

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目： 基盤研究 (B)
研究期間： 2007～2009
課題番号： 19310114
研究課題名 (和文) 火山探査ロボットシステム構築のための MOVE 野外走行・観測実験
研究課題名 (英文) Field experiments of MOVE for the construction of robot system for volcano observation
研究代表者
谷口 宏充 (TANIGUCHI HIROMITSU)
東北大学・東北アジア研究センター・名誉教授
研究者番号： 70125251

研究成果の概要 (和文)：

危険な火山噴火現象の科学的理解と災害軽減と目的として、遠隔地から無線で操作することのできる火山探査ロボットシステムの開発を目指している。そのため特定領域研究「火山爆発」において制作した火山探査移動観測ステーション MOVE を核として、主として野外実験に基づいて開発のための課題と解決を探ろうとした。従来からの最大の課題として電波障害による無線操作の困難性がある。これを解決するため、本研究では車両の中に無線機や伸縮アンテナなどを搭載した移動基地局車を制作し、2009 年の 3 月と 10 月の 2 回、阿蘇山と三原山において野外走行・観測実験を行った。その結果、無線操縦により、約 2 km 離れた地点から山頂火口への移動が成功裏に行われた。ただし、実際にシステムを作り学術や防災のために役立てるには、更なる資金、人員の増加や運用組織の構築など、数多くの課題が残されていることも明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：

We are aiming at the development of the robotic system that can observe the volcano by wireless control in a near future. For that purpose, we developed MOVE (Mobile Observatory for Volcanic Explosions) based on Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas "Volcanic Explosion" that had ended in 2002 fiscal year. This MOVE is improved in the present study for the achievement of the robotic system. In addition, we tried to clarify various problems for development and the solutions based on the field experiment of MOVE.

The vegetation and geographical barriers became the troubles when MOVE was used on an actual volcano, and the problem occurred in the wireless control. To avoid this, the base station vehicle was produced in the present study. The wireless machine and the extensible antenna, etc. were installed in the base station car.

Next, we selected the volcanoes they were able to be applied actually. The selection

was judged based on the possibility of volcanic eruption and the absence of trouble in wireless control. The trouble to the wireless was judged by the examination using the geographical software (KASHMIR) and the site investigation. As a result, two volcanoes (the Aso volcano and the Oshima volcano) were selected for the field experiment.

Running and observation experiments in the field were performed twice (March and October, 2009) at these two volcanoes. In these experiments, the wireless control became possible by moving the base station at the points where the wireless control was impossible in the experiment before. As a result, the transport of MOVE from a point parting at about 2km to the summit crater succeeded by the wireless control at the Aso volcano and the Miharayama volcano.

Moreover, at the Miharayama experiment, we exchanged the information with the robot researcher in a different field like the engineering system etc. and obtained useful information for the robotic system construction in the future. However, to use the robotic system for the progress in science and disaster prevention, it was clarified that a lot of problems were left such as an increase in the capital, the number of researchers and the construction of operation organization.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

研究分野： 複合新領域

科研費の分科・細目： 社会・安全システム科学 ・ 自然災害科学

キーワード： 火山、噴火、ロボット、システム、野外実験

1. 研究開始当初の背景

平成14年度から5ヶ年計画で始まった特定領域研究「火山爆発のダイナミクス」のなかにおいて、谷口を代表とするグループでは、火山爆発探査用の無人ロボット MOVE を製作することが大きな課題であった。平成18年度終了時には一応、MOVE 本体の制作そ

のものは終了したが、その動作確認、無線コントロール用の基地局の制作や実際の火山における運用など、今後の研究体制の構築などを含めて様々な面で検討課題が残されていた。

そこで本研究では、それらの課題の解決を目指して新たな研究チームを組み、まず当面

解決可能な事柄から取り組むことにした。

2. 研究の目的

私たちの研究において目指す将来的・長期的にみた場合の在りうるべき姿としては、自律機能を備えた火山探査ロボットシステムが構築されており、実際の噴火に際してそのシステムを有効に活用して観測や調査を行い、噴火の科学的な理解や減災を図ることにある。

このような目的を達成するためには、メカニカルな部分の完成はもとよりであるが、それ以外に、運用体制の構築や、実際に火山噴火に適用するに際して予想される様々な公的・私的機関との対外的な課題の明確化とそれらの解決とが必要である。

