第1章
スペクトラム・アナライザとは

スペクトラム・アナライザとは，周波数と振幅レベル（電力）を測ることができる測定器です．しかし周波数を測るには周波数カウンタを，電力を測るには電力計（パワー・メータ）を使うほうが高精度に測定することができます．

では，なぜスペクトラム・アナライザを使うのでしょうか．

スペクトラム･アナライザを使用した測定例

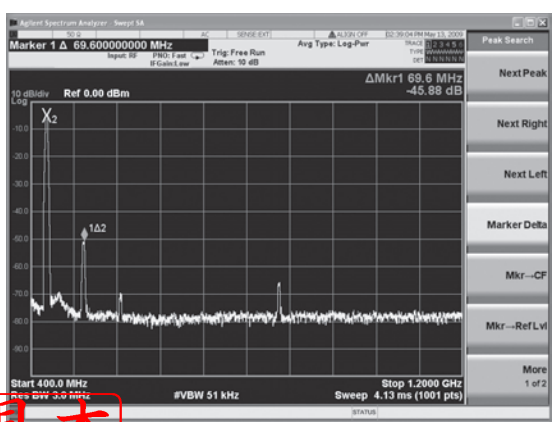
スペクトラム・アナライザは周波数ごとの電力を測定することが可能です．周波数の分布と電力を同時に測定することで，高調波や不要輻射，変調，ひずみ，位相ノイズなど，さまざまなことが分かります．スペクトラム・アナライザを使用した測定例を**画面1.1**～**画面1.4**に示します．

画面1.5は，トラッキング・ジェネレータを併用して測定した例で，被測定物の伝送特性も測定できます．

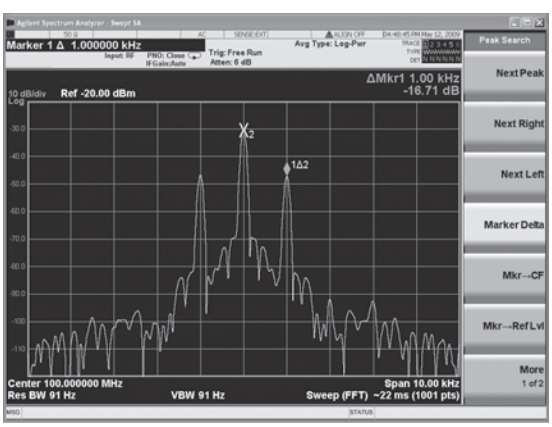
そのほか，基準アンテナを使用した電界強度の測定や，バンドスコープとして無線局のモニタリングも可能です．

