

## GPS Disciplined Oscillator — Measured Data GPS 同期オシレータ — 測定データ編 武安義幸 / JA6XKQ

試験治具をそろえて測定データも集まってきたので、データの整理と分析/考察を行ないます。測定が半自動で可能になるとデータがたまる一方で分析/考察がおろそかになりがちです。時々、測定の目的すらあやふやになってしまうことがありますし、試験治具作成で寄り道しましたので、こちらで軌道を元に戻すことにしましょう。

### 測定目的と取得データ

測定目的と取得データは下記のとおりです。

- |   |       |                                   |
|---|-------|-----------------------------------|
| 1 | 目的    | : 周波数安定度をアラン標準偏差 (アラン分散の平方根) で求める |
|   | 取得データ | : 位相差の時間変化目的                      |
| 2 | 目的    | : PLL の安定性を検討する                   |
|   | 取得データ | : PLL 位相誤差と VCXO 制御電圧の温度特性        |

実験の経緯としては測定目的の順番が逆ですが、最終目的である「周波数安定度を評価」の目処をまずは立てたいので、上記の順番で記述します。

### 周波数安定度のデータ

タイム・インターバル・カウンタで測定した基準発振器 (TV 同期オシレータ) と被測定物 (GPS 同期オシレータ) の 1PPS 間の位相差を 図-1 に示します。この測定期間中は、同期が外れるほどの温度変化を生じないように、室温に配慮 ( $15 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) しました。

図-1 のデータは 30 秒毎に取得したもので、個々の数値よりも全体の傾向に着目します。すなわち、TV 同期オシレータを基準とした相対値がほぼ直線的に増加していることが判ります。

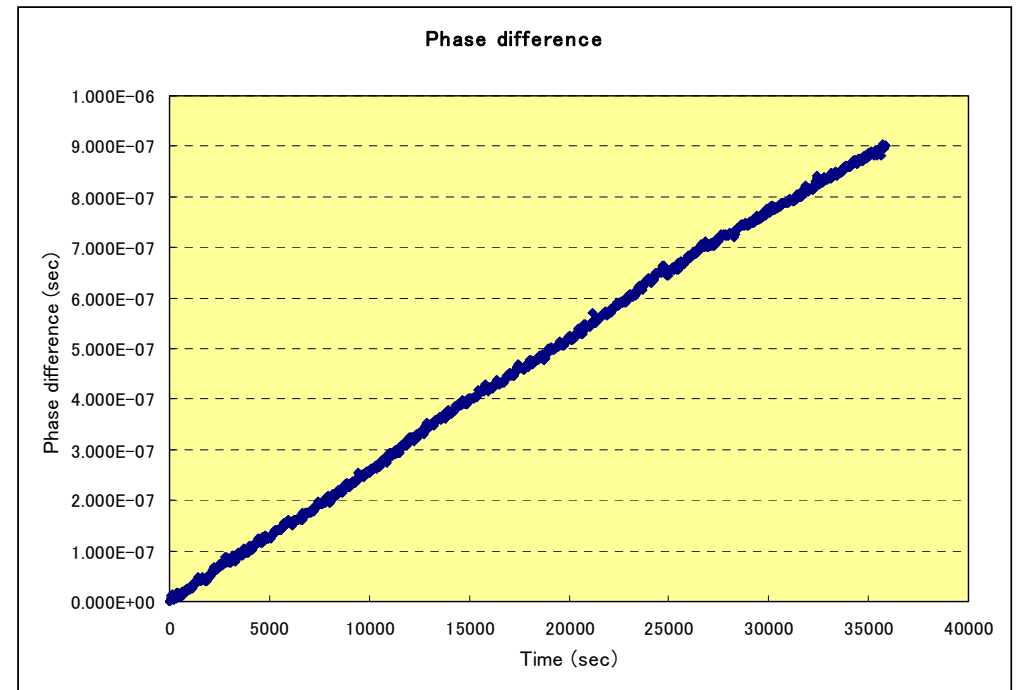


図-1 : 位相差データ — 自作GPS同期 対 TV同期

直線的であることから、TV 同期オシレータと GPS 同期オシレータの安定度がほぼ同等であると判断されます。また、増加傾向であることから、GPS 同期オシレータの周波数の絶対値が、TV 同期オシレータのそれよりも低いことが判ります。

