

サイエンスショー「見える・見えないのふしぎ」実施報告

長谷川 能三*

概要

2009年6月5日～8月30日に実施したサイエンスショー「見える・見えないのふしぎ」では、偏光をテーマに行なったので、その内容について報告する。また、今回のサイエンスショーを元に、出張サイエンスショー用に持ち運びができる実験セットを制作したので、その内容についても合わせて報告する。また、光の偏光という性質は、スペクトルや屈折・反射といった他の光の性質と比べるとあまり知られていない。しかし、最近一般化してきた一般劇場の3D映画には4つの方式があり、その内の3つの方式で偏光が重要な役目を担っている。そこで、この3D映画の方式についても、ここでまとめておく。

1. はじめに

偏光に関するサイエンスショーは、2004年秋に行なっており、今回のサイエンスショー「見える・見えないのふしぎ」は、この2004年のサイエンスショーを元に行なった。しかし、この間に展示場のリニューアルがあり、サイエンスショーコーナーも新しくなったため、そのままでは実施できない部分もあった。

また、サイエンスショー終了後、この内容を「おでかけサイエンス」という出張サイエンスショー用に持ち運びができる実験セットを制作した。スーツケースひとつでどこにでも出かけて行くことができるが、スーツケースに収めるために変更・割愛したものもある。

2. 実験内容

サイエンスショーでは、主に以下のような実験を行なった。ただし、演習担当者や見学者層により、実験の選択や順序は異なっている。

2-1. ブラックウォール

サイエンスショーでは、最初に何か驚きのある実験などがあると、観覧者の興味を引きやすい。このサイエンスショーでは、ブラックウォールと呼ばれる偏光板で作った筒を導入に用いた。この筒は、上半分と下半分で偏光板の向きを90度変えてあるために、筒の真ん中に黒い膜が張ったように見える。実際には筒の真ん中には何もないため、見学者の間を歩きながらこの筒

にピンポン球を通し、見学者に不思議であると感じてもらった。ただその仕組みについてはここでは明かさず、偏光板の性質を少しわかってもらえるような次の実験に移った。

2-2. 偏光板の配布

次に、ブラックウォールの材料と同じ材料であることを言って、見学者に偏光板を配布した。2004年のサイエンスショーでは、4.5cm×6cmの大きさの偏光板を配布したが、サイエンスショー研究会の段階で覗きやすいようにもっと大きくして欲しいとの声があり、今回12cm×7cmと大型化した。しかし、大型化するために廉価品の偏光板を用いたところ、偏光板2枚を直交させた場合にもある程度光が透過するため、真っ黒という感じにはならなかった。そこで、演習者が前で使用する大型の偏光板を従来から使用している高品質のものとする事で、品質とコストのバランスをはかった。

尚、配布した偏光板は厚さが0.74mmと分厚いもので、角を丸くし、カット面の面取りをしておいた。前回



写真1. 配布した偏光板(左:2004年、右:今回)

*大阪市立科学館 学芸課
hasegawa@sci-museum.jp

は1枚1枚に回収を促すシールを貼っていたが、剥がれやすく、今回はシールを貼らなかった。偏光板が大きくなったこともあってか、回収率は99%程度(見学者が100人の場合に紛失が1枚程度)であった。

ブラックウォールを前の演示台の上に立てたまま偏光板を配布すると、見学者の中で少しずつブラックウォールの筒が半分だけ黒く見えること、また偏光板の向きを変えると黒くなる部分が変わることに気付きはじめた。このように、なるべく見学者自身が現象を発見していくように心がけた。

2-3. 偏光板のしくみ

偏光板とはどのようなものであるか、魚焼き網(持ち手が付いた縦の格子)を用いて解説した。矢印に鯛の絵を貼ったものとカレイの絵を貼ったものを用意し、魚焼き網を縦にするか横にするかで、鯛が通ることができるかカレイが通ることができるかを来館者に考えてもらった。つまり光の偏光面を魚の姿勢で例え、垂直偏光の光を鯛、水平偏光の光をカレイで表わした。

さらに、魚焼きの網を2枚にすると、重ね方によって鯛もカレイも通れなくなることを示した。その上で、自分の手持ちの偏光板と隣の人の偏光板を重ねることで、偏光板を同じ方向で重ねたときと、90度回転させて重ねたときの違いが、魚焼きの網での解説と同じであることを確認してもらった。

