

地上センサを用いた衛星搭載ドップラー風ライダーの検証

岩井 宏徳¹, 青木 誠¹, 大城 満¹, 石井 昌憲²

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

²東京都立大学 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

Validation of Aeolus winds by ground-based instruments

Hironori IWAI¹, Makoto AOKI¹, Mitsuru OHSHIRO¹, and Shoken ISHII²

¹National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 Nukuiyama, Koganei, Tokyo 184-8795

²Department of Aeronautics and Astronautics, Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

Abstract: First space-based Doppler wind lidar onboard the Aeolus was launched for obtaining global profiles of horizontal line-of-sight (HLOS) winds by the European Space Agency on 22 August 2018. In this study, the Rayleigh-clear and Mie-cloudy HLOS winds for periods of baseline 2B02 (from 1 October to 18 December 2018) and 2B10 (from 28 June to 31 December 2019 and from 20 April to 8 October 2020) are validated using wind profilers, ground-based coherent Doppler wind lidars, and GPS-radiosondes.

Key Words: Space-borne Doppler Wind Lidar, wind profiler, ground-based coherent Doppler lidar, GPS-radiosonde

1. はじめに

欧州宇宙機関 (ESA) によりドップラー風ライダーALADIN を搭載した衛星 Aeolus が 2018 年 8 月 22 日に打ち上げられ、約 3 年が経過した現在も観測を継続している。2020 年 1 月 9 日からは ECMWF で Aeolus により得られる風データの数値予報モデルへのデータ同化が開始した。情報通信研究機構 (NICT) では、Aeolus 打上直後から地上設置型コヒーレントドップラーライダー (CDWL) と GPS ラジオゾンデ (GPS-RS) を用いた Aeolus の風データの精度検証を実施している。また、気象庁のウィンドプロファイラ (WPR) を用いた統計的な Aeolus の風データの精度検証も行っている。本稿では、これらの地上センサを用いた Aeolus の風データの精度検証結果について報告する。

2. 観測データおよび解析方法

ALADIN 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) とエアロゾルや雲からの散乱 (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 (LOS) 風速を計測する。Aeolus は高度 320 km、7 日回帰の太陽同期ドーナツ軌道であり、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_{Aeolus}) が計測される。本研究では ESA から提供されている Level 2B (L2B) プロダクトを用いた。L2B プロダクト生成の処理系 (baseline) は順次更新されており、2B02 (2018/10/1~2019/5/15) と 2B10 (2019/6/28~12/31 と 2020/4/20~10/8) の期間を対象に解析を行った。

Aeolus の HLOS 検証のため、NICT が神戸と沖縄に設置している CDWL を使い、CDWL の近傍を Aeolus が通過する際に DBS で水平風の鉛直プロファイルを取得した。Aeolus の通過前後 30 分間の水平風を平均した。また、NICT 沖縄では Aeolus が通過する際に、GPS-RS を 2B02 の期間に 12 個、2B10 の期間に 6 個放球し、水平風の鉛直プロファイルを取得した。GPS-RS は飛揚中に水平方向にドリフトしていくことを考慮し、Aeolus の観測点から 120 km 以内、かつ Aeolus の通過前後 60 分以内の GPS-RS の水平風データを比較に用いた。気象庁の WPR は現在、高度分解能は 291 m、アンテナからの最高観測高度が約 12 km 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 を選択し、Aeolus の通過前後 30 分間の水平風を平均した。

上記の地上センサで得られる水平風速を 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°、ascending の場合は約 260° であるため、地上センサ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 (HLOS_{CDWL,GPS-RS,WPR})。そして、HLOS_{diff} (= HLOS_{Aeolus} - HLOS_{CDWL,GPS-RS,WPR}) からバイアスや標準偏差等の統計量を算出し、HLOS_{Aeolus} の精度検証を行った。

3. 比較結果

図1にWPRのHLOSとAeolusのRayleigh/MieのHLOSとの散布図を示す。Aeolusの観測開始直後である2B02の期間において、Rayleigh/Mieともに正のバイアス(1.69/2.42 m/s)を示している(図1a,b)。他機関の検証結果においてもRayleigh/Mieともに正のバイアスを示しており、本解析と一致する。このバイアスの主な原因として、Aeolusの軌道に依存した主鏡の変形により分光器への光の入射角が変化していることが分かり、2B10においてはこの主鏡変形の補正をかけたL2Bプロダクトが提供された。WPRデータを用いた解析から、Rayleigh/Mieともに2B10の期間におけるバイアスは2B02の期間より減少(-0.82/-0.51 m/s; 図1c,d)していることを確認した。また、ランダムエラー(scaled median absolute deviation (scaled MAD))もわずかながら減少している。

