

ユニットで作る トランシーバー製作教室

144MHz 帯 FM QRP 送信機の製作 (前編)

JA7CRJ 千葉秀明



本誌の連載では水晶式受信機、PLL 式受信機と続けて製作してきました。順を追って製作経験を積んできた読者の皆さんは、144MHz 帯の製作や調整にもかなり慣れてきたと思います。

そこで今回は、144MHz 帯の製作技術の仕上げとして、今まで製作してきた受信機と組み合わせる送信機を製作してみましょう。

本機では 10.7MHz の水晶発振回路にスーパー VXO を使い、それにダイレクトに FM 変調をかけるというユニークな方式にしました。送信出力は 200mW で、QRP 送信機として十分な実用性を持っています。先月号までで作った受信機と組み合わせれば、ローカル QSO 用としてとてもよいトランシーバーになります。

本機はどんな送信機なのか？

本機は受信機と送信機がそれぞれ独立していますので、形の上ではセパレートタイプと言うことになります。ただし、受信機の局発を利用して送信信号を作り出していますので、受信周波数と送信周波数が一致するトランシーブ操作ができます。ですから実質的にはトランシーバーと同じです。

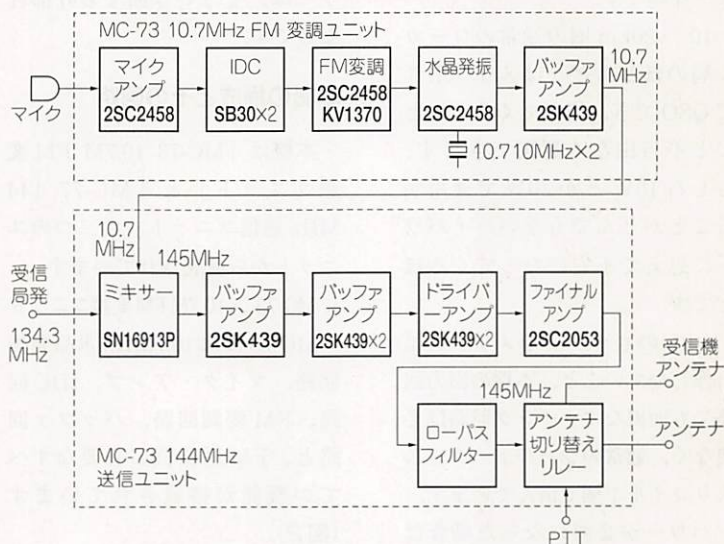
本機の全体の回路構成は図 1 のようになります。

スーパー VXO で FM 変調回路

本機で最もユニークな点は 10.7MHz の水晶発振回路をスーパー VXO 方式にして、ここにダイレクトに FM 変調をかけるという、ほとんど前例のない方式です。

似たような方式は『ビギナーのためのトランシーバー製作入門』(通称「ビギ・トラ」)の中で紹介されていますが、それとはちょっと基本的な考え方の異なるものです。

図 1 144MHz FM 送信機の構成



「ビギ・トラ」の回路はトランジスタを使った特殊な回路方式で、10.7MHz の水晶発振に理論的には不可能なレベルの FM 変調がかけられることを実証したものです。

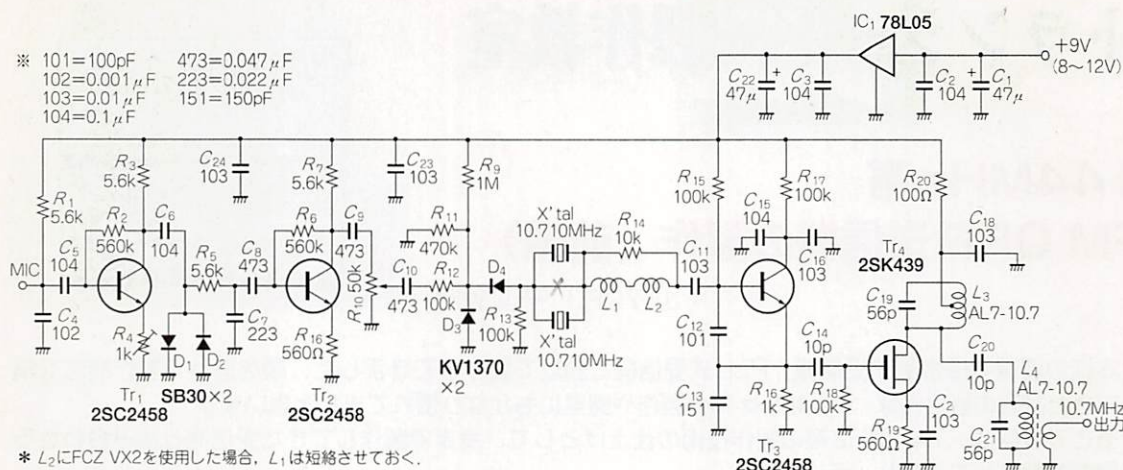
本機の場合は変調の質を追求して生まれた方式で、原型は VXO 回路であり「ビギ・トラ」とは発想の異なる方式です。変

