

令和 4 年 9 月 2 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03807

研究課題名（和文）海洋リソスフェアの層状不均質構造の成因

研究課題名（英文）Origin of the heterogeneity in the oceanic lithosphere

研究代表者

志藤 あずさ（Azusa, Shito）

岡山理科大学・生物地球学部・講師

研究者番号：90376541

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：大西洋を伝播するPo/So波を解析した結果、年代の若い大西洋中央海嶺付近ではPo/So波の伝播効率著しく低く、また反対に年代の古い大西洋北西部を伝播するPo/So波の伝播効率は高いことがわかった。この特徴は年代が古くなるほど海洋リソスフェアの厚さが増し、かつ内部減衰が小さくなることで説明できることが波形モデリングで明らかになった。この結果は、太平洋での結果に調和的である。さらに、層状不均質構造の相関距離および散乱強度についても、太平洋と同程度の値であると推定された。このことは、当初の予想に反し、海洋リソスフェアの層状不均質構造の発達過程が拡大速度に依存しないことを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果は、アセノスフェアにはたらく剪断応力が海洋リソスフェアの拡大速度には関係しないことを示唆しており、プレート運動の原動力を考えるうえで重要な結果である。また、本研究において開発された、内部減衰と散乱減衰の三次元構造を推定するソフトウェアは、海洋リソスフェアの構造のみならず陸域の地殻構造においても適用可能であり、広範に応用可能な成果である。

研究成果の概要（英文）：Through the analysis of the Po/So waves propagating across the Atlantic Ocean, we found that the propagation efficiency of Po/So waves was remarkably low near the young Mid-Atlantic Ridge, while the Po/So waves propagating in the older Atlantic Northwest were highly efficient. Waveform modeling has shown that this feature can be explained by the thicker the ocean lithosphere increases as it ages, and the smaller the intrinsic attenuation. This result is consistent with the result in the Pacific. Furthermore, the correlation length and scattering intensity of the layered heterogeneous structure were also estimated to be the same as those in the Pacific Ocean. These results suggest, contrary to initial expectations, that the process of development of the heterogeneous structure in the ocean lithosphere does not depend on the spreading rate.

研究分野：地震学

キーワード：海洋リソスフェア

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球のダイナミクスの基本プロセスである海洋リソスフェアの生成・成長を理解するためには、その内部構造を明らかにすることが重要である。申請者らは、Po/So波という高周波成分に富み継続時間の長い地震波の解析と地震波動場の数値シミュレーションにより、太平洋の海洋リソスフェアの内部に層状不均質構造が存在することを2013年に初めて明らかにした[Shito et al., 2013]。以降、Po/So波の解析による海洋リソスフェアの内部構造の推定が、申請者とオーストラリアのKennett博士らのグループを中心に進められ、太平洋とフィリピン海の海洋リソスフェアの層状不均質構造について以下のことが明らかになった。(1)層状不均質構造の空間スケールや地震波速度不均質の強度は場所によらずほぼ一定である。(2)海洋リソスフェアの全深さ範囲に分布し、年代とともに厚くなる。(3)地震波速度不均質の強度が深さとともに上昇する[Kennett & Furumura, 2015]。

