

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24740300

研究課題名(和文) 首都直下の新たな地震発生モデル - スラブの蛇紋岩化とそのテクトニクス的意義 -

研究課題名(英文) A new model for seismotectonics beneath Kanto, Japan: Tectonic implications for role of serpentinized mantle

研究代表者

中島 淳一 (Nakajima, Junichi)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30361067

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：減衰パラメータと観測点直下の周波数特性、震源の周波数特性を分離する手法を開発し、その手法を東北地方と関東地方の地震波形データに適用した。東北地方においては、マントルウエッジには沈み込むスラブに平行な斜めの高減衰域が存在し、それは地震波低速度域と一致すること、下部地殻では火山群の直下のみ高減衰域が分布することなど、東北地方のマグマ活動を理解する上で重要な知見が得られた。関東地方においては、スラブマントルの蛇紋岩化域は高減衰を示すこと、高減衰域の西縁は地震波低速度域から期待されている場所と一致すること、過去に発生した2つのM7クラスの地震は高減衰域の西縁で発生したことなどが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：I developed an inversion technique to estimate attenuation term, site responses, and source parameters, and applied the method to waveform data recorded at Tohoku and Kanto. The results show that an inclined high-attenuation zone is clearly imaged in the mantle wedge of Tohoku and it probably represents a mantle upwelling flow associated with arc magmatism. The lower crust shows high attenuation only beneath volcanic clusters, suggesting that magmatic fluids are concentrated beneath volcanoes. For Kanto, I imaged a prominent high-attenuation region in the mantle of the subducting Philippine Sea slab beneath eastern Kanto, where serpentinization of the mantle has been proposed on the basis of the distribution of low-velocity anomalies. Two historical M~7 earthquakes occurred along the western boundary of the serpentinized mantle, suggesting that intraslab earthquakes likely occur associated with the structural heterogeneity in the subducting slab.

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：地震波減衰 フィリピン海プレート マグマ活動 流体

1. 研究開始当初の背景

関東地方下では、北米プレートの下にフィリピン海プレートが、さらにその下に太平洋プレートが沈み込み、プレートの二重沈み込みという極めて特異なテクトニクス環境となっている。2つの海洋性プレートの沈み込みにより非常に活発な微小地震活動が生じており、1894年明治東京地震(M7.0)、1923年関東地震(M7.9)などの大地震も数多く発生している。中央防災会議(2004)は、首都直下地震の被害想定を行い、東京湾北部のフィリピン海プレート境界でM7.3の地震が発生した場合、11,000人以上の死者と112兆円の被害が生じると試算している。また、地震調査委員会(2004)は、1885年以降に発生した5つのM7クラスの地震が時間的にランダムに発生したと考え、首都直下で今後30年間にM7クラスの地震が発生する確率は70%としている。しかしながら、地震調査委員会が発表した地震発生確率は、対象とした5つの地震がどのようなメカニズムで発生したかを考慮に入れていないため、物理的な意味はほとんどないという指摘もある。

したがって、関東地方の地震テクトニクスについて、地下の詳細な不均質構造と震源位置の関係をプレートテクトニクスの枠組みの中で整理し、現在の地震活動がどのような力学的外形の中で発生しているかを理解することは、首都直下地震の発生ポテンシャルを評価する上で極めて重要である。

申請者はこれまで、詳細な地震波速度構造解析により、フィリピン海プレート東端部が蛇紋岩化していることを見出し、地震調査委員会が地震発生確率評価の対象とした1921年茨城県南部の地震(M7.0)と1987年千葉県東方沖地震(M6.7)は、蛇紋岩化域西縁に沿うほぼ鉛直な右横ずれの断層運動によって発生したというモデルを提唱した。本課題では、地震波減衰構造の高精度推定を通して、先に提唱したモデルの検証とその高度化を計る。

