

UAV の写真撮影機能を活用した災害初期対応 及び災害箇所の計測手法について

福田 和寿¹・西岡 恒志²

¹和歌山県 土砂災害啓発センター (〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町大字市野々3027-6)

²和歌山県 土砂災害啓発センター (〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町大字市野々3027-6)

和歌山県では平成 23 年台風 12 号豪雨により土砂災害や河川氾濫など被害が各地で多数発生した。被害状況の把握や災害復旧を実施するための調査にあたり、土砂崩壊現場など再崩落の恐れのある危険箇所などでは二次被害の発生が想定されるため安全を確保して慎重に作業を行う必要がある。このため、現場において安全で速やかに調査可能な手法の開発が望まれる。

本稿では、平成 23 年に多数の山腹崩壊が発生した新宮市荒木川流域を調査対象とし、近年活用のが広がっている UAV の写真機能を活用し、災害初期における計測手法について検討したのでその内容について報告する。

キーワード UAV, 災害対応, 写真測量

1. はじめに

和歌山県ではこれまで多数の土砂災害が発生しており、2011 年には台風 12 号に伴う豪雨により土砂崩壊や河川氾濫が各地で発生した¹⁾²⁾。被害状況の把握や災害復旧を実施するための調査にあたり、土砂崩壊現場など再崩落の恐れのある危険箇所では二次被害の発生が想定されるため安全を確保して慎重に作業を行う必要があり、多数の時間や労力を要した。このため、災害直後の現地調査においては、安全かつ迅速な調査を可能とする手法の開発が望まれる。近年、無人航空機（以下、UAV と呼ぶ）の性能が向上し、災害調査の分野でも活用され始めている³⁾。本研究では、2011 年台風 12 号で多くの土砂崩壊や流木被害が発生した新宮市佐野川水系荒木川流域において、UAV の写真撮影機能を活用した災害初期対応及び災害箇所の計測手法について検討を行った。

2. UAV の特徴・性能

土砂崩壊や公共施設災害などが発生した場合、早期に被害状況や崩壊規模の全容を把握し、災害復旧工法や復旧費用を検討することは重要である。特に

災害初期においては、河川の増水・再崩壊の恐れがあるほか、悪天候など有人ヘリがすぐに飛行できない場合などが想定される。そのような状況であっても UAV を活用することで早期に状況把握を行うことが可能となる。今回使用した UAV (写真-1) はカメラが標準装備され 3 秒に 1 回の連続撮影が可能である。また、それ以外の特徴及び性能については表-1 に示す。一番の魅力は小型・軽量で持ち運びしやすく、操作方法も比較的簡単であることから誰でも手軽に空中撮影が可能なところである。また、飛行高度やカメラアングルを自由に変更できるほかスマートフォンのアプリを利用して状況を確認できるなど鮮明な写真が取得可能である。発着地点も場所を選ばないなど利点がある。しかし、小型であるため飛行中の目視が困難・風の影響を受けやすい・GPS 電波を 6 個以上確保しないといけないなど欠点もあり、操縦技術に習熟することはもちろん安全面を考え操縦者以外に 1~2 名の補助者が付くことが望ましい。さらに、航空法の一部を改正する法律（平成 27 年法律第 67 号）の施行により 2015 年 12 月 10 日に無人航空機に係る飛行空域・飛行方法が義務化されたところであり⁴⁾、山間地での UAV の活用範囲は目視確認が可能な範囲とし、障害物（立木など）の影響を受けないように高度設定をする必要がある。



写真-1 UAV本体 (Phantom2Vision+) と送信機

表-1 UAVの特徴・性能

機体	特徴・性能
・UAV本体 Phantom2Vision+ (DJI社製)	<ul style="list-style-type: none"> 機体重量: 1,242g 機体幅: 350mm (プロペラを除く) 飛行時間: 約20分 (1回あたり) 最大飛行速度: 15m/秒 最大上昇速度: 6m/秒 最大下降速度: 3m/秒 GPS機能搭載
・カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 動作環境: 0° ~ 40° ピクセル: 14メガピクセル 解像度: 4,384 × 3,288 HD録画: 1,080枚/30秒
・送信機	<ul style="list-style-type: none"> 操作範囲: 700m (オープンエリア時)
・その他 スマートフォン	<ul style="list-style-type: none"> アプリによるコース設定が可能 アプリによる飛行状況の確認が可能

