

26 バネマス系を利用したセミアクティブ制振装置の製作と梁の振動制御への応用

学籍番号：12106387 氏名：永井和貴 指導教員：小林泰秀 准教授

1. 研究背景

振動体の制振制御の研究を行っている。

<従来の研究>

アクチュエータを用いて、外乱を抑制するアクティブ制御が行われてきた。

<今回の研究>

梁を対象とした振動体の振動エネルギーをマスの振動に変換・発電させ、エネルギーを取り出して梁を制振する。

効率良く取り出すには

共振の原理を利用する!しかし、共振周波数を外部信号により可変させる装置は、まだ開発されていない...

- 目的
梁の振動を、エネルギーを吸収することによって抑制するセミアクティブ制振装置を開発する。
 - 社会的意義
振動に係る問題が対策できるに加え、エネルギーハーベスティング技術^{※1}の進歩にも貢献できる。
- ※1 周りの環境から微小なエネルギーを収穫して、電力に変換する技術

2. セミアクティブ制振装置の検討

● 運動方程式

Fig.1の場合

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f$$

Fig.2の場合

$$m_1\ddot{x}_1 + (c_1 + c_2)\dot{x}_1 - c_2\dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2x_2 = f_1$$

$$m_2\ddot{x}_2 - c_2\dot{x}_1 + c_2\dot{x}_2 + k_2x_1 - k_2x_2 = f_2$$

● 変位

Fig.1の場合

$$x = \frac{f}{(k - m\omega^2) + cj\omega}$$

Fig.2の場合

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -m_1\omega^2 + (c_1 + c_2)j\omega & -k_2 - c_2j\omega \\ +(k_1 + k_2) & -m_2\omega^2 + c_2j\omega \\ -k_2 - c_2j\omega & -m_2\omega^2 + c_2j\omega \\ & +k_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}$$

ただし $f = f_1 = e^{j\omega t}$
 $f_2 = 0$

振動を抑制できる!

