

理科における演示装置作成とその意義

八田 明 夫〔鹿児島大学教育学部（理科教育）〕・韓 長 明〔中国・東北師範大学理想信息技术研究院〕

Significance to create a device of science experiment with a hand of teacher oneself

HATTA Akio・HAN Changming

キーワード：理科教育、自作演示装置

1 はじめに

本報告は、平成17年度に鹿児島大学教育学部教育実践総合センターの研究協力員として滞在した中国・東北師範大学教授韓長明が八田明夫と共同研究し、韓長明が自作した演示装置について八田が解説したものである。

理科の授業で自然の事象をモデル化して教室で再現したり、縮小した装置などで示したりすることは、児童・生徒の自然事象の理解を助けると共に、児童・生徒の創作意欲の向上に役立つものと考えられている。また、この報告で紹介されている装置について教育学部理科教育専修の学生に演示実験をしながら原理を紹介した。学生は工夫に感心するとともに「原理が良く解った」「自分でも作れそう」という感想を述べていた。自作教具の作成・演示は教員養成系の学部生の教育に直接的に役立つものであると言える。以下作成された装置を紹介する。

2 作成された演示装置

(1) 噴水による卓球のボールの押し上げ

この実験装置では、噴水の水流にボールが押し上げられて落ちない現象が観察できる。水流の中にボールが一旦入ると、ボールがいずれかの側に偏った時、ボールを水流の中心に戻そうとする力が働く。この力はボールの側面を流れる水流の流速の違いによって生じる。

水の流れでは、水流の幅が狭いほど速く流れ、周辺に比べ中央の流速が大きくなっている。川や管の中の流れは中央ほど流速が大きい。

同様な現象は空気の流れでも観察することができる。



図1 噴水による卓球のボールの押し上げ
写真左：装置全体図。右：水流で押し上げられたピンポン玉

(2) 水流の中を通る光の全反射と水圧の一定化装置

a) 全反射と水圧観察装置

ペットボトルに開けた穴から出る水流にレーザー光線を当てると流れに沿って光も曲がる現象である。



図2 水流の中を全反射しながら曲って通る光
写真左：ペットボトルの側面に開けられた穴から出る水と反対側に設置されたレーザーポインター。
右：水流に沿って曲がってきたレーザー光。

この装置には流出する水量が一定になるような工夫がほどこされている。ペットボトルの側面に開けられた穴の反対側にレーザーポインターを設置してレーザー光を当てていると共に、水圧を一定に保つ為に、ゴム栓に通したガラス管を水が流れ出る穴の、上数cmの所まで下げてあることも特徴である。

b) ポンプで水面の一定化をはかり、水流の中を全反射する光を観察する装置

ペットボトルで作った容器にモーターポンプで一定量の水を送って水面を一定の高さに保ち、その容器に開けた穴から出る水流にレーザー光を当てて水流と同じ様にレーザー光が曲がることを観察する。



図3 レーザー光の曲がりの観察装置

写真左：装置側面。レーザー光が穴の上半分に着ているので直進する光と水流と共に曲進する光に分かれている。

右：上面からの図。モーターポンプによる揚水と流出が釣り合い、光がついたての一定の位置に当たっている。

(3) 作用反作用の演示装置

この装置はホースから出る水の反作用によって動くホースの尻尾の動きを観察するものである。



図4a 作用反作用観察装置

ホースから出る水の勢いで押され、柔らかいゴムホースは右に左に揺れ動く。ペットボトルの一

部を切り取り黒く塗ってネズミの様にしているので、あたかもペットボトルの水を飲みに来たネズミの尻尾が気持ちよく動いている様に見える。楽しい装置の中に作用反作用の原理が学べるように工夫されている。

