令 和 7 年 度 入 学 者 選 抜 試 験 問 題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
（令和６年８月実施）

【機械システム工学専攻】

専 門 科 目

機械工学（分野：材料力学，熱力学，流体力学，機械力学）

注意事項

１．試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
２．この問題冊子の本文は，**１ページから６ページまで**です。
３．試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
４．監督者の指示に従って，すべての解答用紙に**受験番号**を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は，採点できないことがあります。
５．**専門科目（機械工学４分野）すべてを解答してください。**
６．解答用紙は４枚あります。解答は分野毎に異なる解答用紙を用い，それぞれの解答用紙の「分野名」欄に，**解答する分野名（「材料力学」，「熱力学」，「流体力学」，「機械力学」のいずれか）**を記入してください。解答は表（おもて）面から記入し，表（おもて）面に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。
７．計算によって答えを求めるときは，その過程も示してください。
８．試験終了後，問題冊子および草案用紙は持ち帰ってください。

分野名：材料力学

1. 図1のように，長さ l，幅 w，厚さ t の板が，上端Bで剛な天井に固定されている。板のヤング率は E，質量密度は ρ で板全体にわたり一定であり，重力加速度を g とする。この板の自重による伸びを考える。以下の問いに答えよ。

   (1) 下端Aからの距離が x である仮想断面における垂直応力 $\sigma(x)$ を求めよ。

   (2) 板の伸び λ を求めよ。

2. 図2のように，支点A，Bで単純支持された長さ l のはりがあり，支点Aからの距離が a である位置Cに集中荷重 P が作用している。以下の問いに答えよ。

   (1) 支点Aからの距離が x である点でのせん断力 $F(x)$ を求め，せん断力図(SFD)を描け。図には，最大値・最小値とそれらが発生する位置を明示すること。

   (2) 支点Aからの距離が x である点での曲げモーメント $M(x)$ を求め，曲げモーメント図(BMD)を描け。図には，最大値・最小値とそれらが発生する位置を明示すること。

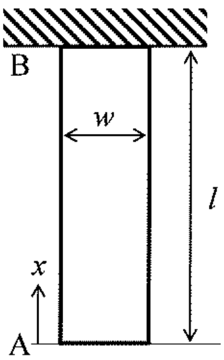

図1

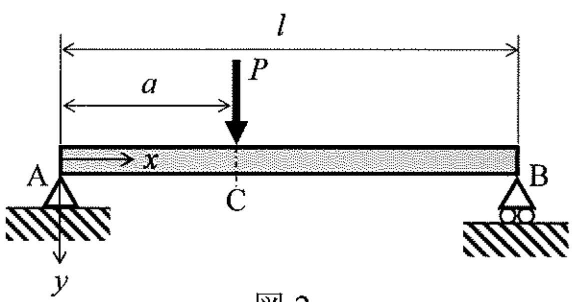

図2

この分野の問題は次頁に続きます。

3. 図 3 のように，両端 A，B で固定支持されている長さ l のはりに，単位長さあたりの荷重が w である等分布荷重が作用している。はりの曲げ剛性 EI は全長にわたり一定である。対称性より，固定端 A，B の支持反力 R_A，R_B は等しくなり，支持モーメント M_A，M_B も等しくなる。以下の問いに答えよ。

