

海洋リソスフェアを伝わる高周波数 Po/So 波の成因と特性

Computer simulation of high-frequency Po/So propagation in the oceanic lithosphere

古村 孝志^{1*}, ケネット・ブライアン²Takashi Furumura^{1*}, BLN Kennett²¹ 東大情報学環 / 東大地震研, ² オーストラリア国立大 地球科学研究所¹ CIDIR/ERI Univ. Tokyo, ² RSES ANU

本研究では、海洋性リソスフェアを遠地まで良く伝播する実体 P 波と S 波 (Po/So 波) について、その生成と伝播のメカニズムを詳しく調べることを目的に、太平洋海域での海底地震観測データの解析と、不均質なリソスフェアモデルを用いた高周波数地震動の伝播の差分法シミュレーションによる検討を行った。

海域観測点での地震観測において、しばしば高周波数成分 (10~20Hz 以上) に富む、大震幅かつ長いコーダを伴う P 波と S 波が観測される (Po/So 波; Walker, 1982)。Po/So 波は海洋プレート内で発生した浅発地震のほか、スラブ内で発生した深発地震でも見られ、1000~3000km 以上にわたって遠地まで良く伝播する。

これは、海洋リソスフェア (海洋マントル) が低減衰 (High-Q) であるとともに、その内部に短波長で横長の不均質構造 (ラミナ構造) が存在するために、高周波数地震動が強い前方散乱を繰り返し起こし、プレート内部にトラップされるように遠地まで伝えられるためである。加えて、海水層内での P 波の多重反射や、海底面での P-to-S 変換も Po 波や So 波の長いコーダの生成に寄与するものと考えられる。

こうした、High-Q かつ不均質な海洋リソスフェアが Po/So 波の「導波管」として働く効果を確認するために、2 次元差分法を用いて高周波数地震動の伝播シミュレーションを行った。計算領域 1000km × 150km を 0.2km の細かな格子間隔で離散化し、周波数 8Hz までの高周波数地震動の伝播を評価した。海洋リソスフェア・アセノスフェアモデルは、海域の地震波伝播の先行研究として知られる Sereno(1985) のモデルを用いた。このモデルでは、海水層が 4km、堆積層 ($V_s=1.15\text{km/s}$) が 0.5km、海洋性地殻が 5.5km、海洋マントルが 95km の厚さに設定されている。海洋マントルの非弾性減衰 ($Q_s=1000; Q_p=Q_s*2$) は、海洋地殻 ($Q_s=450$) やマントル下のアセノスフェア ($Q_s=225$) より 2~4 倍以上大きく設定されている。

このモデルに対して、短波長不均質構造を、P 波と S 波のランダム速度揺らぎの形で与え、分布関数としては地震波散乱研究で一般的に用いられる von Karman 型の分布特性を与えた。海洋地殻内には、ダイクをイメージした鉛直方向の相関距離 (A_z) が大きな不均質モデル (相関距離 $A_x/A_z=0.5/2.5\text{km}$, 揺らぎの標準偏差 $e=2\%$) を、地殻内 (5/0.25km, 2%) とマントル内 (10/0.5km, 2%) にはラミナ構造をイメージした不均質モデル、アセノスフェアには不均質スケールのやや大きなモデル (5/1km, 2%) を与えた。差分法計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータの 16 ノードを用いた並列計算により行った。

まず、海域の地下構造を構成する各要素 (海水、堆積層、地殻・マントル内の不均質性) の効果を調べた。これらを省いたモデルでは、計算から求められた地震波形は P 波と S 波の直達波形と地表・モホ面での反射・変換波から構成されるパルス条の単純な波形である。これに、海水層と堆積層を加えると、海水層内での P 波の多重反射や堆積層内での P 波と S 波の反射・変換が発生し、後続相が生成される。そして、海洋地殻とマントルに短波長不均質構造を導入すると、震幅が大きく長いコーダを持つ Po/So 相が突然現れる。Po/So 相は High-Q かつ不均質の強い海洋アセノスフェアが厚いほど震幅が大きく長いコーダを持ち、また震幅は震源メカニズムに寄らないが、深い地震ほど大きくなることも確認できた。

海洋アセノスフェア内に不均質構造がない場合には、Po/So 波は気が減衰とともに、海洋地殻の Low-Q 値により伝播距離とともに急激に減衰する。ところが、マントル内の短波長不均質構造により高周波数地震動が強い前方散乱を起こすことにより、Po/So の距離減衰は小さくなり、見かけの Q 値はマントル内の High-Q 値相当に大きくなる。

こうした海洋アセノスフェアの高周波 Po/So 波の導波管効果は、各地のプレート毎に大きく異なり (Kennett, Zhao and Furumura, 2009) 特に、本研究で対象とした太平洋プレートは年代が古く (130Ma) 厚い (80km) ために、Po/So の伝播効率が高い。年代が若く厚さの薄いフィリピン海プレートを伝わる Po/So 波 (たとえば, Shito et al., 2012) との比較や、伝播経路に沿いのリソスフェア構造の急変化による So の消失も興味深い。