

最近のコンピュータ技術の動向

Trends in Recent Computer Technologies

最近のコンピュータ技術の動向について、ユーザーニーズ、アーキテクチャ、ハードウェア、ソフトウェアという各々関係の深い四つの側面から述べる。

ユーザーニーズは、現行システムでの問題点の解決及び新しい応用分野に対する要求が中心であり、プログラミング工数の低減、高信頼性、人間工学性重視、運用の容易性などを挙げることができる。この実現のため、今後のハードウェアの基盤を支える超LSI、マイクロプロセッサに代表される半導体の潜在能力を最大限に引き出し、かつ新しいプログラミング言語、分散処理など高度な処理形態に必要なソフトウェアの両面に向けた新しいアーキテクチャの出現が期待される。

萱島興三* Kayashima Kôzô
 浦城恒雄** Uraki Tsunao
 林 健治** Hayashi Kenji
 山本晃司*** Yamamoto Teruji

1 緒 言

第3世代のコンピュータが誕生してから15年たった現在、情報処理機器の全世界での年間生産高は、8兆円という巨大産業へと成長してきている。エレクトロニクス及び利用技術の飛躍的進歩によって、それまで人手に頼っていた多くの仕事は機械化、合理化され、社会の発展に寄与してきた。

ハードウェア技術の進歩によるコンピュータの性能/コスト比の改善は、2倍/2.5～3年と言われているが、ソフトウェア技術の進歩も、その規模で測って同程度の比率で拡大しつつある。

最近の5年間でのコンピュータ技術のきわ立った進歩は、端末装置、マイクロコンピュータ利用機器など、製品及び利用技術の多様化にみられる。我が国での情報処理もこれまでの欧米諸国からの技術移入を脱却し、真に我が国でのニーズに立脚した独自の製品を生み出しつつある。文字読取り装置、

各種データ入力装置、漢字情報処理システムなどは、このような意味で今後の発展が期待される。

半導体技術の進歩は、まず記憶装置の劇的な小形化、低価格化をもたらし、永年使用された磁心記憶装置を駆逐した。更に、3.5世代から第4世代へと論理用半導体にも技術革新の波が押し寄せてきている。

ソフトウェアを中心としたコンピュータの利用技術は、今後ますます比重を増すこととなるであろう。すなわち、データベース、通信ネットワークとの結合などは、利用技術に負うところが極めて大きいからである。

