

# 衛星/地上ライダーにより示された東アジア域における非球形エアロゾル分布の季節変動

## Seasonal variation of non-spherical aerosol distribution in East Asia based on ground and space Lidar observation

原由香里<sup>1</sup>, 清水厚<sup>1</sup>, 杉本伸夫<sup>1</sup>, 松井一郎<sup>1</sup>, 鷗野伊津志<sup>2</sup>

Yukari Hara, Atsushi Shimizu, Nobuo Sugimoto, Ichiro Matsui, Itsushi Uno

<sup>1</sup> 国立環境研究所, <sup>2</sup> 九州大学応用力学研究所

<sup>1</sup>National Institute for Environmental Studies

<sup>2</sup>Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

### ABSTRACT

The seasonal variation of dust aerosol in Eastern Asia was clarified using ground/space-based lidar measurements over the period from January 2007 to June 2010. The monthly variations of dust Aerosol Optical Thickness (AOT) derived from CALIOP at NIES lidar sites were consistent with that of ground-based lidar. The monthly dust AOT at Beijing showed clear seasonal cycle that increase gradually from late winter to springtime, and decrease in summer. The seasonal maps of dust AOT below 6km derived from CALIOP data showed the clear zonal dust from Taklimakan and Gobi source region to Pacific Ocean in springtime. The maps also showed that the dust sources in Pakistan and north India are also significant because of the massive AOT over the area in May-July.

### はじめに

地上観測点は疎らであるため、今日まで数値モデルを用いなければエアロゾル濃度の3次元的な分布を得るのは不可能であったが、2006年4月に打ち上げられた衛星搭載ライダー-CALIOPにより、観測に基づいたダストの輸送構造についての3次元解析が可能となった(Uno et al., 2009)。一方、国立環境研究所(以下NIES)では、2001年以降、東アジア域の大気環境の連続的モニタリングを目的とし、地上ライダーネットワークを構築してきた。2000年以前は体系的・連続的かつ定量的な黄砂観測データはほとんどなく、NIESライダーネットワークによる長期観測データはエアロゾルの地域的な季節変動や年々変動をとらえるのに非常に重要である。本研究では、CALIPSOデータと地上ライダーデータに基づき、今日まで十分に明らかにされていなかった黄砂の3次元的な季節変動や長期変動を示す。

### 衛星/地上ライダーデータの概要

本研究では、2007年1月から2010年6月までの北京、ソウル、辺戸、松江、富山、札幌のNIESライダーデータについて解析を行った。NIES地上ライダーデータについては、後方Fernaldのインバージョン法(Fernald et al., 1984)により532 $\mu$ mにおけるエアロゾル後方散乱係数と消散係数を導出し(ライダー比は50sr)、偏光解消度を用いて球形・非球形成分を分離した(Shimizu et al., 2004)。CALIOPデータについてはLevel 1B Ver.2.01の減衰補正なし後方散乱係数から前方Fernaldのインバージョン法(Fernald, 1984)によりエアロゾルの後方散乱係数を求めた。ライダー比は50srを用いた。Level 2 Ver.2.01のCADデータは雲マスキングに使用した。CALIOPの解析期間は2007年1月から2008年12月であり、解析に使用したCALIOPの総パスは9124である。

