

1.6 μm 直接検波 DIAL による低高度からの CO_2 鉛直濃度観測

Observations of vertical CO_2 concentration from low-altitude by 1.6 μm 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

We have developed a direct detection 1.6 μm differential absorption lidar (DIAL) technique to perform range-resolved measurements of vertical CO_2 concentration profiles in the atmosphere. Now, the vertical distribution from an altitude of 2 km to 7 km is observed using two telescopes which are different aperture. Since the change of signal intensity is larger near the ground, vertical distribution cannot be connected from near ground to the upper layer in the present dynamic range of a photon counter. We install a faster counter to expand the dynamic range. This high speed counter makes the dynamic range expands by 20 times and the vertical distribution observation from 0.3 km altitude is possible with co-axis telescopes.

1. はじめに

我々は、波長 1.6 μm のレーザを用いた直接検波方式の CO_2 -DIAL を開発し、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⁾。フォトンカウンターのダイナミックレンジの兼ね合いから高層用の大型望遠鏡と低層用の小型望遠鏡を組み合わせて鉛直分布を得ている。しかし、信号が強く、また距離 2 乗の効果が大きく出る地表付近の観測は困難であった。

今回、従来より高速のカウンターを導入し、ダイナミックレンジを 1 桁拡大させた。これにより、今まで困難であった地表付近からの CO_2 鉛直分布測定が可能となった。本講演では、高速カウンターを用いた低高度からの CO_2 鉛直濃度分布観測結果について報告する。

2. ダイナミックレンジの改善

高度 3 km 以上を対象とする口径 60cm 望遠鏡と高度 3km 以下を対象とする口径 20cm 望遠鏡を組み合わせ、それぞれオーバーラップ高度を変えることにより下層と高層をつなげることで、 CO_2 鉛直濃度分布の観測を行ってきた。Fig.1 に受光したライダー信号の例を示す。従来のカウンター (Licel transient recorder, 250MHz) はカウントレート 2 MHz まで線形性を保っている。また、 CO_2 濃度観測で十分な SN が得られるカウントレートの下限は約 0.1 MHz であることから、ダイナミックレンジは 1 桁しかない。よって、有効な高度

範囲は Fig.1 の場合、高層用は高度 2.5~6 km の範囲、低層用は高度 1.5~3 km となる。1 km 以下の低層のみを観測する場合、低層用の受信系に適当な ND フィルターを挿入してカウントレートを調整するが、観測可能高度範囲はエアロゾル濃度変化に大きく左右されてしまう。

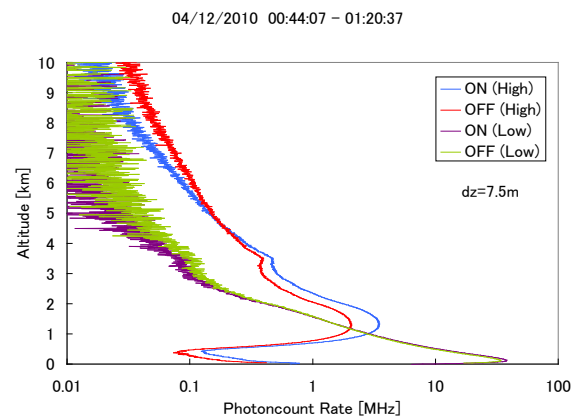


Fig.1 An example of received signals of the high-mode and the low-mode.

そこで、10 GHz の高速カウンターを導入し、カウントレートのダイナミックレンジを拡大させた。まず、高速カウンターの性能について評価するため、カウントレートの線形領域を調べた。波長 1573.137 nm (Off-line)において、60 cm 望遠鏡に ND なし (ND=0) の場合と ND=1 を挿入した場合のライダー信号を Fig.2 に示し、Fig.2 の ND=0 と ND=1 の相関

を Fig.3 に示す。Fig.3 を見ると、40 MHz まで線形性が得られていることが分かる。よって、この高速カウンターは、2 MHz まで線形性を保つ従来のカウンターより 20 倍ダイナミックレンジを広げられることが分かった。

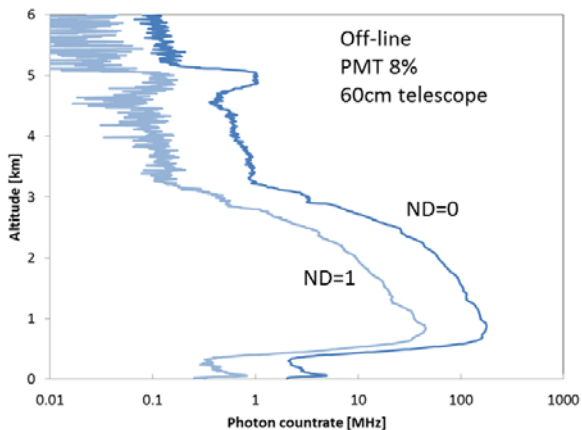


Fig.2 Lidar signals obtained with a 10 GHz fast counter.

