

## オリジナル地学工作とサイエンスショー

福岡 孝\*・矢田猛士\*・太田哲朗\*・作本達也\*\*

### Original teaching materials for the earth science and the science shows

Takashi Fukuoka, Takeshi Yada, Tetsuaki Ohta and Tatsuya Sakumoto

#### はじめに

三瓶自然館では、地学関係の企画展等に合わせて各種のサイエンスショーや工作などを実施し、来館者に驚きや興味、納得を与えてきた。これらの中で、筆者らがオリジナルに開発・考案した実験や工作について紹介する。いずれも過去に当館の企画展のほか、「日本天文学会教育フォーラム」や「科学の鉄人」、「子どものためのジオカーニバル」などで紹介したものである。実際のサイエンスショーでは、関連した他の実習や工作と組み合わせることでより効果の大きいものとなる。

口は取り外して、お湯を注げるようになる。キャップはあとではめ込むようにし、缶の周囲は断熱シートを巻いて熱湯を入れても熱くないようになる。



図1-1 スプレー缶、ガスボンベなどの底をレンズの型に利用する。

#### 1. 氷のレンズの製作と太陽光による発火

氷のレンズを作り、それで太陽熱を集めて発火させようという実験。冷たいものから熱いものをという逆説的な発想に興味を引きつけたい。いかにレンズの形の氷を作るかがポイントである。

##### 準備する材料・道具

小さめの発泡スチロール容器（100円ショップで入手）、ホットプレート、断熱用ゴム手袋、スプレー又はキャンプ用ガスボンベの空き缶、断熱用梱包シート、熱湯の入ったポット、雑巾など

##### （1）レンズの型を作る

事前にレンズの型を作ておく。スプレー（直径約7cm）又はキャンプ用ガスボンベの空き缶（直径11cm）の底をレンズの型に利用する。上部のスプレー

##### （2）透明な氷を作る

冷凍庫に入るくらいの発泡スチロール容器に深さ10cm前後の水を入れふたをしないで凍らせる。冷凍庫の開け閉めを少なくし、振動を与えないようする。水の表面の方から凍り始めるが、水中の気泡などは底の方に押しやられ、上部に透明な氷、下部に不透明な氷ができる。完全に凍らせると、発泡スチロール容器の底が壊れるが、裏側からカッターナイフ等で丸く切り取り、氷を押し出す。容器は後でホルダー用に使うことができる。氷に不透明な部分があればホットプレートで溶かし、厚さ5cm前後の透明な氷の板を作る。氷に触れるときは断熱用に軍手またはゴム手袋を使用する。

最近はスーパーにいくと透明な板氷を売っており、これを使うと氷を作る手間が省ける。

\* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel), 1121-8, Tane, Sanbe-cho, Ohda-shi, Shimane Prefecture

