

解説

コンピュータグラフィックスと
エンジニアリング・ワークステーション†

鹿野 良夫†

1. はじめに

1973年 Xerox 社の Palo Alto 研究所で開発された Alto が原点とされるエンジニアリング・ワークステーション (Engineering Workstation; 以下 EWS と略す) は商品としては 1980年に発表された Three River Computer 社の PERQ と Apollo Computer 社の DOMAIN が最初のものである。当時日本では高性能パソコンとして紹介された^{1),2)}。1983年になるとそれまで使用されていたモトローラ社の MC 68000 に代わって MC 68010 を採用した機種が現れ、それまで CPU で行われていたグラフィックス処理に専用のプロセッサが搭載されるようになってきた。この世代の EWS は第 2 世代とよばれている。Sun Microsystems 社の Sun-2 がその例である。1985年になると 32ビットの MC 68020 を搭載したものが登場し、第 3 世代にはいった。1986年から 87年にかけては同じ MC 68020 でも従来のもののクロックが 16.6 MHz であったのに対して 25 MHz とより高性能のものが現れ、4 MIPS (Million Instructions Per Second) 程度の演算性能が実現されている。1987年はさらに RISC (Reduced Instruction Set Computer; 用語説明参照) と呼ばれるアーキテクチャ (3.2 の脚注参照) の CPU (Central Processing Unit) をもつスーパー・ワークステーションも登場し、1988年になって MC 68030 ベースの EWS の発表など新しい世代にはいった観がある (表-1)。

EWS を語るにはそのほとんどの機種でオペレーティング・システム (Operating System; 以下 OS と略す) として採用されている UNIX, ネットワーキング, グラフィックス標準化の動向などふれなければな

らない話題がたくさんあるが、ハードウェア動向ということで本稿では EWS 上におけるコンピュータグラフィックス (Computer Graphics; 以下 CG と略す) 関連のアプリケーションの現状と、それを裏付けるグラフィックス・エンジンを中心とした EWS のアーキテクチャを紹介することにする。

2. EWS の CG への応用

エンジニアの身近にあってその生産性を向上させるための EWS であるが、どのような分野に応用されているのであろうか。矢野経済研究所の調査³⁾によると EWS の応用分野ごとの出荷台数は表-2 のようになっており、現在は CAD とソフトウェア開発で全体の約四分の三を占めている。これは現在の EWS がスーパー・ミニや大型ホストからの移行によって普及してきたことと無関係ではない。これらの分野では多くの場合ピーク時の演算性能としてはそれほど高いものは必要とせず、むしろユーザインタフェースが良く、マルチ・ユーザを前提としたスーパー・ミニより応答速度もよい EWS の方が有利といえる。各応用分野における CG 及び各種の CG 技法については諸先生が別章で解説されるので、それぞれの分野のアプリケーションが EWS 上でどのように行われているかをみてみよう。

2.1 電気・電子系 CAD

電気・電子系に限らず、CAD においてもユーザインタフェースの良さは短期間で設計エンジニアがシステムを使いこなすことを可能とする。図-1 は PLD (Programmable Logic Device) 開発用ソフトウェアの表示例であるが、マルチウィンドウ、アイコン、ポップアップ・メニューを用い、視線を画面に集中して入力操作ができるマウスにより、画面→キーボードという視点の移動を減らしている。また回路設計者が従来の環境と同じような意識で操作ができるように、回路図のエディタ画面では結線にハンダで、切断にニッ

† Computer Graphics on Engineering Workstation—Applications and Architectures by Yoshio KANO (Yokogawa Hewlett Packard Technical Systems Sector Marketing).

