

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

芦田 譲*

1. 研究目的

日本列島は世界的にみても活発なサブダクション帯のフロントに位置する典型的な海洋性島弧であり、その近海においては新たな島弧が成長し続けている。このような島弧は海洋プレートの沈み込みによる地殻の盛り上がり、もしくは沈み込みによって生じたマントル物質の上昇によって形成されると考えられているが、その形成過程は完全に理解されているわけではない。また、島弧の成長が国の領土問題に関ってくることもあり、近年、島弧の現在の形状を把握する目的で、日本列島近海における海底下の地下構造に対して地震波を用いた大規模な物理探査による精密な調査が実施されている。そして、そのような物理探査の手法の一つとして、海底地震計(Ocean Bottom Seismometer : OBS) を使用した地震探査が海底下地殻の調査に頻繁に適用されている。

OBS を用いた探査法は海底に海底地震計を数 km 間隔で設置し、海面に設置された人工震源によって発射された地震波の記録を取るものである。具体的には、海底下の地殻に入射し地殻内の伝播速度の違いから屈折を繰り返して海底へと戻ってくる地震波を受振し、そのデータに対し処理を施すことにより地下の速度構造分布図や地層境界面深度を取得するという手法だが、海底地震計によって記録された地震記録の処理の中心は現在フォワードモデリングのような試行錯誤の手法であるため解析者の負担は大きく、また、その結果に個人差を生じる可能性もあるという問題がある。

そこで、本研究では、トモグラフィックインバージョンを軸とした手法によって OBS データの解析を実施し、可能な限り試行錯誤の手法を排した効率的で客観的な海底地震計データ解析手法を開発することを目的とした。また OBS データの解析によって、より精度の高い速度構造を再構築し、モホ面などの速度不連続面を抽出することを目指す。本研究の流れとしては、まず島弧の成長を議論する上で重要とされる海洋性地殻と大陸性地殻の境界を含む領域である遷移領域 (Continental-Ocean Transition Zone: COT) を含む単純化した構造モデルに対し、OBS で得られるであろう合成データを作成し、そのデータを処理した。更に、地下構造探査の手法を検討するため、この処理で得られた知見を用い、実際に地下構造の解析を行うに必要なデータ処理フローを推定した。

2. 研究手法

* 京都大学・大学院工学研究科・教授

本研究では、先ず実際の遷移領域を含む地殻構造を想定した検証モデルを作成し、このモデルに対して波形計算を行った。空間的に地殻厚に差異のみられる単純化された地下構造を仮定し(図1)、この構造に対する合成理論波形データを作成した。モデルから明らかな通り、海底面は堆積層を含むものの、等深水平を仮定した単純な構造である。本研究では、この構造に対し得られたOBSデータを処理・解釈し、図示されたモデルをどれだけ再現できたかを判断することとした。

合成記録の計算では、スタガード格子を用いた4次精度の有限差分法により弾性波動方程式を解く方法を用いた。震源はピーク周波数4Hzのリッカーウェーブレットを用い、境界条件に関しては、領域の上部は自由境界を、その他の境界ではClayton and Engquist (1977)の吸収境界条件を適用してある。記録はサンプリング10msの30秒記録とし、水深4kmの水平な海底に5km間隔で並べられた計59箇所のOBSに対し、海面に200m間隔で配置された計1499ショットから合成理論地震記録を作成している(図2)。

昨年までの研究で、合成記録の計算終了後は屈折走時インバージョンに使用する屈折初動のピックアップ作業および堆積層処理、そして屈折波走時インバージョンを適用することで、最終的な速度構造が求まることが判明していた。しかしながらその後の研究により、屈折波走時インバージョンに存在する初期モデル依存性が思っていたより強いこと、速度のみを解く手法の限

