

無線機の中の周波数偏差と設定改善の顛末記 GPS・OCXO・基準

JP1KHY / 鈴鹿

50. 240SSB モービルグループのロールコールの時に各局と周波数が違うのかと思うくらいリグの表示がずれていて気になっていました。先の会合の折に雑談でそのことを持ち出したら、皆さんそう大きく外れていないとのこと。リグ(IC-7600)の説明書をあらためて眺めたところ、

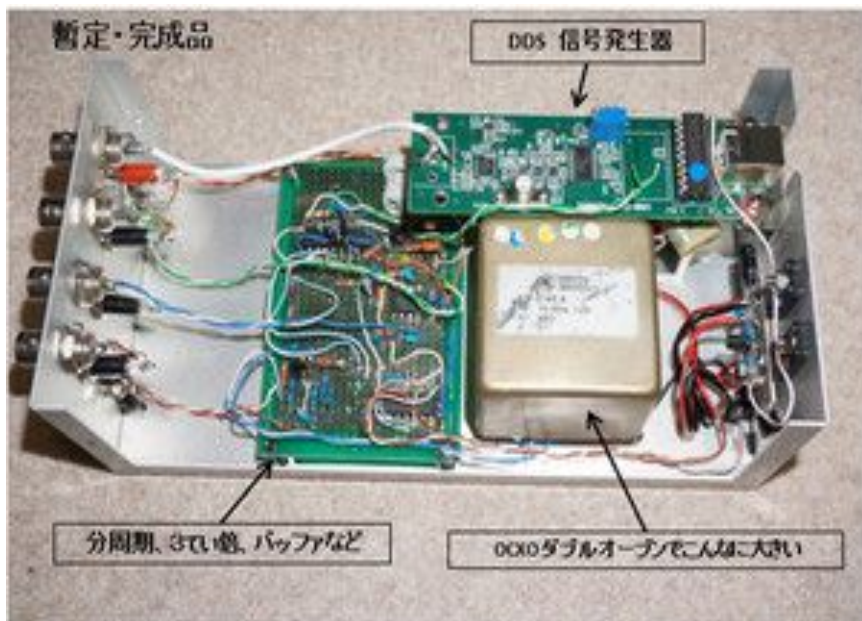
基準周波数の調整方法が記載されています。基準周波数(基準水晶)をパネルから調整できるとは知らなかった。不勉強。示された校正方法を実行してみようと設定モードにしたところ工場出荷時はおよそ 50%らしいが、なぜか 0%になっている。校正を実行してみるとやはり 50%に落ち着きます。いつ誰が 0%に?? 自分しか居ないだろうに。というわけで一件落着きました。



多分ほかの設定時にいじってしまったのでしょうか。標準電波とリグのマーカを使って 10MHz で数 Hz 程度のずれには合わせ込めたと思っています。どのくらいずれていたかはナイシヨ。

というわけでリグの周波数設定に興味を持って、他のリグの状況を調べると、まあこのていどならという範囲に収まってはいました。50MHz 帯で見ると数十 Hz だから 1ppm(百万分の 1)程度の設定ずれ。これが温度でどれくらい動くかだが、メインリグ(IC-7600)だけはチェックしてみようと思って 24 時間ヒートランしてみました。カタログ仕様では、安定度 0.5ppm とのこと。周囲温度が多少変わっても、周波数は 0.2ppm 以内(10Hz) 以内のように見えます。信頼できる測定器が無いので、これ以上は追えません。これで十分なので、止めとけば良いのに、深みに踏み込んでしまいました。手元にある周波数測定が出来る装置はと眺めると、オシロにしても周波数カウンタ(キット製作品)にしても結局、基準水晶の確度・精度がわかりません。まあ、精度がわかったとしても、確度は何の保証もありません。一番簡単に世の中の標準を持ち込めるのは、前述のリグ校正方法に出てくる 10MHz や 15MHz の標準電波でしょう。以前は国内の標準電波も MHz 帯で出だされていましたが、今は JJY といえおなじみ電波時計の 40/60kHz だけになってしまいました。受信できるのは海外の標準電波、強いのは中国、ハワイ。これとて確度は調べればわかるのだからが…。標準電波以外に何か無いか考えたり調べてみた。(インターネットってありがたいですねえ…)