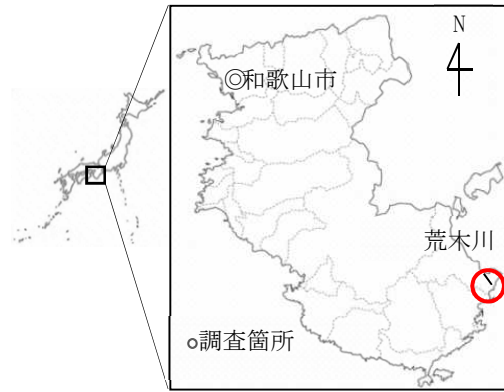


図-1 調査場所



写真-2 2011年台風12号による荒木川流域内での河道閉塞の状況。



写真-3 2011年台風12号による荒木川流域内での山腹崩壊の状況。

3. 調査内容

今回の調査では、UAVによる写真撮影機能を活用した写真測量を行うとともにその精度の確認を行った。図-1に調査場所を示す。流域内では山腹崩壊や本川と支川の合流部で河道閉塞した箇所が確認できる(写真-2・3)。山腹崩壊箇所では斜面勾配が急なところが多く足場が悪くなり落石や転落の危険性がありまた、河道閉塞箇所では足場が悪く越流及び欠壊の可能性があるなど現地に入り込む調査は困難であることから、今回の検討を行う調査地とした。次に各箇所の計測手法について示す。

① 河道閉塞箇所の計測手法

調査範囲は河道閉塞発生箇所の上流部から末端部までの範囲(縦断延長約200m×横断延長約50m)とした。カメラの向きは下向きに固定し飛行高度については堆積箇所の土砂や流木の状況を把握するため、低空飛行と上空飛行の2回に分けて撮影を行った。高度は周辺の樹高と梅津ら⁵⁾の研究を参考にし25mと50mとした(写真-4)。

② 山腹崩壊箇所の計測手法

調査範囲は崩壊状況の全容を把握するため崩壊地の上部から下部の範囲とした。カメラの向きは下向きにすると山腹上部よりさらに上空を飛行する必要

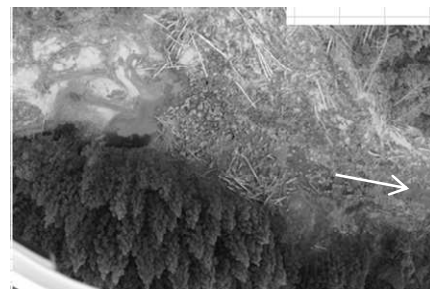


写真-4 UAVで撮影した河道閉塞箇所の様子
(上図) 高度25m, (下図) 高度50m

があり撮影が困難なため斜め下向き(今回は約45°)とした。飛行高度は周辺の樹高を考慮しつつ、崩壊地上部まで撮影する必要があり100mで検討を行った(写真-5)。

そのほか、写真測量において必要となる対空標識を現地に設置してGPS機器で座標値を取得するとともに、写真測量の精度を確認するためにレーザー距離計を用いて現地測量を行った。

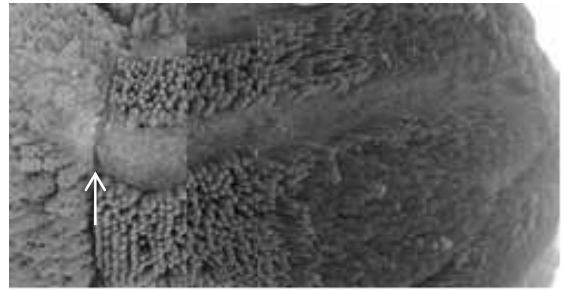


写真-5 UAVで撮影した山腹崩壊箇所の様子

4. 調査結果

(1) UAVの調査結果

今回の現地調査ではUAVによる撮影を合計3回実施した。1回の飛行時間は約15分で準備から片付けまで1箇所当たり1時間以内で完了することができた。今回の作業時間については表-2に示す。

表-2 UAV撮影の作業時間

調査箇所	作業内容	所要時間
河道閉塞箇所	準備	10分
	撮影(1回あたり15分)	30分
	片付け	10分
山腹崩壊箇所	準備	10分
	撮影(1回あたり15分)	15分
	片付け	10分

(2) 解析結果

今回得た写真データを3D解析ソフト(Agisoft PhotoScanを使用)で3次元地形図の作成を行ったので結果を以下に示す。

① 河道閉塞箇所

最初に高度による精度の比較を行うため、25mと50mで検討を行った。その結果25mで撮影した方が転石や流木などを鮮明に確認できた。その精度は転石で直径1m程度、流木で直径30cm程度である。このことから、精度が高い25mの写真データを用いて河道閉塞の形状寸法について現地測量の成果と比較を行った。今回3D解析ソフトで再現した成果を図-2~4に示す。また、得られたデータをGISソフトを使用し、平面図(図-5)や縦断図・横断図(図-6・7)の作成をした。その精度は現地測量の成果と比較すると水平誤差10cm、垂直誤差60cmであった。その原因として対空標識の座標の取得を簡易GPS受信機を使用したためと考えられる。