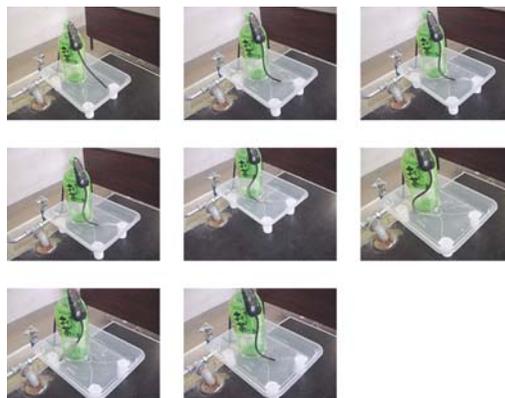


図4b ネズミの尻尾の動きを示す連続写真
上左から右に連続した動きを示している。

(4) サイフォンの原理観察装置

a) 揚水と出水が繰り返される装置

この装置は、ポンプで揚水した水の面がある高さになるとサイフォンの原理が働いて水が流れ落ちる装置である。

サイフォンの原理であるUの字状の構造は、逆さにした試験管の中にガラス管を入れることで作っている。

観察者はポンプで揚水された水がなぜ一定の高さになると落ちるのかを理解するには、この試験管の中にガラス管が存在することに気づかないといけない。発泡スチロールの存在は水面の高さを示すためである。



図5a サイフォンの原理観察装置



図5b ポンプによる揚水で水が溜まり、サイフォンの原理が働いて水が抜けていく様子

b) 曲がるストローを使ったサイフォンの原理観察装置

この装置も図5aと同様にポンプで揚水し、水面がある高さになるとサイフォンの原理が働いて水が流れ落ちる装置である。サイフォンの原理が働く場所は「曲がるストロー」で作ってある。図5aよりはサイフォンの原理に気が付き易い装置である。



図6 曲がるストローを使ったサイフォンの原理観察装置

左側の揚水ポンプで水を押し上げ、右側のコップに溜まった水が曲がるストローの上面まできた時に水は落ち始める。

(5) 気体の膨張観察器

三角フラスコに細いノズルを付けたゴム栓で蓋をし、逆さにして使用する。この容器のノズル部分が水中に入る程度の浅い水槽に入れ、この観察装置に上から熱い湯をゆっくり注ぐ。容器の中の空気が膨張し、中から空気が押し出されてくるのを待つ。十分に気泡が出終わったら、そのまま放置すると空気の温度が下がり、水がノズルから容器の中に吸い込まれる。十分水を吸い込んだ所で、再び熱いお湯を上からかけるとノズルから水が飛び出す。容器の内側が濡れている方が勢い良く水がでる。

この原理を使ったおもちゃの「小便小僧」が、中国の観光みやげで売られている(図7右)。購入してきた物を参考に作成した。

この装置の意義はおもちゃの小便小僧の示す現象をモデル化して示す点にある。おもちゃの示すユーモラスな現象がなぜ起こっているかは、おも

ちゃの素材が陶器でできているのでブラックボックスとなっているので解らない。これをシンプルにガラス容器で示しているので、容易に原理を考えることができる。

この現象の説明で注意しなければいけないことは、容器の中の気体が水蒸気を含む空気であることである。水蒸気をまったく含まない空気の膨張と水蒸気を含んだ時の空気では膨張に違いがあることに留意しなければいけない。



図7 気体の膨張観察装置と小便小僧
写真左：ノズルはゴム栓に差し込まれたプラスチック管の先端に上向きに穴が開けられている。
右：おもちゃの「小便小僧」

(6) 振動で僅かずつ動く装置

ここではカップ麺の容器や歯ブラシなどを利用したおもちゃを紹介する。

a) はぶらしの虫

この装置はカップ麺の容器をさかさまにして使用する。容器の中には乾電池とモーターが設置されている。そのモーターにはゴム栓がつけられているが、ゴム栓の中心から僅かにずれた位置に穴が開けられてモーターに取り付けられている。

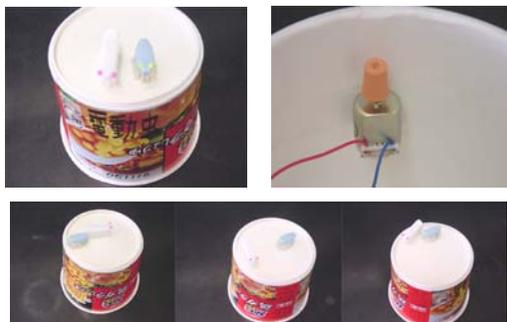


図8a 電動虫

写真上右：カップ麺の中に設置されたモーター。
写真下：モーターが動き容器が振動すると虫が動く。

モーターが回転するとゴム栓は中心がずれているので振動しながら回転する。その振動が容器に伝わり、容器の振動で虫は動く。

虫は歯ブラシのブラシ部分を切り取って目玉を書き込んだ物である。同様なおもちゃは日本のおもちゃにもみうけられる。

b) かめと蛇

この装置も図8aと同様に容器の中にモーターの振動装置が取り付けられている。



図8b 振動で動くかめと蛇 (右は裏面)

