

ドローンを活用した火山観測技術の適用 Application of Volcanic Observation Method with Drone

○佐々木寛介・志村智也・辻本浩史・井上 実・井口正人

○Kansuke SASAKI, Tomoya SHIMURA, Hirofumi TSUJIMOTO, Minoru INOUE, Masato IGUCHI

In recent years, drones (UAVs) have been becoming useful platform in such fields as inspection of disaster areas, or maintenance management of bridges in off-limits areas. In this study, we explored the ability of drone as a platform for inspection of volcano. Vertical profiles of temperature, relative humidity and wind up to 1000m above ground were observed at Mt. Sakura-jima. Results of wind profiles measured by drone showed clear vertical wind shear and compared to model's profiles (JMA-GPV). Mixing layer height in the lower troposphere could be estimated by the vertical profiles of temperature and relative humidity. In addition, the feasibility test flights of drone equipped with not only meteorological sensors but also SO₂/H₂S and PM sensors were conducted at Mt. Shinmoe-dake. Continuous *in situ* measurements of volcanic gases and ash represented as PM₁₀ and PM_{2.5}, in the upper air had been successful. This work revealed that the drone was effective tool as a new volcanic observation platform.

1. はじめに

近年ドローンは、空撮のみならず、インフラ点検、物流分野での活用が急速に進んでいる。防災分野では災害調査での空撮、地形測量、河川流量観測のほか災害救助での利用についても研究が進められている。我々の研究室ではこれまで、ドローンによる上空の気象観測技術の開発を行ってきた。本研究では、火山調査を目的として上空の気象だけでなく、火山ガスや火山灰の *in situ* 計測にも取り組んだ。本発表ではこれまで桜島や新燃岳で実施してきたフィールドでの調査事例を報告し、得られた成果や今後の取り組み課題についても整理した。

2. 上空の気象観測

2017年4月および2018年1月に桜島をフィールドとして、ドローンによる上空の気象観測を実施した。ドローンは6ローターのマルチコプター (SPIDER CS-6; ルーチェサーチ株式会社) を使用し、気象センサは、二次元超音波風向風速計 (FT702; FT-Technologies), 気温湿度センサ (HYT939; Innovative Sensor Technology IST AG) をドローンに搭載した。データは1秒間隔でデータロガーに蓄積し、フライト終了後にデータ回収を行った。気象の鉛直プロファイルの計測は指定高度でそれぞれ3分間ホバリングを行い、この間の

平均として整理した。2018年1月31日に実施したドローンによる風向風速の観測事例を Fig. 1 に示す。比較のため、初期時刻がほぼ同時刻となる気象庁 GPV (MSM) のデータ (調査地点直近のグリッドデータ) も併せて示した。本事例でドローンにより観測された風向に着目すると、高度 600 m までは北風、高度 800 m 以上では南風に変化する特徴的な風向の鉛直シアがみられた。一方、気象庁 GPV (MSM) でも同様の特徴がみられるが、風向が変化する高度がドローンによる観測値よりも約 200 m 高かった。風速に着目すると、ドローンによる観測では高度 400 m 付近から高度 800 m までは徐々に弱くなり、高度 1000 m 付近から急激に風速が大きくなる傾向が見られた。気象庁 GPV (MSM) でも高度 400 m 付近から上空へいくにしたがって風速が低下し、高度 1000 m 以上では風速が大きくなっているが、風向と同様に風速が変化する境界高さはドローンによる観測よりやや高かった。

気温および湿度の観測事例として 2018 年 1 月 30 日の結果を Fig. 2 に示す。気温について風向風速と同様に気象庁 GPV (MSM) の値と比較すると、この事例では、絶対値はドローンによる観測値の方が約 2.0°C 高かった。一方で、鉛直プロファイルとして捉えた場合には、両者ともに気温減率は約 1.0°C/100m で、概ね一致していた。

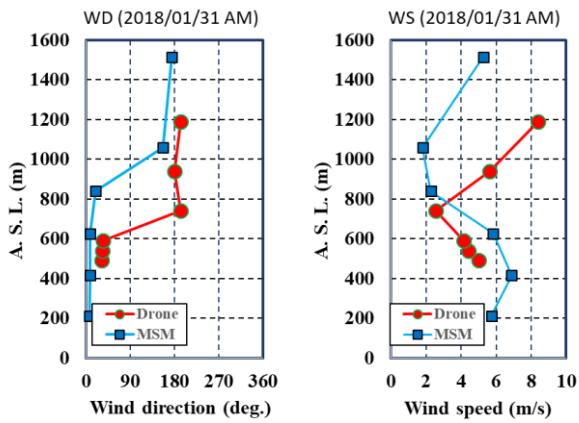


Fig. 1. Vertical profiles of wind observed by drone at Mt. Sakura-jima (2018/01/31), compared with JMA-GPV(MSM) data.

