

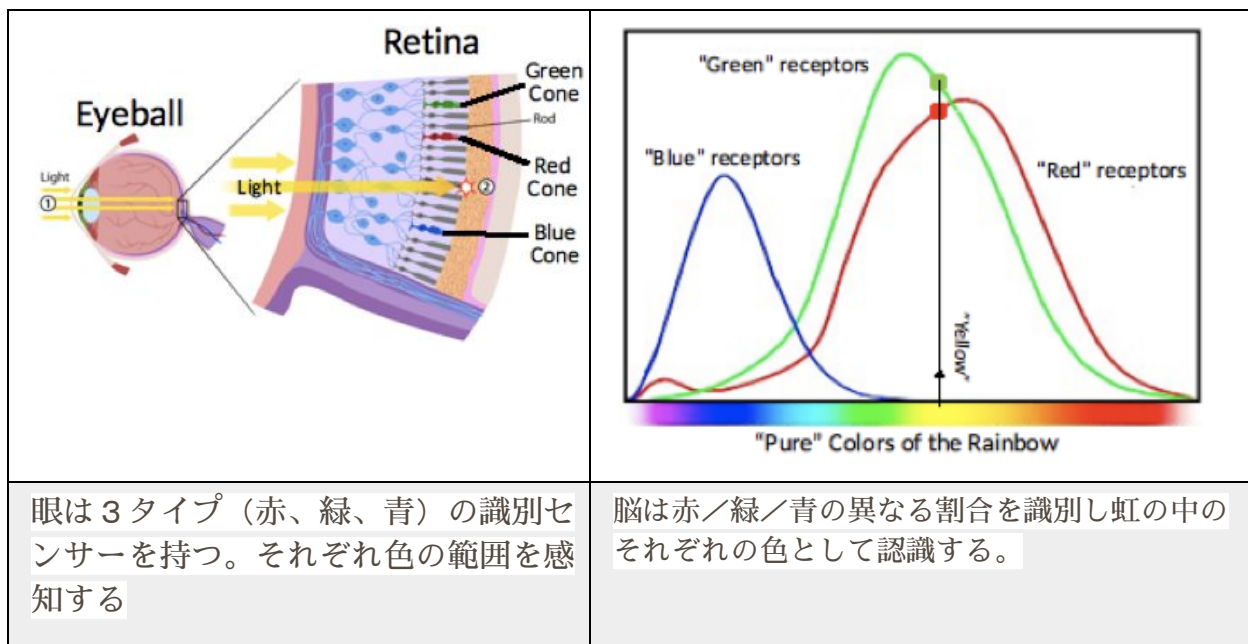
Color Mixing Activity - 色の合成

目的

1. 人間の眼は主に赤、緑、青を感知し、脳がこの3色の組み合わせを判断して普段私たちが目にする色を識別する。ここでは、赤、緑、青のみを使って色を再生させることにする。
2. 印刷／染色にはCyan(シアン)/Magenta(マゼンタ)/Yellow(黄色)が使われるのは、それぞれから赤／緑／青が引き算されるからである。そのため、ここでは色の引き算による合成をする際に、C(シアン)/M(マゼンタ)/Y(黄色)を使うこととする。

参考資料：指導員へ？

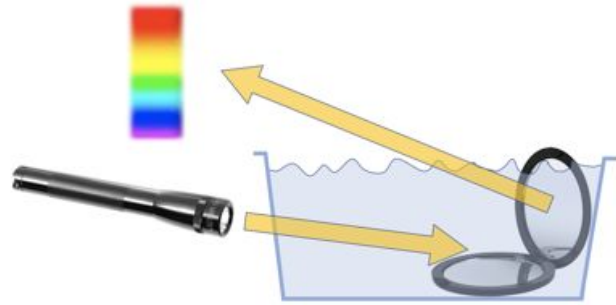
- 人間の眼は主に赤、緑、青の光に反応する。
- 脳が色を識別するために、赤、緑、青の光のみを制御する。
- 活動を通じて提示される／解決される主な課題：
印刷や染色の際にどのようにしてシアン／マゼンタ／黄色／黒（CMYK）を使って色があらわされるのか。
- シアン／マゼンタ／黄色はそれぞれ赤／緑／黄色を引き算する。
- R/G/Bがどの程度の割合いで眼に到達するかでCMYKが合成され、色が再形成される



導入 : きっかけ+虹 (5分)

