

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18740268
 研究課題名 (和文) 地震波速度・異方性構造に基づく沈み込み帯におけるマントル上昇流システムの解明
 研究課題名 (英文) Study on mantle upwelling based on seismic velocity and anisotropy structures in subduction zones
 研究代表者
 中島 淳一 (NAKAJIMA JUNICHI)
 東北大学・大学院理学研究科・助教
 研究者番号：30361067

研究成果の概要：

地震波速度トモグラフィ法により、日本列島下の地震波速度構造を推定した。その結果、太平洋プレートの沈み込みによって生じた上昇流であると解釈される低速度領域が上部マントルにイメージされた。一方、上昇流の流れの方向を反映している異方性構造を推定した結果、異方性の向きは太平洋プレートの沈み込み方向にほぼ平行であることが明らかになった。これらの結果は、海洋性プレートの沈み込みによってマントル対流が生じていることを示す重要な地震学的観測事実である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	900,000	0	900,000
2007 年度	500,000	0	500,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	150,000	2,050,000

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：地震波速度構造、トモグラフィ、上昇流、異方性構造

1. 研究開始当初の背景

日本列島下には太平洋プレートが沈み込んでおり、さらに関東以西ではフィリピン海プレートも沈み込んでいる。プレートの沈み込みによってマントルウェッジに形成される上昇流 (リターンフロー) は、沈み込み帯における物質循環に重要な役割を果たすと考えられているプレートからマントルウェッジに放出された水は上昇流に取り込まれ、その内部に部分熔融を引き起こす。上昇流によって火山フロント直下まで上昇して

きた水は、その周辺の地殻を軟化させ、地震発生層に応力集中を引き起こすと考えられる。このモデルは、火山フロント周辺で東西の歪速度が大きいという GPS による観測事実を説明することができる。さらに、マントルウェッジの低速度域の定量的な解釈により、上昇流内の部分融解度が島弧走向方向に変化することが明らかになり、その分布は地表の火山の集中域・非集中域や岩木山や鳥海山といった背弧火山の分布と対応することがわかってきた。東北日本におけるこれらの観

測事實は、「上昇流は島弧火山の源であり、島弧地殻の変形（応力集中機構）にも極めて重要な役割を果たす」ことを示唆している。つまり、マンツルの水が、島弧地殻の地殻活動に深く関与していると推測される。

2. 研究の目的

日本列島全域で地震波速度トモグラフィとS波スプリッティング解析を行い、地殻・マンツル・スラブの不均質構造（地震波速度構造・S波偏向異方性構造）を推定し、日本列島スケールでマンツル上昇流をイメージングし、沈み込みに関する水輸送の経路を解明する。上昇流の分布は地震波速度構造から、その流動方向はS波偏向異方性から推定できる。それらの結果に基づき、島弧火山の成因および地震発生層への応力集中機構の理解を目的に、1) 北海道東部や伊豆弧にみられる火山の雁行配列と上昇流の位置および流動方向の関係、2) 過去に多くの被害地震が頻発している、顕著な歪集中帯である「新潟-神戸歪集中帯」の原因、3) 中部日本における火山フロントの西方への屈曲と沈み込むフィリピン海プレートとの関係、4) 西南日本におけるフィリピン海プレートの形状、を明らかにする。

3. 研究の方法

日本列島下で発生している地震について、陸上の観測点で得られた地震波形および地震波走時データを用いて、地下の不均質構造を解明する。走時データは気象庁一元化データに、東北大で独自に読み取っているデータも追加して解析に用いた。特に、さらに最新の物質科学的な知見を用いて、地震波速度・異方性構造を定量的に解釈する。

4. 研究成果

本研究で得られた主要な結果は以下の通りである。

- (1) 西南日本に沈み込むフィリピン海プレート下の深さ 100-300km に大規模な地震波低速度域が存在することを明らかにした。その上昇流の一部は紀伊半島に至ることから、それが紀伊半島での高 $3\text{He}/4\text{He}$ 異常と関係しているというモデルを提唱した。
- (2) 顕著な内陸の歪集中帯である「新潟-神戸歪集中帯」に沿った下部地殻に顕著な低速度域が存在し、場所によっては最上部マンツルも低速になっていることが明らかになった。また、得られた速度構造は、歪集中帯はその走向方向に三つのセグメントに分類出来ることを示唆している。
- (3) S波スプリッティング解析を行い、東北では沈み込み方向にほぼ平行であ