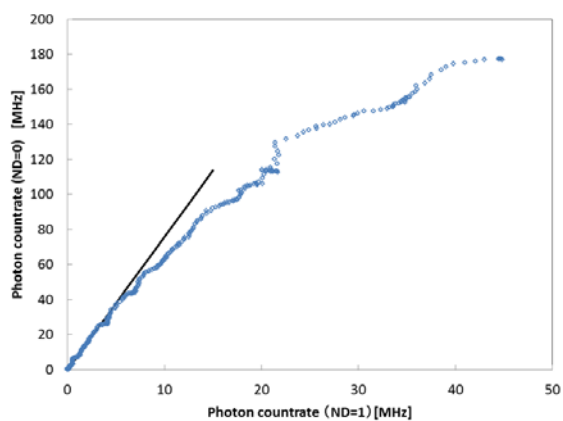


Fig.3 Lidar signal correlation of ND=0 and ND=1.

3. 地表付近からの CO₂ 鉛直分布観測例

送受信同軸のスキヤニング型受光部を用いて、地表付近からの CO₂ 鉛直分布を観測した。Fig.4 に得られたライダー信号を示す。スキヤニング機構の制約から仰角 52° でビームを送信しており、Fig.4 の縦軸は高度に換算している。観測データ全てにおいてカウントレートが飽和しないよう受光部に適当な ND フィルターを挿入しており、ライダー直近のカウントレートは 30 MHz となっている。Fig.5 に CO₂ 鉛直分布の時間変化を示す。Fig.5 から高度 290 m ~ 2 km までの CO₂ 鉛直分布が観測されており、ダイナミックレンジ拡大の効果が示された。20 時前に高度 1.0 km 付近にあった濃い CO₂ の層が、時間経過とともに下降している様子が見受けられた。詳細な解析結果については講

演にて報告する。

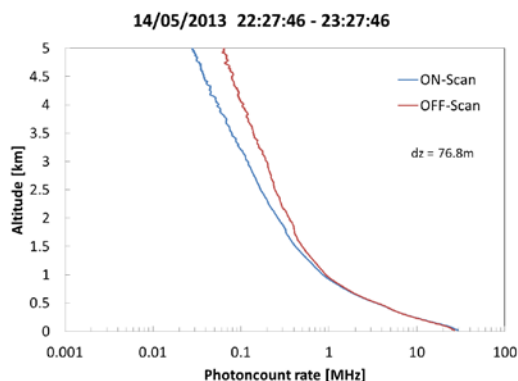


Fig.4 An example of CO₂-DIAL signals with the 10 GHz fast counter.

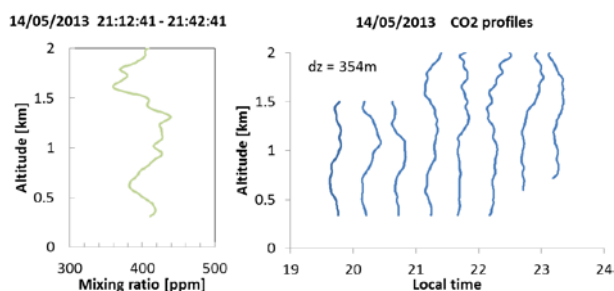


Fig.5 Vertical CO₂ mixing ratio profiles from low altitude.

4. まとめ

従来 CO₂-DIAL に使用していた光子カウンターの線形性は 2 MHz までであったが、新たに 10 GHz の高速カウンターを用いることで、線形性は 40 MHz まで拡大し、ダイナミックレンジが 20 倍拡大した。この高速カウンターを用いて高度 290 m から 2 km までの CO₂ 鉛直分布が観測でき、ダイナミックレンジ拡大の効果を実証した。

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