色 順 応 に つ い て†

正 会 員 森 礼 於**

1. 色順応の現われ

わが国ではけい光灯はまず昼光色から普及した。この頃始めて昼光色けい光灯で照明された室に入った人が最も印象的に感じたことは、おそらくそれが明るいことや、その色が‘青白い’ということよりもその室から外の白熱電球を見た時に意外な程赤く見えたことではなかったであろうか。夕方家庭で室内が暗くなつて来ると白熱電球にスイッチを入れる。その瞬間は室内の物総てが黄がかって見えるが、何時の間にかそれが気にならなくなり、昼光の下で白かったのは白く、青かった物は青く見えて来る。このように眼がその時、あるいは直前に見た主な光色に馴らされて、その結果物理的には異った色が感覚的に等しく見えたり、あるいは物理的には等しい刺激が異なつて見える現象を色順応 (color adaptation)* と呼んでいる。

もう1, 2例を挙げよう。スキー場でサングラスを一寸外した時、あるいは青緑に着色した熱線防止ガラス窓付の自動車から降り立った時、周囲の光景はいちぢるしく色づいていて、それまで甚だしい色順応の状態にあったことを感じさせる。これは残像の補色とも呼ばれる色順応の現われである。

また、同じ赤紫の点でも例えば黄の背景の上に置かれたものは紫味に感じ、青背景の上では赤によって感じる。(これは色紙で簡単に実験できる) これは同時色対比とも呼ばれる色順応の現われである。

2. 色順応研究の実用性

この色順応の現象は、それ自体面白いということだけでも研究の対象になりうる。さらにこれは最初に述べた

* 色順応という術語は眼の感度が色に馴れて次第に変化する過程を表わす場合と、変化してしまった眼の状態を表わす場合とがある。ドイツ語ではこれを *Farbumstimmung* と *Farbstimmung* とで区別している。前者は生理学、心理学方面で興味をもって研究されている(例えば文献7)が、ここでは工学的に重要な後者のみを扱う。

† On Color Adaptation

Leo Mori

昭和32年6月22日、照明学会、色彩科学協会、光学懇話会、写真学会合同講演会における講演をまとめたものである。

** 東京芝浦電気株式会社、マツダ研究所

例のように光源の演色性に密接に関連し、またカラー写真やカラーテレビの忠実度を論ずる時に忘れてはならない基礎要素である。色順応はこれら実用物の基礎になっているばかりでなく、色の見え方を良くするために積極的に利用することもできる。実際カラーテレビの撮影では対象物の色の見えをよくするために色可変の発光面を背景に用いることが工夫され³⁶⁾、昭和32年の東京国際見本市ではそれが実施されていたということである。

それで欧米では主に照明、写真等の技術者によって盛んに色順応についての研究が行われている。筆者もけい光灯の演色性に関連してこれについて若干述べたことがあるが、¹⁹⁾ ここではその後の筆者の研究もおりまぜて諸外国の主だった研究について御紹介する。筆者の浅学故にここに紹介するものは総べて光学関係の諸雑誌(それも東欧諸国のものは除く)に発表されたものばかりであることをおことわりしておく。

3. 定量的実験方法

色順応という現象を色彩科学の立場から扱い諸種の技術問題の基礎とするには、まずこれを定量的に評価する

第1図 色順応の定量実験法

実験方法がなくてはならない。現在までの所、第1図に示すような3種の実験方法が用いられている。

3. 1 継時 (記憶) 比較

試料色を2つ列べて比較する同時比較では色順応の影響を知ることにはできないが、第1図1.のように順応視野に囲まれた1つの試料色を順応視野に順応した状態で見て、次に別の順応視野と試料色を見ると、両者の試料色の感覚が等しいか等しくないかが判定できる。これは継時比較 (successive comparison) または記憶比較 (memory comparison) と呼ばれる方法で Bouma, Kruithof^{3,5,9)} により実行された方法である。Bouma, Kruithof はこの方法で色順応による色相感覚のずれを主として実験し、Godlove¹³⁾ は色相、彩度の変化を、さらに Helson, Judd 等^{17,31)} は色相、明度、彩度のずれを定量的に論じた。

