

アボカド種子で染めた布の色彩的特徴

Color-specific Features of Fabrics Dyed with Avocado Seeds

浅海 真弓

ASANOMI Mayumi

要旨

アボカドの種子から色素を抽出した染色液を作製し、素材の異なる6種類の白布の染色を行った。それぞれの染色布の色彩的特徴を定量的に把握するために、画像解析の手法により色彩情報量を算出した。その結果、アボカド種子染色布の色相は黄みの橙～赤みの黄色の領域にあり、暖色系の色相に染まることがわかった。絹、羊毛、ナイロンのペプチド結合をもつ繊維で濃色に染まることが確認された。クエン酸と重曹による媒染を行い、重曹媒染の方が濃く染めることができたが、不均一な染まり方をしていることが推察された。これらの結果から、廃棄されるアボカド種子を用いた草木染めの教材としての可能性についても検討された。

キーワード：アボカド種子、草木染め、媒染、画像解析、色彩的特徴

1. はじめに

草木染めは、子どもたちが染めることを楽しみ自然の色に触れることのできる教材として以前から利用されてきた。その際、染料には身近な材料が使われることが多く、タマネギの皮や紅茶、よもぎ、コーヒー、カレー粉などを使った教材例が紹介されている^{1,2)}。また、子どもたちが学校の敷地内で染料となる落ち葉を採集して染色する体験学習の実践事例も報告されている³⁾。これらの染色体験は、児童生徒たちの身近なものに対する興味や関心を高める有益な機会であるといえる。さらに近年では、人々のエコへの関心が高まっており、柿の皮、ピーナッツの渋皮、醤油を絞った後の大豆など、食品をつくる過程で発生する廃棄物を使って染色した製品も開発されている⁴⁾。学校教育の場においても、廃棄される食品を利用した染色教材に関する研究が行われており⁵⁾、子どもたちの環境への関心をより一層高める効果が期待できる。

従前の研究において、廃棄される果物や野菜の外皮、身近な植物の花卉や葉を用いた染色を試み、画像解析により染色布の色彩情報を測定して、各布の色彩的特徴の把握や染色性の検討を行った⁶⁾。本研究においても同様に、家庭で容易に手に入れることができ、かつ廃棄されている新たな植物材料を使って染色を行うこととした。そこで、近年国内のスーパーなどでも見かけることが多くなったアボカドに着目した。1996年のアボカド輸入量は6455トンであったが、

2016 年には 73915 トンと激増しており⁷⁾、アボカドは日本人にとっても身近な食品になりつつあると考えられる。アボカドの調理後に廃棄される部分としては果皮と種子があるが、本研究では、保存のしやすい種子を用いることとした。そして、その染色布の色彩を定量的に評価することにより、アボカド種子が家庭科などでの染色教材として利用できるか検討するための基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 試料

色素の抽出に使用するアボカドの種子は、包丁で細かく刻んだ状態のもの（以下、刻み種子）とスライスした状態のもの（以下、スライス種子）を用意した。アボカドの種子を切ると、その断面が空気に触れて酸化し、次第に変色していく。細かく刻んで空気に触れる面積を増やした刻み種子では、色素抽出を行う前から変色した部分が多くみられる。一方、スライス種子では空気に触れる面積が少ないため、刻み種子と比べると色素抽出前の変色が抑えられた状態となる。

染色に用いる試験布は、綿、絹、羊毛、ポリエステル、ナイロン、ポリプロピレンの 6 種類の未加工白布とし、それぞれ 5cm×5cm のサイズにカットして使用した。

2.2 色素の抽出と染色

種子の切り方（酸化の程度）による染色布の色彩の違いや異なる媒染剤の染色性について検討するために、以下の (1) および (2) の方法で色素の抽出と染色を行った。

