流体力学　FLUID DYNAMICS

1. 図 1-1 に示すように，水平面に置かれた車輪の付いた直方体状の水槽に水と油が入っている．水と油の密度はそれぞれρ_wおよびρ_oであり，油水界面から油表面までの高さは h_o である．また，水槽と油および水の合計質量は M である．以下の問いに答えよ．ただし，大気圧を p_a，重力加速度を g とする．

   (1) 油水界面の圧力 p'を求めよ．

   (2) 図 1-2 に示すように，サイフォンの原理を利用して水のみをホースで排出する．ホースの流出端での流速が U, 流出端と油水界面との高低差が h_w で一定であるとき，流速 U を求めよ．ただし，流れの損失は無視する．

   (3) 図 1-3 に示すように，水槽に断面積 s の小さな孔をあけると，水が一定流速 V で流出し，水槽は等加速度αで移動する．また，液面は水平面に対して角度θ傾く．加速度αと流速 V の関係を求めよ．ただし，水槽は十分に大きく，合計質量 M および液面の形と高さの時間的な変化は無視する．また，水槽の移動に対する抵抗も無視する．

   (4) 図 1-3 に示されている流体の微小要素は，断面積が dA，長さが dx の水平円柱である．この微小要素についての力のつり合いを考えることにより，問(3)の水槽内の水中における水平 x 方向の圧力勾配$\partial p/\partial x$ と加速度αの関係を導出せよ．

   (5) 問(3)の角度θと流速 V の関係を表せ．

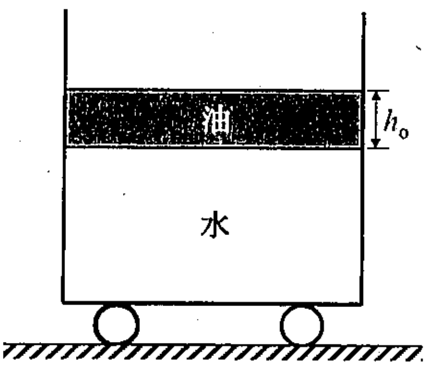

図 1-1

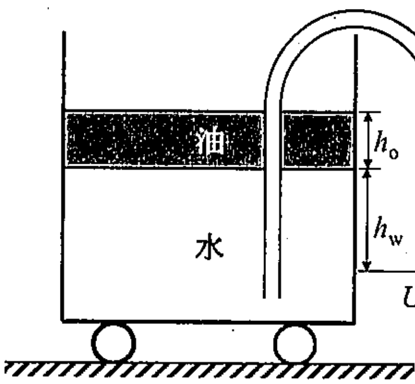

図 1-2

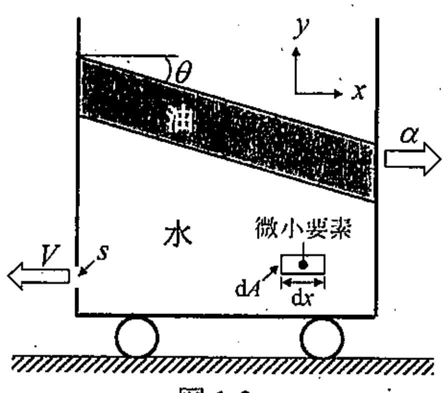

図 1-3

流体力学　FLUID DYNAMICS

2. 次の問いに答えよ.

(1) 環境および人体に悪影響を及ぼす微粒子の一つに黄砂がある. 黄砂の抗力係数 C_D が[2-1]式で与えられるとき, 黄砂の終末速度を求めよ. ただし, Reは粒子レイノルズ数であり, 黄砂に作用する力は重力と抗力とする. また, その終末速度で黄砂が空気中を 100 m 沈降するのに必要な時間を求めよ. なお, 黄砂は球形粒子であり, 直径は 4.0×10^{-6} m, 密度は $2.0\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$ である. さらに空気の粘性係数を $0.018\ \mathrm{mPa \cdot s}$, 密度を $0.001\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$, 重力加速度を $9.8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ とする.

$$C_{\mathrm{D}} = \frac{24}{Re} \qquad [2\text{-}1]$$

(2) 2 次元の流れ場において, 直角座標である x 方向および y 方向の流体の速度成分を, それぞれ u および v とすると, 非圧縮性流体の定常流れにおける連続の式は[2-2]式で与えられることを示せ.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \qquad [2\text{-}2]$$

(3) 図 2-1 に示すように 2 つの大きなタンクを円管(内径 $d = 60$ mm, 長さ $L = 2.27$ m, 管摩擦係数$\lambda = 0.06$)でつなぎ, 油(密度$\rho = 917\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, 粘性係数$\mu = 0.29\ \mathrm{Pa \cdot s}$)をタンク A からタンク B に流したい. タンク A およびタンク B には, それぞれタンクの底から H_1 および H_2 の高さまで油が入っているとき, 円管内の油の流れは層流か乱流かを判断せよ. ただし, $H_1 = 6.75$ m, $H_2 = 0.75$ m であり, 重力加速度 g を $9.8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ とする. また, 損失は管摩擦損失だけとする. 損失ヘッド h は[2-3]式で与えられ, Vは平均流速である. なお, タンクは十分大きく, タンク内の油表面が下降あるいは上昇する速度は無視し得るとする.

$$h = \lambda \frac{V^2}{2g} \frac{L}{d} \qquad [2\text{-}3]$$

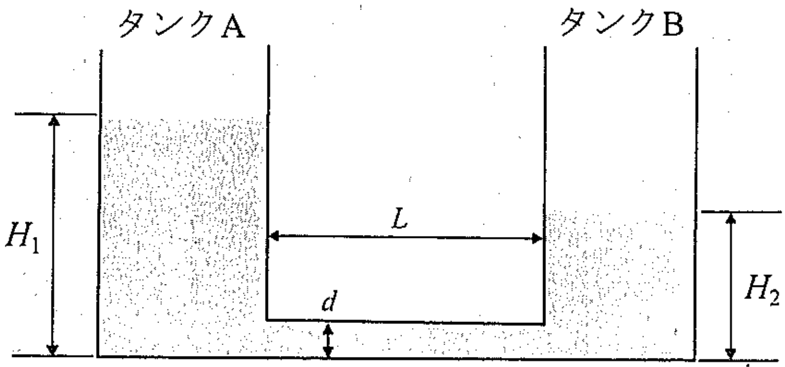

図 2-1