調の質は狙いどおりに「ビギ・トラ」のそれと比べるとはるかに上質のものです。

200mW はハイパワー？

本機の送信出力は 200mW に設定しました。QRP 運用の経験のない方は「こんな小さなパワーで大丈夫かな…」と不安になるかもしれませんが、でもご心配

図2 10.7MHz FM変調ユニット, MC-73



ご無用です。

QRPファンを自認する筆者の経験では、144MHz帯における200mWの出力はかなりのハイパワーなのです。

10～20km圏の通常のローカル局のほとんどとはメリット5でQSOでき、慣れてくるとほとんど不自由なく運用できます。むしろ10Wとか20Wで運用することがとんでもないハイパワーに思えて不安になってくるほどです。

QRPのもう一つのメリットは自作しやすいこと。本機の出力回路でも面倒なマッチング回路は必要なく、通常のシールド・ケース入りコイル1個で済んでいます。

パワーが必要になった場合はパワー・ブースターと組み合わせ

てください。

パワーモジュールには100～200mWでドライブするものが多いので、出力200mWというパワーは、そういう面でも好都合なのです。

本機の構成とその回路

本機は「MC-73 10.7M FM変調ユニット」と「MC-77 144MHz送信ユニット」の二つのユニットから構成されています。

<MC-73> 10.7M FM変調ユニット

MC-73には10.7MHz水晶発振回路、マイク・アンプ、IDC回路、FM変調回路、パッファ回路と、FM送信機に必要なすべての機能が搭載されています(図2)。

見方を変えれば、このユニッ

トは10.7MHzのFM送信機であり、いわばFMジェネレーターとでも呼べるものです。

…となれば、後はトランスバーターを組み合わせればどのバンドでもFM送信機が構成できるという「面白ユニット」でもあるのです。

<MC-77> 144MHz FM送信ユニット

もう一つのユニットMC-77では、MC-73から送られてくるFM変調のかかった10.7MHzの信号と受信機からの局発信号をプラス(周波数変換)して、145MHz帯の送信信号を作り出しています(図3)。

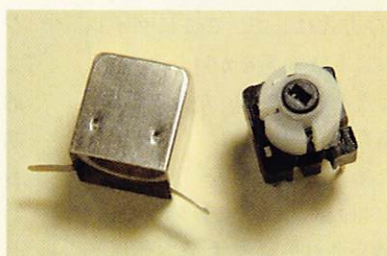
このユニットには周波数変換回路と144MHzの増幅回路、それに送受信の切り替え回路(リレー)が搭載されています。

《自作の送信機はなぜ100mW?》

アマチュアが送信機を自作する場合100mW前後がひとつの目安になります。これには理由があって、実は100mW付近を境に自作の難しさが一段とアップするからです。

100mW～300mWくらいならば出力段のコイルに通常のシールドケース入りのFCZコイルなどがそのまま使え、回路が簡単になると再現性の面で有利になります。もう一つは高周波の回り込みなどのトラブル発生の確率が少なくなるからです。

