

マルチメディア色再現の基礎検討

報告書

平成7年6月

社団法人 照 明 学 会

物体色と光源色の色見え特別研究委員会

マルチメディア色再現の基礎検討

—物体色と光源色の見え特別研究調査委員会報告—

1	委員会の目的と活動経緯	
1・1	委員会の目的	1.1
1・2	委員会の構成	1.2
1・3	委員会活動の経緯	1.2
2	実験分科会活動報告	
2・1	実験分科会活動の経緯	2.1
2・1・1	実験分科会の構成	
2・1・2	活動期間	
2・1・3	活動の経緯	
2・2	表面色モードと開口色モードの色の見えに関する最近の研究	2.2
2・3	第1次実験	2.6
2・3・1	CIE実験ガイドライン	
2・3・2	実験ガイドライン	
2・3・3	実験結果	
2・3・4	考察	
2・4	第2次実験	2.17
2・4・1	実験ガイドライン	
2・4・2	実験結果	
3	実用問題分科会活動報告	
3・1	実用問題分科会の目的	3.1
3・2	実用問題分科会活動の経緯	3.2
3・2・1	活動期間	
3・2・2	本分科会の構成	
3・2・3	活動の経緯	
3・3	実用場面での問題点の抽出	3.3
3・3・1	プリンタ開発現場における問題点	
3・3・2	製版現場における問題点	
3・3・3	デザイン現場における問題点	
3・4	各分野での現状と問題点	3.6
3・4・1	写真および印刷	3.6
3・4・2	化粧品	3.7

3・4・3	液晶ディスプレイ	3.9
3・4・4	複写機	3.10
3・4・5	自動車	3.12
3・4・6	照明計画のCGにおける色再現の問題	3.14
3・4・7	コンピュータ	3.17
3・4・8	通信	3.18
3・4・9	写真	3.19
3・4・10	印刷	3.25
3・4・11	CRTモニタ	27
3・5	カラーマネージメントシステムの現状と課題	3.28
3・5・1	カラーマネージメントシステムが必要になってきた背景	
3・5・2	現状のカラーマネージメントシステムの特徴	
3・5・3	カラーマネージメントシステムの標準化動向	
3・5・4	カラーマネージメントシステムの課題	
3・5・4・1	測色値マッチングを実現するための課題	
3・5・4・2	色の見えのマッチングを実現するための課題	
3・5・5	CMSの課題に対する考察	
3・6	CRTモニタとカラーハードコピーの推奨観察条件	3.36
3・6・1	はじめに	
3・6・2	ハードコピー、CRTモニタそれぞれの観察環境	
3・6・3	カラーハードコピーとCRTモニタ、両者に対する観察条件	
4	モニタ測光上の問題と対策	4.1
5	用語問題分科会活動報告	
5・1	用語問題分科会の目的と活動の経緯	5.1
5・1・1	用語問題分科会の目的	
5・1・2	用語問題分科会の活動の経緯	
5・1・2・1	活動期間	
5・1・2・2	本分科会の構成	
5・1・2・3	活動の経緯	
5・2	用語統一への問題提起	5.2
5・2・1	はじめに	
5・2・2	CRT用語のルーツ	
5・2・3	慣用CRT用語の実例収集	
5・2・4	用語の整理	
5・2・5	試案用語	
5・2・6	おわりに	
5・3	色の見えのモードに関する用語の変遷	5.10

第1章 委員会の目的と活動経緯

1.1 委員会の目的

(淵田隆義)

近年マルチメディア、メディアミックスなど異なるメディア間の色再現を扱う分野が増加し、実用の場においてCRTモニタなど自発光型の表示デバイス（CRTモニタ）の表示色と照明された反射物体色を相互に比較することが多くなっている。このとき、CRTモニタ表示色が期待どおりにプリンタ出力として再現されない、CRTモニタ表示色を測色的に忠実に色票として再現しても両者は同じ色には見えない、など自発光色と反射物体色の色の見えに対して様々な問題点が指摘されている。これはCRTモニタと照明ブース内の反射物体を左右に並べて両者の色を比較する場合など見えのモードが異なる“等色”に対して、現行測色学のあつかう“等色”では十分に説明できないのではないかという議論がある。

国際照明委員会（CIE）第一部会「視覚と色」では、1989年10月この問題に対して技術委員会TC1-27「反射物体色と自発光CRTモニタ発光色の比較・表示方法 (Specification of Color Appearance for Reflective Media and Self-Luminous Display Comparisons)」を設置し、色の見え（カラーアピアランス）の立場から研究調査を進めている。委員長はAlessi博士（米国コダック社）であり、委員として日本からは鈴木氏（慶応義塾大学）と淵田（東芝ライテック）が参加している。CIE TC1-27の目的は反射物体色と自発光CRTモニタ色の等価な色の見えを表わす表示方法を研究し、実用的な式と比較評価方法を提案することである。しかし、現在物体色と光源色の両表示モードの違いによる色の見えの実験データは十分ではない。そこでTC1-27は国際的に標準的な実験方法を定め、各機関による実験をできるだけ共通化し、相互比較できるデータを多数集めることを計画した。1994年に実験ガイドラインを作成し、現在CIEとして実験データの集積を募っているところである。

上記のような背景をふまえて照明学会では、国際的な研究協力にとどまらず、この問題にかかわる日本における種々の問題点を検討し、その解決をはかることをねらい平成3年6月「物体色と光源色の色の見え研究調査委員会」を設置した。約2カ年の基礎調査の後、平成5年4月からは学会内研究助成を受け「物体色と光源色の色の見え特別研究調査委員会」としてさらに検討を継続し、平成7年6月その所与の目的を達成し委員会を終了した。

1. 2 委員会の構成

(明道成)

委員長	鈴木 恒男 (慶応義塾大学)
幹事	渕田 隆義 (東芝ライテック(株))
	明道 成 (三菱電機照明(株))
	矢口 博久 (千葉大学)
委員	東 吉彦 (東京工芸大学)
	池上 博章 (富士ゼロックス(株))
	井上 正之 ((株)ATR)
	内川 恵二 (東京工業大学)
	岡嶋 克典 (防衛大学校)
	川上 元郎 (女子美術大学)
	洪 博哲 (コニカ(株))
	小泉 直彦 (双葉電子工業(株))
	小松原 仁 ((財)日本色彩研究所)
	佐藤 千穂 (資生堂(株))
	側垣 博明 (電子技術総合研究所)
	武市啓司郎 (生命工学工業技術研究所)
	橋本健次郎 (松下電器産業(株))
	長谷川 敬 (聖心女子大学)
	本村 秀人 (松下技研(株))
	三橋 徹 (凸版印刷(株))
	室岡 孝 (富士写真フィルム(株))
協力	坂本 卓 (大日本スクリーン製造(株))
	鈴木 祥治 ((株)富士通)
	田島 秀樹 (東芝ライテック(株))
	田村 徹 ((株)IBM)
	筑木 利行 (富士ゼロックス(株))
	舟川 政美 (日産自動車(株))
	平林和晃 (千葉大学)
	三好理恵 (千葉大学)

1. 3 委員会活動の経緯

(明道成)

第1回委員会 (平成5年6月25日)

- (1) 実験、実用、用語の3分科会の設立と各主査の決定。
- (2) 実験分科会

自己発光型ディスプレイと反射物体色の比較実験を実施し、基礎データを取

得。

実用問題分科会

企業現場における現状の把握。

用語分科会

関係する用語の整理。

第2回委員会（平成5年9月16日）

(1) 実験分科会

・分科会未開催。開催日が示された。

(2) 用語の整理分科会

・委員会活動の現状を報告した。現在、用語収集の段階。

(3) 実用問題分科会

・実用面での現状を調査した。市販ツール、印刷現場。

(4) CIE TC1-27 Final Draftの内容紹介と委員会としての対応を検討した。

(5) VDTにまつわる人間工学の国際標準化動向(ISO9241)が紹介された。

第3回委員会（平成5年12月20日）

(1) カラーファクスの国際標準化動向の報告。

(2) 実用問題分科会 各種カラーマネジメントシステムを調査中。

(3) 実験分科会 平成4年実施の第1実験データの解析・考察。第2実験の計画。

第4回委員会（平成6年3月7日）

(1) 実験分科会

(2) 実用問題分科会

(3) 用語分科会

第5回委員会（平成6年6月17日）

(1) 実験分科会 第2実験の実験ガイドライン最終検討中。

(2) 実用問題分科会 カラーマネジメントシステムの調査継続中。

第6回委員会（平成6年9月21日）

(1) 実験分科会

・洪委員（代理、河合氏）より実験結果報告があった。

(2) 実用問題分科会

・モニタとハードコピーの標準観察条件を委員会として提案する。

・調査、条件案の作成を進める。

(3) 報告書作成の方針が示された。

第7回委員会（平成6年12月8日）

(1) 実験分科会

- ・各実験ステーションから実験経過の報告があった。

(2) 実用問題分科会

- ・gamut圧縮法の現況について報告があった。
- ・モニタとハードコピーの標準観察条件案を設定した。
- ・見学会（ソニー株式会社）の報告を行った。

新モニタについて

照明光とモニタの色温度が異なる場合の「不完全順応」について

(3) 各分野での問題点と将来展望

それぞれの分野での個人的見解が述べられた。

（東、洪、室岡、池上、井上、鈴木各委員）

第8回委員会（平成7年3月6日）

(1) 実験分科会

- ・矢口主査、洪委員より新たな実験データの報告があった。
- ・分科会活動内容を10月開催の照明学会東京支部大会で発表することとした。

(2) 実用問題分科会

- ・報告書に盛り込まれるハードコピーとソフトコピーの標準観察条件について報告があった。

(3) 各分野での問題点と将来展望

それぞれの分野での個人的見解が述べられた。（佐藤、舟川、田村、本村、明道、田島各委員）

第2章 実験分科会活動報告

2.1 実験分科会活動の経緯

(矢口博久)

2.1.1 実験分科会の構成

実験分科会は以下の委員で活動した。

東 吉彦	東京工芸大学工学部画像工学科
池上博章	富士ゼロックス（株）画像技術研究所
井上正之	ATR知能映像通信研究所
内川恵二	東京工業大学工学部像情報工学研究施設
小泉直彦	双葉電子工業（株）開発研究所
洪 博哲	コニカ（株）技術研究所
小松原 仁	（財）日本色彩研究所色彩工学研究室
佐藤千穂	資生堂（株）ビューティサイエンス研究所
淵田隆義	東芝ライテック（株）技術本部研究所
舟川政美	日産自動車（株）総合研究所
室岡 孝	富士フィルム（株）足柄研究所
本村秀人	松下技研（株）画像情報研究所
矢口博久（主査）	千葉大学工学部画像工学科

2.1.2 活動期間

本分科会は平成5年9月から平成7年3月まで活動した。

2.1.3 活動の経緯

本委員会の前の委員会である「物体色と光源色の見え研究調査委員会」において行なった実験（第1次実験）で残された課題を引き継ぐために本分科会が構成された。主な活動は実験計画の立案から実験実施、実験結果の解析である。以下のように6回の分科会を開いた。

第1回	93年9月30日	第1次実験データの検討，CIE TC1-27の活動について
第2回	93年11月23日	第1次実験データの定量的検討，照明によるCRTの色の見えについて，実験計画について
第3回	94年1月31日	等色の個人差について，背景色の影響について，色の恒常性への周辺刺激の効果について，実験ガイドラインについて
第4回	94年3月7日	実験ガイドラインの検討
第5回	94年5月23日	実験ガイドラインの検討，実験アンケート事項の検討
第6回	94年7月15日	千葉大の実験ブースの見学，実験ガイドラインの最終決定

以後、分科会は開催されなかったが、親委員会において実験終了した実験ステーションから随時、報告がなされた。

2. 2 表面色モードと開口色モードの色の見えに関する最近の研究

(内川恵二, 栗木一郎)

人間の視覚系においては、網膜に像を結ぶ対象が色票のような反射表面であれ、ランプのような自発光体であれ、入射する光は同じ“光”として処理される。従って、物理的に同じ錐体応答を生ずるような光、すなわち同じ測色値を持つ光であれば視覚系では“同じ色”として知覚されることが期待される。

しかし、“同時対比”のように、物理的に同じ光を異なる色背景の中に呈示すると、わずかに色の見えが異なることはよく知られている。さらに、周辺を暗黒にした場合と周辺になんらかの光を同時に呈示した場合の間で、同時対比以上に大きく色知覚が異なるケースがある。たとえば、白色光源下で手に持って観察すると“茶色”に見える色票を、図1(a)のように暗黒中に背後から支えておいて白色のスポットライトを当てると、その色票の色の見えは“オレンジ”ないし“黄色”としか見えなくなる。前者のような色の見えは表面色(または物体色)モード、後者のような色の見えは開口色(または光源色)モードの色の見えと呼ばれる。CRTのような自発光体を用いても、呈示図形の中心と周辺の位置関係を操作することにより、表面色と開口色の色の見えを作りわけることができる。

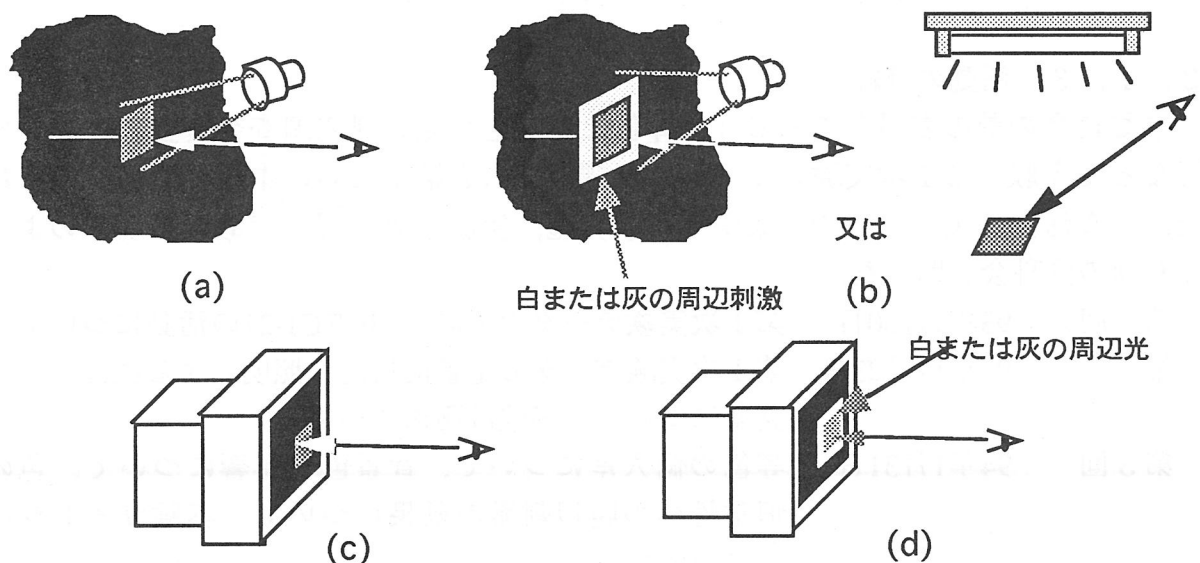


図1 各表示媒体におけるそれぞれの色の見えのモード。色票による(a)開口色モード、(b)表面色モード、CRTによる(c)開口色モード、(d)表面色モード。

Uchikawaら¹は、図1(b)左のように暗黒中に無彩色の周辺刺激と同時に色票を呈示

した場合に、色票に対する周辺刺激の面積が色票の色の見えに及ぼす効果を11基本色によるカテゴリカルカラーネーミング法で測定した。各色の領域は、色相的には周辺条件に関わらず安定しており、白、灰色、黄色の領域は周辺刺激の変化に伴って明度方向に分布が変化した。茶色の領域は周辺なしの条件では見られなかったが、周辺ありの場合のカテゴリ的な色知覚は安定していた。この論文では、さらに色票と周辺刺激の間の間隙の幅の効果も調べている。ただ被験者による刺激観察時の色の見えのモードの評価は行われておらず、この研究での各条件がどのようなモードの見えに対応するかは明らかでない。

前述の茶色の色票の例は、別の視点から見れば、色票（物体）の照明光や周辺／背景の条件によってモードが変化すると、同じ紙から得られる色知覚が大きく変化することを示している。一方で、日常、物体表面を照らす照明光のスペクトルが変化しても、同じ物体からは安定した色知覚を得ることを経験している2,3。この現象は“色恒常性”と呼ばれている。すなわち、この例は、モードが変化することによって色恒常性が失われることも示唆している。

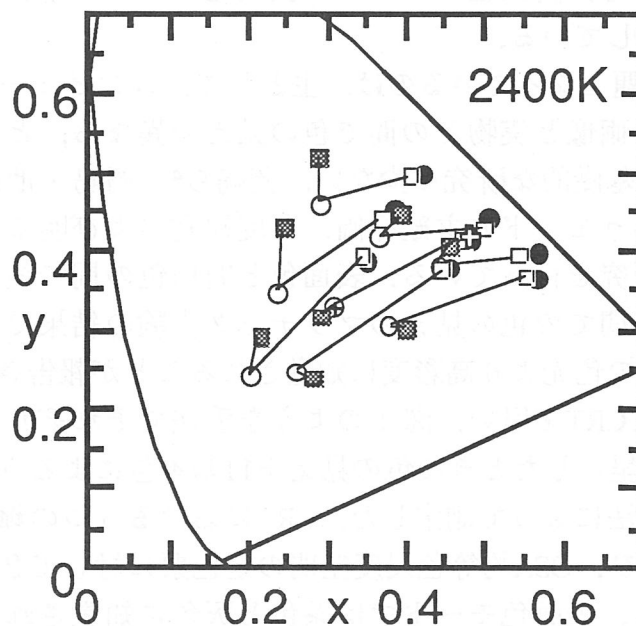


図2 色の見えのモードと色恒常性
文献3)より再プロット

栗木・内川³は開口色モードもしくは表面色モードの見えになるように設置された色票に(図1(a), (b)左)スポット照明を当てたときの、照明光の色の变化に伴う色の見えの変化をCRTによるマッチングを行って測定した。色票側は照明光の相関色温度を1,000Kから30,000Kの間で変化させたため、色票の色度は照明光によって変化する。表面色モードの場合、色票側では周辺に呈示された刺激の色度も同時に変化する。

るが、CRT上に呈示する周辺刺激は同じ周辺刺激をD₆₅で照明したときの色度に固定されている。色票とCRTの刺激の輝度はほぼ同レベルで、周辺刺激の条件は常に同じになるようにそろえた。表面色モードでは2,400K~30,000Kの範囲では安定した色知覚を示したが、開口色モードではすべての色票の見えが測色値に一致し、全く色恒常性が存在しなかった。図2はこのことを示す代表的な結果である。

図2の○シンボル、●シンボルはそれぞれ、テスト色票のD₆₅照明光下、2400Kの照明光下での色度点を示している。色恒常性が完全に成立するときにはマッチング結果は○シンボルに一致し、色恒常性が完全に失われるときにはマッチング結果は●シンボルに一致する。□シンボルは周辺が暗黒の時(開口色モード)のマッチング結果、■シンボルは周辺にモンドリアンパターンを呈示したとき(表面色モード)のマッチング結果を示している。同じ色票に対する各モードでのマッチング結果は、○シンボルから結んだ線で示している。□シンボルはほぼ完全に●シンボルに一致し、色票の色の見えは測色値で決まっているといえる。■シンボルは●シンボルよりもはるかに○シンボルに近く、高い色恒常性を示している。このことは、色票のような反射表面であっても、開口色モードでは表面色モードの場合と全く異なる色の見えが生じることを示している。

近年、実用面で問題となっているのは、主として、コンピュータディスプレイ上でのシミュレーション画像と実物との間で色の見えが異なる、という観点におけるものであるが¹²、その基礎的な研究は少ない。岡嶋ら⁴、岡嶋・池田^{5,6}は色票の周辺刺激の輝度の変化に伴うモードの主観評価、彩度知覚および明るさ効率のモードによる変化についての研究を行っている。表面色と開口色の間でのモードの変化は連続的で、異なるモード間での色の見えのマッチング実験の結果では、表面色モードの刺激は開口色モードの色光より高彩度に知覚されることが報告されている。

内川ら^{7,8}は色票とCRTを用い、図1のような手法でそれぞれの媒体において開口色、表面色モードで呈示したときの色の見えを11基本色によるカラーネーミング法、カテゴリー比率評価法によって測定した。CRTにおける5つの輝度レベルで実現可能な全色度範囲、および、OSA均等色尺度空間の全色票に対して2つのモードでの実験を行った。その結果、表面色モードでは茶色と灰色に知覚される領域が存在し、それらの色知覚は刺激の輝度レベルに伴って茶色→黄またはオレンジ、灰色→白と変化する様子がみられた。一方で、開口色モードでは茶色と灰色に知覚される領域はみられなかった。これらの傾向は色票とCRTのいずれにも共通してみられた傾向で、刺激呈示デバイスによる定性的な差は見られなかった。従って、基本的には、色の見えのモードはその刺激を呈示するデバイスに依存しないものであると考えられる。

また、Indowら¹⁰はCRT上に開口色モードと表面色モードの刺激を呈示したときの、同じ色に対する弁別楕円をマッチングと並置比較で行った。統計的に解析した結果、弁別楕円の形状が見えのモードによって異なると報告している。

これらの研究はいずれも色の見えのモードのメカニズムを議論する所にまでいたっておらず、今後、表面色／開口色のモードの見えの生成、ならびにモード間の移行に関するメカニズムを焦点とした研究が期待される。

以下に、本節で取り上げた論文と色の見えのモードに関する最近の解説記事を挙げる。

1. Hiromi Uchikawa, Keiji Uchikawa and Robert M. Boynton : Influence of achromatic surrounds on categorical perception of surface colors. *Vision Research*, 29, 881-890, 1989
2. Keiji Uchikawa, Hiromi Uchikawa and Robert M. Boynton : Partial color constancy of isolated surface colors examined by a color-naming method. *Perception*, 18, 83-91, 1989
3. 栗木一郎・内川恵二：瞬時色恒常性におよぼす周辺刺激と色の見えの判断基準の効果。照明学会誌, 79, 39-49, 1995
4. 岡嶋克典・阿山みよし・内川恵二・池田光男：光源色モードと表面色モードにおける明るさ効率の比較。光学, 17, 582-592, 1988
5. 岡嶋克典・池田光男：白色光における輝面色モードと表面色モードの見えの定式化。光学, 18, 558-564, 1989
6. 岡嶋克典・池田光男：表面色モードと光源色モードにおける対応色の関係。光学, 20, 363-368, 1991
7. 内川恵二・栗木一郎・篠田博之：開口色と表面色モードにおける色空間のカテゴリカル色名領域。照明学会誌, 77, 74-82, 1993
8. 内川恵二・栗木一郎・篠田博之：カテゴリー比率評価法による開口色と表面色モードの色の見えの表現。照明学会誌, 78, 83-93, 1994
9. T. Indow : Remarks on filling the gap between studies of two different modes of appearance: aperture color and object color. *Color Research and Application*, 7, 209-212, 1982
10. T. Indow, A.R. Robertson, M. von Grunau and G.H. Fielder Discrimination Ellipsoids of Aperture and Simulated Surface Colors by Matching and Paired Comparison. *Color Research and Application*, 17, 6-23 (1992)
11. 内川恵二：表面色のカテゴリカル知覚。光学, 17, 661-669, 1988
12. 鈴木恒男：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。VISION, 6, 25-32, 1994
13. 内川恵二：開口色と表面色モードの色の見えの特徴。VISION, 6, 61-68, 1994

2. 3 第1次実験

(矢口博久)

特別研究調査委員会が設立される前の「物体色と光源色の色の見え研究調査委員会」において遂行した実験をここでは第1次実験と呼ぶことにする。この第1次実験は本委員会設立後も継続していたため、本報告書に併せて、第1次実験についても報告する。第1次実験のガイドライン作成の際に、CIE TC1-27の実験ガイドライン¹⁾を参考にしたので、まずこの実験ガイドラインについて簡単に述べることにする。

2. 3. 1 CIE実験ガイドライン

CIE第1部会「視覚と色」には技術委員会TC-27 "Specification of Color Appearance for Reflected Media and Self-Luminous Display Comparison"が設立され、反射物体色と自己発光表示色の等価な色の見えを成立させる表示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が当面の目標である。

その実験ガイドラインにおける実験方法は、図2.3.1.1に示すようにCRTディスプレイと反射物体色観察ブースを並置して、両方に呈示した同じパターンのテスト刺激を観察評価するものである。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も提案されたが、最終案では幾何学的な無意味図形よりも実用場の観察状況を優先し、実画像を用いた実験を推奨した。

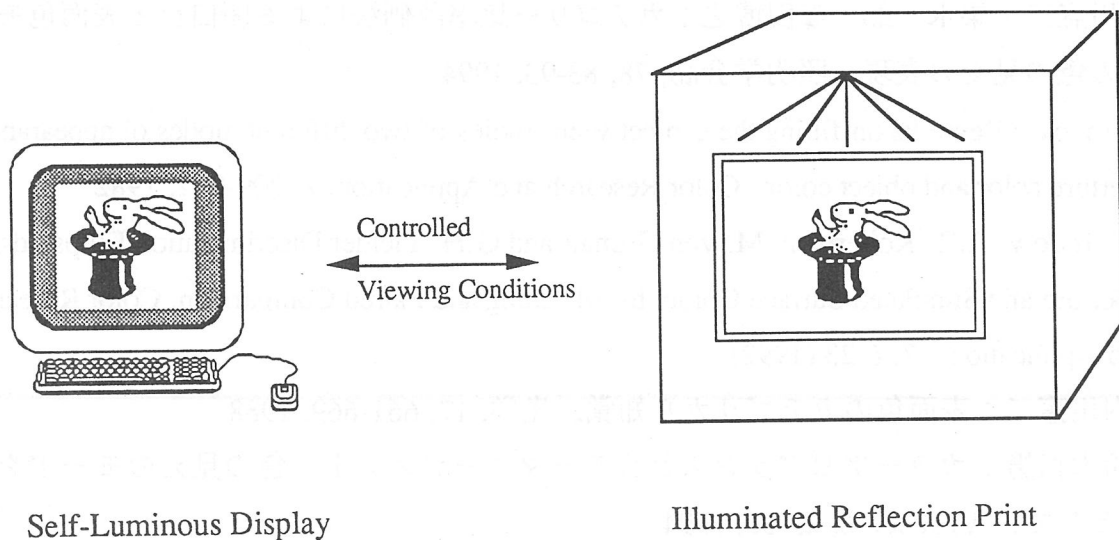


図2.3.1.1 CIE実験ガイドラインの装置配置図

両表示モードの色比較評価方法には、継時記憶色法と一対比較法の2方法を採用することにした。継時記憶色法は、継時的に両表示を見て、自己発光形ディスプレイ色を調節して物体色と等色する方法である。なお観察する場合、隔壁をはさんで右眼（または左眼）でCRT画像を観察し、左眼（または右眼）で反射物体色を観察する。このとき両眼で同時に両方の表示を観察することは避け、例えば片眼でCRTディスプレイを観察しているときには、もう片方は視線を隔壁面へそらす。これは両眼間の順応の違いの影響を軽減するためである。また継時比較法の他の観察方法として、隔壁を用いずに自由に両表示を観察する方法も推奨している。

一対比較法は同種の自己発光形ディスプレイ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色順応モデル, Hunt色順応モデル）で計算したものを同時に両ディスプレイに表示し、どのモデルによる表示色が最も物体色の見えに近いかを評価する方法である。

参考文献

- 1) Paula J. Alessi, CIE Guidelines for Coordinated Research on Evaluation of Colour Appearance Models for Reflection Print and Self-Luminous Display Image Comparisons, *Color Res. Appl.* 19, 48-58 (1994).

