

永久独楽の製作 - その5

金野茂男

1. はじめに

表題の永久独楽の製作については、既に4件の論文⁽¹⁾、⁽²⁾、⁽³⁾、⁽⁴⁾を公開している。久しぶりに市民対象の公開講座で、この永久独楽の製作をやろうかと考えて、下準備として部品の調達を試みた。ある程度予想はしていたが、参考文献で紹介している独楽の回転皿、兼容器台と使用していたプラスチック製ケースが、100円ショップのダイソーの棚からかき消えていた。ダイソーの店員の話では、展示商品は売り切れで終了し、再生産をしない場合があるとのことであった。

さてどうしようかと思案した末、回転皿及び容器台をありふれた厚紙で作ってみようと考えた。これと同時に、ソレノイドコイルに取り付けた回路基板を感光基板から、ありふれた穴あきのユニバーサル基板を使用することも考えた。旨い具合に出来上がれば、本論文の読者は容易に本装置の復元が出来ることになろうから。本装置は、科学教材などとして結構面白いのではなかろうかと考えている。従って、学校などで容易に製作できることにこしたことはないと思っている。

製作の結果は良好であった。写真1に、完成品を示している。回転皿の直径は約15cmである。回転皿の端部まで独楽が動き回っている様子が見られる。以下で、製作過程、製作方法について解説をしておこう。なを、本論文を読み進めようとする読者が、参考文献(3)を読みいるという前提での説明内容である。



写真1 その5の完成品の展示動作

2. 製作

(1) 回転皿

これらはA4版の厚紙(厚さ約0.65mm)から作成する。写真2にA4版厚紙上に描いた図面を示している。直径15cmの円。これが回転皿となる。円周から中心に向かって、開口角度1度の切り欠きを入れる。切り欠いた両端を合わせれば、円盤は、円錐形となり、回転皿としての役目を担ってくれる。この切り欠く角度を2度とした回転皿を作成はした。予想外に、面の傾斜がきついのである。たかが2度なのに。それで、1度とした。写真3に円錐形とした回転皿を示している。円盤の切り欠いた端面を寄せ合わせ、ホッチキスで仮止めした後、木工ボンドで接着をする。ボンドが乾燥した後、仮止めのホッチキスを取りはずことにしていたが、独楽を回転させると、動作にほとんど影響がないことがわかったので、強度のことも考えて、ホッチキスは外さないことにした。貼り合

わせた部分には隙間が出来ないように、ボンドの量で調整して、接合面が滑らかになるようにする。小さなへこみでもあると、そのへこみが中心部の場合、独楽の回転軸がこの穴に挟まってしまう場合がよく起こるのである。

