

立入困難地域における降灰厚計測機器開発と浅間山の調査計画への適用

国際航業株式会社 ○皆川淳, 金井啓通, 永田直己, 島田徹
 工学院大学 羽田靖史 筑波大学 永谷圭司
 国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所 大坂剛 須藤利夫(※) 村田友幸
 エアロセンス株式会社 佐部浩太郎 今井清貴
 ※現 国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所

1. はじめに

火山噴火時は、火山灰等の堆積により土石流が発生しやすくなるため、溪流の降灰状況を迅速に把握する必要がある。しかし、安全性から火口周辺は立ち入り困難となるため、火口近傍に源頭部をもつ溪流は、遠隔からの降灰状況把握が求められる。一方、近年は無人調査技術の開発が進められており、①事前に降灰マーカーを設置し UAV で確認する手法¹⁾、②UAV で計測機器を設置して遠隔から計測する方法²⁾、③UAV によりデバイスを運搬し降灰厚を直接計測する手法³⁾などがある。また、火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（令和5年3月）別冊『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』（以下、技術マニュアル）により、立入困難区域内の調査計画の立案方法が示されている。著者らは、R5年度より浅間山にて技術マニュアルに準じた調査計画の立案を行っており⁴⁾、本年度は戦略的イノベーション創造プログラム「スマートインフラマネジメントシステムの構築」（以下、SIP）により開発が進められている降灰厚計測デバイスの改良型の適用性について検証試験等を実施し、同火山で立案されている緊急調査計画への反映を行ったので報告を行う。

半径0kmは立入規制区域(噴火警戒レベル2で2km、同3で4km)

2. 調査計画検討の流れと更新について

調査計画は、R5年度に以下の流れで検討している。

- I. 放射形状メッシュを火口圏2kmと4kmに設定し各メッシュで概ね1点以上の調査地点を配置し、降灰計測が可能な機器設置適地について整理(図1)。
- II. 現地調査結果を踏まえて各機器設置適地で実施可能な手法や、使用する UAV、飛行ルート等を整理。
- III. 放射形状メッシュ8方位について、調査計画図や調査工程表からなる調査計画資料を作成。

浅間山の規制区域内で調査地点は19地点を計画しており、R5年度は3地点を降灰厚計測デバイスによる計測を予定していたが、R6年度の軽量化と現地検証により火口に近い地点を含む8地点に増やす等の更新を行った。

- 検証①：無人降灰計測機の運搬計測試験
 検証②：垂直離発着型 UAV による降灰マーカー視認試験

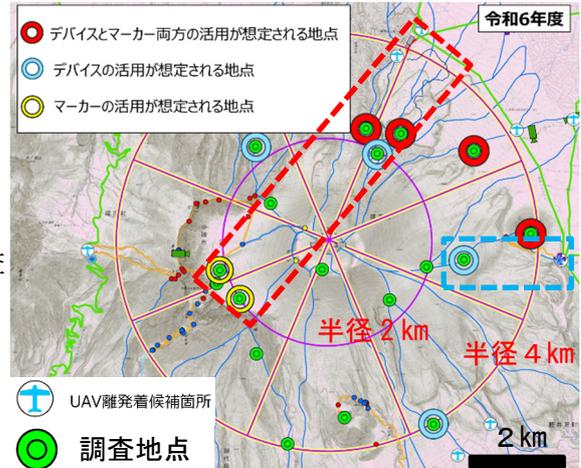


図-1 調査計画図及び実験位置 (実験①は青枠、実験②は赤枠で実施)

3. 現地検証①: 無人降灰厚計測機の運搬計測試験 (図-1 青枠内で実施)

無人降灰厚計測機は、R5年度と同様に降灰厚計測デバイスを使用した。同デバイスは、UAVにより降灰後の立入困難地域の調査地点に UAV より運搬・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機構を有する (SIP より開発)。R5年度の検証実験では、運搬や操作に課題があったため、デバイスの軽量化 (R5年度 5.5 kg⇒R6年度 3.8 kg) や、スマートフォン適用による操作性向上を図った (SIP により実施) 機体を使用した。また、デバイス運搬に UAV 用ウインチを活用し、運搬設置の安定性を向上させた。以下に、デバイスや活用技術の概要を示す。

