

Autochrome Plateの退色と修復に対する示唆

Color Fading of Autochrome Plate and Suggestions on its Conservation

要旨: Autochrome plateは工業的に生産された最初のカラー感光材料で1907-1932年の間に実用されていた。今日、残されているAutochrome Plateの色は、加法混色の3原色微粒子フィルターの退色の程度により可成りの違いがある。ここでは、撮影後の処理あるいはその後の保存条件などが異なり画像の色にかなりの相違を生じた2枚のAutochrome Plateを試料として、微粒子フィルターの色を顕微分光測光装置により測定した。その結果、Autochrome Plateの退色は主に青原色フィルターで生じることが明らかになり、退色した試料の補修方法に対する示唆が得られた。またAutochrome Plateの原色はNTSCカラーTVの画像再現原色に近似していることも明らかになった。

Abstract: Autochrome plate is the first commercial color process and was used during 1907-1932. Today, the colors of the plates showing several differences due to deterioration of the filter dyes. In this study, the colors of the additive primary micro grain filters of Autochrome Plates were examined spectromicroscopically. It was found that the color fading of the plate occurred mainly in the blue primary color. On the other hand, little color fading in the green and red primary colors were observed. By the result, a significant suggestion for conservation of faded Autochrome Plate was obtained. It was also found that the display primaries of Autochrome Plate close to those of modern color television system.

1. はじめに

Autochrome Plateは、同時代に開発された他のScreen Plate方式のカラー感光材料に比較すると生産量が多く、Alfred Stieglitz¹⁾、Edward J. Steichen²⁾など著名な作家達が関心を寄せかなり多くの作品を制作した。これによりアマチュア写真家の間でも愛用され、多くの作品が残されている³⁾。このAutochrome Plateは、Lumiere社により開発され、初めて工業的に成功したカラー感光材料であり、1907年より1932年まで広く使用された。今日、これらAutochrome Plateを多数所蔵しているNational Geographic Societyには、画像の色が非常に良好なものから劣化の甚だしいものまで幅広く保管され、劣化の主な原因として、撮影後の処理、保存における温・湿度条件、等が挙げられている⁴⁾。

この報告では、加法混色の3原色(赤、緑、青)に染め分けられているAutochrome Plateの澱粉粒子フィルターの個々について顕微分光測光装置により測定し、CIE色度座標により保存状態の良好なAutochrome Plateと劣化したものについて比較検討し、退色に対する3原色の係わりを明らかにすることを目的とした。

2. Autochrome Plateに使用された微粒子フィルターの色素について

Lumiere社のAutochrome Plateは、澱粉粒子を加法混色3原色のそれぞれに染色し、粘着層を塗布したガラス板に散布密着させ粒子間の隙間を炭素粉末で埋めた並列微粒子3色フィルター層を形成し、その上に反転処理用銀塩ゼラチン乳剤を塗布したカラー感光材料である。色分解撮影および反転現像処理後の画像観察には、この微粒子3色フィルターの分光透過特性が係わることになる^{5), 6)}。したがって、撮影における分光感度は乳剤の分光感度と3色フィルターの分光透過との積、観察における画像再現原色は3色フィルターと観察用照明の分光積により決定される。測色の色再現には、画像再現3原色が定まれば撮影に要求される分光感度分布は理論的に計算されるが⁷⁾、測色学が確立されていなかった今世紀初頭においてはAutochrome Plateの撮影と観察における分光条件は経験的に求められたものであろう。

Autochrome Plateの澱粉粒子の染色に用いられた色素については、液体クロマトグラフィーによる分析結果が報告され、それによれば、C.I.:19140(Acid yellow 23)、



写真1: 保存状態が良く退色の少ないAutochrome Plate試料(AC-1)



写真2: 褐色傾向に変退色したAutochrome Plate試料(AC-2)



写真3: Autochrome Plate(AC-1)のカラーモザイクスクリーンの一部分・微粒子フィルターのサイズは約15 μ m.



写真4: Autochrome Plate(AC-2)のカラーモザイクスクリーンの一部分・微粒子フィルターのサイズは約15 μ m.

