

2006/9/23～9/24

2006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

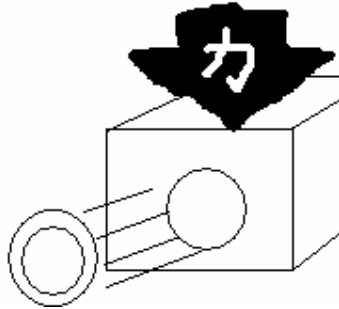
空気砲	2
燃料電池	6
視覚の不思議	10
スターリングエンジン	14
液状化現象	16
渦電流	20
ホバークラフト	24

空気砲

空気砲とは、ダンボールの一つの面に穴を開けて叩くと下の図のように中から空気の輪が勢い良く飛び出すものです。

また、この空気の輪は「非常に遠くまで届く」等の特殊な性質を持っています。

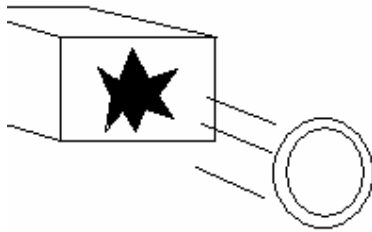
そこでこの空気の輪についていろいろな実験をしました。



1: 穴の形を変えてみる

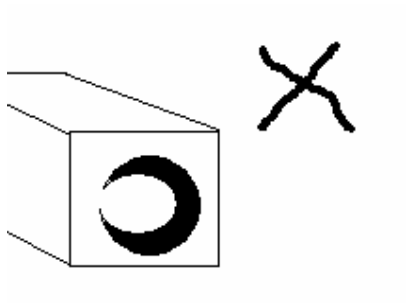
空気砲の穴の形は円形が主ですが、形を変えてみることで輪の形にどのような変化が起きるのか実験してみました。

(1) 星型



上図のように星型にしてみました但し輪の形は円形でした

(2) 三日月形



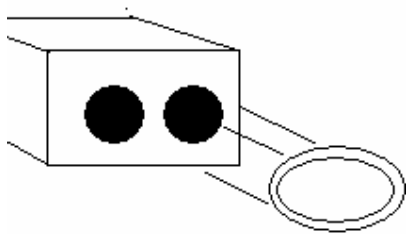
上図のように三日月形にしてみたところ、輪はうまく出来ませんでした。

以上の結果から、穴の形に関係なく輪の形は円形になり、また、穴の形が円からかけ離れていると輪は出来ないことがわかります。

2: 穴の数を増やしてみる

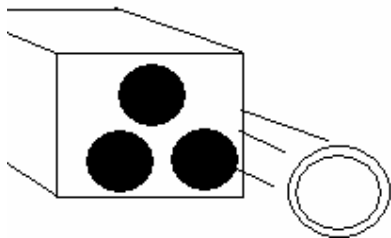
空気砲の穴の数を増やすことでどのような変化が起きるのか実験してみました。

(1) 穴の数を二つにしてみる



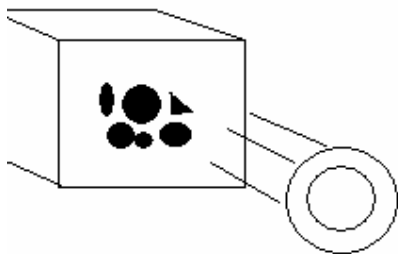
上図のように穴を二つに増やしてみたところ、空気の輪は一つに合成されました。

(2) 穴の数を三つにしてみる



上図のように穴を三つに増やしてみたところ、空気の輪はかろうじて一つに合成されましたが、成功率は低く、あまり安定しません。

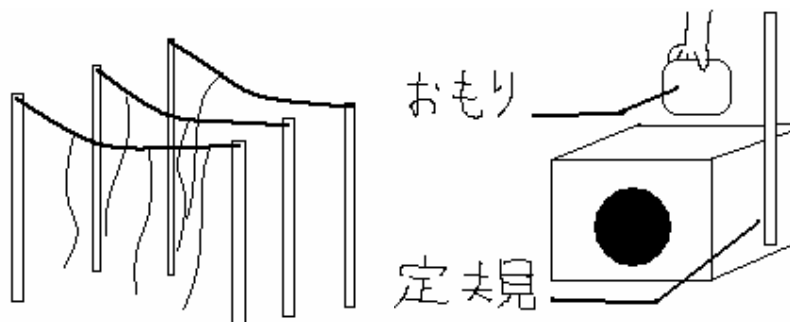
(4) 円形に多数の穴を配置する



上図のように円形に穴を多数配置してみたところ、穴は合成され一つになりました。

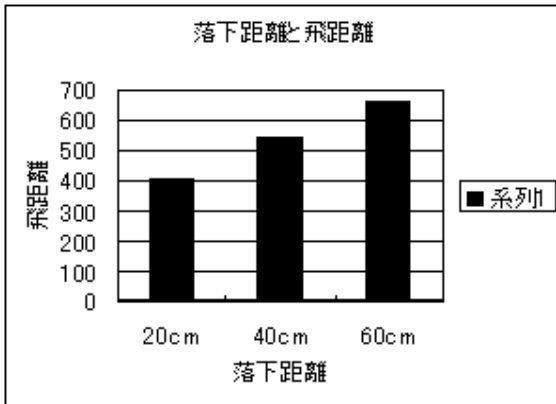
以上の結果から、空気の輪は合成できることがわかりました。
また、穴どうしの距離が離れていると安定しないようです。

3: 押す力の大きさと飛距離



上の左図のように細い糸をいくつも垂らして空気の流れが見えるようにした装置を廊下に設置し、上の右図のように 500gのおもりを高さを変えて落としてその飛距離を測定してみたところ、下のグラフのようになりました。

