

D6

4 波長ライダー等を利用した大気エアロゾル計測

Atmospheric aerosol measurements using a four-wavelength lidar
and meteorological instruments

矢吹 正教、金城 秀樹、美濃村 満生、佐藤 愛樹

金田 真一、ワヒウ ウィダダ、久世 宏明、竹内 延夫

M. Yabuki, H. Kinjo, M. Minomura, N. Sato, S. Kaneta, W. Wahyu, H. Kuze and N. Takeuchi

千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

Center for Environmental Remote Sensing , Chiba-University

Abstract

Aerosol profiles in the urban area are studied by means of a four-wavelength lidar. In order to derive absolute values for the aerosol extinction coefficients meteorological instruments such as a sunphotometer are useful to obtain the additional information needed to determine the S_1 parameter for the inversion of lidar data.

1. はじめに

大気中においてエアロゾルは、直接汚染物質となるほか、多岐にわたる現象を経て気候・気象に影響を与える。対流圏内の気塊の動きは変化に富んでおり、それに伴って流動するエアロゾルの挙動を知ることは大変興味深い。ライダーは、エアロゾル計測において有効な手段の1つであるが、ローカルな特性を示す対流圏エアロゾルの後方散乱を測るこのシステムには、なお解決すべき問題点も多い。本研究では、パラメータ $S_1 = \alpha / \beta$ (α : 消散係数、 β : 後方散乱係数) に着目し、シュミレーション、およびサンフォトメーターを用いてライダーとの比較を行った。ここで述べるライダーは、千葉大学環境リモートセンシング研究センターで人工衛星データの大气補正の研究に活用しているものである。

2. S_1 パラメーターのシュミレーション

各粒径に対する α 、 β は、Mie散乱理論により求めることができる。これにLognormalであると仮定した粒径分布を用いると、 S_1 を理論的に計算できる。この計算には屈折率が必要となるが、ここでは“都市型 (Urban) モデル” (1.50–0.006 i) と“水滴” (1.33–0.000 i) を仮定し、粒径分布では“都市型モデル”を仮定した。計算された波長と S_1 の関係をFig. 1、Fig. 2に示す。次に述べるライダーの波長355、532、756、1064nmに相当する S_1 の値は、“都市型モデル” で58、40、29、21、“水滴” で87、55、39、29であった (単位はsr)。

3. 4波長ライダー

本研究で使用したライダーの仕様をTable 1に示す。ライダーデータの解析に使われるKlett法は、光の減衰がエアロゾルのみに起因するという仮定のもとでの解であるのに対し、Fernald

法はレイリー散乱とエアロゾル両方の減衰を考慮にいれている。しかし、どちらの解法とも α 、 β の線形関係の仮定があり、また初期値が遠方に置かれているため、遠方の積分開始点(参照高度、 z_c)におけるエアロゾル消散係数の値 $\alpha_1(z_c)$ を仮定する必要がある。本研究では各波長毎に前述の S_1 と $\alpha_1(z_c) = \delta\alpha_{LW}(z_c)$ で与えられる δ の値をパラメータにとった。ここで $\alpha_{LW}(z_c)$ は、高度 z_c におけるLOWTRANモデルのエアロゾル消散係数である。

一例として、Fig. 3～Fig. 4に98年4月10日15:05のデータの解析結果を示す。このデータに対してFernald法を適用し、 $\alpha_1(z)$ および光学的厚さ $\tau(z)$ を計算した。得られた結果と、サンフォトメーターにより計測された同時刻の光学的厚さが一致するようにパラメータを調整した。結果をFig. 5, 6に示す。また、Table 2にシュミレーションから出した S_1 と、実際のデータから求めた S_1 の値をまとめた。

4. まとめ

多波長ライダーの計測結果と、サンフォトメーターによる光学的厚さが一致する条件から S_1 パラメーターの波長依存性を導いた。この結果はMie散乱理論を用いたシュミレーションと類似の波長依存性を示している。パラメータ S_1 の湿度との相関や、高度別変化の導出等が今後の課題となる。

ここで述べてきた測定方法以外にも、仰角を抑えた小型ライダーとの同時計測や、積分型ネフェロメーターで測られる消散係数との比較、さらにHe-Neレーザーによる長光路吸収法(装置の構成をFig. 7に、データ例をFig. 8に示す)による地表付近のエアロゾル計測結果比較などについても、講演で述べる。

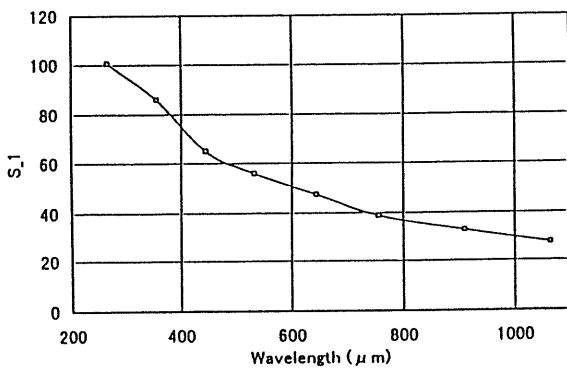


Fig.1 S_1 parameter against wavelength for $n=1.33-0.000i$.

