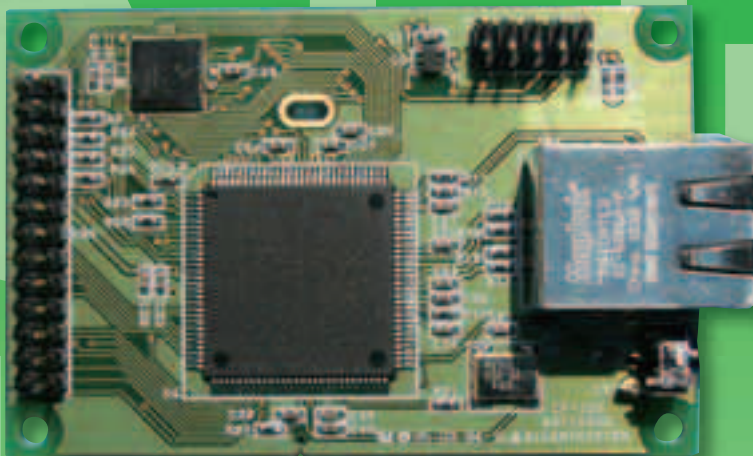




◀オリジナル・モジュール“SDR-49シリーズ”は2枚の基板で構成されている。この写真はDSP+ネットワーク基板“DSP-49”。基板サイズは72mm×47mmの名刺サイズでイーサネットを接続するRJ-45コネクタを実装している。基板上の大きいチップは、FreeScale社のMCF52233マイコン。このモジュール単体でSDRのI/Q信号を信号処理して音声信号に復調することが可能

CQ ham radio オリジナル・モジュール “SDR-49シリーズ”の紹介

新時代の自作派ハムへの愉しみ提案

来春のリリースに向けて開発中！ **Part. 1**

今月号より、アマチュア無線の運用形態を、根本から変えてしまう可能性を秘めた、CQ ham radioオリジナル・モジュール“SDR-49シリーズ”の解説を連載します。この新モジュールは、さまざまな用途に応用が可能で、アマチュア無線の楽しみを大きく広げる可能性を持っています。今月号では、まずその概要から簡単に紹介してみましょう。また、このモジュールは札幌SDR研究会とCQ ham radio編集部が協力して製品化を目指していますので、どうか皆さんでご活用いただければ幸いです。

ハムフェアCQ ham radioのブースで講演会を行います

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

モジュールってなに？

モジュール(module)とは、あるひとまとまりの機能を持った部品のことです。モジュールを利用すれば、本来ならば多くの部品を組み合わせで実現する機能を、すぐに利用できます。

実はアマチュア無線の世界でも、すでにいろいろなモジュールが利用されています。最もなじみ深いモジュールは発振器(発振モジュール)です。電源を供給するだけで、精度の高い周波数の信号が得られる便利な

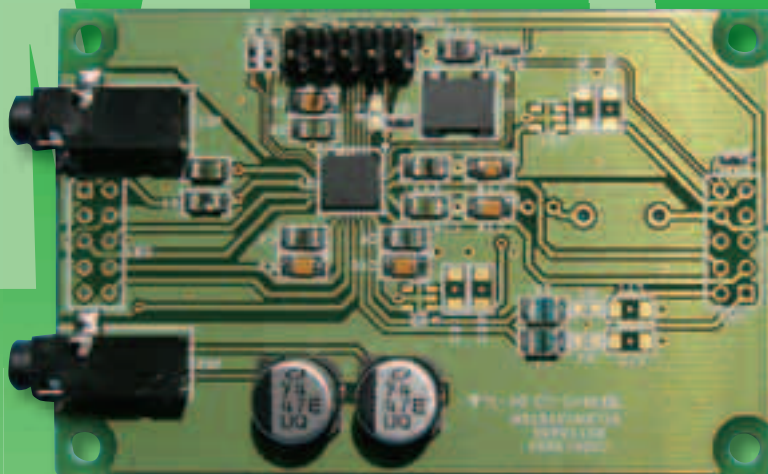
モジュールですが、もしモジュールを使わなければ部品として水晶、トランジスタ、温度補償コンデンサ、共振回路、抵抗、コンデンサなどの部品を組み合わせで配線して調整する必要があります。つまり発振回路は、自作するよりも100円程度のモジュールを利用したほうが、遥かに経済的で時間を節約できるわけです。

モジュールを組み合わせる時代を迎えている

自作派のアマチュア無線家は、いつの時代も自分で製作したオリジナルなりで運用したいと考えるのも

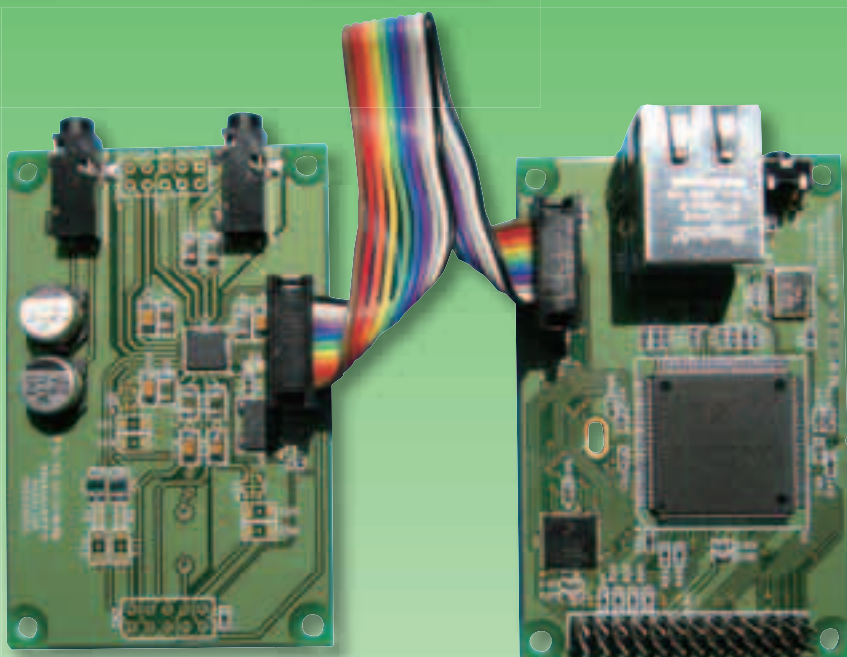
のです。しかし、21世紀を迎えたいま、無線機を自作するために必要となる、コイルやバリコンなどのレガシーな高周波部品の入手が困難な時代になりました。残念ながらアナログ無線機の自作派ハムは、絶滅寸前だと言えそうです。

それに代わって登場してきているのが、デジタル技術を利用した無線モジュールです。米国などでは、DDSやDSPなどの、最新デジタル技術を利用した無線モジュールが、次第に勢力を広げています。日本でも、アマチュア無線に特化した便利なモジュールの登場が期待されています。



◀オリジナル・モジュール“SDR-49シリーズ”を構成するもう一枚のオーディオCodec基板“ADC-49”. オーディオ信号をA/D変換してDSP基板に送り、DSP基板から送られたデータをD/A変換してヘッドホンを十分にドライブできる程度まで増幅して出力する. 入出力用にφ3.5のステレオ・ミニ・ジャックが2個実装されている. 使用しているオーディオCodecはTexas Instruments社のAIC3204. このCodecの最大サンプリング速度は、192Kサンプル/秒で変換精度は24ビット. このサンプル速度でSDRのI/Q信号をサンプリングすると192kHz幅での受信が可能になる

▶二つの基板(左:ADC-49, 右:DSP-49)をケーブルで接続した状態. この状態で電源を接続して、SDRからのI/Q信号をφ3.5のミニ・ジャックに接続すれば、もう片方のヘッドホン端子からSSBが復調されて聞こえてくる. 選局はロータリー・エンコーダを接続するか、シリアルで周波数を指定することで行う. また、イーサネット経由でもチューニング周波数を変更できる



CQ ham radioオリジナル・モジュール “SDR-49シリーズ”の概要

それではアマチュア無線家にとって、欲しくなる無線モジュールとはいったいどのようなモジュールなのでしょう? 札幌SDR研究会ではCQ ham radio編集部や、SDR(Software Defined Radio)に詳しい諸OMとのディスカッションを通じて、以下のような機能を持つモジュールが面白そうだと考えました.

- SDRのI/Q信号を入力すると内蔵DSPがSSB, AM, FMを復調してくれる. 本誌2006年12月号の付録基板“ソフ

トウェア・ラジオ”や各種の高性能SDRフロントエンドを接続して、パソコン不要の高性能受信機を構成できる.

- 音声信号を入力するとDSPでI/Q信号を出力する. 直交変調器と組み合わせでHi-FiのSSBジェネレータに.

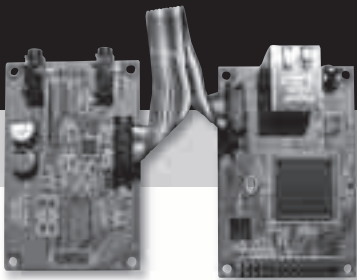
- ネットワークを通じてI/Q信号をストリーミング配信できる. 遠隔地のアンテナを多数で共有できる.

- 音声信号とシリアル・データを中継する. 遠隔地にあるリグをネットワークでリモート運用できる.

- 基板のサイズは名刺大なので何にでも組み込める. 古いリグのIF段を置換してハイブリッド構成に.

今後、本連載では、CQ ham radioオリジナル・モジュールの応用例を、さらに詳しく紹介していきます. また、クラウド・サービスを利用して、I/Q信号の配信サービスを構築する方法なども解説していきます.

なお、本稿のCQ ham radioオリジナル・モジュール“SDR-49シリーズ”は、8月27日から開催されるハムフェア2011のCQ ham radio展示ブース(B-20)で行われるCQセミナーで内容を解説する予定です. また、札幌SDR研究会のブースにて同モジュールの現物を展示して運用デモを行います. C-111ブースまでお気軽にお越しください. ©◎



来春のリリースに向けて開発中!

CQham radio オリジナル・モジュール “SDR-49シリーズ”の紹介^{Part. 2}

今月の
テーマ

オリジナル・モジュール“SDR-49”で何ができるのか?

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号では、アマチュア無線の運用形態を、根本から変えてしまう可能性を秘めた、CQ ham radioオリジナル・モジュール“SDR-49シリーズ”の概要を紹介しましたが、今月号では、このSDR-49で具体的に何が実現できるかを解説していきます。

SDRフロントエンドを接続すると 「単体で動作する受信機」になる

SDR-49は、パソコン上で動作するRockyやSDRadioなどのSDR復調ソフトと、ほぼ同等の復調機能を、名刺サイズの基板2枚で実現しています。CQ ham radio 2006年12月号の付録基板のソフトウェア・ラジオ(写真1)をはじめ、パソコンのサウンド・カードに接続するタイプの各種SDRフロントエンドが接続可能です。

SDRフロントエンドから出力されるI/Q信号を、SDR-49に接続すると、DSPがSSBを復調してAF信号を出力します。名刺サイズの基板ですので、ケースに組み込めば、パソコン不要の独立した受信機として

動作します(図1)。

SDR-49は、A/D変換器を内蔵しています。実はこのA/D変換器の基本性能は、普通のパソコンのサウンド・カードよりも優れています。普通のパソコンを用いてSDRの信号を処理する場合、ほとんどの場合、サンプリング周波数は48kHzが上限でした。しかし、SDR-49の最大サンプリング周波数は192kHzです。

一般にSDRでは、サンプリング周波数と同じ幅の周波数帯域を受信できますので、サンプリング周波数が192kHzですと、広がった7MHzバンドの大部分を、同時に受信できます。今まで、SDRの受信周波数の範囲の狭さが不満だった方でも、これならば使ってみようかな? と思

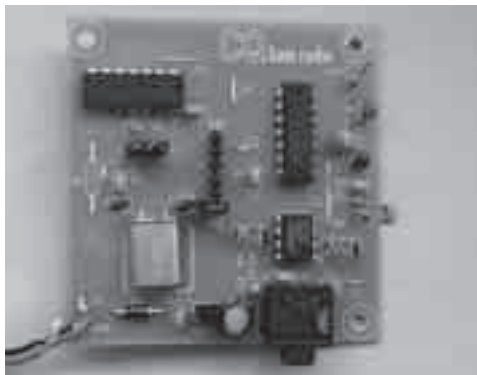


写真1 本誌2006年12月号の付録「ソフトウェア・ラジオ実験基板」。この基板で7MHzの信号を直交ミキサでI/Q信号に変換する。通常はこの基板の出力をパソコンのサウンド・カードに接続してパソコン上でSDRソフトを実行してSSBを復調するが、今回はパソコンではなくSDR-49モジュールを利用して復調を行う。この基板以外にも高性能なSDR基板が通信販売で入手できる

えることでしょう。

しかしパソコンなしで、いったいどうやって受信周波数を変化させたり(チューニング)、LSBやUSBなどの受信モードを切り替えるのでしょうか? まず最もシンプルな方法として、SDR-49にチューニング用のロータリー・エンコーダや、モード切り

図1 SDRフロントエンドとSDR-49を組み合わせた受信機のブロック図

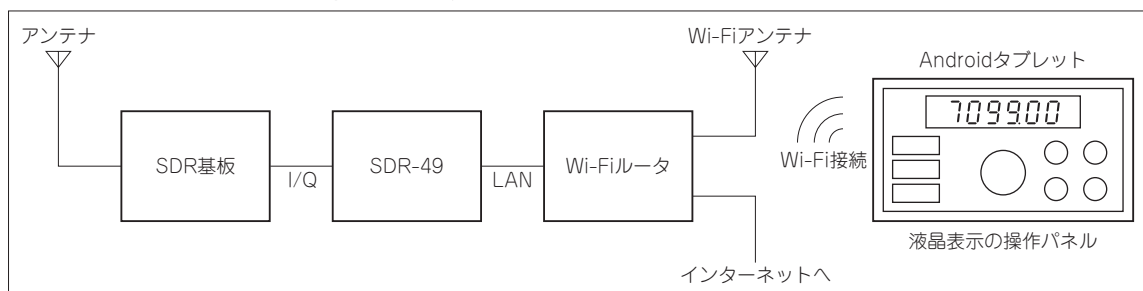




写真2 LAN経由でSDR-49を制御するためのRJ-45コネクタ。まず家庭内にあるWi-FiルータにSDR-49をLANケーブルで接続する。これでSDR-49はLANに接続される。同様にAndroidタブレットをWi-Fiで接続するとLANを通じてAndroidタブレットとSDR-49が通信可能になる

替えスイッチを接続することで、受信機の操作を行うことができます。

また、SDR-49のシリアル端子を使って、コマンドを送受信して操作することも可能です。秋月電子通商などで販売されている2行表示の液晶モジュールと、PICマイコンなどを組み合わせた周波数表示基板などを製作すれば、SDR-49からのシリアル・データを用いて、現在の受信周波数を取得して表示することが可能です。

しかしSDR-49には、LANに接続するためのRJ-45コネクタ(写真2)が実装されていますので、LAN経由で受信機を操作するのが最も手軽で便利だと思います。LAN経由の操作と聞くと、どうしてもパソコンが必要なのかな? と考えてしまいがちですが、実はそうではありません。

LAN経由の操作パネルとして、最もお勧めなのがAndroidスマートフォンやAndroidタブレット(写真3)などのAndroid端末です。AndroidタブレットをWi-Fiで家庭内のLANに接続してSDR-49を操作するというわけです。

Androidタブレットには、美しく大きいカラー液晶パネルと、触って操作できるタッチ・パネルが一体化しているので、無線機の操作パネルとして利用するには、理想的な機能を備えています。しかもスピーカとマイクまで標準で搭載されていますので、受信した音声をAndroid端末で聞くことができますし、送信の



写真3 7インチの画面を持つAndroidタブレット。電話の機能はないがWi-Fi接続でインターネットに接続するとパソコンと同様に使えるツールになる。この画面はSDR-49をコントロールするためのAndroidRadio(開発中)を実行しているところ。画面上部のスライドバーを指でスライドさせると大きく周波数を変えられるし、中央のダイヤル部分で指をクルクル滑らせるとファイン・チューニングが行える。左側がSメータ表示で右側がAFレベルの表示になっている

際には内蔵マイクが使用できます。

実際にはSDR-49をイーサネット・ケーブルでLAN(ルータ)に接続し、Android端末もWi-Fi経由でLAN(ルータ)に接続します。これでAndroid端末とSDR-49がLANを通じて通信できる状態になりますので、Android端末に専用アプリケーションをインストールすれば、SDR-49のコントロールが可能になります。

端末の画面に表示されたダイヤルのうえで、指をくるくるすべらせればチューニングができますし、表示されているボタンを押せば、受信モードの切り替えなどを操作できます。また、現在の受信周波数やSメータの値やバンド内のスペアナ画像などの付加情報を、Android端末に表示することもできます。

Android端末をSDRの操作パネルに利用するなどぜひたくだと感じる方もいると思いますが、Android端末は世界中で、すごい台数が量産されていますので、今後どんどん価格も下がってきます。

それに従来のように、秋月電子通商の2行表示液晶モジュールにマ

アイコンなどを組み合わせて、あれこれ工作したり、その表示ソフトなどを開発する手間を考えると、ネットショップなどで1万円程度で売られているAndroid端末を活用したほうが、はるかに手軽で美しい操作パネルになると思います。

この例のようにSDR-49のネットワーク機能を活用すれば、新しい時代の無線機のユーザー・インターフェースを実現してくれるはずです。

2台を組みわせると「すごく長いオーディオ・ケーブル」になる

SDR-49は、I/QデータをDSP処理するという基本機能に加えて、DSPでSDRの信号処理をするのではなく、音声の圧縮処理をさせて、ネットワーク経由でどこへでも届けることもできます。この機能を利用した、最もわかりやすい応用例は、SDR-49を2セット用意して、お互いに対向させて、音声データを通信させるという使い方です。これは言い換えると、すごく長い距離のオーディオ・ケーブルとして動作するということです。(図2)

図2 SDR-49同士を対向させた「すごく長いオーディオ・ケーブル」のブロック図



パソコンと違い、使用方法も手軽で簡単です。双方のSDR-49に電源を入れるだけで、自動的に立ち上がり、NAT越え機能により、ファイアウォールの内側に設置されたSDR-49が、同時に通信を開始して、お互いにオーディオ信号をやりとりできる状態になります。また、1台のSDR-49と、スマートフォンを組み合わせることも可能です。

このシステムを利用すると、例えばSDR-49を遠方に設置して、そのラジオに接続するだけで、遠方のラジオ局の音声を、いつでも聞くことができるようになります。radioikoに似た使い方ですが、自分が住んでいる地域に関係なく、どこの地域のラジオでも聞くことができます。

スマートフォンと組み合わせる



写真4 スマートフォンの例。無線回線を通じて常にインターネットに接続しているため場所を選ばずSDR-49にアクセスして無線機をコントロールできる。この画面はAndroidRadioを実行中だが、縦長の画面にあわせて自動的に画面レイアウトが変更されている

