

# 地上・航空機搭載高スペクトル分解ライダーを用いた氷粒子タイプ識

## 別解析

長谷川 泰一<sup>1</sup>, 岡本 創<sup>1</sup>, 佐藤 可織<sup>1</sup>, 及川 栄治<sup>1</sup>, 石元 裕史<sup>2</sup>, 西澤 智明<sup>3</sup>, 神 慶孝<sup>3</sup>, 杉本 伸夫<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>気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

<sup>3</sup>国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

### Analysis of type discrimination for ice particle using ground based / airplane mounted High Spectral Resolution Lidar

Taichi HASEGAWA<sup>1</sup>, Hajime OKAMOTO<sup>1</sup>, Kaori SATO<sup>1</sup>, Eiji OIKAWA<sup>1</sup>, Hiroshi ISHIMOTO<sup>2</sup>, Tomoaki NISIZAWA<sup>2</sup>, Yoshitaka JIN<sup>3</sup>, and Nobuo SUGIMOTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., 6-1 Kasuga-koen, Kasugashi, Fukuoka 816-8580

<sup>2</sup>Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

<sup>3</sup>National Institute for Environmental Studies., 16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506

**Abstract:** We analyze data obtained by NIES HSRL and NASA Langley airborne HSRL. Backscattering coefficient (B) and extinction coefficient are independently obtained by using HSRL. Since depolarization ratio ( $\delta$ ) and lidar ratio (LR) show strong dependence on ice particle shape, orientation and size by physical optics, HSRL is expected to provide information of ice microphysics. Analyses of NASA HSRL2 data show spectral dependence on LR. LR ranges from 0 to 30 [sr] and from 17 to 60 at 355nm and at 532nm, respectively.  $\delta$  ranges from 20 to 60% at 355nm. LR and  $\delta$  are positively correlated and negatively correlated at 355nm and 532nm, respectively. When both of LR and  $\delta$  are large, existence of Droxtals or Voronoi particles are suggested. EarthCARE and Aeolus satellites will carry 355nm HSRL, scheduled to be launched in 2018 and 2021, respectively. The studies will help to develop and evaluate algorithms for them.

**Key Words:** HSRL, Lidar ratio, Depolarization ratio, Ice particle microphysics

#### 1. はじめに

波長 355nm の高スペクトル分解ドップラーライダー (HSRL) を搭載した Aeolus 衛星が 2018 年に、同じ波長だが、偏光機能のある HSRL を搭載する EarthCARE 衛星が 2021 年にそれぞれ打ち上げ予定である。2006 年に打ち上げられた波長 532nm と 1064nm の 2 波長偏光ライダーを搭載した CALIPSO では、減衰後方散乱係数から消散係数を推定しているのに対し、Aeolus や EarthCARE では、波長 355nm で後方散乱係数と消散係数が独立して観測できるため、より詳細な雲やエアロゾルの物理特性が得られる事が期待される。2014 年には NASADISCOVER-AQ フィールドキャンペーンが行われ、航空機搭載多波長 HSRL を用いた観測が行われた。Burton et al.<sup>1)</sup> はこれらのデータからエアロゾルの解析を行った。本研究では同じデータを用いて氷粒子に関する解析を行う。また、国立環境研究所で開発された地上 HSRL を用いた氷雲観測データの解析も行う。

#### 2. 方法

従来のミー散乱ライダーでは減衰の影響を受けた後方散乱係数が求められ、消散係数や粒子後方散乱係数を求めるためには仮定が必要であった。一方、HSRL では大気分子と雲やエアロゾルのドップラー速度の違いから、狭帯域のフィルターを用いる事で、消散係数と粒子後方散乱係数の間の関係を仮定をせず、これら 2 つの量を独立に求める事ができる。ラマンライダーでも同様の観測は可能であるが、観測は夜間のみに限られ、また高高度の観測が感度の問題から制限を受ける。

本研究では HSRL を用いて得られた波長 355nm と 532nm における氷粒子の後方散乱係数、消散係数と偏光解消度を中心に解析し、消散係数と後方散乱係数の比であるライダー比と偏光解消度の関係について調べ、その波長依存性を解析した。また波長に比べ粒子サイズが大きい場合に高精度で散乱特性を計算可能な物理光学モデル (Physical Optics (PO)); Borovoi et al.<sup>2)</sup> を用いて、様々な粒子形状について HSRL 観測に対応した計算を実施し、

