

噴火警戒レベル上昇時の砂防施設点検を見据えた長距離飛行 UAV による実証試験

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
 アジア航測株式会社

○若松 海, 梶原 あずさ, 高橋 秀明, 西村 直記,
 滝川 正則, 佐々木 寿, 江川 香, 杉下 七海

1. はじめに

利根川水系砂防事務所 (以下, 利根砂防) の管内には5つの活火山があり, そのうち浅間山, 草津白根山および日光白根山は気象庁により24時間体制で監視が行われる常時観測火山である。常時観測火山には噴火警戒レベルが設定されており, レベルに応じて立入規制範囲の設定等の防災行動が定められている。立入規制が行われる可能性がある範囲内には利根砂防が管理する砂防施設 (以下, 施設) が存在しており, 火山活動が活発化した緊急時は施設へ近接した点検ができなくなる。このため, 点検者が施設に近づくことなく概況を把握可能な無人航空機 (以下, UAV) の活用が期待される。

本稿では, UAV による活火山周辺の施設および溪流の概略把握を目的として実証試験の結果を報告する。

2. 実証試験の実施計画

本試験では, 噴火警戒レベルの上昇時における立入規制範囲外からの緊急点検を想定し, 施設や溪流, 周辺の地形状況の概略把握を目的とした。実施場所は, 立入規制範囲内に施設がある浅間山および草津白根山を選定した (図 1, 図 2)。なお, 浅間山は噴火警戒レベル 3 において, 草津白根山は噴火警戒レベル 4, 5 において, 立入規制範囲内の施設に近接できなくなる。

浅間山の飛行ルートは, 片蓋川や東泉沢の既設の施設だけでなく, 新規施設が計画されている東麓～北麓の複数溪流を横断して溪流状況を確認可能なルートとした。草津白根山は, 谷沢川～振子沢の溪流沿いのルートとし, 溪流内の施設や溪流状況を確認できる飛行ルートとした。両箇所ともに離発着場所は立入規制範囲外に設定した。なお, 今後の運用場面では監視者を配置しない飛行を想定しているが, 本試験では監視者を配置したうえで目視外自律飛行を行う計画とした。

3. UAV 機体の選定

本試験の飛行距離は, 浅間山で片道 7km 程度, 草津白根山で片道 3km 程度と長距離の飛行計画であるため (図 1, 図 2), 通信距離による制限を受けずに操縦可能な UAV を選定する必要がある。いずれの飛行ルートも LTE の通信範囲内であることから, 本試験では LTE 通信に対応した UAV として, エアロセンス社のエアロボウイングおよび Parrot 社の ANAFI Ai を選定した (表 1)。垂直離着陸 (VTOL) 型固定翼機のエアロボウイングは, 高速で長距離飛行できることから片道 7km の浅間山, 回転翼機の ANAFI Ai は機動性が高いことから, 狭窄な谷地形を飛行する草津白根山で使用することとした。



図 1 実証試験実施箇所 (浅間山)



図 2 実証試験実施箇所 (草津白根山)

表 1 実証試験に使用した UAV

機体	エアロボウイング (エアロセンス社)	ANAFI Ai (Parrot 社)
実施箇所	浅間山	草津白根山
写真		
形式	VTOL 型固定翼・ 中型機	回転翼・小型機
サイズ (mm)	2,130×1,200×450	320×440×118
重量	9.2 kg	0.898 kg
特徴	・高速飛行により長距離飛行が可能 ・カメラの付替可能	・小型かつホバリング可能で機動性が高い ・持ち運びが容易

4. 実証試験の実施結果

浅間山で実施した長距離飛行（総飛行距離：約 16.5km，飛行時間：約 15 分）は、動画撮影による周辺状況の把握および静止画（約 600 枚）による垂直撮影を行った。草津白根山で実施した長距離飛行（総飛行距離：約 7km，飛行時間：約 20 分）は、動画および静止画（約 400 枚）により、上流へ飛行する際は斜め撮影，下流へ飛行する際は垂直撮影を実施した。なお、いずれの試験もトラブル等なく、飛行計画に基づく飛行が問題なく完遂できた。

いずれも対地 100～150m 程度の飛行により、浅間山では山麓の土砂移動の流下～堆積区間の状況（図 3）を、草津白根山では飛行経路下の溪流や施設の様相（図 4）を広く把握できた。また、撮影した動画および垂直写真により施設周辺の概況が確認でき、さらに、写真画像を拡大することで、施設形状まで詳細に把握できた。



