

2012 年度伊豆大島無人観測ロボットシンポジウム
実施報告書

伊豆大島無人観測ロボットシンポジウム実行委員会

目次

| | |
|-----------------|------|
| 1. シンポジウムの目的と概要 | P.3 |
| 2. 日程 | P.5 |
| 3. 一般向け企画報告 | P.6 |
| 4. 実証試験報告 | P.9 |
| 5. まとめ | P.29 |

1. シンポジウムの目的と概要

目的

伊豆大島三原山では先の噴火から 20 年以上が経過し、次の噴火について考え・準備しておく必要のある時期になっています。1986 年の噴火では爆発的な噴火が発生し、また、カルデラ底や更にはカルデラの外など、思いもかけない地点での活動になりました。そのため、噴火地点には近寄ることができず、噴火現象の科学的理解や災害軽減のための貴重なデータを調査観測する機会を逸しました。このような状況をもたらした理由の一つとして適切な観測技術の未発達が挙げられます。従って、次の機会には、貴重なデータを観測する態勢を十分に構築しておく必要があると考えられ、とりわけ遠隔操作、無人、不整地走行など の要素を重視した新しい観測用移動体の開発とそれに基づく機動的な対応が望まれます。このような移動体は特に宇宙研究分野で進展しており、火山分野における技術開発に対しても貴重な経験を与えてくれるはずです。一方、宇宙分野では実際の火山などにおけるフィールド実験の経験が乏しく、火山と宇宙との両分野が協力することによってお互いに格段の進展が図られるはずです。本シンポジウムは、このようなことを念頭において企画されております。噴火まであまり時間が残されていないかも知れない今日、宇宙探査や、地球環境計測など、さまざまな分野から、無人観測車（UGV）や無人観測飛行機（UAV）を開発しているグループが伊豆大島に集まり、火山地形での運用実証試験を行いつつ情報交換することで、次の伊豆大島噴火に間に合うように、火山防災や火山活動観測に本当に役に立つロボットと実質的な運用態勢を短年月で完成させることをめざしています。

概要

シンポジウムは、主として無人観測ロボット野外実証試験と、コア日程プログラムとに分かれています。野外実証試験は、環境省から許可を得た期間の内、各研究グループが好きな日程を選んで開発中のロボットの野外実証試験を行います。コア日程ではシンポジウム参加者が一堂に会し、情報交換や講演会を行います。2012 年度は特に大島町の一般の方々との交流に重点を置き、一般講演会や、ロボットのデモンストレーション大会を実施しました。

2012 年度の委員会メンバー

委員長 佐伯和人（大阪大学）

委員

永谷 圭司（東北大学）

吉田 和哉（東北大学）

小柳 栄次（千葉工業大学）

久保田 孝（宇宙航空研究開発機構）

黒田 洋司（明治大学）

國井 康晴（中央大学）

森田寿郎（慶應義塾大学）

金子克哉（京都大学）

山浦秀作（和歌山大学）

並木則行（千葉工業大学）

2. 日程

11 月 3 日（土曜日）シンポジウム一般向け企画

講演会&ロボットデモ大会

見学無料、事前申し込み必要なし

日時： 2012 年 11 月 3 日（土曜日） 13:00-

場所：講演： 北の山公民館 2F 講堂

ロボットデモ： 大島町地域センター体育館（旧北小体育館）

13:00 - 講演 1 「火山噴火でおきたこと、知りたいこと」

川邊禎久先生

産業技術総合研究所地質情報研究部門火山活動研究グループ主任研究員

気象庁火山活動評価検討会委員

13:50 - 講演 2 「災害対応ロボットの開発と課題」

小柳栄次先生

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター副所長

福島第一原子力発電所で活動しているレスキューロボットの開発責任者

14:50 - 16:30 「ロボット デモンストレーション大会」

10以上の研究機関から集まった20台近くのロボット車やロボット飛行機の
展示や活動デモンストレーション。

11 月 4 日（日曜日）実証試験参加者・研究者向け企画 シンポジウム講演会

場所：大島温泉ホテル 大広間

9 時-12 時

- ・各グループのロボット・実験紹介
- ・来年度以降活動についての相談
- ・地震研共同研究プロジェクトの相談

3. 一般向け企画報告

・講演会 聴衆 約 50 名

講演 1 「火山噴火でおきたこと、知りたいこと」 川邊禎久先生

産業技術総合研究所地質情報研究部門火山活動研究グループ主任研究員
気象庁火山活動評価検討会委員

＜内容＞ 1987 年の伊豆大島噴火の際に、どのような観測で噴火の現状が把握されていたのかを時間経過に対応させながら詳細に解説していただいた。また、他の火山も例に取り上げながらロボットによってどのような情報が手に入れば役にたつかという問題に様々な示唆を与えていただいた。

講演 2 「災害対応ロボットの開発と課題」 小柳栄次先生

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター副所長

福島第一原子力発電所で活動しているレスキューロボットの開発責任者

＜内容＞福島原発で稼働しているロボットの開発運用経験を例に、研究用のロボットに比べて、実際に災害時に役に立つロボットは、部品の選び方から運用方法にいたるまで、妥協を許さない別次元の取り組みが必要であることを教えていただいた。



川邊禎久先生の講演の様子



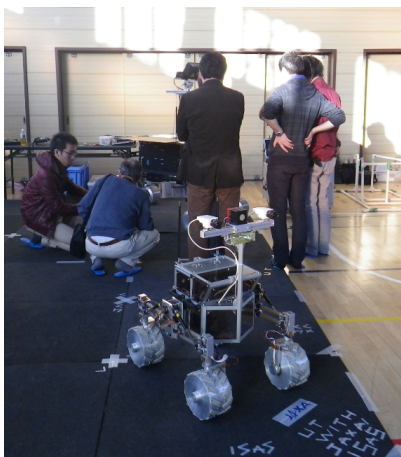
小柳栄次先生の講演の様子

・ロボット デモンストレーション大会 出展者約 50 名＋来場者

ロボット車やロボット飛行機の展示で、我々の活動を大島町の皆さんに紹介。



出展者記念撮影



観測ロボット動作実演



飛行ロボット操縦シミュレータ
を楽しむ子ども達



マルチコプターの飛行実演



マルチコプターの飛行に見入る観客



マルチコプター搭載カメラの視点を体感する観客

来場者アンケート（有効回答数 9）

- 1) 年齢 70 以上:2 名 60 代:2 名 50 代:2 名 40 代:1 名 30 代:1 名 20 代:1 名
- 2) 性別 男性:7 名 女性:2 名
- 3) この企画を何で知りましたか? ジオパーク関係者から通知:4 名、知人から:5 名

