

最近の技術から

視覚実験に用いるカラー CRT

江 森 康 文

千葉大学工学部電子工学科 〒260 千葉市弥生町 1-33

1. ま え が き

最近カラー CRT が視覚実験に用いられることが多くなってきている。これまで視覚実験では、光源、分光器、ビームスプリッター、レンズなどを用いた光学システムが用いられており、刺激の調節・変調などにはアナログ的手法が用いられている。実験の種類によっては、いくつかの光学システムを同時に使用しなければならず、装置の調整・アライメントには多少の熟練を必要とする上、測光量の校正も複雑である。

一方、コンピュータ技術の発達に伴い、コンピュータおよびカラー CRT を用いた視覚実験装置は、必要な刺激をメモリーの内容を変えることにより、その種類、形状ならびに色を自由に変わることが可能となり、光学システムに比較して調整・実験その他が非常に簡易となってきている。また実験の目的によっては、刺激として文字、数字などのキャラクターをソフトのみの書換えにより容易に挿入することができ、実験の範囲も拡大できる。とくに動きに関する視覚実験では、ビデオ装置あるいは光ディスクを併用することにより、光学システムではほとんど不可能であった研究をきわめて容易に実験できる。

視覚実験で必要とされる刺激は通常、形（空間的）、大きさ（面積）、呈示時間（時間的）および色などであるが、カラー CRT を用いるとき、これらの刺激はすべて不連続のデータであたえられる。このことは従来のアナログ的刺激と異なった事象を生ずると考えられる。ここではカラー CRT の基本的性能について、空間的、時間的、色彩的面から述べてみよう。

2. コンピュータ駆動ラスタ走査カラー CRT 装置

カラー CRT について述べる前に、コンピュータシステムについて簡単に述べてみる。図1は最も基本的なコンピュータシステムで、実験者によって作られたプ

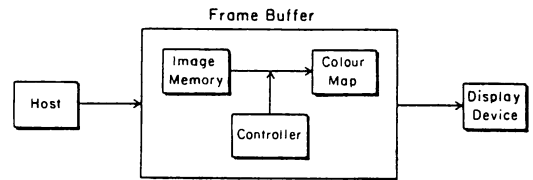


図1 ラスタ走査カラー CRT に用いられるコンピュータシステム

ログラムをホストコンピュータに入れることにより、すべてのデータはイメージバッファに入力された後、CRT ディスプレイに表示される。イメージバッファはイメージメモリーカラーマップおよびコントローラから構成されている。イメージメモリーは2次元的に配列されたイメージレジスターからなり各レジスターは CRT 画面上の一点に対応している。イメージメモリーの大きさは、走査線上にある pixel 数に相当する x 方向の解像力 R_x 、画面上の走査線数に相当する y 方向の解像力 R_y および、各レジスターのビット数 D で定義され、各 pixel は 2^D の不連続な値をとる。カラーマップ (color map) すなわちカラーlookupアップテーブル (color look up table) のレジスターはイメージレジスターの指数に対応しており、CRT の Red, Green, Blue の三原色のそれぞれの強度を与える。カラーマップレジスターが三原色についてそれぞれ L bit であるとき CRT で得られる色の数は $2^L \times 2^L \times 2^L$ となる。コントローラはイメージメモリーからのインデックスの呼び込み、カラーマップの数値への対応など行なって、ビデオ信号を発生させる操作を行なうもので、ビデオ信号により CRT に色および形が表示される。したがって、刺激の空間的性質はイメージメモリーおよびコントローラ、時間的性質はコントローラ、色はカラーマップによって決定される。

