

# CALIPSO ライダーの雲マスク改良による氷粒子出現頻度の変化

## Changes in ice occurrence frequency with the improvement of cloud masking for the CALIPSO lidar

神 慶孝<sup>1</sup>、杉本 伸夫<sup>1</sup>、西澤 智明<sup>1</sup>、甲斐 憲次<sup>2</sup>、岡本 創<sup>3</sup>、萩原 雄一朗<sup>3</sup>

Yoshitaka Jin, Nobuo Sugimoto, Tomoaki Nishizawa, Kenji Kai, Hajime Okamoto, and Yuichiro Hagihara

1. 国立環境研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. 九州大学応用力学研究所

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University,  
3. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

### Abstract

Spatial distribution of aerosols as acting ice nuclei and microphysical processes regarding ice nuclei are not yet fully understood. Several studies investigate the global distribution of ice crystals and the cloud-aerosol interaction using the lidar on board the Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO) spacecraft. However, there are issues on the classification between clouds and dust in CALIPSO lidar signals. This study investigated the change of ice distribution with the cloud mask improved on the clouds-dust classification. After removal of misclassified clouds from cloud mask results, ratio of ice crystals in clouds at 0°C decreased drastically. This indicated that a lot of dust at 0°C was misclassified as clouds and the misclassified clouds (dust) were classified as ice crystals. This study suggests that the correct discrimination between dust and clouds is essential in the analysis of ice occurrence frequency using the CALIPSO lidar.

### 1. はじめに

雲粒子は相状態によって成長過程や放射特性が異なる。-38°Cよりも高い温度環境では、過冷却水と氷粒子が両方存在できる。氷粒子は、エアロゾルが氷晶核として働くことによって生成される。乾燥地域で発生する鉱物ダストは氷晶核として働くことが知られている。しかし、ダストがどれだけ氷粒子の生成に寄与するのかはよくわかっていない。まず、ダストが存在する領域での雲の相状態を調べる必要がある。衛星 CALIPSO に搭載されたライダーにより、2006年6月から全球の雲の分布を観測できるようになった。しかし、CALIPSO ライダーの雲マスク過程で濃いダストを雲と誤判別する問題が指摘されている [e.g., Chen et al., 2010]。よって、乾燥地域上空の雲の分布と相状態は、雲マスクの誤判別問題を解消した後に再調査する必要がある。本発表では、判別分析を用いて改良した雲マスクについて紹介し、改良に伴う雲中の氷粒子の割合(氷粒子出現率)の変化を示す。

### 2. CALIPSO ライダーの雲マスクの改良

雲マスクの種類は CALIPSO Science Team で開発された Vertical Feature Mask (VFM)と Hagihara et al. [2010]によって開発された C2 雲マスクがある。これらは粒子層の検出方法、粒子層の雲-エアロゾル判別方法が異なる。C2 雲マスクは、閾値法により信号が強い領域を雲として検出している。すなわち、信号が強いエアロゾルも同様に雲として検出されてしまう。本研究では、判別分析を用いて C2 雲マスクに含まれる誤判別雲を特定し、雲データから除去した。まず、雲と誤判別雲の2群に分類し、それぞれの減衰後方散乱係数(532)、体積偏光解消度(532)、減衰カラー比(1064/532)、赤外放射計の輝度温度差(11 $\mu$ m-12 $\mu$ m)、検出高度の5つのパラメーターの平均と分散共分散行列から判別式の係数を決定した。

ダストを雲と誤判別する領域について、判別分析で検出した例を図1に示す。図1(b)の高度4 km以下で雲と判別されている領域は、ダストを雲と誤判別している部分である。この雲と判別された領域について、判別式を計算した結果が図1(c)である。誤判別していたダスト部分の判別スコアが0以下(=誤

判別雲)となっており、誤判別雲を特定できている。この誤判別領域を再分類して再度データのマスクングをした結果が図 1(d)である。このように、判別分析を用いることによって、雲マスクに含まれる誤判別領域(エアロゾル層)を検出し、除去することができた。

