

どこまでも続くよ！光のトンネル

ちゅうぶだいがく めいよきょうじゆ
中部大学 名誉教授

おかじま しげき
岡島 茂樹

1. 鏡の利用

かがみ りよう
鏡（ミラー）の反射を利用した工作をします。鏡には平面鏡、凸面鏡、凹面鏡等
があります。家庭の洗面所等で姿を見るために使われているのが平面鏡です。凸面鏡
は広い景色を小さくして見るとき、例えば、安全確保のために道の曲がり角に立ってい
る反射鏡や自動車のバックミラー等に使っています。凹面鏡は光を集めたり、小さ
いものを拡大して見るのに使います。平面鏡も2枚、3枚を直角に配置して組み合わ
せ鏡にすると、色んな使い方ができます（末尾の「先生や保護者の皆様へ」を参照し
てください）。このように鏡は私たちの生活で大変多く使われています。

こんかい こうさく まい へいめんきょう へいこう む あ はいち とき み ひかり
今回の工作は2枚の平面鏡を平行に向かい合わせて配置した時に見られる光の
せかい
世界です。ただし、2枚の平面鏡の1枚は普通の全反射鏡を、もう1枚は入射して
ひかり いちぶ とうか いちぶ はんしゃ かがみ いっぱん しょうひんめい
きた光の一部を透過して、一部を反射する鏡（一般にハーフミラーという商品名で
しはんもち
市販されています）を用います。

2. 光のトンネルの原理と構造

こんかい こうさく ひかり へいめんきょう まいへいこう む あ はいち
今回、工作する光のトンネルは平面鏡を2枚平行に向かい合わせて配置します。こ
かがみ あいだ ぶつたい お ぶつたい まい かがみ く かえ はんしゃ むげん つづ そう
の鏡の間に物体を置くとその物体は2枚の鏡で繰り返し反射して無限に続く像を
つく
作ります（図1）。

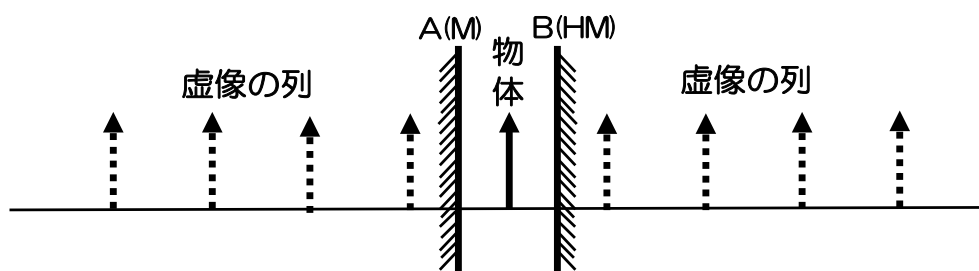


図1 2枚の平面鏡を平行に向かい合わせて配置した時の反射像

この像を外から見るために片方の平面鏡（図1のB）を半透鏡（ハーフミラー：HM）にします。この工作では、2枚の平面鏡を簡単に平行に配置するためにプラスチック円筒ケース（ふた付き）を uses。黒画用紙は、外からの光が入らないようにしてトンネル内を暗くするためのもので、プラスチック円筒ケースの内側に貼り付けます。

