

## 1. 実験目的

永久独楽を製作し、独楽が回り続ける原理を理解する。

## 2. 実験材料及び部品

- (1) A4 版紙 (厚さ 0.8mm)
- (2) 厚さ 0.8mm の紙 (長さ約 50cm×幅 5cm)
- (3) 006P 乾電池、電源コード、配線
- (4) エナメル線 (0.1mm φ、0.2mm φ)、5M ボルト、トランジスタ (2SC1815)
- (5) 独楽の部品 (円状のアクリル板、回転軸、磁石、ワッシャ)

上記の材料から以下の部品を製作する

- (5) 回転皿
- (6) 基板付きソレノイド部
- (7) 独楽

## 3. 原理

永久独楽とは、写真1で示されているように、紙製の回転皿上で止まることなく「永久に」回り続ける独楽のことである。磁石と電磁石の作用によって独楽が反発力を得て、電池がある限り回り続ける。



写真1. 永久独楽の完成品

### 3. 製作

#### ・回転皿の製作

回転皿とは、独楽が動き回る土台部分のことである。

- (1) A4 版紙に、半径 7.5cm (直径 15cm) の円を描く。(写真 2)
- (2) 中心から幅 1度の半径線を 2本描く。(写真 2)
- (3) 円を紙から切り出し、1度幅のところを線に沿って切り取る。(写真 3)
- (4) 余った A4 版紙から、2cm×5cm の長方形の紙片を切り出す。

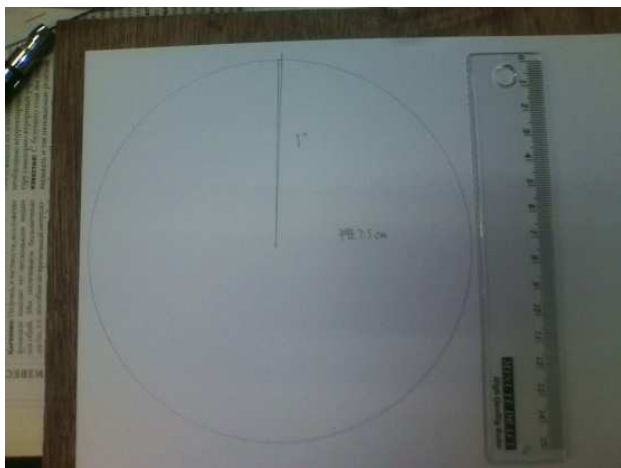


写真 2. 円と半径を描く

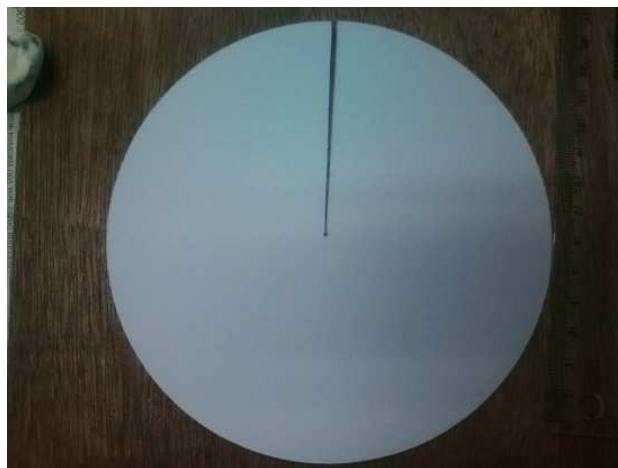


写真 3. 紙から切り出した円

(5) 円盤の切れ目を合わせると、円盤が円錐形状になることを確認する。円盤を、この円錐形状に確定させる手順に入る。写真 3 を参考にして、切れ目に 2cm×5cm の長方形紙片を接着剤で貼り付け、円盤の円錐形状を固定・確定する。



