

コンピュータの援用による色彩調和の研究 (I)

北尾和信

はじめに

色彩を取り扱う世界では、通常は物体色を取り扱い、光の三原色を扱うことは少なかった。当初は色料によって色は表現され、20 世紀に入り印刷技術が進展すると、印刷で使用される CMYK (青緑=Cyan、赤紫=Magenta、黄色=Yellow、黒=Black) による表現へと変わり、さらにコンピュータが普及するとともに、RGB (Red=赤、Green=緑、Blue=青) による表現が重要性をましてきた。

本研究では、モニタ上での色の表現、色料のカラーシステムとモニタ上でのカラー表現の問題点、RGB と CMYK の変換の問題点を考えたうえで、コンピュータの本来の計算機能を活用し、色彩分析のソフトを構築し色彩調和について考えてゆきたいと考えている。

1. CMYK と RGB

現在は印刷メディアで表現されている作品はすべて CMYK の 4 色で再現されている。精度の高い再現性を求める印刷では、その他にうす藍、うす紅、うす黄やうす墨を加えて中間色の再現を行う。コンピュータによる表現は、初期は 2bit による白と黒のモノクロの世界から、コンピュータの性能の進展による Red、Green、Blue と R+G=Yellow、R+B=Magenta、B+G=Cyan 及び白と黒の 8 色表示、4096 色中の 16 色表示、256 色表示、現在では 1677 万 7216 色表示へと飛躍的に表現力を増した。

コンピュータがデザインの用具として定着し、DTP (Desk Top Publishing=パソコンを使って印刷のための編集を行う作業) が日常的なものになると、コンピュータ上で色彩を扱い表現することが当然のこととなった。しかしこれらのコンピュータ上の画像は、あくまで印刷原稿を作成する為の手段であり、コンピュータ上での表現は RGB を基本とし、原稿として出力される場合には印刷用に CMYK に分色して出力されなければならない。この間に RGB は CMYK に置き換えられるとも言える。

デザイン系のソフトには、PhotoShop (Adobe 社製) に代表されるフォトタッチソフト (画像を編集するためのソフト) と Illustrator (Adobe 社製) に代表されるドロー系ソフト (図形を描画するための製図器に相当するソフト) があり、その他にページレイアウトのためのソフトがある。フォトタッチソフトは基本的には RGB 画像を扱う。デジタルカメラやスキャナで取り込んだ画像はすべて RGB 画像である。ドロー系ソフトは印刷原稿を作成すること、プリンター出力することを前提とするため、CMYK を基本とする。このようにコンピュータ上でデザインを扱うには、RGB のモードと CMYK のモードは切っても切り離せない関係にあり、カラー

モードの変換とその問題点について考慮しておかなければ、コンピュータ上の画像は考えられない。

スキャナやデジタルカメラで取り込んだ画像を CMYK 画像に変換すると、画像の色域によっては、大きくイメージが変わってしまうことがある。一般的に RGB と CMYK では赤色方向以外の色域で違いがあるといわれている。CMYK の表現色域が RGB と比べて赤色方向以外では狭いことに由来する。このように CMYK ではブルーやグリーンの色域が狭いため、彩度の高いこれらの色の再現が困難となる。したがってこれらの色を多く含んだ画像はモードを変換すると色が変わる現象が起きてしまう。カラープリンターも基本的には CMYK で色を表現するため、画面上で見る色とプリントアウト後の色が大きく違うのは、このことにも起因し、特にブルーを含む色に大きく違いが出る。

2. RGB と CMYK の変換

CMYK と RGB の変換には様々な方法があり、デジタル画像を扱う世界では今最も求められているソフトといえば CMYK と RGB の間の画像変換を最も適正に行ってくれるソフトだともいえる。

今回は CMYK と RGB の間の違いを知ることも目的の一つであるため、最も簡単な方法で変換を試してみた。方法としては Illustrator 上で CMYK と RGB の図形を作成し、PhotoShop で変換を行った。RGB は前述のとおり、0～255 の段階で表現され、CMYK は 0～100% の段階で表現される。

		C	M	Y	R	G	B
変換前	C	100%			100%		100%
	M		100%		100%	100%	
	Y			100%		100%	100%
	K						
変換後	R	0	197	255	196	0	28
	G	160	0	235	0	135	11
	B	221	103	0	38	64	90

