

ライダー観測とミー散乱計算による地表エアロゾル光学特性の解析

シャフケティ アリフ¹, ノフェル ラゴロサス¹, オン マリエル プレイン¹, 椎名 達雄², 久世 宏明¹

¹千葉大学 環境リモートセンシング研究センター (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33)

²千葉大学大学院工学研究院 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33)

Analysis of aerosol optical characteristics of near-surface aerosol based on lidar observation and Mie-scattering simulation

Alifu Xiafukaiti¹, Nofel Lagrosas¹, Prane Mariel Ong¹, Tatsuo Shiina², and Hiroaki Kuze¹

¹Center of Environmental Remote Sensing, Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522

²Graduate School of Engineering, Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522

Abstract: Aerosol properties in Chiba are significantly affected by aerosols from the Tokyo Bay, potentially including particles emitted from vessels. In this work, aerosol characterization is implemented at Chiba University using the data from a near-horizontal lidar, together with the number size distribution derived from optical particle counters. By choosing appropriate aerosol models and considering the aerosol coating under high relative humidity conditions, we find good agreements of the temporal variation of the aerosol extinction coefficient at 351 nm between the lidar data and simulation. As a result, continuous measurements with these instruments are useful for understanding the effect of various weather conditions on the dynamics of aerosol optical properties over both land and sea areas.

Key Words: Aerosol, Mie Scattering, Lidar, Sampling Instrument, Refractive Index

1. はじめに

千葉のような臨海都市域においては、内湾からのエアロゾルが大気環境に影響を与える¹⁾。東京湾の場合はとくに大型の船舶からの影響も考えられるが、その環境影響は明らかでない。本研究では、地上付近のエアロゾルについて、水平観測ライダー²⁾により空間的分布情報を取得するとともに、気象データと地上サンプリングデータを用いてエアロゾルの特性評価を行った。とくに、光学式パーティクルカウンタ(Optical Particle Counter, OPC)による粒径分布に基づいてミー散乱計算を行い、風向・風速および相対湿度の変化に合わせて屈折率と粒径分布を調整した。得られたエアロゾル消散係数をライダー観測値と比較し、エアロゾルの光学特性について解析した。

2. 実験装置

本研究では、ミー散乱型ライダー装置(Fig. 1左)、気象モニタリング装置(Davis Vantage Pro2)、およびOPC (Rion, KC-22B, KC-01E)を使用した。これらの装置は千葉大学総合研究棟の屋上(地表高度 45 m)に設置されている。

2.1 ライダー装置

ミー散乱ライダー装置では、面的・立体的な計測が可能なPPI (Plan Position Indicator)モード計測装置に波長 351 nm (1 kHz, 130 μJ) のNd:YLF レーザを光源として使用した。Figure 1(右)に示したよう、ライダー装置は南西方向(東京湾)に向かって方位を

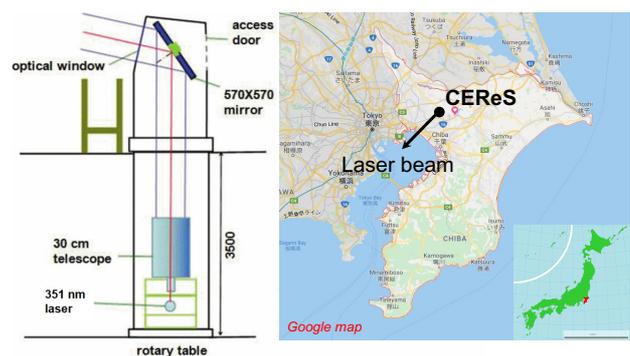


Fig. 1 Schematic of the nearly horizontal Mie scattering lidar, with the location of ground-based instrument and lidar systems (Chiba University).

固定し、仰角 2° で連続的な計測を実施した。

受光部では、直径 30 cm のカセグレン式望遠鏡に中心波長が 350 nm のフィルタ(バンド幅 10 nm)と光電子増倍管(Hamamatsu, H10304-00)を設置し、過渡現象記録装置(Licel, TR20-160)により、距離 7.5 m ほどの後方散乱光強度を記録した。

2.2 地上サンプリングシステム

地上サンプリングシステムでは、風向・風速と相対湿度を測定するため気象モニタリング装置を使用した。2台のOPCを用いて微小粒子(0.08, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5 μm)および粗大粒子(0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 μm)粒子に分けて粒径ごとの粒子数濃度を測定した。

3. 解析方法

ライダー水平観測による解析については図2のような過程で行った。まず、バックグラウンド補正と距離二乗補正を行った信号の移動平均を行い、Fig. 2(a)のように有効な信号を選択した。近傍での重なり関数と遠方でのノイズの影響を除いて大気境界層内のエアロゾル消散係数を解析するため、信号の最大値(図の R_0)から信号の減衰が継続する最大距離(図の R_c)までの間を対象として解析した。まず、Slope法³⁾を用いて R_c での消散係数の参照値を算出した。ついで、Klett法⁴⁾を用い、Fig. 2(b)のように消散係数の距離依存性を求めた。地上サンプリングによる消散係数の計算では、粒径別の個数濃度からのエアロゾル粒径分布を算出し、風向・風速により異なる屈折率を用いてミー散乱シミュレーションを行った。湿度が高い場合、吸湿性のエアロゾルの粒径が増加することを考慮するため、コーティング粒子に対する散乱計算を行った。

