

大学院工学研究科博士前期課程

生産システム工学系専攻 機械ロボット工学コース
情報電子工学系専攻 共創情報学コースE系

入学試験 一般入試（2次）

*** 専門科目試験問題 ***

日 時：2025年2月27日（木） 13:00 - 15:00

試験科目：数学（線形代数，微分・積分，微分方程式）

- 注 意：(1)机上には，受験票，筆記用具，時計の他は置かないこと。
(2)問題ごとに解答用紙1枚を使用すること。
(3)各解答用紙には，白紙で出す場合も含めて「受験番号」を必ず記入すること。
(4)もし必要なら「裏に続く」と表に記入して，裏面に解答を続けて記入しても良い。
(5)試験終了後，白紙であっても解答用紙はすべて回収する。
(6)問題用紙と草案用紙は持ち帰ること。

数 学

1. 以下の行列 A の逆行列 A^{-1} を求めよ.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 2 \\ -2 & 1 & 3 & 4 \\ 1 & -1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

2. 次の問いに答えよ.

(1) $z = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$ のとき, $\frac{\partial z}{\partial x}$, $\frac{\partial z}{\partial y}$ を計算せよ.

(2) 次の定積分を計算せよ.

$$I_1 = \int_0^1 \frac{1}{(x-2)^2(x-3)} dx$$

(3) $D: \{(x, y) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 3x^2\}$ により定義される領域を D として, 次の重積分を求めよ.

$$I_2 = \iint_D \frac{2y}{1+x} dx dy$$

3. 次の微分方程式の一般解を求めよ.

$$\frac{dy}{dx} - y = x^3 - x$$

大学院工学研究科博士前期課程

生産システム工学系専攻 機械ロボット工学コース
情報電子工学系専攻 共創情報学コース E 系

入学試験 一般入試（2次）

*** 専門科目試験問題 ***

日 時：2025年2月28日（金） 9：00 - 11：30

試験科目：熱力学，流体力学，材料力学，機械力学，制御工学
（5科目必須）

- 注 意：(1)机上には，受験票，筆記用具，時計の他は置かないこと．
(2)5科目の問題を全て解答すること．
(3)科目ごとに解答用紙1枚を使用すること．
(4)各解答用紙には，白紙で出す場合も含めて「受験番号」を必ず記入すること．
(5)もし必要なら「裏に続く」と表に記入して，裏面に解答を続けて記入しても良い．
(6)試験終了後，白紙であっても解答用紙はすべて回収する．
(7)問題用紙と草案用紙は持ち帰ること．

熱 力 学

1. 以下の問いに答えよ。ただし、作動流体は理想気体であり、有効数字を3桁とする。

(1) ある閉じた系において、系外より系内に 80.0 kJ の熱量が加えられた。その際に系内から系外に $2.50 \times 10^3 \text{ Nm}$ の仕事が行われ、 15.0 kJ の熱量が排出された。このエネルギー移動に伴う内部エネルギー変化を求めよ。

(2) 圧力 $p = 0.100 \text{ MPa}$ のもとでの等圧変化において、内部エネルギー変化は $\Delta U = 15.0 \text{ kJ}$ 、体積変化は $\Delta V = 2.50 \text{ m}^3$ であった。このときのエンタルピー変化 ΔH を求めよ。

2. 以下の問いに答えよ。ただし、作動流体は理想気体であり、有効数字を3桁とする。

(1) 温度 573 K の高温熱源と温度 323 K の低温熱源の間で作動する可逆カルノーサイクルの熱効率 η を求めよ。

(2) あるオットーサイクルエンジンにおいて、断熱圧縮前の体積が $V_1 = 480 \text{ cm}^3$ 、断熱圧縮後の体積が $V_2 = 60 \text{ cm}^3$ であった。このときの熱効率 η を求めよ。ただし、比熱比は $\kappa = 1.50$ とする。必要とあれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ を使用すること。

流体力学

1. 地面と水平に置かれた直円管(直径 10 mm, 長さ 2 m)に水(密度 1000 kg/m³, 粘度 0.001 Pa·s)が流れている. 平均流速は 0.1 m/s であった. 次の問いに答えよ. ただし, 流れは十分に発達した定常流とし, 臨界レイノルズ数を 2300 とする. また, 円周率を 3.14 とせよ.
- (1) 質量流量を求めよ.
 - (2) レイノルズ数を求めよ.
 - (3) 管中心の流速を求めよ.
 - (4) 管摩擦係数を求めよ.
 - (5) 圧力損失を求めよ.
2. 次式で表される連続の式を参考にして, 以下の問いに答えよ(x, y, z の直交座標系であり, u, v, w は, それぞれ, x, y, z 軸方向の流速. ρ は密度).

