

# 航空機搭載多波長 HSRL で観測される雲・エアロゾルの光学特性

及川 栄治<sup>1</sup>, 岡本 創<sup>1</sup>, 西澤 智明<sup>2</sup>, 佐藤 可織<sup>1</sup>, 工藤 玲<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大学 応用力学研究所(〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

<sup>2</sup>国立環境研究所(〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>3</sup>気象庁 気象研究所(〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

## Cloud and aerosol optical properties observed by the airborne multi-wavelength HSRL

Eiji OIKAWA<sup>1</sup>, Hajime OKAMOTO<sup>1</sup>, Tomoaki NISHIZAWA<sup>2</sup>, Kaori SATO<sup>1</sup>, and Rei KUDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasuga-Koen, Kasuga, Fukuoka, 816-8580

<sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki, 305-8506

<sup>3</sup>Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305-0052

**Abstract:** The EarthCARE satellite with the high spectral resolution lidar (HSRL) at 355 nm will be launched in 2021. The cloud mask algorithm at 532 nm had been developed for the CALIPSO satellite retrieval. We have been working on development of the cloud mask algorithm for the EarthCARE lidar retrieval at 355 nm. In this study, we perform data analysis of particle backscatter coefficient and depolarization ratio at 355 nm for aerosols and ice cloud particles using the NASA airborne HSRL observation data. From this analysis, the threshold value of particle backscatter coefficient to discriminate clouds and aerosols is determined to be  $3 \times 10^{-6}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ].

**Key Words:** HSRL, ice particle, aerosol, 355 nm, EarthCARE

### 1. はじめに

波長 355nm の高スペクトル分解ライダー ATLID を搭載した EarthCARE 衛星が 2021 年に打ち上げ予定である<sup>1)</sup>. 高スペクトル分解ライダー (HSRL) では, 2006 年に打ち上げられた CALIPSO 衛星搭載ミーライダーとは異なり, 粒子の後方散乱係数, 偏光解消度, ライダー比を直接的に導出可能である. これらの情報が雲・エアロゾルマスクで利用され, さらに, 雲やエアロゾルの種類の判別するためのパラメータとなる. 我々は, CALIPSO 衛星用に開発した雲マスクである KU-mask<sup>2)</sup> を基盤にして, ATLID 用のエアロゾル・雲マスクを開発に取り組んでいる.

KU-mask では波長 532nm の減衰付き後方散乱係数の閾値を用いて雲とエアロゾルの判別を行っている. 一方, ATLID では粒子後方散乱係数が直接的に導出可能なため, 波長 355nm の粒子後方散乱係数を利用して雲とエアロゾルを判別できる. そこで, 本研究では, NASA の航空機搭載 HSRL の観測データを用いて, 波長 355nm の粒子の光学特性のデータ解析を行った.

### 2. 方法

NASA の航空機キャンペーン ORACLES では, レーダーやライダー, 微量気体を測定するための観測機器を搭載した航空機によって, 森林火災で発生するエアロゾルと雲の観測が実施されてい

る<sup>3)</sup>. 航空機に搭載されたライダー HSRL-2<sup>4)</sup> では, 波長 532nm と 355nm の 2 つの波長で HSRL 機能が達成されている. 偏光解消度はこれら 2 つの波長に加え, 1064nm でも測定可能である. 本研究では, 2016 年 8 月 19 日にアメリカ合衆国南部にて氷雲とエアロゾルが観測された事例のデータ解析を行った.

### 3. 結果

Figure 1 は, 2016 年 8 月 19 日にアメリカ合衆国南部で観測された波長 355nm における粒子後方散乱係数  $\beta_p$  と粒子偏光解消度  $\delta_p$  の時間高度断面図を示している. 17:40 UTC から 18:40 UTC において, 高度 7km 以下で観測された粒子は後方散乱係数が小さいことからエアロゾルと推定される. 一方, 18:40 UTC から 20:15 UTC にかけて高度 9km から 15km にかけて観測された粒子は地表付近の粒子より後方散乱係数が大きいことから氷雲と推定できる.

この事例における波長 355nm の粒子後方散乱係数と粒子偏光解消度に関する 2 次元頻度分布を Figure 2 に示した. この図から  $\beta_p < 3 \times 10^{-6}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ],  $\delta_p < 0.15$  のエアロゾルと  $\beta_p > 4 \times 10^{-6}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ],  $\delta_p > 0.3$  の氷雲が主に観測されたことがわかる. また, 19:10 UTC の雲底付近の氷雲は粒子後方散乱係数が大きく, 粒子偏光解消度が小さくなっており (Figure 1), そのような雲が一定数あることもこの図から確認できる.

