カラービジョン†

専門会員 金子 隆芳*

今回の AIC 大会には、私は文部省在外研究（短期）の出張命令でロンドンに行く途中に参加することができたが、日程の都合で、自分のポスター・セッションの発表日を含めて 2 日しか出席しなかったため、他の関連研究については印刷資料に基づいて報告する。

私の研究発表は、いわゆるベンハム・カラーについてである。ベンハム・カラーは有名な現象であるが、それがどのような色であるかが、測色学的な座標の上で定説となっているということがない。そこで私の研究はこれをマンセル極座標の上に表示することを主目的とし、かたわらいわゆるベンハム・パターンの変形をつくって、パターンのどの部分が、色の発生にどのような効果をもっているかを調べようとしたものである。そこで、タイトルは **Presentation of the Benham color on the Munsell space and some analysis of determiners of the color** となっている。

実験では、通常のベンハム・ディスクのかわりにドラムを使用した。そのほうが各種パターンの製作が便利であり、色の発生機序に関しては、ディスクと基本的に異なるところはないはずである。観察者はドラムの回転によってそのパターンのストライプ上に発生する色を、手もとのマンセル色票とマッチさせる。その結果得られたマンセル極座標上におけるマッチング・ポイントの分布状況を見るのであるが、色が見えないという無彩色反応が意外に多く、また見えた色もあらゆる色相にわたった。しかしプロットの主たる集団は、ストライプの位置に応じて、YR-Y-GY の領域から P-PB-B の領域に移行し、R が少ないことを除けば従来の定性的観察と矛盾しない。ベンハム・カラーは照度や回転速度によっても変わるので、R が少ないのは高照度（3,000 lx）のせいだったかもしれないが、プロットの個人間分散はとにかく大きく、ベンハム・カラーを色空間上に多少とも限定的に **specify** しようとする目的は果たせなかったものである。

ベンハム・カラーの発生は、色覚三原色過程の時定数の差によって説明されることが多いが、それだけではなぜそのパターンのストライプの上にだけ色が見えるのかわからない。これについてフランスの心理学者のピエロンは、色感覚を明るさ過程と色過程とに分離するとともに、色過

程は（網膜上で）拡散の性質をもつと仮定して説明するという卓見を示した。私もこれを踏襲して、パターンのホワイト・バンド上に発生している潜在的色覚過程をストライプが拾いあげていくというピック・アップ説を提案した。もっともこれは表現の違いだけで、ストライプが色を拾いあげるとしても、色がストライプに侵透するとしてもどちらでもよい。

いずれにしてもベンハム・ドラムを回転すると、ブラック・バンドの通過したあとホワイト・バンドがくるが、三原色の時定数の違いから、そこに有彩色過程が発生しつつ急速に変化する。そのどの局面をストライプが拾いあげるかによって異なる色が発生するのである。したがってストライプが短いほど拾いあげる局面は限定し、色はシャープになる。このことはストライプの長さを変えた私の実験でも明確であった。

ベンハム・パターンの変形による実験は、ブラック・バンドの長短、およびストライプにつづくホワイト・バンドの有無についても行い、それぞれに特有の結果を得たが、これにピック・アップ説ないし、その他の説明仮説を適用するにはいまだデータは不十分なものである。

ポスター・セッションには、私は小さな手回しのドラム缶（ビールの缶でつくった）を持参し、デモンストレーションに供したところ、ベンハム・カラーを知ってはいても見たことのない人もあり、それぞれに興味を示してくれたが、ピック・アップ説は無視された。AIC 副会長であるハンガリーのシャンダ氏は、ホワイト・バンドに色が見えないのはそこが明るすぎるからだとして割り切っていた。

自分の研究についてはこれくらいにして、色の心理生理学関係の他の報告をいくつかみてみよう。口頭発表は B セッションがカラー・ビジョンとなっていて、ここに関連研究がある。

