

( 1 ) 実施機関名：

東北大学

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

沈み込み帯の水循環の全容解明

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 1 ) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

( 4 ) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 1 ) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア．列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

( 2 ) 地震・火山噴火に至る準備過程

( 2-1 ) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

沈み込み帯の水循環について、地震波速度構造や減衰構造などの地震学的観測事実に基づき、スラブ内で脱水反応が起こる深さ、脱水反応により生じた水の移動経路、マントル上昇流の微細構造などを明らかにし、スラブから地表に至る流体の移動経路の全容を解明する。さらに、5 か年の計画で得られる新たな観測事実に基づき、これまでに提案されている東北日本弧におけるマグマ生成・上昇モデルを高度化する。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、地震波速度・減衰トモグラフィのための地震波形の読み取りを行うとともに、得られたデータを用いて、北海道および紀伊半島下の速度構造の予備的な解析を行う。また、中国北東部におけるトモグラフィを行い、太平洋停滞スラブと活火山の関係を明らかにする。減衰構造推定のためのインバージョンプログラムを開発する。

平成 22 年度は、紀伊半島下の減衰構造の推定し、西南日本下のマントル上昇流について、速度異常と減衰異常からその原因の考察を行う。また、North China Craton の活発化と太平洋停滞スラブとの関係の考察を行う。

平成 23 年度は、遠地地震を用いた解析を行い、日本列島下のマントル構造を明らかにする。

平成 24 年度は、これまで進められてきた波形の読み取り値を用いて、日本列島下の速度トモグラフィを行い、特にスラブ直上およびマントルウエッジの構造を高分解能で推定する。

平成 25 年度は、それまでに得られた結果から、沈み込む太平洋スラブに関わる水や物質の循環を、日本列島から中国北東部に至る広い領域で考察し、Big Mantle Wedge における流体の移動経路の全容を解明する。

( 7 ) 平成 22 年度成果の概要 :

列島下の水循環に重要な役割を果たすスラブの沈み込みとマントル上昇流の形状について、新たな知見が得られた。また、東北地方については異方性構造・減衰構造の推定を行った。いずれの結果も、これ先行研究よりも分解能が向上しておりマントルウエッジの不均質構造の理解の進展に寄与することが期待される。なお、上記 (6) に書かれた計画よりも研究の進展が早いため、1 年程度先行して研究を進めている。

1. 大量の近地・遠地地震データを用いて日本列島下の深さ 700 km までの 3 次元 P 波速度構造を推定した結果、西南日本下のフィリピン海スラブは深さ 300-500 km まで沈み込んでいることが明瞭にイメージされた。また、東北地方のマントル上昇流は日本海下の深部でも存在することが明らかになった ( 図 1 ) 。

2. 日本海溝から日本海東縁までの P 波速度異方性トモグラフィーを推定した。その結果、速い P 波速度方向はマントルウエッジでは東西あるいは北東-南西であり、太平洋スラブの中はほぼ南北方向であることがわかった (Wang and Zhao, 2010) 。

3. 深さの異なる地震 ( 地殻内地震, 深部低周波地震, スラブ内地震 ) の波形を用いて、S 波スプリッピング解析を行い、深さ方向の異方性構造の分離に成功した。その結果、南北の異方性があると考えられてきた前弧側のマントルウエッジでは、異方性が非常に弱いことが明らかになった ( Hung et al., 2011 ) 。その他の領域の結果は、P 波方位異方性の結果と非常に調和的である。

4. 東北地方のスラブ内地震について、波線経路に沿う  $t^*$  を推定したところ、背弧側のマントルウエッジは前弧に比べて減衰が極めて大きいことを示す結果が得られた ( 図 3 ) 。

==== 平成 23 年度の成果 ====

・ S 波スプリッピングの周波数依存

上部地殻、下部地殻、マントル、太平洋スラブには異なる方向の異方性が層構造をなしていることが明らかになった。このような層構造のために、東北日本で観測される異方性は他の沈み込み帯に比べて小さいのかもしれない。

・  $t^*$  を用いた東北地方下の減衰構造の推定

二重スペクトル比法を、P 波、S 波のコーダ波に適用し、各地震のコーナー周波数を精度よく決定した。そのようにして求めたコーナー周波数を用いて、各波形のスペクトルから減衰のパラメータである  $t^*$  を推定した。これからの  $t^*$  を用いて、減衰インバージョンを行う予定である。

・ 中国大陸下の異方性構造

Big Mantle Wedge モデルの高度化のために、中国大陸においても S 波異方性解析を行い、言う方正の方向が現在のテクトニクスから期待される対流の方向と対応することを明らかにした。

・ 日本海東縁のテクトニクス

地震波速度トモグラフィによって得られた速度構造を地質断層の知見も含めて検討し、アムール・オホーツクプレートの境界と考えられる速度不均質構造について議論した。

( 8 ) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物 ( 論文・報告書等 ) :

Cheng, B., D. Zhao, G. Zhang, 2011, Seismic tomography and anisotropy in the source area of the 2008 Iwate-Miyagi earthquake (M 7.2). *Phys. Earth Planet. Inter.* 184, 172-185.

