

2008/9/20~9/21

2008年度 本郷祭

本郷中学：高等学校
科学部

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

目次

ホバークラフト	2
空力翼艇	4
空気砲	7
渦電流	10
車の衝突	12
波力発電	13
放電	16

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コードレス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は掃除機のモーターにファンをつけてまわしている。しかし、掃除機で人を浮かせることはできないように、モーターのファンだけでは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。
それはパスカルの原理によって、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 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下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。

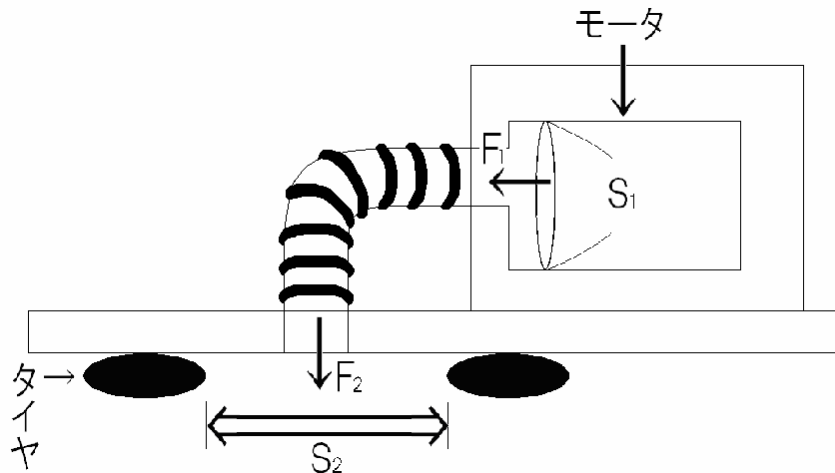


図 ホバークラフトの断面図

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。

【科学部のホバークラフト】

ホバーの断面積 S_1 , S_2 は、 $S_1=5.937 \text{ cm}^2$, $S_2=1294 \text{ cm}^2$ である。したがって、上式より $F_2=218F_1$ となり、掃除機のモーターのファンの約 218 倍の力で浮上していることになる。

また、このホバークラフトは 12V の鉛蓄電池と直流 12V のモーターを 2 セット使用しており、稼働時には 1 セットあたり 5.4A の電流が流れている。

空力翼艇

目的

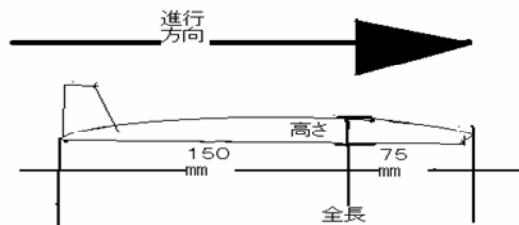
より長い距離飛ぶ空力翼艇の形状を研究する。

1. 空力翼艇とは

空力翼艇とは、飛行機など同じ原理で揚力（機体を持ち上げる力）を発生し地面すれすれを飛び、このとき気流が地面と干渉する事により抵抗が減ることによ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。

2. 実験

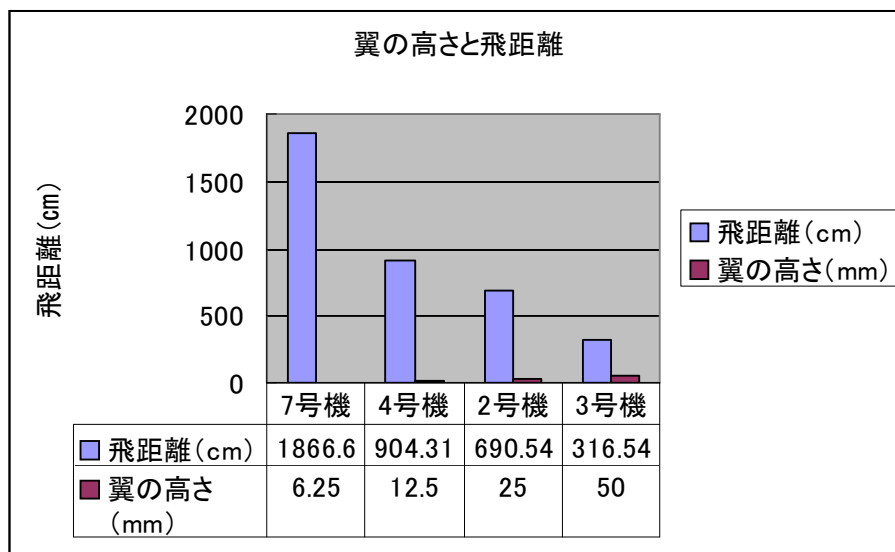
- ① プラ版で空力翼艇の模型を作る。
- ② 床にクリップを固定した発射装置と機体下面に輪ゴムをかけて空力翼艇を 20cm.だけ引き発射する。
- ③ 発射地点から空力翼艇が静止した地点までの距離を測る。
- ④ これを 15 回繰り返し、最も遠い地点と近い地点をのぞいた 13 地点の平均を取り、その値をその空力翼艇の飛距離とする。



[図 1]