B1 L. Ronchi et al.: Short and long term time change in color vision は 146 mm セCOND 以下、数分間、1 時間まで、の短、中、長期における色覚特性の時間的変化を調べたものである。短期については緑と赤の混色光のパルスを表示して、その赤みぐあいと緑みぐあいの感覚的印象を測定した。パルスの持続時間は 16 mm セCOND から 146 mm セCOND までの各種で、25 mm セCOND 以下では緑みが急激に落ち、16 mm セCOND では赤色光

† Color Vision

* 筑波大学心理学系

Takayoshi Kaneko

としか見えない。

つまりショート・パルス第2異常を呈する。25 mm セCOND以上は混色光は黄に見え、75 mm セCONDあたりで黄みは最高になるが、146 mm セCONDではやや低下し、若干の赤みが加わる。中期については、黄色光と赤色光の明るさのマッチング操作を、連続的に約8分間つづけるのであるが、固定光の黄に対する変化光の赤の等価点輝度が、2分ぐらいの周期で変動しつつ、若干上昇するという経過を示した。長期については100色相弁別テストを一定の試行制限時間ごとに1時間にわたってくり返したもので、30分ごろに弁別力がいったん上昇する形で長い周期の変動があるというのである。なお発表者ロンチ氏はイタリア・フロレンスの国立オブティクス研究所。

B2 F. Viénot: Color-match changes between the fovea and perifovea は、視角30°まで可能な2分割視野(周囲視野を含めて45°)上に、円形あるいはリング状の検査光で等色実験を行い、いわゆるマクスウェル・スポット現象を調べようとしたものである。予稿集にはまだ結果が出ておらず、国際会議にもこういう準備不足のものがあるらしい。ヴィエノ氏はフランス・パリ国立自然史博物館応用物理研究所。

B3 P. W. Trezona: Colour matching and additivity testing もマクスウェル・スポットがらみの問題で、2°および10°視野上の3色マッチと、4色マッチにおける加法性について、Trezona自身とPalmerの研究をレビューしたもの。結論はかん体を含む10°視野における非加法性は、4色マッチによって克服できるということのようである。トレゾーナ女史はロンドン・シティ・ユニバーシティのオプトメトリー・デパートメントで、私がロンドン滞在中に研究室を訪問したときには、夫君のダイヤモンド氏が大がかりな色彩計を操作して説明してくれたが、その分光用プリズムは世界一の大きさだということであった。

B4 J. Nowicki: Der Perzeptionsmechanismus der Farberscheinungen は、ポーランドのJ. Kororskiの脳活動の階層的統合説を色覚に応用して、いろいろな色覚現象を統一的に説明しようというもので、継次的、同時的対比現象、ベツォルトの拡散効果のような基底的现象から、高次のところではカットの表面知覚やルビンの図地反転現象などをとりあげている。ヒューペルー・ウィーゼルの神経生理学やローレンツの動物生態学まで登場する。ノウィッキ氏はワルソー在。

B5 C. Elzinga & C. de Weert; Conjoint and difference structures in subjective color perception は、反対色説の三つの成分 ϕ_1 (赤-緑)、 ϕ_2 (黄-青)、 ϕ_3 (白-黒)の関数としての色知覚 π を、 $\pi = H[\phi_1 + G(\phi_2 + \phi_3)]$ で表わした場合の関数Hについて論じたものである(Gについては同著者たちにより別に論じられている)。標題のconjoint and difference structuresというのは、このHについて想定されたモデルであり、実験的にこれを検証している。エルジンガ氏らは、オランダNijmegenの心理

学研究所。

B6 W. Erb & M. Krystek: Visual sensation by time-constant optical stimuli は、網膜の光化学過程レベルにおける感覚Eを光刺激Jの関数として、 $E = A/[1 + \exp\{-\ln(J/B)\}]$ で表わしたもので、Aは視物質濃度、Bは視物質の分解合成反応速度係数である。 $-1 < \ln(J/B) < +1$ の範囲で、これはウエーバー・フェヒナー則に近似的なシグモイド曲線を呈する。エルプ氏は西ドイツBraunschweigの物理工学統合研究所。以上がBセッションである。

