

学位論文の要旨

氏名	小堀 壮彦
学位論文題目	様々なレーダを用いた火山噴煙の定量的観測に関する研究

本論文は、レーダを用いて火山の噴火を観測し、可視条件によらず噴煙柱の立体構造や運動学的パラメータを取得する手法についてまとめたものである。様々なレーダを用いて桜島の噴火を検知し、噴煙の立体構造と噴煙内部における火砕物の密度分布、噴煙柱の高度、成長速度及び水平移流速度を求める手法を開発した。得られた結果は近隣の気象観測結果等と比較し、整合することを確認した。

1章は序論として、既往研究に照らした本研究の意義を示した。先ず、火山の噴煙が周辺地域や航空機に及ぼす被害と、その対策としての噴煙観測の重要性について述べた。次に、従来の可視観測における制約を挙げ、近年注目されている気象レーダを用いた噴煙の観測に関して既往研究を示した。以上を踏まえて、①可視条件に依存しない観測、②定量的な観測、③内部構造の観測の3つを本研究の目的に設定した。

2章は本研究で用いたデータの源泉に関わる内容として、Xバンド船舶レーダ(X-MRN)、XバンドMPレーダ(X-MP)、Kuバンド高速スキャンドップラレーダ(Ku-RAD)及びKaバンドドップラレーダ(Ka-DOP)の各レーダの諸元や特徴、スキャンモード及び観測事例について示した。

3章ではデータの解析手法を示した。最初にデータの品質管理として、観測データからノイズを除去する手順を示した。続いて、噴煙の高度、成長速度及び移流ベクトルの推定方法と、X-MPの観測結果を時間・空間補間して噴煙の内部構造を三次元で取得する手順を説明した。

4章では、3章で示した観測手法を桜島の噴火事例に適用した結果を示した。Ku-RADから得た噴火検知結果及びX-MRNにより求めた噴煙の最大高度を、鹿児島気象台による火山観測報と比較した。X-MRNにより求めた噴煙の高度及び成長速度については、噴火からの時系列プロットを示した。また、噴煙の内部構造としてKuRAD及びX-MPの観測結果から得た噴煙の断面画像を示した。

5章では、4章で示した結果について考察した。他手法との比較結果については、差異を確認して要因を考察した。また、雨の中の噴火事例については、観測結果の時間変化に注目して現象を説明した。噴煙の移流ベクトルや内部構造の応用として、降灰ナウキャストの例を示した。さらに、レーダの特性を考慮した噴煙観測システムを提案した。

6章では、結果及び考察を踏まえた結論として、1章で設定した3つの目的の達成度を評価した。①可視条件に依存しない観測については、可視観測に対する優位性が確認できたが、降雨時における観測に課題が残った。②定量的な観測、③内部構造の観測に関しては目的を達成できたと評価した。最後に、最新の観測機器と観測結果のWeb配信について紹介し、本研究の今後の展望を示した。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Studies on quantitative monitoring of volcanic plumes using various types of radars

Name: **KOBORI Takehiko**

This thesis describes a radar-based observation methods for obtaining structure and kinematic parameters of volcanic eruption columns, regardless of visibility conditions. We developed the methods to detect eruptions at Sakurajima and determine the structure, density distribution, height, growth rate, and horizontal advection velocity of the eruption columns. These results were confirmed to be consistent with meteorological observations.

Chapter 1, we described related previous studies and the significance of this study. First, we showed the impact of volcanic plume on surrounding areas and aircraft, and the importance of volcanic plume observation for disaster prevention. Next, we described the limitations of conventional visible observations and introduced previous research on volcanic plume observations using weather radars. From the above, we set three goals of this study: (1) observations independent of visible conditions, (2) quantitative acquisition of plume characteristics, and (3) observation of the plume's internal structure.

In Chapter 2, we introduced the characteristics of the radars used for the observations. We used the Ku-band high-speed scan Doppler radar (Ku-RAD), the X-band marine radar (X-MRN), the X-band MP radar (X-MP), and the Ka-band Doppler radar (Ka-DOP) in this study.

In Chapter 3, we presented the observation methods developed in this study. First, the data quality control was shown. Next, the method for estimating the height, growth rate, and advection vector of the volcanic plume, and the procedure for obtaining the three-dimensional internal structure of the volcanic columns from the X-MP observation results were explained.

Chapter 4 presented the results of applying this method to the data. The results of eruption detection and the maximum height of the volcanic plume were compared with the Kagoshima Meteorological Observatory's volcano observation reports and previous studies. The plume height and growth rate determined by X-MRN are plotted as a time series from the eruption. Cross-sectional images of the eruption columns obtained by Ku-RAD and X-MP were shown.

Chapter 5 described the developed methodology and findings. Regarding eruptions during rainy weather, we focused on changes over time in observation results. As an application of the advection vector, we presented an example of ash fall nowcast. We also proposed a volcano observation system that considers the characteristics of radar.

In Chapter 6, as a conclusion based on the results and considerations, the achievements of the three objectives set in Chapter 1 was evaluated. As for (1), the superiority to visible observation was confirmed, but the problem remained in observation during rainfall. Regarding (2) and (3), it was evaluated that the objectives were achieved. Finally, we introduced the latest observation equipment and web distribution of observation results and showed the future prospects of this research.