「実験1」

空力翼艇の全長を一定にし、翼の最高点だけを変えた下記のような4つの空力翼艇用意し実験を行った。結果は下記の表とグラフにまとめた。



[図2]

「実験2」

空力翼艇の全長を一定にし、翼の上面の形のみを変えた下記のような空力翼艇を用意して実験を行った。

機体名	6号機	9号機	10号機
翼の上面の形状	平面	前後逆転	三角形

※いずれも飛行しなかったため飛距離は測定不能。

[図3]

3. 考察

実験1より・・・

揚力の発生は翼の後端の鋭さに関連していることから、後端の鋭い高さの低い空力翼艇ほど多くの揚力を発生し、より多くの距離を飛んだものと思われる。

実験2より・・・

6号機の結果から揚力の発生には翼が曲面であることが必要である。9号機の結果から翼の曲面には揚力を発生する向きとしない向きがあることがわかる。10号機の結果からは翼の前端から後端まで全てに空気が流れないと揚力を発生しないことがわかる。

4. 結論

より長い距離を飛行する空力翼艇の翼の形状とは・・・

- ① 翼の上面は曲面で最高点が前方よりにあること。
- ② 翼の後端が鋭いこと。
- ③ 翼の上面に満遍なく空気が当たること。

おわりに

以上の条件をより明確にするため、これからは・・・

- ① 高さを変えないで後端を鋭くした(全長を伸ばす)空力翼艇をつくり、実験する。
 - ② 翼の最高点の位置をより詳しく調べる。
 - ③ 翼の形状以外の条件(地面の形状など)を調べる。
- 以上のようなことをしていきたい。

空気砲

目的

3年目となる空気砲の実験をさらに調べ、発展的な内容として、空気砲の輪の速度について測定・考察をする。

1 今までの実験

・原理

空気砲は、段ボールの箱に円形の穴を空けただけのものだが、叩くと中からドーナツ型の輪が出てくる。これは、箱の中から空気が出ていくときに穴の縁で引っかかり縁を回り込むような空気の流れができ、それによって、空気の流れに速度差が発生して輪になるためだと考えられる。

・穴の形を変える。

内容：空気の出る穴の形を変えたら輪の形がどのように変化するかという疑問を持ち、穴の形を変えた空気砲を4種類（星型・三角形・三日月形・平行四辺形）用意した。

結果：星型・三角形・平行四辺形では、空気の輪の内側がそれぞれの穴の形になる→円になる→穴の形になる…という変化をした。これは、輪が最も安定した円形になるためと考えられる。三日月形は、輪が出来にくく、出来た場合では、普通の空気砲と同じだった。これは、穴の形が安定した形である円形からかけ離れているために出来にくいためだと考えられる。

・穴を二つにする

内容：空気の輪が出る穴を二つにしたらどうなるのかと考え、空気砲の一つの面に同じ大きさの穴を二つ空けて調べてみた。

結果：2つの空気の輪は、繋がり一つの大きな空気の輪となった。この空気の輪は、縦長の楕円に伸びる→横長の楕円形となる→縦長の楕円形となる…を繰り返しながら進んでいった。この輪が繋がる様子をビデオカメラのスロー再生（30分の1秒）を使って観測をしたところ、2つの空気の輪の回転によって2つの空気の輪の間と外側で空気の流れに速度差ができる→それによって輪と輪の内側と外側で気圧が変わり、輪が引き寄せ合う→輪がぶつかる。その時に輪と輪の間が相殺されて消え1つの輪となる。→輪がぶつかった勢い（左右からの力）によって縦長の楕円形になる→安定している円形になろうとする。（上下の力が働く）→しかし、その力が強くて横長の楕円形になるが、その力が強すぎてまた縦長になる…を繰り返していることが確認された。

2 今回の実験

・用意するもの

空気砲（38.5 cm×57.5 cm×50 cm）、スズランテープ、ストップウォッチ×3
1 kgのおもり×2

・目的

穴の半径と落とすおもり（空気砲をたたく強さ）の重さを変えた時に、空気の輪の速度が、どのように変化するかを調べる。

・実験方法

- ① 空気砲を設置する
- ② 空気砲から 5 m の位置にスズランテープをつける。
- ③ おもりを 30 cm の高さから落とす。
- ④ おもりを落としてからスズランテープに空気の輪が当たってテープが動くまでの時間をストップウォッチで測定をする。
- ⑤ 10 回ほどこれを繰り返す。
- ⑥ ①～⑤の手順を、重りの数や穴の大きさを変えて繰り返す。

