



東北大学

報道機関関係各位

平成 24 年 10 月 16 日

東北大学大学院工学研究科

活火山の監視を目指した火山探査ロボットの 公開試験のご案内

拝啓 時下ますますご清祥の段、お喜び申し上げます。平素は格別のご高配を賜り、厚くお礼申し上げます。

東北大学では、これまで、芝浦工業大学、千葉工業大学、工学院大学、大阪大学、インロッド・ネット(株)、エンルート(株)と共同で、活動中の火山の立ち入り禁止区域における遠隔監視を行う火山探査ロボットシステムの研究開発を進めてきました。このたび、この研究開発の成果発表を兼ねて、浅間山において、この火山探査ロボットシステムの公開フィールド試験を行います。なお、本研究は、国土交通省の河川砂防技術研究開発公募の制度を活用しております。

記

日 時：平成 24 年 10 月 23 日（火）（天候不良の場合は 24 日以降に順延）

説明開始 午前 10 時 00 分

試験開始 午前 10 時 30 分

試験開催場所：浅間山 北東側斜面、小浅間山

（試験説明は東大地震研究所 浅間火山観測所 駐車場で実施予定）

以上



【公開試験に関する問い合わせ先】
東北大学大学院工学研究科情報広報室
TEL: 022-795-5898
FAX: 022-795-5898
E-mail: eng-pr@eng.tohoku.ac.jp

活火山の監視を目指した火山探査ロボットの公開試験（ドラフト）

2012年10月23日 実施予定

東北大学 永谷圭司

芝浦工業大学 油田信一

1. 公開試験背景

活火山の活動開始から終息までは、非常に時間がかかる場合が多く、その間に、噴石、溶岩、火砕流、土石流などの現象により、近隣に大きな被害をもたらす可能性がある。したがって、火山活動中の火山の監視は、非常に重要である。

活火山の一つである浅間山は、1783年の噴火活動において、8月5日に起こった土石なだれが鎌原村を含む山下の村を飲み込み、大被害をもたらした。当時、山の反対側の活動の方が活発であり、村民は避難を全く考えていなかったと言われている。この際、火山監視を継続的に行うことができていれば、村民の避難も可能であったかもしれない。浅間山は、現在も活動中の活火山であり、首都圏にも近いため、その噴火は、首都圏への影響を及ぼす可能性が大きい。

現在、浅間山の活動はレベル1であり、人の立入禁止区域は、火口から半径500mと比較的小さい。また、火山活動の監視は、火口内カメラや火山周辺に設置された監視装置で実現できている。しかしながら、噴火活動が始まると、火砕流や土石流の予測を行うため、任意の場所からの定点観察や移動観察を行う必要性が生ずる。しかしながら、火山の周囲には、人が進入することが禁止される。（レベル3の状態では半径4km以内が進入禁止。）このような状況に対処するため、遠隔より、任意の場所からの火山の定点監視／移動監視を行う技術が求められる。さらに、東日本大震災後は、日本の火山活動が活発化していると言われており、この技術整備は、急務であると言える。

そこで、我々の研究グループでは、国土交通省 関東地方整備局からの委託研究の下で、**活動中の火山の立ち入り禁止区域において移動監視を実現するための火山監視ロボットシステムの研究開発**を、探査シナリオをベースに、浅間山でのフィールド試験を行いつつ進めてきた。本公開試験では、このロボットシステムの研究開発状況を紹介する。

2. 調査レベル

本研究では、浅間山探査での調査項目を土石堆積状況の映像取得と堆積厚さの計測の2つとし、段階的に調査のレベルを以下のように設定した。

[STEP1] 火山活動が発生した場合に規制区域内の状況を映像で把握。

[STEP2] 指標を用いて 映像により土石の堆積厚さなどを推定。

2-1) 火山活動前の写真と現在の堆積状況写真の比較により土石の堆積厚さを視覚的に把握。

2-2) 事前に設置したポール等により土石の堆積厚さを視覚的に把握。

2-3) ロボットに装備したモノサシ等により堆積した土石の形状や大きさを視覚的に把握。

[STEP3] マニピュレータなどの装備を用いて地面を掘削することで土石の堆積厚さを把握。

ここで、STEP1 から検討を始めることが技術的に望ましいが、警報や警戒情報の発令に際しては、定量的かつ客観的なデータが求められるため、当面 STEP2 を対象として検討を進めることとした。

