

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05269

研究課題名(和文)地震波散乱の解析によるマントル対流の研究

研究課題名(英文) Study of deep mantle convection by investigating seismic scattering

研究代表者

金嶋 聡 (Kaneshima, Satoshi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：80202018

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)：環太平洋地域の下部マントルSP散乱体の分布に関してこれまでの観測結果をまとめ深さ方向の散乱体存在頻度を示した。その結果1800kmを超える深さのSP散乱体は極めて少ないこと、および1500～1700km近傍に顕著な散乱体を検出する事例が多いことが分かった。またトンガ・フィジー地域に注目してSP散乱体分布について詳細に調べ散乱体の形状や規模について始めて制約を与えた。さらに南米ペルー下の深さ1700kmにおける顕著なSP散乱体についてその形状と弾性波速度の異常を見積もり、10%程度低速度の玄武岩物質からなる厚さ10km程度のシート状の形状であることを示した。

研究成果の概要(英文)：I compiled previous observations of S-to-P scattering waves and showed the distribution of S-to-P scattering objects in the mid-lower mantle beneath circum-Pacific subduction zones. The depth distribution of the S-to-P scatterers shows that the scatterers deeper than 1800 km are extremely rare, and that those in the depth range from 1500 to 1700 km tend to be strong. I next focused on the Tonga-Fiji region and investigated the S-to-P scattering objects in detail. I obtained some observations suggesting the shape and size of the scatterers. I then investigated a strong S-to-P scatterer beneath Peru, South America, and constrained the elastic anomaly and the shape of the scatterer, which has a nearly 10% slower shear velocity and a shape of sheet as thin as 10 km.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：mid-lower mantle S-to-P scattering array analysis heterogeneity basaltic materials kilometer scale seismic wave

1. 研究開始当初の背景

地震波の解析により地球のマントルに存在する 10km から数 1000km の空間スケールを持つ構造が明らかになっている。マントル深部の数 1000km スケールの構造は地震波トモグラフィにより分かるが、その中で最大の規模を持つのが、西太平洋とアフリカの下 CMB 付近にある LLSVP と呼ばれる顕著な低速度領域である。一方、小さい空間スケールの極限では、マントル中央に ~10km の不均質物質が広く存在することが地震波の散乱を観測することにより確認されている。地震波トモグラフィの解像度を向上させてより細かい空間スケールの構造まで解像する試みが続けられている一方で、小規模な散乱体の研究においては、散乱体構造の広がりや形状などに関してもっと詳細なイメージを描くことが次の重要なステップであった。

マントルの不均質に関する全く独立な情報が、ホットスポット火山岩の同位体比分析に代表される地球化学的研究からも得られる。そこから推測される不均質のサイズは、数 1000 km から μm までの広いスケールに及び、地球化学的なマントル不均質像と地震学の描くマントルのイメージを統一して整合性のあるモデルを作る試みも盛んに行われており、最も重要なトピックの一つとして LLSVP に関する問題がある。LLSVP の正体としては：沈み込んだ海洋プレート特に**海洋地殻成分の集まった領域**、地球史を通じて**対流から孤立した領域**、という二つの可能性が有力である。両者は、マントル対流の激しさと攪拌効率、及び地球史を通じたマントルの変遷に対して全く異なるイメージを与えるため、この問題の解決は極めて重要である。

もう一つの重要なトピックは玄武岩物質の循環の問題である。これは地球化学の中心的課題であり、マントル対流に関する地震学的なイメージをより効果的にリンクさせて考える必要がある。テクトニクス的考察から、マントル中央で地震波を散乱させる不均質構造は、かつて**海洋地殻**を構成しその後沈み込んだ玄武岩的な組成を持つ岩体（以下「玄武岩」と呼ぶ）である可能性が高い。散乱体強度の深さ分布もこの推論を裏付ける。しかし散乱体の広域分布や強度分布だけではマントル対流の激しさや攪拌効率を制約するには十分でなく、個々の散乱体の幾何学的形状（玄武岩の褶曲構造）を解像する事が必須であった。

