

富士山の山岳ハザード検知のための空振観測研究

山河和也 (富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター: yamakawa@mfri.pref.yamanashi.jp)

背景

想定火口域が広い富士山では、噴火口位置の即時かつ正確な推定が重要である。本研究は音波の一種である空振での噴火口定位による解決を目指し研究に取り組んだ。

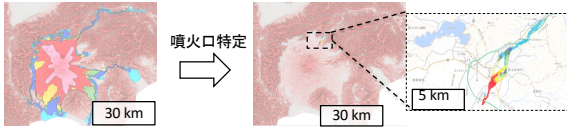


図1. 溶岩流による被害の可能性がある範囲の変化
(左) 溶岩流可能性マップ、(右) 溶岩流ドリルマップ

目的

1. 空振ノイズが小さく、低コストで観測維持が可能な、観測に適した地点を探る
2. 空振観測点の継続的な運用を効率的に実施していくためのノウハウを培う
3. 山岳で発生するハザードやそれに準ずる規模の現象観測を通して、観測の試運転と空振観測の平時利用の検討を行う

研究方法

アレイ観測 (図2) を基本的な観測手法とし、1つの観測点につき図3の機材を用いて a, b, c の取り組みを実施した。

- A. 富士山周辺の車でアクセス可能な様々な地点で10分程度の観測を繰り返してノイズの小さな地点を探る
- B. 空振観測点を臨時設置し、数ヶ月以上稼働させながら継続観測に必要なノウハウを培う
- C. 航空機・花火・自衛隊演習などの人工的な音源や、落石・スラッシュ雪崩といったハザードの観測を実施し、それらの観測状況を整理する

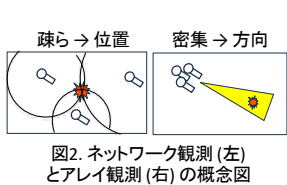


図2. ネットワーク観測 (左) とアレイ観測 (右) の概念図

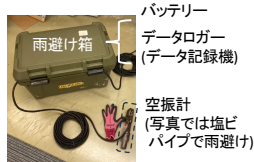


図3. 使用機材の例

結果：ノイズ場と設置観測点 (a, b)

- ・ 取り組み a より、富士北麓地域の 46 地点の調査を実施
> 林道周辺が観測点に好ましいと分かった (図4)
- ・ 取り組み b より、以下の 4 地点に空振観測点を設置し、観測点の継続運用試験を開始した
 - ・ 富士林道
 - ・ 滝沢林道
 - ・ 宝永火口内
 - ・ 富士砂防岩樋観測点
- ・ 取り組み b および やまなし火山防災イノベーションピッチコンテスト2024採択企業である株式会社クロネとの共同研究として、河口湖町の小中学校 3 校に微気圧計を設置した

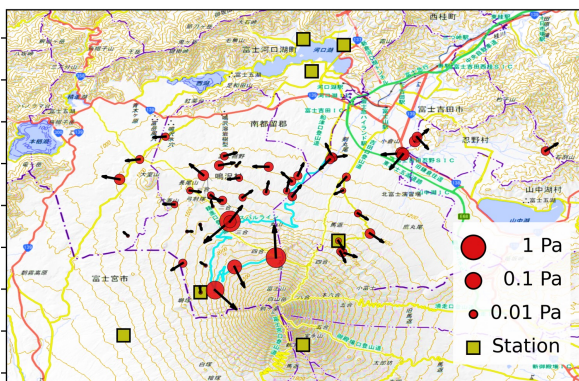


図4. ノイズ調査結果と設置した観測点分布

調査地点は赤丸、設置した観測点は黄色の四角で表す。赤丸と矢印の長さは共にノイズの大きさ、矢印の向きはノイズ方向を表す。

結果：様々な現象の観測

取り組み c より 落石、スラッシュ雪崩、火球、雷、演習、花火、航空機などの現象を観測した。

花火 同一観測点、同一の花火大会でも異なる波形タイプが観測された

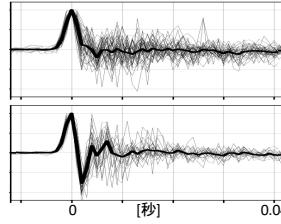


図5. 花火の波形例
灰色線の1本は一つの花火に対応する

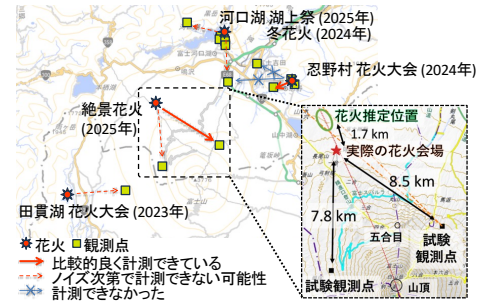


図6. 花火の観測状況と花火位置の推定結果

落石

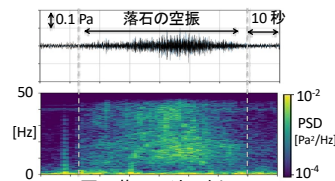


図7. 落石の波形例
(2022/8/1 18:50)