2. 3. 2 実験ガイドライン

第1次実験の基本的な考え方は、実用的な観察条件で反射物体色と自己発光形ディスプレイ色の見えの対応関係を調べるよりも、各色ごとの対応関係を詳細に把握することである。そのために、観察パターンは実画像でなく単純な正方形パターンを使用し、さらに反射物体の照明光の光色と自己発光形ディスプレイの白色光の色度および輝度を一致させる条件を採用した。

第1次実験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2.3.2.1に示すように、周囲に白の枠があり、等色視標刺激を中心に配置し、その周囲はN5の灰色とする。
- 2) CRTモニター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2.3.2.2のようにCRTモニター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照明ブース前面上部を例えば黒ラシャ紙などで覆う。

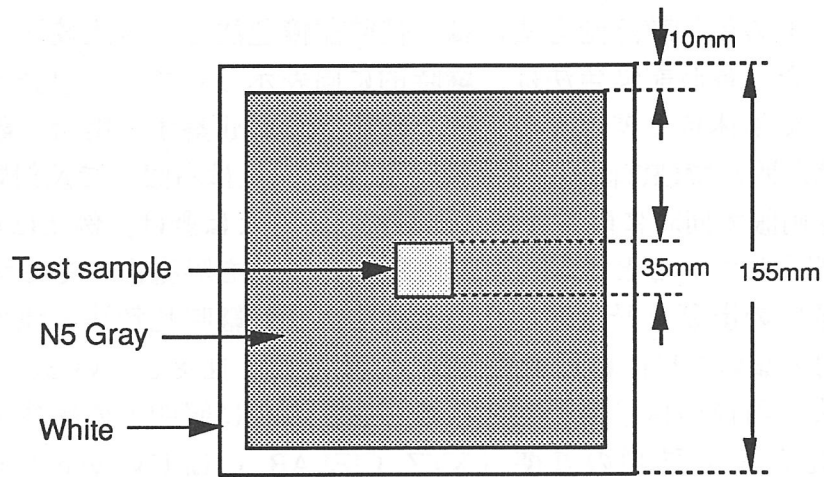


図2.3.2.1 実験に用いた観察パターン

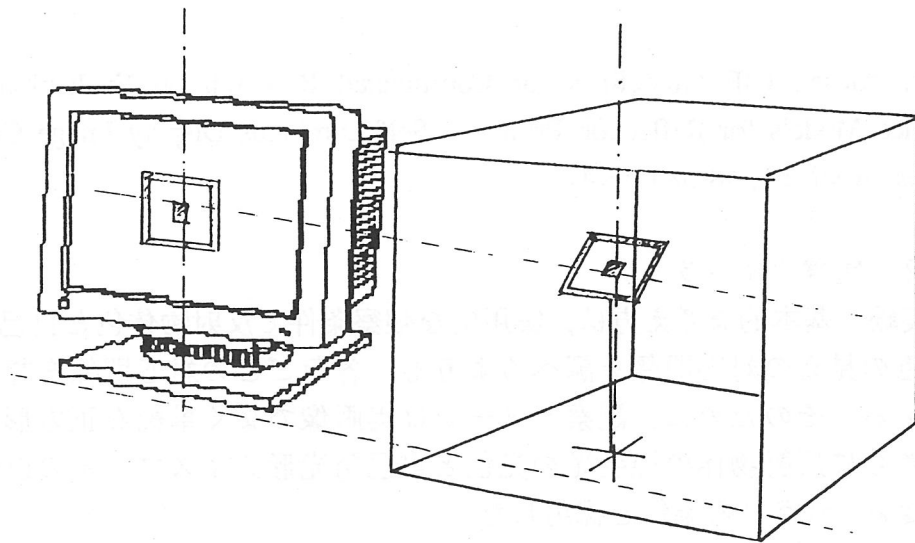


図2.3.2.2 実験装置配置

3) 両観察モード下の“白色”を合わせる。

- 照明ブースに標準の光D65用常用光源であるD65蛍光ランプを定格電圧で点灯し、少なくとも実験開始20分前に点灯する。なおD65蛍光ランプと色票サンプルの間には、アクリル拡散板など波長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 Z8722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35mm角領域（図2.3.2.1参照）を“白色”に発光させ、その色度を観測ブース内の白色色票サンプルの色度になるように調整（分光測光による）し、かつ用いたCRTモニターで発光できる最大輝度になるように設定する。このようにして設定されたCRTモニター白色をCRT-D65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、照度を調節する。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D65蛍光ランプの本数を増減する。
 - 波長選択性のない布、紙等で減光する。
 - 電氣的調光はD65蛍光ランプ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領域（図2.3.2.1参照）を、赤、緑、青のいずれか1色に選択発光させる。発光入力値を0から255（各色8ビットとする）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なう。この時、CRTモニター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）に固定する。
- 6) CRT原色の最大輝度を測定する。CRT観察パターン中央部35mm領域を赤、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。各色の発光輝度及び三刺激値 X , Y , Z （または色度 x , y 及び Y ）は原則的にJISZ8724光源色の測定方法に従って測定する。
- 7) 上記5)及び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10mm枠を白色に、外周枠と中心35mm角を除いた領域を無彩色N5に設定する。
- 9) 実験は表2.3.2.1に示す22色の色票に対してCRTモニター側の色および輝度を調節して等色を行なう。その際、CRTモニター表示色の調節方法は限定せず、RGB値の変化、 $L^*a^*b^*$ 値の変化など各実験ステーションごとに決める。
 - 観察者は照明ブースとCRTモニター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しくする。
 - 22色の等色を1セッションとし、最低3セッションを行なう。
 - 観察者は各所でできれば3名以上が望ましい。

表2.3.2.1 第1次実験におけるテスト色票の測色値

No	マンセル値	X	Y	Z	L*	a*	b*
1	5R7/3	49.52	43.63	37.49	71.98	23.13	11.49
2	5R5/6	24.87	20.40	16.43	52.29	25.45	11.26
3	5R5/3	22.17	20.55	19.47	52.45	12.75	5.34
4	5R3/6	9.46	6.76	4.91	31.26	28.00	10.27
5	5Y7/6	40.87	43.53	18.57	71.91	-1.52	40.65
6	5Y5/6	19.68	20.49	6.78	52.39	1.05	38.62
7	5Y5/3	19.53	20.75	13.18	52.67	-0.90	19.46
8	5Y3/4	7.04	7.33	3.26	32.55	0.72	21.58
9	5G7/6	46.20	57.41	53.51	80.41	-22.38	8.38
10	5G5/6	14.42	20.96	17.49	52.91	-30.32	10.07
11	5G5/3	16.49	20.35	19.34	52.23	-15.21	5.20
12	5G3/6	4.31	7.09	5.54	32.01	-28.65	8.65
13	5B7/6	34.91	43.16	65.06	71.66	-19.76	-17.33
14	5B5/6	16.18	20.69	35.13	52.61	-19.76	-18.90
15	5B5/3	17.84	20.72	27.98	52.64	-9.56	-8.83
16	5B3/6	5.33	7.30	15.25	32.48	-17.63	-20.28
17	5P7/6	46.29	43.45	64.16	71.86	14.70	-16.21
18	5P3/6	9.02	7.25	15.12	32.37	19.62	-20.19
19	N9	76.49	80.68	84.24	91.99	-0.37	2.56
20	N7	41.74	44.00	47.85	72.23	-0.20	0.04
21	N5	19.70	20.74	22.66	52.66	-0.02	-0.16
22	N3	6.83	7.19	7.93	32.23	0.05	-0.40

10) 色票サンプルと等色したCRTモニターデータは、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出する。

2.3.3 実験結果

第1次実験ではD65蛍光灯で照明された色票の見えと暗室に置かれたCRTに呈示された色との等色を両眼隔壁法で行なった。実験に参加したステーションは東京工業大学、コニカ、大日本印刷、東京工芸大学、千葉大学の5ヶ所である。以下に3人以上の被験者が参加した4つの実験ステーションごとの実験結果を示す。結果は1976CIELAB空間における等色点(テスト色票と等色したCRT刺激の色度)のa*-b*平面及びL*-a*平面への射影を示す。シンボルの違いは被験者を表し、■は等色の目標

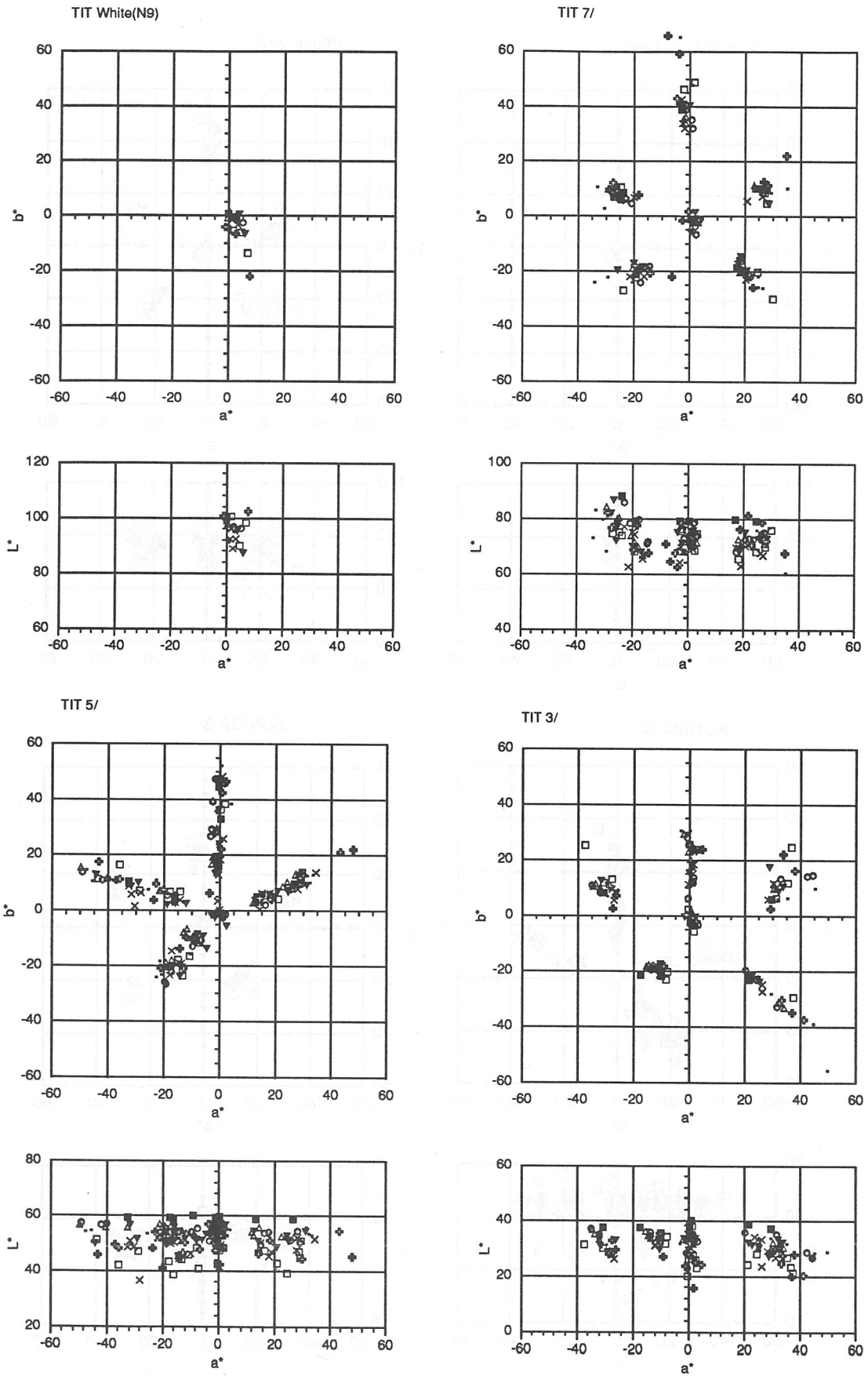


図2.3.3.1 第1次実験の結果 (東工大)

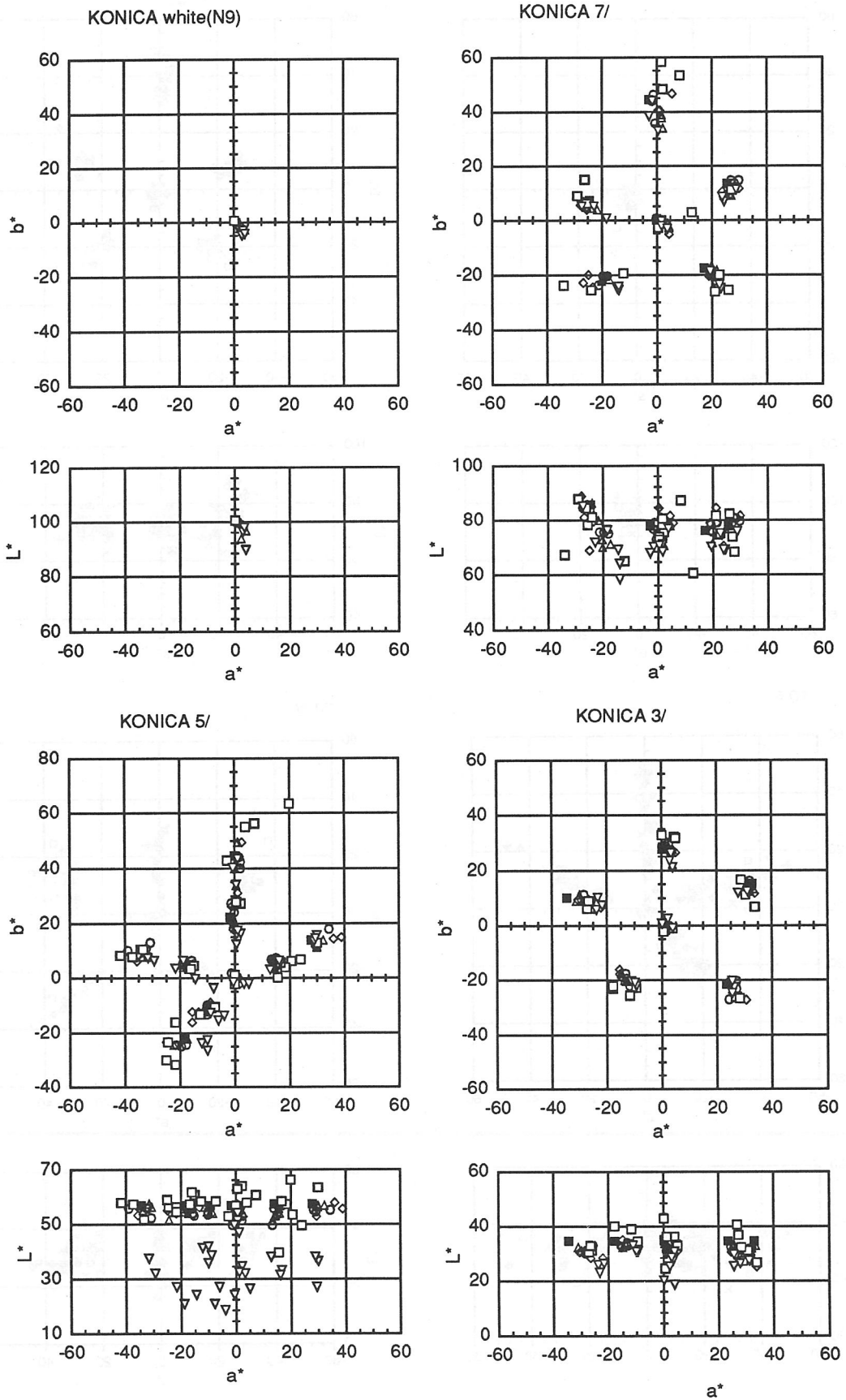
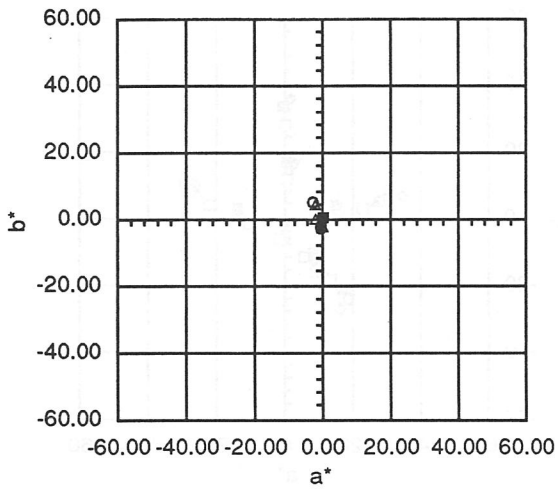
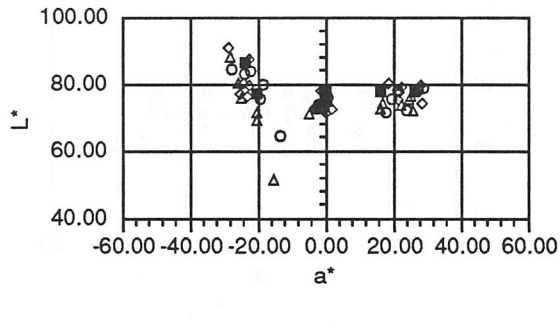
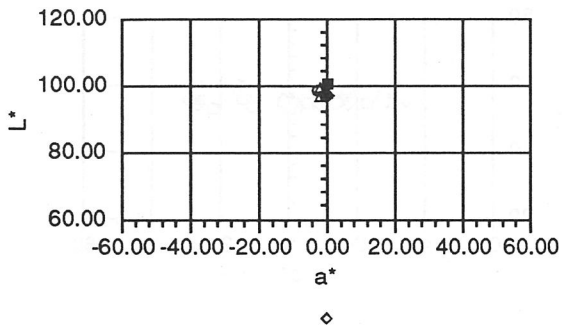
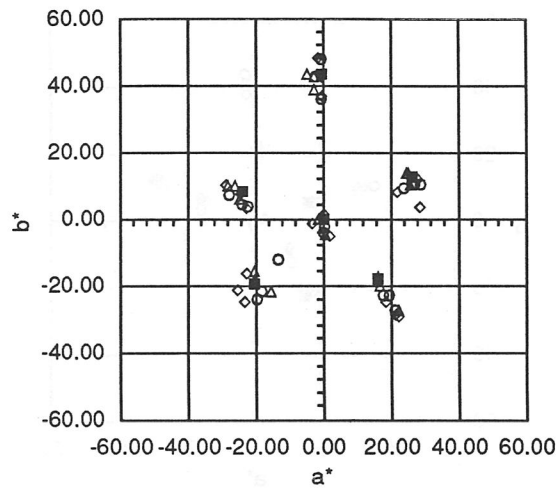


図2.3.3.2 第1次実験の結果 (コニカ)

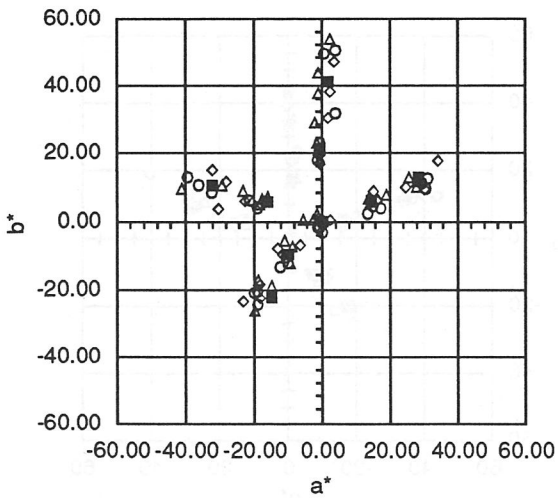
DNP white(N9)



DNP 7/



DNP 5/



DNP 3/

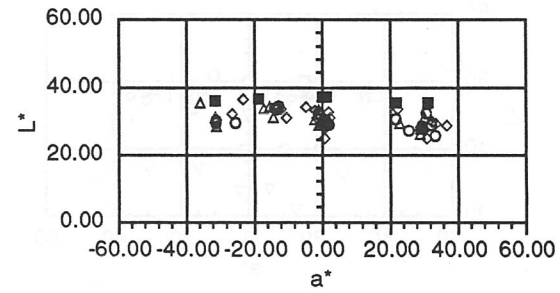
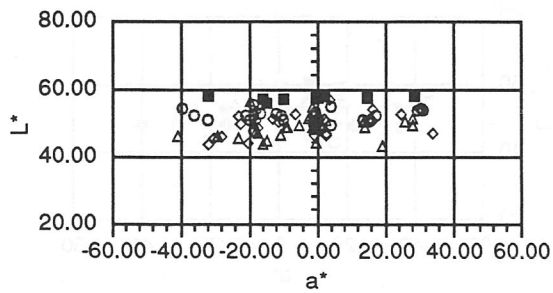
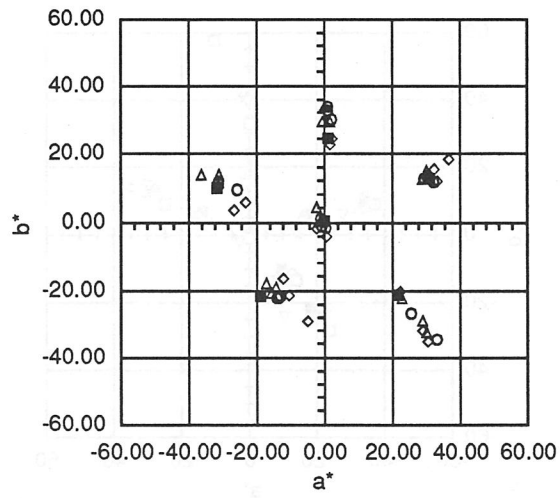


図2.3.3.3 第1次実験の結果 (大日本印刷)

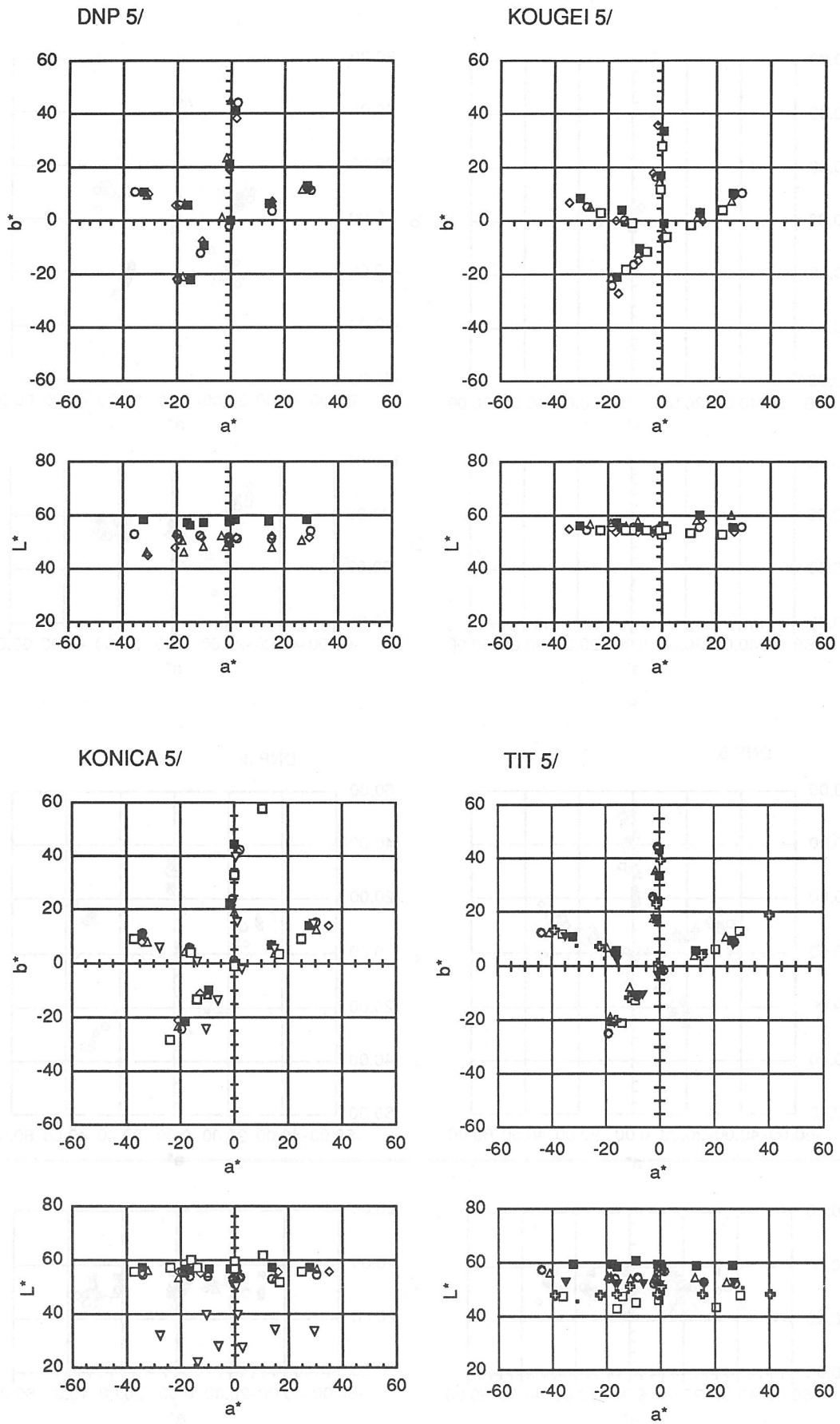


図2.3.3.4 第1次実験の結果 (東京工芸大)

としたテスト色票の色度を表している。各実験セッションごとのデータをプロットしているため、各テスト色票について各被験者3点のプロットがある。したがって、各被験者におけるセッション間の等色点のバラツキをみることができる。

2.3.4 考察

3人以上の被験者が参加した4つの実験ステーションの結果について、3回のマッチングの平均値をプロットしたものを図2.3.4.1に示す。これは、マンセルバリューが約5の色票9枚についての等色点をCIELAB空間の a^*b^* 平面（上図）及び a^*L^* 平面に表したものである。■が色票の色度であり、その他のシンボルは各被験者がそれと等色したCRT上のマッチング刺激の色度を表している。被験者間のばらつきを考慮すれば、 a^*b^* 平面での色票とCRT刺激の等色点に有意な差は見られない。他の明度レベル、マンセルバリュー7及び3についても同様な結果が得られた。

しかし、 a^*L^* 平面においては2つの実験ステーションDNP, TIT, また、KONICAにおける一人の被験者について、CRT等色点の L^* が色票より低い値を示している。この原因については、CRTにおける L^* の求め方、つまり基準白色の設定が問題として考えられる。CRT呈示色の較正は全て画面の中央部で行なっている。CRTの基準白色については外枠の白色の三刺激値を求めているが、これについてもこの三刺激値に対応するR, G, B値をCRT中央に呈示すればそれに対応したX, Y, Z値が得られるようになっている。しかし、実際には外枠と画面中央部では同一のR, G, B値を入力しても、外枠のX, Y, Zは中央部に比べ低い値となる可能性がある。したがって、 L^* の計算に用いる基準白色を外枠白色の実測三刺激値（計算値より低い）を用いれば、得られる結果は高い L^* を示すことになる。これについては、今後より詳細な検討が必要である。



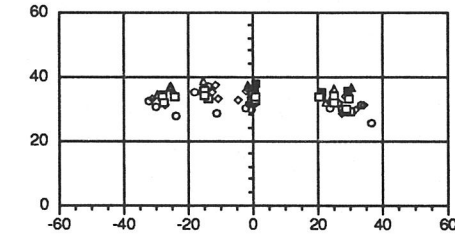
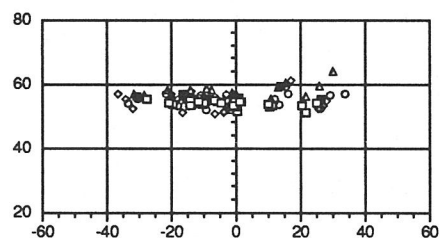
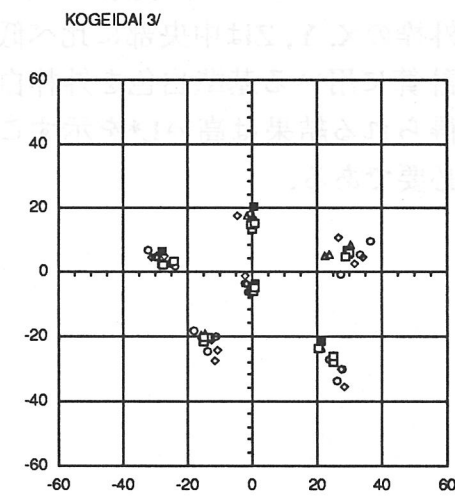
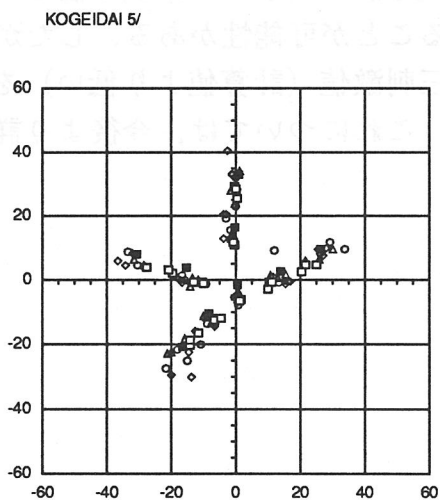
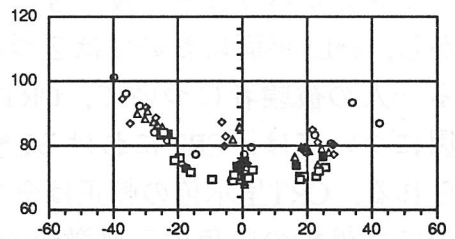
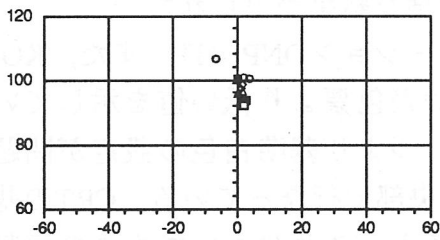
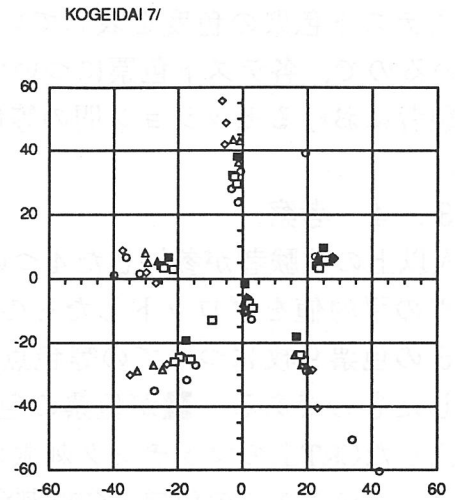
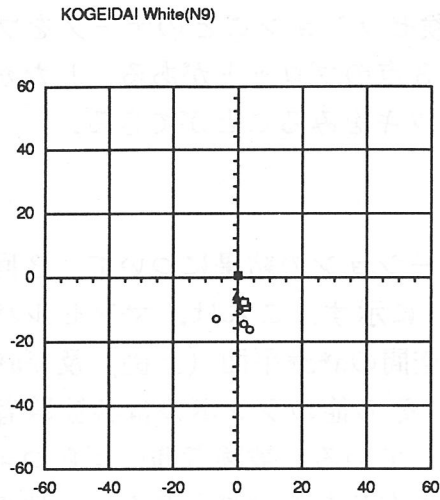


図2.3.4.1 各実験ステーションでの実験結果の比較

2. 4 第2次実験

2. 4. 1 実験ガイドライン

(矢口博久)

(1) 実験概要

色票サンプルとCRTディスプレイ表示色の等色を行う。

色票照明条件：D65, D50.

CRT白色条件：D65, 9300K.

(2) 反射物体観察条件

委員会が提供するテスト色票を用いる。

(a) 色票サンプル

N(7・3), 5R(5・3)/6, 5Y(7・5)/6, 5G(7・5・3)/6, 5PB(7・5・3)/6の12枚。

分光反射率を図2.4.1.1に示す。

(b) 刺激形状

テスト色票サンプル(35×35mm)を中央, その周囲にN5, 外枠に白色(10mm幅)を設け, 全体の形状は155×155mm.

