

OA, FAのためのプロセッサ, システム, ソフト, D/B

デジタル画像処理技術とその具体的応用技法

I. デジタル画像処理システムの開発動向	東北大学	伊藤 貴康氏	↑ デジタル画像処理も研究段階から一部は実用段階に入りつつありますが、画像データが膨大な為、蓄積、検索の問題と処理時間短縮とが本質的な問題であり、手軽で経済的な機器やシステムの開発は、大きな挑戦課題であります。この様な問題意識の下に画像処理の現状について各側面からの展望を行ないます。
II. 画像データベースとその応用	東京大学	坂内 正夫氏	
III. 撮像装置とリアルタイム画像処理	東京芝浦電気(株)	恒川 尚氏	
IV. 図形, 画像処理表示用LSIプロセッサ	日本電気(株)	小口 哲司氏	
V. オフィスオートメーションへの応用	三菱電機(株)	秋田興一郎氏	
VI. ファクトリオートメーションにおける画像処理技術とその応用	大阪大学	谷内田正彦氏	

主催 **日本工業技術センター**

東京都千代田区飯田橋3-11-13 豊国ビル  
〒102 TEL 03 (262) 1 9 6 2 (代表)

8月17日(火)	8月18日(水)	8月19日(木)
<p>10:00~13:00</p> <p>I. デジタル画像処理システムの開発動向</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>デジタル画像処理システムの機能と処理形態</li> <li>デジタル画像処理のハードウェア</li> <li>デジタル画像処理のソフトウェア</li> <li>デジタル画像処理のシステム例</li> <li>今後の開発動向</li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>伊藤 貴康氏 東北大学 工学部通信工学科 教授</p>	<p>10:00~13:00</p> <p>III. 撮像装置とリアルタイム画像処理</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>画像処理のための撮像装置                     <ol style="list-style-type: none"> <li>固体撮像装置 (CCD イメージセンサ)</li> <li>管式撮像装置</li> </ol> </li> <li>撮像に伴う画像処理                     <ol style="list-style-type: none"> <li>レベル、ゲインの自動調整</li> <li>シェーディング補正</li> <li>焦点の自動調節</li> </ol> </li> <li>リアルタイム画像処理                     <ol style="list-style-type: none"> <li>論理フィルタによる幾何学処理</li> <li>空間フィルタによる画像変換</li> </ol> </li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>恒川 尚氏 東京芝浦電気(株) 総合研究所 情報システム研究所 研究主務</p>	<p>10:00~12:30</p> <p>V. オフィスオートメーションにおける画像処理技術とその応用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>オフィスにおけるイメージ・データ処理</li> <li>要素技術                     <ol style="list-style-type: none"> <li>ファクシミリと画像伝送</li> <li>合成編集処理</li> <li>電子ファイル</li> <li>対話型端末</li> <li>ハードコピー</li> </ol> </li> <li>応用システム</li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>秋田興一郎氏 三菱電機(株) コンピュータシステム製作所 開発部</p>
<p>14:00~17:00</p> <p>II. 画像データベースとその応用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>画像データベースとは</li> <li>画像、図形データ表現方式</li> <li>画像、図形検索、アクセス方式</li> <li>画像ファイル装置</li> <li>標準画像データベース</li> <li>地図画像データベース</li> <li>図面管理システム</li> <li>その他の応用システム</li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>坂内 正夫氏 東京大学 生産技術研究所 助教授</p>	<p>14:00~16:30</p> <p>IV. 図形、画像処理表示用LSIプロセッサ — 図形、画像ディスプレイ用LSI —</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>図形表示装置</li> <li>図形表示技術 パターン変換、発生、表示</li> <li>図形表示用LSIの技術動向</li> <li>汎用図形表示用LSI: μPD7220 機能、動作、応用例</li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>小口 哲司氏 日本電気(株) 集積回路事業部 マイクロコンピュータシステム部 主任</p>	<p>13:30~16:00</p> <p>VI. ファクトリオートメーションにおける画像処理技術とその応用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>産業用視覚システムの発展</li> <li>産業用視覚システムの機能と要求性能</li> <li>ハードウェア構成</li> <li>産業用画像処理技術</li> <li>目視検査の自動化</li> <li>視覚を用いた位置決め</li> <li>部品の識別</li> <li>将来の発展方向</li> </ol> <p>[質疑応答]</p> <p>谷内田 正彦氏 大阪大学 基礎工学部制御工学科 助教授</p>

Graphics & Image Processing LSI Processor (Tetsuji Oguchi) : from 14:00 - 16:30 on 8/18/1982

# デジタル画像処理技術と その具体的な応用技法

## 目 次

I. デジタル画像処理システムの開発動向	1
	東北大学 伊藤 貴康
II. 画像データベースとその応用	23
	東京大学 坂内 正夫
III. 撮像装置とリアルタイム画像処理	54
	東京芝浦電気(株) 恒川 尚
IV. 図形、画像処理表示用 LSI プロセッサ	65
	日本電気(株) <u>小口 哲司</u>
V. オフィスオートメーションにおける 画像処理技術とその応用	76
	三菱電機(株) 秋田興一郎
VI. ファクトリオートメーションにおける 画像処理技術とその応用	89
	大阪大学 谷内田 正彦

