# 第5世代のコンピュータ

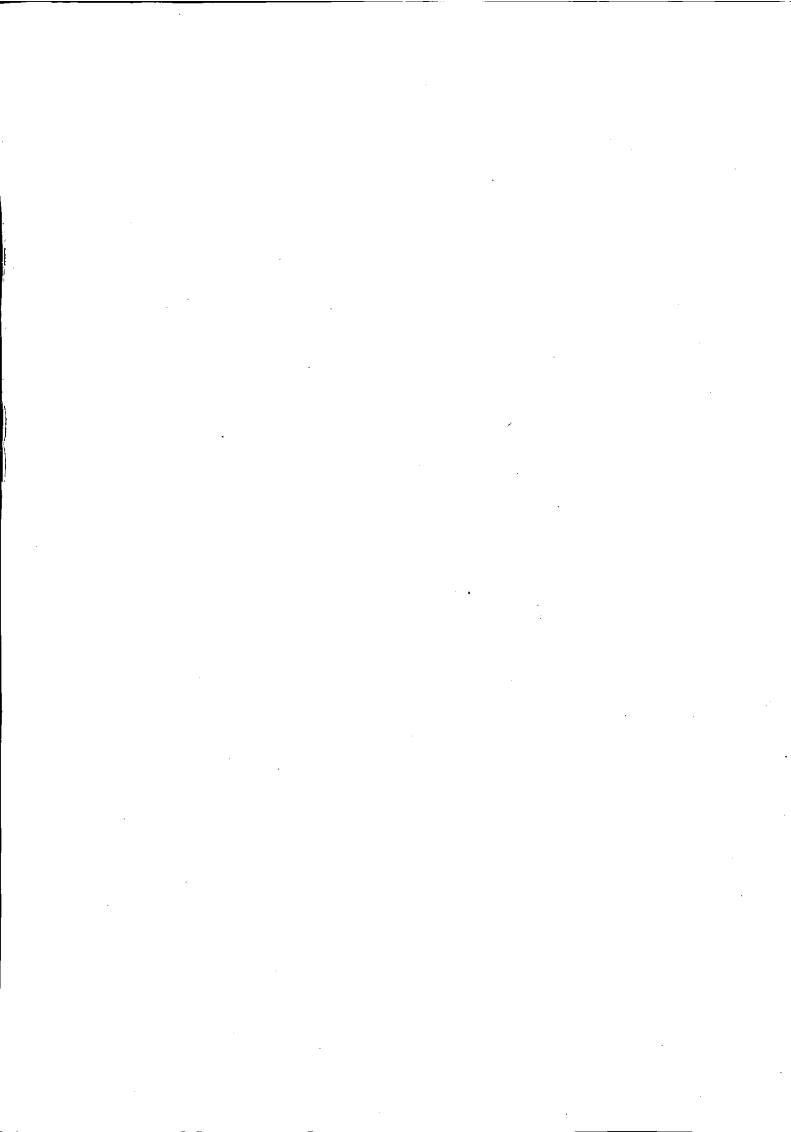
調査研究報告書

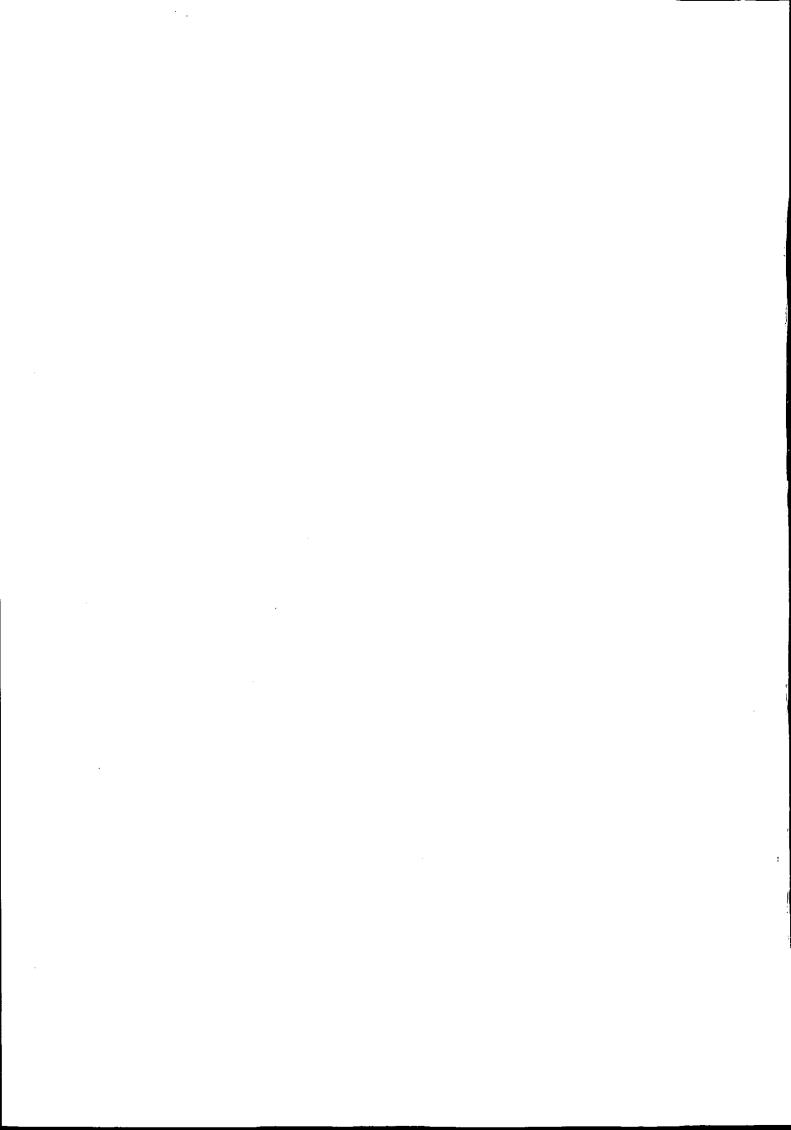
昭和 5 6 年 3 月

**JIPDEC** 

財団法人 日本情報処理開発協会

この報告書は、日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて昭和55年度に実施した「第5世代の電子計算機に関する調査研究」の成果をとりまとめたものであります。





わが国における社会経済は、資源、エネルギー問題を始めとして国際的な変動と、不確実性 の流れのなかにある。同時に、的確な情報の加工利用が重要視される情報化社会の形成が指向 されている。

コンピュータは、われわれの情報活用においてすでに不可欠なツールとなっているが、今後 10年間には多くの諸問題を解決するため、更に高度な技術が要求され、新たな理論・技術に もとづくコンピュータ・システムの実現が望まれるであろう。

このため、当協会では「第5世代コンピュータ調査研究委員会」を設置し、1990年代に実用化されるべきコンピュータ・システム(第5世代コンピュータ)はどのようなものになるか、またその開発プロジェクトはどのように進めていくべきかについての調査研究を、昭和54年度から2ヶ年の予定で開始した。

昭和55年度は、本委員会のもとに設置した3分科会(システム化技術、基礎理論、アーキテクチャ)および多数のワーキング・グループによる調査研究活動、内外の大学等への研究委託、米国への技術調査などにより、第5世代コンピュータのイメージおよび研究開発課題を明確化し、さらに、その研究開発計画・体制について検討した。

本報告書は、これらの調査研究結果のうち、第5世代コンピュータ調査研究委員会の活動成果をとりまとめたものである。

