

地震・火山噴火に伴って発生する大気中の音波・内部重力波に関する数値実験

A numerical simulation of atmospheric acoustic and internal gravity waves generated by an earthquake or a volcanic eruption

○松村充・品川裕之・家森俊彦

○Mitsuru MATSUMURA, Hiroyuki SHINAGAWA, Toshihiko IYEMORI

Atmospheric acoustic, gravity and evanescent waves are excited by earthquakes and volcanic eruptions. A time-dependent, two-dimensional, nonlinear, non-hydrostatic, compressible, neutral, numerical model is used to investigate the temporal and spatial features of acoustic waves trapped in the thermal duct between the lower thermosphere and the ground or the stratosphere, and evanescent and gravity waves around them.

The simulation shows that an impulsive point source on the ground excite acoustic waves ducted in the mesosphere. Two acoustic resonance modes are formed which have frequencies of about 3.7 and 4.5 mHz directly over the source and 3.9 mHz at the horizontal distance of 300 km from the source.

Since oscillations of about 4.5 mHz are leaky, they are dominant above the mesopause just after the input. This feature is consistent with previous observational results of a geomagnetic pulsation at the Sumatra earthquake.

On the other hand, acoustic waves of about 3.7 mHz are well trapped in a thermal duct and persist over two hours after the input. Gravity waves trapped in a duct in the stratosphere are seen at the same time with frequencies between 2 and 3 mHz. (190 words)

1. はじめに

中間圏界面以下で励起された約4mHzの音波は地上との間で捕捉されて共鳴を起こす可能性がある。この共鳴現象は多くの理論や数値実験から予想されており [Jones and Georges, 1976; Tahira, 1995; Lognonne et al, 1998; Kobayashi 2007; Watada and Kanamori 2010など]、2つのモードが存在すると考えられている。各モードの予想された共鳴周波数は約3.7・4.5mHzであり、2004年のスマトラ地震の後には電離層擾乱[Choosakul et al., 2009など]や地磁気脈動[Iyemori et al., 2005]に、また、1991年のピナツボ火山の噴火の後には地震波[Kanamori and Mori, 1992]にこれらとほぼ同じ周波数を持つ現象が観測されており、この音波共鳴が励起源となっていると考えられている。

しかし時間的・空間的特徴など、この共鳴現象には未だ明らかにされていない点も多く、観測のみから解明するのは困難であるため、本論文では数値実験を用いてこれらの特徴を調べた。

2. 使用した数値モデル

実験に用いたのは2次元の非静力学圧縮性中性大気モデルである。ここで用いたモデルはShinagawaらのモデル[2007]の中性大気部分で、連続の式、運動方程式、エネルギー方程式、理想気体の状態方程式を解き、移流項の計算にはCIP法[Yabe et al., 1991]を用いた。

大気擾乱源としては2004年9月1日の浅間山の噴火を想定した。大気の基本場の密度と温度は経験モデルのMSISE-90[Hedin, 1991]から与えた。噴火による大気擾乱を表すために、下側境界の中心に境界条件として鉛直方向の速度を与えた。

3. 数値実験の結果

地表の点波源から発生した音波が中間圏のダクトに捕捉され、水平方向に300km以上にわたって共鳴が形成された。低い方の共鳴周波数は波源の直上では約3.7mHz、波源から水平方向に300km離れた地点では3.9mHzであった。この周波数の振動は計算開始から2時間以上継続した。高い方の共鳴周波数は波源の直上では4.5mHzで、低周波のモードよりも早く減衰したが、計算開始直後は高度100km以上では低周波のモードよりも大きな振幅を持っていた。この結果はスマトラ地震直後に観測された地磁気脈動の特徴と矛盾しない。

同じく点波源から発生した水平波長約50kmの内部重力波が成層圏のダクトに捕捉された。周波数は2~3mHzで、音波とともに水平方向に伝播したが、その位相速度は音波のものとはまったく異なるものであった。