

3. 角パイプエルボの通過確率

- 目的

3次元問題において自由分子流が正しくシミュレーションされることを確認する。

- 計算内容

図 3.1 に示す角パイプ断面寸法 $0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$ 、入口部長さ 0.4m 、出口部長さ 0.4m の角パイプエルボの通過確率を求める。

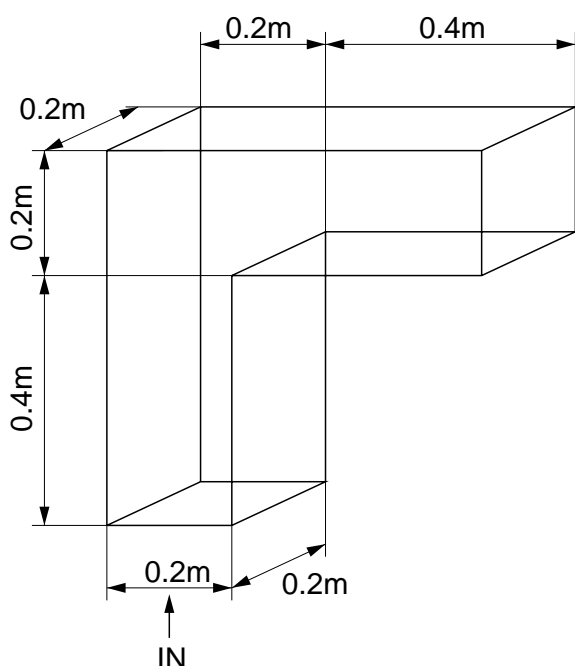


図 3.1 角パイプエルボの通過確率

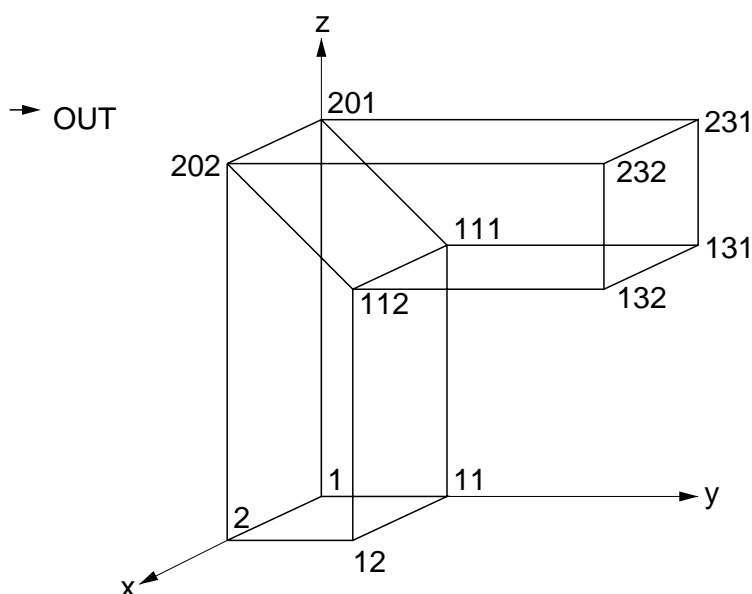


図 3.2 セル分割図

入口面 (図 3.1 における角パイプエルボの下端面) を圧力 $p = 0.001\text{Pa}$ 、温度 $T = 300\text{K}$ 、マクロ流入速度ゼロのアルゴンガス流入境界、出口面 (図 3.1 における角パイプエルボの右端面) を流出境界として、入口面から入射した分子のうち出口面に到達したものの割合 (通過確率) を求める。このとき、角パイプエルボ内壁面は壁面温度 $T_w = 300\text{K}$ の拡散反射固体壁境界とする。

解析領域のセル分割図を図 3.2 に示す。通過確率を求める問題であるため解析領域を 2 個のセルで表現する。角パイプエルボ内部の圧力分布を求める問題などの場合には、解析領域を多数のセルに分割する必要がある。

時間ステップ幅 Δt は温度 300K におけるアルゴン分子の平均速度 $\bar{c} = 398.8\text{m/s}$ で分子が角パイプの 1 辺の距離 0.2m を過ぎる時間の約 $1/2$ の時間 0.00025s とする。

- 結果

以上の設定で 450 ステップシミュレーションしたところ、約 150 ステップで定常状態が

達成された (図 3.5 参照)。

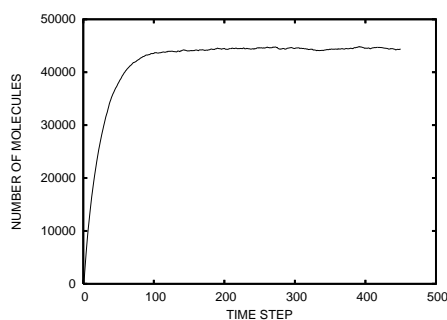


図 3.5 解析領域内のシミュレーション用分子数と時間ステップ数の関係

以後 150 ステップから 450 ステップまでの間に流入境界から流入した分子数 (N_{in}) と、流出境界から流出した分子数 (N_{out}) とから通過確率 P を算出する。

$$P = \frac{N_{out}}{N_{in}} = \frac{130434}{666439} = 0.19572$$

この P は、通過確率解析プログラム TRAP(弊社製の別プログラム) による結果 0.19676 とほぼ一致している。