

2009/9/19~9/20

2009年度 本郷祭

本郷中学：高等学校

科学部

# 目次

ホバークラフト . . . . .	2
シャカシャカライト . . . . .	4
リニアモーターカー . . . . .	7
空気砲 . . . . .	10
シャボン玉 . . . . .	13
空力翼艇 . . . . .	17

## ホバークラフト

**【実験目的】** わずかな力で重たい物体を動かせる「ホバークラフト」を作る。  
そして、その原理を考察する。

### 【ホバークラフトとは】

ホバークラフトとは地面すれすれに上がり、地面との摩擦をなくして移動する乗り物である。  
当科学部のホバークラフトは掃除機のモーターを使用している。

**【浮く原理】** このホバークラフトの動力は掃除機の後ろから出る排気だ。  
掃除機の排気で人を浮かせることはできない。ではなぜホバークラフトは浮くのだろう。  
それは「圧力」によって、掃除機の排気の何倍もの力を引き出しているからだ。

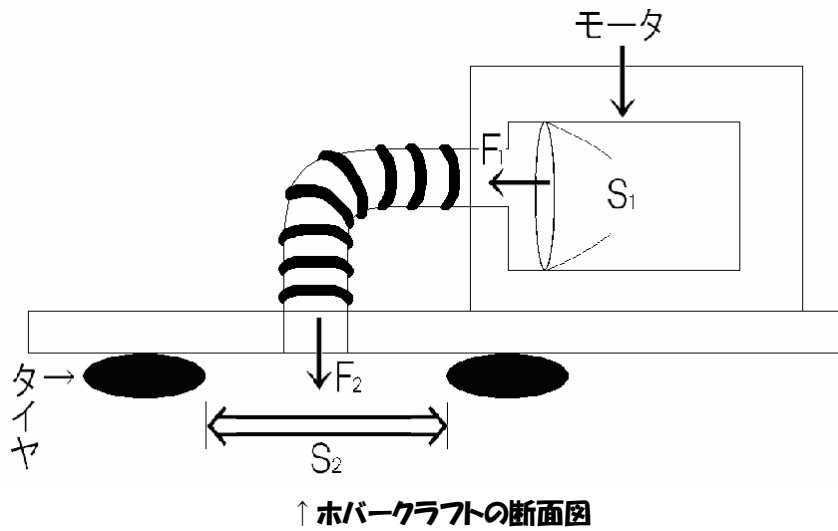
### 〈圧力〉

圧力とは、「物がふれ合うとき、ふれ合う面の  $1 \text{ cm}^2$ あたりを垂直に押し合う力」で表される。  
式で表すと以下のようなになる。

$$\text{圧力} = \frac{\text{面を垂直に押す力}}{\text{力がはたらく部分の面積}}$$

### 〈ホバークラフト〉

ホバークラフトの断面は次の図のようになっている。  
ホバークラフトが浮くとき、モーターの部分とタイヤで囲まれた部分の圧力が同じになる。



その状態を前ページの式で表すと

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

両辺に  $S_2$  をかけると

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} \times F_1$$

$S_2 > S_1$  なので  $F_2 > F_1$  と言える。

よって、掃除機の排気よりも大きな力を取り出すことができるので、ホバークラフトは浮く。

## § 1 工作企画!! 身近なものでつくる**シャカ**ライト!!!

【実験目的】 100 円ショップで買えるメロディーカード (圧電スピーカー) を使った簡単で、失敗の少ない LED ライトを作ること、科学を身近に感じてもらう。

### 【シャカシャカライトとは】

- シャカシャカライトの特徴と仕組み  
工作に使用している圧電スピーカー(圧電素子)は力が加わったとき電池の役割を果たす。その圧電スピーカーに、ビー玉があたると電流が流れ LED が発光する。

### 【工作材料】

- ◇ メロディーカード(圧電スピーカー)
- ◇ フィルムケース
- ◇ LED(赤・黄・緑など)
- ◇ ビー玉(5グラムほどの重り)
- ◇ 両面テープ
- ◇ セロハンテープ

### 【工作手順】

- ① LED を穴の開いたフィルムケースの蓋に上から挿す。
- ② 下から出た LED の両方の足にリード線を巻き付ける。
- ③ さらにその上からセロハンテープを巻き付ける。
- ④ LED の根元部分に LED が蓋の穴から抜けないようにセロハンテープを巻き付ける。
- ⑤ 圧電スピーカーの裏に両面テープを貼り、フィルムケースの底に貼る。
- ⑥ ビー玉を入れて蓋を閉じる。
- ⑦ 完成!!

