

色による人と環境のインターフェイス — 色彩情報設計の基礎

Human-Environment Interface with Color - Basis for Color Information Design

石田泰一郎
Taichiro ISIDA

Color is an effective attribute as an aid to visual tasks. The effectiveness of color information, however, largely depends on their appearances that may change with various factors such as lighting, viewing size and observer's color vision. To consider the basis of color information design, this article reviewed studies on color identification under mesopic illuminance, aging effects of color vision, and color deficiency. The topics discussed here may reveal the characteristics of changes in color appearance and suggest appropriate ways for designing visual information.

1. 生活環境と色彩情報

色は事物の性質を反映し、人はそこから意味を読みとる。空の色を見て天候や時間を判断し、顔色から体調や気分を推し量り、果物の色によって成熟の程度を見極める。色はそれ自体情報を担っていると言えるのだが、本稿で取り上げる色彩情報の意味はもう少し限定的なものがある。ここでは、視覚的な探索、分類、同定など、何らかの視覚的な行為の手がかりとして利用される色を色彩情報と言います。例えば、背景から特定の要素を区別する、目立たせる、多数の要素を分類する—このような目的で使われる色である。各種のサイン、標示物、色によるラベリング、領域区分、配管や配線の色分け、操作パネルやディスプレイの配色など、これらの色は全てある種の符号であり、色彩による情報化といえる。

私たちを取り囲む生活や仕事の場を省みたととき、このような色彩情報が果たしている役割の大きさは容易に理解できるだろう。また、それと同時にその使われ方に疑問を感じる場面も少なくない。視覚的なメディアが急速に発展している今日、色の有効性とその限界を考慮した色彩情報の活用が求められる。そして、そのためには、色彩情報を認知し行動する人間の特性を理解することが第一歩となる。本稿では色彩情報の設計のために考慮すべき人間の色覚、視覚特性について考える。

2. 色彩情報の有効性と制約

色彩情報が視覚的な探索や分類といった目的で広く活用されているのは、色という属性がそれらの行為にとって有効であるからに他ならない。つまり、色という属性を手がかりとして用いると、明るさ、大きさ、形、記号、文字といった属性を使用するよりも、探索や分類をより効率的に行うことができるのである¹⁾。では、なぜ色がそのような用途に有効なのだろうか。ある属性が探索や分類の有効な手がかりとなるためには、それが次のような性質を満たす必要があるだろう²⁾。まず、(i) 人が、その属性を瞬時に異なるカテゴリーとして識別できること。さらに、(ii) その属性を広い視野にわたって認知可能なこと。これらの性質によって、広い視野からある特定の特徵に着目した探索が可能となる。

(i)の性質の必要性は明らかである。多くの要素を分類したり、特定したりする場合、それぞれの要素に与える符号は互いに明確に区別されなくてはならない。大きさや明るさはどうだろう。「大きい—小さい」、「明るい—暗い」という性質は相対的なものであり、ある境界を挟んで明確に区別されるものではない。一方、色は(i)の性質を満たしている。色も連続的に変化するが、ある程度の間隔において選択すれば、それらは質的に異なったカテゴリーとして絶対的な区別が可能である。例えば、赤、黄、緑、青などの色名で表される区別である。ところで、色のカテゴリーとそれを指し示す色名の存在は、色という感覚に対する概念形成過程を表すものであり、文化人類学分野でも興味を持たれてきた。BerlinとKay³⁾はBasic color terms（基本色名）と呼ばれる11色（赤、橙、黄、緑、青、紫、桃、茶、白、灰、黒）を提唱した。彼らは数多くの文化や民族を対象として調査を行っているが、それによると、これら11種の色の領域は明確に区別されるカテゴリーを形成しており、かつ、主要な言語についてはそれらを指し示す単一の色名が共通して存在するという。これらの性質は心理物理的な研究⁴⁾においても裏付けられており、11色の基本色を人に普遍的な認知機構の現れと解釈する研究者も多い。もっともこの点については反論も多く、議論が続いている⁵⁾。いずれにしても、色という感覚属性が明確に分離される離散的な性質を備えており、それによって効率的な探索が可能になっていることは確かであろう⁷⁾。さらに、色のカテゴリー性を照明工学や色彩工学に応用する新しい試みも始まっている⁸⁾。