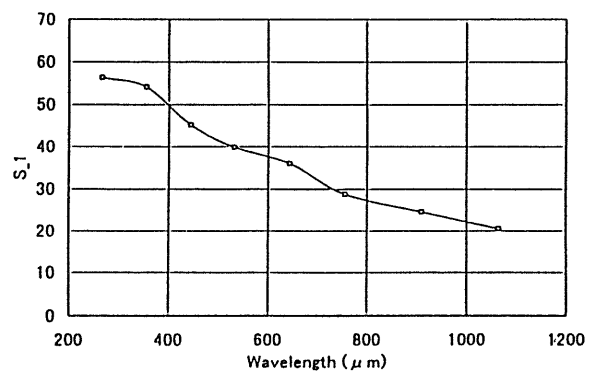


Fig.2 S_1 parameter against wavelength for $n=1.50-0.006i$.

Table 1 Specification of the four-wavelength lidar

LASER	Fundamental, second harmonic, and third harmonic frequency of a Nd:YAG laser, Ti:Al ₂ O ₃ laser pumped by a Nd:YAG laser (SII)			
WAVELENGTH(nm)	1064	756	532	355
LASER	Nd:YAG	Ti:Al ₂ O ₃	Nd:YAG(SII)	Nd:YAG(TH)
Repetition Rate	1011z			
Pulse Energy(mJ)	600	120	300	160
Beam Divergence	<0.6mrad			
Output Stability	Better than 6% (RMS)			
Polarization Accuracy	Horizontal / Purity : better than 99%			
Pointing Accuracy	<0.1mrad / Remote Control			
TELESCOPE	Newtonian; Vertical Looking			
Diameter	0.8 m	Effective mirror area		0.47 m ²
FOV	0.6 - 10 mrad 2mrad; standard			
Scanning	Separate scanner with an effective area of 0.2 m ²			
EFFICIENCY of OPTICS	0.3			
DETECTOR	APD	PMT	PMT	PMT
	EG&G CF309066	Hamamatsu R3896	Hamamatsu R3896	Hamamatsu R3896
Quantum efficiency	0.4	0.084	0.2	0.3
Filter width (nm)	3.9	1.9	1.9	1.9
SKY RADIANCE (W / m ² / nm / sr)	0.0234	0.072	0.142	0.098

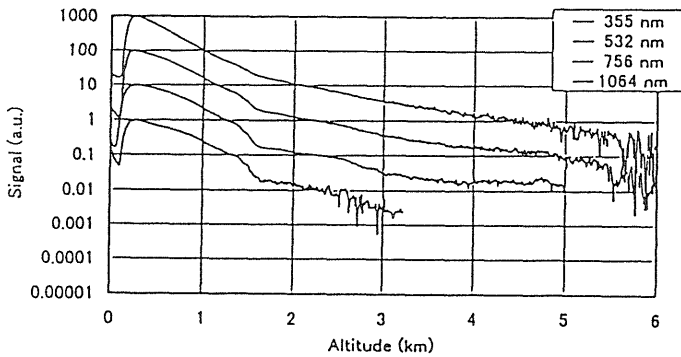


Fig.3 A-scope signals measured with the four-wavelength lidar.

(April 10, 1998, 15:05)

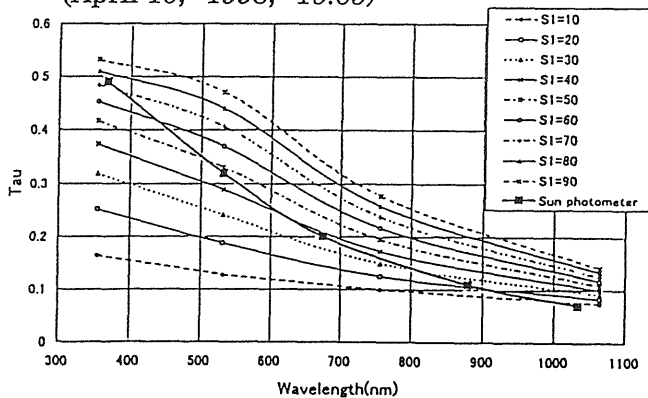


Fig.5 Total optical thickness of aerosol by sunphotometer and partial optical thickness (355/532 nm; 4 km, 756/1064 nm; 2.5 km) by lidar($\delta = 0.2$).

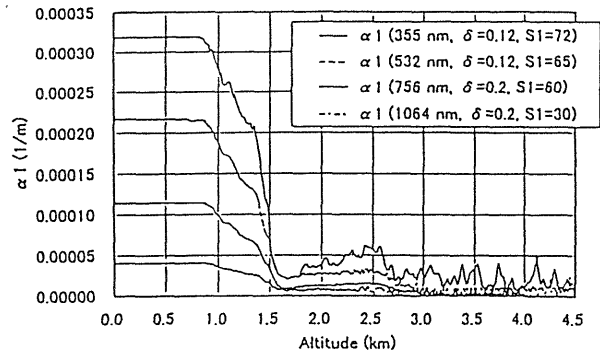


Fig. 4 Aerosol extinction coefficient measured with the four-wavelength lidar.