(1) 刻み種子染色布およびスライス種子染色布の作製

アボカドの刻み種子とスライス種子 22 g を、それぞれネットに入れた状態で純水 500mL の中に浸漬し、30 分間煮沸して色素を抽出した。なお、いずれも媒染剤は使用せず、無媒染とした。図 1 にスライス種子の色素抽出液の色の変化を一例として示した。図 1 (a) のように煮沸開始直後の抽出液は黄色であるが、時間が経過するにつれて (b) のように赤みを帯びた色相に変化する。刻み種子では煮沸開始直後からやや赤みを帯びた液色しているが、スライス種子の場合は、抽出の過程で純水中の酸素によって酸化・発色していくものと考えられる。

種子を取り出した染色液に、あらかじめ水に浸しておいた 6 種類の試験布を絞って入れ、30 分間煮沸染色した。染色布は水洗した後、室温で乾燥させた。

(2) クエン酸媒染布および重曹媒染布の作製

刻み種子を用いて染色液と同浴で媒染を行った。媒染剤は環境や安全に配慮し、かつ家庭でも入手のしやすいクエン酸と重曹を使用した。いずれも純水 500mL の中に 50 g を溶解し、酸性のクエン酸水溶液およびアルカリ性の重曹水溶液を作製した。これらの溶液を抽出液および染色液として使用し、その他は (1) と同様の条件・手順で、抽出、染色、水洗、乾燥させた。

2.3 画像の取り込み

2.2 (1) の手順で作製した刻み種子およびスライス種子の染色布をカラーキャナ（Canon, 9000Mark II）を用い、解像度 72dpi、色補正なしの条件で取り込みJPEGファイルとして保存した。取り込んだ画像をAdobe Photoshop CS2 で読み込み、布の中央付近から 57 × 57 ピクセル（2cm × 2cm）のサイズで切り取って画像解析に用いた。これらの画像を図 2 に示した。

また、2.2 (2) の手順で作製したクエン酸および重曹媒染布については、両者の色彩の違いをより詳細に把握するために、解像度 300dpiの条件で画像を取り込み、画像解析に用いる画像サイズを 236 × 236 ピクセル（2cm × 2cm）とした。その他の条件や手順は、無媒染の布と同様とした。画像解析に用いた媒染布の画像を図 3 に示した。

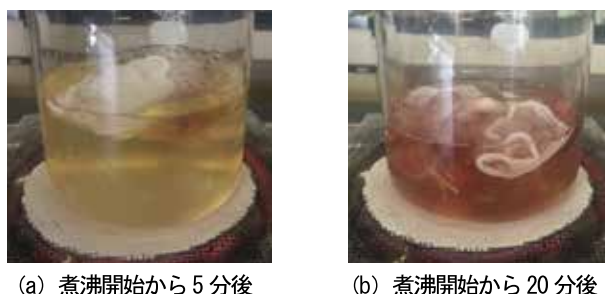
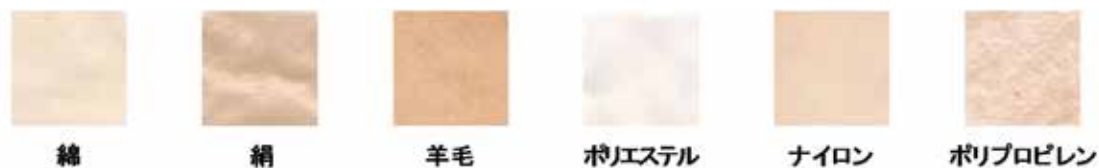
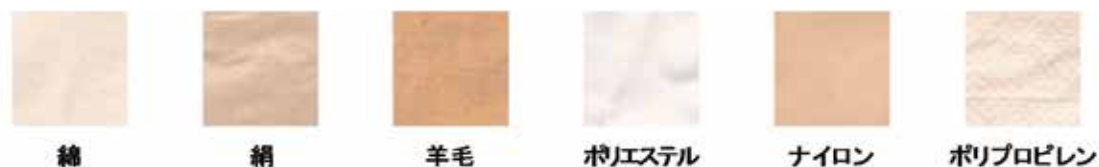


