

---

難しいことをやさしく、やさしいことを面白く、面白いことを深く探究する

---

楽しい自作電子回路雑誌

# CirQ



## CONTENTS

- 2. 原点 創作への第一歩(2)
- 2. 糸でんわ(8) 記録への挑戦
- 7. 電波天文(4) 自分で作る電波望遠鏡
- 11. 流星の音(2) 電力線による妨害を和らげる  
ハイパスフィルタをつくる
- 12. 「LもCも104」のAM用LPフィルタ
- 14. FCZコイルの等価回路を求める。
- 17. 読者通信 18. 雑記帖

# 009

---

MAY 2005

## やさしい通信技術入門講座 (8)

# 糸でんわ

## 記録への挑戦

### 実験 26 粉雪の中の 200m

「ビューーー もしもし・・・ビューーー」

2005年3月18日17時、粉雪が強い風にあおられて舞い、ぼつぼつ薄暗くなり始めた長野県下高郡山の内町奥志賀高原の一角のことです。

糸でんわのカップの中から「ひゅうーー ビューーー」という風の音が間断なく聞こえています。実験相手は200m先にいるJA1IVQ藤田さんですが、雪が舞い上がると時々藤田さんの姿が見えなくなります。

耳をすますと風の音の合間に、微かに、「もしもし、

聞こえますか?・・・」という声が聞こえました。「聞こえますよ、こちらの声は聞こえますか?」「聞こえます。完全に聞こえます。メリット3ぐらい」「糸でんわの記録が200mにのびたのですね」「風がなければバッチリですね」「おめでとうございます。」

そのときの実験メンバーであるJA1IVQとJA1XPO金城さんと私JH1FCZ大久保の3人は、もう完全に暗くなってしまった雪の中で寒さも忘れて糸でんわのDX記録の達成を喜びあいました。



糸でんわの先にいる相手は遠くて写真に写らない

## 創作への第一歩 (2)

キットを作るということは「ものまね」です。この「ものまね」という言葉にはどこかに卑下した響きを感じられます。しかし考えてみて下さい。この世の中に存在する人間が作り出したもののほとんどが物まねではないでしょうか。

例えば、自分では新しい回路を創作したと考えます。しかし、そこで使った真空管なり、トランジスタ、FETはすべて過去の人を作り、基本的な使い方もすでに確立されていました。抵抗やコンデンサについても同じ事が言えます。それを組立てたプリント基板だって誰かが考えたものですし、結線に使ったハンダだって、工具類も誰かが考えて作られたものです。それらの使い方すらすでに誰かが発表していた事でしょう。



こうして考えて行くと「100%オリジナル」などという代物はこの世の中には存在しないことになりますし、ここまでブレイクダウンして考えれば、

いろいろな回路や使い方をジグソーパズルを組み合わせる感覚で組み合わせる事によって新しい回路(回路だけでなくアンテナでも工具でも良い)を作る事は立派な創作だといえます。

問題はあなた自身がジグソーパズルのチップを何枚持っているかという事です。そしてそのチップをどう組み合わせるかという事が次の課題です。

ジグソーパズルを組んで行って、どうしても持っていないチップがあった場合、それを自分で作るということが「創作」だと考えれば多分気が楽になるでしょう。



糸の中間点からの相手、雪が舞うと見えなくなる

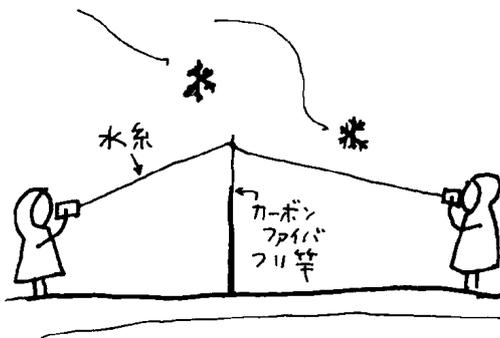
もちろんその夜のビールの味が最高だったのはいうまでもありません。

### そのときの装備

この実験で使った伝送糸は200mの水系です。軽い水系ですが、さすがに200mともなると中央部にたるみが出て雪面に触ってしまうので、糸の中央部を6mのカーボンファイバー製の釣り竿で釣り上げました。釣り竿の先端は細くしなやかなので糸の振動を止めてしまう事はないと考えたからの対策でした。

TRカップは初め、ブリキ製の小型バケツを使用しました。バケツの寸法は、口径130mm、底径100mm、長さ100mmです。

このバケツで記録が出来たわけですが、何となく音がこもりがちなので、後に紙コップに交代してみました。



雪のなかでの実験

その結果は、信号レベルは少し下がりましたが音質はスッキリしました。RSレポートでいうと24が33になった感じでしょうか。それに風によるQRM(混信)が加わります。そんな具合ですから相手の信号を聞き直す事もたびたびありました。

### 実験27 欲が出る

あっさり予定した記録が出てしまうと「もう少しは伸びそうだな」という話になりました。しかし持ち合わせの水系はあと10m程度しかありません。しかし、「10mでも記録は伸ばすべきだ」という事になり次の19日再度記録に挑戦する事にしました。

この日、JA1IVQは家に帰る事になり、代わりにJR3DKA 大原さんがメンバーに加わりました。

伝送糸は前の日より10m伸びて約210m。風も納まって絶好の糸でんわ日和です。前日経験していますから準備は順調に進みました。そして記録は前日邪魔をしていた風によるQRMも無くなって43ぐらいに上がりました。使用したカップは紙コップです。

これで記録は更に伸びました。

### 実験28 伝送速度は空気より早い

糸でんわには電気的な増幅器がついていませんからどうしても大きな声でしゃべるようになります。昨日と違って風がなくなったので、相手の声がとても小さいのですが時々、直接聞こえて来ました。

それが何となく糸でんわを通じて聞こえる声と二重



バケツ、紙コップ、水系、カーボンファイバ釣り竿

になって聞こえるような気がしました。

そこで先方に大きな声で「アー」といってもらい、終わりを「パツ」と切ってもらうようにたのみました。

結果は、糸でんわで「アーツ」が切れると、その後で空気を伝わって来た音(つまり普通の声)が「アーツ」と聞こえました。完全に糸でんわの方が伝送速度が早いという事がわかりました。糸でんわの糸の中を信号が超音速で走っていることになります。

### 記録を 188m に訂正

記録を更新した場合、正式な交信距離を計り直す必要が有ります。

200mを越す糸の長さを正確に計るということはすごく難しいことです。幸い私は電線の長さを計る、ローラー回転式のコードスケラーを持っていました。これを使って計れるのではないかと考えたのですが、10mの水糸を 実際 に計って見ると計る度に誤差が出てしまい、正確な数字を出すことが出来ませんでした。

この原因は水糸が性質上滑りやすく、ローラーの上でスリップすることによって起ることがわかってきました。

そこで2つのローラーの間を単に通すのではなく、測定用のローラーに水糸を一回巻きつけて見ました。

その結果、何回も 10mの水糸を 9.86mと表示させることに成功しました。

いよいよ水糸の長さの測定です。それにしても実験に使った水糸は長かったです。

測定が終わりました。コードスケラーの表示は



コードスケラーと電線リールを改造した糸巻きー

何と「186.06m」です。これに 10/9.86 の係数をかけても、188.7mにしかなりません。これはショックでした。

しかし、落ち着いて考えてみればあたりまえの話でした。と、いうのは、もともと水糸は200mしか買っていないからです。初めに買った 100mの一部をいろいろな用途に使っていたのですが、そのことが頭の中から完全に蒸発してしまっていたのです。

