
振動発電デバイスの調整と 広動作周波数帯域化に関して

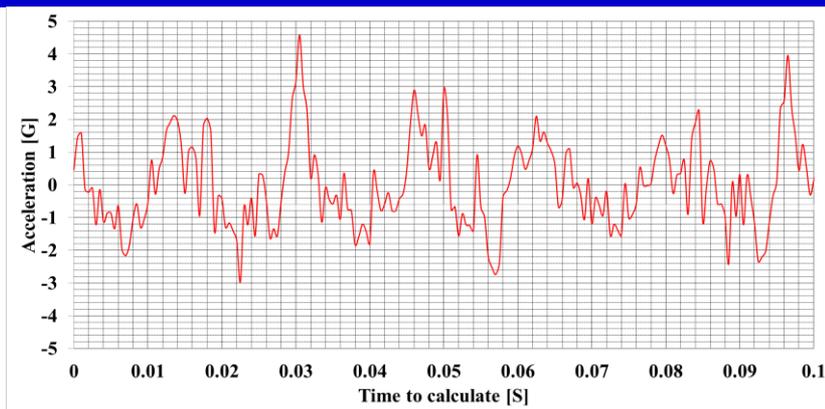
金沢大学 上野敏幸

課題

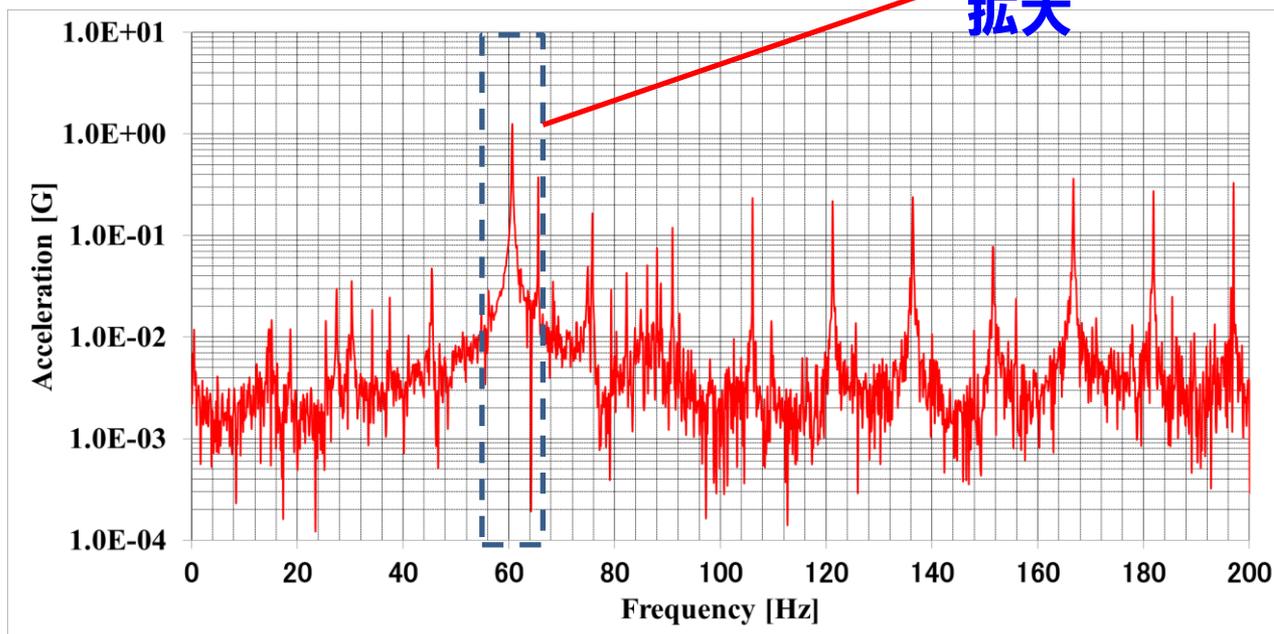
振動発電デバイスを実際の機械に取り付けて利用する場合、主に2つの技術的な課題を検討すべきである。

1. デバイスを振動源に適切に設置（固定）したとして、振動源のメイン周波数にどのようにデバイスの共振周波数を合わせるか？つまり調整するか？
2. 振動源のメイン周波数もしくはデバイスの共振周波数が何らかの原因でずれたときに、どのようにデバイスの出力を維持するか？

