

学位論文題名

3-D shear-wave structure of the upper mantle in the Indonesian region from multi-mode surface waves

(マルチモード表面波の解析によるインドネシア地域の上部マントルの3次元S波速度構造)

学位論文内容の要旨

The Indonesia and its surrounding region are one of the most complex tectonic regions in the world, where several major and minor plates are interacted. It is characterized by intensive seismicity and volcanism originated from several subduction zone. The western Indonesia is underlain largely by continental crust while there are arcs of ophiolitic crust, and several young ocean basins in eastern Indonesia. High complicated features are observed in the past and present ongoing processes.

We use both regional and global seismic data to image three dimensional shear-wave structure of the upper mantle of the Indonesian region with resolution complementary to previous studies on this region. Earthquake around Indonesia and stations from regional (JISNET and GFZ) and Global (IRIS/FARM) networks are used in this study. The regional networks recently installed in the Indonesian region, improve our resolution, particularly in the depth.

Following the three-stage multi-mode surface wave tomography method incorporating finite-frequency effects, we first measured dispersion curves for both Love and Rayleigh waves, using automated multimode phase speed measurements. This method is based on a fully non-linear waveform inversion by Yoshizawa and Kennett working with a global search method (Neighbourhood Algorithm). We then obtain multi-mode phase speed maps incorporating finite frequency effects. Finally, we invert for local 1-D shear wave velocity profiles which are consequently assembled to a 3-D model. By choosing conservative regularization parameters in a seismic tomography solution, we ensure the smoothness of the phase velocity maps and hence of the resulting 3-D shear wave speed model. The final 3-D model shows large variations in S-wave velocity of ± 7 per cent in maximum, and reliable results are obtained down to at least 400 km. We image an intriguing low-velocity anomaly in the depth range 70 - 100 km beneath the Sunda land and Banda Sea. Substantial variations in isotropic shear velocity in the uppermost several hundred kilometers of the mantle are found to correlate well with surface tectonic features. The mantle structure beneath the Banda and Molucca seas can be explained in the context of a continent-arc collision between Australia and the southeast Indonesia Island arc, an arc-arc collision between Sangihe and Halmahera.

We also invert the phase speed maps of Rayleigh and Love waves in the period range from 30 to 200s simultaneously, constructing a radially anisotropic shear-wave speed model. Remarkable anisotropy with $\xi > 1$, where $\xi = (V_{SH} / V_{SV})^2$, is found in the mantle wedge beneath the Sunda land at depth down to 150 km, which is consistent with radial anisotropy included in PREM. Lateral variations in radial anisotropy show clear continent-ocean signatures. Another part of strong anisotropy occurs at a depth shallower than 100 km under the continent, which anisotropy is found along several subduction zone beneath 100 km in depth. The regional 3-D radial anisotropy model beneath the Indonesian region in shallow part probably indicates a record of ancient tectonic events, and in the depth beneath 300 km, related with present day mantle flow.

学位論文審査の要旨

主査	教授	蓬田	清
副査	教授	小山	順二
副査	教授	谷岡	勇市郎
副査	准教授	吉澤	和範
副査	研究専門役	古川	信雄

((独)建築研究所)

学位論文題名

3-D shear-wave structure of the upper mantle in the Indonesian region from multi-mode surface waves

(マルチモード表面波の解析によるインドネシア地域の上部マントルの3次元S波速度構造)

博士学位論文審査等の結果について (報告)

近年、地震波トモグラフィの手法を用いた地球内部速度構造に関する研究が盛んに行われている。しかし、その多くは全世界的な地震ネットワークを用いた大規模な内部構造や日本や欧米といった地震観測網が発達した地域の構造とそれから導かれるマントルダイナミクスの解明を目的としているが、非常に活発なプレートの沈み込みに関して地震観測網がようやく整備され始めた。その一つのインドネシア地域の内部構造の詳細は未開拓の分野で、今後の発展が待たれている状況にある。

本論文は、このような現況にあるインドネシア地域の内部構造について、全世界的な地震観測網に加えて日本が一部支援した新しいローカルな地震観測網のデータも加えた表面波地震波形記録を用いて、主にこの地域の上部マントルのS波速度構造の分布とその異方性の特徴に関して地震学的に研究し、多様な沈み込むプレートによって形成される活発なテクトニックな活動の有益な制約条件を得ることを目的としている。

データとしては、IRIS/FARM という全世界的ネットワークに加えて、JISNET と GFZ というインドネシアに新たに展開された地震観測網の波形記録を用いた。3成分記録すべてを用いて、Rayleigh 波と Love 波という2種類の表面波について、通常の基本モードに加えて、高次モードも波形全体で適合させる手法から利用可能とすることで、深さ方向の分解能を向上させることができた。また、波線追跡と有限波長効果を取り入れることで、水平方向の分解能も通常的手法よりも精度よく、かつ安定した結果を逆問題で得ることができた。

こうした新しいデータと解析方法により深さ 400km まで得られた、インドネシア地域のS波速度の3次元構造には、これまである程度はわかっていた結果に加えて、幾つかの新しい特徴が見い出される。例えば、Sunda land と Banda 海の深さ 70-150km には非常に強い低速度領域が存在する。Banda 海と Molucca 海の下のマントルの速度構造は、オーストラリア大陸と南西インドネシア島弧、および Sangihe 島弧と Halmahera 島弧のそれぞれの衝突の様子が明らかになった。

さらに、周期 30 から 200 秒の帯域の Rayleigh 波と Love 波の位相速度を独立に同じ場所で求めることで、S 波の二つの異なる偏向面 (SH 波と SV 波) の違いという、偏向異方性の空間分布をこの地域としては初めて求めることができた。例えば、Sunda land では深さ約 150km までに上述の低速度領域に当たるマントルウェッジがあり、この部分は SV 波が速く、上昇流の存在を示唆する。また、大陸では深さ 100km までの浅部で異方性が強いのにに対して、いくつかの沈み込み帯領域では 100km 以深に強い部分が検出された。前者は古い時代のこの地域のテクニクス活動を記憶していると推定され、後者は現在の沈み込み運動に伴う強いマントル内の流れを反映しているものと考えられる。

こられを要するに、著者は、世界でも有数の活発かつ複雑な沈み込み帯であるインドネシア地域の地殻・上部マントルについて S 波速度構造の 3 次元的分布とその異方性の新知見を得たものであり、この地域のみならず、沈み込み帯のダイナミクスに対して地震学的な構造における基本的データの提供に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士 (理学) の学位を授与される資格あるものと認める。