



東大付属中高 高2物理 I レクチャー

暮らしのなかの物理：
光を知って光を使う

佐藤勝昭

工学博士 東京農工大学名誉教授



サイエンスパートナーシップとは

- 科学技術振興機構(JST)の「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(講座型学習活動支援)」(SPP)は、科学技術、理科、数学に関する観察、実験、実習等の体験的・問題解決的な学習活動を支援します。



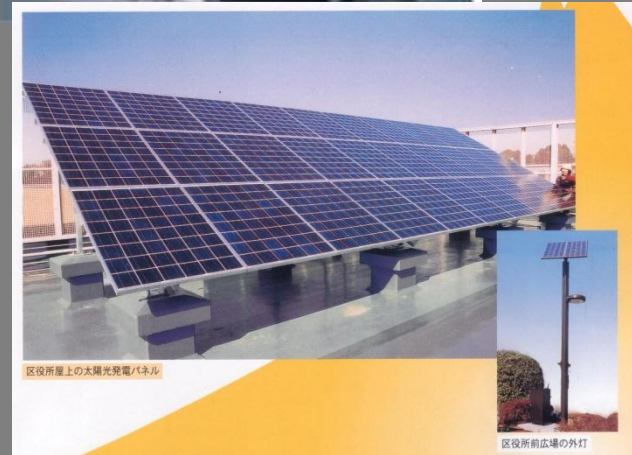
大学・科学館
NPO 法人等



学校・
教育委員会等



暮らしのなかの光





何を学ぶか？

- 照明・光通信・光記録・ディスプレイ・光電池・光センサー多くの光を用いたしかけ(光デバイス)が暮らしのなかで用いられています。
- これらの光デバイスには光に関わる物理や化学が活かされています。この授業では、暮らしのなかの光デバイスの仕組みに光のもつどのような性質が使われているのか、今学習している物理や化学とどのように結びついているのかについて、先生と一緒に考え、理解を深めましょう。



光の発生

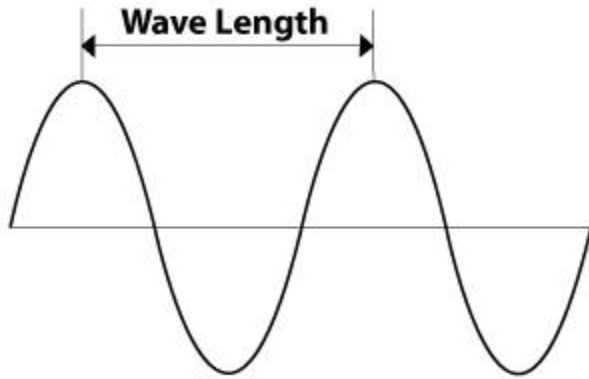
1) 熱して光を出す

- ものを燃やすと明るくなります。
- ガスバーナーにたくさん空気を送り込むと赤かった炎が次第に青くなります。
- 温度の高い物体が光を出すことは「黒体放射」として知られます。
- その分光放射強度はプランクの法則で表されます。

