

5,000円で入手できる夢のネットワーク・アナライザー

NanoVNA

保存版

日本語 応用マニュアル

本多 幾夫
JH1GJY

最終回

- いま話題の複素表示のできる多用途な
- 高周波測定器、Nano VNAの操作解説
- 記事も、今回が最終回となりました。
- 今回は、これまで触れることのなかった
- 機能や応用の仕方などを紹介します。



◆理解しておきたい基本の3項目

さて、下記の3項目はNano VNAで測定できることですが、普通のアマチュア無線家が測定に使うことは、ほとんどないでしょう。しかしここで学習しておくことは、Nano VNAを理解するためによいことだと思いますので簡単に説明します。読んでみてください。

(1) 位相について

なぜベクトル・ネットワーク・アナライザーで位相が測定できるのでしょうか。

Nano VNAは、ひとつの信号源を2つに分配して、1つを基準受信部に、もう1つは測定後の受信部に入れるよう作られています。

信号源も1ポイントごとに信号を止めて、基準受信部と測定後受信部を比較しているので、校正を取った状態で正弦波のずれが0度でデバイスを入れることにより、測定後受信部に入る正弦波が、基準受信部に入る信号より遅れてきます。

この差を比較することで、位相を測定することができます。

Nano VNAで位相測定を行った様子は、写真1を参考してください。

Nanoは、小さいものを表示するときの補助単位で10のマイナス9乗です。

VNAは、

V=ベクトル：複素数

N=ネットワーク：線路網

A=アナライザー：分析器

の略です。すなわち〈超小型〉の〈複素表示・線路網・解析器〉となります。給電線やフィルターなどの高周波特性を測定することができます。

いままで自作するアマチュア無線家の人たちの定番測定器というと、まずテスター、

そしてSWR計、周波数カウンター、デイツメーターなど。次にオシロスコープ、周波数カウンター、さらにはスペクトラム・アナライザー。最高峰がVNAという位置づけでした。その最高峰のVNAはクルマが一台買えるくらいの値段ですから、まさに高嶺の花、的な存在でした。そのVNAとほとんど遜色なく使用できるNano VNAが登場し、いま爆発的な流行の兆しを見せています。

高周波の高性能な測定器を得て、いまアマチュアの自作の世界が広がります。

Nano VNAって何？

共振回路の測定では、位相が+180度から-180度まで回っていることがわかります。

発振回路として使うときは、この180度位相が回っている状態で正帰還をかけることで、発振させることができます。

(2) 極座標について

極座標を簡単に言うと、ある定点からの距離と角度で示した座標のことです。地球で言うと緯度経度のような物ですね。それを原点からの距離の3方向で表します。

Nano VNAで極座標表示をさせるとどうになるかは、写真2を参照してください。

ださい。

(3) 群遅延について

群遅延とは、位相と深いつながりがあります

昔、DSBからSSBを抜き出すための帯域フィルターが音質に与える影響について、多くのハムが話題にしていたことがありました。話の中身の多くは、フィルターの群遅延特性が悪いと音質に影響するという話でした。7メガ帯でコリンズ・フィルターはよいとか、どこどこの製品は良くないとかいう話を聞いたことのある人もいるでしょう。

フィルターを通過するときの遅れ時間は、信号の周波数帯によって変わり、その変わり方の度合いを群遅延特性と呼びます。群遅延特性のよくないフィルターは、フィルター内で新たなひずみを発生してしまい、これにより音質の劣化があるという話題でした。

接続図と測定方法

ここで、まだ紹介していない接続図と測定方法を紹介しましょう。

- ①バンドパス・フィルターの測定(接続図1参照)
- ②ハイパス・フィルターの測定(接続図2参照)
- ③バンドパス型ダイブレクサーの測定(接続図3参照)
- ④1/4λフィルター型ダイブレクサーの測定(接続図4参照)

◆信号発生器として使ってみよう

Nano VNAは、周波数の掃引を止めて、单一信号の発生器として働かせることができます。

受信機などの感度を測定したり、その他信号源としても使うこともできます。

では、どのようにして使えばよいでしょうか。

発振器として使うには、

【メニュー設定】から【STIMULUS】→【CW FREQ】と設定していく、周波数を指定します

これで信号発生器となり、Nano VNAのCH0の出力端子から信号が出てきます。

周波数を設定したら、無線機などを働かせて信号がでているかどうか確認してみましょう。

出力をそのまま無線機の入力部に接続すると、Sメーターが勢いよく振れるでしょう。受信機の感度などを調べたいときは、アッテネーターなどを入れて信号を減衰してから見るとよいでしょう(接続図5参照)。

