

# 疑似ドップラー風ライダーデータ同化による

## 数値予測へのインパクト評価

岡部 いづみ<sup>1</sup>, 岡本 幸三<sup>1</sup>, 石橋 俊之<sup>1</sup>, 山中 沙羅<sup>2</sup>, 竹中 秀樹<sup>2</sup>, 石井 昌憲<sup>2</sup>

<sup>1</sup>気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

<sup>3</sup>東京都立大学 (〒195-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

### Impact of pseudo doppler wind lidar data assimilation on numerical weather prediction

Izumi OKABE<sup>1</sup>, Kozo OKAMOTO<sup>1</sup>, Toshiyuki ISHIBASHI<sup>1</sup>,  
Sara YAMANAKA<sup>2</sup>, Hideki TAKENAKA<sup>2</sup>, and Shoken ISHII<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine Tsukuba, Ibaraki 305-0052

<sup>2</sup>Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka Hino, Tokyo 195-0065

A Doppler Wind Lidar (DWL) onboard a satellite provides global wind profiles with high vertical resolution over land and oceans. We conducted sensitivity observation system experiments (SOSEs) to investigate the impact of pseudo DWL data from several designs on a global numerical weather prediction system. A positive impact was found in the troposphere for each design's data. Regarding the 2.0- $\mu\text{m}$  data, we observed that higher vertical resolution had a greater impact. However, there was no difference in the impact on typhoon track forecasting based on the difference in vertical resolution of the data.

**Key Words:** Data assimilation, Doppler Wind Lidar, Numerical weather prediction, SOSE

#### 1. はじめに

衛星搭載ドップラー風ライダー(Doppler Wind Lidar: DWL)は、大気中のエアロゾルや雲の流れをドップラー効果で捉え、視線方向の風速を観測するセンサである。晴天域でも観測でき、鉛直分解能の高い風プロファイルを得られる特徴がある。2018年、欧州宇宙機構(European Space Agency: ESA)が世界で初めてDWL搭載衛星 Aeolus の打ち上げに成功し、この観測データ同化による数値予測精度向上効果が報告されている。日本でも、疑似DWLデータを用いたDWLデータ同化インパクト評価に関する研究がなされてきた。本報告では、日本で検討されている仕様の疑似DWLデータ同化インパクト評価について報告する。

#### 2. 手法と実験設定

##### 2.1 SOSE とは

将来衛星など実際の観測データが得られない場合に観測データ同化インパクト評価を行う主な手法として、Observation System Simulation Experiment (OSSE) がある。この手法では、予測モデルで作成した nature run から、利用する全種別の観測データを作成する必要があり、多くの労力を要する。そこで今回は、評価対象とする観測のみ疑似データを用いることのできる、Sensitivity Observation System Experiment (SOSE)<sup>1)</sup>を採用した。この手法では、高精度な疑似真値場を作成し、それを用いて対象観測の疑似データを作成する。他の観測については既存の実データを用いるため、比較的手軽に実施できるメリットがある。

##### 2.2 疑似DWLデータ

前述のSOSE疑似真値場をDWLデータ用シミュレータ<sup>2)</sup>の入力値に使い、極軌道衛星1機からの観測を想定した疑似DWLデータを作成した。Aeolus衛星搭載のDWLが直接検波方式であるのに対し、本研究ではコヒーレント検波方式を想定した。観測波長は2.0  $\mu\text{m}$  と 1.5  $\mu\text{m}$  の2種類、鉛直層数は19層と34層の2種類で、それぞれ組み合わせた4種類のデータを実験に用いた。19層のデータは鉛直解像度が、下層3 km までは0.5 km、3-8 km で 1.0 km、8 km 以上で 2.0 km であり、34層の方は全層で 0.5 km となる。いずれのデータも水平解像度は約 50 km である。

## 2.3 品質管理手法 (Quality Control: QC)

疑似 DWL データの品質管理としては、DWL の SOSE に関する先行研究<sup>3)</sup>で用いられた手法をベースに、今回用いた疑似データ品質の事前調査結果を踏まえ幾つかデータ利用条件を加えた。具体的には以下の通り。

- signal-to-noise ratio (SNR)と全層ビン数の平方根の積(SNRSN)が 0.1 以上の場合に利用
  - 高度 14km を上限とし、高緯度ほど段階的に上限を下げ、極域では 10km 以下で利用
  - 第一推定値と疑似観測値の差が閾値以内の場合に利用 (グロスエラーチェックという)
- グロスエラーチェック閾値は、後述の観測誤差の 3 倍または 5.0m/s の小さい方の値とした。