視距離1m(テスト色票サンプルが2°×2°に相当する)。

(c) 色票サンプルの置き方

各実験ステーションの状況に応じ, 照明のスペキュラー反射を避けるように置く。

(d) 照明ブース

照明ブース内は全て黒ラシャ紙で覆う。照明ブースの照明が直接観測者の視線に入らない。照明ブース内の輝度, 色度の影響を考慮するため, テストサンプルの周囲上下左右のブース内壁の測色を行う。

(e) 照明光源

・D65条件：D65蛍光ランプ(20W 4本)

・D50条件：色評価用5000K蛍光ランプ(20W 4本)

照度一定になった後(点灯後約30分)に実験を始める。

参考：JIS Z8716「D65蛍光ランプ」

(3) 自発光ディスプレイ観察条件

(a) CRTディスプレイ較正法

前回実験ガイドライン¹⁾に基づく。

(b) 刺激サイズ, 形状

反射物体と同じとする。

(c) 観察条件

準暗室, すなわちCRTディスプレイを暗黒下におく。

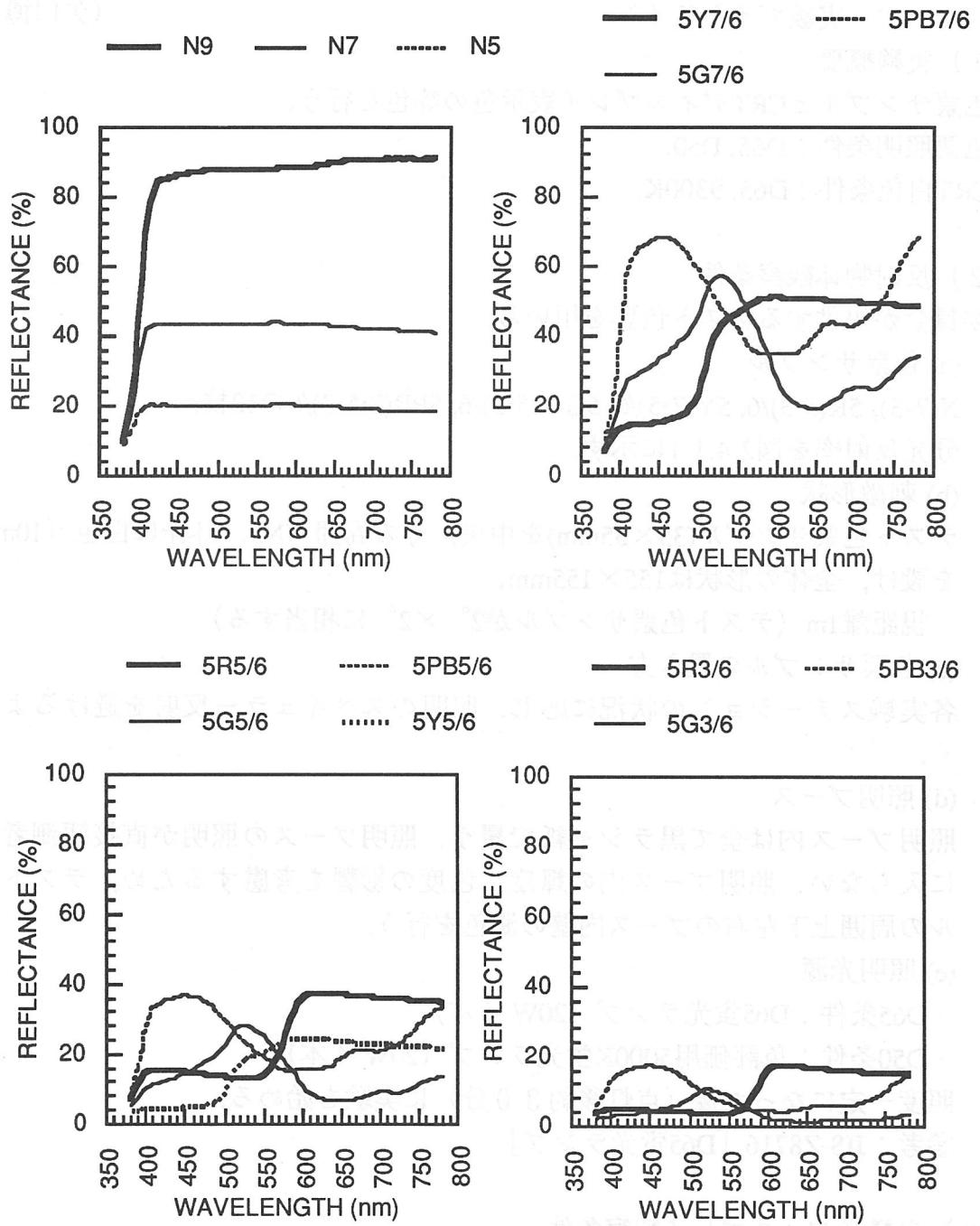


図2.4.1.1 第2次実験で用いたテスト色票および背景色票の分光反射率

(d) 白色点の色度および輝度

・D65条件：CRTディスプレイの外枠白色の色度および輝度は、65蛍光灯照明下の色票サンプル外枠白色の4箇所（上、下、右、左の中央部）の測色値に合わせる。この際、色票とCRTの外枠白色の輝度および色度の空間的分布についても

できるだけ合うようにする。

- ・9300K条件：色度を色温度9300Kの色度($x=0.2824$, $y=0.2932$)に設定する。
- ・輝度は 80cd/m^2 とする。但し、許容範囲を $\pm 4\%$ とする。

(e) 灰色背景の色度および輝度

・D65条件においては、D65蛍光ランプ照明下の灰色背景の測色値に設定する。
この時、上下左右の4ヶ所を測定し、その平均値を用いる。

(f) 測色機器

測色については各実験ステーションの分光放射輝度計を用いる。

また、測定データ比較のためD65照明下の外枠白色 (80cd/m^2)、およびCRTの3原色の分光放射輝度分布を記録する。

(4) 等色実験

(a) 観察方法

等色は両眼自由視とし、色票、CRTを4秒毎に観察するように音などの合図を用いてコントロールする。

(b) 照明条件

CRT白色の組み合わせ

	色票照明	CRT白色点
条件1	D65	D65
条件2	D65	9300K
条件3	D50	D65
条件4	D50	9300K

(c) 判断基準

インストラクション

「外枠の白、背景を含め、全体を観察し、テスト色票の色に最も自然な感じで一致するようにCRTの中央のテスト視野の色を合わせない」

(d) 実験セッション

12色の等色を1セッションとし、各被験者少なくとも3セッション行うのが望ましい。また、各実験ステーションで3名以上の被験者が望ましい。条件1については被験者全員が行う。条件による実験の順序は規制しない。

(4) アンケート

以下のアンケート用紙を用いて被験者にアンケートをお願いする。

 実験に関するアンケート

これで、実験は全て終了しました。長時間にわたり実験にご協力頂きまして誠にありがとうございました。

最後に、お疲れのところ誠に恐縮ですが、以下のアンケートに回答をお願いします。

1. 等色の満足度について、どのような感想をお持ちですか？ 以下の4つの中から1つ選んでください。

- (イ) 満足している
- (ロ) まあまあ満足している
- (ハ) 満足はしていないが、できるだけ等の色を試みた。
- (ニ) 等色には自信がない

2. 実験の途中で判断基準に変化がありましたか？

- (イ) 変化はなかった
- (ロ) 変化があった
- (ロ) と回答された方、どのような変化がありましたか？その内容を具体的にお答え下さい。

3. あなたの等色の判断基準は次のどれに一番近いですか？ 下のスケールにマークして下さい。

全体を観察し	テスト視野だ
自然な感じで	けに注目して
等色ができた	等色した

I-----I-----I-----I-----I

4. CRTおよび色票の色の見え方について、下のスケールにマークして下さい。

(イ) CRTの色の見え方について

物体色として	発光物として
見えた	見えた

I-----I-----I-----I-----I

(ロ) テスト色票の色の見え方について

物体色として	発光物として
見えた	見えた

I-----I-----I-----I-----I

5. その他お気づきの点がありましたら、ご自由にお書き下さい。

2.4.2 実験結果

(洪 博哲)

(1) 実験条件の概要

視覚実験は計5箇所の実験サイトで行われた。その条件を表2.4.2.1に示した。

表2.4.2.1 実験サイトにおける被験者数と使用機器

サイト名 (略称)	被験者数	使用モニタ	使用測色計	備考
富士フイルム (F)	3名	Barco Calibrator CCID-7651 mkII	Topcon SR-1	
コニカ (K)	3名	Barco Calibrator CCID-7651	Topcon SR-1	
NTT (N)	2名	Sony DDM-2802C	Photo Research PR-650	
東京工業大学 (X)	3名	Sony GDM-2000TC	Topcon SR-1	
富士ゼロックス (T)	5名	Sony GDM-2038	Photo Research PR-714	3名は全実験条件、2名は重複しない2条件を各一回ずつ行った

使用した測色計が異なるため、実験サイト間毎に蛍光灯下で測定したN9のパッチの分光分布をFig. 2.4.2.1に示す。連続光部では概ね形状が一致しているが、輝線部ではその高さが異なる。これは、測色計の種類、蛍光灯の状態などにより発生したものと思われるが、今回の視覚実験には十分な精度と考えられる。ただし、Tに関してはずれが生じている。これを短波長付近の他のデータと比べると、単に色票の明るさが違うだけとは考えにくい。すなわち他の迷光の遮断、または機器の測定機器の調整が十分ではなかったためと推定される。

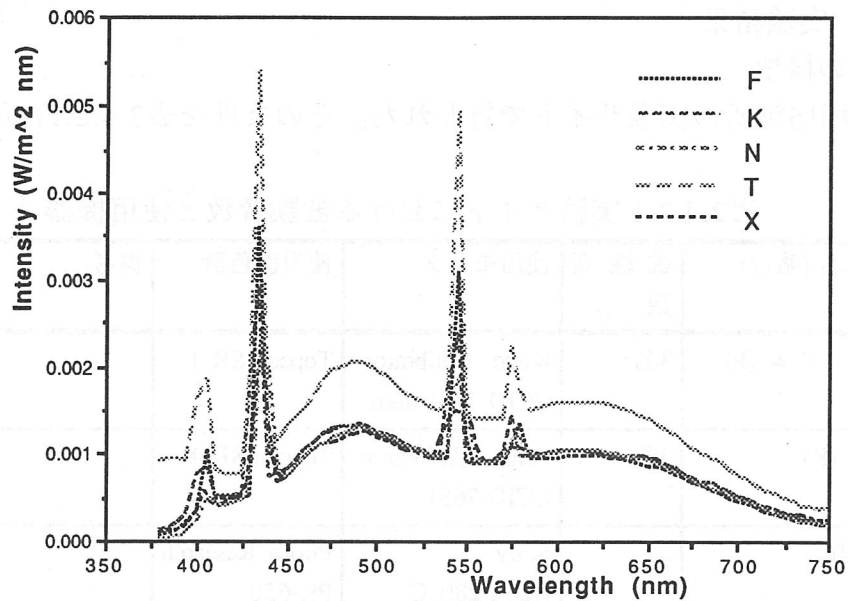


Fig. 2.4.2.1 各実験サイトでのN9色票の分光分布

また、使用したCRTの各原色の分光分布をFig.2.4.2.2に示す。各サイトのCRTとも同様な蛍光体を用いていると考えられ、視覚実験の分光的条件は実験サイト間ではほぼ同等であったと考えられる。ブルーとグリーンについて実験サイト間でレベルの違いがあるのは、測定したときのCRTの白色点が異なっているためである。

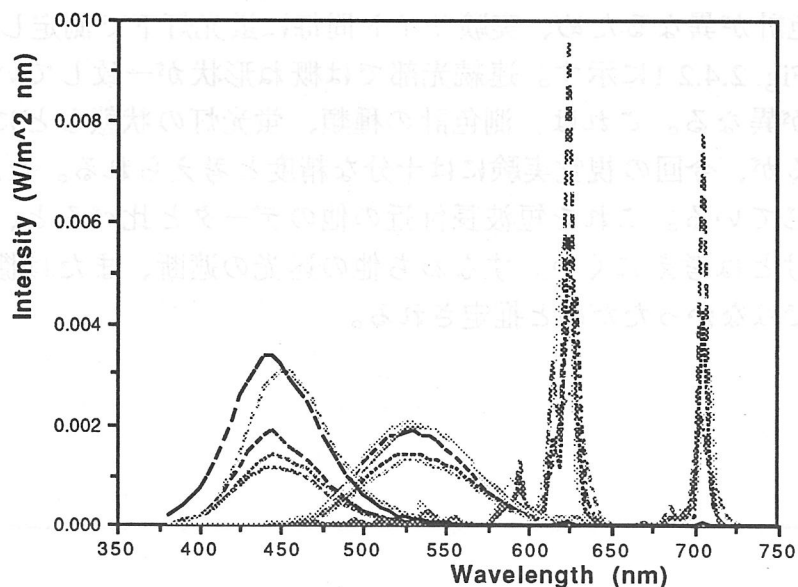


Fig. 2.4.2.2 各実験サイトの蛍光体の分光分布(線種はFig. 2.4.2.1と同じ)

(2) 実験結果

各被験者の結果をCIELAB色空間にプロットした。まず、実験条件1の結果を a^*-L^* 面に投影しFig. 2.4.2.3に示した。

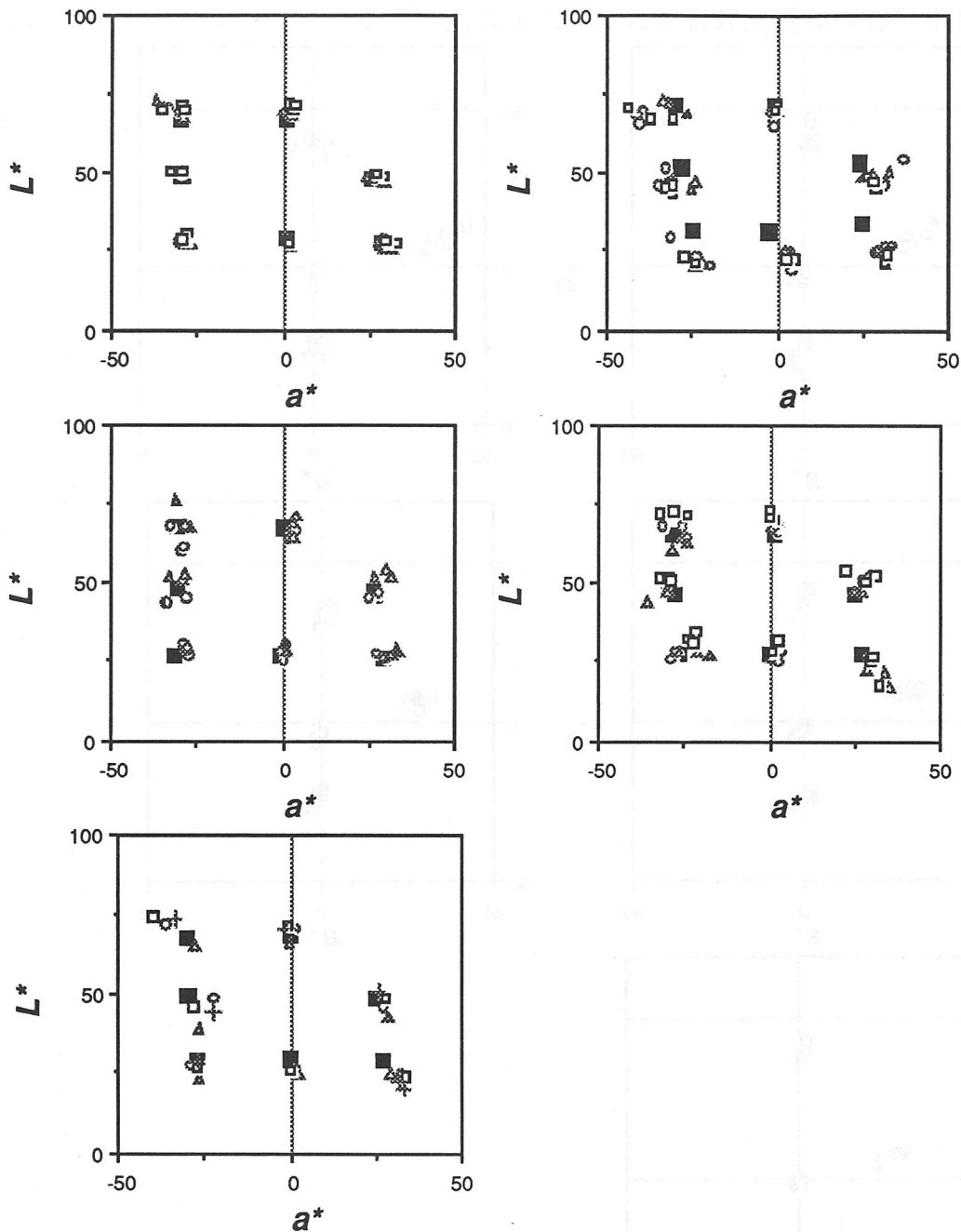


Fig. 2.4.2.3 各実験サイトにおける実験条件1の結果。12種類の色票のうち、色相がN、R、Gの7種類を示した。■は色票を示し、その他の記号は、各被験者の結果を示す。ただし、Tの色票データは測定されなかったため他のサイトの色票の平均をプロットした。左上:F、右上:K、左中:N、右中:T、左下:X。

次に、各実験条件について、 a^*b^* 面に投影した結果をFig. 2.4.2.4に示した。色票とCRT白色点が異なる時には、それぞれの白色点を用いた。したがって、実験条件1

以外は色票とCRTの直接比較はできないことに注意する。

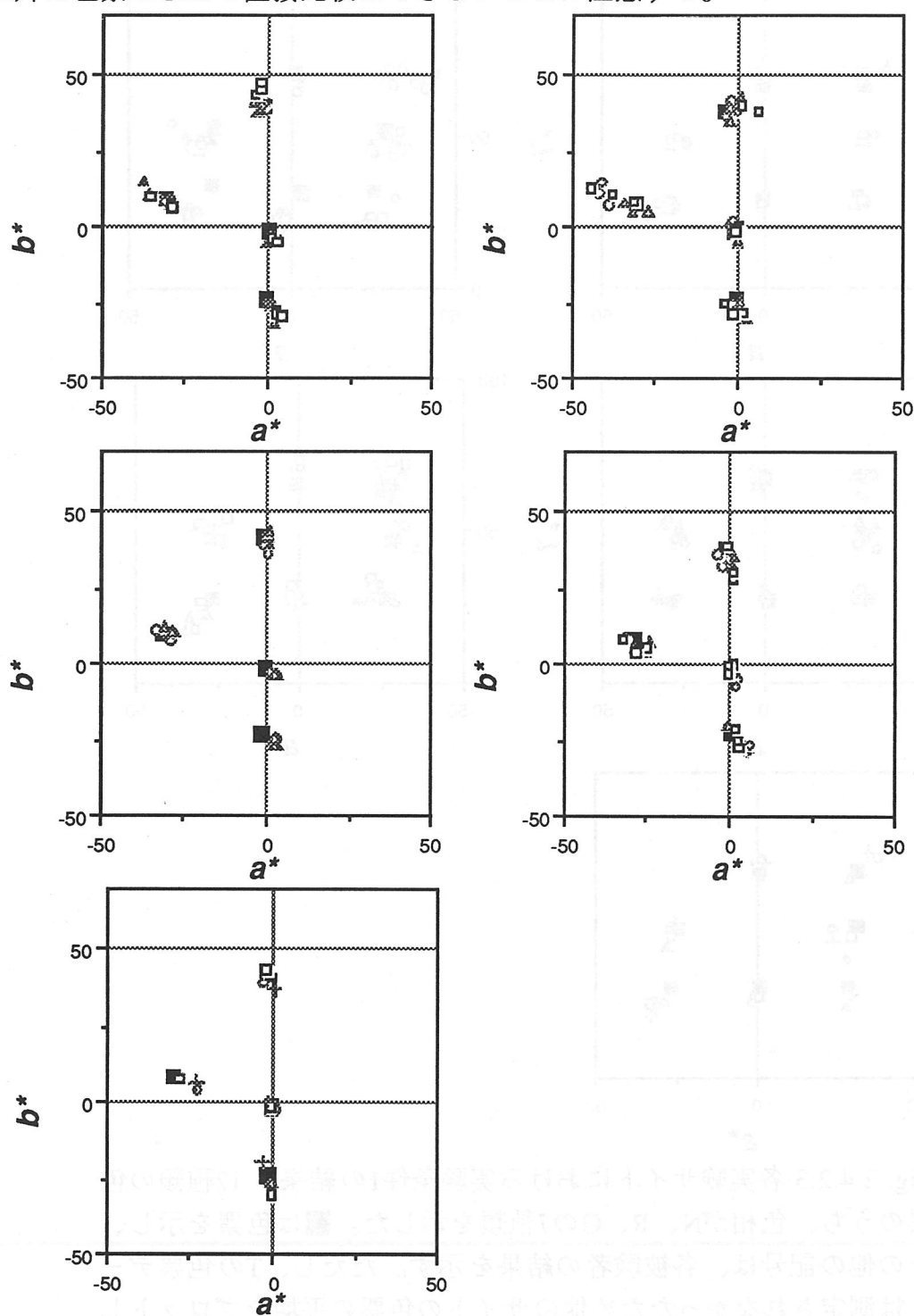


Fig. 2.4.2.4 各実験サイトにおける実験条件1の結果。12種類の色票のうち、バリューが7の4種類を示した。■は色票を示し、その他の記号は、各被験者の結果を示す。左上: F、右上: K、左中: N、右中: T、左下: X。

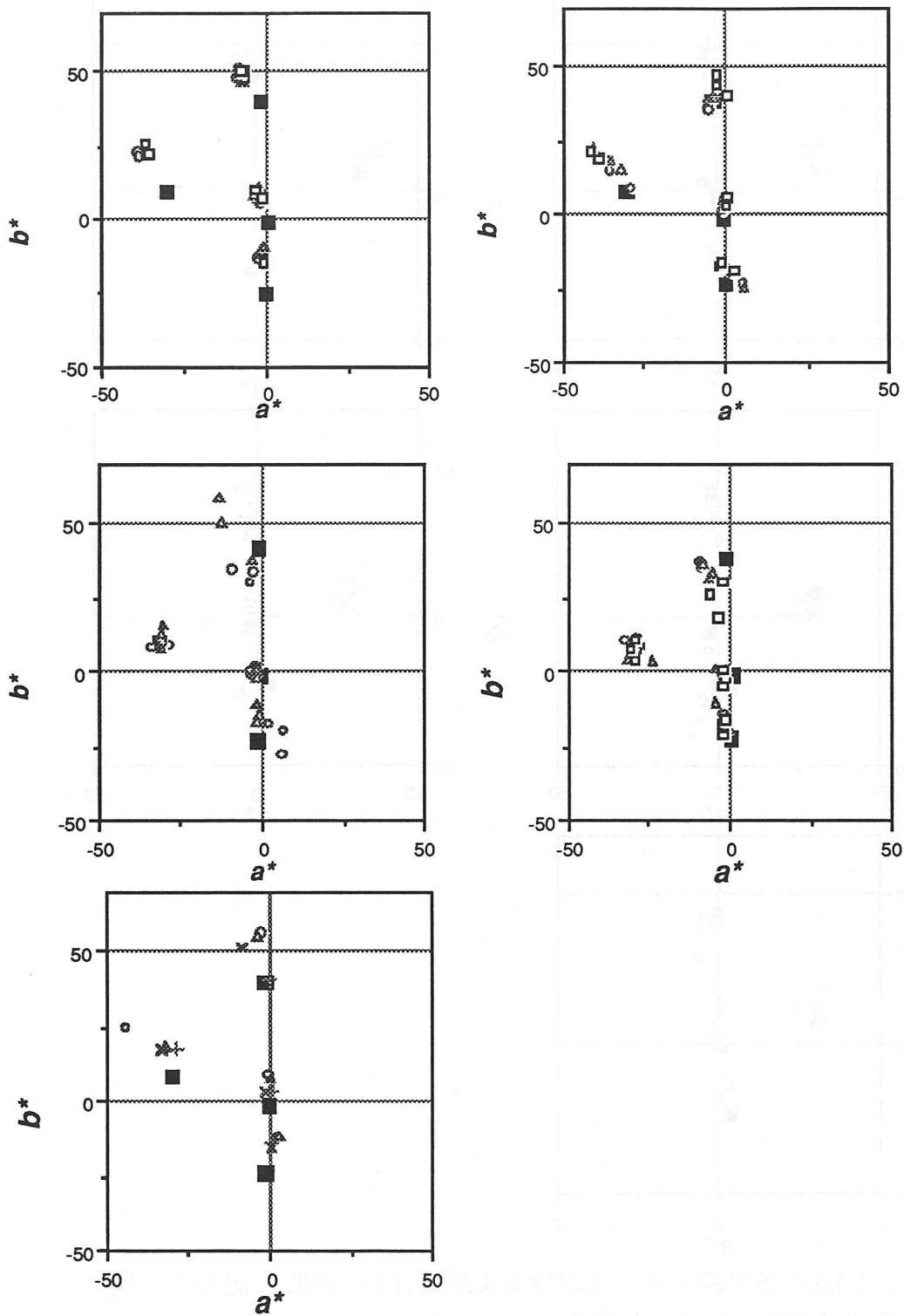


Fig. 2.4.2.5 各実験サイトにおける実験条件2の結果。記号その他の意味ははFig. 2.4.2.4と同じ。

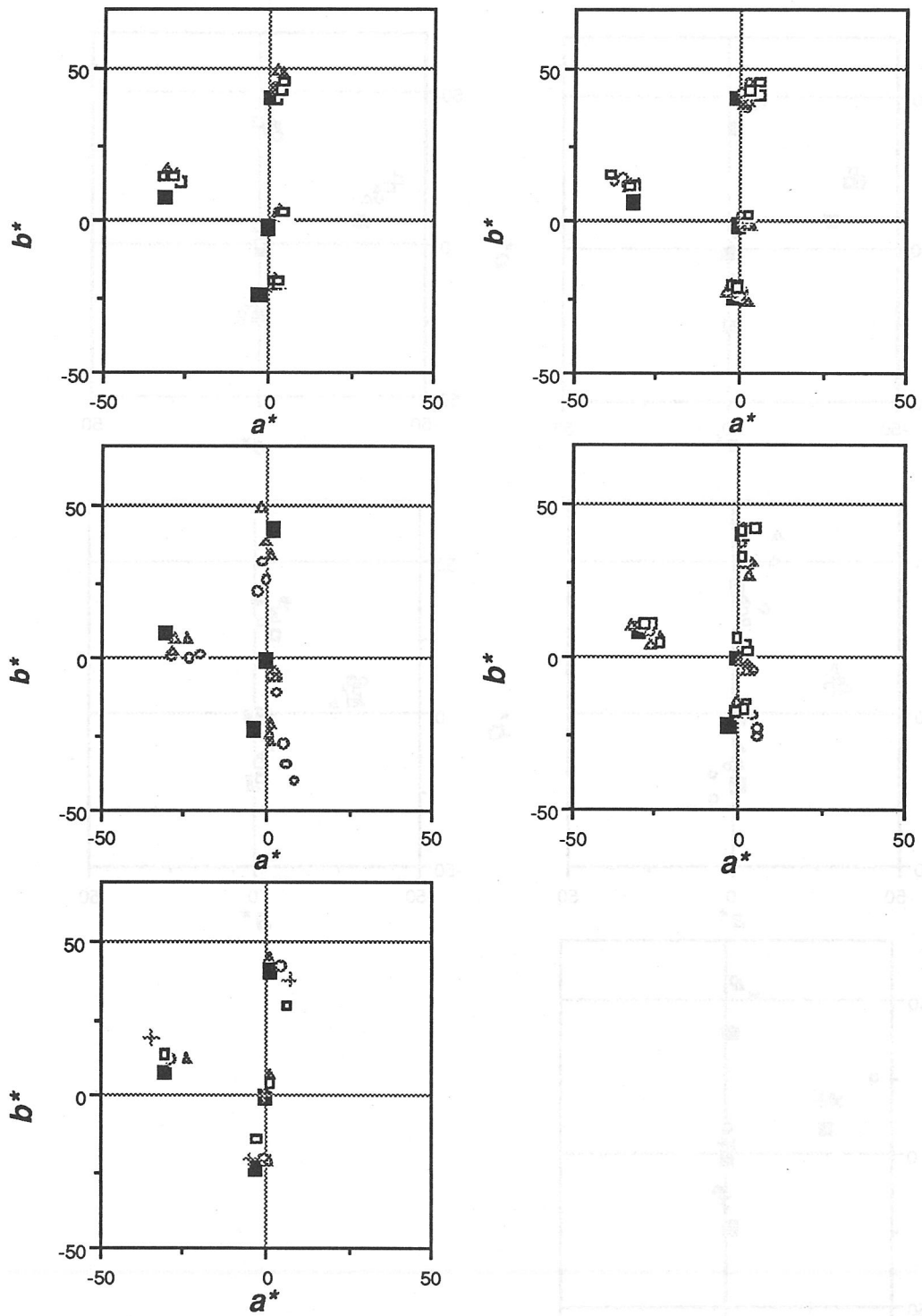


Fig. 2.4.2.6 各実験サイトにおける実験条件3の結果。記号その他の意味ははFig. 2.4.2.4と同じ。

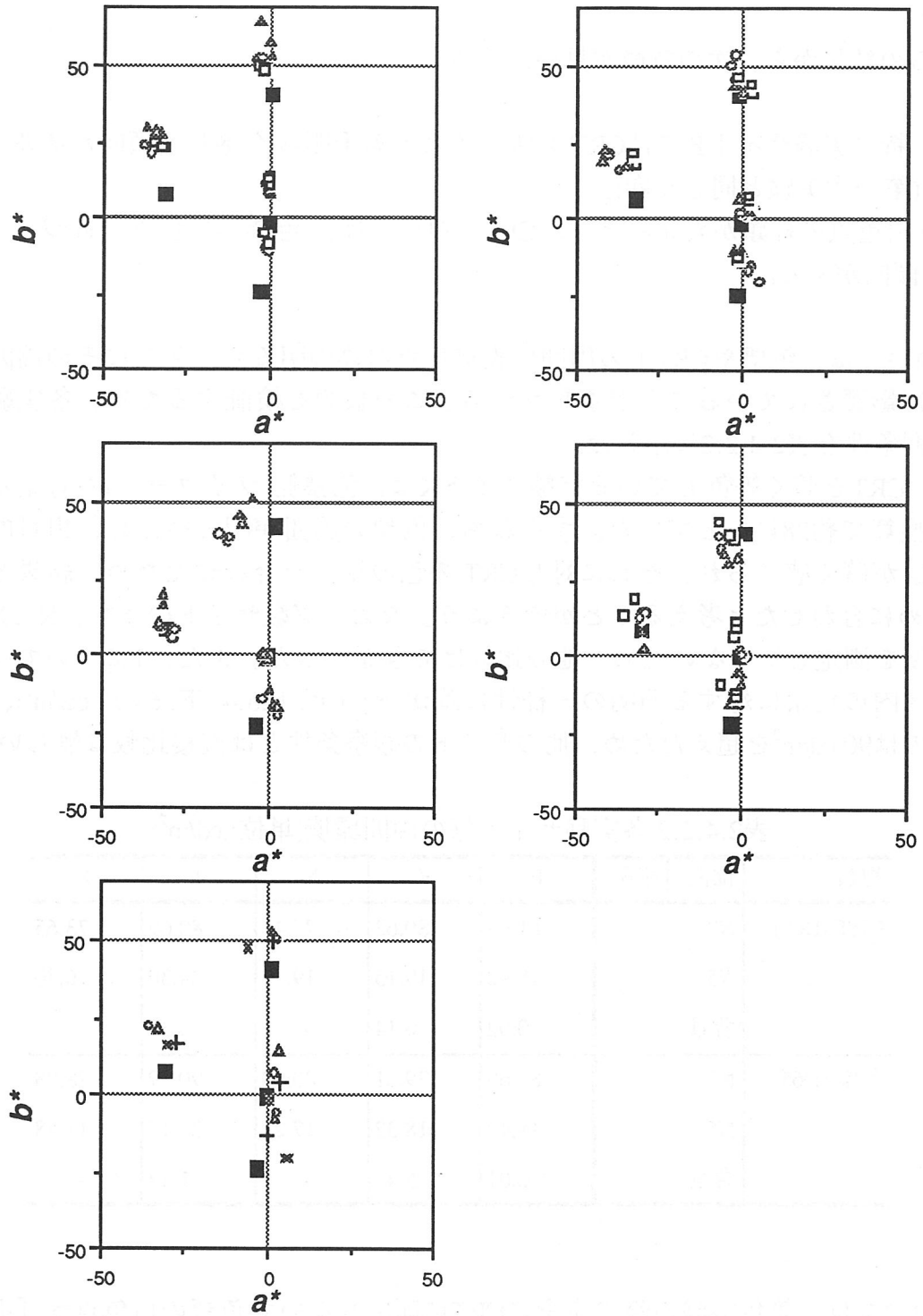


Fig. 2.4.2.7 各実験サイトにおける実験条件4の結果。記号その他の意味ははFig. 2.4.2.4と同じ。

(3) 解析

これらの結果から、次の特徴が見いだせる。

- a) 特に実験サイトKではCRTを測色値より若干明るく感じる傾向がある(第一次実験と同じ傾向)。
- b) 白色点の種類が異なるとき、CRTの白色点は、色票の白色点に近づく傾向がある。

a)については、色票やCRT上の周囲に設定した白枠の明るさ、さらにその周囲の明るさ等に影響されていることが予想される。この仮説を検証するため、各実験サイトの周囲条件を表2.4.2.2に示した。

全般にCRTを暗く等色している実験サイトKは、色票側(ライブース)の背景が明るく、 L^* 換算で約28になっていた。すなわち、色票の周囲が明るいいため、相対的に中央の色票が暗く感じられ、それに対しCRTの色の見えを合わせたため、結果としてCRT暗めに合わせたと考えることができよう。なお、実験サイトのうち、NとXは背景の輝度を測定していないため、他の比較はできなかった。また、Tについてはライブース内の色票に対する照明の一様性に差があり(上: 125.4, 下: 64.73 cd/m²)、平均値としては90 cd/m²を超えたため、他のサイトの観察条件とは直接比較は難しい。

表2.4.2.2 各実験サイト毎の周囲環境(単位: cd/m²)

種類	位置	場所	F	K	N	T	X
CRT (D65)	N9		81.69	80.62	77.41	80.69	73.65
	N5		18.92	19.15	19.32	24.30	16.80
	背景		0.02	0.14	-	0.32	-
色票 (D65)	N9		81.69	79.21	80.08	90.39	78.98
	N5		18.42	18.32	17.21	22.15	18.48
	背景		0.01	5.43	-	1.17	-

b)については、等色実験の際に完全にCRTに順応しないで色票の白色点へ「引き込まれている」ものと仮定し、CRTへの順応の割合(順応率)を計算した^{注1}。

このために、もっとも単純な例として、多くの色順応モデルで利用されているvon

^{注1} Naoya Katoh, Practical method for appearance match between soft copy and hard copy, SPIE Vol. 2 170-181 (1994).

河合まどか、personal correspondence.

