

ゴビ砂漠におけるシーロメーター観測のデータ解析と検証

河合 慶¹, 甲斐 憲次¹, 神 慶孝², 杉本 伸夫², Dashdondog BATDORJ³

¹名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)

²国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

³モンゴル気象環境監視庁 (〒15160 Juulchny street 5, Ulaanbaatar, Mongolia)

Data Analysis and Verification of Ceilometer Observation in the Gobi Desert

Kei KAWAI¹, Kenji KAI¹, Yoshitaka JIN², Nobuo SUGIMOTO², and Dashdondog BATDORJ³

¹Nagoya University, Furocho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601

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

³National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring, Juulchny street 5, Ulaanbaatar 15160, Mongolia

Abstract: A ceilometer observation of Asian dust has been conducted in the Gobi Desert. The noise included in the observation data is investigated. The noise in attenuated backscatter coefficient increases with height, while one in the signal intensity is constant with height. This result suggests that the noise increase with height is due to the range correction to convert the signal intensity to the attenuated backscatter coefficient. Also, the noise has a diurnal variation with a peak in daytime. This indicates that the noise is caused by background light. A noise reduction is attempted based on the noise characteristics. It uses two criteria of lower limit of signal intensity and data continuity.

Key Words: Asian dust, Ceilometer, Gobi Desert, Noise reduction

1. はじめに

黄砂の長距離輸送メカニズムを解明するために、発生源の一つであるゴビ砂漠でシーロメーターによるダストの連続観測を行っている^{1,2)}。シーロメーターは小型のミー散乱ライダーで比較的安価であるが、レーザーの出力が小さく、背景光などに起因するノイズの影響を受けやすい。本観測で使用しているシーロメーター (Vaisala 製の CL51 ; 波長 910 nm) の観測結果にもノイズが含まれており、ダストの正確な解析を難しくしている。そこで、観測結果に含まれるノイズの特性を把握するために、観測データの解析を行った。また、ノイズ除去に関する検証を行った。

2. 解析方法

本研究では、ダスト層や雲が観測され、観測窓が汚れていない 2013 年 5 月 5 日の観測結果を使用した。シーロメーター CL51 の出力値は、地上から高度 15.4 km までの減衰後方散乱係数で、高度解像度は 10 m、時間解像度は 6 秒である。本解析では、これを 1 分平均した値を使用した。減衰後方散乱係数は以下の式で表される。

$$\beta'(z) = P(z)z^2C^{-1} \quad (1)$$

ここで、 $P(z)$ は高度 z からの受信信号強度、 C は高度に依存しない定数である。CL51 内部でのデータ処理方法は公開されておらず、信号強度を直

接することはできない。そこで、信号強度に比例する $\beta'(z)/z^2$ を信号強度として用いた。

3. 結果と考察

3.1 ノイズの特性

本解析期間における減衰後方散乱係数の時間高度断面図を Fig. 1 に示す。高度 3 km 付近と 5-9 km 付近に雲が見られる。また、地上から高度 4 km 付近までダスト層が観測されている。上空には一日を通してノイズがあり、日変化していることが分かる。ノイズは夜間よりも日中に大きく、地上付近まで影響が及んでいる。

12 時における減衰後方散乱係数と信号強度の高度プロファイルを図 2 に示す。減衰後方散乱係数におけるノイズは上空に行くほど大きくなっているが、信号強度におけるノイズの大きさは、上空では高さ方向に一定である。よって、内部処理において受信信号に高さの二乗を掛ける (距離二乗補正) 際に、ノイズが高さ方向で増幅していると考えられる。

高度 12 km 以上での信号強度の平均値と標準偏差の時系列図を図 3 に示す。CL51 内部でバックグラウンドの補正が行われているため、平均値はほぼ 0 である。ノイズの大きさ (標準偏差) は、夜間は一定であるが、日中は日変化をし、昼間にピークがある。このノイズは背景光によるもので

あると考えられる。

3.2 ノイズの除去

以上の特性を把握した上で、ノイズの除去方法を検討した。このノイズは、信号を受信していない高度において、信号強度が0になっていないことに起因している。そこで、ノイズの大きさに応じて、プロファイル毎に信号強度の下限値を設けることにした。その下限値は以下の式で表される。

$$S_{th} = \mu + 2\sigma \quad (2)$$

ここで、 μ は高度 12 km 以上における信号強度の平均値、 σ はその標準偏差である。この下限値以下の信号強度は、全て 0 とした。

さらに、データの連続性も判断基準として利用した。上述の下限値を適用した各プロファイルにおいて、上下に連続で 3 個以上のデータがない場合、それらの値を 0 とした。以上の方法によってノイズを除去した結果が Fig. 4 である。地上付近のダスト層や上空の雲をほとんど残したまま、上空のノイズが消えている。ただし、日中の強いノイズ内にある雲と見られる部分は消えている。