また、ポイントクラウドとは画像表面の位置と高さの情報を持つ点の集合体、DEMとは標高データをもとに作成した陰影図、オルソモザイク画像とは画像の歪みを補正し真上から見たような傾きのない画像に変換し位置情報が付いたものである。

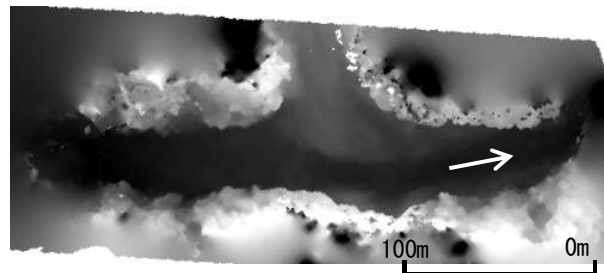


図-2 河道閉塞箇所のDEM(デジタル標高モデル)

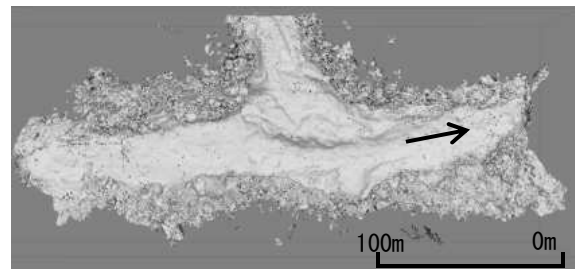


図-3 河道閉塞箇所のポイントクラウド

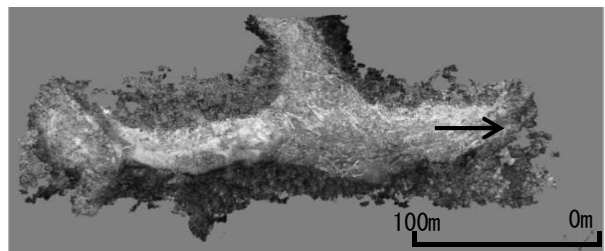


図-4 河道閉塞箇所のオルソモザイク画像

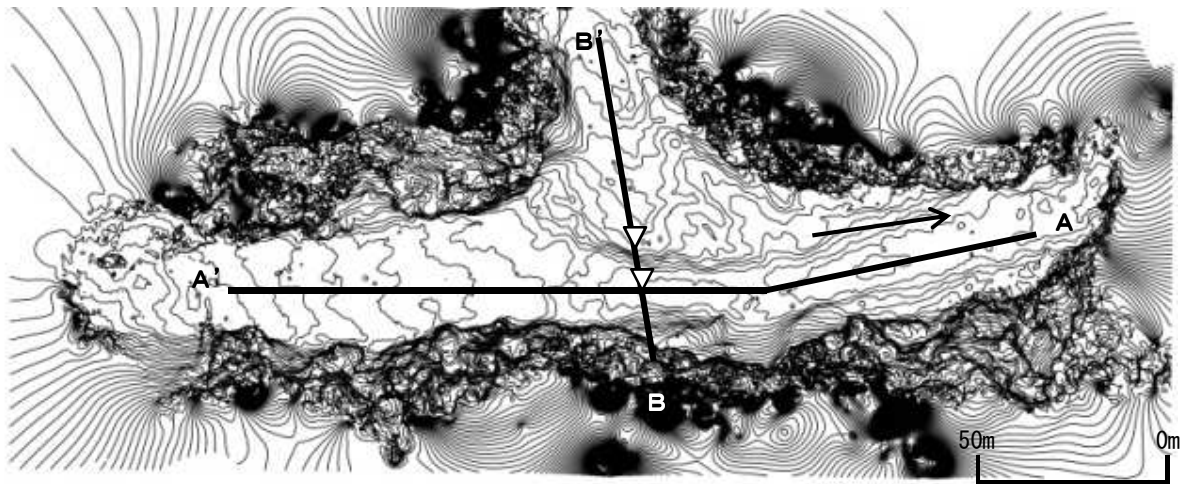


図-5 図-2 の DEM データから作成した等高線図

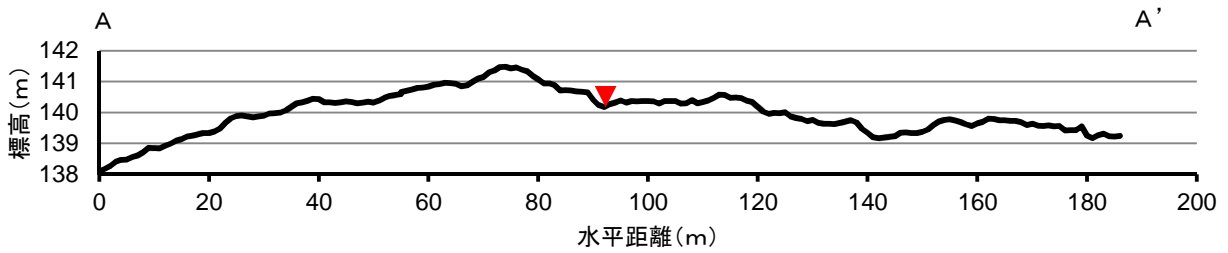


図-6 図-5 中の A-A' 縦断面図

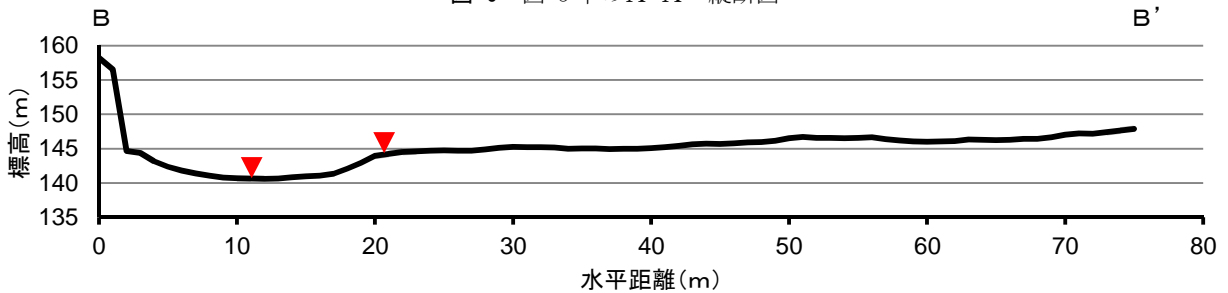


図-7 図-5 中の B-B' 横断面図

② 山腹崩壊箇所

観測結果より、崩壊状況（縦断延長約 250m×横断延長約 100m）の全容を把握することができた。また、3D 解析ソフトにより再現するのは可能であることが分かった（図-8）。このことから、災害時における初期対応で全容を把握したい場合には十分の成果が得られると考えられる。

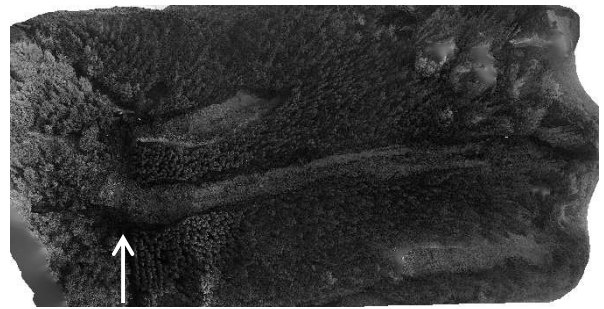


図-8 山腹崩壊箇所のオルソモザイク画像

5. まとめ

