

# 繊維染色における染料レサイブ決定方法 および染料レサイブ決定システムについて

水野 隆 文<sup>†</sup> 伊藤 英 則<sup>†</sup>  
木村 茲<sup>††</sup> 木村 吉 宏<sup>††</sup>

本稿は、繊維を目標色に染色する染料レサイブを決定するアルゴリズムとこれを処理する染料レサイブ決定システムを提案する。このシステムは繊維染色の精度向上と染め工程を短縮することを目的とする。まず、1章でこの研究の位置付けを述べ、2章で染色データベースを定義する。3章で染料レサイブの計算方法を述べる。4章で本稿で提案するシステムの処理の流れ、および、染料レサイブ補正方法について述べる。5章では、補正過程のカラーモニタへの表示法を提案する。6章で、このシステムを評価し、最後に本稿のまとめとこれからの課題を述べる。

## A Decision Method for Fiber-dyeing Recipe and Its System

TAKAFUMI MIZUNO,<sup>†</sup> HIDENORI ITOH,<sup>†</sup> SHIGERU KIMURA<sup>††</sup>  
and YOSHIHIRO KIMURA<sup>††</sup>

In this paper, we propose algorithms and a system for decide recipe to dye fibers target colors. First, purposes of this research are described in chapter 1. The dye database is defined in chapter 2. The recipe calculation is described in chapter 3. The flow of our system and the recipe adjust method are described in chapter 4. A method displays adjusting way is proposed in chapter 5. The system is evaluated in chapter 6. Finally, conclusions and future works are described.

### 1. はじめに

繊維を目標色に染色する染料種別と量を染料レサイブと呼ぶ。計算機を用いた染料レサイブ算出手法は、過去にいくつか論文として発表されている。これらは、文献1)~3)にまとめられ、近年は、国内で特許としていくつか提案されているのみであり<sup>4),5)</sup>、調査した範囲では海外の文献は見当たらない。これらは、繊維を顧客が指定する目標色に染色するために用いられる。このとき、染め上がりの精度と工数削減から眺めた場合、改善の余地を残している。その理由は、染め上がり、天気、湿度、気温など作業時の気象などの自然条件や人工的環境光などの条件に左右されやすいためである。通常、これらの諸条件を加味した熟練技術者の経験や勘に頼り、複数回の染め直しを経て染料レサイブを決定している。我々は、この現状を改善するための染料レサイブ決定システムを提案した。このシ

ステムは、染料総和量一定ごとに作成、蓄積した染色データベースの処理部と、次の2つのアルゴリズム

- 最小2乗法を用いた試し染めレサイブ決定アルゴリズム
- 試し染めと目標色との差分または比率による補正アルゴリズム

の処理部と、さらに、これらの処理過程を画面表示するシステムからなる。

一般的には、まず、実際に繊維を染色し、その染料レサイブと、その繊維の色を記録することにより作成される染色データベースを用意する。次に、そのデータベースを検索することにより目標色の1次染料レサイブを算出して染料レサイブを決定する。その後、その1次レサイブにより試し染めを行い、1次レサイブを補正して、2次レサイブを算出し、これを繰り返す。

染料レサイブの精度を上げるための方法として、染色データベースのデータ数を多くする方法が伊賀らにより提案された<sup>4)</sup>。このシステムは、データを均等色CIE Lab色空間内で色差5~10の間隔<sup>1)</sup>で分布させた染色データベースをあらかじめ作成する。しかし、実際に耐えるデータベースにするには、作成すべきデー

<sup>†</sup> 名古屋工業大学  
Nagoya Institute of Technology

<sup>††</sup> 茶周染色工業株式会社

Chashu Dyeing Industry Corporation

表 1 染色データベース  
Table 1 A dye database.

$T$	$C_Y$ g/kg	$C_R$ g/kg	$C_B$ g/kg	$X$	$Y$	$Z$
$T_1$	4.000	0.00	0.00	58.188	59.10	6.822
$T_2$	2.000	2.000	0.000	33.512	22.484	7.377
$T_3$	2.000	0.000	2.000	9.628	14.302	9.86
			⋮			
$T_{107}$	7.000	0.00	0.00	58.032	56.452	3.870
$T_{108}$	3.500	3.500	0.000	29.437	18.365	4.365
$T_{109}$	3.500	0.000	3.500	5.755	9.112	5.843
			⋮			
$T_{220}$	10.000	0.00	0.00	56.641	53.723	2.869
$T_{221}$	5.000	5.000	0.000	26.783	15.999	2.999
$T_{222}$	5.000	0.000	5.000	4.067	6.639	4.086
			⋮			
$T_{412}$	0.000	0.000	14.000	4.353	4.004	16.935

