

1.6 μm 直接検波 DIAL による CO_2 濃度と風のスキャン観測

Observations of CO_2 concentration and wind by the direct detection 1.6 μm CO_2 -DIAL

柴田泰邦、長澤親生、阿保 真(首都大学東京システムデザイン研究科)

Yasukuni Shibata, Chikao Nagasawa and Makoto Abo

Tokyo Metropolitan University

ABSTRACT

Knowledge of present carbon sources and sinks including their spatial distribution and their variation in time is one of the essential information for predicting future CO_2 atmospheric concentration levels. Moreover, wind information is an important parameter for transport simulations and inverse estimation of surface CO_2 flux. The differential absorption lidar (DIAL) and the Doppler wind lidar with the range resolution is expected to measure atmospheric CO_2 profiles and wind profiles in the atmospheric boundary layer and lower troposphere from a ground platform. Vertical CO_2 concentration profiles and wind profiles were observed simultaneously. The elevation angle was fixed at 52 deg and CO_2 concentration profiles were obtained up to 2 km altitude with 330 m height resolution. Vertical wind vector profiles were obtained up to 5 km altitude with 500 m altitude resolution with two azimuth angles.

1. はじめに

地球温暖化を精度よく予測するために CO_2 濃度分布を推定する数値モデル(全球大気輸送モデル)の開発が進められている。この数値モデルは、実際の観測データからソース(排出源)やシンク(吸収源)を推定する手法(インバース法、逆解法)であるが、モデルの拘束条件として CO_2 濃度の高度分布情報が重要である。我々は、波長 1.6 μm のレーザーを用いた直接検波方式の CO_2 -DIAL を開発し、地表付近から高度 7 km 付近の上部対流圏までの CO_2 鉛直分布測定に成功している¹⁻²⁾。さらに、スキャニング機構をもった望遠鏡による水平 CO_2 濃度分布観測、同一のレーザー装置によって気温や風向・風速の測定が可能な多目的ライダーとして改良を加えた。本発表では、直接検波方式 1.6 μm CO_2 -DIAL による CO_2 濃度分布と風速の観測結果について紹介する。

2. CO_2 -DIAL/Doppler ライダーシステム

Fig.1 に全体のブロック図を示す。気温観測に関しては、 CO_2 濃度測定に用いている 2 波長 λ_{on} , λ_{off} に、気圧不動点 λ_T を追加した 3 波長を用いる。開発初期の DIAL の送信レーザーは、Nd:YAG レーザ励起 OPO (Optical Parametric Oscillator) を用いていたが³⁾、高出力化と高繰り返し、多波長化に対応した共振器不要の光パラメトリック発振器 (OPG : Optical

Parametric Generator) を現在用いている。OPO は PPNgLT 擬似位相整合 (QPM: Quasi Phase Matching) 素子を用いてリング共振器を構成し、共振器長制御により DIAL 観測に必要な波長を選択的に発生させていた。 CO_2 の密度に加えて気温も測定するには共振器制御機構が複雑になってしまう。そこで、共振器を組まない OPG を採用し、システムを簡略化した。QPM 素子で波長変換された 1573 nm は 1 ~ 2 nm 程度の帯域を持っているが、DIAL 観測に用いる波長のシード光源を QPM 素子にインジェクションすることで狭帯域化されたスペクトル発振が可能となる。また、OPG の後段に OPA (Optical Parametric Amplifier) を設置することにより高出力化を図っている。

さらに、この CO_2 濃度の観測では、使用する CO_2 の吸収線幅が非常に狭いことから、レーザー波長は高い精度で同調されているため、受光した信号のドップラーシフト成分を検出することで風向・風速を測定することができる。そこで、ドップラーシフト成分検出用フィルターにファイバー・ブラッグ・グレーティング (FBG: Fiber Bragg Grating) を用い、直接検波方式のドップラーライダーとしても利用できる構成とした。

