

平成26年度

大学院博士前期課程（修士）一般入学試験問題

流体力学

注意事項：解答用紙に指示してある問題番号，解答の仕方にしたがって記入すること。

岡山大学大学院自然科学研究科（工学系）  
機械システム工学専攻（機械系）

## 流 体 力 学

【1】図1に示すように、 $x$ 軸の正の方向に向かう速度  $U$  の流れが、断面積  $S$  の円管へ流入し逆方向に排出される。このとき円管には力  $F$  が働く。流体は非圧縮・非粘性流として、流体の密度  $\rho$  と圧力  $p_0$  はいたるところで一定で、重力の影響はないものとする。また一点鎖線で示す円管の中心軸は  $xy$  平面内にあるものとし、以下の問いに答えよ。

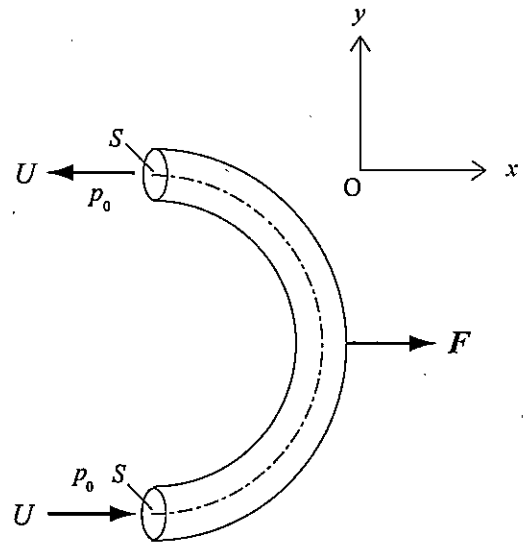


図 1

- (1) 単位時間あたりに管に流入する運動量の方角と大きさを求めよ。圧力の影響も含めて答えよ。
- (2)  $F$  を求めるための検査面を、点線によって解答用紙にある図に示せ。
- (3)  $F$  の方向と大きさを求めよ。

【2】図2に示すように、 $x$ 軸の正の方向に向かう速度  $U$  の一様流と、点  $A(-d, 0)$  にある強さ  $m$  の吹き出し、および点  $B(d, 0)$  にある強さ  $m$  の吸い込みの重ね合わせとなる、2次元・非圧縮・非粘性流を考える。このとき以下の問いに答えよ。なお  $z = x + iy$ 、 $i$  は虚数単位で、 $U, d, m$  はすべて正の値とする。

- (1) 速度  $U$  の一様な流れを表す複素速度ポテンシャル  $W_1$  を示せ。
- (2) 吹き出しと吸い込みの重ね合わせを表す複素速度ポテンシャル  $W_2$  を示せ。
- (3) 図2に示す2次元流のよどみ点  $C, D$  の座標を、複素速度ポテンシャル  $W = W_1 + W_2$  を利用して求めよ。
- (4)  $md$  を一定値  $q$  に保った状態で、 $m \rightarrow \infty, d \rightarrow 0$  の極限における  $W$  を求めよ。
- (5) 問(4)の極限において、よどみ点を通る流線の形状を求めよ。

