

# ノイズブリッジの製作 と実際の使い方

## キットの測定器を利用したアンテナ調整

JG1HOB 中山 昇

ノイズブリッジは、広帯域信号発生源(ノイズ)とブリッジ回路からなる測定器(図1)で、アンテナの共振周波数やインピーダンスの測定などに使われます。ここではキットのノイズブリッジを作りながら、使い方と応用をご紹介します。

高周波ブリッジ(図2)には、信号を特定の周波数だけ発生させるものと、広帯域にわたって信号を発生させるものがあります。特定の周波数を発生するタイプはディップメーターとインピーダンスメーターなどを組み合わせたもので、単体で測定ができるものもありますが、たいへん高価です。広帯域信号発生源(ノイズ)となるタイプはそれとは異なり、選択性に優れた狭帯域探知器が必要になりますが、アマチュアバンドでは普段の運用に使っている受信機と組み合わせ

て使うことで、安価に測定システムを作ることができます。

一般的には、アンテナ調整用測定器として、送信機を信号源として使うSWR計がありますが、SWR計には次の問題点があります。

- ①アマチュアが送信できる周波数帯域が狭いので、共振周波数が不明の場合もあり、アンテナのインピーダンスが高いのか低いのか分からない場合がある。また、SWRが高いときにはインピーダンスの測定ができない。
- ②送信をしながら調整をするので、近くで運用しているアマチュア局に迷惑をかける場合がある。また、アマチュアバンド外では送信ができないので測定ができない。
- ③ひと口にインピーダンスといっても、キャパシティブ(容量性)なのか、インダクティブ(誘導性)なの

図1 基本的なノイズブリッジの構成

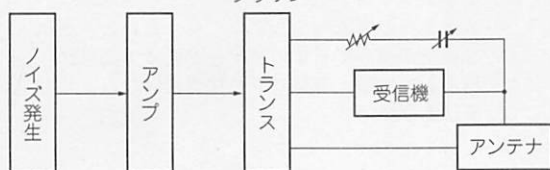
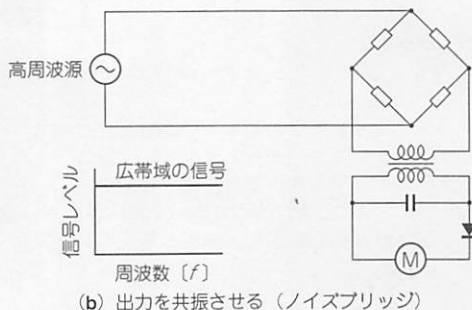
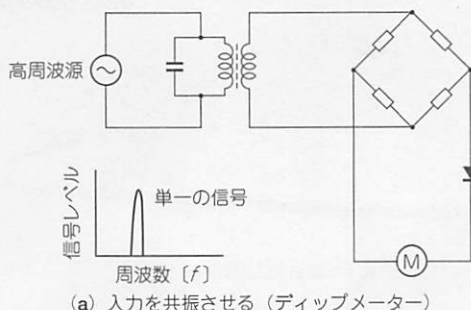


図2 高周波ブリッジ





の場合は 50 Ω 付近が正確にわかればよいので、校正は 25 Ω から 100 Ω 付近まで行っておけばよいでしょう。校正に使用する抵抗は、目的周波数で特性のよい抵抗を使う必要があります。

ノイズブリッジに使用する受信機としては、Sメーター付きの AM もしくは SSB 受信機を使います。特にイメージ比のよい受信機を使うと測定誤差が少なくなります。通常は市販のトランシーバならこの条件を満たしています。

## ● キットを組み立てよう

過去の本誌にもノイズブリッジの製作記事が紹介されているので、自分で部品を集めて作ることができますが、トランスなどの特殊部品が必要です。自作で問題なのが広帯域のノイズをうまく発生させるために、部品の選択にも注意が必要な点があげられます。そこで、キットを利用することで、安価にノイズブリッジを手に入れることができます。

