

金星現象論: 金星の雲

地球流体電脳倶楽部

1996年7月22日

目次

1	観測方法	2
1.1	雲の存在を確認する方法	2
1.2	雲の構成物質を観測する方法	2
2	雲層の分類	3
2.1	粒径分布	3
2.2	数密度, 消散係数, 密度分布	5
3	金星の雲の組成	6
4	紫外線像	6
5	地球の雲との比較	7
6	参考文献	7

Abstract

金星の雲について.

ここでは、金星に関するトピックスとして、雲について述べる。

1 観測方法

1.1 雲の存在を確認する方法

- 可視域でみる。
望遠鏡を使って可視域で金星を見ると、一面が雲におおわれているのがわかる。
- 紫外線域でみる。
紫外線域で金星を見ると、金星には模様が見える。ただし、これが雲の構造を見ていることになるのか、それともある物質の分布を見ていることになるのか、确实なところはわかっていないらしい。

1.2 雲の構成物質を観測する方法

1. 直接観測

- 比濁分析 (nephelometry)
大気のとろり度を調べる。散乱断面積がわかるらしい。
- 粒径分布測定 (particle size spectrometer)
雲粒子の粒径分布を測定する。
- 散乱光測定
散乱光を光度計で測る。

2. 間接観測

- 分光観測
吸収線を見る。
- 偏光観測
雲で散乱された太陽光の偏光度を測る。これにより屈折率が求まり、さらに散乱物質がわかる。金星の雲の主成分が硫酸であることを突き止めた方法である。
- 赤外放射観測
雲層の温度がわかる。

2 雲層の分類

着陸船による高度別の消散係数, 粒径分布観測などから, 金星の雲は3つの層にわけられ, 雲の上と下には霞 (haze) の層が存在することがわかった. 以下それぞれの層の特徴を述べる.

2.1 粒径分布

1. モード

雲層中の粒子の大きさの分布はおおよそ3つのモードに展開できるとされている. ここでは具体的なモードの関数形は出さない. 粒径 r の範囲のみ示しておく.

- モード1
 $r = 0.1 \sim 1.2\mu\text{m}$
- モード2
 $r = 0.8 \sim 2.1\mu\text{m}$
- モード3
 $r = 2 \sim 30\mu\text{m}$

粒径の大きいモードに大きい番号がついている.

2. 各雲層とモードの関係

図1は各モードの鉛直分布である. 各層の特徴を以下に述べる.

- 上層雲 (57 km ~ 65 km)
上層域における第1の特徴はモード3が存在しないことである. モード2, モード3は同じような分布をしている.
- 中層雲 (50 km ~ 57 km)
モード3が存在する. モード1, 2はともに同じような分布をしているが, 上, 下層に比べて小さくなっている.
- 下層雲 (48 km ~ 50 km)
中層に比べて, モード3が大きくなる. モード1, 2も中層に比べて大きい.
- 霞層 (48 km 以下¹)
モード1しか存在しない.

¹霞層と呼ばれる層は雲層の上 (65 km 以上) にも存在するが, 図1のデータは雲の下の霞層についてしかないので, 雲の下の霞層に話を限った.

