

8.7 加熱二平板間に作用する力

幅 $W = 300\text{nm}$ の (紙面に垂直方向) 無限長二平板が間隔 $D = 100\text{nm}$ で気体中に平行に配置されている。平板温度 T_W が気体温度 T より高く、気体圧力 p が低い場合、二平板にはそれぞれ間隔 D を広げる向きの力が作用する。この二平板間に作用する力を解析し理論解 [1] と比較する。

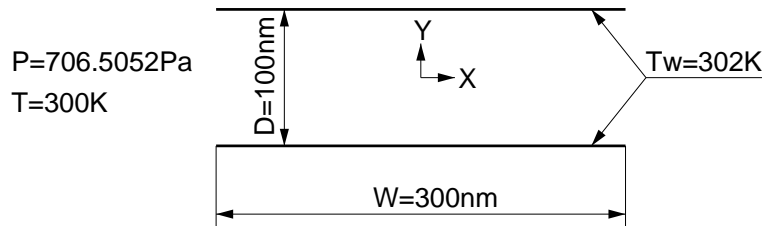


図 8.7.1 加熱二平板間に作用する力

平板条件

壁面温度 $T_W = 302\text{K}$, 表面条件 : 適応係数 α_P を $\alpha_P = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1$ と変化

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 $\sigma_T = 4.1455 \times 10^{-19}\text{m}^2$)、圧力 $p = 706.5052\text{Pa}$, 温度 $T = 300\text{K}$

この設定は、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 D で定義されるクヌーセン数 $K_n = \lambda/D$ が $K_n = 100$ となる設定になっている。

セル分割

対称性を考慮して解析領域を $y \geq 0$ の上半平面とし、 x 方向 18 分割、 y 方向 6 分割とする ($50\text{nm} \times 50\text{nm}$ の正方形セル 108 個)。

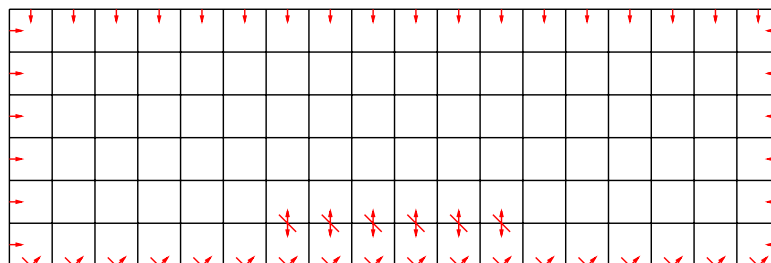


図 8.7.2 解析領域のセル分割図 (2次元解析)

結果

上側平板単位長さ (図 8.7.1 の紙面に垂直方向単位長さ) に作用する y 方向力と平板適応係数の関係を図 8.7.3 に示す。図中実線は理論解 [1] である。

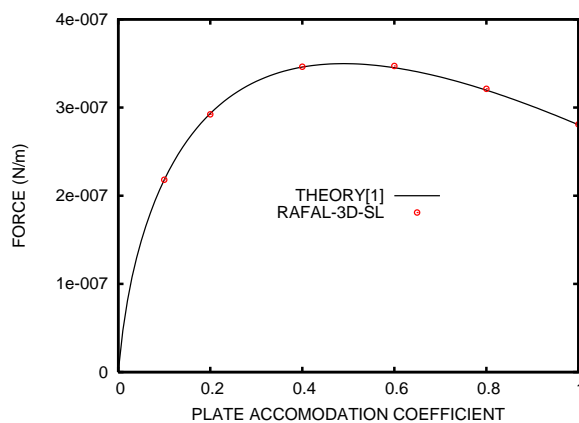


図 8.7.3 加熱平板に作用する力と平板表面適応係数との関係

計算時間

Core i7 2.67Ghz 搭載パソコンで 3 分程度。

参考文献

[1] 曾根良夫, 青木一生, 大和田拓 : 高度に希薄な気体中の加熱物体に働く力, 日本航空宇宙学会誌 Vol.34, No.390(1986), pp.386-395.