この方法は実際にある照明の下で物を見るのと同様な条件で実験できることが長所である。しかし単に前に見た色を記憶していて、後に見た色と比較すると、Newhall³⁵⁾ 等が指摘したように相当大きな系統誤差を生ずるおそれがある。従って観察者は色の見えを色相、明度、彩度の数値で表現することを前もって訓練し、色感覚を数量化しなければならない。このように観察者に熟練を要することが短所であり、どうしても精度の高い実験値が得がたい。それでこの実験の結果を理論値と比較することは困難である。この点からは Kruithof²⁷⁾ は継時比較の実験値の処理法について工夫を述べている。

3. 2 両眼視比較

われわれは2つの眼を持ち、しかも両眼を別個の色順応の状態におくことができる。実際に片眼だけにしばら

くの間サングラスを掛けておいて脱した直後左右両眼を交互に閉じて風景を見ると、サングラスを掛けていた眼にだけその色に対する順応の起っていたことが分る。したがって第1図2.のように左右両眼でそれぞれ順応視野と比較視野とから成る別個の視野を見ると、異なった色順応状態の下での2の視野の色感覚を同時に比較することができる。

もう少し実験方法について説明を加えよう。左右両眼はそれぞれ第2図Aのように順応色で囲まれた試料視野または比較視野と暗黒とを半分づつに区切って列べた視野を見る。これを上手に両眼重ね合わせを行うと、第2図Bのように左の試料視野と右の暗黒部、また右の比較視野と左の暗黒部とを重ね合わせて、両者を相接して比較することができる。この重ね合わせを容易にするために両眼の周囲視野に fixation spots を入れる場合もある。例えばまず左の周囲視野を CIE の A 光の光色とし、右の周囲視野を CIE の C 光の光色として、左の試料視野 Sa 光と等感覚に見えるように右の比較視野 Sc' を調整する。次に右の視野はそのままとし、左の周囲視野を C 光に変えてその試料視野が Sc' と等感覚に成るように調整してこれを Sc とする。以上の実験によって A 光順応で見た Sa 光と C 光順応で見た Sc 光とは等感覚を生ずることが結論される。試料視野、比較視野は色彩計頭部となっていて、その色表示が明確に求められるものであれば、Sa と Sc は定量的に表わされる。またこの実験操作によれば左右両眼の感覚に相違があったとしてもそれは消去されてしまう。

この方法の長所は普通の同時比較に近い精度の高い数値の得られることであるが、実験条件が実際にわれわれが平素両眼で物を見ている条件とあまりにも違うために系統的な誤差の入る心配がある。両眼の感覚に交互作用が働くか否かは今も疑問のある所である。

この方法は Wright 等^{1,4,7)} が利用して以来、Hunt¹¹⁾ Burnham 等^{16,34)} Winch^{15,18)} をはじめとして多くの研究者^{23,26,29)} に用いられた。筆者もこの方法で若干の実験を行った。中でも Burnham, Evans, Newhall¹⁶⁾ の実験は量が多いので、理論値との対照等によく引用される。彼等はこの方法を単に両眼視比較 (binocular comparison) という和普通に両眼で物を見ることと混同するおそれがあるとして両眼隔視比較 (binocular septum comparison) と呼んでいる。

3. 3 分割視野交照比較

大きな紙を縦線により2分し、左右を例えば青と黄に塗り分けたものの中心を30秒程度注視してから別の絵画等に眼を移すと、青を見た半分は黄がかって、黄を見た半分は青がかってはっきり異なった色に見える。このような網膜の部位に対応して起る色順応を局所順応 (local

第 2 図 両眼視比較の視野の例

adaptation) という。

MacAdam³³⁾ はこの現象を利用して最近新しい実験方法を提案して実行した。第1図のようにまず左右両半が異なって順応色となっている2分順応視野を注視し、次いで短時間左右両半が試料および比較色になっている比色視野に変えて、再び前と同じ順応視野にもどす周期を繰返す。眼の局所順応のために前述のように比色視野の左右に等しい刺激を出すすと異なった感覚を生ずる。比較視野を適当に調整すると左右を等感覚にすることが出来るので、両眼視比較の場合と同様に異なった順応状態で等感覚を生ずる色刺激が定量的に求められる。

