

# 多波長ラマンライダーデータを用いたエアロゾルコンポーネント解析

西澤 智明<sup>1</sup>, 杉本 伸夫<sup>1</sup>, 松井 一郎<sup>1</sup>, 清水 厚<sup>1</sup>,  
鶴野 伊津志<sup>2</sup>, 原 由香里<sup>2</sup>, 工藤 玲<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>2</sup> 九州大学応力研 (〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

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

## Aerosol component analysis using multi-wavelength Raman lidar data

Tomoaki NISHIZAWA<sup>1</sup>, Nobuo SUGIMOTO<sup>1</sup>, Ichiro MATSUI<sup>1</sup>, Atsuishi SHIMIZU<sup>1</sup>,  
Itsushi UNO<sup>2</sup>, Yukari HARA<sup>1</sup>, and Rei KUDO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIES, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506

<sup>2</sup> RIAM, Kyushu Univ., 6-1 Kasugakoen, Kasuga, Fukuoka 816-8580

<sup>3</sup> MRI, JMA, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

**Abstract:** We constructed multi-wavelength Mie-Raman lidars (MMRLs) providing  $2\alpha+3\beta+2\delta$  data ( $\alpha$  at 355 and 532nm;  $\beta$  at 355 and 532;  $\beta_{at}$  at 1064nm; and  $\delta$  at 355 and 532nm) at three main sites of the AD-Net and started continuous measurements of aerosols and clouds with the MMRLs from 2013. We are developing an integrated package of aerosol component retrieval algorithms to estimate vertical profiles of main aerosol components in the atmosphere (e.g., dust, sea-salt, black carbon, and air pollution aerosols) using the MMRL and the other AD-Net lidar data as well as satellite-borne lidar data (e.g., CALIOP/CALIPSO and ATLID/EarthCARE), airborne HSRL data (e.g., LaRC and DLR), and the other ground-based network lidar data (e.g., EARLINET). We report current status on the MMRL observation and the development of the integrated package in the presentation.

**Key Words:** Aerosol, component, lidar, Integrated package

### 1. はじめに

国立環境研究所では 2 波長 (1064, 532nm) 偏光 (532nm) Mie 散乱ライダーによる地上観測ネットワーク (AD-Net) を東アジア広域に展開し、エアロゾルの動態把握を 15 年以上の長期にわたり実施してきた。そして、エアロゾルの光学・微物理特性の詳細測定とライダーデータを用いたエアロゾル種分離推定の高度化を目指し、2009 年より AD-Net ライダーの多チャンネル化 (多要素測定+多波長測定) を進めてきた。現在、AD-Net では、従来の 2 波長偏光 Mie 散乱ライダー (ML) による観測を継続すると共に、主要サイト 5 地点 (つくば、松江、福江、ソウル、ピマイ) において、ML に Raman 散乱 (532nm 励起の窒素振動 Raman (607nm)) の測定チャンネルを付加した Mie-Raman ライダーシステム (MRL) による観測を行っている<sup>1</sup>。

2013 年より、福岡 (九州大学応用力学研究所)、富山 (富山大学五福キャンパス)、沖縄 (環境研辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーション) にて、2 波長 (387, 607nm) での窒素振動ラマン測定チャンネルを持った、多波長 Mie-Raman ライダーシステム (MMRL) を導入し連続観測を実施している (図 1)<sup>1</sup>。また、つくばでは、387nm での窒素振動ラマン散乱測定

と波長 532nm でのヨウ素吸収フィルターを用いた高スペクトル分解ライダー (HSRL) 技術を統合した Mie-Raman-HSRL システム (MRHL) による連続測定も 2015 年より実施している。

AD-Net の拡充と共に、上記の ML データ ( $2\beta(532,1064)+1\delta(532)$  データ) を用いた、鉱物ダスト、海塩粒子、大気汚染粒子 (硫酸塩等粒子やブラックカーボン) を判別し、それらの消散係数の鉛直分布を抽出するエアロゾルコンポーネント解析手法の開発も行った<sup>2</sup>。また MRL の 4 チャンネルデータ ( $1\alpha(532)+2\beta(532,1064)+1\delta(532)$ ) からは、鉱物ダスト、海塩粒子と共に、大気汚染粒子を細分化して硫酸塩等粒子およびブラックカーボンを推定する 4 種エアロゾル分類手法を開発した<sup>1</sup>。これらの手法は、AD-Net への利用と共に、EARTH-CARE 衛星搭載ライダー ATLID (JAXA/ESA) 用のエアロゾル解析アルゴリズムにも応用されている<sup>3</sup>。また、これらの手法を拡張し、MMRL 及び MRHL で測定される 7 チャンネルデータ ( $2\alpha(355,532)+3\beta(355,532,1064)+2\delta(355,532)$ ) から上記 4 種エアロゾルの消散係数とブラックカーボンを除いた 3 種エアロゾルの粒径を推定するアルゴリズムの開発を進めている。

