

グラフィック データ プロセッサ“HD64400”

Graphic Data Processor “HD64400”

OA用機器の普及に伴い、マルチウインドウによる操作性の高いグラフィックシステムが一般的になりつつある。その高速化、低価格化を果たすキーデバイスとしてGDP HD64400を開発した。画像用記憶装置として接続するマルチポートDRAMやページプリンタを制御する柔軟な機能を持ち、更に、国際的標準仕様としてのCGIに準拠したグラフィック描画機能、及びイメージデータの拡大・縮小を行う画像処理機能を提供する。1 μ m CMOSプロセスを使用し、32ビットデータバスと三つの内部プロセッサの並列動作により従来製品に比べ約10倍の性能を実現した。

武田 博* *Hiroshi Takeda*
 船橋 恒男* *Tsuneo Funabashi*
 御法川和夫** *Kazuo Minorikawa*
 桂 晃洋*** *Kōyō Katsura*

1 緒 言

OA(Office Automation)化が進むのに伴い、業務に用いる装置の高機能化・高性能化の要求がますます高まってきた。特にドキュメントの表現方法に自由度を持たせ、作成から印刷までに費やす時間の短さが装置の優劣を決める一つのポイントになっている。これらの装置に共通した特徴は、ビットマップディスプレイ機能とマウスなどの入力機器を備え、グラフィック描画処理の高性能化が課題になっている。日立製作所では、既にグラフィック機能を備えたACRTC(Advanced Cathode Ray Tube Controller)HD63484^{1),2)}を製品化しているが、その後の新しいニーズにこたえるため、主にグラフィック機能を強化したGDP(Graphic Data Processor)HD64400を開発した。GDPは、マルチポートDRAM(Dynamic Random Access Memory)やレーザプリンタなども制御できる柔軟な機能を持ち、更に、国際的標準仕様としてのCGI(Computer Graphics Interface)に準拠したグラフィック描画機能とイメージデータの拡大・縮小を行う画像処理機能を提供する。したがって、OA機器をはじめとしてCAD(Computer Aided Design)端末やページプリンタ、車載ナビゲーションなどの広範な分野で、グラフィック描画処理のキーデバイスとしての応用性を備えている。

ここでは、GDPの特長とそのグラフィック描画機能について述べる。

2 特 長

GDPの仕様概要を表1に示す。グラフィック描画機能の高速化・高性能化はもちろんのこと、各種装置への応用が可能な柔軟性の高い制御機能を備えている。

GDPを応用したグラフィックシステムの構成例を図1に示す。はん(汎)用のマイクロプロセッサとのインタフェース機能を備え、周辺LSIの一つとして接続できる。表示制御やグラ

フィック描画のためのフレームバッファの管理は、基本的にGDPが行う。フレームバッファとして512 Mバイトの広大な空間を制御でき、これらをMPU(Micro Processing Unit)のアドレス空間と分離するか、共有とするかの選択が可能である。前者は、MPUのソフトウェア処理とGDPの描画処理を並列動作でき、システム処理能力の向上に役立ち、後者は、システム固有のアプリケーション実現には必要不可欠である。GDPは、システム構成の自由度を実現するため、グラフィック描画のためにCGIに準拠したコマンド群を持ち、かつMPUのフレームバッファへのアクセスやGDPのシステムメモリへの描画を可能にする制御機能を内蔵する。

3 GDPの機能

3.1 レジスタ構成

GDPは、MPUからアクセスできる1kバイト以上の制御レジスタ及びRAM(Random Access Memory)を備えている。GDPの内部レジスタ群を図2に示す。表示アドレスとタイミングを制御するレジスタは、MPUからのダイレクトアクセスが可能なのに対し、描画を制御する描画パラメータレジスタと内部RAMは、コマンドを用いてFIFO(First In First Out)経由でアクセスする。この構成は、コマンド実行と独立して表示変更が行え、かつ描画属性をコマンドに同期させる一種のバンドルテーブルの考え方をLSIに内蔵させている。

3.2 座標体系

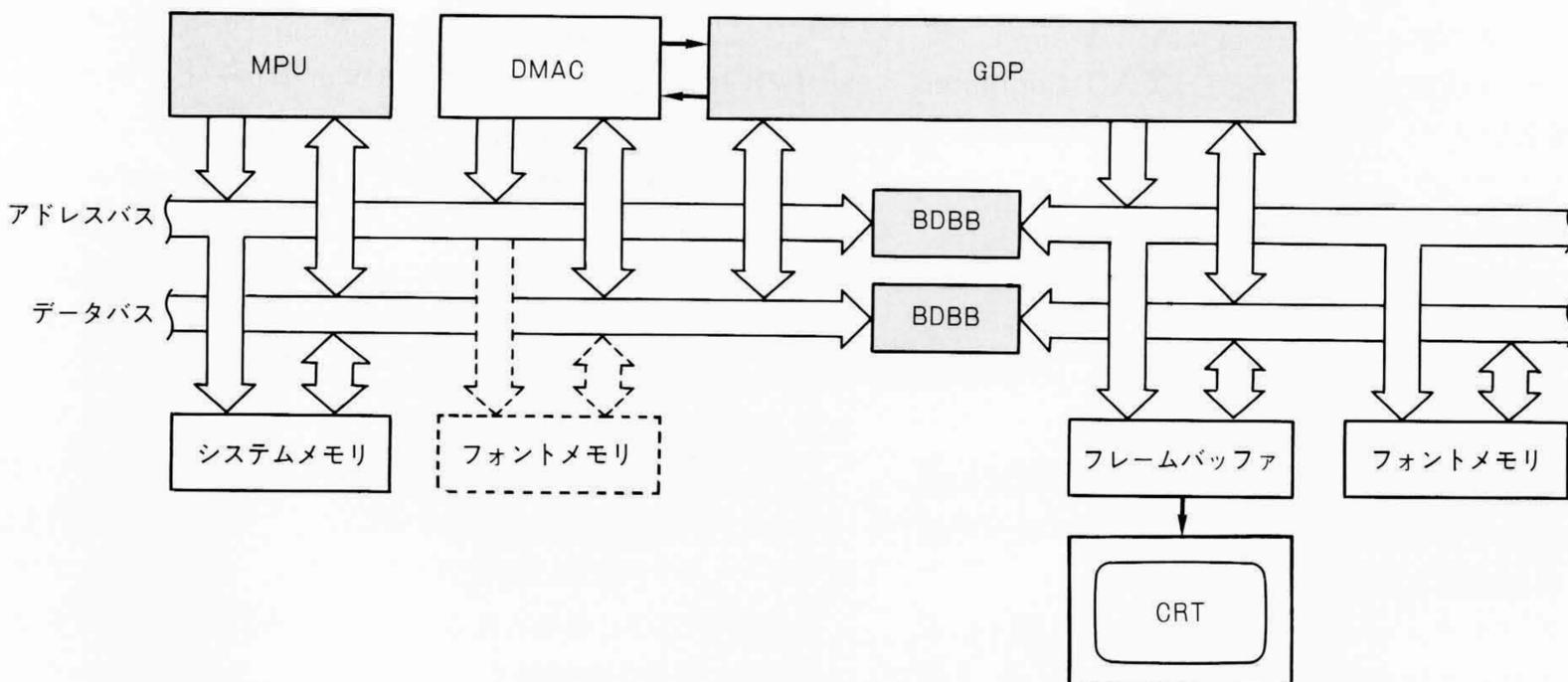
GDPのコマンドでは、一部を除いてフレームバッファのアクセスにX-Y座標系論理空間を用いる。この方式は、MPUのソフトウェアで簡単に座標点を指定でき、煩雑なりニアアドレス演算をGDPに任せられることから、ACRTC以来グラフィックLSIの標準的仕様となっている。更にこの方式は、すべてのグラフィックアプリケーションソフトウェアに対し、そ

