

# 染色布の変退色評価への画像解析システムの適用

## —固体粒子汚れの付着について—

後藤 純子

### 1. はじめに

染色布の変退色評価においては、測色計を用いて CIE  $L^*a^*b^*$  値を測定し、色差を算出する方法が一般的である。しかし、汚れが一部分に付着したことによって部分的に変色が起きている場合や、一部分に光が当たり続けたことによって部分的に退色が起きている場合など、測色可能な一定面積を有しない場合は、変退色した部分だけを測色することは困難である。また、染色状態や汚れの付着状態が均一でない場合、測色計では複数箇所での測定を行う必要がある。

近年、コンピュータの画像処理技術の発達により、広い分野で画像解析の手法が用いられるようになり<sup>1)~4)</sup>、染色布の色彩評価<sup>5), 6)</sup> や変退色評価<sup>7), 8)</sup>、布の洗浄<sup>9)~14)</sup>においても研究が進められるようになった。本研究では、染色布の変退色を画像解析を用いて評価することを試みた。まず、羊毛、絹、綿布を3種の天然染料（スオウ、コチニール、インド茜）で染色し、固体粒子汚れを付着させ、画像解析により染色布の変退色を評価した。その後、測色計で測定した CIE  $L^*a^*b^*$  値を用いて色差を算出し、画像解析データと比較検討した。

### 2. 実験

#### 2-1. 試料

試験布には、羊毛（JIS L 0803 試験用添付白布，色染社製モスリン）、絹（JIS L 0803 試験用添付白布，色染社製羽二重）、綿（JIS L 0803 試験用添付白布，色染社製金巾）を、60℃の湯（浴比 1 : 15）で10分間糊抜きをしてから実験に供した。綿布は染まりにくいいため、80~90℃の湯に15% o.w.f. の KLC-N（田中直染料店）を溶解した液中で30分間攪拌し、濃染処理を行ってから用いた。染料には、スオウ（田中直染料店スオウ液67）、コチニール（田中直染料店コチニール液 EX10）、インド茜（田中直染料店インド茜液22）を用いた。媒染剤にはミョウバン（田中直染料店）を、羊毛の媒染にはミョウバンに加えアニノール W（田中直染料店）も用いた。媒染後の洗浄には媒染用ソーピング剤（田中直染料店）を用いた。固体粒子汚れのモデルとしてカーボンブラックを用い、エタノール（和光純薬工業株式会社1級）に分散させたものを汚染液とした。

#### 2-2. 実験方法

##### 2-2-1. 染色

羊毛布は先媒染、絹及び綿布は後媒染で染色を行った。染色及び媒染の条件は表1に示すとおりである。

## 2-2-2. 固体粒子

### 汚れの付着（汚染）

カーボンブラック0.2gを500mlのエタノールに加えて攪拌し、超音波洗浄器（VELVO-CLEAR社製VS-70R）を用いて28MHzの超音波で20分間処理し、分散状態にした。5 cm ×10cm に

裁断した染色布5枚を汚染液に入れ、ターゴトメーター（Ueshima社製MS-1801）を用いて60rpmで3分間汚染した後、自然乾燥させた。未染色布についても同様に汚れを付着させた。

表1 染色及び媒染条件

		羊毛（先媒染）	絹・綿（後媒染）
染色	染料	スオウ、コチニール、インド茜 40% o. w. f.	
	浴比	1 : 50	
	温度	50～100℃	80～90℃
	時間	20分	30分
	洗い	60～70℃の湯	水
媒染	媒染剤	ミョウバン 5% o. w. f.	
	助剤	アニノールW 10% o. w. f.	—
	浴比	1 : 50	
	温度	90～100℃	20～30℃
	時間	45分	30分
	洗い	60～70℃の湯	水
	ソーピング	60～70℃の湯で10分	

## 2-2-3. 画像解析

画像の撮影は、遮蔽された25cm×34cm×35cmの亚克力ボックス内で、デジタルカメラ（Canon EOS 7D Mark II）を用いて30cmの高さから行った。照明はMacro LED Ring Flash RF550 Series（NEEWER社製）を用い、照度1320～2460lxとした。試料の撮影は、汚れ付着前の染色布と汚れ付着後の染色布を並べ、90°ずつ回転させた4種類の方向のものを撮影した。試料の撮影の際には、CIE L\*a\*b\*値が既知の24色のColor Checker（x-rite社製）を撮影し解析に用いた。デジタルカラー画像を用いて測色及び色差を算出するために、以下に示す方法で、撮影した画像の各画素のRGB値をCIE L\*a\*b\*値に変換した。

