

海底地震計(OBS)の屈折法データ解析手法の適用および検討

三ヶ田 均*

1. 研究の目的

アクティブテクトニクスのある我が国の場合、地殻構造を推定することは、地震等の大規模変動現象発生プロセスの解明や防災といった目的に非常に有効な手段となる。そのため、人工震源を用いた反射法探査や屈折法探査といった手段や自然地震を用いた走時トモグラフィやレシーバー関数を用いた地殻構造推定が試みられている。この中で、屈折法探査は、特に大規模な地殻構造の地震波速度による推定に用いられている。近年では三成分センサーを用いた観測も行われるようになったが、水平成分の情報をどのように活かすかが今後の探査の課題である。また、昨年までの研究成果から、屈折波による地殻地震波速度構造解析のみでは反射波を再現できない場合があることが判明しており、反射波をいかに利用するかという課題もある。

この地殻厚推定の方法として、先ず近年上部マントルまでの空間スケールでの構造決定に用いられているレシーバー関数解析に注目した。レシーバー関数解析は主に地下速度不連続面を推定する解析方法として特化しているため、上に述べたような背景において特に有効な手段となる可能性がある。屈折法探査や反射法探査などと比較し、レシーバー関数解析は遠地で起きた自然地震を受振して解析を行うため、人工震源を必要とせず、地震記録の各成分を用い容易に地下速度不連続面を推定することができることに長所がある。しかし、自然地震を相手にする場合 S/N 比の問題などがあり、手法は手軽でも解析は容易ではない。

ここで、現在大陸棚調査でも行われている屈折法探査において、本手法が有効であるかをシミュレーションによって検討した。次にモホロビッチ不連続面（以下モホ面と略称）からの反射波である PmP 反射波を利用する方法を検討した。

本研究は、まず地下震源におけるレシーバー関数解析の可否を検討するため、3層モデル構造を用意し、レシーバー関数解析により海底下の速度不連続面の深度を逆解析した。この結果を踏まえ、次に震源を地表に設置し、屈折波に対してのレシーバー関数解析の妥当性を検討した。更に実データを用いた解析で PmP を目視で抽出し、その PSDM によるモホ面同定の妥当性を検討した。

2. 研究の方法

遠地で地震が発生した場合、地震波がある観測点に到達するまでの間に速度不連続面を通過する。そのとき P-S 波や、S-P 波などの変換波が発生する。地中の震源から地表の受振点に P 波と

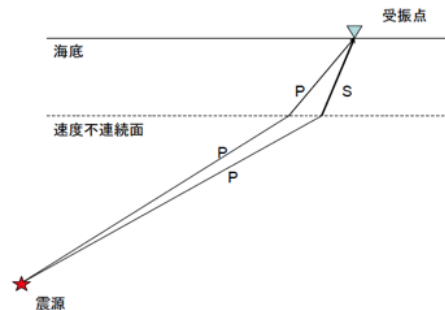


図1 地震波震源から受振点までの波線図。

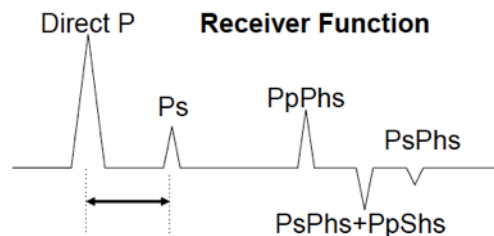


図2 図1の震源・受振点の組み合わせに対し、得られた水平動成分を上下動成分でデコンボリューションした際に得られるレシーバー関数。

して最初に到達する波は直接 P 波であり、S 波として最初に到達するのは地表に最も近い速度不連続面で発生した P-S 変換波である (図 1)。レシーバー関数解析とは、この 2 つの波の到達時間差から速度不連続面の深度を推定する方法である (Langston, 1979)。地表に入射する地震波が十分に垂直入射に近い波線に沿って伝播すると考えると、地震記録の水平成分および垂直成分が、それぞれ S 波、P 波に相当するという近似が成り立つ。従って、垂直成分を用い、水平成分をデコンボリューションすることで P-S 変換波が近似的に出力される (図 2)。また、デコンボリューション方法として、スペクトル領域 (Ammon, 1991) と時間領域 (佐々, 他, 1993) の 2 通りで計算を試みたところ、時間領域のデコンボリューションの方が精度よく不連続面深度をインバージョンでできることがわかった。以上のレシーバー関数による地下構造解析の適用性を検討するため、数値モデルを用意し、有限差分法で計算し、レシーバー関数による地下構造解析を適用した。