交照の周期は例えば順応視野10秒、比色視野1秒として、できるだけ順応視野のみで順応状態が定まるようにする。

4. 実験結果

前記の諸実験の結果はいずれの場合でも、異なった色順応状態で等しい色感覚を生ずる色刺激の対として表わされる。第3図は筆者による両眼視比較実験の結果の数

第3図 D,W,I点に順応して等感覚に見える色度の関係

例であって、色度図上に実線の折線で結ばれた3点は左から図のD点、W点およびI点で表わされる色度の周囲視野に順応した時に等感覚に見える試料視野の色度点である。D,W,I点はそれ昼光色い光灯(色温度6,500°K)、白色い光灯(色温度4,500°K)および白熱電球(色温度約2,800°K)で照明された白壁の色度である。白壁が完全な無彩色でなかったため、これらの点は光源自身より低い色温度の色度点にずれている。

この図から2種の順応状態で等しく見える色度点の間には系統的な関係のあることが予想される。この色対の

第4図 緑(G)光とピンク(P)光に順応した時に等感覚に見える色度の関係 (MacAdam³³⁾)

第5図 A光順応(実線)とB光順応(点線)で等色相に見える色度軌跡 (MacAdam¹²⁾)

3刺激値の間に一次斉次変換の関係式が成立つと仮定して(後述)、主な5色に対する実験値からこの変換係数を算出して、この関係式によるD光順応とI光順応で等感覚になる点を求めて結ぶと破線のようになる、この計算式による色ずれは色度図上の広い範囲で実験結果と矛盾なく合っていることが表われている。

第4図はMacAdam³³⁾ による緑順応とピンク光順応(図中の+印)で等感覚に見える色度の関係を示している。(分割視野交照比較)。このような有彩色による色順応のデータは未だあまり多くなく、実用的にも種々のいわゆる白色光に順応した場合の色ずれが問題になるので、以下は主として昼光順応と白熱電球光順応の關係に特に注目することにする。

MacAdam^{12,14)} はまた順応状態を変えた場合に等色相, 等彩度に見える色度軌跡を求めている. 第 5 図は電球光 (CIE の A 光) 順応と昼光フィルタ付電球光の (CIE の B 光のやや緑味のもの) 順応とで等色相に見える点が異なることを示したものである. 第 1 節に述べた赤紫の色が順応光によって色相が異なって見えることがこの図からも予想される.

Helson^{2,10,25)} その他は色順応の無彩感に対する影響を調べて, 普通色光に順応した眼には非選択性の拡散面は無彩色に見えるが, これも順応輝度よりずっと高い場合は色光と同色相に見え, 逆に順応輝度よりずっと暗い物では補色色相を感じることを述べている.

5. 色順応の理論

CIE 系の表色系は総て一定の状態で見えた色を表わすことを目的としていて, 順応状態まで考慮して色感覚を一義的に表わすことはできない. これに対して Spencer⁶⁾ は順応色と試料色の両者の色刺激値をもとにして, 一般の色感覚を 6 素子テンソルで表わすことを提案しているが, 今のところ実験の裏付けがなく, 試案の域を出ていない.

そこで現在の段階では色順応の状態が変わると, 等感覚に見える色刺激がどのようにずれるかということだけが論じられる. その一つの方法は他の色覚の現象とは無関係に色順応の実験結果だけから実験式を立ててこの関係を論ずるものであり, 他は別の色覚現象の説明に便利な色覚の理論により色順応を説明しようとするものである. この場合の色覚の理論としては Young, Helmholtz の 3 原色説と, Hering 流の対偶色説によるものとに分けられる.

6. 三原色説による説明

6. 1 三原色説と von Kries の係数の法則

眼には互に独立な分光感度を持つ 3 種の感光器があってこの出力比が色感覚として感じられるというのが 3 原色説である. 混色の現象はこれで美事に説明され, また色盲の問題も 3 種の色盲についてまでは定量的な説明を付けることができる.

