

# 光の科学

ものや色が見えるしくみをさぐる

神奈川県立湘南台高等学校 山本明利

ものが見えるのは光のおかげです。ものから出た光が目には達することで、私たちはものを「見る」ことができます。でも私たちは光がまっすぐ進むと信じているので、光が途中でレンズで屈折したり、鏡で反射したりすると簡単にだまされてしまいます。そこに実際にはないものが見えてしまうのです。そんな光の不思議な世界を工作と実験で探検してみましょう。

## 1. ビー玉にうつる世界

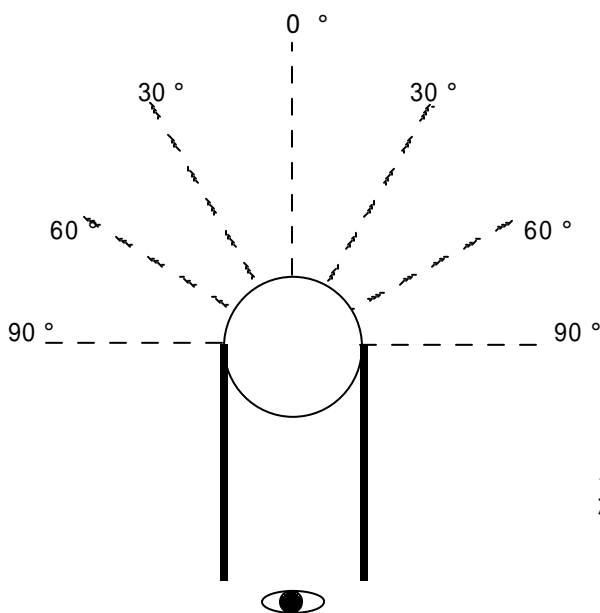
はじめに透明なビー玉をよく観察してみましょう。ビー玉には向こう側の景色がうつっています。ビー玉を右の図のように筒にはめてのぞくと、観察しやすくなります。向こうの景色はどんなふうになっていますか？

【観察して気づいたことをメモしましょう】

上下・左右の関係はどうなっていますか？大きさはどうですか？



どのぐらいの範囲が見えていますか？ビー玉のまわりに手をかざして調べてみましょう。



ビー玉を通して見ると、とても広い範囲が見えていることがわかります。光はビー玉でどのように曲げられているのでしょうか。

## 2 . ビー玉ルーペ

右の写真のように、ビー玉をはめた筒を通して、文字などを観察してみましょう。まるで虫めがねのように大きく見えますね。

【観察して気づいたことをメモしましょう】

上下・左右の関係はどうなっていますか？



下の方眼でおよその倍率を調べましょう。何倍ぐらいに見えていますか？

(ここには1mm方眼紙をはる)



少年団のルーペの倍率はどのくらいですか。上の方眼で実際に調べてみましょう。

オランダのレーウェンフックという人が発明した初期の顕微鏡は、小さなガラス玉を1個だけ使った簡単なものでした。彼はその顕微鏡で、世界で初めて細菌などの微生物や赤血球を発見し、アリやノミの生態を観察・記録するなど、大きな業績をあげました。

## 注意！

透明ビー玉は焦点距離のうんと短い凸レンズです。凸レンズと同じ注意をする必要があります。ビー玉を通して直接太陽を見ると、目を痛めます。太陽を見てはいけません。また太陽光を当てると、光が集まって近くのもの燃えることがあります。ビー玉を日なたに出しておいてはいけません。火事になるおそれがあります。透明ビー玉はかなり危険ですから注意を守って正しく使ってください。

### 3．回折格子（グレーティング）

回折格子（かいせつこうし）は英語でグレーティングともいい、透明なガラスやプラスチックシートの表面に目に見えないほど細かな規則正しい溝（格子）を無数に刻んだものです。

ハンカチを広げて目に当て、生地をすかして豆電球の明かりのような小さな光を見ると縦横に光がにじんで見えます。これは回折といって光などの波が物かげにまわりこんで起こる現象です。回折格子もこの現象をうまく利用しています。

