

周波数コンバータやプリアンプを手作り! 1200MHzまでバッチリ受信!

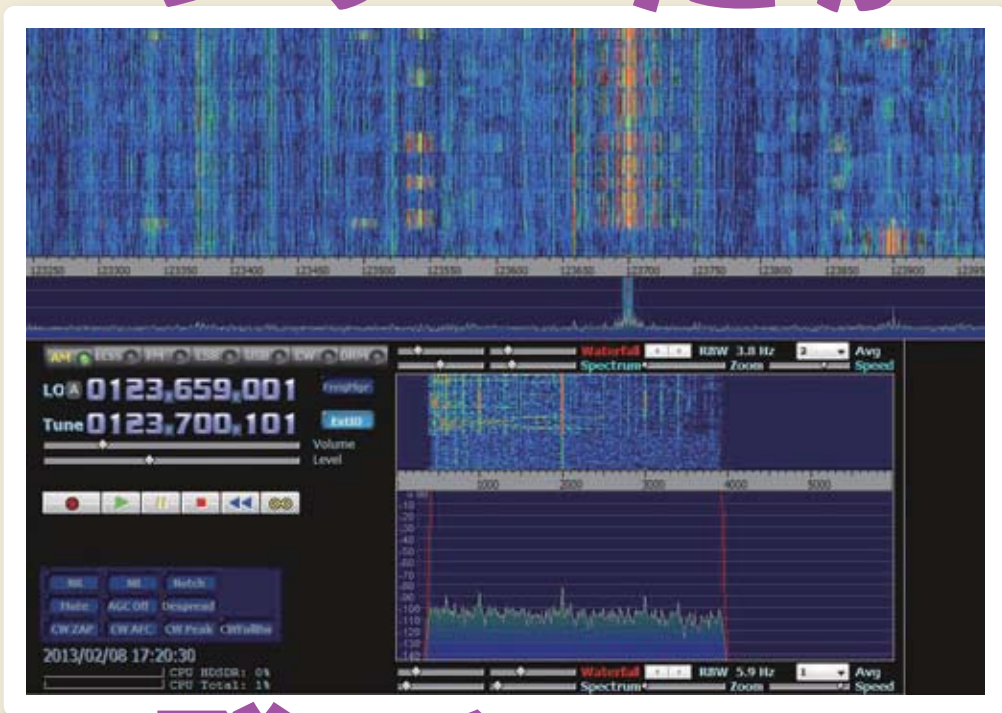
ワンセグUSB dongleで作る

# オールバンド・ソフトウェア・ラジオ

鈴木憲次 [著]  
Kenji Suzuki

見本

## デジタルだから



CD-ROM付き

本書の解説で使用した  
アプリケーション、  
ドライバを収録

● ExtIO\_USRP+PCD+  
RTL2832U+BorIP\_Setup

● HSDR

## 一発チューン!

いよいよ HSDR を立ち上げてソフトウェア・ラジオで聞くという段階になりますが、その前にもう少し準備が必要になります。

## ● アンテナの準備

受信用アンテナとして、図 1-5 のような簡易アンテナを製作しました。エア・バンドを受信することにしたので、受信周波数は 118 ~ 140MHz になります。製作するアンテナの周波数を 120MHz とすると、アンテナの長さは波長( $\lambda$ )の 1/2 の 125cm になります。また、同軸ケーブルの受信機側には F 型オス・コネクタ(プラグ)として、ワンセグ・チューナ本体に直接接続できるようにします。

アンテナが準備できたら、図 1-5(b)のようにアンテナとワンセグ・チューナを付属品の外部アンテナ・ケーブルで接続し、ワンセグ・チューナをパソコンの USB ポートに接続します。なお、USB ポートに接続するときには、USB 延長ケーブルで接続するようにして、パソコンのノイズの影響を受けにくいようにします。

## ● HSDR の準備

HSDR のアイコンをクリックして、HSDR を起動します。

### ▶ サウンド・カードの選択

スピーカに接続しているサウンド・デバイスを選びます。画面の左にある図 1-6(a)の「Soundcard (F5)」をクリックすると、図 1-6(b)のような「Sound Cardselection」になるので、スピーカ接続になるように、

