

Cassini/ISS データを用いた木星雲粒子の散乱特性

佐藤 隆雄 [1]; 佐藤 毅彦 [2]; 笠羽 康正 [3]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] JAXA 宇宙研; [3] 東北大・理

Scattering Properties of Jovian Cloud Particles as Inferred from Cassini Imaging Science Subsystem

Takao M. Sato[1]; Takehiko Satoh[2]; Yasumasa Kasaba[3]

[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.

; [2] ISAS/JAXA; [3] Tohoku Univ.

<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp/indexj.html>

The three distinct cloud layers were predicted by an equilibrium cloud condensation model (ECCM) of Jupiter. An ammonia ice cloud, an ammonia hydrosulfide cloud, and a water ice cloud would be based at altitudes corresponding to pressures of about 0.7, 2.2 and 6 bars, respectively. However, there are significant gaps in our knowledge of the vertical cloud structure, despite the continuing effort by numerous ground-based, space-based, and in-situ observations and theory.

Methane is considered that its altitude distribution is uniform through global scale because it does not condense in Jovian atmosphere. Therefore, it is possible to derive vertical cloud structure and optical properties of cloud particles (i.e., optical thickness and single scattering albedo) by observing reflected sunlight in methane absorption bands (e.g., 727, 890 nm) and nearby continuum in visible to near-infrared spectral ranges.

Since we need to consider multiple scattering by cloud particles to derive information on vertical cloud structure and optical properties of cloud particles, it is essential to understand scattering properties (e.g., scattering phase function) of cloud particles. Observation over wide solar phase angles is required to determine scattering phase function of cloud particles. However, the limitation of solar phase angle (0-12 degrees) for Jupiter prevents us from determining scattering phase function of cloud particles by ground-based observation. Therefore, most studies have used the scattering phase function obtained by Pioneer 10 IPP (Imaging Photopolarimeter) data.

To analyze observed sunlight scattered by cloud particles in near-infrared spectral range, we have used the scattering phase function in red light (640 nm) as a substitute for scattering phase function in near-infrared, although cloud particles should have wavelength dependency. There are also two problems for Pioneer 10 IPP data itself. One is correction for changing gain. Since Pioneer 10 IPP had not sufficient dynamic range (6 bit), gain had to be changed depending on observation geometry. The other is correction for passing through Jovian radiation belt. Two problems may cause error for the commonly-used scattering phase function. Therefore, uncertainty of this scattering phase function is one of the biggest weakness, which prevent understanding of vertical cloud structure.

To provide a new reference scattering phase function with new imaging data under same gain condition, we have analyzed the Cassini ISS (Imaging Science Subsystem) imaging data obtained at BL1 (451 nm) and CB2 (750 nm) over wide solar phase angles (12-137 degrees) during its Jupiter flyby in 2000-2001. We adopted a simple cloud model which consists of a Rayleigh gas layer above a semi-infinite cloud layer, called as Type I in Tomasko et al. [1978]. We performed radiative transfer calculation to fit theoretical limb-darkening curves to observed ones at 11 solar phase angles for each wavelength, and optimized free parameters of scattering phase function approximated by two-term Henyey Greenstein function.

In this presentation, we will show these results and discuss scattering properties of cloud particles through comparison with results of Tomasko et al. [1978].

木星には、NH₃ 氷雲 (~0.7 bar)、NH₄SH 雲 (~2.2 bar)、H₂O 氷雲 (~6 bar) からなる 3 層の雲層構造が存在することが平衡雲凝結モデルから推測されている。しかし Galileo entry probe による直接観測を経た今も、代表的な雲層構造の理解には至っていない。

CH₄ は木星大気中で凝結しないため、全球的に様に混合していると考えられる。従って可視-近赤外波長に存在する吸収強度の異なる CH₄ 吸収帯 (e.g., 727, 890 nm) や大気分子の吸収がない連続帯を複数波長で反射太陽光を観測することにより、雲層の鉛直構造や光学的特性 (光学的厚さや一次散乱アルベド) を導出することが可能である。

こうした情報を抽出するためには雲粒子による多重散乱を考慮する必要があり、雲粒子の散乱特性 (散乱位相関数) の理解が必要不可欠である。散乱位相関数の導出には広い太陽位相角での観測が必要となるが、地上や地球周回からの観測では太陽位相角が 12 度までに限定されるため導出できない。このため一般によく用いられる散乱位相関数は 1970 年代の Pioneer 10 号の IPP (Imaging Photopolarimeter) による木星通過時の画像データ (青: 440 nm、赤: 640 nm、太陽位相角 12-150 度) の解析結果に基づいている [Tomasko et al., 1978]。

従って、上記の近赤外反射太陽光解析には赤の波長で得られた散乱位相関数をそのまま近赤外領域に代用しており、雲粒子の波長依存性については考慮していないのが現状である。また Pioneer 10 号のデータには 2 つの画像データ校正上の問題点があると考えている。1 つ目は IPP のダイナミックレンジが狭い (6 bit) ために、太陽位相角に応じてゲインを変更 (24 段階のゲインのうち 11-13 を利用) しなければならなかった点である。2 つ目は木星の放射線帯通過前後で検出

器感度が変わった点である。これらに起因した誤差が現在広く利用されている散乱位相関数に含まれている可能性は否めない。つまり、この雲粒子の散乱位相関数の不確定さが雲層構造の理解を阻む要因の一つであると我々は考えている。

我々はこの問題点に着目し、2000年-2001年にかけて木星をフライバイした土星探査機 Cassini に搭載されている ISS (Imaging Science Subsystem) によって撮像された木星画像を用いて散乱位相関数の改訂を目標に解析を行っている。解析には Tomasko et al. [1978] との比較のため、ISS/NAC (Narrow Angle Camera) の BL1 (451 nm) と CB2 (750 nm) の 2 波長を用いて、様々な太陽位相角 (12-137 度：計 11 点) において取得されたデータを利用した。解析領域は South Tropical Zone である。各波長において、太陽位相角 11 点での周辺減光曲線を再現する散乱位相関数を導出するため、光多重散乱を考慮した放射伝達計算 (adding-doubling 法) を簡単な雲モデル (有限なガス層の下に半無限の雲層が存在：Tomasko et al. [1978] の Type I に相当) に適用し、2 項 Henyey Greenstein 関数で近似した散乱位相関数の自由変数を最適化した。

本発表では、この解析結果を示し、Tomasko et al. [1978] との比較を通して雲粒子の散乱特性について考察する。