次にポスタ・セッションの関連研究を拾ってみよう。

Po 22 M. Krystek & W. Erb: Visual sensation by flicker phenomena は、前項B6と同じ著者のものである。ここではフリッカ融合に関するもので、前項の式を微分したもの $dE/dt + (B+J) \cdot E = A \cdot J$ を用い、結局、融合頻度 ω_F に関して、次のような式を導いている。

$$\frac{1+\alpha+(1-\alpha^2)\bar{J}/B}{1+\bar{J}/B} \coth\left[\frac{1+(1-\alpha)\bar{J}/B}{2\omega_F} \pi B\right] + \frac{1-\alpha+(1-\alpha^2)\bar{J}/B}{1+\bar{J}/B} \coth\left[\frac{1+(1+\alpha)\bar{J}/B}{2\omega_F} \pi B\right] = 2$$

ただし、 $\bar{J}$ は刺激光の時間平均強度、 α は振幅変調度である。この理論的結果はフリッカ融合に関する一般の所見に合うと主張される。網膜の光化学反応モデルによる視感覚の説明はすでにHechtが試みており、フリッカ融合も含まれるが、こんなにめんどうなものではなかったように思う。

Po 24 J. M. Stäck: A mathematical model of hue perception は、単波長光の色相感覚を波長の関数として表わす理論式に関するものである。3種の基本感覚曲線にガウス分布を仮定し、またその基本感覚どうしの間にリークを与えた結果をR. G. Bの三原色とし、それを反対色過程に通常の変換をして、さらに色相指数を求めたものである。スタック氏はスウェーデン・ストックホルム在。

Po 26 Ch. M. M. de Weert: A versatile colour stimulus generator and its application in colour vision research は、カラーTVモニターとマイクロプロセッサ、ビデオメモリーをアSEMBルしたカラー・ジェネレータを視覚実験に応用した例で、心理学でいう主観的輪郭を扱ったのがおもしろい。誘導野と背景が同色の場合と異色の場合に、主観的輪郭発生の輝度差を測定したものであるが、誘導野と背景の波長差が大きいほど、しきい値が大きいという結果は意外である。心理学ではリープマン効果といって、波長差は輪郭形成に貢献しないということは知られているが、それがマイナスに作用するというのが理解できない。ウエールト氏はオランダNijmegenカトリック大学心理学科。

Po 43 B. Jäkel-Hartenstein: Die sogenannte "Farbenblindheit" der Haustiere は、いぬやねこなどが俗に色盲だといわれているが、科学的文献によればそうではなくて、実際、適切な訓練法によってそれを証明することが

できることを、2匹のいぬによる実験により示したものである。動物の色覚は網膜組織、網膜電位、眼運動反応、目の定位反応などによっても調べられるが、決定的なのは訓練法である。しかしその場合も、色には色相、明度、彩度の3標識があることに、十分注意する必要があると述べている。心理学的手法として見た場合、とくにその訓練法に特別なものはないうである。ハルテルスタイン氏は Kusterdingen 在。

S2 A. L. Gilchrist: Perception of lightness and illumination in an environment of homogeneous refl-

ectance は、セミナー・セッションのものである。この研究はミニチュア・ルームをつくって、その内部の物をすべて全く同じ表面反射率で塗装し、これを1個の電球で照明した状況でこの部屋をのぞいたとき、物の明度はどう見えるかという問題である。あきらかに各物体表面のルミナンスはいろいろであるが、そのライトネスはユニフォームであったという。つまりこれは表面色の恒常性にはかならない。ギルクリスト氏はアメリカ・ニューヨーク州立大学。

(受付1981年2月19日)

照明ニュース

煙とそのセンサに関する諸問題の研究会

去る2月2日、日本化学会の講堂において上記の研究会を開催したところ、47名のかたがたがおいでになり、なかなか盛会でした。これは本学会の会員ならびに事務局のかたがたのご尽力はもとより、協賛してくださった電気学会、日本建築学会ならびに電気設備工学会のお力添えによるものであります。