2. 研究の目的

本研究では、「海洋リソスフェアの層状不均質構造の成因を明らかにする」ことを目的とする。この目的を達成するために、大西洋およびインド洋の海洋リソスフェアを対象とした層状不均質構造の系統的調査と層状不均質構造の形成プロセスの検討を実施する。本研究計画では、層状不均質構造は、リソスフェアとアセノスフェアの相対運動による剪断応力で、部分溶融したアセノスフェア中のメルトが層状に分離集積し、冷却固化して形成されたとの作業仮説をたてる。この作業仮説が正しければ、メルトの分布は剪断応力すなわち海洋リソスフェアの拡大速度に依存するはずである。つまり、これまでに調査を行った高速拡大の太平洋とまだ調査の行われていない低速拡大の大西洋やインド洋とでは、海洋リソスフェアの層状不均質構造のパラメータ（特に水平方向の相関距離）が異なる可能性があり、これを検証することは、成因の解明に重要である。そこで本研究では、大西洋およびインド洋の海洋リソスフェアの層状不均質構造のパラメータを系統的に調査し、拡大速度との関係に注目しながら、普遍性と地域性を明らかにする。また、申請者らは太平洋の層状不均質構造の岩石種として、地震波速度不均質の強度にもとづき、パイロキシナイトとペリドタイトの互層もしくはクロミタイトとペリドタイトの互層を候補として挙げている。Kennett博士らは、地震波速度不均質の強度が深さとともに上昇することから、浅部ではシリケイトメルト、深部ではカーボネイトメルトが不均質構造の形成に寄与していると指摘している[Kennett & Furumura, 2015]。本研究では、これらの知見もふまえ、拡大速度と層状不均質構造のパラメータの関係を説明する定量的モデルの構築を目指す。

3. 研究の方法

大西洋およびインド洋の海洋リソスフェアを対象としたPo/So波の波形データ解析を行った。まず観測波形からエンベロープを作成し、その形状およびエネルギーの距離変化の測定を行った。次に、有限差分法をつかった波形モデリングにより観測波形およびエンベロープの形状とエネルギーの距離変化を定量的に再現した。これにより層状不均質構造の相関距離および散乱強度、内部減衰、リソスフェアの厚さをフォワードモデリングにより推定した。太平洋の結果と合わせて、拡大速度と層状不均質構造の相関距離の関係を評価し、海洋リソスフェアの層状不均質構造の成因について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 大西洋およびインド洋の海洋リソスフェアを伝播するPo/So波

大西洋およびインド洋を伝播するPo/So波を、IRIS（大学間地震学研究所連合）データマネー

メントセンターから収集した。大西洋では、地震の多くは中央海嶺周辺で発生する。そして観測点の分布は、南北アメリカの東海岸およびアフリカ・ヨーロッパの西海岸に限られる。したがって、一般に地震と観測点間の距離が非常に大きい（数百 km以上）うに、地震波は減衰の大きな中央海嶺付近を必ず通過するため、解析に使用できる地震のマグニチュードはMw6.5以上限られた。このため、解析に使用できるデータ量が太平洋の50%程度となった（図1）。インド洋のデータは、大西洋よりもさらに収集が困難であった。インドネシア弧で発生する地震の記録を使用するが、使用できる波形記録が公開されている観測点が4点しか存在せず、解析の精度を担保するだけのデータを得ることができなかった。従って、以下では大西洋を伝播するPo/So波の解析結果に焦点をあてる。

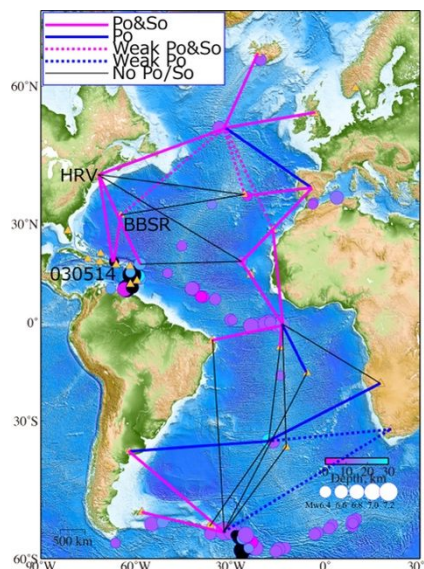


図 1：大西洋を伝播するPo/So波の波線分布。

大西洋を伝播するPo/So波を解析した結果、年代の若い大西洋中央海嶺付近ではPo/So波の伝播効率は著しく低く、また反対に年代の古い大西洋北西部を伝播するPo/So波の伝播効率は高いことがわかった。Po/So波の伝播効率の年代依存性は、これまでの研究で明らかになった太平洋でのそれと同様の傾向を示した。さらに、年代が同程度の大西洋と太平洋の海洋リソスフェアを伝播する

