

2021年度 編入学・転入学者選抜 専門試験  
電気・機械工学科（機械工学分野）  
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. 以下の4つの選択科目から、3科目を選択し解答してください。

科目番号・科目名
[1] 材料力学
[2] 熱力学
[3] 流体力学
[4] 制御工学

3. この冊子には問題用紙が6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」「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。

# [1] 材料力学

## 選択問題

問 図1に示すように、集中荷重  $P$  が長さ  $10L$  の真直なはり AB 上を移動する。左端 A 点からの距離  $3L$  の断面を C とする。座標軸は左端 A に原点を置き、はりに沿って右向きに  $x$  軸、下向きに  $y$  軸をとる。横断面に作用する曲げモーメント  $M$  は図に示す方向を正とする。

集中荷重が位置  $a$  (左端 A 点からの距離が  $a$ ) に作用する場合を考える。

- (1) 支点 A, B の支点反力  $R_A, R_B$  (上向き正) を  $P, a, L$  を用いて表せ。
- (2) 曲げモーメント図 (BMD) を描け。

次に、集中荷重がはり AB 上を移動する場合を考える。

- (3) 断面 C に生ずる曲げモーメントの最大値を  $P, L$  を用いて表せ。また、そのときの集中荷重の位置を示せ。

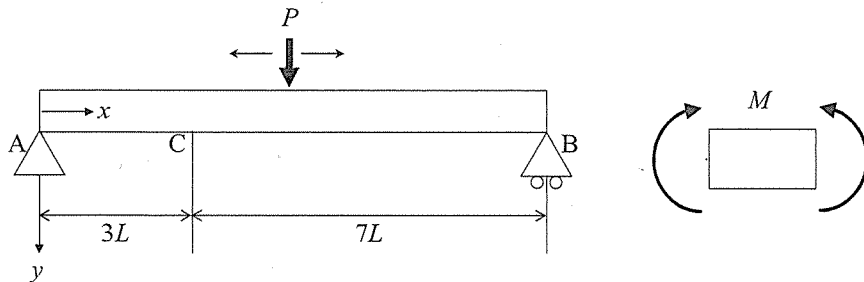


図 1

図2に示すように、2個の集中荷重  $2W/5, 3W/5$  が一定の間隔  $L$  を保って、はり AB 上を移動する。ただし、集中荷重  $2W/5$  の方が  $3W/5$  よりも A 点に近い位置に作用し、2個の集中荷重の両方がはり AB 上にある場合のみを考える。

集中荷重  $2W/5$  の位置が  $a$  ( $a < 9L$ ) の場合を考える。

- (4) 支点 A, B の支点反力  $R_A, R_B$  (上向き正) を  $W, a, L$  を用いて表せ。
- (5) 曲げモーメント図 (BMD) を描け。

次に、2個の集中荷重がはり AB 上を移動する場合を考える。

- (6) 断面 C に生ずる曲げモーメントの最大値を  $W, L$  を用いて表せ。また、そのときの集

中荷重  $2W/5$  の位置を示せ。

- (7) 1 個の集中荷重  $P$  がはり AB 上を移動する場合と、2 個の集中荷重  $2W/5$ ,  $3W/5$  が一定の間隔  $L$  を保って移動する場合で、断面 C に生じる曲げモーメントの最大値が等しいとき、 $W$  は  $P$  の何倍か求めよ。

