

2015 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

石上 玄也

慶應義塾大学 理工学部 機械工学科

〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

電話 : 045-566-1483, FAX : 045-566-1495 (代)

Email : ishigami@mech.keio.ac.jp

佐伯 和人

大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-1

電話 : 06-6850-5795, FAX : 06-6850-5480 (代)

Email : ksaiki@ess.sci.osaka-u.ac.jp

目次

1. シンポジウムの目的と概要	p. 2
2. 日程	p. 5
3. 実証試験報告	p. 6
4. 一般向けイベント：大島高等学校学校祭での展示報告	p. 18
5. まとめ	p. 25

1. シンポジウムの目的と概要

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験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、是非、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、不整地走行などのロボット工学に関するキーワード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されます。ロボット工学の研究分野において開発している技術を火山観測分野に対しても応用することができます。その一方で、ロボット開発者は実際の火山フィールドにおけるロボット実証実験の経験が乏しく、火山とロボット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。今回の計画は、このようなことを念頭において立てられています。

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。

これまでの経過と、特別保護地区で実験を行う必要性についての補足説明：

(1) 「特別保護地区で行う必要性があるかを常に再確認し、実際の噴火対応に踏み込んだ内容となっているか」

単なる火山地形でのロボット実証試験ではなく、近い将来噴火する火山であるからこそ三原山での実証試験を行っている。次の三原山噴火の際に、本当に役に立つ観測体制を整えるよう、東京大学地震研究所の特定共同研究(B)に応募し、2013年度より、研究課題名「火山観測ロボット群の運用準備確立計画」(研究課題番号 2013-B-11)として採択されている。この課題は今年度で終了するので、今年度までで、噴火の際にどのような観測ができるかを一旦まとめる予定である。また、その成果を火山予知連に積極的にアピールし、観測班に組み込んでもらえるようにする。例えば昨年度は、ドローンの研究会を東大地震研で開催するなど、本企画の存在感を高める努力を大島以外の場所でも行っている。

（2）「本当に三原山で実施する必要のある実験のみを選択しているか」

参加グループのロボットによる火山観測活動は、すでに多くの活火山へと広がっている。例えば、東北大グループは浅間山や桜島での観測、京大グループは霧島硫黄山で観測を行うなど、すでに大島が唯一のフィールドではない。技術の進歩に伴って、多くのグループにとって平穏な大島で実験する工学的な意義は徐々に薄れ、むしろ、運用面や制度面での新しい展開を模索する時期となっている。各グループは徐々に、大島での実証試験を唯一の試験機会とするのではなく、むしろ他の活動的火山で運用の実績を積み、観測実績をいかに次の噴火の際の伊豆大島観測に役立てるかを問うという段階に移行しつつある。実際に、現在の実験課題が大島に適合していないグループは今年度の参加を見合せているし、各グループの実験期間も減少傾向にある。一方、初参加のグループに対しては、特別保護地区の境界を地図で示し、保護地区外でもできる実験であれば、保護地区外で行うよう要請している。

（3）「これまでの研究成果とその課題に即し、それを解決するためになぜ三原山の特別保護地区で今後も実験が必要であるのか」

地上ロボットが人間を超えた活躍をするには、さらなる技術開発が必要ではあるが、不整地走行などの基本的研究は着実に成果があがっており、実際に何に使うかという点が中心的な課題となってきている。火山観測機器としてロボットを採用してもらうためには、現場でどのルートを走行できたかという実績が何より大切であり、多くのグループは大島噴火の際に役立てるための走行ルート実績を蓄積しつつある。大島はどこが噴火口になつてもおかしくない状況であるが、カルデラ内部の特別保護地区がもっとも噴火確率が高いので、ある程度の運用パターンが確立するまでは、特別保護地区で実際に試験を行う必要がある。また、飛行ロボットは、すでに一昨年の土石流災害の際に国土交通省の調査に協力するなどの具体的な実績をあげはじめている。単に自動操縦するだけの試験をするグループは今年度はなくなり、火山灰採取や、マイクロ波送電など、より実践的な機能の試験へと移行している。

このように、実運用に近い実績パターンを十分に蓄積するまでは、三原山の特別保護地区での実験は今後も必要である。しかし、実績つくりにかける時間はあまり残っておらず、数年以内に、実際に噴火する可能性が高いと考えている。

2015 年度委員会メンバー

委員長 石上 玄也 (慶應義塾大学)

事務局 佐伯 和人 (大阪大学)

委員 (所属名五十音順)

久保田 孝 (宇宙航空研究開発機構)

大槻 真嗣 (宇宙航空研究開発機構)

金子 克哉 (京都大学)

松島 健 (九州大学)

國井 康晴 (中央大学)

三河 正彦 (筑波大学)

永谷 圭司 (東北大学)

2. 日程

- シンポジウム研究集会

日時：11月7日（土曜日），13時半～17時

場所：大島温泉ホテル大広間

議題：各グループのロボットおよび実験紹介，報告

来年度以降の活動についての議論

- 一般向け公開イベント

日時：11月8日（日曜日）9時～14時半

場所：大島高等学校

イベント内容：本シンポジウム参加機関による各ロボットの展示，
デモンストレーション，操縦体験を実施

- 実証試験

許可期間：2015年10月26日～2015年11月13日

場所：東京都大島町三原山裏砂漠

3. フィールド実証試験報告

- I. 宇宙航空研究開発機構（大槻真嗣）
- II. 慶應義塾大学（石上玄也）
- III. 中央大学（國井康晴）
- IV. 筑波大学（三河正彦）
- V. 東北大学（永谷圭司）

