

平成 19 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

1. 図 1 に示すような十分に長い直径 d のパイプがあり、その中で断面平均速度 u で非圧縮性流体が流れている。入口から十分に下流で、流れが発達した領域において、距離 l 離れた位置に圧力タップ(圧力孔)を設けて圧力を測定したところ、それぞれの値は P_1 [Pa], P_2 [Pa]であった。ここで、壁面せん断応力を τ_w とすると、 $\tau_w = c_f \rho u^2 / 2$ の関係が成り立つ。ただし、 c_f はファニングの摩擦係数、 ρ は流体の密度である。

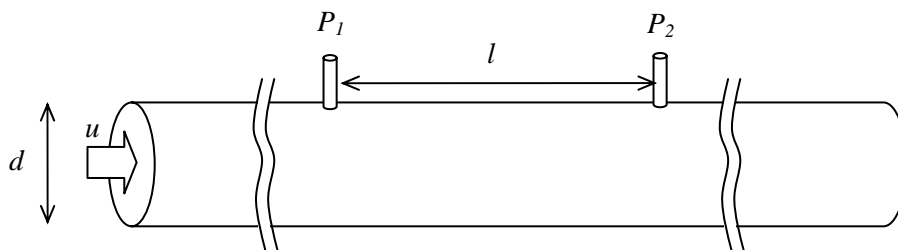


図 1 十分に長いパイプの中の流れ

このとき、以下の設問に答えよ。

【 20 点 】

- (1) 圧力タップ間の圧力差 $P_1 - P_2$ を、壁面せん断応力を τ_w 、直径 d 、タップ間距離 l を用いて表せ。
- (2) 円管の摩擦係数には、以下の関係式が知られている。断面平均速度 $u = 2.0$ [m/s]、直径 $d = 1.6$ [m]、長さ $l = 100$ [m]、密度 $\rho = 1.0$ [kg/m³]、動粘性係数 $\nu = 2.0 \times 10^{-5}$ [m²/s] のとき、圧力差 $P_1 - P_2$ を求めよ。ただし、層流または乱流のどちらかの式を用いること。また、それを選んだ理由を述べよ。ここで、 Re は断面平均速度 u と直径 d で定義されるレイノルズ数である。

$$c_f = \frac{16}{Re} \quad (\text{層流の場合})$$

$$c_f = \frac{0.079}{Re^{1/4}} \quad (\text{乱流の場合})$$

2. 図2に示すような幅 h_1 の非圧縮性流体の二次元噴流が、これに角度 α 傾いた平板に衝突している。平板は噴流の絶対速度 V_1 よりも遅い絶対速度 U で x 方向に動いている。噴流の絶対速度 V_1 と平板の絶対速度 U は一定で、加速や減速の影響は考えない。ここで、噴流の流体の密度を ρ とし、大気圧を p とする。また、重力と粘性力の影響は無視し、流れに損失はない。ここで、図中の破線で示すような平板とともに移動する検査体積を考える。噴流は相対速度 $V_1 - U$ で検査体積に流入し、平板に沿った向きに図示するように幅 h_2 と h_3 で、相対速度 W_2 と W_3 で検査体積から流出する。噴流が検査体積に流入する位置での圧力は大气圧 p に等しく、検査体積から流出する流体の圧力も重力が無視できるので p である。

このとき、以下の設問に答えよ。なお、設問(1)および(5)に関しては、紙面に直交する方向の単位長さあたりの量について答えること。

【30点】

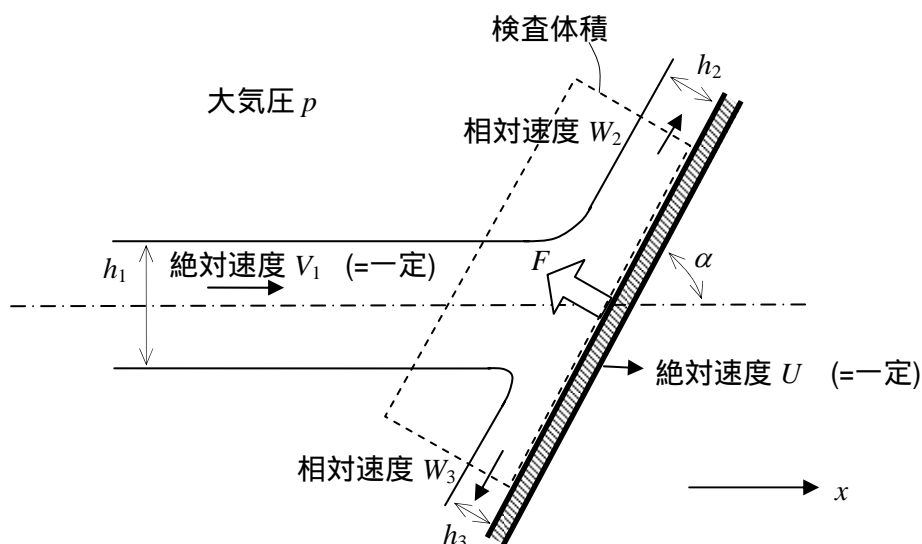


図2 絶対速度 U で動いている平板に衝突する噴流

- (1) 検査体積に流入する質量流量を、流体の密度 ρ 、噴流の絶対速度 V_1 、噴流の幅 h_1 、壁の移動速度 U を用いて記述せよ。
- (2) 平板と共に移動する移動座標系では平板は動かないので、流体が平板になす仕事はゼロである。従って、平板と共に移動する座標系では、相対速度を用いたベルヌーイの式が成り立つ。このことに注意して、検査体積から流出する流れの相対速度 W_2 および W_3 を、噴流の絶対速度 V_1 と壁の移動速度 U を用いて記述せよ。
- (3) 検査体積での連続の式、および設問(2)の結果を用いて、噴流の幅 h_1, h_2, h_3 の間に成り立つ関係を記述せよ。

- (4) 一定速度で動く検査体積での、平板に平行な方向の運動量の保存から、噴流の幅 h_1 , h_2 , h_3 の間に成り立つ関係を記述せよ。また、設問(3)の関係をを用いて、検査体積出口での噴流の幅 h_2 , h_3 を、 h_1 と α で表せ。
- (5) 板が流体に及ぼす力 F を、流体の密度 ρ 、噴流の絶対速度 V_1 、噴流の幅 h_1 、壁の速度 U 、壁の角度 α を用いて記述せよ。