

大気と固体地球の音響共鳴

Acoustic resonance between the Earth and the atmosphere

西田 究[1], 深尾 良夫[1], 小林 直樹[2]

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

[1] 東大・地震研, [2] 東工大・理工・地球惑星

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

地震学では多くの場合、大気の実在を無視してきた。しかし大気現象が地震波を励起する場合、大気との音響共鳴を考える必要がある。実際に音響共鳴が観測された例としては、ピナツボ火山の噴火によって励起された地震波と常時自由振動現象がある。常時自由振動現象とは地震活動の静穏期においても数百秒の周期帯で常に揺れ続けている現象であり、有力な励起源は大気擾乱である。常時自由振動の励起振幅の詳しい解析をしたところ、共鳴しているモードの励起振幅の変動が共鳴していないモードの変動(10%)にくらべ非常に大きい(40%)ことが分かった。この変動の違いは、音速構造の季節変動により引き起こされる共鳴効率の変化によって説明することができる。

地震学では多くの場合、大気の実在を無視し地表を自由端と見なしてきた。これは固体内の励起による地震波を考える場合には良い近似であるが、大気現象が固体地球の振動を励起するには大気と固体地球の音響共鳴を考える必要がある。本発表では、大気構造の変化に伴い音響共鳴の効率がどのように変化するか、データ解析及び理論の両面から考察する。

音響共鳴が重要な例として火山の噴火時に励起される地震波がある。実際、大気音波との共鳴周波数に対応する周期 230 秒と 270 秒の地震波が、ピナツボ火山噴火時に観測された。この 2 つの周期は音波の基本モードと 1 次の高次モードと共鳴している固体地球の伸び縮み基本モードと対応している。

また他の例として常時自由振動現象がある。常時自由振動現象とは、地震活動の静穏期においても数百秒の周期帯で常に揺れ続けている現象であり、大気擾乱が励起源である可能性が有力である。詳しいデータ解析により周期 230 秒と 270 秒のモードの励起振幅が他のモードの振幅より 10~20%程度大きい[Nishida et al., 2000]。また共鳴していないモードの励起振幅は 10%程度季節変動している。それに比べ周期 230 秒の共鳴しているモードは、40%も季節変動をしている。

この非常に大きな変動は、大気音波モードと固体地球の伸び縮み基本モードの共鳴の効率が変動しているため起ると考えられる。モード数(空間方向の波数に対応)が同じ場合、大気音波モードと伸び縮み基本モードの固有周波数が近づくと共鳴の効率は上がり、遠ざかると下がる。固体地球の速度構造は時間変動しないため、伸び縮み基本モードは時間変化しない。しかし大気音速構造は季節変動するため、それにもない大気音波の固有周波数及び Q 値も季節変動する。この固有周波数と Q 値の変動にもない、共鳴の効率は変動するのである。以下、大気温度構造のモデルを基に大気音波モードを計算し共鳴の効率の変動を見積もり、大気音波モードの変動が十分に観測を説明できるか考察する。

大気音速構造は緯度方向に著しく異なるために、1次元の平均構造を適応できない。しかし大気音波はこの帯域では非常に水平方向の群速度が 10m/s 程度と遅いため、局所的な音速構造のみを反映する。そのため各緯度毎の局所的な構造を全球平均と近似して、1次元速度構造に対する固有値問題を解いた[Watada, 1992]。計算に用いた大気モデルは CIRA86[Rees et al., 1990]である。粘性は Jones and Georges [1976]に示された値を用い、200km の高度で放射境界条件を置いた。各緯度ごとに、計算された固有周波数の音波が固体地球を叩いていると仮定し、共鳴の効率の変化を見積もった。計算された固有周波数および Q 値によって見積もられた共鳴の効率の変動は、定性的に観測結果を説明する。しかし現在のところ相対的な変化しか見積もっておらず、今後励起を含めより定量的に議論する必要がある。