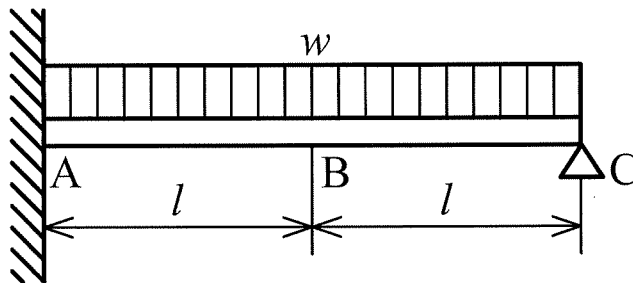
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

- (1) 無次元化した連続の式を示せ. ただし, 無次元量として, $\bar{t} = Ut/L$, $\bar{u} = u/U$, $\bar{v} = v/U$, $\bar{w} = w/U$, $\bar{x} = x/L$, $\bar{y} = y/L$, $\bar{z} = z/L$, $\bar{\rho} = \rho/\rho_0$ を用いよ(L : 代表長さ, U : 代表速度, ρ_0 : 代表密度). なお, 無次元量が不足する場合は, あらたに定義して用いてよい.
- (2) 上記(1)で導出した式を用いて, 非圧縮性流体に対する連続の式を導け.
- (3) 上記(1)で導出した式を用いて, 圧縮性流体の定常流れに対する連続の式を導け.

材 料 力 学

曲げ剛性 EI , 長さ $2l$ の半固定はりが図の等分布荷重 w を受けている.

- (1) はり先端C点に生じる反力 R_C を求めよ.
- (2) はり先端C点のたわみ角 θ_C を求めよ.
- (3) はり中央B点のたわみ y_B を求めよ.



<参考式>

積分法

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M$$

エネルギー法 (カステリアノの定理)

$$\lambda_i = \int \frac{M}{EI} \frac{\partial M}{\partial P_i} dx$$

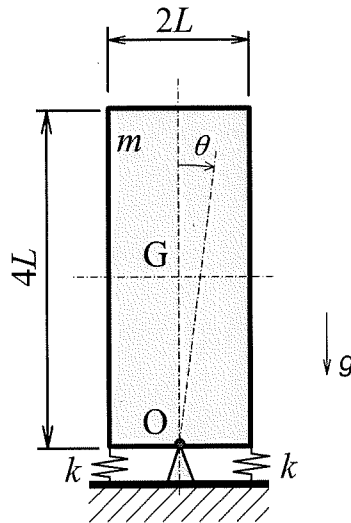
簡易加算法

	M	P	w
θ	$\frac{Ml}{EI}$	$\frac{Pl^2}{2EI}$	$\frac{wl^3}{6EI}$
y	$\frac{Ml^2}{2EI}$	$\frac{Pl^3}{3EI}$	$\frac{wl^4}{8EI}$

機 械 力 学

図のように質量 m ，長辺の長さ $4L$ ，短辺の長さ $2L$ の一様で薄い平板が，点 O で摩擦なくピン支持され，ばね定数 k のばね 2 本で床面に支えられている．以下の問いに答えよ．ただし， G は平板の重心を表し，重力加速度 g は紙面に平行に下向きに働くものとし，運動は全て紙面内で起こるものとする．

- (1) 平板の O 点まわりの慣性モーメントを J_O として，図に示した状態から O 点まわりに微小角変位 θ で運動する際の運動方程式を記述せよ（慣性モーメントは J_O のままで良い．）．
- (2) 平板の O 点まわりの慣性モーメント J_O を求めよ（慣性モーメントの計算過程も示せ．）．
- (3) 平板が(1)の状況で O 点まわりに自由振動する際のばね定数の大きさの条件を示し，平板の固有振動数を求めよ．



制 御 工 学

図 1 のフィードバック制御系がある．図中の $G(s)$ と $H(s)$ は次式である．ここで， a, b, c ($b < c$) は正の実数である．以下の問いに答えよ．

$$G(s) = \frac{a}{s+b}$$

$$H(s) = \frac{1}{s+c}$$

- (1) 図 1 のフィードバック制御系の閉ループ伝達関数 $W_1(s) = Y/R$ を求めよ．
- (2) 図 1 のフィードバック制御系の安定性について，閉ループ伝達関数 $W_1(s)$ とラウスの安定判別法を用いて判別せよ．もし安定・不安定になる a, b, c の条件がある場合は a, b, c による式でそれも示すこと．
- (3) 図 1 のフィードバック制御系の一巡伝達関数 $W_2(s)$ を求めよ．
- (4) $W_2(s)$ のボード線図の折線近似は図 2 のようになった． a, b, c の数値を求めよ．
- (5) 位相余裕を図 2 のグラフから読み取れ．

