

# M i c r o w a v e   t e s t   s e t

マイクロ波（430M帯から135G帯）の送受信の確認が出来るテストセットです。

移動先で機器の動作確認をしたくても一人では難しい時、テストセットの出番です。

また、何時でも好きな時にマイクロ波で遊びたい時もテストセットは重宝します。



## 主な特徴&機能

- 1 430M帯～135G帯の受信テスト、送信テストがこの1台で出来る。
- 2 高精度の受信テスト機能
  - \* 高安定度の10MHz OCXOを使って各周波数を作り出しており正確かつ安定したテスト信号が発生出来るので、各周波数の確認やアンテナの調整も出来る。
  - \* テスト信号はFM変調や出力の調整が出来るので利用範囲が広い。
- 3 充実した送信テスト機能
  - \* 内蔵のマイクロワットパワー計で24Gまでの送信信号の確認が出来る。パワー計はメーター表示と共にV-F変換により可聴周波数の変化で強さの違いが判る。
  - \* 47G～135G帯はテスト信号を利用してHF帯の信号に変換出来るので高価なスペクトラムアナライザーが無くてもHF受信機で簡易的に送信信号の確認が出来る。  
8M DC受信機（Sメーター付）を内蔵しているので移動先でも便利に使える。
  - \* 47G、77G帯は1.2G帯にも変換出来るので、デジタルATV等のモニター用コンバータとしても利用出来る。
- 4 テストセットの自己診断が出来る。
- 5 OCXOが安定するまで、タイマーで電源LEDを点滅させ、時間経過後は点灯する。

JA3CVF 森本 清

## 1 概要

マイクロ波（ミリ波）の運用局が少なく単独での移動や相手局が見つからない事が多く有ります。

移動先で機器の動作確認がしたくても一人では難しい時、テストセットの出番です。

何時でも好きな時にマイクロ波で遊びたい時もテストセットは重宝します。

### (1) 受信テスト機能

テスト信号を発信してこれを受信します。

テスト信号は、12Mや12.8Mを使った24Gまでの多目的簡易版発生器はみなさん色々試されて実用化していますので特に目新しさは有りませんが、10MHz OCXOによるPLL回路を採用し少し凝った物にしました。

12.8Mの高調波から得られるアマチュアバンド信号は主に以下の物です。

1	435.2M	12.8×34
2	1280M	12.8×100
3	2419.2M	12.8×189
4	5760M	12.8×450
5	10240M	12.8×800 (80×2×5)
6	24012.8M	12.8×1876 (67×28)
7	47104M	12.8×3680 (80×2×23)

12Mからでも同じ周波数や近い信号は得られますが、PLL回路での分周が12.8Mだと1/128となって汎用のICが使い易いので12.8Mにしました。

77Gや135Gも計算上は作り出す事は可能ですが、実際には無理があるので、この周波数帯はSolilock-10G ver2 band0 のユニットを使用しました。

### (2) 送信テスト機能

430M~24Gまではマイクロワットパワー計により直接出力を確認しています。

-25dbm~0dbm(24Gは-15dbm~0dbm)の測定が可能。0dbm以上はATTを挿入しますが、実際にはアンテナを接続して簡易的に測る事が多いので0dbm位で十分と判断しました。

またメーター表示の他にV-F変換で強さに応じて音の周波数も変わるので、テスト機の近くでメーターを見なくても耳で確認が出来ます。

47G~135Gは出力が小さく直接出力を確認するのが難しいので、テスト信号を利用してHF帯の信号に変換し、HF受信機で確認します。

HF受信機が無くても内蔵の8MSメーター付DC受信機が利用出来ます。

### (3) テストセットの自己診断

24Gの逡倍器、内蔵10Gの逡倍器の診断は出来ないが大半は以下の方法で可能。

- ①PLLロック表示により10MHz OCXO、12.8MHz発振の確認が出来る。  
Solo lock-10Gのロック表示もバンドSWの位置で切り替えています。
- ②47Gまでの逡倍前のテスト信号はマイクロワットパワー計で測れる。  
\*3、4端子の出力が大きいので過入力に注意する。  
\*バンド0の時はパワー計が働かないので0端子は測れない。
- ③バンド0の出力及び逡倍器は8MHz受信機の空S具合で判断出来る。  
正常な場合はレベルを最大にするとメーターの半分以上振れる。  
8MHzの入力を外すと変化の具合が良く判る。
- ④マイクロワットパワー計&検波器、8MHz受信機も上記からある程度の判断は出来る。

## 2 ブロックダイアグラム 別紙に記載

## 3 主要部分の説明

### (1) 12.8MHz発振回路

正確な周波数及び高安定の信号を作る為に、高安定度の10MHz OCXOを使ってPLL回路により作っています。

### (2) 高次逡倍回路

高次の逡倍でも綺麗な楕型の信号が作れる様にダイオード4本による逡倍回路を考えました。

実験的にアンチパラレルに接続したダイオードを倍電圧検波回路の様に接続した回路が一番良かったので採用しました。

### (3) 各信号を得る為のアンプ

MMICを多用して回路を簡略化しました。

広帯域のアンプは楕型信号を平坦に増幅する様に一段辺りの増幅度を下げ、加える電圧を細かく調整しました。

### (4) 出力調整

バンド1~4はPINダイオードを使った同軸切り替えリレーを利用して加える電圧を可変し分岐とレベル可変を兼用にしています。

バンド0は15G~17Gアンプのドレイン電圧を可変して出力を調整しています。

### (5) 周波数の切り替えと表示

バンド0~4はプッシュSWで選択、バンド0からの47G、77G、135G等はロータリーSWで選択出来る様にしています。  
主に関係するアンプの電源を切り替えています。  
パネル面に選択した状態をLEDで表示すると共に背面の出力端子もLEDで表示し、接続場所が判る様に成っています。