・ 結果

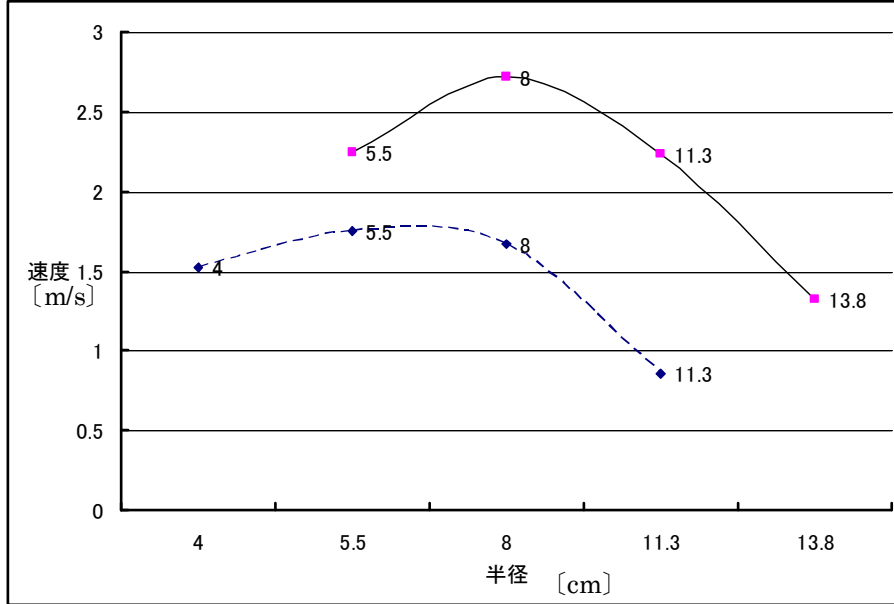


図 1 計測距離 5m おもりを落とす高さ 30 cm
 ※点線・・・おもり 1 kg の時 実線・・・おもり 2kg の時 (重り 2 個)
 横軸・・・穴の半径 (cm) 縦軸・・・輪の速度 (秒速 m/s)

半径 (cm)	面積率	おもり 1kg (秒速)	おもり 2kg (秒速)
4	2.61%	1.52	輪が発生せず
5.5	4.94%	1.75	2.24
8	10.44%	1.66	2.72
11.3	20.84%	0.85	2.23
13.8	31.08%	輪が発生せず	1.32

※ 全体の面積 (38.5 cm × 50 cm) の内、穴が占める割合を面積率と呼ぶことにする。

3 考察

- ・ 半径 4 cm でおもり 2 kg と、半径 13.8 cm で重り 1 kg では、輪が崩れてしまい実験データが取れなかった。これは、半径 4 cm では叩く力が強すぎるために輪が崩壊し、半径 13.8 cm では逆に叩く力が弱すぎるために輪が発生しなかったと考えられる。
- ・ おもり 1 kg の時は半径 5.5 cm の時が、おもりが 2 kg の時は、半径 8 cm の時が輪の速度が最速になった。この事からおもりが 1 kg の時は面積率が約 5% の時 (半径 5.5 cm) 輪の速度が最速になり、それに近い値になると速度が速くなると考えられる。