る速いS波の振動方向が、北海道では沈み込み方向とは斜交し、むしろプレートの最大傾斜方向と平行になることを明らかにした。

- (4) 中部日本では少なくとも深さ 150-200km、近畿地方では約 60-80km、中国地方では約 60km、九州では 150-200km までフィリピン海スラブが沈み込んでいる。
- (5) 含水鉱物から成る海洋性地殻に対応する地震波低速度域が、東北では深さ 80-90km まで、関東では深さ 120-150km までイメージングされた。関東で低速度域の及ぶ深さが急激に深くなるのは、沈み込むフィリピン海プレートが太平洋プレート直上に沈み込んでいるために、マンツルから太平洋プレートへの熱供給が妨げられ、温度上昇が遅れているためであると解釈できる。
- (6) 北海道東部に沈み込む太平洋プレートにおいて二重深発地震面下面の地震に沿って顕著な低速度域が存在すること、面間（上面と下面の間）は概ね高速度異常を示すことなど、を明らかにした。

これらの成果は、沈み込み帯において地震波速度構造と減衰構造を高精度で推定した初めての研究であり、沈み込み帯でのマンツル対流の理解の進展に大きく寄与すると期待される。今後は地震波減衰構造も加え、定量的な解釈を行い、沈み込み帯での水・物質循環の理解を進めるつもりである。

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 13 件）

- ① Tsuji, Y., J. Nakajima, and A. Hasegawa. Tomographic evidence for hydrated oceanic crust of the Pacific slab beneath northeastern Japan: Implications for water transportation in subduction zones. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14308, doi:10.1029/2008GL034461, 2008. 査読有
- ② Nakajima, J., and A. Hasegawa, Existence of low-velocity zones under the source areas of the 2004 Niigata-Chuetsu and 2007 Niigata-Chuetsu-Okai earthquakes inferred from travel-time tomography, *Earth, Planets and Space*, 60, 1127-1130, 2008. 査読有
- ③ Nakajima, J., and A. Hasegawa,

- Seismological imaging of the mantle wedge structure beneath the northeastern Japan arc and its interpretation (in Japanese with English abstract), *J. Geography*, 117, 76-92, 2008. 査読有
- ④ Hasegawa, A., J. Nakajima, S. Kita, Y. Tsuji, K. Nii, T. Okada, T. Matsuzawa, and D. Zhao, Transportation of H₂O in the NE Japan subduction zone as inferred from seismic observations - Supply of H₂O from the slab to the arc crust (in Japanese with English abstract), *J. Geography*, 117, 59-75, 2008. 査読有
- ⑤ Hasegawa, A., J. Nakajima, S. Kita, T. Okada, T. Matsuzawa, and S. Kirby, Anomalous deepening of a belt of intraslab earthquakes in the Pacific slab crust under Kanto, central Japan: Possible anomalous thermal shielding, dehydration reactions, and seismicity caused by shallower cold slab material, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L09305, doi:10.1029/2007GL029616, 2007. 査読有
- ⑥ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Subduction of the Philippine Sea slab beneath southwestern Japan: Slab geometry and its relationship to arc magmatism, *J. Geophys. Res.*, 112, B08306, doi:10.1029/2006JB004770, 2007. 査読有
- ⑦ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Deep crustal structure along the Niigata-Kobe Tectonic Zone, Japan: its origin and segmentation, *Earth Planets and Space*, 59, e5-e8, 2007. 査読有
- ⑧ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Tomographic evidence for the mantle upwelling beneath southwestern Japan and its implications for arc magmatism, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 254, 90-105, 2007. 査読有
- ⑨ Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki, Relocation of the M⁷ Miyagi-oki Earthquakes in the 1930s: Seismic Slips of Asperities that Were Re-ruptured during the 1978 M7.4 Miyagi-oki Earthquake? (in Japanese with English abstract), *J. Seismol. Soc. Japan*, 59, 325-337, 2007. 査読有
- ⑩ Kita, S., T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, and A. Hasegawa, Existence of a seismic belt in the upper plane of the double seismic zone extending in the along-arc direction at depths of 70-100 km beneath NE Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L24310, doi:10.1029/2006GL028239, 2006. 査読有
- ⑪ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Anomalous low-velocity zone and linear alignment of seismicity along it in the subducted Pacific slab beneath Kanto, Japan: Reactivation of subducted fracture zone?, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16309, doi:10.1029/2006GL026773, 2006. 査読有
- ⑫ Nakajima, J., A. Hasegawa, S. Horiuchi, K. Yoshimoto, T. Yoshida, and N. Umino, Crustal heterogeneity around the Nagamachi-Rifu fault, northeastern Japan, as inferred from travel-time tomography, *Earth Planets and Space*, 58, 843-853, 2006. 査読有
- ⑬ Nakajima, J., J. Shimizu, S. Hori, and A. Hasegawa, Shear-wave splitting beneath the southwestern Kurile arc and northeastern Japan arc: A new insight into mantle return flow, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L05305, doi:10.1029/2005GL025023, 2006. 査読有
- [学会発表] (計 14 件)
- ① 中島淳一, 沈み込み帯におけるマグマ生成上昇過程の地震学的研究, *ASC・SSJ合同大会*, つくば市, つくば国際会議場, 2008年11月23日.
- ② 中島淳一・長谷川昭・弘瀬冬樹, 太平洋スラブとフィリピン海スラブの衝突による変形と関東地方の地震テクトニクス, *日本地球惑星科学連合 2008 年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2008年5月30日.
- ③ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Seismological studies on mantle upwelling in NE Japan: Implications for the genesis of arc magmas, *Subduction Factory Studies in the Izu-Bonin-Mariana*, Honolulu, Marriott Hotel, November 8, 2007.
- ④ 中島淳一・長谷川昭, マントル上昇流の微細構造と島弧マグマ活動, *日本地震学会 2007 年秋季大会*, 仙台, 仙台国際センター, 2007年10月25日.
- ⑤ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Comprehensive studies on an inclined low-velocity zone in the mantle wedge of NE Japan: Implications for the genesis of arc magmas, *EASTEC symposium 2007 Dynamic Earth -its*