信号を1kHzで変調したいときは、DBM(Double Balanced Mixer=二重平衡ミクサー)を使って変調してもよいでしょう(接続図6参照)。

◆コンバーターのローカル発振器として使ってみよう

Nano VNAを信号発生器として動作させ、コンバーターのローカル発振器として使うことで、例えば50MHzまでのオールバンド無線機を50MHz以上の受信機として使えるようになります。

【145MHzを受信したいとき】

Nano VNAをローカル発振器として使い、145MHzを受信する場合、145MHz - 50MHz = 95MHzですから、Nano VNAを95MHzの信号源としてミクサーに注入すれば、145MHzの信号が受信できることになります(接続図7参照)。

このように、ローカル発振器として使えばいろいろな周波数を受信できるようになります。

【430MHzの信号を受信したいとき】

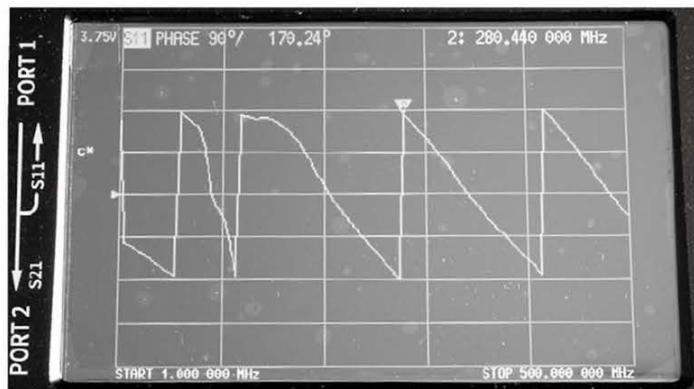
430MHz - 50MHz = 380MHzですから、Nano VNAを380MHzの信号源としてミクサーに注入すれば、430MHzの信号を50MHzで受信できることになります。

もちろんトランシスバーターのローカル発振器として使えば、送受信のできるトランシスバーターになります(接続図8参照)。

◆信号源として使って AM変調をしてみよう

Nano VNAの出力端子にDBMを取り付け、DBMの端子に音声信号または低周波信号を入れることにより、AM変調がかかり、小さなAM送信機として遊ぶことができます。

