

焼岳噴火時における降灰厚等を把握するための UAV 飛行試験について

国土交通省 北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所 石井 崇、岡嶋 康子、真安 智大
 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○中家 健吾、池田 暁彦、河野 元、片山 小裕美
 国際航業株式会社 皆川 淳、金井 啓通

1. はじめに

降灰等を伴う噴火が発生した際には、その後の降雨により火山灰等の堆積に起因する土石流の発生が想定されるため、噴火後の降灰状況（降灰厚、降灰範囲等）を把握することが重要である。また、土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の着手を判断する上でも、迅速に降灰状況を把握する必要がある。しかし、火山活動が活発化した状況では、火山活動の影響とそれに伴う立ち入り規制により、火口周辺へのアクセスが困難になることが想定される。

一方、近年 UAV 等を用いた計測技術の進展は著しく、それらの新技術を火山噴火時の降灰厚調査等に活用することが期待できる。実際、UAV を用いた火山噴火時に立ち入りが困難となる範囲における降灰厚計測手法については、様々な研究が行われている。しかし、実際に火山周辺地域において UAV を用いた降灰厚調査試験を実施している事例は少なく、飛行ルートおよび離発着箇所選定等に関する知見は少ない。

筆者らは昨年、焼岳火山噴火時に立ち入り困難な範囲における降灰厚計測機器の設置による降灰厚の把握に資することを目的に、LPWA 通信試験を実施した。その結果、焼岳では地形や樹木等の遮蔽物により、通信が困難であることが判明した。

こうした背景を踏まえ、本研究では、焼岳火山噴火時に立ち入りが困難となることが想定される範囲を対象とした UAV の飛行試験により、得られた知見や課題について報告する。

2. UAV飛行試験の概要

2.1 飛行試験地について

焼岳は、岐阜県・長野県の県境に位置する、標高 2,455m の活火山であり、山体は開析が進んだ急峻な地形である。焼岳では噴火警戒レベル 2 で想定火口域から 1km、噴火警戒レベル 3 で想定火口域から 2km において立ち入りが規制される。

UAV により確認する目標地点は、明治時代の降灰実績から、土石流発生源となる上流域に 10cm の降灰が確認された足洗谷（流域面積 5.0km²）、岩坪谷（流域面積 6.9km²）、餌掛谷（流域面積 2.7km²）の内、上空から降灰マーカー等を確認できる可能性がある地上開度の大きい地点を選定した。なお、目標地点周辺は焼岳噴火時に立ち入りが規制されるため、立ち入り規制範囲外から UAV 等を飛行させることとした。

2.2 使用機体

UAV の機体の種類は大別して回転翼型と固定翼型があり、撮影目的、飛行距離、離発着場所の状況に応じて適切な機種を選定する必要がある。本試験では、離発着場所の選定に際しては地形的な制約があるため、垂直離陸が可能である回転翼型の UAV の中から、災害協定業者が保有する機体と同型の「DJI Matrice 300RTK」を選定した。

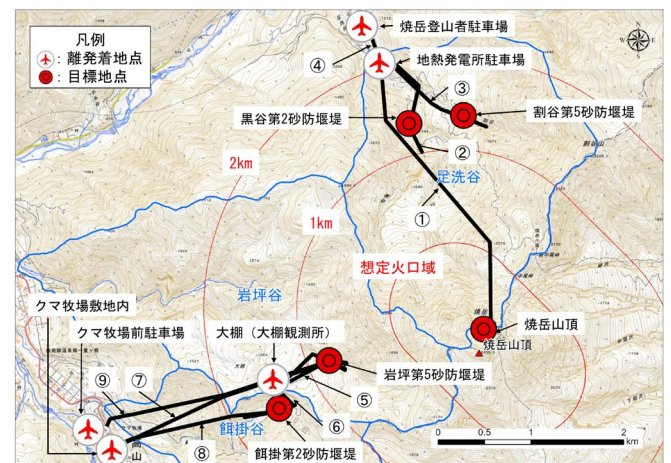
2.3 飛行試験の実施

2.1 で示した制約条件を踏まえて、UAV 離発着地点、目標地点および飛行ルートを選定した（表 2-1、図 2-1）。離発着地点は緊急時の飛行を想定し、立ち入り規制範囲外（想定火口域から 1km、2km 以遠）において、主要道からのアクセスが良く、地上開度が大きい地点を選定した。飛行ルートは離発着地点から目標地点までの見通しがきくルートを机上にて検討した上で、現地状況を踏まえて設定した。なお、ルート上に尾根等の遮蔽物が存在するルートもあるため、対地高度は 150m で飛行試験を実施した。

