

アレキサンドライトレーザーによる水蒸気の測定

The measurements of the atmospheric water vapor by Alexandrite laser

内海通弘 前田三男 石川肇* 村岡克紀* 内野修**

M. UCHIUMI, M. MAEDA, H. ISHIKAWA*, K. MURAOKA* and O. UCHINO**

九州大学工学部, *九州大学総合理工, **気象研究所

Faculty of Engineering, Kyushu Univ.,

* Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ.,

and ** Meteorological Research Institute

The Alexandrite differential absorption lidar is studied for the purpose of the measurements of the atmospheric water vapor. The long path absorption experiment system was constructed and demonstrated. The tunable infrared stimulated Raman of Alexandrite laser is suitable for the detection of water vapor at the higher altitudes ($z > 10\text{km}$), and of several important atmospheric gases (O_3 , CO_2 , CH_4 , N_2O , etc.).

はじめに

アレキサンドライトレーザーは、水蒸気の α バンド付近で同調可能である。このバンド(715~732nm)の吸収スペクトルプロファイルは、温度変化が少なく、差分吸収ライダー(DIAL)方式により、その密度を測るのに適している。現在我々は、水蒸気用のライダーシステムの整備を行なうとともに、予備実験を行なっているので報告する。

レーザー

使用しているレーザーは、Lightage社製のMODEL PAL101で、TEM₀₀モード、Qスイッチ動作時で出力200mJ/pulse、パルス幅70ns、繰り返し20Hzの性能を持ち、その同調範囲は、723~785nmである。レーザースペクトル幅は、複屈折フィルター挿入時で145pmである。さらに厚さ0.1mmのソリッドエタロンを挿入すると8pmとなった。

測定誤差

このライダーシステムで水蒸気の密度をどの程度の精度で測定できるかを知るために、シミュレーションを行なった。大気モデルは、US標準大気(1966)を、水蒸気の密度は、夏季中緯度での平均的なモデルを使った。エアロゾルの後方散乱位相関数は、 $P\pi = 0.023\text{sr}^{-1}$ を、エアロゾルの後方散乱比は、視程23kmの清浄モデルを仮定した。受光パラメーターは、受信望遠鏡直径50cm、視野1.2mrad、干渉フィルターの帯域1nm、光学系の全効率49%、検出器(アバランシェフォトダイオード)の効率80%を仮定している¹⁾。レーザーの線幅が2、4pmで、レーザー波長が、吸収線より0.25pmずれている場合をFig. 1に示す($\lambda_0 = 727.9691\text{nm}$, 積算数1ショット, レーザー出力133mJ/pulse, 距離分解能 $dz = 1\text{km}$)。

次に測定範囲を上空に拡張するために、アレキサンドライトレーザーの同調域を、近赤外域に拡大する事を考えた。 H_2 , D_2 , CH_4 を媒質とする

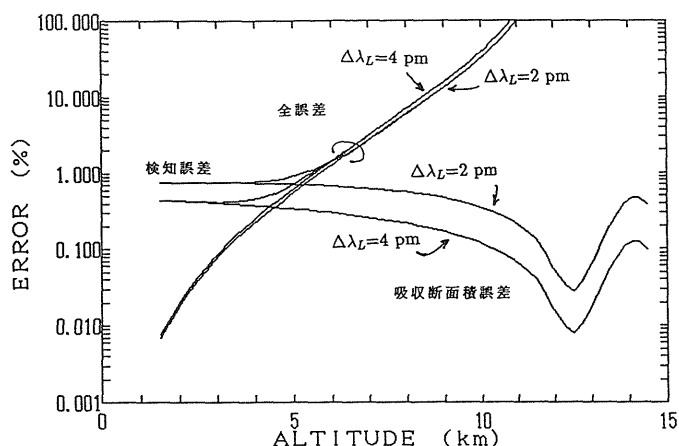


Fig.1 Errors of the measurement of atmospheric water vapor for one laser shot with the linewidth of 2 and 4 pm.

