

専 門 科 目

「機械工学」，「材料工学」 及び「情報・制御工学」

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は9ページで，解答用紙は10ページあります。試験開始の合図があったから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い，解答用紙の全てのページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 問題は問題1から問題8までの8問ありますが，問題1は必ず解答しなさい。問題2から問題8までの7問の中から1問を選んで，該当する解答用紙に解答しなさい。
- 5 選択しなかった問題の解答用紙には，斜線を引いて提出しなさい。
- 6 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 7 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 8 問題用紙の余白は下書きとして利用してかまいません。
- 9 試験終了後，配付された問題用紙，下書用紙は持ち帰りなさい。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 1 (必須) 下の問いに答えよ。重力加速度は g とする。

- A 図 1-1 に示すように、棒 AB の A 端は壁にピン結合*され、B 端は C 点に結ばれたロープで水平から 30° の方向に引かれている。棒には図に示す一つの荷重 F が作用している。A 端に生じる x 方向反力を R_x , y 方向反力を R_y , ロープに作用する張力を T として以下の問いに答えよ。なお棒の自重は無視できるものとする。(*ピン結合とは部材が自由に回転できる結合方法)

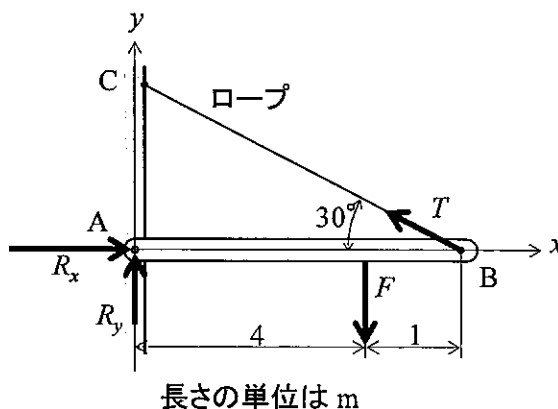


図 1-1

問 1 x 方向の力のつり合い式と y 方向の力のつり合い式をたてよ。

問 2 A 点まわりのモーメントのつり合い式をたてよ。その式を解いて、 $F=1000$ [N] のときのロープの張力 T の大きさを求めよ。

問 3 R_x と R_y を求めよ。また R_x と R_y の合力 R の大きさと方向 (水平方向からの角度) を求めよ。なお平方根は小数にせずそのままが良い。

- B 図 1-2 に示すように、質量 m_1 の物体 A と質量 m_2 の物体 B を糸で結び、物体 A をなめらかな水平面上におき、滑車を介して物体 B をつり下げ、物体 A を手で押さえて動かないようにおく。時刻 $t=0$ [s] で手をはなすと、糸はたるまずに張ったまま物体 A は左側へ、物体 B は鉛直下方に動いた。なお、滑車は抵抗なく回転し質量も無視できる。水平面と物体との摩擦も無視できる。糸の伸縮、空気抵抗も無視できる。

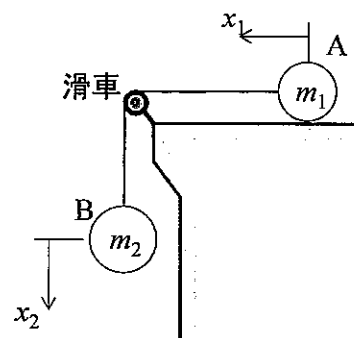


図 1-2

問 1 物体 A と物体 B について、それぞれ運動方程式をたてよ。糸の張力は T とする。

問 2 糸の張力 T と物体 A の加速度 \ddot{x}_1 を m_1, m_2, g を用いて表せ。

問 3 運動方程式を解いて、 t 秒後の物体 A の位置 x_1 を m_1, m_2, t, g を用いて表せ。また $m_1=3$ [kg], $m_2=5$ [kg] として $t=1$ [s] の x_1 の値を求めよ。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題1 (必須) のつづき

