

# ペンキの調色を手助けするプログラムの作成

東京都立南多摩中等教育学校 魔軍団 石井真綾 田中真緒

## 1. 背景

塗料の扱いに慣れていない人たちにとって、複数のペンキから欲しい色を作るとは難しい。

下の図のように、単純な減法混色で、色の混色計算を行うと、実際にペンキを混ぜることで得られる色と比べて、かなり暗い色で色相も違う色になってしまう。このため、減法混色の計算は、ペンキの混色のシミュレーションに向いていない。そこで、今回の研究では、3つ以下のペンキを任意の比率で混ぜたときの色を分光反射率をもとに予想するプログラムを作成した。



## 3 システム概要

**反射率**とは光などの放射が物体の表面に垂直に入射する場合、反射エネルギーと入射エネルギーとの比である。

**吸収率**とは光が物質に入射したときに、透過せずに物質の中で消滅してしまう割合である。

**散乱率**とは粒子を含む媒体中を進行する途中で散乱されて減衰していく程度を表す係数である。

**各波長について**、光の反射率をR、吸収率をK、散乱率をSとし、次のようなプログラムをScratchで組む。使用するペンキをそれぞれ、ペンキA、ペンキB、ペンキCとする。

① 利用者が、ペンキA、ペンキB、ペンキCの反射率 $R_A, R_B, R_C$ を入力する。また、ペンキA,Bを1:1に混ぜたペンキ $R_{ABmix}$ とペンキA,Cを1:1に混ぜたペンキ $R_{ACmix}$ の反射率も入力する。

② ①をもとに、プログラムがペンキA,B,Cの散乱率 $S_A, S_B, S_C$ と吸収率 $K_A, K_B, K_C$ を、ペンキAの散乱率 $S_A$ を用いて表す。

③ 利用者が、ペンキA,B,Cの混ぜる比率(a:b:c)を入力する。

④ ペンキA,B,Cの散乱率 $S_A, S_B, S_C$ と吸収率 $K_A, K_B, K_C$ とペンキA,B,Cの混ぜる比率 (a:b:c)をもとに混ぜてできたペンキの反射率を算出する。

400nm~780nmの20nm間隔の波長において、反射率を求める。(→分光反射率)

分光反射率、C光源の分光分布、xyz等色関数をもとに、XYZ値を算出する。XYZ値をもとにRGB値を求める。

## 5 考察と今後の課題

④の結果では、予想した色が灰色がかったこげ茶になったのに対して、実際にできる色のほうがオレンジ色に近い色となった。分光反射率は560nmから700nmの間で誤差が大きくなっている。

⑤の結果では、予想した色のBの値が実際にできる色に比べ、大きくなってしまった。分光反射率が600nmで誤差が大きくなっている。

④、⑤の結果から共通して、実際にできる色に対して、予想した色の彩度が下がってしまっていることが分かる。また、どちらも色の違いがはっきりしており、実際に用いるには精度が高くない。

今後は、絵の具やペンキの分光反射率とそれを混ぜたときの分光反射率のデータを集める必要がある。データをもとにこの計算から出る色の傾向を見つけ補正値を求めることができれば、このプログラムの実用に繋がるだろう。

## Kubelka-Munk理論

$$R_{\infty} = 1 + \frac{K}{S} - \sqrt{\frac{K^2}{S^2} + 2\frac{K}{S}}$$

Kubelka-Munk理論とは混濁媒体においての反射率をR,吸収率をK,散乱率をSとで表現したものだ。

下地の色が無視できるほど厚い層の反射率 $R_{\infty}$ は、上のように表せる。また、塗料を混合したときの新たなK,Sの値は、元のペンキのK,Sの平均となる。

—斎藤豪,Kubelka-Munkの理論を用いたデジタルペインティングのための絵の具モデル.東京工業大学博士論文.1999.甲4153号.P84~102

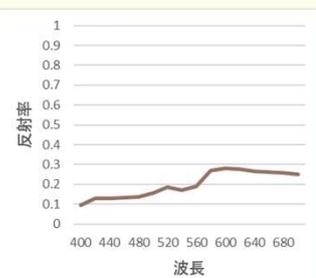
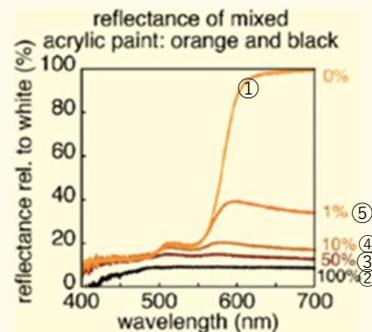
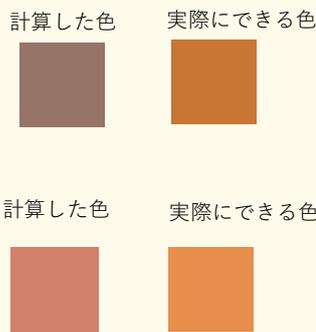
## 2 関連する研究と提案する手法

混色計算でこれまで使用されたものには、Kubelka-Munk理論がある。そういった混色計算では、塗料それぞれの分光反射率に加えて、比重や隠ぺい力といった数値も用いて色の値を求めている。しかし、この場合、必要な変数の種類が多いため、実用的ではない。

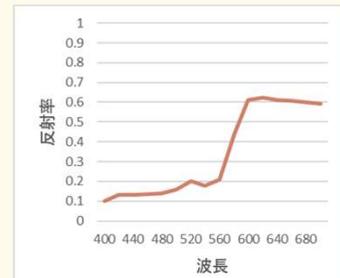
そこで、今回の混色計算では、Kubelka-Munk理論の公式を変形し分光反射率の数値だけを使って色を計算する。具体的には、各ペンキの分光反射率と2つのペンキを混合したときの分光反射率のデータを用いて計算する。これにより、1つのペンキの散乱率を用いてほかのペンキの散乱率および吸収率を表した。上の太字の式のようにTを置き、残りのSKを求める。Tは反射率によって、求まる。この値を用いることで、実際に計算を行うと新たな分光反射率を予想できそうだ。この方法では、求めた値に誤差が生じやすくなる可能性もあるが、分光反射率のデータを用意するだけで計算が可能になるため、より使用しやすいといえる。

## 4 実験と結果

右の図の①②③より、2つの絵の具の分光反射率と、2つの絵の具を1:1で混ぜた絵の具の分光反射率を得る。作成したプログラムによって、④⑤を予想する。



④の結果の分光反射率



⑤の結果の分光反射率

## 6 参考文献

日本規格協会：JIS Z8720 (補助イルミナントD50, D55, D75及びびCの相対分光分布)、2004

日本規格協会：JIS Z8701 (XYZ表色系における等色関数)、1999

P.U.P.A Gilberd and Haerberli,Willy(2006).Experiments o subtractive color mixing with a spectrophotometer.American Jonal of Physics 75,