

令和元年6月27日現在

機関番号：82102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07345

研究課題名（和文）即時的火山噴火規模評価のための、空気振動解析による噴煙体積推定手法の新規開発

研究課題名（英文）Estimation of eruption cloud volume with acoustic observation for hazard evaluation

研究代表者

山田 大志（Yamada, Taishi）

国立研究開発法人防災科学技術研究所・火山防災研究部門・特別研究員

研究者番号：60804896

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：火山噴火に伴い励起される空気振動（空振）の解析によって、形成される噴煙の規模を評価する手法を提案した。空振記録の解析で推定される噴煙体積が、実際の噴煙到達高度などを用いる数理的なモデルから期待される噴煙の体積によく比例すること、両者の関係は噴煙の時間的な成長によって説明できることを明らかにした。空振データはリアルタイム伝送可能であり、即時的な噴煙規模の評価への貢献が期待される。空振記録と比較解析に可能な映像観測装置の開発も行い、桜島での観測を行った。噴煙の実際の運動などの特徴を考慮することで、さらなる規模評価の高精度化や、降灰予測数値計算への有効な初期値となりうる可能性が大いに見込まれる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既往の空振研究は音源の定量化までに止まる研究がほとんどであり、同時に進行する噴煙の成長という物理過程と空振記録を関連付けたものは報告例がなかった。空振の音源と噴煙の物理過程の関係について具体的な解釈を与えた点が、本研究の成果の大きな学術的意義である。本研究は桜島を始めとする火山活動の活発な火山を対象に研究を行ったが、研究成果を火山活動監視や防災への貢献するためには、全国の多くの火山において手法が普遍的に適用できることが望ましい。日本の多くの活火山の観測網においては空振計が設置されており、多くの火山に適用可能であることを本研究の社会的意義に挙げることができる。

研究成果の概要（英文）：The present project proposes a method to evaluate eruption cloud volume using acoustic (infrasound) signals. The finding is that infrasound-derived cloud volume, that is obtained by infrasound signal analysis, is well correlate with buoyancy-derived volume, which derived from a mathematical model with the maximum eruption cloud height data. Difference between both estimates can be explained by time evolution of eruption cloud during ascending process. Since infrasound data can be transmitted in real-time, the method can contribute the hazard evaluation of volcanic eruption.

A visual observation tool for volcanic eruption cloud synchronized GNSS time stamp is also developed. Considering kinematic features of eruption cloud with video observation, accuracy of volume estimation with acoustic observation can be improved in the future works.

研究分野：火山活動研究分野

キーワード：火山噴火

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19, CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

火山活動に伴う空気振動(空振)の観測研究は、多くの火山において行われている。空振の観測データはリアルタイムに伝送できるという特性を持つ一方、噴火の規模を評価する手法としては、現地調査による噴出物量に依存する指標が現在広く用いられている。申請者は、既往研究が注目してこなかった周期 10 秒以上の長周期帯域の空振(長周期空振)に着目し、噴煙体積を推定する試みを行ってきた。推定の精度は未だ不十分であるが、空振解析によって噴煙体積の即時推定が実現すれば、学術的のみならず火山防災の観点からも大きな利点となる。本研究では、より高精度の噴煙体積推定を実現するため、長周期空振と火山噴煙の映像の同時観測と解析を行う。長周期空振励起過程の詳細なモデル化を行い、空振解析による即時的な噴煙体積推定手法を開発し、噴火規模評価の新たな手法として提案する。

1. 学術的背景

火山噴火に伴い、空気振動(空振)と呼ばれる圧力変動が生じる。現在多くの活火山において火山活動監視のための空振観測網が展開されており、データがリアルタイムで伝送されている。また、観測された空振データの解析によって、噴火の物理過程に関する知見が数多く得られている(例えば、Fee and Matoza, 2013)。一方、火山噴火の規模に関する指標は、噴火に伴う噴出物の総量に基づく火山爆発指数(VEI, Newhall and Self, 1982)が現在広く用いられている。噴出物量の調査は人力に依存するため、VEIに基づく噴火規模の評価には依然としてある程度の時間と労力が必要である。そのため、多くの火山でリアルタイム観測が行われ、且つその励起過程が噴火現象と密接な関係にある空振の解析は、噴火の規模を評価する新たな手法の一つとして大きなポテンシャルを秘めている(例えば、Fee et al., 2010)。

