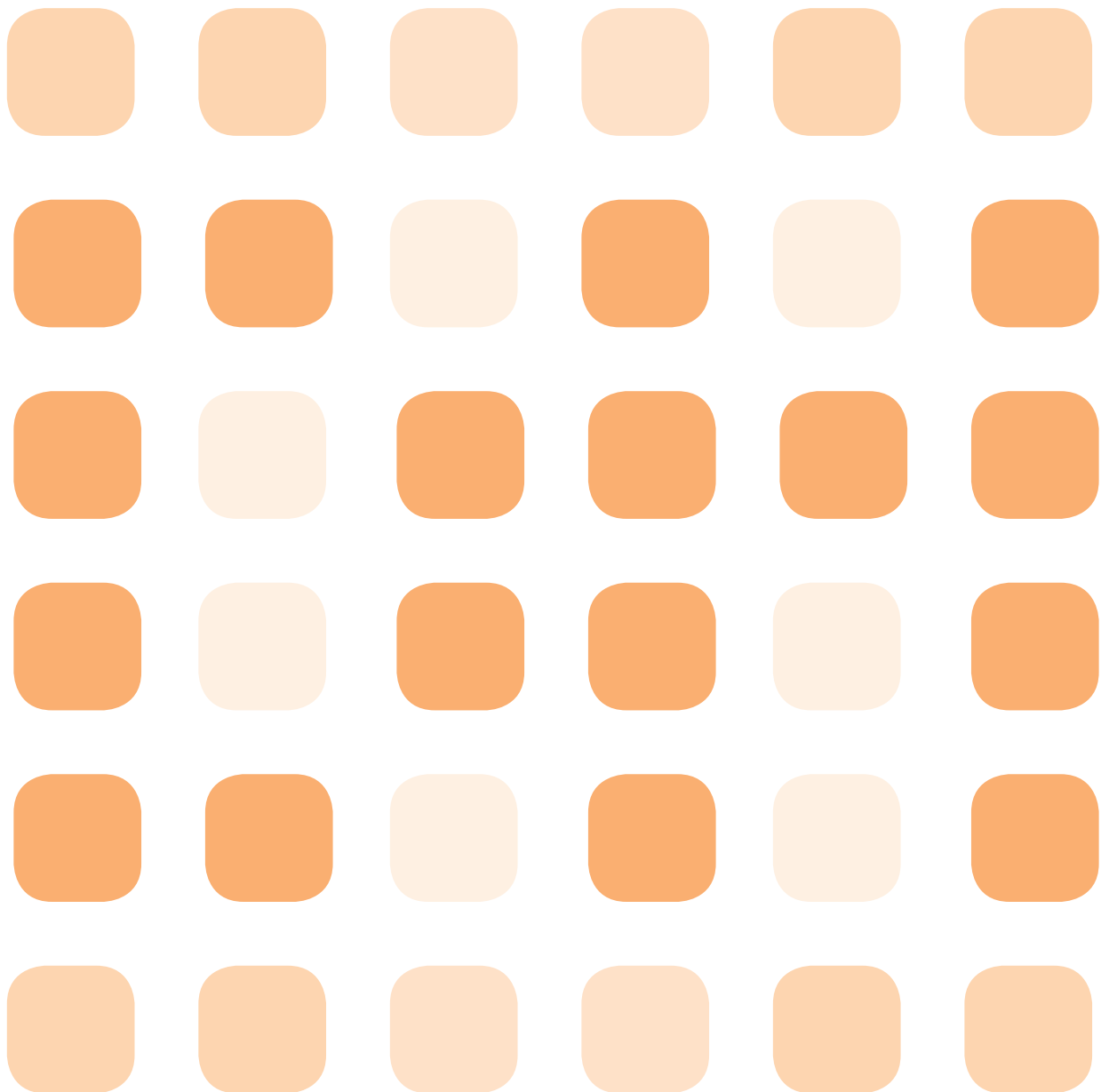


カラーマネジメント 基礎と実務



はじめに

この講座を受講される方へ

Q：なぜ色彩学の基礎を印刷関係者が学ばなければいけないのですか？

A：つい十年前までは、実際の商品の色を忠実にかつ高品質に再現できるメディアは印刷物以外には存在しませんでした。したがって商品カタログの色は印刷を基準に管理され、認証されてきました。つまり CMYK 基準でハンドリングされてきたわけです。しかし現在はインターネットを筆頭に印刷以外の多様なメディアが急速に発展、普及しました。依然印刷はその中心的なメディアに違いありませんが、印刷以外のメディアと共存していくことを考えるのが合理的であり、印刷発注者もそれを望んでいるのです。いわゆる「ワンソースマルチユース」つまり RGB でデータベースされた色情報を印刷なら CMYK、インターネットなら sRGB、DVD の動画なら NTSC という具合に変換していくことが現実になってきたということです。そうなってくると各メディア、各業界で使用されている色表記法を理解し、正確に変換できる知識が不可欠になってきます。色は印刷業界がリードしてきたのですから、今後もイニシアチブを保持していくためには色彩（工）学を実践的に学ぶことが大事なことです。

Q：営業担当者にも色彩学は必要なのでしょうか？

A：今までの色についてのコミュニケーションは「もう少しメリハリを付けて」や「健康的な肌色に」「自然な緑に」というような冗長的な表現が多かったと思います。しかしマルチユース時代になるとこれでは仕事になりません。数値でコミュニケーションを取る必要が出てくるのです。例えば工業製品の色は「リップスティック」でも「自動車」でも $L^*a^*b^*$ 色空間によって管理されています。ということはカタログの印刷も $L^*a^*b^*$ 管理すれば本当の現物色合わせ、つまり「現物の色＝カタログの色」が実現できるでしょう。営業担当者はこれを基本に、「実際には家庭や電車内でカタログを見るのですから、現物の色より ΔE で 0.5 だけ彩度を上げることを意識しています」というようなやり取りを、印刷発注担当者とするれば応用編もバッチリです。どうでしょう？ 色彩学の実践的な応用会話の必要性は理解していただけだと思います。

