

衛星搭載イメージング FTS とドップラー風ライダーによる

全球風速複合観測

岡本 創¹, 木村俊義², 境澤大亮³, 石井昌憲³

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

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

³情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市 4-2-1)

Measurement of atmospheric motion by wind lidar and imaging FTS

Hajime OKAMOTO¹, Toshiyoshi KIMURA², Daisuke SAKAIZAWA² and Shoken ISHII³

¹RIAM, Kyushu Univ., 6-1 Kasuga park, Kasuga, Fukuoka 816-8580

²Japan Aerospace Exploration Agency, 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

³National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 Nukuikitamachi, Koganei, Tokyo 184-8795

Abstract: We propose a global wind measurement mission by Doppler wind lidars (DWL) and the next generation imaging Fourier Transform Spectrometer (IFTS). Doppler wind lidar will be in polar orbit and the next generation imaging FTS will be onboard Geostationary satellite. The DWL will provide wind velocity in clear sky and inside thin cloud areas. A very fine spectral resolution of the imaging FTS will enable to provide Atmospheric Motion Vectors (AMVs) with much higher resolution than conventional imager measurements. Simultaneous retrievals of temperature and water vapor will be carried out by the imaging FTS as shown by AIRS on Aqua satellite. Atmospheric motion can then be estimated by applying similar technique as AMVs. Observing system that consists of the DWLs and imaging FTS will open the new era for improving the numerical weather prediction models and interaction among atmospheric dynamics, water vapor and cloud systems.

Key Words: Doppler, clouds, aerosol, precipitation, air motion

1. はじめに

衛星観測により全球で風速を精度よく求める事は、数値予測モデルの向上になり、また大気汚染の輸送シミュレーション再現性の高精度化や、大気大循環モデルにおける最大の不確定性要因である、雲のパラメタゼーションの改善にもつながると考えられる。

従来風速は静止衛星に搭載されたイメージャーによって得られた水蒸気や雲の空間的变化を追跡する事で水平風速を求める Atmospheric Motion Vectors (AMVs) という手法が広く用いられてきた。この手法では、中層では風速の観測数が相対的に少なく、上層では抽出される風速の誤差が大きく、結果として例えば ECMWF の予報の向上への貢献度が 6.5%程度にとどまり、貢献度の大きいマイクロ波サウンダーの 36%、ハイパースペクトル赤外サウンダーやの 30%と比較すると、低い状況にあった。

2018 年 8 月に ESA によって Aeolus 衛星が打ち上げられ、衛星ライダーから初めて水平風速が求められた。Aeolus には波長 355nm の直接検波方式でドップラー速度を求めるライダーが搭載されており¹⁾、大気分

子からの後方散乱の情報を利用可能なため、高度 25km 以下の視線方向のドップラー速度が得られている。

ハイパースペクトル赤外サウンダー Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) センサーが NASA の Aqua 衛星に搭載され、2002 年に打ち上げられ観測を開始した。赤外領域に 2378 チャンネルを持ち、気温、水蒸気、オゾン、二酸化炭素等の温室効果ガスの観測に用いられている。

本研究では、各国際機関によって打ち上げ予定のドップラーライダーと、静止衛星搭載したイメージングフーリエ変換赤外分光計(イメージング FTS)で構成される衛星観測によって、全球 3 次元風速と水蒸気抽出を行うシステムの構築の提案を行う。

2. 衛星提案の要素技術・アルゴリズム開発研究

ひまわり 8, 9 号衛星では水蒸気の高度分布抽出に上層、下層、中層用の赤外 3 チャンネルを利用している。この限られたチャンネル数から、鉛直方向に、より高分解能な風速を求める事ができない。

