

平成 22 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究 B
研究期間：2007～2009
課題番号：19740268
研究課題名（和文）音響共鳴現象から常時地球自由振動の励起源を探る
研究課題名（英文） Investigation of excitation sources of Earth' s background free oscillations from acoustic resonance
研究代表者
西田 究 (NISHIDA KIWAMU)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：10345176

研究成果の概要（和文）：

本研究で周期 100 秒の帯域では、Rayleigh 波だけではなく、Love 波も定常励起されている事が明らかとなった。この観測事実は、海洋波動と固体地球の地形カップリングが重要である事を示唆している。定量的に見積もったところ、励起振幅は観測された振幅と同程度であることが分かった

研究成果の概要（英文）：

In this study we showed clear evidence of background Love waves from 10 to 20 mHz. The observed kinetic energy of Love waves is as large as that of Rayleigh waves through the whole period of analysis. We propose that the most likely excitation source is shear traction acting on a sea-bottom horizon due to linear topographic coupling of infragravity waves.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,100,000	0	1,100,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	420,000	2,920,000

研究分野：固体地球惑星物理学

科研費の分科・細目：地震学

キーワード：地球自由振動、大気音波、音波、大気自由振動、音響結合

1. 研究開始当初の背景

(1) 常時地球自由振動の発見

長い間、地球自由振動は巨大な地震のみが励起できると考えられてきた。しかし 1998 年、我々を含めたいくつかのグループは、大きな地震が起きていない期間も地球が常に自由振動している事実を発見した。地震活動では

説明できないことが示され、大気対流活動が有力な励起源と考えられていた。

(2) 海洋起源説

ところが最近、Rhie and Romanowicz [2005] は海洋波浪が有力な励起源であると主張し始めた。彼らはアレー解析によって励起の強い場所を推定し、その場所が海洋波浪の高い

領域と対応しているため、海洋波浪現象が励起源であると結論づけた。

(3) 大気音波との共鳴振動

励起の特徴を知るためのもう一つの手がかりとして、地球自由振動と長周期大気音波の共鳴現象が重要である。大気現象が励起源の場合、長周期大気音波と地球自由振動は共鳴周波数(周期 270 秒, 230 秒)で音響共鳴を起こすことが明らかにされており、常時地球自由振動現象に対してもその存在が知られている。観測された共鳴振動は、長周期大気音波の常時励起を示唆しているが、直接の音波観測の例はない。もし長周期大気音波を直接観測できれば、新たな励起の情報をもたらすはずである。

2. 研究の目的

地震計のアレー観測のデータ解析と、気圧計データの解析から常時地球自由振動の励起メカニズムの解明を目指す。

(1) 地震計データによる励起分布の推定

日本列島に展開されている広帯域地震計のデータを用い、周期 20 秒から 500 秒の帯域での常時地球自由振動の励起源の空間分布をこれまでより高い空間分解能で推定する。高い空間分解は、励起メカニズムに対してのより大きな制約を与えることが期待される。

(2) 長周期大気音波の検出

地球自由振動と共鳴している、超長周期の大気音波(周期約 300 秒)の検出を目指す。また大気音波は周期 100 秒付近で伝搬特性が著しく変化し、共鳴振動の原因となっている。音波の分散を測定することにより、音響共鳴メカニズムの解明を目指す。

(3) 大気音波-固体地球の共鳴振動の励起理論の構築

長周期大気音波の励起振幅と地球自由振動の励起振幅との比は、励起メカニズムに対して大きな制約を与えるはずである。(2)で明らかにした共鳴励起メカニズムをもとに、大気音波と地球自由振動共通の励起源の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) Hi-net データを用いた常時地球自由振動の検出

Hi-net 高感度加速度計アレー(679 点)を用いて常時地球自由振動の予備的な解析結果により、周期 20 秒から 50 秒にかけても常時励起された Rayleigh 波の存在が明らかになった(図右参照)。水平動地震計での検出はこれまで非常に難しいと考えられており、この観測例が世界初である。本研究ではグロ

ーバルな観測点では減衰の影響で解析が難しかった周期 50 秒から 100 秒の帯域に特に注目し、(i) これまでの常時地球自由振動の解析結果と定量的な比較を行ない、(ii) アレー解析により、周期 50 秒から 100 秒にかけての波動の到来方向を決定する。

(2) 常時地球自由振動励起源の空間分布推定
前年度開発した空間分布推定の手法を Hi-net 高感度加速度計アレーデータに対して適応し、日本近傍の常時地球自由振動の励起源の空間分布を推定する。推定された空間分布と、大気、海洋のさまざまな観測を比較する。具体的には、(i) 積雲分布から推定される大気の大気対流運動との比較、(ii) 風速分布との比較、(iii) 海洋の波高データとの比較、(iv) 赤外放射等リモートセンシングデータとの比較、等が考えられる。

(4) 励起源の特定

得られた空間分布から推測される励起原が、音響共鳴の特徴を説明しうるか検討する。そのために(i) 大気擾乱、(ii) 海洋擾乱、(iii) 海洋波動との非線型カップリング、が大気音波、地球自由振動の励起振幅をとともに説明しうるか、また観測された音響共鳴を引き起こしうるか理論的に検討する。

4. 研究成果

(1) 常時励起 Love 波の発見

常時地球自由振動の励起源は大気海洋現象であると考えられている。大気海洋中の擾乱が固体地球の振動を励起する場合、振じれを伴わない伸び縮み基本モード(Rayleigh 波)が卓越すると信じられてきた。しかしながら、観測上の制約があるため、実際には検証する事ができなかった。

