

みんなくりポジトリ

国立民族学博物館学術情報リポジトリ National Museum of Ethnology

標本資料画像の色検索 一問題点と今後の課題一

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2010-02-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 森田, 恒之 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15021/00003577

標本資料画像の色検索 ——問題点と今後の課題——

森 田 恒 之*

要旨

人文系研究者を主たるユーザーと想定し、博物館資料のカラー画像をデータベースとして色による検索を考えるときに、何を考慮すべきかを検討した。情報処理技術の問題より、画像作成時の光源と撮像管の関係から生じる演色性、再現装置に関わる諸問題、さらには色検索のキーとなる「色」指定の方法、とりわけコンピューターディスプレイが頼る光源色と、実際の物の色である物体色の違いから生じるイメージの誤差など、周辺事項に未解決の問題が多い。

1 はじめに

これまでに行われてきた色彩に関する研究を大別すると、大体次のようになる。

1. 発色機構に関する物理・化学的研究（光学的研究、物質内における分子や電子の結合状態に関する物理化学的研究を含む）
2. 色の知覚に関する生理学的研究
3. 色の認識に関する心理学もしくは文化人類学的研究（色彩語彙に関する言語学的研究を含む）
4. 色の表現に必要な化学工学的研究（顔料・染料・塗料その他の各種の着色材料、発光体、色素・染料その他各種色材の開発ならびに応用技術の研究）
5. 色の各種利用に関して広範囲に及ぶ応用研究（服飾・装身、工業意匠、標識、環境などの諸領域における色彩調和の研究、あるいは美術をはじめとする芸術領域の表現方法の研究を含む）

これらのうちで、特に対象を人文科学に限定した場合は、3. と 5. が中心課題になるだろうが、4. の一部も対象になってくることがある。各種の着色材料（色材）が持つ物質的な制約が結果として着色後の発色・呈色効果と密接に関わるためである。ま

* 国立民族学博物館 第5研究部

た2. 知覚生理と3. 知覚心理とはかなり密接な関係を持つが、動物の生理機構に関わる問題である前者と、後天的な学習の中で形成される人間の色彩感覚の問題である後者はあえて別事項と理解したい。両者はいうなればハードウェアとソフトウェアの関係である。

私に課せられた課題は、コンピューターによる画像処理技術を利用して民族学資料をはじめとする各種の文化遺物に関する色彩研究を行うために、仮想検索システムのユーザーとして設計者である情報工学研究者側に考慮を求めべき事項を整理提示することであった。とりわけ色検索を行う場合の必要条件の整理が大きな課題である。実際にある特定の色を持った資料を探したり、特定の資料群から共通の色要素を抽出することは日頃よく行うことである。何気なく行っている作業であるが、機械に代行させるには手順とシステムをはっきりさせておかねばならない。

2 コンピューターによる色検索を考える

2.1 人間が見る色とコンピューターで表出する色

現代のコンピューター技術は、理論的には、1600万を上回る2の24乗という巨大な数の色をディスプレイ画面上に表現できるという。しかし、現実の問題としてはこの色数の多さはほとんど無意味である。なぜならこの数は推定されている人間の最大識別可能色数をはるかに上回っている。人間の最大識別可能色数には諸説あるが一般的には500万から700万弱とされている。つまり、コンピューターは人間が識別できる2ないし3倍強の色を表示できるということである。

実際には表示可能な色の中からいくつかの色を選択してディスプレイ画面上の色として利用するのであるから、人間の知覚能力と機械の表示能力の差の矛盾が表に出てくることはほとんどないようである。しかし、1600万強から3分の1を抽出する組合せの数は大型コンピューターを駆使してもかなりの時間を要する計算量である。その中でも人間の知覚に近い組合せの数はかなり限られてくるはずである。コンピューター信号として存在しても人間の能力で識別できないような色の組合せをディスプレイ上の色として表示することは無意味といえよう。表示可能な色信号の中から、実際に人間が知覚できる色の選択をどのようにして決めておくべきであるかはコンピューターで色を扱うときの前提条件として考えておくべきであろう。