2 ユーザーニーズの動向

コンピュータシステムに対するニーズは、多岐にわたり複雑であるが、図1に示すようにいずれのニーズもコンピュー

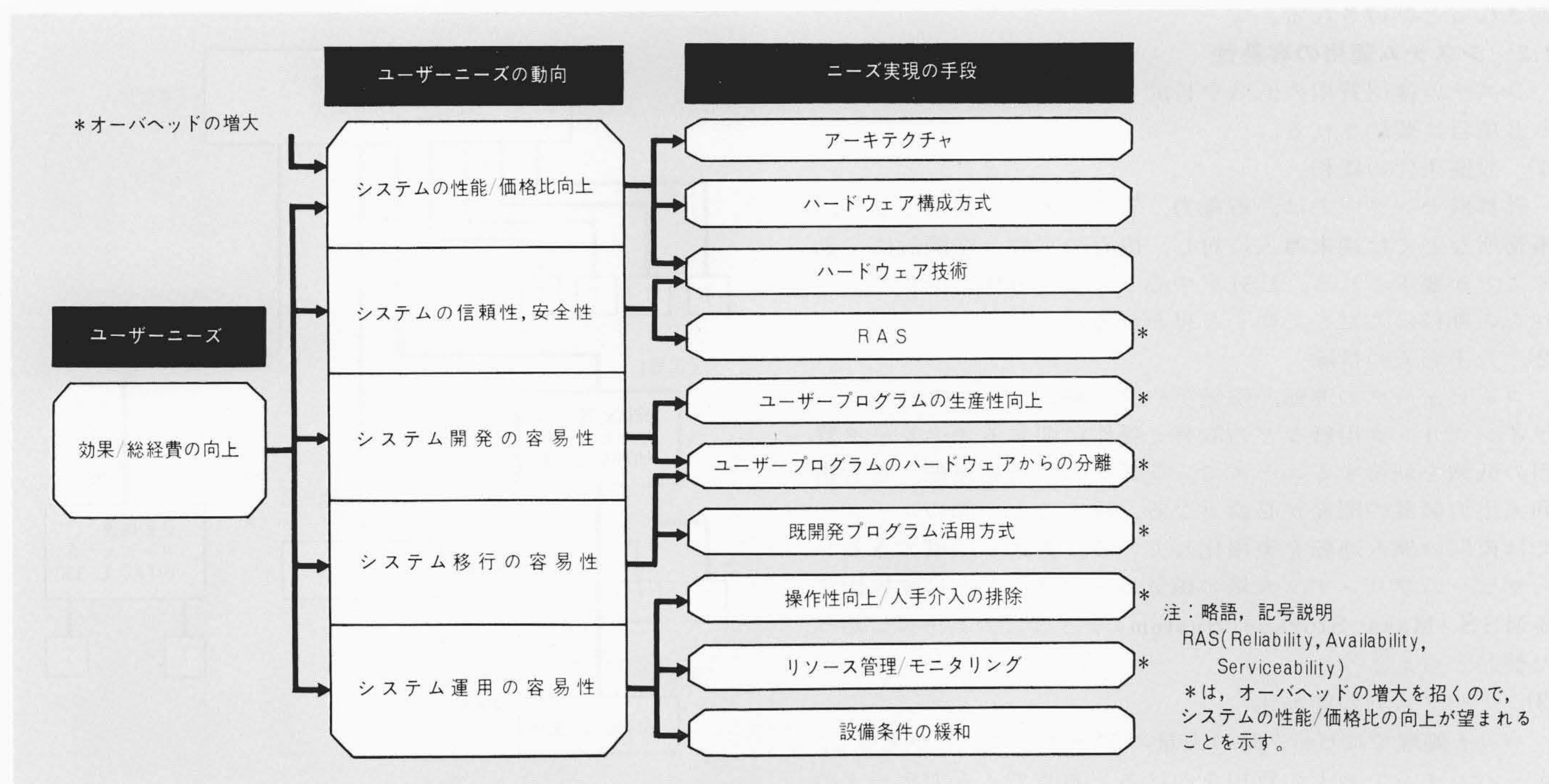


図1 ユーザーニーズの動向 ユーザーニーズを整理し、実現手段と併せまとめた。

* 日立製作所旭工場 ** 日立製作所神奈川工場 *** 日立製作所ソフトウェア工場

タの導入、維持に要する費用の低減が根底にあり、現在人手をかけて行なっている仕事を機械化しようという側面をもっているものが多く、今後ともシステムの性能/価格比の向上が期待されている。

2.1 システム開発、移行の容易性

業務のEDP (Electronic Data Processing) 化を、より経済的に行なうには、プログラミングに要する費用をより低く抑えることが重要であり、ユーザープログラムの生産性の向上が期待されている。具体的には、ユーザープログラムと関連の深い次に述べるような項目を分離し、プログラムの生産性、移行性を確保しようとするもので、最近ではかなりのレベルまで実用化されている。

(1) ハードウェア/OS (Operating System) からの独立

- (a) アセンブラ言語の使用を少なくし、高級言語を主に使う。
- (b) 仮想記憶システムによる主記憶装置容量からの解放。

(2) データ(ファイル)からの独立

初期のころはデータはプログラムに従属していたが、最近ではデータベースシステムの導入などにより、プログラム開発と、データベース開発とは分離され、システム開発の生産性向上に寄与している。

(3) ジョブ形態からの独立

ジョブ形態として、バッチ、タイムシェアリングシステム、RJE (Remote Job Entry)、オンラインなど多岐に高度化しているが、これらのジョブ形態とプログラムの独立を可能とし、プログラムの汎用性を高めようとするニーズである。信頼性、性能に重点をおいたオンライン用プログラムの取扱いが今後の課題であろう。

(4) コーディング作業からの独立

コーディング作業に入る前のシステム設計仕様書のレベルから、直接コンピュータによりプログラムの生成を行なおうとする試みで、一桁以上の生産性向上が期待でき、ハードウェアの性能/価格比の大幅向上と連動して、実用化技術が促進されると期待される。

2.2 システム運用の容易性

システム運用費用の低減を目的としたニーズで、次に述べる3項目に要約される。

(1) 設備条件の緩和

計算機センターでは、省電力、省スペースの要求となり、事務所などでは端末導入に対し、既存の電源、空調設備で動くことが要求される。LSIを中心とする半導体の進歩が、これらの期待にこたえてゆくと思われる。

(2) 人手介入の排除

コンピュータの運転、磁気テープ、磁気ディスクパック、ラインプリンタ用紙などの取替え操作に要するオペレータ費用の低減を期待するニーズで、システムの自動運転、省力指向入出力装置の開発が必要となる。現在でも一部のユーザーでは夜間の無人運転を実用化している。書式を印刷できるレーザービームプリンタ、大量の磁気カートリッジを自動操作するMSS (Mass Storage System) などはこのニーズに沿った製品と言えよう。

(3) データ入力の手簡易化

バッチ処理ではピーク時に大量のデータ入力作業が発生し、キーパンチャに多大の負担をかける。そこで、入力データの発生場所、発生時点で入力できるように、データ入力を主目的とした機器が製品化されている。キーボードからの入力を中心であるが、一部OCR (Optical Character Reader : 光学文字読取り装置)、キーマットなどが用いられている。将

来は音声によるデータ入力も期待されている。

2.3 システムの信頼性向上

信頼性の向上に対するニーズは、業務の拡大、エンドユーザーの増大及び大衆化につれて、ますます大きくなっている。システムの信頼性の向上には、ハードウェアの部品面だけでなく、ソフトウェアを含めた方式面でのたゆまない改良が必要であり、日立製作所では、ハードウェアの故障が直ちにシステムダウンにつながらないように、ソフトウェアの支持を強化する対策を行ない、信頼性向上に努めている。

2.4 分散処理への期待

分散処理とは、統合化された情報システムに対する要求と、業務レベルのエンドユーザーの要求の両方を満足させるために、機能及びデータをネットワーク内に分散させて、従来の集中処理と非集中処理の長所を生かせるように、最適化を図った処理方式と言えよう。従来の集中化されたシステムは、経済性、構築の容易性など優れた面ももっているが、システムの複雑化、巨大化に伴いエンドユーザーの要求に迅速に対応することが困難になり、要員の確保などで限界に達する。そこで、業務を行なっている実務組織に近い形でコンピュータ組織も築こうとする要求で、システムの最適化が難しいという問題点をもっているが、今後のコンピュータシステムの新しい方向を示している。図2に分散処理システムの一構成例を示す。

