

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17753

研究課題名(和文)北西太平洋における海洋性地殻のS波速度異方性構造推定

研究課題名(英文)Shear wave anisotropy within the oceanic crust in the Northwestern Pacific

研究代表者

利根川 貴志(TONEGAWA, Takashi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究開発センター・研究員

研究者番号：60610855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：海洋プレート浅部では、そのときの応力場の状態によって岩石内に新しく亀裂が形成される。これらの亀裂の性質は、地震波速度の異方性を通して調べることができる。本研究では、(1)海洋性地殻のS波速度異方性構造を推定する手法を確立し、北西太平洋の遠洋域(変形前)とアウターライズ域(変形後)に設置された計350点の海底地震計観測網の記録を用いて、(2)変形前後に渡る等方的な構造の変化の調査と異方性構造の推定を行った。この結果、海溝近傍では遠洋域に比べて基盤やモホ面などの境界面が不明瞭で、本研究では、亀裂・正断層、水の流入・ブチスポットによって構造が複雑化していると解釈した。

研究成果の概要(英文)：Fractures are created at the shallower part of oceanic plates due to the stress field. The orientations of aligned fractures can be investigated through the anisotropy of seismic velocity. In this study, we apply a layer-dependent splitting analysis to seismic records obtained at ocean bottom seismometers deployed at seaward and near-trench regions. As a result, the basement and Moho were not clear near the trench compared to seaward region, and the fast polarization direction near the trench is oriented to the trench-parallel direction. We interpret that such complexities are created by aligned cracks and normal faults, fluid presence, and petit-spots activities near the trench.

研究分野：海底地震学

キーワード：異方性構造 海洋性地殻 海底堆積物

1. 研究開始当初の背景

北西太平洋域では船舶による構造探査が行われ、海溝に近づくにつれ、海洋プレート浅部(堆積層からマントル)では地震波速度(P波)が低下するということが報告されていた(例えば、Fujie et al. 2013)。しかし、構造探査は二次元の調査であるため調査海域は限られており、また、S波速度や異方性構造に関する情報も不足していた。

特に、地震波速度の低下は亀裂や断層の存在や、そこから流入した水の存在が関係していると考えられている。この亀裂や断層の存在はS波速度の異方性を通して、水の存在はS波速度を通して存在を議論することが可能である。したがって、これらの情報を得ることができれば、北西太平洋域の海洋プレートの構造変化に関して、より多くの制約条件から何が起きているのかを解釈することが可能となる。

2. 研究の目的

北西太平洋域に設置された構造探査用および自然地震観測用に設置された海底地震計記録を用いて、海洋プレートがアウターライズ域で変形する前後の構造の変化を調べる。特に、堆積層の底(基盤)や海洋性地殻の底(モホ面)の空間的な連続性や、堆積層や海洋性地殻の各層の異方性構造を推定し、それらの空間的な変化も調べる。これらの観測事実から、海洋プレート浅部で何が起きているのかを明らかにすることを目的とした。

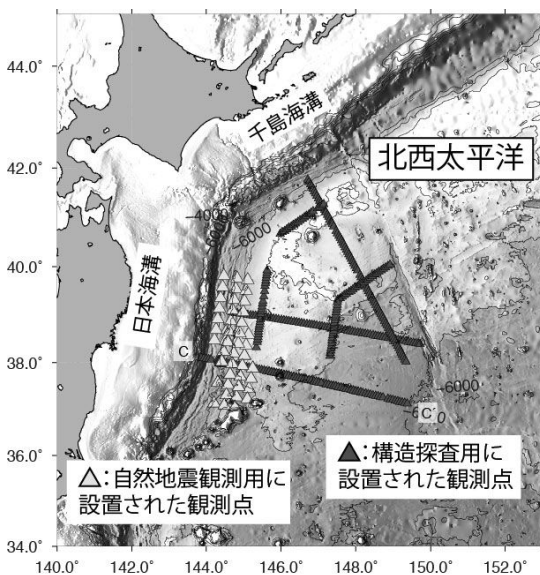


図1. 使用した観測点の分布図. 合計約350点.