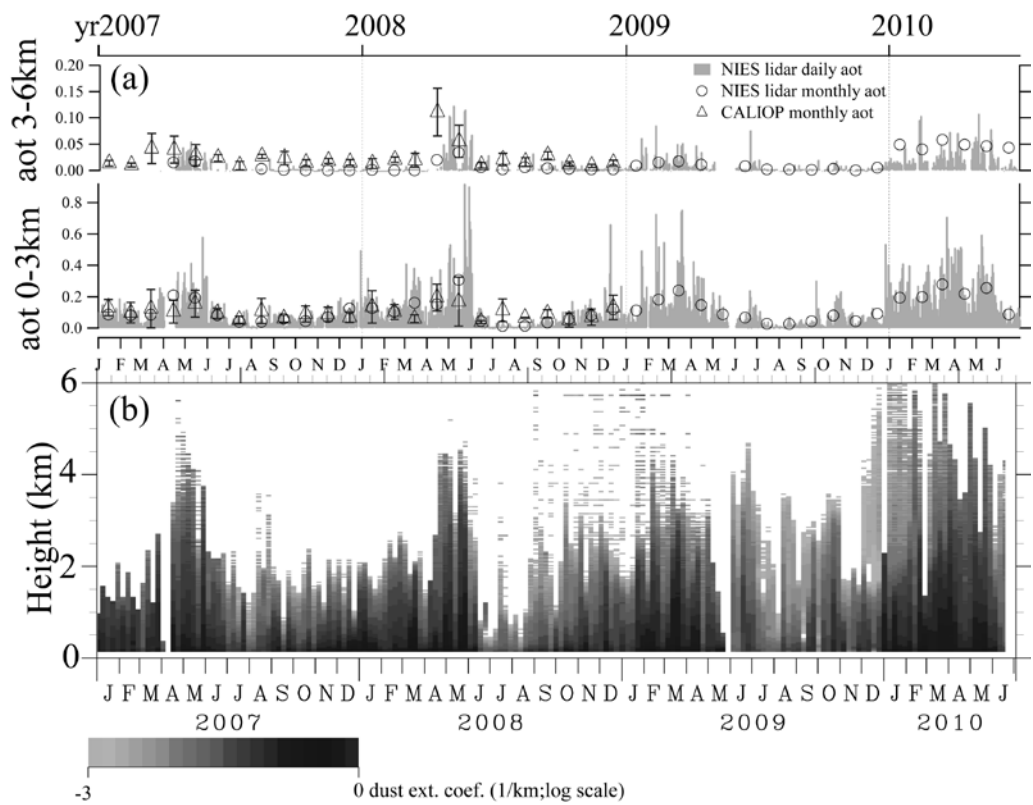
## 結果と考察

図 1 に北京(116.37°E, 39.97°N)における NIES ライダーと CALIOP による 0-3km(下段)と 3-6km 高度(上段)におけるダスト光学的厚さの時系列を示す。CALIOP データについては CAD により識別された雲を含まないプロファイルから水平 2 度解像度、鉛直 120m の各格子点におけるダスト消散係数のメジアンを月毎に算出し、NIES ライダー地点における光学的厚さを算出した(CALIOP によるマンスリーメジアンは 2007 年と 2008 年のみのプロット)。図 1 から、CALIOP と NIES 地上ライダーのダスト Aerosol Optical Thickness (AOT) の定性的な季節変動はよく整合していることがわかる。このことから、CALIOP データによって、十分に黄砂の季節変動や年変動が捉えられる可能性が示唆される。北京における黄砂の季節変動の特徴をまとめると、12 月くらいから顕著なイベントが発現しはじめ 3 月から 5 月に強いダストイベントのピークを迎え、夏季に収束するというサイクルを示している。風下域では北京のダスト変動と必ずしも対応しているわけではなく、その時々気象条件に応じた輸送経路・高度の影響がみられる。例えば、2009 年春季の辺戸におけるダスト消散係数の濃度は例年に比べ低い。続いて、各地点におけるダストの年々変動を明らかにするため、図 2 に各年のダスト AOT のヒストグラムを示す。発生源に近い北京における結果から、2010 年は高濃度ダストの頻度が高い年であったことがわかる。また、2010 年のダストイベントの特徴として、どの地点においても 3-6km の高い高度で高濃度頻度がわずかに増加していたことがダストの長距離輸送という観点から大変興味深い。

