

1G11 超低高度衛星技術の 風向・風速観測ドップラライダミッションへの適用検討

○佐藤洋平, 今村俊介, 此上一也, 川崎春夫, 山川史郎, 高畑博樹, 境澤大亮, 久保田拓志, 沖理子 (JAXA), 石井昌憲, Philippe Baron, 水谷耕平, 安井元昭, 落合啓 (NICT), 岡本幸三, 青梨和正, 石橋俊之 (気象庁気象研究所)

Feasibility study of wind observation mission using Doppler Lidar on super low altitude satellite
Yohei SATOH, Shunsuke IMAMURA, Kazuya KONOUE, Haruo KAWASAKI, Shiro YAMAKAWA, Hiroki KOHATA, Daisuke SAKAIZAWA, Takuji KUBOTA, Riko OKI(JAXA), Shoken ISHII, Philippe Baron, Kohei MIZUTANI, Motoaki YASUI, Satoshi OCHIAI (NICT), Kozo OKAMOTO, Kazumasa AONASHI, Toshiyuki ISHIBASHI(MRI)

Key Words: Doppler Lidar, Super Low altitude satellite, SLATS

Abstract

Super low altitude satellites are satellites orbiting at an altitude less than 250km. They are using ion engines to compensate aerodynamic drag at the altitude. To demonstrate the feasibility and the system concept, Super-Low-Altitude-Test-Satellite named as SLATS has been developed by JAXA. In addition, JAXA has been studying a wind observation mission for future actual uses of the orbit with Meteorological Research Institute(MRI) and National Institute of Information and Communications Technology(NICT). It has been elucidated that the orbit of the super low altitude is suitable for LIDAR(Light direction and ranging) using missions. This paper shows the results of study for the Doppler LIDAR using mission at the super low altitude.

1. はじめに

ドップラライダとは、大気へのレーザ照射による後方散乱光のドップラシフトを計測することで、視線方向の風速を計測するライダである。複数台のドップラライダを搭載した人工衛星は、実現すれば軌道上から高精度な風向・風速の鉛直プロファイルを観測することが可能となるため、気象予報精度の向上や気候変動分野への活用が期待されている。

一方で、大気中の分子やエアロゾルによる極めて微弱な後方散乱光を取得して分光するドップラライダの搭載化には、高強度の送信光源や大口径の受信望遠鏡が必要である。このため、軌道上からの風向・風速観測の実現は技術的に困難とされていた。

しかし、高度 250km 以下の超低高度を飛行する衛星技術が実証されれば、これらの困難さを解決できる見込みとなる。

そこで、気象庁気象研究所 (MRI)・情報通信研究機構 (NICT) との共同研究において、衛星搭載可能なドップラライダ・それを搭載した超低高度衛星の

実現性検討・及び観測データの気象予報精度向上への寄与度合の評価を開始したので、経過を報告する。

2. 超低高度衛星技術の有用性

超低高度衛星とは、イオンエンジン等を用いて上層大気による空気抵抗を補償することにより、250km 以下の超低高度を継続的に飛行する人工衛星である。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が開発を進めている超低高度衛星技術試験機 (SLATS) は、超低高度衛星の技術的実現性およびシステムコンセプトを早期に実証することを目的とした小型衛星である。

当該衛星の詳細は他発表に委ねるが、この超低高度衛星技術が実証されれば、高度 250km 以下の軌道が活用可能となる。ライダの送信出力は高度の 2 乗に比例して低減可能であるため、ライダの中でも特に送信出力が課題となるドップラライダに対しては、超低高度衛星技術の適用は極めて有効と言える。

