

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】

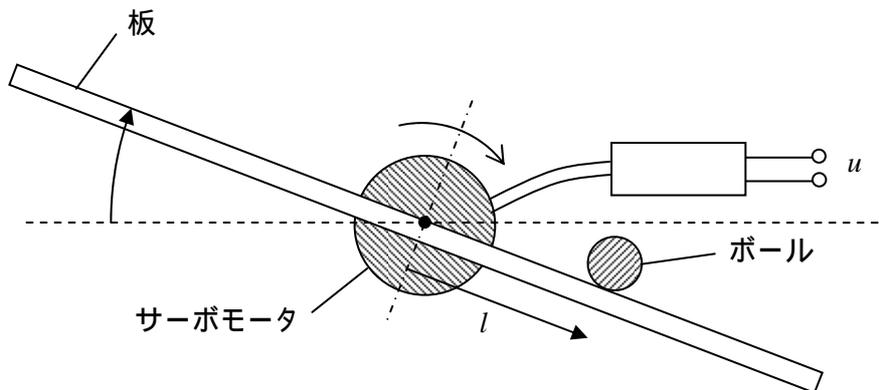


図 1

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 θ 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 $\boxed{\text{a}}$ 変数を $x = (\theta, \dot{\theta}, l, \dot{l})^T$ とおき、フィード $\boxed{\text{b}}$

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

サーボモータからの入力 u を用いて系の $\boxed{\text{a}}$ 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 $\boxed{\text{d}}$ 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。

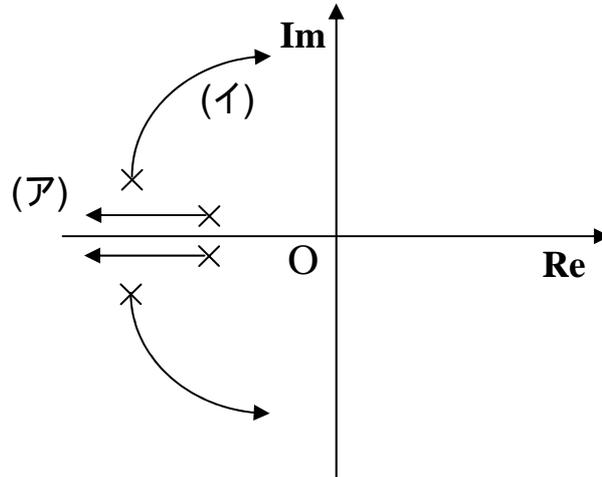


図 2

(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】

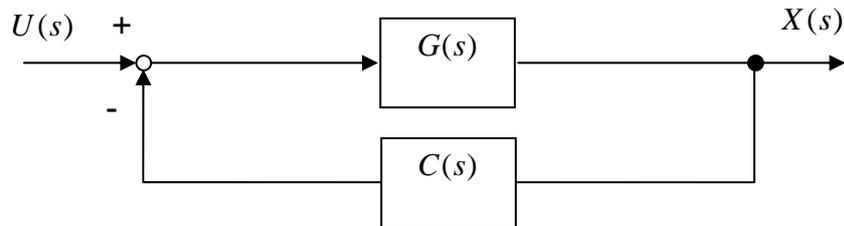


図3

- (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

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

で表されたとする。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。