

テクニカルレポート      V o l . 1 4 - 2

株式会社フोटンプローブ

報告者 平野雅夫、神田麻美、黒川翔、平野ゆかり

報告日 2014年4月30日

**題名** プログラム定数CLK及びBEAT値について

**概要** 信号処理回路で、重要な2つの定数因子（CLK定数、およびBEAT定数）を求めめる。（水晶振動子のメーカー公称値=120,0000MHz、周波数シフタの設定値=2,500000MHz）

**結論** CLK(水晶振動子周波数)=119,991745MHz、BEAT(ビート信号の中心周波数)=2,4999977MHz、を得た。市販のカウンター装置で得られる値より高精度に求めえた。

**報告内容**

1. CLK及びBEAT定数について
2. 測定結果
3. 考察・反省

**報告詳細**

1. CLK及びBEAT定数について

変位量を算出する際に、重要な因子が3つある。

- ① 時間を決める基本となる水晶振動子の振動周波数。
- ② ヘテロダイン測定での、ビート中心周波数。
- ③ 周波数安定化HeNeレーザの周波数。

これらは、公称値があるものの、正確にはわずかにずれている。そのずれ度合いは、次の点で問題になる。

- <1> 長時間測定における時間変動度合い算出の際のエラー発生。
- <2> 変動量と計測値の間にゲタ発生
- <3> 基準ものさしの長さ変動による変動量のエラー発生

“周波数安定化HeNeレーザの周波数”に関しては、現状では、“ヨウ素吸収型周波数安定化HeNeレーザ”を用いる必要がある。この装置は大変高価で弊社では購入できない。外部機関に、波長測定を依頼することも可能だが、以下の理由により、依頼は見送ることにした。

<<見送る理由>>

HeNeレーザ自体は、すべてのレーザの中で、その周波数(波長)の安定度が最も高い。

理科年表にも、真空中の波長=632.82[nm]、と記載され、文献でも、標準状態真空中で、632.816422[nm]、と記載されている。通常フリーランニングで周波数揺らぎの標準偏差 $\delta f$ と中心周波数 $f_0$ の間に、 $\delta f / f_0 < 10^{-6}$ の関係が満足される。様々な会社から販売されている周波数安定化HeNeレーザは、

## Optical Measuring Instruments and Parts

$$\delta f / f_0 < 5 \times 10^{-9}$$

の関係を満たす。

“ヨウ素吸収型周波数安定化HeNeレーザ”では、この値が、 $10^{-11}$ 、になるといわれている。周波数安定化HeNeレーザを用いた場合の、1mの変動をこのものさしで計測するとどうなるか

$$f_0 - \delta f \quad \text{のものさしの場合} \quad 1580237.112 \text{ カウント}$$

$$f_0 + \delta f \quad \text{のものさしの場合} \quad 1580237.128 \text{ カウント}$$

これは、1m測定で最大0.016カウントのずれ、つまり、10nmの誤差を生み出すことを示している。言い換えれば、10cmの変動を求めた場合、最悪のケースでも、1nmであり、これは分解能と同程度である。

これより、現時点では、分解能と同程度の影響しか及ぼさないので、積極的に波長を知る必要性がない。

標準状態からのずれに対しては、エドリンの式があり、温度・気圧により補正できる。

本処理回路においても、この補正を行って、基準物差しの長さを規定している。

これより、依頼は見送る。

そこで、①と②のみの定数を求めることにした。

CLK定数は、シンセサイザ入力に対する変位量変動を求めて、その特性より算出した。

1chと2ch間に周波数差を設けて、変位量変動を求める。その周波数差の正負を入れ替えても、同じ変動でなければならない。その相違からCLK定数を算出した。

BEAT定数は、光学系を動作させ、その変位量の時間変化（変位量の時間変化がない場合が理想であり、BEAT値の正しい値である）より算出した。

## 2. CLK定数測定実験結果

### <測定方法>

2ch間に一定の周波数差（ビート周波数）をつけて、信号処理装置に入力する。信号処理装置の水晶振動子の公称周波数と実際の動作周波数はわずかなずれがあり、この周波数のずれはビート周波数に対する理論的変位量からのわずかなずれを生み出す。

そこで、信号処理回路はこの動作周波数を外部から指定入力（CLK名で入力）できるようにアルゴリズムされ、プログラムすることで、わずかなずれを回避する方法をとっている。そこで、この指定定数をかえて、測定を行い、理論値からのずれ量を求める。

