

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地震波を用いた解析に基づく地殻構造と地震・火山活動の関係の解明

(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

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(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

イ．上部マントルとマグマの発生場

(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：

地震発生や火山形成過程を理解する上で重要である日本列島下の地殻について、地震波形を用いた解析により、モホ面などの地震波速度不連続面の形状や上部・下部地殻の三次元地震波速度構造に加え、短波長不均質構造の詳細な空間分布を高精度で推定する。得られた結果を基に、地震活動や火山分布と地殻不均質構造の関連性、及び火山性流体の分布を明らかにする。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、ランダム媒質における短周期地震波動伝播の数理的基礎の構築、及び東北日本・紀伊半島における地殻不均質構造の推定を行う。数理的基礎の構築では、1Hz 以上の高周波数地震波のエンベロープに着目し、自由表面を持つランダム媒質におけるベクトル弾性波のエンベロープの理論導出、PS 変換散乱を考慮した輻射伝達理論に基づく、強いランダム不均質媒質におけるエネルギー多重散乱モデルの構築、などを行う。また、日本列島の地殻内の三次元地震波速度構造を推定し、火山や地殻活動と地殻内不均質構造の関係を考察する。特に、和歌山県下の群発地震活動などの特異な地殻活動と不均質構造の関係を明らかにする。さらに、火山体における人工地震や自然地震の記録の収集及び予備解析、地震波形記録の収集・処理などを行い次年度以降の解析のための手法及びデータセットを作成する。

平成 22 年度は、Hi-net データの解析に基づき、短周期 S 波の散乱と内部減衰の地域性を明らかにする。また、地震波形からモホ面での反射波や変換波を見出し、直達波と反射波/変換波との走時差を読み取る。

平成 23 年度は、冪乗型スペクトルを持つランダム弾性媒質における最大振幅遅延・最大振幅減衰を統計パラメータのみで記述し、S 波エンベロープの解析から日本列島における短波長不均質構造及び内部減衰構造の空間分布を推定するインバージョン手法を開発する。また、sP depth phase を用いたトモグラフィを行い、太平洋下の速度構造の空間分解能を向上させる。モホ面での反射波/変換波の走時差データをインバージョンし、モホ面の形状を推定する。

平成 24 年度は、前年度に開発した手法を実データへ適用し、日本列島における不均質構造及び内部減衰構造の空間分布を明らかにする。また、火山体における人工地震や自然地震の記録を解析し、輻射伝達理論に基づく散乱係数を推定する。さらに、後続波の走時データを用いて、速度トモグラフィにより地殻（特に下部地殻）の詳細な速度構造を推定する。

平成 25 年度は、これまでに得られた結果を総合的に解釈し、日本列島における第四紀火山の分布や地震活動と地殻・最上部マントルの不均質構造の関係及び火山体における不均質構造と火山性流体の分布・挙動との関係を明らかにする。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要 :

【平成 25 年度の成果】

1. 東北地方の下部地殻において、火山地域とその周辺で高減衰域がイメージングされ、その空間分布は第四紀火山の分布とほぼ一致する (図 1)。高減衰の原因は高温と火山性の流体であると考えられる。一方、地殻熱流量の低い関東平野下でも下部地殻に高減衰が見られた。温度が低いことから、低温のスラブ流体が高減衰の原因であると考えられる。これらの成果は、内部減衰は温度だけではなく、流体の分布にも敏感な物理量であることが強く示唆している。
2. 西南日本および南海トラフ西部におけるランダム速度不均質構造を推定した。その結果、別府島原地溝帯は地殻内の不均質は短波長成分に富むが、深さ 40km 以深では周囲の非火山地域と同程度の弱い不均質性をもつことがわかった (図 2)。この特徴は東北日本や北部伊豆小笠原弧の島弧火山の特徴とは異なり、地溝帯の深さ 40km 以深において火成岩などの分布による不均質性が弱いことを示唆する。
3. 太平洋下で発生している地震で観測される sP-depth phase の読み取りを行い、海底下の地震の震源を精度良く決定した。さらにそれらの地震の走時データを用いて、東北地方の沖合の地震波速度構造の推定を行った。その結果、東北地方太平洋沖地震の大きな滑り域ではその直上の速度が速いことが明らかになった (図 3)。

【5 年間のまとめ】

本課題ではランダム不均質媒質における短周期地震波動伝播の数理的基礎の構築、地殻の短波長不均質構造と火山・断層・地殻流体との関係解明、地震発生層の下限の系統的な調査などに関する研究を行ってきた。得られた主要な果は以下の通りである、(1) 第四紀火山およびその周辺では短波長不均質が強いが、活動断層域では必ずしも短波長不均質は強くない。(2) 速度ゆらぎには地域変化が見られ、その地域変化は古い海嶺の沈み込みや島弧の衝突など、地下構造の特徴により説明可能である。(3) 後続波の解析により不均質構造の空間分解能が向上したことで、プレート境界地震の大アスペリティ分布と不均質構造との対応が明瞭にみられた。(4) 火山下などの強い構造不均質やランダム媒質における短周期波形の特徴を数理的モデルや数値モデリングにより定量化した。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

