

## Mars Express 搭載赤外フーリエ分光器 PFS を用いた火星中間圏 CO<sub>2</sub> ice clouds の観測

# 佐藤 佑紀 [1]; 笠羽 康正 [2]; Giuranna Marco[3]; 青木 翔平 [4]; 中川 広務 [4]; 黒田 剛史 [2]  
[1] 東北大、理、惑星大気; [2] 東北大・理; [3] IAPS,INAF,Italy; [4] 東北大・理・地球物理

### Observation of CO<sub>2</sub> ice clouds in the Martian Mesosphere using PFS onboard Mars Express

# yuki sato[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Marco Giuranna[3]; Shohei Aoki[4]; Hiromu Nakagawa[4]; Takeshi Kuroda[2]  
[1] PAT,Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, INAF,Italy; [4] Geophysics, Tohoku Univ.

The atmosphere of Mars consists of 95% carbon dioxide. It condenses as surface ice on the winter poles and as clouds in the coldest parts of the atmosphere, such as the polar night. Recent discovery has been the formation of CO<sub>2</sub> ice clouds not only in the winter pole, but also in the Mesosphere near the equator in spring and summer. Very recently these clouds have been also detected at mid-latitudes in late autumn. Observatoire pour la Mineralogie, l'Eau, les Glaces et l'Active (OMEGA) aboard Mars Express provided the spectral signature of CO<sub>2</sub> ice clouds, which exhibits single distinct peaks at 4.26  $\mu\text{m}$  inside a CO<sub>2</sub> gas absorption at 4.3  $\mu\text{m}$ . Optical properties of CO<sub>2</sub> ice clouds (particle radius and opacity) were also estimated by shadow observation and radiative transfer model, but the particle size obtained by former observation has not an agreement with the calculated estimation by the latter model. Particle size of CO<sub>2</sub> ice estimated by observation is found to exceed 1  $\mu\text{m}$ .

We tried to estimate the optical properties of these cloud particles by Planetary Fourier Spectrometer (PFS) aboard Mars Express, with the highest spectral resolution ( $\sim 1.3 \text{ cm}^{-1}$ ) in the spectral ranges among the current instruments orbiting around Mars. The spectral resolution of PFS is about ten times higher than that of OMEGA ( $\sim 11.0 \text{ cm}^{-1}$ ). It allows us to investigate the optical properties of CO<sub>2</sub> ice clouds. In this study, we attempt to detect CO<sub>2</sub> ice clouds as the first step.

PFS has a number of simultaneous measurements for CO<sub>2</sub> ice clouds with OMEGA. We analyzed the data for ten orbits where OMEGA detected CO<sub>2</sub> ice clouds with nadir geometry. Spectra obtained by PFS shows a feature like the signal of CO<sub>2</sub> ice clouds with spike shape at around 4.25  $\mu\text{m}$ . PFS showed the spike more clearly with high spectral resolution, though the position of the spike feature slightly shifted toward shorter wavelength in comparison with the spectra obtained by OMEGA. In order to verify whether this signal is real or not, we compared with the data obtained by PFS with that by OMEGA. Since the spike at 4.25  $\mu\text{m}$  showed up only when observation area of PFS was consistent with where OMEGA detected CO<sub>2</sub> ice clouds, we can conclude that the spectral feature obtained by PFS is due to CO<sub>2</sub> ice clouds. In some spectra obtained by PFS, we found the spectral feature with two peaks at 4.25  $\mu\text{m}$  and 4.28  $\mu\text{m}$ . This spectral feature was seen only by PFS because of its high spectral resolution. We assumed that the difference of spectral features (single- and double-peak suggest different characteristics of clouds, for example size distribution of cloud particle, particle shape and condensation nuclei. For further investigations, we calculated synthetic spectrum by using the discrete-ordinate-method (DISORT) radiative transfer model assuming several size distributions, and estimating the particle radius of CO<sub>2</sub> ice clouds. As a first result, synthetic spectra calculated by radiative transfer model showed that particle radius of CO<sub>2</sub> ice was less than 1  $\mu\text{m}$ .

火星大気の95%を占めるCO<sub>2</sub>は、中低緯度では高度60km以上の中間圏領域で凝結し、雲として存在している。この雲は、欧州火星探査衛星 Mars Express に搭載された OMEGA による赤外線分光観測によって、CO<sub>2</sub> 氷からなることが示された。すなわち雲の散乱がみられる領域では、4.3  $\mu\text{m}$  帯の強いCO<sub>2</sub> 大気吸収の中でCO<sub>2</sub> 氷に起因するとみられる4.26  $\mu\text{m}$  近傍のピークが確認された。さらに、OMEGA 観測で見られたCO<sub>2</sub> 雲による地上影の解析と放射伝達モデルを用いた簡易的な解析の2つの手法から雲粒子の光学的特性(粒子半径、光学的厚さ、高度)が見積もられた。影の解析によって得られた粒子半径は1  $\mu\text{m}$  以上となったが、放射伝達モデルによって定性的に見積もられた粒子半径はこの結果と不一致であった。CO<sub>2</sub> の雲粒径を放射モデルによって見積もるには、CO<sub>2</sub> 氷を含むスペクトルをより高い波長分解能で観測し、より厳密に計算スペクトルとのフィッティングを行う必要がある。放射モデルを用いた計算によるとCO<sub>2</sub> 氷によるピークの半値幅は約7.5  $\text{cm}^{-1}$  程度である。

今回我々は、同じく Mars Express に搭載された赤外フーリエ分光器 PFS による同対象の解析を試みた。PFS は、OMEGA の約10倍の波長分解能をもっている(約1.3  $\text{cm}^{-1}$ )。従って、PFS はCO<sub>2</sub> 氷のピークを解析するために十分な波長分解能を有している。解析の第一ステップとして、PFS による中間圏CO<sub>2</sub> 雲の検出可能性を評価した。PFS と OMEGA は、両機器が nadir 観測している時には、同時観測が可能となる。我々は、OMEGA がCO<sub>2</sub> 雲を観測した10の orbit における PFS のデータ解析を行った。PFS は OMEGA と比べて約20倍程度視野が広いが、PFS の観測スペクトルにおいて、OMEGA で得られた時間帯・領域において同様のCO<sub>2</sub> 氷の特徴的なスペクトルを見いだした。PFS においてはより高波長分解能でCO<sub>2</sub> 氷のスペクトルピークがより鋭く明瞭に示され、OMEGA (波長分解能: 約11.0  $\text{cm}^{-1}$ ) の観測から推定されたピーク位置4.26  $\mu\text{m}$  よりも波長の短い4.25  $\mu\text{m}$  にピークを有することを見いだした。OMEGA においてCO<sub>2</sub> 氷の特徴が見られた時間帯・領域においては必ず PFS でもその特徴を見いだしている。PFS では、またいくつかのデータにおいて4.25  $\mu\text{m}$  と4.28  $\mu\text{m}$  のふたつの位置にピークが現れるケースがある。このダブルピークは、PFS の高

波長分解能観測によってのみ見られる構造である。このシングルピークとダブルピークのスペクトルの相違は、観測した雲の光学的特性の違いを示していると考えている。本講演では、放射伝達モデルの1つである DISORT 法を用いたリトリーバルによる、雲の光学的特性（雲の粒径分布や光学的厚さ）の見積もり結果を報告したい。

放射伝達モデルの初期結果によると、PFS で観測された CO<sub>2</sub> 氷雲の粒子半径は 1 μ m 未満であった。