

境界層内水蒸気連続観測のための
可搬型 24 時間稼動ラマンライダーの開発

**Development of a portable Raman lidar system for continuous water-vapor
measurement in the boundary layer**

杉本尚悠¹、中村卓司¹、津田敏隆¹、古本淳一¹、井村真悟¹、阿保真²

Naohiro Sugimoto¹, Takuji Nakamura¹, Toshitaka Tsuda¹
and Jun-ichi Furumoto¹, Shingo Imura¹, Makoto Abo²

1 京都大学 生存圏研究所 2 東京都立大学 工学研究科

1 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

2 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

Abstract

We have been developing a Raman lidar system for continuous (24hour) water vapor measurement both in daytime and nighttime. The developed system consists of a portable Nd:YAG laser (SHG:532 nm, 30 mJ, 20 Hz) and a Schmidt-Cassegrain telescope with a 35.5cm diameter. Observation is controlled by Windows 2000 PC through GPIB and USB1.0-RS232 communication. The observation error of water vapor mixing ratio at 200 m height is estimated to be 20-35% in the day time and about 5 % in the night time for a time and height resolution of 1 hour and 50 m through continuous observations at Shigaraki MU observatory, Shiga, Japan.

1.はじめに

対流圏内の水蒸気、特に大気境界層内の水蒸気は地表と大気との熱輸送において大きな役割を果たしており、高高度域での大気運動、あるいは気象に大きな影響を及ぼしている。この大気境界層内での水蒸気を観測するための手法として、L 帯下部対流圏レーダー（以下 LTR）および RASS（Radio Acoustic Sounding System）を用いた水蒸気推定法が開発されている。この推定法ではある一定高度、特に水蒸気量の多い低高度における比湿を境界値として使用することが有効であり、係留気球などを用いてレーダー観測下限高度近くの水蒸気を連続観測することにより高い昼夜問わず精度での大気境界層上部までの水蒸気の高度プロファイルが推定されている。本研究では、係留気球に代わる可搬型ライダーによる高度 200m 付近の水蒸気の常時観測システムを開発し、ラジオゾンデとの比較観測、長期観測を実施したのでこれを報告する。

2.ライダーシステム概要

ライダーの主な仕様、およびブロックダイアグラム等を Figure1,2.-Table1.に示す。今回開発したシステムは可搬型かつ長期連続運転を想定しており、システムの感度の主要部分を決定する望遠鏡およびレーザーは小型の 35.5cm カセグレン及び継続的に出力可能な 532nm:30mJ,20Hz 出力の小型 YAG レーザーを使用している。二色鏡および干渉フィルタによりミュー散乱信号 (532nm)、水蒸気振動ラマン散乱信号(660nm) および窒素振動ラマン散乱信号(607nm)を分光しそれぞれ光電子増倍管で受光し光子計数およびアナログ電圧積分により信号受信を行う。計測機器の制御は Windows2000 のノート型 PC で行う。インターフェースとして GPIB および USB1.0、-USB-RS232C を使用し、デジタルオシロスコープ、フォトンカウンタ、レーザー

