

中電技術コンサルタント(株) ○杉原 成満, 河井恵美, 荒木 義則, 高橋 源貴, 上野 麻由子
国土交通省 中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所 大塚 尚志, 岡崎 尚也^{※1}, 正木 俊英^{※2}

1. はじめに

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) は、機体が小型で操作が簡単であることに加え、空中写真撮影や各種計測等が可能であることから、様々な分野で活用の可能性が見込まれている。砂防分野においても、災害発生時の実態把握調査や施設設計のための3次元地形データの取得等、UAVの活用が期待できる場面が多く想定される。これまで災害対応を想定した適用検討や実証実験等が多く行われているが、実際の災害対応における活用事例報告は少ない。

本稿では、平成30年7月豪雨災害対応におけるUAVの活用事例報告として、災害発生直後の実態調査や施設設計に用いた事例を報告する。

2. UAV計測の概要

今回の災害対応では、UAVによる斜め写真撮影に加えて、UAVレーザ測量および写真測量を行った。調査・計測に用いたUAVおよび計測計画の概要を表-1に示す。

UAVレーザ測量は、詳細な3次元地形情報の取得が求められるため、グリッドサイズ0.5m×0.5mのDEMデータが取得できるよう、対地高度を100m、サイドラップ60~70%とし、スキャン密度400点/m²(理論値)を満足する飛行計画とした。なお、計測範囲内には、3次元計測データの点検および主に高さ方向の調整を行うためのターゲット(調整用基準点)を設置している。

また、UAV写真測量は、レーザ計測範囲に対する簡易オルソの構築が可能となるよう、同範囲において実施した。計測は対地高度130m、サイドラップ60%、オーバーラップ80%で実施しており、オルソの地上解像度は21.8mm(理論値)である。

3. 災害対応におけるUAVの活用事例

(1) 被害状況把握

災害直後の初動調査では、土石流等の発生状況および被害状況の把握を目的に、斜め写真撮影を実施した。一例を写真-1、写真-2に示す。

写真-1は災害発生から2日後の7月8日に撮影したものである。災害直後はまだ天候が不安定であり、曇が低く山腹にかかっていた状況であった。そのため、低高度での撮影が可能なUAVでも渓流内の状況は捉えきれていない。また、写真-2はその翌日に別の地区で

表-1 調査・計測に用いたUAVおよび計測計画の概要



機体形式	Ci-x8	機体形式	DJI Inspire 2
フライトタイム	約18分	フライトタイム	約25分
フライト重量	28.0kg	フライト重量	4.0kg
飛行可能範囲	1000m	飛行可能範囲	4000m
レーザクラス	クラス1	レンズ	15mm DJI X5S
最大測定距離	420m	画素数	5280×3956
有効測定レート	30万/秒	撮影画角	115.33m×86.67m
視野角(FOV)	360°(有効範囲100°)	対地高度	130m
対地高度	100m	対地速度	8m/s
対地速度	5.6m/s	コース数	16コース(1フライト)
コース数	5コース(1フライト)	サイドラップ	60%
サイドラップ	60~70%	オーバーラップ	80%
スキャン密度	400点/m ² (理論値)	地上解像度	21.8mm



写真-1 馬木地区斜め写真(H30.7.8撮影)



写真-2 福田地区斜め写真・鉛直写真(H30.7.9撮影)

撮影したものである。左側の写真は、航空機からの撮影のように源頭部から氾濫域までを1枚に収めているが、低高度での撮影となるため、UAVでは対象箇所から離れる必要がある。そのため、この写真からでは土石流の流下痕跡は判断し難いものとなっている。ただし、これは撮影範囲を絞って複数枚撮影することや動画撮影とすることで容易に対応可能なものである。また、いずれの地区も下流域における土石流の氾濫状況等は十分に把握できる内容である。