分散処理を支える技術としては、半導体の進歩、外部記憶装置の低価格化、新しいデジタル通信網、ネットワークアーキテクチャなどがある。

2.5 質の向上に対する期待

手作業の機械化ということでは、一応の成果を挙げている現行の情報処理システムに対し、より多くの質の向上と人間工学性向上を求めるニーズとして、次に述べるようなものが

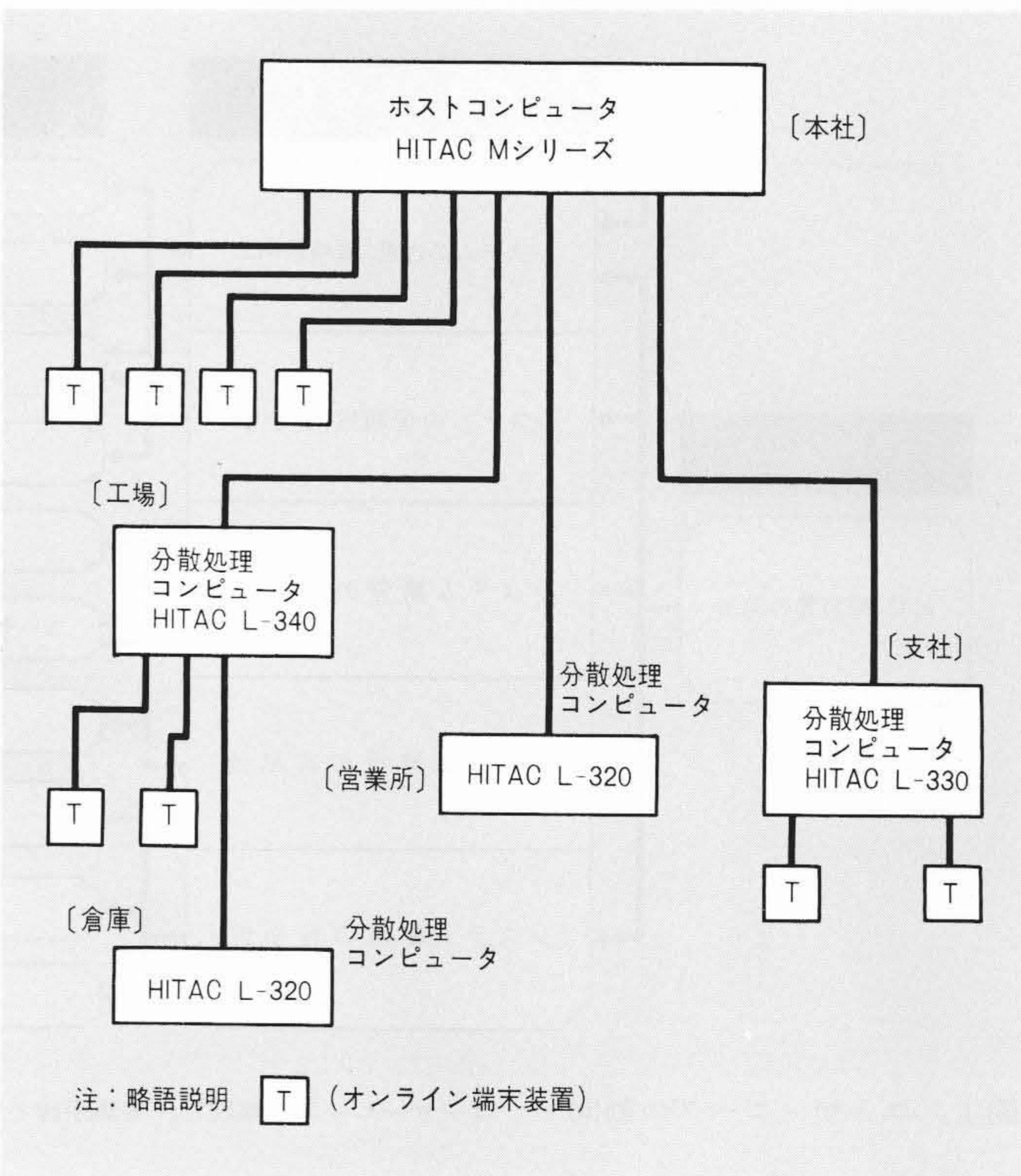


図2 分散処理システムの一構成例 HITAC Mシリーズ, HITAC Lシリーズの結合による分散処理システムの一構成例を示す。

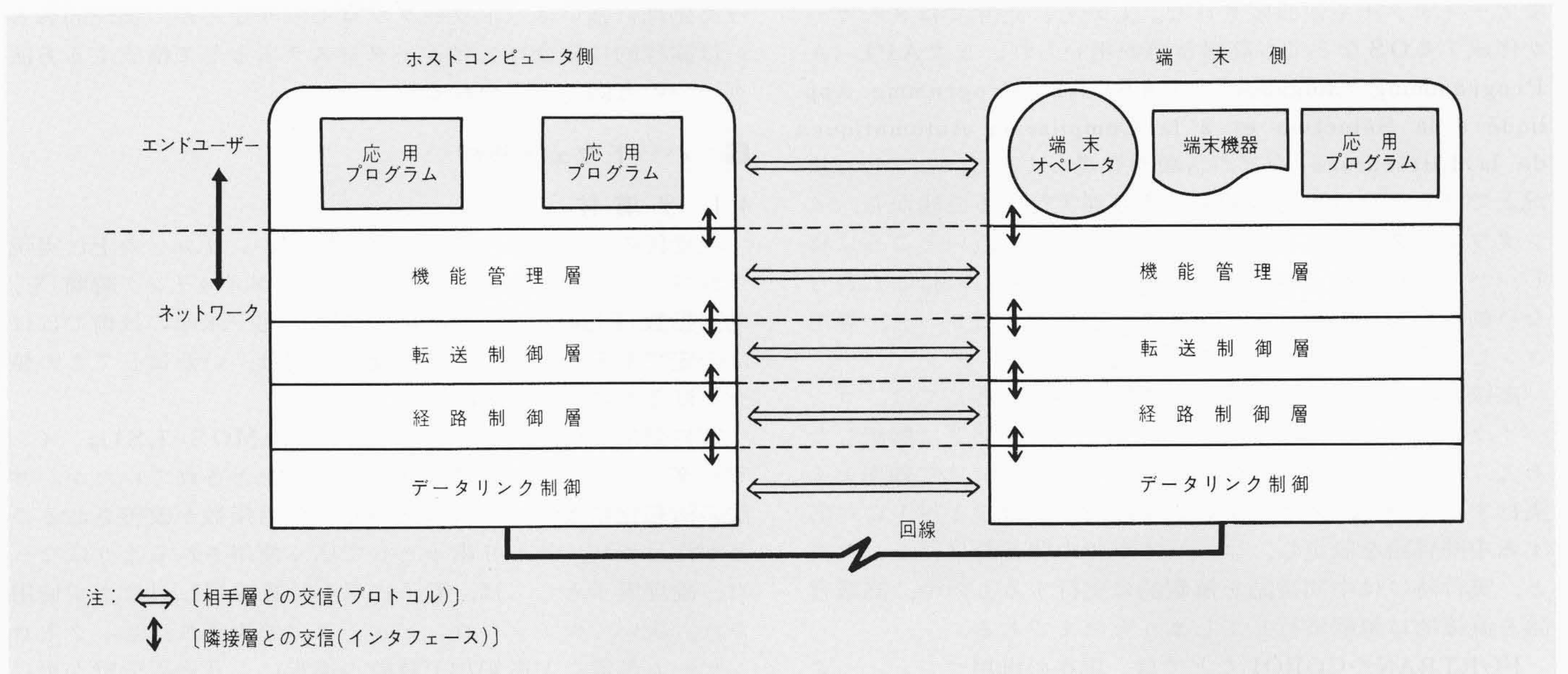


図3 ネットワーク機能の階層構造 ネットワーク機能を整理し、標準分割した例を示す。

挙げられる。

- (1) 日本語情報処理
- (2) 図形情報処理
- (3) オフィスオートメーション機器

これにより文章(テキスト)、ファックスなどの図形データ、音声という情報の三要素を伝送することが望まれる。

3 アーキテクチャ

「アーキテクチャ」は主としてソフトウェアから見たコンピュータシステムの論理的な構造や仕様を意味する言葉として、ここ十数年来使われている。1960年代半ばにいわゆる第3世代のアーキテクチャが中央処理装置を中心に確立されて以来、全体としては連続性をもった発展が基調となっており、革命的(Revolutionary)な変化でなく、進化的(Evolutionary)な発展をしていると言われている。次に、主な動向について述べる。

3.1 仮想化の動向

