

Proceedings of the Research Institute of Atmospheric,
Nagoya University, vol.34(1987)

Technical Report

A Novel System for the Simultaneous Measurement of Several Statistical Parameters of Impulsive Radio Noises

Masahiro NAGATANI and Hiroshi NAKADA

Abstract

A novel system is presented for the purpose of simultaneous measurement of several statistical parameters of radio wave noises. This system is basically the same as a general transient memory, but with the system impulsive noise can be measured for quite a long period. In order to show the utility of this system, observed wave forms and statistical parameters are shown for noises from running New Tokaido Bullet trains.

技 術 報 告

インパルス性電磁雑音の各種パラメータの同時測定システム

長谷 正博， 中田 滉

要旨： インパルス性電磁雑音の統計的パラメータをハードウェア的に測定する従来の方法に対し、本報告ではアナログ・デジタル変換された信号波形を数値データとして記録し、その後パーソナルコンピュータで処理するという新しい方式を提案する。この方式での波形の記憶方法は市販されているデジタルメモリ方式に比べ測定継続時間が十分に長くなるように工夫されている。また本システムを用いて測定された東海道新幹線により放射される雑音の諸パラメータの例を示し、従来の測定結果と比較しながら、本システムの有効性を示す。

1. はじめに

インパルス性電磁雑音に関する振幅確率分布 (APD)・交叉率分布 (CRD)・パルス幅分布 (PWD)・パルス生起分布 (POD)などの各種統計的パラメータを同時に測定するには、ハードウェアによる方法では測定装置の規模が大きくなり困難とされている。ところで最近デジタル技術の発達により雑音信号波形をアナログ・デジタル変換 (以下 A/D変換) して数値データとして記憶媒体に記録し、その後コンピュータによって数値処理を行うといったデジタルメモリ方式が考えられるようになった。しかしこの方法では測定可能継続時間はサンプリング時間間隔と総メモリ数を乗じたものであり、信号の周波数帯域が広い場合には、必然的にサンプリング周波数が高くなり、長時間の測定継続時間を得ることは原理的に見て容易でない。そこで、前述のデジタルメモリ方式とは異なるデータの記録方法により、広い周波数帯域でありながらより長い測定可能継続時間を得ることが出来、また各種パラメータの算出や波形も容易に再生することの出来るシステムを開発したので報告する。

2. 測定原理

図1に一般に行われているハードウェアによる雑音パラメータの測定法のうちAPD・

CRDについての概略図を示す。当システムは信号の測定範囲を幾つかのレベルに分割して各レベルの検出信号を矩形波に整形し計数することでそれぞれのパラメータを得ている。図2はこの方法で測定された結果の一例¹⁾で同一線上の各プロット点が上記の各レベルに対応する。

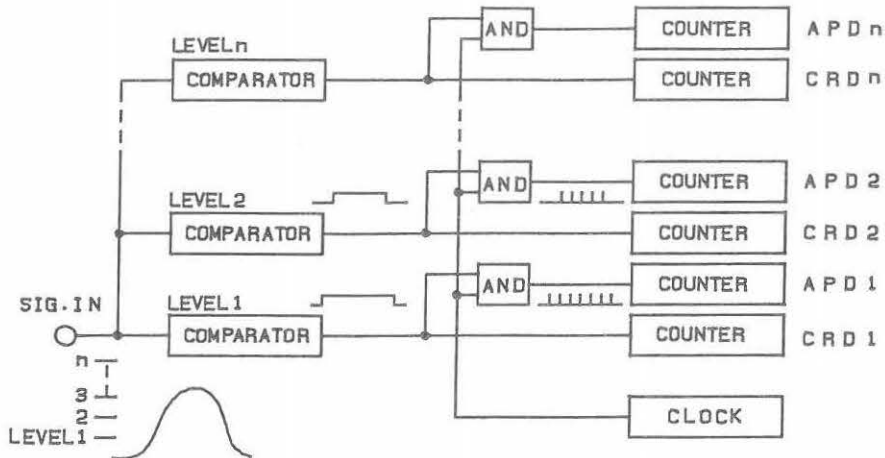


図1 一般に行われているパラメータの測定法 (APD + CRD)