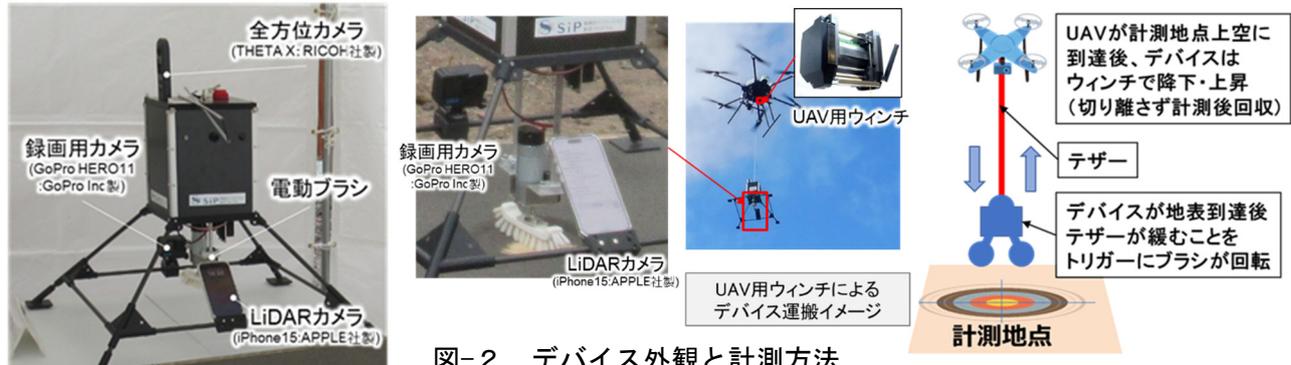


図-2 デバイス外観と計測方法

上記の降灰厚計測デバイスによる現地検証試験を小浅間山周辺 (図-1 青枠内) で実施し、適用性および調査時の課題を抽出した。

結果、UAV による降灰厚計測デバイスの運搬実績として往復 4km (片道 2km)、比高差 600m を達成することができた。また、遠隔地運搬時に降灰厚計測デバイスの自動計測が実施可能であることが示された。一方で、デ

バイス運用時には、強風の影響により、地表に向かって降下中の機体挙動が不安定になること（耐風速性能10m/sのUAVの場合）、ウインチによる吊り下げ接地時に計測実施地点がずれる可能性があること等が課題として示された。