## § 2 Shake Flashlight

【実験目的】 電磁誘導を利用した身近で、便利なものを作ること、電磁誘導の現象を理解し、身近に感じる。

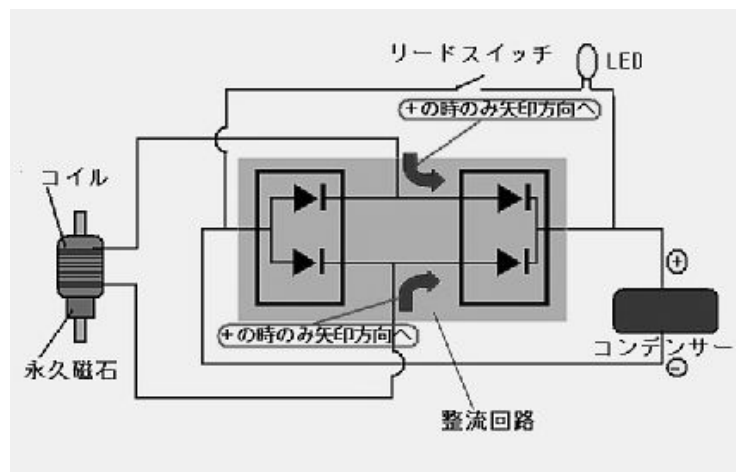
【Shake Flashlight とは】

- どのようなものなのか？



普通の懐中電灯は、電池がないと明かりがつかないが、このライトは、電池なしに、ただ振るだけで明かりをつけることができる。災害時などに便利。

- Shake Flashlight の回路図



- **Shake Flashlight** の仕組み

ライト本体の中に何百回も巻きつけられたコイルがあり、そのコイルの中を磁石が行き来することで「電磁誘導」という現象が発生し、コイルに電流が流れることで、ライトを点灯させる。

また、「電磁誘導」とはコイルの近くで磁石を動かすと、電流が発生する現象のことで、発生する電気の大きさは、磁力の大きさと磁石の動きの速さ、コイルの巻き数に関係している。

# リニアモーター

## 1. はじめに

我々は以前もリニアモーターの実験をしたことがあった。しかしそのとき作ったものは自分たちの手で電流の向きを切り替えるスイッチを操作しなければいけなかった。そのため今年は一度スイッチを入れるだけで動くようなものを作りたいと考えた。

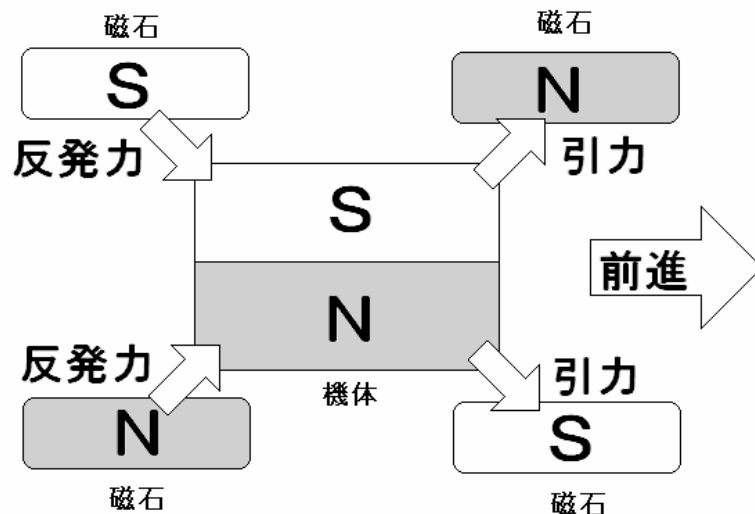
## 2. 目的

自動で動き、かつ浮かせることのできる機体を作製する。

## 3. リニアモーターとは

リニアモーターとは、モーターを平面に広げたような構造をし、磁石の力で推進力を得て動く装置である。磁石の極を変え、機体前方にある磁石から引力、後方にある磁石からは反発力を得ることで進む。また、「リニアモーター＝浮くもの」というイメージをもっている

