

衛星通信併用型小型無人ヘリによる長距離・目視外火山観測の実証：

- 樽前山域での多目的調査-

パシフィックコンサルタンツ株式会社：○田中 佑, 増田 健太, 吉井 祥真
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧砂防海岸事務所 岩田 清徳 栗原 章成 齋藤 学斗

1. はじめに

火山周辺では、噴気や急峻な地形条件により人が近づくことが難しく、降灰、火山ガス、積雪などの観測は常に危険を伴う。一方で、火山防災や土砂災害対応においては、山頂付近の最新状況を迅速かつ安全に把握することが不可欠である。このような背景から、近年では UAV や小型無人ヘリコプター等を活用した各種調査が有効な手段として注目されている。特に樽前山では平成 23 年から、小型無人ヘリコプターを用いた緊急調査の検証が実施されてきた。その中で、小型無人ヘリコプターを無線通信による運用を行っていたが、飛行可能距離が約 5 km と短く、緊急時の活用には操縦者が立入規制範囲に接近せざるを得ない場合があるという課題があった。そこで本研究では、これらの課題を解決するため、樽前山直轄火山砂防事業に関わる調査で初めて衛星通信を用いた小型無人ヘリコプターの実証実験を実施した。実証実験では、小型無人ヘリコプター (FAZER R G2) に衛星通信を用いた長距離・目視外飛行の安定性の検証、火山噴火時における各種緊急調査への適用可能性の検証を行った。

2. 小型無人ヘリコプターの概要

本研究で使用した機体は、FAZER R G2 である。図 1 (左図) に機体の概要を示す。本機体は、無線通信による運用時には航続距離が約 5km に制限されるが、衛星通信を使用することで、最大 90 km の飛行が可能となる。また、飛行時はパソコン画面上でリアルタイムに飛行軌跡や高度といった情報を監視できるほか、衛星通信が途切れた場合には、自動で帰還する機能を備えており、安全面に優れている。

ここで、図 1 (右図) に本研究における衛星通信による飛行概要を示す。

- ①現地操縦者と基地局操縦者との映像通話のため、現地に低軌道衛星通信設備 (StarLink) を設置。
- ②衛星通信の安定した受信を行うため、安定飛行高度まで現地操縦者による無線飛行を実施。
- ③安定飛行後は、基地局 (離発着場より約 33 km) PC で制御された飛行経路で衛星通信による飛行及び、各種調査の機体操作を実施。

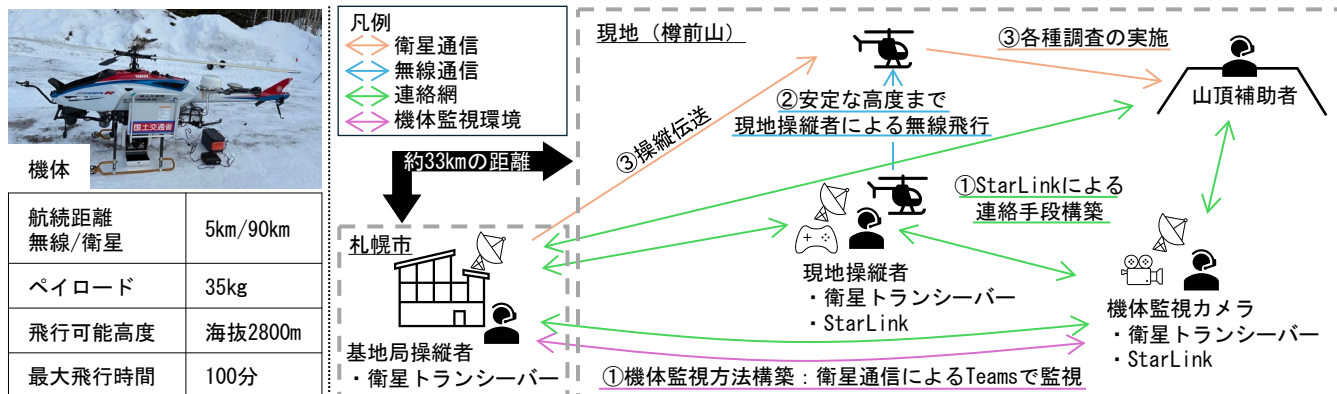


図 1 使用機体の概要 (左図) と衛星通信による飛行概要 (右図)