と、電車の中からも聞くことが可能です。いわば自分専用のストリーミング・ラジオ放送を構築できるわけです。

自宅のリグを「スマートフォンで遠隔運用」できる

上記の「すごく長いオーディオ・ケーブル」をアマチュア無線に応用すると、もっと面白い使い方が可能になります。

最近の無線機は、ほとんどがシリアルで周波数をチューニングしたり、バンドやモードを切り替えたりできる機能を持っています。SDR-49はシリアル端子を持っていますので、それを無線機のシリアル・コントロール端子に接続します。また、PTT信号をSDR-49からレベル変換して取り出



写真5 超小型スマートフォンの例。手のひらにすっぽり収まる小型のスマートフォン。画面サイズに合わせて自動的に操作パネルのレイアウトが変更されていることがわかる。BlueToothヘッドセットを利用することもできる

し、リグのPTT端子に接続します。

次にリグのマイクとスピーカを、SDR-49の音声入出力端子に接続します。これで準備は完了です(図3)。

あとはAndroidスマートフォン(写真4、写真5)に、遠隔運用アプリをインストールすれば、スマートフォンから自宅にあるリグの運用が可能になります。スマートフォンは、常にインターネットに接続されていますし、標準でマイクとスピーカを備えていますので、場所を選ばず運用が可能になります。

皆さんもセパレート・ケーブルで、無線機のフロント・パネルを、数メートル延長して運用した経験があると思いますが、このシステムはあくまでも「すごく長いセパレート・ケーブル」なのです。ただし、この場合には、電波法の規定により、所定の届出を行い、無線局免許状は自宅のリグの上に掲げて、自分は無線従事者免許を携帯していれば、送信を含むアマチュア局の遠隔運用が合法的に可能です。

この事例をさらに進めると、インターネットさえ通じていれば、日本中のどこへでも、自分のリグ+アンテナを(もちろん免許状を添付して)レターパックなどで送りつければ、いつでもどこでも、ペディションを行うこともできそうです。

良いロケーションにある「アンテナを共有させてもらう」

都会に住んでいるハムにとって、

図3 SDR-49とスマートフォンでリグを遠隔運用する際のブロック図

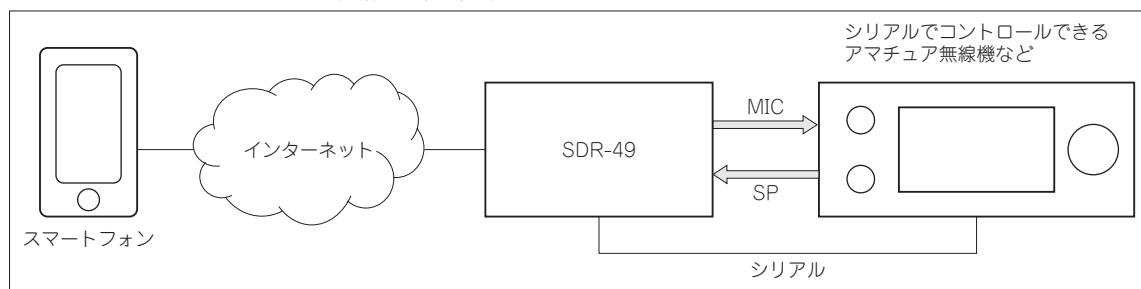
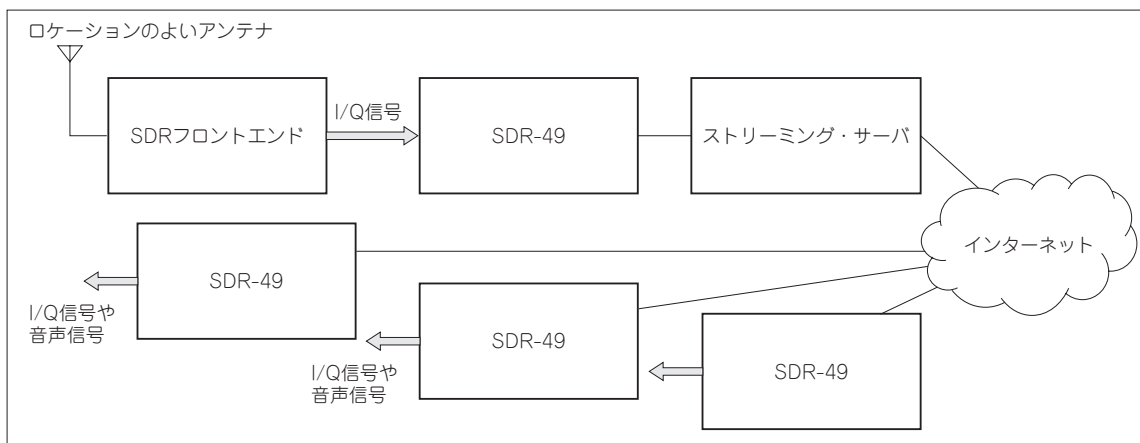


図4 SDR-49を利用したアンテナ共有システムのブロック図



近年のノイズ・レベルの増加に、辟易とされている方も多いと思います。また、マンションなどの環境では、アンテナ自体の設置が許されないという方も、多いのではないのでしょうか？

SDR-49を利用すると、良いロケーションに設置してあるアンテナを、多人数で共有して利用できます。例えば、ノイズが少ない山中などの恵まれた環境に住んでいる方は、自分がアンテナを使用していない時間帯に、そのすばらしいロケーションにあるアンテナを、SDRフロントエンドとSDR-49に接続していただき、SDR-49の通信相手先を、クラウド上のアンテナ共有サーバーに設定するだけでOKです。これで、このアンテナの信号をアンテナ共有サーバーから多人数に配信できます(図4)。

SDR-49のサンプル・レートは最大192kHzですので、192kHz幅でバンド全体を取り込むことが可能です。

このアンテナ共有を利用したいユーザーは、自分用にSDR-49を1台用意して、通信相手先をアンテナ共有サーバーに設定します。

自分側のSDR-49は、アンテナ共有サーバーからストリーミング配信されてくるI/Q信号を受け取ります。受け取ったI/Q信号を、SDR-49に内蔵のDSPで信号処理して、AF信号に変換されてスピーカを鳴らしま

す。チューニングやモード切り替えは、LAN内のAndroid端末で行います。またこの状態で、上記のスマートフォンでの遠隔運用も可能ですので、どこからでもノイズの少ないアンテナを使用するのワッチが可能になります。

つまり最初の応用例で紹介した「単体で動作する受信機」のSDRフロントエンド部分の代わりに、ネットワーク経由でI/Q信号を取り込んで、DSPで復調するという事です。このシステムを利用できる最大人数は、サーバーの能力に依存します。強力なサーバーを用意すれば、より多人数で利用可能です。もちろんパスワードを用いて、限られたメンバーだけが利用できるように管理することもできます。

そのほかの用途にも

SDR-49モジュールは、そのほかにもいろいろな応用が可能です。

- アナログ式のトランシーバのIF段を置換してハイブリッド・リグを製作
- デジタル通信の復調と変調(PSK 31ほか)
- Android端末で撮影したテロップをSSTVで送信し、受信画像を表示させる
- Hi-Fi SSBのジェネレータ段として

利用

- ネット経由でI/Qデータを取り込んで精密に信号を解析
- 短波帯の電界強度を測定してサーバーに蓄積する電界強度ロギング・システムとして
- D-STARやWiRES的な草の根デジタル通信網を構築する
- オーディオ信号を取り込んでエコーキャンセルなどの信号処理を行うDSPモジュールとして
- 音声信号を圧縮しネットワークでサーバーに送り長時間記録するボイスレコーダーとして

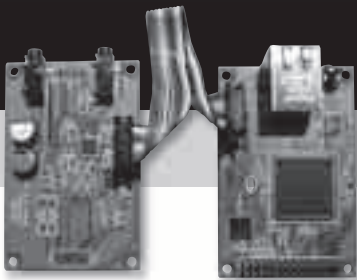
* * *

次号以降の本連載のテーマは、

- FT-817をスマートフォンから遠隔操作してみよう
- アンテナを共有しよう+ストリーミング・サーバー構築方法の解説
- SDR-49+市販SDRフロントエンドで受信機を製作してみる
- ハイブリッド式トランシーバの製作。アナログ式のトランシーバにSDR-49を組み込む
- デジタル復調入門。SDR-49のDSPを触ってみよう

という内容に関して、毎月具体的に解説していく予定です。次号ではFT-817をスマートフォンで遠隔運用する方法を解説しますので、どうかお楽しみに！

◎◎



来春のリリースに向けて開発中!

CQhamradio オリジナル・モジュール “SDR-49シリーズ”の紹介^{Part.3}

今月のテーマ SDR-49を利用したリモート運用システムの製作

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号まで、アマチュア無線の運用形態を、根本から変えてしまう可能性を秘めた、CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49のさまざまな応用例を紹介しましたが、今月号では、試作中のSDR-49を使い、FT-817のリモート運用システムを製作してみます。

従来からリモート運用 (遠隔運用)は可能だったが……

自宅のシャックにあるリグを、遠隔地から操作して運用することを、リモート運用(遠隔運用)と呼びます。リモート運用は自宅にある高性能なリグとアンテナを、そのまま利用できるので、ハンディ機による移動運用とは、また違った楽しみがあります。

従来までは、パソコンを利用したリモート運用システムが利用可能で

した。しかし、パソコンを利用するために、まず2台のパソコンを用意する必要があり、しかも常にシャック側のパソコンを立ち上げておく必要がありました。また、ルーターなどの設定も意外と難しく、ネットワークに関して、ある程度の知識を必要とするため、一般のアマチュア無線家にとっては、すこし敷居が高かったようです。

スマートフォンはリモート運用 には理想的なデバイス

今やスマートフォン(写真1)は、パソコンの販売台数を抜き去り、最もポピュラーなインターネット端末として認知されてきました。今後はさらにスマートフォンの普及が、加速することが予想されます。実はこのスマートフォンは、アマチュア無線のリモート運用に最適なデバイスなのです。

その第一の理由は、スマートフォンはもともとが電話なので、常に無線回線でインターネットに接続されている点です。これはパソコンと比較しても大きなメリットで、パソコンをインターネットに接続するという煩わしい作業から、いっさい開放されます。電車やバスの中でも、歩



写真2 スマートフォンの液晶画面に表示されたメイン・ダイヤル

ダイヤルの円周付近を指でぐるぐる回すと、周波数がスムーズに変化する。まるで本物のダイヤルを回している感覚に近い。ダイヤルの中心付近を操作すると、より大きく周波数に変化するの、とても便利だ

きながらも、居酒屋で飲んでいても、常にスマートフォンはインターネットに接続され続けています。

第二の理由は、無線機のリモート運用には、マイクとスピーカが不可欠ですが、もともとが電話のスマートフォンには必ず装備されているという点です。また、スマートフォンはBluetoothヘッドセットも使用できるので、ハンズフリー・スタイルでの運用も可能になります。

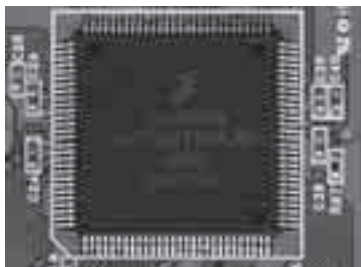
第三の理由は、スマートフォンは、大型の液晶画面とタッチ・パネルが利用可能だという点です。タッチ・パネルは、パソコンのマウスと比較すると、無線機のリモート運用には最適な入力機器だと言えます。スマ



写真1 代表的なスマートフォンの例
無線回線を通じて常にインターネットに接続しているので場所を選ばずリモート運用ができる。AndroidRadioアプリを起動したところ



写真3 ボリューム・コントロール部分
指を上下にスライドさせることで音量を調整できる。実際のスライド・ボリュームとほぼ同様な感覚でコントロールできる。上部にはモード・ボタンが表示されている。このボタンにタッチするとモードが順番に切り替わる。リグのモード・ボタンと同様な動作になる。



**写真4 SDR-49で使用されているDSP
のMCF52233CAL60**
このチップ1個でSDRの信号処理とVoIP
機能を実現する。内蔵のコントロール・プロ
グラムはLAN経由で自由に書き換えられる
ので、さまざまな用途に応用が可能

ートフォンの液晶画面上に、メイン・ダイヤルをグラフィック表示させて**(写真2)**、画面上をクルクル撫^なでることで、周波数を連続的に変化させることができます。

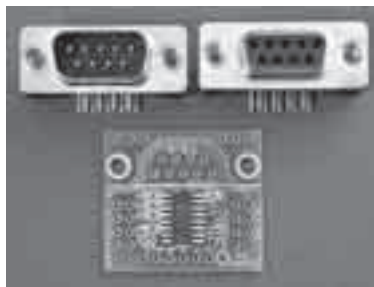


写真5 シリアル・レベル変換モジュール
SJ-RS

オスとメスの両方のシリアル・コネクタが付属しているの、用途に合わせて選択する。今回の製作ではパソコン側と同じオス・コネクタを選択した。ブレッド・ボードに取り付けて使用するのに便利なピン配置になっている。

また、ボリュームやモード切り替え**(写真3)**なども、画面上で指をスライドさせたり、モード・ボタンを押したりという、自然な操作で、無線機の機能をコントロールできます。

もうリモート運用に パソコンは不要になりそう

リモート運用でパソコンを利用していた、もう一つの大きな理由は、音声データをインターネットを通じて送受信するために、VoIP (Voice over Internet Protocol) 機能を利用するためでした。

ところがSDR-49にはDSP(写真4)が内蔵されているので、SDR-49単体でVoIP機能が利用できます。またスマートフォン側にも、電話で利用するためのVoIP機能が用意されています。つまり、スマートフォンとSDR-49を組み合わせれば、パソコン

なしでもVoIP機能を利用できます。

また、SDR-49はモジュール基板です、ケースなどに組み込んで、モート運用専用マシンとして仕上げるができます。専用マシンですので、電源を入れるとすぐに動作を開始して、スマートフォンからのアクセスを受け付ける状態になります。

リグのコントロールには シリアル信号を利用する

SDR-49)には、シリアル信号端子がありますので、シリアルでコントロールできるリグとの接続が可能です。メーカーによって、シリアルのコントロール・コマンドが多少異なりますが、開発中のSDR-49は標準でYAESU系のCATと、ICOM系のCI-Vに対応しています。現時点ではKENWOOD系には対応できていませんが、対応は簡単だと思います。

実際にリグと接続するには、3.3VレベルのSDR-49のシリアル信号を、RS-232Cレベルに変換する必要があります。今回は製作の手間を省くために、サイレントシステム製のSJ-RS(2,400円)というモジュールを利用します(写真5)。

実際にリモート運用装置 システムを製作する

図1にSDR-49を利用したリモート運用システムの回路図を示します。マイクとスピーカの音声信号をモジュ

図1 SDR-49を使ったリモート運用システム

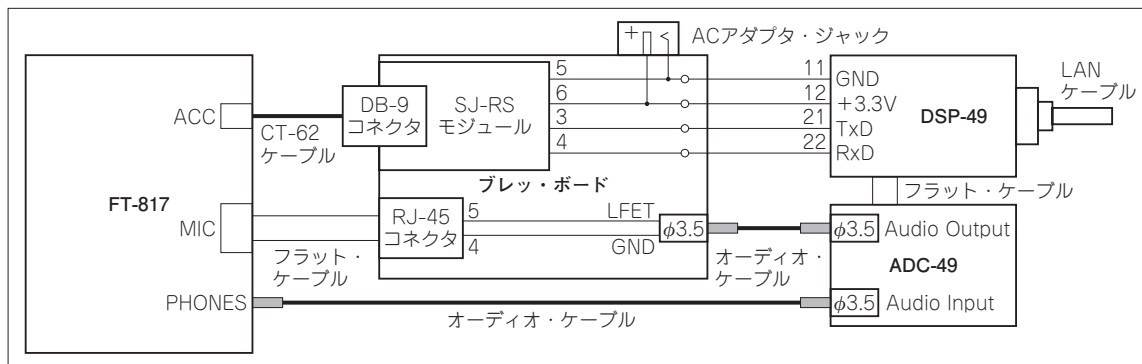




写真6 リモート運用システムの全景
SDR-49とFT-817を接続してリモート運用システムを構成している。動作を確認後に小さなケースに組み込むのもよいだろう。マイクの音量が大きすぎたので、ブレッド・ボード上にアッテネータを追加するのもよいだろう

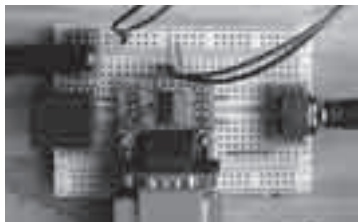


写真7 ブレッド・ボード部分の拡大写真
右端のφ3.5のオーディオ・ジャックの信号を、そのまま左端のRJ-45コネクタまで導いている。左上にあるDCジャックから電源をSDR-49とSJ-RSの双方に供給している。SDR-49から来たシリアル送受信の信号をSJ-RSに接続してRS-232Cレベルに変換している

ールとつなぎ、シリアルをレベル変換しているだけの簡単な構成です。今回の記事はFT-817を使用していますが、おそらくほんの少しの変更で、ほかのリグにも簡単に応用できるはずです。

製作はブレッド・ボードを利用します。ブレッド・ボード上には、RS-232Cのレベル変換モジュールと、SDR-49のφ3.5の音声出力を、FT-817のマイク端子に接続する部分を、組み込むことにします。

写真6に今回製作したリモート運用システムの全体図を示します。2枚のSDR-49基板は、木ねじでカマボコ板に取り付けて、その横にブレッド・ボードを両面テープで取り付けてあります。ブレッドボード上にはACアダプタ・ジャック、φ3.5オーディオ・ジャック、RJ-45コネクタ、SJ-RSモジュールを配置します(**写真7**)。

ブレッド・ボードの工作には、**写真8**のようなブレッド・ボード専用の小物を用意しておく、たいへん便



写真8 ブレッド・ボード用の便利パーツ
ブレッド・ボードを利用した製作を行う際には、このようなブレッド・ボードに挿入可能なパーツをあらかじめ製作しておく極めて便利だ。左上はACアダプタ・ジャック、右上はRJ-45コネクタ、左下はφ3.5のオーディオ・ジャック、右下は操作スイッチをブレッド・ボードに挿すためのアダプタ。筆者はプリント基板を製作してもらう際に、基板の隙間で製作した。通常は蛇の目基板をカットして自作するといだろう

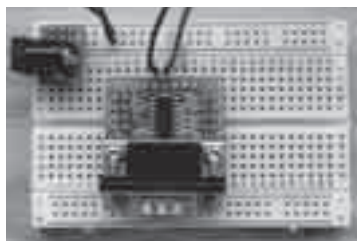


写真9 送信を行わない場合のブレッド・ボード部分の拡大写真
送信を行わないのであればマイクを接続する必要がないので、ブレッド・ボードは極めてシンプルになる。受信側のスピーカ出力はPHONES端子からSDR-49に直接接続できる

利です。また、送信を行わない場合には、φ3.5オーディオ・ジャックとRJ-45コネクタは不要になるので、ブレッド・ボード上は、すごくすっきりします(**写真9**)。

SDR-49とブレッド・ボードの接続はブレッド・ボード用のリード線(**写真10**)を利用します。SDR-49上のコネクタ(**写真11**)にリード線のメス側を挿して、ブレッド・ボードの穴にリード線のオス側を挿せば、簡単に配線ができるのでたいへん便利です。

