

地球自由振動の積雲による励起(4)：励起源の特性と応答の空間構造

Excitation of the Earth's free oscillation by cumulus clouds in the atmosphere: source properties and response structure

中島 健介[1], 野津原 昭二[2]

Kensuke Nakajima[1], Shoji Notsuhara[2]

[1] 九大・理院・地惑, [2] 九大・理・地球惑星

[1] Dept. of Earth & Planetary Sci., Faculty of Sci., Kyushu Univ., [2] Dept. of Earth & Planetary Sci. Kyushu Univ.

大気中の積雲によって固体地球自由振動の常時励起が説明できるかを調べた。まず数値流体力学モデルにより積雲内部の加熱を直接計算し、その周波数特性を調べた。その結果を、以前に求めた大気の線形応答モデルと組み合わせた結果は、観測される常時励起の振幅と整合的である。さらに、大気応答の空間構造を実空間で調べた結果から、個々の雲が地球に与える圧力は局所的な大気構造によって支配されることがわかった。このことは、いくつかの自由振動モードの振幅に日変化や季節変化が見られることを説明する。これらの結果は、積雲が常時励起の主要な励起源であることを強く示唆するものである。

[研究の背景]

近年、固体地球の自由振動には持続的な成分が存在することが報告されている(Nawa et al., 1998, Kobayashi and Nishida 1998 など)。またその振幅が季節変化や日変化を示すことも見出されてきた。その起源として小林(1996)や谷本(1998)は大気擾乱を想定している。しかし、彼らが想定する大気擾乱(小林は単純な熱対流、谷本は完全な三次元乱流)は、現実の地球大気の擾乱(準二次元的な低気圧、および、水の凝結が駆動する積雲)と性質が異なる。我々(1998年合同学会、1999年合同学会、2000年合同学会)は、気象学的にも有力な候補と思われる積雲による励起の可能性について定量的に考察して来たが、その結果、積雲が固有の寿命とサイズを持つことによって生じる揺らぎ(いわば量子化ノイズ)を考慮すると自由振動を持続的に励起し得ることがわかってきた。この発表では、積雲による強制の周波数特性について、数値モデルにより調べた結果と、実空間における応答の構造について述べるとともに、これらの組み合わせから得られるこの問題の全体像について論じる。

[積雲による励起の周波数特性]

雲物理過程など種々の非線形過程を含む積雲対流の数値モデルによって、積雲中での励起源の時空間構造を直接計算し、その周波数特性を調べた。その結果、周期が数時間から数十秒という広い範囲で、各高度での加熱率のPSDは周波数の2乗に、また、雲全体としては3乗に反比例することがわかった。この周波数特性を用いて、持続的励起のPSDを見積もってみると、3mHz前後での自由振動について $10e^{-18}$ [gal^2/Hz] 程度が得られる。この結果は、観測されるPSDと対応するものである。

[応答の実空間での構造]

これまで用いてきた計算(水平構造を波形と仮定してきた)の結果を逆フーリエ変換し、熱源応答の実空間での水平構造を求めた。その結果、地球自由振動を励起する周波数をもち空間的に局在した熱源等に対する大気の応答は、ラム波など固体地球励起と関係しない成分を除けば、地表面から大気上層までの全高度範囲で、励起源から1000 km程度の範囲に集中することがわかった。このことは、積雲が地球に与える圧力の周波数特性を決める大気構造は、地球全体の平均ではなく、その雲の周囲の局所的な大気構造であることを示唆する。

[まとめ]

予測される振幅が観測と半定量的に一致することから、この現象が積雲対流により励起されている可能性がさらに高まった。また、駆動力の周波数特性が局所的大気構造を反映していることは、観測される振幅の日変化や季節変化の存在と調和的である。今後、予言と観測についてさらに詳細な検証を行うことにより、積雲以外の励起源(たとえば海洋)の相対的な重要性についても検討できるようになるだろう。