

## 描画属性処理機構を強化した高速グラフィックス・ プロセッサ†

桂 晃 洋<sup>††</sup> 前 島 英 雄<sup>††</sup> 松 尾 茂<sup>††</sup>  
船 橋 恒 男<sup>†††</sup> 武 田 博<sup>†††</sup>

パーソナルコンピュータやワークステーションなどに代表されるマイクロプロセッサ応用システムでは、グラフィックス表示機能が必須になっている。グラフィックス処理では、画面のドットに対応する大量の情報を処理する高速の処理能力が要求されるため、専用プロセッサが注目されている。本稿では、文字、図形、画像を統合処理し、標準化を意識した新しいグラフィックス・プロセッサについて述べており、特に、そのハードウェア構造と描画属性処理機構を強化したグラフィックス・アーキテクチャについて報告している。グラフィックス・システムに要求される機能、性能を分析した上で、グラフィックス・プロセッサのハードウェア構造とグラフィックス・アーキテクチャについて検討した。システムバスとフレームバッファバスを接続制御し、システム規模や使用 CPU に対応した柔軟なシステム構成を可能にするバスインタフェース機構と、画像データを高速に演算する並列処理方式と2つのマイクロプログラムによる制御方式から成る高速化アーキテクチャを開発した。また、標準グラフィックス・インタフェースを指向し、描画処理機能に加えて強力な描画属性処理機構を持たせた。これらにより、直線では 25~200 ns/画素、コピー処理では 75 ns/画素の高速描画性能を達成した。文字処理の例では、漢字 1000 文字から成る 1 画面を 75 ms で処理でき、応用システムの要求性能を満足できる結果を得た。

### 1. はじめに

パーソナルコンピュータやワークステーションなどに代表されるマイクロプロセッサ応用システムでは、グラフィックス表示機能が必須になっている。マンマシン・インタフェースを司る機能の1つとして表示機能の占める割合は大きく、メモリ素子の高集積化、低価格化に伴って、グラフィックス処理は一般的なものになってきた。反面、グラフィックス処理では、画面のドットに対応する大量の情報を処理する高速の処理能力が要求される。このため、汎用のマイクロプロセッサのソフトウェア処理では、十分な性能が得られないという問題が生じている。

このような背景のもとに、筆者らはグラフィックス処理向けの専用プロセッサ<sup>1)~4)</sup>の研究を進めてきた。これまでに、表示制御機能を強化すると共に、フレームバッファに種々の図形を発生するグラフィックス描画機能を内蔵した ACRTC (Advanced CRT Controller)<sup>5)~9)</sup>を開発済である。ACRTC では、描画機能と

して、直線、四角形、円、楕円、塗りつぶし、といった基本機能を内蔵した。しかし、その後さらに、市場の拡大とニーズの多様化が進んできている。マイクロプロセッサの高速化に伴って、より高度な応用が可能になってきており、グラフィックス処理に関してもそれに見合った高性能と高機能が要求されている。例えば、ワークステーションの分野では、マンマシン・インタフェースの改善のために、操作性能と表示や印字品質の向上が求められている。このため、文字、図形、画像の統合処理、マルチウィンドウ表示、といった機能を高速に実行する必要がある。すなわち、より洗練されたグラフィックス描画を可能にするため、各種の属性制御機能を含めた描画機能の強化が必要である。また、グラフィックス・インタフェースの標準化の動きも活発で、比較的デバイス寄りのレベルのものとして CGI (Computer Graphics Interface)<sup>10)</sup>が注目されている。

上記のニーズの変化に対応する新世代のプロセッサとして、文字、図形、画像を統合処理し、標準化を意識した新しいグラフィックス・プロセッサ GDP (Graphics Data Processor)<sup>11)~13)</sup>を開発した。機能面から見た GDP の概要については別の文献<sup>11)~13)</sup>でも報告済であるが、本稿では、特に、そのハードウェア構造と描画属性処理機構を強化したグラフィックス・アーキテクチャについて報告する。

† High Speed Graphics Processor Enhanced Processing Mechanism for Drawing Attributes by KOYO KATSURA, HIDEO MAEJIMA, SHIGERU MATSUO (The 8th Department, Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.), TSUNEO FUNABASHI and HIROSHI TAKEDA (Microcomputer Engineering Department, Semiconductor Design & Development Center, Hitachi, Ltd.).

