

カラーアピランスとカラーマネージメント 色の見えのモードを中心として

鈴木 恒男

慶応義塾大学 法学部

〒223 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1

1. はじめに

最近、カラーマネージメントシステムという言葉がパソコン情報誌等で多く見かけるようになった。この言葉と同時にWYSIWYGと言う読み方すら分からない単語を目にすることがある。この目新しい単語は "What You See Is What You Get" の頭文字であることを知らされるて初めて何のことを表すかが理解できる。これらの言葉は、フルカラーのモニタとパソコンおよびその出力器の性能の向上と低価格化により身近にこれらの機器を使用できるようにしたために生まれてきた言葉である。従来、カラーモニタ、カラープリンタの色再現理論はテレビ、写真、印刷のそれぞれの分野で独自に発展してきた。さらに、それらの各分野間での色情報のやり取りが行われていたが、それは限られた専門家が個人ノウハウで行うことが多かった。しかし、パソコンと周辺機器の高性能化と低価格化が一部専門家が扱っていた色情報を多くの素人が扱う需要がでてきた。色彩はその理論的扱いは非常に難解な箇所があるが、その再現された色の違いは誰でもが知覚することが出来る。このような背景の基にカラーマネージメントシステムが目目されている。このシステムの目指す所は、入力から出力まで正確なカラーマッチングを実現するためのシステムである。現在数種類のシステムが市販されているが、その性能評価に関しては今後検討されるものと思われる。

カラーマネージメントシステムが基盤としている技術的背景は従来の測色学である。ゆえに、この測色学が解決していない問題もこのシステムに持ち越される可能性が大きい。測色学

で解決されていない問題で現在研究が続行されている大きな課題は "色の見え (Color Appearance)" がある。色の見えに関しては、色順応を含めた数々の色彩知覚の現象を包括的に説明される複数の色の見えのモデルが提出され、現在議論が行われている。


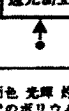
このシステムで、カラーモニタとそのハードコピーの色の見えの問題で、当初から注目された知覚の現象としては色の見えのモードがある。この資料では、この色の見えのモードに関する問題の整理とカラーモニタとそのハードコピーの見え方に関する国際照明委員会(CIE)と日本照明学会での委員会の最近の活動を紹介する。

2. 色の見えのモード

色の見え方を実験現象学的観察から分類したのが D. Katz: Die Erscheinungsweise der Farben (1911)¹⁾ である。実験現象学とは、偏見のない態度で、直接経験はあるがままの観察に立って記述した事象を現象とよび、その条件変化を追求する立場である。現象をいたずらに分析するのではなく、その現れるままにとらえ、そこに備わる特性を記述し、その特性を特性たらしめている諸条件を探ることが目ざされる(新版心理学事典 平凡社)。この立場から色の見え方(見えのモード)には9種類のモードが存在することが報告されている。この9種類の分類を長谷川敬(聖心女子大学)が照明学会の色彩情報と色の見え研究調査委員会報告²⁾(委員長矢口博久 千葉大学)に平易にまとめてあるので、それを表1として転載する。この色の見え

表1 Katzのモードの分類(長谷川の図を転載)