もちろん小出力なので、この出力にアンプをつないでローパス・フィルター等



▲写真1/Nano VNAで位相測定を行なったところ。

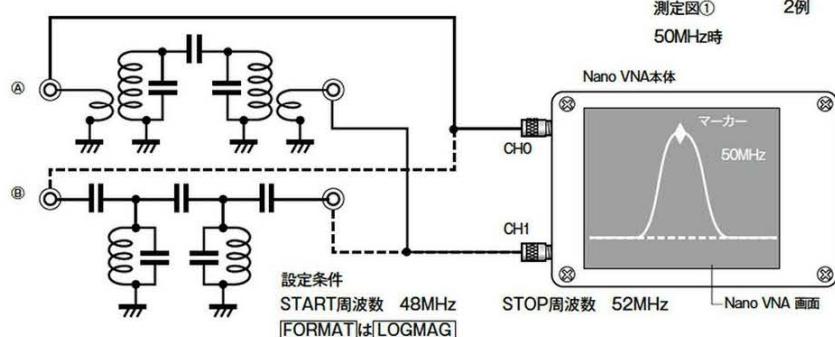


▲写真2/Nano VNAで極座標表示した画面。



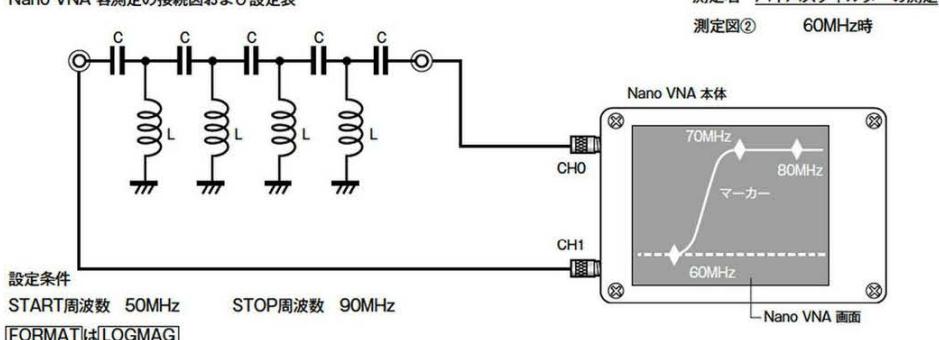
接続図1／Nano VNAを使ってバントパス・フィルターの測定

Nano VNA 各測定の接続図および設定表



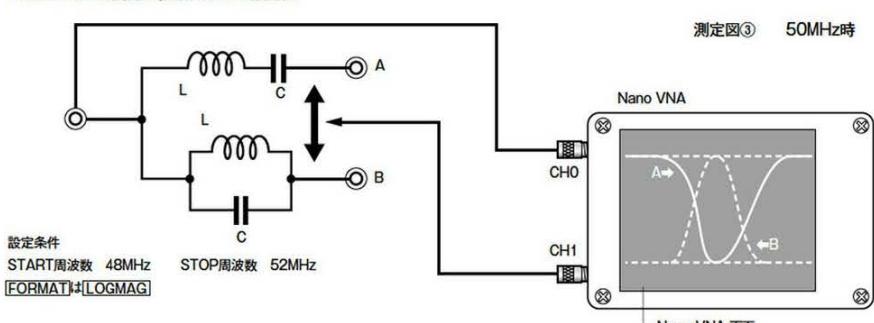
接続図2／Nano VNAを使ってハイパス・フィルターの測定

Nano VNA 各測定の接続図および設定表



接続図3／Nano VNAを使ってバンドパス型ダイブレクサーの測定

Nano VNA 各測定の接続図および設定表



をつなげば、立派なAM送信機になります。50MHzなどのAM送信機として、どこまで実用になるか、遊んでみてはどうでしょうか。

もちろん単一信号、例えば1kHzの信号を入れれば、1kHzの変調がかかる

信号源になります。詳しい使い方は接続図6に示しています。

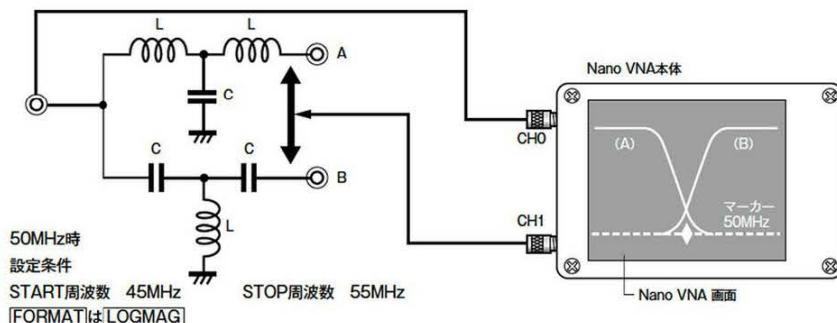
◆ Nano VNAを2台買ったら 信号をミックスしてみよう

Nano VNA を2台買われた方は、信

号をミックスして他の周波数を合成して利用してはどうでしょうか。1台をローカル発振器として使い、後1台は掃引させておいて、両方の信号をDBMなどで混合して他の周波数を作り応用するのです。Nano VNAが1台であっても、他に信

