

2023 年度 デジタル制御システム 期末試験

○ 注意 : 計算の解答は答えのみでなく、計算過程や説明等も記述すること。(部分点有り)

1. (1),(2)のデータ数列 $x(k)$ について、それぞれ z 変換の定義にしたがって z 変換した $X(z)$ を求めよ。ただし、収束するように z を選ぶものとする。

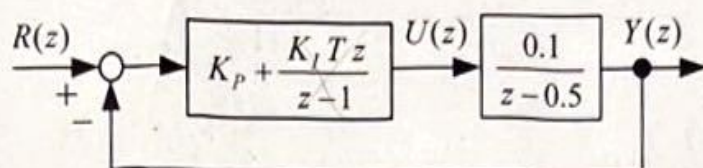
(1) $\{x(k)\} = \{3, 0.9, 0.27, 0.081, \dots\} = 3 \times 0.3^k \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$

(2) $\{x(k)\} = e^{-2kT} \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad T$ はサンプリング周期 (実数の定数)

2. 下記の差分方程式について、一般項 $x(k)$ を求めよ。

$$x(k+2) - 1.3x(k+1) + 0.40x(k) = 3, \quad x(0) = 0, x(1) = 3 \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

3. 図のサンプリング周期 $T[s]$ のフィードバック制御系について、以下の間に答えよ。



- (1) $K_t = 0$ とした比例制御のとき、閉ループパルス伝達関数 $G_P(z)$ を求めよ。ただし、最終的な答えは小数が無い形式に整理して記述すること。
- (2) $K_t = 0$ とした比例制御のとき、制御系が安定な K_P の範囲を求めよ。
- (3) $K_t \neq 0$ のときの特性方程式を求めよ。ただし、最終的な答えは z^2 の係数が 1 となる形式に整理して記述すること。
 $z^2 - (-1.5 + 0.1K_P + 0.1K_tT)z + 0.5 - 0.1K_P = 0$
- (4) $K_t \neq 0$ かつ $T = 0.1$ s のとき、ステップ入力に対する応答の極が $z = 0.5, 0.6$ となる制御ゲイン K_P と K_t を求めよ。

4. 下記の伝達関数の制御器 $C(s)$ について、入力 $e(t)$, 出力 $u(t)$, および制御のサンプリング周期 T とする。このとき、下記の変換式を用いてデジタル再設計を行う。このとき、以下の間に答えよ。

$$U(z) = C(z)E(z), \quad U(z) = z\{u(k)\}, \quad E(z) = z\{e(k)\}$$

$$C(s) = K \frac{\omega_0 s}{s + \omega_0} \quad (K, \omega_0 \text{ は正の定数})$$

変換式: $s = \frac{z-1}{Tz}$

- (1) この変換式によるデジタル再設計の名称を答えよ。
- (2) この制御器 $C(s)$ の役割を示す名称を答えよ。
- (3) 時刻 $t = kT \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$ における出力 $u(k)$ の式を求めよ。

※ 必要に応じて、 T と $u(k-1), u(k-2), \dots$, および $e(k), e(k-1), \dots$ を用いて表すこと。

(裏面へ続く)

5. 以下の連立差分方程式で与えられている制御システムについて、安定性を判別せよ。

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.4 & 1.3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r(k) \quad r(k)=1 \text{ (} k \text{ によらず一定)}$$

6. 下記のPI制御のデジタル制御プログラムをC言語で作成する。PI制御は以下の計算式(アルゴリズム)を用いる。このとき、以下の問に答えよ。

$$\text{PI 制御: } u(k) = K_p e(k) + u_i(k), \quad e(k) = r(k) - y(k)$$

$$u_i(k) = u_i(k-1) + e(k)K_I T \quad (\text{積分制御部分の差分方程式})$$

$r(k)$: 目標値, $y(k)$: 制御量, T : 制御周期, K_p : 比例ゲイン, K_I : 積分ゲイン

PI 制御部分のC言語プログラム (制御周期 $T[s]$ ごとに繰り返すプログラム)

```
e = r - y;
u_p = K_p * e;
u_i_new = u_i_old + K_I * T * e;
u = (ア);
(イ)
u_i_old = u_i_new;
```

プログラム内では、

```
u(k) → u
e(k) → e
y(k) → y
r(k) → r
u_i(k) = u_i_new
u_i(k-1) = u_i_old
を用いることとする。
```

(1) プログラムの(ア)に入る適切なプログラムを答えよ。

(2) $u(k)$ に $u_{min} < u(k) < u_{max}$ となるリミッタを設けるときの、プログラムの(イ)に入る適切な命令文を答えよ。ただし、(イ)に入る命令文は1つとは限らない。

(3) 上記のプログラムで上限のリミッタに掛かったとき、生じる可能性のある問題点について、現象と理由を合わせて説明せよ。

$$u_p = k_p \times e(k)$$

$$C(u(k))$$

$$u = u_p + u_i$$

$$u(k) = k_i T e(k) u(k-1) + (k_p e(k))$$

$$= e(k) (k_i T u(k-1) + k_p)$$