日本電気(株) 集積回路事業部  
 マイクロコンピュータシステム部  
 主任

小口 祐司

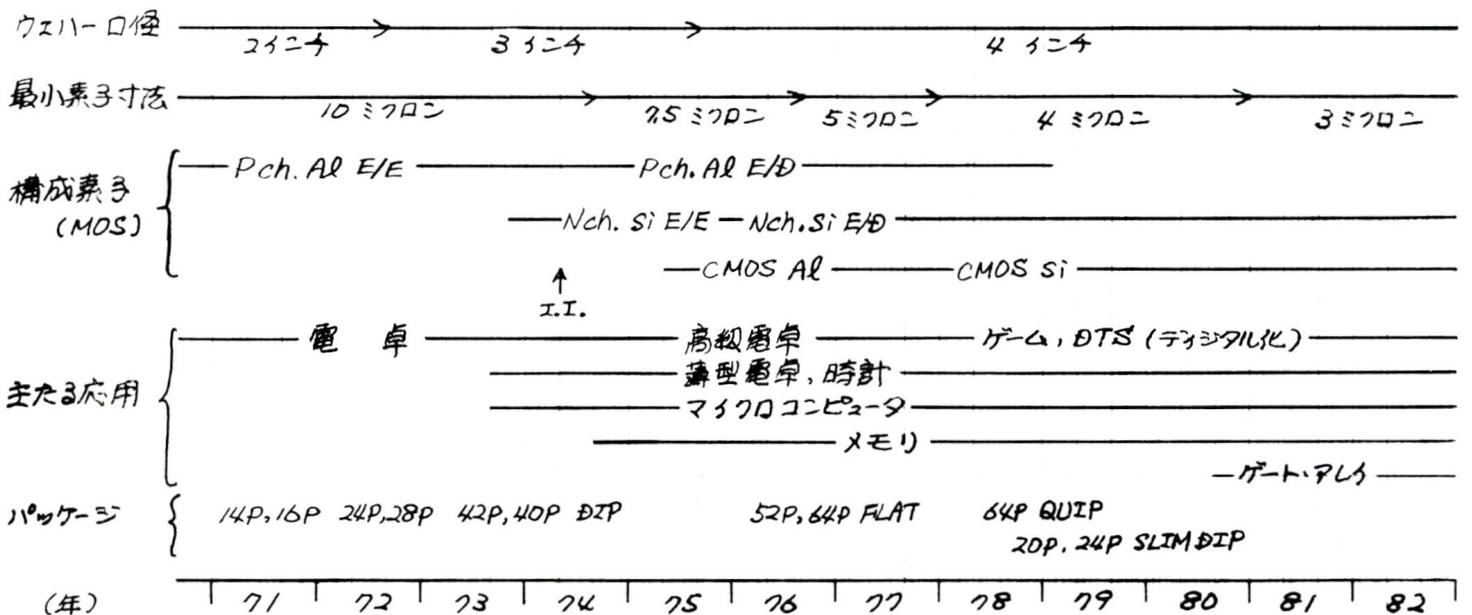
1. 集積回路技術の進歩

この10年間の集積回路設計製造技術の進歩および、その普及には目覚ましいものがある。大量に生産販売でき、且つ、部品点数や装置価格を大幅に低下させ得る応用製品が無いと、集積回路の大規模化は容易に実施することはできない。当時、この条件に合った応用が電卓であり、電卓用LSIの進展に伴って大規模集積回路化が進行した。

さらに、電卓という特殊用途から離れ、より汎用的な用途に注目した結果、電卓用LSIの技術は、後に、マイクロアロセサを生み、ROM, RAMなどの記憶用集積回路が大量に生産されるようになる。

ラスタ走査型CRTを用いた図形/画像表示装置では、文字表示装置の場合と異なり、表示ノットが記憶素子のノットに対応付けられるので、少なくとも1画面分の映像メモリ(フレーム・バッファ)を持たねばならない。大容量記憶素子を必要とする。例えば、1024X1024ドットの解像度を持つ装置では1Mビット(128Kバイト)必要となる。さらに、256階調の白黒表示あるいは256色調のカラー表示を行なうにはメモリ8枚分、1Mバイトの大容量記憶素子を要する。

記憶素子やマイクロアロセサの集積回路化による価格の低下が図れば、ラスタ走査型CRTを使用した図形・画像表示装置は今日のように普及しなかったであろう。



カ/ 図 集積回路の量産レベルにおける進歩

Translation of chapter 1.

## **1. Advances in Integrated Circuit Technology**

The advance and the propagation of integrated circuit design and manufacturing technology over the past decade has been remarkable.

Without applicable products that can be sold in large quantities and significantly reduce the number of parts as well as the equipment costs, it was not easy to substantialize the large-scale integration. At that time, the desktop calculators conformed these requirements. The large-scale integration made progress with the desktop calculator LSI development.

Aside from the special-purpose application of desktop calculators, as general-purpose applications, the desktop calculator LSI technology spawned microprocessors and the integrated memory elements such as ROM and RAM started the mass-production later on.

Unlike character display equipment, graphics display equipment with raster scan CRTs must have at least one screen display memory (frame buffer) because one display dot must correspond to one bit of memory element. A large memory storage is required. For example, a graphics equipment with a resolution of 1024x1024 requires 1M bits (128k bytes). In order to display 256 gradations of black and white or color display, a large capacity memory element of 8 planes of memory (1M bytes) is required.

Graphics display equipment with raster scan CRTs would not have become popular as today if there had not been a cost reduction yielded by the integration of memory elements and microprocessors.

[LSI Device](#)

## 2. 表示関連素子, 装置, 方式

表示素子も電卓用LSDIの進展に伴って変遷した。数字→英数字→面の表示へ, 素子そのものも見易さ, 使用電圧, 消費電力の観点から, ランプ→放電管→LED→けい光表示管→LCDへ, 変換形式も自立型→セグメント型→ドット型へ, 駆動方式も当初のスタティックからダイナミック駆動へと変化した。

CRTは走査方式と管面構造との違いによって, 次の3種が実用に供されている。

- ①ランダム走査リフレッシュ型
- ②ランダム走査蓄積管型
- ③ラスタ走査リフレッシュ型

ラスタ走査型CRTが今後主流となるであろう。

表示関連入出力装置として次を掲げる。

- ①データタイガ(データレット)

座標入力, 手書きデータ入力, 英字入力などにキーボードと同様, 主要な入力装置である。

- ②プリンタ, プロッタ

英数字印字ばかりでなくグラフィックイメージのドット印字やカラー化が行なわれようとしている。

- ③モニタTV

カラー化, 高解像度化が進み, シャドウマスク孔ピッチが0.31→0.2mmとなる。

- ④ライトペン, イメージ・スキャナ, TVカメラなど

表示関連LSDIとして

- ①CCD, MOSイメージセンサ

1次元CCDはファクシミリ用イメージ・スキャナとして実用されている。A4短辺方向印字8ドット/mmを1680ドットのため2KビットCCDが主である。12~16ドット/mmの高解像度およびB4化を担い4Kビットが試作中である。2次元イメージセンサは面画用であり, ビデオカメラの固体化の主役であるがNTSC用として,

488×384ビットが必要であり, 未だ, 高価である。

- ②RAM, ROM

映像メモリ用として実装密度や消費電力の点からダイナミックRAMが使用されている。1978年頃までは主に4Kビット, 後に16Kビットを経て1981年からは64Kビットが装置に組み込まれている。この3年間のDRAMの高密度化, 価格低下は著しい。

文字表示装置は英数記号表示から片仮名表示, 漢字仮名混じり表示へと急速に機能強化されている。文字ドット情報を記憶する文字発生用ROMの大容量化が引金となっている。24×24ドット構成のJIS第1水準の漢字ドット情報を1Mビットの専用ROM2個に格納できるようになる。

- ③A/D, D/Aコンバータ

ビデオカメラなどからの映像信号を映像メモリに格納したり, 映像メモリの出力によって輝度や色相を変更する目的で, 変換速度が20MHz以上の並列比較型コンバータの需要が増すであろう。

