

シャボン玉の科学の教材化 (2) : シャボン玉が最も輝く膜の厚さと 回折シートから作るレインボーサークル

松 村 敬 治

The Science of Soap Bubbles as a Means of Teaching
the Pleasure of Learning Science (2):
The Thickness of the Film that Makes
the Soap Bubbles most Colorful and
The Rainbow Circle Made by Rotating a Diffraction Sheet

Keiji Matsumura

はじめに

本稿は「シャボン玉の科学の教材化」の後編に相当するものである。前編（文献 [1]）においては、光と色の見え方に関する虹ボードの教材やパワーポイントの教材を紹介して、教材の使い方と色が見える仕組みについて解説した。後編の本稿は二部構成から成る。第一部では、無色透明のシャボン玉液からつくられるシャボン玉が色づいて見える仕組みについて解説して、シャボン玉が一番美しく輝くときの条件について考察する。続いて、第二部では、回折シートで干渉パターンが見える仕組みを解説して、回折シートを回転させてつくるレインボーサークルの演示教材の製作法について解説する。

第一部 シャボン玉が美しく輝く条件

第一部では無色透明のシャボン玉液からつくられるシャボン玉の膜が色づい

て見える仕組みについて解説し、シャボン玉が一番美しく輝くときの条件について考察する。

1.1 薄膜による光の干渉と干渉スペクトル

シャボン玉がさまざまな色に色づいて見えるのは、シャボン玉の薄膜で起きる光の干渉によるものである。ここでは、この現象がどのようにして生じるか、図 1.1 を用いて説明しよう。図に示す通り、屈折率が n で厚さが d の薄膜に、入射角を θ 、屈折角を ϕ で入射する波長が λ の光①に対して、同じ角度で同じ波長の光②が入射する場合について考える。このとき、干渉は透過光と反射光のそれぞれに対して生じる。透過光の干渉は、そのまま透過する光①と、膜の中で 2 回反射して透過する光②の間における干渉である。一方、反射光の干渉は、膜の表面で反射する光①と、膜に透過して膜の中で 1 回反射して出てくる光②の間における干渉である。このとき、膜の表面で反射する光①は、反射によって位相が π だけ（半波長分）変化する。いずれの干渉の場合も、光①と光②の光路差は $2nd\cos\phi$ となる。

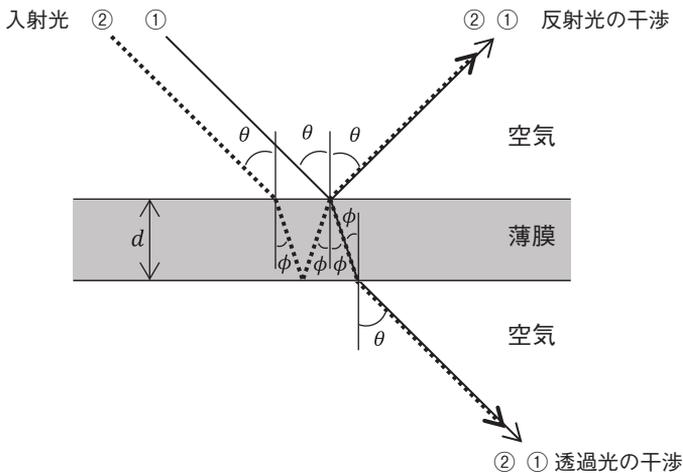


図 1.1 薄膜に入射光する光の透過光と反射光の干渉

1.1.1 垂直入射の光に対する基本的な干渉スペクトルの理論式

ここでは、図 1.1 の特殊なケースで、入射光が薄膜に垂直に入る場合について考える。この場合、 $\theta = \phi = 0$ となるので、光①と光②の光路差は、直感でも予想できるが、 $2nd$ となる。 m を自然数とすると、この光路差が光の波長 λ の m 倍になるとき、透過光の干渉は極大値（明線）となり、反射光の干渉は極小値（暗線）となる。一方、この光路差が光の波長 λ の $(m+1/2)$ 倍になるとき、透過光の干渉は極小値（暗線）となり、反射光の干渉は極大値（明線）となる。この光路差と光の波長 λ の間の関係がそれ以外のときの明るさは、明線と暗線の間の明るさになる。

ここで、いろいろな波長の光を膜に入射させたときに観察される干渉をグラフチャートで表現してみよう。ここでは、グラフの縦軸を干渉光の強度とし、横軸を光の波長 λ にした、いわゆる、干渉スペクトルとして描くことにする。描かれた干渉スペクトルには、入射光の波長の変化に応じた明線と暗線のくり返しの干渉縞を示すうねりのような曲線（フリッジ）が現われるが、それを表わす数式は、透過光の干渉と反射光の干渉では異なる表現となる。

透過光の干渉スペクトルは、入射光に対する透過光の透過率 T を数式化することにより次式で与えられる [2]。

$$T = a \cos \left(\frac{4\pi nd}{\lambda} \right) + b \quad (1.1)$$

ここで、 a と b は、それぞれ、干渉スペクトルのフリッジの振幅と平均透過率で、薄膜が透明となる波長領域では、 $a+b=1$ が近似的に成り立つ。

一方、反射光の干渉スペクトルは、薄膜を反射した光の入射光に対する反射率 R を数式化することにより次式で与えられる [2]。

$$R = -a \cos \left(\frac{4\pi nd}{\lambda} \right) + \beta \quad (1.2)$$

ここで、 a と β は、それぞれ、フリッジの振幅と平均の反射率で、薄膜が透明となる波長領域では、 $\beta - a=0$ が近似的に成り立つ。

入射光の干渉スペクトルと反射光の干渉スペクトルの大きな違いは、(1.2)式の第1項にマイナスの符号が付くことである。これは、光が膜の表面を反射するとき、反射によって位相が π だけ(半波長分)変化することに由来する。