回折格子は一見透明に見えますが、これを通して明かりを見ると、写真のように虹色の帯が光源のまわりに広がっているように見えます。光源からの光が色の成分に分かれて見えているのです。このような色の成分のことをスペクトルといいます。光はいろいろな色の成分が混じり合っていることが多いのですが、回折格子を通すとその成分を分けることができますから、光の正体を調べることができます。

音楽用やコンピュータ用のCDの銀色の面を見ると、反射する光が虹色に見えることがあります。これも回折格子と同じしくみです。CDの表面には信号を記録するイボイボ（ピット）の列が細かく規則正しく並んでいて回折格子のはたらきをするのです。



### 4．スペクトルの観察

回折格子を通していろいろな明かりの光を観察し、どんな色の成分（スペクトル）が含まれているか調べてみましょう。

#### 【観察して気づいたことをメモしましょう】

太陽の光（太陽を直接見てはいけません。カーテンのすき間から漏れてくる光を見ます）

白熱電球の光

ナトリウムランプの光

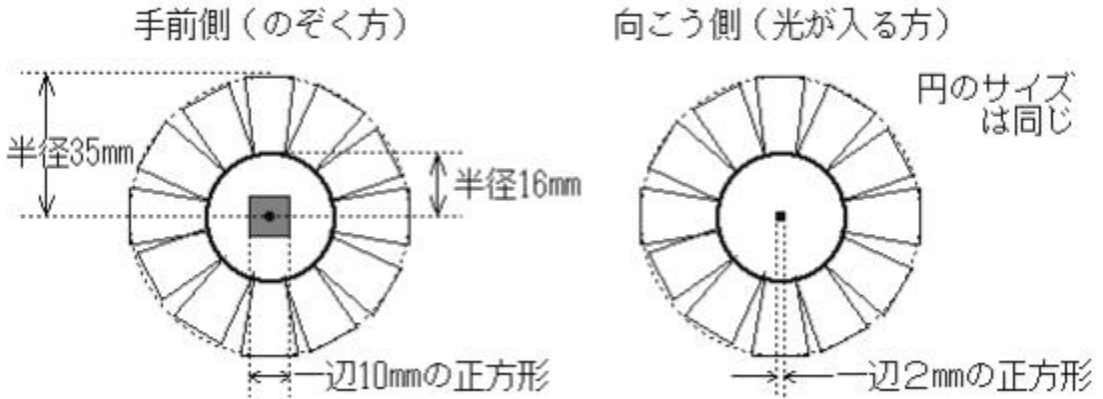
カドミウムランプの光

水銀灯の光

蛍光灯の光

## 5 . 回折格子分光器の工作

スペクトルの観察をしやすくするために、回折格子を使って分光器を作りましょう。まず、黒い画用紙に半径16mmと35mmの同心円を描き、カッターナイフとはさみを使って下のような形をそれぞれ1枚ずつ切り出します。



切り出した画用紙の「手前側」ののぞき穴（1辺1cmの正方形）に回折格子のフィルムをセロハンテープではりつけます。セロハンテープが窓にはみ出さないように注意します。

次にこれらの画用紙を紙筒に当てて折り曲げ、セロハンテープで一巻きします。紙筒にはりつけるのではなく、写真のようにかぶせたりはずしたりできるふたのようなものを作るわけです。回折格子をはりつけた、穴の大きい方（左）を接眼ユニット、穴の小さい方（右）を対物ユニットとよぶことにします。

接眼ユニットと対物ユニットを紙筒にかぶせると下の写真のようになります。穴の小さい対物ユニットを光の方に向けて、接眼ユニットの回折格子のところからのぞきます。小穴を通した方がスペクトルが観察しやすいことがわかります。