RGB表色系からCIE L\*a\*b\*表色系への変換には、式（1）～（3）に示す3つの重回帰モデル（1），（2），（3）を検討した。

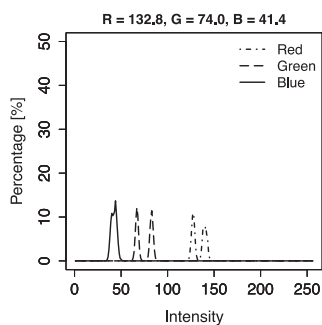
$$[L^* \ a^* \ b^*]^T = C_1 [R \ G \ B]^T \quad (1)$$

$$[L^* \ a^* \ b^*]^T = C_2 [R \ G \ B \ RG \ GB \ BR]^T \quad (2)$$

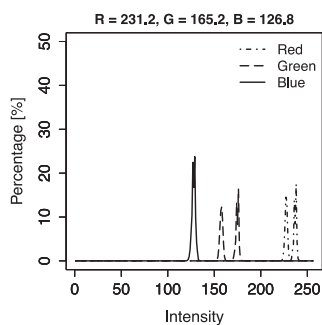
$$[L^* \ a^* \ b^*]^T = C_3 [R \ G \ B \ RG \ GB \ BR \ R^2 \ G^2 \ B^2]^T \quad (3)$$

ここで、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ は $3 \times 3$ 、 $3 \times 6$ 、 $3 \times 9$ の係数行列である。

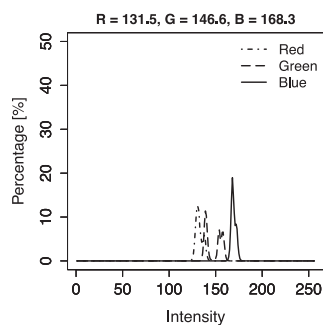
撮影した24色の色票のRGB値より、最小2乗法により係数行列 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ を決定した。まず、色票全体を撮影し、色票を含む長方形領域の対角線両端点座標から、各色票の領域を算出し、領域内の各画素についてRGB値を取得した。図1に24色の色票を90°毎に回転させて撮影した4枚の