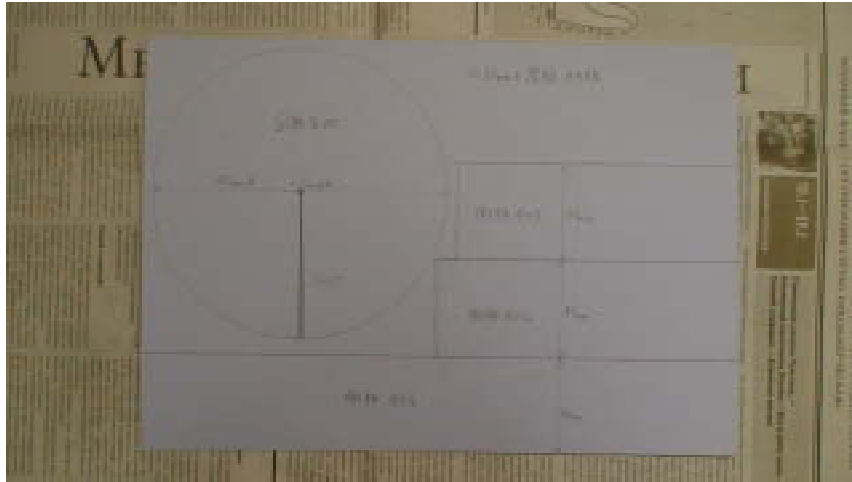


写真2 A4版厚紙上に描いた図面

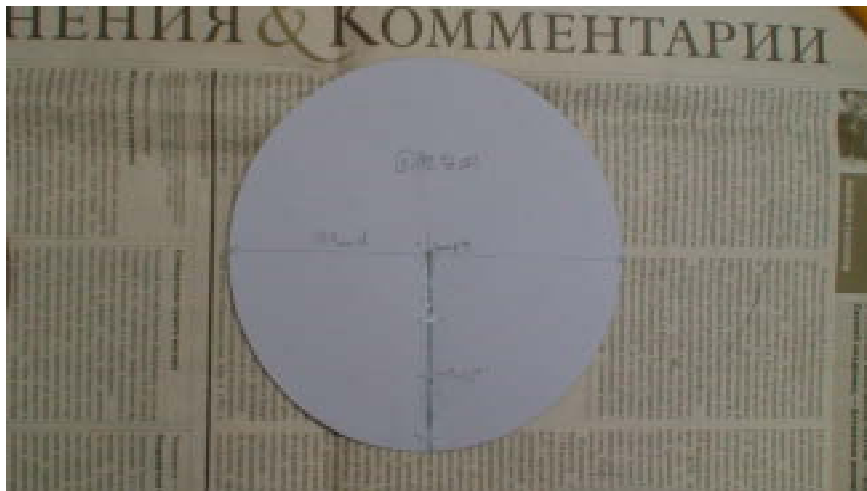


写真3 円盤から回転皿を作る

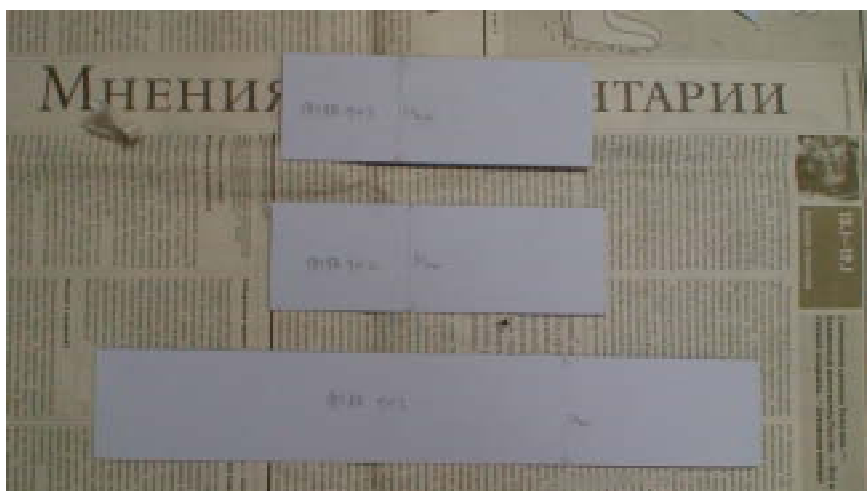


写真4 切り出した台の側面用厚紙

(2) 容器台

写真2に示している図面から、幅5cmの帯状の紙を3枚切り出す。写真4。これら3枚の端を重ねて接着し、長い1本の帯紙とする。この帯紙を丸めて、円筒形の台とするが、円筒の直径は回転皿程度とし、クリップなどで仮止めをする。この円筒台の内側に、写真3の回転皿が納まるのである。回転皿が、円筒台の所定の位置に納まるように、円筒の上端から約5mm下に、A4版厚紙の残りから、適当な幅に切り出した紙帯を回転皿を受ける棧として、およそ1周分切り出す。切り出した紙帯にボンドを塗り、円筒の内側に取り付け、ボンドが乾くまで、クリップで固定する。写真5。