†† (株)日立製作所日立研究所第8部

††† (株)日立製作所半導体設計開発センターマイコン設計部

## 2. 開発目標

本章では、グラフィックス・システムに要求される機能、性能を分析した上で、開発目標を明らかにする。

### 2.1 システム・ニーズ

#### (1) 要求機能

CGI などのグラフィックス・インタフェースでは、直線や円といった描画プリミティブのほかに多くの描画属性機能が定義されている。線描画の属性としては、線種、線幅（太線）、色、先端やつなぎ目の形状、などがある。面描画では、面の色や塗りつぶしパターンがある。文字列にも文字の回転、大きさ、文字間隔、文字列の方向、などの属性制御が必要である。これまでのグラフィックス・プロセッサは基本的な描画機能を内蔵してきたが、描画属性機能に関しては必ずしも十分とは言えず、強化が求められている。

図形描画機能で重要なものに 2 次元図形を面として描画するフィルタ機能がある。従来の ACRTC では、輪郭線を描画した後にその輪郭線の内部を塗りつぶす機能を有していた。この機能は、任意図形を塗りつぶすことができる反面、図形の再現性を保障するのが難しいという問題がある。例えば、図形が重なった場合やウィンドウで切れた場合などに同一の結果が得られない。これに対してフィル機能は、座標で定義した図形の内部を塗りながら描画するもので、前後の条件が変わっても同一の結果が得られる。

また、OA 向きおよびエンジニアリング用途のワークステーションでは、単に表示画面に図形を表示するだけでなく、図形や画像データを編集加工する能力が求められる。すなわち、豊富な図形処理に加えて、文字の高速処理能力や拡大・縮小・回転などの画像処理機能が必要となっている。

#### (2) 要求性能

多量の文書を扱う OA 分野では文字の処理性能が

表 1 文字処理の要求性能

Table 1 Performance requirement of text processing.

応用分野	代表的な応用例		要求性能	
	条件	文字 フォント	画面 (ページ) 当り	1文字 当り
CRT	640×400ドット/ 画面, 16色	16×16	0.1秒/ 画面	100 μs/ 文字
	1120×750ドット/ 画面, 256色	24×24		
プリンタ	300 DPI	40×40 ~48×48	3秒/ ページ	1.5ms/ 文字
	400 DPI	54×54 ~64×64		

重要である。表 1 は、CRT 表示およびプリンタ出力に要求される文字処理性能を示す。

OA 用途の CRT 表示の場合、画像構成は 640×400 ドット～1120×750 ドット程度、表示色 16～256 色のものが一般的である。文字フォントは 16×16 ドット～24×24 ドットが用いられる。良好なマンマシン応答性を得るには、画面を 0.1 秒程度以内で更新できることが望ましい。1 画面には漢字約 1000 文字を表示できるので、1 文字当りの処理時間としては 100 μs が要求される。

OA 向きのプリンタとしては、今後 LBP に代表されるページプリンタが主流になると予想される。これらの代表的なものは 300～400 DPI (Dots Per Inch) の記録密度であり、使用頻度の高い 10～12 ポイントの文字フォントは 40×40 ドット～64×64 ドットである。プリンタを効率良く動作させるには 1 ページの情報を 3 秒程度で処理できる必要がある。ページ当りの文字数を 2000 文字とすると、1 文字当りの処理時間としては 1.5 ms となる。

表 2 GDP の目標仕様  
Table 2 Target specification of the GDP.

コマンド体系	<ul style="list-style-type: none"> <li>CGI 準拠のグラフィックス処理 (ポリライン、フィル、テキスト、)</li> <li>BITBLT 等</li> <li>拡大、縮小、回転</li> </ul>
描画速度 (8 ビット/画素)	<ul style="list-style-type: none"> <li>LINE: 200 ns/画素</li> <li>FILL: 50 ns/画素</li> <li>TEXT: 100 μs/文字 (24×24 dot)</li> <li>COPY (BITBLT): 150 ns/画素</li> </ul>
描画属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>任意形状ペルによる太線描画</li> <li>線種 (最大 1024 ビット)</li> <li>面パターン (内部 RAM およびフレームバッファ上)</li> <li>演算モード (データ演算 20 種, 条件演算 20 種)</li> <li>描画領域検出機能 (クリッピング, ピッキング)</li> </ul>
表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大 4 面までのハードウェアウィンドウ</li> <li>マルチポート DRAM とのインタフェース機能</li> <li>スムーズスクロール機能</li> <li>グラフィックカーソルとクロスヘアカーソル</li> </ul>
インタフェース機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>CPU バスとフレームバッファバスの接続</li> <li>大容量のフレームバッファ空間 (最大 512 M バイト)</li> <li>外部同期 (マスタ/スレーブ, TV 同期, LBP 同期)</li> </ul>

## 2.2 目標仕様

以上の応用システムニーズを踏まえ、GDP には、文字、図形、画像を統合処理する機能を内蔵して、高速処理を追求する。表 2 はその目標仕様を示す。

従来のグラフィックス・プロセッサが主としてグラフィックス描画機能を内蔵したのに対し、GDP では、高速フィル機能などの描画機能の拡張に加え、文字のビットマップ展開処理、拡大・縮小・回転といった画像処理機能を強化する。CGI への対応が容易な高水準コマンド言語を採用し、任意方向直線の場合で 200 ns/画素、文字処理は 100  $\mu$ s/文字、の高速処理を実現する。また、豊富な描画属性機能を内蔵させて、線種や任意パターンを用いた描画、任意形状のペルを用いた太線描画、各種の演算モード、クリッピングやピッキングなどの描画領域検出に関する機能、などができるようにする。