できあがった回折格子分光器を使っていろいろな明かりを見てみましょう。

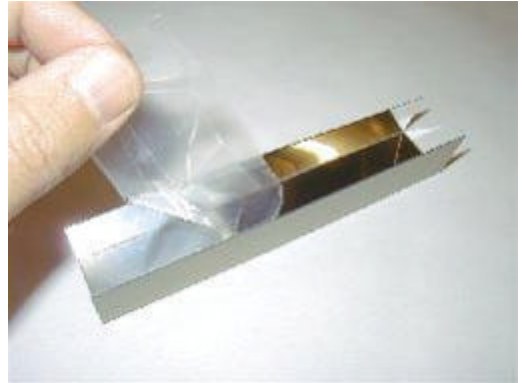
**【観察して気づいたことをメモしましょう】**



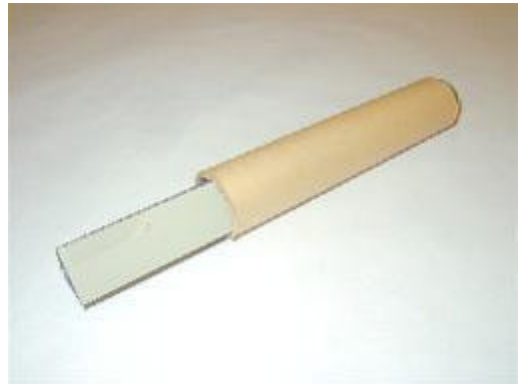
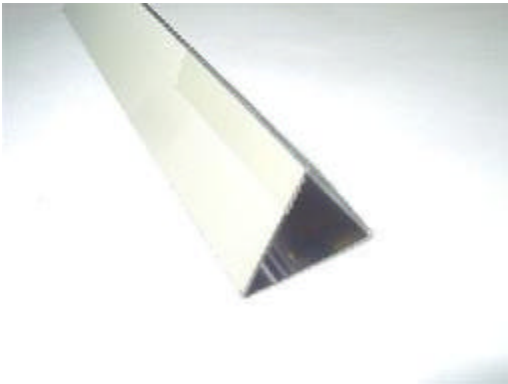
## 6 . 万華鏡の工作

万華鏡（まんげきょう）は誰もが知っている鏡を使ったおもちゃです。二枚以上の鏡をうまく組み合わせると、鏡にうつった像が他の鏡にまたうつり、それがまた他の鏡に・・・というふうにして無限にくり返す不思議な世界が開けます。無限鏡像（むげんきょうぞう）といいます。

工作にはポリカミラーというプラスチックの鏡を使います。鏡の表面にはきずがつかないようにうすいフィルムがはってありますが、あわててはがしてはいけません。鏡の面を内側にして折り目にそってていねいに折り曲げてから、鏡の面に指をふれないようにフィルムをはがします。



合わせ目をセロハンテープでとめます。折り目のところもはずれそうだったらセロハンテープで補強しておきます。鏡を紙筒に入れば万華鏡のできあがりです。



紙筒の先に透明ビー玉をはめこんで反対側からのぞいてみましょう。はじめに観察した、縮小されて逆さまになった世界が、鏡にうつって無限に続いています。見る方向を変えると目が回りそうなほどはげしくもようが変化します。

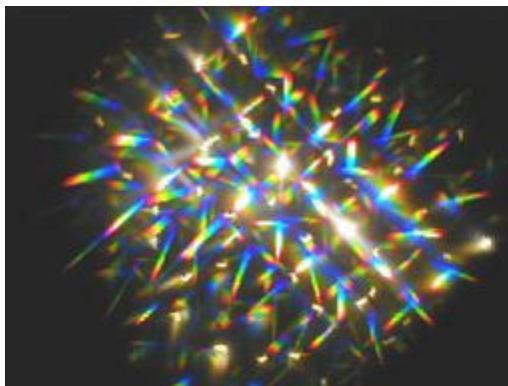
この万華鏡を魚眼万華鏡と名づけます。





次にビー玉をとりはずし、前に作った接眼ユニットと対物ユニットを万華鏡にとりつけてのぞいてみます。鏡にうつった穴の像のそれぞれが、回折格子で虹を作っています。接眼ユニットを回転させると、無数の虹がいっせいに回転します。

