

衛星搭載ライダーCALIOPを用いた全球エアロゾル解析：

他プロダクトとの比較

藤川 雅大^{1,3}、工藤 玲²、西澤 智明³、及川 栄治⁴、日暮 明子³、岡本 創⁴

1. 九州大学大学院総理工学府（〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1）
2. 気象庁気象研究所（〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1）
3. 国立環境研究所（〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2）
4. 九州大学応用力学研究所（〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1）

Global analysis of aerosols using space lidar CALIOP: Comparison with other products

Masahiro FUJIKAWA¹, Rei KUDO², Tomoaki NISHIZAWA³, Eiji OIKAWA⁴, Akiko HIGURASHI³,
and Hajime OKAMOTO⁴

1. Kyushu University Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, 6-1 Kasuga Park, Kasuga, Fukuoka 816-8580
2. Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052
3. National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053
4. Kyushu University Research Institute for Applied Mechanis, 6-1 Kasuga Park, Kasuga, Fukuoka 816-8580

Abstract: We compared global aerosol distributions estimated by an algorithm which we developed to retrieve extinction coefficients at 532nm of main aerosol components in the atmosphere (mineral dust, sea-salt, internally mixing black carbon, and water-soluble particles) with CALIPSO standard products (CALIOP-ST) and MODIS standard products, to evaluate the performance of the developed algorithm and its aerosol products. Preliminary results on comparison of our product with CALIOP-ST indicate that there is an overall consistency between the two AOT products, except for ocean aerosols where CALIOP-ST tends to underestimate the AOT. We will present results of the comparison with MODIS standard products as well as CALIOP-ST in the symposium.

Key Words: CALIOP, Aerosols, Comparison, Global distribution

1. 序論

エアロゾルの気候影響の評価には今なお大きな不確かさがあり¹⁾、その低減の為に、より詳細なエアロゾルの光学・微物理特性の全球的な時空間分布の把握（観測）が必要とされている。そういった中、CALIPSO 衛星搭載 2 波長偏光ミー散乱ライダー CALIOP による観測は 10 年を超え（今なお継続中）、その観測データはエアロゾルの全球 3 次元分布だけではなく、その長期変動をも把握するのに有用なものとなった。

大気中には様々な組成（種類）のエアロゾルが存在し、エアロゾルの光学・微物理特性はその種類によって大きく異なる。よって、エアロゾル種の識別とその定量化は、エアロゾルの気候影響の評価において重要な要素となる。2 波長偏光ミー散乱ライダーデータを用いて大気中の主要なエアロゾル種を分離推定する手法が、JAMSTEC の研究船「みらい」や地上ライダーネットワーク AD-Net のデータを用いて開発され²⁾、CALIOP 解析用に改良された³⁾。この手法では、粒径や粒子形状の違いによって水溶性粒子(WS)、鉍物ダスト(DS)、海塩粒子(SS)、内部混合型黒色炭素粒子(LAC)の4つの種類のエアロゾルを識別し、それらの消散係数を推定する。

そこで本研究では、この解析アルゴリズムによる CALIOP データを用いた長期エアロゾル解析を行う

と共に解析アルゴリズムの性能評価および改良を進めている。本発表では、解析アルゴリズム（および解析プロダクト）の性能評価を目的として実施した CALIOP 標準プロダクトおよび MODIS 標準プロダクトとの比較結果について報告する。

2. CALIOP 解析

2.1 解析手法

CALIOP の 2 波長(532nm, 1064nm)での減衰付き後方散乱係数、波長 532nm での全偏光消光度(CALIOP 標準 Level 1B プロダクト)に先述した解析アルゴリズムを適用する。雲層の除去(エアロゾル層の抽出)には、雲・エアロゾルマスク(CALIOP 標準 Level 2 プロダクト)を用いた。解析アルゴリズムでは、信号ノイズによる推定誤差を低減し、無意味な解の生成を抑制するため数値解法として Map 法⁴⁾が導入されている。

4 種エアロゾルの波長 532nm での消散係数を推定するために、各エアロゾル種の光学特性がモデル化（仮定）される。各エアロゾル種の形状は WS、LAC、SS を球、DS を回転楕円体と仮定される。体積粒径分布は対数正規分布で表現し、先行研究^{5,6)}によりモード半径と分散を仮定している。LAC は Core-Gray-Shell(CGS)モデル⁷⁾が適用されており、黒色炭素をコア、WS をシェルとしている。LAC の乾燥時のモード半径は WS と同じと仮定している。SS のモード半

径は海上の風速から推定される⁸⁾。複素屈折率については、WSやSSはデータベース⁵⁾の値、DSは黄砂観測⁹⁾の値をそれぞれ採用している。また、WS、SS、LACに対しては湿度依存による光学・微物理特性の変化を考慮してモデル化されている⁵⁾。

2.2 結果

2010年のCALIOP観測データへのアルゴリズム適用結果を示す(Fig.1)。推定された波長532nmでの全エアロゾルの光学的厚さは(Fig.1 e)、中国、インド、中東、アフリカ、そして南米といった低～中緯度域において高い(0.3~0.5程度)。推定されたエアロゾル種毎の光学的厚さから、WS(Fig.1 a)およびDS(Fig.1 c)の寄与が大きいことが判明した。