2. 研究の目的

関東下の地震発生機構を理解するためには、2つの海洋性プレートの沈み込みに起因する不均質構造を詳細に検討する必要がある。本研究では、近年の研究で明らかになったフィリピン海プレートの蛇紋岩化域の西縁に沿う右横ずれ変形について、微細な三次元地震波減衰構造の推定を通して蛇紋岩のタイプを検討し、蛇紋岩化域西縁での強度の空間分布を解明する。また、蛇紋岩化域西縁での変形が関東下の地震テクトニクスの中で担う役割を検討し、首都直下の地震発生モデルの高度化を目指す。具体的な研究内容は、震源スペクトル、観測点の地盤応答特性と独立に減衰パラメータを推定する手法の開発、減衰パラメータのインバージョンによる高解像度の減衰構造の推定、得られた減衰構造の定量的な解釈、およびそれに基づく蛇紋岩化域西縁に沿う変形機構の検討、である。

3. 研究の方法

(1) 解析プログラムの開発

地球内部の減衰の強さをあらわす減衰パラメータ(t^*)は、地震波初動部分の観測スペクトルの高周波側の傾きによって定義される。しかしながら、スペクトルの形状は、地震の規模に比例する低周波側のレベル(σ_0)、震源での周波数成分を規定するコーナー周波数(f_c)、そして波線に沿う減衰の強さをあらわす t^* に依存する。従来多くの研究では、これらの3つのパラメータの同時推定が行われているが、 t^* は f_c と強いトレードオフがあることが問題となっている。本研究では既存の手法を改良し、以下に示す3段階のアプローチにより、安定的に減衰構造を推定する手法を開発した。まずコーダ波のスペクトル比を用いることで、各地震のコーナー周波数を決定する。次いで波線毎の t^* と観測点の周波数特性を同時インバージョンで推定する。最後に得られた t^* をインバージョンすることで、三次元地震波減衰構造を推定す

る。

(2) 東北地方の減衰構造の推定

本研究で開発した手法を東北地方の地震波形に適用し、地殻・マントルウエッジの地震波減衰構造の推定を行った。東北地方の減衰構造については既存の手法で解析した結果があり、また地震波速度構造も高分解能で得られているため、開発した手法の検証として適している。解析には2003年から2012年までに東北地方の陸域下で発生した地震のスペクトルデータを用いた。その際、深部の空間分解能を向上させるために、太平洋プレート内の地震をできるだけ多く使用した。

(3) 関東地方の減衰構造の推定

関東地方下で発生した地震の波形データに開発した手法を適用した。解析に用いたデータは2003年から2014年までに関東地方の陸域下で発生した地震のスペクトルである。インバージョンの際のグリッドの間隔は水平10km、鉛直10-20kmとした。なお、モデル化の際には複雑なプレート形状も取り込んでいる。

4. 研究成果

(1) 東北地方の減衰構造

解析の結果、島弧マグマ活動と関係していると考えられる特徴的な不均質構造が明らかになった。まず、背弧側のマントルウエッジには沈み込むスラブに平行な斜めの高減衰域が存在し、それは地震波低速度域と一致することが明らかになった(図1)。これはプレートの沈み込みにより背弧側に生じたマントル上昇流が地震波高減衰を表すこと示している結果であり、上昇流の温度や流体分布を制約する基礎的なデータとなる極めて重要な成果である。さらに、下部地殻では火山群の直下にのみ高減衰域が分布することも明らかになった。この結果は、マントル上昇流により深部から運ばれてきたメルトが下部地殻においては局在化して存在することを示唆しており、東北地