接続図4/Nano VNAを使って1/4λフィルター型ダイブレーカーの測定

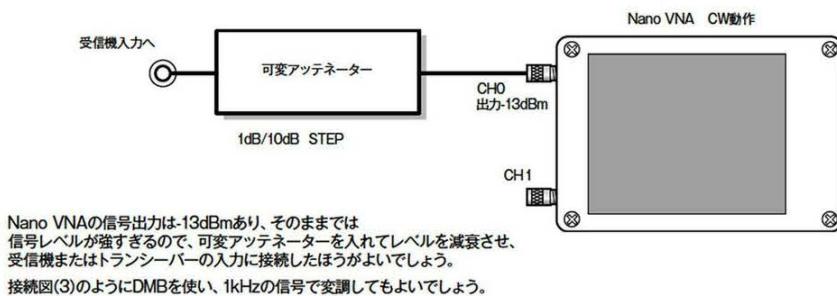
Nano VNA 各測定の接続図および設定表



接続図5/Nano VNAを信号発生器として使う

信号発生器として使ってみよう

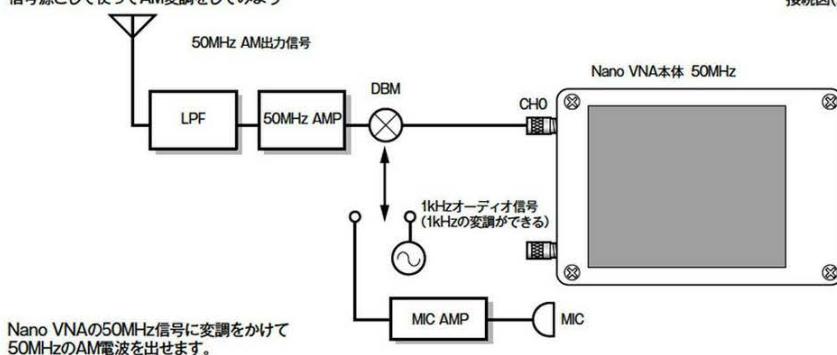
受信機の感度のチェックなど便利に使えます。



接続図6/Nano VNAの信号発生器に変調をかける方法

信号源として使ってAM変調をしてみよう

接続図(2)