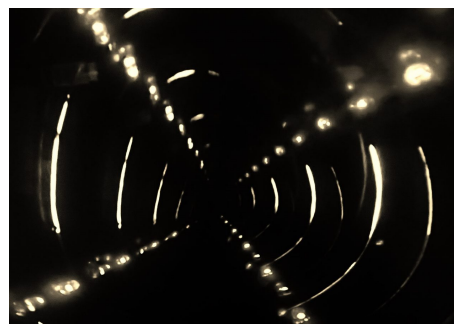
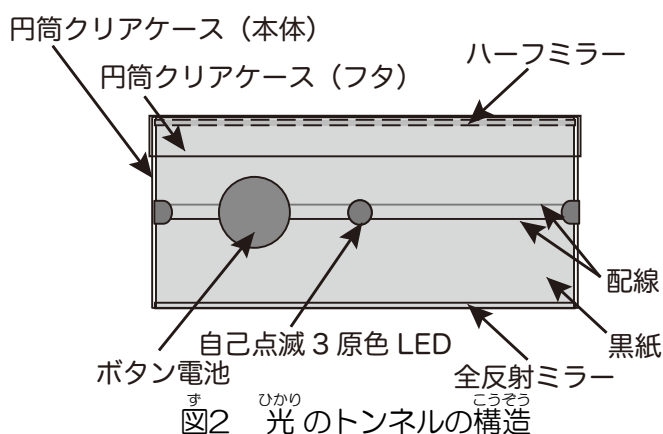


図3 光のトンネル

以上をまとめると、光のトンネルの構造は図2のようになります。そして、ハーフミラー側から覗くと図3のような光のトンネルを見ることができます。

カラーの画像は次のホームページから見ることができます。

<http://tokai.jsap.or.jp/science-classroom.html>

https://refresh-rika-tokai.jimdofree.com/工作-どこまでも続くよ-光のトンネル/?preview_sid=157938

3. 準備するもの

ざいりょう 材料

- 黒画用紙 (255 mm x 35 mm) 1枚
- 厚紙 (25 mm x 25 mm) 1枚
- プラスチック円筒クリアケース (ふた付き)
(直径78 mm、高さ35 mm、厚さ0.3 mm) 1個
- ポリカーボネート全反射ミラー
(直径77 mm、厚さ0.5 mm) 1枚
- ポリカーボネートのハーフミラー
(直径77 mm、厚さ0.5 mm) 1枚
- 自己点滅3原色LED (色変化の速いもの、例：LP-R-3RGB-F) 4個
- 3V ボタン電池 (リチウム電池) (CR2032) 1個
- CR2032用ボタン電池ホルダー (CH25-2032LF) 1個
- 銅線 (太さ約0.3 mm、長さ30 cm) 2本
- たこ糸 (長さ約5 cm) 1本

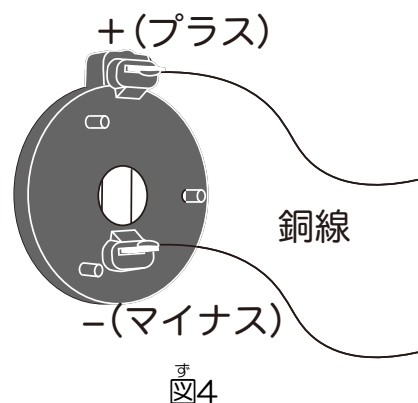
どうぐ 道具

めうち、カッター板、はさみ、ラジオペンチ、ニッパー、半田ごて、半田、段ボール、セロハンテープ、厚い超強力両面テープ、両面テープ、黒色ビニールテープ

4. 光のトンネルの作り方

4.1 パーツの準備

- 1) ボタン電池用ホルダーの電極に LED配線用の



銅線を半田付けします（図4）。

2) 厚さ0.5 mm のポリカーボネート全反射ミラー、ポリカーボネートハーフミラーの型紙をミラーの裏に両面テープで2箇所とめます。貼り付けたら、円板状に切りませんが、線の内側を切ると良いでしょう（図5）。