† 横河・ヒューレット・パカード(株)テクニカル・システム部門
マーケティング部テクニカル・コンピュータ課

表-1 EWS の発展

	第一世代	第二世代	第三世代	新世代
年	1980~	1983~	1985~	1987~
プロセッサ	MC 68000	MC 68010	MC 68020	エントリ・レベルから スーパーWSまで多様化
演算性能	0.2~0.3 MIPS	0.3~1 MIPS	1~3 MIPS	
主記憶	0.5~数 MB	1~数 MB	2~16 MB	
グラフィックス	CPU による処理 モノクロ	専用グラフィックス・ プロセッサ 2次元	専用グラフィックス・プロ セッサ+アクセラレータ 3次元対応も現れる.	
主な機種	PERQ Apollo DOMAIN	Sun-2 Apollo DN Series Ustation/E 10	Sun-3/160 Apollo DN 560 HP 9000/320	

表-2 アプリケーション別 EWS 出荷台数 (1986年度: (株) 矢野経済研究所調べ)

CAD/CAM/CAE					ソフトウェア 研究開発	研究開発 LA	画像処理	AI	科学技術 計算	その他	合計
電気系	機械系	建築系	その他	合計							
1415	850	254	38	2557	1921	618	190	287	188	349	6110

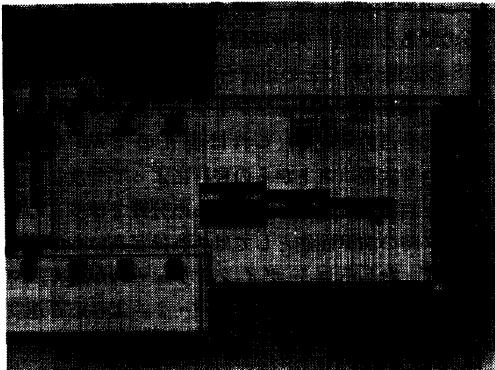


図-1 マルチウィンドウ、アイコン、ポップ
アップメニュー

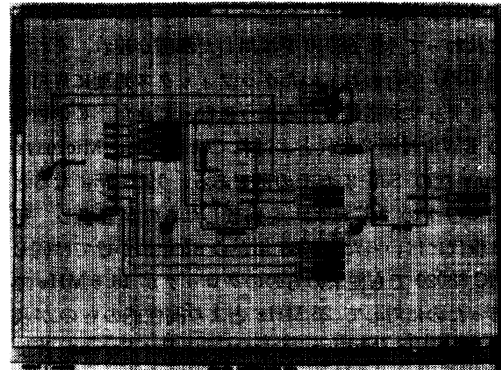


図-2 測定点へプローブを置く

パのシンボルを用いたり、図-2 のように回路シミュレータでは測定点にはプローブをおくことで指示する。アイコンやこうしたシンボル表示による視覚への訴えは分かりやすいというだけでなく、誤操作の低減にもつながるといえる。マルチウィンドウにより、回路図と各測定点における出力のタイミング・チャートを同時に表示することができる (図-3)。

2.2 機械系 CAD

電気・電子系の CAD がほとんど 2次元であるのに対して機械系では 3次元の処理も要求される。3次元の表示ではワイヤフレーム・モデルとソリッド・モデルが用いられるが、最近では高性能なグラフィッ

クス・エンジンを搭載した EWS (Graphics Workstation; これらは GWS と呼ばれることもある) が各社から発売されており、ソリッド・モデルに対応できる機種がふえてきている。機械系の CAD ではグラフィックス的に興味のあるさまざまな機能が実現されており、いくつかを紹介する。

シェーディングは隠面処理とともにソリッド・モデルの描画表示に不可欠の機能である。多くの EWS ではグーロー・シェーディング (Gouraud Shading) によりスムーズ・シェーディングを提供している。RGB 同時に行う高速な機種もある。このスムーズ・シェーディングのほかに半透明表示の例を示したのが図-4 [1115 頁掲載] である。この機能により隠れた部分や

