

1. システムの応答について説明した文章の空欄を埋めよ【24】

入力に加わってから出力が (A) するまでの間の出力を (B), 入力に加わった後十分に時間が経って出力が (A) しているときの出力を (C) といい、一次遅れ系の場合には (D) 入力を加えることで、最終値に近づく (E) の指標として (F) が得られる。

A: 安定	B: 過渡応答	C: 定常応答
D: 単位ステップ	E: 近似値	F: 時定数

2. 以下の状態方程式で示されるシステムに対して、極を-1,-2,-3 とする状態フィードバック行列Fを求めよ【20】

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} [f_1 \ f_2 \ f_3] \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ f_1 & f_2 & f_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ f_1-1 & f_2+2 & f_3+3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

$$\det \begin{bmatrix} s & 0 & 0 \\ 0 & s & 0 \\ 0 & 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ f_1-1 & f_2+2 & f_3+3 \end{bmatrix}$$

$$\det \begin{bmatrix} s & -1 & 0 \\ 0 & s & -1 \\ -(f_1-1) & -(f_2+2) & s-(f_3+3) \end{bmatrix}$$

$$(s+1)(s+2)(s+3) = s^3 + 6s^2 + 11s + 6$$

$$s^3 - s^2(f_3+3) - (f_1-1) - s(f_2+2)$$

$$= s^3 - (f_3+3)s^2 - (f_2+2)s - (f_1-1)$$

$$f_3 = -9 \quad f_2 = -13 \quad f_1 = -5$$

$$F = [f_1 \ f_2 \ f_3] = [-5 \ -13 \ -9]$$

3. 状態フィードバック法の効果を一行で述べよ【6】

出力結果から入力関数の値を導くことができる。

システムの極を変えてシステムの安定化を図ることができる。

4. 以下の用語について簡単に説明せよ【12】

最適制御	状態フィードバック法で、フィードバック行列が一意に定まらない場合に用いる。
オブザーバ	状態フィードバック法で、状態が分からない場合、入出力の値から状態を推定する場合に用いる。

5. PID 制御について、目標と出力の差分に対して作用させる 3 つの要素に関する以下の表を埋めよ【12】

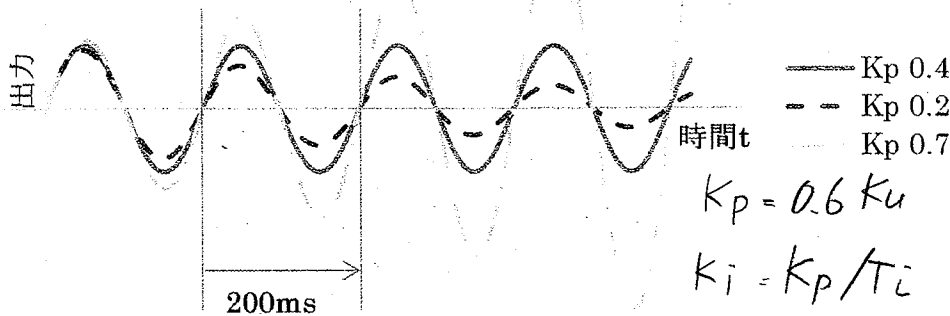
	効果
比例要素	差分に対して、純粋に重みをかけて現在の出力を変化させる。
積分要素	過去の差分の蓄積値に応じて、現在の出力を変化させる。
微分要素	出力の変化具合から先の出力を予測し、現在の出力を変化させる。

6. ある制御システムにおいて、PID ゲインパラメータを決めたい【16】

(1) PID パラメータを求める方法の 1 つである限界感度法とはどのような方法か、一行で説明せよ

複数ある波形の情報から平均的なものを用いて制御値を出す。

(2) 以下のグラフを用いて限界感度法により K_p , K_i , K_d を求めよ



$$K_p = 0.6 K_u$$

$$K_i = K_p / T_i \quad T_i = 0.5 T_u = 0.1$$

$$K_d = K_p \times T_d \quad T_d = 0.125 T_u = 0.025$$

$K_p: 0.24$

$K_i: 2.4$

$K_d: 0.006$

7. LED を Arduino のポート 12 と 13 に接続し、1 秒おきに交互点灯 (12 点灯 13 消灯 → 12 消灯 13 点灯 → ...) させるためのプログラムを記述せよ。1 秒は遅延命令「`delay(遅延時間 ms);`」を用いてよい【10】

```
void setup() {
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
}
```

```
void loop {
  digitalWrite(12, HIGH);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(12, LOW);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(1000);
}
```

1. システムの応答について説明した文章の空欄を埋めよ

入力に加わってから出力が安定するまでの間の出力を (A), 入力に加わった後十分に時間が経って出力が安定しているときの出力を (B) といい, (C) の場合には単位ステップ入力を加えることで, 最終値に近づく速さの指標として (D) が得られる.