### 3. 氷粒子出現率の温度分布

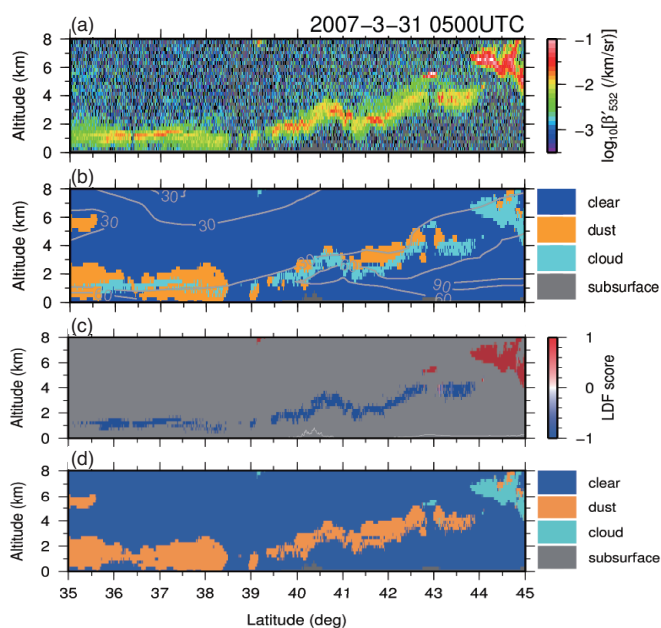
上記で得られた判別式を用いて、VFM と C2 雲マスクに含まれる誤判別雲を除去した。その後、この雲マスクの改良前後で雲の相分布がどのように変化するかを調べた。図 2 は、2007 年春季のタクラマカン砂漠において観測された雲について、氷粒子出現率の温度分布を調べた結果である。両方の雲マスクについても、低温になるほど出現率が大きくなっていることがわかる。VFM(改良前)については、20°C 付近で雲の約 30%が氷粒子と判別されており、現実大気では起こりえない結果になっている。また、改良前の雲マスクには、0°C 付近にピークが存在している。これが改良後になると、C2'雲マスクの方はピークが無くなった。これは、雲と誤判別されていたダストを除去できたことによる結果であると考えられる。一方、VFM'は多少小さくなったものの、依然として 0°C 付近にピークが見られた。

### 4. まとめ

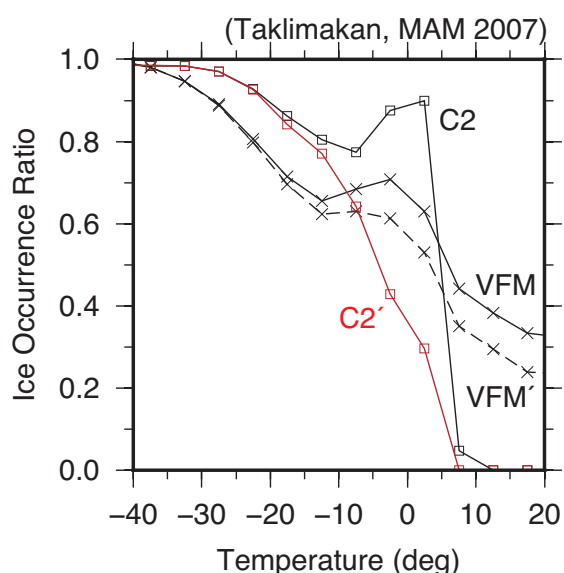
本研究は、CALIPSO ライダーの雲マスクの改良と、それに伴う氷粒子出現率の温度分布の変化について示した。雲マスクの種類や雲マスクの判別精度によって、氷粒子出現率が大きく変わることが示唆された。CALIPSO ライダーを用いて乾燥地域上空の氷粒子分布を調査する場合は、ダストと雲の誤判別の修正が必須である。

### 参考文献

- Chen et al., 2010, Atmos. Chem. Phys. 10, 4241–4251  
 Hagihara et al., 2010 : J. Geophys. Res., 115, D00H33  
 Jin et al., 2014 : J. Meteorol. Soc. Japan, 92(5), in press



**Fig. 1** An example of dust misclassification as clouds and the cloud mask improvement. (a) The attenuated backscattering coefficient at 532 nm, (b) the data mask based on the cloud mask, (c) the linear discriminant function (LDF) scores for the detected clouds, and (d) the modified data mask after the cloud screening. The contour lines in Panel (b) denote the relative humidity (quote from Jin et al. [2014]).



**Fig. 2** Temperature dependence of the ice occurrence ratio derived from four cloud masks (C2, C2', VFM, VFM') over the Taklimakan Desert during March–May 2007. The prime denotes “improved cloud mask”.