次に(ii)の要件は広い視野内から容易にある符号を見つけ出すために必要となる。もし、直視しなければその符号を識別できないとすれば、

視覚的な探索の有効な手がかりとはなり得ない。それを見出すためには視点を順次移動させる逐次的な探索行為が必要になるからである。形や記号、文字といった属性はどうだろう。これらの属性を認識するためには、その形状を見分ける必要があるため、周辺視野での識別性は著しく低下する。なぜならば、人間の視覚の空間解像度（視力）は少し視線からはずれると急激に低下するからである。色はどうか。色の見えを周辺視野で測定すると、確かに鮮やかさの低下は見られる。しかし、色のカテゴリーは周辺視野においても区別可能である⁹⁾。すなわち、人は広範囲の視野にわたって対象の色を識別することができるのである。

まとめると、人は色を明確なカテゴリーに区別することができ、さらに、それを広い視野範囲から瞬時に見出すことができる。このような視覚特性によって、色が探索や分類の有効な手がかりとなっていると考えられる。さらに、色は物体表面の属性であり、対象物の形状や大きさといった仕様の変更を施すことなしに、そこに色だけを付加することができる点も、実際のデザインでは有利に働くだろう。しかしながら、この色彩情報の有効性は無条件に保証されるものではない。色彩情報が有効に機能するためには、それらが意図された色として観察者に正しく認識されることが前提となる。色の見えに影響する環境要因は様々だが、視環境の問題として考えた場合、対象物への照明が主要な問題となる。また、観察者の色覚特性によっても色の見えは変化する。すなわち、色覚異常の特性、さらに高齢者の色覚についても理解を深める必要がある。そして、これらの問題を考慮すると、色彩情報の有効性には限界があり、その活用にあたっては制約が求められることが理解できるだろう。以下の節では、これらの問題について概略を述べる。

3. 照明環境と色の見え

表面色の色の見え方には、照明光の特性である分光分布と照度が大きく影響する。まず分光分布の影響については、物体表面の色が照明の色に左右されることは日常的にも良く経験する。トンネルのナトリウムランプの下では、車の色の判断さえ困難になる。白熱灯の下での黒と紺の識別の難しさや、室内と屋外での色のずれに気付くこともままある。もっとも光源の分光分布の違いが照明光の色の違いとして現れている場合には、物体の色の変化に注意も向きやすいだろう。しかしながら、注意すべき点は、種類が異なるランプであれば、照明光の色が同じであっても、その分光分布は異なるということである。例えば、光の色はほぼ等しい白色の水銀灯と蛍光灯があったとしても、その分光分布が異なるため、照明された物体の色の見え方や識別性はかなり異なったものとなる。このような光源による色の再現性を評価する方法としては、光源の演色性評価指数がある。これは、標準となる色票を、基準光源（黒体軌跡、あるいは昼光）によって照明したときと、評価すべき試験光源によって照明したときの色差を指標化したものである。演色性評価指数が高ければ、それだけ基準光源によって照明された場合に近い色が再現されることになる。ただし、基準光源は試験光源の色温度に応じて異なることに注意しなくてはならない。

物体表面の色の見えに大きく影響するもう一つの変数は照度である。明るい環境で容易に識別できた色が薄暗い環境（薄明視）においては、見分けがつかなくなったり、別の色に誤認されたりすることもある。このような色の見えの変化は、光環境の変化に伴って視覚系の光受容システムが錐体系から桿体系へ移行することに起因する現象であり、人間の色覚特性に関わる問題である。例えば、明るい環境ではあざやかに見えた赤でも、薄暗い環境では黒ずんだ色になり、反対に青系統の色が相対的に明るくなる。これはブルキンエ移行として知られる現象である。また、照度の低下は明るさだけでなく色相も変化させる。特に、青から緑系統の色相の識別が困難になることが示されている¹⁰⁾。ところで、色彩情報は色を一種の符号として利用するものであり、そこでは微妙な色の見えの変化よりも、色がどのカテゴリーに含まれるか、つまり何色として同定されるのが重要になる。我々は色彩情報設計のための基礎データ構築を目的として、照度に応じた色同定特性に関する研究^{11,12)}を進めてきた。次にその研究を紹介する。

