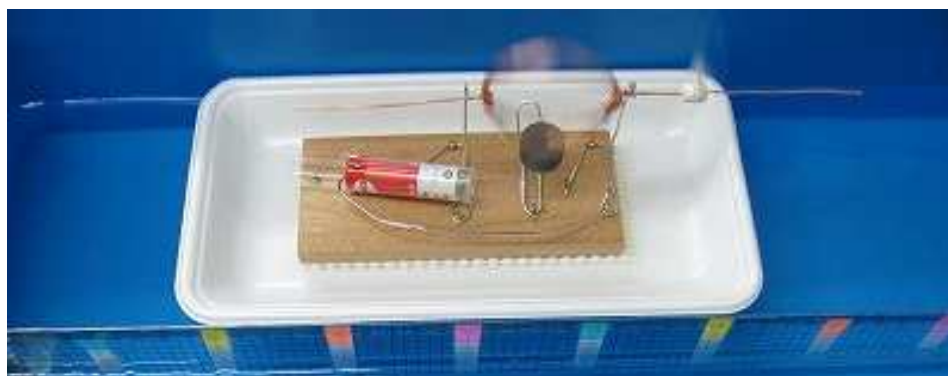


手作りモーターでボートレース



(文中の写真 25 から)

～君は最高のモーターを作れるか？～

身近にあるものを使ってモーターを自作してみましょう。
しかし、モーターは自分自身が回るだけでは役立ちません。何らかの仕事をしてほしい。今回はプロペラを取り付けてボートの推進力に利用してタイムレースをします。

よりパワフルなモーター作りに挑戦してみましょう。

日時 2017.10.15(日)	どの部も共通 (第一部のみ記載)
09:00～10:15 第一部	09:00- ご挨拶
10:45～12:00 第二部	09:05- ルール説明
14:15～15:30 第三部	09:15- 講師の指導の下、モーターを一斉に作成
	09:45- 一号機完成予定
	09:45 - 10:00 適宜休憩, 自由製作
	10:00- 競技会 (テーブルごと, 1台以上)
	時間計測, 工夫した所発表
	10:10 表彰, まとめ, 個別対応

「平成29年度 中学生のための体験授業」(2017.11.7に一部改訂)

沼津工業高等専門学校 電気電子工学科 望月孔二

問合せ先 055-926-5815, mochizuki-k@numazu-ct.ac.jp

1. はじめに

今の教育課程では、中学校までの「電気」の授業でモーターの原理を学び、場合によってはモーターを作ります。でも、その時はモーターについてどれだけ深めたでしょうか？

今回は、モーターの性能を競うという「高度なものづくり」に挑戦しましょう。

もくじ.

1. はじめに (この章)
2. 受講生のルール
3. モーターづくりのルール
4. 部品表
5. モーターづくりの例
 5. 1 回転子の例 1 (シャフトとコイルをすべて1.0mm径の線で作る)
 5. 2 電気配線等
 5. 3 競技
 5. 4 モーター本体の例 2 (ブリックパックの利用) (牛乳パックも)
 5. 5 回転子の例 2 (シャフトは1.0mmだが、コイルは0.5mm径の線で作る)

資料A この授業のねらい

2. 受講生のルール

テーブル対抗の戦いとします。

各テーブルには数名の受講生が座ります。受講生は誰もがモーターを作り、誰もが記録を計ることができます。そして、テーブル内の最高記録を、そのテーブルの記録とします。テーブルが高得点を上げるには、戦い方からして考える必要があります。

個人戦という方針は、単純で無謀な戦い方です。テーブル内に誰か一人の天才がいたならば、そのテーブルは偶然にもクラス最高のモーターを作れるでしょう。

団体戦という方針は、高度な戦い方です。事前にどういったモーターが最高なのかテーブル内で考えて、それぞれがモーターを作ります。ひょっとしたら誰か受講生のモーターの性能は低いかもしれませんが、しかしそれはチームとして最高のモーターを作るための布石になるでしょう。

なお、いかなる時も「安全第一」、「自分以外をリスペクトする」を守ってください。例えば、テーブル内で話し合いをするときには、話をしはじめた人のお話をみんなで最後まで聞きましょう。 **重要：使わない時 電池はポリ袋に入れます。**

3. モーターづくりのルール

モーターを作るときにはいくつかの判断が必要になるでしょう。
ここでは表にしてモーターづくりのルールを確認します。また検討課題も示します。

項目	制限となる条件	今回見送り
1.	ボートは2つの部分からなるものとします： ①かまぼこ板とそれ以上から成るモーター部分、 ②白色トレイから成る船の部分	一体化は今回見送り。また、かまぼこ板以外も見送り
2.	プロペラで推進するものとします。なお、プロペラは前・後どちらでも可とします	外輪船は今回見送り
3.	モーターの基本的な形は、「クリップモーター」とします	電子的な方式は見送り
4.	磁石は指定のフェライト磁石を、指定個数使用	個数追加や、大きさ・材料変更は見送り
5.	単三アルカリ電池	これ以外の電池は見送り
6.	回転部分は、1.0mm径と0.5mm径のポリウレタン線のみとします。使える長さも制限を設けます。	他の太さや、鉄の利用などは見送り
7.	プロペラについて、「市販の3枚羽のプロペラ」も、「ペットボトルを加工したもの」も可とします。	「捨てるのが大変な材料」は採用したくありません。
8.	20cm移動するのに要する時間を計ることにします。動き始めている状態から始めてよい。	人が押すことで「動き始め」を作るのはダメとします。

項目	検討課題	備考
あ.	PETボトルを切り取って作るプロペラは、工夫のしどころである。	大きいと風は起きるが低回転 小さいと高回転だが風少ない
い.	シャフトとコイルのバランスのととり方 (参考：5. 1)	シャフトは回転するための重要な部品
う.	コイルの直径と巻き数をどうするか(コイルの重量は一定とする)	高速回転(小型が有利)と強さ(大型が有利)をどう両立?
う(2).	コイルの形状をどういう形にするか	丸形, 四角型など検討できる
え.	シャフトと軸受け部分の「被覆」の削り方(参照：5. 2)	
お.	(シャフトを1.0mm径の線で作るのは決定)コイルの線の径は1.0mmにするか、も0.5mmにするか。(参考：5. 4)	径が大きいと、少ない巻き数でコイルが太くなる。径が異なる組み合わせでは、加工が大変

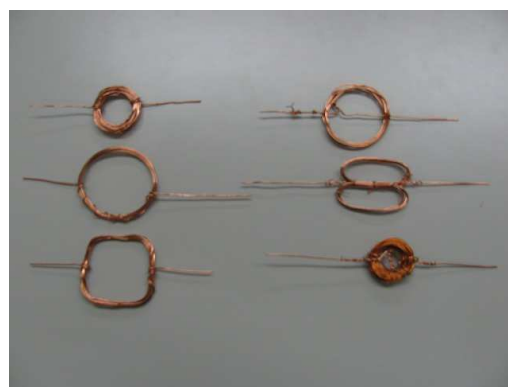


写真1,2

4. 部品表

部品表を示します。

番号	説明	部品名, 型番	注意, 参考価格
番外	A	トレイ 55cm×35cm	水を入れて利用
番外	A	アクリル風よけ	
番外	A	定規50cm	20cm の移動を測定する
番外	B	白色トレイ	台所から持ってきました
1	C	かまぼこ板140×60×10	1×@92=92円
2	C	ジャンボクリップ	6×@3=18円
3	C	木ねじ (M2.1×8mm)	10×@1.5=15円
4	C	フェライト磁石(例 20mmφ×4.5mm厚×2)	2×@4.3=8.6円≒9円
5	C	ポリ袋 (中)	1×@7=7円
6	D	タピオカ ストロー 直径15mm, 半分	0.5×@22=11円
7	D	空のペットボトル	持参
8	D	ケシゴム (1.1mmの穴あけ加工済)	1×@13=13円
9	D	単3乾電池 チャック付きポリ袋 (小)	1×@25=25円 1×@4=4円
10	E	1.0mm径ポリウレタン被覆銅線 (2500円/72m)	2m×@35/m=70円以内
11	F	0.5mm径ポリウレタン被覆銅線 (2700円/279m) ※	7m×@10/m=70円以内
			C+D+2E≒330円