(付記事項)

- 京都大学グループ（金子克哉）の研究課題に関しては、同グループのロボットが他フィールドで試験継続中だったため、三原山裏砂漠での実験を取りやめとした。
- 九州大学グループ（松島健）の研究課題に関しては、同ロボットにて使用する電波について、許諾が実験期間に間に合わなかったため、三原山裏砂漠での実験を取りやめとした。

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宇宙科学研究所、東京大学、中央大学、早稲田大学

研究課題：「宇宙機要素技術の火山観測ロボットへ応用展開」

ロボット名：Rover with Advanced Kinematics and Intelligence (AKI, 図 1 参照)

実証試験実施期間：11月2日（月）～11月9日（月）

実験概要：

本研究グループでは今回の試験にて次の項目を実施した（図 2 参照）。

1. 地表面移動のための高度なモビリティ技術

1-A. 伊豆大島裏砂漠の土質特性の調査（図 3 参照）

1-B. 最適化された移動機構形状の走行評価（図 4 参照）

2. 自律移動のためのインテリジェンス

2-A. グローバルな経路計画とローカルの経路追従制御による自律移動試験（図 5, 6 参照）

3. 多様な環境認識を実現するセンサ

3-A. 遠赤外線カメラによる地形観測の検討（図 7 参照）

結果として、これらの技術の火山地域での無人観測ロボットへの適用性を評価することができた。



図 1：AKI ローバ



断面の概念図	構成	SF
	表層に砂の層が露出しているスコリアが少ない	10以上
	表層のある程度をスコリアが覆い、掘り進めるごとに砂の層が出てくる	5~10
	関連する層の殆どがスコリア。隙間に砂が侵入していることもある	2~5

図 3：土質調査

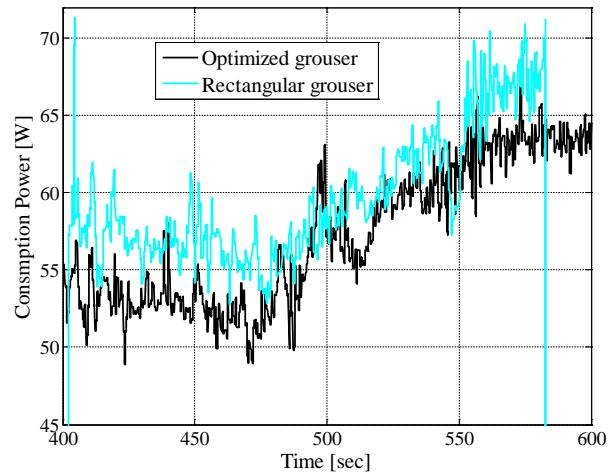


図 4：走行性能評価

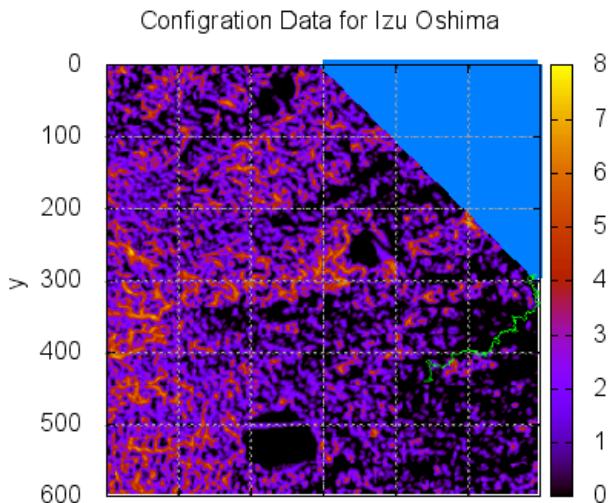


図 5：伊豆大島裏砂漠での大域的経路計画
(距離優先)

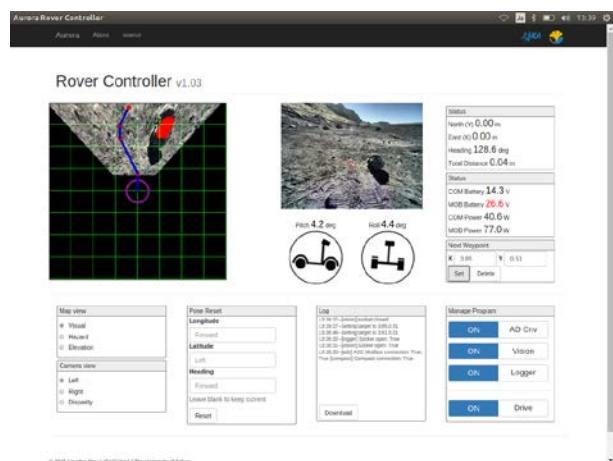


図 6：ローカルの経路追従制御
(Visual Odometry + Autorun)



図 7a：斜面には見えない可視光画像



図 7b：遠赤外線カメラによる斜面の認識
(左上が斜面)

II. 慶應義塾大学 実証試験報告（その1）

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：「ロボット搭載環境認識センサの実証試験および自己位置推定実験」

