

## 萌芽的共同研究（課題番号：2019H-03）

課題名：3 次元空振アレイ観測の実験

研究代表者：山河 和也

所属機関名：東京大学地震研究所

所内担当者名：井口 正人

研究期間：平成 31 年 4 月 1 日 ～ 令和 2 年 3 月 31 日

研究場所：桜島

共同研究参加者数：3 名（所外 2 名，所内 1 名）

- ・大学院生の参加状況：1 名（博士 1 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態 [ 研究代表（観測実験の計画と実行，観測データの解析） ]

研究及び教育への波及効果について

本研究は研究代表者山河和也の博士後期課程の研究で，本人の学位申請論文の一部となる．この研究は低コストかつ高性能な空振観測手法の開発に相当し，火山噴火や雪崩など，空振を発する様々な地球物理学的現象の監視技術の高度化に繋がることが期待できる．

研究報告

### (1) 目的・趣旨

火山の表面現象の監視において空気振動(空振)は映像と並んで重要であり，その活用には空振信号の音源位置を制約することが欠かせない．音源制約手法であるアレイ観測に関して，近年，全長が 20 メートル程度の小アレイが十分な方位角分解能を持つことが示された．しかし，火口と噴煙を見分ける際などに有効である仰角の推定性能は低いと考えられており，詳しい性能評価もされていないのが現状である．仰角推定性能の向上には，アレイの立体化が有効と考えられる．本研究は地面に 3 台の空振計を設置する小アレイに対し，地上 4 メートルの高所に設置する空振計 1 台を加えることで，小アレイの立体化を試みた．この小アレイの応用先としては，高い噴火頻度と噴火に伴う大振幅の空振信号で知られる桜島が最も有力である．本研究は，桜島島内にて 3 次元的小アレイ観測を組み立てることを通して小アレイの 3 次元化の利点や問題点を調べることで，そしてそのデータを解析して桜島の空振の特徴を調べることを通して 3 次元的小アレイの性能を評価することを目的とした．

### (2) 研究経過の概要

令和元年 9 月に京都大学防災研究所の黒神観測所にて，木に空振計を括り付けるなどして 3 次元的小アレイを設置し，同年 11 月に撤収した(図 1)．

設置時にレーザー距離計を使ってそれぞれの空振計の間の距離を測ることでアレイ形状を計測した．電源の都合によりアレイを設置していた全期間のデータは得られなかったが，9 月から 10 月半ばまでの 1 ヶ月間分の観測データの取得に成功した．観測期間中に桜島南岳にて 56 個の噴火が起きたことが鹿児島気象台により報告されている．その報告を基にして空振波形とそのスペクトログラムから信号波形を調査し，本観測データにてその存在が明瞭に確認できた 42 個の空振信号を中心にアレイ解析を行った．

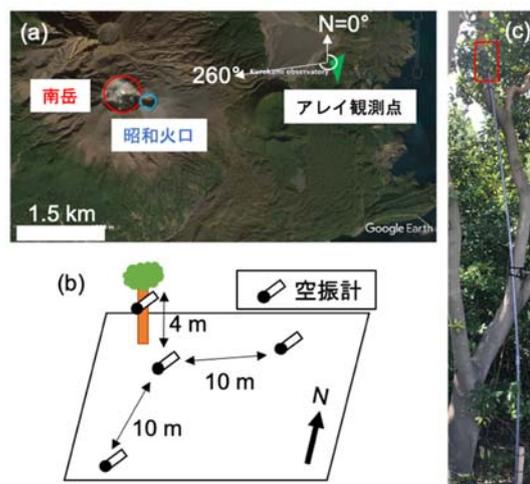


図 1. 観測の概要，(a)桜島とアレイ観測点の位置関係，(b)アレイ配置の概略，(c)木に設置した空振計の写真，赤枠部分に空振計があり，塩ビパイプ内を通るケーブルにてロガーと接続させた．

### (3)研究成果の概要

観測の設置を経験した結果、地上4メートルの高所に設置する空振計の風ノイズ対策は課題となっているものの、設置環境の下調べと準備が済んでいれば、このアレイ観測は現地での作業時間は数時間以内であり、機動観測にも十分に利用可能であることが確認できた。

桜島の空振アレイ解析、特に継続時間の短い噴火空振の方位角の推定に関しては先行研究が存在し、先行研究の調べた昭和火口における8個の噴火に対応する空振信号には直達波と地形に起因する反響音が存在することが報告されている [Yokoo et al., Seismological Research Letters, 2014]。本研究では先行研究とは異なる火口の噴火を扱うため、観測する波動場が異なって先行研究とは解析結果が一致しない可能性が存在するものの、本アレイで調べた南岳における42個の噴火に対応する空振信号のうち、15個の信号の到来方位角の推定結果は大部分が先行研究と整合的であった(図2)。整合的でない空振信号に関しては、風が強くノイズレベルが高い、空振振幅が弱い、空振の継続時間が長い、といったことが原因で反響音がうまく観測できていない可能性がある。仰角の推定結果は先行研究とは異なり、波形継続中に到来仰角が上昇することはなく、直達波に関しては到来仰角が20°から40°程度下方、すなわち地面から昇るような波動場が観測され、地形の反響音に関しては到来仰角が25°から45°程度上方から到来する波動場が推定された。以上のように、その詳しい振る舞いの理解には更なる解析が必要となっているものの、先行研究を参考にしつつ桜島空振の波動場の理解を進めることができ、小アレイ性能評価のための足掛かりを得た。

### (4)研究成果の公表

2020年度日本火山学会秋季大会(予定)

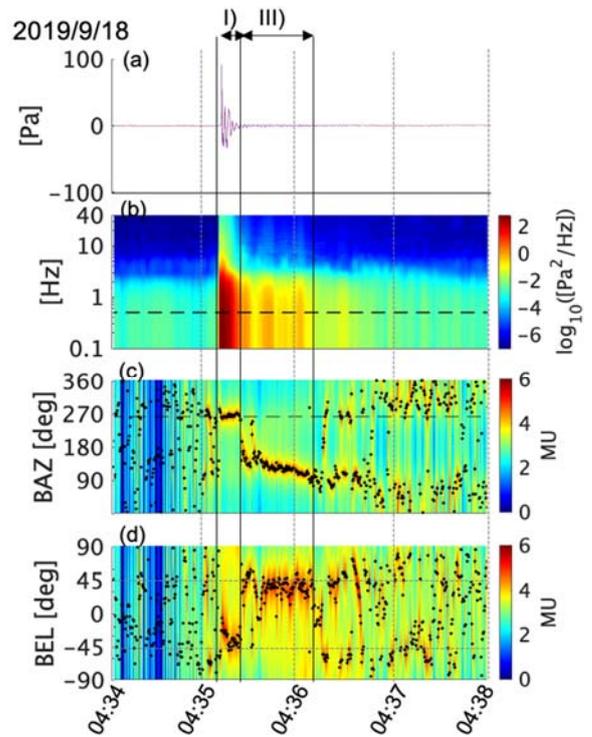


図2. 解析結果の例、2019年9月18日04時35分の噴火の空振波形(a)とそのスペクトログラム(b)、解析帯域(0.5 Hz、図b中の黒破線)における空振波形の到来方位角(c)と到来仰角(d)の解析結果。IおよびIIIはそれぞれ先行研究 [Yokoo et al., 2014]にて指摘された直達音および反響音に相当すると考えられる時間領域。