注()内記号は[]に対応

モード	基本的特徴	関連性	その他	例	CIE用語No.注)
面色 film colour	眼前での一様な柔らかい広がり 存在位置の定位が不可。		開口色はこの一部。	大空、視感色彩計の色、 スチーム、霧、 一様な全視野	【開口色】 (aperture colour) (845-02-21)
表面色 surface colour	表面としての定位が確実に可能でパリアー のような固い面で、フレーム(限り)をもつ。		物体色とは一義的 には一致しない。 単眼視で特性は劣化。	紙、石、布、木、毛皮、 肌、隠られた(フレーム のある)大空、煙	845-02-20 【物体色】 (object colour) (845-02-19)
空間色 volume colour	三次元で構成され、その空間を光たす ように見える。透明性を要す。	面色、光輝、灼熱 でのボリューム感		びんの中の液体、 ゼリー(菓子)、 着色した家天	—
透明面色 transparent f. c.	空を含む明確な対象をガラスやフィルタ を通して見、対象とガラスの色の位置の 一致したときの色。両眼融合でも主じる。	フィルタと 対象との位置性	対象・フィルタ (不透明板も)・眼 の焦点位置など 微妙な設定条件が ある。	スタンドガラス、 サングラスを眼から 透してみた空や風景	—
透明表面色 transparent s. c.	両眼混色で対象(1眼)と不透明板 (他眼)が融合したとき板の肌理が 残存した見え方。			フィルタや不透明板の質感が 残る見え、うすい模様や汚れ のあるガラスを通して見た色	—
鏡映色 mirrored colour	円滑面での単純な反射で像を見る ときは鏡の特性をもつという。	反射面と分離し、面 の後面に色が見える ときは透明面色		通常の鏡でみる色	—
光沢 lustre	像が見えず、部分的に表面構造が見え なくなりかつより明るくなる。	面色、表面色の 特性を失なわない		金属光沢、 エナメル光沢、 シルク光沢	【光沢】 (gloss) (845-04-73)
光輝 luminosity	周辺より明るく、そこに三次元的な 厚みを覚えさせる色。同一照明光 で白色紙より明るい。	空間光輝性という 点で空間色に近い	発光色の性質に近い。	照明光を集光して乳白ガラス や光沢紙にあてたとき透過す る色、EL、発光ダイオード	—
灼熱 glow	フレーム(限り、形)をもつ必要のない光輝。	光輝に似るが より広汎	動いていてもよい。	炎	—

のモードに対する検討はTroland³⁾やWoodworth⁴⁾も問題としそれぞれ見えのモードを提唱している。しかし、このD. Katzの立場は見え方の現象を在るがままにとらえ、そこに備わる特性を記述することにとどめるために、その後1931年に成立した国際照明委員会(CIE)の測色システムにはこの考え方は取り入れることはなかった。しかし、議論としては色の見え方の問題は色の感覚と知覚の問題として議論され、当面のCIEのシステムは色感覚だけを問題とするとの結論がだされている。

この色の見えのモードを再度扱ったのがアメリカ光学会測色学委員会(委員長A. Jones)である。この委員会は委員会報告として"The Concept of Color"⁵⁾との論文を1943年にJ.O.S.A.に発表し、その中で、図1に示す色に関する枠組みを提唱している。色は物理学、精神物理学、心理学の枠組みで捉えられる。物理学では光の分光エネルギー分布が扱われ、CIEのシステムは精神物理学の段階であり、心理学の段階には感覚のレベルと知覚のレベルがある。感覚レベルでは色の3属性が扱われ、色の見えのモードは知覚レベルの問題であるとしている。

この報告では色の見えのモードには新しく色の見えを規定する重要な要因として観察者と対

象の色の位置関係の認識を挙げ、位置を定位出来るか否かでモードを大きく分類している。その観察者と対象であるとの位置関係を定位できるモード(Located mode)としては物体モード(Object mode)、発光体モード(Illuminant mode)、照明モード(Illumination mode)の3種類を考え、物体モードは更に表面モード(Surface mode)と空間モード(Volume mode)に分類している。位置関係を定位出来ないモードには開口モード(Aperture mode)を挙げている。このモードの関係を図にしたのが図2である。

このアメリカ光学会の測色委員会の同じメンバーが1953年に"THE SCIENCE OF COLOR"⁶⁾との題名の本を出版し、その第5章に「Psychological Concepts: Perceptual and Affective Aspects of Color」を設け、その第1節にModes of Appearanceを充てている。この中で同一の委員会メンバーであるが見えのモードとしては前回距離を定位出来るか否かでモードを2分類したが、今回の2分類は物体モード(Object mode)と非物体モード(Nonobject mode)であり、物体モードには発光体モード(Illuminant mode)、表面モード(Surface mode)、空間モード(Volume Mode)があり、非物体モードには面モード(Film mode)と照明モード(Illumination mode)が

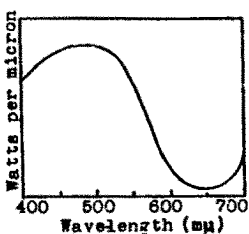
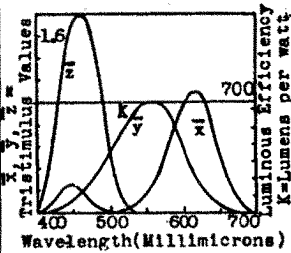
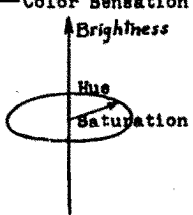
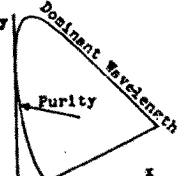
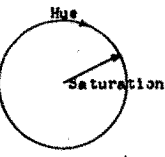
Physics	Psychophysics	Psychology	
Visual Stimulus	Light	Visual Sensation	Visual Perception
Radiant Energy	Luminous Energy		
Spectral Composition	Color	Color Sensation	
			