私たちが検索の対象として情報化された色を利用するのは、ディスプレイ画面に表出された、あるいは印刷装置から出力されたものを通してである。そこに表示される

色はブラウン管の内面に塗布される発光体，あるいは印刷装置で使用される印刷インクなど工業化学の開発に関わる領域からの制約も大きく関与している。実物と対比しないと気づきにくい，実物とは似て非なる色が提示されることは十分起こりうる。今後は情報科学や色彩認識の専門家はもちろんであるが，同時にこうした周辺領域との共同研究を進めておくことが必要かと思われる。

これらの問題は色検索システムの構築よりはるかに以前の問題であるが，精度の高い研究支援装置の開発には避けられないことである。

2.2 色の知覚と色彩の測定

さまざまな文化遺物の色を機械的な処理の助けを借りて，物質文化研究の一助としての色彩研究に利用しようとするとき，第1に考えねばならないのは，私たちがどのようにして色を捉え，認識しているかである。ここでは，文化現象としての認識はひとまず論外とする。

色を物理現象として理解している限りにおいて，その把握は比較的容易であり，結果は客観的である。多くの色測計，色差計が採用している方法は一定のエネルギー分布を持つ一定量の光を，対象とする物体の面に照射して，その波長ごとの反射エネルギーを正確に捉えようとするものである。透過光の場合なら物体を透過してきた光の入射エネルギーを知れば済む。この方式によれば色を量として捉えることは原則として可能であるが，対象とする物体の表面が均一でない場合は光源と反射（もしくは透過）光の受光部の位置関係，言い換えれば主たる入射光の光軸と受光部の角度が一定に保たれない限り正確な測光が難しい。このために機器操作には一定の技術水準が要求されたり，また精密機械である計測装置の精度維持にかなりの注意が必要である。しかし，原理的な問題は少ないので，多少の誤差は，用途に合わせた精度に応じて複数回の測定結果を計数処理すれば，ほとんど平準化できる。この色彩測定法の利点は測定した色が数量化されるために，逆にしかるべき装置を使えば元の色を再現しやすいことである。このために工業的な塗装などで多く利用されている。

物理的な色彩測定法の応用は，JIS, ASTM, DIN などの主要な工業規格の中でもいくつかの基準が定められている。おもなものに CIE 表色法，マンセル記号表示法，修正マンセル記号表示法，オストワルド表示法，DIN 方式表示法などがある。

とりわけ CIE 方式はものの表面からの分光反射率あるいは対象物からの分光透過率に対して，波長毎に一定の定数を利用した数学的処理を加えて Y, x, y , 3つの要素に集約した数値をもって，色を表示しようとするものである。透過光，反射光いずれ

にも使える汎用性があり、また測定値をもとに同じ色の光を作ることも可能である。しかし、眼、レンズ、撮像管などをはじめとする受光装置に入射する光のエネルギーそのものを計測しているもので、受光装置側での受け取り方は考慮されていない特色がある。

これに対して残り4つの方式は反射光による物体色にのみ適用できる測色方式である。CIE方式からの再計算によって数値化が可能であるが、原則的には仮想3次元空間に配列された標準色票を使い、測定すべき対象物との比較によって、明度、彩度、色相の3要素を座標軸とした空間座標を得るものである。色票との比較で判定をする方法だけに、色が具体的に分かりやすいが、2つ以上の標準色票の色の間位置する色を数値化するには感覚による補間を必要とする。原則的には眼という受光装置を介しての測定であるために、測定場所の照明とか測定者の健康状態などが微妙に結果に作用することがある。イメージ的な再現性は Y, x, y の数値だけで示されるCIE方式よりはずっと具体性があるが、逆に測定値をもとに機械的な色再現が難しい欠点がある。

