

平成18年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[ 制御工学 ]

1. 以下の文章は現代制御理論でいうレギュレータに関する説明である。文章を読み、(1) ~ (4)の設問に答えよ。

【30点】

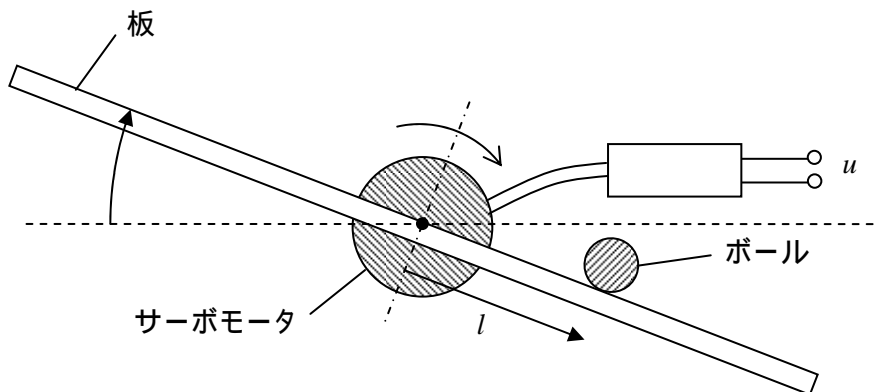


図1

図1のように板の上にボールが乗っている系を考えよう。ボールの乗っている位置を  $l$  で表し、板の支点を原点として向かって右を正にとる。また板の傾きの角度を  $\theta$  とおき、水平のときを基準として時計回りを正にとる。板の支点にサーボモータを接続し、板の傾きを制御することでボールが原点(支点)から離れても原点に戻るよう制御したい。

、  
 $l$ 、および板の傾きの角速度  $\dot{\theta}$ 、ボールの速度  $\dot{l}$  が全て直接検出可能な場合、たとえば、サーボモータへの入力  $u$  を、

$$u(t) = -f_1\theta(t) - f_2\dot{\theta}(t) - f_3l(t) - f_4\dot{l}(t) \quad \text{(式1)}$$

のように決める。すなわち、この系の  $\boxed{a}$  変数を  $x = (\theta, \dot{\theta}, l, \dot{l})^T$  とおき、フィード  $\boxed{b}$

$\boxed{c}$  を  $f = (f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4)$  として  $\boxed{a}$  フィード  $\boxed{b}$  制御を行う。

サーボモータからの入力  $u$  を用いて系の  $\boxed{a}$  方程式を

$$\dot{x} = Ax + bu \quad \text{(式2)}$$

とおく。(式1)を(式2)へ代入すれば、閉ループ系は

$$\dot{x} = (A - bf)x \quad \text{(式3)}$$

と表される。ここで、 $f$  を適切に選ぶことで行列  $A - bf$  を  $\boxed{d}$  行列にできるならば、閉ル

ープ系は漸近 、すなわち、 $t \rightarrow \infty$ としたとき全ての  変数を原点に収束させることができる。このような制御を行うことを  化といい、 化された(式 3)の閉ループ系をレギュレータと呼んでいる。また、 $A-bf$  の固有値をレギュレータの極という。

