景図として取り込み、TEC-FORCEの初動対応を想定した地上での緊急調査を実施した。その結果、調査場所・調査ルート of 把握、調査員の安全確認、調査の進捗管理、調査完了後のデータ整理等において、従来の調査方法と比べて格段に負荷を軽減できることを確認した。また、「SMART SABO」は別途作成した復旧計画(案)のCAD図面や国土数値情報の土砂災害警戒区域等のGISデータを取り込めるため、復旧計画と現地の各種情報を確認しながら現地調査を行うことができるなど、TEC-FORCEの初動対応のみならず、その後の復旧計画・復旧対策の検討等にも非常に有益であることを確認した(図-6)。

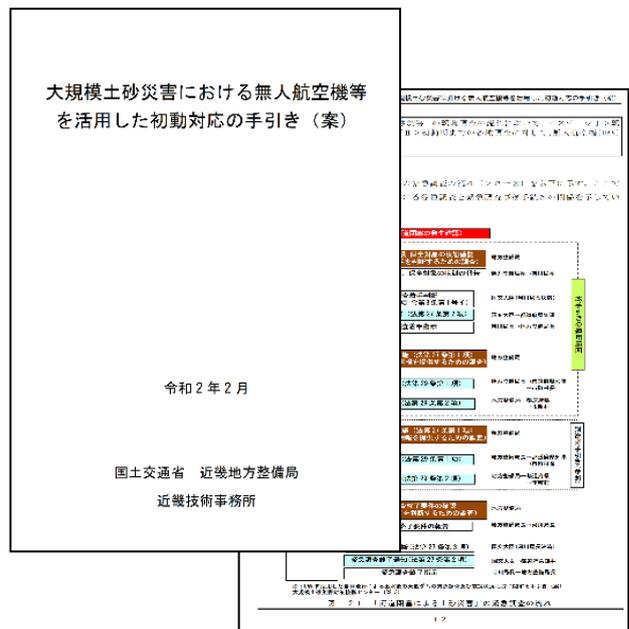


図-7 大規模土砂災害における無人航空機等を活用した初動対応の手引き 令和2年2月

無人航空機による撮影

オルソ画像

地上調査班

ICT機器を活用した調査

現地地

復旧計画(CAD)

**SMART SABO 本部画面イメージ**

リアルタイムで情報共有・活用

危険箇所数(現地調査結果)

調査予定箇所数

調査完了箇所数

調査進捗率

調査箇所(判定危険度)

調査結果(写真)

写真撮影場所

移動軌跡

背景地図：地理院地図にUAV空撮により作成したオルソを重ね合わせて表示

ID	箇所番号	班名	日時	評価
8	赤谷01	TEC01	12/10/2019 11:28 午前	A
9	赤谷02	TEC02	12/10/2019 11:35 午前	A
10	赤谷04	TEC04	12/10/2019 11:50 午前	A
11	赤谷03	TEC03	12/10/2019 11:50 午前	A
12	合流部 本川	-	12/10/2019 1:56 午後	B
13	1号堰堤下流 流路工	-	12/10/2019 2:02 午後	B
14	1号堰堤下流 流路工2	-	12/10/2019 2:09 午後	B
15	1号堰堤堆砂敷	-	12/10/2019 2:21 午後	A

図-6 SMART SABO を用いた現地の詳細把握 (Step3)

## 5. おわりに

本検討では、既往の大規模河道閉塞の発生箇所（奈良県五條市赤谷地区）で大規模土砂災害発生時の初動対応の実証実験を行い、無人航空機及びICT機器（砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」）を活用することにより、従来より初動対応を格段に迅速、安全かつ高精度で実施できることを確認した。また、この結果を踏まえ、新たに「大規模土砂災害における無人航空機等を活用した初動対応の手引き(案) 令和2年2月」（図-7）を作成した。さらに、本手引きは、別途紀伊山系砂防事務所で開催されたUAVを用いた自動巡回・画像取得の実証実験の結果を踏まえ、さらに包括的な初動対応の内容を含む「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<sup>2)</sup>」として統合し、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のホームページにて公開されている。本手引きに示した手法は、当該地区のみならず他の多くの大規模土砂災害の初動対応に活用できると考えられるため、今後大規模

土砂災害が発生した際は、本手法を参考にして初動対応を実施されることを期待する。

謝辞：本稿の執筆にあたっては、検証フィールドの提供をいただいた紀伊山系砂防事務所、並びに、自ら社のノウハウに基づく助言や検証機体候補を拡大するなど、積極的に取り組んでいただいた中電技術コンサルタント各位に、深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1)国土交通省砂防計画課 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ：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23年4月
- 2)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, 令和2年3月  
<https://www-1.kkr.mlit.go.jp/kiisankei/center/research1.html>