1.1.2 垂直入射する光の干渉スペクトルに対する理論式の補正

広い波長領域で干渉スペクトルの描画を行うときは、次式に示す屈折率 n の波長依存性を考慮する必要がある [2, 3]。

$$n = n_0 \left(1 + \frac{A}{\lambda^2} \right) \quad (1.3)$$

ここで、 n_0 は波長が無限大のときの屈折率で、 A は屈折率の波長依存性の定数で、いずれも物質固有の量である。

干渉スペクトルのフリンジの振幅は、短波長になると次第に小さくなる傾向がある。これは、膜厚の不均一性 Δd が原因となって生じる。

透過光の干渉に対して、膜厚の不均一性 Δd の影響を考慮したフリンジの振幅 a の波長依存性は次式で与えられる [2, 4]。

$$a = a_0 \left(1 - \frac{8\pi^2 n^2}{\lambda^2} \Delta d^2 \right) \quad (1.4)$$

ここで、 a_0 は波長が無限大のときのフリンジの振幅である。

一方、反射光の干渉に対して、膜厚の不均一性 Δd の影響を考慮したフリンジの振幅 α の波長依存性は次式で与えられる [2, 4]。

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 - \frac{8\pi^2 n^2}{\lambda^2} \Delta d^2 \right) \quad (1.5)$$

ここで、 α_0 は波長が無限大のときのフリンジの振幅である。

干渉スペクトルの測定データに対してシミュレーションを行うときは、フリンジの振幅に対する分光器の分解能の影響も考慮する必要があるが [2, 4]、ここでは、測定は念頭に置いていないので、この補正は考えないことにする。

以上、本稿の議論に必要な数式をすべて紹介した。これらの数式を用いると、

薄膜に垂直に入射する光に対する干渉スペクトルを、実測と比較できるレベルで、厳密に描くことが可能になる。

1.2 干渉スペクトルの描画とシャボン玉が輝く条件

ここでは最初に可視光の波長と光の色の関係について説明し、続いて、シャボン玉の膜の厚さと干渉スペクトルの関係から、シャボン玉が最も色づいて輝く条件について考察する。

1.2.1 可視光の波長と光の色

可視光は、色覚的には、波長の違いが光の色の違いとして認識される。可視光を波長の長い方から方から短い方へ順に並べると、赤・橙・黄・緑・青・藍・紫と、いわゆる虹の7色に認識される。しかし、実際に目視される色は、7色のそれぞれに区切りがあるわけではなく、色が波長とともにグラデーションをつけた感じで隣の色へと変化していく。その上で、あえてその7色の波長範囲を、ネットに記載された値 [5, 6] を参考にして記すと次の様になる。

「紫」：380 ～ 430 nm

「藍」：430 ～ 460 nm

「青」：460 ～ 500 nm

「緑」：500 ～ 570 nm

「黄」：570 ～ 590 nm

「橙」：590 ～ 610 nm

「赤」：610 ～ 780 nm

ただし、それぞれの色の波長範囲は、見る人の主観によって微妙に変わることに留意する。

1.2.2 干渉スペクトルから判定するシャボン玉の呈色

シャボン玉の膜厚と呈色の関係を調べるために、(1.1) 式から (1.5) 式までの理論式とエクセル VBA のプログラムソフト [7] を用いてシャボン玉の干渉スペクトルを描くことにする。シャボン玉の膜厚が $1.20 \mu\text{m}$ のときの透過光および反射光の干渉スペクトルを、それぞれ、図 1.2 および図 1.3 に示す。それぞれの図には、横軸の波長に合わせて、光の呈色の範囲も図示した。ここで、

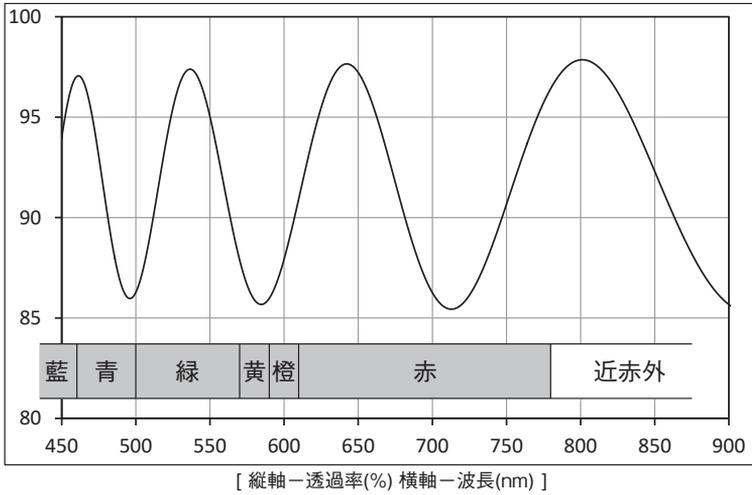


図 1.2 透過光の干渉スペクトル ($d=1.20\mu\text{m}$)

