

長期広帯域海底地震観測による日本海東部下の マントルウェッジ構造に関する研究

A study on the structures of the mantle wedge beneath an eastern part of the Japan Sea revealed by long-term broadband seafloor seismic observations

中東和夫

1. はじめに

背弧海盆である日本海は、その形成過程を明らかにする為に様々な地球物理的観測が行なわれている。地震学的手法では、制御震源を使った地殻構造探査が数多く行なわれている。しかし、制御震源ではエネルギーが深部まで伝わらない事もあり、日本海下のマントルに至るまでの深部構造は得られていない。また、表面波やトモグラフィーなど自然地震を使った深部構造の解析も行なわれているが、日本海には地震観測点が無いために、大局的な構造は得られているが、分解能が高くない。日本海の形成過程を考察する為には、日本海深部、マントルウェッジの構造を知る必要がある。そこで、日本海において長期広帯域海底地震観測を行い、日本海下のマントルウェッジの構造を求め、日本海の形成を考察する事を目的として本研究を行なった。

2. 観測概要

2001年10月から2004年5月までの2年半にわたり、広帯域海底地震計(BBOBS)を3回繰り返

し同一地点4カ所に設置し、観測を行なった。センサーには観測周波数帯域 0.0028 ~ 50Hz の広帯域地震計を主に使用した。3回の観測で、のべ10台の海底地震計を使用した。一部のBBOBSでは記録を得られなかったものもあるが、それ以外の地震計ではおおむね良好な記録を得ることができた。また、長期観測広帯域観測を行なっている測線下の地殻構造を知るために制御震源を用いた構造探査実験も行なった。

3. 日本海における地震学的雑微動レベル

日本海ではこれまで長期にわたる広帯域海底地震観測が行われたことはなく、今後の観測のためにも、広帯域の地震学的雑微動の特性を知っておく必要がある。そのために、得られたBBOBSの長期連続データより、日本海での地震学的雑微動レベルを求めた。解析には、観測期間すべてにわたって、1時間分のデータからFFTにより、パワースペクトル密度を求めた。得られた雑微動レベルと陸上の地震観測点の雑微動レベルを比較すると、観測期間すべてにわたって、陸上の観測点で

雑微動レベルが高いと言われる High Noise Model よりも低く、日本海における広帯域海底地震観測は、陸上観測と比較しても遜色のないことがわかった。

4. 地殻構造探査

一般には海底には、地震波速度が遅い堆積層が厚く存在している。そこで、海底地震計を用いて、走時データから深部の構造を推定するためには、観測点直下、特に堆積層の走時への影響を正しく見積もる必要がある。また、長期広帯域観測を行っている測線下の地殻構造を求めることは、結果を解釈するときには有用な情報となる。そこで、長期地震観測を行なっている測線上に短期型海底地震計(OBS)8台を設置し、制御震源(エアガン 25l)を使用した地殻構造探査を行なった。観測船とOBSの位置、制御震源の発震時刻と位置を正確に求めたのち、破線追跡法(Zelt and Smith 1992)を用いて試行錯誤的に速度構造を求めた。その結果、測線下の堆積層の速度と厚さが正確に求まり、広帯域海底地震計のデータ解析に必要な情報が得られた。また、大和海盆中央部を横切っている長期観測測線下の地殻の厚さは約12kmであることがわかった。

5. 表面波解析

本研究の長期海底地震観測では、地殻の速度構造が大まかには同じと考えられる領域に2点の海底広帯域地震観測点が存在するために、2観測点法による表面波の解析を容易に行える。解析は、地震計の特性補正を施した上下動記録を用いて、地震計間のレーリー波位相速度の分散曲線を2観測点法によって求めた。データには2観測点を結ぶ測線から方位差1度以内の地震5個を用いた。その後、DISPER80(Saito,1988)により計算された分散曲線と観測で得られた分散曲線を比較することにより、試行錯誤的にS波一次元モデルを推定した(図1)。大和海盆から大和碓にかけての上部マントルS波地震波速度構造モデルははっきりとした高速のlidは見られず、低速度層の速度変化は緩やかである。これは海洋プレートの構造よりもむしろ、大陸下で見られる構造に近い。

