

卒業研究概要

提出年月日 2025年 1月 31日

卒業研究課題 Navier-Stokes 方程式の流体シミュレーション：車体を受ける空気抵抗の比較

学生番号 J21-063

氏名 山田 暉士

概要 (1000字程度)

指導教員 真貝 寿明

印

本研究では、車体に生じる抵抗力が車体の形状によってどう変化するかをシミュレーションした。Navier-Stokes(NS) 方程式とよばれる流体の運動を記述する基本的な偏微分方程式を差分法で解いた。NS 方程式は、質量保存則、運動量保存則、エネルギー保存則の3つの要素から構成されている。

空間差分は二次精度の中心差分を用い、物体との境界や計算領域の境界では、二次精度の前進差分、後進差分を用いた。時間積分には Clank-Nicholson 法を用いた。計算は 100^3 の格子点で行い、クーラン数 0.001 でシミュレーションを行った。

本シミュレーションでは、車の形状を数種類設定し、フロント前面形状を変えながら、空気に見立てた波を衝突させた。そして、各形状のフロントガラス部分にかかる圧力から抵抗の大きさを後ろ向き (F_x) と下向き (F_z) の双方で計算し、しばらく時間発展させて安定した値を使って比較した。

(A) 車の前面を斜面形状 (角度 30° 、 45° 、 55° 、 60°) にしたときの比較

図1は、車の奥行の長さを揃え、フロント斜面の角度 θ を変えたときの F_x と F_z を対数スケールで示したものである。角度 θ を小さくしたときの方が F_x 、 F_z とともに抵抗が小さいことがわかった。また、速度を倍にしても抵抗値はほぼ変わらなかった。

(B) 車の前面を楕円体形状にしたときの比較

図2は、車の奥行の長さを揃え、楕円体形状にしたときのものである。 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ の形状で $a = b = (\text{一定})$ として、 $\frac{c}{a} = \tan \theta$ としたときの角度 θ を横軸にして F_x 、 F_z をプロットした。楕円体の高さを小さくしていくと、 F_x, F_z とともに抵抗が小さいことがわかった。

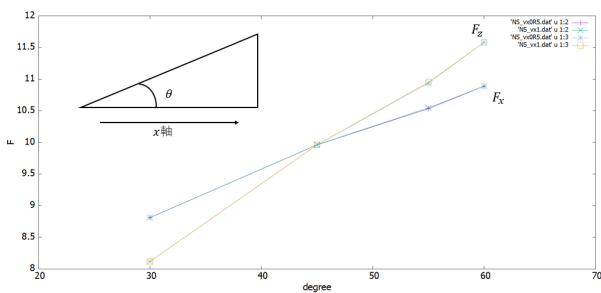


図1: 斜面形状による比較

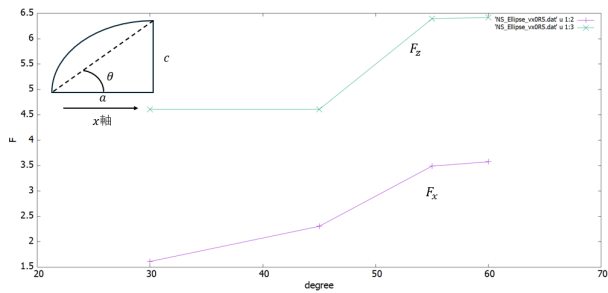


図2: 楕円体形状による比較

図1と図2のそれぞれを比較すると、斜面形状より楕円体形状の方が抵抗が小さいことがわかった。斜面しかない物体よりも、丸みを帯びている物体の方が抵抗が小さいと言える結果となった。今回は、単純な物体のみに波を当ててシミュレーションを行ったが、現実ではもっと複雑な物体をしている。しかし、物体の形状、角度の違いが抵抗の大きさに及ぼす傾向は正しいと考えられる。