

モンゴル・ダランザドガドにおけるアジアダストのシーロメーター観測： AERONET サンフォトメーターによるデータ補正

河合 慶¹, 甲斐 憲次¹, 神 慶孝², 杉本 伸夫², D. Batdorj³, E. Davaanyam⁴

¹名古屋大学 (〒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 (〒210646 Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar, Mongolia)

⁴モンゴル気象水文環境情報研究所 (〒210646 Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar, Mongolia)

Ceilometer Observation of Asian Dust at Dalanzadgad, Mongolia: Data Correction by AERONET Sun-photometer

Kei KAWAI¹, Kenji KAI¹, Yoshitaka JIN², Nobuo SUGIMOTO²,

Dashdondog BATDORJ³, and Enkhbaatar DAVAANYAM⁴

¹ Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601

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

³ National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring, Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

⁴ Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Juulchny gudamj-5, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

Abstract: A ceilometer (Vaisala CL51) has observed vertical distribution of airborne dust over the Gobi Desert at Dalanzadgad, Mongolia, since May 2013. We calculated correction factors for ceilometer observation data (attenuated backscatter coefficient) by using an AERONET sun-photometer near the ceilometer. The value of 1.77 ± 0.46 was obtained from the analysis for May 2013.

Key Words: Ceilometer, Sun-photometer, Asian Dust, Gobi Desert

1. はじめに

黄砂の長距離輸送メカニズムを明らかにするために、発生源のゴビ砂漠でシーロメーターを用いてダストの鉛直分布を連続的に観測している¹⁻³⁾。2013年4月末にモンゴル南部のダランザドガドに設置したシーロメーターは Vaisala 製の CL51 である。このシーロメーターを現地に設置する前に、つくばの気象研究所でライダーと比較観測を行い、補正係数 (1.2 ± 0.1) を算出した³⁾。しかし、ダランザドガドにおいて、補正データを用いて計算したエアロゾルの光学的厚さ (AOT) は、すぐ近くに設置されている AERONET のサンフォトメーターから得られた AOT の約 60% であった。そこで、本研究ではサンフォトメーターを用いたシーロメーターの補正係数を算出する。

2. 解析方法

2.1 シーロメーター

シーロメーター CL51 に搭載されたレーザーの波長は 910 nm である。出力値は減衰後方散乱係数で、時間・高度解像度は 6 秒 10 m に設定してある。本研究では 15 分 30 m で平均したデータを使用した。Fernald の前方積分法⁴⁾を用いて後方散乱係数を求め、エアロゾル消散係数を算出した。この時、エアロゾルのライダー比はアジアダストの典型的な値である 50 sr とした⁵⁾。CL51 の高度 60 m 以下の観測データは不正確な重なり関数により信頼性が低い⁶⁾ため、この高度におけるエア

ロゾル消散係数は Nishizawa ら⁷⁾の方法による指数近似の値を利用した。エアロゾル消散係数を地上から高度 3 km まで積分し、AOT を求めた。

2.2 サンフォトメーター

ダランザドガドに設置されている AERONET のサンフォトメーターは 7 波長 (340, 380, 440, 500, 675, 870, 1020 nm) で観測を行っている⁸⁾。Level 2.0 データ (quality-assured) における全波長の AOT を用いて、波長 910 nm に対する AOT を求めた。

2.3 補正係数

サンフォトメーターから得られた AOT を用いて、シーロメーターの観測データに対する補正係数をプロファイルごとに算出した (Fig. 1)。まず、シーロメーターの減衰後方散乱係数に「ある数」を掛け、上述の方法で AOT を求め、サンフォトメーターの AOT との差を計算した。これを繰り返す、この差が最も小さくなる時の「ある数」を補正係数とした。

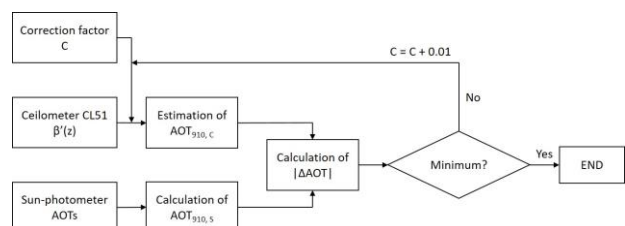


Fig. 1: Algorithm for calculating a correction factor.

3. 結果・考察

3.1 補正前

AERONET のサンフォトメーターと補正前のシーロメーター CL51 から得られた波長 910 nm における AOT の時系列図を Fig. 2 に、散布図を Fig. 3 に示す。解析期間内のデータ数は 610 で、全てにおいてサンフォトメーターのほうが AOT の値が大きかった。期間内にダストイベントが 4 回 (5-6, 12, 22-23, 30-31 日) 発生しており、AOT は通常時よりも 4 倍ほど大きかった。両者の相関係数は 0.95 で、強い正の相関が見られた。回帰係数は 0.46 で、シーロメーターの AOT はサンフォトメーターの AOT の約半分の大きさであった。

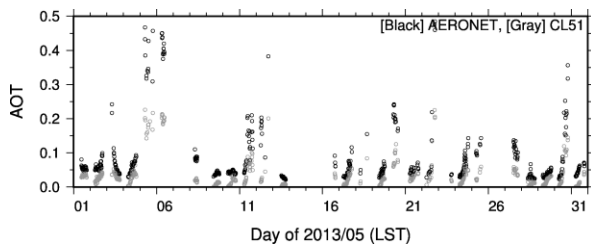


Fig. 2: Time series of AOTs derived from the AERONET sun-photometer and the ceilometer CL51 at Dalanzadgad in May 2013.

