

火山噴火の長期観測を目的とした ポータブル無人観測デバイスの開発

Development of a Portable Unmanned Observation Device
for Long-term Observation of a Volcanic Eruption

○学 山内元貴 (東北大) 学 秋山 建 (東北大)
谷島諒丞 (東北大) 大塚 光 (東北大)
正 永谷圭司 (東北大) 久利美和 (東北大)
正 吉田和哉 (東北大)

Genki Yamauchi, Tohoku University, yamauchi@astro.mech.tohoku.ac.jp
Ken AKIYAMA, Tohoku University
Ryosuke YAJIMA, Tohoku University
Hikaru OTSUKA, Tohoku University
Keiji NAGATANI, Tohoku University
Miwa KURI, Tohoku University
Kazuuya YOSHIDA, Tohoku University

Once a volcano erupts, severe disasters might be caused by molten rock, ashes, pyroclastic flow, and debris flow. To keep neighborhood safety from these disasters, it is important to observe the volcano, and to conduct hazard predictions. However, when a volcano erupts, a restricted area is set in a few kilometers radius around it, and it is difficult to obtain information inside the area. Based on the above situations, in this study, we developed a self-contained portable unmanned observation device that observes a volcano for a long time. The device includes some sensors and a satellite communication module. In this paper, we introduce design and development of the device, and report some satellite communication tests.

Key Words: Remote observation, Satellite communication, Solar power

1 緒言

日本は、環太平洋火山帯に属しており、110もの活火山を有する火山大国である。最近では、東京都小笠原諸島西之島において2013年11月20日に1974年以來の噴火が開始し、現在も噴火活動を継続している。西之島は、周囲130kmに人が居住する地域がないため、人による継続的な観測を行うことができない。そのため、このような地域における無人観測デバイスの実現が期待されている。

一方、火山噴火による被害を軽減するため、国土交通省は、砂防施設の構築や監視・観測機器の整備などを進めてきた。しかしながら、噴火などの火山活動は、そのたびごとに様相が異なる。また、山体崩壊や噴火口の発生箇所の変化によって、これまでの噴火とは異なる事象が発生する可能性がある。さらに、火山は一度噴火すると、周囲数kmが立ち入り禁止になる。そのため、火山活動が活発になった後に、柔軟に任意の地点を監視・観測する無人デバイスの実現が期待されている。

このような背景において、筆者の所属する研究グループでは、無人で監視観測を行うデバイスの研究開発を行ってきた[1][2]。これまでに開発した観測デバイス(図1,2)は、太陽光充電モジュール、コントローラ、カメラ、通信機を搭載し、NTT docomoにより提供されるFOMA回線を利用することで、FOMA圏内において、他からの電源供給を必要とせず、長期の観測に成功した。しかしながら、これらのデバイスは、携帯圏内でのみ運用可能であったため、観測地域に制限があった。

そこで、本研究では、地上の通信インフラに左右されない衛星通信を利用し、遠隔地より火山を監視するポータブル無人観測デバイスを開発し、この問題の解決を目指す。

2 ポータブル無人観測デバイスの開発

火山の監視を行う目的は、火山にて発生する災害の予防と現状把握を行うことである。これらを実現する上で、有益となる情報は、火山性微動、空振、視覚情報、地磁気情報、積雪量など、数多くの項目が挙げられる。本研究では、



Fig.1 Portable camera device **Fig.2** Small and light observation device

空振ならびに、視覚情報の取得を可能とする、無人観測デバイスを開発することとした。本デバイスを開発する上での技術的課題を以下に示す。

- 通信
先行研究において、携帯通信を利用することにより、有線回線を用いることなく、情報を伝送することに成功した。しかしながら、携帯が圏外となる場合や、噴火により携帯基地局が破損し、機能しない場合は、前デバイスは外部との通信を行うことができない。
- 電源
開発する無人観測デバイスは、数ヶ月にわたり連続して観測を行うことを想定しており、実際の観測地点までは、ヘリコプタでの運搬を想定している。そのため、固定型の監視システムとは異なり、サイズや重量の観



Fig.3 Pan table for a satellite communication module

点から、搭載可能なバッテリー、太陽光パネルに制限が生じる。

- 耐環境性
前述の通り、長期での観測を行うため、降雨や火山灰などに対し、防水・防塵対策が非常に重要である。

2.1 要素機器の構成

本研究では、デバイスを開発する際、事前に搭載するセンサやコントローラ等の機器をあらかじめ選定し、これらの機器が必要とする電力量に基づき、太陽発電モジュールの選定を行った。なお、搭載する要素機器として、PTZ(Pan-Tile-Zoom)カメラや空振計などのセンサ類、太陽発電モジュール、コントローラ、衛星可搬端末および、衛星可搬端末の回転台より構成される。