尚、斜め偏光については話が難しくなるため、サイエンスショーでは触れなかった。

2-4. ブラックウォールのしくみ

偏光板のしくみをわかったところで、再びブラックウォールを出し、どのように偏光板を組み合わせているのか考えてもらった。その上で、平らな偏光板を2枚つなぎ合わせたものを筒状にすると、何も無い所に黒い膜のようなものが現われることを見てもらった。また、太いブラックウォールを使って、実際に筒の中を覗くと何も無いことを見学者全員に確認してもらった。

2-5. 光弾性

次に、大型のライトボックスに偏光板をかぶせたものを用意した。見学者が手持ちの偏光板を通して見ると、手持ちの偏光板の向きによって、ライトボックスがほとんど真っ黒に見えたり、普通に明るく見えたりする。ライトボックスがほとんど真っ黒に見える状態で、ライトボックスの偏光板に荷造り用の幅広透明テープを貼ると、鮮やかな色に見える。このテープを2枚3枚と貼り重ねていくと、更にいろいろな色に見える。つまり、このようなテープは光の偏光面を変化させる力があり、しかも光の色や重ねる枚数によって、偏光面の変化の度合いが変わることを解説した。また、このためライトボックスの偏光板を裏返すと何も見えなくなってしまうのも確認してもらった。

他にも、麦茶を冷やすプラスチック容器やCDのケース、使い捨てのプラスチックコップやいわゆるコンビニ弁当の蓋なども色鮮やかに見える。しかし、ガラスのコップでは色が見えないことも見学者に見てもらった。また、ポリ袋はそのままでは色が見えないが、引っぱって伸ばすと色が見えてくる。このように透明なプラスチックは力をかけることで偏光面を変化させる力があることを解説した。

尚、前回のサイエンスショーでは、ライトボックスの裏に磁石を取り付け、ホワイトボードに貼り付けて使用した。しかし、サイエンスショーコーナーが新しくなり、ホワイトボードが奥まった位置にある、混雑時には見学者がかなり左右広がるという前回と異なる点があった。そこで今回はライトボックスをコマ付きの台に固定し、必要に応じて前へ出したり、ライト面を左右に振って見ていただいた。



写真2. ライトボックス

2-6. 偏光メガネ

偏光板が使われている例として、3D映画用の偏光メガネを、偏光板を通して見てもらった。サントリーミュージアム天保山IMAXシアターや、ユニバーサルスタジオジャパンのアトラクションなどで使用されている3Dメガネは、偏光板を斜め45度にして使っており、手持ちの偏光板を通して見ると、右目がまっ黒に見えたり、左目がまっ黒に見えたりする。しかし後述の通り、このサイエンスショー終了後、「アバター」のヒットし、一般劇場で3D映画が見られることも多くなったが、このような単純な偏光板を使った方式ではなくなっている。

また、釣り道具店で売られているサングラスにも、偏光板を用いたものが多い。こちらは水面での反射光をカットするためのものであり、横偏光の光を通さないように偏光板が使われている。前回のサイエンスショーでは、展示ケースのガラス面を使って、偏光板で反射光が押さえられることを見てもらった。しかし、サイエンスショーコーナーが新しくなり、見学者の位置によって現象がわかりにくかったため、今回のサイエンスショーではサングラスの紹介にとどめた。

2-7. 液晶

偏光板が使われているもっとも身近なものとして、液晶パネルがある。そこで、広告のディスプレイに用いられる20cm×14cmで1セルの液晶パネルを用いた。これは、偏光板で挟んだ状態では、一定間隔で透明になったり黒くなったりするものである。この偏光板を取り外し、見学者に手持ちの偏光板を通して見てもらった。このように、液晶と偏光板を組み合わせることによって、電氣的に明暗を切り替えることができ、これが液晶表示として用いられている。そこで、偏光板を取り外した液晶表示時計や液晶テレビを用意し、偏光板を通して見てもらった。



写真3. 液晶パネル

2-8. 偏光ステンドグラス

最後に、以前展示場にも出していた小型の偏光ステンドグラスを見てもらい、正面玄関の上の大型偏光ステンドグラスを紹介して、サイエンスショーを終了した。

3. 「おでかけサイエンス」用実験セット

サイエンスショー終了後、これらの実験道具をスーツケースにまとめ、「おでかけサイエンス」という出張サイエンスショーで使えるようにした。しかし、3ヶ月間ひとつのテーマでスペースを占有できるサイエンスショーと違い、持ち運びのためには実験道具にどうしても制限があった。具体的な変更点はおおむね以下の通りである。

