

色彩学とデザインの体験的学習に関する研究 第5報： 三原色顔料絵具の開発について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-01-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 森, 優子, 小林, 政司, 畚野, 由佳理 メールアドレス: 所属:
URL	https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/4502

色彩学とデザインの体験的学習に関する研究 第5報 —三原色顔料絵具の開発について—

学芸学部 化粧ファッション学科 森 優子
学芸学部 化粧ファッション学科 小林 政司
人間科学研究科 化粧ファッション学専攻 畚野 由佳理

要旨：本稿は、色彩学における混色理論の教育効果について考察する実践研究の第5報である。第2報では、絵具の混色による演習を取り上げ、第3報では、食用色素を用いた教材の開発を行い三原色に近似した食用色素溶液の色素濃度を導いた。第4報では、第3報で得た結果をもとに三原色絵具を作り教材として検証した。本稿では、これまでの研究結果をもとに、発色性の観点から、顔料絵具について考察する。ここでは基本成分として画溶液展色剤のアクリルエマルジョンと二酸化チタン（白色顔料）を用い、組成が異なる数種類の三原色絵具を試作した。各絵具を使用して色相環を作成し、分光測色計により測色して、彩度、発色、不透明度のバランスなど、最適条件を探った。さらに、顕微鏡によって顔料の分散状態を確認した。得られた結論は次のとおりである。今回の顔料系絵具では既報で試作した染料系絵具に比し透過性が乏しく着色した用紙による反射を損ねるため、絵具の発色を高めるには白色顔料の配合によりそれを補うことが必要である。しかし、白色顔料の配合は、色の明度を上昇させると同時に純度を損ねるため、その配合量の見極めが重要となる。

キーワード：色彩教育、混色演習、顔料、三原色、絵具

1. はじめに

本稿は色彩学における混色理論の理解を目的とした体験的学習のための実践研究の第5報である¹⁴。第2報では、三原色絵具による色相環作成教材を用いて、混色結果を測色することによって、その妥当性を検討した。また、第4報では、染料を用いた絵具を試作した。ここでは、発色性と不透明度のバランスが重要であることが明らかとなった。本稿では、第2報の三原色絵具の研究から得た結果と、第4報の染料系絵具の試作から得た結果から、さらに最適な三原色絵具の条件を探る。染料系絵具の混色結果は、透過性は良好であったが、発色性の面は良いとは判断できなかった。そのため、本研究では、発色性が高いなど諸条件が優れた絵具の作成を目的として、着色成分として顔料を用いる。まず、展色剤にアクリルエマルジョンを選択し、顔料との適切な濃度を探る。顔料の濃度が高くなると、明度が低下することが予測される。そこで、透過性の抑制と明度の向上をはかるため、酸化チタン（白色顔料）を加える。適切な三原色絵具として利用するためには、透過性と発色のバランスを見極める必要がある。そのために、それぞれ条件が異なる絵具を準備

し、三原色による色相環を作成し、測色によって彩度を確認する。さらに、光学顕微鏡（OLIMPUS BX60）を用いて白色顔料である酸化チタンと三原色顔料の分散の状況を確認し、これまでの研究結果と顔料を用いた混色と三原色理解に適した絵具の開発を試みる。

2. 絵具の作成

2.1. 使用顔料

本研究で使用する三原色絵具の着色成分には顔料を用いるが、一般的なプロセスインキのCMYKは、日本のオフセット枚葉印刷における印刷色の標準である「ISO 準拠 ジャパンカラー枚葉印刷用 2011 (Japan Color 2011)」に準拠している。本稿では、プロセス印刷用インキに採用される有機顔料のフタロシアニン系顔料とアゾ系顔料を用いる。

2.1.1. シアン (cyan, C)

原色シアン（青緑）として、C.I. Pigment Blue 15:3、フタロシアニンブルー（ β 型, NC), CI 74160, Cas No. 147-14-8を用いる。(Holbein)

2.1.2. マゼンタ (magenta, M)

原色マゼンタ（赤紫）として、C.I. Pigment Red 122,

キナクリドンマゼンタ，CI 73915，Cas No. 980-26-7を用いる。(Kusakabe)

2.1.3. イエロー (yellow, Y)

原色イエロー (黄)として、C.I. Pigment Yellow 14, ジスアゾイエロー，CI 21095，Cas No. 5468-75-7を用いる。(Kusakabe)

2.1.4. 白色顔料 (white, W)

絵具の作成において、透過性の抑制と明度の向上、また色調、彩度の調整を目的として添加する白色顔料としてC.I. Pigment White 6, 酸化チタン(IV) (titanium (IV) oxide), CI 7891, Cas No. 13463-67-7を用いた。この顔料は優れた白色度や隠蔽力、着色力、化学的に極めて高い安定性などの特色を持つとされる。酸化チタンは、白色絵具としても一般的に使用されているものだが、酸化チタンを加えることによって絵具の粘性を制御し、ケント紙等の下地の隠蔽力向上が期待できる。ただし、酸化チタンを用いると絵具の透明度、鮮明性は低下すると考えられる。

