

噴火に伴う立入規制区域内における UAV で運搬する降灰・浸透状況調査ユニットの実地運用結果と運用体制の構築

(株)建設技術研究所 ○清水万莉子、家田泰弘、近藤圭悟、藤井朗汰、大坪隆三、轉秀明、馬庭慎吾
国土交通省九州地方整備局九州防災・火山技術センター 矢野敦久、井上遥

1. はじめに

火山活動が活発化した際に砂防部局では土砂災害防止法に基づく緊急調査等のために降灰状況や土石流流出状況等を把握する必要がある。このための調査を安全かつ効率的に実施するために筆者らは立入困難な危険区域における UAV や IoT センサーを搭載した調査ユニット等を活用した調査手法を検討してきた。

本年度は、昨年度離島火山での実地検証により現地適用性を確認した改良版調査ユニットを新燃岳噴火対応で実地運用した。さらに、実地運用結果を踏まえた、国交省職員向けの訓練の実施とマニュアル作成により、今後の運用体制の構築を図った。

2. UAV で運搬する IoT 調査ユニットによる降灰状況等の緊急調査実地運用

2.1 機器の構成

調査ユニットは、UAV で危険区域内に運搬設置し、時間分解能の高い降灰状況等の情報を取得する調査手法である。距離センサと土壌水分センサを搭載した堆積厚・浸透状況調査ユニットとインターバルカメラを搭載した堆積構造調査ユニットがあり、降灰厚や降雨浸透状況の変化、降灰状況を把握することを目的としている。



図 1 調査ユニット

堆積厚・浸透状況調査ユニットは、通信方法の違いにより LoRa 版と LTE ダイレクト版の2種類があり、LoRa 版は、LoRa 通信で親機へデータを送信し親機から携帯電話回線でデータを伝送するため、携帯電話通信圏外からもデータ伝送が可能である。LTE ダイレクト版は、携帯電話回線が入る領域であれば単独で観測、伝送が可能であり、太陽光パネルにより充電しながら運用が可能である。堆積構造調査ユニットは携帯電話回線で直接クラウドサーバー上にアップロードされる。

2.2 UAV による運搬手法

UAV による運搬設置手法は、①着陸式把持装置と②ウインチ装置、③オートリリースカラビナ単体による設置手法の3種類あるが、適用条件として①は平坦裸地が必要、②は操作系統が複雑になる等の課題があった。これに対して、③は機体を降下させて設置することができ、通信が確保できる場合に最も簡易な手法であるため今回採用した。

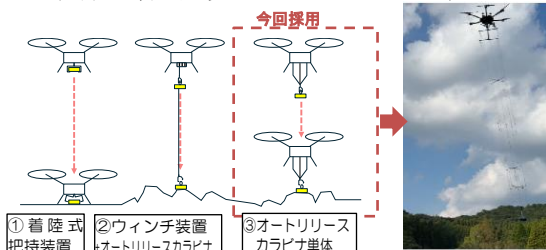


図 2 各種運搬手法イメージ

2.3 新燃岳での実地運用

2.3.1 事前調査の実施

実地運用にあたり、既往の調査計画を参考に机上調査・事前現地調査を行い、設置候補地点および飛行経路上で LTE 通信が利用可能であることを確認した。そこで、既往計画にはなかった LTE を活用した UAV による機器運搬・設置・観測までの一連の運用を行うこととした。



図 3 事前調査実施フロー

2.3.2 UAV による調査ユニットの運搬試験

新燃岳での UAV による調査ユニット運搬試験は、2025/10/28 に実施した。運搬機は Matrice300 (SIM: docomo) を使い、LTE 通信を活用して運搬した。プロポ面を確認しながら安全に機器の設置ができた。

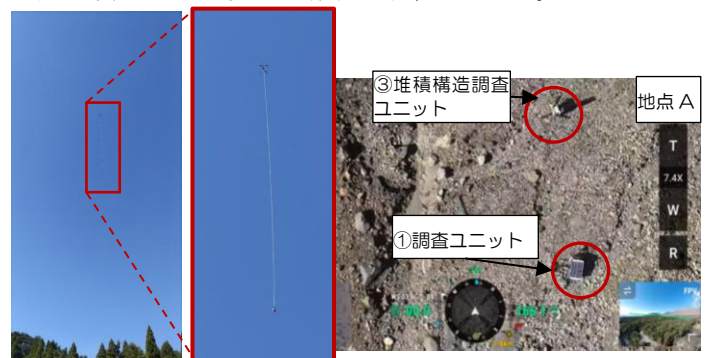


図 4 運搬状況と設置状況 (地点 A)

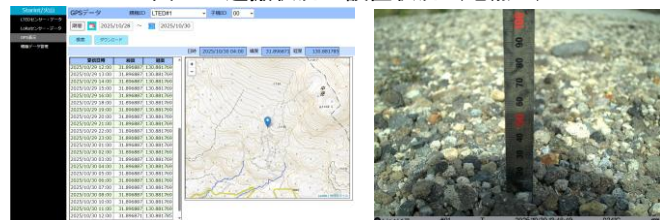


図 5 現地に設置した調査ユニットとデータ伝送状況

2.3.3 調査ユニットによるデータ伝送・観測試験

UAVにより遠隔設置した調査ユニットを用いて、継続的なデータ伝送、観測試験を2025/10/28から2026/2/12までの約3か月半の期間で実施した。

LTEダイレクト版ユニットは、設置完了後2025/11/9まで正常にデータ伝送され、土壌水分センサの応答も確認できた。その後、通信が途絶え、11/10に一時的に復旧したものの11/11以降伝送が完全に途絶した。11/9の降雨が原因と推察される。バッテリー容量と充電期間の見直し、防水性能向上等により長期的な運用が見込まれる。