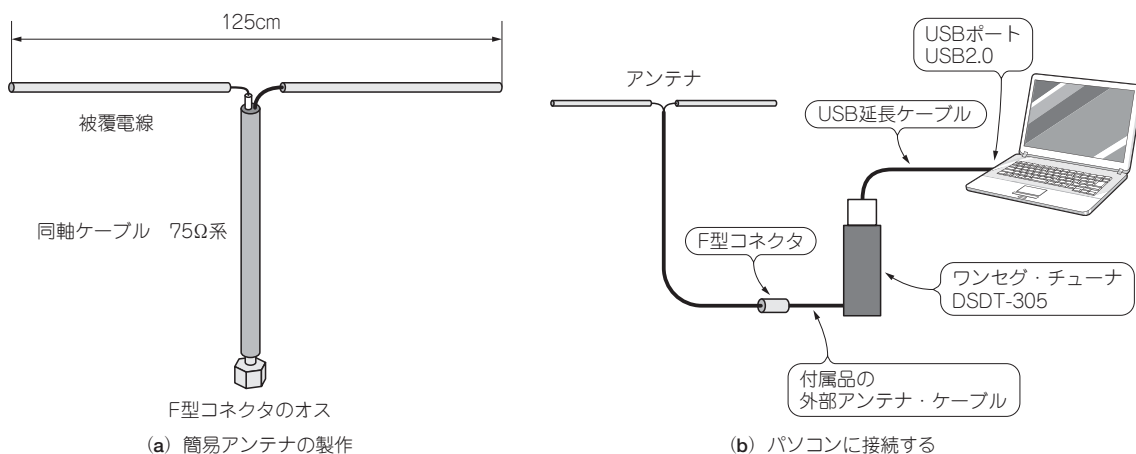


図 1-5 アンテナの準備と接続

「RX Output (to Speaker)」のサウンド・カードを選んで「OK」をクリックします。

### ▶ HSDR にワンセグ・チューナを設定する

HSDR にワンセグ・チューナを認識させます。画面中央にある、図 1-7 (a)の「ExtIO」をクリックすると図 1-7 (b)のような画面になります。



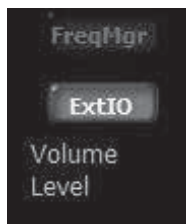
(a) Soundcard[F5]をクリック



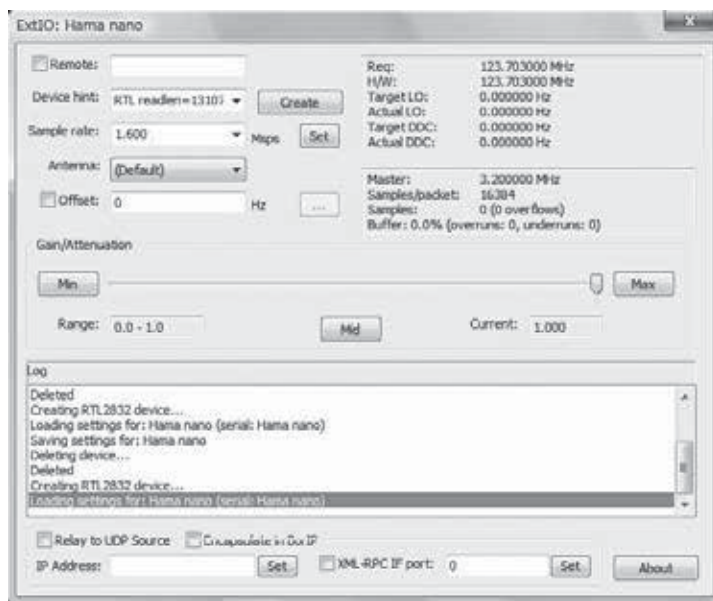
(b) サウンド・デバイスを選択

図 1-6 サウンド・カードの設定

Device hint に  
RTL readlen=131072 tuner=fc0012  
(LT-DT306 のときは, tuner=fc0013)



