

氏 名	ね ぎし ひろ あき 根 岸 弘 明
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2121 号
学位授与の日付	平成 11 年 7 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	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	A Whole Mantle Attenuation Tomography based on the ISC Amplitude Data Analysis (ISC の振幅データ解析による全マントル減衰トモグラフィー)

論文調査委員 (主査) 教授 安藤雅孝 教授 竹本修三 教授 尾池和夫

論 文 内 容 の 要 旨

地球内部の上部・下部マントルがどのような不均質構造をしているかを知ることは、地球惑星科学の中で最も重要な研究テーマの 1 つである。現在のところ、地震学的データから推定される構造が最も詳細かつ分析が高い。地球内部の構造を表現する地震学的パラメータには、大きくわけて地震波速度と地震波減衰の 2 つの情報がある。地震波速度の不均質構造は、地震波の到達時間のデータを基に求められる。いわゆる走時トモグラフィー手法による解析で多数の研究が行われてきた。その中にはマントル全体を対象とした研究もいくつかなされている。一方、非弾性的な性質を表す不均質構造は地震波の振幅のデータを基に求められる。そのほとんどは表面波による上部マントルの大規模不均質の研究であり、全マントル地震波速度構造と比較検討できる全マントル減衰構造はまだ存在しない。減衰構造が温度・熔融状態などに対し、地震波速度よりも敏感であることを考慮すると、マントル内の地震波減衰構造 (Q 構造) を解明することは、マントル対流などの地球ダイナミクスの研究に重要な問題と考えられる。申請者は、全世界で過去 12 年間以上にわたって観測された短周期の P 波初動振幅データを用い、全マントルの詳細な P 波減衰構造を求めた。

第 1 部では、3 次元構造解析への前段階として、振幅に対する観測点補正値を定義し、その地理的分布や方位依存性など、振幅データの持つ性質の基礎的調査を行った。使用したデータは、International Seismological Center (ISC) により報告されている P 波初動部振幅である。用いた地震は 1984 年から 1995 年にかけて発生したマグニチュード 7 以下の 3,445 個で、718 観測点のデータを使用した。データは、震央距離が 28-89 度、初動部周期が 0.5-3.0 秒である。ここでは diffraction による影響を防ぐため波線の最深点が D" 層に達しないように震央距離を選んでいる。などの条件で選び出している。震源要素は Engdahl et al. (1998) によって再決定されたものを使用、速度構造は 1 次元標準モデルである AK 135 (Kennett et al., 1995) を使用した。震源のラディエーションパターンについては、全データについて NEIC, Harcard のメカニズム解により補正した。これらの振幅データを定量的に処理するため、定時解析での相対走時残差に相当する量として「相対対数振幅」を定義し、そこからさらに、「振幅の観測点補正値」という量を定義した。一般に短周期の地震波の振幅は観測点近傍の影響を強く受けるため、観測点間でのばらつきが大きく、深部構造の解析には使い難いと考えられてきた。しかし、ここで定義した観測点補正を用いることにより、その影響をかなり除去することが出来ることがわかった。観測点補正値の分布からは大陸地殻で振幅が大きく環太平洋の活動領域で小さいという大局的な分布が見られた。相対対数振幅の方位依存性の調査も行い、方位非依存性が平均相対対数振幅とほぼ同じ分布を示すことや、2 次の項の分布が西太平洋 (東西)、アメリカ (南北)、ヨーロッパ周辺域 (混在) と系統的な地域差があることがわかった。また、走時についても方位依存性の調査を行い、2 次の項の方位が S 波偏角異方性の方位と調和的な分布を示すことがわかった。なお、この観測点補正値は全観測点平均からの相対値であるため、全体のオフセットは次の一次元構造と震源振幅の同時インバージョンの際に震源振幅全体のオフセットに含まれることになる。