アーキテクチャは、いわばハードウェアとソフトウェアの接点(インタフェース)であり、最適化(トレードオフ)を図ったものである。アーキテクチャ技術は本来ハードウェア技術とソフトウェア技術によって強く影響を受けるはずの技術である。しかし、近年のアーキテクチャの技術動向のうち最も顕著なものは、ソフトウェアから、ハードウェアの物理的仕様に依存する部分をできるだけなくし、あるいは局所化してしまおうとする動向であろう。この動向は、「仮想化(Virtualization)」とも言われ、ソフトウェア上の連続性を維持しながら、ある程度独立にハードウェアの発展を図るためにも、また逆にハードウェアの依存性から離れてソフトウェアの生産性発展を図るためにも有効な手段とされている。

主記憶の仮想化が最も早く導入され、仮想記憶(Virtual Storage)として既に定着した。これを一歩進めて、物理的主記憶の管理をハードウェア自身に行なわせて、ソフトウェア上のアドレスを一元化する方式(Single-level Addressing)や、ディスクなどの外部記憶装置まで含めた階層的記憶装置に対して、ソフトウェア上一元化した記憶装置(One-level Store)とみなし、その制御をソフトウェアとハードウェア

の間に介在するファームウェアによって行なう方式などが登場し始めている。

大容量のファイル記憶装置として、MSSがあるが、これもソフトウェアからはディスクに見えるように仮想化し、制御プログラムの助けを受けながらも仮想化の動的な制御はハードウェア機能としてもっている。またディスクについては、通常のプログラムからはデータ管理プログラムなどの助けで、なるべく論理的に扱えるようになっているが、管理プログラムからは1ラック当たり容量、シリンダ当たりトラック数、シリンダ数などの物理的なものが見える。これを更に一歩進めて、ソフトウェア上からはディスクの物理的機構から派生するトラックやシリンダの概念をなくし、ブロック構造をした単純な1次元記憶空間として扱うような方式も登場し始めている。

