

# 1. 6 $\mu$ m DIAL による CO<sub>2</sub> 濃度分布と動態解析

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 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

## CO<sub>2</sub> concentration measurement and behavior analysis using 1.6 $\mu$ m DIAL

Yasukuni SHIBATA, Chikao Nagasawa, and Makoto Abo

Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

**Abstract:** Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is the primary greenhouse gas emitted through human activities. For the detailed analysis of forest carbon dynamics and CO<sub>2</sub> fluxes of urban area, vertical CO<sub>2</sub> concentration profiles with high spatial and temporal resolution in the lower atmosphere have been conducted by a differential absorption lidar (DIAL). We have observed several vertical profiles of CO<sub>2</sub> concentrations for nighttime and daytime from 0.5 to 2.5 km altitude with integration time of 1 hour. In order to extract information on the origin of the CO<sub>2</sub> masses, one day back trajectories were calculated by using a three dimensional (3-D) atmospheric transport model. In many cases, CO<sub>2</sub> low concentration layers of over 1.5 km altitude were flown by westerly winds from the forest. In another case, high concentration layers of CO<sub>2</sub> were flown from the urban areas.

**Key Words:** DIAL, CO<sub>2</sub>, behavior analysis

### 1. はじめに

GOSAT によるグローバルな CO<sub>2</sub> カラム量の観測が行われ、多くの成果が得られているが、森林や都市部などのローカルな CO<sub>2</sub> 吸収排出量を精度よく把握することで、気候変動予測の不確実性の低減が期待される。そのためには大気中の CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 濃度変動の激しい下部対流圏内の鉛直分布を連続的に観測する手法はライダーに限られる。我々は下部対流圏内の鉛直 CO<sub>2</sub> 濃度分布測定に特化した 1.6 $\mu$ m 差分吸収ライダー (DIAL: Differential Absorption Lidar) を開発し、高度 0.5~2.5 km の CO<sub>2</sub> 濃度の鉛直分布の連続観測を複数回行っている<sup>1)</sup>。多くの場合、高度 1.5 km 以上では CO<sub>2</sub> 濃度の背景値に近い 390 ppm 前後を示したが、高度 1 km 以下では 440 ppm 前後と高濃度となる時間帯が存在した例があった。このような CO<sub>2</sub> の動態を解析的に評価するため、バックトラジェクトリ解析を用いて CO<sub>2</sub> 塊の起源を推定した。

### 2. CO<sub>2</sub> 鉛直分布観測とバックトラジェクトリ解析

従来の 1.6 $\mu$ m DIAL をベースにして、送信部は出力を押さえた 1 段 (従来は 2 段) の OPG (Optical Parametric Generator)、受信部は口径 25 cm の小型望遠鏡を用いることにより小型化を実現するとともに、信号処理部は 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ことにより、至近距離

からの観測を可能にした。また、従来から用いている狭帯域干渉フィルターにより、昼夜観測を実施した。この DIAL システムを用いた下層 CO<sub>2</sub> 濃度分布の観測例を Fig.1 に示す。観測は 2015 年 8 月 21 日の日出から午前中にかけて首都大学東京・日野キャンパス (35.7°N, 139.4°E) 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。吸収断面積の算出に必要な気温の高度分布は 36°N, 139°E 地点の客観解析データ (NCEP FNL Operational Global Analysis data) を用い、気圧の高度分布は測高公式により算出した。日出時間前後において、高度 2.0 km 以上では CO<sub>2</sub> 濃度が 400 ppm を下回っているのに対し、高度 1.0 km 以下では 440 ppm を超えた。日出後は高度 1.0 km 以下の CO<sub>2</sub> 濃度が減少し、光合成による CO<sub>2</sub> の吸収が要因のひとつであると推察される。

このように、1.6  $\mu$ m DIAL を用いることで、1 時間程度の時間分解能で下層大気中の CO<sub>2</sub> 濃度分布の変動を十分捉えられることが示された。一方で、CO<sub>2</sub> 濃度分布の動態把握も重要である。そこで、各高度層の CO<sub>2</sub> 起源を推定するため、主にエアロゾルの動態評価で利用されているバックトラジェクトリ解析を用いた。解析条件を Table に示す。8 月 21 日 5 時を起点とした 24 時間 (30 分間隔) のバックトラジェクトリ解析を行い、その結果を Fig.2(a), (b) に示す。高度 600 m の解析結果 (Fig.2(a)) から CO<sub>2</sub> は埼玉県内の都市部を通過していることが分かった。これは、都市部の高濃度 CO<sub>2</sub> が日野市に流入していることを示唆するものである。一方、高度 2,100m の解析結果 (Fig.2(b)) から CO<sub>2</sub> は中部・東海地方の山地を通過していることが分かった。人為起源となる CO<sub>2</sub> はほとんど存在しない地域を通過しているため、日野市

でも 400 ppm 程度の CO<sub>2</sub> 濃度となったと推察される。

Table Summary of the data sets used for trajectory calculations.