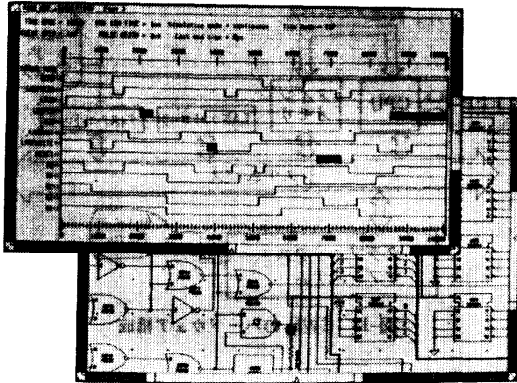


図-3 マルチウィンドウによる回路図とタイミングチャートの同時表示

内部の動きや干渉のチェックが可能となる。

3次元のモデリングにおいては、しばしば自由曲面の生成が必要となる。通常滑らかな面を生成するには大量のデータを必要とするがBスプラインを使うことによりデータ量の大幅削減とアプリケーションのパフォーマンスの飛躍的向上が可能となる。機械系のアプリケーションでは穴のあいた曲面が必要となる。これはドリルで表面に穴をあけたり、くり抜いたりすることから容易に想像できる。穴のあいた面をBスプライン面で表すことはできないので、Bスプライン面を別の面でトリミングすることになる(図-5)。図-6 [1115頁掲載] はこのようにして作られたマニホールドである。この例ではポリゴンで表示するのに比べて七十五分の一のデータ量となっている。

2.3 デスクトップ・パブリッシング (Desktop Publishing)

CAD やソフトウェア開発で EWS を利用するエンジニアにとって自分が設計したもののマニュアルや研究開発の報告書を作るのは意外と面倒で手間のかかるものである。自分が日頃使い慣れている EWS 上でこうしたものが作れるのであれば、必要なデータも EWS 上にあるのだし、操作慣れしているので非常に効率的である。もちろん費用面でのメリットも見逃せない。デスクトップ・パブリッシングが EWS で盛んになってきているのには、こういう背景がある。高機能なソフトウェア、安価なレーザ・プリンタが発売されているので高品位のものが比較的手軽に作れるようになってきている。図やグラフを描くドローイング・ツールやこれらと文書データを見やすく配置するレイアウト・ツールはもちろん CAD ソフトウェアの出

B-スプライン曲面	
有理化B-スプライン	
ノン・ユニフォーム有理化B-スプライン(NURBS)	
トリミング可能なNURBS	

図-5 Bスプラインの種類と表示例

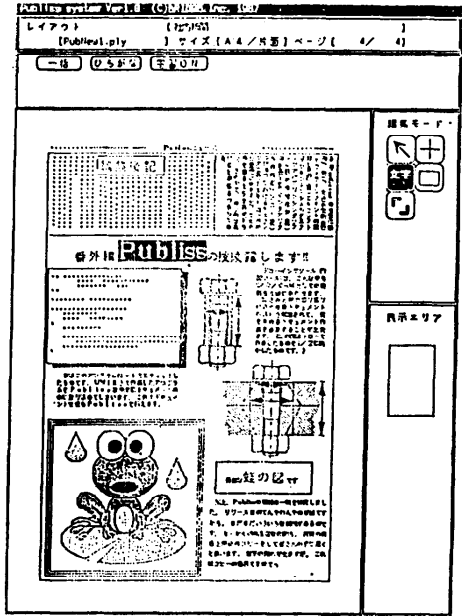


図-7 デスクトップ・パブリッシング

力のためのコンバータを用意しているものもある(図-7)。

2.4 ビジュアル・シミュレーション (Visual Simulation)

EWS の応用分野全体からみると比率としては小さいが、この分野でも EWS は重要な存在となっている。効果的なライティングでは光源設定機能、美しく見える材質の選定ではフォン・ライティング・モデルによる質感の表示の機能が重要となってくる。

陰影/影付処理や鏡面への映り込みまでを表現するレイ・トレーシング(図-8)[1115頁掲載]は高い写実感が得られる代わり演算時間がかかるので従来はスーパー・ミニ以上のクラスで行われていたが、EWSの演算性能の向上やスーパー・ワークステーションの登場でEWSでも可能となってきた。

レイ・トレーシングは視点をいろいろと変えてみたいという場合にはそのつど、時間単位の演算を要する

ので適さない。そこで最近注目されてきたのがラジオシティ⁴⁾という手法である。映り込みがなくても影付/陰影/光源処理を施すことにより写実感の高いイメージが得られ、あらかじめ計算をしておくだけで光源の強さ、色、視点を変えても1秒程度で応答が得られる。建築関係やインテリア設計などでの応用が考えられる(図-9)[1115頁掲載]。

これらビジュアル・シミュレーション以外にも、マッピング、アニメーション、分子設計など EWS は普及とともにその応用範囲も広がってきた(図-10~12)[1116頁掲載]。