講演1「火山噴火でおきたこと、知りたい事」について

- 4) 内容はどうでしたか? 大変良かった(9 名)、よかった(0)、ふつう(0)、あまりよくなかった(0)、つまらなかった(0)
- 5) 内容は何割くらい理解できましたか?
10 割 (1 名)、8 割 (6 名)、半分 (2 名)、3 割 (0)、ほとんどわからなかった (0)
- 6) その他感想があれば自由に
「島の火山の成り立ちと、小さい噴火が大きくなると知ったこと」、「何度でも川邊先生のお話を伺いたい」

講演2「災害対応ロボットの開発と課題」について

- 7) 内容はどうでしたか?
大変良かった(7 名)、よかった(0)、ふつう(0)、あまりよくなかった(0)、つまらなかった(0)、無記入(2 名)
- 8) 内容は何割くらい理解できましたか?
10 割 (0)、8 割 (2 名)、半分 (4 名)、3 割 (0)、ほとんどわからなかった (0)、無記入(2 名)
- 9) その他感想があれば自由に
「これからも社会の為に役に立つロボットをつくってください」、「更なる開発を期待しております」、
「大変興味深く伺いました。質問にも丁寧にお答えになっておられたのが印象的です」

ロボットデモ大会について

- 10) 内容はどうでしたか?
大変良かった(5 名)、よかった(2 名)、ふつう(0)、あまりよくなかった(0)、つまらなかった(0)、無記入(2 名)
- 11) どんなロボットや展示に興味をひかれましたか?
「すべて!」、「レーザー光線による岩石分析」、「空飛ぶロボット」、「無人ロボットなど」
- 12) 私達は、今後、火山学者や住民のみなさまの要望を取り入れて、次の大島噴火の際に火山観測や防災に本当に役に立つロボットを開発したいと考えております。ロボットにこんなことをしてもらいたいということがありましたら、ご記入ください。
「がんばって下さい」、「防災に役立ってください」

主催者備考：

運営に手一杯でアンケートの回収に気が回らなく、回収率が悪くなってしまったことは残念であった。また、講演とデモ大会のアンケートを一枚にまとめたために、どちらかみの参加者の方々がアンケートを書くのを躊躇してしまったことも一因となったと考えられる。

4. フィールド実証試験報告

注意：研究計画書に記載されていても実際に現地で実証試験されなかったロボットについては、報告書に掲載しておりません。

| | | |
|-------|--|------|
| I. | 東北大学（永谷 圭司）実証試験報告 | P.10 |
| II. | 千葉工業大学（小柳 栄次）実証試験報告 | P.13 |
| III. | 宇宙航空研究開発機構（久保田 孝）実証試験報告 | P.14 |
| IV. | 明治大学（黒田 洋司）実証試験報告 | P.16 |
| V. | 中央大学（國井 康晴）実証試験報告 | P.17 |
| VI. | 慶應義塾大学（森田 寿郎）実証試験報告 | P.19 |
| VII. | 京都大学（金子 克哉）実証試験報告 | P.24 |
| VIII. | 大阪大学（佐伯 和人）実証試験報告 | P.25 |
| IX. | 和歌山大学（山浦 秀作）実証試験報告 | P.26 |
| X. | 合同会社ホワイトレーベルスペース・ジャパン(袴田 武史) 実証試験報告 | P.27 |

I. 東北大学（永谷 圭司）実証試験報告

研究グループ代表者：永谷 圭司（東北大学）

研究グループ班員所属機関：東北大学

研究課題：「軟弱不整地走行ロボットの走行試験」

ロボット名：ELF（エルフ）

実証試験実施期間：2012 年 10 月 30 日（火）～11 月 2 日（金）

実験概要：

不整地移動ロボット ELF（図 1）の軟弱土壌走行試験を行った。ELF は、2 つのメインクローラ、4 つの 2 自由度サブクローラおよび、メインクローラ間のスライド機構で構成されるクローラ型移動ロボットであり、スライド機構および 2 自由度サブクローラを用いて、接地角を変化させることができる。本試験では、裏砂漠の楕形山の麓にある 30 度の斜面において、斜面直登実験および斜面横断実験を行った。実験の結果、斜面直登実験では、スリップ無く登坂することが可能であることを確認し、斜面横断実験では、各クローラを斜面に沿って接地させて斜面横断を行うよりも、クローラのエッジを立てて斜面横断を行う方が斜面下方向への滑りが軽減されることが判明した（図 2）。この試験により、三原山のスコリアで構成された軟弱土壌においても提案機構の有用性が示され、これが、三原山噴火時の軟弱土壌における走行機構の候補として挙げられることが分かった。

実験写真・図：



図 1

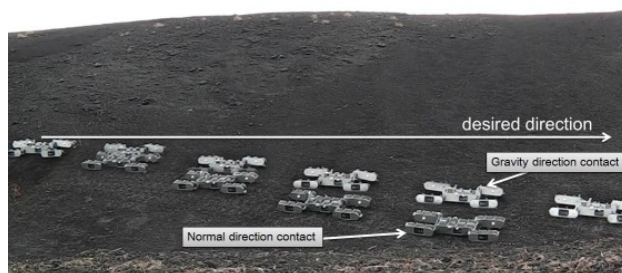


図 2

図の説明：

1：不整地移動ロボット ELF

2：クローラを斜面に沿って接地させた時の斜面横断（下）とクローラのエッジを立てて接地させた時の斜面横断（上）の連続写真比較

研究グループ代表者：永谷 圭司（東北大学）

研究グループ班員所属機関：東北大学

研究課題：「小型不整地移動ロボットによる位置推定／走行試験」

ロボット名：Moonraker

実証試験実施期間：2012 年 10 月 30 日（火）～11 月 2 日（金）

実験概要：

不整地移動ロボットの長距離ナビゲーションおよび位置推定のための環境観測試験を行った。このロボットは、4 輪スキッドステア型の移動ロボット（図 1）であり、前方に三次元距離センサ、上方に全方位カメラを有しており、ロボット周囲の環境情報を取得できる。本試験では、楕形山登山を含む、トータル 900m の長距離ナビゲーションを実施した（図 2）。なお、楕形山の平均斜度は、11 度であった。また、ロボットに搭載したセンサによる環境認識試験も合わせて実施した。図 3 は、全方位カメラから得た全方位画像に、距離センサから得られた形状データを融合したものであるが、遠隔操作時のオペレータに与える付加的な環境情報として有用であると期待できる。この試験により、三原山噴火時に探査を行う遠隔操作ロボットに必要となるセンサ情報の検討ならびに、本ロボットの走破性能の検証を行うことができた。