なお一部の試作では、同顔料を含有する市販白色アクリル絵具「チタニウム ホワイト」(Liquitex Soft type, bonnyColArt Co., Ltd.)を用いている。

2.2. 顔料粒子の観察

各色の顔料粒子を光学顕微鏡で観察した結果を図1に示した。いずれの顔料も直径1 μm程度の球塊状であり、図2に示す普通紙上にレーザーコピー機で付与された顔料(トナー)に比し、十分に小さい。また、ある程度の透過性を有することが観察された。

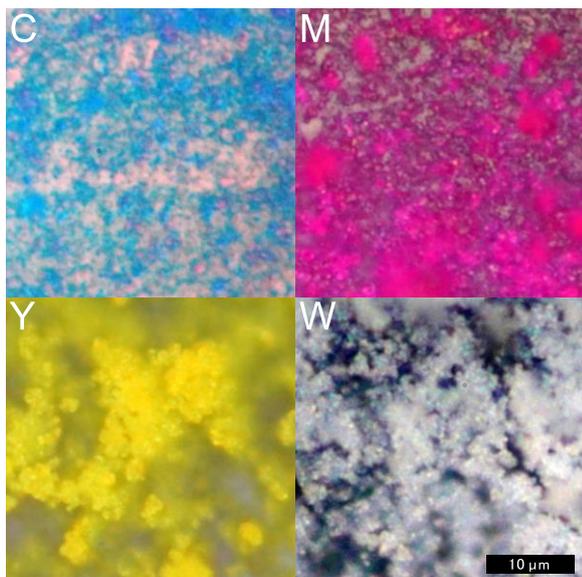


図1 各色の顔料粒子

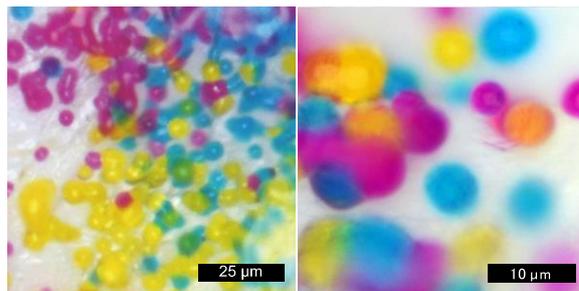


図2 普通紙上のレーザーコピー顔料

2.3. 固着成分

先述のように着色成分には画材として入手できる顔料を用いるが、使用する絵具の固着成分には、画溶液展色剤として、顔料の練り合わせ剤として用いられるアクリルエマルションを用いる。

その他、展色剤としては、合成樹脂の一種で、接着剤やバインダー、洗濯のりや増粘剤としても利用されるPVA (Polyvinyl Alcohol, (CH₂CHOH-)_n)を検討した。これには親水性がきわめて強く、水に可溶という特徴があるものの、第4報の結果から、絵具の塗布操作性の面からは不適であったため、本稿では対象から除外する。

2.4. 比較対象としての市販三原色絵具

作成する三原色絵具の比較対象として、既存の市販三原色絵具である耐水性絵具「三原色カラー」(Acrylic Color, Turner Colour Works, Ltd.)および「三原色セット」(Holbein Works, Ltd.)を用いる。

3. 各種絵具の作成および混色と測色結果

比較対象となる市販三原色絵具および各種条件で作成した三原色絵具の混色によって、ケント紙上に12色相環を作成し、分光測色計(KONICA MINOLTA CM-2600d)によって計測し、結果をL*a*b*色空間上にプロットし、比較する。

3.1. 市販三原色絵具

3.1.1. 「三原色カラー」(Turner)

ターナー色彩株式会社製の耐水性絵具「三原色カラー」(Acrylic Color)は、修正マンセル色票系に基づいた色のにごりや光の乱反射が少ない高純度の透明な顔料が使用され、三原色理解のための教材として市販されている。同絵具の表示や説明書等に顔料C. I. Nameの記載はないが、シアンが3PB 4.2/12、マゼンタが8RP 3.8/13、イエローが7Y 8.8/14としてマンセル値が記されている。

この三原色絵具による色相環は、ややムラになりやすかったが、発色の面では良好であった。この「三原色カラー」によって作成した色相環が図3である。測色結果は図4のとおりである。白枠はJapan Colorの色空間である。