図 1 アボカドスライス種子の色素抽出液の色の変化



(a) 刻み種子

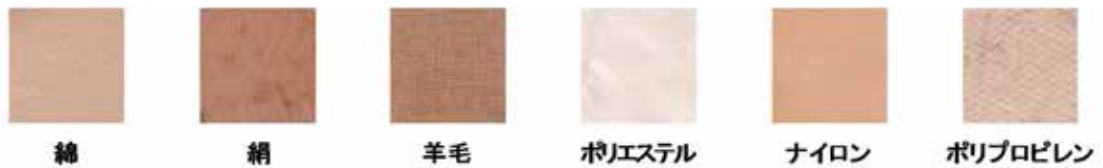


(b) スライス種子

図 2 刻み種子およびスライス種子染色布（無媒染）



(a) クエン酸媒染



(b) 重曹媒染

図 3 クエン酸媒染および重曹媒染した染色布 (刻み種子)

2.4 色彩情報の測定

スキャナから取り込まれたカラー画像は光の三原色であるsRGBの信号から構成されるので、色彩情報は画素ごとにRGBに分けて、それぞれR画像、G画像およびB画像の各濃度を二次元配列として 0 ～ 255 の 256 階調で保存されている。RGB表色系は物理的な取り扱いには便利であるものの、感覚的には不向きな表色系である。しかし、本研究では人の視知覚に基づいた表色系に変換して染色布の色彩を評価することが望ましいと考えられるので、明度、彩度、色相を表す表色系への変換を行った。

sRGBでは、RGB値を与えたときに画面が出す色とXYZ三刺激値の関係において、多くのディスプレイの γ 特性を考慮する。初めに、(1) 式により、0 から 255 までの整数値をとるRGB値を 255 で割って 0 ～ 1 の実数値とする⁸⁾。

$$\left. \begin{aligned} R' &= f(R/255) \\ G' &= f(G/255) \\ B' &= f(B/255) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) 式の右辺を $f(x)$ とすると、 x が 0.04045 以下のときは、 $f(x) = (1/12.92)x$ で、それ以外は $f(x) = \{(x+0.055)/1.055\}^{2.4}$ で定義される。

次に、(2) 式によってsRGB値からXYZ値へ変換する⁸⁾。ここでは、sRGB値がすべて 255 の白は標準光 D_{65} の光を完全拡散反射面に当てたときの物体色のXYZ三刺激値となっている。

$$\left. \begin{aligned} X &= 0.4124R' + 0.3576G' + 0.1805B' \\ Y &= 0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B' \\ Z &= 0.0193R' + 0.1192G' + 0.9505B' \end{aligned} \right\} (2)$$

さらに、(3) 式によりXYZ値から L^* 、 a^* 、 b^* を算出する⁸⁾。

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 & (Y/Y_n > 0.008856) \\ L^* &= 903.29 (Y/Y_n) & (Y/Y_n \leq 0.008856) \\ a^* &= 500 \{ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \} \\ b^* &= 200 \{ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \} \end{aligned} \right\} (3)$$

ここで、 L^* は明度指数、 a^* 、 b^* は知覚色度指数を表す。 X_n 、 Y_n 、 Z_n は完全拡散反射面のXYZ表色系における三刺激値で、 $Y_n = 100$ に基準化された照明光の三刺激値に等しい。ここでは照明光が D_{65} 光のときの2度視野XYZ系に関する $X_n = 95.045$ 、 $Y_n = 100$ 、 $Z_n = 108.892$ を用いる。

均等色空間の三つの座標軸に L^* 、 a^* 、 b^* を選んだとき、色の三属性である明度、彩度、色相に対応するメトリック明度 (L^*)、メトリッククロマ (C^*)、メトリック色相角 (h) は(4)式によって定義されている⁸⁾。

$$\left. \begin{aligned} L^* &= L^* \\ C^* &= (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \\ h &= \tan^{-1} (b^*/a^*) \end{aligned} \right\} (4)$$

(4) 式により、取り込んだ染色布の画像から各画素の L^* 、 C^* および h 値を求め、全画素の平均を、明度 (L^*) 平均、彩度 (C^*) 平均および色相角 (h) 平均として求めた。