2.1.1 センサ

無人観測デバイスには、PTZカメラ、空振計、地磁気センサ、温度計(筐体内部および外気)、気圧計を搭載する。カメラには、先行研究での利用実績があり、遠隔より注視点やズームの変更が可能なPTZカメラ(Axis製P5522-E)を用いることとした。また、空振計として広帯域マイクロフォン(白山工業製IS102)、地磁気センサ(Honeywell製HMC6352)、筐体内部用温度計(Honeywells製HTU21D)、外気温・気圧計(Bosch製BMP180)を用いることとした。

2.1.2 衛星可搬端末

本デバイスで最も重要となる構成部品の一つが通信モジュールである。本研究では、NTT docomoが提供する衛星通信回線が利用可能なワイドスターII(衛星可搬端末01)を用いることとした。本回線は、赤道上空36000kmに位置する2機の静止衛星を介した通信を行うことで、日本全土および200海里水域内をカバーしており、山間部や離島での通信が可能である。一方で、可搬端末のアンテナ面を、緯度に応じて南方に仰角約25~52°に向ける必要がある。

そこで、本研究では、監視デバイスを平地に置くと仮定し、地磁気センサの情報を基に、通信端末のアンテナ面の方位を制御可能な回転台を開発した。この回転台は、図3に示す通り、サーボモータとプーリ、ベルト、回転テーブルから構成される。

2.1.3 コントローラ

各センサ(PTZカメラを除く)からの情報取得用および電源管理用にマイクロコントローラ(Strawberri Linux製STBeet Mini)を利用することとした。また、PTZカメラの制御や、衛星通信を用いたデータの送受信、データ取得スケジュールの管理や変更を行うために、Linuxを搭載したボードPC(Atmark-Techno製Armadillo-840)を用いることとした。

2.2 電源

上記の要素機器を組み合わせた場合の電力収支について計算を行い、条件を満たす太陽充電モジュールの選定を行った。仮定として、以下の条件による測定を行うこととする。

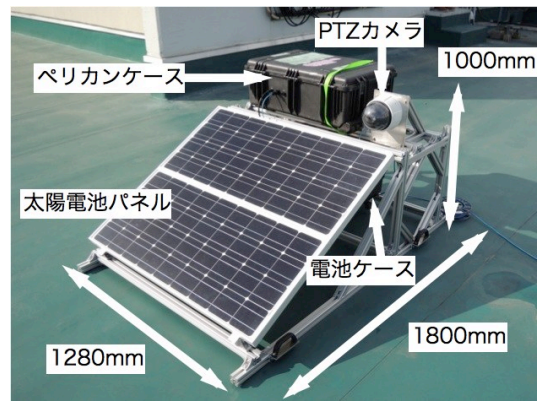


Fig.4 Unmanned observation device

- マイクロコントローラ、空振計、ボードPCは常に起動。
- 衛星通信端末、PTZカメラは15分毎に、1日96回起動。
- 1回当たりの起動時間は、PTZカメラが2分(起動1分、撮影1分)、衛星通信端末が3分。

以上の仮定の下で、本システムの必要電力量について考える。マイクロコントローラ、空振計、ボードPCの消費電力は、それぞれ0.5W、0.2W、1.2Wである。また、カメラは起動時に7W、撮影時に14Wであり、通信端末は、12.6Wである。したがって、想定した起動回数・時間の場合、システム全体の電力量は139.7Whとなる。ここで、90Wの太陽電池パネルを2枚使った場合の予想発電量は、385 [Wh]となり、十分にシステムの必要電力を満たす。以上より、90Wの単結晶シリコン太陽電池パネルを2枚、公称容量2.4kWhのAGMディープサイクルバッテリーおよび充放電コントローラを内蔵した電池格納部(太陽工房製VS120-B200LA)1台を用いることとした。

また、本システムでは、12V、2.4kWhの容量を持つバッテリー、放電深度を50%とすると、連続無日照日は9日ほど確保することができる。

2.3 要素機器の統合

以上の要素機器を統合し、無人観測デバイスを開発した。図4に外観を示す。無人観測デバイスの大きさは、縦1800mm、横1280mm、高さ1000mmである。重量は、バッテリー約80kg、パネル約15kg、通信デバイス等が約20kg、フレーム約45kgで、合計160kgである。

