

ビデオ・ディスクを用いた カラー ディスプレイ システム†

内田 俊一†† 棟上 昭男†††

Abstract

A description of a colored TV display system which can display arbitrary planar figures as well as line segments is given. The system has been successfully implemented on NEAC 3200/50 installation employing a video disk store for its refresh memory combined with a small capacity high speed semiconductor memory to store a TV raster. In this system, a TV raster is dealt with as a basic unit of picture data. It is divided into three segments at the points determined by two x -coordinate registers. By controlling five flip-flops corresponding to these three segments and two boundary points between them, it is possible to make only a portion of a TV raster be actually written into the refresh memory. Pictures composed only of straight line segments or polygons can easily be generated without any scan conversion program using this function. The results indicates that the method is useful in obtaining an inexpensive colored display system in terms of both hardware and software.

1. 緒言

電子計算機と人間の間のコミュニケーションの手段として CRT ディスプレイ装置は重要な位置を占めるようになり、これに伴ってその表示する画像に関していろいろな要求がおこってきた⁸⁾。文字のみでなく任意の図形の表示のできるものや、さらに濃淡や色彩の表示できるもの等が求められるようになった。

これに対応して、いろいろな表示装置が発表され、試作、製品化されるようになってきた^{1)~7)}。しかしこれらのほとんどは、英数字やカナなどの文字表示を目的としたもので、任意の線図形、面図形の表示能力を持つものは非常に少く、また高価である^{1), 2)}。

この原因としては、任意の線図形、面図形の表示を可能にするために必要なリフレッシュ・メモリとして性能、価格の面で適当なものが現在準備されていないこと、このような図形を表示するためのプログラムおよび画像データのメモリ占有面積が大であること、さらに、計算機と表示装置を結合するための方法として

はどのような方式が適当なのか明確でないこと等が挙げられる。

文字のみを表示するディスプレイ装置に関しては、これらの点に対し、いろいろな方式が見出され、採用されている。たとえば、リフレッシュ・メモリに関しては、次のような方式がある。すなわち計算機から出力される文字コードを貯えておく磁気コアなどのメモリと、文字のフォントを貯えておく ROM などのメモリを組合せて、人間の眼にちらつきを感じさせないくらい高速のリフレッシュ・メモリを得る。この場合、文字フォントを貯えておくメモリが大部分を占めるから、この部分に ROM 等を用いれば、比較的安価にリフレッシュ・メモリを得ることができる⁶⁾。また各文字ごとに色彩をつけて表示する場合でも、色の指定は各文字ごとに指定すればよいから、このために増加するリフレッシュ・メモリの容量は少なくて済み、また、プログラムにかかってくる負担も少い。結局、カラー文字表示装置の場合には、既存の方式の一部を拡張することによって目的を達することができる。

一方、任意の線図形、面図形のカラー表示を行う場合には、各画素について独立に、光らせるか否かの指定や色の指定を行わねばならない。これは、白黒のディスプレイについても、濃淡を何レベルか表示しようとすると同様におこる問題である。一画面あたりの画

† Colored display system using a Video Disk Store, by Shun-ichi Uchida (Keio Graduate School Department of Electrical Engineering) and Akio Tojo (Electro Technical Laboratory Information System Section)

†† 慶応義塾大学工学研究科電気専攻

††† 電子技術総合研究所情報システム研究室

素数は、どのくらいの解像度を望むかによって変わるが、TV 放送の解像度よりも少ない、 200×400 画素としても、一画素あたり 3 ビットを割り当てれば、240 k ビットのリフレッシュ・メモリが要ることになる。さらに、ちらつきを感じさせないために、TV 放送と同じ速度でリフレッシュしようとするれば、一画素あたり約 300ns で読み出さねばならない。

また、計算機は各画素をランダムにリフレッシュ・メモリに書き込むから、このリフレッシュ・メモリはランダム・アクセスが高速でできる必要がある。

結局、この例では、30k バイトの容量を持ち、600 ns/バイトで読み出せるランダム・アクセスのできるリフレッシュ・メモリが要することになるが、さらに多くの色、または濃淡を表示しようとするれば、より高速で大容量のメモリが必要となるわけである。