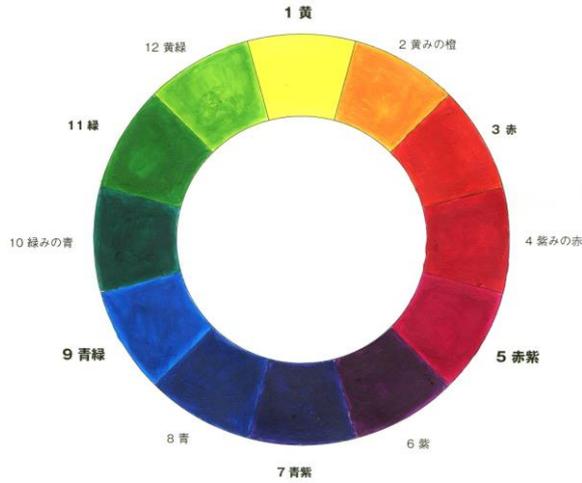


図3 「三原色カラー」(Turner)の色相環

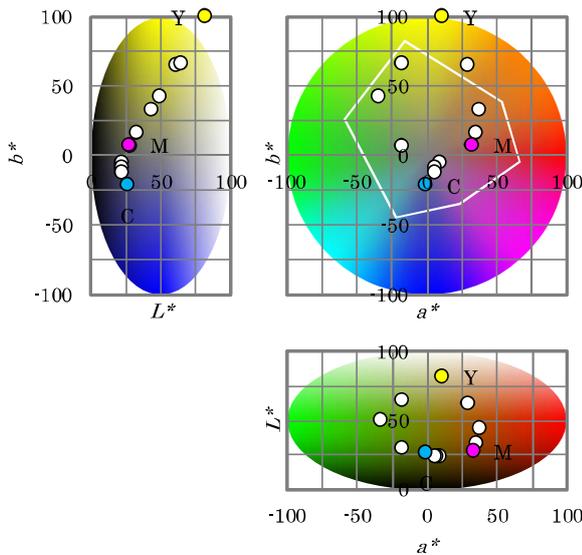


図4 「三原色カラー」(Turner)のL*a*b*値(T)

3.1.2. 「三原色セット」(Holbein)

ホルベイン工業株式会社製の「三原色セット」は、耐水性のアクリリックガッシュとして減法混色の原理理解のための教材として市販されている。同絵具の説明書には単一顔料のため混色しても濁らず、乾くと耐水性となり、塗り重ねても深い発色の透明な画調の理想に近い色相を持ち、彩度も十分高いため、混色による濁りを最小限に抑えることができるとある。さらに使用顔料のC. I. Nameの記載がある。シアンとして、プライマリー シアン PB15、マゼンタとして、プライ

マリーマゼンタ PR122、イエローとして、PY3,74 と表記されている。

この三原色絵具による色相環は、ムラが少なく均等な塗布結果が得られ、乾燥後の光沢は少なくマットな質感の平面となった(図5)。測色結果は図6のとおりである。

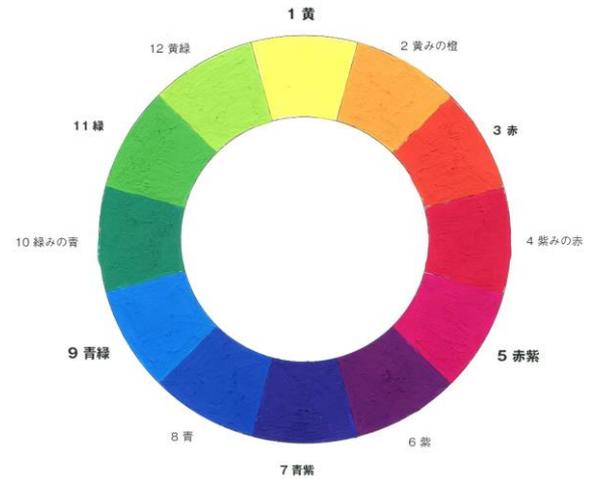


図5 「三原色セット」(Holbein)の色相環

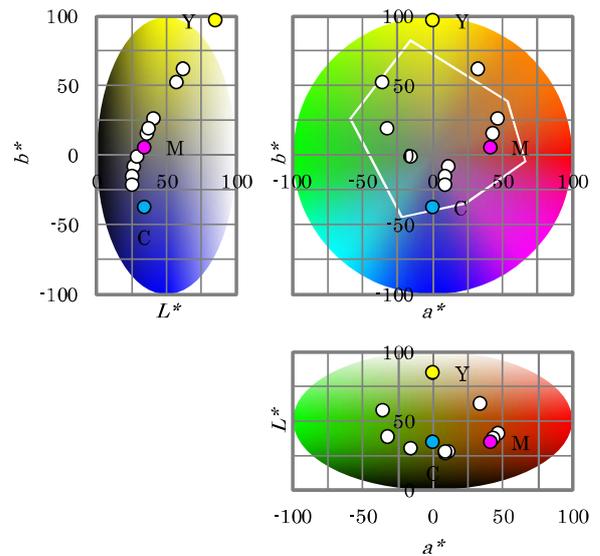


図6 「三原色セット」(Holbein)のL*a*b*値(H)

3.2. アクリルエマルション絵具の調整

絵具の作成にあたり、適切な濃度を段階的に検討した。アクリルエマルションに対して、顔料が1.0%、2.5%、5.0%、10%の4段階の濃度の絵具を試作した。1.0%は顔料がアクリルエマルションに混ざりにくく、見た目にも薄くなった。10%は見た目にも濃い色になり、顔料が多いためか発泡が認められた。2.5%と5.0%は、見た目にも、適度な粘度であったため、まずはこれらの濃度の三原色絵具で色相環を作成することとした。

