

## 白山噴火時における UAV を用いた降灰調査手法の検討

日本工営(株) 田方智, ○新蔵千沙都  
国土交通省 北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 甚田隆光, 杉崎亮太, 中野光

### 1. はじめに

火山噴火の発生時において、土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施するにあたり、火山灰等の堆積状況を把握するための降灰調査を行う必要がある。従来の降灰調査では、人力による現地調査やヘリによる降灰範囲の把握等が実施される。しかし、人力による現地調査は、噴火警戒レベルの引き上げに伴う立入規制や安全確保の観点から、調査の実施が困難となる場合がある。また、ヘリによる上空からの目視調査では、地表の色調変化を基に範囲を推定するが、判読結果から堆積範囲(境界線)を図面上に正確に描くことは容易ではない。このような状況を踏まえ、UAVを用いた緊急調査手法を検討することで、地上調査およびヘリ調査の補完、多重化を目指し安全かつ迅速に降灰状況を把握することが可能となる。

本稿では、UAVを用いた降灰状況調査として、①目視外自律飛行検証、②降灰範囲の把握手法に関する実証実験を実施した。降灰は広範囲に及ぶことから長距離の飛行を伴う調査が不可欠となり、加えて火口周辺などの高標高地における飛行環境への対応も求められる。そこで①目視外自律飛行検証では、長距離かつ高標高地における目視外自律飛行が可能な回転翼機(ハイブリッドドローン)を用い、降灰厚把握のため、飛行ルート沿線の構造物を標尺と見立てて、UAVに搭載したカメラにより火山灰の堆積厚を推測する降灰厚手法の検討を行った。一方、②降灰範囲の把握手法に関する実証実験では、UAVに搭載したカメラによる焦点位置座標を取得する機能を活用した降灰境界部の把握手法について検討した。UAVに搭載されるカメラの中には、撮影対象の位置情報を同時に取得できる機能を

備えたものがある。この機能を利用すれば、降灰境界付近の座標を効率よく収集することが可能となる。さらに図-1に示すように得られた座標データを図面上へプロットすることで、降灰の堆積範囲を可視化し把握することができると考えられる。そこで、座標取得機能を有するカメラ(H30T)を搭載した回転翼機を使用し、ダム天端を降灰範囲境界に見立てた飛行実験を実施した。

### 2. UAVによる目視外自律飛行検証

#### 2.1 検証概要

白山火山噴火時の降灰調査を想定し、UAVを用いた噴火警戒レベル2における立入規制区域内の降灰調査手法の実証実験を実施した。本検証では降灰厚把握のため、構造物を標尺と見立てて、UAVに搭載したカメラにより火山灰の堆積厚を推測する降灰厚手法の検討を行った。検証箇所は図-2に示す白山火山の南～南西側を対象とし、万才谷および赤谷間の尾根沿いを飛行するルートとした。往復飛行を行うため、全体で約7kmのフライトを計画した。使用機体は、調査対象となる構造物を標尺として詳細に撮影できるホバリング性能、急峻な山岳地形に対応可能な急上昇・急下降が可能および地形に追従する飛行能力が求められる。また、噴火時の広域かつ長距離にわたる調査を想定すると、長時間・長距離飛行性能を有することに加え、LTE通信や衛星通信、操縦電波の拡張等による安定した通信環境の確保が必要不可欠である。さらに、立入規制区域を含む空域での運用を想定し、レベル3.5飛行への対応、高標高帯(標高2000m以上)における安定した飛行性能も重要な要件となる。これらの要求性能を総合的に勘案し、本検証では機動性と航続性能を併せ持つハイブリッドドローンを選定した(表-1)。

