

2010年度立命館大学大学院理工学研究科  
博士課程前期課程  
入学試験問題（専門科目）

機械システム型

【注意事項】

1. 解答は問題番号1、2、3・・・ごとに解答用紙1枚を使用すること。
2. 解答用紙には専攻名、課程、受験番号、氏名、問題番号を解答用紙すべてに記入すること。
3. 無記名答案は無効、問題用紙および解答用紙は持ち帰らないこと。
4. 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないこと。
5. 専門科目の選択方法  
問題用紙が事前に届け出ている型の問題であるか確認し、以下のような専門科目の選択方式に従って解答してください。

機械システム型：線形代数、解析学、力学から3問必答、  
および以下の7問から2問選択。  
材料力学、熱力学、流体力学、電気電子工学、制御工学、生産加工学、  
ロボット機構学。

6. 専門科目試験時間

- 数学科・物理型 13:00～15:00(120分)試験時間中の途中退室は認めない。  
数学科・物理型以外 13:00～16:00(180分)試験時間中の途中退室は認めない。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

1. 線形代数

以下の問い(1)～(5)のすべてに答えよ。

$2 \times 2$ 行列  $A = \begin{pmatrix} 1+a & -2 \\ 2+b & 0 \end{pmatrix}$  について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。ただし、 $a$  と  $b$  は実数である。

(1)  $A$  の固有値が純虚数となる時、 $a$  と  $b$  が満たす条件を求めよ。

(2)  $a = 4$  ,  $b = -\frac{7}{8}$  のとき、 $A$  を対角化する正則行列  $U$  を求めよ。

$2 \times 2$ 行列  $A_1 = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}$  ,  $A_2 = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$  ,  $A_3 = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 5 & 1 \end{pmatrix}$  および  $O = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$  を用いて、 $4 \times 4$  行列  $B$  を  $B = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ O & A_3 \end{pmatrix}$  と表す。以下の問い(3)～(5)に答えよ。

(3)  $A_1$  および  $A_3$  の逆行列  $A_1^{-1}$  ,  $A_3^{-1}$  を求めよ。

(4)  $B$  の逆行列  $B^{-1}$  を  $A_1^{-1}$  ,  $A_2$  ,  $A_3^{-1}$  を用いて表せ。

(5)  $B^{-1}$  を求めよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

2. 解析学

設問 [1]

- (1) 関数  $f(t)$  のフーリエ変換とラプラス変換の定義式を記述せよ。  
(2) 区間  $[a, b]$  で定義される関数  $f(t)$ ,  $g(t)$  について、次式が成立するとき、

$$\int_a^b f(t)g(t)dt = 0$$

直交するという。区間  $[0, \pi]$  で 関数  $f(t) = \sin t$ ,  $g(t) = \cos t$  の直交性について議論せよ。

- (3) 上記 (2) において、 $f(t) = \sin mt$ ,  $g(t) = \sin nt$  の直交性を議論せよ。ただし、 $m=1,2,3,\dots$ ,  $n=1,2,3,\dots$  とする。また、 $\sin nt \cdot \sin mt = \frac{1}{2}[\cos(m-n)t - \cos(m+n)t]$  を利用せよ。  
(4) フーリエ変換とラプラス変換の意味を簡単に記述せよ。その際、「直交関数」および「積分の収束性」に触れて説明せよ。

設問 [2]

- (1) 関数  $\sin t$  のラプラス変換形を求めよ。ただし、 $\sin t = \frac{1}{2j}[e^{jt} - e^{-jt}]$  ( $j$ : 虚数単位) を利用して求めよ。  
(2) 次の微分方程式において、ラプラス変換を用いてラプラス変換形  $X(s)$  を求めよ。

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 2\frac{dx(t)}{dt} + x(t) = \sin t \quad \text{ただし,} \quad x(0) = 1, \quad \frac{dx}{dt}(0) = 1 \quad \text{とする.}$$

- (3) ラプラス変換形  $X(s) = \frac{s+2}{(s+1)(s+3)}$  の逆変換形  $x(t)$  を求めよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