最新の観測データを解析してみると、予想に反して、長周期 Love 波(振じれを伴う波)が常時励起されている事が分かってきた(図 1: Nishida et al. 2008)。この観測結果は、常時地球自由振動の励起メカニズムを理解する上で重要な発見である。観測された Love 波は海洋地域で励起されており、大陸での励起は非常に弱い事が分かった。海洋地域の中でも特に、陸海境界付近の励起が強い事から、海洋重力波が海底地形を通して固体地球の振動を引き起こしていると考えられる。この発見により、大気固体地球のカップリングだけでなく、海洋波浪と固体地球の地形カップリングも重要である事が明らかとなった。

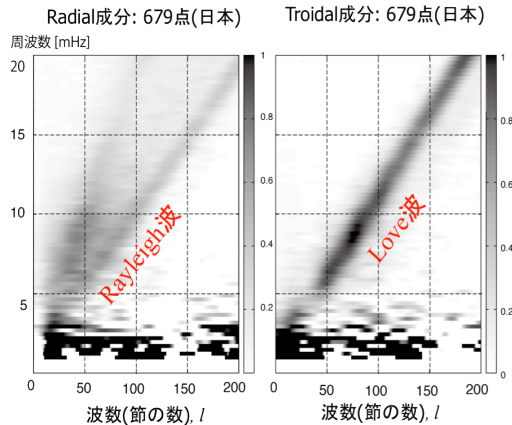


図 1 Hi-net データを用いて計算した波数周波数スペクトル。斜めに見える線がそれぞれ Love 波 Rayleigh 波を表している。Love 波の振幅が Rayleigh 波の倍程度の振幅があることを見て取れる。

(2) 常時励起 Love 波の励起メカニズム

(1)では Rayleigh 波だけではなく、Love 波も定常励起されている事を明らかにした。この観測事実は、海洋波動と固体地球の地形カップリングが重要である事を示唆している。本年度は、より定量的に地形カップリングのメカニズムを周期 50 秒より長周期の帯域で見積もった。その結果、海洋波動は同程度の波長を持つ海底の凸凹を通して効率的に Love 波 Rayleigh 波を励起できる事が分かった。見かけ上海底上にシングルフォースが働いていると近似することができ、見積もられた励起振幅は観測された振幅と同程度であることが分かった。

(3) 常時地球自由振動データを用いた全球的な地震波速度構造の推定

地球内部の構造を知るには、地震波の伝わり方が重要な手がかりとなる。これまでは、“地震”の引き起こした地面の震動を観測する事によって、全地球的な(=地球深部までを含めた)地震波速度構造が調べられてきた。いままで、地震以外が引き起こした振動である常時地球自由振動から、全球的な地球内部構造を推定した例は存在しない。本研究では 17 年(1986-2003)という長期にわたる質の良い常時地球自由振動のデータを使う事によって、精度の問題をクリアーし、相互相関解析という手法を用いて、観測点間を伝わる表面波の伝播を捉える事に成功した。伝播の特徴から、全球的な地球内部構造を推定することに、初めて成功した(図 2)。今後この手法は、地球ほど地震が起きていない他の惑星の内部構造を調べる上で、有力なツールになるかもしれない。

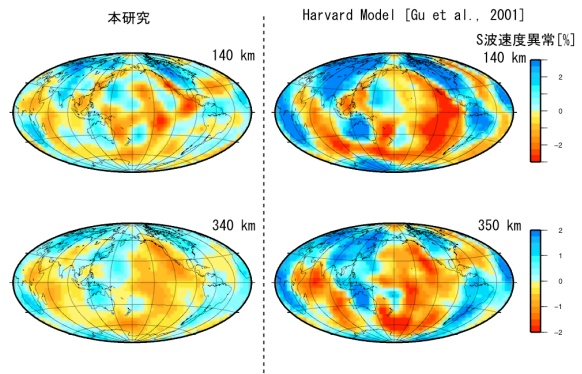


図 2 地震波を使って決定したモデルとの比較。比較には Harvard モデル[Gu et al., 2001]を用いた。互いに似たの速度異常のパターンを見て取れる。

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 8 件)

- ① Fukao, Y., K. Nishida, N. Kobayashi, Seafloor topography, ocean infra-gravity waves and background Love and Rayleigh waves, JGR, 115, B04302, 10 PP., 2010, doi:10.1029/2009JB006678.
- ② Nishida, K., J.P. Montagner and H. Kawakatsu, Global Surface Wave Tomography Using Seismic Hum, Science, 査読有り, Vol.326, 5949, 2009, p. 112.
- ③ 西田 究, 常時地球自由振動, 地震 2, 査読有り, 61, 2009, S115-121.
- ④ Nishida, K., H. Kawakatsu, Y. Fukao, and K. Obara, Background Love and Rayleigh waves simultaneously generated at the Pacific Ocean floors, Geophys. Res. Lett., 査読有り, Vol 35, 2008 L16307, doi:10.102.
- ⑤ Nishida, K. and Y. Fukao, Source distribution of Earth's background free oscillations, J. Geophys. Res., 査読有り, 2007, Vol. 112, B06306.

[学会発表] (計 7 件)

- ① 西田 究, 大気・海洋・固体地球系の地震学, 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 1 2 4 回総会及び講演会, 招待講演, 2008 年 10 月 11 日, 仙台

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/knishida>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西田 究 (Nishida Kiwamu)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：10345176