

企画展「色の彩えんす^{さい}」および関連事業実施報告

長谷川 能三*

概要

2013年9月3日～12月1日、企画展「色の彩えんす」を実施した。この企画展では、気象光学現象、分光、単色光、光の三原色、色の三原色、構造色、偏光、蛍光、錯視など、色についてさまざまな角度から、操作型の展示と資料展示で展開した。また関連事業として、この期間中に、関連テーマのサイエンスショー、特別講演会、構造色シンポジウム、科学教室も実施したので、あわせてここで報告する。

1. はじめに

今回の企画は、もともと構造色研究会が毎年実施している構造色シンポジウムを、2013年は大阪市立科学館で開催し、その関連事業として構造色の資料をアトリウムの展示ケースで展示するというものであった。しかし、この事業を大阪市立科学館の平成25年度のいわゆる目玉事業として位置づけるという方針があり、ミニ展示を構造色に限らず色に関する全般的なものとするので企画展とし、期間も約3ヶ月間行なうこととした。またこの期間にさまざまな関連事業も行なった。

関連事業としては、もともと予定していた第14回構造色シンポジウムの他、同日夜にプラネタリウムホールにてスペシャルナイト・特別講演会「色の彩えんす」、科学教室「色々あわせて光の箱をつくろう」および「きれいな色に染めてみよう」を実施した。またこの期間のサイエンスショーも当初の計画を変更し、色に関する実験を行なう「色のいろいろ」とした。サイエンスショーについては別項にて詳しく報告する。

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。

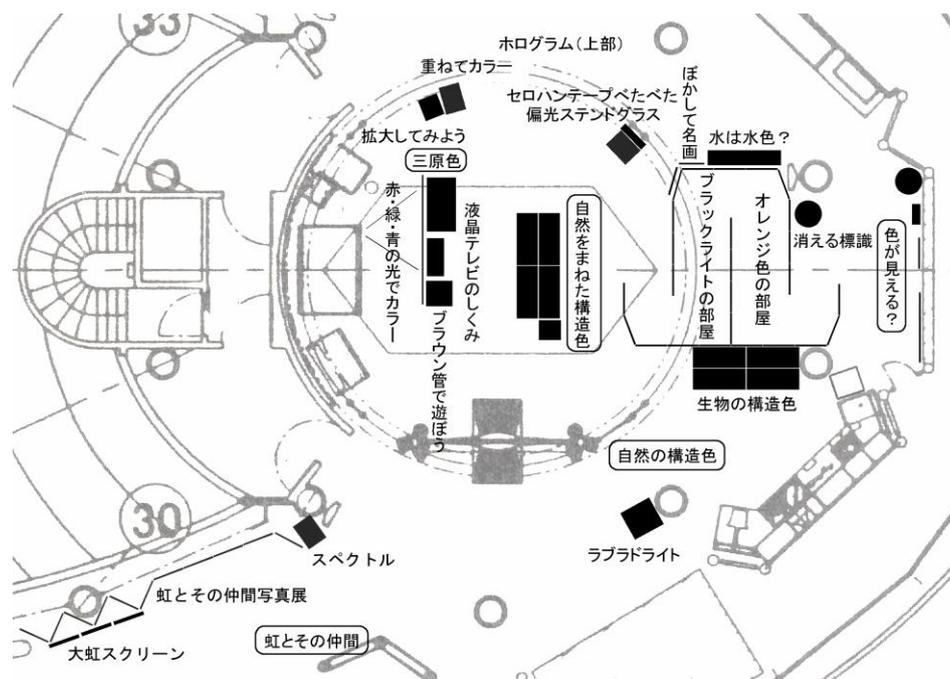


図1. 「色の彩えんす」展示場4階配置図

*大阪市立科学館 学芸員
中之島科学研究所 研究員
E-mail: hasegawa@sci-museum.jp

2. 企画展「色の彩えんす」

2-1. 概要

期 間：平成25年9月3日(火)～12月1日(日)
場 所：展示場4階 サイエンスギャラリー前
地下1階アトリウム 展示ケース
展示点数：31点(次節の区分けによる)

2-2. 内容

今回の企画展で、操作型の展示については、企画展用に製作したものだけではなく、常設展示を企画展のエリアへ移設したものや、イベント等で過去に製作したものも使用した。また、資料展示に関しても、いろいろな機関や個人の方からさまざまな資料をお借りして展示したが、常設で展示している資料も活用した。

個々の展示の内容については以下のとおりである。

2-2-1. 虹とその仲間

2-2-1a. 大虹スクリーン

球形で透明の小さなプラスチックビーズを水滴の代わりとして虹が見られることはよく知られており、理科教材会社からビーズが「虹ビーズ」と販売されている。当館でも、これを用いて「虹スクリーン」という展示を常設している。この常設展示では、スクリーン部分のサイズが縦138cm×横78cmと縦長である。

今回の企画展では、以前イベント用に製作した虹スクリーンを使用した。このスクリーンは、180cm×90cmの板に虹ビーズを貼り付けたものを3枚連結することができ、縦180cm×横270cmと常設展のものとは面積が約4.5倍と大きく、横長のため半円形の虹を観察することができる。



写真1. 常設の虹スクリーン



写真2. 展示「大虹スクリーン」



写真3. 展示「虹とその仲間 写真展」

2-2-1b. 虹とその仲間写真展

これまで撮影してきた気象光学現象の写真から主なものを、2012年4月から断続的に「そらみたことか写真展」として展示場4階で展示してきた。今回の企画展では、その中から太陽光が屈折または干渉によって分光され、虹色に観察される現象7種(写真13点)に絞って展示した。

展示した気象光学現象は、虹(主虹+副虹)、環水平アーク、環天頂アーク、幻日、彩雲、光環(雲による光環と花粉による光環)、光輪(ブロッケン妖怪の周りに見える輪)である。

写真撮影：長谷川能三

2-2-1c. スペクトル

展示「スペクトル」は、4種類の光源のスペクトルを回折格子で観察する展示で、展示場4階に常設しているものである。

4種類の光源は、ヘリウムとネオンのスペクトル管、白熱電球、蛍光灯(3波長型ではない従来タイプ)である。観察するための回折格子は、スペクトルが幅広く見え、かつ一般の方にもスペクトルが見つけやすい、縦方向のみの格子が1mmあたり500本入ったレプリカフィルムを用いている。

企画展では、この「スペクトル」をそのまま企画展エリアに移設して展示した。



写真4. 展示「スペクトル」



写真5. 展示「ラブラドライト」



写真6. 展示「生物の構造色」全体の様子

2-2-2. 自然の構造色

2-2-2a. 不思議に光る石「ラブラドライト」

これは、3階「鉱物、宝石、結晶」エリアに常設展示されているもので、企画展エリアに移設して展示した。

ラブラドライトは層状の構造を持つ鉱物で、構造色を示す。展示では、大型のラブラドライトが回転台に載せられており、回転に応じて構造色独特の色・輝きが変化して見られる。

2-2-2b. 生物の構造色

ここでは、外部から借用した構造色を示す生物の資料を展示した。展示した資料は、モルフォチョウ25点、タマムシ48点、オオセンチコガネ299点、セイボウ11点、カラス1点、カワセミ1点、アワビの貝殻2点、アコヤガイの貝殻9点、真珠4点、クロチョウガイの貝殻1点、ウグイスガイの貝殻2点、アンモナイトの化石2点、およびセイボウの大型写真パネルである。

モルフォチョウは、構造色特有の鮮やかな色で知られている。また、タマムシは、「玉虫色」という言葉が使われているとおり構造色の特徴である光源の位置や見る向きによって色が変わって見えることが知られてい