## 2.4 実験設定

2018 年 6 月時点の気象庁全球解析予報システム相当の設定<sup>4)</sup>をコントロール実験とし、それに加えて前述の 4 種類の疑似 DWL データをそれぞれ利用したテスト実験を実施した。用いた解析予報システムの水平解像度は約 20km、鉛直層 100 層、層トップは 0.01hPa。同化手法はハイブリッド 4 次元変分法である。検証期間は、2018 年 8 月の一か月間とした。

疑似 DWL データの観測誤差は以下のように設定した。事前調査において、疑似 DWL データを同化しない(つまり、疑似 DWL データの影響を受けない)コントロール実験の第一推定値と、QC 済みの疑似 DWL データの値の差を緯度・高度別に計算し、その標準偏差の二乗と代表性誤差(1.0m/s とした)の二乗の和の平方根にインフレーション値を掛けた値とした。インフレーション値は、低・中緯度では 2.0、高緯度では 3.0 とした。

## 3. 結果概要

各テスト実験で使われた DWL 疑似データの緯度・高度別利用数を図 1 に示す。いずれのテスト実験でも、対流圏下層から上層まで、各緯度帯とも全球的に DWL データが利用された。図 1(a) 2.0 $\mu$ m・19 層と (b) 2.0 $\mu$ m・34 層を比較すると、(a) よりも (b) で対流圏中上層での利用データ数が多い事が分かる。これは疑似 DWL データの仕様の違いを反映した結果であり、34 層データでは、3km (概ね 700hPa に相当) 以上でより高鉛直分解能となった事と対応している。この違いは (c) 1.5 $\mu$ m・19 層と (d) 1.5 $\mu$ m・34 層との比較でも見られた。同じ 19 層の (a) 2.0 $\mu$ m と (c) 1.5 $\mu$ m を比較すると、(c) の方が若干利用データ数が多かった。この違いは 34 層の (b) 2.0 $\mu$ m と (d) 1.5 $\mu$ m の比較でも見られ、観測波長による違いと推測できる。

図 2 に各テスト実験のコントロール実験に対する東西風速の予測精度改善率を示す。参照値としては SOSE 疑似真値場を用いた。いずれのテスト実験でも、疑似 DWL データ同化による数値予測精度への正のインパクトが、予報初期の対流圏中下層を中心に見られた。同じ 2.0 $\mu$ m の 1 段目 (19 層) と 2 段目 (34 層) を比較すると、熱帯では予報初期において、34 層の方がより上層まで改善した。また、南半球では、34 層の方がより長い予報時間まで改善が継続した。一方、北半球では、約 48 時間予報以降、34 層の方がより改悪となった。良くも悪くも、鉛直分解能を高くした事に対応し利用データが増加し、インパクトが強くなったと言える。同じ 19 層の 1 段目 (2.0 $\mu$ m) と 3 段目 (1.5 $\mu$ m) を比較した場合も、1.5 $\mu$ m の方が利用データ数が多かった事に対応して、予報初期の改善や、北半球 48 時間予報以降の改悪がより顕著に見られた。同じ 1.5 $\mu$ m の 3 段目 (19 層) と 4 段目 (34 層) を比較すると、北半球・熱帯の改善率は大きく変わらず、南半球の対流圏上層で、34 層の方が改悪する結果となった。地図上で見ると、南太平洋の南緯 40 度付近にあるジェット流付近で改悪が目立っており、この領域は DWL データと第一推定値との差の標準偏差が大きい領域であった。1.5 $\mu$ m・34 層の DWL データは、対流圏上層において SNRSN 平均値が他の疑似 DWL データより低い一方 (図略)、そのデータ利用数が最も多かったことから、品質の悪いデータをより多く使った事の影響が現れた可能性がある。台風進路検証 (図 3) では、高鉛直分解能化による効果は見られず、2.0 $\mu$ m・19 層の結果が最も良かった。台風の転向に強く影響する北半球亜熱帯ジェット付近 (200-300hPa) の予測精度が最も良かった事との関連が示唆される。

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 19K04849, 19H01973 の助成を受けました。

## 参考文献

- 1) Marseille, G.-J., Stoffelen, A. and Barkmeijer, J. (2008a) Sensitivity Observing System Experiment (SOSE): A new effective NWP-based tool in designing the global observing system. *Tellus A*, 60, 216-233.
- 2) Ishii, S., P. Baron, M. Aoki, K. Mizutani, M. Yasui, S. Ochiai, A. Sato, Y. Satoh, T. Kubota, D. Sakaizawa, R. Oki, K. Okamoto, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, T. Maki, K. Yamashita, T. Nishizawa, M. Satoh, and T.