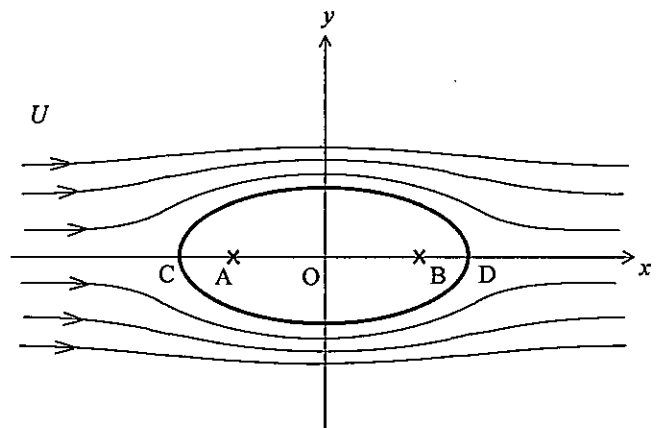


図 2

## 流 体 力 学

【3】図3に示すように、内径 4.0 mm の円管内の圧力を計測していた。既設のマノメータ(位置 B)の 1.6 m 上流(位置 A)にマノメータを新設し、位置 A における円管内の圧力を計測したい。手元には管摩擦係数  $\lambda$  とレイノルズ数  $Re$  の関係を示した図4がある。新設するマノメータに必要な高さを以下の設問に答えながら求めよ。ただし円管内は密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、動粘性係数  $\nu = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  の非圧縮流体が流れており、流量は  $Q = 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  とする。重力加速度は  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  とせよ。

- (1) 位置 B における液柱は高さ 0.20 m であった。この位置における円管内のゲージ圧を求めよ。
- (2) 円管内の平均流速  $\bar{u}$  を求めよ。
- (3) レイノルズ数  $Re$  と管摩擦係数  $\lambda$  の定義はナビエ・ストークス方程式の無次元化により導出できる。1次元ナビエ・ストークス方程式は以下のように書ける。ただし  $t$  は時間、 $x$  は流れ方向距離、 $u$  は  $x$  軸方向の流速、 $p$  は圧力である。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

代表流速を円管内の平均流速  $\bar{u}$ 、代表長を円管内径  $D$ 、代表圧力を任意の2点間の圧力差  $\Delta p$  とし、これらを使って上式を無次元化せよ。ただし圧力項における  $x$  のみは、内径  $D$  ではなく圧力差をとる任意の2点間の距離  $L$  を使って無次元化すること。なお無次元化された値には右肩に記号\*を付けよ。

- (4) レイノルズ数  $Re$  と管摩擦係数  $\lambda$  の定義をナビエ・ストークス方程式の無次元化に用いた諸量を用いて書け。なお  $Re$  は問(3)で得られた方程式の粘性項にかかる無次元数の逆数、 $\lambda$  は圧力項にかかる無次元数を2倍した値であることに注意せよ。
- (5) レイノルズ数  $Re$  と管摩擦係数  $\lambda$  の値を求めよ。
- (6) 位置 A における円管内のゲージ圧と位置 A に新設するマノメータに必要な最低限の高さを求めよ。ただし円管の大きさは無視してよい。

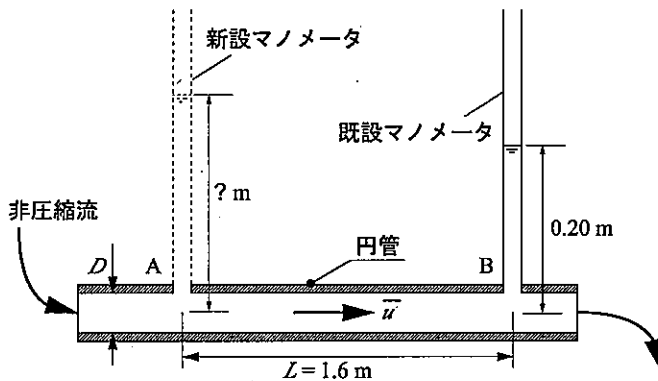


図 3

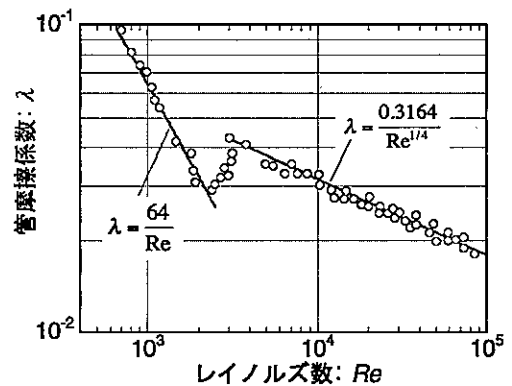


図 4