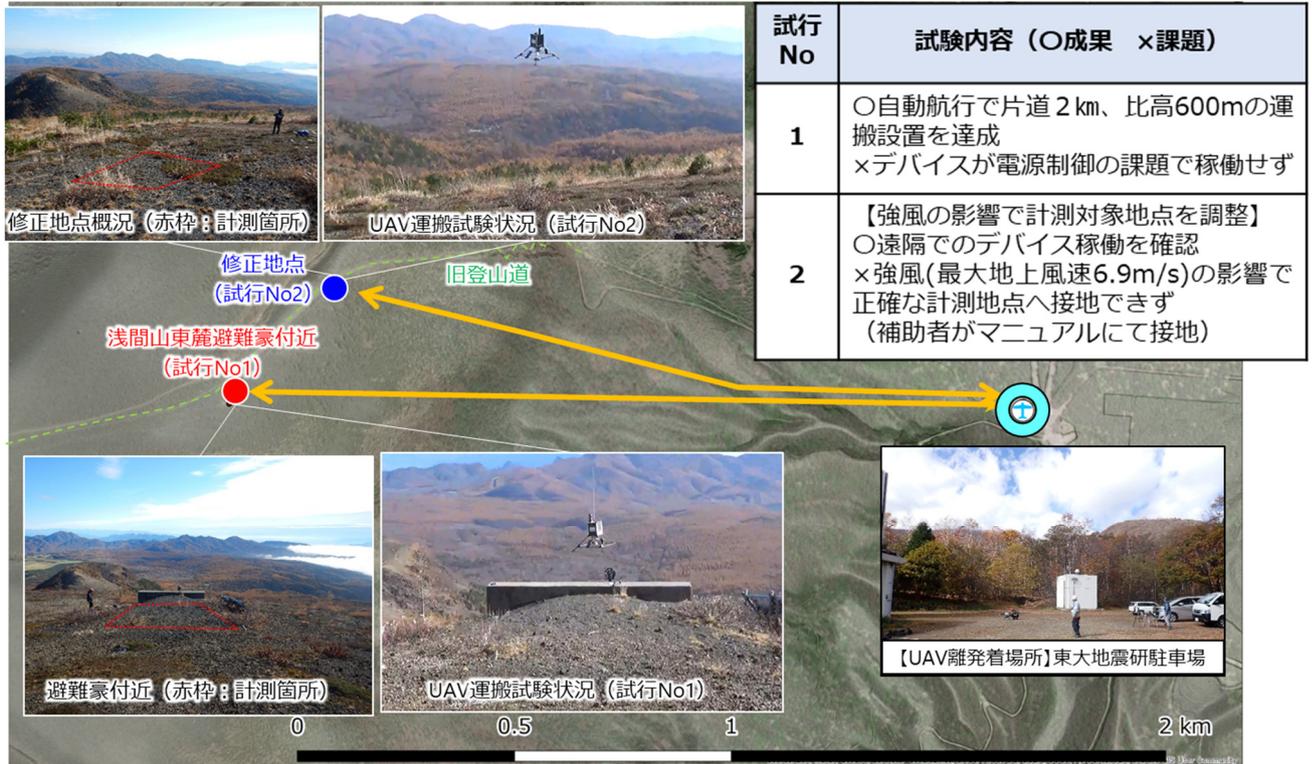


図-3 実験①の実施地点と結果概要

4. 現地検証②: 垂直離発着型(VTOL型)UAVによる降灰マーカー視認試験(図-1赤枠内で実施)

長距離航行可能なVTOL型UAVを用いて、立入困難区域外から山頂近傍に設置した降灰マーカーの視認性を検証した。UAVは、R5年度と同様に日本国内で開発製造されるエアロセンス社製エアロボウイングを使用した。一方、R5年度に対地高度150mで降灰マーカーの視認が困難であったことから、搭載カメラは、過年度よりも地上解像度が高いカメラ(図-5)を使用した。試験の結果、今回検討した飛行ルート(最大飛行距離: 23km 比高差: 800m)において、ほとんどの地点で降灰マーカーの形状・色を空撮写真から判読可能であることが確認できた。

項目	(R5使用カメラ) UMC-R10C (SONY製)	(R6使用カメラ) ILX-LR1 (SONY製)
センササイズ	23.2×15.40mm	35.7×23.8mm
有効画素数	2,000万画素	6,100万画素
焦点距離	16mm	35mm
地上解像度	高度110m時 2.9cm/px	高度110m時 1.2cm/px

図-4 カメラ性能の比較

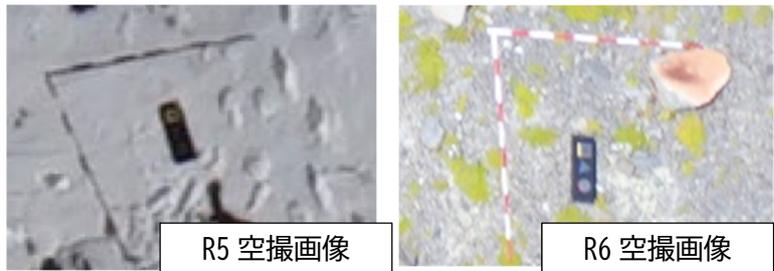


図-5 J-バンド崖下空撮画像(左: R5年撮影 右: R6年撮影)

5. 今後の課題

計画の実行性を向上するためには、継続的に最新の技術やUAVを活用した実証実験を行い計測可能な地点を増やすことに加えて、平常時から、最新技術を活用することを想定した机上演習や災害協定業者を含めた現地訓練等を継続的に実施して、地域全体の災害対応力を向上させる仕組みを構築する必要がある。

【謝辞】本研究の一部は、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。

【参考文献】1) 堤ら(2019), UAVを用いた火山灰堆積状況および浸透能の概略把握の試み(その2), 令和元年度砂防学会研究発表会概要集, P-165 2) 家田ら(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)”, 令和元年度砂防学会研究発表会概要集, R12-006 3) 羽田ら(2022), “火山噴火時を想定した規制区域内の降灰厚計測手法の開発と検証”, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, P1-8 4) 皆川ら(2024), 立入困難地域における最新技術を用いた調査計画検討事例, 令和6年度砂防学会研究発表会概要集, P-8