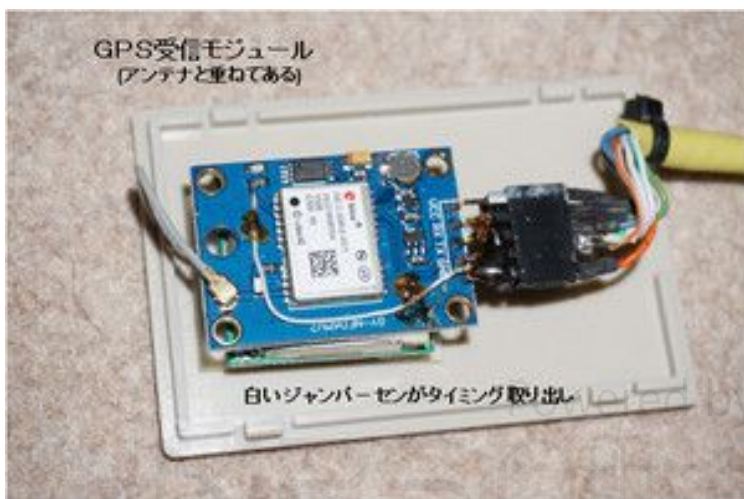
安価に手に入る
基準水晶をヤフ
オクで見つけまし
た。ダブルオーブ
ンの OCXO。二
重の温度オーブ
ンに補償回路が
ついた水晶発振
モジュールです。
外部からの電圧
で周波数設定が
微調整できます。
中古数千円～ん



万円で、10 の -9 とか -10 乗の安定度が得られるらしい。10MHz で 0.01~0.001Hz の偏差。
話半分でも良い、先ずは安定な基準が欲しいと「ポチッ」てしまいました。衝動買い。6. 2 千円。
STP2145A(MV89 互換)というもので、カタログ上の短期安定度は 10 の -12 乗。これ入手し
てもどう合わせる(校正する)か……。

良いもの見つけた。お空の時計(GPS) で合わせられます。この技術については放送の仕事で
多少は知っていましたが、仕事で使った GPS 同期基準発振器は道楽に使える値段ではありま
せんでした。しかし、しかし…いまでは数千円で基準信号が取り出せる GPS 受信モジュール
がある！！ 知らなかったあ。GPS 受信機は最近ではドローンの制御や、携帯電話基地局に
使うので、どんどん安くなっているようです。ポチったものはクロックが取り出せるもので3千
円弱。u-blox 社の

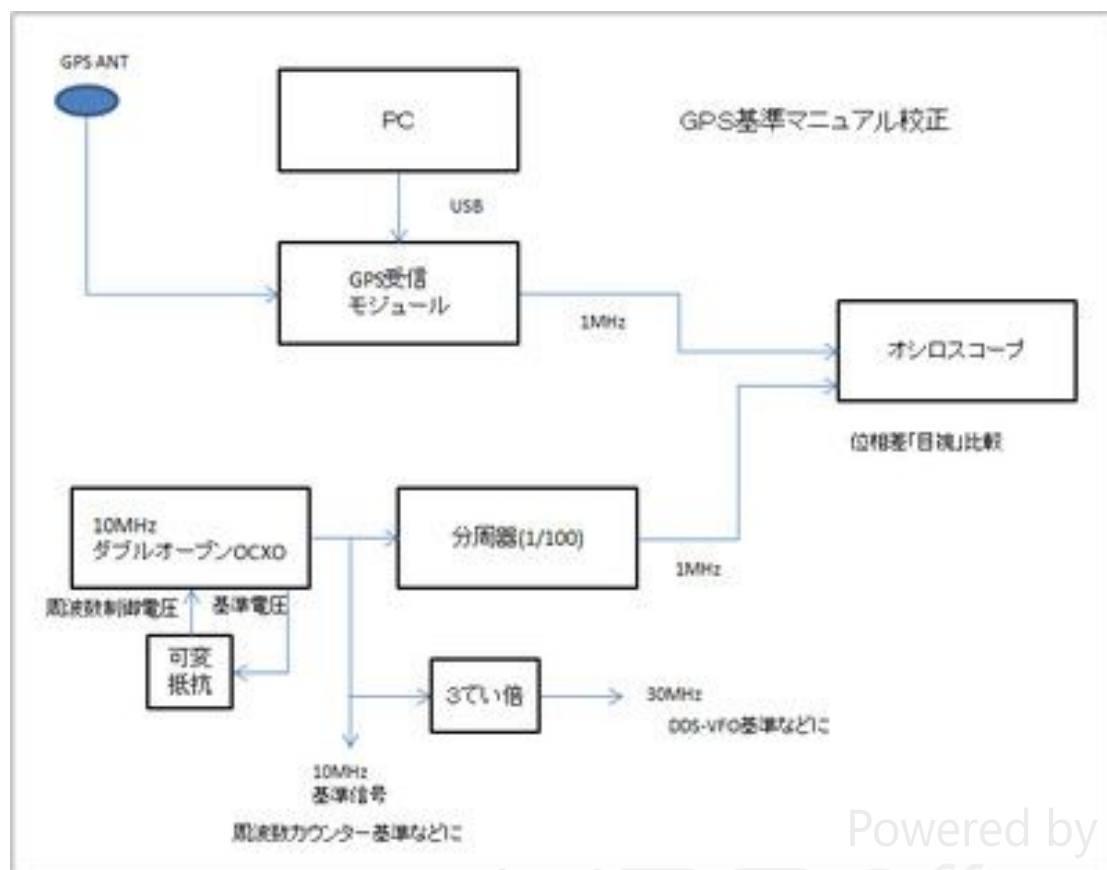
NEO-6M で、2, 500~3,
000 円で通販サイトで買え
ます。2016 年 2 月号のトラ
技に特集があると聞いて、
バックナンバー購入、にわ
か勉強(役に立つ記事が
多かった)。GPS 受信機
からは「比較的」自由な周
波数のクロックが取り出せ
る(ジャンパー線追加要)