ずれ量のない入力値が実際の水晶振動子の周波数と認識する。

図1にその入力値に対する理論値からの変位量のズレのグラフを示す。5000点（1点0.2秒）計測後の変位量を使ってずれを求めた。

### <結果>

理論通りの直線関係を得た。ズレがゼロになる入力値として、

$$\text{CLK} = 119.991745 \pm 0.000005 \quad [\text{MHz}]$$

を得た。公称値は120.000MHzである。

当然、温度依存性が考えられるが、今回の測定では積極的に温度依存性を求めなかった。

このことは、今後測定環境の相違により、ビート周波数が0であっても変位量がシフトする結果を生み

出すであろう。それらのデータを集めることで、温度依存性を求めたい。

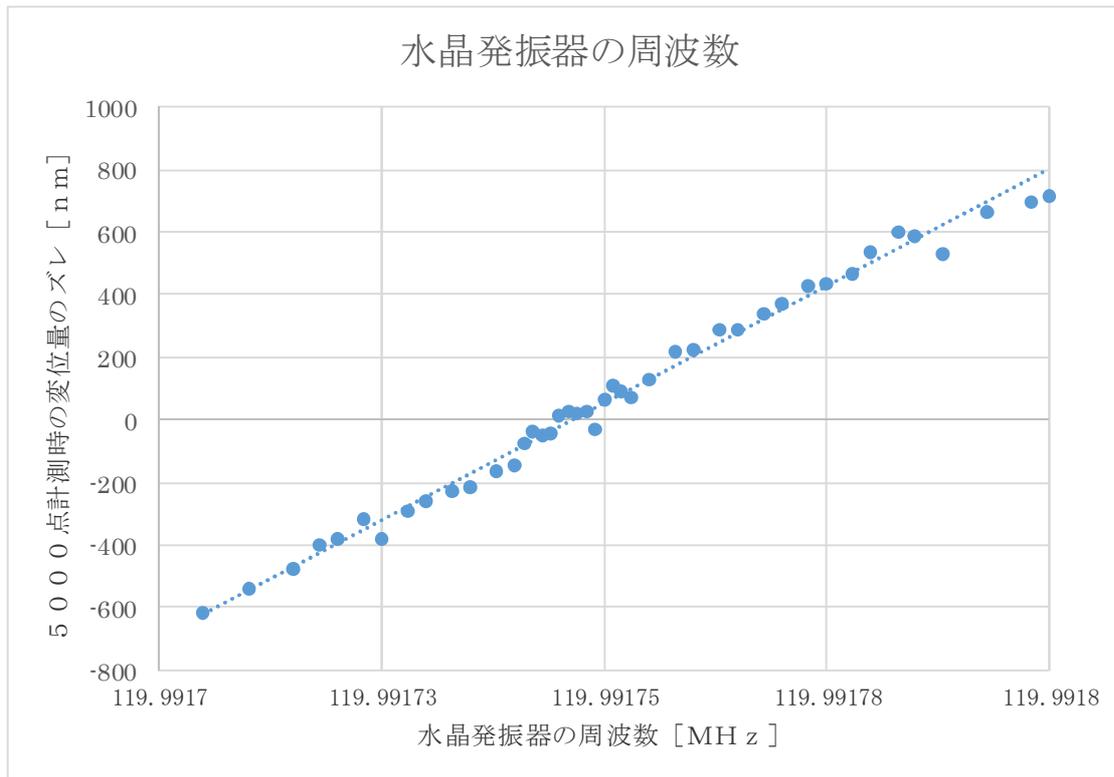


図1 CLK値の値を求めるための定数入力値に対する変位量ズレに関係ズレがゼロになる周波数として、119.991745MHz、を得た。

### 3、BEAT定数測定実験結果

#### <測定方法>

ビート周波数は、周波数シフタで作られ、その値は安定しているが、その絶対値は設定値（2.5MHz）よりわずかにずれている。このわずかなずれは予想されたので、信号処理回路においては、このビート周波数を外部から指定入力（BEAT名で入力）できるようにアルゴリズムされ、プログラムすることで、わずかなずれを回避する方法をとっている。そこで、この指定定数をかえて、測定を行い、理論値からのずれ量を求める。

ずれ量のない入力値が実際のビート周波数と認識する。

図2にその入力値に対する理論値からの変位量のズレのグラフを示す。5000点（1点0.2秒）計測後の変位量を使ってずれを求めた。

#### <結果>

理論通りの直線関係を得た。ズレがゼロになる入力値として、

$$\text{BEAT} = 2.4999977 \pm 0.0000001 \quad [\text{MHz}]$$

を得た。周波数シフタの設定値は、2.50000MHz、である。

当然、温度依存性が考えられるが、今回の測定では積極的に温度依存性を求めなかった。

このことは、今後測定環境の相違により、ビート周波数が0であっても変位量がシフトする結果を生み出すであろう。それらのデータを集めることで、温度依存性を求めたい。当然、CLK定数との関連性も問題になってくる。