※1 現所属：国土交通省 中国地方整備局 ※2 現所属：国土交通省 中国地方整備局高梁川・小田川緊急治水対策河川事務所

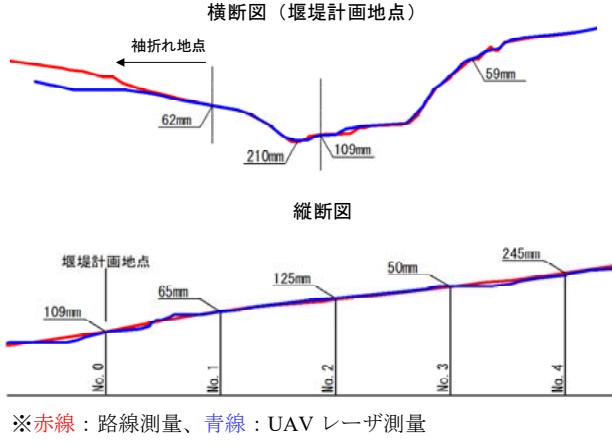


図-1 縦横断図の比較

表-2 計画捕捉量の比較

①路線測量	②UAV レーザ測量	誤差(①-②)
13,029m ³	12,883m ³	146m ³ (1.1%)

※計画捕捉量は平均断面法によって算定

(2) 施設設計での活用

災害発生直後は被害状況の把握等の初動調査が急務であり、地形測量を行うための作業員確保が困難な状況であった。このような状況への対応として、UAV レーザ測量を実施し、予備設計段階において平面図として利用した。

図-1 は、当該平面図から作成した縦横断図と後に行つた路線測量成果とを比較したものである。図に示すとおり、実測との誤差は渓床部では 0.1~0.3m 程度、植生が残っている斜面部においても 0.1m 未満と、UAV レーザ測量で作成した縦横断図は、路線測量成果とほぼ一致している。斜面部よりも渓床部の方が実測との誤差が大きくなっているが、これは UAV レーザ測量後の降雨による土砂移動等があったことに起因するものと考えられる。また、表-2 はそれぞれの縦横断図を用いて計画捕捉量（計画堆砂線より下の容量）を算定した結果であるが、表に示すとおり施設の整備効果としてもその差は十分に小さい。

このように UAV レーザ測量から取得した地形データは、施設設計の検討に対して十分な精度を有している。ただし、道路等の地物が表現されないため、実施設計に用いるためには、施設の周辺においては現地測量による補完が必要となる。

(3) 転石の把握

天応地区東久保で発生した土石流は、コアストーンからなる巨石を多く含む土石流であり、初動調査において落石・転石が不安定な状態で渓床および周辺斜面に点在している状況が確認された。



図-2 3 次元モデル (DEM+簡易オルソ)



図-3 堤堰完成イメージ図 (斜め写真+3 次元モデル)

安全に調査するためには、落石等の分布を把握しておく必要があり、その手段としてここでは図-2 に示す DEM と簡易オルソを組み合わせた 3 次元モデルを活用した。画像解像度が高いため、落石等の分布は簡易オルソでも十分識別できるが、図に示すとおり 3 次元化することにより識別しやすくなる。

(4) フォトモンタージュの作成

堰堤完成イメージ図としてはパースが一般的である。また、近年では CIM の活用も期待されているが、これらは作成に時間を要する。また、地形や下流域の家屋等もイメージとなるため、全体として見たときにリアリティに欠けることが危惧される。

これに対する対応として、UAV で撮影した鮮明な斜め写真と設計図面から作成した 3 次元モデル（レベル 200CIM）を組み合わせ、図-3 に示すフォトモンタージュを作成した。このように作成することで、周辺地形・地物は実在するものを鮮明に表現でき、堰堤施設周辺のみ完成後のイメージとして分かりやすく表現することが可能である。

4. おわりに

本報告は、エリアを限定して実施したものであるが、災害直後の状況把握や施設設計のための地形図作成等、災害対応において UAV による調査・計測が有効な手段となることを改めて確認した。UAV は本稿で示した活用に限らず、様々な場面で活用が想定されるため、今後も可能性の検討や実証実験を行い、災害対応・災害復旧の迅速化、効率化につなげていきたい。