3. EWS のアーキテクチャ

3.1 EWS の構成

図-13 は EWS のハードウェア構成を示したものである。すでに述べたように EWS は当初のものに較べると飛躍的に性能が向上しているが、それには CPU とグラフィックス・エンジンが大いに貢献している。この二つについては後述するが、図-14 は各アプリケーションがどの程度の演算・グラフィックス性能を必要とするかの目安を示したものである。演算性能は MIPS 値で表した。多くの EWS で使われている MIPS 値は、ベンチマークテストの結果を DEC 社の VAX 11/780 との比で表したものである。使われるベンチマークテストはメーカによって異なっており、またいくつかのベンチマークテストの平均値を使用している場合もある。このため、実際のアプリケーションで示す性能と結びつかないこともあるので、システムの評価は実際のアプリケーションで行う方が実質的な評価ができることが多い。グラフィックスについても同じことがいえる。ベクタやポリゴンの描画速度で性能を比較されることが多いが、グラフィックスでは演算処理以上にさまざまなファクタがアプリケーションで寄与してくることが多い。米国コンピュータ・グラフィックス協会(National Computer Graphics Association)の主催する NCGA '88 の展示会で偶然同じデモ・プログラムが2社のワークステーションで実演され、仕様性能が勝っているワークステーションのほうが描画が遅く、そのメーカの説明要員が他方のブースに確かめに来たという嘘のような本当の話もある。話が横道にそれてしまったが、ハードウェア構成に戻す。システム・バスには外部機器との接続を重視して VMEbus あるいは Multibus のような規格化バスを採用している機種と性能面の利点を考慮して独

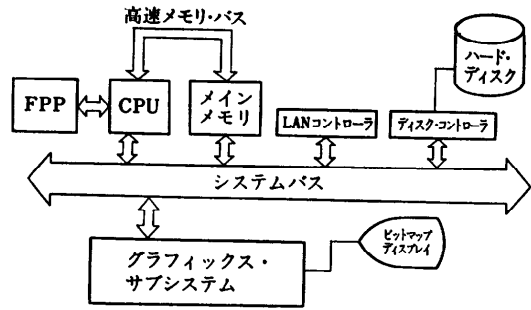


図-13 EWS のハードウェア構成

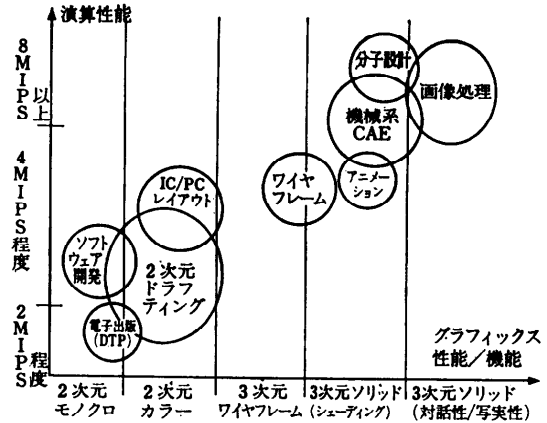


図-14 演算・グラフィックス性能とアプリケーション

自バス採用の機種がある。規格化バスを採用した機種に限らず、メモリについては専用的高速バスを設けたりノー・ウェイトで使用してシステムの性能向上を図ったものもある。ネットワークされた EWS ではディスクレス・ノードとしてローカル・ディスクをもたない構成もある。多くのディスクレス・システムでは NFS (Network File System) を介しているが、NFS ではサーバへの書き込みをシンクロナイズ I/O で行い、プロトコルもオーバーヘッドの大きな UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) を使っているためパフォーマンスの低下が生じる⁵⁾。データ量の多い CG 関係のアプリケーションでは注意を要する。

3.2 CPU

EWS はモトローラ社のマイクロ・プロセッサ MC 68000 とともに発展してきたと言っても過言ではないほど、多くの機種で MC 68000 系列のマイクロプロセッサが CPU として採用されてきたことは前述のとおりである。しかし、1987 年頃から RISC アーキ