Kriesのモデルを利用し、網膜上での錐体の三刺激値LMSに対し順応率の考えを用いてパラメータを設定した。これに基づき、順応後の対応する色の見え量を予測し、そのときの予測値と実験値の色差を評価した。各被験者の1セット(12色)の実験の順応率を求めるために、順応率を0(色票の白色点と同じ)から1(CRTの白色点と同じ)と0.05刻みで変化させ、その予想値に対する12のカラーパッチの視覚実験との誤差を調べた。順応率はその誤差を最小とするものとした。

具体的な計算方法を次に示す。色票の三刺激値を、 X_i, Y_i, Z_i とし、その網膜上での三刺激値を L_i, M_i, S_i とすると、網膜上の三刺激値LMSは次式で表せる。

$$\begin{bmatrix} L_i \\ M_i \\ S_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.15514 & 0.54312 & -0.03286 \\ -0.15514 & 0.45684 & 0.03286 \\ 0.00000 & 0.00000 & 1.00000 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (2.4.2.1)$$

ここで、網膜上の三刺激値LMSを求めるために、Smith and Pokornyの係数^{註1}を用いた。さらに、順応率をパラメータとして、順応後の網膜上の三刺激値を求めるために、次式、

$$T'_i = \frac{k \cdot T_{W-CRT} + (1-k) \cdot T_{W-Patch}}{T_{W-Patch}} T_i \quad (2.4.2.2)$$

を用いた。ここで、 T はLMSのいずれかを、また、 T_w は白枠の白を示す。さらに、これを、(2.4.2.2)式を用いて逆算し、XYZに戻す。これより予測された三刺激値を予測された白色点を基準白色点として ΔE^*ab による色差で評価した。

したがって、もし視覚実験の色が完全に予測されれば、色差0となる順応率が存在することになる。しかし、ここでは、もっとも単純な順応モデルであること、また視覚実験の精度の問題から、色差が0になることはまずあり得ない。この計算例をFig. 2.4.2.3に示す。この場合、およそ、0.5が順応率と判断される。

^{註1} 池田光男、色彩工学の基礎、朝倉書店、p. 216 (1980).

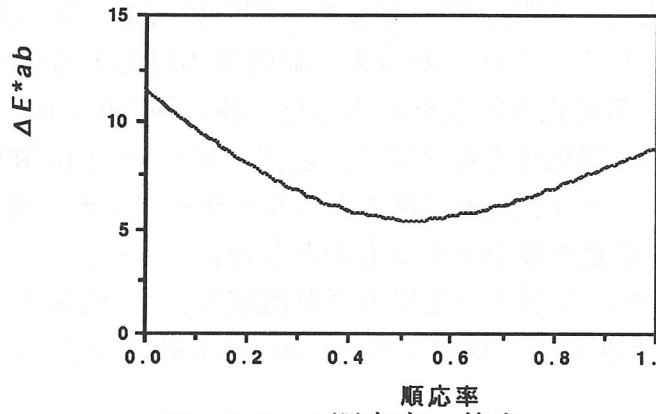


Fig. 2.4.2.8 順応率の算出

以上の考えの下に、順応率を被験者の3回の等色実験毎に12枚の色票の平均について求めた。その結果をFig. 2.4.2.9に示す。

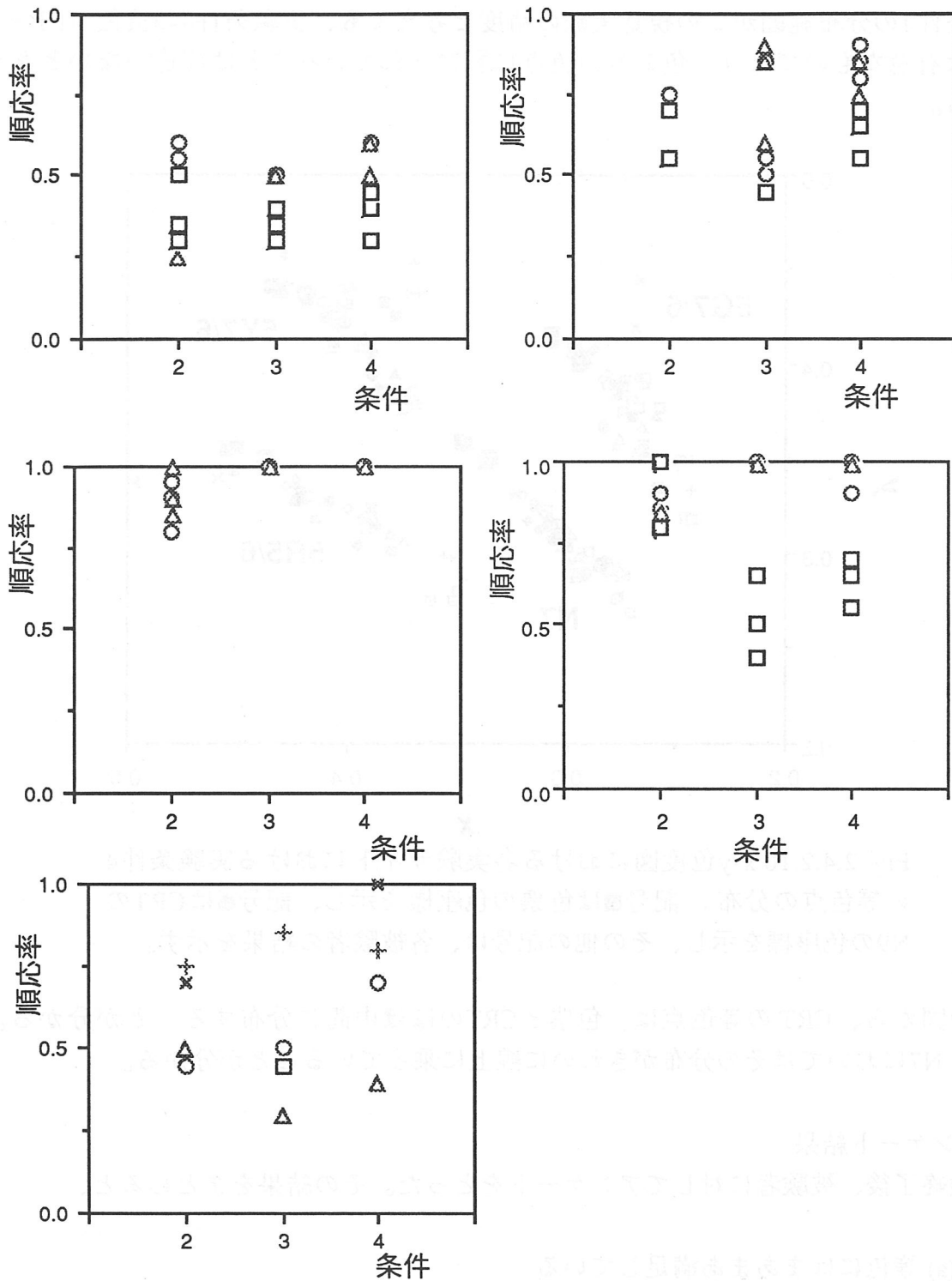


Fig. 2.4.2.9 各実験サイトにおける実験条件2, 3, 4の時の順応率。
 12種類の色票の平均を示した。各記号は、各被験者を示す。左上:
 F、右上:K、左中:N、右中:T、左下:X。

また、実験条件1と4についてそれぞれの白色点を拡大してFig. 2.4.2.10に示した。

実験条件1の分布範囲がこの視覚実験の精度と考えると、実験条件4の黄色方向への変移は有意なものであり、色票の白色点に影響されていることは間違いないと考えられる。

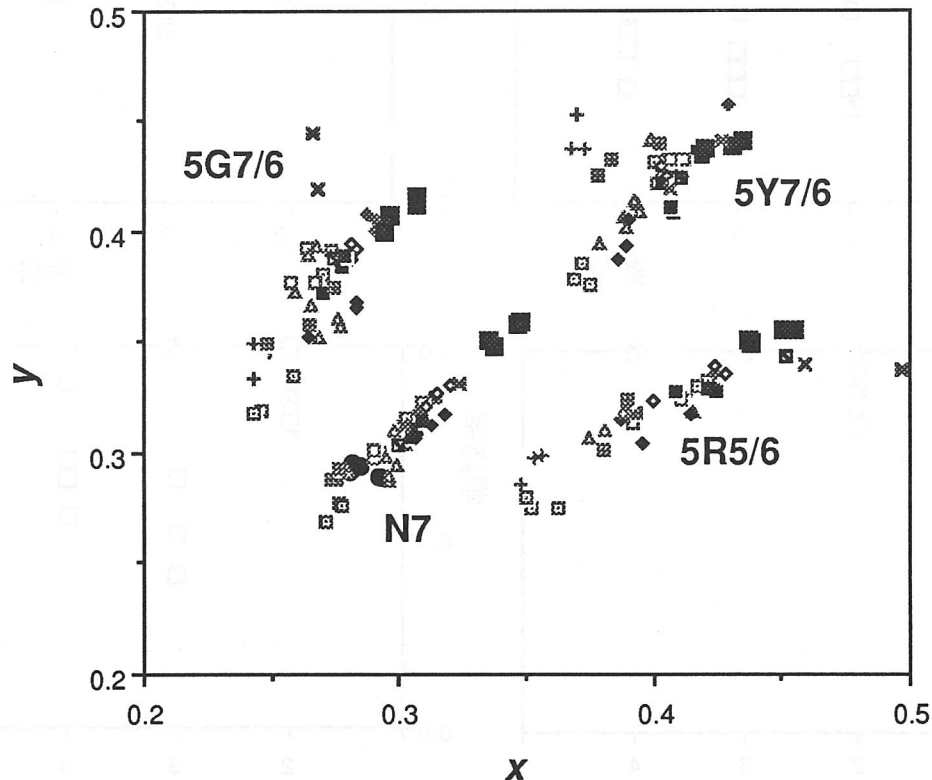


Fig. 2.4.2.10 x-y色度図における各実験サイトにおける実験条件4の等色点の分布。記号■は色票の色座標を示し、記号●はCRTのN9の色座標を示し、その他の記号は、各被験者の結果を示す。

この図から、CRTの等色点は、色票とCRTのほぼ中間に分布することが分かる。特に、N7においてはその分布がきれいに線上に乗っていることが分かる。

(4) アンケート結果

実験終了後、被験者に対してアンケートをとった。その結果をまとめると、

- (a) 等色にはまあまあ満足している
- (b) 判断基準は概ね一定であったが、色票種類、実験条件で変えた例があった。
- (c) 等色の判断条件としては、「テスト視野のみ見た」から「全体を観察した」という被験者まで、広く分布した。
- (d) 見え方については、CRTは光源色として、色票は反射物として見た傾向

があった。

となった。

実験結果と若干関連があったのが(c)のアンケート結果で、実験サイトFの被験者は主としてテスト視野のみ見たと答えており、それと、順応率が低いのは一致すると言える。また、実験サイトK,Xでは回答結果がばらついており、順応率もばらついた。実験サイトNでは、アンケートの形式が異なりその他と同列に比較できないが、回答結果から、すくなくとも全体的に見ようと努力したと考えられ、その結果、順応率が高くなったとも考えられる。しかし、実験サイトTのように順応率が高いにも関わらず、比較的テスト視野に注目したと感じている被験者もあった。

その他のアンケート結果(a)、(b)、(d)については、大差ない結果となった。以下に、アンケート結果(12名分)を示す。

(a) 等色の満足度

満足	まあ満足	努力した	自信なし
0	8	4	0

(b) 判断基準変化

なし	あり
7	5

(c) 等色の時の判断基準

全体←	→テスト視野			
0	2	2	5	2

(d-1) CRTの見え方

反射物←	光源色→			
0	1	3	6	1

(d-2) 色票の見え方

反射物←	光源色→			
2	8	2	0	0

(4) 考察

この実験条件下において、色票・CRT間の色再現は、白色点と同じ場合には測色値を一致させることにより、大半の被験者にはほぼ満足いく色再現となると考えられる。一方、白色点異なる時には、本来持つ双方の白色点の中間的な色度に合わせるにより、見えが一致することを示している。しかし、どの程度の色度で適当かは、被験者の意識、心理状態で大きく変化すると考えられる。今回の実験では観察条件を4秒おきに交互に観察することを義務づけたが、例えば、観察の間隔をより長くすることにより、順応が進み、そのメディアの持つ白色点に近づくことが予想される。

(5) 結論

色票とCRTの白色点と同じ場合には、測色的に色調整することにより、見えはほぼ一致する。ただし、周囲環境が異なる場合には、それは成立しない。白色点の色度点異なる場合には、中間的な色度点に「順応」しているが、その順応色度点は被験者に強く依存し、確定的なことは言えない。

(6) 今後

今回の実験では色順応モデルとして、もっとも単純なvon Kriesモデルを用いたが、提案されている様々な色順応モデルを用いて、同様な評価を行うこともできよう。しかし、多くの順応モデルには設定すべきパラメータが多く、特に今回の視覚実験のように、順応程度が特定しづらい場合には、その設定が難しい。この評価については将来の課題として残されよう。

第3章 実用問題分科会活動報告

3. 1 実用問題分科会の目的

(鈴木恒男)

物体色と光源色の色の見え特別研究調査委員会で実用問題分科会を設けた最大の理由は、物体色と光源色の対応、すなわちカラーディスプレイとそのハードコピーの色が合わないと言うことが学問場面よりは、実際の工業的現場で切実な問題となっていることにある。更に、その問題が整理されないままに次々に新たな問題が起こっている現状を委員会として認識したからである。この物体色と光源色の問題を単に学問的興味だけで扱うのではなく、実際の工業現場に密着した問題として捉え、現在の知見ではどのような問題の整理ができるのか、またこの現場での問題から学問的にどの問題から答えなければならないのかを考える恰好のテーマとの位置づけたために本分科会を始めた。初めに本委員会の目的である工業的なカラーディスプレイとそのハードコピーの色の対応に関する問題は時代の変化および科学技術の変化に伴い、大きく3段階に分かれると考え、その各段階で問題を整理した。第一段階として考えられるのはカラーディスプレイとハードコピーの色の対応を本格的に扱った印刷業界である。印刷では最終印刷を仕上げる前に何段階かのチェックが必要であり、その仕上がりのチェックには校正刷りと言って最終印刷機ではない簡易な印刷機で印刷することが行われていた。この校正刷り (press-proof) を如何に簡易化するかが現場での問題であり、そのために校正刷りに対して簡易校正 (off-press-proof) が生まれてきた。この簡易校正とは網点面積率で記録された分解フィルムから印刷の仕上がりを予測するものを作ることであり、主に光可塑性樹脂にインキの顔料を分散させたものに網点情報を焼き付け、それを紙の上に重ねることにより仕上がり画像を作成する方法である。この校正刷りと簡易校正をハードプルーフとすると、写真をスキャナーで分解した電気的情報を基にカラーディスプレイ上に最終の色を表示するシステムがソフトプルーフとして考えられた。いくつかのシステムが開発され、これらのシステムは印刷業界だけを限定し、カラーディスプレイと印刷物の色の不一致が生じれば、印刷現場での高度な専門的知識を利用して色補正を行うシステムである。この第一段階では長年の勤と経験で色の見えを補正することであり、この段階ではあまりディスプレイと反射物の色の違いを問題にすることはなく、ディスプレイでこの様に見える時は、印刷ではこうなるとの補正を頭の中で行い使用するシステムであり、このシステムは一般に普及することは全く考えていない。

第二段階としてはDTP (Desk Top Publishing) との考え方が生まれてきた段階である。DTPは、現在印刷所で行われている‘印刷’が、印刷物ではなく電気的情報として各オフィスに送られ、そこで比較的少量の印刷物に変換されることを目指したものである。この段階ではカラーディスプレイで情報を確認して、

それを印刷することを前提としている。この場合ディスプレイと印刷物の色の一致を行うのは第一段階ほどの専門的な熟練は必要とはしないが、ある程度色の変換に関しての知識が要求される。現在はこの第二段階が進行している段階であり、カラーマネージメントシステムはこの段階をサポートするものとして登場した。この段階では従来の勘と経験に加えて測色学的知識が加味されて色変換を実現されていく。このシステムはある特定のユーザーだけを対象とし、一般のユーザーを前提としていない。

第三段階はコンピュータの周辺機器の高性能化と低価格化が進行し、一般ユーザーが手軽にパソコンで色彩情報を扱い、カラープリンターに出力する時代である、この段階では色に関する経験と勘は個人差が非常にあり、システムとしては全く色に関する知識を必要としないことを前提としなければならない。これは印刷業界での熟練工が非常に減り、勘と経験の世界から誰でもできる技術の世界への移行が将来予測されるので、印刷業界でも第二段階から更に次の段階に移行することは予測される。この第三段階では測色学に基づき全てのシステムが構成され、その推奨された環境以外での使用は保証しないシステムとなるものと思われる。

本分科会はこの現在の市場の現状である第二段階での問題点をさぐり、どの様にしてディスプレイとハードコピーの色の一致が実現可能であるかを検討し、更に第三段階を志向するためへの問題提起をも考える。

3. 2 実用問題分科会活動の経緯

(岡嶋克典)

3. 2. 1 活動期間

平成5年8月～平成7年3月(平成5年度～6年度)

3. 2. 2 本分科会の構成

主 査	岡嶋克典	防衛大学校応用物理学教室
委 員	東 吉彦	大日本印刷(株)画像研究所
	井上正之	N T Tヒューマンインターフェース研究所
	鈴木恒男	慶応義塾大学法学部
	側垣博明	電子技術総合研究所 L E R C
	筑木利行	富士ゼロックス(株)画像技術研究所
	橋本健次郎	松下電器産業(株)研究本部照明研究所
	淵田隆義	東芝ライテック(株)研究所
	舟川政美	日産自動車(株)総合研究所

三橋 徹	凸版印刷（株）総合研究所
本村秀人	松下技研（株）画像情報研究所
オブザーバ 田村 徹	日本アイ・ビー・エム（株）

3. 2. 3 活動の経緯

本分科会は、分科会構成委員による文献調査と、開発およびデザイン現場の見学調査会を行ない、その検討結果を親委員会に反映させ、さらに全体的に論議していくという形式で進められた。色再現の現場においては、好ましい色の再現も重要なテーマであるが、本分科会では色再現の基本となる、等しい色の再現の問題に絞って調査・検討を行なった。見学先に関しては、大規模な印刷工場とパーソナルなカラー印刷の現場で色再現の要求や方法が異なることを考慮し、プロユーザを含めた幅広い業界を対象とした。

平成5年度は4回の分科会と5回の見学会を開催し、現在のカラーマネージメントシステムや実用現場での問題点を抽出し整理した。その成果の一部は実験分科会へも反映された。

平成6年度は5回の分科会と1回の見学会を開催し、各問題点を多面的に分析しながら、その原因や解決案および将来に向けての対策を詳細に検討した。特に、技術的には解決しにくい「観察条件の違い」に各社苦慮していることから、何らかの標準が必要であることを本分科会として認識し、モニタとカラーハードコピーのカラーマッチング時における推奨観察条件を作成し、提案した。また、「カラーフォーラムJAPAN'94」におけるパネルディスカッション「カラーマネージメントシステムー電子情報時代の色再現」の中で、本委員会に関する中間報告を行なった。最後に、これまでの調査検討成果を報告書（本報告書）にまとめて終了した。

本分科会のために、快く見学会に御協力いただいた関係者の皆様にこの場を借りて感謝いたします。

見学会開催場所：

日本ビクター（株）、大日本スクリーン（株）、富士写真フィルム（株）、
デザインウイズハート、富士ゼロックス（株）、ソニー（株）

3. 3 実用場面での問題点の抽出 （東吉彦、井上正之）

実際に色を扱う現場における、物体色と光源色の色の見えの違いに関連した問題をより具体化するため、色彩関連機器メーカーやそれらの機器を使って仕事をしているデザイン事務所を見学し、問題点の抽出を行った。

3. 3. 1 プリンタ開発現場における問題点

プリンタ開発メーカー3社を訪問し、機器見学と聞き取り調査を行った。それぞれ昇華型熱転写方式、銀塩写真方式、電子写真方式のフルカラープリンタまたはコピーの開発、販売を行っている。各製品の色再現特性は異なるものの、基本的な設計思想にはかなり共通する部分がある。以下にその内容をまとめて記す。

(1) プリンタの基本設計について（色変換）

- ①色再現の目標となるのはCRTモニタの表示画像であるが、ユーザー毎に使用されるCRTモニタはバラバラで特定できないため、最も一般的に使用されている機種を標準機として、その特性に基づき標準的なプリンタの色再現（色変換）条件が決められている。
- ②個々のCRTモニタの標準特性からのずれ（機種間差や同一機種内差）に対しては、プリンタ側に調整機能を持たせて対応する場合もある。
- ③CRTモニタの標準的な白色点は、色温度6500Kか9300Kと想定されている。
- ④CRTモニタとプリンタ間の再現範囲の違いに対しては、Gamut圧縮により処理する場合と処理しない場合がある。このGamut圧縮処理には主にハードウェアによるルックアップテーブル方式の変換が用いられている。
- ⑤基準観察照明（白色）の違いによる色順応効果を考慮した色変換を行うプリンタもある。

(2) 現在の問題点

- ①CRTモニタでは高彩度色は高明度領域に存在するが、プリンタでは高彩度色は低明度領域にしか再現できないため、色を合わせることが不可能。
- ②キャリブレーション付きCRTモニタは高価なためほとんど使用されず、CRTモニタ間での発色特性が異なってもその違いを吸収しきれない。
- ③プリンタ設計上想定した出力物の照明条件と実際の照明条件は異なる場合があり、しかもCRTモニタとは離れた場所で評価されることが多い。
- ④ユーザーにより要求するレベルが異なる。CRTモニタとプリンタ出力物の見えの一致を重視するユーザーもいれば、見えの一致よりも画像として見栄えのよい色を望むユーザーもいる。
- ⑤CRTモニタ画面ではなく、ユーザー（観察者）の頭の中に色の基準がある場合がある。たとえば肌色などの記憶色がこれに相当する。

(3) 今後の取組みについて

色再現範囲の違いと照明の違いが最も大きな問題である。前者については技術的な解決により、後者については照明条件の標準化や機器の使用法による解決が必要と考えられている。

3. 3. 2 製版現場における問題点

製版システム開発メーカーを訪問し、カラー製版用画像処理システムの見学を行い、製版現場における問題点を探った。

- ①印刷原稿となるカラー写真フィルムは、通常、製版スキャナによりRGB信号に分解され、その後、印刷用のCMYK信号に変換される。この信号は磁気ディスクに記録され、CRTモニタに表示して原稿の分解品質をチェックしたり、色調の修正作業が行なわれる。現状ではスキャナでの色変換やCRTモニタ表示のための色変換はメーカーの「ノウハウ」であり、装置に依存した内容となっている。
- ②RGBからCMYKへの変換を統一しようとの国際標準化の動きがあり、入力の色空間、出力の色空間を規定するための検討作業が進められている。
- ③CRTモニタを用いた作業では対話性が重要であるため、色変換のために複雑な計算処理を要する方法は現実的でない。
- ④解像度、画像サイズの違い、紙とインキのもつ光沢感の表現も問題となる。
- ⑤「春らしい」、「ピント感（シャープネス）」というように色の表現も多岐にわたっており、単純な扱いが難しい。
- ⑥艶や光沢も含めて色として扱われている。
- ⑦体裁、色、画質など製版作業の品質はすべて印刷物に基いて判断されている。
- ⑧CRTモニタの色は印刷物の色と異なることを前提として利用されており、作業者はCMYKの数字により印刷物の色調を確認しながら調整を行っている。CRTモニタはあくまでも確認程度の補助ツールと認識されている。

3. 3. 3 デザイン現場における問題点

デザイナーの立場からDTP (DeskTop Publishing) 現場における色再現の諸問題について説明を受けた。

- ①現在、グラフィックデザインの分野ではDTPの利用が急速に進展しつつあり、CRTモニタと印刷物の色の関係について非常に関心が高まっている。
- ②DTPをデザインツールとして使用するにあたっては、機器やマニュアルの使い易さが極めて重要である。
- ③機器の微調整はデザイナーには困難であり、操作方法や仕様を標準化してもらいたい。
- ④最終的に仕上がった印刷物が重要であり、CRTモニタはあくまでも補助的なツールである。
- ⑤CRTモニタの色は基本的に印刷物の色とは異なるが、許容範囲はある。しかし、現状ではまだ不満がある。

- ⑥微妙な色の扱いはC R Tモニタでは難しいものの、初心者でも扱えるようになってきた。
- ⑦経験を積んだデザイナーであれば色の基準は頭の中に持っており、CMYKの網%値（網点面積率）から出力された時の色を予想して色の操作を行っている。
- ⑧機器の種類、使用環境、調整条件などによる特性の違いに対しては人間によるキャリブレーションが有効である。
- ⑨デザイナーは完全なカラーマッチングシステムの実現よりも、使い易く安価なシステムを望んでいる。

3・4 各分野での現状と問題点

3.4.1 写真および印刷分野

(洪博哲)

3.4.1.1 問題点

デスクトップパブリッシング (DTP) に代表されるような、C R Tモニタをプリントする場合またはプリントをC R Tモニタに表示する場合を想定したときの現状の問題点を、次のように考える。

(a) キャリブレーション (機器調整)

機器の安定性は十分でないにもかかわらず、これを十分に補償するための手続き、方法が確立しておらず、また、使用者の認識も低い。

(b) キャラクターライゼーション (色特性データ)

一般に、プリンタでは簡単な解析式では表せず、また、主として廉価なC R Tモニタなども、解析式で表せないことが多い。

(c) 色圧縮

C R Tモニタからプリントへの色再現では大半の高彩度域の色がプリントに存在せず、また、プリントからC R Tモニタへの色再現でもシアン付近の色が存在しない。とくに前者の組み合わせでは色圧縮する量が大きいため、必ず劣化を伴う。

(d) 観察環境と観察者の色順応の問題

一般にC R Tモニタの白色点はプリントの白色点より青白い。さらにC R Tモニタの観察環境は周囲の照明等により一定にならず、また、観察者の状態により、C R Tモニタへの順応の程度は決定できない。外光によりC R Tモニタ上の反射が変化することは、色域の変化につながり、同時に、観察者の順応状態も変化する。さらに、観察者の順応状態は、個々や関心度により一定ではない。

3. 4. 1. 2 今後の展望

上記の問題点に対し、以下のようにになると考えられる。

- (a) 生産現場で利用では、簡易型測色計の普及によって、自己調整可能な製品となる。
- (b) 標準化された色特性データの保持方法には、多次元のLUTが含まれるようになる。これを用いて、少なくとも多数の色票を測色するなど、経験的な手法により、正確な特性化が可能となる。
- (c) 色圧縮方法はさまざまな方向から改善されるが、特にCRTモニタからプリントへの色再現の場合、圧縮程度が大きく、それに伴う劣化が避けられないため、決定的な方法はなく、ケースバイケースで切り替えることとなる。
- (d) 色順応モデルの利用により、より近い印象を与える色再現は可能である。環境の変化については、CRTモニタが環境や外光に順応して制御されるものが望まれる。ただし、観察者の色順応状態を確定できる見込みは少ない。

以上をまとめると、色再現には、コストと手間を無視すれば実現可能な(a)、(b)と確定できない(c)、(d)の要素が重畳されるため、CRTモニタとプリント間の色再現は、どの観察者も完全に一致すると判断できる決定的な手法は存在せず、見た目の印象があるレベルで合う程度の低精度の色再現に留まると思われる。

3. 4. 2 化粧品

(佐藤千穂)

化粧品では、口紅をはじめとして色が大切な商品が多く存在しており、それらの色を伝達、管理することが必要である。色の伝達、管理には、誰でも値を見れば色がイメージしやすいことから、マンセル表色値を使用することが多い。また、商品企画部門や研究所など各部門で共通のカラーチップを所有しており、色を伝達する場合にはマンセル値と共にカラーチップも添付される。このように色の伝達を正確にするような配慮がなされているが、その色を見ている場所の照明環境が統一されていないと意味がない。しかし一般的には、ともすると「色を見る場所の環境設定の大切さ」は、比較的見過ごされてしまうように感じられる（当社では色評価用蛍光ランプを使用）。

一方、測色した色のデータはコンピューターで管理されており、どこでもモニタ上で検索できるようになっている。検索したものを手元に記録しておくために、

モニタ画面をハードコピーにするわけだが、ここで色の再現の不一致が問題になる。そのため、再現性を合わせるためには照明も含めてこれらの観察条件を設定してモニタとハードコピーの色再現性を測定し、両者が一致するように色処理を行わなければならない。しかし、この様な一連の作業は手間がかかり、なかなかかどらないのが現状である。また、異なる場所でモニタ上にて色の検討を行う場合、モニタ上には同じ色が再現されていても観察環境（照明）が異なれば見ている色は違っているわけで、環境をきちんと設定しなければならない。

ここ数年メディアインディペンデントについて専門的な立場で議論が行われ、規格化も進められてきたが、上記で述べたような観察環境の設定などユーザー側が注意しなければならないこともあるだろう。しかしながら、ユーザーの中には、大げさに言ってしまうと「モニタとハードコピーをつなげば、どこでも思ったような色が両者に再現される」と思っている人も少なくない。これだけDTPやCEPS（簡易電子校正）関係の機種が一般ユーザーに普及してきた状況では、環境設定についてもきちんと明記したり注意していくことが大切だと考えられる。

ディスプレイとハードコピーの色再現性の不一致による問題は、デザイン部門などで聞かれることが多く、ここでは当社の容器デザイン部門での例を簡単に紹介する。化粧品容器のデザインはモニタ上で行われ、それをプリントアウトしたものが提案や次の行程に使われていく。そのためハードコピー上での色再現性は重要であるが、デザイナーがモニタ上で納得した色を作ってもハードコピーではなかなか再現されず、常にこの行程で色の調整が必要となる。デザイナーは、モニタやハードコピーの機種ごとに色の再現性がどうなるかを経験的に承知しており、モニタ上で納得した色をハードコピー上で再現するために、あえてモニタのRGBバランスを調整しておくわけである。しかし一度で思った色がハードコピー上に再現されることはなく、この作業を幾度か繰り返すことになる。デザイナーにとっては、本来の仕事ではないところで時間を費やすことになり、これは非常に面倒な作業だと認識されていた。そのため、色を見る環境を決め、そこでモニタとプリンターの色再現性を測定し、モニタ上の色がハードコピー上で再現されるように色処理を行い環境を整えることが現在行われている。どんなに理論的な色処理を行い、環境を整えたとしても完璧な見えの一致は見られない可能性はあるが、そのような処理をしないとでは色再現の一致性は異なり、この様なことを行うことにより再現の一致が高まる。そのため、このような努力は大切だと考えており、将来的にデザイナーの手間が少なくなることを期待している。

以上のように、モニタとハードコピーの色再現の一致は、我々にとっても期待されることである。両者の色再現がより一致するするために、関連分野での専門的な検討がなされていると思うが、我々ユーザーが配慮（できるだけ容易な）すべきことも提示していただき、両者の再現性の一致を図っていきたいと考えている。

3. 4. 3 液晶ディスプレイ

(田村徹)

これまで、我々が目にしてきた電子表示装置の多くはCRTモニタであった。しかし、現在、次第に液晶ディスプレイを目にする機会が増えてきている。すなわち、電子表示装置が利用されている一つの大きなマーケットであるコンピュータ市場を考えると、ノート型パーソナルコンピュータ(PC)に代表されるような携帯用パーソナルコンピュータの表示装置は、全て液晶ディスプレイに代表されるフラットパネルCRTモニタであり、また、デスクトップ型のパーソナルコンピュータの中にも液晶ディスプレイを搭載した機種が登場している。ノート型PCの処理能力、ハードディスクの容量、拡張性は、デスクトップ型PCと差がなくなっており、小型で軽量、低消費電力などの特徴を考えると、将来的には、ノート型PCがデスクトップ型PCに置き替わっていくことも予想されている。さらに、液晶ディスプレイの次の市場として、大型情報表示装置の市場が考えられており、液晶ディスプレイの大画面化、高精細化、フルカラー化が進んでいる。価格の問題が解消されれば、現在、テレビ受像器に代表される大型情報ディスプレイが液晶ディスプレイによって置き替わる可能性があり、ますます、多くのユーザーが液晶ディスプレイを目にする機会が増えていくことであろう。

