

HV400による音叉振動測定(その1)のFFT解析

株式会社フォトンプローブ

序

音叉特性は、論文等では高調波の議論が多い。また、電源周波数(50Hz)の信号成分も気になるところである。そこで、(その1)のデータに対して、FFT解析を行い、これらの依存性を調べた。ただし、測定データは減衰信号であるが、通常のFFT解析を用いた。

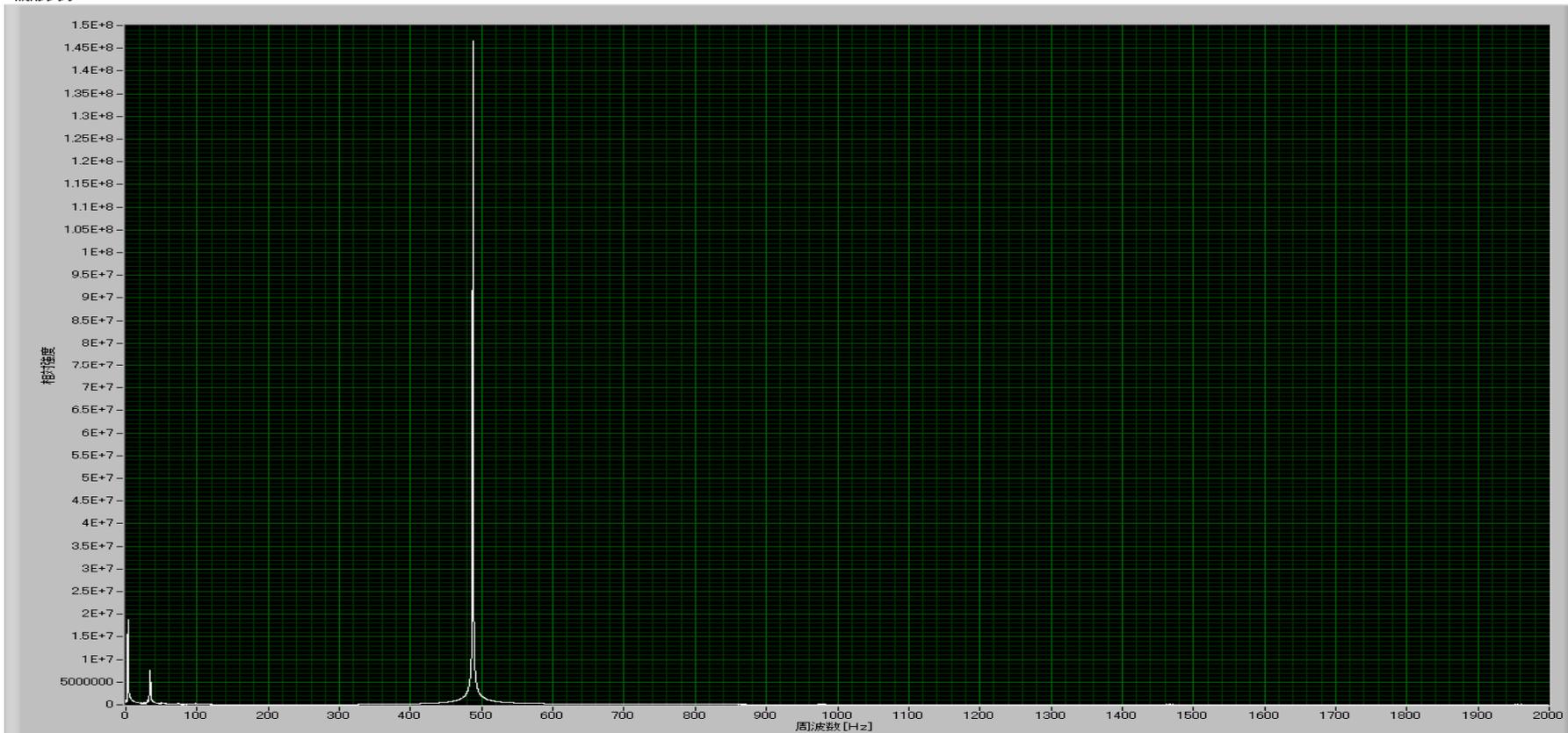
結論

電源周波数の信号成分は全く存在しない。高調波はきわめて弱い。その高調波は音叉の高次モードの振動によると判断できる

解析

< 1 > 2 Hzから2000 Hzまでの領域のFFT結果を示す。(1/fノイズを消すため、2 Hzからとした)