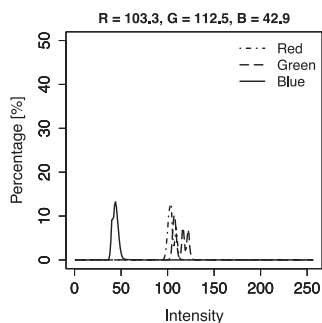
(1) Dark skin



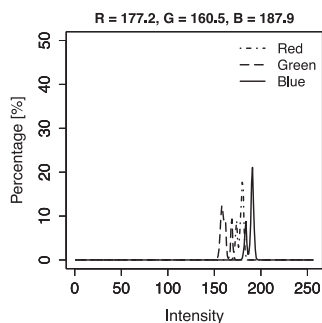
(2) Light skin



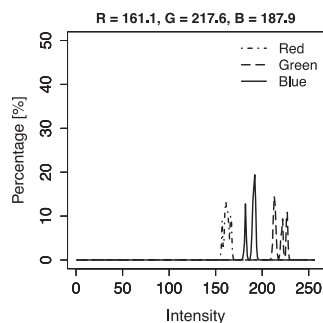
(3) Blue sky



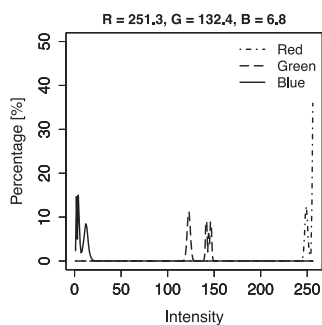
(4) Foliage



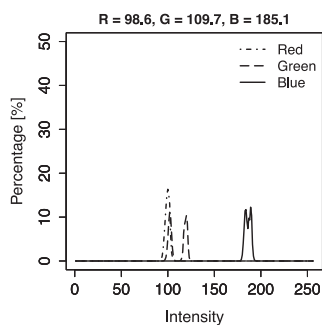
(5) Blue flower



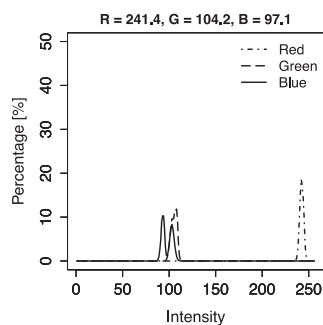
(6) Bluish green



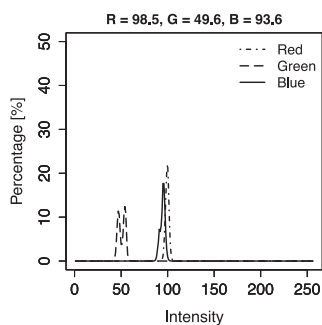
(7) Orange



