

科目 【化学工学Ⅱ】 流動 （1枚）

問題1 [15点]

運動量移動，熱移動，物質移動におけるアナロジーについて，以下の問いに答えよ．

- (1.1) 運動量移動と熱移動のアナロジーをレイノルズ数を用いて表すとき，レイノルズ数以外にあらわれる無次元数は何か．
- (1.2) 運動量移動と物質移動のアナロジーをレイノルズ数を用いて表すとき，レイノルズ数以外にあらわれる無次元数は何か．
- (1.3) 運動量移動と熱移動におけるレイノルズのアナロジーでは，境界層においてどのような条件が必要か．
- (1.4) スタントン数を用いて，運動量移動と熱移動のレイノルズのアナロジーを記述せよ．

問題2 [35点]

密度 ρ ，粘度 μ をもつニュートン流体が，間隔 $2B$ の二枚の無限平行平板間を定常・層流で流れている．座標系は，平板に垂直な方向を x 方向，流れ方向を z 方向，平板に平行で z 方向に直交する方向を y 方向とする．二枚の平板はそれぞれ $x = -B$ および $x = B$ に位置している． $x = -B$ の平板は静止しており， $x = B$ の平板は $+z$ 方向に一定速度 V で移動している．

十分に流れが発達した領域内で， $z = 0$ の断面を上流側， $z = L$ の断面を下流側とし，それぞれの圧力を p_u ， p_d とする．ただし， $p_u > p_d$ であり，圧力は $+z$ 方向に一定勾配で低下するものとする．重力の影響は無視できる．速度成分は z 方向成分 $v_z(x)$ のみである．

固体壁面では滑りなし条件が成り立つものとする．必要な物性値およびパラメータは適宜定義せよ．以下の問いに答えよ．

- (2.1) x 方向に微小厚さ dx の流体要素を考え， z 方向の運動量収支を立て，速度分布 $v_z(x)$ を求めよ．
- (2.2) y 方向の単位幅あたりの体積流量を求めよ．
- (2.3) $V > 0$ のとき，速度分布 $v_z(x)$ の最大値が移動平板上ではなく，流路内部で生じる条件を求めよ．
- (2.4) $x = -B$ および $x = B$ の平板におけるせん断応力をそれぞれ求めよ．また， $x = B$ の平板を一定速度 V で動かし続けるために，外部から平板に加えるべき z 方向の単位面積あたりの力を f_{ext} とする． f_{ext} を求めよ．さらに， $f_{\text{ext}} = 0$ となる条件を求めよ．
- (2.5) 得られた速度分布について，(i) z 方向の圧力勾配がないとき，(ii) 上側平板の速度 V が極端に小さいとき，について考える．(i)，(ii)のときの速度分布 $v_z(x)$ の概略図をそれぞれ描け．また，各速度分布の特徴を簡潔に説明せよ．