

2013 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

代表連絡先

佐伯 和人

〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-1

大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

電話 06-6850-5795

FAX 06-6850-5480 (代)

電子メール ksaiki@ess.sci.osaka-u.ac.jp

目次

1. シンポジウムの目的と概要	P. 3
2. 日程	P. 5
3. 実証試験報告	P. 6
4. 講演会企画報告	P. 13
5. まとめ	P. 14

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。

当初、2013 年度も例年通り、コア日程に大島町の一般の方々にも公開する一般講演会を企画しておりました。しかし、台風 26 号による土石流災害の発生のため一般講演会は中止となり、後日、東京大学地震研究所にて研究者向けの講演会企画を行いました。また、無人観測ロボット野外実証試験も、期間や規模を縮小して実施することになりました。

2013 年度の委員会メンバー

委員長 佐伯和人 (大阪大学)

委員 (所属名五十音順)

大槻 真嗣 (宇宙航空研究開発機構)

金子 克哉 (京都大学)

石上 玄也 (慶應義塾大学)

國井 康晴 (中央大学)

福島 文彦 (東京工業大学)

永谷 圭司 (東北大学)

黒田 洋司 (明治大学)

2. 日程

- ・ シンポジウム研究集会 11 月 9 日（土曜日）

場所：大島温泉ホテル 大広間

- ・ 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

- ・ 実証試験 11 月 7 日（木曜日） から 11 月 15 日（金曜日）まで
（当初予定は 10 月 18 日 から 11 月 15 日まで）

場所：裏砂漠、および三原山

- ・ 講演会 2 月 14 日（金曜日）

場所：東京大学地震研究所 （東京都文京区）

講師：坂井佑介氏

国土交通省 九州地方整備局九州防災・火山技術センター

九州技術事務所 火山防災減災課 課長

講演題目：「九州地方整備局における

無人化施工・ロボット技術に係る取り組み」

3. 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。実証試験をしたロボットは全て掲載しております。

I.	宇宙航空研究開発機構（大槻 真嗣）実証試験報告	P. 7
II.	明治大学（黒田 洋司）実証試験報告	P. 8
III.	慶應義塾大学（石上 玄也）実証試験報告	P. 9
IV.	東京工業大学（福島 文彦）	P. 10
V.	京都大学（金子 克哉）実証試験報告	P. 11
VI.	大阪大学（佐伯 和人）実証試験報告	P. 12

I. 宇宙航空研究開発機構 実証試験報告

研究グループ代表者：大槻真嗣（宇宙航空研究開発機構）

研究グループ班員所属機関：宇宙航空研究開発機構・東京大学

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」

ロボット名：AKI

実証試験実施期間：11月10日（日）～11月14日（木）

実験概要：

将来の月惑星表面探査用サイエンスプローブの中核を担うローバシステム自体ならびにその要素技術の応用先として、災害時の火山地帯の無人観測が考えられており、その観点から伊豆大島裏砂漠において走行試験を実施した。今回の試験では、自律移動のための要素アルゴリズム検証用基盤データ取得を主な目的とし、ステレオカメラ、角度センサ等、30以上のセンサ情報を同期して獲得することができた。今後、獲得された情報に基づいて、伊豆大島の独特な地形、地質に合わせて位置推定や外環境の状態推定等のアルゴリズムの最適化を実施する。

実験写真・図（3枚以内）：



写真の説明：

1：AKI全体像（側面）

2：集合写真

3：平地走行時のAKI（正面）

II. 明治大学 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：「火山探査ローバによる長期運用実証実験」

ロボット名：Micro6 Volcano

実証試験実施期間：11月9日（土）～11月15日（金）

実験概要：

三原山の噴火時に島外避難となる事を想定し、無人観測車 Micro6 Volcano を用いて、島外からの遠隔操作によって数日間にわたる連続観測をする実験に挑戦した。伊豆大島から約 100km 離れた川崎市にある明治大学生田キャンパスから遠隔制御を行い、夜間は全ての電源を切りスリープモードに移行させた。翌朝、スリープモード中の最後のヘルスマonitoringで風速 23m/s を観測した。そのおよそ 20 分後、最後に計測した風速を大幅に上回る突風に合い Micro6 Volcano が転倒するという事故が発生した。これによりソーラーパネルや風速・風向計などが損傷した。エネルギーを確保する事が厳しくなったため、連続観測実験を続行させる事が出来なくなったが、今まで観測した事のない貴重な風速データを取ることができた。また、損傷した Micro6 Volcano を修復して自律移動制御実験を実施した。