3. 結果と考察

3.1 種子の切り方（酸化の程度）による比較

刻み種子とスライス種子から抽出した色素で染めた布に対し、画像解析により測定した明度 (L^*) 平均、彩度 (C^*) 平均および色相角 (h) 平均の値を表1に示した。絹布や羊毛布では、刻み種子で染めた場合もスライス種子で染めた場合も、ともに明るさを表す L^* 平均の値が低く、鮮やかさを示す C^* 平均の値が高いことから、他の試料に比べ濃色に染まったことがわかる。また、ナイロンでは、刻み種子とスライス種子染色布の L^* 、 C^* の平均値にやや差がみられるものの、羊毛、絹に次いで比較的良好に染まっている。一方、図2の染色布の画像から、ポリエステル布はほとんど染まっていないことが目視でも容易に確認できる。表1の L^* 平均が最も高く、 C^* 平均が極端に低いというポリエステルの結果は、染色布の色彩が無彩色に近い、つまり原布

(白布) の色からほとんど変化していないことを定量的に示している。一般的に草木染めは、毛・絹・ナイロンはよく染まり、綿・麻・レーヨン・キュブラのセルロース繊維は薄くしか染まらず、アセテート・ポリエステル・アクリルはまったく染まらないものが多い⁹⁾。アボカド種子による染色結果は、この傾向と概ね一致しており、絹、羊毛、ナイロンのペプチド結合をもつ繊維がアボカド種子の色素によく染まることを見出された。

表 1 アボカド刻み種子およびスライス種子から抽出した色素で染めた布のL*平均, C*平均, h平均 (無媒染)

	L*平均		C*平均		h平均	
	刻み種子	スライス種子	刻み種子	スライス種子	刻み種子	スライス種子
綿	90.8	91.4	13.4	10.1	77.1	70.9
絹	79.8	78.9	19.3	17.8	67.7	63.5
羊毛	78.2	73.0	28.3	32.0	66.0	62.2
ポリエステル	95.1	94.4	3.1	3.1	69.0	54.4
ナイロン	87.2	80.5	16.6	25.0	69.0	63.7
ポリプロピレン	86.8	91.1	15.5	10.2	64.6	67.7

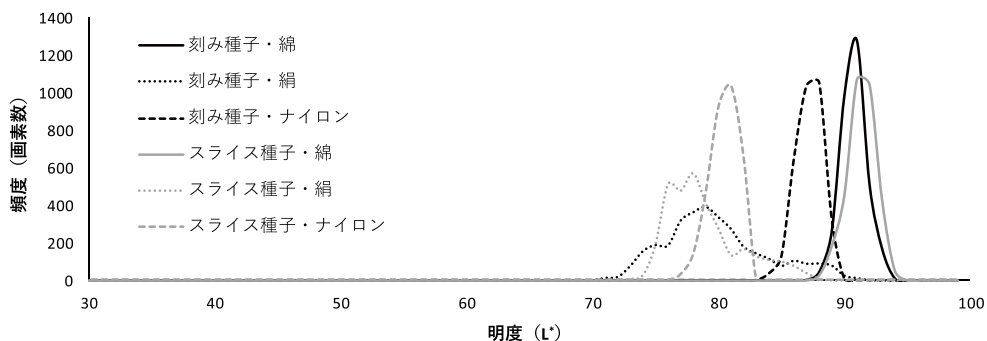


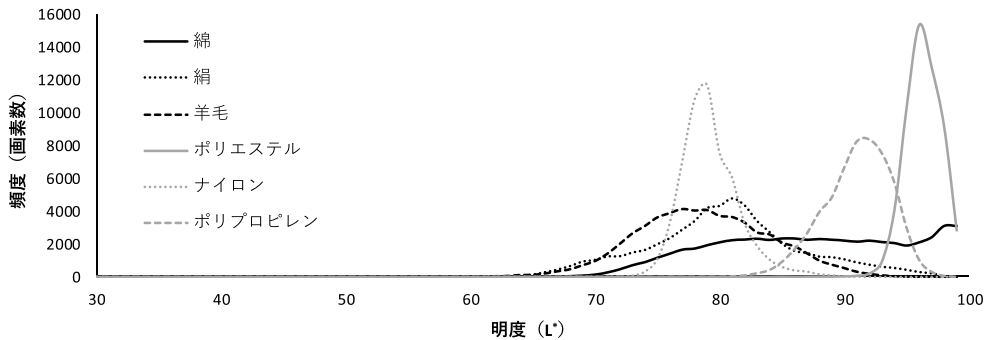
図 4 アボカド刻み種子およびスライス種子の色素で染めた綿布, 絹布, ナイロン布の明度 (L*) 分布 (無媒染)