#### (6) 逡倍器&MIX

10G~135G帯の信号は作り易い周波数の信号から逡倍器を使って作っています。

逡倍器に使っているダイオードは10G帯のMIXダイオードです。  
導波管やパイプを組み合わせてハイパスフィルターを構成して、逡倍前の信号の輻射を押さえています。

逡倍器は逆に使うとMIXにもなるのでミリ波の信号をIF(HF帯)に変換する機能も有ります。

逡倍器のバイアス調整回路からIF信号を取り出しています。

尚、10G逡倍器の出力は2048Mの漏れが多いのでフィルターを通してしています。

#### (7) Solilock-10G

ver2 band0は昨年市販され15G~17G帯の信号が出て8チャンネルプリセット出来るので、プリセット機能を利用して、テスト信号の47088M、77760M、135080M、135680M及びコンバータ用等のLOを作り出すのに使っています。

VCOは基準周波数10MHzでロックしています。

#### (8) 8MHz DC受信機

ミリ波の信号をIF(HF帯)の信号に変換出来る機能が有るので、移動先等でHF受信機が無くてもこの機能を利用して送信信号が確認出来る様に組み込みました。

8Mのアンプを通した後、バラモジ用のICで検波しています。

約1KHzがピークとなる低周波アンプで聞き易い信号にしています。

8Mの発振周波数を微調整してピークが取れる様にしています。

周波数は手持ちに有った水晶が8Mだったのでこの周波数にしました。

使い方の所で説明していますが、送信信号を受信周波数から8Mシフトする事により、変換信号は8Mに成ります。

7MのDC受信機の場合は7Mシフトすれば良い事になります。

簡単な回路構成ですが、高感度で-140dbm位までビート音が確認出来るので、十分実用になります。

感度が良いので、12.8M PLL回路の100KHzの高調波の

影響で無信号でもビート音がでるので、DC受信機が働く時、  
(バンド0の時) PLL回路の電源を切っています。  
バンド0の時に働くSoliloockからの影響は有りません。  
ビート信号の1KHzを増幅、検波してSメーターを振らせています。  
振れ幅を大きくする為にログ変換をせず、手動でレベルを調整します。  
バンド0を選択した時動作します。  
Sメーターとして動作時はメーターのバックライトは青になります。  
入カ-90dbm位から入力が増えるとバラモジが飽和気味となって  
メーターの感度が鈍くなるが、ミリ波の変換ロスが多いので普通は  
これ以上に入る事は無いが必要なら外付けATTで対応します。

#### (9) タイマー

OCXOが安定するまでの約10分間OPERATING LEDを  
点滅させています。NAND用ICでタイマーと発振回路を構成して  
います。  
時間が経過すると点灯に切り替わって周波数が安定した事が判る様に  
しています。

#### (10) マイクロワットパワー計

広帯域検波器の出力をオペアンプで増幅、負帰還量をVRで調整して  
レベルを可変しています。  
このメーター及びVRはSメーター用と兼用にする為にリレーで切り  
替えています。  
バンド1~4でパワー計として働き、バックライトは赤になります。  
また、メーターと共にV-F変換ICにより強さを可聴周波数の変化  
として知らせています。スピーカーアンプはDC受信機と兼用です。

#### (11) 各バンドのアンテナ

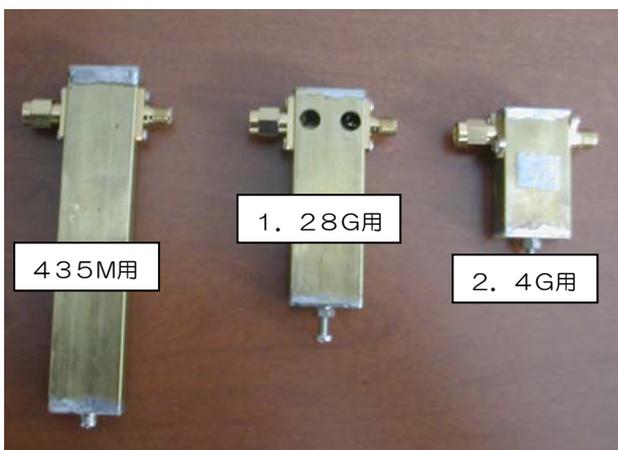
5.7G~47Gまではゲイン10db程度のホーンアンテナを自作、  
77Gと135Gは携帯燃料缶の裏を利用しています。燃料缶の裏は、  
見た目パラボラアンテナに使いそうですが、周波数が高くなると  
曲面がずれていて、中心に放射してもゲインが取れませんでした。  
曲面の一部を使うオフセットアンテナとすると20db位のゲイン  
と成りました。  
77Gに於いては放射器が半分スピルオーバー方向に成っていますが  
ここが最良でした。  
従ってビーム方向がずれるので予め上に少し向けて補正しています。  
放射器は銅パイプを曲げていますので、移動時不注意で変形しない様  
に3個105円の容器を被せています。

135Gで2db弱、77Gで4db位のロスです。使用に問題は有りませんが、三点の爪で止めているだけなので取り外し、取り付けは簡単に出来ます。また、逓倍器もアルミチャンネルで保護しています。

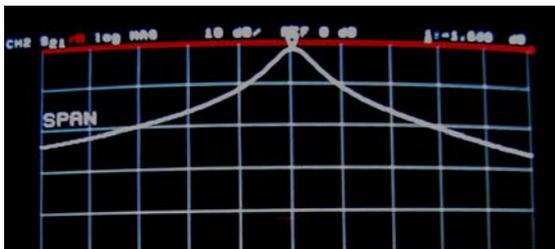
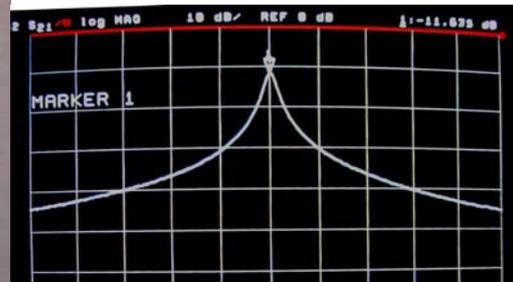
(12) フィルター

