

金星雲頂でのスーパーローテーション時間変動と惑星規模波動との関連

神山 徹 [1]; 今村 剛 [2]; 中村 正人 [3]; 佐藤 毅彦 [4]; 二穴 喜文 [5]
[1] 東大・理・地惑; [2] JAXA 宇宙科学研究所; [3] 宇宙研; [4] 宇宙研; [5] IRF

Relationship between planetary-scale waves and long-term variation of the super-rotation at the cloud top of Venus

Toru Kouyama[1]; Takeshi Imamura[2]; Masato Nakamura[3]; Takehiko Satoh[4]; Yoshifumi Futaana[5]
[1] Earth & Planetary Science, Univ. Tokyo; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS; [4] ISAS, JAXA; [5] IRF

<http://www.stp.isas.jaxa.jp/nakamura/>

In this study, we reveal temporal variation of the super-rotation of Venus atmosphere and spatial structures of planetary scale atmospheric waves at the cloud top level by deriving wind speeds and their variations at the cloud top from UV (365 nm) images taken by Venus Monitoring Camera (VMC) onboard Venus Express of European Space Agency from April, 2006 to May, 2010. Because VMC has taken many cloud images covering from low to high latitudes of the southern hemisphere, well suited for derivation of wind speeds and their variations. We applied a proven cloud tracking method (reported at the 2008 Meeting) to these images and found that the equatorial zonal wind speed changes quasi-periodically, alternating 'fast season' (over 100 m s^{-1}) and 'slow season' (below 90 m s^{-1}) every ~ 100 earth days.

From Fourier analysis of the wind speed and the cloud brightness variations, planetary-scale 5 day period variations were identified in the zonal and meridional wind speeds and the cloud brightness in the 'fast season' of background zonal wind speeds. The phase speed of the 5-day period variations is slower than the background wind speed. The phase relationship between the zonal and meridional winds implies that the 5-day variation is a manifestation of a Rossby wave. These results are consistent with previous studies from Pioneer Venus observations (Del Genio and Rossow, 1990; Rossow et al., 1990). On the other hand, planetary-scale 4 day period variations were identified in zonal wind speeds and cloud brightness in the 'slow season'. The phase speed of the 4-day period variations is faster than the background wind speed. These features are similar to those of the Kelvin wave-like perturbations observed in the previous study (Del Genio and Rossow, 1990).

According to the numerical results of Imamura, 2006, the Kelvin wave originating from the lower atmosphere can accelerate the super-rotation at 65 ~70km altitude about $0.1 \text{ m s}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ($\text{d} = \text{Earth day}$). On the other hand, the Rossby waves, which can be excited by the baroclinic instability in Venus atmosphere, can decelerate the super-rotation about $0.1 \text{ m s}^{-1} \text{ d}^{-1}$. The magnitudes of these accelerations can contribute to the time variation of the super-rotation. In this study, we will evaluate the angular momentum transport by these waves based on the derived parameters from our analysis.

本研究では、Venus Express 搭載の Venus Monitoring Camera (VMC) により紫外波長 (365 nm) で撮像された金星雲画像データ (2006 年 4 月~2010 年 5 月) から雲頂高度の風速決定を行い、スーパーローテーションの時間変動と金星大気中を伝播する惑星スケールの波動を調べた。風速は画像相関を用いて雲の移動量を推定する手法により決定した。VMC は南半球の赤道域から中高緯度帯を広くかつ高頻度で撮像しており、これらの緯度帯の風速やその変動を調べることに適している。これまで行ってきた風速場の解析から、赤道域において東西風速が 100 日程度で約 20 m s^{-1} 加速し、また同様に 100 日程度で減速するという準周期的時間変動を示すことが分かってきた。そこで全観測期間のうち、赤道での東西風速が 100 m s^{-1} を超える速い時期 (F 期) と、 90 m s^{-1} を下回る遅い時期 (S 期) を選びフーリエ解析を行ったところ、それぞれの時期で周期や緯度構造の異なる数日周期の風速変動と雲の明るさの変動が見られた。

F 期では東西風速、南北風速、そして雲の明るさに約 5 日周期の規則的な変動が、低緯度帯から中・高緯度帯まで一体となって見られた。5 日周期の位相速度はこの時期の背景東西風速 (100 m s^{-1}) より遅い。それぞれの変動の位相関係から、この 5 日周期変動が作る風速場は明確な渦構造を示し、この渦によって雲の明るさが変化していることが示唆された。渦構造を持ち、スーパーローテーションに比べ位相速度が遅い特徴は、この変動がロスビー波によるものであることを示唆している。このような 5 日周期の風速変動が見られることは、Pioneer Venus 探査機での観測で見られた風速変動や雲の明るさ変動 (Del Genio and Rossow, 1990; Rossow et al., 1990) と同調的な結果である。一方 S 期では、低緯度帯で背景東西風速 (90 m s^{-1}) よりも位相速度が速い、約 4 日周期の変動が東西風速と雲の明るさ変動に見られた。この変動の位相速度、またその位相関係は Del Genio and Rossow, 1990 において赤道ケルビン波と予想される変動と整合的なものであった。

Imamura, 2006 は雲層高度において赤道ケルビン波、ロスビー波による運動量の鉛直輸送を計算し、高度 65km から 70km で赤道ケルビン波は東西風速を一日あたり $0.1 \sim 0.3 \text{ m s}^{-1}$ 加速させ、一方ロスビー波は一日あたり $0.1 \sim 0.3 \text{ m s}^{-1}$ の減速を生じさせていることを示した。この加速量は観測で見られたスーパーローテーションの時間変動に十分寄与する大きさである。本発表では Imamura, 2006 の計算を基に、観測から求められた 4 日、そして 5 日周期の風速変動パラメータから、赤道ケルビン波・ロスビー波が与える運動量輸送について定量的に議論する。