(1) 固定端 A における支持反力 R_A の大きさを求めよ。

(2) 固定端 A からの距離が x である仮想断面における曲げモーメント $M(x)$ を，M_A を含む式として表せ。

(3) 固定端 A，B のたわみ角とたわみが 0（ゼロ）であるという境界条件を用いて，固定端 A における支持モーメント M_A の大きさを求めよ。

(4) はりの最大たわみ y_{max} を求めよ。

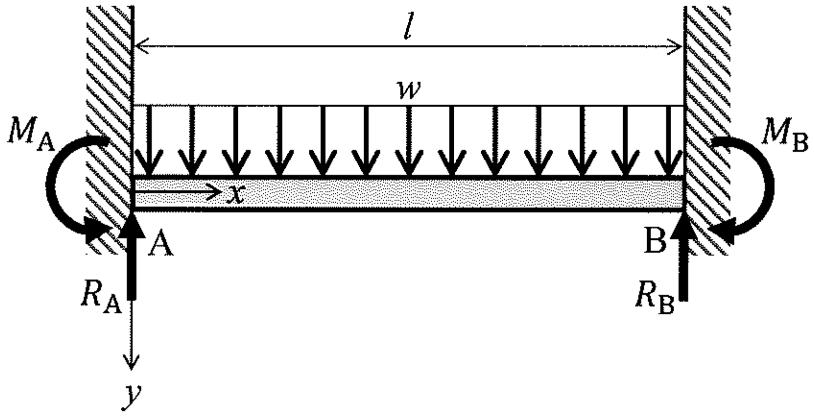

図 3

分野名：熱力学

1. 閉じた系において，質量mの理想気体が，状態 1 (T_1, V_1) から状態 2 (T_2, V_2) へ変化した。定圧比熱をc_pおよび定積比熱をc_vとして，以下の問いに答えよ。
   (1) 状態 1 の圧力をp_1とし，$T_2 = 3T_1$および$V_2 = 2V_1$としたとき，状態 2 の圧力p_2を，p_1を用いて表せ。
   (2) 内部エネルギーの増加ΔUを，c_p，c_v，m，T_1，V_1の中から適切な記号を用いて表せ。

2. 閉じた系において，質量mの理想気体が，図 1 に示すように 2 つの経路 A と B により状態 1 (p_1, T_1) から状態 2 (p_2, T_2) へ準静的変化する場合を考える。ただし，$p_1 < p_2$および$T_1 < T_2$である。経路 A は，状態 1 (p_1, T_1) から状態 a (p_2, T_1) まで変化し，つづいて，状態 a (p_2, T_1) から状態 2 (p_2, T_2) へと変化する。経路 B は，状態 1 (p_1, T_1) から状態 b (p_1, T_2) まで変化し，つづいて，状態 b (p_1, T_2) から状態 2 (p_2, T_2) へと変化する。定圧比熱をc_p，気体定数をRとして，以下の問いに答えよ。
   (1) 経路 A において，系が周囲に対して行う仕事W_Aを，m, p_1, p_2, R, T_1, T_2を用いて表せ。
   (2) 経路 A において，系が周囲から得た熱量Q_Aを，c_p, m, R, T_1, T_2, W_Aを用いて表せ。
   (3) 経路 B において，系が周囲に対して行う仕事W_Bを，m, p_1, p_2, R, T_1, T_2を用いて表せ。
   (4) W_AとW_Bの関係を，等号あるいは不等号を用いて表せ。