* 日立製作所武蔵工場 ** 日立製作所高崎工場 *** 日立製作所日立研究所

表1 GDPの仕様 グラフィック描画機能の高性能化はもちろん、各種装置への応用が可能な柔軟性の高い制御機能を備えている。

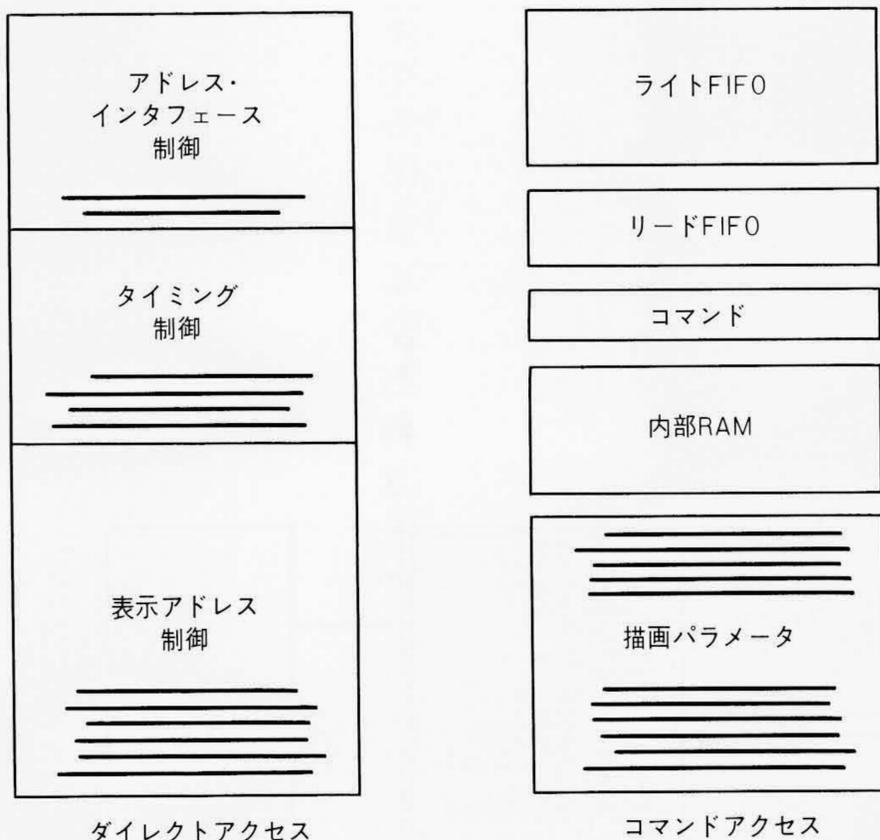
項目	性能	
動作周波数	20 MHz (Max.)	
フレームバッファ容量	512 Mバイト (Max.)	
コマンド数	線描画系	11通
	面描画系(塗りつぶしなど)	7通
	文字描画系	5通
	イメージ処理系(拡大など)	3通
	インタフェース・特殊系	24通
GKS(CGI)に準拠したコマンド体系		
色表現	1, 2, 4, 8, 16ビット/画素, モノクローム(2値)	
描画属性	演算モード	論理演算(16種), 算術演算(4種)
	色比較モード	レジスタ比較(14種), 透過モード(6種)
	2値化モード	8種(色コード→2値データ)
	カラーモード	3種(2値データ→色コード)
	論理ペルモード(太線指定)	2種(最大32×32までの画素定義)
	エリアモード	2種(図形のクリッピング)
	キャラクタ エリア モード	2種(文字のクリッピング)
	ピックモード	1種(図形・文字のピッキング)
座標体系	X-Y座標アドレス(3系統独立定義可能)	
塗りつぶしパターン	内蔵RAM及びフレームバッファに定義	
線種設定	内蔵RAMに最大1,024ビット長設定可能	
文字修飾機能	プロポーショナルスペース, イタリックなど	
オーバラップ ハードウェア ウィンドウ	4面(優先順位設定可), 重ね合わせ表示	
マルチポートDRAMのサポート	リアルタイムリード転送可能	
外部同期機能	マスタ・スレーブ, テレビジョン同期	
レーザ プリンタ インタフェース	プリンタ同期機構内蔵	
DMA転送	データDMA, コマンドDMA転送可能	
割り込み	15要因, 割り込みベクタ発生	
バスエラーへの対応	アドレス情報, コマンドコードの退避	
MPUのフレームバッファへのアクセス	フレームバッファバスの開放(描画ホルト)	
GDPのシステムメモリへのアクセス	描画, コピー, 文字フォントのハンドリング	
MPUインタフェース(16ビット)	68000系, 8086系, H16/32などに対応可能	
色プレーンへの対応	リード・ライトマスク, プレーン間コピー	
プロセス	1.0 μm CMOSアルミ2層	
電源電圧	+5V単一	
パッケージ	135ピンPGA	

注：略語説明
 DRAM(Dynamic Random Access Memory)
 DMA(Direct Memory Access)
 MPU(Micro Processing Unit)
 GDP(Graphic Data Processor)
 GKS(Graphical Kernel System)
 CGI(Computer Graphics Interface)
 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)
 PGA(Pin Grid Array)



注：略語説明
 BDBB (Bidirectional Bus Buffer), DMAC (Direct Memory Access Controller), CRT (Cathode Ray Tube)

図1 システム構成図 はん(汎)用のマイクロプロセッサとのインタフェース機能を備え、周辺LSIの一つとして接続できる。



注：略語説明 FIFO (First In First Out) RAM (Random Access Memory)

図2 内部レジスタ群 表示アドレスとタイミングを制御するレジスタは、MPUからのダイレクトアクセスが可能なのに対し、描画パラメータレジスタと内部RAMは、コマンドを用いてアクセスする。

の生産性向上とハードウェアに左右されない高い移植性も提供している。

座標体系を図3に示す。今までのグラフィックLSIは、同図の中央に示す描画座標一つだけですべての描画処理を行っていた。この方式では、フレームバッファに格納しておきたいすべての描画データを、いったん描画座標の2次元配列に従

い再配置する必要がある。これでは、幾つものアプリケーションが混在するマルチウインドウシステムで、この作業に多くの時間を費やすことになりかねない。そこでGDPは、グラフィック描画コマンドを四つのグループに分け、それぞれのコマンドが用いる座標系を独立させた。例えば、イメージ系コマンドの代表であるCOPYコマンドは、転送元座標(ソース)と描画座標(ディスティネーション)が独立し、異なる2次元配列間のデータ転送をMPUの介在なしで処理できる。加えて、データフォーマットにACR TCから継承したパックドピクセル(多値)か、モノクロームプリンタなどで用いる2値の指定を行うことで、データ転送と同時に多値から2値へ、2値から多値へのデータ変換も行う。

描画座標と表示画面の対応も独立しており、フレームバッファの任意長方形領域をウインドウに表示できる。

3.3 表示制御機能

GDPは多彩な表示制御機能を備えているが、以下にその代表的なものを述べる。

(1) オーバラップハードウェアウインドウ

最大4画面のオーバラップ可能なウインドウを表示できる。それぞれのウインドウには独立してフレームバッファの任意長方形領域を指定でき、重ね合わせの優先度もレジスタで瞬時に切り替えられる。したがって、応答性重視のウインドウやメニュー表示には最適である。