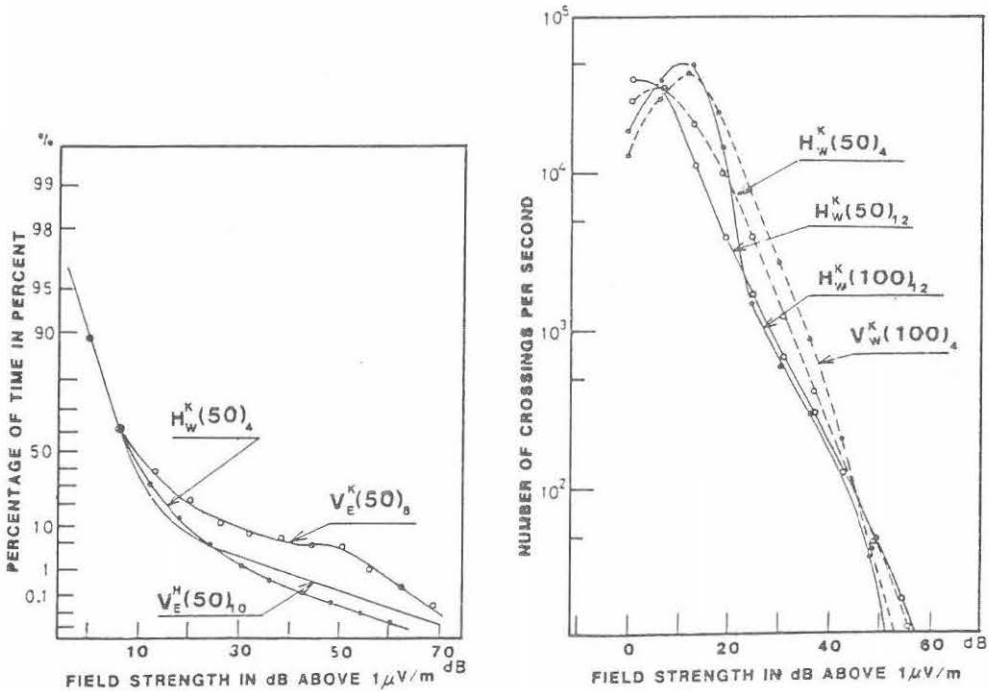


図2 図1の方法で測定された結果の一例 (左図APD・右図CRD)

図3に本報告で提案する新しいシステムの測定原理を説明する概略図を示す。前述のハードウェアによる方法における信号の測定範囲を幾つかのレベルに分割する部分を、本システムでは使用するA/D変換器の分解能に置き換えて考えると、前述での各レベルの信号の変化点は本システムにおいてはA/D変換されたデータの変化点になり、信号の時間幅は次のデータの変化点までの時間に対応する。したがってこの変化のあったときだけの時刻とデータを記憶しておけば各パラメータを算出と波形の再生を行うことができる。

