

## 空気振動観測による火山灰量推定の試み Toward volcanic ash mass estimates by infrasound

○山田大志・井口正人・為栗健

○Taishi YAMADA, Masato IGUCHI, Takeshi TAMEGURI

Sakurajima volcano is a unique study field that ground deformation and seismic observations in tunnels can provide discharged volcanic ash mass estimates based on an empirical relationship. However, such high-quality data is usually unavailable at other active volcanoes. Infrasound observation is widely adopted in volcano monitoring. Therefore, one can apply the empirical discharged ash mass estimation established at Sakurajima to other volcanoes with modifications with infrasound. We examine the relationship between infrasound cumulative amplitudes and contraction volume inferred by strain change data that correlates well with discharged ash amount at Sakurajima. No clear relationship is found between them, focusing on 690 events of Vulcanian eruptions. Since infrasound signals can reflect both gas and ash emissions, additional examinations are necessary to distinguish signals with ash discharge from infrasound records.

### 1. はじめに

火山噴火に伴い放出される火山灰は、火山災害を誘発する主要要因の一つである。桜島火山では1955年から南岳山頂での噴火活動が継続しており、降下火山灰が引き起こす火山災害研究の実践的フィールドであり続けている。近年では、観測坑道での地盤変動観測で推定される収縮量と、地震動振幅を線形結合した火山灰放出量の推定手法が提案されている (Iguchi, 2016)。一方で、桜島で得られる観測研究の知見を他の火山に応用するためには、観測坑道での観測量と他の火山でも広く展開可能な観測量との関係を明らかにしておく必要がある。その観点から、本発表では他の多くの火山でも観測が行われている空気振動（空振）と地盤変動との関係に着目する。

### 2. 空気振動と地盤変動観測の特徴

桜島の代表的な噴火様式の一つであるブルカノ式噴火は、急激な地盤の収縮と、爆発的な表面現象に伴う大振幅の空振を励起する。収縮の変動源は地表から深さ数 km に推定されており、空振初動に卓越する増圧相は火口底に蓄積されたガスの放出を反映すると解釈される。両者には深さ方向に異なる領域での励起仮定の描像がそれぞれ得られている。しかし、噴火発生直後の概ね 100 秒前後の時間窓では、空振積算振幅と地盤変動の時間変

化は良い対応関係を示す (図 1)。噴火に伴う両者の間に一定の関係が得られるの可能性があるかと仮定し、本発表ではひずみ記録から推定される噴火時の収縮量と空振振幅の関係を調べる。