- 今回の実験以前にこれよりも小さい空気砲で実験をしていたが、その空気砲は実験の繰り返しによる空気砲の形状の変化が激しかったため、正確なデータが得られなかった。

4 その他の実験データ

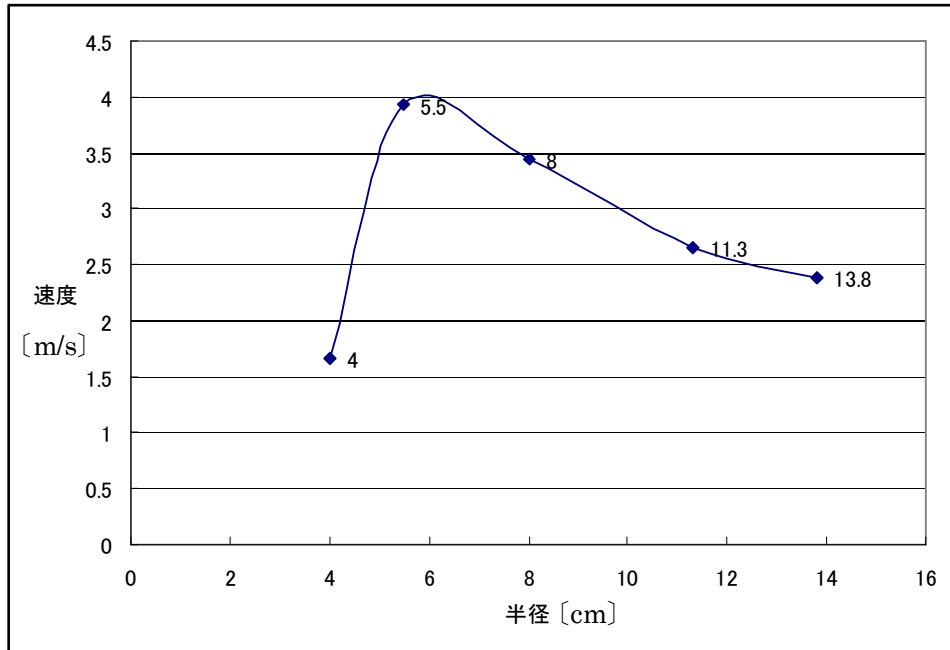


図2 おもり 1 kg, 落とす高さ 30cm, 測定距離 2.5mの時 輪の速度

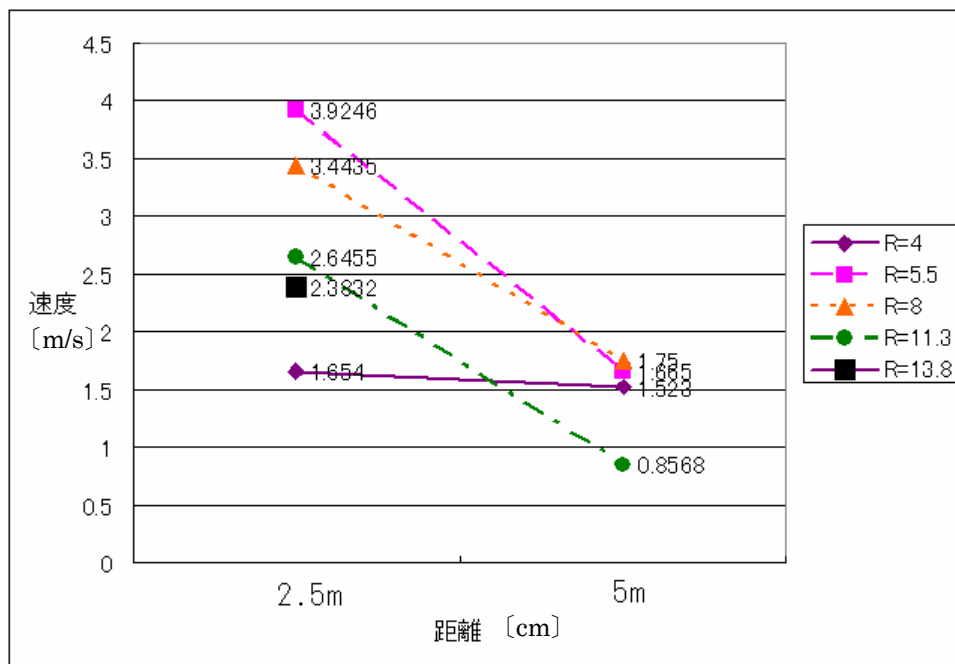


図3 おもり 1 kg, 落とす高さが 30cm の時 測定距離の違いによる速度の変化

渦電流

〔目的〕

2005年より我々科学部ではアルミ板を強力な磁石の間に通し、その前後の速度変化を計測することで、渦電流が発生する位置を特定しようと実験を重ねてきた。

〔内容〕

〈昨年まで〉

アルミ板を強力な磁石の間に通した際に受ける力は誘導電流が大きくなるにつれて大きくなることに着目し、アルミ板にさまざまな切れ込みを入れ、力の大きさを測定することにより、流れる電流の大きさを求めた。滑走体自体に渦電流が流れるのを考慮してアルミ板の下にアクリル板を置き、実験装置は図1のように配置した。

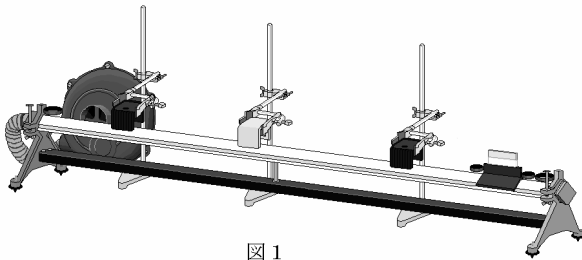
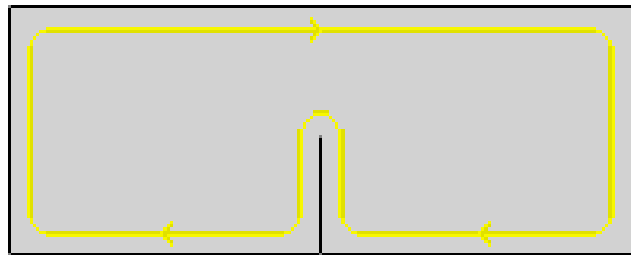



図1

〈昨年までの結果〉

- ① 切れ込みの本数が増えるほど、発生する力は弱くなる。
- ② 切れ込みを深くするほど、発生する力は弱くなる
- ③ 分断するほど発生する力は弱くなる

これを受け一つの仮説を立てた。それは、誘導電流は切れ込みの周りを沿うように流れるアルミ板内を周回する。また、アルミ板が受ける力はアルミ板の自由電子がアルミ板内を周回する距離が増えるにつれ弱くなる。(図2参照)。仮説を実証するために実験を重ねていたのだが、実験を続けるにつれ仮説の実証は厳しくなった。



