

Cassini ISS データで明らかになった木星雲粒子の散乱特性について

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] 宇宙研; [3] 東北大・理

Scattering properties of Jovian tropospheric clouds for the South Tropical Zone retrieved from Cassini ISS data

Takao Sato[1]; Takehiko Satoh[2]; Yasumasa Kasaba[3]
[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] ISAS, JAXA; [3] Tohoku Univ.

<http://pat.gp.tohoku.ac.jp>

In general, the knowledge of scattering properties (scattering phase function) of clouds is essential to retrieve the vertical cloud structure from remote imaging and spectroscopy. However, the limitation of solar phase angle as viewed from the Earth prevents us from determining the scattering phase function of Jovian clouds from ground-based and Earth-orbit observations. For this reason, the scattering phase function deduced from the Pioneer 10 Imaging Photopolarimeter (IPP) data by Tomasko et al. (1978) (hereafter Pioneer scattering phase function) has been used for obtaining information on vertical cloud structure.

In this study, in order to verify the availability of the Pioneer scattering phase function and to provide a new scattering phase function based on the Mie scattering theory for the South Tropical Zone (STrZ), we have analyzed the Cassini Imaging Science Subsystem (ISS) Narrow Angle Camera (NAC) photometry data at CB2 (751 nm) obtained at wide solar phase angles (4-140 deg). This is the first time that the scattering phase function is observationally derived since determination of the scattering phase function by Tomasko et al. (1978). Our main conclusions are as follows.

1. The Pioneer scattering phase function could not simultaneously reproduce the Cassini ISS data in spite of using the same model as one described in Tomasko et al. (1978) and considering wavelength difference between the Pioneer 10 IPP red (640 nm) and the Cassini ISS CB2. This would attribute to the Pioneer scattering phase function itself. Because the Pioneer 10 IPP did not obtain photometry data at intermediate solar phase angles (34-109 deg), the Pioneer scattering phase function therefore would not fully represent scattering properties of clouds at various scattering phase angles.

2. The best fit Mie scattering phase function of cloud was obtained with the real part of the refractive index of 1.85 and the effective radius of 0.3 micron. The effective radius obtained in this study is in good agreement with previous studies. Our Mie scattering phase function would apply to the vertically diffuse layer consisting of small particles in the upper troposphere (0.2-0.7 bar) as mentioned by West et al. (1986, 2004). The real part of the refractive index obtained in this study is significantly higher than experimental ones of ammonia ice which is a candidate of condensate clouds we see in visible. This would support other observational evidence that the spectroscopic identifiable ammonia ice clouds (SIACs) covered only 0.5 % of the globe (Baines et al., 2002). On the other hand, the strong depletion of gaseous ammonia abundance at pressures above 0.7 bars has been reported based on thermal infrared and microwave observations. To explain compatibly both observational evidences occurred in same pressures, coating of ammonia ice particles by other materials such as hydrocarbons (Kalogerakis et al., 2008) would be suitable. If this hypothesis is valid, the real part of the refractive index obtained in this study may represent the characteristics of coating materials.

一般に雲構造を調べるためには、雲粒子による多重散乱を扱う必要があり、雲粒子の散乱特性(散乱位相関数)の理解が必要不可欠となる。散乱位相関数の導出には幅広い太陽位相角での測光データが必要となる。しかしながら、木星の場合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。このため今まで、よく用いられている散乱位相関数(Pioneer散乱位相関数)は、1973年に木星を通過したPioneer 10号に搭載されたImaging Photopolarimeter(IPP)によって取得された測光データの解析に基づいている(Tomasko et al., 1978)。

本研究では、Pioneer散乱位相関数の妥当性の評価とMie散乱理論に基づく新しい散乱位相関数を導出するため、木星フライバイ観測(2000年11月-2001年3月)を行ったCassini探査機に搭載されているImaging Science Subsystem(ISS) Narrow Angle Camera(NAC)の測光データ(CB2:有効波長751nm、太陽位相角:4-140度)の解析を行った。本研究は、Tomasko et al. (1978)以来初めてとなる木星雲の散乱位相関数を観測的に導出したものである。放射伝達モデル計算によって、以下のことが明らかとなった。

1. Tomasko et al. (1978)と同等の雲モデルの利用及びIPP(red:640nm)とISS/NAC(CB2:751nm)の波長の違いを考慮した場合でも、Pioneer散乱位相関数は、Cassini ISSデータを再現できなかった。これは、雲粒子の散乱特性の時間変化ではなく、Pioneer散乱位相関数自体にその原因があると考えている。直接の原因は、中間の太陽位相角(34-109度)における測光データが存在しないPioneer 10号データからPioneer散乱位相関数が導出されたことにある。このために、これらのデータを含むCassiniデータを再現できなかったのである。従って、Pioneer散乱位相関数は十分に木星の雲の散乱特性を表現できていないと考えられる。

2. Cassiniデータを最もよく再現するMie散乱位相関数は、雲の屈折率($n_r = 1.85$)と粒径($r_{eff} = 0.3$ micron)において得られた。本研究で得られた粒径サイズは、先行研究(West et al., 1986, 2004)で推定されてきた上部対流圏(0.2-0.7 bar)に存在する小さな粒子からなる雲の粒径サイズ(~0.5 micron)と整合する。一方得られた屈折率は、表層雲の候補である

アンモニア氷の実験値 ($n_r = 1.4-1.5$) より、はるかに大きい値となった。これは、アンモニア氷雲が木星表面の 0.5 % 程度しか存在していないという Galileo Near Infrared Mapping Spectrometer (NIMS) データの解析結果 (Baines et al., 2002) と整合する。一方で、同高度 (<0.7 bar) において、アンモニアガスの急激な減少が中間赤外やマイクロ波観測によって知られている。これらの観測結果を矛盾なく説明するためには、Kalogerakis et al. (2008) が提唱している、「炭化水素化合物などの他の物質によるアンモニア氷のコーティング」説が有力であると考えられる。もしこの仮説が正しければ、本研究で得られた屈折率の値はコーティング物質の特性を表現している可能性がある。