

常時地球自由振動で観測される大気-固体地球モードカップリング

Atmosphere-solid earth mode coupling observed in earth's background free oscillations

久須見 健弘 [1]; 須田 直樹 [1]; 小林 直樹 [2]
Takehiro Kusumi[1]; Naoki Suda[1]; Naoki Kobayashi[2]

[1] 広島大・院理; [2] 東工大・地惑

[1] Earth & Planet. Sys. Sci., Hiroshima Univ.; [2] Earth and Planetary Sci, Tokyo Tech

[はじめに]

大地震のない期間にも常に nanogal レベルで励起されている常時地球自由振動には、振幅とその季節変動が他より大きい特異なモード (OS29 : 3.7mHz、OS37 : 4.4mHz) が知られている (Nishida et al. 2000)。これらの振幅の超過は大気音波モードと固体地球モードとのカップリングによると考えられている。そこで本研究では、これらの超過振幅モードについて詳しく調べ、大気-固体地球カップリングが常時地球自由振動に及ぼす影響を定量的に評価する。

[理論計算]

まず、大気とカップリングする固体地球モードを探索した。固体地球モデルに PREM (Dziewonski & Anderson 1981)、大気モデルに NRLMSIS-00 (Picone et al. 2002) を用い、Kobayashi (2006) のモード計算法によってモードの固有周波数を求めた。その結果、2-7mHz では固体地球基本モードは OS28-29, OS36-37, OS41-42, OS44-45, OS56-57 が、それぞれ大気音波の 0, 1, 2, 3, 4 次のブランチと近接していた。カップリングによって超過振幅が生じるならば、これらのモードでも観測される可能性がある。また、大気構造の変化によって、カップリングするモードやカップリング強度が変化し得る可能性がある。

[データ解析]

データは IRIS/GSN, GEOSCOPE のノイズレベルの低い 25 観測点の 1991-2005 年の VHZ 記録を用いた。まず、データを 6 時間ずつ重複する 12 時間長のセグメントに切り分け、それぞれ FFT を用いてパワースペクトル密度 (PSD) を計算した。これらのうち、地震の影響のあるセグメントを取り除き、静穏期のデータセットを用意した。そして 1991 年 1 月 1 日から始まる 90 日間に含まれるセグメントの PSD スペクトルをスタックし、Nishida & Kobayashi (1999) のスペクトルモデルを最小自乗法で当てはめ、モードの振幅を測定した。測定したモードは 2.5-7mHz に含まれる OS17-OS59 である。スタックする時間範囲を 1 日ずつずらして、モードの振幅を測定し、これらを各 90 日の中央日の振幅として、モードの振幅時系列を作成した。

モード振幅の時間変動は励起の時間変動とカップリング強度の時間変動の両方の影響を含んでいる。前者はモード間で共通だが、後者はカップリングしているモード固有の変動と考えられる。そこで、「励起の時間変動 = モード平均の時間変動」と仮定し、「モード平均の時間変動」からの差の時系列を作成し、差が正の場合を、超過振幅として測定した。

2-7 mHz に含まれるモードの振幅は、5mHz 以下では周波数に応じて大きくなり、5mHz 以上ではほぼ一定である。そこで、それぞれのモード時系列から引く「モード平均の時間変動」はモードごとに、それぞれの前後 4 個計 8 個のモードの平均から作成した。個々のモードの相互相関は 0.48 ± 0.13 と低いのに対して、8 個平均同士の相互相関は 0.80 ± 0.12 と高く、2-7mHz に共通な時間変動を抽出できていると考えられる。平均を引く都合上、解析対象を OS22-55 に限った。

[結果]

データ期間の半分以上で超過振幅が見られたモードは OS28-29, OS36-38, OS42, OS44-46, OS53, OS55 だった。OS36, OS42 以外は超過の平均値が「差の時系列」の標準偏差の平均値 0.024 nano gal を超えていた。超過の発生時期は OS29 のみ北半球の夏に大きいという季節性が見られ、それ以外のモードには季節性が見られなかった。また、OS28-29、OS36-37 のペアでは超過振幅の発生時期が一致している場合と数ヶ月ずれて起こる場合があり、OS41 以降の隣り合うモードでは超過の発生時期は異なっていた。

[考察]

差の時系列において超過の値が大きく、かつ期間が長いモードは、理論的にカップリングが予想されたモードとほぼ一致した。ただし OS41 は超過が測定されなかった。OS41 の前後には OS37 など超過振幅モードが複数あり、差をとる際に過小評価されたと考えられる。同様の過小評価は他のモードの場合にも可能性がある。

隣り合うモードの超過振幅の発生時期が同時 / 数ヶ月ずれることはそれぞれのブランチクロス付近での大気モードブランチの傾き変化 / ベースラインシフトを反映しているのかもしれない。また、OS29 に見られた超過振幅の発生時期の季節性は、OS29 とカップリングする大気モード OP29 に関わる大気構造の変化の季節性を示唆する。OS29 以外のモードについても超過の発生時期に季節性以外の規則性があるかもしれない。

[今後]

大気擾乱による励起モデル (Fukao et al. 2002) を拡張して、理論スペクトルを計算し、観測スペクトルと比較する。そして、1) 大気モードを含む地球のレスポンス関数を用いて超過振幅が再現されるか、2) 大気構造変化によって大気モードの固有周波数はどのように変化するか、3) その結果、超過振幅の時間変動が説明できるか、を定量的に検証する。