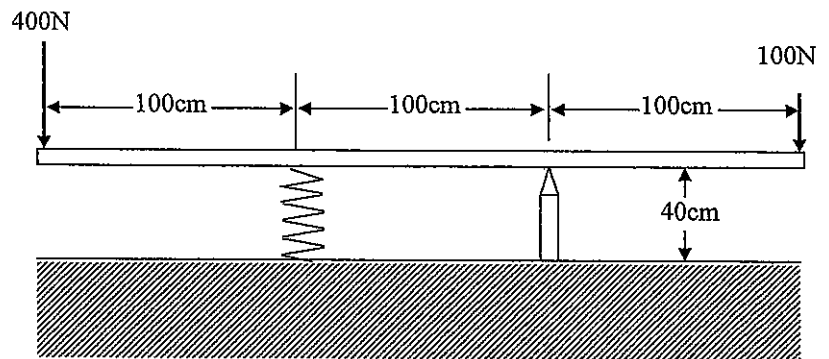
全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

3. 力学

断面一様のまっすぐなはりがあり、図のように両端で2つの下向きの力が作用したとき、自由高さが  $h_0$  (cm) のバネが圧縮されて、はりが丁度水平になったとする。はりの変形は無視できるとして、以下の問いに答えよ。なお、小数第2位以下は四捨五入せよ。

- 1) はりの自重は無視できるとし、バネ定数を  $k = 30$  (N/cm) としたときのバネの自由高さ  $h_0$  (cm) を求めよ。
- 2) 図中の2つの外力と同時に、はりの自重による外力として  $2$  (N/cm) が作用するときバネの自由高さ  $h_0$  (cm) を求めよ。はりの密度は一様とする。
- 3) 上記2)において、バネ定数  $k$  (N/cm) が圧縮変形  $\delta$  (cm) とともに次式に従って増大するようなバネを用いた場合の自由高さ  $h_0$  (cm) を求めよ。

$$k = 2\delta + 30$$



立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

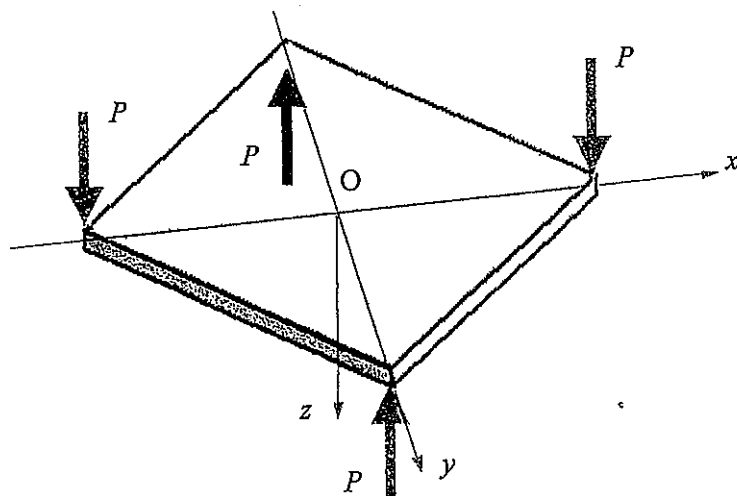
[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

4. 材料力学

下図のような一辺の長さ  $L$ 、厚さ  $2t$  の正方形板の対角線両端を板表面では下向きに、板裏面では上向きに力  $P$  を作用させる場合について、以下の問いに答えよ。なお、座標の原点は正方形板中心に設置されている。

- (1) この正方形板は、力のつりあいと、力のモーメントのつりあいが成り立っていることを示せ。
- (2)  $x$  軸に沿った曲げモーメント線図(BMD)と、 $y$  軸に沿った曲げモーメント線図(BMD)をそれぞれ描きなさい。ただし、曲げモーメントの符号は、板が上に凸にたわむ場合を負とする。また、BMD 横軸の距離は、対角線の端から測ること。
- (3) 正方形板表面における  $x$  軸に垂直な断面に作用する曲げ応力と、 $y$  軸に垂直な断面に作用する曲げ応力をそれぞれ求めよ。



立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

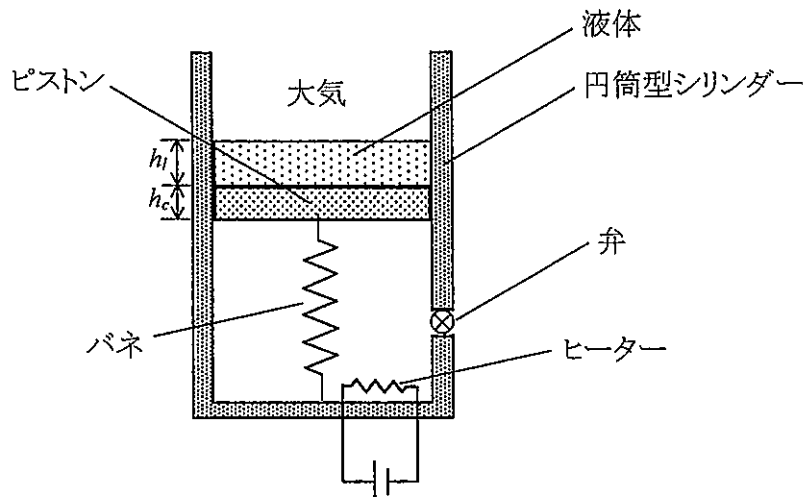
[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