2. 研究の目的

地球深部マントルの構造とその進化の解明は、地球科学の最重要課題の一つであることから、本研究では、マントル中央から下部の対流に伴って生じる玄武岩物質の褶曲構造を散乱地震波の解析を通して解明する手法を確立し、マントル対流の激しさと攪拌効率、及び化学組成構造の地球史的な変遷を理解する際の鍵となる地球物理観測からの新しい制約を与えることを目指した。深部マントルに分布する玄武岩物質はマントルの代表的な岩石である橄欖岩と化学組成が異なるため、これまでに散乱波解析の手法で検出されている。玄武岩物質の分布や形状をより明らかにし、マントル対流の実相が格段に詳しく知ることを目指したのである。

3. 研究の方法

散乱波の強度は同じ地震でも観測点位置により変化する。散乱体は凹凸を持つ境界として扱えることが多く、散乱強度変化を追うことで、散乱源の広がりや形状が推定できる。散乱体が平坦に広がり、入射波と散乱波の波線方向が幾何光学的条件を満たす場合には、限られた位置の地震に対し広域の観測点で非常に強い散乱強度が見られる。一方散乱体の凹凸が大きい場合は、広い範囲の入射方位に対して比較的弱い散乱波が狭い範囲の観測点においてのみ観測される。この現象の解析で散乱体の性質を識別するには従来の地域的短周期地震計アレイのデータと US-array などのデータを組み合わせれば良い。本研究では Fiji-Tonga, Vanuatu, Mariana, Kuril の地震について US-array や Hi-net のアレイデータを解析した。

アレイ全体でスタックされた P 波のコーダ波形では、観測点直下の不均質が抑制され、震源側のマントル不均質の影響が支配的になる。さらに、P 波コーダの見かけ到来方位と P 波からの遅れ時間に基づいて、散乱の性質（PP あるいは SP の区別）が特定可能になる。様々な震源深さの地震にこれらの解析を行うことで、上部マントル-マントル遷移層-下部マントルの上部に股がる、散乱強度（主に SP 前方散乱強度）の深さ分布を明らかにすることができる。

太平洋の LLSVP 周縁に散乱体が存在すると、Fiji-Tonga の地震から北米や日本に向かう散乱波が観測され得る。その様な散乱対候補がいくつか示唆されているが、本

研究でデータを増やしてこの観測を確認するとともに、LLSVP との位置関係を定量化することは意義深い。

4. 研究成果

環太平洋地域の下部マントル SP 散乱体の分布に関して金嶋の研究を中心としたこれまでの観測結果をまとめ深さ方向の出現頻度として示した。その結果 1800km を超える深さの SP 散乱体は極めて少ないこと、および 1500~1700km 近傍に堅調な散乱体を検出する事例が多いことが分かった。またトンガ・フィジー地域に注目して SP 散乱体分布について詳細に調べた。同時にアレイの中で散乱の強度や散乱点が系統的に変化することをつきとめ、散乱体の形状や規模について始めて制約を与えた。次に南米ペルー下の深さ 1700km における顕著な SP 散乱体についてその形状と弾性波速度の異常を見積もり、その散乱体が低速度の玄武岩からなる厚さ 10km 程度のシート状の形状であることを示した。この結果は玄武岩中に含まれるシリカの強弾性転移による軟化を示す可能性が考えられる。

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 4 件)

Seismic scatterers in the mid-lower mantle beneath Tonga-Fiji, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 274, pp. 1-13, 2018, 査読有, S. Kaneshima.

Array analyses of SmKS waves and the stratification of the Earth's outermost core, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 276, pp. 234-246, 2018, 査読有, S. Kaneshima.

Estimate of the rigidity of eclogite in the lower mantle from observations of S-to-P wave conversions, *Geophysical Research Letters*, vol. 44, doi.org/10.1002/2017GL075463, 2017,

査読有, S.M.Haugland, J. Ritsema, S. Kaneshima, M. Thorne.

Seismic scatterers in the mid-lower mantle, *Phys. Earth Planet. Inter.*, vol. 257, pp. 105-114, 2016, 査読有, S. Kaneshima.

[学会発表](計 2 件)

Seismic scatterers in the lower mantle beneath subduction, International Symposium and FY2017 Annual General Meeting, Interaction and Coevolution of the Core and Mantle. Matuyama, Japan, March 26-28, 2018, S. Kaneshima.

Mid-mantle scatterers beneath Tonga-Fiji, international workshop: The crust to Core 2017, July 30 to August 1, 2017. Omishima, Ehime, Japan, S. Kaneshima.

[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

金嶋 聡 (KANESHIMA Satoshi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：80202018

(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

()