

大規模土砂災害に対する調査効率化ツールの適用検討

國時正博, 河口幸広¹
荒木義則, ○山野亨, 河井恵美, 前田翔平²

¹国土交通省 中国地方整備局 河川部.

²中電技術コンサルタント株式会社.

中国地方では、平成30年7月豪雨災害¹を始め、平成26年8月広島災害等、近年激甚な土砂災害が繰り返し起こっている。特に都市近郊の宅地開発の進展した山地部等では豪雨に伴い土砂災害の恐れが高く、一旦、土砂災害が発生すると被害状況や二次災害防止のための現地状況等を確認するために緊急的な土砂災害調査が実施される。本稿では、TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）による土砂災害緊急調査を効率化するためのツール（以下、土砂災害調査効率化ツールと呼ぶ）開発について報告する。また、土砂災害調査効率化ツールを通常業務用に改良し、RTKによる高精度測位機能と組み合わせて、構造物の点検調査への適用を検証した事例を紹介するとともに、ツールの機能向上について述べる。

キーワード：土砂災害調査、大規模土砂災害、スマートフォンアプリ、GIS、衛星情報、RTK

1. 土砂災害調査効率化ツールの開発

(1) 大規模土砂災害における初動時の災害調査の課題

大規模土砂災害における初動時の土砂災害緊急調査の課題を抽出するため、平成26年8月広島災害、平成28年熊本地震、平成30年7月豪雨災害において緊急調査に携わった職員に対するヒアリングを実施し、主な課題を次のとおり抽出した。

- ・調査箇所情報は紙図面で提供されたため、現場での調査箇所の特定（確認）に時間を要した。（目的地把握）
- ・調査用図面と調査中の自分のいる位置との位置関係の確認が難しかった。（現在地把握）
- ・二次災害防止のため、溪流上流部の調査は安全確保できる範囲までとせざるを得なかった。（点検位置把握）
- ・広域的な災害であり、調査に必要な情報収集・整理・提供に時間を要した。（情報共有）
- ・広域で多くの土砂災害発生により、中国地方整備局に設置された災害対策本部（以下、本部と呼ぶ）での状況把握に苦慮した。（状況把握）
- ・進捗状況を管理するデータ更新（箇所増減・変更）に時間を要した。（進捗状況管理）

(2) 課題の解決策

初動時における災害調査の主な課題に対しては、ICT技術を活用することが有効であると考え、「現場点検用

アプリ」および「本部機能アプリ」を構築することとした。以下、システム開発に必要な要件を示す。

- ・地図アプリを利用したナビゲーションができる（目的地把握）
- ・点検者の現在地や移動軌跡を本部で確認できる（現在地把握、安全管理）
- ・スマートフォンアプリを活用して地図情報と現在地情報を組み合わせた情報提供（現場・本部間の情報共有）
- ・現場点検用アプリと連動した本部機能アプリの構築（現場・本部間の情報共有）
- ・スマートフォンアプリで入力した結果を用いた帳票作成（内業の効率化）
- ・調査の進捗を本部で確認できる（本部での進捗状況管理）

(3) アプリ開発手法

上記、解決策を実現するアプリの開発手法を検討した結果、複数のスマートフォンOSへの対応やスマートフォンOSバージョンアップへの対応等を考慮し、一からシステムを開発するのではなく、既存のプラットフォームをベースに開発する手法を採用した。採用したプラットフォームでは、現地ナビゲーションベースアプリと点検結果記録ベースアプリが提供されており、これらをカスタマイズすることで、土砂災害調査効率化アプリを開発した。

(4) 土砂災害調査効率化ツールの主な機能

土砂災害調査効率化ツールの主な機能を示す。

- ・現場ナビゲーション機能：目的地を指定することで、スマートフォンにインストール済みの地図アプリで現場ナビゲーションを実行する機能（図-1）
- ・現在地通知機能：GPS情報（衛星単独測位）を活用し、現在地や移動軌跡を表示（記録）する機能（図-1）
- ・地図表示機能：電子地図（地理院地図）に土石流危険溪流情報等（流域界、被害が想定される区域）を重ね合わせた調査用図面を表示する機能（図-1）
- ・点検結果登録機能：点検票に基づいて、溪流内の変状状況（規模等）を点検（写真撮影、計測）し、評価（ボタンで選択）する機能（図-2）
- ・点検結果帳票作成機能：緊急点検様式の帳票を、点検結果登録機能で登録した点検結果をもとに自動作成する機能
- ・本部機能：現場で登録した点検結果・写真・移動軌跡などの地図上への重ね合わせ表示や進捗状況表示の機能（図-3）