申請者は、インドネシアの Lokon-Empung 火山における臨時観測(Yamada et al., 2016)において、周期が 10 秒を超える帯域に顕著な信号を持つ空振(長周期空振)が、噴火に伴い励起されていることを発見した。従来の観測研究では、この帯域に優位な信号を持つ空振の報告事例は希少である。申請者はさらに複数の国内火山の噴火に伴う空振記録も解析し、長周期空振が普遍的に励起され、噴煙の成長過程と良く対応することを明らかにした(Yamada et al., 2017)。この特徴から、長周期空振は成長する噴煙が周辺大気を押しつけることで励起されていると推定される。この考えに基づき、Yamada et al. (2017)では、空振波源を火口上の点源と仮定する単純なモデル(例えば、Johnson et al., 2004)を採用し、成長過程における噴煙体積とその時間変化の推定を試みた。推定された噴煙の体積変化率の時間変化は、映像解析による結果と概ね一致するが、体積変化率の絶対値に関しては、推定結果が映像解析による結果よりも過小評価となった。過小評価の原因として、Yamada et al. (2017)の解析手法では、空振の励起に関与している噴煙の運動や、その時間変化は考慮されていないことが挙げられる。長周期空振が噴煙のどのような運動を反映して励起されているのかを詳細に理解することができれば、精度の高い噴煙体積の見積もりが可能であると考えられる。近年では、映像記録の解析によって詳細な噴煙の運動の様子を定量化することが可能となっている(例えば、瀧本・他, 2010)。そこで、長周期空振と映像による火山噴煙の同時観測と解析を行い、長周期空振の励起メカニズムを明らかにし、波形処理によって即時的な噴煙体積の高精度推定手法を開発するという研究を着想した。

2. 研究の目的

本研究は、噴煙成長過程に伴う長周期空振の多点観測を行い、長周期空振の波源位置や振幅異方性など波動場の特性を明らかにする。同時に噴煙の映像観測もを行い、映像記録の解析によって噴煙の運動を定量的に評価する。空振波源が噴煙のどの部分に相当するのか、波源における噴煙の運動と空振記録との比較検討などを通し、長周期空振の励起過程の詳細な理解を得る。その上で、長周期空振の励起過程のモデル化を行い、波形解析によって精度よく噴煙体積を即時的に推定し、火山噴火の規模を評価する新たな手法を提案する。また、降灰量との比較を行うことで、推定される噴煙体積と VEI との関係性を評価する。研究対象としては、活発な噴火活動が続き、火山灰量の連続記録が行われている桜島火山を選ぶ。

3. 研究の方法

平成 29 年度は、噴煙形成に伴う長周期空振と映像を同時観測するための臨時観測網を桜島火山に展開する。観測される空振波形を解析し、長周期空振の波源位置とその時間変化を推定する。また、申請者が以前の研究で顕著な長周期空振を認めた噴火の映像を解析し、映像解析の手法や解析方針などについて検討する。

平成 30 年度には、臨時観測による映像記録を、Particle Image Velocimetry (PIV) 法によって解析し、噴煙の運動を定量的に評価する。空振波源位置と噴煙成長の関係、波源付近における噴煙運動と空振観測波形の比較検討などを通し、長周期空振の励起過程の詳細なモデル化を行う。その知見に基づき、観測波形の処理による噴煙体積の推定手法を提案し、臨時観測網で記録されたデータにおいてリアルタイム波形処理の試験を行う。また、推定された噴煙体積と火山灰放出量の関係性を評価する。