A クラスに一式あればよいもの。

B 本来はボートづくりの必需品だが、今回はクラスで一つとします。

C+D 持ち帰り用です。

E ここでいうメートルは、この授業で最大使う長さとして計画しているものです。

F エナメル線を重量で制限し、別の径の線も使えるようにすると更にモーターのデザインが広がります。

他 2017.9.23に「マルツエレクトロニクス」という通販サイトを調べたところ、1.0mm×10mのポリウレタン被覆銅線 (=エナメル線) が430円 (税抜き, 送料別途) で販売中。(もっと長い単位で購入するとメートル当たり単価は安くなりますが、支払金額は増えます。)

2016.9.24調査によると、ジャンボエンチャー (ホームアシスト) でもエナメル線の扱いがあるようです。

5. モーターづくりの例

参考にしてください。なお、「以下の方法が最良とは限りません」ので、もしも思いついたことがあれば、トライしてください。

【5. 1A】回転子の例1（シャフトとコイルをすべて1.0mm径の線で作る）

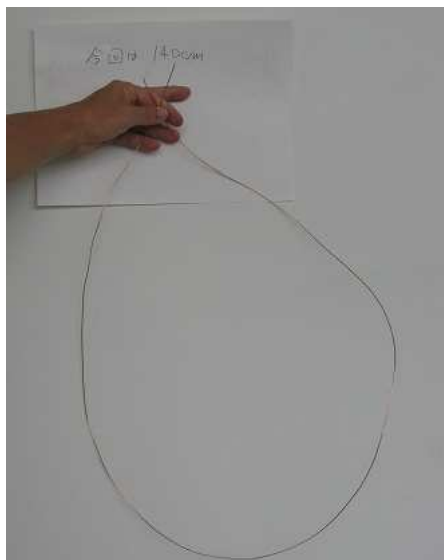


写真3

今回は140cm切り出しました。

重量は10.5gでした。（10gとみなします）

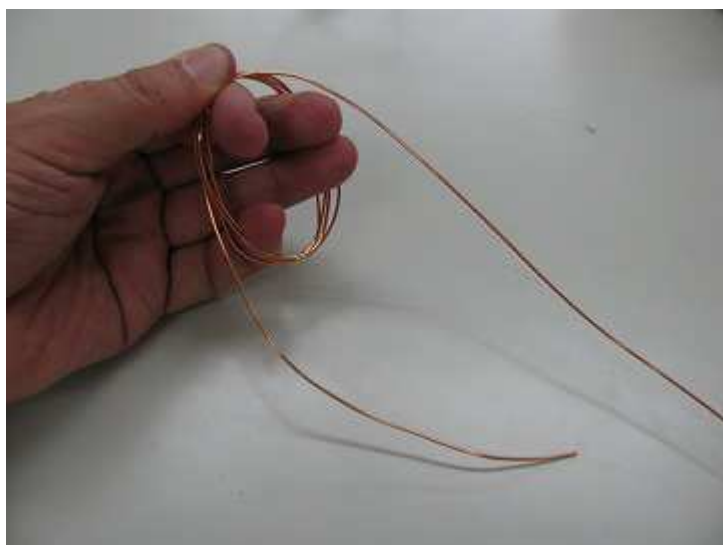


写真4

直径5cmの例を示します。指で作ったポビンに巻き始めました

ポビンとは「糸を巻くための筒状の道具」



写真5

7回巻きました。

140cm =

$$3.14 \times 5\text{cm} \times 7\text{回} + 30\text{cm}$$

ちょうど計算通りです。

【5. 1B】シャフトとコイルの位置関係に注意

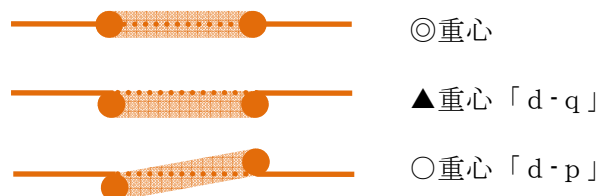
モーターなど回転するものは、回転の中心から見たとき偏りがないことが重要です。これは、シャフトとコイルの位置関係にも言えます。

シャフトとコイルを上から見ても横から見ても時は、コイルの中心にシャフトが来るようにします。

コイルを横から見た時の例を図に3つ挙げます。上段は理想的な形状ですが加工が困難かもしれません。中段はよく見られる構造ですが、偏りがあり、回転に向きません。下段の構造は意外に回転に向いています。



(a)上から見たコイル



(b)横から見たコイル

図1



写真6

90度左に傾けたら「dとp」. 重心の調整が容易なシャフト

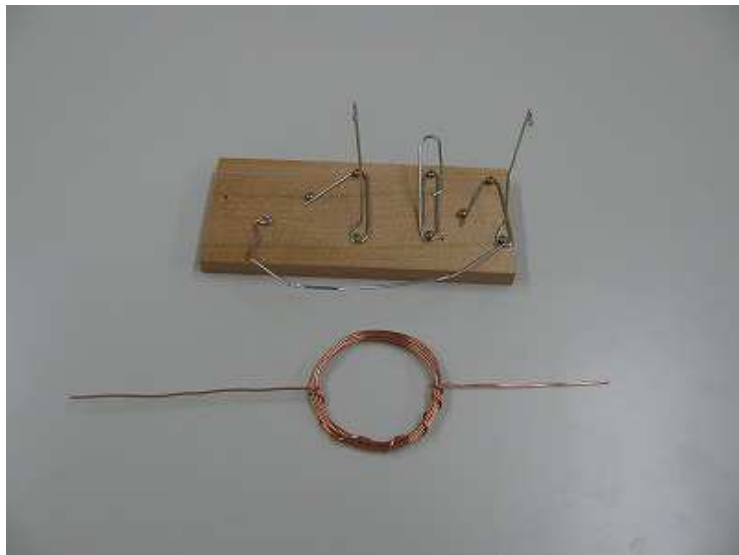


写真7

モーター本体を用意して、
セットしてみましょう。

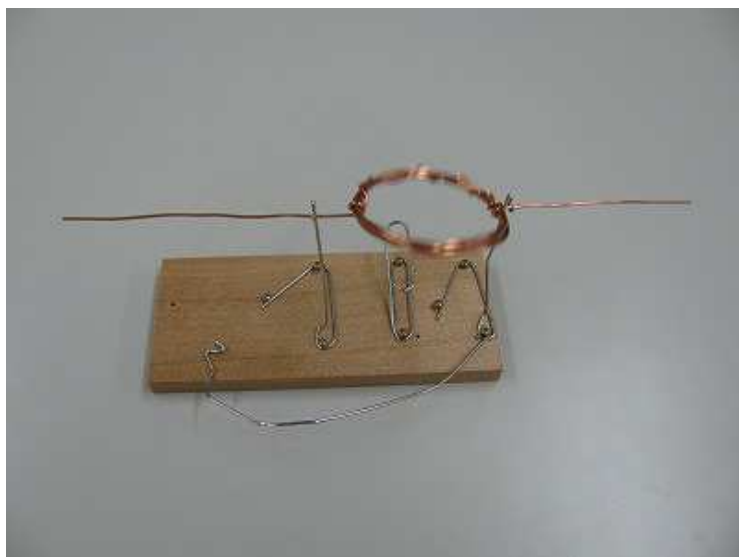


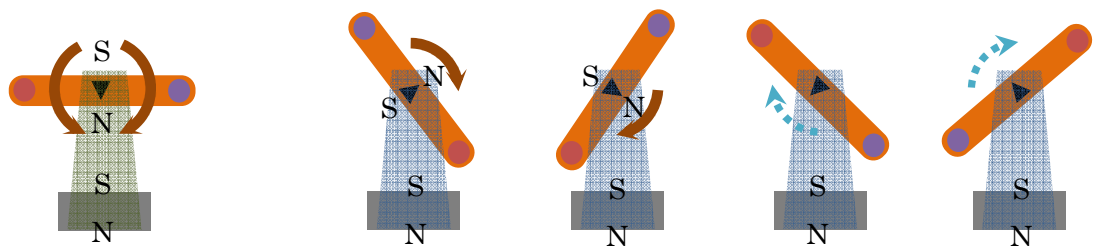
写真8

軽く回したときにスッと
回たなら、重量バランスが
良いということです。

10秒くらい回ったら良い
でしょう

【5. 2A】電気配線等 > 被覆を剥がす (磁石の位置に注意)

