

大気 固体地球結合系の常時自由振動

Background free oscillations of the atmosphere and solid earth system

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

常時地球自由振動は、巨大地震のない期間にも常に微弱に励起されている地球自由振動である (Suda et al., 1998 etc.)。この現象は、これまでの研究で発見された振幅の季節変動 (Nishida et al., 2000)、励起源分布と海洋波高の相関 (Rhie and Romanowicz, 2004) などの特徴から、大気 / 海洋と固体地球の相互作用として注目されている。しかし、その励起源については、大気擾乱 (Kobayashi and Nishida, 1998; Fukao et al., 2002)、海洋の波 (Tanimoto, 2005; Webb, 2007) と意見が分かっている。

このような常時地球自由振動には、振幅とその季節変動が他のモードよりも大きい特異なモード (0S29, 0S37) が知られている (Nishida et al., 2000)。これらのモードはそれぞれ固有周波数が大気音波の 0 次、1 次のブランチと近接しているため、観測されている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。この他にも、大気音波の 2, 3, 4 次のブランチと近接している 0S41-42, 0S44-45, 0S56-57 でも同様に周囲のモードに比べ振幅が大きいことが観測されている (久須見他、地球惑星連合 2007 年大会)。しかし、これまでの研究では地表 / 海表面や海底面といった境界面で励起される固体地球のみの振動を考えており、このような超過振幅は再現されていない。そこで、本研究では常時地球自由振動を「大気 固体地球結合系」の振動として解析し、超過振幅モードの定量的な再現を試みた。

データは、IRIS/GSN, GEOSCOPE のノイズレベルの低い 27 観測点の 1990-2005 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。これらのデータセットから全平均と、3 ヶ月ごとの平均スペクトルを作成した。

はじめに大気 固体地球結合系内部の境界面である海表面での励起を仮定した計算を行ったが、0S29 などの超過振幅を再現することはできなかった。そこで、大気中のある高度範囲に分布する体積力によって励起される常時地球自由振動の理論スペクトルを定式化し、励起の強さ、励起源の高度分布、大気中の音速構造を定数倍するパラメータを未知数として観測スペクトルに当てはめを行った。モードの固有関数は固体地球に PREM (Dziewonski and Anderson, 1981)、大気モデルに NRLMSISE-00 (Picone et al., 2002) を用い、Kobayashi (2006) のモード計算法によって計算した。また、あてはめにはモードのピークが明瞭な 3 - 5.5 mHz を用いた。

あてはめの結果、観測スペクトルは地表から高度 2km までに分布する体積力によって励起される大気 固体地球結合系の振動として再現された。このとき、超過振幅は結合系構造の特徴として再現された。また、超過振幅の大きな季節変動は大気構造の変動によって説明されることがわかった。一方、海洋中での励起を仮定した場合、結合系の応答だけでは超過振幅が再現されなかった。

求められた励起の強さは Fukao et al., (2002) で気圧計記録から推定された大きさと同程度であった。励起の強さの季節変動はパワースペクトルで 10% 程度で北半球の夏に最大であり、Nishida et al., (2000) と整合的であった。理論計算において仮定した体積力に対応する大気の運動として、地表付近での上昇流、積雲の発生、大気境界層乱流が考えられる。求められた励起の強さを大気運動による動圧と解釈し風速に換算すると周期 300 秒では鉛直方向に 3 m/s 程度の風速に対応する。

最も季節変動の大きい 0S29 の固有周波数付近に注目すると、あてはめで求められた音速構造の季節変動は高度 0 ~ 120 km の大気の弾性定数もしくは密度の 0 ~ 4% 程度の変動に対応している。この変動は球面平均した大気構造モデル NRLMSISE-00 における弾性定数/密度の 0 ~ 16% という季節変動に対して非常に小さい。

以上のことから、超過振幅はこの現象が固体地球のみの振動ではなく、大気 固体地球結合系の常時振動であることを示しており、常時地球自由振動は大気中で励起される大気 固体地球結合系の振動として再現されることがわかった。