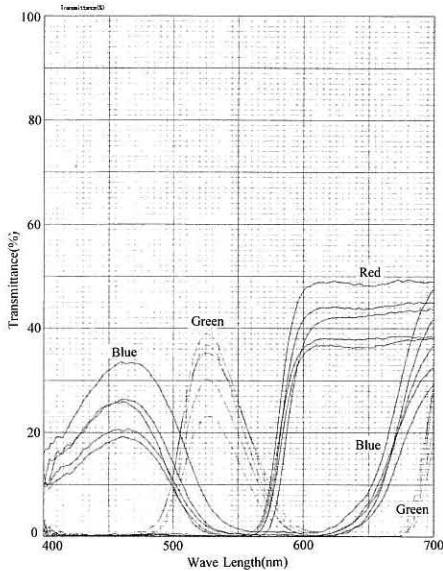


図1:Autochrome Plate(AC-1)の微粒子フィルターに関する分光透過分布

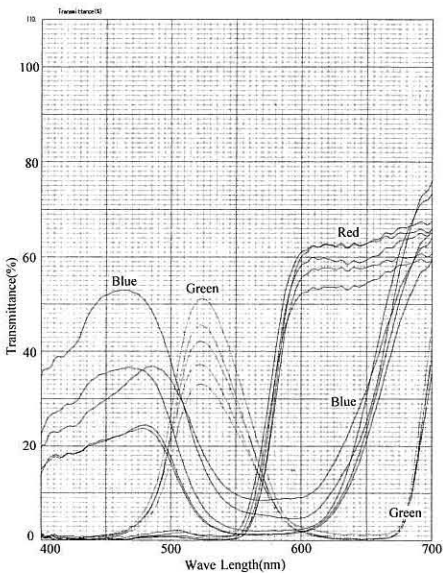


図2:Autochrome Plate(AC-2)の微粒子フィルターに関する分光透過分布

原色	測定点	CIE表色値		
		x	y	Y
(R)	1	0.633	0.352	10.600
	2	0.665	0.339	9.635
	3	0.635	0.349	9.806
	4	0.632	0.355	13.694
	5	0.642	0.351	11.589
	平均	0.639	0.350	11.065
	σ	0.009	0.006	1.486
(G)	1	0.238	0.695	12.206
	2	0.251	0.675	15.975
	3	0.237	0.678	16.429
	4	0.227	0.694	9.033
	5	0.333	0.695	14.669
	平均	0.237	0.687	13.660
	σ	0.008	0.009	2.740
(B)	1	0.159	0.095	3.425
	2	0.157	0.071	2.409
	3	0.163	0.123	5.980
	4	0.157	0.064	2.153
	5	0.166	0.097	2.805
	平均	0.160	0.094	3.365
	σ	0.004	0.017	1.381

(R)原色:オレンジ・赤・微小フィルター (G)原色:緑・微小フィルター
(B)原色:青・紫・微小フィルター σ :標準偏差

表1:Autochrome Plate(AC-1)の微細フィルターに関する測色データ

42025(Basic blue 1),42051(Acid blue 3),42555(Basicviolet 3),45425(Acid red 95),45430((Acid red 51),45440(Acid red 94)など, triphenylemethane, monoazoxanthene系の色素が同定されている⁸⁾。

3. Autochrome Plate 澱粉粒子フィルターの分光透過

3-1 試料として用いたAuto-chrome Plate

この研究では、保存状態が良好で色再現のよいAuto-chrome Plate(写真1)、色の劣化が現れたもの(写真2)に関して、加法混色の3原色のそれぞれに染色された澱粉粒子フィルターの分光透過を測定した。フィルターの配列は(写真3、4)に示されるように不均一モザイク状である。写真3は色再現の良好な試料(以下AC-1)、写真4は劣化により退色したと考えられる試料(以下AC-2)に関するものである。

これら澱粉粒子フィルターの平均粒径は15 μ m程度である。

3-2 澱粉粒子フィルターの分光透過率測定

オリンパス製・顕微分光測光装置OSP-SP200により、赤(orange-red, 以下' R'), 緑(green, 以下' G'), 青(blue-violet, 以下' B')に染色された澱粉粒子フィルターの分光透過率分布を測定した。

