

2018年夏季の気象場を用いた衛星風観測シミュレーション

山中 沙羅¹, 石井 昌憲¹, 竹中 秀樹¹, 岡本 幸三², 石橋 俊之², 岡部 いづみ²,
田中 泰宙², 久保田 拓志³, 藤平 耕一³, 今村 俊介³, 宮本 佳明⁴, 松本 紋子⁵

¹東京都立大学 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

²気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

³宇宙航空研究開発機構 (〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1)

⁴慶応義塾大学 (〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322)

⁵ANA ホールディングス (〒105-7133 東京都港区東新橋 1-5-2)

Satellite Wind Observing System Simulation using meteorological fields for the summer of 2018

Sara YAMANAKA¹, Shoken ISHII¹, Hideki TAKENAKA¹, Kozo OKAMOTO², Toshiyuki ISHIBASHI²,
Izumi OKABE², Taichu Y. TANAKA², Takuji KUBOTA³, Kouichi FUJIHIRA³, Shunsuke IMAMURA³,
Yoshiaki MIYAMOTO⁴, and Ayako MATSUMOTO⁵

¹Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

²Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

³Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

⁴Keio Univ., 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa 252-0882

⁵ANA Holdings inc., 1-5-2 Higashishinbashi, Minato, Tokyo 105-7133

Abstract

Wind is an important meteorological element that moves the atmosphere on a large scale. The current wind observation system has a large difference in the number of observation points among regions. This causes errors in numerical weather prediction due to spatial non-uniformity. Therefore, satellite observations are very useful because they can provide uniform data over a wide area. One of the observations that doesn't meet the user observation requirements set by the World Meteorological Organization is the observation of wind height distribution. It is desirable to develop a satellite sensor that can observe the altitude distribution of wind over the entire globe. In this study, we simulate a pseudo-satellite wind observation using a meteorological field in the summer of 2018 using a lidar simulator onboard a satellite. The purpose is to develop a satellite sensor that can observe global wind height distribution and to evaluate the wind observation performance.

Key Words: LIDAR, CDWL, Satellite, Wind observation

1. はじめに

風は大規模に大気を駆動する重要な気象要素である。現在の風観測システムは地域による観測点数の差が大きく、特に海上など観測点数が少ないことから数値気象予報を高精度に行うには不十分である。そのため、広範囲を観測できる衛星観測は非常に有用である¹⁾。世界気象機関が定めるユーザ観測要求を満たしていない観測の一つに風の高度分布観測があり、全球で風の高度分布を観測できる衛星センサーが望まれる。欧州宇宙機関は3次元風場の分析改善を目的に2018年からADM-Aeolusを運用している。日本では2011年に将来の日本の宇宙空間を利用したコヒーレント式ドップラーライダーの実現に向けたワーキンググループが組織され、宇宙空間でのコヒーレント式ドップラーライダーの実現可能性を検討している。本研究では全球で風の高度分布を観測可能な衛星センサーを実現するため、衛星搭載ライダーシミュレータ²⁾を用いて2018年夏季の気象場を用いた疑似衛星風観測シミュレーションを行い、風観測性能の評価を目的とする。

2. 衛星搭載ライダーシミュレータ

本研究では衛星搭載性・観測精度等の検討を行うため、コヒーレント方式の衛星搭載ドップラーライダーによる視線方向の疑似風観測シミュレーションを行う。Table.1 に Plan.1, Plan.2 のパラメータ値を示す。風の高度分布を詳細に観測するためには、より鉛直分解能を上げたシミュレーションが必要であるため、衛星軌道モデルや大気モデルデータは変化させずに鉛直分解能のみが異なる 2 種類のシミュレーションを Plan.1, Plan.2 として行う。衛星の地上トラック速度は約 7.5 km/s であり 6.4 秒間隔で時間刻みを行うことにより、衛星速度と時間刻みの積である水平分解能 50 km 相当のシミュレーションを行う。シミュレーション期間は 2018 年 8 月の 1 カ月間、衛星軌道は高度 300km・極軌道である。鉛直分解能と階層は、それぞれ Plan.1 では高度 0~3 km に対し 0.5 km、高度 3~8 km に対し 1.0 km、高度 8~12 km に対し 2.0 km とする 14 階層、Plan.2 では高度 0~12 km に対し 0.5 km とする 25 階層とした。

