

スラントパスライダーとハイパースペクトルカメラを利用した雲計測

Cloud observation using hyper-spectrum digital still camera and slant-path lidar

齊藤 隼人、眞子 直弘、恒吉 智明、中村 快平、久世 宏明

Hayato Saito, Naohiro Manago, Tomoaki Tsuneyoshi, Kaihei Nakamura and Hiroaki Kuze

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 (CEReS), Chiba University

Abstract: Clouds have large impact on the Earth's radiative forcing counteracting the effects of greenhouse gases. The knowledge on the optical properties of clouds, however, is still limited due to the lack in observational method that enables the in depth monitoring of aerosol-cloud interaction. Especially a large level of uncertainty remains in the indirect effect of aerosol particles in the radiative forcing, namely, their role as cloud condensation nuclei (CCN). In this study, we describe our recent attempt for elucidating aerosol-cloud interaction by means of collateral observation using a slant-path lidar and a hyperspectral digital camera.

1. はじめに

大気エアロゾルは、大気中に浮遊する人為起源や自然起源の液体または固体粒子の総称である。PM2.5 や SPM などの地上サンプリング計測の場合、エアロゾルの粒径は通常 $2\ \mu\text{m}$ を境として微小粒子、粗大粒子に分けられており、粒径が概ね $10\ \mu\text{m}$ までの粒子が計測対象となる[1]。雲粒もまた微小な水滴や氷粒から構成されているため広義にはエアロゾルとして扱えるが、雲粒の大きさは $3\sim 10\ \mu\text{m}$ 程度からさらに大きな粒子も含まれている [2,3]。可視光による観測を行った場合、大気分子や直径 $1\ \mu\text{m}$ を下回るような微小粒子ではその散乱特性に顕著な波長依存性が現れるが、雲粒のような大きな粒子ではどの波長であっても同様の散乱特性を示すのが普通である[4]。大気中のエアロゾルのほとんどの質量は粒径が $0.1\sim 1\ \mu\text{m}$ の範囲に含まれており、さらにこの範囲には多数の吸湿性のエアロゾルが含まれていて、雲粒の凝結核として働く。実際の雲の中で実現するような低過飽和度（たとえば 1% 以下）で核として働くエアロゾルをとくに雲粒核 (cloud condensation nuclei, CCN) という。これまで、地上設置のライダー [5] や航空機サンプリングによって雲の研究がなされてきた。ここでは、近年、リモートセンシングに多く活用されるようになってきたハイパースペクトルカメラ (HSC) [6] と地上設置のスラントパスライダーによる同期計測について報告する。

2. 計測装置

本研究で使用した可搬型ライダーは、千葉大学 CEReS の地上設置 ADCL ライダーシステムのスラントパスライダーシステムであり、動作波長は $532\ \text{nm}$ (Spectra-Physics Explorer 532-2Y: $200\ \text{mJ/pulse}$)、パルス繰り返しは $1\ \text{kHz}$ 、望遠鏡直径は $30\ \text{cm}$ である。HSC (エバ・ジャパン NH-2) は透過型回折格子により分光を行う方式であり、視野角は $16\ \text{度}\times 10\ \text{度}$ 、画像サイズ 752×480 画素、波長範囲は $350\sim 1100\ \text{nm}$ 、波長画素数は 480 である。HSC を利用したエアロゾル計測は、従来のスカイラジオメータなどによる方法と比較して、太陽周辺を精密に測定することによりエアロゾル粒径分布の測定精度を向上できる点に特色がある。NH-2 は内蔵スキャン機構により PC と本体だけで HS 画像を 1 枚あたり $4\sim 10$ 秒で取得できる。放電ランプやレーザーを用いて波長校正を行い、また、天空光またはハロ

ゲンランプを用いて輝度校正を行った。

3. 観測結果

Fig. 1 に HSC を用いて取得した青空と雲の画像およびスペクトル計測例を示す。この例から分かるように、青空、薄雲、および光学的に厚い雲について、それぞれ特徴を示すスペクトルが取得できている。Fig. 2 は、仰角 15° のスラントパスライダーで取得した雲のある観測例で、左は距離 2 乗補正信号、右は高度 5 km を参照点として Fernald により解析したエアロゾル・雲の消散係数の高度分布である。高度 1.6 km 付近に光学的に薄い雲からの信号が観測されている。この例では雲頂を超えた信号が観測されているが、光学的に濃い雲の場合には遠方の積分開始点の信号が取得できない場合も多いと考えられる。その際には、ADCL の特徴である 3 波長ネフェロメータなど地上測器のデータを境界条件として活用することを想定している。今後、HSC のデータに基づいて雲の影響を考慮した放射伝達計算を行うとともに、ライダーデータを活用して雲近傍のエアロゾルの CCN としての働きについて詳しい観測を行っていく予定である。

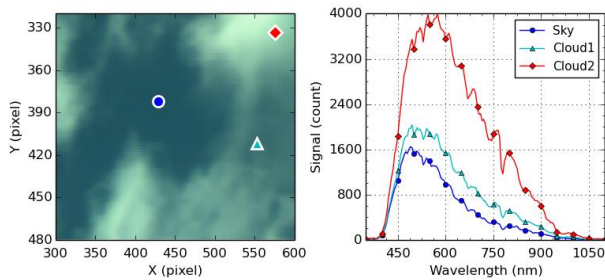
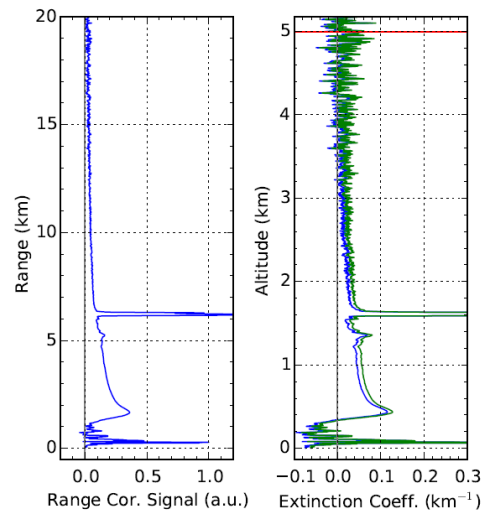


Fig. 1 Cloud image obtained with NH-2 HSC. ↑

Fig. 2 Example of lidar signal with cloud profile. →



参考文献

- [1] J.H. Seinfeld and S.N. Pandis, “Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change”, Wiley-Interscience, 1997.
- [2] P.V. Hobbs, “Aerosol-Cloud-Climate Interactions”, Academic Press, 1993.
- [3] B. Mayer, M. Schröder, R. Preusker, L. Schüller, “Remote sensing of water cloud droplet size distributions using the backscatter glory: a case study”, Atmos.Chem.Phys., Vol. 4, pp. 1255-1263, 2004.
- [4] A. Ångström, “The parameters of atmospheric turbidity”, Tellus, Vol. 16, issue 1, pp. 64-75, 1964.
- [5] T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, H. Okamoto, Algorithms to retrieve optical properties of three component aerosols from two-wavelength backscatter and one-wavelength polarization lidar measurements considering nonsphericity of dust, J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer, Vol. 112, pp. 254-267, 2011.
- [6] N. Manago, H. Saito, Y. Mabuchi, Y. Takara, M. Suzuki, H. Kuze, Retrieval of tropospheric aerosol properties using hyperspectral imaging camera, IGARSS, 2013, pp. 2192-2195, IEEE International, 2013.