

共同利用実施報告書(研究実績報告書)
(特定共同研究(B))

1. 課題番号 2013-B-11

2. 研究課題名 (和文、英文の両方をご記入ください)

和文：火山観測ロボット群の運用準備確立計画英文：Preparation for the practical use of volcano-observation robots3. 研究代表者所属・氏名 大阪大学 大学院理学研究科・佐伯 和人
(地震研究所担当教員名) 市原 美恵

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
佐伯 和人	大阪大学 理学研究科・准教授	統括
市原 美恵	東京大学 地震研究所・准教授	所内担当・ロボット運用方法検討
黒田 洋司	明治大学 理工学部・教授	ロボット開発・運用方法検討
永谷 圭司	東北大学 工学研究科・准教授	ロボット開発・運用方法検討
國井 康晴	中央大学 理工学部・教授	ロボット開発・運用方法検討
金子 克哉	京都大学 人間・環境学研究科・助教	ロボット開発・運用方法検討
石上 玄也	慶應義塾大学 理工学部・専任講師	ロボット開発・運用方法検討

5. 研究計画の概要（800字以内でご記入ください。計画調書に記載した「研究計画」から変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。）

目的は、観測ロボットを研究する宇宙分野、火山分野など多くの分野の研究者に、火山地形における技術実証試験と情報交換の場を提供し、次の伊豆大島噴火を具体的目標として、噴火時に本当に役に立つロボットの完成と運用体制の確立を目指すことである。

伊豆大島の1986年の噴火では、カルデラ底やカルデラの外など思いもかけない地点での活動となった。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た。また、噴火前後から避難完了に至る短期間に刻々と変化する状況を観測し、短期の状況予測を避難誘導に活かす事が重要であることが実感された。そこで、本研究では火山観測の拠点である地震研究所の協力の元に、参加者のロボットと運用体制を、実用レベルにまで短期間で高めることを目標とする。

具体的には、無人観測ロボット開発グループを伊豆大島に集め、1週間程度の実証試験もしくは運用体制強化活動を行うという計画である。また、大島での実証試験の際に研究会を1日開催し、情報交換することで、各研究グループが想定している観測項目が現地で実現可能かどうか、また、それが火山観測や防災目的で、本当に意味のあるデータを提供できるものになっているのかどうかを、総合的に判断する。また、別の日程で東大地震研究所に会場を借り、研究グループ代表者が集まって、観測ロボットの実運用に必要な情報交換や議論を行う会合を開く。

6. 研究成果の概要 (図を含めて1~2頁で記入してください。)

キーワード (3-5程度) : ロボット、無人観測、伊豆大島、実証試験

申請者は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を主催して来た。参加者自己負担で行う会であったものの、火山観測ロボットの実証試験としては世界最大規模に成長した。参加者は伊豆大島の火山地形での実験実績を積み、また、大島の道路網や通信環境など運用のための基礎情報の収集を行った。さらに毎年火山噴火予知研究関連の火山学者をシンポジウムに呼び、ロボット研究者が火山について学ぶための講演をしていただくとともに、火山学者にもロボットの現状の性能を伝える取り組みをしてきた。2011年度までの成果は日本惑星科学会誌の特集号として、2012年6月号と9月号にまとめて投稿され、9本の成果論文が掲載された。

2013年度からは、特定共同研究(B)の援助を得て、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を模索する上で大きな意義を持つ。そのような状況下、2013年度の大島での実証試験大会が企画されたが、実証試験日程の直前、台風26号が大島各所で大規模な土石流災害を引き起こした。そこで、10月期の実証試験大会を中止とし、事前調査を行った。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、不安要素は多々あったが、事前調査で住民感情には地域差はあるものの、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、むしろ歓迎される状況で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。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、それぞれ数日の実証試験を行った。2014年度の実証試験も依然として土石流災害の影響が残っており、裏砂漠の地形は厳しいままであり、裏砂漠に入ることができない4輪駆動のレンタカーも足りない状況が続いていた。そのような実験メンバーの運搬能力がかなり制限された状況下ではあったが、5機関6台の観測ロボットが実証試験を行うことができた。

近年のマルチコプターの発達によって、飛行ロボットは実用化の域に達したと言えそうである。一方で地上ロボットは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た。本シンポジウムは、当初より、工学者と火山学者の情報交換を重視して来たが、参加メンバーも固定化されてきており、情報交換の場としての目的はほぼ達成された。また、エンルートや東北大(永谷)チームのように桜島等で実践的な活動を始めているグループが出てきた事は素晴らしい成果である。そのようなチームにとっては、平穏な大島で実験する工学的な意義は薄れ、むしろ、運用面や制度面での新しい展開を模索する時期になっているようだ。今年度は地球惑星科学関連学会連合大会で無人観測ロボット実証試験大会の活動を紹介することができたが、今後さらに、大島以外の火山フィールドで活動している火山学者に積極的にロボットの性能をアピールして、共同観測を企画し、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みたい。観測データを火山学の成果としていかに活用していくか、そして、観測実績をいかに伊豆大島観測に還元するか、という新たな視点による実験計画が今後ますます重要になると考えられる。