3.2.1. アクリルエマルジョン絵具 (顔料 5%)

ここでは、アクリルエマルジョン (AE) と顔料の割合を検討し、まず 5.0% の割合で混合した三原色絵具を試作した。この絵具によって作成した色相環が図 7 である。顔料が多い分、全体的に明度が低くなった。アクリルエマルジョンと顔料のみでは、ムラができやすい。測色結果は図 8 のとおりである。

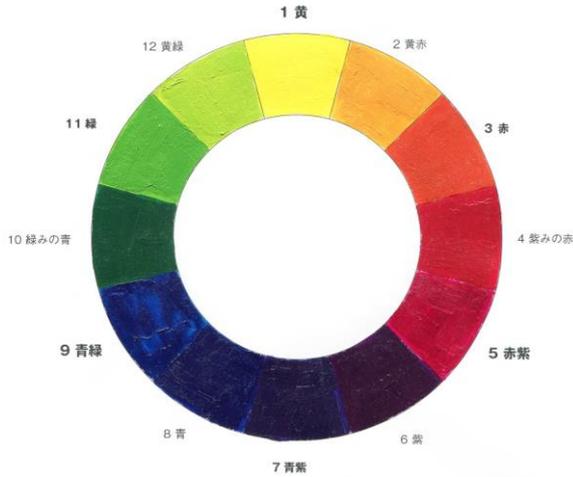


図 7 AE 絵具 (顔料 5.0%) の色相環

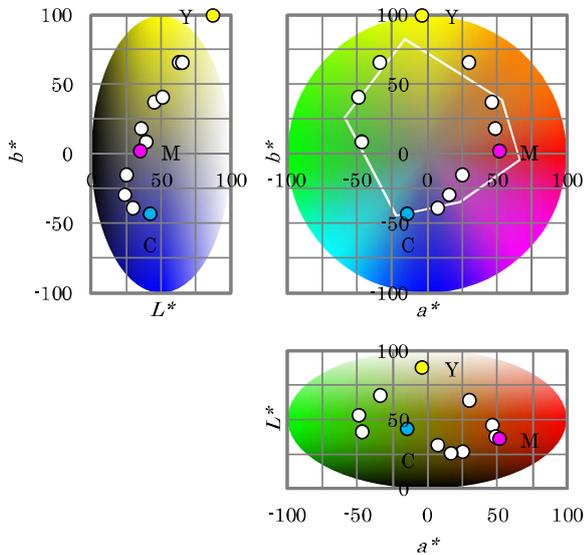


図 8 AE 絵具 (顔料 5.0%) の $L^*a^*b^*$ 値 (P 5.0)

3.2.2. アクリルエマルジョン絵具 (顔料 2.5%)

次に、アクリルエマルジョンと顔料 2.5% の割合で混合した三原色絵具を試作した。この絵具によって作成した色相環が図 9 である。5.0% の絵具と比べ、顔料が少ない分明るく鮮やかな発色となった。5.0% と同様に、ムラができやすく、全体的に明度が低くなった。アクリルエマルジョンと顔料のみでは、ムラがで

きやすいといえる。測色結果は図 10 のとおりである。

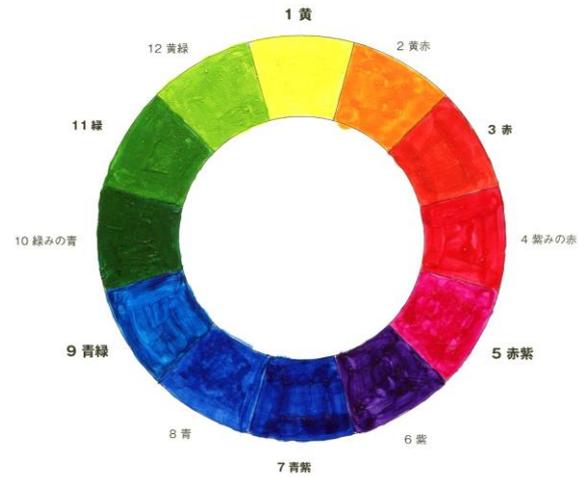


図 9 AE 絵具 (顔料 2.5%)

