

## 令和3年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

- 1 図1に示すような縦断面を有する管内を、流体が左から右に流れている。この管は、断面1およびその上流側の断面積は $A_1$ 、断面2およびその下流側の断面積は $A_2$ である。ただし、 $A_1 < A_2$ とする。ここで、図1 a)では断面積が $A_1$ から $A_2$ へ滑らかに拡大しており、流体が断面1から断面2へ流れる過程において、エネルギー損失は無視できるものとする。一方、図1 b)では断面積は $A_1$ から $A_2$ へと急拡大する。また、図1 a)と図1 b)のいずれの場合においても、断面1およびその上流側の流速は $V_1$ 、圧力は $P_1$ であり、断面内で一様とする。同様に、図1 a)と図1 b)において、断面2およびその下流側の流速はそれぞれ $V_2$ 、 $V'_2$ 、圧力はそれぞれ $P_2$ 、 $P'_2$ とし、断面内で一様とする。また、断面1から断面2の間の任意の位置において、管軸に垂直な断面内における圧力は一様であるとする。壁面と流体の間に生じる摩擦、および重力の効果は無視してよい。流体は密度が $\rho$ の非圧縮性流体、流れは定常、流体の温度は一定であるとして、以下の設問に答えよ。

【80点】

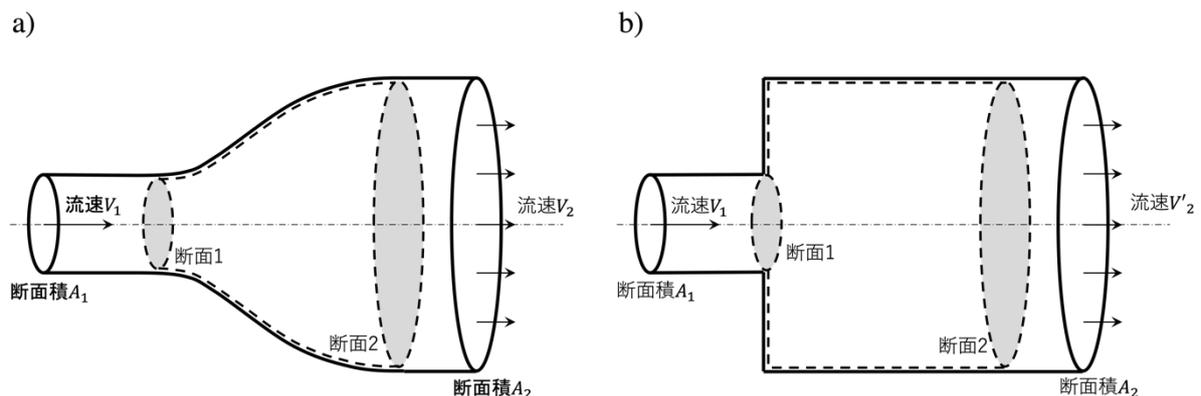


図1

- (1) 図1 a)において、断面2における流速 $V_2$ を断面1における断面積 $A_1$ 、流速 $V_1$ 、断面2における断面積 $A_2$ を用いて表せ。
- (2) 図1 b)において、断面2における流速 $V'_2$ を断面1における断面積 $A_1$ 、流速 $V_1$ 、断面2における断面積 $A_2$ を用いて表せ。
- (3) 図1 a)において、断面2における圧力 $P_2$ を $\rho$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $P_1$ 、 $V_1$ を用いて表せ。
- (4) 図1 b)において、破線で囲まれた検査体積における運動量保存を考慮して、断面2における圧力 $P'_2$ を $\rho$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $P_1$ 、 $V_1$ を用いて表せ。

(次頁へ続く)

- (5) 図 1 a)において、破線で囲まれた検査体積における運動量保存を考慮して、断面積の拡大によって管内壁が流体から受ける力の方向、およびその大きさを  $\rho$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $P_1$ 、 $V_1$ を用いて表せ。
- (6) 図 1 b)において、破線で囲まれた検査体積における運動量保存を考慮して、断面積の急拡大によって管内壁が流体から受ける力の方向、およびその大きさを  $P_1$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ を用いて表せ。
- (7) 図 1 b)において、破線で囲まれた検査体積におけるエネルギー保存を考慮して、断面積の急拡大に伴う単位時間あたりのエネルギー損失を  $\rho$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $V_1$ を用いて表せ。
- (8) 図 1 b)のように断面積が急拡大する場合において、エネルギー損失が生じる理由を記述せよ。