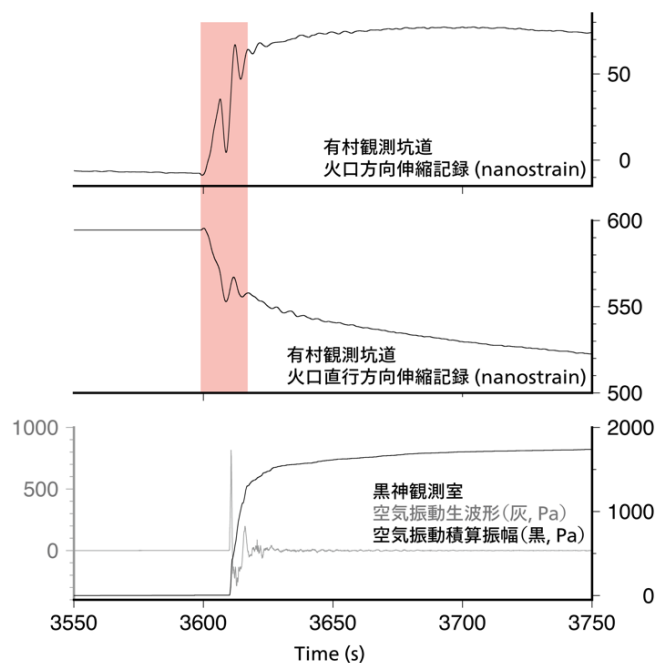


図 1 2020年6月4日2:59に発生した噴火の伸縮、空振波形記録。赤色部分が直線的ひずみ変化。

### 3. 2017年11月以降の桜島南岳の噴火活動

桜島火山では昭和火口を中心とする噴火活動が2009年から継続していたが、2017年11月13日の噴火を契機に、その活動中心が南岳火口へと移行している。本発表では、2017年11月から2020年7月までの桜島南岳で発生した690イベント（爆発）を対象とする。南岳火口内にはおよそ300m程度の水平距離を隔てたA火口とB火口が存在する。各イベントの発生火口を識別するため、A火口とB火口の延長線上に位置する有村観測坑道、ハルタ山観測室で記録された空振初動の時間差に着目する。図2に示した着震時間差の頻度分布は、0.7秒程度と1.9秒程度の二つのピークを有することがわかる。黒神観測室の可視画像カメラ記録を用い、噴煙位置から火口の違いが識別できる30イベントを参照すると、0.7秒を中心とするクラスター（図2赤）に属するイベントはA火口、1.9秒の方（図2緑）はB火口のイベントに例外なく該当するため、着震時間差が火口の違いを反映しているとみなす。対象期間はB火口での噴火が大半を占めており、爆発回数の増減が降下火山灰量に概ね対応する。2019年10月からは12月までの期間はA火口でのイベントもB火口と同程度に発生している。

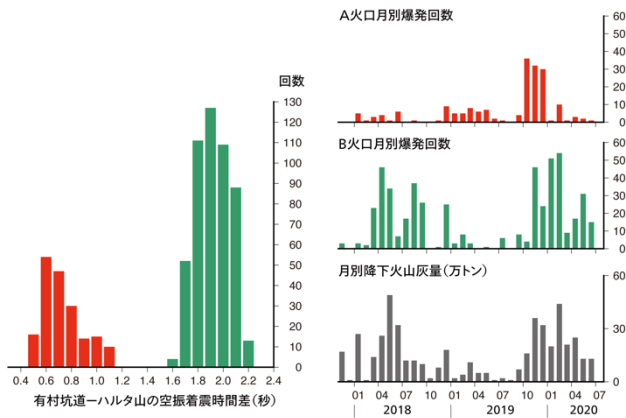


図2 有村観測坑道とハルタ山観測室での空振着震時間差の頻度分布（左）と、2017年11月以降の火口別月別爆発回数と月別降下火山灰量。

### 4. 空気振動積算振幅と地盤変動との関係

観測坑道で噴火に伴い記録されるひずみ記録には、噴火発生直後は直線的かつ大振幅の変動が現れ、その後やや緩和的な変動が後続するという

時間関数を有する（図1）。また、火口方向ひずみの極性は、時間の経過と共に収縮から伸長へと変化する。この極性の特徴は、収縮する球状圧力源の位置が深くなることで説明することができる。火道浅部における収縮を反映し、継続時間が空振の主要シグナルと同程度の直線的ひずみ変化に対し、球状圧力源を仮定することでその収縮量を推定した。図3には、直線的ひずみ変化における収縮量と、南岳火口域からおよそ4km離れた黒神観測室での空振記録（SI104）の積算振幅の関係を示す。図1に示した2020年6月4日の噴火は、対象としたイベント群の中では収縮量と空振積算振幅の両者ともに最大級の部類に属する。しかし、全体の傾向としては収縮量と空振積算振幅の間に明瞭な関係は認められず、特に緑で示したB火口のイベントにおいて顕著な傾向にある。

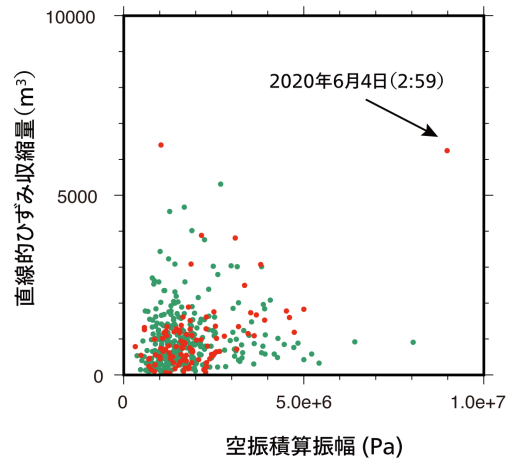


図3 黒神観測室での空振積算振幅と、直線的ひずみ変化収縮量。空振振幅は火口-観測点間距離を reduce している。赤はA火口、緑はB火口のイベントにそれぞれ該当する。

### 5. 議論と課題

対象としたイベントの中には、有意な振幅の空振シグナルを励起するが、地盤変動をほとんど伴わないイベントが少なからず存在する。空振初動付近の爆発的な放出現象を駆動するガスの蓄積はあくまでも火口底の過程であり、空振積算振幅には爆発によるガス放出と火山灰放出の双方が反映されていると考えられる。単純な波形記録の積算振幅では火山灰放出だけを反映する情報は抽出できていない可能性が高く、観測記録からガス放出と火山灰放出のそれぞれを分離する検討が必要である。