3. 探査シナリオ

浅間山探査STEP2では、以下の前提条件でロボットを用いた探査シナリオを構成する。

- 1) 噴火前には有人探査可能地域であること。
- 2) 対象とする環境には、無線通信が不通となる不感地帯が存在しないこと。

以上を条件とし、以下にシナリオを提示する。なお、これらのシナリオは単独でも機能するが、これらを組み合わせ、火山灰の堆積に関する、より詳細なデータを獲得することが望ましい。

(A) 災害発生前の写真と災害発生後写真の比較

定点観測でよく採られる手法で、災害発生前と後の写真を比較し、噴火や火砕流による土石の堆積状況などの現場変状を確認する。あらかじめ平常時に写真とその撮影地点の座標を取得しておき、ロボットをその地点までアプローチさせて写真を撮影する。なお、平常時に写真を撮影する際には、近辺の樹木、岩石等の大きさも記録しておき、分析時に指標となるよう準備しておくことが大切である。

(B) ポール等の土石の堆積厚さ確認施設の設置

施設が設置できるのであれば、厚さ確認用のポールなどの人工的なモノサシとなるものをあらかじめ設置しておき、災害発生時にロボットでその地点の厚さを確認する。ポール自体に被害がなければ、高い精度で現場における土石の堆積厚さを測定することができる。

(C) ロボットに土石のサイズ／形状確認のための対象物を設置

ロボットには、撮影した土石の大きさやサイズを確認するため、カメラに映り込むモノサシを設置する。

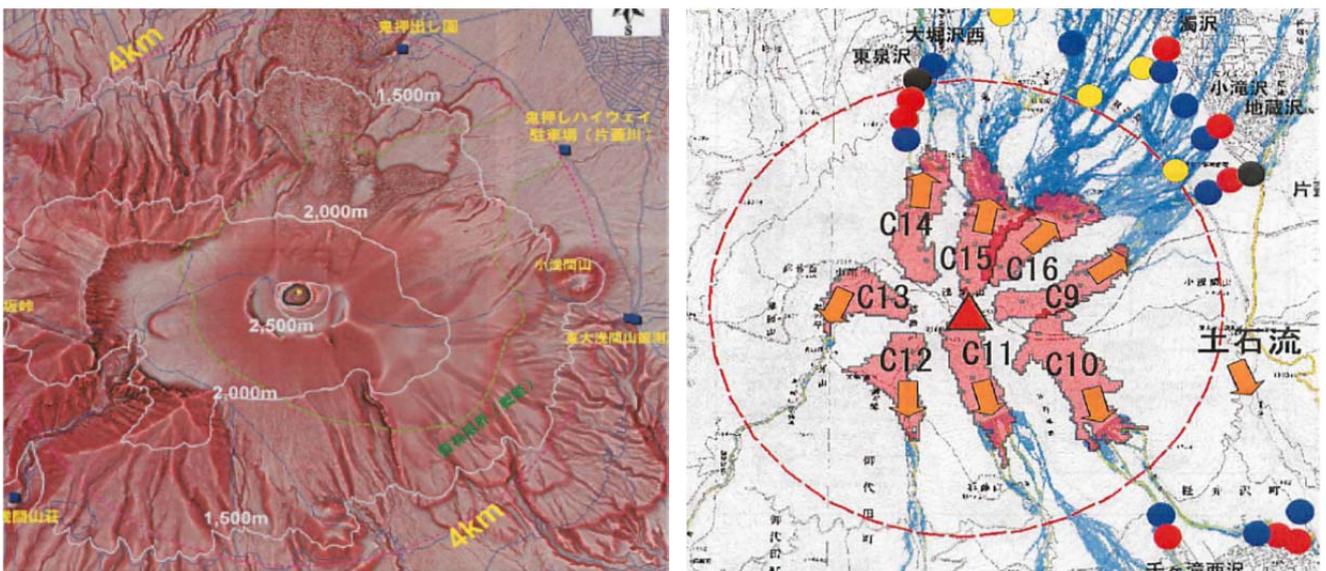


図 1 浅間山の地形図 (左) と土石流の懸念箇所

浅間山の地形図を図 1 左に、浅間山における融雪型火山泥流発生の懸念箇所を図 1 右に示す。図中の矢印が、火山泥流の発生が懸念される領域である。本試験では、C9 エリアを対象環境とする。