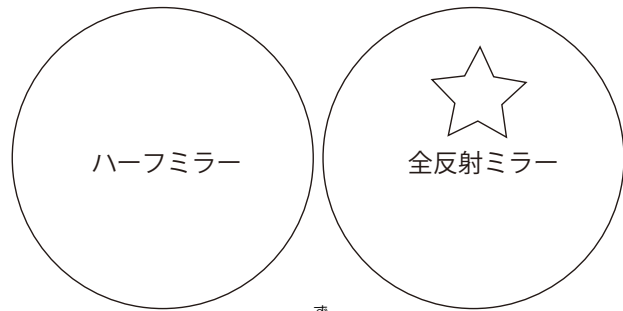


図5

3) 黒画用紙を 255 mm x 35 mm で切り取ります。

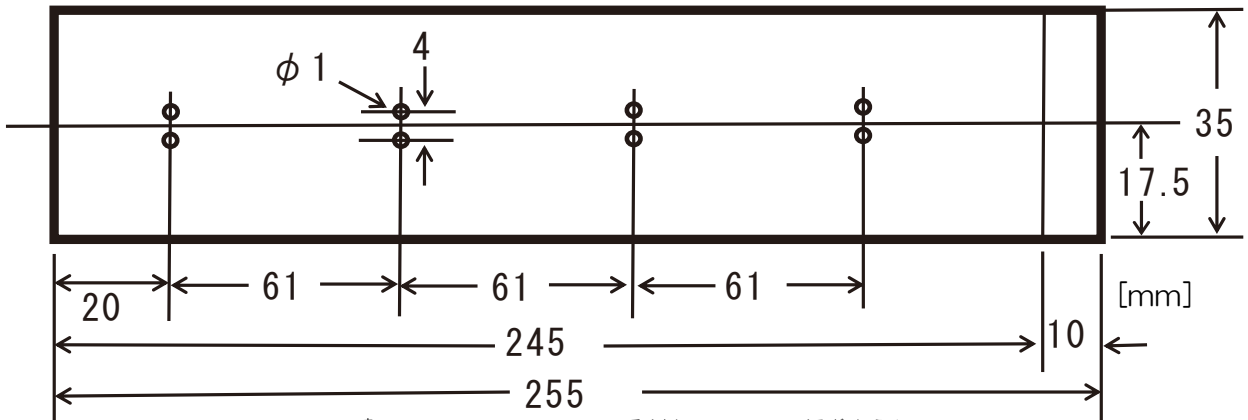


図6 クリアケースの側面に入れる黒画用紙

黒画用紙ののりしろ（図6 の右端10 mm の部分）に長さ3 cm の両面テープを半分幅だけ、外側にはみだすように貼ります。

4.2 組み上げ

1) 図7 のように全反射ミラーをプラスチッククリアケースの底に薄い両面テープで貼り付けます。この時、

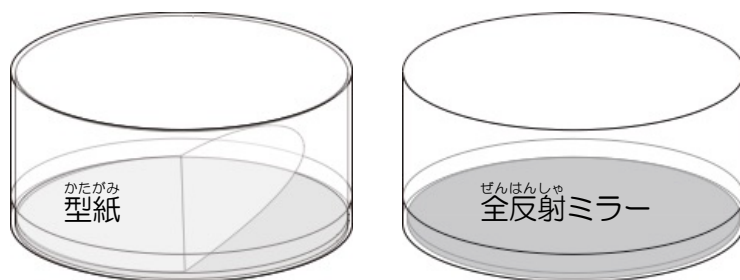


図7

型紙と保護シールをミラーから 3cm程はがして、折っておきます。ミラーがクリアケースの側面に接触して反射映像が歪まないことを確かめておきます。もし、歪んでいるようなら、ミラーが側面に接触しないように調整します。型紙と保護シールをミラーからはがします。

2) 円筒クリアケースの内側に、+印が内側から見えるようにして、黒画用紙を入れ、その端に貼った両面テープでクリアケースに固定します(図8)。黒画用紙がクリアケースに密着するように注意して全部入れたら、その端を両面テープに貼り付けて固定します。