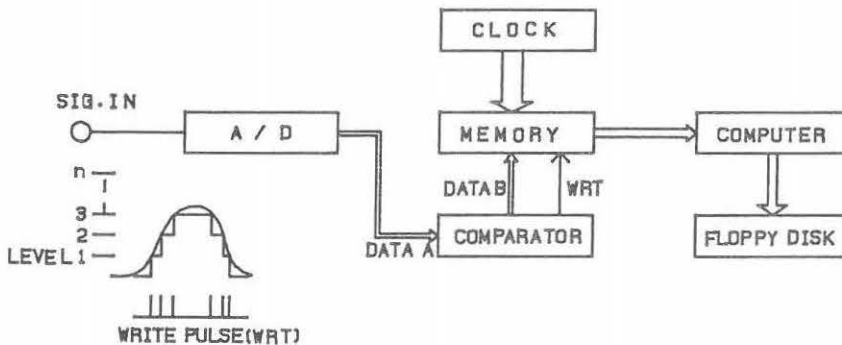


図3 本システムの原理概略図

3. システムの動作

図4にシステムの動作を説明するための構成図を示す。測定回路部はシステムの制御を行うパーソナル・コンピュータ(PC-8001mk II, NEC)²⁾とI/Oボード(I/O)³⁾を介して接続されている。

測定開始前に入出力バッファ(BF)と記憶部(MB)を結ぶデータバスラインをフローティング状態にして、コンピュータより書き込みパルスを送出することによりメモリの全ビットを1にすることによりイニシャライズを行う。

測定対象信号はバッファ・アンプ(AMP)を通じて8ビットの高速A/D変換器に入力され、クロック回路(CLOCK)から供給されてる1マイクロ秒のサンプリング・クロックごとにA/D変換されている。この変換出力は前述の目的に沿って、上位4ビットが使用される。入力信号は単極性で最大入力電圧は5.11ボルトに設定している。今、キー入力により、測定指令を入力すると、コンピュータは測定回路部を測定状態にする。A/D変換の出力データ(A)は以前に書き込まれたデータ(B)とデジタル・コンパレータ(CP)で比較される。デジタル・コンパレータはこれらのデータの値が異なるとき信号($A \neq B$)を出力する。その信号を基にコントロール回路(CONTROL)でデータ保持指令信号とメモリ書き込み信号を作成する。それらの信号でデータ(A)は保持回路(LATCH)に新しくデータ(B)として保持

され、クロック・カウンタ(CC)で計数されている時刻データと共に記憶部の対応するメモリに1ワードとして書き込まれる。書き込み終了後メモリ書き込み信号の後縁でアドレス・カウンタの値は1番地進められる(INC)。図5に1データ書き込みまでのタイミング・チャートを示す。なお、上記の記憶部は24ビット64Kワードの容量があり、通常、測定の終了は、そのアドレス・カウンタのオーバーフロー信号(AC・CARRY)によって行われる。

クロック・カウンタは20ビットからなり1マイクロ秒のサンプリング・クロックで1.048576秒間の計数が行えるが、しかしながら、間欠的に発生するようなインパルスの雑音源を測定の対象とするときデータ数そのものが少なく、このクロック・カウンタがオーバーフローする可能性がある。このとき、それ以降のデータの時刻が不正確になるので、このオーバーフロー(CC・CARRY)信号発生時にも1データを書き込むようにしている。

