

赤外線カメラを用いた火山地域の調査手法の高度化の取組

国土交通省 北陸地方整備局 松本砂防事務所 長坂 正敏^{*1}, 梶本 陽介^{*2}, 古畑 樹
アジア航測株式会社 ○田中 利昌, 西村 直記, 山口 悠, 江川 香, 廣谷 志穂, 杉下 七海, 藤原 季路

現所属：※1 千曲川河川事務所, ※2 神通川水系砂防事務所

中および夜間に可視・熱赤外カメラによる定点撮影を行った。③積雪状況の把握では、溪流内の残雪および砂防施設を対象に、対地高度 150m 以下での高度別垂直撮影に加え、可視・熱赤外カメラによる定点と面的撮影を行った。

1. はじめに

松本砂防事務所では、砂防施設点検や豪雨・地震発生後の臨時点検における効率性や安全性の向上を目的に、UAV の活用を推進している。この取組は、噴火時の緊急調査への適用も期待されている。

松本砂防事務所管内に位置する焼岳は、令和 8 年 1 月に噴火警戒レベル 2 へ引き上げられ、同年 3 月に引き下げられるなど、活動的な火山である。噴火時には、降灰後の土石流や火砕流、融雪型火山泥流の発生が想定されている。松本砂防事務所は、これらの土砂移動現象への対策を早期着手する役割がある。そのため、噴火時には噴火位置や降灰、積雪状況等の迅速な把握が必要である。一方、噴火警戒レベルの引き上げ時には山体周辺に立入規制が敷かれるため、規制範囲内での調査は制約を受ける。

以上を踏まえ、本研究では、噴火時の熱赤外カメラ搭載 UAV による調査手法の有効性を検証することを目的とし、①流域概況および山頂構造物の把握、②高温域（地熱域）の把握、③積雪状況の把握を対象に実証試験を行った。

2. 手法

実証試験は、流域概況・高温域の調査を令和 7 年 10 月に、積雪状況調査を同年 5 月に実施した。使用機体は、可視・熱赤外カメラ搭載の小型回転翼 UAV (DJI 社製 Matrice 4TD : 10 月試験, Matrice 4T : 5 月試験) を用いた。

試験範囲を図 1 に示す。焼岳では噴火警戒レベル 2 で想定火口から 1km, レベル 3 で 2km が立入規制となる。長距離飛行の試験は、噴火警戒レベル 2 を想定し、立入規制外となる焼岳資材運搬路を離発着地点とした。



図 1 実証試験範囲 (図中丸数字は図 2 の撮影位置に対応)

各試験方法は次のとおりである。①流域概況および山頂構造物の把握では、溪流および山頂域を対象に、高高度飛行による可視カメラでの定点および面的撮影を行った。②高温域の把握では、山頂火口および噴気孔を対象に、日

3. 結果

3.1 流域概況および山頂構造物の把握

試験では、離発着箇所から直線距離で約 3km に位置する焼岳山頂まで、通信 (2.4GHz 帯) を維持したまま飛行できた。撮影は、対地高度 約 500m~900m から実施した。

流域概況については、高高度からの非ズーム撮影であっても、地形や溪流内の堆砂状況等を十分に把握することが可能であった (図 2)。さらに、取得した撮影画像からオルソ画像および DSM を作成することができた。

山頂構造物については、山小屋等を対象に撮影を行った。非ズーム画像では構造物の詳細把握は困難であった一方、ズーム画像では構造物の形状および数cm~数十cm の礫を確認できた (図 3)。



図 2 流域概況等の撮影例



図 3 構造物の撮影例 (焼岳小屋付近)

3.2 高温域（地熱域）の把握

高温域の把握では、日中・夜間とも長野県側東斜面～山頂域の噴気孔の撮影が可能であった。一方、岐阜県側の噴気孔は、西向き斜面に位置するため、確認が困難であった。日中の熱赤外面像では、噴気孔周辺で高温域を確認し

た(図4上)。しかし、斜面の一部にも高温域が見られた。また、薄い霧や谷筋など可視で視認性が低い箇所でも、熱赤外面像では高温域が確認できた。夜間では、日中と比べ高温域がより明瞭に確認された(図4下)。

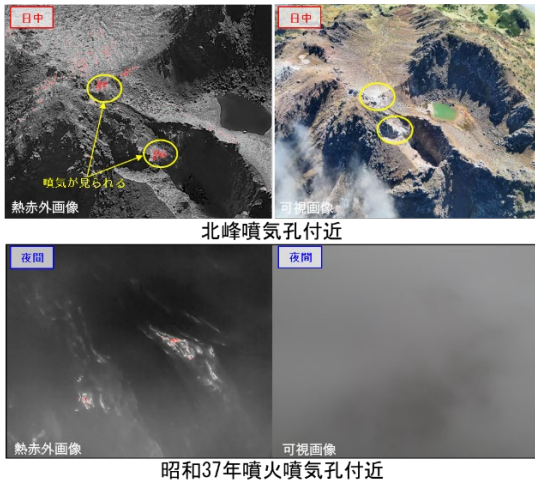


図4 熱赤外面像の撮影例：赤色部が高温域

3.3 積雪状況の把握

高度別垂直撮影では、対地高度20m~140m(20mピッチ)で可視・熱赤外撮影し、残雪を判別可能か比較した。その結果、全高度では判別可能だったが、100m以上で残雪と植生等の低温域の境界が不明瞭となった。

