

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2005～2008 年

課題番号：17204037

研究課題名（和文） 日本列島から中国にかけての東アジア全域のマンテル微細構造とダイナミクスの解明

研究課題名（英文） Study of the fine structure and mantle dynamics under East Asia

研究代表者

趙 大鵬 (ZHAO, Dapeng)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70304665

研究成果の概要：

本研究は、地震波トモグラフィー法と波形解析法などの地震学的手法を駆使し、日本列島周辺から中国大陸にかけての東アジア全域における、幾つかの地球科学の重要な研究テーマを解明した。この地域の活発な地震・火山活動は、太平洋プレートの深い沈み込み及び地殻・上部マンテルの構造不均質の影響を強く受けていることがわかった。これらの成果はこの地域の地震発生機構と島弧火山・大陸内部火山の起源の解明およびその災害の予測と軽減のために極めて重要である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2006 年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2007 年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2008 年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
年度			
総計	23,600,000	7,080,000	30,680,000

研究分野：固体地球物理学

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：地震・火山・地殻・マンテル・沈み込み帯・地震波トモグラフィー・マンテル不連続面・マンテルプルーム

1. 研究開始当初の背景

日本列島から中国大陸にかけての東アジア地域におけるテクトニクスの最大の特徴は、世界で最も年代の古い太平洋プレートが日本海溝から沈み込み、しかも中国大陸東部下のマンテル遷移層に滞留していることである。しかし、本研究を行なう前に、この地域下のマンテル全体の三次元構造とダイナミ

クスは不明でした。

2. 研究の目的

地震波トモグラフィー法と波形解析法などの地震学的手法を駆使し、日本列島周辺から中国大陸にかけての東アジア全域におけるマンテル三次元構造とダイナミクスの解明

3. 研究の方法

地震波トモグラフィー法と波形解析法などの地震学的手法を用いた。

4. 研究成果

本研究は、地震波トモグラフィー法と波形解析法などの地震学的手法を駆使し、日本列島周辺から中国大陸にかけての東アジア全域における地殻とマンテルの三次元構造を解明した。日本列島から中国大陸にかけての東アジア地域におけるテクトニクスの最大の特徴は、世界で最も年代の古い太平洋プレートが日本海溝から沈み込み、しかも中国大陸東部下のマンテル遷移層に滞留していることである。この地域における活発な地震・火山活動は、太平洋プレートの沈み込み及び地殻・上部マンテルの構造不均質の2つの影響を強く受けていることがわかった。この地域下の地殻とマンテルの3次元微細構造の推定と、東アジア全域を一つのシステムとして捉えたダイナミクスの挙動を解明した。これらの成果はこの地域の地震発生メカニズムと島弧火山・大陸内部火山の起源の解明およびその災害の予測と軽減のために極めて重要である。

本研究によって得られた研究成果は以下のようにまとめられる。

(1) 全地球地震波トモグラフィーの計算法を改良し、不規則格子網を用いて全マンテルの3次元速度構造を決め、西太平洋から東アジア地域下のマンテル全体の構造とダイナミクスを研究した。特に沈み込んでいる太平洋スラブとフィリピン海スラブの深部構造を決めた。その結果、太平洋スラブとフィリピン海スラブはマンテル遷移層に停滞し、その後下部マンテルに落下していくことがわかった。

(2) 全地球地震波トモグラフィーモデルを用いて、地球上の60個のホットスポット火山下のマンテル3次元構造を調べた。その結果、マンテルプルームの起源には、上部マンテル・中部マンテル(or マンテル遷移層)・最下部マンテルの3種があることが分かった。現在のマンテルに12個の最下部マンテル起源のプ

ルームが存在すること、また、東アジア地域には、海南島下にマンテルプルーム(Hainan plume)が存在することがわかった。

(3) 日本列島と中国大陸にある最新の地震観測網で記録されたアジア地域の高精度地震波データ約百万個を用いて、東アジア全域の地殻と深さ1300 kmまでのマンテルの高分解能(約200 km)3次元P波速度構造を決めた。その結果、マンテル遷移層に停滞している太平洋スラブとフィリピン海スラブが明瞭にイメージングされた。停滞スラブの西端は中国大陸東部の地表にある大興安嶺—太行山重力異常帯とよく一致し、マンテル遷移層の構造とダイナミクス過程は地表のテクトニクスまで影響を及ぼしたことを示唆している。

