2010年8月26日実施

２０１１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、・・ごとに解答用紙１枚を使用して下さい。
2. 受験番号、氏名、問題番号を解答用紙すべてに記入して下さい。
3. 無記名答案は無効、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
4. 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
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：①線形代数　②解析学　③力学の３問必答、
　　　　　　　　および以下の７問から２問選択。
　　　　　　　　④材料力学
　　　　　　　　⑤熱力学
　　　　　　　　⑥流体力学
　　　　　　　　⑦計測・電気電子回路
　　　　　　　　⑧制御工学
　　　　　　　　⑨生産加工学
　　　　　　　　⑩ロボット機構学

6. 専門科目試験時間
   数学型・物理型
   １３：００～１５：００（１２０分）試験時間中の途中退室は認めていません。
   数学型・物理型以外
   １３：００～１６：００（１８０分）試験時間中の途中退室は認めていません。

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

1.線形代数、2 解析学、3 力学は必ず解答し、4〜10 の中から 2 問選択して解答すること。

1.線形代数

連立 1 次方程式A$\boldsymbol{x}$ ＝$\boldsymbol{b}$ が解をもつためには、行列Ａと行列Ｂ＝(A, $\boldsymbol{b}$)の階数(rank)が等しいことが必要十分条件となる。以下の連立１次方程式について行列Ａ, Ｂの階数を求めて解の有無を判定し、解を持つ場合は求めなさい。

（1） $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

※（1）の場合、 $A = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix}, \boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

$$\mathrm{rank}\,(A) = \mathrm{rank}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix},\ \mathrm{rank}\,(B) = \mathrm{rank}\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

である。

（2） $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

（3） $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 \\ -2 & -1 & -2 \\ 4 & 3 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

（4） $\begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

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

2.解析学

［１］次の設問に答えよ．

（１）関数　e^{-2t}　のラプラス変換形を，ラプラス変換の定義式から導出せよ．その際，収束座標について論じよ．

（２）関数　te^{-2t} のラプラス変換形を，ラプラス変換の定義式から導出せよ．

（３）次の方程式をラプラス変換形で表現し，$x(t)$ のラプラス変換形を示せ．

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2}+\frac{dx(t)}{dt}-2x(t)=-3e^{-2t}$$

ただし　$x(0)=0,\ \frac{dx}{dt}(0)=1$　とする．

（４）関数　$x(t)$　を求めよ．

［２］次の設問に答えよ．

（１）フーリエ級数の定義式を記述せよ．また，フーリエ級数の概要を説明せよ．

（２）区間　$0\leq x\leq 2\pi$　の関数　$f(x)=|\ x-\pi\ |$　をフーリエ級数で表せ．

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

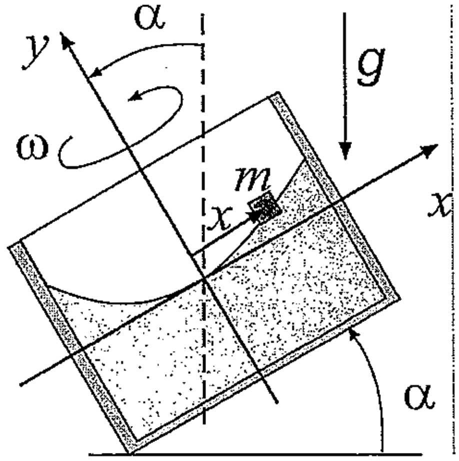
[専門科目]機械システム型

3.力学

図のように水を張ったドラムがある。鉛直軸に対してα傾いた軸周りにドラムが一定角速度ωで回転する。ドラムは回転を始めてから十分時間がたっており、水面はつりあいの状態にある。このとき、以下の設問に答えよ。ただし、y軸は回転軸と一致し、回転軸と水面の交点を座標系の原点とする。また、重力gは鉛直下向きに作用しており、表面張力は考えない。