Figure 3 では、雲とエアロゾルを合計した粒子全体（図赤線）と雲のみ（図青線）の粒子後方散乱係数の頻度分布を示した。ここで、Figure 1 から、19:00 UTC 以前の高度 7km 以上の粒子と 19:00 UTC 以後の高度 4km 以上の粒子を雲と定義した。粒子全体では、 $7 \times 10^{-7}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]と  $2 \times 10^{-5}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]の 2 つのピークを持つ分布となった。これを雲のみの分布と比較すると、 $3 \times 10^{-6}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]を境にして、この値以下では、サンプル数の差が大きくなっていることがわかる。この結果から、雲とエアロゾルを判別するための波長 355nm における粒子後方散乱係数の閾値  $\beta_{th}$  が、 $3 \times 10^{-6}$  [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]であると推定できる。

NASA の航空機搭載 HSRL の観測データは今回利用したデータ以外にも公開されているので、今後、下層雲の観測事例などの解析も行い、雲・エアロゾルマスクの精度を向上させたい。また、現在開発中の多波長 HSRL が東京都小金井市の情報通信研究機構で観測を開始する予定であり、この観測データも利用して、雲・エアロゾルの粒子光学特性のデータベースを作成したい。

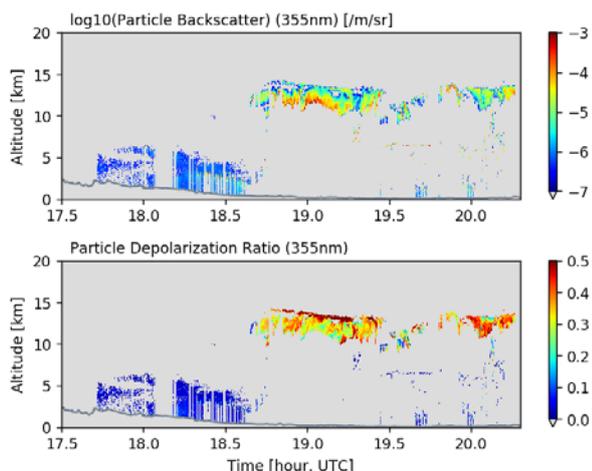


Figure 1. Particle backscatter coefficient (log10) (top) and depolarization ratio (bottom) at 355 nm over the south part of USA from 17:30 to 20:15 UTC on 19th August 2016.

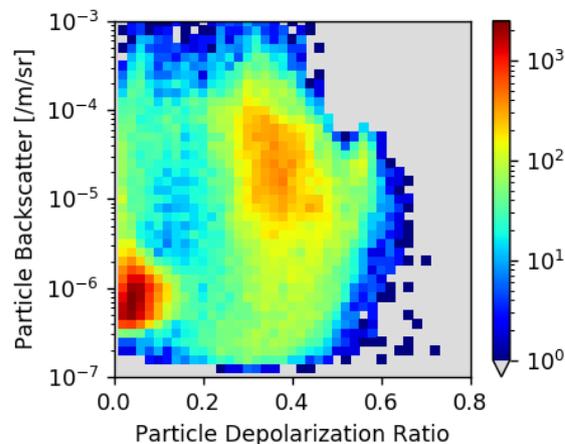


Figure 2. 2-D histogram of particle backscatter coefficient and depolarization ratio at 355 nm over the south part of USA from 17:30 to 20:15 UTC on 19th August 2016.

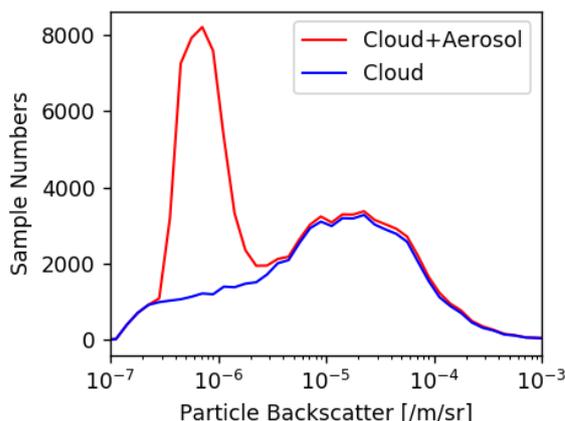


Figure 3. Number of samples of particle backscatter coefficient at 355 nm for aerosol and cloud (red) and cloud (blue) over the south part of USA from 17:30 to 20:15 UTC on 19th August 2016. Cloud is defined as the particle above 7km altitude before 19 UTC and above 4km altitude after 19 UTC.

#### 参考文献

- 1) Illingworth, A. J., et al, 2015, Bull. Amer. Meteor. Soc., 96, 1311-1332.
- 2) Hagihara, Y., et al., 2010, J. Geophys. Res., 115, D00H33.
- 3) Zuidema, P., et al., 2016, B. Am. Meteorol. Soc., 97, 1131-1135.
- 4) Burton, S. P., et al., 2015, Atmos. Chem. Phys., 15, 13453-13473.