表-3 多様化する EWS

	TWS			スーパーWS	GSC
	エントリ・レベル	ミドル・クラス	ハイ・エンド		
プロセッサ (クロック)	MC 68020 (12.5~20MHz)	MC 68020/30 (16.6~25MHz)	MC 68020/30 (20~33MHz)	R2000 (12.5MHz) HP-PA (30MHz) SPARC など	
性能	1.5~3MIPS	2~5MIPS	2.5~7MIPS	8~15MIPS	15~40MIPS
主記憶	2~16MB	4~32MB	8~48MB	8~128MB	16~102MB
グラフィックス	2次元ベクタ描画速度 2千~6万ベクタ/秒	2次元ベクタ描画速度 5万~25万ベクタ/秒 3次元対応も出現	2次元ベクタ描画速度 15万~30万ベクタ/秒 3次元対応も多い	3次元ポリゴン描画速度 (ポリゴン/秒) 2万~12万 7万5千~30万 ほとんどが3次元対応	
主な機種	Apollo DN 3000 Sun-3/50, 60 HP 9000/318, 319 SONY NEWS 700 811	Apollo DN 4000/3500 Sun-3/110, 160 HP 9000/330, 360 SONY NEWS830, 1830	Apollo DN590 Turbo DN 4500 Sun-3/260 HP 9000/350, 370	Silicon Graphics 4D/70 GT HP 9000/835 TurboSRX Sun-4/260 CXP Apollo DN 10000 Stellar GS 1000 Arden TITAN	

テクチャ*のCPUを採用した高性能ワークステーションが登場しスーパー・ワークステーションと呼ばれている。サン・マイクロシステムズ社の SUN 4/260 CXP, シリコン・グラフィックス社の 4D/70 GT, HP社の 835 Turbo SRX などがこのクラスになる。これらの演算性能が 10 MIPS 以上なのに対して、従来の 68000 系のプロセッサ MC 68020 を採用した EWS の高性能機としては 4~5 MIPS, 中級機としては 2~3 MIPS 程度となっている。演算性能は今年になって登場しはじめた 68030 ベースのものでは向上したものとなっている。またエントリ・レベル機をラインナップしているメーカーもある。ただし、このクラスにはディスク専用のももあり、こうしたものではローカル・ディスクを追加してパフォーマンス向上を図れない。

浮動小数点演算に関しては、一部のエントリ・レベル機ではオプションとなっている場合もあるがほとんどの機種では浮動小数点演算用の補助プロセッサを搭載している。さらに FPA (Floating Point Accelerator) を付加できる構成にしているものもある。

* RISC: 多くの演算処理において頻繁に使われるのが限られた一部の命令であることに着目し、これらの小数の単純なものからなる命令セットで、命令の実行サイクルを短縮するレジスタ指向のアーキテクチャである。さらに効率的なパイプライン処理で高性能化を図り、高機能の命令は高水準言語側にもたせて、コンパイラがそれを RISC の単純な機械語に展開するため、コンパイラでの最適化が高い性能の実現に不可欠である。またキャッシュ・メモリも性能向上のうえで大きな要因となる。

米国の調査会社 Dataquest 社では技術系の分野で使われるワークステーションを PC/WS (PC Workstation), TWS (Traditional Workstation), SWS (Superworkstation), GSC (Graphics Supercomputer) に分類しているが、ここでは TWS, いわゆる従来からの EWS が台数も多く前述のように多様化しているのでそれをクラス分けしたものと SWS, GSC に分類してみた (表-3)。

3.3 グラフィックス・サブシステム

グラフィックス・サブシステムの役割はグラフィックス・ライブラリを介してアプリケーションから受け取った座標データをデバイス座標への座標変換, クリッピング, 塗りつぶしや隠面処理, 色の計算, モニタ画面にグラフィックス・イメージを表示するための処理など, EWS にとっては CPU と同等か, それ以上に重要な構成要素である。

3.3.1 3次元グラフィックス・エンジン

図-15 は 3次元グラフィックス・エンジンの一例である。トランスフォーム・エンジンはアプリケーション中でインチやメートルで表された 3次元の座標 (ワールド座標) をディスプレイのピクセル (1280×1024 の 2次元の整数) の座標 (デバイス座標) に変換し, スキャン・コンバータのための一連のコマンドを生成するもので 3個まで付加できる。この例では浮動小数点演算を非常に高速で行うために開発された VLSI, プログラマブル・ビットスライス・プロセッサ

