

# 23 板バネによる支持を併用した磁気バネに基づく 共振周波数可変機構の製作と振動発電機への応用

学籍番号：15304583 氏名：齋藤 浄 指導教員：小林 泰秀 准教授

## 研究背景

様々な場面で振動抑制制御が利用され、様々な活用が期待される  
**振動体制制御**

従来の方法

- アクティブ制御 → アクチュエータ (制御系) の使用
    - 振動に対して逆位相のエネルギーを投入(消費)し、制振
  - パッシブ制御 → ダンパ (エネルギー散逸要素) の配置
    - 振動を熱として変換、エネルギーを浪費し、制振
- どちらもエネルギーを消費・浪費して制御を行う**

今回の方法

- セミアクティブ制御 → 振動発電機の設置
    - 振動エネルギーを電気エネルギー(電力)に変換し制振
- 振動発電機の制振性能の検討は少ない  
共振周波数と発電装置の共振周波数を一致させる必要がある

研究目的

- 共振周波数可変機構の改良、検証
- セミアクティブ制御の実現、他の制御法との比較、検証

## 改良型共振周波数可変機構

### 1. 実験再現性

**板バネ支持**

振動体を板バネにより支持することで  
振動体の接触を防ぐ  
→ 振動体の抑制能力が不十分

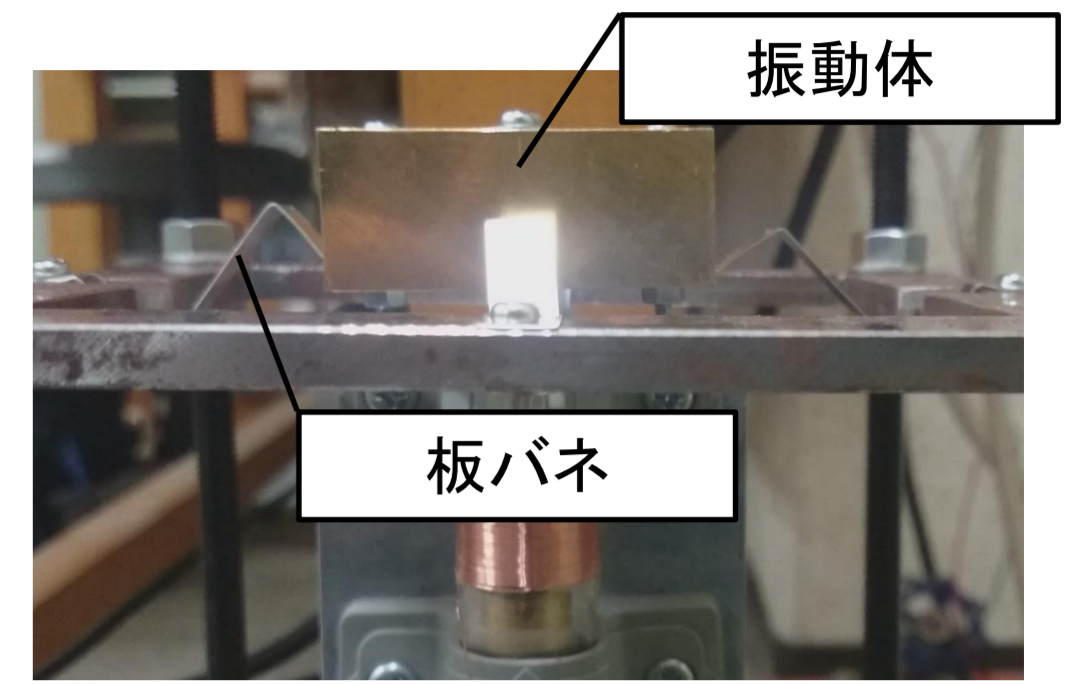
**位置を逆転**

重力によるマスの位置補正を利用

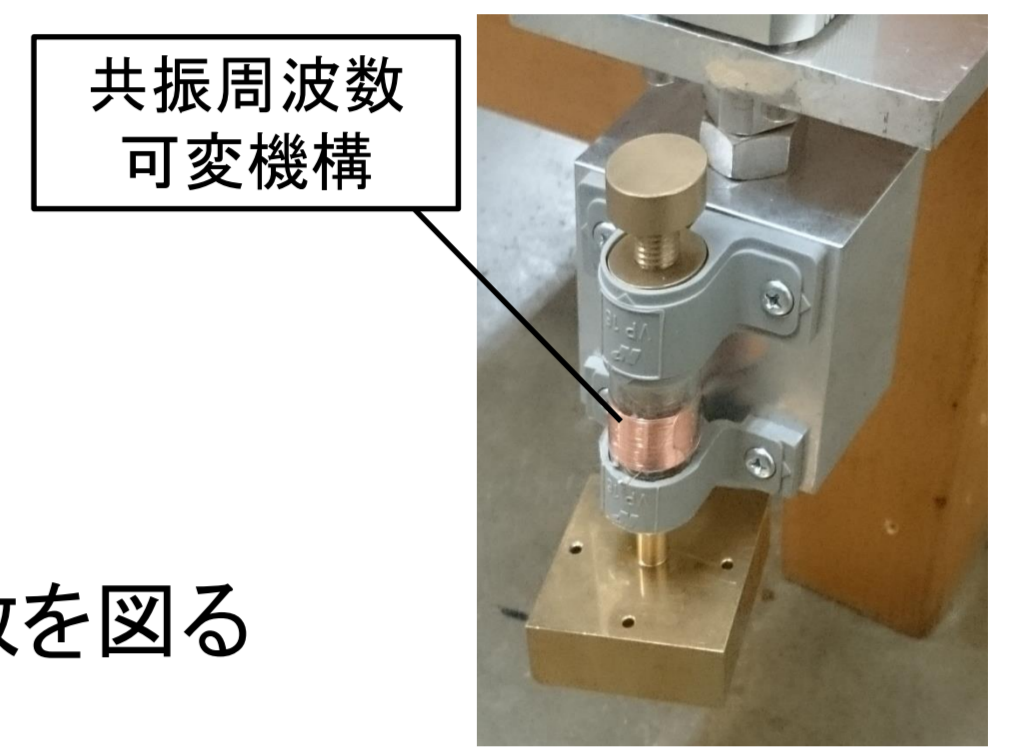
