

## 火山噴火時の立入困難区域の降灰厚調査技術に関する現地検証—桜島における検証事例—

国際航業株式会社 ○三浦元気, 皆川淳, 島田徹, 永田直己, 金井啓通  
工学院大学 羽田靖史, 筑波大学 永谷圭司, 北海道大学 厚井高志, 東京農工大学 白木克繁

## 1 緒言

火山噴火に伴う降灰後には少量の降雨でも土石流の発生リスクが増加するため、土石流発生域での降灰状況を把握することが必要である。特に土石流の発生への影響が大きいと考えられる火山灰の堆積厚を定量的に調査することが重要である。著者らは火口近傍の立入困難区域内において降灰厚を定量的に調査する技術の開発および社会実装に向けた取り組みを進めており、その中で、降灰厚計測デバイスや降灰スケールについて、現地検証を実施した（各技術の詳細は後述）。

降灰厚計測デバイスには新燃岳2025年噴火（往復3.4 km）<sup>1)</sup>で立入困難区域をルートに含む運搬実績があるが、社会実装に向けて、環境の異なる他火山でも同様の検証を行うことが望まれる。

また、降灰厚を定点観測することを目的とした降灰スケールの運用には、視認可能離隔や降灰スケールの色調のほか、地表面の色調にも着目して視認性検証を行う必要がある<sup>2)</sup>。

これらを踏まえ、著者らは火山活動が活発な桜島において、降灰厚計測デバイスの長距離運搬試験や降灰スケールの運搬および視認性検証を実施した。その結果、立入困難区域を経由しつつ、これまでの実績（往復4 km）<sup>3)</sup>を上回る距離で降灰厚計測デバイスを運搬することに成功した。また、降灰スケールをUAVで視認するための斜距離等の条件を把握し、降灰スケールで降灰厚を把握する際の留意点を明らかとした。以上を踏まえ、緊急調査における立入困難区域内の降灰厚把握に本技術を実装するための取組を継続する。

以下、各技術の現地検証の手順、詳細な結果および検証で明らかになった運用上の課題・留意点を述べる。

## 2 検証フィールド、使用機材および検証方法

## 2.1 検証フィールド

本試験は桜島東部、黒神川流域の砂防指定地内およびその上流域で実施した。

なお、桜島は令和7年10月（実証試験実施時）時点で噴火警戒レベル3である。火口から2 km圏内は噴石及び火砕流のおそれがあるため、立入困難区域となっている。

## 2.2 使用した主な機材

## 運搬用UAV

DJI社のFlyCart30を使用した。

## 降灰厚計測デバイス（図1）

UAVにより降灰後の立入困難区域の調査地点に運搬・接地後、降灰をブラシにより除去し、その前後の形状をLiDARカメラにより撮影することで降灰厚を計測するデバイスである。

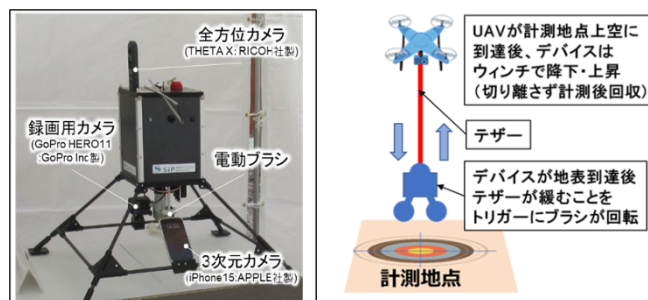


図1：降灰厚計測デバイス

## 降灰スケール（図2）

大きさと色調の異なる正四面体で、降灰前に地表に投下し、降灰後に視認できる色調から降灰厚を把握するものである。<sup>3)</sup>



図2：降灰スケール

## 2.3 降灰厚計測デバイスの長距離飛行試験および立入困難区域での運搬試験の検証方法

立入困難区域外を離陸し、同区域を経由して離着陸地点に戻るルートで降灰厚計測デバイスを運搬した（往復6 km, 比高300m）。途中、降灰厚計測デバイスを着地させ、デバイスを稼働させた。このフライトを2回実施した。なお、本実証試験においては、安全上の理由からデバイスの着地は立入困難区域外にて実施した（図3）。