この 3 種の分光感度を基本感光曲線 (fundamental response curves) と呼び, その原色点を生理的 3 原色 (physiological primaries) または基本色 (fundamental colors) と呼ぶ. CIE のスペクトル刺激値曲線はこの基本感光曲線の一次変換として表わされる筈である.

このような 3 原色で色順応を説明するにはさらに仮定がいる. ここに von Kries の係数の法則 (coefficient law) として知られる次の法則がある. 「基本感光曲線の形は色順応によって変わらないが, その感度の絶対値

は順応光の基本刺激値の比に逆比例して変化する.」これを数式的に表わすと次のようになる. 基本 3 刺激値が R, G, V の試料光を R_L, G_L, V_L の L 光に順応して見た時の 3 色感覚量は

$$R/R_L, \quad G/G_L, \quad V/V_L$$

で表わされる. M 光 (R_M, G_M, V_M) に順応して見た第 2 の試料光 (R', G', V') がこれと等感覚を起すとすれば,

$R/R_L = R'/R_M, \quad G/G_L = G'/G_M, \quad V/V_L = V'/V_M$ となるので, R, G, V と R', G', V' との間の関係は次のとおりである.

$$\left. \begin{aligned} R' &= R (R_M/R_L) \\ G' &= G (G_M/G_L) \\ V' &= V (V_M/V_L) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

6. 2 色盲から求めた三原色を用いる場合

基本色として Judd が Pitt の色盲の混同色の実験から整理して求めた 3 原色点 R ($x=0.747, y=0.253$), G ($x=1.00, y=0.00$) および V ($x=0.16, y=0.00$) を用いると, これによる 3 刺激値 R, G, V と CIE 3 刺激値 X, Y, Z との関係は

$$\left. \begin{aligned} R &= 1.00 Y \\ G &= -0.46 X + 1.36 Y + 0.10 Z \\ V &= 1.00 Z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

となる.

今順応光として等輝度の A 光と C 光とを考えると, これらの X, Y, Z 値は知られているので, それを (2) 式に入れると,

$$\begin{aligned} R_c &= 1.000, & G_c &= 1.027, & V_c &= 1.181 \\ R_A &= 1.000, & G_A &= 0.890, & V_A &= 0.355 \end{aligned}$$

となる. これを (1) 式に入れると, A 光順応で見た R, G, V 刺激と等感覚を生ずる C 光順応で見た刺激値 R', G', V' が得られる. さらにこれを (2) 式の逆変換で X, Y, Z と X', Y', Z' との関係に直すこともできる.

$$\left. \begin{aligned} X' &= 1.154 X - 0.458 Y + 0.473 Z \\ Y' &= 1.000 Y \\ Z' &= 3.327 Z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

第 6 図 電球光から晝光に変える時の色物の感覚変化 (Helson, Judd, Warren¹⁷⁾: 中程度の明度の場合)

これはいいかえればC光順応からA光順応に変えた際の同じ色光に対する感覚の変化を表わしている。

実際に色物を照明を変えて見た時の感覚の変化は、この色順応の影響と同時に反射光の色刺激の変化にもよる。後者は普通の測色計算で分かるので、前記の色順応の理論式と組合わせると、照明を屋光から電球光に変えた時の色物の色感覚変化が予想できる。第6図は Helson 等¹⁷⁾による継時比較の実験値とこの理論値の対照を修正マンセル系の等明度面で行ったものである。

MacAdam³³⁾は Judd の3原色をそのまま用いるよりも、G原色を $x=1.75$, $y=0.75$ に変えた方が実験との一致がよくなると述べている。

6. 3 図形的解釈

異なった色順応で等感覚を起す色度点の関係は(3)式のような一次斉次変換で表わされるが、この色度の変換は

第7図 3原色色順応理論の図形的解釈 (Wyszecki)

簡単な作図で求められることを Wyszecki ^{21,22)} が報告した。この式のようにA光順応とC光順応との関係を求めることにする。第7図のように3原色点P,D,Tと2つの順応色度点A,Cの合計5点によって1つの円錐曲線 s_1 (ここでは双曲線) が定まる。この曲線上の1点 U_1 からA,C二点を通る直線を引くと、この2直線は一次変換のcorresponding line であって、 U_1 A上の点は上 U_1 C上に変換される。

