

口永良部島火山噴火に伴う地震・空振エネルギーと噴火機構について  
Source Process and Energy of Seismic and Infrasound Waves of the Eruptions at Kuchinoerabujima

○中道治久・井口正人・為栗 健・園田忠臣

○Haruhisa NAKAMICHI, Masato IGUCHI, Takeshi TAMEGURI, Tadaomi SONODA

Eruptions occurred on August 3, 2014 (2014 eruption), May 29 (2015A eruption) and June 18 (2015B eruption), 2015 at Kuchinoerabujima volcano, Japan. We estimate seismic and acoustic energies and duration times of the eruptions at a single station. The durations are one, six and six minutes for 2014, 2015A and 2015B eruptions, respectively. The seismic and acoustic waveforms of 2014 eruption has spindle shapes, while the waveforms of 2015A and 2015B eruptions shapes similar to a typical Vulcanian eruption. The seismic and acoustic energies of 2014 eruption are 1.5GJ and 0.6GJ, respectively. The seismic and acoustic energies of 2015A eruption are 0.5GJ and 14GJ, respectively. The seismic and acoustic energies of 2015B eruption are 0.4GJ and 0.4GJ, respectively. We also estimate the counter force excited by the 2015A eruption by using seismic waveform matching at a broadband station. The duration time and amount of the force are 0.8 s and  $2 \times 10^{10}$  N, respectively.

### 1. はじめに

口永良部島は1980年9月の噴火以降34年間噴火していなかったが、2014年8月3日に新岳火口にて噴火した(2014噴火と呼ぶ)。その後、新岳火口にて2015年5月29日に噴火し(2015A噴火と呼ぶ)、同年6月18日に噴火した(2015B噴火と呼ぶ)。2014噴火時は山頂周辺に雲がかかっており、強風下であったが噴煙高度は火口上800m以上で、火砕流は火口より最大距離2kmに到達した。2015A噴火は晴天時に発生し、噴煙高度は火口上9000m以上で、火砕流は火口より最大2kmに到達した。また、2015A噴火では噴煙高度より噴出量が66-110万トン(気象研, 2015)と推定された。一方、2015B噴火は悪天候時に発生しており、噴煙の状況は不明であった。なお、噴火規模の推定の手がかりとなる情報としては、火口より9km離れた場所にて最大直径20mmの降レキがあったことと、雲下まで下る火砕流がなかったことが挙げられる。映像等で確認が困難な悪天候の場合であっても、噴火の規模や強度をできるだけ早期に把握することは重要である。本講演では一般的な火山観測項目である地震と空振を使って、エネルギーと震源に働いた力といった噴火規模や強度に関係する量を推定した。

### 2. 口永良部島における地震・空振観測

島内には京都大学防災研究所(京大)、気象庁、

防災科学技術研究所が地震・空振観測点を持っており、3者間にてデータを共有している。2014年噴火により、京大と気象庁の山頂近傍観測点のデータが途絶した。その後、2015年の両噴火に伴い、停電の発生などにて麓の観測点にて欠測が頻発した。よって、極限られた観測点数のデータしか得られていない。

### 3. 波形の特徴と噴火継続時間

2014, 2015A および 2015B 噴火について地震と空振の波形記録から噴火継続時間を求めた。空振記録にて噴火発生時刻から観測点における空振到達時間を求めその時間を開始時としてバックグラウンドノイズレベル以上で振動が継続している時間を求めた。そして、地震波形と対応を確認して、噴火継続時間とし、2014噴火では1分、2015A および 2015B 噴火では6分であった。2014年噴火の地震・空振波形は紡錘形をしているのに対し、2015A と 2015B 噴火の波形には、初動付近にインパルス的な大きな振幅の位相とその後に振幅が低下しつつも継続する特徴があり、典型的なブルカノ式噴火の波形である。

### 4. 地震・空振エネルギー

噴火にともなう地震・空振波形について、2乗振幅値を計算して、伝播距離・速度、媒質密度、減衰効果を考慮してエネルギー値に変換した。ま

た、地震と空振のエネルギー比（Volcano Acoustic-Seismic Ratio: Johnson and Aster, 2005）を求めた。図1に3つの噴火についての結果を示す。

