

HV400による音叉振動測定(その1)

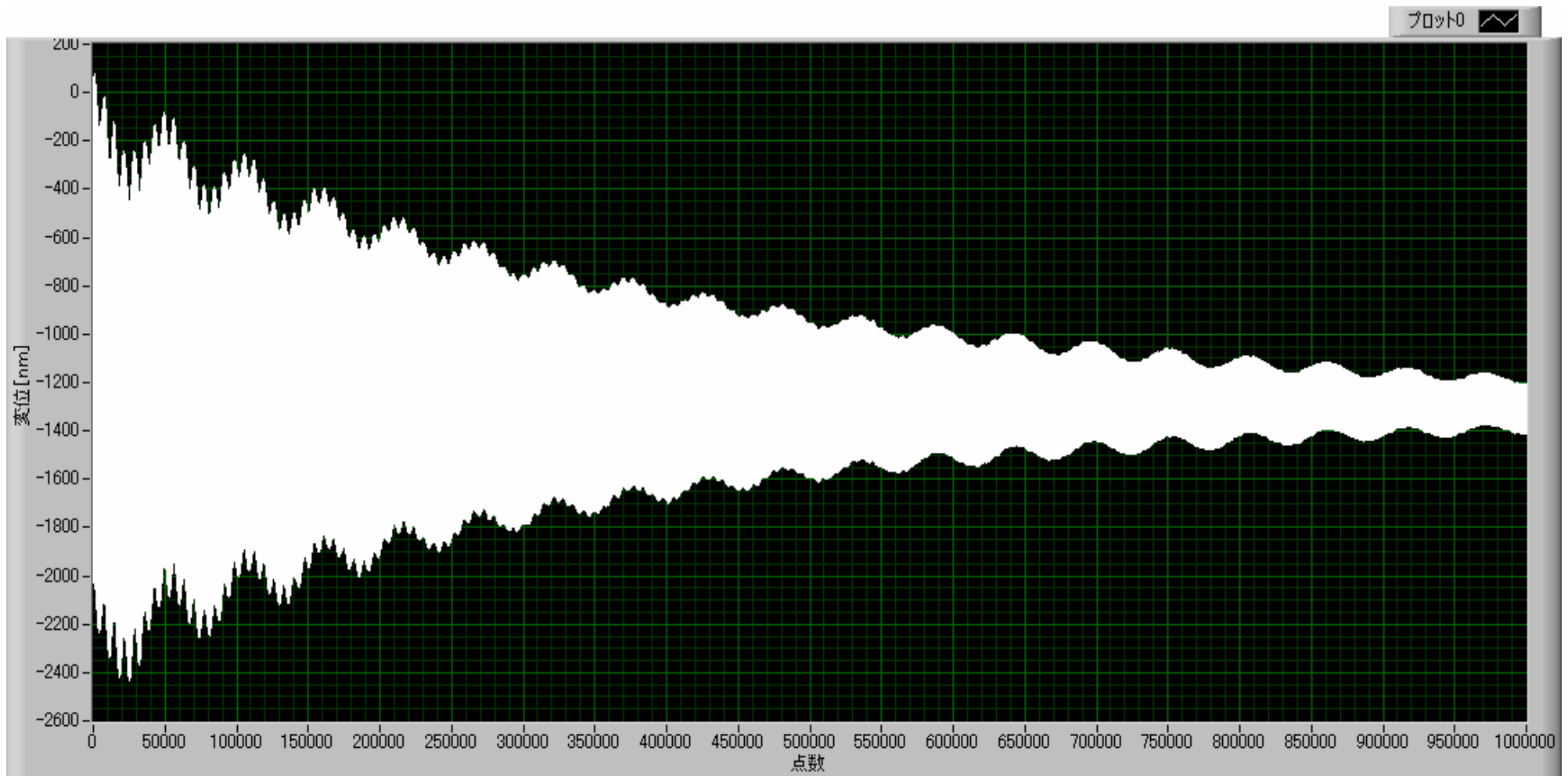
株式会社フォトンプローブ

測定方法

音叉およびHV400のプローブを共通のブロックに固定し、音叉を振動させた後、測定する。
共通ブロックを含め、音叉、プローブは、空気の流れおよび温度変動を防ぐため、2重の断熱シールドで保護した。
外部からの振動は、測定場所が田舎のため、飛行機・自動車等の騒音が一切なく、人の話し声もない。

