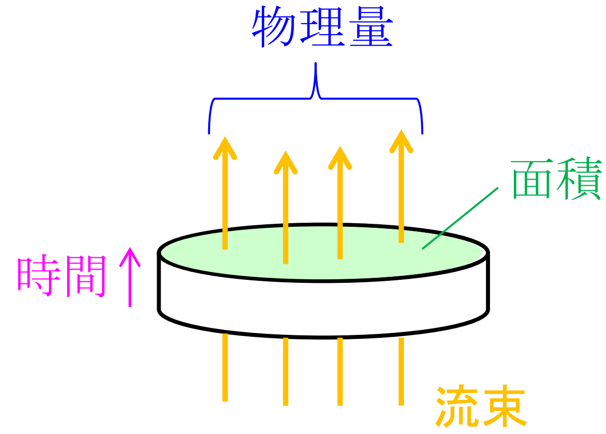
入金－出費－紛失＝貯金
入金－貯金－紛失＝出費

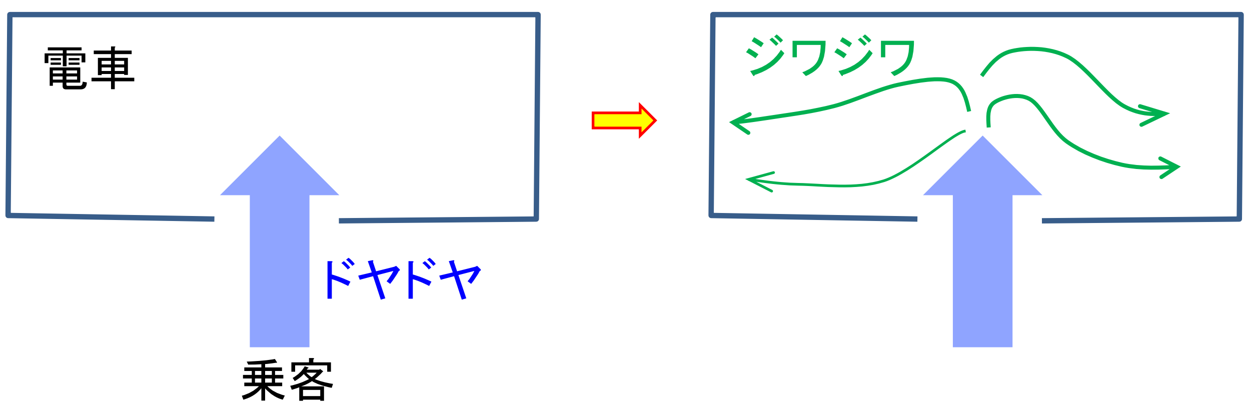
$$\text{流束} = \frac{(\text{移動する物理量})}{(\text{面積})(\text{時間})}$$



質量流束(mass flux)　$kg/(m^2 s)$
熱量流束（heat flux）　$J/(m^2 s)$
運動量流束（momentum flux）　$(kg \cdot m/s)/(m^2 s)$ ⇔ $(kg \cdot m/s^2)/m^2$

力

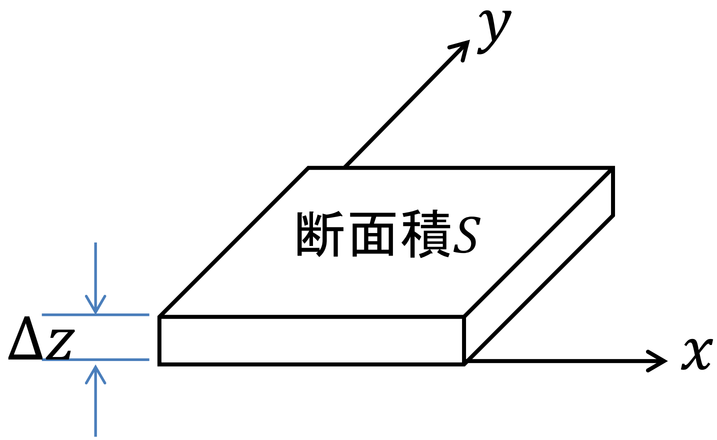
圧力



電車に乗り込む人数流束＝（ドヤドヤの流束）＋（ジワジワの流束）
total flux = convective flux + diffusive flux
対流流束　拡散流束