3. 研究の方法

(1) Po波の収集とPos変換波の抽出

図1に本研究で使用した地震計約350台の分布を示す。この大量のデータの中からPo波の収集を行った。沈み込んだ海洋プレートの内部で発生した地震によって励起されたP波が、散乱によってマントル中を伝播したも

のをPo波と呼ぶ(図2)。このPo波は海底に到達するとき、海洋性地殻や堆積層を通過する。また、速度コントラストの大きな基盤(堆積層の底)やモホ面(地殻・マントル境界)を通過する際には、Po波からS波に変換したPos変換波が発生する。海底地震計では、Po波は上下動成分に、Pos変換波は水平動成分に卓越する。そのため、本研究では、これら二つの成分の相互相関関数を計算することで、Pos変換波の抽出を行った。

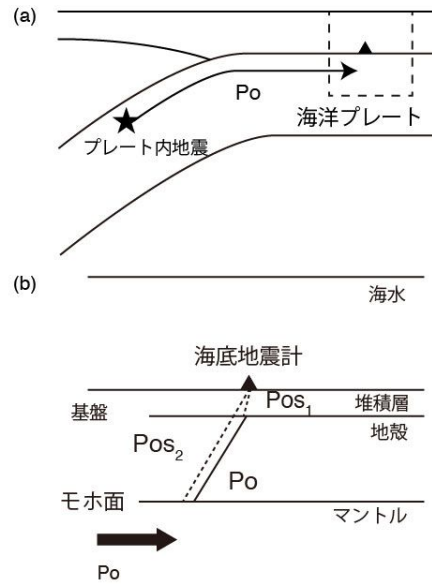


図2. Po波の伝播経路(a)と境界面で発生するPos変換波(b).

(2) 各層における異方性構造推定のソフトウェア作成

各観測点で得られたPos変換波に対して異方性解析を行う。まず、基盤で変換してきたPos波に異方性解析を行った。次に、同手法をそのままモホ面で変換してきたPos波に適用すると、堆積層と地殻の異方性が混在したものを抽出してしまうことになる。そのため、本研究では、モホ面で変換してきたPos波から堆積層の異方性の影響を除去し(Oda, 2011)その補正したPos波に対して、同手法を適用した。この操作によって、堆積層と地殻の各層における異方性構造の推定が可能となった。

本研究では、これらの一連の操作を行い、さらに、高速で大量のデータを解析できるようなソフトウェアを作成した。

4. 研究成果

(1) 境界面(基盤・モホ面)の空間変化

北西太平洋全域で、基盤で変換されたPos波を抽出することができた。モホ面で変換されたPos波は、基盤からのものより振幅は微弱ながらも、ほぼ全域で確認できた(図3)。これまでの海底観測に関する過去の研究では、自然地震を用いた基盤やモホ面などの浅部からの変換波の抽出はあまり成功例がな

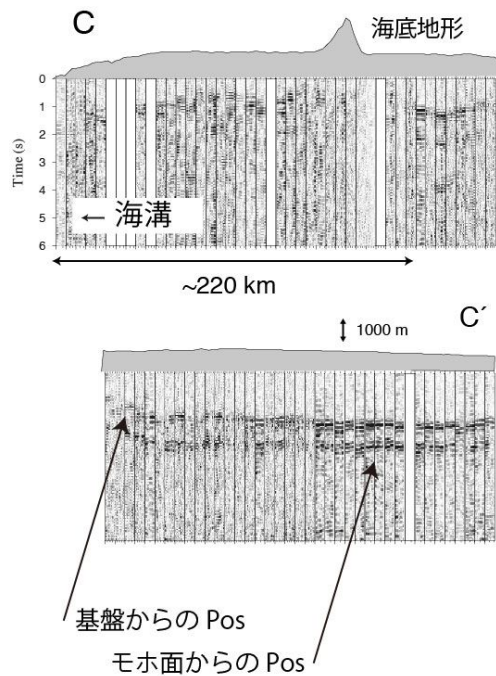


図3. 図1の測線C-C'の断面図(上段: 東側、下段: 西側).

いため、本研究が海底観測の手法開発に大きく貢献できた。

また、構造の変化に関して特筆すべきことは、基盤やモホ面からのPos変換波が海側では明瞭なのに対して、海溝に近づくにつれて不明瞭になるということがわかった。これは、図3の測線C-C'だけでなく、他の測線でも確認でき、さらに、自然地震観測用に海溝近傍に多数設置した観測点でも確認できた。

本研究では、次の三つのメカニズムがこの不明瞭の要因になりうると解釈した。(a)海溝近傍のアウトライズ域では海洋プレートが上に凸に折れ曲がる。それに伴って、海洋プレート浅部には海溝軸に平行な走向を持った亀裂や正断層が卓越する、(b)これらの亀裂から海水が流入すると、海洋性地殻やマンツルの速度が低下する、(c)プチスポット火山の存在から、深部からマグマが上昇してきて、基盤やモホ面などの境界面のコントラストを弱くする。

(2) 異方性構造の空間変化

もし海底下で選択的に配向した亀裂が卓越していると、その方向に振動するS波は速く伝播する。そのため、異方性構造の推定では、速いS波の振動方向を求めた。

その結果、堆積層と地殻はほぼ同じ方向に推定された。これは、浅部では両層とも同じ応力場によって亀裂が形成されていることを示す。その一方で、空間的には大きな変化があった。まず、海溝付近では、海溝軸に平行な方向が推定され、海側では北西-南東方向に推定された(図4)。

