

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

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 堤 宏徳, 山田将喜 (現 九州地方整備局 情報通信技術課), 山本 陽子
(株) 地図総合コンサルタント ○家田泰弘, 佐渡耕一郎, 荒木強, 高橋信一, 潮見礼也, 相澤明宏, 河野元

1. はじめに

国土交通省砂防部局では土砂災害防止法に基づく緊急調査として、火山噴火時の土石流発生域における降灰状況や降雨の浸透状況の変化等を把握することが必要となる。しかしながら、火山活動が活発な状況下においては、火口近傍は人が直接立ち入ることができなくなる場合が多い。

一方で、近年無人航空機(以下UAV)に関わる技術進歩が著しく、災害調査に関わる国土交通省事務所や関係業者もUAVを保有している状況にある。そこで、UAVを活用して、人の立ち入りが困難な領域の降灰量や浸透状況変化を安全かつ適切に把握する手法を開発することを目的とし、実地検証を行った。

2. 無人航空機による調査手法の開発方針

火山噴火時に国土交通省砂防部局として把握する必要がある情報のうち、現在の技術で立入困難地域において継続的にデータを取得する手段がない情報として、火山灰堆積量、堆積構造、浸透能変化があり、これらの把握が可能な調査手法を開発した。

表1 噴火時の砂防部局の調査項目と開発対象

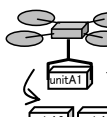
種別	調査項目	調査内容
降灰後土石流の発生予測	降灰調査	上空からの火山灰堆積分布調査
		火山灰堆積量観測調査
		火山灰堆積状況調査 堆積状況 固化状況 堆積構造
	浸透能調査	浸透能の変化 表面流の発生痕跡

太字: 本業務の開発対象調査

手法の開発にあたっては、各種センサー等を搭載した調査ユニットをUAVで立入困難地域に運搬・設置することを基本とし、かつ『特定の機体に依存しない汎用性のある手法』であることを目指し、UAVに把持部を取り付けて調査ユニットを換装する調査手法を検討した。

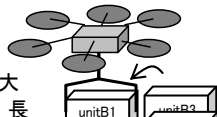
【機種A】

ペイロード：小
航続距離：短



【機種B】

ペイロード：大
航続距離：長



機種条件に応じた搭載可能な調査ユニット

機種 A⇒unitA1 浸透能(土壌水分センサ), unitA2 降灰厚(圧力・距離)
機種 B⇒unitB1 画像(インターバルカメラ), unitB2 ○○検知(○○センサ)・・・

図1 調査ユニット式のイメージ図

3. 開発した調査ユニット

(1)開発対象調査ユニットの概要

開発対象とする調査ユニットは、下表の3タイプとし、降灰量調査ユニットは圧力センサー型と距離センサー型の2種、堆積構造調査ユニットはスマートホン型とカメラ型を試作した。

表2 開発対象ユニットの概要

種別	概要	調査部	重量
降灰量調査ユニット	・降下した火山灰の重量もしくは厚さを計測することで降灰量を計測する。 ・0.5cm程度の精度を目指す。	・圧力センサー ・距離センサー	350～500g (観測期間、インターバルに応じた電池本数で変動)
土壌浸透状況調査ユニット	・地表面の土壌水分を計測することで表面流の発生を検知する。 ・表面流発生の有無検知を目指す。	・土壌水分センサー	
堆積構造調査ユニット	・火山灰の堆積面をインターバル撮影することで堆積構造を把握する。 ・数mm程度の堆積物を識別することを目指す。	・スマートホン ・カメラ	1.5kg程度 1.5kg+ バッテリー (1.5～10kg)
共通事項	・災害協定業者が保有する一般的な機体で運用可能であること。 ・観測情報を遠隔地で確認可能なクラウドにアップロードする。 ・メンテナンス無しで1カ月程度動作することを目指す。		

(2)降灰量調査・土壌浸透状況調査ユニットの構成

降灰量調査及び土壌浸透状況調査ユニットは、親機と子機で構成され、子機は立入困難地域にUAVで運搬する各種センサー(圧力・距離・土壌水分)とそれらの観測データを伝送する装置で構成した。子機は立入困難地域での運用になりメンテナンスができないため、内蔵するバッテリーで可能な限り長期間稼働できる必要がある。具体的には、立入規制範囲となる可能性のある4km程度の通信距離をもち、かつ1カ月程度はメンテナンスフリーで稼働でき、かつ一般的なUAVでも運搬可能であるように重量が300～500g程度に収まることを目標とした。

これに対応するため、データ伝送部はLPWA通信(LowPowerWideArea)の一つであるLoRa規格(920MHz)の通信モジュールを搭載した基板(SHコンサルティング社)を採用し、動作間隔を遠隔で5分、1時間と切り替えられるように工夫した。親機は立入可能な地域に設置するため、メンテナンスが可能であることから太陽電池を併用し、携帯電話回線により、伝送されてきたデータをクラウド(VG-Sync)上にアップロードした。

(3)堆積構造調査ユニットの構成

堆積構造調査ユニットは、定期的に地表面を撮影することで堆積降灰内の粒径組成を把握するものである。このユニットは、画像情報を伝送するため通信速度が必要

になるため携帯電話回線を使用する方針とした。このため消費電力を抑えるために間欠動作による画像伝送が必要であり、これを制御するための通信装置としてGLANIX(エコモット社)と市販のタイマーを組合せて対応した。これにより、1時間に一度の間欠動作の場合、UAVで運搬可能な500g程度のバッテリー単独での運用でも10日程度の稼働が可能となる。今回、新燃岳の実地検証ではこれに太陽電池パネルを併用し、設置後2カ月が経過した2018年3月中旬現在でも撮影が継続できている。

