

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成24年 6月 7日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23654157

研究課題名（和文）火山噴煙現象の定量的理解に向けた空気振動研究の挑戦

研究課題名（英文）Challenging of observational study on infrasound wave for quantitative understanding of volcanic plume dynamics

研究代表者

横尾 亮彦（YOKOO AKIHIKO）

京都大学・理学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：70420403

研究成果の概要（和文）：桜島昭和火口の噴火活動を対象とした空振アレイ観測を実施することで、噴煙放出に伴う微弱な空振シグナルの特徴を明らかにした。これまで噴煙挙動と関係すると考えられてきた周波数帯のシグナルについては、火口底下の通路を、噴煙や火山ガスなどの希薄流体が通過することで形成されるものとして区別した。一方、既往噴煙数値計算コードの改良によって、現実を反映した初期・境界条件で、噴煙挙動を数値的に模擬することを可能にした。火山噴煙の噴出、拡大、上昇過程に伴う空気振動放射過程の詳細を定量的に理解するための下地を整えることができた。

研究成果の概要（英文）：We conducted an array observation of infrasound at Sakurajima volcano. Two peaks, around 2Hz and 0.5Hz, in power spectrum of the infrasound were identified; the former peak would be related to the eigen frequency of the vent of Showa crater, but the latter would be related to ejection of eruption clouds. We also conducted 3-D numerical simulation of volcanic plumes using our improved code. Results of this study provided advancement of quantitative understanding of infrasound wave associated with volcanic plume.

交付決定額

（金額単位：円）

|       | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 2,900,000 | 870,000 | 3,770,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：火山現象

## 1. 研究開始当初の背景

火山噴煙現象の物理過程や、噴煙上昇のダイナミクスなどについての研究は、観測的見地からよりも、数理解析的側面から行われるのが現在の主流である。近年では、大規模数値計算によって噴煙の挙動が再現できるようになり、噴煙の内部構造の推定が可能になりつつある。噴煙によって励起される空気振動は、噴煙内部の流れパターンや乱流状態に関係している可能性が高い。そのため、観測される空気振動の振幅や周波数の変化は、噴煙の乱流状態、噴煙渦構造を説明するパラメー

タの一つである、渦度の時間変化と相関をもつことが予想される。また、噴煙表面に現れるこれらの乱流構造は、噴煙噴出時の噴煙密度や噴出速度によってあらかじめ決定づけられている可能性もある。もし上記のことが（全てでなくても、一部でも）成り立つのなら、空気振動現象が、噴煙現象の新たな観測可能量として位置づけられ、火山噴煙の理解を深化させる一つのきっかけになると考えられる。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、火山噴煙の観測と数値計算とを併行実施することで、空気振動研究を火山噴煙を定量的に理解するための一手法として確立することを試行する。数値計算によって中小規模噴火による噴煙現象の再現を行い、噴煙によって周囲大気へ放射される空気振動の特徴と噴煙構造との関係性を整理する。一方、桜島昭和火口の噴火を対象とした空気振動観測も実施し、実際の空気振動と噴煙構造に関する定量的な情報を抽出する。そして、両者の比較検討によって、空気振動現象を通じて（直接的には観測不可能である）噴煙噴出時のパラメータ推定につながる方法へと発展させることを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、火山噴煙による空気振動を数値的に再現し、その形成過程や波形の特徴に、噴煙構造の発展とどのような関係があるのかを整理した。一方、実際の火山噴煙現象の空気振動・映像観測結果の解析作業も実施し、数値計算結果と同様に、空気振動波形の特徴と噴煙上昇・発展過程、また噴煙表面で観察される乱流渦構造などの観測可能量との関係性について、観測学的見地から整理した。

### 4. 研究成果

桜島昭和火口の噴火活動を対象に、最大 9 台の低周波マイクロホンを使用した空振アレイ観測を実施した (図 1)。このアレイ観測の結果、噴煙放出そのものに伴う微弱な空振は 0.8Hz あたりにピークを持つことが明らかになり、その放射源は火口位置に推定された。