4. アプローチ方法

次に、現地までのロボットのアプローチ方法について示す。人が立ち入ることができない環境において、無人観測を行うために最も効果的な方法は、空中を移動して観測を行うことである。その中でも、ホバリングが可能なヘリコプタは、有力な観測手段であるが、観測時間をそれほど長くとることができない。そこで、ヘリコプタと小型移動ロボットの複合手段で、火山の移動観測を行うことを考える。この観測手法のイメージを図 2 に示す。小型ロボットは、一般に不整地走行性能がそれほど高くないため、ヘリコプタによって、観測地域より高標高の地点に投下され、無線通信による遠隔操作によって、移動観測を実行する。

このアプローチで問題となるは、ヘリコプタの飛行高度、ロボットとの通信、電源、ロボットの移動性能である。以下に、これらの技術課題に対する我々のアプローチを示す。

ヘリコプタの飛行高度の問題と解決法：

飛行高度について、農業用の無人ヘリコプタは、一般に 1000 メートル以上の高地で運用することが困難と言われている。浅間山の標高は、2,568m であり、レベル 3 の噴火で人が立ち入り禁止となる境界の火口から 4km 地点も、標高 1,400m 程度であるため、農業用無人ヘリコプタを利用することができない。その主要原因は、エンジンに供給する空気の密度低下により、燃焼がうまく行われず、エンジンの推力が低下するためであるといわれている。これをモータ駆動に代替することで、燃焼環境の制限が無くなり、この問題が解決すると考えられる。そこで、本試験では、飛行ロボットを利用して小型ロボットを搬送することとした。図 3 は、浅間山の標高 1,800m 地点において実施したペイロード投下試験である。

ロボットの移動性能と電源の問題と解決法：

飛行ロボットで搬送可能なペイロードの重量やサイズは、それほど大きく取ることができないため、投下する小型ロ



図 2 観測シナリオのイメージ



図 3 マルチコプタのペイロード投下試験



図 4 小型軽量ロボット GeoStar

ロボットは、東北大学で開発した小型移動ロボット GeoStar の利用を想定することとした。このロボットは、車輪型のロボットであり、急斜面の直登は困難であるが、斜面下方向に対する走行性能は比較的高い。また、全重量が現在 2.5kg 程度であるため、電動のヘリコプタによる搬送が可能であることが期待できる。GeoStar の電源は、現状で 2 時間程度の運用が可能である。

通信に関する問題と解決法：

非常時における移動ロボットの遠隔操作のための通信は、現在、200MHz 帯の公共 BB の利用に大きな期待が寄せられているが、現状では、小型化まで至っていない。そこで本試験では、遅延も大きく、通信レートも低下するが、広範囲で通信が可能な Docomo の FOMA を用いた通信モデムを GeoStar1 号機の通信に利用することとした。また、対象とする環境において見通しがきく環境では、2.4GHz 帯の通信についても、利用可能であると考えている。そこで、GeoStar2 号機には、2.4GHz で長距離通信に実績のある Contec 社製の長距離通信モデムを利用することとした。

5. 公開試験

前節のアプローチ方法で示した飛行ロボットならびに、小型移動ロボットによる火山の遠隔監視ロボットシステムの研究開発の現状を紹介するため、浅間山にて公開試験を実施する。このシステムは、開発段階であり、一連の作業を全て連続して動かすことが難しいため、この公開試験では、幾つかのパートに分けて試験を行う。下図に、対象とする環境と試験を実施する上で重要な場所の位置関係を示す。本研究における観察対象は、図中に赤く塗られた、標高 2,100m から 1,800m にかけて存在する C9 斜面である。次ページより、この環境で実施する 4 つの公開試験を紹介する。