製作したキット (写真 1) は、(有) スワンテックの HF 用の RF ノイズブリッジです。キットには校正用

の 25 Ω、50 Ω、75 Ω の各抵抗と 100pF コンデンサなどが同封されています。

キットの製作は、まず部品表に照らし合わせて部品のチェックを行います。部品を間違えて取り付けると動作しないばかりか、部品を破損してしまいます。回路と部品実装図を見ながら基板に部品を取り付けて、ハンダ付けを行います。トランジスタ、タンタルコンデンサ、高周波トランスは取り付け方向があるので注意をして作業を行います (写真 2)。

高周波トランス (写真 3、図 5) は、基板のパターン面に両面テープで貼り付けてから、6 本のリード線を赤、緑、茶色の各色に注意して、パターンにハンダ付けをします。リード線の被覆はウレタンなので、ハンダごてで加熱することで溶かすことができます。

ハンダ付けした部品の高さには注意が必要で、ケースと接触しないように 13mm 以下になるようにします。

基板ができたなら、2 個の基板用スペーサを使って、ケースのフロントパネルにネジ止めをします。次に、M 型コネクターのグラウンドラグと基板をハンダ付けしてから、M 型コネクターのナットを締めて取り

## 試験に出てきたブリッジ回路とノイズブリッジの関係

図のように、4 個の抵抗により電流を二つ経路に分けて、各通路の途中の a 点、b 点の電圧  $E_a$ 、 $E_b$  の差がゼロになること、つまり  $E_a = E_b$  になることを利用する回路をブリッジ回路と呼びます。a-b 間の電圧差がゼロになるのは、

$$R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$$

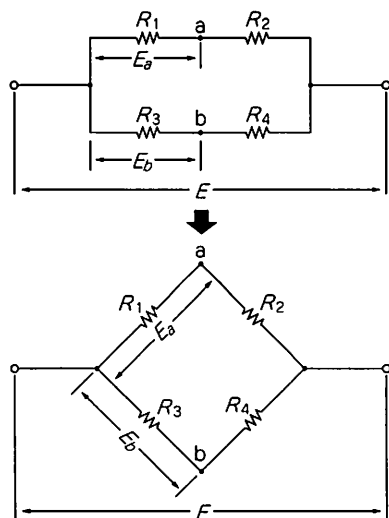
が成立するブリッジがバランスした状態で、このとき、a-b 間に入れた電流計の振れがゼロになります。ブリッ

ジ回路では、4 個の抵抗のうち 3 個の抵抗が決定されれば、バランスするときの、残りの抵抗値を計算することができます。

$R_2$  を求める場合は、

$$R_2 = \frac{R_1 \times R_4}{R_3}$$

となります。



$$E_a = E \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$E_b = E \times \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$E_a = E_b$  にするためには

$$E \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = E \times \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$R_1 \times (R_3 + R_4) = R_3 \times (R_1 + R_2)$$