前記の表は Illustrator でシアン、マゼンタ、イエロー、レッド、グリーン、ブルーの各色を印刷の三原色 CMY で作成し、PhotoShop で RGB 画像として開いた場合の変換例である。続いて下の表は Illustrator で基本となる 6 色を RGB で作成し PhotoShop で CMYK 画像として開いた変換の結果であった。

これらの結果からは、ソフトのバージョンが変わると当然変換値も変わってくるが、おおむねの傾向として色変換の問題点は把握できる。デジタルカメラが飛躍的に能力を増し、画素数も数百万が通常になってくると、RGB 画像を扱う機会はこれからもどんどん増大する。一般的には通常モード変換は RGB を CMYK に変換することがおおいので、この結果から考察するとイ

		C	M	Y	R	G	B
変換前	R		255	255	255		0
	G	255		255		255	
	B	255	255				255
変換後	C	50%	43%	3%		74%	96%
	M	0	69%	4%	96%	0	87%
	Y	22%	0	95%	87%	92%	0
	K	0	1%	0	0	0	0

エローはほぼ近い形で変換できるが、シアンやマゼンタは画面上の色であり、輝度が高いことから色料ではこれらの色を再現することは不可能で、三原色に変換するには大幅な変換が求められることが分かる。

3. コンピュータによる色の表現とカラーシステム

カラーシステムの一般的なものとしては、修正マンセルカラーシステム、オストワルドカラーシステム、日本色研のPCCSシステムがある。PCCS (Practical Color Coordinate System) はマンセルカラーシステムとオストワルドのカラーシステムの長所を取り入れトーンという概念を取り入れたシステムとして、ファッションの世界では多く使われている。その基本がそれぞれマンセルであり、オストワルドであるため、この二つについて考察を加える。

マンセル表色系は色を明度、彩度、色相の三属性で考え明度は0~10までの11段階、色相はR(赤)、Y(黄)、G(緑)、B(青)、P(紫)の5色を基本とする。彩度はそれぞれの色が個別に持ち、暖色系の純色は彩度が高い。この考え方は色料による色の表現に共通するところがあり、RGBとCMYKの間の変換で、ブルー系の色を変換すると彩度が大きく変わるところに共通する。

オストワルド表色系はすべての色は理想的な白(W)、黒(B)、純色(F)の配合によって得られると考えた。色相はイエロー、オレンジ、パープル、ウルトラマリンブルー、ターコイズブルー、シーグリーン、リーフグリーンの8色でこの間を分割して24色が基本となると考えた。

オストワルドの純色は理論的な色で従来の色料の中から該当する色を選ぶことは困難であった。しかしコンピュータは色料の世界から、光源色の世界へと表現力を広げた。また基本となる色もRGBの三原色であることからカラーシステムとしてはコンピュータになじむところが多いと考える。マンセルが画家の立場から色彩を研究し、カラーシステムを生み出したことに比べて、オストワルドは化学者の立場で色を考えたことにも起因するのではないだろうか。

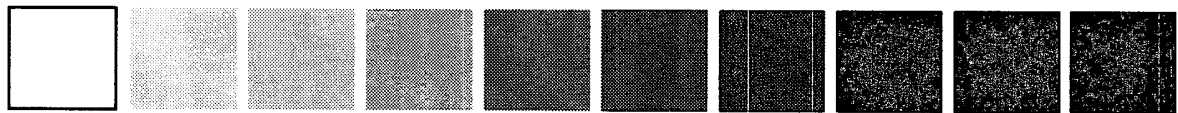
今回の研究ではこのような見地から、オストワルドの表色系を基にしてコンピュータ上で色彩を扱ってみたい。

・明るさについて

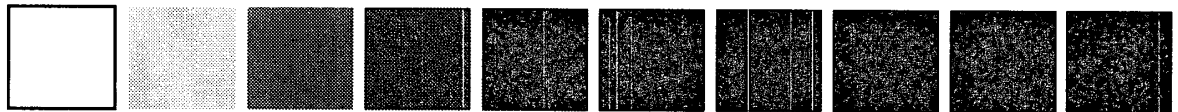
オストワルドの表色系では、明るさを次のような混合比で決めている。

記号	W	a	c	e	g	i	l	n	p	B
白量		89	56	35	22	14	8.9	5.6	3.5	
黒量		11	44	65	78	86	91.1	94.4	96.5	

