

平成22年 5月20日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19540436
 研究課題名 (和文) 千島・日本海溝周辺における太平洋プレートの不均質構造に関する研究
 研究課題名 (英文) A study on heterogeneity in the seismic structure within the Pacific plate subducting at the Kuril and Japan Trench
 研究代表者
 日野 亮太 (HINO RYOTA)
 東北大学・大学院理学研究科・准教授
 研究者番号：00241521

研究成果の概要 (和文)：

日本海溝・千島海溝において沈み込む太平洋プレート内部の地震波速度構造を、人工地震探査および自然地震の到達時刻を用いたトモグラフィ解析により明らかにした。その結果、太平洋プレートが沈み込む際にうける下方への曲げ変形に伴う正断層の発達に起因して、海溝を中心とする領域で海洋性地殻および最上部マンツルの地震波速度が低下することが示された。ただし、海洋リソスフェア内の顕著な含水化を示す証拠は得られなかった。

研究成果の概要 (英文)：

Seismic structure in the Pacific lithosphere around the Japan and Kuril Trenches has been clarified by offshore seismic observations. The results indicate that the seismic velocity in the oceanic crust and uppermost mantle is altered by fracture development accompanied by down-bending of the lithosphere in the subduction process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

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：海底人工地震探査・海洋性地殻・スラブマンツル・地震波トモグラフィ・アウトアライズ地震

1. 研究開始当初の背景

プレート境界型地震の発生機構を理解するためには、プレート境界における海陸プレート間のカップリングの強度が何によって規定されているのかを理解することが最も重要である。プレート境界におけるカップリン

グ強度は不均質な空間分布を示し、こうした不均質性はプレート境界とその近傍における物性の不均質な変化を反映したものと予想されていた。例えば、アスペリティの位置やその拡がり、プレート境界の幾何学的な形状と良い相関をもつという報告が多くな

される一方で、非地震性すべり域においては低地震波速度の物質がプレート境界近傍あるいはプレート境界の上盤側に存在することが指摘され、こうした低速度物質が地震性すべりを妨げる特性をもつと解釈されている。しかし、プレート間固着・すべり状態を変化させるような不均質構造が何によって形成されたのかについては、多くの場合明らかとなっていなかった。たとえば、非地震性すべり領域に分布するプレート境界近傍あるいは境界上盤側の低速度異常が、なぜそこに位置するのかについてはわかっていなかった。本研究は、こうしたプレート境界域の不均質構造が、沈み込む海洋性プレートの不均質構造の影響をうけた結果形成されたものであるという仮説のもと、立案された。

2. 研究の目的

千島・日本海溝で沈み込む太平洋プレートがもつ地震学的な構造に注目し、その不均質性を、沈み込む前の海溝海側斜面域と沈み込んだ後の海溝陸側斜面下のそれぞれで明らかにすることを本研究の目的とする。具体的には、次の4項目の解明をめざした：

- (1) 海溝海側斜面における太平洋プレートがもつ不均質構造の解明
- (2) 海溝陸側斜面下における太平洋プレートがもつ不均質構造の解明
- (3) 沈み込みに伴う海洋性地殻の構造変化の解明
- (4) 海溝近傍におけるスラブマンタルの異方性構造の解明

3. 研究の方法

(1) 日本海溝の海側斜面域において人工地震探査および微小地震観測を実施し、これらのデータ解析から、沈み込む前の海洋性地殻及びマンタルのP波ならびにS波速度構造を明らかにした。

(2) 日本海溝の海溝陸側斜面において人工地震探査を新規に実施するほか、千島・日本海溝周辺でこれまでに実施された人工地震探査の結果をレビューし、この地域の海溝陸側斜面における太平洋プレートの地殻・マンタルの速度構造の地域性の評価を行う。さらに、海陸の地震観測により得られた走時データを用いたトモグラフィ解析を行うことにより、広域にわたるスラブ内の地震波速度の不均質構造の推定を行った。

(3) (1)と(2)で得られる地震波速度構造モデルを総合的に比較検討することによって、沈み込みに伴う海洋性地殻の構造変化を明らかにした。

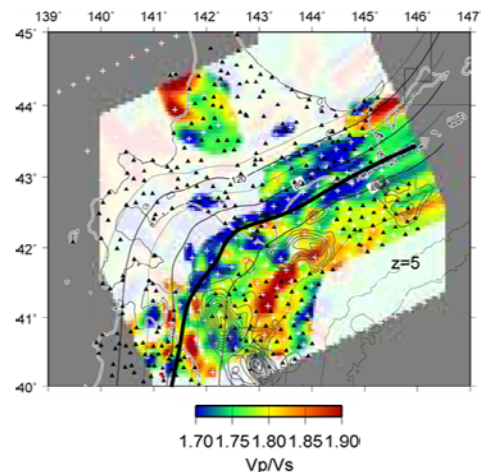
(4) 得られた速度構造モデルの地域性から、沈み込んだスラブマンタル内にP波速度の方位異方性が存在する可能性があるかについて検討をすすめた。さらに、海底地震観測データの波形データを用い、S波スプリッティングが観測されているか検討をおこなった。

