

地球自由振動の固有周波数が示す緯度・経度依存性と D''層内における degree-two の不均質の可能性

清水宏信¹、平松良浩²、川崎一朗³

¹ 金沢大学自然科学研究科地球環境学専攻

² 金沢大学自然システム学類

³ 東濃地震科学研究所

Latitude and longitude dependencies of the eigen frequency in the earth's free oscillation and possibility of degree-two heterogeneity in the D''layer

Hironobu Shimizu¹, Yoshihiro Hiramatsu² and Ichiro Kawasaki²

¹Natural Sci and Tec., Kanazawa Univ.

²Natural System Kanazawa Univ.

³Tono Research Institute of Earthquake Science.

Mori and Helmberger (1995) reported that there are the ultra low velocity zone (ULVZ) just above the core-mantle boundary under the mid-Pacific. Gerner and Jeanloz (2002) reported that ULVZ had a strong negative correlation between the perturbations of density and velocity. If the degree-two heterogeneity (latitude direction) with the negative correlation is distributed over the entire D''layer, Kawasaki (2011) pointed that the eigen frequency of the earth's free oscillation varied with $\cos 2\theta$ form depending on the latitude. We estimate the eigen frequency to discuss the possibility of the degree-two heterogeneity in the D''layer pointed by Kawasaki(2011).

In this study, we use waveform data of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, the 2010 Chile earthquake and the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku earthquake recorded by superconducting gravimeters and STS-1 seismometers over the world. These date length are 11days and 37days after each earthquake. We calculate the power spectrum of the waveform data using the discrete Fourier transformation. Then we estimate the latitude and longitude dependencies of the eigen frequencies from the power spectrum in ${}_0S_0$, ${}_1S_0$, and ${}_0S_2$.

The eigen frequencies of ${}_0S_0$ and ${}_1S_0$ indicate no the longitude dependencies with $\cos 2\theta$ form for each earthquake. In fact, the eigen frequencies are close to the values of PREM model. Additionally, we estimate the eigen frequencies of singlets in ${}_0S_2$. However, each eigen frequencies indicate also no latitude dependencies with $\cos 2\theta$ form as ${}_0S_0$ and ${}_1S_0$. The observed latitude dependence of ${}_0S_0$, ${}_1S_0$ and ${}_0S_2$ suggest that the perturbation of the degree-two heterogeneity is not beyond 1% in the D''layer. Our observation shows that the longitude dependencies of eigen frequencies are similar to the result of latitude dependencies. Keywords: the earth' free oscillation, spectral analysis, the D''layer, heterogeneity

はじめに

自由振動とは有限の大きさの弾性体が外力なしに続ける振動であり、地球は弾性体としての性質を持っているため、大地震が発生した際には強く励起される。励起された自由振動には様々な振動様式(モード)が存在し、その中で伸び縮み振動のモードは、外核よりも深い地球深部の内部構造を反映している。そのため、自由振動の研究は地球の内部構造推定に対して重要な役割を果たしている。

Mori and Helmberger (1995) は、実体波による解析から核-マントル境界 (CMB) 直上において地震波速度が非常に遅い ULVZ (Ultra Low Velocity Zone)が太平洋中部に分布していることを報告した。Garnero and Jeanloz (2002)などは、ULVZ が密度の摂動と速度の摂動の間に負の相関を持つことを示唆している。川崎 (2011)は、ULVZ のような密度と速度が負に相関した degree-two (緯度方向) の不均質が D''層全体にわたって存在するならば、自由振動 ${}_0S_0$ でも $\cos 2\theta$ 型の周波数の緯度依存性を持ちうることを示した。本研究では、観測データから自由振動の周波数の緯度依存性を検出することに加え、経度方向についても検出する。また川崎 (2011)により示唆された周波数の緯度依存性と比較することで D''層内の degree-two の不均質の存在を議論する。

データ・解析方法

スマトラ-アンダマン地震(2004)、チリ地震(2010)、東北地方太平洋沖地震(2011)によって励起された自由振動 (${}_0S_0$, ${}_1S_0$, ${}_0S_2$)を解析対象とした。データは地震が発生してから 11 日間、37 日間の間に記録された超伝導重力計 (GGP, Global Geodynamics Project より)、STS-1 地震(IRIS, Incorporated Research Institutions for Seismology より)の連続データを使用した。3つの地震の震央分布と使用した観測点の分布を図 1 に示す。超伝導重力計のデータにつ

いては、理論潮汐解析プログラム BAYTAP-G より推定した理論潮汐の値を観測データから除去し、STS-1 地震計については、地震計の特性を補正した。フーリエ変換によるスペクトル解析を行うことでパワースペクトルを求め、解析対象とした3つの地震それぞれに対して ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_0S_2$ の周波数の緯度・経度依存性を検出した。求めたパワースペクトルの例を図2に示す。なお、フーリエ変換による解析を行う前に両方のデータに関して 0.2mHz~10mHz のバンドパスフィルターをかけ、線形トレンドを除去し、ハニングテーパーを施した。

