

サイエンスショー「色のいろいろ」実施報告

長谷川 能三*

概要

2013年9月3日から12月1日までのサイエンスショー「色のいろいろ」は、企画展「色の彩えんす」関連事業として、光の三原色や色の三原色等の色を取り扱った実験を行なった。ここでは、その内容等について報告する。

1. はじめに

この期間のサイエンスショーについては、当初、偏光に関する実験を行なう計画を立てていたが、企画展「色の彩えんす」を実施するにあたり、サイエンスショーについても関連したテーマに変更し、この「色のいろいろ」を実施することとなった。

内容については次節で詳しく述べるが、企画展用に企画したものでも、展示にしにくいものや展示ではわかりにくいものをサイエンスショーでと考えていたが、実際には企画展と重複した内容のものも多くなった。しかし、展示で見たことによりサイエンスショーがやりにくいといったことはあまりなく、重複することで却って理解につながったり、もう一度企画展を見直してもらおうきっかけになったのではないと思われる。

ただ、内容としては、2012年に実施した「光のヒ・ミ・ツ」(小野学芸員企画)^[1]とも似た内容となった。

尚、本誌は白黒印刷のためにわかりにくい写真が多いので、web上のpdfファイルも参照されたい。

2. 実験内容

サイエンスショーでは、以下のような実験を行なった。ただし、演習担当者や観覧者層により、多少実験の選択や順序が異なる。

2-1. CDによる分光

まず、CDの記録面がいろいろな色に光って見えることを確認し、羽根の代わりにCDを多数貼った板を取り付けた扇風機を回転させて見ていただいた。この扇

風機は、サイエンスショー「光のヒ・ミ・ツ」で制作したもので、虹色の光がやや立体的に見えるものである。

このようにCDがきれいな虹色に見えることはよく知られており、またこれは、CDがいろいろな色に塗り分けられているのではないことや、照明の光を反射することで見えていることは、小学校中学年くらいでもほぼ既知の概念としてよいようである。

2-2. 低圧ナトリウム灯

普通の照明の光を分光すると、いろいろな色の光が含まれていたことから、逆にいろいろな色の光が含まれていないとどうなるかを、単色光を用いて見ていただいた。実験に用いたのは低圧ナトリウム灯で、CDを用いて単色光である(オレンジ色の光だけで、他の色の光が含まれていない)ことを確認してもらった。

部屋の照明を消して低圧ナトリウム灯で観覧者を照らすと、服や鞆などの色がわからなくなる。また、いろいろな色の色鉛筆の写真パネルを用意し、通常の照明

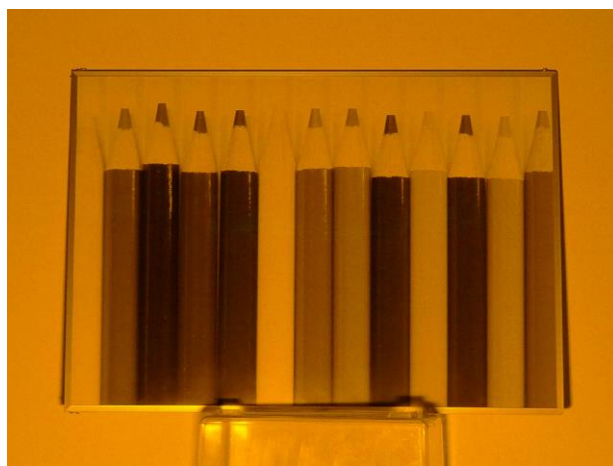


写真1. 低圧ナトリウム灯で照らした色鉛筆の写真

*大阪市立科学館 学芸員
E-mail: hasegawa@sci-museum.jp

下では個々の鉛筆の色がわかるが、低圧ナトリウム光下では、各色鉛筆の明るさは違うものの、どの鉛筆が何色かはわからなくなることを確認した。これにより、ものがいろいろな色に見えるのは、照明の光にいろいろな色の光が含まれているからであるということがわかる。

2-3. 光の三原色の照明

続いて、赤・緑・青の3色のLEDライトでものを照らすとどうなるかを実験した。低圧ナトリウム灯と違って、LEDライトの光をCDにあてて見てみると、少し色に分かれて見える。これは、LEDの光がある程度の波長域に広がっているためであるが、カラーフィルターを通した白熱電球の光などと比べると単色光に近い。

