

B2

自動運転ライダーによる対流圏エアロゾルの連続観測 Continuous observation of tropospheric aerosols using automated lidar system

清水厚¹、杉本伸夫¹、松井一郎¹、荒生公雄²、陳岩^{1,3}

Atsushi Shimizu¹, Nobuo Sugimoto¹, Ichiro Matsui¹, Kimio Arao², Yan Chen^{1,3}

¹ 国立環境研究所、² 長崎大学環境科学部、³ 日中友好環境保全センター

¹National Institute for Environmental Studies, ²Nagasaki University,

³China-Japan Friendship Environmental Protection Center

To investigate spatial and temporal variations of aerosols in the Asia-Pacific region, we have installed automated Mie-scattering lidar systems at Tsukuba, Nagasaki, and Beijing. Lidars have continuously corrected vertical profiles of backscattering intensity and depolarization ratio in the lower troposphere regardless of weather conditions. A part of observation results are processed and displayed on the WWW pages just after the observation. The characteristics of aerosol distribution was statistically analyzed. Height variations of the frequency of Asian dust events at these observatories were clearly recognized.

1 はじめに

近年の地球温暖化研究において、エアロゾルの直接・間接効果は大きな不確実性を持つ問題としてクローズアップされている。また酸性雨をもたらす大気汚染物質に対する土壌粒子による中和作用など、環境問題においてもエアロゾルの動態を把握することは重要な課題である。国立環境研究所では自動運転・連続観測型のミー散乱ライダーの運転をつくばにおいて1996年以来続けてきたが、2001年春に集中観測が行われたACE-AsiaやAPEXといったキャンペーンに合わせて同様のライダーを新たに北京・長崎にも設置し、連続観測を実施した。また、他の観測機器運用の参考や化学物質輸送予報モデルとの即時比較のため、ライダー観測結果の一部はオンラインで処理し即座にWWWを通じて公表した。これらシステムの概要や結果について報告する。

2 ライダーシステム

ライダーの設置地点はそれぞれつくばの国立環境研究所(140.12E, 36.05N)、長崎の長崎大学環境科学部(129.86E, 32.78N)、北京の日中友好環境保全センター(116.3E, 39.9N)である(Fig. 1)。ミー散乱ライダーはいずれもフラッシュランプ励起のNd:YAGレーザーを用い、532nmの第2高調波を光電子増倍管で受光すると共に、長崎では1064nmの基本波についてもアバランシェフォトダイオードで受光し、それぞれオシロスコープでAD変換した結果を記録している(つくば、北京においても今後2波長化を予定している)。また532nmでは送信光の偏波面に平行・直交の両信号を別々に受光し、偏光解消度を得ている。レーザーの

出力は50mJ(532nm)・100mJ(1064nm)、繰り返し周波数は10Hz。また観測方向は鉛直上方で固定しており、サンプリングの分解能は6m、5分間(=3000ショット)信号を積算して記録した後10分停止という15分サイクルをPCによる全自動制御によって天候・昼夜を問わず繰り返している。つくばのデータはNFSにより、長崎のデータは毎時の一括FTPによって環境研のデータサーバーに集められる(北京のデータのみ後日MOなどのメディアにて入手)。

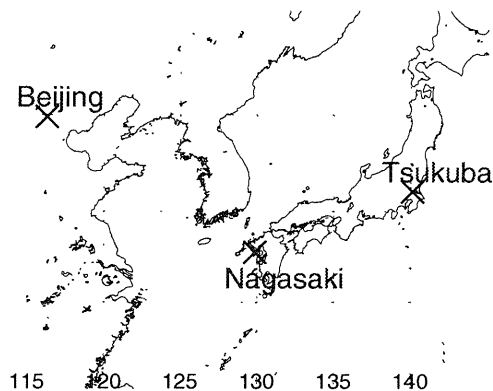


Fig. 1 Location of lidar systems.