3. 観測センサ検討

世界気象機関 (WMO) が 2012 年に策定した参考文献 1)によれば、風向・風速観測データが気象予報

制度向上に寄与可能な指標は、精度: 1~3m/s・水平分解能 15~100km・鉛直分解能 0.5~1km であるので、これを指標として回線を設計した。

まず、ドップラライダは原理的に視線方向の風速しか観測できない。よって、衛星から水平風速成分を取得するためには、一定角度（オフナディア角）視線を傾ける必要がある。

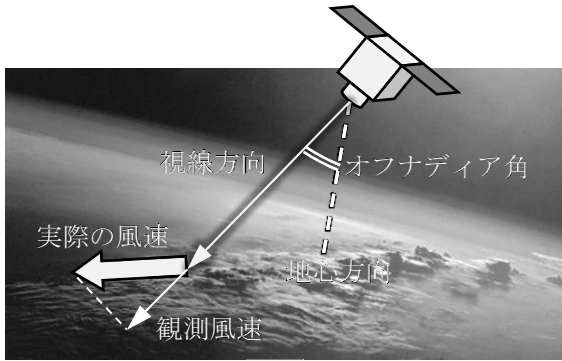


図 3.1 オフナディア角

この角度は、小さいと水平風速信号が小さくなり誤差が大きくなる。一方、大き過ぎると観測領域までの距離が長くなり、観測誤差が大きくなる。そこで、いくつかの現実的な仮定の下でオフナディア角を掃引しつつ回線計算を実施し、観測誤差が最小となるオフナディア角を 35deg.付近と求めた。

現在は、このオフナディア角の下で目標とする観測要求を満たす光源仕様の見積もり作業を実施しており、結果を当日報告する。また、レーザ光源の技術的検討状況についても報告する。

4. 衛星システム検討

イプシロンなど主要な中～小型ロケットを想定し、暫定的に衛星寸法を 1000x1000x2300[mm]以下、重量 500kg 以下と仮定して、SLATS 設計をベースに衛星システム検討を試行した。

SLATS は相乗り衛星であるため初期軌道制御用の化学推進系を搭載しているが、専用ロケットで打上る際はこれが不要となる。そこで、化学推進系を除き、代わりに軌道高度保持のための推薬質量を 5 年分（高度 267km を仮定）に増やすこととした。この条件を基に衛星バスの寸法と重量を計算し、ミッションに割り当て可能なりソースを下記と見積もった。

- 1) ミッション寸法： 約 950x950x1500[mm]
- 2) ミッション重量： 約 100kg

また、視線方向 (Line of Sight: LOS) 方向の要求は、図 4.1 の通りである。これらミッション寸法と LOS 方向要求を基に、ミッション部の機器配置を実施した。詳細は本発表にて報告するが、図 4.2 で例示する

通り、望遠鏡の寸法が $\Phi 500 \times 500$ [mm]以内ならば配置は可能との見込みを得た。

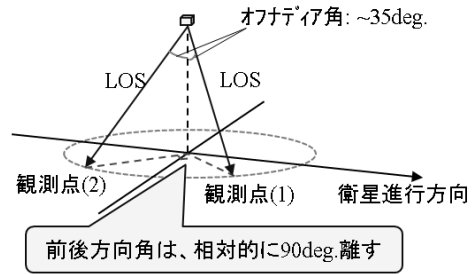
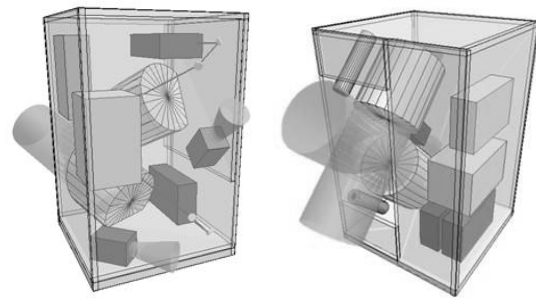


図 4.1 LOS 方向



[配置例 1] [配置例 2]
図 4.2 ミッション機器配置例

5. 評価計画

評価計画は、下記の通りである。

- 1) MRI が提供する気象場データを NICT が開発した ISOSIM-L (The Integrated Satellite Observation SIMulator for Coherent Doppler Lidar) に取り込み、疑似観測データをシミュレーションにより算出する。
- 2) 得られた疑似観測データを MRI のデータ同化システムに取り込み、予報精度改善の寄与度合 (インパクト) を評価する。

この評価計画の進捗についても、本発表にて報告する。

6. まとめ

SLATS により実証予定の超低高度衛星技術は、気象・気候分野で期待される風向・風速観測ドップラライダミッションの実現に有効である。当該ミッションを実現する超低高度衛星システムについて実現性を得つつあり、そのインパクトについても MRI・NICT との共同研究体制において評価中である。

参考文献

- 1) REQUIREMENTS FOR OBSERVATIONAL DATA: THE ROLLING REVIEW OF REQUIREMENT Version, 05-10-2012, Revised 09-11-2012