虹のデモンストレーション

- 水の入った透明の入れ物
- コンパクトの鏡(片方が通常で片方が拡大鏡のもの)
- 白い壁または白板
- 電気を消す



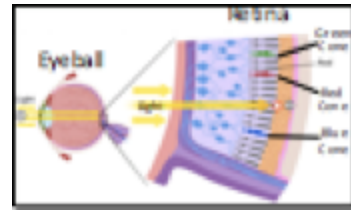
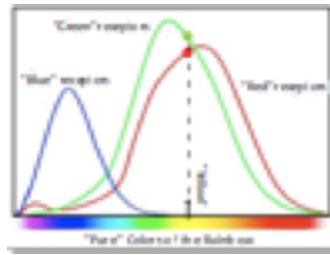
- 家で虹を再現する簡単な方法
 1. 電気を消す。
 2. 懐中電灯で水の入った透明な入れ物の外側から反対側の隅に置いた鏡の一方に光を当て、もう一つの鏡の角度を利用して壁に虹を映し出す。
 3. 参加者に対して：何色が見えますか？
 - 角度／水が白色光を分けて、白色光でできたそれぞれの色の光を構成しているということを説明する。
 4. 何色が見えませんか？
 5. 黒は虹の中にありますか？
 - 黒は光の欠如
- アイザック ニュートンが最初に白色光が色を構成していると証明した。
 - それまでは、衣服や布のように、白色光というものはけがれの無いもので、色が付くと”汚れた”状態になると考えられていた。
- 参加者にプリンターのカートリッジを見せて発問：これはなんですか？
 - 参加者に何色が使われているかを読ませる。
 - 発問：なぜプリンターは私たちが見る色々な色を再生するのにこの3つの色だけを使うのか？ なぜこのような変な色なのか？
 - 今日、人間にとって赤、緑、青がなぜ重要なのか、そしてプリンターは私たちが見る色をどのようにしてこの3色のみで再生するのかを説明する。

活動を通じて、印刷、染色と人間の眼との関係を何度も強調する。

討論 人間の眼 (5分)

人間の眼について

- プリントとポスターから
- 1. 人間の眼
- 2. 色の感度のプロット



1. 人間の眼は3タイプの『錐体細胞』色素センサーから構成されている：
赤、緑、青
『桿体細胞』は明度のみを感知する（黒／白）
2. 各錐体細胞は実際には色の範囲を感知し、脳がそれぞれの細胞から送られてきた信号を判断する。
3. 例：図に示した『黄色』は、赤が多く緑が少ないがそれを我々は『黄色』と呼んでいる。
4. 赤・緑・青の割合を調整することで、脳が感知する色を操作することができる。

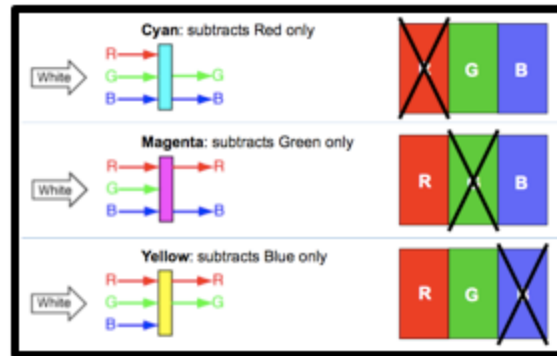
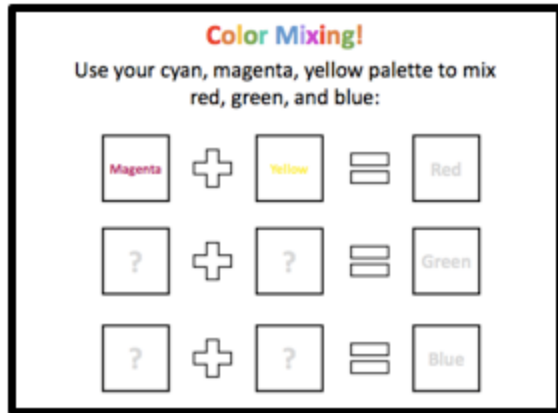
面白い事実：本時の活動中に時に応じて提示する

