

物体の形状変化と抗力の相関性

河井 健吾 佐野 愛華 島 耕平 鳥井 優一 深田 明希
兵庫県立神戸高等学校 総合理学科 2年

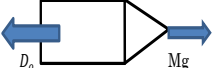
新幹線やロケットなどをはじめとした動体は、動いている際にその向きに逆らう方向に抗力がかかり運動が阻害されている。その力を抑えることは、機体への負担削減や速度の追求につながる重要な課題である。今回の研究では、物体の先端部を変化させ、それぞれの抗力を実験値から算出し、形状変化による抗力の変化をグラフ化し、その値がより小さくなる形状についての考察を行った。

方法

円柱と円錐を組み合わせた5種類の異なる形状の物体を一定質量で製作し、図1のような装置で水平方向に直線運動させ、その運動の様子を高速カメラで撮影する。

画像解析を行い、得られたデータから形状ごとの抗力の値を求める。

計算にあたって以下の通り運動方程式を立てた。



$$(M+m)a = Mg - D_0 \dots ①$$

抗力の公式は以下の通りである

$$D_0 = \frac{\rho v^2 A C_D}{2} \dots ② \quad \Leftrightarrow \quad C_D = \frac{2D_0}{\rho v^2 A} \dots ③$$

m: 物体の質量 M: おもりの質量 a: 加速度 g: 重力加速度

D_0 : 抗力 ρ : 流体の密度 v : 物体と流体の相対速度

A: 前面投影面積 C_D : 抗力係数

①③式で抗力係数を求め、②式で抗力を求めた。

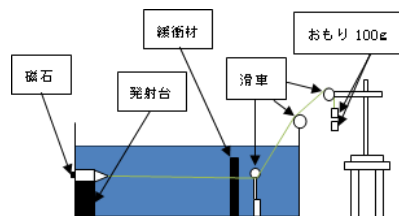


図1. 実験装置

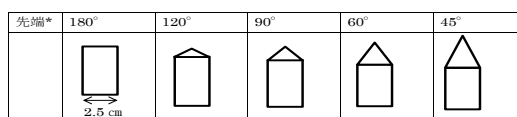
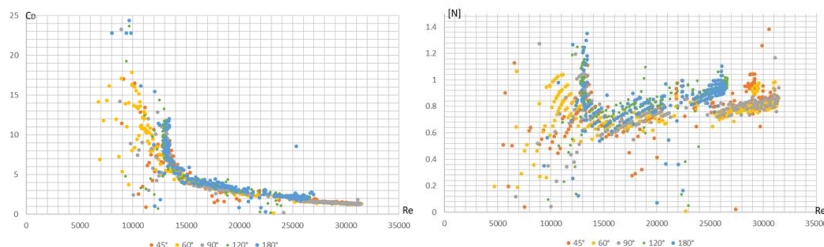


図2. 物体の断面図

結果



グラフ1 抗力係数とレイノルズ数の相関性

グラフ2 抗力とレイノルズ数の相関性

縦軸: 抗力係数 横軸: レイノルズ数

縦軸: 抗力 横軸: レイノルズ数

それぞれの形状において実験から時間による速度のデータを取り、その3回分のデータの平均値から左のグラフを得た。

なおレイノルズ数は流体を特徴づける無次元量であり、速度に比例する関数である。

また相関から著しく離れた値は解析の際に生じたノイズと考えられるので考慮しない。

考察・展望

- ・グラフ1より抗力係数はレイノルズ数に対して反比例的に変化している。
- ・グラフ1, 2よりすべての形状で抗力係数、抗力の両方においてそれぞれの値の間に大きな差がなく、ほとんど一致していることがわかる。
- 以上から、円錐の直線運動において**先端の角度は抗力に大きな影響を与えず、抗力係数は速度の増加に伴って小さくなっていく**と考えられる。
- ・今回は物体の先端角度の変化が抗力にあまり影響を与えないとわかったが、側面や後端が影響する可能性も考えられるので、その条件を変えることで変化がみられるかもしれない。
- ・先行研究より、円柱における抗力係数の増減はレイノルズ数によって大きく異なっていたので、今回の実験でも、物体の運動速度を大きく変えればレイノルズ数と抗力係数の相関性は変わり、結果も変わると思われる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、施設の提供、専門的なアドバイス等、終始丁寧にご指導いただいた神戸大学海事科学研究科の宗 明良 教授、多くのアドバイスをくださった理化学研究所の前島 康光 様、本校サイエンスアドバイザーの小林 秀和 様、本校教諭 前島 歩 先生、そして研究に協力いただいたすべての方々へ厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. 粘性流体力学
<http://fluid.nuae.nagoya-u.ac.jp>
2. 円柱とその他の形状
<http://skomo.o.o7.jp>