(2) マルチポートDRAMサポート

グラフィックシステムでは常識となったマルチポートDRAMは、基本機能が良い反面制御の複雑さとメモリ使用効率の悪さが指摘される。GDPは、オーバラップハードウェアウインドウでのリアルタイムリード転送を実現し上記の問題に対応する。

(3) レーザプリンタインタフェース

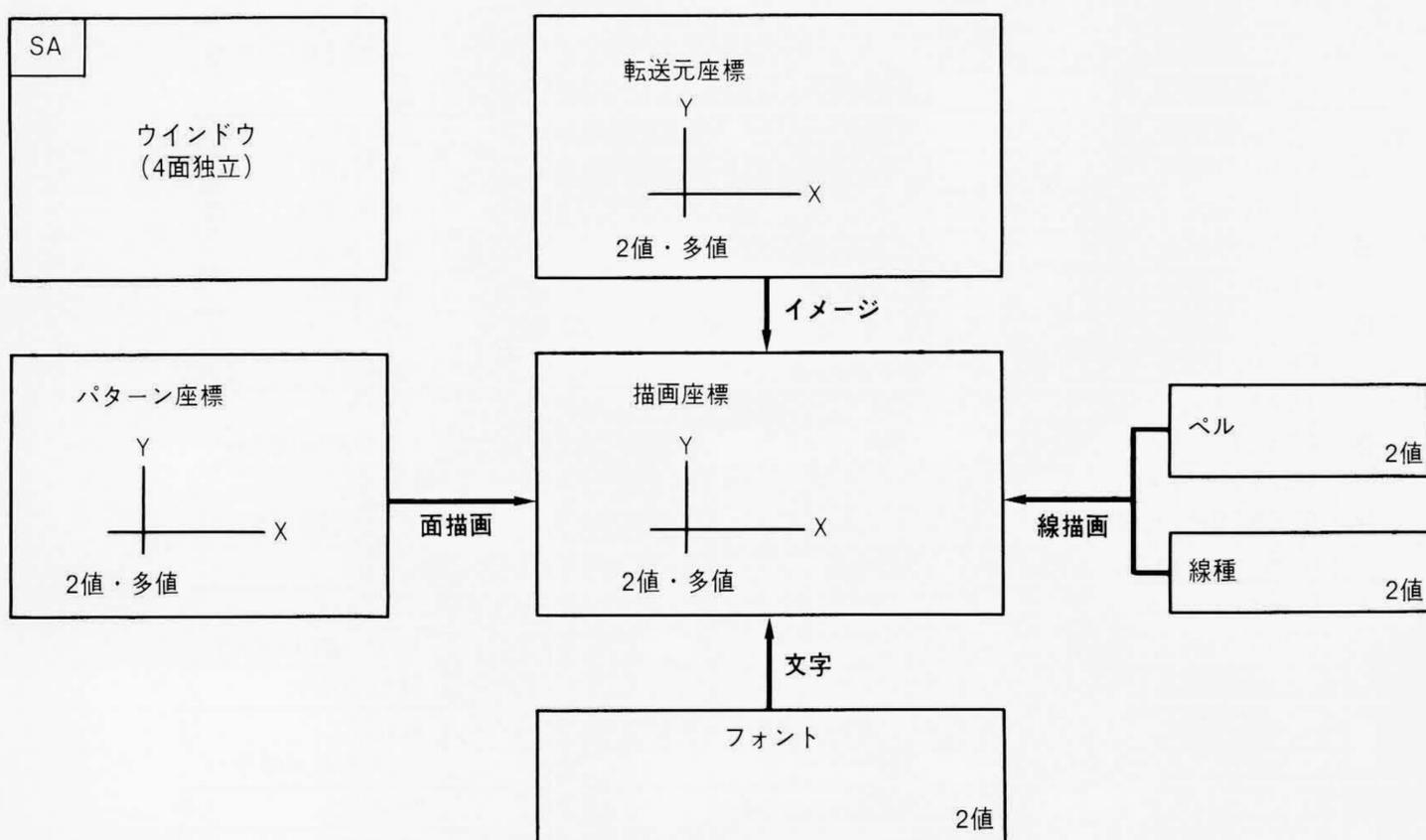


図3 座標体系 グラフィック描画コマンドを四つのグループに分け、それぞれのコマンドが用いる座標系を独立させた。

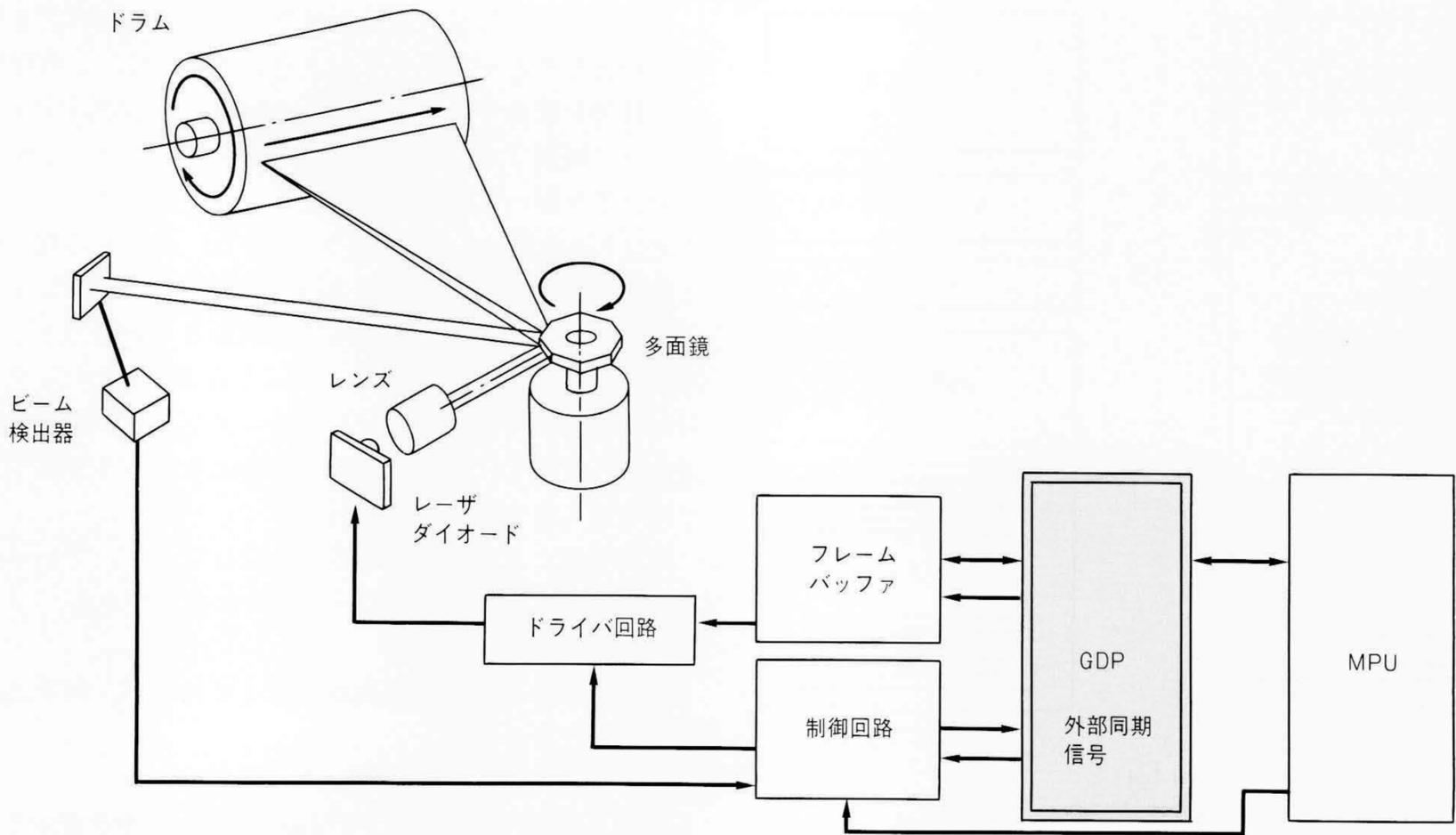


図4 レーザプリンタへの応用 外部同期機能の改良により、レーザプリンタエンジンとの接続も可能である。

表2 主な描画コマンド コマンドは、1ワード(16ビット)のオペレーションコードとそれに続く数ワードのパラメータから構成される。

	コマンド	パラメータ	機能
線	LINE	X_s, Y_s, X_e, Y_e	直線
	RCT	X_1, Y_1, X_2, Y_2	長方形
	PLL	$n, X_1, Y_1, \dots, X_n, Y_n$	直線群
	DPLL	$n, X_1, Y_1, \dots, X_n, Y_n$	
	SPLL	$n, X, Y, \{(dX_1, dY_1, dX_2, dY_2), \dots, (dX_{n-1}, dY_{n-1}, dX_n, dY_n)\}$	
描画	PLG	$n, X_1, Y_1, \dots, X_n, Y_n$	多角形
	CRCL	X_c, Y_c, A, B	(長円)円
	ARC	$X_c, Y_c, A, B, DX_s, DY_s, DX_e, DY_e$	(長円)円弧
	ARCC	$X_c, Y_c, A, B, DX_s, DY_s, DX_e, DY_e$	(長円)扇形, 弓形
	SARC	$X_c, Y_c, a, b, X_s, Y_s, DX_e, DY_e$	一筆書(長円)円弧
	DOT	X, Y	点
面	FRCT	X_1, Y_1, X_2, Y_2	長方形
	FCRCL	X_c, Y_c, A, B	(長円)円
