

平成 26 年度 弁理士試験論文式筆記試験問題

[制御工学]

1. 以下の文章を読んで、(1)～(12)の設問に答えよ。

【100点】

図1に示す、質量 m 、ばね定数 k のばね、減衰係数 c の減衰器で構成される1自由度系を考える。質量 m に制御入力として力 u を与え、変位 x を観測する。なお、力 u と変位 x は図1において右方向を正とする。また、本問題では変位 x の時間 t による1階微分（速度）、2階微分（加速度）を式1のように表す。

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}, \quad \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (\text{式1})$$

- (1) 図1に示す1自由度系の運動方程式を求めよ。
- (2) 力 u を入力、変位 x を出力とする伝達関数を求めよ。なお、ラプラス演算子を s とする。
- (3) 力 u を単位インパルスとすると、力 u を与えた直後の変位 x 及び速度 \dot{x} を求めよ。なお、直後とは、力 u を与えた時刻を $t=0$ とする時、 $t \rightarrow +0$ を指すものとする。
- (4) 力 u を単位ステップとすると、最終的な、すなわち、 $t \rightarrow \infty$ における、変位 x 及び速度 \dot{x} を求めよ。
- (5) 力 u を振幅 H 、角周波数 ω の正弦波とすると、定常状態における、変位 x の振幅を求めよ。
- (6) (5)において、変位 x の振幅を最も大きくする角周波数 ω を求めよ。

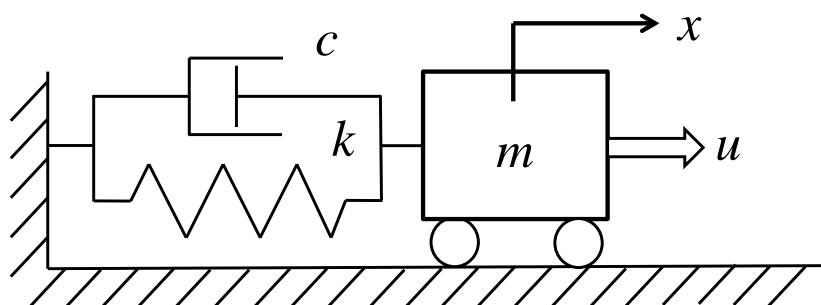


図1

(次頁へ続く)

次に図 1 において、 $m=0.5$ 、 $k=0.5$ 、 $c=0.5$ として式 2 から 4 に示すような制御系を考える。式 2 は状態方程式を、式 3 は観測量 y を、式 4 は制御入力 u を表す。なお、 F はフィードバック係数行列を表す。

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} + Bu \quad (\text{式 2})$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} \quad (\text{式 3})$$

$$u = -F \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} \quad (\text{式 4})$$

- (7) 式 2 中の行列 A 、行列 B を求めよ。
- (8) 可制御性行列 U_c を導出し、可制御性を調べよ。
- (9) 可観測性行列 U_o を導出し、可観測性を調べよ。
- (10) 式 4 のフィードバック係数行列を $F = \begin{bmatrix} -\frac{3}{2} & -1 \end{bmatrix}$ としたときの閉ループ系を求めよ。
- (11) (10) の閉ループ系の特性多項式を求めよ。なお、ラプラス演算子は s とする。
- (12) (10) の閉ループ系の固有値を求め、閉ループ系の安定性について説明せよ。