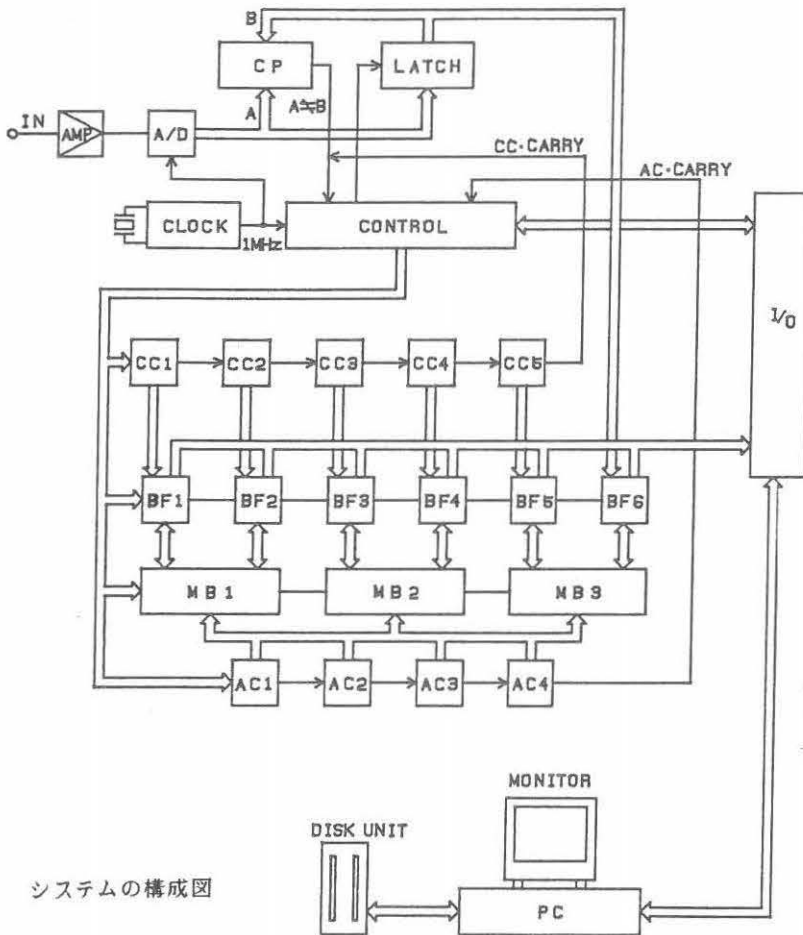


図4 システムの構成図

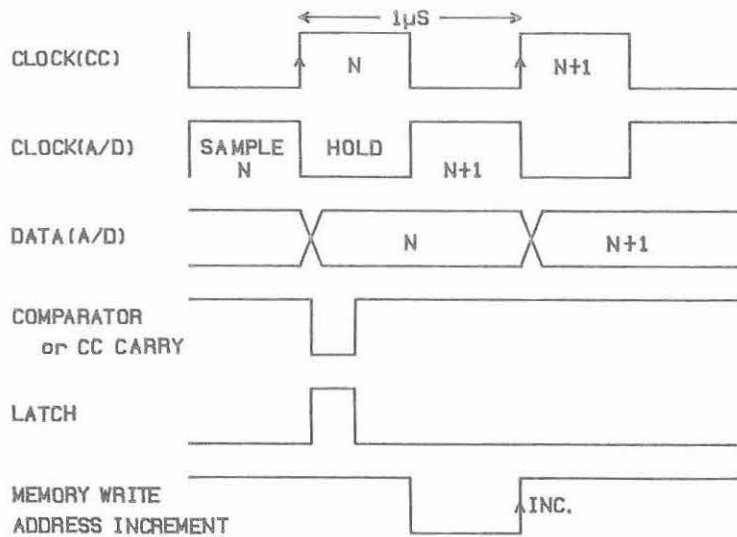


図5 タイミング・チャート（1データ書き込み）

途中で測定を打ち切るときはコンピュータにキーインを行う。データ処理時にはイニシャライズ・データである FFFFFFF(H)のデータが二つ以上続いている場合処理を終了する。

データを一時記憶するためのメモリは 64 キロバイトのメモリ・ボード3枚が並列に接続されていて、各ボードの同一アドレスの8ビットは直列に利用して 24 ビットで1データを構成している。これらのビットの上位4ビットには A/Dの数値情報が、残りの 20 ビットに時刻の情報を入れることにした。測定が終了するとコンピュータにデータの読み出し指令を入力する。コンピュータは I/Oインターフェースを通じて記憶部内の全データを読み出し、フロッピーディスクに NEC DISK-BASIC^{2), 4)} の標準ファイル形式として書き込む。このディスクへの書き込みは機械語で約 1 分を費やす。

測定によって得られたデータ・ファイルの解析は、大容量データの高速処理が可能である別のパーソナル・コンピュータ(PC-9801)⁴⁾ を使用して行う。

4. システムの評価

図6に入力信号として、約 758Hzの正弦波に、単極性の信号とするためにオフセット電圧を加算した試験信号を入力したときのコンピュータによる再生波形の一部分を示す。階段状に変化した部分のみが測定データとして記録されていて、それらの数値変化から図のような波形が再生される。この 1 サイクル分を記録するのに僅に 28ワード(672ビット)を費やすのみであり、1 MHz で 4ビットの A/D 変換を行ったときの通常のデジタルメモ方

