

局地大雨予測のための機動観測用水蒸気ライダーの開発

Development of field deployable water vapor lidar for predicting local heavy rain

○酒井哲¹、阿保真²、永井智広¹、泉敏治¹、内野修¹、柴田泰邦²、長澤親生²、瀬古弘²、川畑拓矢¹
○Tetsu Sakai, Makoto Abo, Tomohiro Nagai, Toshiharu Izumi, Osamu Uchino, Yasukuni Shibata, Chikao Nagasawa, Hiromu Seko, Takuya Kawabata

1 気象研究所・2 首都大学東京

¹Meteorological Research Institute, ²Tokyo Metropolitan University

Abstract: Local heavy rain is a serious problem in urban areas in Japan. To improve accuracy and gain lead time of numerical weather prediction for the heavy rain, we are developing water vapor lidar systems. The requirements for the system are that 1) it is field deployable and easy to operate and 2) it can measure vertical profiles of water vapor in the lower troposphere (below 2 km in altitude) in daytime and nighttime. To meet these requirements, we are developing two lidar systems: one is the Raman lidar and the other is differential absorption lidar (DIAL). The Raman lidar uses Nd:YAG laser operating at a wavelength of 355 nm and receives the Raman backscattering by water vapor and nitrogen molecules. The DIAL uses distributed Bragg reflector (DBR) diode laser which is injected to a pulsed tapered semiconductor optical amplifier (TSOA) operating at 828 nm and receives the backscattering at wavelengths of strong (on line) and weak (off line) absorption by water vapor. The details of the lidar systems and preliminary result of the Raman lidar measurement are shown in the presentation.

1. はじめに

近年、都市域において局所的な集中豪雨が発生しており、その被害は甚大である。その被害を軽減するために、数値予報モデルを用いた予測が試みられている。しかしながら、現在のところ予測精度とリードタイムは不十分である。その理由の一つは、大雨をもたらす風上側の水蒸気分布観測データが不足していることである。そこで我々は、大雨をもたらす積乱雲が発達する前段階の風上側で水蒸気高度分布をモニタリングするための、小型で移動可能なライダーを開発している。本発表では、ライダー開発の現状を報告する。

2. 機動観測用水蒸気ライダーの開発

ライダーの仕様を決めるために、我々は数値天気予報モデル研究者と議論した。その結果、以下の要求事項が挙げられた。

- ・昼夜問わず観測可能
- ・測定高度範囲:0.1 以下~2 km 以上
- ・時間分解能:10 分~30 分
- ・高度分解能:200 m 以下
- ・移動観測可能
- ・小型で取り扱い容易

これらの要求事項を満たすため、我々は二つの方式のライダーを開発している。一つはラマン方式、もう一つは差分吸収 (DIAL) 方式である。各方法の長所・短所を Table 1 に示す。

Table 1. Comparison of water vapor Raman lidar and DIAL method

方式	Raman lidar	DIAL
長所	<ul style="list-style-type: none">・単純な装置構成・取り扱い容易	<ul style="list-style-type: none">・小型化可能・昼間観測可能・アイセーフ可能・校正不要
短所	<ul style="list-style-type: none">・大型・高価・昼間観測困難・校正必要	<ul style="list-style-type: none">・吸収線に合った波長のレーザーが必要・波長の正確な同調維持が必要

各方式の長所を生かしつつ、上記要求事項を満たすライダーを開発するために装置シミュレーションを

行い、ライダーの諸元を Table 2 のように決めた。装置の特徴としては、昼間観測を可能とするために、ラマン方式では狭帯域の干渉フィルターと狭視野の受信望遠鏡を使用する。DIAL では全固体化送信系として、波長制御した DBR ダイオードレーザーをスイッチングした TSOA (Tapered semiconductor optical amplifier) に注入同期したレーザーを用いる。また DIAL では測定上限高度を拡張し SN 比を改善するために、送信光にパルス圧縮変調を併用する。

Table 2. Specification of water vapor Raman lidar and DIAL

	Raman lidar			DIAL
送信:				
レーザー	Nd:YAG			DBR diode laser × 2 (seed laser). 80 mW +TSOA (amplifier)
波長	355 nm			828.5±1 nm
出力	220mJ/Pulse			10 μJ/Pulse
パルス繰り返し	10 Hz			10 kHz
ビーム拡がり	0.125 mrad			0.1 mrad
受信:				
望遠鏡	カセグレン式			ニュートン式
口径	35~40 cm			20 cm
視野全角	0.25~0.3 mrad			0.2 mrad
成分	H ₂ Oラマン	N ₂ ラマン	ミー・レイ	On-line, Off-line
干渉フィルター			リー	
中心波長(nm)	407.5	386.7	354.7	
半値幅(nm)	0.25~0.3	0.25~0.3	0.3	0.5
検出:				
検出器	光電子増倍管			光電子増倍管
検出方式	フォトンカウンティング/アナログ			フォトンカウンティング/アナログ

3. ラマンライダー (プロトタイプ) による試験観測結果

我々はラマンライダーのプロトタイプとして Table 2 とほぼ同じ諸元の装置を作成した。そのライダーを用いて、2014 年 7 月 25~26 日につくば気象研究所において観測した水蒸気混合比の高度-時間断面図を示す。高度分解能は 75 m (高度 1 km 以下)、150 m (高度 1 km より上)、時間分解能は 9 分である。25 日 21 時頃から湿った空気が高度 0.4 km 以下に現れているのが分かる。夜間は高度 6 km まで水蒸気分布が観測できているが、昼間は 0.7~0.8 km までしかできていない。今後更なる改良が必要である。

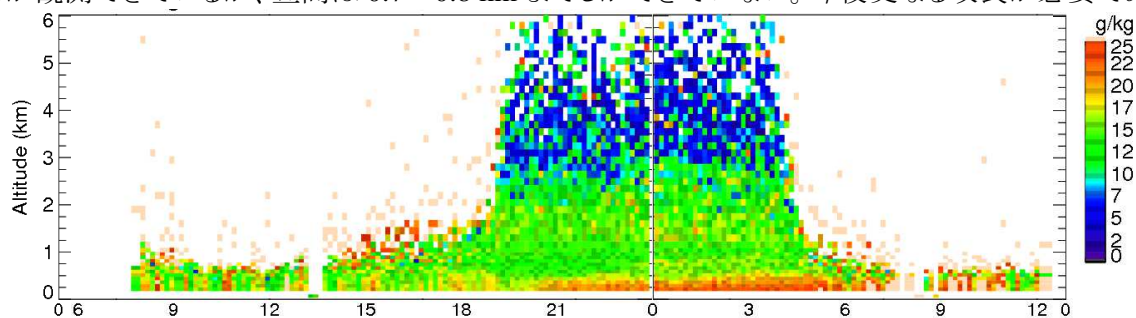


Figure 1: Temporal and vertical cross section of water vapor mixing ratio measured with prototype Raman lidar from July 25 to 26 in 2014 over Tsukuba. Moist air was present below 0.4 km after 21JST on July25.

4. まとめと今後の課題

局地大雨予測のための水蒸気ライダーを気象研究所と首都大学東京共同で現在開発中である。開発の進捗状況を随時学会等で報告していく予定である。

5. 謝辞

本研究の一部(水蒸気 DIAL 開発)は、JSPS 科研費 26282115 の助成を受けている。