Aeolus 衛星の視線風速データ同化による数値予測への寄与

岡部 いづみ [1], 岡本 幸三 [1], 石橋 俊之 [1], 山中 沙羅 [2], 竹中 秀樹 [2], 石井 昌憲 [2]
[2] 気象庁気象研究所（〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1）
[3] 東京都立大学（〒195-0065 東京都日野市旭が丘 6-6）

Contribution to numerical weather prediction of Aeolus's line-of-site wind data assimilation

Izumi OKABE[1], Kozo OKAMOTO[1], Toshiyuki ISHIBASHI[1],
Sara YAMANAKA[2], Hideki TAKENAKA[2], and Shoken ISHII[2]
[1]*Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine Tsukuba, Ibaraki 305-0052*
[2] *Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka Hino, Tokyo 195-0065*

Aeolus is the first satellite mission to acquire profiles of Earth's wind on a global scale. We investigated impacts of data assimilation of Doppler Wind Lidar (DWL) onboard Aeolus using the operational global numerical weather prediction system of Japan Meteorological Agency. The result indicated that line-of-sight wind data assimilation contributed to improving NWP accuracy significantly. We also investigated the feasibility of a future DWL satellite mission that has been considered in Japan. We conducted observing system simulation experiments (OSSEs) based on a mission configuration recently discussed and found positive impacts on NWP accuracy including typhoon track forecasting.

Key Words: Data assimilation, satellite data, NWP, typhoon, LIDAR

1. はじめに

欧州宇宙機構が打ち上げた世界初のドップラー風ライダー(Doppler Wind Lidar; DWL)搭載型衛星 Aeolus (The European Space Agency 2018[1])により、全球規模の高鉛直分解能な風観測が可能になった。近年、急増する気象衛星により、観測情報の充実が図られているものの、観測要素は輝度温度や水蒸気量など熱力学場に関するものに偏っており、風の鉛直プロファイルに関する情報は不足していた。DWL は、大気の流れをドップラー効果で捉えることにより、衛星からの視線方向の風速が高鉛直分解能に観測できる。また、特に不足していた海上などを含む全球域での風鉛直プロファイルが得られる意義は大きく、この観測データ同化による数値予測精度の大きな改善効果が報告されている(Rennie et al. 2021[2])など)。

本研究では、気象庁全球解析予報システムを用い、同データの品質調査・品質管理手法の開発、および、同化インパクト評価を行い、全球平均的に数値予測精度が改善することを確認した。また、日本でも将来、DWL 搭載衛星の打ち上げが検討されており、疑似 DWL データを用いた OSSE がなされてきた(Okamoto et al. 2018[3])など)。本研究では、現在検討中の測器仕様に基づく疑似 DWL データを用いた同化インパクト評価を行い、数値予測精度の改善効果を確認した。本発表では、これらの研究概要について紹介する。

2. Aeolus 衛星による DWL データと実験設定

Aeolus 衛星に搭載された DWL、ALADIN では、大気分子からのレイリー散乱光を捉えた風観測値（以下、レイリー風）と、エアロゾルや雲粒からのミー散乱光を捉えた風観測値（以下、ミー風）の２種類の水平視線風速が得られる。レイリー風は地上約 20km まで、ミー風は約 16km までをそれぞれ 24 層の分解能で観測しており、晴天域や薄い雲域で観測可能である。2018 年に衛星が打ち上げられ、2020 年春から風速 L2B データの一般向けの配信が始まった。

本研究では、2019 年 12 月末時点の気象庁全球解析システム相当の設定をコントロール実験とし、その設定に加えて、Aeolus による L2B プロダクトの視線方向の風速データ（以下、Aeolus データ）を利用した実験をテスト実験とした。Aeolus データの品質管理としては、他の現業センターでの利用実績や品質特性を踏まえ、晴天域ではレイリー風を、雲域ではミー風を利用し、積分距離の短いデータや通報される推定誤差が大きいデータ等は不使用とした。検証期間は、2020 年 7 月 1 日～11 月 10 日（夏期間）、及び、2021 年 1 月 1 日～31 日である。台風進路予測精度の検証のため、夏季は長く設定した。

3. 結果概要

品質管理をパスし利用された Aeolus データの鉛直分布を図 1 に示す。境界層から成層圏まで広い層で、全球的に高鉛直分解能なカバレッジが得られている。これらのデータを同化したテスト実験では、東西風速を始め、気温や湿度・高度場など各主要気象要素の予測精度が改善した（図 2)。特に、予報初期では、対流圏上中層の東西風速改善率が 3-5%と大きかった。また、夏季の検証期間に発生した台風 20 個を対象とした進路予測検証では、コントロール実験の 3 日先の進路誤差が約 232km に対し、テスト実験では約 7km の改善が見られた。これらの改善結果は、DWL の特性上の制限（曇天域は観測不可、視線風速のみ観測可等）があっても尚、晴天域や海上などを含む全球規模の鉛直風プロファイル観測が数値予測精度の改善に寄与することを示している。

4. 日本の衛星搭載 DWL と OSSE

日本でも、衛星搭載 DWL による風観測の実現可能性の検討がなされている。現在検討中の測器仕様に基づくシミュレータにより作成された疑似 DWL データを用いて、OSSE を行った。その結果、疑似 DWL データ同化の効果として、予報初期の対流圏中下層を中心に各主要気象要素の予測精度が改善し、台風進路の 3,4 日先予報以降で誤差減少が見られた（図 3)。今回用いた疑似 DWL データの詳細については、本シンポジウムでの石井らによる発表「衛星搭載ドップラー風ライダーの実現性検討」を参照いただきたい。

謝　辞

本発表は月末時点の JSPS 科研費 19K04849，19H01973 の助成を受けたものである。

参考文献

1）The European Space Agency (2018) From: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Aeolus

2）Rennie, M.P., Isaksen, L., Weiler, F., de Kloe, J., Kanitz, T. & Reitebuch, O. (2021) The impact of Aeolus wind retrievals on ECMWF global weather forecasts. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1–32. https://doi.org/10.1002/qj.4142G.