Huang, Z., D. Zhao, N. Umino, L. Wang, T. Matsuzawa, A. Hasegawa, T. Yoshida, 2010, P-wave tomography, anisotropy and seismotectonics in the eastern margin of Japan Sea. *Tectonophysics* 489, 177-188.

Huang, Z., D. Zhao, L. Wang, 2011, Shear wave anisotropy in the crust, mantle wedge, and subducting Pacific slab under northeast Japan. *Geochem. Geophys. Geostst.* 12, Q01002, doi:10.1029/2010GC003343.

- Santosh, M., D. Zhao, T. Kusky, 2010, Mantle dynamics of the Paleoproterozoic North China Craton: A perspective based on seismic tomography. *J. Geodyn.* 49, 39-53 .
- Wang, J., D. Zhao, 2010, Mapping P-wave anisotropy of the Honshu arc from Japan Trench to the back-arc. *J. Asian Earth Sci.* 39, 396-407.
- Zhao, D., S. Ueki, Y. Nishizono, A. Yamada, 2011, New seismic evidence for the origin of arc and back-arc magmas. In: J. Ray, G. Sen, B. Ghosh (Eds.) *Topics in Igneous Petrology*, pp. 117-132, Springer Press.
- Zhao, D., L. Liu, 2010, Deep structure and origin of active volcanoes in China. *Geoscience Frontiers* 1, 31-44.
- Huang, Z., L. Wang, D. Zhao, N. Mi, M. Xu, 2011, Seismic anisotropy and mantle dynamics beneath China. *Earth Planet. Sci. Lett.* 306, 105-117.
- Huang, Z., D. Zhao, L. Wang, 2011, Frequency-dependent shear-wave splitting and multilayer anisotropy in Northeast Japan. *Geophys. Res. Lett.* 38, L08302.
- Tian, Y., D. Zhao, 2011, Destruction mechanism of the North China Craton: Insight from P and S wave mantle tomography. *J. Asian Earth Sci.* (in press).
- Zhao, D., Z. Huang, N. Umino, A. Hasegawa, T. Yoshida, 2011, Seismic imaging of the Amur-Okhotsk plate boundary zone in the Japan Sea. *Phys. Earth Planet. Inter.* (in press).

( 9 ) 平成 23 年度実施計画の概要 :

- ・遠地震および日本列島周辺の地震のデータを用いて , 日本列島下の深さ 700 km までの P 波異方性トモグラフィーを推定する .
- ・環太平洋の他の沈み込み帯における三次元不均質構造を推定し , 日本列島の結果と比較する
- ・東北日本の三次元 P 波 , S 波構造を推定し , 上昇流の微細構造を明らかにする .
- ・今年度の研究で得られた  $t^*$  を用いてインバージョンを行い , 東北地方の減衰構造を明らかにする .

( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

趙 大鵬・中島淳一・海野徳仁・松澤 暢・岡田知己・他  
他機関との共同研究の有無 : 有  
愛媛大学 : 山田朗

( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター  
電話 : 022-225-1950  
e-mail : zisin-yoti@aob.geophys.tohoku.ac.jp  
URL : <http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/>

( 12 ) この研究課題 ( または観測項目 ) の連絡担当者

氏名 : 中島淳一  
所属 : 大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター  
電話 : 022-225-1950  
FAX : 022-264-3292  
e-mail : nakajima@aob.geophys.tohoku.ac.jp

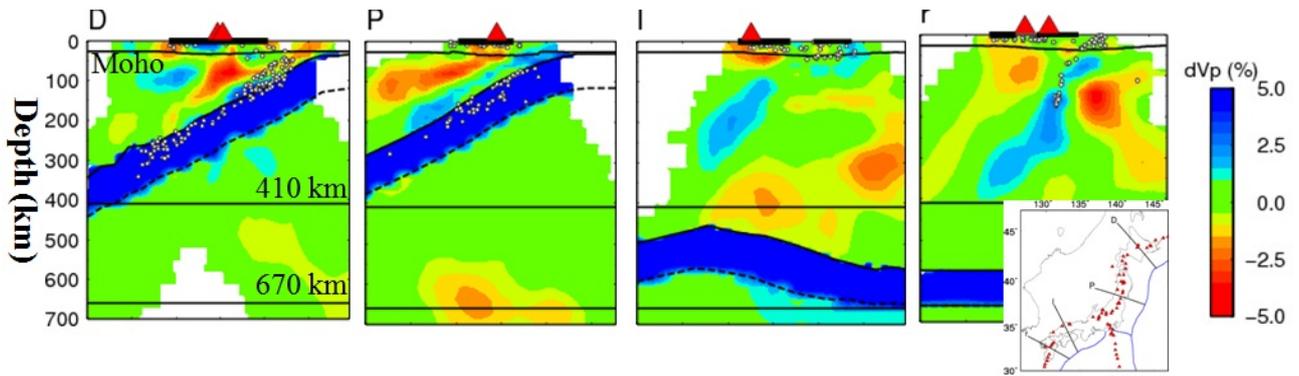


図 1 . P 波速度構造の島弧横断断面 .