時間ドメインと周波数ドメイン

信号を観測する際，**図1.1**に示すように，時間軸で観測する場合（時間（タイム）ドメイン）と周波数軸で観

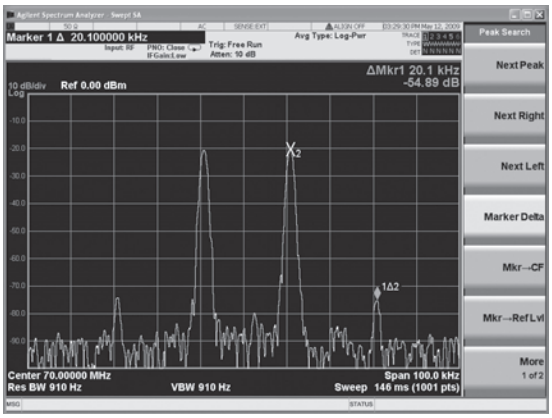


画面1.1　高調波，不要輻射の測定例

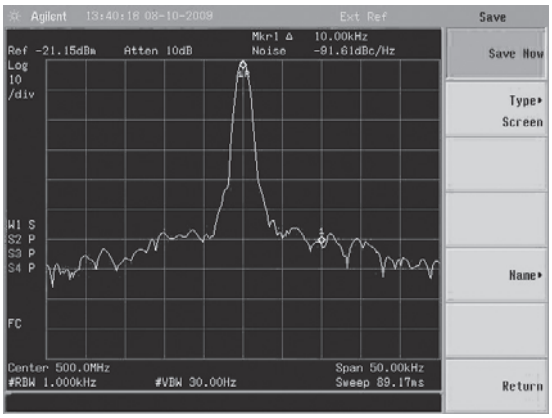


画面1.2　変調の測定例

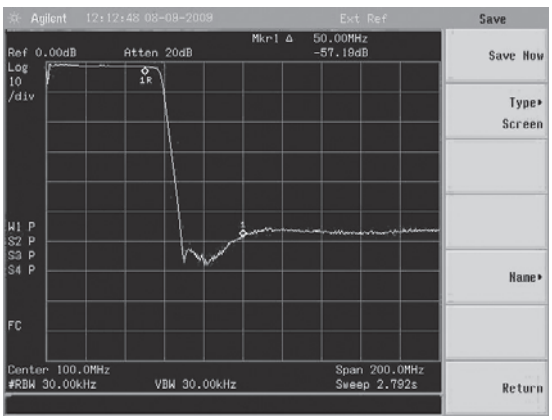
見本



画面1.3　ひずみの測定例



画面1.4　位相ノイズの測定例



画面1.5　フィルタの伝送特性の測定例

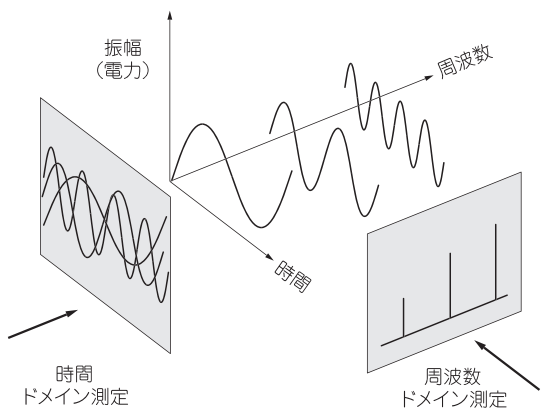


図1.1　時間ドメイン測定と周波数ドメイン測定

測する場合（周波数ドメイン）があります．

時間と振幅の関係を表したものを「時間ドメイン」と呼び，代表的な測定器は**写真1.1**，**画面1.6**に示すオシロスコープです．

「周波数ドメイン」は周波数と振幅（電力）の関係を表したもので，スペクトラム・アナライザが代表的な測定器です（**写真1.2**，**画面1.7**）．