人もいるかもしれない。しかし、リニアモーターとはこの原理で動くものであり、たとえ浮かなくてもリニアモーターという。



## 4. 装置

機体を走らせるレールには図1のようなものを使用した。機体につけた磁石と反発させ浮かせるためにレール上に磁石を設置した。また、その上に基板を置き、その基



板を電源装置につなげた。

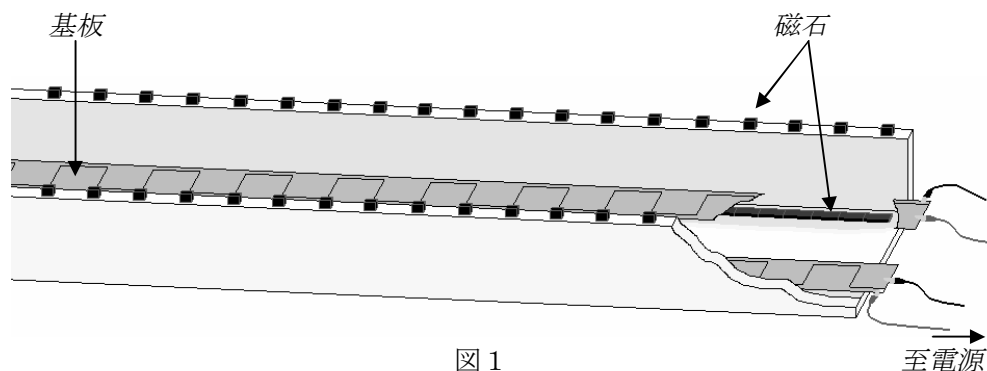


図 1

今回の実験では図 2 のような機体を用いた。磁石の上の基板は図 3 のようになっている。機体についている銅箔テープが下の基板に接触しているため下の基板に電気

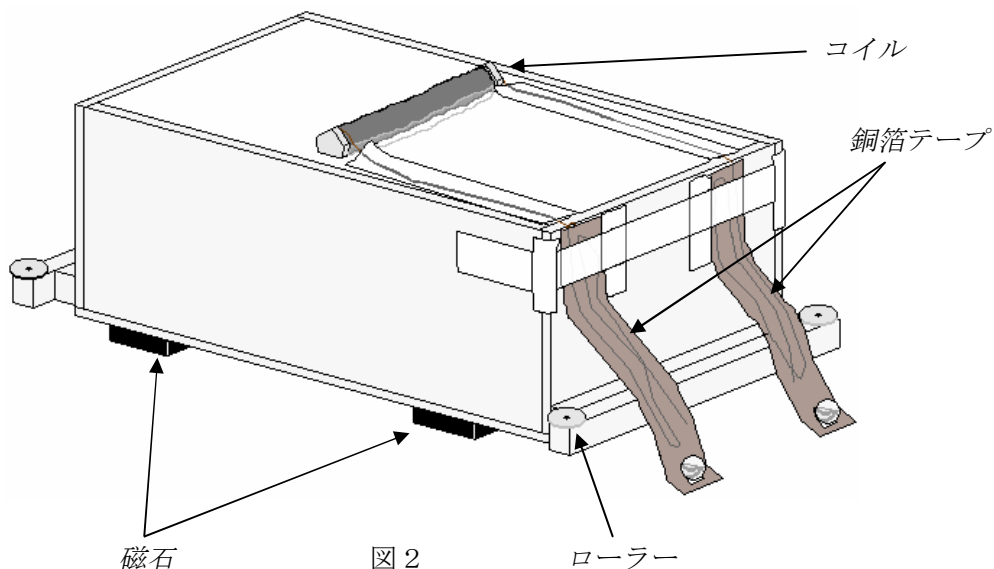


図 2

を流すと機体のコイルが電磁石になり、前の磁石の引力と後ろの磁石の反発力で前に進む。少し進むと電流の向きが逆になるので、電磁石の極が逆になる。それによってまた前の磁石の引力と後ろの磁石の反発力で前に進むようになる。これを繰り返すことにより途中で止まることなく前に進むことができる。



図 3

## 5. 最後に

機体が上下に揺れることもあり，それによって速度が遅くなったり速くなったりした。レールの磁石の磁力が小さくなってしまったことが原因の一つと思われるので今後はその問題点を改善できるようにしたい。加えて，機体をさらに軽量化し小さい磁力でも浮きやすくしたい。

# 空気砲

## 1, 動機

私たちは空気砲の研究を続けてきた。昨年は空気砲の穴が開いた面のうち、穴が占める割合（以下、面積率）と輪の速度の関係について調べたところ、穴が円形の場合面積率が4%の時最速になるという結論を得た。今年、空気砲の大きさ・穴の形と面積率についての考察をして、今までの実験結果から空気砲の輪がどのような空気の流れをしているのかを考えていきたい。

## 2, 実験方法

輪の速度の測定方法

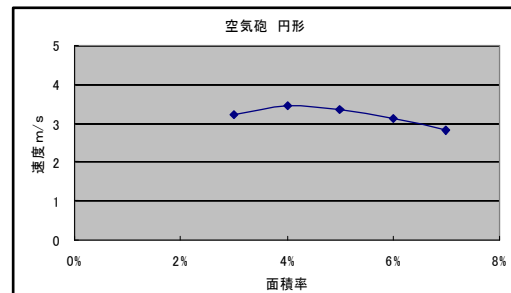
- ①空気砲から2.5mのところへスズランテープを裂いたものを設置する。
- ②スズランテープの後ろにビデオカメラを用意する。
- ③ビデオカメラで空気の輪が発生してからスズランテープが揺れるまでの様子を撮影してカメラのスロー再生（1コマ30分の1秒）を使って、輪が発生してからスズランテープが揺れるまでの時間を測定する。