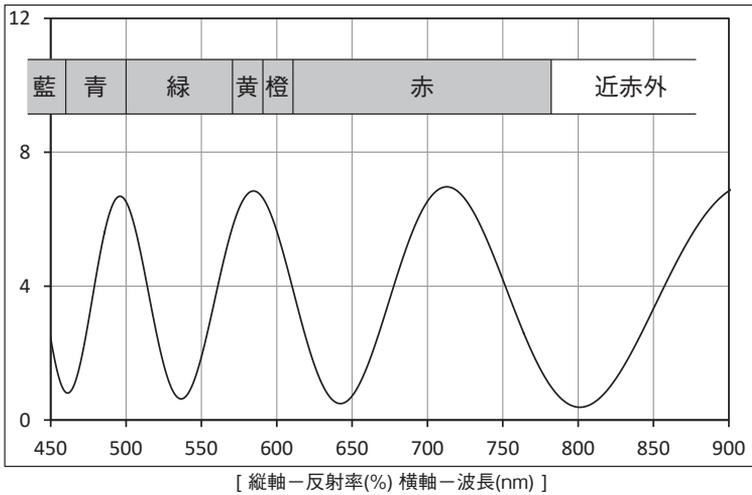


図 1.3 反射光の干渉スペクトル ($d=1.20\mu\text{m}$)

これら2つの図を描くときに使った数値は、 $a_0=6.6\%$ 、 $b=91.6\%$ 、 $a_0=3.5\%$ 、 $\beta=3.7\%$ 、 $n_0=1.33$ 、 $A=0.0024\mu\text{m}^2$ 、および $\Delta d=0.015\mu\text{m}$ である。これらの値は、論文 [4] の干渉スペクトルの値から適当に選んで用いた。

図 1.2 の透過光の干渉スペクトルを見ると、シャボン玉の膜厚が $1.20\mu\text{m}$ のときは、 640nm の赤と 530nm の緑と 465nm の青藍の強度が大きくなることがわかり、これらの光を混ぜると、赤・緑・青の光の三原色を適度に含んでいるので、白色光に近くなることが予想され、シャボン玉の色づきが小さいことが予想できる。これと同じことが図 1.2 の反射光の干渉スペクトルについても言える。図 1.2 と図 1.3 を比較すると、両者の干渉スペクトルの曲線の位相が逆転していることがわかり、透過光の干渉の呈色と反射光の干渉呈色は補色の関係にあることがわかる。このことは、透過光の干渉の色づきが小さいときは、反射光の干渉の色づきも小さくなることを示す。一般に、膜の厚さが $1\mu\text{m}$ よりも大きくなると、干渉スペクトルのフリンジの数が多くなり、呈色による色の混ざりが多くなるのでシャボン玉の色づきが悪くなる。

1.2.3 シャボン玉が最も色づいて輝く条件

実際のシャボン玉は、シャボン玉ができてから時間が経つにつれ、膜の表面からシャボン玉液が垂れたり水分が蒸発したりして、膜が次第に薄くなっていく [4, 8]。その膜が $1\mu\text{m}$ よりも薄くなると、シャボン玉は次第に色づいてくる。シャボン玉の膜厚が $0.60\mu\text{m}$ のときの透過光および反射光の干渉スペクトルを、それぞれ、図 1.4 および図 1.5 に示す。ここで、これらの図を描くときの数値は、図 1.2 および図 1.3 で使ったものと同じものを用いた。

図 1.4 の透過光の干渉スペクトルを見ると、シャボン玉の膜厚が $0.60\mu\text{m}$ のときは、 540nm の緑の光だけが強くなっており、それ以外の色の光は弱くなっている。一方、図 1.5 の反射光の干渉は、 640nm の赤と 460nm の青藍が合わさった光、即ち、マゼンタの呈色が強くなっている。一般に、シャボン玉のような薄膜の場合、透過光の干渉よりも反射光の干渉の方が、発色が鮮やかに見えるので、今後は反射光の干渉を中心にシャボン玉の呈色を考えることにする。

反射光の干渉スペクトルから判断すると、シャボン玉の膜厚が $0.60\mu\text{m}$ の前後では、シャボン玉の色づきは、マゼンタや黄や緑や青になる変化が見られ

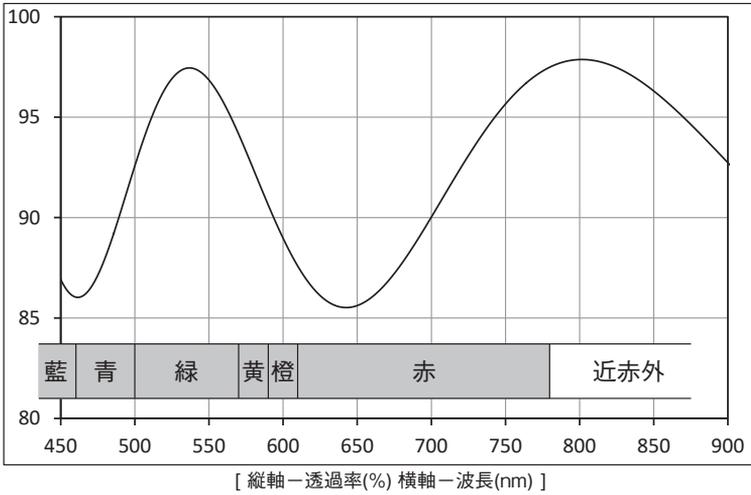


図 1.4 透過光の干渉スペクトル ($d=0.60 \mu\text{m}$)