画面1.6に示したオシロスコープの画面は横軸が時間，**画面1.7**に示したスペクトラム・アナライザの画面は横軸が周波数であることを理解してください．

スペクトラム・アナライザは，指定範囲の周波数分布と電力を表示するために，いくつかの種類があります．

信号をディジタル化しFFT（Fast Fourier Transform）と呼ばれる演算で周波数を分離するFFT方式のアナライザや，周波数別のフィルタを並べることで周波数の分離を行うフィルタ方式のアナライザなどがあります．もっとも一般的なタイプは，掃引同調方式を採用したスーパヘテロダイン方式

見本

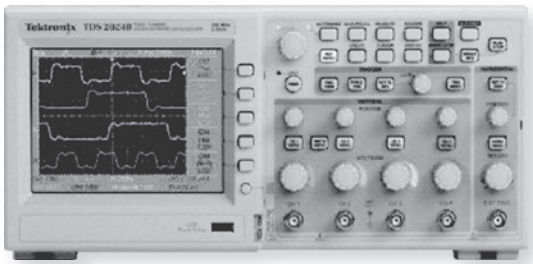


写真1.1　オシロスコープの例

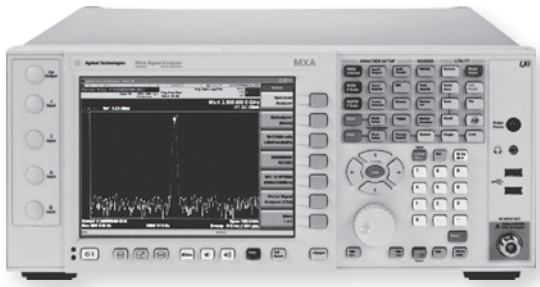
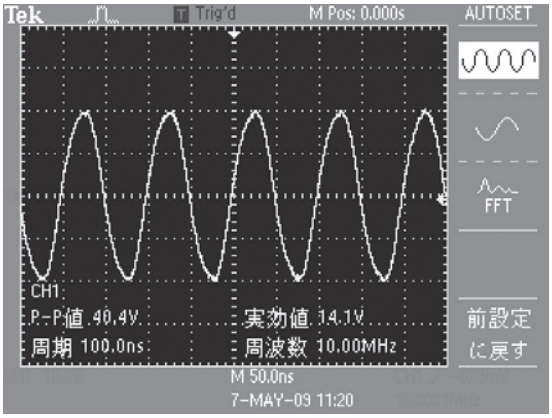
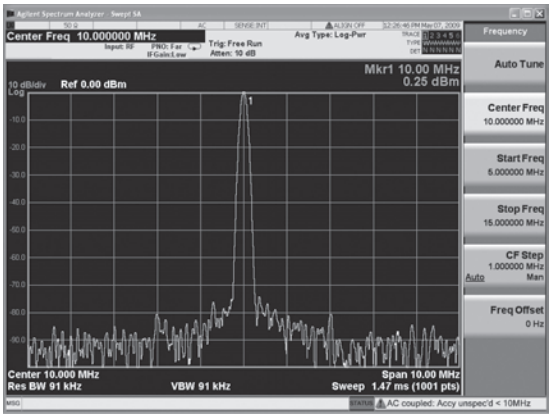