Table.1 Setting Parameters

Parameters	Plan.1 (14 layers)	Plan.2 (25 layers)
Wavelength [μm]		2.05
Transmit pulse energy [J]		0.09
Pulse Repetition Frequency [Hz]		60
Pulse width [ns]		200
Nadir angle [$^{\circ}$]		-35.0
Azimuth angle along the satellite track [$^{\circ}$]		90
Average time [s]		6.4
Heterodyne efficiency		0.4
Optical efficiency		0.25
Quantum efficiency		0.8
Retrieval layers (altitude from ground surface / resolution)	0.1~3km / 0.5km, 3~8km / 1.0km, 8~12km / 2.0km	0~12km / 0.5km,

3. 衛星搭載ライダーシミュレーション

衛星搭載ライダーの仮想観測は、大気疑似真値場（SOSE (Sensitivity Observing System Experiment) 疑似真値場: SOSE-truth) をライダーシミュレータに入力して生成した。この SOSE 疑似真値場は、予報誤差に対する感度場を用いて修正した第一推定値に、実観測データを同化することによって作成される。これにより、実観測データと整合し予報誤差を減少させる場として疑似真値場を作成することが可能となる³⁾。

Fig.1, Fig.2 にシミュレーション結果で得られた Plan.1, Plan.2 の視線方向風速の頻度分布を示す。縦軸を高度[km]、横軸を SOSE-truth から計算された視線方向風(LOS wind: Line of sight wind)を真値として誤差を付加し、シミュレーション実験を行って推定した視線方向風の割合としている。視線方向風の風向は衛星軌道上を衛星が進み、搭載しているライダーから遠ざかるように吹く風(追い風)を正とし、反対にライダーに近づいてくる風(向かい風)を負とした。大気境界層内では、地表面に近づくにつれて風速が弱くなり、高度が高くなるにつれて風速が強まる傾向が確認された。対流圏界面付近から高い高度では視線方向風速 5m/s を超える頻度が最も多い。これはジェット気流の高度帯と定性的に一致している。鉛直分解能を上昇させることにより、鉛直シアーといった風の高度分布の詳細な分析につながると期待できる。

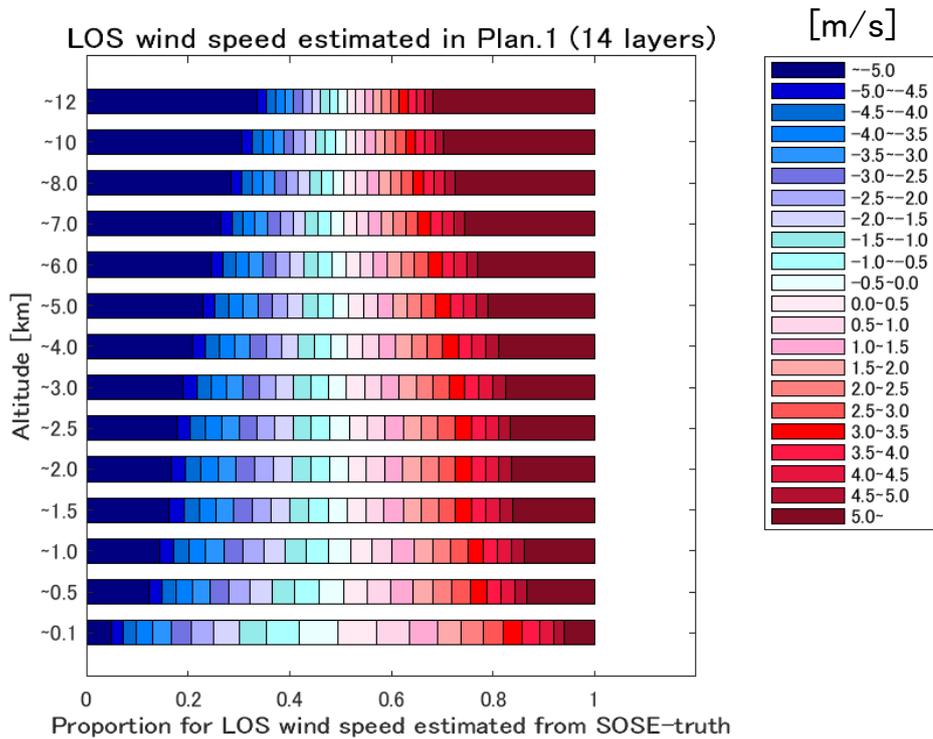


Fig.1. LOS wind speed estimated in Plan.1 (14 layers)