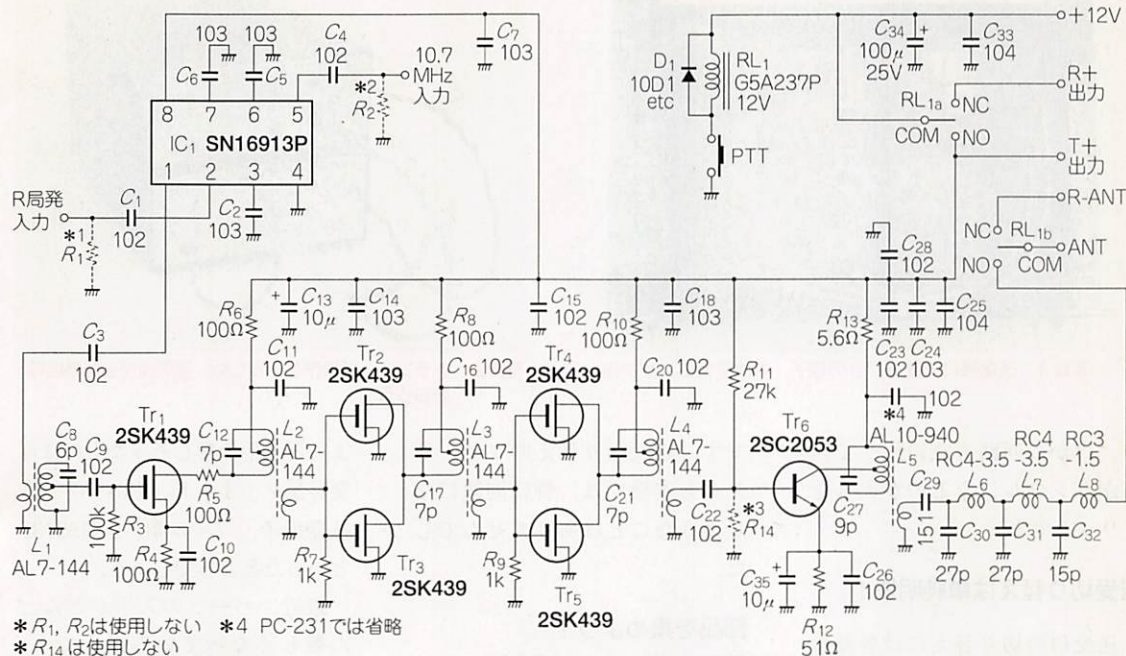
もしパワーが必要であれば、自作機の場合はパワーアンプを独立したシールド・ケースに組み込んで組み合わせれば良いのです。そのほうが安定に動作し、成功の確率が高くなります。



FCZ研究所のRFコイル、FCZ10S144。ポビン(左)とシールド・ケースでできている



図3 144MHz FM 送信機, MC-77



意外に使えるバラモジ IC

このユニットの周波数変換回路にはバラモジ IC の SN16913P を使いました。この IC は高い周波数帯での使用例はあまり見か

けませんでしたのでちょっと心配でしたが、以前ミズホ通信の「ピコトラ」で 144MHz 帯で使用していたような記憶があり、それなら大丈夫かも知れないと意

を強くして採用してみました。

結果は「案ずるより生むが易し…」で、SN16913P 特有のちょっと神経質な一面もみられますが、しっかり働いてくれていま

《スーパー VXO で FM 変調》

10.7MHz の水晶発振にダイレクトに ±5kHz 以上の FM 変調をかけることは理論的には不可能とされていることもあり、メーカー機ではまず使われることのない手法です。

筆者は『ビギ・トラ』上で電源を供給しないトランジスタをバリキャップ代わりに使い、実用レベルの FM 変調をかけたことがあります。この場合は水晶の負荷インピーダンスを力ずくでゆっさゆっさとゆすってやり、強引に深い変調をかけたものです。

今回は変調の質を重視し、VXO 方式で変調をかけることにしました。本機では発振用の水晶を 2 個バラに使うスーパー VXO 方式にしましたが、通常の VXO であっても同じ結果が得られます。

わざわざスーパー VXO にしたのは環境温度の変化に対する周波数の

安定度を重視したからです。

変調の質は VXO の周波数可変幅を大きく取るほうが良い結果を得られます。ところが周波数の安定度はその反対に可変幅を小さくしたほうが良い結果が得られます。その相反する両者のバランスをどこに設定するかが今回の大きなポイントでした。

実際に 10kHz から 100kHz まで各種の水晶を数個ずつ試作し、データを取ってみました。この作業はたいへん時間のかかることで、温度や時間の諸条件を考慮すると一組のデータを得るのに数日間かかります。それが何組もあるのですからかなり面倒な仕事でした。