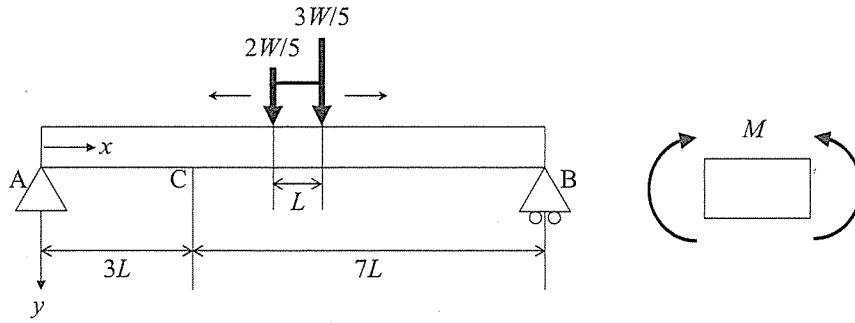


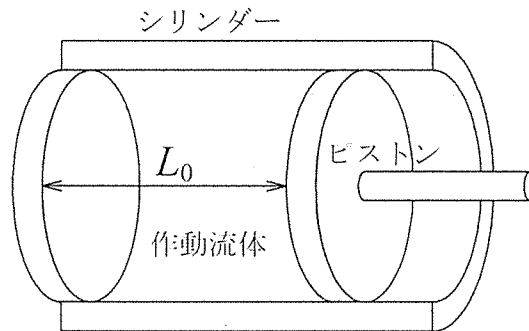
図 2

## [2] 熱力学

### 選択問題

問 火花点火機関の熱効率を求めるため、以下の問いに答えよ。

気温  $t_0$  [°C]、気圧  $p_0$  [Pa]の大気中に、シリンダーと受圧面積  $S$  [m<sup>2</sup>]のピストンがあり、図に示すように、両者の間に、気体定数  $R$  [J/(kg·K)]、比熱比  $\kappa$ 、温度  $t_0$  [°C]、圧力  $p_0$  [Pa]の気体（作動流体）が、質量  $m$  [kg]だけ閉じ込められている。この状態を状態0とする。



ピストンは、シリンダーの中を滑らかに漏れなく動くものとする。また、作動流体は、理想気体として扱うことができ、状態変化は準静的過程で行われ、シリンダーおよびピストンとの熱の授受は無いものとする。

- (1) 気温  $T_0$  [K]を摂氏温度  $t_0$  [°C]を用いて表せ。ただし、用いる数字は小数第2位まで記せ。
- (2) 作動流体の体積  $V_0$  [m<sup>3</sup>]を、 $m$ 、 $p_0$ 、 $R$ 、 $T_0$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) シリンダー端面とピストン端面との距離  $L_0$  [m]を、 $m$ 、 $p_0$ 、 $R$ 、 $S$ 、 $T_0$ の中から必要なものを用いて表せ。

つぎに、圧縮比が  $\varepsilon$  となるように、シリンダー端面とピストン端面との距離が  $L_1$  [m]となるまでピストンを左に移動させ、作動流体を可逆断熱圧縮したところ、作動流体の圧力が  $p_1$  [Pa]、温度が  $T_1$  [K]となった。この状態を状態1とする。

- (4) 距離  $L_1$  [m]を、 $\varepsilon$ 、 $m$ 、 $p_0$ 、 $R$ 、 $S$ 、 $T_0$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 圧力  $p_1$  [Pa]を、 $\varepsilon$ 、 $\kappa$ 、 $m$ 、 $p_0$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) 温度  $T_1$  [K]を、 $\varepsilon$ 、 $\kappa$ 、 $m$ 、 $T_0$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (7) 状態0から状態1までの間に作動流体がした仕事  $W_{01}$  を、 $\varepsilon$ 、 $\kappa$ 、 $p_0$ 、 $V_0$ の中から必要なものを用いて表せ。

つぎに、状態 1 の作動流体を体積を保ったまま燃焼させ、作動流体が熱量  $Q$  [J]を得たところ、作動流体の圧力が  $p_2$  [Pa]、温度が  $T_2$  [K]となった。この状態を状態 2 とする。ただし、燃焼により作動流体の  $\kappa$ ,  $R$  などの物性値は変化しないものとする。

(8) 温度  $T_2$  [K]を、 $\kappa$ ,  $m$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $T_1$  の中から必要なものを用いて表せ。

(9) 圧力  $p_2$  [Pa]を、 $p_1$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  の中から必要なものを用いて表せ。

つぎに、状態 2 からピストンを右方向に移動させ、シリンダー端面とピストン端面との距離が  $L_0$  [m]に戻るまで、作動流体を可逆断熱膨張させたところ、作動流体の圧力が  $p_3$  [Pa]、温度が  $T_3$  [K]となった。この状態を状態 3 とする。

