

地球自由振動の固有周波数インバージョンによる上部マントル異方性の推定

Estimate of the upper mantle anisotropy by inversion of eigenfrequencies of the earth's free oscillation

原 誠[1], 小田 仁[2]

Makoto Hara[1], Hitoshi Oda[2]

[1] 岡山大・理・地球科学, [2] 岡大・理・地球科学

[1] Earth Sci., Okayama Univ, [2] Dept. of Earth Sci., Okayama Univ.

要旨

マントルの地震波異方性の研究は1960年代に始まって以来、実体波や表面波、自由振動を用いて様々なアプローチがなされてきた。特に上部マントルの地震波異方性の研究は現在でもプレート運動やマントル対流の研究を行う上で重要と位置づけられる。自由振動では実体波に比べ、長周期の波を使うため大規模な構造を精度良く決定できるという利点を持つ。そこで本研究では、自由振動の固有周波数から地球の平均的な異方性を求めることを目的とする。今回は上部マントルの異方性と不均質性を同時に求める数値実験を行った。その結果、分裂した固有周波数をモード毎に平均化しない場合のみ異方性推定が可能であることが判明した。

はじめに

上部マントルの地震波異方性はマントル物質であるオリピンの格子選択配向に由来するといわれる。もし地震波速度異方性が結晶の格子選択配向に由来するなら、地震学的に観測された異方性から地球内部の結晶格子選択配向を推定する事が可能である。この格子選択配向はマントル対流等に支配されており、地震波異方性の研究はプレート運動やマントル対流の研究を行う上で重要である。地球自由振動のスペクトルは、地球が完全な球対称であれば単純な形のピークを持つ。しかし実際は自転の影響で楕円に変形し、球対称から形がずれるためにピークが分裂する。更に不均質性や異方性があると、もっと複雑に分列する。つまりこれらの影響は観測固有周波数と球対称モデルから求めた理論固有周波数との差として現れる。従って固有周波数の差からインバージョンによって地球の平均的な異方性と不均質性を推定することができる。今回は上部マントルの異方性と不均質性の推定を目的とし、基本モードのみを用いて数値実験を行った。

方法

上部マントルの大部分は、斜方晶系のカンラン石と斜長輝石からなることが知られている。これらがそれぞれ選択配向し、混合されると結晶軸の重ね合わせにより六方対称に近い異方性を持つ媒質とみなせる。従って上部マントルの異方性を六方対称と仮定する。また地震波異方性の原因がモホ面~420kmの上部マントルにあるとし、異方性のc軸が水平方向に向いているとし、密度による摂動は無いものとする。六方対称の異方性媒質を伝えるP波とS波速度の摂動はBackus (1965)によって表されている。そして異方性による摂動は無次元パラメータB、C、E、等方性摂動は無次元パラメータA、Dで表され、これを用いてエネルギー方程式を線形化する。従って、観測固有周波数と理論固有周波数との差は、無次元パラメータの線形関数で表され、これを最小二乗法によって解けば、無次元パラメータA、B、C、D、Eを推定することができる。

結果

地球自由振動の固有周波数のインバージョンにより、異方性を表すパラメータB、C、E、不均質性を表すパラメータA、Dを推定する数値実験を行った。使ったモードはazimuthal orderが2から20までのトロイダルモードとスフェロイダルモードである。まず人工的な固有周波数データを作成するために、A、B、C、D、Eに値を与え、固有周波数を計算した。それぞれのモードは異方性のため分裂する。これら分裂したモードの固有周波数をデータとしてA、B、C、D、Eを推定した。数回の反復計算で、予め与えたパラメータ値を復元できた。従ってこのインバージョン法は、異方性パラメータと不均質性パラメータの推定に用いることができる。

議論

地球振動の固有周波数は主に自転や不均質性、異方性の影響で分裂する。しかし観測では完全には分裂して現れず、各モードに毎に観測固有周波数が報告されているに過ぎない。今回開発したインバージョン法では分裂した全ての固有周波数が必要になる。従って実際の観測記録に適用する事は出来ない。しかしsinglet stripping method (M. Ritzwoller et al., 1986)を用いて観測スペクトルから、分裂した固有周波数を決定できれば、適用する事は可能になると思われる。今後の課題である。