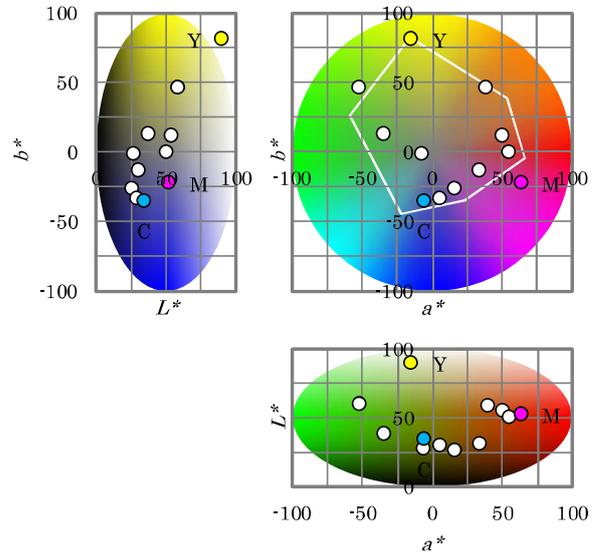


図 10 AE 絵具 (顔料 2.5%) の $L^*a^*b^*$ 値 (P 2.5)

3.2.3. 測色値と各色相プロットの無彩色軸との距離およびその平均値と標準偏差

ターナーの三原色カラーによる色相環 (T)、ホルペインの三原色セットによる色相環 (H)、顔料 5.0% のアクリルエマルジョン絵具による色相環 (P5.0)、顔料 2.5% のアクリルエマルジョン絵具による色相環 (P2.5) の 12 色相の測色値を表 1 に示す。ここでは、 a^*b^* 平面上における 1~12 の各色相の測色値と無彩色軸の距離 ΔE^* を求め、これらの平均値と標準偏差を算出した。平均値が大きく標準偏差が小さいほど良好であるといえる。結果からアクリルエマルジョン絵具 (顔料 5.0%) の平均値が最も高く、標準偏差では、同絵具が最小値となった。アクリルエマルジョン絵具は、いずれも隣り合う色相間の色差にばらつきがあるものの、各

色相プロットにより構成された円環は大きく、純度が高い結果となった。

表 1 各色相プロットの無彩色軸との距離 ΔE^*_0 およびその平均値 Ave. と標準偏差 Std.. (a^*b^* 平面)

ΔE^*_0	T	H	P5.0	P2.5
1	100.26	96.78	99.20	82.03
2	70.74	69.34	70.89	59.94
3	50.03	53.57	59.44	51.67
4	38.99	45.91	52.18	55.97
5	33.64	41.48	51.64	67.27
6	11.15	15.24	30.98	37.19
7	11.08	18.94	35.53	32.49
8	13.99	23.99	41.15	35.27
9	21.51	37.35	45.63	35.45
10	18.49	14.72	46.14	6.51
11	53.59	36.55	61.67	36.03
12	68.07	61.99	72.94	68.79
Ave.	40.96	42.99	55.62	47.38
Std.	28.33	24.59	18.88	20.71

3.3. チタン含有アクリルエマルション絵具の調整

本来、減法混色では被着色物（今回の場合は、白色ケント紙）による反射を活かすことが重要であるが、3.2.の結果から、顔料絵具の場合これが困難であると予想された。そこで、絵具の試作において、透過性の抑制と明度の向上、また色調、彩度の調整を目的として添加する白色顔料としてC.I. Pigment White 6, 酸化チタン (IV) (titanium (IV) oxide), CI 7891, Cas No. 13463-67-7 を用いた。また、3.3.2.の試作では、同顔料を含有する市販白色アクリル絵具「チタニウム ホワイト」(Liquitex Soft type, bonny ColArt Co., Ltd.) を用いている。

3.3.1. 顔料+アクリルとチタン 2.5%絵具

次に、アクリルエマルションと顔料 2.5 % の割合で混合し、ここに酸化チタンを 2.5 % 混合した三原色絵具を試作した。この絵具によって作成した色相環が図 11 である。測色結果は図 12 のとおりである。

3.3.2. 顔料白色絵具

3.3.1. で、先述のチタン添加の効果が認められたため、同じく白色顔料として酸化チタンを含有する市販白色アクリル絵具「チタニウムホワイト」に顔料を混合した三原色絵具を試作した。

