

局地的大雨予測のための可搬性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発（2）

酒井 哲¹, 阿保 真², Phong Pham Le Hoai², 菊田 達也², 永井 智広¹, 内野 修¹, 泉 敏治¹

柴田 泰邦², 長澤 親生², 瀬古 弘¹, 川畑 拓矢¹

¹ 気象研究所（〒305-0552 茨城県つくば市長峰 1-1）

² 首都大学東京（〒191-0065 日野市旭が丘 6-6）

Development of field deployable water vapor lidar for predicting locally heavy rain (2)

Tetsu SAKAI¹, Makoto ABO², Tomohiro NAGAI¹, Toshiharu IZUMI¹, Osamu UCHINO¹,
Yasukuni SHIBATA², Chikao NAGASAWA², Hiromu SEKO, and Takuya KAWABATA¹

¹ Meteorological Research Institute, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

² Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo, 191-0065

Abstract: Locally heavy rainfall is a severe weather hazards to affect urban areas in Japan. For early prediction of heavy rainfall, numerical weather model is employed using the conventional meteorological station and radiosonde data. However, the lead time and accuracy of the prediction are limited because of the coarse spatial and temporal resolutions of the data. To improve them, it is useful to measure the water vapor distribution upwind of cumulus convection beforehand and assimilate the data into the model. For that purpose, we have developed a compact diode-laser-based differential absorption lidar (DIAL) that can measure the vertical distribution of water vapor below 4 km in altitude with a temporal resolution of 10–60 minutes and a range resolution of 75–300 m. We show the results of the measurements with the lidar in summer when the local heavy rainfall frequently occurs in Japan.

Key Words: Locally heavy rain, water vapor, DIAL

1. はじめに

都市域で発生する局地的大雨の被害を軽減するために、気象レーダ等を用いた観測や数値予報モデルを用いた大雨予測が行われている。しかし、そのリードタイム（予報から実際に現象が起こるまでの期間）や予測精度は必ずしも十分ではない。そこで本研究では、より早い時刻に正確な予測が可能になるように、大雨をもたらす積乱雲が発達する前段階で、風上側の水蒸気量の高度分布を機動的に観測するための、小型で可搬性に優れた水蒸気ライダーの開発を行っている¹⁾。今回はその開発状況と観測結果を報告する。

2. 可搬型水蒸気ライダー

本研究で開発している水蒸気ライダーは、差分吸収式（Differential absorption Lidar, DIAL）である。その特徴は、
1) 送信部に半導体レーザーを使用することにより、装置が小型・軽量で安価
2) 校正が不必要
3) 昼夜問わず観測可能
の3つである。技術的に困難な点は、送信レーザーの波長を 1 μm の精度で水蒸気の吸収波長に同調し、かつその出力を長時間安定した状態に保つ

ことである。Table 1 と Figure 1 に水蒸気ライダーの諸元と模式図を示す。

Table 1 Characteristics of compact water vapor DIAL

Transmitter :	
Laser	DBR (diffracted Bragg Reflector) diode laser $\times 2$ (seed laser) + TSOA (Tapered semiconductor optical amplifier)
Wavelength	829.124 nm (Off-line) 829.054 nm (On-line)
Pulse Energy	4 μJ
Repetition	10 kHz
Beam Divergence	~ 0.1 mrad
Receiver :	
Telescope	Cassegrain
Diameter	35 cm
Field of View	0.25 \sim 2.8 mrad (adjustable)
Detector	PMT (Hamamatsu H9422P-50)
Operation	Photon Counting
Interference Filters	Allexua
Effective CWL	829.11 nm
Effective FWHM	0.275 nm
Transmission	47%

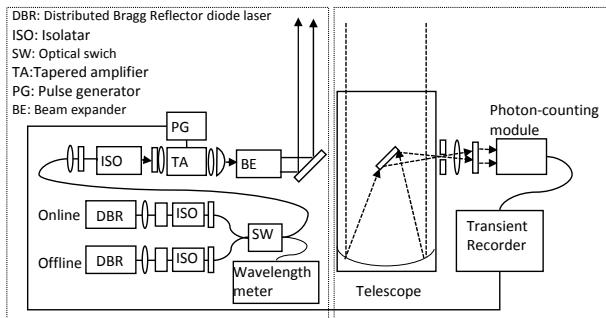


Figure 1. Schematic of compact water vapor DIAL.