### 2. 共振周波数可変域

**振動体質量を増加**

振動体共振周波数低下、振動発電機との一致を図る



板ばね支持後実験装置



位置逆転後実験装置

## 従来研究

共振周波数可変機構を製作、市販の振動発電機を利用  
セミアクティブ制振、発電システムを検証

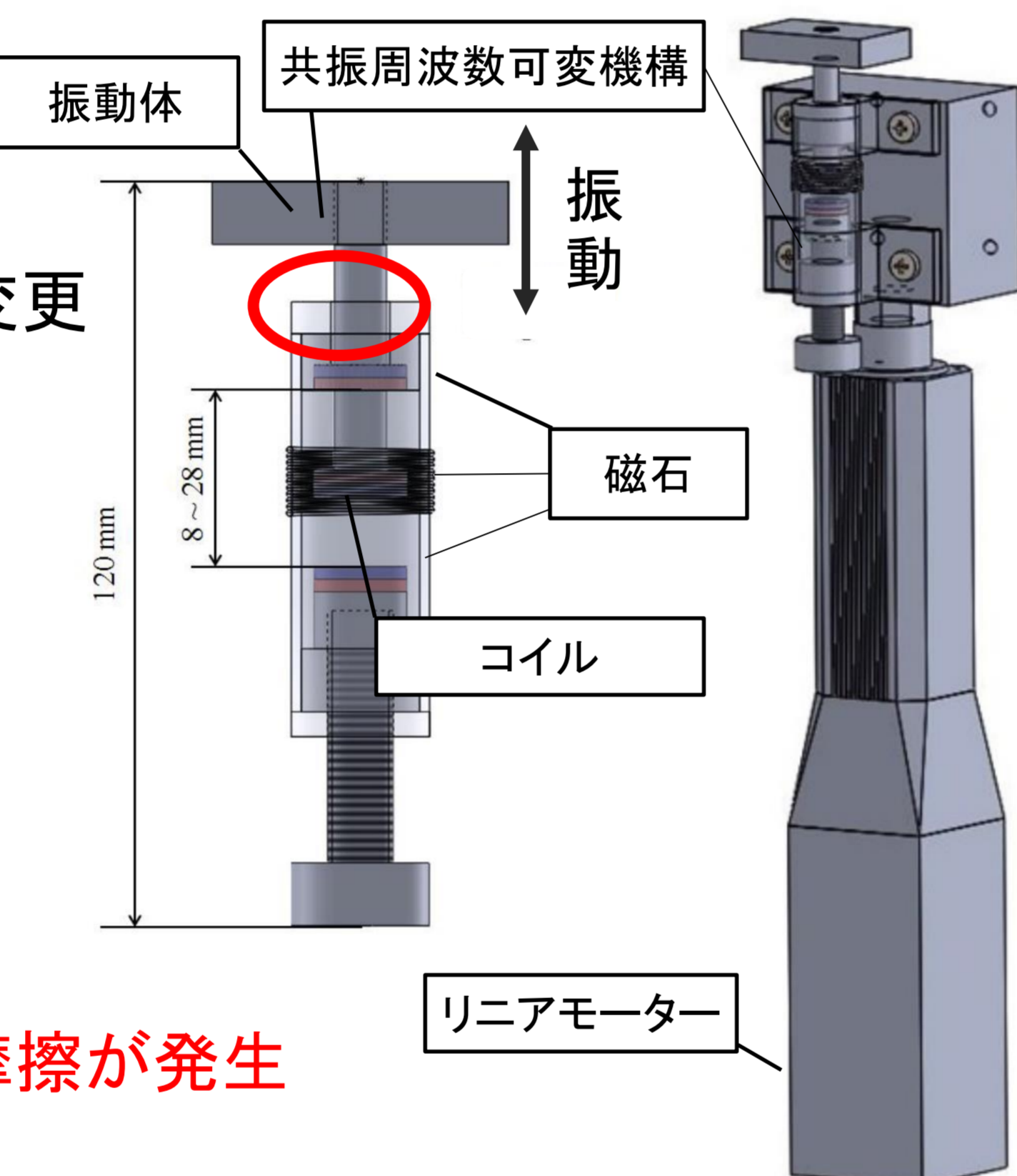
### 共振周波数可変機構

- 振動発電機を設置可能
- 下部磁石で磁石間距離を変更
- コイルに発生する電圧より共振現象を計測

共振周波数可変を確認  
(8.5Hz~11.5Hz)

### 問題点

- 実験再現性  
振動体と装置本体が接触、摩擦が発生
- 周波数可変域  
使用予定の振動発電機と共振周波数と不一致(5Hz)



