

氏 名	山崎 朗
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第1981号
学位授与の日付	平成10年5月25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	Seismological investigation of upper mantle discontinuities beneath subduction zones

(沈み込み帯における上部マントル不連続層の地震学的研究)

(主査)

論文調査委員 教授 安藤雅孝 教授 尾池和夫 教授 中西一郎

論文内容の要旨

深さ410km, 660km付近に地震波伝播速度が急激に増加する不連続層が存在することは広く知られており, 上部マントル不連続層と呼ばれている。不連続層に関して, 地震学的には速度増加量, 速度遷移幅, 深さの3つの量を知ることができる。速度増加量と速度遷移幅は主にマントルの化学組成と深い関係がある。また, 不連続層の深さは温度に大きく左右される。特に, 沈み込み帯での上部マントル不連続層の詳細な構造を解明することは沈み込むスラブおよびマントルのダイナミクス, マントルの化学組成を理解するために不可欠である。申請者は沈み込み帯における上部マントル不連続層の地震学的構造とマントルを構成する鉱物との関係を2つの観点から調べた。

第1部では, J-Array (日本の大学, 省庁の微小地震観測網を統合した短周期・大規模地震観測網) で収録されたデータを用いて北部日本の沈み込み帯における上部マントルの1次元P波速度構造の推定を行った。モデルの推定にはKuril-Kamchatka地域で発生した33個の地震について後続波274個を含む1817個の読み取り走時および260本の波形データを用いた。観測点近傍の地殻・最上部マントルの不均質構造の影響を取り除くために経験的観測点補正を行った。解析に用いた地震とほぼ同じ到来方向を持つAleutian-Alaska地域の地震の初動走時読み取り値から各観測点での相対的な走時残差を求め, それを経験的な補正值として用いた。モデルの推定はIterative wavefield continuationおよび理論走時と読み取り走時の比較によって行った。上部マントル不連続層に起因する後続波についてはreflectivity法で合成波形を計算し, 観測波形と比較することによって不連続層の構造の詳細な議論を行った。その結果, 410km不連続層は同じ地域で過去に提唱された速度モデルに比べて420kmと深く, 0.70km/s (約8%) と非常に大きい速度増加量を持つこと, また速度変化は10km未満という狭い深さ幅で起こっていることが解明された。この速度増加量はマントルの約60%がオリビンだとするパイロライト組成モデルと調和的である。660km不連続層の深さ(660km), 速度増加量(0.57km/s)は他のモデルのものと近い。また, 今回用いたデータからは上部マントル低速度層に対応する走時のギャップは観測されなかった。最上部マントルのP波速度は日本列島と北西太平洋の中間的な値を示す。しかし, 震央距離が15°より近いところでは波は理論値よりも太平洋側に偏った方向から来ており, 約200kmよりも浅い構造については沈み込む太平洋プレートなどの影響により1次元モデルによる解釈は必ずしも妥当でないことが示唆された。

第2部では, J-Arrayおよび阿武山地震観測所の微小地震観測網で収録されたTonga-Fiji地域の深発地震の波形データを用いて, 震源近傍の410km, 660km不連続層に起因する反射波・S-P変換波の検出を行った。一般に観測波形は観測点近傍の地殻で生じる多重反射波, 散乱波で乱されており, 地球深部の不連続層等に起因する微弱な後続波を検出する上で妨げとなる。各観測点下の地殻・最上部マントル構造が観測波形に及ぼす影響を経験的に評価・補正するために走時・振幅の観測点異常の概念を波形に拡張したものとして“Empirical Receiver Response (ERR)”を定義した。ERRは観測波形を平均波形でdeconvolveしたものとして定義される。震源時間関数, マントルでの幾何減衰および非弾性減衰はアレー全体で共通と

