

(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) 平成 24 年度成果の概要 :

1. 遠地 P 波のトランスバース成分解析を Hi-net データに適用した結果、火山あるいは火山と断層域近傍の領域は、断層域のみの地域よりも、統計的に短波長 不均質強度がやや大きいことが分かった。

2. 西南日本の P 波方位異方性構造を推定した。その結果、九州地方下の背弧マントルウエッジの異方性は海溝軸に直交するのに対し、前弧マントルウエッジの異方性は海溝軸に平行であることが明らかになった。海溝軸に平行な異方性は、プレート生成時の異方性構造を反映している可能性が高い。

3. 北部伊豆小笠原弧において、多重前方散乱による見かけの振幅減衰を考慮し、S 波減衰の三次元構造を推定した。その結果、北部伊豆小笠原弧は前弧側で減衰が非常に弱く、火山下は周囲に比べ強い減衰を示すことが分かった。ランダム速度 不均質と減衰因子を比較すると、北部伊豆小笠原弧の火山下の媒質は東北日本前 弧側と類似し、東北日本の火山下は、不均質性と減衰が特に強い媒質といえることが分かった。

4. 強い不均質場中の地震波エネルギー伝播・エネルギー分配における非等方散乱及び不均質性の異方性の影響を数値モデリングと通じて検討した。その結果、火山域のような強い不均質性媒質においては、非等方散乱の影響は直達波近傍にのみ現れ、局所的なエネルギー等分配への遷移時間は等価な輸送散乱係数を用いた多重等方散乱解析解でほぼ近似できること等を示すことが出来た。

5. 地震波干渉法を用いて、東北日本弧のウェッジマントル内部の反射・散乱構造のイメージングを行った。その結果、反射的なウェッジマントル及び透明な沈み込むスラブのイメージングに成功した。ウェッジマントル内部でも前弧側よりも火山フロント直下・背弧側で顕著な反射・散乱体の存在を示唆する結果が得られた。ウェッジマントル内部の反射・散乱体は地震波トモグラフィで得られた P 波低速度体の周辺に分布する。陸上地震観測点の連続記録に含まれる雑微動部分から各観測における自己相関関数を求めた。次に得られた自己相関関数をゼロオフセットのグリーン関数と考え、自己相関関数中に含まれるすべてのシグナルが P_xP 反射であると仮定して、3 次元マイグレーション処理を施し、反射・散乱構造のイメージングを行った。

6. 北海道下において地震波減衰構造を求めた結果、複数の地質帯・地質境界との明確な対応が見られ、大きな低 Q 領域が日高主衝上断層の西側の深さ 0-70km で見い出された。また、1970 年 M7.1 日高山脈南部地震の震源はこの低 Q 領域の東端に位置し、1982 年 M6.7 浦河沖地震の震源も低 Q 領域中で最も低い値を持つ領域に位置しているという特徴がある。さらに、地震波低速度異常域内部での特異な微小地震活動 (Kita et al., 2012) も、この最も低い値を持つ低 Q 領域に集中している。これらの結果は、内陸大地震や微小地震活動の発生が、流体や含水鉱物の空間分布と関係する可能性を示唆している。

(8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :
Huang, Z., D. Zhao, 2013, Relocating the 2011 Tohoku-oki earthquakes (M 6.0-9.0). Tectonophysics 586,

1-11.

- Ito, Y., K. Shiomi, J. Nakajima, and R. Hino, 2012, Autocorrelation analysis of ambient noise in northeastern Japan subduction zone, *Tectonophysics*, 572-573, 38-46.
- Kita, S., A. Hasegawa, J. Nakajima, T. Okada, T. Matsuzawa and K. Katsumata, 2012, High-resolution seismic velocity structure beneath the Hokkaido corner, northern Japan: Arc-arc collision and origins of the 1970 M 6.7 Hidaka and 1982 M 7.1 Urakawa-oki earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 117, B12301, doi:10.1029/2012JB009356.
- Liu, X., D. Zhao, S. Li, 2013, Seismic imaging of the Southwest Japan arc from the Nankai trough to the Japan Sea. *Phys. Earth Planet. Inter.* 216, 59-73.
- Nishimura, T., 2012, Heterogeneity of the Japanese islands as inferred from transverse component analyses of teleseismic P-waves observed at a seismic station network, *Hi-net Earth Planets Space*, 64, e25-e28.
- Wang, Z., W. Huang, D. Zhao, S. Pei, 2012, Mapping the Tohoku forearc: Implications for the mechanism of the 2011 East Japan earthquake (Mw 9.0). *Tectonophysics* 524, 147-154.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

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 .

