

河道閉塞対策箇所における緊急時の現地調査へのUAVの活用について

田中 健貴

近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター

(〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

本報告では平成23年紀伊半島大水害によって発生した河道閉塞のうち、赤谷、栗平では平成26年8月台風11号にともなう降雨によって一部浸食等の被害が生じた。本報告では、被災状況についてUAV（Unmanned Aerial Vehicle、小型無人航空機）を活用した空中撮影による調査を実施したので、その結果を報告する。調査は降雨後に行われ、従来行われてきた有人航空機による調査とも遜色なく、河道閉塞を引き起こしている堆積土砂の状況等を確認することができた。

キーワード 河道閉塞、UAV、空中撮影

1. はじめに

これまで土砂災害発生時の現場調査は、実際に現場へ調査員が赴いたり、有人固定翼航空機または有人回転翼航空機による写真撮影またはレーザー測量が行われてきた。しかしながら、災害発生直後に調査員が現場へ向かうのは不安定土砂による二次被害のおそれがあることや、航空機による調査は低層雲が生じている場合には対象物に接近できない、という課題があった。



図1 紀伊山地砂防事務所管内における河道閉塞位置図

一方で、近年UAV（Unmanned Aerial Vehicle、小型無人航空機）が低価格かつ高性能となってきたことから、カメラを取り付けたUAVを溪流沿いに飛行させることで得られた画像から河床礫調査が行われたり、同じくカメラを取り付けたUAVによって山間部における崩壊地調

査が行われるなど、砂防における現地調査へのUAVの活用が増えてきている^{1) 2) 3)}。UAVによる現地調査は調査員に被害が及ぶ可能性が低くなることや、低層雲が生じていても見通しがある範囲では調査が可能となることがメリットとして挙げられる。

紀伊山地砂防事務所管内では、平成23年紀伊半島大水害において深層崩壊と呼ばれる大規模な崩壊が発生し、これらの大規模崩壊によって河川がせき止められ、河道閉塞が複数生じた（図1）。

これら河道閉塞のうち、赤谷および栗平では平成26年8月台風11号にともなう降雨によって、一部浸食が生じた。この際、迅速な現場状況把握のため、UAVを活用した調査を実施した。河道閉塞に関する出水時の調査では急激な決壊による突発的な被害は突発的に発生するおそれがあり、危険を軽減するという点でUAVによる調査は有用であると考えられる。そこで本報告ではUAVを活用した山間部での河道閉塞調査について、有効性と課題について論じる。

2. 調査地の概要および調査時の状況

今回UAVによる調査が行われたのは平成23年紀伊半島大水害で河道閉塞が生じた赤谷、栗平である（図2）。

調査は赤谷地区については平成26年8月10日に、栗平地区については平成26年8月11日に実施された。



図2 2014年台風11号前の崩壊地の様子
(上：赤谷 下：栗平)

平成 26 年台風 11 号は、紀伊山地に多量の雨をもたらし、赤谷地区と栗平地区では、2011 年台風 12 号による平成 23 年紀伊半島大水害後から 2014 年末までの 3 年間で、最大の降雨量を記録した（図 3）．平成 26 年 7 月 29 日にマリアナ諸島付近で発生した台風第 11 号は、フィリピンの東海上を発達しながら進み、強い勢力となって日本の南海上をゆっくりと北上し、10 日 6 時過ぎに高知県安芸市付近に上陸した．その後四国地方を北北東進して 10 日 14 時前に日本海へ抜けた（図 4）．

アメダスでは、降り始めの8月8日15時から8月11日5時までに吉野郡十津川北山村上北山で548.0 mm、吉野郡十津川村風屋で475.0 mm、吉野郡十津川村玉置山で470.5 mm、吉野郡下北山村下北山で456.5 mm、吉野郡天川村天川で430.5 mmの総雨量を観測した。また、吉野郡吉野町吉野では9日の日降水量261.5mm(観測史上1位)を観測した⁴⁾。この降雨により、赤谷、栗平の2地区で河道閉塞部を越流する出水が発生した。

この際、赤谷地区で斜面の再崩壊が発生し、崩壊土砂が対岸に設置したCCTVを直撃したことから、河道閉塞部の状況を確認することが出来なくなったが、河道閉塞下流側に設置したCCTVの映像では、降雨が継続しているにもかかわらず、赤谷川の水位が著しく低下する様子が確認され、河道の再閉塞が懸念された。

また、栗平地区においても湛水池に設置した水位計で急激な水位低下を記録し、その後、河道閉塞下流の保全対象付近に設置したCCTVの映像で水位の急上昇を記録し、その後20分程度で水位が低下した。

