

HV400による音叉振動測定(その2)のFFT解析

株式会社フォトンプローブ

序

”HV400による音叉振動測定(その1)のFFT解析”、で示したような特性は、基本振動振幅が小さい場合にも見られるのだろうか？

この疑問に答えるべく、HV400による音叉振動測定(その2)に示したデータに対してFFT解析を行う。(信号は減衰振動であるが、通常のFFT解析を行う)

結論

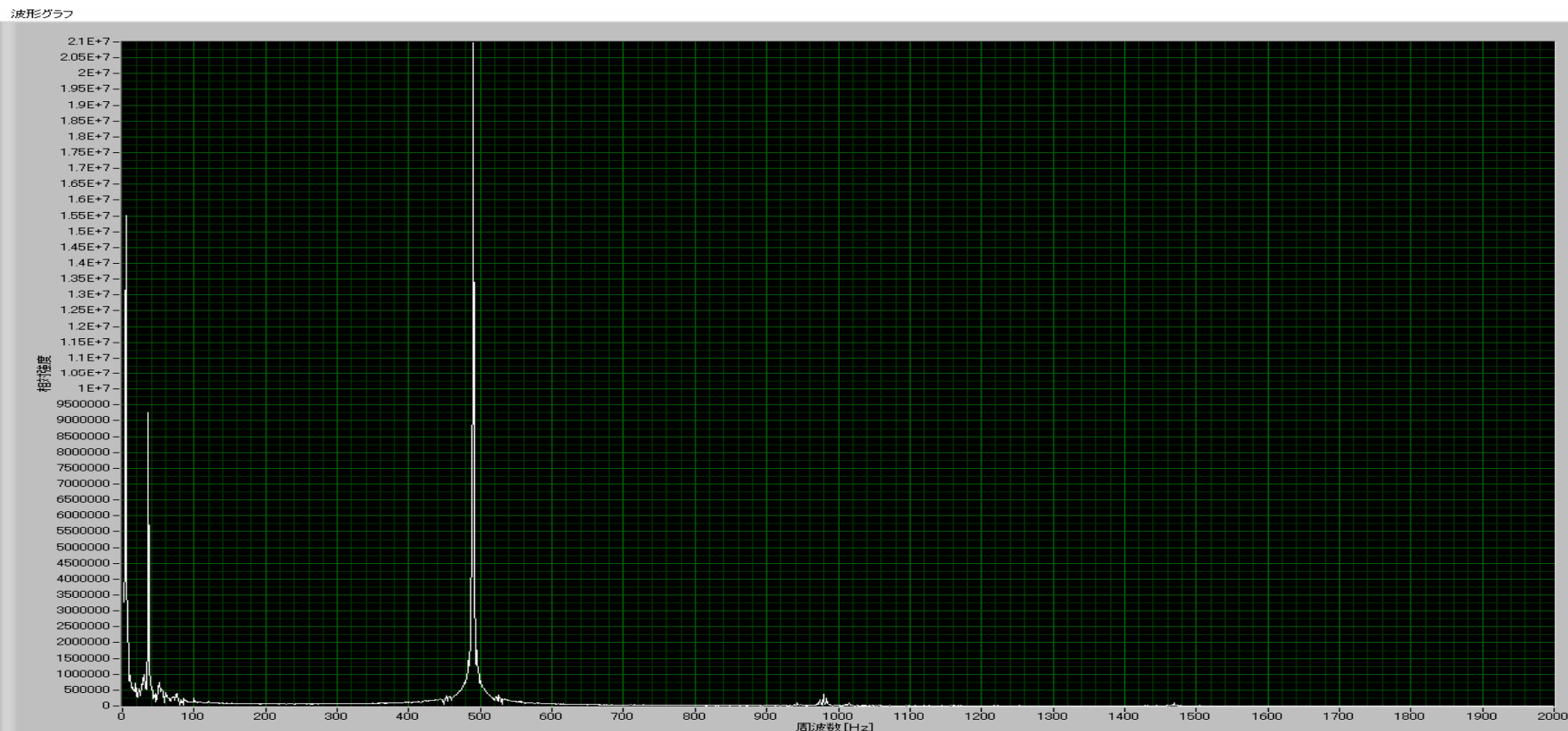
(その1)と同じような、3つの振動に関してスペクトル結果を得た。電源周波数に絡むスペクトルはない。