このグラフから落とす高さが高い方(押す力が強い方)が飛距離が大きいことがわかります。



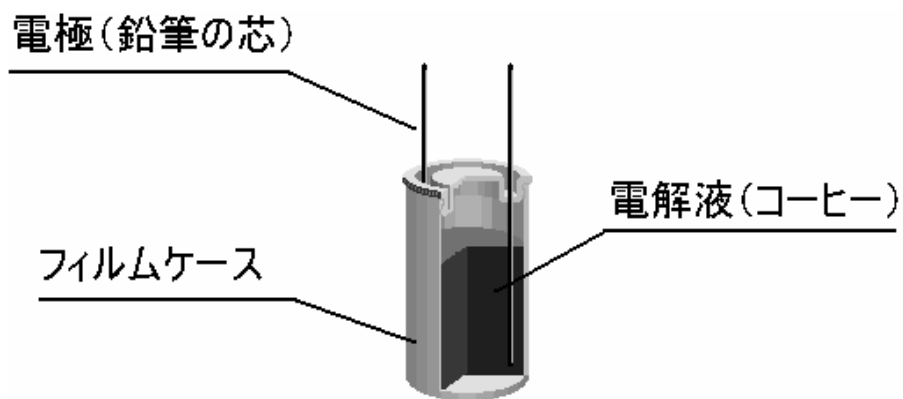
以上の実験から、空気砲は「穴の形に関わらず輪の形は丸くなる」「二つ以上の輪は合成できる」「押す力が大きい方が飛距離が大きい」という性質を持っていることがわかりました。

燃料電池

実験目的…今、未来のエネルギー技術として注目されている燃料電池を実際に作り、原理を理解する。また、その燃料電池の実用性を高めるにはどうしたらよいかを考える。

1つ分の材料…フィルムケース1個、鉛筆の芯2本、コーヒー(電解液)、電源、導線

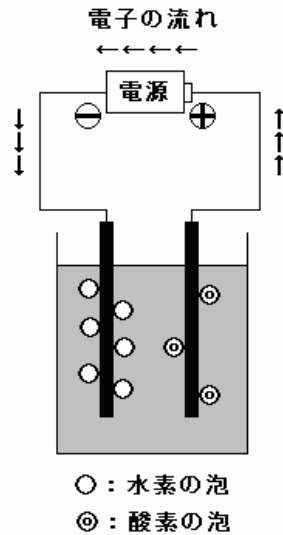
作り方…まず、フィルムケースのふた(きちんと閉まる物)に、キリで2ヶ所鉛筆の芯が通る大きさの穴を開けます。次に、木の部分をむき、適当な長さに切った鉛筆の芯をその穴に差し込み電極とし、穴を接着剤でふさぎ固定します。最後に中にコーヒー(電解液)を注ぎ、ふたをすれば完成です。



燃料電池を充電する

燃料電池から電気を発生させるためには**水素(H₂)**と**酸素(O₂)**という物質が必要です。水素と酸素は、水に電気を流すことで水が分解されて発生します。しかし、水はそのままでは電気を流しにくいので、**電解液**としてコーヒーを入れると反応が起こりやすくなります。これを、「**水の電気分解**」といいます。(ちなみにこの反応は 水→水素+酸素 または $2\text{H}_2\text{O}\rightarrow 2\text{H}_2+\text{O}_2$ と表せます。)水の電気分解を行うには次のような回路を作ります。

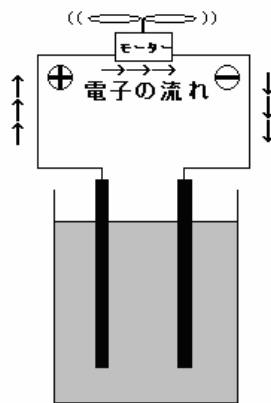
<電気分解の回路>



燃料電池で発電する

水の電気分解を数分間行くと、+極側の電極(陽極)には酸素の泡が、-極側の電極(陰極)には水素の泡が発生します。電気の発生を確かめるために次のような回路を作ります。

<電気の発生を確かめる回路>



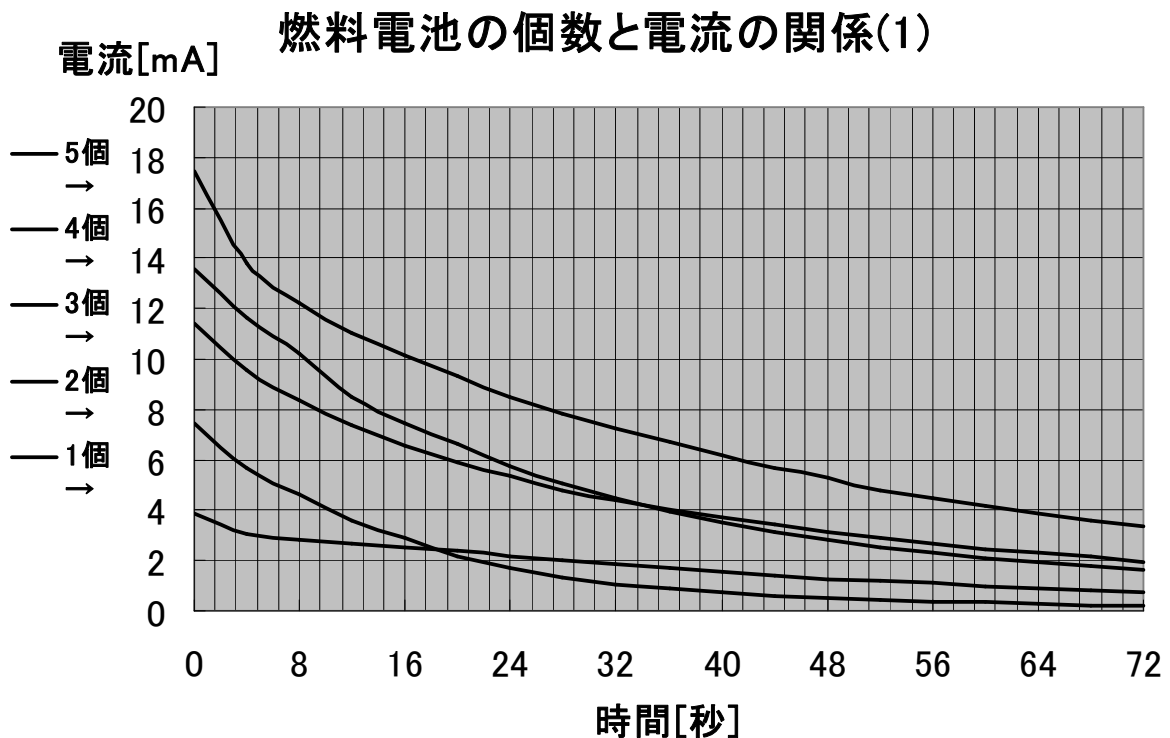
このとき、水素と酸素が反応し電気と水ができます。(ちなみにこの反応は 水素+酸素→水 または $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ と表せます。)これを見てみると、水の電気分解と燃料電池の反応は**正反対**の反応であるということがわかります。