実験写真・図：



図 1

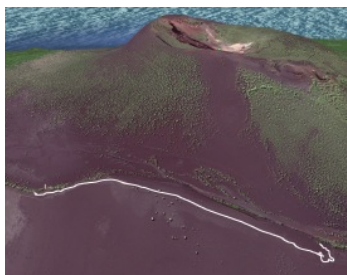


図 2

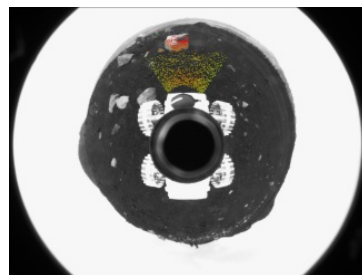


図 3

図の説明：

1：楕形山を走行する Moonraker

2：Moonraker の走行軌跡を Google Map 上に投影したもの

3：Moonraker が得た環境情報

研究グループ代表者：永谷 圭司（東北大学）

研究グループ班員所属機関：東北大学

研究課題：「無人ヘリコプタと小型移動ロボットによる火山調査の実証試験」

ロボット名：電動ヘリコプタと移動ロボット GeoStar

実証試験実施期間：2012 年 10 月 30 日（火）～11 月 2 日（金）

実験概要：

本研究では、電動ヘリコプタによる小型移動ロボットの運搬動作を用いて、火山調査を行うシステムの実現を目指している。当初は、運搬動作の試験まで行う予定であったが、今回は、準備の関係上、電動ヘリコプタの GPS ナビゲーションと、移動ロボット GeoStar の長距離ナビゲーション試験のみ実施した。電動ヘリコプタ（図 1）の GPS ナビゲーションについては、追従パラメータの調整不足のため、期待した結果が得られなかった。一方、小型移動ロボット GeoStar（図 2）については、大島温泉ホテルに位置したオペレータの遠隔操作による長距離ナビゲーション試験を行った。走行結果を図 3 に示すが、Docomo の FOMA 通信を用いた遠隔操作により、小型移動ロボットが三原山周辺の広域の探査を行うことに成功した。これは、将来的に三原山が噴火した際、この手法を利用することで、三原山周辺の探査が可能であることを実証したもので、非常に重要な成果であると言える。

実験写真・図：

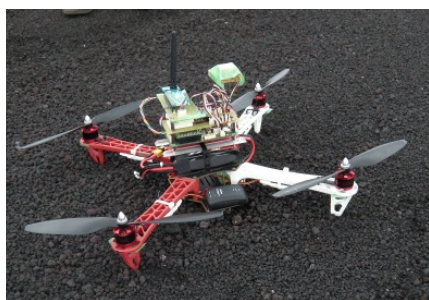


図 1

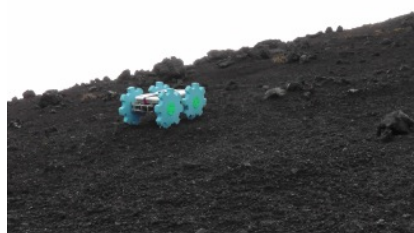


図 2

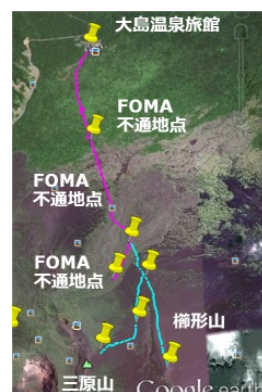


図 3

図の説明：

1：電動ヘリコプタ

2：小型移動ロボット GeoStar

3：GeoStar の走行履歴を Google Map に投影した図

II. 千葉工業大学（小柳 栄次）実証試験報告

研究グループ代表者:小柳栄次(千葉工業大学)

研究グループ班員所属機関:千葉工業大学

研究課題:「不整地移動ロボットによる火山地域の探査活動試験」 ロボット名:Quince

実証試験実施期間:11 月 1 日(木)～11 月 3 日(土)

実験概要:

災害対応ロボット Quince を用い以下の試験を行った.

1. 遠隔地からの長距離不整地走行実験.

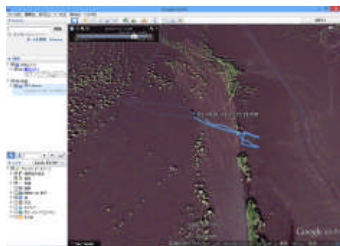
三原山登山道では,ロボットに搭載されているカメラ情報のみで(ロボットを目視しない状況)安全に目的地に向け走行できるかを検証した.

この結果,登山道,およびその周辺では安定して走行できることが確認された.一方,溶岩流の地域では,搭載カメラ画像からはギャップの 高低差,深さ,浮き石などの情報が不足するため,他のロボットによる 支援が必要であることが確認された.

2. 火山灰地特有の火山灰,礫,溶岩,およびそれらが重複した障害となる 環境下での検証.

Quince は,火山灰,砂など粒径が 5mm 未満のものであればクローラ に咬み込むことなく排出できる.またそれ以上の粒径のものは,基本的 に入り込まない構造である.三原山の実環境下でこの機能の有効性が検証され,およそ 30 度を超える斜面でも走行することができた.一方で, 火山灰の下に隠れた岩石はロボットの姿勢,走行方向を急変させる要因 となることが確認された.

実験写真



・ 写真の説明:

1:楡形山登山道とガリーの走行経路(GPS データ)

2:登山道脇のガリーを登る Quince

3:溶岩流を走行する Quince

III. 宇宙航空研究開発機構（久保田 孝）実証試験報告

研究グループ代表者：久保田孝（JAXA）

研究グループ班員所属機関：JAXA，東京大学，立教大，千葉工業大学，

研究課題：「探査移動ロボットによる火山地域の探査活動試験（その1）」

ロボット名：Micro6-A

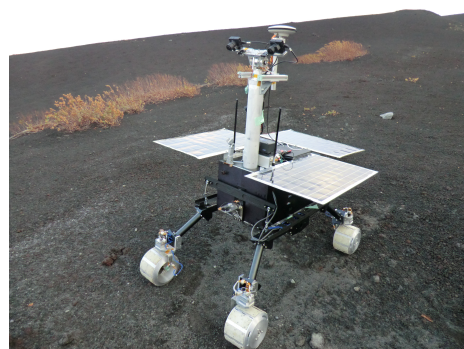
実証試験実施期間：10月28日（日）～11月6日（月）

実験概要：

宇宙での使用を想定して開発しているローバの要素技術を火山地域無人観測に有効利用するための実証試験を伊豆大島裏砂漠にて行った。火山地形それぞれで土壌の特性が違い，特にレーザセンサの性能は対象の特性に大きく依存するため，伊豆大島特有の土壌で試験しなくてはならず，今回試験を実施した。また，伊豆大島裏砂漠のように，GPSの電子基準点が近傍（10km以内）に4つもある地域は他になく移動の評価が高精度にできるため，実利用を目指す意味で，現地で自律運用や遠隔操作の評価することは非常に価値が高い。