号源がある場合は応用できます(接続図9参照)。

◆ Nano VNAの信号源

Nano VNAの信号源がどのようなもの

か、測定して紹介します。

1 出力信号波形

オシロスコープで測定(写真3、写真4参照)。

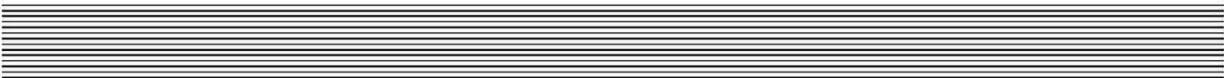
CH0の出力波形は正弦波ではなく矩

形波です

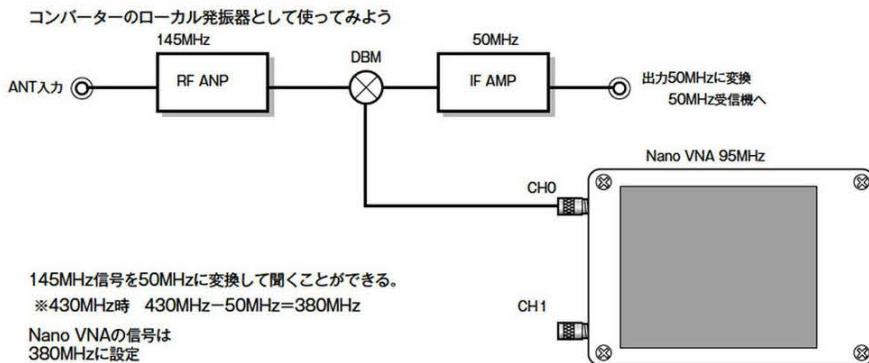
本当はサイン波のほうが理想的なので
すが、値段から考えて仕方ありません。

2 出力信号のスプリアス

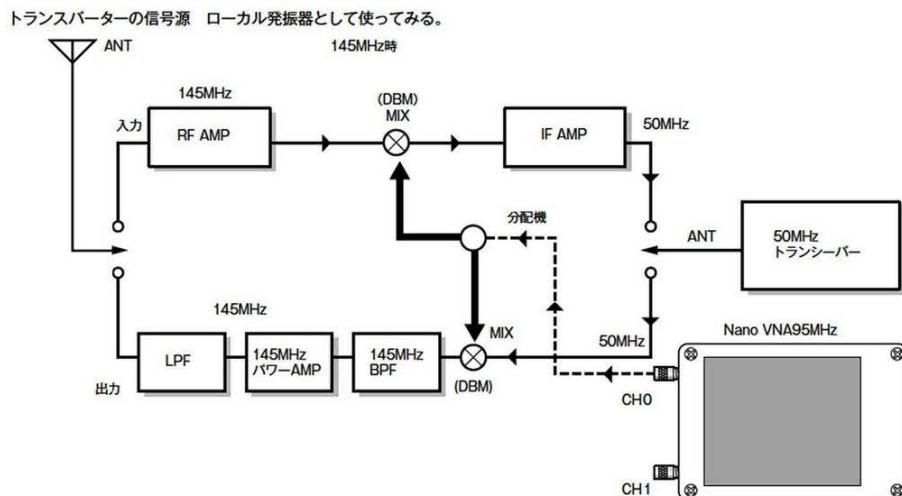
出力信号のスプリアスをスペアナで測
定しました(写真5参照)。



接続図7／Nano VNAを受信コンバーターのローカル発振器として使う



接続図8／Nano VNAを信号源とした小出力送信機



CH0の出力信号は矩形波のため、高調波が多い波形となっています。信号出力は約-13dBm出ています。

3 周波数確度

周波数カウンターで測定しました（写真6参照）。

CH0を出力信号発生器としてCW設定にすると、信号発生器として使えます。

とりあえず100MHzに設定して、周波数カウンターで周波数測定をしてみました。かなりの精度で、しっかりと周波数は合っています。

また、信号の純度を無線機等で調べま

したが、濁りなどは感じられませんでした（写真7参照）。

4 スペアナとして使えるか

写真8、写真9を参照してください。

限局的ではありますが、スペアナとして使えないことはありません。ただし、掃引速度やデータ取り込み速度等の関係から、とりあえず見えるという程度であって、あまり実用的ではありませんでした。

スペアナとして使うときは、CH1に信号を入力します。

信号が測定できるからといって、トランシーバーなどの出力を直接、測定して

はいけません。簡単に壊れてしまいますので、注意してください。信号発生器出力などの小さな信号だけが対象です。

◆ Nano VNAを使って LCRを測定するノウハウ

測定方法については重複になるので、前回の記事を参照してください。

(1) Nano VNA画面のスミスチャート図から測定数値を読むことができます。

(2) 接続ケーブルは極力短いほうがよいが、長いケーブルを使う場合は接続ケーブルの容量や抵抗分をキャンセルするた

接続図9／Nano VNAを2台使って周波数変換

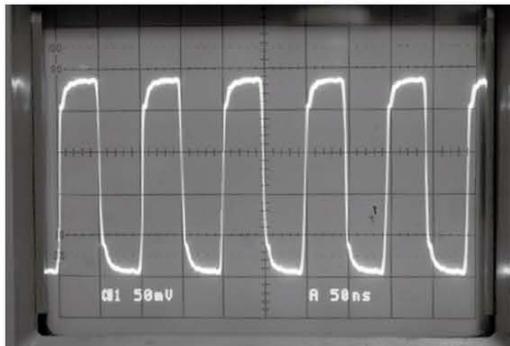
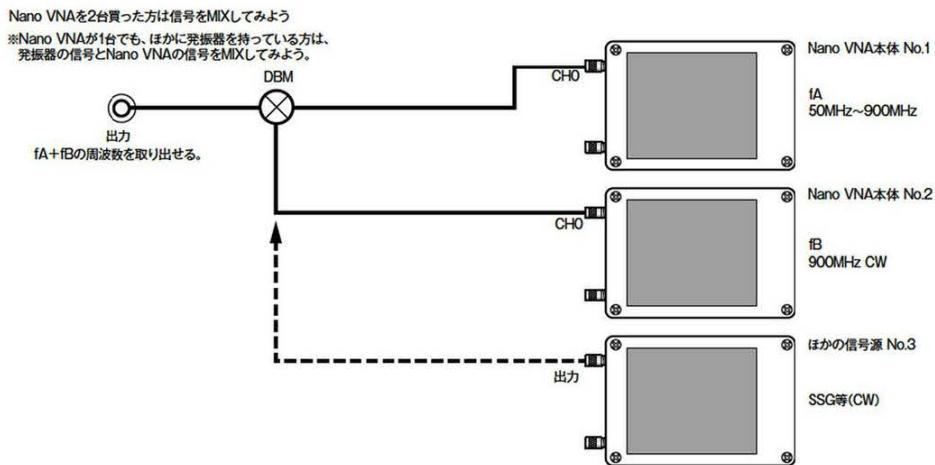