すごく残念でしたが、仕方がありません。交信記録を 188m に訂正いたします。

### マツハ 2.11 ?

実験のまとめをする際に伝送糸である水糸の中を走る音の速度を計算してみました。

まず必要なのは実験をしたときの気温を  $-3^{\circ}\text{C}$  として、このときの音の伝わる速度です。空気中を伝わる音の速度は、

$$V = 331.5 + 0.6 \times t = 329.7$$

$$V = \text{音の伝わる早さ m/sec.} \quad t = \text{温度}^{\circ}\text{C}$$

で表わされますから、 $-3^{\circ}\text{C}$  のときの音の速度は  $329.7\text{m/sec}$ . ということになります。

したがって 188m の距離を音が伝わってくるのに要する時間は、

$$188 \div 329.7 = 0.570$$

の計算から 0.570 秒かかることになります。

糸でんわと空気中を伝わる音の時間差は感じとして大体 0.3 秒位でした。この値はあくまで「感じ」という領域を出ていませんから正確な数値を算出する事は出来ませんが、概念を得るために計算することにしました。

空気中を伝わるのに必要だった時間は 0.637 秒で、糸でんわを伝わるのに必要だった時間はそれより 0.3 秒短い事になりますから、その差、つまり糸でんわを伝わるのに必要だった時間は

$$0.637 - 0.3 = 0.337(\text{秒})$$

ということになります。

そのときの速度は、0.337 秒かかって 188m 伝わったのですから

$$188 \div 0.270 = 696.29(\text{ m / sec.})$$

ということになります。

この速度を $-3^{\circ}\text{C}$ のときの音速でわると、

$$623.14 \div 329.7 = 2.11$$

となりますから、超音速の単位であるマッハで示すと実にマッハ2.11だったということになります。

糸でんわの糸の中をあなたの声が超音速で走っているという事をあなた自身信じる事ができますか？ これは大発見でした。

## 実験 29 MD による録音

今回の実験を記録するためにMDによる録音を試みました。

受信用のカップの中にマイクを突っ込んで録音するという至って原始的な方法で録音したのですが、人間の耳で判読出来ない弱い信号であっても録音機のアンプによって了解度が抜群に良くなる事が分かったのです。

もちろんそれで記録を伸ばすのはメカニカルな糸でんわとしてモラル上許されませんが、それが聞こえるという事は信号はたとえ弱くてもS/Nは思いのほか良かったという事です(マイクの方が人間の耳より感度が高い)。

受信した信号をメカニカルな方法で大きくする方法も次の課題となる事でしょう。

また、伝送速度の測定実験の結果も録音したのですが、今の所測定値としてはうまく処理出来ていません。

したがってさきに表現したマッハ2.11という数字は残念ながら確定するには至りませんでした。糸でんわの伝送速度が超音速であることだけは間違いまちがない事実として判明しました。

## 今回の実験考察

### 実験場所

糸電話の実験をやるのにはまっすぐの土地が必要です。しかも人や車の出入りのあるところでは糸が引っ掛かったりしたら困ります。都会地では数100mのまっ直ぐな土地で、騒音もなく、人の出入りのないところ

なんてまずありません。また、都会地では騒音もなく静かだと思われる土地でも糸でんわにとっては致命的なレベルの騒音が存在するものです。

都会では難しいという事になると「山の中」になるのですが、去年の経験で夏の山の中は蝉の声に邪魔されてとても糸でんわどころの騒ぎではありませんでした。野や山は静かだと考え易いのですが、鳥の声、昆虫の声、川の音、木の葉のさざめきの音等いろいろな雑音がある事も分かって来ました。

以上の事情を考慮して糸でんわの実験に適している条件としては……、

- (1) 山の中
- (2) 近くに人家のない事
- (3) 近くに川が流れていない事、海の波の音も邪魔になる。
- (4) 人や車の往来のないところ
- (5) 道、または空間が数百メートルの直線で糸が張れる所
- (6) 季節は冬、(木々に葉がない時、鳥や昆虫がいない)
- (7) 雪が積もっている事(雪は吸音材として優れている)
- (8) 風の静かな所

と、いった条件が考えられます。

今回実験したところは、あらかじめこれらの条件をほぼ満足しているだろうと考えて実験場所として決定しました。

ただ、「風の吹かない静かな所」はなかなか難しく、初日には風の影響をかなり大きく受けましたが、次の日は風も止んでほぼ理想的な条件出実験する事が出来ました。特に夜、風が凧になる頃が最適でした。(寒さは厳しかったですが)

この場所は、幸いなことに工夫すればまだあと200mくらいの場所は確保出来ますから、まだまだ記録更新の可能性は十分あると期待しています。

また、谷越えの良い場所も見つけましたから、間に釣り竿を立てなくてもかなり長い距離の通信が可能になると思います。

ただ、実験場所が遠いので1年に数回しか実験出来ないのが玉にきずですが……。



谷越えの良い場所



SS 高速線

### 糸電報

糸電話のDX記録はTRカップの改良がない限りあと100mくらいが限界のような感じがしました。それには地声のQROも必要でしょうが……。

それ以上記録を伸ばそうと考えると、「糸電報」つまりCW(モールス符号による通信)が有効ではないかこの時のメンバーの意見が一致しました。

なぜかといいますと、糸の長さが長くなるとどうしても信号の減衰が大きくなります。この事を克服するには送信側から発する振動を大きくする事が第一だと考えるのです。しかし、人間の声にはおのずから限度がありますから、直接送信用の振動板を振動させるCW信号が作れば人間の声による振動よりかなり大きなものになり得ると考えたのです。

糸によるCWが良いとしても電気を使ってCWを作るのでは糸通信としては邪道だと思いますし、また面白くありません。

どうやら電気を使わないでCW(A2)信号を作る事というのが次の宿題になりそうです。

また、CWを採用するにしてもCWの信号だけを周囲の騒音から浮き上がらせる細工(フィルター等)を考える事も重要な要素になりそうです。もちろんその装置にも電気を使わない事はいうまでもありません。

### こぼれ話

雪の中で糸でんわの実験をして始めてわかったのですが、雪が風に舞う音が糸に伝わって聞こえてくるといことは、記録更新というドラマの進行を邪魔して

しまうのですが、一方では効果音としてムードを最高に盛り上げるものでもあったと思います。

実験をやった場所は、積雪が2mもあるというところでした。したがって電線がとても低いところに張ってあるように見えるのです。

高圧線、電灯線、電話線の並んだその下に「SS高速線」というマークのついた線が張ってあったのです。

世の中は変わったものです。いつもはほとんど人の住んでいないこの地にもコンピュータ用の信号線が通っているのですね。

しかし、もっと面白かったのは、そのすぐ下に私たちの糸でんわの黄色い線が張ってあった事です。この線だって空気を媒体としている音の速度より速い超音速の記録を作ったのですから高速線だったのです。

今回の実験に関する写真の撮影とMDIによる録音はJA1XPO 金城さんが担当してくださいました。

**おわびと訂正** 本誌006号の8ページ、実験20の一番初めに、「JA φ CQO 小林さんから……」という記事がありましたが、これは「JA1IVQ 藤田さん」の誤りで、「大連で幼稚園の保母をやっている娘に話したら『私たちの幼稚園でもやったことがあるよ……』とっていました」の間違いでした。