タ量が膨大になる．このため、この方法は経済的であるとはいえない．さらに、前述の諸条件を考慮した補正はデータベースの量のみでは本質的には解決できない．

一方、染色データベースのデータ量を減少させた場合は、複数回の試し染めを行い、精度を上げる方法が玉江らにより提案されている<sup>5)</sup>．この方法では、まず、目標色に対応する1次レザイブを計算し、その1次レザイブで繊維を染色する．次に、1次レザイブの各染料を一定割合ずつ変化させた複数個のレザイブで再び実際に繊維を染色する．さらに、その複数個のデータから、ベクトル演算により補正のための偏微分係数を求め、1次レザイブを補正する．この方法は、1次レザイブや近傍のレザイブを求める際に物理的な測定値と比較することなく経験や勘のみで決定されていて、試し染めを複数回必要とする問題点がある．

ここで提案する染色データベースは、染料総和量一定ごとに複数枚の平面で管理され、この平面は3原色を頂点にした三角形としてデータ量を削減している．また、我々の手法は、1次レザイブによる試し染めと目標色との物理的な測定値である刺激値との比較により、差分または比率を計算してレザイブを補正する手法(4章で後述)を採用した．このことにより、経験や勘に頼らず、1回の試し染めの後、即本番染めを実施できることが特徴である．

さらに、染め上がりや補正過程の様子をカラーモニタで表示し、これを画面上で確認するシステムはこれまで提案されていない．我々は、5章でマン-マシンインタフェースの向上を図ったこの確認方法を述べる．

## 2. 染色データベース

ある決まった繊維をある決まった染料種別で染料レザイブのみ変化させ、実際に染色して、これを染色データベースとして蓄積する．

蓄積される染色データは次の情報からなる．

$$(T, C_Y, C_R, C_B, X, Y, Z). \quad (1)$$

ここで、 $T$  は染色された繊維、 $(C_Y, C_R, C_B)$  は  $T$  を染色する染料レザイブである．なお、 $(C_Y, C_R, C_B)$  はそれぞれ黄色、赤色、青色の3つの基本染料の量であり、繊維  $1\text{kg}$  に対する染料の量  $g$  (対繊維重量) で表現する．さらに、 $(X, Y, Z)$  は  $T$  を分光光度計で測色して得られる3刺激値である．分光光度計で測色される  $(X, Y, Z)$  は、周波数  $\lambda$  における光反射スペクトル  $\phi(\lambda)$  を各加重係数  $x_\lambda(\lambda)$ ,  $y_\lambda(\lambda)$ ,  $z_\lambda(\lambda)$  を用いて可視領域において式(2)を用いて積分し、数値化したものである<sup>1)</sup>．

$$\begin{cases} X &= \int \phi(\lambda) x_\lambda(\lambda) d\lambda, \\ Y &= \int \phi(\lambda) y_\lambda(\lambda) d\lambda, \\ Z &= \int \phi(\lambda) z_\lambda(\lambda) d\lambda. \end{cases} \quad (2)$$

実際の製品に適用するために作成された染色データベースの例を表1に示す．この染色データベースは茶周株式会社より提供された．表1はある特定の繊維  $T$  をそれぞれの  $C_Y, C_R, C_B$  で染色し、これらを各々分光光度計で測定した3刺激値  $X, Y, Z$  を付加したデータ(412個)を示している．

通常、大量のデータベース作成には長時間が必要であることから、前述の諸条件が時間とともに変化することより、誤差を含むことは避け難い．このため、データベースを補正する必要がある．染料レザイブ算

$$\vec{C} = [C_Y, C_R, C_B]^t,$$

$$F = \begin{bmatrix} -0.08 & 0.59 & -0.18 & 0.01 & -0.73 & 0.23 & -0.01 & -0.03 & 0.00 & -0.00 & 0.52 & 0.09 & -0.00 & -0.11 & 0.00 & 0.00 & -0.00 & -0.00 & 0.00 & 0.00 \\ -0.06 & -1.90 & 0.55 & -0.03 & 2.06 & -0.78 & 0.04 & 0.20 & -0.02 & 0.00 & 0.15 & -0.16 & 0.00 & 0.19 & -0.00 & -0.00 & -0.01 & 0.00 & -0.00 & 0.00 \\ 0.43 & 0.95 & -0.02 & 0.00 & -0.31 & 0.08 & -0.00 & -0.00 & 0.00 & -0.00 & -0.24 & -0.06 & 0.00 & -0.04 & -0.01 & 0.00 & 0.03 & 0.00 & 0.00 & -0.00 \end{bmatrix},$$

$$\vec{g}(x, y, z) = [1, x^1, x^2, x^3, y^1, x^1y^1, x^2y^1, y^2, x^1y^2, y^3, z^1, x^1z^1, x^2z^1, y^1z^1, x^1y^1z^1, y^2z^1, z^2, x^1z^2, y^1z^2, z^3]^t.$$

$C^t$  は行列  $C$  の転置行列を表現する .

