

## CALIPSO で観測された東アジア域ダストの光学的特徴

CALIPSO observed optical properties of dust over eastern Asia

楊芸、柴田隆

Yi Yang and Takashi Shibata

名古屋大学大学院環境学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

## Abstract

The optical properties of mineral dust over eastern Asia are derived by using the data taken by space borne lidar CALIOP on board the satellite CALIPSO. The dust was frequently observed over eastern Asia. The depolarization ratio and color ratio by the lidar were decreased and slightly increased, respectively, from west to east above China. This result is qualitatively comparable with the former studies showing that the mineral dust particles originated from western Chinese arid region are often observed in the form of internally mixed with sulfate or sea salt over the eastern Chinese coastal region, or Japan and the western Pacific ocean. Since the coated dust particles thought to be effective as CCN, the degree of the coated dust will be important in estimating indirect climate effect of dust particles. The space borne lidar has potential in providing this kind of information globally.

## はじめに

アジアの乾燥地域で発生したダストは西風によって極東、太平洋上で観測され、さらにはアメリカ大陸上への飛来も報告されている。ダストは太陽光を直接散乱し気候に影響を及ぼす。ダストはまた、効果的な氷晶核として氷雲の生成にかかわる。さらに下に述べるように、ダストは水溶性の物質と内部混合している場合が多く、氷雲とともに氷雲の生成を通して、間接的に気候に影響する。

内部混合したようなダスト粒子はダストの発生域では観測されておらず、一方日本上空で採集される大部分のダストは内部混合した粒子であることから、ダスト粒子が輸送される間に、なんらかの混合過程が生じているものと考えられる<sup>1,2,3</sup>。このような内部混合過程は、ダスト粒子の粒径を増加させることが、観測結果から示唆されている<sup>4</sup>。ダスト粒子と内部混合している物質としては硫酸塩、硝酸塩などの人為起源物質や海塩<sup>5</sup>などがあげられている。

CALIPSO 衛星は太陽同期の極軌道を有し、一日2回ほぼ全球的にエアロゾルと雲の観測を続けている。従って、観測されたデータはダストの全球分布を得るのに用いることができる。CALIPSOはNd:YAGレーザの二波長における後方散乱計数と第二高調波における偏光解消度を与える。我々はこのデータを東アジア域におけるダストの微物理的な特性を知るために用いた。

## 結果

Fig. 1(b),(c),(d)は高度0.2kmから2kmの間、Fig. 1(a)に示された領域(AからH、およびQ

からX)内で平均された532nmでのダストの後方散乱係数( $\beta_{532,p}$ )、粒子の偏光解消度(PDR)および色比(CR:各波長の後方散乱係数の比; $\beta_{1064,p}/\beta_{532,p}$ )を表す。

中国の北西地域は良く知られたダスト発生域(タクラマカン砂漠、ゴビ砂漠など)であるが、これらの地域から発生したダストは西風によって東方に輸送される。そのため、PDRやCRの変化は輸送に伴うダスト粒子の微物理的な変化もしくは他の種類のエアロゾル粒子との混合状態を反映すると考えられる。Fig. 1(d)によるとCRは中国上空のAからH、およびインド・東南アジア上空のQからXの間、でほぼ一定の値をとっている。一方PDRは領域A, B, C, Dに比べてF, G, Hですべての季節減少している(Fig. 1(c)。Fig.1では春の結果のみを示す)。インド・東南アジア上空ではPDRはF, G, Hでの値に近いほぼ一定の値を示す。 $\beta_{532,p}$ は中国上空、西から東にかけてほぼ一定の値を取るが、DからEにかけてはいずれの季節も減少が見られる。これはタクラマカン砂漠(領域D)上の濃いダストを反映していることによると考えられる。インド上空(領域Q, R, S)の $\beta_{532,p}$ は他の領域に比べて2倍以上の値を示している(Fig. 1(b))。

## 考察

結果で示された東部のPDR(減)、CR(一定もしくは微増)、 $\beta_{532,p}$ (一定もしくは微減)の示唆するところを考える。PDRが小さい値を示した中国東部やインド北部は人工稠密な地域であり従来排気ガス起源の硫黄酸化物がダスト表面に付着したような、内部混合した粒子が測定されていたことは上に述べた。このような

排気ガス起源の二次生成粒子は粒径が蓄積モードと呼ばれる  $0.1\mu\text{m}$  付近を中心に存在し、形状は球形に近い。このため人為起源粒子の CR は 0.5 以下の値をとり、PDR はゼロに近い。仮にこのような粒子がダストと外部混合（粒子同士は独立して混じり合った状態）した場合、観測された程度の PDR の減少と同じ程度の割合で CR が減少する（詳細は略す）。PDR はほぼ一定か微増であるため、人為起源粒子との外部混合は上記衛星観測結果と整合しない。ただし、もしこの領域の既存粒子が、PDR がほぼゼロ、CR がダストと同程度、の値を持つような粒子である場合は外部混合で説明可能である。このような粒子として、海塩粒子があるが、中国やインドの、ある程度内陸でどの程度海塩粒子が存在するか、定量的な評価を施す観測結果が十分ではない。このほか、人工稠密な地域では黒鉛(BC)粒子が多く存在することが指摘されているが、BC の増加に対して PDR の値は敏感でない。ダスト粒子が硫酸塩や海塩と内部混合し、さらにこれらの物質が潮解している場合 PDR は低下するであろう。また粒径が増加することから CR は微増するであろう。従って観測結果をよく説明できる可能性がある。しかし、残念ながら、これに伴う変化の程度を定量的に見積もることはいまのところ難しい。