※データは1つにつき30回以上とる。

## 3, 今までの実験

3%, 4%, 5%, 6%, 7%の大きさ円形の穴を40cm×39cm×49cmの空気砲に開け空気の輪の速度を測定した。結果は右のグラフのようになった。

速度は4%が最速となる上に凸のグラフになった。



## 4, 実験

①穴の形を変える

目的 穴の形を変えても面積率4%の時、最速になるかどうかを調べる。

方法 面積率が3%・4%・5%の三角形・四角形の穴を40cm×39cm×49cm

(穴を開ける面の横×縦×奥行き)のダンボール箱に開け速度を測定する。

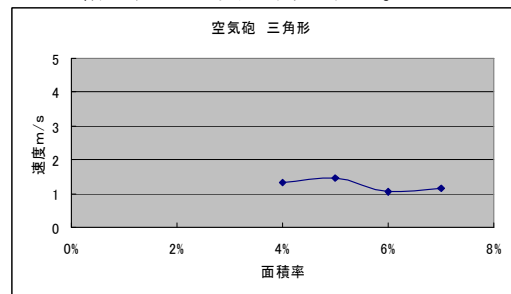
※ この空気砲の大きさは円形の輪の速度を測定するのに使った空気砲と同じ大きさである。

結果

三角形

右のグラフのようになった。

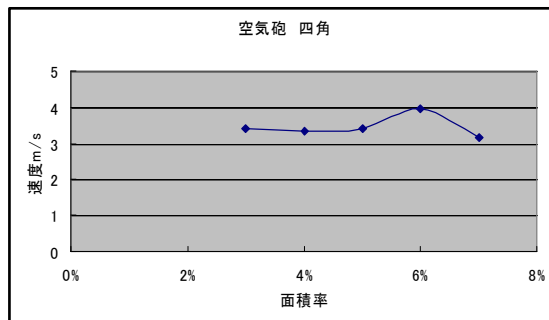
円形の空気砲と比べてはるかに遅かった。グラ



フの形も少し変わり。速度は5%最速となり、他の空気砲よりも輪が最も発生しにくかった。

#### 四角形

右のグラフのようになった。  
円形の空気砲に比べて速度が少し速くなった。  
また、速度は6%が最速だった。



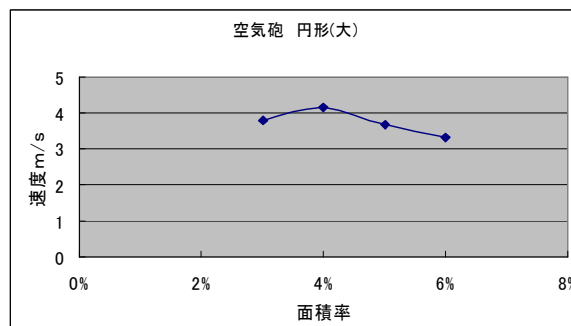
#### ②ダンボール箱の大きさを変える。

目的 空気砲の大きさを変えた時に、面積率4%の時に最速になるのかを調べる。

方法 円形の輪が発生させたときと同じ大きさの穴を 49cm×40cm×60cm の空気砲に開けて速度を測定する。

#### 結果

空気砲の大きさを変えたがグラフの形大きくは変化しなかった。  
速度の最速は今まで円形と同じ4%だった。



#### ③穴を空いた面を大きくした場合

目的 空気の流れを考えると空気砲の穴を開けた図1の矢印のような空気の流れが発生しているのかを調べるために穴の空いた面を大きくし、図1の矢印のような空気の流れの影響が表れないようにした。