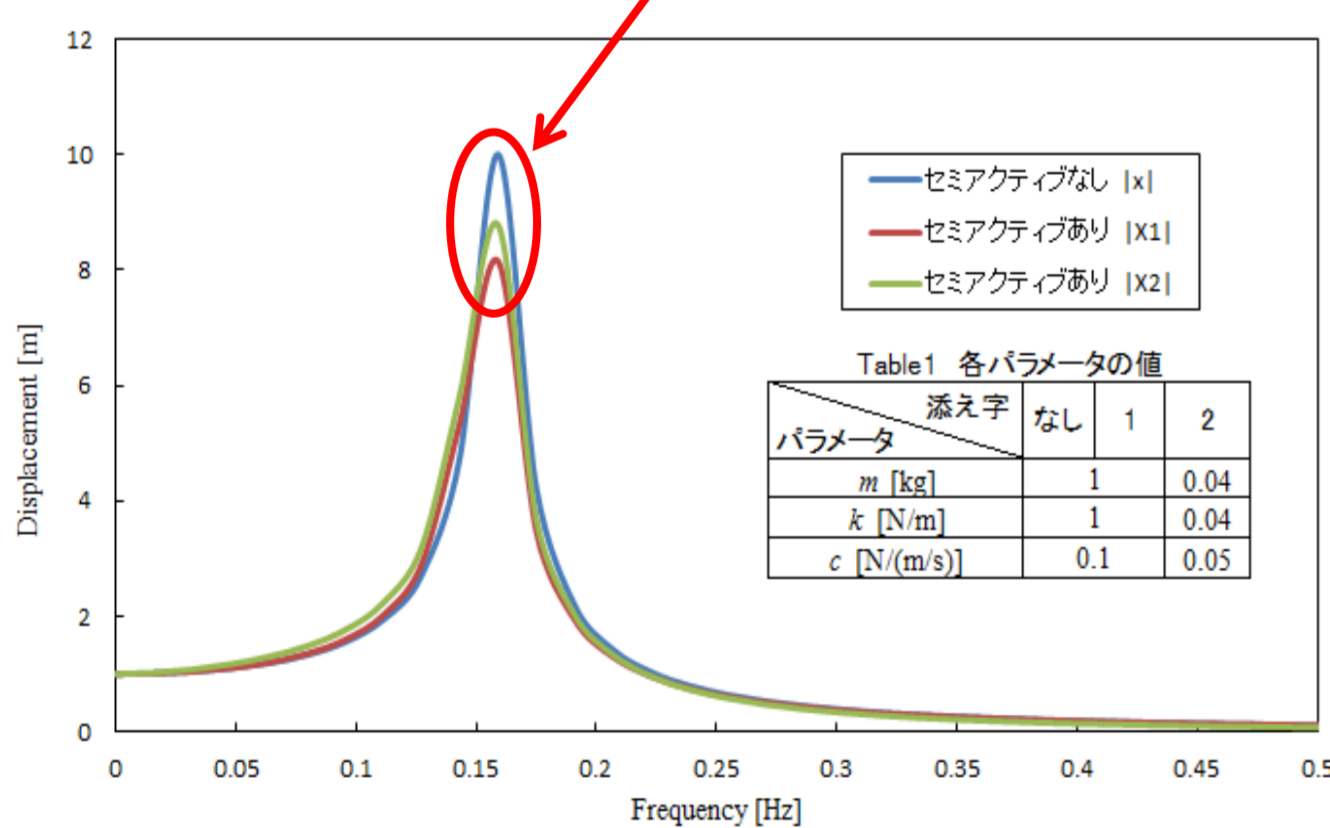


Fig.3 $c_2=0.1$ の共振曲線

注意2: Table1~3に関しては、共振周波数が約0.16Hzになるように、各パラメータの値を設定している。

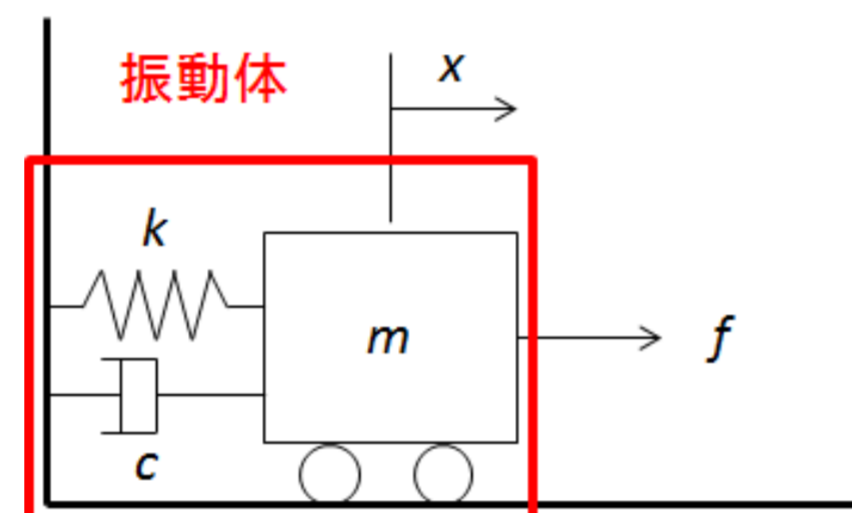


Fig.1 振動体の概要