3. 調査項目

調査は、夏季と冬季に分けて実施され、表 1 に示す項目を実施した。

表 1 調査項目

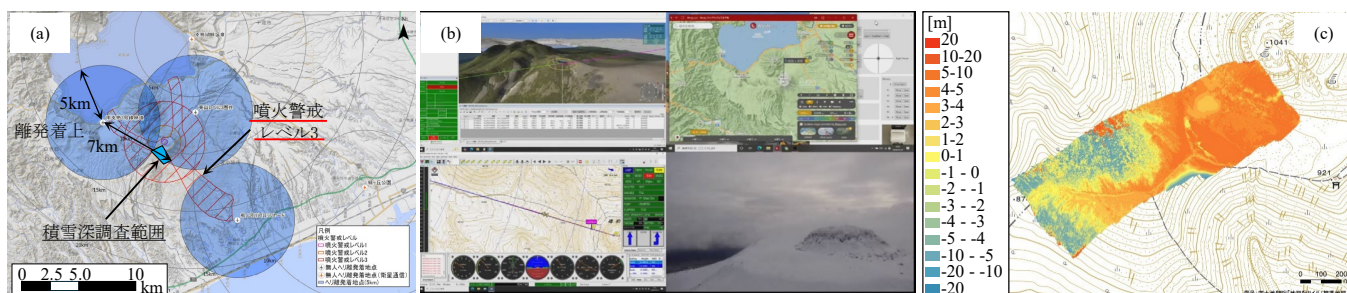
調査項目	概要
映像監視	機体に装備したカメラを用い、噴火口の様子を撮影
火山噴出サンプリング	機体にサンプラーを取り付け、土壌 (夏季)・雪 (冬季) をサンプリング
火山ガス濃度計測	機体に火山ガス濃度計を吊るし、ガス濃度を計測
火山灰厚計測	降灰マーカーをヘリコプターで運搬し、対象箇所ですり取って降灰厚を確認
積雪深計測	機体GPS、カメラを用い、夏季と冬季の写真点群 (SfM 解析) の差分より積雪深を計測

4. 実証結果

4.1 衛星通信による飛行成果

図 2 (a) に本研究での飛行概要を示す。無線通信による運用では、離発着場より半径 5 km の円内での飛行が限界であった。本研究では衛星通信を用いた飛行の実証に成功し、従来の無線通信の制約である半径 5 km を超える長距離飛行が可能であることを確認した。特に積雪深調査では、離発着場より約 7 km 地点の樽前山南麓の覚生川源頭部での写真撮影及び点群データの取得・撮影に成功した。また、Starlink を併用することで、Teams を通じた飛行中の映像や状況の即時共有が可能となり、遠隔地からでも飛行状況をリアルタイムで確認できる運用を実現した (図 2 (b))。以上より、衛星通信による飛行は、緊急調査の安全性向上に寄与するとともに、噴火状況の迅速な把握を可能とする有効な手段であることを確認した。

図 2 調査結果 ((a) : 飛行概要, (b) : Teams による情報共有, (c) : 積雪深コンター)



4.2 各種調査による調査結果

表 2 に各種調査の結果、課題および対応案を示す。火山灰厚計測は離発着地点近傍で実施したが、それ以外の多くの調査項目では、離発着地点から半径 5 km を超える範囲で調査を行い、衛星通信の効果を確認した。共通する主な課題は、①監視映像の不鮮明さ、②基地局と現地間のタイムラグである。衛星通信では画像圧縮の影響により映像の解像度が低下し、さらに約 5 秒のタイムラグが生じるため、低高度飛行や滞空作業における安全性に課題が残った。また、積雪深調査では③位置精度のばらつきが課題である。位置情報のずれにより 1~9 m の誤差が生じたため、LP データを真値として点群補正を行った。補正の結果、誤差は 1~5 m に低減したが、実運用を考えると、誤差が大きく、位置精度に課題が残る (図 2 (c) 1)。以上より、今後は衛星通信に適した機器更新や通信負荷を抑えた通信方法、正確な位置情報入手の検討が必要である。

表 2 調査結果

調査項目	結果	課題	対応案
映像監視	発着場より 5 km を越える箇所の映像監視に成功	・基地局と現地とのタイムラグ (5 秒程度) ⇒②	課題① : 衛星通信に対応したカメラへの更新 課題② : カメラ 1 台での映像監視の実施 (カメラ複数台使用による通信回線の混雑が考えられる) 課題③ : GPS・IMU (位置精度を修正する機器) の導入
火山噴出サンプリング	サンプラーによる土壌・雪の採取に成功	・監視映像の不鮮明さ、タイムラグにより現地補助者が必要 ⇒①, ②	
火山ガス濃度計測	噴火口付近でのガス濃度計測に成功	・監視映像の不鮮明さ、タイムラグにより、安全飛行に課題が残る。 ⇒①, ②	
火山灰厚計測	・画像が不鮮明であり降灰マーカ一の高さの識別×	・画像伝送速度・画質改善が必要 ⇒①, ②	
積雪深計測	・積雪深計測に成功 ・しかし、誤差が過大	・位置精度のばらつきが大きい ⇒③	

5. まとめと今後の展望

本研究では、樽前山直轄火山砂防事業に関わる調査で初の小型無人ヘリコプターの衛星通信を併用した長距離・目視外飛行の安定性及び、火山噴火時の緊急調査を想定した各種調査への適用可能性を検証した。本研究の成果は、緊急調査の安全性向上や、調査情報の即時共有の観点から大きな意義を有する。今後は、衛星通信に適した映像機器や懸吊機構の高度化、通信負荷を考慮した運用方法の検討を進めるとともに、調査に応じた飛行レベルの整理を行うことで、火山防災分野における小型無人ヘリコプターの実運用に向けた技術基盤の構築に寄与すると考えられる。

参考文献 1) : 国土地理院 地理院タイル <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>