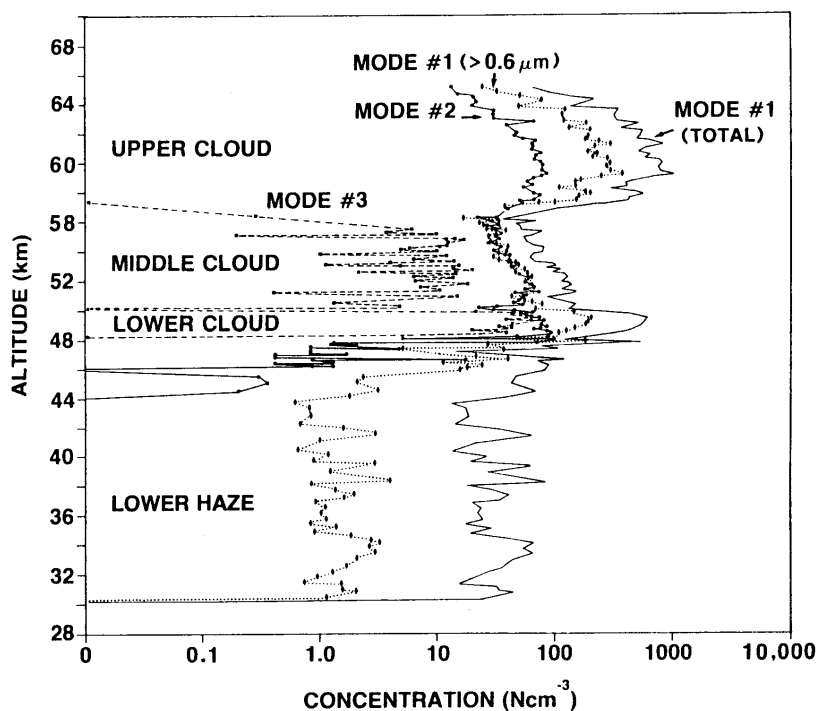


図1. 各モードの高度分布. データはパイオニア・ヴィーナスのLCPS²による. モード1については粒径が $0.6\ \mu\text{m}$ 以上に限ったものについても表してある (Esposito et al. 1983. ただし 原図は Knollenberg and Huntten 1980).

²Large-probe Cloud Particle size Spectrometer

2.2 数密度, 消散係数, 密度分布

図2は, パイオニア・ヴィーナスの粒形分布測定器 (LCPS; 3 ページ注2) のデータをもとにして得られた数密度, 消散係数, 密度分布のグラフである.

- 三つの物理量とも下層雲の領域で最大値をとっている.
- 消散係数, 密度分布は上層雲から下層雲にいたるまでほぼ単調増加している中で数密度だけは中層雲において上, 下層雲域より小さくなっている.

