

1.6 μm DIAL による境界層 CO₂ 鉛直分布の連続観測

Continuous observation of the CO₂ vertical concentration profiles in the lower troposphere by 1.6 μm direct detection DIAL

○柴田 泰邦, 長澤 親生, 阿保 真

○Yasukuni Shibata, Chikao Nagasawa and Makoto Abo

首都大学東京

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 CO₂ atmospheric concentration levels. We have developed a compact 1.6 μm DIAL system for measuring CO₂ concentration profiles in the lower atmosphere. This 1.6 μm DIAL system consists of the optical parametric generator (OPG) transmitter that excited by the LD pumped Nd:YAG laser with high repetition rate and the receiving optics that included the near-infrared photomultiplier tube operating at the analog mode and a 25 cm telescope. CO₂ concentration profiles were obtained up to 2.5 km altitude.

1. はじめに

GOSAT によるグローバルな CO₂ カラム量の観測が行われ、多くの成果が得られているが、気候変動予測の不確実性の低減のため、森林や都市部などのローカルな CO₂ 吸収排出量を精度よく把握する必要がある。そのためには大気中の CO₂ の濃度分布とその動態を把握することが重要である。現状では、定常的観測として民間航空機を利用した in situ 観測 (CONTRAIL) や森林タワーによるモニタリング観測はあるものの、特に CO₂ 濃度変動の激しい大気境界層内の CO₂ 濃度の高度分布の動態を観測した例はない。

我々は鉛直 CO₂ 濃度分布を高精度で測定するための差分吸収ライダー (DIAL: Differential Absorption Lidar) を開発し、高度 2~7 km の CO₂ 濃度の鉛直分布測定に成功している¹。最近では小型の CO₂ DIAL を新たに開発し、大気境界層内の CO₂ 鉛直濃度分布の連続観測に重点をおいている。本講演では、2015 年の冬と初夏に行った観測例を紹介する。

2. 小型 1.6 μm DIAL

従来の直接検波 1.6 μm DIAL をベースにし、近距離観測に適した Fig.1 に示す低出力光源を新たに開発した。送信部は 400Hz, 2 mJ の OPG (Optical Parametric Generator) のみで、アンプ段の OPA (Optical Parametric Amplifier) は用いていない。励起用の Nd:YAG レーザは MOPA で構成され、マスターに LD 励起 Nd:YAG laser (IB laser, DiNY pQ 10, 9.2 mJ@1064nm, 400 Hz) を、アンプ段に LD 励起 Nd:YAG laser (Cutting Edge Optronics, REA5006-3P5) を用いている。マスターの Nd:YAG レーザにはヨウ素ロック波長安定化シーダーが注入され、狭帯域化かつ波長安定化されている。出力は 23.3 mJ@1064nm, 400 Hz を得ており、高高度用に用いられている高出力 Nd:YAG (100mJ, 500Hz) と比較して低出力かつ小型化されている。受信部は口径 25cm の望遠鏡を用い、信号処理部はフォトンカウントモードではなく 16 bit AD コンバータを用いたアナログモードで観測を行う (Fig.2)。ダイナミックレンジを確保するため、至近距離用のチャンネル (高度 ~1 km) と遠方用のチャンネル (高度 1 km ~) に 20/80 のビームスプリッターで受信光を分けている。送信ビームはスキャンが可能で、大気境界層内の CO₂ 濃度鉛直分布および近距離 (~数 km) の水平分布を昼夜とも高精度に測定することができる。

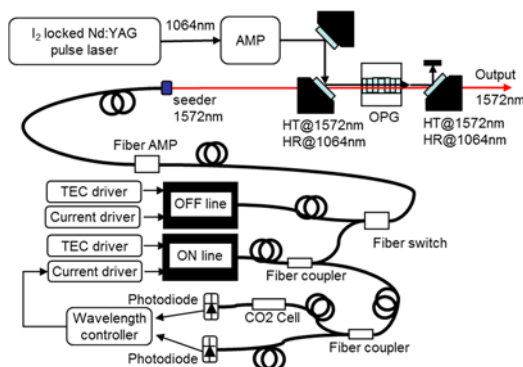


Fig.1 Block diagram of the 1.6 μm OPG transmitter.