	FFAN	$X_c, Y_c, A, B, DX_s, DY_s, DX_e, DY_e$	(長円)扇形, 弓形
	PAINT	X_s, Y_s	塗りつぶし
	SEARCH	X_s, Y_s	境界検出
画	FTRAP	$X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4, Y_s, Y_e$	台形
	FHLINE	Y, n, X_1, \dots, X_n	水平線
文	TEXT	$X, Y, n, CN_1, \dots, CN_n$	文字列
	ATEXT	n, CN_1, \dots, CN_n	(文字間隔固定)
	TEXTSP	$X, Y, n, CN_1, DX_1, DY_1, \dots, CN_n, DX_n, DY_n$	文字列
	ATEXTSP	$n, CN_1, DX_1, DY_1, \dots, CN_n, DX_n, DY_n$	(文字間隔可変)
	CHR	CN	単文字
イメージ	COPY	$X_s, Y_s, DX, DY, X_d, Y_d$	BitBlit
	ZOOM	$X_s, Y_s, LSX, LSY, X_d, Y_d, LDX, LDY$	拡大・縮小COPY
	ROT	$X_s, Y_s, LSX, LSY, X_d, Y_d, LDX_x, LDX_y, LDY_x, LDY_y$	回転COPY
転送	PUT	$X, Y, DX, DY, D_1, \dots, D_n$	BitBlit
	GET	X, Y, DX, DY	システムメモリ
特殊	TERM	-	終点
	CLINE	X_e, Y_e	連結線
	CHRBGN	X, Y	文字位置
	CHRSPC	dX, dY	文字間隔

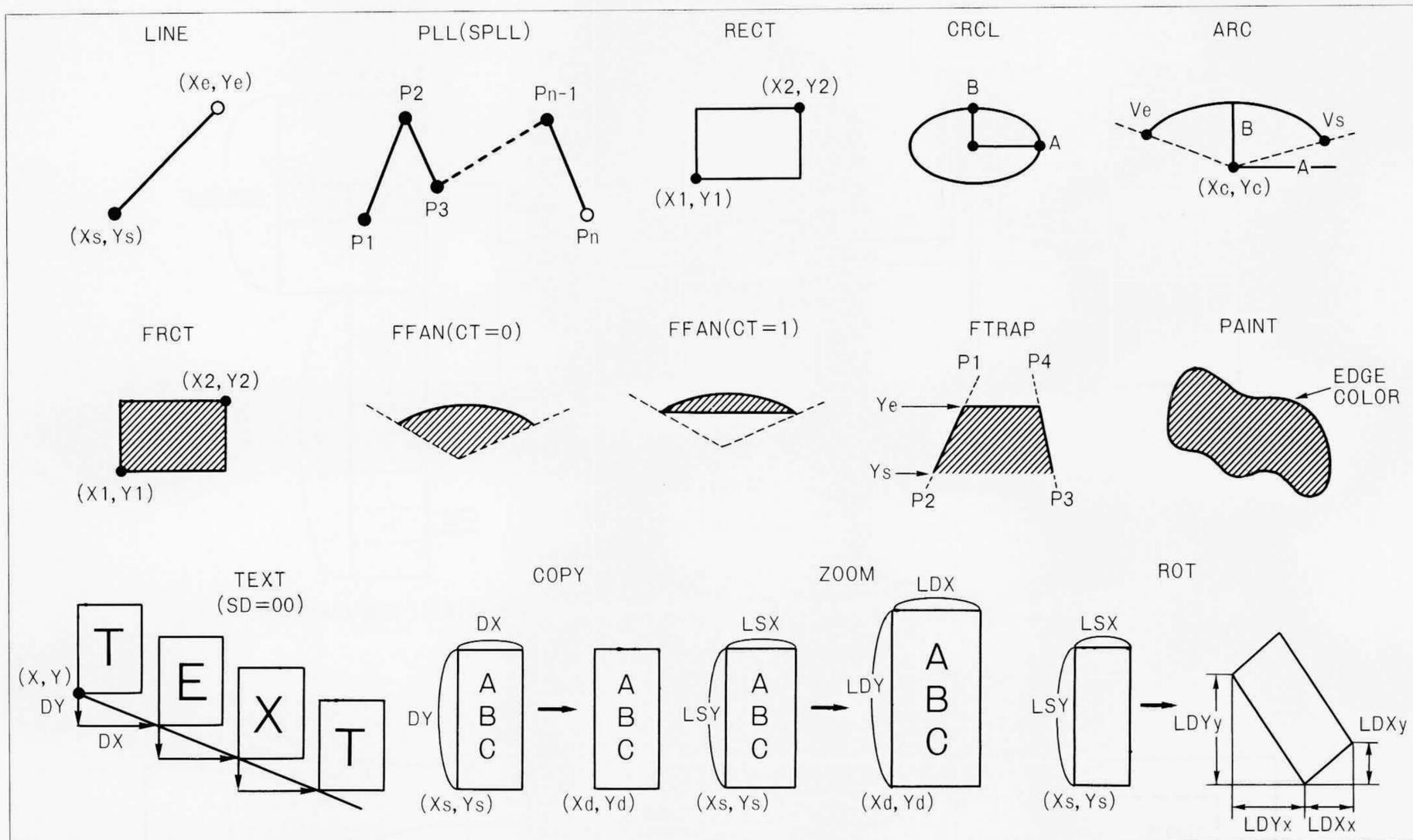


図5 主な描画コマンド例 CGIに準拠した26種の高速描画コマンドを備える。

コピー装置の低価格化に伴い高画質が得られるレーザプリンタが、デスクトップパブリッシングの流行に合わせ注目されている。レーザプリンタの制御方式がCRT(Cathode Ray Tube)に酷似していることから、GDPは外部同期機能の改良を行い、図4に示すレーザプリンタエンジンとの接続も可能にしている。

