

UAV に搭載したカメラを活用した降灰範囲の把握および UAV による降灰マーカの運搬設置に関する実証試験

国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所 矢野敦久, 井上遥
日本工営(株) ○田方智, 新蔵千沙都, 佐野泰志

1. はじめに

火山噴火の発生に伴い、土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施する際には、火山灰等の堆積状況を確認する降灰調査を行う。降灰調査では、ヘリによる降灰範囲の把握や人力による調査等が実施される。ヘリによる降灰範囲の把握では、明瞭な火山灰等の堆積範囲を調査するが、経験の少ない職員が堆積範囲(境界線)を図面上に手書きすることは容易ではない。迅速かつ効率的に降灰範囲を把握するため、図-1 のように UAV に搭載されるカメラを用いて座標を複数取得することで、降灰範囲の境界線を把握する手法を検討した。また火山灰厚さを UAV カメラや固定カメラで測定できる降灰マーカの設置等を行うことが想定される。降灰マーカは、人力による運搬・設置を基本としており、継続的に噴火を引き起こす火山や離島火山においては、噴火時の立入禁止区域の設定や安全上の課題により人が立ち入れないことが想定されるため、設置が困難となる状況が想定される。

本稿では、降灰範囲を把握することを目的とした UAV に搭載したカメラを活用した座標取得の精度検証および UAV による降灰マーカの運搬・設置の現地検証を実施した。

2. 座標取得の精度検証

2.1 座標取得検証の概要

現地検証は桜島黒神川の管理用道路にて実施した。管理用道路の法面において、図-2 のように座標を取得するターゲットを設置し、UAV カメラにてターゲットの位置座標を計測した。UAV による座標取得点の計測条件は表-1 とした。UAV は Matrice 300 RTK (DJI 社)を使用し、カメラは Zenmuse H20T (DJI 社)を使用した。搭載されているレーザー距離計は、最大 1200m の範囲内で、対象物までの距離を測定することが可能である。また、計測点の精度評価のため、GPS 計器でターゲット設置箇所の座標を取得し、UAV カメラによる取得座標との比較を行った。

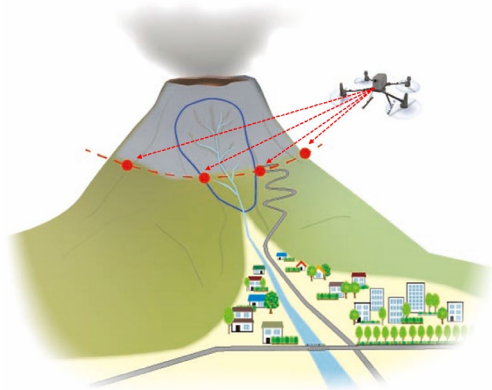


図-1 UAV 搭載カメラによる座標取得のイメージ

表-1 検証ケース

検証	離隔距離	対地高度
①	500m	50m
②		100m
③	1000m	50m
④		100m



図-2 ターゲット設置状況

2.2 座標取得結果

離隔距離 500m および 1000m において、それぞれ高度 50m と 100m の距離からターゲットを狙い、UAV カメラにより座標を取得した。取得した座標を GPS 計器で測定した座標と比較した。

(1) 離隔距離 500m

離隔距離 500m において、取得した座標と GPS 計器で測定した座標との比較結果を図-2 に示す。離隔距離 500m では、座標取得箇所の背後に座標がずれているケースが多く、飛行高度 50m は約 1~12m の誤差、飛行高度 100m は約 4~10m の誤差が生じた。

(2) 離隔距離 1000m

離隔距離 1000m において取得した座標と GPS 計器で測定した座標との比較結果を図-3 に示す。離隔距離 1000m では、座標の取得は難しく、約 650m 離れた範囲が計測の限界であった。また離隔距離 500m の場合と同様に座標取得箇所の背後に座標がずれているケースが多く、飛行高度 50m および 100m において約 20m の誤差が生じた。また植生等の障害物があるとレーザーが反射して、正確な座標が取得できないことが示された。

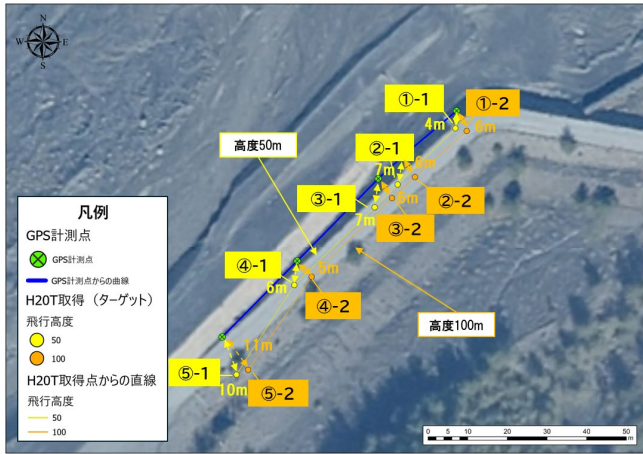


図-2 座標取得結果(離隔距離 500m)