第2部では、第1部で求められた観測点補正値を用い、同じデータセットにより全マントルの3次元P波減衰構造を求めた。一般的な3次元構造解析では、構造を3次的に分布するブロックの集合で表現する、いわゆるブロックモデリングにより行われるが、申請者は構造を離散化されたグリッド上のパラメータで表現し、間をなめらかに結ぶというグリッドモデリングを使用した。実際の計算は、まず震源メカニズム、幾何減衰および平均相対数振幅で振幅データを補正し、まず1次元P波減衰構造と震源振幅の同時インバージョンを行い、その1次元構造から水平不均質（パターベーション）の3次元分布を求めた。という2段階にわけて行った。減衰構造を求めるインバージョン方程式は線型であるため原理的には直接3次元構造を解くことが出来るのだが、数値計算的な不安定さを取り除くために分割して計算を実行した。第1段階では深さ12-2730 kmまでを16層に分けて、震源振幅と1次元 Q_p 構造を非負拘束条件付きインバージョンにより求めた。今回も求められた1次元構造は、上部マントルで減衰が大きく下部マントルで小さい値が得られ、従来の自由振動に基づくモデルと調和的である。ただし、震源振幅に関しては観測点補正値のずれなどのさまざまな要因が含まれているので定量的な議論は行っていない。次に3次元構造構造、つまり1次元構造からのパターベーションを求めた。減衰パラメータ(t^*)を求める際にはObayashi et al. (1997)による3次元速度構造を考慮して計算を行った。構造を表現するグリッドは、水平方向が10度間隔、深さ方向には16層分布させてある。なお、波線追跡は二次元速度構造(Ak 135)で行った。振幅データを報告している観測点数は全観測点の10分の1と少ないため、データ量が少ないため、その解像度は速度構造に比べると低いものとなっている。しかしながら解析結果では、南太平洋のホットスポットに関係する下部・上部マントルを貫く高減衰域や、ユーラシア大陸東部下の下部マントルに広く広がる低減衰域が見いだされた。これらの不均質構造は大局的にはさまざまな地震波速度トモグラフィーの結果と調和的である。ただし、本研究下部マントルまで含めた全マントルの地震波減衰構造モデルは、地球内部のダイナミクスの研究に新たな情報をあたえるものである。

論文審査の結果の要旨

申請論文は、これまで構造解析にほとんど使われてこなかった短周期P波の振幅データを使い、全マントルの地震波減衰構造を求めた研究である。主論文は大きくわけて2つの部分から構成されている。第1部では多数の遠地P波の振幅データに対する観測点補正値を定義し、その定式化を行っている。第2部ではその観測点補正値を適用することにより、深さ約2500 km付近までのマントル全体の3次元P波減衰構造を求めている。これら一連の研究の為に、申請者は膨大な観測値データベースの中から解析に使用する地震のデータを注意深く選び出した。その結果3500個の近くもある全ての地震に対して、震源位置やメカニズム解の情報を調べ上げるという作業を行っている。

第1部では振幅に関する観測点補正値を定義し、その特徴や方位依存性などについて議論している。大量の遠地走時データについては相対走時残差やそれによる観測点補正などが求められ、様々な構造解析に使われてきた。一方、振幅に関してはその基本的な統計的性質も調べられていなかった。そこで申請者は、定時での相対走時残差に相当する「相対対数振幅」という量を定義した。短周期地震波の振幅は非常に多くのノイズの影響が複雑に絡み合うことで各観測点固有の情報を取り出すことが難しいとされていた。しかし本研究の結果、相対対数振幅は相対走時残差と同じように各観測点毎に正規分布を示すことが明らかになり、そこから各観測点での平均的な相対増幅率、つまり振幅の観測点補正値を求められることがわかった。このことにより短周期実体波の振幅も走時と同様に扱うことができるため、地震データの解析に新しい方向を与えたものと言える。第2部では同じデータに対しトモグラフィー手法を適用することにより、地殻から下部マントル（マントル最下部のD'層付近を除く）までを対象とした全地球規模の3次元P波減衰構造を求めている。申請者はグリッドモデルにより減衰トモグラフィーの定式化を行い、先に求めた振幅の観測点補正を施したデータセットを用いて3次元P波減衰構造、震源振幅の同時インバージョンを行った。

その結果、全マントルに対し、水平方向が10度間隔、深さ方向に16層というこれまでにない詳細なスケールの3次元構造を求めることが出来た。解析結果では、南太平洋のホットスポットに関係する下部・上部マントルを貫く高減衰域や、ユーラシア大陸東部下の下部マントルに広く広がる低減衰域が見いだされた。これらの不均質構造は大局的には過去のさまざまな地震波速度トモグラフィーの結果と調和的であり、その結果の信頼性を与えるものと考えられる。これまでいくつか行われてきた全マントル減衰構造解析は、そのほとんどが表面波を用いたS波減衰構造で、水平方向は40~60度間隔、深さ方向も上部マントルのみ3層といったスケールであり、今回申請者が行った解析は、P波の減衰構造を、詳細なスケール

で下部マントルまで含めたトモグラフィ解析という点で新しい研究であると考えられる。申請者はこれまでに地球内部構造研究に用いられなかった短周期のP波の振幅を解析に使用した点も新しい点と考えられよう。

本論文は、膨大な量ではあったが、従来は信頼性の点からあまり省みられなかったデータを用いて、全マントルの詳細な3次元P波減衰構造の解明を試みた点が評価できる。本論分は、着想が特に優れており、新たな地球物理学的知見を与えることができた。したがって博士(理学)の学位論文として価値があるものと認め、論文内容に関する口頭試問を行った結果、合格と判断した。