

次世代大気モニタリングネットワーク用多波長高スペクトル分解ライダーの開発
Development of a multi-wavelength high spectral resolution lidar
for the next-generation atmospheric monitoring network

○西澤智明、杉本伸夫、松井一郎

T. Nishizawa, N. Sugimoto, and I. Matsui

国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

Abstract

We are developing a multi-wavelength High Spectral Resolution Lidar (HSRL) system ($2\alpha + 3\beta + 2\delta$) for the next-generation aerosol observation lidar network. The HSRL system is adopted in order to realize independent extinction measurements in daytime and nighttime and to enable advanced classification and retrieval of aerosols. An aerosol retrieval algorithm for the lidar data is proposed. It estimates the vertical profiles of extinction coefficients at 532 nm for four aerosol components (water-soluble particles, sea salt, dust, and soot) and the mode radii for three aerosol components (water-soluble particles, sea salt, and dust). Spheroid models are introduced into the algorithm to capture the nonsphericity of dust. In the presentation, we will present the current status of the development of the multi-wavelength HSRL and the aerosol classification and retrieval algorithm using the multi-wavelength HSRL data.

1. はじめに

黄砂や越境大気汚染などの広域にわたる大気環境問題を取り扱うには、国際協力の下でのネットワーク的観測や監視が必要不可欠である。国立環境研究所 (NIES) では 2 波長偏光ミー散乱ライダーによるライダーネットワーク (NIES ライダーネットワーク) を東アジア広域に展開し、エアロゾルの光学特性の抽出や動態把握を実施してきた [Sugimoto *et al.*, 2005]。また NIES では、2波長偏光ミー散乱ライダーの3チャンネルの測定値 (波長 532 と 1064nm での後方散乱と波長 532nm での全偏光解消度) を利用して、外部混合している数種類のエアロゾル (ダスト、水溶性粒子 (硫酸塩や硝酸塩などの混合物として定義する)、海塩粒子) の消散係数の鉛直分布を推定するアルゴリズムの開発を行い [Sugimoto *et al.*, 2003; Nishizawa *et al.*, 2007]、エアロゾル種毎の動態把握を推進してきた。

より多種のエアロゾルを分離評価 (例えば、すす粒子) したり、より詳細な微物理特性 (サイズなど) を評価するには、より多くの測定チャンネル (測定波長数の増加や消散係数の分離測定など) を持ったライダー観測が必要となる。そこで NIES では、黄砂や大気汚染粒子の特性をより詳細に評価できる次世代のライダーネットワークの構築を主眼として、多波長高スペクトル分解ライダー (HSRL) の開発を現在進めている [Nishizawa *et al.*, 2008a]。本発表では、開発している多波長 HSRL の構成と開発の進捗状況について述べるとともに、このライダーデータを用いたエアロゾル導出アルゴリズムについて述べる。

2. 開発する多波長高スペクトル分解ライダー

ネットワーク用マルチチャンネルライダーとして、昼夜自動連続測定可能な小型の 2 波長 (355, 532nm) 高スペクト

ル分解ライダー(HSRL)の開発を進めている(図1)。昼夜での消散係数の分離測定を実現するために HSRL 技術を用いる。これまでに狭帯域フィルターとして波長 355nm ではファブリ・ペロー干渉計を [Imaki et al., 2005]、そして波長 532nm ではヨウ素吸収フィルター[Liu et al., 1999]を用いる HSRL 技術がそれぞれ福井大学と国立環境研究所で開発されてきた。そこで、これらの HSRL 技術を統合して 2 波長 HSRL システムを構築する。Nd:YAG レーザーの 3 波長 (355,532,1064nm)を有効活用し、波長 532nm および 1064nm での偏光測定も実施する。結果として 2 波長での消散係数(355,532nm)、3 波長での後方散乱係数(355,532,1064)そして 2 波長での偏光解消度(532,1064nm)の7チャンネルの測定要素を持つライダーを開発する。自動連続測定を実現するには、狭帯域フィルターとレーザーの波長を自動同調させる技術が必要であり、この技術の開発も実施する。