LEDライトで照らすものとして、先ほど使用した色鉛筆の写真パネルを使用した。すると、やはり各色鉛筆の明るさは違うものの色はわからなくなった。ただ、緑や青のLEDライトでは、何色かはわからないが、若干色の違いが感じられた。これは、LEDの光がある程度の波長域に広がっていることよりも、印刷のインクに蛍光物質が含まれているからではないかと思われる。

さらに、赤・緑・青のLEDライトを全て点灯すると、赤・緑・青の鉛筆の色だけでなく、全て色鉛筆の色がわかるようになる。そこで、人間が赤・緑・青の3色でもの色を見ていることを説明した。

2-4. 照明で見えなくなる色

ここでは、赤・青・緑・灰色・黒の5枚の色紙を1枚の紙に貼ったものを使用した。これを赤のLEDライトで照らすと、どの部分が何色だったかがわからなくなり、観覧者に質問しても、かなり意見が分かれた。

そこで、白い壁に赤い照明をあてると赤く見えること、赤い色紙に赤い照明をあてても赤く見えること、そのため、赤い照明の下では白と赤が区別つきにくくなること

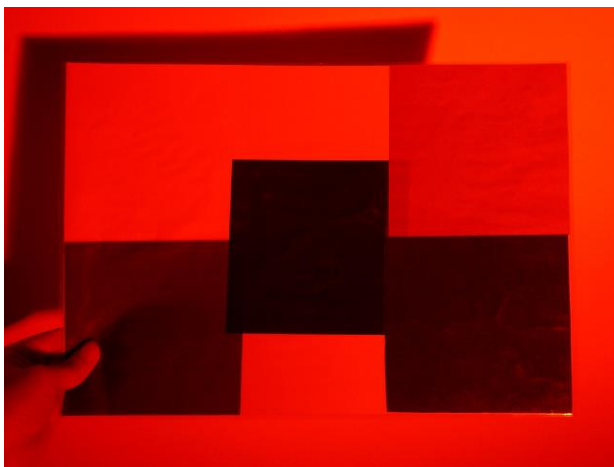


写真2. 赤のLEDライトで照らした色紙
色紙の色は、左上が赤、左下が青、中央が緑、
右上が灰色、右下が黒で、緑の上下は台紙(白)

を示した。しかしこのとき、赤い色紙に赤い照明をあてて何色に見えるかを問いただけると、「白」という答えがかなりあったのは意外であった。ここで使用した白いもの(壁)と赤いもの(色紙)のサイズが大きく異なることも関係しているかもしれないが、赤の照明の下で、白いものが赤く見えると感じ、赤いものが白く見えると感じるのは、興味深い反応である。

さらに、赤いリンゴ・緑の葉っぱ・青い地球を描いた絵を見せ、これに赤い照明をあてるとどうなるかを考えてもらった。色紙の実験結果から、すぐにリンゴが見えなくなると推測する声は残念ながらあまり多くなかったが、リンゴが見えなくなる現象には反応が大きかった。赤い照明でリンゴが見えなくなることが分かると、緑色の照明で葉っぱが見えなくなること、青色の照明で地球が見えなくなことは簡単に推測できた。しかし、3色の照明を全て点灯するとどうなるかは、「全て見える」と「全て見えなくなる」に意見が分かれてしまった。実際にこの3色の照明を全て点灯すると、通常の照明で見たときと同じように見えることを再確認した。

尚、この絵の背景は、真っ白ではなく灰色にしてある。これは、各色の照明で、赤と白や緑と白、青と白が全く同じ色(濃さ)に見えるわけではないからである。この絵を作るにあたっては、まずいろいろな濃さの赤・緑・青・灰色のカラーチャートを作り、これに赤・緑・青のLEDを順にあて、同じ色に見える組合せを選び出した。これは、「低圧ナトリウム灯下での色の錯視」^[2]と同様の手法である。予備実験では、「赤」「緑」「青」の文字と背景をこれらの色で印刷したものを使用した。サイエンスショーでは、これらの色をイメージできるものとして、リンゴと葉っぱと地球の絵にした。また、このサイエンスショーおよび企画展「色の彩えんす」が始まるまでの間、これを展示にし、テストとして展示場に出した。ただ、サイエンスショーでこの「リンゴと葉っぱと地球」の絵を使用したため、企画展の展示では、交通標識や高速道路の案内看板を模したものに変更した。