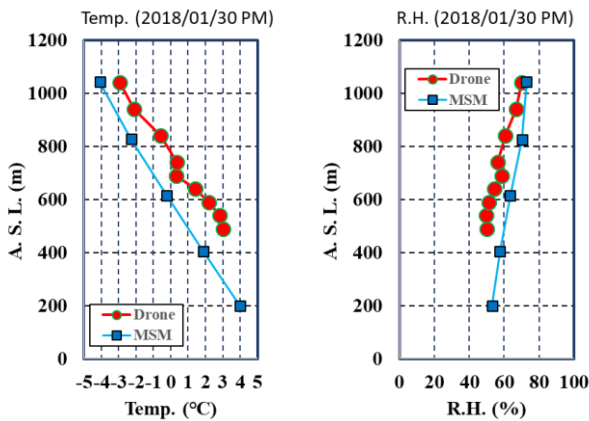


Fig. 2. Vertical profiles of temperature and relative humidity observed by drone at Mt. Sakura-jima, (2018/01/30) compared with JMA-GPV(MSM) data.

3. 火山ガスおよび火山灰観測

ドローンによる火山ガスおよび火山灰の観測は新燃岳を対象として2018年3月26日に実施した。上空の火山ガス (SO_2 および H_2S) と火山灰 ($\text{PM}_{2.5}$ および PM_{10}) 濃度を計測するため、ドローンに気象センサ (150WX; AIRMAR) に加え、火山ガスモニタ (QRAE3; RAE Systems) および PM モニタ (ヤグチ電子工業株式会社) を搭載し、指定高度 (50 m, 100 m, 150 m, 300 m, 500 m, 750 m, 1000 m) でそれぞれ3分間のホバリングにより、火山ガスおよび火山灰の鉛直濃度プロファイルを計測した。観測当日の新燃岳の火山性地震は2回で前日 (2018年3月25日) の141回と比較すると激減しており、火山活動は比較的落ち着いた状況であった。ドローンによる観測は、午前・午後の1回ずつ行ったが火山ガスについては、

SO_2 , H_2S 濃度ともに火山ガスモニタの検出下限値未満 (<0.1 ppm) であった。Fig. 3 に火山灰 (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) 濃度および、 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 比の鉛直プロファイルの観測結果を示す。Fig. 3 より、最下層の高度 50 m (海拔 430 m) では、 $\text{PM}_{2.5}$ は $11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} で $15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、両者とも上空ほど濃度が増加する傾向がみられ、 $\text{PM}_{2.5}$ は高度 750 m (海拔 1130 m) で $30.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} は高度 1000 m (海拔 1380 m) で $37.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の最大値が観測された。 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 比は下層から上層まで今回の観測高度では 0.8 前後で推移しており、鉛直プロファイルとして顕著な特徴はみられなかった。 $\text{PM}_{2.5}$ および PM_{10} は火山灰以外にも海塩粒子などの他の自然起源、自動車などの人為起源の寄与があるため、今回の観測結果が火山灰の寄与を反映しているかどうかは判断できなかった。

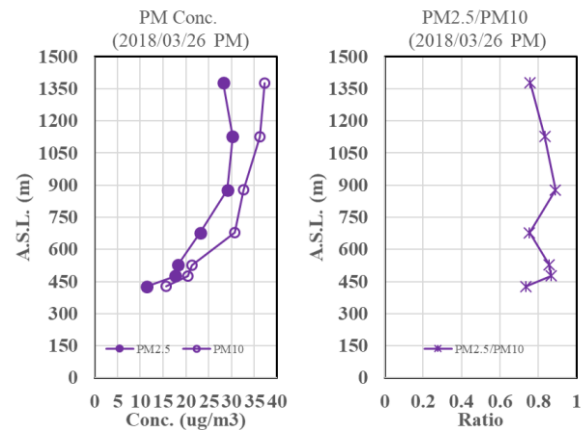


Fig. 3. Vertical profiles of PM mass concentration and $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ ratio at Mt. Shinmoe-dake

4. 今後の課題

ドローンによる火山ガス・火山灰の観測についてはフィールドでの実証を積み重ね、シミュレーションモデルやライダー等、他の観測手法の比較を実施したい。また、観測手法としてガス・粒子を同時計測可能な小型大気質センサの搭載や、観測データのリアルタイムテレメトリーシステムの実装などを進め、より機動性の高い観測手法の確立を目指したい。

(謝辞)

本研究は京都大学防災研究所の共同利用・共同研究拠点の助成を受けて実施した共同研究、および文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトによる成果の一部であることを記し、ここに謝意を表します。