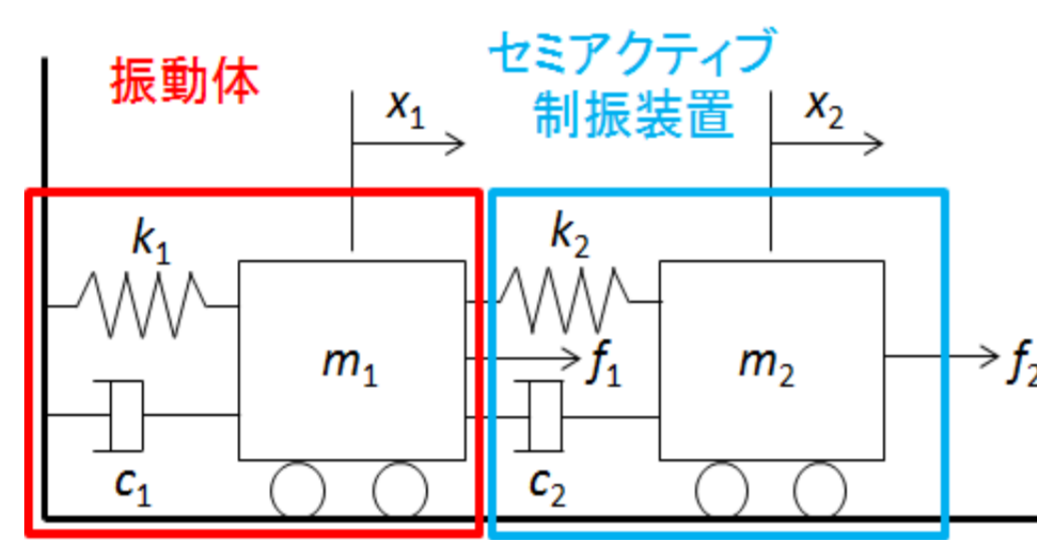


Fig.2 振動体とセミアクティブ制振装置の概要

注意1: 減衰係数 c_1 に関しては、空気抵抗や摩擦などによって生じる減衰を加味している。本来、振動体に取り付けるものは、バネマス系の装置のみである。

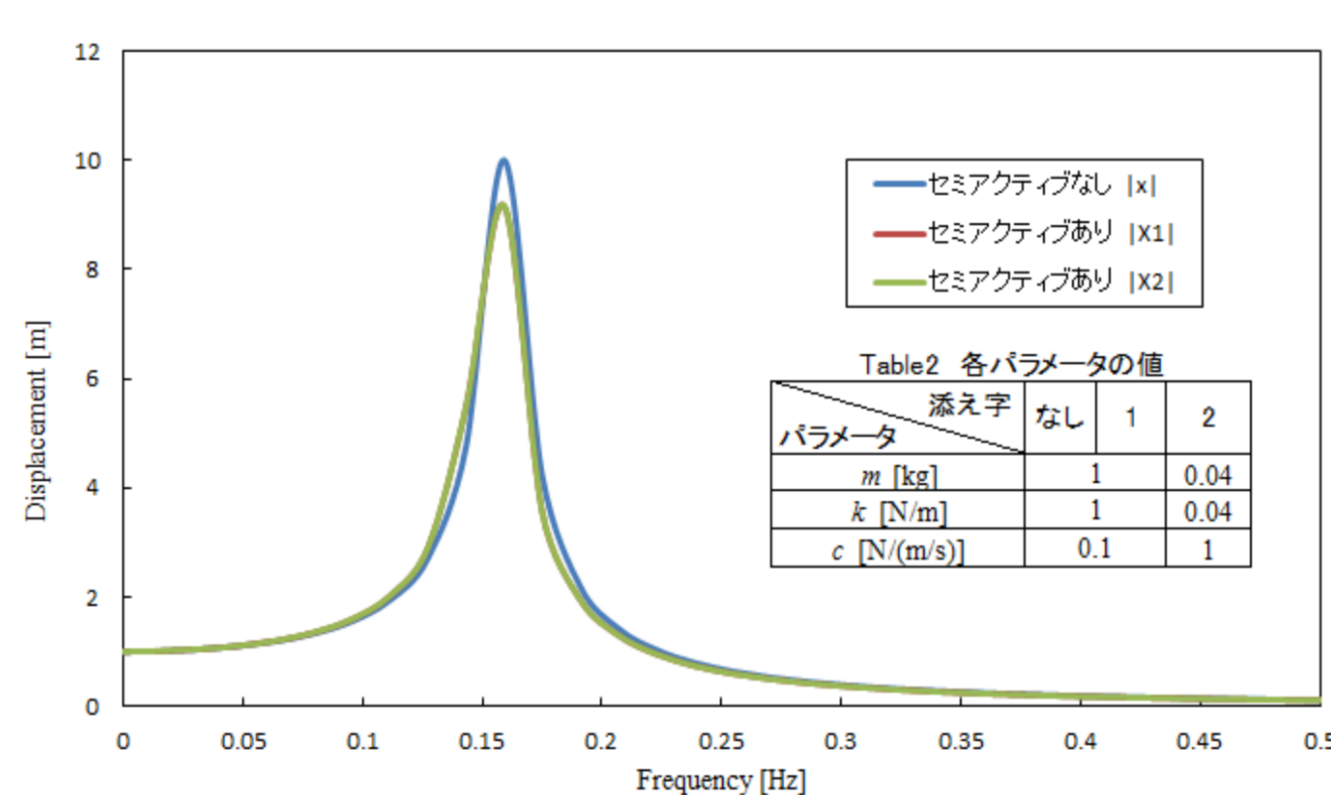


Fig.4 $c_2=1$ の共振曲線

