

ハードターゲットを利用した  
コヒーレント差分吸収ライダーによる CO<sub>2</sub> 濃度観測

Coherent Differential Absorption Lidar Observation of CO<sub>2</sub> using Hardtarget

小山瑞樹<sup>1</sup>, 石井昌憲<sup>2</sup>, 水谷耕平<sup>2</sup>

Mizuki Koyama<sup>1</sup>, Shoken Ishii<sup>2</sup>, Kohei Mizutani<sup>2</sup>

1. 首都大学東京 2. 情報通信研究機構

1.Tokyo Metropolitan University 2.National Institute of Information and Communications Technology

Abstract

A coherent differential absorption lidar (DIAL) has been developed for CO<sub>2</sub> measurement at National Institute of Information and Communications Technology(NICT), and so far we measured the CO<sub>2</sub> concentration using distributed aerosol. Observation using distributed aerosol from space is difficult due to weak backscatter signal. Integrated path differential absorption (IPDA) using hard target such as ground surface is promised method. Now "Ibuki", the GOSAT satellite, measures CO<sub>2</sub> concentration with passive remote sensing technique. Active remote sensor like lidar is expected to be the next generation remote sensing technique. In this paper we discuss methods for CO<sub>2</sub> measurement with hard target.

1. はじめに

これまで私たちは差分吸収ライダー(DIAL)でエアロゾル等の後方散乱を利用した CO<sub>2</sub> 濃度観測を行ってきた。DIAL を衛星に搭載する場合、衛星と地上の距離が遠く後方散乱されてくる信号は小さくなる。衛星搭載 DIAL では地球表面(ハードターゲット)の反射を利用する観測方法が考えられている。本発表では衛星搭載を念頭に置き地上でハードターゲットとしてビルなどの壁や地表面の反射を利用した CO<sub>2</sub> 濃度観測方法について報告する。

2. 差分吸収ライダー

Table.1 に情報通信研究機構(NICT)で開発されたコヒーレント方式の DIAL の諸元を示す(概観は Fig.1 参照)。レーザーは安定化した単一波長を射出する 2 つの Tm:Ho:YLF 連続発振レーザー(マスターレーザー)とパルスレーザー(スレイブレーザー)を使用している。注入同期の目的で使われている連続発振レーザーは CO<sub>2</sub> に吸収される波長(on-line=2050.967[nm])と吸収されない波長(off-line=2051.250[nm])のレーザー光を射出している。on-line はオフセットロックによって波長を 2.5~6.5[GHz]間で任意の波長にずらすことができる。マスターレーザーから射出されたレーザー光は 2 つに分かれ、一方はディテクターに向かい光ヘテロダイン検出時の参照光として扱われ、もう一方は音響光学素子(AOM)に入り、周波数が 105[MHz]でオフセットされる。AOM から出たレーザー光はパルスレーザーに入り、ramp and fire technique[1]によって、出力 80[mJ]パルス幅 140[ns]の単一波長パルスレーザーが射出される。軸外し望遠鏡から射出されたレーザー光はエアロゾル等によって後方散乱され、同じ望遠鏡で受光される。受光された信号は 3dB 光カプラーを通り、InGaAs バランスレシーバーで光ヘテロダイン検波され、8bit A/D コンバータを用いてサンプリング周波数 500[MHz]、サンプリング数 131072 でデジタル化されコンピュータに保存される。

3. ハードターゲットを利用した観測

CO<sub>2</sub> の濃度は以下の手順によって求める。光学的厚さ  $\tau(0, R)$  は受信電力  $P_{i=off,on}$ 、CO<sub>2</sub> の濃度  $\rho_{CO_2}$ 、乾燥大気密度  $n_a$ 、吸収断面積  $\sigma_{i=off,on}$  を使って、

$$\tau(0, R) = \frac{1}{2} \ln \left[ \frac{P_{off}(R)}{P_{on}(R)} \right] = \int_0^R \rho_{CO_2}(r) \cdot n_a(r) \cdot (\sigma_{on}(r) - \sigma_{off}(r)) dr \quad (1)$$