この装置は、小穴・直良型・照明光学系により測定口径を10 μ m以下とすることが可能である。実際の測定は、測定口径:10 μ m、呼び波長:10nmで行った。また、澱粉粒子フィルターの色濃度は均一でなく、同時にこれらのフィルター部分に画像銀の存在が考えられるので、R,G,Bの各色について5レベルの濃度を持つ粒子を視覚的に選び測定対象とした。

3-3 測定結果

澱粉粒子フィルターの分光透過率分布に関する測定結果を図1および図2に示す。また、分光測光データより求めたCIE測色データを表1および表2に、図3にはCIE・1931色度図上にそれらの色度平均値による原色の座標をに示した。この座標の基礎刺激は「CIE・標準の光 C」である。これは、Autochrome Plateが使用されていた当時には画像の観察に鏡を用いた昼光の反射照明装置が使用されていたことによる。

4. 考察

4-1 澱粉粒子フィルターの初期の色についての推測

Autochrome Plateは長期に亘って実用されたので、製造年代によりフィルターに使用された色素も多種類に亘り、複数の色素の混合、それらの混合比、染色濃度、などさまざまな面で違いがあるものと考えられる。実際に、前掲の報告⁸⁾では同一色について複数の色素が検出されている。したがって、澱粉粒子フィルターの初期の色を推定することは困難であるが、図3に示されるように保存状態のよい試料(AC-1)の3色澱粉粒子フィルターの色度座標がNTSCカラーTV原色の色度座標に極めて近く、刺激純度において僅かな相違が示されるにすぎないことから、この試料のフィルターの退色は極めて僅かで、初期の色に近いものと推定される。試料(AC-1)の原色に関する退色の程度は、NTSCカラーTV原色との刺激純度の相違に近いと考えることもできよう。

この推定は、Autochrome Plateの分光感度分布⁹⁾と負感度部分を除いたNTSCカラーTV撮像特性が図4に見るように近似していることから首肯されよう。この近似を波長領域で見ると表3のようになる。

すなわち、測色学が確立していなかった今世紀はじめでは、Autochrome Plateの分光感度分布は経験的に試行錯誤により最もよい色再現を目標に求められたものと推測されるが、この分光感度分布とNTSC撮像特性との近似は両者の画像再現原色が近似していることを示すものと考えられることができる。

4-2 Autochrome Plate の退色傾向とその特徴

一方、退色を示している試料(AC-2)の3色澱粉粒子フィルターでは、表2に示されるように(B)原色における標準偏差が大きな値を示し、表1の試料(AC-1)との比較において特に(B)原色の変動が大きいことが分かる。また、表4に示すように試料(AC-1)、(AC-2)およびNTSCカラーTVとの画像再現原色を主波長(λ_d)、刺激純度(Pe%)により比較すると、(AC-2)の(B)原色の刺激純度低下が顕著である。したがって、退色を示している試料(AC-2)では(B)原色の退色が、画面を褐色化方向に退色させる主な原因と考えられる。

これらに関して、P. Krause⁴⁾は Autochrome Plateの暗退色における赤黄色(褐色)方向への変化について、銀画像の酸化呈色およびフィルター色素の変化が原因であるとしている。本研究における顕微分光測光では青フィルター色素の退色が認められた。これは、中性色(グレイ)より(B)原色を減じて生じる赤黄色化を確認したことであり、P. Krauseの記述を裏付けたことになる。また、Autochrome Plateでは感光層に銀塩反転乳剤を用いているので画像銀のサイズが小さく、不適切な処理による残留薬品あるいは保存環境下の気体などとの化学反応が進み易く画像銀そのものの褐色化も、見かけの変色の一因となると考えられる。

5. 退色したAutochrome Plate色補修の可能性について

劣化したAutochrome Plateが示す褐色傾向の退色の主な原因が(B)原色の退色に起因するものと考えれば、この原色を補強することで画像のカラーバランスを整えることができる。具体的にはAutochrome Plate screenに散布されている3色澱粉粒子フィルターのうち、写真5のように(B)原色について色分解により分布位置を抽出し、この原色を補強することが考えられる。