(a) ExtIO



(b) デバイスの設定画面

図 1-7 デバイスを設定する

タの2段接続とします。

T型フィルタを2段接続すると、図2-5(a)のように、フィルタ間を接続するコンデンサは82pFと82pFの直列接続になります。そこで、図(b)のように1個のコンデンサにすると、合成容量 $C' = 41\text{pF}$ になります。実際に使用するコンデンサ $C'$ の値は、39pFです。

## 2-3

### ハイパス・フィルタの製作

ハイパス・フィルタのコイルは空芯コイルで、製作はユニバーサル基板(穴あき基板)とします。

#### ● ユニバーサル基板を選ぶ

扱う周波数の上限をUHF帯までとして、ガラスまたはエポキシを素材にした基板とします。選んだ基板は、ガラス・コンポジット基板のICB-88SEG(サンハヤト)で、部品面がメッシュ・アースでパターン面が回路接続用のドットになっています。

UHF帯以上では、基板の材質、部品の配置やパターンにより、回路の性能に差がでてきます。アース・パターンを広くとり、部品どうしを結ぶパターンを太く短くすることを心がけるようにします。

#### ● インダクタンス値からコイルの形状を決める

コイルは、図2-6(a)のような形状の空芯コイルとします。直径7.5mmの丸鉛筆を軸にして、線径0.65mmのポリウレタン銅線を巻きます。線径を0.65mmとすると内径が7.5mmになるので、コイルの線材の中心でのコイルの直径 $d$ は約8.2mmです。また、長さ $\ell$ は、ICピッチの2.54mm $\times$ 5の12.7mmとします。

空芯コイルには漏れ磁束があるので、図(b)の長岡係数のグラフから、コイルの直径 $d$ と長さ $\ell$ の関係から長岡係数 $\lambda$ を求め、インダクタンス値を補正します。

$$d/\ell = 8.2/12.7 \approx 0.65$$

から、 $\lambda \approx 0.78$ とします。

ここで、コイルの断面積を $A$  [ $\text{m}^2$ ]、巻数 $N$ を7回として、空芯コイルのインダクタンス値 $L$ を次の式で求めてみます。

$$L = \lambda (4\pi \times 10^{-7}) \frac{AN^2}{\ell} = 0.78 \times 4\pi \times 10^{-7} \frac{\pi (4.1 \times 10^{-3})^2 \times 7^2}{12.7 \times 10^{-3}} \approx 0.200 \times 10^{-6} = 0.2 \mu\text{H}$$

製作する空心コイルのインダクタンス値 $L$ が $0.2 \mu\text{H}$ なので、設計値の $0.199 \mu\text{H}$ に近い値になりました。もし、コイルのインダクタンス値 $L$ が設計値と10%以上外れるようなら、図(c)のようにコイルの形状