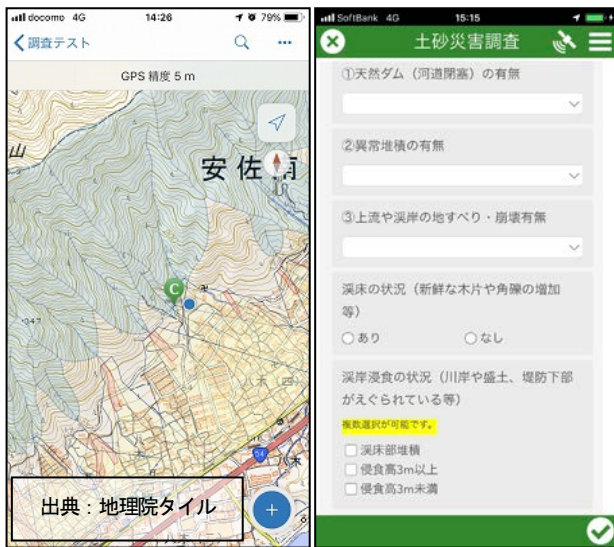


図-1 地図情報表示機能（スマートフォンアプリ）

図-2 点検結果登録機能（スマートフォンアプリ）



図-3 本部機能アプリ（PC用 Web アプリ）

(5) 土砂災害調査効率化ツールの現地実証結果と課題



図-4 現地実証試験の状況

構築したツールが実用に耐えることを確認するため、第1回（平成30年11月）と第2回（平成31年2月）の2回、実証実験を実施した。（図-4）

第1回実証実験では、現地ナビゲーションベースアプリをカスタマイズした現場点検アプリを利用した。その際、選択式の点検項目入力において複数選択ができないことや、点検帳票作成時に写真を手作業で貼り付けなくてはならないこと、写真の位置情報・方位情報を活用した位置図の自動作成ができないこと等の課題が抽出された。そこで、第2回実証実験では、現地ナビゲーションと点検を別アプリとし、点検結果入力は点検結果記録ベースアプリをカスタマイズして利用する方式に変更した。また、点検写真の位置・方位情報を活用して位置図を自動作成する帳票作成機能を構築・導入し、第1回実証実験の課題を解決した。

2. 構造物の点検調査への高精度測位の適用

RTKによる高精度測位を構造物の点検調査に適用し、実業務への適用可能性を確認した。

(1) 災害復旧現場におけるRTK測位の試行

ローコストマルチバンド受信機を用いて、土砂災害により「被害を受けた治山ダム」や「災害復旧により新設された砂防堰堤」の施設点検を行い、現況測量図面や設計図面に対して測位点が一一致するか確認した。

試行実験を行った災害復旧現場は、平成26年8月20日の広島豪雨災害により土石流の発生した広島市安佐南区八木地区であり、可搬性の優れたローコストマルチバンド受信機（F9P）とローコストシングルバンド受信機

(M8) の、2つ受信機を用いた測位性能を確認した。図-5に基準局の設置状況を示す。基準局は、調査現場から約1km離れた国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所高瀬分室の屋上に設置した。図-6に移動局の観測状況を示す。移動局となる点検者は、GNSSアンテナ及び受信機を取り付けた約2mのポールを持ち、徒歩で移動した。土砂災害調査では、砂防堰堤や治山ダム等の構造物の被害状況や土砂堆積状況等を確認し、調査結果から必要に応じて緊急除石や応急復旧等の作業を行うこととなる。本実験では、治山ダムの堤体の天端を計測し、現況測量図面に測位点が一致するかを確認した。また、砂防堰堤の天端（水通し）・側壁・水叩きの状況を確認するための巡視点検ルートを描き、設計図面に測位点が一致するかを確認した。



図-5 基準局の設置状況



図-6 移動局の観測状況

(2) 現況測量図面と治山ダムの測位結果の比較結果

図-7 (a) に治山ダムの外観を示す。平成26年8月20日の広島豪雨災害の際に被害を受けており、図-7 (b) に示すような破損が見られる。土砂災害現場の環境において、シングルバンド受信機では、測位点の飛びが多く、Fix解に収束できない。そのため、マルチバンド受信機の結果のみを示す。図-8に治山ダムの下流面端部の測位結果を現況測量図面上に重ねたものを示す。