$$R_1 \times R_3 + R_1 \times R_4 = R_3 \times R_1 + R_3 \times R_2$$

$$R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$$

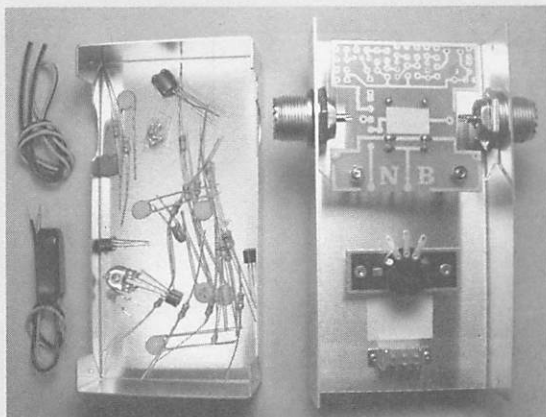


写真1 (有)スワンテックのノイズブリッジ(キット)のパーツとケース

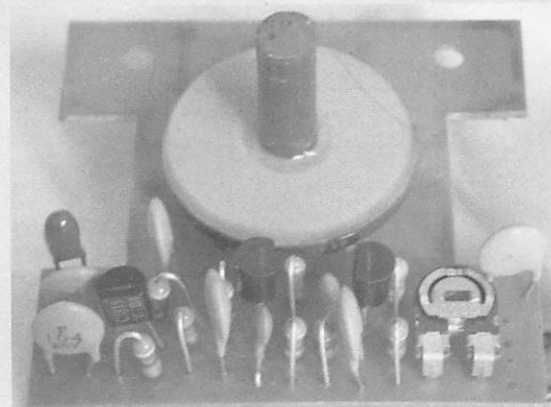


写真2 主基板へのハンダ付けが終わったところ

付けます。

最後にアンテナコネクタと基板のパターンに82pFのマイカコンデンサを取り付けて、並列にジャンパー線を飛ばして調整をした後、ジャンパー線をカットします。ボリュームと基板の配線は、写真のようにジャンパー線で行います。最後にスイッチ、電池スナップ、基板の配線をプラスとマイナスに注意して行い完成です。

## 調整

受信機とノイズブリッジのRCVR端子間を同軸ケーブルで接続して、9Vの電池を取り付けます。受信機はSSBモードとし、使用する周波数にしてノイズブリッジの電源をONにします。うまく働いているのなら、ノイズが聞こえてSメーターが振れます。ノイズの振れが大きい場合は、受信機のアッテネータを動作させます。ノイズ出力調整用の30kΩの半固定抵抗は、中間くらいの位置にしておきます。

最初にバリコン(VC)の調整を行います。パネルのVRをゼロオーム(左回し端)にし、82pFの両端をシ

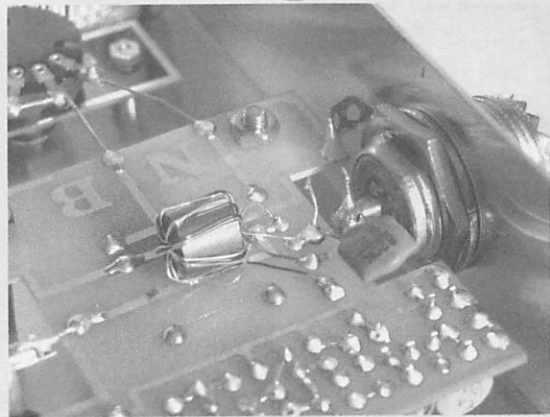
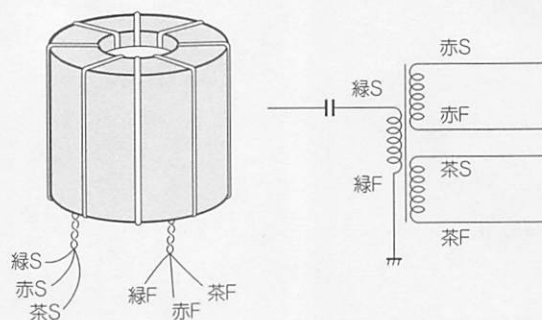


写真3 主基板裏側へ高周波トランスを付ける。これが一番難しい箇所

図5 高周波トランスの巻き方



ョートしてANT端子に100pFを仮接続します。そして、バリコン(VC)を回すとSメーターの振れが少なくなる場所が見つかるはずですが、これがバリコンの100pFの位置となり、この位置を覚えておきます。

次に、82pFの両端のジャンパー線を外し、ANT端子に50Ωの抵抗を仮接続してVRとVCを回してSメーターが小さくなる場所を探します。すると、Sメーターはほとんどゼロになりますが、この操作は非常に微妙なのでゆっくり行います。また、これは先に覚えていた位置になるはずですが、このVCの位置がリアクタンス分がゼロの点で、VCのつまみのマーク(▲)とパネルのマーク(▼)を合わせてつまみをネジ止めします。このマークを境にVCの容量の大きいほうが $X_L$ インダクティブで、その反対側が $X_C$ キャパシティブになります。

