最終更新　2016.12.14

# 色彩学の基礎

## 色のしくみ

### 人間の視覚と色の再現

　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。錐体には「赤色を感じる錐体」「緑色を感じる錐体」「青色を感じる錐体」の3種類があります。図7.1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420 nm、534 nm、564 nmの場所にあります[[2]](#footnote-2)。人間は波長にして380nm～780nmの範囲の光を見ることが出来ます。



図7.1　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7.2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7.2　条件等色

　図7.2(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7.2(a)と(b)で同じであると仮定します。図7.2(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。

　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？　例えば、シアンの単色光（図7.2の緑のピークと青のピークの中間の波長）を再現する場合を考えます。赤を感じる錐体はシアンの単色光には反応しません。それに対して、緑と青を混ぜてシアンを作る場合、図7.2(b)のように緑の光は赤を感じる錐体に影響を及ぼします。その結果、緑と青を混ぜて作ったシアンは、シアンの単色光と比べると、少し赤が混ざった色になります（人間の視覚としては、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7.3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7.3　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7.4のように、Bのみを吸収する色（イエロー）、Gのみを吸収する色（マゼンタ）、Rのみを吸収する色（シアン）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7.4　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7.5のような座標軸で表されることが多いと思います。



図7.5　色の3要素

　色相は図7.6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7.6　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7.6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7.7です。RGBの強さが等しいとき灰色になります。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。



図7.7　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、電子メールで私に送信しなさい。

1. この図は説明の便宜上少しデフォルメしています。本文中のピーク波長から分かるように、緑と赤のピークはこの図より接近しています。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 出典はWikipedia。ピーク波長は本によって微妙に異なります。「色のはなしⅠ　技報堂」では440nm, 540nm, 580nm、「色彩科学入門　日本色彩研究所　p.8」では440nm, 545nm, 565nm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)