

# 衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測に向けて

石井 昌憲<sup>1</sup>, 岡本 幸三<sup>2</sup>, 久保田 拓志<sup>3</sup>, 藤平 耕一<sup>3</sup>, 今井 正<sup>3</sup>,  
境澤 大亮<sup>3</sup>, 今村 俊介<sup>3</sup>, 松本 紋子<sup>4</sup>, 佐藤 篤<sup>5</sup>, 西澤 智明<sup>6</sup>,  
村田 健史<sup>7</sup>, 岡本 創<sup>8</sup>, 沖 理子<sup>3</sup>, 佐藤 正樹<sup>9</sup>, 岩崎 俊樹<sup>10</sup>

<sup>1</sup> 東京都立大学 (〒195-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

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

<sup>4</sup> ANA ホールディングス株式会社 (〒105-0021 東京都港区東新橋 1-5-2 汐留シティセンター)

<sup>5</sup> 東北工業大学 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

<sup>6</sup> 国立環境研究所 (〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>7</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)

<sup>8</sup> 九州大学応用力学研究所 (〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

<sup>9</sup> 東京大学大気海洋研究所 (〒277-8564 千葉県柏市柏野の葉 5-1-5)

<sup>10</sup> 東北大学 (〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3)

## Global wind profiling with future space-based Doppler wind lidar

Shoken ISHII<sup>1</sup>, Kozo OKAMOTO<sup>2</sup>, Takuji KUBOTA<sup>3</sup>,  
Koichi FUJIHIRA<sup>3</sup>, Ayako MATSUMOTO<sup>4</sup>, Tadashi IMAI<sup>3</sup>, Daisuke SAKAIZAWA<sup>3</sup>,  
Shunsuke IMAMURA<sup>3</sup>, Atsushi SATO<sup>5</sup>, Tomoaki NISHIZAWA<sup>6</sup>, Takeshi MURATA<sup>7</sup>,  
Hajime OKAMOTO<sup>8</sup>, Riko OKI<sup>3</sup>, Masaki SATOH<sup>9</sup>, and Toshiki IWASAKI<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka Hino, Tokyo 191-0065

<sup>2</sup> Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine Tsukuba, Ibaraki 305-0052

<sup>3</sup> Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8505

<sup>4</sup> ANA HOLDINGS INC., 1-5-2 Higashi-Shimbashi Minato-ku, Tokyo 105-7140

<sup>5</sup> Tohoku Institute of Technology, 35-1 Yagiyama Kasumi-cho Taihaku-ku Sendai, Miyagi 982-8577

<sup>6</sup> National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa Tsukuba, Ibaraki 305-8506

<sup>7</sup> National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 Nukuikitamachi Koganei, Tokyo 184-8795

<sup>8</sup> Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu Tokyo, Kasuga Park 6-1, Kasuga, Fukuoka 816-8580

<sup>10</sup> Tohoku University, 6-3 Aoba Aramaki Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578

Abstract: Wind profile is very important especially for numerical weather prediction and investigation spatial atmospheric structure. Impact of global wind profiling is larger than that of current global observations. Global observation system is urgently needed to obtain three-dimensional distribution of wind. Space-based Doppler Wind Lidar (DWL) is one of useful approaches for global wind profiling. In the paper, we describe a space-based DWL (DWL).

**Key Words:** Lidar, Doppler Wind Lidar, Space-based, Global wind profiling

### 1. はじめに

気候変動に伴う、豪雨、暴風、台風の大型化、洪水、干ばつ、熱波が認識されるようになってきた。地球規模で直面している気候変動の影響

に対応・適応するために、安全で強靱な活力ある社会を実現する事、気候変動に対する緊急対策を取る事等が求められている。深刻化する気象による自然災害に対して、発生メカニズムの分析、発生と予測、そして、対策を総合的な取り組みが必要があるので、観測・予測精度向上のため

