

## 焼岳噴火時における UAV を活用した降灰厚の調査方法について

国土交通省 北陸地勢整備局 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 ○片山 小裕美、池田 暁彦、河野 元、中家 健吾  
 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。

一方で、近年無人航空機（以下、UAV）に関わる技術進歩は著しく、それらの新技術を火山噴火時の降灰厚把握調査等に活用することが期待されている。

「火山噴火時に立入困難となる区域を調査するための技術手法に関するマニュアル（実事例および計画検討編）」（国土交通省 砂防部、令和5年3月）では、UAVなどの新技術を用いた降灰厚把握のための検討手法が示された<sup>1)</sup>。

国土交通省などの砂防関係部局ではUAVを用いて、火山噴火時や噴火警戒レベルにより立ち入り困難となる流域内における降灰厚を計測する手法について様々な研究が行われている<sup>2)</sup>。しかし、実際に火山周辺地域において飛行試験を実施している事例は少なく、降灰厚が計測可能な条件などに関する知見は少ない。

本研究では、火山噴火時に立ち入りが困難となることが想定される焼岳周辺地域に、UAVの試験飛行を実施し、実際に撮影された映像・画像から降灰厚の計測が可能か検証を行ったので報告する。

## 2. UAV 飛行試験の概要

本研究では、焼岳を源頭とする足洗谷流域を対象に、UAVにより得られた映像・画像から現地に設置された降灰マーカーを用いて降灰厚が計測可能かどうかの視認性試験を行った。本試験では降灰厚が計測可能なカメラの仕様や、対地高度などの飛行条件について確認した。

## 2.1 試験地域の概要

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。

試験地域は、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5.0km<sup>2</sup>）である。降灰マーカーは、当該範囲内に位置し、上空から確認できる場所として、割谷第5砂防堰堤下流の林道に設置されている左岸コンクリートブロック上に設置した（図-1上部）。

## 2.2 試験方法

火山噴火時に立ち入りは困難になることが想定される焼岳周辺地域で降灰厚を計測することを想定し、

災害協定業者が保有する機材と同じ機材である DJI Matrice300RTK を使用し試験を行った。割谷第5砂防堰堤下流の林道を離発着地点とし、その場でUAVを垂直に上昇させ、降灰マーカーの撮影を行った。降灰マーカーは、UAVにより上空から降灰厚を計測するためのスケールである。降灰マーカーの高さは国土交通省の緊急調査に着手判断の1つである火山灰堆積厚1cmを考慮し、1cm・2cm・3cmごとに色と形状の異なるマーカーを設置し、それを3列配置した（図-1下部）。



図-1 試験位置図と試験で使用した降灰マーカー

試験で使用するカメラはズーム機能が無い「ZENMUSE P1」とズーム機能を有する「ZENMUSE H20T」の2種類を準備した。ズーム機能が無いZENMUSE P1は、光学ズーム1倍の1ケース、ズーム機能を有するZENMUSE H20Tは、光学ズーム2倍、5倍、10倍、20倍の4ケースで試験を行った。対地高度は80m、100m、150mの3ケースで、対地高度毎に光学ズーム5ケースで試験を行った。カメラ画角については、任意で設定した。

UAV 情報と試験実績については、表-1に示す。

表-1 UAV 機体情報と試験実績

| 使用機体  | DJI Matrice300RTK |                   |
|-------|-------------------|-------------------|
| カメラ   | P1<br>(ズーム機能なし)   | H20T<br>(ズーム機能あり) |
| 光学ズーム | 1倍                | 2倍、5倍、10倍、20倍     |
| 対地高度  | 80m、100m、150m     |                   |
| カメラ画角 | 任意に設定             |                   |

### 3. UAV 飛行試験の結果

#### 3.1 ZENMUSE P1 飛行試験結果

ズーム機能が無いZENMUSE P1の視認性試験結果を図-2に示す。

対地高度150mの場合、降灰マーカの確認はできたが、形・色の判別をすることは困難である。対地高度80mの場合、3cmの降灰マーカの確認はできたが、1cm・2cmの降灰マーカの形・色の判別は困難である。

このことからZENMUSE P1で撮影された空中写真から降灰厚の計測は困難であることが明らかとなった。

| 対地高度 80m                                                                          | 対地高度 100m                                                                         | 対地高度 150m                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ×                                                                                 | ×                                                                                 | ×                                                                                 |
|  |  |  |

