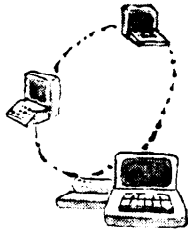


解説



通信網の変革と情報処理

高機能ワークステーション†

大宅 伊久雄** 太田 義久** 松下 温**

1. はじめに

最近、高性能マイクロプロセッサを用いた高機能ワークステーションの製品発表が相次いでいる。これらはいずれもローカルエリアネットワーク (LAN) に接続され、分散処理システムを構成する端末となっている。従来の定型業務を対象としたデータエントリ指向の端末と異なり、高機能ワークステーションはゼロックス社の STAR システム[†] に代表されるような個人専用のワークステーションである。電子机ともよばれるこのワークステーションは文書処理や情報検索などの非定型業務においても使い易さを発揮し、特徴あるマンマシンインタフェースを提供している。

高機能ワークステーションが扱う情報の多様化も重要である。今まで計算機が得意としたコード情報 (英数字、カナ、日本語) だけでなく、実際の作業環境で身近に接する画像情報 (視覚情報) もワークステーションは積極的にとりこんでいる。画像情報は視覚を介して直接人間のパターン認識能力に作用するもので情報の形態としてより自然なものといえるであろう。

個人がその作業机として容易に使え、LAN のネットワークを介し大容量の共有ファイルや高速のプリンタなどを遠隔利用できること、いわば個人の能力が容量的にも、距離的にも拡大していくのがこのワークステーションの新しさといえる。

以下に、第 2 章では高機能ワークステーションの概念を形成するのに役立った代表的な製品を引用しながらその特徴を概観する。第 3 章は、高機能ワークステーションの実現にあずかるハードウェアおよびソフトウェアのアーキテクチャについて現状技術を中心に

解説する。さらに、OA や FA の進展にともないワークステーションの応用も拡がっており、その例を述べる。第 4 章では将来動向についてふれる。

2. 特徴

高機能ワークステーションの特徴は、マンマシンインタフェースの良さ、日本語、図形、画像の取り扱いが可能なこと、および LAN 端末として効果的な分散処理システムの構成ができることなどがあげられる。

2.1 マンマシンインタフェース

1981 年 4 月ゼロックス社は、パロアルト研究所での 8 年間にわたる ALTO ワークステーションの使用経験をもとに 8010 STAR システムを発表した。ALTO が 256 KB のメモリ、2.5 MB のディスク、606×808 ドットのディスプレイを用いたのに比較し、STAR は 3 倍近い MSI プロセッサ、512 KB のメモリ、10 または 29 MB のディスク、1024×808 ドットのディスプレイから構成されている。

STAR システムの開発にあたっては、ハードウェア/ソフトウェアの仕様を決める以前に、マンマシンインタフェースの設計に多大の時間を費やしたといわれている。そのため、マンマシンインタフェースにきわだった特徴を有している。

マンマシンインタフェースの構築では、物理的なオフィスの作業環境を高解像度のディスプレイ画面上に類似させることを基本としたデスクトップ型である。CRT に表示されるものは実際の机の上に近い画像で、図-1 のように、文書、メールボックス、ファイルキャビネット等に対応したアイコン (抽象化された絵) が画面を構成している。文書は、アイコンを選択することにより、指定したウィンド (表示枠) に内容表示することができる。

マンマシンインタフェースの操作は、画面に表示された対象を選択、指示することにより行う方式 (Seeing

† Multi-functional Workstations by Ikuo OYAKE, Yoshikisa OHTA and Yutaka MATSUSHITA (Computer Systems Division, OKI Electric Industry Co., Ltd.).

