

平成21年5月8日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18540422

研究課題名（和文） 沈み込み帯の地震波異方性に関する研究

研究課題名（英文） Anisotropic structure of seismic waves in subduction zone

研究代表者

小田 仁（ODA HITOSHI）

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50127552

研究成果の概要：P波到着時刻データの逆解析やPs変換波のスプリッティング解析により、日本列島の地殻・上部マントルの地震波異方性構造を推定した。その結果、日本列島の下に沈み込んでいる海洋性プレートの運動と上部マントルの地震波異方性の間、プレートの沈み込みが日本列島に及ぼしている広域応力場と地殻の異方性の上に密接な関係があることが判明した。沈み込み帯の異方性構造はプレートの沈み込みに支配されていると考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	300,000	90,000	390,000
2008年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	1,700,000	210,000	1,910,000

研究分野：地震学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：地震現象，内部構造，テクトニクス，内部変動・物性

1. 研究開始当初の背景

日本列島下の地殻や上部マントルの三次元地震波速度構造の研究は1970年代から行われており、それによって日本列島弧に海洋性プレートが沈み込んでいる様子が視覚化され、プレートの分布状況や地殻・上部マントル及びプレート内の速度不均質な分布が把握できる

ようになった。このような研究では、地殻やマントルの弾性的性質が等方的であるとしており、従って、等方性地震波速度を仮定している。一方で、P波速度の方位依存性、S波の偏向異常、表面波の分散曲線の異常、地球自由振動のスペクトルの異常分裂などから、地球内部の弾性的性質は異方的であることも

指摘されている。また、この地震波異方性は上部マントルではプレート運動やマントル対流に支配され、地殻では広域応力場に支配されることが、鉱物や岩石の変形実験で示されている。このことは、地震波異方性はマントルダイナミクスやテクトニクスを議論する上で重要な物理量であることを意味する。そこで、日本列島下の地震波異方性と海洋性プレートの沈み込み及び地殻に働く広域応力場の関係を見るために、沈み込み帯の異方性速度構造を調べる研究を計画した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、日本列島下の地震波異方性構造と海洋性プレートの沈み込みおよび地殻に働く広域応力場の関係を調べることである。地殻や上部マントルで六方対称の地震波異方性を仮定し、P波走時の逆解析によって、六方対称軸の向きと異方性の大きさの三次元分布を推定する。六方対称軸は、プレート運動やマントル対流の方向、最大主圧力軸方向に揃う傾向があるので、対称軸の分布を調べることにより、地震波異方性とマントルダイナミクスやテクトニクスの関係を調べることが出来る。また、大陸性地殻と海洋性地殻の異方性を、海洋モホや大陸モホで発生するPs変換波の解析によって調べる。特に、海洋性地殻内部の異方性と大陸地殻の異方性が、プレート運動や広域応力場とどのような関係にあるかを調べる。

3. 研究の方法

沈み込み帯の地震波異方性を推定するために、二つの方法を開発した。第1の方法は、P波走時データの逆解析によって異方性地震波速度構造を推定する方法である。この方法は、Hirahara and Ishikawa (1984)が最初に試みた方法であるが、彼らの研究以降、この方法を用いた異方性速度構造の研究は全く行われ

ていない。そこで、彼らの方法を改良し、P波走時データから等方性速度構造と異方性速度構造の三次元分布の推定するための逆解析法を開発した。具体的には、地震波異方性は六方対称とし、対象領域に格子構造を置いて、各格子点で六方対称軸の向きと異方性の大きさ、等方性速度構造の変化量を、走時残差の逆解析によって推定する。等方性速度構造と異方性速度構造を与えて人工走時データを作成し、このデータの逆解析によって、与えた速度構造が得られることを確かめ、逆解析法の妥当性を確認した。そして、実際に観測されたP波走時データの逆解析を行うことにより、地殻・上部マントルの等方性・異方性速度構造のトモグラフィーを作成した。