h平均は、0° (赤) を基準とした角度で表され、例えば + 90° (黄), + 180° (緑), - 90° (青) となる。表 1 では、ほとんどの染色布のh平均が、60° ~ 80° の間にあり、アボカド種子から抽出した色素によって、黄みの橙~赤みの黄色付近の暖色系の色相に染められることが確認された。

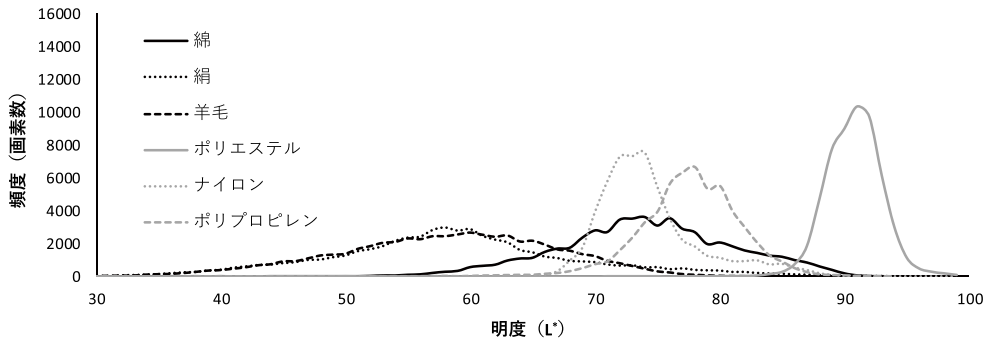
図 4 には一例として、綿布、絹布およびナイロン布について、画素ごとに測定したL*値の頻度分布を示した。ここでは、刻み種子染色布とスライス種子染色布の分布を比較して示しているが、両者の分布の位置や形態が大きく異なると、染色布の色彩の差が大きいことになる。綿および絹布では、刻み種子とスライス種子で分布の位置や形に大きな違いはみられない。一方、ナイロン布では、L*平均の値でも差が確認されたように、頻度分布においても刻み種子とスライス種子の分布の距離がやや離れていることがわかる。しかしながら、その形態は非常に類似

アボカド種子で染めた布の色彩的特徴

している。多くの染色布において、綿や絹のように刻み種子とスライス種子の L^* 分布は、ほぼ同じ位置に似た形で分布するものが多く、両者の明度に大きな違いはみられなかった。さらに、 C^* と h の分布についても L^* 分布と同様の傾向が確認されていることから、刻み種子から色素を抽出して染めた場合でもスライス種子を用いた場合であっても、染色された布の色彩に顕著な違いはなく、色素抽出開始時における種子の酸化度合いが染色結果に影響しないものと判断された。