Q：これまでに専門書を何冊も読み、CIE 色度図や $L^*a^*b^*$ について勉強しましたが、なぜ RGB や CMYK データで色を表現してはいけなかが理解できません。

A：RGB や CMYK で表現しても良いのですが、一番正確に色を表現しているのは「分光エネルギー（分布）曲線」といわれるものです。これは、各波長の成分がどれくらい含まれているかを示した曲線で、この曲線が等しければ同じ色ということができます。しかし実際には人間の目には RGB の 3 センサーしかありませんから、この RGB センサーへの刺激値が同じなら、分光エネルギー曲線が異なっても人間は同じ色として認識します。同様に犬の場合はセンサーが人間とは異なりますから、人間には同じ色に見えていても犬にも同じ色に見えているとは限らないのです。もちろん分光エネルギー曲線が等しい場合は、人間にも犬にも同じ色と認識されます。

このように色は人間の特性に大きく関係しているのですから、それを考慮した物理量でないと意味があり

ません。特に色の識別は心理的な要因も含まれますので、人種による違いや、個人差が出るものなのです。しかし平均的レベルの人間をターゲットにした規格化は絶対必要で、その標準的な人間を定めている公的機関が CIE（国際照明委員会）なのです。

その標準的な人間の色の見え方を座標上に示し、「色の地図」を作ったのが色度図です。一番一般的なのが、よく見かける釣り鐘型をした CIE xy 色度図です。これはメルカトル図法で表現された世界地図に置き換えて考えれば分かりやすいと思います。分かりやすく便利な地図ですが、赤道付近と北極・南極では面積や距離が異なるというデメリットも持っています。地図にもヴァンケル図法など様々な表記法がありますが、色度図にも数多くの図法が工夫されてきました。L*a*b* もその一つで、色の差である色差、つまり違いを数値で正確に表現しようとして考案されたものなのです。

Q：製版のオペレーターにとっては、マルチユースといっても印刷するデータは CMYK データなんですから、特に変わったこともないのではないですか？

A：いいえ、マルチユースを目的として、最適化された画像にする（レタッチする）のは RGB 画像なのです。RGB データは CMYK に比べて大胆にデータを動かすことが可能ですが、デジタル機器を上手に使いこなすには、経験的な要素より色彩学的・光学的な知識が必要になってきます。例えば G 方向に彩度を上げて色域を拡大したりしていきます。

