

Cassini ISS データを用いた木星エアロゾルの散乱特性について Scattering Properties of Jovian Aerosols from the Cassini ISS Limb-Darkening Observations

佐藤 隆雄^{1*}, 佐藤 毅彦², 笠羽 康正¹SATO, Takao M.^{1*}, SATOH, Takehiko², KASABA, Yasumasa¹¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, ²Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

木星表層の雲には、東西に延びる帯状構造 (白色に見える部分を zone, 茶褐色に見える部分を belt とよぶ) や大赤斑に代表される渦構造などの特徴がある。これらの模様の違いは、雲層構造やエアロゾルの光学的特性の違いを反映している。これらの物理情報をリモートセンシングデータから得るためには、エアロゾルによる多重散乱を扱う必要があり、その散乱特性 (散乱位相関数) の理解が必要不可欠となる。しかし外惑星である木星の場合、地上や地球周回観測では太陽位相角が $0^\circ - 12^\circ$ に限定されるため散乱位相関数の導出は不可能である。このため今日まで、主に二つの散乱位相関数が木星のエアロゾルに適用されてきた。一つは、1973年に木星を通過した Pioneer 10号に搭載された Imaging Photopolarimeter (IPP) の測光データに基づく Henyey-Greenstein 関数近似された散乱位相関数 (Pioneer 位相関数) である (Tomasko et al., 1978)。もう一方は、表層雲の成分であると考えられているアンモニア氷の屈折率を利用した Mie 散乱位相関数である。

本研究の目的は、1) 新たに上部対流圏・成層圏に存在するエアロゾルの散乱位相関数を観測的に導出すること、2) zone と belt の模様の違いを説明すること、である。このために、Cassini 探査機に搭載された Imaging Science Subsystem (ISS) の木星フライバイ観測データ (観測期間: 2000年10月 - 2001年3月, 太陽位相角: $0^\circ - 140^\circ$) を利用した。本研究では、2波長 (CB2: 有効波長 750 nm, BL1: 有効波長 455 nm) を用いて典型的な zone (the South Tropical Zone: STrZ) と belt (the north component of the South Equatorial Belt: SEBn) 領域について周辺減光曲線を計 12 位相角にわたって抽出し 4 データセットを作成した。

様々な太陽位相角における周辺減光曲線をモデルによって再現するために、エアロゾルの散乱に Mie 散乱理論を適用した雲層モデルを作成し、各データセットについて放射伝達解析を行った。この解析により以下のことが明らかになった。

1. 雲粒子の粒径 r_{eff}

雲粒子の粒径は領域に依らず、BL1 では $r_{eff} = 0.2 \mu\text{m}$, CB2 では $r_{eff} = 0.3 \mu\text{m}$ に最適化された。この解析で得られた雲粒子は、West et al. (1986, 2004) によって提唱されている上部対流圏に浮かぶサブミクロンサイズの雲と同等であると考えられる。この小粒子からなる雲は場所に依らず全球を覆っていると考えられており、解析結果はそれを支持するものであった。

2. 雲粒子の屈折率 n_r

得られた屈折率は $n_r = 1.85$ (1 データセットのみ $n_r = 1.8$) と表層雲を構成していると考えられてきたアンモニア氷の実験値 ($n_r \sim 1.4$) より、はるかに大きい値となった。この結果はアンモニア氷雲が分光観測によって見つかっていないという先行研究を支持するものである。一方で、上記の小粒子からなる雲が存在する高度領域では、アンモニアガスの存在量は高度が上がるにつれ急激に減少しており、凝結していると考えられる。これらの観測結果を矛盾なく説明するためには Atreya et al. (2005) や Kalogerakis et al. (2008) が提唱している「炭化水素化合物等によるアンモニア氷雲のコーティング」説が有効であると考えられる。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と考えられる。

3. zone と belt の模様の違い

両波長とも、zone と belt において雲粒子の散乱特性 (粒径及び屈折率) に有意な違いはないことが分かった。模様の違いは、雲層における chromophore とよばれる未同定の吸収物質の量の違い (雲層における一次散乱アルベドの違いとして表れる) で説明できることが分かった。この chromophore は zone よりも belt において多く存在し、近赤外光 (CB2) よりも青色 (BL1) で光吸収が顕著となることが分かった。こうした描像は West et al. (1986, 2004) によるアイデアを支持するものであった。

4 データセットから得られた Mie 散乱位相関数の妥当性を、Pioneer 10 データを用いて検証したところ、データをよく再現することが確認できた。一方で Pioneer 位相関数は Cassini データを再現できなかった。これは Pioneer 10号が中間位相角 ($34^\circ - 109^\circ$) において木星を観測することができなかったために、散乱位相関数を十分制約できなかったことに起因していると結論づけた。本研究で得られた Mie 散乱位相関数は Pioneer 位相関数と異なり、位相角情報の欠落が少ないため、より観測的に制約されており、かつ雲粒子の波長依存性を考慮することが可能である。従って本研究で得られた Mie 散乱位相関数は先験情報として、将来の地上観測・探査機データの解析に広く利用することができるものである。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PCG33-11

会場:202

時間:5月25日 13:45-14:00

キーワード: 木星, 大気, エアロゾル, Cassini, 放射伝達

Keywords: Jupiter, atmosphere, aerosol, Cassini, radiative transfer