3-1. ライトボックスの小型化

写真などをチェックするためのライトボックスで、スーツケースに入り、なるべく大きく薄いものを探した。しかし、サイエンスショーで使っていたライトボックスのライト面が約44cm×70cmだったのに対し、ひとまわり小さい約30cm×42cmとなってしまった。

3-2. ノートパソコン

サイエンスショーで用いた液晶テレビは比較的大型だったため外へ持って行くわけにはいかないが、現在の液晶テレビの普及を考えると、外すわけにはいかない。そこで液晶テレビの代わりに、ノートパソコンの液晶モニターから偏光板を取り外したものを用意した。画面に

は館内の写真をスライドショーで表示できるようにしておいたが、ウィンドウズが立ち上がる画面の方が見学者にはわかりやすいようである。



写真3. 偏光板を取り外したノートパソコン

3-3. 偏光ステンドグラス

残念ながら既存のものは、大きさの関係で割愛した。しかし、一連の流れの中で最後にこの偏光ステンドグラスを見てもらうことで、サイエンスショーとしてのまとまりが出ていた。この実験セットの中に入る大きさでも偏光ステンドグラスを用意したい。



写真4. おでかけサイエンス用実験セット

このように、一部の实验道具を変更・割愛したが、それでもスーツケースが实验道具でいっぱいになってしまった。このため、スーツケースのどこにど

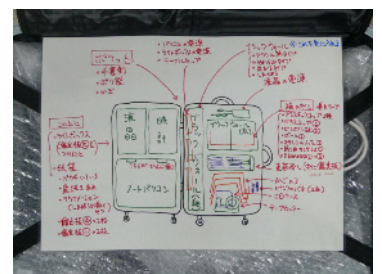


写真5. 实验道具見取り図

の実験道具を入れるか見取り図を用意したが、これにより片付けの際に忘れ物を防止する効果もある。

平成21年度は、学芸員およびアウトリーチスタッフ研修講座受講生によって、この実験セットを使ったおでかけサイエンスに10回行った。

4. 3D映画の現状

3D映画(立体映画)は、以前は博覧会やテーマパーク、特別な劇場(例えばサントリーミュージアム天保山)などで上映されるものだったが、ここ数年で一般劇場でも3D映画の設備が整ってきていた。また、一般劇場用の3D映画作品というとアニメーション映画が多かったため、どちらかというと子ども向きと思われがちであったが、2009年12月公開の「アバター」が大ヒットし、3D映画が一般的となってきた。

3D映画では、左右の目で少し異なる映像を見せるためにさまざまな工夫がなされている。サイエンスショー「見える・見えないのふしぎ」の中でも、3D映画のメガネに偏光板が使用されていることを紹介した。しかし、現在一般劇場で採用されている3D映画の方式には、「IMAX-3Dデジタル」「real-D」「XpanD」「Dolby-3D」の4種類の方法があり、このうちサイエンスショーで紹介した直線偏光をそのまま利用しているのは1種類のみであるが、残りの内の2種類も偏光と大きく関わっている。そこで、この4種類の3D方式についてまとめておく。

4-1. IMAX-3Dデジタル

サントリーミュージアム天保山IMAXシアターは3D上映のシステムを備えているが、大阪市立科学館のオムニマックスと同じ70mmフィルムの特特殊フォーマットであり、基本的には一般劇場公開作品を上映していない。それに対し、「IMAX-3Dデジタル」のシアターでは、一般劇場公開映画をDLPプロジェクターによってデジタル上映している。しかし、「IMAX-3Dデジタル」のシアターは全国で4ヶ所しかなく、近畿地方では109シネマズ箕面内にものみある。尚、109シネマズ箕面でも「IMAX-3Dデジタル」のシアター以外では、後述する「XpanD」方式で3D映画を上映している。