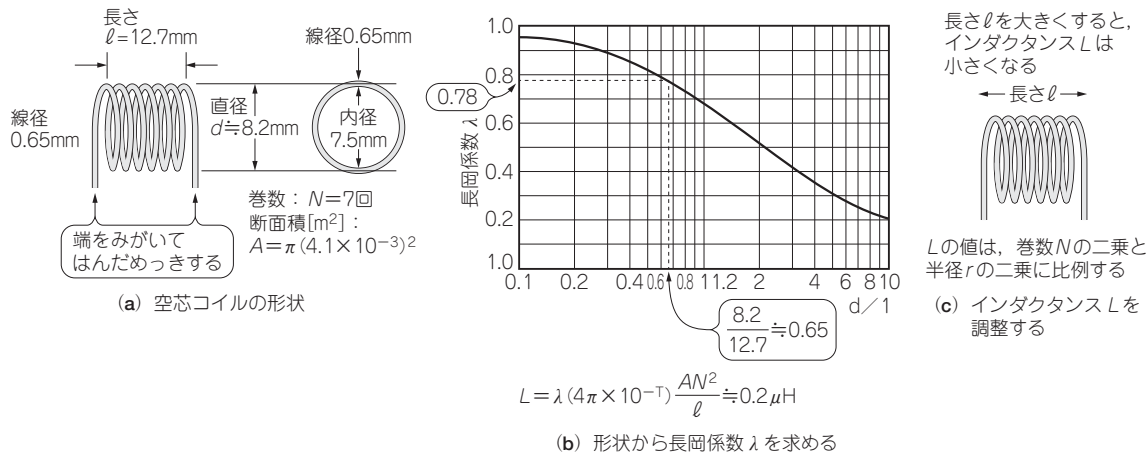


図 2-6 コイルの形状を決める

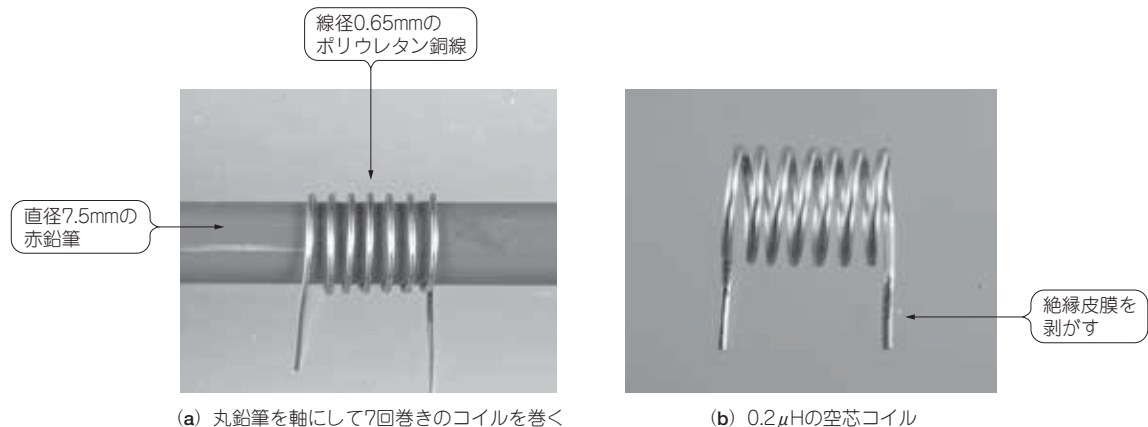


写真 2-1 コイルを巻く

を変えて、インダクタンスを再計算して調整します。

### ● コイルを巻く

形状が決まったので、ポリウレタン銅線でコイルを巻いてみます。

写真 2-1(a)のように、丸鉛筆を軸にして巻数  $N$  が7回のコイルを巻き、軸に巻いたままで余分の線を切ります。このとき、コイルの線と線が接触しないように注意して均等に巻くようにします。

コイルの端子はラジオ・ペンチで曲げてから、端子部分の絶縁被膜を紙ヤスリなどで剥がしておきます。写真(b)は、丸鉛筆を軸にして巻いたインダクタンス  $0.2 \mu\text{H}$  のコイルです。