\*\* 石川県立自然史資料館, 〒920-1147 石川県金沢市銚子町441番地

Ishikawa Museum of Natural History



図1-2 冷凍庫で発砲スチロール内で凍らせた氷は、上が透明、下は不透明となる。  
不透明の部分はホットプレートで溶かしてしまう



図1-3 お湯を注ぎ込み、缶を氷に押しつける。

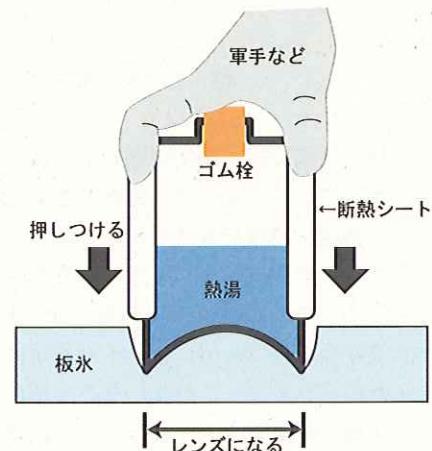


図1-4 概念図

### (3) 氷のレンズを作る

熱湯を入れたスプレー缶を氷に押しつけ、中央部までレンズの形になるまで溶かす。レンズの裏側はホットプレートで平面にする。これで氷のレンズはできあがり、レンズ周囲の枠は取り去らないで、ホルダーとして使う。このまま冷凍庫での保存も可能である。レンズの表面に微妙な凹凸ができるため、望遠鏡に使えるほどの性能にはならないが、レンズとしての機能は持っている（スプレー缶： $d \approx 6\text{ cm}$ ,  $f \approx 10\text{ cm}$ , キャンプ用ポンベ： $d \approx 10\text{ cm}$ ,  $f \approx 13\text{ cm}$ ）。

### (4) 氷のレンズを使う

ガラスのレンズと同様に、物が大きく見え、太陽光で黒い紙を焦がすこともできる。真夏でも10–20分はレンズの性能を保つことができる。この場合、時間とともに氷内部にチンダル像<sup>\*</sup>ができレンズの性能は悪くなる。降雪時には、野外で雪の結晶の観察などに適しているかもしれない。

\*氷に強い光があたった時に、氷は内部からも溶けて雪の結晶のような形になっていく。これをチンダル像と言つて、時間とともに像は増えて大きくなっていく。

（福岡 孝・作本達也）

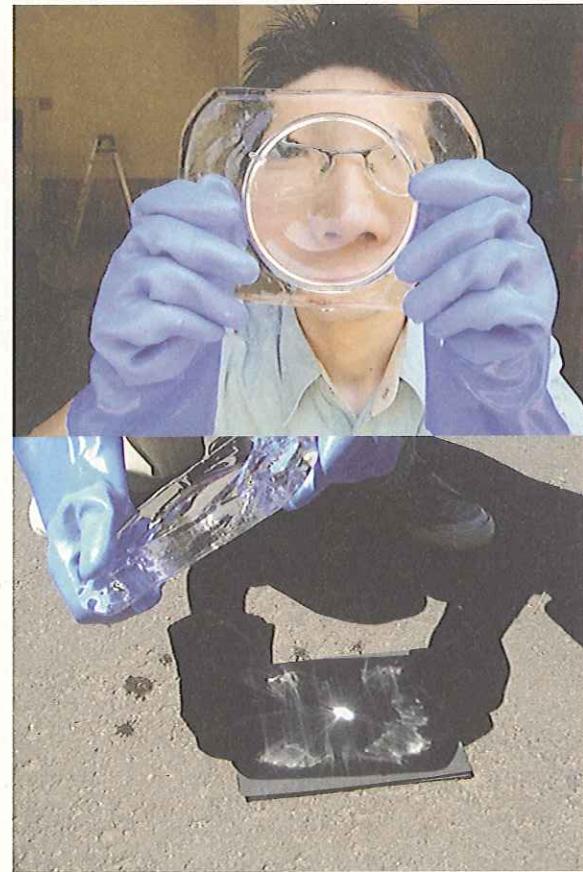


図1-5 氷のレンズの完成。黒い紙からたちまち煙が…

## 2. 月のクレーターが見えるペットボトル 望遠鏡の工作

身近にある安価な材料を用いて、月のクレーターが見えるペットボトル望遠鏡を工作する。工作を通して望遠鏡の原理や性能を維持するための工夫などについても考える。

### (1) ペットボトルを切断する

ペットボトル切断用ハサミを使ってペットボトルの下部から約5cmの位置を切る。ペットボトルの内部を黒色スプレーで塗るとより鮮明な像が見える。

### (2) レンズに絞りをつける

100円ショップで販売のルーペを対物レンズに用いる。黒い画用紙に直径4cmと7cmの同心円の円を描き、ドーナツ状に切り抜いて両面テープでレンズに貼り付け絞りとする。