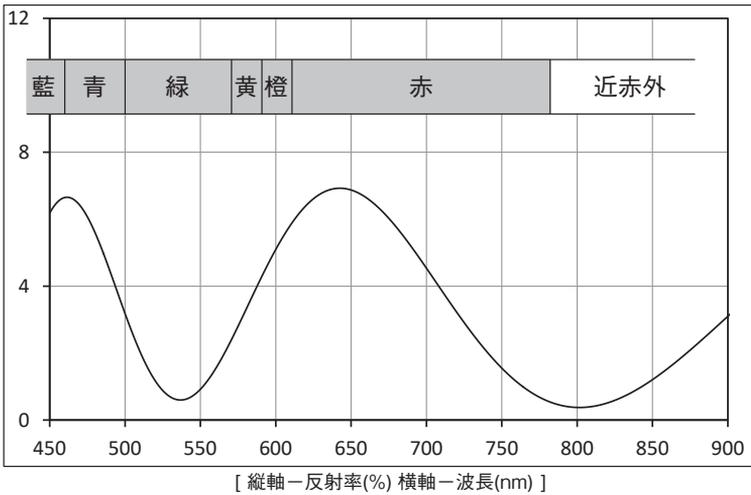


図 1.5 反射光の干渉スペクトル ($d=0.60 \mu\text{m}$)

る。その中で、垂直入射の光でシャボン玉が一番輝くのは、色の彩度や明度で判断すると、シャボン玉の膜厚が $0.60 \mu\text{m}$ のときのマゼンタのシャボン玉であることがわかった。

1.3 第一部のまとめ

本稿は、シャボン玉の干渉スペクトルが理論的に正確に予想できること [2, 4] を利用して、シャボン玉が最も色づいて輝く条件について議論した。その結果、垂直入射の光でシャボン玉が一番輝くのは、色の彩度や明度から判断して、シャボン玉の膜厚が $0.60 \mu\text{m}$ のときのマゼンタで輝くシャボン玉であることがわかった。今回の議論は、あくまで $\theta = \pi/2$ の垂直入射光に対する薄膜の干渉についてであった。一般の $\theta \neq \pi/2$ の入射光では、 ϕ を屈折角とすると、その光路差は垂直入射の場合の $\cos \phi$ 倍となるので、今回よりも厚い膜で同じような色が出ることになる。即ち、光を照射する角度を変えれば、膜厚が $0.60 \mu\text{m}$ になる前にマゼンタに輝くシャボン玉が現われることがわかる。

第二部 回折シートからつくるレインボーサークル

第二部では回折シートやハンカチを用いて干渉パターンが見える仕組みを解説して、回折シートを回転させてつくるレインボーサークルの教材の作製法について解説する。

2.1 ハンカチやレースのカーテンの回折現象

ハンカチやレースのカーテン越しに街の灯や車のヘッドライトを見ると、スポット状の回折像が見える。その回折像は、街灯などの光源を中心にして、主に3行3列のマトリックス状のスポットとして目視される。この回折像が現われる理由は、ハンカチなどの布は縦糸と横糸が井型に交差しているが、その井型の隙間から漏れ出る光のうち、隣り合う2つの光同士が干渉を起こして干渉パターンを生じること起因する。

ここでは、こうした回折像ができる仕組みを、海の波をイメージしながら説

明しよう。図 2.1 は堤防に押し寄せる波を上空から見下ろしたときの様子を図にしたものである。図の中央に引いた太い線が堤防であるとして、その堤防を目差して左から波がやって来る場合について考える。図の波は、波の山の部分だけを実線で描いている。この図において、波の波長 λ は波の山と山の間隔で表わされることになる。ここで、波の谷の部分は省略しているが、山と山の間にあることに留意する。図のように、堤防に間隔 d で小さな隙間が 2 つ配置している場合、波が堤防まで到達すると、堤防のそれぞれの隙間からは、波が漏れ出て回折により隙間を中心として同心円状の波が堤防の右側に現われる。このとき、上の隙間から生じた波と下の隙間から生じた波が干渉を起こし、両者の波の山が交差した位置で波が強くなる。その強くなった部分に丸印をつけると、その強くなる部分が 3 方向に直線上に並ぶことがわかる。これらの中で、堤防に垂直な向きにできるのが 0 次の干渉で、その両側にできるのが 1 次の干渉である。厳密には、上側にできるものを 1 次の干渉とし下側にできるものを -1 次の干渉とするが、ここでは両方とも 1 次の干渉と呼ぶことにする。そして、0 次と 1 次の干渉の間に、波の山と谷が重なる領域があるので、波が消える部分が生じる。また、0 次と 1 次の間の角度（1 次の広がり角度）は、隙間の間隔 d と波の波長 λ の関係で決まる。

図 2.2 では、波長の短い波が図 2.1 と同じ堤防に押し寄せる場合に生じる干渉について考える。一般に、波の波長が短くなると、0 次と 1 次の間の角度が小さくなっていく。また、条件によっては、2 次以上の高次の干渉が生じる場合もある。しかし、高次の干渉は、0 次や 1 次の干渉に比べて弱くなる。こうしたことも含めて、堤防の右側に生じる干渉を干渉パターンと呼ぶことにする。この干渉パターンは、堤防に多数の隙間が等間隔に並んでいるときも殆ど同じようにできる。隙間が多数並んでいる場合は、その隣り合う 2 つの隙間から出る波同士が干渉を起こすが、0 次と 1 次の干渉の角度はどの干渉も同じなので、堤防から離れた位置から観察すると、その回折像は 2 つの隙間だけからできる干渉パターンと殆ど同じ配置になる。