(10) 状態 2 から状態 3 までの間に、作動流体がした仕事  $W_{23}$  [J]を、 $\varepsilon$ ,  $\kappa$ ,  $p_2$ ,  $V_0$  の中から必要なものを用いて表せ。

(11) 状態 0 から状態 3 までに、作動流体がした仕事  $W$  [J]を、 $W = W_{01} + W_{23}$  の関係から導出し、 $\varepsilon$ ,  $\kappa$ ,  $m$ ,  $Q$  の中から必要なものを用いて表せ。導出過程も記述せよ。

状態 3 のあと、作動流体を大気に放出し、シリンダーとピストンの間に新たな作動流体を充填すれば、状態 0 にもどる。この状態を状態 4 とする。このようにして、熱サイクル（オットーサイクル）を構成することができる。なお、状態 3 から状態 4 までの状態変化には仕事を必要としない。

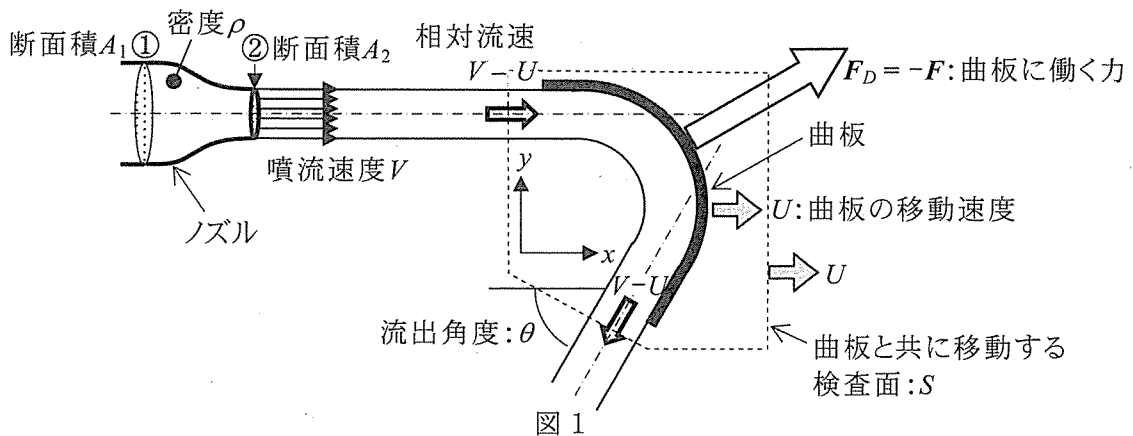
(12) このサイクルの熱効率  $\eta$  を、 $\varepsilon$ ,  $\kappa$ ,  $m$ ,  $Q$  の中から必要なものを用いて表せ。

### [3] 流体力学

#### 選択問題

問1 図1の通り、ノズルから右(x)方向に速度 $V$ で噴出した密度 $\rho$ の水が、右方向に一定速度 $U$  ( $U < V$ )で移動する曲板に衝突し、曲板に沿って左下方向に流出する。大気圧を $p_0$ とし、噴流に働く摩擦力と体積力の影響を無視して、(1)~(3)の問いに答えよ。

- (1) ノズル内流れにつき、断面①(断面積 $A_1$ , 圧力 $p_1$ )と断面②(断面積 $A_2$ , 圧力 $p_2=p_0$ )の圧力差 $p_1-p_0$ を求め、噴流速度 $V$ , 断面積 $A_1$ ,  $A_2$ , 密度 $\rho$ を用いて表せ。
- (2) 曲板と共に移動する検査面 $S$ 内の流体に対して運動量の法則を適用することにより、噴流が曲板に及ぼす力 $F_D$ の $x$ 方向成分 $F_{Dx}$ と $y$ 方向成分 $F_{Dy}$ を求め、噴流速度 $V$ , 曲板の移動速度 $U$ , 断面積 $A_2$ , 密度 $\rho$ , 流出角度 $\theta$ を用いて表せ。
- (3) 噴流速度 $V$ を一定に保った条件で、曲板の移動速度 $U$ を変化させた場合、噴流が曲板に対して行う仕事率 $P$ を最大とする曲板の移動速度 $U_3$ を求め、 $V$ を用いて表せ。また、最大の仕事率 $P_{\max}$ を噴流速度 $V$ , 断面積 $A_2$ , 密度 $\rho$ , 流出角度 $\theta$ を用いて表せ。