○：判別可能 ×：判別不可能

図-2 視認性試験結果 (ZENMUSE P1)

#### 3.2 ZENMUSE H20T 飛行試験結果

ズーム機能を有するZENMUSE H20Tの視認性試験結果を表-2に示す。降灰マーカの形・色の判別可能であることが確認された。降灰マーカの形・色が判別可能な条件は以下である。

- 対地高度80mの場合：5倍ズーム以上
- 対地高度100mの場合：5倍ズーム以上
- 対地高度150mの場合：10倍ズーム以上

表-2 視認性試験結果 (ZENMUSE H20T)

| 光学ズーム | 対地高度 80m | 対地高度 100m | 対地高度 150m |
|-------|----------|-----------|-----------|
| 2倍    | ×        | ×         | ×         |
| 5倍    | ○        | ○         | ×         |
| 10倍   | ○        | ○         | ○         |
| 20倍   | ○        | ○         | ○         |

○：判別可能 ×：判別不可能

ZENMUSE H20Tの視認性試験結果より、対地高度の比較を行った。降灰マーカの形・色の判別が可能である20倍ズームで比較した。対地高度150mともに、降灰マーカの形・色を判断することが可能であった。対地高度を80mまで降下することで対地高度150mに比べより鮮明な空中写真を取得できることが確認された(図-3)。

光学ズームによる比較を行った。対地高度は先ほどの結果より、鮮明な空中写真が取得できる対地高度80mで比較した。2倍ズームの場合、降灰マーカの認識は可能であるが、降灰マーカの形・色を空中写真から判別することは困難である。20倍ズームの場合、3種類すべての降灰マーカの形・色の判別が可能であることが確認された(図-4)。

以上の結果から、ZENMUSE H20Tを使用した場合、撮影された空中写真から降灰厚の計測は可能であった。より鮮明な画像を取得するには、対地高度は低く、かつ高倍率で撮影する必要がある。

| 対地高度：150m                                                                          | 対地高度：80m                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 光学ズーム：20倍<br>カメラ：H20T                                                              | 光学ズーム：20倍<br>カメラ：H20T                                                               |

図-3 対地高度による撮影写真の比較

| 光学ズーム：2倍                                                                           | 光学ズーム：20倍                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 対地高度：80m<br>カメラ：H20T                                                               | 対地高度：80m<br>カメラ：H20T                                                                |

図-4 ズーム機能による撮影写真の比較

### 4. おわりに

本研究では、焼岳が噴火した際、立ち入りが困難となることが想定されている流域内で、UAVを用いて撮影された映像・画像により降灰厚の計測が可能か検証を行った。

その結果、ZENMUSE P1のカメラを使用し対地高度80mで撮影された空中写真から3cmの降灰マーカを確認できた。一方、ZENMUSE H20Tのカメラでズーム機能を使用して撮影された空中写真は、降灰厚の計測が可能であった。計測可能な条件として、光学ズームを対地高度150mの場合10倍ズーム以上、対地高度80m・100mの場合5倍ズーム以上使用することで計測可能であることが明らかとなった。計測精度を高めるためには、対地高度は低く、光学ズームを高倍率で撮影することが望ましい。一方で、計測可能な画像の取得であれば、対地高度150mからズーム機能を使用して撮影した空中写真から計測可能であることが明らかになった。

今回の試験では、見通しの良い地点で試験を行い、降灰厚の計測に最適な撮影条件として対地高度を低くし高倍率で撮影することが最適な条件であった。今後焼岳で運用していくにあたり、見通しの悪い場所や樹木・地形の影響を受ける計測地点が出てくるのが想定される。噴火時においても円滑な対応を可能にするため、予め飛行試験を行い各計測地点にて降灰厚の計測が可能か検証を行うことや最適な対地高度と光学ズーム倍率を把握しておくことが望ましい。

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省 砂防部 (2023)：火山噴火時に立入困難となる区域を調査するための技術手法に関するマニュアル(実事例および検討編)，火山噴火緊急減災対策計画策定ガイドライン，別冊
- 2) 前寺ら (2019)：UAVを活用した火山灰堆積厚の計測手法の検討，2019年度砂防学会研究発表会概要集