移動物体CFDの手法

Esim
Environment Simulation Inc.

・Euler法（Super Cartesian法）

固定座標系で格子を定義し、定式化もEulerのみ。
セル毎に流体・非流体・界面の判定を行う。

・ALE（Arbitrary　Lagrangean　Eulerian）法

固定座標系と移動物体に同伴する座標系を適宜切り替えて解く。 定式化はEulerとLagrange両者を使う。

・マルチグリッド（Multi　Grid）法

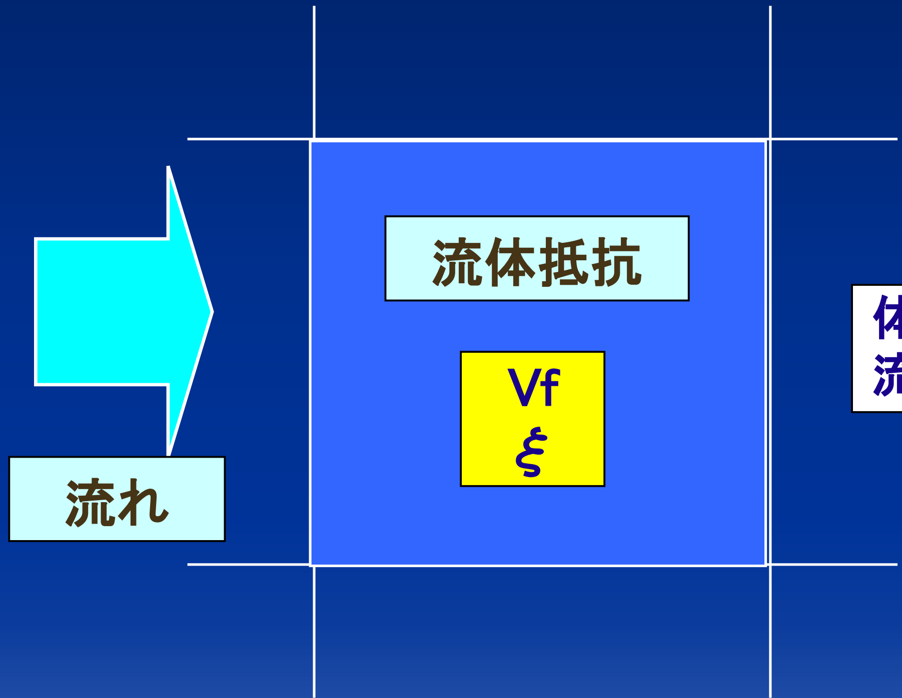
移動可能な複数の座標系を用い、それぞれの座標系で定義した物体間で流体相互作用を考慮。

移動物体解析手法の得失

	長　所	短所
◆Euler法 （Super Cartesian法）	・定式化が簡単 ・Cartesianでの技法を総て使える ・計算容量が小さい	・形状への追随性に難だがSuperCartesian法で対応 ・一般にプリ処理ソフトが無いがe−flowで提供
◆ALE法	・非構造格子も適用可能 ・形状への追随性が良い	・定式化が困難 ・物理量の再分散計算に難 ・ポスト処理が難しい
◆マルチグリッド法	・定式化が簡単 ・Cartesianでの技法を総て使える	・多数の移動物体を別々に動かすのは困難 ・計算容量が大きい ・グリッド間の補間計算が複雑

