

不均質かつ異方性媒質における地震波動モデリングのための3次元差分法 3D finite-difference modeling of seismic waves for anisotropic inhomogeneous media

○ 竹中博士・中村武史・西上欽也

○ Hiroshi Takenaka, Takeshi Nakamura, Kin'ya Nishigami

In computation of seismic waves for full anisotropic media, each component of the stress tensor is coupled with all components of the displacement gradient tensor. It is then difficult to directly apply the staggered FDM schemes used for isotropic cases to general anisotropic cases. We propose an approach to resolve this problem. We embed a simple differential identity into the governing equations for elastic wave. We successfully implemented this approach with fortran for 3D modeling. Here we also show some numerical examples to demonstrate its feasibility.

自然地震を用いて地殻浅部の異方性について調べる研究は、観測記録のS相に対して相互相関係数法を適用してS波スプリッティングの解析を行う研究がこれまで数多く行われてきた。世界各地で解析が精力的に行われた結果、広域応力や地震発生時の破碎等により開いたクラックを原因とする異方性媒質が地中に存在していることが明らかになった。しかし、波形の相互相関によるS波スプリッティング解析は、無限均質媒質を仮定しているため、1)地震波の地表への入射角が臨界角を超える場合、2)速度境界への入射角が臨界角を超える場合、3)直達波と速度境界を伝播した境界波が混在している場合においては、正しい値を測ることが難しい。特に、断層帯のような速度コントラストの大きい構造を伝播した地震波を解析する場合には2)と3)に注意が必要である。このような問題を回避するためには、現実的な構造モデルを用いて波形を計算し、直接観測波形と比べる波形モデリングを用いるのが最も有効な方法である。

本研究では、破碎帯を含めた断層周辺の詳細な異方性速度構造を求めることを目標として、速度コントラスト及び異方性の空間的な強度変化が大きい構造を伝播する地震波動のモデリングをするため、任意の不均質異方性弾性体が扱える3次元差分法のスキームを新たに開発した。等方性媒質の地震波動シミュレーションで最もよく利用されているスタガード格子差分法を異方性弾性体の支配方程式に適用する場合、変位速度勾配の成分の中に評価点が応力の評価点と一致しないものが存在するため、別途補間をせざるを得なかった。従

来用いられてきた主な補間法は、隣接する格子の値の算術平均を用いる方法や離散フーリエ変換に基づく方法であるが、前者は差分法の空間精度を2次に落としてしまうという欠点があり、後者は等間隔格子にしか適用できないという短所がある。そこで、我々は、微分の恒等式を支配方程式に埋め込むことにより、応力と変位速度勾配の評価点の不一致の問題を解決した。これにより補間の手続きを経ずに直接任意の精度のスタガード格子差分法で離散化することが可能になる。本研究では、空間4次精度、時間2次精度の差分法を用いた計算コードを作成し、本計算法を用いたシミュレーションを行った。コードは、単純な構造モデルについての解を半解析的な手法の Propagator Matrix 法による計算波形と比較して、その精度の確認をしている。

下に実記録（茂住-祐延断層）のモデリングの例を示す。左図の実線は媒質が等方性の場合、右図の実線は異方性の場合の理論波形（断層直交成分）で破碎帯内部及び外部の媒質に断層面に平行なクラック群に対応する異方性を導入している。異方性モデルの波形（左図）の方がS波の初動部分において観測波形（点線）との一致度が良い。