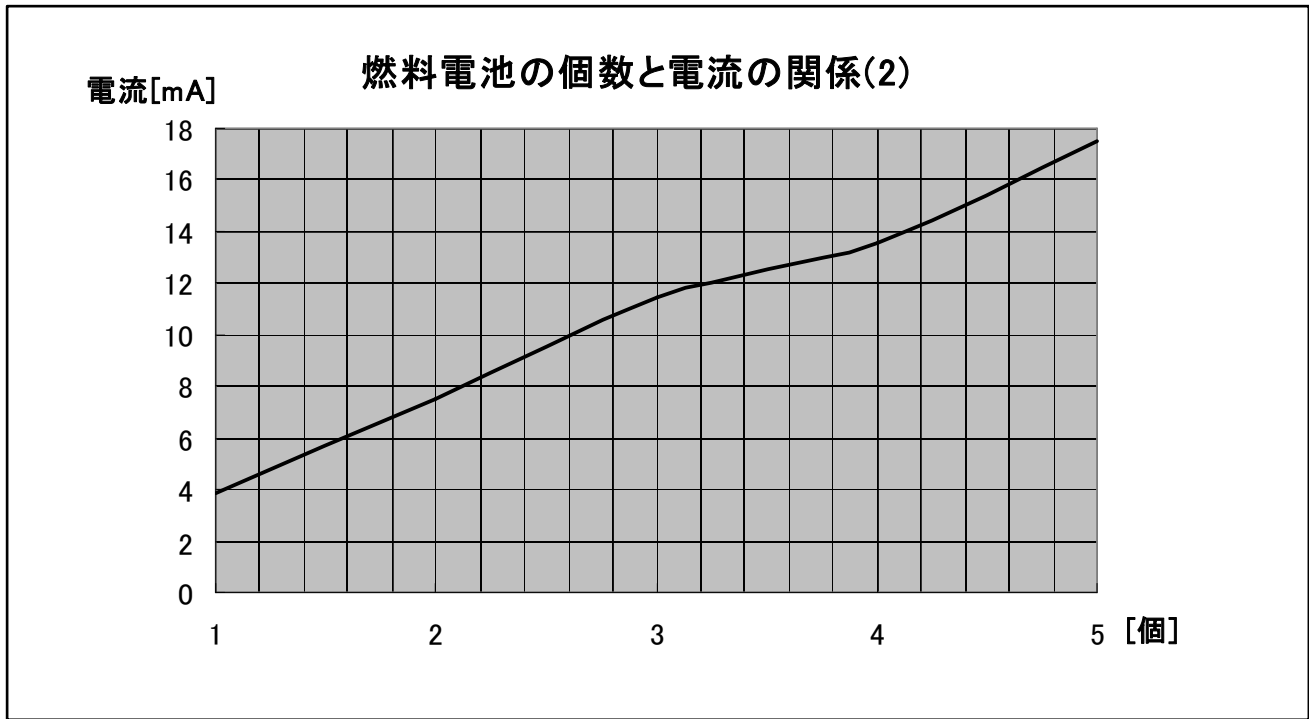
反応の詳しい原理

それでは、水の電気分解ではなぜ+極側に酸素が、-極側に水素が集まるのでしょうか。そもそも電流とは、**電子**という細かい粒子の流れのことです。電子は、-から+へ移動しています。物質は全て電子を持っているのです。電子を失ったり余計に持ったりしている物質を**イオン**と呼び、電子を失ったイオンを**プラスイオン**、電子を余計に持ったイオンを**マイナスイオン**といいます。電解液の中には、水素イオン(H⁺)、水酸化物イオン(OH⁻)などのイオンが混ざっています。このとき、水素イオンはプラスイオンです。電気を流すと、電子は-極側から出てくるので、水素イオンは-極で電子を受け取り、**水素(H₂)**になります。よって、水素は-極側に発生するのです。それに対し、水酸化物イオンはマイナスイオンなので、水素イオンに電子を受け取られることで電子を失い、電子が流れ出る+極で**酸素**が発生するのです。

燃料電池でモーターを回す

去年から燃料電池でモーターを回す方法を考えてきました。燃料電池1個や複数の直列つなぎで実験をしましたが、電流量が足りず、モーターを回すことができませんでした。そこで今回、燃料電池を並列でつなぎ、個数を増やしながら実験したところ、4個以上でモーターを回すことができました。今回は、より安定してモーターが回るように燃料電池を5個並列につなぎました。燃料電池の数と得られる電流の関係を示したのが次のグラフです。





これらのグラフから、燃料電池を並列つなぎで増やしていくことで、ほぼ比例して電流も増加していることがわかります。また、今回使用したモーターを回すには初期の電流が 12mAほどよりも大きくなければならないということもわかりました。

視覚の不思議

<概要>

- ・ 日常に存在する視覚の不思議を、わかりやすく確認する。

<準備するもの>

【ソーマトロープ】

工作用紙(5cm×5cm)二枚, 輪ゴム, 筆記用具

【立体眼鏡】

工作用紙(5cm×15cm), セロファン赤・青(3cm×4cm より少々大きく)

カッターナイフ, セロハンテープ, 輪ゴム

<説明>

- ・ 日常の事物を誤って認知することを「錯覚」という。中でも、視覚に関わる錯覚を「錯視」と呼び、たくさん種類が発見されている。今回はその中でも残像を詳しく発表し、またそこから派生して立体視を発表する。