る。オオセンチコガネは、採集地によってその色が異なるという特徴がある。セイボウはハチの一種で、今回、標本だけでなく写真を非常に大きくプリントしたパネルも貸していただいた。カワセミは構造色のきれいな色が知られているのに対し、カラスは一般に真っ黒な色だと思われがちであるが、構造色によりやや緑や紫がかって見えることがある。アワビなどの貝殻の内側は虹色になっており、構造色が身近に観察できる例である。また、その貝の中でできる真珠もまた構造色による色が見られる。アンモナイトの化石については、化石化することによって現われた構造色であり、生物(アンモナイト)が作り出した構造色ではないが、あわせてここで展示した。

このように、構造色とひとことで言ってもいろいろな特徴があり、その色の見え具合も異なる。今回、さまざまな資料を借用することにより、構造色の多様性を見ていただいた。

資料提供：大阪市立自然史博物館
大阪南港野鳥園
尾寄豪氏



写真7. 展示「生物の構造色」(左：鳥・貝・アンモナイト, 右：昆虫)



写真8. 展示「自然をまねた構造色」

2-2-3. 自然をまねた構造色

生物の構造色を見てわかるように、構造色は非常に鮮やかな色をしており、見る角度や照明の位置によって色が変わるという特徴がある。このため、色素等による色とは全く違う非常に美しい色が見られる。このことから、人工的に構造色を作り出し、使用されているものも多い。

ここでは、そのような人工的な構造色が用いられているものを、主に借用した資料により展示する他、CD、DVDといった構造色を意図したものではないが構造色が現われているものも紹介した。

2-2-3a. これは何ディスク？

構造色を意図して作られたものではないが、身近に構造色が見られる人工のものとして、CDやDVDの記録面がある。これは、情報を記録するピットの列(トラック)の間隔がCDは $1.6 \mu\text{m}$ 、DVDは $0.74 \mu\text{m}$ (但



写真9. 展示「これは何ディスク？」(下:記録面)

し、DVDの種類により若干異なる)であり、光の波長(およそ $0.38 \sim 0.77 \mu\text{m}$)と同程度またはやや広いためである。ただ、記録面を直接見た場合、分光により全体が虹色に見えるのではなく、半径方向の色のラインが見られる。多数の照明のある場所では、それぞれの照明に対して1本ずつの色のラインが現われるため、多くの色のラインが見られる。

ところが、同じように情報が記録されている Blu-ray Discの場合には、このような色のラインはほとんど見られない。これはBlu-ray Discのトラックの間隔が $0.32 \mu\text{m}$ と光の波長より短いため、記録面に対してほぼ垂直に入射した光は干渉で強め合うことがない。しかし、記録面に対して浅い角度で観察した場合には、観察者側から入射した光が干渉により強め合い、色のラインが見られる。

尚、CDとDVDを比較した場合、この色のラインの数はDVDの方が少ない。これは、DVDの方がトラックの間隔が狭いために干渉の条件が厳しく、観察者と光源、DVDの位置関係により光が強めあうことのない場合が多いためである。

2-2-3b. チタン酸化膜の構造色

チタンは、軽くて強度が高く腐食されにくいなどの特徴から利用されることが多いが、チタンを熱処理することにより、表面に酸化膜ができ、その厚みにより構造色特有の鮮やかな色が現われる場合がある。酸化膜は1層だけであるが、適度な反射率のため酸化膜層内で何度も反射を繰り返すことから、鮮やかな構造色が現われるのだと思われる。

3階の常設展「金属とその利用」でも、このような構造色が現われたチタン製品を展示しているが、今回の企画展では、チタンの構造色を利用して制作された蝶などのアクセサリー作品を展示した。

資料提供：藤川哲也氏（アノニム工房）



写真10. 展示「チタン酸化膜の構造色」



写真11. 展示「人工オパール」

2-2-3c. 人工オパール

この人工オパールは、小さなシリカ球が液体中で規則正しく並んだものを固めたものであり、いろいろな色にきらきらと輝いて見える素材である。企画展では、この人工オパールのブロック、および人工オパールで製作された万年筆および絵（切り絵風の絵の背景に人工オパールを使用したもの）を展示した。

人工オパールの元になるシリカ球は、直径数百nmで、液体中では六方最密構造をとるということである。このため、格子間隔が通常の結晶の1000倍程度の超格子結晶となっている。ただ、これを固めたブロック全体がひとつの単結晶になっているのではなく、多くのドメインに分かれた多結晶となっている。

この人工オパールが構造色によっていろいろな色に光る様子であるが、見る位置によって徐々に色が変わるのではなく、赤くきらっと光ったり、青くきらっと光ったりしていた。格子間隔がこの様子は、可視光でラウエ斑点を見ているのではないかと考えられる。

資料提供：富士化学株式会社

2-2-3d. 3色合成プリズム

これは液晶プロジェクターに用いられるプリズムで、常設展の「現代の光学機器」で展示されている資料である。見た目は、直方体（上面が正方形）のガラスであるが、よく見ると上面に対角線の筋が入っており、底面が直角二等辺三角形の三角柱のプリズムを4個貼り合わせたものである。この貼り合わせ面に誘電体多層膜層を設けることにより、貼り合わせ面でどのような波長域の光が透過・反射するかをコントロールしている。



写真12. 展示「3色合成プリズム」

具体的には、写真12で左手前から右奥方向の貼り合わせ面では、面に対して45度の入射角の光について、赤色領域の光は反射し、緑色～青色領域の光は透過するようにしてある。また、右手前から左奥方向の貼り合わせ面では、青色領域の光は反射し、赤色～緑色領域の光は透過するようにしてある。これにより、このプリズムに右側から入射した光は、赤色領域の光だけが手前方向に反射し、残りの光は直進して左側へ出て行く。同様に、左側から入射した光は、青色領域の光だけが手前方向に反射し、残りの光は直進して右側へ出て行く。また、奥側から入射した光は、緑色領域の光だけが直進して手前方向に出てきて、赤色領域の光は反射して左側へ出て行き、緑領域の光は反射して右側へ出て行く。このため、左側から赤色の光、奥側から緑色の光、左側から青色の光を入射すると、手前方向に効率よく合成された光が出てくる。

2-2-3e. 車の塗装の構造色・モルフォチョウ色の時計

構造色独特の色を用いたものとしては自動車の塗装がある。残念ながらコストがかかるため、最近では少な



写真13. 展示「車の塗装見本」(上段左, 下段), 「モルフォチョウ色の腕時計」(上段中央)

くなってきているということであるが、身近な例として取り上げた。ただ、実物の自動車を展示するわけにはいかないため、ドアミラーや塗装見本の展示となった。このような自動車の塗装には、人工的に作った雲母のような物質を塗料に混ぜるものや、微粒子を塗料に混ぜるなど、いろいろな方法があるとのことである。

また、シチズン時計では、モルフォチョウの構造を模して構造色で青色に見える文字盤の腕時計を試作しており、この時計も展示した。

資料提供：関西ペイント株式会社
シチズン時計株式会社

2-2-3f. ラスター彩陶器・ラスター彩ガラス

ラスター彩は、そもそも高価な貴金属の代わりとなるように、陶器に金色などの塗装を施す方法であったようであるが、金属光沢以外に構造色独特の虹色も現われる。さらに、陶器以外にガラスにもラスター彩が施されるようになった。そこで、ラスター彩により構造色が現われた陶器およびガラス製品を展示した。

資料提供：三武英行氏



写真14. 展示「ラスター彩陶器」(上)
「ラスター彩ガラス」(下)

2-2-4. ブラックライトの部屋

ここでは、蛍光により発色するものを取り上げるため、青の展示ボードで通路を作り、その上の照明を消したり一部隠すことで、ある程度暗いエリアを作った。このエリアをブラックライトで照らし、さらにタイマーで数秒ごとに白色光の照明の点灯・消灯を繰り返した。

ブラックライトで蛍光を示すものとして、赤・緑・青に発色するインクで印刷された写真や絵を飾った。既製の絵では、M.C.エッシャーの「物見の塔」を元にした絵でブラックライトにより色鮮やかに変化するもの、青空に雲の絵がブラックライトにより星座絵が見えるものを展示した。また、写真から作成する場合には、白色光下では真っ白で、ブラックライトにより写真が見えるようになる。このタイプでは、大阪の名所の写真を使用した。