炎の色

1	ガス > エア	
2	ガス > エア	
3	ガス = エア	
4	ガス < エア	
5	ガス < エア	

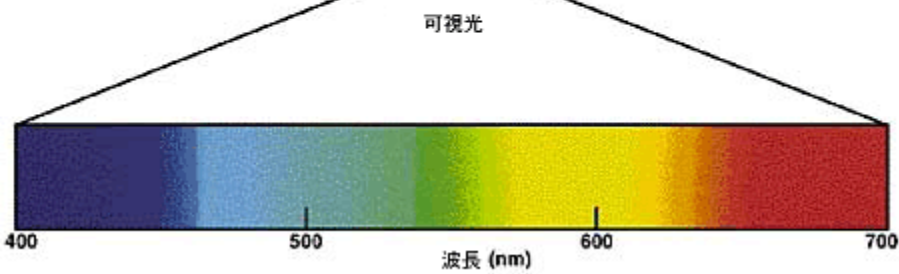
光の波長と色



chowan.blog70.fc2.com

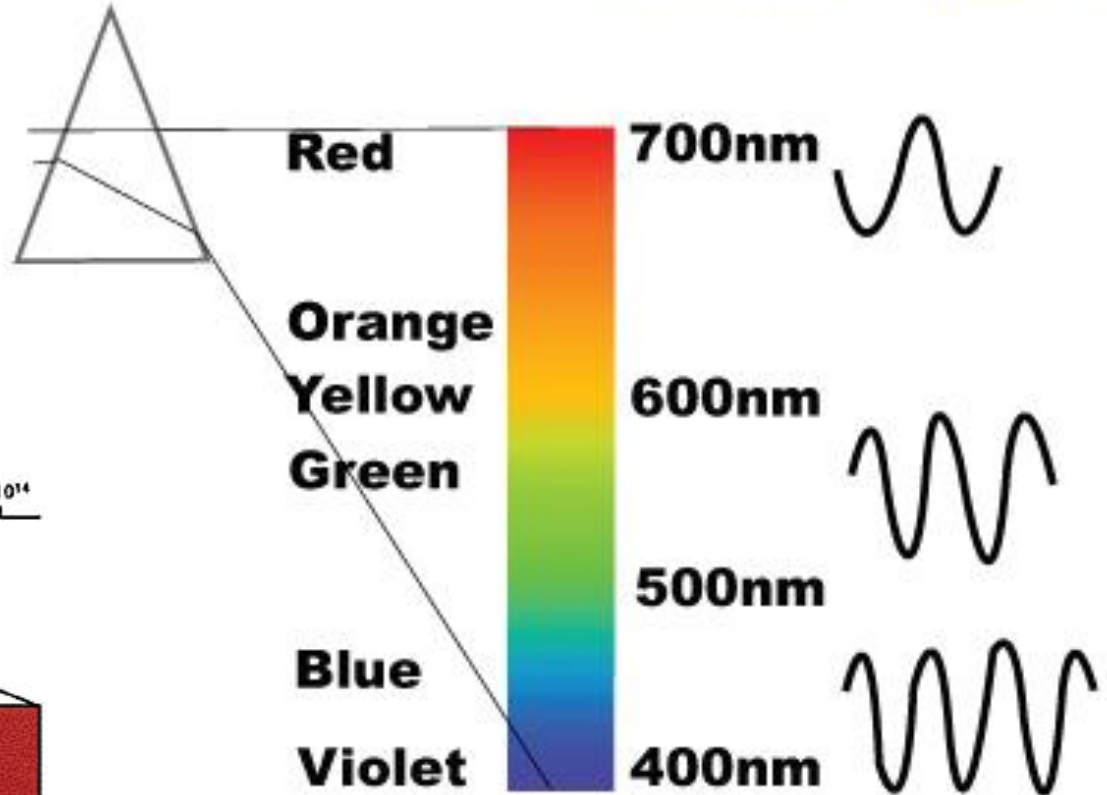


(a) 電磁波のスペクトル



(b) 可視光のスペクトル

chowan.blog70.fc2.com



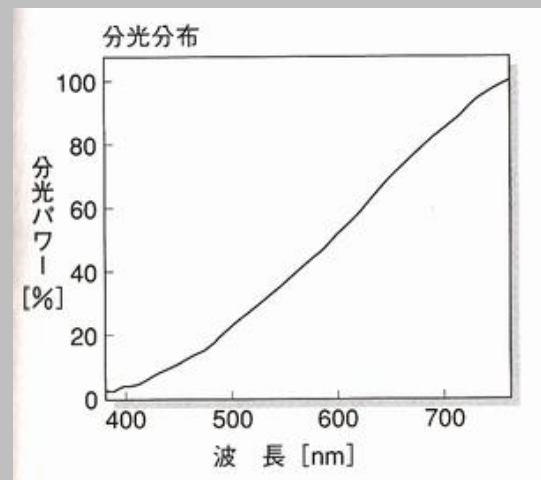
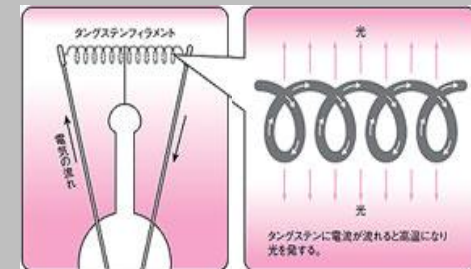
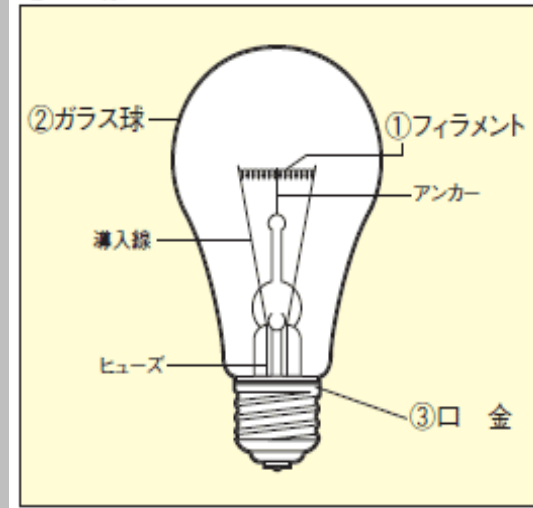


白熱電球

- 電球の中には導入線によって、フィラメントが固定されています。
- フィラメントは高温に強いタングステンという金属で作られ、電流を流すと電気抵抗により2000～3000°Cの高温になり、白熱化してプランクの法則に従って、暖かみのある白色光を発します。
- ガラス球の中は真空のものや不活性ガスを封入したものがあり、高温になるフィラメントの燃焼(酸化)や蒸発を防いでいます。

http://www.akaricenter.com/mame/hakunetsu_denkyu.htm

電球の構造図





光の発生

2) 蛍光物質から光を出す

- 白い蛍光物質にブラックライトを使って紫外線を当てると、可視光線が出ます。この現象を蛍光と呼びます。
- 蛍光灯の中では、放電により水銀から紫外線を発生させ、蛍光物質が紫外線を受けて発光します。
- 電球型蛍光灯は、コンパクトに屈曲した発光管と点灯回路を一体化し、電球と同じ口金をつけた蛍光ランプです。