ので、そのまま基準に使おうかとも考えました。しかし、ネットにも記述がありますが、ジッターが少ない周波数と、ひどい状態の信号になるケースがあるらしい(実際いろんな現象が起きる)。一説によれば、出力が 48MHz の整数分の1ならばジッターが無いとか…。

当局の「基準周波数設定構想」… GPS 信号を基準にして OCXO を PLL の VCO として使うとしっかりした基準信号に出来ます。しかしその場合は、OCXO である必要もありません。PLL で引き込めるのだから、安物の水晶発振子をバリキャップで周波数制御すれば良わけです。せっかく高級な OCXO があるので、無精を決め込むことにしました。GPS 受信機から取り出す周波数を基準にして、OCXO と位相比較を 2 現象オシロで比較して、手で OCXO の制御電圧を変えてやれば、OCXO の安定度は十分なので、マニュアルで OCXO の設定(校正)は出来そうです。人間 PLL。

GPS の受信モジュールは、PC ソフト(u-center というモジュールメーカーのフリーソフト)で出力パルス周期が設定できます。1Hz~24MHz の範囲で、任意に出来るのかどうか解らないが、周波数によってはジッターが多かったりします。とりあえず、OCXO の出力をそのまま取り出すバッファ



と、10分周して1MHzと100kHzが出せるように分周器は作りました。GPS受信モジュールの10MHz出力はかなりジッタがあるが、1MHzはきれいな信号でした。

この方法でOCXOの周波数設定電圧を10回転ポテンショメータで微調整して合わせ込み、位相が動かないようにするわけです。OCXOのオープンが暖まるのに約20分(カタログ上は15分)。その後合わせ込みをします。一見、位相は動かない！！これならわざわざPLLを構成する必要ないとの結論になりました。

手動で合わせ込み、半日ヒートランしたあと2現象オシロで確認したところ、1MHzが1周期ずれるのに約15分。これは90秒で1Hz、約1mHzの差なので、0.001ppmで、当局の基準としては十分すぎます。(計算合ってますかね?)これでキット購入した8桁の周波数カウンタの基準発振が高安定、高精度になりました。65MHzまでは1Hz分解能で測定できます。

調子に乗って、GPSで校正したOCXOの10MHzを3てい倍した30MHzを、キット購入したDDS(STrawberry社)の基準に使うと、とても安定度の良い1~70MHzの標準信号発生が出来ます。この出力と、リグのCW送信波形を、これも「人間」位相比較(オシロ比較)をすると、リグの周波数偏差が解り、リグの基準発信周波数を合わせ込めます。これはとても快適です。

当初のGPS-PLL化構想は、74HC4046を使って回路図までは引きましたが、あえなく人間PLLとなっていました。今のままであれば、GPS受信機は合わせる時だけあれば良いので、シンプルでなかなか良いです。

最後の図は当初に考えたPLL構成図。位相比較回路とフィードバック回路を作る必要がありますが、そのうち追加作業しましょう。

