

# 日本における衛星搭載ドップラー風ライダーの検証

岩井 宏徳<sup>1</sup>, 青木 誠<sup>1</sup>, 大城 満<sup>1</sup>, 雨谷 純<sup>1</sup>, Baron Philippe<sup>1</sup>, 石井 昌憲<sup>1</sup>

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

## Validation of Aeolus HLOS wind using ground-based instruments in Japan

Hironori IWAI<sup>1</sup>, Makoto AOKI<sup>1</sup>, Mitsuru OHSHIRO<sup>1</sup>, Jun AMAGAI<sup>1</sup>, Philippe BARON<sup>1</sup>, and Shoken ISHII<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 Nukuikita, Koganei, Tokyo 184-8795

**Abstract:** The ESA's Aeolus Doppler Wind Lidar was successfully launched on 22 August 2018. The Aeolus Level-1 and Level-2 data products were released to the CAL/VAL teams on 18 December 2018. This allowed us to start with the Aeolus validation analysis. This study shows the initial results of the validation analysis using ground-based Doppler lidars, radiosondes, and wind profilers in Japan.

**Key Words:** Aeolus Doppler Wind Lidar, ground-based Doppler lidar, radiosonde, wind profiler radar

### 1. はじめに

欧州宇宙機関 (ESA) により世界初の衛星搭載ドップラー風ライダー (Aeolus) が 2018 年 8 月 22 日に打ち上げられた。Aeolus により得られる全球の風データにより、数値気象・気候予測モデルの精度向上が期待されている。本稿では地上設置型コヒーレントドップラーライダー (CDL), ラジオゾンデおよび気象庁のウィンドプロファイラ (WPR) を用いた Aeolus の風データの精度検証の初期解析結果について報告する。

### 2. Aeolus

Aeolus は波長 355 nm の直接検波方式のドップラーライダーであり、分子散乱 (Rayleigh) とエアロゾルや雨滴からの散乱 (Mie) によるドップラーシフトを分離して、それぞれの視線方向風速 (LOS) を計測する。Aeolus は高度 320 km, 7 日回帰の太陽同期ドーンダスク軌道であり、軌道面から仰角 35°, 軌道の直交方向にレーザ光を照射し、概ね東西風成分に近似できる Horizontal LOS (HLOS) が計測される。本研究での解析には ESA から提供されている Level-2B (L2B) プロダクトを用いた。L2B プロダクトは Level-1B プロダクトに大気補正などを施したものであり、水平距離約 90 km で平均された HLOS の鉛直プロファイルが提供されている<sup>1)</sup>。本研究では、2018 年 10 月から 2019 年 6 月の L2B プロダクトを用いた。

図 1 に日本周辺における Aeolus の軌道を示す。日本列島を各日の早朝 (5 時半~7 時) に北から南 (descending), 夕方 (17 時~18 時半) に南から北 (ascending) に縦断する。

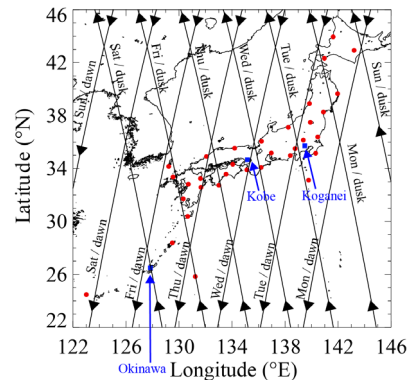


Fig. 1. Aeolus orbits for 1 week over Japan (black lines). The blue squares and red closed circle indicate the locations of the ground-based Doppler lidar (NICT) and the wind profilers (Japan Meteorological Agency), respectively.

### 3. HLOS 検証

Aeolus の HLOS 検証のため、NICT が東京、神戸と沖縄に設置している CDL (図 1 の青四角) の近傍を Aeolus が通過する際に DBS または VAD で水平風の鉛直プロファイルを取得した。

また、NICT 沖縄では 2018 年 11 月 1 日から 12 月 20 日の期間中、ラジオゾンデを計 12 個放球した。Aeolus が沖縄本島に最接近する時刻にラジオゾンデが高度 5 km 程度に達するよう、15 分前に放球を行った。

気象庁の WPR は現在、全国 33 か所に展開されており (図 1 の赤丸), WPR ごとに、高度分解能は 291m, アンテナからの最高観測高度が約 10km の 10 分平均の水平風プロファイルが提供されて

