

不均質なプレート内の地震波散乱により生まれる Waveguide/Antiwaveguide 効果 Scattering waveguide in the heterogeneous subducting plate

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

太平洋プレートの地震において、北海道～東北～関東の太平洋側の広い範囲で震度が大きくなる「異常震域」が見られることはよく知られている。硬く、冷たい海洋プレートは地震波速度が大きく減衰が小さい (High-Q, High-V) ために、地震波を遠地までよく伝える。いっぽう、火山フロントの背弧側には減衰が大きい (Low-Q) マントルウェッジがあり、地震波の減衰が大きい。このような、前弧側と背弧側での地震動の距離減衰の違いが異常震域の原因である。異常震域を作り出す地震波形のもう一つの重要な特徴として、長い継続時間 (コーダ) を持つことが知られており、これはプレート内の物性揺らぎ (不均質性) による、地震波の強い散乱現象により説明できる (Furumura and Kennett (2005))。そして、プレートに High-V/Low-V 物質を互層に置いた (ラミナ構造) モデルを用いた波動伝播シミュレーションにより、プレート内散乱による導波 (Waveguide) 効果を良く再現することができる。不均質なプレートは、ラミナ構造を形成する散乱体のスケールよりもずっと波長の短い (高周波) 地震動に対して、Waveguide として働くが、長波長の地震波は散乱を起こさないために、Low-V の周囲のマントルに向けてエネルギーが抜け出すことにより Antiwaveguide としての働きが強くなる。プレートの Antiwaveguide 効果は、プレート内の現実的な温度分布を考慮するとさらに強くなる。生成年代の若い、薄いプレートでは、プレート内の温度勾配 (速度勾配) が大きいと考えられるため、この影響がさらに強められる。

フィリピン海プレート内の地震に見られる Waveguide/Antiwaveguide 効果

報告例は少ないが、異常震域は、フィリピン海プレート内の地震でも同様に観察される。中部日本から中国地方にかけては火山フロントが島弧のずっと北部に位置しているために、陸上観測からは震度分布の異常をよく見ることができないが、九州～南西諸島の地震では、九州を東西に二分する火山フロントを境に異常震域をよく認めることができる。たとえば、2006年6月12日の大分県西部で発生した、深さ146kmのプレート内地震 (Mj6.2) では、震央から200km以上も離れた広島で最大震度5弱を観測したほか、等震度線がプレート形状に沿って瀬戸内海から四国、日向灘にかけて大きくのびた。

F-net 広帯域地震観測データを用いて、震度の大きな前弧側観測点 (TSA, NSK など) と、震度の減衰が大きい背弧側の観測点 (STM, SBR など) 記録のスペクトル比を求めると、前弧側で周波数0.3Hz以上の高周波数側の地震波震幅が10~20倍以上も大きくなっており、プレートが高周波地震動の Waveguide の効果が確認できる。いっぽう、周波数0.3Hz前後の中間周波数帯では前弧側観測点でのスペクトル振幅が1/2~1/5程度に小さくなる逆転現象が起きており、この周波数帯ではプレートが Anti waveguide として働いていることもわかる。さらに低い0.2Hz以下の低周波数側では、波長がプレートの厚さよりもずっと長くなるために、地震波伝播に影響を受けなくなる。

不均質プレートによる Waveguide/Antiwaveguide 効果の数値シミュレーション

このような、フィリピン海プレートで見られる、地震波伝播の Waveguide/Antiwaveguide 効果のメカニズムを考えるために、九州島弧を北西-南東に横断する2次元断面をモデル化した差分法計算により地震波動伝播の数値シミュレーションを行った。まず、単純な High-V プレートだけでは、地震波を内部に閉じこめることはできず、High-V プレートから Low-V マントルへと地震波が屈折し、エネルギーが散逸してしまうことがスナップショットと計算波形から確認できた。プレートの Antiwaveguide 効果は、プレート内の温度分布 (速度勾配) を考慮したモデルではさらに強まり、ちょうど凹レンズを通過する光のように地震波が周囲のマントルに屈折して弱まることが理解できる。ラミナ構造をプレート内に置くと、0.5-1 Hz 以上の高周波地震動が内部にトラップされ、プレートの Waveguide 効果が初めて現れる。プレートの厚さを $D=35, 50, 65, 80$ km と変えた場合の影響を比較すると、Antiwaveguide/Waveguide の遷移周波数が徐々に低周波数側に移動することが確認できた。この計算では、プレートの厚さが $D=50$ km の場合が観測波形の特徴 (スペクトル比) を良く説明できた。なお、太平洋プレートの地震 (2007年1月17日の伊豆半島下の深発地震; $h = 170$ km; $M5.7$) に対する同種の検討では、 $D=80$ km 程度のプレート厚が観測を良く説明した。