表示機能の面では、最大 4 面までのハードウェア・ウィンドウ表示機能、マルチポート DRAM (Dynamic RAM) とのインタフェース機能、LBP への適用を考慮した外部同期機能、などの点で従来機種よりも強化を図る。

## 3. ハードウェア構造

本章では、高性能グラフィックス・プロセッサ GDP のハードウェア構造について述べる。

### 3.1 システム・インタフェース

図 1 に GDP を適用した代表的なシステム構成を示す。GDP は、フレームバッファ上に文字や図形を発生する描画機能と、CRT に同期してフレームバッファ上のデータを読み出す表示制御機能の両者を内蔵する。CPU (Central Processing Unit) 側とフレームバッファ側の 2 系統のバスインタフェースを持たせた。CPU 側の 16 ビットのデータバスは内部の制御レジスタへのアクセスやコマンドの書き込み口として用いるもので、16、32 ビットの汎用マイクロプロセッサに接続できる。フレームバッファ側に対しては、28 ビットのアドレスバスと 32 ビットのデータバスを有しており、GDP 自身がアクセスを制御する。最大 512 M バイトのメモリ空間を直接制御できる。フレームバッファを単に図形の表示用バッファとして用いるだけでなく、大容量の画像情報や文字フォント情報を記憶することができる。また、文字処理や画像処理の

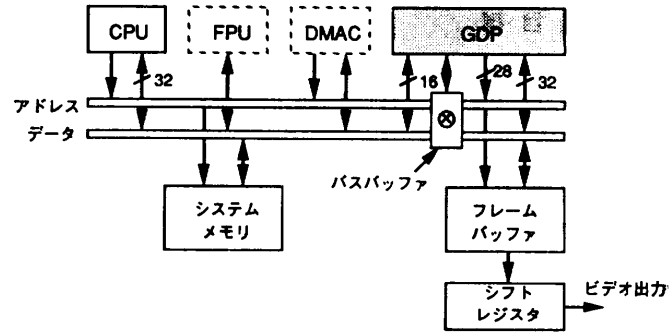


図 1 グラフィックス・システムの構成  
Fig. 1 Configuration of a graphics system.

スループットを向上するため 32 ビットのデータバスを設けた。

CPU バスとフレームバッファバスを接続する機構を設け、CPU から直接フレームバッファをアクセスすることもできるようにした。ソフトウェアで直接フレームバッファ上に描画したい場合や、フレームバッファとシステムメモリ間で大量のデータを DMA (Direct Memory Access) 転送したい場合などに有効である。また、逆に、GDP からシステムメモリをアクセスすることもできるようにした。システムメモリをフレームバッファアドレス空間として割り当て、描画を行うことができる。この空間は CRT 表示には使えないが、プリント用バッファや文字フォントをシステムメモリ上に配置する場合に有効である。

### 3.2 GDP の内部構成

図 2 は試作した GDP のチップ写真を示す。CMOS

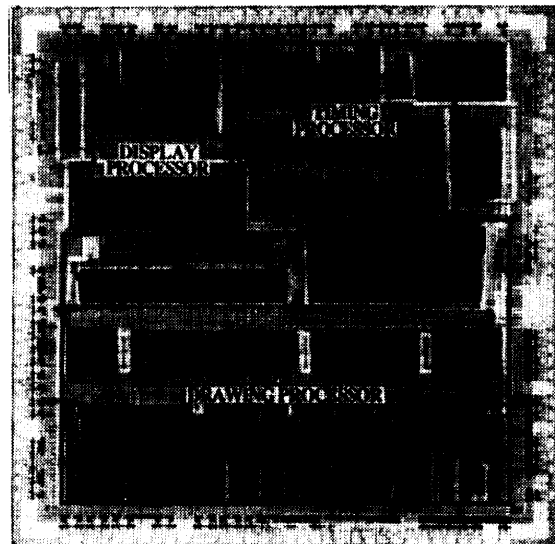


図 2 GDP チップ写真  
Fig. 2 Chip photograph of the GDP

1.0  $\mu\text{m}$  プロセスを用い、約 640 K トランジスタを集積している。最高 20 MHz のクロックを入力し、内部のマイクロプログラムは 50 ns のサイクルで動作する。135 ピンの PGA (Pin Grid Array) パッケージに納める。

GDP は並列動作する次の 3 つのプロセッサ・モジュールを内蔵する。

- ①描画プロセッサ (Drawing Processor) : CPU から転送されるコマンドとパラメータを解釈し、フレームバッファ上に文字や図形の描画を実行する。
- ②表示プロセッサ (Display Processor) : CRT 画面に表示するデータを順次読み出すための制御を司る。最大 4 面のマルチウィンドウ表示フォーマットに対応して、フレームバッファのアドレスを発生する。
- ③タイミング・プロセッサ (Timing Processor) : CRT の同期信号や内部の動作に必要な種々のタイミング信号を発生する。