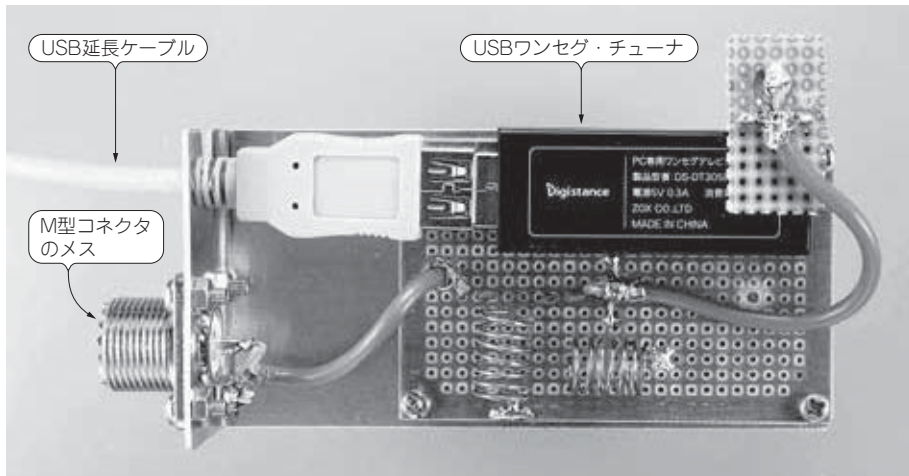


写真 2-5 完成した USB ワンセグ・チューナを内蔵したハイパス・フィルタ

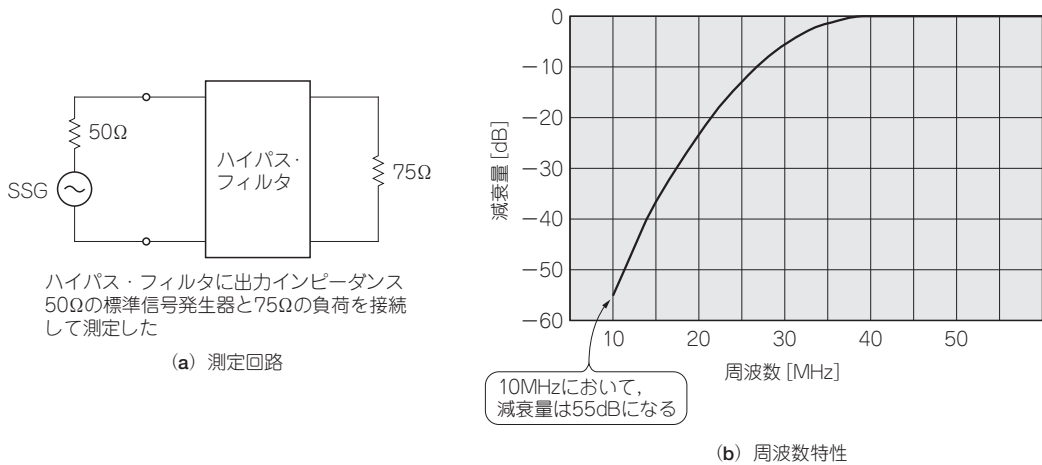


図 2-8 2 段ハイパス・フィルタの特性測定

## 2-4

## ローパス・フィルタの設計

ワンセグ・チューナは、もともと地上波デジタル放送用なので、地デジの送信所に近い地域では混変調などの受信障害がおきます。そこで、地デジからの受信障害から逃れるためのローパス・フィルタ (LPF) を設計してみます。ローパス・フィルタの周波数特性は、300MHz 以下を通過帯にして設計しました。

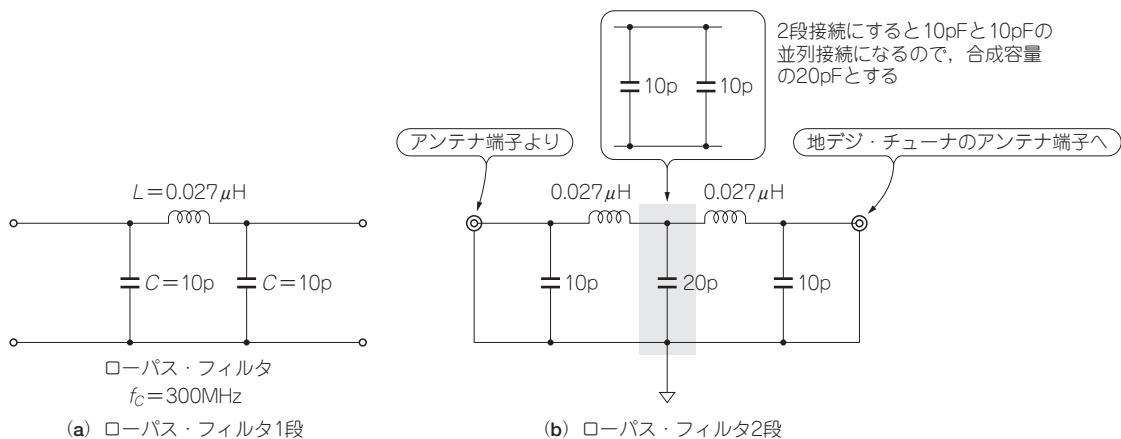


図 2-9 ローパス・フィルタの回路図

## ● ローパス・フィルタの構成と動作

ローパス・フィルタの構成は、ハイパス・フィルタのコイル  $L$  とコンデンサ  $C$  が入れ替わったもので、図 2-3 のように T 型と  $\pi$  型のフィルタがあります。ここでは、コイルが 1 個で構成できる  $\pi$  型フィルタとしました。