これらの要因としては、次のようなメカニズムが考えられる。まず、海溝に平行な方向

は、海洋プレートの折れ曲がりによって海溝に平行な亀裂(や正断層)が形成され、その亀裂によって浅部の異方性構造が構築されていると考えられる。また、海側の北西-南東方向のものは、こちらもプレートの折れ曲がり(から海側にかけて平坦になる)応力場に対応したものと考えられる。したがって、本研究から得られた観測事実から、海洋プレート浅部の異方性構造は、海洋プレートがその場で受けている応力場に対応している可能性を示唆することができた。

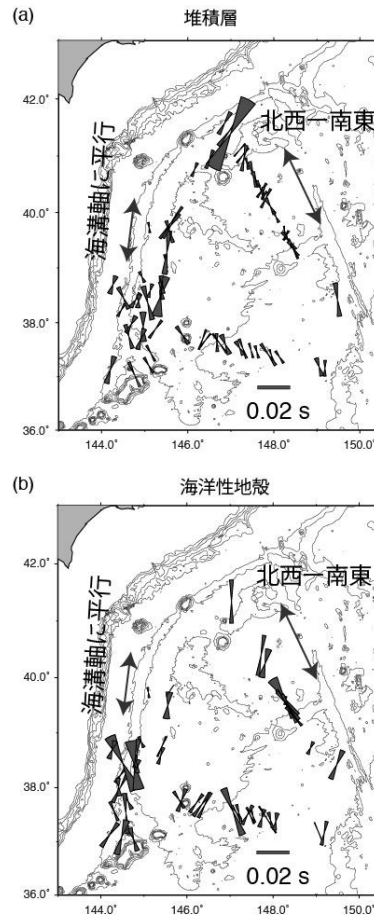


図4. 推定された(a)堆積層と(b)地殻の速いS波の方向.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Tonegawa, T., Araki, E., Kimura, T., Nakamura, T., Nakano, M., Suzuki, K., Sporadic low-velocity volumes spatially correlate with shallow very low frequency earthquake clusters, Nature Communications, 8:2048, doi:10.1308/s41467-017-02276-8, 査読有(2017).

Tonegawa, T., Fukao, Y., Shiobara, H., Sugioka, H., Ito, A., Yamashita, M., Excitation location and seasonal variation of transoceanic infragravity waves observed at an absolute pressure

gauge array, J. Geophys. Res. Oceans, 123, 40-52, doi:10.1002/2017JC013488, 査読有 (2017).

Tonegawa, T., Obana, K., Yamamoto, Y., Kodaira, S., Wang, K., Riedel, M., Kao, H., Spence, G., Fracture alignments in marine sediments off Vancouver Island from Ps splitting analysis, Bull. Seis. Soc. Am., 107, doi:10.1785/0120160090, 査読有 (2016).

Tonegawa, T., Fukao, Y., Fujie, G., Takemura, S., Takahashi, T., Kodaira, S. Geographical distribution of shear wave anisotropy within marine sediments in the northwestern Pacific, Prog. Earth, Planet., Sci., 2:27, doi:10.1186/s40645-015-0057-2, 査読有 (2015).

[学会発表](計6件)

Tonegawa, T., Obana, K., Fujie, G., Kodaira, S., Lateral variation of seismic structure of the uppermost Pacific Plate in the Northwest Pacific Ocean, AGU fall meeting 2017, 2017.

利根川貴志、深尾良夫、塩原肇、杉岡裕子、伊藤亜紀、山下幹也、太平洋を横断する海洋外部重力は発生場所とその季節変化、日本地球惑星科学連合 2017 年大会、2017 年。

利根川貴志、荒木英一郎、木村俊則、中村武史、Rayleigh admittance を用いた 1 次元 S 波速度構造インバージョン、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016。

Tonegawa, T., Araki, E., Kimura, T., Nakamura, T., Temporal variation of the Rayleigh admittance: Implication for S-wave velocity changes in the toe of the Nankai accretionary prism, EGU General Assembly 2016, 2016.

利根川貴志、深尾良夫、藤江剛、武村俊介、高橋努、小平秀一、北西太平洋域における海底堆積物内の S 波速度異方性分布、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 年。

利根川貴志、塩原肇、一瀬建日、杉岡裕子、伊藤亜紀、竹尾明子、川勝均、歌田久司、海底地震計記録を用いた Po-to-s 変換波の抽出、日本地球惑星科学連合 2015 年大会、2015 年。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

利根川 貴志 (TONEGAWA, Takashi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究開発センター・研究員

研究者番号：60610855