3.4 グラフィック描画機能

3.4.1 描画コマンド

代表的な描画コマンドを表2及び図5に示す。コマンドは1ワード(16ビット)のオペレーションコードと、それに続く数ワードのパラメータから構成される。パラメータの指定は、CGI規格に従い原点に対する絶対X-Y座標値を用いる。基本的にはMPUが、ライトFIFOにコマンドを発行するが、DMA(Direct Memory Access)コントローラがコマンドを転送したり、GDP自身でコマンドをフェッチする方式も選択できる。

GDPは、ACRTCの持つ描画機能・性能を一段と向上させた。例えば、線描画は線種定義を1,024ビット長まで拡張し、かつペル定義を可能にしたことで、太い破線の描画を1コマンドで実現した。塗りつぶしは応用面から二つに分類できる。一つは閉図形のPAINTであり、もう一つは幾何学情報から閉領域を定義し、塗りつぶすFILLである。GDPは、PAINTとFILLで多色かつ任意の大きさの塗りつぶしパターンをサポートする。文字描画は、ビットマップディスプレイで従来のキャラクタ端末の処理性能と制御方式が実現できるように、図6に示す文字フォントをGDPが管理する方式を採った。これにより、MPUが文字コードをGDPに転送するだけで、GDPはモノクロームのフォントデータをフレームバッファから読み込み、

着色と修飾を行ったビットマップデータに展開し、それを基に文字列を描画する。イメージデータの処理に、写真やスキャナで読み込んだデータの拡大、縮小、回転がある。これらの処理には、ジャギー対策に平滑化を必要とする場合があり、GDPは、図7に示す距離反比例法³⁾をコード化したROM(Read Only Memory)テーブルを用い、高速色補間処理を実現した。色補間処理は、図形拡大時の平滑化のほかに、拡大での色むらや縮小でのイメージのつぶれを防ぐことができる。

3.4.2 描画性能

代表的なグラフィック描画性能を表3に示す。LINE, CRCLの線描画は画素単位の描画、FRCT, TEXT及びCOPYは、ワード内に収まる複数画素の一括描画と処理が異なるため、性能に違いが見られる。この傾向は、図8のACRTCの比較でより顕著に現れる。

GDPの描画例を図9に示す。

3.5 システム構成

GDPはシステム構成の自由度を高めるため、図10の分離バス方式、図11の接続バス方式1、図12の接続バス方式2をサポートする。分離バス方式は、MPU空間と独立したフレームバッファをGDPが管理するシステム、接続バス方式1は、MPUもフレームバッファを操作したいシステムであり、接続バス方式2は、メインメモリへもGDPに描画、データ転送を行わせたいシステムに向く。システムバスとローカルバスの接続には、バススイッチを用いるが、GDPはシステムバス権要求などの制御端子を備え、システム構成のための外部回路の簡略化に対応する。

