

大気海洋の窓としての固体地球

The solid Earth as a "window" of the atmosphere and oceans

小林 直樹[1], 深尾 良夫[2], 西田 究[2]

Naoki Kobayashi[1], Yoshio Fukao[2], Kiwamu Nishida[3]

[1] 東工大・理工・地球惑星, [2] 東大・地震研

[1] Earth and Planetary Sci, TiTech, [2] Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, [3] ERI, Univ. Tokyo

これまでの我々の解析により固体地球自由振動が常時 nano gal レベルの振動を続けているということが明らかとなってきた。その励起源として大気擾乱起源説が観測振幅をよく説明でき、有力なものとして考えられている。また、最近の解析では大気音波との結合モードで顕著な超過振幅が観測され、数%程度の振幅の季節変動も観測されており、固体外の励起源説が確固たるものとなりつつある。この仮説が真実であれば固体振動という現象を通して大気や海洋の地震帯域における活動が見えてくることが期待される。大気海洋での擾乱に比べ、固体地球の弾性波伝搬速度は大きいので、固体地球は全地球平均での大気海洋活動の窓となるかもしれない。

海半球センターを中心として、近年複数の研究グループ(名和, 須田, 西田, 谷本ら)によって固体地球自由振動が常時揺れていることが明らかとなってきた。その特徴として, [1] 2 ~ 7.5 mHz までモードとして特定できる基本モードのスペクトルピークを持つ, [2] 振幅は約 0.5 nano gal レベルで単周期側でやや大きくなる, [3] 大気の音波モードと結合していると考えられる OS29 や OS37 に 10% 前後の振幅超過が見られる, [4] 振幅に 10% 程度の季節変動が見られ, 7 月頃に最大振幅となり 12 月頃に最小となることが明らかにされてきた。0.5 nano gal レベルの個々の自由振動を維持するのに必要なエネルギー供給量は 30 Watt 前後でよく、非常に低レベルな現象である。にも関わらず通常期待される地震の大きさに対する発生頻度を考えると mHz 帯で一桁以上大きな振幅となっている。

観測によって明らかとされてきた現象は小林が提唱した大気擾乱起源仮説でよく説明がつく。その仮説に基づき大気擾乱から mHz 帯の振動スペクトルを計算した結果は観測スペクトルを非常によく説明する(谷本, 深尾ら)。また観測されている基本モードのスペクトルには僅かな形の歪みが見られるが、地表面の擾乱による高次モードの励起を考慮することで見事に説明がつく(深尾ら)。観測に見られる季節変動や大気音波と結合するモードでの超過振幅という現象に加え、地表面に置いたランダムな擾乱で見事に観測スペクトルの特徴が再現されてきた。以上のことより、大気擾乱起源説は確固たるものとなりつつある。

またいくつかの面白い特徴が明らかとなってきた。微気圧計の観測では気圧変動はサブミリから mHz 帯にかけては周波数に対して -2 乗程度の巾を持つ。一方静穏期の地震計に見られるサブミリ帯には大気の質量変動による引力効果が -2.7 乗程度で観測されている。気圧変化を地震計直上の大気質量変化と思うと両者には矛盾が生じる。この矛盾は次のように解釈できる。常時自由振動の励起力は局所的な圧力擾乱というより小林仮説にあるように大気のスケールハイト程度の対流セルの揺らぎであり、これは次元解析により周波数の -3 乗と予測される。引力効果は大気乱流の内的擾乱よりも大気の厚み程度のスケールでの質量変化が効くはずなので、地震計に見られるサブミリ帯の巾は対流セルの揺らぎを直接観測していると考えられる。一方、気圧計の観測する圧力変動は正にその点での圧力変動であり大気の内的擾乱も観測する。これは次元解析により $-7/3$ 乗と予測され微気圧計の巾を大体説明する。更に対流セルサイズの揺らぎと局所擾乱の巾から気圧変動の相関距離の周波数依存性を求めると $-1/3$ 乗となる。気圧変動の相関距離は観測的に十分明らかになっていないが、これは数少ない研究の結

果と矛盾しない。

また 8 mHz を越えると減衰のためモード間の分離が難しくなる。対流セルの揺らぎを周波数の -3 乗とする大気励起仮説でモードに分離せず加速度の power spectral density (PSD) の巾を見積もると周波数の -1 乗に比例する。10 mHz から 20 mHz にかけては静穏期の加速度 PSD は減少することが知られているが、この減少も大気擾乱仮説で大体説明がつく。

このように大気擾乱仮説に依ると、サブミリから常時自由振動を含んだ 20 mHz 帯の地震計の観測スペクトルの特徴を量的にも巾依存性においても非常によく説明できる。しかし 20 mHz を越えると地震活動による常時振動のパワーも無視できなくなるが、50 mHz 帯に地震活動による寄与を超過するパワーが見られる。これは脈動と呼ばれ海洋起源として知られている。mHz 帯の自由振動から大気擾乱の強度が季節変動することが推測されるように、サブヘルツ帯の振動観測から海の擾乱の活動がモニタできるかも知れない。

固体地球は大気や海洋の擾乱をその伝搬速度に比べ一桁以上も速い弾性波に乗せて情報を伝える媒体である。即ち、大気海洋の活動の情報が固体地球によって広域に渡って面的に拡散するため、固体地球は大気海洋の全球的な活動をモニターする。その固体という窓を通して静かなる地球の鼓動に耳をすませば、大気海洋の生きた活動が見えてくるかも知れない。これまでの地震学ではノイズとして排除されてきたものを調べ直すことより、地球の鼓動が聞こえてくるはずである。