任意の点Kから(3)式の変換によって得られる点 K' を求めるには次の手順によればよい。

- (1) T,C,A,P,Dを通る円錐曲線を描く。

- (2) KAを結び円錐曲線との交点を U_1 とする。
- (3) U_1 Cを結ぶ。 K' はこの直線上にある。
- (4) PDTを通る別の任意の円錐曲線 S_2 (便宜上平行2直線) を引き DPACTとの第4の交点をSとする。
- (5) ASおよびCSを結び、その新しい円錐曲線との交点を B_2 , B_2' とする。
- (6) KB_2 を結び新しい円錐曲線との第2の交点を U_2 とする。
- (7) U_2 B_2' を結ぶと K' はこの直線上にある。
- (8) U_2 B_2' と U_1 Cの交点が K' でA光順応で見たK点とC光順応で等感覚に見える色度点である。

6. 4 実験値からの基本色の推定

以上は基本色点が決まっていの場合の色順応を数量化する方法であつたが、その逆に色順応の実験結果から基本色を推定することもできる。ただこの場合は一般に色順応の実験値は精度、確度共に不充であるためか、なかなかもらしい値が得られない。

Wright⁷⁾ およびWalter⁴⁾ はまず最も原始的な方法で原色点を求めることを試みた。彼等は基本色が実在色の

第8図 各種の実験から求められた生理的原色

範囲中にあれば、その色視野をつくると、順応状態をいかに変えてもその色度感覚は変わらない筈であるということを考えて、かような色度点を捜し求めた。その結果赤原色は赤スペクトル端にあり、青紫原色は青紫スペクトル端にあるらしいことが分ったが、緑原色ははっきり定められなかった。そこで考えを進めて混色曲線の形から緑原色は色度図のスペクトル軌跡の長波長における直線部の延長上にあることを推定して、緑から赤の間の色の色順応による色ずれの実験値を比例的に考えて緑原色の位置を求めた。また Fry²⁴⁾ はこれと似た考えで若干処理方法を変えて別に緑原色を求めた。

これに対して色順応の全般的な実験結果から3基本色点を求めることも試みられている。最初にこれを行ったのは Bouma, Kruithof⁹⁾ であって、彼等は相当不確実ながら一応3つの基本色点を求めた。もっと精密には Brewer²⁰⁾ が Burnham, Evans, Newhall¹⁶⁾ のデータを処理してこれを求めている。しかしこの場合も総ての観測者については3基本色が求められず、解が虚になってしまうので、3つとも求められたのは1人の観測者の場合だけである。MacAdam³³⁾ も彼の実験データの一部から Brewer と同じ方法で基本色を求めている。これらによる基本色の位置を各種の色盲実験による位置と共に第8図に示した。これらの基本色を求めるもとなつた実験には精粗の別、実験数の多少の差等があつて一概に比較することはできないわけであるが、このように全く異なつた結果の得られていることは、実験方法の不備によるばかりでなく、3原色説の限界を示しているものと考えられる。

6. 5 三原色説の補正 (多原色への発展)

前記のように3原色説と係数の法則とで色順応は一応もっともらしい説明がつけられるけれども、その結果を見るとこの理論は単に第一近似にすぎず、視覚という現象はそんなに簡単なものではないことが分る。

そこでもっと確度の高い理論が望まれる。その一つの方法として Burnham 等³⁴⁾ は色順応による色ずれを(3)式のような一次齊次変換でなく、一次ではあるが齊次ではない次のような関係式で結び付けられるものと考えた。

$$\begin{cases} X = m_{11} X' + m_{12} Y' + m_{13} Z' + m_{14} \\ Y = m_{21} X' + m_{22} Y' + m_{23} Z' + m_{24} \\ Z = m_{31} X' + m_{32} Y' + m_{33} Z' + m_{34} \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

彼等は順応光をA光からC光に変えた時の修正実験値からこの係数を求めている。この実験式による計算値と実験値との差を図に示すと第9図のようになって、両者は非常に良く合っていることが分る。これが現在まで色順応の実験値を数式処理した結果で最も良いものである。