### 3.3 マイクロプログラム制御方式

文字や図形の発生、画像の処理、などのグラフィックス処理を実行する中心部分は描画プロセッサである。描画プロセッサは各種の専用演算器やレジスタを内蔵する。大量の演算ハードウェアを効率良く処理するために、独立に動作する 2 つのマイクロプログラムによる制御方式を開発した。

図 3 は、描画プロセッサの内部構成を示す。論理アドレス演算ユニットは 2 次元空間の描画座標点の論理アドレスを計算するもので、X-Y 座標値を記憶するレジスタ群や演算器を内蔵する。物理アドレスユニットは、論理アドレスに対応するフレームバッファ上の物理アドレスを算出するもので、メモリアドレスを記憶するレジスタ群や演算器を内蔵する。カラーデータ演算ユニットはカラーデータレジスタや各種の専用演

算回路を内蔵し、フレームバッファの画素データに対する演算を実行する。

物理マイクロプログラムユニットは論理アドレス演算ユニットを制御する。FIFO (First In First Out) を経由して転送されるコマンドを受け、対応するマイクロプログラム・ルーチンに分岐し、所定のアルゴリズムに従った処理を実行する。50 ビットのマイクロコードを 6000 ワード内蔵する。物理マイクロプログラム・ユニットは物理アドレス演算ユニットとカラーデータ演算ユニットを制御する。62 ビットのマイクロコード 1500 ワードを内蔵する。フレームバッファ制御の記述を分離することにより、描画アルゴリズムの記述が簡潔になった。また、ハードウェア・リソースに対応してマイクロプログラム・ユニットを分解することができ、記憶容量の点でも有利である。

内部 RAM は、線種、模様パターン、ペル形状などの描画属性情報や各種制御パラメータを記憶する。データ変換バッファは、論理アドレス演算ユニット、物理アドレス演算ユニットおよび内部 RAM の間で転送するデータを一時記憶する。

## 4. グラフィックス・アーキテクチャ

本章では、描画属性処理機構を強化した GDP のグラフィックス・アーキテクチャについて述べる。

### 4.1 描画コマンドと描画属性機能

GDP では、図形描画機能として、直線、円などの描画のほか、扇形や台形などの強力な面描画コマンドを内蔵させた。任意の多角形についても、複数の台形に分割して台形フィルコマンドを用いることにより、高速に塗りつぶし実行できる。文字処理用には、一連の文字列のビットマップ展開処理を実行する TEXT

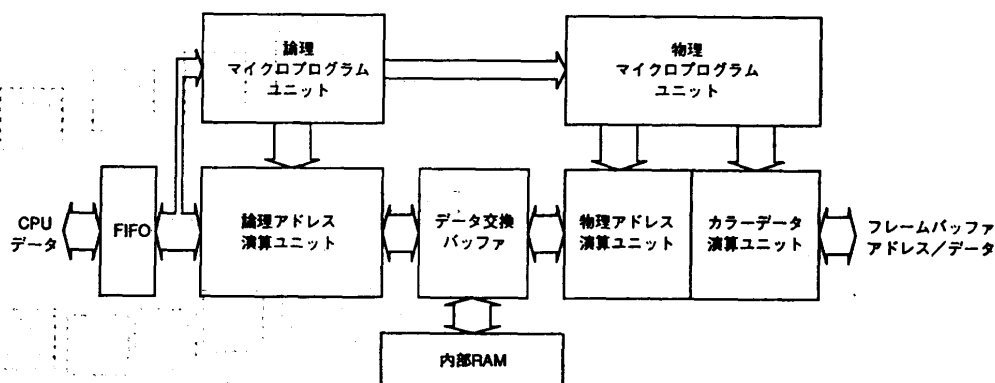


図 3 描画プロセッサの内部構成  
Fig. 3 Internal configuration of the drawing processor.

コマンドを内蔵した。

画像データを処理する機能としては、矩形領域データを高速に転送する COPY コマンド、画像を拡大・縮小する ZOOM コマンドや回転処理を実行する ROTATE コマンドを内蔵した。COPY コマンドでは、転送元と転送先に 2 系統の X-Y 座標系を独立に定義できる。これらのコマンドにより、高品質の画像編集処理を実現できる。

描画機能の強化に加え、描画属性機能の充実に力をいれた。あらかじめ属性パラメータレジスタに所定の値を書き込んでおけば、その属性はその後の描画に共通に作用する。応用によっては一連の図形グループを単位として属性が頻繁に切り替えられる。この切り替えに容易に対応しうるように、属性パラメータをまとめて退避、回復する機能も設けた。以下の節では、主要な機能とその処理機構について述べる。

### 4.2 太線描画

表示や印刷の分解能が高くなるにつれて太線が重要になってきている。従来のグラフィックス・プロセッサでは、線描画の属性として線種を定義する機能を持つものはあるが、線幅をサポートするものは見られない。線を少しずつずらして複数本描くか、あるいは図形の塗りつぶしで対応することになる。