モーターに付けられたゴム栓の振動で容器の亀は僅かに振動しながら動き回り、その亀の背中に乗ったモールでできた蛇もぐるぐる回りながら動くゆかいなおもちゃである。

c) 電動へび

この装置もブラシの虫やかめと蛇のおもちゃと同様の原理で動くおもちゃである。ゴム栓が正確に中心に穴が開けられてモーターの軸に取り付いていたら振動は殆ど起こらない。物の振動を考える時に参考になる。また、振動を起こさないように回転する装置を作る正確な技術を再考するきっかけになる。



図8c 電動へび

(7) 重心の位置を考察する装置

蝶の形から判断する見かけの重心の位置は、蝶の腹部にあるが、花に停まっている蝶を演出するために蝶の口が重心となるようにしている。その

ために、蝶の羽の先端に重りを付けて重心の位置を口の所になっている。

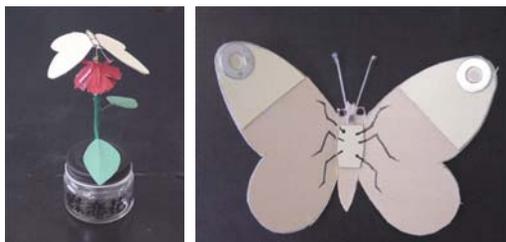


図9 重心の位置の考察装置

この装置はやじろべいのつりあう原理も示している。蝶の羽が下がっていることで、重心は支柱の先端よりも下になっている。これでより安定するようになっている。

(8) 上昇気流により回転する蛇

この装置は、電球の熱で生じた上昇気流により回転する螺旋型の蛇である。紙でできた蛇が動く不思議さと光が作り出す美しさを観察できる。



図10 電球の熱による上昇気流で動く蛇
写真右は電球を点燈した状態。

(9) ゴムの動力で動くおもちゃ

a) ゴムの動力で動く船

発泡スチロールで作った船をゴムの動力で櫂を回転させて進む。ゴムの本数を変えたり、巻き数を変えたりして推進力の違いを知ることができる。



図11 ゴムの動力で動く発泡スチロールの船

b) ゴムの動力で動くペットボトルの車
 ペットボトルを車体にして、写真のフィルムケースとその蓋の車輪で車を構成し、ゴムの動力で動くようになっている。



図12 ペットボトル自動車

(10) 日本古来のおもちゃ

a) 振動で動く鳥

このおもちゃも日本に古くから有るもので、支柱に余裕を持って差し込まれた管が支柱と並行になった時、管が落下するようになっている。この管に鳥が針金で付けられていて、その鳥を揺らすことで針金が動き、管が平行になる瞬間、鳥が僅かに落ちるようになっている。鳥は振動しているので管が支柱と平行でなくなると落下は止まる。



図13 振動しながらゆっくり落下する鳥

支柱を支えている台はペットボトルの上部を蓋と共に利用している。支柱は竹である。

b) 二本の紐を動かして動く蟬

この装置も日本のおもちゃに先例があり、鹿児島市立科学館にも展示されている。

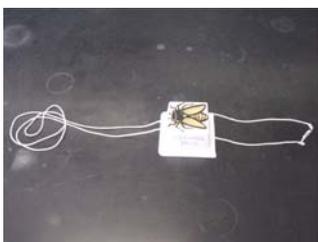


図14 二本の紐でうごく“蟬”

プラスチックの容器に二列の穴を開け、紐を通してピント張る。二本の紐の片方を張り、他を少し緩めると容器の穴を通過する紐が若干ずれる。これを交互の紐で繰り返すことで容器が動く。容器に蟬の絵を描くことで、蟬が登っていくような動きになる。

(11) 発泡スチロール切断機

この装置は、ニクロム線で作った発泡スチロール切断機である。各種の自作演示装置作成に使用した。市販の同様な道具が存在するが、道具の自作は、市販の道具というお手本があるので教師が演示装置を自作するきっかけにもなるめ奨励したい。特にスチロールカッターは、自作装置作成の可能性を広げる。