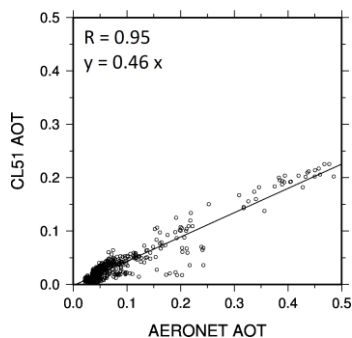


Fig. 3: Scatter diagram of AOTs derived from the AERONET sun-photometer and the ceilometer CL51 at Dalanzadgad in May 2013.

3.2 補正係数

各プロファイルに対する補正係数の時系列図を Fig. 4 に示す。解析期間内の補正係数の平均値は 1.77 で、標準偏差は 0.46 であった。補正係数が午前から午後にかけて徐々に減少していく日 (4, 28, 29 日など) がある。異常値が 3 日と 12 日に見られ、これらの事例ではサンフォトメーターの AOT が前後の時間帯よりも 2 倍ほど大きくなっていた。

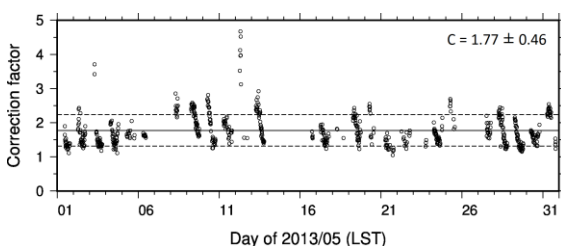


Fig. 4: Time series of correction factor for the ceilometer CL51 at Dalanzadgad in May 2013.

3.3 補正後

サンフォトメーターと補正後のシーロメーターデータから得られた AOT の散布図を Fig. 5 に示す。利用可能なデータ数は 679 で、うち 262 の事例ではサンフォトメーターのほうが AOT の値が大きかった。両者の相関係数は 0.95 で、強い正の相関は引き続き見られた。回帰係数は 1.05 で、補正によって両者の AOT はほぼ等しくなった。

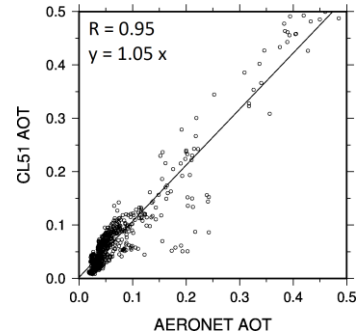


Fig. 5: Scatter diagram of AOTs derived from the AERONET sun-photometer and corrected data of the ceilometer CL51 at Dalanzadgad in May 2013.

4. おわりに

モンゴル・ダランザドガドにおいて、AERONET のサンフォトメーターを用いて、シーロメーター (Vaisala CL51) の観測データ (減衰後方散乱係数) に対する補正係数を算出した。2013 年 5 月の解析結果から、 1.77 ± 0.46 という値が得られた。今後、この値を用いてダストの光学特性を算出し、事例解析などに利用していく。

謝 辞

AERONET のダランザドガドサイトを管理している NASA の Holben 博士に深く感謝する。本研究は科研費 (16H02703) の助成を受けた。

参考文献

- 1) K. Kawai, K. Kai, Y. Jin, N. Sugimoto, and D. Batdorj: *Sci. Online Lett. Atmos.* **11** (2015) 156-159.
- 2) K. Kawai, K. Kai, Y. Jin, N. Sugimoto, and D. Batdorj: *Proc. of ILRC28* (in press).
- 3) Y. Jin, K. Kai, K. Kawai, T. Nagai, T. Sakai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, D. Batdorj, N. Sugimoto, and T. Nishizawa: *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* **153** (2015) 49-56.
- 4) F.G. Fernald: *Appl. Opt.* **23** (1984) 652-653.
- 5) C. Cattrall, J. Reagan, K. Thome, and O. Dubovik: *J. Geophys. Res.* **110** (2005) D10S11.
- 6) M. Wiegner, F. Madonna, I. Binietoglou, R. Forkel, J. Gasteiger, A. Geiß, G. Pappalardo, K. Schäfer, and W. Thomas: *Atmos. Meas. Tech.* **7** (2014) 1979-1997.
- 7) T. Nishizawa, H. Okamoto, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, and K. Aoki: *J. Geophys. Res.* **112** (2007) D06212.
- 8) B.N. Holben et al.: *J. Geophys. Res.* **106** (2001) 12067-12097.