

CALIPSO/G-II ライダーによる上部対流圏エアロゾルの同時観測

Simultaneous observations of upper tropospheric aerosols by CALIPSO and airborne lidar on Gulfstream-II

清水厚・松井一郎・杉本伸夫

Atsushi Shimizu, Ichiro Matsui, Nobuo Sugimoto

独立行政法人国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

Abstract

In April 2007, National Institute for Environmental Studies (NIES) and National Institute of Information and Communications Technology (NICT) conducted airborne lidar/radar observations on Gulfstream-II, coordinated with over-passing of CALIPSO/CloudSat. As for lidar observations, several floating aerosol layers were detected above Honshu area by both of CALIPSO and airborne lidar. Although altitudes and depths of those layers agreed well in two lidars, extinction coefficients showed some differences in same layers. Especially extinction coefficient in the boundary layer was not retrieved clearly by CALIPSO.

1 はじめに

2006年4月にNASAにより人工衛星CALIPSOが打ち上げられ、これに搭載されたミュー散乱ライダーCALIOPによる雲・エアロゾルの全球観測結果が様々な場面で応用され始めている [1, 2]。国立環境研究所では小型ジェット機Gulfstream-II(以下G-II)にCALIOPと同じ3チャンネル構成のミュー散乱ライダーを搭載し、情報通信研究機構が運用する雲レーダーSPIDERと共に2007年4月にCALIPSO/CloudSatとの同期観測を行った。実際には3回の飛行が行われたが、うち1回はCALIPSOの軌道修正のためCALIOPが運用されておらず、また1回はCALIOPのS/N比が悪い昼間の観測であったため、以下では日本時間2007年4月28日未明に房総半島から三陸沖方面でG-IIとCALIPSOのパスが重なった領域で見られた、上部対流圏の複数のエアロゾル層に関する観測結果を報告する。

2 観測と解析

CALIPSO/G-II搭載ライダーとも繰り返し周波数20Hz、1064nm/532nmの2波長で観測を行い、532nmにおいては偏光解消度を測っている。今回利用した2007年4月28日未明のケースでは、G-IIは高度9km付近を対地速度時速500km程度で北上したのに対し、CALIPSOは高度約700kmを秒速7kmで南下した。両者の最接近地点は房総半島上空である。CALIPSOについてはNASAよりダウンロードしたLevel1B/Version2のHDFファイルを解析に利用した。データのレンジ分解能はCALIPSOの場合は高度8km以上で60m、8km以下で30m、G-IIライダーの場合常に3.75mである。それぞれのデータを1秒で積算し、前方(下向き)Fernald法 [3]により532nmの粒子後方散乱係数プロファイル $\beta(z)$ および粒子消散係数プロファイル $\alpha(z) \equiv S1 \times \beta(z)$ を導出した。この際、CALIPSOについては解析上端を高度14kmとし、 $\beta(14\text{km})$ はCALIPSOデータファイルに含まれる分子密度情報から求められる分子後方散乱係数とCALIPSOが観測した減衰補正なし後方散乱係数との差を用いた。またライダー比(S1)として高度8km以上では巻雲の可能性を考慮し20sr、8km以下では30srとした。一方G-IIの $\beta(9\text{km})$ としては、1064nmの強度に比例した値を設定し、S1には30srを用いている。またG-IIの場合は機体が傾いている時間帯については姿勢情報を用いてレンジ方向の α を対地高度へと線形補間した。