## 共振周波数可変機構

### 共振周波数可変機構の基本原理

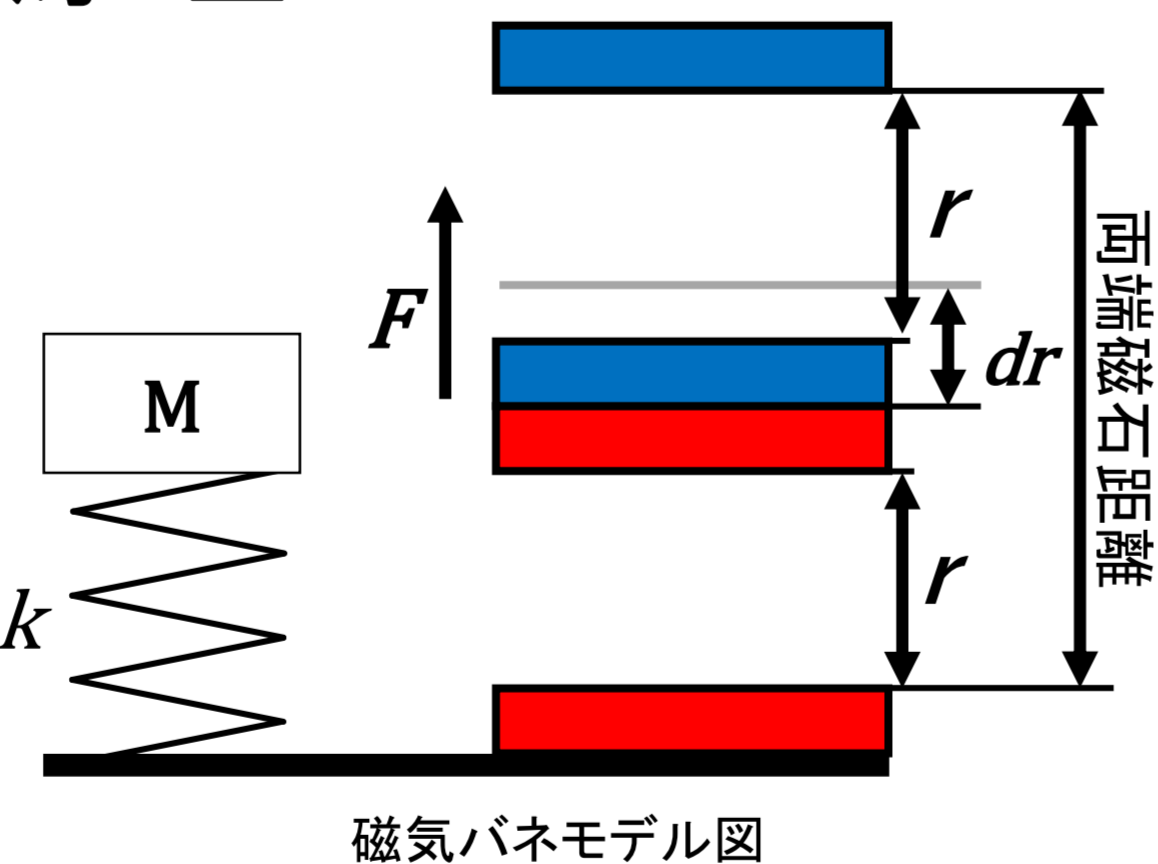
クーロンの法則

$$F = k_M \frac{a_1 \times a_2}{r^2}$$

→ 磁石間の距離(r)で力(F)が決定

周波数可変装置

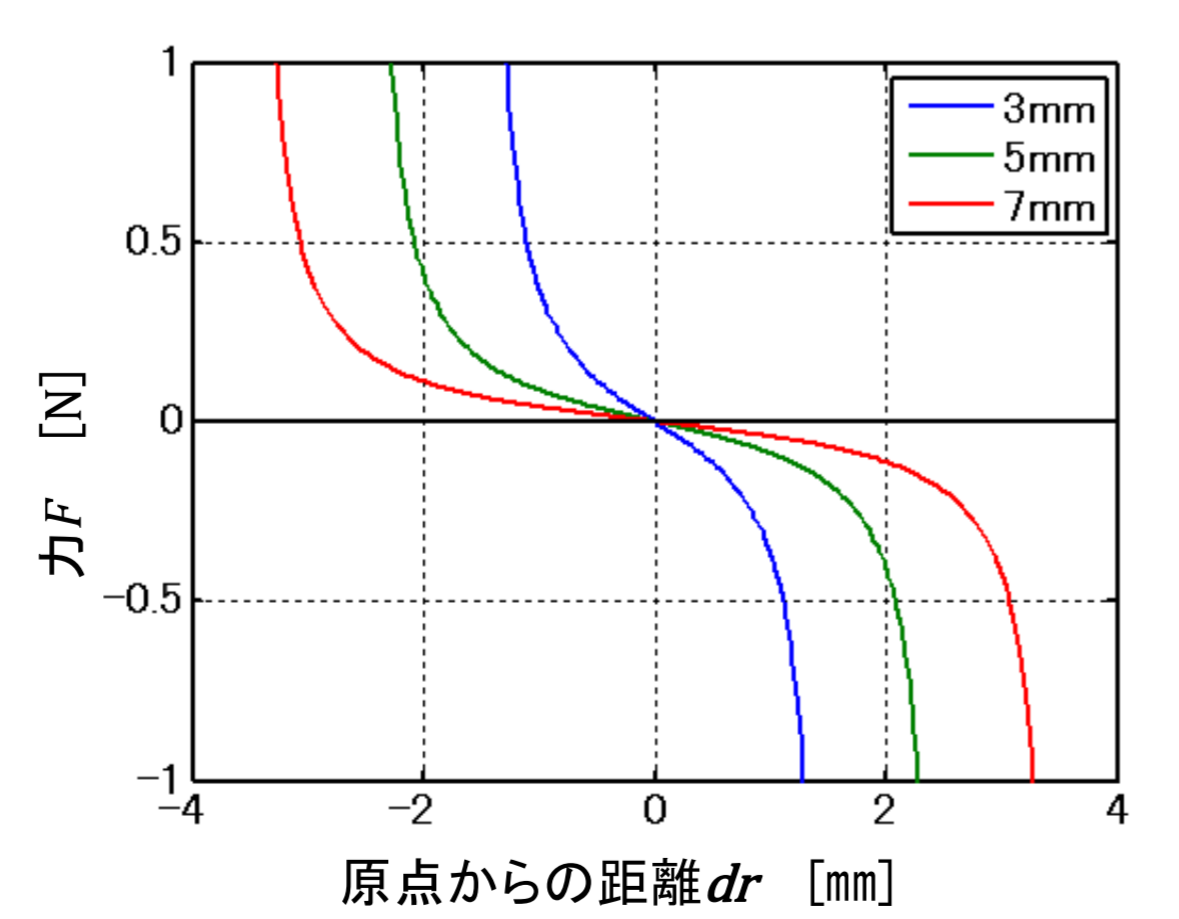
$$F = k_M \frac{a^2}{(r+dr)^2} - k_M \frac{a^2}{(r-dr)^2}$$



→ 両端磁石距離で力(F)の増加量(傾き)が決定

磁石間距離:  $r$  [mm]  
力:  $F$  [N]  
磁気量:  $a_1 a_2 = a = 11.15 \times 10^{-4}$  [Wb]  
比例定数:  $k_M = \frac{1}{4 \times 1.25 \times 10^{-6}}$  [Nm<sup>2</sup>/Wb<sup>2</sup>]