方法 円形を測定したのと同じ空気砲に 130cm×110cm のダンボールの板をつけて円形の4%、5%の大きさの穴から出る輪の速度を測定する。

結果 図2のようになった。

普通の円形と速度の差はほとんど無かった。

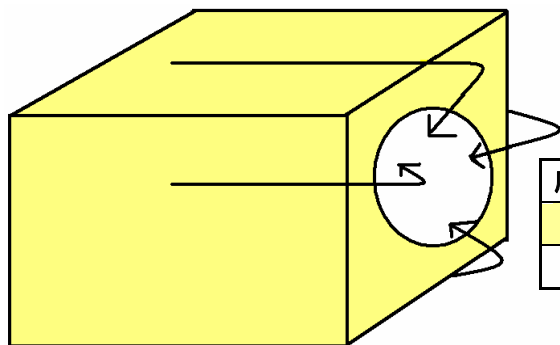


図1

広い面	速度	円形	速度
4%	3.34 m/s	4%	3.47 m/s
5%	3.40 m/s	5%	3.34 m/s

図2

## 5, 考察

- ・四角形, 三角形の結果から, 速度は4%が最速になるわけではなく, 円形は4%, 三角形は5%, 四角形は6%が最速になる。三角形は少し微妙なところがあるが最速となる面積率を頂点として上に凸のグラフとなっている。
- ・三角形, 四角形, 円形の順に速度が速くなっていき, 形によって輪の発生しやすさが変わったことから, 三角形は輪が発生するのに不都合だと考えられる。このことから空気の流れは穴の形の図形が円形に近く穴の図形の角と角が離れているほど輪が発生しやすくなると考えた。
- ・穴を開けた面を広くした場合では速度が変わらなかったことから穴の付近以外の空気の流れは, 輪の発生に影響しないと考えられる。
- ・昔, アクリル板で作成した空気砲で輪の発生の様子を観察したところ。空気を輪が発生した後に空気砲の中にも空気の輪が発生していたのが観察できたことから, 穴の縁が輪の発生に影響していると考えられる。
- ・輪を見れば分かるように, 輪は回転しながら進んでいくため, 輪が回転するための流れが発生していると考えられる。

以上のことから輪は図1のように空気の流れが穴の縁を回り込むために発生するという仮説を立てた。

また, 三角形の空気砲が空気の輪ができにくいのは図2のように空気の流れがぶつかっているためと考えた。

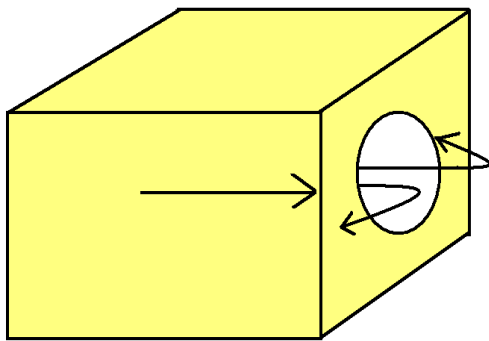


図1

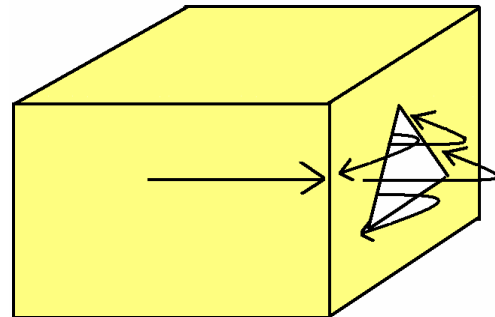


図2

## 6, 今後の展望

- ・五角形の空気砲を作って測定することで円形に近いほど輪は安定し, 速度も速くなることを実証する。
- ・四角形が円形よりも速くなった理由を考える。  
この2つについて考えていきたい。

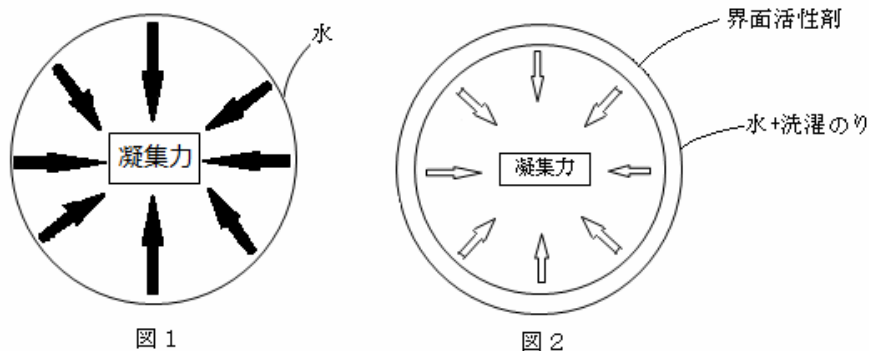
# シャボン玉

## 目的

より硬くより大きくより長持ちするシャボン玉の条件を調べることと、水中シャボン玉について調べることを目的とする。

## 1. シャボン玉の原理

水には凝集力という散らばったり溶けていたりしている粒子が固まって集まる性質がある。そのために水は泡が生じてもすぐに凝縮して割れて壊れてしまう(図1)。洗剤などを入れると界面活性剤のはたらきにより凝集力が小さくなりシャボン液は薄いシャボン玉の膜の形を保つことができる。さらに界面活性剤が吸着した膜を保護することによって壊れにくくなる。また、粘性の高い洗濯のりなどを添加することによってより強度の高い膜を作ることができる。



## 2. シャボン液の比率

シャボン液を作るとき必ず必要となるものは水や洗剤そして洗濯のりだが、他にもいくつかの素材を加えたり比率を変えたりすることによって様々な種類のシャボン液を作ることができる。今回はそれらの比率を変えてシャボン玉ができるかどうか直径25cmのシャボン玉用の輪で調べた。

### 3. 実験方法

- ・ シャボン玉用の輪直径 25 c m (エナメル線を輪にしてタコ糸を巻きつけたもの)
- ・ ビニールプール(縦 65 c m×横 100 c m×高さ 30 c m)
- ・ 洗濯のり(ゴーセノール PVA入り)
- ・ 洗剤(キュキュット 界面活性剤 45%)
- ・ めるま湯(一度沸騰させたもの)
- ・ グラニュー糖(日新製粉)
- ・ ラム酒(サントリー 製菓用)
- ・ グリセリン