- C 図1-3に示すように、天井から垂らした糸を、半径 r 、質量 m の円板に巻きつけ、円板を手で支えている。手を離したところ、円板は回転しながら落下した。

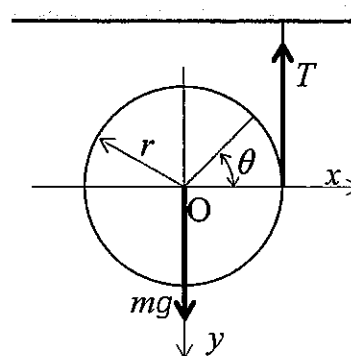


図1-3

- 問1 円板の落下（並進）の運動方程式、およびO点まわりの回転の運動方程式をたてよ。なお、円板の中心軸まわりの慣性モーメントは J とせよ。
- 問2 落下運動の加速度 $\alpha (= \ddot{y})$ 、回転運動の角加速度 $\beta (= \ddot{\theta})$ 、張力 T を、 m, r, g を用いて表せ。なお、円板の中心軸まわりの慣性モーメント J は $J = mr^2/2$ である。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題 2 (選択)

A 図 2-1 に示す, 物体 (質量 m), 減衰器 (減衰係数 c), ばね (ばね定数 k) で構成される 1 自由度系について, 下の問い (問 1~3) に答えよ。

問 1 非減衰となる固有角振動数 ω_n を求めよ。

問 2 臨界減衰係数 c_c の物理的意味を簡潔に説明せよ。

問 3 臨界減衰係数 c_c を求めよ。

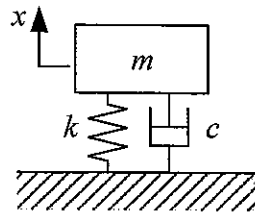


図 2-1

B 図 2-2 に示す, 物体 (質量 m), ばね (ばね定数 k) で構成される減衰のない 1 自由度系に周期的外力 $F \sin \omega t$ が作用している。この系について, 下の問い (問 1~5) に答えよ。

問 1 運動方程式を導出せよ。

問 2 定常振動の振幅 $X (>0)$ を求めよ。

問 3 振幅 X が最大となる ω を求めよ。

問 4 共振の物理的意味を説明せよ。

問 5 この系を (1)~(3) のように変更した場合の定常振動波形の概略を描け。ただし, $m\omega^2 > k$ である。解答用紙の破線はこの系の定常振動波形であり, これと比較できるように描くこと。

(1) F を 2 倍にした場合

(2) ω を 2 倍にした場合

(3) m を 2 倍にした場合

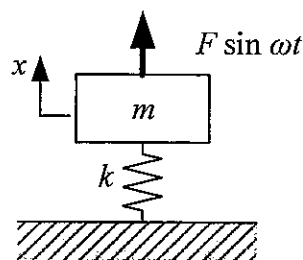


図 2-2

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題3 (選択)

図3に示す, 集中荷重 P が作用している両端支持はりに関する下の問い (問1~5) に答えなさい。はりの全長を L , A点と荷重点の距離を l_1 , 荷重点とB点の距離を l_2 とする。はりの自重は無視する。また, このはりは, 幅 b , 高さ h の一様な長方形断面である。

- 問1 A点の y 方向の支持反力 R_A およびB点の y 方向の支持反力 R_B を求めよ。
- 問2 曲げ応力が最大となる集中荷重 P の作用位置を示せ。また, そのときの最大曲げ応力を求めよ。
- 問3 たわみが最大となる集中荷重 P の作用位置を示せ。また, そのときの最大たわみを求めよ。なお, この問いでは, はりの縦弾性係数を E とする。
- 問4 はりの断面の幅 b はそのまま断面の高さ h を変更することで, 鋼製のはりをアルミニウム合金製のはりに置き換えたい。降伏応力を許容応力とした場合, 鋼製のはりからアルミニウム合金製のはりに置き換えるためには, はりの断面の高さ h を何倍にする必要があるか。問2の解答を用いて答えなさい。なお, 鋼材の降伏応力は $\sigma_{y,St}$, 一方のアルミニウム合金の降伏応力は $\sigma_{y,Al}$ とする。
- 問5 はりの断面の幅 b はそのまま断面の高さ h を変更することで, 鋼製のはりをアルミニウム合金製のはりに置き換えたい。許容できる限界のたわみを設計基準とした場合, 鋼製のはりからアルミニウム合金製のはりに置き換えるためには, はりの断面の高さ h を何倍にする必要があるか。問3の解答を用いて答えなさい。なお, 鋼材の縦弾性係数は E_{St} , 一方のアルミニウム合金の縦弾性係数は E_{Al} とする。