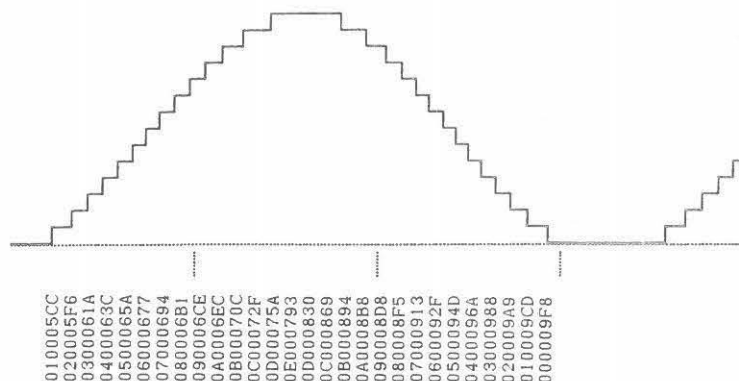


図6 試験信号の再生波形
(数値は上位2桁が信号、下位5桁が時刻を表す)

式(以下通常方式)の場合の使用量(5278ビット)の約1/8 となり信号の変化の緩やかなときはメモリ節約の効果がある。なお、この試験信号の振幅は14レベルまで達している。

図7・図8に波形の再生処理を行った画面のディスプレイのハードコピーの一例を示す。これらの図は列車の走行に伴って放射される電磁雑音の特性を明らかにするため、1986年10月に東海道新幹線・豊橋駅の西約3 Kmの線路際10 mの地点で測定されたものの結果であり、いずれも20ミリ秒間の再生波形である。測定信号は、受信周波数 45MHz、帯域幅 300KHzのスペクトラム・アナライザ⁵⁾の検波出力である。この出力信号は対数変換されていて、ダイナミックレンジは72デシベルであるので、4ビットのデジタル化を行ったときの分解能は 4.5デシベル間隔となる。図8の例は図7の例より受信機において10デシベルの減衰器が挿入されている。なお、図9はレベルの変化の様子を示すため図7の一部分を拡大したものである。

ところで、図7の場合での測定継続時間は約 0.24 秒であり、図8の場合では約 1.55 秒となっている。前記の通常方式(測定継続時間約 0.4秒)と比較するとき、後前者では4倍近い測定継続時間が得られるが、前者では逆に測定継続時間は短くなる。このように本システムで測定可能となる継続時間は、従来のデジタルメモリ方式と異なり、入力される信号の特性に依存して変わる。これらの結果から本システムはインパルス性電磁雑音、すなわち、間欠的な信号源の測定に対して、より効果的であると結論出来る。

図10に一般のデジタルメモリと前述のスペクトラム・アナライザを使用して測定した新幹線の雑音波形の一例⁶⁾を示す。レベルの高くなった部分は新幹線雑音に特徴的な商用電源周波数の2倍の周期で現れるバースト状の雑音であるが、図7においてもこの部分が認められる。