クリップモーターの重要な点は、「剥す被覆はシャフトの180度」にすることです。これによって、回転の半分は「慣性」になるものの、回転の半分は磁力によって「決まった回転の向き」に力を受け、うまく回り続けられます。(一方、360度剥



(a) 360度剥し
磁石の向きで停止

(b) 180度剥し
磁力で回転 磁力で回転 慣性で回転 慣性で回転

図2

すと、電池の力で磁石化したコイルは、永久磁石の方向を向き止まってしまう。) このことを考えて、被覆をはがす方向を考えましょう。

なお、強力なモーターを作るための被覆剥しについて、「何処を起点とした180度か」、そして「本当に180度ぴったりが良いのか」、磁石を支える金具や、シャフトを支える金具を見ながら考える必要があります。

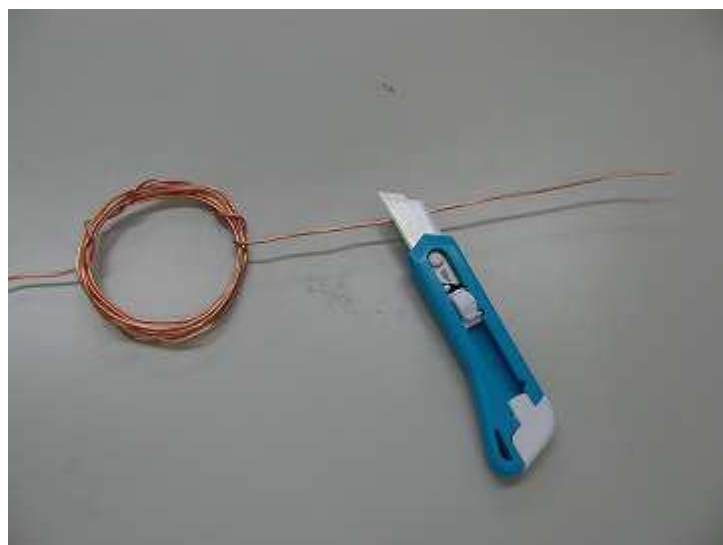


写真9

カッターを使って被覆をはがしましょう。

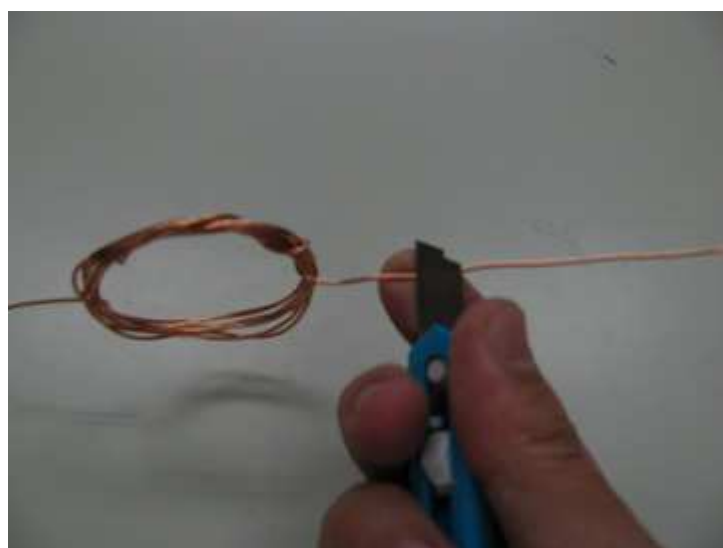


写真10

カッターと指で導線をはさみ、

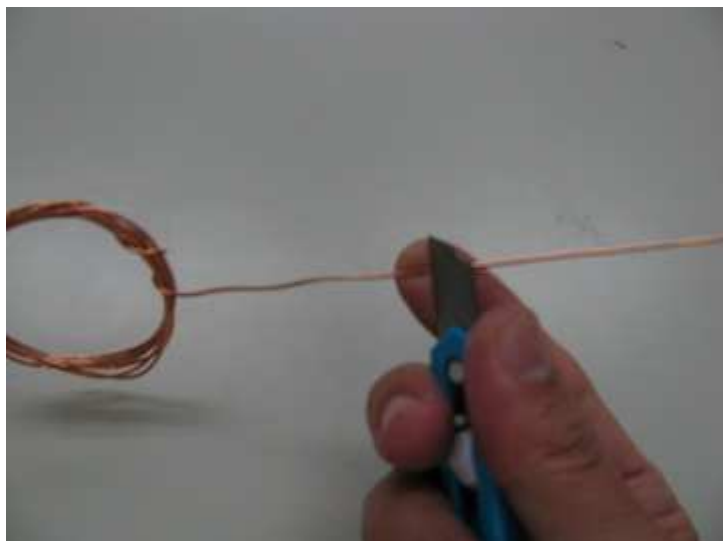


写真11

導線をもう一方の手で引っ張ります。

刃の向きが逆になっているのが正解です。

(ひげをそるような向きだと、食い込んで行ってしまっ、「線を切断する」という失敗につながります)