現に色を扱っている研究者であっても、色をまったく客観的に（たとえば数値化したかたちで）第三者に伝達したり、あるいは客観化された色情報を受け取って実際の色を的確に復元連想できるような専門訓練を受けている人は存外少ない。人文系の研究者にあっては特にその傾向は強い。多くの人はなんらかのかたちで標準となる実際の色と比較してはじめて情報の有効性を見いだすのである。その意味で、数値から出発した色情報を実際の色に転換するために必要な色尺度の決め方は色認識の体系自体に影響してくるといえよう。

2.3 物体色と色光（光源色）

昨今の工業界では、部品毎に専門工場で生産し塗装まで済ませたものを組立工場最終製品とする工程が一般化しているために、組立後に部品毎の色むらが生じないように、CIE方式またはそれを応用した色差計測による色管理が徹底しているが、色彩計画、色彩調査などの分野では依然として色票方式が使われている。私たちの日常生活の中で、テレビ、コンピューターディスプレイなど発光体からの色である「色光」を見る機会は増えてはいるものの、視覚の圧倒的に多くはものの表面反射光が作る色、「物体色」に頼っている。

コンピューターは発光体からの色光を利用して色再現を図っている。対象とする色を、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3色の成分に分解したRGB表示法

でデータ化して、電気信号に変換している。CIE, RGB 両方式は簡単な計算によって相互変換が可能である。再現には各信号に対応する再現性のよい発光体について、さらに呈色範囲を規格化することで、なるべく元の色に忠実な色再現が実現しているとされている。しかし、反射による色である「物体色」と発光体からの光源色である「色光」では刺激量の比が著しく異なるのはいうまでもない。私たちはブラウン管上のディスプレイ画面に再現された色をそのまま物体色として理解するのではなく、ある種の記憶にもとづいて補正しながら理解している。

2.4 言語による色の指定と数量化——特にそのあいまいさについて

色検索に関わる大きな問題のひとつは検索方式である。記録や再現の方式はそれに付随した事項である。

私たちが「赤味の濃いオレンジ色」をした祭礼用造花飾りの使用地域分布を知りたいとする。前述のように多くの人文系研究者は色をこのように言語表示することに慣れている。しかし、花飾りのカラー画像を入力したデータベースを使って、欲しい色の資料を検索しても解は得られない。コンピューターはこの「赤みの濃いオレンジ色」を具体的に理解することができない。画像とともに入力されているのは CIE 方式またはそれに変換可能な数値データであって、「赤味」、「濃い」、「オレンジ色」などの言葉が入力されていないからである。

JIS の Z 8102-1985「物体色の色名」は、日本語による色名の一般的な表示法を定めている。たとえば有彩色の表示は、色相に関する修飾語、明度および彩度に関する修飾語、有彩色に関する基本色名の順に配列表記するものとし、それぞれの修飾語、色名などが別表で定められ、また同規定表 2 には 123 の慣用色名が設定されている。また上記規格の原型ともなったアメリカの ISCC-NBS 色彩指名法は総数 267 の色名区分を設けている。これらの色名区分は「3 属性による色の表示」(JIS による表現。修正マンセル記号表示法に同じ) もしくは CIE 色度図の上に色点を配置した形で分布域を規定している。これらはいずれも色名が数値に対応はしているものの、数値はある幅を持っている。中にはその範囲がかなり広いものもある。たとえば、3 属性表示による 10.0PB, 6.5/6.5 の数値に対応する色に「フジ色」の色名を当てはめるのは容易であるが、逆に「フジ色」からこの値を引き出すにはかなりのばらつきが生じる。

私たちが一般用語の組合せで表現される「色」を、近似的にであっても数値化して表現できるためには、かなり専門的な訓練を必要とする。多くの人文科学系の研究者はコンピューターが理解しているような表現、あるいは翻訳可能な表現では色検索の