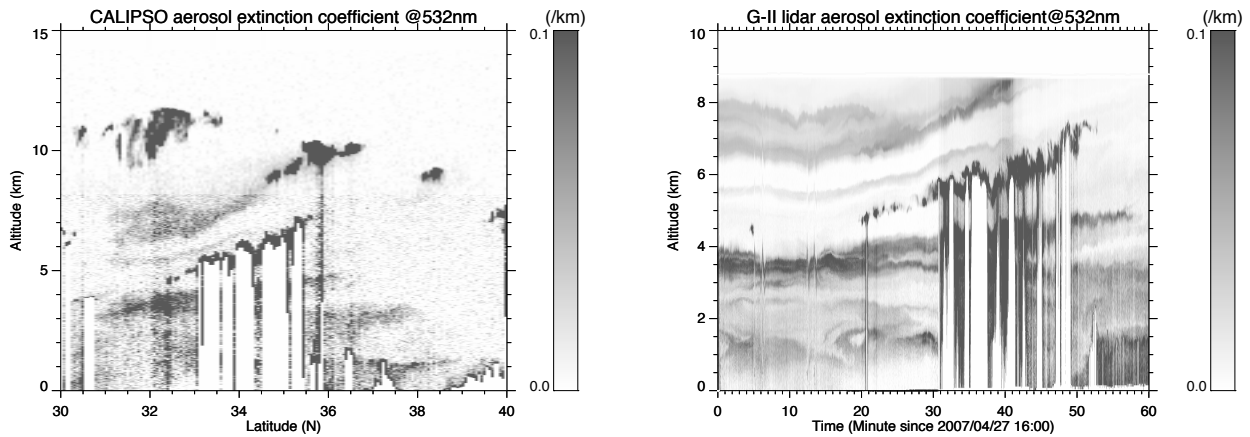


Figure 1: (Left) Latitude-height section of extinction coefficient of aerosols at 532 nm observed by CALIPSO and (right) time-height section of that observed by G-II lidar. Note that vertical axis ranges are different in both panels. G-II flew northward, so direction of horizontal axes correspond in both panels.

3 結果と考察

図1にCALIPSOにより観測された α の緯度高度断面(左)およびG-II搭載ライダーにより観測された α の時間高度断面(右)を示す。両者の位置が一致したのは1646UTC、北緯35度付近においてである。この時間帯には雲・エアロゾルの多重構造が観測されており、G-IIは最上層の巻雲よりも低い高度を飛行していた。まず高度6km付近から10km付近にかけて南側が下がったエアロゾルの層構造が両者で明瞭に見えており、この層は9km以上では巻雲に繋がっていた(G-IIはこの巻雲の直下を飛行した)。このエアロゾル層における532nm観測偏光解消度は20%以上であり(巻雲内では30%以上)、ダストと巻雲の相互作用の可能性が示唆された。またこの層の下にはフィラメント状(厚さ500m以下)のエアロゾル層、光学的に厚い中層雲の層がそれぞれ先のエアロゾル・巻雲層と同じような南北方向の傾きを示しながら観測されている。これらの層においては、両者の α も30%程度以内の差で一致している。更にもその下の高度3.5~4km付近には別のやや濃いエアロゾル層が存在し、この層は南北傾度がそれより上の層ほど大きくない。この層の偏光解消度は10%以下で、ダストではなく液滴の人為汚染粒子が主体と考えられる。これより低い高度では、G-IIでは細かい鉛直構造と共に地表付近に概ね1.5km程度の厚みを持つ境界層が捉えられているがCALIPSOからはこれははっきりとは読み取れない。これはCALIPSOからは対流圏上部にしばしば出現している巻雲を通してエアロゾル層を観測しているためと考えられ、地表付近のエアロゾル層の観測における衛星搭載ライダーの困難な点を示している。

謝辞

G-IIの航跡データ(緯度・経度・高度・機体姿勢等)は独立行政法人情報通信研究機構から提供して頂きました。

参考文献

- [1] I. Uno, K. Yumimoto, A. Shimizu, Y. Hara, N. Sugimoto, Z. Wang, Z. Liu, and D. M. Winker. 3D structure of Asian dust transport revealed by CALIPSO lidar and a 4DVAR dust model. *Geophys. Res. Lett.*, 35, 2008.
- [2] K. Yumimoto, I. Uno, N. Sugimoto, A. Shimizu, Z. Liu, and D. M. Winker. Adjoint inversion modeling of Asian dust emission using lidar observations. *Atmos. Chem. Phys.*, 8(11):2869–2884, 2008.
- [3] Frederick G. Fernald. Analysis of atmospheric lidar observations: Some comments. *Appl. Opt.*, 23(5):652–653, 1984.