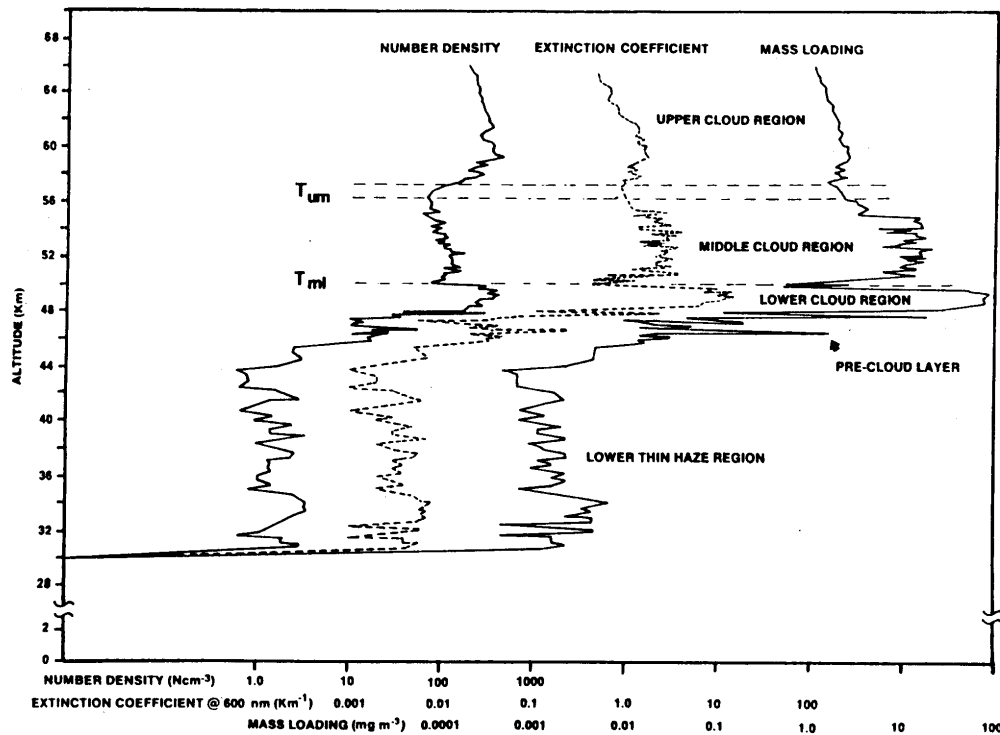


図2. 雲粒子の数密度, 消散係数, 密度の高度分布. 左から数密度, 消散係数, 密度を表す. データはLCPS(3ページ注1)による. T_{um} は上層雲と中層雲の境目, T_{ml} は中層雲と下層雲の境目を表す (Esposito et al., 1983. ただし原図はKnollenberg and Hunten 1980).

3 金星の雲の組成

地球や軌道船からの偏光観測により、金星の雲成分に硫酸が含まれることはわかっていた。しかし雲で散乱された太陽光の観測からは、光学的距離 1 程度の高度までの情報しか得られない。

大気に突入した探査機によって、より多くのデータが得られた。各モードごとの組成についての情報 (推測の域を出ないものもある) を以下にあげる。

- モード 1

雲層によって組成が異なる。上層雲ではイオウ、下層雲では硫酸といわれている。

- モード 2

硫酸の溶液。これはかなり確実らしい。リモートセンシングで見ていたのはこのモードの粒子である。

- モード 3

粒径が大きいのので固体またはモード 2 が成長したものといわれている。

固体としては塩化物, NOHSO_4 などがあげられているが確実ではないらしい。

4 紫外線像

金星を紫外線域で見ると、濃淡がみられる。これは大気の運動の指標とされが、実際この濃淡が何を表すのかわからないまま使われていた。しかしいくつかの実験と観測の結果から、この濃淡のくらい部分は、 SO_2 の $< 3200\text{\AA}$ の吸収によるものであることがわかった。

5 地球の雲との比較

Esposito et al., 1983 による地球, 金星の雲の比較表を下にあげる.

項目	地球	金星
表面を覆う割合 (%)	40	100
平均光学的厚さ	5-7	25-40
最大光学的厚さ	300-400	40
組成	H ₂ O(固体, 液体)	硫酸粒子, etc.
数密度 (cm ⁻³)	100-1000(液体)	50-300(液体)
	0.1-50 (固体)	10-50 (固体)
密度 (g/cm ³)	0.3-0.5	0.01-0.02
最大密度 (g/cm ³)	10-20	0.1-0.2
平均粒径 (μm)	30	10
主な熱交換過程	潜熱	放射

表 1. (Esposito et al., 1983)

- 全球平均の光学的厚さは金星の方が大きい.
- 最大の光学的厚さは地球の方が大きい.

6 参考文献

Esposito, L. W., et al., 1983: Cloud and hazes. "VENUS", 484-564, the university of Arizona press.

川端潔 1987: 惑星大気内エアロゾルのリモートセンシング. 気象研究ノート第 155 号, 1-34, 日本気象学会.

Knollenberg, R. G., and D. M. Hunten, 1980: Microphysics of the clouds of Venus; Results of the Pioneer Venus particle size spectrometer experiment. *J. Geophys. Res.*, **85**, 8039-8058.

Moroz, V. I., 1981: The atmosphere of venus. *Space Sci. Rev.*, **29**, 3-127.

謝辞

本稿は 1989 年から 1993 年に東京大学地球惑星物理学科で行われていた, 流体理論セミナーでのセミナーノートがもとになっている. 原作版は野村竜一による「金星現象論」(90/05/04)であり, 高木征弘によって地球流体電脳倶楽部版「金星現象論」として書き直された(96/07/22). 構成とデバッグに協力してくれたセミナー参加者のすべてにも感謝しなければならない.