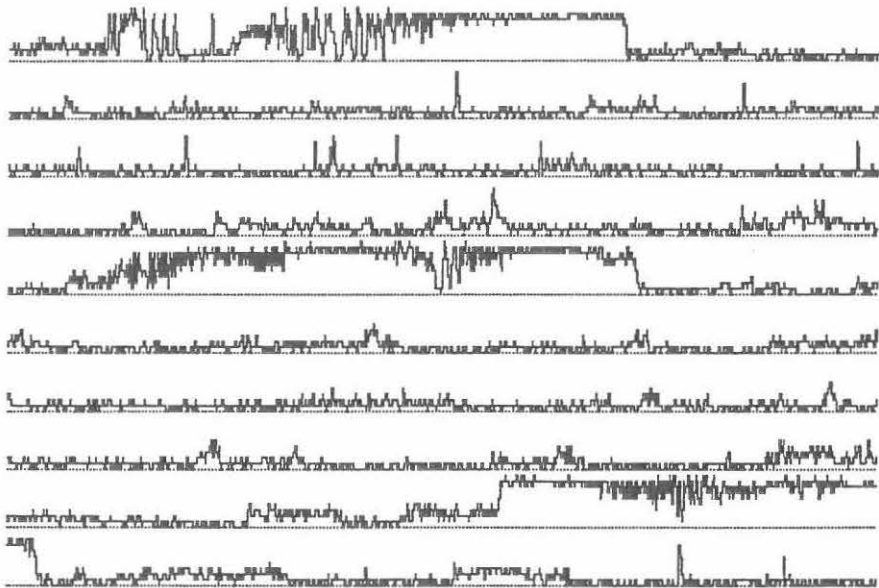


図7 コンピュータによる再生波形（東海道新幹線、20ミリ秒間表示）

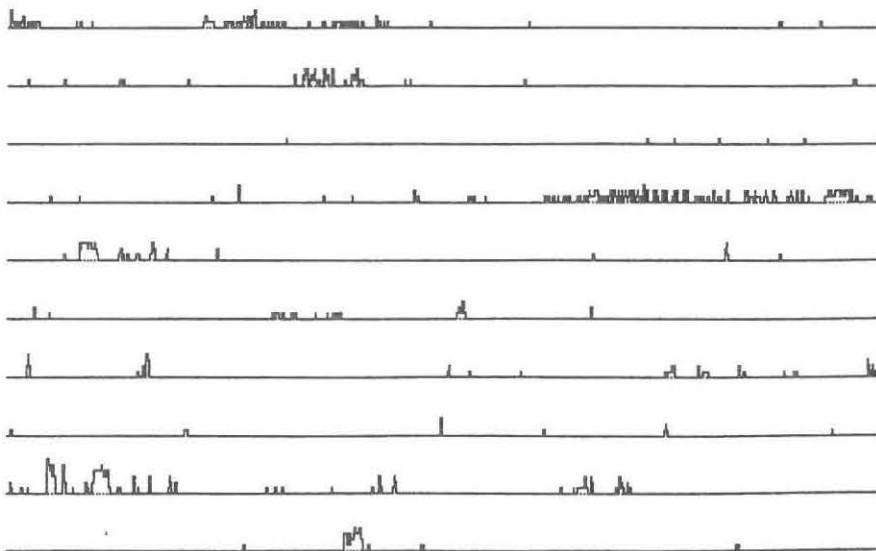


図8 コンピュータによる再生波形（東海道新幹線、20ミリ秒間表示）

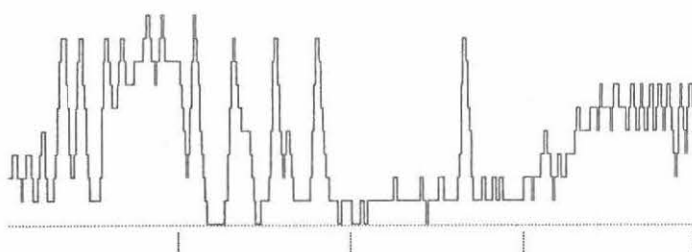


図9 拡大再生波形（図7の先頭部分）

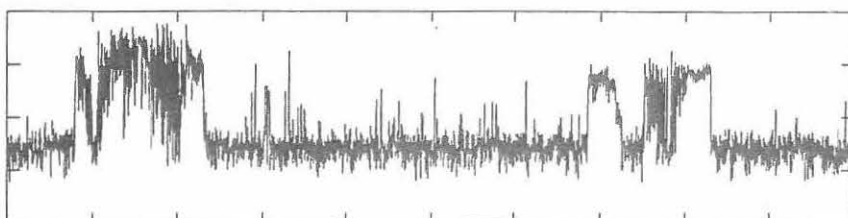


図10 一般のデジタル・メモリによる測定波形
(8ビット・5マイクロ秒サンプリング、15ミリ秒間表示)