図 1 染料レサイブ算出関数  $F$   
Fig. 1 A recipe function  $F$ .

出関数  $F$  を最小 2 乗法で求めることにより, 平滑化を行い, この誤差を補正する . このことについては次章で述べる .

3. 染料レサイブ算出関数  $F$

3 刺激値  $(X, Y, Z)$  が与えられたとき, 繊維をその色に染色する染料レサイブ  $(C_Y, C_R, C_B)$  を出力する関数  $F$  を染色レサイブ算出関数と呼ぶ . 染色レサイブ算出関数  $F$  は,  $(x, y, z)$  を引数として持ち, 式 (3) で表現される .

$$(C_Y, C_R, C_B) = F(x, y, z). \tag{3}$$

ここに, 式 (4)<sup>2)</sup> により, 3 刺激値  $(X, Y, Z)$  を  $(x, y, z)$  に変換している .

$$\begin{aligned} x &= \frac{(1 - \frac{X}{94.8})^2}{2(\frac{X}{94.8})}, \\ y &= \frac{(1 - \frac{Y}{100.0})^2}{2(\frac{Y}{100.0})}, \\ z &= \frac{(1 - \frac{Z}{107.3})^2}{2(\frac{Z}{107.3})}. \end{aligned} \tag{4}$$

ただし, 一般に,  $F(x, y, z)$  の関数形は, 各染色データベースに大きく依存する . 表 1 の染色データベースの場合は, 経験上, 3 次の多項式とした . この場合, 式 (5) のように行列形式で表現できる .

$$\vec{C} = F\vec{g}(x, y, z). \tag{5}$$

レサイブ  $\vec{C}$  と  $\vec{g}(x, y, z)$  および係数  $F$  は図 1 となる . なお, 行列  $F$  の各係数は, 染色データベースより, 最小 2 乗法<sup>6)</sup> を用いて決定する .

次に, 染色データベースにおける染料レサイブ  $(C_Y, C_R, C_B)$  と  $X$  刺激値を式 (4) により変換した  $x$  との関係を図 2 に示す . 染料の総量  $\alpha (= C_Y + C_R + C_B)$  が  $4.0g/kg$  平面上のデータと  $x$  との関係を図 2 の実線で表示した . データどうしを結んだ実線が滑らかでないことは, データ作成時に混入する誤差が存在していることを示している .

$(x, y, z)$  は  $(X, Y, Z)$  よりも染料レサイブにたいして, より高い線形性を持つ<sup>2)</sup> . また,  $(x, y, z)$  を引数として持つことにより,  $F$  は低次の多項式で表現できる<sup>2)</sup> .

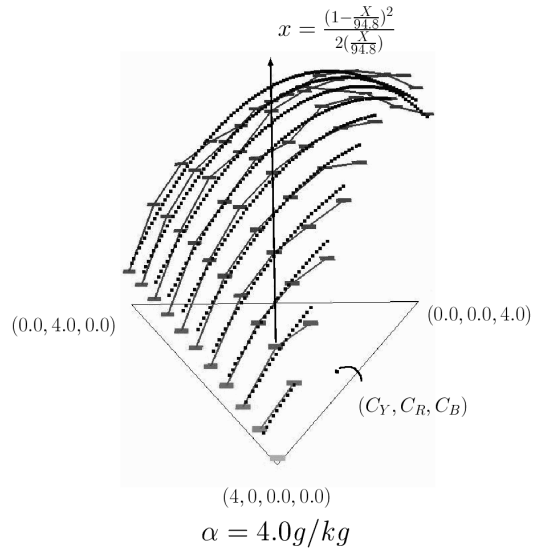


図 2  $F$  による変数  $x$  の平滑化  
Fig. 2 Data smoothing with the recipe function  $F$ .

図 2 の破線は, 最小 2 乗法で求めた関数  $F$  で平滑化した  $\alpha = 4.0g/kg$  平面と  $x$  軸の関係を示している .

