

T 相の散乱と逆伝播

岩手県沿岸北部の地震(M6.8)で励起し天皇海山列で反射した T 相の逆伝播

小原一成・前田拓人（防災科学技術研究所）

【はじめに】地震波が地球内部を伝播する際、不均質構造の影響で反射・変換・散乱を繰り返し、複雑な波形を形成する。そのひとつとして、海陸境界で地震波から変換した音波である T 相が、沿岸部や島嶼の観測点でしばしば観測される。T 相は、海水中に存在する SOFAR(Sound Fixing And Ranging)と呼ばれる低速度層中をガイド波として伝わる波で、P 波や S 波に比べると立ち上がり不鮮明で、高周波数成分に卓越した波群が非常に長く継続する。T 相に限らず、通常地震波は震源の方向から伝播するが、2008 年 7 月 24 日に東北日本の岩手県沿岸北部で発生した M6.8 の地震によって、逆方向から伝播してきた T 相が観測された。

【観測結果】この地震は、沈み込む太平洋プレート内に存在する二重深発地震面の下面において、深さ約 110km で発生したスラブ内地震であり、100 名以上が負傷するなどの被害が生じている。この地震の発生から約 3000 秒後に、震源域周辺の防災科研 Hi-net 観測点で特徴的な地震波群が観測された。その波群は 10 分以上継続し、周波数成分は 1-5Hz に卓越、沿岸部の観測点のほうが内陸より振幅が大きい、おおよそ東から西に伝播する、という特徴を有する。これらの性質は、波形到達パターンや周波数特性から明らかに余震ではなく、T 相に典型的なものである。また、これが T 相だとした場合に、その励起源は東北日本のはるか東方に位置するはずであるが、それに対応した地震の発生の報告はない。したがって、この T 相は M6.8 のやや深発地震によって生成されたものと考えられる。深発地震では、しばしば T 相が観測されており、スラブが高周波地震動のガイドとして作用していることを示すものであるが、このような深発地震に対して T 相が励起されることは、たとえ地震活動が観測されない場合でもスラブの連続性を示す証拠として扱われることもある[Okal, 2001]。このように、スラブ内を伝わる地震動があまり減衰を受けずに日本海溝付近まで達し、傾斜した海陸境界において音波に変更し、海水面下 1000-3000m に位置する SOFAR チャネルを伝わったものであろう。

【エンベロープ計算結果との比較】T 相の伝播速度は約 1.5km/s であるので、伝播距離は約 4500km となることから、この T 相は日本海溝付近の変換点から直接日本列島に到達したのではなく、遠方で 2 次的に生成されて逆伝播してきたものであると考えられる。その 2 次散乱源としてもっとも相応しいのは日本列島の東方約 2000km に位置する天皇海山列である。天皇海山列はハワイを起点としカムチャツカ半島に達するホットスポット火山列であり、水深 6,000m の海底からの比高が 4~5,000m にも達する海底大山脈である。こ

の海底山脈が T 相に対して反射体として作用したことを確認するため、多重経路を考慮して反射 T 相のエンベロープ振幅を理論計算し、観測されたエンベロープとの比較を行った。まず震源で等方輻射した S 波が日本海溝まで伝播する際には、 $Q=1000$ と幾何減衰を考慮した。また、震源から震央距離 250km 以内の日本海溝軸に沿って S 波から T 相に等方的に変換、さらに天皇海山列に沿って 3000m の等水深線の領域で等方散乱し、再び日本海溝で T 相から S 波に等方的に変換するものとし、変換点と散乱点のすべての組み合わせを考慮してエンベロープ波形を合成した。その結果、エンベロープの立ち上がりは観測された T 相の到達時をよく説明する。また詳細に見ると、T 相は約 30 秒単位の波群に分かれるが、その振幅変化とエンベロープ理論波形が良く一致することが示された。天皇海山列は T 相だけでなく、2006 年 11 月 15 日の千島列島シムシル島沖の巨大地震では津波に対する反射源として作用しており[長谷川・他,2006]、また十勝沖の地震等では表面波の反射源として作用する可能性もある。