3 リアルタイムデータ処理

長崎とつくばのデータは、WWW上に即座に公表するため毎時00分にFig. 2に示す処理を施している。出力内容は、データ処理時から過去48時間分の高度6kmまでの1. 後方散乱強度、2.(晴天時の)消散係数、3. 散乱体情報、それぞれの時間高度断面である。このうち散乱体情報とは、それぞれのレンジからの散乱が何によってもたらされたかを示すもので、散乱強度の鉛直プロファイルの形状と偏光解消度の情報から1. 土壌ダスト、2. 液滴の雲、3. 氷雲、4. その他エアロゾルに分類している(降雨もこの時判別している)。なお消散係数の推定に際しては大気密度としてU. S. Standard Atmosphere (1976)を利用し、S1(lidar ratio)は50を仮定している。これら処理結果は画像データ(jpeg, png)として出力するとともにnetCDFフォーマット(自己記述型バイナリ)による数値データとしても<http://info.nies.go.jp:8094/AsiaNet/realtime/>にて提供している。

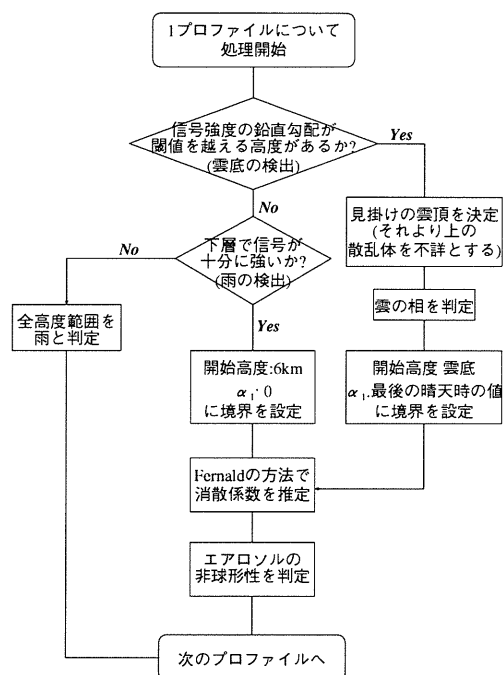


Fig. 2 Flowchart of real-time data processing system.

4 観測結果

2001年3月から5月の北京、長崎、つくばにおける散乱体の推定結果を時間高度断面図としてFig. 3に示す。図中の色の濃い部分は液滴の雲または氷晶の雲で、これより上の高度では散乱体の推定を行っていない(図では薄い灰色)。灰色の部分のうち濃い部分が偏光解消度から土壌ダスト(黄砂)と判定された部分で、特に北京においては頻繁に黄砂現

象が捉えられた。北京では多くの場合黄砂は地表から上空まで連続して観測され、その上端は3~4kmに達する場合もある。また一度の黄砂イベントは数日にわたって続くことが多い。一方長崎では、しばしば地表付近で黄砂が見られるが継続時間は1~2日程度である。また、北京での地表付近の黄砂の数日後に長崎で黄砂が確認される傾向がある。さらに、自由対流圏では下層とは構造的に繋がっていない黄砂現象がみられることがある。一方つくばにおいては境界層内で黄砂が見られることはまれで、自由対流圏では数度の黄砂が確認された。上空で観測される黄砂に関しては長崎とつくばでその時間高度構造が似ている場合があり、例えば4月24日前後には両地点で20時間程度の時間差をもってほぼ同じ時間空間パターンで黄砂が観測された。

これらの結果を用い、各地点・各月の各高度において各種散乱体の出現頻度をカウントし、総観測時間に対する割合を計算したヒストグラムを鉛直に並べたものがFig. 4である。北京では3月から5月にかけてほぼ同様の確率で黄砂が観測されており、長崎・つくばではやや3月に黄砂の頻度が高い。また、長崎では下層でもある程度黄砂が観測されるのに対し、つくばでは地表に達するケースがほとんどないという、日本国内での対比が明瞭である。また自由対流圏内での黄砂に関しては、2kmから6kmまで観測頻度の鉛直方向の差が少なく、様々な高度で黄砂が輸送されていることが考えられる。