図 3 UAV 撮影動画キャプチャ（浅間山）



図 4 UAV 撮影写真（草津白根山）

5. 撮影データの利活用

本試験結果より、緊急時の初動対応として求められる概況把握（土砂の堆積や侵食，施設の破損など大きな変化状況の確認）は、本手法を用いることで効率的に実施可能であると考えられる。一方で、土砂流出やそれに伴う施設損傷があった場合にはその規模を定量的に把握することが望まれる。

定量的な把握を行うために撮影した垂直写真をもとにオルソ画像（図 5）および三次元モデル（図 6）を作成した。オルソ画像は GIS 上に展開することにより、航空写真や LP データとの比較，変状の位置の把握が可能である。また、三次元モデルにより施設の損傷や周辺地形の崩壊等の規模を定量的に計測できる。本試験で得られた三次元モデル（図 6）は、設計

図面の天端幅 3.5m に対して 1%未満（2cm 程度）の誤差で計測でき、本試験で取得した比較的高高度からの写真でも緊急時に規模を把握するうえでは十分な精度の三次元モデルを作成することができた。三次元モデルのデータ処理は写真選定を含め 1 時間程度で完了し、迅速にデータを取得できる。さらに、平時からこのようなデータを取得しておけば、緊急時に取得したデータと差分解析することで、地形変化量を迅速かつ定量的に把握することも可能である。

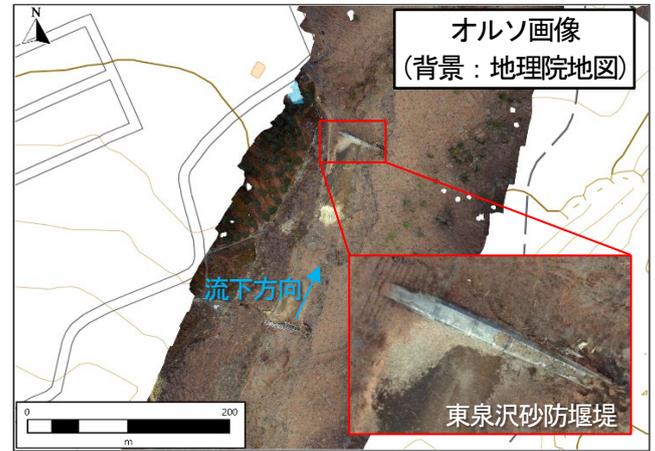


図 5 垂直撮影写真より作成したオルソ画像

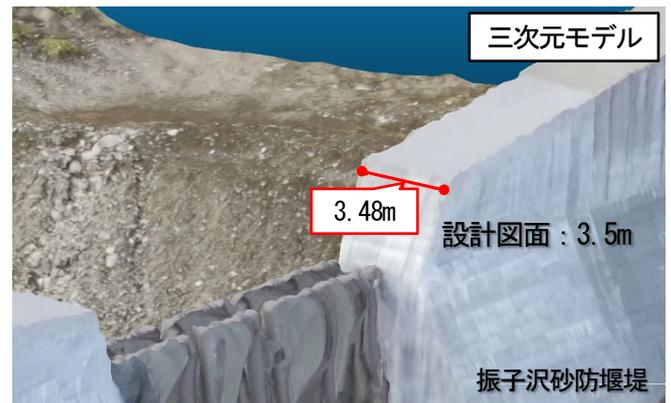


図 6 撮影写真より作成した三次元モデル

6. まとめ、展望

本稿では、利根砂防管内における活火山周辺の施設を対象とし、噴火警戒レベル上昇時に立入規制区域外からの点検を想定して、概略把握を目的とした UAV による試行点検を浅間山と草津白根山で実施した。さらに、撮影した画像から作成したオルソ画像や三次元モデルにより、過年度測量成果との比較や施設の計測を行い、定量的な施設・溪流状況の把握についても検討し、緊急時の対策を検討する上で重要となる情報を迅速に取得できることを確認した。

本試験では監視員を配置したが、緊急時は同様に配置することが難しいため、監視員を配置せず目視外での長距離飛行が可能レベル 3.5 制度の活用も重要である。また、本試験の計画はいずれも国立公園内や国有林内の飛行であることから、事前の申請や調整を要する。緊急時に本試験の計画に基づく点検を迅速に実施するためには、申請・調整や体制等の運用方法についても今後検討する必要がある。