

## 平成 23 年度基礎制御理論 I 期末試験問題

問 1. [20 点] 図 1 に示す質量  $M$  , ダンパー  $D$  とバネ  $K$  で構成される機械システムについて , 以下の問題を解け。ただし ,  $f(t)$  は外力であり , 重力は無視する。

- (1) 質量の変位  $x$  に関する運動方程式を導け。
- (2) 入力  $f$  から出力  $x$  までの伝達関数  $G(s) = X(s)/F(s)$  を求めよ。
- (3) 伝達関数  $G(s)$  の減衰係数  $\zeta$  , 自然周波数  $\omega_n$  を計算せよ。

問 2. [30 点] 図 2 のフィードバック制御系について考える。プラント  $P(s)$  と補償器  $K(s)$  は次のように与えられる。

$$P(s) = \frac{1}{s(s+5)}, \quad K(s) = k + \frac{5}{s}, \quad k > 1$$

- (1) 目標値  $r$  から出力  $y$  までの伝達関数  $H_{yr}(s)$  と外乱  $d$  から出力  $y$  までの伝達関数  $H_{yd}(s)$  を求めよ。
- (2)  $r(t) = 1, d(t) = 0 (t \geq 0)$  に対する出力定常応答  $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  を求めよ。
- (3)  $r(t) = 0, d(t) = \sin t (t \geq 0)$  に対する出力定常応答  $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  を計算し , これを低減するには  $k$  をどのように取ればよいかを答えよ。(ヒント : 正弦波入力に対する出力定常応答の公式を用いる)

問 3. [20 点] 図 3 の閉ループ系では , 開ループ伝達関数  $L(s)$  が次式で与えられる。

$$L(s) = \frac{20K}{s(s+2)(s+10)}$$

Routh-Hurwitz 安定判別法を用いて , 閉ループ系の安定性を保証できる  $K$  の範囲を求めよ。

問 4. [30 点] 問 3 のシステムを周波数域で考える。ただし ,  $K > 0$  とする。

- (1)  $K = 1$  の場合 ,  $L(s)$  のボードゲイン線図と位相線図の概形を折線近似で描け。
- (2) ボード線図よりゲイン余裕  $g_m$  と位相余裕  $p_m$  を求め , このときの閉ループ安定性を判定せよ。
- (3)  $K$  を上下させるとき , ゲイン余裕と位相余裕がそれぞれどのように変化するかについて述べよ。
- (4) ゲイン余裕と位相余裕の変化に基づき , 閉ループ系の安定性を保てる  $K$  の範囲を見積もれ。

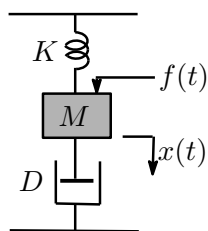


図 1: マス・バネ系

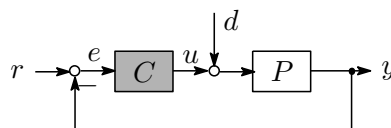


図 2: フィードバック系

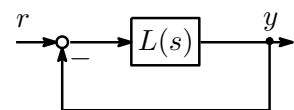


図 3: 閉ループ系

## 平成 22 年度基礎制御理論 I 期末試験問題

問 1. [30 点] 図 1 の閉ループにおいて、ループゲインを次式とする。

$$L(s) = \frac{K}{s(s+4)}$$

- (1) 目標値  $r$  から出力  $y$  までの閉ループ伝達関数  $H_{yr}(s)$  を求めよ。
- (2) 閉ループ極を求めてから、閉ループ極が重根となるときの  $K$  を計算せよ。
- (3) 複素極の場合について、出力の単位インパルス応答を計算し、その振幅を最小にする  $K$  の値を求めよ。

問 2. [25 点] 図 2 の閉ループ系において、出力  $y$  がステップ外乱  $d(t) = 1(t)$  の影響を受けている。以下の問に答えよ。

- (1) 外乱  $d$  から出力  $y$  までの閉ループ伝達関数  $H_{yd}(s)$  を求めよ。
- (2) 制御対象  $P(s)$  と補償器  $K(s)$  をそれぞれ

$$(a) P(s) = \frac{1}{s(s+2)}, K(s) = 2 \quad \text{と} \quad (b) P(s) = \frac{1}{s+2}, K(s) = \frac{2}{s}$$