この混合比の基礎となる考え方は、「感覚量は刺激量の対数に比例する」というフェヒナーの法則を適用されているからである。実際に色料で混色する場合、白に少量の黒を加えると明るさは大きく変わる。しかし、回転混色器を使って色を混合した場合はこのようにはならないことは周知されている。回転混色は印刷の網点による色の表現と同様、中間混合になるため、色料と同様の効果は現れない。コンピュータによる明るさの表現は黒量と白量の割合という考え方ではなく、白量のみで表現する。このことをふまえてコンピュータ上で明度段階を作成してみた。白量の割合をオストワルドの比に基づいたものと、等歩度に分割した比較である。



白量	100	89	56	35	22	14	8.9	5.6	3.5	0
----	-----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	---



白量	100	88	77	66	55	44	33	22	11	0
----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

これらの比較からも、明らかにコンピュータ上では白量の割合を等歩度に分割したほうが自然な明度の段階がえられることがわかる。

・等色相面について

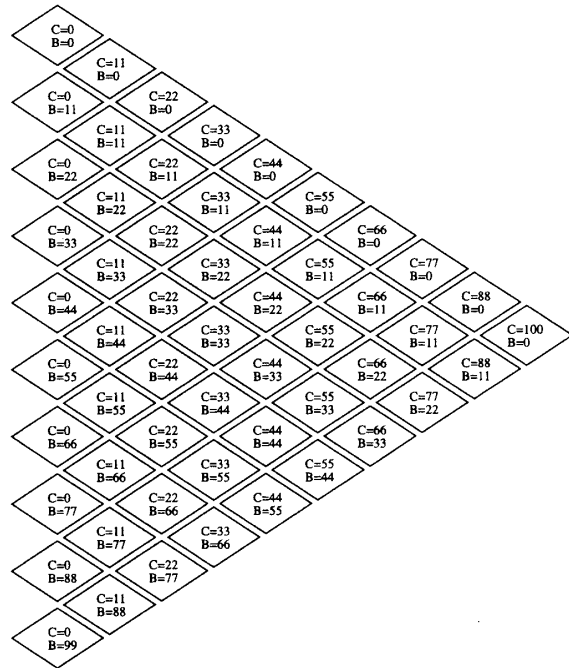
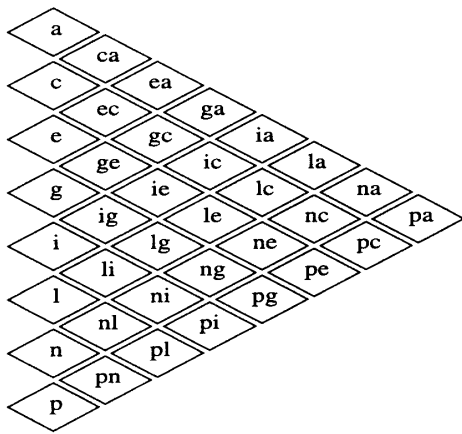
オストワルドの色相面は等色相三角形と呼ばれ、すべての色は次のような混合比によって構成されている。

$$B \text{ (黒量)} + W \text{ (白量)} + F \text{ (純色量)} = 100$$

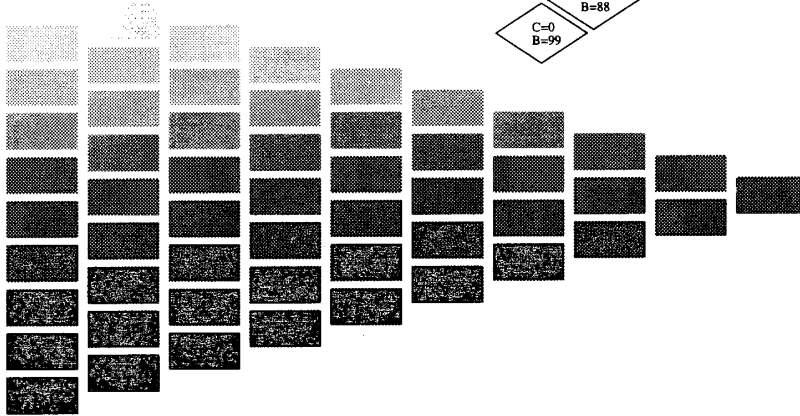
つまり、理想的な白、理想的な黒、理想的な純色は存在せずすべての色はこれらの色の混合によって作られるという考えである。黒量、白量という考え方で色を作っていくには、RGBで考えるより、CMYKで作成するほうが容易に作成できる。下図はオストワルドの等色相三角形、その混合比及びCMYKで作成した等色相面である。

