

(小山高専機械工学科<sup>1</sup>, 小山高専情報科学教育研究センター<sup>2</sup>)○ 朱 勤<sup>1</sup>・佐藤 智一<sup>2</sup>・懸川 滉大<sup>1</sup>

キーワード：負剛性，防振，強制振動，車輛，座席

## 1. 緒言

人間にとって医学的に有害な低周波励振の周波数帯域は 0.5 ~ 5Hz 辺りに存在すると確認されている。振動による健康被害を避け、乗り心地を改善するために、車輛などに利用する座席の防振装置の開発が続けられている。パッシブ型防振座席は優れた低周波振動の抑制能力を有するため、開発が続けられてきた。しかし、粘性減衰が存在する場合、システムの動特性を検討した報告は見当たらない。そこで、本研究では線形支持ばねと粘性減衰で構成される座席の防振構造の運動方程式を導出し、数値シミュレーションによってそのモデルの応答を調べた。

## 2. 力学モデルと運動方程式

本研究に用いた単自由度防振座席の構造を図 1 に示す。基礎の変位は  $z_b(t) = A \sin \omega t$  とする。

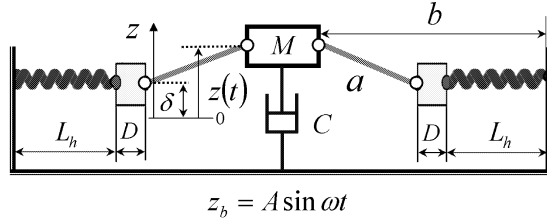


Figure 1: Mechanical model of isolation system

鉛直方向のばね復元力  $F = 2F_h \tan \beta$  で、また

$$F_h = K_h (L_h - L_0) \quad (1)$$

$$L_h = b - D - \sqrt{a^2 - \Delta x^2} \quad (2)$$

$$\tan \beta = \frac{\Delta x}{\sqrt{a^2 - \Delta x^2}} \quad (3)$$

ここで、 $K_h$  は水平ばねのばね定数であり、 $L_0$  と  $L_h$  はそれぞれ、ばねの自然長と任意時刻  $t$  のばねの長さである。よって、負剛性を有するばねの復元力は次式で求められる。

$$F = 2K_h \left( \frac{b - D - L_0}{\sqrt{a^2 - \Delta x^2}} - 1 \right) \Delta x \quad (4)$$

さらに

$$\hat{F} = \frac{F}{K_h L_0}, \quad \hat{x} = \frac{\Delta x}{L_0},$$

$$\gamma_1 = \frac{a}{L_0}, \quad \gamma_2 = \frac{b - D}{L_0}, \quad \gamma_3 = \frac{\delta}{L_0}$$

とすると、無次元のばね復元力  $\hat{F}$  は次式で表される。

$$\hat{F} = 2 \left( \frac{\gamma_2 - 1}{\sqrt{\gamma_1^2 - \hat{x}^2}} - 1 \right) \hat{x} \quad (5)$$

ニュートンの運動方程式を適用すると、防振構造の力学モデルの運動方程式は次式となる。

$$M\ddot{z} + C\dot{z} + 2K_h \left( \frac{b - D - L_0}{\sqrt{a^2 - (z - \delta)^2}} - 1 \right) (z - \delta) = -Mg + AM\omega^2 \sin \omega t \quad (6)$$

ここで、 $\tau = \omega t$  と置くと、無次元の運動方程式は次式となる。

$$\ddot{y} + \zeta\dot{y} + 2\Omega^2 \left( \frac{\gamma_2 - 1}{\sqrt{\gamma_1^2 - (y - \gamma_3)^2}} - 1 \right) (y - \gamma_3) = \frac{-g}{L_0\omega^2} + \frac{A}{L_0} \sin \tau \quad (7)$$

## 3. シミュレーション結果

シミュレーションで用いたシステムのパラメータを表 1 に示す。

Table 1 System parameters

Mass, $M$	4.5 kg
Length of link, $a$	0.187 m
Distance from wall to the mass, $b$	0.370 m
Original length of spring, $L_0$	0.2493 m

この場合、 $\gamma_1 = 0.75$ ,  $\gamma_2 = 1.17$  となる。システムの動特性を調べるために、周波数応答などを計算した。減衰係数  $C = 100$  Ns/m, 励振振幅  $A = 0.03$  m の場合に、励振周波数  $f$  における分岐図を図 2 に示す。図 2 は、システムの応答が励振周波数変動によって、単調振動、多周期振動、カオス振動となることを示唆している。

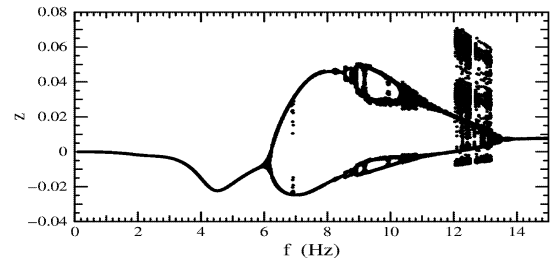


Figure 2: Bifurcation diagram

.....  
 問合せ先 氏名： 朱 勤  
 E-mail： zhu@oyama-ct.ac.jp