スマートフォンに 専用アプリをインストール

次はスマートフォン側にアプリケーションをインストールしてみましょう。

スマートフォンのアプリは、まずアプリ開発者がパソコン上の開発ツ



写真10 SDR-49とブレッド・ボードを接続するためのリード線
このリード線は片方がメスで、もう片方がオスのタイプ。このほかにもオスメスのさまざまな組み合わせのリード線が入手可能だ



写真11 SDR-49の外部信号端子
SDR-49には26ピンの外部信号端子がある。今回の例では26ピンのヘッダーを取り付けてリード線でブレッド・ボードと接続した。このコネクタを通じてロータリー・エンコーダやモード・スイッチを接続すると、単体で動作する装置としても利用できる

ールで作成します。次に作成したアプリを、インストーラというファイルに変換します。

出来上がったインストーラ・ファイルは、どこかのホームページ上に置いておきます。

皆さんは、スマートフォンのブラウザから、このホームページにアクセスすると、誰でも簡単に自分のスマートフォンにアプリをインストールすることができます。

SDR-49が発売されるのと同時に、CQ ham radioのホームページ内に、特設コーナーが開設される予定です。皆さんも、そのコーナーにアクセスすれば、今回の製作で使ったアプリを、無料でインストールすることができます。

アプリをインストールしたら、起動して初期設定を行います。動作モードをリモート運用モードに設定し、SDR-49の基板に記されている固有ID番号と、あらかじめブラウザで、SDR-49に設定しておいたパスワードを設定します。設定を完了すると、スピーカから受信音声聞こえてくるはずです。

図2 変更申請に必要な添付書類の例

「インターネットを利用したアマチュア無線設備の遠隔操作」についての適合説明資料

1. 遠隔操作を行う送信機

第1送信機

2. 送信機の名称

バーテックス スタンダード製 FT-817トランシーバ(技適番号KN294)

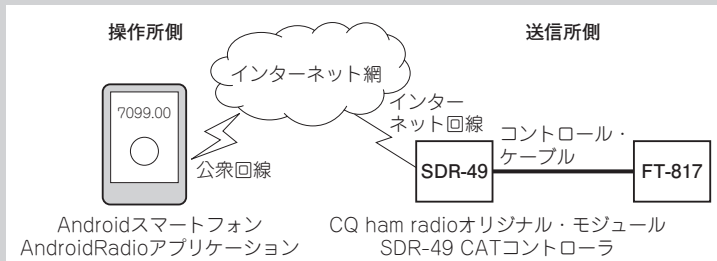
3. 遠隔操作を行うアプリケーション・ソフト

CQ ham radioオリジナル・モジュール SDR-49システムを利用

送信所側: SDR-49に内蔵されているCATコントローラ

操作所側: Androidスマートフォン上のAndroidRadioコントロール・プログラム

4. 遠隔操作の構成



5. 電波法関係審査基準 第15の25「アマチュア局の遠隔操作について」(1), (3)イ, 及び(4)の適合説明

(1)「電波の発射の停止が確認できるものであること。」

CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49システムを利用することにより、送信所側のSDR-49に内蔵されているCATコントローラが送信所側の無線設備の状態を監視・調査し操作所側に報告することで、免許人が常に無線設備を監視及び制御でき電波の発射の停止も確認できます。

(2)イ(ア)「免許人以外の者がインターネットの利用により無線設備を操作できないよう措置しているものであること。」

CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49システムにアクセスするには、IDとパスワードによる認証が必要なので、免許人以外の者が無線設備を操作できません。

(3)イ(イ)「運用中は、免許人が常に無線設備を監視及び制御をしているものであり、その具体的措置が確認できるものであること。」

CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49システムを利用することにより、送信所側のSDR-49に内蔵されているCATコントローラが、送信所側の無線設備の状態を監視・調査し操作所側に報告することで、免許人が常に無線設備を監視及び制御でき、電波の発射の停止も確認できます。

(4)「電波が連続的に発射し、停波しなくなるなどの障害が発生したときから3時間以内において速やかに電波の発射を停止できることが確保されているものであって、その具体的方法が確認できるものであること。」

CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49システムを利用することにより、送信所側のSDR-49に内蔵されているCATコントローラが一定時間の通信の途絶を検出すると、自動的に送信所側の無線設備を操作し電波の発射を停止する機能を備えています。また、上記の機能が動作しない場合に備えて、常に3時間以内に自局の送信所へ戻り電波の停止ができる場所で運用します。

さっそくスマートフォンを手に、街に出て見ましょう。アプリを起動すれば、いつでも受信音声が開聞こえます。メイン・ダイヤルをくるくる回してワッチして見ましょう。筆者も、最初このシステムが完成したときにはとても嬉しくて、どこへでもスマートフォンを持ち歩いて、

四六時中ワッチしたものです。皆さんにも、同じ感動を味わってもらいたいと思います。

**リモート送信するには
変更届が必要**

このシステムを利用して、リモート送信を行う際には、所轄の総合

通信局に変更届を提出して、変更された免許状を手にする必要があります。すでに技適機種で免許状を受けている場合には、電子申請を利用して申請しましょう。なんといっても手数料は無料ですし、ブラウザ画面から気軽に変更申請ができます。電子申請すると、先方の処理も迅速で、約一週間程度で手続きが完了します。

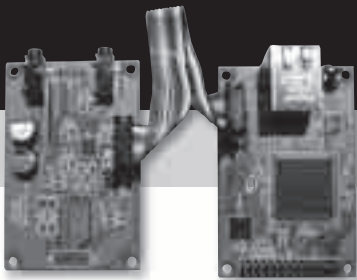
申請のポイントとしては、電子申請の備考欄に、「インターネットによる遠隔操作を行うための変更申請」と記載します。次に今回製作したリモート運用システムが、電波法で規定された「遠隔操作に必要な要件」を満たしていることを説明するために、図2のような書類を作成して、そのファイルを添付書類としてアップロードします。

**実際にリモート運用
してみよう**

スマートフォンによるリモート運用を体験すると、今まで運用ができなかった場所で運用できるのが、新鮮な驚きです。しかし、傍目には、携帯電話で話しているように写りますので、周りの方々に迷惑が掛からないように十分に注意しましょう。特にお勧めは、居酒屋での運用です。居酒屋は元来、客同士で話しをしながら飲むのが当たり前ですので、送信の際に、ある程度小さな声であれば、そう迷惑にもなりません。普段シャックでアルコール変調をかけながら運用している方は、ぜひお試しください。

今後の予定

今回のリモート運用システムに必要な部品は、CQ出版社からキット形式で提供できるように検討中とのことです。これはとても楽しみです。次号では、SDR-49を利用したアンテナ共有システムの構築方法について解説します。どうかお楽しみに！◎◎



来春のリリースに向けて開発中!

CQhamradio オリジナル・モジュール

“SDR-49シリーズ”の紹介^{Part.4}

今月の
テーマ

SDR-49を使ったSDR受信機の製作事例

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号では、CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49を利用したリモート運用システムを紹介しましたが、今月号ではSDR-49を使ったSDR受信機の製作事例を紹介します。

受信機への応用は SDR-49の本来の利用方法

オリジナル・モジュールSDR-49は、搭載されたDSPにより、入力されたI/Q信号の中から、希望の周波数の信号を選局しSSBを検波して、音声信号を出力する機能を備えています。この機能を利用すれば、パソコンを使用しなくても、単体のSDR受信機として、ケースに組み込んで動作させることが可能になります。これはSDR-49本来の、典型的な利用方法だと言えます。

そこで今月号の製作では、CQ ham radio 2006年12月号付録の、ソフトウェア・ラジオ基板をSDR-49に接続して、単体で動作するSDR受信機を製作してみます。

なぜパソコンを使わず、 SDR-49を使うのか?

SDR-49の連載を始めて、読者の皆さんの、熱い期待感をひしひしと感じているところです。そんな中で、読者の方々からの質問の中で目立ったのは「パソコンでSDRを使用しているのです、それでよいのでは?」というご意見でした。確かにすでにパソコンを活用して、SDRを楽しんでいる方々にとっては、当然の疑問だ

と思います。ではパソコンを使用せずに、SDR-49を使用するメリットとは、いったいなんなのでしょうか?

まず第一に挙げられるのは「省エネ」だということです。省電力と言われているノート・パソコンでも、30W/h程度の電力を消費します。さらに一般的なデスクトップ・パソコンだと、液晶モニターも併せると、100W/hから150W/h程度の電力を消費します。もし先月号で紹介したリモート運用や、来月号で紹介するアンテナ共有サービスで、パソコンを付けっぱなしで待機させると、電気代としては、1か月あたり1,500円程度の出費になります。節電が真剣に求められている昨今では、これは少し気にかかります。

それに対してSDR-49の消費電力は、最大でも0.8W/hです。これほどの低消費電力ですので、節電や電気代のことを気にせず、機器を常時使用することができます。特に、待機する時間が長いリモート運用のためには、省電力は、非常に重要な性能だと言えるでしょう。また、SDR-49は消費電力が少ないぶん、パソコンよりもノイズに関しても有利だと言えます。

また、SDR-49は、名刺サイズの小型モジュールですので、ノイズを低

減させるため、簡単にシールド効果の高い、金属ケースに組み込めます。

さらにSDR-49は、安定性やセキュリティ面でも有利です。一般にパソコンは、SDR以外の目的にも使用しますので、さまざまなソフトをインストールしている場合が多く、そのことが頻繁にパソコンの動作が止まる原因になりがちです。またパソコンが、悪意のあるウイルスなどに感染し、個人情報盗まれるリスクもはらんでいます。しかしSDR-49は家電品のように、電源を入れるだけですぐに立ち上がり、決められた動作を永久に継続してくれます。

受信機の表示部やモード 切り替えはどうするのか?

実際に受信機を製作する場合には、現在の受信周波数を表示したり、Sメータを表示する機能が不可欠です。またチューニング・ダイヤルや、受信モード切り替えスイッチなどの、各種の操作機能も必須です。運良くSDR-49には、イーサネット機能が装備されていますので、前号までは、スマホやタブレットを、操作パネルとして利用する事例を紹介してきました。単にSDR-49を受信機として使うのであれば、この方法が最も簡単で、画面の見栄えも良く、操作性も高いと思います。しかし今月号のテーマは、ケースに組み込んで単体で動作する受信機の製作ですので、あえて今回は、ネットワーク機能を



写真1 16文字×2行の液晶モジュール
秋月などで入手可能な代表的な液晶モジュール。特にこの16文字×2行のSC1602シリーズは、バリエーションも豊富で安価で使いやすい。PICマイコンと組み合わせのキットも用意されているのですぐにプログラム作成を開始できる。文字を表示するなら、お勧めのモジュールだ



写真2 グラフィック表示が可能な液晶モジュール
秋月で入手可能な128×64ドットのフルグラフィック液晶モジュール。図形などの自由な表示が可能だが、文字を表示する際には、フォントを準備する必要がある。受信機のフロントパネルとして使いこなすのはかなり難易度が高い



写真3 サイレントシステム製Silent-2モジュール
128×32ドットのグラフィック液晶とマイコンを組み合わせたモジュール。文字色は黒でバックライトが白なのでコントラストが高く液晶表示がとても見やすい。DSP-49発売時に今回のファームウェアを書き込んで提供されるとのことで、プログラムが不要になるのがうれしい

封印することにします。

まず表示機能ですが、今回は市販の液晶モジュールを使用します。**写真1**や**写真2**のような液晶モジュールが、秋葉原や通販などで容易に入手できます。すでに過去の本誌の記事でも、こうした液晶モジュールを使用した製作記事が、何度も発表されていますので、馴染みのある皆さんも多いと思います。

液晶モジュールは、それ単体では何も表示することができません。必ずPICマイコンなどと組み合わせ、マイコンが液晶モジュールに表示コマンドを送り込むようにプログラムする必要があります。

SDR-49は、現在の受信周波数などの必要な情報を、シリアル端子から出力する機能があります。**図1**にSDR-49から出力される、コマンドのフォーマットを示します。

受信周波数を表示させるには、このコマンドをマイコンで受け取り、受け取った周波数を液晶に表示させるようなプログラムを、準備する必要があります。また、このシリアル・コマンドは双方向ですので、同

様なフォーマットで、SDR-49にコマンドを送ると、受信周波数や受信モードなどが変更されます。

今回は、製作をシンプルにするために、液晶モジュールとマイコンが一体になった、Silent-2というモジュールを使用することにしました(**写真3**)。このモジュールは、本誌の2009年12月号でも紹介されたモジュールですが、小型で、画面も明るいので、コンパクトなケースに組み込む際に便利です。また、今回のプログラムを書き込んだSilent-2は、SDR-49の発売時には同時に入手が可能になるとのことですので、もう少々お待ちください。

チューニングはどうするのか？

またSDR-49には、10本の信号端子があります。この端子にスイッチを取り付けることで、受信周波数を増減したり、受信モード切り替えや、フィルタ帯域の変更などの操作が可能になります。今回使用するSDRフロントエンドは、7MHzモノバンドですので、モード切り替え(CTS0)

は使用せずに、デフォルトのままのLSBを使用することにします。

チューニング・ダイヤルには、ロータリー・エンコーダを利用します。

写真4は秋月で入手した、ロータリー・エンコーダです。しかし残念ながら、このエンコーダは、クリックがあるタイプなので、スムーズなチューニングというわけに行きませんでした。しかし価格が200円と安価なので、試しに利用してみることにします。SDR-49には、ロータリー・エンコーダ端子(AUX1とAUX0)がありますので、そこにAとBの2本の信号線を接続します。また信号のコモン端子のCはGNDに接続します。たったこれだけで、チューニング・ダイヤルができてしまいます。チューニング分解能は11.7Hzステップになります。この値は中途半端な値ですが、サンプリング周波数の96kHzを8192で割った値です。SDR-49は内部的には受信周波数を0から8191の整数で指定します。

しかし、このエンコーダは機械接点式なので、あまり早くダイヤルを回転させると、内部の接点がひどいチャタリングを起こして、スムーズなチューニングができません。目安としては、2秒で1回転ほどの、ゆっくりとしたスピードで操作してください。メーカー製のリグのような、スムーズなチューニングのためには、光学式のエンコーダが必要な

図1 SDR-49のコマンドのフォーマット

SDR-49から出力される12バイトのコマンドのフォーマット。最初の4バイトが周波数で次の4バイトがAGCのゲイン値。どちらも16進の整数なのでマイコン側で周波数やSメータの値に変換する必要がある

周波数 16進数で4バイト				信号強度 16進数で4バイト				モード	フィルタ 低域	フィルタ 高域	ODH (CR)
								1バイト	1バイト	1バイト	1バイト
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11



写真4 ロータリー・エンコーダ

秋月で入手可能なロータリー・エンコーダ、機械式なので高速回転に弱い。一回転で12個ステップなのでチューニングには少し使いにくい。一回転で50ステップ程度だと使いやすい

のですが、なかなか入手が難しいので、ジャンクの無線機から、この部品を取り出すのもよいかもしれません。しかしSDR-49と接続する際には、3.3Vレベルで接続する必要がありますので、くれぐれもご注意ください。

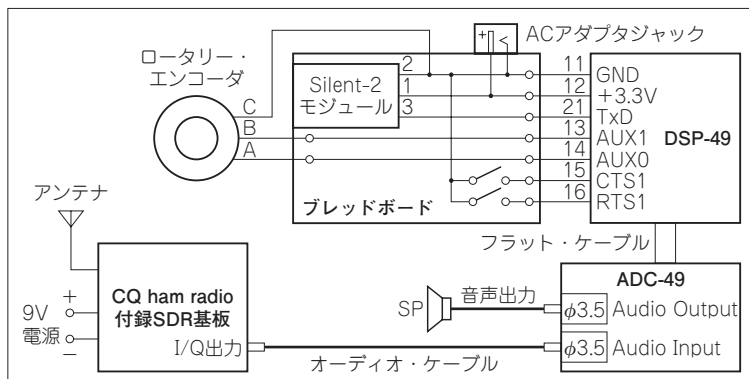
早送り端子(CTS1)をGNDに落としながらチューニングすると、周波数の変化ステップが早送りモードになります。通常モードと早送りモードの変化ステップは、設定で任意のステップ(ただし11.7Hzの倍数になる)に変更できます。またフィルタ端子(RTS1)をGNDに落としながら、ロータリー・エンコーダを操作すると、375Hzステップで連続的にフィルタの通過帯域を操作できます。これも中途半端な数字ですが、96kHzを256で割った値で、DSPの処理の都合上からこのような値になってしまいます。

全体を組み立ててみよう！

それでは実際に受信機を製作してみましょう。図2に回路図を示します。全体の構成としては、ADC-49にソフトウェア・ラジオ基板を接続して、DSP-49に電源、エンコーダ、液晶モジュール、2個の操作スイッチを接続しているだけです。受信出力はADC-49のヘッドホン端子に出力されます。エンコーダのチャタリングを和らげる対策として、AUX1、AUX0とGNDの間に、103から101の

図2 SDR-49を使用した受信機の回路図

単純にSDR基板をADC-49に接続して、ロータリー・エンコーダや液晶モジュールやスイッチをDSP-49のヘッダ端子に接続しているだけのシンプルな回路。SDR-49は3.3V動作だが、SDR基板は6Vから9V動作なので、電源は別系統にしてある。電源を共有するのであれば3.3Vのレギュレータを用意してSDR-49に給電する



Cを挿入してエッジを鈍らせてもよいと思います。

写真5は、今回製作した受信機の全景です。カマボコ板にSDR-49モジュールをネジで取り付け、小型のブレッドボードを、両面テープで貼り付けます。チューニング用のエンコーダは、木ねじで板に固定します。すべての配線は、ブレッドボード用の配線ケーブルを使用します。またチューニングの早送りと、フィルタの切り替え用のスイッチは、先月号でも紹介した、ブレッドボード用の便利パーツを使用しました。

写真6は、ブレッドボード部分の拡大写真です。ブレッドボード上の配線は、スイッチやエンコーダと、DSP-49へ向かうケーブルを、相互接続しているシンプルなものです。ブレッドボードを利用した試作で、とりあえず動作を確認したら、もっとコンパクトな金属ケースに、うまく収めてみるのも、自作派の醍醐味だと言えます。

受信機を操作してみる

出来上がった受信機に火を入れて、7MHzを受信してみました。相変わらずバンド内は、すごく混み合っていて、QRMでたいへんです。SDR-

49の受信周波数範囲ですが、ソフトウェア・ラジオ基板の、局発の中心周波数が7060kHzで、SDR-49のサンプリング・レートが96kHzですので、結果的に、7012kHzから7108kHzの範囲が受信可能です。ほぼ7MHzの旧バンドの全域をワッチできますのでかなりFBです。

読者の方々からの質問の中で「SDR-49の感度は良いのですか？」という問い合わせがありましたが、SDR-49はパソコンのサウンド・カードから後の処理を行うだけですので、受信機としての基本性能は、SDRフロントエンド部分の性能そのものにな



