

超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーによる風観測

Feasibility study for super low altitude satellite borne Doppler wind lidar

○石井昌憲¹、Philippe Baron¹、佐藤篤^{3,1}、水谷耕平¹、落合啓¹、境澤大亮²、久保田拓司²、沖理子²、岡本幸三^{4,1}、石橋俊之⁴、田中泰宙⁴、関山剛⁴、眞木貴史⁴、山下浩史⁵、西澤智明⁶、佐藤正樹⁷、岩崎俊樹⁸
S. Ishii¹, P. Baron¹, K. Mizutani¹, S. Ochiai¹, D. Sakaizawa², T. Kubota², R. Oki², A. Satoh^{3,1}, K. Okamoto^{4,1}, T. Ishibai⁴, T. Tanaka⁴, T. Sekiyama⁴, T. Maki⁴, H. Yamshita⁵, T. Nishizawa⁶, M. Satoh⁷, and T. Iwasaki⁸

1 情報通信研究機構、2 宇宙航空研究開発機構、3 東北工業大学、4 気象研究所
5 気象庁、6 国立環境研究所、7 東京大学、8 東北大学

1) National Institute of Information and Communications Technology, 2) Japan Aerospace Exploration Agency, 3) Tohoku Institute of Technology Meteorological Research Institute, 4) Meteorological Research Institute, 5) Japan Meteorological Agency, 6) National Institute for Environmental Studies, 7) The University of Tokyo, and , 8) Tohoku University

Abstract

Direct wind observation is very important especially for weather monitoring and investigation spatial atmospheric structure. Current global observation is significantly biased to atmospheric mass measurements. Impact of global wind observation is larger than that of current global observations. Global observation system is urgently needed to obtain three-dimensional distribution of wind. Space-borne Doppler wind lidar is one of promising approach for global wind profiling. The working group on future space-borne Doppler wind lidar conducts studies on feasibility of lidar technologies and scientific purposes for future space-borne Doppler wind lidar. In this paper, we describe current status of technical study for super low altitude satellite-borne Doppler wind lidar.

1. はじめに

近年、全球規模で気象データが取得できる衛星観測の重要性はさらに増している。しかしながら、現在の衛星観測は、風観測を行う衛星に比べると 2/3 の衛星が大気物質質量観測をしており偏重状態にある。全球規模で風の高度分布を得ることが出来るセンサーの開発が望まれている (WMO technical report 2012-1)。現在の衛星風観測は、雲や水蒸気塊の画像を利用した大気追跡風、マイクロ波散乱計、マイクロ波イメージャによる海上風観測である。大気追跡風は解析アルゴリズムや測器の観測性能の向上によりに高度推定精度は向上しつつあるが、十分な高度分解能とは言いがたい。また、マイクロ波散乱計やマイクロ波イメージャによる観測は海面付近に限定されている。ドップラー風ライダーは有望なリモートセンシング技術の1つである。NICT は、衛星搭載度ドップラー風ライダーを実現するために、JAXA、JMA/MRI、大学他とともに、超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーのシステム検討や数値天気予報への影響評価を実施している。本発表は、超低高度衛星搭載ドップラー風ライダー実現のために現在行っている検討と今後について報告をする。

2. 超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーの実現に向けた技術的課題

WMO による風観測要求を満足するライダーシステム仕様を Table 1 に示す。Fig. 1 に視線方向観測の概要を示す。超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーは、風ベクトルの高度分布観測得るために、2 方向にレーザを射出する。レーザとして、1.5 μm 帯と 2 μm 帯の 2 つの波長帯が検討されている。両システムの平均電力は 3.75W と同じであるが、1.5 μm 帯レーザは低出力パルスエネルギー/高繰返し周波数、2 μm 帯レーザは高出力パルスエネルギー/低繰返し周波数、という違いがある。NICT は、衛星搭載用コヒーレントドップラーライダーの実現を目指し、高出力パルスエネルギー/低繰返し周波数の LD 励起による伝導冷却 2 μm レーザを開発してきた。これまで NICT で開発されたレーザは、高出力パルスエネルギーを取り出すために、レーザロッドをマイナス約 80°C に冷却する必要がある。そのため、大型冷却装置が必要となり、消費電力という点で課題がある。レーザロッドを低温まで冷却せずとも高出力パルスエネルギーを取り出せるレーザの開発が望まれている。NICT は東北工業大学とともに発振器+増幅器の構成によるレーザの検討と基礎実験を行っている。

NICT は、これまでシーディング用光源として外国製の単一波長 2 μm CW レーザを使用してきた。しかし、これまで利用してきた単一波長 2 μm CW レーザは入手性、経済性等を考えると、この先リスクが高いと見られる。