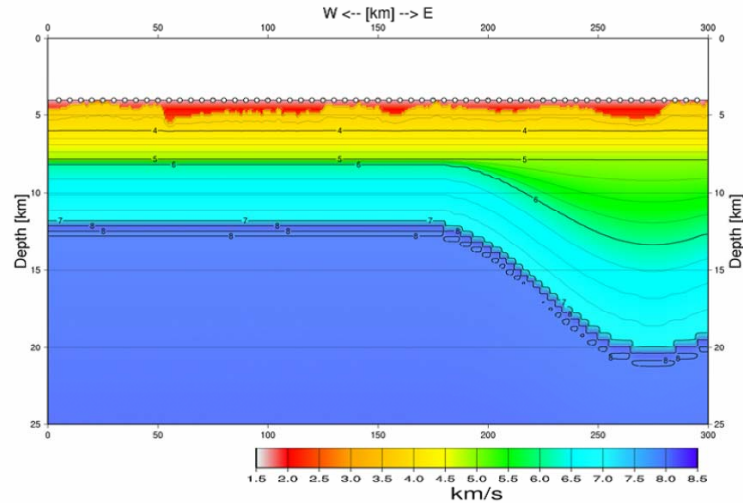


図1 単純化された検証モデル。地震波速度不連続面は、急激ではあるが、連続的な速度変化を持たせ表現してある。

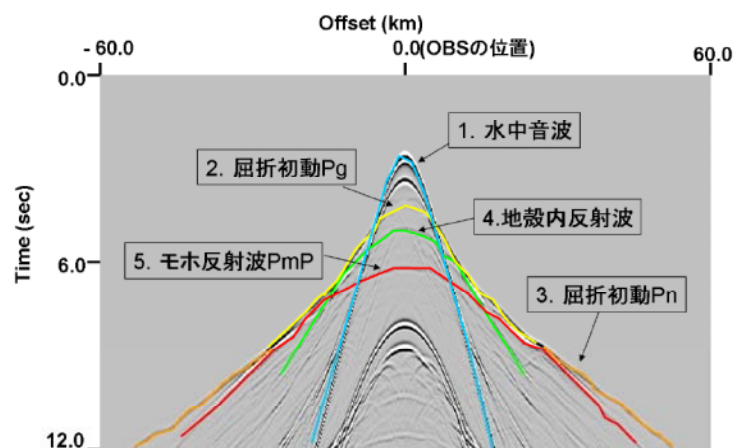


図2 図1のモデルに対し計算された波動場の例。OBS位置は図1の150km(水平位置の中心付近)である。

界として、本来モデルに含まれている速度不連続が再現されないという問題点があることも容易に見出された。本研究では、この合成記録に対し、こうした問題を解決すべく、海底下に存在する地殻の厚さを見積もるために最も適切と思われる方法を探り、最終的に OBS 調査のデータ解析フローを提唱することとした。