4. システム構成と処理の流れ, 補正アルゴリズムと実行結果

本システムは, 染料レサイブ計算算出  $F$  の処理部, 染料レサイブ補正アルゴリズム処理部, および表示部とからなる . ここでは, 染料レサイブ補正アルゴリズム処理部について述べる .

図 3 に処理の流れを示す . 本システムでは, まず, 目標繊維  $T$  が準備される . この目標繊維を分光光度計で測色して目標色の 3 刺激値  $(X_T, Y_T, Z_T)$  を取得し, 図 3 で示す Step 順で染料レサイブを求め, 補正する . 以下に各々の Step について述べる .

<Step1> この目標色  $(X_T, Y_T, Z_T)$  から式 (3) に従い, 関数  $F$  により目標染色の 1 次レサイブ  $(C_{YT}, C_{RT}, C_{BT})$  を算出する .

<Step2> 次に, 実際に目標繊維を 1 次レサイブ  $(C_{YT}, C_{RT}, C_{BT})$  で染色し ( 試し染め ), 試し染め繊維  $S$  を得る .

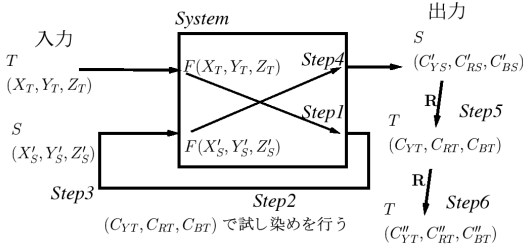


図3 システムの処理の流れ  
Fig. 3 The flow of our system.

<Step3> その後、この試し染め繊維  $S$  を分光光度計で測色して 3 刺激値として試し染めの色  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  を取得する。前述の環境条件が存在するため、通常、 $(X'_S, Y'_S, Z'_S) \neq (X_T, Y_T, Z_T)$  である。

<Step4> Step2 で求めた  $(C_{YT}, C_{RT}, C_{BT})$  で試し染めた繊維を測色して得られる  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  を関数  $F$  へ入力し、 $(C'_{YS}, C'_{RS}, C'_{BS})$  を得る。

<Step5> 次に、 $(C_{YT}, C_{RT}, C_{BT})$  と  $(C'_{YS}, C'_{RS}, C'_{BS})$  との比較を行う。両者の差異を式 (6) の  $R$  とする。

$$R = ((C_{YT}, C_{RT}, C_{BT}), (C'_{YS}, C'_{RS}, C'_{BS})). \quad (6)$$

ここで、この  $R$  は、それぞれ同じ色  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  に対応する現実の世界の染料レサイブと染色データベースの染料レサイブとの差異である。

<Step6> 最後に、この差異  $R$  に基づいて 1 次染料レサイブ  $(C_{YT}, C_{RT}, C_{BT})$  を補正して、補正済目標染料レサイブ  $(C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT})$  を求める。この補正済目標染料レサイブ  $(C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT})$  が現実の世界で目標繊維  $T$  を目標色に染色する染料レサイブとなる。

$R$  を差により求めた場合は、式 (7) となり、

$$\begin{aligned} R &= (R_Y, R_R, R_B) \\ &= (C_{YT}, C_{RT}, C_{BT}) - (C'_{YS}, C'_{RS}, C'_{BS}). \end{aligned} \quad (7)$$

$R$  を  $(C_Y, C_R, C_B)$  に反映して、補正済目標染色レサイブは式 (8) となる。

$$(C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT}) = (C_{YT}, C_{RT}, C_{BT}) + R. \quad (8)$$

$R$  を率により求めた場合は、式 (9) となり、

$$\begin{aligned} R &= (R_Y, R_R, R_B) \\ &= (C_{YT}/C'_{YS}, C_{RT}/C'_{RS}, C_{BT}/C'_{BS}). \end{aligned} \quad (9)$$

同様に、補正済目標染料レサイブは式 (10) となる。

$$\begin{aligned} (C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT}) \\ = (C_{YT}R_Y, C_{RT}R_R, C_{BT}R_B). \end{aligned} \quad (10)$$