【5. 2B】電気配線等 > 電池をセットする

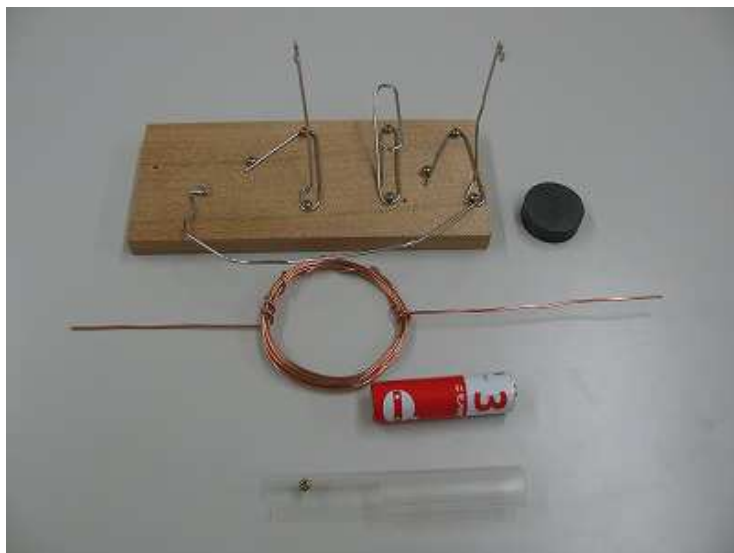


写真12

電気配線に必要な部品を示します。

モーター本体

回転子

電池と電池ホルダ

磁石

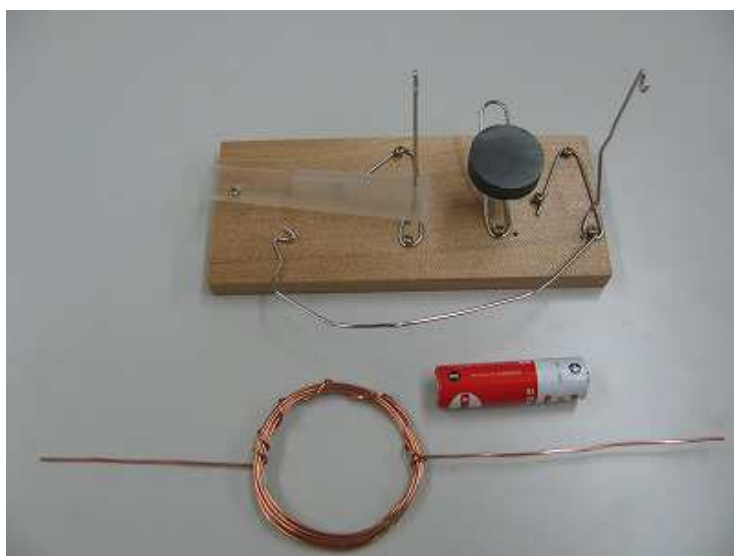


写真13

図4の電池ホルダは、この左の写真のように、片側はシャフトを支える針金にくり込ませ、もう一端はねじ止めされます。

磁石は中央の金具にセットします。

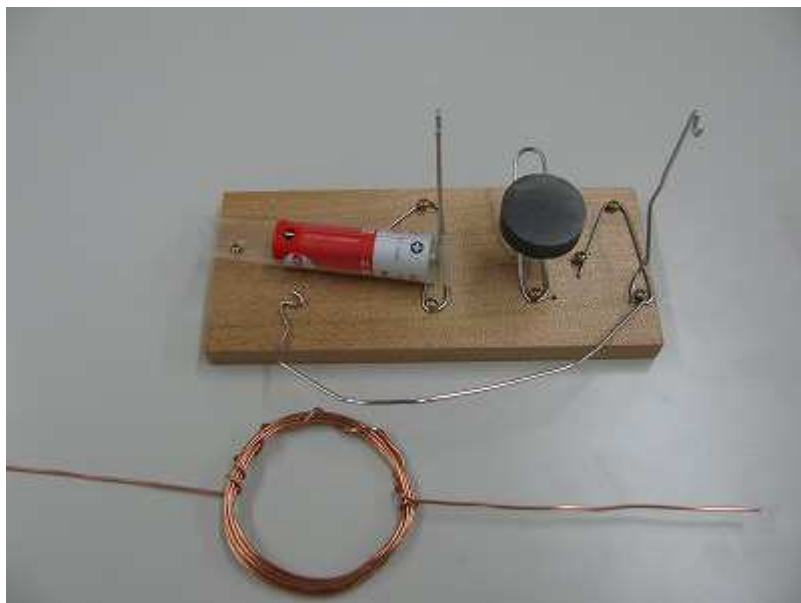


写真14

電池を電池ホルダにセットします。

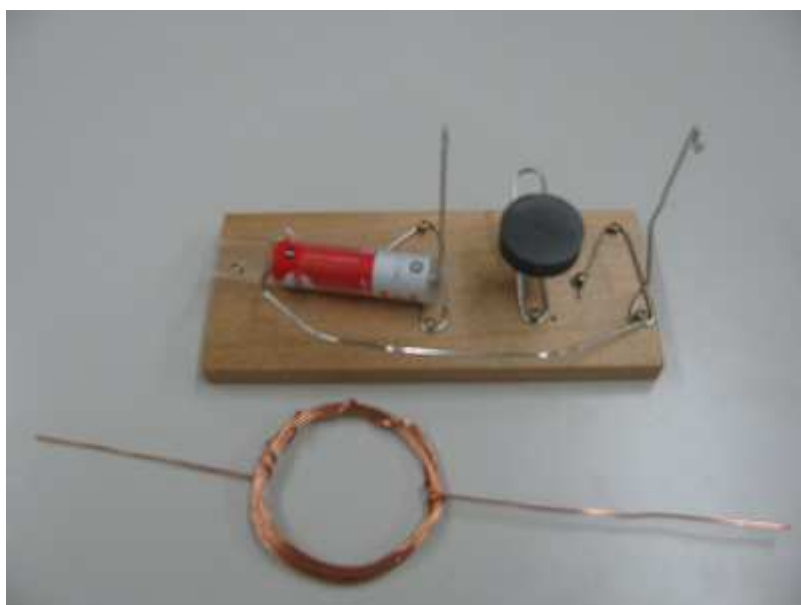


写真15

電池の「マイナス」端子に、針金をくっつけると、二つの「回転子支え」に電気が通るようになります。

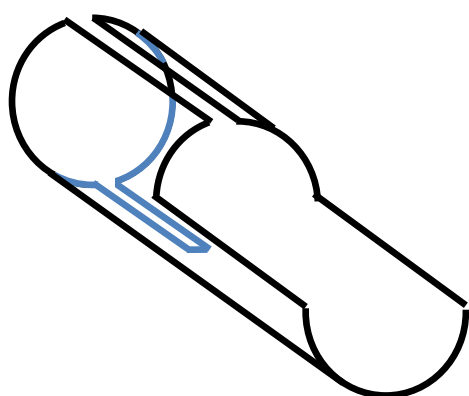


図3

電池ホルダは、この図の構造をしています。

「タピオカストロー」は太いので、乾電池ホルダーに適します。全長は単三乾電池より3cmほど長くし、その約半分は半円型にしています。

【5. 2C】電気配線等 > 回転させてみましょう

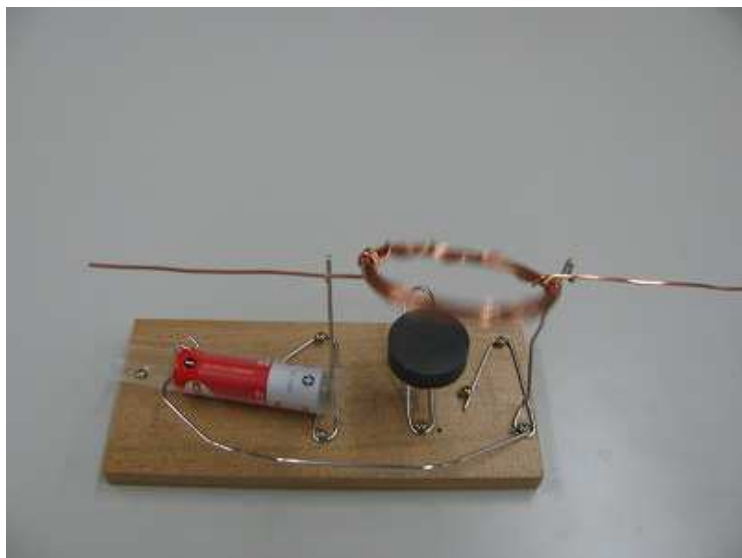


写真16

回転子を乗せた時、
運が良ければ回転を始めるはずですが。
運が悪く回転しないなら、
①バランスを整える、②被覆を剥がす をやり直そう。

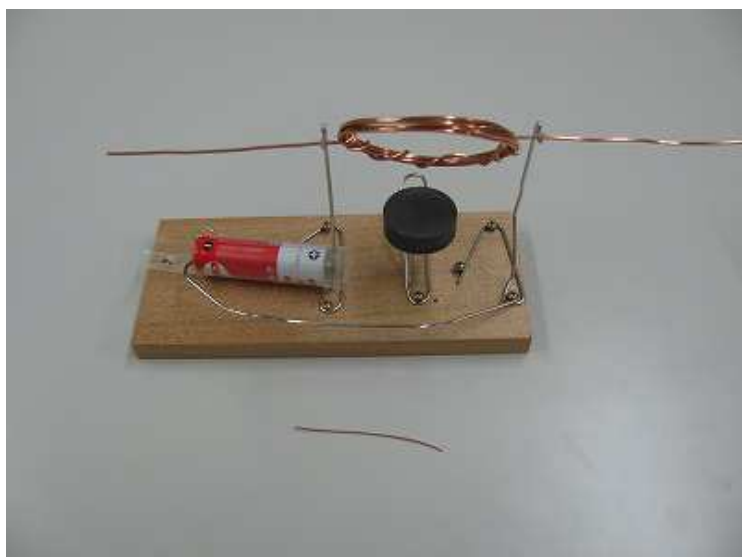


写真17

回転子の位置ですが、図で
いえば左右に動くことができます。
その位置によって、回転が
おかしくなる時があります。
そんな時は、0.5mmのエナ
メル線（約4cm）が活躍し
ます。