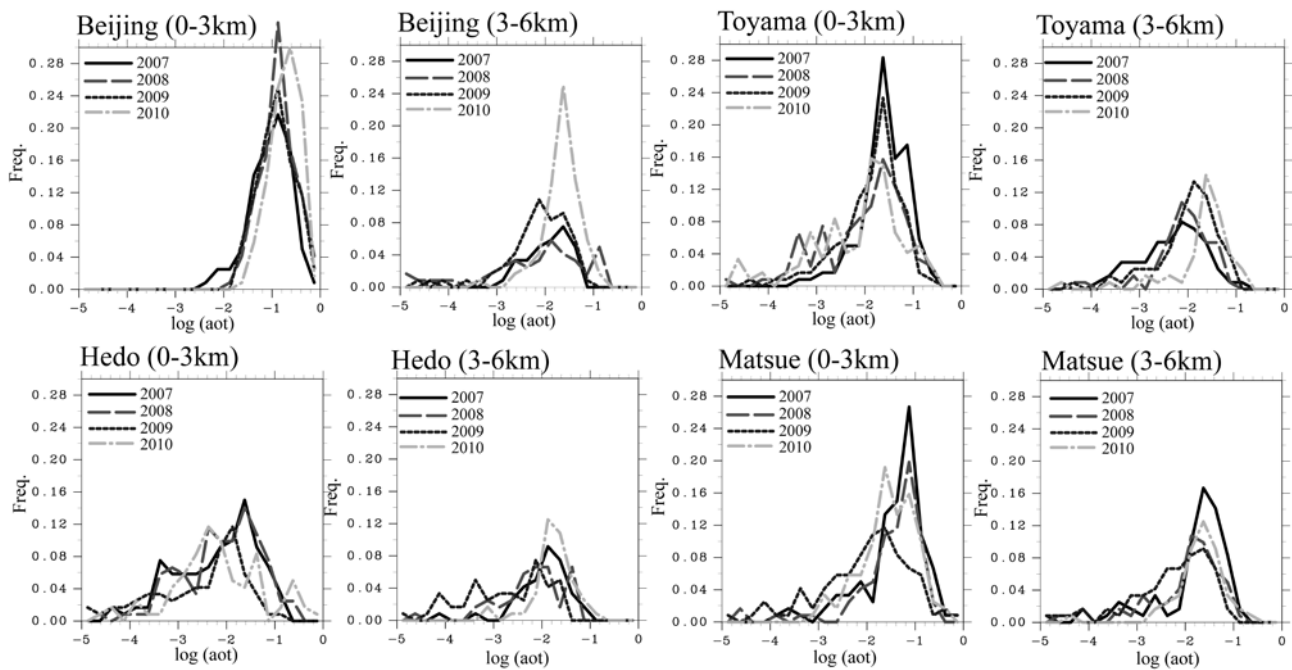
図 3(a)に CALIOP による高度 0-6km における 2 カ月平均ダスト AOT の水平分布を示す。春季(March-April, May-June)においてはタクラマカン砂漠からゴビ砂漠、そして風下域の北緯 30-40 度のゾーンで帯状の高 AOT が見られ、東アジア大陸から太平洋上へダストが流出している様子が顕著にみられる。また、パキスタンから北インドにかけて非常に高濃度のダストが MJ 期にみられ、タクラマカン・ゴビに加え重要なソースの一つであることがわかる。タクラマカン砂漠においては冬季を除いてダスト濃度が平均的に高い。タクラマカン砂漠は周囲を 4000m 級の山岳に囲まれた特殊な地形をしていることから、ダストが滞留しやすいと考えられ、さらに夏季については Hara et al. (2008)で示したようにダストの舞い上がり機構が総観規模の擾乱に伴う春季や秋季のものと異なると考えられる。図 3(b)に 3-6km 高度における CALIOP ダスト AOT の季節変動と NCEP 500hPa 高度における水平風速とジオポテンシャル高度の季節変動を示す。高高度におけるダストの太平洋上への流れ出しは 3-4 月、5-6 月に明瞭であり、500hPa における強風帯とよく一致している。3-4 月についてチベット高原を迂回するように流れている南北の強風帯が日本付近で合流し、インド領域からのダストが日本域から太平洋上へ輸送されていることが示唆されるが、インド領域におけるダストの舞い上がり・輸送機構についての研究は十分になされていないため、黄砂輸送モデルや CALIOP データを用いたこの領域でのダストの発生・輸送の気象学的メカニズムの解明が必要である。

