

高周波数地震動への地形による地震波散乱の影響

Effect of seismic wave scattering due to the heterogeneous topography on the high-frequency seismic wavefield

武村 俊介^{1*}, 古村 孝志²

Shunsuke Takemura^{1*}, Takashi Furumura²

¹ 東大地震研, ² 東大情報学環総合防災情報研究センター

¹ERI, the Univ. Tokyo, ²CIDIR, the Univ. Tokyo

はじめに

周波数 1 Hz を超えるような高周波数地震動は、地殻・マントルなどの大きなスケールの構造だけでなく、内部に存在する数百 m ~ 数 km 程度の小さなスケールの不均質構造（以下、短波長不均質構造）および地表地形による地震波散乱の影響を強く受ける。そのため、コンピュータシミュレーション等により高周波数地震動の伝播特性を正しく再現するためには、短波長不均質構造の分布特性の詳細なモデル化が重要である（例えば、Takahashi et al., 2009）。我々はこれまで地殻・マントル内の短波長不均質構造を導入した数値シミュレーションを実施し、高密度地震観測との比較からその有効性を評価してきたが（Takemura et al., 2009; Takemura and Furumura, 2010 年日本地震学会）、今回は複雑な表層地形を含んだ 3 次元差分法による地震動シミュレーションを行い、地形による地震波散乱の効果を定量的に評価し、短波長不均質構造による効果と比較する。

3次元差分法による地震動シミュレーション

地震動シミュレーションでは、128 km × 128 km × 64 km の計算領域を、水平方向 0.1 km、鉛直方向 0.05 km の格子間隔で離散化し、空間 4 次・時間 2 次精度のスタッガード格子による並列差分法を用いて計算を行った。表層地形には国土地理院の 50 m メッシュの標高データを利用し、中国・四国地方の地表面形状をモデル化した。地殻・マントルの短波長不均質構造（媒質の速度揺らぎ）による地震波散乱の影響も同様に評価するために、指数関数型の自己相関関数で特徴づけられるランダム不均質（相関距離 $a = 5$ km、ゆらぎの強さ $\gamma = 0.05$ ）をモデルに組み込んだ。

計算領域の中心の深さ 10 km の位置に爆発型の P 波震源を置いた。なお、均質媒質を伝わる P 波は radial (R) および vertical (V) 成分にのみ振幅を持つことが期待されるが、不均質媒質中では地震波散乱や回折などの効果により、transverse (T) 成分にも P 波振幅が現れる。従って、T 成分における P 波の強度が不均質性の指標となる（例えば、Kubanza et al., 2007; Takemura and Furumura, 2010 年日本地震学会）。本研究では、3次元地震動シミュレーションまたは観測波形の 3 成分記録から、P 波初動 1 秒前から 3 秒間の T 波エネルギー比を P 波 Energy Partition (P 波 EP) と定義し、複雑な地形や地殻・マントルの短波長不均質構造が P 波 EP に与える影響を調査した。

シミュレーション結果

半無限媒質に対して、1) ランダム短波長不均質構造を加えたモデル、2) 複雑な表層地形を考慮したモデル、3) この両方を加えたモデルの 3 つを用いて地震波動伝播シミュレーションを行い、周波数 2-4 Hz の帯域において P 波 EP の距離変化を求めて比較した。その結果、1) のモデルでは、P 波 EP は震源距離の増大に伴い増加し、震源距離 50 km で 0.05 程度の値となった。次に、2) のモデルでは、P 波 EP が 0.02 程度となったが、その値は距離に依らず一定であった。3) のモデルでは、短波長不均質構造と地形の二つの効果の足し合わせにより P 波 EP が大きくなり、震源距離 50 km で 0.07 程度の値が得られた。これは西南日本で観測された値（Takemura and Furumura, 2010 年日本地震学会）に近い。

これまでの地震動シミュレーションでは、複雑な地表面形状のモデル化は十分行われてこなかったが、高周波数地震動シミュレーションでは地表面形状の導入が必要である。

謝辞：海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました

キーワード: 地震波動伝播, 実体波, 地震波散乱, 地震波動伝播シミュレーション, 地表面形状

Keywords: Seismic wave propagation, body wave, seismic wave scattering, numerical simulation, surface topography