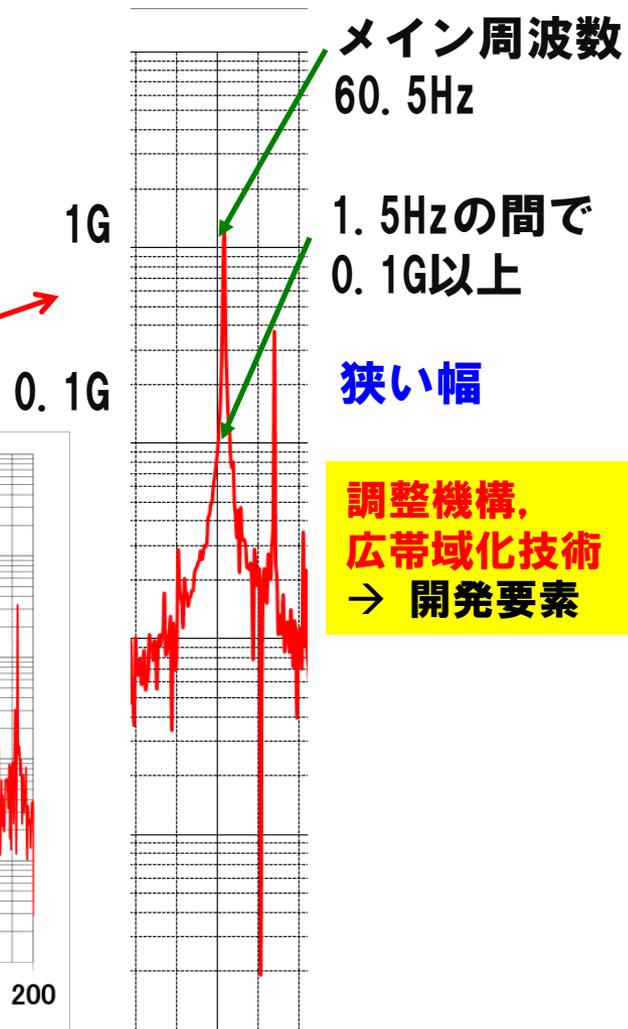
あるエンジンの振動加速度の実測データ



時間波形



FFT解析



60

発電デバイスの共振周波数調整法

共振周波数 f_r は主に質量 m とバネ定数 k で決まる。調整方法は2つ

1. 先端に付ける錘の質量 m を変える。

→データシートを元に錘を付ける（おおまかな調整）。

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m+m'}}$$