ロボット名：Cuatro

実証試験実施期間：11月5日（木）～11月10日（月）

実験概要：

本研究グループでは、下記の実験に取り組んだ。

1. GPS+IMU による高精度位置計測データと地形計測データの統合

ロボットの走行特性に基づいた自己位置推定手法を構築し、不整地上での実証実験を行った（図2）。従来手法に比べ、高精度な位置推定を実現することができた。同手法とGPS計測データを活用することによって、さらに高精度（0.5m以下）の自己位置推定を目指していく。

2. 車輪実装型センサシステムによる火山地質の特性同定試験

当研究室にて開発している車輪実装型センサシステムを、移動ロボットの車輪部に搭載し、走行試験を行った。図2に示すように、地形の硬さや、砂の粒径によって、同センサシステムが output する車輪の圧力分布に顕著な違いを見出すことが出来た。これらの物理データをもとに、定性的に火山噴出物の分布状況などを調査することができると考えている。

3. ロボットの遠隔操縦のための長距離通信試験

伊豆大島三原山裏砂漠に展開した通信モジュール（携帯回線3Gルータ）+カメラに対して、当大学キャンパス（横浜市港北区）よりコマンド送受信試験を行った。平均通信速度はおよそ $48 \text{ kbps} \pm 4 \text{ kbps}$ と計測された。



図 1：グループ集合写真

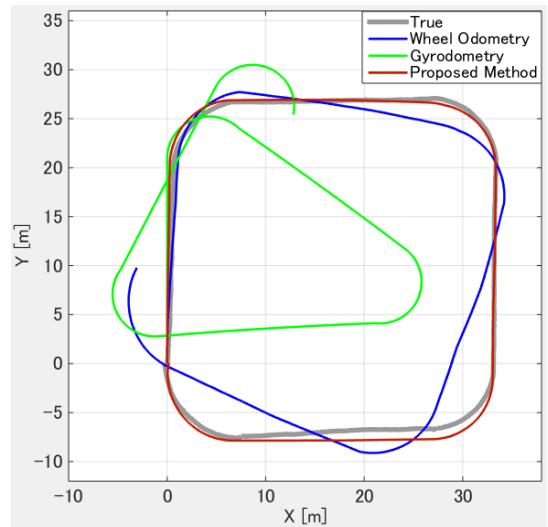


図 2：ロボットの自己位置推定結果

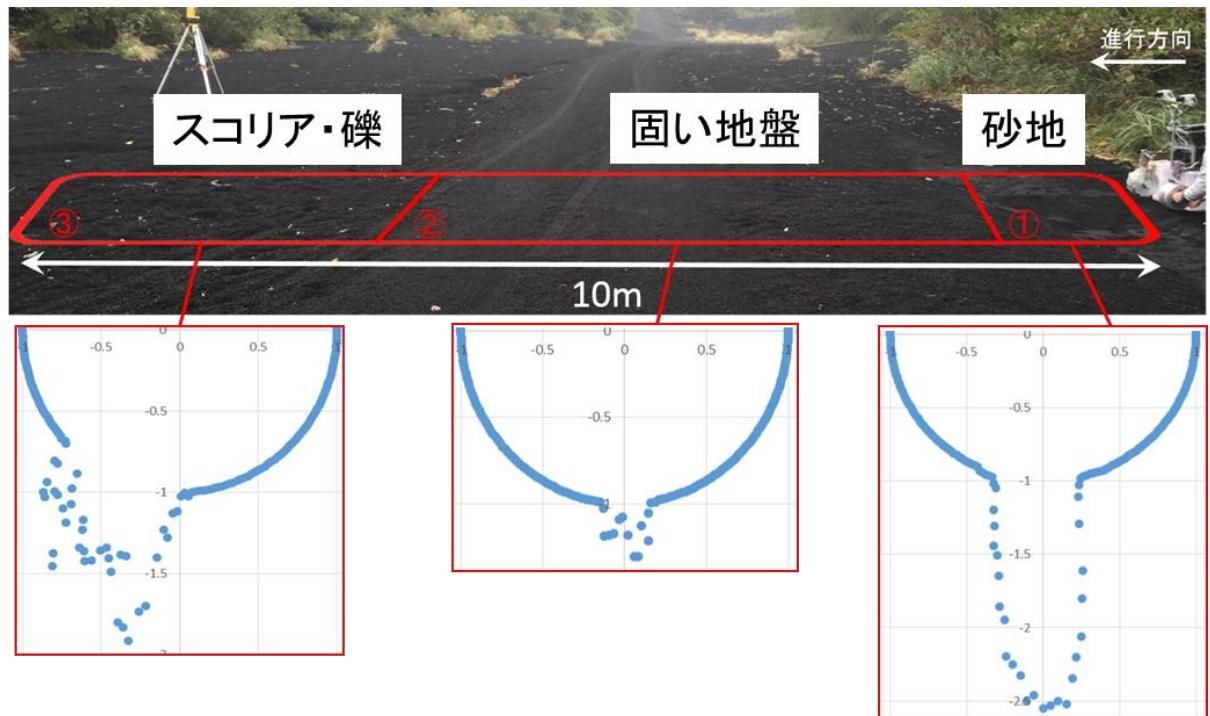


図 3：地質分類試験結果

II. 慶應義塾大学 実証試験報告 (その 2)

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：「球体型ロボットによる不整地での回転時姿勢計測」

ロボット名：ORB

実証試験実施期間：11月5日（木）～11月10日（月）

実験概要：

当グループにて開発している球体型ロボット（図1）について、転動しながら斜面を移動する際のロボットの姿勢計測をおこなった。図2に示すように、斜面転動時には、ロボットの各軸（ロール、ピッチ、ヨー）に大きな変動が見て取れる。これらの実験データを用いて、姿勢を安定させるための制御則の構築に取り組んでいく。