** 沖電工工業(株)情報処理事業部システム本部開発第三部

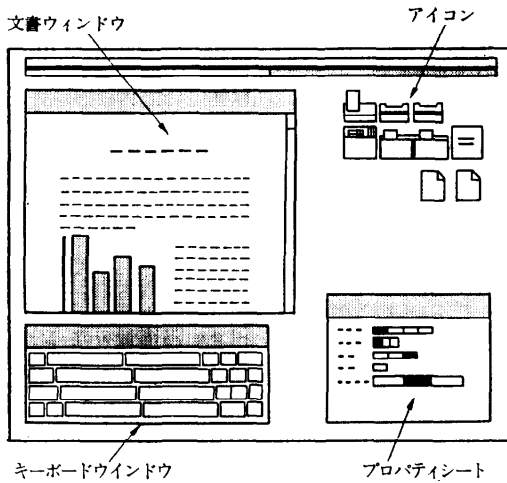


図-1 デスクトップ型の画面構成

and Pointing)で、従来のコマンド入力方式 (Remembering and Typing) と異なっている。表示された対象 (オブジェクト) を直接的に操作する方法は、STAR の応用プログラムに共通したものであり、そのためインタフェースはオブジェクト指向といわれている。選択操作には座標入力機能をもつマウスが用いられている。

STAR システムは複数の応用プログラムが用意されているが、それらは統合化された環境 (Integrated Software) にある。すなわち、応用プログラム間でのデータの受け渡しが容易に行え、かつマンマシンインタフェースは統一化されている。

2.2 情報のマルチメディア化

オフィスにおける業務の機械化は、定型業務から非定型業務へと焦点が移りつつある。非定型業務では大半の情報は日本語、図形、画像で表現されている。高機能ワークステーションが扱う情報は、英数字、カナだけでなく、このような多様化された情報が含まれている。

従来の英数字を主体としたコード情報に比較し、文書、画像データの特性は、可変長および大容量にあるといえる。ハードウェア環境では、磁気ディスクの蓄積コストの低減、書き換え可能な光ディスクの可能性、イーサネットに代表される LAN の高速伝送の実現、画像を表示する高解像度ディスプレイの開発、FAX など画像端末の普及、高性能マイクロプロセッサにおけるアドレス空間の拡張、等々があげられ、高機能ワークステーションの技術的環境は充分とどのい

つつあるといえる。

一方、文書処理の技術では、図形、画像のとりこみ、日本文との合成、編集が実現されている。さらに、テキスト、画像を総合的に扱ったシステムとして注目されるものに SDMS²⁾ (Spatial Data Management System) がある。これは MIT および CCA (Computer Corporation of America) でなされた研究開発で、テキスト、画像などのマルチメディア情報を管理、検索するシステムである。

2.3 ネットワーク化

高機能ワークステーションは LAN に接続され、端末間の実時間通信、ファイル転送、電子メールなどが可能である。またネットワーク上の他の資源、例えば高速プリンタや大容量のファイルなどを共有することができる。そのため効率のよい分散システムが構築できる。

アポロ/DOMAIN システム³⁾ はワークステーションにおけるネットワーク上の資源共有機能に顕著な特徴をもっている。DOMAIN (Distributed Operating Multi-Access Interactive Network) はネットワーク上に配置されたプログラム、ファイル、周辺装置などのあらゆるシステム資源を対象として統一して取り扱っている。その対象がネットワーク上のどのノードにあってもパスネームで指定することにより、まったく同様な方法で処理することができる。それゆえ、ネットワークは利用者からまったく透過であり、対象が他のノードにあっても利用者はネットワークを全然意識せずに処理することが可能である。

この実現手段として DOMAIN システムは、対象を要素とした多重の仮想アドレス空間をもち、ネットワーク指向の OS を装備している。

3. アーキテクチャ

代表的な高機能ワークステーションの諸元一覧を表-1⁴⁾ に示す。この章では、高機能ワークステーションへの要求機能を実現するアーキテクチャ例とその構成要素について概観する。