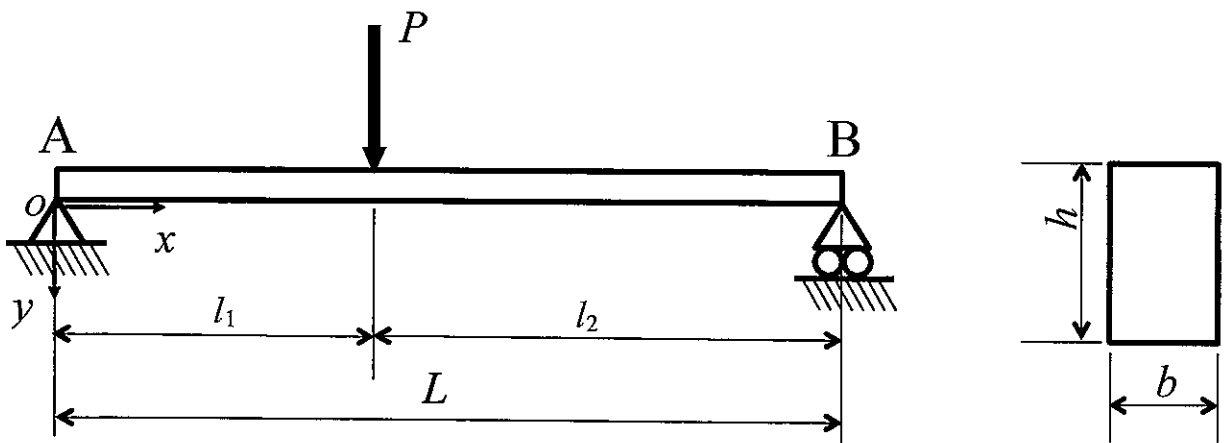


図3

はりの断面

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題4 (選択)

A 分子量 M , 質量 m の理想気体を体積 V の圧力容器に密閉して, 温度を調整し, ある温度に達したとき圧力 p となった。そのときの温度はいくらか。ただし一般気体定数は R_0 とする。

B ある熱機関が, ある時間 t [s]の間に, 高温の熱源から Q_1 [J]の熱量を吸収し, Q_2 [J]の熱量を低温の熱源に放出する。

問1 この熱機関から取り出せる正味の動力[W]はいくらになるか。

問2 この熱機関の熱効率はいくらになるか。

C 温度 T_H の高温熱源と温度 T_L の低温熱源から仕事または動力を取り出すときの理論最大熱効率はいくらになるか。

D 比熱比 κ の理想気体を圧力 p となるようにシリンダ内に閉じ込めた後, 気体の比体積が2倍になるまで断熱膨張させた。

問1 断熱膨張後のシリンダ内の圧力はいくらになるか。

問2 このとき理想気体が外部になした仕事はいくらになるか。ただし, 断熱膨張前の理想気体の温度を T_1 , 断熱膨張後の理想気体の温度を T_2 , 理想気体の質量を m , 定積比熱を c_v とする。

E 圧力一定のもとで, 温度 T_1 , 定圧比熱 c_1 , 質量 m_1 の高温物体と, 温度 T_2 , 定圧比熱 c_2 , 質量 m_2 の低温物体を接触させ, しばらく放置した。外部との熱の出入りはなく, 両物体が熱平衡に達して等しい温度 T になったものとする。

問1 このときの温度 T を求めよ。

問2 高温物体から低温物体に移動した熱量を求めよ。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題5 (選択)

A 図5-1のように、静止流体中に高さ H 、幅 W 、奥行 1 の直方体がある。液面から直方体上面 (A 面) までの距離を D とし、流体の密度を ρ とする。また大気圧を P_a とし、鉛直下向きに作用する重力加速度を g とする。このとき、以下の問いに答えよ。

- 問1 A 面に作用する水圧をゲージ圧力で示せ。
- 問2 B 面 (直方体下面) に作用する水圧を絶対圧力で示せ。
- 問3 流体が直方体に及ぼす合力の向きと大きさを示せ。
- 問4 問3の結果を端的に示す法則を記述し、その意味を簡潔に説明せよ。