最後に調査研究にご協力いただいた第5世代コンピュータ調査研究委員会委員を始め、関係 各位に厚く御礼申し上げる次第である。

昭和56年3月

財団法人 日本情報処理開発協会 会長 上 野 幸 七

# 第 5 世代のコンピュータ昭和55年度報告書一覧

#### 1. 調査研究報告書

本書は、第5世代コンピュータ調査研究の第2年度の全体報告書であり、調査研究の 検討成果の全貌についてまとめたものである。

本書では、調査研究の目的、第5世代コンピュータ研究開発プロジェクトの背景と意義について述べた後、第5世代コンピュータ・システムの機能と目標像を"知識情報処理指向のコンピュータ・システム"と設定し、その概要を紹介している。さらに、約10年間という長期のプロジェクトとしての本研究開発の実施体制はいかにあるべきか、その基本的要件に関する検討結果を述べ、最後に、社会環境条件/システム化技術研究分科会、基礎理論研究分科会、アーキテクチャ研究分科会の2年間の活動成果の概要を附している。

#### 2. 研究開発提案書

本書は、第5世代コンピュータ・システムの研究開発内容の提案書であり、各分科会による検討成果を整理体系化し、目標とするコンピュータ・システムおよび研究開発プロジェクトの全体像としてまとめたものである。第5世代コンピュータ・システムの目標イメージは"知識情報処理指向のコンピュータ・システム"と設定し、その概念イメージ、応用システム、ソフトウェア、ハードウェア夫々の構成イメージを明らかにした後、第5世代コンピュータ・システムを開発するのに必要な研究開発課題を基礎ソフトウェア、アーキテクチャ、基本応用システム、システム化技術等7グループに分け、夫々の課題の概要、研究開発の進め方等について述べている。さらに、プロジェクト提案という観点から、本研究開発プロジェクトの背景と意義、およびその波及効果についての検討結果をまとめている。

