

高周波振幅を用いた火山性振動現象の震源決定と常時モニターへの活用

Locating volcano-seismic events using high-frequency amplitudes for volcano monitoring

熊谷 博之 [1]; 前田 拓人 [1]; Palacios Pablo[2]; 中野 優 [1]
Hiroyuki Kumagai[1]; Takuto Maeda[1]; Pablo Palacios[2]; Masaru Nakano[1]

[1] 防災科研; [2] エクアドル地球物理研究所
[1] NIED; [2] IG-EPN, Ecuador

はじめに: 火山活動をモニターするためには、long-period (LP) イベントや微動の発生場所を推定することが重要である。しかしながら、それらの走時を用いた震源決定は難しい。これは、位相の読み取りが困難であることや、多くの観測点がないと安定した解を求めることができないことに起因する。一方で、Battaglia and Aki (JGR, 108, 2364, 2003) は、高周波の振幅が LP イベントや微動の震源決定に有効であることを指摘している。振幅を用いれば自動化も容易であり、火山活動の常時モニターに活用することができる。本研究では、発生場所がある程度分かっているシグナルにこの手法を適用し、その有効性を検証した。その結果、コーダ波振幅をサイト補正として用いることの問題点などこの手法の改善点が明らかになるとともに、少ない観測点でも LP イベントや微動の震央については安定して推定することができることが分かったので報告する。

震源決定手法: この手法では、LP イベントや微動の高周波の振幅を用いて観測値と理論値との比較からその発生源を推定する。本研究では、Battaglia and Aki (2003) では考慮されていなかった地震波伝播に伴う走時の遅れを理論式に加え、各時刻の発生源の位置をより正確に求められるようにした。理論振幅としては、S 波または表面波を仮定した。火山体内部と表面にノードポイントを配置し、各ノードポイントからの各観測点での理論値と観測値から残差を計算する。空間のグリッドサーチを行い最小残差の点を震源とし、そこでの初期振幅を求める。この手法においては振幅を用いるため、サイト増幅効果の補正を行うことで震源決定精度の向上が認められる。サイト増幅補正を行う必要があるが、Battaglia and Aki (2003) では、コーダ波振幅を用いて補正值を推定している。

観測データへの適用: この手法を、エクアドルのトゥングラワ火山に設置された4つの広帯域地震観測点で観測された爆発地震に適用した。なおこの手法は深さに対する分解能が低いため、ここでは震央のみを議論する。Battaglia and Aki (2003) に従い、コーダ波を用いてサイト増幅補正を行った。爆発地震ではあるが、散乱により高周波の波は S 波が卓越すると考えられるため、理論振幅としては S 波を用いた。内部減衰の $Q = 50$ を用いて、解析する周波数を 1-6、3-8、5-10、7-12 Hz と段階的に変えていくと、推定された震央位置が系統的に変化していくことが分かった。しかしながら、最も火口に近い点でも、火口から 3 km と大きく離れており、適切な解とはならなかった。一方、コーダ波によるサイト増幅補正値を用いずに、すべての観測点で同様とした場合は、周波数の変化に伴う震央位置の系統的な変化は見られたが、高周波側で震央がほぼ火口に決まった。補正値を入れた場合とそうでない場合で、 Q 値を系統的に変化させ残差を調べた結果、補正を入れない場合の 5-10 Hz と $Q = 90$ で残差が最も小さくなり、震央もほぼ火口に決まった。さらにこの周波数幅と Q 値を基に、トゥングラワ火山で発生した土石流による微動にこの手法を適用したところ (震源は地表で表面波を仮定) 震源は土石流が下った谷に決まったが、他の Q 値を用いた場合は、適切な場所に震源が決まらないという結果になった。

議論: これらの結果は、震源決定に適切な周波数範囲と Q 値があり、コーダ波の振幅が適切なサイト増幅を表していないことを示している。遠地震の S 波の振幅を調べた結果、トゥングラワの観測網でその振幅がほぼ同様であるにも関わらず、コーダ波では 2 倍以上の開きがあることも、コーダ波の振幅が適切なサイト増幅でないことを示している。つまり、遠地震の S 波振幅を用いた方がより適切なサイト増幅補正となると考えられる。浅部構造が不均質でかつ地形変動が大きい火山においては、地表付近における実体波 - 表面波間の変換散乱やその強度の空間非一様性が無視できない可能性がある。そのためコーダ波のエネルギーが空間一様に広がった S 波であるという仮定が成立せず、コーダ波振幅が適切なサイト増幅とならない可能性がある。また Q 値は、Battaglia and Aki (2003) では結果に影響しないとされてきたが、残差が最も小さい Q 値を用いることで、より適切な震源位置が推定できることも分かった。この手法では、深さについては正確な位置を求める困難さはあるが、少ない観測点でも LP イベントや微動などの従来震源決定ができなかったシグナルの、少なくとも震央については安定して自動的に推定できるため、火山活動の常時モニターに有効であると考えられる。