写真5 棧の貼り付け

棧のボンドが乾いたら、回転皿を円筒台に差し込み、回転皿がしっかりと、棧の上に乗っかり、円筒台に納まるように、円筒台の直径を調節する。調節が完了したら、適当な長さの糊代を残し、余分な長さを切り取った後、糊代部分である円筒台の側面の重なり部分にボンドを塗布して、貼り付ける。写真6。ボンドが固まるまでクリップで固定している様子である。



写真6 円筒台の直径は回転皿の大きさに合致させる

写真7に、完成一步前の回転皿及び容器台の外観を示している。回転皿の表側の中心部には、参考文献で説明しているように、出臍を取り付けることになる。この出臍の直径は使用する独楽の大きさ、独楽に取り付けている磁石の回転軸からの距離に依存している。

従って、使用する独楽に合わせて、最終的には中心点に、木工ボンドを山盛り（著者の採用した方法である）として、出臍を作ることになる。出臍の材料は、他にいろいろと考えられる。粘土などがよいかもしいない。即席に大きさなどを調整できるので。後述してるが、出臍の直径と、回転をさせる独楽に取り付けている2つの磁石の間隔の間には、大事な関係がある。出臍の直径と、2つの磁石の間隔距離が同じ程度とする必要がある。参考文献（3）を読んだ読者ならば理解が行こう。

回転皿の裏側には、中心部にソレノイドコイルを取り付け固定する機構を取り付けることになるが、この機構についての説明は後述しよう。当面、回転皿は、円筒容器の棧に貼り付けしないで、取り外しが出来るようにしておこう。回転皿と円筒容器の密着性が良ければ、特にボンドで貼り付けるなくても、回転皿の形状は維持できる。



写真7 完成一步前の回転皿及び容器台

（3）ソレノイドコイル

ソレノイドコイル部に必要な部品一覧を写真8に示している。ソレノイド部の回路、コイルの直径及び重さなどは参考文献（3）の通りである。但し、ボルトの両側に配置させているトランジスタ（2SC1815）を取り付けるフランジは、電子回路を焼き込んだ感光基板から、穴あきユニバーサル基板（写真中右下、3cm x 3cm）に変更し、回転皿の方に位置するフランジは、A4版厚紙の残りから切り出した直径20mmの紙円盤（写真中中央下）を用いることにした。この紙円盤の中心に、ボルトが納まるように直径6mm程度の穴を開ける。