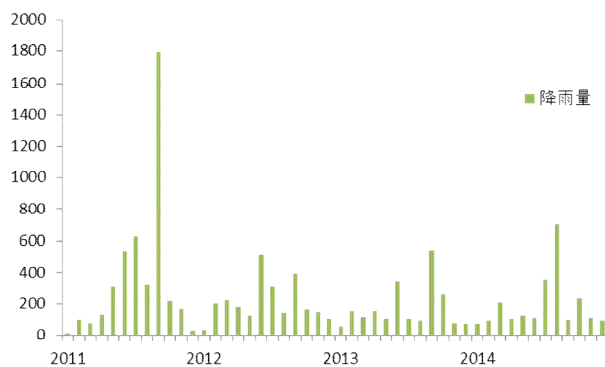


図3 2011年から2014年の月合計降雨量 (mm) ⁵⁾

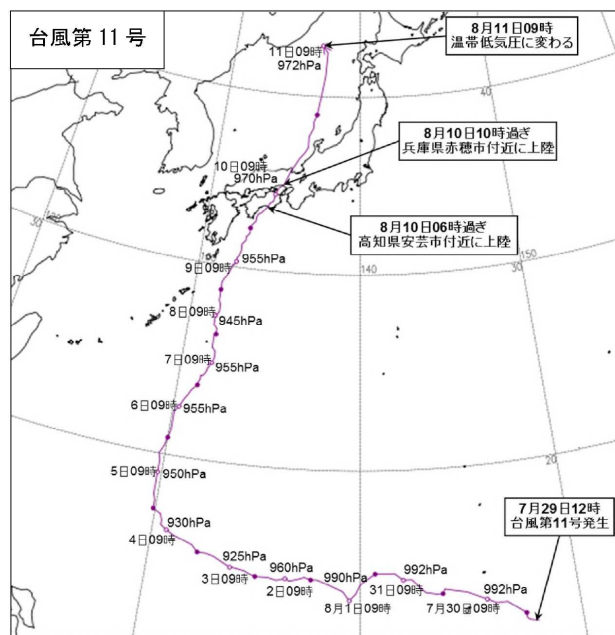


図4 2014年台風11号経路図

このため、仮排水路が流失し、河道閉塞が越流により侵食され、不安定化していることが懸念された。このような状況下においては調査員を現地に向かわせることが出来ず、また天候不良のため有人航空機による調査も出来なかったため、UAVによる調査を行うこととした。

3. 調査の概要と結果

3.1 調査の概要

今回の調査で使用したUAVの諸元は表1の通りである。使用したUAVはZionQC630（4枚羽タイプ）であり（図5），標準飛行時重量は3.2kgである。

表1 UAV諸元

機体	カメラ	撮影種別
ZionQC630 4枚羽タイプ	GoproHero3	動画(1080p)



図5 使用したUAV

なお最大積載量は2.0kgとされている。最大飛行時間は30分とされているが、通常の運用では20分程度の飛行を行う。カメラの着脱式設置装置を取り付けており、この装置で固定できるカメラであれば、機種は問わないが今回はGoproHero3で動画を撮影した。ここで撮影された動画の解像度は1,920×1,080ピクセルである。赤谷および栗平における撮影コースは図6、7の通りである。



図6 赤谷地区 飛行コース

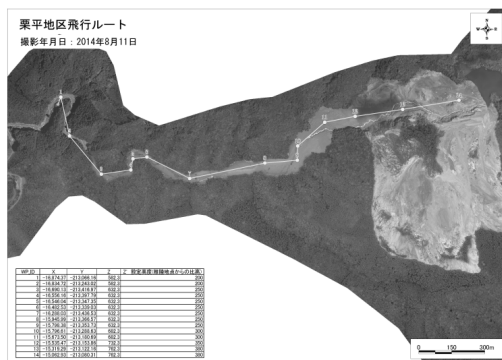


図7 栗平地区 飛行コース

今回の飛行では、赤谷・栗平の2か所の河道閉塞について次の点に着目し、撮影および映像の確認を行った。

赤谷地区

- ・崩壊斜面での再崩壊の状況
- ・整備中の砂防堰堤が被災していないか

栗平地区

- ・天然ダム堤体が侵食されていないか
- ・工事用道路が被災していないか

なお、撮影は降雨が終了後行った。また飛行途中より

視認できなくなることもあり、GPSを利用した自動飛行を行っている。

3.2 調査結果

赤谷および栗平で撮影された画像を次の図8（赤谷地区）および9（栗平地区）に示す。



図8 赤谷地区で撮影された画像

図2と比較すると崩壊地直下で整備中であった砂防堰堤が一部被災していることが分かる

赤谷地区で撮影された動画からは新たな河道閉塞等は確認されなかった。一方で、整備中の砂防堰堤については被災している状況が確認された。しかしながら、河道閉塞を引き起こしている土砂自体は安定していることも併せて確認された。



図9 栗平地区で撮影された画像

水みちに沿って浸食が発生していることが分かる

栗平地区では河道閉塞を引き起こしている土砂が侵食され、直下流で土砂が堆積している状況が確認された。また仮排水路が被災している状況が確認されている。しかしながら、栗平地区についても赤谷地区同様、河道閉塞を引き起こしている土砂自体は安定していることも併せて確認された。

赤谷地区、栗平地区それぞれにおいてUAVを活用し、撮影された動画により河道閉塞の状況や工事関連施設の状況が確認された。一部浸食や被災している状況が見られたが、河道閉塞を引き起こしている土砂の大部分は不