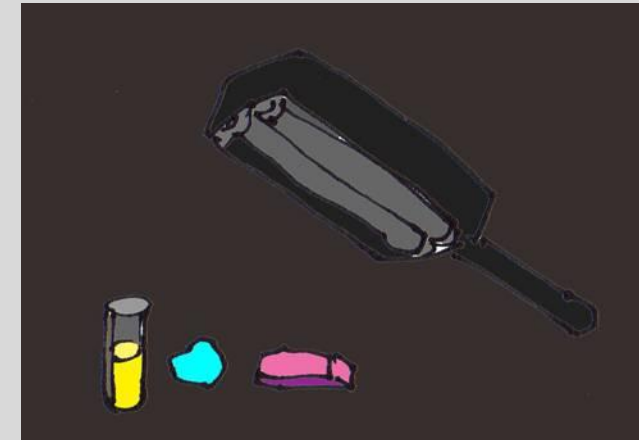
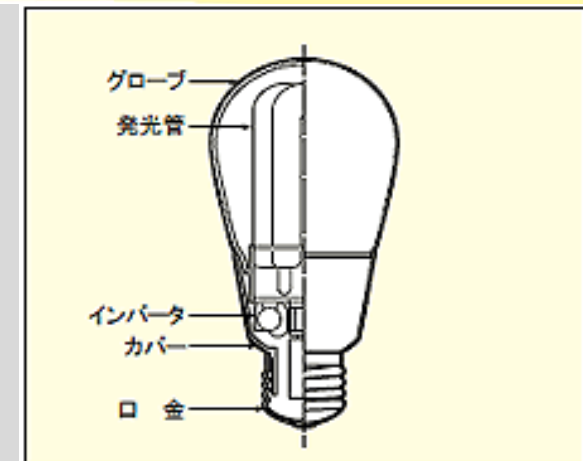
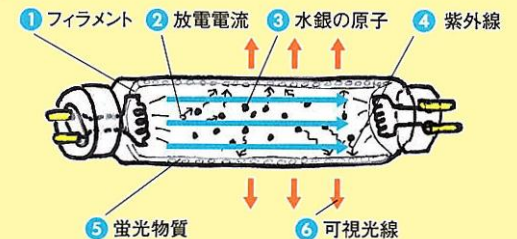


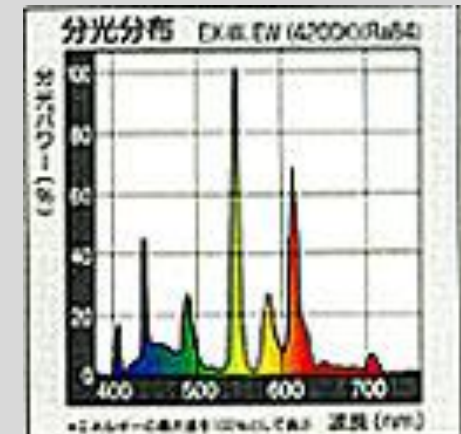
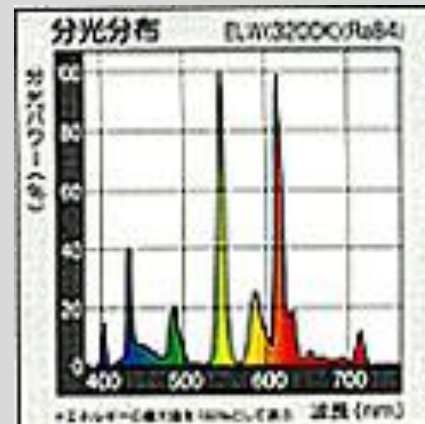
図 蛍光灯の発光のしくみ





蛍光灯の光の色

- 蛍光灯は蛍光物質が光を出しています。
- スペクトルは線状ですが赤・黄・緑・青の光が出ているので目には白く見えます。
- 赤の発光線を強くすると温かい色になります。





光の発生

3)半導体に電流を流して光を出す

- LEDとはlight emitting diode(光を発するダイオード)の略です。
- ダイオードとは、一方方向にのみ電気が流れる半導体のしかけです。

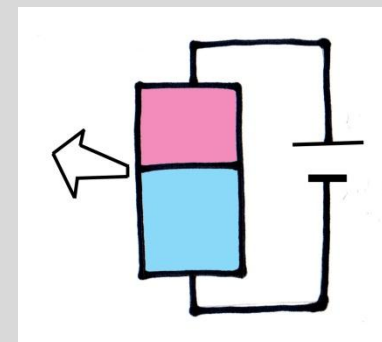
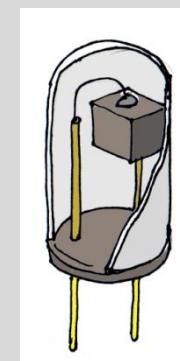