## 参考文献

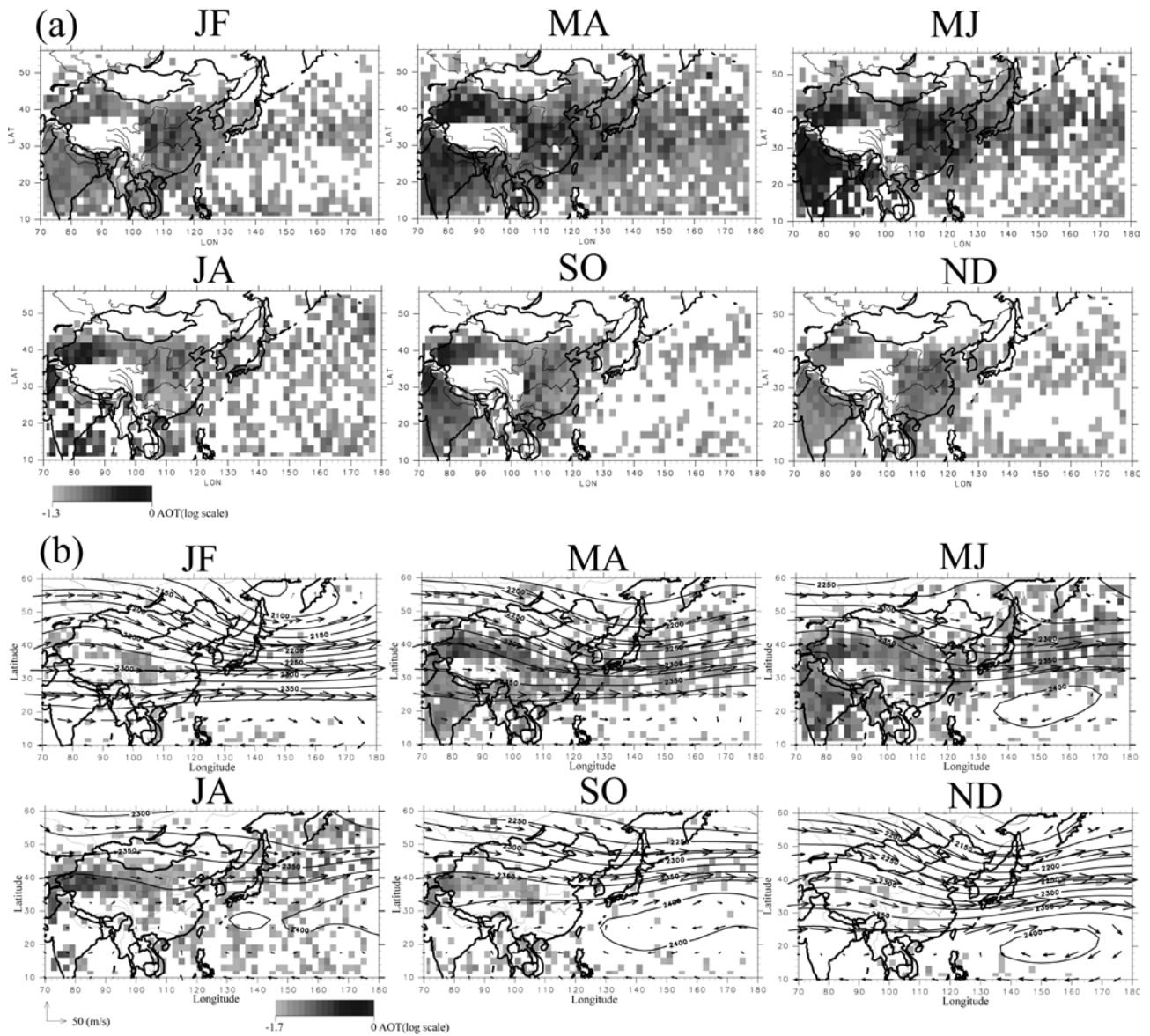
- Uno, I., K. Eguchi, K. Yumimoto et al., 2009: Asian dust transported one full circuit around the globe, *Nature Geoscience*, 2(8), DOI:10.1038/NGEO0583.
- Fernald, F. G., 1984: Analysis of atmospheric LIDAR observations: Some comments, *Appl. Optics*, 23, 652-653.
- Shimizu, A. et al., 2004: Continuous observations of Asian dust and other aerosols by polarization lidars in China and Japan during ACE-Asia, *JGR*, 109, D19S17, doi:10.1029/2002JD003253.
- Hara et al., 2008: Summertime Taklimakan dust structure, *GRL*, 35, L23801, doi:10.1029/2008GL035630.



**Figure 1** (a) Time-series of dust AOT based on CALIOP and NIES lidar at Beijing. (b) Time-height plot of dust extinction coefficient based on NIES lidar.



**Figure 2** Histogram of dust AOT derived from NIES lidar.



**Figure 3** (a) Seasonal dust AOT distributions below 6km derived from CALIOP. (b) Seasonal dust AOT distributions for altitude range of 3-6km derived from CALIOP, NCEP geopotential height and wind field at 500 hPa.