(4) 近地地震と遠地地震のデータを用いて長白山活火山地域の地殻・上部マンテルの3次元P波速度構造を決めた。その結果、長白山火山はハワイのようなホットスポット火山ではなく、マンテル遷移層に停滞している太平洋スラブの深部脱水と停滞スラブ真上の**Big Mantle Wedge (BMW)**における対流運動によって生じた流体を含む熱いアセノスフェアの上昇とリソスフェアの破裂などのプロセスでできたプレート内部の活火山であることがわかった。このBMWモデルは、東アジア地域の他の活火山(例えば、五大連池、鏡泊湖など)及びアラスカ西部とBering海にある活火山の起源も説明できると思われる。

(5) 近地と遠地地震波トモグラフィー法を用いて、バイカル湖及び中国西部(天山、チベットなど)地域の地殻と上部マンテルの3次元構造とテクトニクスを研究した。その結果、これらの地域における地震・火山活動とテクトニクスは地殻と上部マンテル深部の構造不均質の影響を受けたことがわかつ

た。

(6) これまでの研究は日本列島の陸域下の構造のみを求めたが、その周辺海域の地下構造を求めることはできなかった。本研究ではsP depth-phaseデータを用いた新しい地震波トモグラフィー法を応用し、東北日本弧と九州弧の前弧域下の3次元速度構造を決め、地震活動との関係を考察した。その結果、沈み込んでいるスラブ上面の構造不均質とプレート境界型大地震の分布と顕著な相関があることがわかった。プレート境界型大地震の発生機構の解明には重要な意味があると思われる。

(7) 日本列島、中国大陸およびインドで発生した地殻大地震震源域の地殻と上部マントルの微細構造を研究した結果、震源域に地殻流体による顕著な構造不均質が見られた。この結果は、地震発生機構の理解と地震災害の軽減には重要な意味があると思われる。

(8) Forward-modeling法を用いて、日本海下のマントル遷移層にある沈み込む太平洋プレートの内部に、metastable olivine wedgeが検出された。深発地震の発生はこのようなスラブ内部の微細異常構造と緊密な関係があると思われる。

(9) 地震波トモグラフィー法をApollo月震観測網で記録された月震の走時データに応用し、月の表側（地球に面する側）の深さ1000 kmまでのP波とS波速度及びPoisson比の3次元分布を初めて推定した。月のマントルに顕著な構造不均質が存在し、深発月震の発生にも影響を及ぼす可能性があると考えられる。

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 71 件)

① Zhao, D., Z. Wang, N. Umino, A.

Hasegawa

Mapping the mantle wedge and interplate thrust zone of the Northeast Japan arc
Tectonophysics, 467 巻、89-106
2009 年、査読有

② Zhao, D., Y. Tian, J. Lei, L. Liu, S. Zheng

Seismic image and origin of the Changbai intraplate volcano in East Asia: Role of big mantle wedge above the stagnant Pacific slab
Phys. Earth Planet. Inter., 173 巻、197-206
2009 年、査読有

③ Zhao, D.

Multiscale seismic tomography and mantle dynamics
Gondwana Res., 15 巻、297-323
2009 年、査読有

④ Jiang, G., Zhao, D., G. Zhang

Seismic tomography of the Pacific slab edge under Kamchatka
Tectonophysics, 465 巻、190-203
2009 年、査読有

⑤ Huang, J., Zhao, D.

Seismic imaging of the crust and upper mantle under Beijing and surrounding regions
Phys. Earth Planet. Inter., 173 巻、330-348
2009 年、査読有

⑥ Xu, P., Zhao, D.

