

# 近赤外擬似ランダム変調 CW ライダーの検討

Study on the validity of Pseudo-Random modulated CW LIDAR in the near IR region

内海通弘、野原明信、西山友二、古賀隆博

M. Uchiumi, A. Nohara, Y. Nishiyama, T. Koga,

国立工業高等専門学校機構 有明高専 電子情報工学科

Ariake National College of Technology

The random modulated CW, RM-CW, lidar has an excellent feature that makes gas monitoring possible by using a low-power CW laser as a light source. Until now, the RM-CW lidar technique in the visible region has progressed by various studies and improvement. In order to extend the RM-CW lidar technique to the infrared wavelength region, the simulation for the design was performed. Consequently, telescope dimensions have small effect in the lidar's performance, and it was found that integration time required for S/N=10 becomes smaller as the wavelength of laser becomes shorter.

## 1. はじめに

通常、ライダーは高出力のパルスレーザーが光源として使われるが、装置が非常に高価で大型化するためライダーの普及を妨げる原因となっている。そこで、よりコンパクトで安価な CW レーザ (Continuous Wave レーザ：連続発信レーザー) を用いた擬似ランダム変調 CW ライダーが考えられている<sup>(1)(2)(3)</sup>。本研究では CW ライダーを近赤外差分吸収法に拡張することを考え、手始めにパルスレーザーで測定経験のある水蒸気で測定シミュレーションを行なってみたので報告する。

## 2. CW DIAL システムと測定シミュレーション

RM-CW 差分吸収ライダー (DIAL) システムの構成例を Fig.1 に示す。<sup>(4)</sup>同図の A L U (算術・論理演算ユニット) からの M 系列コードをメモリに保存し、それを光ファイバーを通して電源に送り、2つの LD (レーザーダイオード) からそれぞれ違う波長の光を発射する。そして散乱してきた光を望遠鏡で集光し、PMT (光電子増倍管) で光から電気信号に変えて増幅し、ノイズを取り除いた信号を A L U に送ってデータメモリとバッファメモリに保存する。CW ランダム変調レーザーシステムでは CW レーザで距離分解能を持たせるため、CW レーザに変調を加えるが、その際の変調法として M 系列 (Maximum Length Sequence) を利用する。M 系列の値をレーザーの on, off に対応させて送信するのが、RM-CW ライダーである。本研究のシミュレーションではレーザーを水平に照射し、反射した光を集光して観測したときの測定データの S/N 比が 10 になるまでの積算時間を計算した。シミュレーションで仮定した測定条件はエアロゾルに関するパラメータの 1 つである位相関数を  $0.023 \text{ sr}^{-1}$  とし気温 20、気圧 1 気圧とした。

また CW ライダーを差分吸収ライダーに拡張する準備段階として、比較的赤外に近い波長に吸収

線を持つ水蒸気について測定するために水蒸気の吸収線の波長依存性及び高度依存性を計算した。また、装置のパラメータは Table1 のようにした。

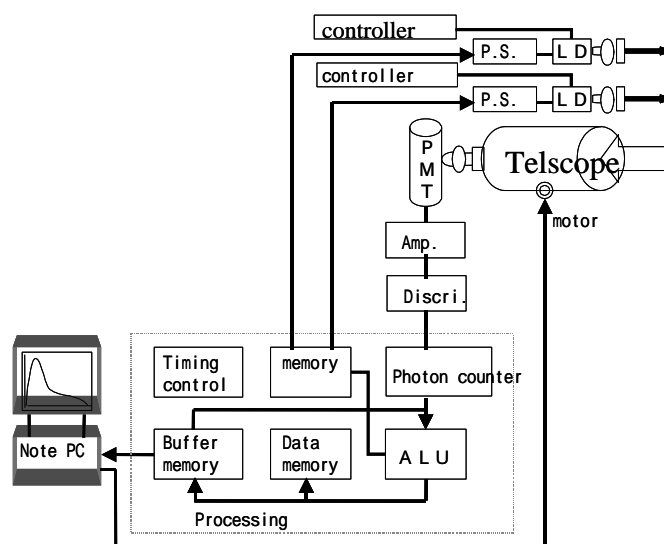


Fig. 1 An RM-CW DIAL system.