(a) クエン酸媒染



(b) 重曹媒染

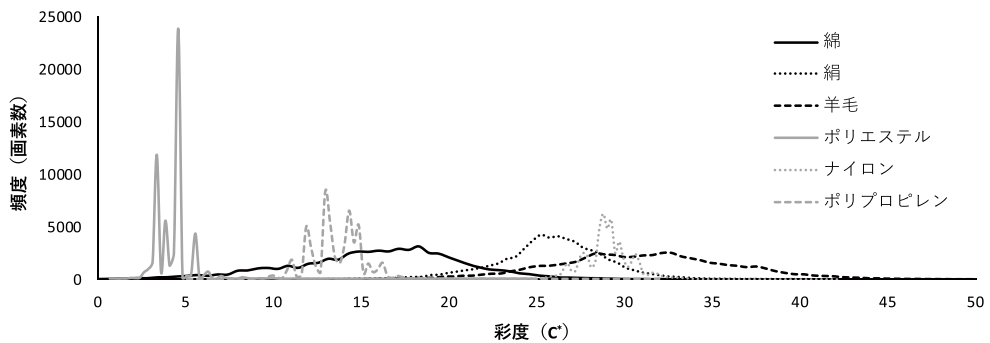
図5 アボカド刻み種子から抽出した色素で染めた媒染布の明度 (L^*) 分布

3.2 媒染剤による比較

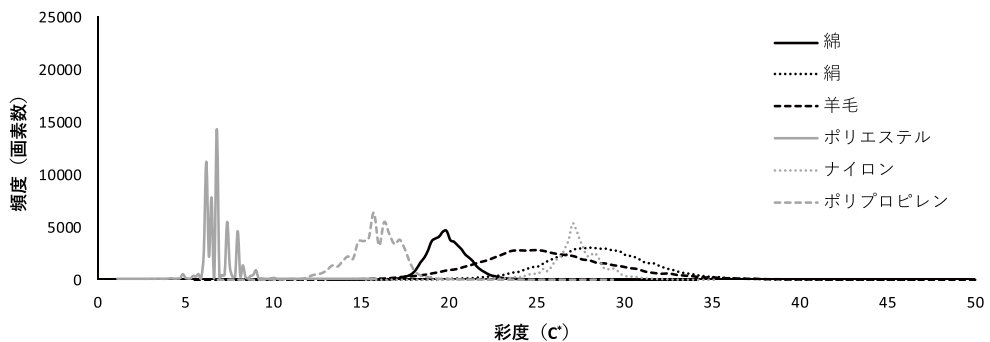
図5～図7には、刻み種子から抽出した色素で染色・媒染した6種類の布の色彩情報量 L^* 、 C^* および h の頻度分布を、媒染剤別に分けて示した。図5(a)のクエン酸媒染布の分布と(b)重曹媒染布の分布を比較すると、 L^* 分布のピークがいずれの繊維においても重曹で媒染した布の方が、低明度側に位置していることがわかる。また、図6に示した C^* 分布では、重曹媒染の分布のピークの方がクエン酸の分布よりも彩度が高い位置にある布が多くみられる。以上のこと

から、重曹媒染の方が、クエン酸媒染よりも濃く染めることができるといえる。とりわけ、低明度、高彩度に位置している絹、羊毛、ナイロンの染色布が濃色に染まったことが読み取れる。

図 7 の h 分布では、クエン酸媒染布の分布のピークが $60^\circ \sim 80^\circ$ 付近にあるのに対し、重曹媒染布の分布では、ほとんどが $40^\circ \sim 60^\circ$ 付近に集中して分布している。このことから、クエン酸媒染布は黄色寄りの色相に染まり、重曹媒染布ではクエン酸媒染布よりも 0° (赤) の方向に近づいた橙の色相に染まることがわかった。