Upper-mantle velocity structure beneath the North China craton: Implications for lithospheric thinning
Geophys. J. Int., 177 巻、1279-1283
2009 年、査読有

⑦ Wang, J., D. Zhao

P-wave anisotropic tomography of the crust and upper mantle under Hokkaido, Japan
Tectonophysics, 469 巻、137-149
2009 年、査読有

⑧ Zhao, D., J. Lei, and L. Liu

Seismic tomography of the Moon
Chinese Sci. Bull., 53 巻、3897-3907
2008 年、査読有

⑨ Wang, J., Zhao, D.

P-wave anisotropic tomography beneath Northeast Japan
Phys. Earth Planet. Inter., 170 巻、115-133
2008 年、査読有

⑩ Jiang, G., Zhao, D., G. Zhang
Seismic evidence for a metastable olivine
wedge in the subducting Pacific slab under
Japan Sea
Earth Planet. Sci. Lett., 270 卷、300-307
2008 年、査読有

⑪ Zhao, D.
Seismic images under 60 hotspots: Search
for mantle plumes
Gondwana Res., 12 卷、335-355
2007 年、査読有

⑫ Zhao, D., Z. Wang, N. Umino, A.
Hasegawa
Tomographic imaging outside a seismic
network: Application to the northeast
Japan arc
Bull. Seismol. Soc. Am., 97 卷、1121-1132
2007 年、査読有

⑬ Abdelwahed, M., Zhao, D.
Deep structure of the Japan subduction
zone
Phys. Earth Planet. Inter., 162 卷、32-52
2007 年、査読有

⑭ Lei, J., Zhao, D.
Teleseismic P-wave tomography and the
upper mantle structure of the central Tien
Shan orogenic belt
Phys. Earth Planet. Inter., 162 卷、165-185
2007 年、査読有

⑮ Zhao, D., S. Maruyama, S. Omori
Mantle dynamics of western Pacific to East
Asia: New insight from seismic tomography
and mineral physics
Gondwana Res., 11 卷、120-131
2007 年、査読有

⑯ Zhao, D., J. Lei, T. Inoue, A. Yamada,
S. Gao
Deep structure and origin of the Baikal
rift zone
Earth Planet. Sci. Lett., 243 卷、681-691
2006 年、査読有

⑰ Huang, J., Zhao, D.
High-resolution mantle tomography of
China and surrounding regions
J. Geophys. Res., 111 卷、B09305
2006 年、査読有

⑱ Lei, J., Zhao, D.
A new insight into the Hawaiian plume

Earth Planet. Sci. Lett., 241 卷、438-453
2006 年、査読有

⑲ Zhao, D., S. Todo, J. Lei
Local earthquake reflection tomography of
the Landers aftershock area
Earth Planet. Sci. Lett., 253 卷、623-631
2005 年、査読有

⑳ Abdelwahed, M., Zhao, D.
Waveform modeling of local earthquakes in
Southwest Japan
Earth Planets Space, 57 卷、1039-1054
2005 年、査読有

【学会発表】(計 74 件)

① Zhao, D.
East Asia: Slabs, Volcanoes & Dynamics
International Workshop on Circum-Pacific
Subduction Zones
2009 年 2 月 18 日、Sendai, Japan

② Zhao, D., G. Jiang, and G. Zhang
Detecting the metastable olivine wedge in
the subducting Pacific slab under Japan
Sea
ASC・SSJ 合同学会
2008 年 11 月 25 日、Tsukuba, Japan

③ Zhao, D.
Seismic images of active upwellings and
intraplate volcanism
Fall AGU Meeting
2006 年 12 月 14 日、San Francisco, USA

④ Zhao, D.
Structure and dynamics of island arcs and
continental margins
The 5th IPACES International Workshop
2005 年 6 月 24 日、Guangzhou, China

【その他】

<http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/kazan/zhao.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者
趙 大鵬 (ZHAO DAPENG)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 70304665

(2) 研究分担者
山田 朗 (YAMADA AKIRA)

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・助教
研究者番号：00346694

(3) 連携研究者
()

研究者番号：