

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 村山隆平

本論文は独立した2つのパートから成っている。最初のパートは陸上反射法地震探査における信号/雑音比改善を論じ、次のパートは岩石性状推定におけるS波情報の利用を論じている。

過去数年のデジタル技術の革命的進歩によって、反射法地震探査のハードウェア環境は大幅に改善され、歪の少ない波形での大量なデータが高密度に取得されるようになったが、陸上の低S/N地域ではかならずしも十分なS/N向上が図られていない。著者は、実際の現場データの詳細な解析からこの主な原因が、低S/N地域のデータでは、地表や表層付近の条件の変化が激しく均質なデータが取得されにくいこと、重合処理に適合しないからであると結論づけている。この点を踏まえ、著者は、反射法地震探査の戦略を実データとモデル計算を用いた考察を通して総合的に提案している。それらは、データ取得デザインにおける一様サンプリング、データ取得におけるシグナルの最大化とノイズ（特に震源ノイズ）の抑制、データ取得の品質管理における反射波の認識および必要ならばそのための処理、そしてデータ処理におけるシグナルとノイズの効果的分離とそのための繰り返し処理である。この考え方の妥当性を示すため、長年陸上地震探査の震源として使われてきたダイナマイト震源を用いた例を取り上げている。そこでは、弾性体内の球形空洞の内壁に発破によって生じた圧力が作用するというモデルに基づき、発震地点の物性からダイナマイトによって生成される波動のスペクトルを推定する実用的手法を開発した。ここでは、実測できない2つのパラメータである非弾性領域の半径およびその半径における最大圧力を、坑井内に設置した受振器で観測された実データとの整合性を条件として定める方法を提案している。この手法を用いてさまざまなモデル計算を行った結果、震源スペクトルには発震地点のS波速度が強く関与すること、すなわち、S波速度が速い（つまり表層が固い）場合には発生する波動のスペクトル帯域は広いが振幅は小さいこと、一方、S波速度が遅い（つまり表層が柔らかい）場合には発生する波動のスペクトル帯域は狭く高い周波数成分は得られないが振幅は大きいこと、などを明らかにした。そして、すべての発震点で3つの発震深度を設定した実験的反射法地震探査を行い、表層の変化に応じて発震深度を変化させることがどの程度記録の品質に影響するかを明らかにした。

次に反射法地震探査データにおける振幅アノマリーの評価において、従来のP波情報だけ

を用いた場合の限界を認識し、AVO(Amplitude Versus Offset)解析の可能性を検証するために、メキシコ湾のデータを用いたケーススタディーを行っている。ある油田では強振幅が油胚胎域に対応するとして掘削を行っていたが、結果が完全な水砂であった。これを詳細に検討した結果、強振幅の支配要因は高い孔隙率であることを示し、物性と岩石性状の関係における非一意性（ノン・ユニークネス）の問題であることを明らかにしている。具体的には Gassmann(1951)の理論に立脚した手法を開発している。これは、岩石と流体の体積弾性率の差に着目し、Gassmann の式の効果的な簡略化を行うことで、音響インピーダンスとポアソン比（あるいは V_p/V_s ）を岩石が支配する要因（岩石項）と孔隙内流体が支配する要因（流体項）に分離した表現とし、両者の挙動を直感的に理解できるようにしたものである。そして、さまざまなケースに対するモデル計算を通して、岩石性状の変化による物性の変化を定量的に分析した。このように、Gassmann の式を基にした定量的な物性の分析によって、振幅アノマリーを解析する際の注意点をあらかじめ認識し、実データの解析をより客観的に行うことができることを示している。

最後に、S 波情報を得るもうひとつの手法としての、S 波探査を論じている。S 波探査は通常 S 波の発震や受振に特殊な機器を必要とするが、特に S 波バイブレーター等を用いた S 波発生では地表面を傷めることが多く適用が制限される。これに対して、Edelmann(1981)が提唱した、2 台の逆位相バイブレーターを用いて S 波震源とする手法を検証した。この結果、地下 2000m 程度でも良好な S 波が観測され、この方式が地下数千メートルまで S 波を透過させる震源であることを立証した。さらに、P 波と S 波の初動のピックから P 波速度と S 波速度の比 (V_p/V_s) を求め、これと坑井で得られていた岩相を対比したところ、 $V_p/V_s=1.8$ が砂岩と泥岩の境界と割合良く一致しており、 V_p/V_s が岩相推定のパラメーターとなり得る可能性があることを示した。

これら一連の研究を通じ、本論文は、反射波を解析対象とする地震探査の技術的發展に多大な貢献をしたと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。