例えば、青色シャープカット・フィルターを使用してAutochrome Plate screenを色分解撮影して(B)原色の分布位置を検出した写真画像を作成し、これを必要な濃度の青色に着色させて原画像と密着する。着色方法には、色素転写、発色現象など写真的な方法が考えられる。このような色補修の場合には、後世に原画の退色に関する生の情報を残す意味でAutochrome Plate原画に手を加えるよりも色補強した(B)原色スクリーンを重ねて付加する方法が望ましい。

6. おわりに

Autochrome Plateは、他のスクリーンプレート方式のカラー写真と比較すると、かなりの数が残されている。

これらの内、当時の現像処理および後処理並びにその後の保存状態が良好であったものを除いて、多くが何らかの劣化を示している。その劣化の中で最も多いものは褐色化傾向の退色である。この研究では、顕微分光測光にもとづく考察から、前記の退色の主たる原因は青原色の退行にあることを解明することができた。

以上の結果、褐色傾向に退色したAutochrome Plateの色補修に関して、青原色の補強マスクの製作など具体的な方法を考える基礎が明らかにされた。

最後に、Autochrome Plate試料の一部をご提供いただいた写真家・松本徳彦氏、顕微分光測光装置に関してご協力を頂いた(株)オリンパス販売・高橋秀彰氏に感謝申し上げます。

この報告の内容は、分光測光的考察を主題として日本写真学会誌 第60巻・第4号 pp.241-247に「Autochrome Plateの退色に関する考察」として掲載した。

主研究者:荒井宏子

研究協力者:田中益男(東京工芸大学芸術学部)

原色	測定点	CIE 表色値		
		x	y	Y
(R)	1	0.622	0.368	17.664
	2	0.625	0.368	18.630
	3	0.607	0.374	21.216
	4	0.623	0.363	18.618
	5	0.616	0.374	17.763
	平均	0.619	0.340	18.778
σ		0.007	0.004	1.286
(G)	1	0.233	0.645	20.463
	2	0.255	0.620	15.981
	3	0.236	0.636	23.935
	4	0.231	0.627	17.171
	5	0.235	0.633	19.495
	平均	0.238	0.632	19.409
σ		0.009	0.008	2.770
(B)	1	0.211	0.137	5.152
	2	0.203	0.133	7.901
	3	0.194	0.154	13.508
	4	0.243	0.228	15.361
	5	0.216	0.144	5.557
	平均	0.213	0.159	9.497
σ		0.017	0.035	4.181

(R)原色:オレンジ・赤・微小フィルター

(G)原色:緑・微小フィルター

(B)原色:青・紫・微小フィルター

表2:Autochrome Plate(AC-2)の微小フィルターに関する測色データ

CIE/1931 chromatic diagram

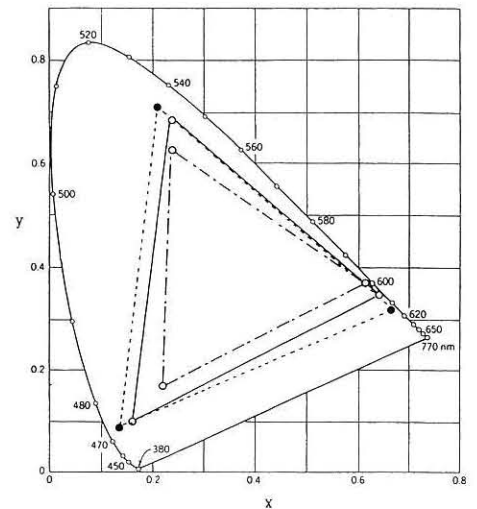
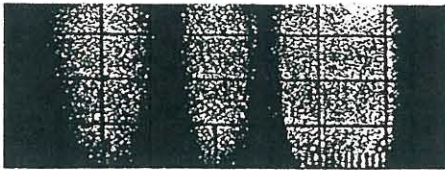
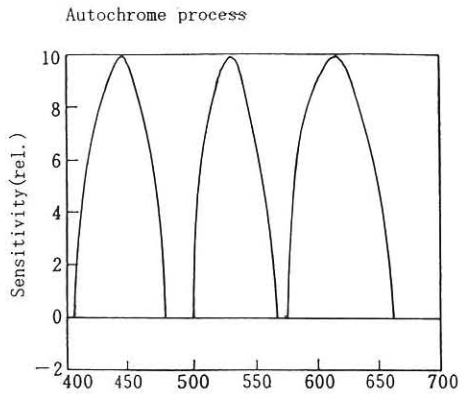
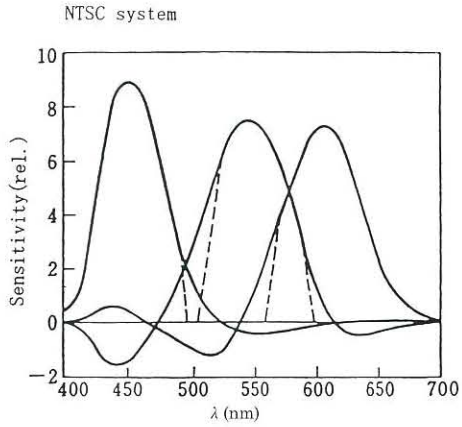


