

平成 28 年度 編入学・転入学 者選抜 専門試験

機械工学科 問題冊子 (解答時間 120 分)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、配布された冊子を開いてはいけません。
2. 計測系プログラムと、機構系・エネルギー系プログラムでは、選択科目が異なります。  
第 1 志望のプログラムが指定する選択科目から、3 科目を選択し解答してください。  
選択可能な問題は各プログラムで以下の○印の科目です。その中から 3 科目を選び、  
解答しなさい。

科目番号・科目名	機械工学科 教育プログラム名		
	計測系	機構系	エネルギー系
[1] 力学	○		
[2] 流体力学(1)	○		
[3] 応用数学	○		
[4] 電気工学	○		
[5] 制御工学	○	○	○
[6] 材料力学		○	○
[7] 熱力学		○	○
[8] 流体力学(2)		○	○

3. この冊子には問題用紙が 8 枚、下書き用紙が 2 枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 問題用紙の余白や下書き用紙は、計算などに適宜使用して構いません。
5. 別冊子の解答用紙冊子には、解答用紙が 3 枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。3 枚すべての解答用紙の該当欄に、「科目番号」「科目名」「志望教育プログラム名」「受験番号」を記入してください。
6. 時計のアラーム（時計機能以外の機能を含む）は、使用しないでください。
7. コンパス及び定規等は使用できません。
8. 携帯電話、PHS等は、電源を切って、カバン等に入れてください。
9. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
10. 試験終了後に解答用紙は回収します。問題用紙および下書き用紙は持ち帰ってください。

## [5] 制 御 工 学

## 計 測 系 , 機 構 系 , エ ネ ル ギ ー 系 プ ロ グ ラ ム 選 択 問 題

## 問1

入力を  $u(t)$  , 出力を  $y(t)$  とし, 伝達関数として  $G(s) = \frac{4}{s+2}$  を持つシステムについて考える。

- (1) 入力  $u(t)$  と出力  $y(t)$  の間に成り立つ関係を微分方程式として表せ。
- (2) このシステムのステップ応答において, 1%整定時間  $T_{1\%}$  と 0.01%整定時間  $T_{0.01\%}$  の比を求めよ。ここで,  $T_{1\%}$  は, 出力の値と出力の最終値との差が出力の最終値の  $\pm 1\%$  以内に収まるまでの時間とする。
- (3) 入力  $u(t)$  を  $u(t) = e^{-3t}$  ( $t \geq 0$ ) とする。  $y(0) = 0$  であるとき, 出力  $y(t)$  を求めよ。
- (4) 入力  $u(t)$  を  $u(t) = e^{-3t}$  ( $t \geq 0$ ) とする。  $y(0) = 2$  であるとき, 出力  $y(t)$  を求めよ。

## 問2

図1に示すシステムを考える。ただし  $k$  は定数とする。

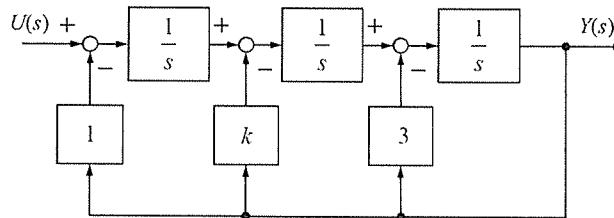


図1 システム

- (1)  $U(s)$  から  $Y(s)$  への伝達関数を求めよ。
- (2) このシステムが安定となる定数  $k$  の範囲を求めよ。

# [6] 材料力学

## 機構系，エネルギー系プログラム 選択問題

図1は、支点Aと支点Cで支持された真直な弾性はりである。AB間、BC間、CD間の距離を $a$ とする。ABC部分に単位長さ当たり $w(>0)$ の大きさの分布荷重が鉛直下向きに加わり、D点に鉛直下向きに大きさ $P(>0)$ の集中荷重が加わる。はりの変形(たわみ)量は、はりの長さに比べて微小であるとする。また、はりの自重は無視できる。はりの断面に作用するせん断力と曲げモーメントは、図2に示す方向を正(+)とする。

問1 A点とC点において、支点からはりに作用する鉛直方向の力 $R_A$ と $R_C$ を求めよ。これらの力は、鉛直方向上向きを正(+)とする。

問2  $P$ が $wa$ と同じ大きさすなわち $P=wa$ の場合について、A点、B点、C点、D点においてはり断面に作用する曲げモーメント $M_A, M_B, M_C, M_D$ を求めよ。

問3  $P=wa$ の場合について、はりABCDの曲げモーメント図とせん断力図を描け。これらの図では、曲げモーメントとせん断力の正負が分かるようにせよ、なお、曲げモーメントとせん断力を式の形で示す必要はない。