3. 標準プロダクトとの比較

上記の解析結果を、CALIOP標準プロダクトVersion.3 Level3 (CALIOP-ST)の全エアロゾル光学的厚さ(Fig.2)と比較した。全球分布の性状はよく一致する一方で、全球平均値は本研究が0.124、CALIOP-STが0.104と、CALIOP-STの方が幾分低い。特に光学的厚さが0.2以下のケースに対して、その傾向が顕著に現れる(Fig.3)。その要因の1つとして、CALIOP-STのエアロゾルタイプの誤判定が挙げられる。海上のSmokeをClean Marineとして誤判定することが報告されている¹⁰⁾。Clean Marineのライダー比(20 sr)はSmoke(70 sr)よりも小さく設定されている(モデル化されている)¹¹⁾。その結果、誤判定により光学的厚さは過小評価されることになる。本シンポジウムでは、より長期のデータに対する比較結果も示し、解析アルゴリズムの特性や課題について言及する。

謝辞

本研究は科研費基盤研究(課題番号17H06139, 15H02808, 15H01728, 2524707)およびJAXA/EarthCARE受託研究の助成の下で実施されています。

参考文献

- 1) Boucher, O. et al, 2013: Clouds and Aerosols. IPCC 2013
- 2) Nishizawa T., et al. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 2017; 188, 79-93.
- 3) Kudo et al., 7th International EarthCARE science workshop (2018/6).
- 4) R. Kudo, et al. 2016 Atmos. Meas. Tech. 9, 3223-3243.
- 5) Hess, M., et al. 1999, Bull. Amer. Meteor. Soc. 79, 831-844.
- 6) Smirnov, A., et al. 2002, J. Atmos. Sci., 59, 501-523.
- 7) Kahnert, M., et al. 2013 Opt. Express 21, 7, 7974-7993.
- 8) Erickson, D. J., and Duce, R. A. 1988, J. Geophys. Res. 93, 14079-14088.
- 9) Aoki, T., et al. 2005, J. Meteor. Soc. Jpn. 83A, 315-331.
- 10) https://www-calipso.larc.nasa.gov/resources/calipso_users_guide/qs/cal_lid_l2_all_v4-10.php

11) Omar, A. H., and Coauthors 2009, J. Atmos. Oceanic Technol., 26, 1994-2014.

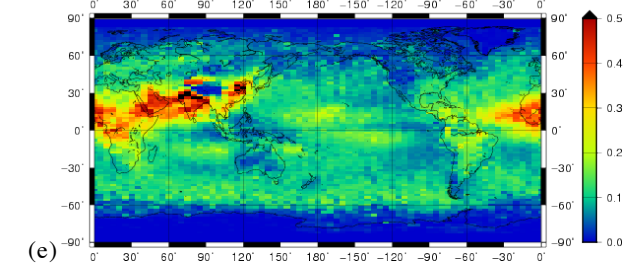
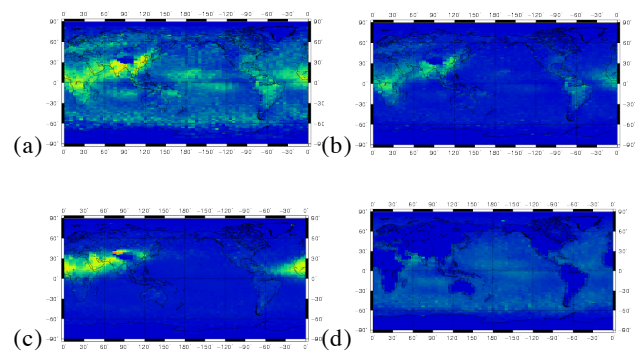


Fig.1 Annual average of aerosol optical thickness (AOT) for 2010 by this study's product in the area each latitude 2° - longitude 5°. (a) Water Soluble, (b)LAC (Black Carbon), (c)Dust, (d)Sea Salt, (e)Total.

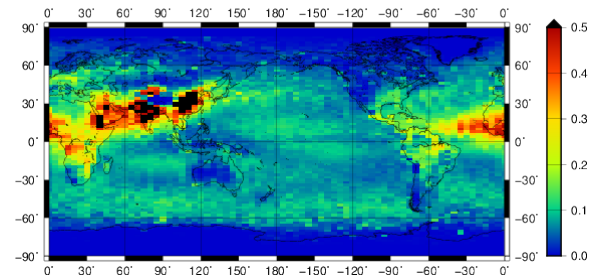


Fig.2 Annual average of AOT by CALIOP standard (CALIOP-ST) product (Version.3, Level3).

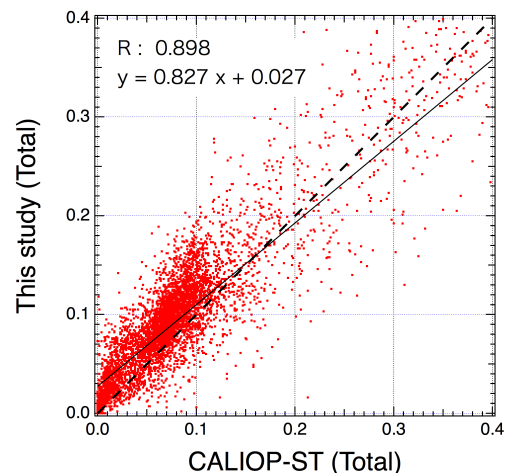


Fig.3 Distribution diagram, regression line (solid line), and one-to-one line (dotted line) of AOT in this study and CALIOP-ST.