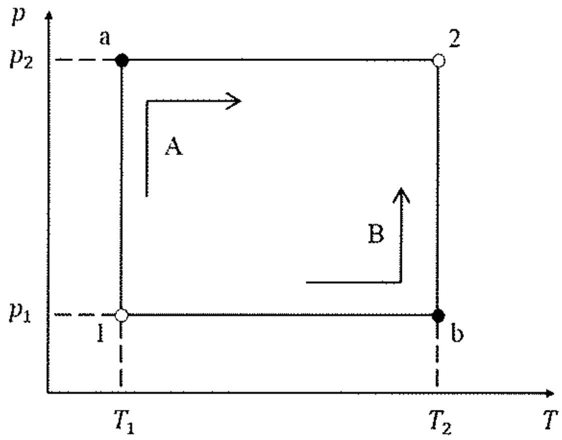

図 1

分野名：流体力学

1. 図 1 のように，直径 $2d$〔m〕の円管と直径 d〔m〕の円管を先細管で接続した流路が水平に置かれ，その中を密度 ρ_G〔kg/m^3〕の空気が流量 Q〔m^3/s〕で流れている。また，断面 2 の円管下部には円管内の流れに影響を及ぼさないように細管が取り付けられており，密度 ρ_L〔kg/m^3〕の水が満たされたタンクとつながっている。細管が取り付けられた流路下部とタンクの水面との距離は H〔m〕であり，タンクの水面上には大気圧 p_a〔Pa〕が働いている。断面 1 での絶対圧力は一様に p_1〔Pa〕で，流速 u_1〔m/s〕の一様流れ，断面 2 での絶対圧力は一様に p_2〔Pa〕で，流速 u_2〔m/s〕の一様流れとなっている。この時，細管内の液柱の水面からの高さは h〔m〕($h < H$)であった。なお，空気の密度は水に比べて無視できるほど小さく，壁面の摩擦および流れのエネルギー損失は無視できるとし，円周率を π，重力加速度を g〔m/s^2〕とする。

(1) p_2 を，ρ_L, g, h, p_a を用いて表せ。
(2) Q を，π, d, u_1 を用いて表せ。
(3) u_2 を，u_1 を用いて表せ。
(4) 先細管の壁面が流路内の空気から右向きに受ける力の大きさ F〔N〕を，$\pi, \rho_G, d, p_1, p_2, u_1, u_2, Q$ を用いて表せ。

p_1 を保ったまま断面 1 の流速 u_1 を U_1〔m/s〕までゆっくり増加させたところ，細管から流路に水が入り始めた。なお，H は変動しないとする。

(5) U_1 を，$\rho_G, \rho_L, g, H, p_1, p_a$ を用いて表せ。

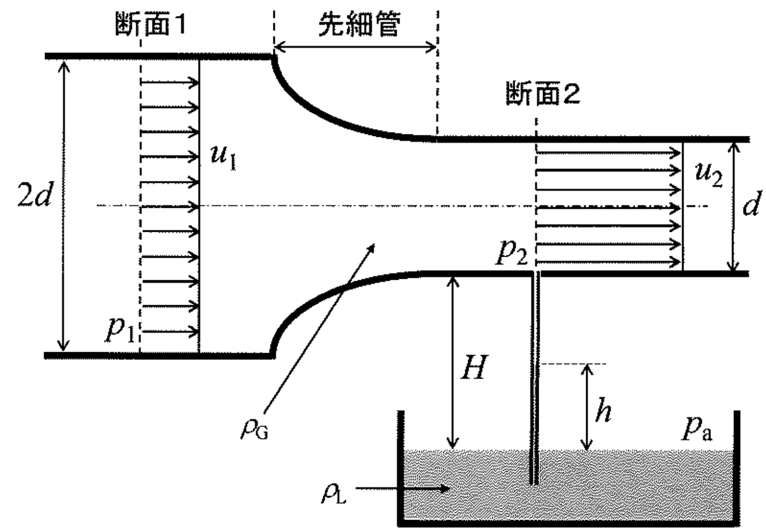

図 1

分野名：機械力学

1. 図 1 に示すように，質量 m_1で半径 R の円板と，質量 m_2で長さ R の一様な細長い直線棒とが一体になった剛体 A が，円板の中心 O を通る滑らかな回転軸で支持されている。この円板には糸が巻き付けられており，その先端には質量 M のおもりが取り付けられている。回転軸まわりの円板および直線棒の慣性モーメントを，それぞれ I_1 および I_2 とする。また，直線棒の先端 P には，別の糸を介して常に水平方向となる張力 F を与えている。剛体 A の傾きは，直線棒が鉛直上向きの状態を基準として，反時計回りを正とする角度 θ によって表される。ただし，$0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ である。重力加速度を g とする。

(1) 剛体 A が角度 θ だけ傾いているときの，直線棒に作用する重力による回転軸まわりのモーメントを，m_2, R, g, θ を用いて表せ。
(2) 先端 P に作用する張力 F を F_1 としたとき，角度 $\theta = \theta_1$ で静止して釣り合わせることができた。このときの張力 F_1 を，M, m_2, g, θ_1 を用いて表せ。
(3) 回転軸まわりの剛体 A の慣性モーメント I_A は，I_1 と I_2 の和となる。I_2 を，m_2, R を用いて表せ。