太平洋プレート上には斜めの低速度域が明瞭に見られる . 特に , 断面 P では , 低速度域は日本海下にまで伸びている . 西南日本の断面では , フィリピン海プレートが深さ 300km 以深まで沈み込んでいる様子がみとれる .

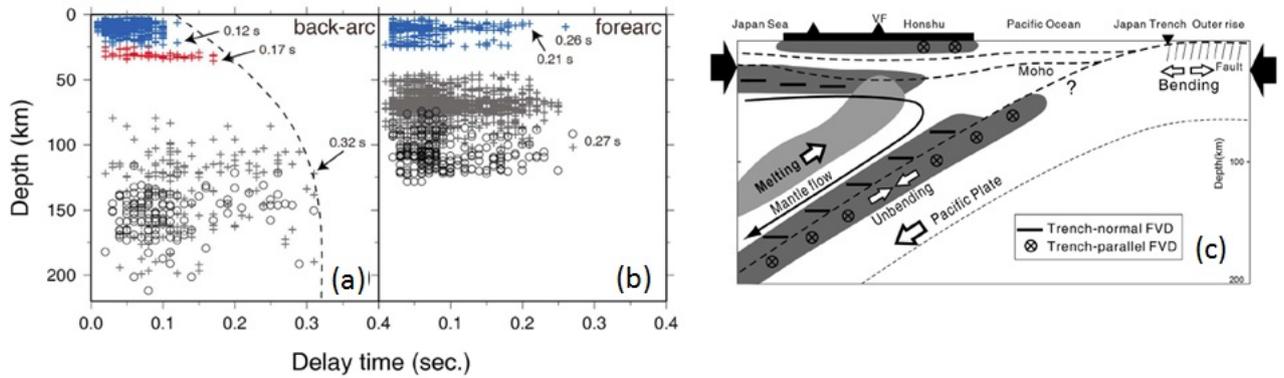


図 2. S 波スプリッティングの結果

(a) 東北地方の背弧側 , および (b) 前弧側を通過する波線から得られた時間差と深さの関係 . (c) 東北地方のマントルウェッジの異方性の模式図 .

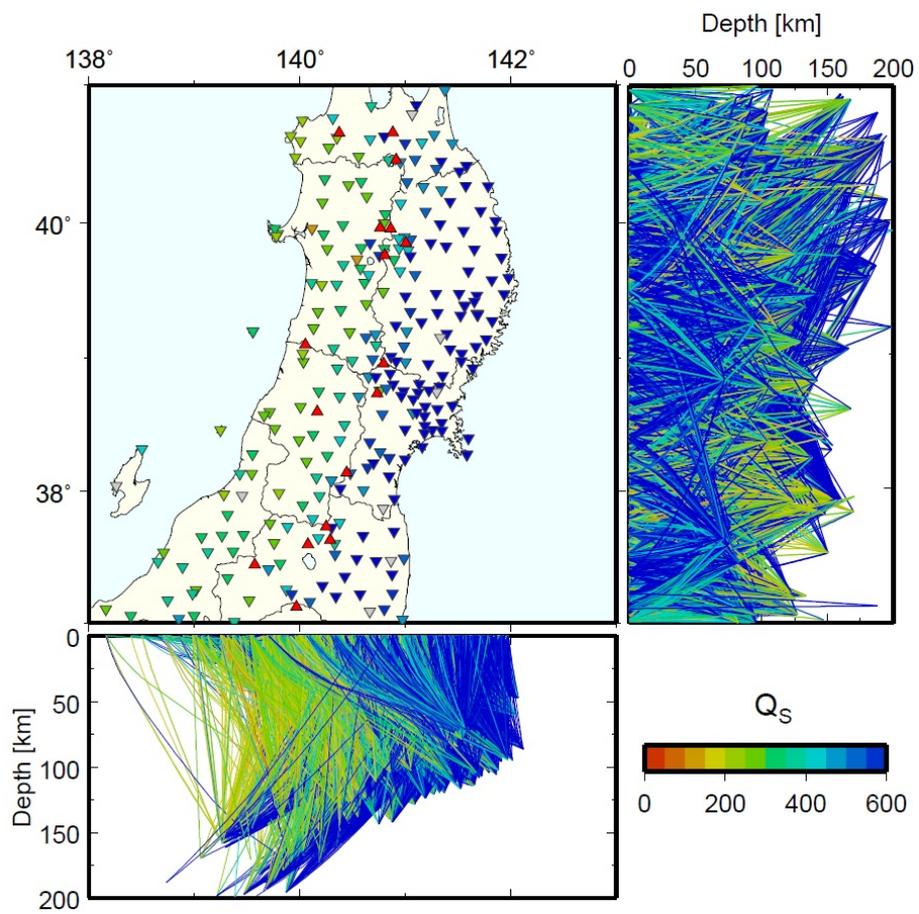


図 3 . 波線平均の  $Q_s$   
 S 波の速度波形スペクトルから推定した  $t^*$  から求めた波線平均の  $Q_s$