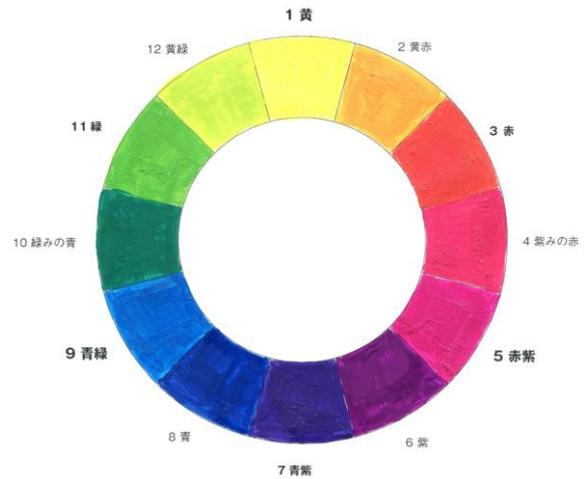


図 11 AE 絵具 (顔料, チタン 2.5 %) の色相環

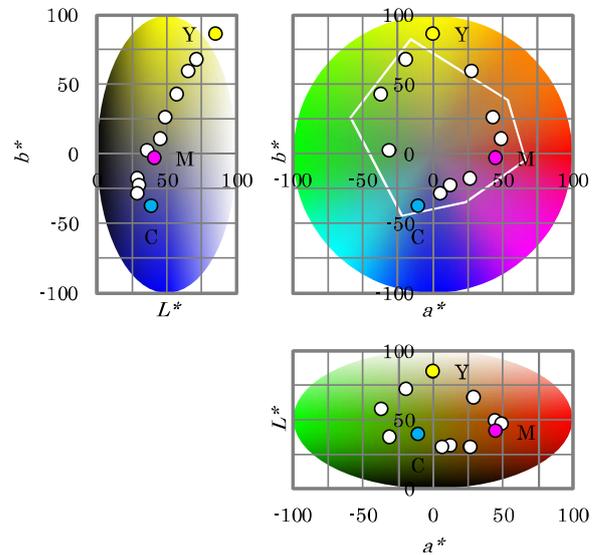


図 12 AE 絵具 (顔料, チタン 2.5 %) の $L^*a^*b^*$ 値 (A)

はじめに顔料の添加濃度を 5.0 %、10 %、20 %、40 % と変化させ、ケント紙上での顕微鏡観察と発色状況の検討を行った。図 13 には、これら絵具のケント紙上での顕微鏡観察の結果を示す。顔料添加量が 20 % 程度までは良好な混合状況であるが、添加量が 40 % になると塊状の顔料が目立つ様子が伺える。また、図 14 には、試作した三原色絵具の測色値と a^*b^* 平面上における無彩色軸の距離 ΔE^*_0 を求め彩度の目安として示し、さらにその合計も Σ として示した。なお、図 15 には、マゼンタ (M) 顔料について、その添加量の影響を分光反射率曲線で表した。これらを総合的に勘案し、市販白色アクリル絵具と顔料 10 % の割合で混合した三原色絵具を試作した。この絵具によって作成した色相環が図 16 である。測色結果を図 17 に示す。

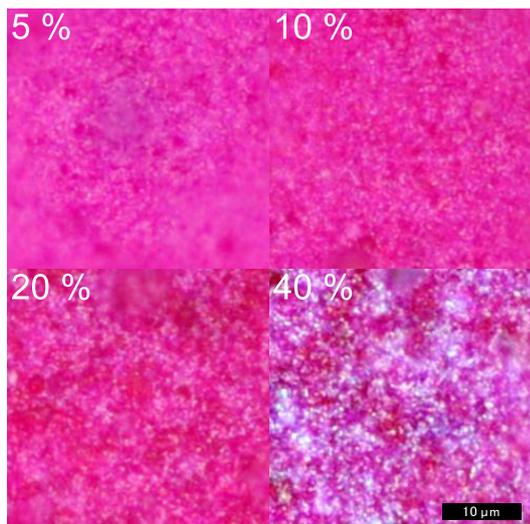


図 13 顔料 (M) と市販白色アクリル絵具

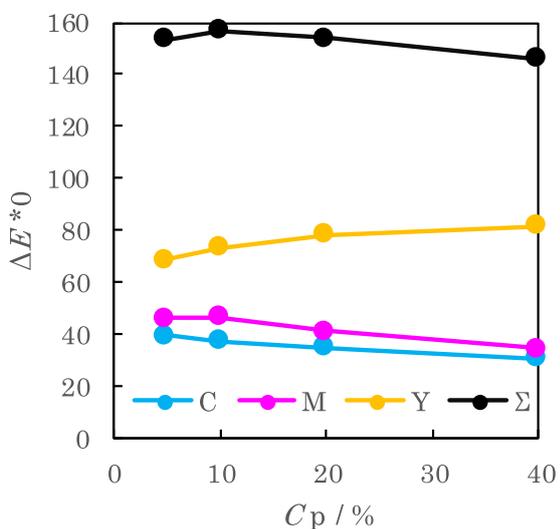


図 14 顔料と市販白色アクリル絵具の彩度

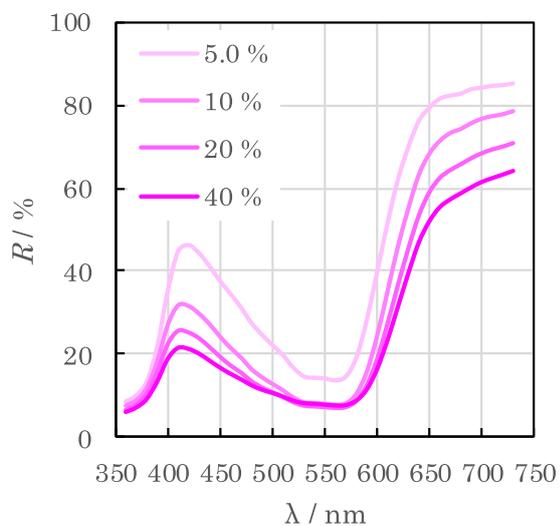


図 15 顔料 (M) と市販白色アクリル絵具の分光反射率曲線 (顔料添加量の影響)