次に、実際の数値例を示す。

例

- 入力目標色  $(X_T, Y_T, Z_T)$  :  
(14.5220, 13.3240, 7.7430)
- 1 次レサイブ  $(C_Y, C_R, C_B)$  :  
(2.0006, 1.5541, 0.5222)
- 試し染め後  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  を測色 :  
(16.2020, 14.2040, 8.3170)
- データベース内でのレサイブ  $(C'_{YS}, C'_{RS}, C'_{BS})$  :  
(1.7915, 1.6379, 0.4067)
- 差異  $R$ (差) :  
(0.2165, -0.0699, 0.1173)
- 差異  $R$ (率) :  
(1.1209, 0.9573, 1.2884)
- 補正済目標レサイブ  $(C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT})$  (差) :  
(2.2171, 1.4842, 0.6395)
- 補正済目標レサイブ  $(C''_{YT}, C''_{RT}, C''_{BT})$  (率) :  
(2.2424, 1.4878, 0.6728)

この処理過程、すなわち、目標色と  $(X_T, Y_T, Z_T)$  と、求めたレサイブにより染色した繊維の色  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  とをカラーモニタで確認する必要がある。カラーモニタを使った確認方法については、次章で述べる。

## 5. 補正過程の表示

このシステムは、補正過程をカラーモニタで表示するマン-マシンインタフェースを持つ。画面表示の概観を図 4 に示す。

図 4 の領域 A は、染色データベースを視覚的にとらえるため、データを三角柱に並べて表示している。この三角柱は次のように作られる。染料の総和が  $\alpha$  となるデータを、同一  $\alpha$ -水平三角平面上に並べ、各  $\alpha$ -水平三角平面を  $\alpha$  の値に従って重ねていく (図 5)。染料レサイブの変化と色の変化との対応を視覚的に把握しやすくするため、このようにデータを 3 次元で整理した。

図 4 の領域 B は、上述の三角柱の中での、目標色と試し染めの色との位置関係を示している。まず、上記三角柱を色空間と考える。次に、この空間内での目標色の座標を  $T$ 、試し染めの色の座標を  $S$  とし、 $T$  を含む平面と  $S$  を含む平面を三角柱の底面に平行に作成する。そして、 $S$  を  $T$  の平面に射影した座標を  $S'$  とし (図 6)、この  $S'$  と  $T$  とをあわせて表示する (図 7)。この表示方法により、染料の割合をどのよう