私の勘違いからお二人の方に大変ご迷惑をおかけしました。お詫びすると共に訂正させていただきます。



実践編のスタート

前号までの電波天文の歴史はいかがでしたでしょうか。今回はCirQ誌らしく、電子工作により組み立てる、簡単な電波望遠鏡について紹介いたします。本来はまず天体電波放射のメカニズムを説明すべきかもしれませんが、ジャンスキーやリーパーに習って実践してみましょう。仕組みを理解して電波を受けると、電波望遠鏡がシンプルな原理の観測装置であることがお分かりいただけると思います。高感度な受信機が容易に手に入る時代です。たまには宇宙からの電波に耳をすましてみませんか。

誰でも出来る宇宙電波観測

読者全員ができる宇宙電波観測です。FMラジオかアナログテレビの前に行って電源をONにしてください。次に放送が無い周波数、または放送の無いチャンネルに合わせます。FMラジオの“



図1：誰でもすぐに始められる宇宙電波観測

ザー”という雑音は、宇宙電波の雑音と受信機の雑音が足し合わされたものです(図1)。

アナログテレビに映る“砂の嵐”も宇宙電波の雑音とテレビの内部雑音の足しあわせです。

FM放送の80MHz、アナログTV放送の200MHzあたりでは電離層はたいていスカスカで、宇宙からの電波は受信機に入ってきます。VHFで強い天体電波は太陽、星が密集する天の川の銀河電波、銀河中心巨大ブラックホールのいて座Aなどです。但しFMラジオの雑音や、画面を見ているだけでは宇宙電波を識別することはできません。なぜなら放送を受信するときはS(信号)とN(受信機雑音)で、SとNの比較です。しかし天体電波の雑音N★と受信機雑音Nは性質が同じ雑音です。聴覚ではなく受信機に現れる雑音の総和を測定して天体電波を判別したほうが良いでしょう。

受信機とバックエンド

次にすこしだけ本格的な電波望遠鏡の構成です。普通のラジオや通信型受信機はアンテナからの電波を

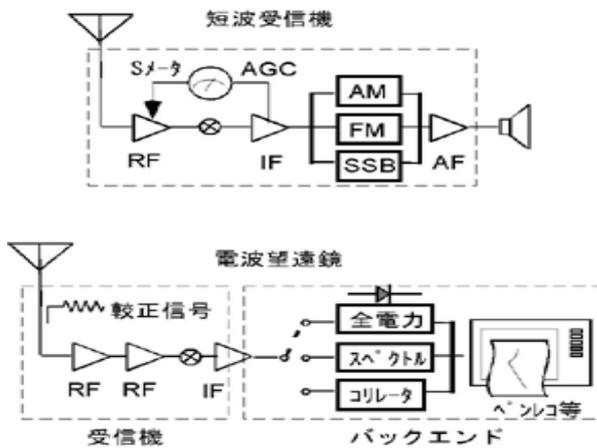


図2：短波受信機と電波望遠鏡受信機、バックエンド装置の位置づけ

増幅・検波する機能は一つの箱に入っており、一体で“受信機”と呼ばれています(図2上)。電波望遠鏡で“受信機”と呼ぶのはアンテナに接続される最初のRF低雑音アンプとその周辺です。リーパーの失敗原因のところでも述べましたが、最初のアンプが悪ければどんなに大きなパラボラで電波を集めても、アンプの

雑音で宇宙からの雑音のほうが埋もれてしまいます。受信機の出力を料理するのがバックエンドです(図2下)。短波受信機ではAM/SSBなどの受信モードがあるように、電波天文観測では全電力検波(トータルパワー観測)、周波数分析(スペクトル分光観測)、電波干渉(コリレータ)などの観測方法があります。受信機とバックエンドを組み合わせながら目的に応じた観測を電波望遠鏡は行います。

### 短波受信機などを使った電波望遠鏡

#### (1) Sメータ観測法(梅コース)

それではいちばん簡単な電波望遠鏡を手近な機器で

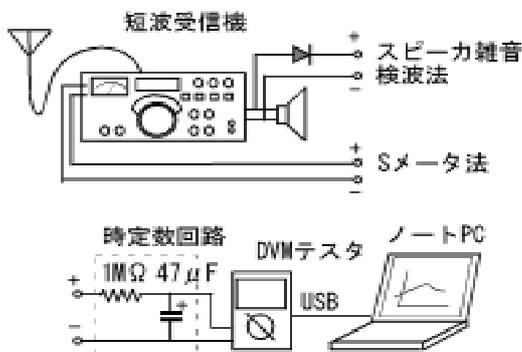


図3: Sメータ観測法とスピーカ雑音観測法、2つの簡単な観測方法。後者では観測中に音量ツマミに触れてはいけない。また、最初からSメータが振るほどノイズが多い場合は使えない。



図4: 短波受信機FRG-7700からSメータの電圧を取り出して測っている様子

作ってみましょう。

用意するのはワイヤーアンテナ、アナログSメータの付いたゼネカバ受信機、連載の一回目で作った時定数回路とテストを用意してください。(図3、4)に示

すようにSメータの後ろに時定数回路を経由してDVMテストを接続し、受信機は人工電波の無い周波数にあわせませす。ゼネカバ受信機のSメータは強度の違う通信を均一な音量で聞くためにAGC(オートゲインコントロール)という回路が入っています。AGC回路が高周波増幅部で検波を行いSメータに表示している信号強度をトータルパワー観測用に拝借して使う方法です。Sメータ観測法の欠点は、AGCがある程度以上の信号強度にならないと働かないように設定されているため、強力なパースト電波でないと検出できないことです。つまり、太陽のパースト電波、雷などバリバリというような雑音電波は受信可能ですが、Sメータが振らないような微弱なレベルの雑音信号増加はこの方法では捉えることが難しくなります。

FRG7700受信機で一晩観測してみましたが、何も受け取りませんでした。

#### (2) スピーカ雑音検波法(竹コース)

次に挑戦するのはスピーカからの低周波信号の雑音を検波する方法です(図3)。高感度とするために受信機の中にあるRF高周波信号(またはIF中間周波数)を検波したいのですが、回路がわからないままいじると壊してしまう危険があります。これに比べスピーカ端子なら簡単です。AMモードで検波されたあとの低周波雑音をもう一度検波して直流電圧にします。

(1)のSメータ法に比べるとメータが振れないレベルの信号に対して有効ですが、検波できる帯域が可聴周波数の範囲(1kHz程度)で狭くなります。また音量ボリュームを変えてしまうとレベルが変わってしまいます。そして強い信号が入ってSメータが振れてしまえば音量はAGCで調整されてしまう欠点があります。

(図5)はスピーカ雑音検波法で3日間500kHzを観測した結果です。太陽が昇る時間帯に毎日雑音電波が強くなっています。これは太陽放射によって上昇する電離層からの雑音で、天体電波そのものではありません。また、人工雑音らしい雑音も入っています。残念ながら3日間の間に太陽電波パーストや雷はありませんでしたが、日々装置を仕掛けて出勤、帰宅して観測結果をチェックするのは楽しいものです。