高調波に関しては、(その1)とは異なる結果を得た。これに関しては、理論的解釈が今のところ出来ていない。

(その1)との比較により、基本振動振幅が小さい場合には、異なる解釈が必要である。

解析

<1> 2Hzから2000HzまでのFFTスペクトルを示す。



Optical Measuring Instruments and Parts

(その1)と同様に、3本のピークが見られる。500Hz近傍の基本振動、5Hz、36Hz近傍の低周波振動である。

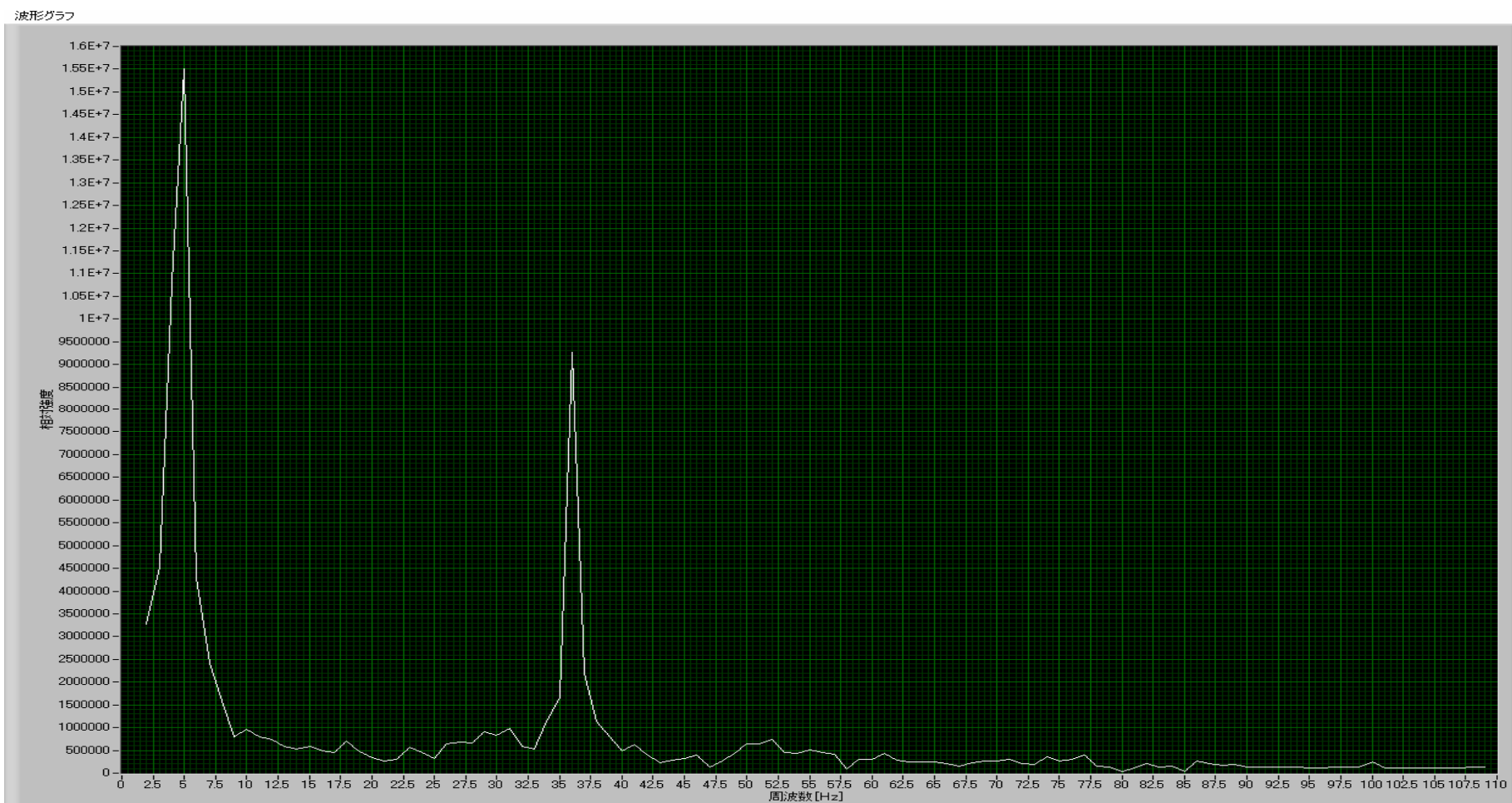
基本振動 相対強度 = 2.1×10^7

その他、基本振動の高調波成分も1000Hz, 1500Hz付近で見られる。

電源周波数は、ノイズの中に埋まっているように見える。

それを明確にするために、領域を拡大する。

< 2 > 2Hzから110Hzまでのスペクトルを示す。



Optical Measuring Instruments and Parts

電源周波数に関連するスペクトルは発生していない。

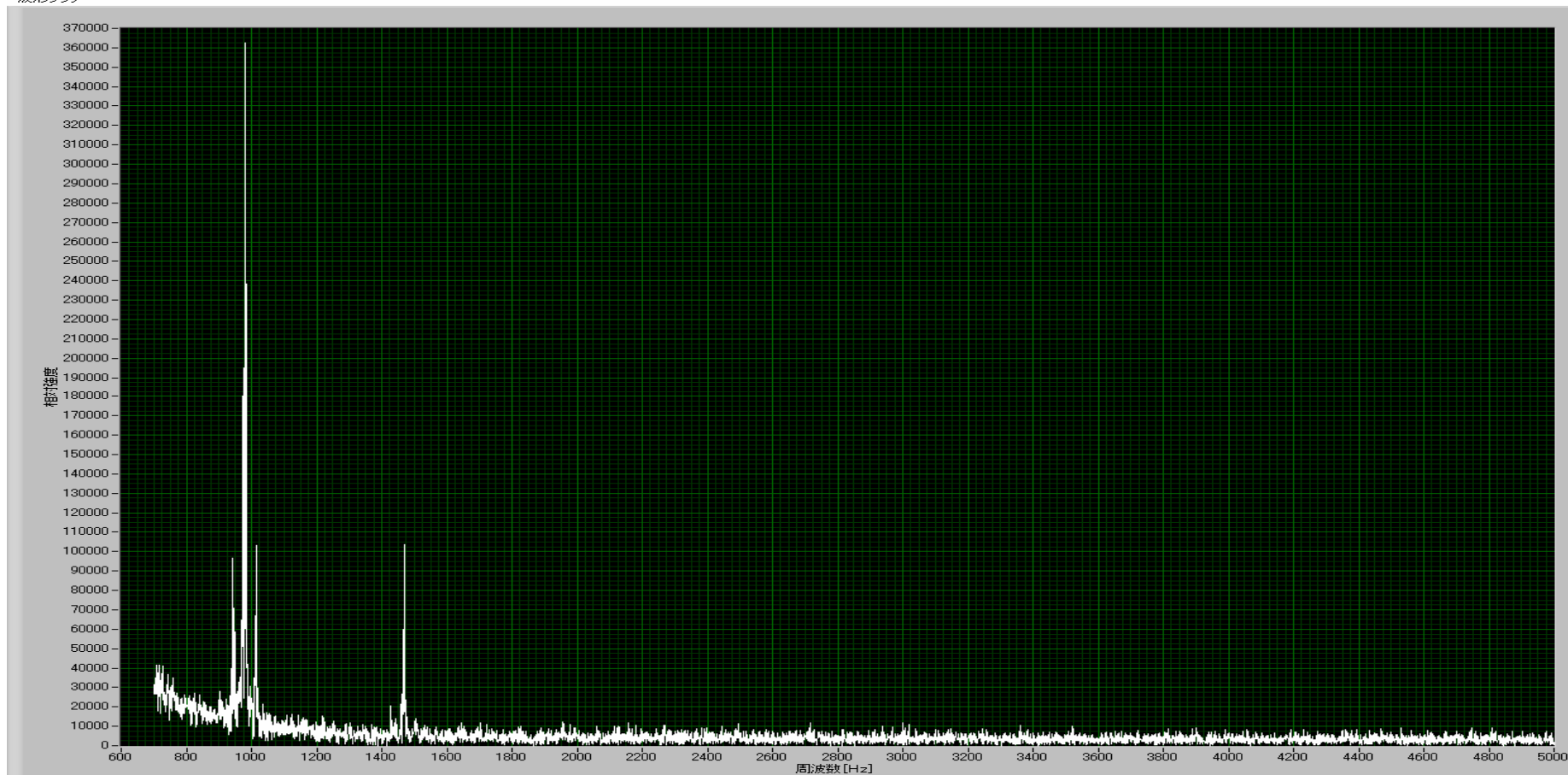
周波数	相対強度
5	1.55×10^7
36	0.93×10^7

周波数の分解能は、1 Hzである。

< 3 > 基本振動の高調波成分を調べる。

700 Hzから5000 Hzまでの範囲のスペクトルを示す。

波形グラフ



明らかに、2倍高調波、3倍高調波は発生しているが、4倍以上の高調波は発生していない。(少なくとも、それらはノイズレベルである)
 (その1)の解析でも述べたように、倍高調波はサイドバンド構造を有している。