(April 10, 1998, 15:05)

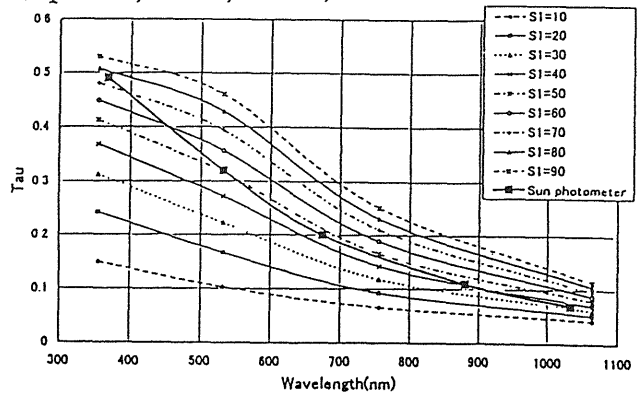


Fig.6 Total optical thickness of aerosol by sunphotometer and partial optical thickness (355/532 nm; 4 km, 756/1064 nm; 2.5 km) by lidar($\delta = 0.1$).

Table 2 S_1 parameter (sr)

S_1 (sr) 波長 λ	Calculated ($n=1.33-0.000i$)	Calculated ($n=1.50-0.006i$)	$\delta = 0.1$	$\delta = 0.2$
355 nm	8 7	5 8	8 2	8 0
532 nm	5 5	4 0	5 1	4 7
756 nm	3 9	2 9	4 7	3 4
1064 nm	2 9	2 1	3 1	

Laboratory building (5th floor)

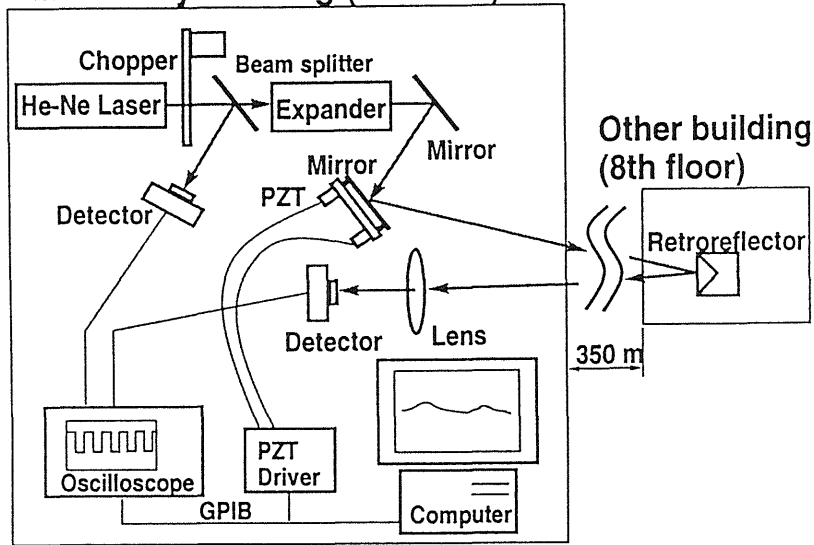


Fig.7 Laser-long path method with a He-Ne Laser

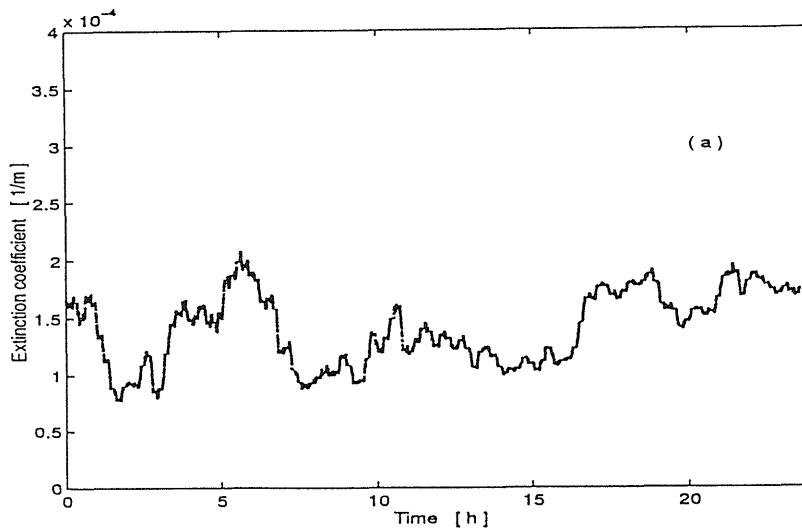


Fig.8 Aerosol extinction coefficient measured with a He-Ne Laser
(February 14, 1998)