

Cassini 探査機搭載 ISS データを用いた木星対流圏エアロゾルの推定：非球形粒子を用いた考察

佐藤 隆雄 [1]; 佐藤 毅彦 [2]; 榎本 孝之 [3]; 笠羽 康正 [4]
[1] 宇宙研; [2] 宇宙研; [3] 総研大・物理・宇宙; [4] 東北大・理

Jovian tropospheric aerosols deduced from the Cassini ISS limb-darkening data: A discussion of nonsphericity of aerosols

Takao Sato[1]; Takehiko Satoh[2]; Takayuki Enomoto[3]; Yasumasa Kasaba[4]
[1] ISAS/JAXA; [2] ISAS, JAXA; [3] Space and Astr., SOKENDAI; [4] Tohoku Univ.

To obtain new observational constraints on the single scattering phase functions of aerosols in the Jovian upper troposphere, we have analyzed Cassini Imaging Science Subsystem (ISS) imaging data obtained at a wide range of solar phase angles (0-140 degrees) in two spectral channels (BL1: 455 nm, CB2: 750 nm) for a bright zone (STrZ) and a dark belt (SEBn). In this study, we applied the Mie theory for spherical particles to the tropospheric aerosols for simplicity. We found that the real refractive index (n_r) of aerosols is much higher ($n_r = 1.85$) than previous experimental values of n_r for NH_3 ice particles. This would strongly suggest the idea that aerosols in the upper troposphere are not composed of pure NH_3 ice.

Jovian tropospheric aerosols have been expected to consist of nonspherical particles from the atmospheric temperature in the upper troposphere. Application of Mie scattering theory to the tropospheric aerosols in Jupiter is a controversial issue when deducing the scattering properties from remote sensing data. We investigate how much robustness there is in the results obtained from our latest study, by comparing the best-fit Mie scattering phase functions derived from the Cassini ISS limb-darkening data with those for various nonspherical particles. Assuming that shape of nonspherical particles in the upper troposphere is spheroidal, we calculate the scattering phase functions for a wide variety of real refractive index, effective radius, and ratio of long axis to short axis. T-matrix method is used for this calculation. The scattering phase functions for spheroidal particles which have a near value ($n_r = 1.45$) of real refractive index for NH_3 -ice ($n_r = 1.42$) are found to have weaker backward scattering compared with our best-fit Mie scattering phase functions. It is obvious that these scattering phase functions cannot reproduce the observed limb-darkening data. Conversely, several scattering phase functions for spheroidal particles ($n_r = 1.85$) have similarity to our best-fit Mie scattering phase functions with respect to the strength and shape of scattering phase function. According to this preliminary investigation, we can say that Jovian tropospheric aerosols are not composed of pure NH_3 -ice particles even though we focus on the nonsphericity of these aerosols.

In this presentation, we will show the simulated limb-darkening curves calculated with the scattering phase functions for nonspherical particles, along with the observed limb-darkening curves.

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等の特徴がある。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手法から得るためには、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。

我々は、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 - 2001年3月, 太陽位相角: 0 - 140度) を用いて、エアロゾルの散乱位相関数を推定してきた。この研究では、2波長 (BL1: 有効波長 455 nm, CB2: 有効波長 750 nm) で観測された典型的な zone (the South Tropical Zone: STrZ) と belt (the north component of the South Equatorial Belt: SEBn) 領域について解析を行った。簡便のため、エアロゾルの散乱には Mie 散乱理論を適用できると仮定した。この仮定のもとに得られたエアロゾルの屈折率は $n_r = 1.85$ となり、表層雲を構成していると考えられてきた NH_3 氷の実験値 ($n_r = 1.42$) より、はるかに大きい値となった。この結果は、 NH_3 氷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、対流圏に浮かぶエアロゾルは非球形粒子であると考えられてきた。球状粒子の散乱を記述する Mie 散乱理論の適用については、常に議論をよぶ問題である。そこで我々は、いくつかの非球形粒子の散乱位相関数と Cassini 探査機データから得られた Mie 散乱位相関数を比較することで、Mie 散乱理論のもとに得られた結果のどこまでがロバストな結果であるのか評価した。非球形粒子として回転楕円体を仮定し、さまざまな屈折率、有効半径、長軸短軸比の組み合わせに対して、それらの散乱位相関数を計算した。散乱位相関数の導出には、T-matrix 法を用いた。これによると、表層雲の候補である NH_3 氷 ($n_r = 1.42$) に近い屈折率 ($n_r = 1.45$) をもつ回転楕円体の散乱位相関数は、有効半径や長軸短軸比に関係なく、Cassini 探査機データから得られた Mie 散乱位相関数に比べ、後方散乱が弱いことが分かった。このような散乱位相関数の形状では、観測データを再現することは不可能である。一方、高屈折率 ($n_r = 1.85$) である回転楕円体の散乱位相関数の中には、散乱の強さ、位相関数の形状ともに、Cassini 探査機データから得られた Mie 散乱位相関数に類似するものがあり、実際に観測データを再現できるか試行する価値がある結果を得た。このことから、非球形粒子にまで目を向けた場合でも、表層雲は純粋な NH_3 氷からなるわけではない、と言えるだろう。

本発表では、実際に非球形粒子の散乱位相関数を用いたモデル計算結果と観測データの比較も含めて、議論する。