

6P-3

パソコン用3次元グラフィックスアクセラレータ

西尾克二¹ 松下明男² 江頭伸二³ 菊池利夫⁴ 佐藤美彦⁵ 大川正司⁶ 窪田淳⁷ 望月一弘⁸
 白浜博昭⁹ 田次輝久¹⁰ 加藤正俊¹¹ 岡田玲二¹²

¹⁻⁸(株)富士通プログラム技研 ⁹⁻¹²富士通株式会社

1. はじめに

近年、コンピュータグラフィックス分野の高度化にともない、高性能かつ高精度なグラフィックスマシンが要求されている。また、本格的な3次元グラフィックスインターフェイスとしてPHIGS PLUS^{*1[1]}やPEX^{*2[2][3]}の標準化作業が進められており、今後これらの標準インターフェイスを持つ高度なグラフィックスマシンが普及すると思われる。

また、コンピュータグラフィックスは、デザインシミュレーション、ビジュアルイゼーション、プレゼンテーション等の幅広い適応分野があり、小型で低価格なパソコンで実現したいというニーズがある。

そこで、我々は、パソコンで本格的な3次元グラフィックスを実現するためにグラフィックスアクセラレータの開発を行った。本論文では、このグラフィックスアクセラレータの機能、性能、構成について述べる。

*1 Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System Plus Lumière und Surfaces

*2 PHIGS Extensions to X

2. 機能

本アクセラレータは、PHIGS/PHIGS PLUSで定義される以下の色変換、座標変換等の機能を実現している。

(1) 色変換

① ライティング

(光源: 環境, 平行, 点, スポット)

(反射方程式: 環境, 拡散, 鏡面)

② シェーディング

(コンスタント, グロー)

③ デプスキューイング

④ カラーマッピング

(実カラー, 疑似カラー, 色指標)

(2) 座標変換

① モデリング変換

② 視法方向変換

③ 視法投影変換

④ 装置座標変換

(3) その他

① 隠線隠面消去

② 半透明表示

③ ビック

④ 顯示

表1に本アクセラレータがサポートしている主な図形要素及び属性要素を示す。PHIGS/PHIGS PLUSに準拠した要素に加え、CAD等に有効な機能の拡張を行っている。

図形要素	属性要素
3次元マーカ	マーカ属性
3次元折線	線属性
データ付3次元折線集合	領域属性
3次元多角形	外周線属性
データ付3次元多角形集合	3次元グローバル変換行列
文字列 (ストローク, ラスター)	3次元ローカル変換行列
注釈文字列 (ストローク, ラスター)	HLHSRモード
2次元円	視野定義表
3次元楕円	デプスキュー定義表
3次元楕円弧	色近似定義表
3次元線分列	光源定義表
3次元折線集合	描画モード
他 14種	他 17種

表1 主な図形及び属性要素

3. 性能

本アクセラレータの性能及び主な仕様を表2に示す。グローシェーディングポリゴンを毎秒5,000個(光源: 環境, 平行, 反射方程式: 環境項, 拡散項, 鏡面項, 投影法: 透視投影, データ形式: 小面法線有, 頂点法線無, 形状: 10×10ドットの3角形), 3次元の折れ線において線分を毎秒50,000本描画する。

全ての図形要素をフルカラーで表示できるため、リアルな3次元ソリッド図形が表示できる。さらに、ダブルバッファを使用することによりスムーズなリアルタイム表示が可能である。

制御部	CPU	i 8 6 0™ (33MHz)
	メモリ	8MB (最大: 32MB)
描画性能	3次元ポリゴン	5,000ポリゴン/秒
	3次元ベクター	50,000ベクター/秒
	2次元ベクター	60,000ベクター/秒
表示部	解像度	1,120×750ドット
	表示色	1,677万/256色
	フレームバッファ	RGB各8プレーン×2
	Zバッファ精度	16/24ビット
外形寸法		420(W)×360(D)×100(H)mm

表2 アクセラレータの主な仕様

3-D Graphics Accelerator for Personal Computer

Katsuji NISHIO¹, Akio MATSUSHITA², Shinji EGASHIRA³, Toshio KIKUCHI⁴, Yoshihiko SATO⁵, Shouji OHKAWA⁶, Atsushi KUBOTA⁷, Kazuhiro MOCHIZUKI⁸, Hiroaki SHIRAHAMA⁹, Teruhisa TAJI¹⁰, Masatoshi KATO¹¹, Reiji OKADA¹²

¹⁻⁸Fujitsu Program Laboratories Ltd. ⁹⁻¹²Fujitsu Ltd.