安定化はしていないことを確認することが出来た。なお、得られた情報は地元自治体にも早期に提供されている。

カメラで撮影した映像の画素数は正方形比率ピクセルにおいて1,920×1,080ピクセルであり、約207万画素の動画であった。今回の飛行高度では、1画素あたりの地上での大きさは約90mmである。なお、赤谷、栗平の両地区では、8日後（8月18日）に航空レーザ測量を実施しており、同時に垂直写真も撮影している。有人飛行機に搭載されたデジタルカメラの画素数は7,228×5,428ピクセル（約3,923万画素）の静止画であり、1画素あたりの地上での大きさは約73mmであることから、地上分解能の観点ではほぼ遜色ない調査結果と考えられる。

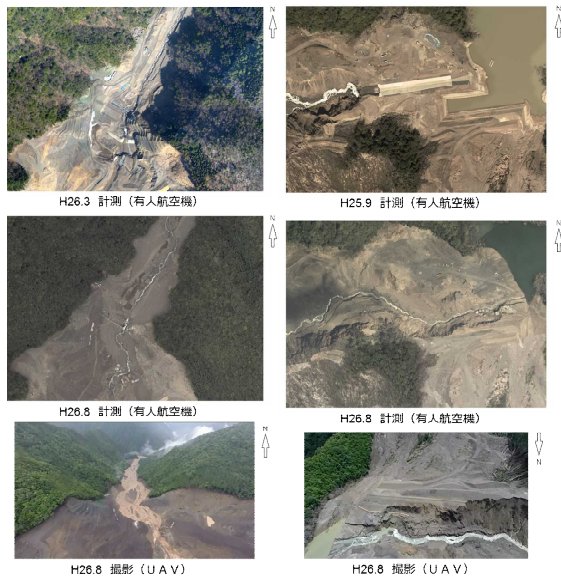


図10 有人航空機とUAVによる撮影の比較
(左：赤谷 右：栗平)

4. まとめ

(1) 河道閉塞箇所の応急的な調査におけるUAVの利点

豪雨時や地震時等、河道閉塞の変動が考えられるときは多くの場合、調査員が現場へ入って調査することは危険が多く、調査困難である。特に河道閉塞の場合、急激な浸食による決壊に伴い、大規模な土石流が発生する可能性があることから、調査員が現場へ立ち入ることは避けるべきである。

今回の調査では豪雨後のUAVを用いた動画撮影により、河道閉塞を引き起こしている土砂の状態や、仮排水路の状態などが確認できた。これまでUAVを活用した大規模崩壊発生後の崩壊斜面の調査については、その有用性が示されてきたが、今回の調査で豪雨後の河道閉塞調査についても有効であることが示されたと考えられる。

今回UAVに搭載したカメラは先述のとおり、1画素あたりの地上での大きさは約90mmであり、この解像度で崩壊斜面や河道閉塞を引き起こしている土砂の状況は把

握することができた。この映像は斜め撮影ではあるものの概要把握としては支障ないものと考えられる（図10）。

(2) UAV活用上の課題

今後UAVを活用していく上で天候は大きな課題となりうる。現状でも防水を実施することは可能だが、防水を施した分だけ機体重量が大きくなり、航続時間が短くなる。また風速が大きい時には風に煽られる危険があるため飛行させることが出来ない。このような天候上の課題に関しては、今後の技術開発が期待される。

また今回の調査実施時には天候が回復していたものの、往復約5kmの距離を飛行せざるを得なかった栗平地区では2度目の飛行調査後帰還目前にUAVが墜落している。直接的な原因は不明ではあるものの、原因として単純な操作ミス他、UAVが山間においてはGPSの受信精度が平地と比べて著しく劣ること等が想定され、調査の確実性という点では課題が残る結果となった。UAVの基本的な構造上、基本的には安定して飛行することが可能であり、事故の多くは人為的なものと考えられる⁶⁾。この点に関してはUAV運用のためのチェックリストを作成するなどし、ミスを減らすことが有効と考えられる。

注釈：

今回の調査は航空法改正前に実施したものであり、災害発生直後に機動的な対応を行う事ができた。現在は法律改正により、150m以上の高さの空域における飛行や目視範囲外での飛行はあらかじめ許可を受ける必要があるため、ここに補足して記す。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 27 年度次世代社会インフラ用ロボット現場検証, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000026.html, 参照 2016-3-9
- 2) 梅津健一・戸松修：低高度空中写真による河床礫調査方法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
- 3) 木下篤彦・島田徹・笠原拓造・林栄明・名草一成・小山内良人・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, p.51-54, 2013
- 4) 気象協会：過去の天気, http://www.tenki.jp/past/2014/08/10/satellite/japan_near/, 参照 2016-3-9
- 5) 気象庁：過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?sess=6ef525a9cdef28cea634ce58ca736e68>, 参照 2016-5-31
- 6) 写真測量における無人航空機の空の安全確保に向けて：写真測量とリモートセンシング Vol.54, No.2 p. 82-83, 2015