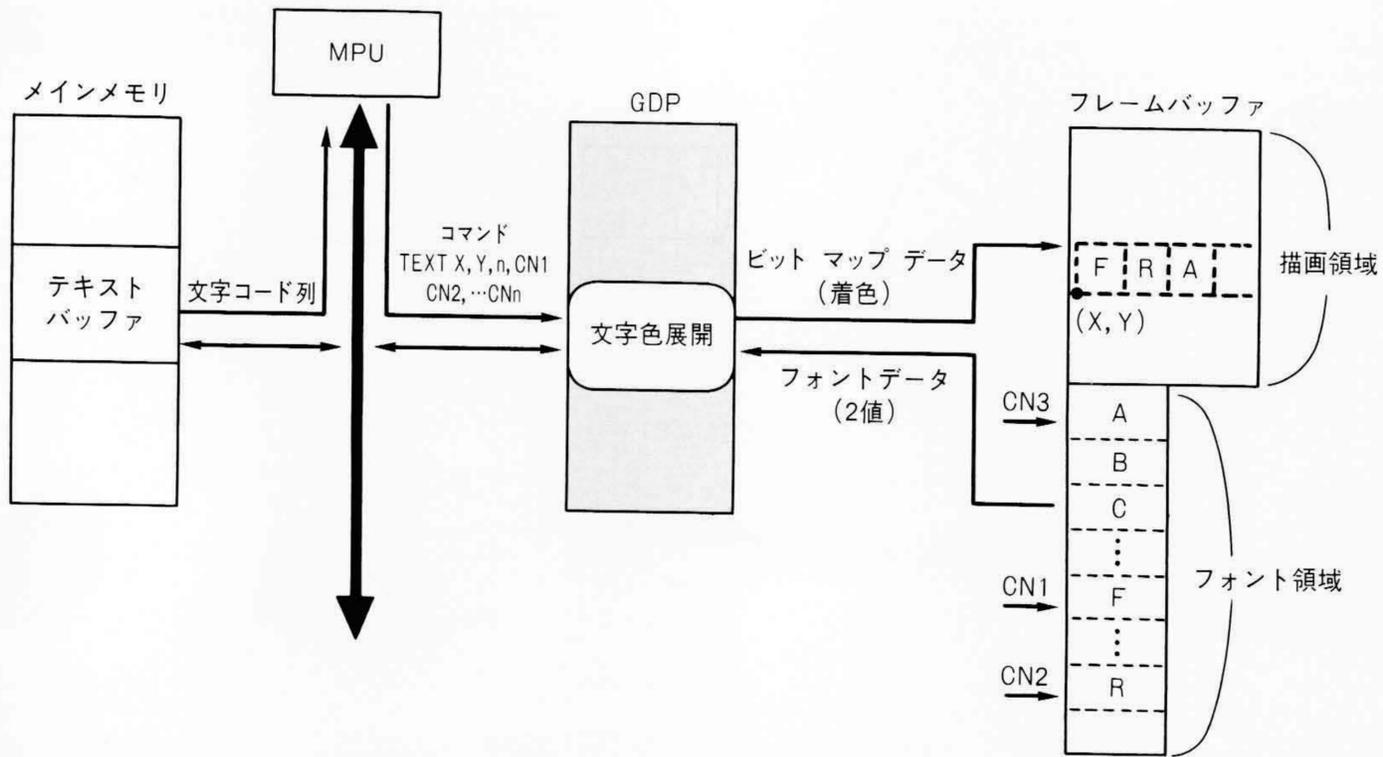


図6 文字描画方法 ビットマップディスプレイで従来のキャラクタ端末の処理性能と制御方式が実現できる。

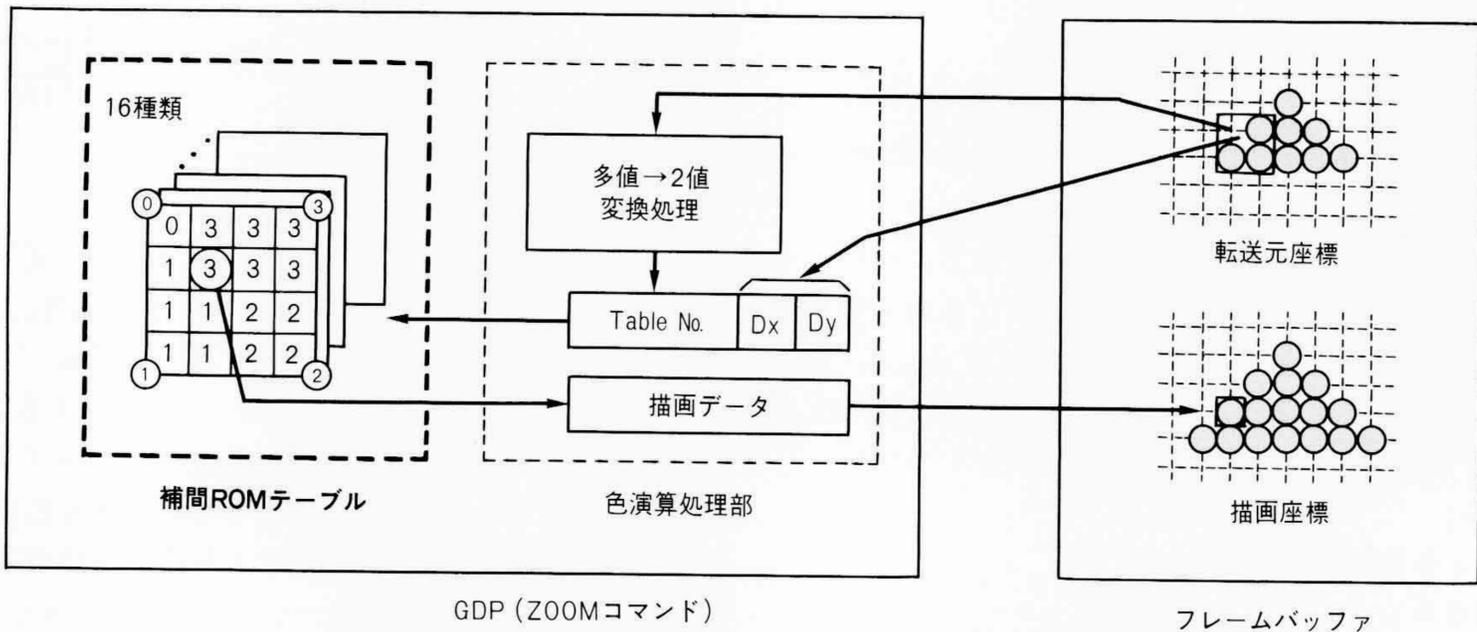
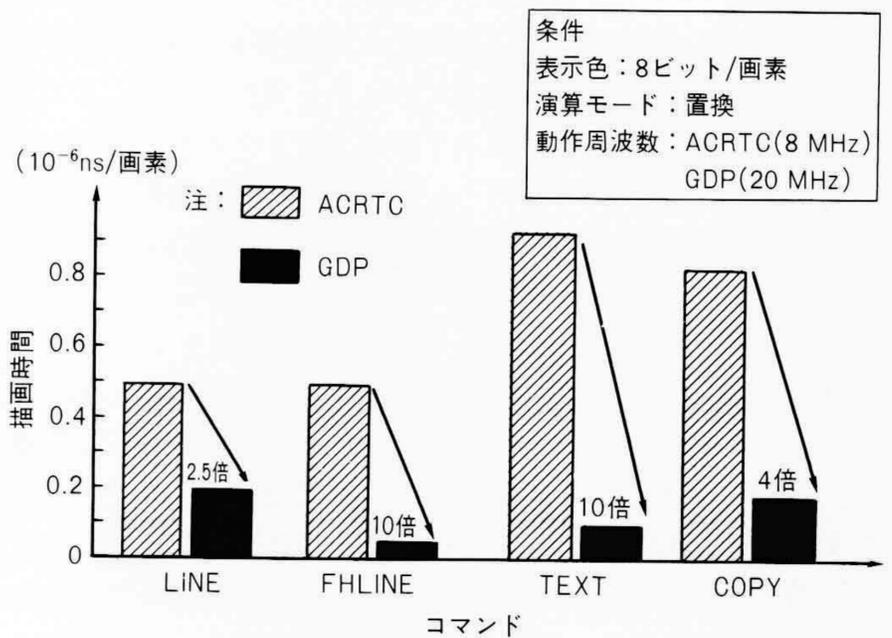


図7 色補間処理方式 距離反比例法をコード化したROMテーブルを用い、高速色補間処理を実現した。

表3 描画性能 LINE, CRCLの線描画は画素単位の描画, FRCT, TEXT, COPYはワード内に収まる複数画素の一括描画と処理が異なるため、性能に違いが見られる。

コマンド	1ビット/ 画素	4ビット/ 画素	8ビット/ 画素	セットアップ	行オフセット
LINE	200/400	200/400	200/400	4,500	—
CRCL	1,350	1,350	1,350	34,500	—
FRCT	7	25	50	13,650	6,800
TEXT (16×16)	25	38	63	13,250	1,950
COPY	19	75	150	12,250	1,050
ZOOM	1,100	1,100	1,100	6,850	1,050
ROT	1,500	1,500	1,500	9,600	3,100
PUT	35	138	275	12,900	1,400
GET	50	200	400	3,700	650

注：20 MHz(ns)



注：略語説明 ACRTC (Advanced Cathode Ray Tube Controller)

図8 描画性能比較 複数画素の同時処理により、10倍程度の高速化を実現した。

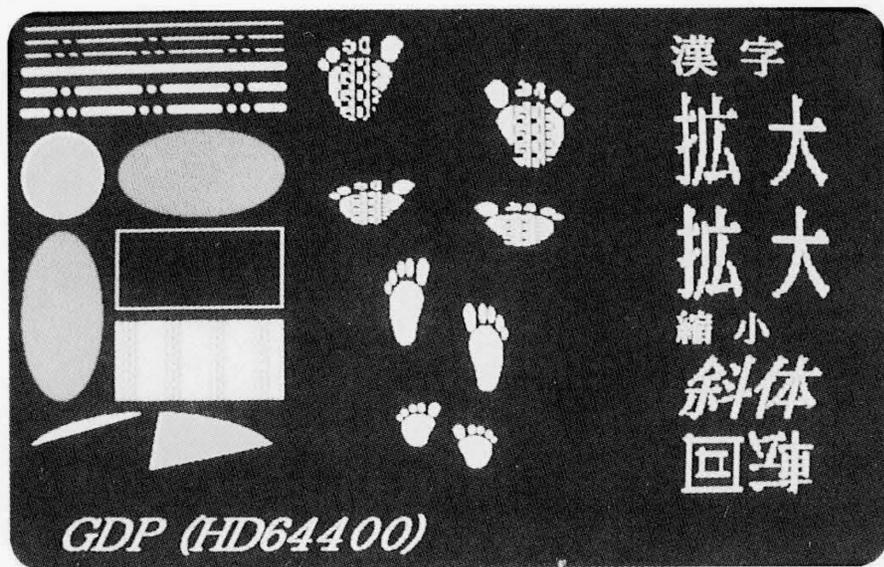


図9 GDP描画例 各種描画コマンドを画面に表示した。左側に線、面描画コマンド、右側に文字、イメージ処理コマンドを配置した。

4 設計技術

GDPのチップ写真を図13に示す。1 μ m CMOSアルミ2層プロセスを用い、13.88 mm \times 13.30 mmのチップ上に約65万トランジスタを集積する。ブロック図を図14に示す。内部は、三つのプロセッサモジュール(描画、表示、タイミング)と五つのコントロールユニット(DMA、割込み、MPU、バス、CRT)によるマルチプロセッサ構成をとり、並列処理を行う。

描画プロセッサは更に、描画アルゴリズムを生成する論理演算部と描画演算を実行する物理演算部の2サブプロセッサ複合構成から成り、それぞれがマイクロプログラムで制御される。LSIは、ROM、RAM、レジスタなどの規則性の高い論理ブロックで構成され、各々のブロック間を結合する論理回路は、DA(Design Automation)による自動配置配線処理が施されている。