(a) 治山ダムの外観 (b) 治山ダムの被災状況

図-7 平成26年の土砂災害によって被災した治山ダム

拡大図に示す丸で囲んだ箇所は、気泡管を見ながらアンテナを整準し、治山ダムの下流面端部を計測した地点である。現況測量図面は平成26年8月20日の広島豪雨災害による土砂災害後に作成されており、治山ダムの破損した箇所が反映されている。現況測量図面と静止したときの測位点は、ほぼ一致していることを確認した。

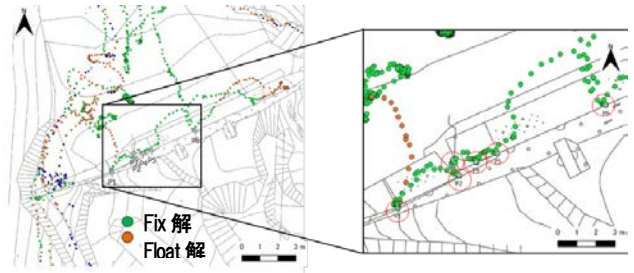


図-8 治山ダムの現況測量図面と本実験の測位結果（平成26年の土砂災害後）

(3) 設計図面と砂防堰堤の測位結果の比較結果

平成26年8月20日の広島豪雨災害後に砂防堰堤が新設されており、砂防堰堤の巡視点検ルートを歩いて計測した。図-9の左図は、撮影時期の関係から航空写真（地理院タイル）には新設された砂防堰堤が写っていないため、設計図とマルチバンド受信機による測位点を重ねて表示した。また、右図は砂防堰堤の周辺を拡大したものを示した。測位点は、飛び点もなく徒歩で歩いた巡視ルートとよく一致していることが確認できた。

また、図-9（右図：左下黒枠囲み部）の砂防堰堤の部分を拡大したものを図-10に示す。図-10には、設計図と測位点の関係に加えて、別途開発した土砂災害調査効率化ツールで撮影した砂防堰堤の点検写真（水通し底面部、側壁頂部、堰堤下流面の水叩き端部）を示している。撮影写真には、属性情報としてマルチバンド受信機で測位した座標が自動取り込みにより付与される。

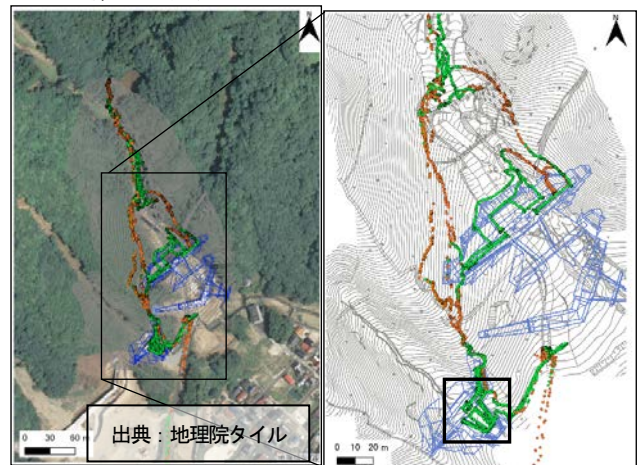


図-9 砂防堰堤の設計図と本実験の測位結果

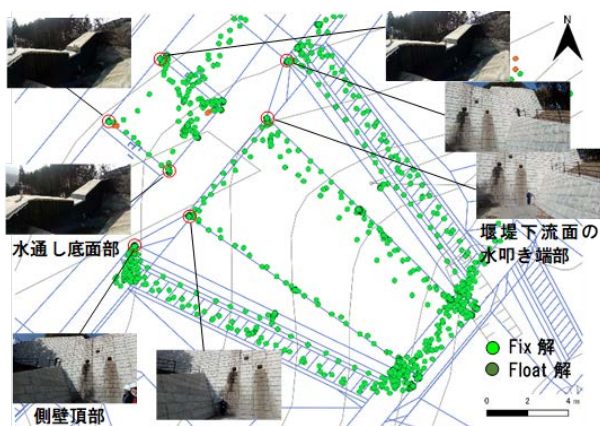


図-10 構造物端点のRTK測位結果

(4) RTKによる高精度測位の点検調査への適用結果

障害物により遮蔽やマルチパスが懸念される環境において、最新の可搬性の優れたローコストマルチバンド受信機の測位精度と実用性を評価した。災害復旧現場における試行実験では、砂防堰堤下流面等の構造物に近接する環境における測位においてマルチバンド受信機の測位性能の高さを確認した。また、マルチバンド受信機において測位結果が現況測量図面や設計図面とほぼ一致することを確認した。なお、RTK受信機の性能評価の詳細は参考文献2)を参照されたい。