JAXA 宇宙科学研究所が所有するローバをテストベッドとして種々の試験を行った。今年度は，新型環境認識センサの評価，画像による地形認識と自律航法誘導のためのデータ取得，ローバ電力系の性能評価，新型サスペンション機構と走行路面の評価，小型高速ローバとの連携探査の検討，レーザを用いた火山噴出物表面の組成分析等の試験を実施した。結果として，いずれの工学的な試験も良好に実施することができ，また，レーザを用いたスペクトル分析による科学ミッションの運用上の課題を洗い出すことができた。

実験写真・図：



写真の説明：

1：ローバと参加者集合写真（左）

2：ローバの全体写真（右）

研究グループ代表者：久保田孝（JAXA）

研究グループ班員所属機関：JAXA

研究課題：「探査移動ロボットによる火山地域の探査活動試験（その２）」

ロボット名：CUATRO

実証試験実施期間：11月1日（日）～11月6日（月）

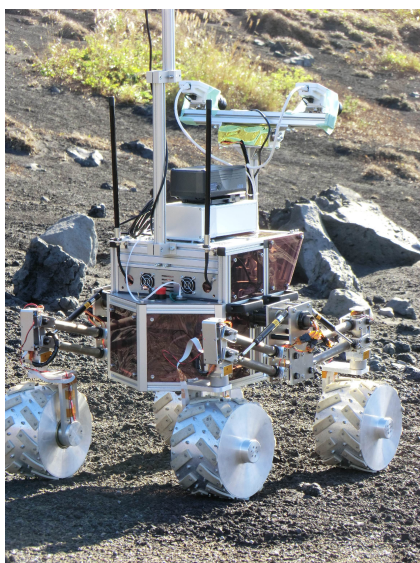
実験概要：

宇宙での使用を想定して開発しているローバの要素技術を火山地域無人観測に有効利用するための実証試験を伊豆大島裏砂漠にて行った。

JAXA 宇宙科学研究所が所有する小型ローバ（CUATRO）を用いて、大型ローバ（Micro6-A）との連携探査のための種々の試験を行った。今年度は、大型ローバと小型ローバの取得画像の違いを認識するためのデータ取得、先行探査のための移動性能評価を行った。結果として、いずれの工学的な試験も良好に実施することができた。

このような試験を通じて、月惑星探査ローバの耐環境性のあるセンサやアクチュエータの要素技術、噴火時の運用方法等、継続して洗練し、将来の伊豆大島火山地域の無人観測に貢献する。今後、事前シミュレーションとの比較検討、自律移動のためのアルゴリズムの選定基準の策定等を十分に行い、火山地域でのローバの自律運用に向けた要素技術のさらなるロバスト化を目指す。

実験写真・図：



1. ローバ全体写真

IV. 明治大学（黒田 洋司）実証試験報告

研究グループ代表者：黒田洋司（明治大学）

研究グループ班員所属機関：明治大学

研究課題：「移動ロボットによる火山の走行観測試験」

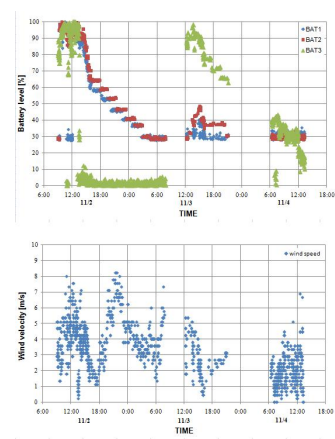
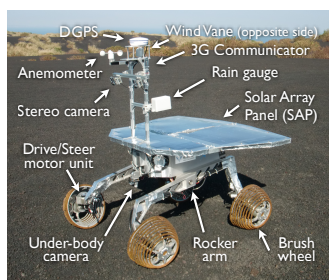
ロボット名：Micro6 Volcano

実証試験実施期間：10月20日（土）～11月5日（月）

実験概要：

明治大学では、実際の火山地形において噴火等の危険が迫る状況を想定し、無人観測車Micro6 Volcanoを用いて数日間に渡る遠隔による連続観測活動試験を実施した。Micro6 Volcanoを三原山山腹に投入後、明治大学関係者は一旦、全員島外に退去した。当地より約100km離れた、川崎市にある明治大学生田キャンパスよりロボットを遠隔制御し、走行させた。夜間は安全に停車させた後、遠隔での指示により、通信機を含めてすべての電源を切ってスリープモードに移行させた。翌朝、日照が得られた時点で再起動し走行を再開した。このようにして、正味3日間にわたる連続運用試験を2回行い、水平距離にして約740m、高度にして約100mの登山を行った。数々のトラブルに見舞われたため、当初予定よりも走行距離が短かったが、島外からの遠隔制御と、日を超えて生存して観測を続ける運用試験に成功した。

実験写真・図（3枚以内）：



写真の説明：

1：Micro6 Volcano

2：Micro6 Volcano の移動軌跡。水平約740[m]，高度約100[m]の登山に成功（10/27(紫)，10/28(緑)，11/2(黄色)，11/3(青)，11/4(ピンク)）

3：観測された気象データの一部

V. 中央大学（國井 康晴）実証試験報告

研究グループ代表者：國井康晴（中央大学）



研究グループ班員所属機関：中央大学

研究課題：「火山活動地域におけるロボットを用いた遠隔観測試験」

ロボット名：Intelligence Flying Drone-I

実証試験実施期間：10月29日（月）～11月2日（金）

実験概要：

表面移動システムに比べ、事態に対する即応性を有し、火山噴火の際の初期的な情報収集するため、飛行型ロボットの利用を検討する。本実験では、試作機を用いて実環境における飛行の可能性と課題を把握し、将来的な観測、機器輸送に向けた情報を収集する。まず操縦者が目視により飛行させた場合と搭載カメラを用いて操縦した場合の運用状況を確認した。また模擬観測飛行を実施し、岩壁にある観測対象の近接撮影や大きな岩石が存在する環境での低空飛行及び観測対象への接近などを実施し、運用評価を行なった。