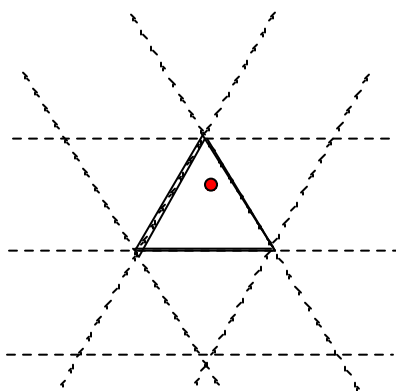
この万華鏡を虹色万華鏡と名づけます。



対物ユニット(光を入れる側)をとりはずし、残りの黒画用紙に、細い隙間や小さな穴の列などをカッターナイフで切り抜いて、それに万華鏡を当てるようにしてスライドさせながらのぞくと、またひと味変わった世界が楽しめます。あまり大きな穴でない方がおもしろいのですが、穴の形や配列など自分なりにいろいろ工夫してみましょう。

### 【考えてみましょう】

鏡を正三角形に組んだ万華鏡について、印の点の鏡にうつった像はどの位置に見えるでしょうか。図にかいて見ましょう。(ヒント：鏡に対して線対称な位置)

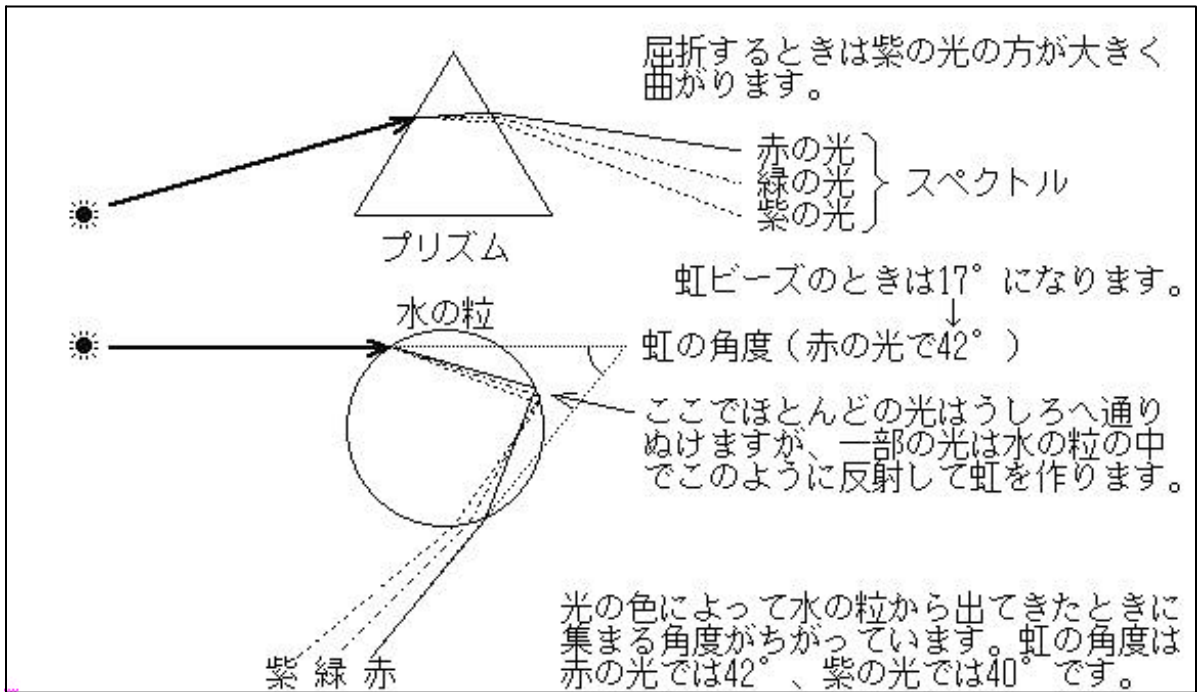


万華鏡は鏡を正三角形に組むものばかりではありません。他の組み方ではどんな万華鏡ができるか、考えてみましょう。実験をしてみることもできますね。

## 7. 虹が見えるわけ

雨上がりの空にきれいな虹がかかるのを見たことがありますね。あの七色の光の帯は空中に浮かんだ水の粒がプリズムの役目をして、太陽の光を分光することによって起こる光のいたずらです。