- 犬は黄色錐体細胞と青色錐体細胞しか持たない。そのため赤ー緑については色盲
 - 女性の中には（2-3%）赤と緑の間に非常に高感度の4つ目の錐体細胞を持つ人もいて、その人たちは他の人に比べて非常に上手に色の識別をすることができ、中にはまだ色名がない色までも感知することができる人もいる。
 - 我々が見ることのできない紫外線（UV）や赤外線（IR）というものもある。
 - 鳥やネズミやリスのようなげっ歯動物は紫外線を見ることができる。ということは、このような動物は私たちが見えない色を見ることができるというわけである。ちょうど私たちが犬が見えない色を見ることができるのと同じ！
 - また、私たちの眼の中には光に敏感な『桿体細胞』もありこれは私たちが色とは関係のないものを見るのに役立っている（明暗、夜間視力、動き）
-
- 一つの眼球に600~700万個の錐体細胞がある。それらのほとんどが視神経に集中している。（図参照）

- 錐体細胞の割合は「赤」錐体細胞がほとんどを占め(~64%)、ついで「緑」錐体細胞(~32%)、「青」はあまりない(~2%)。正確な割合は個人により異なる。
- 青錐体細胞は非常に光に敏感である。それは、ほとんどの錐体細胞が赤と緑でできていることが一因している。だからといって比較的割合の高い赤や緑の錐体細胞に立ち向かうに十分な数がないというわけではない。私たちが赤や緑と同じように青を見ることができるのは、私たちの眼が実際に見ているよりも青が多いと脳が判断しているからかもしれない。
- 虹の中に入っていない色は多色の複雑な複合によってできている。「茶色」は実は他の色の入った濃いオレンジである。
- 色盲が起こるのはこの3タイプの錐体細胞が本来の仕事をしていないからである。それは細胞そのものが問題の場合と、眼から入ってくるある種の信号が脳で十分に認識されていないためである。

色識別図でわかるように赤と緑は非常に似通っていてほんの少しの違いはあまり識別しにくい。――それ故、赤緑色盲は非常によく見られるのである。

実習 色の合成 (計10分)



減色混合

- 3 スクイズボトル (シアン、黄色、マゼンタ各色一つ)
- 絵筆 (生徒一人につき6本)
- 使用済み絵筆用の水の入った容器
- 水の入ったコップ (1-2)
- 絵の具を混ぜるための絵皿・パレット (生徒一人に一つ)
- 色合成の用紙 (生徒一人に一枚ずつ)

導入: (2分)

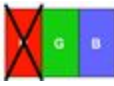
- プリンターはCMYKを使って色を作る
 - 生徒に空のカートリッジを見せる
 - 生徒へ質問: 頭文字は何の意味でしょうか?
 - 答: シアン、マゼンタ、黄色、黒
- CMYKカラーを使って減色混合
- CMYそれぞれ、私たちの眼が見える色一つを”吸収”する
 - 吸収とは: 布が水を吸収するように、CMYの染料は色一つを吸収する
- 生徒に白は全色組み合わせた色だったことを思いださせる
 - プリンター用紙かTシャツは色が反射できるような白色のものを使う。白いものを使うことによって色の引き算ができる
 - 黒は明るさを調整する
 - シアンは赤だけ引き算する
 - マゼンタは緑だけ引き算する

- 黄色は青だけ引き算する
- これで赤・緑・青の色操作をして、脳が何色も見えるようにできる

注意／児童・生徒への指導

1. 洋服を汚さないよう！絵の具は水で落とせる
2. 絵の具を絵皿/パレットに出してから絵筆で混ぜる
3. 絵の具を使うときはきれいな絵筆を使うこと、使用済みの色との混じり合いを避けるため
4. 使用済み絵筆は毎回必ず汚れた絵筆を入れるための水差しに入れる

活動：（8分）

1. クラスでRGB色計算の最初の一行を一緒に行い色計算の方法を理解させる
 - a. 赤以外の二つのRGBの図（) を組み合わせる
 - b. 答：マゼンタ + 黄色 = 赤
2. 減色混合の復習をする
 - a. マゼンタは緑を引き算
 - b. 黄色は青を引き算
 - c. マゼンタ + 黄色は赤色だけが残る
3. 生徒に残りの質問を自分たちだけで解いてもらう
 - a. Note: 青を作るとき、濃い青色を作ること、この活動ではシアンを作ろうとしているわけではない

ヒント (Tips)