### (3) 接眼レンズを作る

ペットボトルのキャップの中央にドリルで径3mm前後の穴を開ける。キャップの内側に両面テープを貼

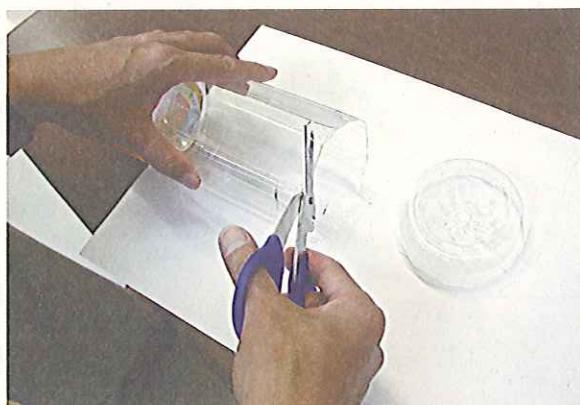


図2-1 ペットボトルの切断

り付け、穴を千枚通しでしっかり開ける。使い捨てカメラのレンズをピンセットで貼り付ける。このとき、穴とレンズの中心が一致するように注意する。

### (4) ペットボトルに対物レンズと接眼レンズをはめ込み、ピントの調整をする。

ピントは対物レンズを出し入れさせ、遠くの景色を見ながら調整する。必要に応じてペットボトルは短く切断する。

(福岡 孝・太田哲朗)

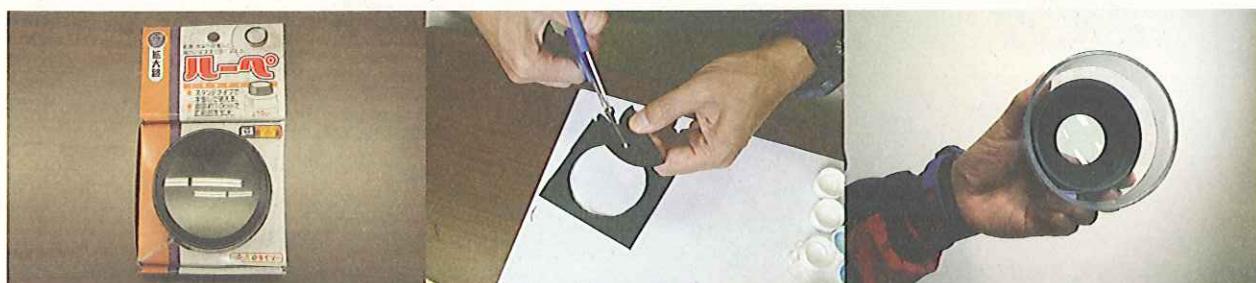


図2-2 黒い紙にコンパスで同心円を描き、二折して切り抜く。

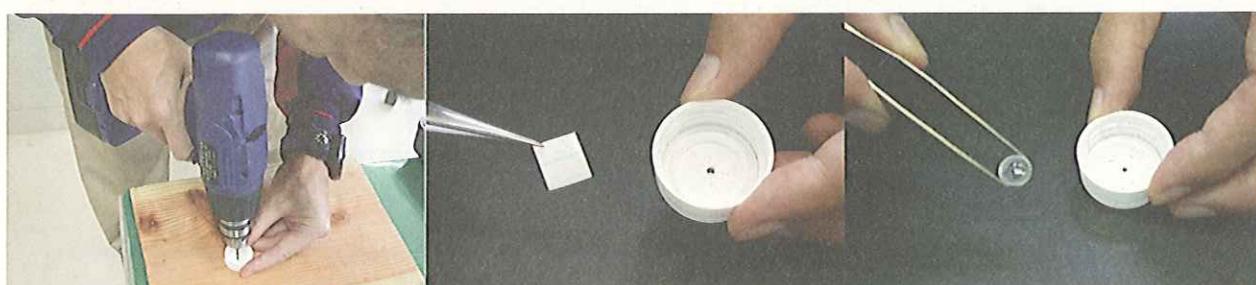


図2-3 ドリルで開けた穴(左)に両面テープを貼り、千枚通しでもう一度穴を開け、レンズを貼り付ける。



図2-4 ペットボトル望遠鏡の工作風景

## 月のクレーターが見える! ペットボトル望遠鏡の工作

島根県立三瓶自然館(サヒメル)