このような性能を持つリフレッシュ・メモリをどのようにして得るかという問題は、現在カラーディスプレイ装置を開発する際の鍵である。

そのほかに考慮すべき点としては、TV 走査方式による表示では、スキャン・コンバージョンという操作を行なわねばならないことである。

これは、表示しようとする点の座標を、画面上を電子ビームが走査する順序に並べ変える操作で、もしこの操作をプログラムで行なうことにすると、計算機の主記憶内に画像データのバッファ・エリアが必要となり、このエリアと表示用プログラムで主記憶の大部分を占めてしまうことにもなりかねない。さらに、スキャンコンバージョンは、直線や長方形のような簡単な図形についても必要であり、このわずらわしさも実用化をさまたげる一つの原因となっている。

本論文で述べるカラーディスプレイシステムは、このような問題を解決する一方法について述べ、この方式によって製作したカラーディスプレイシステムの特徴、利点、およびそのソフトウェアについて検討を加える。

2. ビデオ・ディスクを用いたカラーディスプレイシステム

2.1 システムの概要

本システムでは、任意の形状の線図形、面図形がカラー表示できること、色の種類は飽和レベルの色 7 種類といくらかの中間色が出せること、また小型計算機の画像出力装置とするためにプログラムが簡単になりコストも低く抑えること等に重点を置いた。

本システムでは簡単な線図形、面図形に対しては、スキャン・コンバージョンが不要である。

2.2 リフレッシュ・メモリの構成

本システムでは、画像の表示装置として放送用のカラー TV 受信機を用いる関係上、走査方式としては、放送用の標準のラスタ走査方式を用いている。リフレッシュ・メモリはまずこの高速の走査を行なえて、大容量、ランダムアクセス可、安価でなければならない。われわれは、ここにビデオ・ディスクを用いることにした。

ビデオ・ディスクは、TV の画像を記録するアナログ的なメモリであり、すでに多く市販されており、容易に入手できる。また表示する色に濃淡のレベルがある場合でも、書き込み信号の振幅をかえることによりこれを記録することができる。この性質は、表示する濃淡のレベルを増やす場合にデジタル・ディスクやドラムに比べて有利である。また、表示される画像は人間が見るものであるから、多少ノイズが混じっても影響は少なく、ここに計算機用の高価なディスクやドラムを用いることは、制御がしやすいという魅力はあるが、コスト面では不利である。

しかし、ビデオ・ディスクは、1 回転で 1 フレームの画像を記録するように作られており、ランダム・アクセスすることは考慮されていない。ビデオ・ディスクから得られる同期信号は、水平、垂直の同期信号のみであり、各画素ごとの同期信号は書かれていない。

また、計算機からの画像データの転送速度は、ビデオ・ディスクの書き込み速度よりかなり遅く、この速度差も何らかの方法で埋めてやらねばならない。

そこで、われわれは、ラスタを画像データの単位と考え、ビデオ・ディスクへ 1 ラスタずつランダム・アクセスすることを考案した。即ち、1 ラスタ分の高速 IC メモリと、ビデオ・ディスクのヘッドの位置を示すライン・カウンタとエレメント・カウンタの 2 つのカウンタを設けて、プログラムから書き込みを行なうべきラスタの番号を指定することにより、IC メモリ内の 1 ラスタ分の画像データをビデオ・ディスクへ書き込むようにした。ここでライン・カウンタは、ディスクのヘッドの下に来ているラスタの番号を示し、エレメント・カウンタは、そのラスタ内のどの画素がヘッドの下にきているかを示している。