図1：球体型ロボット

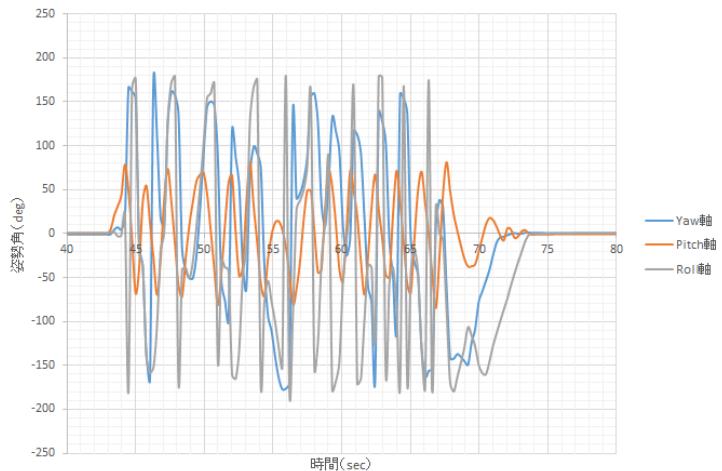


図2：斜面転動時の姿勢計測データ

III. 中央大学 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操縦試験」

ロボット名：Micro6-02

実証試験実施期間：2015年10月26日（月）～10月30日（金）

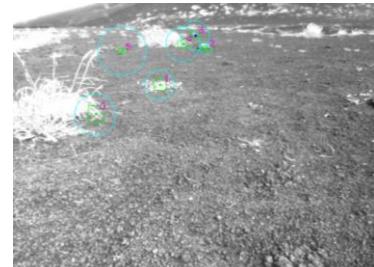
実験概要：

ロボットによる探査技術による火山の活動状況調査のための技術試験を実施した。本試験では、安全な遠隔地から操縦者により観測ロボットを任意の目的地へ誘導するためのロボット搭載の遠隔誘導ならびにその関連技術、遠隔からの管理運用および操縦のためのソフトウェアの運用試験・評価を行なった。

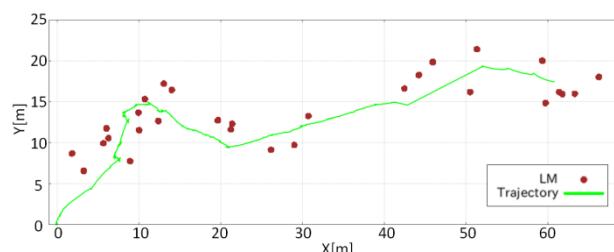
本年度は、主に総合的な遠隔誘導試験の実施を目的とし、周囲環境との相対的位置関係を認識するための特徴地形追従機能の安定性試験と検討中の軌道補正機能との連携による現地軌道修正機能の性能確認を実施した。その後、インターネットおよび携帯電話回線を利用し、東京中心部と現地ロボットを結んでの人的による遠隔操縦および搭載走行軌道修正機能の協調による走行試験を実施し、各機能の連携、安定性、性能を評価し、操縦性の確認を実施した。また最後にスタート地点への帰還を想定し走行中に計測される各3次元Mapデータをつなぎ合わせ広域Map生成する提案アルゴリズムの評価を実施した。写真は、遠隔操縦で走行するロボット（写真1）、その際にカメラが追従している特徴物（写真2）および走行した軌道（写真3）ある。写真3中の赤●は認識する障害物である。実験では不安定な通信環境の中、ロボットが取得したデータに基づく東京にいる操縦者の判断と現地ロボットの自律機能の融合により安定で良好な走行と目的地到達が確認できた。今後は目的地への到達の向上に努めたい。



＜写真1：回避走行試験＞



＜写真2：自動特徴地形画像追従試験＞



＜東京からの遠隔操縦による走行結果＞

IV. 筑波大学 実証試験報告

研究グループ代表者：三河 正彦（筑波大学）

研究グループ班員所属機関：筑波大学 図書館情報メディア系

研究課題：「センサネットワークを構築する複数アンテナを備える小型ロボットの姿勢推定のための基礎データ収集」

ロボット名：省電力ネットワーク小型探査ロボット

実証試験実施期間：2015年11月3日（火）～11月6日（金）

実験概要：

我々は、複数台の小型ロボット群から構成されるセンサネットワーク探査システムの研究を行っている。複数台のロボットでメッシュ型無線ネットワークを構築することにより、広範囲を効率良くかつトラブルに頑健な探査活動が可能となる。ロボット間の通信時に得られる電波強度(RSSI: Received Signal Strength Indicator)に基づき、ロボット間の相対距離推定が可能で、地盤探査等への応用を狙っている。図1に示すように、小型ロボットは立方体形状の本体に複数の通信アンテナを備え、他のロボットとの通信時に、上面のアンテナを使用することにより、常に良い通信状態を維持すると共に、通信距離を延ばすことができる。姿勢推定(上面の推定)には、1台のロボットが備える複数のアンテナ間で通信する際に得られるRSSIを用いる。今回実験では、火山地帯の様々な地面や地形でもロボットの姿勢推定(上面の推定)が行えることを確認するため、図2に示す地点において、姿勢推定のための基礎データとして多数のRSSIを計測・収集した。

