移動速度論　Transport Phenomena 2017（第５回）　　　　　　　　　　　　５月１８日（木）

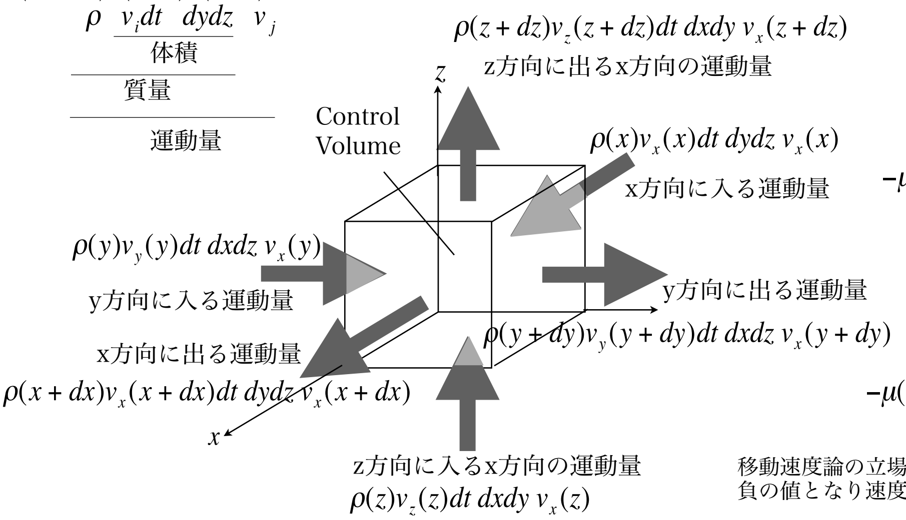
メールアドレス：kozka@kumamoto-u.ac.jp
ＨＰアドレス　：http//www.msre.kumamoto-u.ac.jp/~process/ Transport/home.html

基礎方程式の導出２（運動の式，エネルギーの式，物質移動の式）

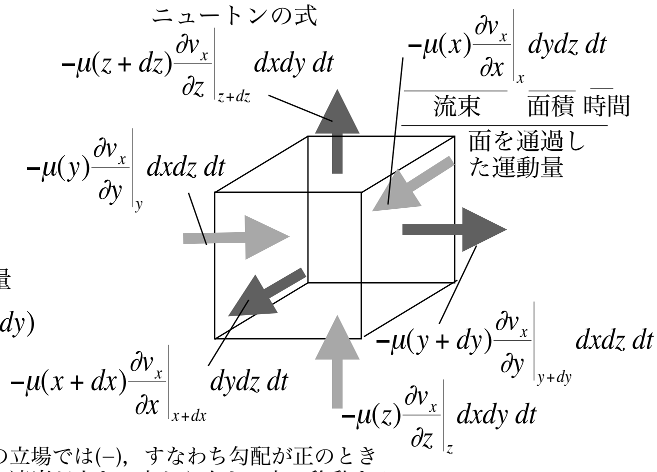
＜直角座標　 運動の式＞ 微小要素(Control Volume)にdt時間に出入りするx方向の運動量と力積を考える（運動量収支）

(運動量)=(質量)×(速度)：方向がある

$$\underbrace{\underbrace{\underbrace{\rho \quad v_i dt \quad dydz}_{\text{体積}}}_{\text{質量}} \quad v_j}_{\text{運動量}}$$