により、90万変換/秒を実現している。また、NURBS (Non Uniform Rational B-Spline)、イルミネーション・モデルがマイクロ・コードで提供される。NURBS は先に述べたようにデータ量の削減とパフォーマンス向上をもたらすが、最高ではそれぞれ一万分の一、千倍にもなることがある。イルミネーション・モデルには、白または色をつけた平行光源、点光源、スポットライト、環境光源の各種光源を記述するライティング・モデル、滑らかな陰影処理を与える Gouraud Shading、材質感を表す Phong Shading のシェーディング・モデルがある。光源設定はシェーディング機能と組み合わせることで、より写実的なレンダリングが可能となる。光源数が多いことはもとより、色や種類も写実性の上で重要となる (図-16)。スキャン・コンバータは直線またはポリゴンの端点データを取り込み、各点のラスタ・スキャン・ディスプレイのためのピクセル・データ (X, Y, Z の位置と赤, 緑, 青の色) を6軸同時補間で高速生成し、フレーム・バッファに送る。このほかにディザリング、半透明処理などがスキャン・コンバータで行われる。フレーム・バッファはディスプレイ上の各ピクセルの色を記憶するメモリであるが、アプリケーションがこの一部を表示しながら同時に別の部分を更新できるダブル・バッファの機能によりアニメーションのような速い動きのある表示を可能としている。また隠面処理用に画素の奥行情報を記憶するZバッファが設けられている。フレーム・バッファに保持されたピクセル・データはカラー・マップから RGB 信号として出力される。

3.3.2 2次元グラフィックス・エンジン

3次元では多くの場合トランスフォーム・エンジンが必要とするが、2次元ではトランスフォーム・エンジンによる高性能より低価格を求められることが少なくない。こうした場合、ワールド座標からデバイス座標への変換をグラフィックス・ライブラリで行う。高速描画を要求されるアプリケーションではグラフィックス・サブシステムに GPU (Graphics Processing Unit) とトランスフォーム・エンジンで構成されるアクセラレータを付加することにより、座標変換だけでなく、回転、ズーム、パンニングを高速で行える。また CPU の負荷が軽減されることによりシステム全体の性能向上にもつながる。

4. EWS の今後の展望

すでに述べたように 1987 年半ばになって相ついで発表されたスーパー・ワークステーションはそれまでの EWS の上位機種種の約 2 倍の処理能力をもっている。こうした EWS の高性能化は 1988 年になって、ミニ・スーパー・コンピュータ・クラスの演算性能をもったグラフィックス・スーパー・コンピュータ、パーソナル・スーパー・コンピュータとネーミングされたもので登場してきてさらに拍車がかかり位置付けとしては混沌とさえしてきた。

一方、エンジニアの生産性をさらに高めるために EWS を大量に導入するというケースがふえてきているが、このためには低価格な EWS が不可欠である。こうしたユーザ・ニーズだけではなく、32ビット機登場によるパーソナル・コンピュータの高性能化という市場の状況の変化も EWS 低価格化の大きな要因となっている。1987 年は正に低価格化でも大きな節目となった年であった。すなわちビット・マップ・ディスプレイを含む構成で 100 万円をきった機種もいくつか登場した。

こうした低価格化と高性能化の二つの流れは下方でパソコン、上方でスーパー・ミニとマージしつつあり、今後は従来の EWS という枠を越えてもっと多様化したものとなってこよう。たとえば、1988 年になって登場してきたミニ・スーパー・コンピュータの演算性能をもつグラフィックス・コンピュータ、パーソナル・スーパー・コンピュータと呼ばれるものは前述のスーパー・ワークステーションと捉えることができるが、シングル・ユーザのミニ・スーパーを志向しグラフィックス機能を搭載したとするメーカーもある。しかし、この