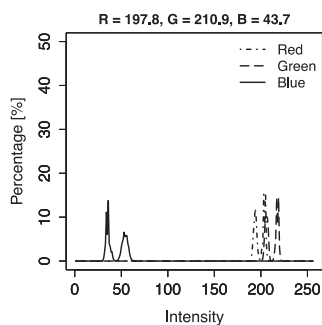
(8) Purplish blue



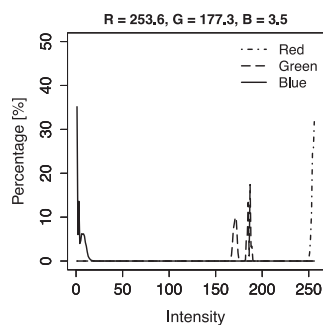
(9) Moderate red



(10) Purple



(11) Yellow green



(12) Orange yellow

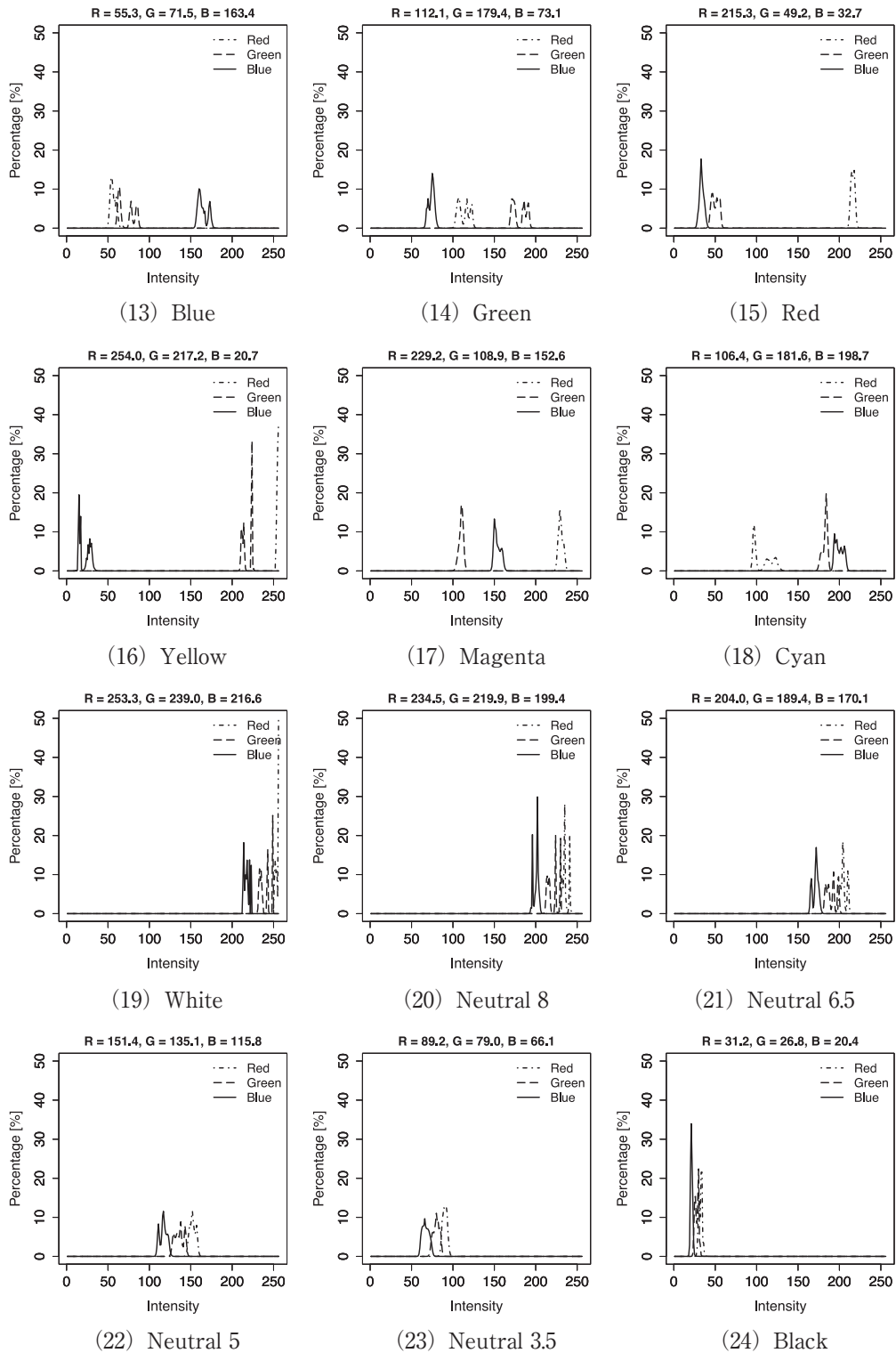


図1 各色票のRGB値の分布

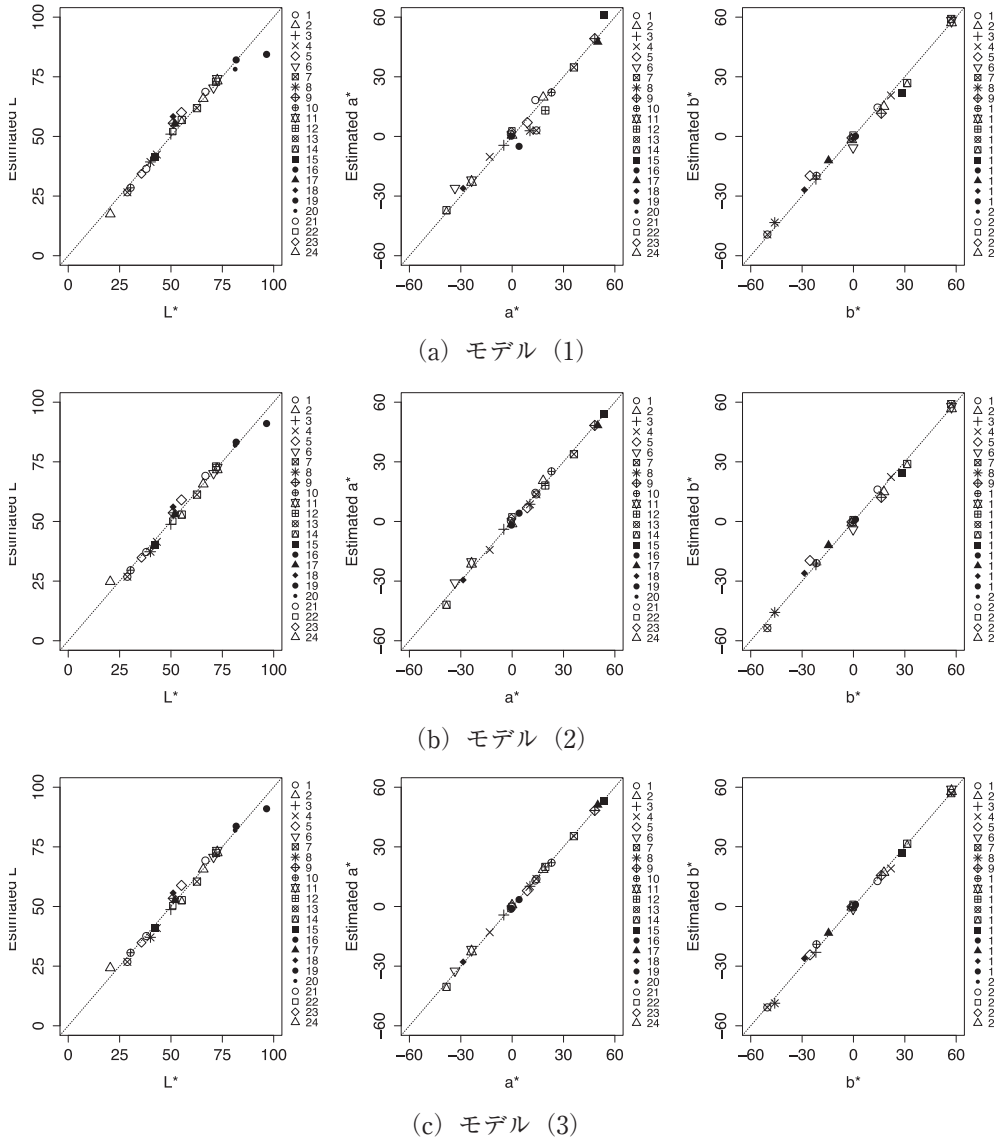


図2 色票の CIE  $L^*a^*b^*$  値と推定値

デジタルカラー画像から取得した RGB 値分布を示す。図 1 に示した数値は RGB 値の平均である。撮影面の照度分布により RGB 値の分布に複数のピークが存在することが確認できたため、色票を回転させることで照度分布の影響を抑制することにした。