赤外サウンダー AIRS を搭載する Aqua 衛星は、雲レーダを搭載した CloudSat 衛星やライダーを搭載し

た CALIPSO 衛星と同じ極軌道である A-Train 軌道上をわずかな時間差で周回する。3.7 μm から 15.4 μm の間を波長方向に 2378 チャンネルでサンプルする。AIRS の標準プロダクトは、水平解像度 45km、鉛直解像度 2-3km で気温と水蒸気を提供している。この 45km という水平解像度は、AIRS のもとの FOV の 3 倍に相当する。これは雲のスクリーニングに水平解像度が 45km のマイクロ波放射計 AMSU を利用しているためである。これに対し、Ishimoto らは Channel ranking 法を用い、気温と水蒸気の鉛直分布抽出にそれぞれ 110 と 46 チャンネルを用いる事で、水平解像度を 13.5km に、鉛直解像度を 1km にそれぞれ向上させる事に成功した⁹⁾。AIRS から求められた水蒸気と気温から氷過飽和度を計算し CloudSat と CALIPSO に雲識別手法である KU-mask¹⁰⁾によって求めた雲域と比較した所、事例解析でも、全球分布でも非常に良い対応関係を示しており、ハイパースペクトルサウンダーの有効性が確認された。

JAXA では次世代型イメージング FTS の開発が検討されている。これを静止衛星に搭載することで、解析された雲や水蒸気亮に AMV 法を適用する事で高空間分解能で風速抽出を実現できる。視野角は 10km 以下が計画されている。

ドップラライダ観測としては、直接検波方式とコヒーレント方式が存在する。前者では、地上で可視波長 532nm で直接検波方式で 60km 以下の風速を抽出可能とした研究がある¹¹⁾。これと同様の原理だが波長 355nm を用いたのが Aeolus 衛星搭載のドップラライダである。Aeolus 衛星の観測から、高度 25km 以下で水平風速の抽出が可能である事が実際に示されている。さらに今後 3km と 90km の水平解像度の風速、粒子後方散乱係数、粒子消散係数解析からより多くの情報が抽出可能であると期待される。

NICT, JAXA や NASA ではこれまで波長 2 μm や 1.5 μm のコヒーレントドップラライダが検討されてきた¹²⁾。大気分子の信号はこの波長では使うことができないため、エアロゾルの多い下層か、ライダ信号が完全には減衰しない巻雲等の光学的に薄い雲の存在する領域で視線方向の風速を得る事になる。

コヒーレントドップラライダに関しては、NICT でも開発して地上観測を実施しており、Aeolus の校正・検証実験も実施中である。地上の直接検波方式の波長 355nm のドップラライダは現在開発中であり、これら 2 方式のライダの同時観測も実施できる予定である。

Aeolus 衛星や、JAXA, NICT や NASA で将来打ち上げ予定のドップラライダによって得られる風速情報は、イメージング FTS に AMV 法を適用して得られる風速の検証になる。これらのシステムから得られる全球風観測は、数値予報精度を向上し、また水蒸気の高時空間分解能と、CloudSat/CALIPSO, EarthCARE, 衛星搭載ドップラライダから得られる雲場、風速の統合解析から、気候変動予測精度の向上に資すると考えられる。

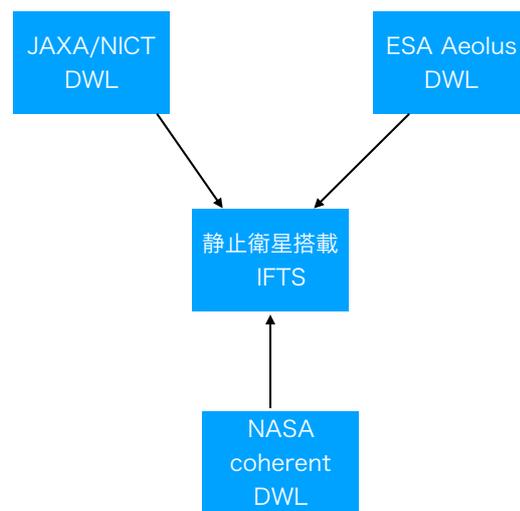


図 イメージング FTS とドップラライダによる複合観測システム

謝 辞

本研究は科研費基盤研究 S(JP17H06139), JAXA EarthCARE RA の支援を受けました。

参考文献

- 1) A. Illingworth et al., BAMS, **99** (2018)
- 2) A. Stoffelen et al., BAMS, **86** (2005)
- 3) H. Ishimoto et al., J. Geophys. Res., **119** (2014)
- 4) Y. Hagihara et al., J. Geophys. Res., **115** (2010).
- 5) M.L. Chanin et al., Geophys. Res. Lett., **16**, 11, (1989)
- 6) S. Ishii et al., Proc. SPIE, **10779** (2018)