

# 衛星搭載ドップラーライダー実現を目指して

First step toward the realization of spaceborne Doppler lidar

石井昌憲, 水谷耕平, 板部敏和, 安井元昭, 浅井和弘

S. Ishii, M. Mizutani, T. Itabe, M. Yasui, and T. Iwasaki\*\*\*\*

情報通信研究機構, \*東北工業大学

## Abstract

The National Institute of Information and Communications Technology (NICT) studied fundamental technology on a 2- $\mu\text{m}$  spaceborne coherent Doppler lidar during FY01-FY05. The NICT developed a 2- $\mu\text{m}$  conductively-cooled laser-diode-pumped Q-switched solid-state laser of average power of 4.6 W (460 mJ, 10 Hz). NICT demonstrated the wind measurement with an airborne coherent Doppler lidar from a moving platform. On the basis of the research and development on the 2- $\mu\text{m}$  conductively-cooled laser-diode-pumped Q-switched solid-state laser, NICT developed the coherent 2- $\mu\text{m}$  Differential Absorption and Wind Lidar. However, a roadmap of the spaceborne Doppler lidar is nowhere in sight due to various issues. NICT are preparing for the realization of spaceborne Doppler lidar, in this paper, we outline our activities.

## 1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)では、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、様々な基盤技術の研究開発を行ってきた。第1期中期計画(FY01-FY05)では目に安全なレーザダイオード励起伝導冷却2 $\mu\text{m}$ レーザとしてははじめて繰返し周波数10Hz、パルスエネルギー460mJの高出力パルスレーザの開発をした。また、同中期計画では、2軸走査型コヒーレントドップラーライダーを用いて地上から風の観測的研究や高度7kmを秒速200m/sで巡航する航空機からの風計測の技術実証実験を行った。第2期中期計画(FY06-FY10)では、新たに小型の中出力2 $\mu\text{m}$ レーザを開発し、CO<sub>2</sub>濃度や風を計測するためのコヒーレント差分吸収・風ライダーの開発を行った。

現在、2020年以降の衛星ミッションの白紙の状態にはあるが、本発表では、将来の衛星搭載ドップラーライダーの実現に向けた活動について紹介を行う。

## 2. 衛星搭載ドップラーライダーによる風観測の目的

風は、気温、気圧、湿度とともに大気の状態を知る最も基本的な気象データ要素である。風の観測は、地上観測、ラジオゾンデ観測、ブイによる観測、衛星観測がある。地表面付近の観測は陸域に集中し、ブイによる観測があるものの海洋はデータの空白域に等しい状況である。上空の風観測は1日に1回ないし2回のラジオゾンデ観測と衛星からの観測がある。ラジオゾンデの観測もまた陸域に集中し、海洋はデータの空白域となっている。衛星からの観測は、雲や水蒸気塊の画像を利用した大気追跡風(Atmospheric Motion Vector: AMV)やマイクロ波散乱計による海上風観測があるが、AMVは高度推定精度が悪い、マイクロ波散乱計による観測は海面付近に限られる、という点で高度方向の風データは不十分と言われている。風の場を地球規模で3次元的に観測することは、天気予報の予報精度や気候変動予測モデルの改良のために重要である。

## 3. 欧米における衛星搭載ドップラーライダーの動き

衛星搭載ドップラーライダーとして具体的な計画があるのは、ESAのEarth Explorer Atmospheric Dynamics Mission (ADM-Aeolus、以下ADM)である。ADMは、紫外レーザを用い、インコヒーレント方式によるドップラーライダーである。レーザは波長0.355 $\mu\text{m}$ 、繰返し周波数100Hz、パルスエネルギー120mJ、である。受光系は、1.5mの大口径望遠鏡、イメージプレーン法を用いる大気境界層用(Mieチャンネル)とダブルエッジ法を用いる対流圏・成層圏用(Rayleighチャンネル)の2チャンネルがあり、検出器は2チャンネルともにCCDを用いる。ADMは、当初2008年の打上を目指した。しかし、ESAは0.355 $\mu\text{m}$ のレーザ開発に手間取り、打上が遅れており、2013年以降で予定されている。