3.1 ハードウェア

ハードウェア構成例を図-2 に示す。図のように、システムバスを中心に各構成要素が機能分散的に接続されている。

(1) プロセッサ部

主プロセッサは汎用プロセッサあるいは高速性を追求したバイポーラ LSI による専用プロセッサのい

表-1 ワークステーション一覽表^{*)}

開 発	製品名	CPU	主記憶	補助記憶	CRT	ローカル エリアネ ットワー ク	オペレー ティング システム	言 語	用 途
Xerox	8010 Star	16ビット ビット・スライス	0.5MB	10MB, 29MB	808×608ドット モノクロ	Ethernet	Pilot	—	オフィス
Convergent Technologies	IWS	i 8086 (5MHz)	1MB	20MB 40MB 80MB	656×510ドット モノクロ	RS-232C RS-422	CTOS	Cobol, Fortran Basic, Pascal Multiplan	オフィス
Corvus Systems	CONCEPT	MC 68060 (8 MHz)	0.2~ 0.5MB	5.7MB 12.1MB 18.4MB	720×560ドット モノクロ	RS-422	CCOS	UCSD Pascal Fortran 77	オフィス ソフトウェア開発
Apollo Computer	DOMAIN	MC 68000×2 (10 MHz)	0.5MB ~3.5MB	34MB 66MB 158MB 300MB	1024×800ドット モノクロ 1024×1024ドット カラー	リング・ ネッ トワ ーク	AEGIS	Fortran 77 Pascal, C	エンジニアリング CAD/CAM
Three Rivers Computer	PERQ	16ビット ビット・スライス Amd 2910	0.2~ 1MB	12MB 24MB	788×1024ドット モノクロ	Ethernet	POS UNIX	Pascal Fortran 77	エンジニアリング ソフトウェア開発
Sun Microsystems	SUN-1	MC 68000 (10 MHz)	0.2~ 2MB	16MB 84MB	800×1024ドット モノクロ	Ethernet	UNIX	Fortran Pascal, C	エンジニアリング ソフトウェア開発
Forward Technology	Gateway	MC 68000 (10 MHz)	0.2~ 2MB	10MB 25MB	800×1024ドット モノクロ	Ethernet	UNIX	Fortran 77 Basic, C Pascal	エンジニアリング ソフトウェア開発
Hewlett- Packard	HP 9000	32ビット・カス タム	0.2~ 2.5MB	10MB	560×455ドット	Ethernet	UNIX	同 上	エンジニアリング 技術計算 CAD/CAM

(日経コンピュータより)

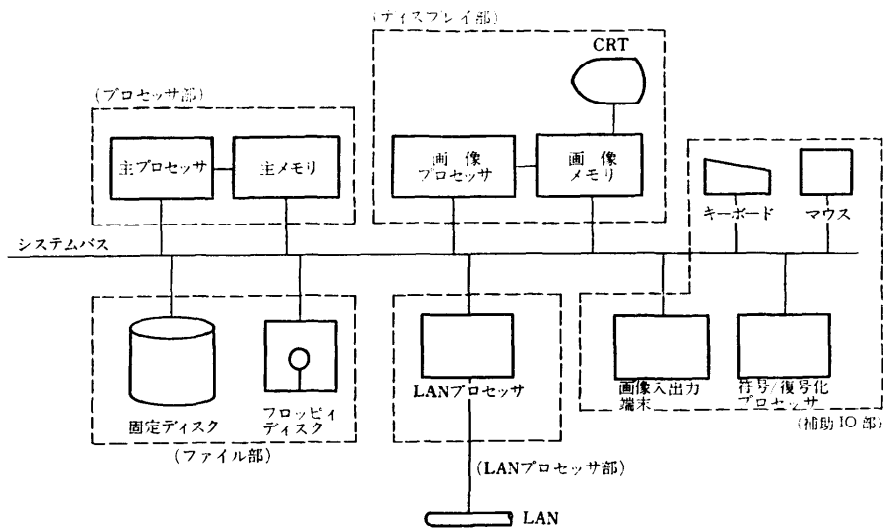


図-2 ハードウェア構成

れかが使用される。汎用プロセッサは現在 16 ビットのマイコンが主流であるが、今後は 32 ビットのものが増加してくる。また現在では仮想メモリを採用しているものは少ないが、今後は標準装備されるようになる。ソフトウェアの流通性や汎用的な入出力装置の接続も容易に行えること、さらに 1MIPS 程度以上の高