つくったシャボン液をビニールプールに入れてシャボン玉用の輪で 20 回シャボン玉をつくる。また輪にシャボン膜が張らなかったのも 1 回と数える。

### 4. 実験とその結果

〈実験 1〉 シンプルなシャボン液

水, 洗濯のり, 洗剤の比率を変えてシャボン液をつくり, 最も適当なシャボン液の体積の比率を求めた。

#### ① 洗剤

水 100ml, 洗濯のり 80ml にし洗剤の量を変えた。

水(ml)	100				
洗濯のり(ml)	80				
洗剤(ml)	0	10	20	30	40
20回中成功した回数	0	8	20	16	12

表1 洗剤の量と成功回数

#### ② 洗濯のり

水 100ml, 洗剤 20ml にし洗濯のりの量を変えた。

水(ml)	100				
洗剤(ml)	20				
洗濯のり(ml)	60	80	100	120	140
20回中成功した回数	14	19	19	18	11

表2 洗濯のりの量と成功回数

以上の結果より「水 100ml, 洗濯のり 80ml, 洗剤 20ml」が最も良いと結果がでた。色は濁った白。

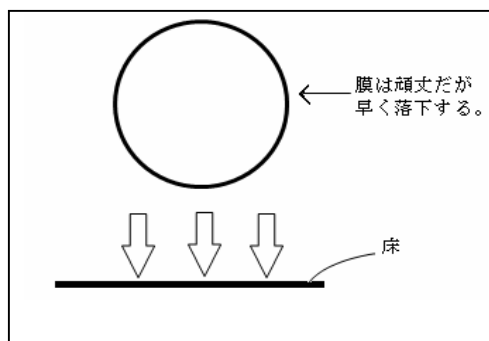
## 〈実験 2〉 グラニュー糖

水、洗濯のり、洗剤、グラニュー糖の比率を変えてつくったシャボン液。

水(ml)	1000				
洗濯のり(ml)	500				
洗剤(ml)	100				
グラニュー糖(g)	600	700	800	900	1000
20回中成功した回数	16	18	19	20	20

表3 グラニュー糖の量と成功回数

これより「水 1000ml, 洗濯のり 500ml, 洗剤 100ml, グラニュー糖 800 g」がもっとも良いと結果が出た。グラニュー糖 900 g, 1000 g のほうが良い結果が出たが早く落ちやすくなったので 800 g のほうが良いと結論付けた。色は濁った白色。グラニュー糖の代わりにガムシロップや砂糖でも代用可能。また、このシャボン液によって作られたシャボン玉は非常に頑丈だがその代わりに早く落ちやすい(その中で最も良いのが 800 g)。シャボン玉が割れた後にできる物体は粘りけが強く掃除が大変。



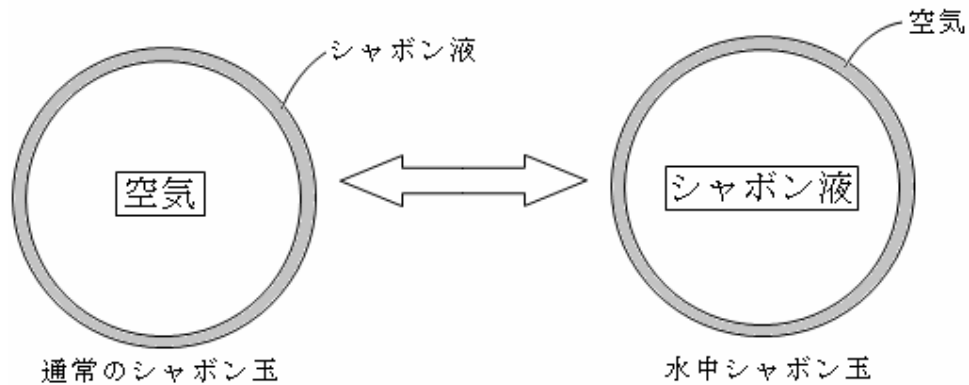
## 〈実験 3〉 その他の物質

「水：洗濯のり：洗剤=5：4：1」のシャボン液にグリセリンやラム酒などを入れてみた。結果グリセリンは非常にできにくく、ラム酒にいたっては逆にシャボン液が膜を張らなくなった。

## 5. 水中シャボン玉

水中シャボン玉とは、シャボン液が高い粘性をもつことによってできる水の中で浮くシャボン玉である。その見た目は空中にできる一般的なシャボン玉のような不完全な球ではなく完全な球である。また、その構造は空中のシャボン玉の反対である。空中シャボン玉のつくりは空気の玉をシャボン液の膜で覆うというものだが、水中シャボン玉はシャボン液の玉を空気によって覆っているものである。なぜシャボン液を空気が包むかというストローからすばやく液体を落とすと液体の周りの空気も一緒にシャボン液中に落とされるからである。