I 残像

- ・ 残像とは、物体が高速で移動したとき、その物体の通過点にも物体があるように見える現象である。

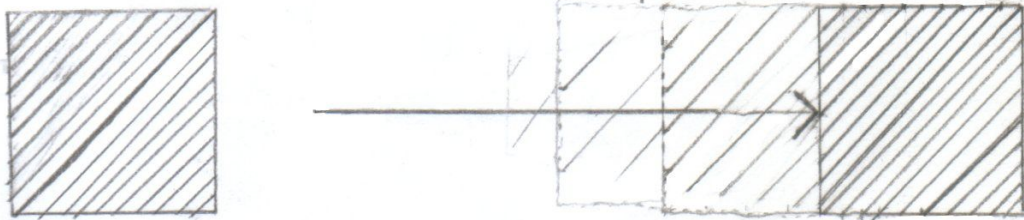


図 1

- ・ この事象は、日常普通にあるもので、例えばアニメーションなどがそうである。誰でもよく目にすることだろう。また、教科書の端にパラパラ漫画を書いた記憶も、在るのではないだろうか？教科書の一角に描かれた棒人間が動いているように見えるのも、残像の力なのだ。これを簡単に確認できるおもちゃを、作ることができる。ソーマトロープと呼ばれるもので、両面に絵を描いた工作用紙を回転させると、その表と裏の絵が合成されるというものである。

【ソーマトロープの作り方】

1. 工作用紙二枚に、絵を描く。(主に背景と主体)
2. 二枚の絵を、一枚がもう一枚に対して逆向きになるように貼り付ける。
3. 貼り付けた厚紙の左右に、穴を開ける。
4. 穴に輪ゴムを差し込む(入れにくい場合は、輪ゴムを切って一本にすると入れやすい)

5. 完成！

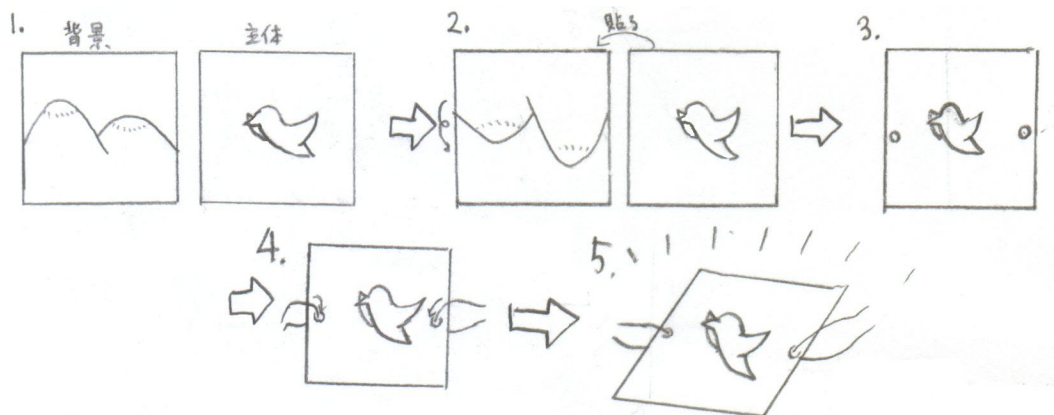


図 2

工作用紙を輪ゴムごとねじって、その端をもって離せば、回転する。
すると、二つの絵が重なって見えるはずである。

<原理>

- ・ 諸説あるが、有力なのは目の色覚細胞が疲労するという説。
光の強弱によらず、光を受ければ目の細胞は疲労する。
強い光程目の疲れは激しくなり、疲れがとれるのにかかる時間は疲れの量に比例する。
また、目の細胞はとても弱いため、多少の強さでも疲れが回復するには時間がかかる。
そして疲れた細胞は、疲れていない細胞に比べて色覚細胞の感知した情報が脳に届く
のには時間がかかるのだ。
そのため、遅れて届いた情報と疲れのない細胞から届いた早い情報が重なり、
物体が残っているように見えるのである。

II 立体視

- ・ 立体視とは、平面(二次元)に描かれた絵が立体(三次元)的に見える見方のことである。

平 行 法 (<http://www2.aimnet.ne.jp/nakahara/3dart/3sakuhin3.html>)





立体視には三つの方法がある。平行法、交差法、余色法と呼ばれる三つで、平行法と交差法の二つは人によって向き不向きがある。

余色法は、専用の眼鏡が必要な事と目に痛い事を除けば、誰にでもできる立体視だ。画像は、アナグリフ画像と呼ばれる赤青の画像でのみ、使用できる。

この冊子にはカラー印刷できないので、インターネットを利用してアナグリフを見てほしい。その際は、今回配布した立体眼鏡を利用してもらえば、見る事ができるはずだ。

(参考サイト:<http://okuyuki.photo-web.cc/0anagl.htm>)

できなかった場合は、下の立体眼鏡の作り方を参考に自ら製作してもらいたい。

【立体眼鏡の作り方】

1. 図③最初の絵の斜線部分を切り取る。
2. 裏返し、赤色セロファンを左に、青色セロファンを右に貼り付ける。
3. 耳掛け用輪ゴムを、必要に応じて左右につける。
4. 完成！

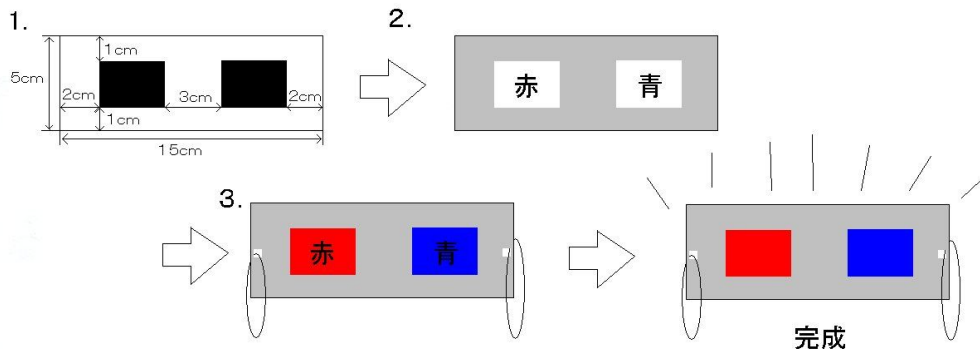


図 3

鼻に当たる工作用紙は、カッターでちょうどよい形にすればよい。

あとはこれを通して画像を覗くだけである。

<原理>

- 人間は、片目では物の大きさや色、重なりなどを確認し、
両目では両目視差などの情報を得る。
両目視差とは、現実の物体を見る際に右目と左目の位置が違うため起こる、
像の写り方の差である。
この差異を利用して、脳は物体の像を立体的に再構築するのである。
そのため逆に、平面でも右目と左目に見え方の違いが起きるようにすれば、
脳はそれを立体として認識するのである。