- ④CRTC

各種CRTCによってシステム構成が異なり, 次の分類ができる。

- (a) ビデオRAM型
- (b) DMA転送・行バッファ型
- (c) 映像メモリ独立型

▨: 描画処理時間    ▨: 描画以外の処理可能時間



図2. 各CRTCのCPU稼働時間比率

テレビジョン放送のコマーシャルフォームやタイトル画作成などに良く応用されるようになった表示制御装置にフレーム・シンクロナイザがある。DVE (Digital Video Effect) とも総称され SIGGRAPH (Special Interest Group on GRAPHics) などのショーでも脚光を浴びている。実時間でのアニメーション効果が得られるので、非常に演算速度の速いアロセカによる演算制御であるかのようにみえるが、コンピュータ・グラフィックス技術はそのレベルにまで到達してはいる。コンピュータ・アニメーションと呼ばれているものは、コマコマ写真撮影して作られている、フレーム・シンクロナイザは映像メモリの読み出し速度を変更したり間引き読み出しなどによって、効果を引き出ししている。①モザイク効果、②スプリット、③マルチフリーズ、④パージめくりなどを演出できる。

DVEとしての用途の他に、PAL-NTSC間などの放送基準の異なる映像信号の変換装置フレーム・コンバータとして有用である。490×768ドットの映像メモリアレイ8または9枚で構成される。テロップなどの文字情報の挿入が容易なため、ビデオカメラからの映像信号はいったんフレームメモリに格納されたのち放送されている。このように今日のテレビジョン放送はデジタルTV化しつつある。

文字図形情報伝達手段として、①テレビジョン電波を用いた文字放送 TELETEXT や、②電話回線、CATV、ファクス回線などを使用するVIDEOTEXが昭和58年度実用化を目指して試用中である。

TELETEXTはVIDEOTEXと比較して単位時間あたりの情報伝送量は60倍程度多いが、伝送誤りの頻度が高いこと、受信専用であり会話性が無いの不発展的ポテンシャルを帯び合わせている。

VIDEOTEXは送受信両用であり会話形式で情報を入力できるが情報転送速度が遅い。NTTは①高速回線を使用する、②全国均一の安い通話料金とすること本年1月に公表した。ATTは去年4月、新しいVIDEOTEX方式を発表した。従来の各システムを統合修正した方式であり、PDI (Pattern Description Instruction) 方式を主軸としている。

近い将来、ファクシミリや手書き文字伝送とVIDEOTEXがパーソナルコンピュータとドッキングし一般家庭に普及することが予想され、本格的な情報社会が形成されることになりそう。

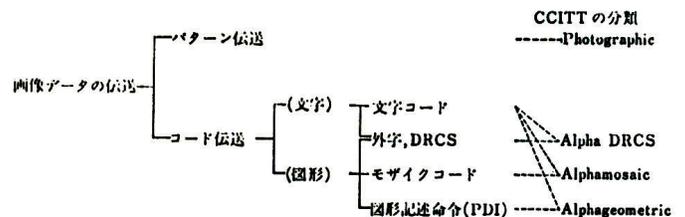


図3. 画像データ伝送方式

コマンド名	コマンドの意味	ビットの意味		descriptor field	facility field							
		ビット位置	パリティ		b <sub>2</sub>		b <sub>1</sub>					
					b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	0	1	0	1		
POINT	指定された場所に点を描く		P	0	1	0	0	1	INVIS	VIS	ABS	REL
LINE	指定の2点間に線を描く		P	0	1	0	1	0	JOIN	SET	"	"
ARC	始点、終点、中間点を指定して円弧を描く。円弧のみを描く場合と、囲まれた領域をぬりつぶす場合がある。		P	0	1	0	1	1	"	"	OUT LINE	FIL
RECTANGLE	指定された幅と高さで四角形を描く。描いた四角形をぬりつぶす場合とそうでない場合がある。		P	0	1	1	0	0	"	"	"	"
POLYGON	頂点を指定した任意の形の閉じた多角形を描く。ぬりつぶすとそうでない場合がある。		P	0	1	1	0	1	"	"	"	"
CONTROL	基本コマンドのモードや属性についての制御情報を指定する。		P	0	1	1	1	1				

INVIS=Invisible, ABS=Absolute, VIS=Visible, REL=Relative,

SET=指定されたアドレスを開始点としてセットしそこから処理を行う。  
JOIN=前のコマンドの終了点を開始点として処理を行う。  
OUT LINE=図形の外形のみを描く  
FIL=図形をぬりつぶす

図4. PDIコマンド

### 3. 図形表示用LSIの技術動向

マイクロプロセッサとスタ走査型CRT制御用のLSIの出現によってCRT端末は4,5年前から急速に普及した。

CRTCを用途別、機能別に分類すると次のようになる。

- ①文字表示用
- ②グラフ表示/描画用
- ③ゲーム(アニメーション)用

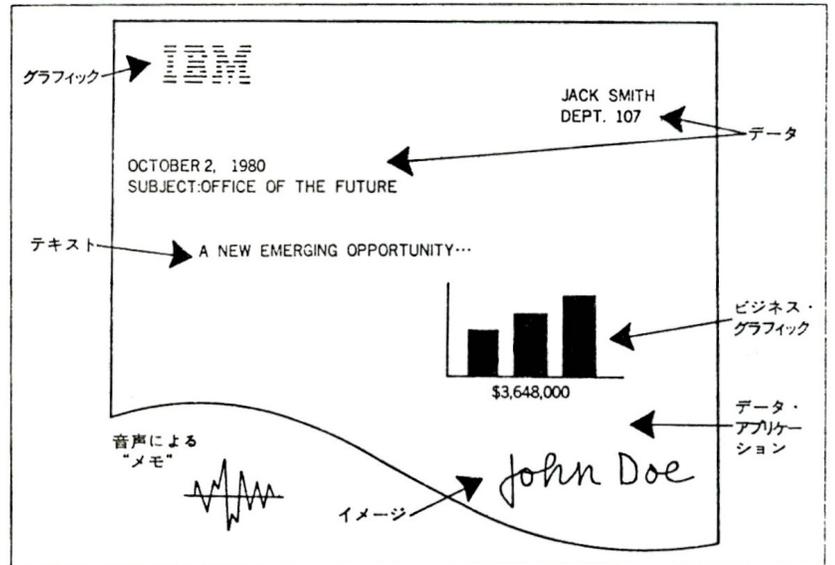
当初、文字表示用が主に開発されたが(モトローラ6845, 日電MPD3301), ビジネスグラフィックスやCAD/CAMなどの用途に、直線, 文字, 円弧などを画素単位で高速描画する機能を持ったグラフ表示/描画用LSIが発売されている(日電MPD2220, トムソンEF-9365)。また、基本図形セルを文字単位ではなく座標単位で高速に移動し表示させることのできるゲーム(アニメーション)用のLSI(日電MPD2220, 2228, TI-9918)もある。

これらの他、VZDEOTEX制御用LSIも登場しつつある。

ビジネスグラフィックスの分野ではお6図のように文字幅を可変とした文字(漢字を含む)描画, グラフの作成, 手書き文字描画などの機能を持ったワード・プロセッサが求められている。音声認識による入力装置にも期待が持たれる。