Velocity Trace Recorded at Hi-net/F-net stations (1.5-5Hz)

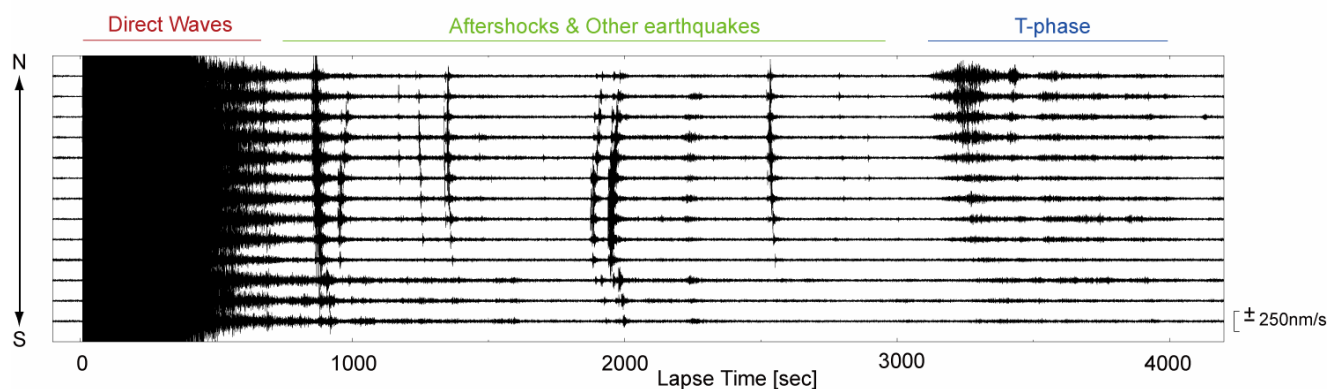


図 1 . 観測波形例 .

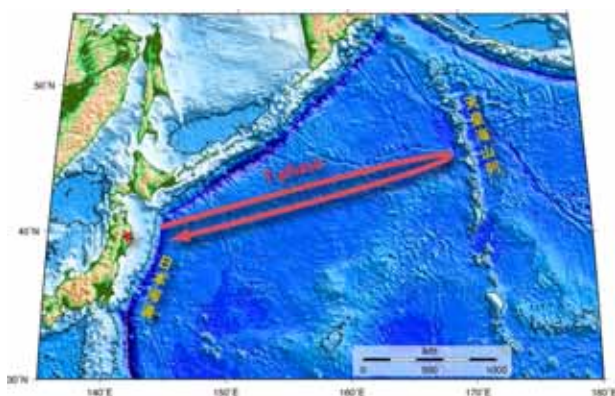


図 2 . T 相伝播経路 .

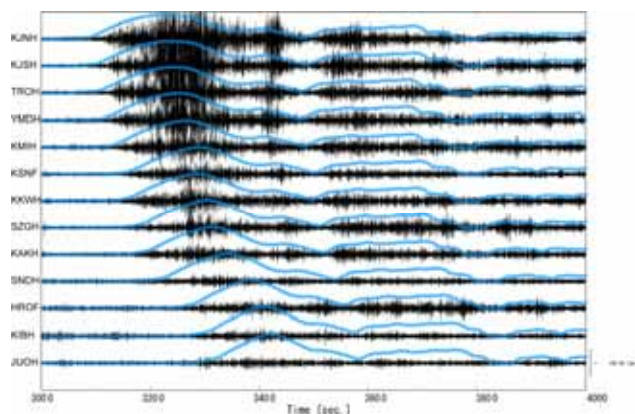


図 3 . 観測波形 (黒) と理論エンベロープ波形 (青) との比較 .