バラック実験で良いデータが出て実際に基板に起こしてみるとまだ不十分だったりします。うまく行きそうだと喜んでみたり、思ったよう

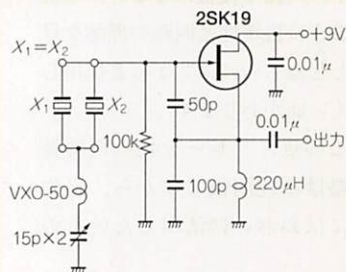


図4 「Fancy Crazy Zippy」誌に掲載されたスーパー VXO の実験回路

な結果が得られずがっかりしたりの繰り返しでした。今回の実験のために作った水晶は 20 個近くになります。良好なバランス点を決断するまでに 2 カ月を要しました。

こうして製作記事にするとほんの数ページにまとまってしまうのですが、新方式の回路には実はいま述べたような大変なデータの積み重ねがあるのです。

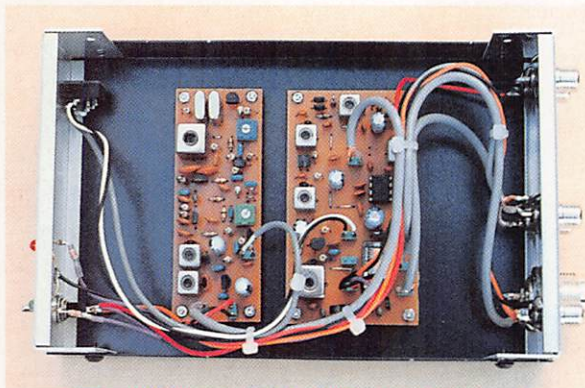


写真1 送信機のできあがりの様子。中は非常にシンプル

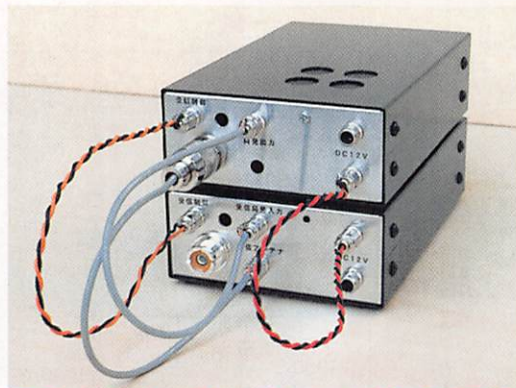


写真2 トランシーブ操作をするため、受信機から局発信号をもらう

す。ほかの回路方式に比べて回路がシンプルになるのが大きなメリットです。

送受切り替えは単純明快！

送受信の切り替えには各種の方法がありますが、本機では最も単純明快なリレー方式を採用しました。

送受信切り替え時のショック音などの対策上からはトランジスタやダイオードによるスイッチング回路を活用したほうが有利なのですが、回路が複雑になる分、本機のように再現性と回路の理解を目的としたものにはちょっと採用しにくい面があります。

この点、リレーを使った切替回路は単純明快ですから、自作機にはおおいに活用したいもの

です。送受切り替えのフィーリングも本機では、特に問題になるようなことはありませんでした。

部品を集めよう！ 再現性はキットが有利！

MC-73とMC-77、それにケースまで含んだ一式はアイテック電子研究所（☎0287-62-0939）からキットで入手できます。名称は「TX-1」、価格は塗装済みケースまで含んだ完全キットで12,800円（税別）です。

もちろんユニットだけとかパーツ単品でも入手可能ですから問い合わせしてみてください。

入手の難しいパーツから…！

バラでパーツを集める場合、ち

よっと入手の難しそうなものは可変容量ダイオード（KV1370）、水晶発振子、コイル類、SN16913Pといったところでしょう。

最近、パーツの入手がどんどん難しくなっているようです。製作に当たっては入手の難しそうなものを第一に手配し、それができたら残りの一般的なパーツを集めるようにしてください。そうしないと99パーセントのパーツが集まっても、たった1個のパーツが手に入らないだけで製作を断念しなくてはならないことになり、せっかくのパーツが無駄になってしまいます。

*

次の2月号では、製作と調整について解説します。



ビギナーのための トランシーバーの製作入門

ビギナーのための トランシーバーの製作入門 AM・SSB 編

（両著作ともに）JA7CRJ 千葉秀明＝著/A5判/定価1733円

前者はFMにターゲットをしぼり、簡単な送信機から始めて最終的には本格的なPLL式のFMトランシーバーの製作までを解説。後者ではAM・SSBにまよを変え、AMラジオからSSBトランシーバーまでを解説していきます。両著作を合わせてご覧ください。