4. 実験：照度レベルと色の同定

この研究¹¹⁾は、明所視から薄明視に及ぶ照度レベルにおいて、色空間から系統的に選択した色票の色の同定を調べたものである。色の同定は、被験者が提示された色票に対して、あらかじめ指定された13の色名（赤、オレンジ、黄、黄緑、緑、青緑、青、紫、ピンク、茶、白、黒）の中からひとつの色名を与える方法によって行った。使用する色票は、マンセル色票の明度（バリュー） $V = 4, 6, 8$ の平面から選択した計156枚である。照度レベルは1000, 10, 1, 0.1 lxの4段階を設定した。光源は高演色性の昼白色蛍光ランプである。色票は30×36 cmの灰色（ $N = 5$ ）を背景として、3×3 cmの大きさで呈示される。観察距離は約70 cmである。色名の回答に加えて、その回答時間も記録した。実験に参加した被験者は15人である。

図1に実験結果を示す。縦方向に照度条件、横方向に明度条件をとって結果を配列している。それぞれのパネルにプロットした○が使用した色票を表している。各色票の結果は15人の被験者による計30回の判断をすべて集計したものである。まず、○の中の文字記号は50%以上

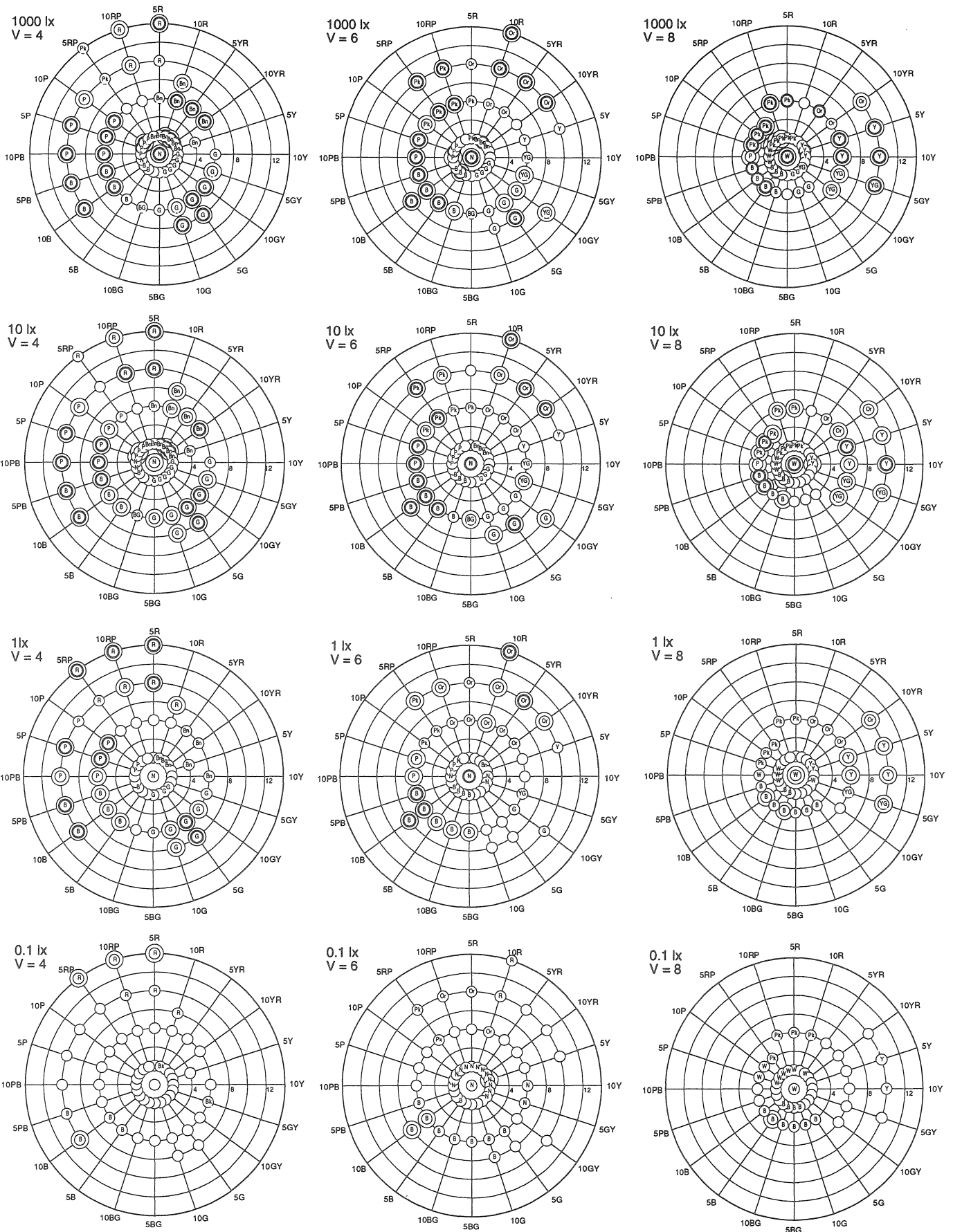


図 1 : 色同定の結果 (明度:V=4,6,8; 照度:1000, 10, 1, 0.1 lx) ○, 実験で使用した色票。色記号は 50%以上の試行で回答が一致した場合。◯, 90%以上の試行で回答が一致した場合。◎, 回答時間の平均が 1.5 秒以下の場合。
 色記号: R, 赤; Or, オレンジ; Y, 黄; YG, 黄緑; G, 緑; BG, 青緑; B, 青; P, 紫; Pk, ピンク; Bn, 茶; W, 白; N, 灰; Bk, 黒

の試行において回答があった色名を示している。例えば、○の中に"R"と記してあれば、その色票は半分以上の試行において「赤」という色名で回答されたことを示している。何も記号が記されていない場合は、全試行の半分以上を占めた色名がなかったことを意味している。次に、○が太線で記されている場合、この色票の回答は90%以上の試行において一致していたことを表している。さらに、○が二重になっている場合は、その色票に対する色名の回答時間の平均が1.5秒以下であったことを示している。

明所視の1000 lxでは、あらかじめ指定された色名の明確な領域が形成されている。この実験の主たる興味は、この明所視における色同定の特性が照度の低下に伴ってどのように変化するかである。まず、10 lxの結果には、それほど顕著な変化は見られない。しかしながら、回答の一致度には低下が見られ、すでに色の見えが劣化していることが分かる。1 lxになると、色の同定特性には明らかな変化が現れている。特に目立つ変化は、緑の領域への青の進出であり、この照度では緑と青は互いに誤認される危険性がある。また、ピンクとオレンジの置き換えも発生している。最後に0.1 lxの結果を見てみよう。色の回答の被験者間の一致度はさらに低下しており、もはや色彩情報が機能する環境ではない。このレベルでは、緑色の領域は青の回答でほぼ完全に置き換えられている。