実験写真・図（3枚以内）：



写真の説明：

左：Micro6 Volcano

中：転倒時の Micro6 Volcano

右：転倒するまでの風速データ

III. 慶應義塾大学 実証試験報告

研究グループ代表者：石上玄也（慶應義塾大学）

研究グループ班員所属機関：慶應義塾大学 理工学部 機械工学科

研究課題：「観測ロボット搭載環境認識センサ Laser Range Imager の実証試験」

ロボット名：Cuatro

実証試験実施期間：11月9日（土）～11月12日（火）

実験概要：本研究グループでは、不整地上を走行する探査ロボットの研究開発を行っている。特に、ロボット搭載用を想定したレーザ測距方式による小型環境認識センサ（Laser Range Imager: LRI）の開発に取り組んでいる（図1）。

本実証試験では、探査ロボットを走行移動させながら、様々な計測対象（スコリア、ガリー側面の地層、植生）について同センサの計測性能の確認評価を行った（図2）。一般に反射率が5%以下という黒色のスコリアに対しても、開発したLRIにより3次元的な形状認識が可能であることが実証できた。さらに、カメラによるカラー（RGB）情報に加え、LRIから得られる輝度値（対象物体の光の反射の度合い）という情報を得ることが可能となるため、スコリアあるいは火山灰質の堆積層それぞれについて、異なる反射輝度値から計測対象をある程度推定可能であることも実証した。

実験写真・図

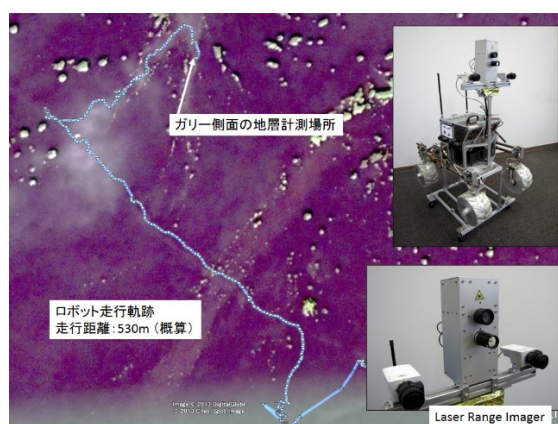


図1

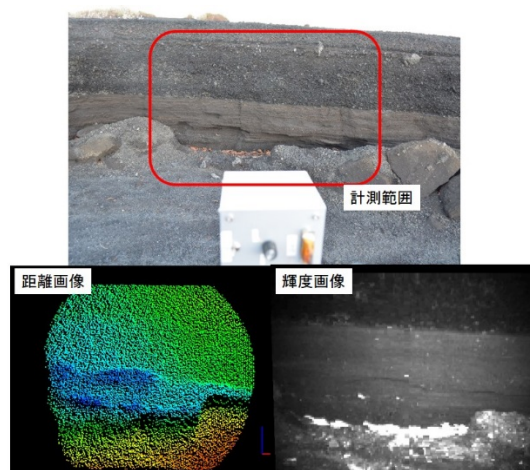


図2

図1：観測ロボット「Cuatro」（右上）、開発したLRI（右下）、ロボットの走行軌跡（左）

図2：ガリー側面の地層計測結果：距離画像（左下）距離に比例して暖色～寒色，輝度画像（右下）輝度に比例して白～黒，地層ごとに反射輝度が異なるのが分かる。

IV. 東京工業大学 実証試験報告

東京工業大学 実証試験報告

研究グループ代表者: 福島 E.文彦

研究グループ班員所属機関: 東京工業大学

研究課題:

ロボット名: **陸上移動観測基地(電動)**

実証試験期間: 11月07日(木)～11月11日(月)

実験概要:

新しく製作したロボットである陸上移動観測基地(電動)(図1)の基本的な走行試験を行った。陸上移動観測基地(電動)は前輪に1500W、後輪に2000Wの4個のインホイールモーターを用いた四輪駆動ロボットであり、16inchの自動車用ホイールとタイヤを用いることで、安価なシステム構成かつ高い不整地踏破性が期待できる。裏砂漠における実験では高負荷トルク時にモーター駆動系が十分機能しなかったため、長時間の実験を行うことが出来なかったが、前後進および旋回などの基本的な機能を確認した。

なお、麓付近で実施を予定していた斜面縦断性能(登坂性能)および斜面横断性能(トラバース性能)の確認試験は、台風の影響により三原山の麓までの経路状況が昨年から大きく変化したため、安全に遂行することが困難であると判断し今回は走行試験を取りやめたが、大雨による保護区域内の地形変化や突風の影響も確認でき有意義であった。