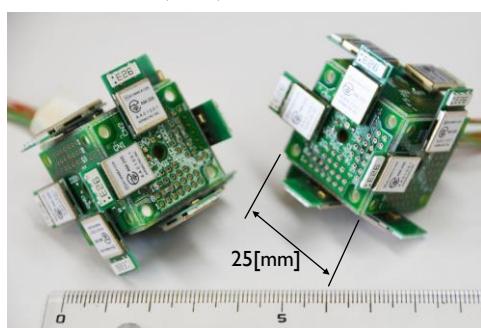


図1：複数アンテナを備える小型ロボット



図2：RSSI 計測地点



図3：様々な地面、地形で RSSI の計測

V. 東北大学 実証試験報告（その1）

研究グループ代表者：永谷圭司

研究グループ班員所属機関：東北大学

研究課題：「マルチロータ機搭載型土砂採取機構による土砂採取試験」

ロボット名：Zion FH940

実証試験実施期間：11月3日（火）～11月5日（木）

実験概要：

火山噴火後の降灰と降雨に伴い発生する土石流の発生予測精度を向上させるためには、立入制限区域内に堆積した火山碎屑物を採取し、分析することが必要不可欠である。そこで、飛行ロボットによる火山碎屑物のサンプルリターン試験を三原山付近の裏砂漠にて行った。使用したロボットは、Zion FH940（図1）とこれに取り付けたサンプリングデバイスである。本試験では、三種類のサンプリングデバイスについて試験を行った。それぞれについて以下に述べる。なお、各試験で採取したサンプルは、元の地点に返却した。

① 低速降下装置付きサンプリングデバイス（図2）

これまでサンプリングデバイスは決まった長さのテザーで飛行ロボットからつり下げられていたが、着陸時に転倒する、高度誤差に対応できないという問題があった。そこで、リールとロータリダンパを用いて、目的地点でテザーを伸ばし、デバイスを真下に降下させて、これらの問題を回避するシステムを開発し、その実証実験を行った。実験の結果、デバイスは約10回の実験全てで転倒せずに採取することができた。また、対地高度が10～20mの範囲に対応できることも実証できた。

② 量産型サンプリングデバイス（図3）

NEDOのプロジェクトにて開発したサンプリングデバイスの量産機の評価試験を実施した。状態の異なる複数の環境で試験を実施したが、どの環境でも、50～130g程度できることが分かった。

③ 旋回型サンプリングデバイス（図4）

これまでに開発したサンプリングデバイスには、地面を掘れない部分があり、地表から約15mmの深さまでしか採取できないという問題があった。そこで、テープ付きローラを使ってデバイスを旋回させることで、掘れない部分をなくした旋回型サンプリングデバイスを開発し、そのテストを実施した。実験の結果、目的の旋回動作が可能であることを確認した。



図 1 : Zion FH940



図 2 : 低速降下装置付きサンプリングデバイス



図 3 : 量産型サンプリングデバイス

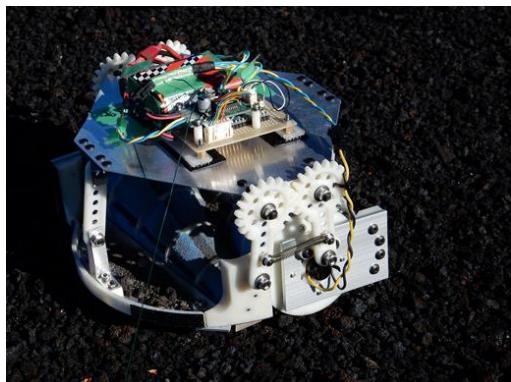


図 4 : 旋回型サンプリングデバイス

V. 東北大学 実証試験報告 (その2)

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：「ハイブリッド通信系による2台のロボットの協調探査試験」

ロボット名：El-Verde, CLOVER

実証試験実施期間：2015年11月3日(火)～5日(木)

実験概要：

山体の凹凸などにより電波が遮られ、通信が確立しない領域にロボットが入り込んでしまうと、ロボットの運用ができなくなってしまう。この問題を解決するため、本研究では、2台のロボットを使用し、2種類の回線を用いたハイブリッド通信系による協調探査手法を提案し、三原山での実証試験を行った。利用した移動ロボットは、車輪型移動ロボットEl-Verdeと小型移動ロボットCLOVER（図1）である。本試験で利用した通信は、広域通信可能な3G回線と近距離で高速通信が可能な2.4GHz無線LAN回線(IEEE802.11g)であり、1台の広域無線が途切れた際には、ロボット間の無線LAN回線を用いて通信を確保する（図2）。また、よりロバストなシステムとするため、El-Verdeをリーダーロボット、CLOVERをフォロワーロボットとして、El-Verdeの後方からCLOVERをGPSによる自動追従で走行させることとした。これにより、ハイブリッド通信系を用いて、El-Verdeの操縦のみでEl-VerdeとCLOVER両機を運用可能となる。

このシステムを利用し、三原山ふもとにて、3G回線の電波が弱い領域を含む全長200m付近のコースを設定し、遠隔操作試験を行った。これにより、通信が不安定な環境においても、ハイブリッド通信を利用することで、通信が途切れる事なく2台のロボットの遠隔操作を運用することができた。