origin and future-, Sendai, Sendai City War Reconstruction Memorial Hall, September 18, 2007.

- ⑥ 中島淳一・長谷川昭・弘瀬冬樹, フィリピン海スラブ内の地震活動: 上面地震帯と起震応力場, *日本地球惑星科学連合 2007年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2007年5月23日.
- ⑦ 中島淳一・長谷川昭・堀修一郎, 日本周辺のS波スプリッティング, *日本地球惑星科学連合 2007年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2007年5月22日.
- ⑧ 中島淳一・長谷川昭, 地震波速度トモグラフィによる新潟-神戸歪集中帯の深部構造, *日本地球惑星科学連合 2007年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2007年5月22日.
- ⑨ 中島淳一・岩崎貴哉・大見士朗・岡田知己・加藤愛太郎・武田哲也・歪集中帯大学合同地震観測グループ, 合同地震観測データを用いた跡津川断層周辺の三次元地震波速度構造(その3), *日本地球惑星科学連合 2007年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2007年5月20日.
- ⑩ 中島淳一・加藤愛太郎・岩崎貴哉・大見士朗・岡田知己・武田哲也・歪集中帯大学合同地震観測グループ, 合同地震観測データを用いた跡津川断層周辺の三次元地震波速度構造(その2), *日本地震学会 2006年秋季大会*, 名古屋, 名古屋国際会議場2号館, 2006年10月31日.
- ⑪ 中島淳一・長谷川昭, 紀伊半島下の不均質構造: マントル上昇流とフィリピン海スラブ, *日本地震学会 2006年秋季大会*, 名古屋, 名古屋国際会議場2号館, 2006年10月31日.
- ⑫ Nakajima, J., and A. Hasegawa, Tomographic evidence for the mantle upwelling beneath southwestern Japan and its implications for arc magmatism, *5th International Seminar on Seismic Tomography of Far-East Asia and related works*, Daejeon, KIGAM (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources), October 27, 2006.
- ⑬ 中島淳一・長谷川昭, 中部日本の三次元地震波速度構造-マントル上昇流と島弧マグマ活動-, *日本地球惑星科学連合 2006年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2006年5月18日.
- ⑭ 中島淳一・岩崎貴哉・岡田知己・加藤愛太郎・武田哲也・歪集中帯大学合同地震観測グループ, 合同地震観測データを用いた跡津川断層周辺の三次元地震波速度構造, *日本地球惑星科学連合 2006年大会*, 千葉, 幕張メッセ, 2006年5月17日.

[その他]
ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 淳一 (NAKAJIMA JUNICHI)
東北大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号: 30361067

(2) 研究分担者

()
研究者番号:

(3) 連携研究者

()
研究者番号:

