最終更新　2021.12.7

# 色彩学の基礎

## 色のしくみ

### 人間の視覚

　人間の網膜には光を感じる細胞が2種類あり、それぞれ「杆体」「錐体」と呼ばれます。杆体は光の強さだけを感じる細胞で暗い場所で働きます。錐体は色を感じる細胞で、明るい場所で働きます。錐体は3種類あり、それぞれ「赤色」「緑色」「青色」を感じます。図6.1のような感度を持っています[[1]](#footnote-1)。それぞれのピークは419 nm、531 nm、558 nmの場所にあります[[2]](#footnote-2)。人間は波長にして360 nm～830 nm（古い教科書では380 nm～780 nmと書いてある）の範囲の光を見ることが出来ます。



図6.1　人間の視覚

　赤を感じる錐体からの出力Rは、網膜に入ってくる光強度の波長分布を表す関数をE(**)とするとき、

で与えられます。緑を感じる錐体からの出力Gや青を感じる錐体からの出力Bも同様の式で得られます。

　ここで、重要な事実があります。それは、別の分布を持つE'(**)においても同じRGB値を得ることが出来るということです。図6.2を見て下さい。



　　　 (a) 黄色光が入射した場合　 　　　　　(b) 赤と緑の混合光が入射した場合

図6.2　条件等色

　図6.2(a)は純粋な黄色が網膜に入射した状態を示しています。緑を感じる錐体と赤を感じる錐体から特定の出力が得られます。同図(b)は純粋な赤い光と緑の光が網膜に入射した状態です。ここで、3種類の錐体からのRGB出力が図6.2(a)と(b)で同じであると仮定します。図6.2(a)と(b)は異なるスペクトルを持っていますが、人間の目にはこの2つを区別することが出来ません。これを条件等色（メタメリズム metamerism）と呼びます。

　そこで、赤・緑・青の光を混合すれば自然界に存在する色の大部分を再現することが出来ます。赤・緑・青を光の三原色と呼びます。テレビ、カラー印刷の原理はこの事実に基づいています。



 (a)シアンの単色光が入射した場合　 　　　　　(b) 青と緑の混合光が入射した場合

図6.3　条件等色

　先ほど、赤・緑・青の光の混合で「自然界に存在する色の大部分」を再現できると述べました。では、再現できない色はどんな色でしょうか？　図6.3を見て下さい。シアンの単色光を再現しようとして青と緑を混合しました。図6.3(a) では赤を感じる錐体の出力はわずかですが、同図(b) では大きな出力となっています。「緑と青の混合光」は「シアンの単色光」と比べると、Rの出力が大きくなるため、人間にとっては、色がうすくなり、より白に近く感じられ、鮮やかさが低下します。

### 加法混色

　テレビのブラウン管やプロジェクターなど光源を持つ機器で採用される方法です。図6.4のように、任意の強さのR、G、Bの色を作り出し、それを混ぜ合わせることで様々な色を再現します。



図6.4　加法混色

減法混色

　印刷、フィルムなど白色光（全てのスペクトルを含んでいる）を光源とし、「不要な波長の光をカットする」という方法で任意のRGBの値を得る方法です。図6.5のように、Blueのみを吸収する色（Yellow）、Greenのみを吸収する色（Magenta）、Redのみを吸収する色（Cyan）の3つの色を混ぜ合わせてカラーを表現します[[3]](#footnote-3)。



図6.5　減法混色

## 色の表現方法

　人間の視覚は最終的にRGBの強さとして認識されます。つまり、ある色は3次元空間の中の一点で表されます。言い換えると、色を表すには3次元が必要です。

　R, G, Bの値で色を表すのは人間にとって分かりやすいとは言えません。そこで、「色相」「彩度（鮮やかさ）」「明度」の3つの尺度で表す方法が使われます。図6.6のような座標軸で表されることが多いと思います。



図6.6　色の3要素

　色相は図6.7のように色を表します。非スペクトル色とは白色光を分光しては得られず、混色によって得られる色を表します。



図6.7　色相

　明度は明るさを表し、0のとき黒、1のとき白、0.5のとき図6.7で表されたような鮮やかな色を表します。

　彩度は鮮やかさを示します。鮮やかさを説明したのが図6.8です。RGBのうち、ある2つの色の差が大きくなるほど色は鮮やかになります。R=G=Bのとき灰色です。



図6.8　鮮やかさ

　PowerPointにおける色の選び方もここで説明したような「色相」「彩度」「明度」に基づいています。「色に関する解説と課題（color.pptx）」ファイルを開いて下さい。2枚目のスライドで詳しく解説してあります。3～4枚目のスライドでは「標準」タグで色を選んだときに採用される「色合い」「明るさ」「鮮やかさ」の値を調べた結果を記入してあります。色を選ぶときの参考にして下さい。

課題

　「色に関する解説と課題（color.pptx）」の5枚目の課題を解きなさい。

課題の提出方法

　課題の解答を含んだ .pptx ファイルを作成し、Teamsにアップロードしなさい。

1. 「色覚のメカニズム　内川恵二」のp.44に掲載されている「Smith and Pokorny 1975」の表をExcelに入力してグラフ化 [↑](#footnote-ref-1)
2. 出典は細胞工学 Vol.21, No.7, 2002. p.734。ピーク波長は本によって微妙に異なります。Wikipediaでは420 nm, 534 nm, 564 nm、「色のはなしⅠ　技報堂」では440 nm, 540 nm, 580 nm、「色彩科学入門　日本色彩研究所　p.8」では440 nm, 545 nm, 565 nmとなっています。なお、Wikipediaの「錐体細胞」の図は「色覚のメカニズム　内川恵二」のp.45で引用されている「Dartnal et al., 1983」の図と似ています。 [↑](#footnote-ref-2)
3. この図は説明の便宜上デフォルメした図となっています。実際のイエロー、マゼンタ、シアンの吸収スペクトルはガウス関数のような形状をしています。 [↑](#footnote-ref-3)