写真5 今回製作したSDR-49受信機の全体写真

お得意のカマボコ板方式。各モジュールをネジで止めている。SDR基板の電源は簡易的に006Pを使用しているが、DSP-49と電源を共有するには3.3Vのレギュレータが必要になる

ります。つまり性能はフロントエンド次第ということです。

今回使用した付録の基板は、高周波増幅段がないので、感度はそう良くはありませんが、バンドのコンディションが良かったので、とても良好に受信できました。すこし問題なのは、この基板は高周波増幅段が省略されているために、アンテナとミキサ段が直接接続されている点です。そのため基板の局発の7060kHzが、わずかにアンテナから漏れてしまうので、やはり次回は高周波増幅段を追加したほうがよさそうです。

ロータリー・エンコーダの操作感ですが、やはり機械式ということもあり、急いで回してしまうと、うまく周波数が変化しないようです。慣れもありますが、どちらかといえばAndroidタブレットの画面上で操作するほうが、ずっとスムーズで使いやすいように感じました。次回はもっと高級なロータリー・エンコーダを、ぜひ使ってみたいものです。

フィルタの帯域を 変化させてみる

ブレッドボード上のフィルタ・スイッチを押して、RTSIをGNDに落としながら、エンコーダを操作すると、フィルタの高域側の通過周波数を、375Hzステップで変化させることができます。SDR-49で使用してい

るフィルタは、IIRフィルタですので、極めてスロープが急峻に切れてくれます。そのため、特に高い周波数成分のQRMには、絶大な効果が感じられました。またRTSIとCTSIの両方を、同時に押さえながら、エンコーダを操作すると、低域側の通過周波数を可変できます。しかし低域側を375Hz上げると、確かにQRMは低減しますが、音質が極端に低下してしまうので、普段の運用では、低域側の操作は、あまり必要としないかもしれません。

図3は、SSBモードで高域通過周波数を3.2kHzに設定したときのフィルタ特性です。測定方法は、SSGで受信周波数付近のスweep信号を発生させ、基板のアンテナ端子に直接入れて、復調後の音声出力を、パソコンにサウンド・カードに入力して、スペアナソフト(Wave Spectra)を使用して、ピークホールド値のグラフを描かせてみました。この方法で測定すれば、RF段とAF段の特性を、すべて反映した音質が、ある程度推察できるはずです。

これを見ると、SDR-49の内部で動作しているIIRフィルタ単体では、通過帯域外は70dB以上の減衰特性がありますが、システム全体では、AGCの影響もあって、15dB程度特性が悪化していることがわかります。図4は、フィルタの帯域を可能な

図3 SSBモードの周波数特性

AGCで弱い信号は強められるので、受信した音声は若干減衰特性が悪化するが、SSBを十分に再生できる周波数特性のように見える。またカットオフ周波数はロータリー・エンコーダで下限1.2kHzから上限4.7kHzまで可変できる

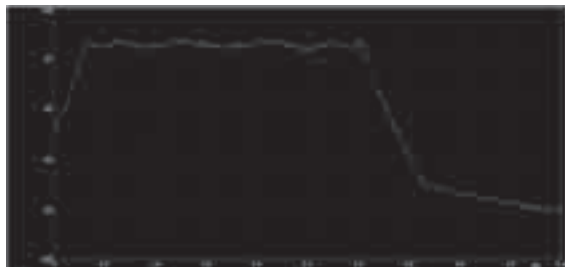


図4 CWモードの周波数特性

帯域が約375HzのCWフィルタの特性。中心周波数が930Hz程度なので、もう少し中心周波数が低いほうが、より聞きやすいかもしれない。今後の改良が望まれる

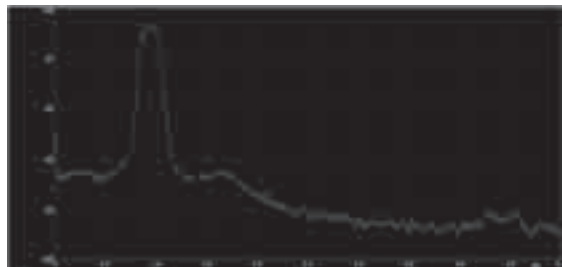


写真6 ブレッドボード部分の拡大写真

ブレッドボードの縦の端子の連結をうまく利用してケーブルをブレッドボード上で中継している。この形式で試作すれば、組み替えも容易でFBだ

限り狭めて通過帯域を375Hzに設定した際の特性です。IIRフィルタ特有の通過帯域内のリップルが綺麗に見えています。やはりDSPのメリットは、フィルタの帯域を、手軽に変更できる点ですね。

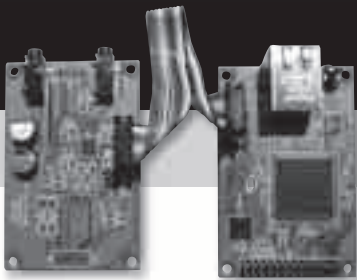
全体に受信機としては、フィルタの帯域調整機能のおかげで、受信音質も良く、QRMにも強い受信機に仕上がったと思います。しかし感度や2信号特性などに関しては、SDRフロントエンド部分の課題が残りました。

今後の予定

今回の受信機製作に必要な部品は、CQ出版社からキット形式で提供できるように検討中とのことです。これはとても楽しみです。

次号の連載では、SDR-49を利用したアンテナ共有システムの構築方法について解説します。どうかお楽しみに！

◎◎



来春のリリースに向けて開発中!

CQham radio オリジナル・モジュール “SDR-49シリーズ”の紹介^{Part.5}

今月のテーマ SDR-49を利用したアンテナ共有システムの製作

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号では、CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49を利用したSDR受信機を紹介しましたが、今月号ではSDR-49を使って、アンテナを多人数で共有する事例を紹介します。

都会派のハムにとって アンテナの問題は深刻

都会に住むアマチュア無線家にとって、HF帯のアンテナを張ることは、たいへん難しい状況になってきています。特にマンション住まいの無線家にとっては、HF帯のアンテナを張ることは、ほぼ不可能と言ってよいでしょう。また一軒家にお住まいの方でも、ローバンドのアンテナに関しては、自分の敷地内では張り切れない場合が多いようです。

ロケーション以上に問題なのは、近年はノイズを発生する機器が、身の周りに増えてきたので、何とかアンテナを張れたとしても、常にノイズ・レベルが高くて、Sメータがずっと振ればなしで、微弱な信号が埋もれてしまうことです。いくら高いリグを購入しても、このノイズの問題だけは解決できません。まさに現代はHF帯を運用したいアマチュアにとって、受難の時代だと言えます。こうした現状を、少しでも何とかできればと考えて、SDR-49を利用

したアンテナ共有システムを製作してみました。

**アンテナ共有システムを利用すると、
マンション住まいでもHF運用が可能に**

しかしロケーションが良く、ノイズも少ない場所に設置してあるアンテナの信号を、自宅まで引き込むことができれば、ノイズから開放された、クリアな受信が可能になります。もし受信さえ可能になれば、送信用のアンテナは、ベランダから突き出した釣り竿アンテナでも、何とかHF帯の運用はできると思います。特にCWの場合は、送信機がQRPであっても、受信アンテナさえロケーションが良くて、しかもローノイズな環境であれば、かなりのDXまで交信が可能です。

また、ほかの地域のアンテナの信号を利用できると、例えば1エリアで送信している自分の波を、8エリアや6エリアに、どのように届いているかをモニタできます。また一定の出力の自分の電波の電界強度を、遠隔地で測定することで、コンディションのひらけ具合を、定量的にモニタすることも可能です。

電波法の解釈からすると、実は送信機と受信機のアンテナは、同一のものである必要はなく、無線局の位置は送信側のアンテナの場所という扱いになります。ネット経由で送信機を共有する際には、総務省が規定した技術基準を満たす必要があります。

図1 スタンドアロン・タイプのSDRのブロック図

一般的なSDR受信機のブロック図。SDRフロントエンド部分で高周波信号を周波数変換して、100キロヘルツ程度のアナログI/Q信号にして、ADC-49でA/D変換を行いデジタルI/Q信号に変換する。その後DSP-49で選局、フィルタ処理、復調を行い、アナログ音声信号を得る。デジタルで処理しているが、本質的にはアナログ受信機となら変わらない作業を行っている

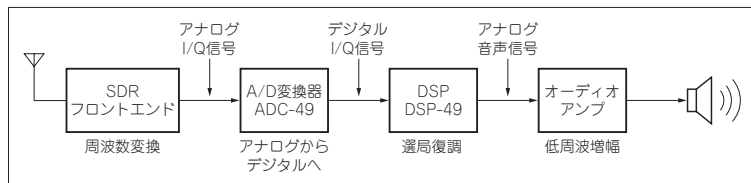
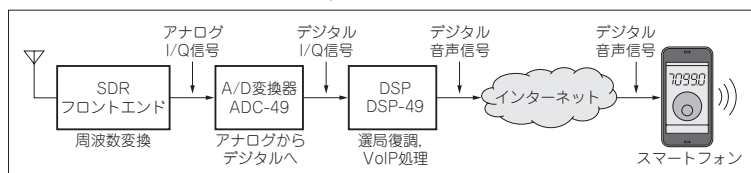


図2 SDR-49をスマートフォン経由で使用する際のブロック図

一般的なSDR受信機と大きく違うのは、DSPで復調した音声信号をデジタル化してネットワーク経由でインターネット上に送出している点である。送られたデジタル音声信号は電話回線を通じてスマートフォンで受け取って、内蔵のスピーカから聞くことができる。ネットワーク上を流れているのは音声信号なので、流れている情報量はそれほど多くない



変更申請も必要ですが、受信機のアンテナに関しては、法的な規定はまったく存在しないので、われわれが好きなように共有システムを構築して構いません。このことを発展的に考えると、送信用は自分のアンテナを使用し、受信用にはネットワーク経由で別なアンテナを使用するというのも、たいへん面白い運用形態だと思います。あえて送受信のアンテナを別々に運用してみることで、新たなアマチュア無線の楽しみを発見できるような気がしています。

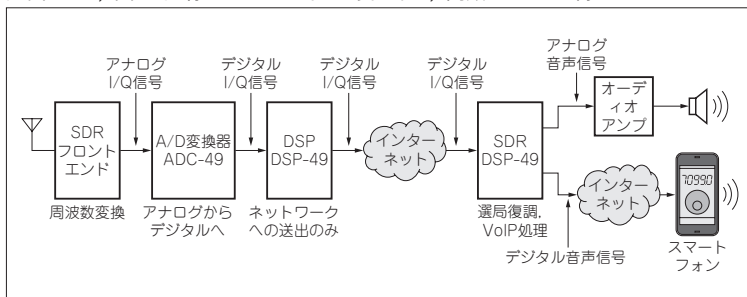
どうやって アンテナを共有するのか？

それでは、いったいどうやってアンテナを共有するのでしょうか？もちろんSDR-49の大きな特徴であるネットワーク機能をうまく利用することになります。しかし今まで本連載で紹介してきたリモート運用システムや、スマートフォンで運用するSDR受信機でも、同様にネットワークを利用していましたが、アンテナ共有システムとは何が違うのでしょうか？それはネットワーク上に流すデータの種類のまったく違うのです。

まず図1に、本連載の先月号(2011年12月号)で製作したネットワーク

図3 アンテナ共有システムの基本のブロック図

アンテナ側と利用者側の双方でSDR-49を使用しているのが大きな特徴。アンテナ側のSDR-49では、DSP機能を使用せず、生のデジタルI/Q信号をネットワーク経由でインターネット上に連続的に送出している。利用者側のSDR-49は、ネットワーク経由でI/Q信号を受け取り、DSPで選局、フィルタ選別、復調を行い、音声信号を生成する。生成された音声信号は、ローカルなスピーカを鳴らしたり、再度ネットワーク経由でインターネット上に送出されて、図2と同様にスマートフォンで受け取り、内蔵スピーカで再生される



を使用しない普通のSDR受信機のブロック図を示します。これに対して、図2はこの連載で紹介してきた、スマートフォンを利用したSDR受信機のブロック図です。これを見ると、ネットワークに流れているのは、選局されて復調された後の音声信号に過ぎません。この例のようにDSPから出た後の音声信号を共有しても、全員が同じ音声しか聞くことができないので、あまり価値はありません。

図3はアンテナ共有システムのブロック図です。説明を簡単にするため、利用者を1名に限定しています。この例では、SDRフロントエンドから出力されるアナログI/Q信号を、A/D変換器でデジタルに変換し

ます。そのデジタルI/Q信号を、あえてDSPで処理せずに、そのままネットワークで転送している点が大きく違います。実際にSDRの信号処理を行うのは、各自の手元にあるDSPということになります。

多人数でアンテナを共有する際には図4のようなブロック図になります。中間にストリーミング配信サーバを置いて、SDRフロントエンドから送られてくるデジタルI/Q信号を、複数の利用者に同時に配信しています。

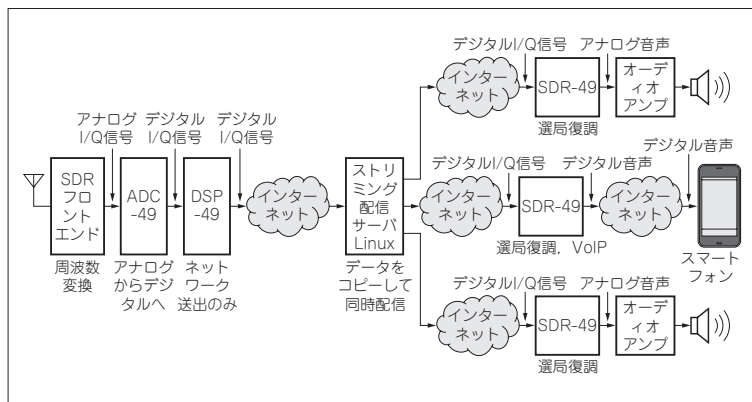
なぜ利用者の全員が違う 周波数を受信できるのか？

SDRフロントエンドで生成されたアナログI/Q信号には、幅広い帯域の成分が含まれています。それをADC-49でA/D変換して、デジタルI/Q信号に変換するのですが、ADC-49は最大192Kサンプル/秒で変換することが可能ですので、生成されるデジタルI/Q信号にも、192kHz幅の成分が含まれることになります。つまり図1や図2の場合と比較して、格段に情報量が多い信号が生成されるわけです。

この幅広い帯域を含んだ信号を受け取った利用者は、各自の手元にあるSDR-49あるいはパソコンなどで、改めて信号処理を行い希望の周

図4 多くのユーザー向けのI/Q信号を配信する際のブロック図

図3の仕組みを多人数で利用するには、アンテナ側のSDR-49で送出したデジタルI/Q信号を、一度ストリーミング配信サーバで受けて、サーバ内で配信する人数分のデータのコピーを作成して、それぞれのデータを並行して送出する。配信を受ける側は、図3とまったく同じ構成である



波数を選局し、フィルタ処理を行い混信を除去して、サイドバンド除去処理を行いSSBやCWを復調して、最後に音声信号を得ることになります。

つまり利用者全員が、それぞれ独自のDSP処理を行うので、全員がデジタルI/Q信号に含まれる帯域内の任意の周波数を別々に受信できるわけです。このように、デジタルI/Q信号を加工せずにそのまま転送してもらえれば、利用者全員が有効に活用できるので、とても価値があります。

デジタルI/Q信号の配信はデータ量が多いので扱いが難しい

このようにI/Q信号を多人数で共

用するということは、原理的にはたいへん素晴らしいのですが、実現するには一筋縄ではいきません。それはI/Q信号のデータ量が、膨大になってしまうからなのです。192Kサンプル/秒でアナログI/Q信号をA/D変換すると、I/Q信号それぞれに16ビットのデータが吐き出されますので、1秒あたりなんと768キロバイトのデータが湯水のように湧いてきます。

ビットで表現すると、1秒間に6144000ビット(6.144メガビット)のデータが問答無用で吐き出されます。ここで問題になるのが、この6メガのデータを、自宅で取り込めるかということです。ずばり使用しているインターネット回線のスピードが問題になってきます。

皆さんも、試しに回線スピード測定サイトにアクセスして、自宅のインターネット回線のスピードを測定してみてください。自分は100メガの光回線を使っているので大丈夫だと思っていっても、プロバイダ側のボトルネックにより、意外に20メガから30メガ程度の速度しか出ない場合がほとんどです。またADSL回線をお使いの場合には、残念ながら5メガ以下の速度しか出ないことも珍しくありません。こうしたインターネット回線の速度の上限が、デジタルI/Q信号の共有の際に大きな問題となります。

最も簡単な解決策は、サンプルレートを落とすことです。例えば半分の96Kサンプル/秒で取り込めば、得られるI/Q信号の帯域は3メガ程度になります。3メガ程度の速度であれば、光回線ならばまったく心配ありませんし、ほとんどのADSL回線でも、問題なく利用できるはずですが。また、どうしても自宅の回線が遅いとお嘆きの方は、思い切ってADSL回線ではなく、LTEのモバイル回線に切り替えるとよいでしょう。最近

のXi(クロッシィと読む)などのLTE回線ならば、モバイル接続でもコンスタントに10メガ以上の速度が得られますので、将来的にはADSLによる固定回線を置き換えることを検討してもよいでしょう。

また、ADC-49はアナログI/Q信号を192Kサンプル/秒でA/D変換してネットワークに送出する能力を持っていますが、今回の製作では、受信側で信号を処理するDSP-49のDSPの処理速度の上限の関係で、96Kサンプル/秒で製作を進めることにしました。しかし96Kサンプルでも、7MHzの旧バンドのほぼ全域をカバーできますので、それなりに実用的だと思います。特に長いアンテナと良いロケーションが必須の3.5MHz帯や、それ以下のMF帯向けには、96kHz幅というのは十分な帯域だと言えるでしょう。これ以上の帯域をカバーしたい場合には、送出側のSDR-49をもう一台用意して、中心周波数を変えて並行に運用するとよいでしょう。

多人数で利用するにはストリーミング配信サーバが必要

1台のSDR-49から吐き出されたデジタルI/Q信号を、多人数で共有するには、ストリーミング配信サーバが必要になります。ストリーミングサーバの具体的な構築方法に関しては次号で詳しく解説しますが、願わくばSDR-49を活用した「ソーシャル・アンテナ」という新しい概念のボランティアサービスが広く普及して、誰もが各地のアンテナを気軽に共有できるようになるのが著者の本望です。どうか皆さんのご協力をお願いします。