写真の中の左のカッターは、壊れた竹刀の竹を活用して弧の部分を作っている。右のカッターは太い針金を弧に使った。柄はいずれも木である。



図15 発泡スチロールカッター

3 自作装置作成の意義

理科の授業における演示実験は、児童・生徒が効率よく学習する上で欠かせないことである。その演示装置を教師が自作することで、児童・生徒に説明する時、その原理・本質を的確に説明することができる。市販の装置の多くがブラックボックスになっていることに比べて、その原理を見ながら演示実験するように作ることができる。

図1の「噴水による卓球のボールの押し上げ」は、流体力学の学習に直接関係する現象の観察装置(木下, 2003)であるが、日常の経験から想像した予想(水柱から落ちるだろう)と実際の現象(水柱から落ちない!)との差の大きさは、なぜ、不思議だという気持ちを起こす。こうした疑問は、理科に対する興味関心を高める役割がある

(八田・丹沢・土田・田口, 2004)。

図2の「水面の高さの一定化をはかり、全反射を観察する装置」と図3の「ポンプで水面の一定化をはかり、水流の中を全反射して曲がる光を観察する装置」は、水流の中を通る光の全反射と水圧を一定化する工夫を観察できる装置である。

図2の水面を一定にする工夫は、一本のガラス管を通したゴム栓をただけである。そのシンプルな装置がなぜ水圧を一定にするのか。水中のガラス管の先から出る泡を観察することで、その理由を考察できる。

図4a, bの「作用反作用の演示装置」は優雅で教育的な装置であると言える。ロケットの推進力と同じようにゴムの管は、水が出る作用の反作用で揺れ動く。現象を見るだけで、なぜ動くのかという疑問が発生し、問題解決能力の育成に繋がる教材である。

図5a, bの「ポンプの揚水で水面がある高さになるとサイフォンの原理が働き水が流れ落ちる装置」と図6の「曲がるストローを使ったサイフォンの原理観察装置」は、サイフォンの原理をシンプルな装置で観察できる教材である。図6の装置は曲がるストローを使っているので直接、サイフォン(Uの字を逆にした構造)を見ることができる。図5の試験管とガラス管を組み合わせたサイフォンは、装置を工夫することで、原理を再現できることを学ぶことができる。

図7の「気体の膨張観察器」は、ユニークなおもちゃで使われている原理を「ガラス越し」に観察することで原理を理解できるように工夫した教材である。

図8aの「はぶらしの虫」、図8bの「かめと蛇」、図8cの「電動へび」は、いずれも振動で動く装置である。振動が発生する理由は、回転するゴム栓が完全に中心を通っていないことによる。その振動を利用したおもちゃであるが、逆に振動が無いようにするには完全に中心を通るように作成しなければいけないことが分かる。

図9の「重心の位置を考察する装置」は、重心ということを知るために直接役立つ装置である。実生活で目にする物なども重心の位置を考えて工作されていることにつなげていける。

図10の「上昇気流により回転する蛇」は、電球の熱で発生する上昇気流で紙の蛇が動く時、なぜ動くのかを考えて上昇気流に気付き、大気の動きの理由に考えを発展していくことができる。

図11の「ゴムの動力で動く船」、図12の「ゴムの動力で動くペットボトルの車」は、いずれも児童・生徒にも簡単に作ることができる動くおもちゃである。これらのおもちゃは自作する過程を通して学ぶことの多い教材である。

図13の「振動で動く鳥」、図14の「二本の紐を動かして動く蟬」はいずれも、古くからのおもちゃをお手本に動くおもちゃを作ることにより自作演示装置を作る習慣が身に付くことが期待される。

図15の「発泡スチロール切断機」は、是非作って欲しい自作工具のひとつである。市販のお手本を元に手作りの工具を作ることから、自作をする意欲が芽生え、自作実験観察装置も増えていくと思われる。

参考文献

- 木下紀正(2003): 大学の物理 基礎と活用 裳華房
 八田明夫・丹沢哲郎・土田理・田口哲(2004): 理科教育学 教師とこれから教師になる人のために 東京教学社