(5) (1)から(4)で得られる成果の総合検討を行い、太平洋プレートがもつ地震波速度不均質構造の特徴と、その沈み込みに伴う変化を統一的に説明できるモデルの検討を進めた。

4. 研究成果

(1) 2005年にM7.0の地震が日本海溝アウターライズ域において発生したことをうけ、この地震の震源域周辺で人工地震探査ならびに海底地震観測を行った。その結果、海洋性地殻および最上部マンタルのP波速度(V_p)は、標準的な海洋性リソスフェアのモデルと比較して、有意に低下していることが認められる。また、地殻上部では顕著な V_p/V_s 比の増加が認められた。こうした構造変化は、アウターライズ域における海洋性リソスフェアの曲げ変形に起因して、リソスフェア上面で正断層型の脆性破壊が発達したためと解釈される。一方で、最上部マンタル内では顕著な V_p/V_s 比の増大は認められず、発達しつつある正断層に沿って水が供給されることによるマンタルの含水化の証拠を得ることはできなかった。

(2) 日本海溝陸側斜面において人工地震探査を実施し、沈み込みを開始した直後の海洋性地殻および最上部マンタルの V_p を高精度で推定することに成功した。一方、過去の探査結果のコンパイルを行うことにより、沈み込む海洋性地殻最上部の V_p は、深さが15 km以深の範囲では、沈み込みに伴って増加する傾向にあることがわかった。また、海陸地震観測データを用いて行った地震波トモグラフィからは、海洋性地殻内部の V_p/V_s 比の空間的な変化を明らかにすることができた(図



1). それによれば、海溝海側斜面での地震探査で得られたのと同程度の V_p/V_s 比が、深さ 60~80 km まで保たれているが、部分的に V_p/V_s 低下している領域が存在していることがわかった。

図 1. 北海道—東北日本弧北端部に沈み込む海洋性地殻内部の V_p/V_s 比分布。

(3) (1) と (2) の結果を比較することにより、沈み込みに伴う海洋性地殻・マントルが次のように変化する様子を明らかにすることができた (図 2)。海溝軸のすぐ陸側においては、沈み込む海洋性地殻ならびに最上部マントルの V_p は、アウターライズ域で推定された V_p よりも有意に小さく、海溝軸付近で海洋性リソスフェア内で V_p の低下が進んでいることを示す。海底地形からは、アウターライズ域から海溝軸にかけて、正断層が次第に発達していることがわかり、本研究で明らかとなった速度低下は、こうした正断層の発達に起因するものと解釈される。しかし、より深部へ沈み込みことに伴って、圧密をうけ、 V_p は再び上昇に転じる。 V_p/V_s が高いまま保たれるのは、海洋性地殻内が高間隙水圧状態あることを示唆する。

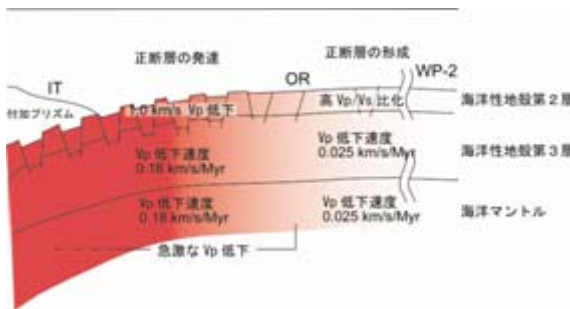


図 2. 日本海溝近傍における海洋性地殻および最上部マントルの地震波速度変化の概要。

(4) 日本海溝および千島海溝で過去に実施された人工地震探査から得られた構造モデルをコンパイルし、スラブマントル最上部の V_p の探査測線の方位に対する依存性を検討したが、沈み込む前の海洋性マントルで指摘されているような顕著な異方性を示す証拠は得られなかった。未変形の海洋性最上部マントルでかつての拡大方向に伝播する P 波について観測されるような 8 km/s を越える高 V_p は、海溝陸側斜面下では検出されていないことから、異方性の原因となるような構造が破壊された結果、平均的にやや低い V_p で異方性の小さな状態になった可能性が指摘できる。

(5) 以上のように、日本海溝・千島海溝において沈み込む太平洋プレートの地殻・最上部マントルの内部での地震波速度の変化の様子を明らかにすることに成功した。沈み込む