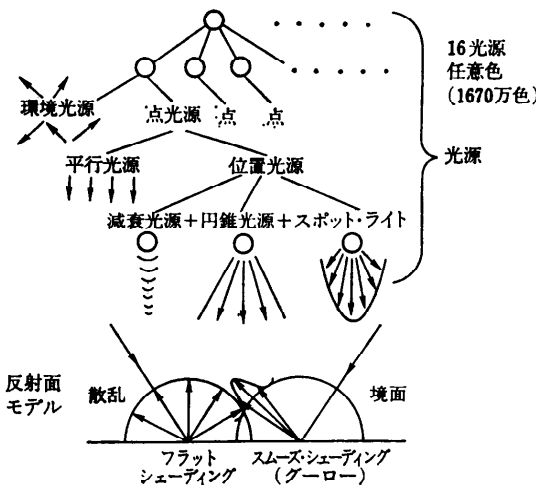
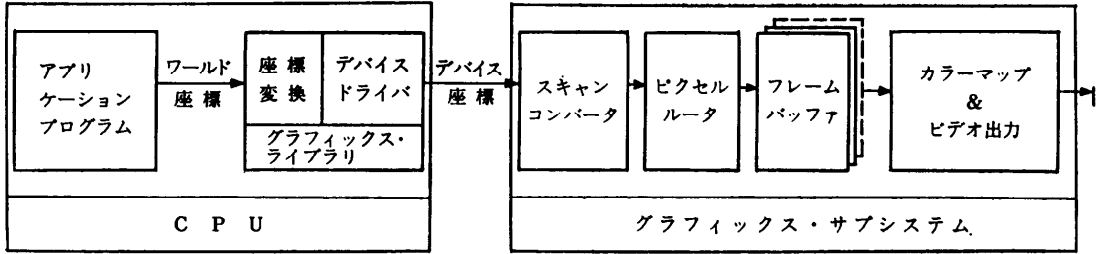


図-16 光源モデル

1) アクセラレータを使用しない場合



2) アクセラレータを使用した場合

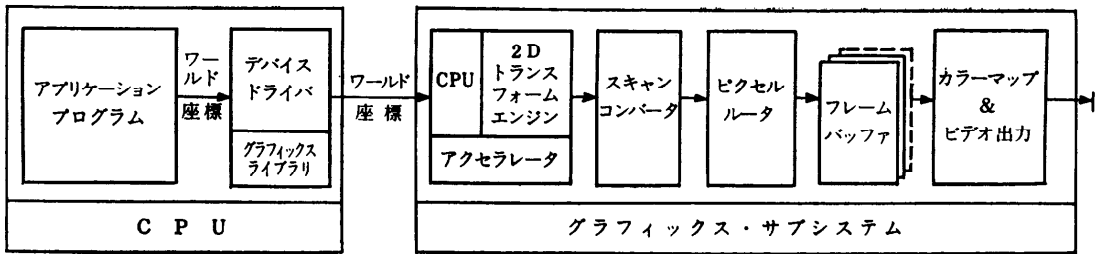


図-17 2次元グラフィックス・エンジンのブロック図

エンジニアが占有できる高いグラフィックス機能を一体化したコンピュータというのはEWSのコンセプトそのものであり、EWSが高性能化するだけでなく上位のコンピュータのEWS化も起こっている。こうした処理能力の高性能化が今後も続いていくことはテクノロジー・トレンドからみても明白であり、むしろ価格性能比の向上とソフトウェア資産の保護のための互換性がより重要となってくるだろう。

現在コンピュータが使われている環境は各社のコンピュータが混在し、分散している(図-18)。無論メーカーもさまざまであるのが普通であろう。パソコンやEWSから、大型ホスト、スーパーコンピュータまで一社に統一することは難しいし、またEWSにしても各社の特徴の異なるEWSあるいは特定のアプリケーション・ソフトが走るEWSを使い分けているユーザも多い。ほとんどのEWSではオペレーティング・システムとしてUNIXが採用されているが、このUNIXをはじめDEC社のVMS、MS-DOSなど多くのOSでTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)はもちろんトランスペアレントな異機種間ネットワー

ク・ファイル・システム(NFS)がサポートされており、さまざまなメーカーの機種をネットワークを介して共存させることも一般に行われるようになってきている。さらに1987年1月にウィンドウ・システムの業界標準として各社がサポートを表明したX-windowによりネットワーク・トランスペアレントなマルチウィンドウが異機種間でも可能となってきた。さらに高い互換性を求めて、IEEEやX/OPENでOSの標準化が進められている。またAT&TとSun Microsystems社の間で開発されようとしている今後のUNIXに対してもっとオープンな形での開発をと、

