

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K03813

研究課題名（和文）太平洋域における海洋プレート浅部の地震波速度異方性構造の実体解明

研究課題名（英文）Unraveling the seismic anisotropy at the shallow part of oceanic plates in the Pacific Ocean

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・海域地震火山部門(地震発生帯研究センター)・主任研究員

研究者番号：60610855

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：太平洋域に設置された海底地震計の記録を用い、海底下浅部の地震学的異方性構造の推定を試みた。海底地震計で観測された遠地地震のP波部分にレシーバ関数法を適用し、抽出された基盤上面およびモホ面からのPs変換波にS波スプリッティング解析を適用した。日本海溝近傍に設置された海底地震計の記録を使用し、海溝の外側と内側のプレート浅部の異方性構造の推定に成功した。特に内側で得られた結果は過去に発生した巨大地震の影響を受けている可能性を示唆する結果となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震学的異方性構造は地殻にかかる応力場を反映している。そのため、沈み込み帯などの地震発生帯で異方性を推定することで、巨大地震の発生と応力場の関連性を議論することが可能となる。本研究では、日本海溝から千島海溝にかけて、上盤側のプレート浅部における応力場が空間的に変化していることを明らかにした。これは過去に発生した巨大地震の余効変動の空間的な変化を反映している可能性があり、本研究の結果は、今後、異方性構造の推定が現在の余効変動の状況を探るための手段となりうる可能性を示唆している。

研究成果の概要（英文）： We estimated the seismic anisotropy at the shallow part beneath the seafloor, using records from ocean bottom seismometers (OBSs) deployed in the Pacific Ocean. A receiver function analysis was applied to P coda from teleseismic events, which were observed by OBSs, and a shear wave splitting analysis was applied to P-to-s waves converted at the basement top and oceanic Moho. Using records obtained from OBSs deployed around the Japan Trench, we estimated the anisotropic structure at the shallow depths of the plate outside and inside the trench. In particular, our results obtained inside the Japan Trench show that the anisotropic structure may be affected by afterslips of the 2011 Tohoku-Oki earthquake.

研究分野： 海域地震学

キーワード： 異方性構造 プレート浅部 レシーバ関数 海域

### 1. 研究開始当初の背景

地球の表面上は複数のプレートで覆われている。それらのプレート浅部では、プレート形成時・地球表層を運動中・沈み込み帯など、様々なステージで応力を受け、その応力場によって亀裂や断層などが形成される。また、その亀裂や断層は応力場によって選択的に配向する。地震波がそのような媒質中を伝播する際に、地震波の振動方向によって伝播速度にわずかな差が生じるため、その伝播時間差と速く伝播する振動方向を測定することで、その場での応力場を明らかにすることが可能となる。

過去の研究において、地震波干渉法という手法で北西太平洋域の海底堆積物の異方性構造を推定した。その結果、アウターライズ域では海溝に平行な速いS波の振動方向が推定された。これは、海洋プレートが沈み込む前に上に凸に折れ曲がり、その応力に伴って海洋プレート浅部に亀裂が生じたためと解釈できた。その一方で、過去の研究で用いた海底地震計は日本海溝からやや離れた場所に設置されていたため、沈み込み直前でどのようなになっているかわからないという問題点があった。

また、日本海溝域では東北地方太平洋沖地震をはじめ、巨大地震が発生する。その巨大地震の発生によって上盤内の、特に先端部の応力場が空間的に変化している可能性がある。しかし、これまであまりそのような情報は提供されてこなかった。

### 2. 研究の目的

防災科学技術研究所によって、日本海溝近傍で日本海溝海底地震津波観測網（以下、S-net）が設置され、2016年のデータから公開されている。その観測網は日本海溝外側から内側にかけて展開されているため、沈み込む海洋プレートに加えて、上盤側のプレートの異方性構造を調べることが可能である。そこで本研究では、S-netで観測された遠地地震のPコーダ波部分を用い、日本海溝近傍のプレート浅部の異方性構造の推定を試みる。それによって、プレート浅部の応力場がどのようなになっているかを解釈する。

### 3. 研究の方法

#### (1) レシーバ関数法

2016年9月から2022年1月までに観測された遠地地震記録の中から質の良いP波記録を選択した。周波数領域でのデコンボリューションによってレシーバ関数を計算し、Ps変換波の抽出を行った。

#### (2) S波スプリットング解析

質の良いレシーバ関数上のPs変換波に対して、S波スプリットング解析を適用した。日本海溝外側では海底堆積物の基盤と海洋性モホ面で変換したPs波を確認できたため、この2つにS波スプリットング解析を適用した。ただし、海洋性モホ面で変換したPs波は堆積層内と海洋性地殻内の2層にわたる異方性の影響をうけている。そのため、本研究では堆積層の影響を除去することで、海洋性地殻内単独の異方性構造を抽出した。これによって、堆積層と海洋性地殻の層ごとの異方性構造の推定に成功した。日本海溝内側では堆積層の基盤からのPs変換波が顕著であったため、こちらのみにS波スプリットング解析を適用することで、堆積層内の異方性構造の推定を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 日本海溝外側