写真3／オシロスコープで見たNano VNAの出力が10MHzのときの出力波形。

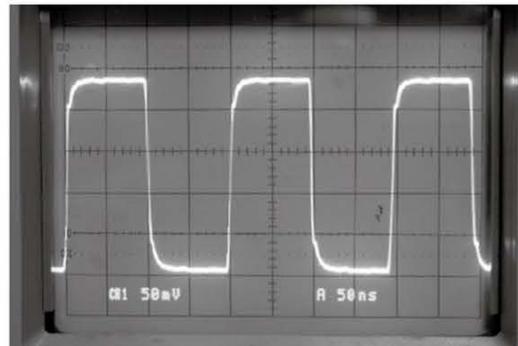


写真4／オシロスコープで見たNano VNAの5MHzの出力波形。

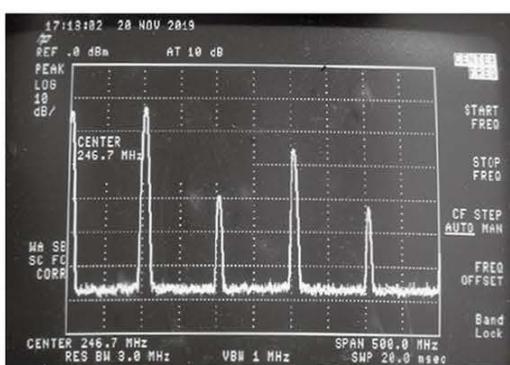


写真5／Nano VNAの出力信号100MHzのときのスプリアスをスペアナで測定。基本波100MHzに対して、2倍、3倍、4倍の高調波がでていることがわかる。



写真6／Nano VNAのCHOを出力信号発生器とCW設定にし、信号発生装置として利用したものを周波数カウンターで測定。

めに、接続ケーブルを含めて校正しておくとよい。そうすれば正確な測定ができます。

(3) 周波数は50kHzから5MHzぐらいの周波数で測定するとよい。

(4) 抵抗測定の場合は1Ω以下100kΩ以上の測定は難しい。

なぜ小さい抵抗値と大きな抵抗値は測定ができないかというと、スミスチャ

ート図を見て理解できるか思います。スマスチャートの左端は0Ω、中心の1のところが50Ω、右端のところが無限大です。そう、目盛りが詰まつくるためです。

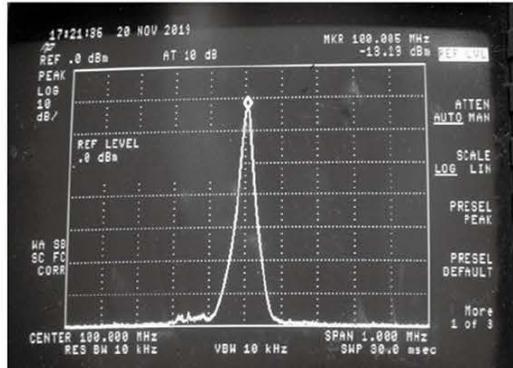


写真7／スペアナを使ってNano VNAの信号の純度を測定。Nano VNAの信号出力100MHzのCW信号にしてスペアナで測定。

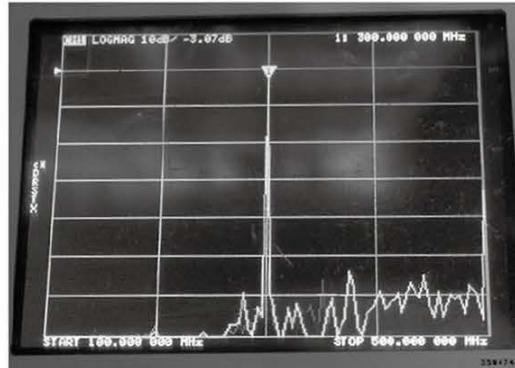


写真8／Nano VNAをスペアナ（スペクトラム・アナライザー）として使用しているところ。300MHz信号を信号発生器からNano VNAにいれて測定した。

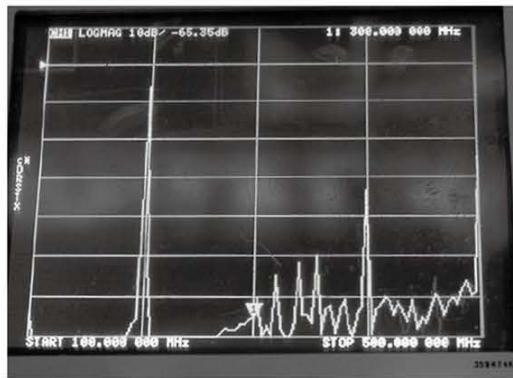


写真9／Nano VNAをスペアナ（スペクトラム・アナライザー）として使用しているところ。300MHz信号を信号発生器からNano VNAにいれて測定した。

それから抵抗の周波数特性もわかります。どのくらいの周波数まで使えるかが、周波数を変えて測定をすることによりわかります。抵抗にはコイル成分とコンデンサー成分もあるため、周波数によって特性が変化します。

(5) コンデンサーの測定の場合は、電解コンデンサーの容量が大きな物は測定できません。

また、電解コンデンサーの測定をするときは、電解コンデンサーに電圧がたまっている場合は注意が必要です。電解コンデンサーに充電されている電圧でNano VNAを壊す恐れがあります。電解コンデンサーに貯まっている電圧を放電させてから測定してください。

(6) コイルの場合は、これもコンデンサーと同じくあまり大きな容量は測定できませんが、アマチュア無線の場合は高周波に使うインダクタンスの小さなコイルが多いので、問題なく測定できます。