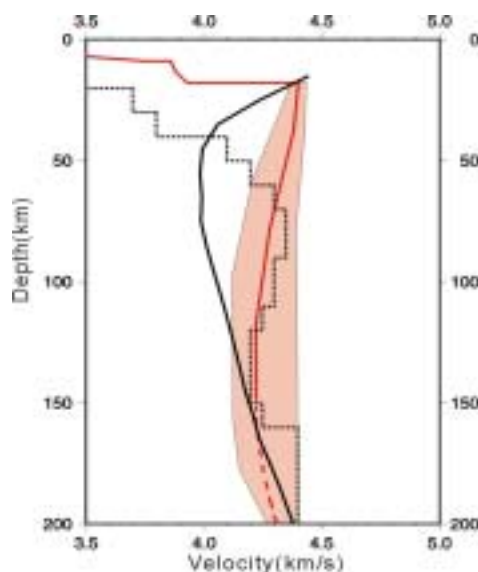


図1 表面波解析の結果

赤線：本研究 赤領域：誤差範囲

黒線：0-4Maの海洋

(Nishimura and Forsyth 1989)

黒破線：中国大陸

(Tsai and Wu 2000)

6. 実体波トモグラフィー

日本海に地震観測点を設置したことにより、観測点がある大和海盆から大和碓にかけての測線下の上部マントルを通る地震波を観測することができた。そこで、日本海の長期海底地震観測点と陸上観測点で得られたデータを使用して実体波トモグラフィー法(Zhao et al.,1992, 1994)により、能登半島沖から大和碓にかけての日本海下のP波、S波速度構造モデルを求めた。使用した観測点は大学、気象庁の205点、BBOBS4点の209点である。震源は1997年10月からの気象庁一元化震源5180個(BBOBS読みとり197個)、震央距離30~90度の遠地地震100個を使用した。BBOBSの走時は構造探査で得られた地殻構造より、構造の変化による走時を補正した。得られた結果(図2)から大和海盆下深さ150kmまでの上部マントルのP波速度は、IASP91に比べて、速いことが判った。また、深さ300km付近のプレート境界直上から、日本列島の火山フロントにかけて低速度域が連続していることがわかった。

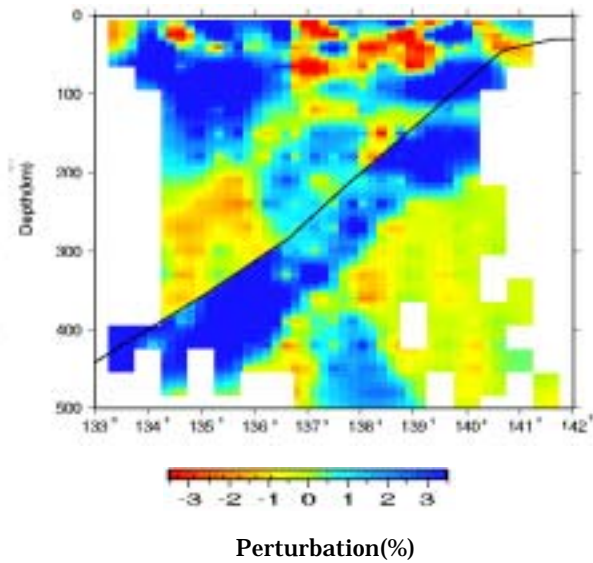


図 2
 実体波トモグラフィー法により得られた P 波
 速度構造
 赤色が高速度、青色が低速度を示す。

7. まとめ

日本海で初めて長期海底地震計による繰り返し地震観測を行った。その結果、日本海での長期地震観測データを得ることができ、長期にわたる日本海海底での地震学的な雑微動特性を明らかにした。制御震源構造探査により、地殻の P 波速度構造を明らかにし、大和海盆の地殻の厚さは海洋地殻よりも厚いことがわかった。また、表面波解析により、大和海盆下の深さ 150km までの S 波構造は大陸下で見られるものに近いことを明らかにした。さらに、実体波トモグラフィー法を用いて、大和海盆下のマントルウェッジ P 波および S 波速度構造を明らかにし、大和海盆では深さ 150km までは、P 波速度が標準構造よりも速いこと、深さ 300km 付近のプレート境界付近から低速度領域が日本列島下に連続していることを示した。これらの結果は、大和海盆が形成するときに海洋底拡大によるものというよりは、大陸地殻が伸張して形成されたという考えを支持する。