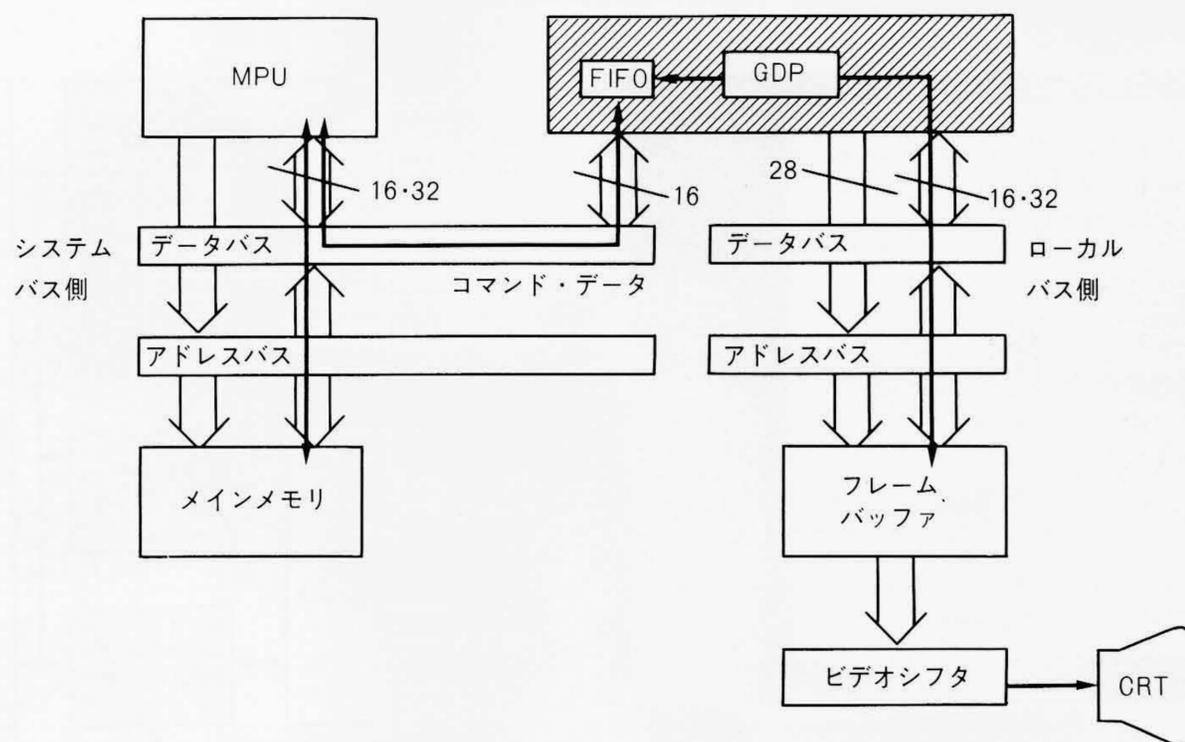


図10 システム構成図(分離バス方式) MPU空間と独立したフレームバッファをGDPが管理する。

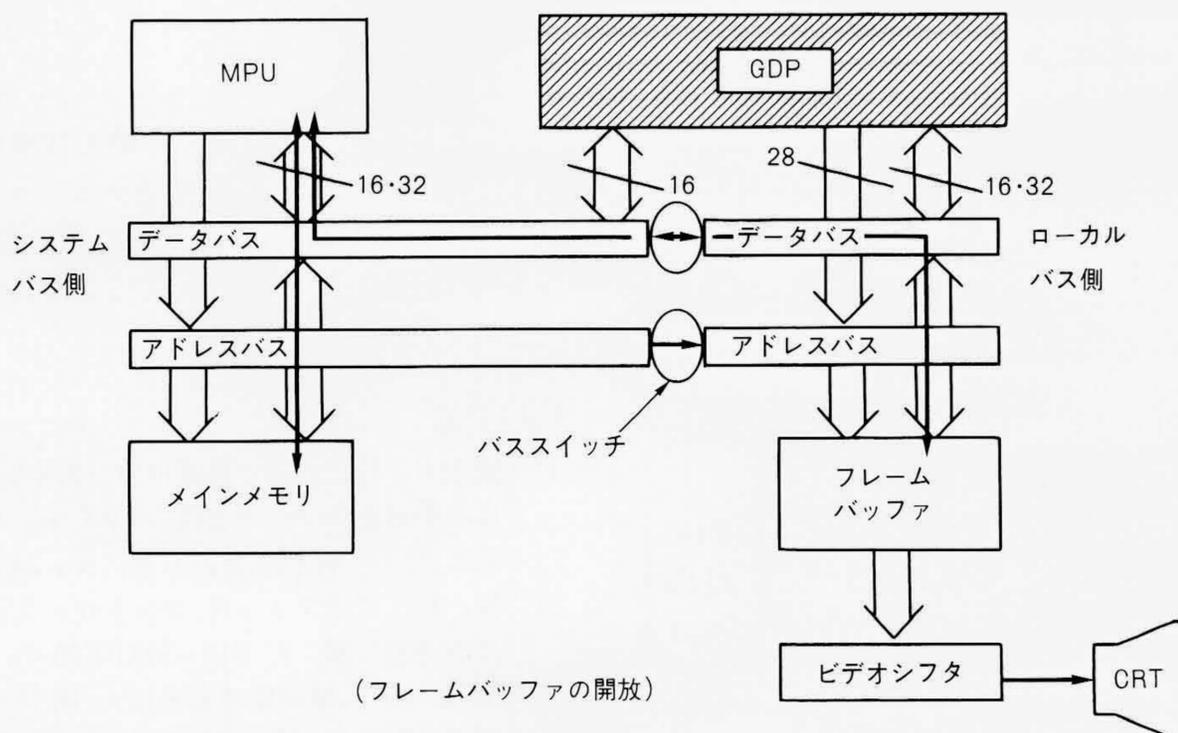


図11 システム構成図(接続バス方式I) MPUもフレームバッファを操作する。

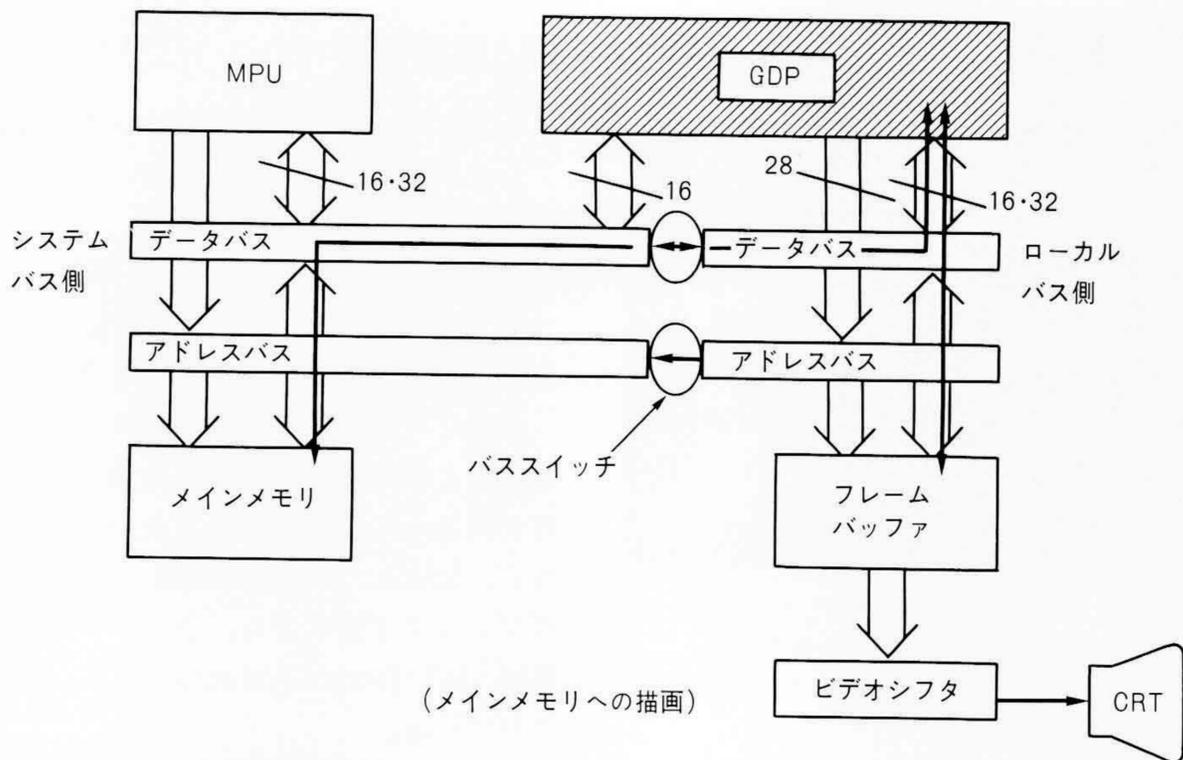


図12 システム構成図(接続バス方式2) GDPは、メインメモリへも描画、データ転送を行う。

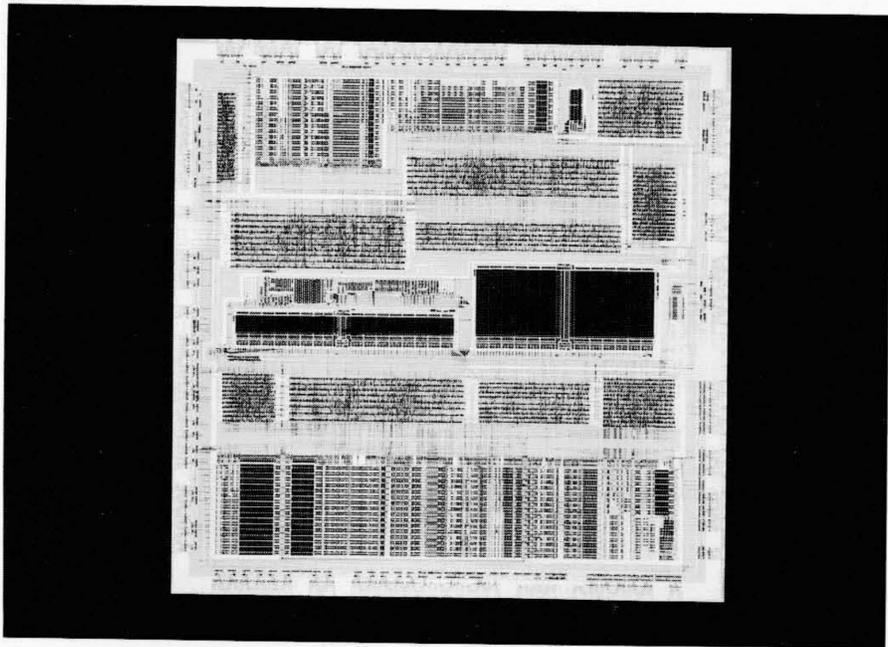


図13 GDPチップ写真 1 μm CMOSアルミ2層プロセスを用い、13.88 mm×13.30 mmのチップ上に約65万トランジスタを集積する。

規則性の高い論理構造と各種DAツールに支えられ、高い集積度と信頼性を保ちながら開発期間の短縮を実現した。

5 結 言

以上、グラフィック データ プロセッサGDP HD64400についてその機能を中心に述べた。オーバーラップ ハードウェア ウィンドウ、レーザ プリンタ インタフェースなどの多彩な表示制御と、CGIに準拠した高度なグラフィック描画の両機能を備える。ACRTCに比べ10倍の性能を実現しており、次世代グラフィック装置のキーデバイスとして応用できる。

