

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800256

研究課題名(和文) 海洋リソスフェアの方位異方性の新しいメカニズム

研究課題名(英文) New mechanism of azimuthal anisotropy in the oceanic lithosphere

研究代表者

志藤 あずさ (Shito, Azusa)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・研究員

研究者番号：90376541

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)：北西太平洋の海洋リソスフェアを伝播するPo/So波の解析を行った。その結果、顕著な地震波速度の方位異方性が検出された。速度の速い方向は、Po/So波ともに地磁気縞模様と直交し、過去の拡大方向に平行であった。また、方位異方性の強さはPo波で4%、So波で2%程度であった。弾性定数の異方性を導入した地震波伝播の三次元数値シミュレーションにより、本研究で推定されたPo/So波の速度の方位異方性がオリビン結晶の選択配向で説明できることを示した。

研究成果の概要(英文)：The seismic velocity of Po/So waves traveling in the the Northwest Pacific are studied. The average velocities of the Po/So waves show clear variations as a function of azimuth. The magnitudes of the anisotropy for Po and So waves velocities are 4% and 2%, respectively, which are smaller than the results of previous studies for Pn and Sn waves based on seismic exploration. The fast direction is parallel to the past spreading direction of oceanic crust as estimated from magnetic anomalies, which is roughly consistent with the previous studies. We investigate the mechanism of the azimuthal anisotropy of Po/So wave propagation using a Finite Difference Method (FDM) simulation of seismic wave propagation. As a results, we conclude that the azimuthal anisotropy of Po/So waves are explained by lattice preferred orientation of olivine.

研究分野：地震学

キーワード：海洋リソスフェア

1. 研究開始当初の背景

海洋リソスフェアの地震波速度の方位異方性は、Hess [1964]によってオリビンの格子選択配向モデルに基づきその存在が予測され、北東太平洋の若い(< 20 Ma)海洋底での人工地震構造探査によって証明された[Raitt et al., 1969]。ここではマントル最上部で7%のP波速度方位異方性が観測され、最大速度の方向は地磁気縞模様と直交している。実際に室内実験で測定されるオリビン多結晶体(Aタイプ)のP波速度異方性は7%程度であり[Ouchi et al. 2011]、北東太平洋の若い海洋リソスフェアの方位異方性はオリビンの格子選択配向モデルに調和的である。ところが、北西太平洋の古い(> 130 Ma)海洋底では、人工地震構造探査の結果に基づき10%を超える大きな方位異方性も報告されている。Shimamura et al. [1983]では深さ40-140 kmで13%、Oikawa et al. [2010]ではマントル最上部で10%のP波速度方位異方性が報告されており、その最大速度の方向は地磁気縞模様と直交(=現在のプレート運動方向に斜交)している。このような10%を超える大きなP波速度方位異方性は、オリビンの格子選択配向だけで説明することは困難である。さらにHarigane et al. [2011]では、北西太平洋の若い(0-10 Ma)小規模海底海山「プチスポット」で採取されたゼノリスに含まれるオリビン単結晶のP波速度異方性から全岩異方性を推定したところ4%であった。このことは、北西太平洋で地震学的に観測された大きなP波速度方位異方性を説明するには、オリビンの格子選択配向に加え更なるメカニズムが必要であることを示している。一方、申請者らは2007-2008年および2010-2011年に北西太平洋において、広帯域海底地震計を用いた自然地震観測を行った。申請者は、このデータの中に海洋リソスフェア内を選択的に伝播するガイド波; Po/So波を多数見いだした。そして地震波伝播の二次元数値シミュレーションにより、Po/So波が海洋リソスフェア内のランダム不均質によって前方散乱を起こすことで効率的に伝播していることを示[Shito et al., 2013]、Po/So波の走時や振幅がランダム不均質の相関距離に依存して大きく変化することを確認した。これに基づき、ランダム不均質の相関距離が方位によって変化していれば、Po/So波の速度や減衰が方位異方性を示すと予測した。そして、これこそが北西太平洋の大きな方位異方性のメカニズムとして重要であるとの仮説を立てるに至った。

2. 研究の目的

海洋リソスフェアの方位異方性のメカニズムは、一般的にオリビンの格子選択配向で説明できると考えられている。しかし、北西太平洋における人工地震構造探査では10%を超える大きなP波速度方位異方性が観測されており、オリビンの格子選択配向のみでは説明できない。本研究では、北西太平洋における大きな方位異方性のメカニズムとして、格子選

択配向に加えランダム不均質が重要な効果を果たしているという全く新しい仮説を立て、海洋リソスフェアを伝播するPo/So波の速度・減衰の方位異方性を測定する一方で、異方性を導入した地震波伝播の三次元数値シミュレーションを開発し、シミュレーション結果と観測とを比較することでこの仮説を検証する。

3. 研究の方法

(1) 広帯域海底地震計により記録されたPo/So波の波形データを収集し、Po波速度・So波速度の伝播方位による系統的变化を測定する。

(2) 異方性を導入した地震波伝播の三次元数値シミュレーションにより、Po/So波を再現する。

(3) 数値シミュレーション結果と観測されたPo/So波の方位異方性を比較し、格子選択配向とランダム不均質それぞれのメカニズムによる方位異方性の方向と大きさを推定する。