太平洋プレートは、アウターライズから海溝海側斜面に至る領域において、下向きの大きな曲げ変形を受け、その結果として表面付近で正断層の発達が進み、これにより地殻から最上部マントルの空隙率が上昇することにより、地震波速度低下が進む。こうした空隙には海水が浸入することが予想されるが、マントルへ至るような浸入の証拠は、2005 年のアウターライズ地震の震源域では見つからなかった。この地震の震源域では、海底面では食い違いが観察されず、断層の累積変位は小さいことが予想されることから、マントル内へ水が浸入するためには、正断層の継続的な変位が関係するのかもしれない。一方、海洋性地殻内部の空隙に浸入した水は、沈み込んだ後も地殻内に閉じ込められるために、海洋性地殻内が高間隙水圧状態にあり、その結果として、海洋性地殻内の V_p/V_s 比は広域的に高くなっている可能性がある。ただし、海洋性地殻内の V_p/V_s は局所的に低くなっている場所があり、こうしたところでは海洋性地殻から上盤側への水の放出が進んでいる可能性がある。こうした局所的な水の放出があれば、上盤側の前弧マントル内を局所的に水和し、結果としてプレート間固着強度の空間不均質の原因となる可能性がある。

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 Yamamoto, Y., R. Hino, K. Suzuki, Y. Ito, T. Yamada, M. Shinohara, T. Kanazawa, G. Aoki, M. Tanaka, K. Uehira, G. Fujie, Y. Kaneda, T. Takanami and T. Sato, Spatial heterogeneity of the mantle wedge structure and interplate coupling in the NE Japan forearc region, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, vol. 35, 2008, L23304.

② Fujie, G., J. Kasahara, K. Murase, K. Mochizuki, Y. Kaneda, Interactive analysis tools for the wide-angle seismic data for crustal structure study, *Exploration Geophysics*, 査読有, vol. 39, 2008, 26-33.

③ Hino, R., R. Azuma, Y. Ito, Y. Yamamoto, K. Suzuki, H. Tsumima, S. Suzuki, M. Miyashita, T. Tomori, M. Arizono, G. Tange, Insight into complex rupturing of the immature bending normal fault in the outer slope of the Jaan Trench from aftershocks of the 2005 Sanriku earthquake ($M_w=7.0$) located by ocean bottom seismometry, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 査読有, vol. 10, 2009, Q07018.

④ Machida, Y., M. Shinohara, T. Takanami,

Y. Murai, T. Yamada, N. Hirata, K. Suyehiro, T. Kanazawa, Y. Kaneda, H. Mikada, S. Sakai, T. Watanabe, K. Uehira, N. Takahashi, M. Nishino, K. Mochizuki, T. Sato, E. Araki, R. Hino, K. Uhira, H. Shiobara, H. Shimizu, Heterogeneous structure around the rupture area of the 2003 Tokachi-oki earthquake ($M_w=8.0$), Japan, as revealed by aftershock observations using Ocean Bottom Seismometers, Tectonophysics, 査読有, vol.465, 2009, 164-176.

⑤Nakanishi, A., E. Kurashimo, Y. Tatsumi, H. Yamaguchi, S. Miura, S. Kodaira, K. Obana, N. Takahashi, T. Tsuru, Y. Kaneda, T. Iwasaki, N. Hirata, Crustal evolution of the southwestern Kuril Arc, Hokkaido Japan, deduced from seismic velocity and geochemical structure, Tectonophysics, 査読有, vol.472, 2009, 105-123.

〔学会発表〕(計6件)

① 日野亮太・ほか8名, 2005年に三陸沖 trench outer rise域で発生したプレート内地震 ($M7.1$) の余震分布, 日本地震学会, 2007年10月24日, 仙台市

② R. Hino et al., Ocean bottom seismographic study on the 2005 off-Sanriku intralate earthquake ($M7.1$) occurred in the outer rise of the Japan Trench, American Geophysical Union Fall Meeting, 2007年12月11日, 米国・サンフランシスコ市

③ R. Hino et al., 3D Seismic Velocity Structure along the southwestern Kuril Trench, ASC・SSJ合同大会, 2008年11月27日, つくば市

④ Azuma, R., R. Hino et al., Seismic velocity structure of subducting Pacific Ocean slab near Japan trench deduced by airgun-OBS surveys, AGU 2008 Fall meeting, 2008年12月19日, 米国・サンフランシスコ

⑤東龍介, 日野亮太ほか10名, 人工地震波探査で推定した沈み込む太平洋プレートのP波・S波速度構造, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月19日, 千葉市

⑥東龍介, 日野亮太, 伊藤喜宏, 鈴木健介, 中部東北日本前弧下に沈み込む太平洋スラブの地震波速度構造, 日本地震学会2009秋季大会, 2009年10月21日, 京都市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日野 亮太 (HINO RYOTA)

東北大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：00241521

(2) 研究分担者

三浦 誠一 (SEIICHI MIURA)

海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス
領域・研究員

研究者番号：00371724

藤江 剛 (FUJIE GO)

海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス
領域・研究員

研究者番号：00371724