以上のように、液晶ディスプレイが情報表示装置として多くのユーザーに利用されるようになる場合を想定し、本研究委員会の設立背景である、“様々なメディア間、特に印刷物と電子表示装置間での色情報の扱い方”を考えていく際の問題点に関してまとめてみる。液晶ディスプレイは、いうまでもなく電子表示装置であり、上記の問題は、液晶ディスプレイ上の色の見え方と印刷物の色の見え方を一致させる方法論を論ずることになる。ここでは、現在、電子表示装置として最も普及しており、かつ本委員会で電子表示装置の代表として扱われたCRTモニタと液晶ディスプレイの違いを指摘し、液晶ディスプレイ用の色管理システムを構築する際の問題点を考えてみることにする。

液晶ディスプレイとCRTモニタの色の見え方の違いを考える際に、両者の表示方法の違いの影響をまず考える必要がある。すなわち、液晶ディスプレイの場合には、バックライトの白色をRGBのフィルタと液晶シャッタによりカラー表示している。一方、CRTモニタは、RGBの蛍光体を電子ビームで発光させてカラー表示している。このように、液晶ディスプレイは透過光型であり、CRTモニタは自発光型である。このモードの違いがどの程度色の見え方に影響を及ぼすかは、調べる必要がある。また、液晶ディスプレイは液晶をシャッタとして利用しているため、CRTモニタには見られない特性を示す。すなわち、観察方向や階調によって光の透過特性が変化し、コントラストや色度点が変化する点である。この問題は、液晶ディスプレイの色管理システムのプロファイルに、観察方向や階

調の特性を表現する項を新たに加える必要性を示唆している。

次に、液晶ディスプレイとCRTモニタとの色の見え方に影響を与えると考えられる設計値の違いに関して考えてみる。現在、最大輝度、コントラスト、RGB三原色の色度点、白色の色度点、表面処理、ガンマ特性、ドットピッチ、画面サイズ等の設計値に関して、液晶ディスプレイとCRTモニタとでは、様々な違いがあり、いずれも両者の色の見え方に影響を与えると考えられる。しかし、これらの問題は、CRTモニタであっても機種の違いによって存在する問題であり、色管理システム内のプロファイルを変更することでCRTモニタ用の色管理システムを液晶ディスプレイ用の色管理システムに変更することができよう。ただし、両者の設計値には、大きな差が存在する場合も有り、CRTモニタ用の色管理システムを液晶ディスプレイ用に適用することができる適用範囲を規定することが必要となろう。

以上まとめると、液晶ディスプレイの色管理システムを考える際に、CRTモニタ用の色管理システムに対して考慮する必要がある点は以下の点であろう。

- (a) 液晶ディスプレイとCRTモニタの見えのモードの違いによる色の見え方への影響を確認すること
- (b) 観察方向、階調の特性を考慮すること
- (c) 設計値の差が適用範囲内であることを確認すること

3. 4. 4 複写機

(池上博章)

従来のスタンドアロンのデジタルカラーコピー機に於ては、入力 RGB を出力の YMCK にいかに速く、安く、正確に変換するかが色再現の課題であり、色再現の目標は、原稿とコピーは同じ反射物同士であって同時に同一環境条件下で比較されるので、Hunt 氏の分類にある正確な色再現 Exact Color Reproduction で十分であった。

しかし、ネットワークを介したデジタルカラーコピー機、カラープリンター、更にカラーファクシミリへと進展してくると、デバイス依存な色情報をどうやりとりしていくかという課題 Color Management System (以下 CMS と記す) と、システムのなかで扱うデバイスインディペンデントな標準色空間をどう設定すべきかという課題の、新たな 2 つの色に関する課題が登場する。また、いかに速く、安く、正確に変換するという色再現の課題は、入出力の対象がデバイスインディペンデントな色空間にも拡大されるものの、基本的には同じと言えようが、色再現の目標は、CRT モニタという発光体が登場すること、および、遠隔地に送信できることから観察条件の相違も考慮する必要が出てくること等、正確な色再現だけではすまなくなってくる。従って、ここでは、これら 3

つの新たな課題、CMS、標準色空間、色再現の目標について話を進める。

CMSは、カラーの情報をシステムの中でいかにハンドリングしていくかという枠組みの決めごとであって、色々なものが世の中に出回りつつあるようだが、その1つとしてInter Color Consortiumが制定しようとしているIntercolor Profile Formatがある。Intercolor Profile Formatは、デバイスの色特性に関する情報を交換する約束事を決めたもので、スキャナとかCRTモニタの場合は、RGBのXYZと白基準のXYおよびRGBのガンマ特性の情報を、それ以外では、 3×3 マトリックスとTRCと3-Dimensional LUTと1-Dimensional LUTの組合せでそれらの係数の情報を受け渡せるようになっている。これ等の情報交換によって、全てのデバイスに関するイメージデータの色処理が、デバイスインディペンデントなProfile Connection Spaceを経由してできることになる。

このように、CMSでは、イメージデータにデバイスに関する色情報を付けて情報交換することで色を制御できるようにしているわけで、交換する色空間を特定しているわけではない。これに対し、システムトータルの経済性という点から、交換する色空間を特定しようという動きが標準色空間の話である。

色空間の標準化は、ISOおよびITU(International Telecommunication Union)で行われているが、その方向性は異なる。ISOでは、どちらかというとなんな色空間全てを標準化し、それらの情報が正確に伝達できればよいという(CMSと類似した)スタンスであり、一方、ITU-Tでのカラーファクシミリ標準色空間は、少しでもシンプルで安いカラーファクシミリを作りたいという経済的理由から、1つの色空間を選択するという方向で動いている。カラーファクシミリ標準化の国内での検討組織としては、画像電子学会を母体とするカラーファクシミリ検討会と郵政省のカラーモデル分科会があり、その中のWorking Group2で色空間の選定という活動を行ってきた。Working Group2としては、幾つかの色空間をなるべく定量的に評価するという作業を行い、その評価結果を基に1つの色空間CIELABを選択した。この結果は、ITU-Tでの標準化に反映され、JPEGとCIELABをベースとした最初のフルカラーファクシミリ標準が'95年に制定された。現在は、その次のステップとして、JPEGとマルチカラー(色数の少ないカラードキュメントをパレットを利用して送る)のカラーファクシミリ標準に向けて活動が続けられている。その他には、ソフトコピー対応への拡張ということで議論が行われているが、その内容は、RGB等の別の色空間を採用するかどうかがメインであって、本委員会で検討されているような見えに関する議論までには至っていない。

3番目の色再現の目標は、CMSや標準色空間の様な枠組みが決まったとしても依然として残る課題であって、DTPシステムのようにCRTモニタをモニターとして使う場合と、カラーファクシミリのように遠隔地に送る場合との2つに分けて考えられる。

遠隔地に送信する場合は、送信側と受信側とで観察条件が異なる可能性があるわけで、Hunt氏の分類にある測色的色再現Colorimetric Color Reproduction、または等価な色再現Equivalent Color Reproductionの話になるかもしれないが、本当に異なる観察条件での見えの一致が必要なのかという疑問が残っている。

観察条件を揃える様な使われ方がされるかもしれない、または、たとえ遠隔地に送るといっても、後日原稿と出力を見比べるような場合があるかもしれないという疑問であり、今はまだ実際の問題点が明確にはなっていないという状況だろう。カラーファクシミリが普及して現実に多用されるようになってから、本当の問題点が出てくると考えられる。

一方、CRTモニタに関しては現実的な問題として各方面で取り上げられるようになってきており、例えば、通常のオフィス照明光の中で、異なる白基準のものを同時に観察する（CRTモニタは9300Kくらいに調整されているものが多く、ハードコピーは照明光が白基準となる）場合の色再現目標はどうしたらよいかなどの、従来の分類には入りそうもない色再現目標の設定が要求されてきている。CMSを登載したいくつかの製品ではWYSWYG(What You See Is What You Get)をうたい文句としているものもあり、この問題はすべて明らかになっているようにとられるかもしれないが、これについてはまだ解明されていないというのが本委員会の共通認識であろうし、本委員会での見えの共同実験も同一白基準の実験からスタートしていることから、この認識は理解していただこう。

しかし、見えの問題は、実際に出回っているカラー製品の性能と比較してレベルを論じる必要がある。均一性が悪かったり、安定性が悪かったりの色再現をせざるを得ない現状では、測色値の一致程度で十分かもしれない。そうはいつでも、カラーの製品が多く出回ってくるにつれて、それらの性能は向上してくるであろうし、ユーザーの色再現に対する要求もより高くなってくと予想されるので、色再現の目標をどうすべきかという問題は、今後ますます重要になってくると考えられる。

3. 4. 5 自動車

(舟川政美)

自動車の開発・製造・販売の分野で、物体色と光源色の色見えの問題を含めて、色彩科学に関わる問題を、(1)デジタル画像の商品デザインにおける利用、(2)製品の色管理、(3)色彩情報の伝達、の3つの項目にまとめて述べる。

自動車のデザイン工程は、大まかに、エクステリア、インテリア、カラー&マテリアルの3つに分かれ、それに並行してデザイン調査、企画、評価・検証が行われる。その工程では、単純なスケッチや陰影処理を施したレンダリング画、実物大で各種の部品配置を示すテープドロなどの画像が利用されるが、重要なあるいは最終的なデザイン決定は、スケールモデルや1/1モデルなど立体的なモデ

ルに基づいてなされる。自動車が数名の人間をその中に収容する大きな構築物である以上、最終判断が実物大の3次元模型に基づいて行われることは、将来までも踏襲されるであろう。しかし、自動車を構成する種々の部品の設計や運転席周りなど一部のレイアウトや配色に、また、初期のデザイン工程で利用されているスケッチやレンダリング画の代わりとして、コンピュータを使って作成されたデジタル画像が利用され始めている。

コンピュータ上のデジタル画像を商品デザインに利用しようとする時に問題となるのは、その画像がどこまで実物の代わりになるのかという点である。画像と実物は、どういう点で似ていてどういう点で異なるのか。実物の試作に先立って画像を使ってその商品进行评估しようとする時、必要な解像度や色階調、大きさはどの程度なのか。立体的に見える必要はあるのか。リアルタイムで視点を変えられることができる方がよいのか。

まず、素性の確かな色彩を使用するために、CRTモニタのキャリブレーションを行い、機器差やエイジングの効果を補正し、さらに、輝度と色度を独立に制御できる仕組みが必要である。本来、CRTモニタとプリンタ間のカラーマッチングを考える以前に、解決されていなければならない問題である。その原理や方法は、ほぼ確立してはいても、現実に未解決のまま放置されているユーザがほとんどであろう。次に、デジタル画像の使用目的毎に（何の画像を何の評価のために利用するのか）、必要な画像スペック（大きさ・色階調・空間解像度・レンダリング・立体感など）が明確にされなければならない。レンダリングの計算量は無視できないし、CRTモニタ表示色の色範囲と輝度範囲など、明らかに不十分である。3次元的な見えが要求されない場合は多いし、実物に周りを囲まれてみなくてはわからないこともある。そして、将来的には、視覚・視環境シミュレーション技術（計算法と表示法）とでも呼ぶべき技術が待望される。これは、特定の視覚特性を持った人物が特定の環境下である対象を見たときの「見え方」を計算し表示するための技術である。たとえば、白夜を背景として停まっている自動車の合成画像ならば飾りにしかならないが、シミュレーション画像ならば重要な評価対象として利用することができる。

製品の製造段階では、製品の色管理という問題がある。色むらや部品間の色の不一致を製造段階で見つけださなければならない。ところが、メタリック塗装やパール塗装など、見えの異方性を持つ塗装が一般的になりつつある。このような塗板の色は、入射角と受光角が固定されている現在の色差計では管理できない。色の見えの異方性を考慮した測色計および測色法の開発が必要である。この問題に関連して、塗板の物理特性とその色との関係付けに、不明の点が多いことも課題である。光輝材の種類、粒径とその密度分布、クリア層の色や厚さ、ベースの色などが、塗板の色に与える効果を、定量的に解析する必要がある。

最後に、色情報の伝達、その媒体と用語の問題がある。媒体としては、ハー

ドコピーや色見本、色度やHVCなどの数値データがある。用語には、「赤みが強い」といった一般的な表現の他、「艶」、「深み」、「メタリック感」、「鮮鋭感」といった独特な表現があり、その定義は必ずしも明確ではないし、定量的に測定できないものが多い。ハードコピーは、色情報の伝達を目的としては、使えないのが現状である。数値データは、印刷物ならば使用可能であろうが、自動車の外装である塗板についてはそれほど利用されていない。「艶」、「深み」といったものは、質感の類で、色と切り放して取り扱えるものもあるのかもしれないが、製造の現場ではむしろ色と一体となって意味を持っている。塗板の色情報の伝達に関して、色見本や言葉が主で数値データが従なのは、数値化されていない部分が多いからである。

3. 4. 6 照明計画のCGにおける色再現の問題 (田島秀樹)

3. 4. 6. 1 はじめに

照明計画の視覚的確認や、空間の照明状態の評価ツールとして、現在では、コンピュータグラフィックス（以下、CG）が必要不可欠となってきたが、ナトリウムランプのような単色光源や、それに近い光源でのシミュレーションでは、モニタに表示される画像が、現実ではあり得ないものとなることがある。ここでは、その問題について述べる。

3. 4. 6. 2 一般的なCGにおける物体色の計算

一般に、物体色は光源の分光分布と物体の分光反射率（分光透過率）とから計算され、XYZ三刺激値を求め、受像三原色RGBに変換される。しかし、照明シミュレーションでは、照明器具固有の配光特性を考慮し、数多くの光源を設定するため、非常に計算負荷が大きく時間がかかる。このため、色の計算は光源、物体ともそれぞれR、G、Bの3バンドで簡易的に行っている。電球や三波長形蛍光ランプなど、可視域全体にわたってエネルギーがでてくる光源では、十分に再現できる。しかし、低圧ナトリウムランプ（589nm）のような単色光源では、光源をRGBで表現すると、それぞれ0.75、0.25、0.00となり、赤や緑の物体が、それぞれの物体の色で表示され、実際とかけ離れたものとなる。

3. 4. 6. 3 色再現を重視した物体色の計算

各波長ごとに計算を行えば、正確な色を再現して、モニター上に表示することができるが、確実に計算時間が数十倍にも増えてしまう。照明シミュレーション

では、ライトアップのように直射光のみ考慮したシミュレーションにおいても、CG特有のジャギー（斜め線のギザギザ）を目立たなくするためのアンチエイリアシング処理を行ったり、あるいは、画素数を縦横1280×1024程度の高解像度にしたり、と画像品質向上のため、最低1時間程度から形状や照明の条件によっては、十数時間の計算時間を要する。相互反射光を考慮する屋内照明シミュレーションにおいては、さらに相互反射計算の時間が数時間から数十時間かかることもある。したがって、各波長ごとの計算では、実用面での問題が非常に大きくなる。

ここでは、波長5nm毎に光源分光分布と物体の分光反射率とから物体色を計算しモニター表示色を得るようにした。但し、照明計算とは別に物体色の計算を行うことによって、計算時間の短縮をはかった。物体色の計算時間は、数秒程度であり、照明計算は従来通りである。CG画像生成に要する時間は、従来とほとんど変わらずに、単色光源下においても実際と同じような表示色を再現できた。

3.4.6.4 結果と今後の課題

図に示すのは、低圧ナトリウムランプで、グレー、青、赤、緑の物体を照明したときの、一般的なCGでの物体色の計算によって得られたCG画像と、波長5nm毎に物体色の計算をして得られたCG画像である。白やグレーのような無彩色の物体や、589nmに反射率を持たない物体では、どちらの計算方法でも、比較的实际と同じような物体色として表示できるが、赤や緑の物体は、その計算方法の違いにより、結果が大きく異なる。特に、一般的なCGでの計算方法では、出るはずのない赤や緑といった色がはっきりと表示されてしまい、現実と大きくかけ離れたCG画像となり違和感がある。

近年では、急速なハードウェアの高性能化に伴い、より高精度で高精細なフォトリアリスティックなCG画像を作り出すことが可能になってきた。しかし、波長毎に計算して物体色を求めるためには、まだ現在のハードウェアでは性能不足であり、色の計算については、実用レベルのものは今後の課題ということになる。さらに、現在の照明シミュレーションでは、あくまでも理想的な照明条件下にて順応した状態から、ある照明条件の状態を見たときのものと仮定されるものであり、順応レベルも考慮されていない。したがって、現実の照明環境下とのズレや個人毎のズレも大きい場合がある。特に、一般的なCGの計算方法では、光源の演色性が考慮されず、あくまでも光の強さの影響範囲での照明シミュレーションということになる。照明環境をシミュレーションするということは、演色性が考慮されていることが望ましいと考えられる。いかに計算時間が増加することなく、正確な色の計算を行うことができるようになるかが、今後の課題である。

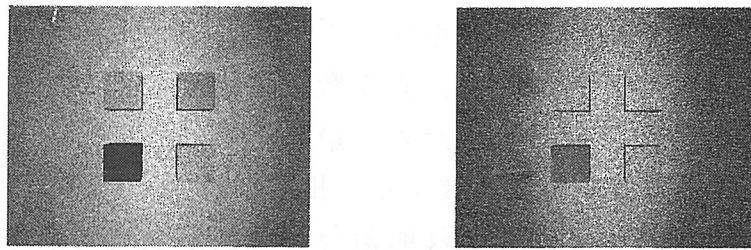


図 高圧ナトリウムランプ（左：一般的なCG、右：色再現を重視したCG）

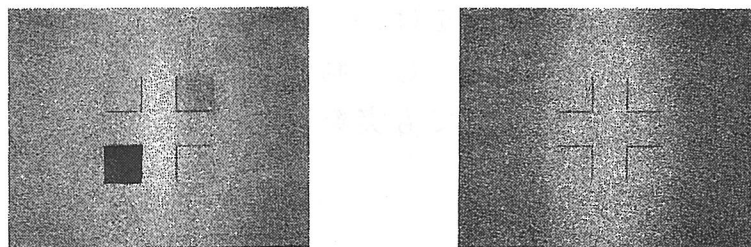


図 低圧ナトリウムランプ（左：一般的なCG、右：色再現を重視したCG）

3. 4. 7 コンピュータ

（鈴木祥治）

3. 4. 7. 1 はじめに

CPUの性能向上やメモリ素子、記憶装置の低価格化などの進展で、カラー画像をコンピュータシステムで手軽に扱えるようになってきた。これに伴い画像の“色”に関する新たな問題が発生してきた。具体的には、原稿とそれをコンピュータに入力して表示した画像の色が異なったり、CRTモニタの表示とカラープリンタの印刷結果の色が異なるなどの問題である。これらに対する現状の対応例として、当社の新聞CTS (Computerrized Typesetting System) 画像処理システムと、パソコン用CD-ROM制作を紹介する。これらをもとに、コンピュータシステムにおける“色”の扱いに関する将来を展望する。

3. 4. 7. 2 新開発CTS画像処理システム⁽¹⁾

本システムは新聞社における写真画像処理を目的に、当社のビジュアルワークステーション (FIVIS) を利用して、写真の入稿から加工・修整・合成などとCMYK4色フィルムの出力工程をコンピュータで実現したものである。開発に際

しては二つの課題があり、それぞれを以下のように解決した。

(a) 表示装置の固体差：

複数のCRTモニタに同じ画像を表示するとCRTモニタ間の色が異なって見える。これに対しては、使用環境において各CRTモニタの色度値や輝度を測定し、RGB各色毎に変換テーブルを作成した。この結果、目視ではほぼ固体差を解消することができた。

(b) 表示と印刷色の違い：

CRTモニタに表示した画像と印刷画像の色が異なる。これに対しては、特定のインクや紙でカラーチャートを出力し、このチャートの測色データをもとに色再現範囲を予測し、これを忠実に再現するための最適なCMYK-RGB変換式を求めた。さらに、実際の使用環境下で、表示色の鮮やかさや明るさを微調整し、表示と印刷の色を近似することができた。

3. 4. 7. 3 パーソナルコンピュータ用CD-ROMの制作⁽²⁾⁽³⁾

当社パソコンFM TOWNS用のCD-ROM版画集の制作を紹介する。本CD-ROMは池田満寿夫氏作の版画を、バックグラウンドミュージックとともにパソコンのCRTモニタ上に自動表示するもので、作者の経歴や作品の解説なども収録されており、BGV (Back Ground Video) と名付けた新しいタイプの芸術作品である。もとの版画を写真で撮影し、ポジフィルムをドラムスキャナで読み取って入力した。この際、以下の問題が発生した。

(a) 実物とフィルム／入力画像／表示画像の色の違い：

版画の写真を入力し、CRTモニタに表示すると実物とは色が変わってしまう。作者の池田氏にCRTモニタ上で一枚ずつ画像の色を見て頂き、その指示をもとに色を調整した。最終的には個別の色は多少違っていても、画像全体の色のバランスが合えば良いと判断して頂いた。

(b) 物体色と光源 (CRTモニタ) 色の違い：

色をある程度合わせても、物体色と光源色ではどうしても印象が異なって見える。CD-ROMの画集は、音楽と融合、劣化しない、印刷に比較し価格が安いなどの印刷画集にない特徴がある。池田氏には、CD-ROM版画集は印刷物の複製ではなく別の芸術であると認識して頂き、作品を完成できた。

以上、コンピュータで画像を利用する際に“色”に関して発生した問題を紹介した。今までのところは、人間の感覚に頼って現場ごとに、画像ごとに個別に調整することで対処している。かなりの手間がかかっており、機器の経時変化や使

用環境の違いなどへの対応も十分とは言えないという状況である。

コンピュータは今後ますますオープン化、ネットワーク化、パーソナル化が進む。スタンドアロンよりネットワークでの利用が進む。この結果データの共有が進み、オフィスや家庭など様々な場所で同じデータが利用されるようになると思われる。より一層コンピュータで画像を身近に利用できるようにするためには、以下のような技術開発が望まれると考える。

(a) 標準化：

色を管理する仕組みや使用条件を標準化したり、機器やシステムの許容誤差の目安を明らかにすることが求められる。人間の感覚に頼った色調整を、道具として誰もが使えるようにすることでもある。ユーザは周辺機器の接続などで色の問題を考える必要がなくなり、使い勝手が向上する。またメーカーも製品の開発や設計の目標設定が容易になり、効率的な開発が期待できる。

(b) 性能向上：

プリンタやCRTモニタなど機器の安定性向上や、人間の視覚モデルを取り込んだシステムの開発が望まれる。これにより、経時変化や使用条件の変化に影響されることなく、色の見えをコントロールできるようになる。使用者が意識せず自動的に実現できる仕組みも必須と考える。

以上、計算機分野における物体色と光源色の見えに関する将来を展望した。人間の視覚に関してはまだ分からないことも多く、色の見えを自由にコントロールできるのはかなり遠い将来かもしれない。しかしコンピュータシステムでの画像の利用は、教育やゲーム、電子出版やホームショッピングなど、今後ますます増加すると考えられる。これを支える基礎技術として、今後より一層色の見えのコントロールに関する技術開発が進展していくと思われる。

参考文献

- (1) 青木、遠藤、小笠原：“新聞CTS画像処理システムにおける表示色調整技術”、FUJITSU、44、5、pp. 440-447 (1993)。
- (2) “版画の下絵作りにもパソコン利用(池田満寿夫氏インタビュー)”、日経パソコン、no. 225、pp. 162-165 (1994)。
- (3) “CD-ROMと作家のオリジナリティー(池田満寿夫氏インタビュー)”、プリンツ21、94。夏号、pp. 42-46 (1994)。

3. 4. 8 通信

(井上正之)

通信においては、基本的に、「トランスペアレントな伝送」というのが望まし

い。しかし、現実には、通信コスト、通信効率などとの絡みから種々の変換・処理が施される場合が多い。通信における物体色（ハードコピー）と光源色（ソフトコピー）の色の見えに関連した問題は、以下のように場合分けして考えることができる。

- (a) ソフトコピーからハードコピーへ
- (b) ハードコピーからソフトコピーへ
- (c) ソフトコピーからソフトコピーへ
- (d) ハードコピーからハードコピーへ

このうち、(d) については、ハード関連の色空間が機器デペンデントであり、各種色空間に対応しようとする、複雑になるため、ITU-T SG 8 では、T.42 を規定し、基準となる光源、白色、色再現域、を定めている。そして、使用する空間がこれと異なる場合には、通信手順の中で事前に相手機能を確認し、相手の持つ機能で通信することを義務づけている。

また、(c) の例として、ビデオテックスの規格化では、YCbCr を定めている（但し、RGB、白色点については別段定めていない）が、全体としての検討はこれからである。一般に、ソフトツールの場合、加法混色であるので、基準点、スケール等を定めてやれば、 3×3 のマトリクスを用いて比較的容易に変換できると考えられる。また、ソフトコピー機器は、一般的に処理系を内蔵しているので、受信時の色空間を明示できれば、受信側で変換可能と考えられるが、本当にうまく行くのか、といった危惧もないわけではない。(a)、(b) については、今後の課題である。

ハードコピーについては基準を定めたので、ハード、ソフト間の変換は、ガミュート圧縮等の問題を除くと、色座標の変換としては、何とかなるのでは、と考えられるが、再現性が十分であるかなど、今後の検討が必要と考えられる。また、通信全般に絡む問題としては、送信側と受信側の両者間での観察環境の違いに起因する色の見えの差異が挙げられる。この問題については、目の順応モデルの解明と相俟って、今後の検討が必要である。

最後に、通信の課題を一言で要約すると、「再現品質の規定を如何に行うか」、ということであり、このとき、果たして、物理的に同じ色が光源色モードと物体色モードで同じに見えるのか、再現するとは何なのか、といった本質的な問題が絡んでくることになる。

3. 4. 9 写真

(室岡 孝)

3. 4. 9. 1 はじめに

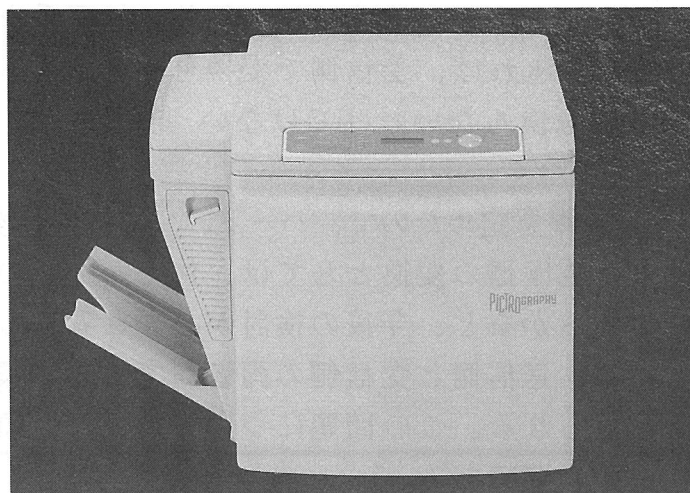
CRTモニタとハードコピーの見えの対応の問題が、写真業界とどのような関わりがあるかを、当社の商品を例にして議論する。次に、関連すると思われる当社の商品を示す（印刷関連の商品は別の章で取り扱うため省いた）。

- (a) ピクトグラフィ（デジタルカラーハードコピー装置）
- (b) FOTOVISION（写真をテレビに出力する装置）
- (c) 大広望のネガフィルム、ポジフィルムモード（家庭用ビデオカメラ）
- (d) ROCKY（写真ミニラボ店プリント装置）

これらの4つの商品の概要と特徴を、CRTモニタとハードコピーの色の見えの対応の見地から説明する。その後、これらの商品に共通の問題点を検討する。

3.4.9.2 ピクトグラフィ¹⁾

この商品は、熱現像転写方式の銀塩材料を使用したデジタルカラーハードコピーシステムである。例えば、CGデザイナーがCRTモニタ上に作成したCG画像をハードコピーとして得たい場合などに使用する。



ピクトグラフィ3000

使用目的

CRTモニタからハードコピーに出力する。

設計方針

- 1) 画像データはCRTモニタ上で好ましく見えるように調整されていることを前提とし、CRTモニタとプリントの色の見えを近づけるための写

像を実現する。

- 2) CRTモニタの機差・ばらつきを補正する手段を持つ。
- 3) プリンタの機差・ばらつきを補正する手段を持つ。
- 4) 色調整が容易に行えるマンマシンインターフェースを持つ。

画像処理方法

- 1) CRTモニタとハードコピーの色温度の違いを補正するための 3×3 マトリクス。
- 2) CRTモニタとハードコピーの色再現域の違いを補正するための色圧縮（無彩色方向への圧縮）。

3. 4. 9. 3 FOTOVISION²⁾

この商品は、あらゆる種類やサイズの写真、印刷物、立体物を直接CRTモニタに出力するシステムである。例えば、家庭でカラープリントやカラーネガフィルムからCRTモニタに出力して鑑賞したり、営業写真店でフィルムをセレクト、トリミングなどの編集をすることに使用される。



FOTOVISION

使用目的

カラーネガフィルム、カラーリバーサルフィルム（または、ハードコピー）からCRTモニタに出力する。

設計方針

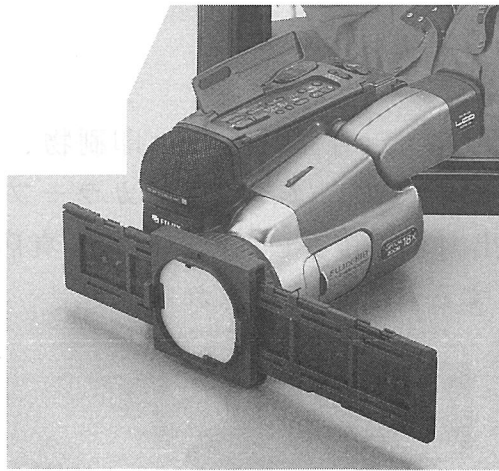
- 1) 各種写真画像を写せること
- 2) 写真を楽しめる画質であること
- 3) 手軽に操作できること
- 4) 小型軽量で安価であること

画像処理方法

ガンマ補正、リニアマトリクス、ネガポジ変換により好ましい色再現を実現した。

3. 4. 9. 4 大広望のネガモード（家庭用ビデオカメラ）

大広望に、別売アダプタを取り付けることにより、カラーネガフィルムからCRTモニタ（または、磁気テープ）に出力することができる。いろいろなカラーネガフィルムからの静止映像を磁気テープに編集したり、ビデオ映像と組み合わせて磁気テープに編集したりすることができる。



大広望

使用目的

カラーネガフィルムからCRTモニタに出力する。

設計方針

- 1) ネガ専用の制御に切り替わり、自動的に色バランスの良好な画像が得られる。
- 2) ビデオ映像と静止画像を磁気テープに編集できる。
- 3) サイズモード（パノラマ、シネマ、タテ）を選択できる。

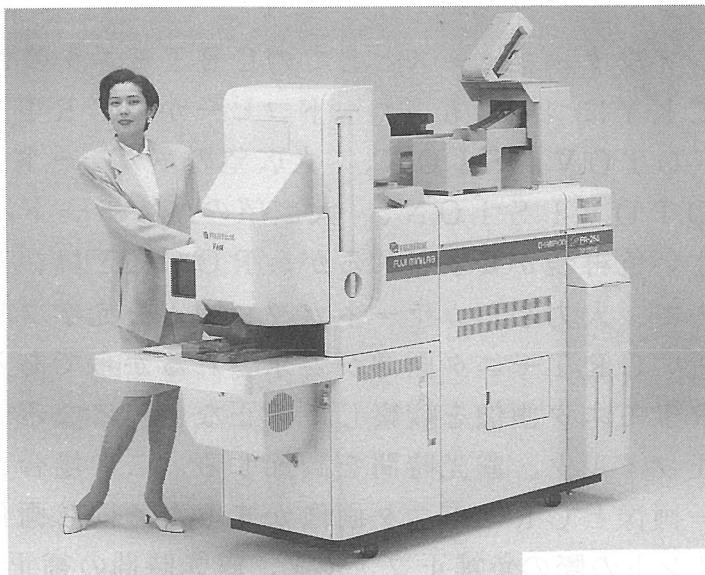
画像処理方法

ガンマ補正、線形マトリクス、ネガポジ変換により好ましい色再現を実現した。

3. 4. 9. 5 ROCKY³⁾、4)