ちなみに、TV 同期オシレータに入力する TV チャンネルは、カラーバースト周波数が安定していると過去に言われていたチャンネルを使用しました。TV のチャンネルを変えて 図-1 と同等のデータを取得してみると、位相差の変化が直線的でなかったり、変化が減少方向だったりという TV チャンネルがあることが判りました。測定対象物は同一であるため、TV 放送局毎にカラーバースト周波数の安定度と精度が異なることがその理由で

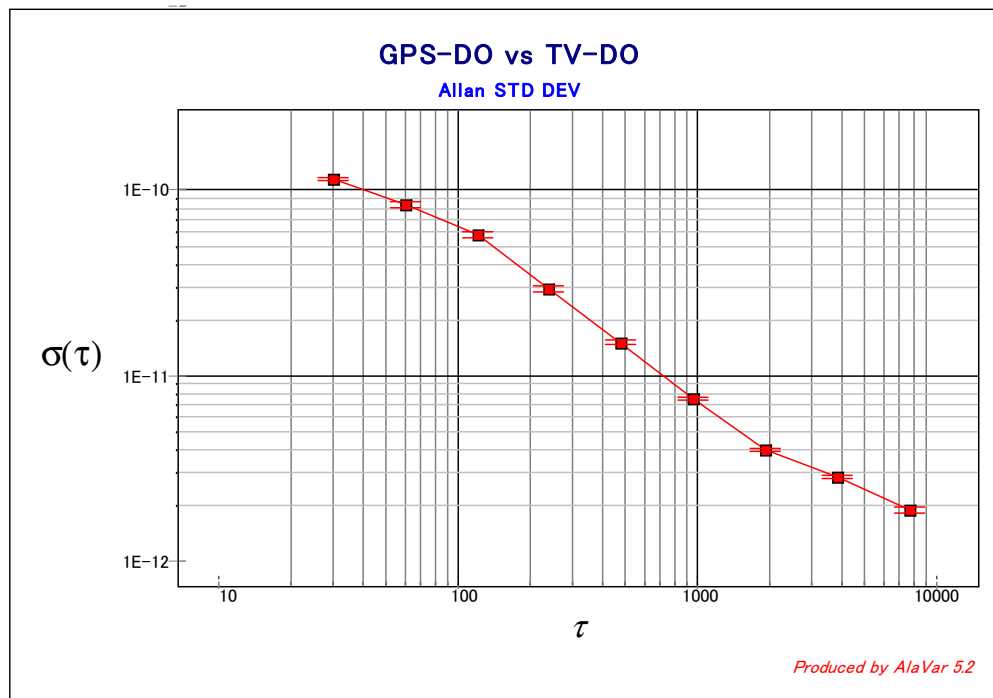


図-2 : アラン標準偏差 — GPS同期 対 TV同期

あると考えられ、過去に言われていたことを実感した次第です。

図-1 の位相差データから計算したアラン標準偏差を、図-2 に示します。計算には、参考資料 [1] によるプログラムを使用しました。有用なプログラムをフリーで公開されている作者に感謝します。

計算したアラン標準偏差はあくまでも TV 同期オシレータを基準とした相対的なものであるため、図-2 の特性がそのまま GPS 同期オシレータのものであるとは言えません。TV 同期オシレータの安定度が GPS 同期オシレータよりも一桁以上良好であれば、図-2 の特性は GPS 同期オシレータが支配的と言えますが、両者はほぼ同等の安定度とも考えられるため、図-2 の判定には注意が必要です。

上記の注意点の確認として、TV 同期オシレータ単独での測定系の安定度を測定したものを 図-3 に示します。このデータは、TV 同期オシレータからの 1PPS を長さ約 2 メートルの同軸ケーブルで遅延させて測定したものです。パッシブな同軸ケーブルの位相安定度が、アクティブな測定系よりも良好であると仮定し、変動分を測定系の残留ノイズ(安定度)と見なします。

図-3 ではプロットが直線であることから、測定期間内で一定の安定度を測定系は保持していることが判ります。また、図-2 と 図-3 を比較すると安定度が約1桁異なるので、図-2 ではGPS 同期オシレータの特性が支配的と考えられます。