そこで科学部では渦電流の流れ  を視覚的に見ることはできないかと

考え次のような実験を行った

〈実験〉

図1のようなプラスチック板で作った 25×100×3 ケース (図4 参照) に

- 1・サラダ油とアルミニウム粉を混ぜたもの,
- 2・水とアルミニウム粉を混ぜたもの,
- 3・アルミニウム粉だけ,

の3つを入れ (昨年まで) のアルミ板の部分にこの板を置いて同様に実験した。

〈結果〉

1, 2 の場合ではほとんど速度変化が見られなかった。しかし 3 の場合については若干ではあるが速度変化が起こった。

【おわりに】

今回は残念ながら電磁誘導の流れを視覚的に見られなかった。次回はプラスチックのケース内に入れる物質を変更して行って、見られるようにしたい。

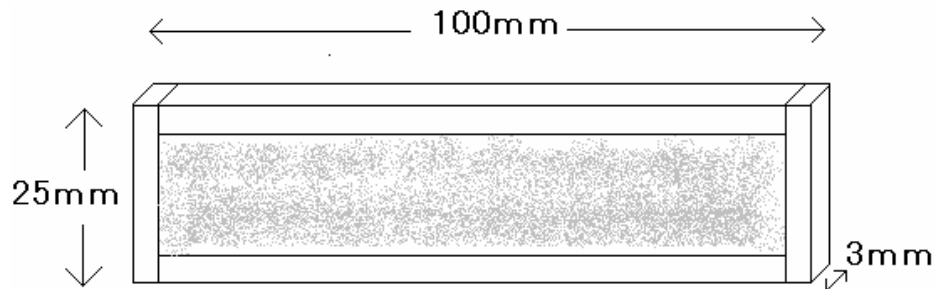


図 3

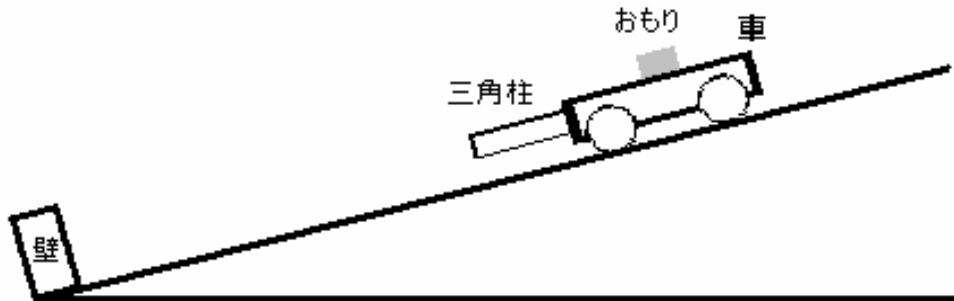
車の衝突

目的

車が衝突する際、衝突する部分がもろい時と、頑丈な時、どちらの方が車に衝撃があるのだろうか？

1.実験

切れ込みのある画用紙で作った三角柱、ない三角柱のどちらかを車の前方につけ、車に錘をのせ、斜面を走らせる。壁に衝突させ、おもりの様子を観察する。



2.結果

- a.切れ込みのない、つぶれにくい三角柱では、おもりが車から前方へ飛んだ。
- b.切れ込みをつけ、つぶれやすくした三角柱では、おもりは動かなかった。

3.考察

aでは、三角柱がつぶれにくく、車のエネルギーがそのまま、おもりに伝わり、おもりが車から飛んだ。bでは車のエネルギーのほとんどが三角柱をつぶすのに使われたため、おもりを飛ばすエネルギーがなかったので、錘は飛ばなかったのである。

結論

この実験から、車が衝突する際、衝突する部分は頑丈な時より、もろい時の方が車への衝撃は少ない。

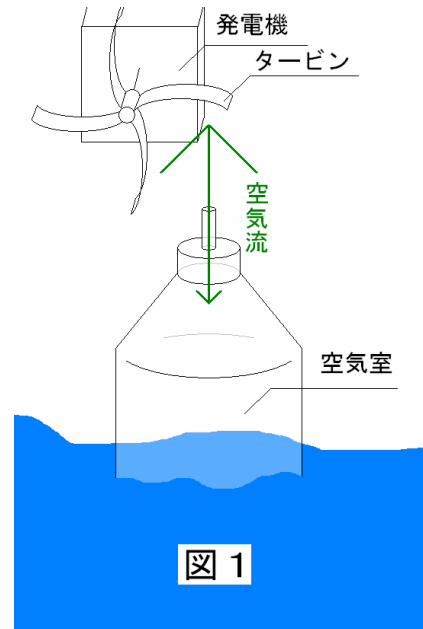
波力発電

1. はじめに

日本は四方を海に囲まれた島国であり、その長い海岸線には常に波が押し寄せ、ほぼ無限のエネルギーを供給していると言える。環境問題・エネルギー問題が日々報道される現代、波のエネルギーはそれを解決する方法の一つとして注目を浴びつつある。

波力発電は現在、航路標識ブイ(航行中の船舶を灯光や電波によって誘導する)の電源として最も多く使われ、海岸地域における波力発電も試験的に一部の地域で行われている。

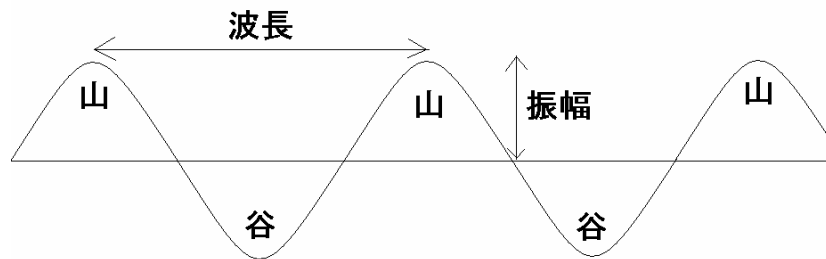
私たちは今回この波力発電について実験を行って実際に発電をし、その性能について考察した。