4. まとめ

ゴビ砂漠に設置したシーロメーターの観測データに含まれているノイズの特性を把握し、ノイズを除去することを試みた。減衰後方散乱係数におけるノイズは上空に行くほど大きくなるが、信号強度におけるノイズの大きさは高さ方向に一定であった。これは、距離二乗補正の際にノイズが高さ方向で増幅したためであると考えられる。また、ノイズの大きさは日変化していることから、背景光がノイズの原因であると言える。これらの特性から、信号強度の下限値とデータの連続性を設定し、ノイズの除去を行った。

謝 辞

本観測はダランザドガド気象台の協力の下、実施されている。本研究は、JSPS 研究拠点形成事業 (B. アジア・アフリカ学術基盤形成型) と科研費 (No. 16H02703) の助成を得た。

参考文献

- 1) Y. Jin, K. Kai, K. Kawai, T. Nagai, T. Sakai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, D. Batdorj, N. Sugimoto, and T. Nishizawa (2015): Ceilometer calibration for retrieval of aerosol optical properties. *JQSRT*, **153**, 49-56.
- 2) K. Kawai, K. Kai, Y. Jin, N. Sugimoto, and D. Batdorj, (2015): Dust Event in the Gobi Desert on

22-23 May 2013: Transport of Dust from the Atmospheric Boundary Layer to the Free Troposphere by a Cold Front. *SOLA*, **11**, 156-159.

図 表

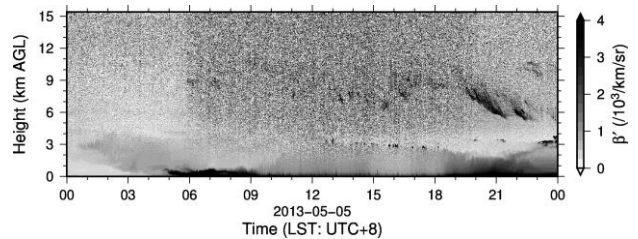


Fig. 1. Time-height cross section of attenuated backscatter coefficient on 5 May 2013.

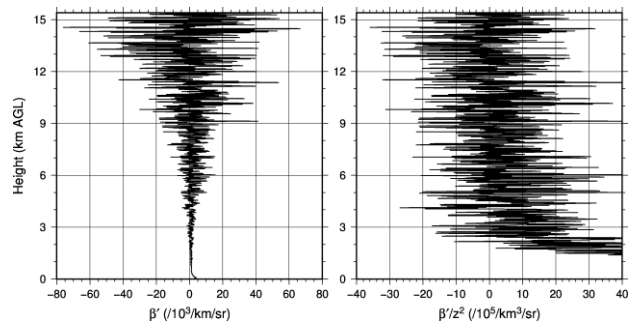


Fig. 2. Profiles of attenuated backscatter coefficient (left) and signal intensity (right) at 12:00 LST on 5 May 2013.

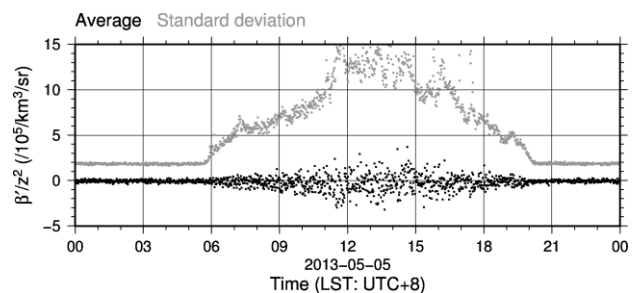


Fig. 3. Time series of average and standard deviation of signal intensity over a height of 12 km on 5 May 2013.

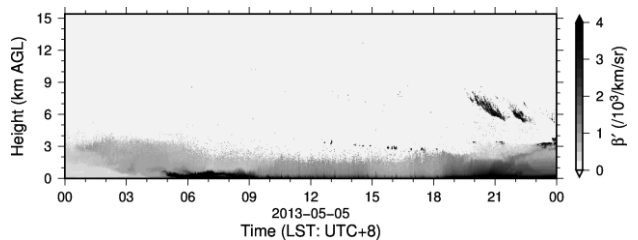


Fig. 4. Time-height cross section of noise-reduced attenuated backscatter coefficient on 5 May 2013.