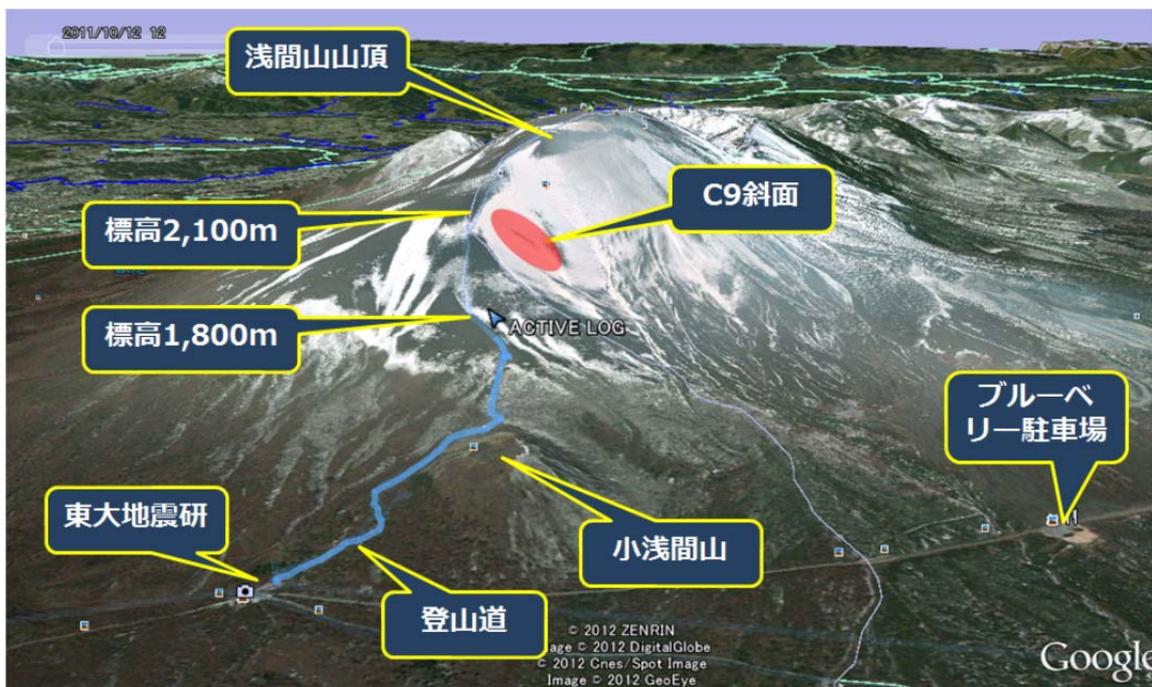


図 5 浅間山での公開試験における主要地点

試験 1 小浅間山におけるミニシナリオ試験：

飛行ロボットによって投下される小型移動ロボットによる探査システム全体を理解頂くため、この試験では、小浅間山を浅間山に見立てたミニシナリオ試験を実施する。対象環境は、小浅間山斜面である。利用する飛行ロボットは、図 3 に示す TOBI, 移動ロボットは、図 4 に示す GeoStar である。試験の流れを以下に示す。

小浅間山のふもと（東大地震研駐車場より徒歩 20 分程度）から、小型移動ロボット GeoStar を搭載した飛行ロボット TOBI を遠隔制御し、小浅間山山頂でホバリングさせる。次に、高度を安定させたところで、切り離し信号を送信し、小型移動ロボットを落下させる。その後、TOBI については、遠隔制御で小浅間山のふもとまで帰還させる。また、GeoStar については、カメラ情報を用いた遠隔操作で小浅間山の斜面の下り走行を行い、小浅間山のふもとまで帰還させる。



図 6 試験 1：ミニシナリオ試験

試験 2 GPS ナビゲーション試験：

飛行ロボットを自動制御し、GPS 座標で指定された飛行経路に沿ってナビゲーションするデモンストレーションを実施する。対象環境は、図 5 中の 1,800m から 2,100m 付近で行う。また、可能であれば、小浅間山の山頂から離陸する長距離飛行試験について実施する。利用する飛行ロボットは、クワッドローター Yamasemi を利用する。試験の流れを以下に示す。



図 7 クワッドローター Yamasemi

飛行ロボットならびに、ローカルオペレータは、標高 1,800m 付近で待機するが、フライト情報の送受信ならびに緊急時のセーフティ動作を行うための基地局は、小浅間山の山頂に設置する。標高 1,800m 付近において、ローカルオペレータが飛行ロボットの離陸を行い、その後、GPS を用いた自動航行に切り替える。基地局では、遠隔より飛行状況を監視すると共に、ロボットから送られてくるフライト情報を受け取る。GPS 座標で指定された飛行経路を飛行した後、離陸場所に帰還し、ローカルオペレータが手動航行に切り替え、着地を行う。万が一、飛行中に問題が生じたとき基地局が判断した場合、ロボットに緊急帰還命令を送信してミッションを中断させ、離陸場所に帰還する動作を実施する。その後、ローカルオペレータが手動航行に切り替え、着地を行う。



