

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009 ～ 2012

課題番号：21740323

研究課題名（和文） 全地球姿トモグラフィー

研究課題名（英文） Tomography of the Whole Earth Figures

研究代表者

竹内 希 (TAKEUCHI NOZOMU)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号：90313048

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、高精度かつ高解像度のトモグラフィーモデルから、全地球の化学組成構造及び温度構造を制約することである。代表者の世界最先端のトモグラフィー手法を活用し、全マントルの詳細な地震波速度を推定した。また稠密な日本のアレイデータを用い、不連続面のトポグラフィーモデルを推定した。両者の間に短波長スケールの相関関係があることを明らかにし、マントル最下部に化学組成不均質があることの強い証拠を得た。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to constrain chemical and thermal structures of the whole Earth by obtaining tomography models with higher accuracy and resolution. By using our advanced method, we obtained fine velocity model of the whole mantle. We also obtained fine topography model of the discontinuities by using dense Japanese array data. We showed fine-scale spacial correlations between these two models and obtained strong evidence for the existence of chemical heterogeneities in the lowermost mantle.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：内部構造

1. 研究開始当初の背景

(1) 地震学的な内部構造推定は、地球内部のダイナミクスを理解する上で重要な課題として位置づけられていた。

(2) これまでの地震学的な内部構造推定は、P波速度やS波速度など、特定の1つの

パラメータのみを推定する研究がほとんどであった。

(3) 地球内部の温度構造・化学組成構造を理解するためには、複数の地震学的構造パラメータ間の相関を明らかにすることが重要であった。

2. 研究の目的

- (1) 詳細な全地球の地震波速度構造を推定すること。
- (2) 詳細な不連続面のトポグラフィーを推定すること。
- (3) 地震波速度構造および不連続面トポグラフィーの間の相関を明らかにし、地球内部の温度構造・化学組成構造を制約すること。

3. 研究の方法

- (1) 代表者が開発した世界最先端の内部構造推定手法を応用し、全マンツルの詳細な(水平方向に500kmスケールの)S波速度構造を推定した。
- (2) 稠密な日本のアレイデータを活用し、D''不連続面の詳細な(水平方向に250kmスケールの)トポグラフィーを推定した。
- (3) 両者の間の相関を明らかにすることにより、最下部マンツルに化学組成不均質があるかを考察した。

4. 研究成果

- (1) 本研究では、代表者の開発した手法を用い、観測地震波形データに含まれる全情報を活用した内部構造推定を実施した。これにより特に最下部マンツルの解像度が改善された。これは従来の手法では利用困難であった、後続波を活用していることによる。
- (2) 上記手法を活用し、全マンツルのS波速度構造を推定した。従来の手法に比べ、最下部マンツルの短波長不均質構造をより鮮明にイメージングすることに成功し、最下部マンツルの低速度異常は概してシート状の形状をしていることを見いだした(図1)。この結果は、マンツル上昇流のダイナミクスに新たな制約を与える。
- (3) 日本に展開される稠密なアレイデータを用い、西太平洋下の詳細な速度構造並びにD''不連続面のトポグラフィーを推定し、両者の間に高い空間的な相関が存在することを見いだした(図2)。
- (4) 図1及び2で示した速度構造モデルを比較し、両者が整合的であることを確認した(図3)。これにより得られたモデルの信憑性が高いことを示した。

- (5) 以上の結果を勘案した結果、最下部マンツルには、温度不均質及び化学不均質の双方が存在することが示唆された。また最下部マンツルからの上昇流は、図4で表されるような熱・組成対流であることが示唆された。

