

無人ヘリコプターを利用した樽前火山の空中調査

Airborne surveillance using an unmanned autonomous helicopter at Tarumae volcano

橋本 武志^{1*}, 大湊 隆雄², 金子 隆之², 吉本 充宏³, 柳澤 孝寿⁴, 鈴木 英一⁵, 小山 崇夫², 松本 征海¹

Takeshi Hashimoto^{1*}, Takao Ohminato², Takayuki Kaneko², Mitsuhiko Yoshimoto³, Takatoshi Yanagisawa⁴, Ei'ichi Suzuki⁵, Takao Koyama², Masami Matsumoto¹

¹ 北大理地震火山センター, ² 東大地震研, ³ 北大理地惑システム, ⁴ 海洋研究開発機構, ⁵ 北海道河川財団

¹ ISV, Fac. Sci. Hokkaido Univ., ² Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, ³ Earth Planet. System Sci., Fac. Sci., Hokkaido Univ.,

⁴ JAMSTEC, ⁵ River Center of Hokkaido

1. はじめに: 火山噴火の現場では、多くの場合火口周辺に人間が近づくことは困難になる。その一方で、特に噴火初期における火口近傍の状況把握、被災観測機器の交換あるいは代替観測、噴出物の採取・分析等は、噴火現象そのものの研究にとって意義深いのみならず、その後の火山活動の推移予測に基づいて避難行動の範囲や復旧計画を考える上でも重要な情報を提供しうる。我々は、北海道開発局との共同により、自律飛行可能な無人ヘリコプター（ヤマハRMAX-G1）による火山の空中調査を2011年から試験的に行ってきた。これまでに、北海道の南西部の活火山である樽前山（標高1,041m）において、2011年9月に第1回目、2012年9月に第2回目の試験調査を実施した。樽前山は、2012年現在で噴火していないが、1909年に形成された山頂溶岩ドームとその周辺では継続的な噴気活動が見られる。本研究では、2回の空中磁気測量と噴出物サンプリング動作試験の結果について報告する。

2. 空中磁気測量: 2011年9月に、山頂火口原とその周辺域で、センサ吊り下げ方式による空中全磁力測量を行った。無人ヘリは、ディファレンシャルGPSによるナビゲーションにより、予めプログラムした航路を対地高度100-300mで自律飛行させた。2012年9月に行った第2回の測量でも同じ航路を自律飛行させて時間変化の検出を目指した。第2回の測量では、悪天候のため再測量できない部分が生じたが、火口原の主要な領域をカバーすることに成功した。2回の測量における実際の飛行位置を比較して、実測部分での航路ずれの頻度分布を調べたところ、5m前後の頻度が最も高く、大半が10m以内に収まっていた。一方、実測された磁場データによれば、航路に沿った磁場傾度はほぼ±1nTの範囲内であった。このことから、2回のデータセットから最も近接した位置にある測定値を抽出して比較することにより、概ね±10nTの精度で時間変化が議論できるものと考えた。実際にこうした直接比較の処理により、火口原北側で磁場の減少、南側で増加を示す系統的なパターンが約30nT (p-p)の振幅で検出された。変化の空間分布は、地上における反復磁気測量の結果（北海道大学と札幌管区気象台の観測による）とよく一致している。ただし、地上測量の結果から推定される磁化変化を仮定した場合に空中で期待される変化の振幅はその5分の1程度である。この振幅の違いの原因についてはさらなる精査を要するが、上方接続等の処理を経ない直接比較による時間変化検出の可能性が開かれたことは、噴火時における迅速な状況判断を行う上で有益であろう。

3. 噴出物サンプリング: 第2回の試験調査では、北海道開発局が所有する掴み取り方式のサンプリング装置の試験を基地局付近にて行った。この装置は、採取予定地点の上空でホバリングする機体からウインチで降下させる。地表に着底した際にロックが解除されてグラブバケットの口が閉じるように設計されている。本来は固形物または泥質試料を採取するものであるが、火山灰にも対応するため、バケット表面に両面粘着テープを貼り付けて採取を試みた。ロック解除機構やオペレーションの方法など今後改良すべき点はいくつかあるものの、今回の試験では1回につき数cm大の岩片数個と数グラムの火山灰粒子を採取できることが確認された。仮に将来の噴火時に運用できた場合、初期噴出物に新鮮なマグマが含まれているかどうかを分析し、その後の活動推移を検討するには十分な量といえる。

4. まとめ: 2回の試験を通じて、無人ヘリコプターによる火山調査は、樽前山においても十分実用性があることが実証的に示された。とりわけ、自律飛行により航跡の再現精度が高いことは、反復空中磁気測量による火山性磁場変化の検出という点で有利である。今後、実際の噴火時に無人ヘリを有効活用するためには、基地局の候補地点やアクセスルート等を事前に検討しておくことや、静穏時の状態を把握する調査を実施しておくことも重要と考えられる。

謝辞: 本研究の無人ヘリコプター調査に際してご協力いただいた、北海道開発局室蘭開発建設部治水課、ならびに札幌開発建設部に感謝申し上げます。

キーワード: 樽前火山, 無人ヘリコプター, 空中調査, 地磁気, 時間変化, 試料採取

Keywords: Tarumae volcano, unmanned helicopter, airborne surveillance, geomagnetic field, temporal change, material sampling