色票を撮影した画像から、各色票の RGB 値平均を求めて式 (1) ～ (3) に代入し、推定した CIE  $L^*a^*b^*$  の値を図 2 に示す。図 2 の横軸は既知の値であり、縦軸に推定値をプロットした。モデル (1) の結果は、モデル (2)、モデル (3) の結果と比較すると誤差が大きいことがわかるが、モデル (2) とモデル (3) は大きな違いが見られない。モデル (3) の場合、モデル (2) と比較して 2 次の非線形項が多く、外挿する領域で推定値が急激に変化する可能性があるため、ここでは

モデル (2) を採用することにした。

#### 2-2-4. 測色

分光光度計 (Macbeth 社製 COLOR-EYE7000) を用いて、汚れ付着前後の染色布の測色を行った。測定条件は、表 2 に示すとおりである。測色はムラのある部分の影響をできるだけ少なくするために、表裏それぞれ 2 か所ずつ、2 つ折りにした状態で行った。

表 2 測色条件

視野	10°
標準光源	D65
背景	黒
波長	360～750nm
測定面積	0.5cm×1.0cm

#### 2-2-5. 色差の算出

画像解析及び分光光度計による測色で得られた CIE  $L^*a^*b^*$  値を用いて以下の式で色差  $\Delta E$  を算出した。

$$\Delta E = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

$\Delta L^*$  : 汚れ付着後の  $L^*$  - 汚れ付着前の  $L^*$

$\Delta a^*$  : 汚れ付着後の  $a^*$  - 汚れ付着前の  $a^*$

$\Delta b^*$  : 汚れ付着後の  $b^*$  - 汚れ付着前の  $b^*$

### 3. 結果及び考察

各染色布について、撮影した画像の領域内の各画素の RGB 値を CIE  $L^*a^*b^*$  値に変換した後、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ それぞれの平均値を算出した。

CIE  $L^*a^*b^*$  表色系において  $L^*$  値は明度を意味し、染色布の明るさを表しており、汚れが付着して染色布が黒っぽくなると数値が減少する。スオウ染色布の  $L^*$  値 (図 3) についてみると、羊毛は濃く染まっているため汚れ付着前後で  $L^*$  値の変化はあまり見られないが、綿は染色布自体の色が薄く汚れ付着後の色が濃くなっていることから  $L^*$  値の変化も大きいことがわかる。コチニール染色布の  $L^*$  値 (図 3) は、スオウ同様羊毛が濃く染まっているため、汚れが付着後の染色布がかなり黒っぽく見えるが  $L^*$  値はあまり変化がなく、絹及び綿の  $L^*$  値の変化は、スオウ染色布と同様の傾向が見られた。インド茜染色布の  $L^*$  値 (図 3) は、スオウ及びコチニールに比べ、染色布の色が明るいためどの繊維の場合も  $L^*$  値の変化が大きいといえる。

CIE  $L^*a^*b^*$  表色系において  $a^*$  値と  $b^*$  値は色相を表し、 $+a^*$  の方向は赤、 $-a^*$  の方向は緑、 $+b^*$  の方向は黄、 $-b^*$  の方向は青を示す。また、絶対値が大きいほど鮮やかで、0 に近づくほど彩度が低くくすんでいることを表している。各染色布の画像解析から得たデータを、横軸を  $a^*$ 、縦軸を  $b^*$  としてプロットして、汚れ付着前後の色変化を考察した。図 4 より、スオウ染色布では、羊毛、絹、綿布全ての繊維において汚れを付着させたことにより  $a^*$  値、 $b^*$  値ともに低下した。つまり、汚れを付着させたことにより、彩度が低下し色がくすんだことがわかる。前述したように汚れを付着することによって染色布が黒っぽくなっていると同時に、くすみも増加しているこ