- Huang, Z., D. Zhao, 2013, Mechanism of the 2011 Tohoku-oki earthquake (Mw 9.0) and tsunami: Insight from seismic tomography. *J. Asian Earth Sci.* 70, 160-168.
- Nakajima, J., 2014, Seismic attenuation beneath Kanto, Japan: Evidence for high attenuation in the serpentinized subducting mantle, *Earth Planets and Space*, in press.
- Nakajima, J., S. Hada, E. Hayami, N. Uchida, A. Hasegawa, S. Yoshioka, T. Matsuzawa, and N. Umino, 2013, Seismic attenuation beneath northeastern Japan: Constraints on mantle dynamics and arc magmatism, *J. Geophys. Res.*, 118, 5838-5855, doi:10.1002/20013JB010388.

Takahashi, T., K. Obana, Y. Yamamoto, A. Nakanishi, S. Kodaira, and Y. Kaneda, 2013, The 3-D distribution of random velocity inhomogeneities in southwestern Japan and the western part of the Nankai subduction zone, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 118, doi:10.1002/jgrb.50200.

Wei, W., D. Zhao, 2013, The 2008 Iwate-Miyagi earthquake (M 7.2) and arc volcanism: Insight from irregular-grid tomography. *Earth Science Frontiers* 20, 155-171.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

趙大鵬・西村太志・岡田知己・山本希・中島淳一・他
他機関との共同研究の有無 : 有
海洋研究開発機構 : 高橋 努

(10) 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.gp.tohoku.ac.jp
URL : <http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/>

(11) 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

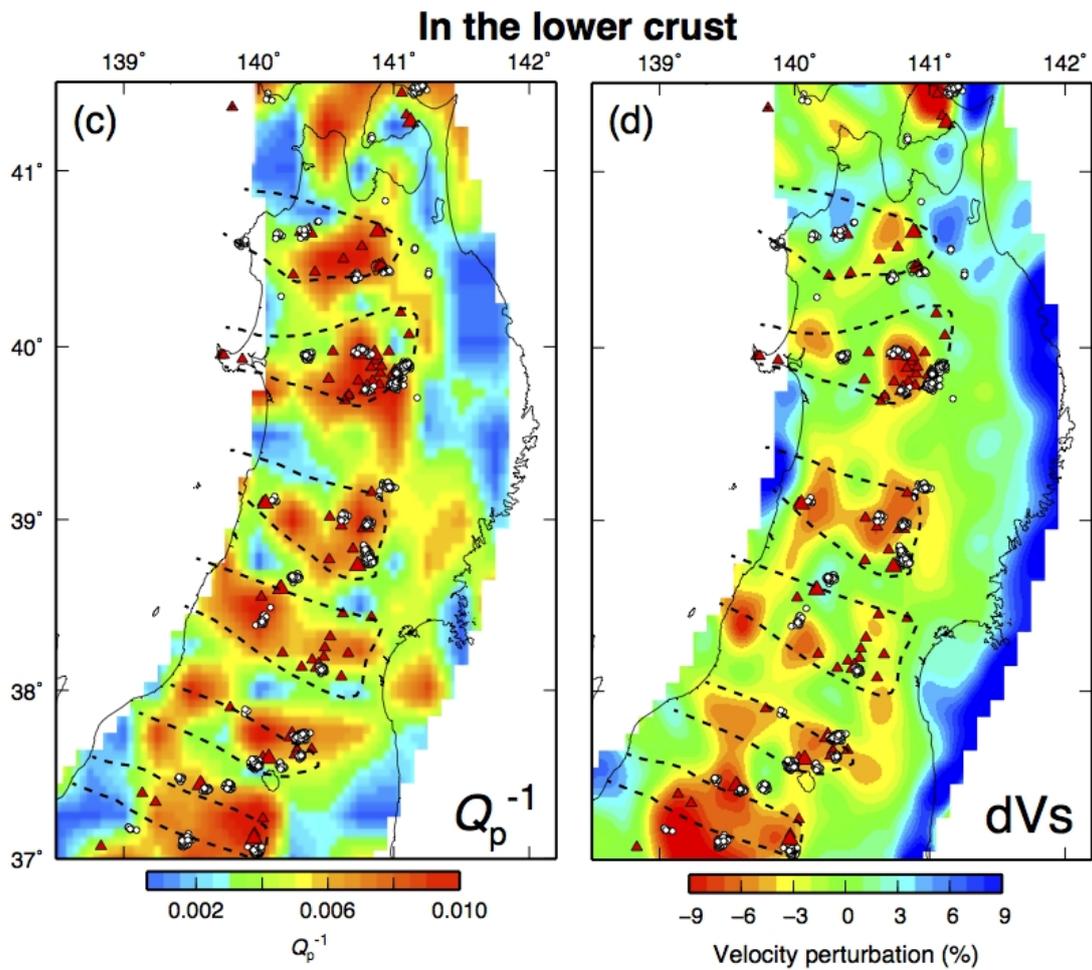


図 1
東北地方における下部地殻の地震波減衰と速度構造 (Nakajima et al., 2013) .