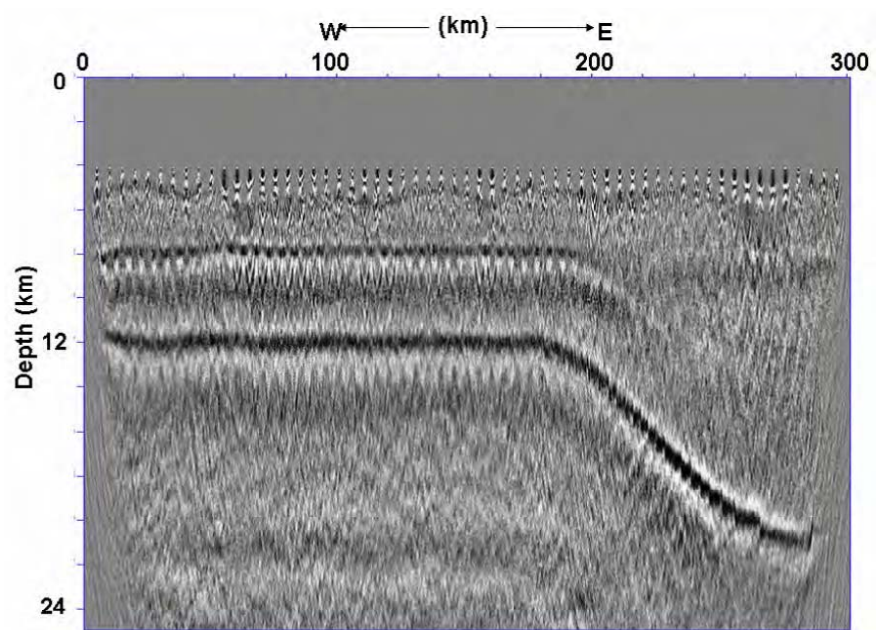


図3 重合前深度マイグレーションを図2のデータに適用して求めた地下構造。堆積層、地殻内反射面（上部地殻と下部地殻境界）そしてモホ面（地殻・マントル境界）が良く再現されていることがわかる。

3. 研究成果

屈折波走時トモグラフィックインバージョンは平滑化された速度構造を精度良く求めることに優れているものの、大きな地震波速度コントラストを持つ地殻内地震波速度不連続面を再現することには不向きである。従って、屈折波初動走時のみを入力とする処理だけでは地殻構造の推定に関し不十分である結果しか得られない。そのため、解析に当たり、地殻構造の推定に反射波情報を取り込む必要があることが理解された。

そこで本研究では、屈折波走時インバージョンで得られた速度構造を用い、重合前深度マイグレーションを適用することで、速度あるいは密度不連続面をイメージングすることとした。その処理結果は図3に示されている。図から明らかな如く、モデルに含まれていた速度不連続面が明確に再現できたことがわかる。

最後に、過去に得られた研究成果も含め、これまでの知見をとりまとめ、図4に見られる海底地震計による探査データの処理フローを提唱した。初期モデル依存性や速度不連続面再現といった問題点は、弾性波反射法を取り込むことにより、緩和されることが理解される。

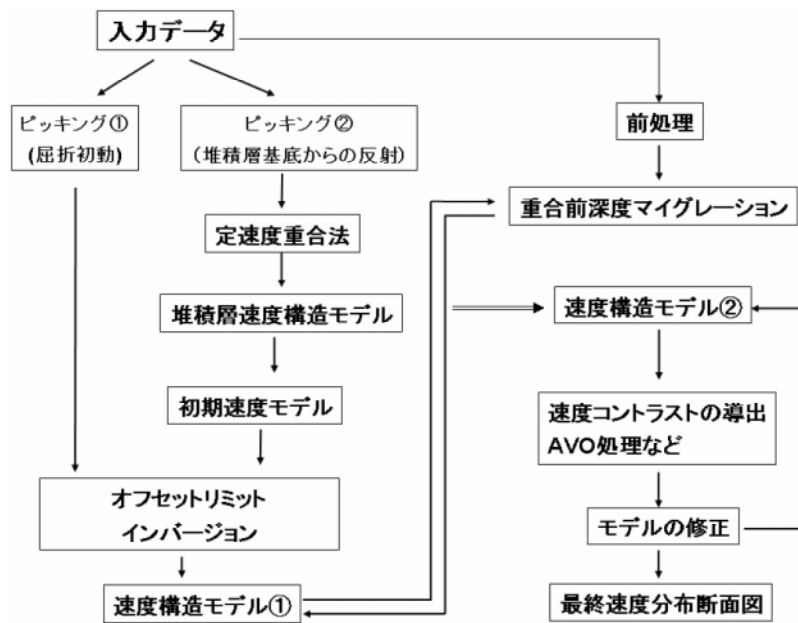


図4 反射波および屈折波双方の情報を取り込むことの可能な処理フロー概念図。

4. 謝辞

本研究の遂行にあたり，日本大陸棚調査株式会社および海上保安庁海洋情報部の皆様との議論は有益であった。厚く御礼申し上げます。

5. 引用文献

Clayton, R. and B. Engquist (1997): Absorbing boundary condition for acoustic and elastic wave equations, Bull. Seism. Soc. Am., 67, 1529-1540.