

流体力学 2019 年度試験問題

2019/7/26 10:35-12:10

解答用紙に所属・学籍番号・名前を記入せよ。解答用紙は裏も使用してよい。試験開始後 60 分を過ぎて、解答用紙を提出し、退出してよい。

問 1 : Navier-Stokes (ナビエ・ストークス) 方程式

(1)速度 \vec{v} についての Navier-Stokes 方程式を書け。
(2)Navier-Stokes 方程式を満たす 2 つの解 (\vec{v}_1, p_1) , (\vec{v}_2, p_2) が与えられた時、その和 $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$, $p_1 + p_2$ が Navier-Stokes 方程式を満たすとは限らないことを示せ。

問 2 : ピトー管

図・式を用いてピトー管の原理を説明せよ。
大気中を速さ 360[km/h] でピトー管が動いている場合の圧力差を有効数字 1 桁で求めよ。ただし、大気の密度は 1.2[kg/m³] である。

問 3 : 速度ポテンシャル

3次元空間内(xyz座標)で、座標 x 、原点からの距離 r を用いて下記の速度ポテンシャルであらわされる流れを考える。

$$\Phi = Ux + \frac{px}{r^3}$$

ただし、 U, p は実定数とする。速度場の表式 (速度を r, x, y, z の関数として表したもの) を求め、図示し、その特徴を述べよ。

問 4 : 複素速度ポテンシャル

複素速度ポテンシャル

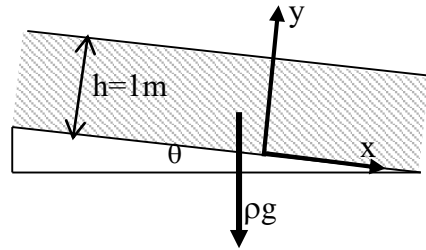
$$F(z) = m \log(z)$$

で表される 2次元の流れの速度場を求めよ。また m がどのような物理的意味を持つかを述べよ。

問 5 : 溶岩流

図のように勾配 $\sin\theta=0.01$ の斜面上に厚さ 1m の溶岩の定常的な流れがあるとする。流れは斜面に平行

な成分(x成分)のみを持ち、斜面に垂直な成分(y成分)は 0 であると仮定する。また流れは x 方向に一樣であるとする。定常状態では、重力の x 成分と垂直方向の勾配 $\frac{dv_x}{dy}$ に比例する粘性応力がつりあっているとして、速度場 $v_x(y)$ を $\rho, y, g, \mu, h, \theta$ を用いて表現せよ。ただし、 μ は粘性係数であり、溶岩の底での速度は 0 とし、上面では速度勾配が 0 であるとする。



また上面での速度の具体値をもとめよ、溶岩の密度は 2000 kg/m³、粘性係数は $\mu = 1.0 \times 10^3$ kg/ms、重力加速度は 10 m/s² とする。

問 6 : 一様等方乱流

次元解析を用いて乱流の波数スペクトルに関するコルモゴロフの -5/3 乗則を導け。ただし、導出の過程も簡単に記せ。

問 7 : 水波

水深 h 、波数 k の波の分散関係が

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kh)}$$

で与えられているとする。ただし ω は角振動数、 g は重力加速度である。

- (1) $kh \ll 1$ の時の波の位相速度と群速度を求めよ。
- (2) $kh \gg 1$ の時の波の位相速度と群速度を求めよ。

問 8 : ヨット

ヨットは風上に進むことができる。その原理を図を用いて説明せよ。ただし、帆には風向と垂直に揚力が働き、ヨットには船に平行に進みやすくするためのキールが備えられているものとする。