実際は、ここで求めた 1 次レサイブの小数点第 2 桁までを使用する。

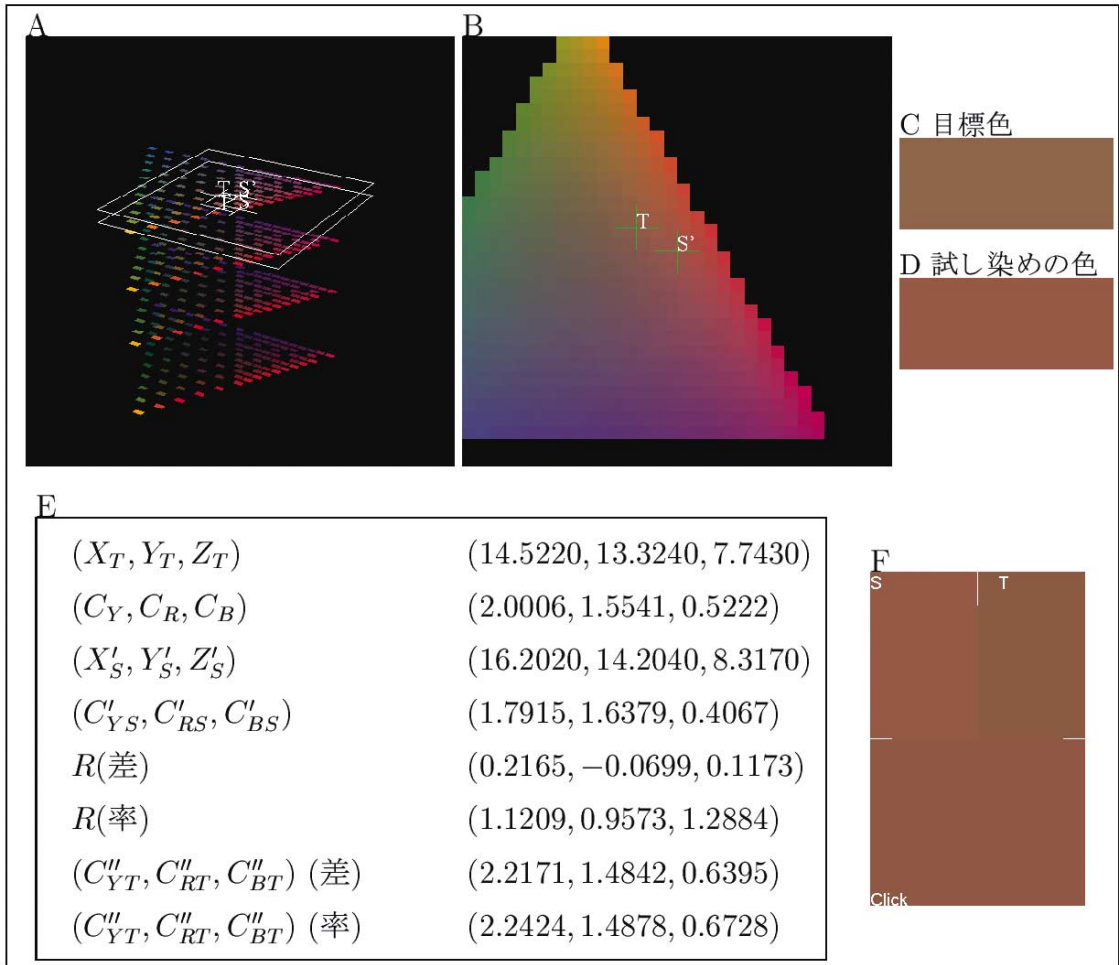


図 4 システムの画面表示の概観  
Fig. 4 The overview of our system.

に動かせば、試し染めの色が目標色に近付くか目視により把握できる。

図 4 の領域 C, 領域 D に、それぞれ、目標色と試し染めの色を表示する。これらの領域は画面上を自由に動かすことができ、作業者に適した位置関係で色を見比べることができる。

図 4 の領域 E に、前章で述べた計算過程を数値として表示する。

図 4 の領域 F には、領域 B の任意の色 (Click) と目標色 (T) および試し染めの色 (S) を並べて表示できる。このようにすれば、色を領域の境界に邪魔されず比較できる。

本システムのインターフェースは、コンピュータ内での処理過程の色情報を表示することであり、実際の布染色との比較ではない。つまり、カラーモニタ上で 2 つの色が同じであれば、現実の世界でも 2 つは同じ色

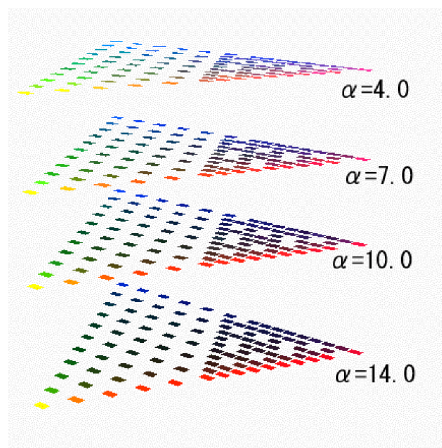


図 5  $\alpha$ -水平平面の表示  
Fig. 5  $\alpha$ -horizontal planes.

であるとする。すなわち、ここでは、カラーモニタの表示色と現実の繊維の色との違いは考えていない。

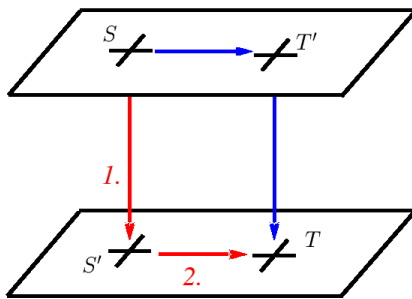


図 6 S を T 平面へ射影する  
Fig. 6 S was projected on the T-plane.

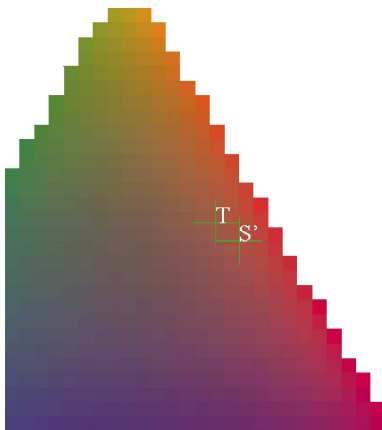


図 7 調整方向の可視化  
Fig. 7 Visualize adjusting way.