実際のアンテナ共有システムの紹介

写真1は、アンテナ側のデジタル

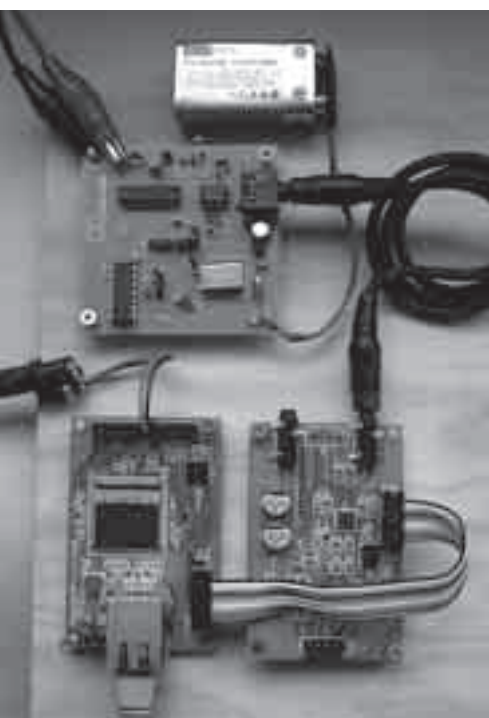


写真1 アンテナ共有システムのアンテナ側に設置するSDR-49モジュール
SDRフロントエンドから出力されたアナログI/Q信号を、オーディオ・ケーブルでADC-49に接続し、DSP-49にネットワークを接続するだけのシンプルな構成。SDRフロントエンド部の電源は、6V以上が必要なので、今回は簡易的に電池を使用しているが、本格的な運用の際には、ACアダプタを利用するとよいだろう。しかしSDRフロントエンド部の電源ノイズは、受信ノイズの増大に直結するので良質な電源を使用すること

I/Q信号の送出装置です。SDRフロントエンドとして、本誌2006年12月号の付録基板“ソフトウェア・ラジオ”を使用していますが、パソコンのサウンド・カードに接続するタイプのフロントエンドであれば、すべて利用可能です。アンテナを共有している全員の受信性能が、このSDRフロントエンドの性能に依存しますので、この部分に凝れば、利用者全員がそのメリットを享受できますので、いろいろ工夫してみてください。

写真2は、受信側のSDR-49です。非常にシンプルな構成で、単にネットワークに接続して電源を入れておくだけです。I/Q信号はネットワーク経由で配信されてきますので、従来まで接続していたSDRフロントエンド部分は不要になります。

ユーザー・インターフェースがないので、実際に使用する際には、スマートフォンからアクセスして、選局を行います。受信音声はスマートフォンのスピーカーから聞くことができますが、ADC-49のスピーカ端子に、アンプ付きスピーカを接続す

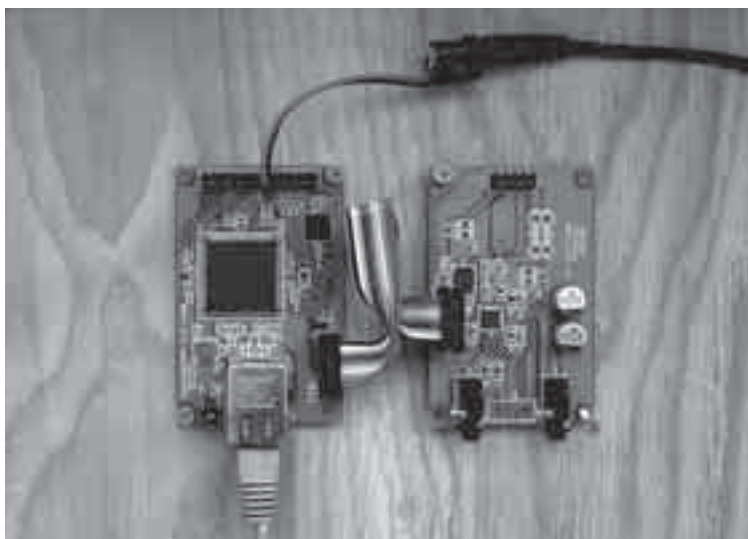


写真2 配信を受け取る側に設置するSDR-49モジュール

ネットワークで受け取ったデジタルI/Q信号を、DSPで音声信号に変換して再度ネットワークに流すので、入出力はネットワークのみで完結している。したがって接続するのは電源とネットワーク・ケーブルの2本だけと、極めてシンプルな受信機だと言える。ADC-49のスピーカ出力をアンプに接続すると、ネットワークに流している音声を同時にモニタできる

れば、大きな音で聞くことも可能です。自宅で運用する際には、スマートフォンのタッチパネルで選局しながら、シャック内のスピーカで受信音声を聞くという使い方になります。またスマートフォンを外に持ち出せば、公衆回線を利用して、場所を選ばずワッチできます。

写真3は、スマートフォンを使用しない単体の受信機の製作例です。先月号で紹介した事例から、SDRフロントエンドを取り外して、代わりにネットワーク・ケーブルを接続しただけのシンプルな構成です。ロータリー・エンコーダで選局を行いますが、もちろん同時にスマートフォンからでも操作が行えますので、たいへん便利で楽しい受信機です。

受信機の性能の8割はアンテナで決まります。いくら高価な受信機を使用しても、アンテナが貧弱であれば総合的に見て性能の悪い受信機に成り下がってしまいます。SDR-49は単なるSDRを復調するだけの基板ではありません。ぜひI/Q信号の配信というすばらしい機能をお試しください。

今後の予定

次号の連載では、ソーシャル・アンテナを実現するためのI/Q信号のストーリーリング・サーバーの構築方法を解説します。どうかお楽しみに！

©CQ

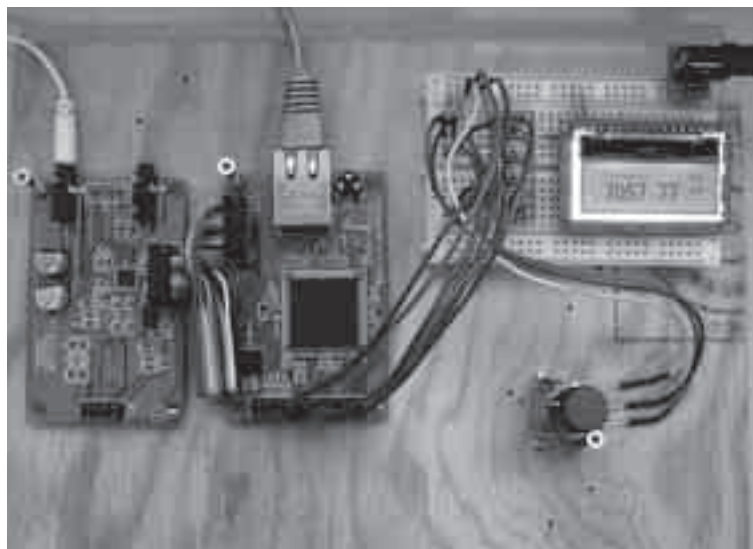
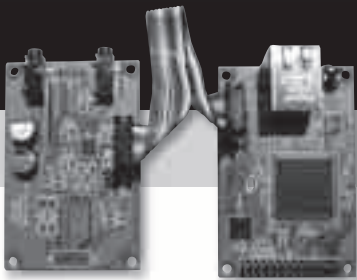


写真3 スマートフォンなしでも選局できる構成の例

写真2の構成の受信機に、ロータリー・エンコーダと液晶モジュールを追加して、スマートフォンなしで受信機として操作できるように構成してみた。本誌2011年12月号で紹介した受信機から、SDRフロントエンドを外したもの。左端の白いケーブルは、アンプ付きスピーカを接続してある。実はロータリー・エンコーダとスマートフォンの双方から同時に操作できるので、ある意味ではとても便利なシステムだ



今春のリリースに向けて開発中!

CQham radio オリジナル・モジュール

“SDR-49シリーズ”の紹介^{Part. 6}

今月のテーマ **SDR-49を利用したアンテナ共有システムの製作(後編)**

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号では、CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49を利用したアンテナ共有システムを紹介しましたが、今月号では実際にSDR-49で生成したI/Qデータを多人数に配信するためのストリーミング・サーバの構築方法に関して紹介します。アンテナ共有システムを全国規模で連携すれば、ソーシャル・アンテナという新しいサービスが誕生します。

アンテナ共有システムとは?

先月号で紹介したアンテナ共有システムは、都会から離れた場所に設置したノイズが少ないHF帯の受信アンテナを、多人数で同時に利用することを目指しています。都会ではHFのアンテナの設置が難しく、仮

に設置できたとしても、ノイズ発生源が多い都会では、HF帯の運用が難しいのが現状です。

ロケーションが良いアンテナを共有して耳が良い受信が可能になれば、送信側のアンテナはベランダから突き出した釣り竿アンテナでも、HF帯の運用が十分可能になるはずです。

図1 スタンドアロン・タイプのSDR受信機のブロック図

この連載で以前から紹介しているSDRのブロック図。直交(I/Q)ミキサで周波数変換した後に、A/D変換を行い、デジタルI/Qデータを得て、DSPで選局、復調を行い、音声信号を得ている。基本的にはアナログ受信機の内部で行われている信号処理をデジタルに置き換えただけである

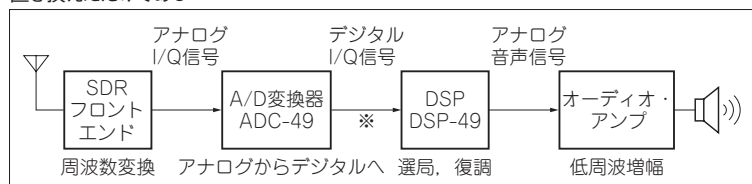
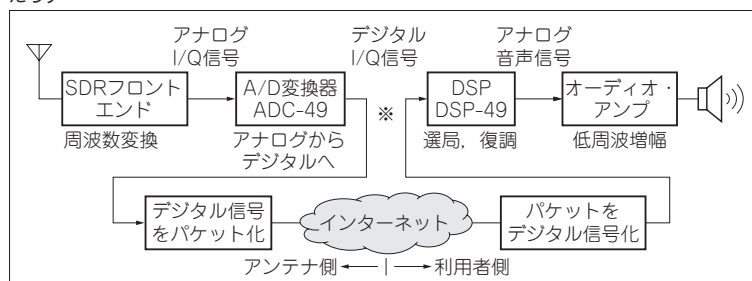


図2 中間周波数をインターネットで延長したSDR受信機のブロック図

A/D変換するとアナログ信号をデジタル信号に変換できる。一度デジタルに変換された信号は、何度コピーされても劣化しないし、ネットワークを通じてどこへでも届けることができる。図1の※の部分、インターネットを使った仮想的なケーブルで延長していると考えるとよいだろう



内部は普通のSDR受信機と同じ

アンテナ共有システムの考え方は、2011年12月号で紹介した単体で動作するSDR受信機となら変わりません。図1はこの連載で何度も紹介しているSDRのブロック図です。図の※印の部分に着目してください。ここには48kHz帯域のデジタル化されたI/Qデータが流れています。

アンテナ共有システムは図2のように、※印の部分で切断して、改めてインターネットを通じて接続したものです。伝送しているのは、デジタル・データですので、データをコピーすれば何人でも共有が可能です。単体で動作するSDR受信機と少し違うのは、1台のSDRフロントエンドに、DSPが何台もぶら下がる点です。

リモート・シャックとは何が違うのか?

すでにパソコンを利用して自宅のシャックを遠隔地から操作したり、ビジターとしてネット経由で他局のリグを運用できる「リモート・シャック」が利用可能です。リモート・シャックはここで紹介しているアンテナ共有システムと何が違うのでしょうか?

一番大きな違いは、従来までのリモート・シャックだと、同時に利用できる人数が一人に限定されてしまうということです。つまり誰かがリ

モート・シャックを操作している間は、ほかの人は利用できません。これは選局を行った後の音声信号をネットワークで伝送しているためです。リモート・シャックでは、ネットワーク上を流れるのは低周波信号なのです。

しかしアンテナ共有システムは、これに対して96kHz幅の中間周波信号を利用者全員に配信します。この幅広い帯域を含んだデータを受け取った利用者は、各自の手元にあるSDR-49あるいはパソコンなどで改めて信号処理を行い、それぞれ異なる希望の周波数を選局することができます。これにより利用者全員が自分の手元で、違う周波数を受信できるのです。アンテナ共有システムでは、ネットワーク上を流れるのは中間周波信号なので、こうした芸当が可能になります。

各自が選局できるのは 決められた帯域内になる

配信されてきたI/Qデータには、幅広い帯域の信号が含まれていますので、受け取った側で任意の周波数を選局することが可能です。

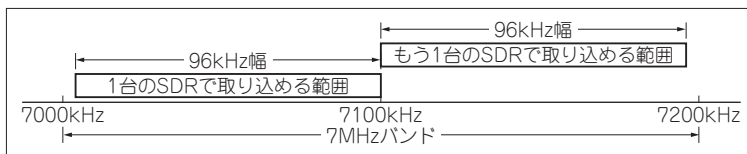
しかし選局する範囲は、そう広い範囲ではありません。もしアンテナ側でSDRフロントエンドのI/Q信号を96kHzでA/D変換を行うと、局発を中心にしてその上下48kHz幅の範囲の信号を含むI/Qデータが得られます。

仮にSDRフロントエンドの局発が7050kHzだとする、7002kHzから7098kHzまでの範囲の信号をすべて含むI/Qデータになります。図3のように7MHzの下半分の帯域を一度に取り込んだデータが得られます。しかしこれでは7MHzの半分以下の範囲しかカバーできていません。

もし7MHz全体をカバーしたいのであれば、もう一台のSDRフロントエンドを準備して、局発を7150kHz

図3 SDRフロントエンドで取り込める範囲

SDRフロントエンドは、局発を中心にしてサンプリング周波数の幅の領域を取り込める。たとえばSDR-49のサンプリング周波数を96kHzに設定すると、7MHzのほぼ下半分の領域を取り込める。これに加えて局発をうまく設定したSDRフロントエンドとSDR-49をもう1セット用意すると、さらにバンドの上半分もカバーすることが可能になる



付近にすれば、バンドの上半分の大部分をカバーすることが可能になります。アンテナ共有システムでは、より広い周波数をカバーするには、SDRフロントエンドを増やすか、サンプリング周波数を上げれば良いわけです。

利用者が1名ならば SDR-49だけでOK!

もともとSDR-49にはI/Qデータのストリーミング機能が内蔵されているので、もし同時に利用するのが一人だけであれば、ほかの装置は何も必要ありません。アンテナ側にSDRフロントエンドとSDR-49を設置して、ネットワークに接続すればもう準備完了です。

利用者側のSDR-49の電源を入れると、あらかじめ設定しておいたアンテナ側のSDR-49と通信を開始してI/Qデータを受け取ります。あとはロータリー・エンコーダあるいはスマートフォンで周波数を指定すると、スピーカ端子から復調した音声が出力されます。スマートフォンで操作している場合には、スマートフォンのスピーカからも受信音声聞こえてきます。しかし後から誰かが、もう一台のSDR-49に電源を入れて、アンテナ側のSDR-49からI/Qデータを受け取ろうと思っても、すでに配信中ですので無視されます。もし利用者が一人だけであれば、リモート・シャックと大差ないと言えます。しかし電源を入れるだけでI/Q信号の配信が開始されますので、

パソコンよりもずっと手軽だとも言えます。

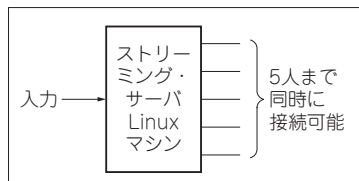
I/Qデータを多人数に配信する ためにはストリーミング・サーバが必要

今回ご紹介しているアンテナ共有システムは、多人数で同時に利用できることが大きな特徴です。そのためには、アンテナ側で生成されたI/Qデータを、多人数に同時に配信するためのストリーミング・サーバが必要になります。ストリーミング・サーバとは、川の流れ(ストリーム)のように、途まず連続的にデータを流すサーバという意味です。

ストリーミング・サーバが起動すると、あらかじめ設定しておいたアンテナ側のSDR-49と通信を開始します。アンテナ側のSDR-49にとっては、ストリーミング・サーバが、あたかも1台のSDR-49として認識されて、I/Qデータをストリーミング・サーバに連続的に配信します。ストリーミング・サーバ内部で、受け取ったI/Qデータをコピーして同時に配信することで、複数の利用者が同時にI/Qデータの配信を受け取ることが可能になります。

利用者側のSDR-49には、あらかじめストリーミング・サーバ名を設定しておくことで、電源を入れるとストリーミング・サーバに接続して、I/Qデータの受け取りを開始します。利用者側のSDR-49にとっては、相手がストリーミング・サーバでもSDR-49でも、まったく同じ手順で接続しI/Qデータを受け取ります。

図4 5人までのユーザーに同時に配信できるストリーミング・サーバ
普通自宅にLinuxマシンによるストリーム・サーバを設置する場合、上りの回線速度の限界から、同時に5人程度が利用できるケースが多い。ほとんどの場合は、これで十分に実用的に利用できる



ストリーミング・サーバとは どういう装置なのか？

先月号のアンテナ共有システムの記事をご覧になった読者から、仲間同士やクラブなどで、ぜひこのシステムを設置したいが、ストリーミング・サーバとはどんなものを用意すればよいのか？という質問を頂きました。

基本的にストリーミング・サーバは、普通のパソコンで構いません。光回線を引いている方であれば、自宅に設置することができます。

ストリーミング・サーバは、ディスク・アクセスや演算処理はほとんど行いませんので、パソコンは非力な物でも構いません。今は使っていない古いパソコンをリサイクルして、ストリーミング・サーバとして利用できます。

OSはLinuxをインストールします。ディストリビューションは何でも構いませんが、gccというCコンパイラが動作するように設定してください。筆者の作成したストリーミング・サーバは、CQ出版のSDR-49の特設サイトから、ソース形式でダウンロードが可能になる予定ですので、皆さんのサーバ上でコンパイルすればインストールが可能です。コンパイルというと難しく聞こえますが、gccさえ正しく動作していれば、コマンドを1行打ち込むだけです。で至極簡単です。

むしろネットワーク環境の ほうが重要

SDR-49はI/Qデータを96kHzでサンプルすると、3メガ程度とかなり大量なデータを連続的に吐き出します。しかしアンテナ側の回線は、この3メガの帯域がクリアできればそれでよいので、あまり苦労しません。

しかし問題になるのは、ストリーミング・サーバ側の回線です。たとえば3人が同時にI/Qデータの配信を受ける場合には、9メガの帯域を使用するわけです。同時に使用する人数が多ければ、それだけ回線のスピードも速い必要があります。

普通ブラウザなどでホームページを閲覧したり、動画を見たり、ファイルをダウンロードする際のストレスに係るするのは「下り」の速度です。「下り」とはインターネットから「下り」てくるデータのスピードなのです。下りの速度が速ければ、ブラウザの画面の更新が早くなったり、ダウンロードがすぐ終わったり、動画がスムーズに表示されるなど、嬉しいことが多いのですが、ストリーミング・サーバを設置する場合には、下りの速度はまったく関係ありません。

配信をする際には、パソコンとは方向が逆になります。自宅からインターネットに向けて送出する方向は「上り」ですので、普段はあまり気にしたことのない「上り」の回線速度が重要になってきます。

一般に光回線でも、プロバイダ側の速度制限などにより、上りのスピードが20メガ程度で頭打ちになっている場合が多いようです。この場合ですと、同時に6人まで(3メガ×6名=18メガ)は同時に配信が可能だということになります。同時に何人に配信が可能になるかは、ネットワークの帯域によって頭打ちになってしまいます。特にケーブル・テレビやADSL回線の場合には、

一般に下りは十分に速いのですが、上りはほとんど使わないので帯域が制限されている場合が多いので注意が必要です。ストリーミング・サーバを設置する際には、速度測定サイトなどを活用して、自分の回線の上りの速度を一度調査しておくことをお勧めします。