結果・考察

励起されたすべての地震において、 ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ の周波数はともに川崎 (2011) において示された $\cos 2\theta$ 型の緯度依存性を示さず、むしろ緯度による周波数変化がない PREM に近い値を示した。また ${}_0S_2$ については、分裂したスペクトルの緯度依存性を検出したが、 ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ と同様に川崎 (2011) において示された $\cos 2\theta$ 型の緯度依存性を示さなかった。 ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_0S_2$ の固有周波数が示す緯度依存性は、約 1% 以上の摂動を持つ不均質は存在しないことを示唆している。なお、経度方向についても緯度方向と同様に ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_0S_2$ の周波数は、 $\cos 2\theta$ 型の依存性を示さなかった。

謝辞：本研究では GGP より超伝導重力計のデータや理論潮汐解析プログラム BAYTAP-G を、IRIS より STS-1 地震計のデータを提供して頂きました。記して感謝致します。

キーワード：自由振動、スペクトル解析、D''層、不均質

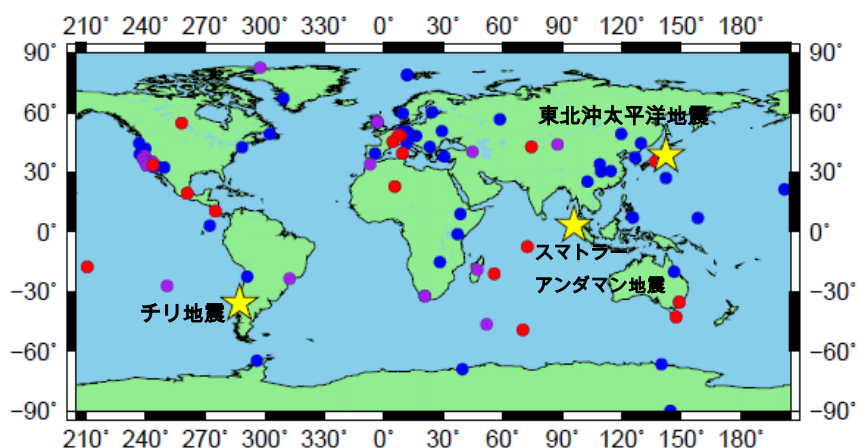


図1 本研究で使用した STS-1 地震計、超伝導重力計の観測点分布と地震の震央分布。星印は地震の震央、青丸はスマトラーアンダマン地震、紫丸はチリ地震、赤丸は東北沖太平洋地震が発生した際に記録された観測点を表わす。

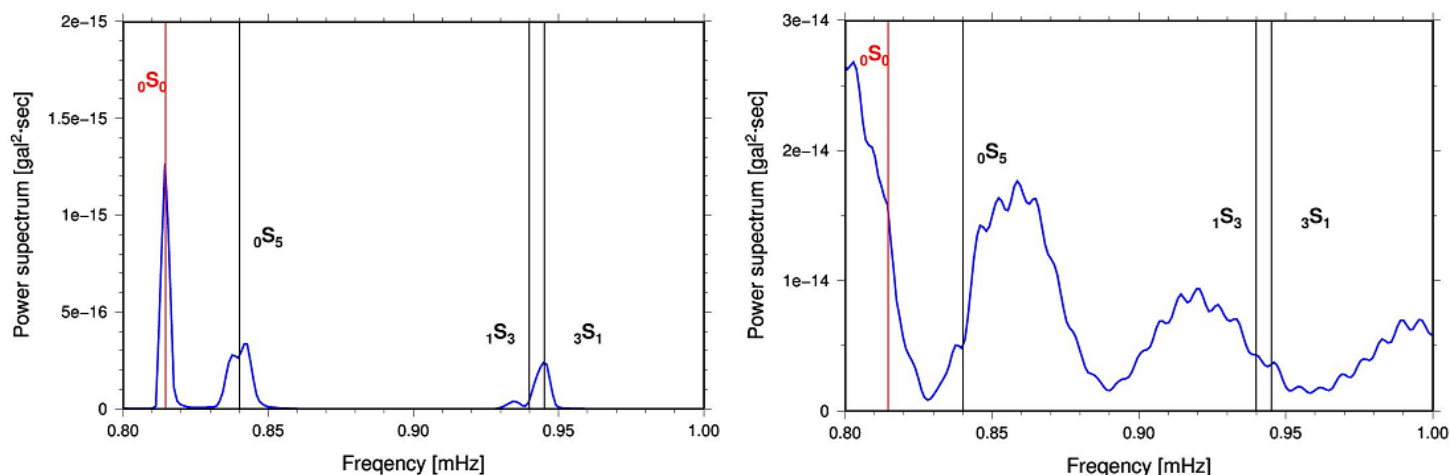


図2 カナダ、ディーラー湖(左図)と昭和基地(右図)においてスマトラーアンダマン地震発生後の12月26日~1月6日の11日間に記録された STS-1 地震計のデータをフーリエ変換し、求めたパワースペクトル。実線は、それぞれのモードに対応する PREM の固有周波数を示す。残念ながら昭和基地のデータから ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_0S_2$ は特定できなかった。