測定結果

その1 4秒間(1点4 μ sで1000k点)測定した。



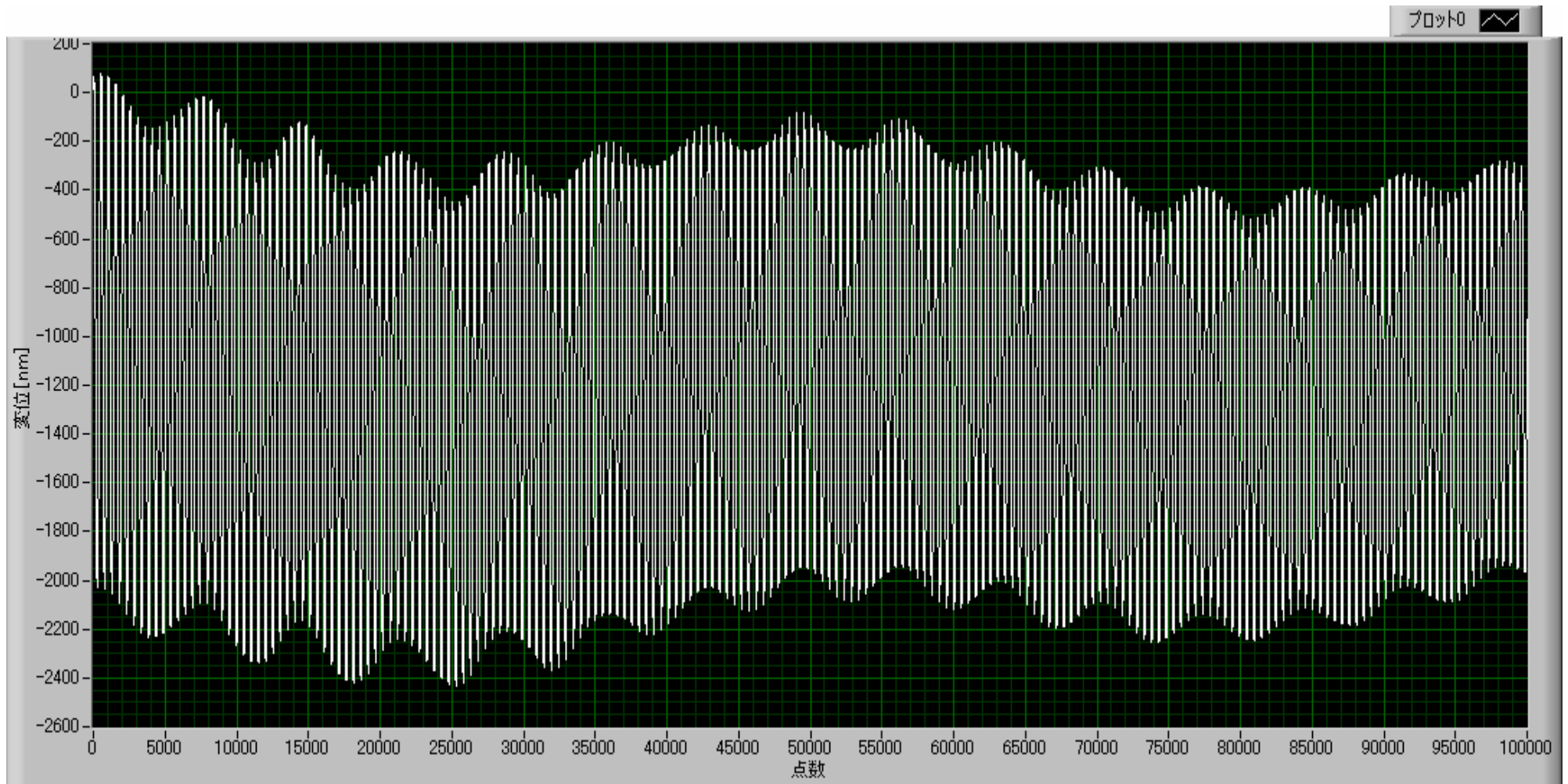
Optical Measuring Instruments and Parts

上記の測定結果で以下のことが知れる。

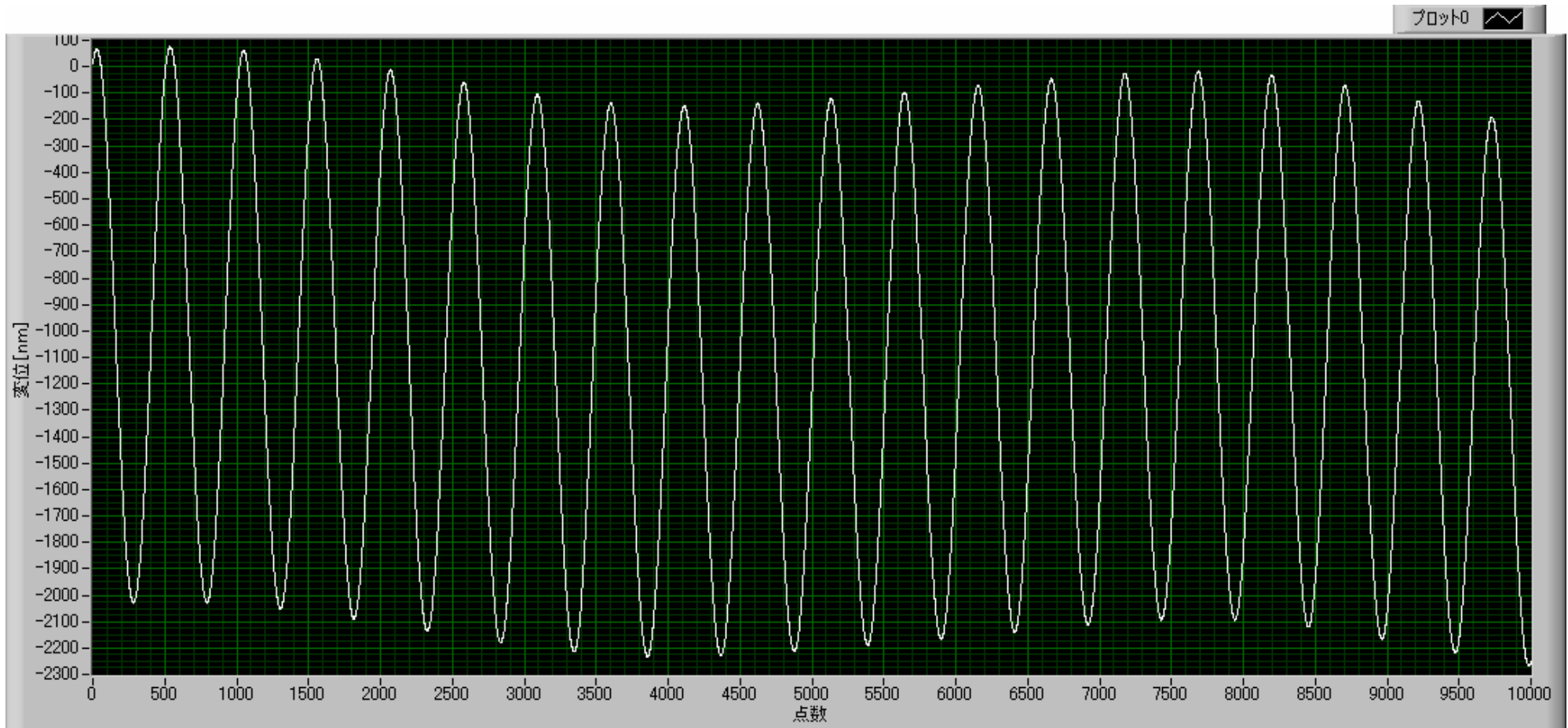
4秒間の間に振動が減衰していること

3つの振動周波数が存在し、各々が減衰していること。

その2 上記のグラフでは、わかりにくいので、0点から100000点までの部分を拡大する。

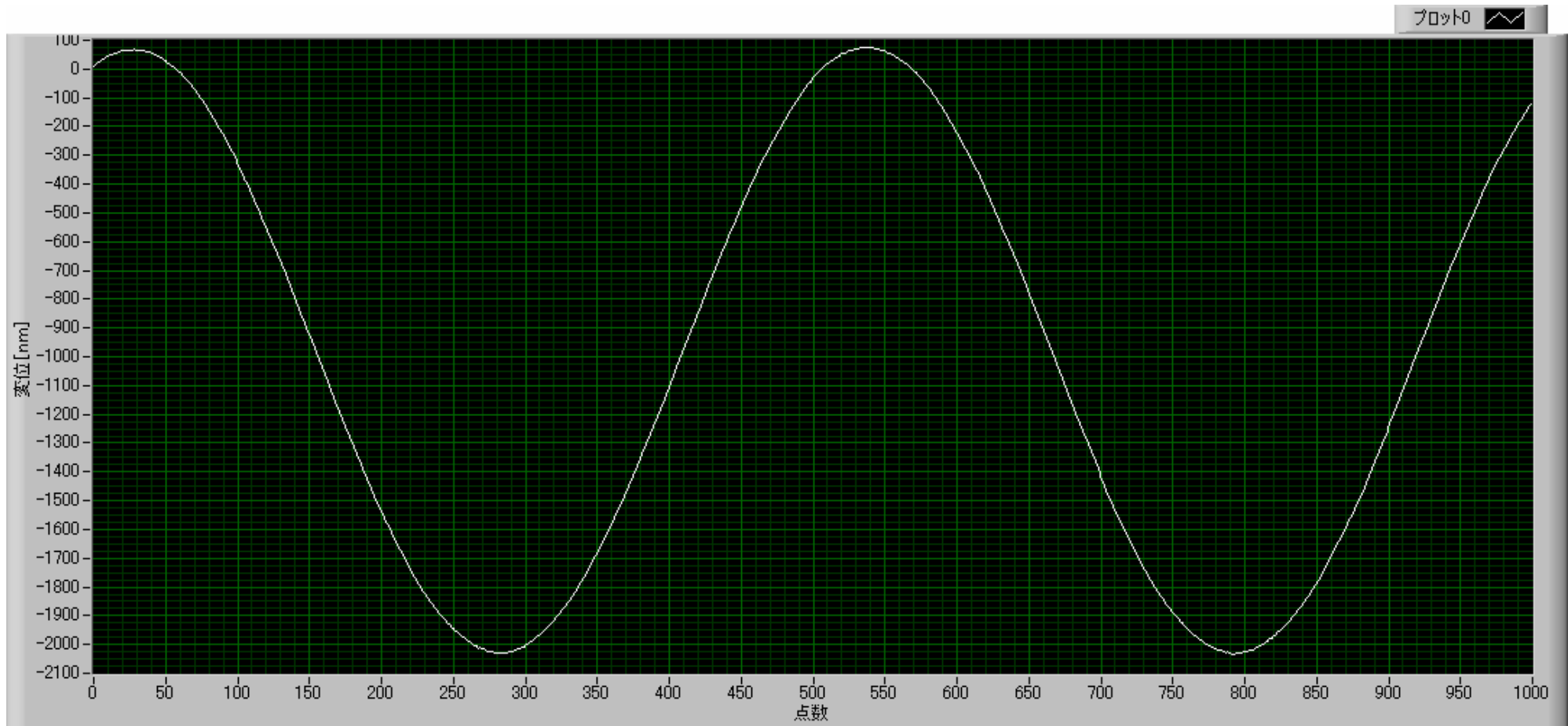


その3 更に拡大する(0点から10000点まで)



音叉の基準振動が見られる。
この基準振動の振幅は、約1200 nmで、周期は約500点(2000 μs)と知れる。

その4 もっと拡大する。0点から1000点まで。
滑らかな、サインカーブを見ることが出来る。ノイズはほとんど見ることが出来ない。



基準振動の定数を求める。

基準振動も減衰しているので、

$$A \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \sin(2\pi Ft + \Phi)$$

と仮定し、最も適合した、 A 、 γ 、 ω 、 Φ 、の値を最小二乗法により求めた。

結果 $A = 1048.1402$ [nm]

