

流体力学及び演習 II 定期試験解答例(2021)

1. 流量 Q が与えられているので、管内平均速度 u は直ちに求まる。

$$u = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0.51 \text{ m/s} \quad [5 \text{ 点}]$$

層流を仮定すると、ハーゲン・ポワズイユの式(7・8)より、

$$\mu = \frac{\pi d^4 \Delta p}{128 Q l} = 0.161 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad [5 \text{ 点}] \rightarrow \nu = \frac{\mu}{\rho} = 1.86 \times 10^{-4} \text{ [m}^2/\text{s]} \quad [5 \text{ 点}]$$

層流の仮定が妥当かどうか確認するために、レイノルズ数を計算する。

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} = 137 \quad [5 \text{ 点}]$$

これは $Re < 2320$ の条件を満たしているので、層流の仮定は妥当であったことが分かる。

2. レイノルズ数 $Re = 1.00 \times 10^5$ [5 点], 相対粗さ $\varepsilon/d = 0.004$ である[5 点]。ムーディー線図より、 $\lambda = 0.03$ [5 点]になる。したがって、ダルシー・ワイスバッハの式(6・9)式に代入して、 $\Delta p = 418 \text{ kPa}$ を得る[5 点]。

3. ノズル出口高さを基準として、水槽水面で流体が持っていたヘッド（位置ヘッド）が流線に沿って流れるとともに各種の損失を経てノズル出口に至ると考えて、ヘッドでエネルギーの式を書くと

$$H - \zeta_i \frac{v^2}{2g} - \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} - \zeta_b \frac{v^2}{2g} - \zeta_n \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} \quad [10 \text{ 点}]$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 v = \frac{\pi}{4} d_0^2 v_0 \text{ の関係から, } v = \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 v_0 \quad [5 \text{ 点}]. \text{ ゆえに, } v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{[\zeta_i + \zeta_b + \lambda(l/d)](d_0/d)^4 + (\zeta_n + 1)}} \quad [5 \text{ 点}]$$

与えられた数値を代入して計算すると、 $v = 10.7 \text{ m/s}$ が得られ[5 点], 到達高度 $z = 5.81 \text{ m}$ [5 点]となる。

4. (a) 連続の式 $\pi D^2 v_1/4 = \pi d^2 v_2/4$ より、 $v_1 = (d/D)^2 v_2$ [5 点]。

また、ベルヌーイの式は $p_1 + \rho v_1^2/2 = \rho v_2^2/2$ より、 $p_1 = (\rho/2)(v_2^2 - v_1^2) = (\rho v_2^2/2)[1 - (d/D)^4]$ [5 点]

【根拠となる法則・定理を示していない場合には採点しませんでした】

(b) x 軸の正の向きを一樣流の向きに取る。ノズルから流体に及ぼされる力の成分を $-F$ とおくと、流体がノズルに及ぼす力の x 成分は F である。運動量の法則をノズルと入口、出口で囲まれる検査面内の流体に適用すると、 Q を体積流量として、 $p_1 \frac{\pi D^2}{4} - F = \rho Q(v_2 - v_1)$

$$F = p_1 \frac{\pi D^2}{4} - \rho Q(v_2 - v_1) = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \frac{\pi D^2}{4} - \rho \frac{\pi d^2}{4} v_2 \cdot v_2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] = \frac{\pi \rho D^2}{8} v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^2 \quad [10 \text{ 点}]$$

(c) 与えられた数値を代入して計算すれば、 $F = 3530 \text{ N}$ [10 点]。

5. 秒速に直した飛行速度は $U = 50 \text{ m/s}$ である[5 点]。飛行機の重量 W と揚力 L が釣り合っているので、

$$W = L = C_L \frac{1}{2} \rho U^2 S \text{ より, } C_L = \frac{2W}{\rho U^2 S}. \text{ 数値を代入して, } C_L = 0.327 \quad [5 \text{ 点}]$$

次に、抗力 D と動力 P は

$$D = C_D \frac{1}{2} \rho U^2 S = \frac{C_D}{C_L} L = \frac{C_D}{C_L} W = 1.5 \text{ kN} \quad [5 \text{ 点}], \quad P = DU = 75 \text{ kW} \quad [5 \text{ 点}]$$

と求まる。