・色相環について

オストワルドの色相環は前述のとおり、8色を基本とし、これを三等分して24の色相を作りこれに番号をつけて24色相とした。コンピュータ上で色彩を扱う場合もRGBであれ、CMYで



上図：オストワルドの等色相面
右図：コンピュータで作成した等色相面



あれ三原色の配合による色相環となるので、この 24 色相による分割は非常に好都合だといえる。マンセルの色相環のように 5 色相を基本とし、100 色に分割した色相環は表現に適さない。

コンピュータ上で RGB 及びその補色の CMY とこれらの混合色を使って色相環を作成する。その混合比は下表の通りとした。

前頁の図はコンピュータ上で色相環を作成し、カラープリンターに出力した結果である。この結果は、コンピュータが光源色を扱い、プリンターが色料によって出力されることからコンピュータ上の色を正しく再現しているとはいえない。また、出力に際して再度 CMYK への変換が行われていることも考慮しなければならない。

しかし結果からは、当初予想されたとおり、RGB と CMY の表現できる色域の違いが顕著に現れた。CMY で作成した色相環は Blue が殆ど黒に近く、特に BBM (シアン 75%、マゼンタ 100%) の色は無彩色か有彩色かの判断もつかないほどになった。RGB で作成した色相環のほうが正しく表現されてはいたが、色料で作られた標準的な色票よりは印刷インキの見本帳の色に近いと感じられる。

RGBによる表現

	R	G	B
R	255		
RRY	255	66	
RY	255	123	
RYY	255	189	
Y	255	255	
YYG	189	255	
YG	123	255	
YGG	66	255	
G		255	
GGC		255	66
GC		255	123
GCC		255	189
C		255	255
CCB		189	255
CB		123	255
CBB		66	255
B			255
BBM	66		255
BM	123		255
BMM	189		255
M	255		255
MMR	255		189
MR	255		123
MRR	255		66

CMYによる表現

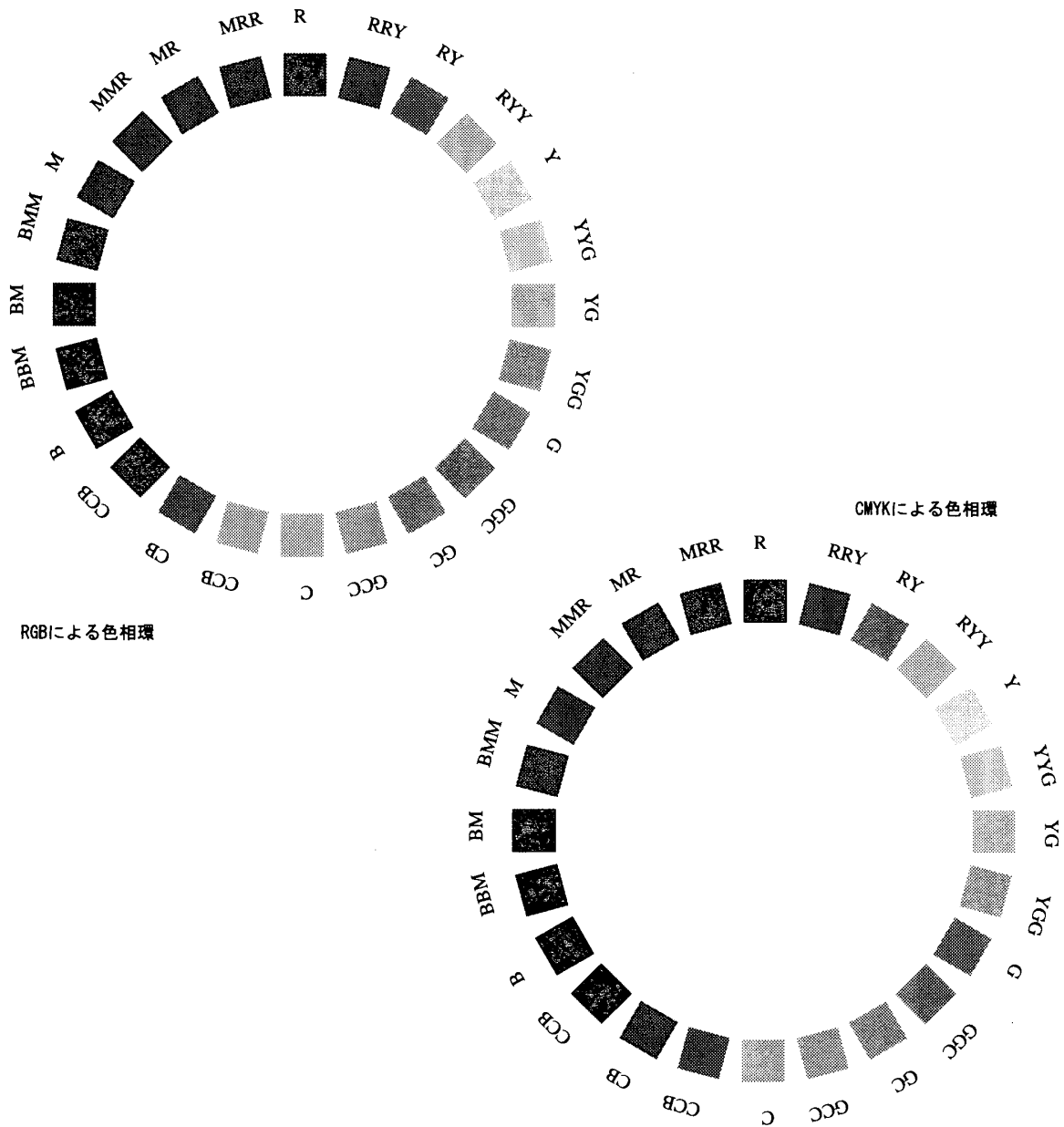
	C	M	Y
R		100	100
RRY		75	100
RY		50	100
RYY		25	100
Y			100
YYG	25		100
YG	50		100
YGG	75		100
G	100		100
GGC	100		75
GC	100		50
GCC	100		25
C	100		
CCB	100	25	
CB	100	50	
CBB	100	75	
B	100	100	
BBM	75	100	
BM	50	100	
BMM	25	100	
M		100	
MMR		100	25
MR		100	50
MRR		100	75