GDP では、太線描画を容易にする機能として、任意形状のペルを用いて描画するペル描画機構を持たせた。図 4 にその概要を示す。描画プロセッサの内部 RAM には、最大 32 ドット×32 ドットの範囲で任意形状、任意サイズのペルを定義しておく。ペルは線を描くときのペン先の形状に相当するもので、線を構成する 1 ドットごとにペルを描画し、そのペルを順次ずらしていくことによって太線を描画するものである。同じ描画コマンドでもペルの形状を変えることにより各種の効果を得られ、先端や線のつなぎ目の形状を制御することもできる。円弧や楕円弧のような曲線でも同様に機能する。

### 4.3 高速文字処理機能

図 5 は文字のビットマップ展開の処理を示す。ベースとなる文字コード列のデータで文字フォントを指定し、配置や色の属性情報に従ってフレームバッファの

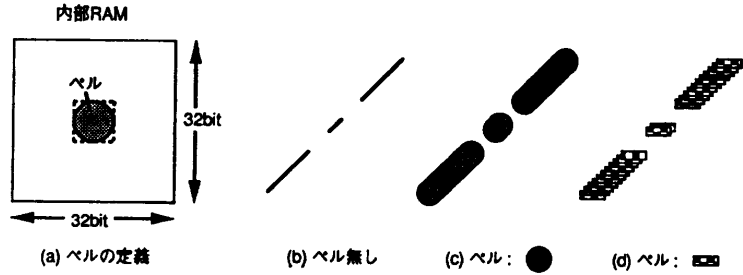


図 4 ペル描画機構

Fig. 4 Pel drawing mechanism.

所定位置に描画する。この処理の中で、ソフトウェアの負担を軽減して高速化を図るには、グラフィックス・プロセッサが文字列をまとめて処理する機能を持つ必要がある。

図 6 は、GDP の TEXT コマンドの機能を示す。

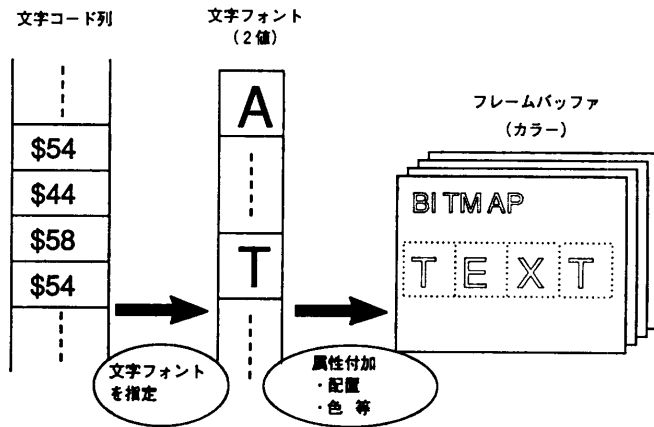


図 5 文字のビットマップ展開

Fig. 5 Bitmap operation of text.

固定スペースコマンド  
TEXT X,Y,n,C1,C2,...,Cn  
文字コード



可変スペースコマンド  
TEXTSP X,Y,n,C1,Dx1,Dy1,C2,Dx2,Dy2,...,Cn,Dxn,Dyn



図 6 TEXT コマンドの機能

Fig. 6 Function of text command.

固定スペースと可変スペースの2種類を持つ。固定スペースコマンドでは、文字と文字の間の位置情報としてあらかじめ設定された属性パラメータ ( $Dx, Dy$ ) を用い、コマンドに続く複数の文字コードのビットマップ展開を実行する。このパラメータの制御により、文字間隔、文字列の方向、などを制御できる。可変スペースコマンドでは、文字コードに続けて次の文字の描画位置を指定するスペース情報 ( $Dxi, Dyi$ ) を文字ごとに与える。このコマンドを用いれば、プロポーションナル・スペースや文書の両端揃えなどの機能にも対応できる。

#### 4.4 2値データと多値データ

白黒画像は1画素の情報を1ビットの2値データで表現するのにに対し、カラーや多階調の表示を行う応用では多値のデータが必要となり1画素の表現に複数ビットを用いる。例えば、1画素を4ビットで表現するものは、16色あるいは16階調の表示に適用できる。RGBの3原色にそれぞれ4ビットを割り当てる(すなわち1画素当り12ビット)と4096色の表示が可能である。パソコンやワークステーションではカラー表示機能が一般的になってきており、少ないものでも16色、多いものではRGBに各8ビットを割り当てて1600万色を表示するものもある。

カラーや多階調表示を行うものでも、2値データを処理できる機能もまた重要である。文字情報や実線、点線、破線などの線種情報は本質的に2値データである。自然画像や3次元ソリッドモデルを扱う分野は別として、多くの場合文字や線の色は属性として定義される。文書のほとんどは白黒であり、文書画像を扱う分野では2値データが多い。プリンタ、イメージリーダ、等の入出力機器の制約から2値データを扱わねば