 奇数倍の高調波の特異性の議論は、今回成り立っていることを確認できない。
 3倍高調波の相対強度が、 1.04×10^5 、であるから、 $1/n$ の係数比になっていれば、5倍高調波は、 0.62×10^5 、が期待できる。
 しかしながら、2500Hz付近にそのような強度のスペクトルはない。
 これは、次のいずれかを選択せざるを得ないことを示している。

- 1 (その1)での議論である、“高調波は高次モードである”、を否定する。
 否定すれば、(その1)の結果を説明し、上記結果を説明する新たな理論が必要となる。
 高次モードでなければ、音叉の振動パターン(弦の振動による振動形状とほぼ同じ)が否定されるので、高調波を作り出す(例えば2倍高調波)メカニズム構築が難しい。これは、正確に、2倍、3倍・・・となっていることの説明が難しい。
 (今後の課題としたい)
- 2 基本振動振幅が小さくなると、高調波はそのエネルギーが小さいゆえに、エネルギー分散の影響が大きく理論どおりの振幅を実現できない。
 高調波は高次モードであるとして、振動している間、モード間にエネルギーのやり取りがあることは予想できる。
 微小振動であるから、ベルヌイ・オイラーのはり理論が適用できる。これにより、固有振動、形状、モードはある程度理解できる。
 また、振動工学の教科書等では、減衰を1つの振動に関してのみ議論されている場合が多い。
 つまり、現状の理論では、音叉のモード間エネルギー伝達および減衰を評価できない。今の場合、エネルギーの散逸による、モード間エネルギー変動・減衰を残念ながら評価できていない。
 (今後、理論展開を検討したい)