## ● 設計仕様

- 入出力インピーダンス  $50\Omega$
- カットオフ周波数(通過周波数の境界)  $f_c = 300\text{MHz}$   
部品の誤差および基板などの浮遊容量を考慮した。
- 減衰量  $500\text{MHz}$  において  $-30\text{dB}$  以上

## ● $\pi$ 型フィルタを設計

$\pi$  型フィルタのコンデンサ  $C$  の値とコイル  $L$  の値の求め方は、ハイパス・フィルタと同じ式で、次のようにして求めることができます。

$$C = \frac{1}{2\pi f_c Z} = \frac{1}{2\pi \times 300 \times 10^6 \times 50} \doteq 10.6 \times 10^{-12} \doteq 10\text{pF}$$

$$L = \frac{Z}{2\pi f_c} = \frac{50}{2\pi \times 300 \times 10^6} \doteq 0.0265 \times 10^{-6} \doteq 0.027\mu\text{H}$$

設計したローパス・フィルタは、図 2-9(a) のような回路図になりますが、設計仕様の減衰量にするために、図 (b) の 2 段接続にします。

コツは、少し熱量の高いはんだゴテを使うことです。60W程度のはんだゴテを使って、熱が銅板を伝わって逃げないうちに短時間ですませるようにします。

信号の通るパターンは、ハイパス・フィルタの基板と同じようにはんだを盛って太くします。そして、写真2-8のように、基板に同軸ケーブルをはんだ付けすれば完成です。

## ● 完成したローパス・フィルタ

完成した2段接続の $\pi$ 型ローパス・フィルタを、写真2-9のようにT型ハイパス・フィルタの基板上へ取り付けて、40～300MHzのバンドパス・フィルタにしました。ローパス・フィルタの基板への取り付けは、10mmの金属製のスペーサでハイパス・フィルタの基板から浮かして取り付けています。基板どうしのアースは、基板を固定する3mmのビスナット2本で接続されます。

フィルタとワンセグ・チューナの接続には、両端がF型プラグ(オス)になっている接続ケーブルまた



写真 2-8 完成したローパス・フィルタ

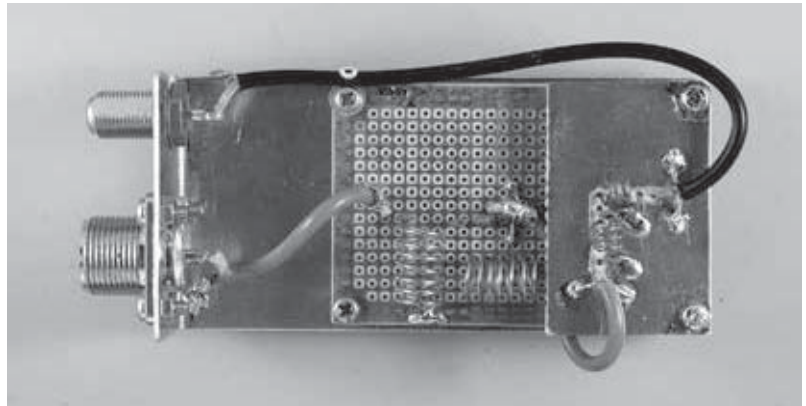


写真 2-9 ローパス・フィルタとハイパス・フィルタを組み合わせる  
ローパス・フィルタをハイパス・フィルタの基板に取り付けて、40～300MHzのバンドパス・フィルタにした