$\gamma = 0.59741388$ [1/s]

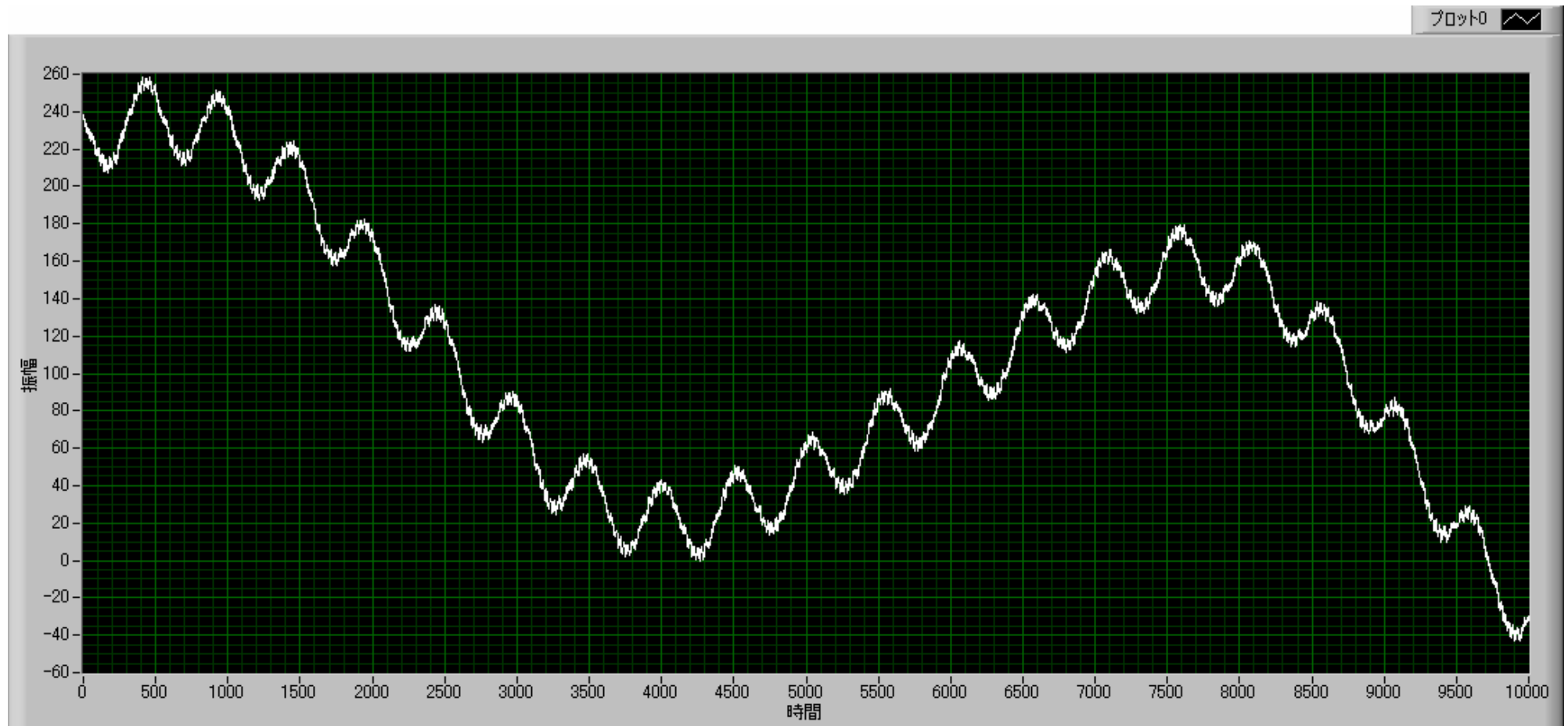
$F = 0.002042386$ [1/s]