5. 熱力学

図で示されるように、ピストンにバネが取り付けられた円筒型のシリンダーが大気中に置かれ、液体がピストンの上面に注がれている。ピストンとシリンダーは断熱材で作られており、シリンダー内部の底面にヒーターが取り付けられている。容器の側壁には弁が取り付けられており、弁を通じて気体の排気と吸入が可能である。ピストンの外径を  $2r$  [m]、高さを  $h_c$  [m]、密度を  $\rho_c$  [kg/m<sup>3</sup>]、液体の厚みを  $h_l$  [m]、密度を  $\rho_l$  [kg/m<sup>3</sup>]、バネの自然長を  $l_0$  [m]、一般ガス定数を  $R$  [J/K·mol]、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>]とする。ヒーターの加熱が無く、シリンダー内部が真空であるとき、バネの縮みは  $l_0/4$  [m]であった。このとき、次の問いに答えよ。ただし、バネの質量は無視するものとする。

- (1) ヒーターで理想気体を絶対温度  $T_A$  [K]まで加熱し、理想気体が弁を通じて大気からシリンダー内部へ吸入される。このとき、バネは自然長になった。シリンダー内部の圧力  $P_A$  [N/m<sup>2</sup>]、バネ係数  $k$  [N/m]、シリンダー内部の理想気体のモル数  $n$  [mol]を求めよ。
- (2) (1)の状態 で弁を閉じ、ヒーターで理想気体の絶対温度を 2.5 倍まで上昇させる。このときのバネの伸び  $x_0$  [m]を求めよ。
- (3) (2)の過程で理想気体が外部に対して行った仕事  $W$  [J]を求めよ。



全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、

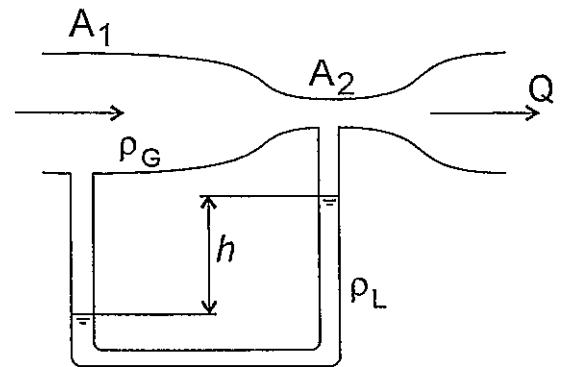
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

### 6. 流体力学

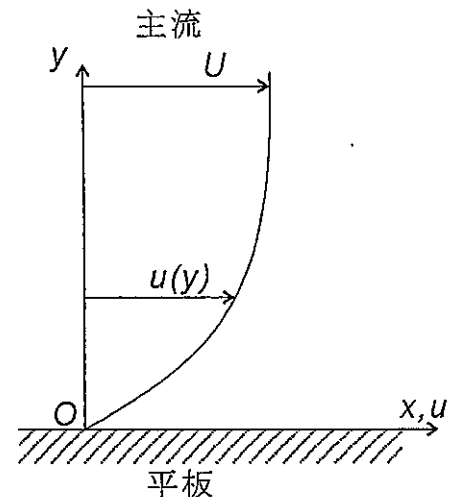
- (1) 以下に示すキーワードをすべて用いて、静止流体中を移動する翼面上に発生する「はく離現象」について論ぜよ。なお翼の移動速度は、圧縮性の考慮が必要ない範囲内とする。

キーワード：層流、乱流、壁面せん断応力、失速、渦、迎え角、揚力、抗力

- (2) 図に示すように断面積が変化する管に気体が流れている。上流部（断面積  $A_1$ ）と縮流部（断面積  $A_2$ ）にはU字管マンノメータが接続されている。マンノメータの液面高さの差が  $h$  であるとき、管を流れる気体の流量  $Q$  を求めよ。なお、管内の気体とマンノメータ内の液体の密度はそれぞれ  $\rho_G$ 、 $\rho_L$  とする。