これらの結果から、色彩情報が有効に機能し得るのは明所視の照度レベルに限られると言えるだろう。少なくとも10 lx以上の照度が確保されない環境での色の判断には信頼性はない。薄明視の1 lxでは、色はまだ十分に見えている状態にあるが、そこでの見え方は明所視でのそれに比べてかなりシフトしており、色誤認の危険性が存在する。このレベルで誤認することなく識別できるのは、「黄系の色」と「青系の色」の2つ程度のカテゴリーに限られるだろう。さらに色の見えには対象の大きさや背景の色も影響することを考えれば、色彩情報として選択する色の領域には十分なマージンを確保する必要がある。

5. 高齢者の色覚

人の視覚特性は加齢とともに徐々に変化する¹³⁾。ここでは、高齢者の眼光学特性、色の見え、色弁別などの基礎的知見に基づいて高齢者の色覚特性を考える。加齢による変化で表面に現れるのは、眼の光学特性の変化である。もっとも顕著な変化は水晶体レンズの透過率の低下、特に短波長領域での低下が挙げられる。すなわち、極端に言えば、高齢者は眼の前に黄色のフィルターを置いたような状態にある。このことをもって高齢者の見る視覚世界は黄色のフィルターを通して見たように「黄変化」しているとの理解がなされることがある¹⁴⁾。果たしてそうなのだろうか。水晶体の黄変化が色覚知覚に与える影響については不明な点が多く残されているが、現段階の色覚研究の知見によれば、高齢者が見る色の世界は若齢者と比較して大きく変化してはいないといえる。これは、カラーネーミング法によって高齢者の色の見えを調べた研究^{15,16)}、あるいはユニーク色や白色点を測定した研究^{17,18)}により示されている。カラーネーミング法というのは、色の見え方を、それを構成しているユニーク色成分（赤、黄、緑、青）の割合で表現する実験方法のひとつである。例えば、橙色の見え方は赤と黄の何らかの成分割合によって表現できる。この方法を用いた研究では、高齢者と若齢者の間に色の見えの評価に有意な差は見出されていない。ただし彩度に関しては高齢者の評価に低下が見られたことが報告されている。白色点を測定した研究においても、高齢者と若齢者の白色点はほぼ一致しており、黄色のフィルターを通したようなシフトは見られない。つまり同じ光を真っ白と見る。すなわち、色の見え自体は年齢が進んでもおおよそ維持されていると考えられる。さらに佐川¹⁹⁾による最近の研究では、高齢者の色カテゴリー領域は、観察者間の一致度の低下による領域の縮小は見られるものの、若齢者と基本的に変わらないことが示されている。一方、加齢に伴って変化が見られるのは、色弁別能力^{16,20)}である。つまり高齢者は小さな色の差を見分けることが不得手になる。例えば、若齢者にとっての白色は齢者にも白色に見えるが、それと少し異なる色と並べたとき、若齢者にはそれらが区別できても高齢者には区別できないということはあるわけである。