2. 実際の波力発電

現在多くの波力発電に用いられている発電方式が、「空気タービン方式」である。これは、水の表面波による水面の変位を利用して

密閉容器内に空気流を発生させ、タービンを回して発電するというものであり、模式的には図1のような装置である。このとき波の上下往復運動によって空気流の



向きと大きさは周期的に変化するため、空気タービンを一定方向に回転させるには図1よりもはるかに複雑な装置を要する。

つまり、波力発電は波の上下の振動を電気エネルギーに変換しているのである。しかし空気タービン方式は前述の通り、装置の構造が複雑で強力な波を必要とするので実験として行うには不向きである。

3. 実験

今回私たちは、空気タービン方式ではなく、コイルの内部でネオジウム磁石を上下させ、コイルに誘導電流を発生させることで発電し、波の振幅[cm](図2参照)と生じる最大の電圧[mV]の関係を考察しようと考えた。誘導電流とは、「導体に囲まれた空間で磁界が変化することで導体に流れる電流」のことである。(詳しくは「渦電流」参照)

<実験方法>

- ① 以下の物を用意する。

水槽、発砲スチロール、ネオジウム磁石、エナメル線、フィルムケース、釣り糸、フェライト磁石、ストロー、木の板、アルミ製の針金、アクリル板、銅パイプ、ばね、スタンド、ビニールシート、定規、リード線、コンデンサー、テスター

- ② 用意したものから図

3(波の発生装置), 図4(発電装置)を作り, 図5(全体

図)の様な実験装置を組み立てる。このとき、水深を 8.0cm, 発砲スチロールの上端からコイル(フィルムケースに200回巻き)の下端までの高さを 2.0cm とした。

- ③ 水槽の一端に固定した「波の発生装置」で水面を一回押して発電装置に波を入射させて発砲スチロール片に縦方向の振動を与えることでネオジウム磁石をコイル中で上下させ、テスターに表示される電圧の最大値(絶対値に換算)と壁面における入射波の振幅(水面の変位)の最大値を記録する。

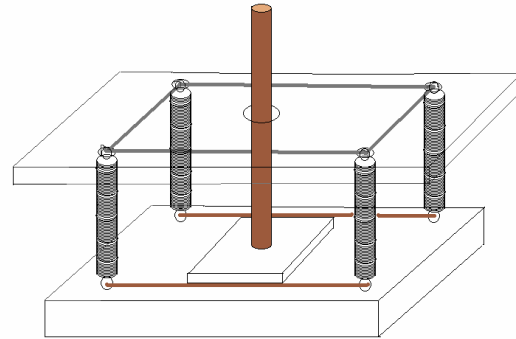


図3

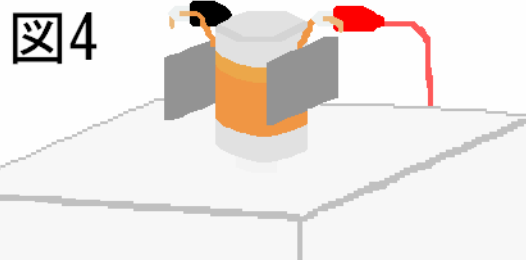


図4

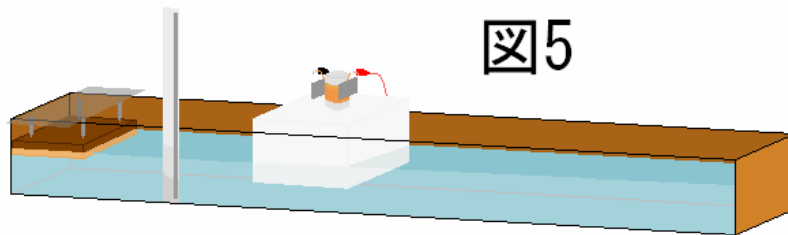
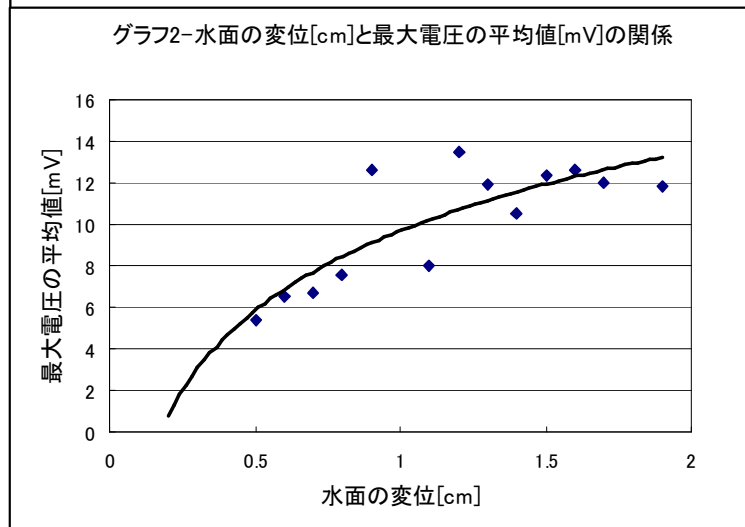
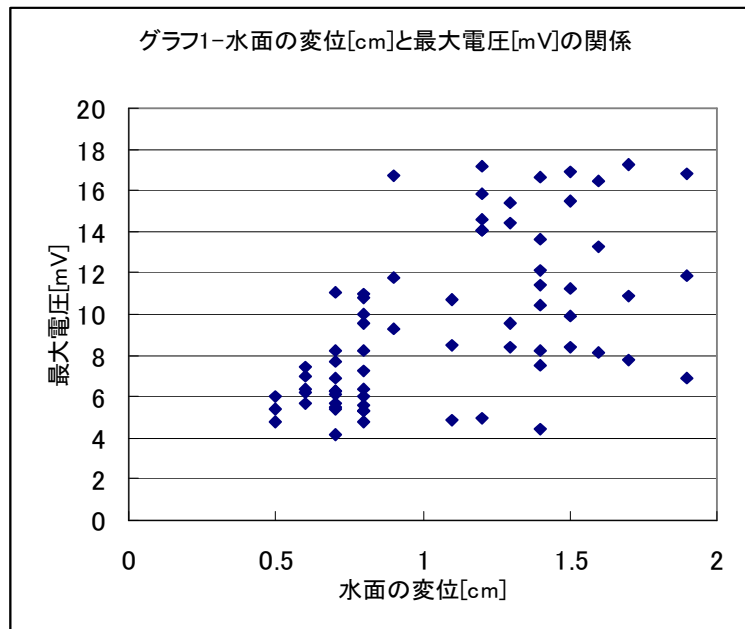