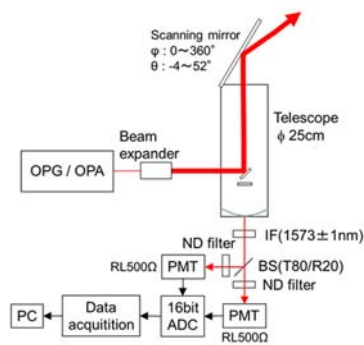


Fig.2 Block diagram of the CO₂-DIAL receiver.

3. 観測例

下層 CO₂ 濃度の鉛直分布時間変化の晴天時の典型的な冬 (2015/1/2) と夏 (2015/6/10) の観測例を Fig.3 に示す。観測は明け方から日中にかけて首都大学東京・日野キャンパス (東京都日野市) において行った。高度分解能は 294 m、時間分解能は 1 時間である。

冬：地表近くの CO₂ 濃度は昼間にかけて増加しているが、高度 1.7km より上では逆に減少しているのがわかる。これは冬季で光合成による CO₂ の変動は少なく、都市部からの CO₂ の流入の影響があると考えられる。

夏：日出後の高度 1km 以下において、光合成に起因すると思われる CO₂ 濃度の減少が観測された。逆に高度 2km 以上では増加傾向が見られた。

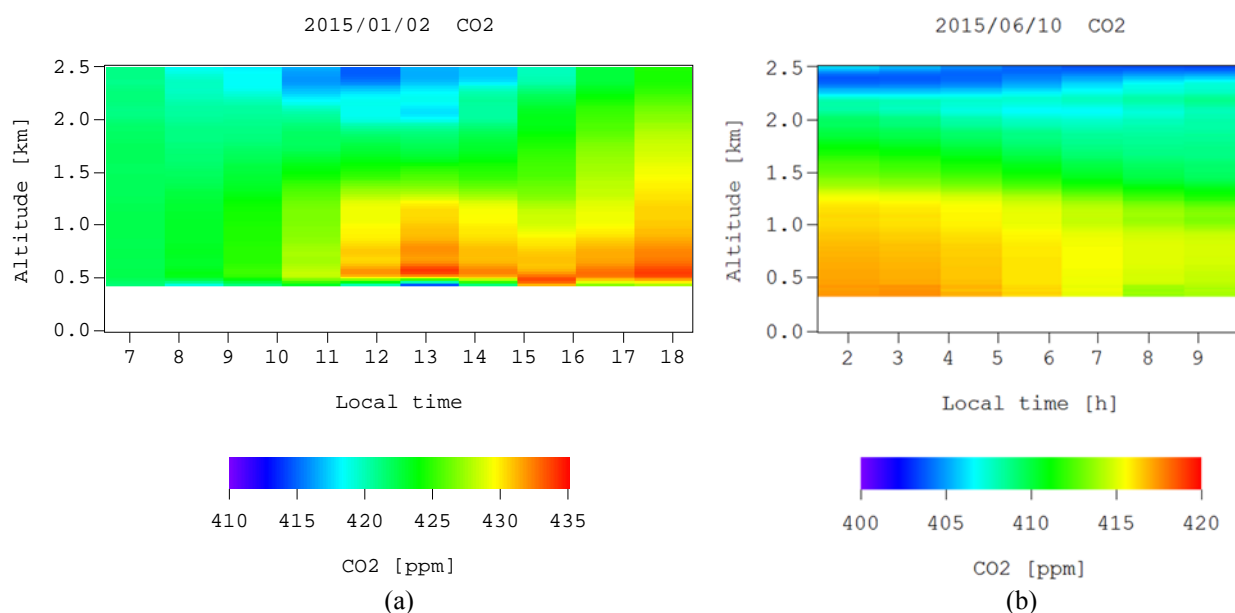


Fig.3 (a) CO₂ concentration profiles during a daytime on January 2, 2015. (b) CO₂ concentration profiles around sunrise on June 10, 2015.

4. おわりに

従来測定手段が無かった大気境界層内の CO₂ 濃度の鉛直分布の時間変化や水平分布がライダーにより観測可能になった。今後測定事例を増やすことにより CO₂ の振る舞いを明らかにし、Local な大気モデルとの比較などを行っていきたいと考えている。

謝辞：本研究は科学技術振興機構「先端計測分析技術・機器開発プログラム」により行われた。

参考文献

1. 柴田他、第 62 回応用物理学会秋季学術講演会, 11p-A14-7, 2015.
2. Y. Shibata, et. al., 27th ILRC, S3-3, 2015.