1 ラスタずつ書き込むことにしたのは、ラスタとラスタの境界が水平同期信号により検出できること、ディスクに回転むらがあっても画像のずれは帰線時間で

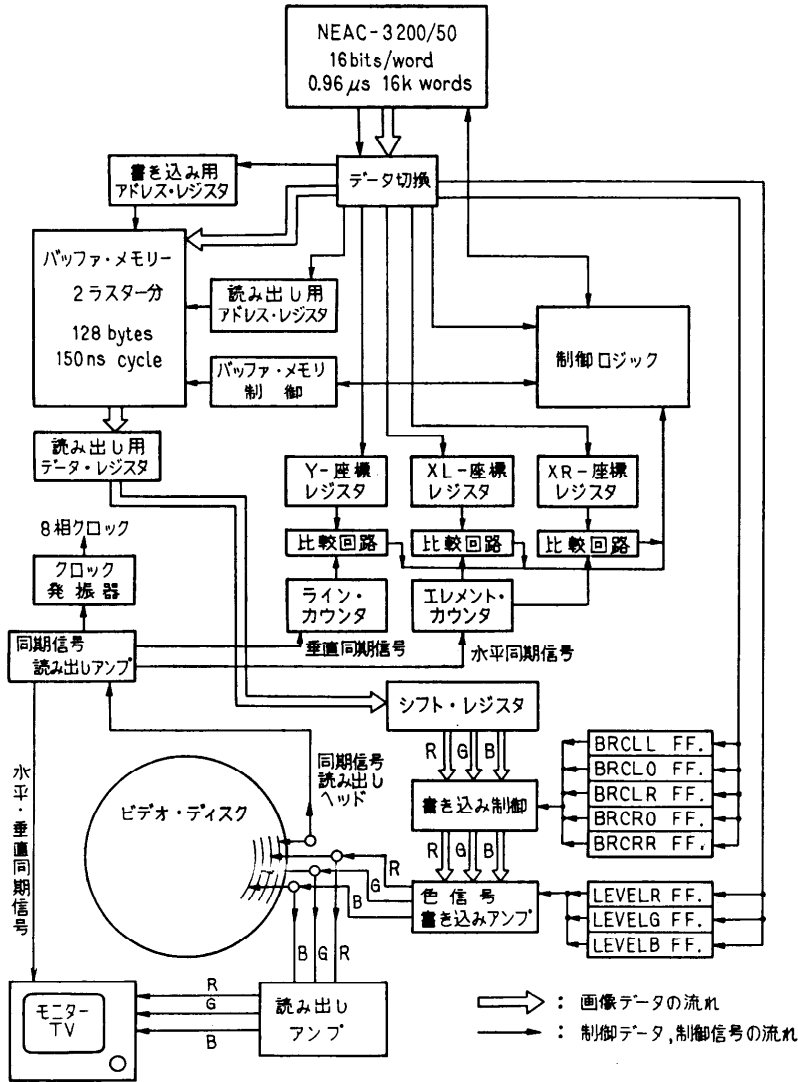


図1 カラー・ディスプレイ・システム概略構成図
Fig. 1 Simplified diagram of the system.

吸収できること、1ラスタ分の画像データは計算機内で扱い易い大きさであること、およびあまり大きな高速のバッファ・メモリーを用いてはビデオ・ディスクを用いる意味がない等の理由による。

画像データの転送は、図1に示すように次のような手順で行なう。

まず、計算機から1ラスタ分の画像データ(32語、16ビット/語)を高速バッファ・メモリーへ転送する。次に書き込みを行ないたいラスタの番号をY座標レジ

スタにセットしておき、計算機からディスクへの書き込み命令を出す。すると、制御ロジックは、Y座標レジスタとライン・カウンタの比較を開始し、一致すると、エレメント・カウンタと同期してバッファ・メモリーから画像データを読み出し、シフトレジスタによって赤、緑、青の信号に分離し、これを増幅してディスクへ書き込む。1ラスタの書き込みが終了すると計算機に割り込みを起こす。以上の動作をくり返すことにより、1フレームの書き込みを行なう。

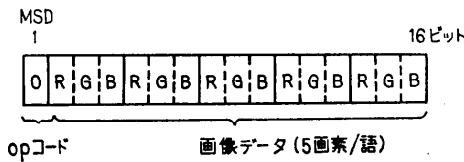


図 2 画像データの形式

Fig. 2 Output Data Format of the Picture Data.