しかしこれ以外にも、蛍光ペンやワイシャツ、蛍光で光る鉱物等も展示したかったが、薄暗くしており、通路の幅を広く取ることができなかつたため、展示ケースにいなければならないものはあきらめ、平面の絵だけにした(「オレンジ色の部屋」も同様)。

製作：株式会社S O - K E N



写真15. 展示「ブラックライトの部屋」
(左:白色光下, 右:ブラックライト下)



写真16. 展示「オレンジ色の部屋」(左:低圧ナトリウム灯下, 右:白色光下)

2-2-5. オレンジ色の部屋

ブラックライトの部屋の続きのエリアは低圧ナトリウム灯で照らし、数秒ごとに白色光の照明の点灯・消灯を繰り返した。低圧ナトリウム灯はほぼ単色光であるために、ものの色がわからなくなる。ここには、「野菜の顔」と「どちらのキューブがそろっている？」を展示した。

「野菜の顔」は、いくつかの野菜を顔のように並べた写真であるが、2つの顔の内、一方は野菜の色そのままの写真、もう一方は本来の野菜とは全く違った色にした写真である。低圧ナトリウム灯下ではものの色がわからないため、本来の野菜の色と全く違っていても違和感がないが、白色光下ではおかしな色に見えるというものである。

「どちらのキューブがそろっている？」は、ルービックキューブのような絵であるが、白色光下では右のキューブの方が揃っているように見えるが、低圧ナトリウム灯下では左の方が揃っているように見えるというものである。詳しくは「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)^[1]を参照されたい。

2-2-6. 消える標識

オレンジ色でなく他の色であっても、単色光で照らすともの見える色は大きく変わる。特にものの色と照らす照明の色が一致していると、そのものは明るく見え、白いものと区別が付きにくくなる。そこで、赤・緑・青のLED照明を用いれば、赤色の照明では赤色のものが背景の白と区別がつかなくなって見えなくなり、緑色の照明では緑色のものが見えなくなり、青色の照明では青色のものが見えなくなるということが可能である。実際には、背景が完全な白色ではなかなか消えたようには見えないため、少しグレーにし、使用するLED照明に合わせて、印刷に使用する赤色・緑色・青色を調整し、なるべくきれいに消えるようにした。

試作段階ではリンゴ・葉っぱ・地球の絵を用いたが、サイエンスショーでこの絵を用いるため、企画展では標識の絵を使った。通常は赤色・緑色・青色のLEDが全て点灯して白色の照明になっており、ボタン操作により、赤色のLEDのみ、緑色のLEDのみ、青色のLEDのみになり、標識の一部が見えなくなるようにした。

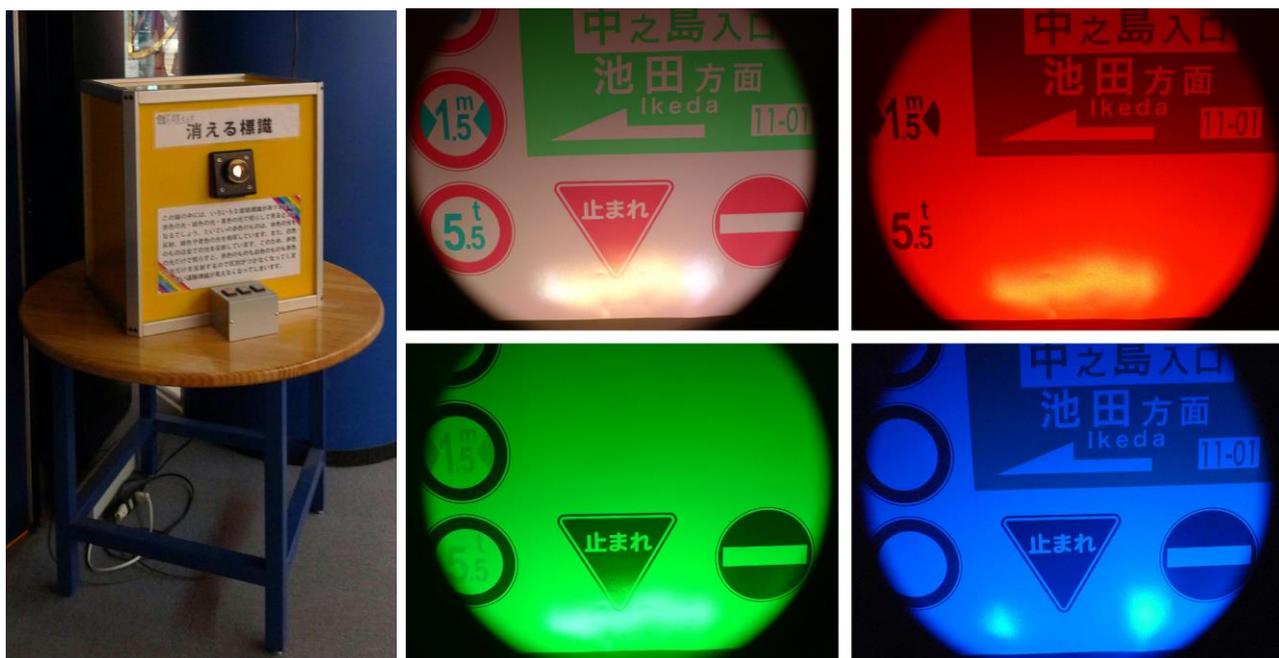


写真17. 展示「消える標識」(左:外観, 右:白色・赤色・緑色・青色の照明で中を見た様子)



写真18. 「色が見える？」のコーナー全体

2-2-7. 色が見える？

常設展のサイエンスギャラリーの部分を用いて、このエリアでは、いわゆる錯視の一種で、人間の視覚により物理的な色とは異なる見え方をするものを取り上げた。

2-2-7a. 青と緑は同じ色？

錯視にはいろいろな種類のものがあるが、その中で色の同化と呼ばれるものがある。これは、背景となる色の上に別の色の縞模様等をかぶせることにより、背景色が縞模様の色寄りの色に見えるという現象である。みかんが赤色のネットに入れて売られているのも、この色の同化を利用して、黄色いみかんがネットの赤色寄りのオレンジ色に見え、おいしそうに感じられるからである。

今回の展示では、水色(シアン)で書いた「緑」の文字には黄色の縞模様を、「青」の文字には赤紫色の縞模様を被せ、周囲は黄色と赤紫色の縞模様のもので作成した。色の同化により、「緑」という文字は本来の水色から黄色側に寄った緑色に見え、「青」という文字

は赤紫色側に寄った青色に見える。さらに、透明と水色(文字と同じ色)の縞模様のパーツを用意し、黄色や赤紫色の縞模様を隠すことにより、「緑」という文字も「青」という文字も同じ水色で書かれていることがわかるようにした。

この色の組合せによる色の同化の錯視はよく見られるが、単に縞模様のものである。ここでは、「緑」や「青」という文字にすることで、観覧者の興味を引くようにした。

2-2-7b. What color is a cherry blossom?

