

# コアンダ効果の発生と影響

長野県伊那北高校 理数科2年  
物理班 笹古 凌我 矢島 雄河 林 大智  
永沼 和真 田村 慈遠  
指導教諭 安達 隆太 先生

## 1、研究動機

流体力学に興味を持ち、身近な現象を調べたところ、コアンダ効果という現象を知った。この現象は一般にあまり知られておらず、どのようなものか興味を持ったので研究に取り組むことにした。

## 2、研究目的

ドライヤーの風をピンポン玉に当てることによりコアンダ効果を生じさせる。風速と引きつける力の大きさについて定量的に計測する。そのデータを利用して、走行する列車の近くにいる人へ加わる力を予測すること。

## 3、使用している用語について

### 【列車風】

列車風は列車が通過するときに吹く風のことである。本研究では、図1(右図)より、ホーム端から150(cm)離れた場所で風速6(m/s)であることを前提に考察する。

### 【コアンダ効果】

以下の写真はコアンダ効果が水と凸な曲面を持った物質でコアンダ効果を起こしたものであり、図2はそれを図説したものである。コアンダ効果とは、流体(自由に形を変えることのできる物質のこと。気体と液体がこれにあたる)が凸な曲面を持つ物体の周りを通過するときに、凸な曲面を持った物体の方へ引く力が流体に働く(図2F<sub>1</sub>)現象のこと。また、その反作用で、流体の方へ凸な曲面を持つ物体が引き寄せられる力が働く(右図F<sub>2</sub>)。結果、流体は物体の方に、物体は流体の方に引き寄せられる。

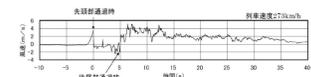


図1 ホーム列車通過時方向成分の風速例 (ホーム端面から1.2m、ホーム端から0.5m) ※全層上層で、密閉型ホーム構のある駅でみられる風速  
引用 (<http://bunken.rtri.or.jp/PDF/cdroms1/0011/2009/0011001787.pdf>)



実際のコアンダ効果

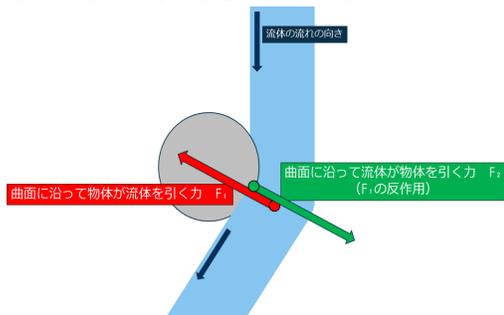


図2 コアンダ効果

## 4、実験

目的 風速とコアンダ効果による力の強さの相関関係を調べる。  
方法 スタンドのアームの先から裁縫糸にピンポン玉をつけ、宙につるし、ドライヤーで真上からピンポン玉に風を当てることによりコアンダ効果を起こし、ドライヤーをゆっくり動かしてピンポン玉を限界まで上げる。  
2種類のドライヤーの強弱、および変圧器を用いて、風速5~24(m/s)の間で発生するコアンダ効果による引き寄せられる力の大きさを測定する。(右の写真は実際の実験装置)

使用するもの  
・風速計 ・ピンポン玉(直径4.0cm) ・ドライヤーA  
・ドライヤーB ・スタンド ・裁縫糸 ・分度器 ・変圧器

引き寄せられる力の求め方  
持ち上がった角度をθとする。  
次の式に値を代入して、コアンダ効果によって発生した引き寄せられる力の大きさを求める。

$$F = mg \tan \theta$$

ただし、Fは引き寄せられる力(N)  
mはピンポン玉の重さ(kg)、gは重力加速度である。  
(図3は解説図)

仮説 コアンダ効果で発生する力は、風の速さに比例する。

## 5、実験結果

以下(図4)は実験結果である。

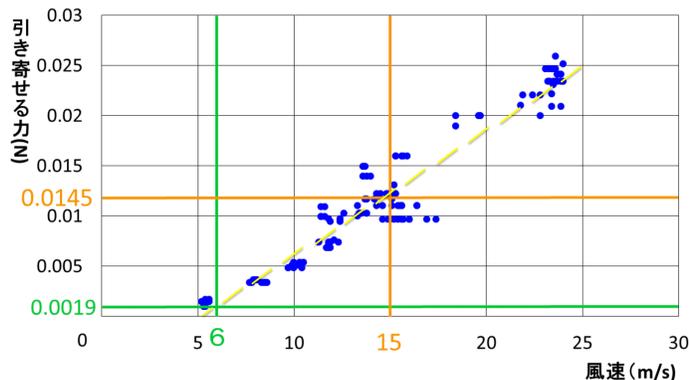


図4

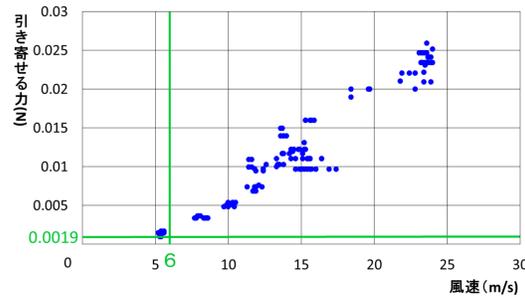
### 実験結果から

- ・風速と引き寄せられる力には、比例の関係はない。しかし、正の相関関係がある。
- ・風速6(m/s)のとき、コアンダ効果によってピンポン玉に発生する引き寄せられる力は、 $1.9 \times 10^{-3}$  (N)である。
- ・風速15(m/s)のとき、コアンダ効果によってピンポン玉に発生する引き寄せられる力は、 $1.5 \times 10^{-2}$  (N)である。

