

桜島火山における放出岩塊のハイスピード映像観測  
Highspeed image observation of ballistic blocks at Sakurajima volcano

○常松佳恵・猿田周朔・瀬尾和哉・山田大志・井口正人

○Kae TSUNEMATSU, Shusaku SARUTA, Kazuya SEO, Taishi TAMADA, Masato IGUCHI

Sakurajima is one of the most active volcanoes in Japan and also in the world, erupting explosively. Vulcanian eruptions are the most frequent eruption types in Sakurajima, and ballistic blocks are often ejected during these vulcanian eruptions. Campaign observation was carried out on Mt. Harutayama in Sakurajima from January 25th to January 29th, 2021 using two highspeed cameras installed on a roof terrace of the Harutayama branch of the Sakurajima Volcano Research Center. Mt. Harutayama is located approximately 2.6 km from the Sakurajima active vent “A” and “B”. We successfully filmed an explosion at 16:48 (JST) on January 28th. The velocity of these blocks was ~10 to 50 m/s, which was much slower than the ejection velocity recorded during the Strombolian eruptions (Taddeucci et al. 2017). This lower velocity was probably due to the travel height that the blocks had to travel vertically to appear over the crater lip. We would like to introduce the highspeed camera automatic trigger system that we developed which is activated by a pre-eruption seismicity signal. In addition we will explain the method by which we synchronize two cameras in order to obtain 3D trajectories based on stereophotogrammetry.

### 1. はじめに

桜島は世界でも有数の活動的な火山であり、過去にも大きな火山岩塊が噴出される爆発的噴火が発生している（井口ほか,1983;井口・加茂,1984）。火山岩塊は高速で飛来し、建物の屋根を貫通するなど大変危険な現象である。2020年6月にはブルカノ式噴火で噴出した岩塊が湯野と呼ばれる居住地区に落下し、直径約6メートルのインパクトクレータを形成した。火山の周辺の住民は岩塊の噴出によって被害を受ける危険性があり、岩塊の飛距離や着地時のエネルギーなどを推測して、避難や対策をする必要がある。そのため、数値モデルで岩塊の飛行を再現することは重要である。一方、数値モデルは岩塊の飛行のダイナミクスを再現する必要があるが、岩塊の飛行については、同じ噴出速度を与えた場合にはより大きな岩塊が近くに落ちる現象を重力と抵抗だけでは表せないなど分かっていないことも多くある。そこで本研究では、岩塊の噴出と飛行のダイナミクスを明らかにするため、桜島において爆発的噴火のハイスピード映像観測を行った。

### 2. 手法

ハイスピード映像観測は桜島の A 火口から約

2.6 km 離れたハルタ山の観測施設において、2021年1月25日から29日にかけて行われた。一台のハイスピードカメラは焦点距離 800mm 相当で、モノクロ撮影用、もう一台のカメラは焦点距離 135 mm のズームレンズをつけたカラー撮影用カメラを用いた。カメラ間の距離は数メートル以内と近接させて置き、どちらのカメラでより岩塊が捉えやすいかを比較した。

なお、観測の際は地震波形を観測者が監視し、爆発に伴うと考えられる大きな波形が見られた際にトリガースイッチを押すという方法で撮影した。

### 3. 結果と考察

キャンペーン観測中の2021年1月28日に、岩塊を噴出するような爆発的な噴火が起こり、モノクロカメラで岩塊の飛翔を捉えることができた。この時の噴火で確認できた岩塊は7つあり、これらの岩塊の大きさは画像上のピクセル値、火口との距離およびズームレンズの焦点距離から約 50-80 cm と推測された。また、各岩塊の飛行速度は最大が 30-40 m/s と推定された。この速度はストロンボリ式噴火で観測される噴出速度(Taddeucci et al. 2017)と同程度で、ブルカノ式噴火の噴出速度としては小さい方とみなすことができる。観測

された速度が他のブルカノ式噴火より小さかった要因として考えられるのが上昇中の速度減衰である。岩塊は噴出後に A 火口から上昇し、桜島北岳の壁の上に現れて初めてカメラに映る。したがって、カメラで捉えられている時にはすでに A 火口と北岳の標高差 370 m を上昇し、減速した後である。そのためブルカノ式噴火で報告されている噴出速度より今回観測された岩塊の速度が小さくなっていることが考えられる。また、他の噴火で推測されているブルカノ式噴火における岩塊の噴出速度は、最大到達距離を飛行するなどして比較的目立った岩塊を取り上げて推測しているために、日常的に起こるようなブルカノ式噴火の噴出速度よりも大きい値が出やすいことが考えられる。ただし、30-40 m/s でも時速 100 km を超えるため、岩塊が衝突する際の衝撃は建物等に被害を及ぼすのに十分であることが予想される。そこで噴出する岩塊を常時監視し、落下地点を即座に予測してアラートを出せるようなしくみが有用であると考えられる。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究ではハイスピードカメラ二台を用いてハルタ山火山観測所において岩塊の映像観測を実施し、岩塊の飛翔を捉えることができた。これらの岩塊の大きさは 50-80 cm、最大速度は 30-40 m/s

であった。

今後は岩塊の噴出を無人で常時観測し、岩塊が放出された際にはその軌跡を数値シミュレーションで予測して、岩塊が落下すると考えられる地域にはアラートを出せるようなしくみを開発したい。そのためには無人で自動的にカメラの記録を開始すること、岩塊の軌道を 3 次元で捉えることが必要となる。第一歩として、地震波を自動的に判別してハイスピードカメラにトリガーをかけるしくみを構築した。また、3 次元で軌跡を捉えるためには観測用のカメラを視野角 10° 程度の 2 地点において観測することが必要となる。さらに、これらの 2 地点に置かれたカメラの時刻同期を精度よく行う必要がある。よって自動的に一方のカメラにトリガーがかかると信号がもう一方のカメラに送られ、ほぼ同時にもう一方のカメラでもトリガーがかかる仕組みを開発した。さらに、トリガー開始の時間は GPS 時計を用いて 1/1000 秒まで正確に記録され、そのトリガー時間の遅れを見ることによりハイスピードカメラで撮影された画像のフレーム合わせができるようにした。新しく開発された自動トリガー・同期システムを用いて 2022 年 1 月後半に観測を行うため、可能であればその結果についても報告する。