

鉛直風測定のための直接検波式ドップラー風ライダー開発

岸淵 航大¹, 石井 昌憲¹, 竹中 秀樹¹, 西澤 智明², 神 慶孝², 岩井 宏徳³, 岡本 創⁴

¹東京都立大学(〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

²国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

³情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1)

⁴九州大学 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

Development of direct detection doppler lidar for vertical wind measurements

Kodai KISHIBUCHI¹, Shoken ISHII¹, Hideki TAKENAKA¹, Tomoaki NISHIZAWA², Yoshitaka JIN², Hironori IWA³ and Hajime OKAMOTO⁴

¹Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

²National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053

³National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 NukuiKita, Koganei, Tokyo 184-0015

⁴Kyushu University, 744 Motoooka, Nishi, Fukuoka, Fukuoka 819-0395

Abstract: A Cloud Profiling Radar (CPR) onboard the EarthCARE satellite make vertical wind measurement from the space. A ground-based Doppler Wind Lidar with double edge technique is developed for the validation of the vertical wind speed measurements in clouds. In the paper, we describe the ground-based Doppler Wind Lidar and preliminary results of vertical wind measurements.

Key Words: Lidar, Doppler Wind Lidar, Double-edge, Vertical wind, EarthCARE

1. はじめに

大気循環モデルを用いた気候変動予測の不確定性の70%は雲が要因であるとされている¹⁾。その中で、雲の微物理特性の再現性にはモデル間で最大10倍以上の差が存在する²⁾。現在打ち上げ予定の衛星Earth CAREに期待される一つに、雲周辺の鉛直風の測定がある。そこで、雲周辺の鉛直風を測定することで地上と衛星搭載ライダーに存在するスケールギャップを埋め、衛星解析技術の向上に貢献するため、地上設置型直接検波式ドップラー風ライダーの開発を目指している。本研究では、受信光学系の調整と検証を行い、鉛直風観測の初期結果を示す。

2. 鉛直風速の導出

ドップラー周波数の検知にはエタロンを用いたダブルエッジ法を採用する³⁾。Fig.1に示すようにフィルターをレイリーブリルアン散乱スペクトルの両裾に配置すると、各フィルターを透過する信号強度は鉛直風によるドップラー周波数に応じて増減するため、これらの比を用いてドップラー周波数を求めることができる。Fig.2に示すようにフィルター2はウェッジプリズムを配置し、エタロンへの入射角を変化させることでフィルターの間隔が変化することを利用してダブルエッジを再現した。光検出器によって各フィルターの信号強度が I_1, I_2 として得られる。Table.1にライダー装置の諸元を示す。

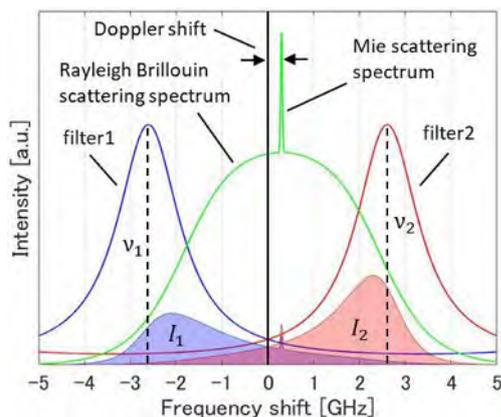


Fig.1 Theoretical diagram of the double-edge molecular method for wind speed measurement

