

鎌倉市における地表付近エアロゾル数の年間推移と 波長 1.5 μm における後方散乱係数の推定

Transition of aerosol number for a year at Kamakura city
and prediction of aerosol backscatter coefficient for 1.5 micron

亀山 俊平、安藤 俊行、平野 嘉仁

Shumpei Kameyama, Toshiyuki Ando, and Yoshihito Hirano
三菱電機(株) 情報技術総合研究所

Mitsubishi Electric Corporation Information Technology R&D Center

Abstract

In the design of wind sensing Doppler lidar, it is important to know the aerosol backscatter coefficient. So we have measured the aerosol number and its transition at Kamakura city for a year. Here we report the measured results and predict the backscatter coefficient for the wavelength of 1.5 micron which is used in our lidar. The predicted average backscatter coefficient is 3.1×10^{-7} /m/sr.

1. まえがき

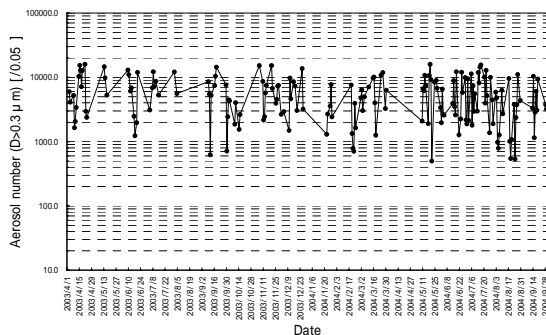
当社製風計測ライダーにおいて使用している波長 1.5 μm 帯における後方散乱係数は、文献[1]等に示されているが、特に地表付近のデータが少なくシステム設計における前提条件を決めるのが難しかった。そこで我々は、エアロゾル数の推移を鎌倉市にある当社敷地にて継続的に計測し、その変動の程度を知るとともにオーダ的な後方散乱係数推定を試みた。ここではその結果について報告する。

2. エアロゾル数の年間推移と後方散乱係数の推定

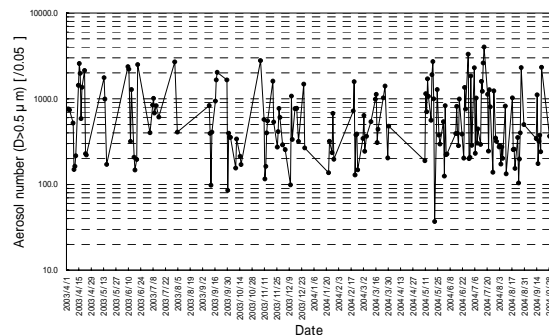
パーティクルカウンタを用いて体積 0.05 中のエアロゾル数を 0.3 μm 以上および 0.5 μm 以上の 2 つの粒径範囲について計測し、さらに計測したエアロゾル数から波長 1.55 μm における後方散乱係数を推定した。計測は、2003 年 4 月~2004 年 9 月にわたり日に 1 回を目処に行った。推定では、エアロゾル粒径数密度分布を次式 (1) に示す Junge 分布で近似できるものとした。

$$N(D) = C \times D^{-m} \quad (1)$$

ここで、D はエアロゾルの粒径、m は Junge スロープ、C は定数である。この分布を用いることで、2 つの粒径範囲のエアロゾル数から、2 つの未知数 (Junge スロープおよび定数 C) を求めることが可能となる。求めた粒径数密度分布と各粒径成分のミー散乱係数とを乗じて積分することにより後方散乱係数の推定を行った。エアロゾルの屈折率については計測する手段を有していなかったため暫定的に (1.45, 0) としたが、屈折率を 1.4 ~ 1.55 の間で変えると後方散乱係数の推定結果に約 2 倍の変化が生じる。光波長は当社製ライダーの使用波長である 1.55 μm とした。エアロゾル数、および推定した Junge スロープおよび後方散乱係数の推移を Figs. 1 および 2 に示す。エアロゾル数は日に依存して 10 倍以上の範囲で変化していたが、顕著な季節依存性は見られなかった。各パラメータの平均値と標準偏差を Table 1 に各々示す。