4. ファームウェア構成

図1にファームウェア構成を示す。

ファームウェアでは、グラフィックプロセッサ（インテル製i860リスクプロセッサ）の特長であるパイプライン、デュアルオペレーション、デュアルインストラクション等の機能を駆使することによって高性能を実現している。

しかし、グラフィックプロセッサのキャッシュ容量が限られており、インストラクションキャッシュ及びデータキャッシュのミスヒットによる外部メモリアクセスの時間が性能ネックとなることが考えられる。この対応として、インストラクションキャッシュにおいては、ループ処理をできる限りコンパクトにし、オンキャッシュの状態でも繰り返し処理が行えるようにすることによって、ミスヒットを防止した。データキャッシュにおいては、図形描画の際にアクセスするデータを全てオンキャッシュになるようにデータテーブルを配置する。例えば、面塗りする図形要素においては、頂点データを格納する作業域、光源定義表、領域属性テーブル等をアクセスする。これらのテーブルがデータキャッシュ上で重ならないように配置する。こうすることによって、面塗りする図形要素が連続する限り、必要なデータは常にオンキャッシュとなる。

このようにグラフィックプロセッサの特長を十分に引き出すことによって描画LSI等の特別なハードアシストなしで高性能を実現することができた。

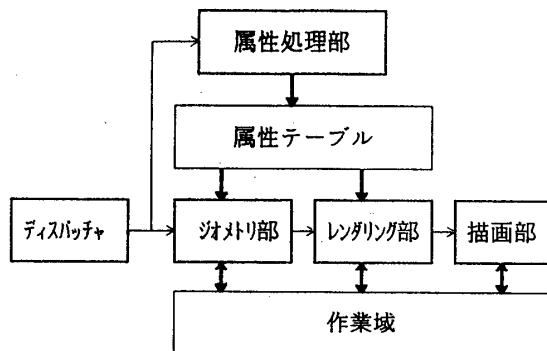


図1 ファームウェア構成

5. ハード構成

図2にアクセラレータのハードウェア構成図を示す。パソコン（FMR）本体とアクセラレータとのデータの受け渡しは、FIFOを介して行う。アクセラレータは、CPUとしてi860TM、メモリ（LS）として4MビットのDRAMを16個搭載している。LSは、ファーム、Zバッファ、各種属性テーブル、作業域として使用している。フレームメモリは、RGBそれぞれ8枚の24プレーンを2セットと制御プレーン8枚を持ち、

i860TMが直接アクセスして図形の描画を行う。さらに、パソコン側の基本画面とアクセラレータ側の3D画面は、ビデオマルチプレクサによって重畳表示が可能となっている。

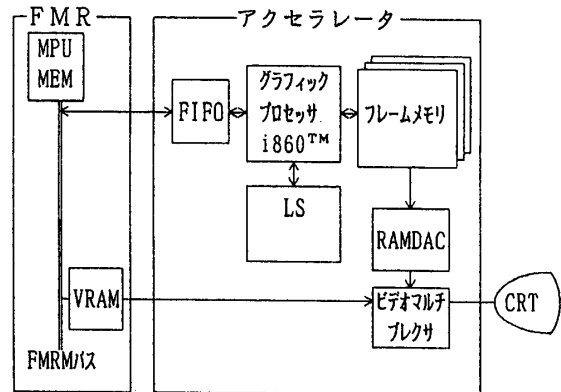
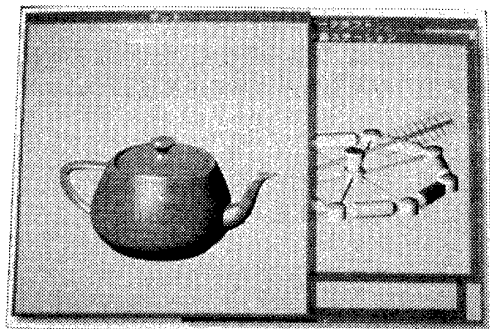


図2 ハードウェア構成

6. おわりに

今回の開発で、パソコンで本格的な3次元グラフィックスを実現することができた。今後は、さらに機能を充実するために曲線、曲面の図形要素やフォンシェーディング等のサポートを検討して行きたい。



参考文献

- [1] Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS), Draft Proposed PHIGS PLUS, ISO/IEC 9592-4:199x, March 20, 1990
- [2] Randi J.Rost.: PEX Protocol Specification, Version 5.0C - X CONSORTIUM REVIEW DRAFT, 2-April-1990
- [3] Sally C.Barry, Todd Newman.: PEX Protocol Encoding, Version 5.0C - X CONSORTIUM REVIEW DRAFT, 2-April-1990