

海洋域地殻構造探査と地震波散乱-岩石物理学的解釈との接点-

○ 三ヶ田 均 (京都大学大学院・工学研究科)

Offshore Crustal Structural Survey and Exploration Geophysics

-Importance of Petrophysical Interpretation-

Hitoshi Mikada (Graduate School of Engineering, Kyoto University)

日本列島は世界的にみても活発なサブダクション帯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。このような島弧の形成過程は完全に理解されているわけではなく、島弧の現在の形状を把握し、その形成史を推定する目的で、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ことは言うまでもない。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。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震し、地下の速度構造分布図や地層境界面の深度を推定する。この方法では、現在海底地震計記録を仮定した速度構造に対するフォワード波動場モデリングの結果と比較し、その差異を最も小さくするような「一般化された線形インバージョン (Generalized Linear Inverse Theory; 以下 GLI と呼称)」と呼ばれる非線形最小二乗法を用いて行われることが多い。GLI は試行錯誤の繰り返し手法による最小化問題を解くため、海底下数 km より浅い堆積層の構造を高解像度で推定する資源探査で用いられる反射法地震探査に比較し、解析者の負担は大きく、解の唯一性が保証されないという問題も残る。

海域の地下構造の探査でも、陸域の構造探査同様に弾性波が重要な役割を負っている。古くは自然地震波の走時の異常から地下深部の地震波速度の不連続面が発見されたことは有名である。直接触れることのできない地下の情報を地表まで運んでくれるこの物理現象は、人間の生活を支える化石燃料などの地下資源の探査において有効に活かされており、推定可能な情報も地震波速度から孔隙率や浸透率といったパラメータまで扱われている。しかしながら、現在海洋地殻構造探査においては、地震波速度が代表的なパラメータであり、資源探査で用いられるその他の物理量や状態量を再現することは極めて困難な状況にある。資源探査における弾性波反射法探査では、人工的に弾性波を発生させ、走時情報だけではなく、記録された弾性波の波形を使って地下の主として堆積岩や堆積層の層構造を可視化する手段であったが、手法の進化に伴いシーケンス層序学などの分野を拓き、比較的複雑な地下構造にも対応してきた。また各種検層データを取り込むことにより地下資源の定量的な把握への試みも可能となった。近年では、背斜した砂岩堆積層という単純な構造から、構造や地層圧に起因する局所的かつ複雑な地下環境にそれ以前より小さい体積で存在する傾向のある炭化水素貯留層といった高い解像力が要求される地下構造にも対応できるようになった。海域の地殻など深部地下構造探査においても、こうした高解像度化や各種物理量や状態量の推定等に至

る資源探査同様な展開が望まれる。

図1は、地殻構造探査の対象となる地下構造モデルを用いた解析における、有限差分法を用いたOBSとエアガンの組み合わせにおける観測波動場である(田中, 2007)。この観測波動場に、通常行われる地震波速度構造推定法を適用し、得られた速度構造に関し再度有限差分法による波動場を計算した結果を示す(図2)。この両者の差分を求めると、実は速度構造推定時に反射波の情報が抜け落ちてしまったことがわかる。即ち、反射波や例えば地下に存在する物性値などの変化による波動場への影響を加味することが必要であることを物語っている。

こうした要求に応えるべく、例えばAVOと呼ばれる処理や、地下構造の4次元モデル化(空間と時間軸)とそのモデル検証のための探査(Time-Lapse Survey)、探査そのものの定量化が求められている。本講演では、こうした最近の傾向を大雑把にまとめ、様々な空間および時間のスケールを有する地下構造や地下構造内物性値の推定に対する高精度定量化という探査への要求について議論する。地震波散乱現象は、こうした要求に応える方法の一つとして認識されることが自明である。

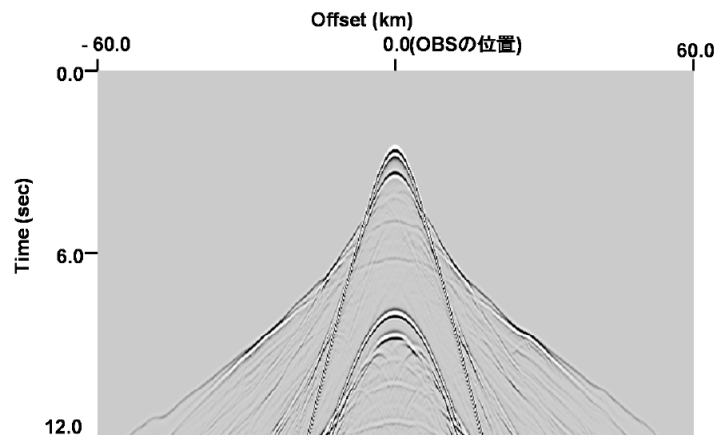


図1 ある地殻構造に対する受震器ギャザー理論記象。

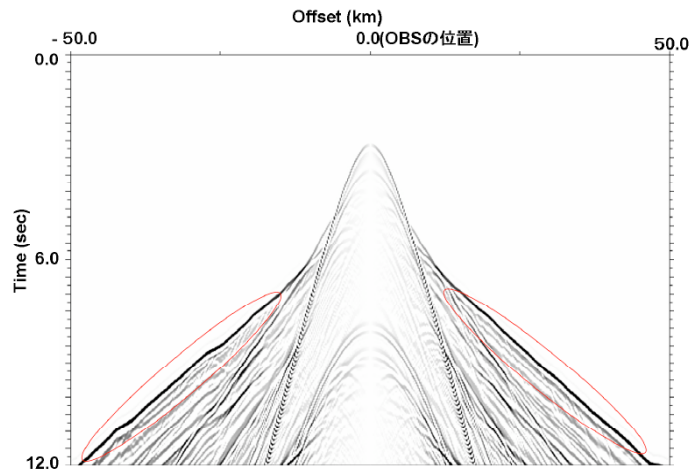


図2 図1の記録から得られた速度構造に対して推定した受震器ギャザー理論記象。

地震波散乱現象は、こうした要求に応える方法の一つとして認識されることが自明である。