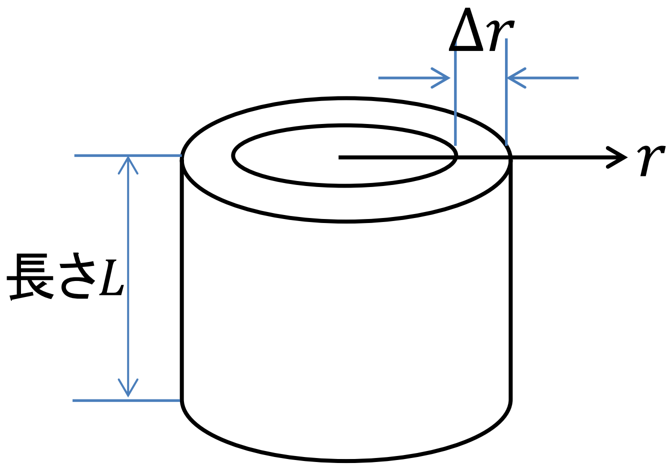
微小体積

直角座標



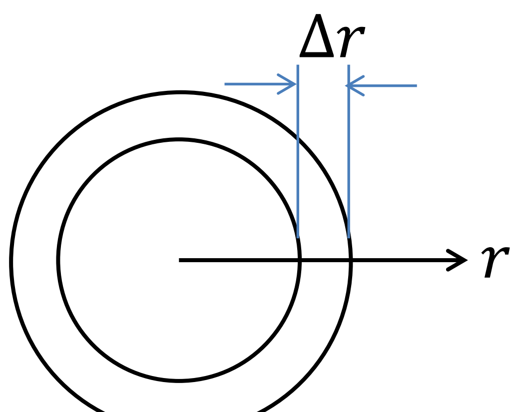
$S\Delta z$

円柱座標



$2\pi r\Delta rL$

球座標



$4\pi r^2\Delta r$

場

質量(mass)
熱量(heat)
運動量(momentum)

C: 濃度(concentration)
T: 温度(temperature)　スカラー量
v: 速度(velocity)　ベクトル量

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z) = \vec{i}v_x + \vec{j}v_y + \vec{k}v_z$$

↑
移動した結果、場に生じるもの

流束＝(ドヤドヤの流束)＋(ジワジワの流束)

濃度Cがz方向の流れ(v_z)に乗って輸送されることで生まれる
掛算

Cv_z　$[kg/m^3][m/s] = [kg/m^2s]$　←質量流速の単位と同じ

Tv_z　$[°C][m/s]$を$[J/m^2s]$とするためには、比熱$C_p[J/kg°C]$をかけて
Tv_zC_p　$[(Jm)/(kgs)]$、さらに密度$\rho[kg/m^3]$をかけて
$Tv_zC_p\rho$　$[J/m^2s]$　←熱流速の単位と同じ
$(\rho C_pT)v_z$　←ρC_pTが流れv_zに乗って輸送される

v_xv_z　$[m/s][m/s] = [m^2/s^2]$に密度$\rho[kg/m^3]$をかけて
$v_xv_z\rho$　$[(kgm/s)/m^2s]$　←運動量流速の単位と同じ
$(\rho v_x)v_z$　←ρv_xが流れv_zに乗って輸送される

質量流速　Cv_z
熱流速　$(\rho C_p T)v_z$
運動量流速$(\rho v_x)v_z$

$$C\vec{v} = (Cv_x, Cv_y, Cv_z)$$
$$(\rho C_p T)\vec{v} = (\rho C_p T v_x, \rho C_p T v_y, \rho C_p T v_z)$$
$$(\rho v_x)\vec{v} = (\rho v_x v_x, \rho v_x v_y, \rho v_x v_z)$$
$$(\rho v_y)\vec{v} = (\rho v_y v_x, \rho v_y v_y, \rho v_y v_z)$$
$$(\rho v_z)\vec{v} = (\rho v_z v_x, \rho v_z v_y, \rho v_z v_z)$$

