

双頭型偏光ライダーによる都市部エアロゾルの水平分布計測

Measurement of Horizontal Distribution of City Aerosols by Biaxial Typed Polarization Lidar

羅 恩¹, 孫 義傑¹, 椎名 達雄¹, 野口 和夫²
En Luo¹, Yijie Sun¹, Tatsuo Shiina¹, and Kazuo Noguchi²

¹ 千葉大学大学院融合科学研究科, ² 千葉工業大学工学部

¹ Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

² Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology

Abstract

Recently, the role of aerosols in the environmental affairs like global warming and acid rain is drawing attention. The density distribution of aerosols in low atmosphere receives large influences from turbulence on the ground and humidity. To measure the spatial and temporal change of aerosols near ground, we developed the biaxial typed polarization lidar which can measure and analyze the horizontal atmosphere in low altitude. Spatial distribution of city aerosols was captured by horizontal scan. We got the daily change of the extinction coefficient in a full day measurement. The relationship between the atmospheric extinction coefficient and the temperature or the humidity was examined.

1.はじめに

従来より、環境汚染や健康被害の原因となるエアロゾルが議論されてきた。本研究では都市部の大気汚染、光化学スモッグにつながる水平方向の低層エアロゾル計測を目標としている。低層エアロゾルは地上の地形や構造物の影響を強く受け、地上の乱流や湿度の影響で大きく変化する。本研究は地上付近のエアロゾルの時間的・空間的な変化を捉えるために水平方向の計測が可能な偏光ライダーの開発を行い、長時間におよぶ低層水平方向大気の計測とエアロゾルの定量評価を目的としている。また、本研究は千葉工業大学との共同研究で行っている。

本報告では開発したライダーを用いて水平方向の計測結果を示し、水平方向エアロゾルの時間変化や空間分布について報告する。

2.ライダーシステム概要

本研究では、最大計測レンジ 20km の偏光ライダーを開発した。Table 1 にライダーの仕様、Fig.1 にライダーの構成図、Fig.2 に完成したライダー装置を示す。本ライダーは双頭型ライダーであり、水平方向にレーザを出射し、大気中のエアロゾルなどからの後方散乱光を望遠鏡で受光する。本システムは大気中に PS 偏光成分が 1:1 の状態でレーザを出射し、P 偏光及び S 偏光成分を別々に受光することで偏光解消成分を計測可能としている。正確な偏光成分計測のために、受信視野角を 0.25mrad と狭めることで多重散乱光の除去を行っている。また、レーザの送信地点から距離 220m 以降でレーザ光と望遠鏡の視野が重なるように設計した。さらに、装置はすべてワゴンに搭載し、移動可能なため任意の方向での計測が可能である。加えて、作成した自動計測プログラムを用いて、PC 制御による自動計測を行っている。

3.計測場所・方向

本研究では千葉工業大学工学部新 1 号棟 12 階にライダーを設置し、ライダー観測を行っている。実際のライダーの計測方向を Fig.3 に示す。本研究の計測場所は海の近くにあるため、海からの風や水蒸気などの影響[1]を考慮し、東京方向ならびに海側方向を計測する。レーザビームは病院、学校の上を通り、京成線、成田街道や京葉道路といった主幹線道路の上にもまたがっており、排気

Table 1 Lidar specifications.

Laser	NEW WAVE RESEARCH
Type	Nd:YAG laser
Power	10mJ/6ns
Wavelength	532nm
Frequency	10Hz
Telescope	CELESTRON
Type	Schmidt Cassegrain
Diameter	20.3cm
FOV	0.25mrad
Detector	Hamamatsu photonics
Type	PMT H6780

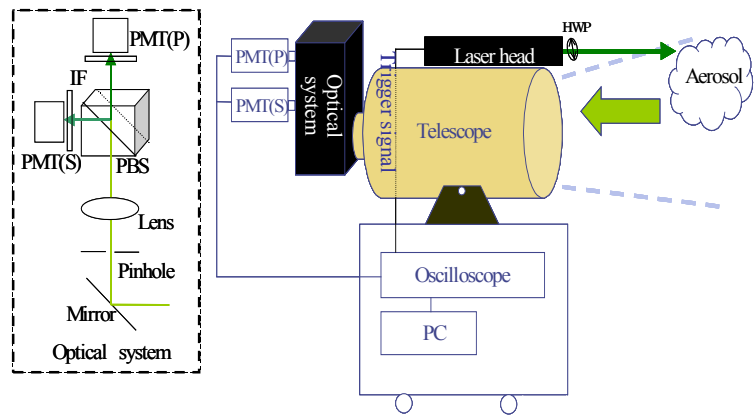


Fig. 1 Biaxial typed polarization lidar system.