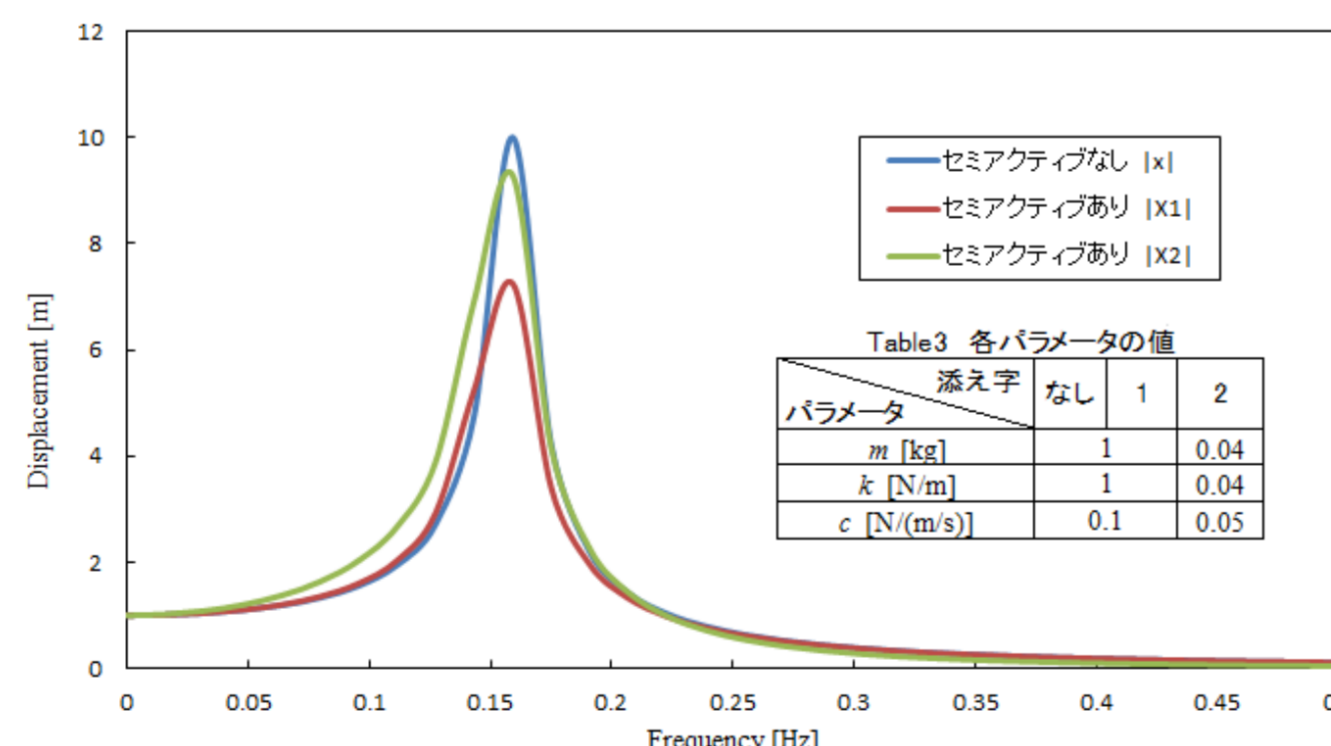


Fig.5 $c_2=0.05$ の共振曲線

3. 発電方式の検討

● 振動発電に使われるデバイス

- ① 圧電素子...圧電効果の原理を利用して、発電する。
- ② 電磁誘導式...磁石とコイルを使って、発電する。
- ③ 静電誘導式...エレクトレット^{※3}電極基板とメタル電極基板を使って、発電する。

