

火山性低周波地震の励起メカニズム

Excitation mechanisms of volcanic long-period events

中野 優[1], 熊谷 博之[2]

Masaru Nakano[1], Hiroyuki Kumagai[2]

[1] 名大・工・建築, [2] 防災科研

[1] Architecture., Nagoya Univ, [2] NIED

火山で発生する低周波地震(LPE)は、減衰調和振動により特徴づけられるが、その励起メカニズムはよく分かっていない。本研究では、草津白根山で観測されたLPEから推定した、各観測点での見掛けの励起時間関数を用い、点震源を仮定したモーメントテンソル及びシングルフォースの波形インバージョンによって、震源での励起メカニズムを推定する。

解析の結果、LPEの励起のメカニズムとして、上下方向のシングルフォース+体積収縮という特徴が得られることがわかった。したがって、共鳴体の収縮にともない、熱水など共鳴体内部の流体が上または下の方向に押し出される、という励起プロセスが考えられる。

はじめに：火山で発生する低周波地震(LPE)は、減衰調和振動により特徴づけられるが、その励起メカニズムはよく分かっていない。一般にLPEの波形は、2、3秒かけて最大振幅に達したあと、数Hzの周波数の振動が指数関数的に減衰するという特徴を持つ。この特徴から、火口直下に何らかの共鳴体があり、その固有モードの振動が観測されていると考えられている。周波数スペクトルのピークは複数ある場合が多いが、多くのイベントでは最も低周波数のものが卓越する。我々はこれまでに、非斉次自己回帰モデルに基づいた解析法により、イベントの固有振動成分を取り除き、各観測点における見掛けの励起時間関数を推定する方法を提案した(Nakano et al., JGR, 103, pp.10031, 1998)。本研究では、草津白根山で観測されたLPEから推定した、各観測点での見掛けの励起時間関数を用い、点震源を仮定したモーメントテンソル及びシングルフォースの波形インバージョン(Ohminato et al., JGR, 103, pp.23839, 1998)によって、震源での励起メカニズムを推定する。

使用データ：データはこれまでと同様に、草津白根山での東大地震研による定常観測のものを用いた。観測点は7点(三成分観測はそのうちの4点)であり、合計15成分である。数は少ないが、観測点はLPEの震源域を包囲するように配置されているため、インバージョンには十分耐えうると考える。解析に用いたイベントは、1992年の9月から11月までの期間に起きた約10のイベントである。

イベントの特徴と時間変化：今回使用したイベントは最も卓越する減衰振動の周波数(f)と Q によって、大きく2つの期間(9月と10、11月)でグループ分けできる。9月のイベントは、 $f \sim 1\text{Hz}$ 、 $Q \sim 100$ であり解析したイベントの中では低周波数で減衰が小さい。一方10、11月のイベントでは、9月のそれよりも高周波で減衰が大きくなり、 f は1.5Hzから2Hzへと高周波数に遷移し、 Q は約30から10へと、減衰が大きくなる方へ遷移する。

励起関数の推定：次のような手順で各観測点での見掛けの励起時間関数を推定した。まずLPEの観測波形にローパスフィルターをかけ、最も低周波数の卓越するモードを取り出した。次にそのモードの固有複素周波数を、減衰調和減衰振動する部分から存否法(Kumazawa et al., GJI, 101, pp.613, 1990)によって推定し、固有振動成分を除去するARフィルタを作成した。これをイベント波形全体に作用させることにより各観測点での見掛けの励起時間関数を得た。励起時間関数の特徴は9月及び10、11月の2つの期間で分けられた。9月のイベントでは振幅の大きいパルス前後にいくつかの弱いパルスがあり、継続時間は2~3秒であった。一方10、11月のイベントでは1つのパルスが卓越し、継続時間は約1秒であった。なお、これらの特徴やパルスの幅は f や Q に依存しない。

波形インバージョン：各観測点で推定された見掛けの励起時間関数の波形インバージョンにより震源での励起メカニズムを調べた。震源のモデルとしては、シングルフォースのみ(3成分; SFモデル)、モーメントテンソル(6成分; MTモデル)のみ及び、それらを合わせたもの(9成分; MT+SFモデル)を仮定した。モデルの優劣はAICによって判断した。また、誤差は周波数領域でのリサンプリングに基づくブートストラップ法(須田, 同学会予稿集, p.338, 1996)によって推定した。

結果と解釈：解析したすべてのイベントにおいてAICは $MT+SF < MT < SF$ と有意な差があり、 $MT+SF$ モデルが最適となった。 $MT+SF$ モデルの励起メカニズムの特徴は次の通り。9月のイベント：MT成分は収縮のパルス、偏差成分はほとんどない、SF成分は下向きのパルスで収縮のパルスよりも約0.5秒後。パルスの幅は共に約0.3秒であった。

10、11月のイベント：MT成分は収縮のパルス、ただしMzz成分の振幅が大きい、偏差成分はほとんどない、SF成分は上向きのパルスで収縮のパルスとほぼ同時。パルスの幅は9月のイベントと同様。

以上の結果から、これらのLPEの励起のメカニズムとして、上下方向のシングルフォース+体積収縮という特徴が得られることがわかった。したがって、共鳴体の収縮にともない、熱水など共鳴体内部の流体が上または下の方向に押し出される、という励起プロセスが考えられる。今回の手法では、一つの卓越するモードに対する励起しか求めることができておらず、上に述べたメカニズムは励起のプロセスの一部を表すに過ぎない。励起の全体像を求めるには、多点広帯域の観測および、複数のモードに対する全体の励起を求めるための解析法の改良が必要である。