しかし、本研究のように限られた時間と予算とのなかにおいては、特定領域研究において開発した火山探査移動観測ステーション MOVE を将来のための実証試験機として位置づけ、その完成を目指すことを第一の目的とせざるを得なかった。更に、今までのフィールドにおける試験において、運用には様々な課題が山積していることが予想されており、そのため、実際の火山体における運用試験を行うことによって問題点と解決策とを明らかにし、更に、現時点において適用が可能な火山体を現地実験に基づいて明らかにすることが第二、そして第三の目的となった。

3. 研究の方法

上に記した目的を達成するために、以下の4つの研究方法・実施項目をとる。

- (1) MOVE を実証試験機としてより実用化させるため、第2年度までに無線などの必要機材を搭載した‘機動基地局’を完成させる。
- (2) 国内の活火山を対象として、MOVE による観測可能と判断される火山をリス

トアップする。

- (3) MOVE のテストフィールドとする火山を選び、実際に走行・観測実験を行い操作に習熟すると同時に、実践投入のための具体的課題を明らかにする。
- (4) 上記で明らかにされた課題について、MOVE 及び観測システムの改善、そして操作方法の改善をふくめて検討と対応を行う。
- (5) 近い将来における MOVE (将来的には火山探査ロボットシステムを含め) の維持・管理・運用体制について検討を行う。

これらの研究方法・実施項目のうち、2008年度には前年度に引き続き b. ~d. の諸検討を継続して行い、同時に‘機動基地局’を完成させる。更に、それを用いて阿蘇火山において走行実験を行う。そして最終年度は、これらの経験を伊豆大島三原山において生かし、MOVE システム全体としての完成度を更に高める。同時に、比較的近い将来に噴火が予想されている三原山において、緊急時の運用体制についての実地演習を行う。

4. 研究成果

- (1) 機動基地局を制作した。

ベースになる車両としてはワンボックスカーのニッサンキャラバンで、これに操縦やデータ取得を行う従来の基地局機能のほか、アンテナを高く上げる伸縮ポールとそれを駆動するポンプユニットを搭載した(付図参照)。ポールは屋根に貫通する状態で荷室



に取り付けられ、伸長時の高さは車体の荷台分を含めて約 8m である。その先端には指向性アンテナの方向を変えるため、電動雲台が据え付けられている。ほかの無指向を含め、アンテナ類は全てこの雲台に同架され、車輛走行時は雲台ごと外して車内に収納する。アンテナと雲台につながるケーブル類は、車体側面のコネクタボックスを介して車内機器類とつながれ、走行時は屋根に配されたケースに収納される。搭載した機器類の電力は、伸縮ポールを除いて車外の発電機から供給されるが、車体バッテリーから供給される電源を交流 100V に変換するコンバーターも装備しており、簡単な動作確認などは発電機なしで行える。

- (2) MOVE 適用可能な火山の検討を行った。

主としてカシミールソフトを用いた可視化範囲と、最終的には現地における無線の透過可能性により適用可能な火山についての検討を行った。無線使用を主たる判断基準にした MOVE の適用可能性でみたとき、最終的には、現時点において、大島三原山火山と阿蘇火山とが最も実現性が高い火山であることがわかった。そのため、MOVE と機動基地局を用いた運用試験は両火山で行うことになった。

- (3) 2009 年 3 月、阿蘇火山において走行試験を行った。

噴火時に阿蘇山公園道路を遠隔操縦で走破することを想定し、ロープウェー阿蘇山西駅近くの派出所前に基地局車を配置し、公園道路料金所前の空き地より MOVE の走行を開始した。MOVE と基地局の間に遮蔽物がない間は順調に走行できたが、ロープウェー火口西駅の駐車場手前の、100m ほどの区間は、道路が丘の裏に

回り込み、映像無線が遮られた。この区間の走破は最後まで果たせなかったが、限られた範囲ながらも基地局車を移動し、地形障壁をかかわすことで、走行可能区間が延長されるのは確認された。また移動基地局の制作により、基地局の準備と撤収の時間が大幅に短縮されたことは特筆に値する。従来は展開に 2 時間ほど、撤収に 1 時間ほどかかっていたのが、ともに 20 分程度で完了し、効率が格段に向上した。また降雨、降雪中の遠隔操縦も快適に行えた。