※2 半永久的な電荷を持つ絶縁体のこと

● 発電方式の選定条件

- ✓ 共振周波数を可変できるもの
→ 電磁誘導式
- ✓ 発電電力が最も優れるもの
→ 電磁誘導式
- ✓ 1次元運動ができるもの
→ 電磁誘導式
→ 静電誘導式

電磁誘導式に決定!

5. セミアクティブ制振装置の設計

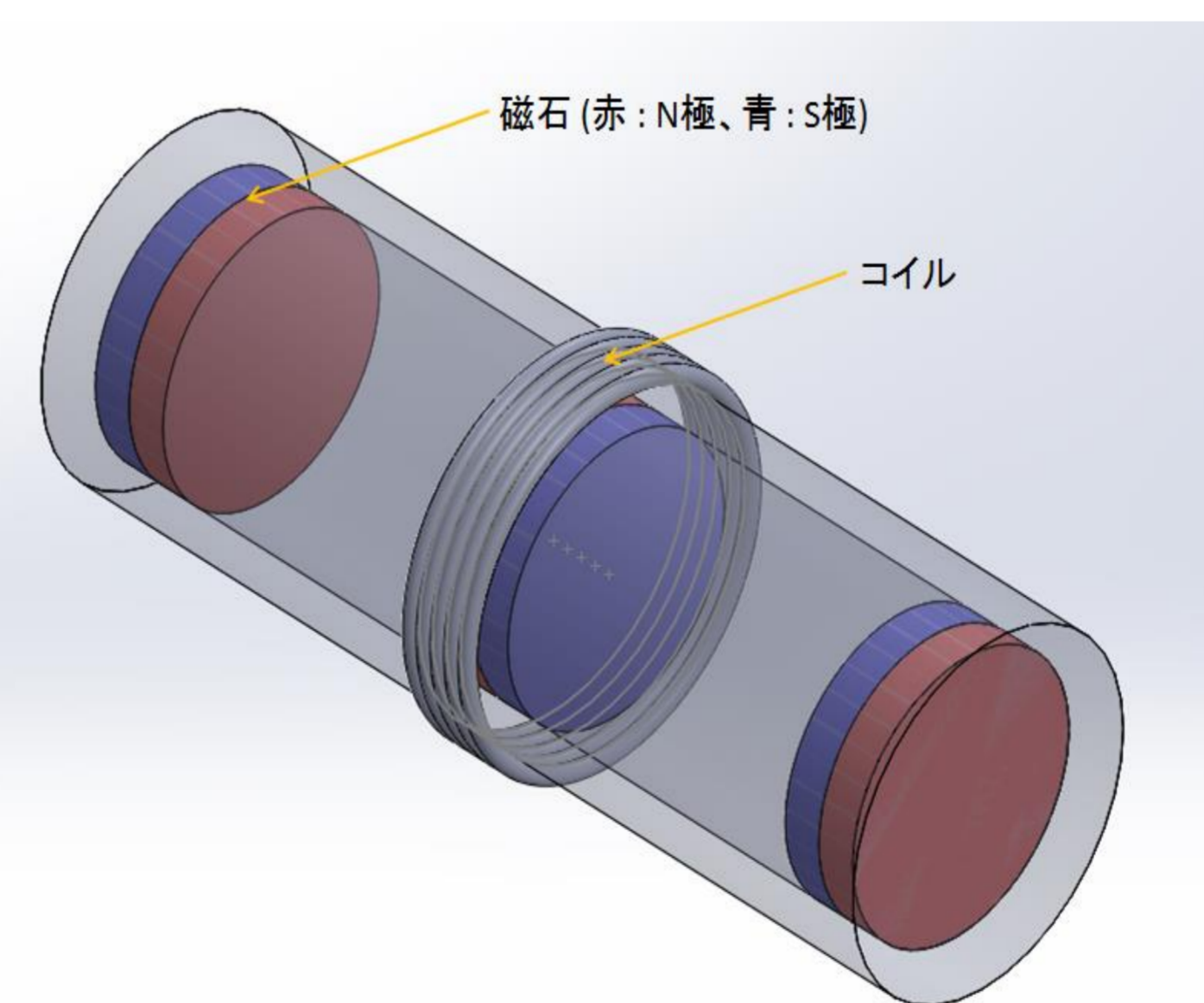


Fig.8 セミアクティブ制振装置 (全体図)