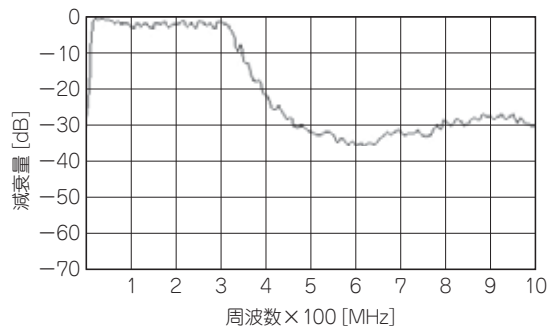


図 2-11  
HPF + LPF の特性

地上波デジタル放送の周波数の470MHz以上の減衰量は約-30dB、LPFのカットオフ周波数は300MHzで設計した



はオス / オス変換アダプタを使います。

## ● ローパス・フィルタの特性

図 2-11 の周波数特性は、ハイパス・フィルタとローパス・フィルタを組み合わせたものです。製作したローパス・フィルタは、地デジの周波数の 470MHz で -30dB の減衰特性になりました。

### 2-6

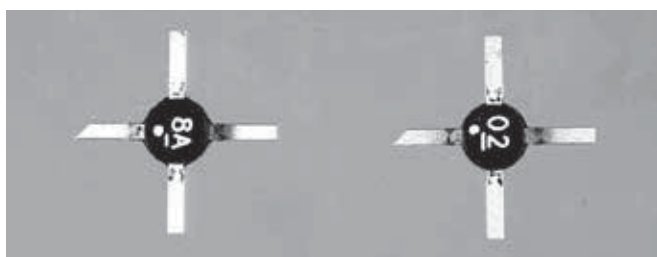
## ハイパス・フィルタと広帯域アンプの組み合わせ

ワンセグ・チューナで広帯域受信をしているときに、感度が不足することがあります。たとえば、エア・バンドを受信するときに、管制塔からの距離が遠いため電波が弱く受信できないことがあります。

そこで、ハイパス・フィルタと広帯域アンプ組み合わせで受信感度を上げてみます。

## ● 広帯域アンプ用 IC を選ぶ

広帯域アンプ用 IC は、比較的入手しやすいミニサーキット社の製品にしました。数多くある製品のうち、写真 2-10 のような電力利得が 12dB の MAR-2 (MAR-2SM) と、25dB の MAR-8 (MAR-8ASM) を選びました。表 2-1 は、MAR-2 と MAR-8 の仕様です。



MAR-8A  
 $G_p = 25\text{dB}$

MAR-2  
 $G_p = 12\text{dB}$

写真 2-10 広帯域アンプ用 IC

表 2-1 広帯域アンプ用 IC の仕様

品名	動作電圧	回路電圧 $V_{CC}$	回路電流 $I_{CC}$	電力利得 GP	周波数帯域 $f$	最大出力 $P_O$	雑音指数 NF	備考
MAR-2	5V	7~15V	25mA	12dB	DC~2GHz	+7dBm	3.7dB	同等品MAR-2SM+
MAR-8A+	3.2~4.2	7~15V	36mA	25dB	DC~1GHz	+12.5dBm	3.1dB	同等品MAR-8ASM