このようなことを踏まえて現場の技術者も、営業担当者も、管理者も色彩学の基礎を勉強していただきたいと思います。

目次

はじめに

第1部 基礎編

| | | |
|------|-----------------------------|----|
| 第1章 | 色とは | 6 |
| 第2章 | 加法混色と減法混色 | 9 |
| 第3章 | デジタル画像と濃度・ガンマ | 12 |
| 第4章 | 様々な表色系と CIE | 16 |
| 第5章 | 印刷の色再現 | 20 |
| 第6章 | 印刷の色調補正 | 24 |
| 第7章 | 特殊な印刷再現 | 28 |
| 第8章 | カラーマネジメントの基礎知識 | 31 |
| 第9章 | プリントアウトで理解するカラーマネジメント | 36 |
| 第10章 | プロファイルと色変換 | 41 |
| 第11章 | カラー基本設定 | 46 |
| 第12章 | ワークフロー | 50 |
| 第13章 | リモートプルーフ | 56 |
| 第14章 | デジタル撮影入稿 | 60 |
| 第15章 | プロダクション入稿 | 65 |
| 第16章 | CTP ワークフロー | 68 |

第2部 DTP・デジタルカメラ編

| | | |
|-----|---------------|-----|
| 第1章 | 環境設定 | 76 |
| 第2章 | 入 力 | 80 |
| 第3章 | デザイン・制作 | 96 |
| 第4章 | 製 版 | 110 |
| 第5章 | 出力・印刷 | 124 |

第1部

基礎編

- 第1章 色とは
- 第2章 加法混色と減法混色
- 第3章 デジタル画像と濃度・ガンマ
- 第4章 様々な表色系と CIE
- 第5章 印刷の色再現
- 第6章 印刷の色調補正
- 第7章 特殊な印刷再現
- 第8章 カラーマネジメントの基礎知識
- 第9章 プリントアウトで理解するカラーマネジメント
- 第10章 プロファイルと色変換
- 第11章 カラー基本設定
- 第12章 ワークフロー
- 第13章 リモートプルーフ
- 第14章 デジタル撮影入稿
- 第15章 プロダクション入稿
- 第16章 CTP ワークフロー

第 1 章

色とは

1-1. 光と色の関係

ニュートンはプリズムを使い白色の太陽光を多くの単色光に分光する実験を行った。分光した光の帯を「スペクトル」といい、人間が見ることができる光を可視光線という。

色は、人間が認識できる波長を持った光が目に入って錐体という RGB センサーで信号化されることにより、感じることができる。光は TV 電波や X 線などのように、波長を持った電磁波の一種だ。通常、光といわれるのは紫外線、可視光線、赤外線と呼ばれる波長域の電磁波で、このうち人間の目が感じる波長は 380 ~ 780nm。これが色として見える光（可視光線）である。nm はナノメートルと読み、1mm の 100 万分の 1 の長さを表す単位だ。可視光線も波長ごとに分割していけば 400 ~ 500nm は青紫っぽい色、500 ~ 600nm は緑っぽい色、600 ~ 700nm は赤っぽい色に分けられ、細分すれば七色の虹の色として認識される。しかし虹の色数は七色、六色…三色と民族によって様々なくらい文化や心理的影響も強いのである。