写真18

こんな感じで「ストッパー」
を設けます。これによ
って、回転子の位置がずれ
なくなります。

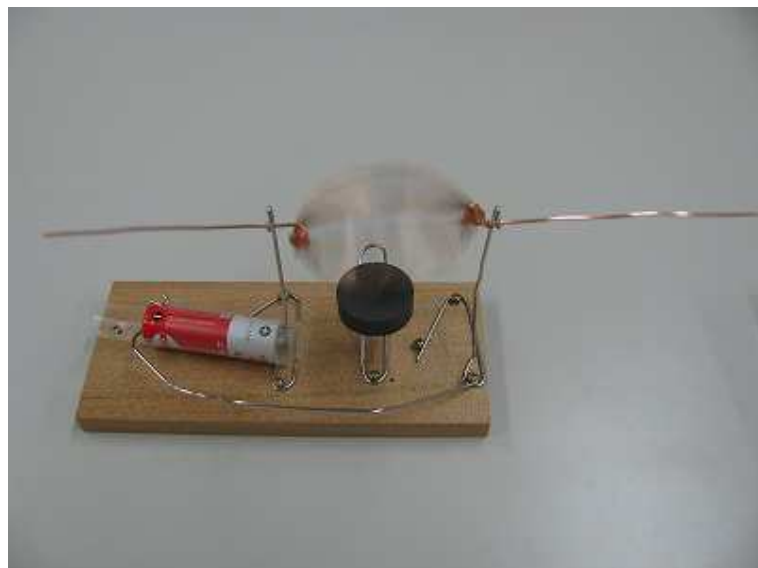


写真19

勢いよく回るようになりました。

【5. 2C】電気配線等 > 回転子とプロペラを繋げます



写真20

回転子以外に準備するのは次の物です：

- ・ ケシゴム (写真には複数個写っています)
- ・ 1.1mmのドリル
- ・ 空のペットボトル
- ・ (写真に無いが、)カッターやはさみ

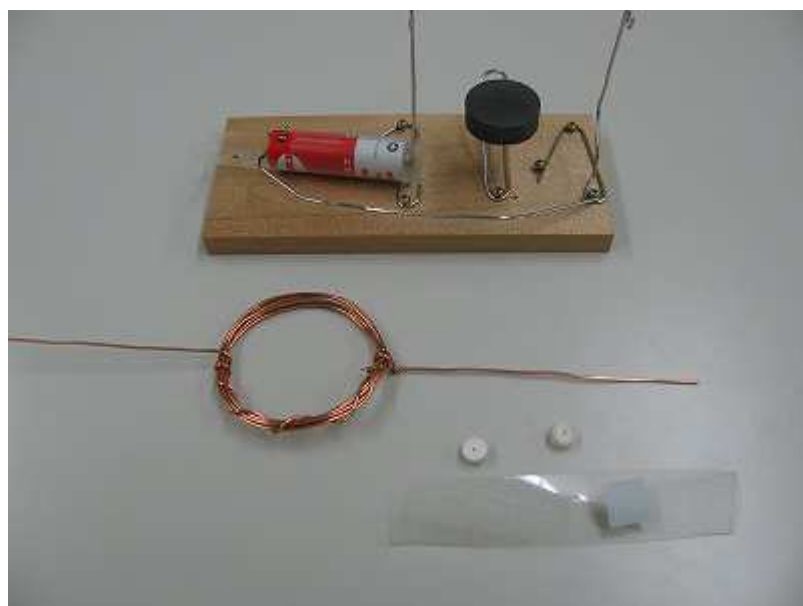


写真21

数ミリ大に切り取ったケシゴム2個は、中央に1.1mmの穴をあけてあります。

ペットボトルからプロペラを作りましょう。刃物を使うので気を付けて！なお、中心には1.1mm以上の穴を開けます。

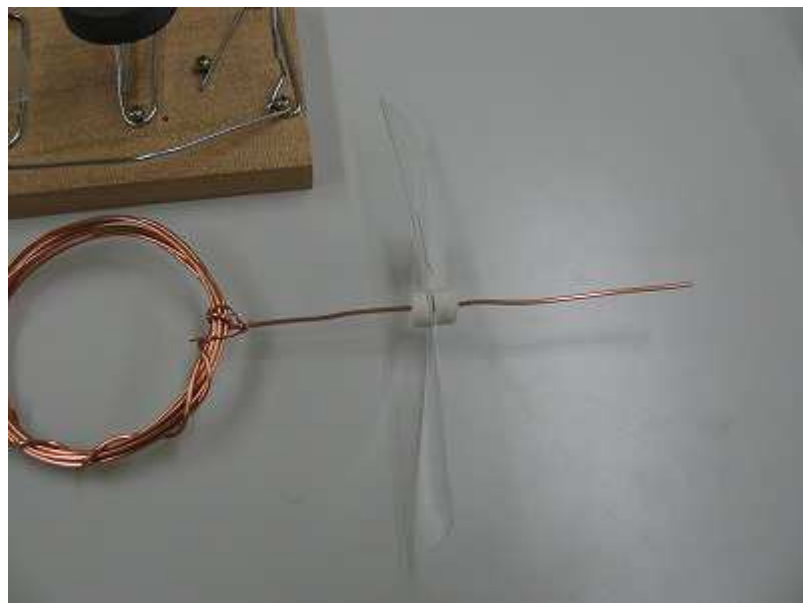


写真22

組み立てたのが、この写真です。

ケシゴム2個でプロペラを挟みます。

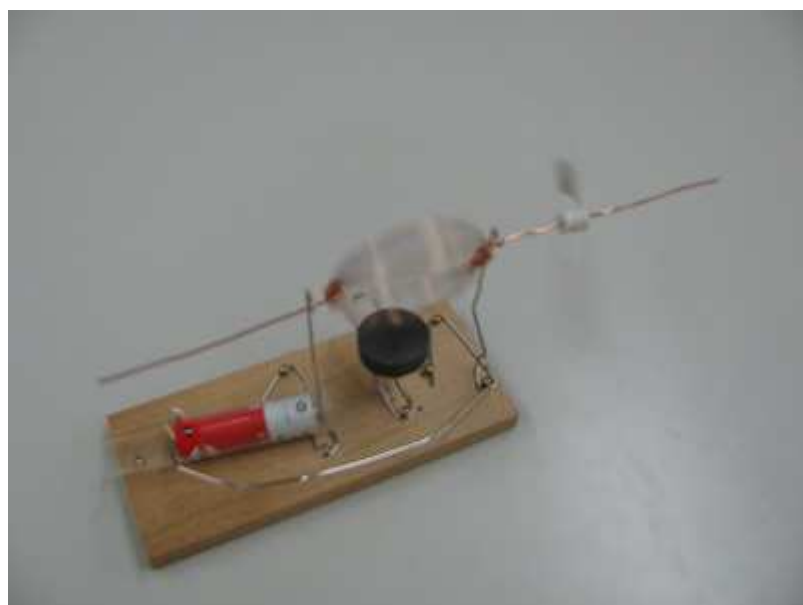


写真23

この写真を見れば、ケシゴムで止められているだけでもちゃんと回っていることが分かります。

【5. 3】競技

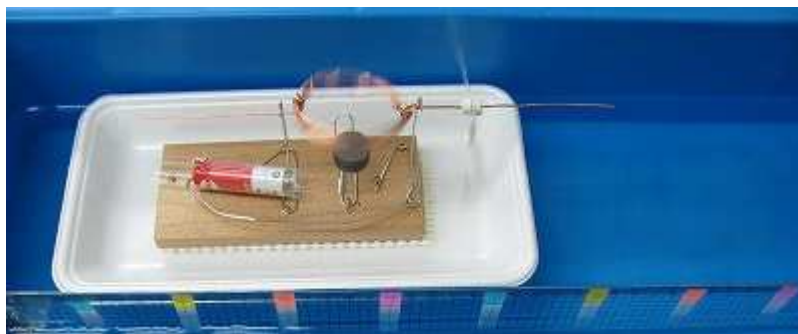


写真24

水に浮かべてタイムを計りましょう。

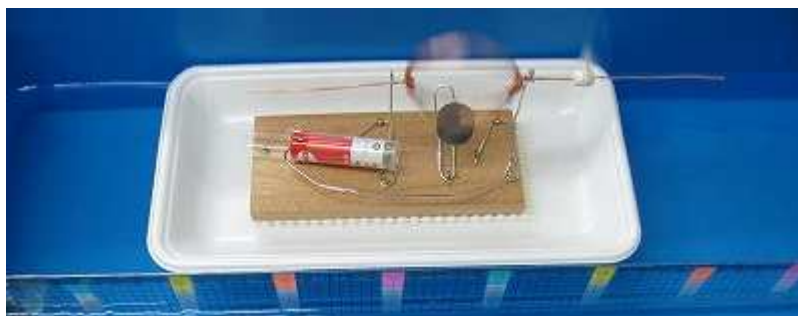


写真25

20cmの距離を進む時間で競いましょう。

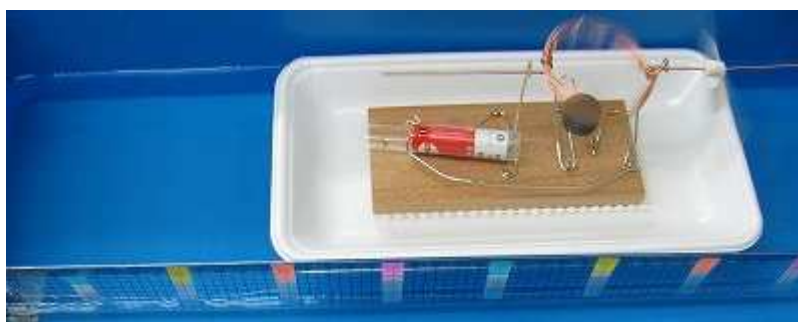


写真26

今回は 11.9 秒でした

【5. 4】モーター本体の例2（ブリックパックの利用）

家庭で入手しやすいもので、モーター本体を作ってみましょう。



写真27

ブリックパックを利用した場合についても紹介します。

必要なのは次の通り。

- ・ブリックパック
- ・アルミホイル（2枚）
- ・クリップ
- ・磁石2個



写真28

ブリックパックの長さは、
乾電池とほぼ同じです。



写真29

上部の角張ったところを
ほどいて平面にして、



写真30

切込みを入れて（必要に
応じて中を洗います！）

不要部分を切り落としま
す。（長さは後で再調整で
きます）



写真31

開きましょう

(ここで垂直に立つ2枚が、シャフトを支え、ここで外に曲がっている2枚は、磁石を支えます)



写真32

紙パックに加えて、
・アルミホイル2枚
・クリップ1個
・単三乾電池1本
を準備したところです。



写真33

アルミホイル2枚は、2cmほどの幅の帯にしましょう。長さは、「紙パックの高さ+数センチ」よりも長いくらいにして下さい。



写真34

乾電池のプラス電極に接するアルミホイルとして、一枚を紙パックに垂らした（掛けた）ところです。（今は接着していません、接着やテープ止めは、最後で良いでしょう）



写真35

今度は、乾電池のマイナス電極に接するアルミホイルの加工です。

