

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03726

研究課題名（和文）マントル深部の対流による褶曲構造を地震波解析により解明する研究

研究課題名（英文）Study of folding of deep mantle rocks by seismic array analyses

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） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究によって、かつて海洋地殻を構成した玄武岩物質が、マントル深部の対流中で攪拌された後に混合され、太平洋のサモアホットスポットに向けてマントル最深部から上昇する流れ（マントル・ブルーム）に取り込まれる過程に関する観測的制約が与えられた。また対流する太平洋下の上部マントル遷移層内に、このような海洋地殻物質によって構成されたkmスケールの不均質構造が広く分布していることも明らかになった。これらの成果によって、火山岩の地球化学的分析によるマントル不均質像と、対流のダイナミクス・モデルを統合的に理解するための道筋が開けた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のテーマは喫緊の社会的課題に対応するものではない。一方、本研究の学術的意義は、地球史を通したマントル内の物質循環についてこれまで無かった観測的制約を与えようとする点にある。火山岩の地球化学的分析によるマントル不均質像と、マントル対流のダイナミクス・モデルは統合的に理解された上で地球物理学的観測との比較検討を受ける必要がある。マントル物質循環においては、大規模な構造だけではなく微小なスケールの現象を理解することの重要性が正しく認識されるようになってきた現状に鑑みると観測の立場からも可能な限り小さいスケールの構造を明らかにする必要がある。

研究成果の概要（英文）：We observed S-to-P waves generated at the lower mantle scatterers near the Samoan hotspot. The geometry of the scatterers is a steeply dipping sheet-like structure with the thickness less than several kilometers. The observation shows that blobs of recycled former oceanic crust subducting to the bottom of mantle are entrained into a plume and stretched vertically to a significant degree.

We also show evidence for the presence of compositional heterogeneities at 10 km scale in the convective upper mantle below the circum-Pacific subduction zones. The signals arise mainly from S-to-P scattering in the mantle below the foci. The scattering theory for randomly heterogeneous media shows that the observations are matched by 5 to 10 km-scale density and rigidity anomalies that diminish below about 400 km depth. The rigidity anomaly is of the same sign and nearly twice as large as the density anomaly. These observations are consistent with basalt embedded in depleted mantle.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：深部マントル 化学組成不均質 地震波散乱 地震計アレイ 海洋地殻玄武岩 マントル対流 マントル・ブルーム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球史を通じたマントル内の物質循環の様子を解明することは、地球表層の環境や生命の進化を考える上で極めて重要である。現在の地球惑星科学の枠組みの中で観測・観察されているマントルの不均質構造は、この様な物質循環が長期間にわたり継続した結果として生じたと考えられる。主としてホットスポットの火山岩の地球化学的分析によるマントル不均質像と、マントル対流に関する数値計算に基づくダイナミクス・モデルは、統合的に理解された上で、地球物理学的手法による観測結果との比較検討を受ける必要がある。マントル内の物質循環を正しく理解するためには、全マントルに跨る数1000kmスケールに及ぶ大規模な構造だけではなく、さらに微小な空間スケールを持つ現象や構造を理解することの重要性が正しく認識されるようになってきている。この様な現状に鑑みると、地球物理的観測の手法からも、可能な限り小さいスケールの構造を明らかにする必要がある。地震波を用いた手法では、マントル岩石の非弾性的性質による地震波減衰が存在するために、マントル深部に関する限りkmスケールの構造を明らかにすることが技術的限界と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、世界各地の大規模な地震計ネットワークにおいて収集されている地震波形データに、地震波アレイ解析の手法を適用し、地球のマントル内部の対流によって褶曲・変形したkmスケールの規模を持つ玄武岩領域の詳細な構造や物性、及びそのグローバルな空間分布を明らかにし、マントル深部の物質循環、特に攪拌・混合に関する新たな描像を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、以下の三項目から取り組んだ： マントル深部の小規模不均質構造（1から10kmスケール）に起因する様々なタイプの地震波散乱の観測を総合してグローバルな散乱体分布を決定し、地震波トモグラフィが描く大規模スケール（100kmから数千km）の不均質構造との関連を調べた。いくつかの顕著な小規模不均質構造に着目し、それらによって散乱された地震波を解析することで各々の散乱体の位置と形状、及びそれらの物質の弾性的性質を決定した。散乱体の形状や分布と、マントル内部の大規模構造、及び対流シミュレーションにより再現される褶曲構造や、玄武岩に含まれる鉱物の物性に関する数値計算や高温高压実験結果を比較検討し、不均質構造の褶曲過程を支配する主要因である散乱物質の密度や地震波速度、及びその深さ分布について考察した。

4. 研究成果

太平洋中西部に存在するサモア・ホットスポットに向けて、太平洋のマントル最深部に存在している大規模な低S波速度領域（LLSVP）から上昇する流れ（マントル・プルーム）に、かつての海洋地殻物質が取り込まれる過程や、その様な海洋地殻物質の形状、分布状況に関する、地

球物理観測からの制約が与えられた。また、太平洋周辺の沈み込み帯の下にあって激しく対流している上部マントル遷移層内に、かつて海洋地殻を構成した玄武岩物質によって構成された kmスケールの不均質構造が、広範に分布していることを明らかにした。これらの成果によって、ホットスポット火山岩の地球化学的分析によるマントル不均質像と、対流のダイナミクス・モデルを统一的に理解するための道筋が開けたと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Satoshi Kaneshima	4. 巻 340
2. 論文標題 Mid-mantle seismic scatterers beneath the Samoan hotspot	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 107034
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pepi.2023.107034	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 Satoshi Kaneshima	4. 巻 344
2. 論文標題 Small-scale heterogeneities in the convective upper mantle beneath circum-Pacific subduction zones: evidence for fragments of recycled basaltic crust	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 107078
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pepi.2023.107078	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------