波形グラフ



Optical Measuring Instruments and Parts

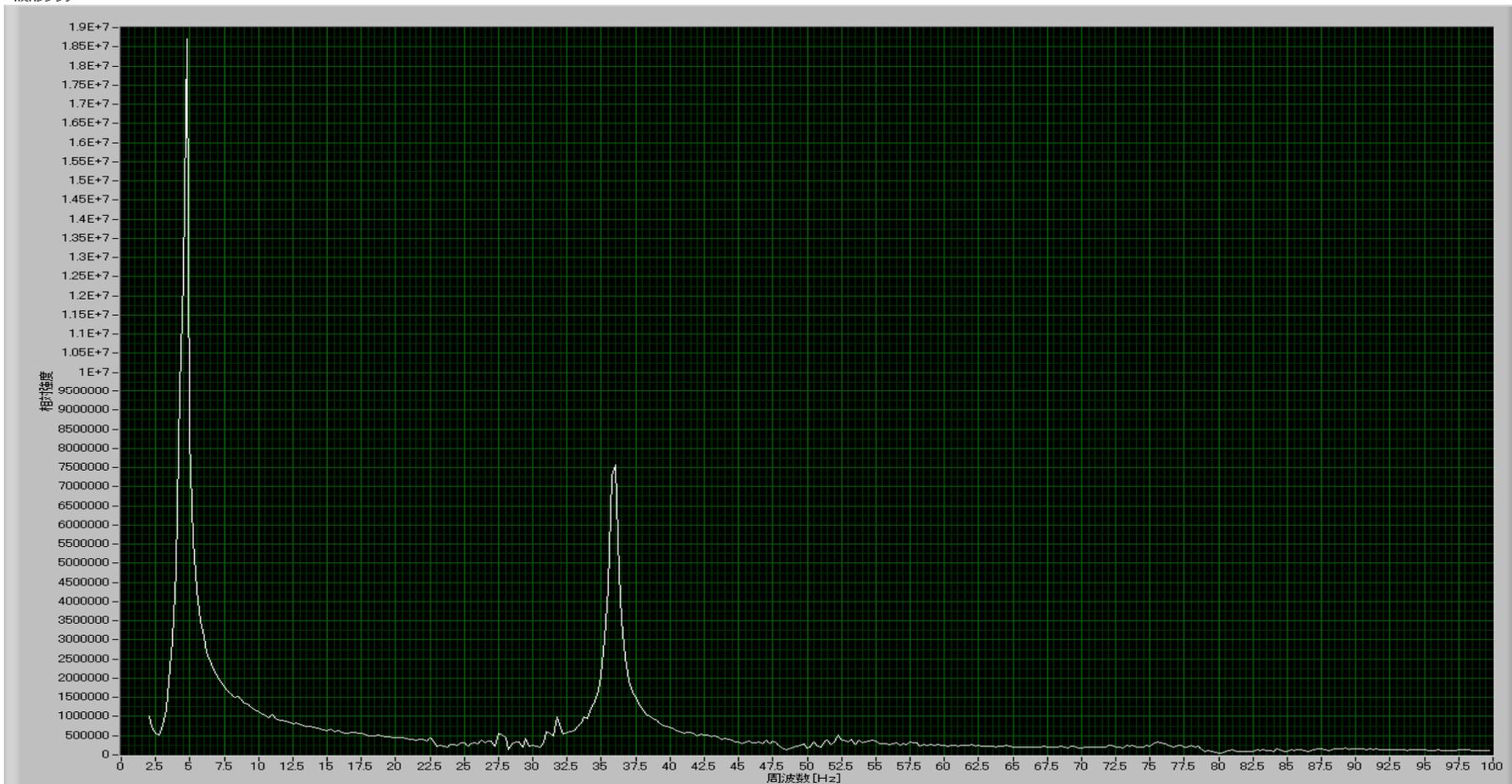
横軸は周波数、縦軸は相対強度であり、絶対値自体には特に意味がない。

基準振動489.75 Hzに 1.47×10^8 強度のピークが見られる。

そのほか、目だったピークは3本のみ、特に、基本振動より高周波側には 1×10^6 以下のピークが見られる程度。あっても高周波側は、基本振動の $1/100$ 以下と知れる。