## 6. 評価

### 6.1 実際に染色した結果

目標色と染め上がった繊維との色差許容範囲に関して、現在、一般的に用いられている指標は CIE Lab 色彩空間における  $\Delta E$  である<sup>1)</sup>(付録参照)。

5つの試験用繊維について我々のシステムを用いて染料レサイブを実際に求め、その染料レサイブで染色を行った繊維を測色し、その  $\Delta E$  を比較した。それを表 2 にまとめる。試験繊維それぞれについて、目標色  $(X_T, Y_T, Z_T)$ 、試し染めの色  $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$  とその目標色との色差、補正後の色  $(X''_T, Y''_T, Z''_T)$  とその目標色との色差を示した。また、補正後の色差については  $R$  を差により求めた場合と、率により求めた場合の 2 つを表示している。

$\Delta E$  が 2.5 以内であれば、離間して判定した場合に、ほぼ目標色と同一の色と認めることができる<sup>2)</sup>。補正後の色差は、すべてこの許容範囲に収まっている。 $R$  (差) と  $R$  (率) については、双方にほとんど優位差は見られない。

### 6.2 染色データベースのデータ数

染色データベースを  $D$  とする。 $D$  のデータ数を  $|D|$  と表記し、関数  $F$  を次式で評価する。

表 3 データ数と誤差  
Table 3 Number of data and error.

データ数	$E_D^2(E_D^2(F_{412})$ を 1.0 とする.)	
412	1.0	
206	1.24	
156	1.31	

表 2 色差  
Table 2 Color-difference.

繊維番号 $(X_T, Y_T, Z_T)$	試し染め $\Delta E$ $(X'_S, Y'_S, Z'_S)$	補正後	
		$R$ を差により求めた $\Delta E$ $(X''_T, Y''_T, Z''_T)$	$R$ を率により求めた $\Delta E$ $(X''_T, Y''_T, Z''_T)$
繊維 1 (14.522, 13.324, 7.743)	4.624 (16.202, 14.204, 8.317)	1.393 (13.923, 12.633, 7.392)	0.821 (14.874, 13.556, 8.002)
繊維 2 (16.191, 15.380, 9.310)	4.595 (18.431, 16.808, 10.341)	1.014 (16.313, 15.353, 9.464)	2.273 (17.957, 16.960, 10.621)
繊維 3 (12.908, 11.449, 6.461)	5.344 (15.209, 12.867, 7.308)	1.787 (12.545, 10.897, 6.077)	1.559 (12.125, 10.645, 6.040)
繊維 4 (14.505, 13.226, 8.797)	4.308 (17.203, 15.262, 10.363)	1.613 (14.007, 12.562, 8.346)	1.836 (13.366, 12.078, 7.998)
繊維 5 (13.958, 13.286, 7.613)	5.047 (16.177, 14.689, 8.588)	1.567 (14.217, 13.299, 7.542)	1.054 (13.547, 12.781, 7.343)

$$E_D^2(F) = \sum_{i=1}^{|D|} \|(C_{Yi}, C_{Ri}, C_{Bi}) - F(x_i, y_i, z_i)\|^2 \quad (11)$$

これは、テスト用染色データベース  $D$  のデータの染色レサイブと関数  $F$  で計算される染色レサイブとの 2 乗誤差の合計である。  $E_D^2$  の値が小さいほど、関数  $F$  は染色データベース  $D$  に対して誤差が小さいと評価する。

染色データベースのデータ数と、関数  $F$  の誤差との関係を調べる。まず、テスト用染色データベース  $D$  を表 1 のデータベースに固定する。そして、  $F$  を求める染色データベースのデータ数を変化させることによりその誤差  $E_D^2$  を調べる。

データが 412 個のデータベースから作った関数を  $F_{412}$ 、データを 206 個に減らして作った関数を  $F_{206}$ 、156 個に減らして作った関数を  $F_{156}$  とする。

これら  $F_{412}$ 、 $F_{206}$ 、 $F_{156}$  について、その  $E_D^2$  を比較した。  $E_D^2(F_{412})$  を 1.0 とした、その割合を表 3 に示す。データ数を減らすと、関数の誤差は大きくなる事が確認できる。

## 7. おわりに

本稿では、繊維染色における染料レサイブ決定方法と、染料レサイブ決定支援システムを提案した。

提案した染料レサイブ決定方法を用いれば、作業者は、試し染めの際、  $F$  によって算出される染料レサイブでもって染色を行えばよく、その染料レサイブの決定や補正に何ら経験や助を必要としない。

また、染色データベースの論理構造を複数の平面で管理することから、データベースのサイズを文献 4) の手法に比較して約 1/4 に削減することが可能となった。

現在、このシステムは特許出願し<sup>7)</sup>、実際に製品に運用されている。

これまで、本稿では、目標繊維はたった 1 種類、染料の種類も黄、赤、青の基本染料だけであるとしていた。しかし、対象となる繊維は、綿、アクリル、ウールなど数多く存在し、繊維染色に用いられる染料も、黒色染料、灰色染料などの無形染料が存在する。各染色会社では、これらを組み合わせた数十種類にも及ぶ染色データベースを管理していることがあり、その管理方法と本システムとを組み合わせた効率的な利用方法についても今後の研究課題であり、引き続き研究を進めてゆく。