また図 1 において、バッファ・メモリのアドレス・レジスタが読み出し用と書き込み用の 2 つあるのは並列読み書きを可能にし、データ転送を高速化するためである。

2.3 画像データの構成と中間色の表示

本システムでは、1 フレームは 160 画素×512 ラスタより成っている。1 画素には 3 ビットを割り当ててあり、各ビットは三原色 (赤, 緑, 青) のオン・オフに対応している。計算機から出力される 1 語 (16 ビット) には、5 画素分のデータが詰められており、MSD 側の 1 ビットはオペレーション・コードとして用いられる。(図 2 および付録参照)

1 画素につき 3 ビットしか割り当てていないので、このままでは中間色の表示はできないが、1 ラスタずつ書き込みを行なうという特徴を生かし、書き込みを行なう際に飽和レベルにするか、中間レベルにするかを指定するフリップ・フロップを 3 ビット設け、(図 1 の LEVELR, LEVELG, LEVELB) これによって、書き込みレベルを定めることができる。もし 1 ラスタの中に飽和レベルの点と中間レベルの点を混在させたい時は、プログラムによりこのフリップ・フロップを変更し、同一のラスタを何回かくり返して書くことによって、目的を達することができる。

ビデオ・ディスク上の画像データは、赤, 緑, 青がそれぞれ独立のトラックに別々に書かれている。

また、標準 TV 放送と同様に飛び越し操作を行なっており、1 フレームは第 1 と第 2 の 2 つのフィールドより成っている。この第 1 と第 2 のフィールドに同一のデータを書くか否かは、プログラムにより選択する。

2.4 ラスタ分割方式によるスキャン・コンバージョンの省略

TV 走査方式によって図形表示をする場合には、スキャン・コンバージョンという操作をしなければならない。これは、表示する輝点の集合 (x_i, y_i) を電子

ビームのなぞる順序に従って、対応する位置へはめ込む操作である。文字ディスプレイ装置の場合は、スキャン・コンバージョンはハードウェアで行なってしまうものがほとんどであるが、任意の図形を表示するディスプレイ装置では、ハードウェアにこの機能を持たせることは、リフレッシュ・メモリにさらに困難な条件を課すことになり、必ずしも得策ではない。かといって、プログラムによってスキャン・コンバージョンを行なおうとすると、1 フレーム分のバッファ・エリアを主記憶か補助記憶内に持たねばならず、複雑なプログラムと大きなバッファ・エリアが必要になる。

本システムでは、この難点を避けるために、ハードウェアにその一部を分担させることによってスキャン・コンバージョンをしなくてすむような方式を考案した。以後、便宜的にこの方式を「ラスタ分割方式」と呼ぶことにする。この方式では、1 ラスタ分の画像データをディスクへ書き込む際に、1 ラスタ内のどの部分を書くかを指定できるようにしている。図 3 に示すように、XL-座標レジスタ、XR-座標レジスタという x 座標を示す 2 個のレジスタを設け、これによって 1 ラスタを 3 つの線分 (LL, LR, RR) と 2 個の点 (LO, RO) に分け、これら 5 個の領域を書くか否かを指定する 5 個のフリップ・フロップ (BRC xx f, xx は LL, LO, LR, RO, RR のいずれかである、図 1, 図 3 を参照) を設けた。本システムではラスタ単位で書き込みを行うので、これら XL, XR レジスタ、BRC xx フリップ・フロップ群はラスタごとにプログラムにより変更できる。これらの機能は、図 3 に示すように、1 ラスタ分のバッファ・メモリとディスクの間に設けられた書き込みマスクと考えればよい。図 3 の例では、XL=50, XR=120, BRCL0, BRCLR, BRCRO が 1, となっているから、このマスクは $50 \leq x \leq 120$ の点に対して開いていることになる。バッファの中はすべて緑色のデータであり、Y 座標レジスタは 80 を指しているから、計算機から、書き込み命令が出されると、制御ロジックは、この Y とライン・カウンタの比較を行い、80 番目のラスタがディスクの書き込みヘッドの下にくると、今度は、XL, XR とエレメント・カウンタの比較を開始する。同時に逐次バッファ・メモリから読み出しを行い、その画素に対してマスクが開いているか否かをしらべる。開いていればディスクへ書き込みを行い、閉じていれば読み

