

金星大気放射における吸収係数の評価

鈴木広大^{1,2}・佐川英夫³・Baron Philippe¹・高木征弘⁴・松田佳久²
・笠井康子¹・瀬田孝将¹

情報通信研究機構¹・東京学芸大学²・Max Planck³・東大理⁴

1. 研究の背景と目的

金星の大気は表1のように、大部分をCO₂が占めており、地球の大気組成とは大きく異なっている。また、金星の地表面付近はCO₂の温室効果によって730 Kという高温になっている。

しかし、[Matsuda and Matsuno, 1978]や[Pollack *et al.*, 1980]などによれば、H₂O量はごく僅かにも拘らず、金星の温室効果に寄与することが示唆されている(表2)。

本研究では、放射伝達計算において重要であるCO₂とH₂Oの吸収係数を計算することにより、H₂Oが金星大気の放射輸送に対してどのような影響を与えているのかを評価することを目的としている。

今回は、金星の放射領域である0 - 6000 cm⁻¹における吸収係数の計算を行った。

半径 [km]		6050
重力加速度 [m/s ²]		8.9
太陽光に対する反射率		0.78
有効放射温度 [K]		224
地表面気圧 [atm]		92
分子 (体積百分率)	CO ₂	96 %
	N ₂	3.4 %
	H ₂ O	0.14 %

表1: 金星の基本パラメータ

	Pollack <i>et al.</i> により求められた温室効果への寄与
CO ₂	463 [K]
H ₂ O	218 [K]
雲	113 [K]
SO ₂	52 [K]

惑星気象学 松田佳久 著 より

表2: 金星大気各成分による温室効果への寄与

表2は各気体成分を取り除いたとき、どの程度地表面温度が低下するかを表している。

2. 計算方法

吸収係数の計算には、P. Baronらが作成したシミュレーションツールである Model for Atmospheric TeraHertz Radiation Analysis and Simulation (MATRAS)を用いた。また、吸収係数の計算結果から、光学的厚さの計算も行った。

そして、使用データや計算条件については以下のようなものを使用した。

(A) 使用データ

1. 吸収線データ

H₂O : HITRAN2004データベース

CO₂ : Crispらにより求められた高圧条件下におけるCO₂の吸収線のデータベース

2. 気温・圧力・密度の高度分布

金星標準大気モデル(VIRA : Venus International Reference Atmosphere)

3. 各分子の混合比の高度分布

CO₂ : 96.5 %と仮定

H₂O : [Pollack *et al.*, 1993]による鉛直分布

4. CO₂の連続吸収のデータ

[Moskalenko *et al.*, 1979]による近赤外～遠赤外領域での連続吸収係数

(B) 計算条件

1. 計算する波数域 : 0 - 6000 cm⁻¹

2. 計算する高度 : 0 - 100 km(について5 kmごと

3. 吸収係数の波数依存性 :

ポイド型を採用したが、金星の場合、ローレンツ型が支配的になると考えられる。

4. カットオフ :

CO₂ については吸収線波数中心から120 cm⁻¹(= 3600 GHz)以上離れた領域については吸収がないと仮定

5. 半値幅 γ :

γ_{H_2O} : 空気分子との衝突により生じる半値幅 γ_{air} (HITRAN2004データベースによる)と、Seta, *et al.* による補正因子1.618との積を使用

γ_{CO_2} : HITRANデータベース内にある γ_{self} (CO₂ 同士の衝突による半値幅)と同値

3. 結果・考察

本研究では、吸収係数の波数分布を高度0~100 kmまでを5 kmごとに計算したが、そのうち高度0 km(地表面付近)と高度60 kmにおける計算結果を次ページに掲載することにする。なお、図1の縦軸は吸収係数に密度をかけた値を表している。また、光学的厚さの波数分布を図2に示した。

図1や図2を見ると、CO₂の吸収係数は波数依存性が大きく、強吸収帯では10³~10⁵[m⁻¹]

程である。しかし、窓領域($0 - 400 \text{ cm}^{-1}$ 、 $1200 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ 、 $2700 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ 、 $4000 - 4400 \text{ cm}^{-1}$ 、 $5400 - 6000 \text{ cm}^{-1}$)では $10^{-3} \sim 10^{-1} [\text{m}^{-1}]$ であり、この波数域の放射が重要になると考えられる。

次に、 H_2O について見てみると、 H_2O による放射の吸収は大まかに言って、 CO_2 の窓領域において強い。そのため、吸収係数の分布で見ると、大気全体での窓領域になるのは $2500 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ や $4000 - 4500 \text{ cm}^{-1}$ 、 $5700 - 6000 \text{ cm}^{-1}$ の波数域である。

