

令和5年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

- 1 図1aに示すような、速度 U の一様流に沿って配置された平板上に生じる境界層を考え、直方体状の検査体積 ABCD を配置する。このとき、一様流方向に x 軸、平板垂直方向に y 軸を取り、検査体積の y 方向高さ H は境界層厚さに対して十分大きいとする。検査面 AB 及び CD における時間平均主流方向速度はそれぞれ U 及び $u(y)$ で表される。また、検査体積内で圧力は一定であると、重力の効果は無視して良いとする。図1bは局所壁面摩擦係数 c_f を平板最上流点からの距離 x で表した模式図である。ここで、平板最上流端点の影響は無視できるとする。流体は密度が ρ の非圧縮性流体、流体の温度は一定であるとして以下の設問に答えよ。

【65点】

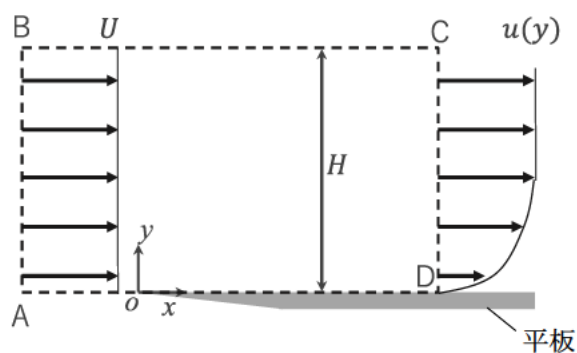


図1a

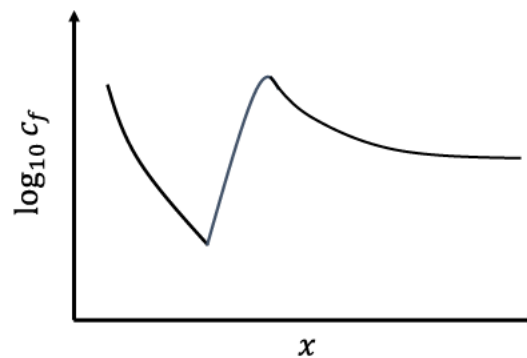


図1b

- (1) 面 AB を通って検査体積に流入する単位時間・単位紙面垂直長さ当たりの質量を表せ。
- (2) 面 CD を通って検査体積に流出する単位時間・単位紙面垂直長さ当たりの質量を y に関する定積分を用いて表せ。
- (3) 面 AB を通って検査体積に流入する単位時間・単位紙面垂直長さ当たりの運動量を表せ。
- (4) 面 CD を通って検査体積に流出する単位時間・単位紙面垂直長さ当たりの運動量を y に関する定積分を用いて表せ。
- (5) (1)から(4)までの結果から適切なものを用い、質量欠損に基づいて定義される境界層の厚さを y に関する定積分で表し、またその名称を答えよ。
- (6) 図1bにおいて、ある位置にて摩擦係数が大きく上昇することが見て取れる。この理由について50字程度で記述せよ。

- 2 デカルト座標系 x_i ($i = 1, 2, 3$) で定義された非圧縮性流体の速度場 u_i ($i = 1, 2, 3$) について、運動量保存則である Navier-Stokes 方程式が以下の通り記述できる。粘性係数 μ は一定であり、重力等の外力は無視できるとする。

$$\rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} \quad (1)$$

密度を ρ 、圧力を p とし、式中の添字は Einstein の総和規約に従うこととする。ここで、代表速度 U 及び代表長さ L を用いた式の無次元化を考える。上付き添字*が対応する無次元量を表すとする。と式(1)より式(2)が得られる。

$$\boxed{(あ)} \left(\frac{\partial u_i^*}{\partial t^*} + u_j^* \frac{\partial u_i^*}{\partial x_j^*} \right) = - \frac{\rho U^2}{L} \frac{\partial p^*}{\partial x_i^*} + \boxed{(い)} \frac{\partial^2 u_i^*}{\partial x_j^* \partial x_j^*} \quad (2)$$

このとき、以下の設問に答えよ。

【35点】

- (1) (あ) 及び (い) に入る係数を示せ。
- (2) (あ) 及び (い) の係数とレイノルズ数 Re の関係を 80 字程度で記述せよ。このとき、以下の語群から適切な単語を 2 つ以上選んで用いること。
語群：浮力、粘性力、重力、慣性力、遠心力、表面張力、圧力
- (3) (2) の語群から選んだ単語を用いて、レイノルズ数の増加により流れが乱流になる理由を 80 字程度で記述せよ。