

EarthCARE 衛星搭載ライダー・イメージャーを用いた エアロゾル・雲導出アルゴリズムの開発(2)

西澤 智明¹, 工藤 玲², 及川 栄治², 日暮 明子¹, 神慶孝¹, 岡本 創³

¹ 国立環境研究所(〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2)

² 気象庁気象研究所(〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

³ 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)

Development of aerosol and cloud retrieval algorithms using lidar and imager onboard EarthCARE satellite (2).

Tomoaki NISHIZAWA¹, Rei KUDO², Akiko HIGURASHI¹, Satoru TAKAKURA¹,
Eiji OIKAWA³, and Hajime OKAMOTO³

¹National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki-ken, 305-0053

²Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki-ken, 305-0052

³Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasugakoen, Kasuga, Fukuoka-ken, 816-8580

Abstract: We have developed algorithms to retrieve aerosol and cloud optical properties using data measured by HSRL (ATLID) and imager (MSI) installed on EarthCARE satellite. The developed algorithms provide particle optical properties and extinctions of aerosol components (dust, black carbon, sea-salt, and water-soluble particles) as well as information on particle types, layer identifier, and planetary boundary layer height. To evaluate the performance of the algorithms, we have conducted the analysis using the ATLID and MSI signals reproduced by the J-simulator developed in the EarthCARE mission. In the symposium, we will report on the current status of these algorithm developments, as well as the research results related to this development.

Key Words: EarthCARE, Aerosol, Cloud, HSRL, Imager

1. はじめに

日欧共同地球観測衛星 EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer)¹⁾の打ち上げがいよいよとなった(2024年打ち上げ予定)。EarthCARE衛星には、95GHz雲レーダー(CPR)、可視から赤外波長域に7バンドのチャンネルを持つ多波長イメージャー(MSI)、短波および長波放射を測定する広帯域放射計(BBR)、そして波長355nmでの偏光高スペクトル分解ライダーATLIDが搭載される。MSIによる水平分布計測と共に、CPRとATLIDによる高度分布計測を複合することで立体的なエアロゾルおよび雲の全球把握を目指す。BBRによる大気放射フラックスの同時観測では、地球の放射収支や雲・エアロゾルによる放射強制力の把握を目指す。

エアロゾルおよび雲の光学特性の高度分布の全球測定は、大気放射過程を介した大気粒子の気候影響を評価する上で重要となる²⁾。CALIPSO(Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation)衛星には2波長(532nm, 1064nm)偏光ミュー散乱ライダーCALIOP³⁾が搭載され、打ち上げの2006年以降今日に至るまでエアロゾルおよび雲の高度分布を計測し続けてきた。EarthCAREは、「ポストCALIPSO-CloudSat」として位置付けられ、EarthCARE以降にはNASA主導のAOS(Atmospheric Observing System)ミッションが続く。雲、エアロゾル、そして大気放射の包括的な全球観測の継続と長期データの蓄積が世界的に求められている。

我々は、ATLIDデータを用いたエアロゾルと雲の光学特性を抽出するアルゴリズム(ATLID単体手法)の開発と共に、ATLIDとMSIの両データを用いたエアロゾル推定アルゴリズム(ATLID-MSI複合手法)の開発を進めてきた⁴⁾。ATLID単体手法からは以下の5種のプロダクトが推定される:(1) Feature mask: 大気分子、エアロゾル、雲の識別子、(2) 光学特性:波長355nmでのエアロゾル・雲の消散係数、後方散乱係数、偏光解消度、ライダー比、(3) Target mask: エアロゾルタイプおよび雲タイプの識別子、(4) 境界層高度、(5) Aerosol component: エアロゾル種毎の波長355nmでの消散係数。ATLID-MSI複合手法からは、Aerosol componentプロダクトとして、エアロゾル種毎の波長355nmでの消散係数と共に、fine-mode粒子とcoarse-mode粒子のモード半径が推定される(ここでは、粒径分布としてログノーマル分布が仮定される)。これらのアルゴリズム開発は、JAXA助成のもと実施されており、EarthCARE衛星打ち上げ後、JAXA標準プロダクトとして配信される(但し、Aerosol componentプロダクトは研究プロダクトとして配信される)。

前回発表では、これらアルゴリズムの概要について報告した。本発表では本開発の進捗および関連研究の成果について報告する。

2. アルゴリズム開発

進捗例として、ATLID データを用いた光学特性推定について述べる。信号ノイズに対するアルゴリズムの頑強性の向上を目的として、MAP 法 (Maximum a posteriori 法) を用いた推定方式を採用した。コスト関数 F は以下となる。

$$F(x) = (Y(x) - Y_{obs})^T W^{-1} (Y(x) - Y_{obs}) + Y_e(x)^T W_e^{-1} Y_e(x) \quad (1)$$

ベクトル x は推定値であり、消散係数、ライダー比、偏光解消度の高度分布となる。ベクトル Y_{obs} は測定信号である。ベクトル Y_e は各推定値の高度分布に対する滑らかさを強制する関数となる。マトリクス W および W_e は対角行列であり、測定精度および滑らかさの強制に応じた重みとなる。コスト関数の最小化は、直線探索法を組み合わせた Gauss-Newton 法によって行われる。MAP 法を用いた大気粒子の光学特性の推定例を図 1 に示す。Joint-simulator⁵⁾を用いた計算された ATLID 擬似信号に対してアルゴリズムを適用した。ここでは ATLID の諸元に従って再現された信号ノイズが考慮されている。洋上において下層 5km 以下にエアロゾルが存在し、上層や境界層近傍に雲が点在するケースとなる。エアロゾルや雲層のエッジとなる箇所では信号の平滑化等により誤差は大きくなるが、それ以外の箇所では概ねエアロゾル・雲ともに各推定値は 30% 程度以下の誤差で推定されていることが見て取れる。

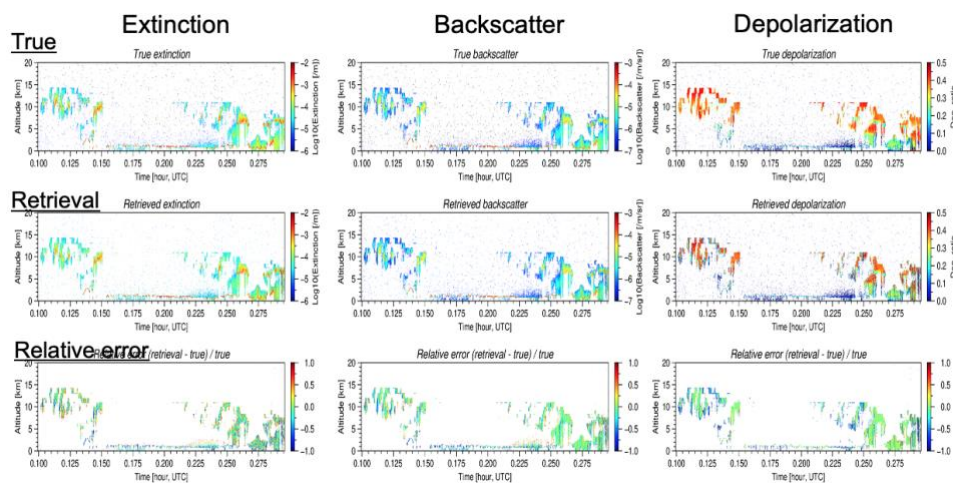


Fig.1 Estimation of optical properties using ATLID simulation data. (top row) true values, (middle row) estimated values, (bottom row) relative errors. (left column) extinction coefficient, (middle column) backscatter coefficient, (right column) depolarization ratio at 355nm. Horizontal and vertical resolutions are 10km and 100m, respectively.

謝 辞

本研究は科研費基盤研究(課題番号 17H06139, 15H02808, 15H01728, 25247078, 25220101)および JAXA/EarthCARE 受託研究の助成の下で実施された。

参考文献

- 1) A. J. Illingworth et al.: Bull. Amer. Meteor. Soc., **96** (2015), 1311-1332.
- 2) M. D. Winker et al.: J. Atmos. Ocean. Tech., **26** (2009) 2310-2323.
- 3) T. Takemura et al.: J. Geophys. Res., **108**(2003) 8659, doi:10.1029/2002JD003210.
- 4) T. Nishizawa et al.: J. Rem. Sens. Soc. Jap., **39** (2019) 215-224 (in Japanese)
- 5) T. Hashino et al.: J. Geophys. Res. Atmos., **118** (2013), doi:10.1002/jgrd. 50564.