† BRC xx は、1 画素分 3 ビットの個々のビットについての制御は行わない。

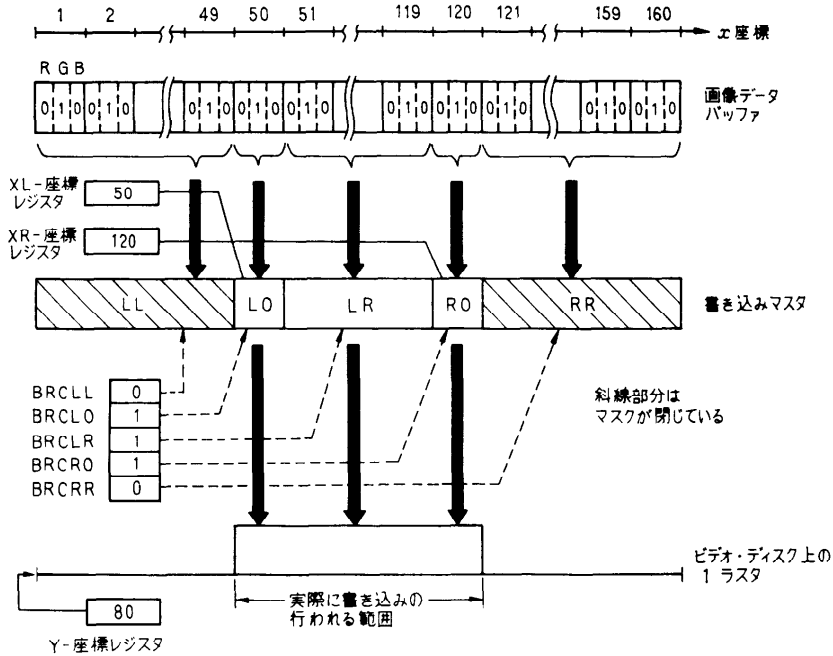


図3 ラスタ分割方式による書き込みの例

Fig. 3 Illustration of Writing Action using Divided Raster Method.

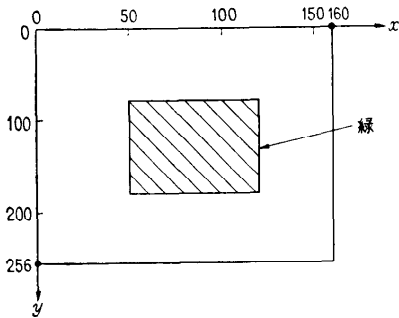


図4 ラスタ分割方式による表示

Fig. 4 A Picture drawn by Divided Raster Method.

出したデータには無関係にかき込みを行わない。この動作を160回くり返すことにより1ラスタの書き込みを完了する。もしY座標レジスタを1ずつ、179まで増やし書き込み命令をループして100回出せば、図4に示すような緑色の四角形を書くことができる。すなわち面をなぞることができるビームがあると考えるとよい。

また、直線や曲線を書く場合には、BRCL0、BRC

ROの2個のフリップ・フロップのみ1にしておき、YとXL、XRを順次変えていけば、一度に2本までの曲線を書くことができる。ただし、2本の曲線を別の色にしたい時は、いったんバッファ内の画像データを入れ替えないといけないのであるが、本システムではバッファ・メモリはラスタ2本分の容量(64語)があり、ラスタ分割方式で表示する時は、Y、XL等の制御用レジスタをセットするデータの転送のみで表示でき、画像データの転送は色を変える時以外必要がないので前もって表示したい2種類の色を入れておけば、読み出し用アドレス・レジスタ(図1を参照)の指定を変えるだけでよく、いちいち画像データを入れかえる必要はない。