写真 4. 接着中の回転皿の裏面

以上で回転皿の製作は完了である。大きな切れ目や穴が出来てしまった場合、接着剤などを塗って埋めておく。

### ・円盤皿が乗る円筒側版の製作

- (1) 側版となる 5cm×50cm の紙に、縁から 5mm の位置に罫書き線を書き入れる。(写真5)
- (2) 完成している回転皿の周囲に、円周を8等分した罫書き線を書き入れる。
- (3) 側板を丸め、内部に回転皿を挟んだ状態にする。側板全体が一様に丸まるようにする。側板の重なった部分はクリップ等で仮止めすると良い。
- (4) 回転皿の周囲の8等分の罫書き線の位置を、側板に書き写す。(写真5)
- (5) 側板から、長さ 15mm×幅 7mm の長方形紙片（以降は短冊とする）を8等分した線の位置から切り出す。このとき、縁から 5mm の位置に書いた罫書き線からは切り取らず、内側に折り込めるようにする。(写真6)

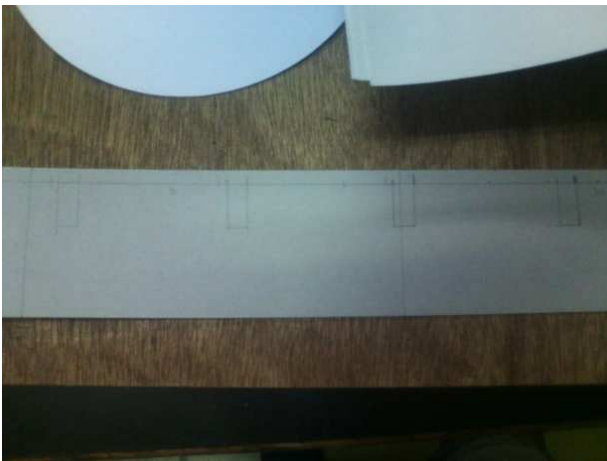


写真5. 紙片への書き込み

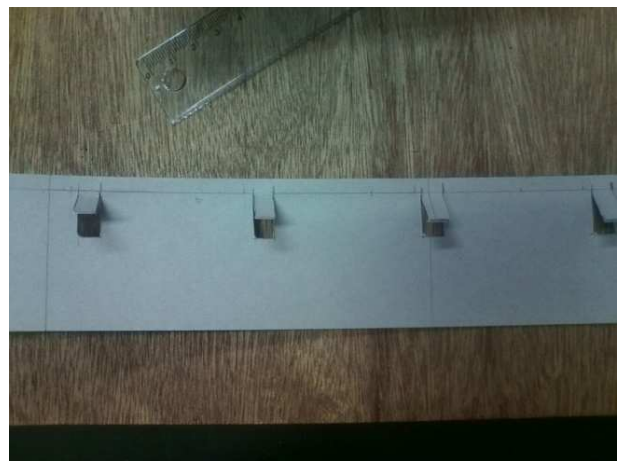


写真6. 短冊の切り出し

- (6) 再び側板を丸め、回転皿を挟み入れる。回転皿が側板にしっかりとハマるように、側板の重なり部分の位置に罫書き線を書き入れておく。
- (7) 回転皿を取り外し、側板の重なり部分に接着剤を塗り、貼り付ける。このとき、確定した重なり位置がずれないように注意すること。
- (8) 8カ所の短冊に接着剤を塗り、その上に回転皿を載せ、貼り付け、固定する。(写真7)

