

氏 名 BAGUS ENDAR BACHTIAR NURHANDOKO
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学 位 記 番 号 工 博 第 1925 号
 学位授与の日付 平成 12 年 3 月 23 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 Fresnel zone seismic tomography
 (フレネル・ゾーン地震波トモグラフィ)

論文調査委員 (主 査) 教 授 芦 田 讓 教 授 花 崎 紘 一 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は地下の地震波速度分布を数値逆解析によって詳細に可視化する技術である地震波トモグラフィに関する研究であり、新たにフレネル・ゾーンの概念を導入して高速かつ高精度な解析手法を開発した研究結果を取りまとめたもので、7章および付録からなっている。

第1章は序論であり、まず、これまでの研究動向および現況をレビューした上で、現地震波トモグラフィにおける中心的手法である波線近似に基づく手法が抱える問題点を明らかにしている。次に、本研究の目的について述べ、フレネル・ゾーンの概念を導入する必要性を明らかにするとともに、本論文の構成について述べている。

第2章では地震波トモグラフィの基礎理論について詳述している。従来の研究成果を踏まえながら、地震波トモグラフィの中核となる波線経路追跡と初動走時計算、および、逆解析の二つの技術のそれぞれに関する計算方法について述べるとともに、長所、短所について考察している。また、次章以降で走時計算に使用するアイコンアル方程式の差分解法による高速な走時計算手法について詳述している。

第3章は従来の波線近似に基づく地震波トモグラフィの精度を向上させる手段として、波線経路および初動走時計算の高精度化について検討を行っている。その目的を達成するために、波動のもつフレネル・ゾーンに着目し、フレネル・ゾーンの内部のみを細分することにより、計算時間を著しく増大させることなく計算精度を向上させる手法を提案している。計算機シミュレーションによって作成したデータに対して本手法を用いた解析を適用した結果、解析精度が向上したことを示している。

第4章では、従来の波線近似に代わり新しくフレネル波動経路トモグラフィを提案している。まず始めに、波動論に基づき有限周波数の波動におけるフレネル波動経路を定義し、それを用いた逆解析を定式化している。次に、波動の相反性を利用することにより、フレネル波動経路を高速に算出することができることを示している。本手法を用いた解析により、特にデータ密度が粗である場合にも高精度な解析結果が得られることを計算機シミュレーションによって示している。さらに、単一周波数を用いた解析のみならず、第1フレネル・ゾーンのみを用いたさらに高速な解析法、および、波線を用いた手法とのハイブリッド解析法を提案している。

第5章は広帯域フレネル波動経路トモグラフィについて検討した結果について述べ、本手法が有効であることを示している。単一周波数を用いたフレネル波動経路トモグラフィをさらに発展させ、逆解析の反復修正プロセスにおいて解析周波数を逐次上昇させる手法を提案している。本手法により解析の初期においては安定で初期モデル非依存性を確保し、解析が進むにつれて高分解能な結果が得られるとしている。計算機シミュレーションによる検討の結果、良好な解析結果を得ている。

第6章では、陸上の地震波屈折法探査データのトモグラフィ解析に広帯域フレネル波動経路トモグラフィを適用した結果について述べている。従来の波線に基づくトモグラフィ解析では解析が困難なケースとして、均一な速度モデルを初期モデルとして使用しても解析が収束すること、通常の屈折法調査においては一般的な震源・受振点配置が密でない場合にも良好

な解析結果が得られることを示している。さらに、インドネシア国イリヤンジャヤ地域における地震波屈折法の現地調査データに対して本解析手法を適用し、当該地域の地下構造を明らかにしている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。

付録として、本論文で使用したフレネル波動経路と、波動論にしたがって波動方程式のリトフ近似から導かれる波動経路の性質について理論的に検討し、フレネル波動経路の理論的土台を与えている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、フレネル・ゾーンの概念を用いて弾性波の波線を拡張し、地震波トモグラフィにおける周波数の影響を考慮するとともに、逆解析計算における安定性および計算速度の向上、初期値依存性の軽減を図る手法を新たに提案したものである。本研究で得られた研究成果は以下のとおりである。

1. 従来の波線理論に基づくトモグラフィ解析においてレイトレーシングによって走時計算を行う場合に、フレネル・ゾーン内を微小要素に再分割することにより計算精度を向上させる方法を開発した。計算領域が波線近傍に制限されるため、計算時間が著しく短縮されることを明らかにした。

2. 有限周波数の波動のフレネル・ゾーンを理論的に導出し、その特徴について考察するとともに、トモグラフィ逆解析を定式化した。フレネル・ゾーンの採用により波線が有限幅の広がりをもつため解析が安定し、初期値依存性が弱められること、また、波線経路よりも高速で計算できることを明らかにした。さらに、第1フレネル・ゾーンのみを用いた解析法および波線法とのハイブリッド法、複数の周波数を使用する方法を提案した。

3. フレネル・ゾーンを用いたトモグラフィ解析において、反復計算を進めるにしたがって解析周波数を低周波数から高周波数へと漸次変化させる高帯域解析手法を提案し、少ない計算時間で精度の向上を可能にした。

4. 本手法を屈折法現場データのトモグラフィ解析に適用し、初期モデルとして均質な速度モデルを与えた場合、従来の波線トモグラフィでは解析が破綻するが、そのような場合においても精度の良い解析結果が得られることを明らかにした。

以上、要するに本論文は弾性波トモグラフィ解析において、フレネル・ゾーンを定義し、相反原理によるその導出方法、逆解析手法を定式化し、多くの周波数を用いた逆解析を行うことにより、解の安定性を確保するとともに分解能を高める手法を構築したものである。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12年1月31日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。