3）Okamoto, K., Ishibashi, T., Ishii, S., Baron, P., Gamo, K., Tanaka, T. Y., Yamashita, K., and Kubota, T. (2018) Feasibility Study for Future Space-Borne Coherent Doppler Wind Lidar, Part 3: Impact Assessment Using Sensitivity Observing System Simulation Experiments, J. Meteorol. Soc. Jpn., 96, 179–199. https://doi.org/10.2151/jmsj.2018-024.

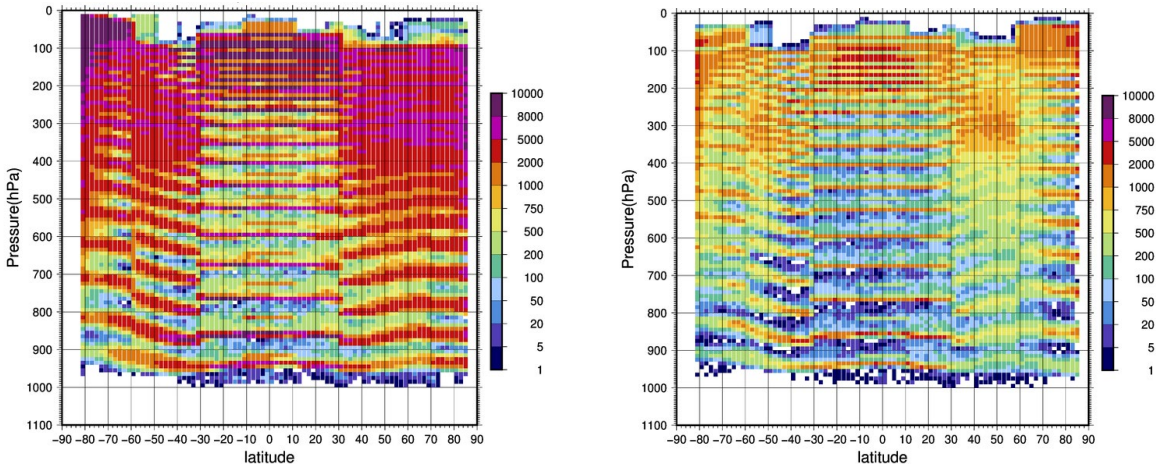

図 1. テスト実験で利用された Aeolus データ数。横軸は緯度、縦軸は気圧高度。統計期間は 2020 年 7 月 1 日～11 月 10 日（左）と 2021 年 1 月 1 日～31 日（右)。

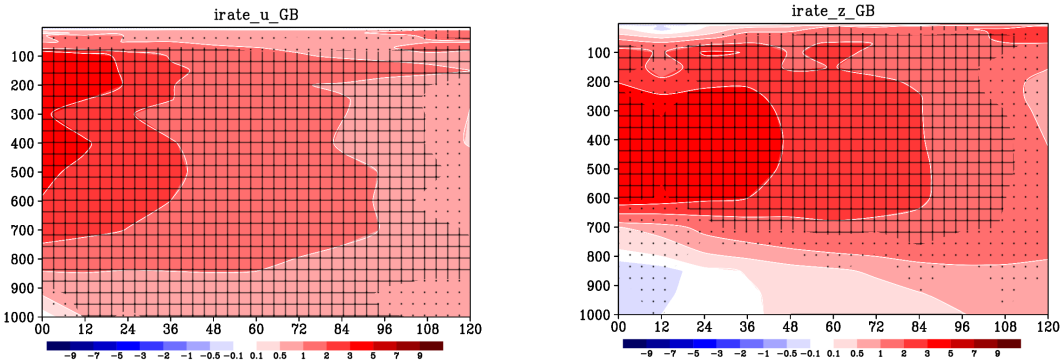

図 2. 対 ERA5 予測精度改善率の全球平均（%）。要素は東西風速（左）とジオポテンシャル高度（右）。横軸が予報時間、縦軸が気圧高度。赤が改善を意味する。統計期間は 2020 年 7 月 1 日～11 月 10 日。

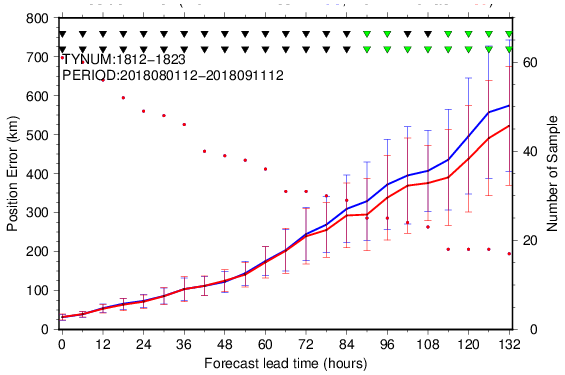

図 3. コントロール実験（青）とテスト実験（赤）の台風進路予測誤差。横軸は予測時間、左縦軸は進路誤差(km)、右縦軸はデータ数。緑の逆三角は改善または改悪の有意性を表し、上段は事例相関の考慮あり、下段はなし。統計期間は 2018 年 8 月 1 日～9 月 11 日。