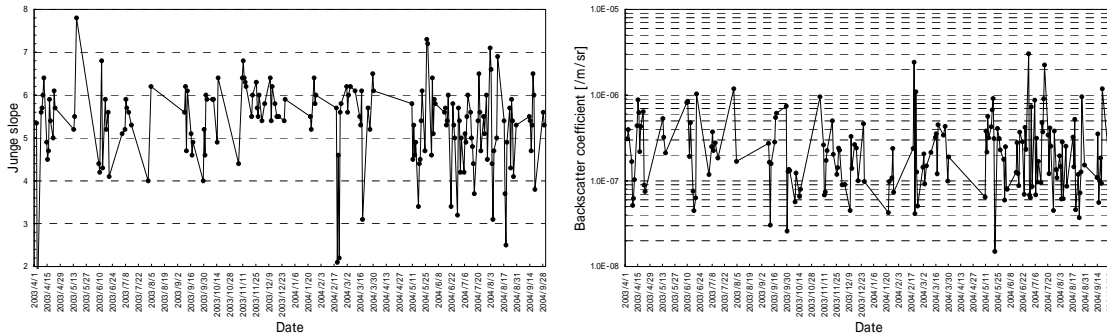


(a) Diameter: > 0.3 μm



(b) Diameter: > 0.5 μm

Fig. 1 Transition of aerosol number.



(a)Junge slope (b)Backscatter coefficient
Fig. 2 Predicted results of Junge slope and backscatter coefficient

Table. 1 Summary of measured and predicted results

Parameter	Mean	Standard deviation
Aerosol number(>0.3 μm)	5958	4101
Aerosol number(>0.5 μm)	757	740
Junge slope	5.3	0.9
Backscatter coefficient(/m/sr)	3.1×10^{-7}	4.1×10^{-7}

3. 推定結果の妥当性検証

2.に記載したように、本論文における後方散乱係数の推定にはいくつかの仮定を用いているので、本推定はあくまでもオーダ的なものである。したがって、他の文献値との比較を行い、推定値の妥当性について検証した。さらに大気シミュレーションソフト Modtran で用いられているエアロゾルモデルから求めた計算値と比較した。この計算では、エアロゾルモデルと視程を決めることでエアロゾルの比屈折率および粒径数密度分布を設定した。比屈折率から各粒径におけるミー散乱係数を求め、この係数と粒径数密度分布の積を積分して後方散乱係数を求めた。エアロゾルモデルは Rural モデル、視程は 20km とした。上記文献値および推定値をまとめたものを Table 2 に示す。なお、文献[2]では、波長 0.53 μm の後方散乱係数を基準とし、後方散乱係数が波長の-1 乗に比例するものとしているが、文献[3]にも記載されているように、波長 0.53 ~ 1.55 μm の間における波長依存性は-2 乗に近いことが知られているため、ここでも波長依存性を-2 乗として求めた。Table 2 において、本論文で推定した後方散乱係数の平均値と他に示された後方散乱係数とは概略一致している。また、Table 1 に示した Junge slope の平均値 5.3 は、文献[4]に示された下層対流圏における測定値 (約 5) と概略一致している。このことから、推定した後方散乱係数は概略妥当なものと考えられる。

Table 2 Comparison on backscatter coefficient at surface layer for 1.55 μm

Reference	Value [/m/sr]
This paper	3.1×10^{-7}
Ref.1	2.5×10^{-7}
Ref.2	2.9×10^{-7}
Modtran	3.9×10^{-7}

4. まとめ

鎌倉市におけるエアロゾル数の推移を計測し、後方散乱係数およびその推移をオーダ的に推定した。粒径分布にユング分布を仮定し、さらにエアロゾル屈折率を(1.45, 0)として計算を行った。その結果、波長 1.55 μm における後方散乱係数推定値平均は 3.1×10^{-7} (/m/sr) であり、他の文献値および Modtran のエアロゾルモデルから求めた値と概略一致することが分かった。

参考文献

- [1] G. N. Pearson et al., Appl. Opt., 41, 6442, 6450, 2002.
- [2] 笹野他, F-82-'95/NIES, 13-16.
- [3] S. Chudamari et al., Appl. Opt., 35, 4812-4819, 1996.
- [4] Li Xu et al., China Particuology, 1, 5, 201-205, 2003.