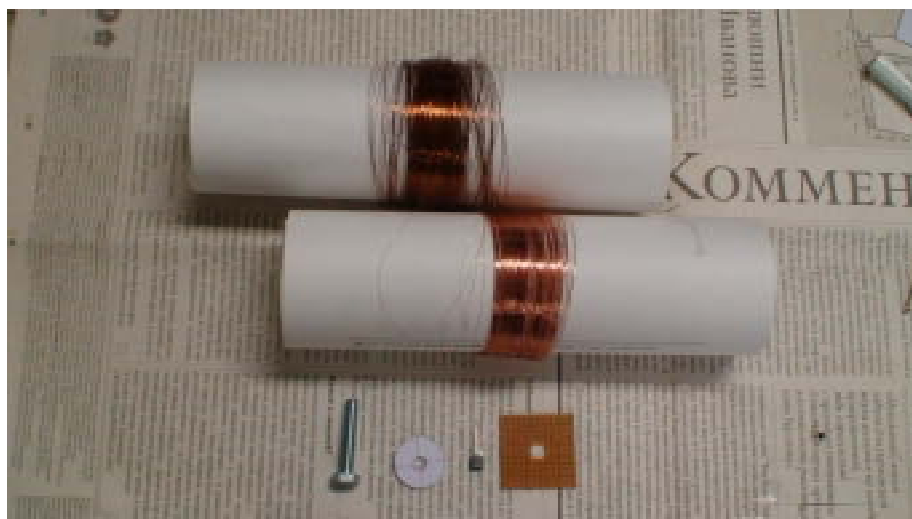


写真8 ソレノイドの部品一覧

参考文献(2)~(4)では、出来上がったソレノイドを回転皿の裏面に、アラルダイト系の接着剤で固着していた。今回は、写真9で示しているような方法で、回転皿の裏側にソレノイドを固定することにした。A4版厚紙の残りで、内直径およそ20mm、長さ30mmの円筒を作る。写真でわかるように、円筒の片方から、4枚のベロを切り出し、90度ほど折り曲げて、回転皿の裏側に貼り付ける。円筒の他方の端子は、写真で見られるように、適当に切り欠く。この円筒にソレノイドコイルを差し入れ、最終的にはこの切り欠き部分に銅線などを巻き、締め付けて、ソレノイドを固定する。写真10に、ソレノイドを所定の円筒容器に差し込み、銅線で縛り固定した様子が示されている。

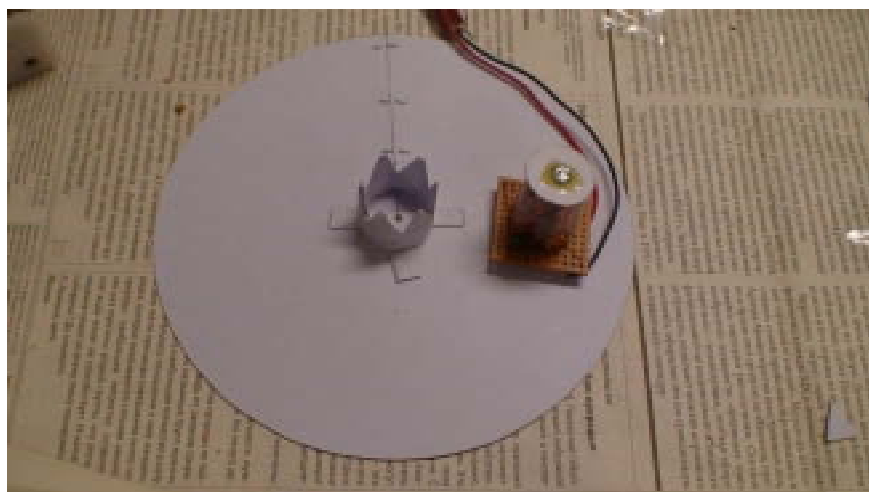


写真9 ソレノイドと紙製のソレノイド固定部

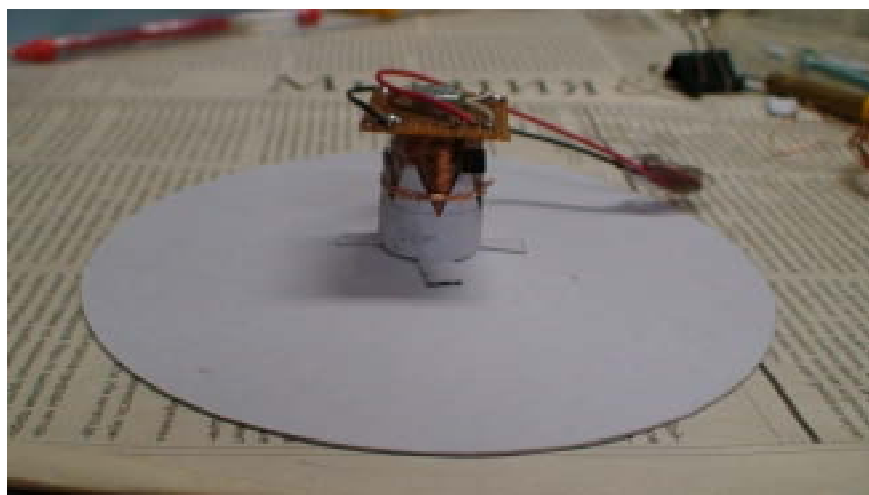


写真10 ソレノイドの回転皿の裏側への取り付け

写真11では、基板上での回路配線の様子を示している。コイルの端子は基板の左上端(E端)、左下端(B端)、右下端(-電源端)に引き出し、半田で固着した。トランジスタは基板の右上隅に位置している。