B 図5-2のように、断面積が小さくなる管が鉛直に設置され、上方より密度 ρ の非粘性・非圧縮性流体が体積流量 Q で流れている。断面①と②での断面積をそれぞれ A_1 、 A_2 とする。断面①と断面②の間の鉛直方向距離は 1m である。また、鉛直下向きに作用する重力加速度を g と定義する。この時、以下の問いに答えよ。

- 問1 断面①-②で成立する連続の式を示せ。ただし各断面での流体速度分布は一様とし、断面①,②での流体速度をそれぞれ V_1 、 V_2 とする。
- 問2 断面①-②で成立するベルヌーイの式を示せ。ただし、断面①,②での流体圧力をそれぞれ P_1 、 P_2 とする。
- 問3 断面①と②で流体圧力を等しくしたい。等しくするために体積流量 Q に求められる条件を g 、 A_1 、 A_2 を用いて示せ。

C 以下の流体力学の用語に関する問いについて答えよ。

- 問1 ニュートン流体と非ニュートン流体について、その違いを簡潔に説明せよ。
- 問2 定常流れと非定常流れについて、その違いを簡潔に説明せよ。

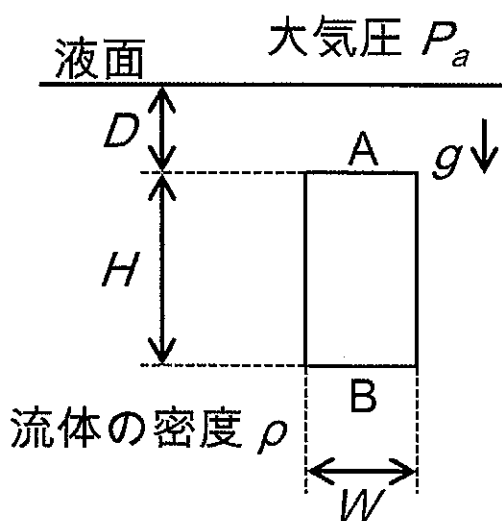


図5-1

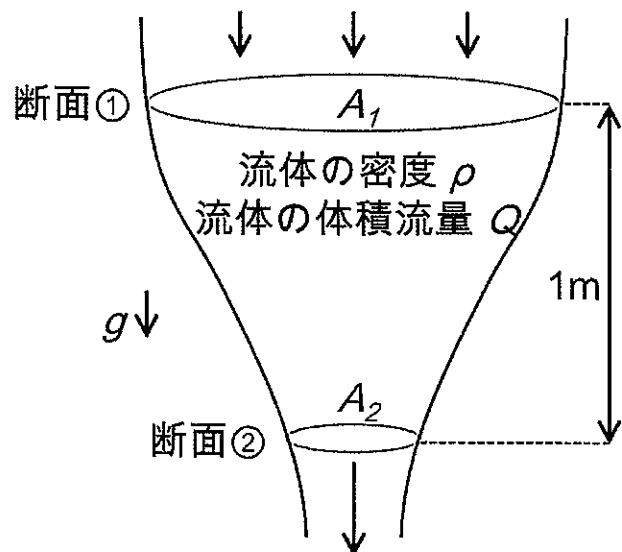


図5-2

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題6 (選択)

A 切削加工, 穴あけ加工に関する次の問いに答えよ。

- 問1 円筒形状の工作物をバイトで外丸削りした。切削時にバイトにかかる力を計算するために必要な工作物の特性値一つと加工条件二つを答えよ。
- 問2 問1によって加工した工作物の表面粗さは, X の二乗に正比例して, Y に反比例する。 X と Y として適切な用語を答えよ。
- 問3 問1の際に, 推奨される切りくずはどのような形態かを答えよ。
- 問4 問1の際に, バイトに流入する切削発熱を少なくするためには, どのような対策があるかを四つ答えよ。ただし, 工作物の材質は変更できないものとする。
- 問5 寸法精度・形状精度の高い穴をあけるときに使用する工具を二つ答えよ。

B 研削加工に関する次の問いに答えよ。

- 問1 研削砥石の三要素は砥粒, 結合材のほか, もう一つは何かを答えよ。また, それの作用を二つ答えよ。
- 問2 研削砥石の砥粒の種類を三つ答えよ。
- 問3 研削砥石の砥粒の「粒度 #24」とはどのような大きさかを答えよ。
- 問4 研削加工の際に使用される水溶性の研削液を二つ示し, その作用について三つ答えよ。