問4  $P=wa$ の場合について、正(+)の曲げモーメントが最大になる位置を求めよ。位置は、A点からの距離  $x$  で示せ。

問5 はりに作用する応力は、 $P$ と $wa$ の比によって変化する。はりABCDの上表面に圧縮応力が作用しないためには、 $P$ と $wa$ の間にどのような関係があればよいのか、その関係を式で示せ。

問6 はりの横断面は、図3のような左右対称の台形である。C点において、はりの上表面に生じる曲げ応力 $\sigma_1$ と下表面に生じる曲げ応力 $\sigma_2$ の比の絶対値 $|\sigma_1/\sigma_2|$ を求めよ。

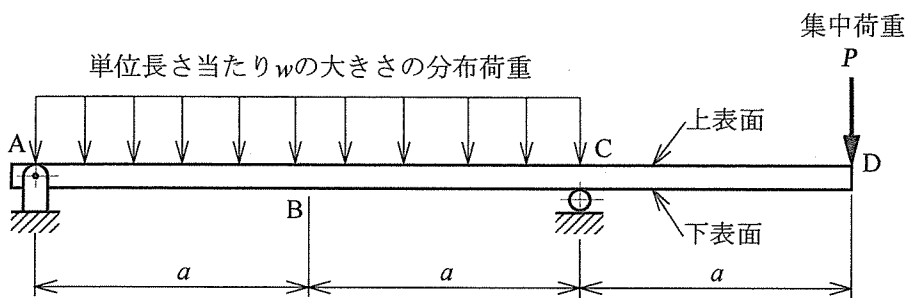


図 1

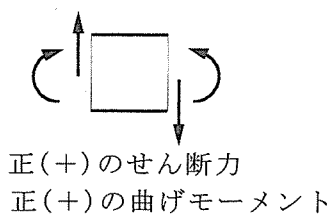


図 2

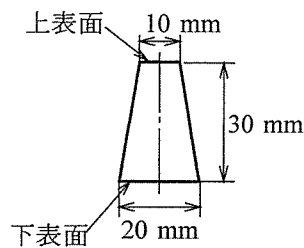


図 3

## [ 7 ] 熱力学

## 機構系, エネルギー系 プログラム 選択問題

## 問題

I 変形しないタンク A の中に気体定数  $R$  [J/(kg·K)], 定積比熱  $c_v$  [J/(kg·K)] の理想気体を入れる。このときのタンク A の状態を状態 0 とし, 状態 0 での気体の温度は  $T_0$  [K], 圧力は  $P_0$  [Pa] であり, タンク A の容積は  $V_0$  [m<sup>3</sup>] とする。このとき, 以下の問いに  $R$ ,  $c_v$ ,  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $V_0$  のうちから必要なものを用いて答えよ。

(1) タンク A 中の気体の質量  $m$  [kg] を求めよ。

II 次にタンク A の気体の温度を  $2T_0$  まで上昇させ熱力学的平衡状態とした。これを状態 1 とする。このとき, 以下の問いに  $R$ ,  $c_v$ ,  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $V_0$  のうちから必要なものを用いて答えよ。また, 自然対数については  $\ln 2=0.69$ ,  $\ln 3=1.10$  として解答すること。

(2) 気体 1kg あたりの内部エネルギーの変化量  $u_2-u_1$  [J/kg] を求めよ。

(3) 気体 1kg あたりのエントロピーの変化量  $s_2-s_1$  [J/(kg·K)] を求めよ。

III さらに, 状態 1 から, タンク A の気体の温度を  $3T_0$  まで増加させたのち, 冷却して  $T_0$  に戻し熱力学的平衡状態とした。これを状態 2 とする。ここで, タンク A の気体の温度が  $2T_0$  を超えると, タンク外部に気体が漏れることでタンク内部の気体の圧力は一定値  $2P_0$  に保たれる。一方, 気体の冷却過程ではタンク A の外部からタンク内部に気体が入ることはない。このとき, 以下の問いに  $R$ ,  $c_v$ ,  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $V_0$  のうちから必要なものを用いて答えよ。

(4) 気体の温度が  $3T_0$  になったとき外部に漏れた気体の質量  $dm$  [kg] を求めよ。

(5) 状態 2 での気体の圧力  $P_2$  [Pa] を求めよ。

IV 最後に, タンク A と同じ理想気体で満たされた容積  $V_0$  の変形しないタンク B を, 状態 0 にあるタンク A とチューブでつなぎ, タンク B の気体の一部をタンク A に移動させた後, 熱力学的平衡状態にした。これを状態 3 とする。気体の移動前は, タンク B の気体の温度は  $T_0$ , 圧力は  $2P_0$  とする。一方, 状態 3 ではタンク A とタンク B の気体の圧力は等しくなった。また, 状態 3 に達するまでの間, タンク A と B, チューブは断熱されており, 状態 3 ではタンク A と B の気体の温度も等しくなった。このとき, 以下の問いに  $R$ ,  $c_v$ ,  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $V_0$  のうちから必要なものを用いて答えよ。また, 自然対数については  $\ln 2=0.69$ ,  $\ln 3=1.10$  として解答すること。