また、この窓領域では光学的厚さが小さいため、他の波数域と比べると、遠い距離を進んでも大気などによる吸収が比較的少ない。そのため、鉛直方向における放射による熱輸送が活発に行われると考えられる。

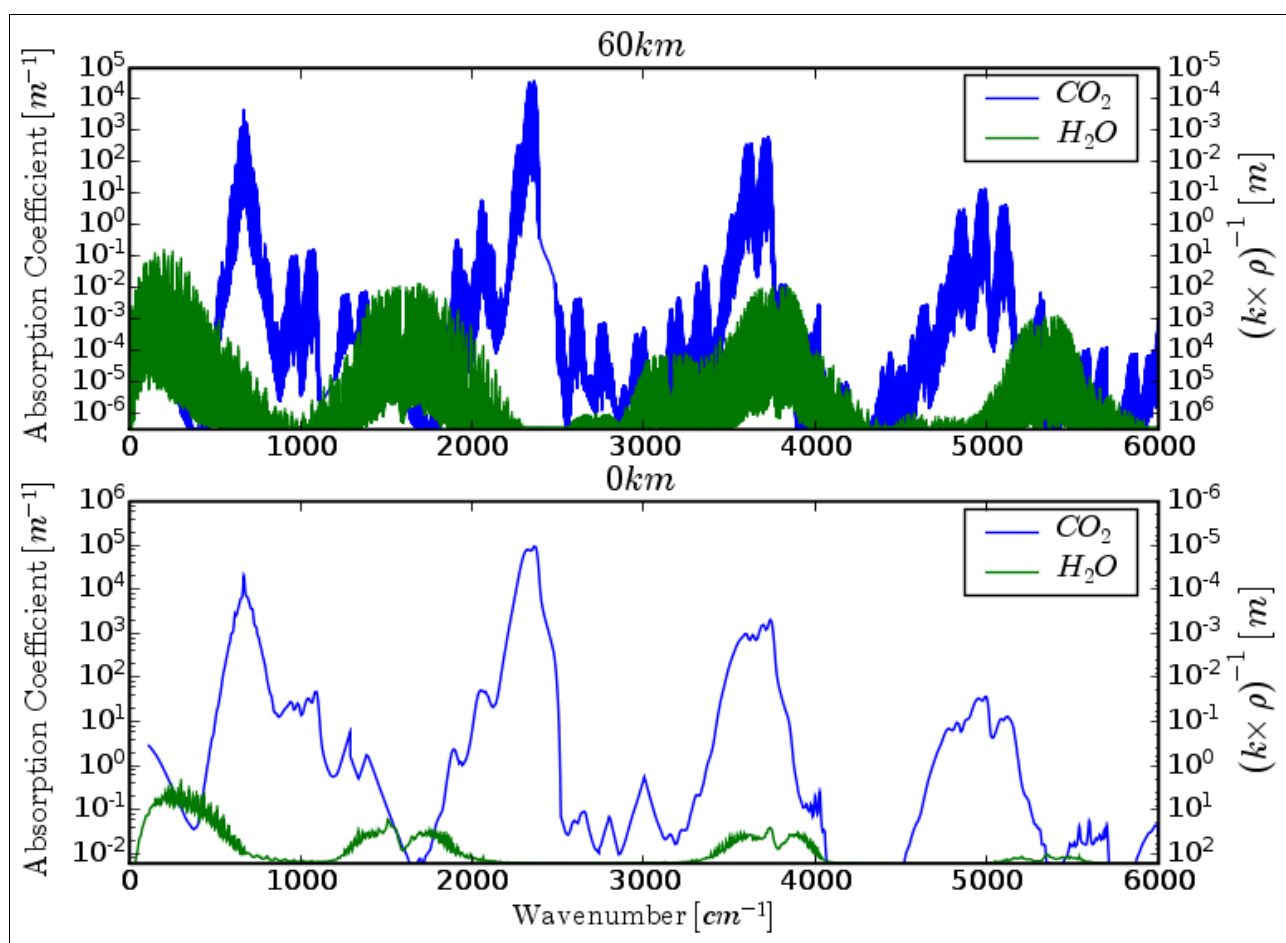


図1：高度0 kmと高度60 kmにおける H_2O と CO_2 の吸収係数の波数分布

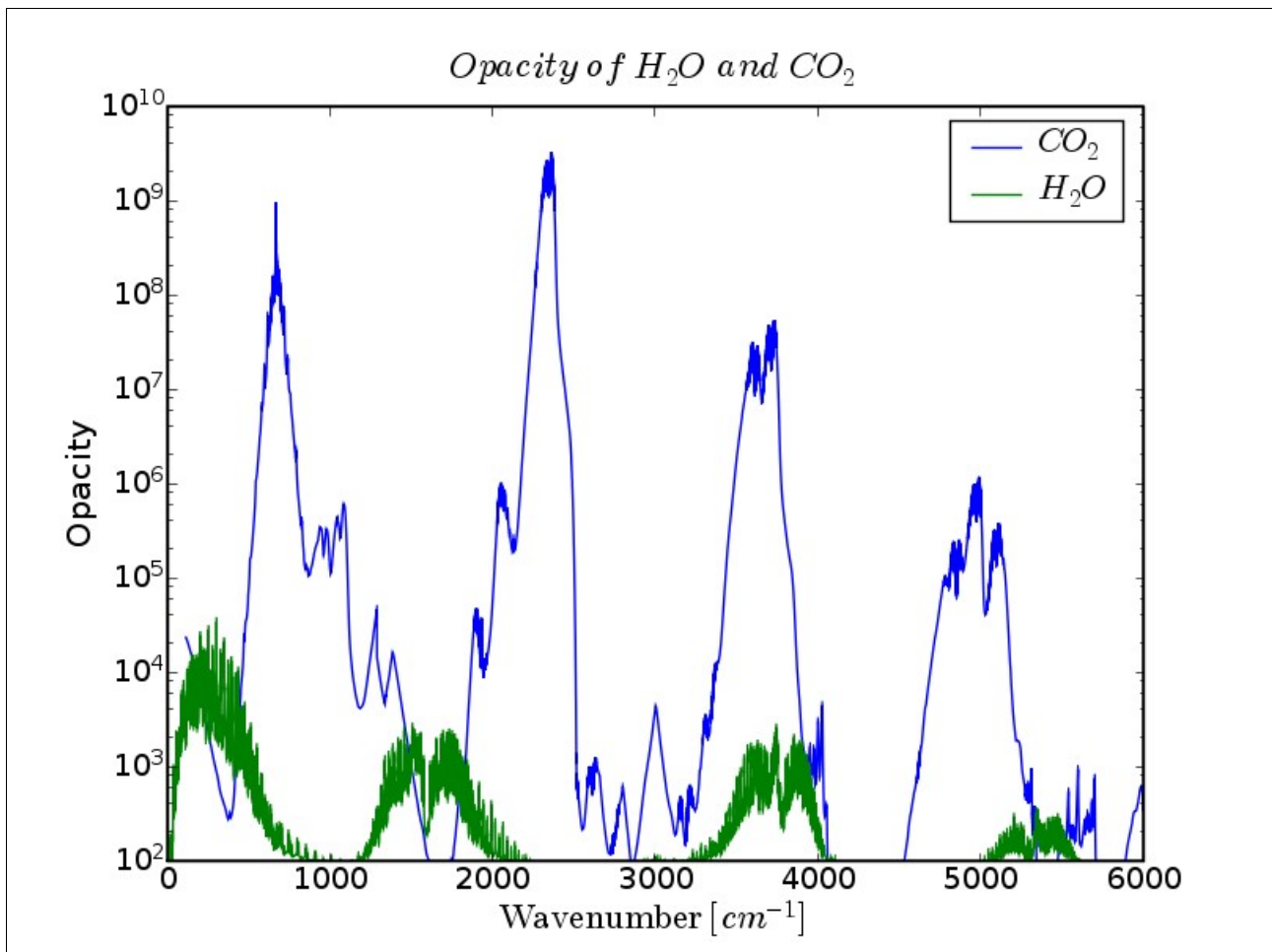


図 2 : H₂O と CO₂ の光学的厚さの波数分布

4. 参考文献

- 惑星気象学 松田佳久 著 東京大学出版会
- P. Baron, J. Mendrok, Y. Kasai, S. Ochiai, T. Seta, K. Sagi, K. Suzuki, H. Sagawa, MATRAS: Model for Atmospheric TeraHertz Radiation Analysis and Simulation submitted to NICT Journal 2008
- Seiff, et al., Models of the structure of the atmosphere of Venus from the surface to 100 kilometers altitude, Advances in Space Research, Vol.5, No.11, p.3-29, 1985
- Pollack, et al., Near-Infrared Light from Venus' Nightside: A Spectroscopic Analysis, ICARUS, No.103, p.1-42, 1993
- Moskalenco et al., Pressure-induced infrared radiation absorption in atmospheres, Atmospheric and oceanic physics, Vol.15, No.9, p.912-919, 1979
- <http://cfa-www.harvard.edu/HITRAN/> (HITRAN ホームページ)