3. SMART SABOの今後の展開

(1) SMART SABOについて

平成31年度に構築した土砂災害調査効率化アプリのプロトタイプは、「砂防調査・管理効率化ツール (SMART SABO) として、令和元年8月から全国の地方整備局において試行運用が開始された。(図-11)

SMART SABOは、土砂災害緊急調査のためのツールとして開発されたものだが、平常時から利用されないツールは緊急時に利用することはできないため、平常時から利用されるツールとする必要がある。

(2) 運用上の課題

本ツールを運用するにあたり、停止時間を短くして可用性を高める必要がある。本ツールはクラウドサービスを利用しているため、自前でサーバを運用するよりは可用性は高いが、クラウドサービス基盤の冗長化等について確認が必要である。

また、情報セキュリティポリシーに準拠するため、本ツールが利用しているクラウドサービスを国

土交通省情報セキュリティポリシーと照合する必要がある。

さらに、本ツールは現場とクラウド間を携帯電話回線で接続することが前提となっている。そのため、携帯電話通信エリア外での利用について、各機能の利用可否について確認が必要である。さらに、携帯電話通信エリア外で利用できない機能については代替策を用意する必要がある。



図-11 SMART SABOについて

(3) 平常時活用 (高精度測位による構造物点検) の課題

災害復旧現場へのRTK測位の適用実験により、現在試行しているRTK測位による高精度測位システムは実用に耐えうることが分かった。高精度測位を平常時の溪流点検や構造物等の施設点検 (クラック等の変状箇所調査) へ応用することにより、高精度測位システムによる数cmオーダーの精度を活用できる可能性が高いと考えられる。

構造物のRTK測位による点検調査の実用化に向けた今後の課題としては、点検・検査に必要なRTK測位の要件整理 (精度、作業手順など)、種々の構造物を対象とした実証データの取得、RTK測位点検・検査のための現場導入基準や作業マニュアルの作成、などがあげられる。

(3) 各種レイヤ追加によるツールの高度化

大規模土砂災害調査における現場の安全を確保するためには、各種気象情報の提供が有効である。

レーダ雨量・土砂災害危険度情報・土壌雨量指数等の各種メッシュ情報を地図上に表示することで、点検者は現在地の危険度をリアルタイムに把握することが可能となる。

本ツールは外部の地図タイル情報を取り込む機能を有しており、外部サイトで提供される各種タイル情報を取り込むことが可能である。

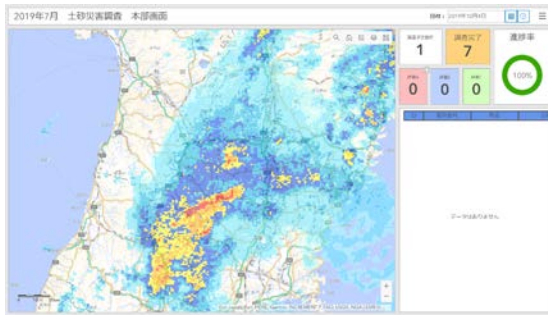


図-12 メッシュ情報（降水ナウキャスト）表示例
 （株式会社ハレックスが提供するデータを使用して ESRI ジャパン株式会社が配信するサービスを利用。）

4. まとめ

既存のプラットフォームをベースに開発することで、TEC-FORCEによる土砂災害緊急調査を支援するツールを開発することができた。また、開発したツールは、別途RTK受信機を用いた高精度衛星測位による測位情報を利用できる機能を有しており、平常時の溪流点検や構造物等の施設点検（クラック等の変状箇所調査）への応用が

期待できる。また、各種気象メッシュ情報を地図上に重ね合わせて表示することで、調査現場における点検者の安全確保に資するツールとなる。

平常時からツールを使用することで、緊急時にもスムーズに利用可能となることから、今後は、緊急時だけでなく、平常時から利用できるアプリの構築を進める必要があると考えている。

謝辞：本研究は、中国地方整備局から受託した業務の成果の一部であり、災害調査の課題抽出・実証実験の実施・フィールドの提供について多くのご協力を頂いた。ここに記して関係各位に感謝致します。

参考文献

- 1) 国土交通省中国地方整備局：平成 30 年 7 月豪雨～中国地方整備局災害対応の記録～，平成 31 年 1 月。
- 2) 桐山魁ほか：災害調査支援システムに用いる RTK 受信機の性能評価，土木学会シンポジウム講演集，vol.44，2019，PP.17～20