以上のようにラスタ分割方式では、計算機により発生する図形のように、座標間の関係が明確に求められるものを表示する場合には、XL、XR、Yレジスタ、およびBRCxxの内容を変更するだけでよいので非常に有利である。また、プログラムにより全面的にスキャン・コンバージョンを行う場合には、BRCxxの5個のフリップ・フロップをすべて1に設定し、書き込みマスクをすべて開いておけばよい。そして主記憶中の1フレーム分の画像バッファから1ラスタずつ、

ディスクへ書き込んでいけば、そのままスキャン・コンバージョンによる表示が可能となる。

2.5 表示方式の特徴

本システムは、NEAC 3200/50 (16 ビット/語、サイクル・タイム $0.96\mu\text{s}$ 、メモリ容量 16k 語)⁹⁾ に接続されているので、そのソフトウェアの得失も含めて表示方式の特徴を述べる。

2.4 で述べたように本システムでは次の2通りの表示方式が可能である。

- 1) ラスタ分割方式による表示。
- 2) プログラムによりスキャン・コンバージョンを行なって表示する方式。

これらの大きな相違は、1) では計算機は表示する図形の座標値を出力しているのに対し、2) では各画素に対応する画像データそのものを出力している点である。計算機によって図形を発生する場合には、まず座標値が求まり、2) の場合は、その座標値をスキャン・コンバージョンによって画像データに変換し出力しているわけで、その分だけ計算量は増加し、ブランクの点の画像データも出力するから転送するデータ量も増えてしまう。さらに、面図形を表示する場合には、2) では図形の内部をぬりつぶすように、表示する点すべてを走査しなければならないのに対し、1) では図形の線の座標のみ計算すればよい。

以上のように、1) の方式では、転送するデータ量、計算量ともに減らすことができ、その分だけ高速化することが可能である。1) の場合の書き込み時間は、簡単な図形の場合には非常に早く、図4に示すような長方形なら、座標値の計算およびデータ転送が $50\mu\text{s}$ 以内で済むのでラスタ1本おき書け、ディスク2回転 (66 ms) で表示できる。しかし厳密には表示速度は表示する図形の複雑さと表示プログラムに依存し、高速化する場合は、各点の座標の計算とディスクの回転との同期を考慮する必要がある。この解決法としては、計算結果をいったんバッファに貯え、出力ルーチンがディスクとの同期を考慮して、座標計算と並行して、データ転送を行う方法が有効で、これによると表示時間は発生する図形の複雑さにはほぼ比例した値となる。

プログラム容量は、2) のような画像データのバッファエリアが不要なので非常に少なくでき、簡単なものでは数百語で作成できる。また2本の曲線が一度に書けるので文字発生プログラムも容易である。

- 2) の方式では1フレーム分の画像のバッファ・エ

リアとスキャン・コンバージョンのプログラムが必要で、 160×256 の解像度の場合、これらは約8.7k語を占める。また表示時間は、画像データが主記憶内であれば1ラスタ分のデータ転送に $400\mu\text{s}$ 程度を要するのでラスタ8本おきに書き込みを行い、1フレームが270msで書ける。この方式は、1画面中に多種類の色が混在する場合の表示には適しているが画像バッファが大きいので、小型計算機の場合には、この表示装置を用いようとするメイン・プログラムの記憶容量が厳しく制限される結果となる。

2.6 今後の課題

本システムにおいて残された主な問題は次の3つである。

- 1) x 方向の解像度が160画素しかない。
- 2) 中間色のレベルが、1つしか無く、また特殊な書き方をするため表示が面倒。
- 3) ディスクやTVモニタの周辺回路を簡略化したため画質がよくない。

これらは相互に関連のある問題であるが、特に1) はビデオ・ディスクおよびその周辺回路の周波数特性と書き込みの際の変調方式に依るところが大である。現在のシステムでは、赤、緑、青の各色信号は独立したトラックへ振幅変調されたパルス列として記録される。このパルス列の密度は、ディスクの帯域幅と回転むらにより制限される。本システムでは、この帯域幅が3MHzであること、および各画素の同期信号を水晶発振器でつくり出していることを考慮して、 x 方向の解像度を160画素に減らした。しかし、結果から判断してこれはこのまま200画素程度に無理なく拡大できる。