このような高齢者の色覚は、加齢によって生じる眼光学系の変化（黄変化）を補償して、色の見えを維持するための調整（適応）が長期間にわたって進行した結果と見るべきであろう。そして、色の見えを維持する代償として、色弁別能力が低下していると理解できるのではないだろうか。ただし、これは通常の加齢による変化について言えることであり、白内障などの病変を伴う場合には、この限りではない。高齢者の問題としては、むしろこのような個人差について考慮すべき点が多い。

さて、このような色覚の特性を持つ高齢者にとって、色彩情報はいかにあるべきか。まず、色の見えそのものには大きな変化がないとすれば、色のカテゴリーとして明確に区別できる色を選択すれば、高齢者がそれを全く別の色として認識するような問題はなさそうである。ただし、低輝度、低照度、小サイズなど、色の識別に不利な観察条件においては、加齢の効果が顕著に表れることも考えられる。一方、高齢者の色弁別の能力低下を考えると、低明度や低彩度の色は、高齢者には判別が難しいはずである。したがって、小さい色の差、あるいは小さい輝度差によるデザインは問題となる。では、どの程度の色差であればよいのか問わなくてはならないが、具体的なデータは得られていないのが現状である。今後も科学的な研究の蓄積が求められる。

6. 色覚異常と色彩情報

色覚異常^{21,22)}と診断される人は、私たちの少なからぬ割合を占める。日本人男性の場合、約 5%と報告されている。色覚異常は決してまれなケースではない。そして色覚異常の問題は医学の分野のみに帰する性質のものではなく、社会的な倫理と対応が問われる問題である²⁹⁾。生活環境の設計に携わる者はまさにその当事者であることを自覚し、色覚異常の特性を理解した上で、必要な配慮を施すことが責務であろう。色の選択やデザインの工夫によって、色覚異常者が日常の行動において遭遇する不都合の多くは避けることが可能だからである。ここでは色彩情報の観点から色覚異常について考えてみる。(近年、色覚異常の用語について眼科医を中心として議論がなされている²⁴⁾。しかし新しい用語法の合意には至っていない。本稿では色覚異常の呼称とその型については、心理物理分野で一般的な用語²²⁾を用いた。また、以下の議論は、先天性の色覚異常の大部分を占める二色型と三色型の第一及び第二色覚異常を対象とする。)

色覚異常者の色覚体験²⁵⁾はどのようなものだろう。色盲という用語(批判的になっている)から、安易に「色のない世界」を連想するのは全く適切さを欠いている。あるいは赤緑色盲という用語をどこかで耳にしたことがあれば、赤と緑の区別が完全に失われた世界を想像するかも知れない。これも誤解である。実際には色覚異常者も黄や青はもちろん赤や緑も含む「豊かな」色覚世界を見ている^{26,27)}。では、なぜ色覚異常かと言えば、色覚正常者が識別できる色の違いを見分けられないことがあるからだ。すなわち、赤や緑の感覚が失われているのではなく、その変化に対する感受性が低下しているのである。色覚異常が色覚正常と異なる点があるとすれば、それは色の識別性においてといえる。石原式に代表される仮性同色表による検査では、このような色の識別性を検査していることになる。ただし、ある人が検査表(小さな点の集まり)に描かれた色を識別できなかったとしても、その人が別の状況で同じ色を見た場合には容易に区別できることもある。色の識別性は対象の明るさ、大きさ、周囲の色との関係、提示される時間などの条件によって変化するのである。そして、このような色の識別性の程度には、色覚異常と診断された人のなかでも相当な個人差があることも重要な点である。仕事も含めて日常生活上何ら不都合がないという色覚「異常者」が多いのも事実であり、当人にとっては「異常」というレッテルが全く不当なものに感じられるのも当然だろう。ともあれ、色覚異常者が色の識別に多かれ少なかれ困難を抱えていることは事実であり、生活環境の様々な表示や視覚メディアのデザインに適切な配慮²⁸⁻³²⁾が必要であることは間違いない。

