

水平等方性媒質における地震探査シミュレーションおよび速度解析

Seismic simulation and velocity analysis on vertical transverse isotropy (VTI) media

赤間 健一 [1]; 高橋 功 [2]; 高梨 将 [3]

Kenichi Akama[1]; Isao Takahashi[2]; Mamoru Takanashi[3]

[1] 地科研; [2] なし; [3] 資源機構

[1] JGI, Inc.; [2] INPEX; [3] JOGMEC

<http://www.jgi-inc.com>

1. はじめに

反射法地震探査における深度変換の精度向上を目的として、水平等方性 (Vertical Transverse Isotropy; VTI) 媒質モデルを用いた弾性波シミュレーションを実施するとともに、高次速度解析の手法に関する検討を行った。

VTI 媒質中を伝播する P 波速度 (V_p) は入射角が鉛直軸となす角度に依存し、しばしば Thomsen の 3 つのパラメータ、すなわち ϵ 、 δ および γ を用いて表現される (Thomsen, 1986)。ここで V_{p0} は鉛直方向の V_p 、 V_{p90} は鉛直・水平方向の V_p の比、 V_{p45} はその中間の伝播方向における V_p の変化を支配するパラメータである。しかしながら、これらの弾性パラメータは地震探査の速度解析 (ムーヴアウト解析) から直接得ることができない。原因の一つに、多層構造における弾性パラメータと反射波走時の関係が十分に理解されていないことが挙げられる。例えば、Alkhalifah and Tsvankin (1995) の非双曲線走時に基づく速度解析から得られるパラメータは、均質媒質におけるムーヴアウト速度 $V_{nmo} [=V_0 \cdot \sqrt{1+2\epsilon \sin^2 \theta}]$ および異方性パラメータ $\gamma = (\delta - \epsilon) / (1+2\epsilon)$ の二つのみであり、これらから Thomsen の 3 つのパラメータを求めることはできない。

2. 弾性波シミュレーション

対象フィールドに存在する薄層の繰り返し反射波走時に及ぼす影響を理解するために、反射係数法 (Kennett, 1979) による弾性波動シミュレーションを行った。二種類の等方性の薄層が繰り返すモデル及び厚い均質な VTI 異方性モデルについてシミュレーションを実施した結果、均質 VTI モデルが薄層モデルの Backus 平均により与えられる場合に両者がほぼ同一の合成地震記録を生成することが明らかになった。すなわち、有効媒質理論が示唆するように、地震波スケールより小さな不均質を伴う等方性モデルは、より大きなスケールの均質・異方性モデルによる置き換えが可能であることが示された。また、均質な無水石膏と粘土岩の繰り返しは等価な均質・異方性モデルにおいて負の γ を有することが有効媒質理論から示されるが、これはフィールドで確認されている傾向と調和的である。

3. 速度解析

シミュレーション記録を用いた検証から、異方性が小さい場合には Alkhalifah and Tsvankin (1995) の非双曲線走時に基づく高次速度解析から十分な精度の V_{nmo} および γ が推定可能であることが示された。フィールド記録の二つのホライゾンに対してこの速度解析を適用し、二つのパラメータ V_{nmo} 及び γ の空間分布を推定した。その結果、2 次 (双曲線) の式に基づく通常速度解析から得られる重合速度と比較して数パーセント小さい V_{nmo} が得られた。また、坑井位置において、チェックショット記録から得られる V_{nmo} と速度解析で得られた V_{nmo} から γ を求めた。

二つのホライゾンに対する速度解析と弾性波シミュレーションの結果を比較し、無水石膏 - 粘土岩互層の上位に均質な VTI 媒質が存在する対象フィールドを、より精度良く再現し得る速度モデルを構築した。

4. まとめ

反射係数法による弾性波シミュレーションを実施し、小さなスケールの不均質が地震波スケールにおいては有効媒質理論の示唆する均質な VTI 媒質と等価になることを確認した。また、非双曲線走時に基づく高次速度解析により、 V_{nmo} と異方性パラメータ γ を精度良く推定し得ることを示した。最後に、対象フィールドについて、VTI 媒質を含む現実的な速度モデルを構築した。