$\Phi = 2.08104516$

周波数 f で表現すると $f = 489.6234$ Hz

と得た。

その5 0点から10000点の領域に戻って、この基準信号を取り除いた信号を次に示す。



この結果から次のことが言える。

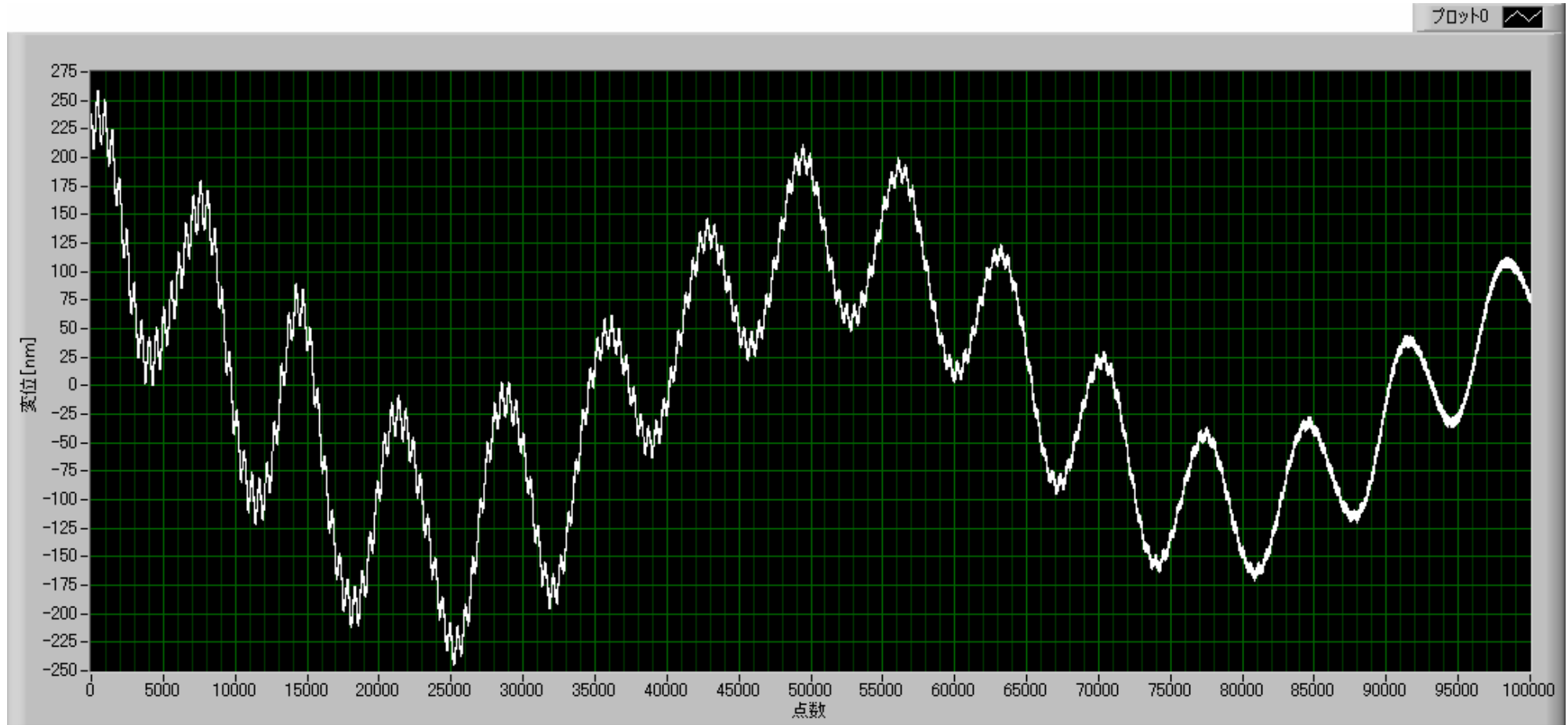
2つの振動が含まれている。

ひとつは、周期が約500点($2000\mu s$)、振幅が20nm、の振動(以下、第2振動と呼ぶ)

もうひとつは、周期が7000点($28ms$)、振幅が100nm、の振動(以下、第3振動と呼ぶ)

基本振動と、第2振動は周波数が近いが、若干異なっている。

その6 基準振動のみを取り除いた信号を、0点から100000点までに広げると、以下ようになる。



第2振動、第3振動、共に減衰していることが知れる。

更に、第4振動の存在も知れる。

第4振動 周期は約50000点(200ms)、振幅は約120nm、の振動で第4振動も減衰している。

第4振動を基準振動同様に

$$A \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \sin(2\pi F t + \Phi)$$

と仮定し、最も適合した、 A 、 γ 、 ω 、 Φ 、の値を最小二乗法により求めた。

結果 $A = 117.3726$ [nm]

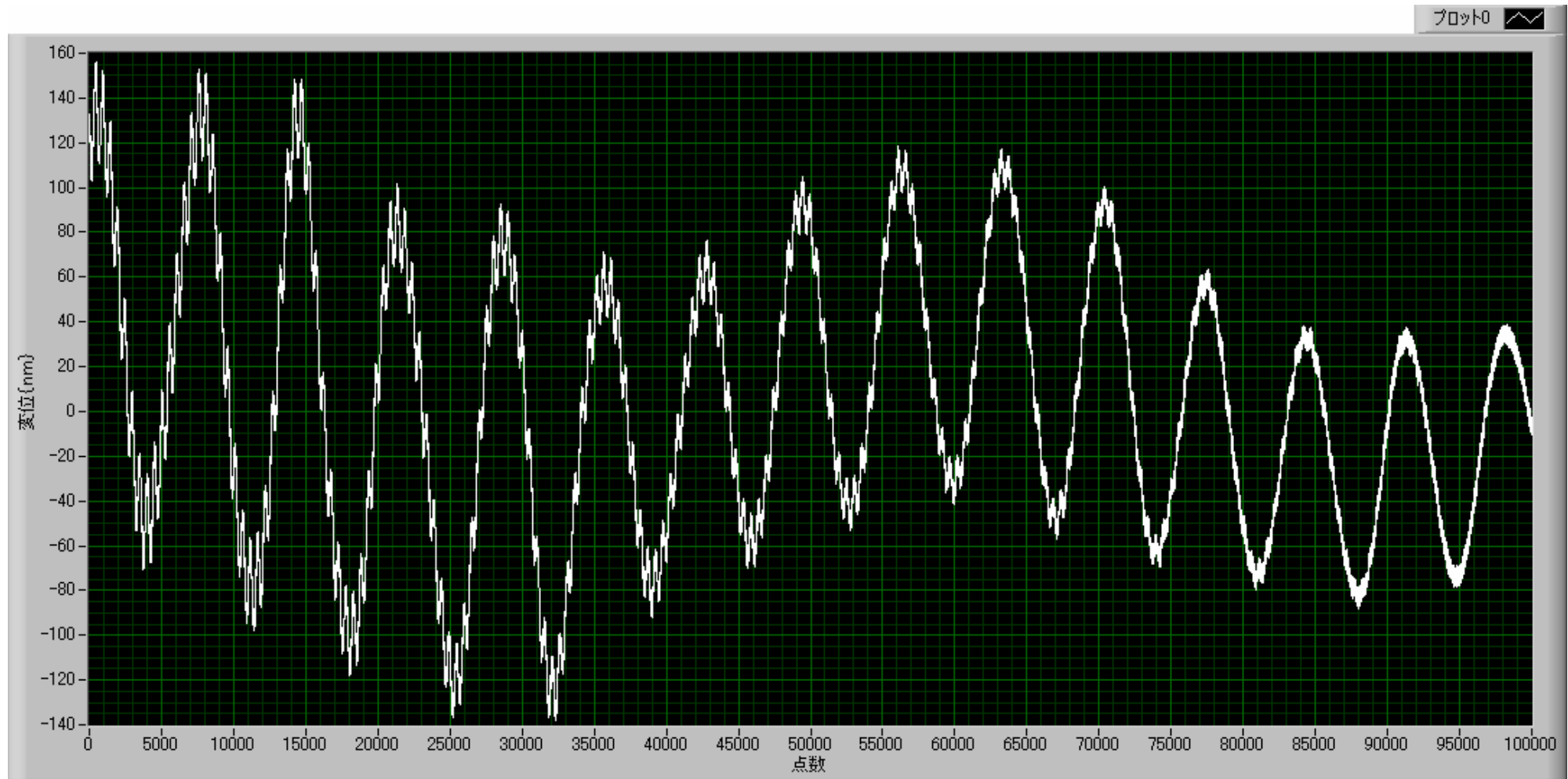
$\gamma = 0.51026516$ [1/s]