一般のポロシティ法の格子定義

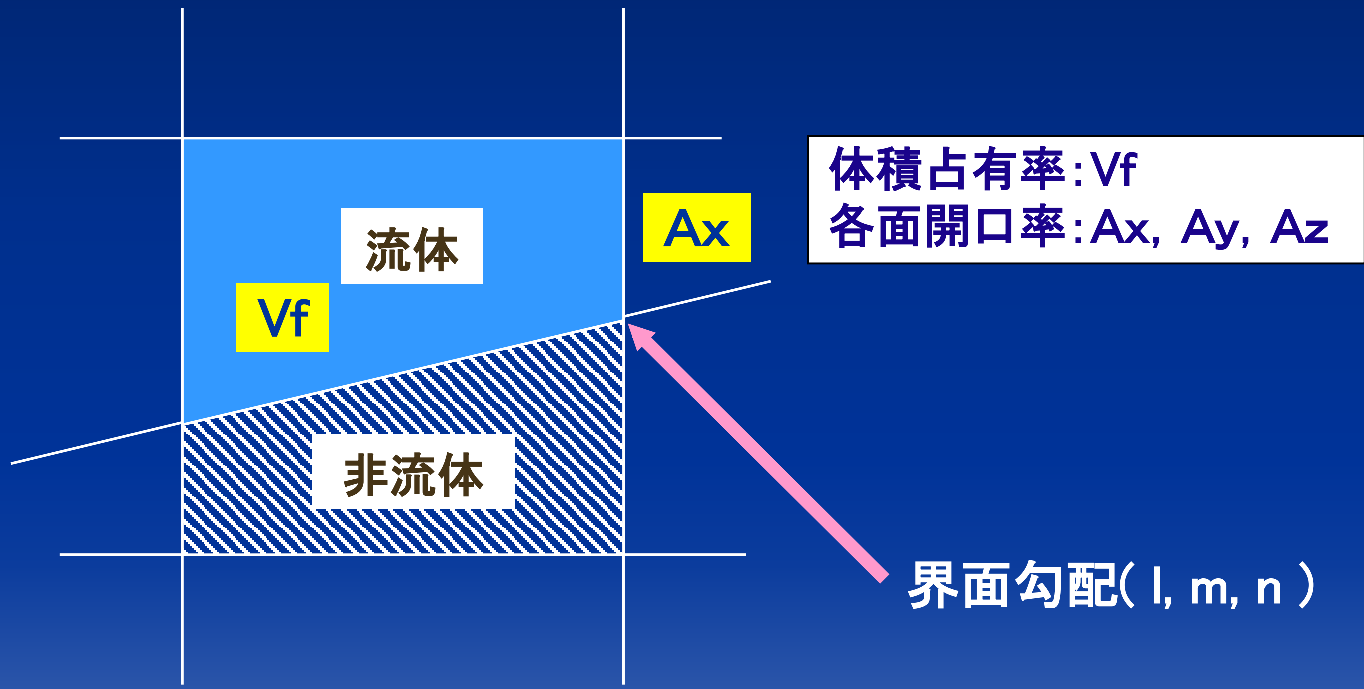
セル内では多孔質物体による流動抵抗を表現
スポンジのようなものを仮定



体積占有率:Vf
流動抵抗係数:ξ

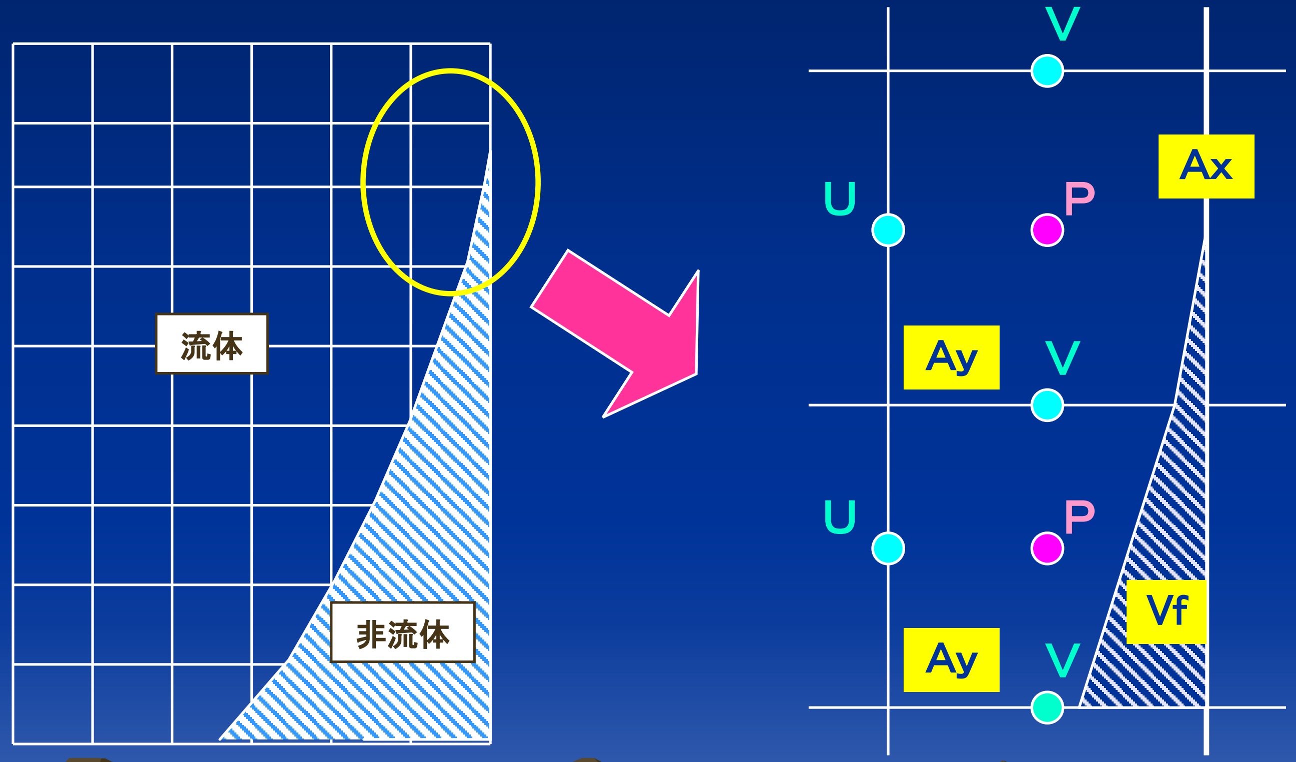
SuperCartesian法の格子定義

- Euler格子の中でセル毎の体積占有率と各面開口率を用いて一般的な斜め境界を表現。 更に界面勾配を考慮する事で、正確な境界条件の扱いが可能。
- 移動物体を解く場合は、Vf, Ax, Ay, Azを刻々変化させる。」



Super Cartesian法の形状表現

・速度成分 U,Vと圧力 P を体積占有率と各面開口率から計算斜め境界の勾配情報を形状データから生成して保持（FAVOR法は圧力 P のみの補正しか行わない。）



Super Cartesian法の定式化ー1

<u>基礎方程式1</u>　Vf, Ax, Ay, Az を導入　変化させる

◆運動方程式（Navier-Stokes方程式）:

$$\partial (uVf)/\partial t + uAx(\partial u/\partial x) + vAy(\partial u/\partial y) + wAz(\partial u/\partial z)$$

$$= Vf\cdot(-\partial P/\partial x + (\mu/\rho)\nabla^2 U|_x + Fx)$$

$$\partial (vVf)/\partial t + uAx(\partial v/\partial x) + vAy(\partial v/\partial y) + wAz(\partial v/\partial z)$$

$$= Vf\cdot(-\partial P/\partial y + (\mu/\rho)\nabla^2 U|_y + Fy)$$