CQ出版社

ユニットで作る トランシーバー製作教室

144MHz帯 FM QRP 送信機の製作（後編）

JA7CRJ 千葉秀明



先月号では、本コラムでこれまで作った144MHz FM受信機と組み合わせるFM QRP送信機の概要と、使われるパーツについてまでを説明しました。

今回は、いよいよ製作に入ります。またキットも用意されていますので、安心してチャレンジしてください。

組み立ては背の低いパーツから…

図1にMC-77送信ユニット（写真1）を、図2にMC-73FM変調ユニット（写真2）を、それぞれ部品取付とパターンとともにあげておきます。

基板の組み立ては背の低いパーツから取り付けていったほうが良いでしょう。わたしは第一にDIPタイプのICと半固定VRの取り付けから始め、次に端子ピン、そしてパターンの目印になるように各コイル類、後は残りのパーツ…といった順で組み立てるようにしています。

モヤシ配線は厳禁！

本機はVHF帯の送信機ですか

ら、今までの受信機に比べて一段と高い組み立て技術が要求されます。

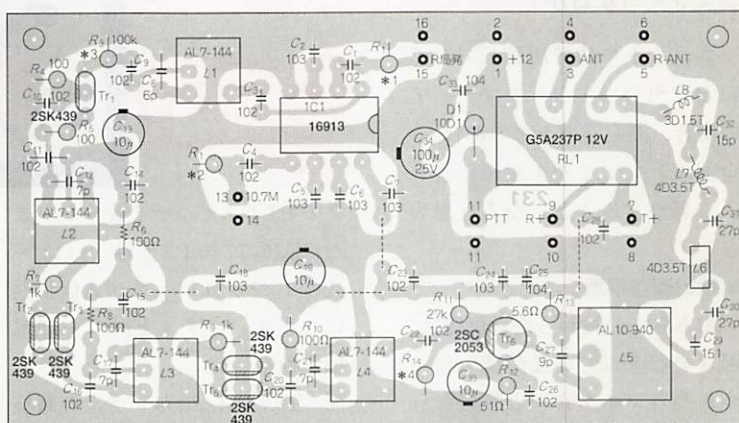
ハンダ付けが完全であることはもちろんのこと、基板上のパーツのリードは極力短くなるように注意深く取り付けてくださ

い。トランジスタなどのリードも3mm以内に収めてください。パーツのリードの長さをどこまで短くできるかが本機の成功のカギです。

ケースには金属製を！

ケースには必要な穴加工をし、

図1 MC-73、FM送信ユニットの部品取り付けとパターン（原寸）



- *1 R1は使用しない（予備パターン）
- *2 R2は使用しない（予備パターン）
- *3 異常発振する場合、R3→10kに変更する
- *4 R4は使用しない（予備パターン）

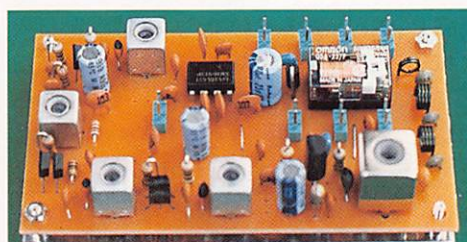
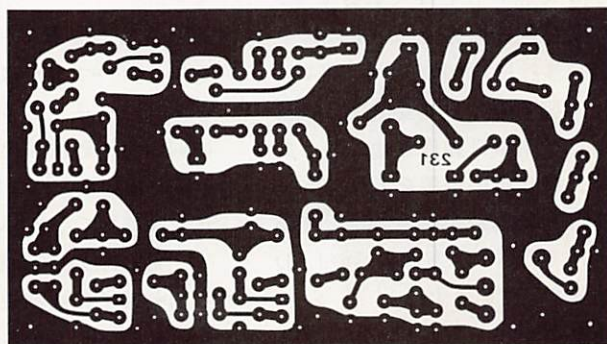


写真1 MC-73、FM送信ユニット。うまくつけるコツは背の低いパーツから



前後のパネルにはレタリングも入れておきます。特に後パネル(写真3)には各種の信号ラインのコネクター類が多く取り付けられておりますので、接続を間違えることのないように各コネクターに名称を表示してください。

ユニットの取り付けは？

MC-73とMC-77のユニットはベース金具に固定されるようになっております。この金具にしっかりと取り付けることで高周波回路の動作が安定します。

ケースへのユニットの取り付けは薄手の両面テープなどで固定できます。本機は受信機と同じケースで統一しましたのでケース内のユニットの配置には余裕があります。ケースのデザインやユニットの配置などは写真4を参考にしてください。