4. これらの結果をふまえて

このように、コンピュータ上で色を取り扱うには、表現できる色域の違い、モニタ特性の違い、プリンター特性の違いなど多くの問題を抱えている。またCMYKはRGB画像から常に墨版をまず作成し、その色を他の色の暗部から差し引いて作成されるため、特に墨版を抜いてRGBとCMYだけの比較をすると諧調は大きく変わってしまう。

しかし、かつて色彩の配色を分析する場合に用いられた方眼紙による造形作品の配色の分析を考えるとその計算能力、作業の簡便性を考えるとき、この色域表現の違いを踏まえてコンピュータを活用して色彩の分析を行うことは意味があると考え、色彩分析のためのプログラム作成を試みた。

色彩の分析の方法は次のような概要となる。



1. スキャナによる画像の取り込み
2. カラー画像とモノクロ画像の作成
3. カラー画像・モノクロ画像の諧調の整理。

無段階諧調の色域を持つ作品を分析することは困難であるため、カラー画像についてはRGBそれぞれを0、15、30、……、255の16段階の4096色に整理し、そのカラー傾向を分析する。モノクロ画像については同様に16段階に整理する。

整理する方法は、PhotoShopのカラー変換機能を活用し、ポストリゼーションによる中間色域の整理を行う。

4. 画像をモザイク化しモザイクによる色の構成に置き換える。
モザイクの大きさは10×10ピクセルの正方形とする。
5. 画像をPhotoShopで保存し、Visual Basicで作成した自作ソフトにより分析する。

Visual Basic で開いた画像を、10×10 ピクセルのタイルの中心点から色データを収集し、4096色の分布及び面積比を比較する方法をとる。

色彩の配色を考える場合、バーコード配色による色彩の調和を考える試みが多くなされている。これは色彩の面積比、色数が視覚的に明確であることから使われているのであろうが、実際のデザイン作品ではバーコード的に考えられる作品は、構成主義的な作品に限定されてくる。作品の配色効果は、単に色の調和だけではなくその形、空間の構成など大きく作用する要素があるが、色彩が効果的に活用されている作品を分析し、その配色効果を明らかにしたいと考える。次報ではデータを収集し、その分析結果について考察を加え、報告したい。