- (3) 右図は、平板上に発達する境界層の速度分布を示している。この境界層の排除厚さ  $\delta_1$  と運動量厚さ  $\delta_2$  を、主流速度  $U$  及び局所流速  $u(y)$  を用いて示せ。なお、座標系は図に示すよう、平板上に原点、流れ方向に  $x$ 、壁面垂直方向に  $y$  と取ること。また流速は、圧縮性の考慮が必要ない範囲にあるとする。



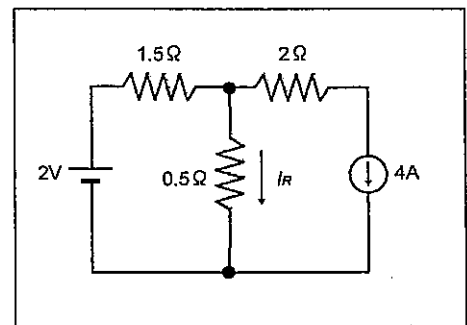
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

7. 電気電子工学

1. 図に示す回路の電流  $I_R$  を求めよ。



2. 信号電圧（実効値） $V$  が  $V=1+j$  [V]（ $j$ ：虚数単位）で表されている。つぎの問いに答えよ。

1)  $V$  の大きさと位相を求めよ。

2)  $V$  の周波数が 500Hz であるとき、 $V$  を表す正弦関数の式を示せ。

3. 右の図に示す回路について以下の問いに答えよ。なお、1個のダイオードの順方向電圧を 0.7V とする。

1) 2個のダイオードを直列に並べたダイオード  $D$  に

かかる電圧はいくらか。

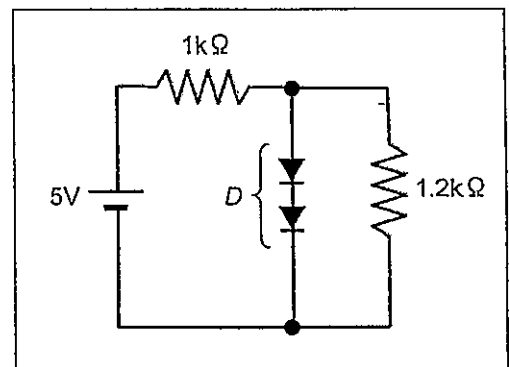
2) 1kΩの抵抗にかかる電圧はいくらか。

3) 1kΩの抵抗を流れる電流はいくらか。

4) 1.2kΩの抵抗にかかる電圧はいくらか。

5) 1.2kΩの抵抗を流れる電流はいくらか。

6) ダイオード  $D$  を流れる電流はいくらか。



立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

8. 制御工学

図1に示すボイラシステムを考える。タンクへの水の流入量を  $q$  [g/s]、水の比熱容量を  $c$  [cal/(g·K)]、タンクへの流入熱量を  $Q$  [cal/s]、タンクの熱容量を  $C$  [cal/K]、水の温度を  $\theta$  [K] とする。以下の問いに答えよ。

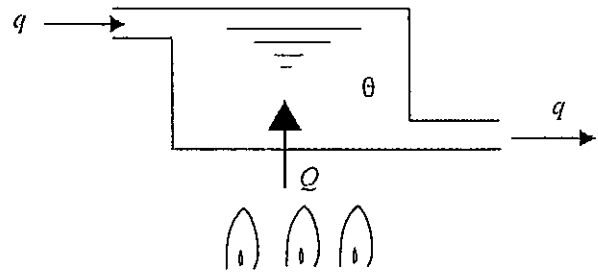


図1：ボイラシステム

(1) 流入熱量  $Q$  から水の温度  $\theta$  までの伝達関数  $G(s)$  は  $G(s) = \frac{K}{Ts+1}$  の形で与えられる。  $K$  と  $T$  を求めなさい。

(2) 図1のシステムを図2に示すフィードバックシステムで制御を行う場合を考える。  $\theta_i$  は温度の目標値である。このときステップ入力に対する定常偏差が  $1/10$  となる  $K_c$  の値を求めよ。ただし  $q = 200$  [g/s]、  $c = 1$  [cal/(g·K)]、  $C = 1000$  [cal/K] とする。

(3) 問(1)のボイラシステムに  $L$  [s] の無駄時間が含まれているとき、ボイラシステムの伝達関数はどのようなになるか。

(4) 問(3)の無駄時間を含むシステムを図2のフィードバックシステムで制御を行う。ゲイン  $K_c$  の安定限界を求めよ。ただし各パラメータは問(2)と同じ値とし、  $L = \pi - \tan^{-1}(5) \approx 1.8$  [s]、  $\sqrt{26} \approx 5.1$  とする。