性能化も期待できることから汎用プロセッサの採用が今後は増加するであろう。

主メモリについては、ソフトウェアの大規模化、画像データに代表されるデータ量の大規模化により増々大容量を実装するようになってきている。現在では 1 MB 程度のものが主流であるが、今後 256 K ビット

メモリ素子の実用化により 2 M~8 MB といったミニコン規模の容量を持つものも現われるであろう。主メモリは主プロセッサと各プロセッサ間で共有されるデータを持つ共有メモリの機能を持っている。メモリ競合による主プロセッサの処理能力低下を減少させるため、主プロセッサで専用に使用するメモリ（ローカルメモリ）と共有メモリとを分離して構成する方法もある。

システムバスは転送能力の高いこと、汎用の入出力制御マイコンの接続が容易であることが必要であり、マイコン用標準バス（マルチバス、バーサバスなど）が使用されることが多い。データバスは現在 16 ビットが多いが今後 32 ビットマイコンの使用と共に 32 ビットのものが増加してくるであろう。アドレスバスも 16 ビットから 24~32 ビットへと拡張される。

(2) ディスプレイ部⁵⁾

CRT 技術の発達により低価格で高解像度の CRT ディスプレイが実用化されたことにより、ワークステーションにおいても低価格で、図形、画像の表示が可能となった。

画像プロセッサは後述の画像メモリに格納されている画像データをビット対応で演算操作する専用プロセッサである。これには基本的なオペレーションのみ実行し、複雑な処理は主プロセッサで行うものと、図形の描画、拡大/縮小、移動、回転まで画像プロセッサで実行するものがある。

画像メモリはディスプレイに表示するデータとビット演算を行うデータを記憶するメモリである。メモリ容量は CRT 分解能、階調、カラー表示の機能等により決定される。階調/カラー表示を行う場合は、1 画素について複数ビットが必要でビットプレーン構成となる。また、カラー表示の場合カラーテーブルにより画像メモリの内容 (3~4 ビット/画素) から実際の表示カラー情報 (10~24 ビット) に変換して 2¹⁰~2²⁴ 色幅の任意の 8~16 色を同時に表示する方法が使用されてきている。

画像メモリの構成は、通常のメモリ構成に比べてビット単位でアドレス可能で、かつ CRT へ高速にデータを送出する必要がある (30~100 M ビット/s)。また、CRT のラスタスキャン同期とメモリ素子リフレッシュ同期の整合等が必要である。

従来の図形表示用 CRT はランダムスキャン方式が多かったが、最近ではラスタスキャン方式が増加している。CRT としてはモノクロとカラーがあり、モノク

ロではグリーンの他に白黒の短残光 (P4) のものが増えつつある。解像度としては 1024×1024、14~17 インチのものが主流である。最近では、36 ドット/mm² の高解像度のものも実用化されつつある。カラーでは、14、19、20 インチのものが主流で 512×512、1024×1024、さらには 1400×1024 程度のものも実用化されている。

CRT ではマンマシンインタフェース上分解能の他に表示周波数 (フレーム/s) がフリッカ、ゆらぎ等の減少に重要である。一般には 30 フレーム/s のインタレース方式と 60 フレーム/s のノンインタレース方式のものがあるが、目の疲労度から今後は後者を実現したものが増加してくる。

今後はモノクロにおける階調表示や、カラーにおける同時表示色数が大きくなる傾向にある。文書表示や図形表示程度を対象とした 8~16 階調またはカラー色を可能とする経済化版と、本格的な画像処理を目的とした高級版とに 2 分化するものと思われる。