このライダーシステムは、移動観測可能なコンテナ(トレーラ)の内部に配置され、鉛直観測だけでなく、水平分布観測のための口径 25 cm 望遠鏡を含むス

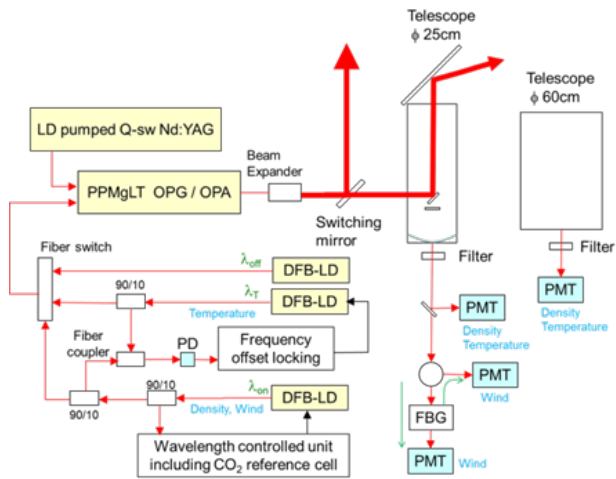


Fig.1 Schematic diagram of the 1.6 μm CO₂ DIAL / Doppler lidar system.

キャニング型受信部が設置されている。

3. CO₂ および風観測例

Fig.2 および Fig.3 にスキャニング型受信部を用いて観測した CO₂ 鉛直分布および水平風の風向風速鉛直分布を示す。レーザービームの仰角は 52° 固定で、風観測を 30 分間(2 方向へ 5 分毎に交互にビームを送信)の後、ON/OFF 2 波長での DIAL 観測を 30 分間行った。Fig.3 は比較のため、茨城県館野のラジオゾンデ観測結果も示している。CO₂ 濃度は高度 700 m から 2 km 付近まで 400 ppm 前後で推移しており、地上測器 (LI-7500) の値 451.3 ppm より低い値を示している。近距離での CO₂ 濃度観測はダイナミックレンジの問題から困難であるが、現在、改良中であり、本シンポジウムにて関連発表を行う。

風速、風向ともライダーの観測点(東京都日野市)とラジオゾンデの観測点が 80 km ほど離れているため低層では一致していないが、高度 3 km 以上では良く一致している。将来的には、CO₂ 濃度と風と気温を同時に測定できるシステムにする予定である。

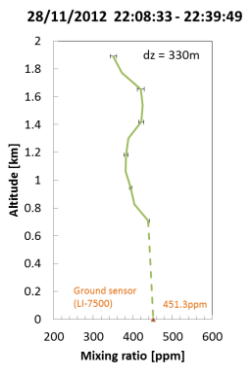


Fig.2 An example of a vertical CO₂ mixing ratio profile.

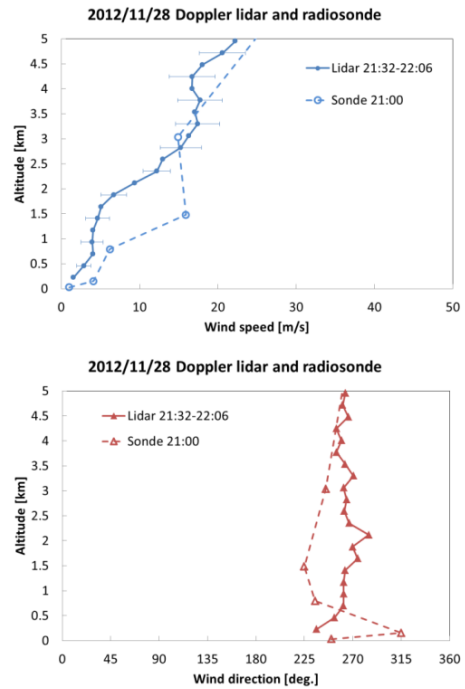


Fig.3 An example of a horizontal wind speed profile and wind direction profile.

4. まとめ

直接検波方式の 1.6 μm CO₂-DIAL を移動可能なコンテナに搭載し、上部対流圏までの CO₂ 濃度プロファイルの高精度観測並びにスキャン観測による CO₂ 濃度のスキャニング観測が可能になった。また、同一光源で観測可能なドップラーライダー機能を追加し、CO₂ と風の交互観測に成功した。今後、さらに受信系を改良し、CO₂ と風の同時観測を目指す。

謝辞

本研究は科学技術振興機構「先端計測分析技術・機器開発事業」により行われている。

参考文献

- [1] 長澤, レーザー研究, 39(8), 585-589, 2011
- [2] C. Nagasawa, M. Abo, Y. Shibata, T. Nagai and M. Tsukamoto, Proc. SPIE 8182, 81820G, 2011. doi: 10.1117/12.898794
- [3] D. Sakaizawa et al., Applied Optics, 48(4), 748, 2009