実験写真・図：

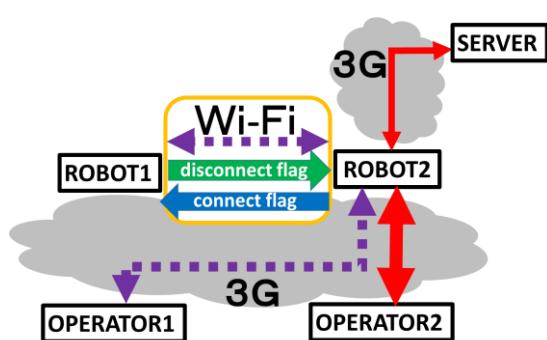


図1 el-Verde（右）と CLOVER（左）　図2 ハイブリッド通信（3G回線切断時）

V. 東北大学 実証試験報告 (その3)

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：「小型遠隔操作ロボットによる噴気孔調査試験」

ロボット名：CLOVER

実証試験実施期間：11月3日（火）～11月5日（木）

実験概要：

火山噴気孔から噴出するガスの組成や水蒸気の量、温度、噴気孔周囲物質の結晶構造などを調査し、火山内のマグマや水蒸気の活動を把握することは火山の噴火予測を行う上で非常に重要である。しかし現在、この調査はほとんどが人の手によって行われており、有毒ガスや水蒸気の突沸など様々な危険をはらんでいる。そこで、本研究では噴気孔の探査デバイスを搭載した小型遠隔操作ロボットを開発し、櫛形山西谷の噴気孔で遠隔操作による噴気孔調査の実証試験を行った。利用した移動ロボットは小型移動ロボットCLOVERであり、先端が熱電対になっている3自由度アームを搭載することで噴気孔に熱電対を挿入し、噴気温度の測定を行う。遠隔操作には視野角が広くリアルタイム性に優れた広角レンズのカメラ映像と、限られた視野内で詳細な歪みの少ない画像を得られる望遠カメラ画像を使い分けることで、不整地の移動と噴気孔に対してのアーム操作を行う。本試験では、約190m離れた地点から遠隔操作を行い、肉眼で確認できる噴気に対してロボットを走行させ噴気孔調査を行った。ロボットを目視で確認しながらの試験と操作画面のみでの遠隔操縦試験両方において噴気に熱電対を挿入することに成功し、噴気の温度情報と噴気の画像を取得することができた。これにより、提案手法の有用性を確認することができた。



図1：ロボットの各部機構



図2：遠隔操作での噴気孔調査の様子

4. 一般向けイベント：大島高等学校学校祭での展示報告

企画タイトル「無人観測ロボット大集合」

概略：火山観測ロボットの展示で、研究活動を大島町のみなさんに紹介する。

企画代表者：佐伯和人（大阪大学）

参加機関とグループ代表者：

JAXA（大槻真嗣）

東北大（永谷圭司）

慶應義塾大（石上玄也）

京都大（金子克哉）

筑波大（三河正彦）

九州大（松島健）

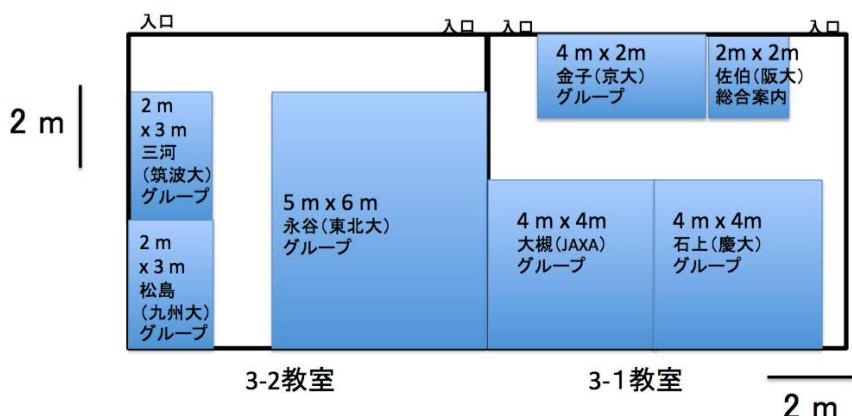
大阪大（佐伯和人）

実施日 2015年11月8日 午前9:00から午後2:30まで

東京都立大島高等学校 学校祭展示として実施

見学無料、事前申し込み必要なし

場所：東京都立大島高校 3階教室（3-1、3-2）



図：各企画配置

火山観測ロボットの開発や実証試験の現状を紹介するための、一般公開イベントを行った。2012年にも北の山公民会で同様のイベントを行ったが、今回は、東京都立

大島高等学校の展示として実施させていただいたため、173名と、多数の来場者があった（資料1：来場者集計参照）。

展示の内容は、パネルによる活動紹介、火山観測ロボットやセンサーの展示、ロボットの操縦体験デモ、であった。

学校祭ということで、様々な年代の大島町の方々に観測ロボット開発の取り組みを見ていただいた。大島での火山観測ロボットの実証試験は2015年で7年目になるのであるが、意外にも初めて知ったという方が多く、あらためて学校祭で展示させていただいたことの効果を感じた。