図3:Autochrome Plate(AC-1, AC-2)の微小フィルターに関するCIE色度座標(平均値)および参照としてのNTSCカラーテレビ原色の色度座標

		λ_d (nm),	Pe(%)
Autochrome Plate (AC-1)	(R)	605	93
	(G)	542	85
	(B)	468	83
Autochrome Plate (AC-2)	(R)	607	89
	(G)	573	69
	(B)	464	56
NTSC Color TV	(R)	611	100
	(G)	536	84
	(B)	470	91

表3:Autochrome PlateとNTSCカラーテレビの原色に関するCIE表色値



Spektrumwiedergabe durch ein Autochromraster.

図4: Autochrome Plateの分光感度特性とNTSCカラーテレビの撮像特性の比較

		λ_s	$\lambda_{max.}$	λ_l
Autochrome Plate	(R)	570	610	660
	(G)	520	530	570
	(B)	400	450	480
NTSC カラー-TV	(R)	540	605	700
	(G)	475	545	620
	(B)	400	450	525

λ_s :短波長端 $\lambda_{max.}$:最大感度の波長 λ_l :長波長端

表4: Autochrome PlateとNTSCカラーテレビの分光感度に関する比較(負感度部分を除外)

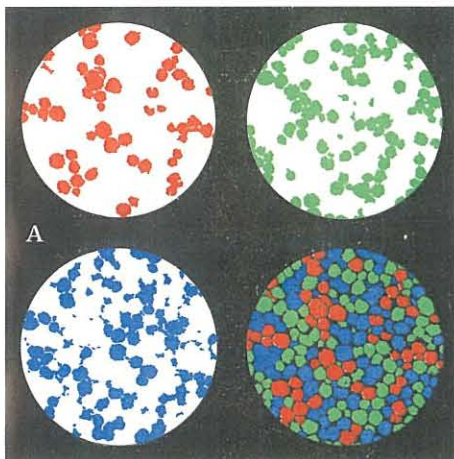


写真5: Autochrome Plate screen (右下)とその色分解による(R)、(G)、(B)原色の分布位置検出

[参考文献]

- 1) Alfred Stieglitz: "Color Photography." Camera work No.22(April 1908)
- 2) Edward J. Steichen: "Formation for Obviating the Frilling of Autochrome Plates." Brit. J. Photogr. 55, Colour Photography supplement: 53-54(July 1908)
- 3) John Wood: "The Art of the Autochrome" pp.58-164, University of Iowa Press, Iowa City (1947)
- 4) Peter Krause: "Preservation of Autochrome Plates in the Collection of the National Geographic Society", J. Imaging Sci., 29, 182-192 (1985)
- 5) Albert Mebes: "Fabenphotographie mit Farbrasterplatten·Theorie und Praxis" pp. 18-19(1911)
- 6) R.M.Evans & et al.: " Principles of Color Photography" pp.228-191, J.Wily, (1953)
- 7) ibid. 6) pp.611-631
- 8) B.Lavedrine and J.P.Gandolfo: "The study of Autochrome Plate;Analysis of the dyes", Proc. the Imperfect Image; Photographs their past, Present and Fu-ture. pp.142-145, The center for Photographic Conservation (1992)
- 9) ibid 5), p.39