Characteristics of Radiant Energy:	Characteristics of Light = Color :	Attributes of Color Sensation:	Corresponding Modes of Appearance:
Radiant Flux:	1. Luminous Flux	1. Brightness.	Aperture (1-5)
a. Radiance	a. Luminance		Illuminant (1-8)
b. Irradiance	b. Illuminance		Illumination (1-3)
c. Radiant Reflectance	c. Luminous Reflectance		Object Modes: Surface (1-11)
d. Radiant Transmittance	d. Luminous Transmittance		Volume (1-9)
Spectral Distribution (Relative Spectral Composition, Quality)	Chromaticity	Chromaticness	Attributes of Modes of Appearance:
Radiant Purity	2. Dominant Wavelength (or complementary) 3. Purity	2. Hue 3. Saturation	1. Brightness (or lightness) 2. Hue 3. Saturation 4. Size 5. Shape 6. Location 7. Flicker 8. Sparkle 9. Transparency 10. Glossiness 11. Lustre
			

図1 色の枠組み (from OSA (1943))

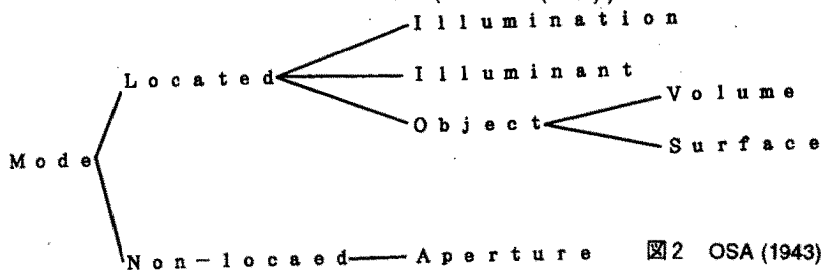


図2 OSA (1943) のモードの分類

あるとしている。その関係を示したのが図3である。この下位概念である5つのモードがどのような属性を持っているかを示しているのが図4である。この属性のなかで従来の測色学には使われない言葉は Insistence と Pronouncedness がある。この言葉は Katz が定義した言葉で、前者が色の強さで最近問題とされている colorfulness に近い概念であり、後者は NCS の色みの概念に近いものである。OSA はモードを色知覚を規定する重要な要因で在るとの立場は

変えていないが、そのモードには何が必要かは 2 論文で変化している。

この OSA のメンバーの一人である Judd が著した "Color in Business, Science, and Industry"⁷⁾ で

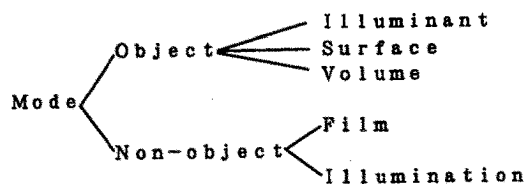


図3 OSA (1953) のモードの分類

Attributes	MODES OF APPEARANCE OF COLOR				
	1 Illuminant (glow)	2 Illumination (fills space)	3 Surface (object)	4 Volume (object)	5 Film (aperture)
1. Hue	*	*	*	*	*
2. Saturation	*	*	*	*	*
3. Brightness	*	*		*	*
4. Lightness			*	*	
5. Duration	*	*	*	*	*
6. Size	*	(*)	*	*	(*)
7. Shape	*	(*)	*	*	(*)
8. Location	*	(*)	*	*	not in depth
9. Texture			*	*	
10. Gloss (lustre)			*	*	
11. Transparency	(*)	*	*	*	
12. Fluctuation (flicker, sparkle, glitter)	*	*	*	*	
13. Insistence	*	*	*	*	*
14. Pronouncedness	*	*	*	*	*

図4 モードとその属性 (from OSA (1953))