大島町の多くの方々にロボットへの関心を持っていただき、さまざまな要望を直接うかがったり、また、今後の活動のヒントとなるような様々な情報をご提供いただいたりできた。さらに、今後の活動にご協力いただけそうな方々との出会いもあり、大変有意義なイベントとなった。

事前に、大島にある3つの小学校と3つの中学校に案内のポスターを送っておいたが、期待していた小学校高学年や中学生の来訪は、思ったよりも少なかった。また、大島高校の生徒のみなさん自身も、自分たちの企画に忙しいせいか、部分的にしか来場しなかったようである。一方、未成年の中では、小学校中学年以下の子供たちが圧倒的に多い印象で、どうしてそういう偏りがでるのか、不思議であった。大人の層では、小さな子供の親世代と、高齢の方の層が熱心に展示内容を見てくださった印象である。このあたりの世代の方々に協力していただくことが、今後の活動の鍵となるかもしれませんと感じた。また、今回の活動を通じて、大島高等学校の先生をはじめ、教育関係の方々のご理解を得られたことは、今後の活動にとって大きな意義があったと感じた。

当日集めたアンケート結果（資料2）からも、概ね好評だったと判断できる。「またやって欲しい」というありがたいコメントが多かったので、今回のイベントの成果を分析して、今後の企画も考えていきたい。

謝辞

学校祭での展示を歓迎していただいた大塚健一校長先生、企画実施にあたって様々な調整をしてくださった藤原成一先生はじめ、東京都立大島高等学校の先生、生徒のみなさまには、大変お世話になりました。ありがとうございました。

また、広報では、大島町教育文化課にご協力いただきました。感謝いたします。

当日のようす



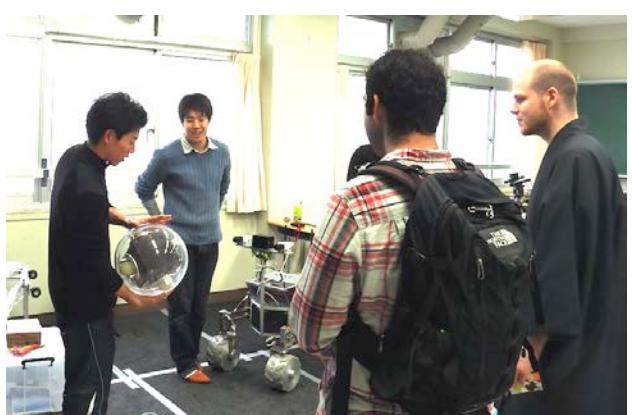
JAXA ブース



慶應大ブース



京大ブース



大島高校の先生もご来訪



東北大ブース



3時の方向より右にぐるりと東北大ブース、九州大ブース、筑波大ブース

無人観測ロボット 大集合



企画ポスター

資料1 来場者集計

中学生以下	男： 43 名	女： 22 名	合計： 65 名
高校生～20 歳	男： 3 名	女： 2 名	合計： 5 名
20～40 歳	男： 23 名	女： 41 名	合計： 64 名
40 歳以上	男： 11 名	女： 28 名	合計： 39 名
全年代	男： 80 名	女： 93 名	合計： 173 名

資料2 来場者アンケート結果

Q1.性別をお答えください。

①男性②女性

①22 ②24

Q2.以下の当てはまる年齢をお答えください。

①10 歳未満 ②10 代 ③20 代④30 代⑤40 代⑥50 代⑦60 代⑧70 代以上

①4 ②3 ③6 ④10 ⑤12 ⑥5 ⑦6 ⑧0

Q3.今回のイベントに参加してロボットに興味を持ちましたか？

①大変持った②持った③どちらでもない④あまり持たなかった⑤持たなかった

①26 ②17 ③3 ④0 ⑤0

Q4.ロボットの解説、その他説明などはわかりやすかったですか？

①大変わかりやすかった②わかりやすかった③普通だった

④少しあかりにくかった⑤わかりにくかった

①25 ②16 ③2 ④1 ⑤0 未回答 2

Q5.ロボットが防災に役立ちそうだと思いましたか？

①大変そう思う②そう思う③どちらでもない④あまり思わない⑤思わない

①34 ②12 ③0 ④0 ⑤0

Q6.今回のイベントに満足しましたか？

①大変満足した②満足した③普通だった④あまり満足できなかった⑤満足できなかった

①23 ②19 ③3 ④0 ⑤1

Q7.今後、火山に関してロボットにして欲しいことはありますか？あればご自由にお書きください。

・火山の中まで入っていく（20 代男性）

・人命救助などへの利用（20 代男性）

・活動困難な状況でどのようにロボットを活用していくか

人命救助、データ観測等。(30 男性)

・人型ロボットを作つてほしいです。(10 代男性)

・定期観測 (40 代男性)

・島に生活している身としては「噴火予知」これにロボットが大いに活躍してくれればと思います。

(40 代女性)

・火山のことで新しいことを見つけてほしい。(40 代女性)

・予知 (30 代女性)

・火山の状況を常時観測して欲しい。(40 代女性)

・火口の観察 (40 代女性)

・立ち入り禁止になったとき、役立つことを知り、30 年前にもあったらよかったと思った。日本は火山国、このような研究が必要だと思う。(50 代女性)

・島を自由に歩き回り、地盤を調査するものとか。(50 代男性)

Q8.今回のイベントに関してご感想等あればご自由にお書きください。

・大変有意義で、発想をいろいろ膨らませてくれます。

このような場を、また学校として提供させていただければ嬉しいです。(50 代男性)