## 周波数安定度の考察

図-2 の特性について考察するにあたり、使用した OCXO 単品のカタログ仕様値から安定度に関する部分を再掲します。

- 短期安定度 :  $1 \times 10^{-9}$  max  
[ $\Delta f/f(2, \tau)$  1秒平均]
- 経年変化 :  $\pm 2 \times 10^{-8}$  max/day  
 $\pm 1 \times 10^{-7}$  max/year  
[電源投入24又は48時間後の周波数を基準として]

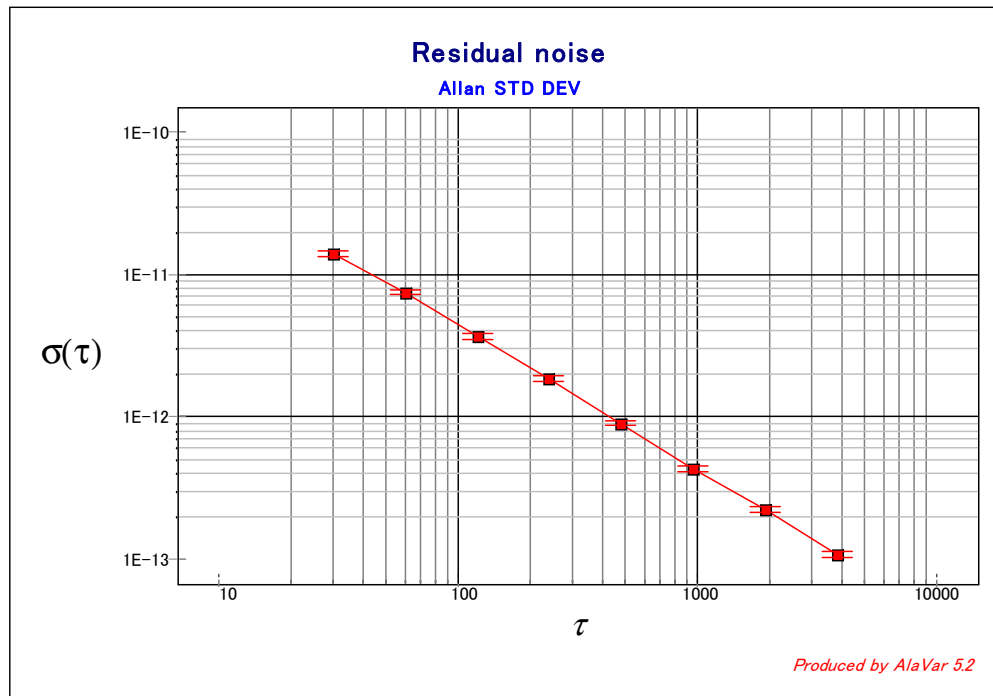


図-3 : アラン標準偏差 — 測定系の残留ノイズ

GPS 同期オシレータの PLL ループ・フィルタの時定数  $N$  は下記の設定が可能となっています。本機では前面パネルのサム・ホイール・スイッチで可変可能です。

- $N = 1$  : 積分時間 = 30 秒
- $N = 2$  : 積分時間 = 1500秒 (25 分)
- $N = 3$  : 積分時間 = 3000秒 (50 分)
- $N = 4$  : 積分時間 = 6000秒 (1 時間 40 分)
- $N = 5$  : 積分時間 = 12000秒 (3 時間 20 分)
- $N = 6$  : 積分時間 = 24000秒 (6 時間 40 分)
- $N = 7$  : 積分時間 = 48000秒 (13 時間 20 分)

図-2 の測定では、OCXO の温度特性との兼ね合いから、積分時間を 1500 秒としています。

OCXO と PLL の基準発振器である GPS (ルビジウムやセシウム発振器)との特性を比較すると、30秒程度までの短期安定度(周波数の絶対精度ではない)では OCXO (ただし高性能なものに限る)が優っています。

この特性と PLL ループ・フィルタの積分時間から、図-2 の30秒程度までの安定度特性は、OCXO 自身の特性を示しているものと考えられます。OCXO のカタログ仕様によると、1 秒平均での単位安定度が  $-9$  乗であり、取得データを内挿するとオーダ一的に一致しており、測定法と結果には大きな間違いはないものと判断されます。

OCXO の経時変化が一日で  $-8$  乗に及ぶところを、GPS に同期

させることで、安定度が向上していることが 図-2 から読取れます。

(つづく、、、)



## 参考資料

[1] “AlaVar 5.2“, the program computes the three Allan Standard Deviations of a Time series, by Alaa Makdissi

<http://www.alamath.com/alavar.html>