

リソスフェア不均質性の自然・人工地震探査による検出

Estimation of stochastic random heterogeneous parameters in the lithosphere from seismic exploration and natural earthquake data

古村 孝志 [1]; ケネット ブライアン [2]

Takashi Furumura[1]; Brian L. N. Kennett[2]

[1] 東大地震研; [2] 地球科学研・豪州国立大

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

はじめに:

1980年代のヨーロッパでの実験(DEKORP)や、近年の日本(大大特プロジェクト)の長側線の反射法探査によると、下部地殻には水平な反射面が互層となるラミナ構造が発達している(Reflective lower crust)のに対して、モホ面を超えて最上部マントルに入ると反射面が急激に消失(Transparent upper mantle)することが世界共通の認識である。この結果を直接的に解釈すると、下部地殻は不均質性が強く、最上部マントルは不均質性が小さいことになる。これに対し、震源のパワーと、発震・受信点の幾何学的配置(側線長、受震点間隔など)の制約から、モホ面以深の反射面はそもそも検出できないと考えることもでき、波動伝播の理論(反射・透過係数と全反射、フレネルゾーンなど)や数値実験から検討が行われている(Levander et al, 1994)。

地殻・上部マントルの不均質性は、1~2Hz以上の短周期地震動の伝播に大きく影響する。現実的な強震動予測と震度の正しい見積もりには、物性値の揺らぎの空間性を精度よくモデル化することが必須の課題である。また、不均質性のスケールは、地殻・マントル物性の粘性率の見積もりに欠かせない。地殻への応力蓄積と内陸地震の発生メカニズムのモデルを考えるためにも重要な課題である。

反射法探査実験:

上部マントルの不均質性の検出可能性をさぐるために、与えたモデルから反射記録を合成し、通常の反射処理によりモデルを正しく再現できるか以下の手順で実験を行った。ヨーロッパで実施された反射法探査(Lushen et al, 1987)の緒言に習い、

・受信点: 80m間隔、390チャンネルで測線長さ31.2km、

・発震点: P波インパルス震源、最大周波数50Hz、発震間隔160mで195ショット

の条件で合成反射記録を16次精度の高次差分法(2次元P-SV問題)を用いて計算した。ここで、地下構造モデルはiasp81標準地球モデルをベースに、 V_p , V_s , R_0 値に対してそれぞれ

1) 上部地殻: 水平/鉛直方向の相関距離が $A_x=2\text{km}$ / $A_z=0.5\text{km}$ 、標準偏差 $S=2\%$ 。

2) 下部地殻: $A_x/A_z=4.0\text{km}/0.2\text{km}$, $S=4\%$ 。

3) 最上部マントル: $A_x/A_z=8.0\text{km}/0.4\text{km}$, $S=2\%$ 。

の特性を持つ、フォン・カルマン型の分布を持つ揺らぎを与えた。計算は、地球シミュレータの64ノードを用いた並列計算により約2時間で完了した。

合成反射記録に対して、CMPソート、NMO補正、CMP重合、AGC処理など一連のデータ処理を施し、反射時間断面を作成した。なお、NMO速度にはモデル空間の平均1次元速度構造(iasp81モデル)を用いた。結果は次のとおりである:

1. 上部マントルのみに不均質性(横長の反射面)がある場合には、上述の測線長の探査でも十分に不均質性の検出が可能である。

2. 最上部マントルと地殻の両方に不均質がある場合には、主に下部地殻からの反射が顕著で、最上部マントルからの反射波は急激に弱まる。

3. 地殻のみに不均質がある場合と、地殻・最上部マントル両方に不均質がある場合の反射断面を比べてもほとんど2つは区別できない。

すなわち、下部地殻のラミナ構造が地震波を地表に強く反射させる結果、その直下にある最上部マントルには地震波がほとんど到達せず、さらに最上部マントルからの反射波に対してラミナ構造が蓋をしてしまうために、反射波は地表に届き難く、検出が難しいことがわかる。

自然地震を用いた不均質性探査の可能性:

深い自然地震と水平方向に遠距離伝播した地震波形を解析することにより、リソスフェアの不均質性の検出は可能であろう。

オーストラリア大陸プレートはインドネシアの下に沈み込んでおり、ここで地震が多数発生している。これらの地震を大陸内で観測すると、1. 高周波地震動(2Hz-)が、低周波(-0.2Hz)初動から2s程度遅れて到達、2. 高周波が2分以上にわたる長いコーダを伴う、の2点の特長が。伝播経路の横長の強い不均質性の存在を示唆する(Furumura and Kennett, 2005)。薄い(40km)地殻内のみに前出の不均質性を与えたモデルを用いて地震波シミュレーションを行っても、観測波形の2点の特長はよく再現できない。次に地殻~最上部マントルの120kmまでの深い領域に不均質性を置くと、観測波形の特長が良く再現できるようになった。計算波形と観測波形の比較は不均質の変動スケール(S)を推定す

るのに有効である。ただし、空間スケール (A_x, A_z) には波形はあまり敏感ではない。

謝辞 地震波動計算は地球シミュレータセンター共同研究プロジェクトのサポートにより行われました。