パスワードによる アクセス制限について

ストリーミング・サーバは、誰からもアクセス可能なインターネット上に設置します。それゆえこのままでは世界中の誰からでもアクセスできてしまいます。せっかく設置したサーバを知らない人にアクセスされてしまい、肝心のメンバーが使用できなくなってしまうのは困るので、パスワードでアクセスを制限することができます。このパスワードはストリーミング・サーバの起動時にオプションで指定します。このパスワードはクラブ員などの利用者だけに知らせるようにします。また安全のために、パスワードは定期的に変更するとよいでしょう。

もっと多人数で利用したい ときには直列接続する

ストリーミング・サーバは、自宅に引いた回線の上りの速度により、同時に何人まで利用できるかの上限が決まってしまう。図4は5人まで配信が可能なストリーミング・サーバの例です。もし5人以上でアンテナを共有したい場合には、どうすればいいのでしょうか？この場合は、別なメンバーの自宅にもう一台のストリーミング・サーバを用意します。その新しいサーバを、今まで利用していたストリーミング・サーバにあたかも一人のユーザーとして接続します。

図5のように直列に接続すると、同時利用者が5人から9人に増加していることがわかります。つまりストリーミング・サーバは、親子関係

で直列に接続することで、原理的には何人までも利用者を増やすことが可能です。しかし実際には、あまり多段に直列接続すると、データの遅延が蓄積されていきますので、受信機として実用的に利用する際には問題になってきます。

どちらにしろ、光回線を利用しているメンバーの何人かが、お互いに協力することで、十数人程度まで同時アクセスが可能なシステムを容易に構築可能です。おそらくほとんどの無線クラブ単位や仲間同士の共有であれば、この方法で対応できると思います。

数百人で共有したい場合には レンタル・サーバを利用する

たとえば、学生が打ち上げたCubeSat衛星からの受信データを、高感度のアンテナと衛星用のSDRフロントエンドで受信して、そのI/Qデータを多数の学生で共有する場合などでは、数百人規模のストリーミング配信が求められます。こうした場合には自宅サーバでは回線の帯域やマシン・パワーの面で荷が重いので、レンタル・サーバを利用するとよいでしょう。レンタル・サーバを利用する大きなメリットは、自宅の回線とは違い、回線の帯域を1ギガ程度まで確保することができる点です。

筆者も自分で使用しているサーバは、AmazonのAWSというレンタル・サーバを使用しています。その理由は、一般的な他社のレンタル・サーバだと、一か月単位の契約ですが、AmazonのAWSは、1時間単位でレンタルが可能だからです。これによりかなりのコストダウンが可能になります。AWSではサーバを止めておけば料金は一切掛かりませんし、1台のサーバを100時間使うのも、100台のサーバを1時間使うのも同じ値段ですので、利用者が多い時間帯には、一時的に借りるサーバの台数を増や

図5 直列にサーバを接続して9人まで配信できるようにした例

図4では足りない場合には、ほかの家にもう一台のLinuxマシンによるストリーム・サーバを設置して、このように直列に接続すると、9人まで利用できるようになる。同様に1段直列にすると4人ずつ増加する

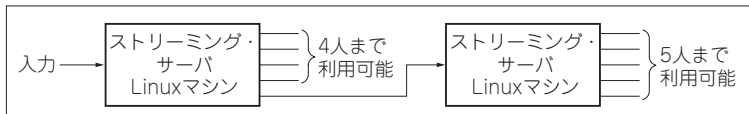
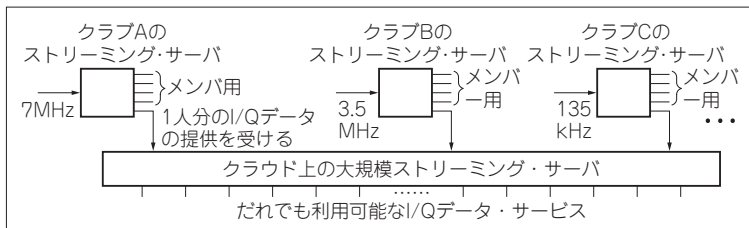


図6 ソーシャル・アンテナの概念図

全国に設置してあるストリーム・サーバから1人分のデータを分けてもらい、大規模なソーシャル・アンテナ・サーバでコピーして、多人数に配信する。この仕組みにより、不特定の利用者が増加しても、アンテナ設置側には迷惑がかららないで配信が可能になる。こうしたサービスが誕生すれば、日本が世界に誇れるインフラになるし、非常時にもインターネットとアマチュア無線の電波を繋ぐインフラとして皆が利用できるはず



して対応し、利用者が少なくなれば、すぐにサーバを停止させて、最後の1台で細々と運用することもできます。また設定次第では、利用者が増加してきて、現在のサーバの能力が限界に近づくと、自動的に新しいサーバを立ち上げて直列接続して対応ユーザー数を増やすなど、柔軟な運用が可能です。まさにAWSは多人数へのストリーミング配信には、最適なサービスだと言えそうです。

ソーシャル・ アンテナについて

筆者は先月号と今月号で紹介したアンテナ共有システムは、もし全国に普及すれば、誰もが何時でも各地の高性能アンテナを利用できるソーシャル・アンテナという社会的なサービスに発展する可能性を持っていると考えています。もしSDR-49を利用して、仲間同士で利用するアンテナ共有システムを構築する方がいれば、その中の一人分のデータ（帯域）だけを、ソーシャル・アンテナのために配信してもらえるだけでよいのです。図6のように、全国のクラブで設置してあるアンテナ共有シ

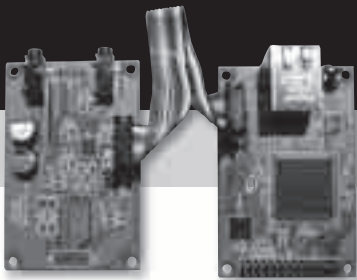
ステムから、少しずつI/Qデータを分けてもらえれば、いただいたI/Qデータをストリーミング・サーバでコピーして再配信することが可能になります。利用者は自分の好きなアンテナのI/Qデータを自由に利用できますし、データを提供している方からすれば、多数のユーザーにアクセスされることもなく、自分たちが利用する帯域は常に保証されていますので気にならないはずです。

このような仕組みを構築できれば、日本には皆が利用できるソーシャル・アンテナというインフラが誕生するのではないのでしょうか？ 筆者はSDR-49の発売開始をきっかけに、本誌が先頭になりソーシャル・アンテナの社会実験を主導してくれることを夢見ています。そのためにも、どうか皆さんのご協力をお願いします。

今後の予定

次号の連載では、デジタルの申し子のSDR-49を、往年のアナログ銘機のFT-101と組み合わせて、ハイブリッド受信機として活用してみます。どうかお楽しみに！

◎◎



今春のリリースに向けて開発中!

CQham radio オリジナル・モジュール

“SDR-49シリーズ”の紹介^{Part.7}

今月の
テーマ

オリジナル・モジュールSDR-49を利用したハイブリッドSDR受信システムの製作

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

先月号までは、CQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49を利用した、アンテナ共有システムの構築方法を紹介しましたが、今月号では古いアナログ式無線機とSDR-49を組み合わせた、ハイブリッド方式のSDR受信機の製作方法を紹介します。ハイブリッド方式のSDR受信機を使用すると、高性能で広い範囲の受信が可能になります。

SDRの マルチバンド化は難しい?

SDR時代の幕開けは、本誌2006年12月号付録のソフトウェア・ラジオ基板(以下、付録基板)から始まりました。この基板をきっかけに、SDRの存在を初めて知った方も多かったと思います。私は、この付録基板の歴史的な役割は非常に大きなもので、まさに歴史をひっくり返した事件だと思っています。ですから、この連載では毎回この付録基板を利用した製作事例を紹介しています。

この付録基板の局発は、ICS512(通倍モジュール)を使用して、ジャンパー切り替えによるマルチバンド化に挑戦するという、意欲的な工夫がされていましたが、ハイバンドではミキサのゲインが不足し感度の点では不満が残りました。また局発の周波数が水晶で固定されていたうえに、当時のほとんどのパソコンのサウンド・カードのサンプル・レートの上限が48kHzだったこともあり、7MHzバンドの半分しか受信できない状態でした。このため、一部の方々はSDRは実験的なものに過ぎず、あまり実用的なものではない

という誤解を持ってしまったかもしれません。

SDRの最大のメリットは、デジタルで信号処理を行うことにより得られる、高い付加価値にあります。パソコンで信号処理することで、スペクトラム・アナライザ表示や、デジタル・フィルタによる強力な混信除去や、高音質な受信音など、SDRならではの大きなメリットがあるのも事実です。またパソコンではなく、SDR-49で信号処理すれば、スマートフォンによるリモート運用や、I/Qデータのストリーミング配信など、従来のアナログ型の受信機ではできない機能も実現できます。

皆さんのSDRに対する誤解を解くためには、SDRの最も大きな不満点である、受信周波数範囲の狭さを何とかして、アマチュアバンドのすべてをカバーするようにすればよいわけです。従来から一部の有志により、DDS(Direct Digital Synthesizer)などを付加して、付録基板の局発を可変するという試みが行われましたが、残念ながら感度や混変調・相互変調などの点で、満足な性能を得られたケースは少なかったと聞いています。

局発をDDSで可変したとしても、ハイバンドになればミキサのゲインが不足します。またアンテナの信号を直接I/Qミキサで周波数変換する方式は、強力なバンド外の信号により、混変調が発生するケースが多くなります。またミキサ回路から局発が漏れ出して、アンテナから不要な信号が輻射されてしまう問題も発生します。

今月号では、こうした問題を一気に解決するための、ハイブリッド方式のSDR受信機を紹介します。

ハイブリッド方式の SDR受信機とは?

手っ取り早くハイバンドのゲイン不足や、局発の不要輻射の問題を解決するには、高周波増幅段を追加すればよいのですが、ただ単に広帯域な高周波増幅段を追加しても、目的外の信号レベルもともに上昇してしまうので、ミキサ段での混変調や相互変調が発生しやすくなります。やはり質の高い受信のためには、目的の周波数に正しく同調させたバンドパス・フィルタを、高周波増幅段の入力と、次に続く周波数変換器の入力に配置して、目的の信号だけを選択的に増幅するのが理想的です。モノバンド仕様に割り切れば、定数を固定した同調回路を、各所に配置すればよいので、比較的容易に自作が可能です。マルチバンドをスイッチで切り替えて、多段が連動する同調回路を自作することは、多段ロータリー・スイッチが入手できない今となっ



写真1 往年の名機FT-101E

八重洲無線から1975年に発売されたベストセラー機。35年以上の時を経ても実用的に動作する。このころの無線機はアマチュア無線家の魂を揺さぶってくれたものだ

ては、事実上不可能だと言えます。

しかし、往年の名機と呼ばれるトランシーバには、プリセクタやドライブというツマミが装備されていました。こうした名機は、ギアによる多段ミュー同調機構や、スプロケットによりバリコンを連動させる機構を用いた、マルチバンド対応の連動同調回路が実装されていました。プリセクタは、まさにメーカーの工夫が凝らされた、腕の見せどころだったと言えます。

時代が進み、広帯域アンプを使用したり、リレーや電子スイッチで、コイルやコンデンサの定数を切り替えるようになり、いつのまにかプリセクタ・ツマミは絶滅してしまいました。しかし最近の一部の最上位機種オプションで、ミュー同調を使用した多段同調回路が復活してい

るのを見ると、やはり高性能な受信機のフロントエンドには、性能の良いプリセクタが不可欠なのは、時代を超えて不変だと言えそうです。

今回の製作は、往年の名機のフロントエンド部分を、そっくりそのまま利用させてもらいます。往年の名機の、マルチバンド対応の高周波増幅段は、SDRの弱点を補完する重要な機能です。今回は、VFOによる第2周波数変換器を通過した後の、中間周波信号を本誌の付録基板に接続し、I/Q信号に変換してSDR-49でデジタル信号処理を行います。

つまり往年の名機のマルチバンド対応のフロントエンドと、付録基板を組み合わせることで、バンド・スイッチ一つでマルチバンドが受信できる「ハイブリッド方式の高級SDR受信機」が製作できるわけです。

往年の名機の FT-101と組み合わせる

今回の製作では、八重洲無線のFT-101E(写真1)を使用しました。35年以上の時を経た現在でも、何の問題もなく動作する品質の高さには正直驚きです。FT-101シリーズの大きな特徴は、ミュー同調による多段同調回路です(写真2、写真3)。3本のフェライト・コアが、一緒に上下に移動して、コイルのインダクタンスを増減させます。この機構により、高周波増幅段の入力と、周波数変換器の入力の同調周波数を同時に可変して、目的の周波数だけを選択的に増幅・周波数変換します。このおかげで、海外放送などのバンド外の強力な信号による混変調を、効果的に抑止しています。

FT-101Eの背面には、IF OUTという端子が実装されています(写真4)。この端子からは3180kHzの中間周波信号が出力されていますが、この端子は双方向なので、この端子から3180kHzの信号を入れると、クリスタル・フィルタを通してから、ハムバンドで送信させることも可能です。またこの信号は、クリスタル・フィルタに入る前の中間周波数信号なので、その前段の中間周波増幅

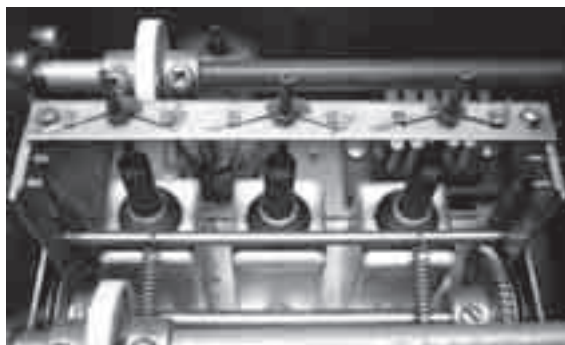


写真2 FT-101のミュー同調機構1

一つのツマミを回すとプレートが上下に動き、プレートに取り付けられた三つのフェライト・コアがコイル・ボビンに出入りする。この機構により三つの同調回路の周波数が同期して変化する。もともとはコリンズ社のお家芸だったが、八重洲無線が上手に自社製品に導入した

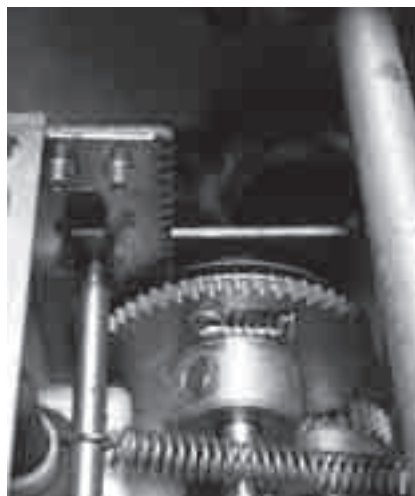


写真3 FT-101のミュー同調機構2
スムーズなコアの上下動を実現するためのラックアンドピニオン機構。この機構がプレートの両側にあり、プレートの両側を同時に上下させる。またバックラッシュを防ぐために、各所にバネが効果的に配置されている。最初にこの機構を見たときには、正直びっくりした



写真4 FT-101E背面にあるIF OUT端子フィルタに入る前の3180kHzの中間周波数が出力されている。またこの端子に3180kHzの信号を入ると送信させることも可能。このほかにも数々の信号端子が実装されている

段の共振回路(IFT)により、ある程度絞られた数十kHz幅の信号のみが含まれています。この程度の帯域であれば、付録基板でI/Q信号に変換してSDR-49で処理するにはちょうど良いと言えます。

ソフトウェア・ラジオ基板の改造

本誌2006年12月号の付録基板は、回路の簡素化のために、高周波増幅回路が省略されています。つまり局発さえ変更すれば、どんな周波数でも受信できる状態なので、今回のハイブリッド構成には、まさにってこいの基板だと言えます。もちろん受信周波数が高くなればなるほどミキサの効率は低下しますので、あまり高い周波数だと問題がありますが、今回は3180kHzと7MHzよりも低

い周波数ですし、FT-101内部で十分に増幅された信号を扱うので、ゲインは十分です。

3180kHzをSDRで受信するための局発は、どれくらいが良いのでしょうか？ もし局発が3170kHzであれば、I/Qミキサを通ると両者の差分である10kHzの信号に変換されますので、今回は局発を3170kHzに設定します。I/Qミキサに使用する局発は、90度の位相差を得るために、元になる信号は4倍の周波数である必要があるのですが、必要な局発の周波数は12680kHzということになります。今回は、この12MHzの信号をシグナル・ジェネレータ(写真5)で生成することにします。シグナル・ジェネレータの周波数を可変すれば、どんな中間周波数のリグとでも組み合わせが可能になるので、この方式はたいへん便利なのです。

まず付録基板のJ7のジャンパを取り外します。これで付録基板内の局発が、切り離された状態になります。次に4.7kΩの抵抗を2本使って、電源電圧の半分の電圧を作り、J7の中央のピンに加えます。最後にシグナル・ジェネレータからの12680kHzの信号を、0.1μF程度のコンデンサでDCをカットしたうえで、J7の中央

のピン接続すれば完成です(図1)。

12680kHzの信号は、フリップフロップ74AC74の3番と11番ピンに加える必要があります。しかし74AC74はCMOSのICなので、マイナスの電圧を加えると、ラッチアップを起こして壊れてしまいます。つまりシグナル・ジェネレータの出力を、そのまま加えることはできないということです(図2)。このため、まず抵抗で電源を半分に分圧して2.5Vの電圧を作ります(図3)。ここにコンデンサを通じて、シグナル・ジェネレータの信号を加えると、2.5Vを中心とした正弦波の信号が得られます(図4)。このレベルの信号であれば、常にプラス電圧なのでCMOS ICに注入することができます。この際には、シグナル・ジェネレータの出力を、適切に調整する必要があります。あまり出力が小さいと、CMOSがLOWとHIGHを認識できなくなるので、局発が出てこなくなります。逆にレベルが大きすぎると、マイナスの電圧になりICを壊れてしまいます。実験の結果、1Vp-p強で問題なく動作しましたが、シグナル・ジェネレータの出力電圧のレンジを、十分に確認するようにしてください(写真6)。できればシンクロなどで、信号レベルを確



写真5 今回使用したシグナル・ジェネレータ
筆者が愛用しているシグナル・ジェネレータ。上段が民生品のHP-8640Bで下段がミリタリ仕様のHP-8640B OPT323。2信号特性や混変調の評価のために、シグナル・ジェネレータは2台1組で使用するのが基本。今回は民生品が局発用で、感度測定にミリタリ仕様を使用した

図1 2006年12月号付録ソフトウェア・ラジオ基板の改造ポイント
フリップフロップICの74AC74の入力に、シグナル・ジェネレータからの信号を注入する回路。4.7kΩの抵抗を2本使って2.5Vの電圧を作り、シグナル・ジェネレータからの信号をコンデンサで直流分をカットして注入する