一方 MacAdam³³⁾ は眼には3つより多くの感光機

構があつて、それがそれぞれ von Kries の係数則に従つて順応による感度変化を起すと考えた。ただしこの場合も色の感覚としてはやはり3次元で、この4種以上の感光器の出力が何処かで合成されて3レスポンスを脳に伝えるものとした。在来の3色説による理論の実験との差が小さくなるように第4の感光機構を定めた所が、まだ系統的誤差が残つた。そこでまた第5の機構を考え、

第 9 図 色順応による色ずれの実験値と実験式計算値との差
(Burnham, Evans, Newhall³⁴⁾)

その結果からさらに第6の感光機構まで仮定している。この漸進はあたかも肉眼で見える諸惑星の軌道計算から天王星、海王星さらに冥王星を発見して行った経過を思わせるものがある。しかし重大な違いは MacAdam の推定はあくまでも紙上のものであつて、それら第4～6の感光機構が彼の言うような形で実在することは他の視覚現象からは今の所裏付けられていないことである。

7. 四色説による説明

色盲の説明等では3色説よりも Hering の対偶色説の方が優位を占めている様子で、現に第4の感光機構の分光感度が本川氏等によつても測定され、それが視覚現象に持つ意義まで論じられている。

Hurvich, Jameson³²⁾ は対偶色説を新しい色彩学の立場から数量的に根拠づけることを行っているが、その中で色順応を重要な問題として取上げている。まず純心理的な実験から等エネルギー光順応の時の4原色の感光機構の分光感度曲線を求め、これに von Kries の係数則を適用して、C光順応の時の感光曲線と、A光順応の時の感光曲線とを求めると第10図のようになる。この図にはA順応では赤、黄の感度が下り、青、緑の感度の上がることが示されている。

この4色説でもやはり色感覚としては3レスポンスになると考えていて、第10図の感度曲線からA→C光の順応変化の場合の感覚変化を色度図上の値として計算することができる。この感覚変化の理論値を Burnham 等の

第10図 A光およびC光順応の時の4色感度
(Hurvich Jameson³²⁾)

第11図 4色説による色順応の理論(太線)
と実験値(細線)の対照
(Hurvich Jameson³²⁾)

初期の実験値と比較すると第11図のようになる。この図

で見ると理論と実験の合致は3原色説の場合に比べて別に改善されていない。しかし他の色覚現象を説明することにも成功した4色説で色順応も説明されたことは興味があると思う。

8. 色順応実験結果の実地への応用

ここまで述べてきたように色順応の実験の結果と、それについての理論はなかなか多い。しかしこれを光源の演色性やカラーテレビ、カラー写真の色再現等の実地面に応用している例はあまりない。

光源の演色性は前にも述べたとおり光源の分光エネルギー分布による色刺激の変化と、光色に順応したことによる感覚の変化とによって定まる。そこで後者の色順応による色感覚の変化が公式化すれば、あとは普通測色の計算によって求める色刺激の値と組合せることによって、任意の光源の演色性を定めることができる。筆者はこの考えから第3図の実験結果を数式化したものと測色計算の組合せで昼光から電球光に変えた場合に色感覚がどうずれるかを図に示した。第12図はその1例でマンセル色票を昼光照明から電球光照明に変えた時の色刺激のずれ、およびそれを電球光順応で見た場合はどの程度色

第12図 光源をC光からA光に変えた時の色刺激のずれと色感覚のずれ

感覚が補正されるかを示したものである。これによると大体において昼光から電球光に変えた時の色刺激のずれと、色順応による色感覚のずれとは逆方向の変位であって、光源を変えても色の見え方はあまり変わらないといういわゆる色感恒常が成立つことが分る。しかしこれが相当によく成立つのは比較的低い彩度の色か、または青、黄赤付近の色相に限られている。例えば赤紫の試料

は光源を変えた時の色刺激の変化の大きいのに対して、色順応による色感の補正は不充分で、昼光から電球光に変えると赤にずれて感じられる。逆に彩度の高い緑試料では色刺激のずれよりも色感の変位の方が大きく、照明を昼光から電球光に変えるとむしろ青にずれて感じられる。この傾向は Winch, Young¹⁸⁾ が全く実験的に求めた色感覚の変化でも裏付けられる。第13図はその昼光から電球光に変えた時の色感覚のずれを示したものである。