ならない場合もある。すなわち、2値データと多値データの共存が求められており、両者を相互変換できることが重要である。例えば、データベースとしての文字フォントは2値データで持ち、表示画面の作成時に色付けするというのは自然な考えであろう。

##### (1) カラー展開(2値から多値への変換)

従来機種種のACRTCでも、線種および文字や模様のパターンを2値データで定義しておき、フレームバッファへの描画時にカラー展開させる機能を持たせた。ただし、2値データを定義できる領域はACRTC内部の16×16ドットのパターンRAM内に限られていた。GDPはこれを一般化し、内部RAMに加えてフレームバッファにも2値データを定義できるようにした。また、高速に処理できるように、このカラー展開を並列処理する専用ハードウェアを内蔵した。図7は、TEXTコマンドを例として、2値から多値へのカラー展開処理の方式を示す。転送元の文字フォント領域は2値データとして定義されており、1ワード(32ビット)には水平方向32画素分のデータを記憶できる。GDPは以下の手順で処理を進める。

- ①転送元読み出し：文字フォント情報の含まれるワードを読み出す。
- ②ビット揃え：転送先ワードの端点に対応するビットが左端になるように、バレルシフトを用いてビット揃えする。
- ③データ拡張：左端を基準にして、各ビットのデータを $n$ ビット( $n$ は1, 2, 4, 8, 16の5通りが選択できる)単位のデータに拡張する。図は8ビット/画素の例で、この場合は左端から4ビットのデータが32ビットに拡張されることになる。このデータ拡張は、専用の演算器を用いて各ビットを同

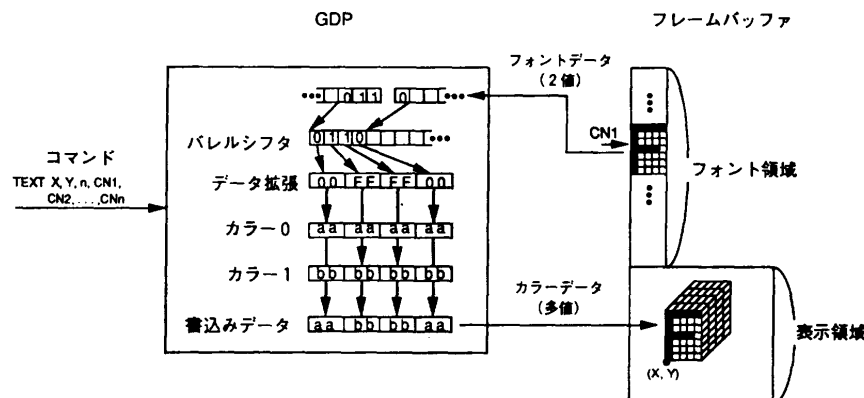


図7 カラー展開処理 (TEXT コマンドの例)

Fig. 7 Color expansion operation (example of TEXT command).

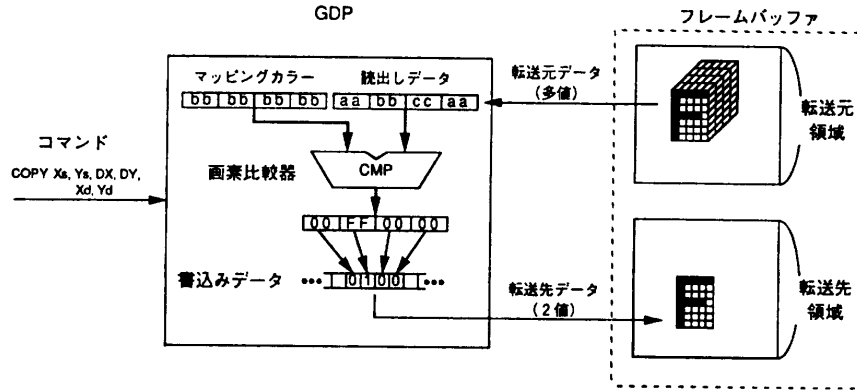


図 8 2 値化マッピング処理方式 (COPY コマンドの例)  
Fig. 8 Binary mapping operation (example of COPY command).

時処理する。

- ④カラー選択：③で得られた拡張データを用いて、各ビットごとにカラーレジスタ 0 または 1 のいずれかを選択する。
- ⑤転送先書き込み：④で得られたカラーデータを用いて、転送先への書き込みを実行する。所定の演算モードに従って、転送先データとの間で演算したのち書き込む場合もある。また、転送先領域の左右の端部では、ワード中の一部のビットのみに書き込む必要があるが、この場合は残りのビットを更新しないようにマスクする。

GDP は、以上の処理をマイクロプログラム制御の専用ハードウェアを用いて実行するため、カラー展開する場合にも高速転送を実行できる。

(2) 2 値化マッピング (多値から 2 値への変換)