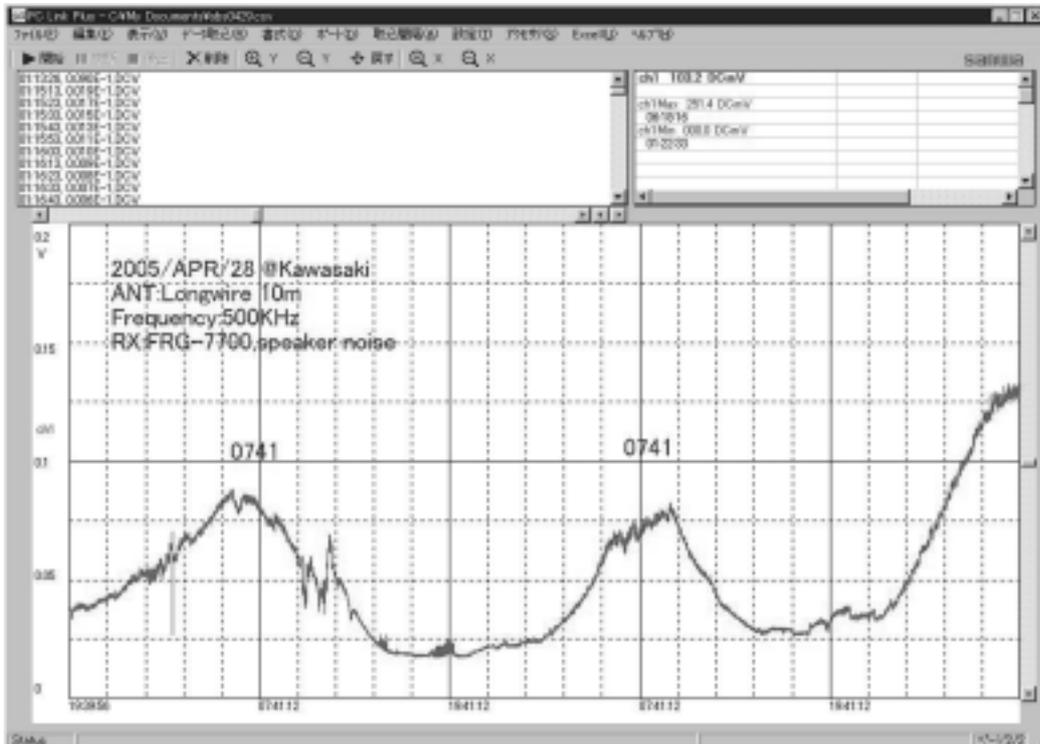


図5：スピーカー雑音観測による3日間の500KHz観測データ。  
毎朝7時頃に雑音が最大になっている。



図6：同調形アクティブアンプの一例、MFJ-1020C

(3) 専用低雑音プリアンプを使った雑音検波法(松コース)  
スピーカー雑音検波法がなんとなく子供だましに思える方は、選択度の高いプリアンプを用いると各種の周波数で高感度観測が行うことも可能です。(図6)はアメリカの無線機器会社MFJから発売されている同調形アクティブアンプ1020C(\$80)です。FCZ寺子屋キットのプリンプ(21MHz)を2段にしても良いでしょう。このような回路を、(2)で用いた検波器の前に置けば、ダイオードの感度は数100MHzまで伸び

ていますので、立派な全電力測定用の電波望遠鏡です。静穏な場所でアンテナに八木を用いれば十分に銀河電波が狙えます。但し、プリアンプ方式では選択度が悪いと混信を受けやすく、周波数の選定が難しくなります。また都市部では周辺の雑音レベルが高く受信困難なケースもあります。プリアンプ雑音検波法は機会を見て実験してみる予定です。

#### DVMテストとパソコンを用いたバックエンド

最初はリーパーも買えなかったペンレコーダは今でも高価な記録装置です。また用紙、ペンも消耗品で、メカはメンテナンスも必要です。しかしリーパーのように不眠不休で電圧計を読み続けるのも辛いところです。リモート読み出しの可能なDVMテスト(三和電気PC-20、9980円)にUSB接続ケーブル(KB-USB、5800円)をPC-Linkソフトウェア(4000円)があれば、PCはペンレコーダ相当として使えます(図7)。時定数回路や検波回路を組みあわせれば、簡単なバックエンド装置です。検波回路のあとは時定数約10



図7：PCに接続するだけでペンレコーダ相当になる、三和電気PC-20とUSBインターフェース、PC-Linkソフト

秒で平均化されていますから、サンプリングを10秒に一回にして観測を行います。しばらく観察しながら、グラフの上限と下限を見やすいように調整してください。10秒に一度のデータ取得で一日のデータ量が約200KBになりました。また取得したデータはCSV形式という数列になりますので、エクセルなどの表計算ソフトに取り込み、表計算でさらに平滑処理をなどデータ処理を行い、グラフ加工することができます。

PCでデータを取り込む電波望遠鏡バックエンドの注意点は、PC自体が強力な雑音源であることです。調整のとき受信機の近くにPCを置き、アンテナ線がPCに近い位置にあると、PCからの雑音に影響します。ADSLも強力な雑音源ですので悪影響を感じたらモデムの電源を切りましょう。電波天文台ではPCをシールドケースに入れて使っている例もあります。また、雑音は電源経路で受信機に回り込むこともありますからコンセントは必ずして利用します。PC-20テストは内部電池で150時間連続測定が出来ます。(図5)の観測を行うとき雑音を最小にする試行錯誤を行い部屋の中で(図8)のように受信機、テスト、PCを離して設置しています。

### 今後の予定など

今回使った時定数回路の部品が手元に無い方には、部品一式を実費50円(ゲルマダイオード1N60、抵抗1MΩ、電解コンデンサ47μF、切手代用可、返信用封筒)で頒布します。希望するメールを、

<mx6s@ybb.co.jp>へ送ってください。

テスト一式は東洋計測器(www.keisokuki-land.co.jp)などから通信販売で購入することが出来ます。

実践編ではパラボラを用いマイクロ波での太陽電波受信を行います。最後に電波天体についての解説を行う予定です。

### (参考文献、参考資料、画像の引用元)

Amateur Radio Astronomy, Robert M. Sickels

MFJ, www.mfjenterprises.com

三和電気, www.sanwa-meter.co.jp/japan/product/dmm/pc20.htm



図8：PCからの雑音を最小にするため受信機、テスト、PCを離して設置、測定している室内の様子

### 訂正 前号の文を下記の通り訂正します。

(原文) 主役は荒れた太陽からの高エネルギー粒子による電離層に影響が及びます。”

(修文) 主役は荒れた太陽からの高エネルギー粒子によるもので電離層に影響が及びます。

# 流星の音

電力線ノイズを取り除く  
ハイパスフィルタ  
を作る

## 電磁波は直接耳で聞く事が出来る

前号でJF2NXS 岡田 格さんが書かれました「対馬のオメガ局が聞こえていた頃」によれば、大型のコイル(アンテナ)の出力をAFアンプにつなぐことによって、数100Hz以上の電磁波を音として直接耳で聞く事が出来る事が判りました。

この場合、電力線の50Hzまたは60Hzの音が受信の邪魔になる事は容易に想像されます。

そこで電力線による妨害を少しでも和らげるようなハイパスフィルタ(HPF)を設計してみました。 入力インピーダンスは1kΩです。 設計した回路を第1図に示します。

ここで問題になるのが、530mHと、260mHのコイルですが、商売柄このコイルは特別に巻いてもらいました。 フィルタに使うコイルはAF周波数帯においてQの高い物が要求されますので御注意ください。

