

電波掩蔽法を用いた金星赤道域における熱潮汐波の鉛直構造に関する観測的研究

#安藤 紘基¹⁾, 野口 克行²⁾, 今村 剛³⁾, 高木 征弘¹⁾, 杉本 憲彦⁴⁾, 松田 佳久⁵⁾

⁽¹⁾ 京都産業大学, ⁽²⁾ 奈良女子大学, ⁽³⁾ 東京大学, ⁽⁴⁾ 慶應義塾大学, ⁽⁵⁾ 東京学芸大学

Vertical structure of the thermal tides in the equatorial region shown by Akatsuki radio occultation

#Hiroki Ando¹⁾, Katsuyuki Noguchi²⁾, Takeshi Imamura³⁾, Masahiro Takagi¹⁾, Norihiko Sugimoto⁴⁾, Yoshihisa Matsuda⁵⁾

⁽¹⁾ Kyoto Sangyo University, ⁽²⁾ Nara Women's University, ⁽³⁾ The University of Tokyo, ⁽⁴⁾ Keio University, ⁽⁵⁾ Tokyo Gakugei University

It is thought that the angular momentum transport due to the thermal tides is one of the most likely mechanisms how the Venusian atmospheric super-rotation is generated and maintained. Recently, Akatsuki LIR measurements clarified the horizontal structure of the thermal tides at the cloud top level. Akatsuki UVI measurements quantified the angular momentum transport due to the thermal tides in the latitudinal direction at the cloud top level from the local time distribution of the horizontal wind and indicated that the super-rotation is maintained by the accumulation of the angular momentum due to the thermal tides in the equatorial region. However, the vertical structures of the thermal tides have not been investigated observationally. Thus, it is difficult for us to examine the validity of the theoretical studies about the thermal tides. One of the most useful methods to investigate the vertical propagation characteristics of the thermal tides is radio occultation technique because it enables us to retrieve a vertical temperature profile with high measurement accuracy of ~ 0.1 K and high vertical resolution of ~ 1 km.

We analyzed the Akatsuki radio occultation data and focused on the vertical structures of the thermal tides in low-latitudes because the orbit of Akatsuki is equatorial one. The number of temperature profiles at the latitudes of $0 - 30$ degrees is 45, and the local time-height distribution of the temperature deviation from zonal mean was obtained. And then, we detected zonal wavenumber-1 and -2 components from it. As a result, the phase of the diurnal tide little varies in the vertical direction, implying that the non-propagating mode is dominant. On the other hand, the phase of the semi-diurnal tide tilts toward the earlier local times above (below) the altitudes of $50 - 55$ km with increasing (decreasing) altitude. This implies that the semi-diurnal tide propagates upward (downward) direction from these altitudes. In addition, the amplitude of the semi-diurnal tide has a small maximum around 45 km. These features shown by the radio occultation measurements are qualitatively consistent with the Venus GCM. In this presentation, we are going to show the results obtained by the Akatsuki radio occultation measurements and discuss the impacts of the thermal tides on the Venusian atmospheric super-rotation quantitatively.

金星大気スーパーローテーションの生成メカニズムの一つとして、雲層の太陽光加熱により励起される熱潮汐波に伴う角運動量輸送が理論的に有力視されている。従来の熱潮汐波理論によれば、熱潮汐波は太陽の動きと同方向、すなわち東向きの角運動量を雲層からその上下に輸送し、一方で雲層内では角運動量保存則によって大気は西向きに加速されると考えられている。特に、雲層から下向きに伝播する熱潮汐波は、地面摩擦を介した大気と固体部分の角運動量交換に寄与しスーパーローテーションの生成・維持に本質的な役割を果たすと考えられている。

これまで、雲頂から上の熱潮汐波構造については、電波掩蔽観測や赤外分光観測による研究が為されている。近年では、あかつきに搭載された中間赤外線カメラ (LIR) によって、雲頂高度における熱潮汐波の水平構造が明らかになった。また、あかつきの紫外イメージャ (UVI) で得られた雲頂における水平風速の地方時分布から熱潮汐波に伴う南北方向の角運動量輸送量が定量され、雲頂付近のスーパーローテーションは熱潮汐波により低緯度に角運動量が集積されることで維持されている可能性が示された。しかし、雲層から下の高度領域における熱潮汐波の鉛直構造についての観測はなく、熱潮汐波理論の妥当性について検証できていない。本研究では、あかつき電波掩蔽観測のデータを用いて、金星低緯度 ($0^\circ - 30^\circ$) における気温擾乱の地方時-高度分布を導出し、そこから高度ごとに東西波数 1 (一日潮) と 2 (半日潮) 成分をそれぞれ抽出した。その結果、一日潮と半日潮の振幅は同程度であった。また、一日潮は位相の高度変化が小さく、非伝播モードが卓越している様子が見られ、半日潮は高度 50-55km から上 (下) の高度領域では高度が上がると (下がると) 位相は朝側に傾くことが分かった。これは半日潮が高度 50-55km を境に上下に伝播していることを示すと共に、世界で初めて雲層から下に伝播する熱潮汐波を捉えた可能性がある。さらに、半日潮の低高度側の振幅は高度 45km 付近で極大を持つこともわかった。金星大気大循環モデル AFES-Venus と比較したところ、観測とモデルで熱潮汐波の振幅や位相の分布は定性的に良く整合していた。本発表では、あかつき電波掩蔽観測の結果を示すと共に、観測とモデルの比較から熱潮汐波が金星大気スーパーローテーションに及ぼす影響についても定量的に論ずる。