GDP では、前述のカラー展開の逆変換として 2 値化マッピングの機能を内蔵した。特定色に注目した 2 値化や、もとの多値コードをある閾値で切って 2 値化するモードが選択できる。また、特定のプレーンのデータを抽出することができるように、読み出しデータとの比較をビット単位で制御するリードマスク機能を有する。図 8 は、COPY コマンドを例として、多値データから 2 値データへの変換を行う 2 値化マッピング処理を示す。以下の手順で処理を進める。

- ①転送元読み出し：転送元要素データを含むワードを読み出す。

- ②画素比較：所定の比較モードに応じて、対象の画素データをマッピングカラーと比較し、真、偽に応じて“0”または“1”のデータを出力する。
- ③ビット揃え：得られた結果を書き込みビット位置に埋め込む。
- ④転送先書き込み：上記②、③を繰り返して得られた結果を、転送先に書き込む。

5. 性能評価

表 3 は、GDP の各コマンドの画素当りの処理時間を示す。動作周波数 20 MHz で、1、4、8 ビット/画素の各場合について算出した。比較のために、従来機種 ACRTC の対応する機能の処理時間も示した。ACRTC は画素単位の処理を基本としているため、処理時間は色数に依存しない。任意方向の直線描画

表 3 各コマンドの処理時間  
Table 3 Execution time of commands.

コマンド	GDP (at 20 MHz)			ACRTC (at 9.8 MHz)
	1ビット/ 画素	4ビット/ 画素	8ビット/ 画素	
LINE, POLYLINE, RECT	200	200	200	408
FILL	7	25	50	408
TEXT (24×24 画素/文字)	134	150	175	547
COPY	カラー→カラー	19	75	150
	2 値 → カラー	19	75	150
	カラー→2 値	1000	1000	1000
ZOOM	最近傍法	1000	1000	1000
	4 点補間法	4800	4800	4800
ROTATE	1200	1200	1200	—

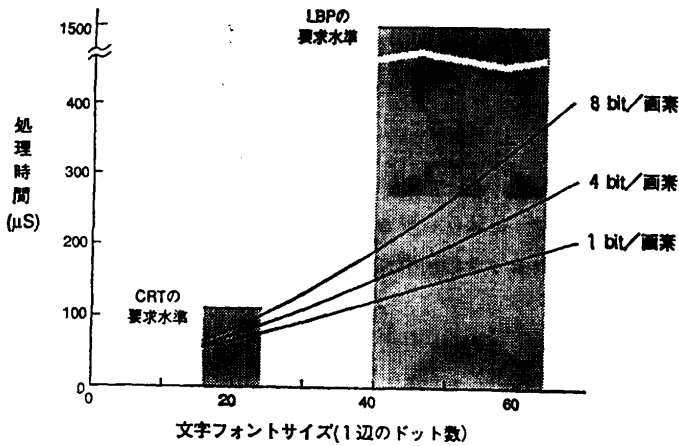


図9 TEXT コマンドの処理時間

Fig. 9 Execution time of TEXT command.

(LINE, POLYLINE, RECT) は、メモリの書き込みサイクルのみで描画実行するライトオンリーモードと内部動作周波数の高速化により、ACRTC に対し約2倍に高速化した。水平方向直線は FILL を用いて 25 ns/画素 (4ビット/画素の場合) で描画できる。FILL, TEXT および COPY は、1ワード内の複数画素を並列処理するハードウェア機構により、ACRTC に比較して4ビット/画素の場合で3~20倍に性能向上した。COPY の2値化マッピング、ZOOM, ROTATE コマンドは画素単位処理であり、処理時間は色数に依存しない。GDP では、これらの機能を 1~4.8  $\mu$ s/画素で高速処理できる。

図9は TEXT コマンドの処理時間を示す。16×16ドット~64×64ドットの文字フォントについて1文字当りの処理時間を算出した。OA 分野における CRT 表示への応用では、16×16ドット~24×24ドットの文字フォントの場合で約 100  $\mu$ s/文字の要求性能を満足できる。4ビット/画素の応用であれば 24×24ドットの文字で 75  $\mu$ s であり、漢字 1000 文字から成る1画面を 75 ms で処理できる。プリンタへの応用についても、1.5 ms/文字の要求性能に対して十分高速である。

## 6. おわりに

以上、システムに要求される機能、性能を分析した上で、開発したグラフィックス・プロセッサのハードウェア構造とグラフィックス・アーキテクチャについて述べた。結果を要約すると以下のとおりである。

(a) システムバスとフレームバッファバスを接続制御するバスインタフェース機構により、システム規模

や使用 CPU に対応した柔軟なシステム構成が可能になる。

(b) 画像データを高速に演算する並列処理方式と2つのマイクロプログラムによる制御方式から成る高速化アーキテクチャを開発した。

(c) 標準グラフィックス・インタフェースを指向し、描画処理機能に加えて強力な描画属性処理機構を持たせた。

(d) 上記により、直線で 25~200 ns/画素、コピー処理で 75 ns/画素の描画性能を達成した。また文字処理の例では、漢字 1000 文字から成る1画面を 75 ms で処理でき、応用システムの要求性能を満足できる。