プリズムとは透明なガラスなどでできた三角柱です。光が空気中からガラスに入るときは屈折（くっせつ）して進路が折れ曲がるのですが、光の色によって屈折の度合いが違うので、プリズムを通った光は図のように分かれて出てきます。光をスペクトルに分けることができるわけです。回折格子のはたらきと似ていますね。



太陽の光が空中に浮かんだ水の粒（つまり雨粒）に当たるときも、上の図のように屈折が起こって光がスペクトルに分かれます。こうして七色に分かれた光を私たちは「虹」として見ているわけです。

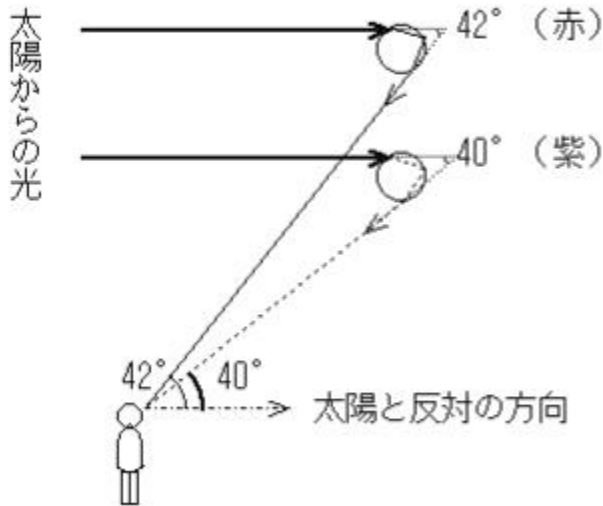
### 【考えてみましょう】

虹はどの方向に見えますか？太陽の位置と関係があります。

虹が真昼にはあまり見られないわけを考えてみましょう。

空にかかる虹の色の順番がどうなっているか思い出せますか？赤い色は丸い帯の外側にありますか？それとも内側にありますか？

【図3】



赤の光の方が虹の角度が大きいので、虹の輪の外側は赤い色になる。

虹ビーズでは水より屈折率が大きいため、虹の角度が小さくなるので、人工虹は天然の虹より小さく見える。

## 8 . 虹スクリーンの製作

雨粒の代わりに直径約0.2ミリの小さなプラスチックの球（虹ビーズ）を使って人工の虹を作るのが虹スクリーンです。黒い画用紙にスプレーのりをふきつけ、虹ビーズを一面にすきまなくはりつけて作ります。虹が見えるしくみは上で説明した天然の虹と同じです。



### 【作り方】

- (1) 新聞紙の上に黒画用紙を置きます。
- (2) 20cmぐらい離れたところから、黒画用紙にスプレーのりをむらなくふきつけます。横に往復、次いで縦に往復するようにふきつけ、二度ぬりするとむらを少なくすることができます。
- (3) 黒画用紙を作業用シートの上に移し、虹ビーズをまんべんなくふりかけます。適当にばらまいたあと、黒画用紙の一边を手で持ちあげ、虹ビーズを転がすようにしていきわたらせませす。
- (4) 黒画用紙を立てて、トントンと床にうちつけ、浮いているビーズを落とします。



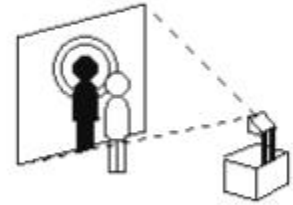
スプレーのりを使用するので、大量生産する場合は、風通しのよい場所を選ぶ必要があります。また、ビーズが目に入ると目を傷つけるので注意します。作業用シート上のビーズは回収して再利用できます。床にビーズが散ると非常によくすべるので、散ったビーズはよくそうじします。



## 9 . 人工虹の観察

### (1) 普通の虹

晴れていれば、虹スクリーンを持って日なたに出て、太陽を背にして立ちます。自分の頭の影が虹スクリーン上に落ちるようにスクリーンを持つと、頭の影の周りにまるで後光のように円形の虹が見えます。太陽が出ていないときは、OHPやスライドプロジェクターの光で代用して、室内で観察することもできます。