さらに、カラー表示に関する問題がある。本システムのインタフェースのカラー表示は、コンピュータ内

での処理過程の色情報を表示することであり、実際の繊維染色との比較ではない。物理的数値情報をコンピュータ内で処理した結果を表示することで十分実用に耐えることを確認したが、今後は実世界色情報との整合性の追求が課題として残されている。我々は、このカラーモニタについては、たとえば CRT モニタと現実の繊維の色との違いを補正する研究を進めている<sup>8)</sup>。

謝辞 本研究を進めるにあたり、深く議論に参加していただいた名古屋工業大学中村剛士助手に感謝します。

## 参考文献

- 1) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック、第 2 版、東京大学出版会 (1998)。
- 2) 日本色彩研究所：カラーマッチングの基礎と応用、日刊工業新聞社 (1991)。
- 3) 太田 登：色再現工学の基礎、コロナ社 (1997)。
- 4) 伊賀哲雄ほか：コンピューターカラーマッチング (平 5-27813)、特許広報 (B2)、pp.77-81 (1993)。
- 5) 玉江寛志ほか：コンピューターカラーマッチング方法 (特開平 9-229773)、公開特許広報 (A) (1997)。
- 6) G. ストラング：線形代数とその応用、p.431、産業図書 (1978)。
- 7) 木村吉宏、木村 滋、伊藤英則、水野隆文：繊維染色における染料レサイブ決定支援システム及び染料レサイブ決定支援方法、特願 2001-218693 (2001)。
- 8) 近藤裕嗣、水野隆文、中村剛士、伊藤英則：ニューラルネットワークを用いた CRT の色表示補正とその評価、第 62 回情報処理学会全国大会講演論文集、Vol.2、pp.183-184 (2001)。

## 付 録

### Lab 色差 $\Delta E^1$

2 つの XYZ 値の Lab 色差  $\Delta E$  を求める方法について述べる。

まず、目標色と目標色と比較したい繊維の色とを測色する。その XYZ 値をそれぞれ  $(X_T, Y_T, Z_T)$ 、 $(X_h, Y_h, Z_h)$  とする。まず、これらの XYZ 値を次式を用い CIELab 値に変換する。

$$\begin{aligned} L^* &= 116f\left(\frac{Y}{100.0}\right) - 16 \\ a^* &= 500\left\{f\left(\frac{X}{94.803}\right) - f\left(\frac{Y}{100.0}\right)\right\} \\ b^* &= 200\left\{f\left(\frac{Y}{100.0}\right) - f\left(\frac{Z}{107.329}\right)\right\} \\ f(A) &= \begin{cases} A^{\frac{1}{3}} & (A > 0.008856) \\ 7.787A + \frac{16}{116} & \text{others} \end{cases} \end{aligned}$$

計算された CIELab 値はそれぞれ  $(L_T, a_T, b_T)$ 、

$(L_h, a_h, b_h)$  とする．そして，次式で  $\Delta E$  が計算される．

$$\Delta E = \sqrt{(L_T - L_h)^2 + (a_T - a_h)^2 + (b_T - b_h)^2}$$

この数値  $\Delta E$  が小さいほど色差が小さいということになる．

(平成 13 年 9 月 14 日受付)

(平成 14 年 9 月 5 日採録)



水野 隆文 (学生会員)

2002 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士前期課程電気情報工学専攻修了．同年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程電気情報工学専攻に進学，現在に至る．



伊藤 英則 (正会員)

1974 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程電気・電子専攻満了．工学博士号取得．同年日本電信電話公社入社，横須賀研究所勤務．1985 年 (財) 新世代コンピュータ技術開発機構に出向．1989 年より名古屋工業大学教授．知能情報システム学科．これまでに数理言語理論とオートマトン，計算機ネットワーク通信 OS，知識ベースシステム，人工知能等の研究と開発に従事．人工知能学会，電子情報通信学会，日本ファジイ学会各会員．



木村 茲

1970 年慶應義塾大学商学部卒業．1971 年慶應義塾大学ビジネススクール卒業．染色加工における色彩管理の研究に従事．



木村 吉宏

1963 年名古屋工業大学工業化学科卒業．1964 年から 1965 年までスイス・チューリッヒ国立工科大学にて染色機構の研究に従事．