

問題22 制御工学B 出題意図・解答例

【出題意図】

- I 力学系の対象に対するモデリング（伝達関数）を理解しているか。
- II ・フィードバック制御系における安定性を解析・設計できるか。
・与えられた応答波形からフィードバック補償器を設計できるか。
・目標値および外乱に対する応答計算ができるか。
- III フィードバックを含む制御系における伝達関数の等価変換を理解しているか。

【解答例】

I $(a, b, f, g, h) = (2BK, K^2, B^2, 3BK, K^2)$

II

(1) $\frac{\mathcal{L}[y(t)]}{\mathcal{L}[r(t)]} = \frac{C(s)}{s+C(s)}$

(2) $0 < K_1 < \frac{8}{9}$

(3) $K_2 = 4, (\alpha, \beta) = (-1/4, 5/4)$

III

$$\frac{\mathcal{L}[y(t)]}{\mathcal{L}[r(t)]} = \frac{P(s) + Q(s) - 2P(s)Q(s)}{1 - P(s)Q(s)}$$

問題 2 3 力学・材料力学 出題意図

I

回転運動を伴う剛体の静力学および動力学に対する理解

問題 2 3 力学・材料力学 解答例

I

$$(1) \quad I_0 = \frac{5}{12} ML^2$$

(2) 力のつり合い条件

$$x \text{ 方向 : } R_x - \frac{1}{2} T = 0$$

$$y \text{ 方向 : } R_y - Mg + \frac{\sqrt{3}}{2} T = 0$$

点 0 まわりの力のモーメントのつり合い条件

$$-\frac{1}{4} MgL + \frac{\sqrt{3}}{2} TL = 0$$

$$(3) \quad R_x = \frac{\sqrt{3}}{12} Mg, \quad R_y = \frac{3}{4} Mg, \quad T = \frac{\sqrt{3}}{6} Mg$$

$$(4) \quad \omega = -\sqrt{\frac{6\sqrt{3}}{5} \frac{g}{L}}$$

$$(5) \quad I_0 \alpha = -\frac{1}{2} MgL$$

$$(6) \quad v_x = 0, \quad v_y = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{6\sqrt{3}}{5}} gL$$

$$a_x = -\frac{3\sqrt{3}}{5} g, \quad a_y = -\frac{3}{5} g$$

問題 2 3 力学・材料力学 出題意図

II

(1) ～ (4) 自重による伸びを題材に，応力とひずみ，フックの法則の理解を，導出過程を分けて確認

(5) 内圧を受ける円筒管に働く応力の理解を確認

(6) 曲げ応力の理解を確認

(7) 安全設計の理解を確認

問題 2 3 力学・材料力学 解答例

II

$$(1) \quad m(x) = \frac{\pi}{4}(D_0^2 - D_1^2)(L - x)\rho, \sigma(x) = \frac{m(x)g}{\frac{\pi}{4}(D_0^2 - D_1^2)} = \rho g(L - x) \quad \dots (\text{答})$$

(2) (1) の結果より， $x = 0$ で最大。最大値は， $\sigma_g = \sigma(0) = \rho gL \quad \dots (\text{答})$

(3) 元の長さ dx に伸び $d\lambda$ が生じたときのひずみ $d\varepsilon$ は

$$d\varepsilon = \frac{d\lambda}{dx} \quad \dots \textcircled{1}$$

フックの法則より，

$$Ed\varepsilon = \sigma(x) \quad \dots \textcircled{1}$$

よって，

$$d\lambda = d\varepsilon dx = \frac{\sigma(x)}{E} dx = \frac{\rho g}{E}(L - x)dx \quad \dots (\text{答})$$

(4) 長さ L における伸び λ は

$$\lambda = \int d\lambda = \int_0^L \frac{\rho g}{E}(L - x)dx = \frac{\rho g}{E} \left[Lx - \frac{x^2}{2} \right]_0^L = \frac{\rho g L^2}{2E} \quad \dots (\text{答})$$

(5) 円筒管の x 方向の応力 σ_p はフタに加わる内圧による力と釣り合うので

$$\frac{\pi}{4}(D_0^2 - D_1^2)\sigma_p = \frac{\pi}{4}D_1^2 P$$

$$\therefore \sigma_p = \frac{PD_1^2}{(D_0^2 - D_1^2)} \quad \dots (\text{答})$$

(6) 位置 x における曲げモーメント $M(x)$ は

$$M(x) = Wx - WL$$

$M(x)$ の絶対値の最大値は $x = 0$ で WL なので，最大値 σ_W は

$$\sigma_W = \frac{M(0)D_0}{2I} = \frac{WLD_0}{2I} \quad \dots (\text{答})$$

(7) 条件は,

$$\frac{\sigma_s}{S} \geq \sigma_g + \sigma_P + \sigma_W + \frac{4Mg}{\pi(D_0^2 - D_1^2)}$$

$$\therefore M \leq \frac{\pi(D_0^2 - D_1^2)}{4g} \left(\frac{\sigma_s}{S} - \sigma_g - \sigma_P - \sigma_W \right) \cdot \cdot \cdot (\text{答})$$

問題 2 3 力学・材料力学 出題意図

Ⅲ

- (1) 金属材料の機械的性質を決める、転位の運動についての理解を問う.
- (2) 共析組成の鉄鋼材料の組織と加工法についての理解を問う.
- (3) 金属材料の組織と降伏点の関係についての理解を問う.

