

F 2

疑似ランダムコード変調マルチカラーレーザーレーダーの性能と評価

Performance of multicolor laser radar using psuedo-random modulation

桜井捷海 馬場浩司

Katsumi SAKURAI and Hiroshi BABA

東京大学教養学部 基礎科学科

Department of Pure and Applied Sciences, University of Tokyo

1、はじめに

疑似ランダムコード変調法は、被測定系にある周期をもった疑似ランダムな変動を与え、このときの被測定系の出力と入力した疑似ランダムパルス列との相互相関を求めることにより、系のインパルス応答を測定する方法である。線形システムのインパルス応答を求めるには、通常インパルス励起が用いられるが、強いインパルスのより系の非線形を誘発するか、インパルス励起が不可能であるか、または、バックグラウンド雑音による大きな変動がある場合には、疑似ランダムコード変調法は極めて有効である。

2、マルチカラーレーザーレーダーの構成

本レーザーレーダーシステムの構成を図1に示す。Ar レーザーは5145-4545Åまでの8本線で同時発振することかできる。レーザー光は電気光学的変調器（EOM）によりランダムコード変調される。EOMより出た光は光ファイバーケーブル（石英、コア径200 μm、全長100m）により送信望遠鏡（180mm, f=2.5）に導かれる。受信部は25cmのチェルニーターナー型分光器、カセグレン型望遠鏡（500mm, f=8）、光電子増倍管とが一体となって構成されている。送信受信部共にカメラレンズアダプターを装着しているので、必要に応じてカメラの交換レンズが使用できる。

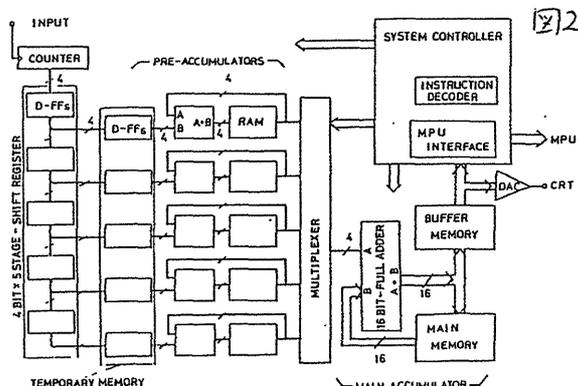
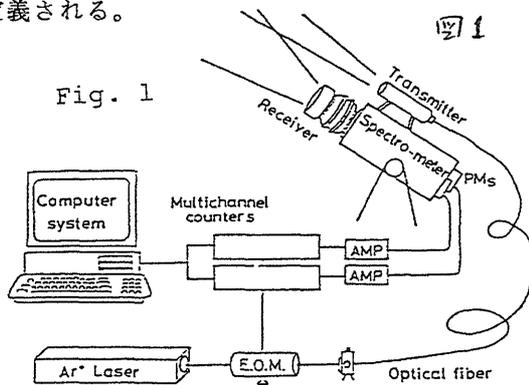
散乱光は分光器により分光され、各レーザー波長に合わせたスリット（ポリクロメーター配置）上におかれた光増倍管により検出され、整形された光電子パルスはマルチチャンネルカウンターに導かれる。マルチチャンネルカウンターは、高速カウンター、加算器、ランダムコード長と同じアドレス長をもったメモリーから構成されている。遅延時間Ntの光電子パルス数は、N番地のメモリーに加算される。加算されたデータと疑似ランダムコードとの相互相関は自作の相関計算器（コード長4095の演算時間2秒）により計算される。ホストのパーソナルコンピューターは実験の制御、データ処理、表示に用いられる。（図2を参照）

3、疑似ランダムコード変調法の原理

コード長Nのランダムパルス列を{a_n}で表すと、a_n = 1 であるものが(N+1)/2, a_n = 0 であるものが(n-1)/2個ある。この{a_n}に対して、復調関数{b_m}が存在し、

$$b_m = \begin{cases} 2 / (N+1) & a_n = 1 \text{ に対して} \\ -2 / (N+1) & a_n = 0 \text{ に対して} \end{cases}$$

と定義される。



$\{a_n\}$ と $\{b_m\}$ との相互相関 $C_{ab}(i)$ は

$$C(i) = \begin{cases} a & b \\ = 1 & (i=0), \\ = 0 & (i \neq 0) \end{cases} \text{ となる。}$$