図2 半導体のダイオードの外観と電流-電圧特性

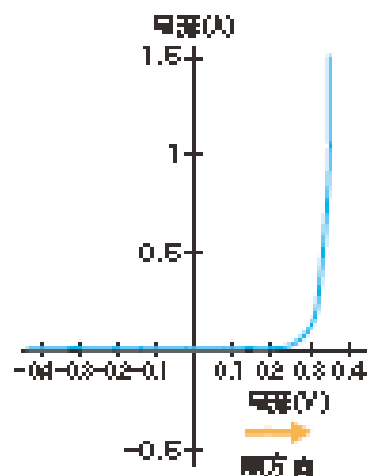
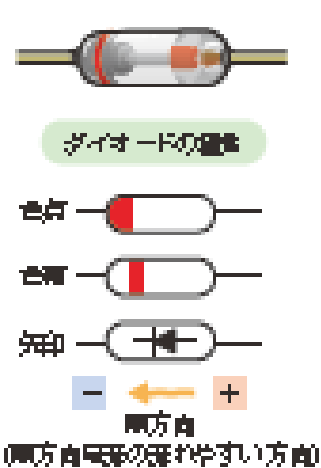


図3 ダイオードの光特性を利用したデバイス是非常に多い

太陽電池 フォトダイオード CMOSセンサー LEDランプ LED照明 半導体レーザー





白色LEDの仕組み

1. 青色LEDにより、黄色蛍光体を光らせる

3方式のなかで一番発光効率が高い方式です。

LEDの青色光と、その光で励起される補色の黄色を発光する蛍光体の組み合わせで白色を作り出しています。赤色領域の不足を指摘されていますが、不足しがちな赤色や青緑成分を補った改良型も近年開発されています。