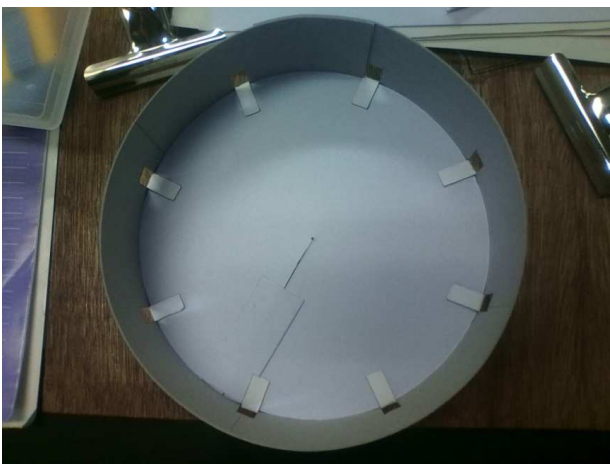
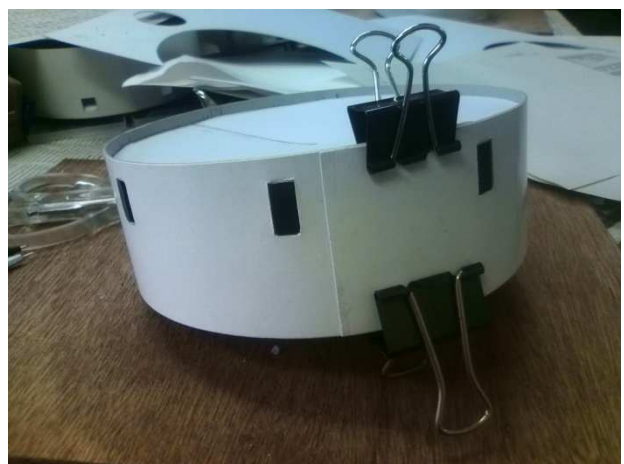


写真7. 回転皿と円筒の接着



以上で回転皿及び円筒側板の完成である。

## ・ソレノイド部の製作

(1) 写真8にソレノイド部の完成品と図1にソレノイド部の回路図とトランジスタを示す。

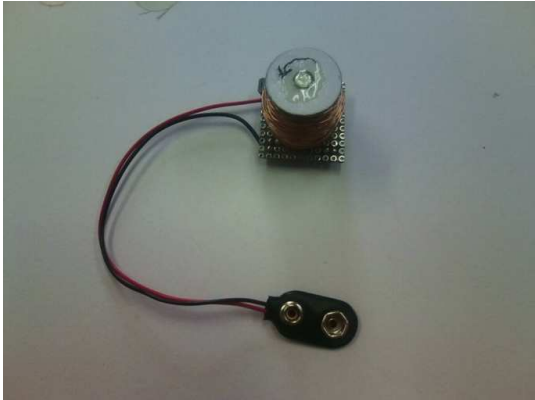


写真8. ソレノイド部の完成品

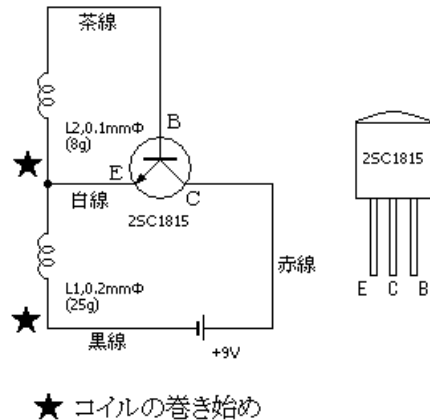


図1. 回路図とトランジスタ

(2) 回路基板を約 3cm×3cm の正方形に切り出し、中心にボルトを通す穴を開ける。

(3) A4 版紙から半径 2cm の円を切り出す。

(4) 切り出した回路基板に M5 ボルトを通し、接着剤で固定する。また、ボルトの先端に先ほど切り出した円状の紙片を接着する。(写真9)

(5) エナメル線を巻きつける際に、ボルトの凹凸で断線しないように、あらかじめテープ等をボルトに巻きつける。(写真9)



写真9. ソレノイド部のコイル巻きつけ部

(5) ボビンなどに 0.1mm φ のエナメル線を 8g、0.2mm φ のエナメル線を 25g ずつ巻きつけ、ソレノイド部用のコイルを用意する。(写真10)