これは、大阪市立東高等学校の大西康平さんと亀山郷平さんの研究で、桜の花びらは白に近い色であるが、人間の錯覚によって本来の色よりもピンク色に見えているのではないかという研究である。

いくつかの仮説をたてて検証しているが、限られた時間内での研究であるのが残念である。可能であれば、測定方法や検証方法を検討し、再度時間をかけて検証されればと思う。

研究・作成：大西康平氏

亀山郷平氏

(大阪市立東高等学校)



写真19. 展示「緑と青は同じ色？」



写真20. 展示「What color is a cherry blossom？」



写真21. 展示「一瞬のカラー写真」

2-2-7c. 一瞬のカラー写真

これは色の残効と呼ばれるもので、同じ画像を見続けた後、別の画像を見ると、最初に見た画像の補色の色が感じられるというものである。この色の残効を利用して、ある画像のネガ画像を見続けた後、白黒のポジ画像を見ると、白黒の画像が一瞬カラーに見えるというものである。

今回は、大阪の名所を撮影した写真を用い、10秒間ネガ画像を表示した後、白黒のポジ画像が表示される動画をDVDビデオにし、サイエンスギャラリーのビデオ再生装置を利用して展示した。ネガ画像には、視線をなるべく一定に保つため、画像の中央で残り時間をカウントダウンした。この色の残効の効果の大小は画像に異なり、写真21の道頓堀のグリコのネオン看板が効果が大きかった。

2-2-7d. ベンハムの円盤

色に関する錯視で有名なベンハムの円盤も展示した。当初、電動の回転台にベンハムの円盤のパターンを印刷したものを貼り付け、一定時間で回ったり止まったりするようにしたが、回転速度が遅いため、効果がわ



写真22. 展示「ベンハムの円盤」

かりにくかった。そこで、動力の無い回転台に変更し、観覧者が自由に回したり止めたりできるようにした。ただ、それでも回転速度はあまり高くないため、ベンハムの円盤のパターンを動径方向に4分の1に圧縮することにより、効果を大きくした。

2-2-8. 水は水色？

晴れた日に海を見ると海は青や水色に見え、テレビ番組などで水中撮影のシーンを見ると、やはり水は青や水色に見える主な原因は全く異なっている。前者は青い空が海面に映っていることが主な原因であり、曇や雨の日には海には雲が映り、灰色（鉛色）に見える。後者は水が他の色の光に比べ赤色寄りの光をよく吸収するためであり、太陽光や照明の光、また撮影している対象物から返ってきた光は赤寄りの光が弱くなり、青寄りの光が比較的強いために青っぽく見える。

水がこのように赤色の光を吸収していることは、数mの距離でも透過光が青く見えることで確認できる。この赤色の吸収は水分子の分子振動が原因であり、水素原子の質量の異なる重水(D₂O)では、この吸収が赤外領域になるため青くは見えないという^[2]。そこでこの展示では、普通の水と重水で満たした長さ約1.7mの水道管を並べることで、透過光の色を比較して見るようにした。

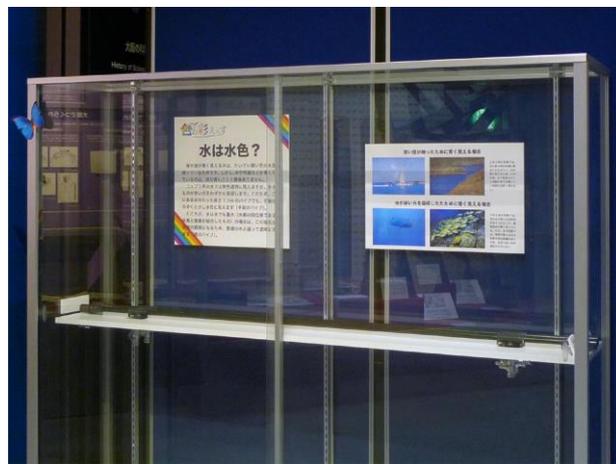


写真23. 展示「水は水色？」



写真24. 展示「水は水色？」

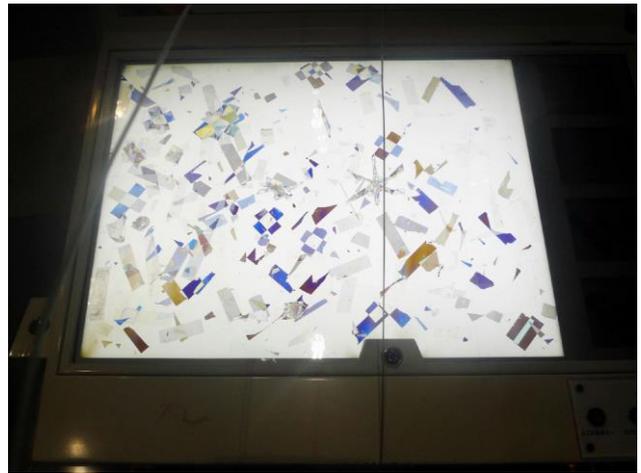


写真25. 展示「セロハンテープべたべた」(左:セロハンテープを貼っている様子, 右:偏光板で見た様子)

2-2-10.セロハンテープべたべた・偏光スタンドグラス

何も色が見えていないものが、グレーの偏光板を通して見ると鮮やかな色に見えるため、常設展でも「偏光スタンドグラス」は人気である。

今回の企画展では、偏光板の上に自分でセロハンテープを貼り、それを手持ちの偏光板を通して見ることができるようにした。貼られたセロハンテープは時折メンテナンススタッフが剥がしていき、平均1~2日で1本のセロハンテープを消費した。筐体は常設展示「星をさがそう」をライトボックスとして利用した。上面のガラスの下に偏光板を入れたが、このガラスが強化ガラスであったため、手持ちの偏光板を通して見ると、強化ガラスのゆがみが見えてしまった。

さらにこの展示の上に、小型の偏光スタンドグラスを取り付けた。これは、現在常設展示になっている大型の「偏光スタンドグラス」(科学館入り口の上に設置)を製作する前に、3階渡り廊下部分で展示していたものであり、イベント用にライトボックスを製作していた。今回、周りに展示ケースがあったため、展示ケースのガラス面で反射して映った偏光スタンドグラスを見ると、偏光板がなくても絵を見ることができた(写真40参照)。

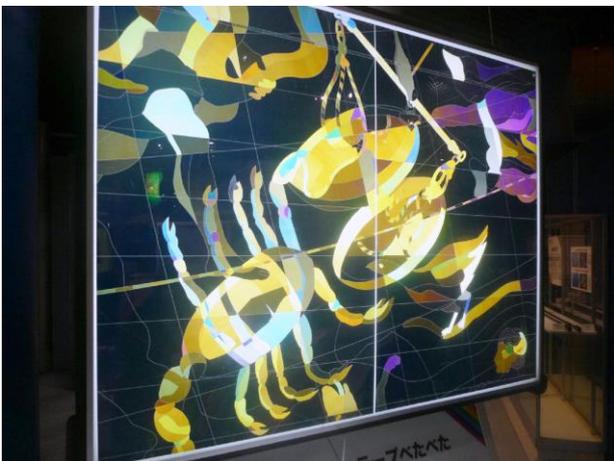


写真26. 展示「偏光スタンドグラス」

2-2-9. ぼかして名画

テレビ画面を拡大してみると赤・緑・青のドットの集まりであり、印刷物を拡大して見るとイエロー・マゼンタ・シアンの網点の集まりである。ところがこれを離して見ると、細かな構造が区別できなくなるために、中間色も感じるようになり、フルカラー映像(写真)として見える。

そこで、大阪市立科学館友の会の光のふしぎサークルのメンバーが、近くで見ると何の絵かわからなかったりきれいな絵には見えないが、離れてみるときれいな絵に見えるという、ドットの粗くした絵を作成した。元になる絵としては、レオナルド・ダ・ビンチの「モナリザの微笑み」、ヨハネス・フェルメール「真珠の首飾りの少女」、菱川師宣の「見返り美人図」を用い、これを粗い画像にしたものに合わせて、1cm角の赤・緑・青・黄・赤紫・水色・白・黒の8色のシールを貼ることにより、ドットが粗く色数も限られた絵とした。この絵は遠くから見ることのできる場所に展示しなければならぬが、企画展では展示スペースが2作品分しか確保できず、この3つの作品から、期間を区切って2作品ずつ展示した。

制作：大阪市立科学館友の会光のふしぎサークル



写真27. 展示「ぼかして名画」



写真28. 展示「拡大してみよう」

2-2-11. 三原色

2-2-11a. 拡大してみよう

通常の印刷物では、イエロー(黄色)・マゼンタ(赤紫色)・シアン(水色)の色の三原色の網点(ちいさな点)の集まりでカラー印刷されている。そこでこの展示では、印刷物を手持ちカメラで拡大して、液晶モニタに映し出すことで、網点を見てもらうものである。