- < 2 > 2 Hzから110 Hzまでに拡大(低周波側のピーク)
低周波の2本のピークを明確に示す。

波形シグナル



Optical Measuring Instruments and Parts

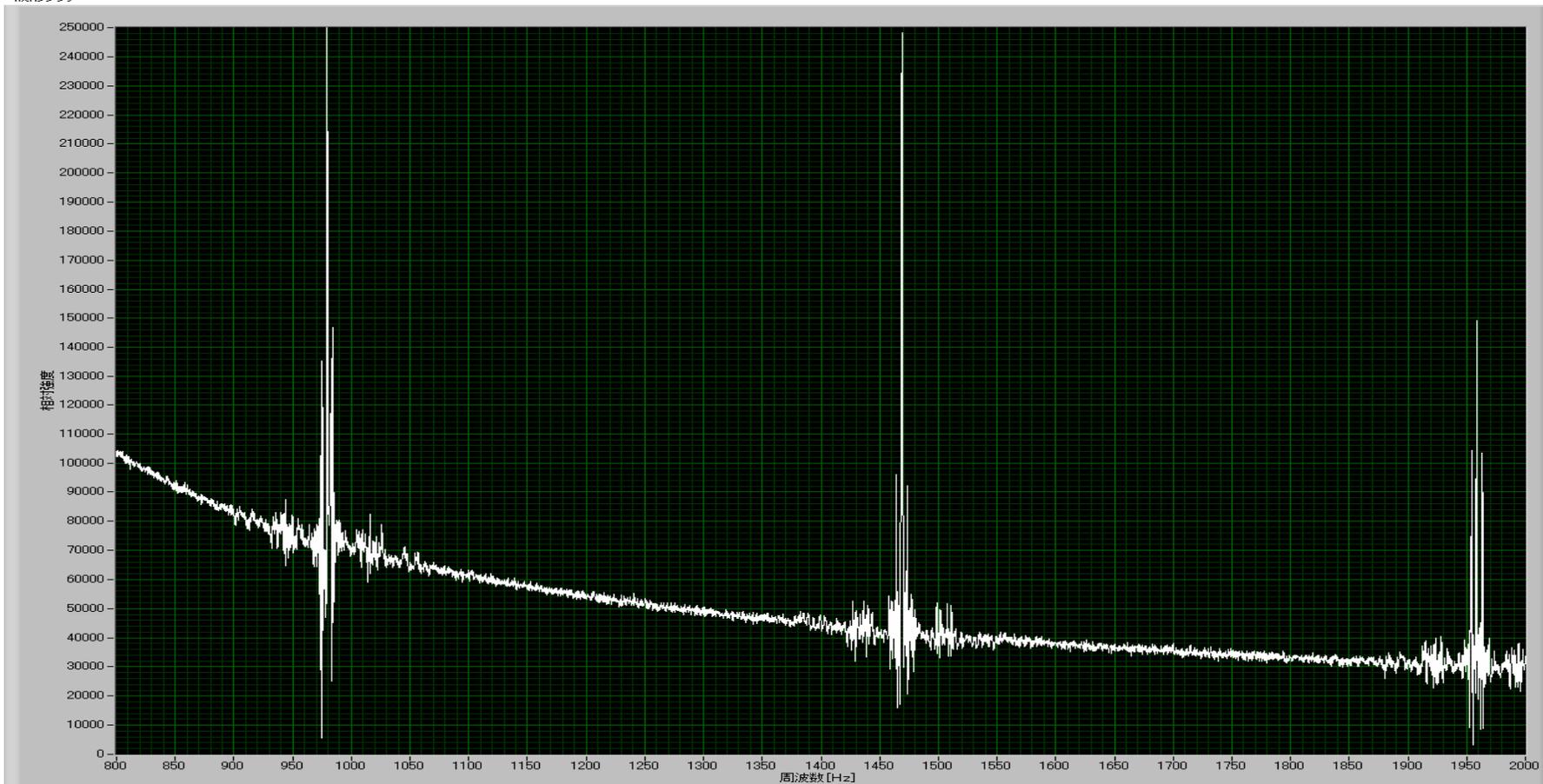
低周波側を拡大すると、2つのピークが明確になる
2つのピークは、(その1)で示した周波数に対応している。

周波数	相対強度	基準振動との強度比
4.75	1.88×10^7	0.127891
36.5	7.6×10^6	0.051701

このFFTの横軸周波数の分解能は、0.25Hzである。
加えて、50Hz、100Hzの電源周波数の成分は全くないことが知れる。
これは、更に高次の150、200Hz...においても同様に成分が見られない。

- < 3 > 基本振動の高調波成分の有無を調べる。
800Hzから2000Hzまでを拡大する。

波形グラフ



Optical Measuring Instruments and Parts

確かに、高調波成分は存在する。しかし、その相対強度は、 2.5×10^5 程度である。これは、基準振動の相対強度 1.47×10^8 と比較すると、0.0017の比率である。高調波はきわめて小さいと知れる。