5 まとめ

ミー散乱ライダーを東アジア域で連続運転することにより、黄砂の出現頻度などを統計的に表現することが可能となった。また自動運転を行うことによって、観測の難しい時期にもデータ取得が可能となる(本稿には示さなかったが2001年1月2日につくば上空で黄

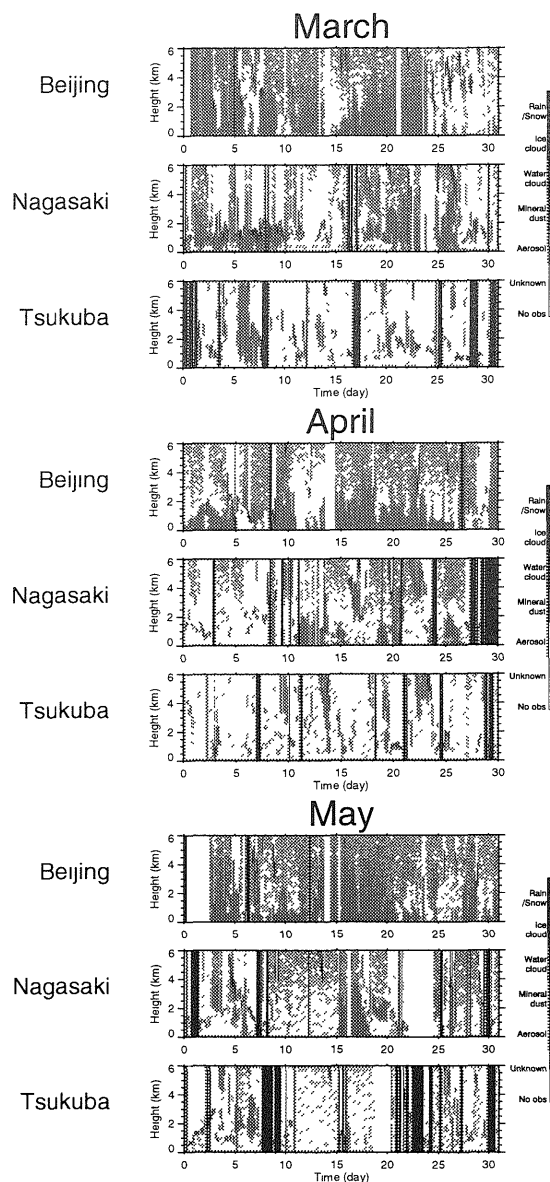


Fig. 3 Time height sections of inferred scatterers at Beijing, Nagasaki and Tsukuba in March, April and May, 2001.

砂が観測された)。つくば、長崎、北京の3地点では現在も継続してデータを取得している他、今後同様のシステムをアジア域各地に展開する計画もあり、これまで主な対象としていた黄砂、人為起源エアロゾル(硫酸エアロゾルなど)以外に、東南アジア域におけるバイオマス燃焼による炭素エアロゾルなどに関しても詳細な情報が得られるようになると考えられる。またライダー観測によるエアロゾル分布のリアルタイム出力は化学輸送予報モデルにおけるデータ同化の入力ソースとしても考えられており、これら連続観測型ライダーが多数配置されネットワーク化されれば領域スケールのエアロゾル輸送に関する研究の発展に大いに寄与するものと考えられる。

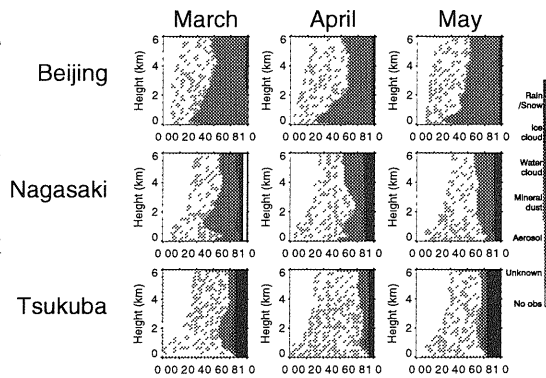


Fig. 4 Histograms of scatters at each observatory in each month.