(3) ファイル部

ファイル装置としては、フロッピディスクとウィンチェスタ形の固定ディスクを用いるのが一般的である。前者はプログラムやデータの交換用として、通常のエペレーションには後者の固定ディスクを主体に用いる。固定ディスクはプログラムの大規模化や画像データを含む大容量データ収容のために大容量化しつつあり、最低 10 MB は装備しており今後は 40 MB~100 MB は装備するようになる。

また、今後はデータの大容量化に対処するために、追加書き込み型の光ディスクや書き替え可能型の光磁気ディスクが候補となってくる。

(4) LAN プロセッサ部

ISO/TC 97/SC 16 の OSI 参照モデルと IEEE 802 での LAN プロトコル検討範囲について図-3 にその

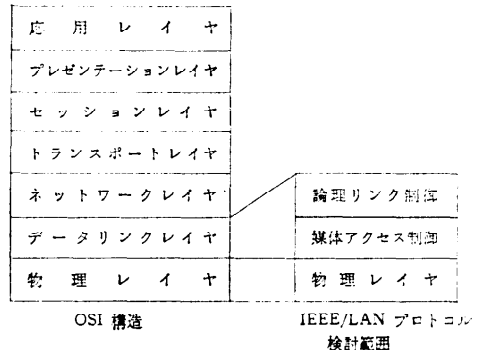


図-3 OSI 参照モデルと IEEE 802 の検討範囲

対応を示す⁶⁾。LAN プロセッサでは OSI モデルの物理層とデータリンク層までをサポートし、上位層は主プロセッサで処理するものと、LAN プロセッサでデータリンク層以上をサポートするものもある。現在、物理層およびデータリンク層までをサポートする LSI の実用化が進んでおり、この LSI と汎用マイコンを組み合わせて LAN プロセッサを構成する方式が可能となっている。

LAN プロトコルは、伝送媒体、トポロジ、アクセス制御方式などにより各種のものがある。ワークステーションとしては各種の LAN に接続可能とするために専用プロセッサ化して主プロセッサ側の変更を少なくする方式が望ましい。

(5) 補助 IO 部

画像データを取り扱う場合、画像入出力装置が必要となるが、現状では FAX 用の入出力部を流用するものが実用化されている。しかし速度的に遅いという問題があり今後高速化、高解像度化がはかられるであろう。

画像データは符号／復号化プロセッサによりデータの圧縮と伸張を行う必要がある。例えば A 4 の画像データを 8 本/mm の分解能で入力すると約 500 KB のデータ量となり、そのまま蓄積保管したり他のワークステーションへ伝送する場合に、容量、伝送時間上問題となる。そのために、画像データの蓄積保管や伝送前に符号化により圧縮してファイルや通信回線の有効利用／効率化を計る必要がある。符号化アルゴリズムは FAX で使用されている MH や MR 方式が一般的であるが、ハードウェアによる高速処理に向けたメーカ独自の方式を採用する場合もある。MH/MR による符号化では入力データにより異なるが 1/2~1/10 程度の圧縮率である。FAX の場合、通信回線の速度制限から比較的処理速度は要求されなかったが、ワークステーションでは内部バスや LAN との接続となり伝送速度が速いことや、マンマシンインタフェース上高速処理が要求されるため専用プロセッサによる処理が必要となる。LAN 等ではエラー率が低いことから、今後は MR や GIV 機で検討されている M²R 方式も採用されていくと思われる。

3.2 ソフトウェア

高機能ワークステーションのソフトウェア構成例を図-4 に示す。ソフトウェア構成上影響を与える設計方針は、ソフトウェアの統合環境を実現すること、日本語、画像が容易に取り扱えること、および LAN 端