研究成果の概要（続き）

大島での実証試験とは別に、1月26日に東京大学地震研究所にて研究会を行った。この研究会では、マルチコプターに関する情報交換を主として行った。近年、火山観測の即戦力として実用できそうなマルチコプターが多数開発され、利用者も急増している。しかし一方で、マルチコプター運用での事故例も耳にするようになり、安全運用のための知識と対策が必要であることが痛感される。そこで、実際に運用する時の様々な課題を掘り下げて議論しようということで、エンルート・伊豆智幸氏、および東北大・永谷圭司氏に最新のマルチコプター運用事例や問題点解決の取り組みを紹介していただいた。また、コーンズテクノロジー・物部周平氏に観測飛行機向け撮像素子の紹介+赤外線カメラのデモをしていただいた。本研究会にはマルチコプター導入を検討中の火山学者も複数聴講に来ており、実運用の可能性や問題点について有益な質疑が多数行われた。マルチコプターに関しては、平常な大島でできることは限られているので、活火山で実践しながら、大島の来るべき噴火のために運用ノウハウを還元していく体制への変化が必要であることが再認識された。

以下写真 伊豆大島における実証試験の様子 参加ロボット一覧



AKI (JAXA)



Skypoint-1 (大阪大)



Cuatro (慶応義塾大)



Micro6-02 (中央大)



タンデム走行を行う CLOVER (右) と El-Verde (左) (東北大)



飛行ロボット ZionPG560 (東北大)

7. 研究実績 (論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無)

学会発表

佐伯和人、市原美恵「伊豆大島噴火に備えた無人観測ロボット実証試験」、日本地球惑星科学連合 2015 年大会 (幕張メッセ)、アブストラクトに謝辞記載有

以下関連発表 (謝辞記載なし)

木村健太郎, 石上玄也, “レーザレンジファインダの輝度画像を用いた特徴点抽出手法の提案” 第 14 回建設ロボットシンポジウム (中央大学) 2014 年 8 月

永田拓磨、木村健太郎、石上玄也, “GPS とジャイロドメトリのカップリング処理を用いた不整地移動ロボットの自己位置推定手法”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 (京都市勧業館), 2A2-L02, 2015 年 5 月

Go Sakayori and Genya Ishigami, "Power-synchronized Path Planning and Evaluation for Mobile Robot in Rough Terrain," Submitted to the 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2015) (謝辞記載無)

金子克哉, 伊藤公一, 安部祐一, 岩堀功大. 火山観測用自走式センサー「ほむら」の開発. ポスター, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2014 年大会, 2014.

(招待講演) 金子 克哉. 活動的火山における無人観測ロボット開発の取り組み. 口頭, 電子情報通信学会, 2014.

谷島諒丞, 永谷圭司, 吉田和哉, “回転ローラを用いた MUAV 搭載型火山噴出物採取装置の開発とフィールド試験”, 第 15 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.309-314 (2014-12)

都築遼平, 秋山健, 山内元貴, 永谷圭司, 吉田和哉, “通信が不安定な環境におけるハイブリッド通信を用いた複数台移動ロボットの協調探査”, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2014, 1P2-E05 (2014-05)

谷島諒丞, 永谷圭司, 吉田和哉, “無人電動マルチロータ機搭載型土砂採取機構の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2014, 1P1-H03 (2014-05)

Keiji Nagatani, “Review: Recent Trends and Issues of Volcanic Disaster Response with Mobile Robots”, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.26 No.4, 2014, pp.436-441 (2014-08)

Ryohei Tsuzuki, Keiji Nagatani, Genki Yamauchi, “Teleoperation of mobile robots using hybrid communication system in unreliable radio communication environments”, Proceedings of the 2014 IEEE Int'l Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, #20 (2014-10)

Ryosuke Yajima, Keiji Nagatani, Kazuya Yoshida, ``Development and Field Testing of UAV-based Sampling Devices for Obtaining Volcanic Products", Proceedings of the 2014 IEEE Int'l Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, #27 (2014-10)

Genki Yamauchi, Takahiro Noyori, Keiji Nagatani, and Kazuya Yoshida, ``Improvement of Slope Traversability for a Multi-DOF Tracked Vehicle with Active Reconfiguration of Its Joint Forms", Proceedings of the 2014 IEEE Int'l Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, #12 (2014-10)