〈水中シャボン玉の作り方〉

- ・ ストロー(直径 5mm 前後が望ましい)
- ・ ぬるま湯(1 度沸騰させたもの) (600ml)
- ・ ガムシロップ(市販のものなら何でも良い) (100ml)
- ・ 洗剤(キュキュット 界面活性剤 45%) (55ml)
- ・ 洗濯のり(ゴーセノール PVA 入り) (20ml)

まず、ビーカーにシャボン液を入れる。つぎにシャボン液の中にストローの先端をいれ空気中の先端の穴を指で押さえて、ストローを引き抜く。そして指をはずしシャボン液を液中に落とす。

## 6. 今後の展望

今回はわれわれにとって最もシャボン玉をつくりやすいシャボン液が判明するなどシャボン玉をつくるうえで最も重要な土台となることを行った。今後は人をシャボン玉に入れたりシャボン玉に色をつけるなど、さらに発展させたい。

# 空力翼艇

## 目的

空力翼艇は、飛行機などと同じ原理で揚力（機体を持ち上げる力）を発生し地面の上すれすれを飛ぶ。このときダウンウォッシュと呼ばれる下向きの気流が地面と干渉し、気流の乱れが減るため抵抗が減り、揚力が増える「地面効果」を利用し、飛行機などに比べより少ない力で飛行できる乗り物である。

今回は、地面の形状と地面効果の大きさの関係について考察する。

## 1. 実験方法

- 1 風洞装置を用意する。送風機の気流は渦状なので測定室の前部に二基、後部に一基、計三基の整流版を設置する。また、電子天秤で正確な値を表示するため及び地面効果を確認するために、装置内に独立した台を設置し、台の上面を取り替える事により地面の形状を変更する。また、気流を可視化するため煙発生室に線香を設置する。
- 2 風洞装置の中に空力翼艇を入れて、送風機で風を吸い出す。
- 3 電子天秤で揚力を測定する。
- 4 気流を観察する。