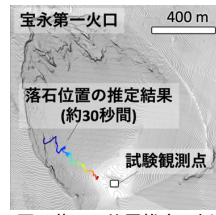


図8. 落石の位置推定の例
(2022/8/1 18:50)

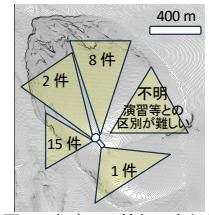


図9. これまでに検知できた落石発生位置の分布

スラッシュ雪崩

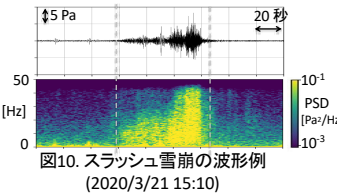


図10. スラッシュ雪崩の波形例
(2020/3/21 15:10)



図11. スラッシュ雪崩の位置推定の例
(2020/3/21 15:10)

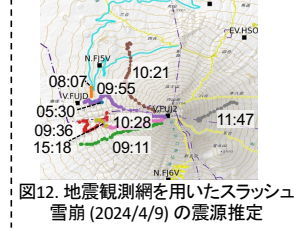


図12. 地震観測網を用いたスラッシュ雪崩 (2024/4/9) の震源推定

火球



図13. 火球の波形例
(2024/01/15 06:59)

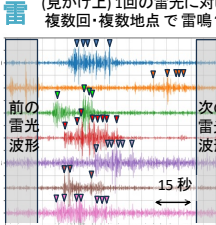


図14. 雷鳴の波形例
(2025/7/22 00:07)

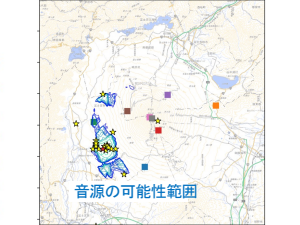


図15. 雷鳴の音源域推定
(2025/7/22 00:07)

表1. 様々な現象の空振観測事例

	火山噴火	スラッシュ雪崩	落石	火球	雷	演習	花火	飛行機
時間感覚 (主要周波数)	0.1~20 秒 (0.05~10 Hz)	0.05~0.1 秒 (10~20 Hz)	0.02~0.1 秒 (10~50 Hz)	1 秒 (1 Hz)	1 秒 (1 Hz)	~0.025 秒 (40 Hz)	~0.01 秒 (80~120 Hz)	< 0.05 秒 (スポット的)
振幅 at 1 km	広い範囲 (弱いガス噴出で 0.1 Pa 等)	0.5 Pa ?	0.1 Pa	> 100 Pa になることも	10 Pa ?	10 Pa	10 Pa	10 Pa ?
聞こえる 距離の目安 (検討途中)	広い範囲 (>1 km)	2.5 km	0.5 km	広範囲	>10 km	10 km	10 km	>10 km
頻度	目的	1季に数回	1季に 数回~十数回	数年に 数回	不定期 中頻度	定期的	花火大会	いつも
波形の一例	色々	持続的	持続的	パルス	パルス	パルス	パルス	持続的

まとめ、今後の展望

- ・ 空振ノイズの調査結果として、林道周辺が好ましいことが判明した
- ・ 共同研究等と合わせて、合計 4 地点に空振観測点、3 地点に微気圧観測点を設置した
- ・ 花火、演習、航空機、火球、落石、スラッシュ雪崩、雷が発する空振や低周波音が観測できた
- ・ 花火は誤差 1.7 km を伴いつつも 8 km 離れた花火大会の位置を推定できた
- ・ 宝永火口西側斜面で発生する落石が比較的頻繁に検知されること、その軌跡推定などができた

現状の課題は以下の 2 つの問いに代表される

- ・ 現在の観測網にて任意の地点の噴火が検知可能か
 - ・ 現在の観測網にて任意の地点の音源位置を精度良く決定可能かどうか
- これらを解決する波動伝播シミュレーションを用いたシステム開発を、現在の研究として実施中である