・学校祭だったが、もっといろいろな場所で大島全体に紹介してほしい。(60 代女性)

・日本のトップクラスの大学が来てくれて、大島にいて最先端の研究が見ることでき、有意義でした。日本のために研究して、勉強することの大切さを子供たちに知らせる良い機会を与えてくれてよかったです。(50 代女性)

・テレビでは良く見てましたが、本物を見てよかったです。(60 代女性)

・普段みることができないので、とても楽しかったです。(30 代女性)

・普段ロボットを近くで見ることがないので、とても楽しかったです。(40 代女性)

・定期的にこのようなイベントを開催してほしい。(20 代女性)

・もっとたくさん見たい。学校だけでなく、他のイベントでも展示してほしい。(30 代男性)

・おもしろかったです (10 歳未満男子)

・楽しかったです。(40 代女性)

・楽しかったです。小さい子もロボットに興味を示していました。ありがとうございます。(40 代女性)

・ロボットの操縦が難しかったです。(10 歳未満男子)

・高校生に興味を持ってもらう良い機会なので、またぜひお願ひします。(30 代女性)

・我が家の息子たちにもこんな研究をする子がいれば良いのにと思いました。(40 代女性)

・私たちは現実に活火山と共生しているので情報が大事に思います。

素晴らしい技術で、これからも私たちの興味、生活に活かしてもらえるよう、よろしくお願ひします。（40代男性）

- ・また開催してください。（30代女性）
- ・体験操縦はよかったです。もう数台ロボットを動かせばなおよかったです。（40代女性）
- ・どんどん町にPRしてください。（40代男性）
- ・子供親もとても楽しめました。（30代女性）
- ・とても面白かったです！（10代男性）
- ・学校祭の目玉となる企画で大変ためになりました。（30代男性）
- ・今年はこれを見に来ました。（30代男性）
- ・楽しかったです。（40代男性）
- ・楽しかった。実際に見たい。（20代男性）
- ・今後もPRをして大島の人にアピールしてください。（40代男性）
- ・初めて実物を見て感激しました。（60代女性）

5. まとめ

本実証試験は、2009年度から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、2015年度は7回目の開催となった。同シンポジウムは、2013年度より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。さらに、本実証試験を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といえる。

2015年度は、過年度の実証試験に参加してきたJAXA、大阪大、京大、慶應大、中央大、東北大を中心に、新規参加グループである筑波大、九州大も加わり、9つの機関による体制となった。また、環境省への許可申請について、申請取りまとめを大阪大から慶應大に移行し、シンポジウム運営に関わる業務分担も実施できたといえる。

7年目を迎えた実証試験を通じ、各グループの技術成熟度も着実に進歩してきている。無人移動ロボット（UGV）に関しては、裏砂漠を安定して移動するための走行システムをはじめ、カメラ、レーザ距離計による環境認識技術、遠隔操縦に必要な通信システム・自律機能などが実証されている。これらは単年度の試験にとどまるのではなく、毎年度、アップデート・アップグレードがなされており、現場で使える技術として、そのロバスト性を高めている。無人飛行ロボット（UAV）は既に実用化の域に達しており、特に東北大のグループは、操作性、可搬性ともに高く、即時対応の災害調査には、非常に有効な手段であることを示している。さらに、各研究機関は新しいアプローチによる無人観測システムの検討も進めている。遠赤外線カメラによる斜面認識（JAXA）、土質調査（JAXA、慶應大）、小型通信ネットワーク（筑波大）、UGV+UAVのタンデム探査（東北大）、小型ロボット（慶應大、東北大）などがある。

本シンポジウムでは、各研究機関の実証試験内容を共有することによって、新規技術あるいは有益な技術の情報交換をすることが可能となっている。また、試験から得られる各種データ（遠隔地との通信速度、太陽電池の発電量、ロボットの走行性能）などをグループ相互的に照合することができ、各試験の有効性・妥当性の検証も可能となっている。このような学術的・技術的なメリットは、多数の機関が同一のフィールドで会合することによって得られるものであり、本シンポジウムの1つの特長であるといえる。

今後の試験実施に関わる留意事項として、他省庁への許可申請（電波法、航空法）のスケジュール管理と実証試験日程の調整が挙げられる。特に、2015年12月に改正された航空法によって、2015年度は許可無しでも実施可能であったUAVの実証試験が、2016年度から事前の許可が必要となる可能性が高い。本シンポジウムには、UAVの試験および許可に精通したメンバーが参加しており、次年度の対応を検討していく予定である。UGVに関しては、各要素技術の実証はほぼ成熟されてきているため、無人観測システムとして長期間の運用に耐えうるようなシステムインテグレーション、火山学者をはじめとした同システムのユーザのニーズを踏まえた試験なども実施していく必要があるよう思う。

2015年度は、このような実証試験に加え、本シンポジウムの活動を伊豆大島島民の皆さんに広く知って頂くことを目的として、大島高等学校の学校祭にて一般公開イベントを実施した。詳細は、第4節において示したとおりであるが、我々の活動が島民の方々や教育関係者各位のご理解を得られたことは大きな意義があった。

謝辞

本シンポジウムは、多くの方々のご助力、ご支援により運営することができております。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ついて、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、実証試験へのご理解とご協力をいただきました。ご協力いただいた皆さんに感謝いたします。

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うけました。