ための適切な指示はほとんどできないだろう。それに代わるものとして提案できるのは、実際にディスプレイ画面上に色見本を提示し、ユーザーから「この色もしくはそれに近い色」という指示を得ることである。たとえばマンセル色度図のようなものを表示し、必要とする色票部分を指示するなどの方法が考えられる。この提案は共同研究の中で受け入れられ、色度図の H , V , C の3要素のうち任意の H (色相) を選定したのち、明度・彩度の2方向に広がる色相毎の色見本を表示して希望箇所を指定するような検索法が採用された¹⁾。色見本は例示数をかなり間引いたものであるが、ディスプレイ上の表示面積の関係その他でやむを得ないという。

ただ、これでもまだ問題は残っている。すでに述べたようにディスプレイ画面の色は光源からの色光であり、検索したい標本資料の色は反射光による物体色である。ディスプレイ上の色見本から選んだ色にもっとも近い色を持つ画像を装置がデータベースから選んできて実物の色とは大きくかけ離れていたということは十分に起こりうる。色見本を見ている段階で色記憶による補正が働いてしまうのである。色光は物体色より視刺激がずっと大きいので微妙な色差を捉えにくいこともある。DIN 6164 にもとづく色票は、無光沢、有光沢の2種類のものが作られている。色を示す数値は同一であっても光沢が感覚に与える影響が考慮されているため、この色票を利用した表示方式は工業デザイナーなどの間で根強い支持がある。表面状態まで捉えるのは大ご

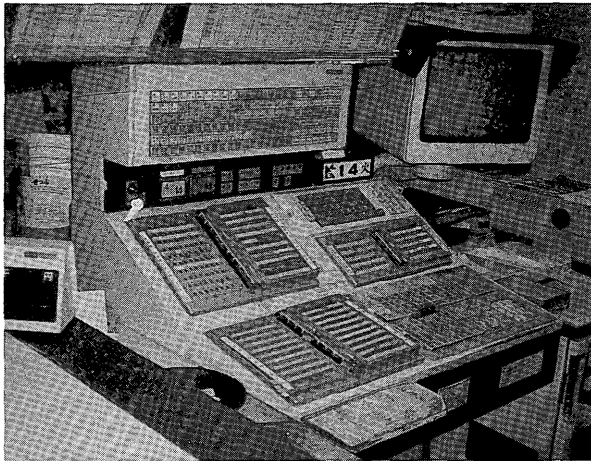


写真1 JRが発券用に使用しているMARSの端末装置。金属版をページを繰るように動かし、所定位置にピンを挿入する。物体色の参照には、このような形式の反射光で色を見る装置の方が好ましいと思われる。

1) 本書「色情報に基づいた画像の類似検索」参照。

となので、光沢まではさておくとしても、色光と物体色を同一次元で扱うのは物質文化研究の領域では乱暴に過ぎる。

とするならば色検索のキーはやはり物体色を基本とすることが好ましい。ディスプレイ上に物体色を表示することは不可能であっても、補助装置を導入すればよい。たとえば、日本鉄道(JR)各社線が使用している遠距離列車の各種乗車券類発券装置(写真1)のようなものもひとつの案である。マンセル色度図のようなものを用意し、ページを繰りながら希望する色票の箇所では指示入力ができるればよいはずである。光沢の差まで用意するのは難しいかも知れないが、物体色のイメージ差はずっと小さくなるはずである。

2.5 主たる色の占有面積と色の呼称表現

私たちは色名、形態名に関係なく、ある色をもった形、あるいはある形に囲まれた色面として色と形を意識することが通常である。つまり、色と形を同時に認識しているといえる。

色彩認識や色彩嗜好調査では、色票を見せて名称や好みを問うことが多い。このとき提示される「色」は色一般ではなく、一定の大きさの四角形に囲まれた色の面である。赤い花、黒い文字、いずれも花の形の内側の大方を赤と呼ぶ色が占め、あるいは文字の輪郭の内側を黒と呼ぶ色で塗りつぶしたものである。円の内側を赤、外側のやや大きめな四角の範囲内を白で塗りつぶすことで、日の丸を認識する。立体物であってもことは変わらない。白色の偏楕円球を鶏卵と認識できるのは、その白色の範囲が明確に他と区別されているからである。逆に中心となるべきものの色彩が、その周辺の色から区別しにくいと、形さえ捉えにくい。たとえば、戯画でよく取り上げられる「闇夜の烏」、「雪中の白兎」といった題材は画面全体をただ真っ黒に塗りつぶす、あるいはまったく白紙のまん中に小さく赤点を打つだけのものであるが、これらはまさに私たちの日常が色あるいは形を、色の隣接関係で理解していることを前提にして作られている。