5. 各種パラメータの結果の例

図11は各種パラメータの求め方を図に表したもので、数値データの信号データと時刻データを組み合わせると図のようなパルス列を想定でき、これらのパルス幅(PW)・パルス間隔(PO)・パルス数(CR)より各種パラメータを算出する。

図12～15に、図7に示した測定結果の数値処理より得られる各種雑音パラメータを示す。ここに図12は振幅確率分布(APD)、図13は交叉率分布(CRD)、図14はパルス生起分布(POD)、図15はパルス幅分布(PWD)である。APD、CRDについては本システムの測定可能分割レベルを横軸として4.5デシベル毎に、POD・PWDについては、時間を横軸として2マイクロ秒毎にプロットしている。なお、観測継続時間はおおよそ240ミリ秒であり、図13～15はいずれも100ミリ秒あたりの数に規格化している。

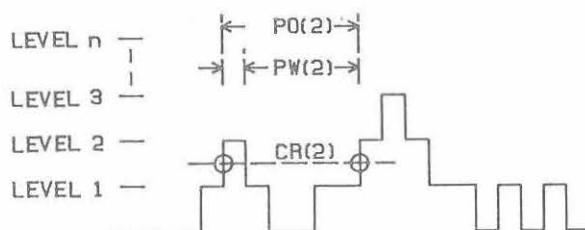


図11 各種パラメータの求め方

AMPLITUDE PROBABILITY DISTRIBUTION

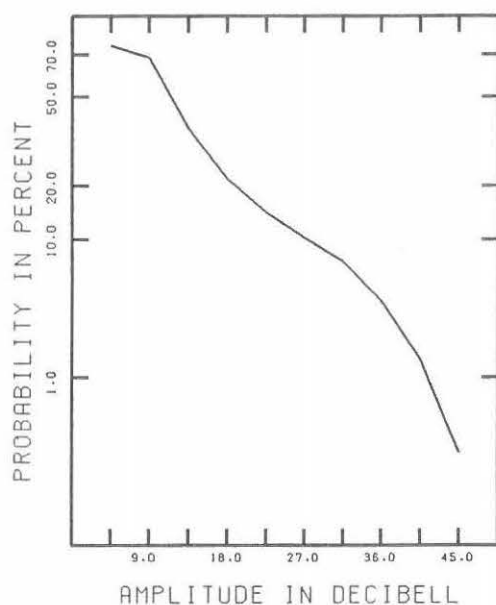


图 12 振幅概率分布 (APD)

CROSSING RATE DISTRIBUTION

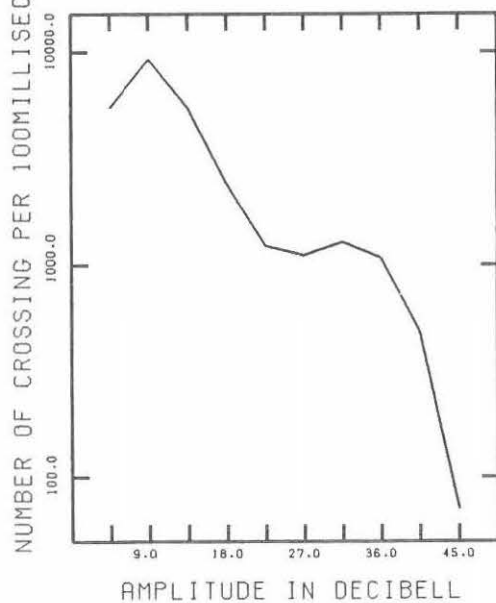


图 13 交差率分布 (CRD)