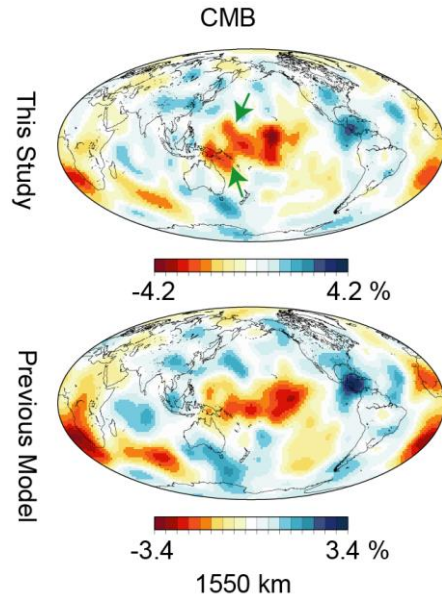


図1：本研究及び従来の手法で求められた最下部マンツルの速度構造モデルの比較

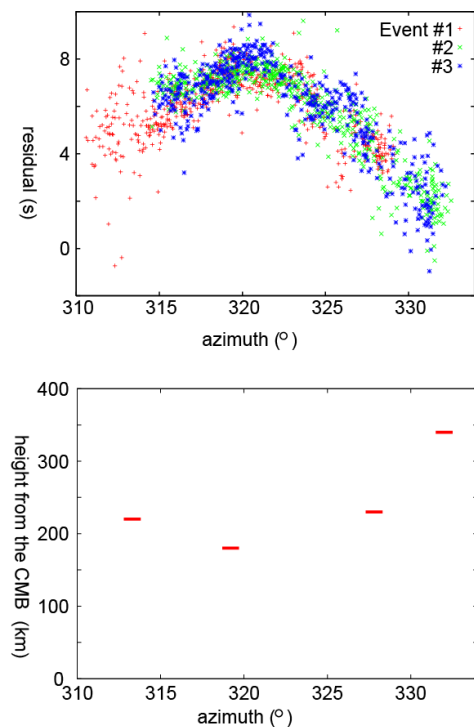


図2：推定された速度構造モデルとトポグラフィーモデル

- (6) 本研究では、代表者の開発した手法を用いることにより、全マントル構造モデルの解像度を、稠密アレイ解析で得られる微細構造モデルの水準にまで改善した。これまでは、全マントル構造推定とアレイ解析とは、別の空間スケールを議論するものと考えられていたが、本研究により、直接比較可能になった。これは本研究の与えた重要なインパクトである。

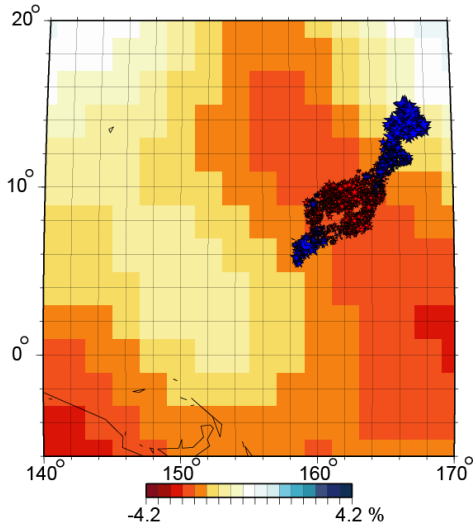


図3：図1及び2の速度構造モデルの比較

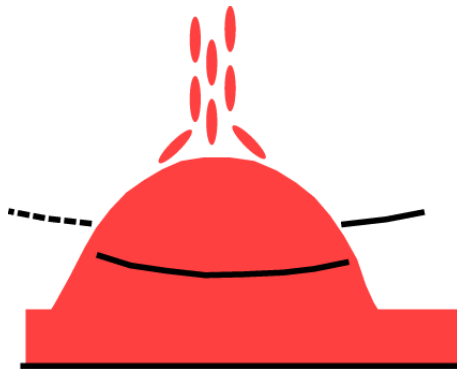


図4：推定された速度構造モデル及びトポグラフィモデルから示唆される、最下部マントルの描像

- (7) 全マントルモデルと、稠密アレイ解析により得られたモデルを比較することにより、地球ダイナミクスに対し制約が与えられることを示したことも、本研究の重要なインパクトと言える。
- (8) 本研究の稠密アレイ解析の研究対象領域は、日本のアレイデータにより最も詳しく調べられる領域の1つである。この地域に、マントル対流上昇流が存在することを見いだしたことは、今後の研究計

画の立案に重要な意味を持つ。なぜなら、マントル対流上昇流のダイナミクスの制約は、重要かつ未解決な課題であるが、日本及びその周辺地域の観測・解析をさらに充実させることにより、大きな進展をもたらされることが期待されるからである。

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8件)