高調波はサイドバンド構造を持っている。

その周波数差は、高次の次数が変わっても、+4.5 Hzから5 Hzと、-4.5 Hzから5 Hzである。この差は、音叉の低周波振動成分の4.75 Hzと一致する。

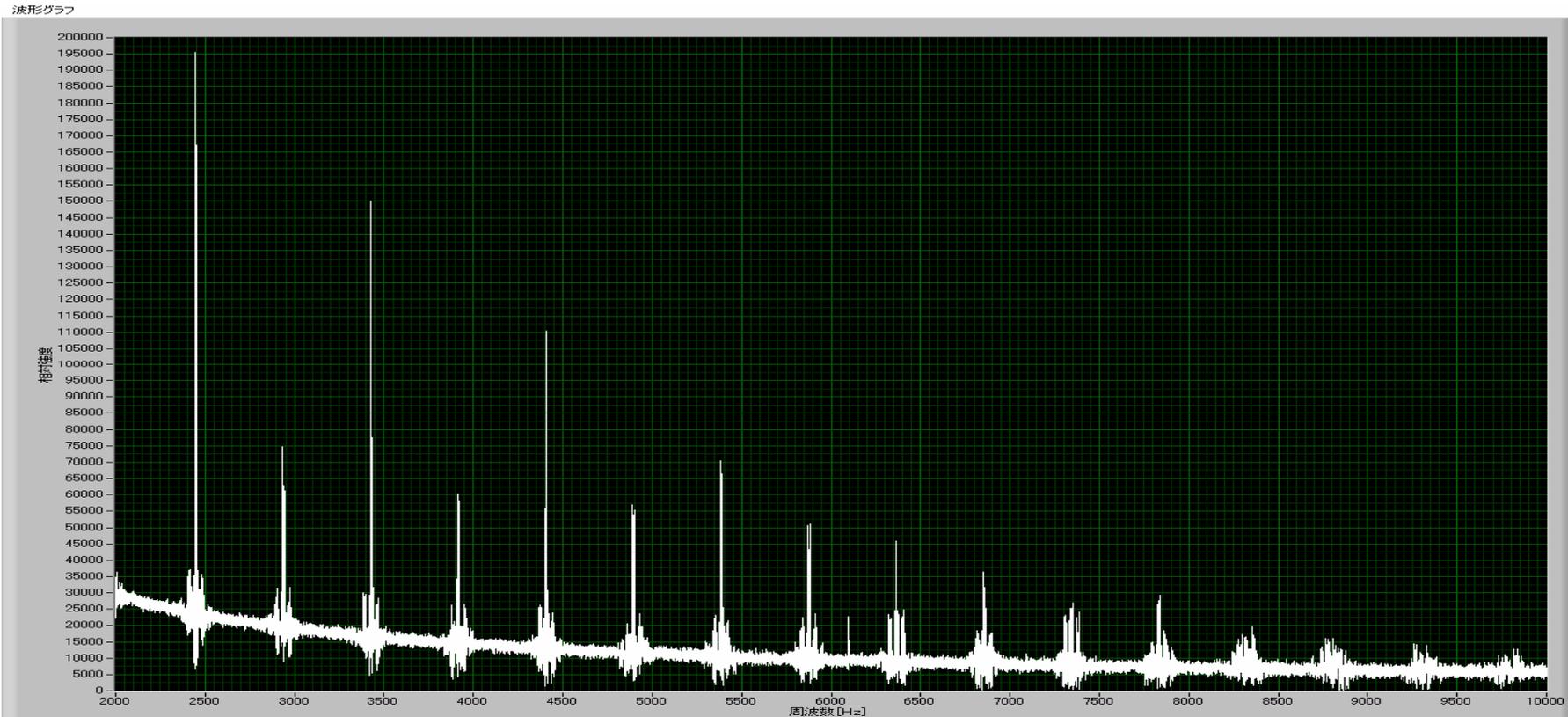
従って、この4.75 Hzの振動は、基本振動の高調波の振動とは独立に振動する成分と知れる。

また、高調波の振動が、この低周波振動を引き起こしている、と言える。

この低周波振動の理論的解析は今後の課題として検討する予定である。

< 4 > 音叉が長方形断面を有しているので、振動の高調波は矩形波のフーリエ級数展開と同じ理由で、基本振動の奇数倍の振動は強く、偶数倍の振動は弱いことが予想される。それを確かめる。