色順応の実験をけい光放電管の演色性の判定にまで用いているものにはこの Winch 等の他に Helson, Judd, Wilson³¹⁾ の継時比較のものもあるが、これは理論と実験の一致は良いとは言いがたい。

9. 将来への課題

以上述べてきた色順応研究の現状を概観すると将来への課題も明らかになると思われるのでむすびとしてこれをまとめてみよう。

(1) 実験方法については継時比較、両眼比較、および分

第 13 図 照明を B 光から A 光に変えた時の色刺激と色感覚のずれ (Winch Young¹⁸⁾)

割視野交照比較とそろっていて、ほぼこれで充分であると思われる。今後の問題はこれらの方法に固有な系統誤差を求めて実験結果をいかに補正すればよいかを定めることが残されている。

(2) 理論については 3 原色説で第 1 近似の理論は完成されている。この原色点をもっと正確に定めることと、さらにより高度な理論が確立されることが望まれる。そしてさらに技術者の者からの希望としては、種々の色覚現象を一括して人間の色覚機構が、たとえそれが仮定的なものであっても、一つの模形機構で表わされれば非常に便利であろう。丁度眼の光学作用を説明するのに要式眼が作られたように。

(3) 色順応の理論を実地の問題に応用することは、光源の演色性についてようやく緒についたばかりである。

しかし元来これは実用を目的として研究されたものであり、また現在の第 1 近似の理論でも相当に有益な知識を与えるので、今後この応用はますます盛になるであろう。

本文をまとめるのにあたって御指導いただいた東莞博士ならびに実験に協力された慶応大学宮尾亘氏に厚くお礼を申上げる。

10. 色順応の主要文献 (年代順, 1931 以降)

- 1) W. D. Wright: The measurement and analysis of colour adaptation phenomena [Proc. Roy. Soc (London) B 115 (1934) 49]
- 2) H. Helson: Fundamental problems in color vision I. The principle governing changes in hue saturation and lightness of non selective samples in chromatic illumination [J. exp. Psychol. 23 (1938) 439]
- 3) A. A. Kruithof & P. J. Bouma: Hue estimation of surface colours as influenced by the colours of surrounding [Physica 9 (1942) 957]
- 4) H. V. Walters: Some experiments on the trichromatic theory of vision [Proc. Phys. Soc. B 131 (1942) 27]
- 5) P. J. Bouma: Hue estimation of surface colour [Physica 10 (1943) 36]
- 6) D. E. Spencer: Adaptation in color Space [J. Opt. Soc. Amer. 33 (1943) 10]
- 7) W. D. Wright "Researches on normal and defective colour vision" H. Kimpton Publishers (London, 1946)
- 8) H. Helson & J. Grove: Changes in hue, lightness and saturation of surface colors in passing from daylight to incandescent lamp light [J. Opt. Soc. Amer. 37 (1947) 387]
- 9) P. J. Bouma & A. A. Kruithof: Chromatic adaptation of the eye [Philips Tech. Rev. 9 (1947/48) 257]
- 10) H. Helson & W. C. Michels: The effect of chromatic adaptation on achromaticity [J. Opt. Soc. Amer. 38 (1948) 1025]
- 11) R. W. G. Hunt: The effects of daylight and tungsten light adaptation on color perception [J. Opt. Soc. Amer. 40 (1950) 362]
- 12) D. L. MacAdam: Loci of constant hue and brightness determined with various surrounding colors [J. Opt. Soc. Amer. 40 (1950) 589]
- 13) I. H. Godlove: Color change from daylight to night light calculated and observed [J. Opt. Soc. Amer. 41 (1951) 396]
- 14) D. L. MacAdam: Influence of visual adaptation on loci of constant hue and saturation