コンデンサはフィルムコンデンサを使い474,473,223(0.47 μ F,0.047 μ F,0.022 μ F)の3本を並列接続して、0.539 μ Fとしました。 この組み合わせは、474と683の組み合わせでも良いでしょう。

部品が揃ったのでバラックセットを組み上げてみました。 将来、しっかり作り直す事を考えて部品のリード線は極力長いまま配線しました(写真1)。

## 特性を測定する

HPFとして組み上がったので特性を見て見ることになりました。

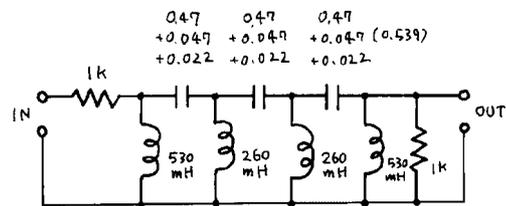
信号源としてAF発振器、出力電圧の測定にAFミリ

バルを使用しました。 測定周波数は広範囲に亘るためE6系(1,1.5,2,2.3,3,4,7,6.8,10)で33Hzから680kHzとしました。

測定結果を第2図に示します。

今回の実験は、コイルの完成が遅れたためここまでとしましたが、もしこれでも電力線からの妨害を受けるようだったら、別にノッチフィルタの製作もしてみたいと思います。

8月のペルセウス流星群までには是非システムとして完成したいと考えています。



第1図 AC除去HPF.

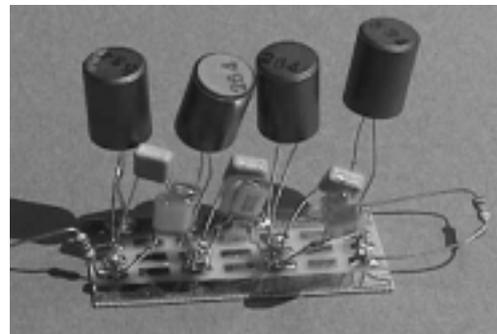
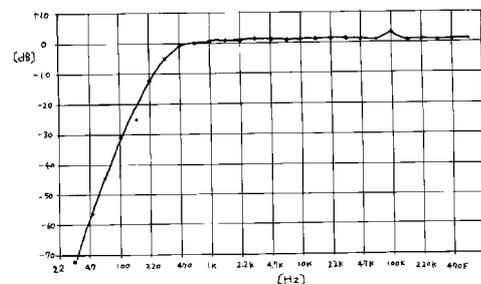


写真1 HPFのバラックセット



第2図 実測した周波数特性

雑音がスッと消える

# LもCも104

## AM用ローパスフィルタ

仁木 弘 JA3PAV

ひな祭りの頃、ローカル局の家でキャリブレーションのJR3G0X児玉OMとアマチュア無線応援団サポーターズのOMさんとともにアイボールしていましたが、104表示のコイルがあるのですが、使い道は発案できるでしょうか、ということになりました。

見ると、コイルは外側をコアが被っており7mm径12mm高の小型のFBなものでして104表示ですから100mHです。

サンプルをいただいて帰宅して早速、AM用フィルタ設計法を検討してみると極めて興味深い事柄が見えてきましたので試作しLPFとして設計・試作しました。その過程をご紹介します。

CWを聞くときに、よく使われるAFフィルタは、カットオフ周波数が、1kHz以下であり、製作には色々工夫をすることになりますが、カットオフ周波数が、3kHzのAM用のAFフィルタは、汎用部品で構

成が可能であり、比較的容易に製作ができます。それでは、苦手な、設計計算をはじめます。

### 1. ユニットフィルタ

フィルタの代表的な特性には、バターワース特性とチェビシェフ特性とがあります。

前者は、通過帯域が平坦ですがスカート特性がチェビシェフ特性に比べて少し甘いです。 後者は、通過帯域内で0.5dB程度の波をうっています。

今回は、一般に使用されているバターワース特性のAFフィルタを設計することにします。

計算には、苦手な複素数計算が必要ですが、ユニットフィルタの方法を利用しますと極めて簡単に設計計算が可能です。

これは、カットオフ周波数 $f$ を1Hz、特性インピーダンス $R$ を1 $\Omega$ としたときの、LとCで回路が設計されています(図1-1)。

これを見ると、 $\pi$ 型フィルタの場合には、 $L_0=2H$ (ヘンリー)、 $C_0=1F$ (ファラッド)で構成されています。スカート特性を重視するときには、この $\pi$ 型の基本形を複数段重ねて接続すればよいのです(アマチュア無線ハンドブックより)。

### 2. 周波数・特性インピーダンスの変換

一般にAFアンプに使用するには、カットオフ周波

数 $f$ は3kHz程度、特性インピーダンス $R$ は1k $\Omega$ です。前出のユニットフィルタからの変換法は至って簡単でして、

$$L = L_0 \times R / (2 \pi f)$$

$$C = C_0 / (2 \pi f \times R)$$

で計算することが出来ます。

それでは、計算してみましょう。

$f = 3\text{kHz}$ ,  $R = 1\text{k}\Omega$ ,  $L_0 = 2H$ ,  $C_0 = 1F$ を代入して計算します。 結果は、 $L = 106\text{mH}$ ,  $C = 0.05 \mu F$ です。ここで、106mHは一般的でないので、104表示の100mHを使うことにします。 そして、 $C = 0.05 \mu F$ は、汎用でなじみの深い104

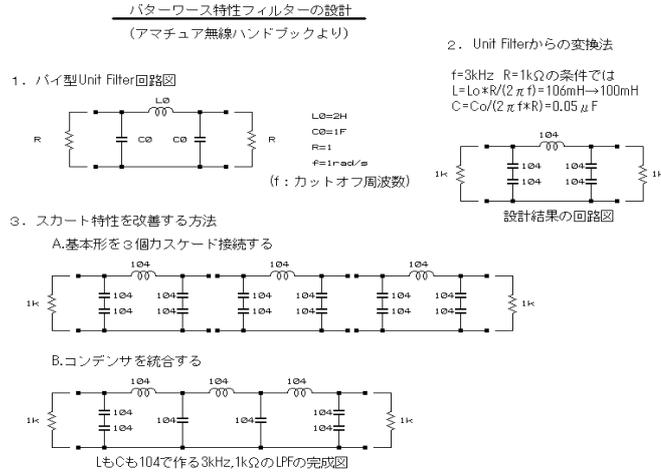
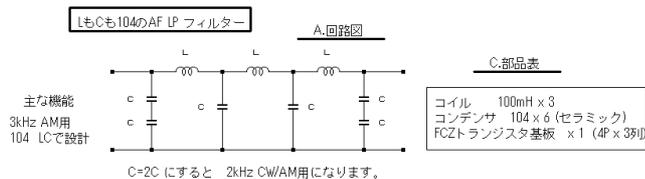


図1-1 3kHzのAM用のAFフィルタの特性

表示の0.1  $\mu$ Fを2個直列で使います。これでLもCも104で表示できるAM用AFフィルターが設計できました(図1-2)。



### 3. 製作と特性

製作には、FCZのトランジスタ基板に実装しました。ソフトスベアナで特性を観察してみると、一段では、スカート特性が不満でした。一般に、同じフィルターをn段重ねるとスカート特性を改善できますので、今回は3段重ねることにしました(図1-3A)。