実験写真・図（3枚以内）：



<フライト中の IFD-I>



<岩壁での観測>



<岩石群中の低空飛行及び観測>

研究グループ代表者：國井康晴（中央大学）



研究グループ班員所属機関：中央大学

研究課題：「火山活動地域におけるロボットを用いた遠隔観測試験」

ロボット名：Micro6-02

実証試験実施期間：10月29日（月）～11月2日（金）

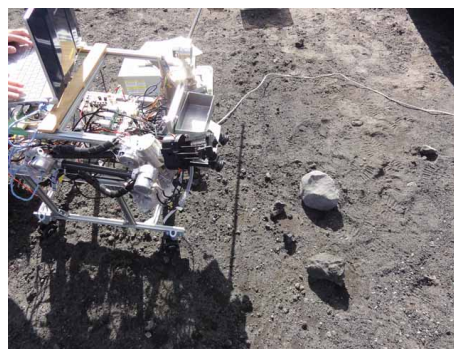
実験概要：

ロボットによる探査技術を用いて火山活動の状況などを調査するため、遠隔地にいる操縦者により、ロボットを目的地へ誘導するための遠隔誘導方式と、地質試料採取装置とその運用技術の評価を行なった。実験では、周囲環境計測用ステレオカメラによる環境計測能力、得られた環境データを用いた自律障害物回避能力、操縦者による遠隔操縦機能と自律障害物回避機能の融合システムの評価を行なった。その結果、環境データ計測に課題がある事が判明したが、その他の機能に関し、基本的な有効性が確認できた。また Micro6-02 に搭載予定の試料採取用マニピュレータの運用試験を実施し、採取のための環境計測機能の有効性を確認し、今後の課題を認識出来た。

実験写真・図（3枚以内）：



<岩石を調査中の Micro6-02>



<採取試料の計測>



<実験フィールドを移動する Micro06-02>

VI. 慶應義塾大学（森田 寿郎）実証試験報告

研究グループ代表者：森田寿郎（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学

研究課題：「はね付きクローラ機構を用いた不整地走行車による走行試験」

ロボット名：はね付きクローラ Model1, Model2

実証試験実施期間：10月20日（土）～11月6日（火）

実験概要：

はね付きクローラ機構を用いた無人探査ロボットを用いて三原山裏砂漠内での走行試験を行った。裏砂漠には脆弱型不整地と凹凸型不整地が混在しており、平坦な地面から急傾斜な登り坂まで存在するため、ロボットの走行性能の評価において非常に有効なフィールドである。今回は、2台の実験機を用いて脆弱型不整地・凹凸型不整地での走行試験と傾斜面（約 20° ）の登板試験を行った。

Model1は任意速度での走行が可能であり、速度の切り替えによりはねが屈曲あるいは展開し、走行形態を変化させ不整地走破性の向上が図れる。一方 model2は常時はねが展開している。Model1による脆弱地での低速走行は可能であったが、はねの展開による走破性の向上は見られなかった。Model2については脆弱地・凹凸地での走行および傾斜面の登板に成功した。特に斜面登板においては、すべりにより走行不能なることなく登板可能であった。