図 8 YAMASEMI GPS ナビ試験

試験 3 小型移動ロボットの遠隔操作試験：

飛行ロボットによって投下される予定の小型移動ロボットの遠隔制御を行う。対象環境は、標高 2,100m 地点から始まる C9 斜面とする。利用する移動ロボットは、図 4 に示す GeoStar である。試験の流れを以下に示す。

標高 2,100m 地点に人手で運搬された GeoStar は、ブルーベリー駐車場に設置した基地局より、GeoStar に搭載したカメラ画像を用いて遠隔操作を行い、C9 斜面を走行する。ここでのミッションは、C9 斜面に設置したマーカー（三脚）の観測である。C9 斜面には、5 台のマーカーを設置しており、そのマーカーの GPS 座標は既知である。そこで、各マーカーの近傍まで GeoStar を遠隔操作で走行させ、各マーカーの状況を搭載カメラで観察する。これを、斜面を下りながら、全てのマーカーについて確認する。なお、ロボットの遠隔操作については、FOMA の携帯通信と 2.4GHz の無線通信とを比較するため、2 台の GeoStar を利用して、遠隔操作試験を 2 回実施する。

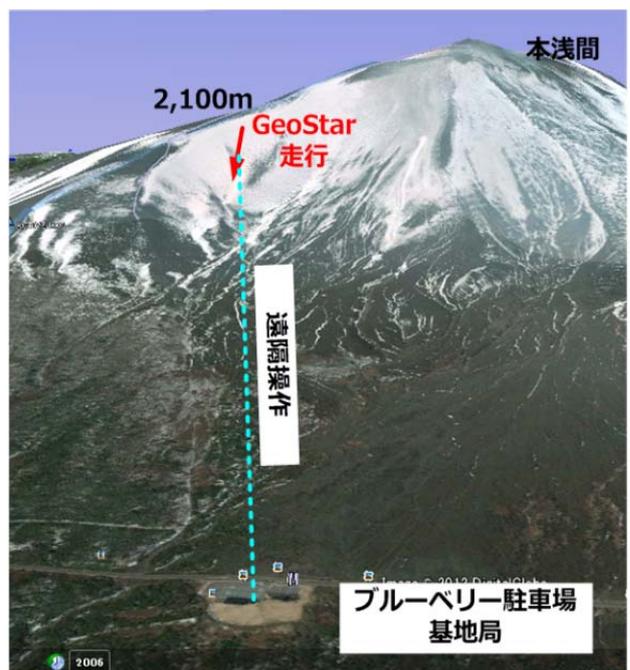


図 9 GeoStar の遠隔操作

試験 4 フライトモデルの飛行試験：

図 3 に示すマルチコプタ TOBI や図 6 に示すクワッドローター Yamasemi で得られた知見をベースにして、現在、株式会社エンルートと共に、2.5kg のペイロードを運搬可能なフライトモデルを製作している。このフライトモデルのペイロード試験を図 5 中の東大地震研 駐車場にて実施する。

6. スケジュール

前章で示した個別の公開試験について、以下のスケジュールで実施する。

試験実施日：10月23日

10:00 東大地震研 駐車場にて全体の説明

10:30 小浅間山に移動開始

11:00 小浅間山にて**試験 1 ミニシナリオ試験**を実施

11:30 小浅間山の山頂に移動し**試験 2 GPS ナビゲーション試験**を実施

12:00 東大地震研駐車場に移動

12:30 東大地震研駐車場にて**試験 4 フライトモデルの飛行試験**

13:00 ブルーベリー駐車場に移動（各自で適宜昼食を取る）

13:30 ブルーベリー駐車場にて **試験 3 小型移動ロボットの遠隔操作試験**

14:00 質疑応答

上記において、試験 2、試験 3 を実際に行う場所は、それぞれ 1,800m 地点、2,100m 地点であるが、2,100m 地点の現場までは、地震研から 2 時間程度かかる。また、ここに立ち入るためには、基本的には、予め許可が必要となるので、注意が必要である。

雨天または強風の場合、試験実施日を 24 日に順延する。また、23 日にスケジュール通り公開試験を実施できた場合も、24 日には、試験 2、試験 3、試験 4 を実施する。