システム名	Prestel	Tetatel	Telidon	CAPTAIN System
国名	英 国	フ ラ ンス	カ ナ ダ	日 本
伝送方式等	(伝送方式) コード伝送 (伝送路) 電話網 上り 75 bit/s 下り 1200 bit/s	(伝送方式) コード伝送 (伝送路) 電話網, Transpac 上り 75 bit/s 下り 1200 bit/s	(伝送方式) コード伝送 (伝送路) 電話網, CATV, その他 上り 75 bit/s 下り 1200 bit/s	(伝送方式) パターン伝送 (伝送路) 電話網 上り 75 bit/s 下り 2400 bit/s または 3200 bit/s
端 末 機	(入力) キーパッドおよびキーボード (出力) 家庭用テレビアダプターまたは組込み式	(入力) キーボード (出力) 家庭用テレビアダプターまたは組込み式	(入力) キーパッドおよびキーボード (出力) 家庭用テレビアダプターまたは組込み式	(入力) キーパッド (出力) 家庭用テレビアダプターまたは組込み式
画面表示能力	(文字)・英数字, 記号等約94種 ・最大960字/画面(40字×24行) ・1文字: 5ドット×7ドット (図形)・簡単な図形(モザイク) ・モザイク: 1文字エリアの1/6 (色)・7色	(文字)・英数字, 記号等 ・最大960字/画面(40字×24行) ・1文字: 10ドット×10ドット (図形)・簡単な図形(モザイク) ・モザイク: 1文字エリアの1/6 (色)・7色	(文字)・英数字, 記号等 ・最大512字/画面(32字×16行) ・最大800字/画面(40字×20行) ・1文字 10ドット×15ドット(家庭用) 32ドット×48ドット (図形)・幾何学的図形(ジオメトリック) (色)・8色	(文字)・英数字, 記号, カナ, 漢字等 ・最大120字/画面(標準文字)(15字×8行) 240字/画面(中型文字)(30字×8行) 480字/画面(小型文字)(30字×16行) ・1文字 15ドット×18ドット(標準文字) 7ドット×11ドット(中型文字) 7ドット×9ドット(小型文字) (図形)・モザイク図形, 任意図形 ・図形素片: 8ドット×12ドット (色)・8色
その他の機能および特徴	・ビデオテキストの原型 ・テレテキスト受信可(送は不可) ・オーディオテープとのインタフェース ・ハードコピープリンター ・リモートプログラミング	・テレテキストとの互換性大 ・双方向機能大 ・Antiope 言語	・端末の情報センター, 伝送路からの独立 ・PDI 言語	・文字図形表現能力大 ・伝送誤りに対する耐性大

お5図. 各国のVZDEOTEX方式



お6図. ビジネスグラフィックス

### ◎ゲーム(アニメーション)用LSIの比較

日電MPD777, 778はゲーム専用1チップマイクロコンピュータとして昭和53年に製品化された。制御用ソフトウェア格納用として1905語×12ビットROM, 座標値やパターン名称などの記憶用として32×28ビットRAM, 表示セルのドット情報格納用として5.5KビットROM, 7ビットALU, 12×5ビットの行バッファ2本, サウンド発生器2系統などで構成される。翌年, TIは8ビットのマイクロセクタにインタフェース可能なLSIとしてTI-9918を発表した。最大16Kバイトのメモリを直接制御する。

これらのLSIは後述するグラフィック用LSIとは異なり, 直線, 円弧などを自動的に描画する機能は無いが, 表示セルの表示開始タイミングを1座標きざみを制御し, 表示画面上の物体を上下左右にスムーズに移動させる表示効果を提供する。

画面レベルのアニメーションを長時間実行するには自由度が小さく操作が煩雑だが, こ

の方法が適している。ラスト走査型CRTを使用したグラフィック装置では, 例え, 線画レベルのアニメーションであっても実時間を実現することは難かしい。ドラフト走査リフレッシュ型CRTで変更される描画パターン数が少ないときのみ実現性がある。

各表示セルに表示に対する優先順位付けを行うことにより3次元的な物体の移動効果を得ることが出来る。TI-9918は行バッファを持たぬため, HBLANK期間だけでY座標の一致検出をせねばならない。而してLSI共, VBLANK期間内に移動する表示セルを表示開始タイミングの早い順にローテイング(並べ換え操作)する必要がある。

この種のLSIの性能の優劣を決定する要素は次の点である。

- ①一走査線上に表示し得る表示セルの個数の上限。
- ②同一座標から表示を開始させ得る表示セルの個数の上限。

	TI 9918	日電 MPD777, 778
① システム構成	CPU-主記憶-CRTC-映像メモリ(最大16Kバイト)。	1チップ・マイクロコンピュータ。
② 映像出力	複合映像信号出力(NTSC)	VIDEO, CROMA, R-Y, B-Y出力。モジュラータ外付(NTSC)
③ 解像度	192×256ドット	75×60ドット
④ 移動表示セルの大きさ	8×8, 16×16ドット	7×7ドット
⑤ 表示セル使用個数の上限(画面内)	32個	25個
⑥ " (一走査線内)	4個	12個
⑦ " (同一座標内)	2個	5個
⑧ 表示優先順位属性	有	有
⑨ 繰り返し表示属性	無	有(X, Y, XY方向)
⑩ ラインバッファ	無	有(12×5ビット2本)
⑪ カラー	6色+白+黒	6色+オレコジ+フル-リアン
⑫ 容量	2色ビット・マップ・イメージ	単色

図7. ゲーム(アニメーション)用LSIの機能比較

### ◎グラフィック用LSIの比較

1座標単位での描画開始終了点の指定ができ、直線やグラフィックス文字をドット単位で描画する機能を持つLSIは、トムリン社のEF9365と日電MPD7220の2種が販売されている。

概して、EF9365は表示や描画機能の点を除いてもシステム設計面や汎用性などの点で見劣りし、MPD7220と比較して、かなり下位に位置づけられる。両者共に8ビットまたは16ビットのCPUとインタフェースをもち、FIFOによるバッファリングの有無やメモリインタフェースの容易性などが、

総合的な装置性能やスマートさを決定づけることになる。

表8に機能比較図を示す。図中の項目の他に、MPD7220には有り、EF9365には無い主要機能として、

- ⑫ FIFO内蔵、⑬ DMA転送、⑭ 映像メモリ内容のCPU側への読み出し、CPU側からの書き込み、⑮ スクロール、⑯ 画面分割、⑰ 文字表示、⑱ 外部同期による並列動作、⑲ 描画タイミング選択などが掲げられる。

