

# 火山探査移動観測ステーション MOVE の遠隔操作性能の向上にむけて 伊豆大島三原山における三次元環境情報取得実験

東北大学 永谷 圭司, ○吉田 和哉

Toward improvement of remote control for Mobile Observatory for Volcanic Eruption (MOVE)  
Acquisition of three-dimensional environmental information at Mt. Mihara in Izu-Oshima

Keiji NAGATANI and O Kazuya YOSHIDA, Tohoku University

Abstract: Professor Taniguchi's research group (in Tohoku University) and Hitachi Construction Machinery have been developing the MOVE (Mobile Observatory for Volcanic Eruption) for acquisition of environment data in case of volcanic eruption. To avoid operators' risks in volcanic environments, the robot is basically controlled remotely. However, it has been indicated that only visual information via cameras is very difficult and requires high-skills for control of the robot. In this research, we proposed a use of 3-dimensional range sensor for remote control of the robot to acquire environment information to improve operation. In this paper, we introduce the sensor system which we have been developing, and report the experimental result that was performed at Mt. Mihara in Izu-Oshima in May, 2006.

## 1. 緒言

東北大学 谷口教授の研究グループと日立建機は、現在、火山噴火時に火口付近のデータを獲得するための火山探査移動観測ステーション MOVE (Mobile Observatory for Volcanic Eruption) の研究開発を行っている (Fig.1) [1]。このロボットは、搭載された複数のカメラから得られる画像情報を利用した遠隔操縦によって走行を行うが、画像情報のみでは、環境認識が非常に困難であることが指摘されてきた。そこで筆者らは、このロボットの遠隔操作性能を向上させるため、三次元距離センサユニットをロボットに搭載し、遠隔操作性能向上を目指すこととした。オペレータは、地形が複雑な場所においてこのシステムを活用することで、ロボット周囲の三次元的な環境情報をコンピュータ上で確認することができる。これにより、オペレータは、より安全にロボットの操作を実行することが可能となると期待できる。さらに、複数地点から得られた環境情報を融合することで、火山の火口付近の三次元環境情報を再現することも可能となる。本稿では、上述機能の実現をめざして構築した遠隔操作システムの概要を紹介し、2006年5月に伊豆大島三原山において行った環境情報取得実験について述べる。



Fig. 1 Mobile Observatory for Volcanic Eruption (MOVE)

## 2. MOVE の環境情報取得システム

### 2.1 既存の MOVE の操作システム

MOVE に既に実装されている環境情報の取得には、主に MOVE に搭載された複数のカメラからの画像が利用される。オペレータは、これらの画像情報を元に走行経路を判断し、ジョイスティックを用いて MOVE に対して操作コマンドを伝送する。これらの機能を実現するため、監視画像送信用の 2.4 GHz OFDM 無線と、操作データ送受信のための 400 MHz 小エリア無線が搭載されている。

### 2.2 三次元環境情報の取得

多くの遠隔操作研究において指摘されているように、カメラから得られる画像情報のみを用いた操縦には、高度な熟練を要する。また、複雑な地形において、画像情報のみで、ロボットの置かれた状況を推測することが困難である。そこで本研究では、MOVE の既存の遠隔操作システムを補完するための、三次元距離センサユニットならびに、これを提示するシステムの開発を目指すこととした。このシステムの処理の流れを以下に示す。

1. MOVE の移動を停止させ情報取得コマンドを送信
2. MOVE 側で三次元距離情報を取得
3. MOVE 側からオペレータへ三次元距離情報を送信
4. オペレータ側で MOVE の周囲の環境情報を表示
5. GPS 情報を逐次送信しロボット位置を GUI 上で更新

### 2.2 吊下げ型三次元距離センサユニット

火山火口付近の環境は、一般に不整地であるため、ロボットの遠隔操作ならびに環境情報の獲得には、視覚情報のみならず、三次元の環境情報が有効であると考えられる。そこで、本研究では、筆者らの研究グループで研究開発を進めている「吊下げ型三次元距離センサユニット」を利用することとした。この吊り下げ機構の概観を Fig.2 に示す。

このセンサユニットは、ロボットが不整地移動中においても、センサを常に水平を保つための、ディスクダンパによる受動的機構を有しており、ロボットが停止中、三次元の距離情報を得ることが可能となる。



Fig. 2 Hung-type 3D range sensor

なお、三次元情報獲得のため、このセンサ部には、SICK社製の二次元平面レーザレンジスキャナ(LMS291)を利用し、これを旋回させるため中央精機社製回転ステージを利用した。

### 2.3 GPS

MOVEの位置情報を知るセンサとして、本研究では、Trimble社製のRTK-GPSを利用することとした。このGPSは、基準局用のGPS(5700CORS/U)と移動局用のGPS(MS750)の組で機能する。本研究では、オペレータ側に基準局用GPS、MOVE側に2台の移動局用GPSを搭載することで、MOVEの位置と方位の情報を測定することとした。

