

自由振動コアモードの周波数の緯度・経度依存性

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 立命館大学歴史都市研究センター

Latitude and longitude dependencies of the eigen frequency in core modes of the earth's free oscillation

Hironobu Shimizu¹, Yoshihiro Hiramatsu² and Ichiro Kawasaki²

¹Natural Sci and Tec., Kanazawa Univ.

²Natural System Kanazawa Univ.

³Research Center for DMUCH, Ritsumeikan Univ.

Seismological studies revealed that the inner core has axisymmetric anisotropy (Morelli et al., 1986; Woodhouse et al., 1986). Kawasaki (2009) pointed that the eigen frequency of the core modes changes with the latitude for the axisymmetric anisotropy. In addition, the highly anisotropic western hemisphere and the weakly anisotropic eastern hemisphere at the vicinity of the surface in the inner core (Creager, 1999) may cause a change of the eigen frequency with the longitude. In this study, we use waveform data of the 2004 Sumatra-Andaman earthquakes recorded by superconducting gravimeters and STS-1 seismometers. We calculate the power spectrum of the waveform data using discrete Fourier transformation (DFT) to identify excited core modes and to discuss the latitude and longitude dependencies of the eigen frequency.

We identify ${}_0S_0$, ${}_1S_0$, ${}_2S_2$ and ${}_3S_2$ as the excited core modes from the power spectrum. We can find the latitude and longitude dependencies in ${}_1S_0$ and ${}_2S_2$ for 37 days waveform data and the dependencies in ${}_3S_2$ for 11 days waveform data, but we can find no dependencies in ${}_0S_0$. Because ${}_2S_2$ and ${}_3S_2$ are sensitive mainly to the boundary between the inner core and the outer core, we suggest that the observed dependencies in ${}_2S_2$ and ${}_3S_2$ are caused in this region. ${}_1S_0$ is sensitive mainly to the outer core. But, it is unlikely assumed that there is anisotropy in the outer core, because it is difficult to expect lateral variations in density larger than one part in 10^5 in the fluid outer core (Stevenson, 1987). Therefore, the very small dependencies in ${}_1S_0$ may be caused in other sensitive regions that are the core mantle boundary and the inner core. No dependencies in ${}_0S_0$ may result from little sensitivity to the anisotropy of the core and mantle.

Methods to compute the power spectrum using the Fourier transformation of the stacked autocorrelation every observation point, Sompi method and Maximum entropy method are likely to determine more precisely the dependencies than the DFT. we will report the dependencies using the three methods in the symposium.

Keywords: the earth's free oscillation, spectral analysis, the inner core, anisotropy

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。特に核の構造に敏感なモードをコアモードと呼ぶ。地球の内部構造を反映する自由振動の研究は、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。

内核は軸対称な異方性を持つことが知られており (Morelli et al., 1986; Woodhouse et al., 1986)、そのような異方性が存在した時、緯度によってコアモードの固有振動数が異なることが最近になって報告された (Kawasaki, 2009)。また、内核は表面付近において西半球では強い異方性、東半球では弱い異方性を持つが (Creager, 1999)、このような経度方向の異方性がコアモードの固有振動数の経度依存性を生じさせるという報告はまだされていない。本研究では、コアモードの固有振動数の緯度依存性を検出することに加え、経度によっても固有振動数が異なる可能性があると考え、経度依存性についても検出し議論することを目的とした。コアモードの固有振動数の緯度・経度依存性を検出することは、内核の P 波速度異方性に対して新たな拘束条件を与えるだけでなく、内核の S 波速度異方性についての手掛かりにもなることが期待される。

本研究では、2006年12月26日に発生したスマトラ-アンダマン地震によって励起された300秒よりも周期が長い自由振動を研究対象とした。データは超伝導重力計 (GGP, Global Geodynamics Project より)、STS-1地震計 (IRIS, Incorporated Research Institutions for Seismology より)の本震が発生してから6時間後以降に記録された11日間、37日間の連続データを使用し、これらのデータを離散フーリエ変換 (DFT) することでパワースペクトルを求めた。ス

ペクトルを求める際に、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 (Ishiguro et al., 1981; Tamura et al., 1991)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。なお、両方のデータに関して DFT を行う前に 0.5mHz~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。

求めたスペクトルの例を Fig.1 に示す。本研究においてスマトラ-アンダマン地震によって励起された自由振動の中でデータ長が 11 日間の解析では ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ 、 ${}_3S_2$ をコアモードとして特定することができ、37 日間の解析ではスペクトルの分解能が高くなったため、新たに ${}_2S_2$ をコアモードとして特定することができた。これらのコアモードの中でピーク周波数が緯度・経度によって変化したモードの例を Fig. 2 に示す。11 日間の解析では、 ${}_3S_2$ のピーク周波数は緯度・経度依存性を持つことを示したが、 ${}_0S_0$ 、 ${}_1S_0$ のピーク周波数は緯度・経度依存性を示さなかった。37 日間の解析では、新たに ${}_1S_0$ 、 ${}_2S_2$ のピーク周波数が緯度・経度依存性を持つことを示した。