430M~5.6G帯の出力端子には広帯域の信号が出ています。5.6G帯はホーンアンテナがフィルターの役目をしますが、2.4G以下のアンテナを直接繋ぐと微弱信号ですが、色々な信号が放射されるのでフィルターを通します。

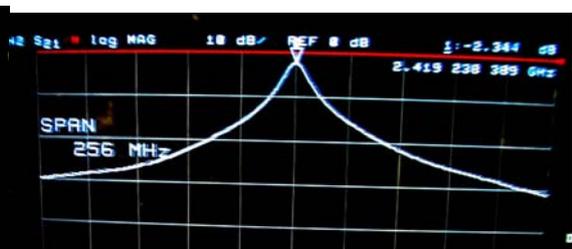
共振棒が一本の単峰特性のフィルターを作りました。



フィルターの特性  
435.2Mセンター  
スパン横1目盛 12.8M



1280Mセンター スパン12.8M



2419.2Mセンター スパン25.6M



フィルターは前面カバーの裏にマジックテープで固定しています。

## 4 作品の写真

### (1) 前面



前面にカバーを取り付ける事が出来、移動時前面の保護が出来ます。  
底面には三脚取り付け用のネジ穴が有り、三脚に固定して使えます。

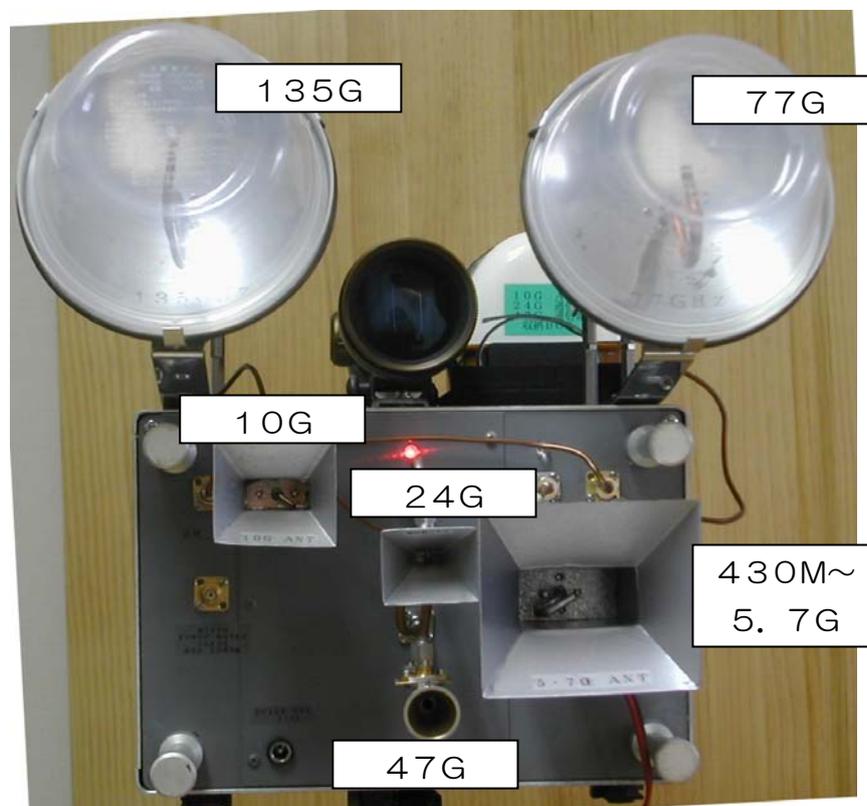
ケースの大きさ（前面カバーを取り付け時）

横幅	高さ	奥行
210mm	145mm	340mm

(2) 背面 47Gまでのアンテナ無し



(3) 全てのアンテナを付けた状態



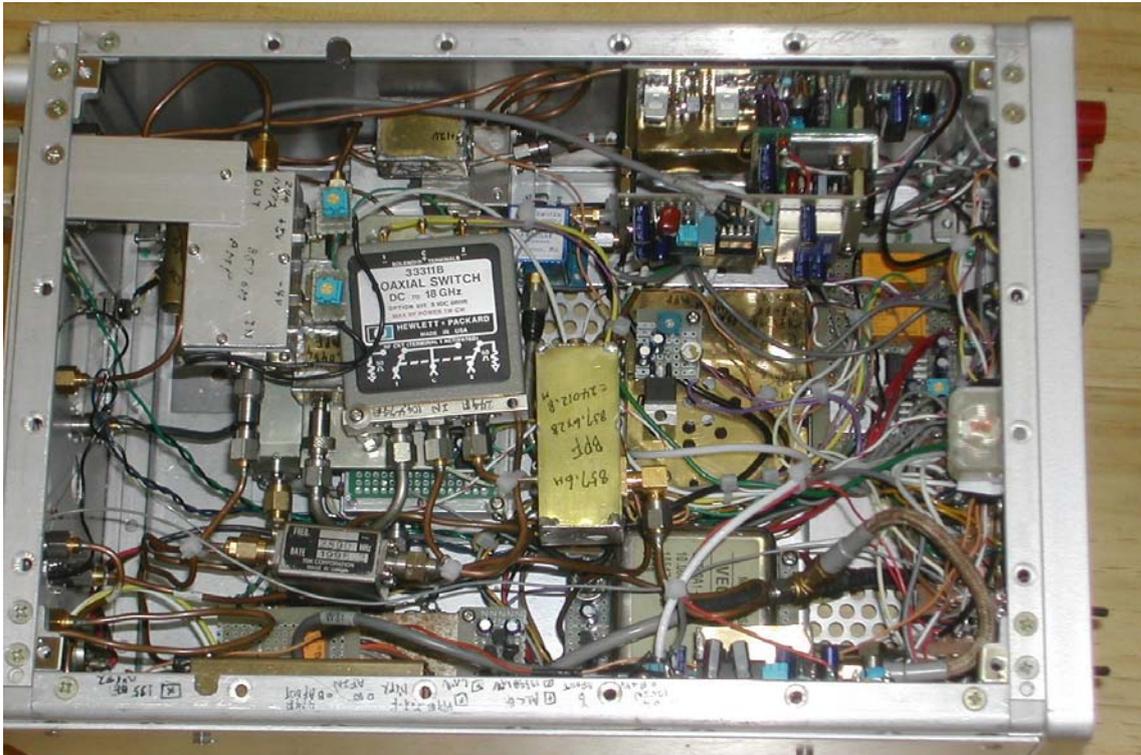
(4) 左側面



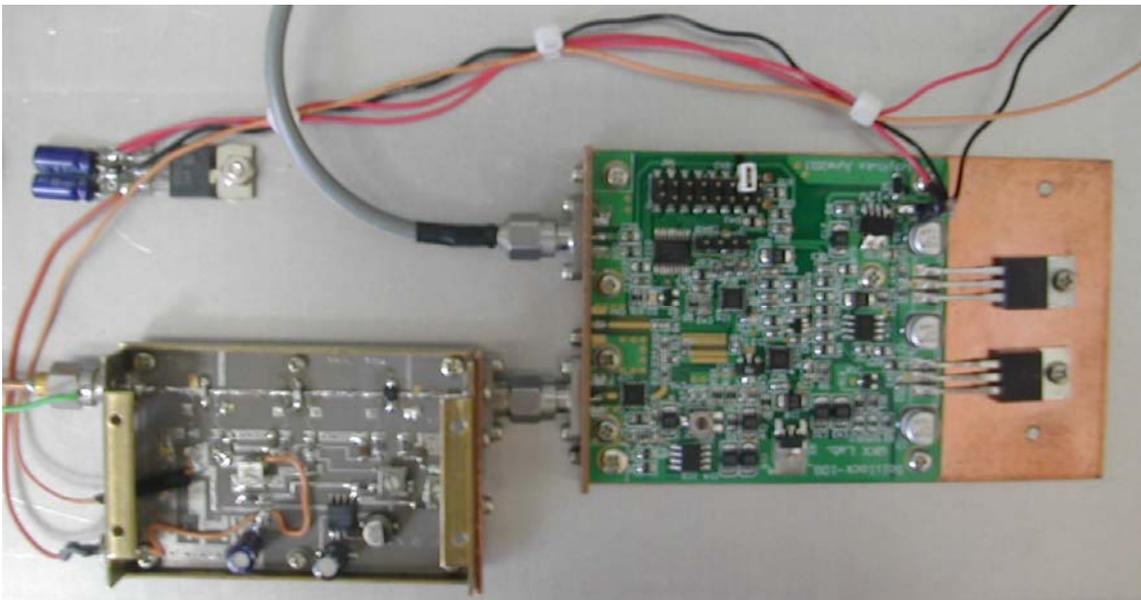
(5) 前面カバー取り付け



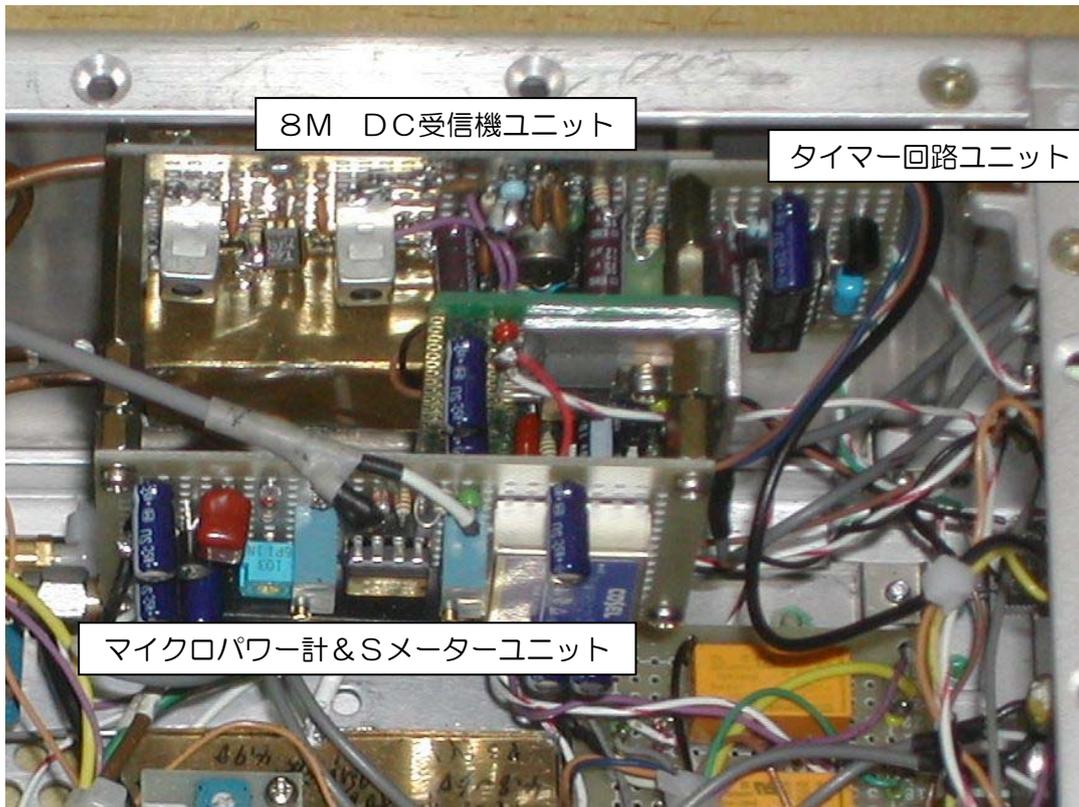
(6) 内部