4. 結果と考察

2018年12月4日の風向・風速および相対湿度の変化をFig. 3に示す。0時から12時頃まで北ないし東北から風速 5 ms^{-1} 程度の風が吹き、この間の湿度は60%以上であった。12時以降、風向は南ないし南西方向に変わり、風速は 10 ms^{-1} まで増加した。ライダー観測による消散係数の時間変化と地上サンプリングに基づくミー散乱計算結果をFig. 4に示す。このシミュレーションでは、都市域からの風(北風)の場合に都市大気モデルの屈折率($1.51-0.017i$)を仮定し、東京湾(西風・南風)の場合、海洋大気モデルの屈折率($1.4-0.0001i$)と海塩屈折率($1.58-0.0001i$)を仮定した。湿度による粒径の増大については、元の粒子半径 r_1 とコーティング部分の半径 r_2 の比を湿度により変化させた。その結果、0時から9時にかけての高湿度時について、 $r_2=0.3r_1$ の場合にシミュレーション値がライダー観測の結果と一致した。低湿度でコーティングの蒸発が起こる場合(9時~12時)、コーティング径の減少により実測値の変化を説明できた。風向が変化した場合、海洋大気モデルの屈折率(12時~17時)と海塩屈折率(17時~24時)を用いてシミュレーションを行い、実測との一致性が得られた。このとき、凝結が発生するため、コーティング径が増加すると考えられる。

5. まとめ

本研究では、水平観測ライダーにより消散係数の空間的分布情報を取得するとともに、気象データと地上サンプリングデータを用いて地上付近のエアロゾルの光学特性評価を行った。屈折率を風向・風速により、また粒径を相対湿度の変化により調整することによって、観測されたエアロゾル消散係数の

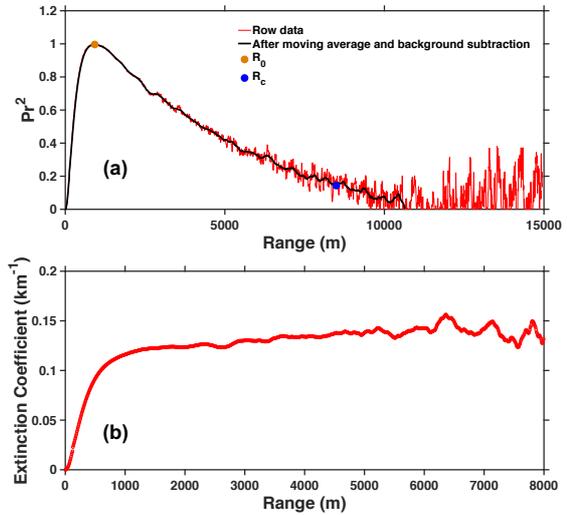


Fig. 2 Calculation method for extinction coefficient of near horizontal lidar measurement.

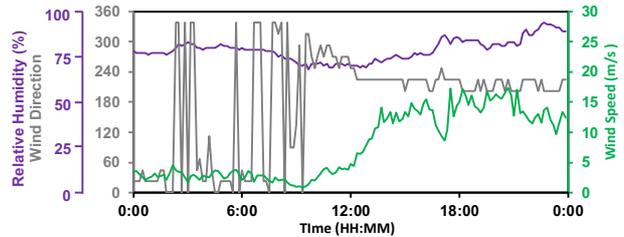


Fig. 3 Weather conditions observed on Dec. 4, 2018.

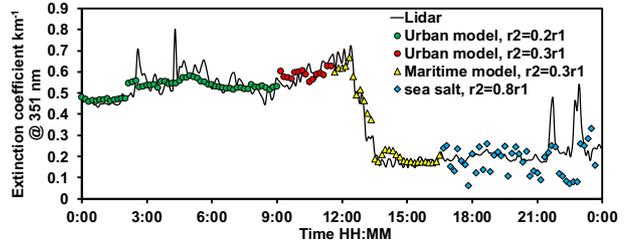


Fig. 4 Temporal change of aerosol extinction coefficient at the peak range (R_0) from lidar data and Mie-scattering simulation on Dec. 4, 2018.

時間変化をミー散乱シミュレーションで再現することが明らかになった。今後、船舶や沿岸の工場等に由来する人為起源エアロゾルの影響についても評価を行っていく。

参考文献

- 1) S. Fukagawa, H. Kuze, G. Bagtasa, S. Naito, M. Yabuki, T. Takamura, N. Takeuchi, *Atm. Environ.* 40(12), 2006.
- 2) H. Kuze, *SPIE Newsroom* 2012.
- 3) R.T.H. Collis, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 92(392), 1966.
- 4) J.D. Klett, *Appl. Opt.* 20, 1981.