実験写真・図：



写真の説明：

1：はね付きクローラ Model1 の概要

2：はね付きクローラ Model2 の概要

3：軟弱地・凹凸地での走行および傾斜面の登板の様子

研究グループ代表者：森田寿郎（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学

研究課題：「凧と小型無人陸上車両を用いた空撮法の実証試験」

ロボット名：Sky fishing

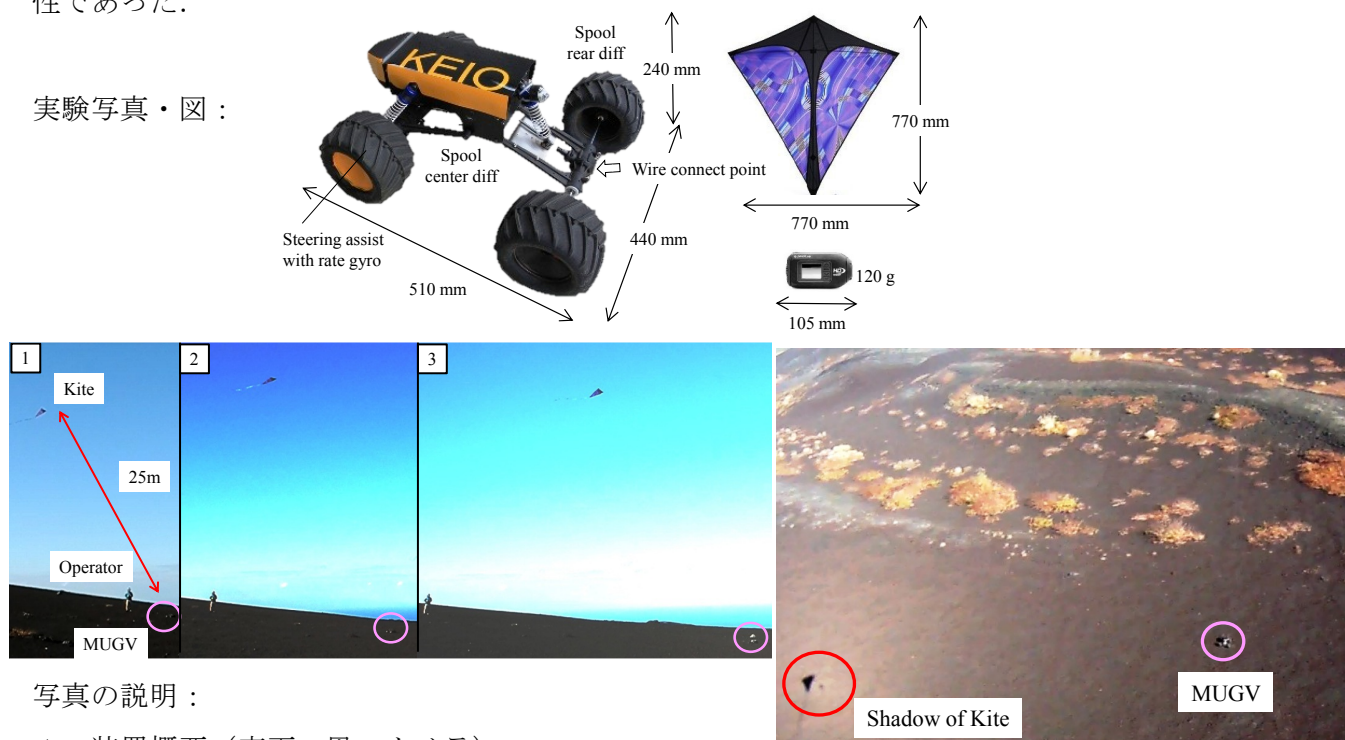
実証試験実施期間：10月20日（土）～11月6日（火）

実験概要：

凧にカメラを搭載して、凧の紐を小型無人陸上車両で牽引操作する空撮法の実証試験を行った。伊豆大島三原山の裏砂漠は強風かつ足場の悪い不整地である。そこで、強風下でも飛行と同一箇所に停滞が容易である凧を用いた空撮（観測）を検討した。しかし、凧の移動には操作者の移動を必要とするため、裏砂漠のような不整地上空での操縦者の移動は困難であるため、凧の操作を小型無人陸上車両で行うこととした。目視による無線操縦で車両を操作し、市販のスポーツ用ビデオカメラを搭載した凧を用いて空撮実験を行った。紐長さ 25m の凧において、離陸、停止飛行、向風飛行だけでなく、追風飛行にも成功した。

また、全てのシステムを 3 辺合計 110cm 以下のボックスに収納可能としたため、大島への公共交通機関および宅配便での運搬、島内での自動車移動などにおいても高い利便性であった。

実験写真・図：



写真の説明：

- 1：装置概要（車両，凧，カメラ）
- 2：凧の移動
- 3：空撮画像（凧の影と車両が映り込んでいる）

研究グループ代表者：森田寿郎（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学

研究課題：「携行型空中観測機の運用性能試験」

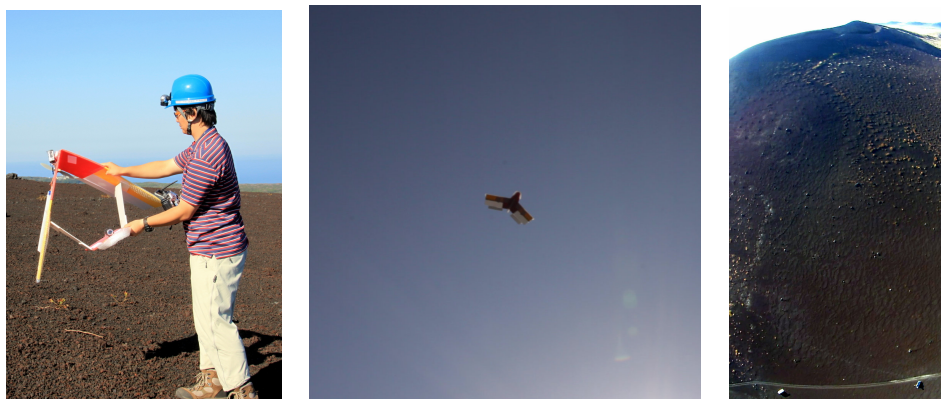
ロボット名：PteraPod

実証試験実施期間：10月20日（土）～11月6日（火）

実験概要：

携行型空中観測機 PteraPod の試験を行った。PteraPod は、伊豆大島三原山の環境を想定して開発され、運用を容易にする変形機構を備えている。裏砂漠での実験では、変形機構について、風が強いあるいは足場が悪い環境で使用者が1名で安全迅速に組立・発進と回収・収納できることを確認した。市販のスポーツ用ビデオカメラを搭載し、目視による無線操縦で空中撮影実験を行った。地上風速 7m/s 前後において向風・追風・旋回・滑空飛行に問題は無く、楯形山からの稜線上空の乱れた気流内でも動揺は小さかった。駆動系の改修によって前年より上昇性能が向上しており、広角・60fps・HD 画質での上空撮影は地下茎の進展によるであろう植生の様子や車両の移動を確認できるほど鮮明であった。また、前年から追加された分解機構によって、大島への公共交通機関および宅配便での運搬、島内での自動車移動について利便性の向上を確認した。

実験写真・図：



写真の説明：

- 1：展開変形中の PteraPod
- 2：飛行中の PteraPod
- 3：PteraPod によって三原山火口方向を映した映像のキャプチャ

研究グループ代表者：森田寿郎（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学

研究課題：「モーターグライダータイプ小型観測機による空中観測試験」

ロボット名：DG-1000

実証試験実施期間：10月20日（土）～11月6日（火）

実験概要：

山岳環境で飛行実績のある市販の2m級模型モーターグライダーDG-1000を利用して、裏砂漠において空中撮影の試験を行った。市販のスポーツ用ビデオカメラを搭載し、目視による遠隔操縦にて風が比較的弱い時に実験を行い、画質について1080p・30fps及び720p・60fpsの鮮明な映像を撮影することができた。60fpsの撮影ではスロー再生によって鳥の航過を確認できた。これは、風対策のために高速で飛行しても、高fps映像をスロー再生することで地形や火山活動を把握できることを示唆している。なお、機体は滑空でき柔らかい素材なのでお互いに安全であった。飛行後にはモータマウントの亀裂が数回確認された。これは飛行中に局所的な風を受けて高度が下がることが多くあり、プロペラの駆動を多用したことで負担が大きかったと考えられ、裏砂漠で利用するためには補強等の対策が必要であることがわかった。

実験写真・図：



写真の説明：

1：飛行中の DG-1000

2：空中撮影映像のキャプチャ

研究グループ代表者：森田寿郎（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学

研究課題：「携行型低空プラットフォームによる空中観測試験」

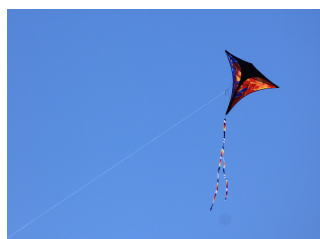
ロボット名：TriceraPod

実証試験実施期間：10月20日（土）～11月6日（火）

実験概要：

TriceraPod は凧を利用した空中滞在型の装置で、観測装置を空中に懸架でき、釣竿を流用した操作器具によって山岳地や浜辺の足場が悪い環境でも利用可能である。裏砂漠での実験では、微風時において助走することなく離陸でき、市販のスポーツ用ビデオカメラを懸架して空中撮影に成功した。風速 7m/s ほどの時も同様に成功した。上空からの回収について強風時の素手による巻き取りは不可能であり、この操作器具は有効であったといえる。回収時に上空で、全野外実験で初めて凧のメインシャフトが折れ、裏砂漠ではより強靱な構造が必要であることがわかった。不時着を想定し、ラインを伸ばして凧を留置し回収する実験では、素手ではラインが地面に必ず引っ掛かり回収不可能であったが、釣竿を振るとこれを回避して回収できた。他の山域で見られる熱上昇気流による滞空飛行は観察されず、裏砂漠では発生してもすぐに移動していると考えられる。