調整をどうするか？

ユニット単体で調整しておくのが理想的ですが、アマチュアの場合、測定器やジグの都合上、全部組み立ててから最後にまとめて調整することになると思います。

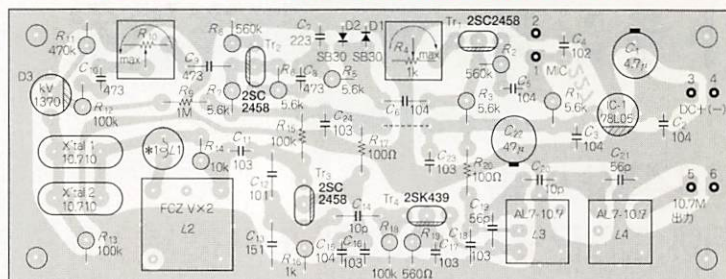
本機の調整手順

組み立ての終わった送信機は、図3を参考にして受信機の後パネルの各コネクターと接続ケーブルで組み合わせておきます。各信号線を間違えないように十分に注意して接続してください。

① 図4のとおり受信機と接続し、受信機は動作させておきます。送信機の電源を入れショートなどの異常がないことを確認してください。電源表示のLEDは点灯していますね？

② 送信モードにします。マイ

図2 MC-77, FM変調ユニットの部品取り付けとパターン



*1 L2にFCZ-VX2を使った場合L1のパターンはショートさせておく

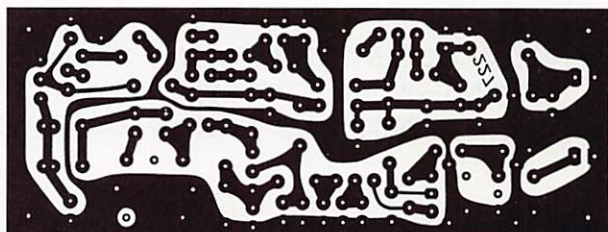
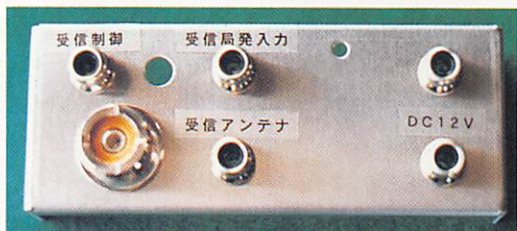


写真2 MC-77, FM変調ユニット



写真3 後ろパネルは、受信機との結線をする端子が多く出るので、間違いないようネームを入れておく



クのPTTスイッチを押すか、またはMC-77のPTT端子(11~12番)をショートさせ送信状態にします(カチッとリレーの電極が動く)。

③ 10.7MHz出力レベルの調整です。

MC-73の端子5~6番にオシロスコープまたはチューニング・メーター(アイテック電子の同調型高周波検出計など)を接続し出力最大になるようにL₃、L₄を調整してください。

④ 発振周波数の調整です。

同じ端子に周波数カウンターを接続し(チューニング・メー

ターの場合はモニター出力にカウンターを接続する)発振周波数が10.700MHz丁度になるようにL₂を調整してください。

もしもL₂のインダクタンス最大(シールド・ケースの上面とコアの頭がほぼ平らに近づくあたり)でも周波数が思うように下がらない場合は、基板のL₁の位置にインダクターを入れて補正してください。