最後はVRの校正です。VCは(▲)にして、ANT端子に50Ω抵抗を仮接続します。VRを回してSメーターの振れが小さくなる場所が50Ωなので、つまみの目盛板のマーク(50▲)とパネルのマーク(▼)を合わせてつまみをネジ止めします。次に、50Ωの

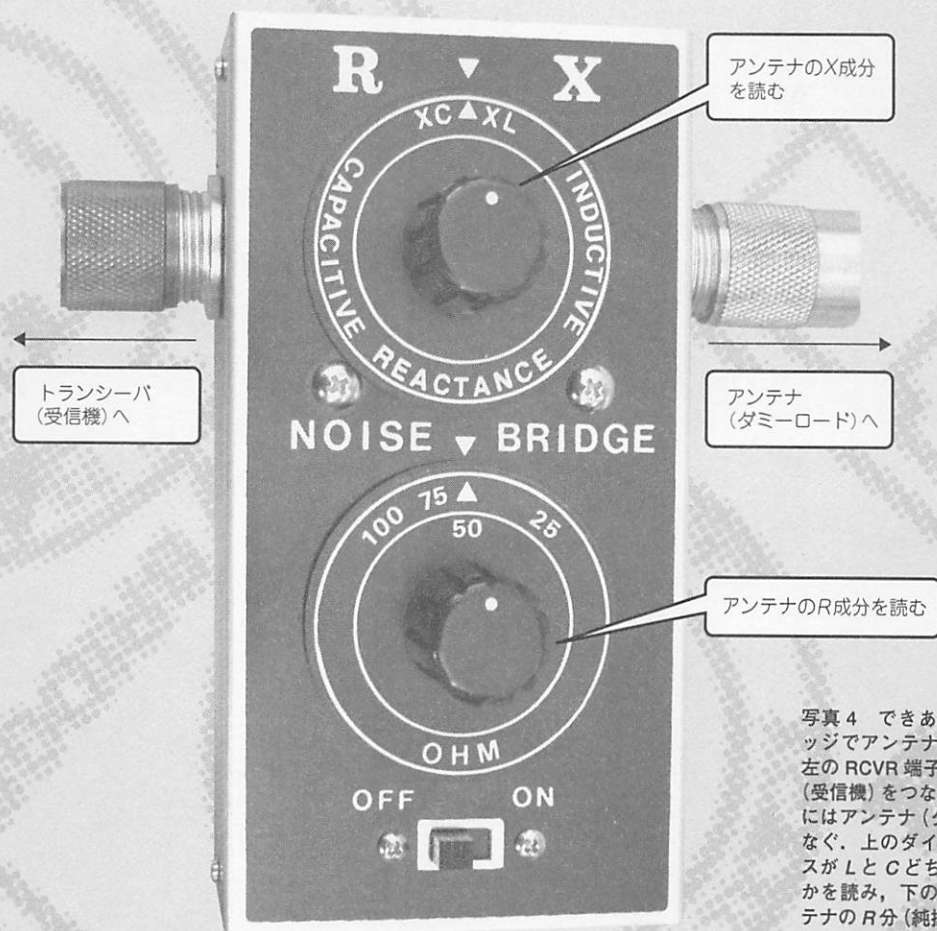


写真4 できあがったノイズブリッジでアンテナを調整する。本体左の RCVR 端子にはトランシーバ (受信機) をつなぎ、右の ANT 端子にはアンテナ (ダミーロード) をつなぐ。上のダイヤルでリアクタンスが L と C どちらに傾いているのかを読み、下のダイヤルではアンテナの R 分 (純抵抗分) を読み取る

抵抗を並列に仮接続します。これで  $25\ \Omega$  になるので、S メーターの振れが小さくなったところで目盛板にマークをします。同様に  $75\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$  を仮止めしたあと、その値をマークして作業は終了です。校正抵抗が  $50\ \Omega$  より大きくなると、S メーターのドロップ (ディップ) がわずかになるので注意深く行います。