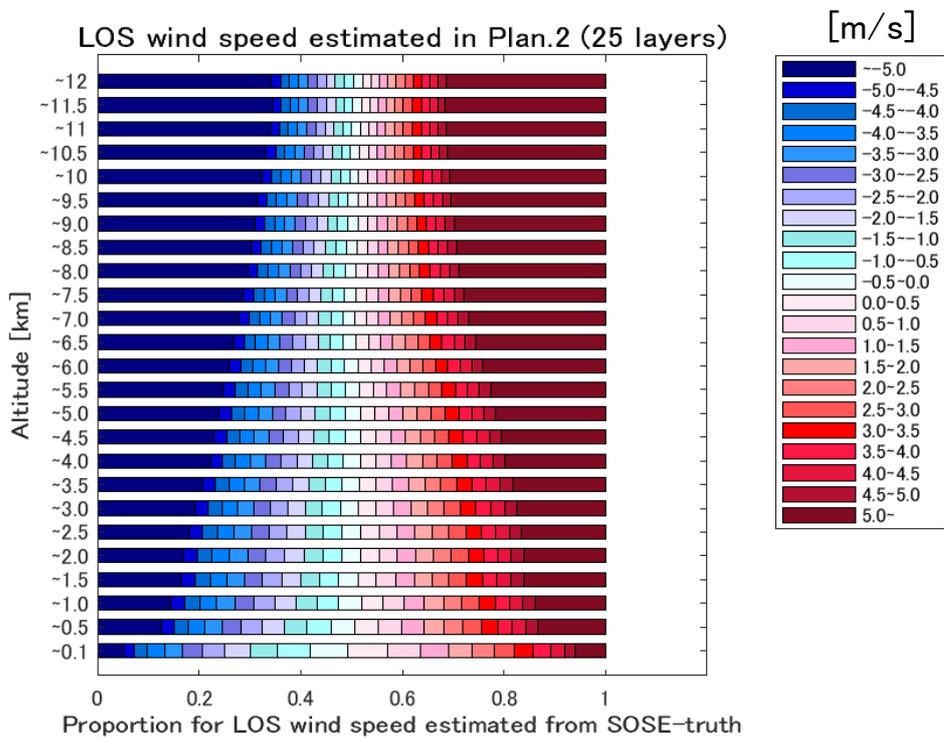


Fig.2. LOS wind speed estimated in Plan.2 (25 layers)

4. 結論

本研究では、衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測性能の評価を行うことを目的としてシミュレータによる疑似衛星風観測を行った。鉛直分解能を変えたシミュレーション実験結果から、風の鉛直構造把握のために鉛直分解能を増加させる方法は有用である。鉛直分解能の向上は、信号対雑音比による風観測性能とトレードオフの関係にある。今後、鉛直分解能と風観測性能について検討していく。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 19K04849, 19H01973 の助成を受け、シミュレーション実験では情報通信研究機構のシミュレータを利用した。同機構関係者のご支援に感謝いたします。また、本システム調整にあたり富士通 Japan 関係者のご支援に感謝いたします。

参考文献

- 1) S.Ishii, et al.: J. Meteorol Soc. Japan., 95, (2017) 301.
- 2) Philippe BARON, et al.: J. Meteorol Soc. Japan.,95, (2017) 319.
- 3) K.Okamoto, et al, 2014, “衛星搭載風ライダーの同化に向けて：観測システムシミュレーション実験(OSSE)を用いた数値予報インパクト調査”, https://laser-sensing.jp/32thLSS/32th_papers/08_A-8_okamoto.pdf (閲覧日：2021年8月1日)