これらのアルゴリズムは、他で実施されている Mie 散乱ライダー、Raman ライダー、HSRL データの解析にも適用

でき（例えば、EARLINET、LaRC や DLR の航空機搭載 HSRL、衛星ライダーCALIOP）、応用の幅が極めて広いことから、上記のエアロゾルコンポーネント推定アルゴリズムを統合したパッケージの開発を現在進めている

本発表では、2013 年より開始した MMRL 観測、統合パッケージの開発状況、及び MMRL 観測データへの統合パッケージの適用例について報告する。

## 2. エアロゾルコンポーネント推定アルゴリズム統合パッケージ

AD-Net および衛星搭載ライダーの解析を初期ターゲットとして、5 タイプのライダー測定値からエアロゾル種毎の光学特性を推定するアルゴリズムの統合パッケージ開発を進めている（図2）。AD-Net 及び CALIOP で使用されている2波長偏光 Mie 散乱ライダーから、大気汚染粒子、海塩粒子、鉍物ダストの波長 532nm での消散係数の鉛直分布を推定する手法を組み込み、また、MRL システムから、鉍物ダスト、海塩粒子、硫酸塩等粒子、ブラックカーボンの4種エアロゾルの波長 532nm での消散係数の鉛直分布を推定する手法を組み込んだ。さらに、EarthCARE 衛星搭載 ATLID や ISS 搭載 CATS 等の1波長での HSRL システム ( $1\alpha+1\beta+1\delta$ システム)に対応したアルゴリズムも組み込んだ。

現在、MMRL や MRHL システムから、光吸収性が強い小粒子（ブラックカーボン）、光吸収性の弱い小粒子（硫酸塩等粒子）と大粒子（海塩粒子）、そして非球形粒子（鉍物ダスト）の4種エアロゾルの消散係数と、それらの粒径（モード半径）の鉛直分布を推定するアルゴリズムの開発および本統合パッケージへの組み込みを進めている。

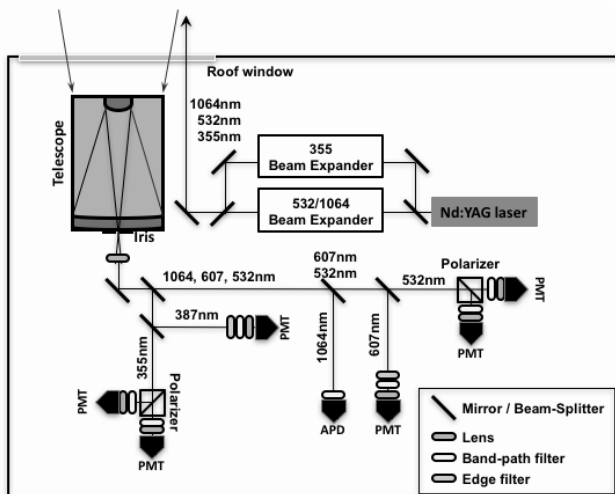


Fig. 1 MMRL configuration

上記のアルゴリズムは、観測値の個数に対して推定値の個数を等しくすることで、観測値を最大限有効活用した手法となっている。一方で、推定値の個数に対して観測値の個数を多くすることで、推定精度の向上を図ることも有用である（例えば、MMRL データを用いて、3種エアロゾル消散係数を推定する等）。そこで、観測値に比して推定値の個数を少なくして推定できる機能を今後付加する予定である。

また、観測地点や条件により複数種のエアロゾルの混合を考慮する必要がない場合もある（例えば、海塩粒子が殆ど無い地域などでは、推定に含めない等）。これに対応するため、エアロゾル種を選択的に推定できる機能も拡充する予定である。

SN の観点から、MRL および MMRL の昼間のラマン測定データの使用は困難である。そこで、Mie 散乱信号と偏光解消度データのみ（すなわち、MMRL では  $(3\beta(355,532,1064)+2\delta(355,532))$  データ）を使ったエアロゾル種推定アルゴリズムの開発および統合パッケージへの組み込みを予定している。

## 謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究（課題番号 S25220101）の助成のもと実施されている。

## 参考文献

- \*1) Nishizawa et al., JQSRT, in press, 2016.
- \*2) Nishizawa et al., JQSRT, 112, 254-267, 2011.
- \*3) Nishizawa et al., JRSSJ, 33, 367-376, 2013 (Japanese)

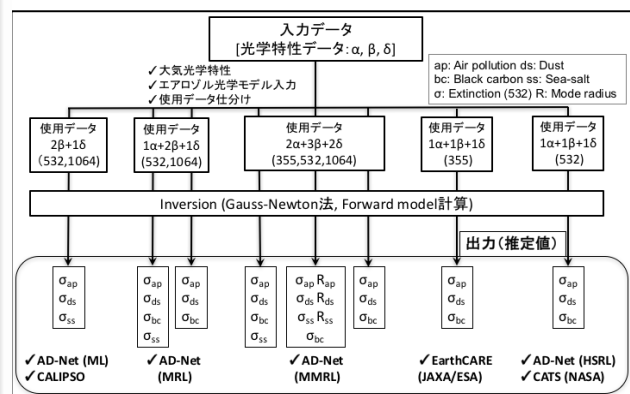


Fig. 2 Integrated package of aerosol component retrieval algorithms