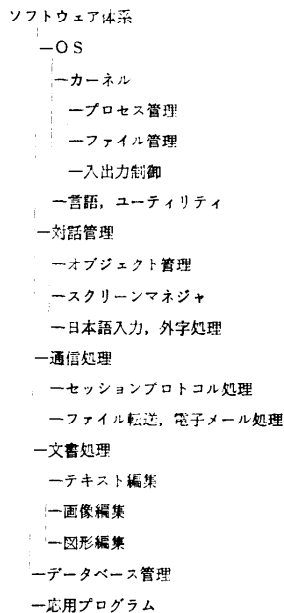


図-4 ソフトウェア構成

末としての通信処理の性能向上などが指摘されるであろう。

ソフトウェアの統合環境を実現する上での要求条件を列記すると

- 応用プログラム間のマンマシンインタフェースが同一形式である。
- 応用プログラム間のファイル形式が同じで互換性をもつ。
- 応用プログラム間のデータ受け渡しが簡単に行える。
- 応用プログラム実行中に他の応用プログラムが自由に呼び出せる。

これらの基準を満たすためのアプローチ⁷⁾には3つあるといわれる。第1の方法は、一つの応用プログラムに利用者が期待するすべての機能を盛りこみ、利用者の意図するデータ転送や機能の切り換えを実現する機構をあらかじめ組み込んでおく方式 (all in one) である。作成は容易であるが、拡張性はないといわれる。

第2の方法は、応用プログラムとして複数独立させてもつが、ファイル形式とマンマシンインタフェースの操作方式は共通化する方法 (Separate but Compatible) である。この方法では、各種パッケージが同じインタフェースで実行でき、利用者が容易に扱え

る。しかし、プログラムの切り換え時にローディング時間が必要なことや、他の応用プログラムを途中で呼び出すことは不可能である。

第3の方法は、最も進んだ方式でデスクトップ型といわれる。高解像度のディスプレイ、マウス等の座標入力装置、マルチウィンド制御が必須となる。マルチウィンド制御は、応用プログラムとウィンドを対応づけ、画面上のウィンド制御により、応用プログラムの起動、中断を行うものである。これにより、応用プログラム間の切り換え、他の応用プログラムの呼び出しが容易に実現される。このアプローチによりソフトウェアの統合化を実現しているシステム例として IBM の OBE (Office-by-Example)⁹⁾ がある。これはオフィス環境で専門のプログラマでない利用者がシステムを使用することを想定し、データ処理、文書処理、電子メールを統合する事務処理用語をめざしている。OBE は QBE (Query-by-Example) データベース管理システムを含んでおり、その自然な拡張を図ったものである。

(1) OS

高機能ワークステーションは個人が専有して用いるもので、そのため OS は少なくともシングルユーザ、マルチタスクをサポートしなければならない。最近、高性能マイクロプロセッサの OS としてベル研究所で開発された UNIX を採用するシステムが増えていく。UNIX は当初、プログラム開発支援環境をサポートする OS としてスタートしたが、最近では汎用 OS としての普及が進んでいる。

UNIX は、プロセス管理、ファイル管理、入出力制御等を行うカーネル部と、利用者のコマンドを処理するシェル部と、FORTRAN、C等の言語サポート、および各種ユーティリティから構成される。高機能ワークステーションの OS としては、日本語コードの追加、大容量の画像データが扱えるファイル管理の強化、通信処理の性能を向上させる改良などが必要となる。

(2) 対 話 管 理

ソフトウェアの統合環境を実現する部分で、マンマシンインタフェースの基本となる画面上の対象物(オブジェクト)を管理する機能、ウィンド制御やアイコン表示を行うスクリーンマネージャ、および応用プログラムで共通に使われる日本語入力、外字処理機能が含まれている。

ウィンドは応用プログラムと対応づけることがで

き、複数ウィンド(マルチウィンド)により応用プログラムの起動、中断、終了を行うことが可能となる。ウィンド制御は、グラフィック処理上からみれば面単位の高速処理が前提となっている。ゼロックス社では、この目的で矩形領域を単位とした高速データ転送と論理演算を行う基本的なグラフィック操作⁹⁾を発表している。