は表面色 (Surface color) と物体色 (Object color) との言葉は使用しているが、図1のOSAの色の枠組みと同様な図を提示しているが、その図には色の見えのモードは取り入れていない(図5)。さらにこの後の色彩学の著名な著書にはモードを扱ったものが見られない、たとえば Wyszecki & Stiles の Color Science (1982) には object-color solid, object-color stimulus との用語は使用しているがこれは見えのモードを表すものとして使用していない。この色の見えモードが色彩学の著書から一時消えてしまった最大の理由が現象学に基づく見えの分類は現象観察以外での他のレベルでの説明を拒否するものであるため、CIEにより確立された測色学のシステムには取り入れられないものであった。さらに、前述のOSAのThe Concept of Colorの論文にも触れてあるが、CIEのシステムも当初は色

感覚と色知覚の問題を扱ったが、最終的には色感覚の問題だけに限定してこのシステムを適用することになった。このためにCIEシステムには色の見えのモードは取り込まずに進歩してきた。CIEシステムそれ自体に対する見直しがされ始めた最近では色の見えに関する問題を本格的に議論がなされている、その中で色の見えのモードに関する基礎的な議論がなされるはずであるが、むしろカラーモニタとそのハードコピーでの実用的な問題に関する議論でこのモードの問題が取り上げられて見えが合わない時の説明概念に使用されているのが現状である。

CIEが出版した1987の国際照明用語集の日本語版では物体色 (object-colour), 表面色 (surface colour), 開口色 (aperture colour), 発光 (知覚) 色 = 輝面 (知覚) 色 (luminous (perceived) colour), 非発光 (知覚) 色 = 照明 (知覚) 色

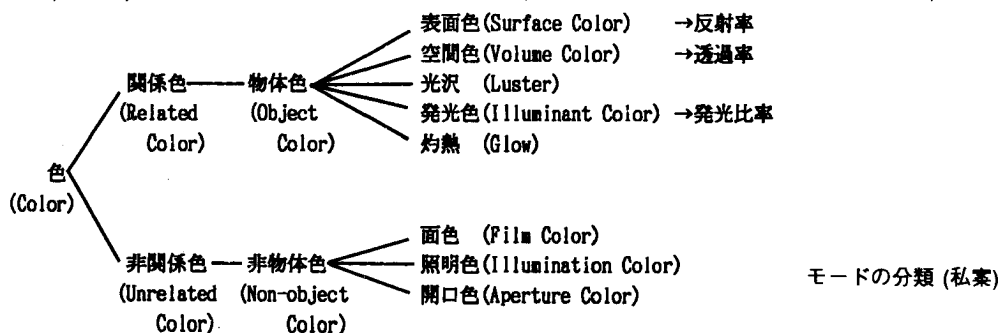
Kind of Object	Physics (Radiant Energy)	Psychophysics (Color)	Psychology (Color Perception)
Opaque surface	Spectral reflectance	Luminous reflectance	Lightness (black to white)
Transparent volume	Spectral transmittance	Luminous transmittance	Lightness (black to perfectly clear)
Self-luminous area	Spectral radiance (areal density of spectral radiant intensity)	Luminance (photometric brightness)	Brightness (invisible to dazzling)
All	Spectral selectivity	Chromaticity dominant wavelength, purity or chromaticity coordinates	Chromaticness hue, saturation or red-green, yellow-blue

図5 色の枠組み (from Judd)

(non-luminous (perceived) colour), 関連 (知覚) 色 (related colour), 無関連 (知覚) 色=単独 (知覚) 色 (unrelated (perceived) colour) の7モードが記載されている。このように見えを表すモードは分類するだけでは問題の解決にはならないので従来提案されているモードを現在問題とされているカラーモニタとそのハードコピーへの適用ができるように分類整理することを試みた。色の見えのモードで一番基本とならなことは知覚される対象が観察者との位置関係を基本とする色々な属性を認識できるか否かである。この様に立場でモードを二分類すると定位モード (Located mode) と非定位モード (Non-located mode) が良いが、この言葉は馴染み難いので、その代わりに関係色 (Related color), 非関係色 (Unrelated mode) を使用する (この言葉はどこで定義されたかは明確ではない)。関係色とは観察者のその対象との位置関係を基本とする属性が認識できる色である。関係色はまた物体色と言い直して良い。その物体色に属するモードは表面色 (Surface color), 空間色 (Volume color), 光沢 (Luster), 発光色 (Illuminant color), 灼熱 (Glow) である。表面色とは物体と認識された物の表面の色であり、その色は物体表面の反射率と照明する光源で記述できる。空間色は観察者との位置関係が明確に出来るある空間を満たしている色であり、瓶の中の色水や色ガラスはこれにあたる。この色は物体の透過率と照明する光源で記述される。光沢は物体の表面構造に依存した色知覚の属性であり、特定方向に反射率が多く、変角測光でその特性が記述される。発光色は色が発光している印象があり、しかも開口色とは異なり、視野の中に複数の色が存在す

