

ライダーデータを用いたエアロゾル種推定手法の性能評価： 地上サンプリングデータとの比較

西澤 智明¹, 杉本 伸夫¹, 清水 厚¹, 原 由香里², 鶴野 伊津志²

¹ 国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

² 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)

Evaluation of the performance of aerosol component retrieval method using lidar data: Comparison with ground-based sampling data

Tomoaki NISHIZAWA¹, Nobuo SUGIMOTO¹, Atsushi SHIMIZU¹, Yukari HARA², and Itsushi UNO²

¹ National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki-ken, 305-8506

² Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasugakoen, Kasuga, Fukuoka-ken, 816-8580

Abstract: We analyzed data measured by multi-wavelength Mie-Raman lidar (MMRL) at Fukuoka, Japan from Sep. 2014 to May 2016 using our developed aerosol component retrieval algorithm and further compared the estimates from the lidar measurements with ground-based sampling measurements by ACSA-12. In the comparison, fine-mode, coarse-mode, and total (fine+coarse) particles in mass concentration were targeted. Extinction coefficients for 4 aerosol components (air-pollution, sea-salt, dust, and black carbon) and aerosol mass concentration assuming shapes of size distribution, a mass densities, particle shapes for each aerosol component were estimated from the lidar measurements. Initial analysis indicated that the lidar-derived mass concentration for fine particles were generally smaller than the ASCA-12 derived mass concentration. This difference is mainly because this lidar analysis did not consider variation of relative humidity and did not use meteorological data more appropriate to actual atmosphere such as sonde measurement data and model-derived reanalysis data.

Key Words: Algorithm, Comparison, Aerosol, Lidar, Sampling,

1. はじめに

地上ライダーネットワーク AD-Net^{*1}では、2 波長偏光 Mie 散乱ライダー (ML) を主力器として配置し、3 チャンネルでの同時測定を行っている (532, 1064nm での後方散乱係数 (β), 532nm での偏光解消度 (δ)). 一方、より詳細なエアロゾル特性の把握を目指し、AD-Net の主要なサイトの ML に窒素ラマン散乱信号測定チャンネル (607nm) を付加する改良を実施すると共に (Mie-Raman ライダー (MRL)), 2014 年からは九州大学 (福岡)、富山大学 (富山)、辺戸岬観測所 (沖縄) に、多波長 Mie-Raman ライダー (MMRL) を順次構築し、連続観測を開始するに至った^{*2}. MMRL からは、2 波長 (532, 355nm) での消散係数 (α), 3 波長 (1064, 532, 355nm) での β , 2 波長 (532, 355nm) での δ の全 7 チャンネルのデータが同時に得られる。MRL からは 1α (532) + 2β (532, 1064) + 1δ (532) のデータが得られる。

ML データを用いて鉱物ダスト (DS) や大気汚染粒子、そして海塩粒子 (SS) を分離推定するアルゴリズムが開発され、実用化されている^{*1,3}. これらの発展として、MRL や MMRL の (内の) 4 チャンネルデータから DS, SS と共に、大気汚染粒子を更に分別し、ブラックカーボン (BC) とそれ以外の大気汚染粒子 (AP: 硫酸塩粒子等) を推定するアルゴリズム (以下、4 チャンネル法) が開発された^{*2}. 更に、MMRL の全 7 チャンネルデータを用いて、上記 4 種エアロゾルの消散係数と共に、3 種エアロゾル (DS, SS, AP) の有効半径を推定するアルゴリズムの開発も進められている^{*4}.

上記 4 チャンネル法の性能評価として、測定誤差やアルゴリズムの仮定に対する推定誤差の理論的評価は既に行われているが、他の実測値との比較検証は十分には為されていない。そこで、本研究では、性能評価の精緻化を目的として、九州大学で実施された地上サンプリング計測^{*5} と、同地の MMRL データに対する 4 チャンネル法の適用結果の比較を試みた。

2. 地上サンプリングデータ

九州大学にてエアロゾル成分分析装置 ACSA-12 (紀本電子工業) による計測が実施された。ここでは 2014 年 9 月~2016 年 5 月までのデータが用いられる。ACSA-12 による直接サンプリングから、微小粒子 (PM_{10} : $D < 2.5 \mu m$) と粗大粒子 ($PM_{2.5}$: $2.5 \mu m < D < 10 \mu m$) の重量濃度を得られた。また、微小粒子と粗大粒子に内包される溶性有機化合物 (WSOC)、硝酸イオン (NO_3^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-}) の重量濃度や微小粒子に対する光学的元素状炭素 (OBC) の重量濃度も得られた。

3. エアロゾル重量濃度の算出方法

ACSA-12 の測定値と比較するために、ライダーで推定されたエアロゾル種毎の波長 532nm での消散係数から、ACSA-12 の出力に相当する重量濃度の算出を試みた。4 チャンネル法では、エアロゾル種毎の体積粒径分布の形状としてログノーマル分布を仮定し、そのモード半径と標準偏差はエアロゾル種毎に固定されている^{*2}. AP と SS については吸湿成長を考

慮するために、相対湿度に応じて粒径を増減させる機能が実装されているが、本解析では相対湿度 60% で固定としている。また、粒子の形状として DS は回転楕円体、その他 (SS, BC, AP) は球形としている。そこで、これらの仮定を用いて体積濃度を算出し、それに、エアロゾル種毎の重量密度^{*6} を掛け合わせることで、エアロゾル種毎の重量濃度を算出すると共に、微小粒子、粗大粒子、及び全粒子 (微小粒子+粗大粒子) の重量濃度を算出する。

