

2020 年度 流体力学及び演習 I 期末試験解答例

1.

(a) まず重量 W から質量 m を計算する。 $W=mg$ より、 $m=W/g=2610\text{ kg}$ (有効桁数3桁を考慮)

体積を V とすれば密度の定義より、 $\rho=m/V=870\text{ kg/m}^3$ となる (ここでも4桁目を四捨五入して有効3桁とした)。 [10点]

(b) 比重は密度の水の密度に対する比 ρ/ρ_w だから 0.870。 [7点]

(c) 動粘度 ν と粘度 μ の関係から、 $\nu=\mu/\rho=3.28\times 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$ となる。 [8点]

※ 重量と質量の区別ができていないか、密度・比重・動粘度の定義を覚えているかを問う問題です。せめて(a)と(b)はできてほしかった。単位についてまったく無頓着な人が多数いました。単位についてしっかり理解してください。他の科目でも出てくる基本中の基本です。

2. (1) 圧力差と高度差の関係から、 $p_C=p_A+\rho g(x+h)$ となる。 [10点]

(2) 同様にして、 $p_D=p_B-\rho g y+\rho_{Hg} g h$ となる。 [5点]

(3) $p_C=p_D$ の関係から、 $p_A+\rho g(x+h)=p_B-\rho g y+\rho_{Hg} g h$, これを h について解くと、

$$h=\frac{p_A-p_B+\rho g(x+y)}{(\rho_{Hg}-\rho)g} \quad [5点]$$

(4) 与えられた数値を代入すると $(x+y=4.877\text{ m}-3.048\text{ m}=1.829\text{ m}$ に注意) , $h=1.265\text{ m}$ となる。有効桁数3桁と考えると、 $h=1.27\text{ m}$ で充分である。 [5点]

※ マノメータの問題は圧力差と高度差の関係を理解しているかを問う問題です。圧力が重力の方向に増加することを理解していない人もいました。

3. ニュートンの粘性法則を適用して粘性応力 τ を求め、実効面積 (スキー板底面積の 1/50) をかけて摩擦力 D を計算する。

$$\tau=\mu U/h=1.79\times 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}\times 20\text{ m/s}/(0.010\times 10^{-3}\text{ m})=3580\text{ Pa} \quad [10点]$$

$$D=\tau\times S=3580\text{ Pa}\times(0.08\text{ m}\times 1.7\text{ m}\times 2)\times(1/50)=19.5\text{ N} \quad [5点]$$

※ ニュートンの粘性法則を応用できるかを問う問題です。

4. (1) 定常流れなので単位時間あたり断面①を通過した流体の質量と断面②を通過した流体の質量は等しい (質量保存の法則) から

$$\rho\frac{\pi d_1^2}{4}v_1=\rho\frac{\pi d_2^2}{4}v_2, \quad \text{したがって, } v_1=(d_2/d_1)^2v_2 \text{ である。} \quad [10点]$$

(2) ベルヌーイの定理より

$$p_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=p_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2, \quad \text{これより } p_1-p_2=\frac{1}{2}\rho(v_2^2-v_1^2) \quad [10点]$$

(3) (2)の結果に(1)の結果を代入して v_2 について解けば

$$v_2=\sqrt{(p_1-p_2)/[(1/2)\rho\{1-(d_2/d_1)^4\}]} \quad [10点]$$

(4) (3)の結果に数値を代入すれば 31.2 m/s を得る。 [5点]

※ 連続の式とベルヌーイの式を書いて、連立方程式を解く問題。配布したプリントで練習していたら必ず解けたはずですが、なお、式の計算で間違えている人もいました。例えば、 $ax=b+c$ のとき、 $x=(b+c)/a$ ですが、 $x=b/a+c$ のようにしている人が何人かいました。また、 $v^2=a^2+b^2$ から $v=a+b$ とするような間違いも。中学・高校でのミスが正されずにそのままになってしまったのだと思います。直さなければいけない、深刻なミスです。