いる。Aeolus の観測点から半径 100km 以内に入る WPR を選び、観測時刻が一致する水平風プロファイルと比較に用いた。

上記の地上観測機器で得られた水平風速の鉛直分解能は Aeolus の鉛直分解能 (250 m ~ 2000 m) に比べて良いため、Aeolus の観測レンジ内で平均して比較に用いた。また、Aeolus の視線方向は軌道が descending の場合は約  $100^\circ$ 、ascending の場合は約  $260^\circ$  であるため、地上観測機器で得られた水平風速を Aeolus の視線方向に投影して HLOS を算出した。

#### 4. 比較結果

図 2 に沖縄の CDL の HLOS と Aeolus の HLOS との比較結果を示す。CDL で得られる水平風プロファイルは概ね 4 km 以下であり、その高度では Aeolus の Rayleigh の有意な観測データが少なくなってしまう。Aeolus の Mie は雲の上端のみで有意な観測データが得られる一方、地上の CDL で雲の上端を観測することは困難である。図 3 にラジオゾンデの HLOS と Aeolus の HLOS との比較結果を示す。放球数は少ないが、高度 21 km まで連続的に HLOS が得られるため、Rayleigh との比較点数は多いが、Mie との比較点数は少ない。図 4 に WPR の HLOS と Aeolus の HLOS との比較結果を示す。Aeolus の軌道近傍に WPR が複数台存在し、雲の中やその上まで観測できる場合もあるので、CDL やラジオゾンデに比べて Rayleigh、Mie とともに有意な比較点数が多い。

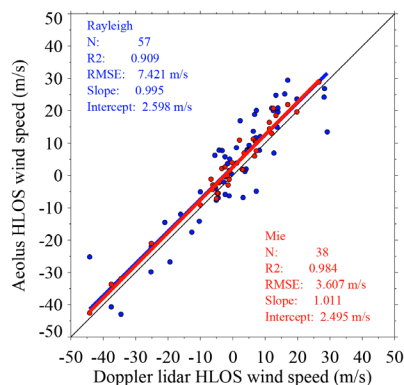


Fig. 2. Aeolus HLOS wind speed determined with the Rayleigh (blue circles) and Mie (Red circles) versus the ground-based Doppler lidar HLOS wind speed. In the legend, N is the number of points included, R2 is the correlation coefficient, RMSE is the root-mean square error, and the slope and intercept are for the least-squares fit line.

Rayleigh, Mie とともに CDL, ラジオゾンデ, WPR と弱風から強風まで良い一致を示しているが、ややばらつきが大きく、要求精度 ( $< 2\sim 4$  m/s) を満たしていない。また、 $1\sim 2$  m/s 程度の正のバイアスもある。

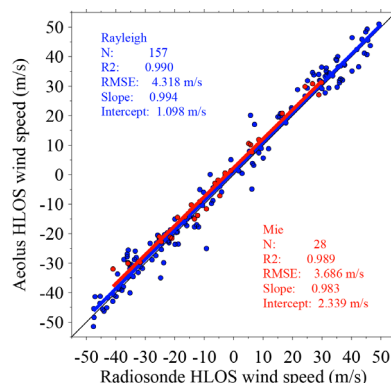


Fig. 3. Aeolus HLOS wind speed determined with the Rayleigh (blue circles) and Mie (Red circles) versus the radiosonde HLOS wind speed. The legend is the same as that in Fig. 2.

#### 5. まとめ

Aeolus の HLOS と CDL, ラジオゾンデ, WPR の HLOS とを比較し、要求精度おらず、小さいが正のバイアスもあることを示した。これらのエラーは、Aeolus のレーザシステムが不調であったことが一つの大きな要因と考えられる。このため、ESA では、2019 年 6 月にレーザを切り替える作業を行っており、NICT では引き続き精度検証を実施していく予定である。

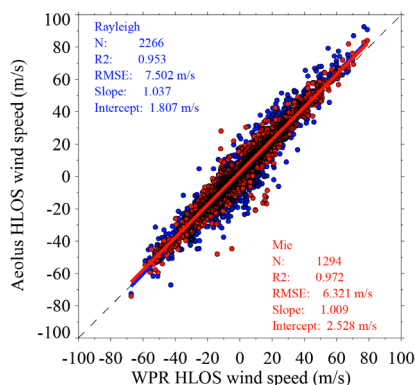


Fig. 4. Aeolus HLOS wind speed determined with the Rayleigh (blue circles) and Mie (Red circles) versus the WPR HLOS wind speed. The legend is the same as that in Fig. 2.

#### 謝辞

ウィンドプロファイラのデータは気象庁より提供された。本研究の一部は科学研究費補助金 (課題番号: 17H06139, 19K04849, および 19H01973) の支援を受け実施された。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) The Virtual Research Environment (VirES) for Aeolus, <https://aeolus.services>