まず、クリップを写真のように軽く曲げます。



写真36

アルミホイルの端に対して、アルミホイルの端を1回転ほど巻きつけます。



写真37

こうして作った「マイナス電極用のアルミ（端にクリップ付き）」も，紙パックに垂らします。

クリップは，紙パックの底に入ります。



写真38

電池をセットします。

最初に垂らしたアルミが，電池のプラス側．後で垂らした「クリップ付き」が電池のマイナス側です．写真を良く見ると，電池のマイナス端子がクリップと接しているのが確認できます。



写真39

これは写真38の一部を拡大したものです。



写真40

今から2個枚の磁石をセットします.

その前に、「アルミがついていない紙」1枚をを折り曲げます. やり方は, 「乾電池を隠すように折り曲げる」です.



写真41

磁石2個で, 「アルミが付いていない紙」のもう一枚を挟みましょう. 磁力の引力で磁石が固定されます.



写真42

磁石の位置を調整しながら曲げましょう.



写真43

これでモーターの基本が完成しました.

しかし,

磁石と回転子の位置が離れすぎています.



写真44

ハサミで切って, 高さを調整しましょう.

磁石の回転子の位置が近づきました!

切り過ぎに注意して下さい.



写真45

アルミホイールを少し曲げて, 回転子が「回転しても落ちないように」して下さい.

これでモーターが完成です.

【5. 4B】モーター本体の例2B（牛乳パックの利用）

入手性を更に良くしたのが牛乳パックによるモーター本体です。

ただし、磁石と回転子の位置関係に注意して下さい。ブリップパックでは磁石は回転子の下部にありました。一方、ここで紹介するモーターでは、磁石は回転子の側部にあります。ですから、シャフトのうち、エナメルの削られた場所を変えなければなりません。

エナメルの削られた部分を変えるには大きく2つが考えられます。一つは、既にエナメルを剥がした部分をニッパーを使って切り離してしまい、短くなったエナメル線で改めて回転子を作ることです。もう一つは、ラジオペンチを使うなど何とか工夫をして、エナメルの剥がれた部分の向きを無理やり変えてしまうことです。



写真46

完成したモーターの外観です。

教材としては、中身が見える「かまぼこ板」が優れていますが、価格の安さ、材料の入手しやすさは、牛乳パックが優れます。

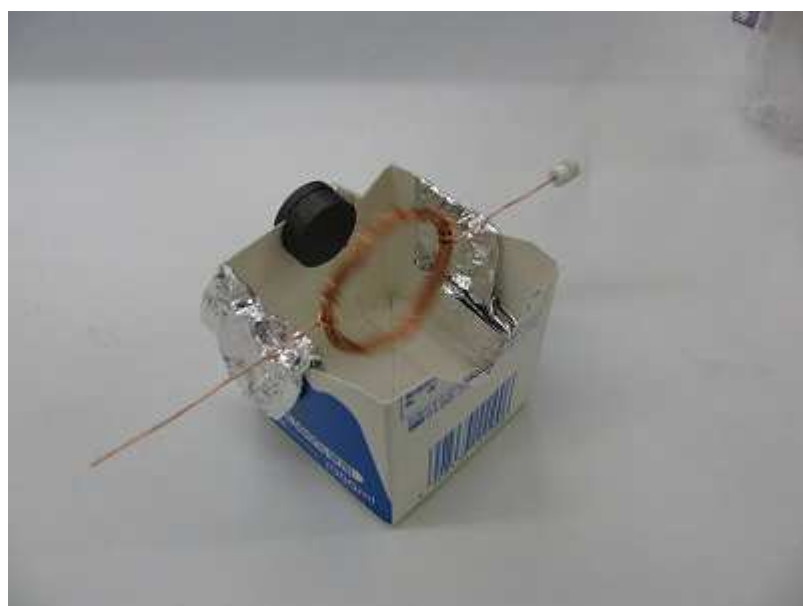


写真47

回転子をセットすると、回転します。



写真48

回転子を外して、牛乳パックの中身を見ると、

- ・磁石2個
 - ・乾電池
 - ・クリップ
 - ・2枚のアルミ箔
- が見られます。



写真49

磁石2枚は、牛乳パックを挟んで磁力で固定されています。

乾電池のプラス側は、一枚のアルミ箔に接しています。



写真50

乾電池のマイナス側は、クリップを介して、もう一枚のアルミ箔に接しています。

クリップは曲げられており、ちょうどバネとして働いています。

【5. 5】 回転子の例2 (シャフトは1.0mmだが, コイルは0.5mm径の線で作る)

直径3cmで, 30巻のコイルを作ることとします.