問2 一様な空気流れ(流速 $V$ , 密度 $\rho$ , 粘度 $\mu$ )の中に直径 $d$ の球が存在し、この球には流れから抗力 $D$ が作用する。(1)~(2)の問いに答えよ。

- (1) バッキンガムの $\Pi$ 定理を用い、基本物理量に $d$ ,  $V$ ,  $\rho$ を選ぶことにより、抗力に関する関係が、右式の無次元形で表されることを導け。
$$\frac{D}{d^2 V^2 \rho} = f\left(\frac{\mu}{dV\rho}\right)$$
- (2) 空気流速 $V_1$ , 直径 $d_1$ の球に働く抗力 $D_1$ を推定するために模型試験を実施する。模型試験で用いる球の直径を $d_2$  ( $d_1 > d_2$ )とした時、力学的相似条件を満足すべき流速 $V_2$ を求め、 $V_1$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ を用いて表せ。また、抗力 $D_2$ と $D_1$ の関係を示せ。ただし、 $V_1$ および $V_2$ は空気中の音速 $a$ と比較して十分小さいとし、密度は $\rho$ , 粘度は $\mu$ で一定とする。

## [4] 制御工学

### 選択問題

問1 ラプラス変換を用いて、次の微分方程式を解き、 $x(t)$ , ( $t \geq 0$ ) を求めよ。

$$\frac{d}{dt}x(t) + 2x(t) = 1, \quad (t \geq 0)$$

ただし、初期値は、 $x(0) = 1$  とする。

問2 伝達関数  $G(s) = \frac{1}{2s^2 + 6s + 4}$  で表される二次系を考える。次の(1)～(2)の問いについて

答えよ。

(1) この二次系のインパルス応答を求めよ。

(2) この二次系のゲイン定数  $K$  と減衰係数  $\zeta$  と固有角周波数  $\omega_n$  を求めよ。

問3 図1のフィードバックシステムを安定にする定数  $K$  の範囲を求めよ。

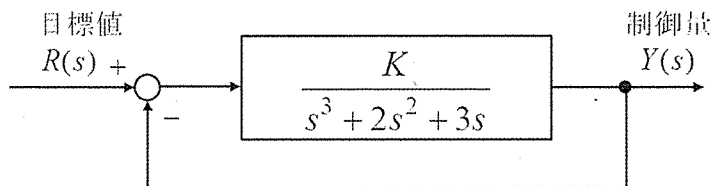


図1 フィードバックシステム

問4 図2のフィードバックシステムについて考える。次の文章を読み、(1)～(2)の問いについて答えよ。

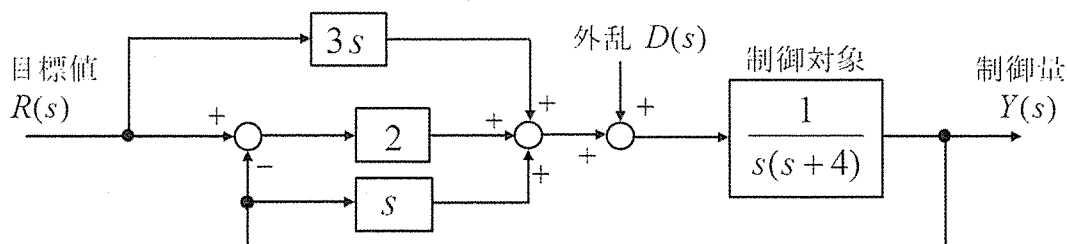


図2 フィードバックシステム

(1)  $R(s) = 0$  とする。外乱  $D(s)$  から制御量  $Y(s)$  までの伝達関数を求めよ。

(2)  $D(s) = 0$  とする。目標値  $R(s)$  から制御量  $Y(s)$  までの伝達関数を求めよ。