

Numerical modeling of characteristic waveforms of deep low-frequency earthquakes in volcanic areas: effect of wave resonance

*Taichi Haruyama¹, Masahiro Kosuga¹, Takuto Maeda¹

1. Graduate School of Science and Technology, Hiroshima University

1. はじめに

深部低周波地震は、波形の卓越周波数が地震の規模に比して顕著に低く、脆性-塑性境界よりも深部で発生することから、断層運動とは異なるメカニズムで発生すると考えられている。そのメカニズムの解明を目指す研究が数多く行われてきた。モーメントルテンソル解析は主に初動部分の波形を説明しようとするものであるが、深部低周波地震の振動継続時間が長いことも説明する必要がある。そのような波形の典型的な例である、特定の周波数が卓越して振幅が徐々に大きくなる現象は、共鳴による振動の可能性がある。そこで本研究では、共鳴効果による波動を数値シミュレーションによって検討した。

2. 方法

本研究では、共鳴体として円柱型の地震波低速度領域を置き、その中または外に力源があるモデルを設定した。低速度領域は深さ30km付近に置き、 $V_p=1.5\text{km/s}$ 、 $V_s=1.0\text{km/s}$ とした。低速度域以外の速度構造モデルはJMA2001を用いた。力源はシングルフォースとし、震源時間関数はKüpper waveletとした。シミュレーションでは、低速度領域の大きさ、震源位置、シングルフォースの向き、震源時間関数を変えて、地表観測点での波形を計算した。計算には3次元波動伝播シミュレーションコードOpenSWPC (Maeda et al., 2017)を用いた。

3. 単独の震源パルスによる波形

シミュレーションでは、震源位置が低速度領域の中にあると継続時間の長い波形が出現した。特に、震源が低速度領域の中心軸の近くに位置し、震源から低速度領域の側面・底面までの距離がS波の波長より短いときには、継続時間がより長く、特定の周波数が卓越する減衰振動が現れた。一方、距離がS波の波長より長いときには、複数の周波数が卓越する減衰振動が現れた。前者は低速度領域内で基本モードが卓越し、後者は高次モードが卓越するためと考えられる。高次モードの卓越周波数は震源時間関数に応じて変化した。また水平方向のシングルフォースを与えた場合、与えた方向と平行および鉛直方向に振動し、鉛直方向のシングルフォースを与えた場合は3成分の振動が現れた。

4. 複数の震源パルスによる波形

単独の震源パルスでは単純な減衰振動となり、紡錘型の波形となる場合があることが説明できない。そこで、それが複数の震源パルスによって説明できるかを検討した。単独の震源パルスで基本モードが卓越する条件で、同じ震源位置に複数の震源パルスを与えた。この場合、前のパルスによる波動が震源位置に戻ってくるタイミングで次の震源パルスが作用したとき、振幅が増幅し、紡錘型の波形を再現することができた。最大振幅の出現時刻は与える震源パルスの個数により変化した。また、振幅が小さく継続時間が短いパルスを最初に与えるとP波部分に高周波の波が現れ、より現実的な観測波形を再現することができた。

したがって、特定の周波数が卓越し継続時間の長い紡錘型波形は、低速度領域内で複数の震源パルスが作用し、基本モードの共鳴が重なり合う特別な場合に出現することが示唆される。多くの場合にはこのような条件が満たされないため、多様な波形が出現すると考えられる。今後は、スペクトルや振動極性についても定量的に観測波形と比較し、発生メカニズムを検討していく必要がある。

謝辞

本研究では東京大学地震研究所のEIC計算機システムを利用しました。