30巻きを直径1.0mmのエナメル線で作ると, 重くなってしまいます.

そこで, (シャフトは1.0mmのままだが,) コイルには0.5mmのエナメル線を使ってみましょう.

準備するのは, 1.0mmのエナメル線=2本×18cm (16cm~20cm程度で十分) と, 直径0.5mmのエナメル線=3.14×3cm×30回+リード線30cm=283cm+30cm=313cm

[直径1.0mmに換算の長さ (重さ?) の計算] $30\text{cm} + 0.25 \times 313\text{cm} = 108\text{cm} < 130\text{cm}$

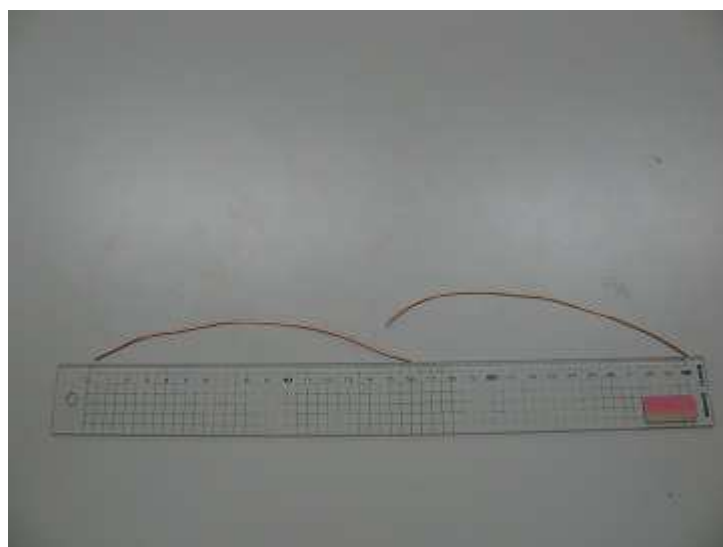


写真51

リード線を切りました.

今回は2本×16cmですが, 2本×18cm程度が作業しやすいでしょう.



写真52

シャフトのうち1本は, 目印として両端を軽く曲げておきましょう.