飛行試験時の天気は晴れ、風速は 1.0m/s 程度であった。なお、本飛行試験は目視外飛行となるルートが存在し、レベル 3 飛行に該当するため、補助員を配置した。また、対地高度 150m 以上を飛行するため、航空法に関する許可申請を行った。

表 2-1 飛行試験の離発着地点および目標地点

飛行ルート	UAV 離発着地点	目標地点	目的
①	地熱発電所駐車場	焼岳山頂	火口の確認
②	地熱発電所駐車場	黒谷第 2 砂防堰堤	降灰状況の確認
③	地熱発電所駐車場	割谷第 5 砂防堰堤	降灰状況の確認
④	焼岳登山者駐車場	割谷第 5 砂防堰堤	降灰状況の確認
⑤	大棚（大棚観測所）	岩坪第 5 砂防堰堤	降灰状況の確認
⑥	大棚（大棚観測所）	餌掛第 2 砂防堰堤	降灰状況の確認
⑦	クマ牧場敷地内	岩坪第 5 砂防堰堤	降灰状況の確認
⑧	クマ牧場敷地内	餌掛第 2 砂防堰堤	降灰状況の確認
⑨	クマ牧場前駐車場	岩坪第 5 砂防堰堤	降灰状況の確認



※図中の番号は飛行ルート番号

図 2-1 UAV 離発着地点および飛行ルート

3. UAV飛行試験結果と考察

UAV 飛行試験における確認ポイントは、(1)UAV が目標地点まで飛行可能か (2)上空から降灰状況等を確認することが可能かとした。

3.1 結果

UAV 飛行試験の結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 飛行試験結果

No	離発着地点	目標地点	結果	
			飛行の可否	降灰状況の確認
①	地熱発電所駐車場	焼岳山頂	○	○
②	地熱発電所駐車場	黒谷第2砂防堰堤	○	○
③	地熱発電所駐車場	割谷第5砂防堰堤	△	×
④	焼岳登山者駐車場	割谷第5砂防堰堤	△	×
⑤	大棚（大棚観測所）	岩坪第5砂防堰堤	○	○
⑥	大棚（大棚観測所）	餌掛第2砂防堰堤	○	○
⑦	クマ牧場敷地内	岩坪第5砂防堰堤	×	×
⑧	クマ牧場敷地内	餌掛第2砂防堰堤	×	×
⑨	クマ牧場前駐車場	岩坪第5砂防堰堤	×	×

○：可能 ×：不可 △：条件付きで可能

飛行試験の結果、飛行ルート①、②、⑤、⑥（以下、「飛行可能ルート」）では UAV の飛行が可能であることが確認された。これより、焼岳においては、緊急時に立ち入り規制範囲外（足洗谷では想定火口域から 2km 以遠、岩坪谷・餌掛谷では想定火口域から 1km 以遠）から UAV を用いて安全に火口の位置やその状況、噴火現象及び降灰状況が確認できることが期待される。

飛行ルート③、④、⑦、⑧、⑨（以下、「飛行困難ルート」）では目標地点までの途中でプロポと UAV の通信が途絶えたため、飛行は不可であることが確認された。

3.2 考察

(1) 飛行可能ルート

飛行ルート①においては、以下の理由により、目標地点まで飛行が可能であったと考えられる。

- ①離発着地点から焼岳山頂を目視することができ、縦断見通しが良く、かつ、離発着地点周辺に樹木等が少なく、フレネルゾーン内に遮蔽物が少ない状況が維持できた
- ②天気が晴れており、風も穏やかであり（風速 1.0m/s 程）、UAV 飛行に適した条件であった
- ③プロポと UAV の通信を途絶えさせないために、尾根沿いの飛行ルートを選定し、かつ、飛行高度を確保した（対地高度 200～450m）