図 2 の複素平面において、極が(ア)の方向に移動すれば振動の周期が  なり、(イ)の方向に移動すれば振動が収まるまでの時間が  なる。

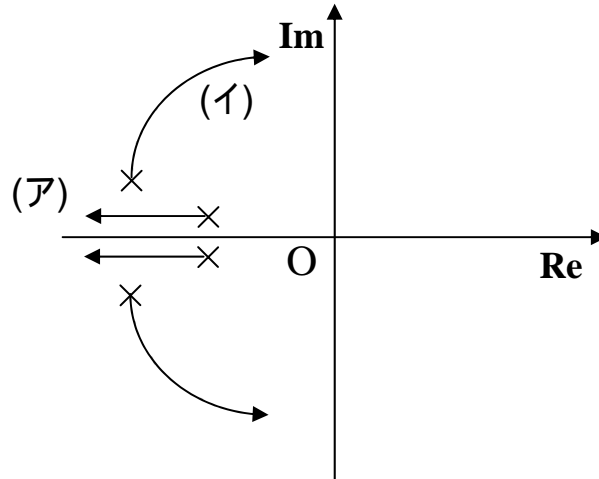


図 2

- (1) 文中の  ~  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  
 極限值 最終値 零 フォワード バック 遠く 近く 長く 短く

- (2) この系において、サーボモータへの入力  $u$  が板の傾きの角加速度  $\ddot{\theta}$  となる場合、すなわち、 $u = \ddot{\theta}$  となる場合、(式 2)におけるベクトル  $b$  の要素を具体的に表せ。
- (3) この系において、ボールは質量  $m$  の質点として考えられる(すなわち転がりにおける慣性モーメントの影響は無視できる)とすると、ボールが板に沿って転がる方向のボールの運動方程式は

$$m\ddot{l} = mg \sin \theta$$

となる。ただし、 $g$  は重力加速度を表す。このとき、(式 2)における行列  $A$  の要素を具体的に表せ。なお、板の傾きは微小であるとして、 $\sin \theta \approx \theta$  と近似でき、またボールの質量は板に比べ十分小さく、板の傾きがボールに影響されることはないとする。

- (4) この系において、(2), (3)の結果に基づき、レギュレータの極を  $-2 \pm i, -3 \pm i$  とするよ  
 うな  $f$  を求めよ。ただし、計算の簡単化のため  $g=10$  と近似せよ。

2. 図3のような、制御対象 $G(s)$ 、制御則 $C(s)$ からなるフィードバック制御系を考える。  
このとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $G(s)$ 、 $C(s)$  はラプラス形式を表す。

【20点】

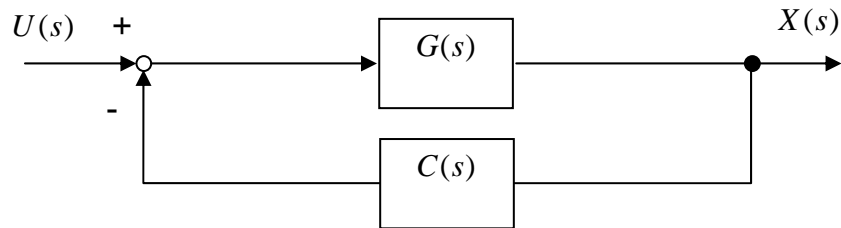


図3

- (1) 図3の制御対象の伝達関数 $G(s)$ が以下の(a), (b)で表されるとき、(a), (b)それぞれについて $G(s)$ の安定性を判別せよ。

$$(a) \quad G(s) = \frac{1}{s^2 + 4s + 2}$$

$$(b) \quad G(s) = \frac{2}{s^2 + 7s - 1}$$

- (2) 図3の制御対象の伝達関数 $G(s)$ 、および制御器の伝達関数 $C(s)$ が

$$G(s) = \frac{1}{s(s+4)} \quad C(s) = K$$

で表されるとき、このとき、このフィードバック制御系の閉ループ伝達関数を求め、 $K$ の値に対して閉ループ系の安定性がどのように変化するかを述べよ。

論点 [ 制御工学 ]

1 . 現代制御理論に関する基礎的理解度を問う。

(1) 現代制御理論に関する基礎的用語の理解度を問う。

(2)(3) 状態方程式の導出に関する基礎的理解度を問う。

(4) 極配置に関する理解度を問う。

2 . 古典制御理論に関する基礎的理解度を問う。

(1) 伝達関数の安定判別についての理解度を問う。

(2) ブロック線図からの伝達関数の導出とフィードバック系の安定性に関する理解度を問う。