(1)　水面上のある点近傍の微小質量mを考える。この微小質量に作用する力のx,y方向の各成分を求めよ。

(2)　水面の形状を表す関数$y=f(x)$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

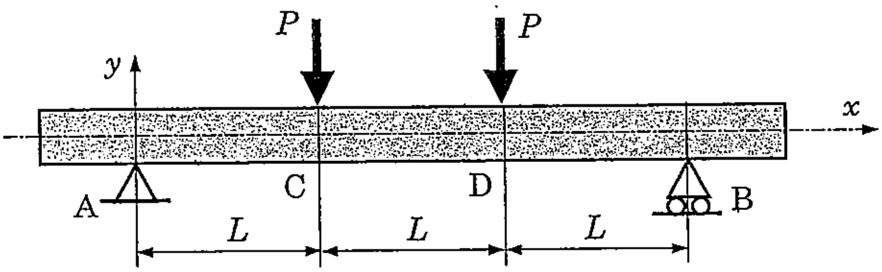
4.材料力学

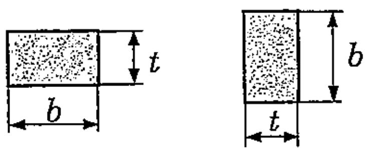
長方形断面はりに図のように大きさ P の力を作用させた場合について，以下の問いに答えよ．座標は，はり長手方向を x 軸，はり上方を y 軸とする．

(1)このはりの x 軸に沿ったせん断力図(SFD)と曲げモーメント図(BMD)を描け．
（はりの各区間（AC, CD, DB）におけるせん断力と曲げモーメントの導出過程も示すこと）

(2)曲げ応力 σ が最大になる箇所を正確に示せ．（図示すること）

(3)長手方向から見たはりの断面形状が「ケース１」の場合と「ケース２」の場合，「ケース１」の最大曲げ応力に対する「ケース２」の最大曲げ応力の比を記号 b と t を用いて示せ．





ケース１　　ケース２

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

5．熱力学

質量 m_A [kg]，温度 T_A [K]の気体 A と，質量 m_B [kg]，温度 T_B [K]の気体 B がある．ただし，$T_B > T_A$ とし，気体 A, B の定圧比熱 c_p [J/(kg·K)]はそれぞれ等しいものとする．等圧状態でこれらの気体を混合させ，十分に時間が経過した後に熱平衡状態になった．このとき，次の問いに答えよ．

(1) 熱平衡状態における気体の温度 T_m [K]を求めよ．

(2) 気体 A，気体 B の混合前後におけるエントロピーの変化量 ΔS_A, ΔS_B をそれぞれ求めよ．ただし，解答には T_m を含めない形で示すこと．

(3) 気体 A と気体 B の質量が等しい条件において，混合された気体の全エントロピーの変化量 ΔS を求めよ．

(4) 設問(3)の ΔS がゼロより大きくなることを証明せよ．ただし，以下に示す相加・相乗平均の関係を用いること．

$$\frac{T_A + T_B}{2} > \sqrt{T_A T_B}$$

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

6.流体力学

１．粘性流体の特徴を述べよ．

２．ナビア・ストークス方程式を解析的に（近似的に）解く方法を述べよ．

３．境界層理論とは何か説明せよ．

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

7.計測・電気電子回路

下図はオペアンプを用いた計装増幅器である。オペアンプが理想的な特性を有すると考えて以下の問に答えよ。但し、同じ記号の抵抗は同じ抵抗値を持つものとし、特に記さない限り電圧は接地電位を基準として測った値とする。なお、解答では、示されたすべての記号を使う必要がない場合もある。

（1） 点線で囲まれた差動増幅部を考える。オペアンプ OP3 の＋入力端子に入力される電圧 V4 を差動増幅部の入力電圧 V1、V2 と抵抗値 R3、R4 を用いて表せ。