複数の色が複雑に混ざりあっていたり、ある色の面と他の色の面の境界が微妙なグラデーションを作っており、しかもその中間調部分の面積が広がったりすると、この部分に「色がついている」ことは認識できても、その内容を適切な言葉で表現することはかなり難しい。これも隣接関係を明確にできないためであるといえよう。ただこうした場合にあって、当の中間調部分に対して「やや赤味の強い濃色の紫から水色にかけてのぼかし」といった表現はよく使う。この言語表現は、前述の色指定の曖昧

さに加えて、有色範囲、さらに色の変化状態などのいずれに対しても的確な指定になっていない。「ぼかし」の例は現実に多く存在するが、客観化するには実に扱いにくい。

単色の場合ならば、明るさを機械的に分割して明度段階に分けてしまうのもむずかしくはない。極端な例は白黒の2値化である。ぼかしの場合を含めて有彩色をセグメンテーションし、かつ色毎の輪郭を取り出す作業はかなり難しい。グラフィックデザイナー養成の初歩訓練では、かなりの時間を割いて手作業の彩色でこれに似た作業を反復習熟させるという。

2.6 色空間ベクトルを利用した色検索

問題の解決に用意した基本的な考え方は次のようなものである。データベースに用意された画像の色について各ドット毎に、指定された基準となる色の色度値からのCIE色度空間内の色ベクトルを求め、値ごとの出現頻度表を作る。ベクトルの値が小さくかつ出現頻度の高い画像から順に配列をする。こうした手法をとることによって、少なくとも、検索しようとする色に近い色、もしくはそれに近い色が画面の中で広い面積を占めている画像が、ほぼその占有面積順に取り出されることになる。ときには求める色が模様のように画像内全体にちりばめられて一体の色をなしていないものも検索されることもあろうが、不都合なら排除すればよい。この方法は私たちの色認識の基本にあると思われる、色境界・輪郭といった概念の代わりに、色成分の占有面積を基準としているために「ぼかし」や輪郭の曖昧な形に対しても検索が可能となる利点がある。しかし曖昧な色や形に対してはまだ不完全である。

3 今後に残る課題

3.1 色情報のデータベースと利用者

今回の共同研究で導入した2つの方法、すなわち「色見本のディスプレイ表示」ならびに「色空間距離を利用した近似色の探索」は民族学資料の色彩検索という新しい課題へのひとつの試みの成果として十分に評価できるものであろう。

しかし、実用化までに解決しておかないといけない問題をまだいくつか抱えている。1画面あたりの色情報が3MBと大きいために検索対象となる母集団が大きいと、適当なデータ圧縮を行っても記憶総容量が巨大になって、検索どころでなくなってしまうこともそのひとつである。こうした純粋な情報処理工学の問題以外にも難しい問題

がある。

そのひとつは、データベース作成用の画像入力の方法にともなう問題である。今回の試作実験に供したデータベースは、本館の標本画像自動処理装置を使って取り込んだ画像のうち、唯一のカラー画像である鳥瞰図画面を利用している。この装置自体の開発過程の概略は本書の資料編に記しておいたが、鳥瞰図画面は、当初、他の投影写真の補助として「もの」の概要を手短に把握する役割のみを意図して設計し、このような画像検索の対象とすることをほとんど考慮していなかった。しかし、色情報の入った画像集積ができてくると、これを利用して色や形による検索を考えようとする発想が追加されたのである。こうした事情のために色検索には特に重要な色の再現に必要な諸条件がほとんど検討の外におかれたままに輸入装置の開発が行われた。そのために、検索用データベースとしてはいくつかの問題を残した。今回の試作が色検索方法として試験使用に耐えるとしても、色検索を実用化するためにはもう少し色入力を配慮した専用の色情報入力装置が必要であるといえよう。その前提としてぜひ考慮しなくてはならない問題として、次のようなことが考えられる。