4. 研究成果

計画当初の予算よりも交付額が少なかったため、大規模な映像観測ではなく、単一地点における映像観測、数値モデルと観測される空振記録のそれぞれの関係を切り口に研究を実施した。本研究が対象とするブルカノ式噴火などのパルス的な空振を励起する噴火は、サーマルという形式でモデル化される噴煙を放出する。サーマルに関する先行研究のうち、Terada and Ida (2007)は、噴火の映像記録の解析によって噴煙の形状が球状で近似できること、その球状サーマルの半径が高度に応じて線形に拡大することを明らかにし、こうした特徴に基づき熱力学的な性質に依存しないシンプルなサーマルの数値モデルを提唱している。本研究はこの数値モデルを応用し、噴煙到達高度と大気鉛直密度成層から導出される噴煙の初期体積(地表面付近での噴煙の浮力から換算)に着目した。空振解析で推定される噴煙体積と、サーマルの数値モデルから推定される噴煙の初期体積を比較することで、空振の励起が噴煙の物理過程にどのように結びついているかを明らかにする事を目的に、国内外の複数の火山で発生した55の噴火における両噴煙体積推定の関係を調べた(図1)。その結果、両手法による噴煙体積の推定値は、スケールのことなる噴火イベントにおいてもよく相関することが明らかになった。数値モデルから期待される噴煙体積の方が空振解析で得られる結果よりも一桁ほど値が大きいが、この関係は噴煙の時間的な成長によって説明できることを明らかにした(図2)。空振データはリアルタイム伝送可能であることから、本研究の手法は即時的な噴煙規模の評価への貢献が期待される。こうした内容を投稿論文として(Yamada, T., H. Aoyama, and H. Ueda, Relationship between infrasound-derived and buoyancy-derived eruption plume volume estimates, Bulletin of Volcanology, 80:71, 2018)に纏めた。

空振記録との比較解析に可能な、絶対時刻の情報が付与された映像を記録する観測装置の開発も行った。京都大学防災研究所桜島火山観測所との共同研究により、桜島黒神観測室において桜島火山の表面現象の連続な映像観測を平成30年10月から行った。噴煙の実際の運動などの特徴を考慮することで、上記の噴煙体積推定精度の高精度化や、降灰予測数値計算への有効な初期値の提供といった、今後の研究発展の可能性が大いに見込まれる。