## ノイズブリッジを使って調整してみよう

### アンテナのインピーダンス測定

アンテナのインピーダンスは、周波数を変化させながら測っていくと、図6のように考えることができます。写真4のようにノイズブリッジを使って、測定したい周波数で受信機の S メーターが低下するときの抵抗値を読み取ります。それがアンテナのインピーダンスになります。

### アンテナの共振周波数測定

ノイズブリッジのダイヤルを  $50\ \Omega$  にセットして、できるだけ短いケーブルで受信機に接続します。測定したいアンテナをノイズブリッジにつなぎ、受信機の

周波数を可変して S メーターの振れが最小になるか、またはノイズ音が最少になるようにします。次に、ノイズブリッジのダイヤルを回して、同様にノイズが最少になるように調整します。この操作を交互に行うと、精度のよい測定ができます。

最後に、受信機のダイヤル位置からアンテナの共振周波数を、ノイズブリッジのダイヤルからアンテナのインピーダンスを読み取ります。

### アンテナの調整

ノイズブリッジを使って、アンテナの調整を行う方法をフローチャート (図7) に示します。このときに注意すべきことは、アンテナとノイズブリッジを接続する同軸ケーブル長を、目的周波数の  $1/2\ \lambda$  の整数倍 (電気的) にしておくことです。もし、同軸ケーブルが  $1/2\ \lambda$  の整数倍長でなかった場合、アンテナ給電点のミスマッチングのようすを正確に測定できなくなるからです。逆に、同軸ケーブル長が  $1/2\ \lambda$  の整数倍長なら、給電点の SWR が手元でほぼ正確に知ることができるのです。ただし、完全にマッチングが取

## アンテナインピーダンスと SWR

SWR (定在波比) は、送信電力と反射電力から計算で求めることができますが、アンテナの入力インピーダンスと同軸ケーブルのインピーダンスから理論的に計算で求めることができます。

$$SWR = Z_a / Z_l \text{ または } SWR = Z_l / Z_a$$

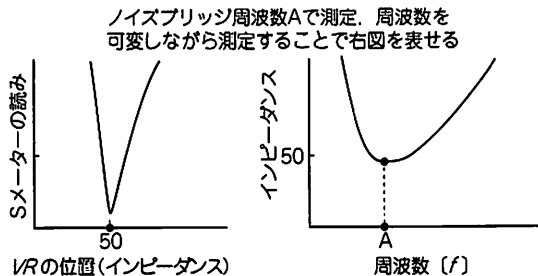
(分母はいずれか小さいほう)

$Z_a$  : アンテナのインピーダンス

$Z_l$  : 同軸ケーブルのインピーダンス

同軸ケーブルが最適長であれば、 $Z_a$  は同軸のトランシーバ側で正確に測定ができ、アンテナが共振周波数状態 ( $X=0$ ) であれば、 $Z_a$  はノイズブリッジの  $R$  ダイアルの値と等しくなるので SWR を計算できます。

図6 アンテナのインピーダンスとノイズブリッジの  $R$  目盛りの例



れている場合は、同軸ケーブル長に関係なく (理論上は)  $R=50\Omega$ ,  $X=0$  となります。この同軸ケーブル上の定在波のようすを図8に示します。

ここで注意が必要なことは、 $1/2\lambda$  の整数倍というのは電気的な  $1/2\lambda$  の整数倍のことであり、同軸ケーブルの短縮率をかけた長さになることです。

アンテナをノイズブリッジを使って測定してみても、 $X=0$  でないときは共振していないことになります。そのときは、エレメント長やローディング・コイルを調整して  $X=0$  に、つまり共振させるようにします。最後にマッチング回路などを使って  $R=50\Omega$  に調整します。

### ダイポールアンテナを作る

実例として、ノイズブリッジを使って 50MHz のダイポールアンテナを調整をしてみることにします。

前述のとおり、 $1/2\lambda$  の整数倍の同軸ケーブルを用意しますが、3m ではなく 2m にします。確かに、50MHz の空間中における  $1/2\lambda$  は 3m ですが、同軸ケーブルの短縮率 (一般的には 0.67、製造メーカーにより異なる) が効いてくるのです。試しに、2m の同