Table1. Assumed LIDAR parameters.

|          |                      |                |                       |
|----------|----------------------|----------------|-----------------------|
| Emitter  | laser                | wavelength     | 800nm,<br>720nm&820nm |
|          |                      | power          | 50mW                  |
|          |                      | mode           | single                |
|          | period of M sequence | 4095           |                       |
|          | sampling time        | 60ns           |                       |
| Receiver | telescope            | diameter       | 20cm                  |
|          |                      | Focal length   | 40cm                  |
|          |                      | Field of view  | 2mrad                 |
|          | detector             | Multiplication | $2 \times 10^5$       |

### 3. 計算結果

シミュレーションの結果レーザー波長を 400nm, 500nm, 600nm, 800nm, 1000nm と変化させた時の測定に必要な時間を計算したところ、波長の長さに反比例して計算に要する時間が短くなることわかった。同様にレーザー出力だけを 1mW, 10mW, 20mW, 50mW, 500mW と変化させた時の計算結果から、レーザー出力の強さと比例して計算に要する

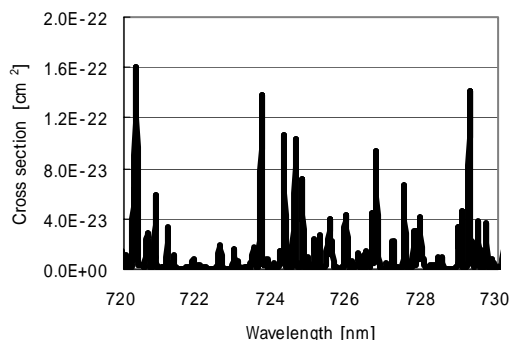


Fig. 2 Absorption cross sections as a function of wavelength from 720 nm to 730 nm.

時間が短くなり、その差は非常に大きいことがわかった。また、望遠鏡の口径だけを 20cm, 25cm, 30cm, 35cm, 50cm と変化させた時の計算結果から、望遠鏡の口径の大きさと比例して計算に要する時間が短くなるが、その差はさほど大きくないことがわかった。さらにオングストローム係数を 0.5 ~ 1 で変化させた時の計算も行なったが測定時間の差はそれほど大きくなかった。

レーザースペクトルが持つ幅が 10pm と仮定したとき水蒸気の有効吸収断面積を計算したものが Fig.2 と Fig.3 である。Fig.2 は 720nm から 730nm

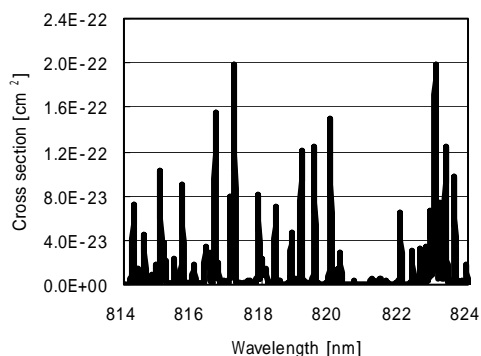


Fig. 3 Absorption cross sections as a function of wavelength from 814 nm to 824 nm.

までの吸収断面積の波長依存性を計算した結果である。Fig.3 は 814nm から 824nm までの吸収断面積の波長依存性を計算した結果である。

また、Fig.4 は高度 0km から 15km までの吸収断面積とその誤差を計算した結果である。スペクトル幅 10pm を持ち、水蒸気の吸収線の中心波長に同調したレーザーを地上から上空に打ち上げた時に、レーザーは水蒸気に吸収されながら上空に伝播していくが、レーザースペクトルが広いと中心付近しか吸収されず、レーザースペクトル形状が変化していくことになるこの変形を無視すると誤差の原因となる。この誤差を Fig.4 エラーバーで示している。実際の水蒸気の中心波長は圧力シフトによりさらに上空に行くにつれてずれていく。このことが誤差の原因のひとつにもなっている。また、レーザー中心が水蒸気の吸収スペクトルの中心に合っていないとさらに誤差は拡大する。ここではこのずれはないとして計算している。

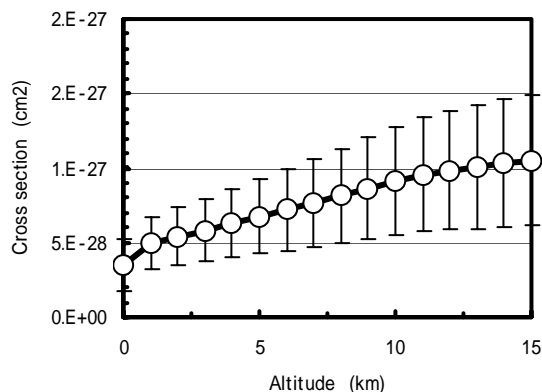


Fig. 4 Variation of the absorption cross sections as a function of altitude from 0 km to 15km.

### 4. まとめと今後の課題

RM-CW ライダーのシミュレーションを行った。また、水蒸気スペクトル形状をレーザー線幅 10pm の場合について計算した。また、この吸収断面積の高度依存性を計算した。実際には非力な半導体レーザーでは地上からの観測では無理であるが、軽量コンパクトであるため、気球に載せて観測することが考えられる。

#### 参考文献

1. 竹内延夫, 杉本信夫, 他: レーザー研究 11(1983)763.
2. 竹内延夫, 馬場浩司, 桜井捷海, 他: レーザー研究 13(1985)353.
3. 上野敏行, 竹内延夫, 他: レーザー研究 16(1988)101.
4. 阿保真, 長澤親生, 内野修: レーザー研究 18(1990)341.