2000 Hzから10000 Hzまでの領域を拡大する。



Optical Measuring Instruments and Parts

予想通り、奇数倍は強く、偶数倍は弱いことが知れる。

さらに、奇数倍の強さの比を求めると

倍数 (n)	相対強度	1/n	10 ⁶ *1/n
3	2.5×10^5	0.333333	3.3×10^5
5	1.96×10^5	0.2	2.0×10^5
7	1.5×10^5	0.142857	1.4×10^5
9	1.1×10^5	0.111111	1.1×10^5
11	0.72×10^5	0.090909	0.9×10^5

となり、誤差範囲内で、相対強度は、 $1/n$ 、に比例する。

まさに、音叉の角型構造のフーリエ展開式の係数の比と一致する。

これより、高調波は音叉の高次モードによるものと判断できる。

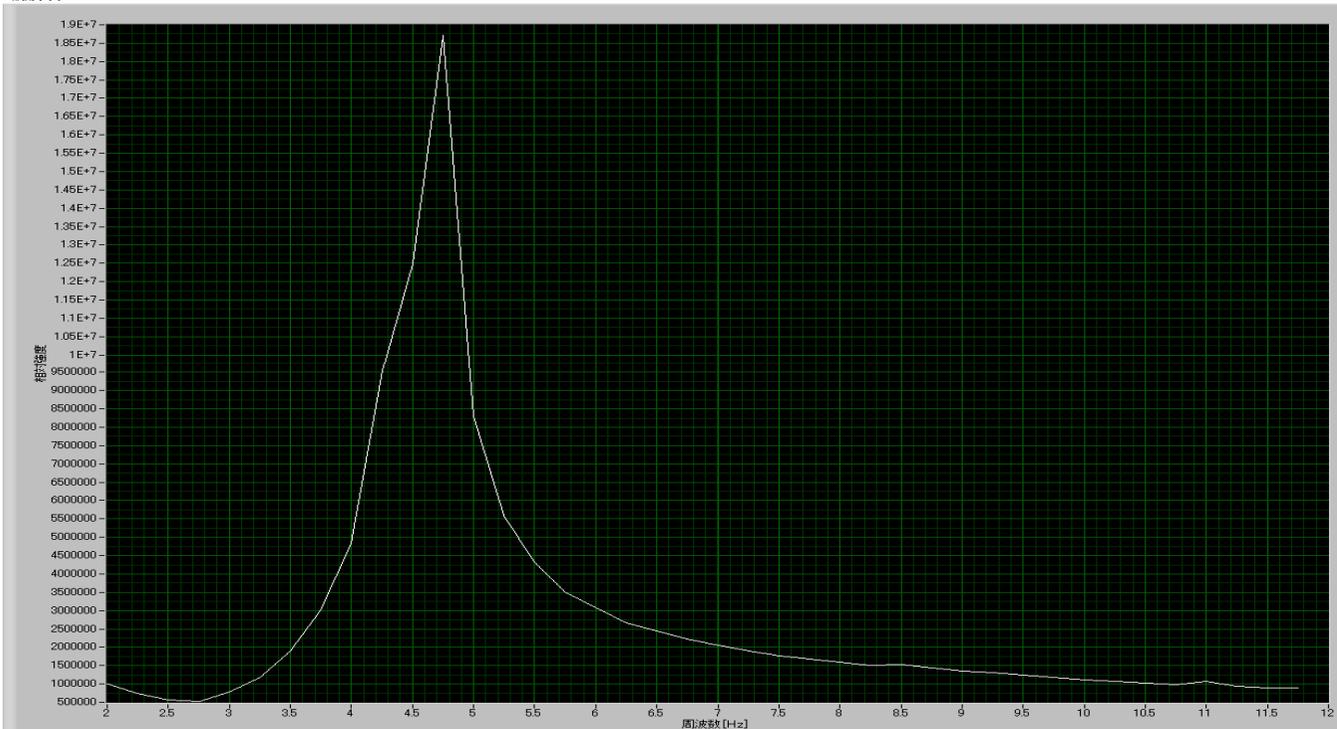
< 5 > 5 Hz近傍のスペクトル

(その1)では5 Hz近傍に2つの周波数の振動が存在することを示した。

この2つの振動のスペクトルを調べる。

残念ながら、データ点数の制約より、0.25 Hzの分解能のため、(その1)で示す周波数差0.252 Hzを直接評価することは難しい。

波形グラフ



Optical Measuring Instruments and Parts

しかしながら、上記スペクトルが非対称であることより、(少なくとも)2つの振動が重畳していることが知れる。
(残念ながら、0.25 Hzの分解能ゆえにこれ以上の議論は出来ない。)

ご意見は下記までお願いします
株式会社フォンプローブ
東京都日野市東平山1-6-2
代表取締役 理博 平野雅夫