図7 ノイズブリッジを使ったアンテナ調整のフローチャート

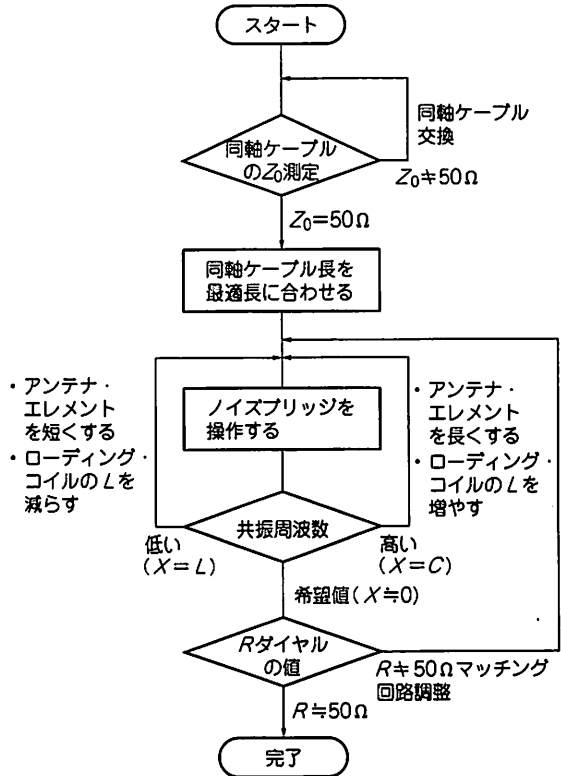
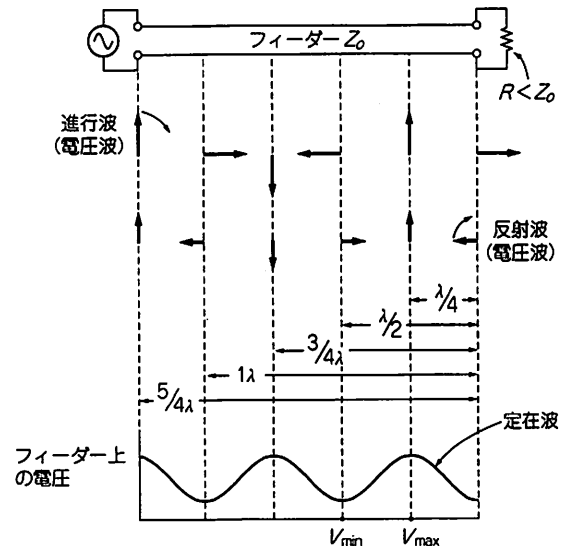
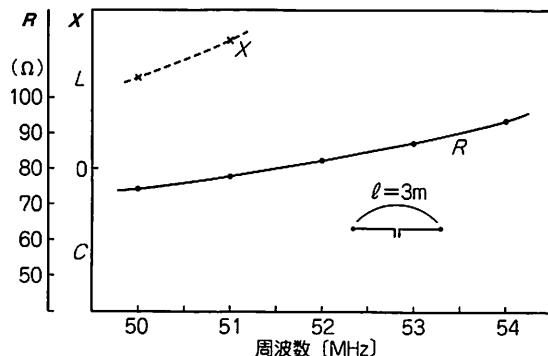


図8 同軸ケーブル上の定在波のようす



軸ケーブルの一方をノイズブリッジに、他方に 75  $\Omega$  のダミーロード (抵抗) を接続します。ノイズブリッジの  $R$  ダイアルを 75  $\Omega$ ,  $X=0$  にして受信機の周波数を変化させます。そして、Sメーターが最小になる周波数が 50MHz のとき、その同軸ケーブルが 50MHz の電気的な  $1/2$  波長に相当することになります。