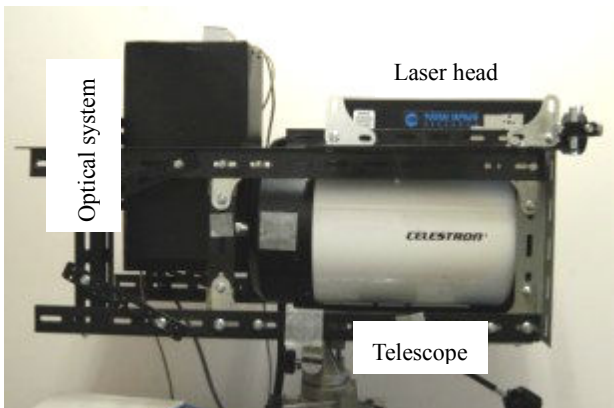


Fig.2 Photograph of the lidar.

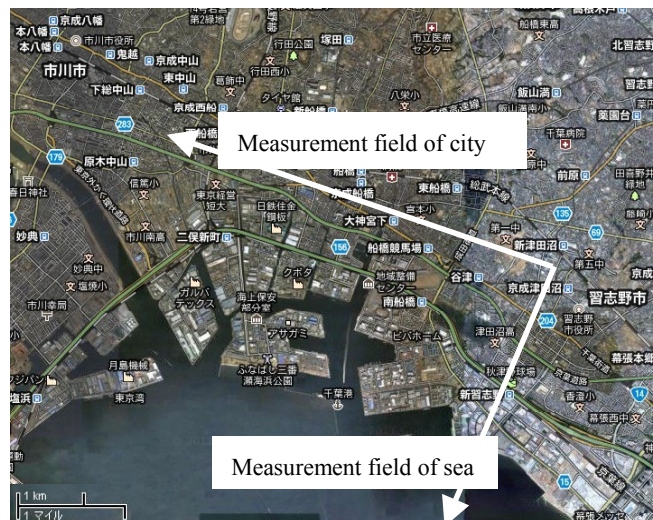


Fig.3 Measurement field of city and sea.

ガス等のエアロゾル層を検出することができる。また、本研究で想定している計測範囲は 20km であり、東京までの計測が可能となっている。室内からライダー観測を行っており、ビルのガラスを通し、大気中にレーザービームをほぼ水平に出射している。ガラスに対して垂直にレーザービームが入射すると、ガラスからの反射光がレーザーヘッドに入射し、壊れる可能性があるため、水平から垂直方向に 4 度傾けて計測している。

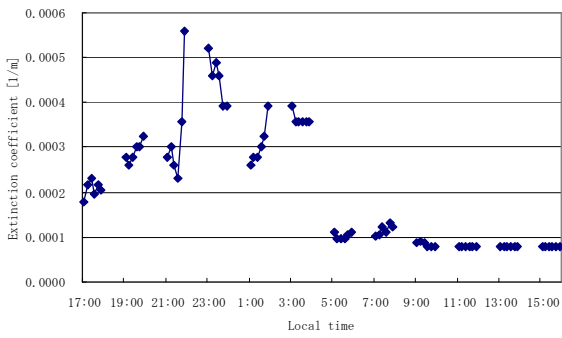
4. 計測結果

2011 年 1 月 24 日 17 時から 1 月 25 日 16 時まで 1 時間ごとに計測を行い、スロープ法を用いて一日の大気水平エアロゾルの時間変化を求めた。1 回の計測時間は 10 分間で、6 回連続計測し、平均値を求めた。ここでレーザー本体の安定性を考慮し、1 時間の連続計測後、1 時間休憩する方法で、各時間の大気消散係数を得た。各時間の消散係数の値と、湿度及び大気温度との関係を Fig.4 に示す。深夜 11 時ごろ、湿度は 88% と最も大きな値になり、大気消散係数も最大値になった。また、朝 6 時ごろ、湿度は急激に減少し、大気消散係数も小さくなった。それに対して、気温は時間と共