めの技術開発や総観規模・領域規模の数値予報モデルやデータ同化システムの精度の向上が必要不可欠である。現在の衛星風観測システムは、高い時間分解能で広範囲を面状に観測できるが、風速観測精度や高度分解能は十分ではない。一方で、レーザを用いるドップラー風ライダー (Doppler Wind Lidar, 以下 DWL) は、衛星軌道に沿った狭い範囲の観測ではあるものの、高精度かつ高い分解能で風の高度分布が得られる能動型光センサーである。これを用いることで、現在の衛星観測システムの問題点 (透き間) を解決する。ESA は 2018 年 8 月に世界初の衛星搭載ドップラー風ライダー Aeolus を打ち上げた。Aeolus はミッション期間が 3 年間であるため、次のドップラー風ライダーが期待される。日本では衛星搭載度ドップラー風ライダーを実現するために、東京都立大学、情報通信研究機構、宇宙航空研究開発機構、気象庁・気象研究所、大学他とともに、衛星搭載ドップラー風ライダーのシステム検討や数値予報への影響評価を実施し、衛星搭載化の知見を取り込み、より技術的実現性が高めてきている。本発表は、日本の衛星ドップラー風ライダーによる風の高度分布の全球観測について報告をする。

## 2. 日本の衛星搭載ドップラー風ライダー

日本では、衛星搭載 Coherent Doppler Wind Lidar (CDWL) による宇宙からの風観測について実現可能性を検討するために、衛星搭載 CDWL 用シミュレータによるシミュレーション実験や観測システムシミュレーション実験 (Observing System Simulation Experiment : OSSE) を実施し、検討が進められている。これまでの検討から、日本の衛星搭載 DWL においても、現在の観測システムの課題である十分な高度分解をもつ風の高度分布を全球規模で提供し、1) 数値予報精度の向上、2) 台風の進路や強度等の予測の向上、3) 気候モデル、大気輸送モデルの向上、4) 大気追跡風の風観測検証、観測精度、高度推定の向上等を通して、現在の衛星観測システムの課題解決に貢献する事を目的とする。また、社会貢献として 5) 高い観測精度を持つ全球 3 次元風マップの提供し、全てのステークホルダーの利用促進、そして、6) 衛星データの利活用の促進を通して、航空や海運ビジネスにおける新たな宇宙ビジネス産業の創出、を目指している。

表 1 に検討が進められる日本の衛星搭載 CDWL の諸元を示す。CDWL システムは、送信機は目に安全な波長帯である 1.5- $\mu\text{m}$  もしくは 2- $\mu\text{m}$  のパルスレーザ、受信機は光ヘテロダイン検波方式のシステムで検討されている。受信望遠鏡の口径は直径 60cm、観測方向数は 1 ないし 2 である。衛星

搭載 CDWL の打上げロケットはイプシロンロケット、衛星バスは超低高度衛星を想定している。これまでの検討では、水平距離分解能 100 km・高度範囲 0-3, 3-8, 8-20 km に対し、高度分解能と観測要求精度は、それぞれ、0.5 km・1 m/s, 1 km・2 m/s, 2 km・4 m/s である。

## 3. まとめ

超低高度衛星搭載 DWL の実現を目指し、JAXA, 気象研究所, ANA, 大学, 国立研究機関が参加し、技術的および科学的観点からの検討だけでなく、宇宙ビジネスという新しい観点からの検討も行われている。超低高度衛星搭載 CDWL の実現は、数値予報、気候モデル、大気輸送モデル等の予測精度向上、現行の衛星観測システムとのシナジー観測による観測精度向上等による科学的な貢献だけでなく、観測データが新たな価値を創出することにより、新たな宇宙ビジネス創出への期待も大きい。引き続き、超低高度衛星搭載 CDWL の実現に向けて検討を進めて行く予定である。

## 謝 辞

衛星搭載ドップラー風ライダーの検討に関する研究 (の一部) では、JSPS 科研費 17H06139, 19K04849, 19H01973 の助成を受けたものである

表 1. 将来の衛星搭載ドップラー風ライダーの諸元

Space-based CDWL	
Orbital altitude Orbit	220, 267, 350 km (TBD)
Transmitter	2- $\mu\text{m}$ pulse laser (90 mJ, 30 HzX2) 1.5- $\mu\text{m}$ pulse laser (50 mJ, 150 Hz)
Receiver	0.4 - 0.6 m (primary mirror) x 2 Multi directions ( $\geq 2$ directions)
Target horizontal resolution	<100 km
Target vertical resolution	Altitude 0-3 km: <0.5 km Altitude 3-8 km: <1 km Altitude 8-20 km: <2 km
Nadir angle	$\sim 35$ degree
Looking angle	45 and 135 degrees
Target horizontal wind speed	-150~150 m/sec

表 2. 目標とする風速誤差

Altitude (km)	Vertical resolution (km)	Wind speed error (m/s)
8-20	2	4
3-8	1	2
0-3	0.5	1