



第7章 真っ向勝負型と相互相関法の原理

デジタル無線通信システムの位相雑音測定

小室 貴紀

Takanori Komuro

デジタル携帯電話，無線LAN，地上デジタル放送など，新しいデジタル無線システムでは，いずれも位相変調を採用しています。

この章では，デジタル無線通信システムの測定項目として，関心が高まっている位相雑音の測定について取り上げます。

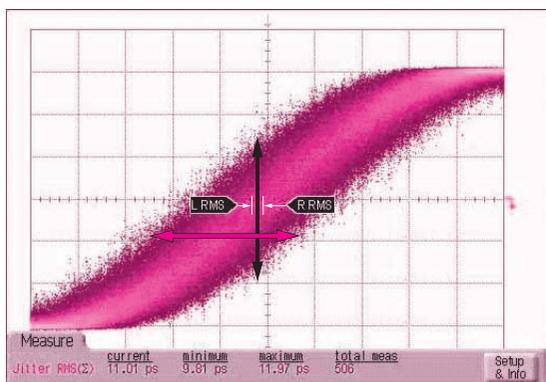
位相雑音とは？

■ 位相雑音とは

電圧性の雑音は，容易にイメージが湧くと思います。オシロスコープで波形を見たときに，トレースが上下に膨らんで見えるのが電圧性の雑音です。電圧性の雑音は，信号がゼロのときでも観測できます。

一方，位相雑音は連続した繰り返し信号，多くの場合は正弦波信号の時間軸上の揺らぎです。これをオシロスコープで観測すると，普通ははっきりと見る事ができません。

図1の例では，トレースは赤い矢印が示しているように，時間軸(横軸)側に幅を持っているように見えます。しかし，見方を変えると，黒い矢印が示しているように，電圧性のノイズが重畳して，電圧軸(縦軸)に幅を持っていると解釈することもできそうです。



〈図1〉電圧雑音とも位相雑音とも解釈できる波形(20 ps/div., 10 mV/div.)

そのため，時間軸の揺らぎがどれほどあるのかがはっきりしないのです。

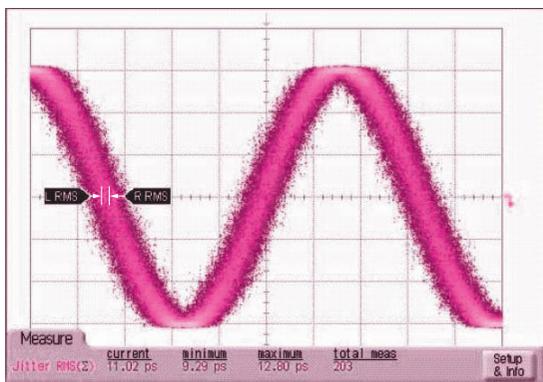
図2は信号源から，はっきりと位相変調をかけた信号を発生させて，その出力をオシロスコープで観測したものです。この状態でも，ゼロクロス付近ではトレースが上下にも左右にも広がって見えます。しかし，最大値・最小値付近では上下方向の揺らぎはなく，左右方向にだけ信号がぶれていることがわかります。つまり，この状態が「位相雑音(だけ)がある」状態です。

■ IQ 平面上での位相雑音

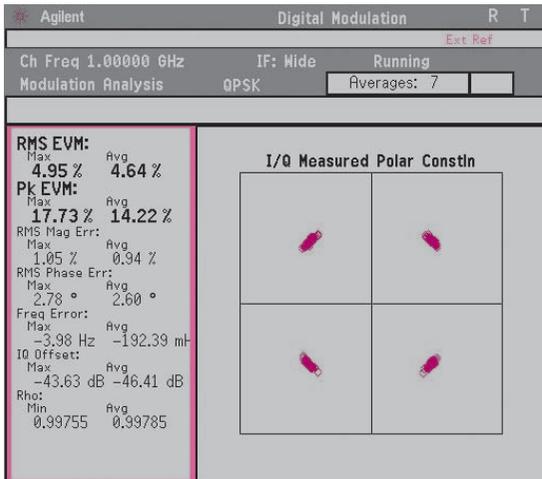
第5章で説明したとおり，振幅変調(AM)が掛かった信号は，IQ平面上では原点からの距離の増減として表現されます。同様に位相変調(PM)が掛かった信号は，原点からの距離が一定のまま，I軸となす角度が変化する信号として表されます。

では，QPSK信号に位相雑音が加わっている場合は，コンスタレーションはどうなるのでしょうか？

答えは図3です。この図から類推できることは，位相雑音が大きいとIQ平面上での誤差，すなわちEVMが増えて，はなはだしい場合には近傍のシンボルと混ざってしまう可能性があることです。したがって，位相雑音を低減することは，デジタル変調を使う場合にも重要な意味を持ちます。



〈図2〉位相雑音だけの波形(60 ps/div., 10 mV/div.)