る場合である。カラーモニタはこの代表であるが、暗黒中にカラープリントを提示し、その写真だけを照明した場合にもこの発光色に知覚される。この色は望遠分光放射計で色を測定し、その中の最大輝度との比率で色が定義できる。しかし、カラーモニタを照明光下で観察した場合には発光比率の換算に問題が生じる。灼熱は炎の色がその代表である。

観察者との位置関係が明確に認識出来ない色を非関係色と言い非物体色と言い直しても良い。その非物体色に属するモードは面色 (film color) と照明色 (Illumination color) と開口 (Aperture color) がある。この非物体色の特徴はその色が提示されている面が同定することができないことであり、物としての認識がし難い。面色は一様な広がりをもつ面で、視野全体に色が広がっている感じを与える色である。照明色は光源自身が視野に入らない時に、その光源の光が空間を満たしているその色である。開口色は暗黒中に一つの色だけが提示された場合か小開口を通して一つの色を見る場合である。この非物体色に知覚されることは日常生活場面では非常に少ない。この分類を図に示したのが図6である。この関係からカラーモニタの色は発光色に、ハードコピーは表面色に分類されるので、両者は関係色の範ちゅうに属し、色を定義する時は、発光比率と反射率を測定することがその基本となる。その際、カラーモニタの白色がハードコピーの照明光源と色度と輝度が同じ場合は扱いが比較的簡単であるが、異なる場合はその扱いが難しくなる。次に、この考えを実証するためには厳密な実験条件でカラーモニタと反射物体の色を比較する必要があるが、この



実験手続きを規定しようとしている動きを海外と国内で紹介する。

3. CIE 実験ガイドライン

CIE 第一部会「視覚と色」には技術委員会 TC1-27 「Specification of Color Appearance for Reflected Media and Self-Luminous Display Comparisons」が設立され、反射物体色（写真画像など）と自己発光表示色（モニタ画面など）の等価な色の見えを成立させる表示方法を研究し、実用的な定式化と比較評価方法を提案することを目的として活動している。

反射物体色と自己発光表示色の両表示モードの違いによる色の見えに関する実験データは十分ではなく、まず標準的な実験方法を決め、各研究機関による実験をできるだけ共通化して、相互比較できるデータを集めることを当面の目標として実験ガイドラインを作成中である。

その検討中の実験ガイドライン（CIE Guideline for Coordinated Reserach on Evaluation of Color Appearance Models for Reflection Print and Self-Luminous Display Image Comparisons）でまとめている実験方法は、図7に示すように同じパターンのテスト刺激を提示した CRT ディスプレイと反射物体色観察ブースを並置して、観察評価するものである。そのテスト刺激には幾何学模様を多数配置した多色配色パターンが一度提案されたが、最終案では幾何学的無意味図形よりも通常観察されている実画像を優先的に用いることを提唱している。

両表示モードの色比較評価方法としては、継時記憶色法と一対比較方法がある。継時記憶色

法は継時的に両表示モードを見て、記憶した物体色の色を自発光ディスプレイ側の色を調節して等色にする方法である。その観察方法には隔壁をはさんで右目、左目各々に CRT 画面色、反射物体色を観察するが、片目で CRT 画面色を観察している時、もう一方の片目は反射物体色から隔壁面へ視線をそらすことによって両眼間の順応の違いの影響を軽減する方法と、両眼で継時的に両表示モードを観察する方法の2方式を提唱している。

一対比較方法は同種の自発光ディスプレイ2台に、照明下の物体色に対するディスプレイ対応色を6種類の基準（XYZ, CIELAB, CIELUV, von Kries のモデル, Nayatani のモデル, Hant のモデル）で計算したものを表示し、どれが最も物体色の見えに近いかを評価する方法である。

