

平成 18 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[ 流体力学 ]

1 . 二次元非圧縮性粘性流体の連続の式、および運動方程式は、以下のように記述される。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (\text{式 1})$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (\text{式 2})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (\text{式 3})$$

ここで、 $t$  は時間、 $x$ 、 $y$  は直交する座標、 $u$ 、 $v$  は  $x$  および  $y$  方向速度成分、 $p$  は圧力である。また、 $\rho$  は密度、 $\mu$  は粘性係数であり、これらは一定値である。

図 1 に示されるような幅  $h$  の平行平板間の流れを考える。流れは左から右に流れており、定常の層流で、完全に発達しているものとする。つまり、 $u$  は流れ方向に変化しない。また、上壁は流れと同じ方向に左から右へと速度  $U$  で動いており、下壁は静止している。なお、下壁の位置を  $y=0$ 、上壁の位置を  $y=h$  と定義する。このとき、以下の設問に答えよ。

【 26 点 】

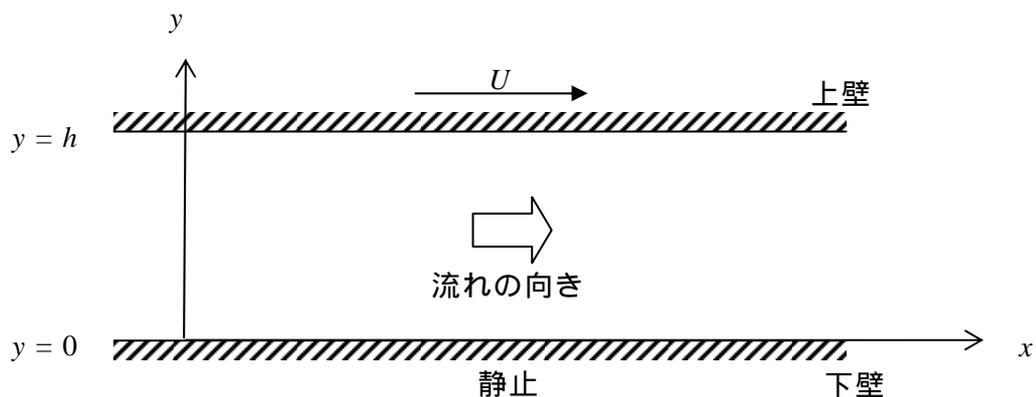


図 1 上壁が速度  $U$  で動いている平行平板間の層流

- (1) 発達した定常な層流という条件を用いて、壁面垂直方向の速度成分  $v$  が  $x, y$  によらずゼロとなること、かつ圧力勾配  $\frac{\partial p}{\partial x}$  が  $x, y$  によらず一定となることを示せ。
- (2) 上記(1)により簡略化された、速度成分  $u$  の支配方程式を記述せよ。
- (3) 速度成分  $u$  を、圧力勾配  $\frac{dp}{dx}$ 、座標  $y$ 、上壁速度  $U$ 、粘性係数  $\mu$ 、平行平板の幅  $h$  を用いて記述せよ。
- (4) 下壁( $y = 0$ )における壁面せん断応力がゼロとなるときの圧力勾配  $\frac{dp}{dx}$  を、上壁速度  $U$ 、粘性係数  $\mu$ 、平行平板の幅  $h$  を用いて記述せよ。

2. 入口の高さ 1m , 奥行き 1m のダクトの出口に、図 2 に示すようにルーバーを出口角度  $30^\circ$  となるように設置し、静圧  $p$  [Pa] の部屋の中に空気を吹き出した。ここで、ルーバーは十分に薄く、ルーバーによる流れの損失は無視できるものとする。また、ダクト内の摩擦による損失はないものとし、重力による位置エネルギーも無視する。流れは定常で、ダクト内の速度と出口速度はともに一様とし、また奥行き方向にも変化しないものとする。出口流れはルーバー出口角度に平行に流出する。また、空気の密度は  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$  で一定である。なお、座標系  $x, y$  を図 2 に示すように定義する。このとき、以下の設問に答えよ。

