

#### 4.5 振動の受動制御

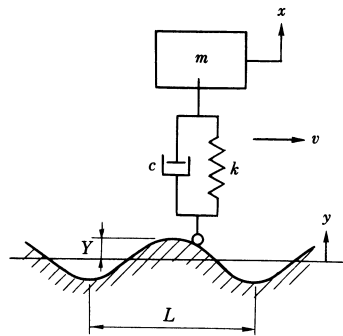


図 4.8 凹凸路面を走行する自動車の受動制御

図のように自動車（1車輪モデル）が凹凸のある路面を走行する場合の車両の振動を制御する問題について考える。

受動制御（パッシブ制御）は、機械構造内部の特性（バネやダンパ）を調整して制御対象の振動を小さくする制御である。外部からのエネルギーは供給されない。一般的に制御と言われる概念とは少し違うが、振動制御の場合はこのような呼び方をしている。

図 4.8 の振動系は基礎励振を受ける強制振動系なので、2章の(2.79)式から方程式は導かれる。ここでは、結果だけを示す。(2.84)

$$x = \frac{\sqrt{1 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2} Y}{\sqrt{\{1 - (\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}} \sin(\omega t - \phi) \quad (4.31)$$

路面  $y$  の振幅  $Y$  に対する  $x$  の振幅倍率  $M_D = X/Y$  は、図 4.9 (図 2.24) になる。

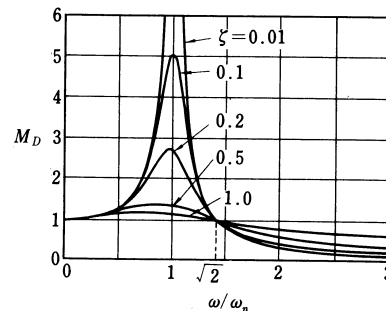


図 4.9 受動制御の変位の振幅倍率

この図からわかることは、 $\omega/\omega_n < \sqrt{2}$  では大きく、 $\omega/\omega_n > \sqrt{2}$  では小さく、とれば振動振幅が小さくなる。一方、車両の乗り心地の観点からは、加速度をその指標にすることが多いので、加速度の振幅倍率を求める。(  $M_A = X_A / (\omega_n^2 Y)$  )

$$M_A = \frac{(\omega/\omega_n)^2 \sqrt{1 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}}{\sqrt{\{1 - (\omega/\omega_n)^2\}^2 + \{2\zeta(\omega/\omega_n)\}^2}} \quad (4.33)$$

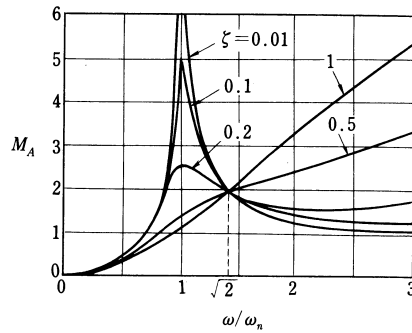


図 4.10 受動制御の加速度の振幅倍率

この図からわかることは、 $\omega/\omega_n < \sqrt{2}$  では大きく、 $\omega/\omega_n > \sqrt{2}$  では小さく、とれば加速度振幅が小さくなる。図 4.9 と図 4.10 を比べて特徴的なのは、 $\omega/\omega_n > \sqrt{2}$  のときに  $M_A$  が大きい場合である。変位の場合は  $M_A$  が大きくても振幅倍率は 1 以下であったが、加速度の場合  $M_A$  が大きいと伝わる加速度が増幅されてしまう。実際の路面の場合いろいろな周波数の成分が含まれているので、全ての周波数で満足のゆく減衰比を求めることは困難なことがわかる。

上記のように受動制御（パッシブコントロール）では限界があり、能動制御（アクティブコントロール）に発展してゆく。

#### 4.6 振動の能動制御

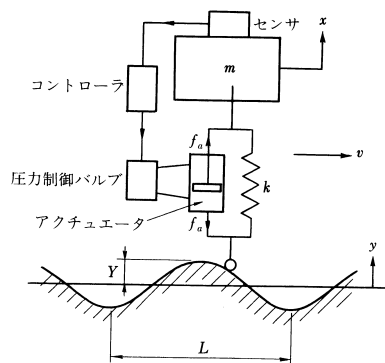


図 4.11 凹凸路面を走行する自動車の能動制御

能動制御は外部から制御エネルギーを与えて振動制御を行う。図 4.11 では、アクチュエータに供給されるエネルギー（図には書かれていないが、油圧ポンプ、コンプレッサ（空気圧）、モータなどを使って発生させる）を外部より与えている。自動車ならばエンジンの出力を制御用の油圧ポンプなどを駆動するのに用いることである。圧力制御バルブは単にコントローラからの信号でアクチュエータに発生させる力の方向を制御しているだけである。

能動制御では，制御対象の振動状態を計測して，それを元にして制御力を決定する．測定には，先に述べたセンサにより加速度，速度，変位が測定できる．ここで，制御の方法として以下のような制御力の計算を行う．

$$f_a = -a\ddot{x} - b\dot{x} \quad (4.34)$$

この計算方法は，変位とその微分項である速度に比例定数を乗じて制御力を与えることになるので，PD（比例・微分）制御である．これらについての式の導出は教科書 p 78 に記載されているので，そちらを参照のこと．

式（4.34）の特別な場合として， $b = 0$  とおくと．この系はあたかも，

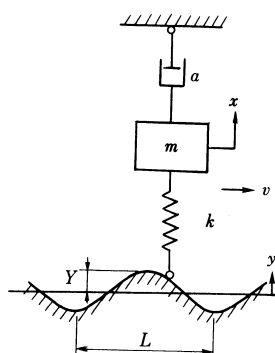


図 4.12 スカイフックダンパ

図 4.12 に示すように，空からダンパ  $a$  が取り付けられているような状態になる．これを，スカイフックダンパと言う．実際には図 4.12 のような状態は実現できないが，能動制御を行うことにより見かけ上，図のような状態にできるということである．

振幅倍率のグラフは変位，加速度について以下のようなになる．

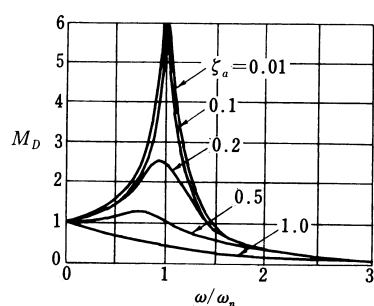


図 4.13 能動制御の変位の振幅倍率

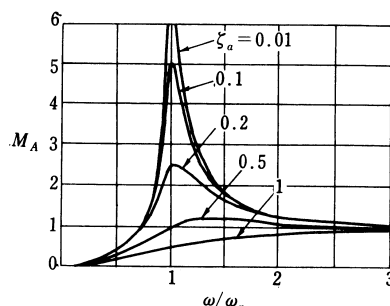


図 4.14 能動制御の加速度の振幅倍率

これらの図から，パッシブコントロールとは違い，減衰  $a$  を大きくすればするほど振動が（変位，加速度とも）小さくなるのがわかる．ただし，これは理想的な状態であり，実際にはアクチュエータの発生力には制限があること，センサからアクチュエータ間のフィードバックには時間の遅れが生じることなどから， $a$  を大きくしすぎると逆に振動が大きくなる発散現象が生じることもある．