MPD7220は大容量メモリ制御、アリニタ制御などにも応用できる。

	トムリン EF9365	日電 MPD7220
① システム構成	CPU-主記憶-CRTC-映像メモリ(最大32K語×8ビット)	CPU-主記憶-CRTC-映像メモリ(最大256K語×16ビット)
② 解像度	256×256 または 512×512	水平方向32ドット単位のアロケラマフル。垂直方向は実装メモリ容量によって制限。
③ 描画の種類	直線、グラフィックス文字	直線、グラフィックス文字、四辺形、円弧、塗りつぶし。
④ 映像メモリ内容に対する修正機能	外付回路による。	REPLACE, COMPLEMENT, CLEAR, SETの4種を内蔵。
⑤ 直線線種、グラフィックス文字ドット情報	線種:4種に固定。ドット情報:96文字分をROMに固定。	16ビット線種パターン、8×8のドット情報ともにアロケラマフル
⑥ 描画速度	1.1μsec/ドット	ドットの修正時間を含み800nsec/ドット(5MHz時)
⑦ 同期信号発生	PAL方式に固定。	完全アロケラマフル。
⑧ 映像メモリのバンク	256×256 または 512×512 にバンク化	バンクの概念なし。任意な規模に定義できる。
⑨ 拡大機能	文字描画時のみ1から16の整数倍	文字描画時および表示時、1から16の整数倍
⑩ 使用可能なDRAM	256×256, 512×512程度でもDRAM高速版を使用する要あり。	クロック5MHzの場合でも、DRAM高速版を使用する要なし。
⑪ 映像メモリインタフェース	RAS, CASなどのメモリ制御信号を発生させるためにバスポラUPROMを必要とする。	TTL構成の遅延回路のみで容易にインタフェースできる。

図8. グラフィック用LSIの機能比較

#### 4. 汎用図形表示用LSI:MPD7220

MPD7220グラフィック・ディスプレイ・コントローラ(以下、GDC)は、ゲート長3ミクロンのNチャンネルシリコンゲートE/D MOSトランジスタ約13000個を5.29×5.39mmのパレット上に集積し、+5V電源、40ピンDIPに格納されている。

ラスタ走査型CRTを使用した半書き文字描画、塗りつぶしを含むビジネス・カラー・グラフィックス、CAD/CAM、レーザ、魚探、画像データ表示用などに使用できる。このようなグラフィック装置の動作は次のように区分できる。

- ① デジタルゲージやあらかじめ作成されているリストなどから座標データを取り出す【座標入力】。このとき、CPU自身が座標を発生することがある。
- ② 座標データを基にして変換処理などを行い、よりマイクロなコマンド/パラメータを作成する【描画前処理】。
- ③ コマンド/パラメータを基にして描画アドレス計算を行う【描画処理】。
- ④ 映像メモリにアドレスを供給し、データの修正変更動作を行う【描画実行】。
- ⑤ 常時、表示アドレス計算をし映像メモリへのアドレスを供給し表示データを読み出す【表示】。
- ⑥ 常時、同期信号を発生しモニタTVに供給すると共に、表示/描画のタイミング制御をおこなう【同期信号発生】。

GDCは、このうち、③④⑤⑥の処理をCPUの関与なしに実行する。従って、CPUは①または②の処理のみに没頭でき、描画処理に専ら時間を大幅に削減できる。さらに、GDC内には16バイトFIFOが内蔵されているので、①②のCPU側処理と③④⑤⑥のGDC側処理とを同時並列実行でき、高性能なグラフィック装置を構成できる。

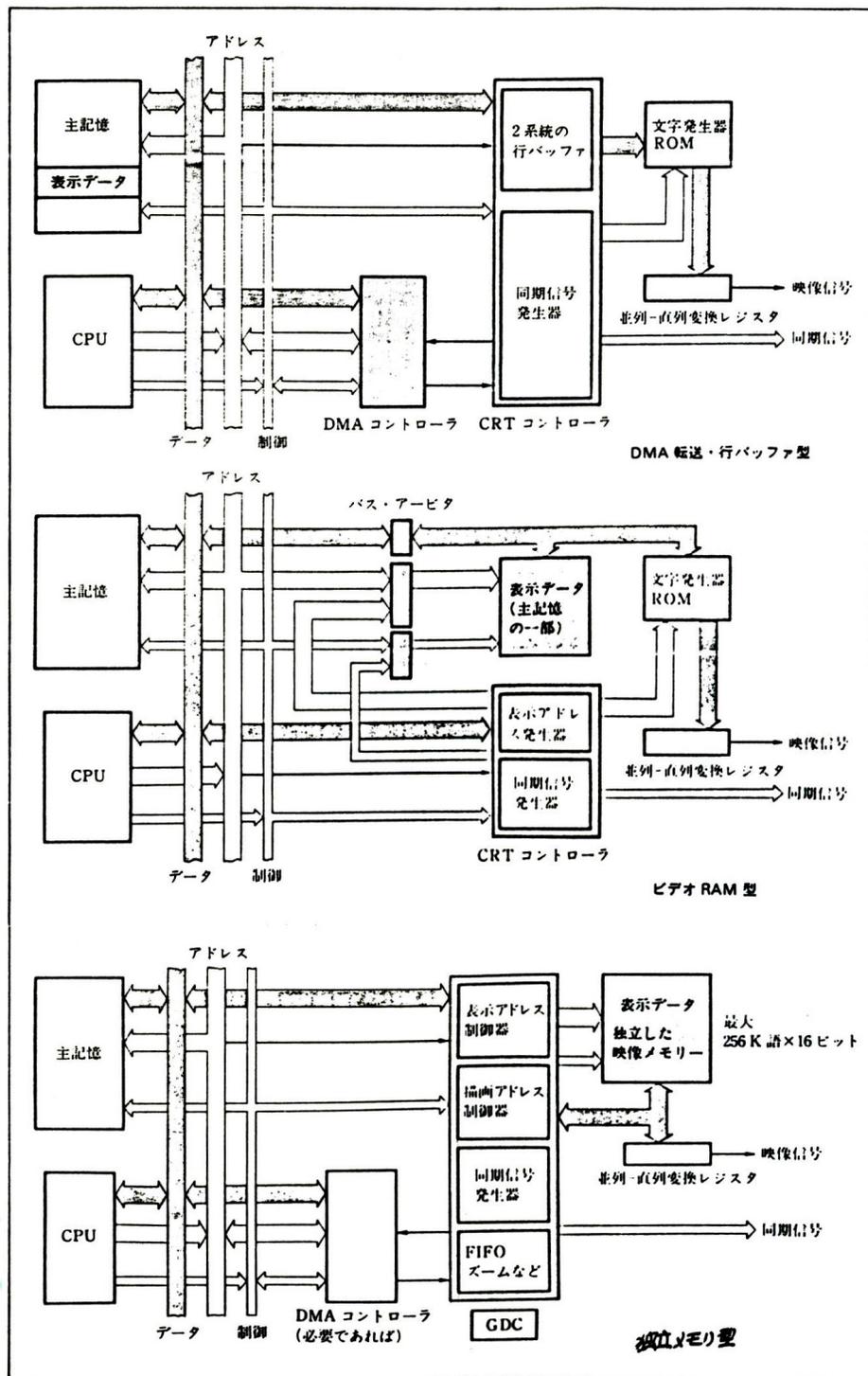


図9. 各種CRTCのシステム構成

②特徴

- ①直線，四辺形，円弧，グラフィックス文字，塗りつぶしを800ns/ドット（クロック5MHz時）で高速描画する。
- ②256K語×16ビット（4Mビット）の大容量メモリを直接制御する。
- ③映像メモリを主記憶から分離し，映像処理系をラックボックス化した構成。
- ④CPUインタフェース用16バイトFIFOバッファ内蔵。
- ⑤CPUの描画前処理と同時並行して描画する処理形態。
- ⑥主記憶-映像メモリ間の双方向DMA転送を4クロック/バイトの高速を実行。
- ⑦映像メモリ内容のドット単位修正機能を4種内蔵。
- ⑧映像メモリをダイナミックRAMで構成したときの容易なインタフェース。