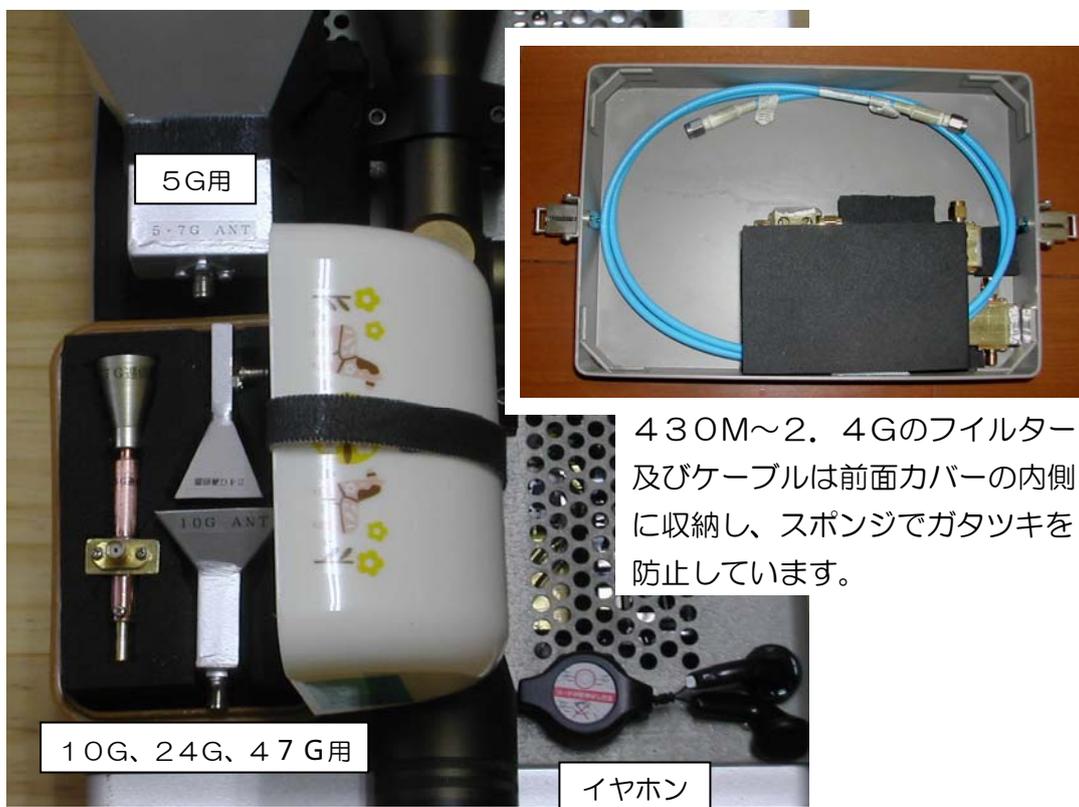
(7) Soli lock-10Gと15G~17Gアンプ



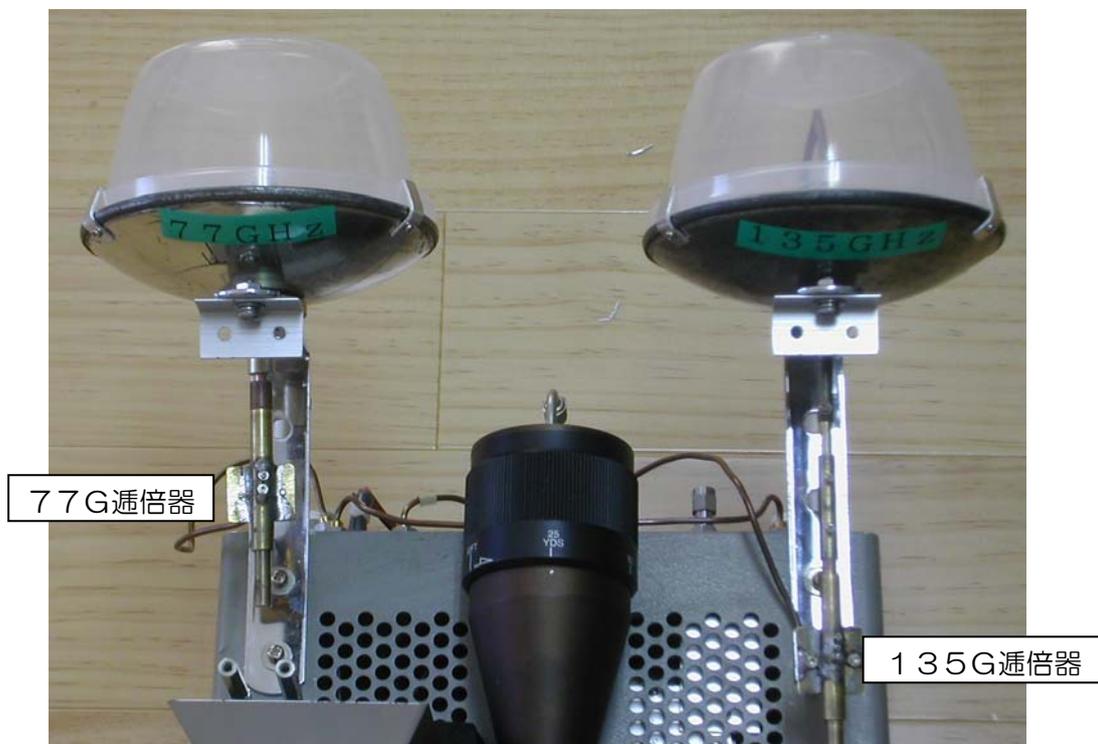
(8) 8M DC受信機&マイクロワットパワー計ユニット周辺



(9) アンテナ、通倍器、フィルター等付属品の収納



(10) 77G&135G通倍器とアンテナ

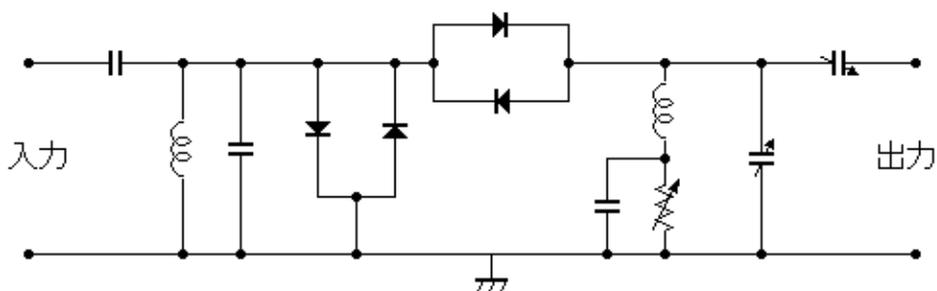


(11) 通倍器と放射器の保護



## 5 工夫した事

(1) ダイオード4本による高次逡倍回路を考えた。



(2) ALC付マイクアンプでFM変調が掛る様にした。

(3) PINダイオード同軸リレーで分岐と出力レベル調整を兼用にした。