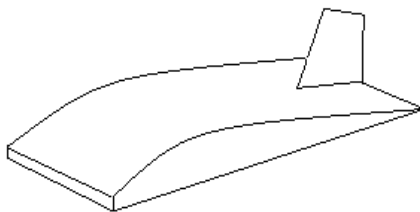


図1「空力翼艇」

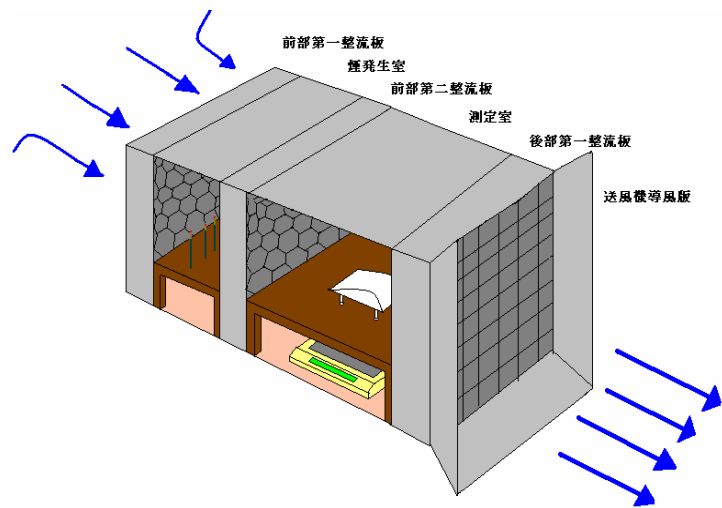


図2「風洞装置」

## 2. 実験内容及びその結果

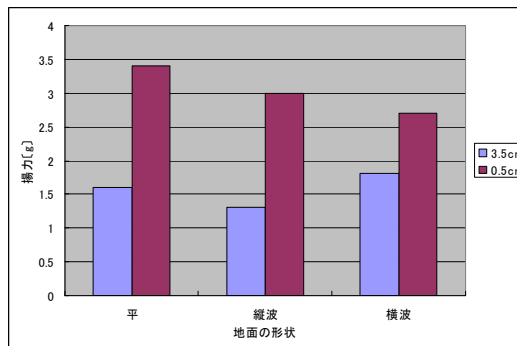
使用する試料は表1に示す。結果をグラフ1に示す。

**実験1** 地面の形状を一定にして地面との距離と揚力の大きさの関係を調べる。使用試料は①、②。同時に気流を観察しその様子を図5に示す。

**実験2** 地面との距離を一定にして地面の形状と揚力の大きさの関係を調べる。使用試料は③、⑤及び④、⑥。同時に気流を観察しその様子を図6に示す。

地面の形状	地面からの高さ	
	3.5cm	0.5cm
平面	①	②
縦波	③	④
横波	⑤	⑥

表1



グラフ1

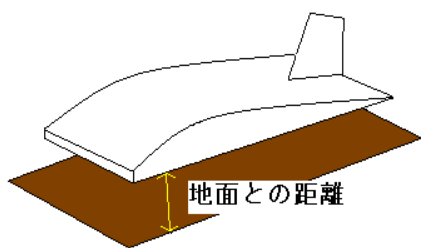


図3 地面との距離

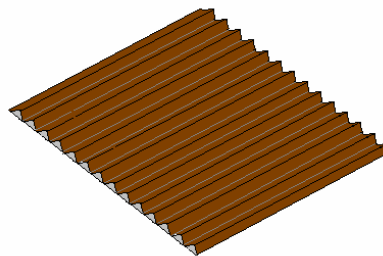


図4 地面「横波」

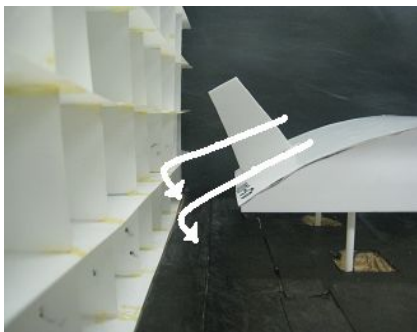


図5 (左: 試料① 右: 試料②)

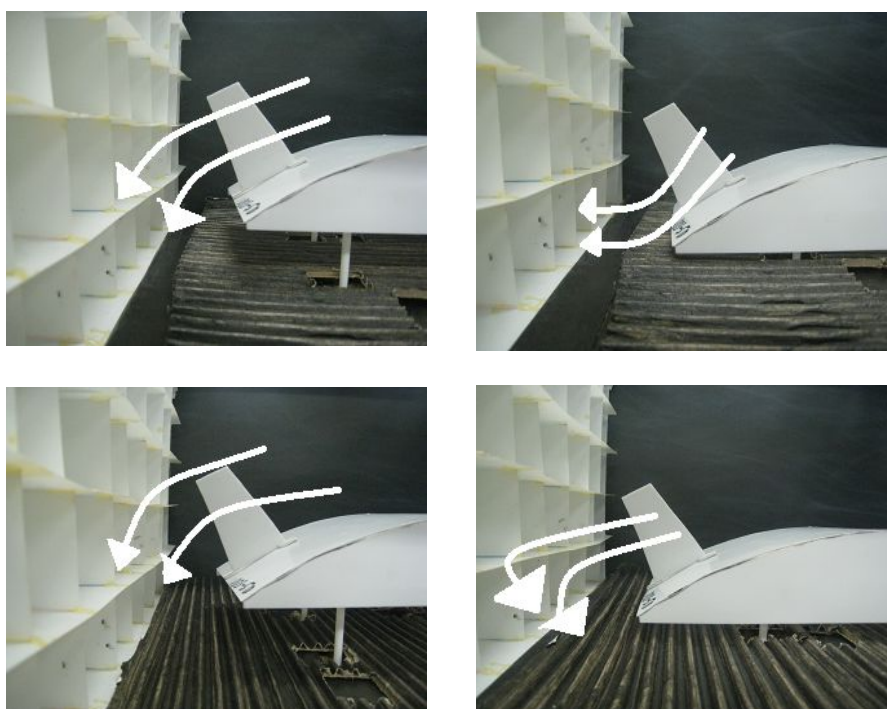


図 6 (左上：試料③ 右上：試料④ 左下：試料⑤ 右下：試料⑥)

### 3. 考察

- ・実験 1 より，地面からの距離が大きくなると，気流の乱れが大きくなり，地面効果が小さくなり，揚力は減少する。
- ・実験 2 より，地面との距離に関らず「平面」が最も揚力が高く，これは，突起物による気流の乱れが最も少ないからだと考えられる。次に，地面との距離を 3.5cm.にしたとき，揚力は「縦波」，「横波」の順に大きくなり，これは気流の進行方向に平行な「縦波」は垂直である「横波」よりも整流効果が高い為だと考えられる。また，地面との距離を 0.5cm.にしたとき，揚力は「横波」，「縦波」の順に大きくなり，これは地面との距離が増える事により，前述の整流効果が弱まった為と考えられる。

### 4. 終わりに

今回は数種類の地面の形状しか実験できなかったのですが，今後はさらに多種類の地面の形状を実験し，地面効果を高める地面の形状の条件等を探りたい。例えば，波の高さを変えて，整流効果がどのように変わるかを調べたい。また，可視化風洞装置の精度向上にも努めたい。

2009年本郷祭 科学部要旨集

発行日 2009年9月19日

発行 本郷中学・高等学校科学部

ホームページ <http://hongo-sci.hp.infoseek.co.jp>