

8.4 クエット流

間隔 $H = 50\text{nm}$ で平行に配置された無限二平板が、互いに逆方向に速度 $U = 0.1\text{m/s}$ で移動するクエット流を解析し、文献 [1] の結果と比較する。

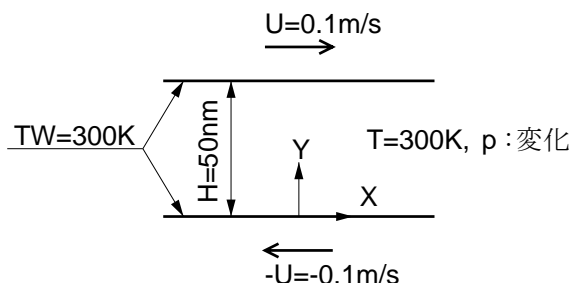


図 8.4.1 クエット流

平板条件

表面温度 $T_W = 300\text{K}$, 面内移動速度 $U = 0.1\text{m/s}$, 表面条件 : 拡散反射境界

二平板間の気体条件

気体種 = アルゴン (単位質量当たり気体定数 $R = 208.1333\text{J}/(\text{kgK})$ 、分子を剛体球とみなしたときの全衝突断面積 $\sigma_T = 4.1455 \times 10^{-19}\text{m}^2$), 温度 $T = 300\text{K}$

圧力 p は、平均自由行程 $\lambda = kT/(\sqrt{2}\sigma_T p)$ (k はボルツマン定数) と平板間隔 H で定義されるクヌーセン数 $K_n = \lambda/H$ が文献 [1] の計算例の K_n と一致するように変化させる。

結果

x 方向速度 V_x の分布を文献 [1] と比較した結果を図 8.4.2 に、平板に作用するせん断応力とクヌーセン数 K_n の関係を図 8.4.3 に示す。

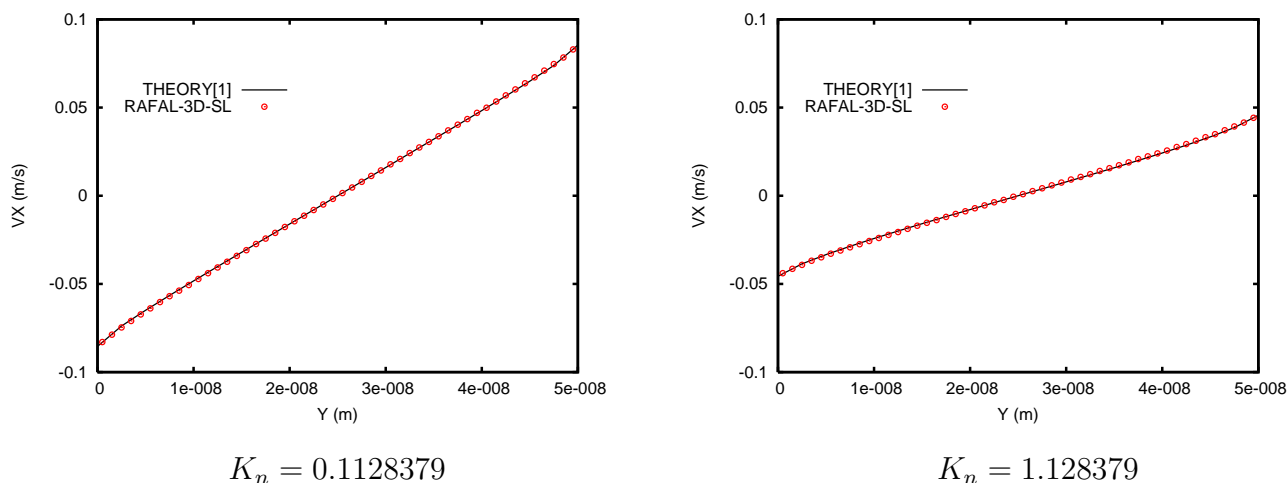
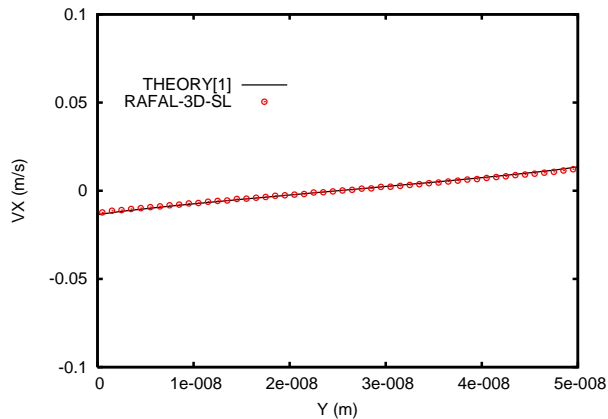