発振機を制御し、観測データを取得する。また望遠鏡と送信受信光学系は一体、同軸な構造をとっており、室内よりガラス窓越しに天頂角 30 度で観測を行っている。

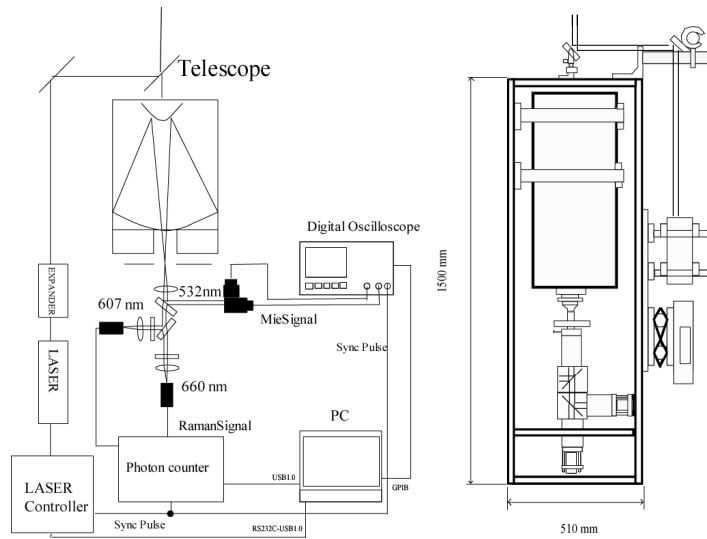


Figure 1: Block diagram of the lidar system

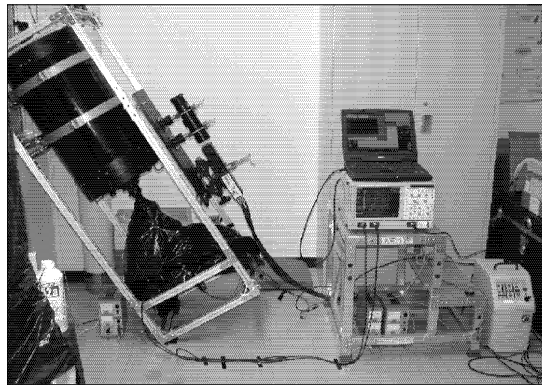


Figure 2: Outlook of the lidar

Portable Raman lidar system

Telescope Schmidt-Cassegrain
 $\Phi 35.5\text{cm}$ $f = 3.995\text{ m}$
 Laser Q-switched Nd:YAG pulse laser
 Quantel: Brilliant Ultra Stable
 532nm, 30mJ, 20Hz
 beam divergence @86.5%: 5.3mrad
 Transmitted beam divergence 1.06mrad
 (after 5 X beam expander)

Colimating lens
 BK7, $\phi = 50.8\text{mm}$, EFL = 125mm
 Focusing lens
 BK7, $\phi = 50.8\text{mm}$, EFL = 60 mm
 Iris 1-25mm
 Dichroic Mirror
 532R/607T, 560R/660T

Interference Filter

Center 607.17nm, Bandwidth: 0.99nm
 Center 660.19nm, Bandwidth: 0.90nm
 Center 660.70nm, Bandwidth: 10.7nm
 PMT: Hamamatsu Head-on PMT H7360-03

$\phi 22\text{mm}$ Count linearity 6×10^6
 Darkcount 10366 /s (660nm)
 12510 /s (607nm) @25°C
 Countsensitivity 1.3×10^5 /s pW @607nm
 1.0×10^5 /s pW @660nm

Data Acquisition

Oscilloscope
 LeCroy waverunner LT342: 8bit-A/D-500Mhz
 Photon counter
 ASRC AeroSpace: MultiChannel Scaler (4channel)