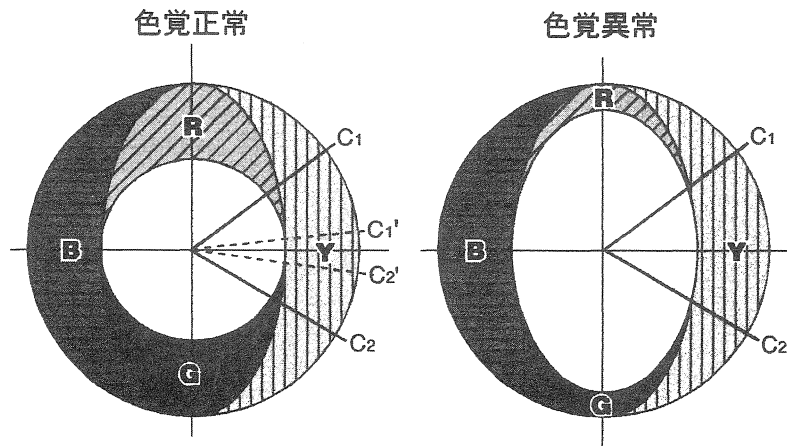


図 2: 色覚異常の色の識別性を説明するための概念図

専門医によれば、第一、第二色覚異常者の色感覚では、基本的に「すべての色から赤ないし緑の成分が減少して(その分が無彩色に置き換わって)知覚される」³²⁾という。例えば、オレンジ(黄+赤)と黄緑(黄+緑)は、色覚正常にとっては識別が容易な色だが、色覚異常を有する人には見分けられない場合がある。二つの色を区別しているのは赤成分と緑成分の違いだけであり、観察状況によっては、色覚異常者にとっては、赤と緑の成分の違いが圧縮され弁別閾下になってしまうのである。図 2 は色覚異常の色の識別性を説明するための概念図である。左側の図は色覚正常の色感覚を表す。色感覚は分析的に見れば、赤、黄、緑、青の 4 つのユニーク色の組み合わせで構成されている^{22,33)}。図の色相環を時計回りにたどれば、純粋な赤に黄の成分が入ってオレンジとなり、次いでユニークな黄色になる。以下同様に、黄緑、緑、青緑、青紫となって再び赤に戻る。中心の白い円は無彩色の成分(白、黒)を表わしており、色刺激の彩度に応じて大きさが変化する。さて、この考え方に従えば、色覚異常の色感覚は右側の図のように表すことができると筆者は解釈する。すなわち色感覚のうち赤の成分と緑の成分が低下

し、無彩色に置き換わった形になっている。ただし、繰り返すが、この低下の程度は個人や観察条件に依存すると考えなくてはならない。この図を参照しながら、オレンジと黄緑のケースを考えてみると、次のように説明できる。まず、オレンジとして C1 で表される色刺激、黄緑として C2 で表される色感覚のうち赤の成分と緑の成分が低下し、無彩色に置き換わった形になっている。ただし、繰り返すが、この低下の程度は個人や観察条件に依存すると考えなくてはならない。この図を参照しながら、オレンジと黄緑のケースを考えてみると、次のように説明できる。まず、オレンジとして C1 で表される色刺激、黄緑として C2 で表される色刺激を選択したとする。このとき色覚正常の C1、C2 に対する色感覚には Y に加えて相当量の R と G がそれぞれ入っており、異なった色として知覚される。しかし、色覚異常の場合には、R と G の成分が低下しているため、C1 と C2 が作り出す感覚の違いはごく僅かになる。このとき色覚異常にとっての C1 と C2 の感覚の差は、例えば、色覚正常の C1 と C2 の差に相当することになる。つまり黄色を挟んで僅かな違いしかない色の弁別を強いられるような状況である。もし、ある人が C1 と C2 を見分けることができなかつたとすれば、その人にとって C1 から C2 の間の色は互いに似通った色として知覚されていることになる。ただし、ここではその主観的な色の感覚がどのようなものであるのかは問わない。あくまでもこの図は色覚異常の色識別の特性を考えるための図と捉えてほしい。このように考えれば、色覚異常も色覚正常の赤、黄、緑、青に相当する色彩感覚を持つこと、しかし、同時にある共通したパターンの色の誤認が生じる可能性があることが理解できるはずである。

