

# 火山噴火時の立入困難地域における緊急調査へのUAV活用範囲拡張手法について

株式会社建設技術研究所 ○家田泰弘、吉村真、清野正義、河野元、中西宏彰  
 国立研究開発法人情報通信研究機構 三浦龍、松田隆志  
 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 熊井教寿、瀧川健一、黒木隆、姫野徳人

## 1. はじめに

火山噴火時には砂防部局は土石流発生域の降灰状況や浸透能変化等の把握が必要となるが、活発化した火山の源頭域に直接立ち入ることができなくなる。このため遠隔地からそれらの情報を継続的に取得する方法が課題となる。これに対し2017年度からUAVで運搬する調査ユニットを開発し<sup>1)</sup>、地表面の凹凸や高低差のある箇所への適用に必要な改良を行うとともに、それらの運用手順等を記載したマニュアルを作成した<sup>2)3)</sup>。なお、調査ユニットは降灰厚および浸透能低下による表面流の有無を簡易なセンサーとLPWA(低消費電力広域通信)のLoRaにより遠隔監視でき、UAVと調査ユニットは開発した把持装置により接続し、運搬するものである<sup>4)</sup>。

過年度までの実地検証により、当手法は飛行距離2km程度の目視外飛行でも適用可能であることを確認したが、確実な設置・観測には、発着点から設置地点までの通信電波の確保が必要であった。しかし、急峻な火山地形では見通しが確保できず電波通信が困難な場合も多い。そこで、2020年度は山間地等通信条件の悪い領域でのUAV運用手法を検討し、過年度開発したUAVで運搬する簡易調査ユニットによる降灰調査手法の適用範囲を広げる手法について検討した。

## 2. 山間地におけるUAV通信電波確保手法

見通しの悪い山間地でも通信電波が途切れないようにする技術及び課題を整理し、その解決策について検討を行った。検討にあたり、UAVの測量・空撮系、メーカー系の事業者、研究機関に対し、通信を確保する際の課題と解決方法についてアンケート・ヒアリングを行った。その結果、UAVの通信確保には「急峻な地形がもたらす見通しの効かない遮蔽された環境」や「立ち入り規制による長距離飛行」等が阻害要因となり、これらに関する課題解決が必要となることがわかった。解決のアプローチは、距離による電波出力の損失や地形によるフレネルゾーン遮蔽への対応として、発着点位置選定やアンテナ高、使用する電波に関する対応があり、機材面、運用面、計画面での対策手法について情報を収集し、適用にあたっての留意事項を整理した。(表1)

表1 UAV通信電波の確保手法の整理

阻害要因	対策種別	対策手法	区分	留意事項
遠距離	①使用電波の変更	169MHz等での情報伝送・簡易操作	機材	伝送速度が遅い
	②アンテナ高の変更	ポール上にアンテナ設置(2-5m程度)		延伸効果は限定的
地形遮断	③電波発信点の変更	スイッチャーによる操縦者の引継ぎ		効果的な箇所が限定的
遠距離・地形遮断	③電波発信点の変更	UAV等による電波の中継	運用	一般性が低い
	①使用電波の変更	携帯電話回線によるUAV操作		一般性が低い
	③電波発信点の変更	遠隔地から自動運用	計画	発着点が限定される
	②アンテナ高の変更	高所作業車上での操作(10-30m程度)		発着点が限定される
	③電波発信点の変更	見通しや地形干渉を考慮した飛行計画		-

## 3. 見通し外領域での調査ユニットを活用した緊急調査手法の実証実験の実施

### 3.1 実験対象項目

過年度のUAVによる調査ユニット設置実地検証により、「遠隔設置時の通信電波の確保」および「UAV降下位置精度の向上」が課題となっている。これらの課題対応方法のうち、通信電波の確保については、できるだけ条件の厳しい箇所においても対応可能なものとして「UAV等による電波の中継」を対象とし、あわせて画像情報も中継装置により伝送することで「降下箇所を画像で確認しながら操作」することを検証対象とした。

### 3.2 実験概要

霧島新燃岳で噴火警戒レベル3になり4km圏に立ち入れない状況を想定すると、新燃岳北麓の土石流危険渓流源頭域における降灰状況等を把握するための調査ユニットをUAVで遠隔設置する必要がある。しかし、北麓からの唯一のアクセスルートである林道から新燃岳北麓は地形的に全く見通しが効かない。このため、発着点から設置地点までUAVの状況把握、操縦や、調査ユニットの観測電波を受信し続けることができない。そこで、通信電波の中継する各種機材を活用することで見通し外の電波条件の悪い箇所でも調査ユニットの遠隔設置が可能であるかを実地検証した。UAVの通信電波中継は国立研究開発法人情報通信研究機構が開発したコマンドホッパーを使用した。(表2, 図1、2)

表2 実験項目と使用機材

実験項目	■UAV発着点からユニット設置地点まで見通しが効かない条件での運搬・設置
	・中継装置を使用した遠隔設置の実施
	・中継装置による現地状況情報に基づく設置中止→帰還動作の実施
使用機材	■調査ユニット子機から親機まで見通しが効かない条件での観測データ伝送
	・中継装置を使用しない場合でのデータ伝送の試行
	・中継装置を使用してのデータ伝送の実施
使用機材	■運搬用UAV LAB6106 (イームズロボティクス)
	■通信装置 コマンドホッパー、無人移動体画像伝送システムU57 (国立研究開発法人情報通信研究機構)
	■調査ユニット LoRa調査ユニット子機・親機・中継器 (九州技術事務所)