そもそもこの研究会は、栗田副会長のご提案によるものでありまして、本委員会においては照明工学と煙センサ技術との深い関連性を、会員諸氏に改めてご認識いただくことに主眼をおいて万端の準備を進めました。

この機会に、煙センサ技術の発展の過程を一言説明しますと、白熱電灯を光源とし、セレン光電池を受光部として光電式の煙感知器を構成し、火災時に煙によって光束が吸収されることを検出して警報を出す方式は、数十年以前から存在したのですが、光源の寿命その他の原因で広く実用されるに至りませんでした。

一方では建築の規模はますます大きくなり、超高層ビルの出現によって、火災による熱よりも煙によってその発生をいち早く検出、すなわち感知する必要にせまられてきました。このころスイスにおいて、放射能による空気中の電離を煙の検出に応用したイオン化式感知器が現われ、日本においては回路部に半導体素子を応用したものが現われました。一方、光電式のものもLEDや太陽電池などの出現で、実用に耐える安定なものが現われ、さらにIC技術はそれの小型化と低価格化に大いに力を添えました。

研究会においてはまず、ホーチキ株式会社の曾根原勇夫氏に“煙センサの概説”と題して、このような煙センサの作動原理と国内、国外の諸規格を概説していただきました。

次に、消防研究所の神忠久氏に“煙中の視程と煙センサの作動性能との関連性について”と題して、火災時における避難の面から見た両者の関連性を論じていただきました。この中から二、三の注目すべき点を挙げてみると、標識が発光形のもので

あっても反射板形のものであっても、煙の濃度を減光係数(1/m)で示すと、これと見透し距離(m)との間にはほぼ逆比例の関係が成立すること、黒煙中のほうが白煙中よりもいくぶん見透し距離の長いこと、いかなる煙に対しても濃度が0.1/mで確実に作動する煙センサの開発が望まれることなどです。

次には能美防災工業株式会社の石見文夫、堀田博文両氏に“煙の光学的特性と波長の相違による煙濃度表示への影響について”と題して、減光式煙濃度計がその分光感度特性によって同一の煙に対しても濃度値にばらつきが生じ、たとえば可視光(600nm)の濃度計の値に対して、近赤外光(900nm)の濃度計の値が有炎燃焼では0.5~0.64倍、くん焼では0.4~1.0倍と少ない値を示すことが説明されました。

次にはニッタン株式会社の佐々木見寿氏が“分離型減光式感知器について”と題して、送光部と受光部間(数10mから100mくらいまで離すことができる)での煙による減光を検出して作動する感知器について説明されました(両部が分離されているので分離型と称される)。この講演は火災報知機の製造会社3社を主体とするLS(Long Span)研究会の研究成果であり、将来、合理的な規格を制定する基礎資料を得ることが研究の目的であります。特に本研究会で発表していただいたものです。

最後に筆者が“発報原因の分類とこれに基づく調査結果について”と題して、火災報知機(感知器)の非火災時の発報を減少させるために行った調査と、この調査結果を裏付ける目的で行った研究結果について講演しました。これらの結果を要約すれば、12件の防火対象物(法令によって火災報知設備を設置する義務のある建築物)について、発報の統計調査を行った結果では、イオン化式非蓄積形(遅延回路を内蔵していない形)よりも、光電式非蓄積形のほうが非火災時の発報が少なく、それらの蓄積形を用いればさらにこの種の発報が少なくなり、また食堂とか居住性のある室では、このような差違が顕著であるなどです。

以上において、研究会の講演内容の紹介を終わりますが、さきに申し上げたとおり、照明工学と煙感知の技術とは密接に関連しております。今回の研究を機会に会員諸賢に煙感知の技術について興味を持っていただければ、本委員会委員一同の深く感謝するところです。(専門会員 三山 醇)