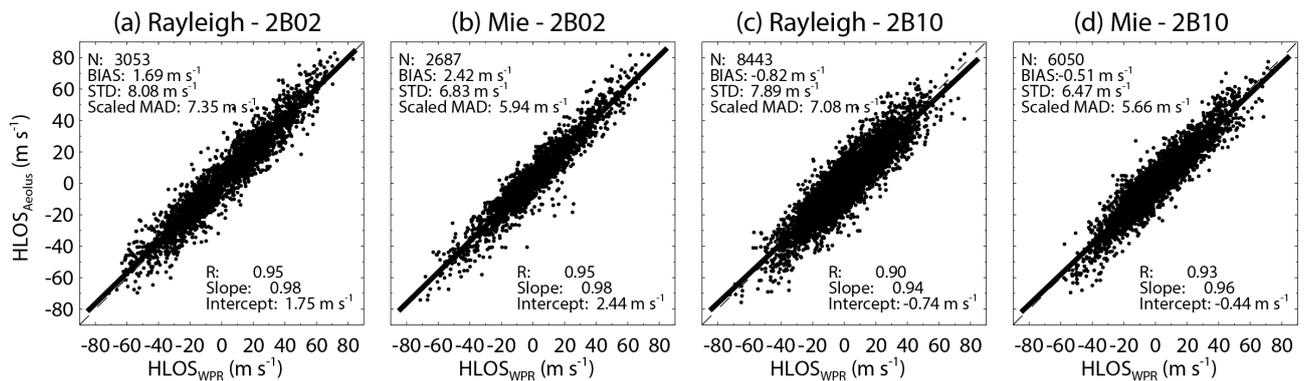


Fig. 1. Aeolus HLOS wind speed plotted against the WPR HLOS wind speed for (a, c) Rayleigh-clear winds and (b, d) Mie-cloudy winds for (a, b) for a period of baseline 2B02 and (c, d) for a period of baseline 2B10.

図2に沖縄のCDWLのHLOSとAeolusのRayleigh/MieのHLOSとの比較結果を示す。WPRとの比較結果と同様に2B02の期間においてRayleigh/Mieともに正のバイアス(1.08/2.38 m/s)を示している(図2a,b)が、2B10の期間ではバイアスが減少していることがわかる(-0.48/-0.26 m/s; 図2c,d)。一方、ランダムエラーは両期間でほぼ同じ値を示しており、2B10の期間での改善は確認できない。2B10の期間で相関係数が悪化している原因として、夏季の対流活動の影響が考えられる。

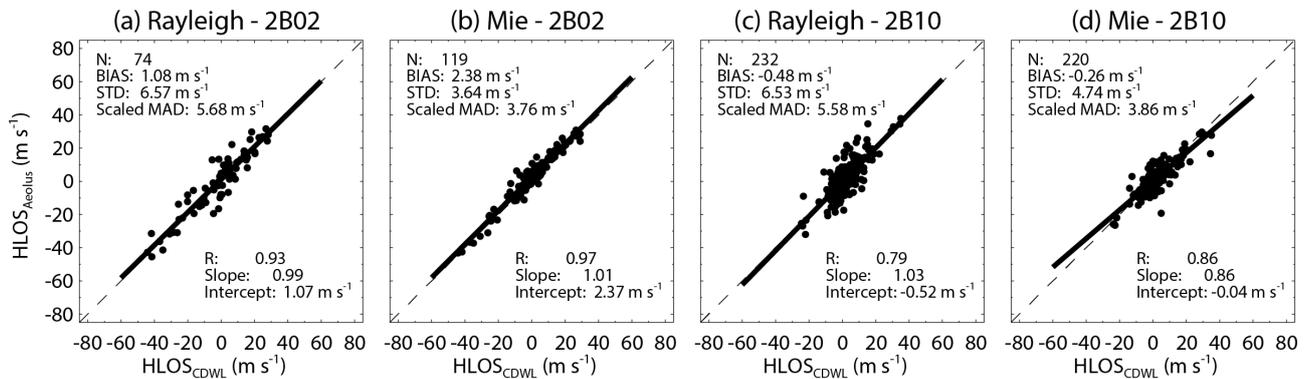


Fig. 2. Same as Fig. 1 but for the CDWL at Okinawa.

4. まとめ

本稿ではAeolusの2B02と2B10の期間におけるAeolusとWPRおよび沖縄のCDWLとの比較結果から、顕著にバイアスが改善されていることを示した。発表では神戸のドップラーライダーとラジオゾンデを用いた比較結果についても報告する。

謝辞

ウィンドプロファイラのデータは <http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/data/jma-radar/wprof/original/>よりダウンロードした。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。