印刷インキの混合色計算について

UDC
535.668.4:667.5

A study on Kubelka & Munk equation and its applicability to preparatin of mixed colour with printing inks

塩 治 孜*

ENYA Tutomu

要 旨

印刷インキの混合色作成については、クベルカ・ムンク(Kubelka & Munk)の法則²⁾が応用出来るか否か充分実験された前例に乏しい。もしこの法則が適用出来るならば、将来色合せが一つの法則に従って行ないうることになるので此の実験を試みたが、インキの場合は、塗料の場合と異り、その皮膜(印刷された)の薄いこと、印刷適性をよくする為に顔料の種類がある程度制限されることなどその他二三の条件によつて、目下の所ではすべてについては良好な結果をえられないことがわかつた。

1. 緒 言

幾種かの印刷インキを使用して、指定された色見本と同じ色に印刷できる印刷インキを、基となる印刷インキを混合することによつてつくる場合に、それらを実際に混合しないで、Aという基となる印刷インキ $x\%$ 、Bという基になる印刷インキ $y\%$ というように定量的に結果を得られれば、非常に便利である。此の事については、久保田勝也氏¹⁾が、ラッカーエナメル¹⁾の混合色計算について実施せられているが、印刷インキの場合には、印刷された印刷インキ層が非常にうすいので、実際に実験してみる必要があるのであるが、このことについては、あまり前例が見当たらない。若しこのことが可能となれば、印刷インキの色合せなるものに貢献する所が極めて大きいと考えられる。

以上の目的を実行するのは、クベルカ・ムンク²⁾の法則を応用することであり、久保田氏の前記の実験を参考にして、追試し、インキの混合技法に此の法則が適用できるかを吟味することを試みた。

2. 実 験

1. 実験方針

* 大日本インキ製造株式会社

35. 2. 6 受理

久保田氏の実験を参考として、追試するが、印刷インキの混色の再現性を考慮してビシクルの屈折率等による誤差は計算に入れない。

2. 資料及び測定器

1) 印刷インキ(原色インキ) 白(W), 赤(R), 黄(Y), 緑(G), 青(B)

2) 印刷用紙: 特アート紙 110kg

	表	裏
平滑度(Bekk)	820sec.	780sec.
油吸収度	148sec.	109sec.
デニソソワックス表面強度	2A	2A

3) 印刷機

印刷速度 26.76m/min

印刷圧力 15.6kg/cm

4) インキ添加量 つけローラーに 3.0cc

これは、インキビペットで常に3.0ccだけ採り試験に供した。

5) 混色用ローラー 3DKチルドローラー

6) 測色機

日立製自記分光光度計 EPR-II 型

7) クベルカ・ムンクの理論式

$$K/S = (1-R)^2/2R \quad (1)$$

$$K_M/S_M = (C_1K_1 + C_2K_2)/(C_1S_1 + C_2S_2) \quad (2)$$

但し、 K : 吸収係数, S : 散乱係数, R : 反射率

C : 混合比(重量%), M : 混合試料

8) 本実験に適用する実験式

理論式(2)を変形して次式を得る。

$$\frac{C_X}{C_W} \cdot S_X = \frac{\phi_M - \phi_W}{\phi_X - \phi_M} \equiv F(\phi_X) \quad (3)$$

$$\frac{K_M}{S_M} = \frac{K_1}{S_1} \cdot \frac{C_1S_1}{\sum_n C_iS_i} + \frac{K_2}{S_2} \cdot \frac{C_2S_2}{\sum_n C_iS_i} + \dots \quad (4)$$

$$\sum_n C_iS_i = C_1S_1 + C_2S_2 + \dots$$

但し(3)式においては W の散乱係数 δ_W を1とする。

$$\phi_M = K_M/S_M, \quad \phi_W = K_W/S_W, \quad \phi_X = K_X/S_X$$

X = 原色インキ

9) 実験室の温湿度

温度 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 湿度 $65 \pm 3\%$

10) 実験試料混合比

R, Y, B, G の原色インキを W と夫々次の重量比で混合して実験試料とする。

試料 No.	XW-1	XW-2	XW-3	XW-4	XW-5	XW-6	XW-7	XW-8
原色インキ (%) X	0	0.5	1.0	5.0	10.0	25.0	50.0	100.0
白インキ (%) W	100.0	99.5	99.0	95.0	90.0	75.0	50.0	0