図9 エレメント長が3mのときのRとX



調整段階で、実際の運用で使用する長い同軸ケーブルを使うと正確に測定することが難しくなるので、すべての調整が終わったあとで長い同軸ケーブルに交換します。

50～54MHzにおける、ダイポールのエレメント長が3mのときの測定結果を図9に示します。50MHzではリアクタンスが $X_L$ （インダクティブ）を示しており、共振周波数が低いようです。そこで、エレメントを短くして2.85m（図10）にすると、50MHzでは $X=0$ となり共振したようです。また、エレメントを2.80m（図11）にすると、 $X=0$ の周波数は51.0MHzになり、50.0MHzでは逆にリアクタンスが $X_C$ （キャパシティブ）となっています。アンテナの調整とは、つまりリアクタンスをゼロにすることです。

ダイポールアンテナがリアクタンスゼロとなるときの入力インピーダンスは、 $R=65\Omega$ （51MHz）なので、50Ωや75Ωの市販されている同軸ケーブルを直接つなぐことができます。また多素子の八木アンテナの入力インピーダンスは、2素子で35Ω前後、3素子で25Ω前後とやや低くなるので、同軸ケーブルとアンテナの間にインピーダンス補正を行うマッチング回路が必要になります。

## こんな使い方もできるノイズブリッジ

### 抵抗、ダミーロードの周波数特性

ノイズブリッジを使って、アンテナ調整以外にも抵抗の周波数特性を測ることができます。ノイズブリッジの目盛りの校正をしたときの要領で測定します。

実際にそうやって測てみると、セメント抵抗やホーロー抵抗の高周波特性が悪いことがわかります。ノイズブリッジの可変抵抗器が100Ωなので、測定できる抵抗は0～100Ωとなります。可変抵抗器を200Ωにすれば測定範囲を拡大できますが、逆に50Ω付

図10 エレメント長が2.85mのときのRとX

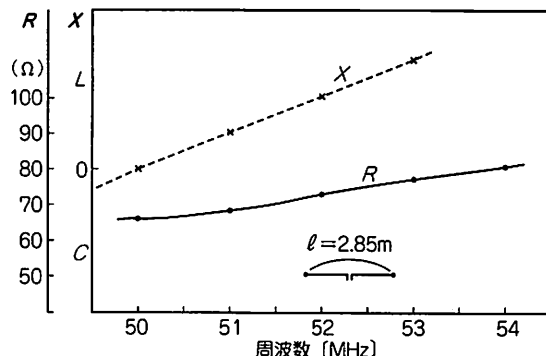
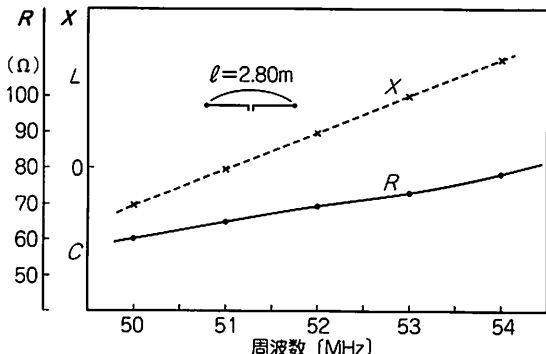


図10 エレメント長が2.8mのときのRとX



近の測定精度は低下します。

### 同軸ケーブルやコネクタのテスト

我々ハムがよく使う50Ωの同軸ケーブルは、長期間使用していると浸水や紫外線の影響により劣化を起こします。ノイズブリッジを使って、古い同軸ケーブルがどんな状態なのか、調べてみることができます。

トランシーバ、ノイズブリッジを接続します。ノイズブリッジのANT端子には、アンテナの代わりに50Ωのダミーロードを取り付けて測定し、50Ωであれば正常です。トランシーバの周波数を変化させても50Ωに変化はないはずです。同様にして、同軸コネクタについてもテストすることができます。

（なかやま・のぼる）

#### 参考文献

- 1) エレクトロニクス製作アイデア集①センサー編、CQ出版社 ノイズブリッジ、重量計
- 2) RFノイズブリッジキット製作資料、(有)スワンテック

#### ●キットの入手について

- 1) ノイズブリッジオール・キット…4000円（送料とも）。送金方法などについては下記までご連絡ください。