3.2 ネットワーク アーキテクチャ

中央システム関係の基本アーキテクチャの確立に比べ、通信制御、端末システム、ネットワーク関係のアーキテクチャ確立は遅れていたが、近年の分散処理システムのニーズなどにこたえて、ネットワーク アーキテクチャが注目を浴びている。ネットワーク アーキテクチャは図3に示すようにネットワーク化した通信システムの機能を幾つかの階層的な機能層に分割して、同一機能層同士の通信規約(プロトコル)について精密な定義を行ない、ネットワークの構成要素の論理構造を規定するものと言える。このような階層化を図る目的は、一つの階層に対する変更が他の階層に影響を与えないことを主要な意図としている。一般のプログラムは階層の最上位にあり、通信網や端末装置のもつ物理的仕様からの独立性だけでなく、論理的仕様からもできるだけ独立性をもたそうとしており、これも仮想化の動きの同じ目的である。端末の仕様もこれをプログラム上仮想化して見せかける仮想端末(Virtual Terminal)の概念を導入しようという動きもある。

3.3 プログラミング言語の影響

1960年代の半ばは、ユーザーレベル言語としてはFORTRANやCOBOLがほとんどで、むしろユーザーレベルでもハードウェアの性能を引き出すにはアセンブリ言語も多用するという環境下で、当時のハードウェア技術とのトレードオフとし

てアーキテクチャが設定された。しかし、近年ではメーカーが作成するOSなどでも高級言語が用いられ、またAPL (A Programming Language)やPASCAL (Programme Appliqué à la Sélection et à la Compilation Automatiques de la Littérature)などの言語が登場してきた。こうした状況下でプログラム言語を効率よく処理実行する立場から、インタフェースの接点をよりユーザーレベルに近いところに移し、ハードウェアとの接点については従来のものにこだわらない動きも特にミニコンピュータ、小形コンピュータ、専用コンピュータなどにみられるようになった。

高級言語向きアーキテクチャを採用した例としては、コンパイラによってポーリッシュ スtring コードに翻訳したあと、いわゆるスタック機構をもつハードウェアで効率よく実行するものや、ステートメントに対してほぼ1対1に対応する中間言語を設定し、コンパイラで中間言語に落としたあと、実行時には中間言語を解釈的に実行するものや、高級言語を直接的に解釈実行してしまうものまである。

FORTRANやCOBOLなどでは、現在の汎用コンピュータでもかなり効率よく処理できるが、FORTRANのようにデータの型がコンパイル時に決まるのではなく実行時に決まるLISP (List Processor)やAPLなどの言語では、データの型によって演算命令が異なるなどデータ属性がデータではなくプログラムに表現されるアーキテクチャには不向きで、データの内部表現に型の情報を含むいわゆるタグ方式が提案されている。また、FORTRANのように帰納(Recursion)を許さない仕様でなく、ALGOLやPASCALのように帰納的なプログラムを許す場合は、いわゆるスタック機構が必要であり、これをソフトウェア的に構成したのでは、ポインタの増減だけでなく範囲のチェックなど非常に効率が悪く、ハードウェアとして組み込まれる動向がミニコンピュータなどでよく見られる。

これらの動向を、汎用コンピュータのアーキテクチャにどのように取り入れるかは今後の大きな課題であるが、汎用的なアーキテクチャをもつものを中核に、ベクトル計算などに強いアレイ処理マシン、言語処理に強い言語プロセッサマシン、データベース処理に強いデータベースマシン、ネットワ

ーク処理に強いネットワークプロセッサなどが、物理的あるいは論理的に複合コンピュータシステムとして構成する方法も一つの方向かと思われる。

4 ハードウェア技術

4.1 半 導 体

現世代のコンピュータの論理機能は、シリコンの上に実現されている。論理素子の(消費電力)×(スイッチング時間)を、効用指数(Figure of Merit)と呼び、同一水準の技術ではほぼ一定である。半導体技術開発の目標は、いかにしてこの値を下げるかにある(図4)。

電界効果トランジスタを組み合わせたMOS-LSIは、インピーダンスが高く、高速論理素子に不適とされていたが、寸法の微細化により、二乗に比例して効用指数が改善されることが注目され、メモリ素子として広く使用されるようになった。論理素子としては、電子式卓上計算機用LSIにまず使用され、次いでマイクロコンピュータに使用され、エレクトロニウム装置など微細加工技術の進歩により適用分野が更に拡大される見通しにある。

4.2 ファイル装置

磁性記憶面が、大容量の情報記憶媒体として主流の地位を占めているが、ここでも記憶セルの微細化に技術開発の努力が傾注されている。単位面積当たりの情報量は、現在の技術で5,000~10,000ビット/mm²であり、これはMOSメモリのシリコン上の記憶密度より一桁大きい。しかし、記憶位置の選択に機械的動作を利用しており、速度及び信頼性の観点からこれを電子的手段に置き替えるものとして、磁気バブルの開発にも力を入れている。比較的小容量のフロッピーディスクや固定ヘッド磁気ディスクの分野から実用化されるものと期待される。

読出し専用の大容量記憶装置として、光ディスクもその将来性が注目される。

4.3 入出力、端末装置

永い間入出力の媒体として使用された紙カードは、より直接的な入出力の手段であるDES (Data Entry System: データエントリ装置)、OCR、VDT (Video Data Terminal:

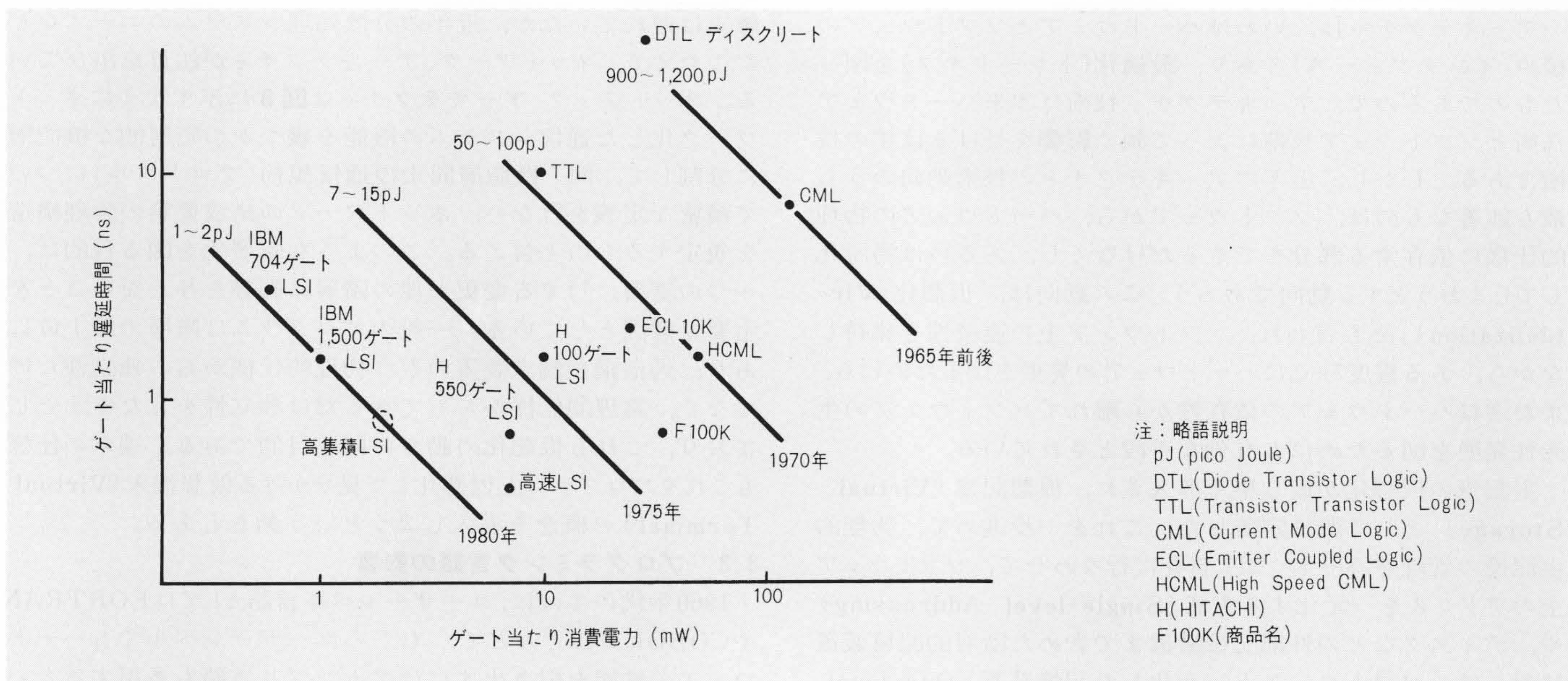


図4 半導体の効用指数 半導体の効用指数を5年間隔で表示した。

表1 ドット方式プリンタの技術動向 印字速度は、ヘッドの構成や走査方式により一概に比較できないため、代表製品での例を示す。

区分(大)	非 衝 撃 印 字				
項 目 " (小)	衝 撃 印 字	サ ー マ ル	インクジェット	静 電 記 録	電 子 写 真 転 写
記 録 原 理	極細ピンを電磁的に駆動し、インクリボンを介して直接フォントを形成する。	感熱記録紙に、微小抵抗で形成されたヘッドを押し付ける。	電氣的に制御された形でインク粒を発生し、直接普通紙上にフォントを形成する。	特殊紙に多針電極により荷電し、この静電潜像を現像する(湿式・乾式)。	光導電材(セレンなど)のドラムに光学的(主にレーザビーム)に静電像を形成し、これを普通紙に転写する。
ドット密度	3～5ドット/mm	4～10ドット/mm	6～10ドット/mm	4～8ドット/mm	10～20ドット/mm
印字速度例	30～300字/秒	30～60字/秒	30～1,000字/秒	100～1,000行/分	2,000～20,000行/分
用 紙	普 通 紙	感 熱 紙	普 通 紙	静電記録紙	普 通 紙
主 な 用 途	汎用シリアルプリンタ	ファクシミリ ポータブルプリンタ	ファクシミリ ドキュメントプリンタ (ワードプロセッサ)	ファクシミリ グラフィック(漢字) プリンタ	汎用高速ラインプリンタ 高速漢字プリンタ
備 考	マルチコピー可能 騒音大	機構単純 感熱紙のコストは、 普通紙の1.5～2倍 である。		横一列に電極を列べるため、本質的にラインプリンタである。 静電記録紙のコストは、 普通紙の2～3倍である。	一括転写プロセスを経るため、本質的にページプリンタである。

ビデオデータ端末装置)などによって置き換えられている。これらの新しい装置を支持するハードウェア技術として、マイクロプロセッサ及びその利用技術(ファームウェア)がある。