図 3-1 飛行ルート①の飛行結果

飛行ルート②、⑤、⑥においては、岩坪谷、餌掛谷では噴火警戒レベル 2（想定火口域から 1km 以遠）、足洗谷では噴火警戒レベル 3（想定火口域から 2km 以遠）の規制範囲外から降灰マーカ設置位置まで UAV を飛行させることが可能であることが確認できた。

本飛行ルートも縦断見通しが良く、離発着地点周辺に樹木等は少なかった。また、離発着地点と目標地点との比高が小さく（100m ほど）、UAV の飛行高度が 2 地点間の比高より高かったため、飛行が可能であったと考えられる。

(2) 飛行困難ルート

目標地点まで飛行できなかった飛行ルートにおいては、以下の理由により、プロポと UAV の通信が途絶えたと考えられる。

- ①離発着地点周辺に樹木や尾根等があり、フレネルゾーン内に遮蔽物が存在した
- ②目標地点までの縦断見通しが良くない（離発着地点周辺に遮蔽物があり、目標地点の場所が把握できない）

以下に通信が途絶えた飛行ルートおよびその縦断図の例を図 3-2 に示す。

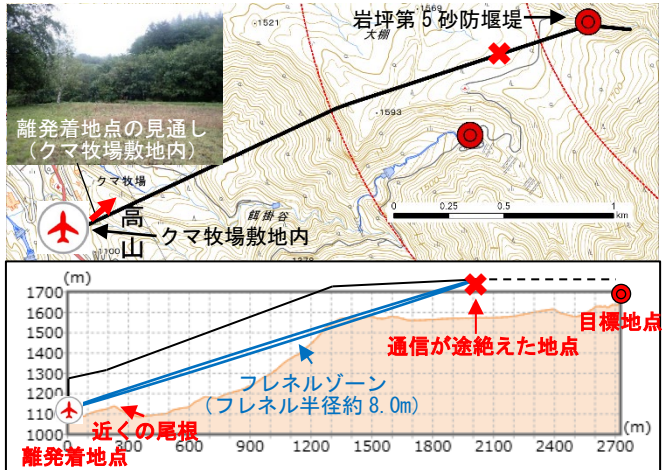


図 3-2 飛行困難ルートの飛行結果例

なお、飛行ルート③は離発着地点から目標地点までの間で通信が途絶えたものの、操作補助者を配置する（規制範囲内）ことで目的地まで通信が可能であることが確認された。しかし、本試験では操作補助者を規制範囲内に配置したため、緊急時の活用には課題が残る結果となった。

4. まとめ

本研究では、焼岳噴火時に立ち入りが困難となる範囲において、UAV を用いて上空から降灰状況等を確認することを目的に、UAV 飛行試験を実施した。その結果、以下の知見や課題が得られた。

- ・焼岳においては、尾根沿いに高高度（200m～400m）を保って飛行することで、山麓から山頂まで飛行させることが可能である
 - ・通信が途中で途絶えた飛行ルートについても、補助者を配置することで、目的地まで飛行が可能であるが、補助者の配置場所については課題がある
 - ・離発着地点近傍に尾根等の遮蔽物がある場合は、途中で通信が途絶え、飛行が不可になる
 - ・飛行ルートの選定については、UAV の高度を上昇させることで安定した通信が可能になるが、一方で風の影響が強くなる、被写体の画質が落ちる
- なお、本試験は航空法第 132 条の規制案件飛行である対地高度 150m 以上およびレベル 3 目視外飛行に該当する。上記の手続きは、申請に時間を要するため、緊急時に迅速に UAV を用いて降灰厚を調査するためには、平常時から関係機関と手続等に関して調整を行うことが望ましいと考えられる。

参考文献

家田ら（2021）：火山噴火時の立ち入り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、令和 3 年度砂防学会概要集