（2） オペアンプ OP3 の－入力端子に入力される電圧 V3 を差動増幅部の入力電圧 V1、V2 と抵抗値 R3、R4 を用いて表せ。

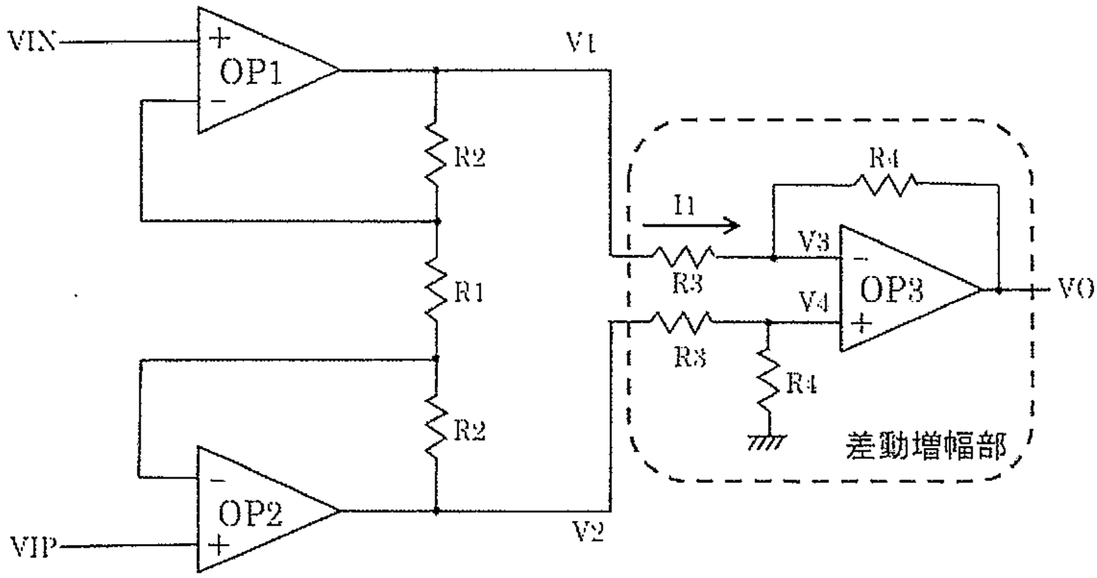
（3） オペアンプ OP3 の－入力端子に接続された抵抗 R3 を流れる電流の値 I1 を差動増幅部の入力電圧 V1、V2 と抵抗値 R3、R4 を用いて表せ。なお、電流は差動増幅部に流れ込む方向を正とする。

（4） 差動増幅部の出力 VO を、差動増幅部の入力電圧 V1、V2 と抵抗値 R3、R4 を用いて表せ。

（5） オペアンプ OP1 の出力（オペアンプ OP3 の－入力）V1 を計装増幅器の入力 VIP、VIN および抵抗値 R1、R2 で表せ。

（6） オペアンプ OP2 の出力（オペアンプ OP3 の＋入力）V2 を計装増幅器の入力 VIP、VIN および抵抗値 R1、R2 で表せ。

（7） 出力 VO を入力計装増幅器の入力 VIP、VIN および抵抗値 R1、R2、R3、R4 で表せ。



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

8.制御工学

（1）図１のブロック線図で表されるシステムの $U(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数 $G(s)$ を求めよ。