アンテナの短縮コイル・トラップコイル・同調コイル・ローパス・ハイパスフィルターなど、コイルの製作にはとても便利です。(7) LCR測定は高精度で測定できるわけではありませんが、知っているととても便利です。

◆アンテナの共振とマッチング

電波を効率よくアンテナに乗せるには、共振とマッチングが大切であるということを、Nano VNAのスミスチャート画面を使ってよく理解しましょう。

アンテナが目的周波数に共振しているにもかかわらず、マッチングが取れなくてSWRが落ちないという現象に突き当たることがあります。これはアンテナとのインピーダンス・マッチングがうまくいっていないということです。

これらの現象もスミスチャート画面を見れば解決できます。要するに、同軸ケーブルの50Ωとアンテナのインピーダン

スが合っていないと、ミスマッチを起こしているということです。

また、どの程度ミスマッチしているのかもわかります。50Ωからどの程度かけ離れているかということです。インピーダンスが低いとか高いかということです。

無線機の送信関係のマッチングのことばかり考えている人も多いと思われますが、受信についても同じことで、アンテナに誘起された電圧を如何にロスなく受信機の入り口まで導いてくるかということもマッチングでは重要です。

高周波においては、この共振とマッチングを良く知るということが重要で、マッチングをよく理解することが、無線技術の習得につながります。Nano VNAを使い、よく理解しましょう。

アンテナ・カッplerーやアンテナ・チューナーなどを持っている人は、ぜひNano VNAを接続して特性を測定してみてください。バリコンなどを可変したとき共振特性とマッチング特性が変わることと、スミスチャート表示においてバリコンを可変したときに生じる共振特性、インピーダンスの変化とリアクタンスの変化が一目でわかるることを確認できます。理解が深まると思います。

◆ベクトル・ネットワーク・アナライザー講習会と費用

ベクトル・ネットワーク・アナライザーは応用範囲がとても広く、測定器の中でもとりわけ難しく理解しにくいツールです。そのため各メーカーでは技術者を育てる

Nano VNA 購入ガイド

まず、新しく発売になったNano VNA HとNano VNA Fについて紹介します(写真A)。

◆ Nano VNA Hについて

Nano VNA Hは、基本的な仕様はNano VNAとほぼ同じですが、周波数範囲が1500MHzまで広がっています。そのため1200MHz帯の測定ができます。

◆ Nano VNA Fについて

Nano VNA HとNano VNA Fの比較写真でもわかりますが、Nano VNA Fは液晶画面が4.3インチと大きくなっています、今までのNano VNAの液晶画面より2倍の大きさですから、とても見やすくなっています。