(3) 通 信 処 理

OSI モデルの上位層をサポートする部分で、端末間に論理的な通信路(パス)を設定するセッションプロトコル処理や、その上位で応用プログラムにサービス機能を提供するファイル転送プロトコルや電子メールプロトコル処理など、またネットワーク管理機能などが含まれている。

電子メールプロトコルでは、応用プログラムレベルで即時配達以外に蓄積配達など種々のサービス機能が実現できるようになっている。

(4) 文 書 処 理

かな漢字変換による日本語入力機能以外に、文書処理では、テキスト、画像、図形の各種データが混在した文書を作成、編集し、その印刷、表示の機能をもっている。

テキスト編集では、書式設定、禁則処理、作表、挿入、削除、移動、複写、切り貼りなどの機能をもつ。画像編集では、入力機能、切り出し、重ね合せ、変換、移動などの機能をもつ。

図-5 は、沖電気では実験中の出力例¹⁰⁾であるが、マルチウィンドによる複数文書の表示と編集が行われている。

(5) データベース管理

データモデルとしてはリレーショナルタイプとネットワークタイプが一般的である。利用者は直接データベースを操作できるようなインタフェースが用意されている場合が多い。

また、ワークステーションのローカル処理として文書処理やデータ処理に用いられる場合と異なり、LAN上の複数ワークステーションから共有して利用される場合は、二重化や障害回復機能、共有制御などが必須となってくる。

(6) 応用プログラム

以上述べたような基本的ソフトウェアをもちいて、次節で説明される応用例に合わせて作成されるプログラム群である。



図-5 マルチウィンドによる複数文書の表示

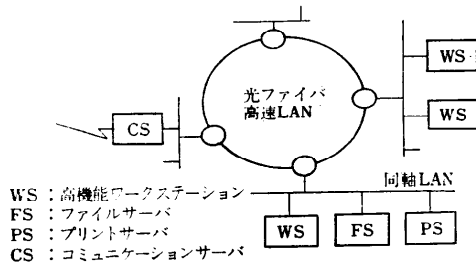


図-6 システム構成例

3.3 応用例

高機能ワークステーションの応用システム構成の例を図-6 に示す。利用者が直接画面を介してシステムと会話しながら作業を進める装置がワークステーション (WS) である。そのほか、システムが共有して利用する各種サーバがある。大容量のファイルが接続されたファイルサーバ (FS) は、システムの共有データの蓄積や、各 WS のバックエンドのファイル装置として利用される。また高速のプリンタが接続されたプリントサーバ (PS) は、WS で作成された文書や図面の印刷に専用される。コミュニケーションサーバ (CS) はネットワークのゲートウェイとして利用される。

高機能ワークステーションの応用例は次のように分

類される。

(1) 事務処理

画像、日本語の混在した文書処理を中心に、電子メール、電子ファイル、さらには秘書機能を備えた日程管理などオフィス事務の自動化を主目的とする。電子メールでは即時配達だけでなく、蓄積配達、同報、親展などが可能である。電子ファイルでは文書のような可変長データの格納、検索が行える。事務処理用は扱うデータの形式が限定されるので視覚インタフェースが組みやすいといえる。

(2) 科学技術計算

研究者や技術者が専門分野の計算を個人用コンピュータとして使用する。個人の専有を可能とすることで TAT の短縮やホストコンピュータで準備されていないプログラムを開発し手軽に使用できる利点がある。技術計算を行うことから大容量の主メモリが要求される。また、各種パッケージの流用のため UNIX などの汎用 OS が採用されている。

(3) CAD/CAE

LSI 設計、機械設計を対象に、図形処理を中心としたシステムである。図形処理では平面図形だけでなく立体図形の操作、表示も要求される (図-7)。図形データの編集操作には大容量のメモリを必要とし、また、応答性をあげることからプロセッサの高速化への要求も大きい。CAD は典型的な非定型業務でありローカルな図面編集処理と、電子メールや電子会議に