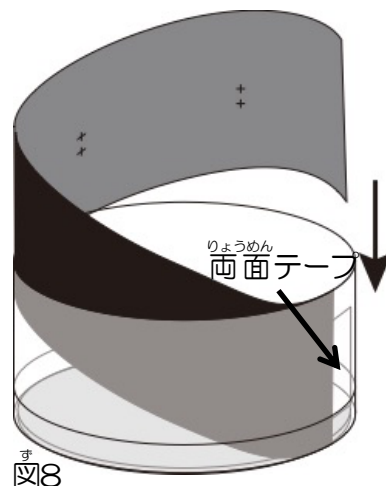


図8

この時、黒画用紙がクリアケースから上にはみ出していないことを確認しておきます。もし、はみ出していたらその部分をはさみで切りそろえます。

3) クリアケース側面に黒画用紙の印の所をケースの内側から目打ちで直径約1 mmの穴をあけます(図9)。この時、カッター板の上に段ボールを置いてその上にクリアケースの側面を置き、目打ちであけるとあけやすいでしょう。

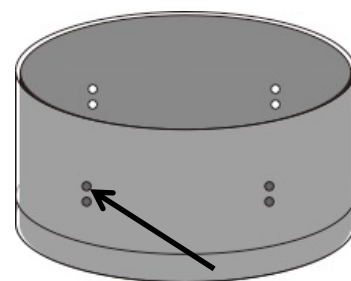


図9 LEDの足を通す穴

4) ポリカーボネートのハーフミラーの型紙を貼った片面の保護シールを型紙と一緒に少しはがしたら、折っておきます。もう片方の面(図10では上側)の保護シールを全部はがします。ミラーの端4箇所に、小さく切ったセロハンテープを貼っておきます。図10のようにその面を上

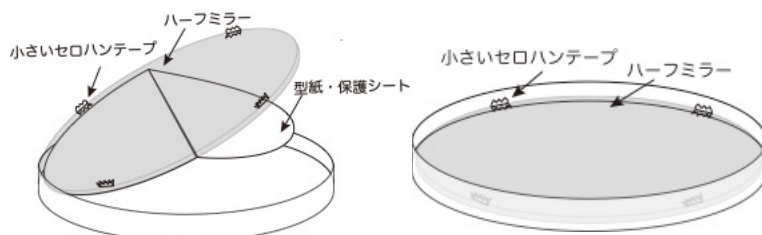


図10

してミラーをクリアケースのふたの内側に立てかけて、残っている型紙と保護シールを全部はがします。ミラーの端に貼ったセロハンテープでミラーをふたの側面に軽くとめます (図10)。

5) クリアケースの内側から8箇所の穴にLEDの足を差し込み、クリアケースの外側で足を広げて抜けないようにします (図11)。この時、LEDの足は長い方 (+) と短い方 (-) があるので、全てのLEDについて差し込み方向は長い足を図のように上側、短い足を下側にします。後から、

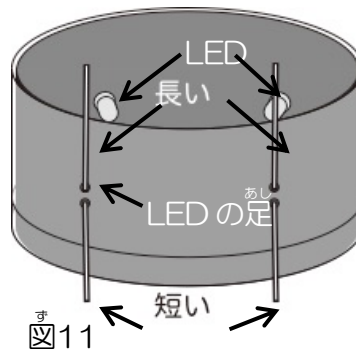


図11

電池ホルダーの+ (プラス) からの銅線をLEDの長い足に、- (マイナス) からの銅線を短い足につなぎます。

6) クリアケース本体にふたをします。

7) 電池ホルダーの裏側に厚手の超強力両面テープを4枚重ねて貼り付け、それをクリアケースの側面に取り付けます (図12)。その取り付け位置はクリアケース側面の穴と穴の間が適しています (図13)。この時、LEDの+極 (長い足) と銅線でつなぐため、電池ホルダーの+ (プラス) を上側にして固定します。

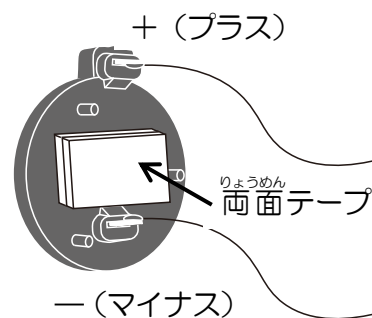


図12

8) 電池ホルダーからの銅線をLEDの足に2回程度巻きつけます。線が抜けないように、LEDの足を半分ぐらいで折り曲げます (図13)。LEDの長い足 (+) に電池の+ (プラス) からの銅線を、短い足 (-) に電池の- (マイナス) からの銅線を配線する事が大切です。最後に余った銅線は上下の銅線どうし接触しないよう気を付けて折り曲げておきます。