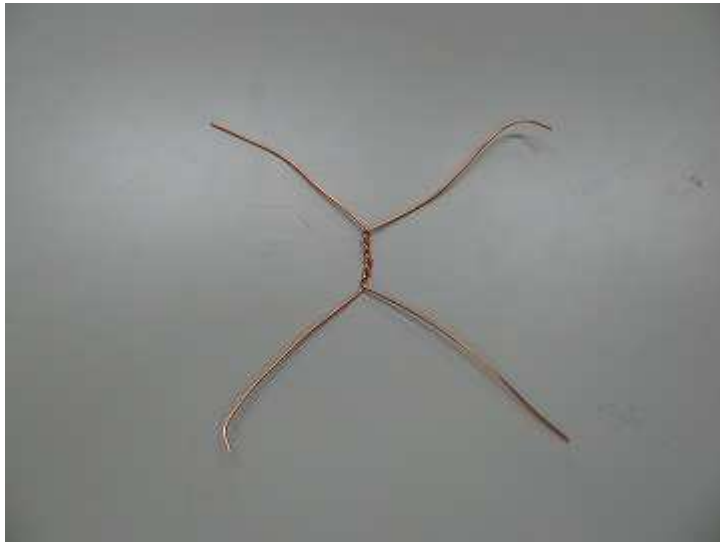


写真53

最初に真ん中を4~5回ねじりましょう



写真54

続いて、左右を3回程度それぞれねじりましょう。

目印を付けたシャフトはどちらでも上側です。

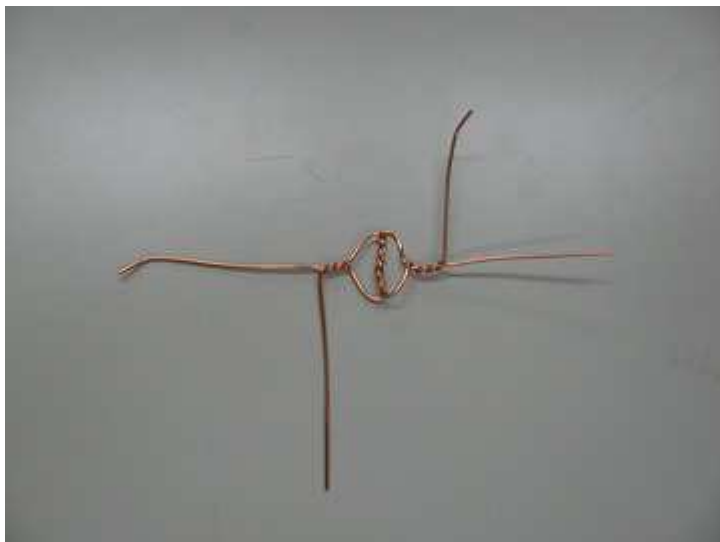


写真55

「目印を付けないほう」と、「目印を付けたほう」それぞれが、シャフトになります。

余った端は、これからコイルとつなげるのに使います。

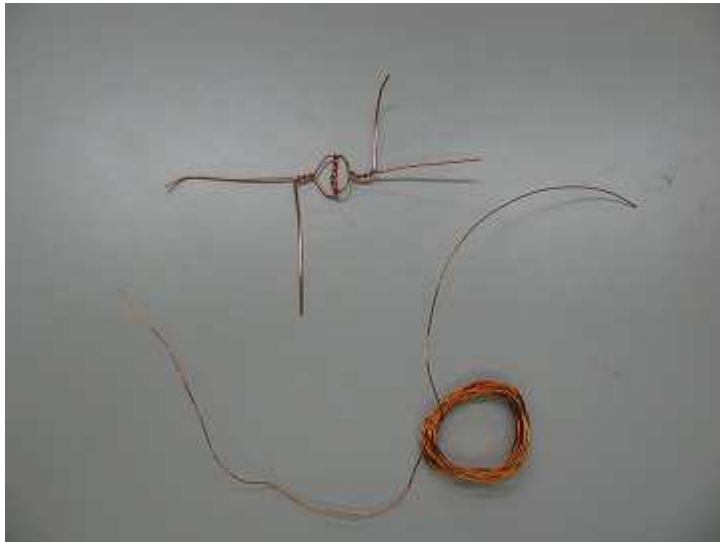


写真56

0.5mmの導線で作ったコイルと
共に写しました。

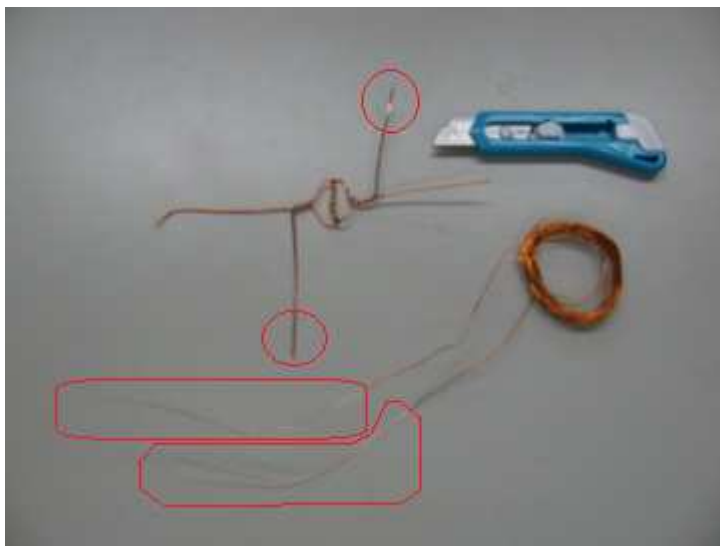


写真57

カッターを使って被覆を剥きます。

シャフト側は、端の2cmずつを。

コイル側は、端の7cmずつを。

なお、寸法は少しくらいの誤差
があっても問題ありません。

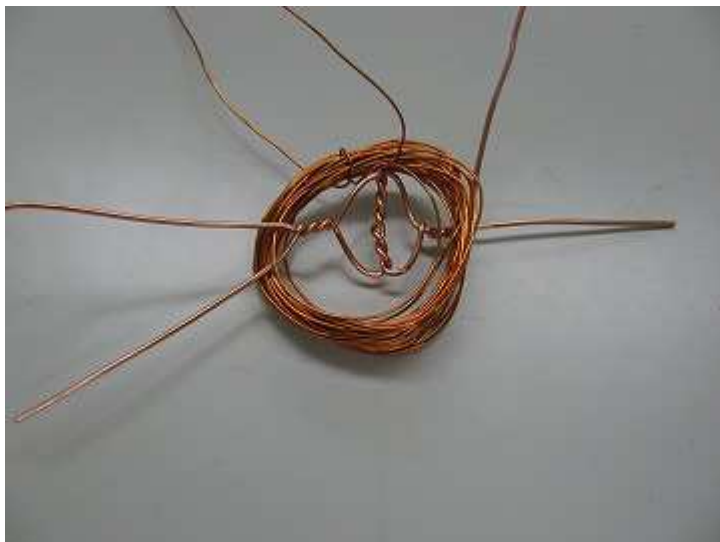


写真58

「dとp」(または6と9)で、コイルとシャフトを組み合わせます。

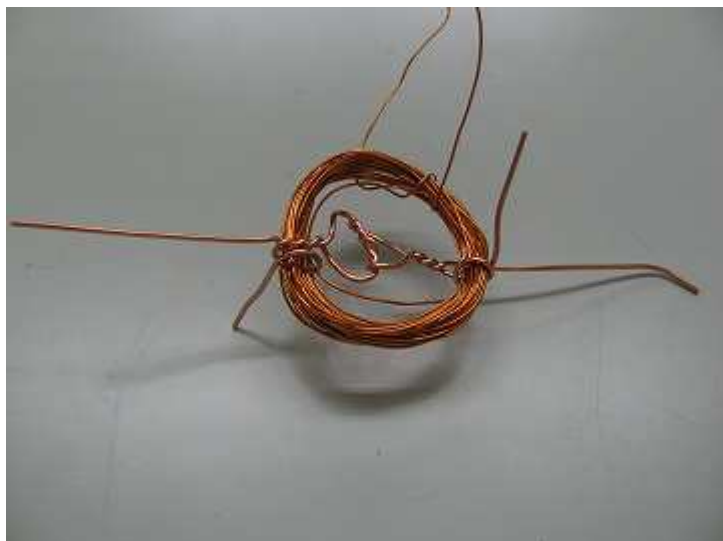


写真59

余った端（被覆を剥いた側）を使ってコイルをシャフトに軽く固定しましょう。



写真60

コイルの一端を、
最初は軽くシャフトに絡ませてから、
被覆を剥いた1.0mmの線にきっちり最後まで巻きつけます。
写真は無いが、「導通チェック」も怠らないように。



写真61

もう一方も同様です。導通チェックも同様です。
この写真にはエナメル線に余りが出ていますが、コイルとシャフトの一体化に有効活用すれば無駄になりません。



写真62

回転子が完成しました.

重量は9.2gであり, 写真23の回転子に比べて1.3gだけ軽量です.



写真63

軸受と当たる部分のシャフトの被覆を剥きます.

この作業は性能に大きく影響しますので注意しましょう.

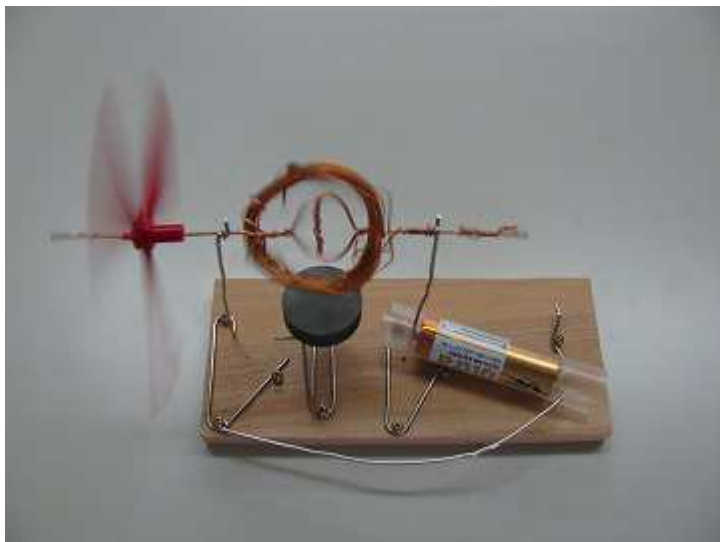


写真64

同通チェックもすれば万全です.

この写真ではかなり回っていますね.

なお, 電池の保持方法も, プロペラの実現方法も, 一通りではありません

説明の最終頁

資料 A. この授業のねらいなど

この授業は次のような狙いで作られました。

- A) この授業は、学科で学ぶ授業の紹介でもあります。
今回の教材は原始的なモーターでしたが、電気電子工学科にはモーターに関する専門の授業があります。なお、授業では電子的に制御される高度なモーターまで学べます。
- B) この授業は、アナログ技術の大切さも伝えています。
アナログ量を扱う授業の代表例は、物理学です。物理学に精通することは、大学進学の可能性を大きく広げます。
今日のデジタル技術全盛の時代において、ソフトウェアやデジタルのエンジニアはありふれているので、「普通にデジタル技術を持っている」だけでの技術者は存在感を示せない時代になっています。そんな中で、「1」か「0」だけでは終わらないアナログ技術は、産業界からも熱い視線を浴び続けています。
- C) この授業は、「エネルギー」について学ぶ教材でもあります。
今回の教材は突き詰めれば「最高のパフォーマンスを発揮できるモーターづくり」であり、エネルギーと切り離せないテーマです。風量を増やそうとして羽根を大きくしても、却って回転数が落ち、風量が単純に増えるわけでは有りません。
いまや環境やエネルギーに対して大きな配慮をしなければならない時代ですが、この教材を経験することがそういった学びのきっかけになることを願います。
- D) この授業形態は高専の特徴が生きていると思います。
そもそもが「モノづくり」のテーマです。
このモーターはその気になればいくつもの改善の余地があります。独自のモーターを作れるのはモノづくりの体験として得難いものです。
更にグループとして最高のモーターを追求する講座になっています。これは開発チームなどでのお仕事が想定されています。こうしたグループワークを楽しめたなら、間違いなく技術開発などでも力を発揮できる、エンジニアとしての潜在能力の高さが期待できます。
高専では、このような進め方の授業が幾つも見られます。例えば当学科で4年生が受講するPBL (Project Base Learning) では、学生らはグループで回路などの設計と試作を行います。こうした授業ならではの実践力の強化などに役立っています。複数人で取り組むグループワークはまた自分の特徴の意識に役立ちます。個人の特徴を磨くことは将来の進路選択に重要です。