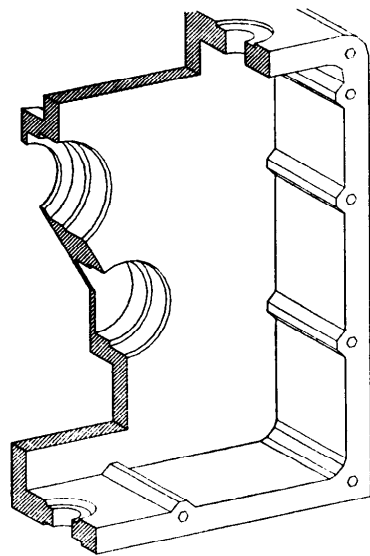


図-7 CAD の3次元処理

よる連絡業務、共有データベースの利用などワークステーションの応用として主要な分野の1つである。

(4) エキスパートシステム

人工知能/知識工学の研究成果を利用して、特定分野で専門家のもつ知識を集め、コンピュータに専門家と同程度の能力を持たせた質問応答システムをめざすものである。自然言語理解、学習/教育、機械翻訳に使用されるもので、ワークステーションに LISP や PROLOG 言語機能を追加しシステムを構築する例がみられる。

4. 将来動向

ワークステーションの普及は著しい。従来のホストコンピュータとデータエントリ端末を中心とした分散処理システムとは異なったネットワークシステムを構築するものと思われる。そのため、OA や FA に代表される新しい応用分野への急速な展開が期待されている。

高機能ワークステーションの特徴であるマンマシンインタフェースは、ハードウェア/ソフトウェアの技術進歩にあわせて今後とも着実に改良されていくであろう。

ワークステーションの将来技術動向として2つの課題をあげてみたい。1つはネットワークシステムとしてみた場合のシステム的な改良である。ネットワーク OS や分散ファイルなどが技術課題となるであろう。

第2の課題は、よりよいマンマシンインタフェースを追求したアーキテクチャの問題である。その代表例がゼロックス社が公開した Smalltalk^{11), 12)} システムである。その専用マシンの可能性も含め、今後多くの

議論が待たれる技術テーマである。

参考文献

- 1) Smith, D. C., Irby, C. H. and Kimball, R. B.: The Star User Interface: An Overview, NCC (1982).
- 2) Herot, C. F.: Spatial Management of Data, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 5, No. 4 (Dec. 1980).
- 3) アポロ DOMAIN システムアーキテクチャ, 丸紅ハイテック(株).
- 4) 平野正信: 作業環境を革新するワークステーション, 日経コンピュータ (1983年2月7日).
- 5) 桑原啓治: 機能向上と高速化が進むカラー・グラフィック・ディスプレイ, 日経エレクトロニクス (1983年5月9日).
- 6) 齊藤忠夫: ローカルエリアネットワーク総説, 情報処理, Vol. 23, No. 12, pp. 1123-1128 (1982).
- 7) Lemmons, P.: Hard Choices for Software Houses, April 1983 BYTE.
- 8) Zloof, M. M.: Office-by-Example: A Business Language that Unifies Data and Word Processing and Electronic Mail, IBM Systems Journal, Vol. 21, No. 3 (1982).
- 9) Ingals, D. H. H.: The Smalltalk Graphics Kernel, August 1981 BYTE.
- 10) 武内, 大宅, 太田: イメージ処理用多機能ワークステーションの試作, 情報処理学会第26回全国大会論文集(Ⅲ) 4H-7.
- 11) Goldberg, A. and Robson, D.: Smalltalk-80 The Language and its Implementation, Addison-Wesley Publishing Company.
- 12) Rentsch, T: Object Oriented Programming SIGPLAN Notice, Vol. 17, No. 9 (Sep. 1982).
(昭和58年6月2日受付)