

平成 20 年度 弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

1. 図 1 に示すように、幅 $2a$ の二次元平行平板間を非圧縮性の粘性流体が流れている。ここで、流れ方向を x 、壁垂直方向を y とし、それぞれの方向の速度を u 、 v とする。

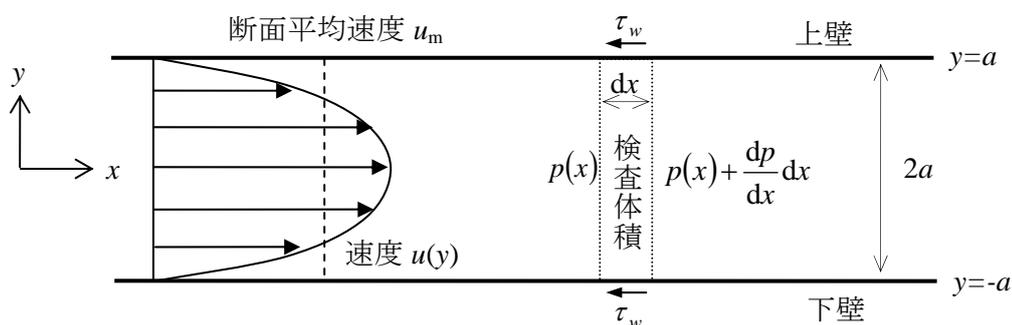


図 1

流れは定常で、十分に発達した層流とし、断面平均速度を u_m とする。このとき、以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 二次元非圧縮性流体の連続の式を記述し、定常で十分発達した流れでは y 方向速度 v が場所によらずゼロであることを導け。
- (2) 二次元非圧縮性流体の運動方程式は、一般に次式のように表される。ここで、 t は時間、 p は圧力、 ρ は密度、 μ は粘性係数である。

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

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

圧力 p が x 方向のみの関数であることを示し、完全に発達した二次元平行平板間流れの速度分布を求めるために必要となる微分方程式を導け。

- (3) 図1中に示した、流れ方向長さ dx 、単位奥行き長さの検査体積での運動量の保存則から、流れ方向圧力勾配 $\frac{dp}{dx}$ を、壁面せん断応力 τ_w と半幅 a を用いて表せ。
- (4) 速度分布 $u(y)$ を、壁面せん断応力 τ_w 、粘性係数 μ 、半幅 a 、壁面垂直方向座標 y を用いて表せ。
- (5) 断面平均速度 u_m を、壁面せん断応力 τ_w 、粘性係数 μ 、半幅 a を用いて表せ。

2. 図2に示すように、断面積 A のダクト内に直径 d のボールが細い糸で固定されている。このダクトにブロワを接続し、空気を吸い込んで、出口から一様な速度で吹き出させた。このとき、以下の設問に答えよ。ただし、吸い込み口での損失やダクトの壁面摩擦は無視できるものとする。また、吸込口と吹出口での圧力は大気圧 p_∞ に等しく、空気の圧縮性や重力の影響は無視できる。

【20点】

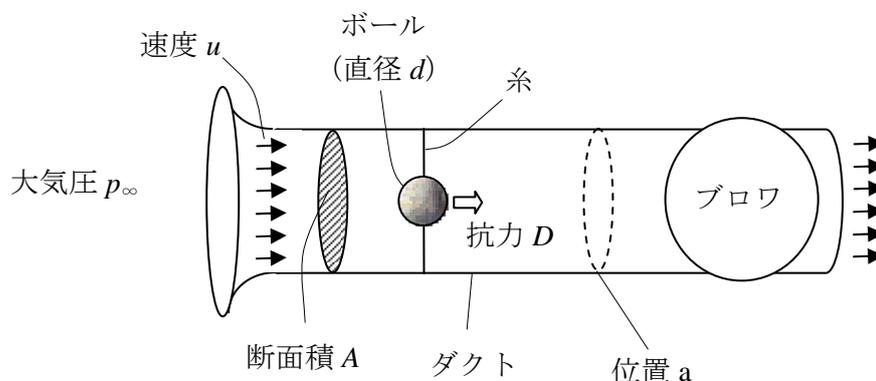


図2

- (1) ボール上流での流れは一様で、その速度は u であった。ボール上流での静圧を、空気の密度 ρ 、速度 u 、大気圧 p_∞ を用いて記述せよ。ただし、ボールの影響は無視してよい。
- (2) ボールの抗力係数を c_D とする。このとき、ボールに働く抗力 D を、抗力係数 c_D 、速度 u 、空気の密度 ρ 、ボールの直径 d を用いて表せ。なお、ボールは糸でしっかりと固定されており、動くことはない。また、ボールはダクトに比べて十分に小さく、ボールを横切る際の主流速度の変化は無視できるものとする。

- (3) ブロワの上流位置 a において、速度分布が一様に回復したとする。このとき、位置 a での静圧 p_a を、空気の密度 ρ 、ダクト内速度 u 、ダクト断面積 A 、抗力係数 c_D 、大気圧 p_∞ 、ボールの直径 d を用いて記述せよ。なお、糸は十分に細く、その流体抵抗は無視できるものとする。
- (4) ブロワが空気になした単位時間当たりの仕事（仕事率）を求めよ。ただし、ブロワ出口の流れも一様で、ブロワ前後での動圧は等しいものとする。