写真1.2　スペクトラム・アナライザの例



画面1.6　オシロスコープの画面の例



画面1.7　スペクトラム・アナライザの画面の例

のスペクトラム・アナライザです．

本書では高周波の測定で主に使用されるスーパヘテロダイン方式のスペクトラム・アナライザに絞って解説します．

最近の機種ではスーパヘテロダイン方式でも中間周波数（IF；Intermediate Frequency）以降はディジタル化して演算を行う方式のスペクトラム・アナライザも増えています．本書では特に異なる点がある場合を除いてスーパヘテロダイン方式として取り扱います．

スーパヘテロダイン方式の基本原理

図1.2の簡易ブロック図に示すスーパヘテロダイン方式は，入力信号をミキサで固定の中間周波数に変換し，IFフィルタで信号を分離した後，ログ・アンプで対数化を行い，検波後ビデオ・フィルタを通してディスプレイにスペクトラムを表示します．

原理は一般のラジオと同じで，同調ダイヤルの代わりに掃引ジェネレータ，スピーカの代わりにディスプレイが付いています．

掃引することで，一つのフィルタでスペクトラムを分離しているため「掃引同期形」とも呼ばれます．

見本

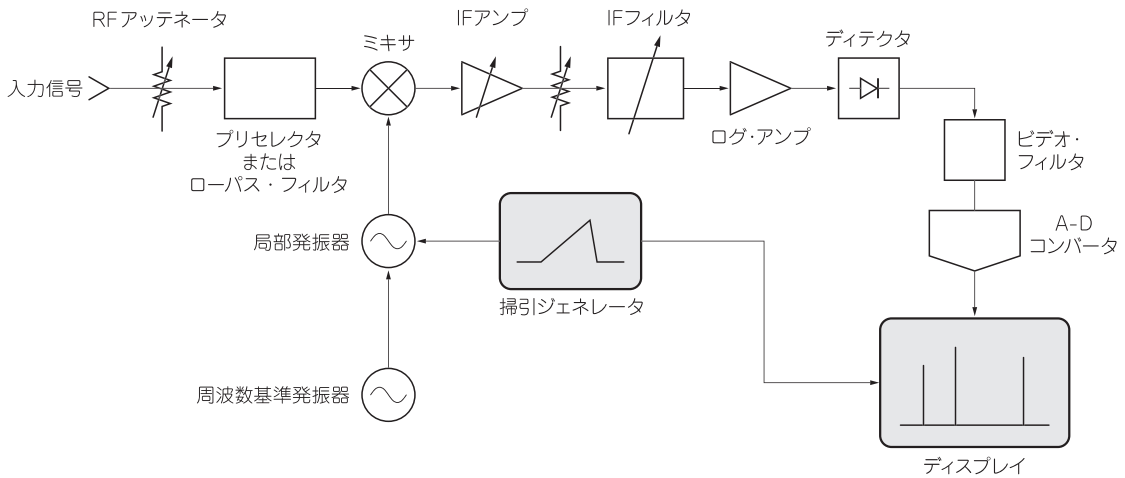


図1.2　スーパヘテロダイン方式スペクトラム・アナライザの簡易ブロック図

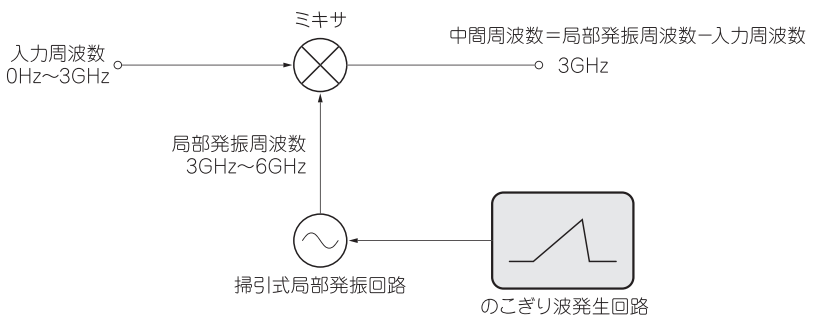


図1.3　受信周波数にかかわらず中間周波数が一定になる原理

スーパヘテロダイン方式は，周波数を固定の中間周波数に変換するため，広い周波数範囲を広いダイナミック・レンジで測定することができます．また，中間周波数は測定周波数に関係なく一定です（**図1.3**）．そのため，信号分離に使用するフィルタは固定周波数でよく，高性能なフィルタを使うことができます．

スーパヘテロダイン方式の欠点は，ある時間では一つの周波数しか観測できないため単発信号を見落とす可能性があることです．また，フィルタの帯域（RBW；Resolution Bandwidth）を狭めると，掃引に時間が必要になります．

IFフィルタは分解能帯域幅を決める大切な部分です．この回路には*LC*フィルタやクリスタル・フィルタが使われていましたが，最近ではDSPを使ったディジタル・フィルタや，IFフィルタ部分がディジタル化されFFT解析を行うタイプも登場しています．

見本

COLUMN

フィルタ

フィルタは測定対象の信号から必要な信号だけを取り出すために使用します．

フィルタには大きく分けて四つの種類があります（**図1.A**）．

① ローパス・フィルタ（LPF）
② バンドパス・フィルタ（BPF）
③ ハイパス・フィルタ（HPF）
④ バンドエリミネーション・フィルタ（BEF）

ローパス・フィルタは，遮断（しゃだん）周波数より低い信号のみ通過させます．

ハイパス・フィルタは，遮断周波数より高い信号のみ通過させます．

バンドパス・フィルタは，中心周波数の上下の帯域幅の信号のみ通過させます．

バンドエリミネーション・フィルタは中心周波数の上下の帯域幅の信号のみ取り除きます．非常に急峻なBEFはノッチ・フィルタとも呼ばれます．ノッチ・フィルタはスポット的な妨害波を削除したりする際に使用されています．

高周波帯のLPF，HPF，広帯域なBPF回路のほとんどはコイルとコンデンサの組み合わせで構成します．IFフィルタなどの狭帯域フィルタは，水晶やセラミックなどの共振子の組み合わせで構成されています．

最近ではDSP（Digital Signal Processor）を使用したディジタル・フィルタも多用されています．ディジタル・フィルタの利点は広帯域から狭帯域までプログラムで作成でき，アナログ・フィルタでは難しい超狭帯域も実現可能です．

シェイプ・ファクタが1のフィルタも可能になり，製品にばらつきがなく，調整不要と利点が多いので今後はさらに利用されていくと思われます．欠点はA-Dコンバータや DSPの限界から低い周波数のフィルタしか作れないことです．