3. カラー CRT の色

カラー CRT で得られる色数はカラーマップのレジ

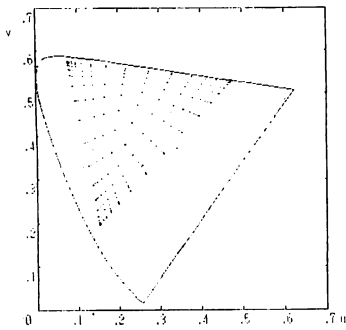


図 2 4 bit 三原色による再現色の色領域

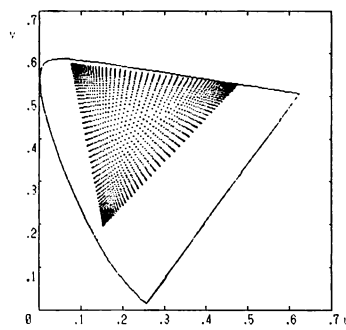


図 3 6 bit 三原色による再現色の色領域

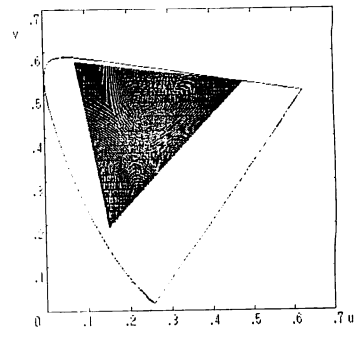


図 4 8 bit 三原色による再現色の色領域

スターの bit 数で定まる。筆者が使用しているカラー CRT について、その三原色を測定し、三原色の bit 数をそれぞれ 4 bit, 6 bit, および 8 bit にしたとき、得られる色の色度を次式を用いて計算し、 u' - v' 色度図に図示すると図 2~図 4 のようになる。

$$\left. \begin{matrix} R' = 10^R & R \\ G' = 10^G & G \\ B' = 10^B & B \end{matrix} \right\} \text{各原色のビット数} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6067 & 0.1736 & 0.2001 \\ 0.2988 & 0.5868 & 0.1144 \\ 0.0000 & 0.0661 & 1.1150 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\left. \begin{matrix} u' = 4X / (X + 15Y + 3Z) \\ v' = 9Y / (X + 15Y + 3Z) \end{matrix} \right\} \quad (3)$$

4 bit の場合色数も少なく、原色に近い部分に大部分の色が集中し、純度の低い中間色はほとんど再現されない。6 bit の場合 (図 3) 色数は飛躍的に増加するがこの傾向は変わらず、中間色の再現は不完全である。8 bit (図 4) については色度図全域に再現されるが、再現されない部分が縞状になって残っており、やはり原色に近い部分が均一に再現されている。しかも判別閾値の大きさと比較してみると、均一とはいえない。したがって色判別など視覚実験では 8 bit のカラーマップでは未だ不十分であり 10 bit 以上必要であると考えられ、12 bit でも多すぎるということはない。このことは白黒 1 チャンネルの場合についてもいえることで最低 10 bit 必要である。図 5 は CRT 画面の輝度を変えたときの原色の色度点の変動を示した図で、実験に用いたカラー CRT では R, G の原色はほとんど変化しないが B 原色の色度点は大きく変化する。これは視覚実験にとって不都合な点であり、輝度の変動に応じてカラーマップを書き直す必要がある。