- ⑨1から16の整数倍の拡大描画，拡大表示機能。
- ⑩縦横斜め全方向へのスクロール（パニング）制御機能。
- ⑪映像メモリ領域と表示領域との独立した領域設定機能。
- ⑫外部同期入力端子による並列動作。
- ⑬プログラマブルな同期信号発生。インタラース走査可能。
- ⑭直線，破線などの線種，文字描画時のドット構成設定はプログラマブル。
- ⑮描画タイミング制御の選択可。フラッシュレスとフラッシュ描画。
- ⑯ビットマスク操作による可変ドット同時描画機能。
- ⑰表示速度に対するクロック周波数の3段階選択可能。
- ⑱高級な文字表示制御機能。

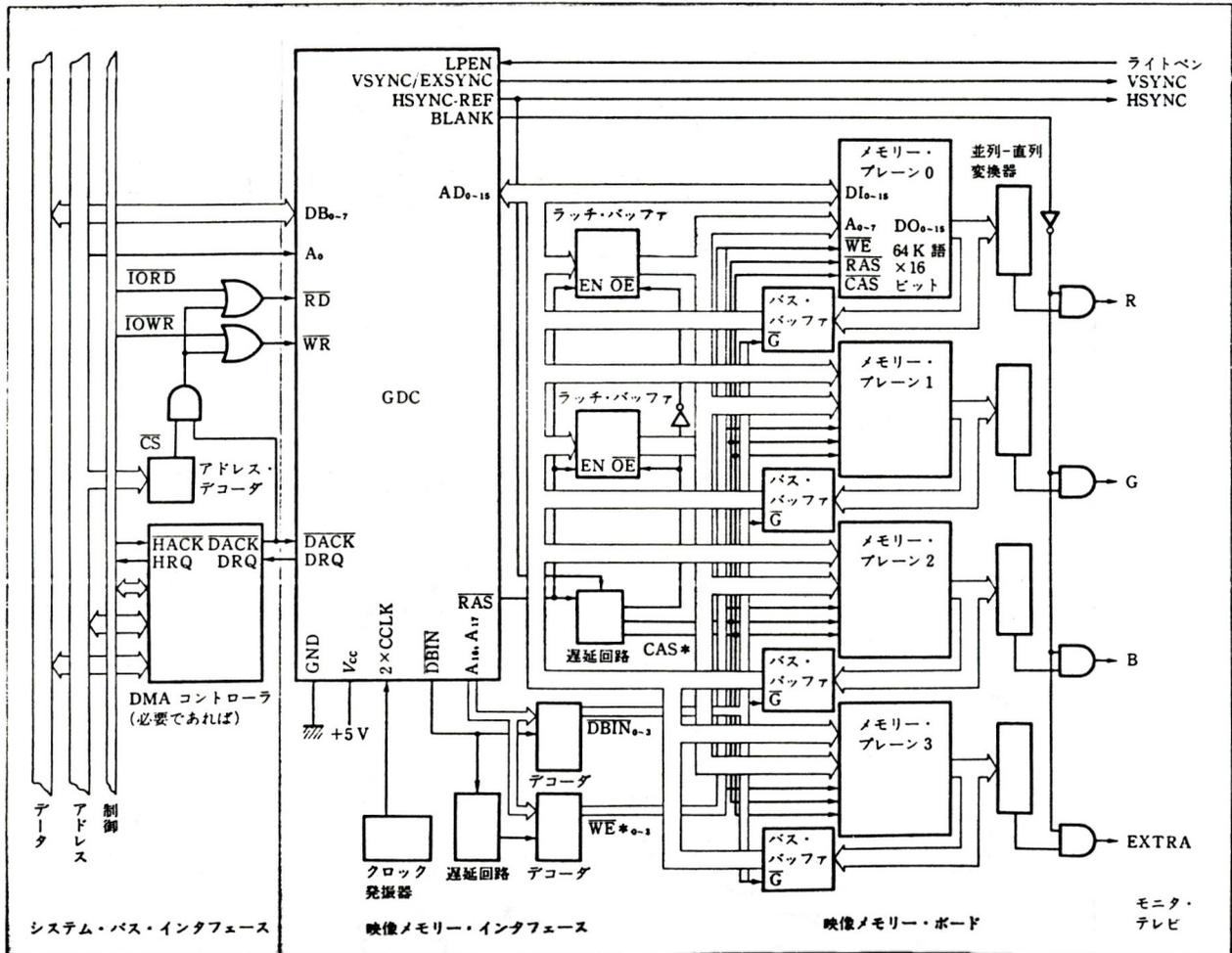


図10. システム・インタフェース

次の3種の表示/描画モードを持つ。

①グラフィックモード

256K語×16ビット，ドット単位描画。

②文字/グラフィック混在モード

64K語×16ビット，ドット単位描画と文字単位描画およびイメージ領域表示と文字領域表示とを動的切換可。グラフィックまたは文字描画/表示専用としても使用可。

③文字モード

8K語×13ビット，文字単位描画/表示。内蔵ラインカウンタ使用。

GDCはCPUから送られる21種のコマンドを受け取る。各コマンドは8ビットを構成され可変長

バイトのパラメータを付随させて使用する。直線描画などの1回の描画動作に対し必ず必要なコマンド/パラメータ送出数は最長16バイト程度で済む。GDCはコマンド受付後，映像メモリを含む閉回路トラックボックス内のCPUとは独立して描画を高速実行する。

GDCは3系統の映像メモリ・アドレスレジスタを内蔵する。

- ①描画アドレス・レジスタ (EAD)
- ②表示アドレス・レジスタ (DAD)
- ③リフレッシュアドレス・レジスタ (RAD)

①②は18ビット，③は8ビット。描画サイクルはRead/Modify/Writeを行うため4クロック，表示およびリフレッシュサイクルは2クロックである。映像メモリとしてダイナミックRAMの使用モードを設定したとき，HSYNC期間にリフレッシュアドレスを出力する。

DIR	直線	円弧	グラフィックス文字	傾斜グラフィックス文字	四辺形	DMA
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