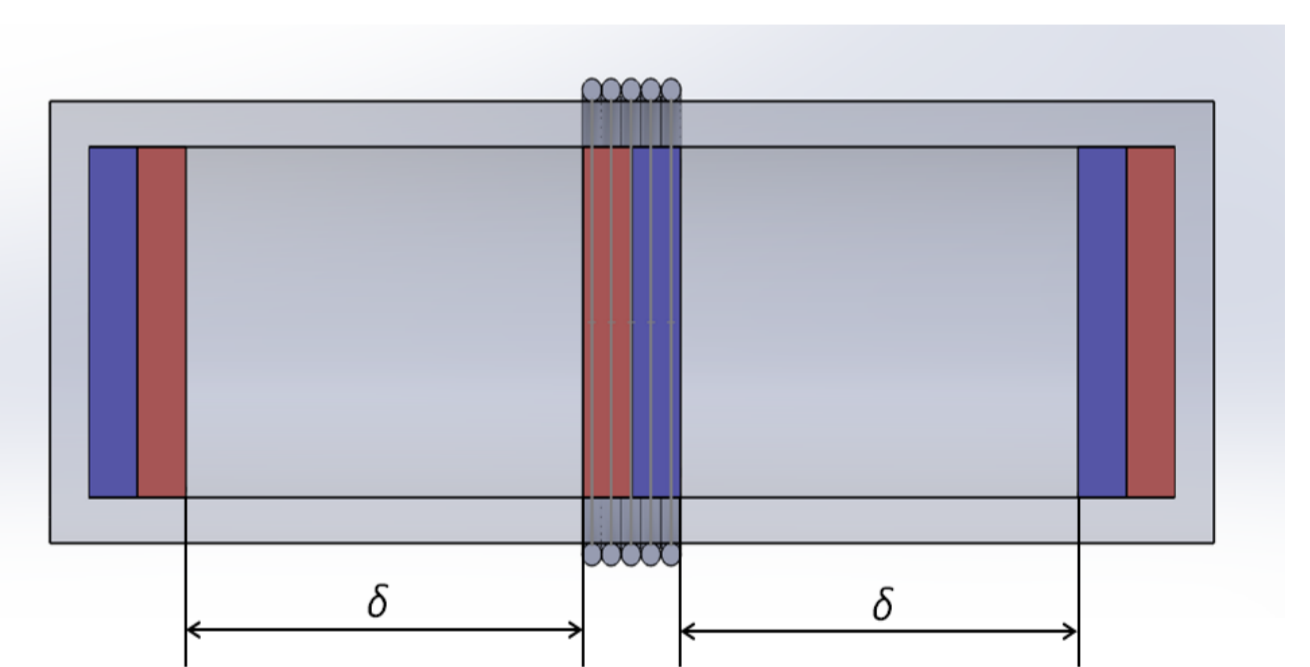


Fig.9 セミアクティブ制振装置 (平面図-平衡状態-)

磁石間の距離 δ を変化させ、バネ定数 k を可変

→ 共振周波数の調整

6. まとめ

- 運動方程式による結果から、セミアクティブ制振装置を振動体に取り付けることで、振動を抑制できる。

7. 今後の予定

- セミアクティブ制振装置の材料の選定および発注
- セミアクティブ制振装置の製作および周波数応答実験
- 梁を対象とした振動制御の実験