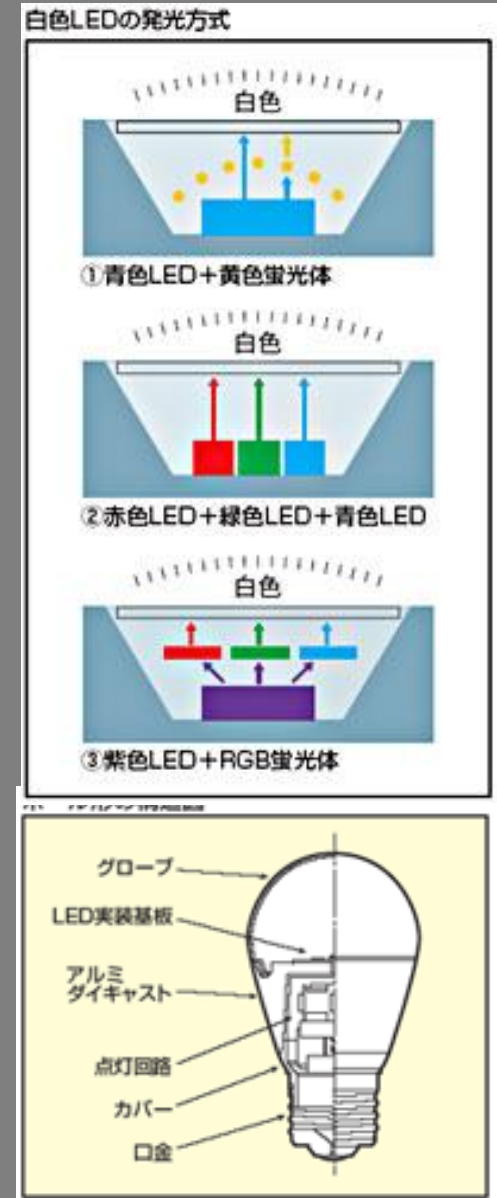
2. 光の3原色のLED(赤色・緑色・青色)を組み合わせる

見た目には白色光が得られますが、放射エネルギーのない波長域があるために、物の見え方が不自然になることもあります。

一般的には品物を照らす照明ではなく、光を直接見せるディスプレイや、大型映像装置などに使われます。

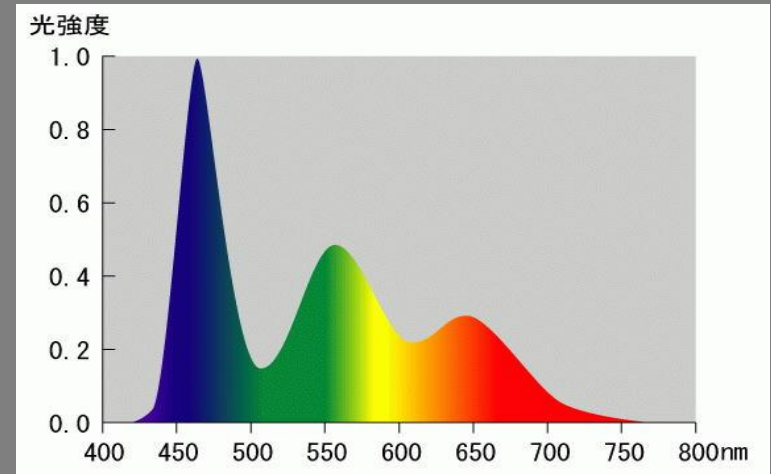
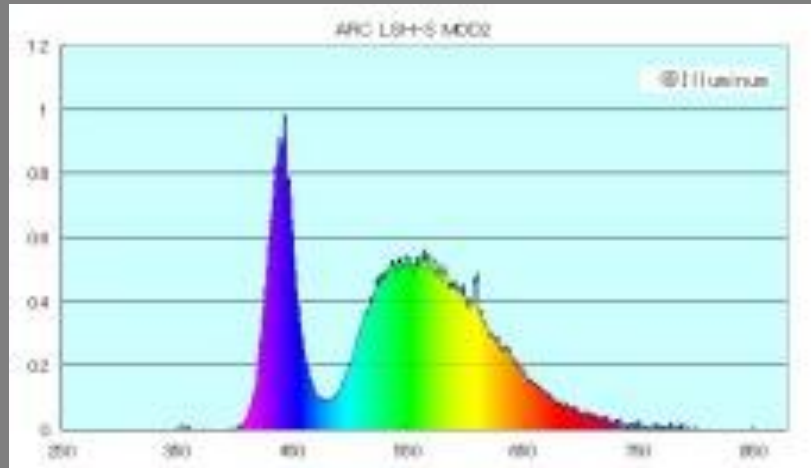
3. 近紫外または紫色LEDにより、赤色・緑色・青色の蛍光体を光らせる

3波長形蛍光ランプと同じ発光形式で、青色よりも波長の短いLED光源で、赤・緑・青の蛍光体を励起させます。きれいな白色が得られる特長がある反面、発光効率の向上が課題です。





白色LEDのスペクトル





人が色を感じる仕組み

- 色のことを論じる前に、人間が色を感じる仕組みについて述べておきます。カラーテレビでは、全ての色を赤(R)、緑(G)、青(B)の光の3原色で表しています。なぜ色を3原色で表せるのでしょうか。
- 網膜には桿体と呼ばれる光を感じる細胞と錐体と呼ばれる色を感じる細胞があり、錐体にはR,G,Bを感じる3種類のものがあります。これらの三種の錐体の送り出す信号の強さの違いによりさまざまな色を感じることができるのです。



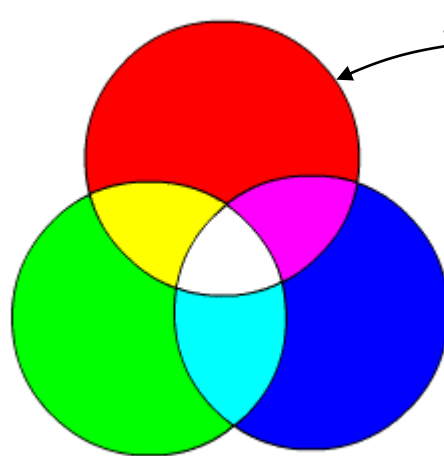
三原色

- 光の3原色(加法混色)
- 各色の強さを変えて混ぜ合わせると、いろいろな色の光になる。赤い光, 緑の光, 青い光を同じ強さで混ぜ合わせると, 白い光になる。

- 色の3原色(減法混色)
- 各色を混ぜ合わせると, いろいろな色ができる。マゼンタ・シアン・イエローを同じ割合で混ぜると黒になる。

カラーテレビ

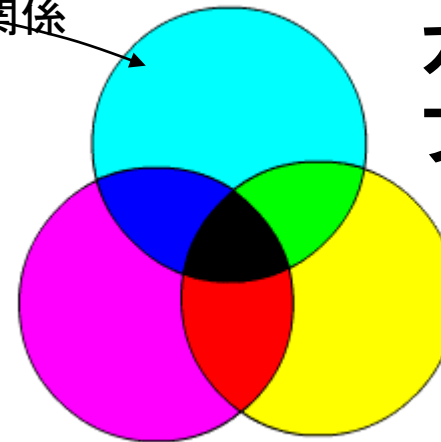
赤、R(red)
緑、G(green)
青、B(blue)