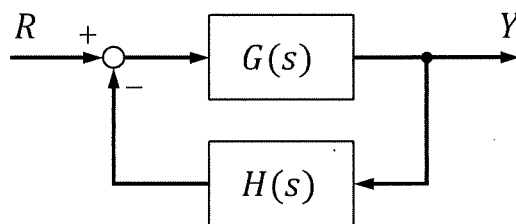


図 1 フィードバック制御系

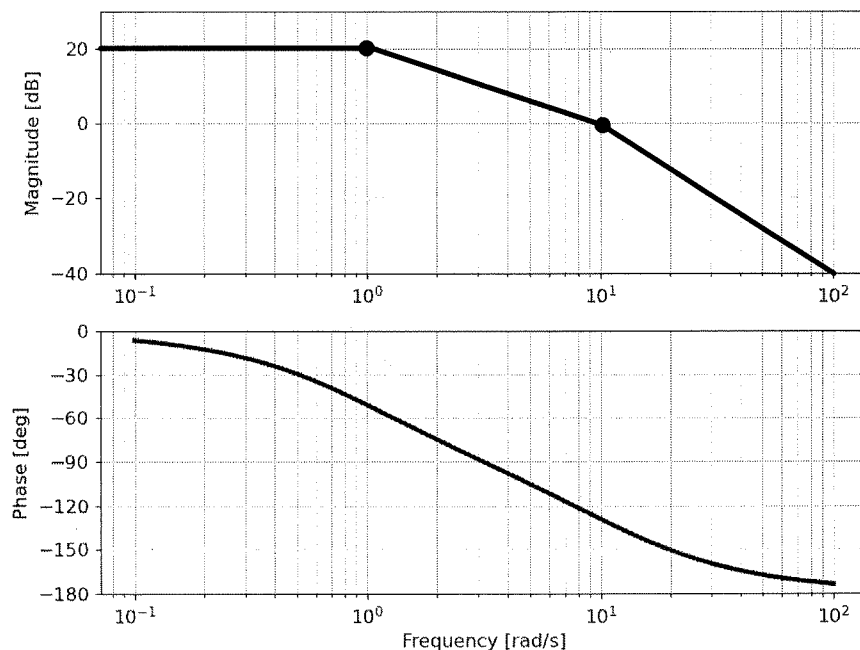


図 2 一巡伝達関数 $W_2(s)$ のボード線図

数 学（線形代数）

$n \times n$ の行列に対して逆行列を計算できるか.

数 学（微分積分）

- (1) $f(x, y)$ の関数に対して偏微分を計算できるか.
- (2) 分数の多項式で表された関数の定積分が計算できるか.
- (3) $D: \{(x, y)\}$ で定義された領域を D の重積分を計算できるか.

数 学（微分方程式）

微分方程式について理解し，一般解を求められるか。

受験番号	(解答例)	試験科目名	数学 1
$A^{-1} = \begin{pmatrix} -20 & 4 & -1 & 25 \\ 5 & -1 & 0 & -6 \\ 29 & -6 & 2 & -36 \\ -33 & 7 & -2 & 41 \end{pmatrix}$			

受験番号	(解答例)	試験科目名	数学 2
(1) $\frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{y}{x^2 + y^2}, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{x}{x^2 + y^2}$ (2) $I_1 = 2\log 2 - \log 3 - \frac{1}{2}$ (3) $I_2 = 9\log 2 - \frac{21}{4}$			

受験番号	(解答例)	試験科目名	数学 3
求める微分方程式の一般解は, $y = C_1 e^x - x^3 - 3x^2 - 5x - 5 \quad (\text{ただし } C_1 \text{ は任意定数})$			

熱力学

1. 熱力学第一法則を理解しているか. また, 基本的な計算を正しく実行できるか.
2. 理想気体の状態変化に関する基礎事項を理解しているか. また, 基本的な計算を正しく実行できるか. サイクルの熱効率を理解しているか. また, 計算を正しく実行できるか.

流 体 力 学

1. 管路内流れの基礎を理解しているか. また, 基本的な諸量を正しく計算できるか.
2. 連続の式を理解しているか. また, 無次元化の操作を正しく実行できるか.

材 料 力 学

- (1) はりの不静定問題を理解しているか.
- (2) はりのたわみ角を求めることができるか.
- (3) はりのたわみを求めることができるか.