(6) タンク A とタンク B の気体の内部エネルギーの和が保存されることから, 状態 3 での気体の温度  $T_3$  [K] を求めよ。

(7) 状態 3 での気体の圧力  $P_3$  [Pa] を求めよ。

(8) 気体の移動により生じたエントロピーの増加量  $dS$  [J/K] を求めるため以下の考察を行った。空欄 (ア), (イ), (ウ) を適切な式で埋めよ。

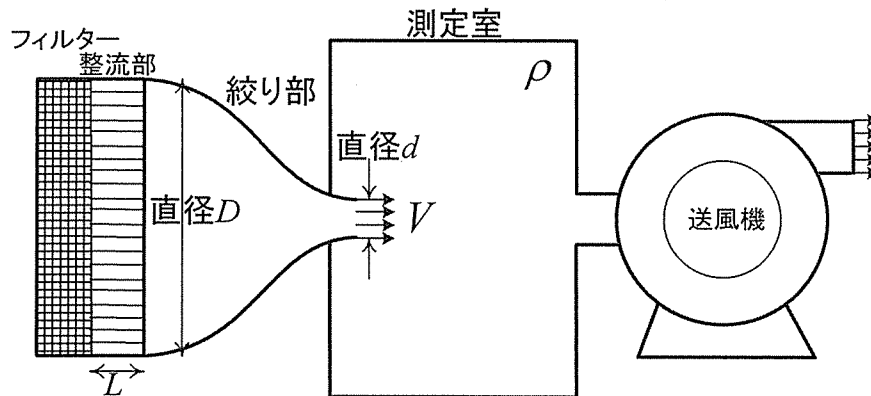
タンク A, B の気体は, 気体の移動前の状態から, それぞれ準静的な変化を経ることで, 混合することなく状態 3 の温度と圧力に達したものと仮定してみる。この準静的変化の過程で, タンク A の気体のエントロピー変化量  $dS_A$  [J/K] は,  $dS_A = \boxed{\text{(ア)}}$  であり, 一方, タンク B の気体のエントロピー変化量  $dS_B$  [J/K] は,  $dS_B = \boxed{\text{(イ)}}$  である。従って, エントロピーの増加量  $dS$  は,  $dS = \boxed{\text{(ウ)}}$  である。

## [ 8 ] 流体力学 ( 2 )

## 機構系，エネルギー系プログラム 選択問題

問1 十分に大きな測定室内から送風機で密度 $\rho$ の空気を排気することで，測定室内に直径 $d$ ，速度 $V$ の噴流を発生させる。噴流発生流路は，上流からフィルター，整流部，絞り部から構成されている。フィルター，整流部，絞り部上流部の断面は直径 $D$  ( $>d$ ) である。このときに，必要な送風機の最小ヘッドを見積もるために，次の設問に答えよ。フィルターによる圧力損失は $\Delta p_F$ ，水の密度は $\rho_w$ ，重力加速度 $g$  とする。整流部は厚さ $L$ のハニカムで，各セルは一辺が $a$ の正六角形の流路である。

- (1) 絞り部上流から絞り部出口まではく離を生ぜず滑らかに断面積が変化しているものとする。絞り部上流部と出口の間での圧力差を求めよ。
- (2) 管摩擦係数を $\lambda$ ，ハニカムの各セルの等価直径を $d_h$ として，整流部での圧力損失を求めよ。
- (3) 送風機に必要な最小ヘッド $H$  を求めよ。
- (4) 等価直径 $d_h$ を求めよ。※ (3) までは $d_h$ をそのまま用いてよい。



問2 半径 $R$ の静止している円管中に，半径 $\kappa R$  ( $\kappa < 1$ )の円柱が速度 $V$ で移動している。ここで，円柱と円管は同軸である。円管と円柱の間は，密度 $\rho$ ，粘性係数 $\mu$ のニュートン流体で満たされている。上流下流での圧力差はないものとする。流れは定常で完全発達，層流であるとして，次の設問に答えよ。

- (1) 半径方向 $r$ に垂直な面に掛かる流れ方向 $z$ のせん断応力 $\tau_{rz}$ を粘性係数 $\mu$ と速度勾配 $du_z/dr$ で示せ。
- (2) 長さ $L$ ，半径 $r$ の仮想円柱の表面に掛かる力を $\tau_{rz}$ を使って示せ。
- (3) (2)の力が一定であるとして，円管と円柱の間の速度分布 $u_z(r)$ を求めよ。
- (4) 円管と円柱の間の流量 $Q$ を求めよ。