微小区間での傾きはほぼ一定  
→ バネ定数を表現



原点からの距離と中心磁石に発生する力の関係

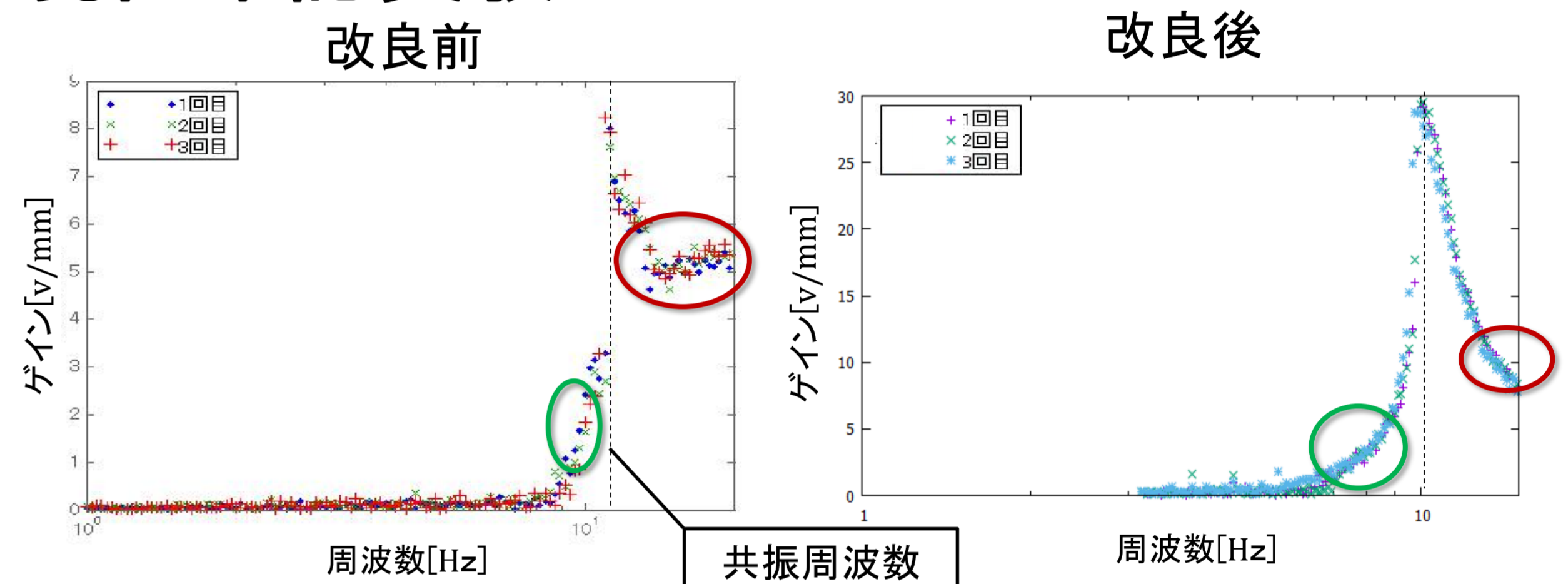
	磁石間距離長	磁石間距離短
バネ定数	小	大
共振周波数	高	低

**共振周波数可変を実現**

## 周波数応答実験

周波数可変機構を加振させ周波数可変、再現性の向上を確認

### 1. 再現性確認実験

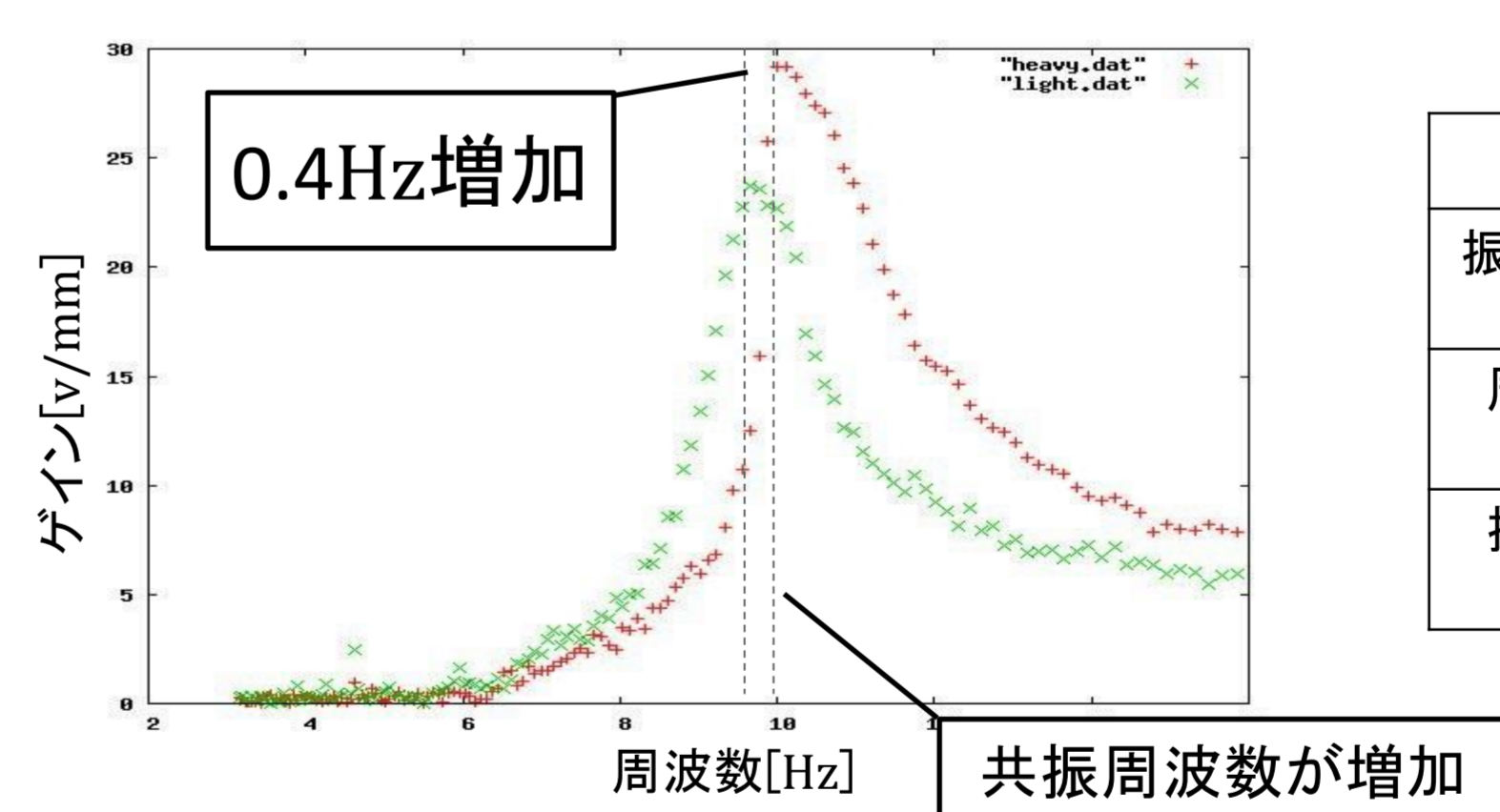


- 共振現象発生前、後のばらつき減少  
→ 不安定要素の改善
- 低振幅での共振現象の発生  
→ エネルギー損失の改善
- 共振現象発生確率の向上  
→ 静止摩擦の減少

実験条件1

	改良前	改良後
振幅(片振幅) [mm]	1.7	0.5
周波数範囲 [Hz]	1~20	2~15
振動体質量 [g]	136	405

### 2. 共振周波数可変域検証実験



実験条件2

	軽量版	重量版
振幅(片振幅) [mm]	0.5	0.5
周波数範囲 [Hz]	1~15	1~15
振動体質量 [g]	136	405

- 振動体質量変化による共振周波数の変化を確認
- 質量増加によって共振周波数が増加
- 線形バネと逆方向の変化

重力の影響で磁石間の距離が減少  
→ バネ定数kが増加し共振周波数増加

$$fn = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

線形バネでの共振周波数

## まとめ

- 改良型共振周波数可変機構
  - 接触による摩擦を低下、再現性向上を確認
  - 質量増加による共振周波数増加を確認

## 今後の予定

- 周波数可変機構の改良
  - 振動体の質量再検討
  - 振動発電機を考慮した実験装置の開発
- 振動発電機による制振効果の検証
  - 計算値との比較、検証有用性の確認