福岡 孝

太田 哲朗

身近で安価な材料を用いて、月のクレーターが見えるペットボトル望遠鏡を工作しよう。  
工作を通して望遠鏡の原理を考えたりいろいろな工夫をしてみよう。

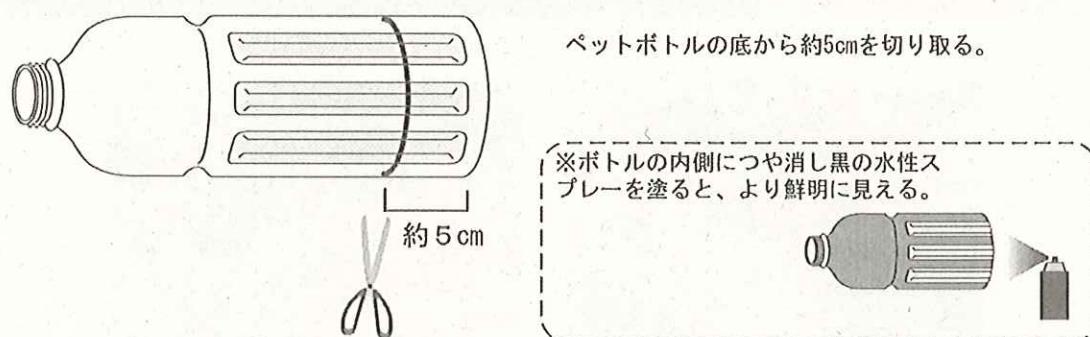
用意するもの：ペットボトル（1.5リットルで、下部が六角形のもの）・百円均一のレンズ  
ex. ポカリスエットなど（ルーベスタンドタイプ丸形）  
レンズ付きフィルムのレンズ・黒い画用紙・両面テープ

必要な道具： コンパス・定規・穴あけ用ドリル・ペットボトル切断用ハサミ・ピンセット  
千枚通し・紙切りハサミ・マジック

### 1. 像を良くする絞りをつくる

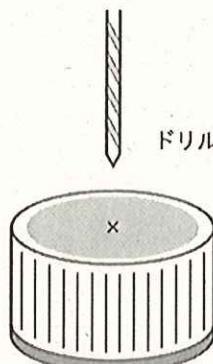


### 2. 鏡筒をつくる



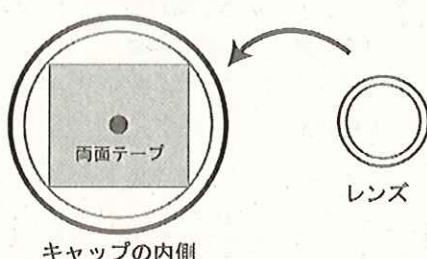
### 3. 接眼レンズをつくる

- ① ペットボトルのキャップの中央に  
ドリルで穴を開ける。



穴が大き過ぎると  
像が悪くなります

- ② キャップの内側に両面テープを貼りつけ剥離紙をはがす。  
千枚通しでしっかり穴を開けてからレンズ付きフィルムの  
レンズを貼り付ける。(ピンセットを使って中央に)



