

GIGMICS による金星大気の CO₂ の振動回転スペクトルの観測

(名大院環境^a) ○柴田将^a・青木慶伸^a・太田香菜子^a・平原靖大^a・GIGMICS チーム

The observation of the vibrational-rotational transitions of CO₂ in the atmosphere of Venus using
GIGMICS (Germanium Immersion Grating Mid-Infrared Cryogenic Spectrograph)

(Nagoya Univ.^a) Sho Shibata^a, Keishin Aoki^a, Kanako Ota^a, Yasuhiro Hirahara^a, GIGMICS team

We carried out high-resolution spectroscopic observation of Venusian atmosphere in the mid-infrared region, at the KANATA 1.5-m telescope of the Higashi-Hiroshima Observatory. In April 2011, we employed a cryogenic echelle spectrometer GIGMICS (Germanium Immersion Grating Mid-Infrared Cryogenic Spectrograph) for the first time. We observed the center of “morning star” (~5:50 AM Local time) of Venus, in the 8.0-10.8 μm spectral range with integration time of 200 seconds. As a result, we successfully detected 24 lines of ¹²CO₂ (0, 1¹, 1, 1) ← (1, 1¹, 0, 1) and 11 lines of ¹³CO₂ (0, 0⁰, 1, 1) ← (1, 0⁰, 0, 1) transitions. Among these two transitions, 13 lines were detected for the first time. Compared with the spectrum of Earth’s atmosphere which obtained by observation of Moon, the average of the Doppler shift of Venusian absorption lines was -0.05 cm⁻¹, which corresponds to systemic velocity 14.9 ± 6.6 km/s.

【序】 金星は水星、火星と同じく地球型惑星であり、その中でも特に地球と半径や密度が最も似た惑星である。しかし、その大気の構造は地球の大気とはかけ離れており、金星の表面での温度は約 740 K、気圧は約 90 気圧、組成はそのほとんどが CO₂ (96.5 %)である。金星大気スペクトルの観測例は多くなく、特に N-band (8-13 μm)においては Bezard et al.(1987)^[1]のみである。彼らは FT-IR 型分光計を用いて 10.2-10.8 μm 領域を積分時間 2hr で観測し、¹³C や ¹⁸O を含む CO₂ 同位体を検出した。

【観測】 観測は広島大学宇宙科学センター・東広島天文台の口径 1.5m かなた光・赤外望遠鏡において、本研究グループが独自に開発した GIGMICS (Germanium Immersion Grating Mid-Infrared Cryogenic Spectrograph)の“ファーストライト”の一環として行った。データ取得日時は 2011 年 4 月 6 日と 10 日、明けの明星を積分時間 200 sec で観測した。GIGMICS の中間赤外線アレイ検出器によって中心波長 10.5 μm および 9.3 μm を含むエシェログラム (2次元画像データ: 412×512 pixel) が得られた。

【解析】 地球大気吸収スペクトルパターンを、月を背景とした地球大気観測データおよび地球大気スペクトルデータベース (HITRAN)と比較のうえ帰属した。直線型分子である CO₂、N₂O の帰属の際には回転スペクトル間隔がそれぞれ回転定数 B のほぼ 4 倍および 2 倍になるという規則性を用いた。一方、不規則な回転準位構造を有する非対称こま分子 H₂O、O₃ については、エシェログラムのシミュレーションプログラムを作成し、それらの回転準位の正確な帰属を行なった。さらにエシェログラムを構成する各々の回折次数について、波長とピクセル位置との対応関係を精度よく決定し、すべての吸収線の中心波長をガウス関数へのフィッティングにより高精度で求めた。

【結果と考察】 金星の観測データを更に詳細に検討したところ、回転定数が地球大気のコ₂と類似の規則性をもちつつも、その吸収の位置が異なるスペクトルが見出された。そのスペクトルの一部を図1に示す。最終的にこれらは金星大気起源のコ₂ (0, 1¹, 1, 1) ← (1, 1¹, 0, 1): (a)と ¹³CO₂ (0, 0⁰, 1, 1) ← (1, 0⁰, 0, 1): (b) 振動回転遷移であることが判明し(図2参照)、それぞれ24本と11本について遷移の始状態および終状態の回転量子数を帰属した。これら(a)と(b)の遷移のうち、それぞれ11本と2本の回転線を本研究で初めて検出した。これら金星大気において観測された遷移は地球大気のコ₂のスペクトルには現れず、(a)については金星と地球の温度の違い、(b)についてはCO₂存在比の違いを反映していると考えられる。