- (4) 2009 年 10 月、伊豆大島三原山において 2 回目の走行試験を行った。

今回の具体的な目的としては来るべき次の噴火に備え、三原山における MOVE 運用技術を確立するためである。具体的には移動基地局からの遠隔操縦のみで火口域到達を目指すことと、以前の試験でみられた通信障害を克服するためアドバルンによる無線機浮揚などの試みを行うことであった。試験期間中の重要な時期には台風が襲来し、大雨と強風のなかで行わざるをえない場面もあった。しかし、そのような厳しい条件のなかでも MOVE 走行は大きな支障なく行われ、予想以上の性能が発揮された。また、好天のなかで行われたアドバルンにより無線機を浮遊させ、無線操縦の確率を高める実験も成功裏に終了した。

- (5) 大島における試験の際、工学系ロボット研究者と最新鋭機器を持参しての野外における交流と実験が同時に行われた。彼らの機器は、現段階ではあまり野外においては実用的とは言えないが、今後の火山探査ロボット開発にとっては貴重な情報と示唆が得られる機会となった。

- (6) 本研究を通じて、野外の極悪環境下

における実用を目指した MOVE の開発は、その技術的な側面では一定の進展をみせたが、真に実用化するにはまだまだ多くの課題があること、しかし、それは異分野との交流により解決可能という明るい展望を持つことができた。しかし、一方では、今後の発展にはさらなる研究資金を必要とし、また、実際に運用するためには人的資源や組織などソフトの面でも大きな課題があることも実感された。これは以前から引き継いでいる課題である。

しかし、これらの課題は、2度にわたる野外試験において実質的に研究に参加した異分野とはいえ、同じ志の研究者が数多く居ることが知られ、いずれ解決してゆくものと確信することになった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 25 件)

- ① 金子克哉・伊藤公一・安部祐一、火山観測用自走式センサー「ほむら」の開発、火山、査読有、2010、印刷中
- ② 谷口宏充・後藤章夫・市原美恵 火山探査移動観測ステーションMOVEの開発、ロボット、査読有、187、2009、10-16.
- ③ K. Tadakuma, R. Tadakuma, K. Nagatani, and other 4 authors, Basic Running Test of the Cylindrical Tracked Vehicle with Sideways Mobility 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 10, 査読有, 2009, 1679-1684
- ④ G. Ishigami, K. Nagatani, and K. Yoshida, Slope traversal controls for planetary exploration rover on sandy terrain, Journal of Field Robotics, 26, 3, 査読有, 2009, 264-286 .
- ⑤ K. NAGATANI, N. TOKUNAGA, Y. OKADA, and

K. YOSHIDA, Continuous Acquisition of Three Dimensional Environment Information for Tracked Vehicles on Uneven Terrain, Proceedings of the 2008 IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, 10, 査読有, 2008, 25-30.

[学会発表] (計 44 件)

- ① 金子克哉, 火山観測用自走式センサーの開発, 地球惑星科学合同大会, 2009・5・18, 千葉.
- ② 金子克哉, 火山観測用自走式センサー「ほむら」の開発, 日本火山学会秋季大会, 2009・10・9, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.
- ③ 佐伯和人, 無人観測機SKY-1の火山フィールドでの空中観測実験, 日本火山学会度秋季大会, 2009・10・9, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.
- ④ 永谷圭司, 火山探査を目的としたクローラ型移動ロボットKenafによる桜島での遠隔操作実験, 第10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, 2009・12・26, 熊本.

[図書] (計 1 件)

- ① 井田喜明・谷口宏充編、東京大学出版会、火山爆発に迫るー噴火メカニズムの解明と火山災害の軽減ー、2009、1-256.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口 宏充 (TANIGUCHI HIROMITSU)
東北大学・東北アジア研究センター・名誉教授
研究者番号: 70125251

(2) 研究分担者

後藤 章夫 (GOTO AKIO)

東北大学・東北アジア研究センター・助教

研究者番号： 80312685

植木 貞人 (UEKI SADATO)

東北大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号： 40004501

永谷 圭司 (NAGATANI KEISI)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号： 80314649

金子 克哉 (KANEKO KATSUYA)

京都大学・人間・大学院環境学研究科・助教

研究者番号： 40335229

(3)連携研究者

西村 太志 (NISHIMURA TAKESHI)

東北大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号： 40222187

(H19→H20：研究分担者)

大島 弘光 (OSHIMA HIROMITSU)

北海道大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号： 10213703

(H19：研究分担者)

市原 美恵 (ICHIHARA MIE)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号： 00376625

(H19：研究分担者)

佐伯 和人 (SAIKI KAZUTO)

大阪大学・理学系研究院・准教授

研究者番号： 50292303