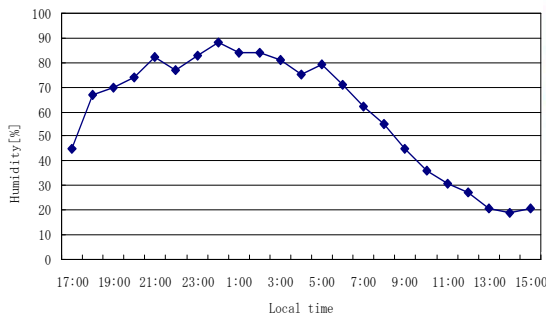
2011.1.24 Fine Temp.:7.2deg Hum.:67%

2011.5.27 Cloudy Temp.:20deg Hum.:67%

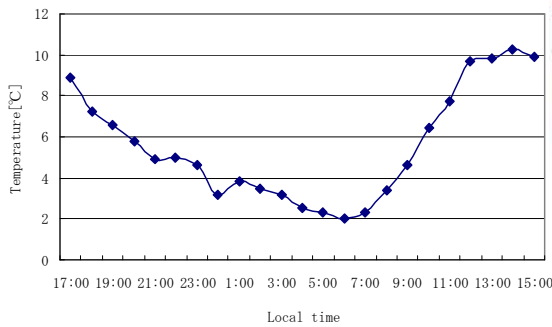
Wind: south-southeast



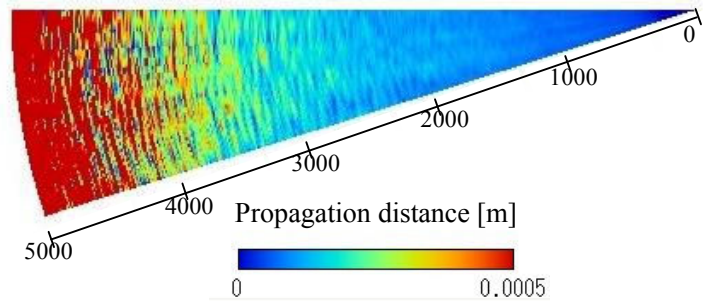
(a) Atmospheric extinction coefficient



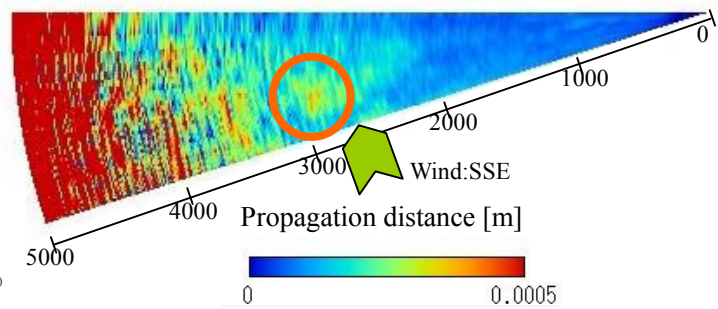
(b) Atmospheric humidity



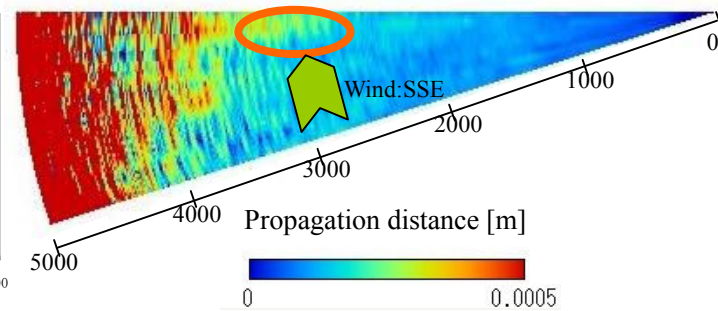
(c) Atmospheric temperature



(a) 17:00-17:10 P polarization



(b) 17:55-18:05 P polarization



(c) 18:15-18:25 P polarization

Fig.4 Relationship between atmospheric extinction coefficient and humidity and temperature.

Fig.5 Spatial distribution of city aerosols in city direction.