Table 1: Specification of the lidar system

3.試験観測

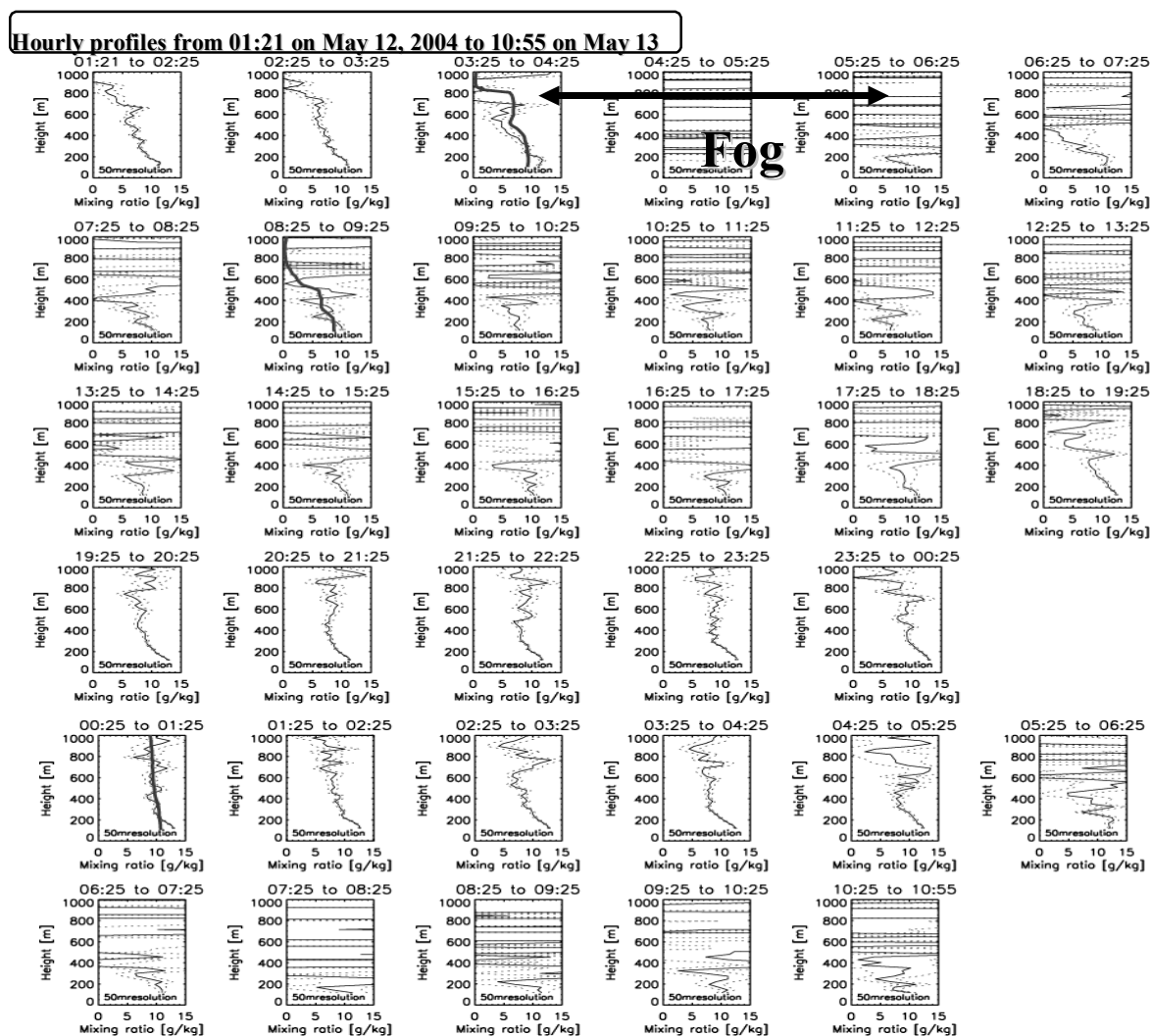


Figure 3: Hourly profile of the specific humidity by lidar (thin) and radiosonde (thick). Time is in local time

本測器は、本年5月以降信楽MU観測所にて30mJ,10ppsで24時間連続観測を継続している。平成16年5月12-13日には、ラジオゾンデを計3個放球してライダーによる1時間平均の湿度（混合比）プロファイルとの比較を行った。その結果をFigure3に示す。放球時刻はそれぞれ5/12-04:26,9:11,5/13-01:20であり、2ch間の感度の校正は各高度で信号比と内夜間晴天時5/13-01:20放球のラジオゾンデによる比湿の比をとり、0-500mの間で平均したものを用いた。これによると、ゾンデの湿度プロファイルは、夜間なら高度1km程度まで、昼間では高度400-500m程度まで、ライダーデータからの推定誤差範囲内に収まっており傾向もおおよそ一致している。また5月における典型的な晴天時の湿度の推定誤差値は昼間で1時間、50m時間高度分解能において高度200mでおよそ20-35%程度、3-400mでは50-100%、夜間同分解能で高度200mでは5%、4-600mでは10-15%程度と見積もられている。同日の推定相対誤差率を30分、50m高度時間分解能でコンタープロットしたものをFigure4に示す。

