

常時地球自由振動の励起源について

On excitation sources of Earth's continuous free oscillations

小林 直樹[1]

Naoki Kobayashi[1]

[1] 東工大・理工・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci, TiTech

<http://www.geo.titech.ac.jp/~shibata/>

近年 nano gal 程度で揺れ続ける常時地球自由振動の存在が明らかとなった。その原因として小林(1996)によって提唱されている大気擾乱仮説が今のところ優力である。しかし、最近海底圧力計の記録から圧力擾乱の大きさは大気よりむしろ海洋の方が大きいと海洋による励起が重要ではないかという指摘がなされた。本研究では、最近の観測から分かったことを概説し、大気擾乱による励起と、海洋擾乱による励起を比較する。mHz 帯の海洋擾乱はインフラ重力波だと考えられているが、その場合、自由振動の励起効率は大気によるものより小さいことが分かった。

近年 nano gal 程度で揺れ続ける常時地球自由振動の存在が明らかとなった(Nawa et al. 1998, Suda et al. 1998 など)。観測された常時自由振動の特徴として、(1) 2 - 2.7 mHz 帯の自由振動の基本モードが地震活動の少ない時期でも 0.5 nano gal 程度で揺れている。(2) 振幅は緩い周波数依存性を持ち高周波ほど大きい、8 mHz 以上では不明瞭となる。2 mHz 以下では大気の大質量変化による牽引力変化のノイズに埋もれて 2, 3 のピークしか見られない。(3) OS29 や OS37 は周りのモードに比べて振幅が大きい。これらのモードは大気の音波モードと結合することが知られている。(4) 常時自由振動の振幅は季節変動を示し、北半球の夏に大きな振幅となる。変動幅は 10% 程度である。OS29 では 40% ほど振幅変化を示す(Nishida et al. 2000)。(5) 常時自由振動の励起のされかたはバラバラでモード間の振幅の相関はないというランダム励起の特徴を持つ(Nishida and Kobayashi 1999)。これらの特徴は常時自由振動の励起源が大気である可能性を示唆する。

その原因として小林(1996)によって提唱されている大気擾乱仮説が今のところ優力である。小林は太陽光で温められた大気の引き起こす乱流運動で nano gal 程度の自由振動が生じる可能性を示した。この仮説に基づいて、Tanimoto and Um (1999)や Fukao et al. (2001) は観測される大気気圧変動程度の擾乱で常時自由振動の励起が説明できることを報告している。大気は赤外光に対しては不透明なため地表付近で吸収された太陽光は放射では逃げられないため大気運動を引き起こす。この運動で生じる大気擾乱を元に固体地球の自由振動を見積もると 1 nano gal 程度の振幅が得られる。これは観測される常時自由振動の振幅を説明する。

しかし最近、海底で記録された圧力計の結果から常時自由振動の励起源は海洋である可能性が指摘された(Watada et al. 2000)。確かに mHz 帯では太平洋の海底圧力計測に見られるスペクトルは大気の圧力スペクトルより大きい。海底で見られる mHz 帯の擾乱の正体は海洋のインフラ重力波であると知られている(例えば Webb 1998)。そこで今回、嵐によってランダムに励起された海洋重力波の圧力変動でどの程度常時自由振動が励起されるか見積もった。海底ではパワースペクトル密度で数千から 10^{*5} [Pa²/Hz] 程度の圧力変動が見られる。これは大気の圧力変動より 1, 2 桁大きい。一点で見れば、海が固体地球に及ぼす圧力効果の方が確かに大きい。しかし、mHz 帯の圧力擾乱の担い手はインフラ重力波であるため、波数で 20 倍も異なる地球自由振動を観測程度に励起可能であるか検討が必要である。

海底観測程度の圧力擾乱を担う重力波が統計的に見ればランダムで一様に存在するとして、観測スペクトルを基に自由振動の励起を見積もる。圧力擾乱は海洋のインフラ重力波だとすると、周波数スペクトルを波数空間のスペクトルに容易に換算できる。ターゲットとする自由振動の半値幅程度に含まれる重力波による圧力強度と自由度を求め、その積算値に自由振動モードとの結合定数をかけると自由振動の有効励起力が得られる。結合定数は自由振動と重力波の波数(angular order)の違いによるもので海洋が全球を覆っていればもちろんゼロであるが、太平洋の場合、大きくて 10^{*-4} 程度である。したがって mHz 帯において 1 自由振動(multiplet) あたりの推定された有効力は大きく見積もっても 10^{*9} N 程度で、大気擾乱による有効励起力より 1, 2 桁ほど小さい結果となった。しかし、地球における常時自由振動の励起においては海洋の存在は重要で、10 mHz 付近で常時自由振動の振幅が頭打ちになるのは海洋が大気擾乱の効果を吸収し、固体地球への影響を妨げるためであると考えられる。

最後に蛇足であるが、コア-マントル境界においても流体核の運動がマントルをゆするということが生じているかも知れない。コア-マントル境界における表面波(ストーンリーモード)は恐らく観測にかからないほど微弱であるが常時揺れ続けているのかも知れない。