キャップの内側

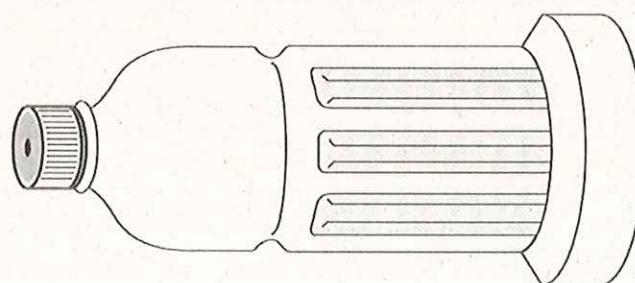
※注意：レンズの中央が  
出ている側を上にして貼る

両面テープ

レンズ

キャップ

鏡筒に対物レンズと接眼レンズをはめ込み、  
遠くの景色がはっきり見えるようになるまで  
ボトルを少しづつ切って調整する。



#### ！注意！



レンズ付きフィルム  
の分解は感電の危険  
があります。電気知  
識のある人のみが行  
うこと。



望遠鏡で太陽を見て  
はいけません。失明  
するおそれがあります。

サヒメル・オリジナル望遠鏡の完成！

※上下左右は  
さかさまに見えるよ！

アレ？



※月のクレーターを見るこつ

- ・半月頃の月をねらう
- ・望遠鏡をカメラ三脚に  
取り付ける

### 3. 建物のゆれと地震波の関係

震源までの距離や地盤の性質などにより地面のゆれ方が異なる。また、建物によっても固有のゆれ方がある。地面のゆれ方と建物のゆれ方の関係について考える。また、大地震が発生したとき、関東平野などで長周期地震波<sup>\*</sup>による高層ビルディングの大きな揺れが話題になっている。地震波の周期と建造物の固有周期の関係を分かりやすく見せる工夫を行った。なお、サイエンスショーでの発問・展開例を□の中に示した。

\* 大きな平野の地下は、すり鉢状の固い岩盤の上に柔らかい地層が堆積した「堆積盆地」となっているため、長周期の地震波は固い岩盤で何回も反射して高層ビルの揺れが長時間続く。

#### (1) 振動板の製作

振動を起こすための簡易振動板を製作した。振動板を支える支持板はビーベーとキャスターで、滑らかに動くように、また、振動板と支持板は輪ゴムで結び、振動が持続できるようにした。振動板の中央からおもり

を吊し、糸の長さを変えると異なる周期で振動板が動くように工夫した。

#### (2) 地震波の周期の違いによる建物のゆれ方

図3-2のように大小の起きあがりこぼしがあり、自作の振動板をゆらせて、それぞれの起きあがりこぼしを大きく振らせるにはどうしたら良いか考える。

- ・ Aを大きく振らせるにはどんなゆらせ方？
- ・ Bを大きく振らせるには？

地震と建物のゆれ方についてどんなことが言えるかを考える。

- ・ 最初に手動で振動板を動かし、共振<sup>\*</sup>に挑戦
- ・ 次に、振り子を振らせて起きあがりこぼしと振り子の共振を確認

\* 共振については、物理実験で用いる糸に吊した長短2本の振り子の共振の原理を実演することにより、理解はより深まる。



図3-1 左：振動板の材料一覧。振動支持板は中央に振り子を吊す穴、長辺サイドにキャスター、板面にビーベーを敷く。  
中：支持板の短辺サイドは輪ゴムを利用して、バネ代わりとする。  
右：振動板は中央にS字フックを付け、振動周期を調節した糸の長さの振り子を吊す。