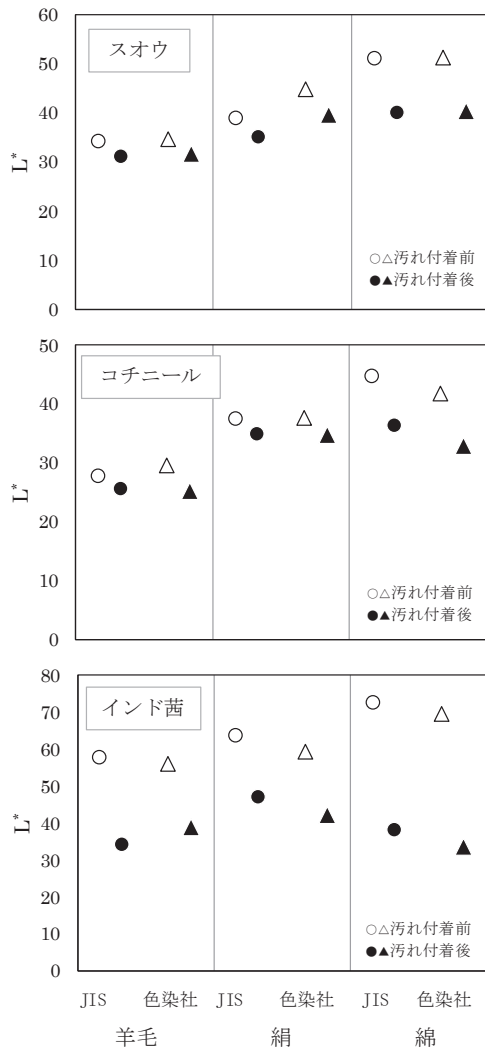


図3 各染色布の汚れ付着前後のL\*値

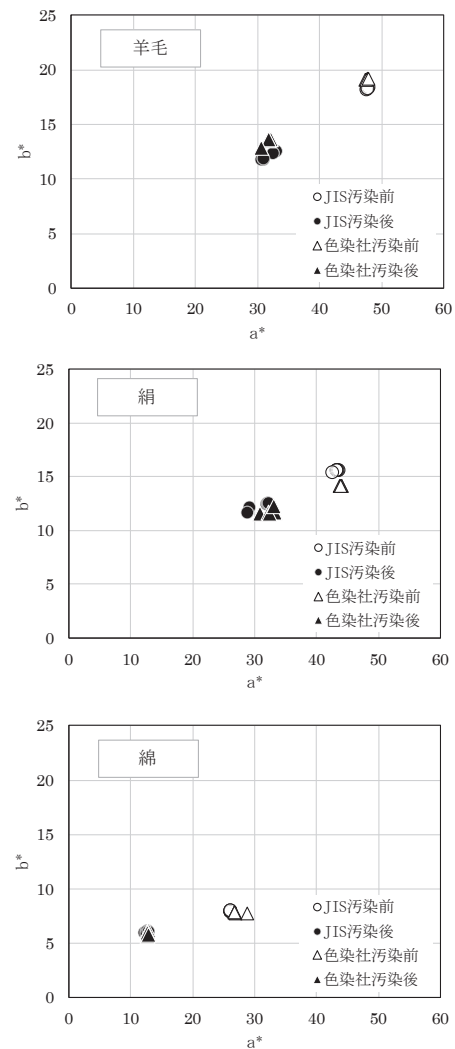


図4 スオウ染色布の汚染前後のa\*値及びb\*値

とがわかる。同様にコチニール染色布のa\*値、b\*値(図5)より、羊毛はa\*値、b\*値ともに減少しているが、b\*値の減少はスオウ染色布に比べてわずかであることがわかる。絹はa\*値が減少し赤色がくすんでいるが、b\*値はマイナス領域でわずかに上昇しており、青味が減少したことがわかる。綿については、a\*値は減少したが、b\*値はほとんど変わらなかった。つまり、赤色がくすんだことがわかる。コチニール染色布について、羊毛は汚れの付着によってかなり黒っぽくなって色もくすんでいるが、絹及び綿に関しては色味と変化の傾向が似ており、a\*値及びb\*値の変化の傾向とよく一致している。インド茜染色布(図6)については、羊毛、絹、綿のa\*値がどれもスオウ及びコチニールに比べ大きく減少し、かなり0に近づいていることがわかる。インド茜染色布は、前述したようにL\*値の低下もスオウ及びコチニール染色布に比べて大きく、これは染色布の色が薄いために、付着した汚れの影響が大きく反映されたものと考えられる。