見なせ、deconvolutionによって相殺されるため、ERRは近似的に各観測点に固有の観測点近傍の構造および観測機器の相対的なレスポンスを表していると考えられる。地球深部の不連続層等に起因する後続波の影響を取り除くために震央距離および深さの異なる複数の地震の波形データを用い、simultaneous deconvolutionによってERRの推定を行う。合成波形およびJ-Array、阿武山地震観測所の観測網で収録された短周期波形データに本研究で開発した手法を適用した。短周期波形データでも到来方向、入射角がほぼ等しい複数の地震に対してERRはほぼ調和的に推定され、この手法によって各観測点近傍の構造の影響を効果的に抽出できることが分かった。また経験的観測点補正を行うことで各観測点近傍の地殻で生じる多重反射波、散乱波を効率的に除去することができ、それによって地球深部の不連続層等に起因する微弱な後続波の検出をより容易に、確実に行えるようになったことを示した。また経験的補正を行うことで各観測点でのP波の相対的な波形の違いも取り除くことができる。上部マントル不連続層に起因する後続波の検出はslant-stacking, semblanceによって行った。短周期データで410km, 660km不連続層に起因する反射波、S-P変換波が検出されることから2つの不連続層はシャープなものであると考えられる。不連続層の速度遷移幅を変化させた速度モデルで合成波形を計算して比較を行った結果、反射波および変換波が検出されるためには不連続層の実効的な速度遷移幅は5km以下でなければならないことが分かった。スピネルの相転移が410km不連続層の有力な成因として考えられているが、熱化学的計算もしくは実験では二相の共存域の深さ幅は6~19kmと推定されており今回の結果とは合わない。しかし、実効的に相転移が起こる圧力幅は二相の共存域の圧力幅とは必ずしも一致しないことを考慮すれば今回の結果は410km不連続層がオリビンの相転移によるものとする立場と必ずしも矛盾するものではない。660km不連続層の速度遷移幅についてはポストスピネル転移から予想される値と調和的である。検出された後続波のP波に対する相対走時から沈み込むスラブの近傍で410km不連続層は60km程度上昇、660km不連続層は40km程度低下していることが分かった。この深さ変化はオリビンの相転移から予測されるものと調和的である。上部マントルと下部マントルで化学組成が異なるとすると温度の変化に伴って600km不連続層の深さには100~300km程度の深さ変化が予想されることから、660km不連続層は化学組成の変化を伴うものではないと考えられる。

論文審査の結果の要旨

申請論文は、沈み込み帯における上部マントル不連続層の地震学的構造とマントルを構成する鉱物の相転移との関係についての研究成果であり、主論文は二つの部分から構成されている。

第1部は北部日本弧における上部マントルのP波速度構造を屈折法的手法を用いて推定している。第2部ではトンガ・フィジー地域の深発地震のデータの解析を行い、震源近傍の410km, 660km不連続層に起因する反射波、S-P変換波の検出を行なっている。申請者はJ-Array、阿武山地震観測所の観測網で得られた大量の波形データを注意深く解析し、信頼のおける結果を得ている。第1部ではKuril-Kamchatka地域の地震のデータを用いて北部日本弧における上部マントルのP波速度構造の推定を行なっている。この地域では過去にもP波速度構造の研究が行なわれているが、本論文では大規模アレーデータを用いることで上部マントル不連続層に起因する後続波の同定をより確実に行なっており、走時の比較・波形データの下方接続・合成波形と観測波形の比較と多面的に解析を行なうことで信頼性の高い速度モデルを得ている。また、観測点近傍の地殻構造に起因する走時のばらつきを遠地地震から得られた観測点異常を用いて経験的に補正するなど解析は非常に注意深く行なわれている。その結果、410km不連続層における速度増加量は約8%と非常に大きく、また速度遷移幅は10km以下であるという興味深い結果が得られた。申請者は沈み込み帯では他の地域に比べて410km不連続層の速度増加量は大きい傾向にあることを指摘しているが、マントルの化学組成およびその地域性に関して重要な問題提起であると言える。

第2部ではJ-Arrayおよび阿武山地震観測所の観測網で収録されたTonga-Fiji洪地域の深発地震の波形データを用いて震源近傍の410km, 660km不連続層に起因する反射波・変換波の検出を行なっている。一般に観測波形は観測点近傍の地殻に起因する多重反射波・散乱波によって乱され、地球深部の不連続層に起因する微弱な後続波の検出・同定は困難である。申請者は観測波形から経験的に観測点近傍の構造が波形に及ぼす影響を経験的に推定、補正を行なう方法を開発した。走時・振幅の観測点異常の考え方を波形に拡張し、波形のいわば平均からのずれを観測点近傍の構造の影響とみなすという単純な方法であるが実際に観測波形にこの方法を適用することで観測点固有のP波波形の相対的な違い、P-Coda波がきれいに取り除かれ、微弱な後続波をより容易に、かつ確実に検出できるようになることを示した。このように遠地地震の波形に対して観

測点補正を行なうというのはこれまでに例がなく、本論文の高く評価できる点である。また、申請者は合成波形を用いて手法の妥当性を慎重に検討していることも見逃せない。反射波・変換波の検出では検出された後続波の信頼性をSembranceなどを用いて統計的によく検討している。短周期波形データでこういった後続波が観測されることから410km、660km不連続層は共にシャープであることが予想されるが、申請者は実際に速度遷移幅を変化させたモデルで合成波形を計算し、観測結果と比較した上で、不連続層の実効的な速度遷移幅は5km以下という定量的な結果を得た。また、反射・変換点のマッピングを行ない、沈み込むスラブの近傍では410km不連続層は60km程度上昇、660km不連続層は40km程度降下しているという興味深い結果を得ている。これらの結果は不連続層がオリビンの相転移によるモデルと調和的である。特にこの地域での410km不連続層に関してスラブ近傍での変換波を確実にかつ大量に検出した例はこれまでになく、新たな知見として評価出来る。

よって、本論文は、博士（理学）の学位論文として価値があるものと認めた。そして、平成10年3月3日に論文内容に関する口頭試問を行った結果、合格と認めた。