しかし、肌や頭皮を見ようとする観覧者が多く、ケーブルが強く引っ張られ、映らなくなることが度々あった。ケーブルに負担がかからないようワイヤーを張っていたが、期間中、5回程ケーブルを交換することとなった。

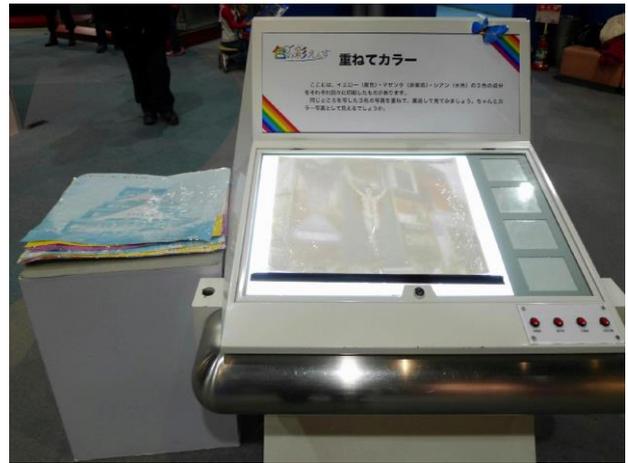


写真29. 展示「重ねてカラー」

2-2-11b. 重ねてカラー

写真を色の三原色に分解し、それぞれ透明なフィルムに印刷したものを重ね合わせても、カラー画像にすることができる。サイエンスショーでこの実験を行なうため、ここでは通常の白い紙に印刷したものを使用し、3枚重ねたものを裏返してバックライトをあてることにより、カラー画像として見えるようにした。

画像としては、大阪の名所を撮影した写真を用い、筐体は常設展示「星をさがそう」を利用した。

2-2-11c. 赤・緑・青の光でカラー

印刷物が色の三原色でカラー印刷を行なっているのに対し、テレビや液晶プロジェクターなどは、赤・緑・青の光の三原色を使ってカラー映像をつくっている。

ここでは、3台の液晶プロジェクターを用い、それぞ

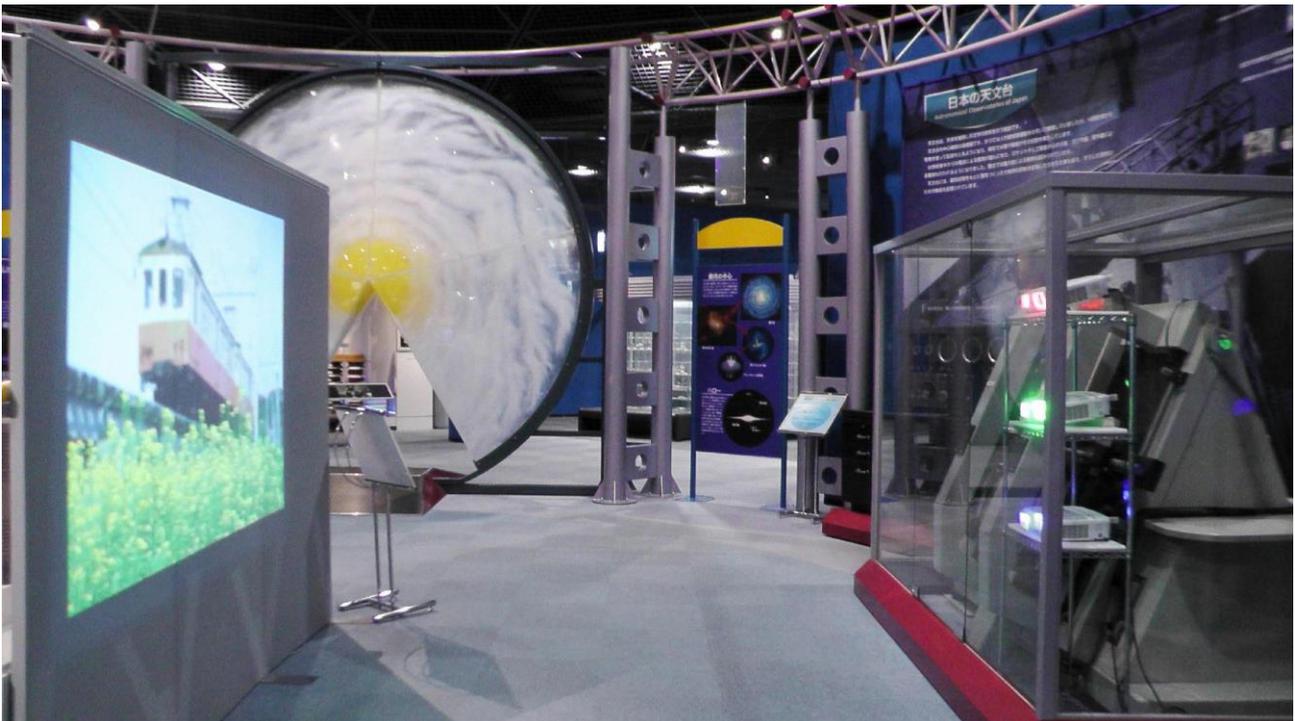


写真30. 展示「赤・緑・青の光でカラー」(右の3台のプロジェクターで左のカラー画像を映写)

れ、赤の画像・緑の画像・青の画像を同じ場所に投影することにより、カラー画像を合成した。液晶プロジェクターは、USBメモリに入れた画像をスライドショーできる機能がある機種で安価なものを使用した。それでも、上下方向には台形補正機能があり、レンズは単焦点であるがデジタルズーム機能があったため、プロジェクターの調整で3つの画像を重ね合わせることができた。

使用する画像は、フリー素材の写真を元に、赤色成分、緑色成分、青色成分だけの画像を作成し、それぞれUSBメモリに保存した。このとき、ひとつの画像について4枚ずつファイル名を変えて保存し、さらに黒のみの画像も用意した。ファイル名を表1のような順序になるような名前にすることにより、各色の画像が表1の順序で5秒毎に現われるようにした。実際の運用では、朝、1台のリモコンの操作で3台のプロジェクターが起動し、スライドショーも同時にスタートすることができた。プロジェクターの個体差のためか夕方には1～2秒のタイミングの誤差があったが、大きな問題ではなかった。

表1. 展示「赤・緑・青の光でカラー」の投影画像

順序	赤色用のプロジェクター	緑色用のプロジェクター	青色用のプロジェクター
1	Aの赤色画像	黒画像	黒画像
2	Aの赤色画像	Aの緑色画像	黒画像
3	Aの赤色画像	Aの緑色画像	Aの青色画像
4	Aの赤色画像	Aの緑色画像	Aの青色画像
5	黒画像	Aの緑色画像	Aの青色画像
6	黒画像	黒画像	Aの青色画像
7	黒画像	黒画像	黒画像
8	黒画像	Bの緑色画像	黒画像
9	黒画像	Bの緑色画像	Bの青色画像
10	Bの赤色画像	Bの緑色画像	Bの青色画像
11	Bの赤色画像	Bの緑色画像	Bの青色画像
12	Bの赤色画像	黒画像	Bの青色画像
13	Bの赤色画像	黒画像	黒画像
14	黒画像	黒画像	黒画像
15	黒画像	黒画像	Cの青色画像
16	Cの赤色画像	黒画像	Cの青色画像
17	Cの赤色画像	Cの緑色画像	Cの青色画像
18	Cの赤色画像	Cの緑色画像	Cの青色画像
19	Cの赤色画像	Cの緑色画像	黒画像
20	黒画像	Cの緑色画像	黒画像
21	黒画像	黒画像	黒画像
22	Dの赤色画像	黒画像	黒画像
23	Dの赤色画像	Dの緑色画像	黒画像
24	Dの赤色画像	Dの緑色画像	Dの青色画像
...



