

垂直離着陸固定翼型 UAV による災害地の迅速な状況把握手段について

Rapid situation assessment of disaster areas using vertical take-off and landing fixed-wing
Unmanned Aerial Vehicle

キーワード

UAV, ドローン, 災害地, 垂直離着陸
固定翼機

大谷 将史*, 京免 繼彦*

研究概要

近年、我が国では地震、台風、雨水害により、甚大な災害が多く発生している。当社では、2024年1月に発生した能登半島地震、同年9月に発生した能登半島豪雨の災害復旧工事を実施しており、工事では災害範囲を迅速かつ安全に把握する必要があった。その手段の一つとして UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の活用による状況把握があり、広範囲の災害状況の把握（写真）だけでなく形状（3D点群データ）を簡易に取得可能である。UAV から得られた情報を元に、災害復旧計画、初期対応の実施や、不安定な地山状況の遠隔監視などが可能となる。当社は、災害対応での UAV の有効利用について様々な取り組みを行っており、本稿では「垂直離着陸固定翼型 UAV」の活用について、通常型 UAV との精度と課題の比較を報告する。

1 はじめに

2024年1月の能登半島地震、同年9月の能登半島豪雨が発生し、能登半島には甚大な被害が生じた（写真-1）。当社はこれらの災害復旧工事を実施し、現在も継続している。能登半島地震では、災害により発生した土砂崩れにより能登半島全域にわたって交通網が寸断された。筆者らは、被災状況を迅速かつ安全に把握することを目的に、工事開始時に、一般的に使用される4羽の UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を使用して周辺状況の確認を行った。

写真-2, 3は UAV で撮影した土砂崩れ箇所である。UAV を用いた写真や動画の撮影は、未踏地や広範囲の状況把握において有効である。一方で、起伏の多い山岳部などにおいて、地形の影響により UAV との通信が途切れる事象があり、UAV との通信を確保するために、操縦者が倒木等を越える移動を余儀なくされ、安全面での課題が確認された。

このような背景から、能登豪雨災害の被災状況の調査には、通常の回転翼機型の UAV (以下、通常型 UAV) よりも通信距離が長く、高速飛行が可能な垂直離着陸固定翼型 UAV (以下、VTOL-UAV) を用いることにより、確認作業に必要な時間の短縮や安全性の確保を図った。

本稿では、能登半島地震および能登半島豪雨における災害復旧工事の調査において利用した、通常型 UAV と VTOL-UAV の安全性、調査精度の比較および課題について報告する。



写真-1 被災状況



写真-2 UAV で撮影した被災状況

* 技術センター ICT 推進部



写真-3 UAV で撮影した被災状況

2 UAV による被災状況の確認方法

2.1 UAV 写真測量概要

被災状況を詳細に把握するためには、画像や動画のほかに、写真測量による点群データ（3D 化）が必須であり、点群データにより流出土量や範囲の計測を PC 上で行うことが可能となる。

UAV による写真測量は、UAV に指定ルートを飛行させ、対象物の空撮画像を撮影（目的別に応じてラップ率を設定し、解析ソフトにてオルソ画像（歪みを補正した航空写真）への変換により、点群データへの出力が可能となる。図-1に解析により出力した被災箇所周辺のオルソ画像を示す。図-2は空撮写真から作成した点群データである。倒木などが確認できる。

2.2 点群の活用

点群データを用いることで任意箇所の土量を求めることができる。通常は任意箇所の施工前に施工後の写真測量を行い、結果の比較を行う。今回は被災前の撮影ができていないため、国土地理院が公表しているデータと比較することにより概算土量を求めた。

オルソ画像は複数の空撮写真を1枚の画像にしたもので、全体状況を把握するのに有効であり、点群とオルソ画像を用いることにより施工方法の検討と工事数量を算出した。災害復旧のような全体の把握が困難な工事においては、UAV による写真測量は工事の計画を先行して立てることに加え、安全策の検討に有効となり得ることを確認した。

UAV で上空から計測した崩落個所とその部分の点群データを図-3に示す。被災箇所付近で崩落した土量の計測を行うことは非常に危険な作業であるが、UAV による写真測量を活用することにより、被災範囲や土量を簡易的に計測することが可能となった。

2.3 UAV の飛行距離

UAV の操縦を行うコントローラには、無線の有効距離（以下、無線距離）が存在する。今回の調査では、通常型 UAV と VTOL-UAV で飛行および計測を行い、比較をした。使用した機体を表-1に示す。表に示す通り、通常型 UAV



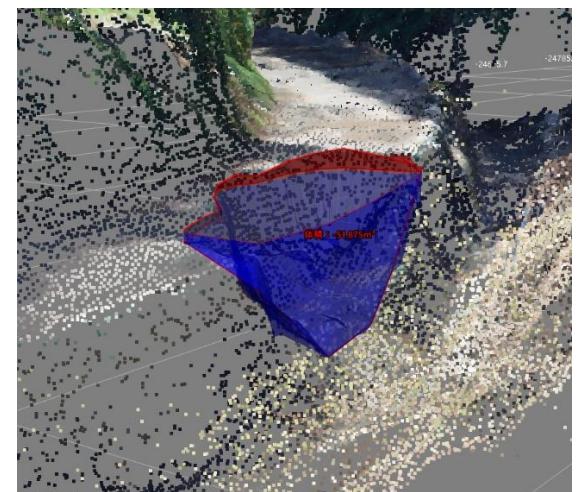
図-1 被災地のオルソ画像



図-2 被災地の点群データ



(a) 崩落個所



(b) 崩落個所の土量算定

図-3 点群データによる土量算定

表-1 回転翼型の UAV の仕様

機器名	メーカー	無線距離
エアロボ PPK	エアロセンス	600m



表-2 VTOL-UAV の仕様

機器名	メーカー	無線距離
エアロボウイング	エアロセンス	1500m



では、無線距離が600mである。しかしながら UAV とコントローラの無線通信は現地の地形状況、他の無線を使用している機器等の影響を受け想定通りの通信ができない場合がある。今回の調査においては半径100mを越えると警告が出たためそれ以降の飛行は行うことができなかった。今回の復旧箇所は延長が約1.5kmであったため7回ほど操縦者が移動して写真測量を行う必要があった。通常であれば20分/回でトータル2時間程度の作業であるが、土砂崩れや道路の崩落等があり結果として6時間ほどかかった。