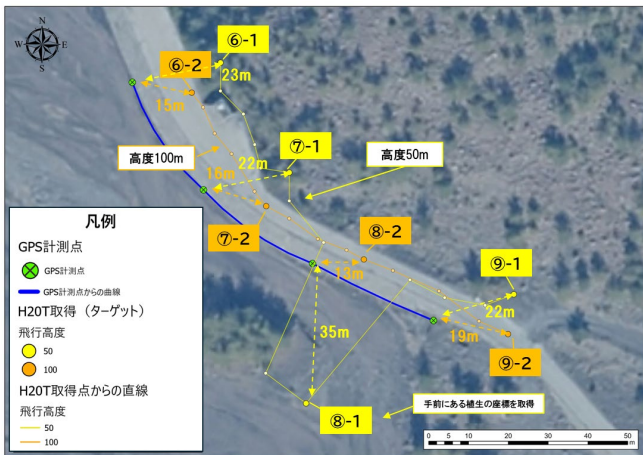


図-3 座標取得結果(離隔距離 650m)

3. UAVによる降灰マーカー運搬・設置の現地検証

3.1 現地検証の概要

現地検証は桜島の黒神川右岸で実施し、約 600m 先の設置箇所地点に降灰マーカーの運搬・設置を行った。UAV は汎用性が高い Matrice 300RTK (DJI 社)と配送に特化した UAV である Fly Cart30 (DJI 社) を使用した。小型マーカー (約 0.65kg) は Matrice 300RTK を使用し、従来の降灰マーカー (約 3.2kg) に対して、持ち運びやすくするために軽量化したマーカー (約 2.6kg), また Fly Cart 30 の専用ウインチシステムの適用重量を満たすように重量化した降灰マーカー (約 6.1kg) は Fly Cart30 を用いて運搬・設置をした Matrice 300RTK はランディングギアにロープを引っ掛け、ロープの先にフックを取り付けて、吊り下げを行った。Fly Cart30 は専用のウインチシステムを用いて運搬を行った。いずれも降灰マーカーをフックおよびウインチシステムに吊り下げることでテンションにより自動的にロックがかかり、降灰マーカーが地上に到達してテンションが緩むことでフックが開放される機構となっている。また降灰マーカーを吊り下げた状態の航続距離の検証のため、バッテリーが 100% の状態から残量 30%になるまでの航続距離を計測した。

3.2 現地検証結果

(1) UAVによる降灰マーカーの運搬・設置

検証の結果、UAV による運搬・設置が可能が示された。Matrice 300 RTK では、ランディングギアにロープを

● Matrice300 RTK ● Fly Cart 30

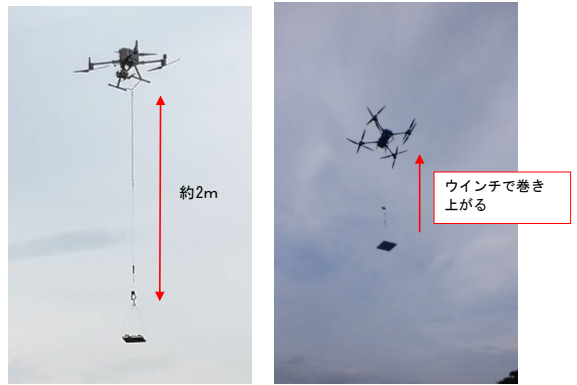


図-4 吊り下げ状況

表-5 航続距離の検証結果一覧表

	機体	降灰マーカー	飛行ログ ※水平+垂直距離		飛行距離 (推測)
			飛行時間	飛行距離	
1	Matrice 300 RTK	小型マーカー (0.65kg)	—	—	10.4km
2	Fly Cart 30	軽量マーカー (2.6kg)	0:23:00	13.5km	14.0km
3	Fly Cart 30	重量マーカー (6.1kg)	0:22:00	12.5km	12.8km

引っ掛け、フックを取り付けることで吊り下げた状態で、運搬が可能であった。しかし、降灰マーカーが軽量であるため、降灰マーカーの揺れや反動が大きく、特に発進時や停止時において、降灰マーカーの揺れが生じやすかった。一方 Fly Cart 30 では、発進時および停止時には降灰マーカーの揺れが生じるが、機体に揺れ防止機能があり、図-4 のように専用ウインチシステムによりロープの延長を最小にできるため、揺れ・反動が少なかった。

(2) 運搬航続距離

バッテリー残量が 30%になるまでの航続距離およびバッテリー駆動時間を計測した。いずれも 10km 程度の運搬が可能であることが示された。またバッテリーの消費量については、いずれも大きく変わらないことが示唆された。

4. おわりに

UAV 搭載カメラによる座標取得の精度検証および UAV による降灰マーカーの運搬・設置の現地検証を行った。

座標取得の検証では、検証結果を踏まえ、UAV カメラによる座標の取得は約 5～20m の誤差はあるものの、堆積範囲の座標取得の可能性が示された。また、離隔距離が近い方が座標の取得の精度が良いことが示唆され、離隔距離約 650～700m 以上だと座標の取得が難しいことが分かった。

疑似的な目視外飛行を想定し、UAV による降灰マーカーの運搬・設置現地検証では、約 600m 離れた箇所への運搬・設置が可能であった。また航続距離の検証により、降灰マーカーの吊り下げ状態では約 10km 程度の運搬が可能であることが示唆された。

これらの降灰監視観測手法について、精度検証および運用の可能性の検討を進めるとともに緊急調査への適用性を検討していきたい。