

水面での抵抗に比例関係は存在するのか

物理班：森俊介

1. はじめに

地上での主要な抵抗である摩擦抵抗の大きさは垂直抗力の大きさに比例することが明らかになっており、その比例定数も明らかになっている。しかし、水面での抵抗においては比例の関係が明らかになっていないことを知り、それを解明できれば船舶の建造に役立つのではないかと考え、研究に取り組んだ。

2. 目的

水面での抵抗に比例の関係が存在するのかを調べる。存在するならば、その比例定数を算出する。

3. 実験方法

キャップの先端に軽い糸を取り付けたペットボトルを、水を入れたビニールプール上に浮かべる。糸の他端に重り（20 g）を取り付けた後、力学スタンドに固定した滑車に糸をかけ、重りからゆっくりと手を放す。

このとき、ペットボトルが、プールの他端（距離は 166cm）に到達するまでの時間を計測する（図 1）。



図 1 : 実験の様子→

これを先端の角度の異なるペットボトルAとペットボトルB（以降A、Bとする）で、それぞれで 5 度行う。運動方程式：（質量）×（加速度）＝（合力）を用いて、重り、ペットボトルそれぞれについて式を立て、図 1 の測定から求めた加速度の大きさ、質量を代入し糸の張力の値を消去すると、水の抵抗力の大きさを求めることができる。その値を、後述の「4. 仮説」で挙げる式に代入し、比例関係があるかを確認し、比例定数を求める。



図 2 A : 33.4 g



図 3 B : 30.0 g

4. 仮説

地上における摩擦抵抗と似たふるまいをするのではないかと考えたため、（抵抗力）＝ $X \times ?$ （?はペットボトルの質量や浮力などの変数）という式を立て、この式のXにあたる部分が、比例定数となると考えた。

5. 結果

回 秒	1	2	3	4	5	平均
A	1.02	0.97	1.08	0.98	0.98	1.01
B	1.09	1.04	1.04	1.07	1.04	1.06

実験の結果は上の表のようになった。

得られた値から、Aの加速度の大きさは 1.43m/s^2 、Bは 1.30m/s^2 、Aにはたらく抵抗力の大きさは 0.120N 、Bは 0.127N であると分かった。また、Aの浮力の大きさは $6.37 \times 10^{-4}\text{N}$ 、Bは $1.03 \times 10^{-3}\text{N}$ であった。

「仮説」の式に、抵抗力、ペットボトルの質量を代入すると

$$A : 1.20 \times 10^{-1} = X \times 33.4 \times 10^{-3} \quad X = 3.59$$

$$B : 1.27 \times 10^{-1} = X \times 30.0 \times 10^{-3} \quad X = 4.23$$

抵抗力、ペットボトルの浮力を代入すると

$$A : 1.20 \times 10^{-1} = X \times 6.37 \times 10^{-4} \quad X = 1.88 \times 10^2$$

$$B : 1.27 \times 10^{-1} = X \times 1.03 \times 10^{-3} \quad X = 1.23 \times 10^2$$

となった。

6. 考察

結果より、A、BでのXの値は、ペットボトルの質量、浮力のどちらを代入した場合においても異なっており、抵抗係数が存在するならば一定であるはずなので、今回仮定した式では、抵抗係数が求められないことが分かった。

これは、水面における抵抗のふるまいが、地上における摩擦抵抗のふるまいとは全く異なることを示している。

また、水面における抵抗力は、さまざまな種類の抵抗力が合わさったものであるため、抵抗係数は存在しない可能性がある。

このことから、水面での抵抗について詳しく分析するためには、合わさっている抵抗を種類ごとに分けて考える必要があると考えられる。

7. 反省点

- ・計測した値の数が少なく、実験結果の正確性に疑問があること。
- ・水面における抵抗を1種類のものとして扱い、それぞれの抵抗の性質を考慮しなかったこと。

8. 参考文献ならびに参考Webページ

造波抵抗-Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%80%A0%E6%B3%A2%E6%8A%B5%E6%8A%97>