

**新しい変調法によるパルス変調ライダー****Pulse Modulation Lidar using New Code Modulated Lasers**

長沢 親生、山本 秀喜、大村 正之、阿保 真

C. Nagasawa, H. Yamamoto, M. Oomura, M. Abo

東京都立大学工学部

Tokyo Metropolitan University

A simultaneous two wavelengths lidar with pulse modulation cw lasers is presented for water vapor DIAL measurement. This lidar system consists of one receiver and two laser emitters. In this paper, new modulation codes are proposed and it seems to be improved the signal to noise ratio on noisy condition.

1. はじめに

ライダーによって水蒸気分布などを測定する場合、差分吸収法 (DIAL) が一般的である。差分吸収法は、吸収の強い波長と弱い波長の2波長を、同時に送信することが望ましい。ランダム変調CWライダーでは、DIAL測定を行なう場合、相互相関が無い2系統のランダム系列を用いることによって、1セットの受信装置で同時DIAL測定ができるという利点がある。さらに、我々がここに用いた系列は、大きい背景光の存在のもとには、SNRを改善すると考えられる。

2. 同時2波長パルス変調ライダー方程式

従来、1波長による擬似ランダム変調符号としては、M系列 (最大周期系列) がよく用いられた。これは、その自己相関関数がデルタ関数的であり、それを発生させるハードウェアが比較的容易なためである。

1波長の場合の擬似ランダム変調ライダー方程式を (1) 式に示す。

$$Y_1 = P_0 \sum_{j=1}^N g_{1j} a_{1j} \Delta t + b_1 \text{ ..... (1)}$$

$P_0$  : レーザの出力                                     $a$  : 変調信号  
 $g$  : 応答関数     $b$  : 背景光

同時2波長ランダムパルス変調ライダー方程式は (2) 式のようになる。

$$Y_1 = P_1 \sum_{j=1}^N g_{1j} a_{1j} \Delta t + P_2 \sum_{j=1}^N g_{2j} a_{2j} \Delta t + b_1 \text{ ..... (2)}$$

ただし、添字 1, 2 はそれぞれの波長を示す

### 3. 同時2波長変調符号

もとの数列  $X_i$  はM系列のような奇数の 1, -1 の2値系列とし (3) 式の変換を施す。

$$X_{i'} = (-1)^i \times X_i \quad (3)$$

$X_i$  と  $X_{i'}$  の相互相関は常に0である。ただし  $X_{i'}$  は系列  $X_i$  の2周期分が必要である。また、 $X_i$  に対して (4) 式の変換を施す。

$$X_{i''} = \begin{cases} X_i & (i=4m, 4m+1) \\ -X_i & (i=4m+2, 4m+3) \end{cases} \quad (4)$$

一般的に、 $X_i$ 、 $X_{i'}$ 、 $X_{i''}$  の間の相互相関は0であることは数学的に確かめられている。ただし、 $X_{i''}$  は系列  $X_i$  の4周期分が必要である。

ここで、我々はM系列に対して、コンピュータシミュレーションにより、 $X_{i'}(1,0)$  と  $X_{i''}(1,-1)$ 、 $X_{i'}(1,-1)$  と  $X_{i''}(1,0)$  の間に相互相関の関係が無いことを確認した。また、 $X_{i'}(1,0)$  と  $X_{i''}(1,0)$  のそれぞれの自己相関関数は完全なデルタ関数ではないが、適当な次数を用いれば利用可能である。ただし、 $X_i(1,0)$  の括弧内の数字は変調符号を示す。

モデル計算により、(2) 式の変調符号に  $X_{i'}(1,0)$  と  $X_{i''}(1,0)$  を用い、復調バイナリ系列に  $X_{i'}(1,-1)$  と  $X_{i''}(1,-1)$  を用いることにより応答関数が復調されることを確認した。(5) 式に復調の式を示す。

$$\begin{aligned} S_1 &= \sum_{i=1}^{4N} X_{i'}^*(1,-1) \left\{ P_1 \sum_{j=1}^{4N} g_{1j} X_{i-j+1} \Delta t + P_2 \sum_{j=1}^{4N} g_{2j} X_{i''-j+1} \Delta t + b_{i+1} \right\} \\ &= P_1 \sum_{j=1}^{4N} \sum_{i=1}^{4N} X_{i'}^*(1,-1) X_{i-j+1} g_{1j} \Delta t \quad (5) \end{aligned}$$

ここで用いた系列は、M系列と異なり偶数系列であるから、背景光の項が消えるという重要な性質も示している。

### 4. 結論

パルス変調CWライダーでは、相互相関の無い符号系列を用いることによって、1系統の受信システムによって同時2波長の観測が可能なることを示した。さらにこの系列が0と1の出る回数と同じことにより、背景項の影響が無視できる可能性を示唆した。

#### <参考文献>

- (1) N. Takeuchi et al. Appl. Opt. 22,9 (1983)
- (2) 佐藤、「相関関数及びスペクトル」磯辺孝 編、東大出版会