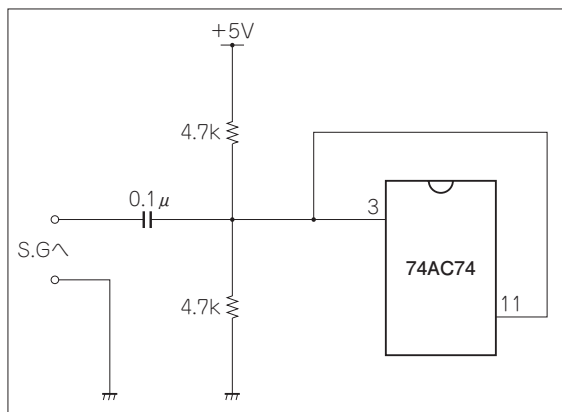


図2 シグナル・ジェネレータの出力信号
シグナル・ジェネレータの出力はサイン波なので、0Vを中心にプラス・マイナスにスイングしている。このまま74AC74に接続すると、マイナス側の電圧により、CMOSのICが壊れてしまうことがある。またCMOSは電源電圧よりも高い電圧を加えても、壊れてしまう

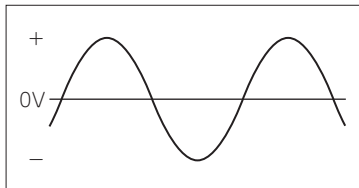


図3 4.7kΩの抵抗2本で分圧して作成した中間電圧

電源電圧の5Vのちょうど半分の2.5Vの電圧を用意する。この電圧を基準にして、プラス・マイナスに1Vp-pスイングしても1.5Vから3.5Vの範囲に収まる

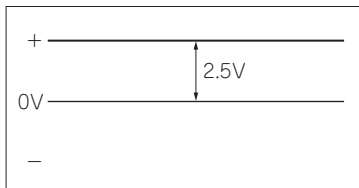
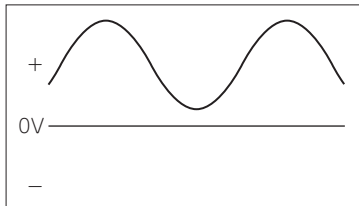


図4 図2と図3を合成した信号

これならば入力電圧がマイナスになることもないし、電源電圧の5Vを超えることもない。しかしシグナル・ジェネレータの出力を適切に設定する必要がある。またCMOSがLOWとHIGHとして認識できる程度にスイングする必要がある。シンクロで見ながら調整するとよい



認しながら慎重に出力を調整してください。

こうして改造を施した付録基板にそれぞれの信号を接続します(写真7)。FT-101EからのIF OUT信号をアンテナ端子に接続し、シグナル・ジェネレータからの局発の12680kHzを、0.1μFのコンデンサに接続します。基板のI/Q信号出力をSDR-49に接続すればハードは完成です(写真8)。あとはSDR-49の受信周波数を+10kHzにチューニングすれば、受信音声聞こえてくるはずですよ。



写真6 シグナル・ジェネレータの出力レベル・ダイヤル

シグナル・ジェネレータには10dB単位で出力を可変できるものが多い。今回の製作では1V程度の電圧出力が必要になるが、ダイヤルに記載された電圧は50Ωの負荷の場合なので、今回の回路は高インピーダンス負荷により、若干電圧が高くなるので、注意が必要だった。逆に弱い信号は-130dBm以下に設定できるので、受信機の感度の測定に便利だ



写真7 ハイブリッド改造を施した本誌2006年12月号の付録ソフトウェア・ラジオ基板
本文で解説した改造を施した基板。右側のアンテナ端子にはFT-101EのIF OUTからの信号を、左側のコンデンサにはシグナル・ジェネレータからの局発を接続する。周波数変換されたI/Q信号は下方のφ3.5のオーディオ・ジャックからSDR-49に接続する

シグナル・ジェネレータがなくてもOK!

シグナル・ジェネレータが手元にない場合には、市販の発信モジュールを利用するとよいでしょう。秋月電子通商からSG-8002DCという12.8MHzの発信モジュールが入手可能です(写真9)。このモジュールは、CMOSレベルの方形波を出力するので、付録基板との接続は極めて簡単です。単にJ7のジャンパーを取り外して、J7の中央のピンにモジュールの出力を接続して、モジュールに5Vの電源を供給すれば、もうハードは完成です(図5)。

このモジュールからは、12800kHz

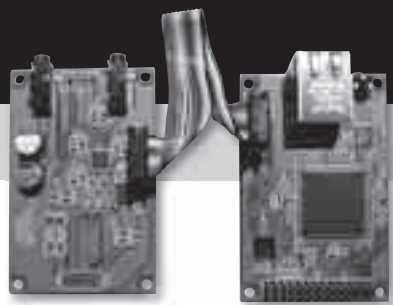


写真8 FT-101Eの上面に置いたハイブリッドSDR受信機の全体写真
カマボコ板にADC-49とDSP-49と本誌2006年12月号の付録ソフトウェア・ラジオ基板をネジ止める。各種の信号を接続して、SDR-49にネットワークと電源を接続すれば完成する。例によってノイズ対策のために006Pを使用しているが、良質なトランス+3端子レギュレータ内蔵タイプの大型のACアダプタを使用してもよいだろう。ADC-49にヘッドホンを接続して聞くと、FT-101Eの内蔵スピーカとは違う音質で受信できるのが面白い

の安定した信号が得られるので、局発はその1/4である3200kHzになります。FT-101EのIF OUT信号は3180kHzなので、両者の差分である20kHzのI/Q信号が得られます。しかし局発の周波数が高い周波数なので、逆方向の周波数変換になり、サイドバンドが反転するので、SDR-49のI/Q信号の入力モードも反転に設定する必要があります。あとはSDR-49の受信周波数を+20kHzにチューニングすれば、ハイブリッドSDR受信機の完成です。

実際にハイブリッドSDR受信機でワッチしてみる

このハイブリッド式SDR受信機は、アナログの音声とデジタルの音声、同時に聞こえてくるので、新旧世代の音質をすぐに比較できます。FT-101Eのバンド切り替えスイッチを切り替えると、ワンタッチでマルチバンドの受信が可能になるのは、たいへん便利です。またVFOを回すと、SDRの中心受信周波数を設定できるのもたいへん便利です。FT-101E側のVFOで中心周波数を指定して、SDR-49側で96kHz幅のチューニングが行えるので、まるで完全に独立している2台の受信機として使用できます。



4月16日、リリース決定!

CQham radio オリジナル・モジュール

“SDR-49シリーズ”の紹介^{Part.8}

今月の
テーマ

発売直前! オリジナル・モジュールSDR-49のマニュアルを大公開

札幌SDR研究会 JA8INU 中本 伸一 Shinichi Nakamoto

これまで7回にわたりCQ ham radioオリジナル・モジュールSDR-49の機能紹介を連載してきましたが、今月号ではこの連載の締めくくりとして、SDR-49のマニュアルの抜粋を掲載します。このマニュアルをご覧になれば、SDR-49の実際の設定方法がよく理解できるはずです。SDR-49の発売開始は4月16日と決定したようですので、それまでこのマニュアルを熟読して、楽しみにお待ちいただければ幸いです。

SDR-49の設定は LAN経由で行う

SDR-49は多機能で、さまざまな目的に利用できます。単体でSDRの信号処理を行って音声出力を得たり、入力されたI/Q信号をストリーミング配信したり、逆にネットワーク経由で送られて来たI/Q信号を音声に復調するなど、さまざまな利用形態

が想定されます。そのためにはSDR-49を正しく設定する必要があります。

SDR-49の内部には小さなホームページがあり、パソコンのブラウザのアドレス欄に、SDR-49のIPアドレスを入力すると、設定画面(図1)にアクセスできます。あとはブラウザを利用して、各種の設定を行います。

まずSDR-49の IPアドレスを調べる

ネットワーク機器を自宅のLAN内に設置する場合には、設置する機器ごとに、別々のIPアドレスが必

要になります。通常の家庭で使用しているルータには、IPアドレスを自動的に割り当てる機能(DHCP)が内蔵されているので、ユーザーは単にSDR-49をLANケーブルで接続するだけで、自動的にIPアドレスが割り当てられます。

しかし問題になるのは、SDR-49にどんなIPアドレスが割り当てられたのか、外からはまったくわからないことです。このままではブラウザのアドレス欄に、なんと入力していいのかわからず困ってしまいます。

ここで登場するのが**モジュールファインダ**です(図2)。

モジュールファインダは、LAN内にあるすべてのネットワーク機器を、一台一台調べてSDR-49を見つけ出し、そのIPアドレスを表示してくれます(図3)。一般にDHCPによるアドレスの割り当ては、小さいアドレスから、順番に割り当てられるようなので、若いアドレスから、順に探していけばすぐに見つかる場合が



図1 SDR-49の各種設定画面



図2 LAN内のSDR-49を発見するためのモジュールファインダの画面
モジュールファインダの実行にはあらかじめ.NET Frameworkをインストールしておく必要がある



図3 モジュールファインダでSDR-49を発見したときの画面
SDR-49のMACアドレスの先頭の特徴を検出して数あるLAN機器の中からSDR-49を見つけ出すことができる



図4 ネットワーク設定画面

多いようです。

こうしてSDR-49のIPアドレスが判明したら、忘れないように必ずメモに書き留めておいてください。

ネットワーク設定

この設定画面(図4)では、SDR-49のIPアドレスに関する設定を行います。SDR-49の出荷時は**DHCPでIPアドレスを自動取得**するという設定になっているので、上記のようにLANケーブルを接続するだけで、自動的にIPアドレスが割り当てられるので、この設定を変更する必要はありません。

しかしDHCPによるIPアドレスの割り当ては、24時間程度の有効期限が設定されて、この期間を過ぎると、割り当てられたIPアドレスが無効になり、最悪の場合には、ほかのネットワーク機器に割り当てられてしまう可能性があります。こうなってしまうと、せっかくメモしたIPアドレスでは、SDR-49にアクセスできなくなってしまいます。

こうした予期せぬIPアドレスの再割り当ては、数多くのネットワーク機器を頻繁にLANに接続する場合や、SDR-49を、何日間かLANから切り離しておいた場合などに発生します。

しかし、仮にIPアドレスの有効期限が満了しても、ほかのLAN機器を

接続しなければ、また同じIPアドレスが割り当てられる場合が多いようですし、もしIPアドレスが変化したとしても、再度モジュールファインダで、IPアドレスを調べれば、問題なくSDR-49にアクセスできます。

それに初期段階でSDR-49の設定を完了してしまえば、それ以後はそれほど設定を変更する必要はありませんので、問題はないはずです。このIPアドレスの再割り当ての問題を回避するには、IPアドレスを手動で設定すればよいわけです。

SDR-49に固定のIPアドレスを設定すると便利なこともあります。固定のIPアドレスであれば、ルータの設定で、ファイアーウォールにばかりと穴をあけることができます。

こうすればインターネット側から、宅内のSDR-49に自由にアクセスできるようになるので、アンテナ共有システムの構築の際や、スマートフォンで運用する際などにたいへん便利です。

しかし、固定のIPアドレスはかなり設定が難しく、**デフォルトゲートウェイ**や**DNSサーバー**などの情報を、正しく設定する必要があります。もしこの設定を行う場合には、ネットワークの設定に詳しい方に、相談をお願いします。もし間違ったIPアドレス設定を行った場合には、もうSDR-49にアクセスできなくなるので、その場合には、SDR-49のリセットボタンを押しながら電源を入れることで、強制的に**DHCPでIPアドレスを自動取得**の設定に戻りますので、最初から設定をやり直してください。

信号入力設定

この設定画面(図5)は、内蔵のDSPに対してどんな信号を与えるか

を設定します。出荷時には**入力ソース**は**ADC-49**に設定されています。DSPの入力として、ADC-49基板上のA/D変換器を使用するという設定です。SDRフロントエンドから出力されるI/Q信号を復調するのであれば、この初期設定のままで結構です。このページのほかの項目は、無視してかまいません。

この設定を変更するのは、アンテナ共有サービスをユーザーとして利用する場合です。アンテナ共有サービスのユーザーは、自分の手元にSDRフロントエンドはありません。離れた場所にある良いロケーションのアンテナの直下に、SDRフロントエンドが接続されていて、そのI/Q信号が、ストリーミングサーバーで配信されています。

アンテナ共有サービスを利用する際には、I/Q信号はネットワーク経由で取得するので、**入力ソース**を**ネットワーク**に切り替えて、**サーバーアドレス**にはストリーミングサーバーのDNS名を指定します。ほとんどの場合**ポート番号**はデフォルトのままで構いませんが、自分でストリーミングサーバーを設置した場合には、**ポート番号**を変更することで、よりセキュリティを厳しくすることも可能です。またストリーミングサーバーには、パスワードを設定することも可能ですので、その際には**パスワード**

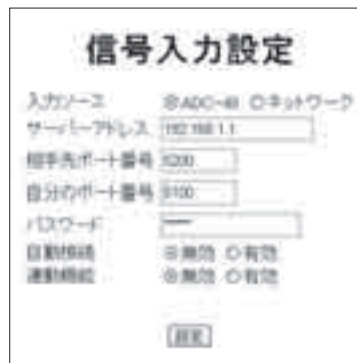


図5 信号入力設定画面

ド欄に正しいパスワードを入力します。

自動接続を有効にすると、SDR-49の起動時に自動的にストリーミングサーバに接続して、*I/Q*データの受け取りを開始します。このモードは、SDR-49をケースに組み込んで、単体で動作するストリーミング受信機として利用する場合に使用します。この際のチューニングはロータリー・エンコーダか、シリアルか、スマートフォンのアプリから行うことになります。しかし、この状態ではSDR-49に通電されている間、連続的にストリーミングサーバと通信を行うので、サーバやネットワークの負荷にご注意ください。

連動機能を有効にすると、スマートフォン上で受信アプリを起動したら、連動してストリーミングサーバへの接続を開始します。同様にスマートフォン上のアプリを終了したり、回線が切断された場合には、ストリーミングサーバとの通信を停止させます。この連動機能を利用すると、自動接続(常時接続)に比べて、かなりサーバの負担を軽減できます。

DSP設定について

この設定画面(図6)は、DSPの動作を設定します。DSP機能とは、*I/Q*信号を音声信号に復調する機能で



図6 DSP設定画面

す。デフォルト状態では**DSP機能が有効**になっています。しかし、アンテナ共有サービスで、SDR-49をアンテナ側に設置する場合には、*I/Q*信号をそのまま手を加えずに配信するため、この設定を**無効**にします。

またSDR-49で、リグのリモート運用を行う際にも、リグから受け取った受信音声信号を、そのまま手を加えず、VoIPで送出しますので、DSP機能は必要ありませんので**無効**にします。

DSP機能を有効に設定した場合には、**サンプリングモード**の設定が必要です。サンプリング周波数は、48kHz、96kHz、192kHzのうちのいずれかを選択します。また、48kHz/96kHzの場合には、24ビット精度でサンプリングすることも可能です。出荷状態では、96kHzサンプリングの16ビットモードが選択されています。

また、ここでは192kHzも選択できますが、192kHzでサンプリングした*I/Q*データは、192kHzの範囲の信号をすべて含むので、かなり情報量が多くなります。このためデータの処理速度が高速になるため、SDR-49に内蔵されているDSPでは、信号の処理が間に合なくなります。したがって、192kHzでサンプリングした*I/Q*データは、そのままネットワークに出力して、パソコンやスマートフォンなどで受け取り、別に信号処理を行って活用します。

I/Q極性の設定は、φ3.5のオーディオ・ジャックのL/Rが*I/Q*信号のどちらに対応するかを設定できます。本誌2006年12月号付録のソフトウェア・ラジオ基板であれば**通常**を選択しますが、他社のSDR基板を使用する場合や、逆コンバージョンのクリコンを付加した場合には**反転**を選択します。この極性が逆だと、周

波数の上下が反転するので、LSBがUSBになったり、チューニングの方向が反転してしまうので、すぐに間違いに気づくと思います。

また、従来までのSDR復調ソフトでは、ミキサからの直流成分が原因で、中央周波数付近で、強力なビート音が聞こえてしまう現象が起きます。SDRadioやRocky!などでも、中央に大きなキャリアが居座っていますが、この信号のせいで、通常のSDR復調ソフトでは、中央付近の数kHzが受信ができません。

SDR-49は**局発カットを有効**にすると、強力なノッチ・フィルタにより、中央のキャリアをほとんど除去します。副作用としては、中央周波数にごく近い範囲では無音状態になりますが、強力なキャリアが聞こえるよりはずっと聞きやすく、中央周波数付近の局でも、ある程度の音質で受信が可能になります。

固定周波数の設定は、0以外の数値を指定すると、固定の受信周波数を設定できます。これは、ハイブリッドSDR受信機のIF段として利用する際などに便利です。周波数は10進数で、1から32767の範囲で指定します。受信周波数はサンプリング周波数*(指定した数値-16384)/32678+中心周波数になります。

また、**入力モードのI/Q信号と実信号**の切り替えは、本誌付録ソフトウェア基板のように*I/Q*信号を出力する直交ミキサ機器を接続する場合には**I/Q信号**に設定します。また中間周波数として、12kHzの実信号を処理したい場合には、入力モードを**実信号**に設定します。実信号モードでは、DSPの信号処理で、内部的に直交ミキサ処理を行い*I/Q*信号を生成します。また、この際には、前出の固定周波数の設定を利用して、12kHzを受信するように数値を設定

する必要があります。

受信モードは、電源投入直後に受信する電波型式を設定します。LSB、USB、CW、AM、FMのいずれかを選択できます。この受信モードの設定は、ロータリー・エンコーダや、シリアルコマンドや、スマートフォンからのパケットで、いつでも切り替えられます。

ネット出力設定

この設定画面(図7)は、SDR-49のネットワーク端子から出力されるデータの設定を行います。**ネット出力は何も出力しないと音声データとI/Qデータのいずれかを選択**できます。初期状態では**音声データ**に設定されています。

例えば、スマートフォンのアプリでSDRの復調音声を聞く場合や、リグの遠隔操作を行う場合には、ネットワークを通じてVoIPで音声を伝送する必要があります。この場合には**ネット出力は初期状態の音声データ**ということになります。

この際に**出力先は自動**に設定してください。こうすることでスマートフォンからSDR-49にアクセスした際に、スマートフォンのIPアドレスに対して**音声データ**の出力が開始されます。リグのリモート運用も含めて、スマートフォンで運用する

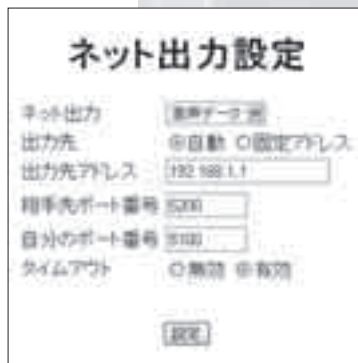


図7 ネット出力設定画面

際には、**自動**にしておけば結構です。SDR-49の出荷状態ではこの状態になっています。

SDR-49をアンテナ共有システムの、アンテナ側の送出ユニットとして利用する場合には、**ネット出力をI/Qデータに切り替えます**。同様に**出力先を固定アドレス**に変更して、**出力先アドレスやポート番号**の設定を正しく行う必要があります。これでSDR-49に電源を投入すると、ADC-49でサンプルしたI/Qデータを、指定したストリーミングサーバに配信し続けます。詳しくは特設サイトに設けられた、ストリーミングサーバの設定方法の解説を参照してください。