- [J. Opt. Soc. Amer. 41 (1951) 615]
- 15) G. T. Winch & B. M. Young: Colour and lighting II Objective and subjective correlations and choice of illuminants [G. E. C. Jour. 18 (1951) 88]
 - 16) R. W. Burnham, R. M. Evans & S. M. Newhall: Influence on color perception to illumination [J. Opt. Soc. Amer. 42 (1952) 597]
 - 17) H. Helson, D. B. Judd & M. H. Warren: Object color change from daylight to incandescent filament illumination [Illum. Engng. 47 (1952) 221]
 - 18) G. T. Winch & B. M. Young: Colour and lighting III Quantitative aspects of subjective colour rendering [G. E. C. Jour. 19 (1952) 203]
 - 19) 森: けい光灯の演色性の評価法 [照学誌 37 (1953) 371]
 - 20) W. L. Brewer: Fundamental response function and binocular color matching [J. Opt. Soc. Amer. 44 (1954) 207]
 - 21) G. Wyszecki: Beitrag zur valenzmetrischen Untersuchung der Umstimmung [Farbe 3 (1954) 93]
 - 22) G. Wyszecki: A graphical interpretation of a three component theory of chromatic adaptation in terms of the CIE chromaticity diagram [J. Opt. Soc. Amer. 44 (1955) 787]
 - 23) H. Frieser u. R. Reuther: Zur Frage der Umstimmung [Farbe 4 (1954) 165]
 - 24) G. A. Fry: Chromatic adaptation and the red and green fundamental stimuli [Farbe 4 (1955) 175]
 - 25) H. Helson: Color and seeing [Ill. Eng 50 (1955) 271]
 - 26) C. Kellershohn: Adaptation chromatique et lumière blanche [Farbe 4 (1955) 159]
 - 27) A. A. Kruithof: Chromatic adaptation with near white backgrounds [Farbe 4 (1955) 147]
 - 28) D. L. MacAdam: Color balance for television [Proc. I. R. E. 43 (1955) 11]
 - 29) C. L. Sander: Comparison of binocular colour matches with the matches expected from trichromatic theory of vision [Farbe 4 (1955) 172]
 - 30) 森: 応物講演会予稿 (1955)
 - 31) H. Helson, D. B. Judd & M. Wilson: Color rendition with fluorescent source of illumination [Illum. Engng. 51 (1956) 329]
 - 32) D. Jameson & L. M. Hurvich: Some quantitative aspects of opponent color theory III Changes in brightness, saturation and hue with chromatic adaptation; IV A psychological color specification system [J. Opt. Soc. Amer. 46 (1956) 405, 416]
 - 33) D. L. MacAdam: Chromatic adaptation [J. Opt. Soc. Amer. 46 (1956) 500]
 - 34) R. W. Burnham, R. M. Evans & S. M. Newhall: Prediction of color appearance with different adaptation illuminations [J. Opt. Soc. Amer. 47 (1957) 35]
 - 35) S. M. Newhall, R. W. Burnham & J. R. Clark: Comparison of successive with simultaneous color matching [J. Opt. Soc. Amer. 47 (1957) 43]
 - 36) R. G. Williams: New variable-color luminous studio wall [J. SMPTE 66 (1957) 401]

新 刊 紹 介

稲村 耕雄 著
光 文 社 発行

大きむB6 ページ202
定 価 180 円

色 いろ は 小 事 典

光文社から最近に売り出している「カッパ・ブック」のなかの1冊であって、著者は「色いろは」は色のA, B, Cのことであるといっているが、なんのことはない色に関するものを「いろは」48文字形式に並べた随筆集と思えばまちがいがなく、どこのページをめくっても一つの話題をひろうことができるようにまとめている。正に小事典といわれるのもそのためであろう。

われわれの生活は色一色に塗りつぶされており、色を

取り除いては生活を美しく、しかも明るいものにすることはできない。そのわりに現代人が色に対する常識は必ずしも豊かとはいえないものがある。

この小冊子はむずかしい理論を説くとか、あるいはむりにわからせようとするおしつけがなく、知らず識らずのうちに色に親しみを持つことができ、円満な常識人をつくるのに十分な内容をもっている。谷崎潤一郎の小説「鍵」に表わされているけい光灯についての診断はなかなかよく、この類のものは他にもまだあると思うが、もっと取りあげてほしい。

通勤や旅行、あるいは小休止などに軽い気持ちに読める強みがあるので、ぜひ一読を、おすすめしたい。

(須田棟介)