11) 実験内容

本実験では, 7) に掲げた資料から各原色インキの散乱係数を求める実験 (実験 1) と実験 1 で求めた散乱係数から任意の混色試料の反射率を求める実験 2 の二つに分けて行なう。

12) 実験 1 (S_x の決定)

i. 概略

各原色インキと白インキとの混合色試料 (XW-1~8) を分光測定し, 各波長毎に反射率を読みとり K/S を算出する。次にそれぞれの K/S より $S_W=1$ として XW-2~7 の試料の散乱係数 S_x を (3) 式により算出し, これ等より原色インキの散乱係数を決定する。

ii. 分光測定

記録用紙 No. 1, 2, 3, 4 は XW-7~8 の分光曲線である。No. 1 (RW), No. 2 (YW) は分光曲線が入り乱れていて計算すると S_x が対数グラフ上虚数となるのでクベルカ・ムンクの関係は明らかに成り立たない。No. 3 (BW), No. 4 (GW) は BW-2, 3, GW-2, 3 を除いてはほぼ理想的な分光曲線を描くので, その部分について計算をすすめる。

iii. 実験結果の整理

クベルカ・ムンクの法則が成り立ちそうな部分について, 波長 400~700m μ まで 50m μ おきに S (散乱係数) を前記実験式 (3) によつて計算した結果を表 1 に表示す

表 1 原色インキの R , K/S , S 一覧表

波長 m μ	White			Green			Blue		
	R_W	K_W/S_W	S_W	R_G	K_G/S_G	S_G	R_B	K_B/S_B	S_B
400	59.7	0.1360	1.00	8.5	4.925	0.89	14.5	2.521	1.91
450	65.9	0.0882	1.00	5.5	8.12	0.95	43.5	0.5669	1.29
500	70.1	0.0638	1.00	26.6	1.0127	1.17	41.6	0.4099	1.46
550	72.8	0.0508	1.00	19.0	1.7266	1.18	8.9	4.662	1.61
600	73.7	0.0469	1.00	6.1	7.227	1.04	4.9	9.23	2.91
650	74.4	0.0440	1.00	5.4	8.29	1.10	6.6	6.609	2.60
700	74.8	0.0424	1.00	25.2	1.1101	1.25	7.6	5.617	2.27

る。

13) 実験 2

i. 概略

実験 1 で求めた原色インキの S 及び原色インキの K/S , 混合試料の反射率を (4) 式により算出し, 混合試料の反射率実測値と比較する。

ii. 反射率の算出

仕意の実験試料として W50%, B25%, G25% ($C_W: 0.50$, $C_B: 0.25$, $C_G: 0.25$) の試料を想定し表 1 の

S_x , K/S を用いて (4) 式により試料の反射率を計算によつて求める。

iii. 混合試料の分光測定

上記試料を印刷し分光測定し, その反射率実測値を反射率計算値と比較する。

記録用紙 No. 5 は混合試料 (B-G-W) の分光反射率曲線である。なお○印は反射率計算値。

3. 考 察

BW-1~8, GW-1~8 の試料より原色インキの S_x 算出し, 任意の混合試料を作りその反射率実測値と S_x からの計算値を比較すると大体表 2 のようになる。比較した波長は 400~700m μ までの 7 種の波長で試料は比較的低明度のものである。此の試料の場合, 実測値と計

表 2 反射率測定値と計算値の比較

波長 m μ	計算値	測定値	誤差
400	17.3	18.5	-1.2
450	17.3	17.8	-0.5
500	41.5	39.5	+2.0
550	17.1	16.2	+0.9
600	7.4	7.5	-0.1
650	9.0	9.1	-0.1
700	14.3	13.5	+0.8

