

GPSアンテナ搭載UAV（小型無人航空機）の 写真測量による災害調査について

久堀 貴史

和歌山県 日高振興局 建設部 河港課（〒644-0011和歌山県御坊市湯川町財部651）

要旨：和歌山県県土整備部（土木部署）では、斜面崩壊等大規模災害発生時における円滑かつ効率的な被害調査を目的に、小型無人航空機（以下：「UAV」）を導入した。本稿では、災害現場におけるUAVを活用した調査実績からUAV活用に関する有効性や課題について記述する。

キーワード：UAV（小型無人航空機），写真測量, ダム流木調査

1.UAV（小型無人航空機）導入の経緯等

(1) 導入機種及び台数

α UAV（製造会社：株式会社amuse oneself）1台



図-1 導入機種（α UAV）

(2) 導入時期

2015年 8月

(3) 導入の目的

本県において、2011年9月に発生した紀伊半島大水害では、大規模な斜面の崩壊や河川の氾濫により道路の通行止が多数発生するとともに、河川堤防の決壊・河道の埋塞、深層崩壊による土砂ダムの発生など県内全域に大きな災害が発生した。

当時、道路啓開の速やかな実施、堤防決壊・河道埋塞の緊急対応、土砂ダム等の二次被害防止対策を念頭に、早急な現地状況の把握が必要となった。しかし、斜面が不安定などの問題により、目視等地上から調査を行うにあたり、現地の安全性を判断しながら作業しなければならなかったため、調査に多くの時間を費やした。

このことより、安全性が確認できず地上からの調査が困難な箇所において、円滑かつ効率的な被害状況の把握を目的に、UAVを導入し、UAVが撮影する写真・動画

により斜面等の現地状況の把握を行うこととした。

また、UAVにより撮影した写真を基に、災害復旧工事に必要となる図面（地形図等）を作成し、早期の対策計画の立案や工事の実施を講じることも目的としている。

(4) 導入機種の特徴

本県が導入したUAVの特徴は、次のとおりである。

a) 8枚羽

飛行時の安定性が高く、万が一羽の一部が停止した場合にも墜落の危険性が少ない。

b) 操作の補助機能

操作しなくともその場で留まるホバリング機能があり、操作経験の少ない職員でも安全に操作することができる。

c) 緊急帰還機能

操縦機と機体の通信が途切れた場合、離陸した場所の上空まで自動で帰還する機能があり、機体の紛失等のリスクが小さい。

d) 自動飛行機能

全ての飛行を手動で操作するのではなく、事前に設定した飛行計画に基づき、自動飛行することが可能であり、安定した飛行が確保できるため、飛行の安全性が高い。

e) GPSアンテナ搭載

本県が導入したUAVには、写真・動画撮影を行うためのカメラの他、撮影した写真に世界測地の座標を持たせるためのGPSアンテナ及び装置の搭載が可能であり、写真測量を行うことが出来る。

写真測量で得た結果を、専用のシステムにより写真の合成及び図化作業のための解析をすることで、精度の良い3D画像や地形図等の作成が出来る。

作成した3D画像や地形図は、次ページ図-2のとおりである。

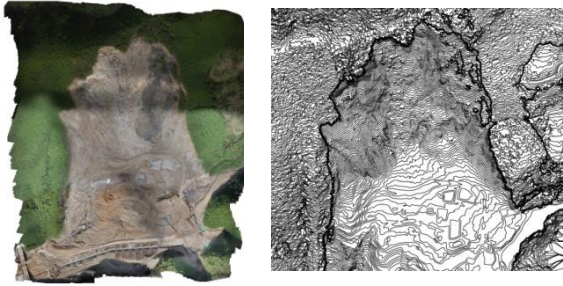


図-2 3D画像及び地形図

2. これまでのUAV活用の取組み

(1) 平常時

本県では、災害時において現地状況を速やかに把握し、早急な応急復旧など実施するため、職員自身がUAVを活用した調査を行えるようにしている。

平常時には、操作可能な職員の育成を図るための航空法に関する事項や図化演習・操作訓練等を定期的実施している。

操作訓練の状況は、図-3のとおりである。

(参考：操作訓練の講師は、操作経験の豊富な職員で対応。)

図-3 操作訓練状況



訓練の実績は、2015年9月～2017年3月までの間で、訓練を41回実施、延べ280人の職員が参加した。そのうち数名は、操作の熟度が一定のレベルまで達することができた。

現在も、操作できる職員の人員拡大並びに操作技術の更なる向上を目的に、訓練内容の充実を図りながら、訓練を実施している。

(2) 災害発生時の対応

災害発生時には、出先機関の建設部職員が現地に行き、UAVを活用した調査など行うこととしている。活用事例について、次章(3章)に記述する。

(3) その他

本県では、近い将来発生が想定されている南海トラフ地震等を想定した地震・津波に関する防災訓練「津波災害対応実践訓練」を実施している。

津波災害対応実践訓練では、県内各地において、国土交通省、市町村、消防、警察、自衛隊等の関係機関と連携し、道路啓開、避難・救助活動等の実演を実施している。

その一環として、UAVを活用した大規模災害の被害調査として、実際に深層崩壊により土砂ダムが発生した箇所(訓練時は対策工事を実施中)等で、UAVによる写真撮影を行うとともに(図-4参照)、撮影した写真から図化ソフトにより現地状況の図化訓練を実施している(図-5参照)。



図-4 防災訓練実施状況 その1



図-5 防災訓練実施状況 その2

3. UAVを活用した現地調査の実績

本章では、UAVを活用した調査実績を記述する。

(1) 実績の概要

a) 災害発生 の要因となった気象

2016年9月18日～9月20日 台風16号及び豪雨

b) 調査の概要

台風によりダム貯水池に堆積した流木に関する調査

c) 調査箇所

2級河川 有田川
 県管理ダム施設 二川ダム
 (和歌山県有田郡有田川町二川地内)