図 8.4.2 x 方向速度 V_x の y 方向分布



$$K_n = 11.28379$$

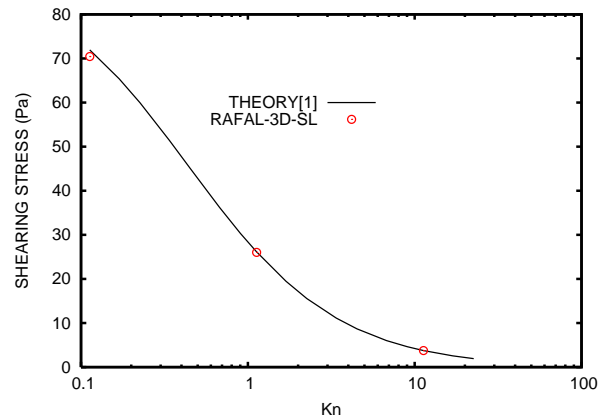
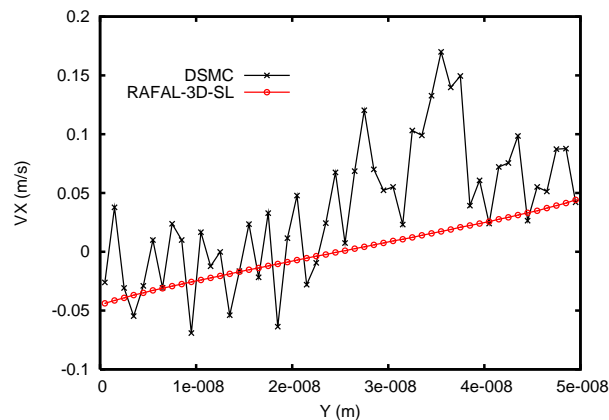
図 8.4.2(続き) x 方向速度 V_x の y 方向分布

図 8.4.3 平板に作用するせん断応力 (絶対値) とクヌーセン数の関係

文献 [1] と RAFAL-3D-SL のボルツマン方程式衝突項のモデル化の相違 (剛体球分子の線形化モデルと BGK モデルの相違) にもかかわらず結果はよく一致している。

DSMC 法との比較

図 8.4.4 にクヌーセン数 $K_n = 1.128379$ の速度分布を DSMC 法で解析した結果との比較を示す。DSMC 法の 1 セル当たりサンプル分子数は約 4500 万個である。

図 8.4.4 x 方向速度 V_x の y 方向分布 (DSMC 法との比較)

計算時間

1 ケース当たり、Core i7 2.67Ghz 搭載パソコンで 42 分程度。

図 8.4.4 の DSMC 法計算は、Core i7 2.67Ghz 搭載パソコンで 96 分。

参考文献

[1]Sone,Y., Takata,S. and Ohwada T. : Numerical analysis of the plane Couette flow of a rarefied gas on the basis of the linearized Boltzmann equation for hard-sphere molecules : European Journal of Mechanics B.Fluids Vol.9,No.3(1990),pp.273-288.