実験写真・図：



写真の説明：

1：地上操作の様子

2：飛行中の凧の様子

3：空中懸架したカメラから三原山方向の映像のキャプチャ

VII. 京都大学（金子 克哉）実証試験報告

研究グループ代表者：金子克哉（京都大学）

研究グループ班員所属機関：大阪大学

研究課題：「火山観測用無線操縦自走式センサー「ほむら」による三原山火山裏砂漠および火山体斜面の走行試験」

ロボット名：ほむら

実証試験実施期間：11月1日（木）～11月4日（日）

実験概要：

前年度から機体の改良を行った火山観測用無線操縦自走式センサー「ほむら」の試験を行った。ほむらは、1.2GHz帯のデジタル無線モジュールを用いて目視による無線操縦、また FOMA の 64k データ通信を用いて遠隔地からの操縦が可能である。今回の実験では、車輪式ロボットが比較的苦手とする、裏砂漠特有のスコリア斜面地（あらく崩れやすい火山礫の斜面）で走行性能をテストすることを行った。斜度 33 度程度の斜面は登坂可能であったが、それ以上になると現在の機体形状では困難であることを確認した。また、夜間裏砂漠に放置し、宿泊地より FOMA を用いて、ほむらを制御する試験も行い、それが可能であること、また、一晩夜露に濡れる状態であっても、ほむらの機体および制御系には問題が生じないことを確認した。

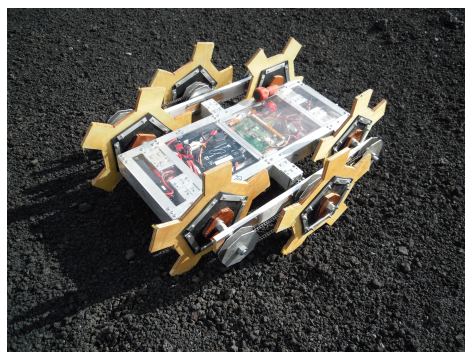


写真 1



写真 2

写真の説明：

写真 1 ほむら改良機体

写真 2 スコリア斜面の登坂テスト

VIII. 大阪大学（佐伯 和人）実証試験報告

研究グループ代表者:佐伯和人(大阪大学)

研究グループ班員所属機関:大阪大学

研究課題:「無人観測車の移動観測およびデータ転送試験」

ロボット名:Land-1

実証試験実施期間:11 月1日(木)～11 月5日(月)

実験概要:

無人観測車 Land-1 の試験を行った。Land-1 は iPhone をロボット制御の中核としており携帯電話回線網を使って遠隔地と情報のやりとりができる。裏砂漠および登山道では Land-1 から大阪のサーバーに送られてくる画像をもとに操縦する実験を、また、三原山登山道では目視無線操縦しながら通信可能範囲を調べる実験を行った。結果、三原山登山道では Land-1 からの映像から道の両端を認識することが、通常の道よりも難しいことがわかった。玄武岩質の小石がころがる道に適した視野や照明法の工夫が必要である。一方、裏砂漠から三原山山頂にかけての登山道では、NTTドコモの電波によって十分にロボット制御に必要な情報を送受信できることがわかった。

実験写真・図

写真の説明:1:登山道を登る Land-1 (正面) 2:登山道を登る Land-1 (背面面)

3:Land-1 から大阪のサーバーへ送信された画像の1枚



IX. 和歌山大学（山浦 秀作）実証試験報告

■研究グループ代表者：山浦秀作（和歌山大学）

■研究グループ班員所属機関：横浜国立大学

■研究課題：「オクトコプターによる物体投下実験と空撮実験」

■ロボット名：SH-OctoCopter2

■実証試験実施期間：10月20日（土）～10月21日（日）

■実験概要：

1）上空からの物体（模擬ロボット）投下実験、2）自律飛行による空撮実験を行った。投下実験ではマニュアルで飛行をした後、上空で自律ホバリングに切り替え、模擬ロボットを投下した。投下したものにはパラシュートが取り付けられており、安全に落下、機体もマニュアルで安全に着地した。自律飛行では、あらかじめ指定した高度と座標を順に移動していく飛行を行った。飛行中には動画も撮影し、問題なく飛行を終えた。

三原山で噴火などが起きた際には、人が立ち入れない場所に上空からセンサーやロボットを投下させたり、上空から状況監視をするなどの用途に活かせると思われる。しかしまだ可視範囲外での飛行実験は行なっていないため、今後はそれを含めて実験を進める必要がある。

■実験写真：



写真 1



写真 2



写真 3

■写真の説明：

1：機体の概観

2：上空から物体を投下した瞬間の様子

3：上空から撮影された動画（その一コマをキャプチャしたもの）

X. 合同会社ホワイトレーベルスペース・ジャパン(袴田 武史) 実証試験報告

研究グループ代表者：袴田武史

研究グループ班員所属機関：合同会社ホワイトレーベルスペース・ジャパン

研究課題：「超小型無人観測車のホイール形状による走行性能の差異観測」

ロボット名：CM-2

実証試験実施期間：10月31日（水）～11月4日（日）

実験概要：

従来の無人観測車は、基本的に単体での活動を前提に設計されており、それ故に筐体もそれなりの大きさにならざるを得ない。別の考えとしては、複数の小型無人観測機を群体として構成し、それぞれに機能を役割分散させシステムの生存確率を向上させるという方法も考えられる。よって今回はそのコンセプトに基づき、まずは超小型のローバーを用いて単体での走行実験を行った。さらに超小型ローバーの利点としては開発コスト及び搬送の費用低減や、運用の容易さも挙げることが出来る。今回は火山観測時に実際の運用が予想される、スコリアが覆う地表で取外し可能な3種類のホイールを用意し走行性能の比較を行った。