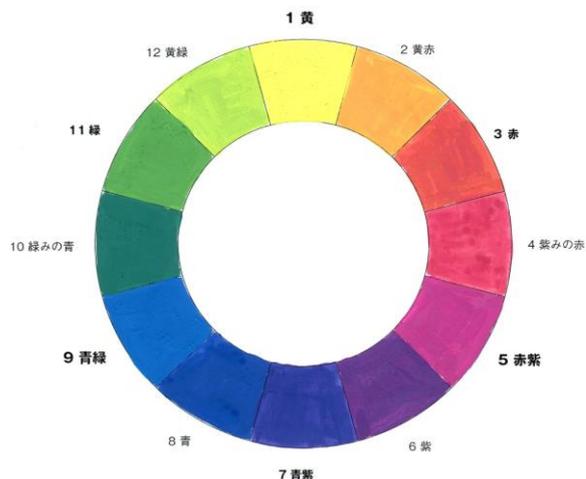


図 16 顔料と市販白色アクリル絵具の色相環

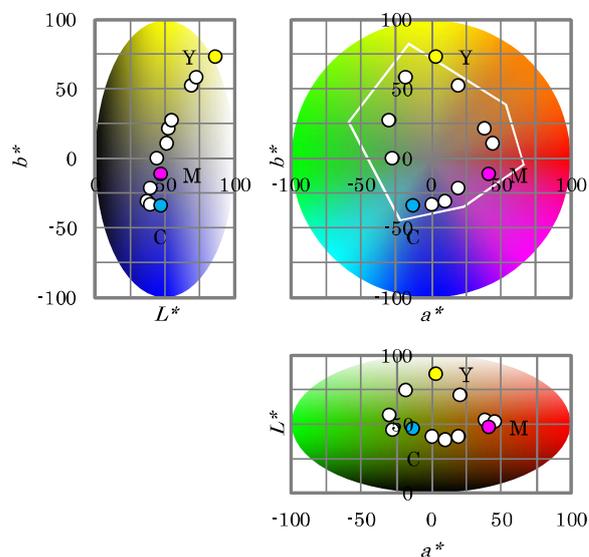


図 17 顔料と市販白色アクリル絵具の $L^*a^*b^*$ 値 (B)

3.3.3. 測色値と各色相プロットの無彩色軸との距離およびその平均値と標準偏差

アクリルエマルジョンに顔料 2.5% と酸化チタン 2.5% を混合した絵具による色相環 (絵具 A) と市販白色アクリル絵具に顔料 10% を混合した絵具による色相環 (絵具 B) の 12 色相の測色値を表 2 に示す。 a^*b^* 平面上における 1~12 の各測色値と無彩色軸の距離 ΔE^*0 を求め、これらの平均値と標準偏差を算出した。結果から、絵具 A が平均値と標準偏差ともに高い結果となったものの、絵具 B との差は小さい。色相間の色差は、絵具 A のばらつきが大きい。絵具 A・B ともに、Japan Color の色空間 (白枠) の最大値に沿った均等な配置となっており、比較的純度も高い。特に絵具 B は、市販絵具と同等の塗り心地も得られる。

表2 各色相プロットの無彩色軸との距離 ΔE^*_0 およびその平均値 Ave. と標準偏差 Std.. (a*-b* 平面)

ΔE^*_0	A	B
1	86.47	73.55
2	65.53	55.20
3	50.81	44.70
4	50.45	46.53
5	45.07	42.61
6	32.95	29.86
7	27.43	33.86
8	29.70	34.36
9	39.07	36.66
10	30.55	26.88
11	55.60	39.57
12	69.01	60.31
Ave.	48.55	43.67
Std.	18.28	13.60