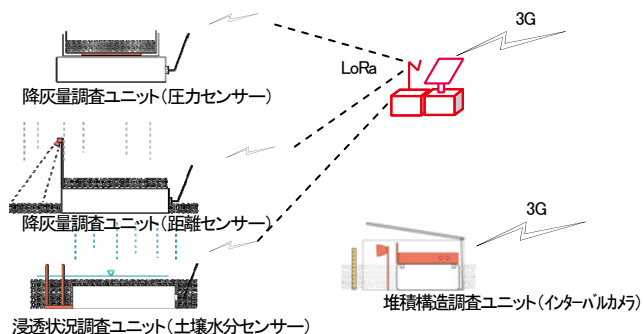


図2 調査ユニットの構成概要図

(3)UAVで調査ユニットを運搬するための把持装置

把持部としては、一般的なUAVに取り付け可能な寸法、重量とし、今回試作した箱型の調査ユニットを挟み込むタイプの掴み型と、ユニットの形状に自由度を持たせることが可能なフックで吊り下げるタイプの吊り下げ型の2種類の装置を試作した。

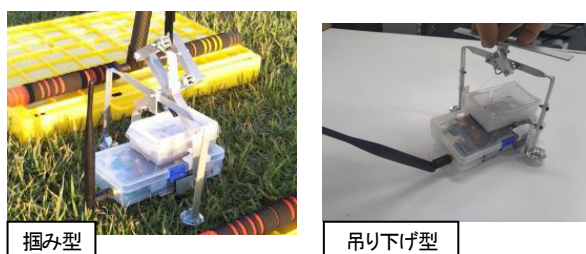


図3 試作した把持装置

4. 実地検証

(1) UAVによる調査ユニットの運搬・観測の検証【桜島】

UAVにより遠隔地まで降灰量調査ユニット(圧力センサー)を運搬・設置し、設置したユニットからデータを受信するまでの流れを桜島において実地検証した。センサー設置地点は、実運用時には、火山毎に事前に設置箇所の候補を設定しておき、設置時に当該地点の状況をUAV空撮で事前確認した上で遠隔設置することが効率的と考えられる。このことから、『フェーズ1:設置候補箇所の状況確認』、『フェーズ2:自動航行による遠隔設置』、『フェーズ3:遠隔観測』の流れを実地検証することとした。その結果、UAVによる調査ユニットの遠隔自動設置および疑似降灰量の観測(精度:

5mm 程度)に成功した。検証を通じて、調査ユニットの運搬可能速度の明確化や地面に起伏がある場合の自動設置の安定性等の課題が明らかになった。

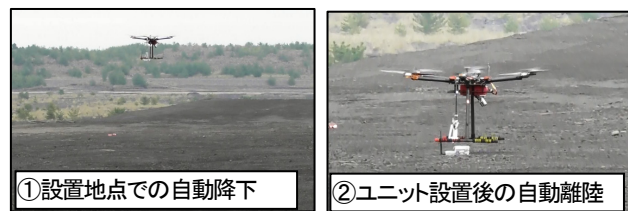


図4 桜島における自動飛行による遠隔設置状況
(2)調査ユニットの火山地域での運用実地検証【新燃岳】

UAVによる運搬を考慮した各種調査ユニットの現地における遠隔監視について、降灰量調査、浸透状況調査および堆積構造調査ユニットを対象に新燃岳において実地検証を行った。2018年2月～3月までの約1カ月程度の試験観測を行った結果、3月1日の再噴火後のインターバルカメラによる降灰厚さの変化や土壌水分センサーによる浸透環境の変化を遠隔地から観測することに成功した。その一方で、調査ユニットによっては電波環境が悪い場合に欠測が多くなるものもあり、観測安定性や省電力のための間欠動作の安定性に関する課題が明らかになった。



図4 インターバルカメラによる降灰状況の撮影結果の例(2018.3.14)

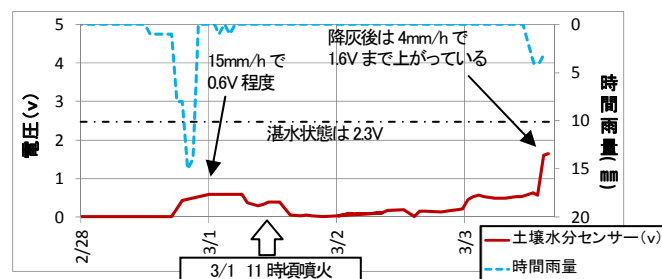


図5 新燃岳噴火により浸透環境の変化の観測結果

5. まとめ

UAVにより運搬、自動設置が可能な降灰量等の調査ユニットと把持装置を開発し、桜島および新燃岳における実地検証により現地での運用が可能であることを確認した。今回開発したUAVによるユニット式調査手法は、設置対象箇所をある程度平常時から設定しておくことが望ましく、火山地域における設置候補箇所の条件の明確化および抽出を行うことが重要である。また、調査ユニット自体について電波状況が悪い場合に欠測が多いという課題もあり、安定的な運用を実現するためにブラッシュアップしていく必要がある。