平成１７年度弁理士試験論文式筆記試験問題

［制御工学］

１．以下の文章はオブザーバに関する説明である。文章を読み、(1)～(3)の設問に答えよ。

【３０点】

システムの $\boxed{\text{a}}$ を直接測定できない場合に、測定できる $\boxed{\text{b}}$ と $\boxed{\text{c}}$ を用いて $\boxed{\text{a}}$ を推定し、この推定値を用いて $\boxed{\text{a}}$ フィードバックを行う方法がある。これは、前置補償器を用いて閉ループ系の極を自由に設定する方法と結果的には等価だが、応用範囲が広いことから制御器の設計に広く用いられている。この $\boxed{\text{a}}$ を推定するシステムをオブザーバという。

制御対象の $\boxed{\text{a}}$ を x、$\boxed{\text{b}}$ を y、$\boxed{\text{c}}$ を u とする。x はベクトルで、y、u はスカラーである。このとき制御対象の状態方程式は

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = cx \end{cases} \qquad \text{(式 1)}$$

と表される。ここで A、b、c が正確にわかっていると仮定すると、x の推定値 $\hat{x}$ を $\boxed{\text{a}}$ とした(式 1)のコピーを構成することができる。すなわち

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + bu \\ \hat{y} = c\hat{x} \end{cases} \qquad \text{(式 2)}$$

を計算することができる。ここで、(式 2)における $\boxed{\text{b}}$ を $\hat{y}$ とし、$\boxed{\text{c}}$ は(式 1)と共通の u とする。もし、$\hat{x}(0) = x(0)$ ならば $t > 0$ においても $\hat{x}(t) = x(t)$ となる。しかし、一般的には $x(0)$ は未知なため $\hat{x}(t) \neq x(t)$ であり、$\boxed{\text{b}}$ の推定値も $\hat{y}(t) \neq y(t)$ となる。この $\boxed{\text{b}}$ の差にゲイン k をかけて(式 2)の $\boxed{\text{c}}$ にフィードバックし、$\hat{x}(t)$ を修正する。つまり

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + bu - k(\hat{y} - y) \\ &= [\ ア\ ]\hat{x} + ky + bu \end{aligned} \qquad \text{(式 3)}$$

とする。このとき、$\boxed{\text{a}}$ の推定誤差 $e = \hat{x} - x$ を考えると、行列 $[\ ア\ ]$ を $\boxed{\text{d}}$ にできれば、任意の初期推定誤差に対して $\lim_{t\to\infty} e(t) = 0$ すなわち $t \to \infty$ で $\hat{x}(t) \to x(t)$ となり、$\hat{x}(t)$ は $x(t)$ の漸近的再現値となる。このとき(式 3)のシステムをオブザーバという。また行列 $[\ ア\ ]$ の $\boxed{\text{e}}$ をオブザーバの極という。k を選んでオブザーバの極が任意に設定できるための必要十分条件は、(c, A) が $\boxed{\text{f}}$ となることである。なお、ここで説明したオブザーバはその次元が制御対象と一致しているので、同一次元オブザーバと呼ばれる。

（問題１続き）

(1)　文中の $\boxed{\text{a}}$ ～ $\boxed{\text{f}}$ に当てはまる言葉を以下より選んで答えよ。

入力　出力　状態　ゲイン　安定　不安定　可制御　可観測　初期値
外乱　誤差　極限値　最終値　固有値　停留値　基底　伝達関数

(2)　(式 3)および文中の ［ア］ に入る行列を A、b、c、k を用いて表せ。

(3)　オブザーバ

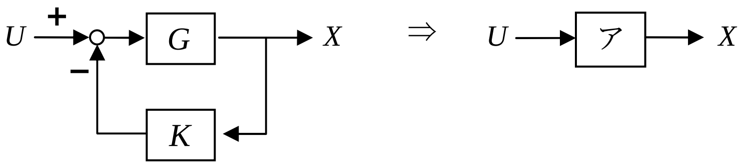
$$\dot{\hat{x}} = \begin{bmatrix} -k_1 & 1 \\ 2-k_2 & -2 \end{bmatrix} \hat{x} + \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

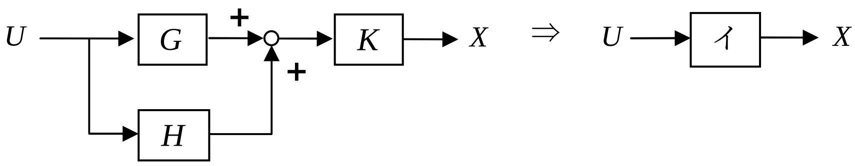
の極を $\gamma_1 = -3, \gamma_2 = -5$ とするような k_1、k_2 を求めよ。

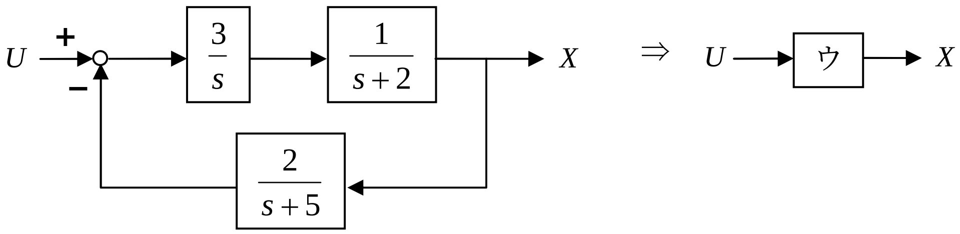
２．以下の(1)～(3)の設問に答えよ。

【２０点】

(1)　以下のブロック線図の等価変換に関して、簡単化した結果の伝達関数を答えよ。なお、各ブロックに書かれている伝達関数はそれぞれ周波数領域（ラプラス形式）で表されている。

(a) 

(b) 

(c) 

(2)　次の特性方程式をもつシステムの安定性を判別せよ。

(a)　$s^2 + 6s + 8 = 0$

(b)　$s^3 + 6s^2 + 7s + 50 = 0$

(3)　次の伝達関数をもつシステムの極と零点を求めよ。

$$G(s) = \frac{3s^2 - 9s + 6}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

論点［制御工学］

１．現代制御理論における基礎的理解度を問う。

(1)　制御工学における基礎的用語の理解度を問う。

(2)　状態方程式における基礎的理解度を問う。

(3)　極配置に関する理解度を問う。

２．古典制御における基礎的理解度を問う。

(1)　ブロック線図の等価変換と伝達関数の導出に関する理解度を問う。

(2)　特性方程式における安定判別についての理解度を問う。

(3)　伝達関数の極と零点についての理解度を問う。