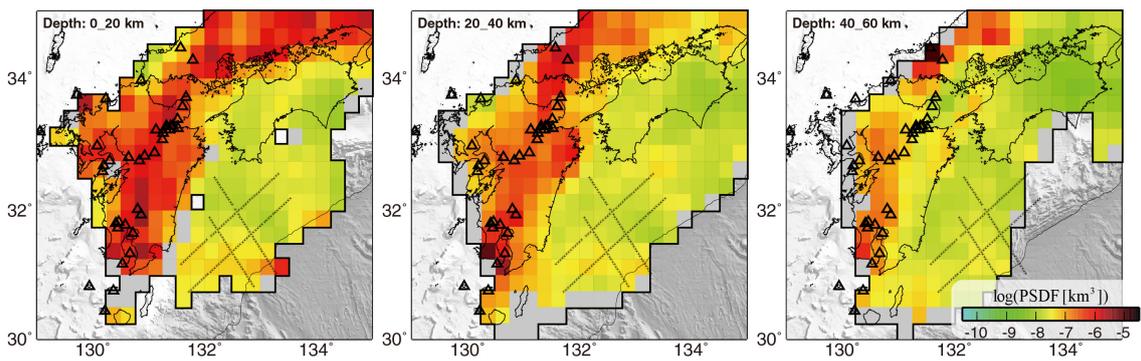


図 2
深さ 0-20km, 20-40km 40-60km におけるランダム速度不均質のパワースペクトル密度の空間分布 (Takahashi et al., 2013) . 赤系統ほど不均質性が強いことを表す . 黒三角は第四紀火山 , 黒点は設置された海底地震計の位置を示す .

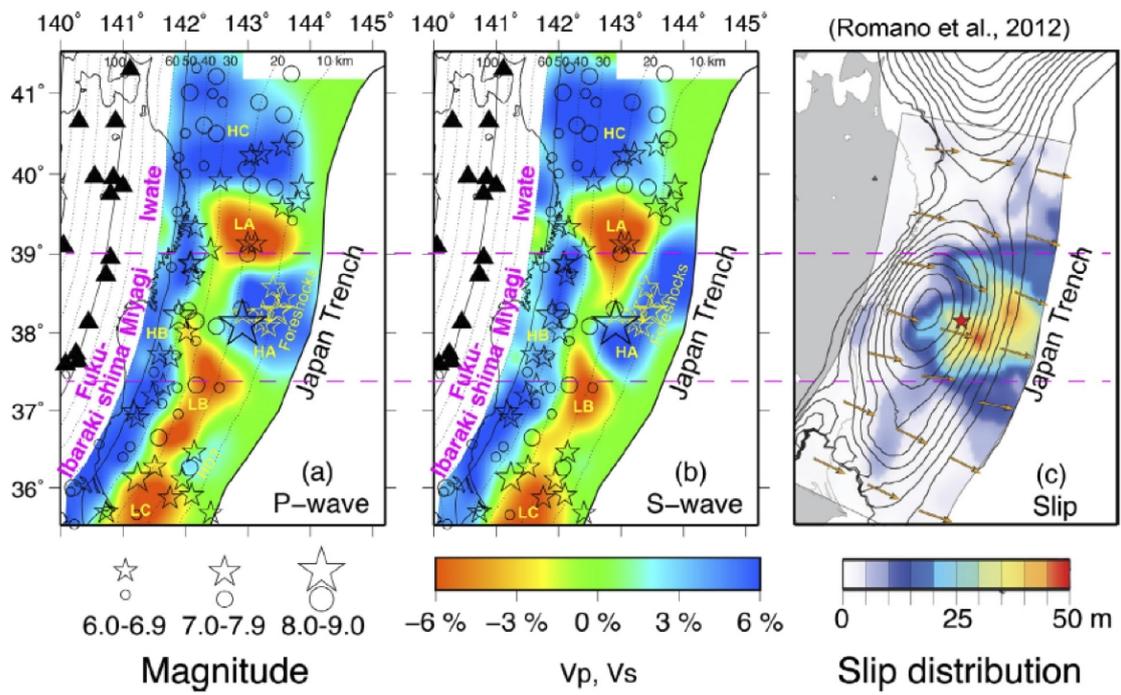


図 3

sP-depth phase を用いた構造解析例 (Huang and Zhao, 2013) . 海底下の構造推定の分解能が向上し , 東北地方太平洋沖地震の滑り域と構造の対応が明らかになった .