(4) ミリ波をHFの信号に変換する機能で送信信号も確認出来る様にし、移動先でも使える様に8MDC受信機を内蔵した。

(5) 10G帯ダイオードで135Gまでの逡倍器を作った。

(6) OCXOが安定する目安のタイマーを設けた。

(7) 105円均一のグッズを活用した。

\* 77G、135Gアンテナの前面に食品保存容器を被せて不注意で放射器が変形しない様にした。

\* 10G ANT、24G逡倍器、47G逡倍器の収納BOXを弁当箱と台所用品のスポンジで作り、マジックテープでケースに固定した。

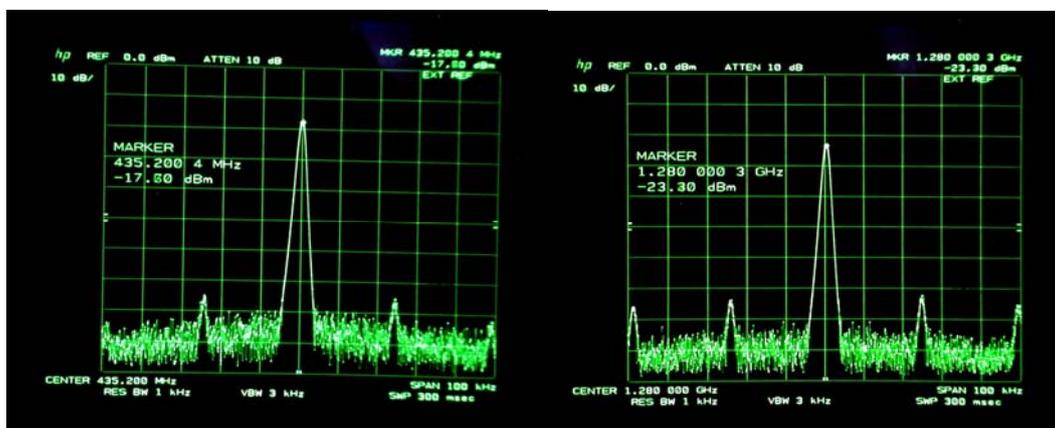
(8) 77G、135G用の逡倍器をアルミチャンネルでカバーして不注意で、逡倍器のパイプが変形しない様にした。