波長が短いほど屈折率が高い光の物理特性を利用して、白色光が様々な（可視）波長の光の集まりであることを、プリズム実験で証明してみせたのがニュートンである。

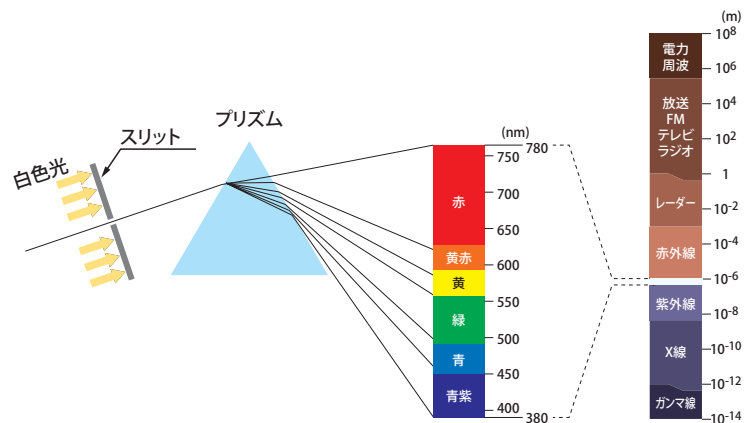


図1-1 光の波長と色

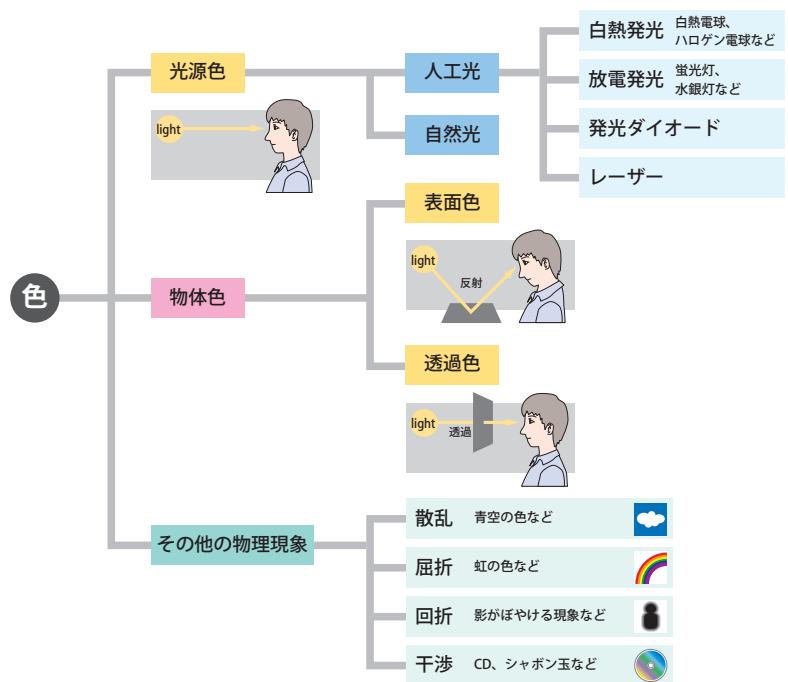


図1-2 色を生じる原理

1-2. 色の種類

色は目に入ってくる光の種類によって光源色、物体色（表面色、透過色）に分けられる。またその他の物理現象によっても色を生じる。

1-3. 色の知覚

人間に備わっている視覚センサーは目である。その目のメカニズムを図解したものが、図 1-3 である。人間の目はカメラのようになっており、フィルムに相当するのが網膜である。網膜には、2種類のセンサーが存在する。それが錐（状）体と桿（状）体だ。錐体は RGB センサーで、色を認識することができるが、10ルクス以上の明るいところでしか働かないため、昼夜問わず行動する人間には、0.1ルクス以下の夜目用のセンサーである桿体も備わっている。従って人間は暗いところでもモノの形を認識することはできるが、桿体は明暗しか感じることができないため色は分かりにくい。しかし、桿体の数は1億～1億3,000万個といわれており、錐体の600万～700万個に比べてとても多い。