これらの金星のスペクトルの観測波長と静止波長とを比較すると、ほぼ一様に $\Delta\lambda = +6 \times 10^{-4} \mu\text{m}$ だけシフトしていることがわかった。これが公転運動によるドップラーシフトに起因すると仮定すると、観測日時における金星と地球の相対速度の視線方向成分は $14.9 \pm 6.6 (2\sigma) \text{ km/s}$ 程度に相当する。これは軌道要素から計算した結果: 10.2 km/s とは 4.7 km/s 程度(検出器 2 pixel 相当)の差はあるが、GIGMICS の波長校正の標準偏差が現時点で 4 pixel であるため、誤差の範囲では一致していると考えられる。

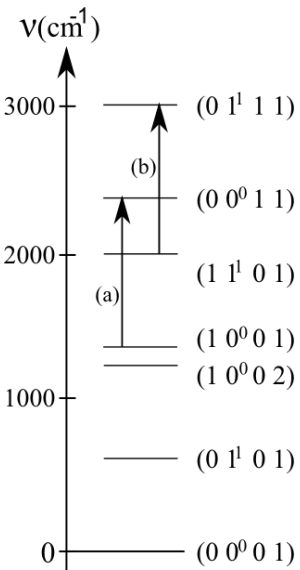


図2. CO₂の振動エネルギーレベルダイアグラム (ただし¹²CO₂と¹³CO₂を区別していない)

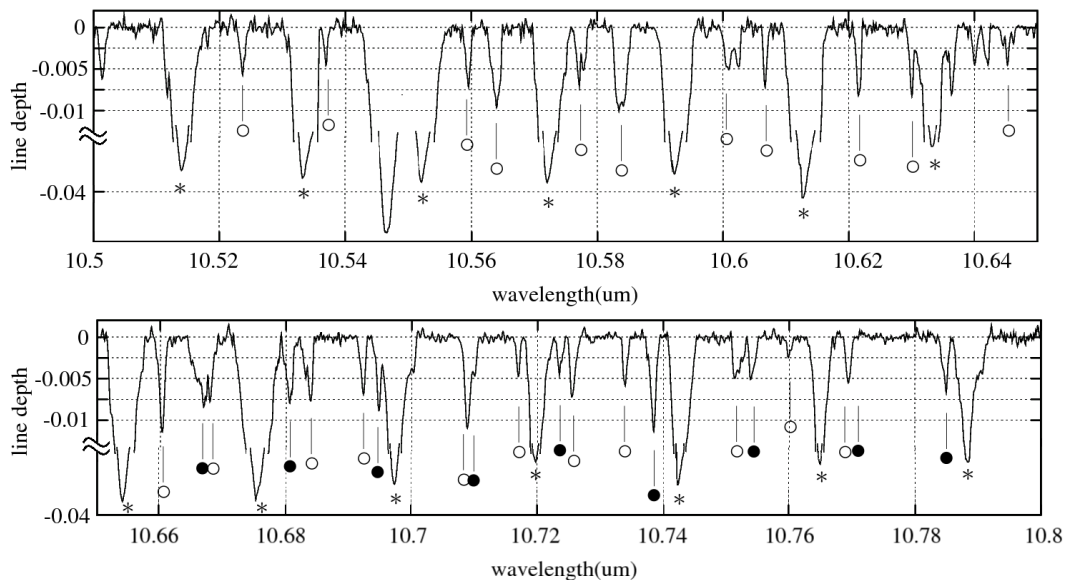


図1. 金星大気のコ₂の波長 10.5-10.8μm のスペクトル。○印は金星大気のコ₂、●印は ¹³CO₂ を表す。
*は金星と地球大気共通のコ₂の吸収で、スペクトルのピーク付近のみを示す。

References

- [1] Be´zard B, Baluteau J-P, Marten A, Coron N. Icarus, vol. 72, pp. 623-634, 1987.