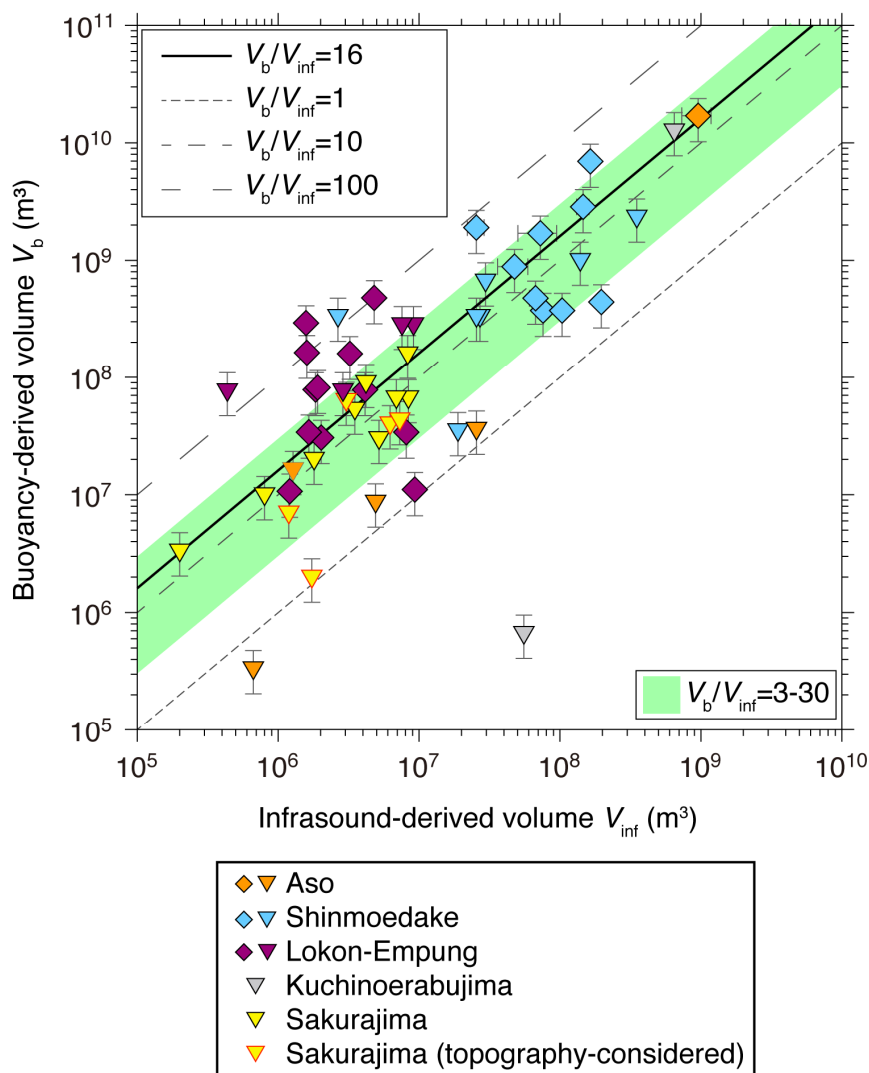
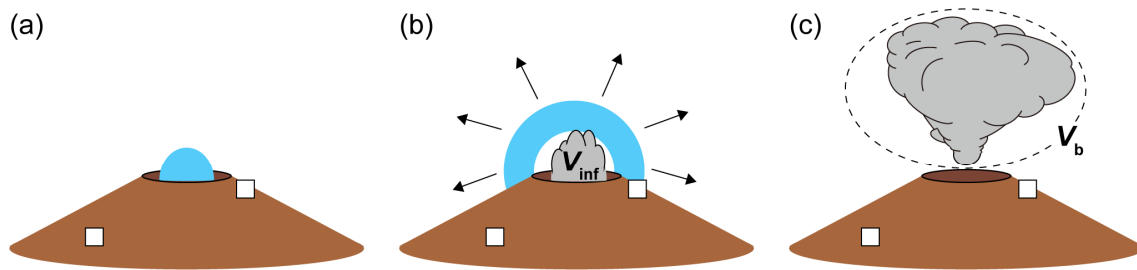


図1 空振波形解析と数値モデルの両者による噴煙体積推定の比較



□ Infrasound stations

図2 推定される噴煙成長の概念モデル

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Yamada, T., H. Aoyama, and H. Ueda, Relationship between infrasound-derived and buoyancy-derived eruption plume volume estimates, *Bulletin of Volcanology*, 80:71, 2018

〔学会発表〕(計 3 件)

Yamada, T., H. Aoyama, and H. Ueda, Relationship between infrasound-derived and buoyancy-derived eruption cloud volume estimates, 10th Biennial Workshop on JKASP (Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes) 2018, Petropavlovsk-Kamchatsky, August 2018

Yamada, T., H. Aoyama, and H. Ueda, Relationship between infrasound-derived and buoyancy-derived eruption cloud volume estimates, *Cities on Volcanoes 10*, S01.05, Naples, September, 2018

山田大志・青山裕・上田英樹, 空振解析とサーマル近似による噴煙体積推定, 日本地球惑星科学連合連合大会 2018 年大会, SVC44-12, 幕張, 2018 年 5 月

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年：
 国内外の別：

取得状況 (計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年：
 国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

無し

(2)研究協力者

研究協力者氏名：青山 裕、上田 英樹、井口 正人、爲栗 健

ローマ字氏名 : Hiroshi Aoyama, Hideki Ueda, Masato Iguchi, Takeshi Tameguri

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。