

[Abstract]

The final goal of this study is to develop a vibration control system which suppresses the vibration by absorbing energy. The existing vibration control systems are realized by active and passive control technique which needs energy consumption: Active control consumes energy from the fact that the control system is always operating; Passive control dissipates energy as heat by the mounting of a damper. Therefore the existing control methods have a problem that consumes energy. And, the study of the device which suppresses the vibration by absorbing energy has not been carried out enough. In this study, we offer two approaches. The first approach is the development of the damping device using a semi-active control. This device extracts energy by varying the resonance frequency dynamically as received the vibration from the environment. The method using a magnetic spring is known as one of the way to vary the resonance frequency. We conducted experiments with the device using this method, and indicated that the resonance frequency can be varied by changing the distance between the magnets. The second approach is a study about vibration generator. The vibration generator is a device extracting power from the vibration of the environment. However, the effect of damping performance has not been considered yet. For testing the damping performance of the vibration generator, we conducted the preparation using the developed device.

1. 研究背景

振動体の制振制御

<従来の研究>  
 アクティブ制御 → アクチュエータ (制御系) の使用  
 パッシブ制御 → ダンパ (エネルギー散逸要素) の配置

【問題点】  
 エネルギー消費

<今回の研究>  
 セミアクティブ制御 ... バネマス系 + 共振現象 → 発電してエネルギーを抽出  
 ↳ 問題1: 共振周波数の可変を行う必要がある  
 振動発電機 ... 振動エネルギーを電気エネルギーに変換 = 電力を抽出  
 ↳ 問題2: 制振性能の効果 (制振と発電の関連) の検討は未だに少ない

- 本研究の最終目的  
 振動体の振動を、エネルギー (電力) を取り出すことによって抑制する  
 振動制御系 (セミアクティブ制振・発電装置) を開発する。
- ポスター最終発表までの目標  
 セミアクティブ制振・発電システムのための共振周波数可変機構の製作を行い、  
 振動発電機が持つ制振性能の把握・検証に向けた予備実験/準備を進める。

2. 磁気バネによる共振周波数可変の基本原理解

● バネマス系の共振周波数可変の基本原理解

運動方程式:

$$m\ddot{x} = -kx$$

共振周波数  $f_n$ :

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

磁気バネを利用し、  
バネ定数  $k$  を可変

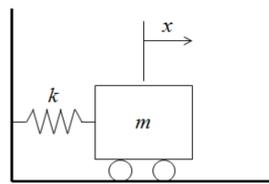


Fig.1 バネマス系

● 磁気バネの基本原理解

磁石の同極同士の反発力と、異極同士の吸引力を利用したバネ特性  
 クーロンの法則:  $F = k_m \frac{a_1 \times a_2}{r^2}$       フックの法則:  $F = kx$

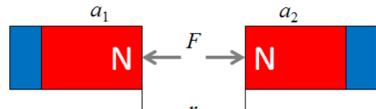


Fig.2 磁気バネ (平衡点周り)

磁石間距離 大 = バネ定数 小  
 → 共振周波数 小  
 磁石間距離 小 = バネ定数 大  
 → 共振周波数 大

力:  $F$  [N]  
 磁気量:  $a_1, a_2$  [Wb]  
 磁石間距離:  $r$  [m]  
 比例定数:  $k_m$  [ $\text{Nm}^2/\text{Wb}^2$ ]

3. 共振周波数可変機構の設計・製作

● セミアクティブ制振・発電システムの計画

- ① Fig.3に示すシステムの概略を満たすこと。
- ② 磁気バネの特性を利用した、共振周波数の可変・調整が行える装置であること。
- ③ 振動発電機の質量  $m_2$  は、マス  $m_1$  に対して、無視できるほど小さい ( $1/10$ 以下) とすること。