〈図3〉 QPSK 信号に位相雑音加わった場合のコンスタレーション

古典的な位相雑音の測定方法

■ 真っ向勝負型測定法

● 位相雑音が極端に少ない信号源と比較する

では、位相雑音を測定する方法を考えてみましょう。原理的には図4のような構成で入力信号を復調して、位相成分だけを取り出せばよさそうです。

図中の基準信号としてフラクショナルN型の信号源を使って発生させれば、周波数も位相も自由に制御して入力信号に合わせることができます。その後で、入力信号と基準信号との位相差を観測すれば、それが位相雑音になります。

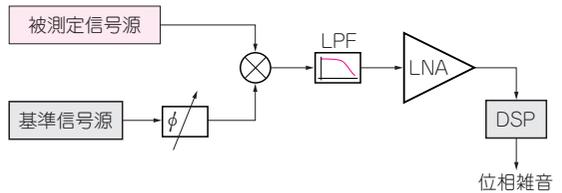
原理的にはこの方法でよいのですが、このままでは基準信号を発生する信号源が持つ位相雑音も、入力信号の位相雑音に重畳されて出力に現れてしまいます。そのために入力信号の位相雑音だけを正確に評価するには、基準信号源の位相雑音は、入力信号のそれよりも十分に小さくしなければなりません。

つまりこの方法は、基準信号源が常に測定対象の位相雑音と「真っ向勝負」している状態になっています。

● 位相雑音測定器は、大きく、重く、大消費電力かつ高価になっていく

過去にHP社は、当時の最高性能の信号源を使って、この方式の位相雑音測定システム(写真1)を販売していました。

しかし、測定対象が周波数固定の発振器である場合が多いのに対し、位相雑音測定システム用の基準信号源は周波数と位相を自由に制御できる機能も必要とされているぶん複雑になります。複雑になればなるほど、(位相)雑音の発生源が増えるので、測定対象となる発



〈図4〉 位相雑音が極端に少ない信号源と比較する位相雑音測定のプロック図

振器よりも低い位相雑音特性を維持することは困難になっていきます。

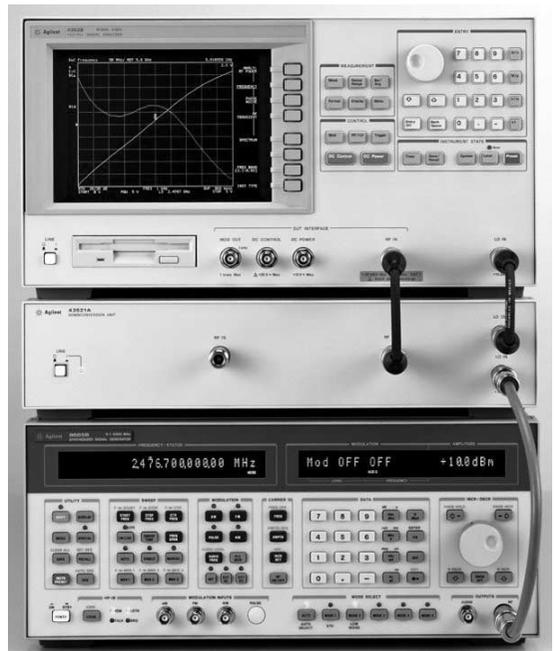
この例では、位相雑音を測る測定器は、被測定物よりも大きく、重く、より多くの電力を消費して、結果として高価になっています。写真1の測定システムでは、基準信号源(アジレント社8665B)の重量が約30kg、位相雑音測定部分(アジレント社4352B)が約22kgあります。つまり、測定器は被測定物よりもこれらの要素に対する制約が少ないので、その点を最大限活用して被測定回路に対する性能的な優位を確保しようとしているわけです。

■ デジタルIF方式を

応用すれば測れるか？

● 理想的な基準点との差を表示すれば、位相雑音を正確に表示できる？

第5章でコンスタレーションの説明をする際に、デ



〈写真1〉 真っ向勝負型の位相雑音測定システム(上: 4352B シグナル・アナライザ, 下: 8665B シグナル・ジェネレータ)