実験写真：



写真 1



写真 2



写真 3

写真の説明：

- 1：平地走行を行う CM-2。
- 2：4輪型ローバーとの大きさ比較。
- 3：取替え可能な CM-2 オプションホイール。

研究グループ代表者：袴田武史

研究グループ班員所属機関：合同会社ホワイトレーベルスペース・ジャパン

研究課題：「無人観測車の移動観測およびデータ転送試験」

ロボット名：PM-2 「はくと」

実証試験実施期間：10月31日（水）～11月4日（日）

実験概要：

昨今、無人観測車の遠隔操作を行う場合にはロボットの捉えた映像を元に障害物を検知し、適切なルートを設定するのが主流になってきている。しかしながら、初見の映像から障害物の大きさ、障害物までの距離を短時間で判断するのは難しく、また判断材料として付近に大きさの予測が出来る人工物が無い場合、それは困難を極める。したがって、人工物がほとんど無い伊豆大島の裏砂漠地帯にてさまざまな障害物のサンプルの画像を取得し、今後の障害物検知に役立てる情報を得た。また、はくとはインターネット経由でも操作が可能になっているが、裏砂漠においてもNTTドコモのモバイルルーターにより操作及び画像データの転送が可能であることを実証出来た。これにより日本国内であればほぼ全域で稼働出来るシステムが構築されたことになる。

実験写真：



写真 1



写真 2



写真 3

写真の説明：

- 1：障害物を同一距離に置き、カメラからどのように見えるか観察する。
- 2：上記障害物を、カメラからの距離を変えて判別具合を検証した。
- 3：ローバー背面に設置した角度計にて、登坂限界値を探る。

5. まとめ

今回で、伊豆大島無人観測シンポジウムも4回目（4年目）となる。

実証試験では、無人観測ロボット車に関しては、裏砂漠のスコリア地帯も問題なく走行できるロボットがほとんどになった。また、シンポジウムをはじめた当初は宇宙ロボットの転用が多かったために高度な自律制御を備えたロボットが多かったが、火山観測では遠隔操作の方が有効であるとの認識が広まり、携帯電話網や独自回線を用いた遠隔操作を取り入れるロボットが増えて来た。また、現地の風雨に耐える方向や、遠方からの遠隔操作、長距離走行へと実用化への熟成過程に入ったロボットも複数でてきた。

飛行するロボットに関しては、マルチコプター（4つ以上の回転翼を持つ飛行体）を採用するグループが突然増えた。定点空撮の安定性や、風速10 m程度でも運用できることがわかり、今後の活躍が期待される。

伊豆大島の噴火は近づいていると予測される。ロボットの開発は着実に進んでいるものの、現在のロボットの運用形態や、運用体制の準備状況では、まだまだ即戦力として観測に参加することは難しいと言わざるを得ない。実際に役にたつためには、火山予知連の観測体制に組み込んでもらうことが必要であるし、そのためには、ロボットの性能が安定し、常に準備期間や準備人員を確保しなくても動かせる状態にあり、要請があれば即日出動できる体制を整えなければならない。今後2年程度で、そのような体制を確立するグループを複数つくりたいと考えている。

一般公開イベントは今回初めての試みであった。

講演会について、川邊禎久先生の「火山噴火でおきたこと、知りたいこと」は、一般の方々にとっては、忘れかけた次の大島噴火への備えの意識を喚起する良い機会になったようである。また、ジオパーク関係者など火山の知識や興味を持つ聴衆が多かったために、活発な質疑応答となり盛況であった。ロボット開発グループにとっては、今後どのような観測を目指すべきかについてのヒントが多数示唆されたため、開発の方向性を考えるよい契機となった。さらに、火山予知連で活躍する川邊先生にロボットの開発状況を見ていただけたことも、今後の活動につながる大きなステップになったと考えている。

小柳栄次先生の「災害対応ロボットの開発と課題」の講演は、福島原発ロボットの開発運用の詳細を教えていただくものであり、タイムリーな話題だけに一般からの関心も大きかった。何よりロボット開発者にとっては、災害現場での経験は、実用ロボットをめざす上で貴重な情報の宝庫であった。また、小柳先生の妥協を許さない姿勢は、ロボット開発者の気持ちを引き締めるものであったと同時に、一般の方々のロボット開発者への期待と信頼を増す効果も大きかったように思う。その期待や信頼に答えられるようなロボットを我々もつく

らねばならないと強く感じた。

ロボットデモ大会は、小学生から高齢の方まで、幅広い世代の方々が来場し、盛況となった。ただ、最も来て欲しかった中高生の来場者がほとんどいなかったのは残念であった。事前に大島の全中学に教育委員会よりポスターを配布してもらったのだが、効果がなかった。中学高校の先生に具体的に興味を持ってもらうような事前活動が必要であったかも知れない。一方で小学生の来場者が多かったのは嬉しかった。また、ジオパーク関係者の来場が多く、ジオパーク関係者との連携が今後の鍵となることが示唆された。

会場ではロボット開発グループが全てデモ大会に参加してくれたため、国内でこれだけのロボットを一度にみる機会はずまいであろうという、大変贅沢なイベントになったと思う。また、操縦体験や飛行・走行実演など、わかりやすい展示が多かったので、一般の方々にもロボットの能力をよく理解していただけたと思う。一般公開ではあまり理解されないかと心配していた、レーザー加熱岩石組成分析装置（千葉工大出展）が想像以上に人気を集めたことに驚いた。ていねいな説明があれば、専門的な話題を取り扱っても大丈夫であることがわかった。住民の方がたに、「噴火の際、ロボットに何をして欲しいか」を聞きたかったところだが、住民の方がたも「急に聞かれても思いつかない」という様子であった。今後もロボットの取得情報を住民の立場でどう活用するかということのを共に考えるイベントを不定期に開催したいと考えている。

謝辞

無人観測ロボットシンポジウム開催には多くの方がたのご助力やご支援をいただきました。大島町役場の皆様、東京都庁大島支庁の皆様、環境省の皆様には、特別保護地区で実証試験をするための許可申請から実際の実証試験に至まで、実現に向けた様々なアドバイスや手続き処理をしていただきました。大島町教育委員会と振興企画課の皆様には一般公開イベントの会場手配や設備貸し出し、イベント広報など、様々な援助をしていただきました。大島温泉ホテルと海のふるさと村には、毎年、実験グループの宿泊に関して、ロボット準備場所の提供など様々な便宜を図っていただいております。その他にも、大島のレンタカー業者の皆様が、我々の実証試験期間にあわせて裏砂漠で使える 4WD の車を確保しておいてくださるなど、シンポジウムが継続されるにつれ、大島の皆様の暖かい支援が増えて来ていることを感じております。住民の方々から聞く 1986 年噴火時の体験話も我々の活動の貴重な情報源です。ご協力いただいた皆様に感謝の意を評します。