現在、波長 532nm での HSRL システムと偏光測定システム(波長 532 と 1064nm)の構築を完了し、波長 532nm での自動同調システム(レーザー波長をヨウ素吸収フィルターの吸収波長に自動同調させる)の構築を進めている。また、波長355nm での HSRL システムの構築も同時進行している。

3.多波長 HSRL の測定データを用いたエアロゾル導出アルゴリズム

これまでに NIES では、水溶性粒子、海塩粒子、そしてダストの濃度(消散係数)を 2 波長偏光ライダーデータから導出するアルゴリズムを開発してきた[Nishizawa et al., 2007]。また、ダストの形状として楕円体を仮定しダストの偏光特性をモデル化することで、ライダーで測定される全偏光解消度を有効活用する手法を開発した[Nishizawa et al., 2008a]。さらに、光吸収性の強い粒子である煤粒子の濃度の導出に消散係数データが有効であることを HSRL データを用いたアルゴリズム研究により示してきた[Nishizawa et al., 2008b]。消散係数、後方散乱係数、そして偏光解消度の波長比は粒子の大きさに依存する物理量であり、粒径を導出するのに有効であることも知られている。そこで、これらの研究成果および考察から、多波長 HSRL の 7チャンネルデータ全てを有効活用することで、4種類のエアロゾル(水溶性粒子、海塩粒子、ダスト、煤)の消散係数と3種類のエアロゾル(水溶性粒子、海塩粒子、ダスト)の粒径の鉛直分布を導出するアルゴリズムが開発できると考えられる。但し、アルゴリズムでは以下3つの仮定が必要となる: 1)各粒子の粒径分布としてログノーマル分布を採用する。2)各粒子の標準偏差と屈折率の値は先行研究を参照し仮定する。3)ダストの形状として楕円体を仮定し、その他の粒子は球形とする。

参考文献

Imaki et al. 2005, *Jpn. J. App. Phys.*, **44**, 3063–3067.
 Liu et al., 1999, *Optical Engineering*, **38**, 1661–1670.
 Sugimoto et al., 2003, *Geophys. Res. Lett.* **30**, 1640, doi:10.1029/2002GL016349.
 Sugimoto et al., 2005, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, **5**, 145–157.
 Nishizawa et al., 2007, *J. Geophys. Res.*, **112**, D06212, doi:10.1029/2006JD007435.
 Nishizawa et al., 2008a, *Proc. 23rd ILRC*, 361–364.
 Nishizawa et al., 2008b, *IEEE Trans. Geos. Rem. Sens.*, **46**, 4094–4103.

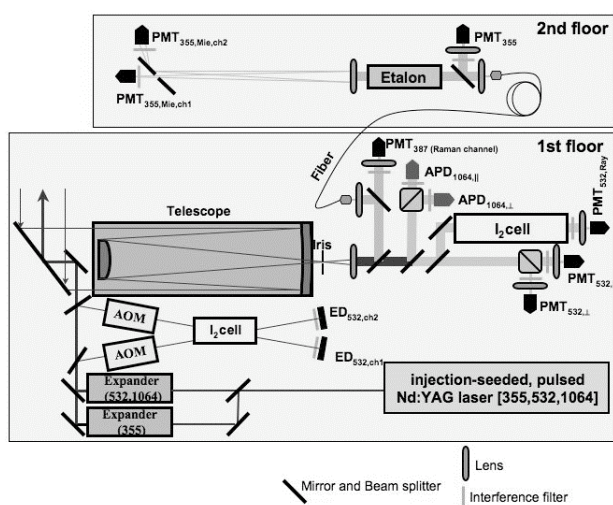


図1 多波長 HSRL の構成。2層構造となっており、1層部に 532nm の HSRL システム、532 と 1064nm の偏光測定システムを構築する。2層部に 355nm HSRL システムを構築する。