「IMAX-3Dデジタル」方式の3Dメガネは直線偏光フィルターで、右目が垂直偏光を透過、左目が水平目用の映像と左目用の映像を映写するために2台あり、

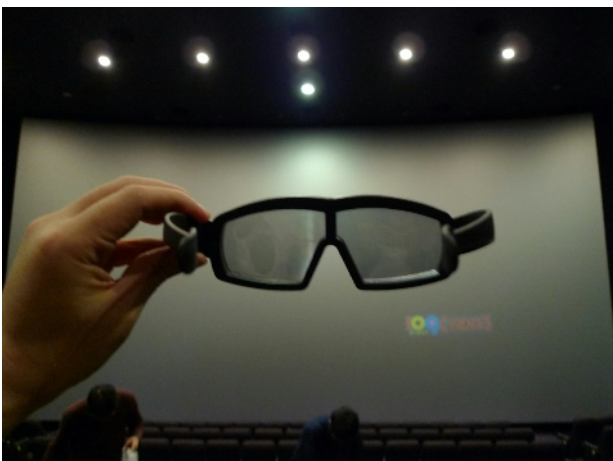


写真7. IMAX-3D デジタルの3Dメガネとスクリーン

偏光を透過するようになっている。プロジェクターは右それぞれ垂直偏光と水平偏光を透過するように偏光フィルターが付けられている。また、スクリーンに映った映像の偏光の向きが保たれる様に、スクリーンはシルバースクリーンが使われている。

尚、IMAX-3Dデジタルシアターは、スクリーンの縦横比や座席の配置、音響設備等にも独自の規格を設け、他の劇場との差別化を図っている。また、サントリーミュージアム天保山IMAXシアターの3Dメガネも直線偏光フィルターであるが、3Dメガネの偏光フィルターの向きが、左右の目それぞれが斜め45度となっている。

4-2. real-D方式

マイカルやイオンショッピングモールに併設されているワーナーマイカルシネマズで採用されている方式で、劇場数は4種類の中で2番目に多い。

「real-D」方式の3Dメガネは、一見普通の偏光フィルターのように見えるが、直線偏光フィルターではなく、円偏光フィルターとなっている。直線偏光の場合には、映画を見ている時に首を傾けると像が二重に見えるという欠点があったが、円偏光を用いることで、この欠点を防いでいる。

円偏光フィルターとは、直線偏光フィルターに1/4波長位相差フィルムを貼り合わせたものである。「real-D」方式の3Dメガネでは、目に近い側が直線偏光フィルターで、左右の目とも水平偏光を透過する向きになっている。この偏光フィルターのスクリーン側(目から遠い側)に1/4波長位相差フィルムを斜め45度の向きに貼り重ねてあり、これをどちら向きの斜めにするかによって、右回り円偏光を透過するか、左回り円偏光を透過するかが異なる。

サイエンスショー「見える・見えないのふしぎ」で用いた荷造り用幅広透明テープも位相差フィルムの役目をしている。位相差フィルムを光が透過するときに、特定の向きに偏光した光と、その向きとは垂直に偏光した



写真8. real-D方式の3Dメガネ(持ち帰り可)

光とでは、屈折率がわずかに異なり、フィルムを透過する間に位相のずれが生じる。このずれをちょうど波長の $1/4$ になるように作られたものが $1/4$ 波長位相差フィルムで、直線偏光を円偏光に、円偏光を直線偏光に変換することができる。しかし、正確に変換できるのは特定の波長のみであり、それ以外の波長の光に対しては、直線偏光と円偏光の成分が混ざった光となる。

「real-D」方式の映像は、DLPプロジェクターで左右の目用の映像が交互に映写されているが、映写機のレンズの前に「Zスクリーン」という特殊なフィルターが置かれている。これは、直線偏光フィルターを透過した光を、映像に同期させて右回りと左回りの円偏光に交互に変換する装置であり、液晶を利用したものという点である。

また、2010年春には「real-D」とよく似た「マスターイメージ」という方式の劇場も登場する。この2つの方式の違いは、映写機側で映像に同期させて円偏光に変換するために、「Zスクリーン」という液晶を用いた装置を使うか、2種類の円偏光フィルターを機械的に動かすかという違いのようである。

尚、「real-D」方式は、4種類の方式の中で唯一、3Dメガネを持ち帰ることができる。また、近視用などのメガネ用に、クリップオン式の3Dメガネを販売している。

4-3. XpanD方式

TOHOシネマズ、MOVIXなど、多くの映画館で使われている方式。映像は、DLPプロジェクターで左右の目用の映像を交互に映写しているだけであり、スクリーンは通常のホワイトスクリーンのままでよい。3Dメガネは左右交互に光を通したり通さなかったりする液晶シャッターになっている。このタイミングを映写に同期させるため、映写室から赤外線でスクリーンに向かって同期信号を送っており、3Dメガネの左右の液晶シャッターの間にその受光部がある。この受光部を指などで隠すと、液晶シャッターが左右とも透明になり、像が二重に見える。