写真31. 展示「ブラウン管であそぼう」

2-2-11d. ブラウン管であそぼう

これは常設で展示しているもので、今ではあまり使われなくなったブラウン管式カラーテレビの画面が、虫眼鏡を使うと赤・緑・青のドットが見えたり、磁石を近づけると色がずれて変色して見えるのを観察できる。

2-2-11e. 3ブラウン管式カラーテレビ

3階渡り廊下のデバイスギャラリーで展示している資料で、カラーテレビの黎明期に、赤色用・緑色用・青色用の3つのモノクロのブラウン管を、ダイクロイックミラーで合成してカラーに見えるというテレビである。初期のカラーテレビの中では安価な製品であったが、画面が奥の方に見えるため、あまり普及しなかった。



写真32. 展示「3ブラウン管式カラーテレビ」

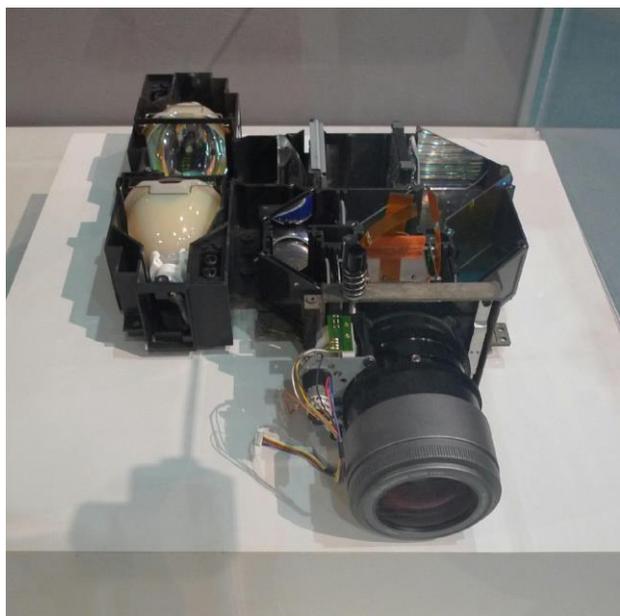


写真33. 展示「液晶プロジェクター光学ユニット」

2-2-11f. 液晶プロジェクター光学ユニット

これは現代の光学機器で常設展示している資料で、3板式液晶プロジェクターの仕組みがわかるようになっている。プロジェクターそのものは10年以上前の製品であるため、現在の同程度の製品に比べて大型であり、光源のランプも2つあるが、基本的な構造は現在とあまり変わらない。

2-2-12. 液晶テレビのしくみ

これは、以前サイエンスショー用の道具として、不要になった液晶テレビの偏光板を取り外したものである。但し、偏光板を取り外す時に一部の信号線の切っせまい、画面の右側3分の1程度は映像が映らなくなっていた。そこで今回、画面の左側3分の1程度に偏光板を貼ることで、左側3分の1は普通に映像が映り、中央3分の1程度は偏光板を通して見たときだけ映像が見え、右側3分の1程度は背面の偏光板のみのため映像は映らず、偏光板の向きによって明るくなったり暗くなったりするという状態で展示した。映像としては、「ブラウン管であそぼう」のカメラ映像を利用した。



写真34. 展示「液晶テレビのしくみ」



写真35. 展示「ホログラム」

2-2-13. ホログラム

このホログラムは石井勢津子氏が制作したもので、大阪府立江之子島文化芸術創造センターで管理しているものである。

ホログラムの展示では、ホログラムそのものの位置や向き、照明の位置により、どの位置でどのように見えるかが大きく左右される。今回、大型のホログラムも借用したが、展示スペースや照明の位置、重量などの制限から、小型の縦長ホログラム6点のみ展示した。

制作：石井勢津子氏

2-2-14. 顔料と染料

「顔料と染料」および「ガラスの色・焼き物の色」については、地下1階アトリウム展示ケースで展示した。

顔料については、日本画用の岩絵の具とその材料を並べて展示し、また顔料の粒径によって色の濃さが異なることも示した。染料については、展示場3階で「色の化学」として展示しているものから、藍や茜で染めた布の見本と、藍や茜の実物(乾燥したもの)、また化学的に合成された藍色や茜色の染料を展示した。さらに、さまざまな色の顔料・染料や、筆記具等を展示した。

背面には、岩絵の具で描かれた絵と日本の伝統色の色名と色見本を展示した。

資料提供：ナカガワ胡粉絵具株式会社
株式会社サクラクレパス



写真36. 展示「顔料と染料」



写真37. 展示「ガラスの色」

2-2-15. ガラスの色・焼き物の色

身のまわりのものは顔料や染料で色づけされているものが多いが、ガラスや焼き物は高温で製作するため、染料は用いることができない。多くの場合、ガラスや焼き物の釉薬は、主に金属の元素により発色している。

ここでは、ガラスの色として、20世紀前半のものというステンドグラスと色ガラスの見本、焼き物の色として、釉薬の材料とその釉薬を使った焼き物の色見本、いろいろな金属の釉薬を使用した焼き物等を展示した。

資料提供・制作：中西政和氏、石黒紀子氏

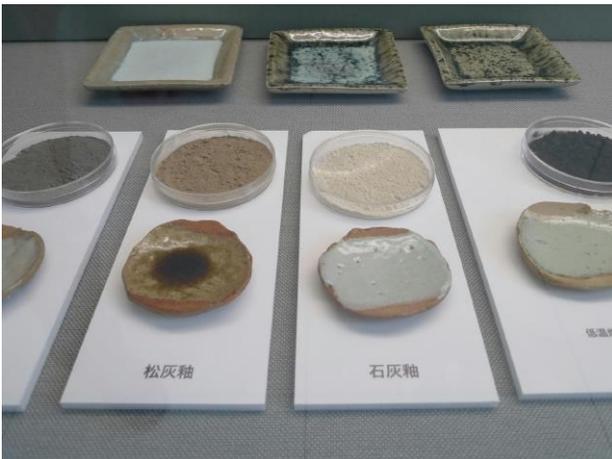


写真38. 展示「焼き物の色」



写真39. 企画展メイン会場(展示場4階)

2-3. 実現しなかった展示

今回の企画展では、当初展示することを考えていたりアイデアとしてはあったが、実現できなかった、耐久性が保てない、手間がかかる、内容が難しいなど、さまざまな理由で実現しなかったものもある。例えば以下のようなものである。

- ・ 過剰虹スクリーン
- ・ 生きているネオンテトラ等、構造色を示す小魚
- ・ 偏光顕微鏡による岩石の薄片の観察
- ・ 単板式DLPプロジェクターのしくみ
- ・ クロマトグラフィーによるインクの色素分離
- ・ 植物は緑色が好き？
- ・ 金は金色？
- ・ ネオンサインの色
- ・ 花火のスペクトル
- ・ 数百色の筆記用具(色鉛筆など)

2-4. サイエンスガイドによる展示ガイド

企画展を行なった4階サイエンスギャラリー前は、天井が周囲より高くなっており、スポットライト用の配線ダクトレールが取り付けられている場所も限られている。なるべく明るくなるように照明の配置を工夫したが、特に構造色を示すものは、もっと明るい方が鮮やかに見える。そこで、サイエンスガイドのみなさんが展示解説の時に使えるように、スポット的に照らすことができる小型のライトを用意した。このライトにより、明るく色鮮やかに見てもらえるだけでなく、展示ケース内のどこを見て欲しいかといったことにも使えたということである。また、一部のライトはレンズを取り外して点光源として使えるようにし、虹スクリーンでライトの周りに立体的な虹が浮かんで見えることに使用していただいた。