一方、撮影距離の違いに着目すると、溪流内の定点撮影で100m以下から直下を撮影した可視・熱赤外面像では、残雪の判別が可能であった。これに対し、河道から約1km離れた山頂部を対象とした画像では、可視では積雪を判別が可能であったが、熱赤外では一部が不明瞭であった(図5)。また、面的撮影で取得した可視・熱赤外面像より作成したオルソ画像で残雪の判読を試行した結果、溪流内の残雪は概ね把握できたが、熱赤外のみでは流水・融水に起因する低温域と積雪の判別は困難であった(図6)。



図5 熱赤外の遠望撮影例：黒色部が低温域

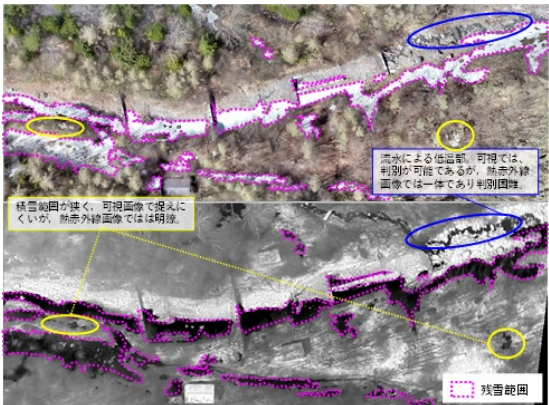


図6 可視・熱赤外面像の判読例：黒色部が低温域

4. 考察

4.1 流域概況および山頂構造物の把握に関する考察

実証試験により、焼岳において小型回転翼 UAV による高高度・長距離運用が可能であり、取得した可視画像やオルソ画像、DSM が流域概況や構造物の把握に有効であることを確認した。さらに、噴火時に UAV による高高度撮影から作成した DSM と既往の航空レーザ測量データを用いた差分解析により、土砂量推定への活用の可能性を示した。加えて、構造物も十分な精度で確認できたことから、降灰量スケール等を設置することで、降灰や積雪深の定量的な把握への応用も期待される。

4.2 高温域(地熱域)の把握に関する考察

日中の熱赤外面像で斜面に見られた高温域の一部は、日射等により地表面温度が一時的に上昇していた箇所を捉えた可能性がある。このため、日中の熱赤外面像のみでは、一時的な地表面温度上昇と火山活動に伴う地熱域(火口、噴気孔等)の判別は難しい。一方、夜間は周囲との温度差が明瞭となり、高温域を明確に判別できるケースがあった。したがって、火口等の地熱域の把握を目的とする場合は、可視画像との併用、または夜間撮影が有効と考えられる。以上より、熱赤外カメラを活用することで、噴火時に火口や噴気孔位置の把握に資する可能性がある。

4.3 積雪分布の把握に関する考察

高度別撮影の比較結果から、積雪分布の把握を目的とした飛行では、対地高度60~100m程度が適していると考えられる。また、可視と熱赤外の比較から、遠望での熱赤外による積雪の判別が困難であった。その要因は、距離が遠くなることで熱赤外カメラの計測精度が低下すること、積雪が浅い箇所は地表との温度差が小さくなるため熱赤外面像が不明瞭となることが挙げられる。さらに、流水等による低温域との区分も難しいため、積雪の判別には可視画像との併用が有効である。

5. 結論、今後の課題

本研究では、急峻な火山地形を有する焼岳において、小型回転翼 UAV による高高度・長距離飛行により、離発着地点から源頭部に至る流域概況を把握可能であることを示した。また、熱赤外面像と可視画像を組合せた運用により地熱域や積雪状況の判読性が向上することを確認した。これらの結果から、立入規制下における火山砂防調査手法の高度化に資する知見を得た。

一方で、高標高域では雲や強風等の気象条件の影響が大きく、特に厚い雲の条件下では熱赤外面像でも判読は困難であった。また、本研究は噴火警戒レベル2を想定した実証であり、レベル3では立入規制が拡大するため、調査可能な範囲やタイミングがさらに制約される。

今後は、複数の離発着地点の設定や、立入規制範囲に対応した遠隔運用技術の適用、気象急変時に備えた撮影計画の冗長化等を含め、火山噴火時における UAV 点検手法のさらなる高度化について検討が必要である。