写真3. 「赤いリンゴ、緑の葉っぱ、青い地球」の絵

2-5. 光の色の引き算

赤・緑・青の3色LED照明を全て点灯すると、白い色に見える。ここでは、そこからいずれかの1灯を消すと何色になるかを予想してもらい、確認していった。これは、3色の照明の内、2色の組み合わせでどのような色になるかということであるが、この後の色の三原色につなげるため、白から赤(もしくは緑、青)を消すと何色になるかという「光の色の引き算」を印象づけた。

2-6. 色の三原色

光の色の引き算で現われた黄色・赤紫色・水色の3色は、色の三原色でもある。ここでは、この3色の透明シートを用いて、光の吸収について実験した。各色の透明シートは、インクジェットプリンタ用のOHPシートにそれぞれの色を印刷したものを数枚重ねて使用した。

まず、黄色のシートを赤色の照明に被せるとどうなるか予想してもらったところ、赤と黄の中間色であるオレンジ色という予想が一番多かった。しかし結果は、赤色の光のままである。同様に、黄色のシートを緑色の照明にかぶせると緑色の光のままであり、青色の照明に被せると非常に暗くなることを示した。実際には理屈通りにはいかず、若干色が変わったり、暗くなるとはいえその光が緑色寄りの色に見えたりしたが、概ねこちらの意図する現象はわかってもらえたようである。

この実験から、黄色いシートは青い光を通さないシート、つまり白い光から青い光を引いたために黄色く見えるのであり、黄色く色を付けるシートではないことを説明した。このことはなかなか理解しにくいかと思われたが、理解はできるが納得には時間がかかるという感じであった。却って子どもの方が先入観があまりないからか、赤紫色や水色のシートが何色の光を通して何色の光を通さないかは、だいたい正しく予想できていた。

尚、今回のサイエンスショーで使用したシートでは、水色のシートは理屈から大きく外れており、結果を予想してもらっただけで、実際には実験しなかった。



写真4. 黄色いシートが青い光をあまり通さない様子



写真5. 色の三原色を別々に印刷した写真

この黄色・赤紫色・水色の3色(のインク)は、それぞれ光の三原色である赤・緑・青の光を吸収する色素であるので、白い光から色の三原色を吸収することで、赤・緑・青の光の量をコントロールすることができる。このため、この3色のインクだけでさまざまな色を表現することができるので、色の三原色はこの3色である。

現在では、インクジェットのカラープリンタを持っていたり使っている人は多く、イエロー・マゼンタ・シアンという色の名前を知っている人も少なくない。カラープリンタではこの3色のインクでカラー印刷しているが、サイエンスショーでは、3色を別々に透明シートに印刷したものを重ねてもカラー写真になることを示した。この3枚のシートを重ねた瞬間カラー写真に見えることは、反応が大きかった。元になる写真としては、ひまわりや大阪の名所の写真を用いた。

2-7. 補色の残像

最後に、人間の目の視細胞の特性を利用した、補色の残像を見てもらった。この実験は、まず赤色の照明で正面の壁を照らした状態を10秒間ほど見ていただき、その後、赤色の照明を消して部屋を明るくすると、壁がぼんやりと青緑色に見えるというものである。緑色や青色の照明でも同様の現象は起きるが、赤色の照明が一番効果が高いようである。また、視点を安定させるために、壁の中央に黒いシールを貼った。

尚、この現象が人間の目が赤・緑・青をそれぞれ感じる3種類の色覚細胞によって色を感じていることの証明になると勘違いされることもあるが、そうではない。色覚細胞が2種類や4種類であっても、補色に相当する色を感じるはずであるので、色覚細胞が3種類であることの証明にはならない。