色検索を行おうとする研究者の意識に2つの場合が予想される。第1は、色を漠然と考えている場合である。検索しようとする色自体が赤、青、黄などかなり大まかなもので、結果についても、最終的には自分の手作業による実物検索を期待しているので精度の高さは望んでいないことが多い。第2は、色に対する知識と識別能力がひとときわ高い人、あるいはある程度の精度を持った検索を機械的に実行し、できるならデータベース検索だけで必要情報を得たいと思っている人からの要望の場合である。前者にあっては今回の試作程度で多少の不満は残っても間に合うかも知れない。近似した色を探す代わりにその補集合を排除する方向で考えたらよいからである。後者には紛らわしさの少ないデータベースを用意せねばならない。

3.2 色情報の入出力と特性補正

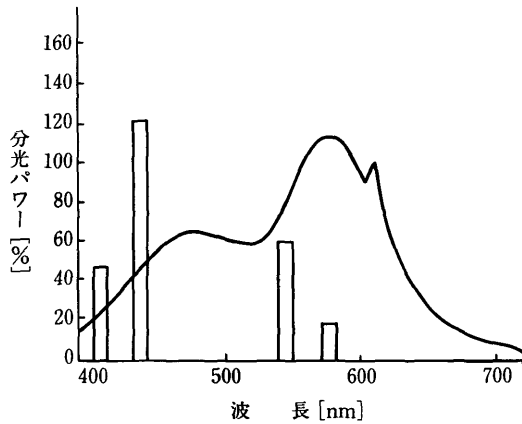
利用者の個別識別能力の差を無視したとしても、色検索には次の3つの誤差が混入する可能性がある。これは計測の場合に起こる計器誤差（第1種誤差）と読み取り誤差（第2種誤差）の関係に近い。

第1は資料を撮影して入力するときに用いた照明光源の放射エネルギー分布に起因した演色性に関するものである。

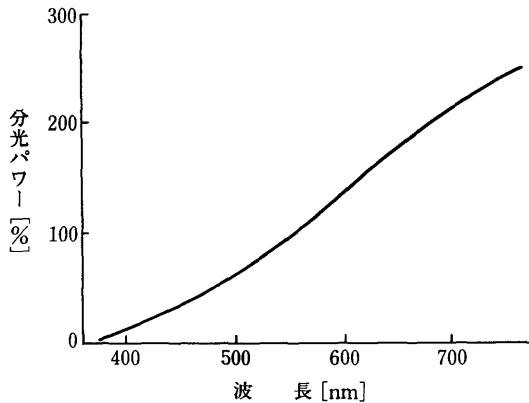
図1は本館の標本画像自動処理装置に使用されているものと同等でかつ一般にもっとも普及している3A級昼光色型蛍光灯(a)、ならびに白熱灯(b)のエネルギー分布

曲線である。蛍光灯のそれは明らかに600 nmを少し超えたところ以上の波長域での放射エネルギーが太陽光のそれに比べて大きく不足している。この光線下ではオレンジから赤にかけての色が暗くかつ鮮やかさを欠いて見える。ちょっと注意すれば肉眼で色を直接見る場合にもその差ははっきり識別できる。ごく最近普及しはじめた三波長域型蛍光灯は蛍光灯としてはかなり欠点を補正しているが、まだ十分ではない。博物館・美術館では展示照明の演色性問題として、異なる光源下でのものの見え方の違いを重視する。

おそらく検索装置の利用者は標準状態の色をイメージして作業に当たるだろう。日常生活では色を相対的關係で理解したり、記憶によって補正してしまうために白色蛍



(a) 昼光色型蛍光灯 (650-700nm のところでエネルギーがずっと小さくなる。)