ステレオグラムでは、自らの力で両目に別々の画像を見せることで両目視差を起こす。
アナグリフでは、立体眼鏡の目隠し効果を利用する。
赤セロファンは、赤～白の光を通さず、青色だけが残す。
青セロファンは逆に、青～白の光を通さずに赤色だけ通す。
それを、左右の眼にそれぞれつけるので、
結局左右で違う画像を見ていることになるのである。

おまけ)平行法・交差法のできない人へ

「平行法の練習方法」

1. 目から力を抜きぼんやり見るような感じで焦点を画像に合わせないようにする。
2. 画像が段々ぼやけてくるのでさらにそのままぼんやり見る。
3. ぼやけた像が中央へと近づいてくる。
4. 中央へと来た像が融合して立体的に見える。

「交差法の練習方法」

1. 画像と眼の中間付近に指を1本立てる。
2. より眼にするような感じで指先を見る。
3. 視線はそのまま指を抜く。
4. うまくいくと像が3つ並ぶように焦点が合う。

スターリングエンジン

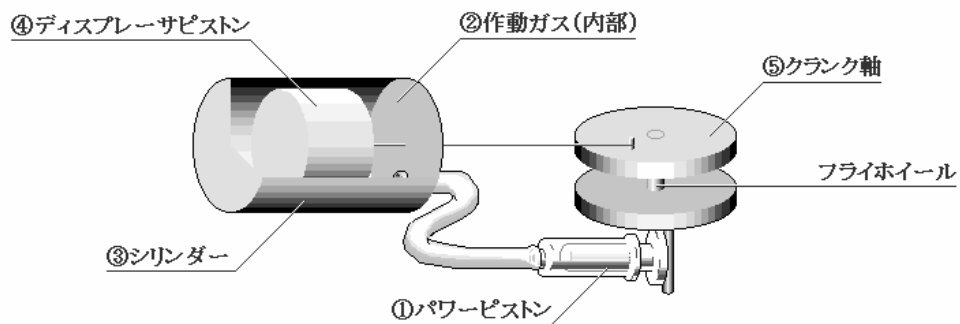
(実験目的)

「エンジンの仕組み」を理解するために比較的構造が容易な「スターリングエンジン」のモデルを作成、研究をする。

(スターリングエンジンとは)

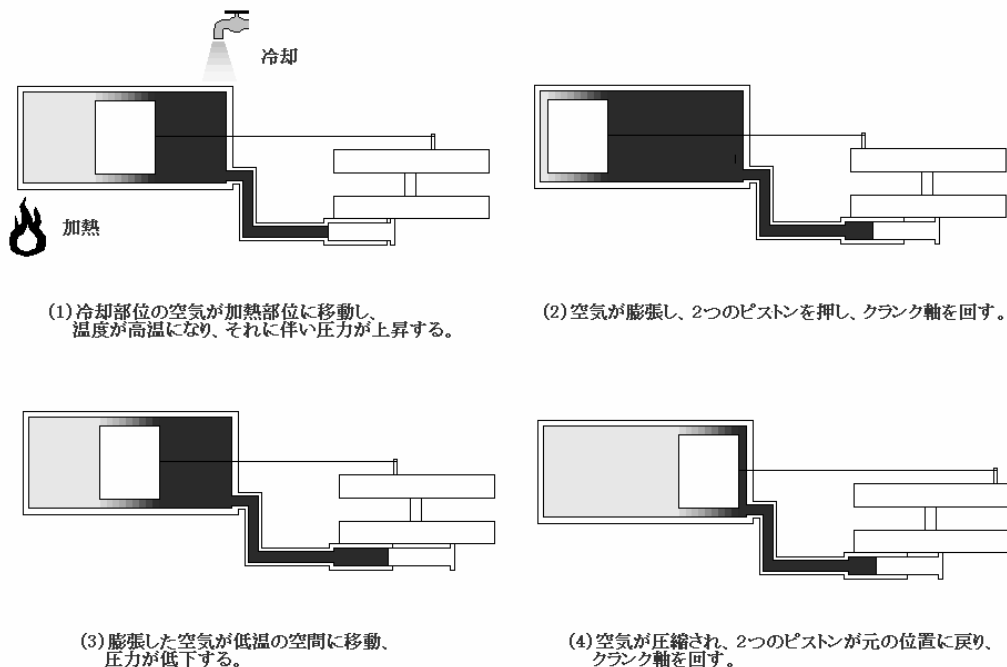
スターリングエンジンとは、1826年、イギリスのロバート・スターリング牧師が開発したもので、当時主に使われていた蒸気機関よりも安全性に優れたエンジンである。

(構造)



スターリングエンジンは、主にエンジン全体の動力源である「パワーピストン」、ピストンに仕事を与える「作動ガス」、エンジン部の容器である「シリンダー」、シリンダー内部で往復運動をする「ディスプレーサピストン」、パワーピストンとディスプレーサピストンを連動させる「フライホイール」からなる。

(原理説明)



スターリングエンジンは、外部の熱交換器から熱を受け、内部の作動ガスを膨張・収縮させ、その圧力で作動する。

まず、ディスプレイサピストンの加熱された部分にある作動ガスが加熱される。それにより作動ガスの圧力が上昇し膨張する。膨張した作動ガスはディスプレイサピストン内には入りきらず出口を求めシリンダーとその中のディスプレイサピストン間を抜け、パワーピストンへと移動する。それによりパワーピストン内部の圧力が上昇し、それに合わせてフライホイールを動かす。それに伴い、ディスプレイサピストンに動きが与えられる。すると加熱された部分にあった作動ガスが冷却された部分に移動し、冷却される。そして、冷却された作動ガスの圧力が低下し収縮し、それにより2つのピストンとフライホイールを動かし最初の状態になる。このサイクルを繰り返し、動き続ける。