第2の方法は、大陸地殻内部の異方性と海洋プレート上部の海洋地殻の異方性を、モホ面で発生したPs変換波のスプリッティング解析によって調べる方法である。一般に、Ps変換波を記録紙上では同定することが困難であるが、P波レシーバ関数波形では容易であることが知られている。このレシーバ関数波形に現れるPs変換波にスプリッティング解析を行って異方性を推定することが出来ると考えた。そこで、異方性速度構造に対する地震波の合成波形を用いてレシーバ関数解析をおこない、Ps変換波のスプリッティング解析で異方性が正しく求められることを証明した。そして、実際に観測されたP波レシーバ関数にこの方法を応用し、地殻内部の異方性構造を推定した。

4. 研究成果

日本列島をいくつかの領域に分割し、それぞれの領域でP波走時データの逆解析により、等方性・異方性速度構造のトモグラフィーを作成した。異方性のトモグラフィーは、六方対称軸の向きと異方性の大きさの三次元分布である。その結果、日本列島全域における殻

内部の対称軸の向きは広域応力場による東西圧縮軸の向きと概ね調和する結果が得られた。この結果は、地殻地震を用いたS波スプリッティング解析の結果と調和する。また、静岡一糸魚川構造線に沿う領域については、対称軸の向きが構造線とほぼ平行になる傾向があることを指摘した。地殻内部の対称軸の向きが構造線と平行になる傾向は、中央構造線近傍においても見られた。

マンタルの異方性については次の三点を指摘した。(1)マンタル領域の異方性の方向(P波が速い方向)は、スラブの沈み込み方向や大陸プレートの絶対運動の方向とほぼ一致しており、地域性は弱い。これは、現在のマンタルの流れ場によって生じたマンタル鉱物の格子選択配向によって説明される。(2)太平洋スラブやフィリピン海スラブの年代の古い領域の異方性の方向は、プレート(海洋底)の拡大方向とほぼ平行に配向している。従って、年代の古いスラブは、沈み込んだ後もプレートが形成された際に獲得した異方性を保持し続けていると考えられる。(3)フィリピン海プレートの最も年代の浅い領域(四国下)では、プレート形成当時の異方性は見られず、周辺で発生する地震の地震メカニズムのP軸の方向と平行な方位異方性が分布する。これは、若いスラブの異方性は現在の応力場に支配されていることを示唆している。

一方、Ps変換波を用いた異方性の推定は、西南日本の近畿、中国、四国、九州地方の大陸性地殻およびフィリピン海プレート上部に存在する海洋性地殻について行われた。中国地方の大陸地殻では、六方対称軸は南北方向から北東一南西方向に向き、東西圧縮の広域応力場と必ずしも一致しないことが分かった。これは、過去に受けた広域応力場のために生じた地殻内部の線構造が大きく影響

しているためであると解釈された。四国や九州地方では、対称軸は東西方向を向き、概ね、広域応力場と調和的であることが分かった。さらに、下部地殻の異方性は、S波スプリッティング解析で推定された異方性と必ずしも一致しないことが分かった。このことは、上部地殻と下部地殻では異方性の形成メカニズムが異なる可能性があることを示唆している。一方、海洋地殻内部の対称軸は、フィリピン海プレートの傾いている方向に一致することから、海洋地殻の異方性はプレート運動と密接に関係することが示唆された。さらに、海洋モホで発生するPs変換波は日本海沿岸では観測されないことから、中国・四国地方に沈み込むフィリピン海プレートの北限は、日本海沿岸まで達していない可能性があることを示唆した。本研究では、P波走時の逆解析とPs変換波のスプリッティング解析で異方性速度構造を推定する方法を開発し、二つの方法で得られた異方性速度構造は概ね一致することを示した。本研究で得られた異方性速度構造は日本列島の沈み込み帯の特徴を反映したものと考えられる。

