

## S波ラディエーションパターンの周波数依存性；短波長不均質構造における地震波散乱特性

Frequency-dependence of the apparent S-wave radiation pattern: FDM simulations of scattering high-frequency seismic wavefield

# 武村 俊介 [1]; 古村 孝志 [1]; 齊藤 竜彦 [2]

# Shunsuke Takemura[1]; Takashi Furumura[1]; Tatsuhiko Saito[2]

[1] 東大地震研; [2] 地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo; [2] ERI

### はじめに

低周波数側 (1Hz 以下) では 4 象限型を示す S 波のラディエーションパターンも、高周波数になると崩れ、等方的になることが報告されている。このような高周波数領域でのラディエーションパターンの振る舞いは、震源過程の複雑さ、地殻内の不均質構造によるものと考えられている (Liu and Helmberger, 1985、Satoh, 2002)。散乱の強さを強く反映する量として、Energy Fraction  $E_T(f)$  と呼ばれる量がある [Takenaka et al. 2003]。  $E_T(f)$  は、水平動中の S 波の Transverse 成分のエネルギーの寄与として定義され、Transverse 成分が卓越するほど 1 に近い値となる。水平成層構造中で発生したダブルカップル型震源の場合、Transverse 成分が最も卓越する方角では、  $E_T(f)$  は 1 になる。4 象限型ラディエーションパターンが崩れ、等方的なラディエーションパターンになると、Radial 成分のエネルギーが増え、  $E_T$  は 0.5 ~ 0.6 程度の値を示す。例えば、2000 年鳥取県西部地震の余震の地震波形の  $E_T$  には、顕著な周波数依存性があり、  $E_T$  は 2Hz 前後から減少し、高周波数領域 (5Hz 以上) ではばらつきはあるものの 0.6-0.7 程度の値となる [武村・その他, 2007]。本研究では、観測された  $E_T$  の周波数依存性を説明するために、地殻内の不均質構造による地震波散乱現象に着目し、有限差分法により地震動の計算を行うことで、不均質構造がラディエーションパターンに与える影響を調査した。

### 地殻不均質構造のモデル化と地震波伝播シミュレーション

地殻内の短波長不均質構造を、地震波速度構造  $V=V_0 [1+g(x)]$  で表されるランダム媒質でモデル化する。  $V_0$  は平均速度であり、  $g(x)$  は速度構造のゆらぎを表す。ゆらぎ  $g(x)$  の性質は、変動の空間スケールを表す相関距離  $a$  とゆらぎの強度を表す分散  $e^2$  によって、統計的に規定される。2 次元空間中の横ずれ断層を想定し、卓越周波数 2Hz のダブルカップル震源を与える。計算領域  $256\text{km} \times 256\text{km}$  を、格子間隔 0.05km で分割し、空間 4 次精度スタッガード格子を用いて弾性波動伝播を計算する。計算波形より、S 波を含む 3 秒間のパワースペクトルから、  $E_T$  を計算し、不均質構造の性質と  $E_T$  の定量的関係をもとめた。

### 短波長地下不均質構造によるエネルギーフラクションの変化

短波長不均質構造中の波動伝播シミュレーションによって、周波数の増大に伴い  $E_T$  が減少するといった観測結果 [武村その他 2007] を定性的に再現することができる。パラメタ  $e$  を増加させていくと、高周波数領域で  $E_T$  はより急激に減少する。これは、速度構造のゆらぎが強くなるほど、Transverse 成分のエネルギーが、Radial 成分へ漏れることを示している。また、  $a$  を増加させていくと周波数領域で  $E_T$  は増加していく。相関距離が長くなり、散乱が抑制され Radial 成分へのエネルギーの漏れが少なくなっている。また、震源距離が増大するにつれ、高周波数領域で  $E_T$  は減少する。伝搬距離が長いほど、散乱の影響が強くなり、Transverse 成分のエネルギーが Radial 成分へ漏れる。定性的に観測結果 [武村その他 2007] に近づいていくことは確認されたが、  $e$  を 0.1 程度入れても、定量的に観測結果を再現することはできない。

### まとめと今後

短波長不均質構造中の波動伝播シミュレーションによって、周波数・伝播距離の増大に伴い  $E_T$  が減少するといった観測結果 [武村その他 2007] を定性的に再現することができる。しかしながら、現時点では、定量的な  $E_T$  の振る舞いを再現することはできていない。今後、観測される  $E_T$  を定量的に説明するために、3 次元の弾性波シミュレーションを実行する。さらに、2 次元と 3 次元空間における散乱現象の相違点を調査する。

### 謝辞

防災科学技術研究所の KiK-net の強震記録を使用させていただきました。また、東京大学地震研究所地震予知情報センターの計算機システムを利用させていただきました。記して感謝いたします。