中間色の表示は、ビデオ・ディスク自体は、4~5レベルの中間レベルをとることができるが、人間の眼で感じる光の強度と信号の振幅が比例しないこと、ディスクおよびその周辺系統の低域特性がよくないことなどの問題があり、カラー受像機で用いられているような各種の補正回路や、他の変調方式を採用することも考慮する必要がある。また、本格的に多くの中間レベルを表示しようとする場合には、1画素につき6ビット以上割り当てることが必要であり、このためにおこるメモリ容量の増加や転送時間等の問題を検討しなおすことが必要であろう。

3. 結言

この論文の主たる目的は、小型計算機に接続すると

いう制限のもとでビデオ・ディスクをリフレッシュ・メモリとして用い、中間色まで表示できる色彩図形表示装置を実現できるか否かを調べることにあり、本文中で述べたように一応その目的を達することができた。

また計算機の主記憶に対する負担を軽減する方式としてラスタ分割方式を採用し、その有効性を確めた。

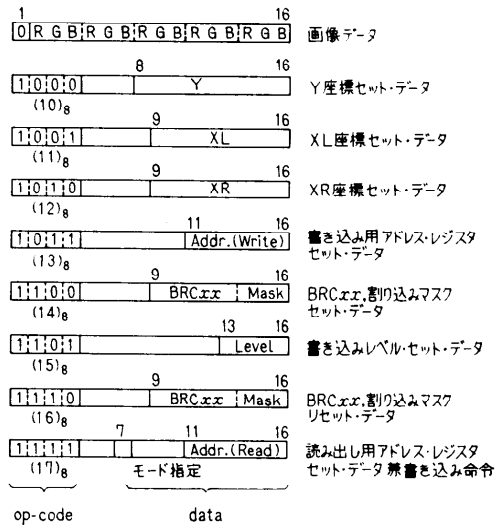
ランダム走査方式のCRTディスプレイは文字や線図形の表示には非常に有効で、特にライトペンを用いて計算機との通信を行うには適した方式であるといえる。しかし、このような機能を有効に利用できる問題が比較的限られており、計算機で扱う図形の範囲が面図形、色彩図形と広がるにつれ、より優れた機能を有する図形表示装置としてTV走査方式のディスプレイが見なおされてきた。このような方式の図形表示装置は既存の画像システムとの互換性や、多数端末を制御する場合の価格の問題でも有利であり、今後広く用いられるようになるものと思われる。TV方式ディスプレイ用のリフレッシュ・メモリとしては回転式の記憶装置が現在のところ最も適したものであると思われるが、この場合には表示画面あたりのトラック数を少なくすることが多数端末の制御という点を考えても特に重要であろう。こういった意味で本システムで用いたビデオディスクのようなアナログ・メモリは、デジタル・ディスク等に比べトラック数も少なくて済み、表示用端末も市販されているカラーTV受像機でよく有利であると思われる。

おわりに本研究の機会を与えられた電子技術総合研究所、西野博二ソフトウェア部長、御指導、御討議を戴いた山口徹郎主任研究官、真子ユリ子技官、並びに慶応大学相磯秀夫教授に深謝致します。またプログラムの作成を引受けてくれた慶応大学工学部伊東幸雄君に深謝します。

付録

1. 出力データ形式

計算機からディスプレイ装置へ転送されるデータの形式は、図5に示すように、それぞれ16ビットから成り、画像データ以外は4ビットのオペレーション・コードを持っている。オペ・コード、(17)₈の出力データは読み出し用アドレスレジスタのセットと書き込み命令を兼ねており、このデータが出力されるとシステムは、目的のラスタをさがし、書き込みを行う。このデータの7ビットめが1の時、連続した2本の

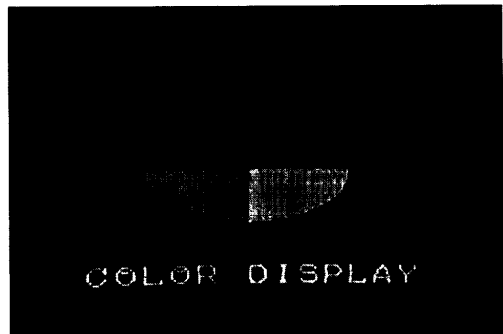


例 5 出力データ形式
Fig. 5 Output Data Format.

