

8.3 一様流中に置かれた球に作用する抗力 (中間流)

一様流中に置かれた球周りの希薄気体流を解析し、球に作用する抗力 F_D と一様流圧力の関係を実験式 [1] と比較する。

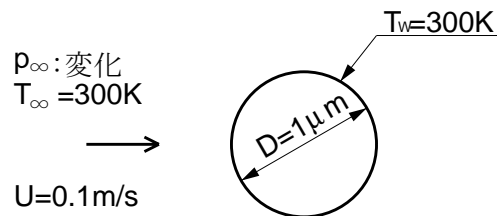


図 8.3.1 一様流中に置かれた球に作用する抗力 (中間流)

球条件

直径 $D = 1\mu\text{m}$, 表面温度 $T_w = 300\text{K}$, 表面条件 : 拡散反射境界

一様流条件

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 $T_\infty=300\text{K}$

圧力 p_∞ は、平均自由行程 $\lambda = kT_\infty/(\sqrt{2}\sigma_T p_\infty)$ (k はボルツマン定数) と球半径 $D/2$ で定義されるクヌーセン数 $K_n = \lambda/(D/2)$ が $K_n = 0.316 \sim 100$ となるように変化させる。

解析領域

球中心から一様流方向に $\pm 4\mu\text{m}$ 、一様流と垂直方向に $4\mu\text{m}$ の円筒領域を解析領域とする。軸対称問題として解析し、対称軸を含む面内のセル分割図を図 8.3.2 に示す (6240 セル)。

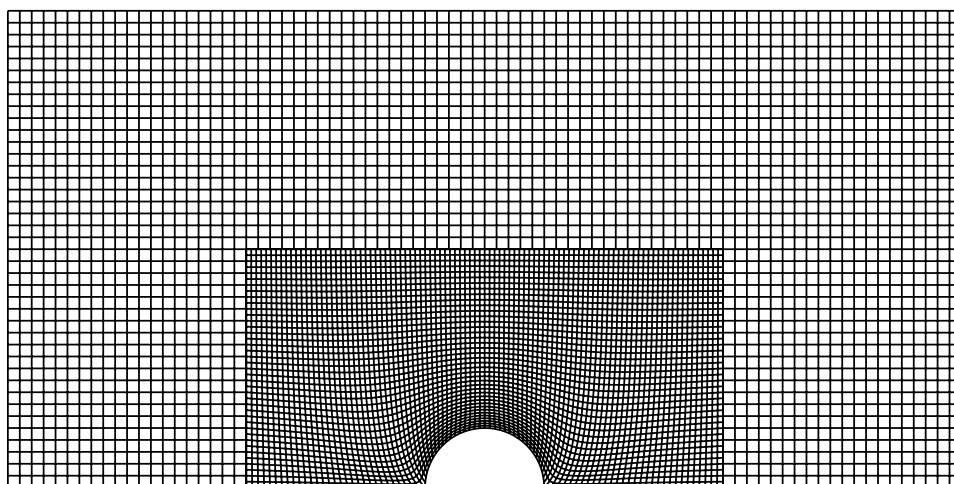


図 8.3.2 解析領域のセル分割図 (軸対称解析)

結果

一様流圧力 p_∞ を、クヌーセン数 $K_n = \lambda/(D/2)$ が $K_n = 0.316 \sim 100$ となるように変化させた場合の球に作用する抗力 $F_D(N)$ とクヌーセン数 K_n の関係を図 8.3.3 に示す。図中実線は文献 [1] の実験式による抗力である。

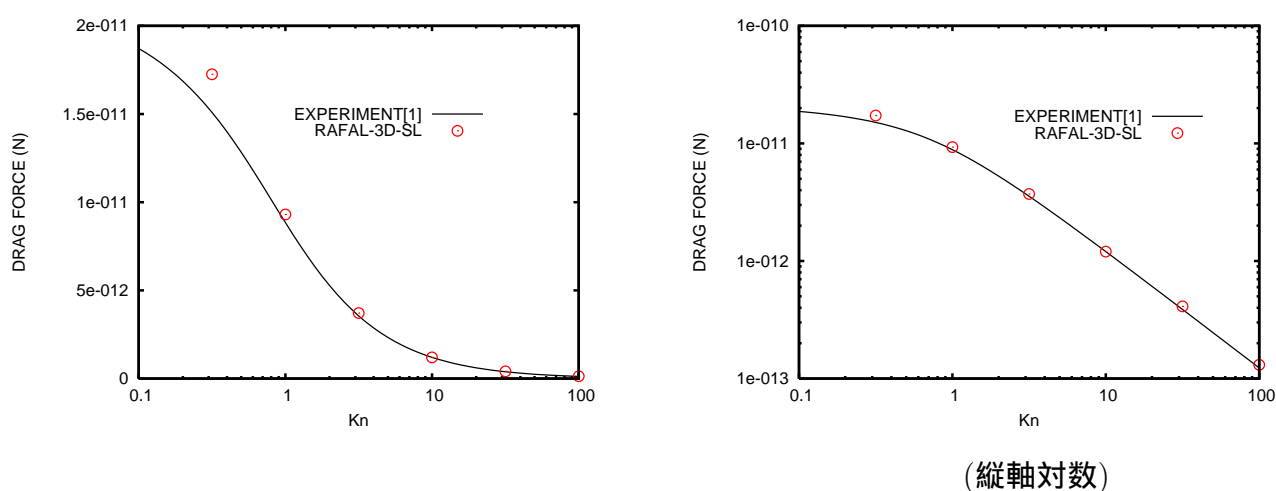


図 8.3.3 球に作用する抗力とクヌーセン数の関係 (実験との比較)

計算時間

Core i7 2.67Ghz 搭載パソコンで9時間10分程度。

参考文献

[1] Hutchins, D.K., Harper, M.H. and Felder, R.L. : Slip Correction Measurements for Solid Spherical Particles by Modulated Dynamic Light Scattering : Aerosol Science and Technology Vol.22(1995), pp.202-218.