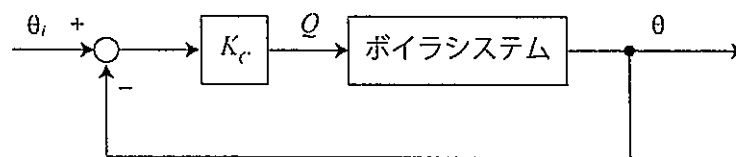


図2：フィードバックシステム

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

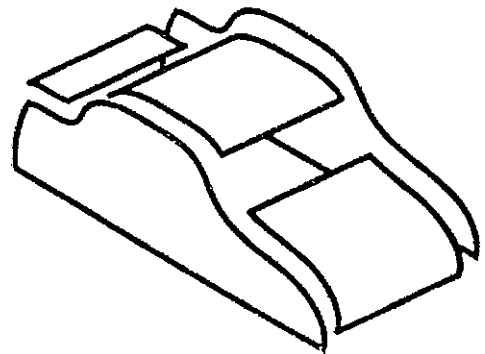
[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、  
他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

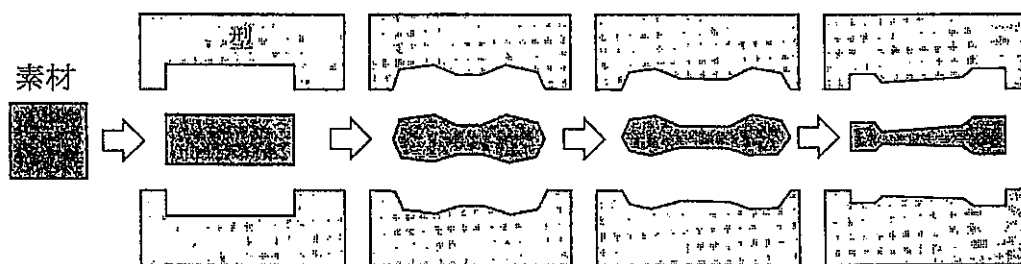
9. 生産加工学

自動車の製造に関する下記の問いに答えよ。

(1) 自動車のボディは右図のように数枚の薄い鋼板から製作されている。真っ平らな鋼板からボディを製作する方法について120字程度で説明せよ。



(2) 上記のボディや動力伝達装置など自動車の構成部品の75～85%には、鉄鋼材料が用いられている。その理由を150字程度で説明せよ。



鍛造加工

(3) クランクシャフトは上図のような鍛造加工により製作されている。クランクシャフトは切削(旋盤加工)によっても製造できる。鍛造加工の概要を80字程度で、また鍛造加工で製作した場合の特徴を切削加工で製作する場合と比較しながら100字程度で説明せよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 機械システム型

全10問のうち、1.「線形代数」、2.「解析学」、3.「力学」は必ず解答し、

他の4～10の中から2問選択し、合計5問解答すること。

10. ロボット機構学

第1関節が回転関節、第2関節が並進関節であり、 $XY$ 平面内を運動する2自由度マニピュレータ(下図)について以下の問いに答えよ。ただし、手先位置 $P$ は $r=[x \ y]^T$ 、関節変数は $q=[\theta \ d]^T$ 、手先力は $F=[f_x \ f_y]^T$ 、関節駆動力は $\tau=[\tau_1 \ f_2]^T$ で表されるとし、右上添え字の「T」は転置を表す。

- 1) このマニピュレータの順運動学と逆運動学をそれぞれ求めよ。
- 2) このマニピュレータの手先速度と関節速度の関係を、ヤコビ行列を用いた速度の関係式として表せ。この際、ヤコビ行列の各成分も求めること。
- 3) 第1関節の速度により生じる手先速度と、第2関節の速度により生じる手先速度を図示せよ(新たに図を描くこと)。また、それら二つの関節速度により生じる手先速度と、先に図示した二つの手先速度との関係を図示せよ。
- 4) このマニピュレータの手先力と関節駆動力の関係を、2)で求めたヤコビ行列を用いた静力学関係式として表せ。この設問において特に、 $\theta=\pi/4[\text{rad}]$ かつ $d=0.5[\text{m}]$ のとき、マニピュレータの手先が外界と接触し、 $X$ 軸の正方向に $10[\text{N}]$ の大きさの手先力を発生しているとする。このときのマニピュレータの関節駆動力を求めよ。

