110 ライダーによる雲・エアロゾルの分布構造の可視化

杉本伸夫 (国立環境研究所)

Visualization of Distributions of Clouds and Aerosols by Lidars

Nobuo Sugimoto

ABSTRACT

Clouds and aerosols play important role in radiative process of the atmosphere, and the observation of three dimensional distributions of clouds and aerosols are required in the studies of climate change. Lidars are useful tools for visualizing the distributions of clouds and aerosols. Vertical profile of clouds and aerosols has been continuously observed at NIES in Tsukuba with a compact Mie scattering lidar. Statistical analysis of the distributions of clouds and aerosols is being conducted. Asian dust (Kosa) events are sometimes recorded in the continuous observation, and the data is used in the modeling study on transportation of Asian dust. Observation of the planetary boundary layer using three lidars has been conducted in Jakarta, Indonesia. The results reveal a typical diurnal variation with a sea/land breeze circulation. Planned three-dimensional observation of global distribution of clouds and aerosols with the NASDA's space borne lidar (ELISE) is also discussed.

Keywords: Lidar, Cloud, Aerosol

1. 緒論

雲やエアロゾル(浮遊粒子状物質)の分布の観測は地球温暖化問題に関わる大気放射特性を正確に評価する上で重要である。ライダー(レーザーライダーとも呼ばれる)は、雲やエアロゾルの高度分布を計測する有効な手法である¹⁾。

2. ライダーの原理

ライダーには種々の手法があるが、ここではミー散乱ライダーと呼ばれる最も簡単なライダーによる観測について述べる。ミー散乱ライダーの原理をFig. 1に示す。パルスレーザー光を上空に送信し、エアロゾルや雲による散乱光を受信望遠鏡で集め、光検出器で検知する。信号の時間遅れから雲やエアロゾル高度が測定され、信号強度からその散乱係数が求められる。

Fig. 1 Measurement Principle of Lidar

3. 小型ライダーによる雲エアロゾルの観測

国立環境研究所ではライダーを用いて雲・エアロゾルの観測を継続的に行っている。このライダーは小型のNd:YAGレーザーを光源とするライダーで、天井にガラス窓を持つコンテナに設置することによって、雨天時でも中断することなく連続的に運転できる²⁾。

Fig. 2に小型ライダーによる1998年3月の1ヶ月分のデータ例を示す。エアロゾル濃度に近似的に比例する距離補正ライダー信号を濃淡で表示している。暗い部分で信号強度が大きく、雲やエアロゾルによる散乱が強い。観測データを統計的に解析することにより気候モデルの検証等に必要となる雲・エアロゾルの分布データが得られる。また、黄砂現象などを可視化したデータは、現象の理解や大気輸送モデルの検証に役立つ。

Fig. 2 Temporal Variation of Vertical Profile of Clouds and Aerosols During a Month (March 1998)

1999年3月始めに観測された黄砂現象の例を Fig. 3 に示す。3月1日の夜、23時頃に高度5 km付近に黄砂の層が出現し、時間と共に下降している。3月2日の午前、大気混合層の発達に伴って、黄砂が地上に達している。上空に見える強い散乱は雲によるものである。

雲やエアロゾルのグローバルな分布や地理的な特徴を調べるために、国立環境研究所では、インドネシア、ジャカルタにおけるライダー観測や、海洋地球観測船「みらい」を用いた洋上からのライダー観測を展開している。

Fig. 3 Asian Dust (Kosa) Event Observed with the NIES Compact Lidar (March 1999)

4. ライダーによる大気境界層構造の観測

ジャカルタの大気汚染を測定することを目的として、新エネルギー・産業技術総合開発機構の研究協力事業により3台のライダーから成るライダーネットワークが開発された。ジャカルタは北をジャワ海に面しているが、海陸風による大気の流れを考慮して、海岸線に垂直に、海沿いの地点、約10 km 内陸の地点、さらに約10 km 内陸の地点の3地点にレーザーレーダを設置した³⁾。

Fig. 4 はジャカルタの3地点に設置されたライダーを用いた大気境界層構造の観測例である。上が海沿、下ほど内陸である。Fig. 4 では海陸風の循環を伴う大気境界層構造の典型的な日変化が見られる。朝方から昼過ぎにかけて混合層が発達し、午後海風に伴うエアロゾル濃度の低い気塊の流入が見られる。その上空には海の方に反流が見られ濃いエアロゾルが海側に流されている。この時期は乾季の終わり頃で上空に雲はほとんどない。

Fig. 4 Temporal Variation of Vertical Profile of Aerosols at the Three Locations in Jakarta

同じ期間のラジオゾンデ観測と比較するとライダーで観測されたエアロゾル層の上端と、ゾンデの気温の逆転、ゾンデの相対湿度の構造との対応も非常によく、また、海風の領域では、湿度も低いことが示された。また、ライダーの3地点のデータを比較すると日中の混合層の到達高度は内陸ほど高いこと、夜間の構造は逆に内陸の方が低いことなどの特徴が見られる。

ジャカルタのライダー観測は継続的に行っており、連続ではないが年間を通じてデータが得られているFig. 5 は1997年の乾季と雨季の大気境界層構造を比較したものである。

Fig. 5 Planetary Boundary Layer Structure in the Wet Season (upper) and Dry Season (lower)

5. 人工衛星からのライダー観測

宇宙開発事業団では2002年の打ち上げを目指して、ミッション実証衛星2号機搭載のライダー(ELISE)の開発を進が行われている。これによって、雲・エアロゾルのグローバルな分布が1年間にわたって観測される。国立環境研究所ではELISEのデータ解析手法とデータ利用に関する研究を進めている。

参考文献

- 1) R.M. Measures : Laser Remote Sensing (John Wiley & Sons, New York 1984).
- 2) N. Sugimoto, Y. Sasano, and I. Matsui : Observational Study of Aerosols Distributions with Ground-Based Lidars, Workshop on Japanese Study on the Behaviour of Greenhouse Gases and Aerosols, Nagoya 1997./ NIES Lidar Home Page, <http://info.nies.go.jp:8094/>
- 3) M. Pinandito, I. Rosananto, I. Hidayat, M. Syamsudin, N. Sugimoto, I. Matsui, S. Murata, N. Yasuda, T. Kobayashi : Lidar Network System for Studying the Atmospheric Environment in Jakarta City, Optical Review 5, 4 (1998).