⑤ 送信出力の調整を行います。受信機は145.00MHzまたは145.20MHz付近にセットします。

送信機のアンテナ・コネクターに50cm程度のビニール線を接

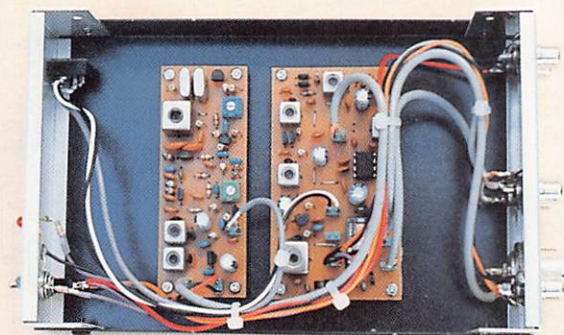


写真4 ケースにMC-73, MC-77を配置して結線が完了したところ

図3 受信機と送信機をつなぐライン

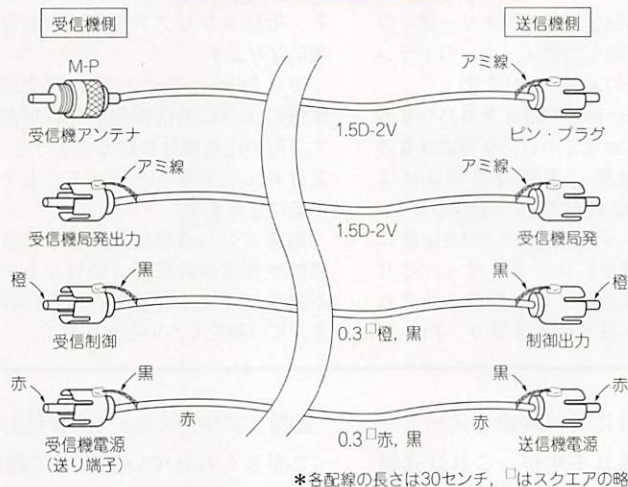
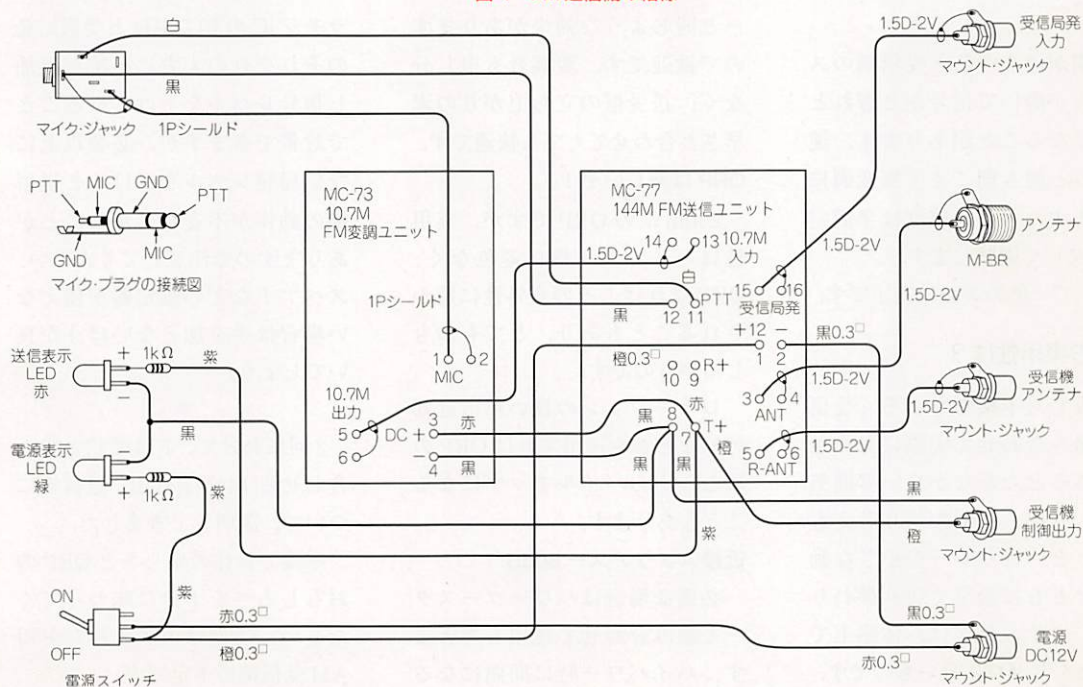


図4 FM送信機の結線



続しておきます。近くにアナログSメーターの付いている受信機を置き、本機の信号を受信します。Sメーターの振れが最大になるようにMC-77の各コイル $L_1 \sim L_6$ を調整します。

QRPパワー計を接続し、出力最大になるようにもう一度各コイルを微調整してください。電源電圧12～13.5Vにて出力は200～300mW程度です。100mW以上あれば合格でしょう。

⑥ 最後にマイク・アンプの感度とデビエーションの調整です。

マイクは2端子のコンデンサー・マイクが使えるように負荷抵抗があらかじめ基板上に装備されています。

本機では歯切れの良いしっかりした変調音に設定されていますが、使用するマイクによって音質が大きく変わることがあります。低域がこもる場合や高域が強すぎてシャリシャリした音になる場合は、マイクを疑っ