この実験の後、この残像現象によって白黒画像が一瞬だけカラー画像に見える展示などが企画展「色の彩えんす」にあることを紹介して終了した。

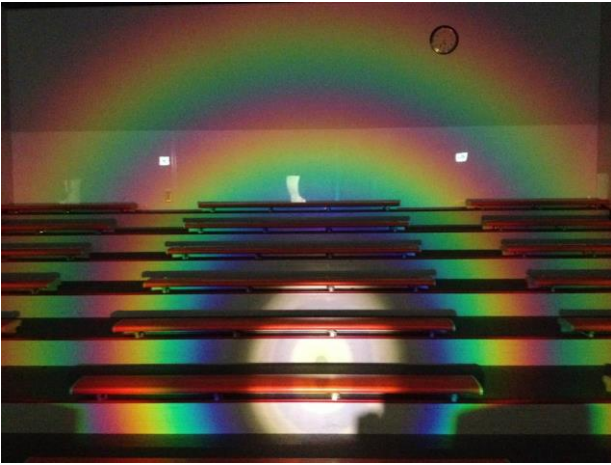


写真6. CDによる虹

3. 行なわなかった実験

サイエンスショーでは、予備実験の段階では用意していたが、実際には行なわないものもある。今回も、予備実験の段階では、例えば以下のような実験を用意していた。

3-1. CDによる虹

CDの記録面にスライドプロジェクターで光をあてると、CDで反射された光が、数m先で大きく太い二重の虹となって投影される。これは、CDにより分光されたスペクトルがそのまま壁に投影されたものであり、CDの形状が円形のため、投影されたスペクトルも円形となる。

また虹が二重になるのは、光源からCDにあたった光に対して、CDの中心から離れる方向の一次のスペクトルと、CDの中心側で中心を越えて反対側に現われる一次のスペクトルによる。光源のプロジェクターとCDの位置関係から、光はCDの記録面に垂直にあっているのではなく、わずかではあるが中心から外向きになる方向にあっているために、この2つの一次スペクトルの視半径が異なり、二重の虹となって見える。このため、CDの記録面の半分を隠すと、大きい虹と小さい虹が半分ずつ投影される。

これは懐中電灯でも可能であるが、光のあて方に少しコツが必要であり、後述のとおりスライド映写機を使用しなくなったため、この実験もサイエンスショーでは割愛した。

【参考文献】

- [1] 小野昌弘 「サイエンスショー「光のヒ・ミ・ツ」実施報告」 大阪市立科学館研究報告第23号, p65(2013)
 [2] 長谷川能三 「低圧ナトリウム灯下での色の錯視」 大阪市立科学館研究報告第22号, p25(2012)

3-2. 赤・緑・青の3色のスライドによるカラー合成

カラー画像を赤・緑・青のそれぞれの色の成分に分けることは、コンピュータ上では簡単であり、この3種類の画像の映った画面をリバーサルフィルムで撮影することにより、赤・緑・青の3種類の色の成分に分けたスライドが作成できる。

これを3台のスライド映写機で投影し、投影された画像を重ねると、元のカラー画像に見える。尚、実際にはスライド映写機で投影するとき3台の映写機の位置のずれにより台形型にゆがみが生じ、3つの画像はきれいに重ならない。このため、3色の画像をコンピュータで作成するとき、その台形のゆがみを打ち消すように予め逆のゆがみをつけておく必要がある。このように画像のずれをなくすことにより、3色の画像はほぼきれいに重ねることができた。

しかし、スライド映写機を3台使用することから、比較的大げさな実験となり、他にも3台のLED照明も使うことからスペース上の都合もあり、割愛した。その代わりに、企画展「色の彩えんす」では液晶プロジェクターを使用した同様の内容の展示を製作した。

4. まとめ

このサイエンスショーでは、色の三原色をどう展開するかが一番の問題となった。光の三原色と色の三原色では色が異なることは、不思議に感じ興味を持つ点ではあるが、なぜ光の三原色と色の三原色が異なる色なのかは理解しにくい。またイエロー・マゼンタ・シアンという色も、赤・緑・青と比べるとなじみが薄い。このため、一時は光の三原色と色の三原色の両方をサイエンスショーの中で取り扱うのは断念しようと思ったこともあった。しかし、科学デモンストレーターメンバーにこのサイエンスショーのプレビューを見てもらったところ、なぜ光の三原色と色の三原色が異なるのかを知りたいという欲求が高く、これをサイエンスショーの内容から割愛するわけにはいかないと考えた。その結果、確かに納得しにくい部分ではあったが、ある程度伝わったのではないかと思われる。

今回、企画展とサイエンスショーの両方を同時進行で準備していたため、サイエンスショーの準備の最終段階を引き受けていただいた斎藤・小野両学芸員に感謝申し上げます。