PULSE OCCURENCE DENSITY

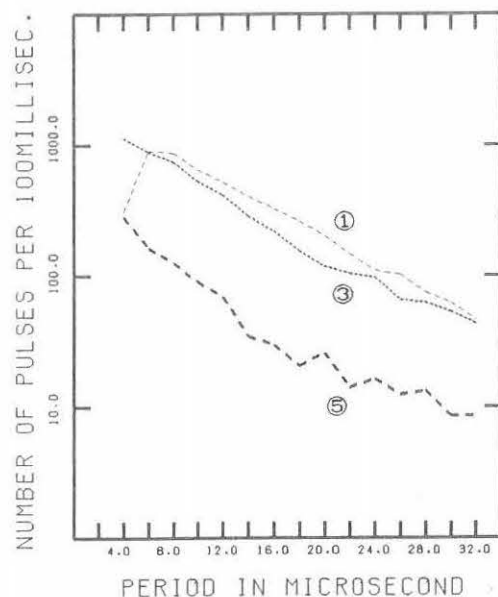


図14 パルス生起分布 (POD)

①: LEVEL 1 0 dB

③: LEVEL 3 9 dB

⑤: LEVEL 5 18 dB

(相対レベル)

PULSE WIDTH DENSITY

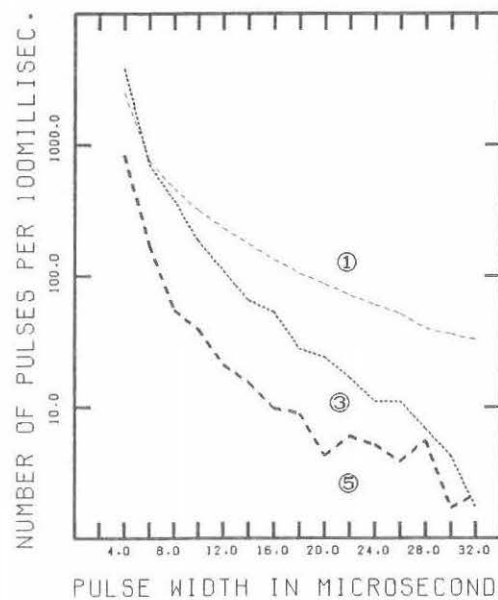


図15 パルス幅分布 (PWD)

①: LEVEL 1 0 dB

③: LEVEL 3 9 dB

⑤: LEVEL 5 18 dB

(相対レベル)

6. むすび

本報告では、インパルス性電磁雑音の各種統計的パラメータ及び波形そのものを同時に測定するためのシステムを提案した。さらに本システムによる観測を、東海道新幹線に対して行った観測データより得た統計的パラメータを示すことで、本システムの有効性を示した。

謝辞

本システムを開発するにあたり、ご助力を頂いた当研究所の仲井猛敏教授・竹内利雄助教授・河崎善一郎助手および仲野☒助手に感謝の意を表する。

本システムは永年電磁雑音の統計的パラメータの研究に取り組んでこられた当研究所教授仲井猛敏 先生の定年退官を記念し、同先生に捧ぐものである。

参考文献

- 1) T. Nakai and Z-I. Kawasaki, "On impulsive noise from Shinkansen",
IEEE. Trans. EMC25.396-404(1983)
- 2) PC-8001mkII USER'S MANUAL・BASIC-REFERENCE MANUAL 1983, 日本電気株式会社
- 3) I/Oボード、PC-8801/8001mkII用W-BUS, コンテック株式会社
- 4) PC-9801E USER'S MANUAL・BASIC REFERENCE MANUAL 1984, 日本電気株式会社
- 5) MS 62A スペクトラム・アナライザ, 安立電気株式会社
- 6) 河崎 他 "東海道新幹線から放射されるHF帯電磁雑音の測定", 信学部門別全大104
(1986)