写真12には、ソレノイドを回転皿に取り付け、その後、回転皿を円筒台の所定の位置に納めた状態を内側から見た様子である。

写真13は、写真12を表返しした様子である。ほぼ完成である。独楽の作成と、へその部分の調整が残っている。

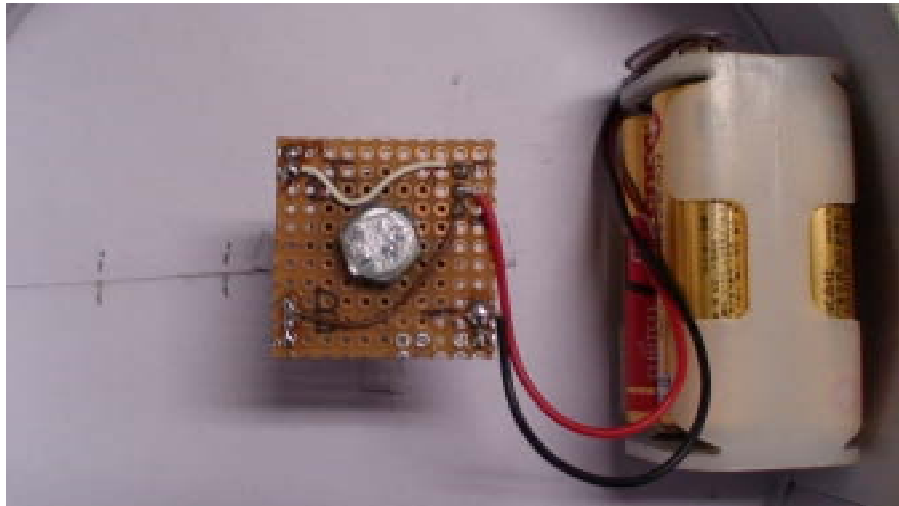


写真 1 1 基板上での配線の様子



写真 1 2 ソレノイドを取り付けた回転皿を台に納め、裏から見た様子



写真 1 3 回転皿、台の完成間近の様子である。

3．独楽の製作

今回製作した回転部品である独楽は、参考文献(2)、(3)で紹介しているプラスチック製独楽と同規格のものを幾つか作成した。直径が30mm、回転軸直径3mm。ネオジウム磁石2個。独楽として使用した「マグネット付き円盤形プラスチック」は書類留め用の文具として、現在でも商店で購入できよう。参考文献に従って、製作すればよい。

小さい円盤状の亚克力材のドリルでの穴開け作業には、少し注意が必要である。亚克力材料の加工中には、ドリルの刃が、食い込む場合がある。手で小さい部品を保持しながらだと、危ない。亚克力円盤を固定具等で固定して、亚克力円盤の加工を行うようにすべきである。

4．製作のこつ等

(1) 穴あきユニバーサル基板の代わりに厚紙を使用

厚紙で基板の代用が出来る。この方法とすれば、基板がいらないので、材料の準備が容易となる。A4版厚紙から基板と同型のものを切り出す。コイルの端子、トランジスタの端子は厚紙に接着剤で固定すればよい。

(2) ソレノイドの巻き方

手で巻くのが確実である。が、何千回も巻くことになるので、数時間はかかる。コイルを巻く前のちょっとした下準備をすると、都合がよい。フランジを取り付けたボルトの頭に、瞬間接着剤で、予備のボルトの頭を貼り付ける、のである。予備のボルトを手で持てば、コイルは巻き易い。手元にスタンド付きモータドリルがあれば、このチャックに予備ボルトを取り付けて、チャックをモータで回しながらコイルを巻き付けると、便利である。が、モータの回転数を十分に遅くできるようにしておかないと、やっていけない。著者にはスライダックがあったので、これで自在に回転数を変更できた。チャックをゆっくり回して、滑らかにコイルを巻き上げることが出来た。製作実験などで、ソレノイドをできあがりとして何個も準備する場合には、結構な方法である。