< 4 > 減衰振動の場合のFFT解析について

FFT解析は、解析する時間中、減衰がないものとして処理することが通常である。
 本解析もその処理方法にしたがっている。それをあえて、減衰振動に適用して、正しく評価できているか否かが問題となる。
 まず、(その2)で得た振幅と、相対強度を比較する。

周波数	振幅	相対強度	減衰率
489.63	70.47	2.1×10^7	0.599
4.61	71.53	1.55×10^7	1.31
35.99	35.51	0.93×10^7	1.43

B	C	D	E
117.6461	0.450639	53.01594	3.961073
54.60305	0.73018	39.87005	3.88763
24.83217	0.760691	18.88961	4.923342

明らかに、振幅と相対強度には比例関係がない。

$$B = \text{振幅} / \text{減衰率} \quad C = 1 - \exp(-\gamma T) \quad T = 1 \text{秒}$$

$$D = B * C \quad E = \text{相対強度} / D (* 10^5)$$

しかし、振幅強度の平均値ならば比例関係があるであろう。
 それを確かめる。(右表)(計測時間は1秒間である。)
 結果は多少の誤差はあるものの、おおむね比例関係にある。
 これより、減衰振動がある場合でも、通常のFFT解析を用いても良いことが知れる。

Optical Measuring Instruments and Parts

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