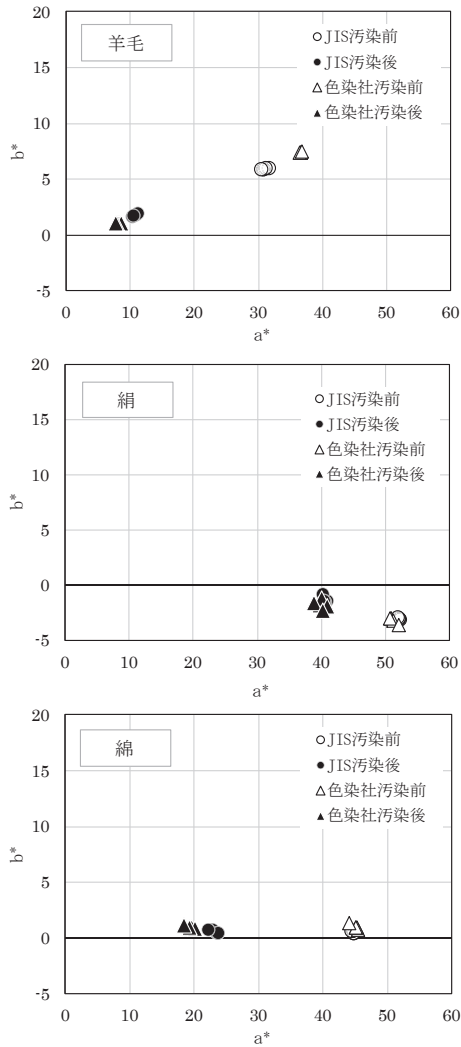


図5 コチニール染色布の汚染前後の  $a^*$  値及び  $b^*$  値

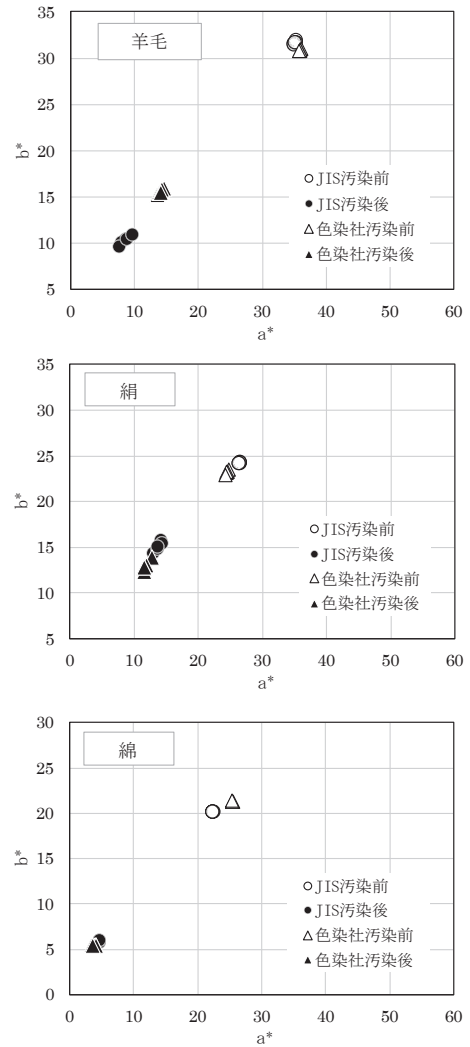


図6 インド茜染色布の汚染前後の  $a^*$  値及び  $b^*$  値

以上の画像解析による  $L^*a^*b^*$  値から算出した色差と、分光光度計を用いて測色した  $L^*a^*b^*$  値から算出した色差を比較すると（図7）、すべての染色布において同様の傾向を示したが、染色布の濃淡やムラがある場合は、測色による色差データが小さくなる傾向であった。画像解析は  $5\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  の染色布のできるだけ広い範囲で行うことが可能であるが、分光光度計による測色は、 $0.5\text{ cm} \times 1.0\text{ cm}$  を4か所測って平均値をとっているため、測

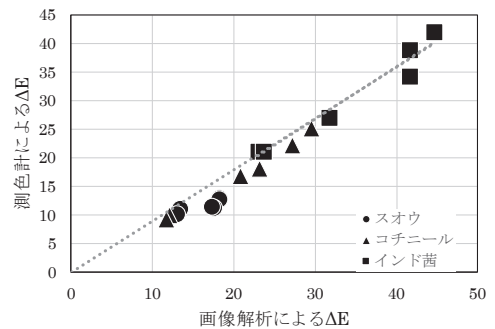


図7 画像解析と測色計による  $\Delta E$  の相関

定する部分による誤差が色差に大きく影響する。染色布の変退色においては、人間の見た目（目視）との相関が重要であると考えられるため、広い範囲で解析が行える画像解析の手法が有効であることが示唆された。

