

火山活動の早期予測を目指した火山ガス測定用小型移動用ロボットの開発

○菊地 泰洋, 佐藤 悠司, 魏 書君, 朴 賢雨, 村元 雄太, 久利 美和, 永谷 圭司 (東北大学)

Development of small-sized mobile robot for volcanic-gas-measurement to predict volcanic eruption

○ Yasuhiro KIKUCHI, Yuji SATO, Shokun GI, Hyonu PARK, Yuta MURAMOTO, Miwa KURI, Keiji NAGATANI (Tohoku Univ.)

Abstract : Recently, a volcanic-gas-measurement becomes one expected method to predict volcanic eruption. However, in volcanic environment, it is dangerous for researchers to conduct gas-measurement by themselves. Therefore, in this research, we aim to develop a small mobile robot to measure volcanic gas teleoperatively in multiple points in volcanic areas. In this paper, we present our developed small-sized mobile robot CLOVER-II and gas-sensor module, and introduce our display interface to show the obtained data.

1. 緒言

日本は、111もの活火山を有する火山大国である。これらの活火山の噴火は、近隣に大きな被害をもたらす可能性がある。そこで、火山噴火ならびにこれによって引き起こされる災害による被害を予測し、被害を減ら研究が進められている [1]。現在行われている最もポピュラーな火山噴火予測の手法として、GNSSによる山体膨張の監視が挙げられる [2]。しかしながら、この手法のみでは、噴火前兆の検知を逃す可能性もある。そこで、現在、火山ガスの観測による火山噴火の早期予測手法が、現在新たに注目されている。火山ガスは、地熱や地中の堆積物によって組成が変化するという性質を持つ。また、気体であるため、地中内の上昇速度が速いため、火山活動に大きく影響するマグマの状態が、早い段階で地表に現れる。よって、この火山ガスの組成を測定することで、従来手法と比較して、より早期に火山噴火を予測し、その後発生する被害を減少させることが期待されている。

一方、現在の火山ガス測定は、人が火山地帯に侵入し、直接測定する手法が一般的であり、その測定には、大きなリスクを伴うという問題が存在する。特に、くぼみに滞留する有毒な火山ガスによる中毒や、表層の柔らかい岩を踏み抜き、地中の熱泉で火傷をするといった危険があるため、人が自身で測定する現在の手法には、大きな危険が伴う。そこで、筆者らの研究グループでは、人に代わって火山ガスの測定を行う移動ロボットシステムの研究開発を行うこととした。本稿では、開発を進めている無人移動ロボットシステムについて報告する。

2. 無人移動ロボット CLOVER-II

CLOVER (Compact and Lightweight teleOperation robot for Volcano ExploRation) は、筆者の所属する研究

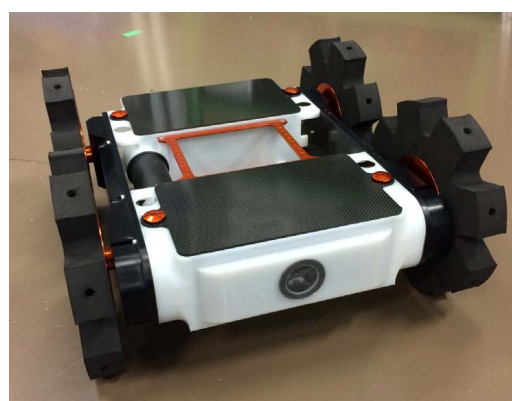


Fig. 1: Light-weight mobile robot CLOVER-II.

室において、Micro Unmanned Aerial Vehicle (MUAV) を用いて運搬し、火山噴火の際に立入制限区域内を調査する目的で研究開発が進められている小型移動ロボットである [1]。これまで、立入制限区域内における雨量計測を実施するため、NEDOの研究助成による防水型小型移動ロボット CLOVER-II の開発を進めてきた。

本研究では、この CLOVER-II を、火山ガス測定用移動ロボットシステムの台車として使用することとした。図 1 に CLOVER-II の外観を示す。このロボットの重量は 4.4 kg (センサ部を除く) であり、本体サイズは、440mm × 385mm × 210mm である。CLOVER-II の機体中央部には、センサ等の装置を搭載するためのスペース (180mm × 80mm × 100mm) が確保されており、このスペースに、ガス検知センサユニット (第 3 章) が搭載される。

制御部及び動力部は、ハウジングによって覆われており、防滴・防塵処理が施されている。駆動系には、maxon 社製 DC モータ DCX26L 18V(定格トルク 49.8 mNm) と、ギア比 150:1 のギアヘッド 2 組を使用し、タイミングベルトによって 4 輪を駆動する。