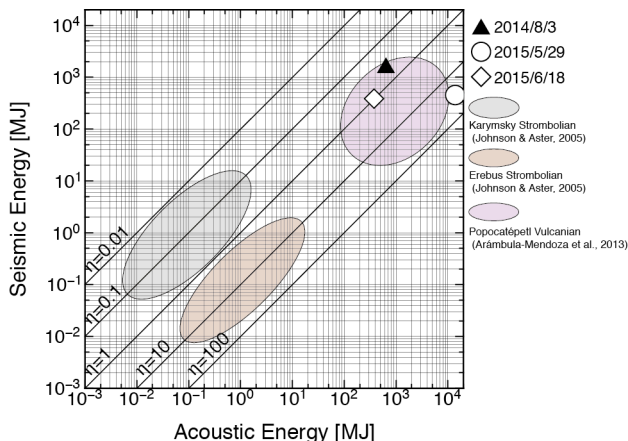


図1. 空振エネルギー（横軸）と地震エネルギー（縦軸）。 $\eta$  は地震と空振のエネルギー比。

2014 噴火は 2015 年噴火と比べてエネルギー比が小さい（つまり、空振<地震である）ことが分かる。一方、2015 年噴火とくに 2015A 噴火ではエネルギー比が大きい（つまり、空振>地震）。2014 年噴火では火口部に新たな割れ目を形成したことから、噴火のエネルギーは大部分が山体内部で消費され、その一部が地震動として放射されたためだと解釈出来る。一方、2015 年噴火では 2014 年噴火で生じた割れ目から噴出しており、新たな火口形成していない。このことが、エネルギー比が大きくなった要因と考えられる。

### 5. シングルフォース解析

2015A 噴火に伴う地震について波形合わせにて震源に働いた力の大きさと震源時間関数の時間幅を求めた。この噴火時に 2 箇所観測点で広帯域地震計が稼働していた。そのうち 1 点の波形記録を見ると、地震計が傾斜した場合に見られるような大振幅のパルスが見られた。そのため、解析には 1 観測点の 3 成分記録を用いた。波形の主要動部分の振動軌跡は、火口から外向きの Radial 成分が卓越し、retrograde motion が卓越している。よって、主要動はレイリー波が卓越していると言える。よ

って、シングルフォースを仮定した解析を行え、以下の手順にて解析を行った。2004 年実施人工地震探査（井口ら、2005）の解析結果を参考にして作成した水平 1 次元速度構造を用いて、離散化波数積分法にて理論波形を計算する。理論波形に地震計特性を施し、0.1-1Hz 帯にて速度波形で比較を行った。震央は新岳火口中央に固定し深さを変化させた。また、噴火の反作用として力は鉛直下向きとし大きさと震源時間関数の時間幅を変化させた。そして、グリッドサーチで観測波形と理論波形の差が小さくなる時の震源の深さ、力の大きさ、時間幅を求めた。結果、深さ 0.3 km、時間幅 0.8 s、力の大きさ  $2 \times 10^{10}$  N となった。そして、この解析結果を他の火山の事例と比較した（図2）。

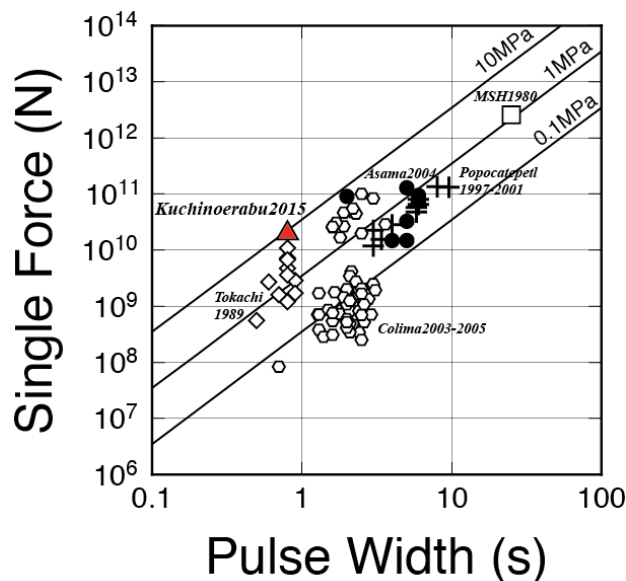


図2. 震源時間関数の時間幅（横軸）と力の大きさ（縦軸）。三角が 2015A 噴火の解析結果を示す。他のシンボルは他の火山についての解析結果。直線は Nishimura and Hamaguchi (1993) のモデルで火口内圧を変化させた場合を示す。

2015A 噴火は力の大きさは浅間山やポポカテペトル山の噴火のと同規模である。一方、時間幅が短い。Nishimura and Hamaguchi (1993) のモデルから、2015A 噴火では火口内圧が 10MPa と比較的高い状態であったことが示唆される。