m' は錘なしの場合の
等価質量

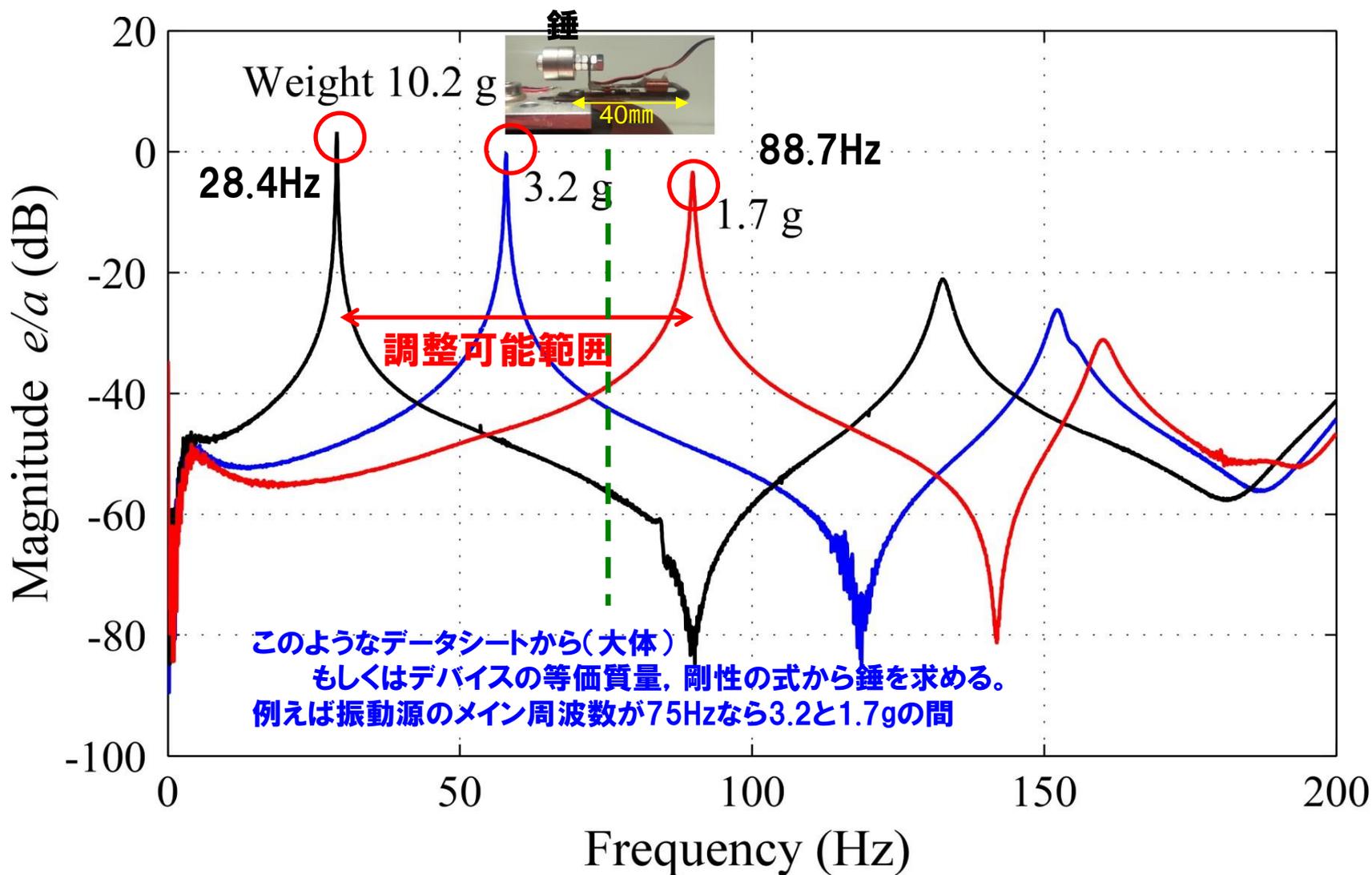
2. デバイスのバネ定数 k を変える。

→デバイスに永久磁石で磁力を作用させ、デバイスと磁石間のギャップの調整で剛性を変える（微調整）。

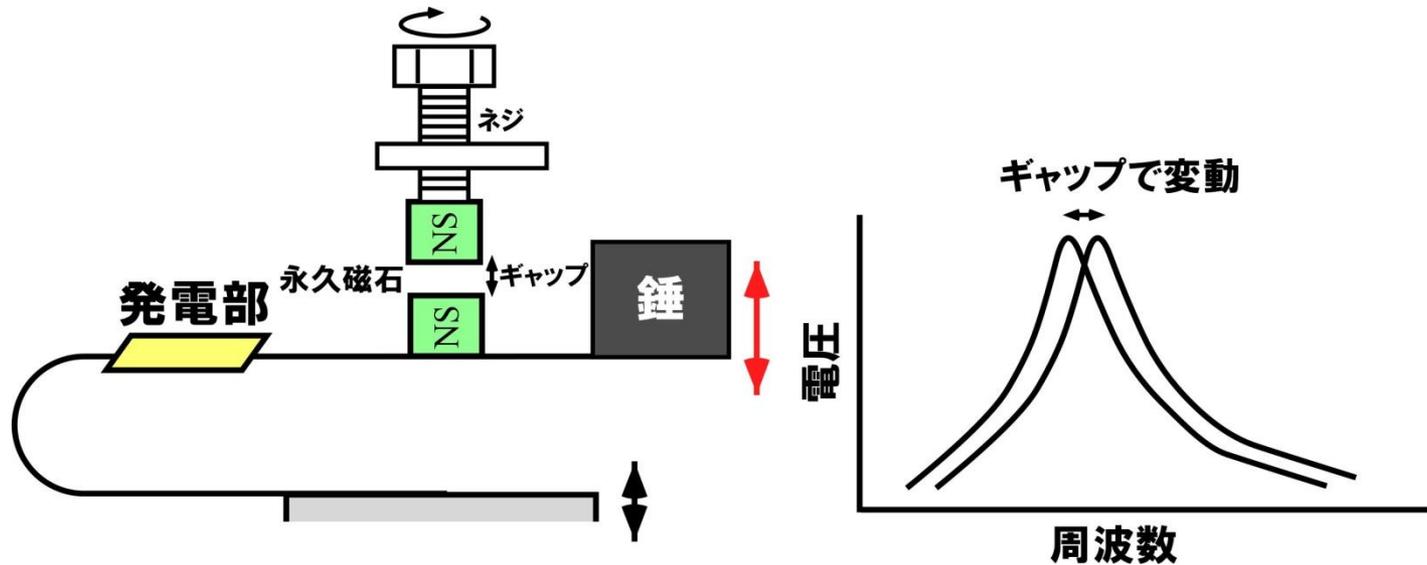
**要件：シンプルな機構で、現場での調整が可能、
微調整においてはデバイスに非接触で行うこと、
以上の調整を半永久に保持できること。**