グラフィックLSIの高性能化、高機能化、応用分野別対応のニーズは、ますます高まっている。今後のグラフィックLSIのシリーズ化を推進する中で、アプローチの方法には二通りを考える。3次元グラフィック表示を行うEWS向けには、陰面処理や陰影付けを行うGeometry Processorを開発する。Geometry ProcessorはGDPとアーキテクチャを異にしGDP

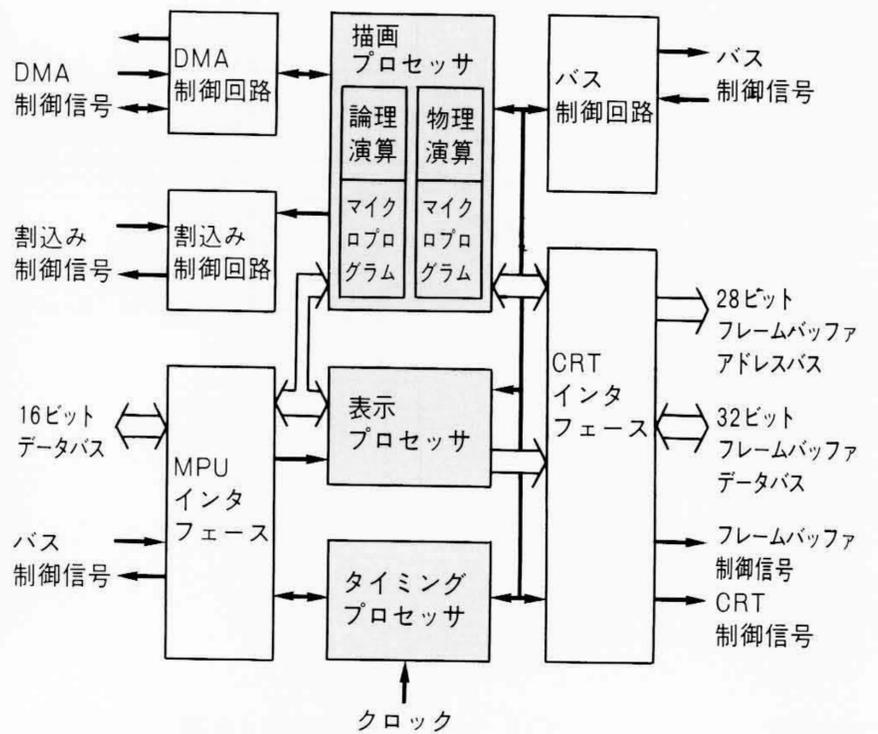


図14 ブロック図 三つのプロセッサモジュールと五つのコントロールユニットによるマルチプロセッサ構成をとり、並列処理を行う。

に比べコピーや塗りつぶし性能を10倍以上向上させる。もう一方は、GDPのプロセッサモジュールを生かしコマンドやサポート機能を製品別に改良するASIC展開である。これらのアプローチにより新たなニーズにこたえていく予定である。

参考文献

- 1) 御法川, 外: 座標で描画位置を指定でき、塗りつぶしやコピーなど豊富なコマンドを持つCRTコントローラ, 日経エレクトロニクス, 1984年5月21日号, No.343, p.221~254
- 2) 桂, 外: グラフィック コントローラ ACRTC "HD63484", 日立評論, 66, 7, 515~518(昭59-7)
- 3) 正嶋, 外: 2値画像の各種拡大/縮小方式の性能比較及び処理速度改良方式, 情報処理学会論文誌, Vol.26, No.5, p.920~925(1985-9)