$F = 0.21651606$ [1/s]

$\Phi = 1.7488521$

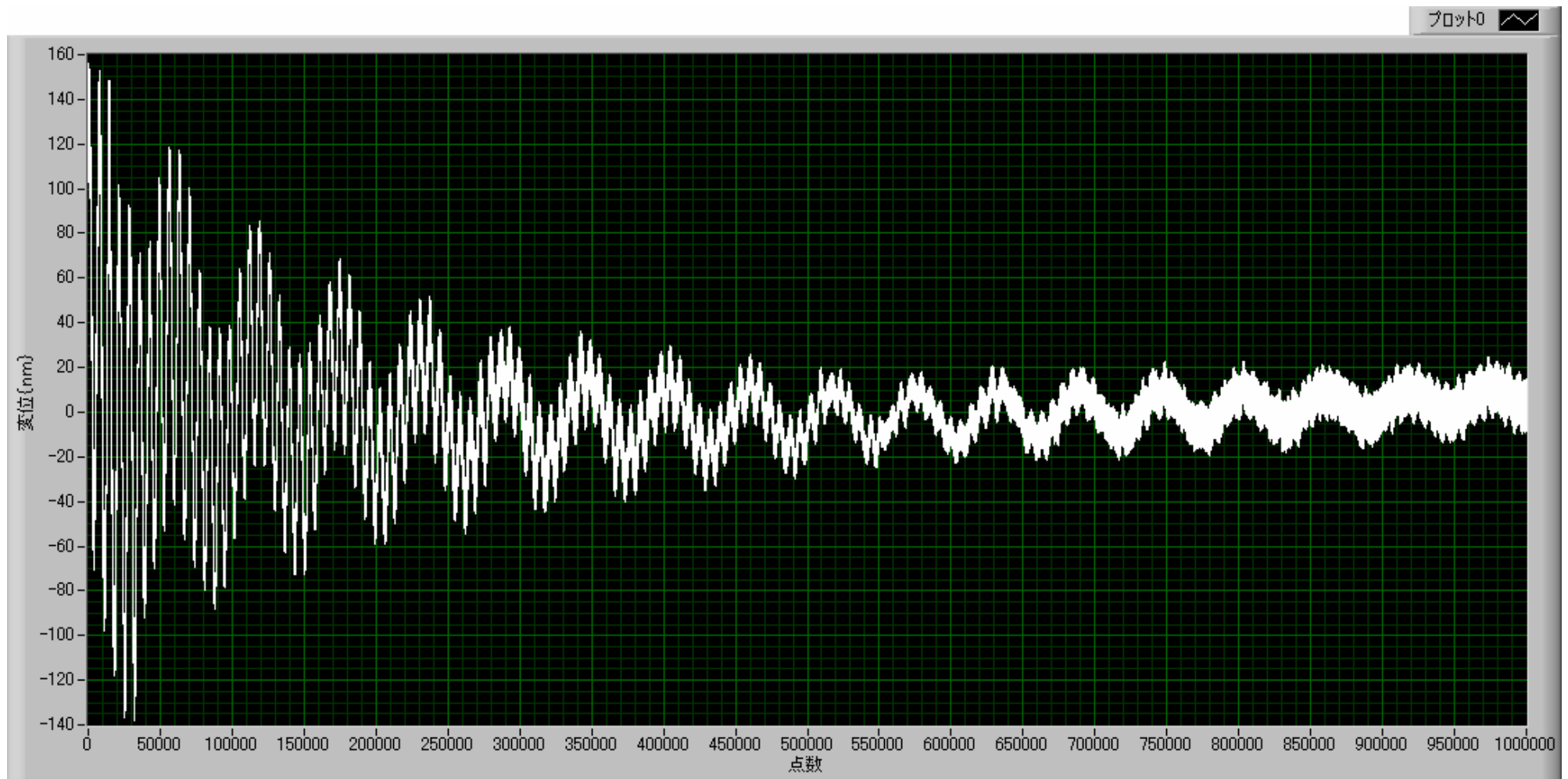
周波数 f で表現すると $f = 4.61859$ Hz

その7 第4振動を取り除くと、次のグラフになる。



第4振動近傍に別の周波数が存在することが知れる。
これを第5振動と呼ぶ。

その8 第5振動の存在は、0点から1000k点まで拡げると知れる。



次に第3振動成分を取り除く。

第3振動を基準振動同様に

$$A \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \sin(2\pi F t + \Phi)$$