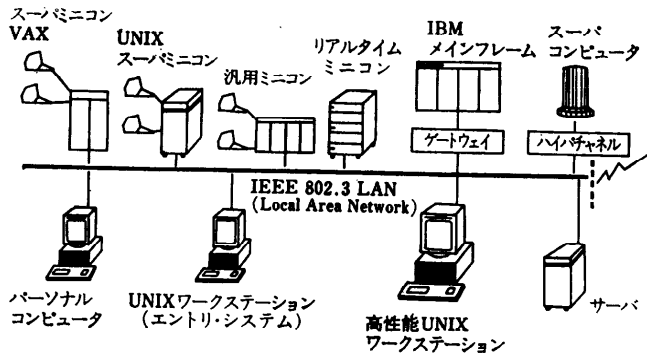


図-18 分散コンピューティング環境

欧米の主要なコンピュータ・メーカー7社をスポンサに設立されたオープン・ソフトウェア財団 (Open Software Foundation) に象徴されるようにメーカーの枠を越えての互換性の確保に動き始めた。EWS で強く叫ばれていた標準化の推進はさらに大きな動きとなりつつある。

参 考 文 献

該当部分は下記の文献を参考にした。

- 1) 吉川徹男・Apollo DOMAIN のアーキテクチャ「電子科学」, 1982年11月号, pp. 19~28.
 - 2) 二上隆司: PERQ のアーキテクチャ, 「電子科学」, 1982年11月号, pp. 35~38.
 - 3) (株)矢野経済研究所: エンジニアリングワークステーション市場実態と将来展望-1987年5月.
 - 4) Michael F. Cohen ほか: リアルな画像を生成する効率的なラジオシティ法, 「日経 CG」, 1986年創刊前秋号, pp. 52~62.
 - 5) 林 徳義: HP 9000 EWS ディスクレスシステムの概要, 「INFORMATION」, 1988年5月号, pp. 72~73.
- その他, 下記の文献を参考にした。
- 吉川徹男: エンジニアリング・ワークステーションへの応用, 「Computrol」, No. 16, pp. 106~115.
- 関 英雄: 日本市場における EWS 普及経過と今後の動向, 「CG TOKYO '87 予稿集」, pp. 1-1-1~7.
- 松田圭弘, 出水秀治: PLD 開発用ソフトウェア「日経エレクトロニクス」, 1986年8月11日号, pp. 141~161.
- Richard Farr, Garry Fredrickson: Interactive

Solid Modeling, 「COMPUTER-AIDED ENGINEERING」, pp. 46~50 (Nov. 1986).

Jonah McLeod: HP Delivers Photo Realism on an Interactive System, 「Electronics」, Mar 17, pp. 95~97 (1988).

池戸恒雄: グラフィックス・ワークステーション「CAD/CAM 技術」, pp. 137~142.

高橋伸明: 次世代アーキテクチャとして RISC を採用した汎用コンピュータ, 「日経コンピュータ」, 1986年3月17日号, pp. 165~176.

藤田祐二: 3次元グラフィックス・ワークステーションを解剖する, 「日経 CG」, 87年6月号, pp. 10~24.

星 曉雄, 高見佳伸: ディスクレス機は100万円前後の価格競争に突入した EWS, 「日経エレクトロニクス」, 87年10月5日号, pp. 135~146.

稲葉則夫: スーパーワークステーション相次ぎ登場, 「日経エレクトロニクス」, 88年5月2日号, pp. 153~156.

横河・ヒューレット・パッカド: 「モデル 320 SRX グラフィックス資料」, 1986年10月.

Hewlett-Packard: HP 9000 Mode 1350/835 Turbo SRX Hardware Technical Supplement (Mar. 1988) ほか横河・ヒューレット・パッカド社社内資料.

本稿中で紹介したアプリケーション例のデータ/写真はつぎの各社より Hewlett-Packard/横河・ヒューレット・パッカド社に提供されたものである。

図-6 SDRC 社

図-7 (株)ブリッジ

図-11 Wavefront 社

(昭和63年6月29日受付)