- ① Yamada, R., Garcia, R.F., Lognonne, P., Kobayashi, N., Takeuchi, N., Nebut, T., Shiraishi, H., Calvet, M. & Ganepain-Beyneix, J., On the Possibility of lunar core phase detection using new seismometers for soft-landers in future lunar missions, *Planet. Space Sci.*, 査読有, vol.81, 2013, 18-31.
- ② Idehara, K., Tanaka, S. & Takeuchi, N., High-velocity anomaly adjacent to the western edge of the Pacific low-velocity province, *Geophys. J. Int.*, 査読有, vol.192, 2013, 1-6.
- ③ Takeuchi, N., Detection of ridge-like structures in the Pacific Large Low-Shear-Velocity Province, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 査読有, vol.319-320, 2012, 55-64.
- ④ Iritani, R., Takeuchi, N. & Kawakatsu, H., Seismic attenuation structure of the top half of the inner core beneath the northeastern Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, vol.37, 2010, L19303, doi:10.1029/2010GL044053.
- ⑤ Takeuchi, N. & Obara, K., Fine-scale topography of the D'' discontinuity and its correlation to volumetric velocity fluctuations, *Phys. Earth Planet. Int.*, 査読有, vol. 183, 2010, 126-135.
- ⑥ Takeuchi, N., Simulation of heterogeneity sections obtained by neutrino radiography, *Earth Planets Space*, 査読有, vol.62, 2010, 215-221.
- ⑦ 竹内 希, 非球対グローバル地球モデルに対する理論波形計算手法 -トモグラフィーに応用された手法を中心に-, 地震2, 査読有, vol.61, 2009, S75-S81.
- ⑧ Takeuchi N., A low-velocity conduit throughout the mantle in the robust component of a tomography model, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, vol. 36, 2009, L07306, doi: 10.1029/2009GL037590.

〔学会発表〕(計10件)

- ① 竹内 希・NECESSArray プロジェクトチーム, ScS 多重反射波のトモグラフィー解析による不連続面のマッピング, 日本地震学会, 函館市函館市民会館, 2012年10月18日.
- ② 竹内 希・川勝 均・田中 聡・大林政行・入谷良平・宮川幸治・出原光暉・利根川貴志, NECESSArray データとグローバルカタログデータのジョイントトモグラフィー法, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市幕張メッセ, 2012年5月20日.
- ③ N. Takeuchi, H. Kawakatsu, S. Tanaka, J. Chen, J. Ning, S. Grand, F. Niu, M. Obayashi, R. Iritani, K. Miyakawa, K. Idehara, T. Tonegawa & NECESSArray Project Team, Upper-mantle tomography with array analysis of triplicated P-arrivals observed by NECESSArray, AGU Fall Meeting, 米国カリフォルニア州サンフランシスコ市, 2011年12月7日.
- ④ 竹内 希・川勝 均・田中 聡・大林政行・入谷良平・宮川幸治・出原光暉・利根川貴志・NECESSArray プロジェクトチーム, NECESSArray トリプリケーションデータを用いた上部マントル P 波走時トモグラフィー, 日本地震学会, 静岡市グランシップ, 2011年10月12日.
- ⑤ 竹内 希, 太平洋下最下部マントルの微細全体像, 日本地震学会, 広島市広島国際会議場, 2010年10月27日.
- ⑥ 竹内 希・塩原 肇・一瀬 建日・杉岡 裕子・金沢 敏彦, 広帯域海底地震計データから示唆される下部マントルの急激な S 波速度勾配 (invited), 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市幕張メッセ, 2010年5月26日.
- ⑦ N. Takeuchi & K. Obara, Fine-scale volumetric velocity heterogeneities and D'' discontinuity topography constrained by Hi-net Tiltmeter Data, AGU Fall meeting, 米国カリフォルニア州サンフランシスコ市, 2009年12月17日.
- ⑧ 竹内 希・小原一成, migration による南西太平洋地域の D''不連続面 topography の検出, 日本地震学会, 京都市京都大学吉田キャンパス, 2009年10月23日.
- ⑨ 竹内 希, 外核最下部の有限な剛性率の実体波コアフェーズへの影響, 日本地震学会, 京都市京都大学吉田キャンパス, 2009年10月22日.
- ⑩ 竹内 希・小原一成, Fine-Scale Heterogeneities in the Lowermost Mantle Constrained by Broadband

Tiltmeter Waveforms, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市幕張メッセ, 2009年5月19日.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/takeuchi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 希 (TAKEUCHI NOZOMU)
東京大学・地震研究所・准教授
研究者番号: 90313048

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし