

地上ライダーネットワークによる EarthCARE ATLID の検証

杉本伸夫¹, 神 慶孝¹, 西澤智明¹, 岩井宏徳², 青木 誠², 安永数明³, 弓本桂也⁴,
岡本 創⁴, 入江仁士⁵, 工藤 玲⁶, 日暮明子¹

¹国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

²情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1)

³富山大学 (〒930-8555 富山県富山市五福3190)

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 丁目 1 番地)

⁵千葉大学環境リモートセンシング研究センター (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

⁶気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1)

EarthCARE ATLID validation using the ground-based lidar network

Nobuo SUGIMOTO¹, Yoshitaka JIN¹, Tomoaki NISHIZAWA¹, Atsushi SHIMIZU¹,
Hironori IWA², Makoto AOKI², Kazuaki YASUNAGA³, Keiya YUMIMOTO⁴, Hajime OKAMOTO⁴,
Hitoshi IRIE⁵, Rei KUDO⁶, Akiko HIGURASHI¹

¹National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-8506 Japan

²National Institute of Information Communications Technology, 4-2-1 Nukukita, Koganei, Tokyo 184-0015 Japan

³University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555 Japan

⁴Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasugakouen, Kasuga 816-8580 Japan

⁵Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 1-33 Yayoi, Inage, Chiba 263-8522 Japan

⁶Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine, Tsukuba 305-0052 Japan

Abstract: Validation experiments for the EarthCARE ATLID JAXA Level 2a data products using the ground-based lidars are reported. The ATLID JAXA L2a standard product consists of feature mask, target mask, and optical parameters for aerosols and clouds, and planetary boundary layer height. Direct comparisons with the ground-based 355-nm HSRLs and Raman lidars are performed for validating the aerosol optical parameters and the boundary layer height. A data matching method considering air mass trajectory is also used. Statistical comparisons in suitable temporal and spatial regions are performed for validating feature mask, target mask and cloud optical parameters because the spatial distribution scale is small for cloud. For validation of the ATLID JAXA L2a research product that provides extinction coefficients for aerosol components (water soluble, mineral dust, sea salt, black carbon), multi-wavelength HSRLs and multi-wavelength Raman lidars are used because the aerosol components can be better estimated with more measurement parameters.

Key Words: EarthCARE ATLID, high-spectral resolution lidar, Raman lidar, aerosol, cloud

1. はじめに

地球観測衛星 EarthCARE(はくりゅう)は 2024 年 5 月 29 日に打上げられ正常に軌道に投入された。EarthCARE には、大気ライダーATLID、雲プロファイリングレーダーCPR、および2つの受動センサ(マルチスペクトルイメージャーMSIと広帯域放射計BBR)が搭載されている。現在、初期機能確認が進められており、間もなく観測が開始される。EarthCAREは欧州宇宙機関ESAと日本のJAXA, NICTの共同で開発され、ATLIDは欧州で、CPRは日本で開発された。観測データについてはそれぞれ双方で処理・解析が行われ¹⁾、ATLIDについてもJAXAで独自のデータプロダクトが作成され提供される²⁾。本発表では、JAXAで作成されるデータプロダクトのうち、ATLID単体のレベル2データプロダクトの地上ライダーネットワークAD-Netを用いた検証について報告する。

2. ATLID JAXA Level 2a データプロダクト

ATLIDは355nmの高スペクトル分解ライダー(HSRL)である。JAXAで作成されるATLID Level 2aプロダクトには標準プロダクトと研究プロダクトがある。標準プロダクトは feature mask, target mask, エアロ

ゾルの光学パラメータ（消散係数、後方散乱係数、ライダー比、粒子偏光解消度）、雲の光学パラメータ（消散係数、後方散乱係数、ライダー比、粒子偏光解消度）、大気境界層高度である。軌道に沿った水平分解能は、feature mask については 0.2km、それ以外については 1km で、高度分解能はいずれも 0.1km である。feature mask は、測定された対象がエアロゾルであるか雲であるかなどを判別したもので、target mask はさらにエアロゾルのタイプや雲の相などの分類を加えたものである²⁾。ATLID Level 2a 研究プロダクトでは、エアロゾルを water soluble, dust, sea salt, black carbon の 4 つのコンポーネントの外部混合と考えてコンポーネント毎の濃度が提供される。水平分解能 1km、高度分解能 0.1km である。