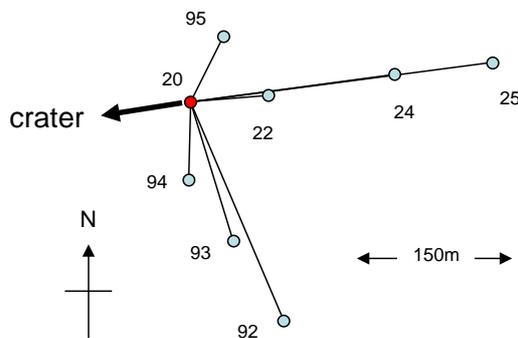


図 1：桜島黒神地区で実施した空振アレイ観測におけるセンサー配置図

一方、これまで噴煙挙動と関係すると考えられていた、卓越周波数 1~2Hz のシグナルは、噴煙放出時以外の時間帯でも散見されることから、火口底下の通路ないしは地形内を、噴煙や火山ガスなどの希薄流体が通過することで形成されるものと考えられた (図 2)。なお、爆発的噴火の空振シグナルは、その発生直後 (10 秒程度) 以降の時間帯は、始良カルデラ地形からの回折波や反射波が卓越す

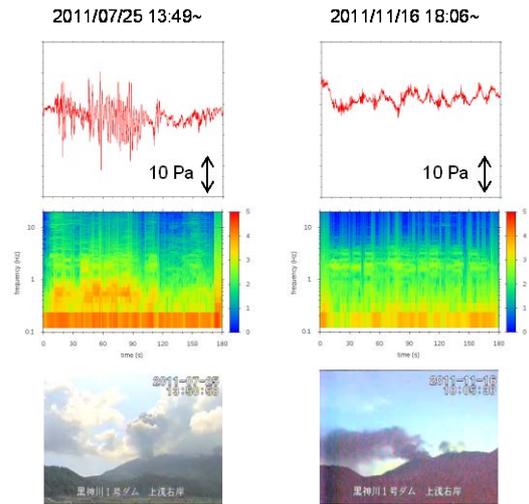


図 2：2011 年 7 月 25 日 (左) と 11 月 16 日 (右) の 1 分間における空振波形 (上)、スペクトログラム (中)、噴火表面現象の画像 (下)。噴火の起きていない時間帯でもほぼ定常的に 1~2Hz のシグナルが見られる。

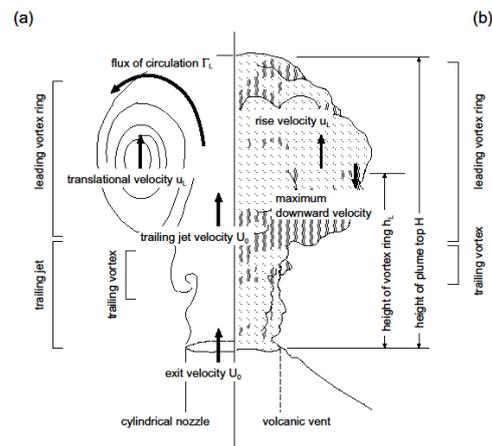


図 3：流体実験における渦輪構造と噴煙現象の局所構造との対応

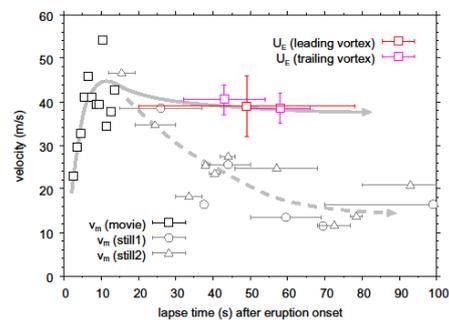


図 4：桜島昭和火口からの噴煙運動から推定された火口部における噴出速度の時間変化。既往のモデルでは難しかった、噴出開始からしばらくたった時間帯の噴出速度推定に成功している。

るため、解析には十分注意しなければならないことも明らかになった。噴煙の局所渦構造の運動解析から、火口部における噴煙噴出速度を推定する方法を構築し、ブルカノ式噴火における噴出速度の時間変化を見積もることができた(図3、図4)。火山噴煙3次元数値計算を東京大学EIC計算機システム、海洋研究開発機構の地球シミュレータを用いて実施し、種々の初期条件、境界条件に対する噴煙挙動についての検討も行った。噴煙数値計算コードの改良によって、小規模ブルカノ式噴火に対応した数値計算が行えるようになったほか、噴煙の上昇や崩壊過程などに対する火口地形や周囲風環境らと与える影響についても、定量的に明らかにすることができた。また、空振の周波数構造と噴煙放射角度との関係性についても検討を行い、その特徴も明らかにした(図5)。以上の研究成果から、より現実を反映した初期・境界条件下で、噴煙挙動を数値的に模擬することが可能になり、火山噴煙の噴出、拡大、上昇過程に伴う空気振動放射過程の詳細を定量的に理解するための下地が整えられた。