このようにするとコンデンサがやたらと多く見づらいため、コンデンサを統合します。すると図1-3Bのとおり、すっきりとLもCも104でつくるAM用LPFの設計が出来ました。このことにより、-60dBで6.5kHzというすばらしい特性が得られました(図2)。

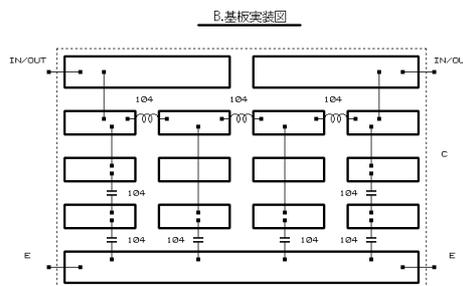


図3 実装図、部品表

1k $\Omega$ と高いので、インピーダンスマッチングの関係からAFアンプ直前(TXではMICの直後)に入れると大きい効果が期待できます。FCZの超再生受信機につないで受信してみると、シャリシャリノイズが極端に低減され極めて聞きやすく耳に優しくなると好評です。

#### (2) 利用例

**受信用:** PSN等DC受信機、超再生受信機、再生受信機、ノンスケルチFM受信機

**送信用:** DCトランシーバ等の送信機(スプリアス電波法改正 10kHz以上で43dB+10logPあるいは50dBの小さい減衰量、をクリアしている)

#### (3) 拡張利用法

C=0.1 $\times$ 2(全部のCを2倍)にすると、カットオフ周波数が、2kHzとなります。

これですと、CW用には少し広いですがCW/AM両用としても有効に利用が可能です。

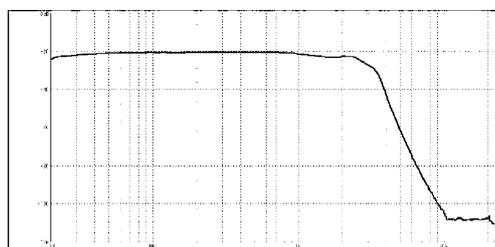


図2 このフィルターの周波数特性

図2は20dBのアッテネータを入れて測定しています。次に、実装図、部品表を図3に示します。尚、このLは、特注品で小型化し必要な特性を得るために、外側全面コアの物を使用しています。(小型でないものは市販されていますが、特性が平坦にはなりません)

### 4. 利用に際して

(1) 一般に、CW用フィルターは、特性インピーダンスが低く、スピーカ直前に入れる方法を取りますが、このAM用フィルターは、特性インピーダンスが

### 5. 入手方法

このAM用LPFはアマチュア無線応援団キャリブレーションより「No.506 AM用LPF」キットとして販売をされることになりました。

キット含む入手情報、お問い合わせは下記へ。

アマチュア無線応援団キャリブレーション

<http://www.maxhihone.jp/calibration/>

TEL/FAX 06-6326-5564

# FCZ コイルの

シミュレータのための

## 等価回路を 求める

JA1XB 石井正紀

私はMC7という回路シミュレータを使って回路設計を行っています。重要な部品であるFCZコイルについての詳細なデータがないため、シミュレーション用のモデルを作りたいと常々考えていました。

この度、FCZ研究所のQメータ（デリカ651）を貸して頂けることになり、また、リタイアする前の会社（東光株式会社）から、YHP-4194Aというデジタルインピーダンスアナライザ、コイルの測定用のスタンダード機（メグロMQ-161）並びに、メグロMQ-171というVHF用Qメータを無理して使わせて頂くことが出来たので、念願であったシミュレータに必要なデータの測定をしてみました。

### Qを測ると言う事

Qの測定は、今日ではデジタル表示の測定機を使用周波数でインダクタンスとQを同時に表示出来ませんが、以前からあるアナログタイプのQメータでは、可変バリコンに容量値と同時にインダクタンス値が表示されていて、インダクタンス値のメモリを有効にするには周波数は特定の値にセットしなければなりません。

その値として、1  $\mu$ Hと400pFで共振する周波数である、7.958MHzが選ばれたのです。そしてこの10倍のインダクタンス値を測るためには、7.958MHzを $\sqrt{10}$ で割った2.516MHzという周波数になっていたのです。

このため、07S01の同調側の約30 $\mu$ Hのインダクタンスを測るには2.516MHzという周波数が使われ、カタログに表示されていたQの値も1MHzでの値ではなく、この周波数での値であろうと思われる。

### Qを実測する

早速、Qメータ（デリカ651）に付属していた治具を取り付けてそれぞれの周波数でQを測ってみました。

その結果は1MHzから3.5MHzまではそれらしい値になりましたが、5MHzより高い周波数でのQは公称値より高かったり低かったりで、07S25では公称値の半分近くの計測結果でした。

Qの値が想定値をずれるという結果が出たため、YHP-4194Aというデジタルインピーダンスアナライザを使い測定を進めることにしました。

この測定器でも14MHzまではまずまずの値が得られましたが21MHz、28MHzは公称値と随分離れたデータになってしまいました。

更に東光株式会社コイルの測定用のスタンダード機（メグロMQ-161）を無理して貸して頂き測定をすすめました。しかし、測定器は信頼出来るはずがコイルと接続する治具部分に不都合があったので、コイルがうまく挿入できてケースもきちんとグラウンドできる治具を作成して再度測定を試みました。

これで何とか30MHzまでの測定値が納得出来ました。

その後メグロMQ-171というVHF用Qメータも借りることが出来たので、これも浮遊容量の少ない治具を作成

第1表 各種測定器によるL1-3のQの値

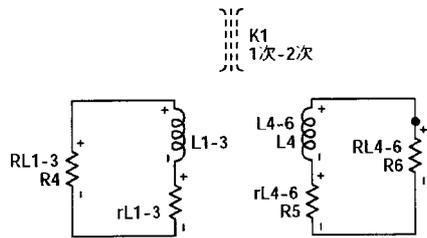
品名	測定周波数	同調容量	デリカ651	YHP-4194A	メグロMQ-161	メグロMQ-171	公称値
7S01	1MHz	820pF	94	97	95	-	100
7S1R9	1.9MHz	380pF	70	70.6	71	-	75
7S3R5	3.5MHz	180pF	71	72.6	67	-	75
7S05	5MHz	150pF	90	100	98	-	70
7S07	7MHz	100pF	64	100	81	-	80
7S09	9MHz	82pF	86	104	114	-	70
7S14	14MHz	68pF	55	60.3	70	-	65
7S25	21MHz	47pF	52	48.8	74	61	95
7S25	28MHz	33pF	41	34.5	73	63	70
7S50	50MHz	15pF	-	-	-	57	45
7S80	80MHz	7pF	-	-	-	76	80
7S144	144MHz	7pF	-	-	-	70	60

して 144MHz まで Q の値を測定することが出来ました。

第 1 表に FCZ07S コイルを各種 Q メータで計測した結果を掲げます。 デリカ の取説にありましたが、Q の値の計測は精度を得るのは難しいものようです。

### 等価回路を求める

Q が納得出来る値で計測されたのでいよいよシミュレータで必要となる等価回路を求めるための計測に進みます。



第 1 図 求める等価回路

第 1 図に求める等価回路を示します。 本当は L1-3 には中点タップがあるのですがそれを考慮すると結合係数を 2 個 L を 1 個 r を 1 個追加し定義しなければなりませんので今回は簡単のため 1 次と 2 次の巻き線の定義にとどめました。