Dataset	Japanese 55-year ReAnalysis (JRA-55)
Frequency	4 times daily (00, 06, 12, 18 UTC)
Horizontal Resolution	1.25 (degree) x 1.25 (degree)
Pressure Levels	37 Levels

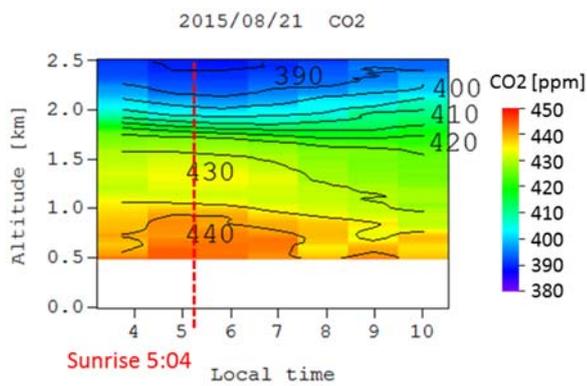


Fig.1 CO<sub>2</sub> concentration profiles around sunrise time on 21 Aug., 2015 at TMU Hino campus.

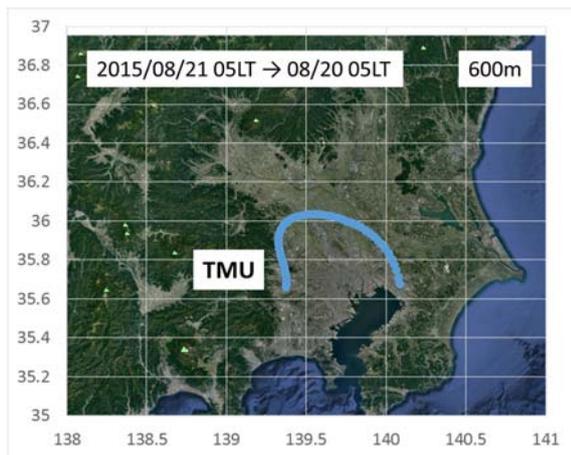


Fig.2(a) Result of the 24 hours trajectory computation at 600 m altitude.

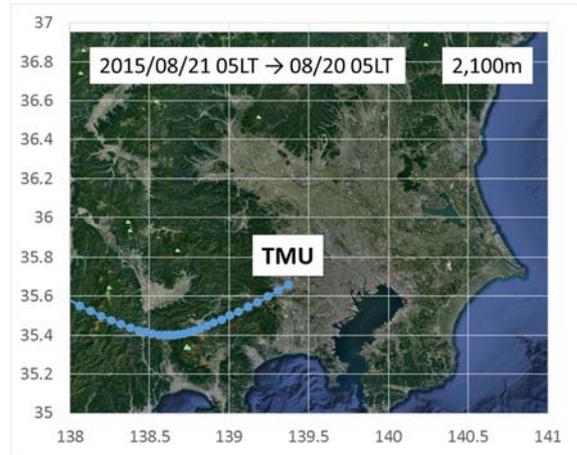


Fig.2(b) Result of the 24 hours trajectory computation at 2,100 m altitude.

### 3. まとめ

大気中の CO<sub>2</sub> 濃度分布とその動態を把握するため、1.6 μm DIAL により高度 0.5~2.5 km の CO<sub>2</sub> 濃度の鉛直分布の連続観測を行うとともに、バックトラジェクトリ解析を用いて CO<sub>2</sub> の起源を推定した。2015 年 8 月 21 日の観測例では、高度 1 km 以下に 440 ppm を超える高濃度の CO<sub>2</sub> が存在し、時間とともに変動している様子が示された。また、バックトラジェクトリ解析により、高度 600 m の高濃度 CO<sub>2</sub> は埼玉県内の都市部を、高度 2,100 m の低濃度 CO<sub>2</sub> は中部・東海地方の山地をそれぞれ通過してきたことが分かり、CO<sub>2</sub> の動態把握にバックトラジェクトリ解析が有益であることが示された。

### 謝 辞

粒跡線の計算、及び図の作成には、気象庁及び電力中央研究所による JRA-55 長期再解析データ、及び国立極地研究所粒跡線モデル(Tomikawa and Sato, 2005; <http://firp-nitram.nipr.ac.jp>)を用いた。

### 参考文献

- 1) 柴田他, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, 140-141, 2015.