注：周波数1GHzのときの値  
最大出力は1dB抑圧のとき

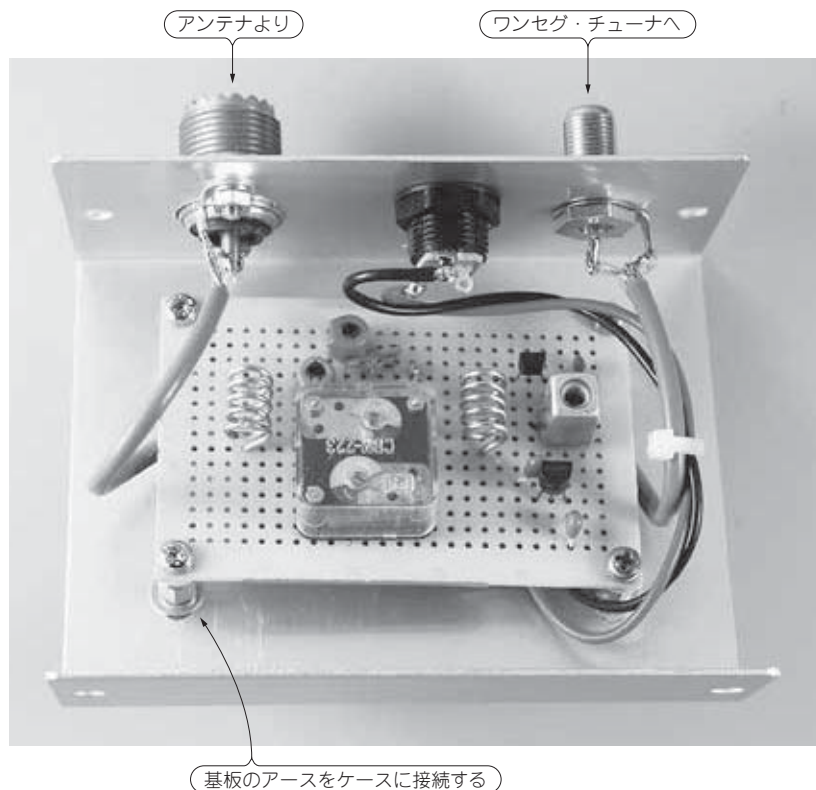


写真 3-5 ケースに入れたプリセクタ

▶ 簡易信号発生器の水晶振動子を 20MHz にして，第 6 高調波の 120MHz とします。

ポリ・バリコンのシャフトを回して 120MHz を受信し， $TC_1$  を調整してして信号が最大になりますようにします。

▶ 以上の調整を 2～3 回繰り返して，二つの LC 共振回路の共振周波数を合わせます。

### ● 完成したプリセクタ

写真 3-5 のように，プリセクタの基板をケース(タカチ TS-1S)に入れます。アンテナとは M 型コネクタのメスで，ワンセグ・チューナとは F 型コネクタのメス→F 型接続ケーブル(または F 型オス-オス変換コネクタ)→ワンセグ・チューナ付属ケーブルで接続します。また，つまみをポリ・バリコンにネジ止めした延長シャフトに取り付けて，プリセクタの共振周波数を調整できるようにします。

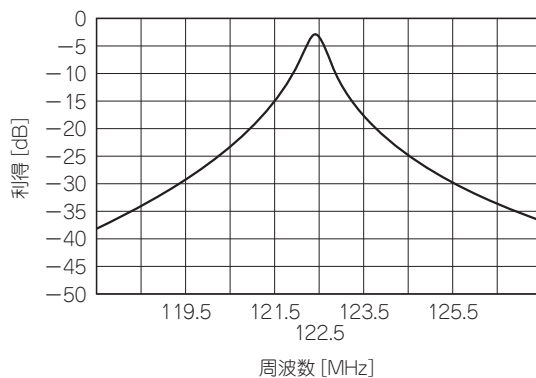


図 3-11 プリセレクトタの特性

### ● プリセレクトタの特性

図 3-11 は、共振周波数 122.5MHz で測定したプリセレクトタの特性です。1MHz 離れた 123.5MHz で、15dB 減衰しています。また、利得は約 16dB になりました。

# 見本

このPDFは、CQ出版社発売の「ワンセグUSB dongleで作るオールバンド・ソフトウェア・ラジオ」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/18/18931.htm>

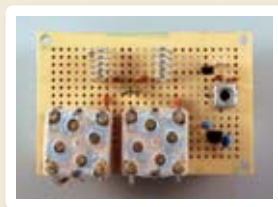
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

## ワンセグUSB dongleで作る オールバンド・ ソフトウェア・ラジオ

### 四つの工夫でバッチリ受信！



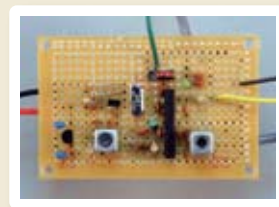
**1** テク 混変調の原因となる強力な電波を取り除くハイパス・フィルタ



**2** テク 目的の信号を選択して増幅するプリセレクタ



**3** テク 広い周波数帯域を受信できるディスコーン・アンテナ



**4** テク SDRの受信周波数を広げる周波数変換コンバータ(クリコン)