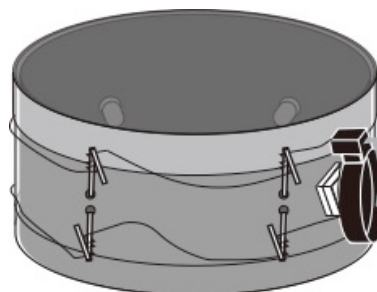


図13 銅線とLEDの接続

9) 4個のLEDの配線が終わったら、電池ホルダーに電池を入れて、4個のLEDが点灯することを確かめます。

10) LEDが点灯したら、LEDの折り曲げた足の部分にセロハンテープを図のように貼ります。また外の光が入らないようにするため、LEDの足の部分に黒いビニールテープを貼ります。

11) 25 mm角の厚紙の角あたりに長さ5 cm位のたこ糸をセロハンテープでとめて、他端をクリアケースの電池ホルダー近くにセロハンテープでとめます。この厚紙を電池ホルダーの電極と電池の間に差込んで、電池のON-OFFスイッチにします(図14)。



図14

5. 光のトンネルの見方

電池ホルダーに差込んだ厚紙を外して、LEDを点灯させます(図15)。ハーフミラーによる自分の顔の反射を防ぐため、クリアケースの側面を左右の手の平で覆って、顔をクリアケースに近づけ、ハーフミラーの方からクリアケースを覗きます。点滅するLEDの光が無限に並ぶ光のトンネルが見えます(図3、図15)。

覗きながら、クリアケースの底面を押さえると、光のトンネルの方向が動きます。これは2枚の鏡が平行ではなくなったり、全反射ミラーが平面から歪んだりするためです。

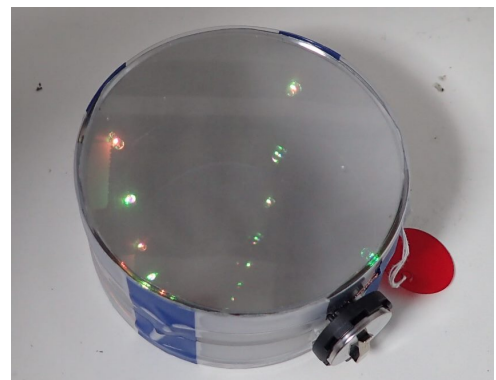


図15

注意

LEDの点滅で気分が悪くなる人は長時間の観測を避けてください。

先生や保護者の皆様へ

ここで使ったハーフミラーは、ガラスや透明プラスチック板に薄く金属を蒸着したもので、入射光の一部を反射、一部を透過させるミラーです。この反射光と透過光の強度が等しくなるようにしたミラーをハーフミラーといいます。光学実験では入射光を例えば 45 度に置いて、ビームを 2 分割するために（ビームスプリッターとして）使われることがあります。ただし、今回使ったような安価な市販品は正確にハーフミラーではありません（注）。

今回の工作は組み合わせミラーを知る実験の一例です。平面鏡は 1 枚の場合、よく知られているように鏡には虚像が見られます。この鏡の前に立って左手をあげると、鏡の中に映った人は右手をあげています（図 16）。