補色の関係

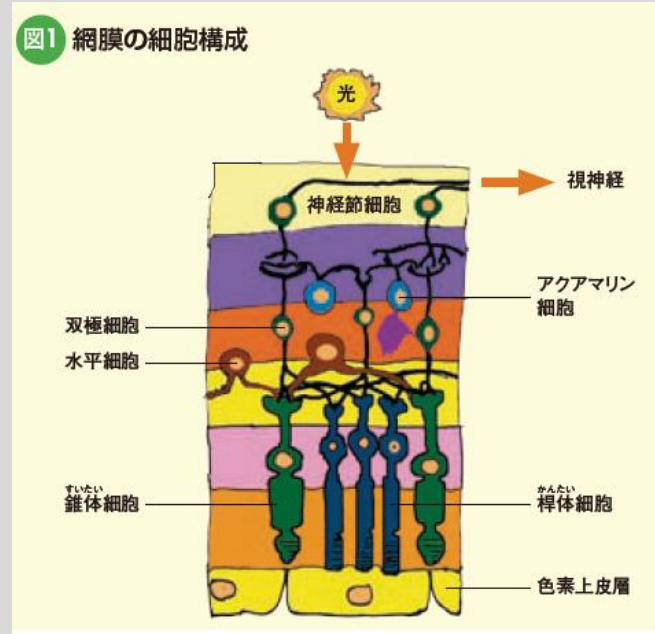
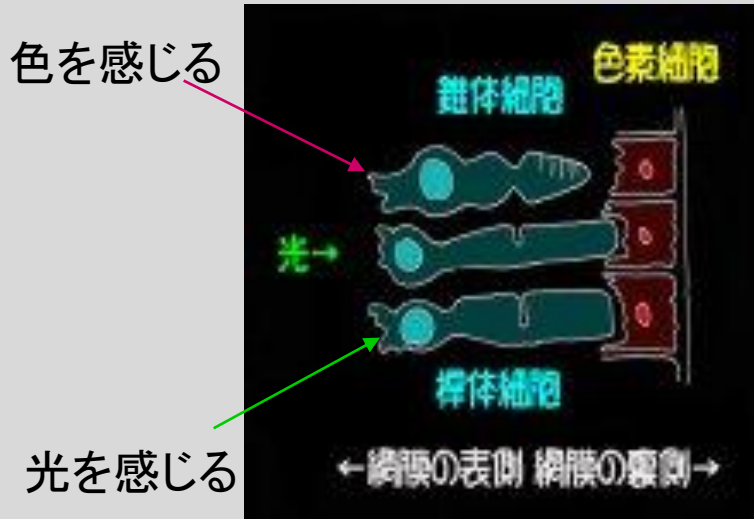
カラーフィルム
カラーフィルタ
プリンタ

マゼンタ, M(magenta)
シアン, C(cyan)
イエロー, Y(yellow)

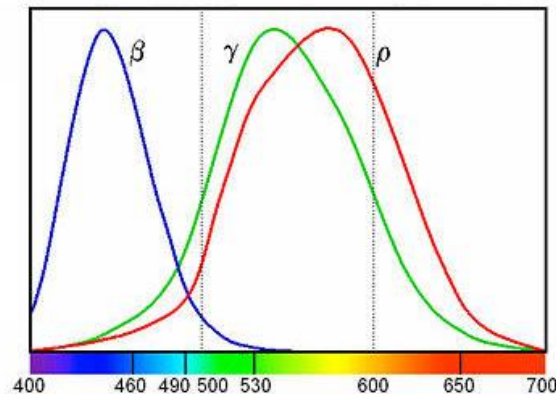




色を感じる細胞



なぜ3原色で表せるのでしょうか。それは人間の色を感じる細胞が3種類あるからです。これらの細胞は錐体(すいたい)と呼ばれ、三種の錐体の送り出す信号の強さの違いによりさまざまな色を感じることができます。

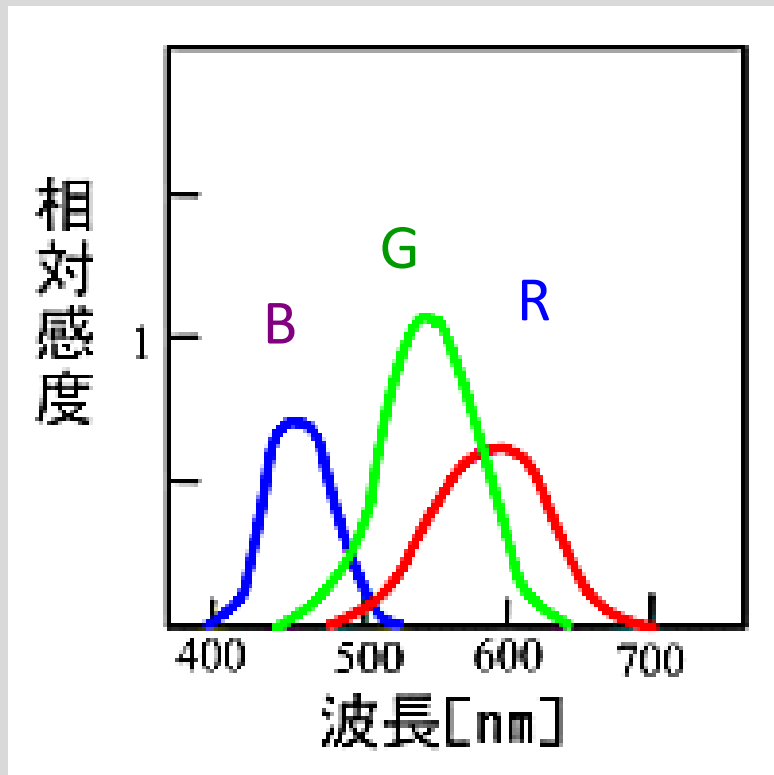


3桿体は、ギリシャ文字のベータ(β)、ガンマ(γ)、ロー(ρ)で表されるような相対感度のスペクトルをもっています。これらはほぼ青B、緑G、赤Rの感度曲線に対応します