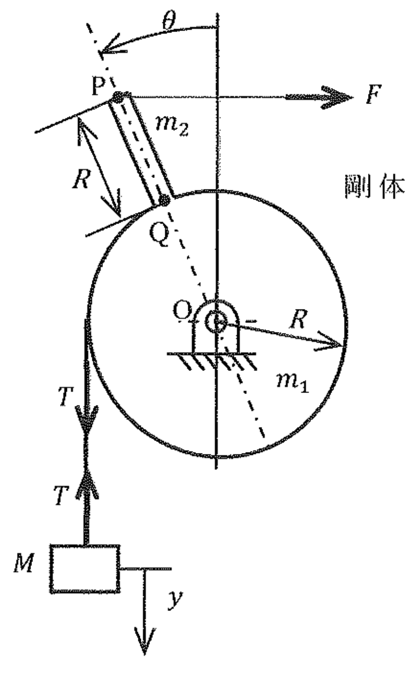

図 1

この分野の問題は次頁に続きます。

次に，剛体 A の直線棒を円板との結合点 Q で切り離して手をはなすと，円板が回転し，おもりが落下し始めた。円板の糸の張力を T とする。おもりの静止状態からの鉛直下向きの変位を y とする。

(4) 落下中のおもりの運動方程式を，M，g，T，$\ddot{y}$ を用いて表せ。
(5) 円板の回転運動の方程式を，I_1，R，T，$\ddot{\theta}$ を用いて表せ。
(6) 落下中のおもりの加速度 $\ddot{y}$ を，I_1，M，g，R を用いて表せ。

次に，図 2 に示すように，円板に巻き付けられていた糸を取り外し，円板の円周上の点 Q には，水平方向に直動するスライダに連結したロッドを取り付けた。スライダとロッドの質量は無視できる。円板とロッド，およびロッドとスライダは，それぞれ摩擦のない回転軸で連結されている。スライダとそのガイドの間の摩擦は無視できる。スライダには，ばね定数 k のばねを自然長のときに角度 $\theta = 0$ になるように取り付けた。円板を少し回転させて手を静かに離すと，円板は単振動を始めた。このとき，角度 θ は十分小さく，点 Q の鉛直方向の変位は無視できる。$\cos\theta \cong 1$，$\sin\theta \cong \theta$ と見なしてよい。

(7) 円板の回転運動の方程式を，I_1，R，k，θ，$\ddot{\theta}$ を用いて表せ。
(8) この振動の角振動数 ω を，I_1，R，k を用いて表せ。

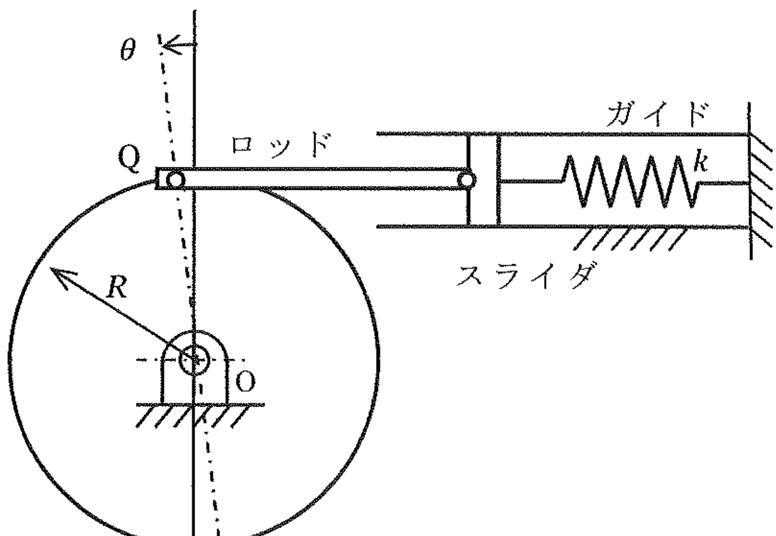

図 2