また、モルフォチョウの羽をラミネート加工したものを用意し、間近で観察できるよう利用していただいた。

サイエンスガイドのみなさんは、おおむね2週間に1度の活動のため、あまり多くのサイエンスガイドの方に



写真40. サイエンスガイドによる解説の様子

解説ができず申し訳なかった。この企画展の期間中、サイエンスガイドの研修会もあったが、当初からの予定になかったということで、サイエンスガイド向けの企画展の解説ができなかったのが残念である。

2-5. サイエンスガイドへのアンケート

この企画展を一番見ていたサイエンスガイドのみなさんに、各展示についてアンケートをお願いし、49名の方から回答を得た。

まず、自身にとって総合的に良かった展示に+1点、特に良かった展示(5つまで)に+2点、悪かった展示に-1点で集計したのが表2である。

表2. サイエンスガイドの総合評価

展示名	点
セロハンテープべたべた・偏光ステンドグラス	46
生物の構造色	45
緑と青は同じ色?	33
大虹スクリーン	31
消える標識	27
これは何ディスク?	
ベンハムの円盤	25
拡大してみよう	
不思議に光る石「ラブラドライト」	24
赤・緑・青の光でカラー	23
液晶テレビのしくみ	21
重ねてカラー	20
3色合成プリズム	
ブラックライトの部屋	19
虹とその仲間写真展	
オレンジ色の部屋	18
車の塗装の構造色・モルフォチョウ色の時計	
ぼかして名画	17
スペクトル	
ブラウン管であそぼう	10
一瞬のカラー写真	
ホログラム	8
ラスター彩陶器・ラスター彩ガラス	
液晶プロジェクター光学ユニット	6
人工オパール	5
3ブラウン管式カラーテレビ	
ガラスの色・焼き物の色	3
チタン酸化膜の構造色	
顔料と染料	2
What color is a cherry blossom?	-1
水は水色?	-5

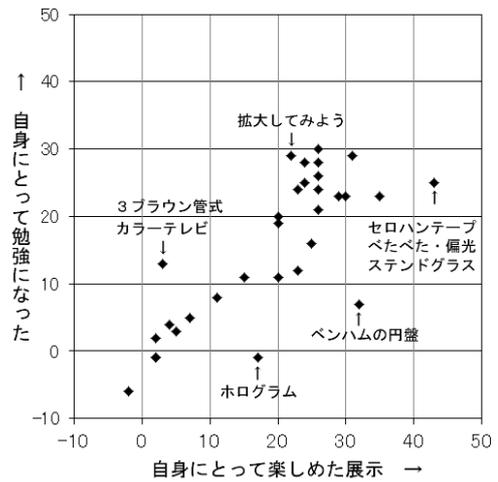


図2. 楽しめた展示・勉強になった展示

また、自身が楽しめた展示に+1点、楽しくなかった展示に-1点で集計した結果と、勉強になった展示に+1点、わからなかった・理解できなかった展示に-1点で集計した結果の分布を調べたのが図2である。この図では、右上が楽しんで勉強にもなった展示で概ね総合展も高い展示である。左上寄りの展示は楽しめたというよりも勉強になった展示、右下寄りの展示は楽しめたが理解が難しかった展示ということになる。左上寄りおよび右下寄りのものについては、展示名を入れた。

さらに、自身にとって楽しめたかどうかと来館者が楽しんでいただかどうか、自身にとって勉強になったかどうかと来館者が理解しているかどうかを比較したのが図3である。これを見ると、楽しめたかどうかについては、右上から左下に分布しており、サイエンスガイド自身と観覧者の様子にはあまり差がないと感じている。ところが、勉強になるか・理解できているかについては、全体的に分布が下に偏っており、自身の理解度に比べ来館者の理解度が低いのではないかと感じている。これは、企画展の各展示のキャプションやパネル、サイエンスガイドのみなさんへの解説が不十分であったため、なかなか伝えきれないと感じたからかもしれない。

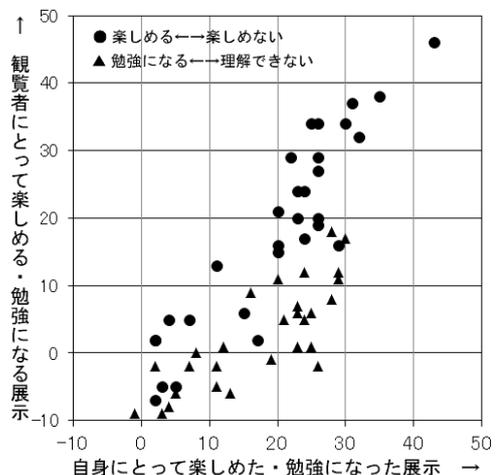


図3. サイエンスガイド自身と来館者の差

3. 第14回構造色シンポジウム

構造色研究会、科学研究費・新学術領域研究「生物規範工学」との共催で、第14回構造色シンポジウムを開催した。概要は以下のとおりである。

第14回構造色シンポジウム概要

日 時：2013年10月26日(土)13時～17時

場 所：大阪市立科学館 研修室

主 催：大阪市立科学館

構造色研究会

科学研究費・

新学術領域研究「生物規範工学」

発表件数：口頭5件、ポスター6件、特別講演1件

参加人数：55名

口頭発表： (○印は発表者)

①「簡易プロセスによる構造色パウダーの作製～モルフォ蝶型発色材の応用拡大に向けて～」

石橋幸成^{A○}、渋谷拓人^A、森本健太^A、平井義彦^B、赤井恵^A、桑原裕司^{A,C}、齋藤彰^{A,C} (A: 阪大院工、B: 阪府大院工、C: 理研/SPring-8)

②「金色・虹色に輝く、金を使わない錬金術・ラスタース彩に魅せられて」 三武英行[○]

③「2次元ハイパースペクトルディスプレイの開発」
雑賀誠^{A○}、佐藤卓司^A、吉田圭祐^A、山田光晴^A、三橋俊文^B、内川恵二^B (A: トプコン、B: 東工大)

④「新興の科学技術のためのコミュニケーションツール・PEN」 中村衣利[○] (PEN編集委員、大阪大学)

⑤「アコヤガイ真珠における干渉色の強度に及ぼす真珠層の構造の影響について」

青木秀夫^{A○}、鈴木道生^B、田中真二^A、渥美貴史^A、中内茂樹^C、古丸明^D (A: 三重県水産研究所、B: 東京大学、C: 豊橋技術科学大学、D: 三重大学)

特別講演：

「高分子微細構造の超撥水性を利用したバイオミメティック液体操作」 石井大佑 (名古屋工業大学)

ポスター発表：

①「短距離秩序構造の定量評価」

掛川法重、宮内裕一郎 (キヤノン株式会社)

②「アモルファス発色体の色材応用のための数値計算」 宮内裕一郎[○]、掛川法重、中田真人、吉川信一郎 (キヤノン株式会社)

③「ホットエンボス加工によるオパール薄膜の凹凸構造の形成」 不動寺浩 (物材機構) 他

④「単分散シリカ粒子を用いた構造色材料と人工オパール」 今井宏起、川中智司 (富士化学株式会社)

⑤「クサカゲロウの翅の構造色」 高橋玲央奈、藤井康裕、西尾泉 (青山学院大理工)

⑥「モスアイ効果再考」 吉岡伸也 (大阪大学)



写真41. 構造色シンポジウムの様子

4. スペシャルナイト・特別講演会「色の彩えんす」

構造色シンポジウム同日の夜、プラネタリウムホールにおいて一般向けの講演会を行なった。

前半は、針山孝彦氏に「緑の宝石～構造色をもつタマムシ～」と題し構造色についての講演と、武田康男氏に「空に見られるさまざまな色」と題して気象現象等についての講演をしていただいた。

後半は、構造色研究会の世話人でもある吉岡伸也氏も交え、長谷川の司会により座談会を行なった。座談会では、お互いの講演内容についての感想や、参加者からの質問に答える形で話を進めた。

日 時：2013年10月26日(土)18時～20時

場 所：プラネタリウムホール

講 師：針山孝彦 (浜松医科大学教授)