図 2.1 と図 2.2 を比較すると、光の波長により干渉パターンがどのように変化するかが理解できる。比較のために、赤と青の光が押し寄せる場合について

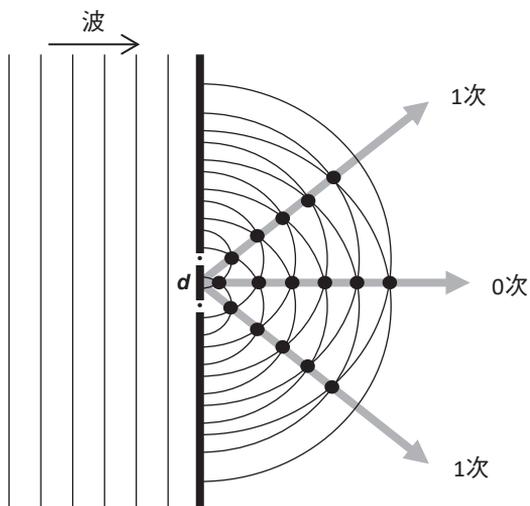


図 2.1 干渉・回折パターンのでき方

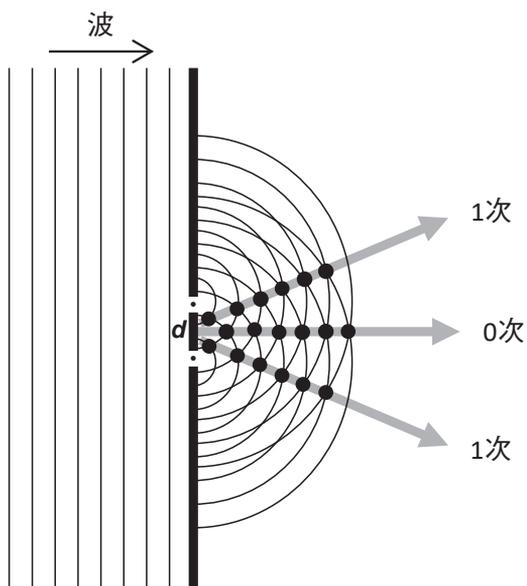


図 2.2 波長が短い波の干渉・回折パターン

考えると、図 2.1 の波は、長い波長の波であるから、赤の光に対応する。一方、図 2.2 の波は、短い波長の波であるから、青の光に対応する。両者の干渉パターンを比較すると、赤の干渉パターンは青のものよりも広がって現われることがわかる。このことから、白色光を光源に使うと、1 次の干渉は、0 次の干渉から離れた側（外側）が赤になり、0 次の干渉に近い側（内側）が青になるような虹の色調で回折像が現われることが予想される。

以上の議論を用いると、ハンカチやレースのカーテンから見える干渉パターンの仕組みが理解できる。具体的な回折像については後の節の回折シートの写真で示すので、ここではこれ以上言及しないことにする。

2.2 X線回折の原理を説明する教材

X線回折法は物理や化学の分野での基本的な測定法の一つである。X線回折法では、大きく分けると、4つのタイプの回折像が観察される。1つ目は、結晶のX線回折で、規則正しいスポット状の回折像が現われる。2つ目は結晶粉末のX線回折で、同心円状の回折像が現われる。3つ目は非結晶質（アモルファス）のX線回折で、霧の中の街灯の灯りのような、暈（ハロー：halo）のような回折像が現われる。4つ目は高分子物質のX線回折で、結晶と結晶粉末と非結晶質の回折像がミックスしたような干渉パターンが現われる。これらの結果から、X線回折法を適用すると、外見は同じように見える固体に対しても、その内部構造が、結晶、結晶粉末、アモルファス、あるいは高分子物質のいずれかであるかを判定することが可能になる。

本稿では、これらの中から、結晶、結晶粉末、および非結晶に対する教材について取り上げる。

1つ目は、規則正しいスポットの回折像が現われる結晶のX線回折に対する教材で、ハンカチなどの布やフィルター用のステンレスの金網やレプリカの回折フィルムを用いて行う。具体的には、これらの素材をプラスチック、あるいは段ボール製の枠に貼り付けて、それを通して、豆電球などの光源を見ると結晶のX線回折に対応する回折像が目視できる。回折像のスポットの解像度は、織目の密度に依存する。ハンカチなどの布の縦糸と横糸の密度は、それぞれ、

4本/mmで、肉眼で見える回折像は解像度が小さいので少し物足りない印象になる。フィルター用のステンレスの金網の場合は、密度が16本/mmのものが市販されているので、回折像の解像度は十分と言えるが、ステンレスの針金の表面で反射される光が迷光となるので、期待した程の美しい回折像を得るのは難しい。一方、レプリカの回折フィルムは格子の密度が大きすぎるので使い難い面もあるが、比較的密度の小さい、クロス型の250本/mmの回折フィルム(レプリカグレーチングシート250ミニNaRiKa)は、豆電球の光源に近づけて使うと、美しい回折像を見ることができる。X線回折の原理を説明する教材は、こうした色々な密度の布やフィルターや回折フィルムを用意して、X線に見立てた豆電球の光を用いて様々な回折像を観察することで、X線回折の回折像から結晶構造に関する知見が得られることを理解させることを目的としている。

