

無人ヘリによる火山観測：桜島における地震計設置の試み

Volcano observation using an unmanned autonomous helicopter: an experiment of seismometer installation at Sakura

大湊 隆雄^{1*}, 金子 隆之¹, 小山 崇夫¹, 安田 敦¹, 武尾 実¹, 渡邊 篤志¹, 本多 嘉明², 梶原 康司², 神田 径⁴, 井口 正人³, 柳澤 孝寿⁵

Takao Ohminato^{1*}, Takayuki Kaneko¹, Takao Koyama¹, Atsushi Yasuda¹, Minoru Takeo¹, Atsushi Watanabe¹, Yasuaki Honda², Koji Kajiwara², Wataru Kanda⁴, Masato Iguchi³, Takatoshi Yanagisawa⁵

¹地震研究所, ²千葉大環境リモートセンシング研究センター, ³京大防災研桜島, ⁴東工大火山流体研究センター, ⁵海洋研究開発機構

¹ERI, Tokyo Univ., ²CEReS, Chiba Univ., ³Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, ⁴Volcano Fluid Research Center, TITECH, ⁵JAMSTEC

火山の火口近傍は火山活動を理解するうえで要となる場所であるが、観測者や観測機器が噴火により被災する可能性があり、観測上の空白域となる場合が多い。この空白域を埋める観測手法があれば火山研究にとって極めて有益である。我々は、火口近傍での多様な火山観測を行うために、自律型無人ヘリと各種遠望観測・操作システムを組み合わせた火山観測システムの開発を行っている。これまでに、伊豆大島の山頂カルデラ内において空中磁気測量を行い、数10～数100mの波長の磁気異常を検出することに成功している。空中磁気測量以外に、地震計等の観測機器の設置、火山灰等のサンプル採取、可視・赤外等の映像撮影、地形計測などの様々な観測項目の実現を目指している。本講演では桜島における地震観測モジュールの設置実験の概要を紹介する。

使用した無人ヘリは、ヤマハが開発したRMAX-G1である。ペイロードは燃料等を全て含んだ重量で約10kgであり、搭載燃料や気象条件により増減する。基地局から無線の到達する5km程度まで飛行可能であり、機体と基地局に備えられたGPSにより、あらかじめ設定された経路を位置精度1m以内で自律飛行することができる。この高い位置精度により高精度の繰り返し観測が可能である。また、搭載された無線により飛行中の機体から映像を含む様々なデータをリアルタイムで伝送することができ、現場の状態を確認しながら機器を設置するといった用途にも向いている。

無人ヘリに搭載されたウインチのワイヤに地震観測モジュールを吊った状態で設置点上空まで運び、ウインチからワイヤを徐々に繰り出してモジュールをゆっくり降下させることによって、静かに設置した。ウインチは無人ヘリ専用新たに開発したものである。地震計モジュールは太陽電池と携帯電話網による通信機能を備え、消費電力を抑えるために通信時間をタイマーで制御している。この設置方法では、観測モジュールの向きと傾きを制御することや地面との強いカップリングを得ることが難しい。この点が、地震観測モジュールに多くの制限を課すことになった。太陽電池を南に向けることができなため、太陽電池をモジュール全面に配置した。また、設置時に水平をとることが困難なため、3成分加速度センサーを採用した。さらに、限られたペイロードにはウインチや機体カメラの重量が含まれるため、地震観測モジュールの重量は5kg程度に抑える必要があり、搭載できる2次電池や太陽電池の容量が大幅に制限された。

桜島は2006年以降、昭和火口での噴火活動が継続しており、特に2009年には年間噴火回数が過去最高を記録するなど、活動の活発化が顕著である。火口から2km以内は原則立ち入り禁止であり、火口近傍に観測点は存在しない。この領域内に地震計を設置することができれば、観測精度

の大幅な向上が期待される。2009年11月2日から12日にかけて、火口から2km以内の山頂付近への地震計モジュール設置を行った。事前に地形図や航空写真等を用いて4箇所の設置位置へ選定し、気象条件のために断念した1点を除く3箇所の設置に成功した。設置場所は、携帯電話網のサービスエリア外となるため、通信状態は良好ではなかったが、噴火に伴う地震波形を複数の点で観測しデータを回収することができた。地震観測モジュールの向きと傾きをヘリからの画像と3軸加速度センサーのDC成分から特定し、得られた地震波形記録の向きを補正した。得られた爆発地震の波形記録は、30Hz以上の成分は地震計モジュールの共振の影響を受けているが、それ以下の周波数帯では良好であった。

キーワード:ヘリコプター,火山観測,地震計

Keywords: Helicopter, Volcano observation, Seismometer