流体力学Ⅱ　期末試験　(2015.2.5)　　クラスⅠ　　学籍番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　名前＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

１．基礎的事項（10 点）

・流体の運動は(a)伸び変形、(b)せん断変形、(c)回転と呼ばれる３つの基本的な運動に分解することができる。(a)x 方向の伸びひずみ速度は（ $\dot{\epsilon}_x =$ 　　）で、xy 平面のせん断ひずみ速度は（ $\dot{\gamma}_{xy} =$ 　　）で、z 軸まわりの渦度は（ $\omega_z =$ 　　）で示される。(括弧内には式を書き入れよ。速度 (u, v, w) と座標 (x, y, z) を使用する。)

・ナビエ･ストークス式において慣性項を省略するような近似を（　　）近似と呼ぶ。またレイノルズ数が非常に大きいときには（　　）の式が得られる。

２．流体の変形と回転（10 点）

次式で与えられる速度成分を持つ流れは、①連続の式を満たすか調べよ。ただし A は定数である。②またこのような流れの名称を答えよ。

$$u = \frac{Ay}{x^2 + y^2}, v = \frac{-Ax}{x^2 + y^2}$$

３．管路内の流れと損失（20 点）

層流の場合、管摩擦係数は $\lambda = 64 / \mathrm{Re}$ で表される。内径 50[mm]、長さ 100[m]の管路により 12[L/min]の油を輸送するとき､①レイノルズ数、②損失ヘッド､③長さ 100[m]での圧力損失､④平均圧力勾配を求めよ。ただし、液体の密度は 900 [kg/m^3]、粘度は 0.02 [Pa･s]とする。

４．物体まわりの流れ（10 点）

川の中に直径 10 [cm]の円形断面の杭が立っており、この杭の下流に放出周波数 1[Hz]のカルマン渦が観察された。①川の流速を求めよ。②レイノルズ数を求めよ。なお水の動粘度は一般的な値とする。

５．物体まわりの流れ（10 点）

摩擦抗力、形状抗力の定義式を書き、その意味を説明せよ。

６．円柱周りの流れ（10 点）

①円柱に働く抗力を考える。Re 数に対する抗力係数の概略をグラフで示せ。（縦軸：抗力係数、横軸：Re 数）

②円柱周りの層流境界層および乱流境界層が形成される場合の流れ場について図示し、抗力の増減に関して述べよ。

７．総合問題（15 点）

空気よりも軽いヘリウムガスを充填した直径 $d = 30$ cm の球形の風船にひもを付けて床に固定した。これに一様な風を当てたところ、抗力を受けて、ひもが水平方向から $\theta = 50°$ の角度をなした状態で静止した。ひものたるみは無く、風船の質量は無視できるとして、①風速 U およびロープの張力 T を求めよ。なお空気の密度は 1.2 [kg/m^3]、重力加速度は 9.8 [m/s^2]、風船の抗力係数は 0.40 とする. ②またこの際のレイノルズ数について求め、③風船後方では、乱流境界層か層流境界層かを答えよ. このとき粘性係数を 18.0×10^{-6} [Pa·s]とする.

８．ナビエ･ストークス方程式の厳密解（15 点）

二枚の十分広い平板を h だけ離して水平に置いてある。下側の板は静止しており、上側の板が一定の速度 U で下側の板に平行に動いている（x 方向に動いている）。このとき、二枚の間の密度 ρ 粘度 μ の流体の流れの、①断面内速度分布 $u(y)$ および②流量 Q を求めよ。なお、流れは定常で、十分に発達した流れである。また流れは二次元と見なせる。次に、③圧力勾配の違いによってどのような流れになるか、図示せよ。

参考：x 方向のナビエ･ストークス方程式は、以下の式で示される。

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right) = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$$

単位も忘れずに書くこと、必要な場合には裏を使用しても良い。（その旨記載すること。）