

氏 名	イ 李 ジョン 鍾 ハ 河
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2414 号
学位授与の日付	平 成 16 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学位論文題目	Study on Shallow Subsurface Imaging using Refraction Waves (屈折波を用いた地下浅部の可視化に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 芦 田 讓 教 授 松 岡 俊 文 教 授 朝 倉 俊 弘

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では屈折法地震探査データを用いて2次元および3次元の地下浅層部を可視化するフレネルボリュームトモグラフィ手法を開発し、数値計算および実際の探査データ解析を行い、その精度や実用性を検討した。また、異なる媒質の境界である屈折面を効果的に可視化するために、2次元解析法を応用して初動走時を外挿することによる疑似3次元屈折法を開発し、屈折面が激しく変化する数値モデルの可視化に成功し、さらに、その手法を用いて3次元現場探査データの解析を行い、従来のトモグラフィ技術では区別し難い屈折面を効果的に可視化することに成功した。

本論文は6つの章から構成されており、その概要を以下に示す。

第1章では、屈折法地震探査の根拠になる波動の挙動、および波線原理について検討した。そして従来の走時曲線を用いた屈折法解析法を検討した結果、すべての手法がすべてタイムタームを求めるものであると一般化することができた。また、比較的近来の手法であるトモグラフィ解析の原理を検討するとともに、精度の高い地下浅部の可視化の必要性について説明している。

第2章では、走時トモグラフィの逆解析プログラムの中で、結果の精度や計算時間に最も影響を及ぼす走時計算アルゴリズムについて検討した。様々な走時計算アルゴリズムの中で比較的計算の早い方法である Vidale 法, FMM, GMM の3つのアルゴリズムを検討し、各アルゴリズムを用いて2次元および3次元数値モデルに対し、計算を行った。また、それぞれの結果を分析し、FMM, GMM が計算時間は早いが震源周りの誤差が大きい点に着目し、震源周りの格子を Vidale 法で初期化するハイブリッド走時計算アルゴリズムを提案することにより、計算速度を維持したまま誤差を減らすことが可能になった。そして、莫大な格子を持つ SEG/EAGE SALT モデルで数値計算を行い、その有効性を確認した。

第3章では、フレネル走時トモグラフィを用いて主に2次元数値モデルや現場データ解析への適用性を検討した。弾性波探査の中で地下浅部の探査に最もよく用いられている調査手法である屈折法を用いて、複雑な地形を持つ地表屈折法データ、盛土の内部の屈折法データ、およびまだ屈折法の適用が普遍化されていない孔内速度検層データ等の数値モデルを用いて、その解像度を検討し、様々な現場への適用性と有効性を確認した。

第4章では、第2章で検討した効率の高い走時計算アルゴリズムを用いた3次元屈折法走時トモグラフィを用いて、3次元現場データの解析を試みた。2次元屈折法では解析できない3次元数値モデルを解析し、このアルゴリズムが高い分解能を有することを確認した。また、高速の走時計算アルゴリズムのため、従来の手法より少ない時間で3次元屈折法走時トモグラフィ解析が可能になった。また、その手法を3次元屈折法現場データに適用し、3次元速度構造をよく再現できることを確認した。

第5章では、屈折法走時トモグラフィ解析は異常体の位置の把握には優れているが、その深度を把握することは困難であることから、走時データを地表面で外挿することによって得られた様々な方向の相互走時を解析する新たな疑似3次元屈折法を提案した。そして、疑似3次元屈折法を用いて屈折面が激しく変化する3次元モデルを解析し、屈折面の深度や速度を

高い精度で再現して、より直接的に3次元屈折面を把握できることを確認した。また、従来のタイムターム解析法やトモグラフィ解析法の解析結果と比較し、疑似3次元屈折法の適用性と有効性を確認した。

第6章では、結論として本研究を総括するとともに、各章における結果を取りまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、物理探査技術の中で浅部地下調査に最もよく用いられている屈折法地震探査に対し、近年のトモグラフィ手法および従来の屈折法地震探査の3次元的なイメージングについて考察したものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

(1)3次元トモグラフィ解析において、走時計算アルゴリズム（アイコナルソルバー）は最も重要な部分であり、全体的な解析に要する時間および解析結果の精度に大きな影響を及ぼす。波線追跡の不要な Fresnel volume トモグラフィにおいて必須の走時計算のための種々のアイコナルソルバーを検討し、最も効率が良いものの統合によるハイブリットソルバーを提案した。それによって非常に効率の高い3次元解析を行うことが可能になった。

(2)トモグラフィ解析による結果は、音響インピーダンスが急激に変わる基盤岩の境界面を見分ける能力がやや低いことから、従来の屈折法の解析技術の一つである Generalized Reciprocal Method (GRM) を3次元データに適用し高精度化を行った。その適用において、地球統計学分野で開発されたクリギング法による走時データの外挿を行うことにより、屈折面を3次元的に高精度で可視化することが可能になった。

(3)開発したイメージング技術をシミュレーションモデルからの合成記録に適用して、その有効性を確認した。そして、その手法を屈折法現場データに適用して構造解析を行い、他の手法による解析結果と整合した結果がより高速で得られることを確認した。

(4)トモグラフィ技術を応用し、地上2次元屈折法地震探査データや受振子を増やした孔内音波検層データに適用し、モデル解析による妥当性の検討を行い、本手法がそれらの分野に対し十分に実用的に適用できることを示した。

以上、本論文は地下浅部の高精度探査が要求されている現状において、土木・建設分野で最もよく用いられている屈折法地震探査の3次元地下映像化の実用化を図り、地下浅部の高精度探査の効率化および高分解能化を行ったものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年7月30日、論文内容とそれに関連した事項について試問した結果、合格と認めた。