(b) 白熱灯 (短波長になるほどエネルギーが小さい。)

図1 代表的な蛍光灯と白熱灯の分光特性
(松下電工(株), 1992, 『施設照明カタログ'92-'93年版』, p.1129)

光灯、白熱灯などエネルギー分布に偏りがある照明でも大して困ることはない。しかし、相対的な補正が効きにくい検索用データベースでは、このエネルギー分布の偏りから生じた色の見え方の差は大きな影響を及ぼす。

標準光源、太陽灯などの採用、もしくは標準光源に近いエネルギー分布が得られるフィルターの採用その他の方法によって、なるべく標準状態に近い状態での色記録がなされないとデータベースの価値が減ってしまう。

第2点は撮像管に使われた受光素子が持つ感光特性の偏りである。撮像管は特定の波長帯に対して感度のばらつきを持つのである。たとえば700-1300 nmあたりに高い感度を持つ赤外用のように特定の用途には有用な場合もあるが、物体表面色の記録用には、可視光域の感度は人間の比視感度に近い感度分布を持つものほど好ましいことになる。偏りのある撮像管で得られたデータは、やはり正確な色の理解を阻害する。

第3点はディスプレイ画面での問題である。ひとつは発光体の発光特性によるものであり、もうひとつは通信用の電気信号方式に起因することである。所定の電気信号に対して、一定領域のCIE色度値を呈するものを使用することは工業規格で規定がある。しかし、この規格は色が相対的に自然に見えることが前提であって、個々の色についてはそれほど厳密ではない。テレビやビデオで使われるNTSC, SECUM, PALといった信号方式が変わったり、ディスプレイ装置のメーカーが変わるだけで、同じ画像の色が違ってくるのである。

当面の策としては、適当なフィルター補正などに頼る以外に方法がないかも知れない。しかし、内容をきちんと記号化しにくい、きわめてアナログ的な感性情報を対象とするとき、基本的条件だけでも標準化しておくことがまず大切なことである。

3.3 無影撮影法の開発

当然のことながら、光源からの光を立体物に正投影したら陰影が生じる。背面や台の上に投影された影は、特に暗い色彩の場合にももの輪郭を不正確に理解する原因になる。

それ以上に、色情報がデータ化されたときには、陰影部分は光がまっすぐに当たっている部分に対してより彩度の低い別の色と理解するはずである。とりわけ、今回の試みで採用した色空間ベクトルといった考え方をを使うと、同一色立体の明部と暗部の間にははっきりと距離が生じてしまう。陰影は平面画像に含まれる立体的要素を立体として感じ取るには必要な情報であるが、色検索の要因としてはノイズとしての要素を持つ。暗い陰の中に入ってしまった彩色文様をその色と共に正確に捉えるのも困難

である。いったん取り込まれた色情報を加工・補正して陰影を消去することも不可能ではないとしても、有利なことではない。

3.4 光沢と透明体の処理

ガラス製品など透明な物体の撮影はかなり難しい。通常の方法で撮影したものを画像として単純にコンピューターによる検索対象とした場合には、表面反射によって生じた輝きは白または白に近い高明度の色と理解されるであろうし、また物体を通して見える向こう側の物体色も影響を及ぼす。

4 結論

標本資料画像の色による検索の試みは、原理的には、(1) ディスプレイ上に表示された色マップを使った検索基準色の設定、(2) 色空間のベクトル化を基礎とした色の出現頻度分布の計測、という2つのステップによって大きな前進を得ることができた。しかし、画像データベース作成の時点で、こうした検索方法を考慮してなるべく偏りの少ない色記録を作ることが次の段階での大きな課題である。同時に、検索装置のユーザーにとって物体色と光源色の差を意識させない、あるいは物体色からの色検索などのきめ細かい配慮を装置に組み込むことによって、人文系諸分野からの要望を相当程度に満たすことになるだろう。