また、**タイムアウト**は、初期状態では**有効**になっています。こうしておけば、スマートフォンからSDR-49にアクセスしている途中に、一定時間アクセスが途切れたら、自動的にネットワーク出力を停止します。通常はこの設定でかまいませんが、ストリーミング配信用に使用する際には、この設定を**無効**にして、連続して常に配信を継続するように設定します。

また、ケース内にSDR-49を組み込んで、ADC-49のスピーカ端子を利用する場合には**なにも出力しない**を選択します。これでネットワークには音声パケットは出力されませんが、周波数や受信モードを設定するコントロール用のパケットは、この設定とは関係なく、いつでも受け付けられます。

音声出力設定

この設定画面(図8)は、おもにVoIP音声の形式を設定します。その前にSDR-49のVoIPに関して少し説明します。

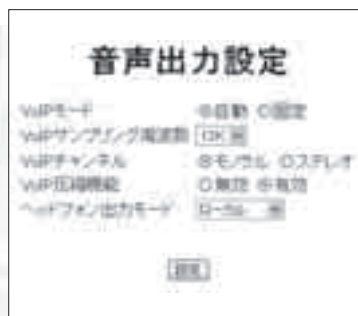


図8 音声出力設定画面

音声信号をネットワークに載せてやりとりする際には、データ量を減少させるために、音声データを圧縮して送受信するのが普通です。データ量が少なければ、条件が悪い回線状態でも、途切れることなく音声を伝送できます。

音声データを圧縮する際に最も効果的なのは、サンプリング速度を落とすことです。しかし、サンプリング速度を落とせば、確かにデータ量は減少しますが、逆に音質はそれに伴って低下します。一般にアマチュア無線機器の場合は、6kHz程度までの帯域まで送受信できれば、ほぼ問題のない音質で運用が可能です。逆にこれくらいが音質の下限だと思います。

もしお持ちのスマートフォンの回線の品質が良くて、もっと広帯域の音声をやり取りできる環境がある方(Xiなどの高速回線を利用している方など)は、より高音質なVoIPを利用できます。このようにVoIPの音質は、それぞれのユーザーの回線環境に、大きく依存すると言えます。このためSDR-49では、スマートフォン側で、自由にVoIPの帯域を指定できるようになっています。

サンプリング周波数として、48kHz、24kHz、12kHz、6kHzを選択できます。さすがに6kHzになると音質はかなり低下しますが、SSBならば、もともと含まれている周波

数成分が、たかだか3kHz程度までなので、十分に話している内容は聞き取れます。

また、SDR-49にはG.711規格のコーデックが実装されています。G.711は音質にほとんど影響を与えずに、データ量を約半分にできる圧縮規格です。ユーザーは回線状況に合わせて、最適なサンプリング速度とコーデックのオンオフを選択して、SDR-49と音声データをやり取りすることになります。

それでは設定画面に話を戻しますが、**VoIPモード**の設定は**自動**に設定します。この設定により、VoIPのサンプリング速度と、コーデックのオンオフを、スマートフォン側で設定できるようになります。逆に**固定**を選択した場合には、それ以下の**VoIPサンプリング周波数**、**VoIPチャンネル**、**VoIP圧縮機能**などを、SDR-49側で決定することができます。この固定モードは、もっぱらスマートフォンを使用せずに、SDR-49を2台組み合わせ、音声データを交換する場合の音質を設定する場

合に使用します。

出荷状態では、12kHzサンプリング、モノラル、圧縮が有効という設定になっています。これはいろいろなスマートフォンで実験した結果、この程度のVoIPのスペックがちょうど良い感じだったからです。

最後の設定項目の**ヘッドフォン出力モード**ですが、**出力しない**、**ローカル**、**リモート**の三つが設定可能です。**出力しない**を選択すると、ADC-49のヘッドフォン端子からは何も出力されません。

通常は**ローカル**を指定します。この設定ではDSPで処理した音声、ヘッドフォン端子から出力されます。SDRの復調や、アンテナ共有システムのユーザー側など、ほとんどの用途では**ローカル**を使用します。

唯一スマートフォンを利用して、リグのリモート運用の際で、送信を行う場合にのみ**リモート**に設定します。このモードでは、スマートフォンのマイクから拾った音声信号を、ヘッドフォン端子から出力します。この音声を適度にアッテネートしたうえで、無線機のマイク端子に接続することで、スマートフォンからの送信が可能になります。

コントロール設定

この設定画面(図9)は、リグの遠隔操作の際のシリアルの設定や、ロータリー・エンコーダの設定を行います。初期状態では**シリアル入出力**

は**無効**に設定されています。この状態では、SRD-49のシリアル端子からは何も出力されませんし、SDR-49に何を送信しても無視されます。

シリアル入出力を使用するには、まずこの設定を**有効**にして、**シリアルフォーマット**を設定します。**シリアルフォーマット**は**SDR**、**CAT**、**CI-V**の3種類です。

SDR-49をケースに組み込んで、マイコンなどを外付けして、そのシリアルでSDR-49の受信周波数やフィルタ特性をコントロールする場合には、この設定を**SDR**にします。この際のシリアルのコマンドフォーマットは、図10を参照してください。

また、このコマンドは双方向なので、SDR-49の状態が変化した際と、定期的にこのコマンドが送信されます。同様なフォーマットでコマンドをSDR-49に送信すると、受信周波数やフィルタの通過周波数を設定できます。

また、YAESUのリグと組み合わせる際には**CAT**を、ICOMのリグの場合には**CI-V**を選択します。残念ながらこの原稿の執筆時点では、KENWOODのリグが手元にありませんでしたので、KENWOODのリグでの動作を確認できませんでした。しかし、運良く本誌の編集部から、KENWOODのリグをお借りすることができましたので、SDR-49の発売までには、**KENWOOD**が選択できるようになっていると思います。

なお、リグのリモート・コントロールに関しては、CATはFT-817で、CI-VはIC-703で動作を確認しましたが、それ以外のモデルの動作は、まだ確認していません。できればユーザーの皆さんの追試結果をお寄せいただければ幸いです。**ロータリー・エンコーダ**を**有効**にすると、



図9 コントロール設定画面

周波数	信号強度	モード	フィルタ	フィルタ	ODH
16進数で4バイト	16進数で4バイト	1バイト	1バイト	1バイト	1バイト
0	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11

図10 シリアルコマンドは12バイトで構成されている。SDR-49から出力されるコマンドも、SDR-49へ送り込むコマンドも全く同じフォーマットだが、送り込む際にはSメータの値は無視される

SDR-49に、ロータリー・エンコーダとスイッチを接続して、受信周波数やフィルタの通過周波数を設定できます。ケースに組み込んで単体の受信機として使用する際に用います。

通常周波数ステップと早送り周波数ステップは、ロータリー・エンコーダから一個のパルスを送り込んだ際に、どれくらい周波数変化させるかを設定します。早送りスイッチを押しながら、ロータリー・エンコーダを回すと、周波数の早送りができます。

変化する周波数は**サンプリング周波数×ステップ／32768**で計算できます。なかなかぴったりの周波数になりませんが、96kHzという中途半端なサンプリング周波数と、2進数の相性の問題なので、どうかSDR-49の仕様としてご理解ください。

NatWalker設定

この設定画面(図11)は、NatWalkerの設定を行います。NatWalkerとはスマートフォンから、ファイアーウォール機能を持つルータを超えて、宅内にあるSDR-49にアクセスするための仕組みです。デフォルト状態では**NatWalker機能が無効**に設定されています。この状態では、まだインターネット側(スマートフォン)からアクセスできません。

スマートフォンからアクセスするためには、この**NatWalker機能を有効**に設定し、その下の**パスワード**の欄に、自分だけのパスワードを設定してください。これで他人から不用意にアクセスされるのを防げます。スマートフォンのアプリにも、このパスワードと、SDR-49の固有識別番号を設定しておきます。この設定を一度行えば、それ以降はスマート

図11 NatWalker設定画面

フォンから、自宅のSDR-49にアクセスすることが可能になります。こうした動作のことを、一般的に**NAT越え**と呼んでいます。

初期状態で設定されているNatWalkerサーバは、SDR-49の発売記念サービスとして本誌の編集部が用意したサーバです。このサーバは最低でも1年間は稼働させる予定とのことです。それ以降はどうなるかまだ決定していませんが、サービス期間を1年単位で延長すると思われる。

仮に本誌のNatWalkerサーバが停止しても、まったく心配ありません。NatWalkerはオープンソースのソフトウェアなので、ほかの有志のサーバ上で、簡単に稼働させることが可能です。この場合には**NatWalkerサーバー名**の欄に、新しいNatWalkerサーバのDNS名を設定すれば、まったく同様に利用を継続できます。

もしNatWalkerを使用せずに、スマートフォンからSDR-49にアクセスしたい場合には、まずインターネットに詳しい方に相談して、SDR-49に固定のIPアドレスを与えて、ルータのポートフォワーディングの設定や、ダイナミックDNSなどの仕組みを駆使して、スマートフォンから宅内のSDR-49に直接アクセスできるよう設定することもできます。こう

図12 ファイルのアップロード画面①

図13 ファイルのアップロード画面②

図14 ファームウェアのアップデート画面

すればもうNatWalkerサーバを使用せずに、継続的にNAT越えができるので最強の環境になるはずです。

ファイルのアップロード

この設定画面(図12)は、SDR-49のファームウェアを、最新版に書き換えるためのページです。SDR-49の特設ページ内に掲載される最新のファームウェアをダウンロードし解凍すると、FIRMWARE.BINというファイルを得られます。このファイルを**ファイルを選択**ボタンで指定して、アップロードをクリックします。

しばらくして正しいファームウェアだと確認されると、図13の画面に進みます。次に**アップデート開始**をクリックすると、図14の画面に進みます。ここでアップデートマニュアル内に記載されているチェックサムコードを正しく入力します。開始を

クリックすることで、SDR-49のファームウェアを最新版に書き換えます。書き換えが終了するまでは、絶対に電源を切らないようにしてください。途中で電源を切ってしまうと、ファームウェアの書き換えが中途半端のまま止まってしまうので、結果的に、もうSDR-49は起動しなくなってしまうので、十分に注意してください。

また、ファームウェアのアップデートを行うと、今まで設定していた内容は、すべて失われます。再度初期状態から設定をやり直してください。そのために、アップデートの前にあらかじめすべての設定をメモしておくくと便利です。

ファイル領域の最適化

SDR-49の設定を保存すると、内蔵のフラッシュ・メモリの領域を、どんどん虫食い状態で消費していきます。最終的には、もう設定を書き込めなくなってしまう。この状態になったときには、このファイル領域の最適化を行って、フラッシュ・メモリの虫食い状態を解消して、また書き込める領域を復活させる必要

があります(図15)。できれば無効領域が10000バイトを超えたら、こまめに最適化を行うとよいでしょう。

今後の予定

これまでの各種の設定画面で行った設定は、メモリ上のデータを書き換えるだけなので、最終的には設定をフラッシュ・メモリに書き込んで、電源を入れ直した際に新しい設定が反映されるようにする必要があります。設定の変更が終わったら、このページを呼び出して保存をクリックしてください(図16)。また、保存したあとには、たまにファイル領域の最適化をチェックして、無効領域が10000バイトを超えたら、こまめに最適化を行ってください。

設定の保存

いよいよ4月からSDR-49が発売されます。発売に関する詳細は、CQ ham radioのWebサイトで発表されます。また、SDR-49は皆様の要望で、どんどんアップデートしていく予定です。

現在、札幌SDR研究会では、新規

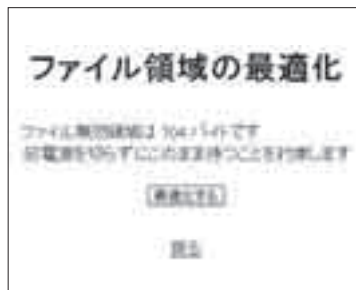


図15 ファイル領域の最適化画面

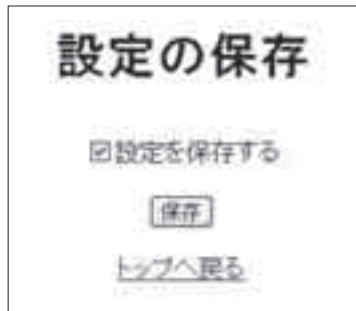


図16 設定の保存画面

にフロントエンド部分を開発しています。このフロントエンドは、VHF帯をフルカバーできるもので、従来のHF帯のフロントエンドとは、まったく違ったものを目指して鋭意開発中です。このフロントエンドは4月14日に秋葉原で開催されるエレキジャックフォーラムで発表できることを目標に開発しているので、どうかご期待ください。 (CQ)

アマチュア無線家のためのDSPモジュールが遂に登場!

CQ ham radio オリジナル・モジュール

SDR-49



SDR-49は二枚の基板で構成されています。左がADC-49(オーディオCodec基板)、右がDSP-49(DSP+ネットワーク基板)

4月16日発売予定! 予価: 25,000円(税込)

- パソコンはもう不要! スマートフォンで自宅のリグを操作できる!
- 都会派のハムに朗報! 羨望のロケーションに建つ巨大アンテナを利用できる!
- これからの自作スタイルの主流になる組み込み用のDSPモジュール登場!
- 64MHzから1700MHzをカバーするハイバンドSDRフロント・エンドも鋭意開発中! SDR-49との組み合わせで最強の受信機が完成する!

CQ ham radioオリジナル・モジュール SDR-49の概要

SDR-49は、ネットワーク接続可能なアマチュア無線用のDSPモジュールです。PC版のSDR復調ソフトとしてはRockyやSDRadioが有名ですが、SDR-49を使用すればPCはもう不要です。このモジュールだけでSDRを復調できます。また、SDR復調以外にもVoIPを利用したりリモート運用機能も内蔵しているので、スマートフォンを利用して自宅のリグをリモート運用できます。また、ロケーションの良いアンテナを多数で共有するソーシャル・アンテナ機能によりノイズの少ない高感度な受信が可能になります。

エレキジャック・フォーラム会場でSDR-49先行販売予定!

4月14日(土)秋葉原・UDX南ウイング4Fで開催

電子工作&自作派ホビー・エンタメ・イベント

● エレキジャック・フォーラムの特設サイト <http://it.cqpub.co.jp/tse/201204EF/>

通信販売でのご注文

CQ出版WebShop(<http://shop.cqpub.co.jp/>)または通信販売限定品になります。小社販売部まで、お電話(03-5395-2141)で在庫をご確認のうえ、ご注文ください。



写真9 発振モジュール
エプソントヨコムSG-8002DC
CMOSレベルの方形波を出力する便利な発振モジュール。秋月電子通商では300円で入手可能。さまざまな周波数の製品があるが、今回は偶然にも12.8MHz品が八重洲無線の旧世代の中間周波数にベストマッチだった

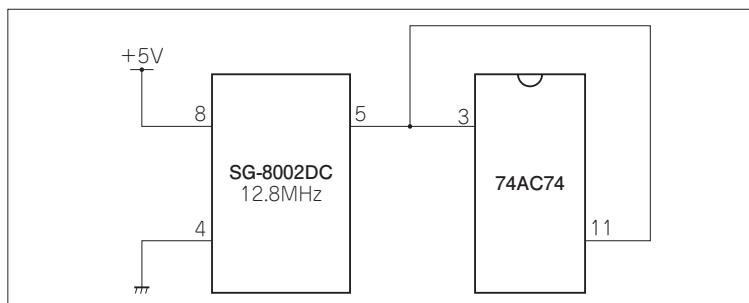
新旧の音を比較すると、最も違うのはその音質です。FT-101Eオリジナルのクリスタル・フィルタの音は硬く、いわゆる無線機の音質そのものです。セット底面の内蔵スピーカーで鳴らしているの、より硬く感じたのかもしれませんが、これに対してSDR-49で処理した音は、かなり柔らかく、デジタル・フィルタの通過帯域を細かく調整すると、とても聞きやすい印象でした。

しかし問題点としては、FT-101EのVFOで、SDRの中心周波数を設定し、SDR-49側でチューニングした際に、中心周波数から30kHz以上離れると、信号レベルが目立って低下してしまいます。これはIF OUT信号の前段に、中間周波増幅段があり、そのIFTにより3180kHzを中心に、ある程度の帯域まで絞られているためです。もしこのハイブリッドSDR受信機を、アンテナ共有システムに利用する際には、IFTの再調整や、抵抗によるQダンパなどを付加して、通過帯域を拡張するような工夫が必要だと感じました。まあこの程度の調整であれば、この世代の無線機を所有しているOMにとっては朝飯前だと思います。

通常SDR受信機は、シングル・スーパー(ダイレクト・コンバージョン)なので、低ノイズな受信音が大

図5 SG-8000DCを使用した際の改造ポイント

12.8MHzのSG-8000DCはCOMSのICに直結できるCMOS出力なので、なんにも考えずに74AC74に接続してかまわない



きな特徴ですが、ハイブリッドSDR受信機はノイズ・レベルが少し高いように思えました。これはFT-101Eの受信方式がダブル・スーパーのうえ、さらにもう1段I/Qミキサを追加したために、トリプル・スーパー構成になってしまっているからでしょう。このため、どうしてもミキサ・ノイズが蓄積されてしまうのだと思います。またFT-101Eのミキサは、旧世代のデバイスを使用していますので、どうしても、この程度のミキサ・ノイズが発生してしまうのは仕方ないと思います。

低ノイズを追求するのであれば、モノバンド構成でバンドパス・フィルタ付きの高周波増幅段を付加したダイレクト・コンバージョンでI/Q信号を生成するほうが有利になりますが、スイッチ一つでバンドを切り替えられて、しかもVFOで任意の中心周波数を設定できる、ハイブリッドSDR受信機の便利さも大きな魅力です。この両方式をケースバイケースで使い分けるとよいと思います。どちらの方式でも、SDR-49でデジタル化したI/Q信号は、スマートフォンで遠隔運用できたり、多人数でアンテナを共有できるというメリットが得られる点が最も重要だと考えます。

ハイブリッドSDR受信システムは、往年の名機を発掘して、最新のデジタル技術とコラボしながら、実

用的な受信システムとしてリサイクルできるすばらしいアプローチだと思います。どうかこの機会に皆さんにも、シャックの隅に眠っている名機たちを、大いに活用してもらえれば幸いです。

今後の予定

次号では、この連載の締めくくりとして、SDR-49の機能をまとめて紹介をします。SDR-49はWeb画面でパソコンのブラウザから各種の設定を行います。実際の設定画面を紹介しながら、SDR-49の持つ豊富な機能を改めて解説してみようと思います。いわばSDR-49のマニュアル的な内容になると思いますので、購入時の参考になれば幸いです。㊞㊞



札幌SDR研究会のシャック

札幌SDR研究会のシャックには無線機を設計・製作・評価・製造するための各種の測定機器類が所狭しと並んでいる。こうした測定器があるとハムライフはより充実したものになる。中央にメインリグのFT-817を置いてある