現像されたカラーネガフィルムを光学的にカラーペーパーにプリント／現像できると同時に、実際にプリントする前にその予測画像をCRTモニタでポジ画像として確認できるシステムである。ほとんどのカラーネガから、自動的に高画質な

プリントが得られるが、必要により追加補正したい場合も、補正結果をCRTモニタで確認しながら作業できる。実際に検定性能を調べた結果、この確認により全くの未経験者でも超ベテランのオペレーターと同様の合格率を得た。



ROCKY

使用目的

カラーネガフィルム（または、ハードコピー）からCRTモニタに出力する。

設計方針

- 1) 簡単なプリンタセットアップ操作
- 2) 日常のプリント条件の維持管理も簡単。
- 3) 改良されたスキャナ性能
- 4) プリントシミュレーション

画像処理方法

ガンマ補正、線形マトリクス、ネガポジ変換によりプリント画像とCRTモニタ画像の L^* , a^* , b^* 値が等しくなるようにした（内蔵されているCRTモニタの色温度は5500 K）

「許容精度の問題」

初期に開発されたピクトログラフィ（デジタルカラーハードコピー装置）は、CRTモニタからハードコピーへ変換する系なので色再現的には厳しい精度が要求される。例えば、次田は、肌色の許容域に関して、ハードコピーはCRTモニタと比較して1/10以下とシビアであると報告している5)。その原因は、本庄の報告を引用して、ハードコピーは、「被拘束的観察」を受けるので画質の欠陥が見破られ易いとしている。つまり、人間が手に持って自由な環境、位置（角度を変えたり、近づけて見たり等）で観察できるものはよ

り厳しい画質が要求されるのである⁶⁾。反対に、FOTOVISION、大広望などは、ハードコピーからCRTモニタへ変換する系なので、色再現的にそれほど厳しい精度を要求されない。

「マン・マシンインターフェースとしてのCRTモニタの使用方法」

また、ROCKYについても、ハードコピーからCRTモニタへ変換する系であるが、FOTOVISION、大広望のネガモードとは性質が異なる。なぜならFOTOVISION、大広望のネガモードは、CRTモニタ画像には好ましい色再現が要求されるが、ROCKYは、写真プリントシミュレータであって、入力したカラーネガフィルムを光学プリントしたハードコピー画像と近いCRTモニタ画像が要求されるからである。つまり、作業者は、そのCRTモニタ画像を観察して適正な色味になるように、光学プリント時の色補正フィルタ、露光時間を調節する。この場合、光学プリントしたハードコピー画像とCRTモニタ画像がまったく同じ画像でなくとも、作業者が光学プリントの際の色補正フィルタ、露光時間の補正量が分かれば良い。このとき、CRTモニタ画像は鑑賞の対象ではなく、マン・マシンインターフェースの道具として使用されるのである。もちろん、この機械が完全自動化されて、人間の手助けが不要の100%完全自動化が実現できることがベストではあるが、現在の技術では、かなり困難である。今後は、様々なメディア間での色変換が必要になることが予想され、そのための色調整のアルゴリズムが、100%完全なものになるまで人間が介入する必要がある、その道具としてCRTモニタが使用されると思われる。

「市場のCRTモニタの性能ばらつき」

一般的に、市場にある様々なCRTモニタの発光特性は、機種差、蛍光体の経時変化などにより、少しずつ異なっているとされている。例えば、電気店にて並んでいるたくさんのCRTモニタ（カラーテレビ）の色温度は、一目瞭然に異なっていることが分かる（9300 Kとされているが）。また、入力信号に対する発光輝度の関係を表すガンマ特性は、2.2であるとされているが、実際には、ガンマは1.8～2.8ぐらいの値をとる⁷⁾。最近では、発光特性を常に一定にするためにCRTモニタ管面を測定する小型センサーとキャリブレーション機構を組み合わせたCRTモニタも販売されているが⁸⁾、一般的には高価なものであり、市場でそれは普及するに至っていない。実際には、特性のばらつきが大きい安価なCRTモニタが普及している。そのような状況で、上記したピクトログラフィ、FOTOVISION、大広望のネガモードの商品は、市販のCRTモニタと組合せざるを得ないために調整機構が必要となっている。また、CRTモニタそのものの性能のばらつきだ

けではなく、CRTモニタの観察条件もかなり異なるために、各ユーザが現場で調整しながら使用しているのが実態である。

今後は、上記のピクトログラフィ、FOTOVISION、大広望のネガモード、ROCKYなどの商品において、CRTモニタとハードコピー画像の見えが出来る限り合うように努力することが重要であり、その間の一般的な色変換方法の確立が必要である。その色変換方法を確立するにあたっては、装置間の性能ばらつき、観察条件のばらつき、光源色と物体色のモードの違い、色温度の違い、色再現域の違い等を検討しなければならない。

参考文献

- 1) 久保雅弘、高橋公治、"カラーハードコピーシステムにおける色再現－ピクトログラフィ－を例に、色空間処理の実際－"、画像電子学会誌、Vol.22、p.233-237(1993)
- 2) 前田ら、"ビデオカメラフジックスフォトビジョン FV7"、電子材料、Vol.33、3、P.136-140(1994)
- 3) 鈴木賢治、"写真プリントシミュレータ"、平成2年度イメージングテクノロジーシンポジウム第1回"色"－発光像と光吸収像の観点から考える－、日本写真学会
- 4) Takashi Yamamoto, Kenji Suzuki, Takaaki Terashita、"The Exposure Control System for FUJI's New Minilab Series", '92 SPSE
- 5) 次田 誠、"モニタ画とハードコピー画の肌色許容域を比較する" 1994年度年次大会春期講演要旨、日本写真学会
- 6) 本庄 知、"動画と静止画"、日本写真学会誌、52(6)、p.509-516(1989)
- 7) 西岡貞一、"ハイビジョン映像から印刷へのカラーハードコピー化技術"、CRTモニタアンドイメージング、Vol.2、p.63-70(1993)
- 8) Barco Calibrator User's Manual
- 9) 商品カタログ
 - ・FUJIX 超高画質フルカラーデジタルプリンターPICTROGRAPHY3000
 - ・FUJIX FOTOVISION FV7
 - ・SUPER ZOOM 迫力大広望 FUJIX-HI8 FH30ST
 - ・フジミニラボチャンピオン SUPER FA-255/275 ROCKY

3.4.10 印刷

(東吉彦)

印刷関連機器の電子化、製版情報のデジタル化、各種製版用データファイルフォーマットの標準化などによって、印刷の前工程であるプリプレス工程の管理、制御はやり

易くなってきた。また、DTP (DeskTop Publishing)の登場により、従来の分業化された工程を1台のパソコン上で統合的に処理することも可能になってきた。たとえば、従来、それぞれ専用のシステムを用いて文字と画像、イラストなどの材料を作成し、それらを光学的合成処理により1ページの中にまとめ上げてきたものが、近年のDTPを利用した工程では1台のパソコン上で文字組版、イラスト作成、レイアウトデザインなどの版下作成作業から合成編集、レタッチ（画像修整）までを一貫して作業することも行われている。

こうした工程近代化の流れの中で、色彩情報は色見本用カラーチップや手書きによるC（シアン）、M（マゼンタ）、Y（イエロー）、K（ブラック）の網点面積率の数値から、汎用ファイル形式でのデジタルデータによって伝達されるようになりつつある。これにより情報伝達の正確さは増し、また色彩の表現にもC I Eの表色系に基づく方法が導入され、機器に依存しない色彩情報伝達が可能となってきた。この結果、製版段階までは色彩情報をデータとして明確に規定することができるようになった。

そして印刷における色再現の上で残された課題は、製版以降の刷版（実際の印刷に使用するための金属原版を作成する工程）と印刷（印刷機によって版の画像を紙に転移させる工程）における安定的な色の製造技術の確立であろう。これには刷版、印刷における各種条件の適正化ならびに適正条件を一定に維持するための工程制御・管理技術が必須となる。このような工程制御・管理技術の確立ならびにその標準化をめざした活動がI S O（国際標準化機構）の印刷技術委員会で進められおり、すでに幾つかの技術標準が規定された。色に関連したものでは、印刷原色のC、M、Y、Kとそれら2色の刷り重ねによるR、G、B、および用紙の白色に対する日本の印刷色基準であるJapan Colorがある。

新しい技術の中で注目されているのは、FMスクリーニングとデジタル印刷機である。FMスクリーニングは階調表現方法の一種で、現在使われている網点のような面積変調方式とは異なり、面積一定の微小な点の密度を変えて階調を再現する方法（密度変調方式）である。この方法では、各微小点の位置がランダムになるように配置されるので、各版のパターンの干渉によるモアレの発生が起きないという特長がある。その反面、明るい部分でのざらつきが目立ったり、印刷時に微小な点を安定して再現するのが難しいという欠点がある。色再現の特性も網点型の再現特性とは異なるため、それに合わせて製版条件を変える必要がある。

デジタル印刷機は、製版データを受けて直接、印刷を行うシステムで従来工程のように分解フィルム出力、刷版という中間工程が必要なく、革新的技術として多大な関心を集めている。現段階で実現されているシステムは、まだ通常の印刷機に比べると品質もやや劣り、印刷速度も遅く、そのまま現在の印刷機に置き換わるものではない。しかし、今後さらに改良が進めば品質、速度ともに現行の印刷機と同等レベルになる可能性もあり、中間工程が必要ないことから印刷特性をより安定的に維持できることが期待できる。したがって、カラーマネージメントという点では今の印刷機よりも容易になる可

能性を秘めている。また、DTPシステムからのデータもそのまま受けられるようになっていたため、CRTモニタ画面の色と印刷物の色との関係をより直接的に評価することができる。

このようにプロのユーザーが色を扱う環境がどんどん進歩するにつれて、アマチュアユーザーが使うシステムも進歩し、色の問題は一見解決してゆくかに見える。また、デジタルカメラやフォトCDのような新しい画像入力手段も実用されるようになって、中間的な画像評価手段としてのCRTモニタの利用機会は増し、その役割も重要になってこよう。

しかし、印刷物（物体色）とCRTモニタ（光源色）との色再現域の違いに起因する根本的な問題に対しては、決定打となる方法は実現されそうになく、依然としてGamma圧縮などの問題としてとり残されている。現在この問題は、製版技術者などのプロの技能に委ねられており、この技能を代行する技術がアマチュアユーザー向けシステムに搭載されることが最終的な解決策になると考えられる。

3.4.11 CRTモニタ

(明道 成)

ここではCRTモニタのハード面に起因する要因のうち、色の見えを含めた画像の見えを一致させるための要件のうち、今まであまり触れられていない要件を列挙し、今後への問題提起を行う。

(1) 蛍光面・走査線構造

CRTモニタは図3.6.1に示す構造をしており、電子銃から発せられた電子ビームが蛍光面に入射し、蛍光面が所定の光色・輝度で発光することで画像を表示する。電子銃はR、G、Bそれぞれに対応したものが用意されており、各電子ビームはシャドウマスクにより、所定の蛍光体に入射する。R、G、B蛍光体はストライプ状、あるいはデルタ状に塗り分けられ、各蛍光体の輝度を変化させ、併置加法混色で任意の色を表示する。電子ビームは中心部で電子密度が高く周辺で低いガウス分布に近似した形状であり、電子ビームのスポットの輪郭は矩形分布のように明瞭とはならない。CRTモニタ画像の観察距離が非常に小さい場合、RGBの単色画素はそれぞれ分離して見え、観察距離が長くなるとRGBの単色画素は混色して1つの色に見えるが、各単色画素の輝度は一般に異なるため（白色を表示している場合はおよそR : G : B = 3 : 6 : 1）、混色後も明暗の縞となって見える。一方、プリント画像ではCRTモニタと異なった画素構造を持っており、これらの蛍光面構造、ビームスポットの画素構造は微細ではあるが、画像を近距離から観察したときの見えや、画像の質感の表現に少なからぬ影響を及ぼすと考えられる。

(2) 解像度

解像度を画面上への表示可能なドット数（アドレスラブルポイント数）で評価する

と、プリンタは数百ドット／インチに達している。これに対し、CRTモニタは14インチVGAによる表示で約60ドット／インチ（640×480ドット）であり、スーパーVGA、XGAなどの高品質表示となってもアドレスラブルポイント数ではプリンタに及ばない。観察距離を大きくとってCRTモニタ画像の画素の視角を人間の眼の「分解能」とされている視角より小さくしてもCRTモニタとプリント画像の画像の見えは必ずしも等価となるわけではない。これは、人間の視覚は「分解能」を越えたらデジタル的に見えなくなるわけではなく、「分解能」の前後で連続的にコントラスト感度が変化しているためである。画像の見えのマッチングのためにはCRTモニタとプリンタにのアドレスラブルポイント数を考える必要がある。

(3) フリッカ

CRTモニタでは電子ビームの走査により蛍光体を発光させて画像を表示し、画像の時間的輝度変化は、蛍光体の残光特性および画像のリフレッシュ周波数に依存する。画像の時間的輝度変化はその程度によりフリッカとして感じられる。フリッカとして感じられないようにするためには現在の蛍光体の残光特性から見て、垂直周波数は少なくとも60Hz以上は必要であり、画面寸法、画面輝度が高くなるにしたがって、必要な垂直周波数は増加する。これに対し、プリント画像ではフリッカの要因となるものは照明光であり、照明光源の種類、点灯周波数に依存する。通常の照明ではフリッカは問題にならない。CRTモニタ画像でフリッカを感じないようにするためには、プリント画像との見えの一致を進めるために重要である。

(4) 外光の影響

CRTモニタは自発光であるため画面に外光が入射すると画像は本来の表示分と外光のCRTモニタスクリーン面での反射分との混光になり、画像の色度に変化する。さらに、画像の中の発光していない部分にも光が入射するためコントラストが低下する。これに対し、プリント画像では画像面での表面反射がない限り外光の入射により画像のコントラストは変化しない。このような外光に対するコントラストへの影響が異なることが画像の見えのマッチングに何らかの影響を与えていると考えられる。

3. 5 カラーマネージメントシステムの現状と課題

(筑木利行、本村秀人)

3. 5. 1 カラーマネージメントシステムが必要になってきた背景^{2) 3) 4) 5)}

各種スキャナやCRTモニタ、プリンタ等がコンピュータと接続され、システム化、ネットワーク化されてきているが、使用する組合せによって色が異なり、特にCRTモニタとプリントの色の違いが大きな問題となっている。こうした問題を解決しようとするのが、カラーマネージメントシステム（以下CMS

と略記する)である。CMSの目的は、入出力機器の組合せによらず統一的に色を管理し、忠実な色再現を実現することにある。また使用する機器の組合せによる色の違いをなくし、統一的な色管理を行うためには、デバイスインディペンデントな色再現(機器に依存しない色再現)が必要になってくる。つまり種々の入力機器に依存する信号をそのまま使うのではなく、一旦機器に独立な信号に変換し、その後再び種々の出力機器に依存する信号に変換する。こうすることにより、それぞれの入出力機器は

単に自らの機器に依存する信号と機器に独立な信号との間の変換のみをおこなえば、入出力機器の自由な組合せで色管理が可能となる。

3.5.2 現状のカラーマネジメントシステムの特徴^{2) - 4)}

CMSとしてApple (ColorSync), Kodak (KCMS, ColorSense), RasterOps (RCCMS), Agfa (FotoFlow), EFI (EfiColor), Tektronix (TekColor) などが、各メーカーから提供されている(図)。

現状のCMSは以下のような特徴がある。

- 1) 測色値(XYZまたはXYZから算出されるL*a*b*等)の一致をベースにしている。
- 2) 機器の特性の違いは、プロファイルと呼ばれるデータの集合体により吸収している。
- 3) プロファイルには、機器の色域(Gamut)や機器固有の色信号とデバイス独立な色信号との間の変換テーブルなどが格納されている。

3.5.3 カラーマネジメントシステムの標準化動向^{1)、9)}

CMSがあらゆる画像機器の色管理を実現するためには、各機器の入出力特性を把握する必要がある。そこで前述したようにCMSは各機器ごとにプロファイルを持ち、これを参照して各機器に依存した信号を標準信号に、あるいは標準信号を各機器に依存した信号へ変換する。このプロファイルは通常、機器を製造しているメーカーが各々作成し、CMSへ提供される。よってCMSは複数のメーカー間で共通のフォーマットに則って、構築していく必要があり、このようなシステム自身の持つ性格上、自ずと標準化が必要となる。

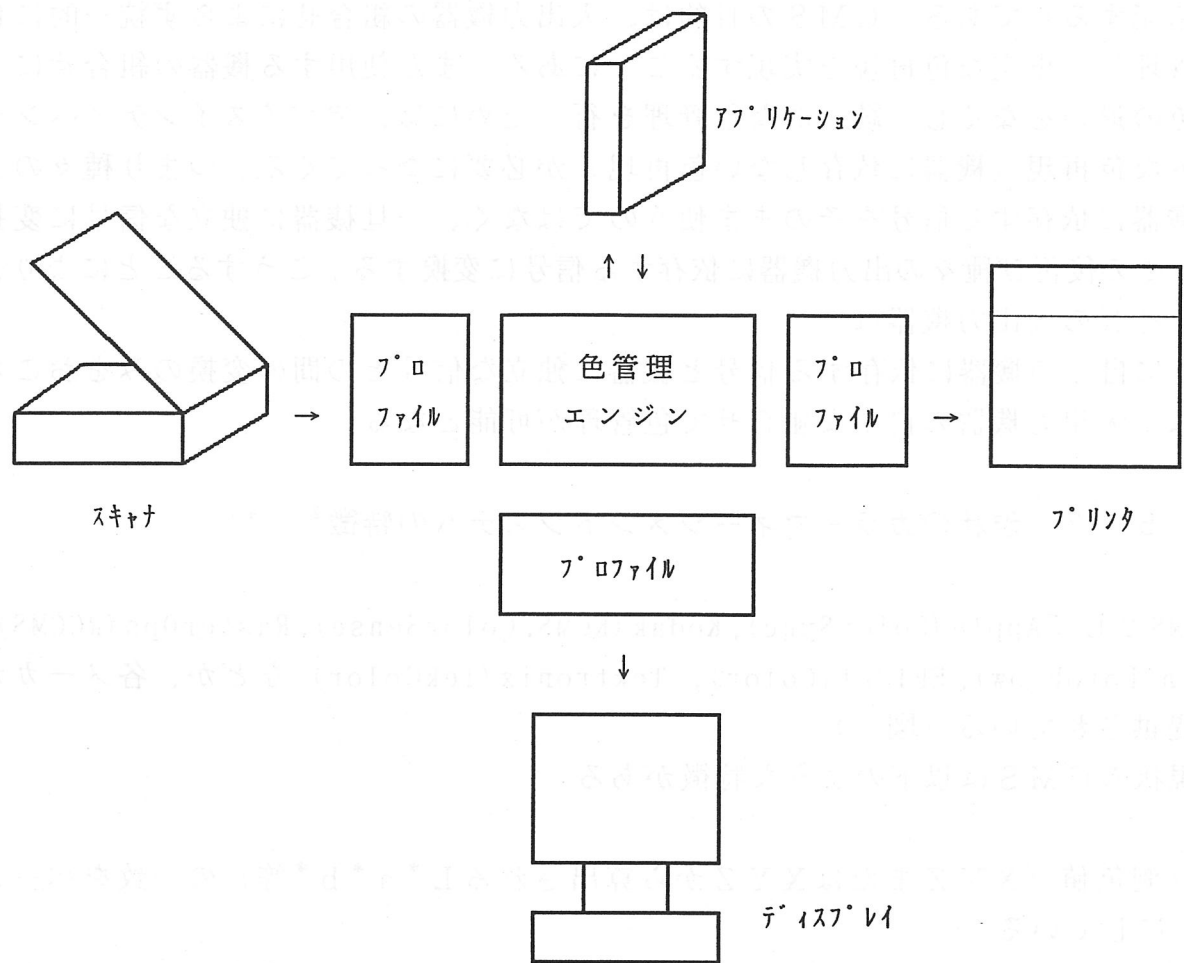


図1 カラーマネージメントシステムの構成

CMSの標準化活動はFOGRA（出版活動に基づくドイツのコンソーシアム）の協力のもと、オペレーティングシステムやカラーマッチングアルゴリズムを扱うメーカーが集まって1992年秋に開始された。この活動の目的はすべてのオペレーティングシステムによってサポートでき、かつハードウェアメーカーが自社の製品に対応した標準プロファイルを作成するところにある。1年以上の検討の後、このグループは変更と拡張を加えた Apple の ColorSync 2.0 Profile format を標準プロファイルとして採用した。さらにこのプロファイルを運営、維持していくために「ColorSync 2.0 Profile Consortium」が設立された。設立におけるオリジナルメンバーはの8社である。

- Adobe Systems Inc.
- Agfa-Gevaert N.V.
- Apple Computer, Inc.

Eastman Kodak Company
Microsoft Corporation
Silicon Graphics Inc.
Sun Microsystems, Inc.
Taligent, Inc.

さらに1994年には Apple 自身のプロファイルと区別するために、標準プロファイルフォーマットを「InterColor™ Profile Format」と改名した。これに伴い、コンソーシアムの名前も「ColorSync 2.0 Profile Consortium」から「InterColor Consortium」へと変更された。「InterColor™ Profile Format」に則ればハードウェアメーカーは Apple OS, MS-DOS, UNIX の各OSに対して別々のフォーマットのプロファイルを用意する必要がなくなった。InterColor Profile は以下の3種類の色空間をサポートしている。

(a) CIE device-independent color spaces:

 CIE XYZ 16bit per component

 CIE LAB 16bit per component

 CIE LAB 8bit per component

(b) RGB device-dependent color spaces:

 Device RGB

 HLS, HVS

 GRAY

(c) CMY(K) device-dependent color spaces:

 CMY, CMY(K)

InterColor Format の基本的な考え方はデバイスの情報を画像に付加するというもので、InterColor Format の画像はどんなデバイスにおいても発信者の意図通りに画像を表現できる。画像に付加するデバイス情報は「required data」、
「optional data」、
「private data」の3つのカテゴリからなる。現在、InterColor Format をサポートしている画像フォーマットは3つで、PICT, EPS, TIFF である。

3. 5. 4 カラーマネージメントシステムの課題

CMSはいわゆるWYSIWYGをめざしており、同一画像をCRTモニタ、プリンタなど、様々な機器で表示してもどれも同じに見えるよう色管理を行うことを目的としている。つまり多くの機器にまたがる「クロスプラットフォーム」

でのカラーマッチングを実現しようというものである。

ところでこの「カラーマッチング」には大きく2つの捉え方がある。それは「測色的マッチング」、「色の見えのマッチング」である。前者はXYZ三刺激値という「測色値」が一致することを目標とし、後者は人間が主観的に感覚する「色の見え」がマッチングすることを目標としている。よって色の見えのマッチングではXYZ三刺激値が一致する必然性はない。

たとえば、CRTモニタによって呈示した物体色モードの色と光学系によって呈示した光源色モードの色が見えとして一致しても測色値として一致しないケースがある¹⁰⁾。この原因は光源色と物体色の質感の違いなど、様々な要因が考えられるが、現在のところ、この原因を明確に言及できる実験データはまだそろっていない。そこで色の見えのマッチングに対する検討は本委員会の実験分科会にて実施することとなった。

以上より、カラーマッチングをめざすCMSの課題を

- ・測色的マッチングを実現するための課題
- ・色の見えのマッチングを実現するための課題

に分けて整理したい。

3.5.4.1 測色値マッチングを実現するための課題

測色値を一致させることにより色の見えを一致させようとする場合、次に示す項目を考慮する必要がある。以下に順を追って述べる。

- (a) プロファイルの不完全さ（色変換アルゴリズム、色変換精度）
- (b) 色域（G a m u t）の違い
- (c) 観察環境の未管理^{6、7)}
- (d) 機器の不安定性（経時変動、面内ムラ）
- (e) 測定器、測定方法の違い^{4、8)}

まず測色値を一致させるためには、自らの機器に依存する信号と機器に独立な信号との間の色変換を精度良くおこなうことが必要になる。色変換方法としては、1次元のルックアップテーブル（以下LUTと省略する）やマトリクスを用いる方法がある。またさらに高精度で高速処理をおこなうためにダイレクトルックアップテーブル（以下DLUTと省略する）を用いる方法もある。また色変換精度を向上するためには色変換方法（アルゴリズム）の選択だけでなく、色差が最小となるような最適な色変換パラメータを決定することにより色変換精度を向上する必要がある。

次に考えなければならないことは、入力機器と出力機器の色域（G a m u t）

の違いである。たとえばCRTモニタに表示した画像をプリントする場合で考えると、プリントの色域がCRTモニタの色域よりも小さければ、どんなに正確な色変換プロファイルを作成し、CRTモニタとプリントの共通の色領域を正確にマッピングしたとしても、共通の色域外は、プリンタ側では再現できずつぶれてしまうことになる。したがって入力側の測色値を全て一致させるためには、

$$\text{入力 Gamut} \leq \text{出力 Gamut}$$

が成立する必要がある。プリンタ側の色域の拡大またはCRTモニタ側の色域の縮小（制限）が必要になってくる。

また上記2点が改善されたとしても測色値マッチングは実現できない。なぜならユーザーの使用環境は非常に様々であり使用環境での照明光が変化すれば、CRTモニタもプリントも実際の測色値は変化してしまう。したがって実際の観察環境の管理は非常に重要である。

実際の観察環境での照明光は、CMSプロファイルの作成時に測色した照明条件と等しくする必要があり。例えばCMSプロファイルがD50L*a*b*で測色して作られたものであれば、観察環境もD50照明にする必要がある。

ハードウェアの面からの課題として、各種入出力機器の不安定性（経時変動、面内ムラ）が挙げられる。つまり各種入出力機器の経時変動や空間的ムラが大きいと、ある時間のある空間的位置でしか測色値マッチングが成立しないことになる。ハードウェアメーカーは、自分の入出力機器の不安定性（経時変動、面内ムラ）を最小限に抑え、変動した場合はもとの状態にもどすキャリブレーション機能を備える必要がある。

最後に測定器、測定方法の違いについての課題を挙げておく。筆者は通常CRTモニタの測色には分光放射計を用い、プリントの測色には反射型分光色彩計を用いており、異なる測定器を使っている。異なる測定器で測って、同じ測色値が得られる保証はない。従ってCRTモニタとプリントは同一の測定器で測色することが望ましい。現状では反射型分光色彩計で反射物と発光体の両方を精度良く測色することはできないため、同一の測定器で測色する場合は分光放射計を使用している。しかし分光放射計は本来光源などを測定する装置であり、反射物を測色する場合は暗い色の測色精度や反射物への均一照明などが要求される。光源色と物体色の両方を精度良く測色できる測定器が望まれる。

また測定器の光学系が、D/0または0/Dなのか0/45または45/0なのかにより測色値が異なるため⁴⁾、InterColor™ Profile FormatでのデフォルトのANSI CGATS.5-1993に準ずるのであれば、反射物は0/45または45/0で測色する必要がある⁹⁾。

3. 5. 4. 2 色の見えのマッチングを実現するための課題

色の見えのマッチングを測色的マッチングと区別して考えなければならない理由は、測色値が最終的な色感覚量を忠実に表現できていないからである。よって測色値が色の見えを表す適切な尺度であるならば、このような区別は必要ない。

しかし可能な限り、客観的な尺度である測色値を頼りに色の見えのマッチングを管理することが賢明である。測色値がどれだけ色の見えを定量的に記述する尺度として使えるのかを見極めるためにも、測色値をベースに色の見えを捉えていくべきであろう。

そこで以下の側面から色の見えのマッチングを実現するための課題を整理したい。

ケース1： マッチング対象の2つのデバイスの色温度が一致している場合

ケース2： マッチング対象の2つのデバイスの色温度が異なっている場合

ケース1では色温度の一致という意味で測色値を定義することができるが（厳密には測色値は単一光源下でなければ定義できない）、ケース1において問題となるのは「モードの違い」である。CMSはCRTモニタ上で画像を編集し、CRTモニタ上の画像をそのままハードコピーで出力するDTP(Desk Top Publishing)において活用される場合が多く、自発光型のCRTモニタ画像（光源色モード）と反射型のハードコピー（物体色モード）の色の見えが一致しない問題がある。熟練者は長年の経験をもとに、ハードコピーと色の見えが一致しないCRTモニタ上の色を頼りに望み通りのハードコピーを作成することができるが、今後、コンピュータや周辺機器の低価格化が進み、DTPが広く一般ユーザに普及してきた場合には、CRTモニタとハードコピーの色の見えが一致する必要がある。

ケース2は測色値による管理という面から捉えるとケース1よりも複雑な場合である。なぜならば異光源下では測色値を直接比較できないからである。異光源下で色の見えが一致する「対応色」を求める研究は盛んに行われているが^{1,2)}、CMSが利用される実際の環境はこれらの実験で設定されている視環境よりはるかに複雑で、対応色を定量的に求める方法は実用的な段階には入っていない。

本来的なWYSIWYG(What You See is What You Get)、つまり色の見えの一致を実現する理想的なCMSを確立するためには、各ユーザーの視環境を考慮しなければならない。CMSが実際に利用される現場では、種々の光源の混合光や不均一照明下でテキストを観察する 경우가ほとんどで、「順応」、「対比」、「モード」等の様々な要因が色の見えを変化させる。よってユーザーの視環境の影響を考慮に入れていない現在のCMSは、各デバイスのキャリブレーションを

統一に行うシステムであると言える。今後は色の見えのマッチングを実現するためにケース1で述べた「モードの違い」の問題、ケース2で述べた「順応」、「対比」、「モード」等を考慮した視環境の問題に取り組んでいかなければならない。

3.5.5 CMSの課題に対する考察

測色値で色管理を行うためには、測色値を定義する都合上、視環境の把握が最も重要になってくる。機器の不安定性や Gamut の違い、測色器の違いもカラーマッチングを妨げる要因となるが、これらの問題はハードウェアの技術革新に期待する部分が多い。しかし視環境の問題は色の見えに関して根本的な問題であり、かつCMSを提供するメーカー側、CMSを利用するユーザー側の両者が一緒になって解決していくべき問題である。現在のところ、InterColor Profile Consortium を中心にメーカー側の視環境の標準化は徐々に進みつつある⁹⁾。しかし、ユーザー側の視環境はまだまだ考慮されておらず、WYSIWYGを実現する際の大きな障壁になっている。メーカー側がCMSを設計するにあたって設定した視環境が、ユーザー側の視環境とかけ離れたものになってしまっただけではカラーマッチングの実現はありえない。ユーザーが利用する視環境を考慮に入れながら、CMSの視環境の標準化を進めるべきである。

次章で述べる「CRTモニターとカラーハードコピーのカラーマッチングにおける推奨観測条件」はよりクオリティの高いCMSを確立するために、メーカー側とユーザー側の両者の立場を考慮して作成した観測条件である。CRTモニターや写真、印刷の標準観測条件はすでに作成され、広く利用されているが、CRTモニターとカラーハードコピーの色評価を行う際の標準観測条件はまだ作成されていない。CMSではCRTモニターとカラーハードコピーの色を比較するケースが多く、この推奨観測条件はCMSの設計のために有効であると考えられる。また一般ユーザーが利用できるよう、オフィスやデザインルームの視環境を考慮して作成された。