写真10. エナメル線の用意



(6) ソレノイド部のコイル巻きつけ部に、用意した 0.1mm φ エナメル線を巻きつける。その際、図 1 を参考にして巻き始めに気をつける。

(7) 次に 0.2mm φ のエナメル線を巻きつける。巻きつけ終わったらエナメル線を回路に半田付けし、導通の確認を行う。(写真 1 1)

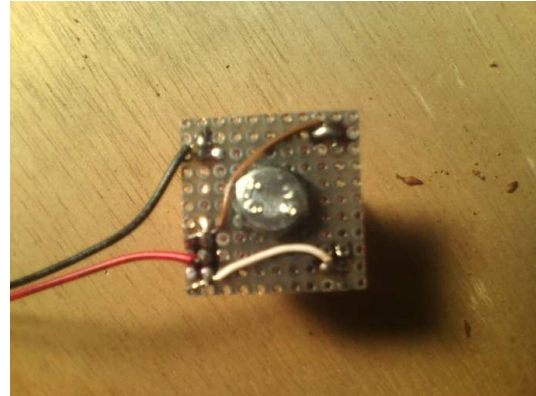
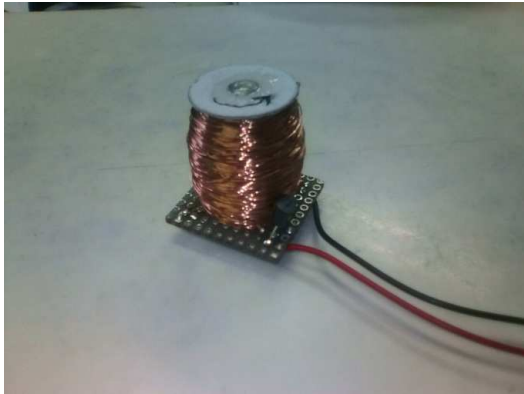


写真 1 1. コイルの巻きつけと半田付け

(8) 図 1 と写真 1 1 を参考にして、電源コード・エナメル線の配線を行う。

(9) A4 版紙から直径 4cm の円を切り取り、写真 1 2 のような花びら型にする。



写真 1 2. 花びら型紙片

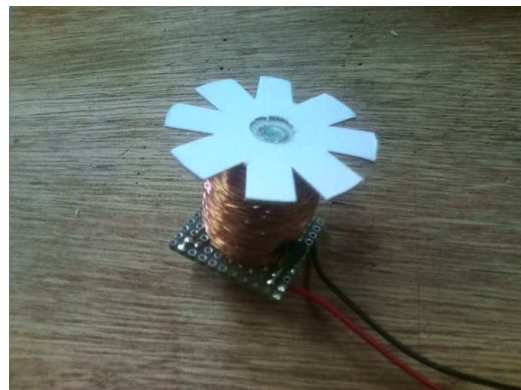


写真 1 3. ソレノイド部への接着

(10) ソレノイドの円状の紙部分に、先ほど切り取った花びら型紙片を貼り付ける。(写真 1 3)

(11) 花びら型紙片に接着剤を塗り、回転皿の裏面に貼り付けて完成である。(写真 1 4)

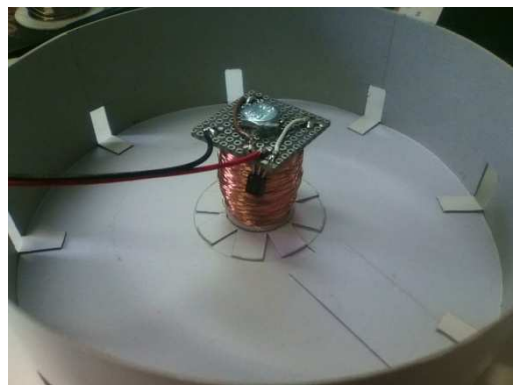


写真 1 4. 回転皿への接着

## ・独楽の製作

(1) 市販されているマグネットを利用して、独楽を作る。まず、中心出しと反対側に磁石を埋め込むために印をつける。(写真15)