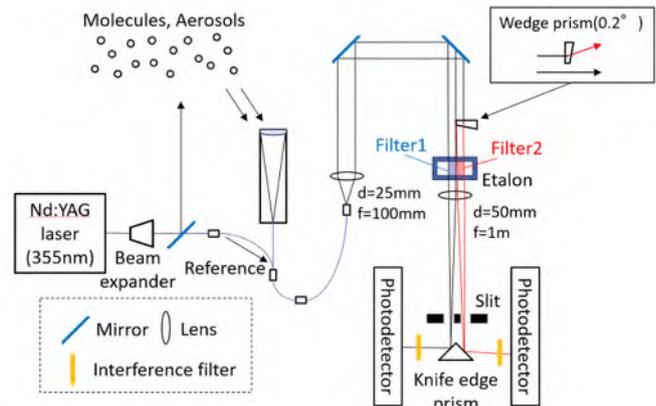


Fig.2 Outline of the observation equipment

Table.1. LIDAR Equipment Specifications

| Transmitter | | Receiver | |
|-----------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| Laser type | Nd:YAG | Telescope | Φ 50 [mm] f 400 [mm] |
| Wavelength | 355 [nm] | | FOV |
| Pulse energy | 100 [mJ] | Wavelength separators | |
| PRF | 10 [Hz] | | |
| Beam divergence | 0.1 [mrad] | 355 [nm], Fabry-Perot etalon | |

3. 鉛直風試験観測

実際の観測ではミー散乱信号の混在によって信号強度比の値が変化し、測定感度にバイアスが生じるため、後方散乱比を考慮して測定感度を計算することで各高度の信号強度比と後方散乱比の値に対応する風速を計算した。2021年6月24日22時(JST)の鉛直風試験観測の結果を Fig.3 に示す。左図は各フィルターの受信信号 I_1, I_2 の光電子数である。右図は時間分解能 15 分、高度分解能 300m として鉛直風速を計算した結果である。

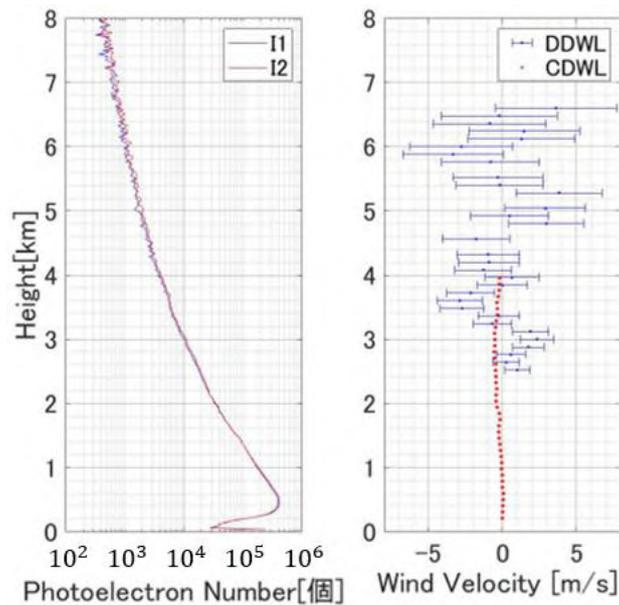


Fig.3. Example of vertical wind test observation

比較検証用の CDWL(Coherent Doppler Wind LiDAR)から、高度 0~4km における鉛直風速は ± 0.5 m/s 程度であるが、本研究で用いる DDWL(Direct-detection Doppler Wind LiDAR)では ± 3.0 m/s 程度の値となった。この理由として各高度における信号強度比の変動が挙げられる。この原因として風速測定感度の決定、時空間分解能の設定、レーザー発振周波数の変動等が考えられる。

4. まとめ

直接検波式ドップラー風ライダーの受信光学系の調整とフィルター性能の検証を行った。今回の測定では風速の計算に使用可能なフィルター性能が得られ、これを用いた鉛直風の観測事例を示した。

今後、風速測定感度、時空間分解能、レーザー発振周波数の変動等の考察を進め、観測データの解析アルゴリズムの改良を行いながら、鉛直風試験観測を実施していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H06139 の助成を受けたものです。本システム調整にあたり、情報通信研究機構関係者のご支援に感謝いたします。

参考文献

- 1) IPCC 第5次報告書
- 2) Waliser et al.,2009, Li et al.,2008
- 3) C. Flesia, et. al., Appl. Opt., 38, 432 (1999)