3 VTOL-UAV による航空測量

3.1 VTOL-UAV の利点

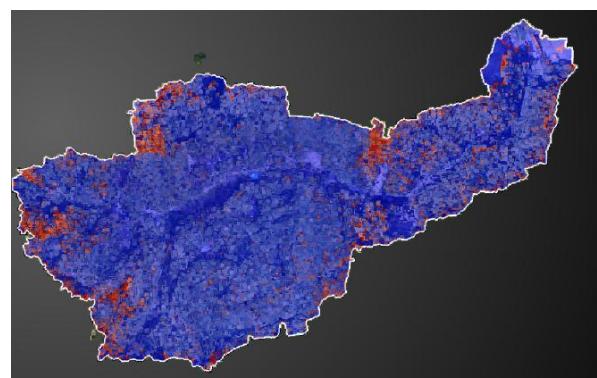
VTOL-UAV の仕様を表-2に示す。VTOL-UAV は垂直での離着陸が可能であるため、従来の固定翼機型の UAV と比べて狭い範囲での離着陸を行うことができ、離着陸スペースの確保が難しい状況での飛行に向いている。さらに、通常の UAV と比べて無線の通信距離が長く、長距離の飛行が可能であり、高速で飛行可能なため計測に掛かる作業時間が短い。通常の UAV で6時間掛かったルートと同様の指定ルートを飛行したところ、準備等を含めても1時間半程度で写真測量が完了した。無線距離が長いことから、操縦者が転落、転倒などリスクが低い箇所から操縦でき、危険を冒すことなく所要時間を大幅に短縮することができた。

3.2 点群データの精度検証

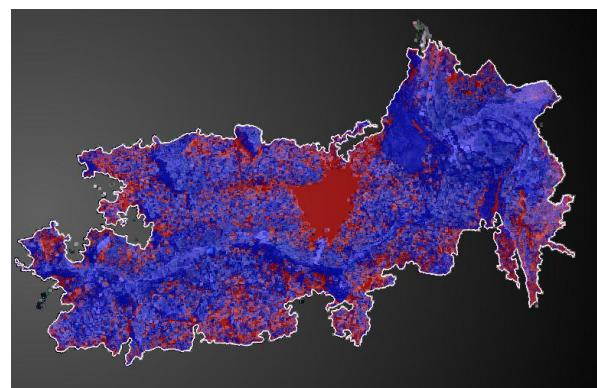
今回得ることのできた点群データを国土交通省関東地方整備局の3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き（案）¹⁾を参考に検証を行った。案では起工測量時に 0.25m^2 に対して1点以上、出来形計測時には 0.01m^2 に対して1点以上を満たすように求められている。表-3に検証結果一覧を、図-4に両点群が 0.25m^2 に対して1点以上満たしていた箇所を青色、未達成箇所を赤色で着色を行ったデータを示す。結果が示す通り VTOL-UAV で写真撮影を行った場合の方が点群の密度が低いことがわかる。これは VTOL-UAV は機体の特性上、飛行高度を細かく変化させること

表-3 点群データの点群密度の比較

種目	管理値	達成率
VTOL-UAV	1点以上/ 0.25m^2	70.6%
	1点以上/ 0.01m^2	35.5%
通常型 UAV	1点以上/ 0.25m^2	89.7%
	1点以上/ 0.01m^2	44.4%



(a) UAV の点群データ



(b) VTOL-UAV の点群データ

図-4 被災地の点群データ

ができず、対象範囲の障害物（山）より高く保つ必要があるため、地上高さが高くなり、写真的解像度が落ちたことが原因と考えられる。しかしながら被災状況の確認や、土

量計測を行う上では問題ない範囲であったため、解析で算出した堆積土量を用いて施工方法の検討、計画および工期の算出を行った。

4 まとめ

災害の多い我が国にとっては、被災状況の迅速な確認は必要不可欠であり、被災状況の遠方から調査、確認ができる UAV は今後さらなる活躍が期待できる。今回、VTOL-UAV を使用することで通常の UAV よりもさらに迅速な情報取得が可能であることが確認できた。一方で、VTOL-UAV は機体特性上、周辺の支障物よりも高い位置を飛行する必要があるため、能登半島のような起伏の多い山岳部では高度150m 以上を飛行する場合がほとんどである。現

航空法では150m 以上の飛行は、関係各所に申請が必要であるため、調査に至るまでのハードルが高く時間を要する。

UAV を利用した調査においては、航空写真や映像、点群データの精度は UAV に取り付けるカメラの性能だけでなく、飛行高度や、撮影箇所のラップ率の設定など、操縦者の技量による影響が大きい。そのため、これらの設定値の標準化、均一化が今後の課題である。UAV に関する法整備は、近年より厳しくなっているものの、本報文が今後の災害調査等における一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省、無人航空機の飛行禁止空域と飛行の方
法, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html,
(2025 年 10 月 15 日現在)