周波数範囲も900MHzから1000MHzと100MHz広がっています。

内蔵バッテリーも容量が大きくなっています。時間の使用が可能です。

その他、メニューで追加になっている機能が2つあります。それはLANGSETとTOUCHCALというメニューです

LANGSET (Language Set) によって中国語表示と英語表示が選択できますが、一般的には英語表示で使うほうが日本人にはわかりやすいでしょう。あと一つはTOUCHCAL (Touch Calibration) です。液晶画面の校正がタッチパネル操作で行なえますが、校正後は元に戻しておかないとジョクダイアル操作のみでしか各種設定ができなくなり、タッチパネル設定操作ができなくなりますので、注意が必要です。私も画面校正後に戻しておかなかったことによりタッチパネル設定動作ができなくなり焦りました。

新製品を手にした私の感想ですが、
・1200MHz帯まで測定してみたい方はNano VNA H
・画面の大きい表示で測定したい人は Nano VNA F

をお薦めします。

どちらもパソコンに付属のUSBケーブルを接続すれば、パソコン画面で大きく見えます。

私はNano VNA Fも購入しました。とても満足しています。

Nano VNA Fも、新しいファームウェアにより1500MHzまで使えるようになるという情報もあります。Nano VNA User Guide のホームページ (<https://cho45.github.io/NanoVNA-manual/>) に行って見てください。



写真A／従来からあるNano VNA H (上) と大型の新製品Nano VNA F (下)。

ため、ベクトル・ネットワーク・アナライザの講習会を開いています。講習会は有料で、約2日／10時間で10万円前後するようです。

しかし講習会で原理から校正・使い方等の説明を受けても、実際に自分で長時間操作したりしないと、理解できないようです。ある程度の事前の高周波伝送の知識がないと身につきません。

それだけ奥が深く、難しい測定器です。その難しく高価な測定器と同じように使えるNano VNAという測定器は、アマチュアにとっては画期的なものだと思います。

値段が安いですが、ベクトル・ネットワーク・アナライザとしての機能はほとんど持っています。プロは技術を義務として覚えなければなりませんが、アマチュアは好奇心で学ぶことができます。

ダイナミック・レンジなど、性能や精度は少し劣る部分があるものの、アマチュア無線家が使うにはとてもすばらしい測定器です。ぜひ一度は、使ってみてください。

第1回、第2回、そして第3回と、Nano VNAを使ったいろいろな測定方法の実際を書いてきましたが、まだ足りない部分はあると思います。

まずは今回の記事の内容を少しでも理解していただき、Nano VNAを使って無線技術のスキルアップと無線技術の向上の助けになれば、執筆者として嬉しく思います。

私にこのNano VNAを紹介してくれたJA1XS高澤さんは、最初に買った小型のNano VNA の他に、液晶画面が4.3インチのNano VNA Fを2台も購入されて無線関係の自作製作測定のよいツールとして活用されています。高澤さんの感想は「Nano VNAは、とてもすばらしい」の一言でした。

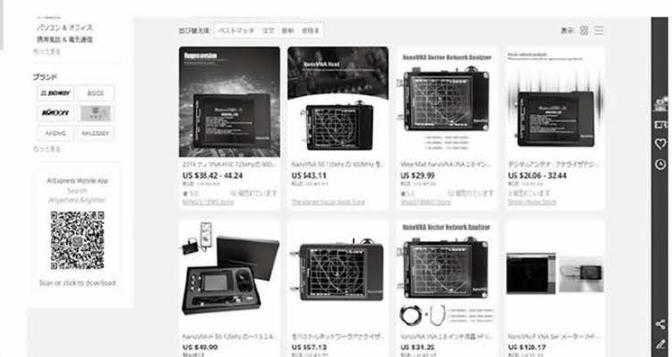
Nano VNA入手ガイド

Nano VNA H および Nano VNA Fの購入先は、ALI EXP (<https://00m.in/6eCJX>) で買うと格安で買えます(写真B)。

ALI EXPは中国の大手企業で、アマゾンと同じ感じですが、アマゾンと同じものを購入すると1.5倍から2倍と高くなります。

ちなみに、Nano VNA Hは、ALI EXPで買うと日本円で約5,000円。Nano VNA Fは日本円で約10,000円です。日本への配達日数は約10日間です。

注文等のやりとりは英語で行いますが、ALI EXPのホームページに詳細は書いてありますから、問題はないでしょう。配達状態もメールで確認が届くのでとても便利です。



写真B／Nano VNAを格安で購入できる中国の通販サイト ALI EXP。 (<https://00m.in/6eCJX>)