武田康男 (空の写真家)

座 談 会：針山孝彦、武田康男、

吉岡伸也 (大阪大学助教)、

長谷川能三

参 加 費：無料

参加人数：115名

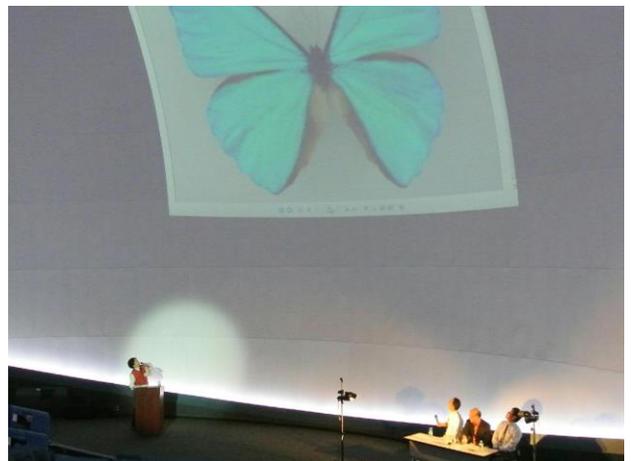


写真42. 後半の座談会の様子

5. 科学教室

企画展の期間中、科学デモンストレーターの協力により、色に関する2つの科学教室を計3日間行なった。

5-1. 科学教室「色々あわせて光の箱を作ろう」

この教室では、光の三原色である赤・緑・青の光を合わせるといろいろな色の光になること、また色の三原色であるイエロー・マゼンタ・シアンはそれぞれ青・緑・赤の光を通さないということを実験し、色の三原色のセロハンを用いて光の箱を作成した。

光の箱は松村泰三氏が考案したもので、今回、松村氏の許可を得て作成した。ミラーフィルムを筒型にしたものを枠の中に並べ、枠の一面は帯状に切ったカラーセロハンを多数貼り、反対側の面にはトレーシングペーパーを貼ることで、美しい色の模様が見える。松村氏のオリジナルの光の箱は光の三原色に近い色のセロハンを使用しているが、今回は色の三原色に近い色のセロハンを使用した。このため、セロハンを縦横に貼っても黒っぽくならず、いろいろな色が現われた。

また、参加者を写真撮影した画像を色の三原色に分解して印刷し、これを重ねて光にかざすことにより、カラー写真に見えることも行なった。



写真43. 完成した「光の箱」

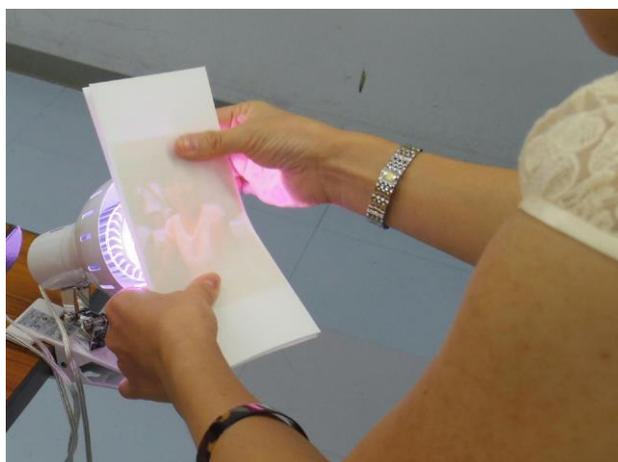


写真44. 色の三原色の印刷を重ねてカラー写真に

日 時：2013年10月6日(日)14時～15時30分
場 所：工作室
対 象：小学4年生以上
参 加 費：500円
参加人数：15名
講 師：吉岡亜紀子(科学デモンストレーター)
長谷川能三
補 助：奥出恵子(科学デモンストレーター)

5-2. 科学教室「きれいな色に染めてみよう」

この教室は、2013年2月11日に科学デモンストレーターが行なった「身近な植物で染め物に挑戦しよう！」を元に、藍染めと玉ねぎの皮を用いた染め物を行なった。但し、2013年の教室では藍染めに乾燥藍を用いたが、臭いがきついため、今回は合成藍を用いた。また、1日だけの教室では用意した材料に無駄が多くなるため、こちらは連休を利用して2日間行ない、1日目は子ども対象、2日目は大人対象と分けた。

内容についての詳細は、「科学デモンストレーターズ実験教室「身近な植物で染め物に挑戦しよう！」実施報告」 大阪市立科学館研究報告第23号^[3]を参照されたい。

日 時：①2013年10月13日(日)14時～16時
②2013年10月14日(祝)14時～16時
場 所：工作室
対 象：①小学4年生～18歳未満
②18歳以上
参 加 費：500円
参加人数：①17名
②7名
講 師：木村友美(科学デモンストレーター)
奥出恵子(科学デモンストレーター)
補 助：西原浩、益都子、米田真弓、林ゆりえ、
渚純子(以上、科学デモンストレーター)



写真45. 科学教室の様子

6. 常設展示の製作

今回の企画展の展示の内、「赤・緑・青の光でカラー」は「光の三原色」という名前で、「重ねてカラー」は「色の三原色」という名前で、それぞれ新たに製作し、2014年3月より常設展として展示している。また、常設の「虹スクリーン」についても、大型で横長のスクリーンに改造した。

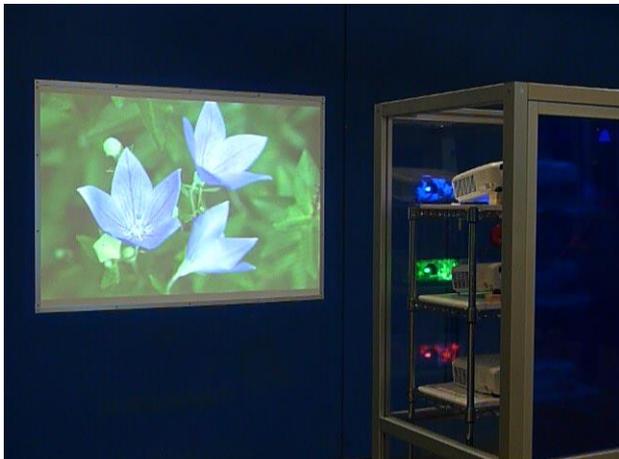


写真46. 常設展示「光の三原色」



写真47. 常設展示「色の三原色」

謝辞

この企画展および関連事業を開催するにあたり、資料を提供していただく等さまざまな形で協力していただいた各機関・各企業およびその担当の方、各団体の方々および個人の方に、たいへんお世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。

協力：大阪市立自然史博物館

大阪南港野鳥園

尾寄豪氏

藤川哲也氏(アノニム工房)

富士化学株式会社

関西ペイント株式会社

シチズン時計株式会社

三武英行氏

大西康平氏(大阪市立東高等学校)

亀山郷平氏(大阪市立東高等学校)

西山恵美氏(大阪市立東高等学校)

友の会光のふしぎサークルのみなさん

石井勢津子氏

江之子島文化芸術創造センター

大阪府府民文化部都市魅力創造局文化課

ナカガワ胡粉絵具株式会社

株式会社サクラクレパス

中西政和氏

石黒紀子氏

サイエンスガイドのみなさん

サイエンスガイドリーダーのみなさん

構造色研究会

針山孝彦氏(浜松医科大学)

武田康男氏

吉岡伸也氏(大阪大学)

科学デモンストレーターのみなさん

松村泰三氏

【参考文献】

[1]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)

[2]Charles L. Braun and Sergei N. Smirnov 「WHY IS WATER BLUE？」

<http://www.dartmouth.edu/~etrnsfer/water.htm>

[3]木村友美、奥出恵子、益都子、橋本澄人、坪井健治、横山高史、林ゆりえ 「科学デモンストレーターズ実験教室「身近な植物で染め物に挑戦しよう！」実施報告」 大阪市立科学館研究報告第23号, p149(2013)