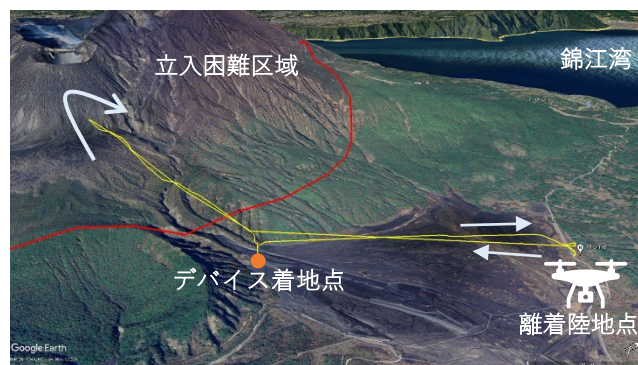


図3：降灰厚計測デバイス運搬試験のコース

## 2.4 降灰スケールの設置及び視認性検証

運搬用UAVによる降灰スケールの運搬・設置、ならびに撮影用UAVによる視認性の検証を実施した。

降灰スケールの視認性検証は2パターン実施した。1つ目は、FlyCart30で設置したのち（写真1）、空撮（撮影機材：Matrice30T）を実施した。もう1つは、手動で降灰スケールを設置し、一部のスケールに火山灰を

散布したのち、空撮を実施した。どちらのパターンでも斜距離を変えながら空撮を実施した。



写真 1：FlyCart30 による降灰スケール設置状況

### 3 結果と考察

#### 3.1 降灰厚計測デバイスの長距離飛行試験および立入困難区域での飛行試験

桜島の昭和火口から約 1 km の地点まで、往復 6 km、比高約 300m の運搬に 2 回成功した。途中のデバイス稼働は、1 回目の飛行では確認できなかったが、2 回目の飛行では確認できた。これにより、噴火中の火山における立入困難区域内へデバイスを運搬した上、道中でデバイスを稼働させることが可能であることが確認された。

また、1mm/h 程度の小雨が降る場面もあったが、飛行の安全やデバイスの稼働には影響はなかった。

1 回目の飛行ではテザーの絡まり（写真 2 左）によりスイッチが押されなかったことが原因でブラシが回転しない事象が生じた。運用の際には、飛行開始前にテザーの絡まりがないかを確認する必要がある。

さらに、デバイスを稼働させた地点の土砂が硬いため（約 17kgf/cm<sup>2</sup>；山中式土壌硬度計で計測）、ブラシが土砂をほとんど除去できず、1 cm 程度の深さにとどまった（写真 3 右）。このことから、固化した火山灰では正確な降灰厚計測が困難であることが想定されるため、デバイスの改良が望まれる。



写真 2：降灰厚計測デバイスの課題点

#### 3.2 降灰スケールの視認試験

1.5 km 離れた地点に降灰スケールを運搬・設置することに成功した。

スケール同士が密に置かれた場合、明るい色のスケールが重なると輪郭が不明瞭になった。（写真 4 左）。スケールが地表面と比較して著しく明るく、露出過多になった結果、カメラがスケール同士の境界を捉えられなかったものと考えられる。

スケール同士の間隔が確保されている場合、高さ 1 cm のスケールを最大 135m の斜距離（地上解像度：0.14cm）で識別することができた（写真 4 右）。

したがって、黄色など明るい色の降灰スケールについては、スケール同士が極力離れるように設置することで視認性が向上すると考えられる。



写真 3：降灰スケール視認試験結果

また、今回の検証では手動で散布した際には確認されなかったが、降灰スケールにマントルベディングで火山灰が堆積する可能性があるため、そのような場合での視認性視認性検証も望まれる。

### 4 結論

本検証の成果と各技術の課題・留意点は次のとおりである。

#### 成果

- 火山活動が活発な桜島において、立入困難区域内でも降灰厚計測デバイスの運搬・計測が問題なく行えることが確認された。この時の運搬実績は、往復 6 km、比高 300m であった。

- 1mm/h 程度の小雨でも降灰厚計測デバイスの運搬・計測には支障なかった。

- 1.5 km 離れた地点まで降灰スケールを設置することができた。

- UAV を用いて高さ 1 cm の降灰スケールを斜距離 135m で視認することができた。

#### 課題・留意点

- 降灰厚計測デバイスの運搬前に、スイッチ部分にテザーが絡まっていないか確認してから飛行させる点に留意する。

- ブラシが固化した火山灰をほとんど除去できないことが想定されるので、デバイスの改良が望まれる。

- 黄色など明るい色のスケールは、スケール同士を極力離して設置することで視認性を向上できると考えられる。

#### 謝辞

本研究は内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」JPJ012187（研究推進法人：土木研究所）によって実施されました。

また本検証の実施にあたり、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所様には検証実施場所をご提供いただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 国際航業ほか（2025）：日本火山学会講演予稿集，59
- 2) 金崎ほか（2017）：H29 砂防学会概要集，226-227
- 3) 皆川ほか（2025）：R7 砂防学会概要集，373-374