

長沢親生 東明洋 湯沢一之 阿保真
C. NAGASAWA A. HIGASHI K. YUZAWA M. ABO

東京都立大学 工学部 電気工学科

Department of Electrical Engineering,
Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

最近、疑似ランダム系列を用いたCWライダが報告されている。今回我々は、M系列疑似ランダムと相互相関による、S/N改善のコンピュータシミュレーションを行なったので報告する。

2. 原理

M系列aは、次数nの場合 $2^n - 1$ なる周期を持つ2値(0と1)の系列で、0をとる回数は1をとる回数よりも1回少ない。このM系列により、レーザー出力を変調する。

出力P, 周期N ($N = 2^n - 1$ n: 次数) 大気の応答関数G, バックグラウンドノイズをbとすると、検知器より得られる信号は、

$$y_i = P_0 \sum_{j=1}^N a_{i-j} G_j + b_i$$

である。この信号とバイナリーM系列a' (M系列の2値を1と-1にしたもの)との相互相関を取ることにより、

$$S_j = \sum_{i=1}^N a'_i y_{i+j} \\ = P_0 \frac{N+1}{2} G_i + \sum_{i=1}^N a'_i b_{i+j} \quad (1)$$

で与えられる値が得られる。

3. 解析結果

M系列疑似ランダムを用いたライダの場合繰り返し回数が多ければ多いほど、得られる信号のS/Nは高くなると考えられている。この場合、M系列を完全なランダムとみなし平均回数を増すことにより(1)式の第二項のノイズの部分を減少させようとしているわけである。

もし、バイナリーM系列a'の1と-1の出現回数が完全に等しいならば、(1)式の第二項は、

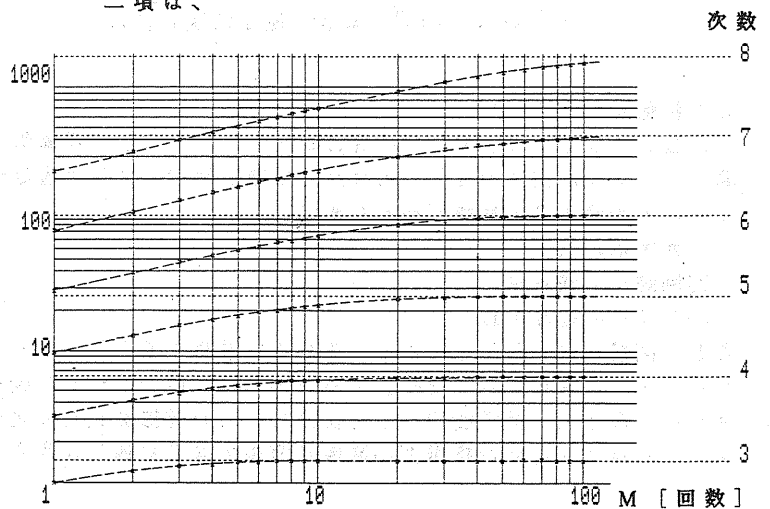


図1 S/N改善率(1)

$$B = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M a'_{i+j} b_{ik} \quad (2)$$

となり、 $M \rightarrow \infty$ とすることによって、 a' の1と-1それぞれと**b**との積が打ち消し合い、 $M = \infty$ では $B = 0$ となることがわかる。しかし、実際にはバイナリー-M系列は、1のほうが-1よりも出現回数が1回だけ多く、 $M = \infty$ でも $B = 0$ とはならない。 $M = \infty$ とした場合、どれほどの**B**がのこるかは1が1回だけ多く出現することから、 $M \rightarrow \infty$ とすると**+b**だけは必ず残ることになる。

この**+b**が残ることによるS/Nの影響を図1のグラフに示す。このグラフは、コンピューターによりM系列疑似ランダム発生相互相関の計算を行ない、次数3(周期7)サンプリングが一周分で全く平均を行なわなかった場合のS/Nを1とし、それに対する次数、平均回数を増すことによるS/Nの改善率(破線)である。また、点線は $M = \infty$ とした場合のS/N改善率の限界値である。

一般には、平均回数がM回の場合には、S/N改善率は、Mになることがわかっている。しかし、各次数で平均を行なわなかった場合を1として、平均回数MによるS/N改善率を示すグラフ(図2)からわかるように、Mに対して改善率はMの形にはならず、ある限界値を漸近線とするグラフになっている。グラフから、たとえば7次の場合では、平均を100回を越えて行なっても、ほとんどS/Nの改善は望めないことがわかる。

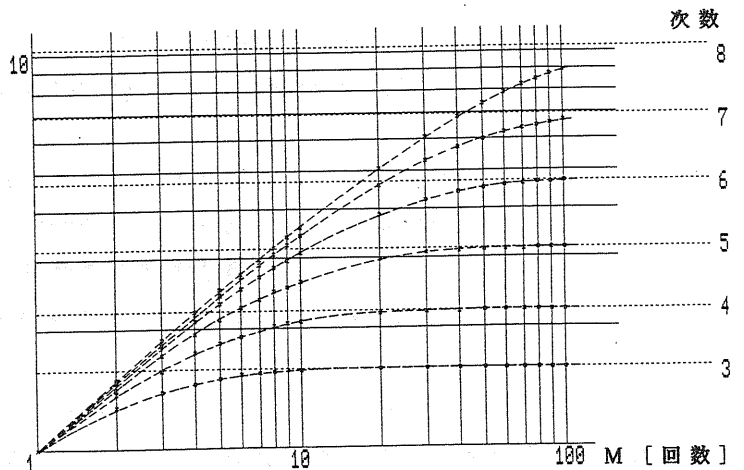


図2 S/N改善率(2)

4. おわりに

以上、M系列疑似ランダムを用いた場合のS/N改善のコンピューター解析を行ない、M系列のS/N改善の限界について報告した。

参考文献

- (1) 竹内延夫 他： 大気汚染計測用疑似ランダム変調CWライダー，レーザー研究 第11巻 第10号 昭58
- (2) N.Takeuchi et.al: Random modulation cw lidar, APPLIED OPTICS vol.22 No.9 1983
- (3) 佐藤 勇： 疑似ランダム系列，磯辺孝編，相互相関及びスペクトル，III-2 東大出版会 1968年