一方、色の見えのマッチングに対して、実験分科会では次のような観点から検討を行った。

「CRTモニターに呈示した刺激の色の見えが色票の色の見えに主観的にマッチングしたとき、両刺激間の測色値はどのような関係にあるのか。」

そして、この調査を「CRTモニターの色温度と色票に照射する照明の色温度が等しい場合と異なる場合」で実行した。

CMSが利用される実際の環境では、CRTモニターの色温度と照明の色温度が異なっている場合が多く、また多光源による多重照射なども存在するため、実験分科会の実験結果は色の見えのマッチングを実現するCMSを構築するために、直接用いることはできない。しかし、本来の意味でのWYSIWYGを実現す

るためには、色の見えのマッチングが成り立つことが必要であり、実験分科会の実験結果はWYSIWYG達成のための有効な手がかりになるであろう。

参考文献

- 1) Gerald M. Murch, "Cross-Platform Image Fidelity", IS&T and SID's 2nd. Color Imaging Conference, 1994
- 2) Steve Roth, "カラーWYSIWYGを手に入れる", Macworld, June, 1993
- 3) "カラー・マネジメント、見たまま読み込み、見たまま打ち出す", 日経エレクトロニクス, 12.21.1992
- 4) "WYSIWYGのためのカラーマネジメント", Color Age, No.15, 1994
- 5) 山崎, "文書交換のためのカラー技術", 画像電子学会, Vol.20, No.6, 1991
- 6) 加藤, "ソフトコピーとハードコピーの"見え"の一致の実用的手法(監)", 写真学会, 1994
- 7) 三橋, "環境照明光によるCRTモニタ白色点の変化", W.S.E.P, 1993
- 8) 高橋ら, "複写機なみの色再現性をプリンタで実現するソフト", 日経エレクトロニクス, 6.20, 1994
- 9) InterColor Consortium, "InterColor Profile Format version3.0", June10, 1994
- 10) 岡嶋, "光源色と物体色の対応関係に関する実験報告", 第2回物体色と光源色の色の見え研究調査委員会 資料2-3, 1991.9.13
- 11) 鈴木, "物体色と光源色の色の見え研究調査委員会報告", j. Illum. Engng. Inst. Jpn. Vol.77, No.7 1993
- 12) 大田登, "色彩工学", 東京電気大学出版局

3.6 CRTモニタとカラーハードコピーの推奨観察条件

(岡嶋克典、三橋 徹)

3.6.1 はじめに

例えばカラーマネジメントシステムを用いることによって、カラーハードコピーなどに出力する画像の色修正などをカラーCRTモニタなどで行ったり、カラーCRTモニタ上に再現されるビデオ画像そのままの色のカラーハードコピーをとるといったことが行われている。これらの場合、それぞれの画像の色の見えは一致していることが理想であるが、前節でも述べたように現状のカラーマネジメントシステムではなかなかそうはなっていない。その要因の一つとして観察環境の問題があげられる。色の見えはその観察環境に大きく影響されるため、色を評価しようとする場合、その観察環境を規定しておく必要がある。現在、反射物であるカラーハードコピーと自発光型のカラーCRTモニタ、両者の色を評価

するための観察環境に関する規定は特になされていない。製版の分野では、I S O T C 1 3 0 W 3 において、製版現場でモニターを用いる際の観察条件について、その標準条件を定めようという活動が開始されつつある。しかしこの様な、反射物と自発光型のC R Tモニタの両者の色を評価する環境の必要性は、製版の分野に限らず、現在急速に普及しつつあるカラーマネージメントシステムについても言えることである。現状のカラーマネージメントシステムでは、それを開発する側も、その使用者側も、各々様々な環境でそのシステムによる画像の色を評価している。この場合、開発者側が意図した環境と使用環境が異なれば、当然そのシステム本来の性能は発揮されなくなる。また使用者間でも同じイメージの伝達が困難となる。そもそもカラーマネージメントシステムの開発に当たって「どのような観察環境を想定すればよいのか」、使用者としても「どのような環境で本来使用すべきなのか」ということが明確にはなっていない。

そこで本委員会では、反射物であるカラーハードコピー画像と、自発光型であるカラーC R TモニタなどのC R Tモニタによる画像の両者を観察し、特に両者の色の見えを評価する際に適当な環境条件について検討した。ここではその結果として、本委員会から推奨する基準値について示す。

3. 6. 2 ハードコピー、C R Tモニタそれぞれの観察環境

カラーハードコピーとカラーC R Tモニタ両者の色を評価する観察条件は、それぞれに対して不適切ではない条件である必要がある。ここでまず、それぞれの分野で推奨されている標準的な観察条件について示しておく。

テレビジョンや印刷などそれぞれの分野では、標準的な観察条件が既に規定(推奨)されている^{1、2、3)}。また現在A N S Iで定められた印刷と写真に対する観察条件⁴⁾を基に、I S O規格化の作業が進められている。表面色の比色に対しては、その評価環境がJ I Sに規定されている⁵⁾。これらの観察条件の要点を、参考までにそれぞれ表にまとめ、以下に示す。

表1 テレビジョンの標準観視条件

項目	パラメータ	
	NTSC	HDTV
視距離	(4H*), 6H	3H
画面のピーク輝度	(70*), 200[cd/m ²]	150~250[cd/m ²]
非発光画面輝度のピーク輝度に対する比	0.02以下	
黒レベル輝度のピーク輝度に対する比	約 0.01	
ディスプレイ設置場所背景輝度のピーク輝度に対する比	約 0.15	
室内照度	低	
ディスプレイ設置場所の背景色	D ₆₅	
ディスプレイ及び背景を観視する立体角の比	面積でディスプレイの9倍以上	
評価者の配置	画面中心から水平±30° 以内の範囲が望ましい	
画面サイズ	22~26"	55"(30"**)

* : 国際的に使用することを目的とする場合はこの値が望ましい (H:画面高)

** : 55"が可能でない場合は最低30"以上のものを用いる

表2 製版並びに印刷、写真における標準評価環境

項目	パラメータ					
	日本印刷学会		ANSI PH 2.30-1994			
	印刷物, 反射原稿	透過原稿	印刷物, 反射原稿	透過原稿	写真	
					反射	透過
照明光/ イルミネータ色度	CIE D ₅₀	CIE D ₅₀	F8/ CIE D ₅₀	F8/ CIE D ₅₀	3000K/ CIE D ₅₀	CIE D ₅₀
照度[lx]/ イルミネータ輝度 [cd/m ²] **	2000 ±500	1400 ±300	2200 ±470 (±352*)	1400 ±300 (±225*)	800 ±200	1400 ±300
均 斉 度	0.8 以上	0.75 以上	0.60 以上	0.75 以上	0.60 以上	0.75 以上
演色評価数	Ra ≥ 90 Ri ≥ 85	Ra ≥ 90 Ri ≥ 85	90以上	90以上	85以上	85以上
周 囲	マンセルN8	(マスク) マンセルN8	マンセルN8	マンセルN8	マンセルN8	マンセルN5

* : 厳密な評価を行う場合

** : 照度[lx]-反射物, イルミネータ輝度[cd/m²]-透過原稿

表3 J I S Z 8 7 2 3 表面色の視感比較方法

項 目	標 準 値	
照明光	D ₆₅ (D ₅₀)	
照 度	1000[lx]以上	
均斉度	0.8以上	
演色評価数	Ra ≥ 95, Ri ≥ 85	
作業面の色	無光沢 明度 V = 5 無彩色	
作業面の周囲の色	無光沢 明度 V = 5 ~ 8 無彩色	
マスク	無光沢 試料面の明度に近似した無彩色	
照明方向と 観察方向	照 明	観 察
	(試料面に対して)法線方向	(試料面に対して)45度方向
	(試料面に対して)45度方向	(試料面に対して)法線方向
	(試料面に対して) あらゆる方向から均等に	(試料面に対して) 法線方向/45度方向
観 察 者	色覚正常者	

3. 6. 3 カラーハードコピーとCRTモニタ，両者に対する観察条件

以上のように，カラーハードコピーとカラーCRTモニタに対するそれぞれの観察条件はかなり異なっている．色の見えはその周囲の色や視覚系の順応状態などに影響されるため，異なる環境下に置かれた色の見えを評価することは非常に難しい．この順応状態の変化などを考慮して色の見えを記述するモデルがいくつか提案されている^{ex.) 6, 7, 8)}．しかしながら，異なるメディア間での色の見えや，一般的な環境での色の見えまでを完全に記述するものではない．

そこでここでは，カラーハードコピーとカラーCRTモニタ両者の色を同時に評価する場合を想定し，両者の周囲条件，及び観察方法などをできるだけ揃えることによって，両者に対する順応状態，周囲からの影響は極力同じとなる観察条件を考える．こうすることによって，両者のカラーマッチングが比較的正確に行えるものと考えている．そこでこの条件として，適当な基準を設定することにした．

また，それぞれに対する色の見えの評価を水平展開出来るようにするために，観察条件としては比較的容易に設定出来ることも考慮した．

カラーハードコピーとCRTモニタに対する観察条件として，本委員会から以下の条件を推奨する．

照明光源

照明はカラーハードコピーの評価環境に準じ，CIE D50あるいはCIE D65とする．

(このとき，用いるカラーCRTモニタの基準白色の色度点は，用いる照明と同じ

とする。)

具体的な光源としては、D50あるいはD65昼光近似の色評価用または色比較・検査用蛍光ランプなどがある。

照度

高照度環境では、CRTモニタ画像の最低輝度レベルの上昇に伴い画像のコントラストが低下し、色再現性が低下する。特に液晶ディスプレイに対してはその影響が大きい。

また、環境の照度が高くなると、モニター上で再現される無彩色が「白」として知覚されるための発光輝度も上昇する⁹⁾。ハードコピーからの最大反射輝度とCRTモニタからの最大発光輝度は、(その周囲の明るさが同じであれば)同じでなければ両者を同時に比較する場合、見えを一致させることは出来ない。しかしながら、CRTモニタの最大発光輝度には限界があるため、照度の設定にはこれを考慮する必要がある。

一方低照度環境は、ハードコピー画像に対する評価に不適切である。比較的明度が高い染色物の色比較の場合であっても、最低照度は600[lx]とされている⁵⁾。

また、細かい視作業を伴う事務室などの所要照度範囲は750~1500[lx]とされている¹⁰⁾。

○これらのことを考慮して、作業環境の机上面照度は 800 ± 300 [lx]とする。

(観察の際、ハードコピー画像面の向きをCRTモニタ画面の向きに近づける必要があるため、ハードコピー画面上の照度は必ずしも机上面照度に一致しない。)

照明方法

照明は、例えばCRTモニタにフードを設けたり、またはルーバー付きの照明器具を用いるなどして、CRTモニタ画面上に直接光が入射しないようにする。

(このときハードコピー画像周囲とCRTモニタ画像周囲の条件が極端に異なるようにしてはならない。)

また、作業の支障となるグレアやハードコピー画面上の鏡面反射を出来る限り避けるように工夫する。

照度均斉度

照明の照度均斉度は、観察の際のハードコピー画像設置面上で0.7以上とする。

CRTモニタ画面内の輝度むら

CRTモニタは、実際の画像表示領域内で一様な輝度データに対して発光させた場合、その表示領域内の輝度の最小値と最大値との比が0.7以上のものを用いる。

CRTモニタの設定

- CRTモニタ基準白色の色度は照明光と同じとする。
- CRTモニタの基準白色の輝度は、ハードコピーを観察する状態にしたときの白色部分(用紙)からの反射輝度に揃える。
CRTモニタの最低発光レベルは、低輝度レベルの色再現のため、出来る限り低く抑えることが望ましい。
- このため、CRTモニタの黒レベル輝度(CRTモニタの電源を入れた状態で、データ値 0に対する発光輝度)のピーク輝度に対する比は0.03以下とする。

周囲条件

色評価の際、ハードコピー画像、CRTモニタ画像の周囲は同じ条件にする。

そのため、

- ハードコピーに対してはマンセルN8～N9、またはISO/TC130国内委員会で定めたJapan color標準用紙(特菱アート(三菱製紙)、OK特アート(王子製紙))などでマスクするものとする。
- CRTモニタ画像の周囲は、ハードコピーをマスクしたものと同一輝度、色度で発光させる。
- *このときマスクの形状、大きさは、両者で同じであることが望ましい。

観察条件

色評価の際は、ハードコピー画像、CRTモニタ画像両者のサイズを揃え、同じ視距離から観察することが望ましい。

視距離

視距離はVDT用CRTモニタの設計視距離¹¹⁾、作業性を考慮して、0.5～1.0[m]とする。

観察方向

画像面の法線方向から観察することが望ましい。

その他

ハードコピーの背景の照度とCRTモニタの背景の照度は揃えることが望ましい。

以上の条件を表4にまとめる。

表4 ディスプレイとハードコピーのカラーマッチングにおける推奨観察条件

項目		推奨値		備考
照明	照明光源	D ₅₀ /D ₆₅		ディスプレイ基準白色と合わせる
	机上面照度 (環境照度)	800±300[lx]		ハードコピー-面上の照度ではない
	照明方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ画面に直接照明光が入射しない位置から ・グレア, ハードコピー-上の鏡面反射は出来る限り避ける. 		
	均斉度	0.7以上		ハードコピー-面上
ディスプレイの設定	基準白色色度	D ₅₀ /D ₆₅		ディスプレイの設定は, 照明の設定を行った後に望遠型の色彩計などを用いて調整する.
	基準白色輝度	ハードコピー-観察時の用紙の反射輝度		
	黒いハル輝度のピーク輝度に対する比	0.03以下		
	画面内輝度の一様性	0.7以上		
観察条件	周囲(マスク)	ハードコピー	ディスプレイ	対象画像の周囲はマスクし, 不要な刺激は排除する. マスクの形状, 大きさ, 画像サイズ, 視距離, 観察方向および画像の向きは, ハードコピー, ディスプレイ両方で揃える.
		マンセルN8~N9 Japancolor標準用紙 (特菱アト:三菱製紙 OK特アト:王子製紙)	ハードコピー-の周囲と同じ色	
	画像サイズ	評価時は, ハードコピー画像, ディスプレイ画像のサイズを揃える.		
	視距離	0.5~1.0[m]		
	観察方向	画像面に対して法線方向		
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイにはフードなどを設ける ・ディスプレイ背景の照度とハードコピー背景の照度は揃える 		照明光が直接画面に入射するのを防ぐ

第4章 モニタ測光上の問題と対策

(淵田隆義、明道 成)

CRTモニタ測光上の問題についていくつか以下に記す。

まずCRTモニタには画面上の輝度、色度に二次元的なむらが存在する。CRTモニタの画面全体を一様な白色に発光させた場合、構造的に理由により輝度は画面全体で均一ではならず、中心部で高く周辺部で低い。図1はCRTモニタ画面輝度の不均一性を示す例であるが、画面周辺部の輝度は中心部に対して約80%に低下している。他の例では周辺部輝度が約60%に低下するものもある。この画面輝度が周辺部で低下する原因は、図2に示すようにシャドウマスク孔径に関係する。多くの場合、CRTモニタでは画面周辺部ほどビームスポット径が大きくなり、マスク孔径を全画面で等しくすると画面周辺部では画像が不鮮明になる。この欠点を改善するため周辺部のシャドウマスク孔径は中心部に比して小さい。これが周辺部輝度を中心部よりも低下させる原因であり、通常の場合補正することはできない。

また、図3はCRTモニタ上の色の不均一性を示す測定例であるが、画面上の色度差はxで最大0.005、yで0.008である。CRTモニタでは電子ビームを画面全面にわたって正確に位置制御することには限界があり、用途や価格によってCRTモニタごとにその程度は様々である。

またCRTモニタ発光色の輝度および色の時間変動についても注意すべきである。多くの場合、始動直後と十分に時間が経過した後では輝度、色度ともに大きく異なる。図4は輝度の時間変動の測定例であるが、始動後の変動が特に大きく、時間とともに輝度は単調に上昇し、十分な時間が経過すると安定値に達する。輝度が安定領域に至る時間は様々な条件（CRTモニタ個々の電気回路性能、周囲温度、電源の安定性など）によって異なるが、図5の例では約1時間で安定している。しかし、約2時間を要する例もある。図6はCRTモニタ色の時間変動の測定例である。始動後の色の変化も大きく、約1時間で色度が安定している。このような輝度、色が始動後に変動を示すのは、CRTモニタのシャドウマスクの熱変形に主因がある。図7に示すようにシャドウマスクは始動後電子ビームの照射によって熱膨張し、電子ビームの通過位置がそれに伴って変化する。CRTモニタではこのようなシャドウマスクの熱変形を考慮にいった設計構造が採用されているが、使用目的によってはこの点を考慮して熱的に十分飽和した状態での使用を検討する必要がある。

CRTモニタでは画面上の表示サイズによっても輝度、色が変動する場合もあり、また測色的な加法則が厳密には成り立たない、等の問題がある。その点については文献1)を参照してほしい。

モニタ測光上の問題と対策

(1) 測定画像の表示位置

一般にCRTモニタでは電子ビームの偏向の中心と、蛍光面の幾何学的中心が一致していないため、そのままでは画面周辺で電子ビームのフォーカスが甘くなり、コンバーゼンスエラーが大きくなって色再現性能に影響を与える。このため、電子ビームに対し様々な補正が行われており、画面周辺での色ずれを小さくしている。それでもコンバーゼンスエラーは画面周辺で起きやすい傾向があり、測光を行う画像は画面中央付近に表示したほうがよい。

(2) モニタ画面の消磁

CRTモニタの位置または方向を移動した後は画面の帯磁を取り除く操作（消磁）を行う必要がある。帯磁により、電子ビームが所定の蛍光面に入射せず（ミスランデング）、所定の色が表示されない結果となる。

参考文献

- 1) 照明学会、色彩情報と色の見え研究調査委員会報告書、1991

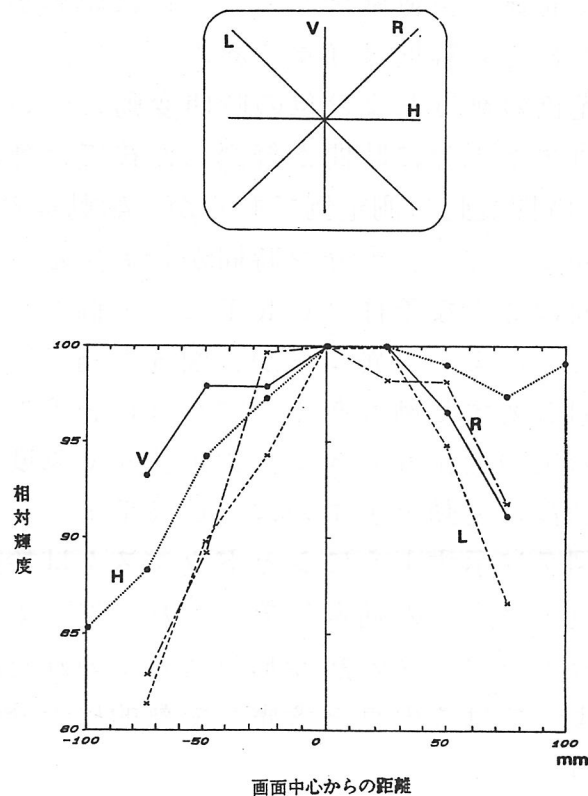


図 4 - 1 CRTディスプレイの輝度分布（14インチ）

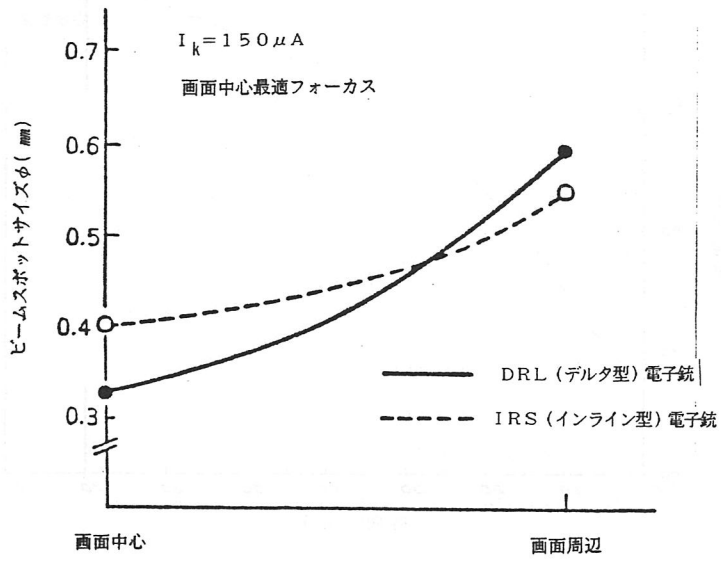


図 4 - 2 ビームスポット径の画面中心部と周辺部における差

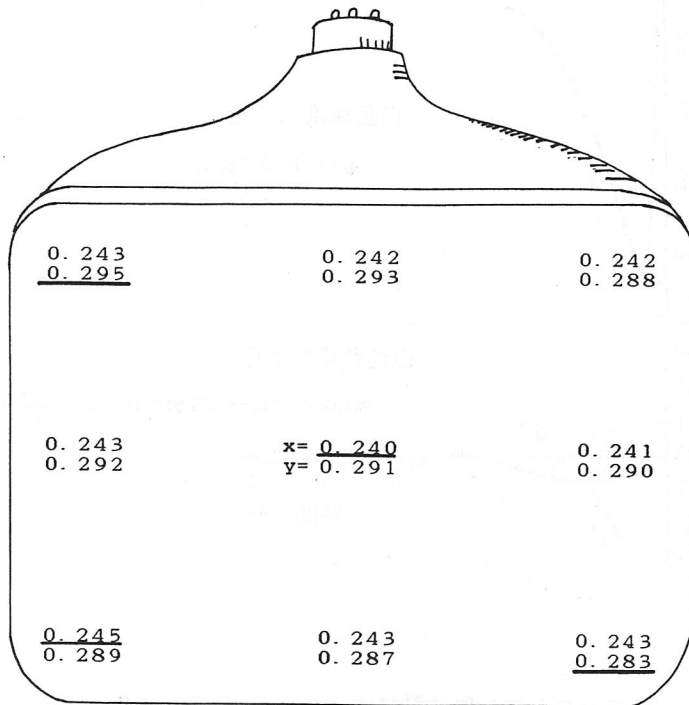


図 4 - 3 CRT モニタ画面の色は均一ではない。

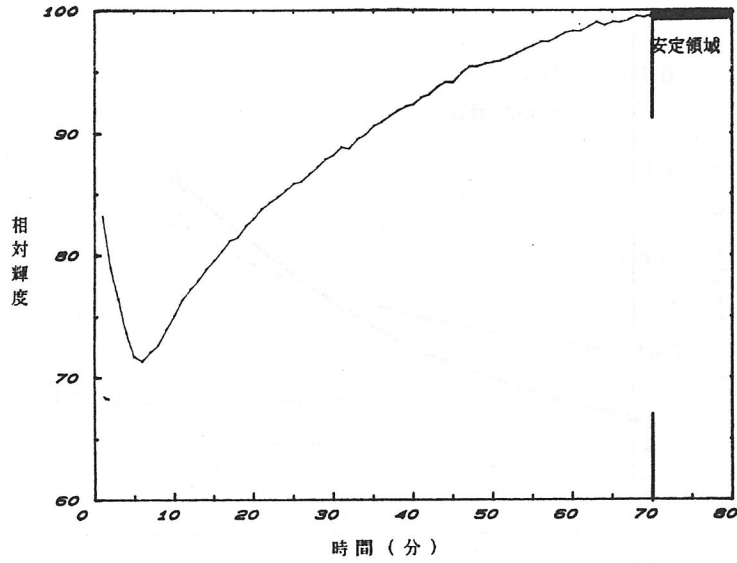


図 4 - 4 CRTディスプレイ始動後の輝度変化

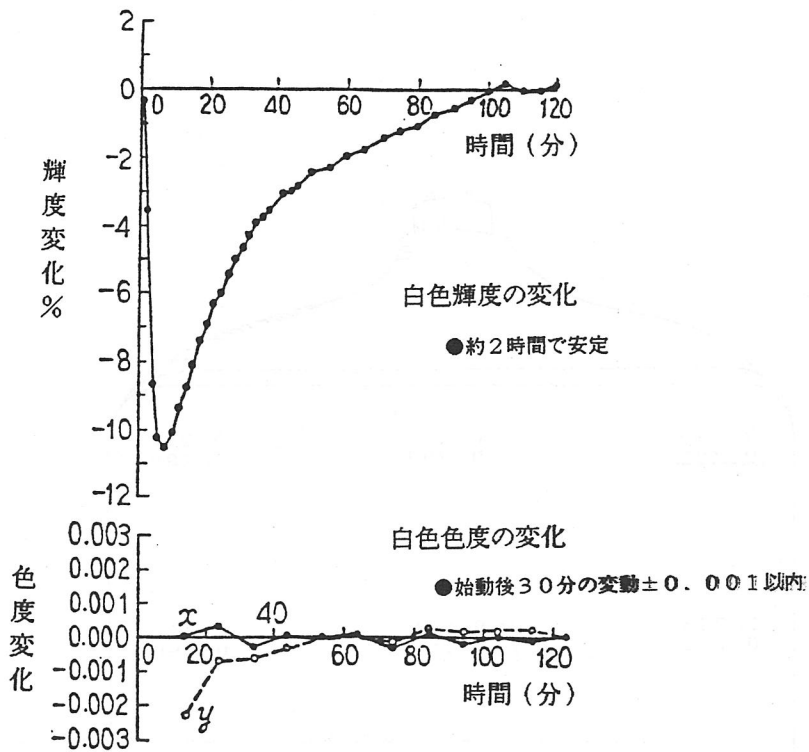


図 4 - 5 カラーブラウン管始動後の
輝度および色度の変化

(電源0.1%安定化, 25℃±0.5℃)

木滑寛治: 照学誌 67,2(昭58)

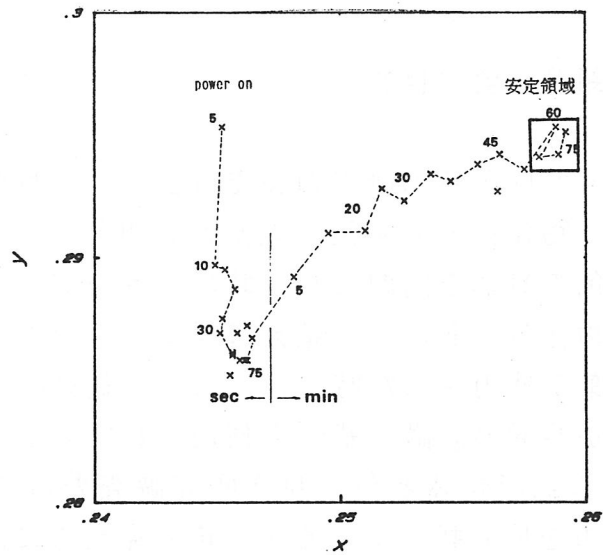


図 4 - 6 CRTディスプレイ始動後の色度変化

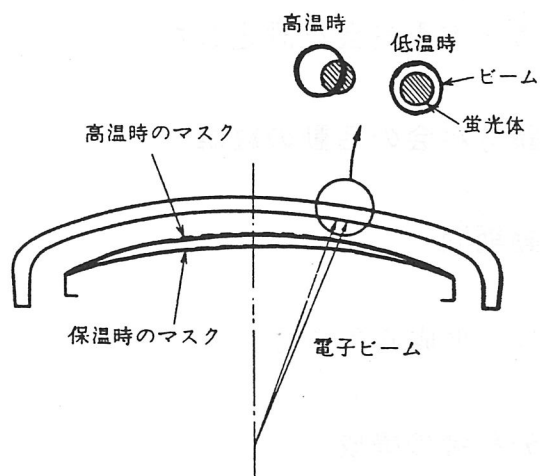


図 4 - 7 シャドーマスクの熱変形による色純度低下

第5章 用語問題分科会活動報告

5.1 用語問題分科会の目的と活動の経緯

(鈴木恒男)

5.1.1 用語問題分科会の目的

物体色と光源色の色の見え特別研究調査委員会では分科会として用語問題分科会を設立した目的は、物体色と光源色の見えの問題としてカラーディスプレイとそのハードコピーの色の対応を問題とした時にカラーディスプレイは光源色であり、ハードコピーは物体色であるから見えは異なるのだとの説明を聞くことがある。この様にこの言葉が使用された時には、この委員会の名称ともなっている物体色と光源色の言葉が共通の認識に基づき使用されているのかが問題となった。本委員会の前進である色彩情報と色の見え研究調査委員会（委員長 矢口博久 1991）でも色の見え方を取り扱っているが、色の見え方に関してどこまでの共通の認識ができたかは疑問がある。この物体色と光源色の概念は人間が色をどのように捉えるのかと言う色の見え方を記述する用語として初め規定されていたが、現在ではむしろ人間の問題としてではなく、物理的にその色がどの様に作られているのかを記述する言葉として使用することが多くなっているのではないかとの問題がある。そのため、物体色や光源色のような言葉がどの様に定義され、時代と共にそれがどの様に変遷し、現在はどの様に使用されているかを明確にすることがこのカラーディスプレイとハードコピーの色の見えの問題を整理する際には重要な要素となると考え本委員会を設定した。

5.1.2 用語問題分科会の活動の経緯

5.1.2.1 活動期間

平成5年8月～平成6年6月

5.1.2.2 本分科会の構成

主査 川上 元郎 女子美術大学大学院
委員 小泉 直彦 双葉電子工業（株）開発研究所
鈴木 恒男 慶應義塾大学法学部

5.1.2.3 活動の経緯

本分科会はカラーディスプレイとそのハードコピーの見えに関する用語の収集とその言葉の変遷を調べることを目的としたが、活動としては色の見え方 (Mode of Color Appearance) に関する用語の収集とその変遷を文献で調査する段階で活動を終了した。この色の見え方に関してはその分類と用語の使用を鈴木の私案として本委員会で議論を行ったが、最終的な合意は得られなかったので今後の問題として、用語の整理が残る結果となった。

5. 2 用語統一への問題提起

(川上元郎)

文中で点下線を付した文言は問題提起事項、太文字はC R A用語候補である。

5. 2. 1 はじめに

C R Tが各分野に広く活用されるようになり、したがって研究発表、資料報告も多くなったが、その際に使われるC R T画面に関する用語（以下「C R T用語」と略称する）が混乱し、意思の疎通が十分でない場合が散見される。

C R T用語について、飯塚¹⁾は下記のように言及している。

『現在、これら専門的学術用語に関しては、必ずしも統一的な説明・解説・標準化があまり進んでいないのが現状である』

この論評はきわめて至言であると考ええる。つまり、例えば、JIS Z 8105（色に関する用語）、JIS Z 9113（照明用語）、JIS Z 8120（光学用語）のように、C R T用語はJ I S用語として規格化はされていないし、この事態が混乱の原因ともなっていると考ええる。

ところが既成のJ I S用語の多くは、既に慣用されている用語を多くの関係者によって公平な討議を経て統一案を作り、規格化されたものが大部分である。

したがってC R T用語を統一し、いずれはJ I S用語として規格化を図る場合、当委員会に集まった関係者は慣用C R T用語の源泉保持者と考えられるから、互いに討議して、用語の統一に当たることは、極めて意義があると考ええる。

5. 2. 2 C R T用語のルーツ²⁾ (H5-2-18委員会資料 による)

C R Tの原形

C R TはCathode-Ray Tube略号で、陰極線管のことである。その源流は古く、陰極線オシログラフに溯る。

半世紀ほど前から既に、このオシログラフ(Oscillograph)は、電気回路における電圧及び電流などの値や、又その値の変化を波形に描かせたものを観察ある

いは撮影する装置として使われていた³⁾。

陰極線オシログラフは、その装置の一種で、初期の装置では測定時ごとに高真空の良好な排気作業をしなければならなかった。これは内部撮影型陰極線オシログラフで、その後、真空を破らず外部にて撮影する方法が種々考えられた。その一つが密閉した硝子管中に陰極、陽極、並びに偏位板、蛍光板などを装置したブラウン管である。これが測定の目的だけでなく、テレビジョンなどに用いられるようになったCRTの原形である。