2 図 2 に示すように、円管から自由空間に流体を噴き出す系を考える。今、標準状態において、静止した空気で満たされた自由空間に空気を噴き出す場合、および静止した水で満たされた自由空間に水を噴き出す場合の 2 ケースを考える。いずれの場合も、円管の形状、および流体の噴き出し速度は同一であり、噴流の下流 A 点では流れは乱流状態であった。以下の設問に答えよ。

【20点】

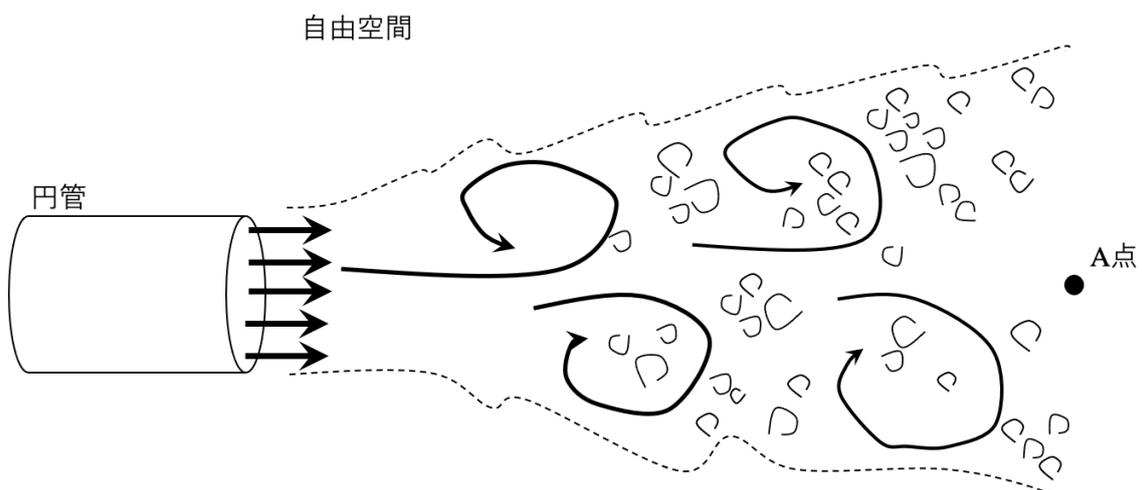


図 2

(次頁へ続く)

- (1) 流体として空気を用いた場合と水を用いた場合において、円管から噴き出された流体と自由空間の流体の混合が早いのはどちらか。またその理由を「レイノルズ数」を用いて、50字程度で答えよ。
- (2) A点において主流方向速度の時系列データを計測し、このデータに対して時間に関してフーリエ変換を適用することにより、周波数スペクトルを取得した。流体として空気を用いた場合と水を用いた場合において、横軸に周波数  $f[\text{s}^{-1}]$  の自然対数、縦軸に主流方向速度変動のスペクトル  $E [\text{m}^2\text{s}^{-1}]$  の自然対数をプロットしたところ、図3のようなグラフが得られた。実線と破線のどちらが空気と水のデータに対応するか答えよ。またその理由を、乱流の粘性散逸の代表スケールである「コロモゴロフ・スケール」を用いて、50字程度で答えよ。

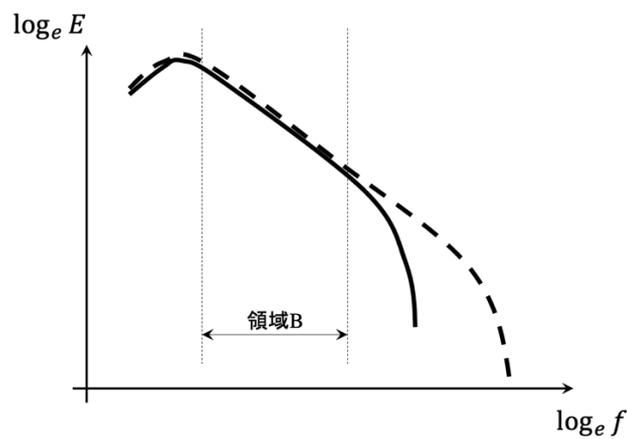


図3

- (3) 図3の対数プロットにおいて、空気と水のいずれの場合においても周波数スペクトルが右下がりの直線で近似できる領域Bの名称を答えよ。また、この領域に対応する渦運動の特徴を50字程度で記述せよ。