方の火成活動を評価する上で有益な情報となる。

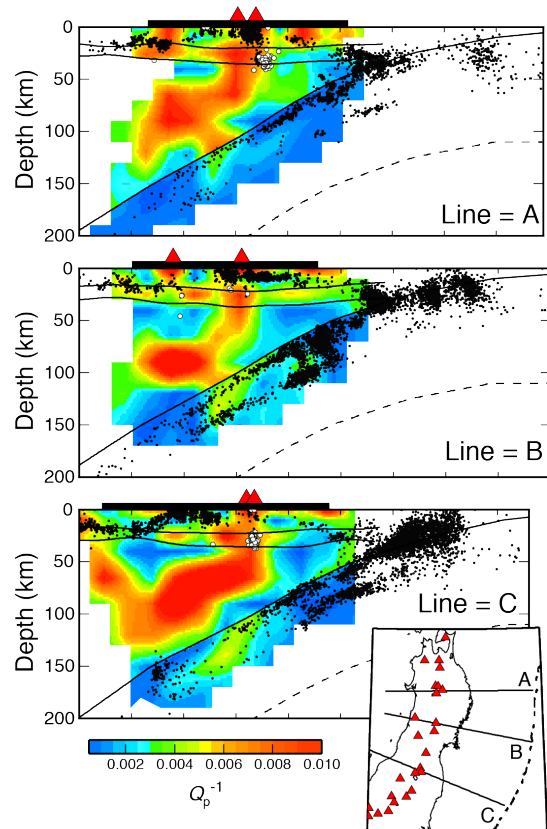


図1. 測線に沿う地震波減衰構造。赤三角は活火山、黒点は微小地震、白丸は深部低周波地震。

(2) 関東地方の減衰構造

解析の結果、スラブマントルの蛇紋岩化域は高減衰を示すこと、高減衰域の西縁は地震波低速度域から期待されている場所と一致すること、過去に発生した2つのM7クラスの地震は高減衰域の西縁で発生したことなどが明らかになった(図2)。さらに、下部地殻では高減衰域が広く分布しており、そこでは地震活動が極めて低調であることも明らかになった。これらの結果は、フィリピン海スラブおよびその直下に沈み込む太平洋スラブから供給されたスラブ流体により構造不均質が生じており、スラブ内地震や内陸地殻の地震はそのような構造不均質と密接に関係して発生していることを強く示唆している。このように、本研究により得られた地震波減衰構造は、関東地方の

地震テクトニクスに関する新たな知見を提供する極めて重要な観測結果である。

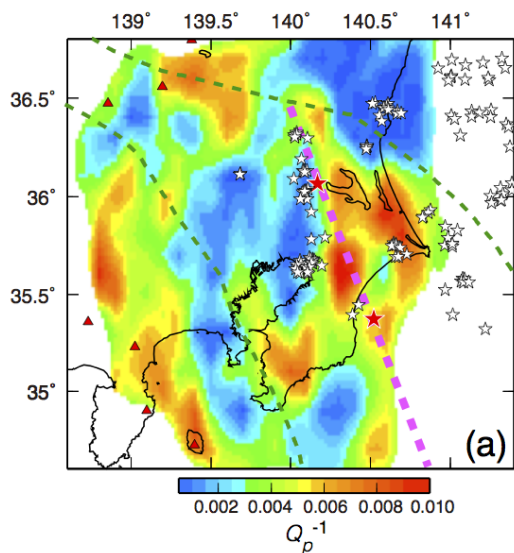


図2. フィリピン海プレート内の減衰構造の空間分布。星印は太平洋プレート上の相似地震、赤星は1921年茨城県南部の地震(M7.0)、1987年千葉県東方沖地震(M6.7)である。ピンク破線は想定される蛇紋岩化域の西縁、緑破線はスラブ接触域を表す。

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1件)

Nakajima, J., S. Hada, E. Hayami, N. Uchida, A. Hasegawa, S. Yoshioka, T. Matsuzawa, and N. Umino, Seismic attenuation beneath northeastern Japan: Constraints on mantle dynamics and arc magmatism, *J. Geophys. Res.*, 118, 5838-5855, doi:10.1002/20013JB010388, 2013. (査読有)

[学会発表](計1件)

中島淳一・羽田周平・速水絵里圭・内田直希・長谷川昭・吉岡祥一・松澤暢・海野徳仁, 東北地方の三次元P波減衰構造と島弧マグマ活動, 日本地震学会2013年秋季大会, 横浜, 神奈川県民ホール, 2013年10月7日.

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・准教授

研究者番号: 30361067