3. 観測結果

3.1 ラジオゾンデとの比較

Figure 2 に 2016 年 1 月 8 日 21 時 (JST) に首都大学東京 (東京都日野市) においてライダーで観測した水蒸気数密度の高度分布 (誤差棒付き線) を示す。データの時間分解能は 60 分、高度分解能は 75 m (高度 0.9 km 以下) もしくは 300 m (高度 0.9 km 以上) である。このデータと水平距離で約 80 km 離れた館野 (茨城県つくば市) のラジオゾンデデータ (誤差棒無し線) を比較すると、高度 0.6~4 km の範囲で良く対応していることが分かる。

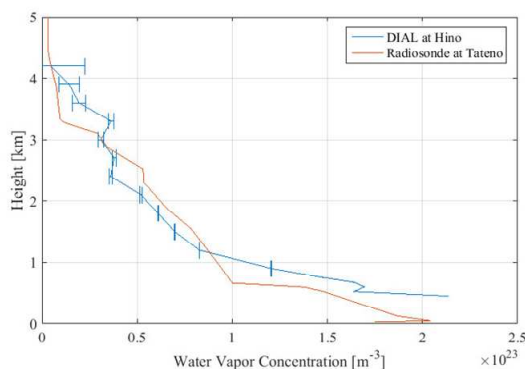


Figure 2. Vertical distributions of water vapor concentration obtained with (blue line with error bars) compact water vapor DIAL over Hino, Tokyo and (red) radiosonde over Tateno, Ibaraki at 21 JST on 8 January 2016.

3.2 24 時間連続観測結果

Figure 3 に同日 21 時から翌日 21 時にライダーで連続観測した水蒸気数密度の時間-高度断面図を示す。時間・距離分解能は 10 分・150m で、フォトンカウントから見積られる測定誤差は高度 3 km 以下で 10% 以内である。この観測結果を見ると、高度 0.9 km 以下に水蒸気密度 $2 \times 10^{-23} \text{m}^{-3}$ 以

上の湿った領域 (相対湿度で 60% 以上、水蒸気混合比で 5g/kg 以上) があり、その上端高度が時間とともに変動する様子が捉えられていることが分かる。

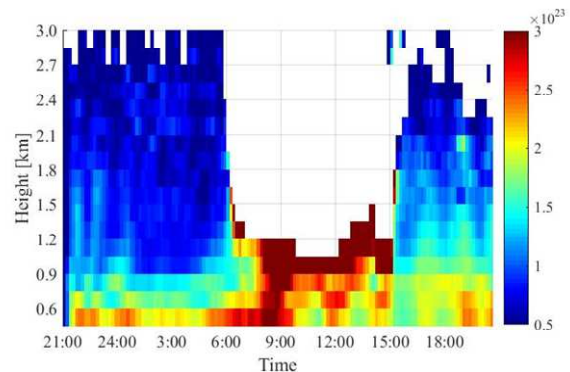


Figure 3. Temporal and vertical cross section of water vapor concentration [m⁻³] obtained with DIAL over Hino, Tokyo from 21 JST on 8 January to 21 JST on 9 January 2016.

4. 現状の問題点・クリアすべき課題

現状の問題点は、送信レーザー出力が装置周囲の温度変動によって低下してしまうことである。この原因は、温度変動によって送信光学系の光軸が数マイクロオーダーで外れるためと考えられる。現在この問題を解決するための改良を行っている。

5. まとめと今後の課題

小型で可搬性に優れた水蒸気ライダーを開発し観測を行った。冬季観測の結果、時間分解能 10 分、高度分解能 150 m で夜間高度 3 km 以下、昼間高度 1 km 以下の水蒸気分布を観測できることが分かった。今後は装置安定化の改良を行い、積乱雲が発達する夏季に集中観測を行う予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26282115 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Phong Pham Le Hoai, Makoto Abo and Tetsu Sakai: EPJ Web of Conferences. **119** (2016) 05011 <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201611905011>.