(noBB)



今回演示している「noBB」は、次のように各部分がそれぞれの機関に対応している。

- パワーピストン.....10ml 注射器
- 作動ガス.....大気圧空気
- シリンダー.....試験管
- ディスプレイサピストン...スチールウール
- フライホイール.....CD

*このモデルの場合、CDはフライホイールとしてだけでなく、車輪としても機能している。

(ビー玉エンジン)

また、実験室でスターリングエンジンの隣に演示してあるもうひとつのもの。これは「ビー玉エンジン」といわれるもので、スターリングエンジンの構造を見やすくモデル化したものである。だがこれにはフライホイールが無くディスプレイサピストンとパワーピストンが連動していないので、「エンジン」には厳密には分類されない

(利点と欠点)

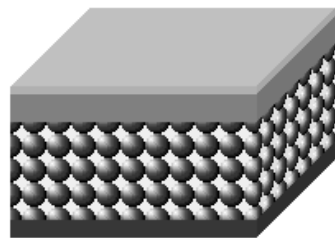
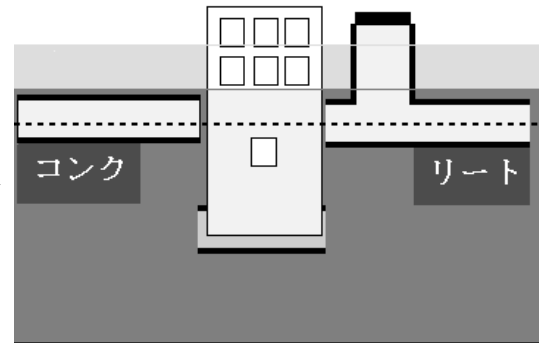
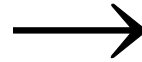
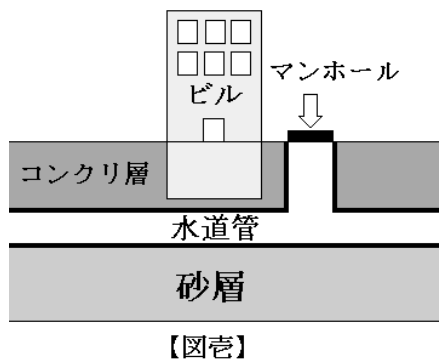
このスターリングエンジンは「熱交換器」を利用して外部と熱をやり取りし、内部のガスを膨張・収縮させて動いているので、実は内部でガスを爆発させて動力に利用しているガソリンエンジンなどよりもガスの爆発事故などの危険性が少ない。それ以外にも熱源に太陽光や地熱、それにバイオなど様々なものが使えるので環境に大変やさしい。だが、燃料を間接的に使っているため、ディーゼルエンジンや蒸気機関などよりも馬力が劣り、今まで余り実用化が進まなかった。

しかし近年、様々なガスの精製やシリンダーとなる容器の強度の強化などが可能となり、効率面が改善され、再び注目を浴びあちこちの企業や研究機関などで研究が進められている。

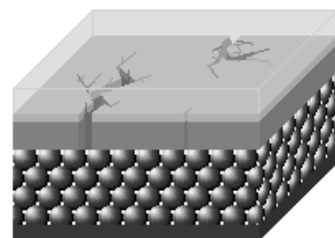
液状化現象

《序論》

液状化現象とは、地下水位の高い砂地盤【図表】が地震などによる強い震動によって、粒子間の摩擦が地下水によって分断され(普段は砂の粒子同士の摩擦によって地盤を保っている)、再堆積して砂の体積が通常より減り、押し出された水(と一緒に密度の低い土砂や埋設物)が地表に上昇し地盤が緩くなる現象です。またその際に地上の密度の高いコンクリートなどは沈降します。



揺れ



【図式】

《準備》

1. ガラスビーズ大小
2. 水
3. ペットボトル 500ml
4. ハイドロトン(軽量培養土)
5. パチンコ球
6. ハンマー
7. 発泡スチロール
8. 強力磁石(パチンコ球回収用)

《実験壺》

まずペットボトルにガラスビーズを適量(大体 1/4 程度)、水をビーズ表面より少し(2cm 程度)上まで入れたものに、ハイドロトン(埋設物)を2~3粒沈めます。

次に、ペットボトルを手で持ちハンマーで底か側面を軽く叩きます。それを暫く行っているとハイドロトンは浮上します。

これにより、衝撃によってガラスビーズ層(砂地盤)の粒子間に水による隙間ができるという液状化によって、その隙間を通して軽い(密度の低い)物は浮上する事が分かります。

《実験式》

まずペットボトルにガラスビーズ大小、水を実験壺と同じ様に、それぞれ入れます。その上に静かにパチンコ球を置きます。あとを実験壺と同じようにハンマーで叩いていきます。すると、パチンコ球が沈んでいきます。

今回は、パチンコ球の密度がガラスビーズのそれより低い為沈んだと言えます。

《感想》

以上の実験・結果は自然界に於ける地震を身近な道具で再現したものです。関東での大地震が囁かれる今日、地震は非常に警戒すべき自然災害の一つとして私達の生活の傍らに確かに存在する脅威です。今回私達は少しでもその脅威を身近に感じ、心に留めておく事こそ大切だと思います。この実験を通して其れが出来たらと思います。