2つ目は、同心円状の回折像が現われる結晶粉末のX線回折に対する教材であるが、これに関しては、次の節で取り上げる。

3つ目は、霧の中の街灯の灯りのような回折像が現われる非結晶質(アモルファス)のX線回折に対する教材で、そこではティッシュペーパーを用いると良い。具体的には、ティッシュペーパーをプラスチックや段ボールの枠に貼り付けたものを通して、豆電球などの光源を見ると非結晶質のX線回折に対応する回折像が観察できる。ティッシュペーパーは、パルプの繊維が無秩序に絡み合っており、光が漏れ出る隙間はランダムになるので、非結晶質と同じような回折像が得られるのである。

2.3 粉末X線回折法の教材とレインボーサークル

X線回折の原理を説明する教材は、ハンカチなどを結晶と見なして、その回折像から結晶格子の大きさ(織目の大きさ)などの情報を得ることを目的とした教材であった。これに対して、結晶粉末のX線回折の教材はどのように作れば良いであろうか。結晶粉末は、いろいろな向きの無数のパウダー状の結晶の集合からできており、これにX線を照射して回折像を得る方法が粉末X線回折法である。その教材を作るために、最初に、いろいろな向きの回折シートを

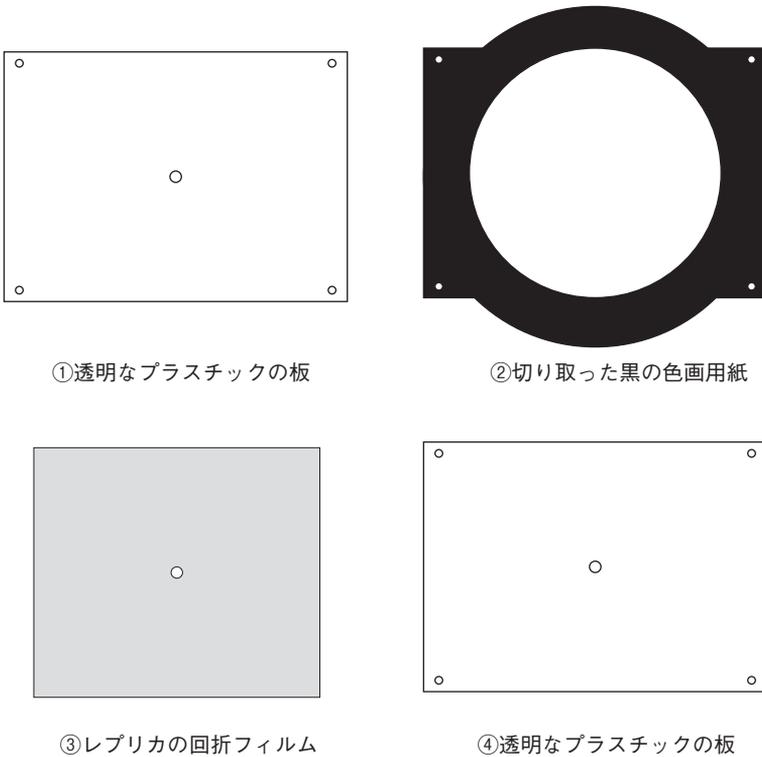


図 2.3 レインボーサークルの教材を作るための準備

重ねる方法を考えたがうまく行かなかった。そこで、ハンカチや回折シートを回転させることでいろいろな向きを作り出す方法を思いついた。ここでは、そのアイデアをもとに製作した教材について報告する。

図 2.3 に教材を作るための材料と製作法を示す。透明なポリスチレン製の板（サイズ：18 × 13.4 × 0.3 cm）は百均で購入したフォトフレーム透明タイプをそのまま用いた。黒の色画用紙も百均で購入したものを図のような形に切り取って使った。クロス型 250 本 /mm のレプリカ回折フィルムは 15 × 13.5 cm に切り取った。以上の材料を、①ポリスチレン製の板、②切り取った黒の色画用紙、③レプリカ回折フィルム、④ポリスチレン製の板の順に重ねて四隅を 4 mm φ のネジで留めた。その後、中央に 5.2 mm φ の穴を開け、金属パイプを



図 2.4 完成したレインボーサークルの教材



図 2.5 レインボーサークルを観察するときの配置

通してシリコン栓で両端を固定して、電動ドライバーに取り付けると、図 2.4 の写真のような回折シートの回転装置が完成する。回折像を観察するときの光学系の配置は図 2.5 の写真に示す。写真では、豆電球の光源と、回転板を取り付けた電動ドライバーと、ビデオカメラの配置を示しているが、ビデオカメラを向けた方向から豆電球を覗くと回折像を直接目視できる。このとき、回折シートの回転の中心部でしか目的の回折像が見られないと思われるかも知れないが、周辺部から覗いても中心部と同じ回折像が見られることに留意する。また、電動ドライバーを 1 回転させると、4 回転分の映像が現われるので、回折シートをゆっくり回転させても目的の回折像が得られる。

図 2.6 に回折シートを回転させる前に見える回折像の写真を示す。中心の電球のスポットのまわりを放射状の 8 個の明るい虹が取り囲んでおり、中心に近い方に波長の短い青色の光が、中心から離れた方に波長の長い赤色の光が見える。これと同様な回折像がハンカチを使っても見えるが、ハンカチの場合はかなり詰まってみえる。図 2.7 には、回折シートを回転させたときに見える回折像の写真を示す。回折シートを回転させたときに観察される回折像は、結晶粉末の回折像と同じ構造をしており、目的の教材が完成したことがわかる。図 2.7 の回折像は円形の虹のように見えるので、今後、この回折像をレインボーサークルと呼ぶことにする。