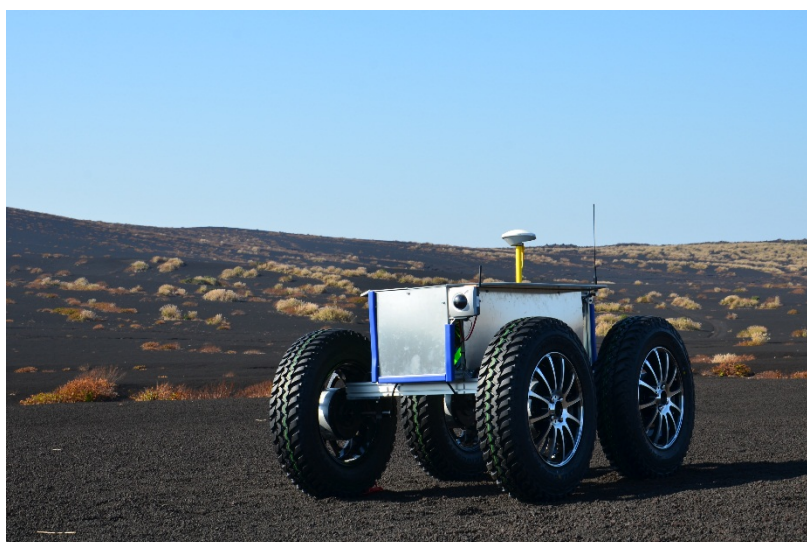


図1 陸上移動観測基地(電動)の外観

V. 京都大学 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：京都大学

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8日（金）～11月12日（火）

実験概要：

前年度から機体および制御ソフトウェア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。今回の試験では FOMA の 64k データ通信を用いて遠隔地からの操縦の試験を主として行った。その結果、目視によらない遠隔操縦により、大島温泉ホテルを出発し、裏砂漠登山道を経て、火口外周登山道に達し、そのまま登山道外のスコリア急斜面を降坂して、裏砂漠におり、大島温泉ホテルへ続く道まで達した。途中で、FOMA 無線が途切れる場所があり、操縦不能になったが、遠隔操縦により制御できることが分かった。



写真 大島裏砂漠登山道を遠隔操縦により登るほむら

VI. 大阪大学 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：「マルチコプターの試験運用、通信可能範囲の検証、
および二酸化炭素濃度計の試用」

ロボット名：Skypoint-1

実証試験実施期間：11月7日（木）～11月11日（月）

実験概要：

マルチコプタータイプの無人機の運用試験を行った。シンポジウム参加のマルチコプター利用者より様々な情報を得て準備したので、GPSによる裏砂漠地域無人飛行を無事に行うことができた（図1）。後は運用方法を工夫するだけで、充分実用観測に使えると思われる。また、iPhoneをコアとしたロボット制御システムよりセンサー情報を自動で研究室のサーバーに転送する試験を行った。このシステムにより、大島カルデラ内外のSoftbankの電波状況を把握することができた。昨年度に比べてSoftbankの通信可能範囲が大幅に広がり、裏砂漠のほとんどの領域で通信可能となっていることがわかった（図2）。さらに、地中から拡散して地表に放出される二酸化炭素濃度を測定する装置の試験を楯形山山腹にて行った（図3）。二酸化炭素量の変化は噴火予知に使える可能性がある。小型の装置でも十分に放出二酸化炭素量が測定できることがわかった。測定方法をシンポジウム参加者で共有し、今後の開発の参考にさせていただいた。



図1：Skypoint-1の自動飛行試験

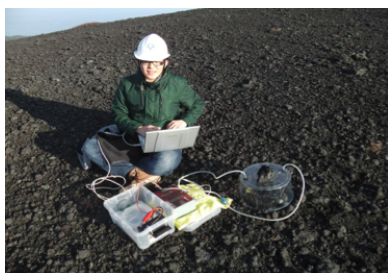


図3：地中拡散CO₂測定試験



図2：行動足跡内（徒歩、車）でSoftbankの電波利用可能な場所（黄色の点）

4. 講演会企画報告

当初、講演会は大島町の方々にも公開する形で、11月9日に大島温泉ホテルにて行う予定であった。しかし、台風26号による土石流災害が発生し、死者行方不明者が多数という状況で一般公開イベントを行うことは自粛せざるを得ない状況であった。