ラスタに同一の画像データが書かれる。これは解像度を 160×128 として使う時の表示時間を短縮するためのものである。

2. 表示例

2.5 に述べたように本システムでは、2つの表示方式が可能であるので、それぞれの方式を用いて、同様な図形を発生する場合の計算および表示時間を表示例の下に挙げた。表示例3(図8)は簡単な動画の実験のためのもので、プログラムでスキャン・コンバージョンを行なっている。



$T_1=1.6\text{sec}$ $T_2=2.3\text{sec}$
色は右上より時計回りに青、黄、緑、赤。

図 6 表示例-1 楕円
Fig. 6 Example-1 an Ellipse.

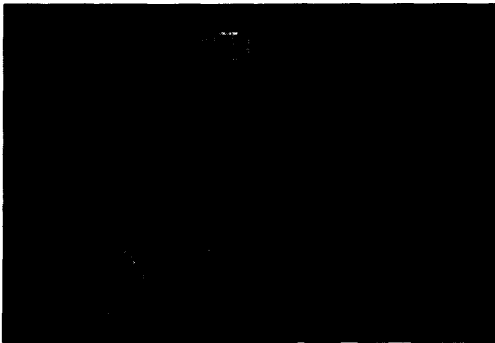


$T_1=4.8\text{sec}$ $T_2=10.4\text{sec}$

背景は青、操縦席は赤、尾部は桃色、他は黄.

図 7 表示例-2 ヘリコプター

Fig. 7 Example-2 a Helicopter.



$T_2=13.6\text{sec}$

金魚は赤と黄、藻は緑、背景は青.

図 8 表示例-3 金魚

Fig. 8 Example-3 Gold Fish.

T_1 =ラスタ分割方式による所要時間.

T_2 =プログラムでスキャン・コンバージョンした場合の所要時間.

参 考 文 献

- 1) W. J. Kubitz, W. J. Popplebaum: The Tricolor Cartograph, Information Display, November/December 1969, pp. 76~79.
- 2) Rodney S. Rougelot: The General Electric computed Color TV Display, Proceeding of second Univ. Illinor's Conference on Computer Graphics, 1969, pp. 261~282.
- 3) Richard A. Metzger: Computer generated Graphic Segments in a Raster Display, SJCC, 1969, pp. 161~172.
- 4) Claude A. Wiatrowski: A Color Television Graph Plotter for Digital Computers, Computer Design, April 1970, pp. 133~136.
- 5) A. Michael Noll: Scanned Display Computer Graphics, CACM, Vol. 14, No. 3, 1971, pp. 143~150.
- 6) T. Konishi, N. Hamada, I. Yasuda: CRT Display System for Industrial Process, SJCC, 1971, pp. 123~130.
- 7) Sol Sherr: Digital Television, A low cost approach to Multiterminal Graphics, Advanced Computer Graphics, Plenum Press, pp. 49~67.
- 8) 大和淳二: 電子計算機周辺と情報処理表示, 昭和46年電気四学会大会, No. 99.
- 9) 棟上, 佐藤, 内田: オンライン情報処理実験のための小型計算機システム, 昭和46年, 情報学会第12回大会, No. 139.
- 10) Satoru Kawai, Eiichi Goto, et al.: A Graphic System with Halftone and Area Coloring Capabilities, First USA-JAPAN Computer Conference Proceedings, 1972, pp. 320~324.

(昭和 47 年 9 月 28 日 受 付)

(昭和 47 年 11 月 8 日 再 受 付)