## 参考文献

1. Trochkin, D., Y. Iwasaka, A. Matsuki, M. Yamada, Y.-S. Kim, T. Nagatani, D. Zhang, G.-Y. Shi, and Z. Shen (2003), Mineral aerosol particles collected in Dunhuang, China, and their comparison with chemically modified particles collected over Japan, *J. Geophys. Res.*, 108(D23), 8642, doi:10.1029/2002JD003268.
2. Zhang, D., Y. Iwasaka, G. Shi, J. Zang, A. Matsuki, and D. Trochkin (2003), Mixture state and size of Asian dust particles collected at southwestern Japan in spring 2000, *J. Geophys. Res.*, 108(D24), 4760, doi:10.1029/2003JD003869.
3. Niimura, N., K. Okada, X.-B. Fan, K. Kai, K. Arao, G.-Y. Shi, S. Takahashi (1998), Formation of Asian dust-storm particles mixed internally with sea salt in the atmosphere, *J. Met. Soc. Japan*, 76, 275-288.
4. Zhang, D. and Y. Iwasaka (2006), Comparison of size changes of Asian dust particles caused by sea salt and sulfate, *J. Met. Soc. Japan*, 84, 939-947.
5. Seinfeld, J. H., et al. (2004), ACE-ASIA, Regional climatic and atmospheric chemical effects of Asian dust and pollution, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 367-380.

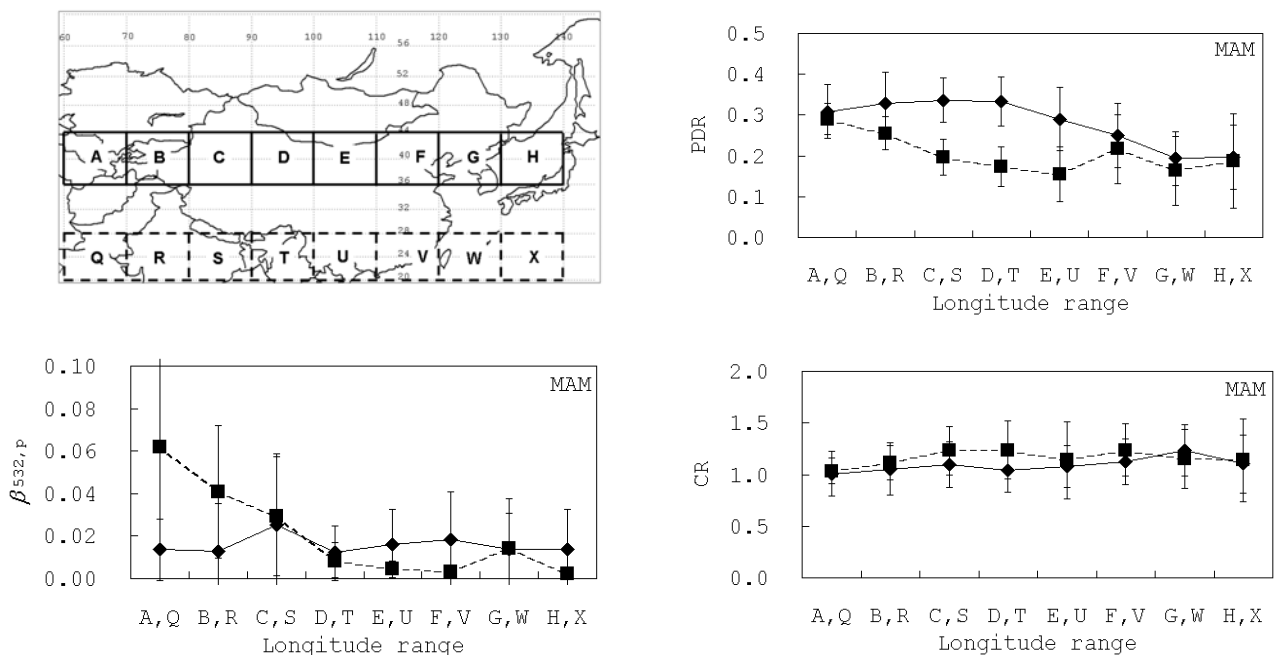


Fig. 1 (a) Area averaged (b)  $\beta_{532,p}$ , (b) PDR and (c) CR. Solid lines are for A to H, and broken lines are for Q to X.