### 2.4 通信システム

オペレータとMOVE間の通信には、コマンドやGPS情報といった「頻繁だが情報量が小さい通信」と、三次元距離情報などの「間欠的だが情報量大きい通信」を要する。また、本研究では、最大で2km程度の通信路を確保する必要がある。そこで前者の通信には、スペクトル拡散型の特定小電力SS-MODEM(FDH01TJAA0:双葉電子工業300BPS)、後者の通信に、特定小電力無線モデム(YRM-211TR/T:Vertex Standard社製:最大9600BPS)を利用した。

### 2.5 GUIインタフェース

本研究では、MOVE周囲の三次元環境情報ならびに、MOVEの位置を表示するためのViewerを開発した。このGUIインタフェースは、Java3Dを利用し、マウスで視点位置やズームが変更できるという特徴を持つ。このGUIが表示する三次元環境を、Fig.3右に示す。

## 3.伊豆大島 三原山での環境情報取得実験

### 3.1 実験の概要と環境

2006年5月26日より2週間、伊豆大島三原山にて、MOVE走行試験ならびに、TNTの爆発を利用した火山規模模擬観測実験が行われた。筆者らは、前半のMOVE走行試験に合流し、環境情報取得実験を行った。なお、この走行試験は、三原山の山頂へ向かう複数の登山道に沿って行われ、場所により、起伏の大きな場所も存在した。

### 3.2 環境情報取得実験その1

Fig.2で示したセンサユニットをMOVEに搭載し、遠隔からこのセンサを操作して、環境情報取得実験を行った。

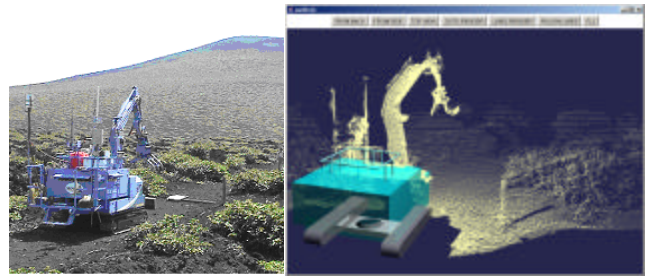


Fig. 3 Environment and 3-D GUI Interface

実験の際に獲得した三次元距離情報のGUI表示と環境の一例をFig.3に示す。この図より、MOVEの右手には杭とブッシュが存在し、またMOVE前面に多少の走行可能領域が存在していることを三次元的に理解することができる。

なお、本実験では、MOVEとオペレータの距離が大きくなった場合、センサから得られた環境データを送信する際にデータの欠損が生じ、環境情報を提示できない場合が発生した。欠損データの補正ならびに、高速で安定した通信経路の確保が、今後の課題である。

### 3.3 環境情報取得実験 その2

センサユニットによる環境情報獲得と情報結合手法を試験するため、三原山山頂付近の遊歩道において、三次元距離取得センサ単独で環境情報取得実験を行った。Fig.4に、最初の観測地点における計測風景ならびに、三地点の計測から得た環境情報の融合結果を示す。なお、本来はRTK-GPS(位置精度は数センチメートル程度)で複数地点のデータ融合を行うべきであるが、この実験では、GPS単独測位(位置精度は数メートル程度)であったため、センサ情報の位置合わせには、手動で観測位置補正を加えた。

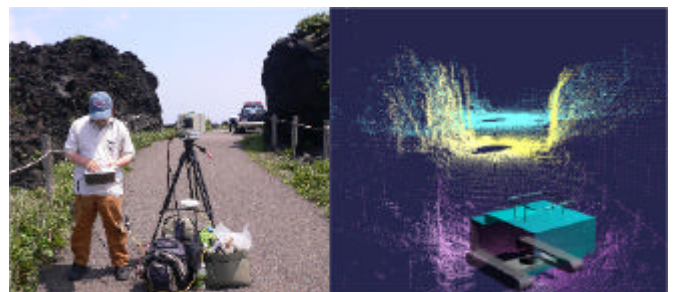


Fig. 4 Overlapped Environmental Information

## 4. 結言

本研究では、MOVEの遠隔操作性の向上を目指し、三次元距離センサユニットを構築した。また、その有用性を確認するため、伊豆大島三原山において行われたMOVE走行試験に参加し、その有用性の確認を行った。その結果、環境情報の取得ならびに提示について、操作に有用と考えられる情報が得られた。今後は、センサ情報を送信する際の安定した通信経路を確保し、より迅速な環境情報獲得/提示をオペレータに対して行うことが課題である。

### 参考文献

- [1] 谷口宏充,後藤章夫,市原美恵,横尾亮彦「火山探査移動観測ステーション MOVEの開発について」,地球惑星科学関連学会予稿集 V080-014,(2003)