なお現場調整ができないデバイス（周波数固定型）の利用は一部の用途に限られる。

錘をパラメータとした電圧の周波数特性



微調整機構の例：磁気力を利用



ネジを回しギャップを変化させることで、振幅（電圧）が変動する。これが最大になる位置でネジを固定する。

調整においてはデバイスに直接触れない、非接触がよい

理由：直接的な調整（例えば錘の位置）だと、これを固定する作業において少しずれる可能性がある。

変動する周波数への対応

振動源，デバイスのいずれかに経年や周囲温度等による周波数の変動があると考える。これに対応した広帯域（ロバスト）特性をデバイスは有する必要がある。この方法として電氣的な広帯域化と機械的な広帯域化技術がある。

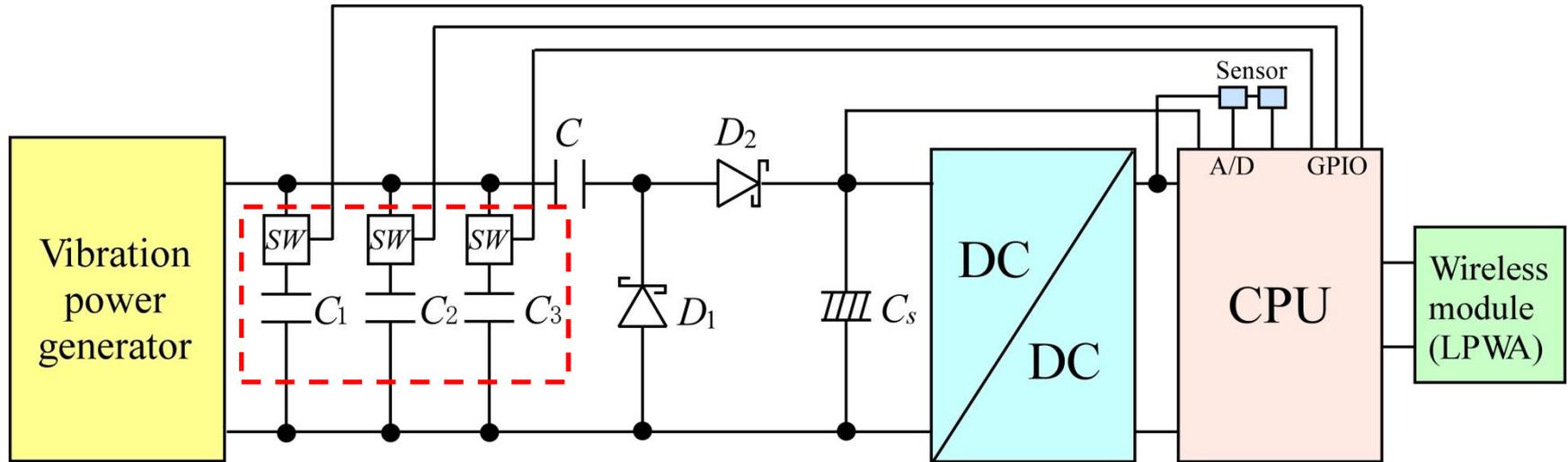
1. 電氣的な広帯域化

1. 倍電圧整流回路
2. 共振周波数の電氣的な制御

2. 機械的な広帯域化

1. 2個または複数デバイス（共振周波数が2点または複数），またはその連成
2. 磁力による非線形ばね（共振ピークが斜めに傾く）
3. 多質点，多自由度系（多共振モード，共振ピークが複数ある）
4. 振動増幅機構（ダイナミックダンパの原理によりデバイスの振動が増幅）