A:	B:
C:	D:

2. 以下の状態方程式で示されるシステムに対して, 極を-1,-2 とする状態フィードバック行列 F を求めよ

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

3. 以下の用語について簡単に説明せよ

最適制御	
オブザーバ	

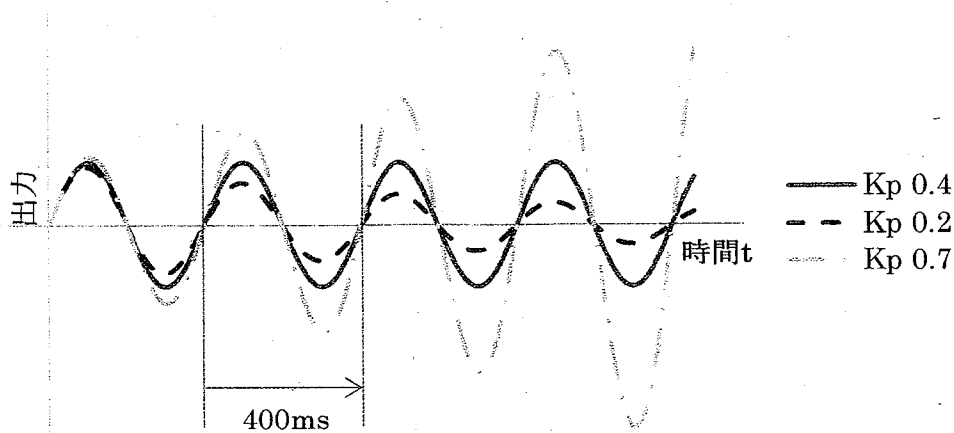
4. PID 制御について、目標と出力の差分に対して作用させる 3 つの要素に関する以下の表を埋めよ

	伝達関数	効果
比例要素		
積分要素		
微分要素		

5. ある制御システムにおいて、PID ゲインパラメータを決めたい。

P 制御のみを作用させた時に持続振動する P ゲインを求め、それを基準に各ゲインを決定する方法は何か

P のみの制御により K_p について以下のグラフが得られた場合、求める K_p , K_i , K_d はそれぞれいくつとなるか



K_p :

K_i :

K_d :

6. LED を Arduino のポート 13 に接続し、1 秒おきに点滅させるためのプログラムを記述せよ

1. システムの応答について説明した文章の空欄を埋めよ

入力に加わってから出力が安定するまでの間の出力を (A), 入力に加わった後十分に時間が経って出力が安定しているときの出力を (B) といい, (C) の場合には単位ステップ入力を加えることで, 最終値に近づく速さの指標として (D) が得られる.

A: 過渡応答	B: 定常応答
C: 一次遅れ系	D: 時定数

2. 以下の状態方程式で示されるシステムに対して, 極を-1,-2 とする状態フィードバック行列 F を求めよ

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 & f_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ f_1 & f_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1+f_1 & 1+f_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \det \left(\begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1+f_1 & 1+f_2 \end{bmatrix} \right) \\ &= \det \begin{bmatrix} s & -1 \\ -(1+f_1) & s-(1+f_2) \end{bmatrix} \\ &= s^2 - (1+f_2)s - (1+f_1) \end{aligned}$$

一方で, 求める極-1, -2 を持つシステムの特性多項式は

$$(s+1)(s+2) = s^2 + 3s + 2$$

より, 係数を比較すると

$$F = \begin{bmatrix} f_1 & f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & -4 \end{bmatrix}$$

3. 以下の用語について簡単に説明せよ

最適制御	状態フィードバック法でフィードバック行列が一意に定まらない場合に用いる
オブザーバ	状態フィードバック法で状態が見えない場合に入出力から状態を推定するために用いる

学籍番号

名前

点数

4. PID 制御について、目標と出力の差分に対して作用させる 3 つの要素に関する以下の表を埋めよ

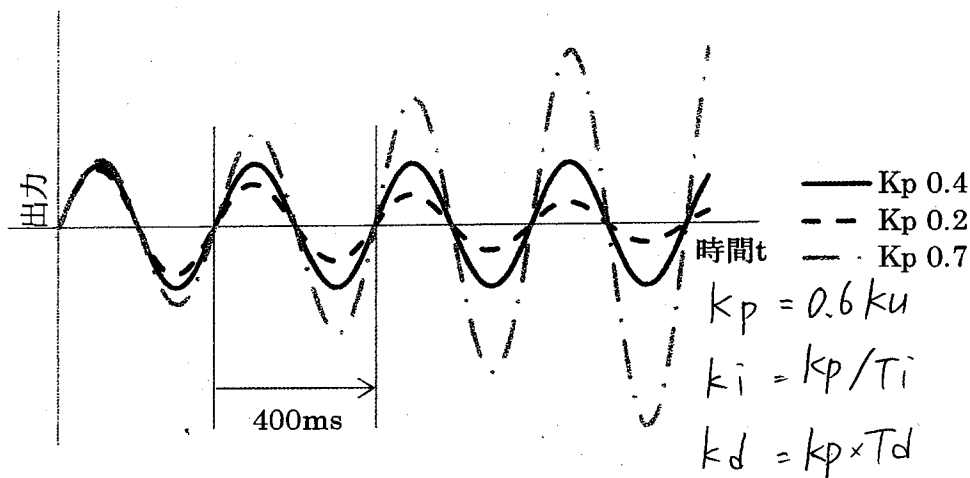
	伝達関数	効果
比例要素	$G(s)=K$	差分に対して純粋に重みをかけて現在の出力を変化させる
積分要素	$G(s)=1/s$	過去の差分の蓄積値に応じて現在の出力を変化させる
微分要素	$G(s)=s$	出力の変化具合から先の出力を予測して現在の出力を変化させる

5. ある制御システムにおいて、PID ゲインパラメータを決めたい。

P 制御のみを作用させた時に持続振動する P ゲインを求め、それを基準に各ゲインを決定する方法は何か

限界感度法

P のみの制御により K_p について以下のグラフが得られた場合、求める K_p, K_i, K_d はそれぞれいくつとなるか



$K_p : 0.24$

$K_i : 1.2$

$K_d : 0.012$

$T_i = 0.5 T_u$
 $T_d = 0.125 T_u$

6. LED を Arduino のポート 13 に接続し、1 秒おきに点滅させるためのプログラムを記述せよ

```

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000);
}

```