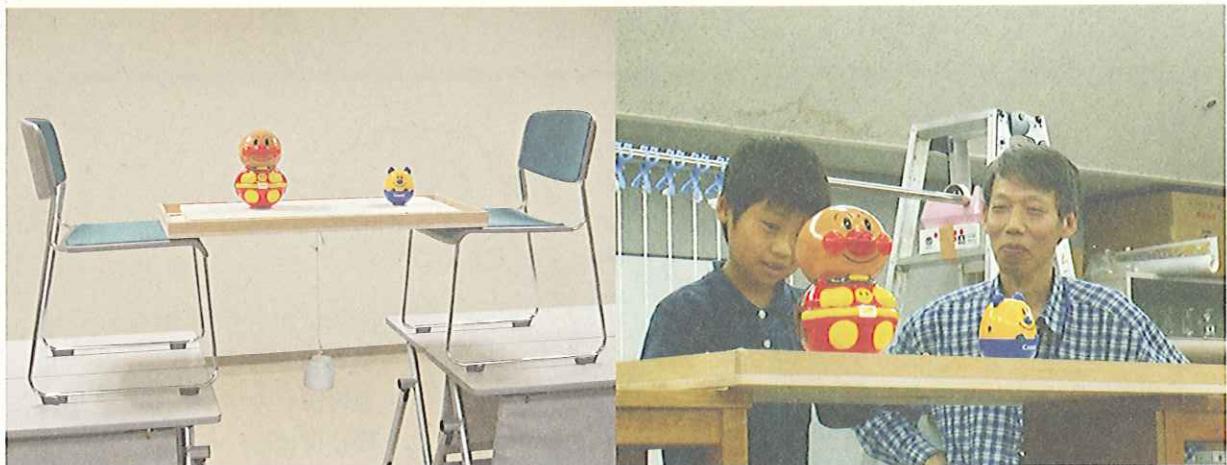


図3-2 周期の長い左側の起きあがりこぼし(A)と周期の短い右側の起きあがりこぼし(B)。事前に、A及びBの周期と一致するようにおもりの吊り糸の長さを調節し、共振するようにする。

## (3) 石油タンクは大丈夫?

大地震の時には石油コンビナートの石油タンクがスロッシング<sup>\*</sup>により、倒壊したり炎上する危険性がある。どんなときに危険なのか、水と同じ深さ入れた大小の容器をゆらせて考える。大きな容器としては、キャスターの付いている衣装ケースを用い、水を入れた小さな容器を衣装ケースの蓋の上に置いて、衣装ケースの方を揺らせると同じ揺れ方での比較ができる。また、水面の動きが見やすいように着色したり、浮き屋根の代用として水面にシートを浮かべても良い。

- ・小さな容器から水があふれるゆらせ方は?
- ・大きな容器から水があふれるゆらせ方は?

\*石油タンクの液体の固有周期と長周期の地震波とが共振して、タンク内の液体が大きく揺れる現象。2003年の十勝沖地震では、スロッシングにより浮き屋根とタンクがぶつかって、火災が発生した。スロッシングの固有周期はタンクの内径と液面の高さに依存し、内径が大きいほど、また、液面が低いほど固有周期は長くなる。十勝沖地震で火災が発生したタンクの固有周期は7秒程と言われている。

(福岡 孝・矢田猛士)



図3-3 2003年9月に発生した十勝沖地震により炎上した石油タンク。(読売新聞より)

## 4. 地磁気を感じよう

身近な自然現象の地磁気は一般には馴染みの薄い存在であるが、磁石や磁気という言葉に言い換えると、電気製品のモーターやCDなどの記憶媒体などに使わ

れ、身の回りの生活に欠かせない存在である。ここでは、自然現象としての地磁気を感じ取る演示実験を工夫した。なお、サイエンスショーでの発問・展開例を□の中に示した。

## (1) 砂鉄を集めてみよう

山陰の海岸には波に洗われて砂鉄が集積している場所がある。強力な磁石(ネオジム、フェライトなど)で砂鉄を集め、砂が混じらないような集め方も工夫する。双眼実態顕微鏡でのぞくと、大部分が正八面体の磁鉄鉱である。砂鉄は密度が約5なので、ペットボトルに入れて持ってみると水の5倍の重さが実感できる。