NICTはこの課題を解決するために、単一波長2 μm CWレーザ(目標出力: 10 mW 程度)と2 μm 光ファイバー増幅器(目標増幅率 5-10 倍)の開発を開始した。

衛星は 7-8km/s 程度で高速で巡航する、この速度は2 μm 帯のドップラーシフト周波数 7-8GHzに相当することから、さらなる広帯域化の光検出器が必要である。NICT は 1998 年中赤外光通信用光検出器として帯域1GHzの InGaAS フォトダイオードを浜松ホトニクス社とともに開発した。この知見と経験を基に、あらたに高速2 μm 帯光検出器(目標帯域: 4GHz)の開発を開始した。ドップラー風ライダーでは、ショットノイズ限界で光ヘテロダイン検出方式を行うことから、強いローカル光の入力を必要とする。しかし、強いローカル光の入力は出力側に用いられるトランスインピーダンスアンプの入出力直線性とトレードオフとなることから、トランスインピーダンスアンプは詳細に検討しながら技術的課題の解決に取り組んでいる。

3. まとめ

NICT では技術的課題を解決するために、CW レーザ光源、光増幅器、高出力パルスレーザ、高速 2 μm 検出器の開発をすすめている。NICT は、JAXA、JMA/MRI、大学他とともに引き続き、超低高度衛星搭載ドップラー風ライダー実現に向けて研究協力をしながら進めていく予定である。

Table 1. Specifications of super low altitude satellite-borne Doppler wind lidar

波長 (μm)	1.55	2.05
パルスエネルギー (mJ)	10	125
パルス幅 (mJ)	200	200
繰り返し周波数 (Hz)	2500	30
受光望遠鏡口径 (cm)	40	40
観測方向数	2	2
光検出器量子効率		0.8
光ヘテロダイン効率		0.4
光学効率		0.44
様々な光学効率		0.5
衛星進行方向に対して観測方向(degree)	45, 135	45, 135
天底角 (degree)	35	35

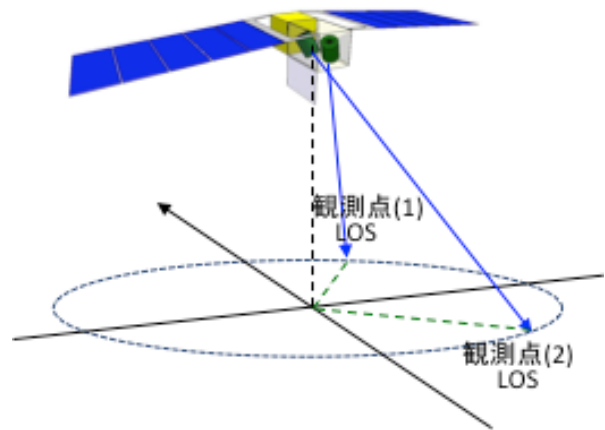


Fig. 1 Super low altitude satellite-borne Doppler wind lidar

Table 2. Specifications of a high-speed InGaAs PD

光検出器受光面サイズ	$\Phi 30 \mu\text{m}$ 未満
中心感度波長	2.05 μm
受光感動	1.1 A/W
遮断周波数	(低域) : 0.1 MHz 未満 (高域) : 3 GHz 越
NEP	18.2 pW/ $\sqrt{\text{Hz}}$ TYP

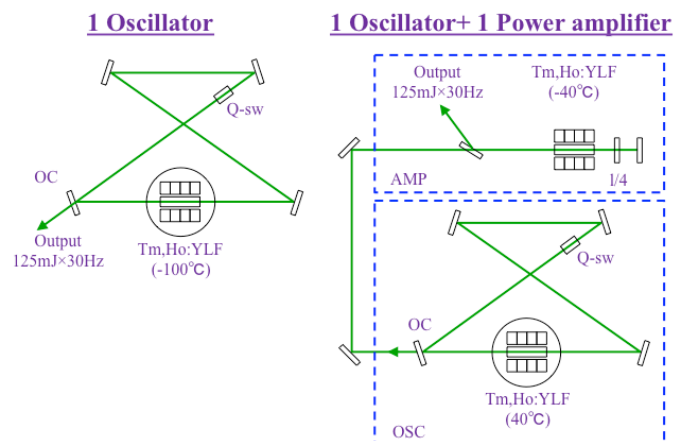


Fig. 2 2- μm laser system for super low altitude satellite-borne Doppler wind lidar: (left) 1 OSC configuration and (right) MOPA configuration