写真9. XpanD方式の3Dメガネ

「XpanD」方式では、スクリーンがホワイトスクリーンのままでよい。シネコンでは観客数の推移に合わせて3D映画を座席数の異なるスクリーンに変更することが可能である。しかし、3Dメガネには、同期信号の受光や液晶シャッターの制御回路、電池が必要なため重い。

また、液晶シャッターとは偏光フィルターと液晶挟んだものであるため、透明になっている時でも原理的に光量は $1/2$ 以下しかなく、更にその時間が $1/2$ 以下であるため、3Dメガネを通すと光量が $1/4$ 以下になってしまう。他の3種類の3D方式でも、映写時に光量が $1/2$ 以下になり、更に3Dメガネで $1/2$ 以下になるため、結局映写機の光量の $1/4$ 以下しか利用できていない。しかし「XpanD」方式では、3Dメガネで一気に光量が $1/4$ 以下になるため、3Dメガネを掛けると映像が暗いと感じやすいようである。

4-4. Dolby-3D方式

3D映画4方式の中でこの方式については偏光とは関係ないが、合わせてここにまとめておく。

「Dolby-3D」方式は、Tジョイ系などの映画館で採用されている方式で、近畿地方ではおそらく大津アレックスシネマと水口アレックスシネマの2館のみである（梅田ブルク7やなんばパークスシネマでも採用されていたが、現在は「XpanD」方式のみとなっている）。

「Dolby-3D」は、光の三原色の「赤」「緑」「青」をさらに長波長側と短波長側の2つ、つまり全部で6つの

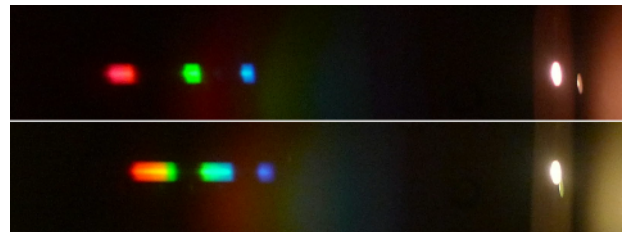


写真10. Dolby-3D方式の3Dメガネの透過特性
右端のライトのスペクトルを、左右の目の干渉フィルターを通して見た様子



写真11. Dolby-3D方式の3Dメガネ

波長帯に分け、「赤」「緑」「青」のそれぞれ長波長側を左目用に、短波長側を右目用に使っている。このような特定の波長のみを透過させるために、3Dメガネには50層の多層膜干渉フィルターが用いられている。干渉フィルターのため、透過しない光は反射され、この3Dメガネは一見ミラータイプのサングラスのようにも見える。映像はDLPプロジェクターで左右の目用の映像を交互に映写している。映写機には、円盤を半分ずつ右目用と左目用の多層膜干渉フィルターにしたものが取り付けられ、これを映像に同期させて回転させている。尚、偏光を使っていないため、スクリーンはホワイトスクリーンのままでよいため、XpanD方式と同様、観客数の推移に合わせて3D映画を座席数の異なるスクリーンに変更することが可能である。

【参考】

長谷川能三「サイエンスショー「見えたり見えなくなったり」実施報告」大阪市立科学館研究報告15,p188(2005)
RealD - The New 3D - Media Room <http://www.reald.com/Content/Media-Presentations.aspx>
ドルビー3D http://www.dolby.co.jp/consumer/motion_picture/dolby_3d_digital_cinema.html

4. まとめ

今回のサイエンスショーでは、基本的には2004年に行なったサイエンスショーに準じたが、この間に液晶テレビが大きく普及した。このため、今回のサイエンスショーで「液晶といえば」というと、見学者から「液晶テレビ」が真っ先に上がるようになっていた。このため、偏光板を取り外した液晶テレビを用意しておいたことは効果が高かった。

このように、同じテーマのサイエンスショーを行なっても、時代の流れに合わせて改変していく必要がある。3D映画については、今回のサイエンスショー終了後に大きく話題になったが、次に偏光をテーマにサイエンスショーを行なう場合には、3D映画についてももっと大きく取り上げる必要があるだろう。