(9) 77G、135Gアンテナに携帯燃料缶の空き缶を利用してオフセットアンテナとして使った。

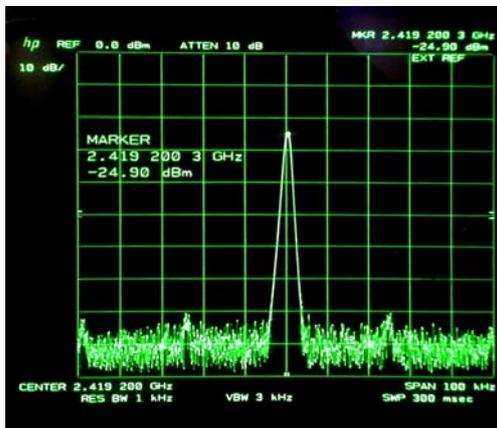
## 6 出力信号の確認波形

(1) 430M

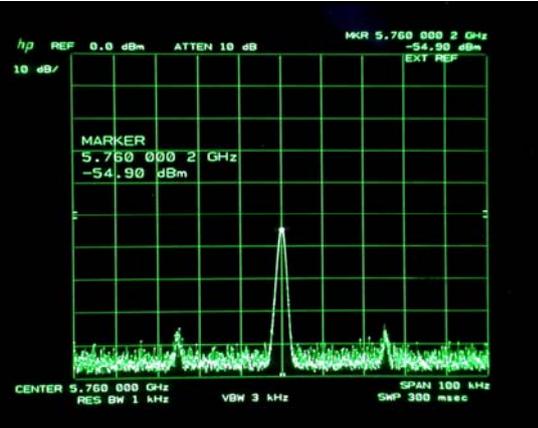
(2) 1280M



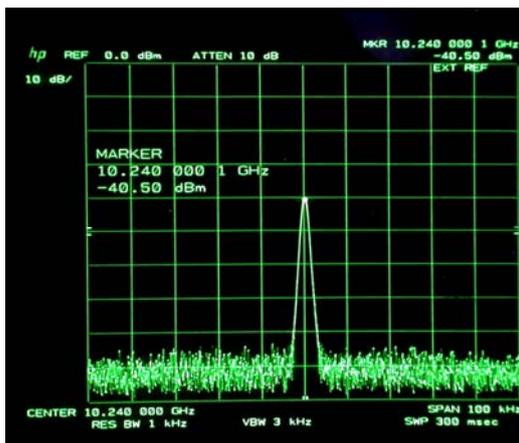
(3) 2.4G



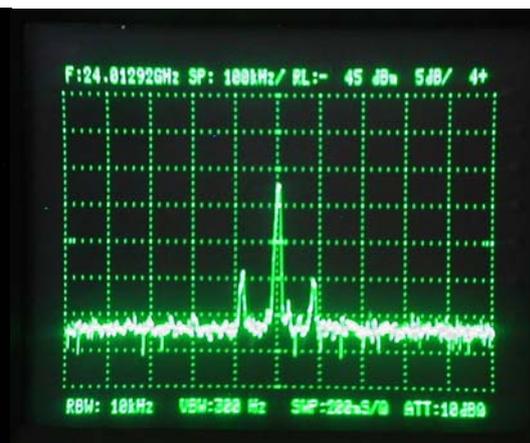
(4) 5.7G



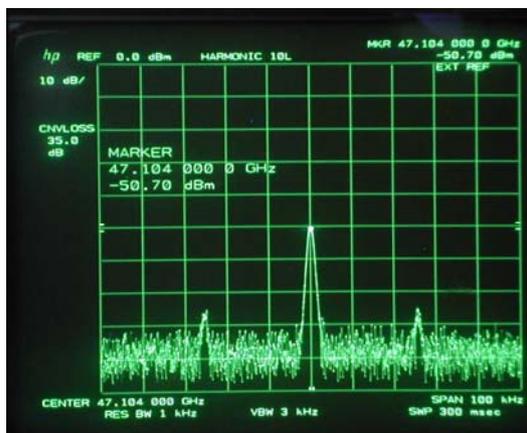
(5) 10.1G



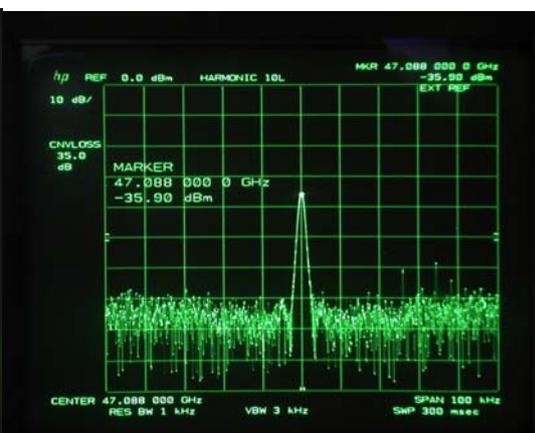
(6) 24G



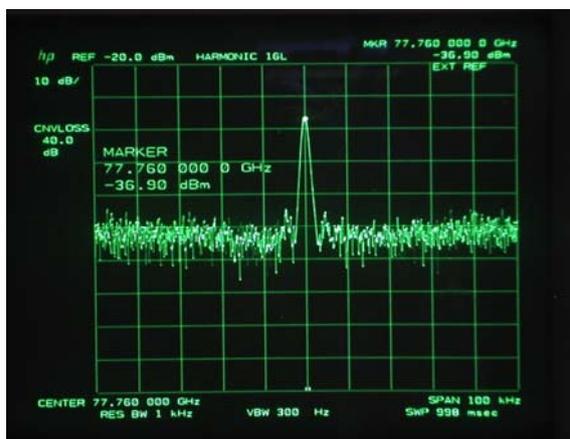
(7) 47G その1



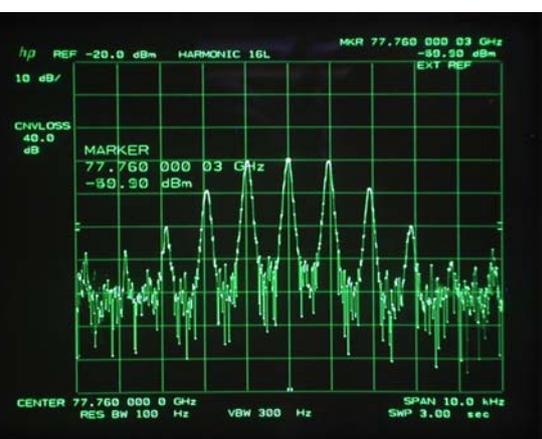
(8) 47G その2



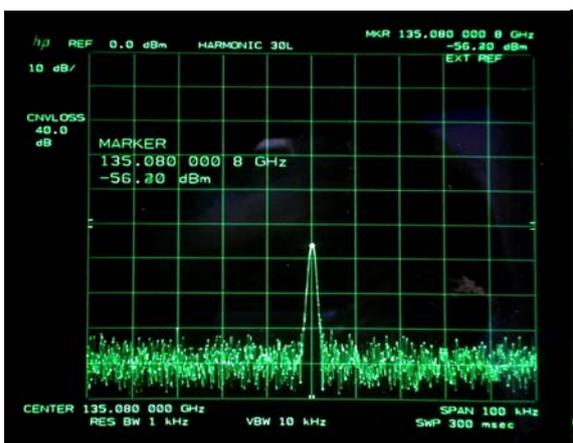
(9) 77G



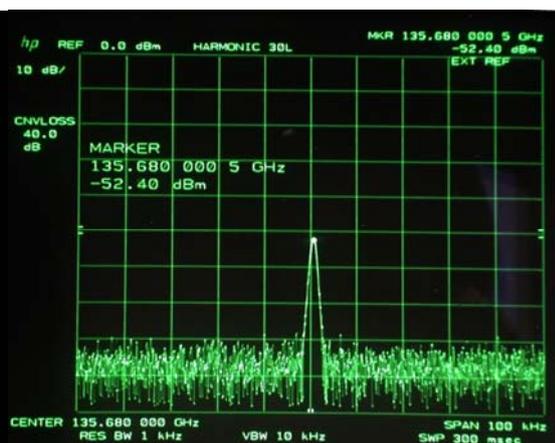
(10) 77GにFM変調を掛ける。



(11) 135G その1



(12) 135G その2



## 7 使用例

### (1) 受信確認と周波数の確認、アンテナの調整

- ①テストする周波数のバンドを選んで、背面のランプの点いている端子にアンテナ又は通倍器付アンテナを取り付けてライフルスコープでテスト機の方に合わせる。
- ②出力調整VRを右一杯に回す。
- ③テスト機の受信周波数と方向を合わせるとテスト信号が受信出来るので、動作確認出来る。受信周波数が目的の周波数か確認する。
- ④アンテナの調整は、双方の方向を微調整して受信レベルが最大に成る様に放射器等を調整する。必要に応じて出力を調整する。
- ⑤アンテナの放射器や位置を調整して、受信レベルが増加する様にする。

### (2) 送信信号の確認

- ①マイクロワットパワー計の入力にテストする周波数のアンテナを接続しテスト機を送信する。
- ②メーターが適度に振れる様にアンテナの位置、方向及びパワー計レベルVRを調整する。  
パワー計が振れなければ送信されていないと判断する。



パワー計時の  
バックライト

メーターが見えなくても音でも確認が出来る。  
音量はDC受信機のボリュームで調整する。

### (3) ミリ波送信信号の確認

この機能は単独で移動時交信する前の確認、交信出来ない時のトランスバーター等の動作を送受確認出来るので非常に便利です。  
また、何時でも送受の実験が出来るので相手の少ないミリ波の実験に欠かせない物です。

#### 135680MHzを例に説明。

- ① band SWの0を選択する。
- ② 背面のLEDが点灯している0出力端子に135G用逡倍器付アンテナからのセミリジットケーブルを接続する。
- ③ 周波数設定つまみで135680Mを選択する。
- ④ band 0の出力調整を右一杯に回して最大出力とする。
- ⑤ 135Gのトランスバーターの方向に向ける。
- ⑥ トランスバーターの親機を所定の周波数に合わせてテスト信号を受信し、双方の方向を信号が最大に成る様に合わせる。