Iwasaki, 2017: Feasibility study for future space-borne coherent Doppler wind lidar, Part 1: Instrumental overview for global wind profile observation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 95, 301–317. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2017-018>.

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. Meteor. Soc. Japan*, 96, 179–199. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2018-024>.

4) Japan Meteorological Agency (2019) Outline of the operational numerical weather prediction at the Japan Meteorological Agency. Available at <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/outline2019-nwp/index.htm>.

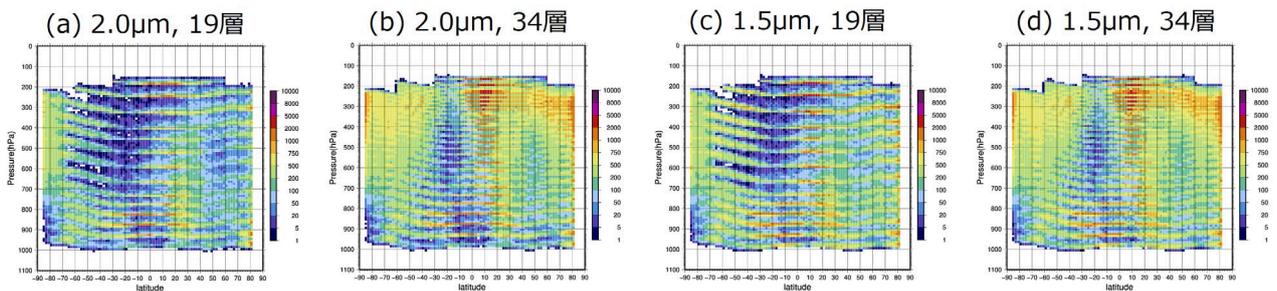


図 1.各テスト実験で利用された(a) 2.0 $\mu\text{m}$ ・19層、(b) 2.0 $\mu\text{m}$ ・34層、(c) 1.5 $\mu\text{m}$ ・19層、(d) 1.5 $\mu\text{m}$ ・34層の疑似 DWL データ数。横軸は緯度、縦軸は気圧高度。統計期間は 2018 年 8 月 1 日～31 日。