図5にデバイスのシステム構成を示す。コントローラおよび衛星可搬端末を、防水防塵であるペリカンケース(Perican製1650 Case)の内部に固定し、耐環境対策を行った。重量のある電源ケースは、筐体下部に固定し、ペリカンケースおよびカメラは筐体上部に固定した。ケース間およびケースとセンサ間は、防水防塵コネクタを使用した。

すべての要素デバイスの電源ON/OFF制御は、マイクロコントローラによって行われ、以下に述べる運用手法に従って、観測を行う。

1. マイクロコントローラとボードPCの電源をONにする。
2. マイクロコントローラが、PTZカメラ、衛星通信端末の電源をONにし、各センサからのログの取得を開始する。
3. 衛星通信を確立する。
4. 東北大学内に設置した外部サーバーからカメラの撮影ポイント、撮影間隔を取得する。
5. 指定された設定より、静止画/動画撮影を開始する。

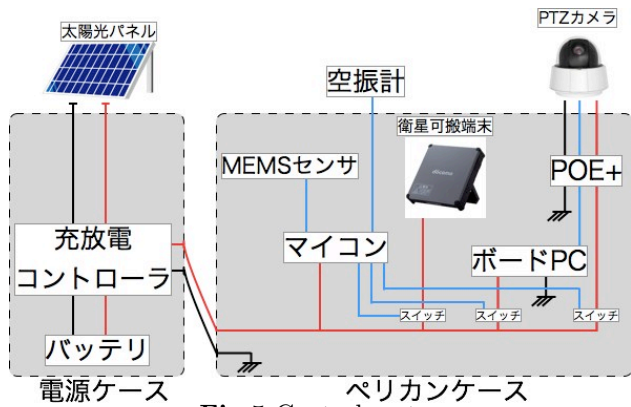


Fig.5 Control system

6. 撮影終了後、マイクロコントローラが、PTZ カメラの電源を OFF にし、各データを衛星通信を介して外部サーバに転送する。
7. マイクロコントローラが、衛星通信端末の電源を OFF にし、指定された撮影間隔まで待機する。
8. 2 に戻る。

3 衛星通信試験

運用試験に先立ち、NTT docomo の衛星可搬端末 01 による通信試験を行った。まず、アンテナ面の向きを変えた場合に通信に与える影響について、実際の通信速度と端末に表示される電波強度を示すレベルメータを確認した。実験では、通信端末を外部に露出し、アンテナ前方に障害物がないことを確認した上で、通信試験を行った。

宮城県仙台市では、南向き仰角 45° にアンテナをセットするように指定されていた。これに対し、通信試験の結果、方位については、南東から南南西まで、レベルメータ 3 (最大強度) で通信可能であった。仰角についても、目測で角度を指定する程度で、最大強度で通信可能となった。いずれも場合も、通信速度は、安定して 52kbps 程度を得た。

次に、通信端末をペリカンケースに内部に固定し (図 3)、ケースの蓋を締めた状態における、通信の品質を確認した。ペリカンケースはプラスチック製のため、通信に与える影響は見られず、端末を露出して使用した場合との差異はなかった。

以上より、衛星可搬端末をペリカンケースに入れた場合においても、安定した通信を確立することができることがわかった。

4 結言

本稿では、火山噴火の長期観測を目的としたポータブル監視デバイスの開発および、実施した衛星通信試験について報告した。

今後は、回転台の制御および空振計の実装を行った上で、実際の活火山環境でのフィールド試験を行い、有用性を評価する予定である。

謝辞

本研究は、東北大学リーディング大学院グローバル安全学トップリーダー育成プログラムからの援助を受けた。また、NTT docomo の協力により、衛星可搬端末を用いた通信試験を行った。ここに謝辞を表す。

References

- [1] 秋山健, 山内元貴, 比嘉翔弥, 永谷圭司, 吉田和哉, “天然ダムの長期監視を目的としたポータブルカメラシステムの開発とフィールド試験”, 第 13 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会 論文集, pp.725-730, 2012
- [2] 谷島諒丞, 榎本裕次郎, 皆本岳, 秋山健, 山内元貴, 永谷圭司, 吉田和哉, “長期運用可能な投下型ポータブル観測デバイスの開発とフィールド試験”, 第 14 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会 論文集, pp.219-222, 2013