●: 描画始点    →: 描画方向    □: 定義域    ▭: 描画域

図11 描画開始時の描画方向選択。直線描画では1/8領域内に含まれる直線を1個の描画方向で表現する。全円描画の場合には描画始点と描画方向を変化させ、1/8弧を8回描画して形成する

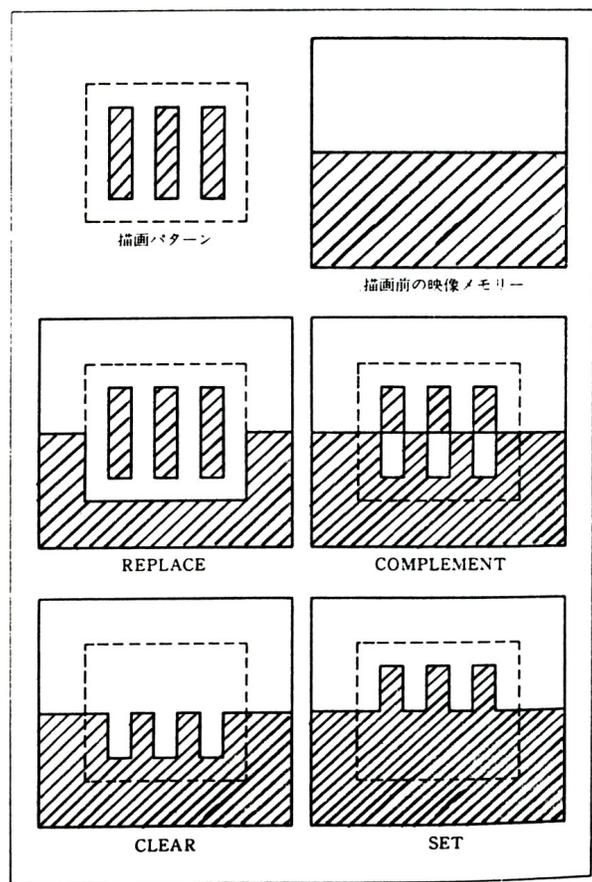


図12 4種類のドット修正モード。プログラムで任意に設定できる描画パターンに従って、4種のドット修正モードを選択できる。EXOR, NAND, ORによるドット単位論理演算としてとらえ得る

X, Y座標値をアドレスとして映像メモリに供給する方法もあるが, アドレス演算の自由度や拡張性を損なう。

45度単位傾きを持つ矩形領域内のドット, ハッチングなどの任意図形による塗りつぶしを高速に描画実行する機能を有する。任意閉曲線内塗りつぶし機能は持たないが, CPU側処理によって可能である。この場合にも, 描画はGDCによって高速に実行できる。

次の段階を経る。

- ①閉曲線内塗りつぶし開始点の指定。
  - ②画面水平方向にある映像メモリ内容をGDCを介して連続的に読み出し, 1/0の境界点を求める。
  - ③一走直線内の描画開始点および塗りつぶしドット数を求める。
  - ④任意線種による直線描画を実行する。
  - ⑤垂直方向に読み出し開始点を移動し, ②から④を繰り返す。
- 一走直線内における塗りつぶしドット数が

"0"となった時点で, 一区画に対する塗りつぶし動作が終了する。

コマンド	動作内容
動作制御 RESET SYNC MASTER/SLAVE	初期化動作 動作モード, 同期信号波形の定義 マスク動作, スleep動作の選択
表示制御 START STOP ZOOM SCROLL CSRFORM PITCH LPEN	表示の開始の指示 表示の停止の指示 拡大表示係数, 拡大描画係数の設定 表示開始アドレス, 表示領域の設定 文字表示時のカーソル形状などの設定 映像メモリ水平方向ワード数の設定 ライトペン・アドレスの読み出しの指示
描画制御 VECTW VECTE TEXTW TEXTE CSRW CSRR MASK	描画に必要な各種パラメータの設定 直線, 四辺形, 円弧描画の実行の指示 グラフィックス・テキスト・コード設定 グラフィックス・テキスト描画実行指示 描画アドレスの設定 描画アドレスの読み出しの指示 マスク・レジスタ値の設定
映像メモリ制御 WRITE READ DMAW DMAR	パラメータの映像メモリへの書き込み準備 映像メモリ・データの読み出しの指示 映像メモリへのDMA転送開始の指示 映像メモリからのDMA転送開始の指示