4. 研究成果

フィリピン海の広帯域地震計記録をもちいて、Po/So波の解析を行ったところ、予想以上に側方不均質が大きいことがわかり、まずこの影響を見積もった。その結果、年代が古い海洋リソスフェアほどPo/So波の伝播効率が高いことが明らかになった。また、地震波動場の二次元数値シミュレーションにより、この伝播効率の年代依存性が、小規模不均質構造を含む海洋リソスフェアの厚さで説明できることを示した。すなわち、小規模不均質構造が、アセノスフェア中のメルトが固化したものであると考えて矛盾しない。

次に、比較的一様な構造を持つと予想される北西太平洋の広帯域海底地震計記録をもちいて海洋リソスフェアを伝播するPo/So波の解析を行った。その結果、顕著な地震波速度の方位異方性が検出された。速度の速い方向は、Po/So波ともに地磁気縞模様と直交し、過去の拡大方向に平行である。また、方位異方性の強さはPo波で4%、So波で2%程度であった。本研究で対象とした北西太平洋では、過去には人工地震探査で10%を超える方位異方性の値が検出されたが、本研究結果ではその約半分の値であった。この違いは、人工地震探査の結果が海洋リソスフェアの浅部のみ情報に基づいているのに対し、自然地震により励起されたPo/So波をもちいた本研究では、より海洋リソスフェア全体の特徴を表しているためと考えられる。観測されたPo/So波の方位異方性は、弾性定数の異方性を導入した地震波伝播の三次元数値シミュレーション[Chen et al., 2015]により、オリビン結晶の選択配向の効果で説明できることが示された。

<引用文献>

Chen K. H., and Tseng Y. L., Furumura T., and Kennett B. L. N., Anisotropy in the subducting slab: Observations from Philippine Sea plate events in Taiwan, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi: 10.1002/2015GL066227, 2015.

Harigane Y., Mizutani T., Morishita T., Michibayashi K., Abe N., and Hirano N., Direct evidence for upper mantle structure in the NWPacific Plate: Microstructural analysis of a petit-spot peridotite xenolith, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 302, 194-202, 2011.

Hess, H. H., Seismic anisotropy of the uppermost mantle under oceans, *Nature*, 203, 629-631, 1964.

Machida S., and Suyehiro K., Volcanism in Response to Plate Flexure, *Science*, 313, DOI: 10.1126/science.1128235, 2006.

Ohuchi T., Kawazoe T., Nishihara Y., Nishiyama N., and Irihune T., High pressure and temperature fabric transition in olivine and variation in upper mantle seismic anisotropy, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 304, 55-63, 2011.

Oikawa M., Kaneda K., and Nishizawa A., Seismic structure of the 154-160 Ma oceanic crust and uppermost mantle in the Northwest Pacific Basin, *Earth Planets Space*, 62, e13-e16, 2010.

Raitt R. W., Shor G. G., Francis T. J. G., and Morris G. B., Anisotropy of the Pacific Upper Mantle, *J. Geophys. Res.*, 74, 12, 3095-3109, 1969.

Shimamura, H., Asada T., Suehiro K., Yamada T., and Inatani H., Longshot experiments to study velocity anisotropy in the oceanic lithosphere of the northwestern Pacific, *Phys Earth Planet. Int.*, 31, 348-362, 1983.

Shito A., Suetsugu D., Furumura T., Small-scale heterogeneities in the oceanic lithosphere inferred from guided waves
Seismic structure of the oceanic lithosphere inferred from guided wave, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 9, 1708-1712, DOI: 10.1002/grl.50330 2013.

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 1 件)

- ① Azusa Shito, Daisuke Suetsugu, and Takashi Furumura, Evolution of the oceanic lithosphere inferred from Po/So waves traveling in the Philippine Sea Plate, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, 5238-5248, 2015. 査読有

[学会発表] (計 7 件)

- ① 志藤あずさ、Anisotropy in the Northwest Pacific oceanic lithosphere inferred from Po/So waves、地球惑星科学連合2016年度大会、2016年5月24日、千葉県・千葉市
- ② 志藤あずさ、Seismological structure of oceanic lithosphere inferred from Po/So waves、2016年5月23日、千葉県・千葉市
- ③ 志藤あずさ、Seismic structure of the oceanic lithosphere inferred from Po/So waves、Normal Oceanic Mantle Project symposium、2015年03月04日、宮城県・松島町
- ④ 志藤あずさ、フィリピン海を伝播する Po/So 波、地球惑星科学連合2015年度大会、2014年4月28日、神奈川県・横浜市
- ⑤ 志藤あずさ、フィリピン海を伝播する Po/So 波、日本地震学会2013年度秋季大会、2013年10月08日、神奈川県・横浜市
- ⑥ 志藤あずさ、Random heterogeneities in the Philippine Sea plate inferred from guided waves、2013年7月24日、イェテボリ (スウェーデン)
- ⑦ 志藤あずさ、フィリピン海プレートの短波長不均質とガイド波、地球惑星科学連合2013年度大会、2013年5月21日、千葉県・千葉市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

志藤 あずさ (Azusa Shito)

九州大学・大学院理学研究院・特別研究員

研究者番号： 90376541

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

古村 孝志 (FURUMURA Takashi)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号： 80241404

阿部 なつ江 (ABE Natsue)

海洋研究開発機構・研究員

研究者番号： 80302933