

金星中間圏・熱圏における O₂ 大気光モデルの開発

星野 直哉 [1]; 藤原 均 [1]; 高木 征弘 [2]; 高橋 幸弘 [1]; 笠羽 康正 [3]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東大・理・地球惑星科学; [3] 東北大・理

Development of the O₂ nightglow model in the Venusian mesosphere and thermosphere

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

The O₂-1.27μm nightglow gives us information of the general circulation at about 95 km in Venus. The nightglow occurs at the depression region of the day-to-night flow. The dominance of the day-to-night flow would cause the depression region at the anti-solar point. However, past nightglow observations showed the existence of the westward zonal wind as fast as 100 m/s and the temporal variation of the depression region from the anti-solar point [e.g., Crisp et al., 1996]. The generation mechanisms of the westward zonal flow and the temporal variation of the depression region are unknown, although Bougher et al. [2006] suggested that the upper and lower atmospheric coupling through atmospheric waves would cause these phenomena. In order to investigate these mechanisms, we have developed a new general circulation model (GCM) of the Venusian mesosphere and thermosphere. In recent years, the Venus Express (VEX) observed the O₂-1.27μm nightglow distribution in detail. The comparison between the observation and simulation results is useful for verification of the wind velocity distribution derived from our GCM. In this study, we develop a numerical model of the O₂-1.27μm nightglow assuming the temperature and composition distributions.

In our model, we assume the photochemical equilibrium. The chemical processes considered in our calculation are recombination of O, quenching, and emission processes of O₂*. We use reaction coefficients listed in the JPL and NIST databases. We use the temperature profile obtained from the VTS3 model [Hedin et al., 1983], which is an empirical model in the Venusian thermosphere. The number density profiles of CO₂, N₂, Cl, ClO, O₂, HO₂, O are obtained from the VTS3 model, Yung and Demore [1982], Krasnopolsky [1997] and Gerard et al. [2006].

The model calculates the O₂(a¹Δ) number density, which is the source of the 1.27μm nightglow, with the peak of 3.0×10⁹ [cc] at about 100 km. The calculated brightness of the nightglow emission is about 1.86 MR. The result is consistent with the hemispherically averaged brightness of the nightglow (1.3 MR) obtained from the Venus Express [Gerard et al., 2006]. The vertical profile of the nightglow has the peak of about 18 MR at about 98 km, which corresponds with the model profile obtained by Gerard et al. [2008].

In this presentation, we will show the details of our nightglow model and the simulation results. In addition, we will present the initial result of our GCM simulation combined with the nightglow model.

金星の上部中間圏・下部熱圏 (~ 100 km) における風速場の情報は、これまで主に CO ミリ波観測や O₂ 大気光観測から得られてきた [e.g., Crisp et al., 1996]。これらの観測から、高度約 100 km において、西向き約 100 m/s の高速東西風や熱圏風速場の時間変動の存在が知られている。近年では、金星探査機 Venus Express による O₂-1.27μm 大気光観測から、詳細な大気光変動の様子や、高度約 95 km に極大を持つ大気光鉛直分布が観測から初めて得られている。これまでの大気大循環モデル (GCM) を用いた先行研究により、高速東西風や風速場時間変動は、雲層 (50-70 km) から上方伝搬する大気波動を介した大気上下結合に起因することが示唆されている [Bougher et al., 2006]。しかし、過去のモデルでは下端高度が約 100 km 付近と高く、波の生成場である雲層上端 (70 km) から高度 100 km までの波の伝搬過程を十分考慮できなかった。

我々はこれまで、波の伝搬過程を考慮し、大気波動を介した大気上下結合を理解することを目的に、下端高度を 80 km とする金星中間圏・熱圏 GCM の開発を行ってきた。GCM で再現される熱圏風速場の妥当性検証には、大気光観測結果とシミュレーション結果との比較が有効と考えられる。そこで、本研究では、GCM への組み込みを目標に、新たに O₂-1.27μm 大気光モデルを開発した。モデルの妥当性検証のため、テスト計算として先行研究から得られている温度・組成分布を仮定して大気光発光強度分布の導出を行い、過去の大気光観測・シミュレーション結果との比較を行った。

本モデルでは、鉛直温度分布や CO₂, O などの組成分布、化学平衡を仮定し、O₂ の各励起状態の数密度分布、および O₂-1.27μm 大気光の発光強度を計算する。化学過程として、O 原子同士の結合過程 (O+O+M → O₂*+M)、O₂* の衝突による脱励起 (O₂*+M → O₂*' + M)、O₂* の発光過程 (O₂* → O₂ + hv) を考慮する。各反応係数は JPL, NIST データベースを参照した。温度分布には、金星熱圏の経験モデルである VTS3 モデル [Hedin et al., 1983] による、反太陽直下点付近の分布を使用した。また、大気成分の高度分布には、CO₂, N₂ の分布に VTS3 モデル、Cl, ClO, O₂ に Yung and Demore [1982]、HO₂ に Krasnopolsky [1997] の分布を用いた。大気光発光に本質的な O の分布には、Gerard et al. [2006] による大気光シミュレーション結果との比較のために、Gerard らのモデル計算と同じ O 鉛直分布を用いている。

計算の結果、1.27μm 大気光を生じる O₂(a¹Δ) について、高度約 100 km 付近に 3.0×10⁹ [cc] の極大をもつ数密度分布が得られた。このとき、金星を真上から観測した場合に想定される大気光強度は 1.86 MR であった。これは、VEX から得られている平均的な大気光強度 (1.3 MR) [Gerard et al., 2006] とおおむね一致している。また本計算では、探査機による limb 観測時に想定される大気光高度分布の計算も行った。その結果、高度約 98 km 付近で約 18 MR のピークを持つ発光強度分布が得られた。この発光強度の鉛直分布は、本モデルで用いた O 鉛直分布と同じ分布からモデル計算された、Gerard et al. [2008] の鉛直発光強度分布とほぼ一致している。これより、妥当な大気光モデルが作成できたと結論づけて

いる。

本発表では、大気光モデルの詳細とテスト計算の結果に加え、GCM から得られる CO₂, O の組成を用いた大気光発光強度の計算結果を報告する予定である。