色の数値化(1): RGB感度曲線

- RGBを感じる細胞の3色の感度曲線をRGB感度曲線といいます。



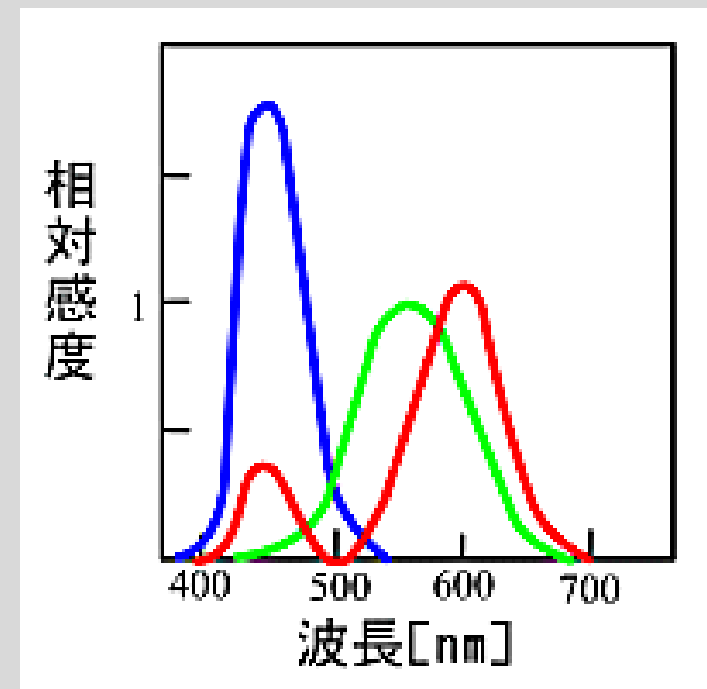
- RGB感度曲線は、特徴的な波長(R,G,B)で一つのピークをもつ曲線になります。
- 人間の眼では、主に感度領域の中央(緑色の光)で明るさを捉え、感度領域の両端(青や赤)で色合いを決めているのです



色の数値化(2): XYZ等色曲線

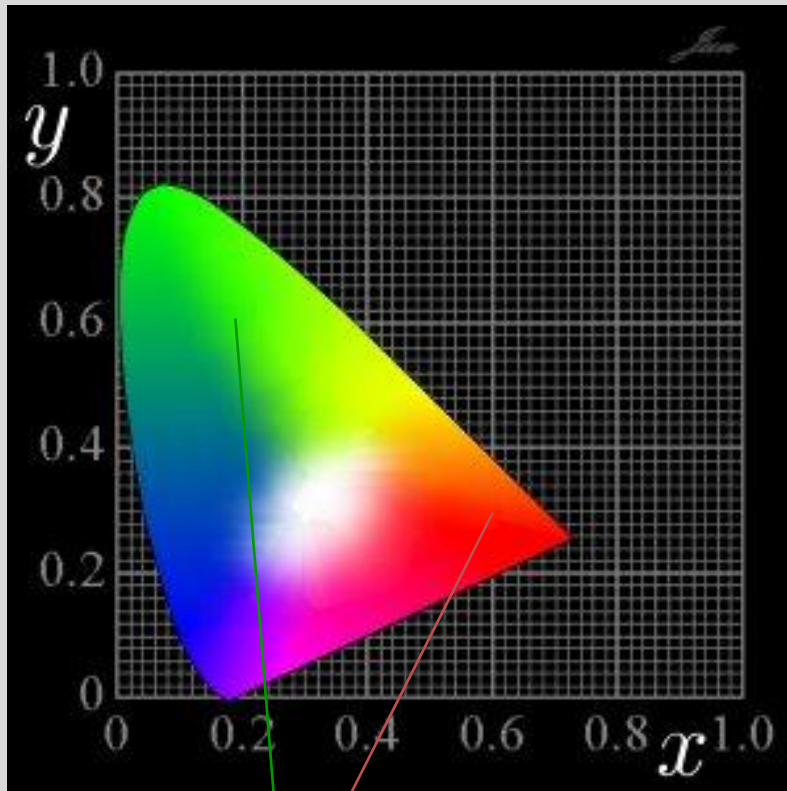
- 実際には感覚的な3原色RGBだけでは表せない色もあるので、機械による測色、表色、目の波長感度特性を詳しく調べて数値化した“**表色上の3原色**”である**3刺激値XYZ**を使います。

■XYZ等色曲線は3つの刺激値X,Y,Zを使って表す表色系で、これだとXは赤・青2つのピークをもち、Zは青の領域にピークをもつため、XとZを使って紫を表現できます。この等色関数は1931年CIE(国際照明委員会)で定められ、現在にいたるまで使われています。すべての色はXYZの3刺激値で与えられます。