電気的な広帯域化技術



**Cによる
共振周波数の調整**
 C_s の電圧をモニタし
最適なCを選択する。
この場合、スイッチで
7通りの組み合わせから
選択する。

 **力率改善にもなる。**

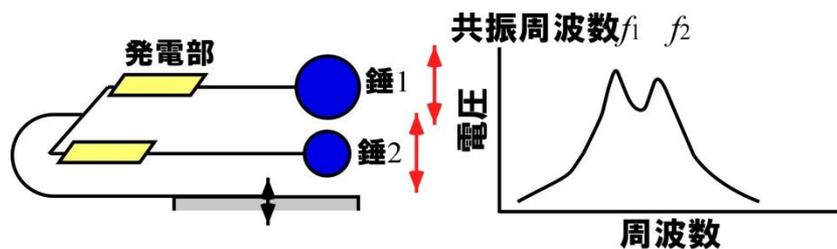
磁歪式では10%程度の調整が可能

倍電圧回路
共振からずれても
昇圧で稼げる。
段数が多いほど
広帯域になる。
ただし V_f 損失も
増加する。

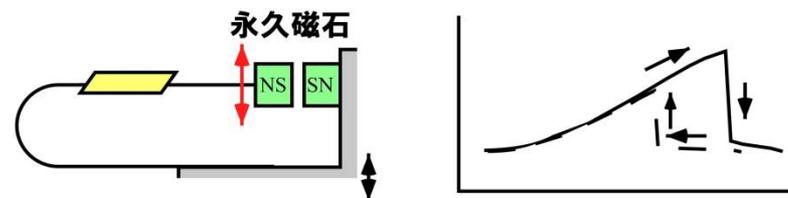
メリット
シンプルな回路
メカが不要、省電力
自動化に適する。

デメリット
**デバイスや出力条件に合わせた
回路設計**
Cや倍電圧の段数の選定

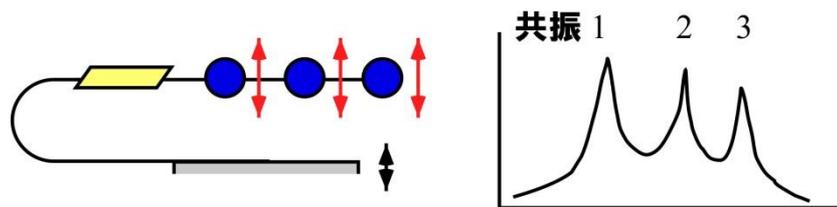
機械的な広帯域化技術



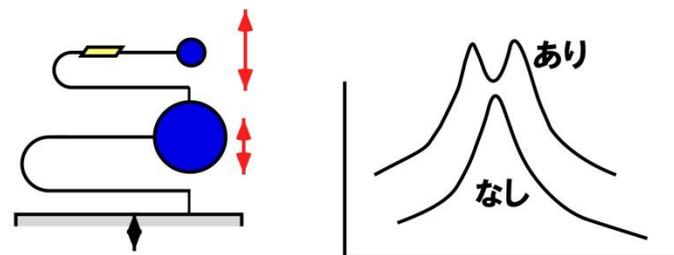
① 複数デバイスの連結



③ 非線形バネ



② 多共振



④ 振動増幅機構

周波数変動の幅に応じて、
①から④を選択、もしくは組み合わせる。
電気的な技術でカバーできるなら不要。

まとめ

共振周波数の調整や変動に対応する技術は必要。

コストや耐久性（寿命），取り扱い等の点でなるべくシンプルな構造にする。

- 手順：振動源の振動データ（少なくともメイン周波数の情報）があるとして，**
- (1) データシートにより適当な錘を選択し，デバイス先端に固定する。**
 - (2) 微調整：その場で振幅を目視，または発生電圧を測りながらこれらが最大になるよう磁石の距離をネジを調整する。
その調整を固定する。**
 - (3) 周波数変動においては，広帯域化技術でカバーする。
(広帯域化の研究については多くの論文が発表されている)**

デバイスの出力は高いに越したことはない。