この実験ガイドラインに続いて1993年9月末にはこれに幾つかの修正を加えた最終案が提示された。

4. 照明学会「物体色と光源色の色の見え研究調査委員会」ガイドライン

昭和63年に照明学会視覚研究専門部会では「色彩情報と色の見え研究調査委員会」（委員長 千葉大学 矢口博久）を設立し、人間の色覚から見た最適な色彩情報の提示方法や色の見えに関する調査と討議を重ね平成3年3月当初の目的を達成し、研究調査委員会を終了した。その委員会の活動を受けて平成3年から反射物体色と自己発光形表示装置の色の見えに関する基本的問題の検討を目的として「物体色と光源色

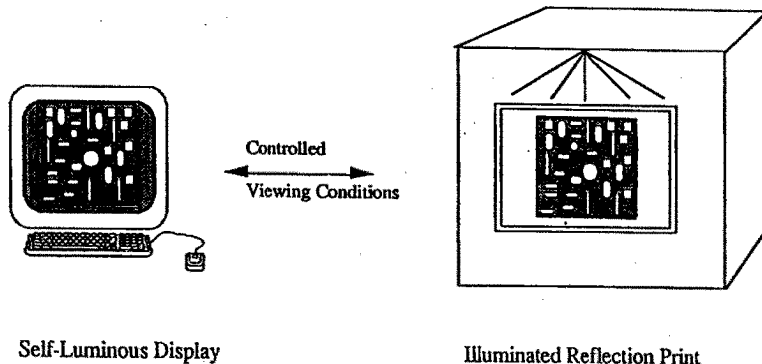


図7 CIEガイドラインの装置配置

の色の見え研究調査委員会」(委員長慶応義塾大学鈴木恒男)が発足した。この委員会では反射物体と自己発光形ディスプレイとの色の見えの対応関係を調べるには、現在問題が整理されていないとの認識から実用的な観察条件よりも、問題を整理するための観察条件を優先する。そのために、観察パターンは単純なものを使用し、反射物体を照明する光源とディスプレイの白色の輝度と色度を一致させる条件で実験を開始し、順次実用的な観察条件での実験を行う予定である。一次実験のガイドラインは以下の項目からなる。

- 1) 色票サンプル、CRT 観察パターンを作成する。観察パターンは図8に示すように、周囲に白の枠があり、等色にする刺激を中心に配置し、その周囲はN5のグレーとする。
- 2) CRT モニタと照明ブースの位置を設定する。観察室内は暗室または準暗室として、図9のように CRT モニタと照明ブースを並置する。
- 色票サンプルとCRT観察パターンの高さをほぼ同一にする。
- 照明ブース内の床、全壁面は黒ラシャ紙で覆う。
- 照明ブースのランプが直接観察者の視線に入らないように黒ラシャ紙で照明ブース前面上部を覆う。
- 3) 両観察モード下の"白色"を合わせる。
- 照明ブースにD65蛍光灯ランプを電圧100Vで点灯し、少なくとも20分間点灯する。な

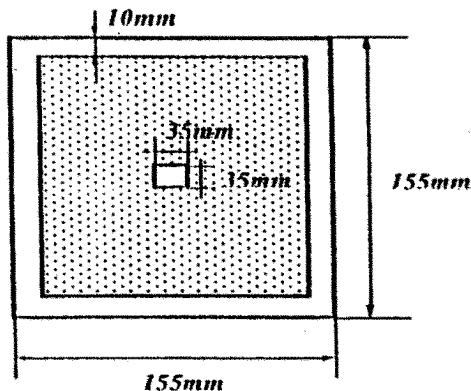


図8 照明学会委員会の観察パターン

お、D65 蛍光灯と色票サンプルの間には、アクリル板など波長的に選択性のあるものを入れてはならない。

- 白色色票サンプルを照明ブーステーブル面に傾斜角約 60° で固定する。
- 白色色票サンプルの色度は原則的に JIS Z 8722 物体色の測定方法に従って測定する。
- CRT 観察パターン中央部 35 mm 角領域(図8参照)を"白色"に発光させ、分光測色器により白色色票サンプルの色度で、かつ用いたCRT モニタで発光できる最大輝度になるように調節する。このようにして設定された CRT モニタ白色を CRT-D65 白色と呼ぶ。
- 4) 照明ブースの照度を設定する。