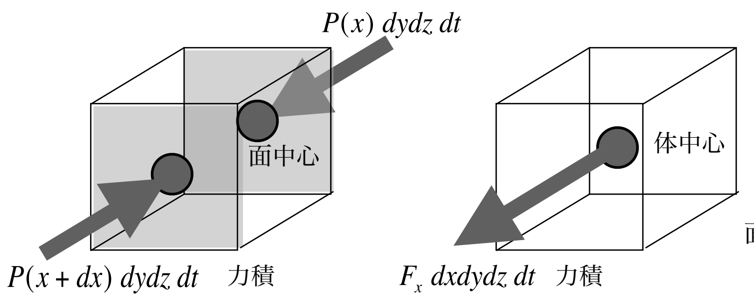


Control Volumeに出入りする運動量（力積）
ここでの→は運動量の移動を示している



移動速度論の立場では(−)，すなわち勾配が正のとき
負の値となり速度が大きい方から小さい方へ移動する。

面積力(面積当りの力)，圧力　　　体積力 (体積当りの力)，重力



x方向の運動量の収支をすべて積み上げる

	時間 t におけるCV内のx方向の運動量	$\rho(t)dxdydz\,v_x(t)$
慣性力	＋dt時間に対流によってCV内に入るx方向の運動量	
	− dt時間に対流によってCV内から出るx方向の運動量	
粘性力	＋dt時間に粘性によってCV内に入るx方向の運動量	
	− dt時間に粘性によってCV内から出るx方向の運動量	
面積力　体積力	＋dt時間にCVに作用するx方向のその他の力の力積	
	＝時間 t＋dt におけるCV内のx方向の運動量	$\rho(t+dt)dxdydz\,v_x(t+dt)$

連続の式を利用，μが一定

運動の式　x成分（直角座標）

$$\underbrace{\frac{\partial v_x}{\partial t}}_{\text{非定常項}} + \underbrace{v_x\frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}}_{\text{慣性項}} = \underbrace{\nu\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2}\right)}_{\text{粘性項}} - \underbrace{\frac{\partial P}{\rho\partial x}}_{\text{圧力項}} + \underbrace{\frac{F_x}{\rho}}_{\text{外力項}}$$

各項にわかりやすい名称を付けておく　　　　　　ここでは，もはやρ，μは一定とする

問題15 直角座標における熱移動の式を導出して下さい．　問題16 直角座標における物質移動の式を導出して下さい．

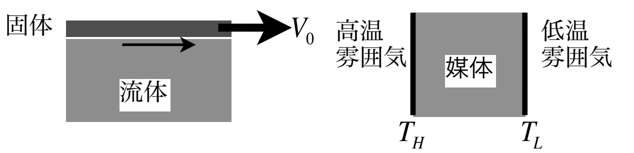
これらの微分方程式を解くことで，問題となっている領域内の速度分布，温度分布，濃度分布を求めることができる。

微分方程式を解くには，初期条件や境界条件が必要！　初期条件：時間＝０における値，境界条件：ある位置の値
境界条件は解くべき領域の両端で与えられることが多い

境界条件のいくつかの例（重要！）

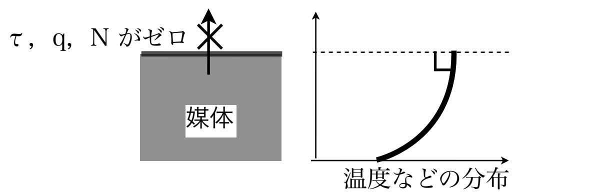
速度，温度，濃度が一定の値となる。特に固体の壁に接触している場合は粘着条件（固体壁に接触している流体は同じ速度）

$v = V_0$　　V_0：接触している固体壁の速度

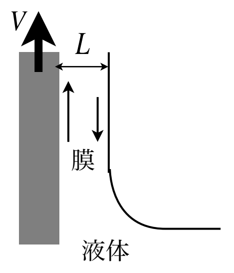


一定温度の外気に接触している表面は同じ温度

自由表面の条件：物質(媒体)の端（自由表面）では，そこを通過するフラックスがゼロとなる．



問題17 図に示すように，固体の板（無限平板）が粘度μ，密度ρの液体中から一定速度Vで引き上げられている．時間が十分に経過し，粘性によって板に引き上げられる液体と重力によって下降する液体の量が等しくなり板に付着する液膜の厚さが均一になっている．この時の（均一になるための）液膜の厚さを導出して下さい．



問題18 図に示すように，傾斜した板の上を粘度μ，密度ρの液体が流れていて，その厚さLは一定となっています．板に平行な方向と垂直な方向をそれぞれ，x, z として定常状態の場合の v_x の z 方向の分布を求め，その分布の概形を描いて下さい．