スペクトラム・アナライザや受信機のIFフィルタには，BPFが使用されています．

中心周波数可変BPFを「プリセレクタ」と呼び，スペクトラム・アナライザの入力フィルタにも使用されています．

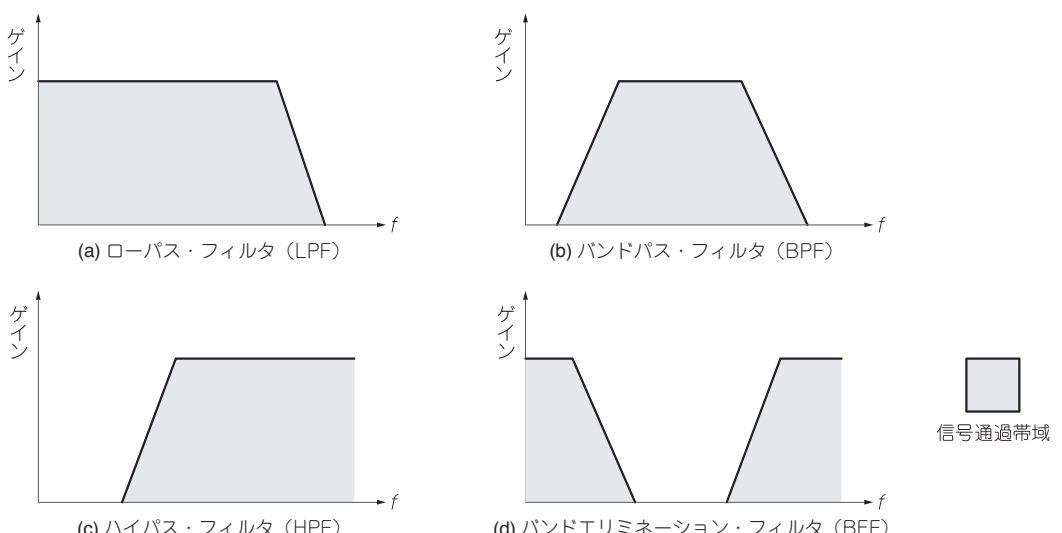


図1.A　フィルタ別信号通過帯域

見本

Appendix 1
スペクトラム アナライザの使用時の注意

スペクトラム・アナライザを使用する際にいちばん注意しなければならないことは，「壊さない」ということです．

スペクトラム・アナライザの信号入力コネクタには，かならず最大入力電圧と最大入力電力が書かれています（**写真1.A**）．この値は一瞬でも超えてはいけません．スペクトラム・アナライザに重大な損傷を与えてしまうことがあります．

写真1.A　スペクトラム・アナライザの耐入力

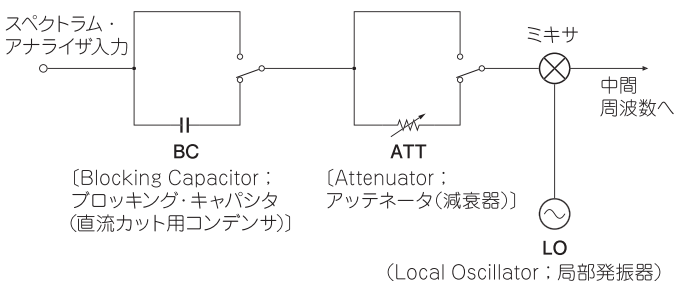


図1.A　一般的なスペクトラム・アナライザの入力部のブロック図

column　ウイルスに注意

最近のスペクトラム・アナライザは，アプリケーションの追加でさまざまな測定を可能にするタイプが増えています．それらの機種はシグナル・アナライザとも呼ばれアプリケーションの一つとしてスペクトラム・アナライザが搭載されています．

これらの機器では各種データの管理をするためにWindowsなどの汎用OSを採用している機種が増えています．そのため，今までのスペクトラム・アナライザとは異なる注意が必要です．

一つは電源を切るときにはかならず指定の方法で行います．動作中にACケーブルを抜いたりするとHDDやOS，アプリケーションが破損してしまうことがあります．

もう一つの注意は「ウイルス」です．

たとえばアジレント・テクノロジー社のMXAシグナル・アナライザにはWindows XPが搭載されていて，インターネットに接続すれば内蔵のブラウザでWebサイトを見ることも可能です．当然ウイルス・プログラムを実行すると感染してしまいます．LANに接続していなくてもUSBメモリ経由での感染の可能性もあるので，パソコンと同様にウイルス対策ソフトをインストールしておくことをおすすめします．

ただしメーカ指定以外のアプリケーションをインストールする場合は，メーカに確認の上インストールするようにしてください．

見本

スペクトラム・アナライザの入力部分は，**図1.A**のようになっています．最大入力電圧はアッテネータの前に入っているブロッキング・キャパシタBCの耐電圧で決まっています．最大入力電力はほとんどの機種がアッテネータATTの耐電力です．

機種によってはブロッキング・キャパシタが内蔵されていない機種や，低い周波数を測定する際の影響を排除するために，レンジによってブロッキング・キャパシタをスルーする機種があります．そのような機種には，直流電圧を加えてはいけません．

直流が加わる可能性がある場合には，DCブロッキング・キャパシタを使用します（**写真1.B**）．

内蔵アッテネータはスルー（0dB）に設定することも可能ですが，その場合には電力が直接スペクトラム・アナライザの初段に加わることになるため，一般的に耐電力は低くなります．そのため通常は特別な操作をしなければ内蔵アッテネータを0dBに設定できません．