(10) 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

(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.gp.tohoku.ac.jp

URL : <http://www.aob.gp.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

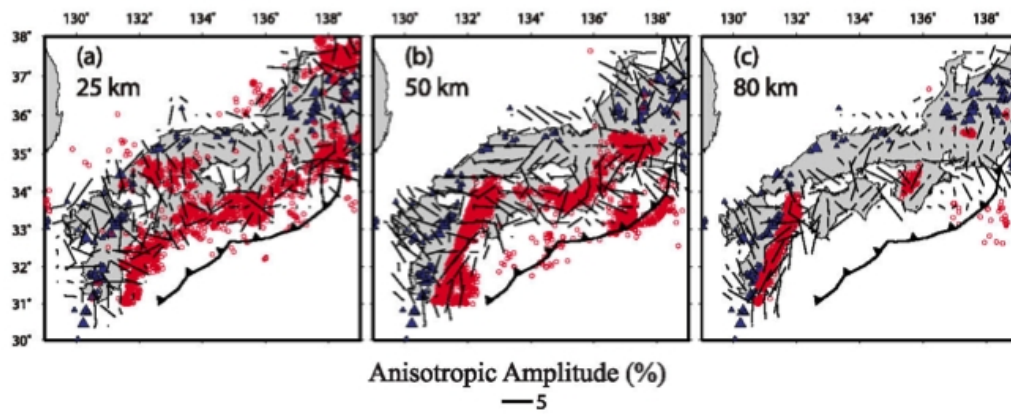


図 1

(a) 深さ 25km, (b) 50km, (c) 80 km における P 波方位異方性分布．バーの方向が異方性の向きを，長さが異方性の強さを示す．赤丸は微小地震，青三角は第四紀火山を示す．

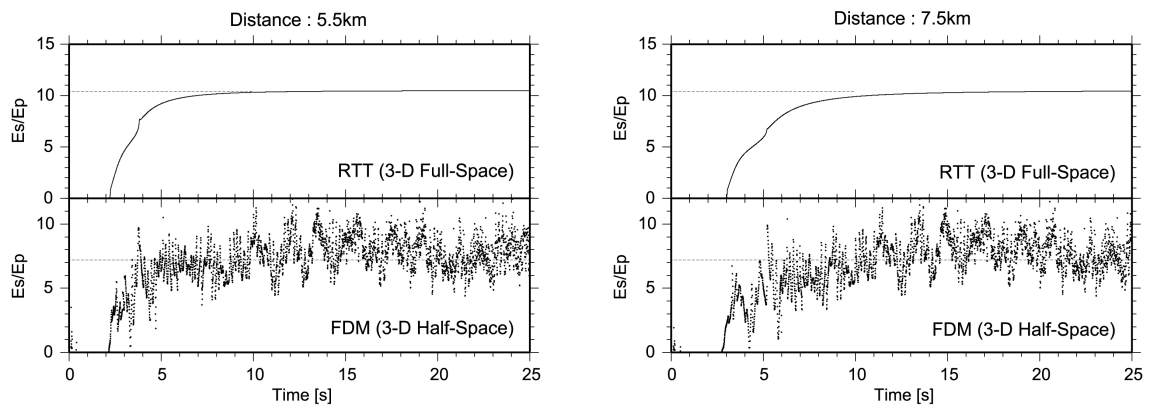


図 2

指数関数型不均質半無限媒質における局所エネルギー分配の遷移過程の数値モデリング結果と等価な輸送散乱係数をもつ無限媒質中の多重等方散乱解析解による結果の比較例．

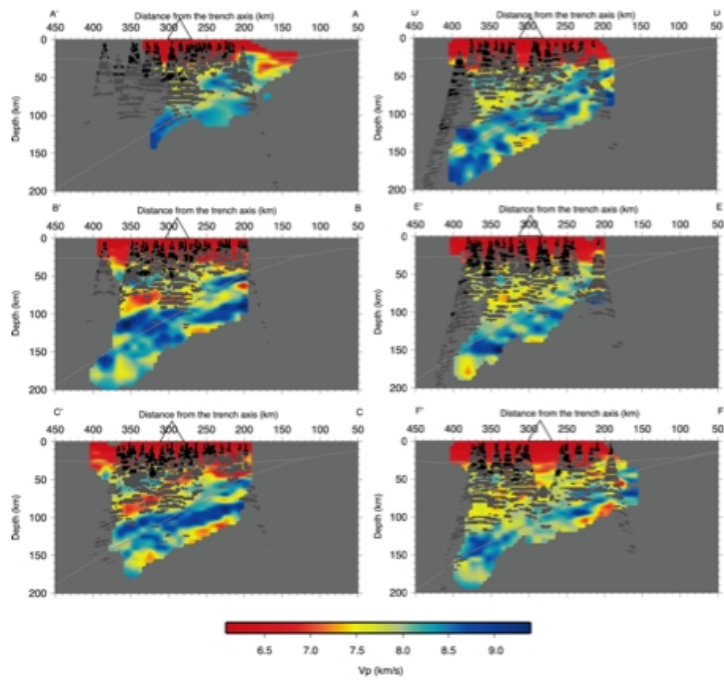


図 3

Normalized stacked amplitude のマイグレーション結果と P 波速度分布 (Nakajima et al., 2009) . 黒及び灰色の点は振幅の絶対値がそれぞれ 0.005, 0.001 以上のグリッドポイントを示す . 細い灰色線は大陸モホ面と太平洋スラブの上部境界面である .