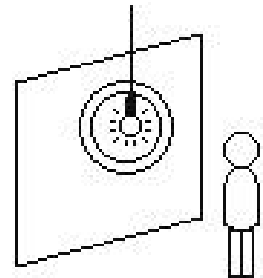


#### 【観察して気づいたことをメモしましょう】

虹の色の順番、虹の輪の内外の明るさの違い、虹の輪の大きさなどを注意深く観察します。

### (2) 3D立体虹

虹スクリーンを壁にはり、部屋を暗くします。豆電球やペンライトをともして虹スクリーンに近づけると、明かりの周りに丸い虹の輪が現れます。しかも、明かりを取り囲むように立体的に浮かび上がって見えます。



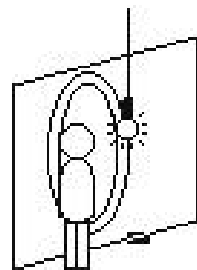
#### 【観察して気づいたことをメモしましょう】

虹の色の順番、虹の輪の内外の明るさの違い、虹の輪の大きさなどを注意深く観察します。

### (3) 裏虹

みんなで作った虹スクリーンをすきまなく壁にはり、できるだけ広い面積のスクリーンを作ります。100Wぐらいのクリヤー電球を虹スクリーンの前に目の高さにつるします。電球と目の位置をいろいろに変えながらスクリーン上の虹を観察します。

特に、電球を目をスクリーンから30～40cm離して並ぶようにおき、目を電球に近づけていくと不思議な裏返しの虹が見えてきます。目の位置による虹の変化や普通の虹とのちがいをよく観察しましょう。裏虹は天然の虹では決してみられない人工虹ならではの光景です。



#### 【観察して気づいたことをメモしましょう】

虹の色の順番、虹の輪の内外の明るさの違い、虹の輪の大きさなどを注意深く観察します。

## 10 . まとめ

光がまっすぐに進まない現象には次のようなものがあります。人間は光がやってくる方向にもがあると信じているので、これらの現象によって、実際にはないところにものがあるように見えることがあります。

### 反射（はんしゃ）

光がものに当たってはねかえることです。鏡による反射は万華鏡のような不思議な世界を作り出します。光に照らされたものが見えるのは、そのものの表面で光が乱反射しているためです。

### 屈折（くっせつ）

光が物質のさかいめで折れ曲がることです。レンズやプリズムはこの性質を使ったものです。折れ曲がり方は光の色によってわずかずつちがいますから（赤い光は曲がりにくく、青い光は曲がりやすい）、屈折の結果光が色の成分別に分かれてスペクトルが見えることがあります。虹は雨粒により太陽の光が屈折・反射して起こる現象です。

### 回折（かいせつ）

光がものかげにほんのわずかまわりこむことです。回折の結果ものりんかくは少しぼやけることになります。回折の起こし方は光の色によって違いますから（赤い光は回折しにくく、青い光は回折しやすい）、回折の結果光が色の成分別に分かれてスペクトルが見えることがあります。回折格子はこれを利用してスペクトルを見るしかけです。

光には色の成分があってプリズムや回折格子によってスペクトルに分けることができるのを観察しました。虹の七色は、赤（あか）、橙（だいたい）、黄（き）、緑（みどり）、青（あお）、藍（あい）、紫（むらさき）とされていますが、実際は連続的で7にこだわる必要はありません。白がありませんが、これらの色の成分が全部均等に混じっている光が白と感じられます。太陽の光や、白熱電球の光がそうです。

人間の目はだまされやすいので、3つの色を選んでうまく混ぜると白の感覚を作り出すことができます。これを3原色といいます。テレビはあらゆる色の感覚を作り出していますが、画面上には3種類の発光体しかありません。目はだまされているわけです。

光の世界はとてもおもしろく奥が深いので、興味をもったらいろいろ調べてみると勉強になります。中学校でも、高等学校でも光について学ぶ機会があります。

## 注意！

強い光は目をいためます。いたんだ目は一生もとにもどりません。太陽をレンズや望遠鏡で見るとはもちろん、肉眼で直接見るとも目にはよくありません。このごろおもちゃとして売られているレーザーも太陽光線以上に強い光ですから、目のレンズで集められると網膜（もうまく）を焼くことがあります。人に当てたりのぞきこんだりしないように注意しましょう。