コラム●トランシーブ操作は…

トランシーバーを構成する場合大きく分けて二つの方法が考えられます。一つは受信機の局発に中間周波数に相当する信号をプラスして送信用信号を得る方法で、本機の場合がこの方式です。

もう一つの方法は受信用局発と送信用信号を水晶発振方式やPLLシンセサイザー方式でそれぞれ別に作り出す方式で、メーカー機は主としてこの方法です。

どちらの方法がよいかはそれぞれに長短がありますので状況に応じて使い分けます。本機の場合は最初に受信機を製作し、それに付加する形で送信機を組み合わせたもので前者の方法が適しています。

ミックス方式の場合、既存の受信機の局発を利用するだけで簡単にトランシーバーが構成できます。ただし、この方式の弱点はバンド幅が取りにくいことです。

周波数変換後の回路の中心周波数からのズレが大きくなるにしたが

って異常発振などを起こしやすくなってきます。

実際に送信回路のミキサー段での設計に失敗した某メーカーのトランシーバーの実例もあります。

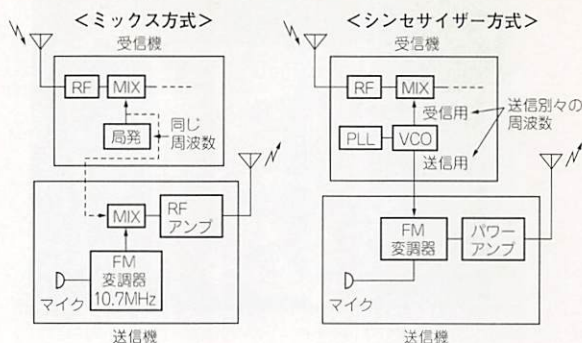
144MHz帯は2MHzをカバーするだけですからミキシング方式は有効です。実際、本機の場合はほぼ3MHzの幅まで問題なく動作します。

これが50MHz帯や29MHz帯になると簡単にはいきません。これらの周波数帯では送受信それぞれ専用に水晶を用意するか、PLLな

ら送受信のVCOをそれぞれ専用に設けた方が動作の信頼性の面からも、近接スプリアスの面からも有利になります。

では50MHz帯や29MHz帯では本機のように受信機の局発に付加する形の送信機は無理かということ、実はPLLの技術を応用することで可能になります。

回路は少し複雑になりますが信頼性や安定度の面では優れたものが製作できます。機会があれば皆さんにご紹介したいと思います。



てみてください。

MC-73の変調レベル調整用半固定VR (R_{10})で最適な深さの変調になるように合わせてください。

変調が深すぎると受信側のスケルチが働いて信号がとぎれとぎれになることがあります。逆に浅いと何も聞こえず無変調になります。マイク感度は半固定VR (R_1)で調整します。

以上で一応の調整は完了です。

本機の実用性は？

完成した本機をさっそく受信機と組み合わせて実際に動作させてみるとなかなか良い雰囲気です。受信、送信の切り替えもカチッというリレーの小さな動作音とともに素早く切り替わります。タイムラグは、体感上ではほとんどゼロに近いものです。

送信時に受信機のSメーターが少し振れますが、これは送信信号が若干IF回路に飛び込むからでしょう。むしろRFメーターと同じような効果がありますので歓迎です。変調音も申し分なく、送受信の立ち上がりの素早さと合わせてとても快適です。

QRPは楽しいぞ！

200mWのQRPですが、実用性はハイパワー機に遜色なく、QRPなればこそ意外性に驚かされることもあり、とてもおもしろいものです。

ロケーションの良い都市近郊の峠などから運用すればQRPの珍しさからパイルアップになることもあります。

近接スプリアスー60dB！

必要場合はパワーブースターと組み合わせて運用もできます。ハイパワー時に問題になる

近接スプリアスは-60dB程度まで押さえられていますので問題ありません。

さらに押さえたい場合にはパラモジICの10.7MHzと受信局発のそれぞれの入力に抵抗を追加し信号レベルを下げてやることで対策できますが、必要以上に受信局発レベルを下げると送信機の動作が不安定になることがありますので注意してください。スペアナなどの測定器が使えない場合は手を加えないほうが良いでしょう。

＊

2回にわけて、FM受信と組み合わせる144MHzQRP送信機について、説明してきました。

本機で自作の楽しさとQRPのおもしろさを十分に味わってください。次回はエア・バンド用AM受信機の予定です。