このロボットの制御用コンピュータには、シングルボー

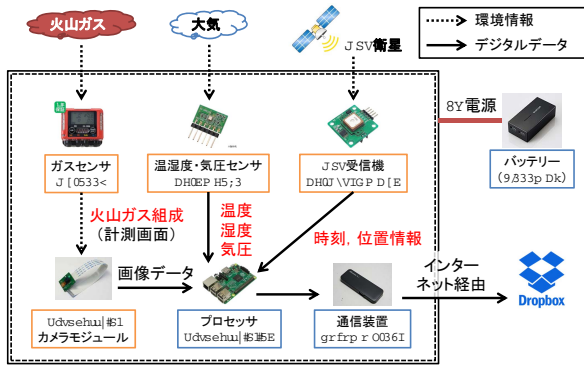


Fig. 2: Gas and temperature measurement module.

ドコンピュータ Raspberry Pi 3 を使用することとした。また、走行用センサとして前方面像取得用の広角 USB カメラを使用することとした。さらに、通信機器として 2.4GHz 帯 Wi-Fi 用の USB 無線 LAN ならびに、3G 携帯電話回線用の通信モデム docomo L-03F を搭載した。なお、動力として用いているバッテリーの電源電圧は 23.1V である。

3. センサユニットの開発

火山ガス測定を目的とし、CLOVER-II に搭載するセンサユニットの開発を行った。このセンサユニットは、火山噴火予測の観点からの要求を元に、測定対象を火山ガス濃度 (CO, SO₂), 温湿度, 気圧, GPS による位置情報の測定と情報の無線伝送を目標とした。

図 2 に、開発した火山ガス測定用センサユニットのシステムの概要を示す。温湿度・気圧センサ並びに GPS 受信機は、Raspberry Pi 2B に接続され、観測値のデータを記録する。また、火山ガスセンサは、一般的に火山ガス観測に利用されるハンディガスセンサ GX-2009 を搭載した。ただし、通常、この装置からは、測定データを電子的に取り出すことができない。そこで、Raspberry Pi 用カメラモジュールを利用して、測定値の画面を撮影し、測定データを画像データとして記録することとした。なお、これらのデータは、3G 回線用通信モデム L-03F によりインターネットを通じて Dropbox 内にアップロードされ、オペレータは、そのデータを閲覧することで測定値を知ることができる。

なお、このセンサユニットの電源及び通信機器は、ロボット本体とは独立しているため、ロボット本体の電源が入っていない状態でも測定を継続することが可能である。

図 3 に、製作したセンサユニットの外観と内部の様子を示す。センサユニットのケースは、CLOVER-II の積載部分に収納可能な寸法 (180mm × 80mm × 100mm) で 3D



Fig. 3: An appearance of sensor body and inside of the apparatus.

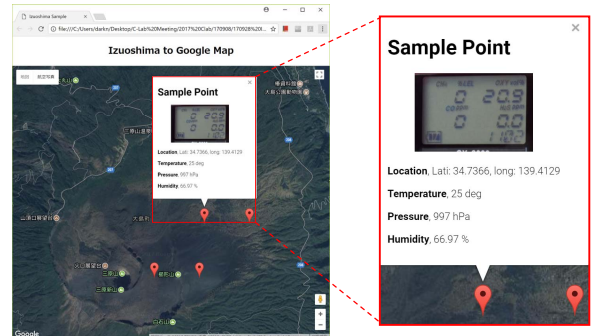


Fig. 4: Display of sensor data on Google Map.

プリンタを使用して製作し、その中に、図 2 に示した通信機、バッテリー、各種センサ、処理基板を納めた。

4. データの提示手法

取得したセンサデータを提示するインターフェースには、Google map を利用することとした。具体的には、Javascript API を利用し、センサユニットから送信される位置データ、温度/湿度、気圧、ガスセンサが提示する画像を Google map 上に表示させる。実験用ダミーデータを用いた現在の提示画面を、図 4 に示す。

5. 結言

本稿では、火山噴火を予測するための火山ガス調査を人に代わって行うシステムの実現に向けた、小型移動ロボット、センサモジュール、データの提示手法の概要について紹介した。11 月には、このシステムを用いたフィールド試験を伊豆大島で実施し、ロボットシステムの有用性と問題点を評価する予定である。

参考文献

- [1] 山内元貴, 秋山健, 永谷圭司. 飛行ロボットと小型地表移動ロボットの複合システムによる火山活動区域の無人調査. 日本ロボット学会誌, Vol. 34, No. 3, pp. 220–225, April 2016.