

高周波地震波を用いた噴火規模の即時推定：噴火微動の震源振幅に基づく噴煙高度の予測式

Realtime estimation of eruption size using high-frequency seismic waves: empirical relations to predict eruption height from the seismic source amplitude of eruption tremor

*森 亜津紗¹、熊谷 博之¹

*Azusa Mori¹, Hiroyuki Kumagai¹

1. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻

1. Nagoya University Environmental Studies

噴火時に噴火規模を迅速に把握し、伝達することは、火山周辺の住民や自治体が適切な行動をとるために重要である。噴火規模は噴出量と噴煙高度に基づいて推定されるが、噴火中にこれらを即時的に推定することは難しい。一方、噴火に伴って発生する微動や爆発地震は常時観測ができるが、噴火現象との関係については定量的な理解が進んでいない。そこで我々はこれまでに、即時的な噴火規模の推定法を確立することを目的として、日本などの複数の火山を対象に、噴火微動・爆発地震と噴煙高度の関係を高周波地震波に着目して調べてきた。その結果、最大噴煙高度が、噴火微動では、震源での最大振幅の大きさに相当する量である震源振幅(A_s)のおよそ1/4乗に比例し、またこの関係が噴煙の上昇過程に基づいた噴煙高度モデルと類似していることを明らかにした。これらの結果は、 A_s の値から噴煙高度を推定できる可能性を示唆している。そこで本研究では、 A_s を用いた即自的な噴煙高度の推定の可能性について検討したので、その結果について報告する。

即時的な噴煙高度予測を考えた場合、観測波形の各時刻の振幅から A_s を推定し、最大噴煙高度と A_s のべき乗関係を用いて噴煙高度を推定する必要がある。しかし、最大噴煙高度と A_s のべき乗関係は最大振幅に対してのみ成立するものであり、どの時刻の振幅に対しても常にこのべき乗関係が成立するか確認することが必要となる。そこで、噴煙高度と A_s を時系列で比較した場合の関係性を調べた。比較には、2011年1月26～27日に霧島新燃岳で発生したサブプリニー式噴火の噴煙高度データを用いた。これは気象レーダにより10分間隔で測定されたもので、噴火活動がP1～P3の3つのフェイズに分かれていた。一方、震源振幅についても同様に3つのフェイズに分け、5-10Hzのエンベロープ波形に対して10秒窓で平均振幅を求め、震源距離と非弾性減衰の効果を補正し、時系列化した震源振幅 A_s を推定した。そして噴煙高度データと時間間隔を合わせるために、 A_s について10分毎の最大振幅を求め、10分間隔の時系列データとした。

上記のデータを比較した結果、噴煙高度(H)が6km以上の場合には、噴煙高度と A_s の関係が最大噴煙高度と A_s のべき乗関係に比較的合っていた。一方 H が6km以下の場合では、 A_s と H の関係はべき乗関係では表せず、かつ最大噴煙高度と A_s のべき乗関係から推定される値よりも H の値が小さくなることが分かった。さらに A_s がある値を下回ると、 $H=0$ となるような下限値が存在することが分かった。またこの結果を、トウングラフ火山での最大噴煙高度と A_s の関係と合わせて整理したところ、 A_s と噴煙高度の関係性が、 A_s の値に応じて① A_s が下限値を下回り噴煙が上がらない場合、②対流圏下層まで上昇する場合、③対流圏上層に達する場合の3つに変化することが分かった。そしてこれらの H と A_s の関係をj用いて推定した噴煙高度と、実際の噴煙高度の測定値を比較したところ、比較的良く推定値が測定値を再現できた。

噴煙の上昇過程に基づく、これらの噴煙高度と A_s の関係性について以下のように解釈できる。噴煙は火口で与えられた浮力と運動力を原動力として上昇するが、これらの原動力は高度とともに減衰していく。そのため噴煙がさらに上昇し続けるためには、乱流によって周囲の大気を取り込み膨張し、浮力を獲得することが必要となる。このとき大気を取り込み速度は、噴煙の上昇速度に比例する。上昇速度は噴出率によって決まるので、噴出率が大きい場合には、与えられた運動量の影響が減衰しても、噴煙は乱流によって十分な浮力を獲得し、対流圏上層または成層圏まで上昇することができると考えられる。このように浮力のみ依存して噴煙が上昇するとき、プリニー式噴火では、噴煙高度が噴出率の1/4乗に比例するということが理論的に知られてい

る。さらに噴出率が A_s と比例関係にあると考えると、噴煙高度が A_s の1/4乗に比例するべき乗関係が成立する。一方、噴出率が小さい場合には噴煙は効率的に乱流が起こせず、十分な浮力を獲得することができない。よって噴煙は運動量のみを原動力として上昇するため、噴煙高度と A_s の関係がべき乗関係で表せず、さらに噴煙上昇が対流圏下層で止まってしまうと考えられる。このような対流圏上層と下層で噴煙高度と A_s の関係が異なるという考察結果は、上記に示した解析から得られた H と A_s の関係と整合的である。よって、 A_s の値に応じて3つの噴煙高度と A_s の式を使い分ければ、高周波地震波の解析から即時的な噴煙高度の推定が可能であると考えられる。