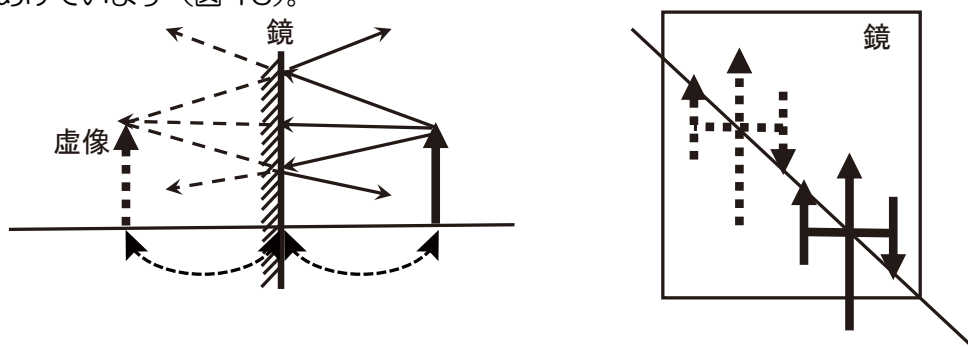


図 16 平面鏡の反射

しかし、平面鏡 2 枚を直角に取り付けた組み合わせミラー（直角ミラー）にすると、鏡の前に立って左手を上げると、鏡の中に映った人は 2 回反射のため同じ左手を上げているように見えます（図 17）。

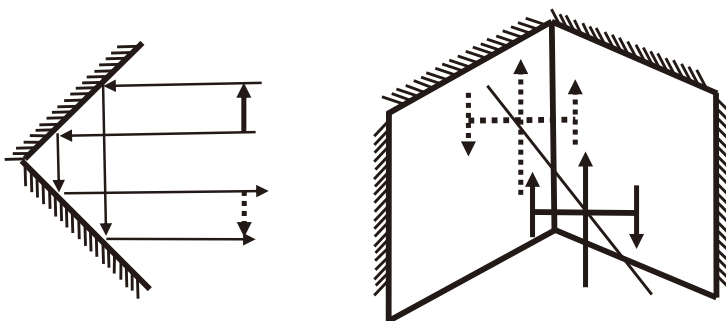
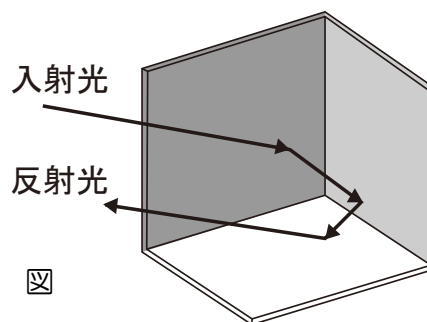


図 17 直角ミラーの反射

3 枚の平面鏡をそれぞれ直角に取り付けた組み合わせミラー（コーナーキューブミラー）にすると、入射光は 3 回反射で入射した同じ方向に反射します（図 18）。このコーナーキューブミラーはアポロ 11 号宇宙船が月の表面に設置してきたことで有名になりました。このミラーによって、地球から発射したレーザー光ビームを反射させて地球と月の距離が正確に測れるようになりました。



図

1
8

また、私たちの生活では、自動車道の縁石側に貼ったり、自転車の後ろの反射板（多数の小さいコーナーキューブミラーを並べて付けている）（図 19）に使ったりしています（走っている車のヘッドライト光をこのミラーで反射させて元の方向に戻して運転者の目に入れる）。

（注）精度の良い光学実験用のハーフミラーは平行度の高い光学ガラス上に金属膜を薄く反射コーティングして仕上げますが、その特、光の波長、偏光方向を指定する必要があります。高価になります。

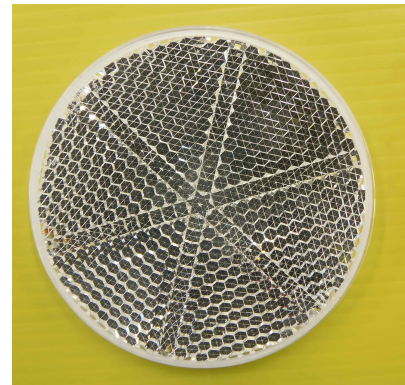


図 19 コーナーキューブミラーを並べた自転車等の後ろに付ける反射ミラー