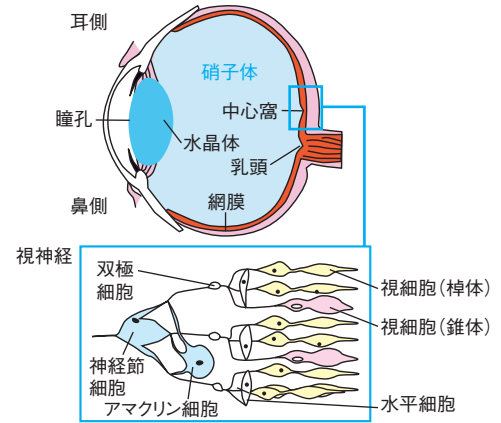


図1-3 錐体と桿体

1-4. 測光量とは

光を物理量として測定・表す場合、つまり後述する光束、光度、輝度、照度などを測定するときは、単なる物理的な光の強弱＝エネルギーの大小を測定するのではなく、比視感度曲線を用いた測光量、つまり色と同じように心理物理量として扱う必要がある。例えば人間用のカーステレオの音量を表すのに、犬にしか聞こえない超音波（犬笛のような波長域）を測定しても意味がない。人間の目は明るいところ（明所視）では緑光（555nm）付近の感度が一番高く、暗いところ（暗所視）では桿体が働くので507nm付近が高いといわれているので、この特性を考慮に入れて測光しなくてはならない。もちろん個人差があるので、CIE（Commission Internationale de l'Éclairage = 国際照明委員会）が標準比視感度曲線として制定している。測光量の基本であ

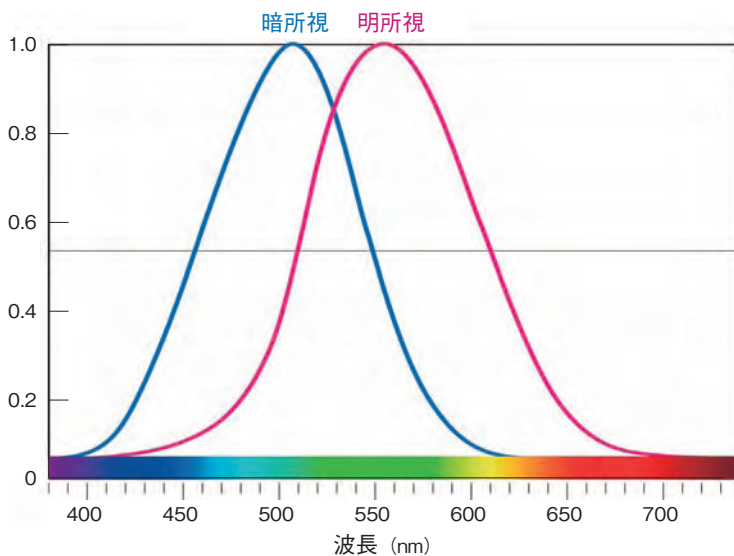
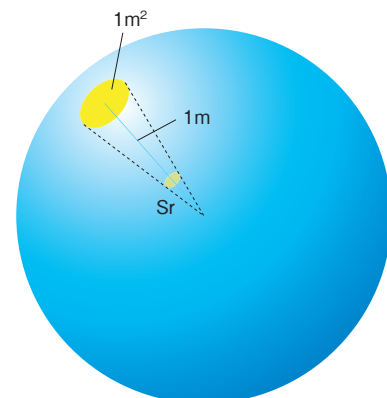


図1-4 波長と比視感度



ステラジアン（Sr）は単位立体角のことであり、1mの半径を有する球の、球面上の1m²の部分に対する中心立体角をいう。

図 1-5 ステラジアン（Sr）の定義

る光束とは、光エネルギーを物理量のままではなく、実際に人間の目にどのように明るく感じられるか、つまり標準視感度によって評価した値であり、ルーメン (lm) の単位で表示する。

蛇足ではあるが、CIE が定めた標準比視感度曲線はあくまで基準であって、個々の人間に対して厳密に合っているわけではない。しかし「物理量をそのまま使うよりはるかに使いやすい」と割り切っていたきたい。

1-5. 測光量の単位

光の単位ルーメン (lm) は、1 カンデラ (cd) の光源からステラジアン (Sr)、つまり単位立体角内に放出される光束 (光エネルギーの流れ) と規定されている。また、光源の明るさを表す単位が光度で、光源から放出される光束の密度をいい、単位立体角内に放出される光束 (lm/Sr) と定義される。単位にはカンデラ (cd) を用い、「1 カンデラを白金の凝固温度にある黒体*の 1cm² の平らな表面に対して垂直方向の 1/60 の光束」と規定している。