No. 1
RW-1~8

No. 3
BW-1~8

No. 2
YW-1~8

No. 4
GW-1~8

算値の差は2%以内で、予想よりよく合っていると考えてよい。高明度の試料の場合は数%の差が出るものと考えられる。因みに実験1で求めた試料(BW, GW)の反射率を逆算してみると、4%程度の差が出ることがあるから、他の原色と混合した場合には、それ以上の差が出ることもあり得る。今回の実験では、混合試料XW-1~8の分光反射率曲線が比較的予想通りになったBWと

GWのみについて研究を進めたが、分光反射率曲線が入り乱れることについては、一考を要する問題である。

記録用紙No. 1~4に現われているようにXW-2, 3がXW-1の反射率を越えているが、こういうことが起る限りクペルカ・ムンクの法則は成り立たない。

此の原因について考えられるのは、1) 印刷インキの塗膜が薄いために起る紙の白さの影響、2) Wインキに

No. 5 混色実験結果検討資料

 $C_W: 50, C_G: 25, C_B: 25$

少量の原色インキを混合した時に起る粒子の化学変化による影響などが考えられる。

1) の問題は、クベルカ・ムンクの式をそのまま使うと当然考えられる問題で、此の式は塗膜の厚さが無限大の場合の反射率 R_∞ という仮定のもとに成り立つものであることに問題がある。2) の化学変化の問題は、未解決であるが、或る種の顔料に白色顔料を混ぜると被覆力が増して反射率が高くなることはすでに発表されている。

即ち、此の様な印刷方式の場合に於ては、一部クベルカ・ムンクの式はなり立つにしても、中には成立しない場合もあるので、これを一般的に利用することは目下の所可能性がないと考えられる。

文 献

- 1) 久保田勝也, “ラッカーエナメル の 混合色計算について” (工芸研究 No. 7)
- 2) Kubelka & Munk. Z. Z. thech. phys., 12, 592 (1931)

付記: 本研究に関しては、東京大学助教授日置隆一、日本色彩研究所川上、矢倉の諸氏に多大の御指導御援助を賜りました事について厚く御礼申し上げます。尚、塗料関係については、工業技術院、産業工芸試験所の各位に御援助をお願い致しました事を感謝致します。

(236 ページより)

3.4.3 塩化ビニル樹脂エナメルについての考察

(1) ルチル形ではN社の試験において、試験 3~7 カ月でチョーキングが認められた。アナテース形ではN社、D社とも試験開始後 1~2 カ月でチョーキングが認められた。

(2) チョーキングに耐える程度は、成績のよいものから試料 [No. 5] → [No. 1, 2, 3, 4, 6, 7] → [No. 13] → [No. 9, 11] の順である。

(3) ツヤの残存率では、試験場所による影響が相当に大きい。すなわちD社における試験ではルチル形は開始後 5~11 カ月 (大半の試料は 7 カ月) にツヤ残存率が 50% 以下となっているが、N社における試験では 3~5 カ月後に 50% 以下となっている。

(4) ツヤの残存状況では、成績のよいものから試料 [No. 5] → [No. 1] → [No. 2, 3, 4, 6, 7] → [No. 13] → [No. 9, 10] の順である。

4. 総 括

(1) 試料 No. 1 は総体的にみて良好で、国産品中で

最も優れ、とくにラッカーエナメルに用いた場合の耐候試験成績が良好である。

(2) 試料 No. 2 はアミノアルキド樹脂エナメルに用いた場合の試験成績が良いが、塩化ビニル樹脂エナメルの場合のツヤ残存率がやや劣っている。

(3) 試料 No. 3 はラッカーエナメルおよびアミノアルキド樹脂エナメルに用いた場合にやや劣っている。

(4) 試料 No. 5 は総体的に良好で、とくにアルキド樹脂エナメルの場合において良好である。

(5) 試料 No. 6 は総体的にみて最も優れ、とくにアルキド樹脂エナメル・塩化ビニル樹脂エナメルの場合において良好である。

(6) 試料 No. 6 は総体的にツヤ残存率がやく劣るようである。

(7) 試料 No. 7 はラッカーエナメル・アルキド樹脂エナメルの場合において、試料 No. 1 について良好である。

(8) 試料 No. 9, No. 11, No. 13 の間にはとくに差異は認められない。