に上昇していった。これらの結果から、低空大気の消散係数、つまりエアロゾルの分布は地上湿度の変化に追従し、気温に反比例している様子が観察できた。

次に、都市部のエアロゾルの空間分布を知るために、都市部の水平スキヤニング計測を行った。消散係数の空間分布を求めた結果を Fig.5 に示す。17:00、17:55、18:15 にそれぞれ一分間隔で、1°ごとに合計 10 分間計測を行った。計測距離 5km、ライダーの回転角 10° から 5km 先の地点を 872 m 分の距離をスキヤニング計測したことになる。17:00-17:10 の計測結果ではエアロゾルが比較的均一に分布していることがわかる。そして、その後の 17:55-18:05 の計測結果では 2-3km 地点で消散係数が大きくなっておりエアロゾルが現れていることが確認できる。また、18:15-18:25 の計測

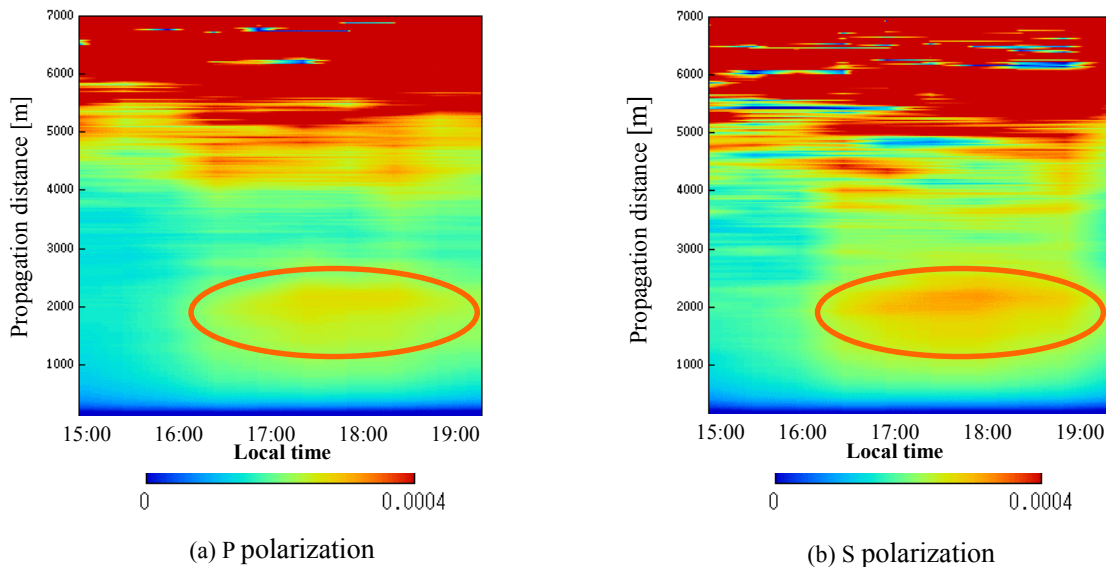


Fig.6 Temporal change of atmospheric extinction coefficient in sea direction.

においても 3km 付近で消散係数が大きくなっている。計測時の風向きが南南東であることから 18:15-18:25 の計測で得られたエアロゾルの塊が風によって流されたと考えられる。

更に、2011 年 6 月 24 日海側を 5 時間連続計測し、フェルナルドの解法[2]を用いて消散係数を求め二次元表示した。消散係数の時間変化の結果を Fig.6 に示す。16 時ごろから 19 時ごろまで、2km 離れた京葉道路付近の消散係数が大きくなっており、エアロゾルの濃度が高くなっていることがわかる。これは、高速道路の渋滞、もしくは車両の増加によってエアロゾルの濃度が高くなり、消散係数が大きくなったと考えられる。

5.まとめ

水平方向の計測が可能な偏光ライダーの開発を行った。このライダーを用いて、都市部ならびに海側の低層大気の長時間計測を行った。また、都市部水平方向の低層大気消散係数の変化と温度及び湿度の関係性が明らかになった。さらに、都市部 海側の観測を通して低層水平エアロゾルの時間変化や空間分布が得られた。今後、偏光解消度の解析を行っていく。また、大気汚染や光化学スモッグ発生時における大気状況を観測していく。

参考文献：

- 1)F. Gao, K.Bergant, A.Filipic, B.Fortea, D.X.Hua, X.Q.Song, S.Stanic, D.Veberic, M.Zavrtanik, "Observations of the atmospheric boundary layer across the land-sea transition zone using a scanning Mie lidar" Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 112 pp:182-188,(2011)
- 2)Frederick G. Fernald, "Analysis of atmospheric lidar observations:some comments" APPLIED OPTICS, Vol.23, No.5, pp.652-653,(1984)