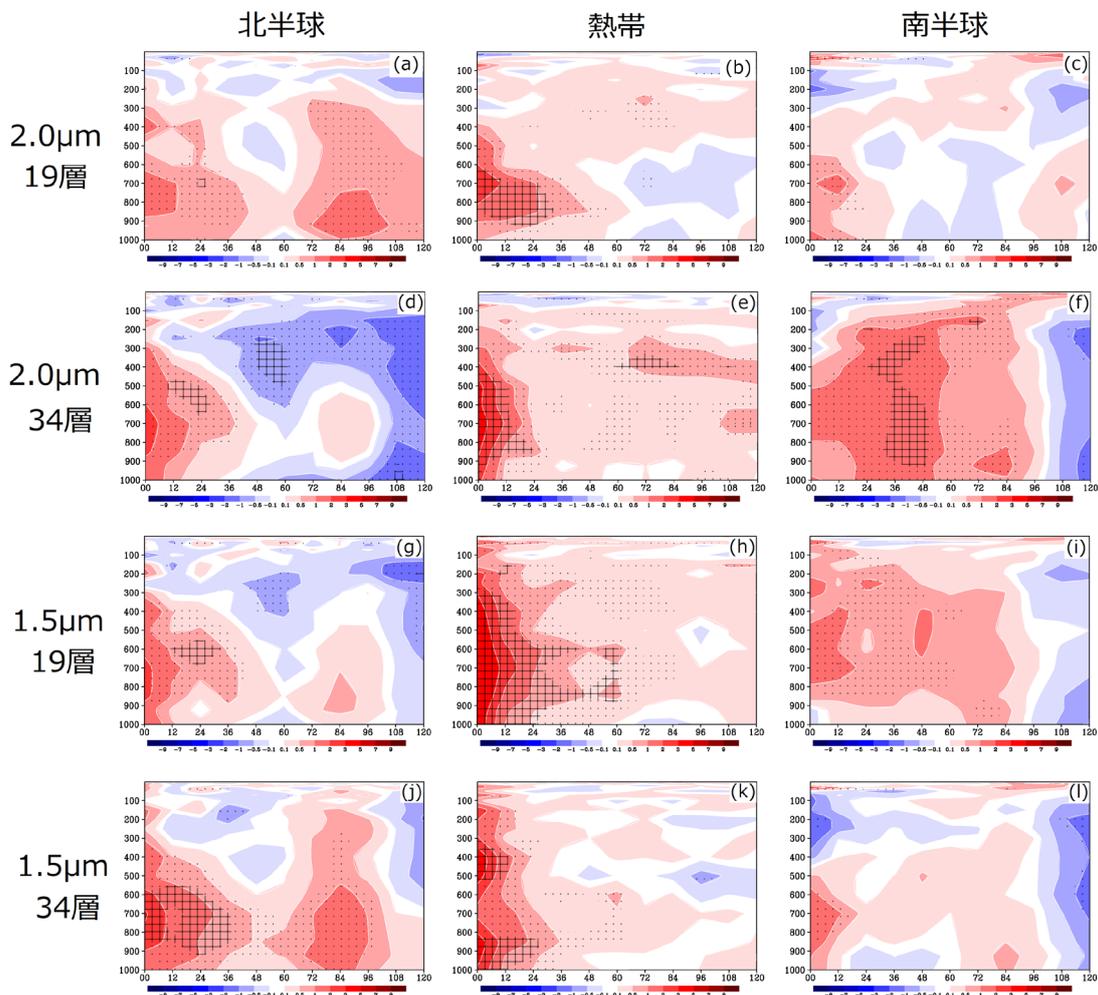


図 2. (a-c)  $2.0\mu\text{m} \cdot 19\text{層}$ 、(d-f)  $2.0\mu\text{m} \cdot 34\text{層}$ 、(g-i)  $1.5\mu\text{m} \cdot 19\text{層}$ 、(j-k)  $1.5\mu\text{m} \cdot 34\text{層}$ の疑似 DWL データをそれぞれ同化したテスト実験のコントロール実験に対する東西風速の予測精度改善率(%). 左列図は北半球平均、中列図は熱帯平均、右列図は南半球平均. 各図の横軸は予測時間(hour)、縦軸は気圧高度(hPa). 赤色が改善. メッシュは 95%有意、ドットは 68%有意な改善または改悪結果であることを意味する. 統計期間は 2018 年 8 月 1 日~31 日.

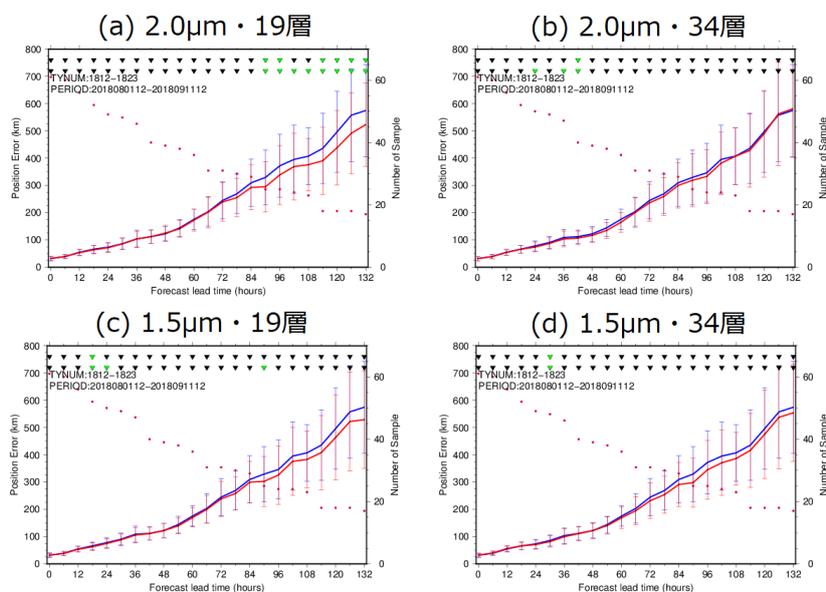


図 3. コントロール実験 (青) と(a)  $2.0\mu\text{m} \cdot 19\text{層}$ 、(b)  $2.0\mu\text{m} \cdot 34\text{層}$ 、(c)  $1.5\mu\text{m} \cdot 19\text{層}$ 、(d)  $1.5\mu\text{m} \cdot 34\text{層}$ の疑似 DWL データをそれぞれ同化したテスト実験 (赤) の台風進路予測誤差. 横軸は予測時間 (hour)、左縦軸は進路誤差(km)、右縦軸はデータ数 (赤点で表示) を示す. 緑の逆三角は改善または改悪の有意性を表し、上段は事例相関の考慮あり、下段はなし. 統計期間は 2018 年 8 月 1 日~9 月 11 日.