図4-1 砂浜に集積した砂鉄。

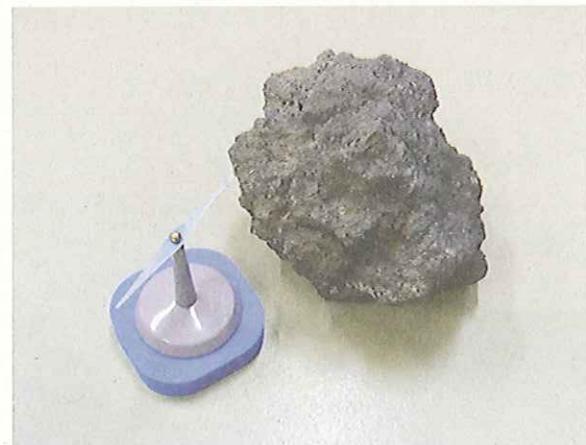


図4-2 溶岩を近づけると磁針が影響を受ける。

## (2) 地球の磁場を調べてみよう

砂鉄の各粒は残留磁気を留めているが、各粒の磁極の方向はアトランダムである。そこで、砂鉄を粘土で固めてガストーチで加熱し、赤熱した後に冷却し、現在の地磁気の方向に磁化するかどうかを確認する。



図4-3 左：砂鉄と粘土を混ぜ合わせ、方向が分かるような形を作る。  
中：ガストーチで赤くなるまで熱する。  
右：発泡スチロールに載せて方向が落ち着くまで待つ。

地球は大きな磁石である → 磁石が南北を向く  
磁石に溶岩を近づける → なぜ動く？

高温の溶岩の磁性成分はバラバラな方向を向いて  
いる

↓  
冷却時に地球の磁場の方向に磁化  
(磁鉄鉱のキュリ一点：約600°C)

釘や針金を熱してNS方向に置いて冷やすと磁化  
される実験がある  
では、砂鉄を熱してNS方向に置いて冷やすと磁化  
されるだろうか？  
粒状の砂鉄をどのようにしたらいい？→粘土で固める\*

磁化されたかどうかをどうやって調べる？  
↓  
発泡スチロールの上に置いて水に浮かべる\*\*

\* 砂鉄：粘土 = 5 : 1 程度にする。

\*\* 地磁気は非常に微弱なので、次に上げるものへの影響を少なくする必要がある。



図4-4 電気コードを回転させると、地磁気で発電できる？

- ・建物構造に入っている鉄筋
- ・静電気（発泡スチロールや着ている服の素材）
- ・空調などによる風
- ・水面に浮かせる発泡スチロールの形や大きさによるトルク

### (3) 地磁気で発電しよう

発電機の原理の応用で、地球磁場の中で電気コードを回転させると電流が流れることを、検流計を振らせて確認する。

磁石を用いた身近な電気製品→モーターコイルを  
回したらどうなる？→電流が流れる→発電機

地球には磁場がある

↓  
コイル（コード）を回せば電気が流れるはず  
→検流計\*は微妙に振れる

\* 検流計の感度は10<sup>-7</sup>Aのものを用いる。

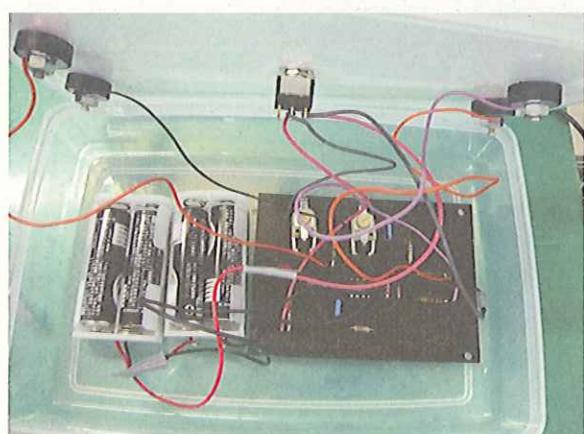


図4-5 検流計の増幅装置  
ゼロ点及び感度の調整ができる。  
パーツ類の金額は合計で千円程度。  
である。