図5

4. 結果・考察

以上の実験データすべてをまとめるとグラフ1が得られた。しかし見ての通り、同じ水面の変位でも得られる電圧に大きな差が生じ、このグラフからは傾向を読み取ることは難しい。

そこで、水面の変位と、同じ水面の変位で得られる最大電圧の平均値の関係をグラフ2に示した。グラフ2で近似をとると全体的に、水面の変位が大きくなるにつれて得られる電圧は平均的には大きくなるということが分かる。



5. 結論

- ① 今回の実験によって微弱ではあるが発電することができた。
- ② 水面の変位が大きくなるにつれて得られる電圧は平均的には大きくなるが他の様々な条件によっては変動が大きい。

放電

はじめに

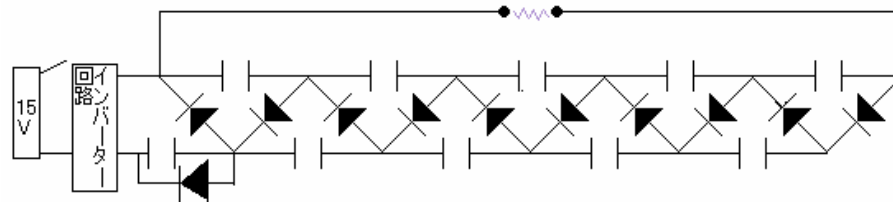
絶縁体に、高電圧をかけると電子が気体分子にぶつかり、気体の中から電子を叩き出す。そのため、電子の数がねずみ算的に増え、一時的に絶縁体に電気が流れるようになるというものを放電という。

その例として雷がある。雷は、空中で雲の中の微粒子がこすれあってプラスとマイナスの電気に分かれる。マイナスの電気を帯びた粒が先に落下すると、プラスの電気がマイナスの電気が引きつけあい上的ようなことが起きる

1. 目的

放電によってどのような影響が出るかを調べる。

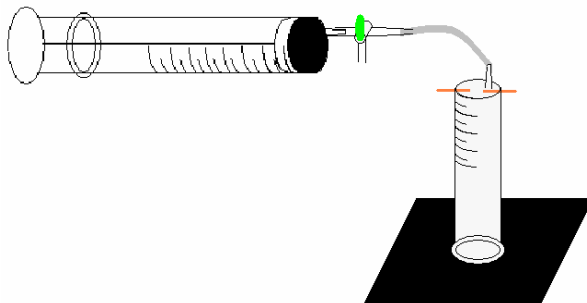
2. 実験装置



上のような実験装置を作成して、空気中での実験をした。

3. 真空放電

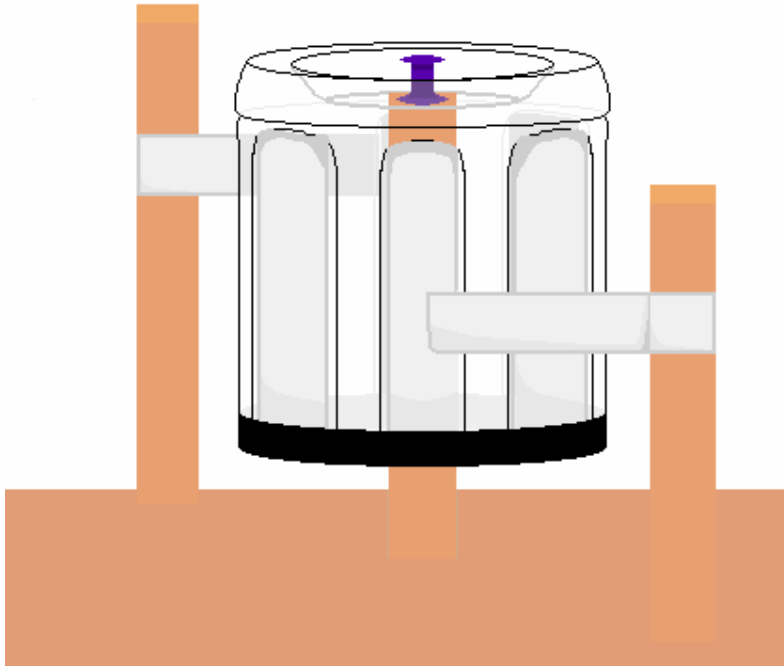
そのまま放電していると、気体の少ない状況の場合はどうなるのかという疑問が浮かんだため下のような簡易真空装置を作り実験をしてみた。