異方性構造の速い振動方向（軸）に亀裂は選択配向すると考えられている。日本海溝北側の堆積層では、速い方向は日本海溝軸にやや斜交し（図2(a)の領域A）、南側では平行となった（図2(a)の領域B）。また、海洋性地殻では北から南にかけて日本海溝軸と速い方向は平行となった（図2(b)）。過去の堆積層の結果では本研究より海側で日本海溝軸と平行だったため（図2(a)）、それが海溝に近づくにつれて、北側で斜交する方向に変化したと考えられる。

これらの結果は、沈み込む前の太平洋プレートは大局的には沈み込む前のプレートの折れ曲がりによって生じる応力場が卓越していることを示している。しかし、その一方で、堆積層の速い軸が海溝軸に斜交していることは、折れ曲がりとは別のメカニズムが存在していることを示

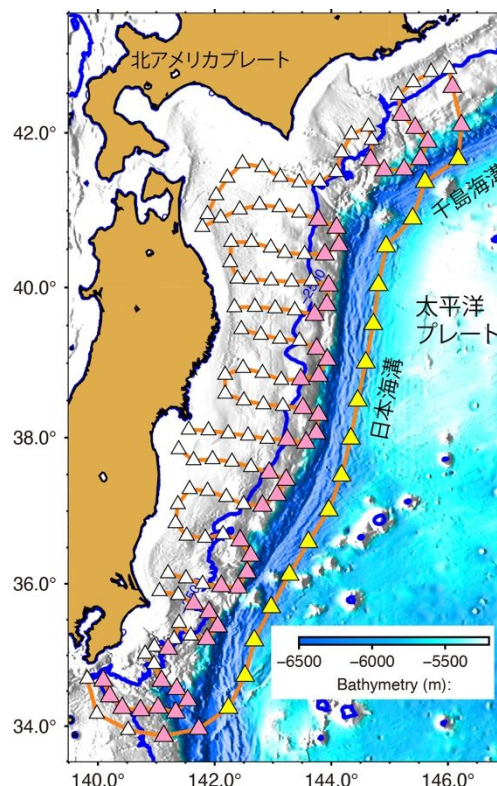


図1. S-netの観測点配置図。桃色三角と黄色三角が使用した観測点で、それぞれ日本海溝内側と外側に位置している。



唆している。この候補として、海洋プレート形成時に作られた古い傷があげられる。海嶺での海洋プレート形成時には、伸張場による正断層などが多数形成されるが、形成時から時間が経つにつれてこの亀裂は閉じていく。しかし、これらは弱面として残っているため、沈み込み前にプレートが折れ曲がった際に再び割れる可能性がある。本研究で推定された速い軸の方向はちょうど太平洋プレートの海洋底年代線と平行に近く、これは、プレート形成時の古傷がずれることで異方性を形成している可能性がある。

## (2) 日本海溝内側

日本海溝内側では異方性の速い方向は大きく4つのパターンに分けられる(図3の領域C-F)。領域C、Fでは海溝軸に直交する方向となり、領域Dでは海溝軸の平行となった。また、領域Eでは異方性の大きさが小さく、検出されないという結果になった。

これらの空間的なパターンの変化は、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響を受けている可能性がある(領域Cは2003年十勝沖地震の影響の可能性もある)。つまり、領域CやFでは巨大地震後の余効変動が続いており、その影響で上盤プレートの浅部に海溝軸に直交する方向に圧縮場となっている。その一方で、領域Dではすでにプレート境界が固着しているために、上盤プレート浅部に海溝軸に直交する方向に伸張場となっている。領域Eでは、余効変動から固着に向かうステージにあるか、もしくは、もともとここではプレート境界は固着していないがために、大きな応力はかかっていない、ということが示唆される。

本研究では、海域においてプレート浅部の異方性構造を推定した。日本海溝外側では沈み込みに伴う異方性構造の水平方向の変化を明らかにし、沈み込みに伴って古傷が再活動する可能性を示唆した。日本海溝内側では上盤プレートの異方性構造の空間変化を明らかにし、それらが過去に発生した巨大地震に伴う応力場を反映している可能性を示唆した。特に後者は、現在の応力場の状態を探るツールとして活用できるため、海底地殻変動観測が不足している場所などを補足するという意味で重要である。