データの表示手段としてCRT(Cathode Ray Tube:陰極線管)を用いたラスタスキャン方式のVDTが、その使いやすさ、経済性で最も優れている。特殊の目的に対しては、プラズマや液晶を利用した表示装置が開発されているが、多色表示、高分解能などテレビジョンの技術をベースにデジタル表示向きの改良を施し、多様化したニーズに合わせたCRTの表示装置が主流の位置を占めると考えられる。

印刷機としては、ワイヤドットプリンタ、インクジェット、レーザビーム電子写真プリンタなど、種々の製品が開発されている。いずれも字形の融通性と経済性、信頼性の観点からドットの組み合わせで文字を表現し、機械的動作を極力電子的手段に置き替える方向で技術開発を進めている。代表的製品の諸元を表1に示す。

4.4 論理設計及び実装設計

複雑な論理機能をLSIの上に効率よく実現する上での最も重要な課題は、少ないインタフェースで多くの機能を盛り込むモジュール分割の問題である。マイクロプログラム制御(ファームウェア)の徹底した利用は、この問題の解決に大きく寄与している。

シリコンあるいはエポキシプリント板の上の論理の配置、配線、論理の正しさを検証する手段としてのシミュレーションなど、設計自動化システム(Design Automation)は、コンピュータの開発に必須となっており、この優劣が開発力を決めると言っても過言ではない。またこれは、製造、検査の自動化、省力化にもつながっている。図5にこれら一連のトータルシステム概念を示す。

4.5 信頼性及び可用性設計

ハードウェア素子の信頼性向上の努力は言うまでもないが、複雑な論理動作を行なう装置、システムでは、これだけでは不十分である。

- (1) システム構成での可用性技術
- (2) 装置設計での誤り検出、自動回復機能
- (3) ハードウェア障害のソフトウェアによる救済、回復などの技術が、方式、論理設計上極めて重要な課題であり、これに精力的に取り組む、技術の蓄積に努めている。

5 ソフトウェア技術

ソフトウェアの課題は、システム規模、用途及び時代によってその重点とするところは異なるが、次に最近の主な動向について述べる。

5.1 オペレーティングシステム(OS)

(1) 利用形態

コンピュータシステムの利用形態は、バッチ処理、オンライン処理、リモートバッチ処理及び対話処理に大別でき、歴史的にもこの順序で普及してきた。特に、近年目覚ましいオンライン処理の普及にこたえるため、システム建設支援機能の拡充や信頼性向上に関して大きな進歩が見られ、技術の蓄積も大きい。しかし、最近、組織内のユーザー部門にも広くコンピュータが設置される趨勢に伴い、いわゆる分散処理方式が期待されている。こうした利用形態の実現を目標に、その基礎となるネットワークアーキテクチャの確立と各種のソフトウェアコンポーネントの開発を行なっている。処理主体の分散化から新たに派生するシステム管理上の問題、信頼性、保守性及び機密保護上の問題を克服していく必要がある。

最近顕著な利用形態の一つに対話処理指向がある。従来のいわゆるプログラム開発を主体とするタイムシェアリングシステム指向から、業務の対話処理を含めたいわゆるワークステーション指向へと発展してきているのが特徴であり、特に、エンドユーザー指向の小形システムにそのニーズが顕著である。VDT利用をベースとする人間工学性改善の見地から、ソフトウェアコンポーネントの改善、整備を図るとともに、対話処理と他の処理形態との整合性、上位システムとの連続性及び親和性を堅持するため努力している。

(2) 負荷分散と機能分散

負荷分散を目的とした多重プロセッサシステムには、主記憶を中心に結合された密結合の方式と、ファイルを中心とした疎結合の方式がある。疎結合方式は、拡張性、信頼性の点から最近特に注目されてきており、主として大形システムを中心に開発に力を入れている。

機能分散を目的とした複合コンピュータシステムには、既にアレイプロセッサや通信制御プロセッサを含んだものが実用化されているが、更に、言語プロセッサマシンやデータベースマシンなどについても研究開発されている。機能プロセ