## 6、考察

### 【1】列車風の風速である風速6(m/s)のとき

実験結果(図5参照)より、風速6(m/s)のとき、ピンポン玉にかかる引き寄せられる力の大きさは  $1.9 \times 10^{-3}$  (N)であった。  
ピンポン玉の直径は4.0(cm)(4、実験より)なので、断面積は $4\pi$ (cm<sup>2</sup>)である。  
以上より、断面積1(cm<sup>2</sup>)にかかる引き寄せられる力は、 $1.5 \times 10^{-4}$  (N)である。



(風速6(m/s)のとき)

$$\text{引き寄せられる力} = \text{物体の断面積}(\text{cm}^2) \times 1.5 \times 10^{-4}$$

・・・式①

### 【列車風で人間に発生する引き寄せられる力】

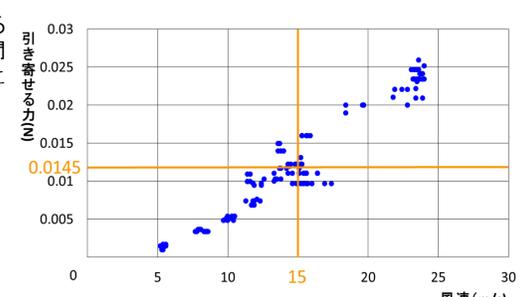
日本の成人男性の平均身長は167(cm)、肩幅の平均は45(cm)程度と言われている。人間を縦は身長、横は肩幅の長方形とした場合、およそ7515(cm<sup>2</sup>)である。(実際は肩幅より幅が狭いところがほとんどなので、この値より小さくなる。)この値を式①に代入して

$$7515 \times 1.5 \times 10^{-4} = 1.1(\text{N})$$

0.98(N)=100(g重)なので、この力はおおよそ $1.2 \times 10^2$ (g重)程度である。しかし、人間の断面積を大きめにしているため、実際はこの値より小さくなる。

### 【2】ホームに近づいて風速15(m/s)になったと仮定した場合

風速15(m/s)は人間が立っていることのできる最大の風速である。この風速より強い場合は人間が転倒する。(小美濃幸司『ホームに立つ旅客に対する列車風の力学的影響』(<http://bunken.rtri.or.jp/PDF/cdroms1/0011/2009/0011001787.pdf>)参照)  
今回はコアンダ効果のみが発生する状況を検証したいため、転倒しないギリギリの風速15(m/s)を用いる。



実験結果より、風速15(m/s)のとき、ピンポン玉にかかる引き寄せられる力の大きさはおよそ $1.5 \times 10^{-2}$  (N)であった。

ピンポン玉の断面積が $4\pi$ なので、風速15(m/s)のとき断面積1(cm<sup>2</sup>)にかかる引き寄せられる力は $1.2 \times 10^{-3}$  (N)である。

(風速15(m/s)のとき)

$$\text{引き寄せられる力} = \text{物体の断面積}(\text{cm}^2) \times 1.2 \times 10^{-3}$$

・・・式②

### 【列車風が風速15(m/s)であった場合に人間に発生する引き寄せられる力】

風速6(m/s)のときと同様に人間の断面積を7515(cm<sup>2</sup>)であるとする。この値を式②に代入して

$$7515 \times 1.2 \times 10^{-3} = 9.0(\text{N})$$

0.98(N)=100(g重)なので、この力はおおよそ $9.2 \times 10^2$ (g重)程度である。しかし、同様に人間の断面積を大きめにしているため、実際はこの値より小さくなる。

## 7、結論

### 【人間に起こる影響は？また黄色い線の内側ならば安全なのか？】

列車が275(km)で通過するとき、150(cm)離れた人間に発生する風速は6(m/s)であり、考察より列車風によって人間に発生するコアンダ効果による引き寄せられる力は $1.2 \times 10^2$ (g重)である。この力はおおよそ120g程度のものを持ち上げるときにかかる力と同じである。この大きさの力では人間に影響を及ぼすとはいえない。

電車と人間が150(cm)離れていれば、コアンダ効果の影響で人間に電車に引き寄せられ接触するほどの大きさの力は発生しない。ゆえに、人間と電車が接触することはない。

**黄色い線の内側は安全である**

また、仮に列車に近づいて、風速が15(m/s)になった場合、人間に発生するコアンダ効果による引き寄せられる力は $9.2 \times 10^2$ (g重)である。この力もとても大きいというわけではないが、列車に近づいていることを考慮すると、絶対安全であるとは言えない。あくまで仮定なので、実際の列車風はここまで大きくないかもしれないが、黄色い線の外側に出る行為は危険であるので、絶対にしてはいけない。

### 参考文献

- ・石綿良三、根本光正『流れのふしぎ』(講談社)
- ・石綿良三『図解雑学 流体力学』(ナツメ社)
- ・竹内淳『高校数学でわかる流体力学』(講談社)
- ・『高等学校 数学II』(数研出版)
- ・小美濃幸司『ホームに立つ旅客に対する列車風の力学的影響』(<http://bunken.rtri.or.jp/PDF/cdroms1/0011/2009/0011001787.pdf>)