(3) 回転皿中心部のへその大きさ

このへそが無くても、独楽は回転はする。が、へそがないと、中心部が皿の最低部となるので、独楽の回転軸はこの最底部に、位置したがる。この最底部に位置し、移動を止めて回転をしても、ソレノイドはこの最底部直下に位置しているの、対称性から独楽の磁石は磁気引力及び反力を受けなくなってしまう。この状態を避けるためには、独楽が中心部に位置しないようにすればよい。そのためには、中心部を少し高くすれば、独楽の回転軸は中心部に位置できなくなる。写真13には、回転皿の中心部に、なにやら出臍が取り付けられている。出臍の大きさ、高さを調整中の写真である。

出臍の直径は回転させる独楽と密接な関係がある。出臍の直径は、独楽に取り付けている2つの磁石の間隔距離と同じ程度とする。何故か少し考えればわかると思う。宿題にしよう。出臍の高さは、高くすると独楽の回転に支障を来す。高からずである。出臍の端は皿の面と滑らかに接続していることに越したことはない。

(4) 独楽の回転の様子 その1

時折、独楽が、回転皿の中央近傍の1点に止まることがある。その場合には、回転軸の下端が、小さな穴にとらわれている。穴を補修して埋める。

(5) 独楽の回転の様子 その2

独楽の回転軸の下端の形状の違いで、独楽の回転の様子は極端に変化する。回転軸の下端は、出来るだけ回転対称に作成する。手でヤスリ掛けして仕上げるよりは、前述のドリルのチャックに回転軸を取り付け、回転軸を回転させながら、ヤスリを当てて先端を加工することを勧める。先端の曲率半径が大きければ、独楽は回転皿一杯に動き回るようであ

る。

(6) 独楽の回転の様子 その3

回転皿の表面の粗さ、滑らかさも独楽の運動に大きな影響を与える。皿の表面が余りにも滑らかだと、氷の上やガラスの上で、独楽を回しているようなものである。滑って転ぶ場合が良くある。

また、皿の表面が粗すぎると、当然摩擦が大きくなるので、独楽の回転運動が阻害される。

どの程度の荒さ、滑らかさならばよいのか？ 何とも言えない。ほどほどとしておこうか。独楽の回転の様子を観察して、どうも滑らかすぎるようであると判断したら、紙ヤスリなどで面を荒くする。逆に、荒すぎると思うならば、ロウとかを塗って滑らかにしてみると良いであろう。

(7) 独楽の大きさ及び形状

独楽の大きさ、マグネットの取り付け位置、回転軸の直径等々は可変値である。著者も幾つかの形状の独楽の例を論文で既に、紹介している。それらの全て調子よく回転運動をしている。紹介している以外の形状の独楽を作成してみるのも面白いであろう。

(8) 駆動電源電圧

乾電池4本のDC6V駆動を主にしているが、DC可変電源を持っている場合には、他の電圧での動作を観察するのも面白いであろう。

5. 終わりに

写真1に示している回転皿の直径は15cm。直ぐにA4版一杯で切り出せる回転皿(直径21cm)の作品も作成した。独楽は同じものを使用した。結果は良好である。

今後、永久独楽について製作を行うかどうか考えていない。何らかの面白いアイデアが浮かんだらやってみるかもしれない。

参考文献

(1)「永久独楽の製作」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2001年11月。

(2)「永久独楽の製作 - その2」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2003年4月。

(3)「永久独楽の製作 - その3」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2003年4月。

(4)「永久独楽の製作 - その4」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2004年6月。

著者のURL <http://www.oyama-ct.ac.jp/D/kinnoken>

2007年12月20日