渦電流

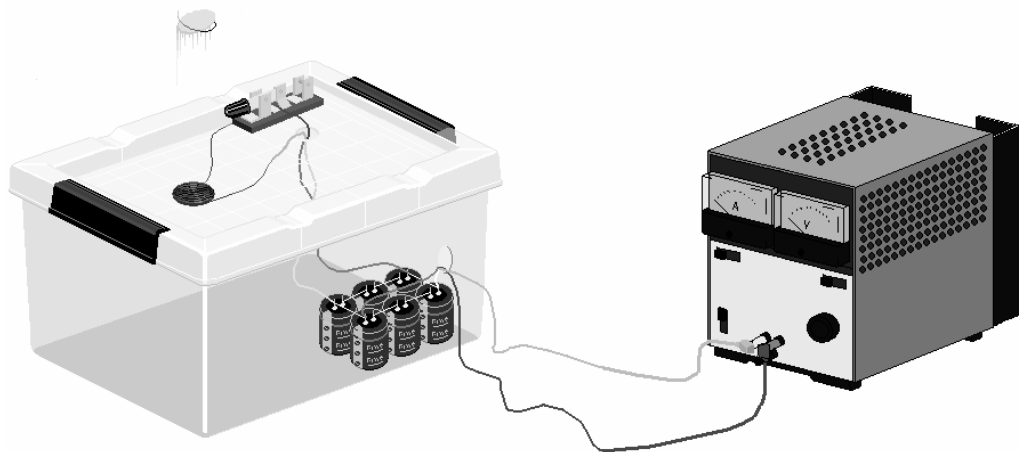
◎ 渦電流

渦電流とは、文字通り渦状の電流のことです。導体(アルミニウム等)の近くで磁界を急激に変化させたり、導体を強力な磁界内で動かしたときに電磁誘導によって発生します。では電磁誘導効果とはなんなのでしょうか。

◎ 電磁誘導

電磁誘導とは、導体によって囲まれた場所の磁界を変化させると、電流が流れるという現象のことです。

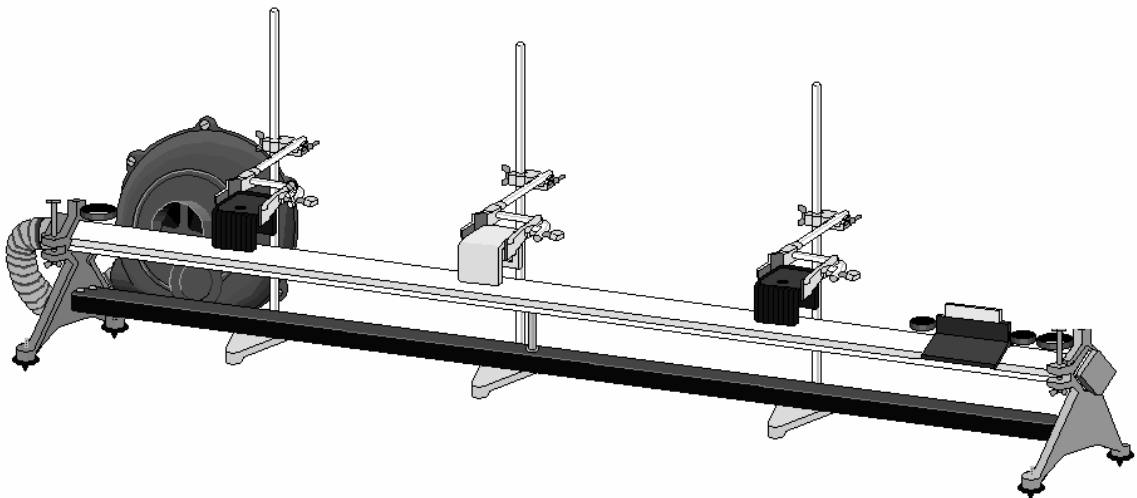
◎ 1円玉飛ばし



この実験装置のスイッチを入れるとコンデンサーに充電されていた電気が放電され、コイルにとっても大きな電流が流れます。これにより一円玉の磁界が急激に変化し、電磁誘導によって、一円玉に渦電流が流れ、一円玉とコイルが反発しあい、一円玉が飛びます。

しかしこの実験では、渦電流の細かいところまでは、わかりませんでした。そこで私達は、次のような実験をして、渦電流の発生位置を調べました。

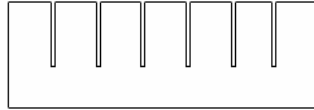
◎ 誘導レール



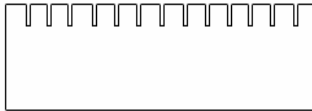
この装置のスイッチを入れるとレールから空気が出て、摩擦無しで、台車が動かすことができます。よって、電磁誘導によって発生する力のみを測定することができ、このことから渦電流の発生位置を予想することができます。今回の実験では以下のようなアルミ板を用いて測定しました。



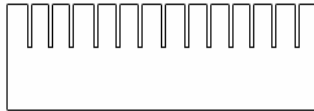
① 無地 (縦25mm 横100mm)