上の実験装置は、三方コックで外の空気を遮断して大きな注射器で小さな注射器の中の空気を抜き、小さな注射器への空気を遮断して大きな注射器の中の空気を外に排出する。

すると小さな注射器の中の気圧が下がる。そこで実験をすると、気体分子の数が少ない低圧の方が電子は遠くまで到達する。またヘリウムの中で放電をしてみると空気中で放電した時よりもピンク色であった。

4. フランクリンモーター



図の装置をフランクリンモーターと言う。

フランクリンモーターが回る原理は、コップのアルミテマイナスにプラスの端子からはプラス、マイナスの端子でマイナスの電気がプラスチックコップについているアルミテマイナスに付く、するとマイナスとマイナス、プラスとプラスは反発し合い、マイナスとプラスは、引き付け合うので回転する。

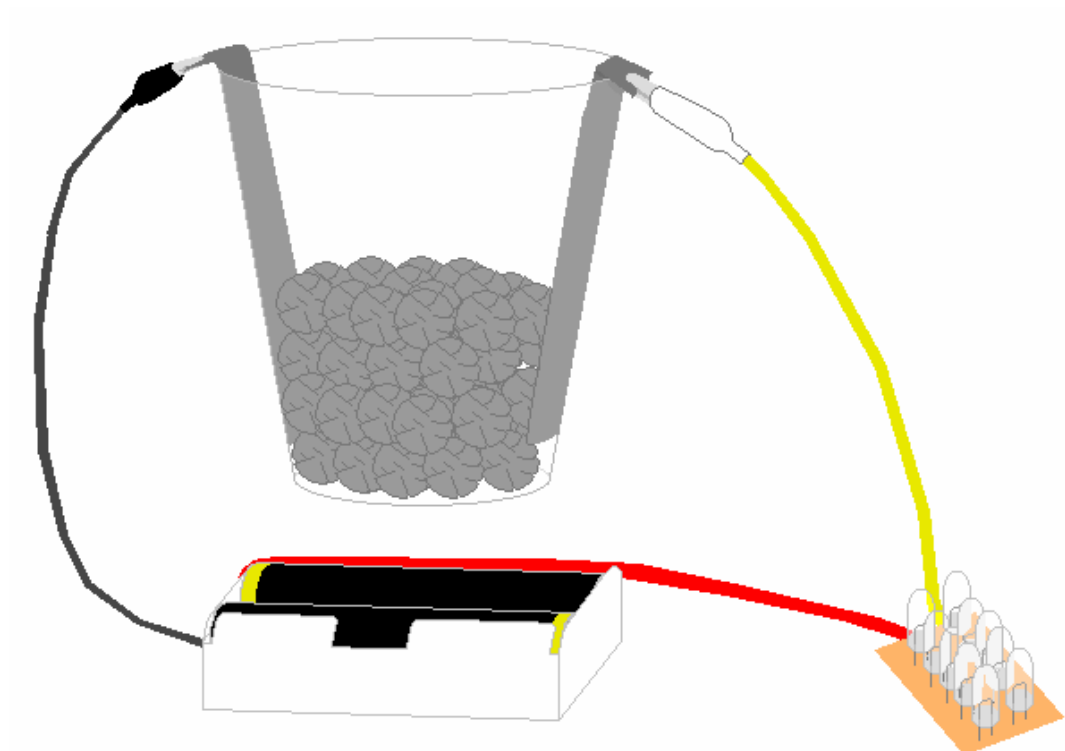
プラスチックコップでは回転が安定しなかったので側面が平面になっているペットボトルで実験をした。すると回転が安定した。

5. コヒーラ

放電が起きるとオゾンと電子が発生する。オゾンは消臭や殺菌に使われている。

次ページの実験装置は、アルミ箔をコップにたらしその中にアルミ箔を丸めたものを入れたものである。アルミニウムは、いつも酸化膜に覆われておりそのままでは電流が

流れない。しかし、放電で生じた電子がぶつかると、この酸化膜は破ける。すると電流が流れるようになり LED が点灯する。



終わりに

今後は、コヒーラの飛距離と、フランクリンモーターの速度が変わる理由を調べていきたいと思う。

2008年本郷祭 科学部要旨集

発行日 2008年9月20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>