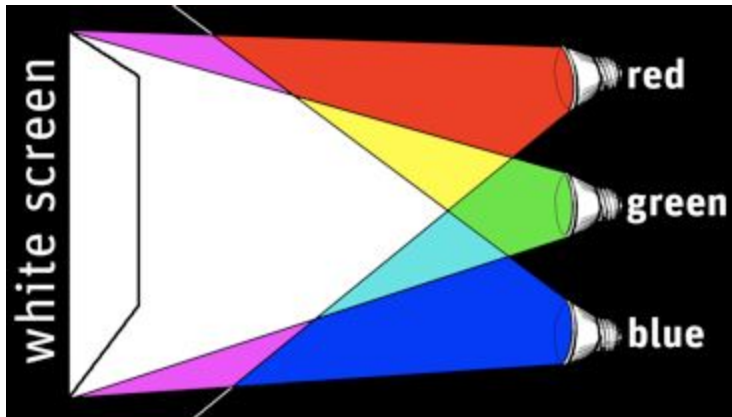
- 色の割合を調整するよう生徒たちを指導する
- 新しくカラー合成をする時はきれいな筆を使うこと。



実験 色の影 (5分)

材料

- 赤、緑、青色の電球
- 壁に張った白いシート
- 懐中電灯とシートを固定するためのガムテープ



手続き

1. 電気を消す (部屋をできるだけ暗くする)
2. 懐中電灯でスクリーンを照らす。懐中電灯で照らされている円をできるだけ白くする。円の大きさは懐中電灯とスクリーンとの距離で調整する
3. 発問：何色を除けば_____の色が作れる？
 - a. シアン→答：赤
 - b. マゼンタ→答：緑
 - c. 黄色→答：青
4. 生徒間で交代に何かものをもってスクリーンの前にたつ
 - a. そのもので作られた影の色を観察する
 - b. C,M,Y色の影が見える
5. スクリーンと持っている物との間の距離を変えてその結果を比べる
6. 2色の組み合わせを試し、その後各色一色のみで試す。

生徒への質問事項

1. 影は何色？ (CMY)

2. 二色だけ使うとどうなる？影は何色になる？
3. 色の引き算と比べ、どう違う/似ている？
4. 錐体細胞と桿体細胞とどう関係している？



説明

- 色の影の場合、加法混色が行われたと見ることができる(色素の混色でなく、光の混色)
- RGB 懐中電灯全てをスクリーン上の一点に当てると、白色を見ることができ。なぜなら3タイプの錐体細胞(R+G+B)が全て作用したために白となったわけである。
- CMY の色の影を見ることができるのは、3 RGB 光の色が重なってできるからである。
一 例:赤と緑を加法混色して黄色が作られる。
- 黄色を知覚するというのは、(虹の中での)黄色という単色があるのではなく赤と緑の錐体細胞がそれぞれ別々に作用し脳の中で作り上げられるためである。
- 加法三原色 RGB を合わせると減法混色の原色 CMY が作られる。
- インクの場合、黄色は青のみを吸収することから黄色のインクは青を引き算してできたことを思い出してみる。これは光が加法混色で黄色を作るために、赤と緑からのみ出来上がるということからきているのである。

まとめ (残り30秒)

- R+G+Bだけを制御して、色が認識されるように脳をだますことができる。
- 3タイプの錐体細胞が全て活性化すると白が見える。
- 黄色の知覚は黄色という単色を見ることで起こるものではなく、赤と緑の錐体細胞が脳内で別々に作用して黄色と認識することによって起こる。

問題解決/備考

- 絵の具
 - 2色を混ぜる際、生徒にワークシートの部分を使用させてどの色が形成されるかを理解させる。
 - 割合が正確かどうかの問題。一つの色ほんの一滴から始め、徐々に別の色を足していくこと。
- 色の影
 - 2つの懐中電灯の光をさえぎり一つずつ足していくことで色を形成する。
 - これはCMYインクで行った「色計算」と同じであるということに注意。

用意するもの 活動日

1. テーブル
 - a. ラミネート加工した図 (眼球、スペクトラム)
 - b. CMY色を見せるための古いプリンターカートリッジ
 - c. 使用済みの筆を入れるための水差し
 - d. 色を混ぜるためのきれいな絵皿/パレット
 - e. 新しい色混合のワークシート
 - f. CMYK絵の具の絞り出し容器 (スクイズボトル) 各絵の具は容器内で約1.27 cmの絵の具に対し約5cmの水で薄める。*絵の具1 : 水5の割合
2. 虹のデモ (活動日前にテスト)
 - a. 虹再生で使用する透明容器のほぼ上まで水を張る。
 - b. コンパクト鏡の拡大鏡の方を上にして135° (鈍角) で設置する。
 - c. 虹が白い壁/衝立に映し出されることを確認する。
 - d. マグライトの焦点を最小限にする (オンにギリギリにした状態)
 - e. 鏡の角度や懐中電灯の角度を操作して一番良い虹が壁に映し出されることを確認する。