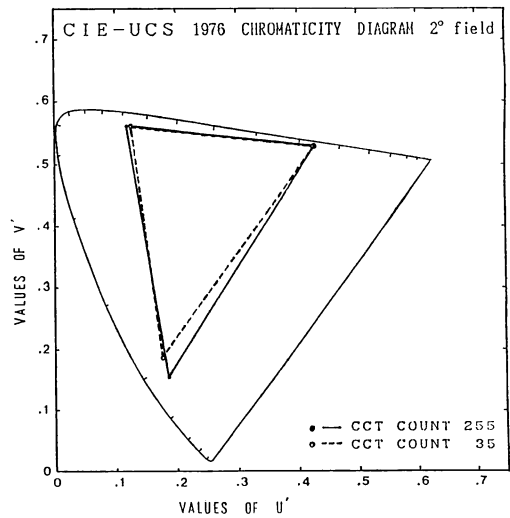


図 5 画面輝度の変化による色領域

4. カラー CRT の空間解像力

CRT 画面上での画像の微細構造の表示度合は TCR スクリーンの燐光体ドットの間隔で決定される。最近のカラー CRT の同一燐光体ドットの間隔は 0.31 mm で水平方向について 0.27 mm すなわち 37 dots/cm で、19" (48 cm) 画面については水平走査方向で 1,800 dots となっている。いまピクセルサイズ $x_0 \times y_0$ 、解像力 $R_x \times R_y$ のディスプレイについて視野の大きさを F 、実験に必要な空間周波数を f_0 とすると、 $F = R_x \times x_0$ である。理論的に得られる最高空間周波数は $1/2x_0$ であるから $R_x/2 = F f_0$ となる。ここで視野を 10° 、 $R_x = 512$ とすると $f_0 = 25.6 \text{ Hz} \cdot \text{deg}^{-1}$ 、 $R_x = 1,024$ とすると $f_0 = 51.2 \text{ Hz} \cdot \text{deg}^{-1}$ となり大きい視野に対して走査線の多いほど実験に使用できる空間周波数が大となる。また

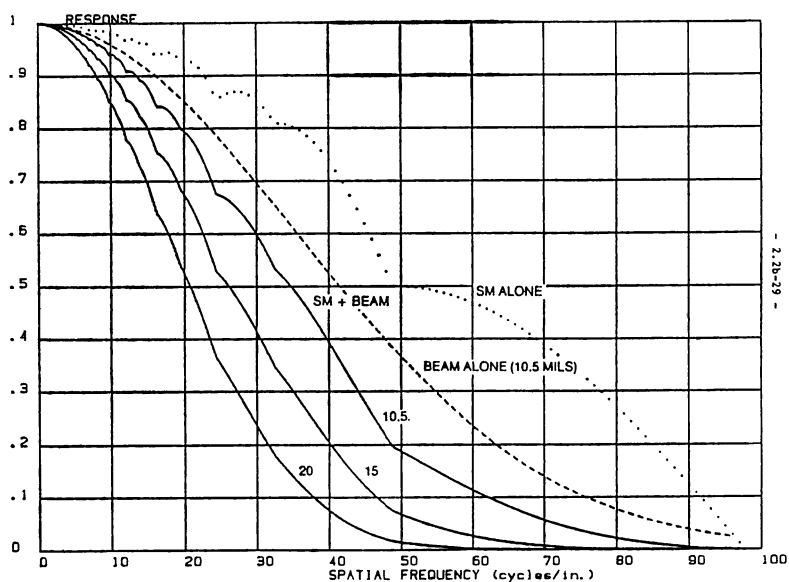


図6 シェドーマスクカラー CRT の MTF (ピッチ 0.30 mm)

画質の表示としてカラー CRT の MTF を図6に示す。図6はピッチ 0.30 mm のシェドーマスクをもつカラー CRT の平均 MTF を走査ビーム径をパラメータとして表わしたものである。走査線とシェドーマスクの相対位置により位相差のため複雑な形状の MTF となるが、ビーム径をしぼることにより約 60 本/インチの高解像力となり十分よい画質が得られることがわかる。

5. あとがき

いかなる実験装置でも、それに応じた制限がある。視覚実験を行なう実験者にとって、装置の限界をよく知っ

ておく必要がある。コンピュータによる視覚実験は今後ますます多くなると思われるが最終的に CRT の性能が問題になると思われる。

文 献

- 1) W. B. Cowan: "Discreteness artifacts in raster display system," *Color Vision*, 1st ed. (Academic Press, London, 1985) pp. 145-153.
- 2) C. Infante: "On the resolution of raster-scanned CRT display," *Proc. of SID* (1983) pp. 2.2b-2-2.2b-30.

(1986年7月8日受理)