C 鑄造において使われる以下の用語・鑄造法について, 簡潔に説明せよ。

- ① 湯道
- ② ガス抜き
- ③ 冷金 (ひやしがね)
- ④ 自硬性鑄型

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題7 (選択)

A 図7-1に示すA-B二元系平衡状態図をもとに以下の問いに答えよ。

- 問1 平衡状態図①および②の状態図の基本的な型(または名称)を答えよ。
- 問2 平衡状態図①および②に記載されたI~VIIにおける状態を, 相の名称を用いて表せ。
- 問3 平衡状態図①において, 合金組成を C_1 と固定し, 温度を T_1 に上昇させた際, 固相(S)と液相(L)の量をそれぞれ求めよ。その際に利用した法則の名称を[ア]と呼ぶ。
- 問4 平衡状態図②における点Pを[イ]といい, 点Pにおける温度を[ウ]と呼ぶ。
- 問5 平衡状態図②における α と β の状態を[エ]と呼ぶ。[エ]の状態を具体的に説明せよ。

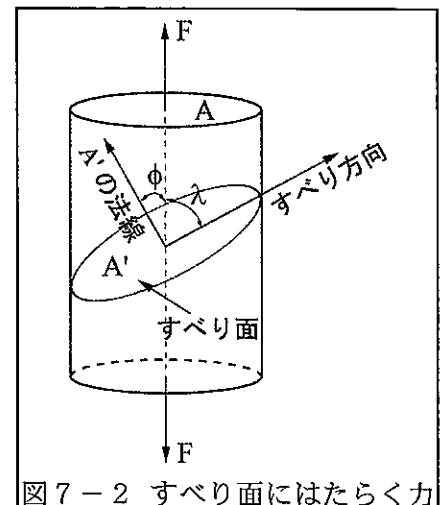
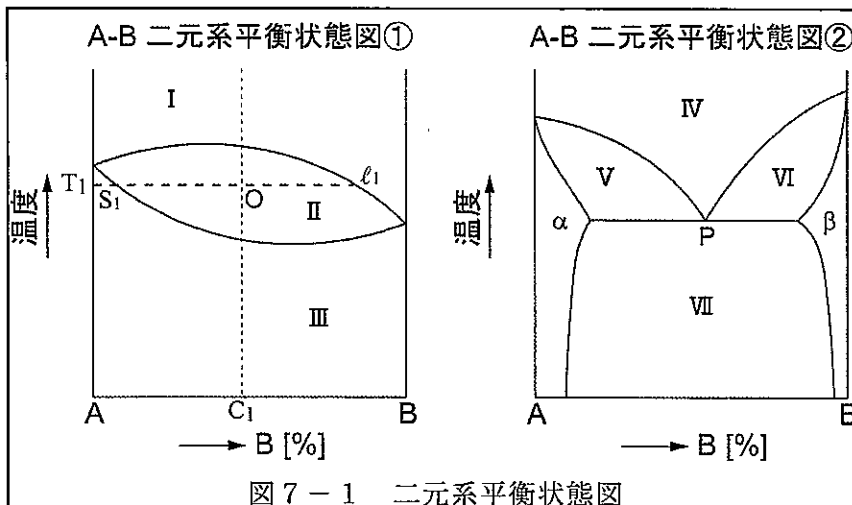
B 結晶構造に関する以下の問いに答えよ。

- 問1 体心立方格子および面心立方格子の原子数と原子充填率(%)をそれぞれ求めよ。ただし, $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\pi=3.14$, 原子の半径を r , 格子定数を a とし, 計算過程を明らかにすること。
- 問2 体心立方格子, 面心立方格子, 最密六方格子に属する金属元素をそれぞれ二つ挙げよ。

C ジュラルミンと呼ばれるAl-Cu合金は, 熱処理により材料強度を大幅に向上させることができる。この熱処理により材料中にどのような変化が起こり材料強度が上がるのか, この熱処理の名称を答え, 説明せよ。その際, 転位の役割についても簡単に述べよ。