3. プリンター：中を開けて、CMYKカートリッジを見せることができるように参加者の近くに設置
4. 絵の具による実験
 - 材料をテーブルの上に用意する
 - a. 絞り容器（スクイズボトル）3本：シアン/マゼンタ/黄/黒
 - b. 6本の絵筆を1セットとして3セット
 - c. 汚れた筆を入れるための水入り容器（水差し） 1～2cm程度の水
 - d. 色を混ぜるための新しい絵皿またはパレット
 - e. 色混合のワークシート（黄+マゼンタ=…）
5. 色の影
 - a. 白のシートを壁に貼る。その前で生徒たちが立って活動ができるようにシートの前に2～3mの余裕を持たせる
 - b. R/G/B各色の懐中電灯。広域に光が当たり各色の重なり合いがわかるように。
 - i. 必要とあれば、テープでその位置の印をつけておく。ただし焦点が簡単に換えられるように

グループ間の移動の際に：

1. 教室入室の際に生徒の名札にステッカーを貼る
2. グループを移動するときは新しい絵筆を使用（使用済みのものは水の入った水差しの中に）
3. 新しい色計算のワークシートを配布
4. 新しい色混合のための絵皿/パレットを配布

用意したものの

Introduction/Rainbow Demo

- ・ Used printer cartridges: We got these by dumpster diving in UCSB Electronics Waste
- ・ Clear Plastic Tupperware: ~6 x 4 x 2”
 - o \$9, link:
<https://www.amazon.com/Kinetic-Glassworks-Elements-Container-55084/dp/B00V3K8TXQ>
- ・ Foldable Compact makeup mirror, with mirror on both sides
 - o \$5, link:
<https://www.amazon.com/Perfectly-Collection-Mirror-Compact-Favors/dp/B002SM3Z6E>
- ・ Mini-Maglite LED Flashlight 200 lumens

- o \$17.50, link: <https://www.amazon.com/dp/B000HFBR1O>
- AA batteries (x2 per mini-Maglite flashlight)

Color Mixing

- Color Mixing Paints:
- o \$17 for one set, link: <https://www.amazon.com/Speedball-Acrylic-Screen-Printing-Starter/dp/B000C1958A/>
- o Will be diluted – one set supplies 15-20 activities
- Condiment Squeeze Bottles:
- o \$12 for 8, link: <https://www.amazon.com/Plastic-Squeeze-Condiment-Bottles-dispensers/dp/B075KL6QC7>
- o Paints will be diluted into these: ~1 tbs paint concentrate per ~1/2 cup water
- o 3 per family (one each of cyan, magenta, and yellow)
- Watercolor Paint Brushes:
- o \$10 for 48 brushes, link: <https://www.amazon.com/Crenstone-Paint-Brushes-Classroom-Kids/dp/B074BC9YKW/>
- o Use ~4-5 per family
- Plastic mixing tray palettes:
- o \$7 for 2: <https://www.amazon.com/Axe-Sickle-Watercolor-Professional-Painting/dp/B07891FBMG/>
- o For dispensing paints to make mixing easier
- Water cups (any kind should work):
- o Fill 1-2 with water before activity for each family to use to rinse brushes

Colored Shadows

- RGB zoomable flashlights:
- o ~\$35 total for one set of RGB flashlights: <https://www.amazon.com/LingsFire-Zoomable-Scalable-Flashlight-Supported/dp/B00N0ML37O/>
- AAA batteries (x9 per RGB flashlight set, i.e. x3 per flashlight)
- White bedsheet
- o \$12, link: <https://www.amazon.com/Poly-Cotton-Luxurious-Breathable-Pacific-Linens/dp/B01AIORPSU>
- o For providing a white surface for RGB flashlights if there isn't one in the classroom
- Painter's tape: To tape up sheet

Printouts

- Activity instructions: 2-3/classroom
- Color mixing worksheet 1: 2-3/family
- Color mixing worksheet 2: 2-3/family
- Color math/eyeball and cone sensitivity two-sided handout: 1/family (can laminate and reuse)
- Eyeball / Cone Sensitivity poster
- 4-color CMYK poster
- Color math poster