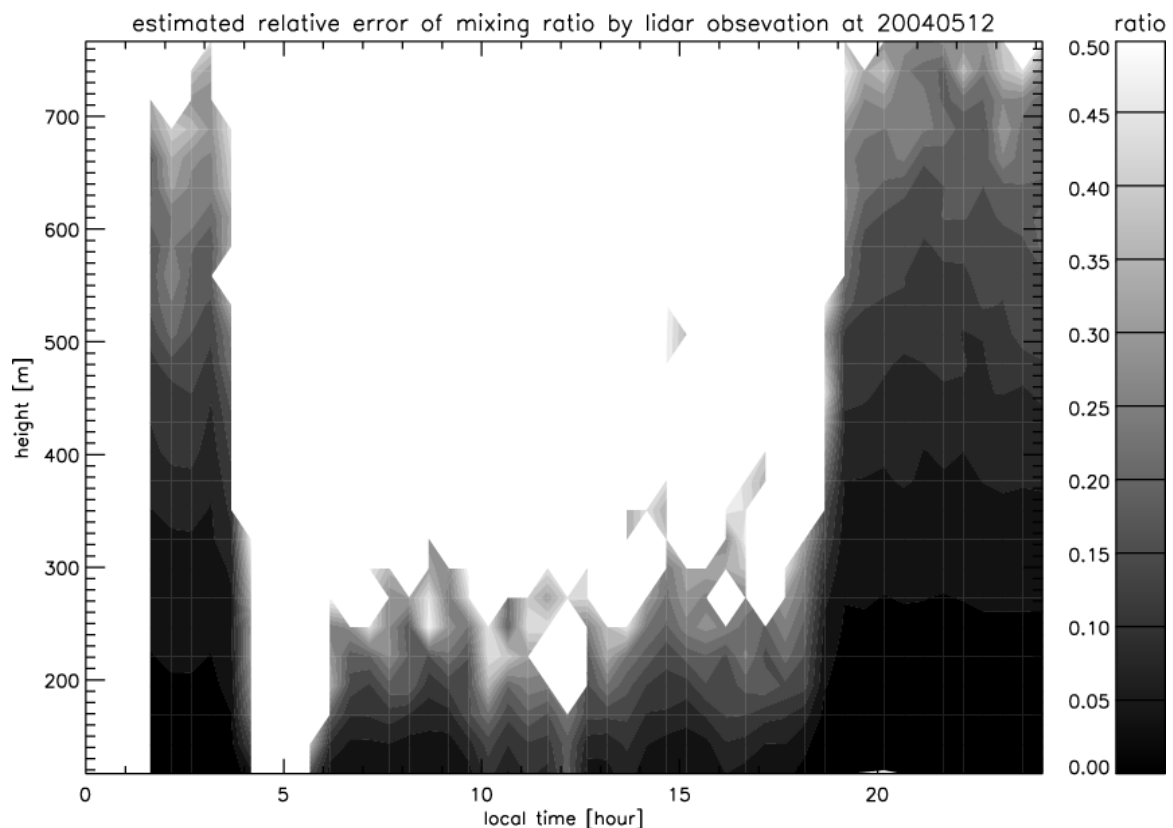


Figure.4 estimated relative error of water vapor mixing ratio by lidar observation on 2004.5.12 with 30 minutes and 50m height and time resolution. White means over 0.5(50%)

4.まとめ

高度200m付近の境界層内の水蒸気を常時モニターする目的で小型ラマンライダーを開発し、ラジオゾンデとの比較観測で性能を検証した。同ライダーは信楽MU観測所で連続観測中である。今後、レーザーのビーム広がりを受信視野角を改良して精度をさらに向上させる予定である。

5.謝辞

本研究のライダーシステムの開発に際して、国立環境研究所・杉本伸夫氏・松井一郎氏・清水厚氏に協力を頂いたので謝意を表する。