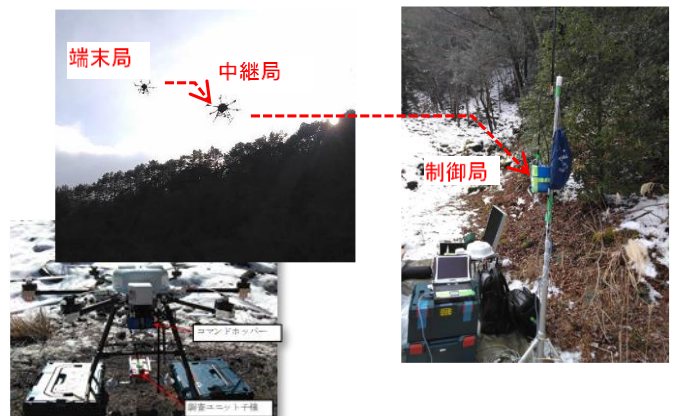


図1 実地検証に使用した機材



図2 実地検証で対象とした新燃岳北麓ルート

### 3.2 実験結果

#### ①中継装置を使用して現地状況から設置可能と判断した上での遠隔設置の実施

通信電波を維持するための中継装置を搭載した中継機を見通し内にホバリングさせ、調査ユニットを運搬する往復機から発着点まで、操縦電波、テレメトリ情報伝送電波、降下位置確認用画像伝送電波を伝送しながら調査ユニットの設置試験を行った。その結果、コマンドホッパーからのテレメトリ情報と U57 無線機画像から概ね設置予定地点上空に到達していることを確認し、画像から地表が平坦であることを確認した上で、自動降下して予定設置地点に調査ユニットを設置し、再離陸することに成功した。(図3)

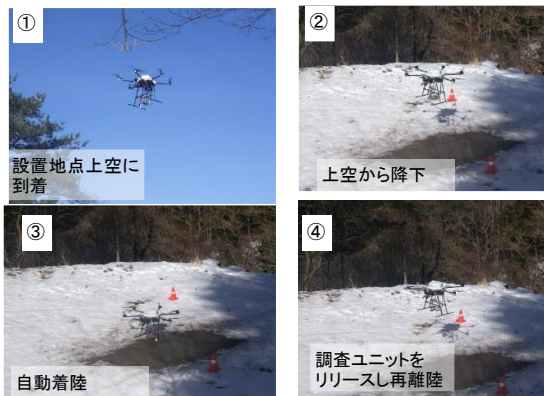


図3 調査ユニットの遠隔設置状況

#### ②中継装置を使用して現地状況から設置不可と判断した場合の設置中止試験

調査ユニットを設置するための飛行中に UAV から伝送されてくる情報に基づき、設置を中止して引き返すコマンドを送信、設置中止・帰還する試験を実施した。その結果、設置地点上空 30m における 60 秒間のホバリング時に、伝送画像を確認し、模擬的に設置動作を中止する判断をしたと想定し、コマンドホッパーによる帰還コマンドを送信、調査ユニットを把持した状態で帰還することに成功した。これにより、見通し外の電波条件の悪い箇所でも、UAV の飛行や現地状況を把握しての調査ユニットの設置が可能であることを確認した。(図4)

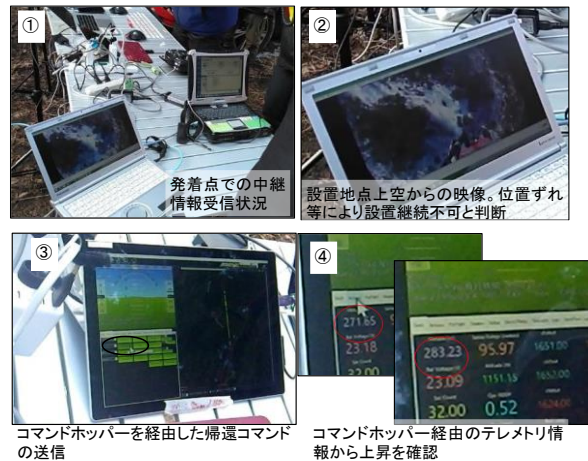


図4 コマンドホッパーによる UAV 状況把握及び操作

#### ③見通し外での調査ユニットからの中継観測

見通し外の調査ユニット設置地点から、中継子機経由で UAV 発着点にある親機へデータ伝送し降灰観測する試験を実施した。具体的には、設置地点の調査ユニットセンサー範囲内に火山灰を模擬的に降らせ、観測値を得る試験を実施した。その結果、4km 圏外の尾根上の作業道沿いに高さ 5m のポール上にアンテナを立てた調査ユニット中継機を設置することで、見通し外で観測データが受信できることを確認した。(図5)



図5 中継子機を用いた調査ユニットデータの受信

### 4. 総括

本実験により、コマンドホッパー等の中継装置を活用することで見通し外領域での UAV 運用が可能であり、調査ユニットの UAV 遠隔設置及び降灰状況等の観測が可能であることを確認した。今後は、これらの手法を含めて、対象地域の条件に応じた様々な通信確保手法の運用方法を確立することが望ましい。

#### (参考文献)

- 1) 家田ら(2018): 火山噴火時立入困難地域の状況把握のための遠隔調査ユニットならびに UAV を用いた運搬手法の開発への取り組み, 平成 30 年度砂防学会概要集
- 2) 家田ら(2019): 火山噴火時立入困難地域の状況把握のための遠隔調査ユニットならびに UAV を用いた運搬手法の開発への取り組み(その2), 令和元年度砂防学会概要集
- 3) 中村ら(2020): 火山噴火時立入困難地域の状況把握のための遠隔調査ユニットならびに UAV を用いた運搬手法の開発への取り組み(その3), 令和2年度砂防学会概要集
- 4) 熊井ら(2019): 火山噴火後の UAV による流域状況調査手法の開発, 土木技術資料, Vol.61, No.12, p32-35