${}_0S_0$ に関しては、今回の解析からピーク周波数の緯度・経度依存性を見ることができなかった。これは、このモードがあまり異方性に対して敏感ではないためと考えられる。しかし、スペクトルの周波数間隔よりも緯度・経度による変化が小さい可能性は否定できない。 ${}_2S_2$ 、 ${}_3S_2$ のピーク周波数が緯度・経度依存性を示した原因としては、内核境界付近の領域にあると考えられる。またピーク周波数が非常に小さな変化を示した ${}_1S_0$ は、主に外核に敏感である。しかし、外核のような流体中で 10^5 よりも大きな密度の水平方向変動があると説明することは難しいため (Stevenson, 1987)、外核に異方性があるとは考えにくい。従って、緯度・経度依存性を示した原因は、核マントル境界もしくは内核の領域であると考えられる。

さらにコアモードのピーク周波数の緯度・経度依存性をより精度良く求める方法として、観測点ごとにスタックした自己相関関数をフーリエ変換する方法、存否法、MEM(最大エントロピー法)が考えられる。自己相関関数をフーリエ変換する方法や存否法では、固有振動数を決定するうえで影響を及ぼす要因として考えられるランダムノイズや自由振動の減衰によるピーク周波数のずれを軽減することが期待され、また MEM では AR(自己回帰過程)次数を決定することでさらにピーク周波数を精度良く求めることが期待される。

シンポジウムでは本予稿で示した DFT による解析結果に加え、上記に記した 3 つの手法によるスペクトル解析を行い、それらの結果も合わせて発表する予定である。

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、内核、異方性

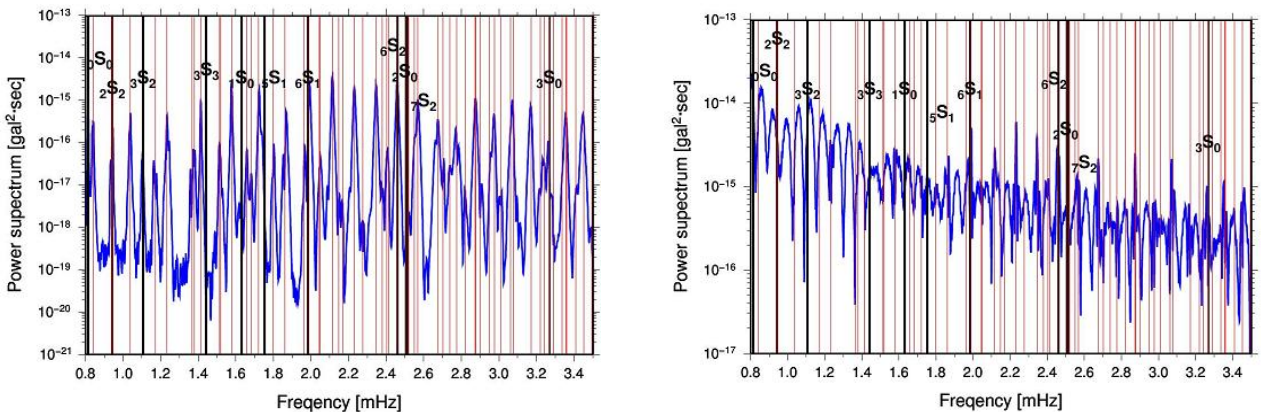


Fig.1 カナダ、ディアー湖(左図)と昭和基地(右図)において 12 月 26 日~1 月 6 日の 11 日間記録された STS-1 地震計のデータを DFT し、求めたパワースペクトル。図中に示されているモードはコアモードであり、黒線はそれぞれコアモードに対応した固有振動数を示す。また、赤線は PREM に示された非コアモードの固有振動数を示す。残念ながら昭和基地のデータからコアモードは特定できなかった。

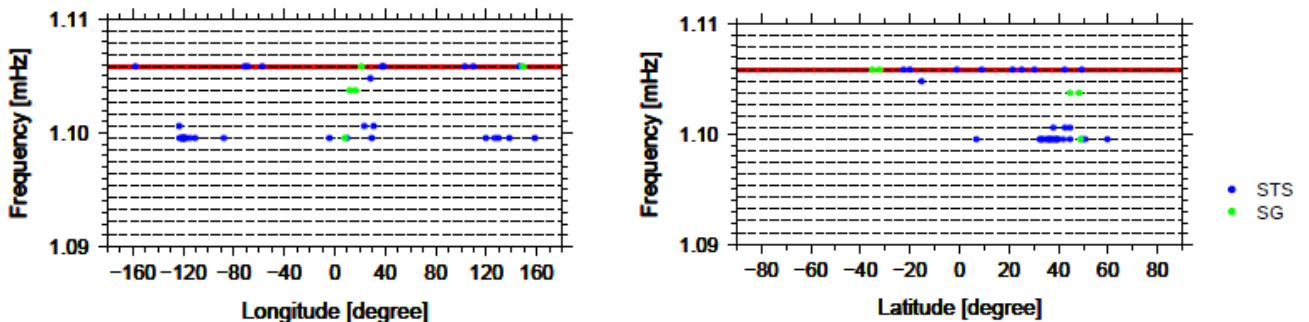


Fig.2 12 月 26 日~1 月 6 日の観測データから求めた ${}_3S_2$ のピーク周波数の緯度・経度依存性。赤線は、PREM において示されている固有振動数を表し、破線は DFT の周波数間隔を表す。青丸、緑丸はそれぞれ STS-1 地震計、超伝導重力計(SG)の観測点を表す。