

金星中間圏・熱圏大気循環における大気波動の影響

星野 直哉 [1]; 藤原 均 [2]; 高木 征弘 [3]; 笠羽 康正 [4]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地物; [3] 東大・理・地惑; [4] 東北大・理

Effects of atmospheric waves on the general circulation in the Venusian mesosphere and thermosphere

Naoya Hoshino[1]; Hitoshi Fujiwara[2]; Masahiro Takagi[3]; Yasumasa Kasaba[4]
[1] Dept.Geophysics, Tohoku Univ; [2] Department of Geophysics, Tohoku University; [3] Dept. Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo; [4] Tohoku Univ.

Atmospheric coupling between the lower atmosphere (<70 km) and the thermosphere (>110 km) through atmospheric waves in Venus is one of the important subjects to understand the Venusian thermospheric dynamics. Past simulation studies suggested that small scale gravity waves would transport westward momentum from the Venusian cloud deck toward the thermosphere [e.g., Zhang et al., 1996]. In recent years, importance of planetary-scale waves on the general circulation of the Venusian atmosphere has been recognized. Forbes and Konopliv [2007] suggested the propagation of planetary-scale waves originated in the cloud deck into the upper atmosphere. However, the effects of the planetary-scale waves on the general circulation in the Venusian upper atmosphere are unknown, since past simulation studies focused on only small-scale gravity waves. In this study, we have performed numerical simulations considering both small-scale gravity waves and planetary-scale waves.

We have developed a new GCM for the Venusian mesosphere and thermosphere, which includes the altitude region from 80 to about 180 km. The horizontal spatial resolutions are 5 degree and 10 degree in longitude and latitude, respectively. The vertical resolution is 0.5 scale height, which is equivalent to about 1.5 km at about 80 km altitude. We consider the momentum transport caused by gravity waves with Rayleigh friction, which was used in Bougher et al. [1988]. We impose some planetary-scale waves into our GCM by moving the geopotential distribution with the phase speed of the wave at the lower boundary. We consider the Kelvin wave, Rossby wave and thermal tides, which were observed at the cloud top [e.g., Del Genio and Rossow., 1990].

Our result shows that small-scale gravity waves transport the westward momentum and drive the retrograde zonal wind (RZW) as fast as about 60 m/s above 140 km altitude region. The result is consistent with earlier simulations [e.g., Bougher et al., 1988]. Our result also shows that the Kelvin wave with the vertical wavelength of about 40 - 50 km is the dominant wave in the planetary-scale waves at 80 - 140 km altitude region. The maximum amplitude of the zonal wind fluctuation caused by the Kelvin wave is about 12 m/s at about 95 km, which is the height of the O2-1.27um nightglow emission layer. We have also calculated horizontal nightglow distributions with 1-D nightglow model and the composition distribution derived from the GCM. The result suggests that the Kelvin wave causes the fluctuations of the O2-1.27um nightglow distribution between 00:00 LT and 00:20 LT.

金星中間圏(70-110 km)・熱圏(>110 km)において、金下層大気から伝搬してくる大気波動は、大気循環を理解するうえで不可欠な要素である。過去のシミュレーション研究では、雲層(50-70 km)起源の小規模な大気重力波が、西向き運動量を雲層から熱圏に輸送し、熱圏で約60 m/sにもおよぶ西向き的高速東西風を駆動することが示唆されている[e.g., Zhang et al., 1996]。近年では重力波に加え、熱圏における惑星規模の大気波動の重要性も認識され始めている。例えば、Forbes and Konopliv [2007]は、マゼラン探査機データの再解析から、高度約150 kmにおいて、下層大気起源と考えられる9日周期の大気波動の存在を示唆している。しかし、従来のシミュレーション研究では、それら惑星規模の波は十分に考慮されておらず、それらが中間圏・熱圏の大気循環に与える影響は理解されてこなかった。本研究では、これまで考慮されてきた小規模な大気重力波に加え、惑星規模の波を考慮した数値シミュレーションを行い、雲層から伝搬する大気波動が中間圏・熱圏の風速場に与える影響を調べる。

本研究では、高度80 - 約180 kmを含む大気大循環モデル(GCM)を用いた数値計算を行った。GCMの空間分解能は5deg(経度)x10deg(緯度)x0.5スケールハイト(高度)である。モデルでは、サブグリッドスケールの大気重力波の運動量輸送効果を、Bougher et al. [1988]で用いられているパラメタリゼーションにより考慮した。また、過去の金星雲層の風速観測等により存在が確認されている惑星規模の波(熱潮汐波、ケルビン波、ロスビー波)をモデル下端から励起させ、その影響を考慮した。惑星規模の波の情報(波長、振幅、周期など)は雲層観測の先行研究[Del Genio and Rossow., 1990]を参考に与えた。

シミュレーションの結果、大気重力波による運動量輸送効果により、高度約140 km以上において約60 m/sの西向きの平均東西風が形成された。平均東西風の強度は高度約140 km以上において一定、140 kmより低高度では、低高度ほど平均東西風の強度が小さくなった。これは、Bougher et al. [1988]などの先行研究の結果と整合的である。また、高度80 - 120 kmにおいて、鉛直波長約40 - 50 kmのケルビン波が卓越することが、本数値計算により初めて示唆された。ケルビン波による風速擾乱は、高度約105 kmにおいて最も強く、約12 m/sであった。高度約95 kmは金星のO2-1.27um大気光の発光高度である。本研究では、GCMから計算される酸素・二酸化炭素数密度分布と大気光の一次元モデルを利用して、大気光の水平分布を導出している。計算された大気光分布の解析より、大気光発光ピークの位置が00:00 - 00:20 LTの範囲を約4日周期(ケルビン波の周期)で変動することが示唆された。これは、ケルビン波が先行研究に見られる大気光時間変動[e.g., Crisp et al., 1996]に寄与する可能性を示唆している。