L1-3 L4-6 はそれぞれ FCZ7S コイルの 1-3 ピン、4-6 ピン間のインダクタンスです。 rL1-3 rL4-6 はそれぞれの巻き線の等価直列抵抗 (いわゆる銅損に対応するもの)、RL1-3 RL4-6 は等価並列抵抗 (いわゆる鉄損に対応します) です。

これらの値を算出するためにはどういう計測をすれば良いのでしょうか。 答えは L1-3 L4-6 のインダクタンスと Q を単独に、および相手側を短絡したときの値が必要です。

L1-3 L4-6 のインダクタンスと Q は普通に Q メータの守備範囲ですから、定義周波数で同調するコンデンサの容量を測定してエクセルの表を用いて簡単にインダクタンスの値を知ることができます。

しかし相手側を短絡したときのインダクタンスと Q の値の計測は 1 次 2 次の結合係数が高い (0.9 以上) 場合特に大変です。 なぜかといいますと結合係数が高ければ

高いほど相手側を短絡したときのインダクタンスは打ち消されて小さくなって Q メータ内蔵のバリコンではカバー出来なくなるからです。

今回は 470PF から 2200pF のディップドマイカコンデンサを各種用意し並列に追加して測定しました。 それでも 07S01 は計測できず YHP-4194A デジタル機器の助けを借りました。

もう一つはその時の Q ですが、結合係数が高くて銅損分 rL1-3、rL4-6 が少なければ相手側を短絡した時の Q は余り下がらないのですが、銅損分が多いと Q が低くなって普通の Q メータでは計れません。 今回は 07S01 から 07S09 までは相手側を短絡したときの Q が 10 以下でやはり YHP-4194A の助けを借りました。

相手側を短絡したときの L4-6 インダクタンス値の計測はインダクタンスが小さい分、さらに困難でした。 そこで直列並列の各抵抗に関連を持たせて相手短絡時の L4-6 のインダクタンス Q の値が無くとも等価回路が求められるように工夫しました。

すなわち rL1-3 と rL4-6 は本当は線材の引き出し部があり、少し違うのですが巻き線に比例すると思えました。 RL1-3 と RL4-6 はそれぞれのインダクタンスに比例させました。

この仮定で測定パラメータが 1 つ余りました。 L4-6 の Q が計測値と等価回路で求められた値が出てきます。 この 2 つが一致すれば良いのですが、さて等価の結果はどうだったでしょうか。 第 2 表に 等価の計算に用いた計測データを示し、第 3 表に 等価されたパラメータを示します。

等価はエクセルの表計算と MC7 という回路シミュレータを用いました。

この辺は紙面では上手く説明することが難しく省略します。 読者からの要望があれば別途説明を試みたいと思います。

第 3 表の等価した結果をご覧くと、07S09 以下の低い周波数のコイルは 1 次 2 次の結合係数が大きく、07S14 以上の高い周波数のコイルは小さくなっていることが歴然とわかると思います。

コイル名	測定周波数	L1-3		L4-6		L1-3(L4-6ショート)	
		同調容量	Q	同調容量	Q	同調容量	Q
7S01	1MHz	820pF	94	6560pF	50	25100pF	2.2
7S1R9	1.9MHz	380pF	73	2970pF	44	23500pF	5
7S3R5	3.5MHz	180pF	73	1800pF	44	15700pF	4
7S05	5MHz	150pF	100	1080pF	80	8050pF	7.4
7S07	7MHz	100pF	89	790pF	41	7140pF	5
7S09	9MHz	82pF	109	541pF	47	6810pF	7
7S14	14MHz	68pF	70	391pF	46	1160pF	32
7S25	21MHz	47pF	72	293pF	49	780pF	37
7S25	28MHz	33pF	71	176pF	50	500pF	41
7S50	50MHz	15pF	79	117pF	50	259pF	38
7S80	80MHz	7pF	80	51.4pF	52	133pF	61
7S144	144MHz	7pF	70	41.3pF	55	66pF	64

第2表 等価回路を求めるために計測したデータ

コイル名	インダクタンス		結合係数	直列抵抗		並列抵抗		L4-6の Q	
	L1-3	L4-6		1次:2次 r	L1-3	R L1-3	r L4-6	R L4-6	実測値
7S01	30.1 $\mu$ H	3.86 $\mu$ H	0.983	1.03 $\Omega$	36.6k $\Omega$	0.37 $\Omega$	4.69k $\Omega$	50	50
7S1R9	11.0 $\mu$ H	2.37 $\mu$ H	0.916	2.42 $\Omega$	162k $\Omega$	0.78 $\Omega$	21.3k $\Omega$	44	33
7S3R5	11.5 $\mu$ H	1.15 $\mu$ H	0.944	2.05 $\Omega$	85.2k $\Omega$	0.63 $\Omega$	8.55k $\Omega$	44	33
7S05	6.76 $\mu$ H	0.940 $\mu$ H	0.906	1.78 $\Omega$	254k $\Omega$	0.62 $\Omega$	31.0k $\Omega$	80	44
7S07	5.17 $\mu$ H	0.654 $\mu$ H	0.927	2.00 $\Omega$	170k $\Omega$	0.67 $\Omega$	21.5k $\Omega$	41	39
7S09	3.84 $\mu$ H	0.578 $\mu$ H	0.938	1.23 $\Omega$	117k $\Omega$	0.44 $\Omega$	17.7k $\Omega$	47	59
7S14	1.90 $\mu$ H	0.331 $\mu$ H	0.643	1.55 $\Omega$	47.0k $\Omega$	0.52 $\Omega$	8.17k $\Omega$	46	33
7S25	1.22 $\mu$ H	0.196 $\mu$ H	0.63	1.45 $\Omega$	46.1k $\Omega$	0.44 $\Omega$	7.40k $\Omega$	49	46
7S25	0.979 $\mu$ H	0.184 $\mu$ H	0.583	1.29 $\Omega$	34.9k $\Omega$	0.39 $\Omega$	6.55k $\Omega$	50	53
7S50	0.676 $\mu$ H	0.0869 $\mu$ H	0.649	1.41 $\Omega$	50.3k $\Omega$	0.47 $\Omega$	6.45k $\Omega$	50	43
7S80	0.396 $\mu$ H	0.0770 $\mu$ H	0.498	1.27 $\Omega$	40.6k $\Omega$	0.43 $\Omega$	7.90k $\Omega$	52	59
7S144	0.0244 $\mu$ H	0.0296 $\mu$ H	0.492	1.28 $\Omega$	32.4k $\Omega$	0.32 $\Omega$	3.93k $\Omega$	55	49

第3表 抽出されたコイルの各パラメータ

これは同じ07Sと名前が付いていても構造が全く違うため、9MHz以下はドラムコアに直接巻き線がしてありキャップコアで囲われていますが、14MHz以上は溝付きポピンに巻き線がしてあり、中心にねじコアがあるだけです。等価パラメータを見ると色々ばらついていて精度には問題もありそうです。