と仮定し、最も適合した、 A 、 γ 、 ω 、 Φ 、の値を最小二乗法により求めた。

結果 $A = 105.0011$ [nm]

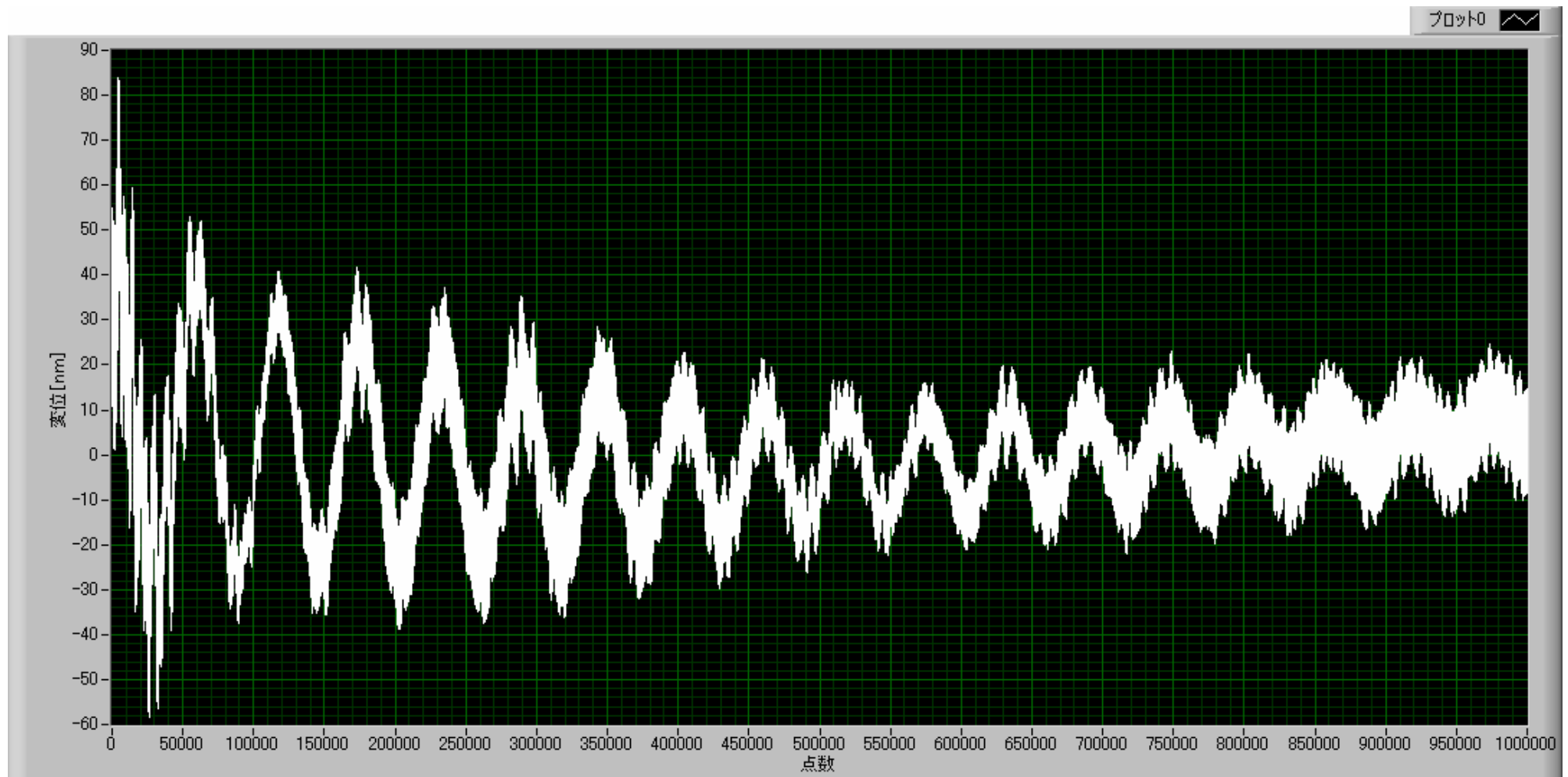
$\gamma = 1.66722252$ [1/s]

$F = 0.025870702$ [1/s]

$\Phi = 1.6724695$

周波数 f で表現すると $f = 38.653763$

その9 取り除いた結果は次のグラフになる



第2振動に比べ、第5振動大きいと思われる。そこで、第5振動を取り除く。

第5振動を基準振動同様に

$$A \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \sin(2\pi Ft + \Phi)$$

と仮定し、最も適合した、 A 、 γ 、 ω 、 Φ 、の値を最小二乗法により求めた。

結果 $A = 34.25063$ [nm]