これまで、地震波異方性という観点から、沈み込み帯の速度構造の解明に挑戦した研究は国内外で非常に少ない。本研究は、海洋性プレートの沈み込みが、プレート自身やその周辺の地殻・マンタルの地震波異方性にどのような影響を及ぼすかを、実際に見ることが出来たという点で高く評価できると考えられる。今後、本研究で開発した方法を、世界中の沈み込み帯で発生する地震波に適用し、沈み込み帯で共通して見られる異方性構造の特徴を見つけ出すことが重要と思われる。さらに、P波走時データの逆解析法を活用し、地球全体の異方性速度構造を推定することも重要な課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① 石瀬素子, 小田仁, 日本列島の地震波異方性速度構造, 地震, 第2輯, 「地震」60周年記念特集号, (2009). (印刷中) 査読有
- ② M. Nagaya, H. Oda, K. Akazawa, and M. Ishise, Receiver functions of seismic waves in layered anisotropic media: Application to the estimate of seismic anisotropy, Bull. Seism. Soc. Am., 98, 2990-3006, (2008). 査読有
- ③ M. Ishise and H. Oda, Subduction of the Philippine Sea slab in view of P-wave anisotropy, Phys. Earth Planet. Inter., 166, 83-96, (2008). 査読有
- ④ 石瀬素子, 瀨瀬一起, 三宅弘恵, 小田仁, 日本列島の3次元P波異方性速度構造—東北地方を中心に—, 月刊地球, 30巻, 18-25, (2008). 査読無
- ⑤ H. Oda and T. Ushio, Topography of the Moho and Conrad discontinuities in the Kyushu district, southwest Japan, J. Seism., 11, 221-233, (2007). 査読有

[学会発表] (計 9 件)

- ① 赤澤宏和, 長屋守, 小田仁, P波レシーバ関数解析によって推定された西南日本の地殻・最上部マントルの異方性, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 幕張メッセ国際会議場(千葉市)2008年5月26日.
- ② 赤澤宏和, 長屋守, 小田仁, P波レシーバ関数によって推定した西南日本の最上部マントル異方性, 日本地震学会2007年度秋季大会, 仙台国際センター(仙台市)2007年10月26日.
- ③ 長屋守, 赤澤宏和, 小田仁, Ps変換波から推定される西南日本の地殻の異方性, 日本地震学会2007年度秋季大会, 仙台国際センター(仙台市)2007年10月26日.
- ④ 赤澤宏和, 長屋守, 小田仁, P波レシーバ関数を用いた中国・四国地域の最上部マントルの異方性の推定, 地球惑星科学関連学会2007年合同学会, 幕張メッセ国際会議場(千葉市)2007年5月23日.
- ⑤ 長屋守, 赤澤宏和, 小田仁, P波レシーバ関数を用いたS波スプリッティング解析, 地球惑星科学関連学会2007年合同学会, 幕張メッセ国際会議場(千葉市)2007年5月23日.
- ⑥ M. Ishise, K. Koike, H. Miyake, and H. Oda, P-wave anisotropic tomography beneath the Japan islands: Large-scale images and details in the Kanto district, American Geophysical Union, December, 2006, San Francisco, USA.
- ⑦ 石瀬素子, 小田仁, 三宅弘恵, 瀨瀬一起, 日本列島弧中央部の三次元P波異方性速度構造, 日本地震学会2006年度秋季大会, 名古屋国際会議場(名古屋市)2006年11月2日.
- ⑧ 長屋守, 赤澤宏和, 小田仁, 成層異方性構造のP波レシーバ関数, 日本地震学会2006年度秋季大会, 名古屋国際会議場(名古屋市)2006年11月2日.
- ⑨ 石瀬素子, 長屋守, 赤澤宏和, 小田仁, レシーバ関数を用いた地震波異方性構造の解析, 地球惑星科学関連学会2006年合同学会, 幕張メッセ国際会議場(千葉市)2006年5月16日.

[図書] (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小田 仁 (ODA HITOSHI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50127552