内蔵アッテネータを0dBに設定する必要があるときには，測定方法が正しいかどうかを再考した上，十分注意して測定を行ってください．

最大定格以上の電力が加わる可能性がある場合には，外部にパワー・リミッタやアッテネータを接続したり，カプラを使用したりするなどして，スペクトラム・アナライザに過大な電力が加わらないようにセッティングします（**写真1.C**）．

アッテネータはスペクトラム・アナライザの保護だけではなく，被測定機器とのインピーダンス整合を高める効果もあるので常用することをお薦めします．パワー・リミッタは過大電力だけではなく，突発性パルスやスパイクのような過大信号にも対応します（**写真1.D**）．

また，トラッキング・ジェネレータを使用してアンプの増幅度を測定する場合には，被測定アンプの出力電力にも十分気をつけてください．

スペクトラム・アナライザは，電力計ではなく，受信機であることを常に意識して使用してください．

写真1.B
DCブロッキング・キャパシタ 11742A
（0.045G～26.5GHz，アジレント・テクノロジー社）

写真1.C　外部アッテネータを挿入して測定

写真1.D
パワー・リミッタ N9356B
（アジレント・テクノロジー社）

見本

第2章
スペクトラム・アナライザの基本操作

スペクトラム・アナライザを使用して測定を始める前に，基本的な操作方法を解説します．

2-1 スペクトラム・アナライザを使用するための前知識

スペクトラム・アナライザのフロント・パネルの操作

写真2.1.1 に，スペクトラム・アナライザのフロント・パネルを示します．

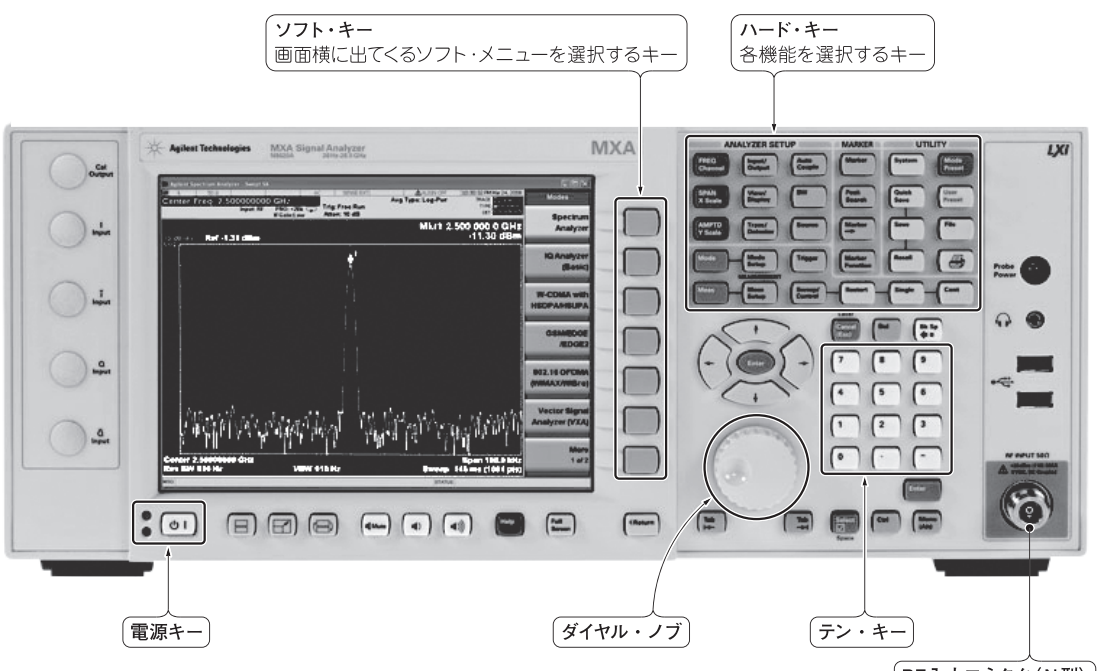


写真2.1.1 シグナル（スペクトラム）アナライザ N9020A（アジレント・テクノロジー社）のフロント・パネル

見本

電源キー

電源キーでスペクトラム・アナライザの起動と終了を行います．バック・パネルにメインの電源スイッチが付いている機種もあります．そのような機種では，メイン電源をONにした後で操作を行います．