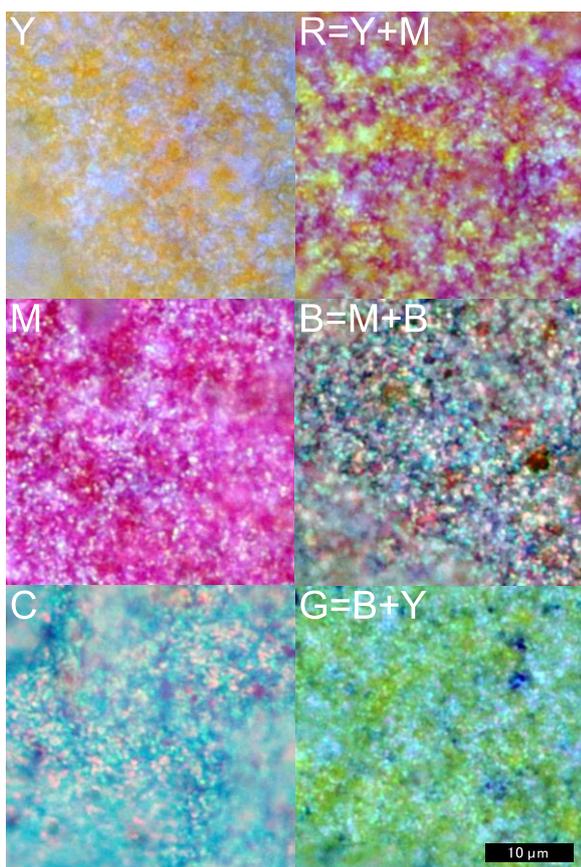


図18 顔料の混合状態

3.3.4. 顕微鏡観察結果

これらの顕微鏡観察結果を、図18に顔料の混合状態として示す。ここでは、有色顔料と白色顔料がほぼ等量観察されるとともに、混色した場合には、各顔料成

分が相互に良好な分散状況となっている様子がうかがえる。ただしこれは、混色操作の良否にもよる。

4. 考察

本稿では、これまでの研究結果をもとに、発色性の観点から顔料絵具について考察した。ここでは基本成分として画溶液展色剤のアクリルエマルジョンと二酸化チタン（白色顔料）を用い、組成が異なる数種類の三原色絵具を試作した。各絵具を使用して色相環を作成し、分光測色計により測色して、彩度、発色、不透明度のバランスなど、最適条件を探った。さらに、顕微鏡によって顔料の分散状態を確認した。得られた結論は次のとおりである。今回の顔料系絵具では既報で試作した染料系絵具に比し透過性が乏しく着色した用紙による反射を損ねるため、絵具の発色を高めるには白色顔料の配合によりそれを補うことが必要である。しかし、白色顔料の配合は、色の明度を上昇させると同時に純度を損ねるため、その配合量の見極めが重要となる。

注

- 1) 森優子, 小林政司, 「色彩論とデザインの体験的学習に関する研究 -教材開発: 混色理論のCAEについて-」, 『大阪樟蔭女子大学研究紀要』, 第7巻 (2017)
- 2) 森優子, 小林政司, 「色彩論とデザインの体験的学習に関する研究 第2報 -教材開発: 混色演習による色彩感覚向上について-」, 『大阪樟蔭女子大学研究紀要』, 第8巻 (2018)
- 3) 森優子, 小林政司, 「色彩論とデザインの体験的学習に関する研究 第3報 -教材開発: 食用色素を用いた混色演習について-」, 『大阪樟蔭女子大学研究紀要』, 第9巻 (2019)
- 4) 森優子, 小林政司, 「色彩論とデザインの体験的学習に関する研究 第4報 -三原色染料絵具の開発と混色演習について-」, 『大阪樟蔭女子大学研究紀要』, 第10巻 (2020)

参考文献

- 1) ホルベイン工業技術部編, 『絵具の科学』, 中央公論美術出版 (2018)
- 2) 日本画像学会編, 竹内学, 多田達也監修, 『ケミカルトナー』, 東京電機大学出版局 (2008)
- 3) 橋本和明監修, 顔料技術研究会編, 『色と顔料の世界』, 三共出版株式会社 (2017)

4) 大久保公彦, 岩本良平, 大福幸司, 安川裕之, 『色
材技術の新たな展開』, KONICA MINOLTA

TECHNOLOGY REPORT, Vol.7, 10 (2010)
5) 堀口正二郎, 『色材入門』, 米田出版 (2005)

Study on Active Learning of Color and Design Sciences (Part 5): Development of Primary Paints for Color Mixing Exercises Using Pigment Colors

Faculty of Liberal Arts, Department of Beauty and Fashion Studies
Yuko MORI and Masashi KOBAYASHI

Graduate School of Human Sciences, Division in Beauty and Fashion Studies
Yukari ARATANO

Abstract

This paper is the fifth report on practical studies of a color mixing theory of chromatics. The second report focused on color mixing practices. The third report used food dyes as a teaching aid. The dye concentration in solutions of food dyes obtained are very similar to the three primary colors. In the third report, the teaching materials using the edible pigment were developed and the pigment concentrations of the food dye solutions obtained are very similar to three primary colors. In the fourth report, based on the results of the third report, the three primary colors were created and tested as a teaching material. In this report, the coloration of pigments is analyzed from the viewpoint of coloration based on the results of previous studies. Several kinds of primary colors have been prepared with different compositions using acrylic emulsions and titanium dioxide (white pigment) as the basic components. A hue ring was created with each paint and measured by a spectrophotometer to figure out the optimal conditions for the balance between saturation, coloration and opacity. Moreover, the dispersion of the pigments was verified by using a microscope. As the conclusions of the above study, the pigment-based paints were less permeable than the previously prototyped dye-based paints. As a result, the reflectivity of the paper colored with this paint is reduced. Therefore, to improve the coloration of the paint, the white pigment must be blended to compensate for the reflectivity. However, when white pigment is blended, the brightness of the color will be increased but the purity will be reduced. Therefore, it is important to make sure whether the amount of white pigment in the mixture is appropriate or not.

Keywords: color education, color mixing exercises, pigment colors, three primary colors, paint