光源を直接見るとまぶしいが、そのまぶしさ加減を輝度という。輝度は光源の明るさである光度と光源の面積にも依存している。したがって輝度は光源からある方向への光度を、その方向から見た光源の見かけの大きさを割ったもので表され、カンデラ毎平方メートル (cd/m²)、またはニト (nt) の単位が使用されている。照度は一般にルクス (lx) の単位で表示される。これは 1 平方メートル当たりの光束発散度 (lx = lm/m²) で明るさを表している。照度の単位には他に、1 平方フィート当たりの光度で表すフットカンデラ (foot candela) などの単位がある。

表 1-1 測光量の単位と基準表

| 測光量 | 単位名 | 単位記号 |
|-------|---------------------|---------------------------|
| 光束 | ルーメン | lm |
| 光束発散度 | ルーメン毎平方メートル | lm/m ² |
| 光量 | ルーメン・秒 | lm・s |
| 光度 | カンデラ | cd |
| 輝度 | カンデラ毎平方メートル (ニト) | cd/m ² (nt) |
| 照度 | ルクス | lx (lm/m ²) |

表 1-2 照度・輝度の単位と換算 (フィート)

| | |
|----|---|
| 照度 | 1lx = 1lm/m ² = 0.0929lm/ft ² 1foot candela = 1lm/ft ² = 10.76lx |
| 輝度 | 1cd/m ² (1nt) = 0.0929cd/ft ² 1cd/ft ² = 10.76nt |
| | 1apostilb = 1/π (cd/m ²) = 0.0292cd/ft ² 1ft-lambert = 1/π (cd/ft ²) = 3.42nt |

用語解説

黒体：

入射する全ての電磁波 (光は電磁波の一種) を完全に吸収し、反射も透過もしない物質のことで、現実には存在しない理想的 (仮想的) なもの。

第 2 章

加法混色と減法混色

2-1. 色光・色料の分光反射率曲線図

ある色とある色を混合して別の色を作ることを混色という。RGB 3 色を選んで適量混色すると色を広範囲に再現できる。この RGB 3 色こそ三原色であり、写真、印刷、テレビなどの色再現システムは、この三原色の上に成り立っている（原色とは他の色同士の混合では作り出せない色のこと。逆に、原色同士の混合から作られる色を 2 次色、2 次色同士の混合から作られる色を 3 次色という）。

物体色は、物体に当たった光が物体の表面で反射・吸収され、反射した分の光が目に入って感じる色である。反射した光の中にどのような色光が含まれているのかを各々のスペクトル*の比率で表したものを分光反射率といい、グラフ化したものを分光反射率曲線*と呼ぶ。色を考えるには大変便利なグラフである。「はじめに」