さて、色覚異常を有する人が誤認しやすい色の組み合わせは具体的にどのようなものだろうか。岡嶋と中村²⁹⁾はその様な例として次の色を挙げている。1.赤と緑、2.オレンジと黄緑、3.緑と茶、4.青と紫、5.ピンクと白・灰色、6.緑と灰色・黒、7.赤と黒（第1異常）、8.ピンクと青（第1異常）である。色感覚を分析的な視点で捉えれば、これらが基本的に赤あるいは緑の成分の違いによって区別される組み合わせであることがわかる。茶と緑は明度が低下したオレンジと緑であり、いずれも赤・緑成分の違いである。青と紫を区別するのも赤成分の有無である。ピンクは低彩度の色であり、灰色との違いは微量の赤成分のみである。緑と灰・黒も同様である。また、青みを帯びたピンクから赤成分が失われれば、彩度の低い青との区別はなくなる。

色覚異常の色覚の特性、特に日常的な場面における色知覚については、まだよく分からないことも多い。ここでの色の混同の説明はかなり簡略化したものであり、第一異常と第二異常も区別せずに扱っている。これらの型の特徴は赤、緑成分低下による混同という点ではおおよそ一致しているが、実際に混同する色の組み合わせは同一ではない。より正確には色度図上の混同色線²¹²²³¹⁾などで確認することが必要だろう。ただし、類似した色であっても色度の僅かな違いや表面の光沢などの微妙な性質によって識別性が大きく異なることもあるという。また、印刷やディスプレイの色再現の問題もある。信頼できるデータによる検討が有益であることは確かだが、それに基づいた細かい色調整の妥当性には限界がある。むしろ色彩情報の設計のためには、赤と緑の成分で区別される色は避けるという方針を確認することが重要である。色を組み合わせる必要があるときは、それぞれ黄と青を主要な成分とする 2 色の使用に留めるべきであろう。もちろん、それらと背景の色が明度差などで区別されていることが前提である。

さらに、重要なことは色だけに情報を担わせてはならないということである。必要な情報は色（この場合、色相と彩度）に頼らなくても認知できるようにデザインしなくてはならない。本来、人間の視覚にとってパターンの視認性を決定づけているのは輝度差であり、それによって伝達される情報の安定性は高い。例えば、明度による明確な区別、文字や記号の追加、線の明るさ、太さ、模様、形による区別などの対処が考えられる。色による表示パターンの境界に輝度差を持つ「ふちどり」を加えることの有効性も指摘されている³⁴⁾。様々な表示や印刷物のデザインを決定する前に、それをグレースケールに置き換えて確認してみるのも一つの方法だろう。その状態で必要な情報を確実に伝達することができているだろうか。このデザインをベースとして、必要であれば、色の選択に注意しつつ色を補助的な役割として付加することが本来のやり方であろう。

7. むすび

本稿では、照度レベルに応じた色同定の変化、加齢による色覚の変化、及び色覚異常者の色覚特性を取り上げ、色彩情報設計の基礎となるべき人の色覚特性を概観した。色彩情報をうまく利用することによって、確かに探索や分類といった視覚的な行為は促進される。しかし一方、光環境条件や観察者の特性によっては、色の見え方の信頼性は低いものになり、またそれが人為的な障害になることも強調したつもりである。都市から身の回りの機器に至るまで、今日の生活環境は、様々な名目はあっても結局はただ乱雑さが増しているように思える。そして、その乱雑さを埋め合わせるかのように安易に色彩情報が使われていく。まずはこのような色彩情報を見直していく必要があるだろう。そして改めて、人と環境との良好なインターフェイスのあり方を問わねばなるまい。その実現のためには、人と環境の関わりを理解する科学的な基盤がこれまで以上に必要になると思われる。