図13. コマンド一覧

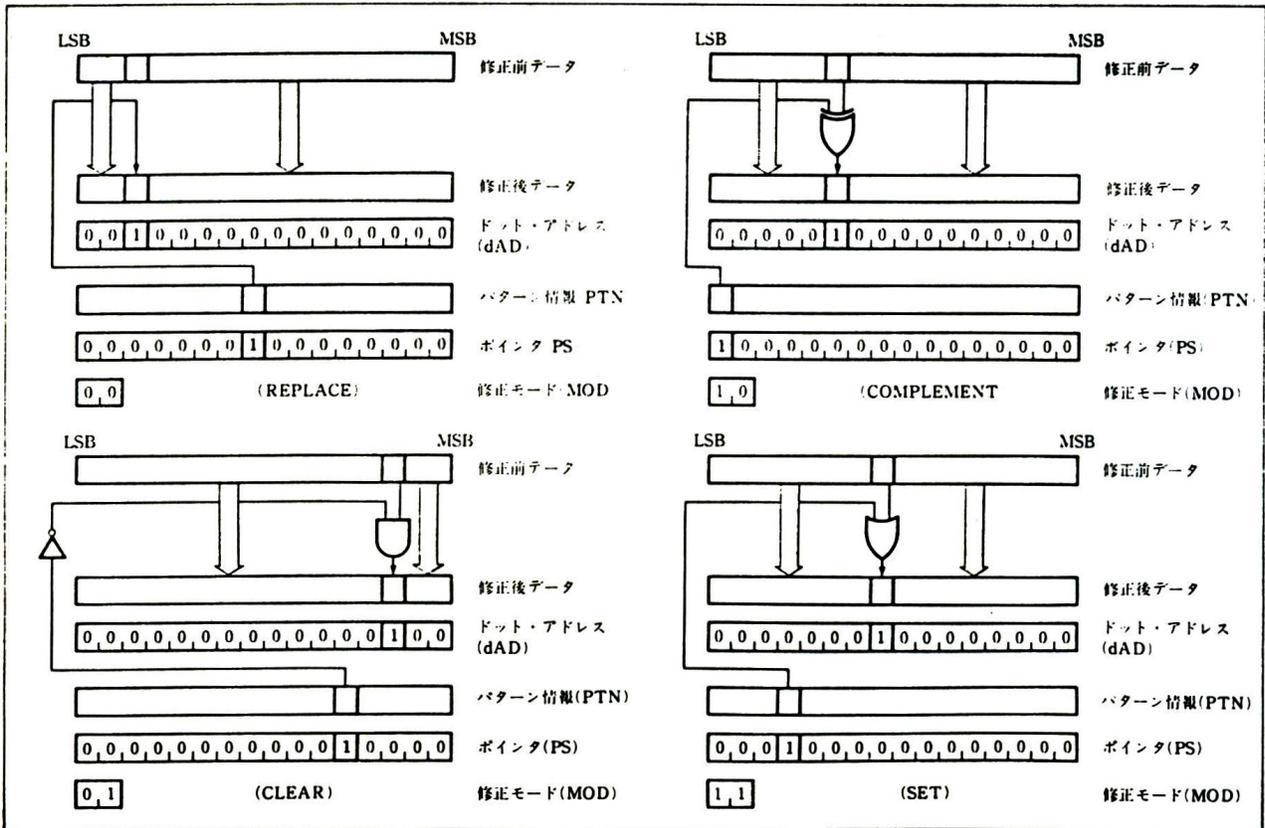


図14. グラフィックモード時のドット修正法。描画時, GDCに読み込まれた16ビットの映像メモリ内容に対して修正を加える。修正用ゲート群は各ビットに1個割り当てられているのでdADをすべて"1"とすると全16ビットに対して同時に修正を加え得る

ドットアドレス、レベルまでの描画アドレス演算を直線、円弧を問わず、整数加減算のみによって実行する。この間に実際の描画も実行していき、4クロックの描画サイクルで連続描画できる。算出座標値小数部の四捨五入法を採用しているが方程式をそのまま

解いた方がいい。等価的に解を求めるとアルゴリズムを開発した。近似手法によらぬので描画点には誤差が出ない。描画用パラメータ算出には複雑な計算を必要とする。1ドット描画毎に算出する必要はなく、1回の描画について1度だけ良い。

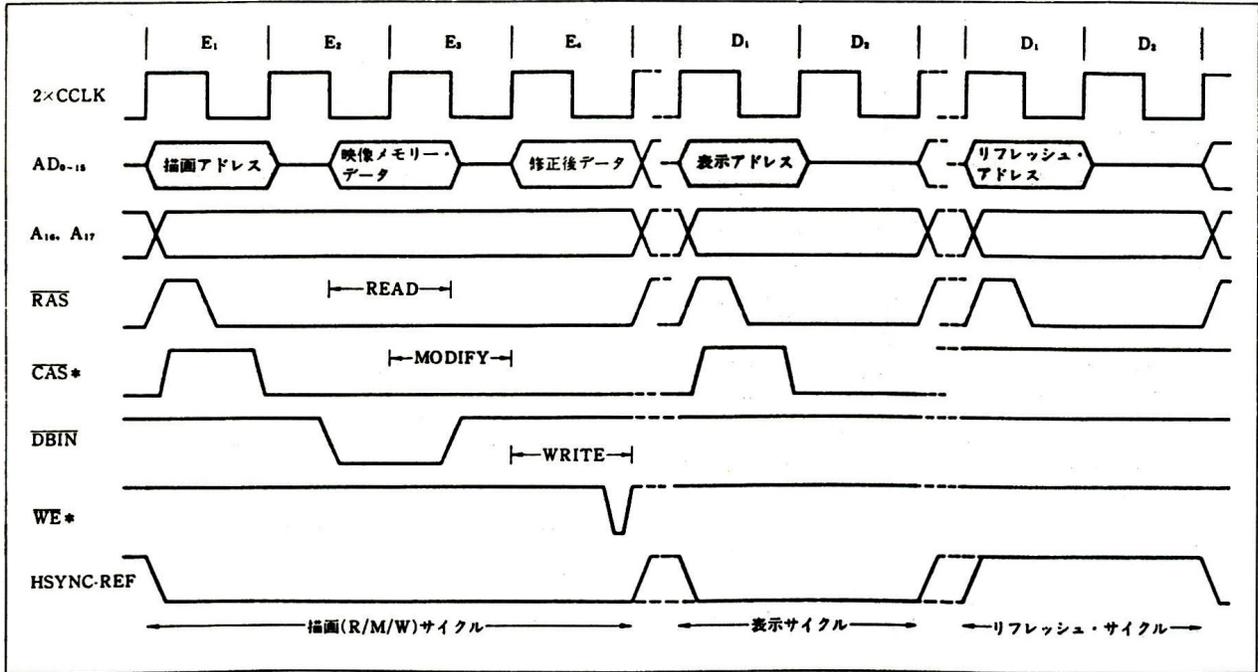


図15. 映像メモリ制御タイミング。3種のアドレス・サイクルを持つ。CAS\*, RAS\*は各々基準信号 RAS, DBIN を外付け回路によって遅延し、最適なタイミングに発生させる。リフレッシュは HSYNC 時に行う

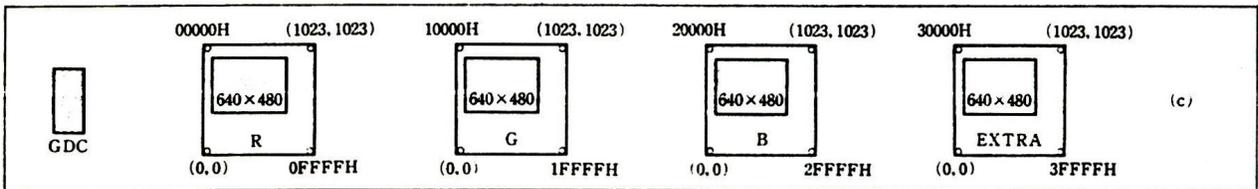


図16. 映像メモリと表示域の独立定義

図17. 描画パラメータ設定値。描画アルゴリズムに従って必要とされる描画パラメータを設定する。最大5種10バイトのパラメータを作成し GDC に送出するだけで、GDC は描画を実行する

	DC	D	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	DM	
初期値	0	8	8	-1	-1	
直線	$\Delta X$	$2 \Delta Y  -  \Delta X $	$2 \Delta Y  - 2 \Delta X $	$2 \Delta Y $	—	
円	$(r/\sqrt{2}) \uparrow$	$r-1$	$2(r-1)$	-1	0	
弧	$N$	$r-1$	$2(r-1)$	-1	$M$	
四辺形	3	$A^1$	$B^1$	-1	$A^1$	
8x8ドット グラフィックス文字	7	—	—	—	—	
8x8ドット以外の グラフィックス文字、 塗りつぶし	$B^2$	$A^2$	—	—	—	
DMA	$B^3$	$A^3$	$(A^3/2)$	—	—	
READ/WRITE	$D^1$	—	—	—	—	
1文字 1ドット	—	—	—	—	—	

注)

$\Delta X$ : X座標変位

$\Delta Y$ : Y座標変位

$r$ : 半径

$N$ : 描画総ドット数

$M$ : マスキング・ドット数

$A^1, A^2$ : 第1描画方向ドット数

$B^1, B^2$ : 第2描画方向ドット数

$A^3$ : 第1DMA方向バイト数

$B^3$ : 第2DMA方向バイト数

$D^1$ : R/Wバイト数

$\uparrow$ : 切り上げ