(a) クエン酸媒染



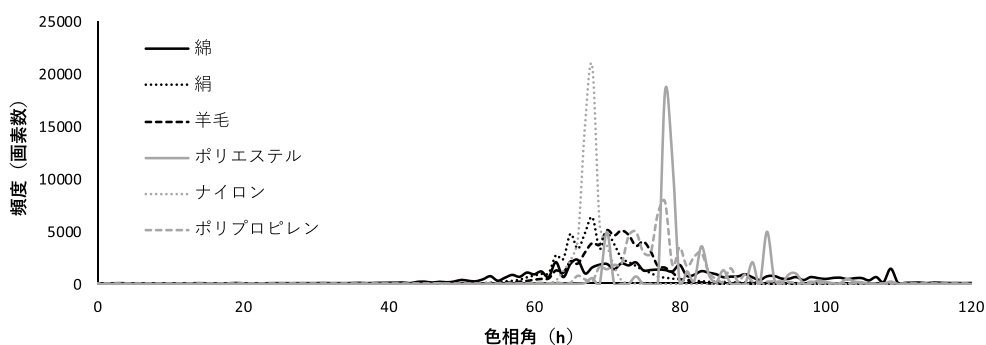
(b) 重曹媒染

図 6 アボカド刻み種子から抽出した色素で染めた媒染布の彩度 (C^*) 分布

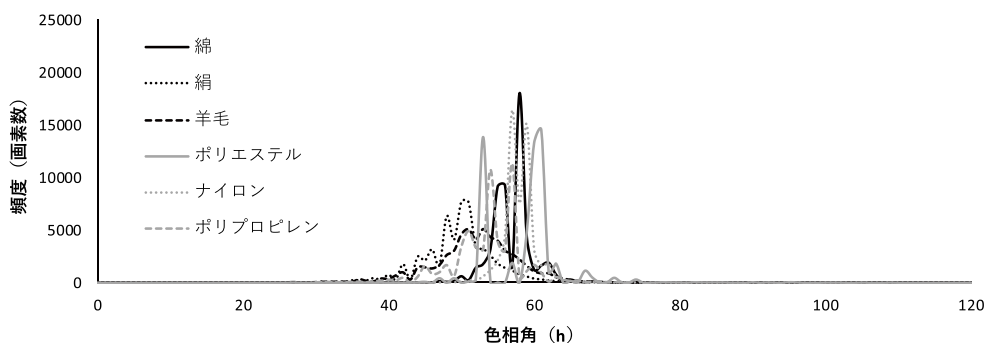
ここで、 L^* 分布のクエン酸媒染布の分布の形と重曹媒染布の形に着目してみると、重曹媒染布の方が幅広く分布している繊維が多いことが確認できる。特に、濃色に染色された絹や羊毛ではその傾向が顕著に現れている。幅広く分布しているということは、染色布の場所による明度の違いが大きく現れているということであるが、これは、重曹による媒染を行ったことで染色速度が増し、不均一な染まり方をしたものと推察できる。染色速度とは、染浴中の染料が繊維に取り込まれる早さのことであり、均染を得る指標として重視される¹⁰⁾。染色速度が早い染

アボカド種子で染めた布の色彩的特徴

料は、染色時間が短くて濃色に染まる利点があると同時に、むら染めを起こしやすい。逆に染色の遅い染料は、むら染めが起こりにくく、均一な染色効果が得られるが濃色には染まりにくい欠点がある¹¹⁾。むら染めは、色が一様に染色されないことをいうが、その原因としては、被染物の物性の不均一さによるものや、染液が均一に繊維に回らない、温度が不均一などの染色方法・工程の問題等、様々な原因が考えられる¹²⁾。本研究では、色素を抽出するときから媒染剤が加えられているため、染色液と同浴で媒染したことになる。煮沸染色した際、媒染剤の作用により染色のスピードが速くなり、結果的に不均一な染色状態になったのではないかと考えられる。今回生じたむら染めは、目視で容易に確認できるレベルではなかったが、色彩画像解析によってクエン酸と重曹の媒染剤による染色状態の違いが明らかとなった。



(a) クエン酸媒染



(b) 重曹媒染

図7 アボカド刻み種子から抽出した色素で染めた媒染布の色相角 (h) 分布

3.3 無媒染布と媒染布の比較

図4に示した刻み種子染色布の L^* 分布に着目し、図5の媒染布の頻度分布と比較して媒染の効果について検討した。図4での綿やナイロンの刻み種子による無媒染布の分布は、クエン

酸媒染布や重曹媒染布に比べ、分布のピークがはっきりと現れている。このことから、無媒染の染色布では媒染布で推測された不均一な染色状態がほとんど生じていないものと考えられる。また、分布の位置を比べても、布によって程度に差があるものの、無媒染より媒染した布においてピークが低明度側へとシフトしており、これらの繊維では媒染によって濃色に染まったといえる。無媒染布と媒染布では画像取り込み時に設定した解像度が違うため画像全体の画素数も大きく異なる。そのため、あくまでも参考とするが、媒染剤を使用することにより染色性が向上したものと考えられる。特に、重曹媒染で濃く染めることができ、無媒染やクエン酸媒染では薄くしか染まらなかった綿布やポリプロピレン布についてもある程度濃色に染まり、良好な染色性が確認された。