OS内蔵タイプのスペクトラム・アナライザでは，OSのシャットダウンにも使用します．

RF入力コネクタ

RF入力コネクタには測定信号を入力します．インピーダンスは50Ω もしくは75Ω です．一般的に高周波特性のよいN型コネクタが使われています．

ハード・キー

ハード・キーには，よく使う機能が設定されていて直接呼び出すことができます．

テン・キー

周波数などの数値を直接打ち込む際に使用します．

ソフト・キー

ハード・キーで呼び出した機能のサブメニューがディスプレイに表示され，ディスプレイ横のボタンに複数の機能を与えます．

ダイヤル・ノブ

マーカ・ポイントを移動させたり，アナログ的に値を変更するときに使用します．

COLUMN　インピーダンスとは

インピーダンスとは，交流回路における抵抗です．抵抗ですから単位はΩ（オーム）が用いられます．

通常の抵抗器は直流から高周波まで同じ抵抗値ですが，インピーダンスはコイルとコンデンサが作り出す抵抗が主になります．そのため周波数によって同じ回路でもインピーダンスが変化します．

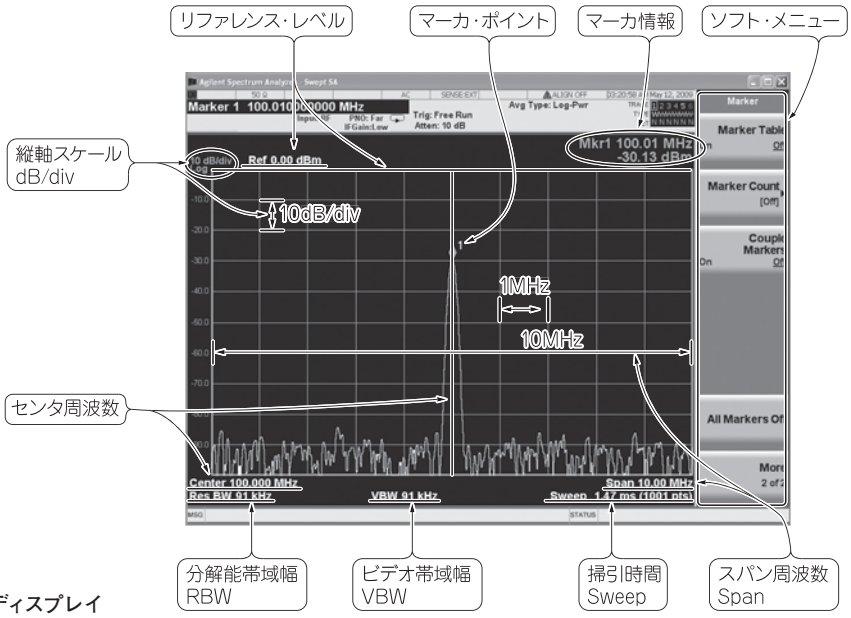
機器間や機器と伝送路，機器とアンテナなどを接続する場合にはインピーダンスを適合させて接続します（インピーダンスの整合）．インピーダンスが異なると電圧か電流のどちらかの損失を招き，結果的に電流×電圧（＝電力）の損失が発生します．

しかしインピーダンスが各機器でバラバラだと機器間を接続するたびに整合をとる必要があり不便なので，基本的には50Ω か75Ω に統一されています．

75Ω はダイポール・アンテナのインピーダンスを基本として設定され，テレビ系の受信設備のアンテナやビデオ信号，映像系の測定器で使用されています．

電波の送受信機器は50Ω のインピーダンスが原則です．スペクトラム・アナライザの入力インピーダンスも映像用に使用するタイプは75Ω，それ以外は50Ω です．

見本



画面2.1.1
スペクトラム・アナライザのディスプレイ

ディスプレイ

スペクトラム・アナライザのディスプレイには，波形のほかにもいろいろな情報が表示されます（**画面2.1.1**）．

スペクトラム・アナライザの測定操作手順

スペクトラム・アナライザを使用して測定を行うまでの手順を**表2.1.1**に示します．

電源投入時の注意

供給する電源電圧に120V～220Vの切り替えがある機種では，120Vに設定されていることを確認します．

リア・パネルにメイン・スイッチが付いている機種ではそちらをONにして，次にフロント・パネルの電源スイッチをONにして電源を投入します．

表2.1.1
スペクトラム・アナライザの測定手順

①	スペクトラム・アナライザの電源投入
②	指定時間のヒートラン
③	周波数，レベルを設定する
④	入力コネクタに信号を加える
⑤	ディスプレイに表示された波形からデータを取得する

見本