となる。(1)より CO2 の濃度  $\rho_{CO_2}$  は

$$\rho_{CO_2}(r) = \frac{1}{n_a(r) \cdot (\sigma_{on}(r) - \sigma_{off}(r))} \frac{\tau}{r} \quad (2)$$

として求められる。Fig.2 エアロゾルからの後方散乱を利用して得られたに距離と光学的厚さの結果例を示す。この図から距離が遠くなるにしたがって光学的厚さは一定の割合で増加していくがある距離以降は増加が一定でなくなり誤差範囲も大きくなっていることが分かる。Fig.2 と(2)式から CO2 の濃度を求めると 398.16[ppm]となる。今回の観測実験では NICT 内

にある4階建ての建物の屋上から西の方角に約6[km]離れたところにある煙突の壁をハードターゲットとして行う。ハードターゲットを利用した観測では周波数ピークでの代表距離と実際の距離や表面の粗さに起因するスペクトル効果等問題となる可能性がある。

#### 4. まとめ

本報告では、ハードターゲットを利用した観測手法問題点について検討した。当日はハードターゲットを利用した実験結果についても報告する予定である。

#### 5. 参考文献

[1] S.W.Henderson, E.H.Yuen, and E.S.Fry, "Fast resonance-detection technique for single-frequency operation of injecton-seeded Nd:YAG lasers", Opt.Lett, vol.5, p.p715-717, 1986

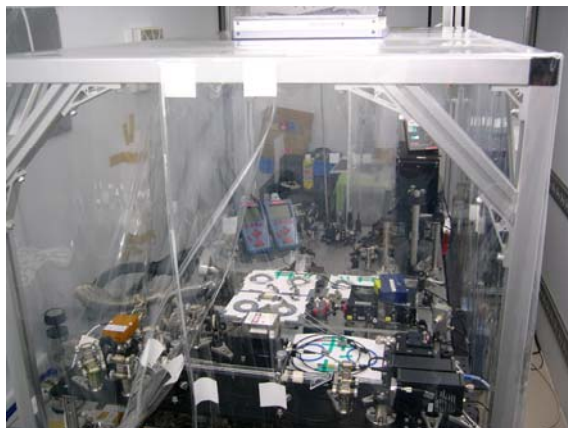


Fig.1 Photograph of DIAL system

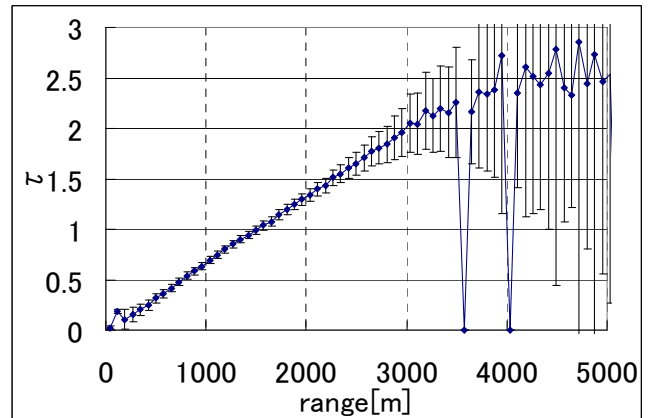


Fig.2 Optical depth estimate as a function of range

Table.1 Specification of DIAL System

Transmitter	
Laser	Tm:Ho:YLF
Wavelength (ON)	2051.058~2051.002[nm]
(OFF)	2051.250[nm]
Pulse energy	80[mJ/pulse]
Pulse width	140[ns]
Pulse Repetition	30[Hz]
Receiver	
clear diameter	10[cm]
Detector	InGaAs Balanced Receiver
Data Processing	
Signal Processing	8 bit A/D conversion
Sampling Frequency	500[MHz]
Sampling Points	131072