このレインボーサークルで面白いのは、複数の光源からの光を観察するときである。図 2.7 の写真は、豆電球 1 個を暗闇の中で光らせて撮影したものであるが、複数の電球を光らせたものを、回転する回折シートから見ると、その電球の数だけのレインボーサークルが現われる。図 2.8 と図 2.9 に、豆電球 2 個を暗闇の中で光らせて撮影した写真を示す。図 2.8 には回折シートを回転させる前の回折像の写真を、図 2.9 にはその回折シートを回転させたときに見える回折像の写真を示す。図 2.9 では 2 個のレインボーサークルが現われていることがわかる。

2.4 第二部のまとめ

回折シートを回転させる教材を製作することで、粉末 X 線回折法に対応す

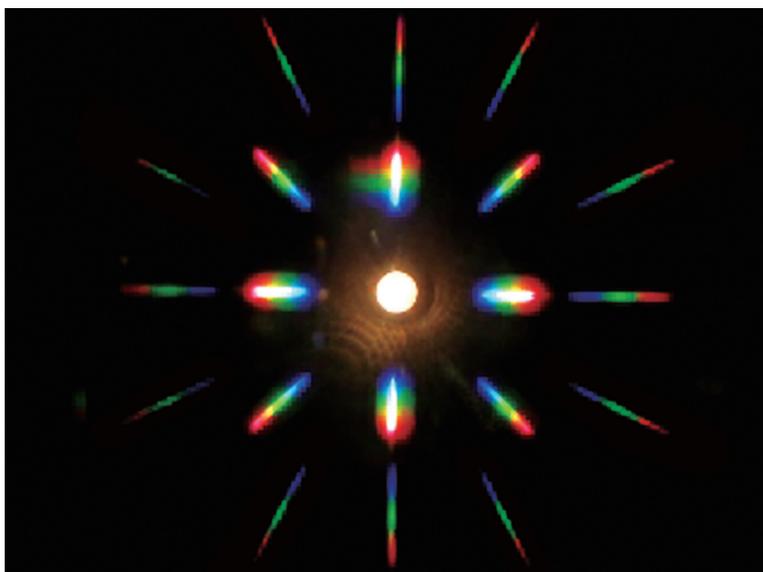


図 2.6 豆電球を光源にした回折フィルムの回折像

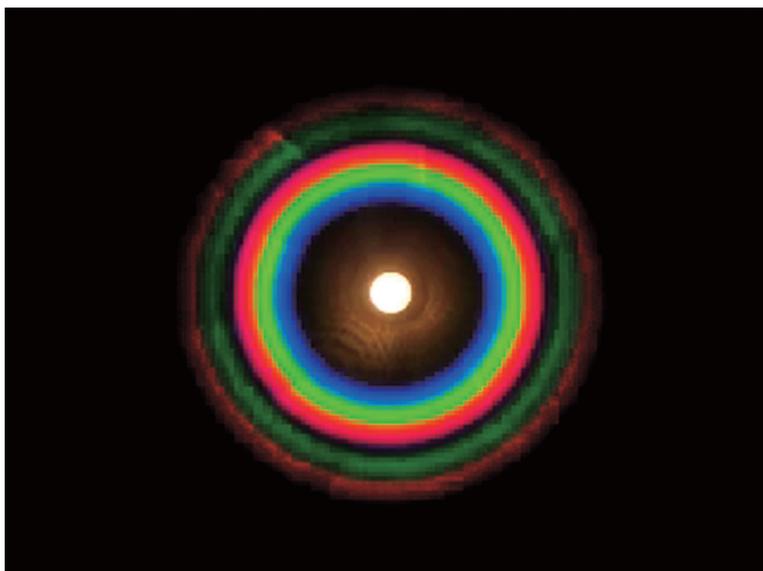


図 2.7 回折フィルムの回転による回折像 (レインボーサークル)