レシーバ関数による解析と並行し、実際に海洋の屈折法探査で得られた屈折法データを用い、反射波情報を用いた構造探査の可能性を検討した。解析の流れは、(1) Korenaga, et al. (2000) の方法によるトモグラフィックインバージョンによる地下の地震波速度推定、(2) PmP 反射波の抽出、(3) PSDM 適用、(4) 結果の解釈、である。

3. 得られた成果

理論的地震記象においてレシーバー関数を用いた解析では、モホ面での P-S 変換波を捉えることができたが、実際の OBS データではその振幅は弱く捉え難いことが容易に推察できる。S 波は堆積層などによく見られる異方性などの影響を受け易いこと、未固結層により大きな減衰を受けること、垂直入射仮定の妥当性の評価が必要であること、などを考慮する必要がある。今後、P 波・S 波の抽出方法や、デコンボリューション方法などを見直す必要がある。また、地下構造と波線の関係等を、より詳細に議論するためには、順問題の繰り返しによる逆解析手法である「一般化された最小二乗法」(以下 GLI と略称する) を用いる必要性もある。今後 GLI を用いる際には、順問題を解くシミュレーションの段階で、より現実に近い、あるいは十分真の解に近いモデルの構築が必要であることが確認された。

PmP を用いたモホ面の位置同定では、思った程の効果が得られなかった。また PSDM による直接逆伝播解法と異なる反射面深度が得られるなど、今後速度構造の見直しも必要になることが判明した。実データを用いた正確なモホ面の深度の決定に、更なる解析方法を検討する必要がある。レシーバー関数や PmP を用いた解析手法を検討し、両者が地殻構造推定に適用可能な手法であることを確認した。速度構造推定精度向上、解析精度向上、P 波・S 波分離手法の検討など、今後の技術的課題も明らかとなった。

4. 謝 辞

本研究は株式会社地球科学総合研究所の委託により行なわれた。浅川栄一氏および溝畑茂氏を始めとする同社関係者、そしてフィールドデータの提供に関し海上保安庁海洋情報部西澤あずさ氏に厚く御礼申し上げる。

発 表 論 文

辻本すばる・三ヶ田均・真田佳典・芦田譲 (2007) レシーバー関数を用いた地下不連続面の推定, 物理探査学会第 117 回講演論文集, 84-87.

Tsujimoto, S., and H. Mikada (2008): Estimation of crustal structure using receiver function, Proc. IEEE, Oceans and TechnoOcean 2008, Kobe, Japan, CD-ROM.

田中暁・三ヶ田均・尾西恭亮・西澤あずさ (2008): 沖大東海嶺における地殻構造探査に関する研究, 物理探査学会第 118 回講演論文集, 42-45.

参 考 文 献

Ammon, C.J. (1991): The isolation of receiver effects from teleseismic P waveforms, Bull. Seism. Soc. Am., 81(6), 2504-2510.

Korenaga, J., W. S. Holbrook, G. M. Kent, P. B. Elemen, R. S. Detrick, H. C. Larsen, J. R. Hopper and T. Dahl-Jensen (2000): Crustal structure of the southeast Greenland margin from joint refraction and reflection seismic tomography, J. Geophys. Res. 105, B9, 21, 591-21, 614.

Langston, C.A. (1979): Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, J. Geophys. Res., 84, 4749-4762.

佐々宏一, 芦田譲, 菅野強 (1993): 建築・防災技術者のための物理探査, 森北出版株式会社.