個々の研究開発課題の詳細については、研究開発課題説明書が別途まとめられている。

#### 3. 研究開発課題説明書

本書は、第5世代コンピュータ・システムの研究開発プロジェクトにおいてとりあげるべき研究開発課題の概略仕様書である。研究開発課題は、7グループ26課題であり、 夫々の課題について、その必要性、内外技術の現状、研究開発項目、スケジュール、研 究開発目標・仕様が詳細に述べられている。

#### 4. システム化技術研究分科会報告書

本書は、第5世代コンピュータ調査研究のシステム化技術研究分科会の活動成果報告書である。本書の構成は全3部からなる。第1部は第5世代コンピュータ・システムへの要求仕様を、エンジニアリング・システム、オフィス・オートメーション、意思決定支援システム、知能ロボット等の代表的利用分野における要求事項の考察と、先進ユーザに対するヒアリング結果から得られた将来のユーザ・ニーズという面からまとめている。

第『部は,第5世代コンピュータ・システムを実現するためのシステムの技術,データベースおよび分散型データベース・システムの技術,開発支援技術に関する検討結果と,第5世代コンピュータ・システムが社会・個人・産業等に与える波及効果について考察を述べている。

第Ⅲ部は、長期に渡る研究開発プロジェクトにおいて重要なプロジェクト・マネジメント・システムに関する事例調査結果を示している。

#### 5. 基礎理論研究分科会報告書

本書は、第5世代コンピュータ調査研究の基礎理論研究分科会の活動成果報告書である。本書では、基礎理論の立場から新しい情報処理技術確立への問題意識を述べ、その目標イメージとして知識情報処理システムを設定している。その基本的構成要素を基礎理論、ソフトウェアの観点から、知識ベースの管理、問題解決・推論、知的インタフェースの3機能としてとらえたもので、基礎ソフトウェア、システム化支援、基本応用の3レベルの個々の研究開発課題について研究開発内容を述べ、全体の研究開発の進め方をまとめている。さらに、知識情報処理システムの応用イメージ、マシン・アーキテクチャ・イメージについて述べた後、最後にワーキング・グループ等の活動成果を各論の形で附している。

#### 6. アーキテクチャ研究分科会報告書

本書は、第5世代コンピュータ調査研究のアーキテクチャ研究分科会の活動成果報告書である。本書では、第5世代コンピュータ・システムのアーキテクチャ面について、応用面からの知的な能力の要求に対応する新しいアーキテクチャ、ハードウェア技術の急速な進歩に基づくVLSIアーキテクチャ、およびシステムの実現化技術としての機能分散アーキテクチャの3主要アーキテクチャが、高度なシステム化技術により融合され実現するものととらえ、これらの3アーキテクチャ、およびシステム化技術に関する検討結果を述べている。

さらに、第5世代コンピュータ・システム実現に必要なアーキテクチャ面の研究開発 課題の夫々についての研究開発内容を述べ、全体についての研究開発の進め方をまとめ ている。

## 昭和55年度 委 員 名 簿

#### 第5世代コンピュータ調査研究委員会

氏 名 所 属 委員長 元 岡 達 東京大学工学部電気工学科教授 主査 唐 津 松下通信工業㈱常務取締役 相 磯 秀 夫 慶応義塾大学工学部電気工学科教授 渕 博 電子技術総合研究所パターン情報部長 委 員 日天彦 綾 三井造船㈱電算室長 " 安 楽 芳 伸 沖電気工業㈱取締役研究所副所長 井 石 治 電子技術総合研究所ソフトウェア部長 石 崎 純 夫 富士銀行神田支店長 上 史 條 崖 情報処理振興事業協会開発振興部長一  $\mathbb{E}$ 井 利 泰 東京大学理学部情報科学科教授 栗  $\mathbf{H}$ 昭 平 日本電子計算機㈱主幹 榊 凊 武 三菱電機㈱電子事業本部電子計算機事業部副事業部長 長 尾 真 京都大学工学部電気工学第2学科教授 玉 日本電信電話公社技術局データ処理部門部門調査役 信 弘 毅 浦 城 恒 雄 ㈱日立製作所神奈川工場企画部長 広 瀬 健 早稲田大学理工学部数学科教授 松 井 好 脚未来工学研究所研究部長 水 野 幸 男 日本電気㈱取締役 英一 和 田 東京大学工学部計数工学科教授 山 本 欣 子 博 Ш 田 ㈱富士通研究所取締役電子研究部門長 米 oxdot英 東京芝浦電気㈱電子計算機事業部副技師長

## システム化技術研究分科会(S分科会)

氏 名 所 属 松下通信工業㈱常務取締役 主 査 唐 委 員 日天彦 三并造船㈱電算室長 綾 石 崎 純 夫 富士銀行神田支店長 井 上 博 允 東京大学工学部機械工学科助教授 上 史 彦 情報処理振興事業協会開発振興部長 條 玉 井 利 泰 東京大学理学部情報科学科教授 児 凊 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所データ通信部 西 義 データ通信方式研究室室長補佐 電子技術総合研究所ソフトウェア部言語処理研究室長 息 居 宏 次 康 古 Ш 電子技術総合研究所ソフトウェア部情報システム研究 室主任研究官 日本電子計算機㈱主幹 田 荜