問題 2 3 力学・材料力学 解答例

Ⅲ

- (1) 18-8 ステンレス（結晶構造：fcc, 積層欠陥エネルギー：10 mJ/m²）と、純鉄（結晶構造：bcc, 積層欠陥エネルギー：950 mJ/m²）を比べると、どちらが加工硬化しやすいか？
80 文字程度でその理由も述べよ。
(解答例)
18-8 ステンレスのほうが加工硬化しやすい。
積層欠陥エネルギーが小さいと、らせん転位が拡張しやすくなり、交差すべりが起こりにくくなる。そのため、転位の運動が妨げられ、加工硬化しやすくなる。
- (2) ピアノ線は、どの組成の鉄鋼を使って、どのように加工され、どのような組織をもっているか？
80 文字程度で説明せよ。
(解答例)
共析組成の鉄鋼を使って、引き抜き加工を繰り返し、パーライト組織が引き抜き方向に沿って層間隔が極端に短くなった組織をもっている。
- (3) 金属材料の組織の細かさと降伏点の関係を 40 文字程度で説明せよ。
(解答例)
降伏点は組織の結晶粒径の $-1/2$ 乗に比例する。これは、ホールーペッチの関係と呼ばれる。

問題24 熱力学・流体力学 出題意図・解答例

- 開いた系の熱機関において熱力学第一法則、第二法則の基礎を理解していること。
- 蒸気タービンに関連して蒸気の熱エネルギーの利用方法の基礎を理解していること。
- 逆カルノーサイクルの基礎を理解し、状態変化を T - S 線図で表すことができること。

24 I

$$(1) \quad L_1 = \frac{\kappa}{\kappa-1} p_1 v_1 \left(1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}-1} \right) [\text{J}]$$

$$(2) \quad L_2 = \frac{\kappa}{\kappa-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) - q [\text{J}]$$

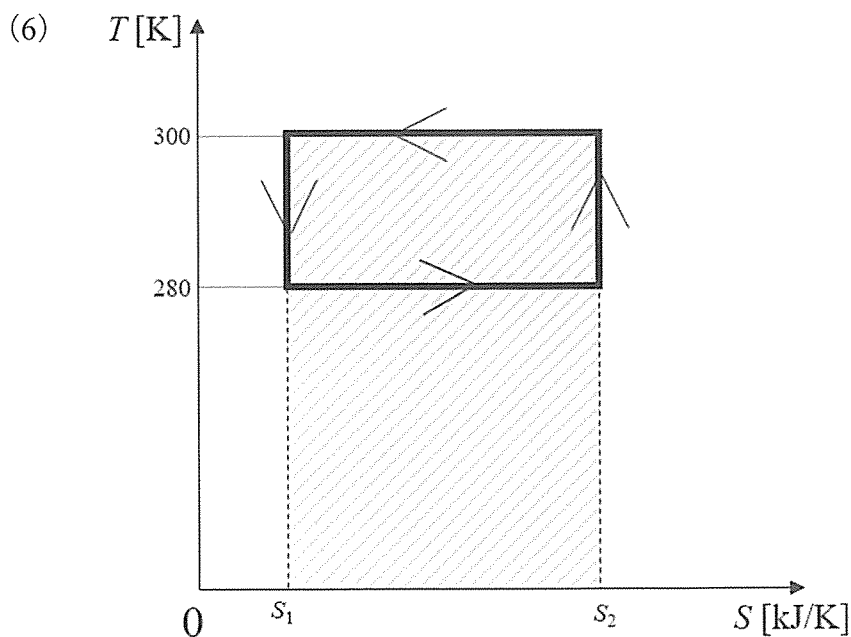
$$(3) \quad E = L_1 - L_2 = \frac{\kappa}{\kappa-1} p_2 v_2 - \frac{\kappa}{\kappa-1} p_1 v_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}-1} + q [\text{J}]$$

$$(4) \quad Q = h_2 - h_1 = 2280 \text{ kJ}$$

$$(5) \quad L_3 = h_2 - h_3 = 1030 \text{ kJ}$$

$$(7) \quad L_4 = \frac{(300.15 - 280.15)}{300.15} \times 100 = 6.663 \dots = 6.66 \text{ kJ}$$

$$(8) \quad \varepsilon = \frac{100}{L_4} = 15.00 \dots = 15.0$$



問 II の出題の意図

- ・流体力学の基礎式を正しく理解しているか？
- ・基礎式を用いて，簡単な流れの速度分布および流量を求められるか？
- ・問いにある流れの条件を正しく理解できているか？

問 II の解答例

(1)

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

(2)

$$u(y) = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} y^2 + \left(\frac{U}{H} - \frac{H}{2\mu} \frac{dp}{dx} \right) y$$

(3)

$$Q = \frac{UH}{2} - \frac{H^3}{12\mu} \frac{dp}{dx}$$

(4)

$$\frac{dp}{dx} < \frac{6\mu U}{H^2}$$

(5)

$$y_{\max} = \frac{H}{2} - \frac{U\mu}{H \frac{dp}{dx}}$$