米国では今のところ具体的な衛星搭載ドップラーライダーの計画はないが、NASA Earth Decadal Survey missionsの一つとしてライダーによる3次元風観測が挙げられており、研究開発が進められている。想定される

打上時期は、2020年以降であろう。その準備段階として、米国は技術実証として、NOAA・NASAがコヒーレント方式とインコヒーレント方式を組み合わせたハイブリッドドップラーライダーによる技術実証、NASA LaRCがコヒーレントドップラーライダーによる技術実証を検討している。

#### 4. 日本における衛星搭載ドップラーライダーの動き

日本では、JAXAの前身であるNASDAによる助成のもとでFY97-FY99の3年間、宇宙ステーションからドップラーライダーによる風観測を目指して、Feasibility studyが行われた(図1, 表1)<sup>1)</sup>。NICTは宇宙ステーション日本実験棟きぼうの第二期利用を目指していた。しかし、いくつかの要因が重なり、FY00からFY05の間、第二期利用に関する公募は行われなかった。2006年11月に公募が行われたが、宇宙ステーション搭載ドップラーライダーは採択されなかった。その後、衛星搭載ドップラーライダーの実現を目指し、宇宙からの地球観測を考える会(FEOS)において新規衛星ミッションへの提案、GPM利用検討委員会においてPost-GPM/DPR検討会報告書<sup>2)</sup>による提案を行ったものの具体化を見ていない。2020年以降の衛星ミッションは現時点では白紙の状態である。衛星搭載ドップラーライダーの実現をするために、NICTは大学関係者・JAXA関係者らとともに積極的な活動が出来るように進めている。

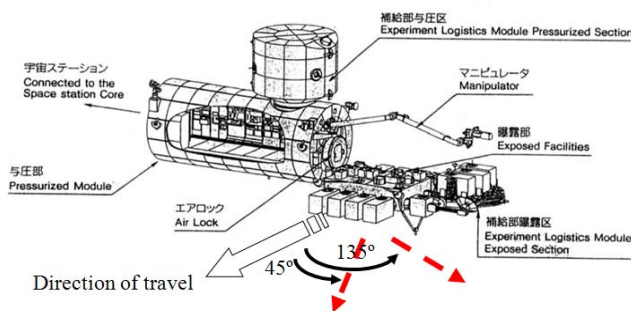


Fig.1 Iss-borne Coherent Doppler lidar

Table1 Specifications of Iss-borne Coherent Doppler lidar

#### ISS Japanese Experiment Module original design

Laser Transmitter: Tm,Ho:YLF Osc.+Amp. Laser

Pulse energy : 2J/pulse

Repetition : 10 Hz

wall-plug efficiency : ~2%

Telescope:

Two telescopes directed two different fixed angles

Diameter: φ40cm

#### 5. まとめ

現在、衛星搭載ドップラーライダーとして日本で具体的な活動があるのは、宇宙ステーション搭載植生ライダー(i-LOVE)である。i-LOVEは、2016年から2017年の打上げをめざしている。i-LOVE以後に考えられる衛星搭載ライダーは、ドップラーライダー、高スペクトル分解能ライダー、あるいは差分吸収ライダーであろう。これらの技術的な開発要素はハードルがあがる。提案をする衛星搭載ドップラーライダーは、i-LOVEの次の衛星ライダーミッションの位置づけとして考えており、i-LOVEを実現・成功はとても重要である。NICTは、衛星搭載用コヒーレントドップラーライダーのための基盤研究の成果、i-LOVEで得られる衛星搭載ライダーの知見、経験を継承し、大学関係者・JAXA関係者らとともに衛星搭載ドップラーライダーしたい。

#### 参考文献

- 1) 宇宙ステーション搭載コヒーレントドップラーライダー風観測に関する科学計画(ESTO: 98P0A1-D016)
- 2) 2008年度GPM利用検討委員会Post-GPM/DPR検討会報告書