図-6 調査箇所

のとおりである。

CADによる面積計算結果は、図-8のとおりである。

UAVの写真測量によって算出した流木の堆積量と、従来の人的な地上測量により算出した流木の堆積量を比較した結果は、表-1のとおりである。

各測量作業に要した時間の比較は、表-2のとおりである。



図-7 解析後画像

(2) 調査の目的

流木の堆積量を把握するために、従来の作業手法であるボートを使用した地上測量に対して、UAVの写真測量を活用した場合、作業の安全性・効率性や測量の精度など実用可能かどうか検討することを目的に調査を行った。

(3) 調査の手順

a) 事前準備

ダム施設上流湖に流れ出た木々を、管理船により1箇所に集積。

ダム施設周辺でのUAV自動飛行計画を作成。

(UAVに搭載できる電池は、0~2本あり、2本搭載で、1回あたり約20分の飛行が可能。)

今回の調査では、3回の飛行に分け、自動飛行計画を作成。

b) 現地調査

2016年10月12日、GPSアンテナ等をUAVに搭載し、電池交換を行いながら3回飛行させ、流木堆積面積の写真測量を実施。

(平行で、従来手法の人的によるトランシットを用いた測量も実施し、堆積面積の比較検討できるようにした。)

写真測量で得た結果を、専用のシステムにより合成及び解析することで、3D画像や地形図等の作成を行った。

作成した地形図を元にCAD (computer-aided design)

(以下:「CAD」)により堆積面積を計算し、現地計測による厚さを乗じ、堆積量を算出した。

(4) 調査結果の整理

専用システム解析によって作成された画像は、図-7



図-8 求積図

表-1 流木堆積量の比較

測量手法	流木体積面積 (m2)	流木体積 (m3)
地上測量	6,080	851
UAV写真測量	6,120	857
差	40	6

表-2 測量作業時間の比較 (外業)

測量手法	作業時間 (時間)
地上測量	7
UAV写真測量	2
差	5

(5) 考察

今回のダム流木堆積の調査結果を整理すると、UAVの写真測量と、従来の測量からの堆積量算出結果の差は、6m³と全体の0.7%以下であり、高い精度を確保できた。

また、UAVの写真測量では測量作業時間が2時間であり、従来のトランシット測量等の地上測量と比べ5時間の作業時間短縮が可能であった。

今回のようなダムの流木堆積量算出において、流木は風の影響により、一度集積しても、すぐに散らばる問題があり、トランシット測量では時間を要するため、測量作業の手戻りが生じる可能性がある。しかし、UAVの写真測量は数時間の飛行で行うことができ、手戻りが無く、精度の良い結果が得られた。

このことより、UAVを活用した調査は、トランシット測量等地上測量が困難な場所においては、非常に円滑かつ効率的な測量手法であることが立証できた。

4. UAV活用の課題と対策

本章では、UAV活用に関する課題と対策について記述する。

(1) 課題

UAVによる現地調査の実績から、以下3点の課題が判明した。

a) 降雨や風速など気象に影響されやすい。

本県では、降雨時や風速が強い（地上風速5m/s以上）場合には、飛行させないこととしている。

今回の調査でも、気象条件が合わず、調査日を変更するなどの対応を行った。

b) 現地条件（地形等）に影響されやすい。

今回調査を行った場所は、山間部に位置するダム施設のため、山尾根が入り混じる地形条件であり、航空法に定めのある「目視ができる範囲での飛行」が可能な飛行ルートの確保が必要であった。このため、飛行ルートの設定には、事前に現地確認を行う等の準備が必要であった。

また、GPSデータの取得に関しても、山尾根が邪魔をし、GPSデータがうまく受信できず、受信を待つまで多少時間を要した。

c) 操作者の操作技術が大きく問われる

見通しの良い広い場所で飛行させるのではなく、限られたスペースで離着陸させなければならないことや、手動操作にて山尾根の影響の無い高度まで上昇させなければならない等、臨機に操作対応できなければならない。このため、操作者の操作経験の蓄積が重要である。

(2) 対策

UAVの写真測量による災害調査では、気象条件や現地条件により影響を受け易いため、臨機に操作対応できるように、操作者の技術力を養成すると共に、現場経験の蓄積が重要である。

このため、本県では平常からUAVを操作できる職員を育成するため、計画的に研修を実施するとともに、その内容の充実化に取り組んでいる。

研修は、二段階に分け、一段階目（初心者向け）では、座学や簡易に飛行できる場所での操作訓練を中心に実施している。二段階目（上級者向け）では、実際の災害調査を想定した飛行ルートの設定、被災箇所等での飛行実践や取得した写真データから連続写真図、平面図横断図作成など実施している。

一段階目に、操作できる職員の人員拡大を図り、二段階目で、操作技量の高い熟練者の育成を図っている。このことにより、各出先機関に操作熟練者を数名養成することで、災害時の対応に備えることとしている。

また、今後は平常時での研修だけでなく、例年発生している災害に対しても積極的にUAVを活用し、調査実績を増やしたい。より多くの災害現場で、UAVを活用することで、操作熟練者の現場経験の蓄積を図り、早期の被害状況の把握および災害復旧に繋げていきたい。

謝辞：本論文を最後までお読み頂きました方々に、厚く御礼申し上げますとともに、本論文作成にあたりご協力頂きました、株式会社amuse oneself関係各位に御礼申し上げます。



図-9 現地イメージ