参考文献

- 1) R.E. Christ: "Review and analysis of color coding research for visual displays," Human Factors, 17, 542-570 (1975)
- 2) 石田泰一郎: "色情報の活用と有効性," 光学, 26, 246-251 (1997)
- 3) B. Berlin and P. Kay: "Basic color terms: Their universality and evolution," University of California Press, Berkeley (1969)
- 4) R.M. Boynton and C.X. Olson: "Locating basic colors in the OSA space," Color Research and Application, 12, 94-105 (1987)
- 5) K. Uchikawa and R.M. Boynton: "Categorical color perception of Japanese observers: Comparison with that of Americans," Vision Research, 27, 1825-1833 (1987)
- 6) Color categories in thought and language, Edited by C.L. Hardin and Luisa Maffi, Cambridge University Press, Cambridge (1997)
- 7) H.S. Smallman and R.M. Boynton: "Segregation of basic colors in an information display", Journal of the Optical Society of America A, 7, 1985-1994 (1990)
- 8) 「照明環境とカテゴリカル色認識 —基礎から応用へ—」, 照明学会, 種々の照明環境における色の認識特性研究調査委員会報告書 (2001)
- 9) 瀬川かおり, 内川恵二, 栗木一郎: "周辺視におけるカテゴリカル色知覚", 照明学会誌, 83, 860-868 (1999)
- 10) 石田泰一郎, 清水友恵, 池田光男: "照度レベル変化に伴う表面色の同定特性", 日本色彩学会誌, 19, 121-129 (1995)
- 11) T. Ishida: "Systematic measurement of color identification under wide range of illuminance levels", Proceedings of 24th Session of the CIE, 57-61 (1999)
- 12) M. Ryuchi and T. Ishida: "Color identification under mesopic lighting environment: effect of stimulus size," Proceedings of AIC Interim Meeting, 39-42, (2000)
- 13) 「高齢者の視覚特性を考慮した照明視環境の基礎検討」, 照明学会, 特別研究委員会報告書 (1999)
- 14) 例えば, 吉田あこ: 「高齢者の視界黄変化を配慮した色彩計画」, 高齢者のための建築環境 (日本建築学会編, 彰国社) 96-106 (1994)
- 15) B.E. Scheffrin and J.S. Werner: "Age-related changes in the color appearance of broadband surfaces", Color Research and Application, 18, 380-389 (1993)
- 16) 佐藤千穂: "加齢に伴う色の見えの変化", 照明学会誌, 82, 530-537 (1998)
- 17) B.E. Scheffrin and J.S. Werner: "Loci of spectral unique hues throughout the life span", Journal of the Optical Society of America A, 7, 305-311 (1990)
- 18) B.E. Scheffrin and J.S. Werner: "Loci of achromatic points throughout the life span", Journal of the Optical Society of America A, 10, 1509-1516 (1993)
- 19) 佐川賢: "観察者の年齢と照度の影響", 照明環境とカテゴリカル色認識 —基礎から応用へ—, 照明学会, 種々の照明環境における色の認識特性研究調査委員会報告書, 33-36 (2001)
- 20) K. Knoblauch, et al.: "Age and illuminance effects in the Fransworth-Munsell 100-hue test," Applied optics, 26, 1441-1448, (1987)
- 21) 「色覚の考え方 眼科治療プラクティス 66」, 北原健二(編), 文光堂 (2001)
- 22) 「色彩工学の基礎」, 池田光男(著), 朝倉書店 (1980)
- 23) 「眼科オピニオン色覚異常」, 深見嘉一郎(編), 中山書店 (1998)
- 24) 長澤和弘: "色覚異常の用語," 「色覚の考え方, 眼科治療プラクティス 66」, 文光堂, 80-81, (2001)
- 25) 長澤和弘: "2色型第2色覚(第2色盲)の色覚体験", 眼科, 41, 317-321 (1999)
- 26) 金子隆芳: 「色の科学」 朝倉書店 (1995)
- 27) 村上元彦: 「どうしてもが見えるのか」 岩波新書 (1995)
- 28) 岡島修, 中村かおる, 長澤和弘: "色覚異常者にも見やすいスライド使用色", 臨床眼科, 52, 1215-1218 (1998)
- 29) 岡島修, 中村かおる: "日常生活上のアドバイス," 「色覚の考え方 眼科治療プラクティス 66」, 文光堂, 28-31 (2001)
- 30) 畑田豊彦: "色覚異常 —先天性赤緑異常", 「眼科オピニオン色覚異常」, 中山書店, 247-252 (1998)
- 31) 「色覚異常者に配慮した色づかいの手引き 色彩バリエーションマニュアル」, 高柳泰世, 金子隆芳(著), ばすてる書房 (1998)
- 32) 長澤和弘: "「色弱者」と眼科医," 「眼科オピニオン色覚異常」, 中山書店, 262-252 (1998)
- 33) 「どうしても色は見えるのか」, 池田光男(著), 平凡社 (1992)
- 34) 長澤和弘: "意外に大きい「ふちどりの効果」," 「色覚の考え方, 眼科治療プラクティス 66」, 文光堂, 38, (2001)