分光測色器により白色色票サンプルの輝度が、上記3)で設定したCRT白色観察パターン輝度になるように、照度を調整する。なお照明ブースの照度調節は以下の方法による。

- 点灯する蛍光灯の本数を増減する。
- 波長的に選択性のない布、紙等で減光する。
- 蛍光灯に黒ラシャ紙を巻き付ける。
- なお、電氣的調光はD65 蛍光灯の発光特性を変化させるため用いてはならない。
- 5) CRT 原色のガンマ特性を測定する。

CRT観察パターン中央部35mm角領域(図8参照)を、赤、緑、青のいずれか1色に選択発光させる。発光入力値(各色8ビットとする)を0から255まで20おきに設定しながら、その発光輝度を輝度計(線形性が保証されたものであれば何でもよい)で測定する。以上の測定を各色で行う。

○CRT モニタの輝度調整つまみは発色特性を考慮して適正なレベル(中間輝度レベルから最小

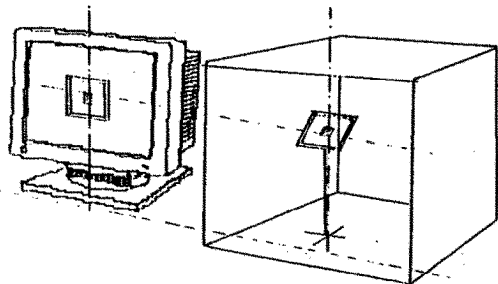


図9 照明学会委員会の装置配置

輝度レベルが望ましい最大輝度レベルには設定しない)に設定する。

6) CRT モニタ原色の最大輝度値を測定する。

CRT 観察パターン中央部 35 mm 角領域 (図 9 参照) を赤, 緑, 青のいずれか 1 色に発光させる。その場合, 赤, 緑, 青の各入力値は CRT-D65 白色に発光させる場合の入力値 (R_{max} , G_{max} , B_{max}) とする。各色の発光輝度および三刺激値 X , Y , Z (または色度 x , y および Y) は原則的に JIS Z 8724 光源色の測定方法に従って測定する。

7) 上記 5) および 6) の測定値を RGB→XYZ 変換プログラム (各実験ステーションで独自に使用しているもの, または, 委員会で提供するもの) に代入する。

8) CRT 観察パターンの外周 10 mm 枠を白色に, 外周枠と中心 35 mm 角を除いた領域を無彩色 N5 に設定する。

9) 実験は 22 色の色票に対してモニタを調節してカラーマッチングを行う。その際モニタを調節するのは, RGB の値を変化させても, $L^*a^*b^*$ を変化させてもよく, 各実験ステーションにまかせる。

○観察者は照明ブースと CRT モニタのほぼ中央で自由視の状態を観察し, 両者の見えの色を等色とする。

○22 色の等色を 1 セッションとし, 最低 3 セッションを行う。

○観察者は各所でできれば 3 名以上が望ましい。

10) 色票サンプルと等色した CRT モニタデータは, 赤, 緑, 青各色の発光入力データ (0 ~ 255) として記録して, RGB→XYZ 変換プログラムで三刺激値を計算する。

○実験データはフロッピーで統一したフォーマットで委員会へ提供する。

4. まとめ

カラーモニタの色とカラーハードコピーの色に関しては, 基礎的な条件での対応に関する検討が充分に行われる前に, 実用的な側面が先行している。それで, その対応関係に問題が生じ

ると, CIE の測色システムが積み残してきた問題である色の見えのモードをその対応しない原因とする風潮がある。しかし, このモードに原因を求める前に, 十分な検討がされる必要がある。またモードの問題はこの問題で注目されたが, ここを離れても色の見えを規定する要因であるので, 十分に検討する問題を多く残している。

文 献

- 1) D. Katz: Die Erscheinungsweisen der Farben und Ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung. *Zeitschrift für Psychologie, Ergänzungsband*, 7, 1911.
- 2) 長谷川 敬: 見えのモード. 色彩情報と色の見え研究調査委員会報告, 33-35, 1991.
- 3) L. T. Troland: Principles of Psychophysiology, Vol. II: Sensation. Van Nostrand, 1930.
- 4) R. S. Woodworth: Experimental Psychology. Henry Holt, 1938.
- 5) OSA Committee on Colorimetry: The concept of color. *Journal of the Optical Society of America*, 33, 544-554, 1943.
- 6) OSA Committee on Colorimetry: The science of color. Thomas Y. Crowell, 1953.
- 7) D. B. Judd: Color in Business, Science, and Industry. John Wiley & Sons, 1952.