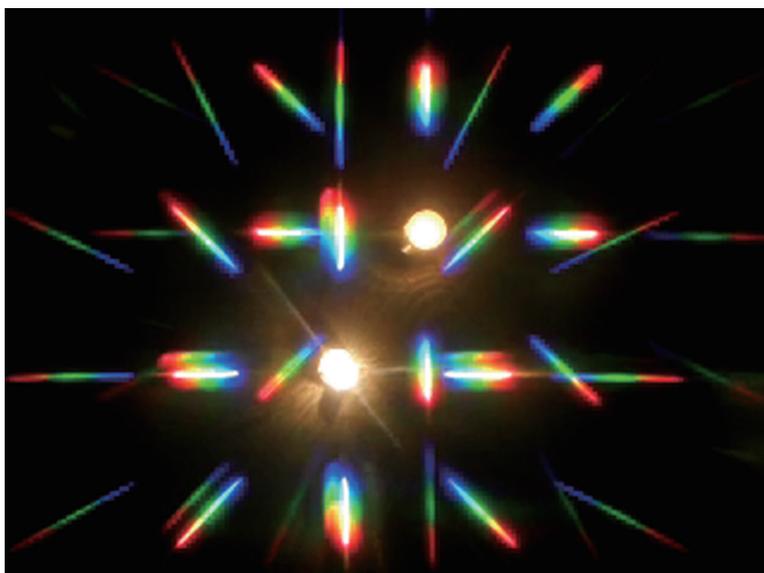


図 2.8 豆電球 (2 灯) による回折像

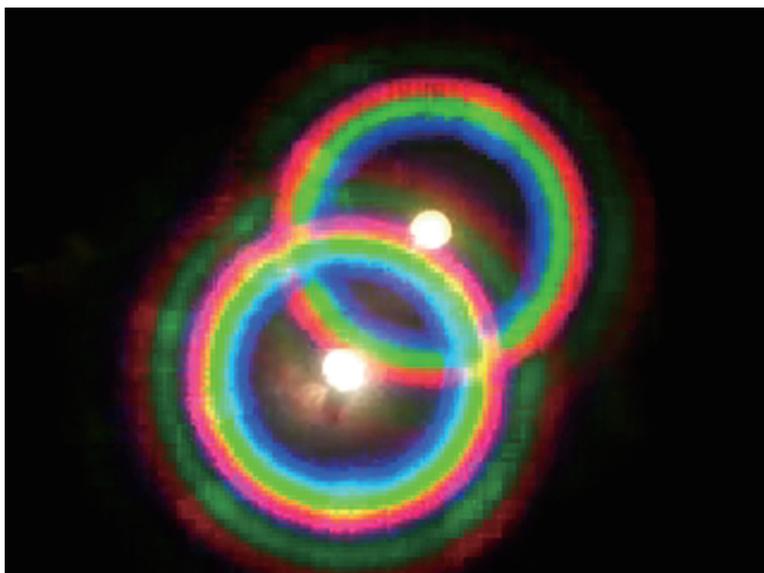


図 2.9 豆電球 (2 灯) によるレインボーサークル

る回折像（レインボーサークル）を作り出すことができた。今回は、百均のプラスチック板を回転板に用いたので、サイズが小さくなり、レインボーサークルを目視できる範囲が限られてしまった。少し大きめのアクリル板を用いて回転板を製作すれば、この点は改善されるが、サイズが大きくなると、回転時における周辺の安全に配慮が必要になる。

本稿で製作した教材は、X線回折の学習に使用できることについてはすでに述べたが、芸術に関するヒントも与えてくれる。この教材を通して見る夜の街は、点在する灯りの1つ1つにレインボーサークルが現われるので、いつもと違う風景が見えてくる。クリスマスシーズンになると美しい電飾が街を彩るが、こうしたものを回折シートの回転板を通して眺めると、非日常の風景の体験が期待できる。

おわりに

児童・生徒の理科離れが問題になっている昨今において、魅力的な科学教材を開発することは、理科に対する興味・関心を持つきっかけつくることになるので重要である。我々は、これまで、現代科学を支える基本的な実験法である分光法と回折法を教材の形で紹介することにより、科学に興味を持ち、科学的な視点で考える児童・生徒を育成することを目標としてきた。

本稿は、前半において、無色透明のシャボン玉液からつくられるシャボン玉が色づいて見える仕組みについて解説して、シャボン玉が一番美しく輝くときの条件について考察した。後半においては、回折シートで干渉パターンが見える仕組みを解説して、回折シートを回転させてつくるレインボーサークルの演示教材の製作法について解説した。これらの教材は、分光法と回折法の原理を含んでおり、児童・生徒が科学に興味を持ち、科学の視点で考えるきっかけとなるものであることを確信している。

本稿で紹介した教材は実験結果が肉眼で短時間に判断できるので、ミクロの世界の現象についての実感を伴った理解が得られるのが特徴である。それゆえ時間的な制約を受ける理科の授業や自然科学教室での実習実験や演示実験での使用が期待される。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費・基盤研究 (C) (一般) (代表者：松村敬治, 課題番号 16K00980) の助成を受けて行ったものである。

参考文献

- [1] 松村敬治：「シャボン玉の科学の教材化 (1) —加法混色・減法混色と色の見え方について—」西南学院大学人間科学論集 7(2), 147-165 (2012).
- [2] 松村敬治, 塩野正明：「しゃぼん玉とセッケン膜の干渉スペクトルの解析のための理論式」西南学院大学人間科学論集 9(2), 179-203 (2014).
- [3] 松村敬治, 塩野正明：「シャボン玉の反射光と透過光の分光測定による膜厚の決定」西南学院大学人間科学論集 8(2), 215-228 (2013).
- [4] 松村敬治：「シャボン玉の測定—シャボン玉ができてから割れるまでの膜厚の追跡—」光技術コンタクト 56(4), 14-22 (2018).
- [5] https://www.toho-u.ac.jp/sci/biomol/glossary/chem/visible_light.html (東邦大学理学部生物分子科学学科) (2023).
- [6] http://www.my-craft.jp/html/aboutled/led_supekutoru.html (株式会社マイクラフト) (2023).
- [7] 松村敬治：「演示教材のための干渉スペクトルの解析プログラムの作り方—エクセルを用いてシャボン玉やセッケン膜の膜厚を測定する方法—」西南学院大学人間科学論集 13(1), 27-43 (2017).
- [8] 松村敬治, 塩野正明：「しゃぼん玉の薄膜の可視分光による干渉実験—反射光と透過光の干渉スペクトルの同時測定—」科学教育研究 38(3), 188-195(2014).

西南学院大学人間科学部児童教育学科