

2026 年度
神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程
機械工学専攻 入学試験問題
科目名：機械力学・制御工学 [1 / 3]

(問題[1], [2]は別々の答案用紙に解答すること.)

[1] 図1に示す質量 M の回転機械本体に質量 m のロータがあり、回転機械がばね定数 k のばね、および減衰係数 c のダッシュポットで支持されている。この回転機械内のロータの重心は、回転軸中心から e だけ偏心している。ロータを一定の角速度 ω で反時計回りに回転させたとき振動が発生した。なお、重力の影響はないものとする。また、 $x=0$ のときにばねは自然長とし、時刻 $t=0$ のとき x の正方向の加振力が最大であった。以下の問いに答えよ。

(1) ロータを回転させたときに質量 M の回転機械本体の x 方向についての運動方程式を示せ。ここで、 $M \gg m$ であり $M+m \simeq M$ とする。

(2) 回転機械の振動変位 x は以下の式で示すことができる。

$$x = X \cos(\omega t - \varphi)$$

このとき、振動振幅 X および $\tan \varphi$ を導出も含めて示せ。

(3) 質量 M とばね k からなる振動系の固有角振動数を ω_n とする。ここで、無次元化した回転角速度を $\bar{\omega} = \omega / \omega_n$ と定義すると、角速度 ω で回転するロータに働く遠心力 F とばね定数 k の比 $\bar{X} = F / k$ は、 $\bar{X} = X_0 \bar{\omega}^2$ で表される。このときの X_0 を M を用いた式で示せ。また、減衰比 $\zeta = c / (2\sqrt{Mk})$ 、 X_0 を基準振幅として振幅倍率 $\bar{X}_0 = X / X_0$ を $\bar{\omega}$ 、 ζ を用いて求めよ。

(4) ロータの回転角速度 ω を ω_n より十分大きくしたとき、振動振幅 X は ω の増加とともにどのように変化するか、根拠となる式の導出と共に簡潔に述べよ。

(5) ロータの回転角速度 ω を増加させた際に振動振幅が極大値を持たないための減衰比 ζ の条件を求めよ。

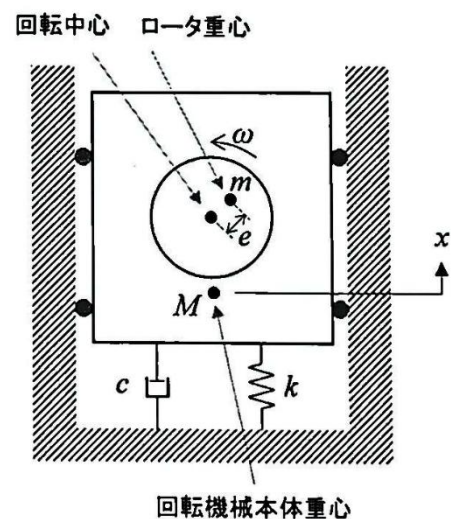


図 1

2026 年度
神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程
機械工学専攻 入学試験問題
科目名：機械力学・制御工学 [2 / 3]

(問題 [1], [2] は別々の答案用紙に解答すること。)

[2] 以下の問い (1), (2) に答えよ。

- (1) 図 2-1 に示すような, u を入力とし, y を出力とするような制御対象を考える。この制御対象の u から y への伝達関数 $P(s)$ は次式で与えられるものとする。

$$P(s) = \frac{10}{s^3 + s^2 + 20s + 10}$$

以下の小問に答えよ。

- a) この制御対象の出力 y を目標値 y_d に追従させるために,

$$u = K \int (y_d - y) dt$$

なる積分制御を考える。ここに, $K (> 0)$ は定数ゲインである。このとき, この積分制御によるフィードバック制御系のブロック線図を, 図 2-1 に示した $P(s)$ のブロックを用いて描け。

- b) 小問 a) の積分制御によるフィードバック制御系の一巡伝達関数のナイキスト線図を描き, ナイキストの安定判別法により, このフィードバック制御系が安定となるゲイン K の範囲を求めよ。
- c) 小問 a) の結果を用いて, y_d から誤差 $e = y_d - y$ までの伝達関数を求めよ。次にこの伝達関数より, 小問 a) のフィードバック制御系の定常位置偏差および定常速度偏差を求めよ。ただし, このときゲイン K はこのフィードバック制御系が安定となる範囲内にあるものとする。

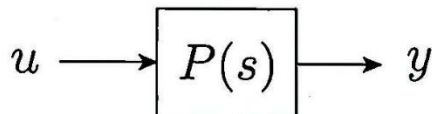


図 2-1 制御対象

科目名：機械力学・制御工学 [3 / 3]

(2) ある制御対象の伝達関数 $P(s)$ のゲイン線図を折れ線近似したものを，図 2-2 に示す．なお $\omega_1 \ll \omega_2$ とする．以下の小問に答えよ．

- a) $P(s)$ が最小位相系であるとし，この伝達関数 $P(s)$ を推定せよ．
- b) 図 2-2 は折れ線近似なので，折れ点周波数付近でのゲインは実際と多少異なる．角周波数 $\omega = \omega_2$ における $P(s)$ のゲインを $\omega_1 \ll \omega_2$ を考慮して求め，さらに以下の常用対数の近似値を適当に使ってデシベル値でも示せ．同時に，このときの位相も求めよ．

$$\log_{10} 2 \simeq 0.301 \quad \log_{10} 3 \simeq 0.477 \quad \log_{10} 5 \simeq 0.699 \quad \log_{10} 7 \simeq 0.845$$

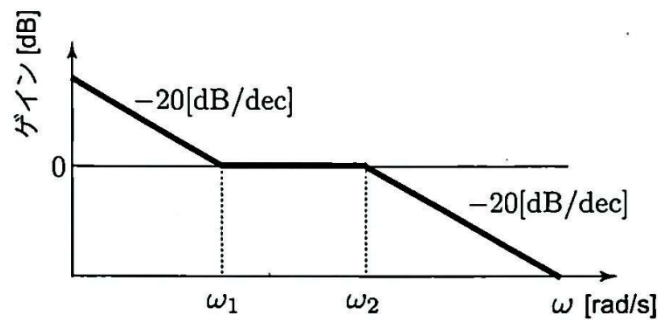


図 2-2 折れ線近似された $P(s)$ のゲイン線図