インパルス応答 $G(t)$ をもつ系を $\{a_n\}$ で励起すると、その出力は雑音 $\{n_i\}$ も含めて、

$$F_i = \sum G_{k-i} a_k + n_i$$

となる。得られた出力に復調関数を作用させると

$$R_{F_b}(i) = \sum F_{k-i} b_k = \sum \sum G_{j-k+i} a_j b_k + n_i b_k \\ = G_i + 2 \cdot \bar{n} / (N+1)$$

となり、インパルス応答 G_i が得られる。雑音が白色で、その分散が σ_n^2 のときには、復調後の雑音の分散は、 $4\sigma_n^2 N / (N+1)^2$ となる。図3に復調前および後の雑音成分 n_i の頻度分布が示されている。

4、試作システムの動作実験とS/Nの実測

いろいろな測定状況で、S/N比の送信パワー（1-500mW）、背景光雑音（10-10 photons/sec）、積算時間（1-1000sec）依存性を測定した。夕方より日没にかけて測定を行い、背景光によるS/Nの変化を実測した一例を図4に示す。また、日中のエアロゾルの測定例を図5に示す。フロッピーデスクにデータを格納するのに約1分30秒要し、約150回に測定データを1枚のデスクに格納することができる。5分おきの計測では約12時間の連続測定が出来る。

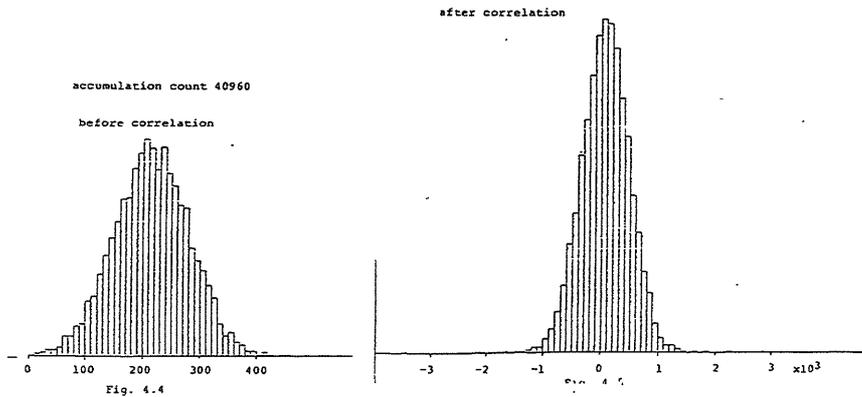


図3

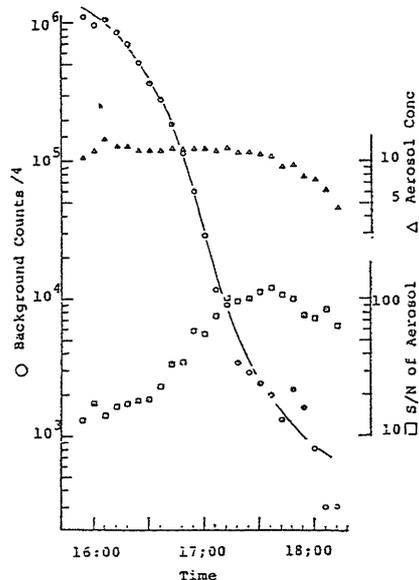
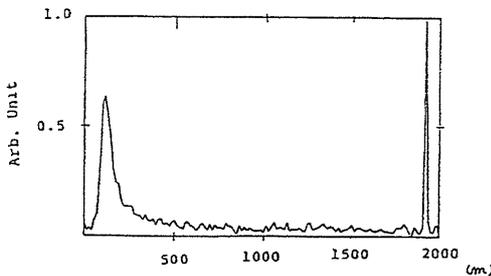


図4

<<測定条件>>

12月26日 15時40分 晴れ 視程 約20km
 送信レンズ径 f=180mm F=2.5 (Beam 広がり1.1mrad)
 受信レンズ径 f=500mm F=8
 分光器分解能 6Å
 送信レーザー出力 210mW
 平均全光子数 1.2x10^4 photons/s
 全信号成分 1x10^4 photons/s
 積算時間 64秒

図5