写真15. マグネットその1



写真16. マグネットその2

(2) 写真16にあるような市販されているマグネットから磁石を取り出す。

(3) 写真15にあるマグネットに穴をあけ、磁石を埋め込む。(写真17)

(4) ワッシャを用意し、マグネットとくっつける。(写真17)

(5) 中心軸と、調整用の金属線を用意し、マグネットの中心穴に軸を入れる。(写真18)

(6) 軸が緩い場合は、細い金属線を穴に差し込んでから、回転軸を入れるとしっかりと収まる。



写真17. マグネットとワッシャ



写真18. 中心軸と金属線



写真19. 完成した独楽

以上で独楽の製作は完了である。

#### 4. 調整

- (1) 電源ソケットに 006P 乾電池を差し込む
- (2) 独楽の足の長さを 10mm ぐらいとして、回転皿の中心部付近で指で回転させ、放ってみる。
- (3) 自力で回転が継続するように、特に独楽の足の長さで調整する。
- (4) 以上で永久独楽の製作は完了である。

#### 5. 考察

永久独楽の改善として、回転皿の中心部に独楽の軸が来ないように、A4 版紙で円状の紙片を作り中心部に貼り付けた。また、乾電池を固定する場所が無かったので、余った A4 版紙で電池を収納するボックスを製作した。(写真 20)

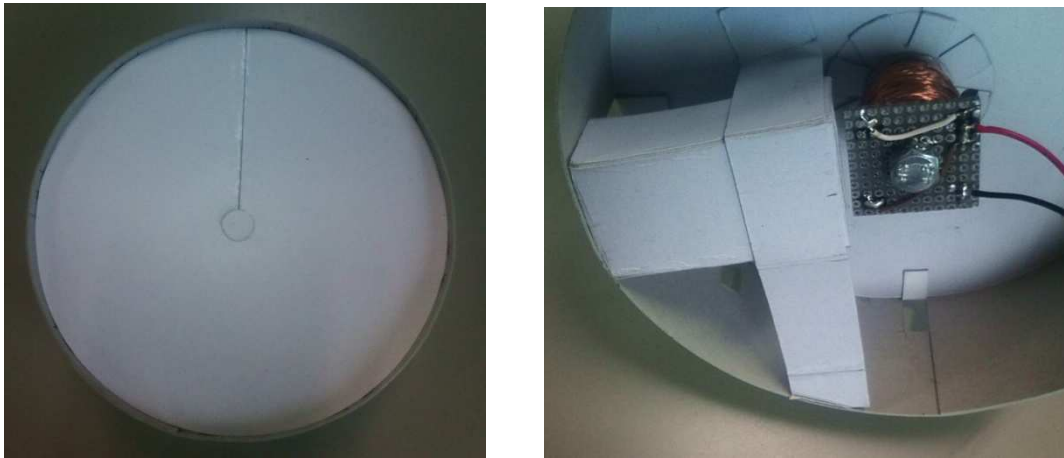


写真 20. 永久独楽の改善

今回製作した永久独楽は正常に動作し、独楽が勢いよく回転していることが確認できた。独楽が回る原理は、まず回転している独楽がソレノイド部のある中心に向かうことで、コイルに磁束が入り、電磁誘導によって誘導電流がトランジスタのベースへと流れる。ベースに電流が流れることで、トランジスタが on になり、コレクタからエミッタへと大電流が流れる。この大電流が 0.2mm φ の太いエナメル線を通ることで、強い磁束が発生する。この磁束が独楽の磁石と反発し、独楽の回転運動が増幅され、結果として独楽が回転力を得る。この動作を繰り返すことで電池がある限り永久に独楽は回り続ける。