観測と比較した。

### 3. 結果

2014年8月6日にNASA DISCOVER-AQで観測された高度6.5-8kmに存在する氷粒子の波長355nmと532nmにおける偏光解消度とライダ比の解析を行った(図1)。

Reichardt et al.<sup>3)</sup>が行なった波長355nmのラマンライダを用いた氷雲の観測によると、偏光解消度が0.4以下の場合には偏光解消度とライダ比は正の相関を示し、偏光解消度が0.4以上の時は負の相関を示していた。また、国立環境研究所でも波長355nmのラマンライダと532nmの高スペクトル分解ライダを用いた同様の観測が行われている。その結果から得られた偏光解消度とライダ比は偏光解消度が0.41より小さな場合は負の相関を0.41以上の場合は正の相関を示していた。

本研究の結果では、波長355nmにおいてライダ比が10から25の間のデータが支配的であり、ライダ比と偏光解消度は弱い正の相関を示していた。一方で、波長532nmの同様な解析ではライダ比が10sr程度大きくなっていった。また532nmで偏光解消度が0.4を超えるもののみ355nmの方が大きい値を示していた。偏光解消度とライダ比は負の相関を示しており、環境研究所のデータ解析の結果と同様の傾向であった。

POの理論計算からはDroxtal形状の氷粒子かVoronoi形状の氷粒子はライダ比と偏光解消度が大きくなる事、水平面に配向した六角柱形状の氷粒子ではある程度小さい偏光解消度とやや小さいライダ比が、水平面に配向した板状氷粒子では両方の値がともに小さい事が示されている。上記の他、地上高スペクトル分解ライダで取得されたデータ解析や理論計算による解析結果、さらに現在開発中の多波長高スペクトル分解ライダを用いた観測計画についても紹介する。

### 謝辞

本研究は科研費JP17H06139, JP18K03745, およびJAXA EarthCAREプロジェクトの助成を受けたものです。またNASA LangleyのHSRL2のデータを解析に利用しました。

### 参考文献

- 1) Burton, S. P., et al., 2015, Atmos. Chem. Phys.
- 2) Borovoi, A. et al., 2012, Opt. Express.
- 3) Reichardt, J., et al., 2002, Geophys. Res. Lett.

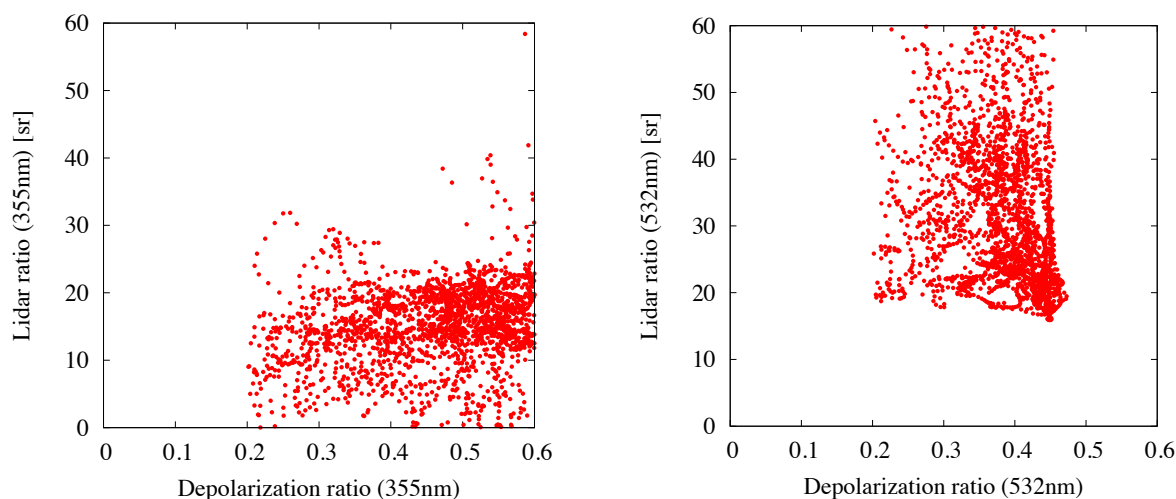


Figure 1 : Relationship between lidar ratio and depolarization ratio of ice particles measured by NASA High Spectral Resolution Lidar 2(HSRL2). (left) 355nm, (right) 532nm