3. 地上ライダーネットワーク AD-Net

検証には東京小金井の NICT の検証スーパーサイトに設置した 355nm HSRL および、地上ライダーネットワーク (AD-Net) のライダーを用いる。AD-Net（東アジアの約 20 地点）には多種の仕様の異なるライダーが含まれるが³⁾、現在、つくば、福岡では多波長 HSRL (355nm, 532nm) + 1 μ m Mie ライダー、沖縄辺戸岬、富山では多波長ラマン散乱 (355nm, 532nm) + 1 μ m Mie ライダーが稼働している。ATLID 検証では、ATLID と同様の測定パラメータが得られる 355nm の HSRL（小金井、つくば、福岡）と 355nm ラマンライダー（辺戸岬、富山）を主に用いる。特に HSRL は昼夜を問わず高感度の測定が可能である利点を持つ。AD-Net の HSRL は干渉計を 1 フリンジ分だけ周期的に掃引する独自の手法を用いている。この手法では、レーザーは単一縦モードを維持するだけでよく、レーザー波長あるいは干渉計を相互に微調整する必要がないので、長期連続観測に適している^{4,5)}。

4. 検証実験

ATLID Level 2a 標準プロダクトの検証では、地上 HSRL あるいはラマンライダーから得られる 355nm の後方散乱係数、消散係数、粒子偏光解消度を用いる。ATLID データの処理²⁾と同様のアルゴリズムを用いて ATLID Level 2a 標準プロダクトに相当するデータセットを作成し、ATLID データと比較することによって検証を行う。エアロゾルの光学特性および大気境界層高度については、衛星が地上ライダーの近傍 (100km 以内) を通過する事例について直接的な比較を行う。また、大気塊の輸送の軌跡を考慮したデータマッチング手法も用いる⁶⁾。雲を含む feature mask, target mask、雲の光学パラメータの検証では、雲の分布スケールが小さいので直接的な比較は難しいため、ATLID データでは適当な空間領域を考え、対応する地上ライダーデータでは適当な時間領域を考えて統計的な比較を行う。

ATLID Level 2a 研究プロダクトの検証では、より多くのパラメータを用いることでエアロゾルコンポーネントの推定がより正確に行われると考えられるため、ATLID より測定パラメータの多い多波長 HSRL、多波長ラマン散乱ライダーを利用する。

参考文献

- 1) H. Okamoto, K. Sato, T. Nishizawa, Y. Jin, T. Nakajima, M. Wang, M. Satoh, K. Suzuki, W. Roh, A. Yamauchi, H. Horie, Y. Ohno, Y. Hagihara, H. Ishimoto, R. Kudo, T. Kubota, T. Tanaka: JAXA Level2 algorithms for EarthCARE mission from single to four sensors: new perspective of cloud, aerosol, radiation and dynamics, Atmospheric Measurement Techniques Discussion, 2 July 2024. <https://doi.org/10.5194/amt-2024-101>
- 2) T. Nishizawa, R. Kudo, E. Oikawa, A. Higurashi, Y. Jin, N. Sugimoto, K. Sato, H. Okamoto: Algorithm to retrieve aerosol optical properties using lidar measurements on board the EarthCARE satellite, Atmospheric Measurement Techniques Discussion, 24 June 2024. <https://doi.org/10.5194/amt-2024-100>
- 3) A. Shimizu, T. Nishizawa, Y. Jin, S.-W. Kim, Z. Wang, D. Batdorj, and N. Sugimoto: Evolution of a lidar network for tropospheric aerosol detection in East Asia, Optical Engineering **56**(3), 031219 (2017).
- 4) Y. Jin, T. Nishizawa, N. Sugimoto, S. Ishii, M. Aoki, K. Sato, and H. Okamoto: Development of 355-nm high-spectral-resolution lidar using a scanning Michelson interferometer for aerosol profile measurement, Optics Express **28**, 390987 (2020).
- 5) Y. Jin, T. Nishizawa, N. Sugimoto, S. Takakura, M. Aoki, S. Ishii, A. Yamazaki, R. Kudo, K. Yumimoto, K. Sato, and H. Okamoto: Demonstration of aerosol profile measurement with a dual-wavelength high-spectral-resolution lidar using a scanning interferometer, Appl. Opt. **61**, 3523 (2022).
- 6) N. Sugimoto, Y. Jin, T. Nishizawa, A. Shimizu, H. Iwai, M. Aoki, K. Yasunaga, K. Yumimoto, H. Okamoto, H. Irie, R. Kudo, A. Higurashi: Validation of EarthCARE Atmospheric Lidar (ATLID) using the Asian Dust and aerosol lidar observation Network (AD-Net), 31st International Laser Radar Conf., P2-33 Landshut, Germany 2024.