- ⑦ 親機の周波数を適当な値でシフトし送信する。上下どちらでも良い。今回内蔵の受信機が8Mなので8Mシフトする。  
シフトした周波数に変換された信号がIF出力端子に出て来る。  
8Mシフトしたので8Mの信号と成る。  
テスト信号が局発信号と成って逡倍器がMIXとして働き周波数が変換される。

I F 出力をHF の受信機で受ける。

内蔵の受信機を使う場合は背面の8M入力端子とI F 出力端子を接続する。

- ⑧ スピーカー又は、ヘッドホンからビート音が聞こえるので、周波数微調整でSメーターの振れが最大に成る様に調整し、音量を合わせて聞き易くする。

また、出力レベルを変えるとM I X電流が変わるので、変換ロスの少ない所を探る事も出来る。

トランスバーターが正常に送信しているとその様にビート音が確認出来る。

Sメーターが有るので強弱の判断が出来る。



Sメーター時のバックライト

Sメーター時はビート音と混同して紛らわしいので、V-F変換はしていない。

- ⑨ スポット送信機で、送信周波数がシフト出来ない場合や、親機の周波数を変えるのが面倒な時は、周波数設定つまみで1 3 5 6 8 0 M R (1 3 5 6 8 0 M + 8 M) の位置に合わせて、送信周波数をシフトしなくても受信出来る。

但し、この機能は1 3 5 G帯のみで4 7 G、7 7 G帯は次に記す様にデジタルA T Vのモニターが出来る様に8 Mでは無くて1 2 8 0 M等のシフトにしている。

(4) 周波数コンバータとしてデジタルA T V信号をモニターする。

4 7 Gや7 7 GのデジタルA T Vの信号をモニターするには、他のトランスバーターを使ってチューナーの周波数に変換する必要があるが、本テストセットでも周波数を変換する事が出来る。

テスト信号の周波数を受信周波数よりチューナーの受信周波数分だけシフトした信号をL O信号として逡倍器 (M I X) に加えるとコンバータ

として働かせる事が出来る。

I F出力端子にデジタルテレビのチューナーを接続して所定の周波数にセットすると受像出来るのでモニターとして利用出来る。

S o l i l o c k - 1 0 G が 8 チャンネルのプリセットが出来るので、この機能を利用している。

- ① 周波数設定つまみを 47G MON等の位置にセットする。
- ② I F出力端子にデジタルチューナーを接続し、所定の周波数にセットする。
- ③ デジタルA T V信号を送信する。
- ④ 他のトランスバーターを使った時と同様に I F同士の通信で無い事を確認する必要があるが、動作確認が出来る。

## 8 使った測定器

(1) スペクトラムアナライザー&外部M I X

\* HP8566B&HP11970Q+ハイパスフィルター

ハイパスフィルターは内径2mm~4mmのパイプを組み合わせる。

135G 2mm、77G 3mm、47G 4mm

\* MS710C (24Gの測定)+トラッキングゼネレーター。

(2) SG アンリツ MG3633A、自作Y I G発振器

(3) マイクロ波パワー計 HP438B センサー HP8487A

(4) デジタルオシロスコープ 7101A

## あとがき

今回のテーマで単なるテスト信号発生器からテストセットとしてオールインワンとなり使い易く成りました。