ベクトル表示

流束＝(ドヤドヤの流束)＋(ジワジワの流束)

$$\vec{N} = C\vec{v} + \vec{J}$$
$$\vec{H} = \rho C_p T\vec{v} + \vec{q}$$
$$\overrightarrow{M_x} = \rho v_x \vec{v} + \overrightarrow{\tau_x}$$
$$\overrightarrow{M_y} = \rho v_y \vec{v} + \overrightarrow{\tau_y}$$
$$\overrightarrow{M_z} = \rho v_z \vec{v} + \overrightarrow{\tau_z}$$

$$濃度勾配 = \frac{濃度差}{フィルムの厚さ} = \frac{\Delta C}{\Delta x}, \frac{\Delta C}{\Delta y}, \frac{\Delta C}{\Delta z} = \frac{\partial C}{\partial x}, \frac{\partial C}{\partial y}, \frac{\partial C}{\partial z}$$

$$温度勾配 = \frac{温度差}{フィルムの厚さ} = \frac{\Delta T}{\Delta x}, \frac{\Delta T}{\Delta y}, \frac{\Delta T}{\Delta z} = \frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}$$

高い→低い

$$J_x = -D\frac{\partial C}{\partial x} \qquad J_y = -D\frac{\partial C}{\partial y} \qquad J_z = -D\frac{\partial C}{\partial z}$$
$$q_x = -k\frac{\partial T}{\partial x} \qquad q_y = -k\frac{\partial T}{\partial y} \qquad q_z = -k\frac{\partial T}{\partial z}$$
$$\tau_{xx} = -\mu\frac{\partial v_x}{\partial x} \qquad \tau_{xy} = -\mu\frac{\partial v_x}{\partial y} \qquad \tau_{xz} = -\mu\frac{\partial v_x}{\partial z}$$

勾配

$$\text{ジワジワの流束} = [\text{物理定数}]\boxed{\frac{[\text{物理量}]}{[\text{距離}]}}$$

$$\nabla\text{（ナブラ）} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) = grad$$

$$\vec{J} = \left(-D\frac{\partial C}{\partial x} - D\frac{\partial C}{\partial y} - D\frac{\partial C}{\partial z}\right) = -D\nabla C = -D\,gradC$$

$$\vec{q} = \left(-k\frac{\partial T}{\partial x} - k\frac{\partial T}{\partial y} - k\frac{\partial T}{\partial z}\right) = -k\nabla T = -k\,gradT$$

$$\overrightarrow{\tau_x} = \left(-\mu\frac{\partial v_x}{\partial x} - \mu\frac{\partial v_x}{\partial y} - \mu\frac{\partial v_x}{\partial z}\right) = -\mu\nabla v_x = -\mu\,gradv_x$$

$$\overrightarrow{\tau_y} = \left(-\mu\frac{\partial v_y}{\partial x} - \mu\frac{\partial v_y}{\partial y} - \mu\frac{\partial v_y}{\partial z}\right) = -\mu\nabla v_y = -\mu\,gradv_y$$

$$\overrightarrow{\tau_z} = \left(-\mu\frac{\partial v_z}{\partial x} - \mu\frac{\partial v_z}{\partial y} - \mu\frac{\partial v_z}{\partial z}\right) = -\mu\nabla v_z = -\mu\,gradv_z$$

拡散係数D: $\dfrac{\left[\frac{kg}{m^2s}\right][m]}{\left[\frac{kg}{m^3}\right]} = \left[\dfrac{m^2}{s}\right]$

熱伝導度k: $\dfrac{\left[\frac{J}{m^2s}\right][m]}{[°C]} = \left[\dfrac{J}{ms°C}\right]$

粘度μ : $\dfrac{\left[kg\frac{m}{s}\right][m]}{\left[\frac{m}{s}\right]} = \left[\dfrac{kg}{ms}\right]$

$$\overrightarrow{\tau_x} = (\tau_{x1}, \tau_{x2}, \tau_{x3})$$
$$\overrightarrow{\tau_y} = (\tau_{y1}, \tau_{y2}, \tau_{y3})$$
$$\overrightarrow{\tau_z} = (\tau_{z1}, \tau_{z1}, \tau_{z3})$$

スカラー: 添字0
ベクトル: 添字1
テンソル: 添字2

$$\tau = \begin{pmatrix} \tau_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \tau_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \tau_{zz} \end{pmatrix}$$

テンソル