染織品の保存の観点から考えると、染色布に変退色を及ぼす要因としての汚れは、タンパク質汚れや皮脂汚れの影響が大きいと推察されるため、さらに汚れの種類を増やして検討することが求められる。また、汚れの付着が染織品の劣化に及ぼす影響についても検討していきたい。

#### 4. おわりに

羊毛、絹、綿布を3種の天然染料（スオウ、コチニール、インド茜）で染色し、固体粒子汚れを付着させ、画像解析により染色布の変退色を評価した。その後、測色計で測定したCIE  $L^*a^*b^*$  値を用いて色差を算出し、画像解析データと比較検討した。

その結果、スオウ、コチニール、インド茜ともに、汚れを付着させる前と後の染色布の画像解析から得られた $L^*a^*b^*$  値は、目視で画像を確認して得られる情報とほぼ同様の傾向を示すことが分かった。また、分光光度計を用いて測色した場合の色差と比較すると、ほぼ同様の傾向であったが、測定面積の大きさの違いが色差に影響を及ぼすことも推測され、目視に近い情報を得るには、染色布の広い範囲で解析が行える画像解析の手法を用いることが有効であることが分かった。今後は、さらに汚れの種類を変えた場合についても検討していきたい。

#### 謝辞

本研究を行うに当たり、画像解析についてご協力いただきました、共立女子大学家政学部被服学科 古川貴雄教授に感謝の意を表します。

#### 参考・引用文献

- 1) 田川由利香, 上田充夫, 平嶋恒亮, 政木康生: 画像処理装置を利用した着色物の二次元分光測色, 繊維学会誌, 47 (3), 155-160 (1991)
- 2) 浅野敏郎, 酒井薫, 田口哲夫, 田中勲夫, 佐藤長光, 高木幹雄: 画像処理を用いた染色浸透探傷試験評価方法の開発, 非破壊検査, 48 (12), 824-829 (1999)
- 3) 近藤桂司: 都市景観の色彩分析 (4), 福山市立女子短期大学紀要, 28, 109-114 (2002)
- 4) 陳文彬: 画像解析による魚肉用トレイの洗浄効果に関する研究, 水産工学, 41 (3), 209-216 (2005)
- 5) 森俊夫, 小見山二郎: 画像解析による天然染料と合成染料で染めた綿染色布の色彩の違い, 日本家政学会誌, 62 (9), 605-610 (2011)
- 6) 森俊夫, 斎藤益美, 横田裕子, 浅海真弓: 透け布による色柄模様のみえの画像解析, 岐阜女子大学紀要, 46, 45-50 (2017)
- 7) 浅海真弓, 森俊夫, 遠藤善道, 杉浦愛子, 日下部信幸: 画像解析による色柄布の変退色の定量的評価, 繊維誌, 49 (7), 493-500 (2008)
- 8) 片渕奈美香, 生野晴美, 森俊夫, 谷田貝麻美子: 画像解析を用いた幕末・明治時代の着物地の耐光堅牢性の評価, 第66回日本家政学会研究発表要旨集 (2014)
- 9) 青柳宗郎, 峰岸裕: 画像解析による衿汚れの定量化, 表面科学, 9 (1), 90-93 (1988)
- 10) 宮崎亜弓, 大矢勝: パーソナルコンピュータを用いた画像処理による汚れの定量法, 繊維誌, 44 (7), 407-413

個人研究「染色布上の汚れの付着及び除去評価への画像解析システムの適用」

(2003)

- 11) 石川祐輔, 大矢勝, 重回帰分析を用いた画像情報処理システムによる洗浄性評価, 繊維消誌, 46 (6), 367-373 (2005)
- 12) 石川祐輔, 大矢勝, 画像処理による洗浄性評価への家庭用デジタルカメラの適用, 日本家政学会誌, 59 (5), 307-311 (2008)
- 13) 小島裕也, 大矢勝: 濃色基質上に付着した白色汚れの定量を可能とする画像アプリケーションの開発, 日本繊維製品消費科学学会, 55 (9), 670-676 (2014)
- 14) 森俊夫: 画像解析の応用による洗浄力評価, 洗濯の科学, 59 (2), 2-7 (2014)