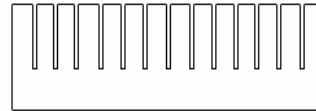
② 切れ込み15mm 6個



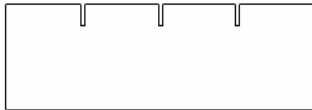
③ 切れ込み5mm 13個



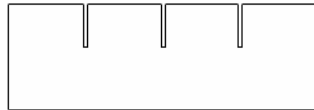
④ 切れ込み10mm 13個



⑤ 切れ込み15mm 13個



⑥ 切れ込み5mm 3個



⑦ 切れ込み10mm 3個



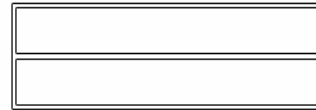
⑧ 切れ込み15mm 3個



⑨ 縦2分割



⑩ 縦4分割



⑪ 横2分割



⑫ 横2分割 上縦4分割

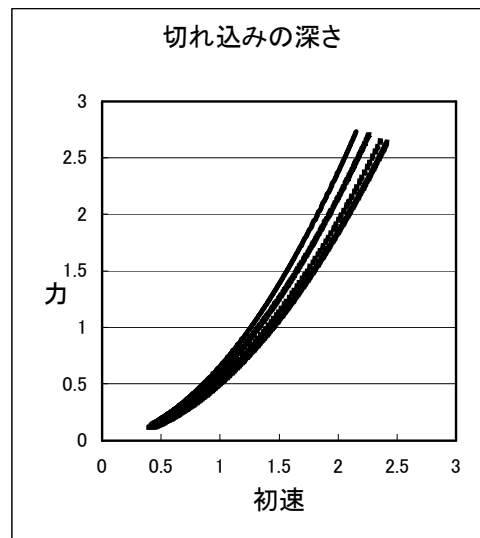
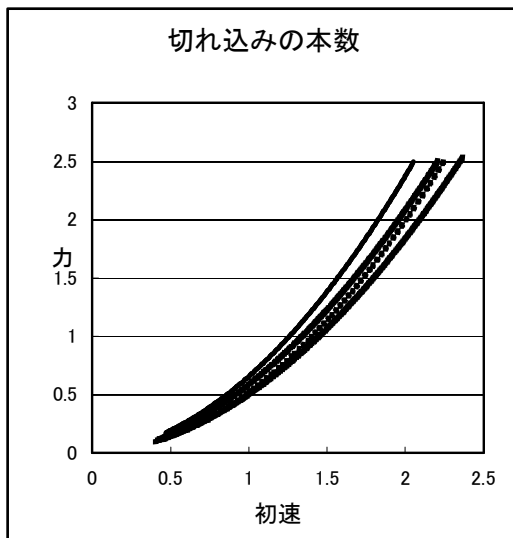
◎ 結果

磁石前後のアルミ板の速度と、以下の式を用いてグラフに表すと以下のようになりました。

$$1/2mV^2 - 1/2mV_0^2 = -FA \quad (V[M/s^2]: \text{アルミ板の初速} \quad V_0[M/s^2]: \text{アルミ板の終速})$$

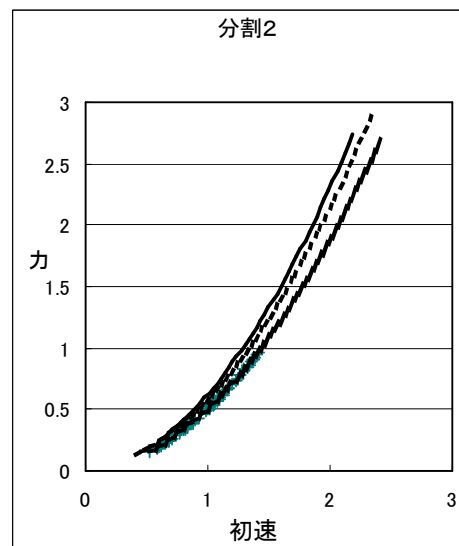
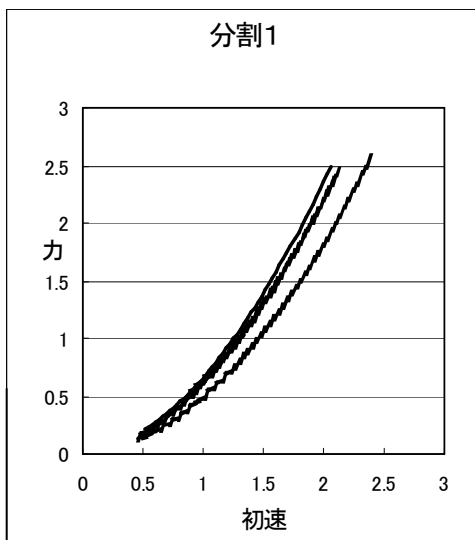
A[m] : アルミ板の長さ m[g]: アルミ板の重さ

F[N]: アルミ板が受ける力)



- 多項式 (無地)
- - - 多項式 (13個)
- 多項式 (6個)
- - 多項式 (3個)

- 多項式 (無地)
- - - 多項式 (5mm)
- 多項式 (10mm)
- - 多項式 (15mm)



- 多項式 (無地)
- - - 多項式 (縦4分割)
- 多項式 (縦2分割)
- - 多項式 (横2分割)

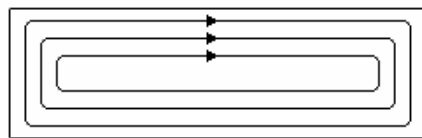
- 多項式 (横2分割上縦4分割)
- - 多項式 (切れ込み3個5mm)
- - 多項式 (切れ込み3個15mm)

このグラフから、

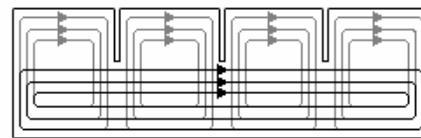
- ① 切れ込みの本数を増やすと力は弱くなる。(例:②,⑤,⑧)
- ② 切れ込みを深くすると力は弱くなる。(例:③,④,⑤)
- ③ 完全に分断したほうが、切れ込みを入れないよりも力が少し弱い。
(例:①,⑨,⑩)
- ④ 切れ込みの長さ分を分断するほうが、切れ込みを入れるより力が弱い。
(例:⑦,⑫)

◎ 仮説

これらのことから、次のように電流が流れるのではないかと予測が立ちました。



切れ込みがない場合



切れ込みがある場合

◎ 結論

これからもこの仮説を確固たるものにするために実験を続けていきたい
と思います。

ホバークラフト

【実験目的】 わずかな力で大重量の物体を動かせる「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 cm^2 あたりを垂直に押し合う力。

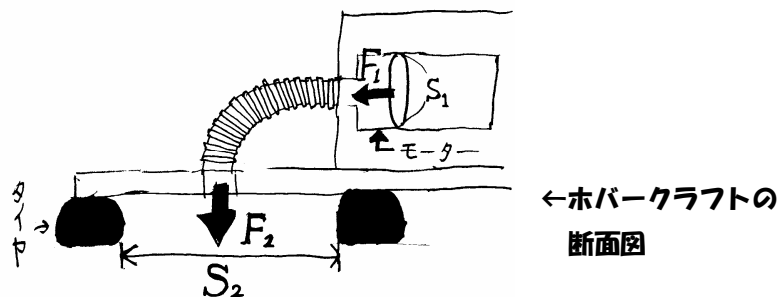
式で表すと以下のようなになる。

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

〈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。



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。

メモ

2006年本郷祭 科学部要旨集

発行日 2006年9月23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>