る。

謝辞 最後に、本研究に当たり、有益なご助言をいただいた日立製作所・半導体設計開発センタ木原利昌氏、御法川和夫氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 稲葉：スムーズ・スクロール・ウィンドウ機能などを取り入れ多機能化へ進む CRT コントローラ、日経エレクトロニクス、No. 344, pp. 121-137 (1984).
- 2) 坂東, 桂, 中村, 福島：図形・画像処理 LSI, テレビジョン学会誌, Vol. 40, No. 12, pp. 1188-1193 (1986).
- 3) 稲葉：マルチウィンドウ制御の強化へ向うグラフィックコントローラ LSI, 日経エレクトロニクス, No. 399, pp. 115-132 (1986).
- 4) 吉田, 成瀬：コンピュータグラフィックス用プロセッサの動向, 情報処理, Vol. 29, No. 10, pp. 1109-1114 (1988).
- 5) 御法川, 上野, 吉田, 武田, 前島, 桂：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, No. 343, pp. 221-254 (1984).
- 6) 桂, 前島, 御法川, 久保：グラフィックディスプレイコントローラ ACRTC "HD 63484", 日立評論, Vol. 66, No. 7, pp. 43-46 (1984).
- 7) Katsura, K., Maejima, H. and Minorikawa, K.: Advanced CRT Controller for Graphic Display, *Hitachi Review*, Vol. 33, No. 5, pp. 247-255 (1984).
- 8) Katsura, K., Maejima, H., Minorikawa, K. and Yonezawa, H.: VLSI for High-Performance Graphic Control Utilizing Multiprocessor Architecture, *IEEE Trans. ED*, Vol. ED-32, No. 11, pp. 2232-2237 (1985).



- 9) 桂, 前島, 児島, 御法川: グラフィックシステム用 ASIC の開発, 電気学会論文誌 C, Vol. 108, No. 6, pp. 422-427 (1988).
- 10) Powers, T., Frankel, A. and Arnold, D.: The Computer Graphics Virtual Device Interface, *IEEE CG & A*, Vol. 6, No. 8, pp. 33-41 (1986).
- 11) 武田, 佐藤, 山崎, 山賀, 桂, 平出: CGI コマンドを採用したグラフィック LSI, DTP や OS/2 システムをねらう, 日経エレクトロニクス, No. 459, pp. 157-168 (1988).
- 12) 武田, 船橋, 御法川, 桂: グラフィックデータプロセッサ "HD 64400", 日立評論, Vol. 70, No. 12, pp. 35-42 (1988).
- 13) Takeda, H., Maejima, H. and Katsura, K.: Graphic Data Processor GDP "HD 64400", *Hitachi Review*, Vol. 38, No. 1, pp. 31-38 (1989).

(平成 2 年 4 月 2 日受付)  
(平成 2 年 10 月 9 日採録)



**桂 晃洋 (正会員)**

昭和 27 年 5 月 24 日生. 昭和 52 年京都大学工学部電気工学科卒業. 昭和 54 年同大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年(株)日立製作所入社. 同社日立研究所に勤務し, マイクロコンピュータおよびグラフィックスに関する研究に従事し, 現在に至る. 特に, 専用 LSI から基本ソフトに至るグラフィックス処理全般に興味を持つ. 電気学会, ACM 各会員.



**前島 英雄 (正会員)**

昭和 23 年生. 昭和 46 年東京工業大学工学部制御工学科卒業. 昭和 48 年同大学院修士課程修了. 同年(株)日立製作所入社. 以来, 同社日立研究所にて制御用計算機, マイクロコンピュータ, BiCMOS 技術等の研究に従事. 現在, 同所第 8 部部长. 工学博士. 電子情報通信学会, 計測制御学会, IEEE 各会員.



**松尾 茂 (正会員)**

昭和 34 年 6 月 17 日生. 昭和 53 年博多工業高校電子科卒業. 同年(株)日立製作所入社. 昭和 56 年同社日立京浜工業専門学院電子工学科卒業. 以来, 同社日立研究所において, マイクロプロセッサおよびグラフィックス専用プロセッサの研究に従事し, 現在に至る.



**船橋 恒男**

昭和 23 年 10 月 10 日生. 昭和 46 年早稲田大学理工学部電気工学科卒業. 昭和 48 年同大学院理工学研究科電気工学修士課程修了. 同年(株)日立製作所入社. マイクロコンピュータの研究開発に従事し現在に至る. コンピュータアーキテクチャおよび設計手法に興味を持つ.



**武田 博**

昭和 30 年 7 月 11 日生. 昭和 53 年東京理科大学理工学部電気工学科卒業. 昭和 55 年同大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年(株)日立製作所入社. 同社半導体設計開発センタに勤務し, グラフィックスに関連するマイクロコンピュータの設計・開発に従事し, 現在に至る. 特に, グラフィックス処理に関連した LSI アーキテクチャから応用システムまでの全般に興味を持つ.