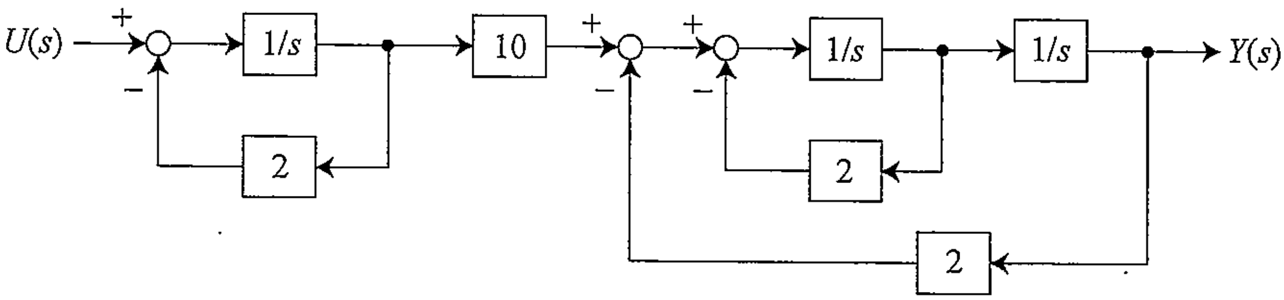


図１

（2）図１のシステムの安定性を調べよ。

（3）図２のフィードバックシステムにおいて，安定限界となる K を求めよ。ただし $G(s)$ は，図１で表されるシステムである。

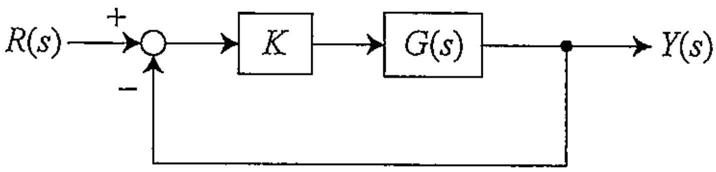


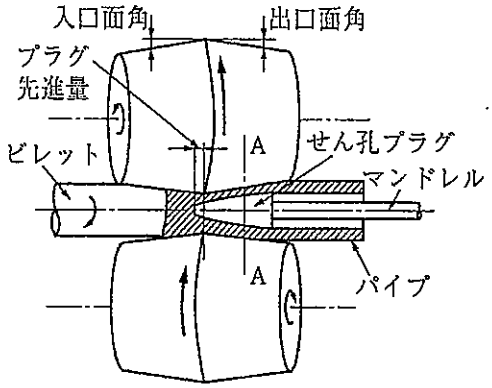
図２

（4）図２の $R(s)$ に単位ステップ入力が加わったとき，$Y(s)$ の定常偏差を求めよ．ただし K=1 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

9.生産加工学



右図は継ぎ目なしの鋼管を製作するマンネスマン穿孔法を示している。この図を見ながら、下記の問いに答えよ。

(1)この方法は回転鍛造の一つで、マンドレルがなくてもロールで上下から圧縮を加えることで穴があく。その理由を120字程度で説明せよ。

(2)この方法におけるマンドレルの役割について60字程度で説明せよ。

(3)この方法で穿孔されるパイプの肉厚を減少させる手段を60字程度で説明せよ。

(4)この継ぎ目なし鋼管に対して、種々の方法で円筒形に成形し、その突合せ部を溶接または鍛接した溶接鋼管が存在する。溶接鋼管に対して継ぎ目なし鋼管の長所を60字程度で説明せよ。またその長所を生かして、どのような分野に利用されているか50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

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。ここでは、手先(P)の位置を$r=[x \quad y]^T$、関節変数を$q=[\theta \quad d]^T$、手先力を$F=[f_X \quad f_Y]^T$、関節駆動力を$\tau=[\tau \quad f]^T$で表すとする。ただし、ベクトルの右上添え字の「T」は転置を表す。また、Lは第１リンクの長さ、αは第１リンクと第２リンクのなす角を表わす定数である。

1）順運動学を求めよ。

2）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、第２関節の速度により生じる手先速度、および二つの関節の速度の組により生じる手先速度を図に追記せよ。この追記の際、三つの手先速度の幾何学的関係がわかるようにせよ。

4）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。次に、L=0.2[m]、$\alpha=3\pi/4$[rad]であり、$\theta=\pi/4$[rad]、d=0.2[m]のときを考え、手先が外界と接触してX軸の正方向に 10[N]の手先力を発生している場合の関節駆動力を求めよ。