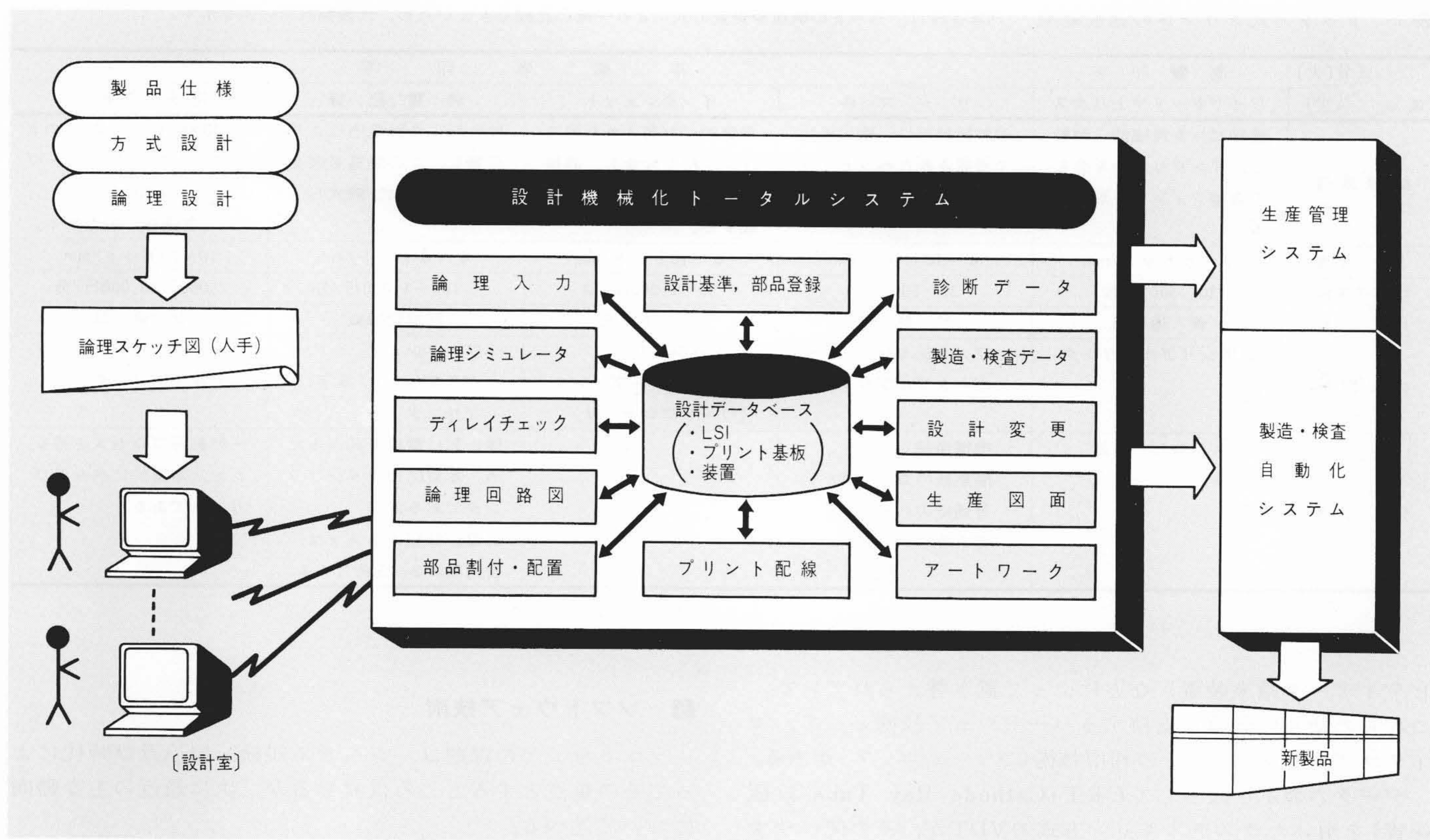


図5 設計、製造及び検査の自動化トータルシステム DA(Design Automation)トータルシステムの代表例を図示した。

ッサへの機能の配分の在り方、及びこれらの機能プロセッサを一つの複合体として制御するOSの在り方がソフトウェアから見た主な課題である。

5.2 言語

(1) 生産性向上支援

生産性向上の必要性和ハードウェアの価格/性能比の向上を背景に、高級言語の利用が常識化しつつある。高級言語によるプログラム開発の生産性向上を図るために、構造化プログラミング機能が追加されてきている。しかし、より生産性を高めるためには、プログラム開発の主要部分を占めるデバッグ作業を支援する機能の拡充が必要であることが痛感されており、これに沿った開発が行なわれている。

(2) エンドユーザー言語

エンドユーザー部門によるコンピュータの利用を円滑にするために、コンピュータ知識からの独立性の高い実務型の高級エンドユーザー言語が期待されている。主として小形システムを中心に事務処理用、科学技術計算用、データ検索用などのエンドユーザー言語が開発されてきている。エンドユーザー言語は、非手続き型であること、対話形式による使用が可能であることを基本に更に拡充され、また更には、業務指向性の高いエンドユーザー言語の開発へと発展していくであろう。

(3) 信頼性

プログラムの異常の早期検出による信頼性の向上を図ることをねらいとした言語の研究開発が行なわれている。例えば、データ属性によるチェック機構の実現がその例であるが、PASCAL系統の言語が注目されている一つにこの理由がある。言語能力の向上の今後の課題の一つであろう。

5.3 データベース

個々のファイル処理の方式から、データの同時性及び共用を目的にデータベースの利用が普及しており、実際の適用時

にかなめとなる性能及び信頼性の問題についても改善されてきている。しかし、データベースの利用の拡大を更に図るためには、エンドユーザー部門での利用が簡単でなければならない。このためには、エンドユーザーから見たデータベースがデータベースの論理的な構造からも独立性の高いものが望ましい。

こうした方式として、近年注目を浴びているのが数学の関係の概念を導入したリレーショナルデータベースである。現時点では研究開発の段階であり、現在実用化されている大規模データベースにとって代わるためには性能上、信頼性上の実用化技術の研究に待たねばならない。

5.4 生産技術

プログラム開発の生産性向上、近代化は、ユーザーだけでなくメーカーにとっても急務とする課題である。プログラムの生産工程は、大別してプログラム設計、コーディング及びデバッグ/テストから成る。これらの工程を通して、一貫した開発支援システムの整備が必要であり、標準化、自動化を目的に各種の研究開発が精力的に行なわれており、一部は実用化されている。

6 結 言

以上最近のコンピュータ技術の動向について、ユーザーニーズ、アーキテクチャ、ハードウェア技術及びソフトウェア技術という四つの面から述べ、相互の関連について要約した。

現行システムの問題点解決と、新しい応用分野への適合というユーザーニーズに対し、LSIに代表される半導体の急速な進歩に支えられたハードウェア技術を利用して、効率よくこたえてゆくため、新しいソフトウェア、新しいアーキテクチャの開発が行なわれていることを概説した。