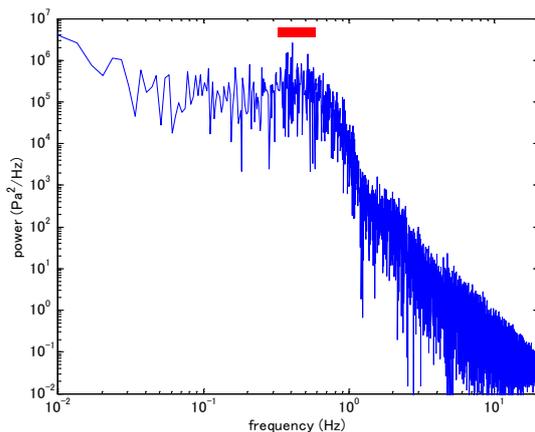


図5: 3次元噴煙計算によって計算された、火口から2 kmの距離にある地表面で測定される空振スペクトル構造。この計算条件では0.3~0.6Hzあたりにパワーが集中する。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Yokoo, A., Iguchi, M., Tameguri, T. and Yamamoto, K., Processes prior to outbursts of Vulcanian eruption at Showa crater of Sakurajima volcano, Bulletin of Volcanological Society of Japan, 査読有, 58, 2013, 163-181
- ② Iguchi, M., Tameguri, T., Ohta, Y., Ueki, S. and Nakao, S., Characteristics

of volcanic activity at Sakurajima volcano's Showa crater during the period 2006 to 2011, Bulletin of Volcanological Society of Japan, 査読有, 58, 2013, 1115-135

- ③ Suzuki, Y.J. and Koyaguchi, T., 3-D numerical simulation of volcanic eruption clouds during the 2011 Shinmoe-dake eruptions, Earth, Planets and Space, 査読有, 65, 2013, in press
- ④ Ichihara, M., Takeo, M., Yokoo, A., Oikawa, J. and Ohminato, T., Monitoring volcanic activities using correlation patterns between infrasound and ground motion, Geophysical Research Letters, 査読有, 39, 2012, L04304  
DOI:10.1029/2011GL050542
- ⑤ Suzuki, Y.J. and Koyaguchi, T., 3-D numerical simulations of eruption column collapse: Effects of vent size on pressure-balanced jet/plumes, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 査読有, 221-222, 2012, 1-13  
DOI:10.1016/j.jvolgeores.2012.01.013

[学会発表] (計8件)

- ① Suzuki, Y.J. and Koyaguchi, T., 3-D numerical simulations of volcanic ash transport and deposition, 2012 AGU Fall Meeting, 2012/12/7, San Francisco (US)
- ② Yokoo, A., Suzuki, Y.J. and Iguchi, M., Infrasound array observation at Sakurajima volcano, 2012 AGU Fall Meeting, 2012/12/5, San Francisco (US)
- ③ 鈴木雄治郎・小屋口剛博、火山噴煙の3次元シミュレーション：降灰予測に向けて、第四紀学会、2012/8/20、弘前
- ④ 横尾亮彦・鈴木雄治郎・井口正人、桜島における空振ラインアレイ観測、地球惑星科学連合2012年大会、2012/5/20、幕張
- ⑤ Suzuki Y.J. and Koyaguchi, T., 3-D numerical simulation of eruption clouds: Effects of the environmental wind on the turbulent mixing, AGU 2011 Fall Meeting, 2011/12/8, San Francisco (US)
- ⑥ Suzuki, Y.J. and Koyaguchi, T., 3-D numerical simulations of eruption clouds: The critical condition for column collapse, XXV IUGG General Assembly, 2011/7/5 Melbourne (Australia)
- ⑦ Yokoo, A. and Iguchi, M., Prior processes of outburst of a Vulcanian eruption, XXV IUGG General Assembly, 2011/7/4 Melbourne (Australia)
- ⑧ Iguchi, M., Increase in volcanic

activity under open conduit system at  
Sakurajima volcano in Japan, XXV IUGG  
General Assembly, 2011/7/4 Melbourne  
(Australia)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

横尾 亮彦 (YOKOO AKIHIKO)  
京都大学・理学(系)研究科(研究院)・  
助教  
研究者番号：7 0 4 2 0 4 0 3

### (2) 研究分担者

鈴木 雄治郎 (SUZUKI J YUJIRO)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号：3 0 3 9 2 9 3 9  
井口 正人 (IGUCHI MASATO)  
京都大学・防災研究所・教授  
研究者番号：6 0 1 4 4 3 9 1