誘導ラマン散乱の実験を行ない、近赤外域で高出力の可変波長コヒーレント光を発生させた。入力160mJ, 16Hzの時の結果をFig.2に示す。ここで、 S_1 は、第一ストークス線を表す。これらの同調範囲に吸収線をもつ分子の測定が可能と考えられる。基本波で測定できない10km以上の高度では、水蒸気密度は、地上に比べ1/200以下と少ないので、吸収の強い1.1 μ m帯を使うほうがよいと考えられる。Fig.3に10kmの高度の航空機から上空に向けて測定した場合を示す（積算数1ショット, レーザー線幅2 μ m, dz = 1km）。なおこのラマンシフトにより温暖化物質等(O_3 , CO_2 , CH_4 , N_2O 等)の吸収線に同調できることは、有用であると思われる。

長光路吸収実験

室内に水蒸気セルを作り (Fig.4), 長光路吸収の実験を行なった。このセルは、長さ1.2mであるが、7パスで、8.4m光路長とした。水蒸気密度を大きくするため、水を入れたセルを80 $^{\circ}$ Cに加熱した。セルの窓は、水蒸気の凝結を防ぐため常時約100 $^{\circ}$ Cの熱風で加熱している。レーザー共振器内のエタロンをステップモーターで角度をかえることにより、レーザー波長をスキャンし、吸収セルを通過後の信号をジュールメータで検出した。その信号をボックスカーで積分して、吸収スペクトルを観測した。レーザーの出力も比較のため同様の方法でモニターした。実際の観測では、分光器で粗同調を行なった後で、この吸収セルを、波長の同調と波長同定用に利用する予定である。なお、レーザーのスペクトルは、モニター用エタロンの干渉パターンをフォトダイオードアレイで受光し、デジタルオシロ上で常時観察した（又はパソコンに取込む）。線幅は、ディスクに落としたデータから、後で解析した。

今後は、このセルで同調したレーザー光を使って屋外での長光路吸収の実験をする予定である。

Reference

- 1) Ismail and Browell, Appl. Opt. 28, 3603 (1989).

Fig.4 System for the long path absorption experiment.

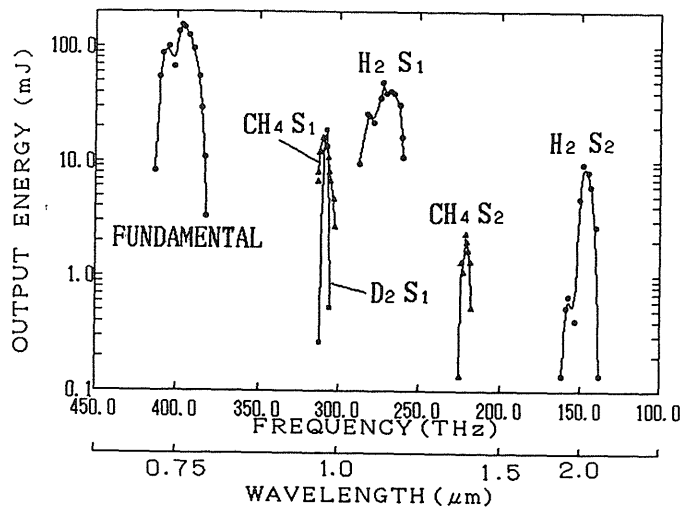


Fig.2 Tuning curves of the Raman shifted alexandrite laser.

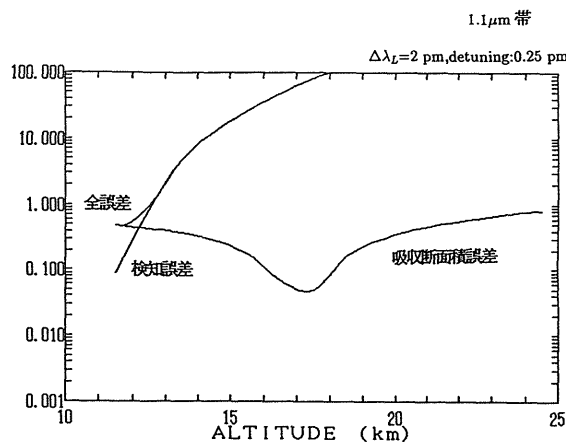


Fig.3 Errors of the measurement of atmospheric water vapor by airborne lidar at the altitude of 10 km using 1.1 μ m band.