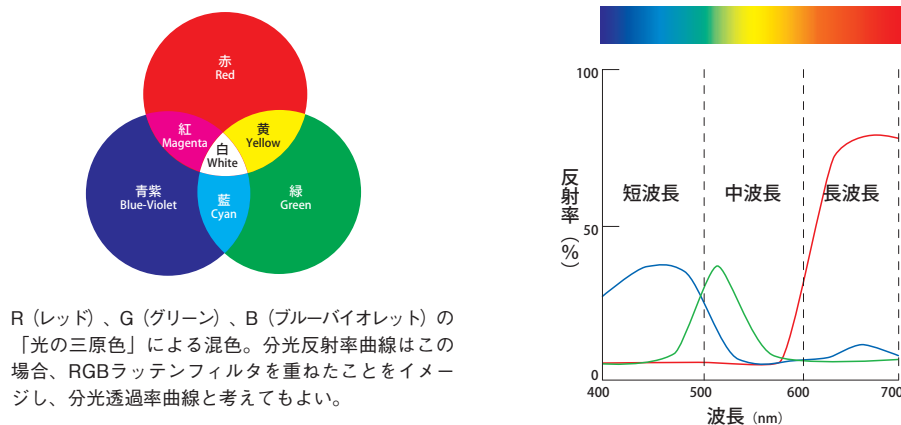


図 2-1 色光の三原色

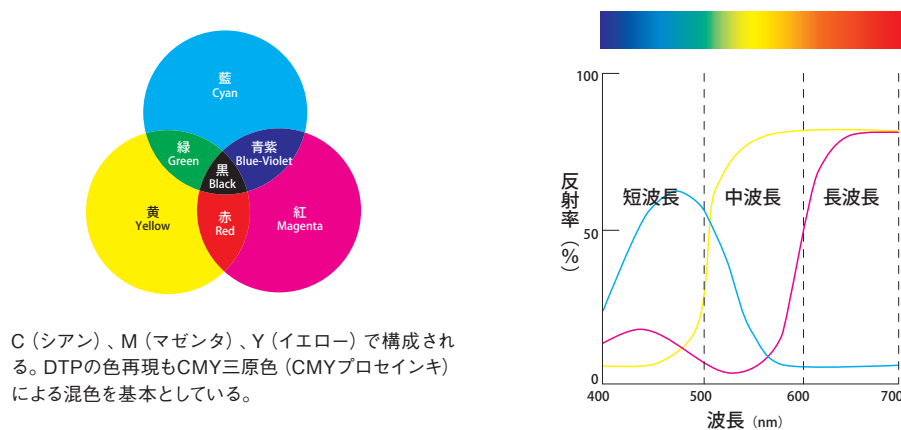


図 2-2 色材の三原色

のQ&Aで触れたように、分光反射率曲線（Q&Aではエネルギーの大小で表す分光エネルギーで表現）が等しければ物理的に同じ色ということが出来るが、曲線が異なってもRGBセンサーに与える刺激が同じなら人間には同じ色に見える。別の見方をすれば、犬の色知覚センサーは人間とは異なるので、人間には同じに見えても犬には同じに見えていないということでもある。

2-2. 減法混色的な色の見え方

RGBによる色光の三原色は、色を混ぜれば混ぜるほど明度が上がり、白に近づくので加法混色（もしくは加色混合）ともいわれている。対してシアン（Cyan）、マゼンタ（Magenta）、イエロー（Yellow）による色料の三原色は、混ぜるほど明度が下がり黒に近づくので減法混色（もしくは減色混合）といわれている。また、他にスーラの点描画のように明度が変わらない混色を中間混合（正確には加法混色の一種）と呼ぶこともある。カラー印刷は減法混色の代表とされているが、実際には網点による刷り重ねで混色するため、複雑な挙動を見せる。

ハイライト側では、紙白よりインキをのせた方が明度が上がる加法混色的な特徴を持っている。新聞印刷などではこの傾向は顕著であり、ハイライトをより強調するために、わざとシアンの網点（1～3%）を置いたりしている。ミッドトーンは中間混合的、シャドウ部は完全な減法混色となる。

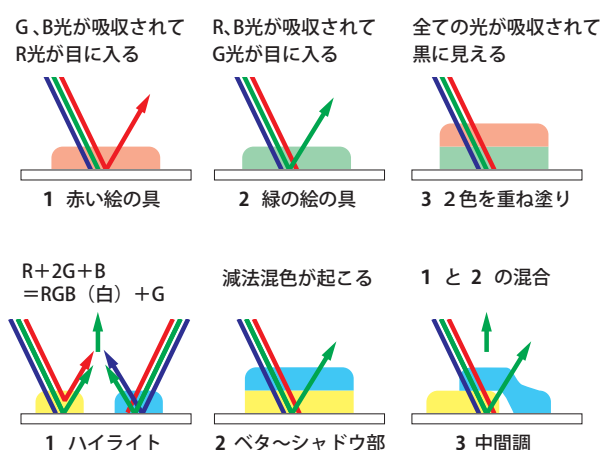


図 2-3 印刷物の色見え方

2-3. 加法混色

混色すればするほど明るくなるのが加法混色である。典型はプロジェクター型投影機、舞台照明などで、厳密な定義では同時加法混色といわれる。同じくコマや回転円板などは継時加法混色と呼ばれ、面積比に応じて平均化した明るさが得られる。また目で分解できない微小点を遠くから眺めて混色させるスーラの点描画や、カラーテレビ、カラー印刷は並置加法混色と呼んで区別したりしている。このように色再現という応用技術まで考えると、教科書通りではないミクロな専門知識も必要となってくる。