第3表に示したL4-6のQの計測値と等価されたパラメータから求めた値も完全に一致とはいえないと思います。

います。

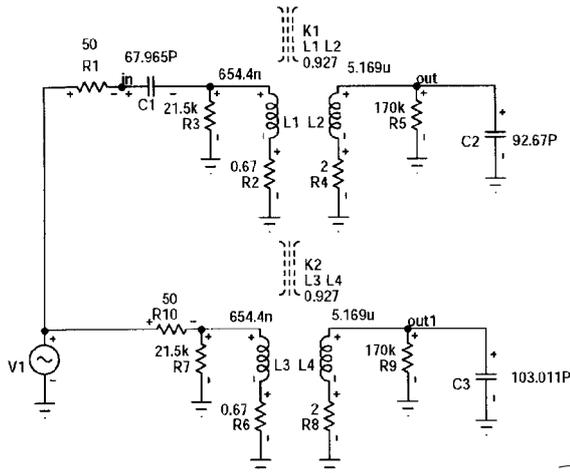
今回は各周波数1個のコイルを測定したのですがばらつきを考えると、最低3個の計測が必要だと思います。また等価パラメータを見ると鉄損分より銅損分がQを悪化しているようです。

もう少し太い線が巻ければもっとQの高いIFTが得られるのではないかと考えます。

## データをどのように利用するか？

次に算出されたパラメータを使ってシミュレーションしたごく簡単な例を説明します。

第2図に50Ωのインピーダンスを持つアンテナ(R1、R10)に07S07を使って7MHzに同調を取る回路を作りました。out out1がFETのゲート(高インピー

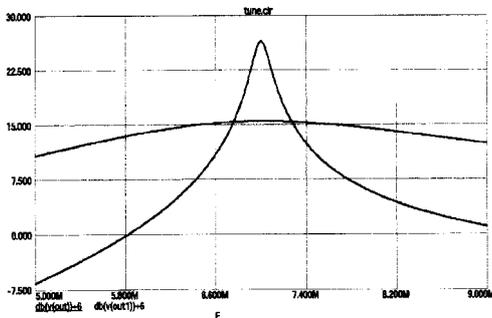


第2図 標準的な同調回路と最適化計算を行なった回路

ダンス)に接続されると考えて下さい。

第2図上段out側の回路は07S07接続するのにC1というコンデンサが挿入されています。下段のout1側の回路は、コンデンサ無しで直接接続したあります。

この回路をシミュレータMCTの最適化機能を使ってout out1の電圧が最大になるようにしました。実際にはC1と2つの07S07のコアを回して合わせますが今回は等価パラメータを算出したのでC1、C2、



第3図 第2図のシミュレーションカーブ(先の尖っているのが最適化されたもの)

C3を可変させました。

第3図に結果を示します、鋭い同調が取れている方がout それより11dBも低くてだらっとしているのがout2です。随分違うと思いませんか、これは07S07のアンテナ側(L2)が大きすぎるためにインピーダンスマッチが取れずアンテナの50Ω(R10)によりQダンプされてしまったためです。C1を入れるとマッチングが取れました。(厳密にはLマッチ回路の理論が適用されます、C1の後にR3と並列にLが入ります。そうするとC2とC3は同じ値になります。) out側の回路はC1が入った分C2が少なくなりに変化して7MHzで上手い具合に同調しています。

このようにIFTのパラメータが判っていてシミュレーションを上手く使うと、あたかも特注のコイルを使ったような設計ができます。

コイルのパラメータまたシミュレーションについて質問がありましたらja1xb@jarl.comまでお願いします。

最後に各種IFTを提供頂いたFCZ研究所と標準のQメータをお貸し頂いた東光株式会社に感謝致します。

## 読者通信

JA1BVA 齊藤さん

CirQ 008号、ありがとうございます。  
ポリウムタププリでこれから楽しみながら読むことにします。

創作への第1歩(1)が私の経験とピッタリです。いまだに「キット」の文字をみるとワクワクします。

キットの改造・改変・改悪そして失敗(たまには成功)が自分なりのレベルアップにつながったと思っています。

就職して2回目の給料で買ったキットの5球スーパーラジオが現役に頑張っています。」



### 憲法改定論

憲法を見直そうという論議が盛んになって来ています。しかし、現在の憲法がそんなに不備なものなのでしょうか？ 憲法改定論の柱は、その「前文」であり「第9条」だと思います。この条項についてもう一度読み直してみてください。<<http://www.fc2-lab.com/constitutionjapan.html>>

改定論の主旨は「現状とこの文面がうまく合致しなくなったから変えなければいけない」というものです。

今の憲法が制定された時、この憲法は「世界の理想を結集したものだ」と賞賛されていました。それが今、何故「現状とこの文面がうまく合致しなくなった」というのでしょうか。

一番の原因は、歴代内閣を形成する政治家が姑息な手段で解釈をねじ曲げて来たからです。そして、そのねじれが誤魔化しきれなくなって来たからです。

憲法が発布された段階で私が学校で教えられた事を、現在の内閣の人達に「試験」したなら、おそらく全員落第点となり単位はとれないでしょう。

二番目の原因は、国民が政治家の行動を「憲法違反」と捕らえなかった事にあります。むしろこの事の方が大きな問題ともいえます。

私達は今、目をさまし、行動すべき時に来ています。

### 第1軍団指令部

アメリカの陸軍第1軍団指令部が私の住んでいる座間市にやってくるという情報があります。これは陸軍だけでなく、海軍、空軍、海兵隊を統合する総指令部の性格を持ったもので、座間市民にとっては大変な出来事です。現在、市長、市議団をはじめとして市民一丸となって反対運動を展開しております。(相模原

市においても同様の運動が展開されています)

楽しいはずの雑誌の一部にこんな話題を登場させるのは不本意ではありますが、これも日本の中の一風景として御容赦下さるようお願いいたします。

### カモシカ と つらら

糸でんわの実験場所を探して奥志賀高原の山の中を歩き回っていた時です。谷の下の方にカモシカがいるのを見つけました。カモシカはまだ私のいる事に気がつきません。暫く観察していたのですが全然動かないので口笛を吹いてみました。その音に気がついてカモシカがこちらを振り向きました。そして今度は私をジーンと見つめるばかりで動こうとしません。しばらくして、私が目をそらせると一目散に反対側の斜面を登って行きました。

そのあと、雪の斜面に大きなつららを見つけました。ウイスキーをこの氷でオンザロックにして飲んでその美味しさに感激しました。

スキーもいいけれど、こうして山の中を歩き回る方が私は好きです。

### MHN 植物園

植物園は花盛りです。今年は牡丹が大盛況でした。牡丹の花は太陽に弱いので寒冷紗で日よけを作りました。にわかづくりでしたがこの効果は絶大で、いつもの年より2倍程長もちしました。

ひとつばたご(なんじゃもんじゃ)も白い花を一杯付けました。おきな草は二つ花が咲き、ただいま穂綿に成長中。延齡草は2本出ましたが、花は咲きませんでした。二輪草はだんだん株を大きくしています。芹がずんずん広がっています。時々おひたしにしています。

今日はこれからお茶摘みです。

### 表紙の言葉

**牡丹の花** 立てば芍薬、座れば牡丹、歩く姿は百合の花と、昔から美しい花の代名詞になっています。

日本画の題材として良く描かれますが、スケッチをして見ると意外に描きにくい花です。牡丹の花の下では、なるこゆりが次の出番をスタンバイしています。

**CirQ 009号** 2005年5月1日発行 定価 100円 (シェアウェア ただし

発行 有限会社FCZ研究所 編集責任者 大久保 忠 JH1FCZ 高校生以下無料)

228-0004 神奈川県座間市東原4-23-15 TEL.046-255-4232 郵便振替 00270-9-9061