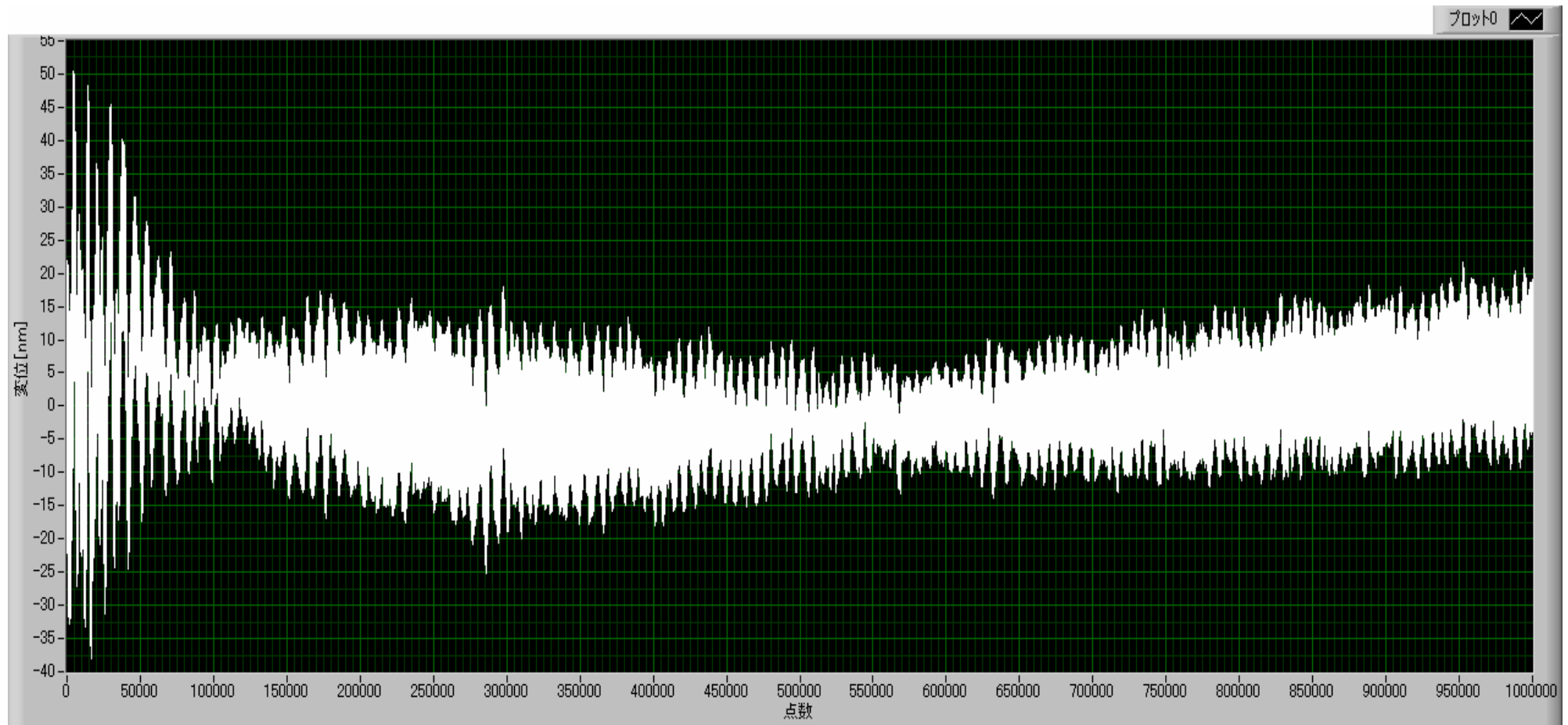
$\gamma = 0.4645523$ [1/s]

$F = 0.22900963$ [1/s]

$\Phi = 1.730571$

周波数 f で表現すると $f = 4.3666286$ Hz

その10 第5振動も取り除いた結果は次のグラフになる。



上図が、基本振動、第3振動、第4振動、第5振動を除去した後の残量である。明らかに、第2振動がのこっている。

ここで、注目すべきは、次の3点である。

- 1 うなり現象が見られること。100000点付近と、570000点付近に節を持っている。
- 2 非常に短時間で減衰する第6の振動がありそ100000点までに減衰が終わっている。
- 3 非常に長い周期を有する第7の振動がありそ4秒間で半周期にも至らない、0.1Hz程度の振動があることその振幅は数nmである。
プローブと音叉が共通ブロックで固定されていることから、ブロックに及ぼす温度的変動かもしれない。

第2振動、上記問題3点は今後の課題として残っている。

3 結果・考察

音叉は単一振動ではなく、複雑な振動が重畳していることが知れた。

基本振動以外に、ここでは4つの振動を明確にしたが、それ以外の振動の存在もありえることも知れた。

得られたデータが、2400nmPP値から200nmPP値まで、減衰していたが、4つの振動成分を取り除くと(第2成分も残っているが)、ノイズ成分は20nmPP値程度と知れた。そして、このノイズはホワイトノイズであろうと推測できる。

(弊社の現状プログラムでは4つの振動まで除去できる(通常の時間内での処理として)のが、限界なので、第2振動の除去は後日報告する)

振幅と減衰、周期に関して、理論的な考察および実験結果との比較は別の機会に行う予定である。

ご意見は下記までお願いします

株式会社フォトンプローブ

東京都日野市東平山1-6-2

代表取締役 理博 平野雅夫