ブラウン管の動作説明用語

この文献³⁾でブラウン管の動作を説明している例文を下記に挙げる。

蛍光板上に静止波形を描かせる。リサージュ図形を描かせる。

図形が得られる。リサージュ図形を描かせる。

受像管の動作説明用語

ところがテレビジョン用ブラウン管、特に受像管⁴⁾が活用され始めると、その動作説明用語は少々違ってきている。その動作を説明している例文を下記に挙げる。

蛍光面にラスターを描かせる。蛍光面上にビームを描かせる。映像を現わす。映像は黒レベルを基準に、ハイライト部分、画面の中央部解像度、画面のぼけ、受像画面の明るい部分は30-70ニット、画面に現れる有効走査線数、画面の縦横比は3:4、粗い走査線になった画面、画面の下部の振幅が小さくなる。画面が光らない。再現する画の良さ、雑音の多少と画の質、画が出ない。再生した画像は原画と相似形、格子縞図形と画像の中心、画像をブラウン管上に再現する。良い画像を出す。

ディスプレイ装置の動作説明用語

コンピュータの出力装置の一種であるディスプレイ装置⁵⁾はテレビ受像機と同様にCRTを使っている。動作を説明している例文を下記に挙げる。

CRTにディスプレイされる文章や図形をCRTの管面にディスプレイした。CRTの管面に表示し、CRT上に図形を表現する。表現される図形は、ある画質を持つ。

文字や図形を構成する。見る対象、ディスプレイ装置の画面の大きさ、300 × 300mmの画面の有効域、文字や線などの組み合わせによって構成される画像。適視距離は画像の高さの8倍。表示画像、CRT管面に表示した画像、画像

を描く、画像を構成する、画像を作る。

パーソナル コンピュータ ユーザーズ システム マニュアル 解説の動作説明用語

どういう訳か以下の文献では、画像という用語が使われていない。

- ・あるコンピュータのディスプレイ表示⁶⁾を説明している例文を下記に挙げる。
ディスプレイ上に表示する。画面上に文字(円)を書く、画面上に線を引く、ディスプレイ上に書き込む。表示する画面にグラフィック画像を描いた。ディスプレイに表示されている 絵の色は限度がある。
- ・ある実験書⁷⁾のによれば、下記のような例文もある。
画面の中央に赤●が呈示される。図形を画面に呈示する。観察図形呈示、画面の初期設定がなされ、図形を描くのに、図形作成呈示がある。

5. 2. 3 慣用CRT用語の実例収集 (H5-2-18委員会資料)

慣用されているCRT用語の源泉の実例の収集するには、取り敢えず当委員会資料から、次は最近の大会講演論文集から、更に最近のCRT関連図書から収集するのが得策と考えた。

当委員会配布資料の中から

物体色と光源色の色の見え研究調査委員会設立趣意書⁸⁾

委員長が配布した委員会設立趣意書の文中の自己発光形表示装置は Self-luminous Display の邦訳造語であろうと考える。

文中の発光色は、既にJIS Z 8105の2006に定義されていて、その意味は『光源から出る光の色で、通常色刺激で表す』で、その対応外国語は light-source colour である。この用語がCRT用語として、一人歩きすることの是非は、最大注目事項であろうと考える。

"CIE TC1-27 Specification of Color Appearance Reflected Media and Self Luminous Display Comparisons"⁹⁾

淵田が配布した標記の資料の文中の『ディスプレイ発光色』はディスプレイと発光色との組み合わせ新造語であろうと考えるが、しかし新たにCRT用語として採用してもよいのではないかと考える。

ところが発光効率 = luminous efficacy (JIS Z 8202) や発光体 = luminous element と、『luminous』を発光と邦訳した実績があるから、発光色 = luminous color としてはどうかと考える。

カラーパッチ、イメージ、望遠形分光放射計などに対して、特に既成用語はないが、CRT用語として規格化を図ってもよいと考える。

「色彩情報と色の見え研究調査委員会報告¹⁰⁾

矢口が配布した標記の資料の文中では、下記の関係章ごとにCRT用語が散見される。

- ・第7章 色彩情報としてのカラーネーミング：発光色の色名に関する考察
発光色、知覚色が使われている。
- ・第10章 CRTディスプレイによる色再現と評価
パネル といった、CRT画面の物理的状态を説明する用語が頻出している。
- ・第11章 CRTにおける色の見えの問題点
画像、画面、画素、表示色、周囲色が使い分けられている。
- ・第12章 VDT画像色の心理的評価
VDT画面色、蛍光体発色、表示文字色、背景色をCRT用語化が必要であろうと考える。
- ・第13章 好ましい色再現
再現色についてCRTの場合でも使用している。一応はCRT用語化が必要であろうと考える。

最近の大会講演論文集の中から

平成4年度東京支部大会講演論文集（略号*：照学東京支部大（平4））

*照学誌年報付録略号一覧表による。

- ・峯村ら¹¹⁾によれば、『得られた画像データ』という文章表現だけで、画面、画像、構成する、表示するといった視対象の状態表現なしの文面である。
- ・川名ら¹²⁾によれば、『情報処理した色を知覚する』という文章表現だけで、これも視対象の状態表現なしの文面である。
- ・小泉¹³⁾によれば、光源色と発光色とを使い分けて論述している。
- ・明道¹⁴⁾によれば、色再現という用語を使い光源色、発光色は使っていないが、画像、画面、表示するは使っている。
- ・淵田¹⁵⁾によれば、『発光型の色彩表示デバイスによる表示色（当稿では以下、光源色と表現する）』と言及している。しかし続く文章中に依然として表示色が記述されている。どうも表示された色、つまり視対象の色を言うらしい。次の『CRTモニターと色票サンプルを左右に並べての両者の表示色を比較』を読むと頷ける。したがって報告者は光源色といえ

光源色モードを意味すると決めているようである。

- ・鈴木¹⁶⁾によれば、色の見え方の関係図の中に光源色は無い。CRTに表示された色と物体色での等色点の発表に対して『論文では光源色として
いるが、ここでは開口色として扱う』と言及している。
- ・武市¹⁷⁾によれば、VDT画面色は武市の論文”Evaluation of CRT
Color Using Semantic Differential Method”からの造語のようである
が、他者の使用例は見付からない。

最近の雑誌¹⁾から

以上の記述はCRTのハード面の発達に沿って、ソフトの面での動作説明用語を挙げて相互比較を試みたが、時代と共に変わる動向が感じられる。そこで、ごく最近の雑誌の特集記事から動作説明用語について拾ってみる。

- ・CRT上の色、モニター上の色、モニター上の色再現、画面全体に白画面を表示。
- ・パソコンで絵を描く、絵を表示するためのディスプレイ、ディスプレイに表示される画面、描画された表示の画質、描いた図形全体。
- ・コンピュータで画像や図形を創作、表示、画像を生成する計算機技術、ディスプレイ装置上に表現、描画する、静止画面に分解し、静止画像表現する。
- ・画面の中の肌色のみを取り出し。
- ・白黒2色からなる画像、自然画像、アナログ・デジタル画像、画面を8×8画素ブロックに。
- ・カラーモニタの画面をルーペで、カラー画像を表示する、カラーモニタに表示された画像の写真は画面を直接にカメラで撮る。

5. 2. 4 用語の整理

以上のように身近の関係文書から、無作為に収集しただけでも、用語はこんなに多種多様で、報告、発表、意見交換、論文作成・審査などで、意味の撮り違いが生じて、決しておかしくない事態と考える。とあって、更に関係用語の調査・収集に努めても、枚挙に暇がないと考え、上記に収集した用語を当稿では取り合えず、〈あいうえお順〉に整理を試みた。

〈あ〉

アナログ・デジタル画像／現わす／現れる | い イメージ／色画素／色再現／色の見え
／陰極／陰極線オシログラフ／陰極線管／インライン | え 画／映像／絵を表示する
／絵の色／得られる | お オシログラフ(Oscillograph)／

<か>

開口色／解像度／描いた／描かせる／書き込む／書く／画質／画素／画素ブロック
／画像／画像を生成する／Cathode-Ray Tube／カメラで撮る／画面／カラー画像
を表示／カラーパッチ／カラーモニタに表示／管面 | くグラフィック画像／黒レベル／ | け
蛍光板／蛍光体ドット / 蛍光体発色／蛍光面／計算機技術／原画 | こ光源色／
光源色モード / 構成／構成する／コンバーゼンス / コンピュータ／

<さ>

再現色／再現する／再生した | し CRT／CRT画面／CRT Color／CRT
に表示された色／CRT用語／図形／自己発光形表示装置／視対象／自然画像
／出力装置／受像／受像管／周囲色／白画面 | す ストライプ | せ 静止画像表
現／静止画面に分解／静止波形／精度／Self-luminous Display | そ 走査
線／走査線数

<た>

対象 | ち 知覚色 | つ 作る | て 呈示／呈示する／ディスプレイされる／ディスプ
レイ装置テレビジョン／ディスプレイドット / ディスプレイ発光色／ディスプレイ発光色偏位板／
ディスプレイ表示／出ない／テレビジョン用ブラウン管 | と 取り出し／

<な>

内部撮影型陰極線オシログラフ /

<は>

背景色／ハイライト／配列／発光／発光型の色彩表示デバイス／発光色／パソコン
で絵を描く／パネル | ひ引く／表現／表示された色／表示する／表示色／表示
文字色／描画／描画する | ふ VDT画像色／VDT画面色／ブラウン管 | ほ
望遠形分光放射計／ぼけ／

<ま>

| も モニター／

<や>

| よ 陽極／

<ら>

<わ>

5. 2. 5 試案用語

上記で述べたように、CRT画面に関し種々ある用語のなかから、取り合えず統一した基本用語としての画面、画像、構成する、表示するの4種の意味の試案を以下に述べる。

画面（がめん）

前述の抜粋用語から、画面は蛍光板、蛍光面、CRTの管面、ディスプレイ、モニターと呼称される出力装置の一部の名称の総称と考えられる。

ところが、画面の解像度、画面のぼけ、粗い走査線になった画面といった抜粋用語もある。これは画面に現れた映像の状態を指している。

したがって、意味の試案を『出力装置の一部で、映像を現わすことができる、限定された範囲の面、又はその面に現われた映像の状態』とした。

つまり、前者のハードな意味と後者のソフトな意味と両者を持ち併せている。

画像（がぞう）

同じく前述の抜粋用語から、画像は画面に現われた静止波形、ラスター、文字色、線など又はそれらを組み合わせた図形、絵のような情報的意味を持つ映像の総称と考えられる。

したがって、意味の試案を『画面に現われた情報的意味を持つ映像』とした。

ちらつき、ノイズ、ゴーストなどは情報的意味を持たない映像として、画像とは言わない。単なる映像である。

構成する（こうせいする）

同じく前述の抜粋用語から、構成するは画像を線、面、色を用いて作る、創作する、生成する行為、動作の総称と考えられる。

したがって、意味の試案を『画像を組み立てる 行為及び動作』とした。

普通は「画像構成」と言うが、画面の後者の意味の場合に、「画面構成」と言うこともある。

表示する（ひょうじする）

同じく前述の抜粋用語から、表示するは画面に画像を描く、得る、出す、再現する、ディスプレイする、呈示する、描画する行為、動作の総称と考えられる。

したがって、意味の試案を『画像を見る人を意識して画面に現わす行為及び動作』とした。

5. 2. 6 おわりに

次の段階で、

前項の用語に全部意味を考える。

近い意味を持つ用語を纏める。

対応英語を捜し、意味を考えて纏め直す。

最少数に絞りこむ。

J I Sの様式に纏め、学会案とする。

学会誌に寄稿し、試用を促す。

機会を得て、当学会の「学会技術基準及び照明関連 J I S の企画委員会」に申請して、取り合えず「学会技術基準案」を纏めることを提案したい。

参考文献

- 1) 飯塚昌之：画像処理、三次元モデリング、色彩表現、シミュレーション、カラーエイジ No. 7、オプトエレクトロ社 (1992) pp. 60-65
- 2) 井上英俊、川上元郎、奥山 滋、荒生 薫：視認性に関する研究 - 、色彩研究、Vol. 38, No. 2、日本色研、(1991) pp. 11-16
- 3) 津田吉文：最近基本電磁気測定法 下巻再版、吉田工務所出版部 (1939) p. 158
- 4) 日本放送協会編：新テレビジョン技術教科書 (昭39) p. 304
- 5) 小林孝夫：電子ディスプレイの A B C、日本放送協会 (昭46) pp. 1-226
- 6) F M - 7 ユーザース マニュアル システム解説、富士通 (1982) p. 7-1
- 7) 野沢 震：パソコンBASIC 心理学実験、東海大学出版会 (1986) pp. 1-227
- 8) 視覚研究専門部会：物体色と光源色の色の見え研究調査委員会設立趣意書 (平 3)
- 9) 渕田報告：“CIE TC1-27 Specification of Color Appearance Reflected Media and Self Luminous Display Comparisons” (1991)
- 10) 矢口報告：色彩情報と色の見え研究調査委員会報告 (1991)
- 11) 峯村明可ほか：画像処理を用いた物体色の識別、照学東京支部大 (平 4) p. 28
- 12) 川名智行ほか：ニューラルネットワークによる物体色の識別、照学東京支部大 (平 4) p. 29
- 13) 小泉直彦：色彩情報としての「色名」、照学東京支部大 (平 4) p. 64
- 14) 明道 成：大型ディスプレイの色の見え、照学東京支部大 (平 4) p. 68
- 15) 渕田隆義：物体色と光源色の色の見えに関する研究の動向、照学東京支部大 (平 4) p. 72

- 16) 鈴木恒男：色彩知覚に及ぼすモードの影響、照学東京支部大（平4）p.76
17) 武市啓司郎：色の見えの心理的評価、照学東京支部大（平4）p.80

5. 3 色の見えのモードに関する用語の変遷

(鈴木恒男)

色の見え方を体系的に提唱したのは D. Katz "Die Erscheinungsweisen der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung"¹⁾の論文である。この論文で D. Katz は現象学的観察から色の見え方を分類した。現象学的観察とは、偏見のない態度で、直接経験したことを在るがままに観察することである。このような観察によって記述された現象の条件変化を追求して色の現れ方を分類した。厳密な使い方をすれば色の見え方よりは色の現れ方のほうが正しいと思われるのでここでは色の現れ方として記述する。D. Katz は図 1 に示す 9 種類の色の現れ方を提唱している。

面色または平面色 (Film color) とは雲一つ無い青空を視野に青空しか入らない状態で見られるたときの色の現れ方である。このとき目には青空だけが見え、その青空までの距離が非常に不明瞭に感じ、その色の見える面は見ている人とは平行な面であり、もし青空に手が届けばその青空に手が入ってゆくような感じになる。この面色は実験室的には、ある色を小さな穴を通して見たときや、暗黒中に色を提示した場合の色の現れ方でもある。

表面色 (Surface color) とは通常、物体の表面に現れる色であり、面色とは異なり、その物体と見ている人との距離感等の関係が明瞭に認識され、物体の表面として認識されるので表面の形状に合わせて全ての方向をとり、硬い感じとなる。

空間色 (Volume color) とは透明な瓶に入った色水を通してある物体を見たときには、その物体までの三次元空間を色が充たしているように見える色の現れ方。

透明面色 (Transparent film color) は色フィルターが視野全体を覆うのではなく、フィルターの縁が明らかに見えるときにはその色は三次元空間を充たすのではなく、フィルターの面だけに色が現れる色の現れ方。この現れ方は空間色と区別して透明面色と呼ぶ。

透明表面色 (Transparent surface color) とはフィルターや透明な物体で片方の目を覆い、もう一方の目はそのままとして物体を見たときに色と物体が両眼で融合して、色が現れ物体の表面の特徴を備えた色の現れ方。

鏡映色 (Mirrored color) とは鏡に映った物体の反射像を見るとき鏡の性質を備えた色の現れ方。

光沢 (Luster) は物体表面に反射像が見えず、部分的な反射光の明るさがその物体の表面色よりも明るく、その表面の知覚を部分的に妨げるときに現れる色の現れ方。

光輝 (Luminosity) とは蠟燭や焰や暗室で曇りガラスか紙を裏側から強い光で照らしたときに現れる色の現れ方。同じ照明下で、白色の物体よりも明るく感じる色も光輝と感じられる。

灼熱 (Glow) とは灼熱した物体は単にその表面だけが光輝ある色として感じるのではなく、その物体全体が光輝を持った感じとなり、光輝とは異なりその灼熱の限界が明瞭な形として認識できる色の現れ方。

以上のように9種類の色の現れ方を分類したが、この中で特に重要な現れ方として面色と表面色の特徴を5項目でその差異を明確にしている。その5項目とは観察者と見ている対象の色との位置関係が定位できるか (Localization)、知覚される表面の状態 (texture)、色が現れる面の方向 (Orientation)、色が現れる面の形状 (Configuration)、色が与える美的効果 (Aesthetic Effect) であり、その比較が図2に示されている。面色の特徴とは観察者との位置関係が明瞭に規定されない、柔らかく、前額面平行な均一面で美的効果のある色である。面色は観察者との位置関係が明瞭に定義され、物体の表面にあり、その物体の表面に合わせて全ての方向を取り得る色である。

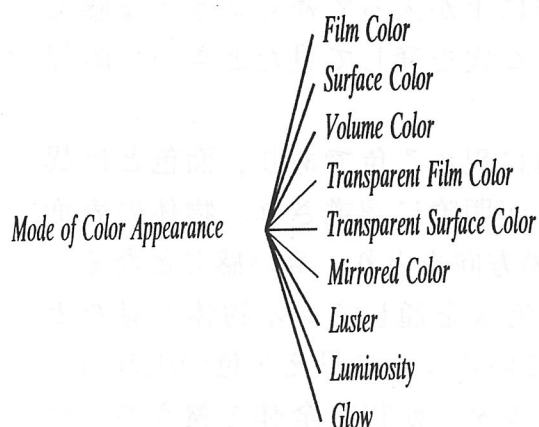


図1 色の現れ方の分類
(D. Katz)

	Surface Colors ex. color of paper	Film Colors ex. spectral color
Localization	is localized	is not localized
Texture	the gaze is forced to stop at the surface	feel able to penetrate
Orientation	any orientation	frontal-parallel orientation
Configuration	either smooth or ridged and curved in any ways	smooth flat plane
Aesthetic Effect		something more pleasing aesthetically

図2 表面色と面色の特徴

この色の現れ方はその後、心理学の著名な教科書では取り上げられた。その2例としては L. T. Troland "The Principles of Psychophysiology"²⁾ (1929) と R. S. Woodworth "Experimental Psychology"³⁾ (1938) を挙げる事が出来る。その両者で取り上げた色の現れ方とKatzを比較したのが図3である。この3者で

は幾つかの見え方は取り上げていないものはあるが、基本的には色の現れ方には違いがない。三者で概念が共通である現れ方としては、面色、表面色、空間色、光輝、光沢、透明面色が挙げられる。

Katz (1911)	Troland (1929)	Woodworth (1938)
Film color	Film color	Expanse color, Free color, Film color
Surface color	Opaque surface color	Surface color
Volume color	Volume color	Bulky or Three-dimensional color
Luminosity	Luminosity	Luminous color
Glow	Glow	
Luster	Luster	Lustrous color
Transparency film color	Plane transparent color	Transparent color
Transparent surface color		
Mirrored color	Mirrored color	

図3 三者の色の現れ方の比較

この色の現れ方は測色学の中でどの様に扱われてきたかが問題となる。測色学のなかで色の現れ方を扱ったのはCIEの測色システムの確立に多大な貢献をしたアメリカ光学会測色委員会である。この委員会はその活動報告を1943のアメリカ光学会雑誌に論文⁴⁾を發表し、その論文で図4に示すように色は3つの学問分野から取り扱う必要があり、その3分野とは物理学、精神物理学、心理学であるとしている。この分野で心理学は更に感覚と知覚に分かれ、感覚では明るさ、色相、飽和度が扱われ、知覚では更に色の現れ方が扱われる。この論文では色の現れ方を図5に示すように、定位モード(Located mode)と非定位モード(Non-located mode)に分類し、定位モードは照明(Illumination)、光源(Illuminant)、物体(Object)に分け、物体を更に空間(Volume)と表面(Surface)に分けている。非定位モードには開口(Aperture)だけが含まれる。この分類はKatzが面色と表面色を分類する項目の一つとした観察者と色との関係を定位できるか否かをモードとして取り上げ、分類の第一分類としている。この委員会は同じ委員構成で1953年に“The Science of Color”⁵⁾との単行本を

出版している。その第5章で Psychological Concept: Perceptual and Affective Aspects of Color を設け、その第1節に Modes of Appearance を割いている。この中でモードの分類を定位-非定位をやめて物体(Object)と非物体(Non-object)のモードに分け、物体モードには光源(Illuminant)、表面(Surface)、空間(Volume)、非物体モードには面(Film)と照明(Illumination)が含まれる(図6に示す)。更にこの5つのモードにはどのような属性が含まれるかを図7に示すように明らかにしている。

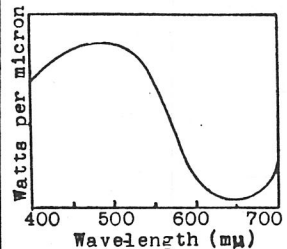
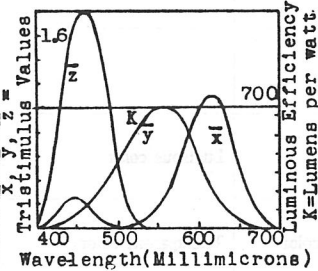
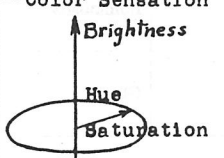
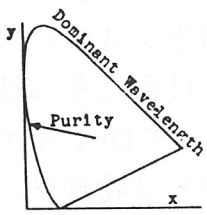
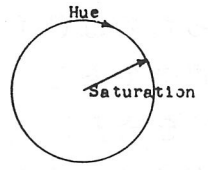
Physics	Psychophysics	Psychology	
Visual Stimulus	Light	Visual Sensation	Visual Perception
Radiant Energy Spectral Composition	Luminous Energy Color	Color Sensation	
			
Characteristics of Radiant Energy:	Characteristics of Light = Color :	Attributes of Color Sensation:	Corresponding Modes of Appearance:
Radiant Flux: a. Radiance b. Irradiance c. Radiant Reflectance d. Radiant Transmittance	1. Luminous Flux a. Luminance b. Illuminance c. Luminous Reflectance d. Luminous Transmittance	1. Brightness.	Aperture (1-5) Illuminant (1-8) Illumination (1-3) Object Modes: Surface (1-11) Volume (1-9)
Spectral Distribution (Relative Spectral Composition, Quality) Radiant Purity	Chromaticity 2. Dominant Wavelength (or complementary) 3. Purity 	Chromaticness 2. Hue 3. Saturation 	Attributes of Modes of Appearance: 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4 放射エネルギー、光、視感覚、知覚の特徴の対応
(OSA Committee on Colorimetry 1943)

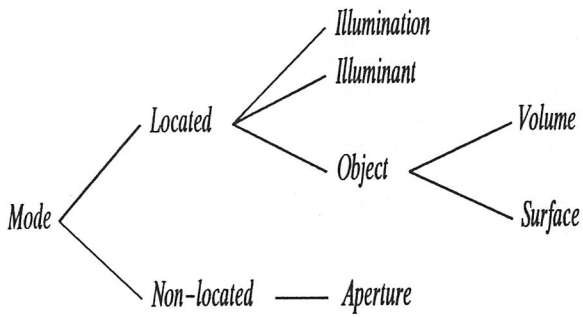


図5 色の現れ方の分類

(Committee on Colorimetry 1943)

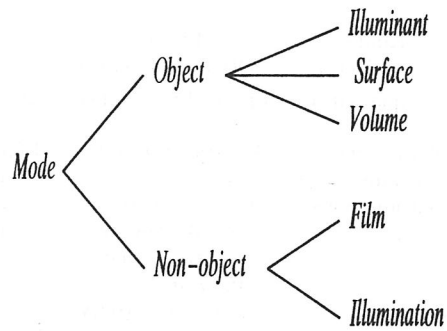


図6 色の現れ方の分類

(Committee on Colorimetry 1953)

The Attributes or Dimensions of Perceived Color Classified with Respect to the Principal Forms of Color Perception or Modes of Appearance

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, sparkie, glitter)	*	*	*	*	*
13. Insistence	*	*	*	*	*
14. Pronouncedness	*	*	*	*	*

図7 各色の現れ方に見られる属性や次元

(OSA Committee on Colorimetry 1953)

この様に同一のメンバーで構成された委員会でもこの色の現れ方に関しては10年の間に考え方が変わっている。この以外に色彩学の本には色の現れ方はあまり扱われていない。例えば、ほぼ同じ時に出版された D. B. Judd "Color in Business, Science, and Industry"⁶⁾ では surface color, object color との言葉は使用されているが、mode of appearance との言葉は消えている。図8に示すような測色委員会の物理学、精神物理学、心理学の枠組みは踏襲しているがこの心理学からもモードが消えている。比較的最近の論文では R. W. G. Hunt の "Perceptual Factors Affecting Colour Order System"⁷⁾ では カラーオーダーシステムを作成する際には図9に示すように色を非関係色か関係色の特徴と発光色か非発光色の特徴で4つに分類すると都合がよいと述べている。この特徴とは色の現れ方に非常に近い概念を使用した分類である。

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8 3つの分野での基本的色の用語 (D. B. Judd)

最近色の見え方との言葉が広く利用されているが、色彩学では途中までは重要な概念として議論はされてきたが、その議論が中途半端なままに放置されてきたものである。この見え方は人間の内的プロセスから生まれてきた概念であるが、最近では色がどの様に作られているか、例えばカラーディスプレイは自ら発光しているから発光色であるとの使用が行われている。国際照明用語集第4版には色の見え方を表す言葉としては物体色 (object-colour)、表面色 (surface colour)、開口色 (aperture colour)、発光 (知覚) 色、輝面色 (luminous (perceived) colour)、非発光 (知覚) 色、照明 (知覚) 色 (non-luminous (perceived) colour)、関連 (知覚) 色 (related (perceived) colour)、無関連 (知覚) 色、単独 (知覚) 色 (unrelated (perceived) colour)、の7つが採用されている。この色の見え方は現在の色彩学の枠組みとしてはどの用語をどの様に使用したらよいかの統一見解をだすことが困難であるが、将来的には色の見えのモデルとも関連させて考慮すべき問題である。

		SECOND DISTINCTION	
		Luminous	Nonluminous
FIRST DISTINCTION	Unrelated	signal light seen at night aperture color	surface color some transmission color
	Related	light source specular reflection of light source fluorescent color video display units	do not normally exist

図9 色の分類 (R. W. G. Hunt)

参考文献

- 1) D. Katz "Die Erscheinungsweisen der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung" Zeitsch. f. Psychol., 1991, Erg. Bd. 7, S.1-31
- 2) L. T. Troland "The Principles of Psychophysiology" Volume 1 The Problems of Psychology and Perception D. Van Nostrand Company (1929)
- 3) R. S. Woodworth "Experimental Psychology" Henry Holt and Company (1938)
- 4) Committee on Colorimetry "The Concept of Color" J. Opt. Soc. Am Vol. 33 No. 10 p 544-553 (1943)
- 5) Committee on Colorimetry "The Science of Color" Thomas Y. Crowell Company (1953)
- 6) D. B. Judd "Color in Business, Science, and Industry" John Wiley & Sons, INC (1952)
- 7) R. W. G. Hunt "Perceptual Factors Affecting Colour Order System" Col. Res. Appl. Vol. 10 No. 1 p12-19 (1985)

正誤表

ページ	箇所	誤	正
2-21	表2.4.2.1中	東京工業大学 (X)	東京工業大学 (T)
2-21	表 2.4.2.1	富士ゼロックス (T)	富士ゼロックス (X)
2-28	12行目	(ライブース)	(ライトブース)
2-29	3行目	1セット (12色) の	N7の
2-29	5行目	12の	N7の
2-30	1行目	12枚の色票の平均について	N7の色票について
2-31	Fig.2.4.2.9 の説明	12種類の色票の	N7の色票の
2-34	7行目	義務づけたたが	義務づけたが
3-29	13行目	(図)	(図1)
3-42		p.3-43以降が抜けている	3-43,44を追加
4-2	図4-1		図1
4-3	図4-2 図4-3		図2 図3
4-4	図4-4 図4-5		図4 図5
4-5	図4-6 図4-7		図6 図7

3. 6. 4 ディスプレイの調整

ディスプレイの基準白色が調整可能な場合は、必要に応じて調整（／キャリブレーション）を行う。

◎測色値による更正

前項で示した条件下で、ハードコピー設置面に置かれたハードコピー用紙、あるいは標準白色板を、観察位置から望遠型の色彩計などを用いて測色した値と、ディスプレイの基準白色を同様に測色した値とが同じになるように、ディスプレイの基準白色を調整する。このとき、基準として用いる用紙の厚みによってはその下地の色が影響することがあるので注意されたい。

◎目視による更正

基準となるような刺激、あるいは画像をディスプレイ上に表示したものと、そのハードコピーとが同じ見えとなるように、モニターを調整する

基準刺激としては例えば以下に示す色票を用いる。

標準刺激（マンセル値）

N3, N7, 5R3/6, 5R5/6, 5Y5/6, 5Y7/6, 5G3/6, 5G5/6, 5G7/6, 5PB3/6, 5PB5/6, 5PB7/6

標準画像としては例えば SCID(Standard Color Image Data)などがある。

3. 6. 5 おわりに

本委員会から、一般的に例えばカラーマネジメントシステムを用いるなどして、ハードコピー画像とディスプレイ画像の色を見比べる際に基準となる観察条件に関して検討し、その推奨値を提案した。

これらの値は本文中で示した考えに基づいて、資料を参考に、また実際に再現可能であるかどうかを、簡単な実験を行い検討し、設定したものである。従って、ここで示した条件が必ずしも最適なものとは限らない。またこれらの条件から外れた場合、どれだけ色の見えが変化するかについては未検討である。

今後ここであげた推奨値が、実際のカラーハードコピーとカラーディスプレイの色を同時に評価する環境で検証、調査され、より実用的な、また標準的な条件となっていくことを期待する。

○参考文献

- 1) “Method of the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures”, CCIR Recommendation 500-5, CCIR
- 2) “Subjective Assessment Methods for Image Quality in High-Definition Television”, CCIR Recommendation 710, CCIR
- 3) 日本印刷学会推薦規格 製版ならびに印刷における色評価用標準照明
(社)日本印刷学会
- 4) “Color Prints, Transparencies, and Photomechanical Reproductions-Viewing Conditions” ANSI PH2.30-1994
- 5) 「表面色の視感比較方法」 JIS Z 8723
- 6) Y. Nayatani, K. Takahama, H. Sobagaki, K. Hashimoto, “Color Appearance Model and Chromatic-Adaptation Transform”,
Color Res. Appl., Vol 15, pp. 210-221, (1990)
- 7) R. W. G. Hunt, “Revised Color-Appearance Model for Related and Unrelated Colors”, Color Res. Appl., Vol 16, pp. 146-165, (1991)
- 8) M. D. Fairchild, R. S. Berns, “Image Color-Appearance Specification through Extension of CIELAB”, Color Res. Appl., Vol 18, pp. 178-190, (1993)
- 9) 三橋 「照明条件によるCRTの設定」
日本印刷学会 第92回 春期研究発表会予稿集 pp. 73-76
- 10) 「照度基準」 JIS Z 9110
- 11) “Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals(VDTs)” ISO 9241 (CD)