D 図7-2に示す金属単結晶の丸棒の単軸引張について, 以下の問いに答えよ。

- 問1 力 F が断面積 A の丸棒に作用している。このとき, 面積 A のすべり面上ですべり方向にはたらくせん断応力を求めよ。ただし, 計算過程を明らかにすること。
- 問2 応力が増してある値以上になると, すべり方向への原子のずれにより, すべりが起こるようになる。このような塑性変形が始まる時点での最小のせん断応力を何と呼ぶか答えよ。



問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 8 (選択)

A システム L をフィードバック接続した図 8-1 の閉ループ系について, 以下の問いに答えよ。ただし, 閉ループ系の入力を r , 出力を y とする。また, システム L の伝達関数は実数 ζ を用いて $L(s) = -\frac{2(1-\zeta)s}{(s+1)^2}$ と与えられるとする。

問 1 r から y までの閉ループ伝達関数が $\frac{L(s)}{1+L(s)}$ となることを示せ。

問 2 $\frac{L(s)}{1+L(s)} = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{s^2 + a_1s + a_0}$ と表したときの, 係数 a_0, a_1, b_0, b_1, b_2 を答えよ。

問 3 図 8-2 は, $\zeta = -0.05, 0, 0.05$ の三つの場合について, $L(s)$ のベクトル軌跡を示している。図の (a), (b), (c) の軌跡がそれぞれ, どの ζ に対応するか答えよ。

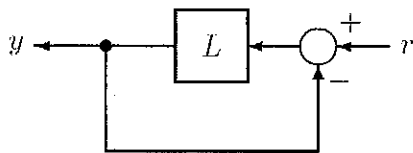


図 8-1

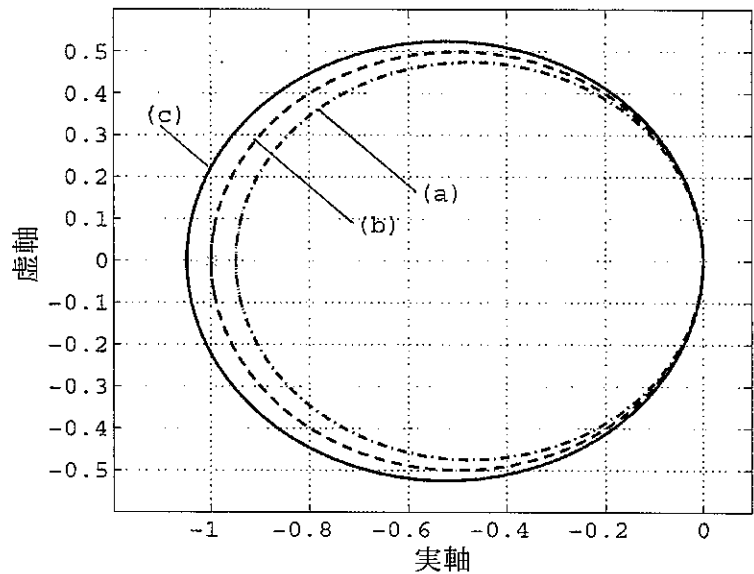


図 8-2

B 入力を u , 出力を y とするシステム G を考え, その伝達関数が $G(s) = \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{s^2 + 2\zeta s + 1}$ であるとする。ただし, ζ は絶対値が 1 未満の実数であるとする。以下の問いに答えよ。

問 1 このシステムのインパルス応答を求めよ。すなわち, $G(s)$ の逆ラプラス変換を求めよ。必要ならば, ラプラス変換に関する次の関係式を参照してもよい。

$$\mathcal{L}[e^{\alpha t} \sin \beta t] = \frac{\beta}{(s-\alpha)^2 + \beta^2}; \quad \mathcal{L}[e^{\alpha t} \cos \beta t] = \frac{s-\alpha}{(s-\alpha)^2 + \beta^2}$$

問 2 インパルス応答が $t \rightarrow \infty$ で 0 に収束するための ζ に関する必要十分条件を求めよ。

問 3 このシステムの入出力関係を微分方程式で

$$\frac{d^2y}{dt^2} + c_1 \frac{dy}{dt} + c_0 y = d_2 \frac{d^2u}{dt^2} + d_1 \frac{du}{dt} + d_0 u$$

と表したときの係数 c_0, c_1, d_0, d_1, d_2 を求めよ。