【 2 4 点】

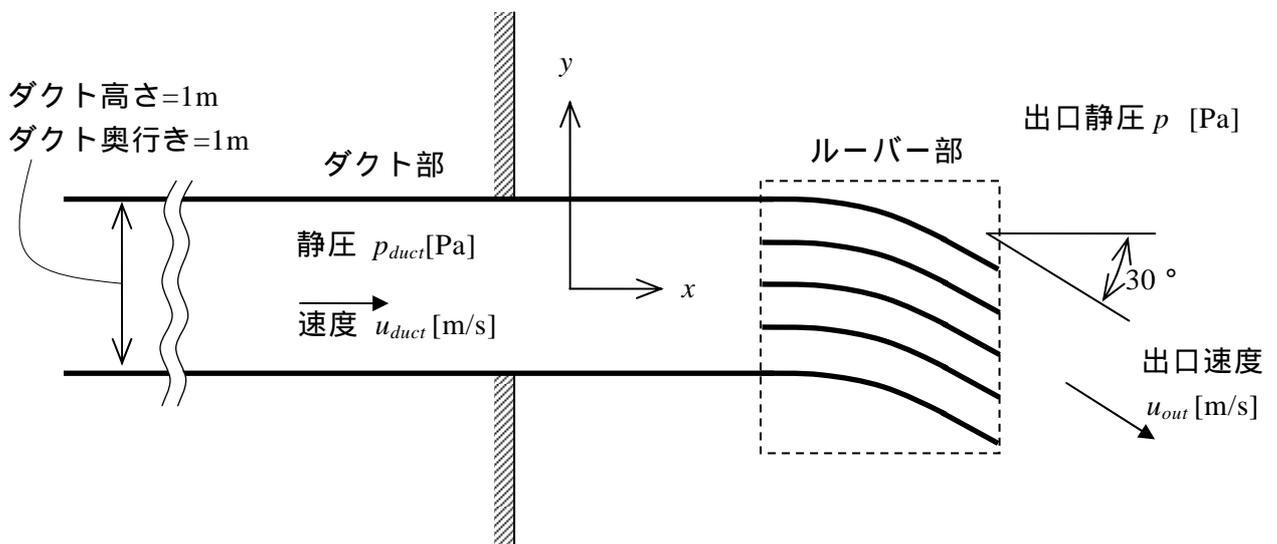


図 2 出口にルーバーが設置されたダクト

- (1) ダクト内速度  $u_{duct}$  [m/s] を、出口速度  $u_{out}$  [m/s] を用いて表せ。
- (2) ダクト内の静圧  $p_{duct}$  [Pa] を測定したところ、部屋の静圧  $p$  [Pa] よりも 9.6Pa 高かった。このときの出口速度  $u_{out}$  [m/s] を求めよ。
- (3) 単位時間あたりに出口から流出する空気の  $y$  方向運動量を、密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] と出口速度  $u_{out}$  [m/s] を用いて記述せよ。
- (4) 設問(2)の条件で、ルーバー部がルーバー内を流れる空気から受ける  $y$  方向の力  $Y$  [N] を求めよ。

論点 [ 流体力学 ]

- 1 . 定常非圧縮性粘性流体の基礎方程式についての理解度を問う。
  - (1) 十分発達した定常層流の定義の理解度を問う。
  - (2) 十分発達した定常層流の平行平板間流れの支配方程式についての理解度を問う。
  - (3) 速度分布の求め方の理解度を問う。
  - (4) せん断応力の理解度を問う
  
- 2 . 非圧縮、非粘性流体の連続の式、運動量保存、エネルギー保存についての知識を問う。
  - (1) 連続の式についての理解度を問う。
  - (2) ベルヌーイの式によるエネルギー保存則についての理解度を問う。
  - (3) 運動量の定義についての理解度を問う。
  - (4) 運動量保存についての理解度を問う。