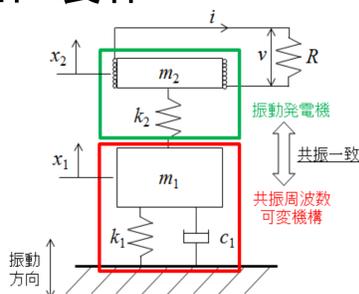


Fig.3 セミアクティブ制振・発電システムの概略

● 共振周波数可変機構の設計・製作

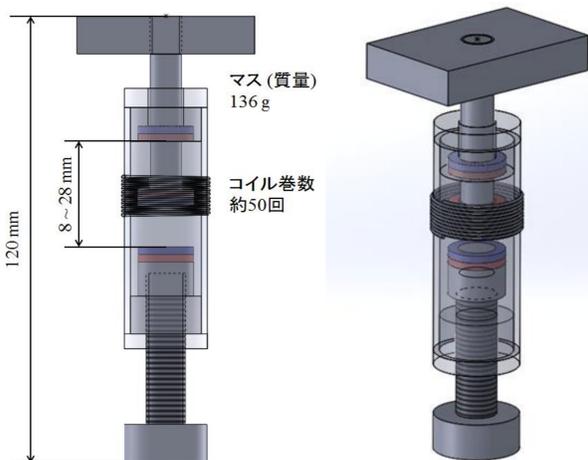


Fig.4 SolidWorksによる設計



Fig.5 製作した共振周波数可変機構

4. 実験装置

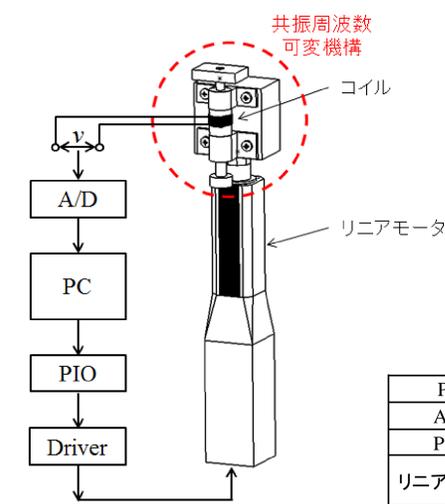


Fig.6 実験装置概略

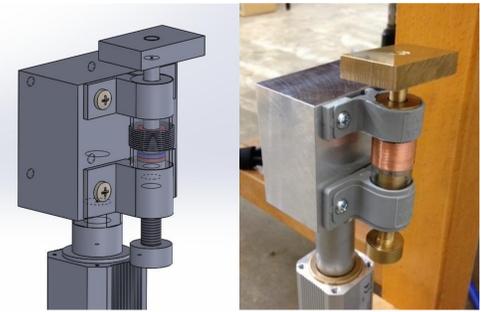


Fig.7 実験装置の取り付けの様子

Table2 実験装置の詳細

PC	Dell Dimension 2400/RTLinux, Fedora Core1
A/D	Interface, PCI-3174
PIO	CONTEC, PIO-32/32T (PCI)
リアモータ	Orientalmotor, EZC4D005M-A, Stroke (max) 50 mm, Thrust (max) 70 N, Speed (max) 600 mm/s
共振周波数可変機構	材料: 真鍮・アクリル・ネオジム磁石・コイル, マス (質量): 136 g, コイル巻数: 約50回

5. 磁気バネを利用した共振周波数の可変実験

● 実験目的

磁気バネを利用した共振周波数可変機構の装置から、共振周波数の可変を、周波数応答実験を通じ、実験的に検証し確認する。

● 実験方法

製作した共振周波数可変機構の装置を加振させて、周波数-出力電圧/振幅の関係を測定する (周波数範囲 1~20 Hz、負荷抵抗は開放状態に設定)。

測定条件

- ・測定は同条件下で3回ずつ測定 → 再現性の確認
- ・磁石間距離を2パターンに分けて測定 → 共振周波数の可変を確認

● 実験結果と考察

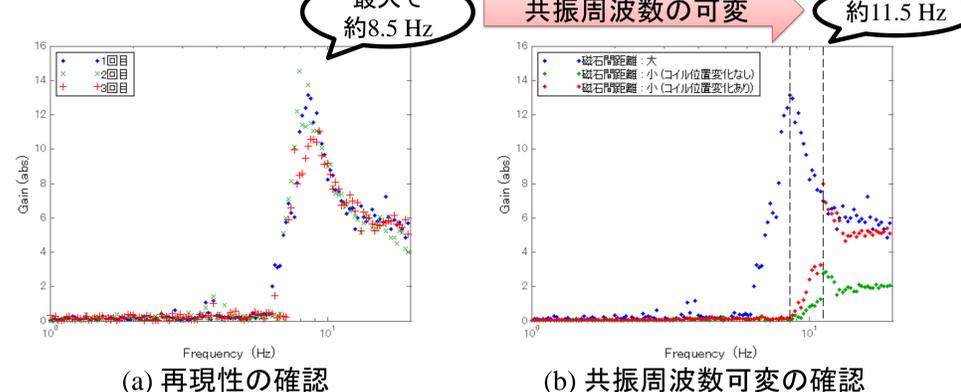


Fig.8 各周波数応答測定結果※

- ・共振周波数の可変 (約3 Hz) 確認 → 磁気バネの基本原理解を満たす
- ・Gainの低下 → 可動磁石とコイルの中心が不一致
- ・Gain不定 → 減衰 (摩擦) 大 = エネルギー損失 大 課題 → 板バネを併用した対策
- ・共振周波数約5 Hzの調整 課題 → マスの再選定・再製作

準備

※ 磁石間距離の差は約5 mmである。また、加振振幅の値は、それぞれ一定である。



Fig.9 板バネを併用した実験装置の設計

6. まとめ

- 共振周波数可変機構を製作した。
  - 周波数応答実験の結果から、磁気バネを利用して共振周波数の可変を実験的に検証し、確認した。
  - 共振周波数可変機構の装置を用いて、セミアクティブ制振・発電システムの予備実験/準備を進めた。
7. 今後の課題
- 共振周波数可変機構の装置の改良 (板バネの併用、マスの再製作)
  - 振動発電機が持つ制振性能の把握・検証