機 械 力 学

- (1) 剛体の運動を理解しているか.
- (2) 剛体の運動の基本的物理量を理解しているか.
- (3) 1 自由度振動系の基本を理解しているか.

制 御 工 学

- (1) フィードバック制御系の閉ループ伝達関数を理解しているか.
- (2) ラウスの安定判別法ができるか.
- (3) フィードバック制御系の一巡伝達関数を理解しているか.
- (4) ボード線図と伝達関数の関係を理解しているか.
- (5) 位相余裕をボード線図から読み取ることができるか.

受験番号	(解答例)	試験科目名	熱力学
1. (1) 62.5 kJ あるいは 62.5×10^3 J, 6.25×10^4 J (2) 265×10^3 J あるいは 2.65×10^5 J, 265kJ or 2.65×10^2 kJ 2. (1) 0.436 あるいは 43.6% (2) 0.648 あるいは 64.8%			

受験番号	(解答例)	試験科目名	流体力学
1.			
(1)	$Q_m = \rho Q = \rho \frac{\pi d^2}{4} u = 1000 \times \frac{3.14 \times 0.010^2}{4} \times 0.1 = 7.85 \times 10^{-3}$		<u>$7.85 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$</u>
(2)	$Re = \frac{ud}{\mu/\rho} = \frac{0.1 \times 0.010}{0.001/1000} = 1000$		<u>1000</u>
(3)	$Re = 1000 (< 2300)$ であり、流れは層流であるから、 $u_{max} = 2u = 2 \times 0.1 = 0.2$		<u>0.2 m/s</u>
(4)	流れは層流であるから、 $\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1000} = 0.064$		<u>0.064</u>
(5)	$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho u^2}{2} = 0.064 \times \frac{2}{0.010} \times \frac{1000 \times 0.1^2}{2} = 64$		<u>64 Pa</u>
2.			
(1)	無次元量を代入して、 $\frac{\rho_0 \partial \bar{p}}{(L/U) \partial \bar{t}} + \frac{\rho_0 U \partial(\bar{\rho} \bar{u})}{L \partial \bar{x}} + \frac{\rho_0 U \partial(\bar{\rho} \bar{v})}{L \partial \bar{y}} + \frac{\rho_0 U \partial(\bar{\rho} \bar{w})}{L \partial \bar{z}} = 0$		$\therefore \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{t}} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u})}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{v})}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{w})}{\partial \bar{z}} = 0$
(2)	密度一定であるから、		$\therefore \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial \bar{z}} = 0$
(3)	時間項が消去されるから、		$\therefore \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u})}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{v})}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{w})}{\partial \bar{z}} = 0$

受験番号	(解答例)	試験科目名	材料力学
(1) $R_C = \frac{3}{4}wl$ (2) $\theta_C = -\frac{wl^3}{6EI}$ (3) $y_B = \frac{wl^4}{12EI}$			

受験番号	(解答例)	試験科目名	機械力学
(1) 運動方程式は, $J_O \ddot{\theta} + (2kL^2 - 2mgL)\theta = 0$ (2) O点まわりの慣性モーメントは $J_O = \frac{17}{3}mL^2$ (3) 振動する場合のばね定数の条件は, $k > \frac{mg}{L}$ 固有振動数は, $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{34(kL - mg)}{3mL}} \text{ [Hz]}$			

受験番号	(解答例)	試験科目名	制御工学						
(1)$W_1(s)=\frac{Y}{R}=\frac{G}{1+GH}=\frac{a(s+c)}{(s+b)(s+c)+a}$ (2) フィードバック制御系の伝達関数（閉ループ伝達関数）は,$W_1(s)=\frac{a(s+c)}{(s+b)(s+c)+a}=\frac{a(s+c)}{s^2+(b+c)s+bc+a}$これより特性方程式は $s^2+(b+c)s+bc+a=0$. a,b,cは正の実数なので、各係数は存在し同符号である。 安定であるためには以下のラウス表の最左端が正になればよい.<table><tr><td>1</td><td>$bc+a$</td></tr><tr><td>$b+c$</td><td>0</td></tr><tr><td>$bc+a$</td><td></td></tr></table> a,b,cは正の実数なので、表の最左端はすべて正になり、このフィードバック制御系は安定であることが分かる. (3)$W_2(s)=GH=\frac{a}{(s+b)(s+c)}$ (4) $a=100, b=1, c=10$ (5) 50 度				1	$bc+a$	$b+c$	0	$bc+a$	
1	$bc+a$								
$b+c$	0								
$bc+a$									