#### 2.2 検証結果

飛行検証当日は曇りであり、飛行ルート上には濃霧も発生するなど最適な飛行条件でなかったが、離着地点から折

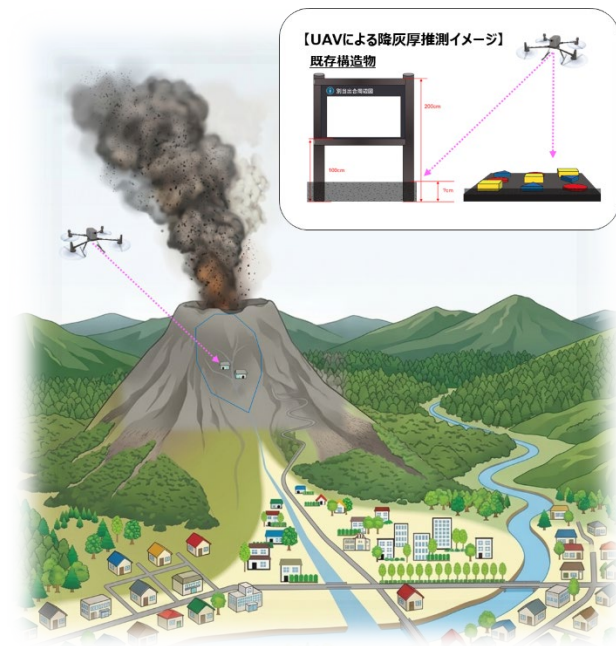


図-1 検証イメージ

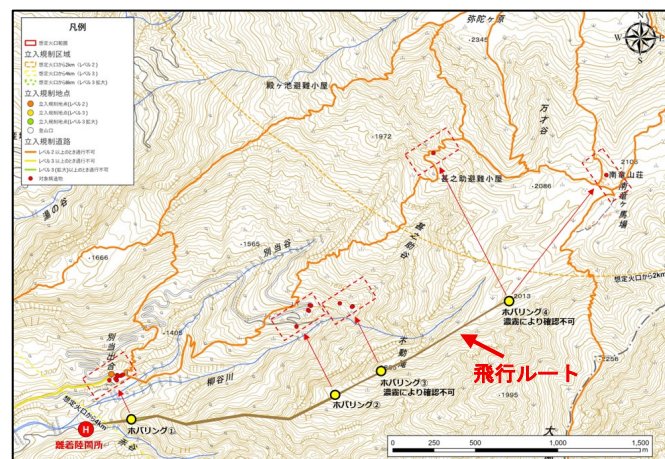


図-2 飛行ルート

表-1 使用した UAV

機体種別	マルチコプター
動力方式	ハイブリッド(バッテリー+エンジン)
機体名	AeroRange G4-S
メーカー	(株)エアロジーラボ
寸法	1,280mm
本体重量	12.7kg
飛行可能時間	200分(ペイロードなし)
通信	プロポ通信・LTE通信



図-3 ホバリング箇所①における撮影写真(デジタルズーム)

り返し地点まで標高差 900m を上昇し、往復 7km の飛行を達成した。約 30 分間のフライト(ガソリン消費量: 約 2kg・平地 130 分相当)において、安定に飛行を実現することができた。またハイブリッドドローンの標高 2000m 級の環境下においても運用が可能であることが確認され、平地では 100km 級の長距離飛行、山岳地では標高 2000m 級の飛行が可能なることにより、地形条件に対応した運用の可能性が示唆された。さらに、構造物の撮影を目的として 4 箇所でもホバリングを行い、撮影を実施した結果、ホバリング箇所③および④では、濃霧の影響により構造物の確認が困難であった。一方、ホバリング箇所①では、カメラズーム 1 倍において、別当出合休憩舎および石積みモニュメントを視認できた。また、デジタルズームを使用した場合には、図-3 に示すように確認対象とした構造物のうち 5 件を確認できた。ただし、デジタルズームによる構造物の確認は全体形状の把握に留まり、詳細な状況把握までは困難であったものの、構造物が火山灰により埋没したか否かの判定は可能であった。したがって、離隔距離約 300m、比高差約 50m の条件下において、既知の構造物高さを指標とすることで、降灰堆積の有無を確認できることが示された。また、ホバリング箇所②においては、離隔距離約 550m および比高差 50m の条件下で、最大デジタルズームを用いた場合でも、解像度が大幅に低下するものの、構造物高さ相当の降灰堆積の有無を判定可能な構造物が複数確認された。

### 3. UAV 搭載カメラによる降灰範囲の把握手法

#### 3.1 UAV 搭載カメラを活用した座標取得の精度検証

UAV 搭載カメラによる降灰範囲把握手法の適用性を検討するため、座標取得の精度検証を実施し、降灰堆積範囲の把握可能性について検討した。

#### (1) 検証概要

精度検証は手取川ダム天端において実施した。天端法面上に、5 箇所ターゲットを設置し、UAV 搭載カメラを用いて各ターゲット設置箇所の位置情報を計測した。また GNSS 測量機によりターゲット設置箇所の位置情報を取得し、UAV 搭載カメラにより取得した位置情報との比較を行うことで、座標取得精度の評価を実施した。検証条件として、離隔距離 500m において、対地高度 30m、50m、100m の 3 条件で計測を行った。

本検証では「Matrice 350 RTK(DJI 社)」を使用し、搭載カメラには「Zemuse H30T(DJI 社)」を用いた。同カメラは最長 3000m の計測が可能なレーザー距離計を備えており、焦点上の対象物の座標および高度、対象物と機体間の距離を同時に取得することが可能である。

表-2 座標取得検証結果

撮影高度	水平差異	垂直差異(m)
30m	約4~25m	約4m
50m	約4~24m	約4m
100m	約8~28m	約4m

#### (2) 検証結果

離隔距離 500m の地点より、高度 30m・50m・100m の各条件からターゲットを狙い、UAV 搭載カメラによる位置情報を取得した。取得した座標値を GNSS 測量機で測定した位置情報と比較した結果を表-2 に示す。水平誤差は、撮影高度 30m および 50m において約 4~25m 程度の範囲に留まった。しかし、高度を 100m に引き上げた際には、約 8~28m の誤差が生じ、僅かに誤差が増大する傾向が確認された。一方、垂直方向の誤差はいずれも 4m 程度であり、対地高度による差異は認められなかった。

## 4. おわりに

本研究では、白山火山噴火時の降灰調査を想定し、立入規制区域内を対象とした UAV による降灰厚把握手法の実証実験および降灰範囲把握手法の精度検証を実施した。

降灰厚把握を目的とした UAV による目視外自律飛行検証においては、ハイブリッドドローンにより標高差約 900m、往復約 7km の飛行が可能であり、標高 2000m 級の山岳環境においても安定した運用が確認された。また、UAV 搭載カメラを用いることで、離隔距離 300~550m の条件下において、構造物高さ相当の降灰堆積の有無を概略的に判定可能であることが示された。

一方、降灰範囲把握を目的とした UAV 搭載カメラを活用した座標取得の精度検証では、垂直方向で約 4m、水平方向で数 m~約 30m の誤差はあるものの、概略的な降灰範囲の把握が可能であることが確認された。また高度条件の違いによる誤差の顕著な差異は認められなかった。

以上より、本手法は噴火時における迅速かつ安全な降灰状況把握に有効であることが示された。