にした場合について、Laplace 変換の最終値定理を用いて出力の定常値  $y(\infty)$  を求めよ。

問 3. [15 点] 図 1 の閉ループ系において、ループゲインは

$$L(s) = \frac{5}{s(s+4)}$$

であり、目標値を  $r(t) = \sin t$  とする。時間が十分に立ったときの定常出力  $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  を求めよ。

問 4. [30 点] 図 1 の閉ループ系において、ループゲインが

$$L(s) = \frac{40K}{s(s+2)(s+20)}, \quad K > 0$$

であるとする。以下の設問に答えよ。

- (1) 閉ループ系の安定性を保証できるゲイン  $K$  の範囲を Routh-Hurwitz の安定判別法で求めよ。  
次の (2)、(3) は選択問題であり、その中から一問を選んで解答せよ。
- (2)  $K = 1$  のときの  $L(s)$  のナイキスト軌跡を描き、それに基づいて  $K$  の安定範囲を見積もれ。
- (3)  $K = 1$  のときの  $L(s)$  のボード線図を描き、ゲイン余裕  $g_m$  と位相余裕  $p_m$  をそれぞれ求めてから、それらに基づいて  $K$  の安定範囲を見積もれ。

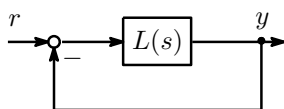


図 1: 単位フィードバック系

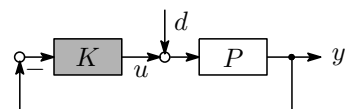


図 2: 外乱を受けるシステム

## 平成 21 年度基礎制御理論 I 期末試験問題

問 1. [30 点] 図 1 の質量  $M$  , ダンパー  $D$  とバネ  $K$  からなるシステムについて , 以下の問題を解け。

- (1) 変位  $y$  に関する運動方程式を導け .
- (2) 入力  $u$  から  $y$  までの伝達関数を求めよ .
- (3) 伝達関数の減衰係数  $\zeta$  と自然角周波数  $\omega_n$  を求めよ .
- (4) 応答を速く収束させるために、ダンパー定数  $D$  とバネ定数  $K$  をどのように選んだらよいかを検討せよ。ただし、質量  $M$  を固定して考える。

問 2. [20 点] 図 2 の制御系において、制御対象  $P(s)$  と補償器  $K(s)$  は次のように与えられる。

$$P(s) = \frac{10}{s+10}, \quad K(s) = \frac{s+a}{s}, \quad a > 0$$

- (1)  $r(t) = 1$  のとき、定常出力  $y(\infty)$  を計算せよ。
- (2)  $r(t) = t$  に対する定常出力偏差  $e(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} [r(t) - y(t)]$  を計算せよ。また、この偏差を小さくするためにパラメータ  $a$  をどのように取ればよいかを答えよ。

問 3. [20 点] 図 3 の閉ループ系では、開ループ伝達関数  $L(s)$  が次式で与えられる。

$$L(s) = \frac{20K}{s(s+2)(s+10)}$$

閉ループ系の安定性を保証できる  $K$  の範囲を求めよ。

問 4. [30 点] 問 3 のシステムを周波数域で考える。ただし、 $K > 0$  とする。

- (1)  $K = 1$  の場合、 $L(s)$  のボードゲイン線図と位相線図の概形を折線近似で描け。
- (2) ボード線図よりゲイン余裕  $g_m$  と位相余裕  $p_m$  を求め、このときの閉ループ安定性を判定せよ。
- (3)  $K$  を上下させるとき、ゲイン余裕と位相余裕がそれぞれどのように変化するかについて述べよ。
- (4) ゲイン余裕と位相余裕の変化に基づき、閉ループ系の安定性を保てる  $K$  の範囲を見積もれ。

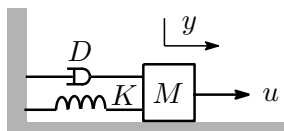


図 1: マス・バネ系

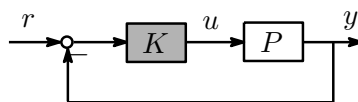


図 2: フィードバック系

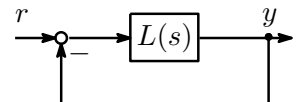


図 3: 閉ループ系