

金星大気における熱潮汐波

Thermal tides in the atmosphere of Venus

高木 征弘[1], 松田 佳久[2]

Masahiro Takagi[1], Yoshihisa Matsuda[2]

[1] 東大・理・地球惑星科学, [2] 東大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Science., Tokyo Univ, [2] Earth and Planetary Physics, Tokyo Univ

球面上の数値モデルを作成し、金星大気中の熱潮汐波の計算を行なった。熱潮汐波とは太陽光加熱によって励起される強制波のことで、東西波数 1 のモードを一日潮、2 のモードを半日潮という。金星大気中には高度 45 ~ 70 km 付近に硫酸の液滴からなる雲層が存在するため、ここで太陽光が強く吸収され、熱潮汐波が励起される。過去には Pechmann and Ingersoll (1984) や Shen and Zhang (1990) が一日潮と半日潮の数値計算を行なっているが、両者の結果には明らかな食い違いがみられる。また、これらの研究は波に伴う温度偏差を主として扱っており、力学的な効果を考える上で必要不可欠な速度場に関する情報はほとんど与えられていない。金星大気中の熱潮汐波に関しては、Fels and Lindzen (1973) 以降、大気のスーパーローテーションに対する寄与の可能性が指摘されているが、検証に必要な情報が不足しているのが現状である。本研究では、温度偏差と速度場の両方を含めて計算を実行し、熱潮汐波の構造とその力学的な性質を詳細に調査した。計算に用いた基本場は観測を基に構成したもので、鉛直シアだけでなく中緯度ジェットも考慮した平均東西流や、最近の結果 (Hinson and Jenkins, 1995) まで考慮した大気安定度などから成る。

一日潮の鉛直波長は約 6 km で、雲頂高度 (約 65 km) での温度偏差は 4 K 程度である。この結果は Pechmann and Ingersoll の結果を支持している。波に伴う東西風速は約 3 m/s である。南北流と鉛直流の分布には、昼側で上昇し夜側で下降する流れが顕著であり、この高度における夜昼間対流の存在を示している。夜昼間対流に伴う中緯度での南北流速は 10 m/s 程度である。Rossow et al. (1990) は、紫外光による昼側の雲のトラッキングによって子午面循環の強度を 10 m/s 程度と推定したが、この値は夜昼間対流に伴う昼側の南北流のために過大評価になっている可能性がある。一日潮は鉛直波長が短く、ほとんど鉛直伝播しない。このため、運動量輸送による平均東西流の加速・減速も鉛直方向の広がりを持たず、雲層付近の加熱領域に集中している。このことから、大気全体のスーパーローテーションに対する一日潮の寄与は小さいものと考えられる。計算で得られた一日潮の性質は、仮定された平均東西流の中緯度ジェットの存在に対して敏感で、中緯度ジェットの有無により赤道域の温度偏差が約 2 倍も変化する。しかしながら、夜昼間対流の強度は平均東西流の分布にそれほど影響されず、南北流速は 10 m/s 程度のままであった。

半日潮の鉛直波長は約 15 km である。雲頂高度での温度偏差は約 2 K で、一日潮の振幅よりも小さい。これは太陽加熱の強度の差を反映しているものと考えられる。しかしながら、高度 70 km より上層で半日潮は一日潮より大きな振幅を持ち、高度 80 km では 40 K 程度にまでなる。これらの特徴も Pechmann and Ingersoll の結果を支持するものである。水平風速は、雲頂高度で約 2 m/s、高度 80 km で約 30 m/s である。雲層付近で励起された半日潮は鉛直方向によく伝播し、上層では高度 100 km、下層では地表にまで到達する。これまでの研究では、雲層下部に存在する大気安定度の小さい領域のため、熱潮汐波は下層に伝播しないと考えられてきた (Pechmann and Ingersoll)。今回、これと異なる結果が得られたのは、弱成層領域の厚さよりも半日潮の鉛直波長の方が十分大きくなったためであろう。半日潮の鉛直伝播に伴って、上層では平均東西流の減速がみられる。減速領域は高度 70 ~ 100 km に分布し、その大きさは 10 m/s/day 程度である。この減速は、主に水平運動量の鉛直輸送 (u と w の相関) によってなされ、水平輸送 (u と v の相関) の寄与は非常に小さいことが示された。また、その空間構造から考えて、水平渦粘性の担い手としての Gierasch (1975) メカニズムに対する寄与もほとんどないと考えられる。基本場の平均東西流に鉛直シアがある場合は、半日潮の鉛直波長が短くなるために、波はこの領域でより強く減衰するようになる。これらのことから、約 70 km からスーパーローテーションの速度が高さとともに減少しているという観測事実は、半日潮の鉛直伝播と運動量輸送によって説明できる可能性がある。一方、加熱領域においてはスーパーローテーションの加速がみられる。しかしながら、その絶対値はそれほど大きくない。半日潮の構造や振幅に対する中緯度ジェットの影響はあまり認められなかった。