4. 結論

アボカドの種子から抽出した色素で素材の異なる布を染色し、それぞれの染色布の画像から画像解析によって色彩情報量を算出した。アボカド種子染色布の色彩的特徴を明らかにするため、 L^* 、 C^* および h の平均値や頻度分布から検討した結果、以下のような知見を得た。

- 1) 刻み種子とスライス種子の染色液で染めた布を比較したところ、 L^* 平均、 C^* 平均、 h 平均ともに顕著な差はみられなかった。絹布、羊毛布、ナイロン布では低明度、高彩度の測定結果が得られ、アボカドから抽出した色素はペプチド結合をもつ繊維で濃色に染まることが示唆された。また、いずれの布も、黄みの橙～黄色付近の色相に染まることが確認された。
- 2) クエン酸媒染布と重曹媒染布を比較すると、重曹媒染の方が濃色に染まり、綿やポリプロピレン布もある程度濃色に染めることが可能であった。 L^* 、 C^* 、 h の頻度分布から、重曹媒染布が幅広い分布を示しており、不均一な染色状態であることが推察された。これは、媒染によって染色速度が向上し、濃色に染めることができるが、一方でむら染めが生じやすいと解釈された。
- 3) アボカド種子を染料とした染色結果より、素材や媒染剤によっては濃色に染められることが確認され、廃棄される身近な植物素材を利用した新しい草木染め教材としての可能性が見出された。

本研究を遂行するにあたり、有益なご助言を賜りました岐阜女子大学の森俊夫氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 日下部信幸, 野田知子, 明楽英世, 佐野啓子, 増尾清, 首藤真弓:『図解 家庭科の実験・観察・実習指導集』, 開隆堂, pp.22-23 (2011)

アボカド種子で染めた布の色彩的特徴

- 2) 千葉県高等学校教育研究会家庭部会，家庭科教育推進委員会編：『あんころ～家庭科の授業案がころころ出てくる本～』，教育図書，p.43（2014）
- 3) 木村美智子，元越朝香：小学校で実践する草木染めの教材化に関する研究，茨城大学教育実践研究，30，pp.103-112（2011）
- 4) 艶金化学繊維株式会社，KURAKINのこり染，<http://www.kurakin.jp/nokoridye.html>（最終閲覧日 2017.9.7）
- 5) 山崎有規，川邊淳子：環境教育の視点から考える中学校家庭科における染色教材の検討～落花生の場合～，北海道教育大学紀要 教育科学編，64（1），pp.381-390（2013）
- 6) 浅海真弓，横田裕子，安永百香，森俊夫：エコカラー染色布の色彩特徴と紫外線防止，日本繊維製品消費科学会 2015 年年次大会・研究発表要旨，p.15（2015）
- 7) 財務省貿易統計「輸入統計品目番号 0804.40-010（アボカドー生鮮のもの）」，<http://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm>（最終閲覧日 2017.9.25）
- 8) 森俊夫：「第 2 章【高級感/上質感/本物感】の各調査，評価，測定方法 [1] 画像解析による色彩テクスチャの定量的評価」柳瀬徹夫，小川浩平，加藤圭介，他『新商品開発における [高級・上質・本物] 感を付与・演出する技術』，技術情報協会，pp.43-54（2012）
- 9) 日下部信幸，石井克枝，工藤夫美子，青木香保里，杉浦愛子，高野淑子，竝川幸子，野中美津枝：『新 図解 家庭科の実験・観察・実習指導集』，開隆堂，p.78（2008）
- 10) 日本学術振興会繊維高分子機能加工第 120 委員会編：『染色加工の事典』，朝倉書店，p.210（1999）
- 11) 矢部章彦，林雅子：『新版 染色概説』，光生館，pp.77-79（1979）
- 12) 前掲 10)，p.374