調査結果より、UAV の写真撮影機能を活用することで効率的に災害被災状況を把握することが確認できた。このため、災害時の初期対応や災害査定などの説明資料として UAV の活用は有効な手段と考えられる。しかしながら、山間部での GPS 電波の確保、測定の精度誤差、立木・構造物に遮られた場所での測量手法の検討、など課題もあることから今後

はこれらの点に留意し、UAV を活用した災害初期対応と災害箇所の計測手法について検討していきたい。

謝辞：本研究において、紀伊山地砂防事務所並びに国立研究開発法人土木研究所には UAV・測量機材をお借りしました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 松村和樹・藤田正治・山田孝・権田豊・沼本晋也・堤大三・中谷加奈・今泉文寿・島田徹・海堀正博・鈴木浩二・徳永博・柏原佳明・長野英次・横山修・鈴木拓郎・武澤永純・大野亮一・長山孝彦・池島剛・土屋智：2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害，砂防学会誌，Vol.64, No5, p.43-53, 2012.
- 2) 湯本仁・高島誠：水窪町で発生した土砂ダムの調査，解析の事例について，第53回治山研究発表会論文集，p.81-86, 2013.
- 3) 木下篤彦・島田徹・笠原拓造・林栄明・名草一成・小川内良人・村木広和：回転翼型マイクロ UAV を用いた深層崩壊箇所の災害調査，砂防学会誌，Vol.66, No.3, p.51-54, 2013.
- 4) 国土交通省：無人飛行機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール，<http://www.mlit.go.jp/koku/koku.tk10.000003.html>.
- 5) 梅津健一・戸松修：低高度空中写真による河床礫調査の精度検証と実用性について，砂防学会誌，Vol.60, No.1, p.19-28, 2007.