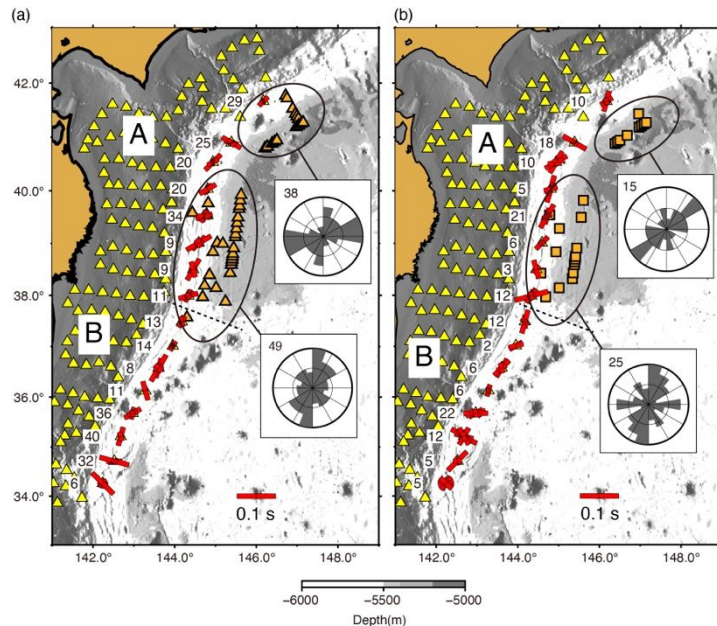


図2. (a)堆積物内の異方性。赤い棒が各観測点下の速い方向を示す。ローズダイアグラムはTonegawa et al. (2018)で地震波干渉法で得られた速い方向。三角の観測点を使用した。(b)(a)と同じだが、海洋性地殻内の異方性を示す。

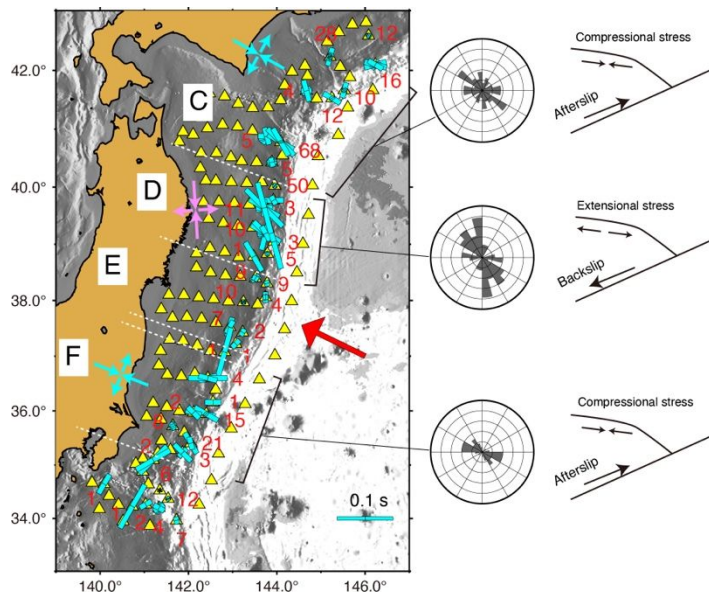


図3. 日本海溝内側の異方性構造。水色の棒が各観測点の異方性構造を示す。右側のローズダイアグラムは領域C, D, Fで得られた結果をまとめたもの。赤矢印はプレートの沈み込み方向。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tonegawa T., Miura S., Ishikawa A., Sano T., Suetsugu D., Isse T., Shiobara H., Sugioka H., Ito A., Ishihara Y., Tanaka S., Obayashi M., Yoshimitsu J., Kobayashi T.	4. 巻 124
2. 論文標題 Characterization of Crustal and Uppermost Mantle Seismic Discontinuities in the Ontong Java Plateau	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 7155 ~ 7170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JB016970	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tonegawa Takashi, Obana Koichiro, Fujie Gou, Kodaira Shuichi	4. 巻 70
2. 論文標題 Lateral variation of the uppermost oceanic plate in the outer-rise region of the Northwest Pacific Ocean inferred from Po-to-s converted waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-018-0880-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tonegawa T., Takagi R., Sawazaki K., Shiomi K.	4. 巻 128
2. 論文標題 Short Term and Long Term Variations in Seismic Velocity at Shallow Depths of the Overriding Plate West of the Japan Trench	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB025262	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tonegawa Takashi, Takemura Shunsuke, Yabe Suguru, Yomogida Kiyoshi	4. 巻 127
2. 論文標題 Fluid Migration Before and During Slow Earthquakes in the Shallow Nankai Subduction Zone	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JB023583	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takashi Tonegawa, Daisuke Suetsugu, Seiichi Miura, Hajime Shiobara, Hiroko Sugioka, Aki Ito, Takehi Isse, Yasushi Ishihara, Satoru Tanaka, Masayuki Obayashi, Junko Yoshimitsu, Takumi Kobayashi
2. 発表標題 Receiver function imaging at the crust and uppermost mantle of Ontong Java Plateau
3. 学会等名 AGU fall meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Tonegawa, Daisuke Suetsugu, Seiichi Miura, Hajime Shiobara, Hiroko Sugioka, Aki Ito, Takehi Isse, Yasushi Ishihara, Satoru Tanaka, Masayuki Obayashi, Junko Yoshimitsu, Takumi Kobayashi
2. 発表標題 Retrieval of converted phases from shallow structure of the Ontong Java Plateau
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Tonegawa, Katsuhiko Shiomi
2. 発表標題 Seismic discontinuities and anisotropy in the uppermost of the Pacific Plate east of the Japan Trench
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 利根川貴志、汐見勝彦、高木涼太
2. 発表標題 日本海溝近傍の浅部の異方性構造
3. 学会等名 日本地震学会2023年秋季大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	西田 究  (Nishida Kiwamu)  (10345176)	東京大学・地震研究所・教授    (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------