$$\partial (wVf)/\partial t + uAx(\partial w/\partial x) + vAy(\partial w/\partial y) + wAz(\partial w/\partial z)$$

$$= Vf\cdot(-\partial P/\partial z + (\mu/\rho)\nabla^2 U|_z + Fz)$$

Super Cartesian法の定式化ー2

基礎方程式2　Vf, Ax, Ay, Az を導入　変化させる

◆連続の式:

$$\partial (Vf)/\partial t + Ax(\partial u/\partial x) + Ay(\partial u/\partial y) + Az(\partial u/\partial z) = 0$$

ここで、

U:速度ベクトル, u, v, w :速度各成分, P:圧力,

ρ :流体の密度, μ :粘性係数,

Fx, Fy, Fz:体積力各成分, $\partial / \partial t$:時間に対する偏微分

∇ :nabra$(= \partial / \partial x + \partial / \partial Y + \partial / \partial z)$

U = (u, v, w), P = (Px, Py, Pz)

薄物構造物への拡張

ソリッド構造物への適用　→　薄物構造物への適用

- Euler格子の中でセル毎に定義している体積占有率と各面開口率を2重あるいは3重に持たせれば、薄物の表裏毎に、接線方向及び法線方向境界条件を表現する事が可能
- ソリッド構造での表現は不要　→　適用範囲の大幅な拡大

ソリッド構造向け Super Cartesian　　　　薄物構造向け Super Cartesian