3. 初期解析結果と今後の予定

2014年9月から2016年5月までのMMRLデータより推定されたエアロゾル種毎の消散係数の時系列を示す (図1 (a))。高度 300m-500mでの推定値を1時間毎に平均化しプロットした。実線は前後3日の移動平均となる。また、このエアロゾル種毎の消散係数からエアロゾル種毎と共に、微小粒子、粗大粒子、及び全粒子の乾燥重量濃度を算出した (図1 (b))。地上サンプリング結果についても同様に1時間毎 (点) 及び移動平均 (実線) のデータセットを作成した。

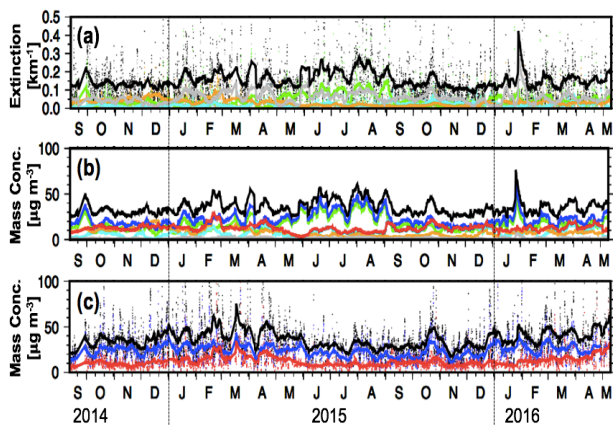


Fig. 1 Estimates from lidar data (fig. a and b) and from ACSA-12 at Fukuoka from Sep. 2014 to May 2016. Fig.(a): Extinction coefficients at 532nm for AP(Green), SS(Cyan), DS(Orange),BC(Gray), and Total (Black). Fig.(b): Dry mass concentration for AP(Green), SS(Cyan), DS(Orange), BC(Gray), fine mode particles (Blue), coarse mode particles (Red), and total particles (Black). Fig. (c): wet mass concentration for fine mode (Blue), coarse mode (Red), and total (black) particles.

上記の移動平均データを用いて比較を行った。図2に全期間での微小粒子に対する重量濃度の比 (Lidar/地上サンプリング) の頻度分布を示す。平均値が 1.01、標準偏差が 1.09 であることから概ね良い一致が見られる。一方、頻度分布にはライダー推定値を過少とする偏りが見られ、中央値は 0.75 であった。重量濃度比の時系列データを見ると (ここでは示していない)、全期間において概ねライダー推定値が過少であり、夏季には過大となる傾向が見られた。

ライダーから算出された重量濃度は乾燥重量濃度

(湿度 0% 下での粒子重量濃度) であり、実際の大气湿度に相当したものはなっていない (一方で ACSA-12 では大气湿度に相当したものとなっている)。また、ライダーの解析では湿度 60% 下での湿潤粒子に相当する AP 及び SS の光学モデルを用いていることや、大気プロファイルとして標準大気モデルを用いており、現実の大气に最適なものはなっていない。そこで、これらを補正するために、大気プロファイルとして数値モデルの再解析データを用いてライダーデータを再解析する予定である。本発表では、これらの結果と共に、粗大粒子や全粒子、また組成毎 (BC 等) の比較結果について示す予定である。

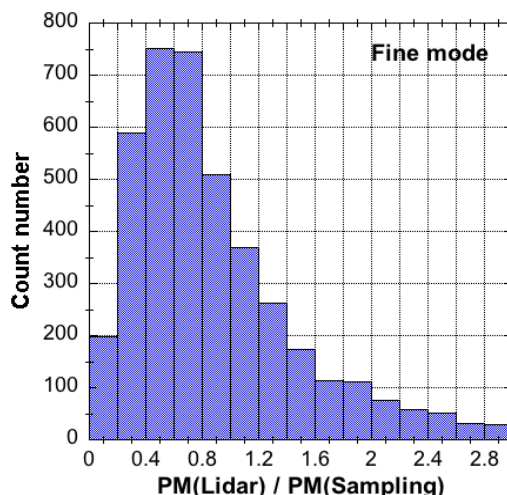


Fig.2 Frequency distribution on ratios of mass concentration for fine mode particles derived from lidar and ACSA-12 at Fukuoka from Sep. 2014 to May 2016.

謝辞

本研究は科研費基盤研究 (課題番号 S25220101) の助成のもと実施されている。また、本研究の一部は JAXA/EarthCARE 受託研究の助成の下で実施されている。

参考文献

- (1) A. Shimizu, T. Nishizawa, Y. Jin, and N. Sugimoto: Opt. Eng. (2016) 031219.
- (2) T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, Y. Hara, U. Itsushi, K. Yasunaga, R. Kudo, and S.-W. Kim: JQSRT **188** (2017) 79-93.
- (3) T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, and H. Okamoto: JQSRT **112** (2011) 254-267.
- (4) T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, Y. Hara, and U. Itsushi: ILRC proceedings (2017) 4pp.
- (5) Y. Hara, T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, X. Pan, H. Kobayashi, K. Osada, and I. Uno: JQSRT **188** (2017) 20-27.
- (6) M. Hess, P. Koepke, and I. Schult: Bull. Amer. Meteor. Soc. **79** (1998) 831-844.