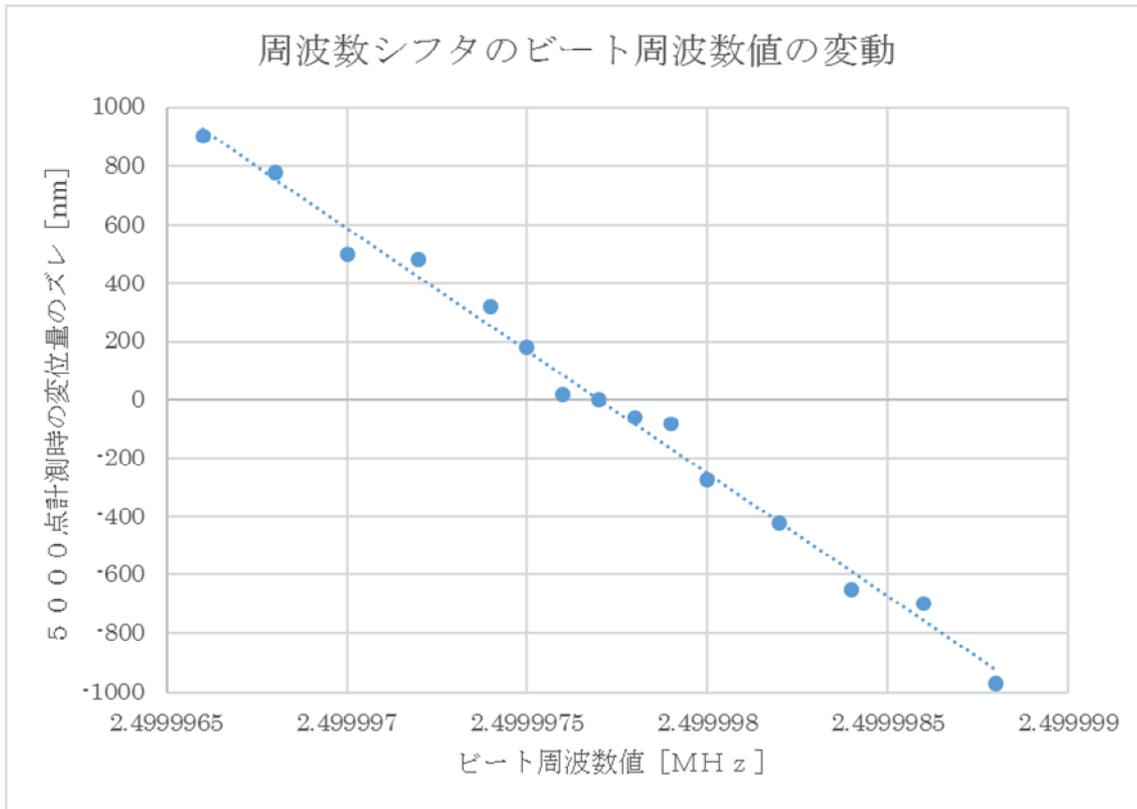


図2 ビート周波数の指定値と理論的変位量からのズレの関係

図2 グラフより、使用周波数シフタのビート周波数は、

$$2.4999977 \pm 0.0000001 \text{ [MHz]}$$

と知れた。

周波数シフタのビート周波数に関して、カウンターによる10秒測定では、1 Hz程度の標準偏差がある。上記結果は1 Hz以下のズレで表された。この相違はカウンターの精度にある。カウンターは2.

5 MHzに対して2.5 Hzが、 $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-6}$ 、であり、カウンターメーカーの保障する範囲がこの

程度であることから、1 Hz以下のデータを得ることが出来ていない。測定による場合は、上記結果

より、 $\frac{\Delta f}{f} = 4 \times 10^{-8}$ 、となり、カウンターで求める周波数測定より1桁以上高精度に計測できるこ

とが知れる。このことは、現状では最適な測定方法といえる。

### 3. 考察・反省

CLK. およびBEAT定数ともに、かなり正確に求めえた。

ただし、これらの定数は、常に一定とも思えない。温度、使用時間、気圧、など変動させうる要因は多い。これらの寄与を完全に無視はできない。数多くのデータを用いて、その依存性を求め、測定ごとに対処することが必要になるであろう。