堆積構造調査ユニットは、設置完了の10/28～1/1まで、2時間おきに問題なく画像伝送を確認し、その後電池切れにより伝送が途絶えた。設置後2か月程度は観測可能であり、撮影間隔を変更すれば観測期間延長の見込みがある。

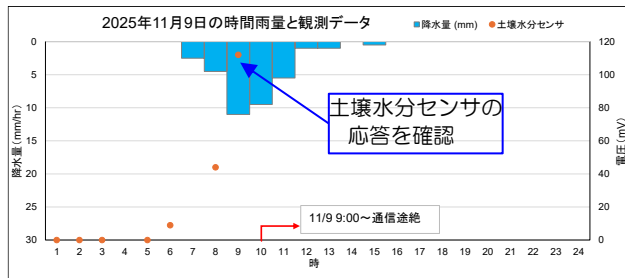


図6 データ伝送・観測状況

2.3.4 調査ユニットの回収

2026/2/12に回収作業を行った。全体として設置時から大きな移動や破損はないものの、LTEダイレクト内部に一部腐食などがみられたため、密閉性等の課題と対応策を明らかにするとともに、機材のメンテナンスを行った。堆積構造調査ユニットは水分等の侵入は見られず、電池切れまで正常に機能したと推察される。



図7 回収した調査ユニット

2.3.5 実地運用まとめ

今回の運用にあたり事前調査を行ったことで、既往計画にはないLTE通信を活用した調査ユニットの実地運用を行うことができた。それによりUAV発着点と立入困難地域内の機器設置地点までの見通しが無い場合でもLTE回線が確保できる場合は、簡便に高度を落とした設置飛行ができることになり、適用可能範囲が格段に向上したといえる。

3. 訓練の実施

過年度業務で作成した運用マニュアル、研修資料等を活用し、機材準備、および調査ユニットの設置、観測までの

一連の作業を実施可能な体制構築を目指した国交省職員を対象とした訓練、研修を実施した。参加者の理解度は高く、緊急時における現場対応力の向上に資する成果が得られた。

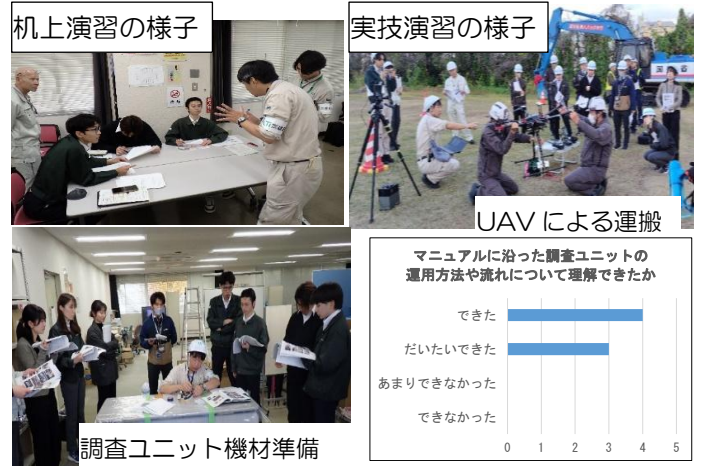


図9 訓練実施状況

図8 アンケート結果

4. 調査ユニット運用マニュアルの更新

新燃岳での調査ユニット実地運用、国交省職員向けの訓練・研修をうけて既存の調査ユニット運用マニュアルを更新、さらに端的な対応を抜粋した作業チェックリストなどで構成されるわかりやすいハンドブックを作成した。



図10 本年度作成したマニュアル・ハンドブック

更新種別	該当ページ	概要
記載内容の追加	P3	マニュアルの適用範囲の記載を追加
構成の見直し	P9～	キャリブレーション関連の記載を3章に移動
ノウハウ追加	P19	吊下げ長が長い場合の留意事項
記載内容の更新	P24	全体作業フローの見直し(平常時準備の記載等)
構成の見直し	P36～41	キャリブレーションの記載を移動、修正
記載内容の追加	P42	3.2.3.現地試験の項目追加
ノウハウ追加	P47	UAV通信手法の選定方法の追加(LTE等)
記載内容の追加	P53	他火山における自律飛行運搬設置の記述の追加
ノウハウ追加	P56	影による対地高度の把握
記載内容の追加	P60	動作モードの説明の追加
記載内容の追加	P68	メンテナンスの記載の追加

図11 本年度業務より得られた課題の反映

5. まとめ

実際の噴火対応の緊急調査の一環として携帯電話回線によるUAV運用や調査ユニットデータ伝送を活用して運用し、その有効性を確認することができた。さらに、国交省職員を対象に机上演習や実技訓練を実施し、調査ユニット運用手法を展開し、今後の運用体制を構築検討した。

今後はこれらの緊急調査技術を活用し、他の調査手法と総合してより安全かつ効率的な火山噴火対応手法の確立を目指す。また、将来的には降灰調査だけではなく、立入困難地域における土石流の発生、流下状況を把握し、数値シミュレーションや警戒避難に活用するために、UAV空撮や地上撮影画像を用いたSfM解析による地形変化把握、土石流検知調査ユニットを活用していくことが考えられる。