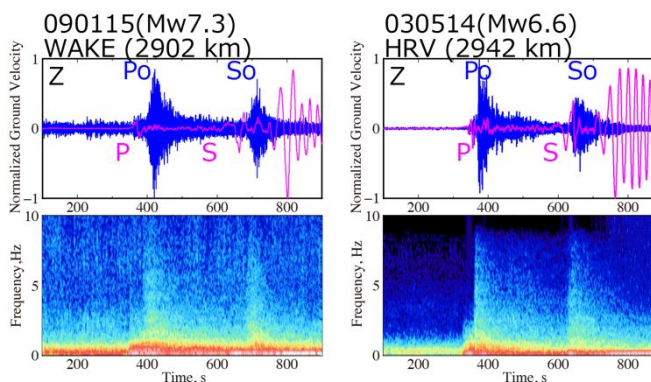


図 2：大西洋を伝播する Po/So 波（左）と太平洋を伝播する Po/So 波（右）の比較。

Po/So波は、卓越周波数や継続時間などの特徴も似ていることがわかった（図2）。

次に有限差分法をもちいた波形モデリングにより、層状不均質構造の相関距離および散乱強度、内部減衰、リソスフェアの厚さをフォワードモデリングで推定した。その結果、Po/So波の伝播効率の年代依存性は、年代が古くなるほど海洋リソスフェアの厚さが増し、かつ内部減衰が小さくなることで説明された。この結果は、太平洋での結果に調和的である。さらに、層状不均質構造の相関距離および散乱強度についても、太平洋と同程度の値であると推定された。

このことは、当初の予想に反し拡大速度の違いによる層状不均質構造の違いが顕著でないことを示している。そして、アセノスフェアにはたらく剪断応力が海洋リソスフェアの拡大速度には関係しないことを示唆しており、プレート運動の原動力を考えるうえで重要な結果である。しかしながら、本研究による大西洋を伝播するPo/So波の解析では、データの空間分布による制

限から、Po/So波の伝播方向依存性までは検討することができなかった。拡大速度と層状不均質構造の発達過程をより厳密に議論するためには、海洋リソスフェアの拡大方向にのみ伝播するPo/So波に絞って解析を行う必要があると考えられ、今後の課題である。

(2)内部減衰と散乱減衰の分離推定

本研究において、層状不均質構造の推定には、内部減衰と散乱減衰を分離推定することが重要であることがわかった。このため、地震波エンベロープの形状を輻射伝達理論にもとづき計算することで、内部減衰と散乱減衰を分離推定する手法を開発した。さらにこの手法をトモグラフィ法に組み込み、内部減衰と散乱減衰の三次元構造を独立に決定するソフトウェアを作成した。このソフトウェアは、海洋リソスフェアの構造のみならず陸域の地殻構造においても適用可能であり、広範に応用可能な成果である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shito A., Matsumoto S., Ohkura T., Shimizu H., Sakai S., Iio Y., Takahashi H., Yakiwara H., Watanabe T., Kosuga M., Okada T., Yoshimi M., Asano Y.	4. 巻 125
2. 論文標題 3 D Intrinsic and Scattering Seismic Attenuation Structures Beneath Kyushu, Japan	5. 発行年 2020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） 10.1029/2019JB018742	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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 志藤あずさ
2. 発表標題 大西洋を伝播するPo/So 波
3. 学会等名 日本地震学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Azusa Shito
2. 発表標題 Po/So waves in the Atlantic Ocean
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019（国際学会）
4. 発表年 2019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
研究協力者	末次 大輔 (Suetsugu Daisuke) (20359178)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門・上 席研究員（シニア） (82706)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	阿部 なつ江 (Abe Natsue) (80302933)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・MarE3マントル掘削プロモーション室・主任研究員 (82706)	
研究協力者	森重 学 (Morishige Manabu) (70746544)	東京大学・地震研究所・助教 (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