2-4. 減法混色

CMY インキは色材の三原色を使用している。減法混色の選択吸収・選択反射（スペクトルの特定領域の光を選択的に吸収・反射）を整理すると

$$C = G + B = W - R$$

$$M = B + R = W - G$$

$$Y = G + R = W - B$$

$$C + M + Y = K, \quad -R - G - B = 0 = K$$

となる。CとR、MとG、YとBを減法混色で混ぜると黒になり、加法混色では白になるが、このような組み合わせを「補色関係にある」といい、色分解用のフィルタ色にはこの補色を使用する。また色料の三原色はブリュースターが提唱したのでブリュースターの三原色と呼ばれる。

例えばマゼンタ(=「W - G」)とイエロー(=「W - B」)を足せば「W - G」+「W - B」= R (レッド)になる。もとの光よりも減算されてエネルギーが低くなっている。

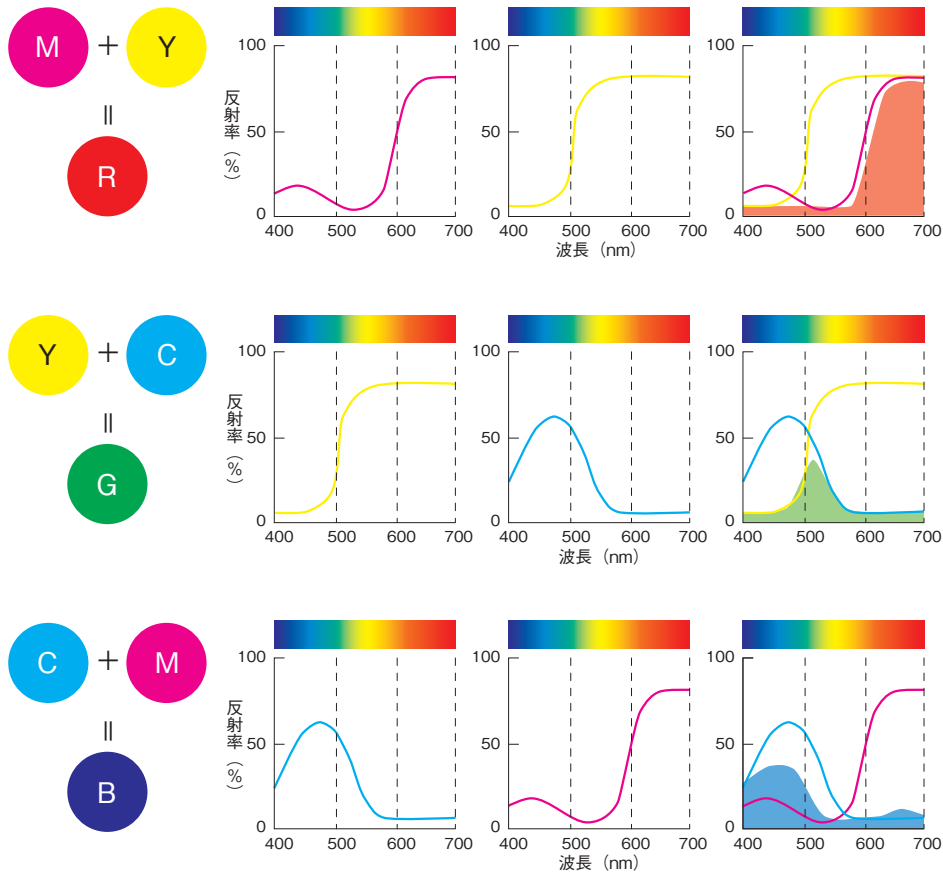


図 2-4 減法混色の仕組み

用語解説

スペクトル：

波長によって光を分けることを分光、分光によって得られた波長の帯をスペクトルという。

分光反射率曲線：

ある物体の表面に光が当たったとき、どれだけの割合の光が吸収され、どれだけの光が反射したかを可視光の波長全域にわたって求めたものを分光反射率という。横軸に波長、縦軸に分光反射率をとったグラフが分光反射率曲線となる。反射された波長の光が人間の目に入ると、人間はその波長に応じた色を感じるわけだから、分光反射率曲線を見ればそれが何色に見えるのかが分かる。全ての波長の光を 100% 反射する「理想的な白」を基準に、全ての光を吸収する「理想的な黒」の中間に反射率 50% (吸収率 50%) のグレーが位置する。