このため、講演会は2月14日に東京大学地震研究所で行った研究集会の際に、無人観測ロボット研究者と火山学者を対象に行われた。

講演 「九州地方整備局における無人化施工・ロボット技術に係る取り組み」

坂井佑介 課長

国土交通省九州地方整備局

九州防災・火山技術センター九州技術事務所火山防災減災課

概要：

雲仙火砕流被災地での無人施行の歴史や最新の技術情報、国土交通省テックフォースの活動内容紹介など盛りだくさんの内容であった。雲仙での取組がいかに無人施行技術の発展に大きな影響力を持っていたのかという歴史もよくわかり、ロボット技術の社会活用の将来を考える上で貴重な情報が得られた。

また、伊豆大島の台風26号災害の調査の様子も紹介していただき、我々が大島噴火災害の時に何ができるかを考えるための貴重な情報となった。

本講演会には11の機関（大阪大、京都大、中央大、明治大、常葉大、千葉工大、慶応大、東大、東北大、JAXA、国土交通省）から、13名が集まり、講演会の他、今後の伊豆大島無人観測ロボット実証試験をより実践的にしていくための観測テーマの検討や、西之島新島観測にロボットが活用できるかどうかの検討情報交換等も行った。

5. まとめ

本実証試験は、2012年度までに4年間（4回）、伊豆大島無人観測ロボットシンポジウムとして開催され、2013年度は5回目となる。2013年度は東京大学地震研究所の特定共同研究(B)の援助を受け、参加グループの伊豆大島の実証試験の費用負担が大きく軽減された。そして、それ以上に組織が地震研の共同研究プロジェクトとして外部に説明しやすい体裁を得たことは、環境省や国土交通省、気象庁等と今後の連携態勢を構築する上で大きな意義を持つ。そのような状況下、本年度の大島での実証試験大会が企画された。しかし、実証試験日程の直前、台風26号が10月16日に大島各所で大規模な土石流災害を引き起こした。10月期の実証試験大会は中止としたものの、11月期の開催に関しても、道路の復旧度、ホテルの不足、レンタカーの不足、住民感情への配慮など、不安要素が多大であったため、大島で事前調査を行った。結果、島内のインフラは11月には実証試験可能な程度には復旧し、住民感情は様々ではあるものの、観光客が大量に訪問キャンセルしている中では実証試験で訪問するメンバーが経済活動を行うことは、むしろ歓迎される側面もあることがわかった。一方で、裏砂漠の地形が土石流によって大きく変貌し、これまで4輪駆動車で走行できた場所も走行不能となり、車タイプのロボットにしても、ロボット運搬用の車両にしても、活動可能範囲が大きく制限されていることが判明した。実際の噴火においても、大きな地形変化は考えられるので、車タイプのロボットはそれを考慮した性能設計と運用方法を考える必要がある。事前調査の結果を受けて、日程変更にも対応可能であった6機関が大島に集まり、それぞれ数日前後の実証試験を行った。11月15日までしか環境省の特別保護地区での活動許可を得ていなかったのが、試験期間を短縮せざるを得なかったのは残念であったが、これまでよりも地形的にも、気候的にも厳しい状況で実証試験を行うことができたことは有意義であった。また、11月9日のシンポジウム研究集会では、土石流災害の直後であったため、災害時の周辺状況まで考慮した内容の濃い議論を行う事ができた。今後は各グループの実験項目を尊重しながらも、プロジェクトとしての具体的な技術目標を呈示してその技術目標達成度を確認できるよう、すなわち進捗状況が内外に分かり易いような方法を考えることとなった。

また、ロボットが観測した情報を大島町民や火山学者へ伝える方法を整備する第一歩として、大島温泉ホテルにライブカメラを設置し、ライブカメラの映像を公開するインターネットサイトを開設した

(http://www.volcano-robot.org/oshima_camera/monitor_top.php)。カメラの動作がまだ不安定ではあるが、今後、安定運用および、カメラ台数の増加を目指す。また、ロボットの観測した情報もこのサイトで公開できる体制を整えて行く予定である。

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るまで、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。大島温泉ホテルの方々には、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きました。また、大島のレンタカー業者の皆様には、土石流災害に被災されレンタカー供給が難しい中、実証試験にご協力いただきました。ご協力いただいた皆様に感謝いたします。

本実証試験大会および、地震研研究会講演会は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。

台風 26 号土石流災害に被災された皆様に、心よりお見舞い申し上げます。
大島町の復旧復興をお祈り申し上げます。