CIE色度図



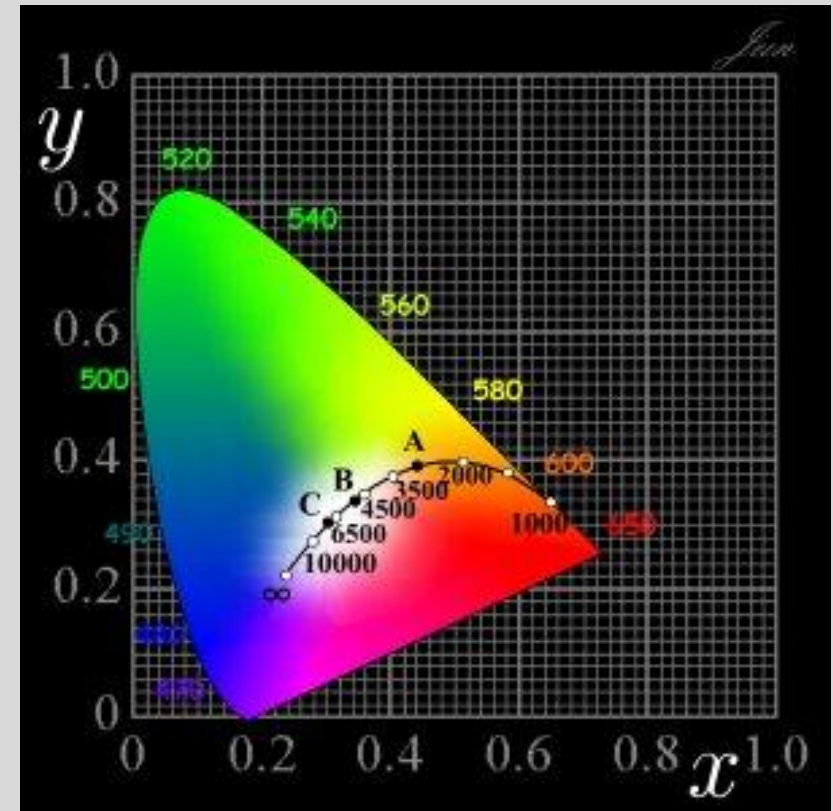
例 (0.6, 0.3) → 赤
(0.2, 0.6) → 緑

- 表色(色を表す)のためには、一般に3つの数値が必要ですが、明るさの情報を犠牲にして2つの数値で色を表し、2次元の図に表現したものを、色度図といいます。
- ここで、XYZから $x=X/(X+Y+Z)$, $y=Y/(X+Y+Z)$ という正規化変換をして、 x 、 y 2つの座標系で全ての色を表すのが、図に示すCIEの色度図です。
- x 、 y とRGBの関係は、 $x=0.6R-0.28G-0.32B$
 $y=0.2R-0.52G+0.31B$ で表されます。



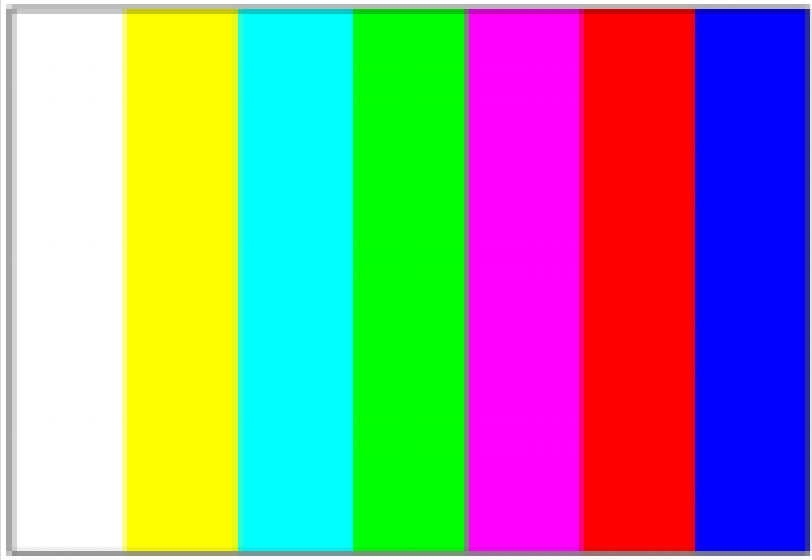
CIE色度図と色温度

- ある温度で光っている(熱放射・黒体放射している)物体の色を測定して、温度と色の関係を色度図上に描くことができます。この曲線は黒体放射の色軌跡と呼ばれます。なお、一般の光源は黒体放射をしているわけではないので、色軌跡の上のある色で光っている光源の温度が、その点に対応する温度になっているとは限りません。そのため、色から決まる温度を色温度といいます。





カラーバー



色	白	黄	シア ン	緑	マ ゼ ン タ	赤	青
R	1	1	0	0	1	1	0
G	1	1	1	1	0	0	0
B	1	0	1	0	1	0	1

- White=R+G+B,
Yellow=R+G, Cyan=G+B,
Magenta=R+B