# 基礎理論研究分科会(T分科会)

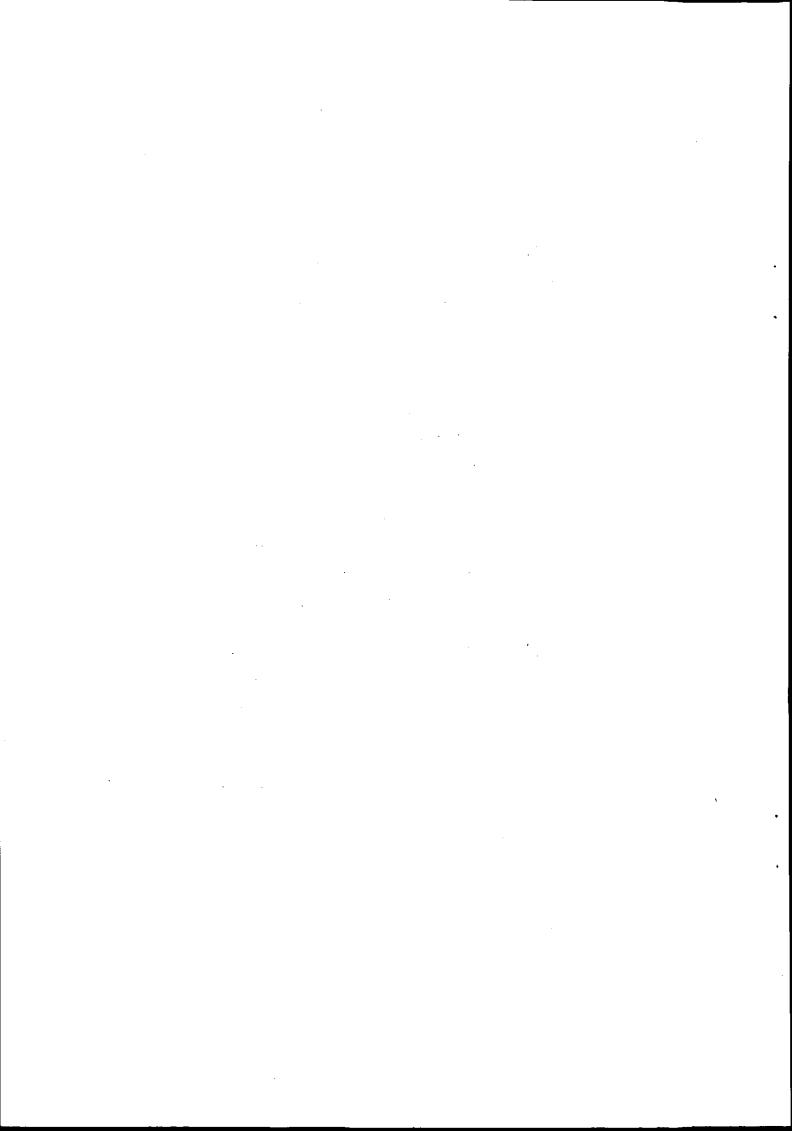
		氏		名	!	所	属
主	査	渕			博	電子技術総合研究所パターン情報	<b>米部</b> 長
委	員	伊	藤	貴	康	東北大学工学部通信工学科教授	
"		大須賀		節	雄	東京大学宇宙航空研究所助教授	
٠,	,	田	中	穂	積	電子技術総合研究所パターン情報	<b>银部推論機構研究室長</b>
,	,	H	村	浩一	-郎	電子技術総合研究所制御部論理:	ンステム研究室長
,	"	長	尾		真	京都大学工学部電気工学第2学科	斗教授
,	"	広	瀬		健	早稲田大学理工学部数学科教授	
ı	"	横	井	俊	夫	電子技術総合研究所パターン情報	<sup>银部推論機構研究室</sup>
		•				主任研究官	
	<i>"</i>	米	沢	明	憲	東京工業大学理学部情報科学科」	助手
,	"	雨	宮	真	人	日本電信電話公社武蔵野電気通信	言研究所基礎部第一
						研究室調査役	
才: 一	ブザバ	古	Ш	康	_	電子技術総合研究所ソフトウェ	ア部情報システム研究
						室主任研究官	
	"	石	崎		俊	電子技術総合研究所パターン情	報部音声認識研究室
			,			主任研究官	
	<b>"</b>	諏	訪		基	電子技術総合研究所パターン情報	報部視覚情報研究室
						主任研究官	

# アーキテクチャ研究分科会(A分科会)

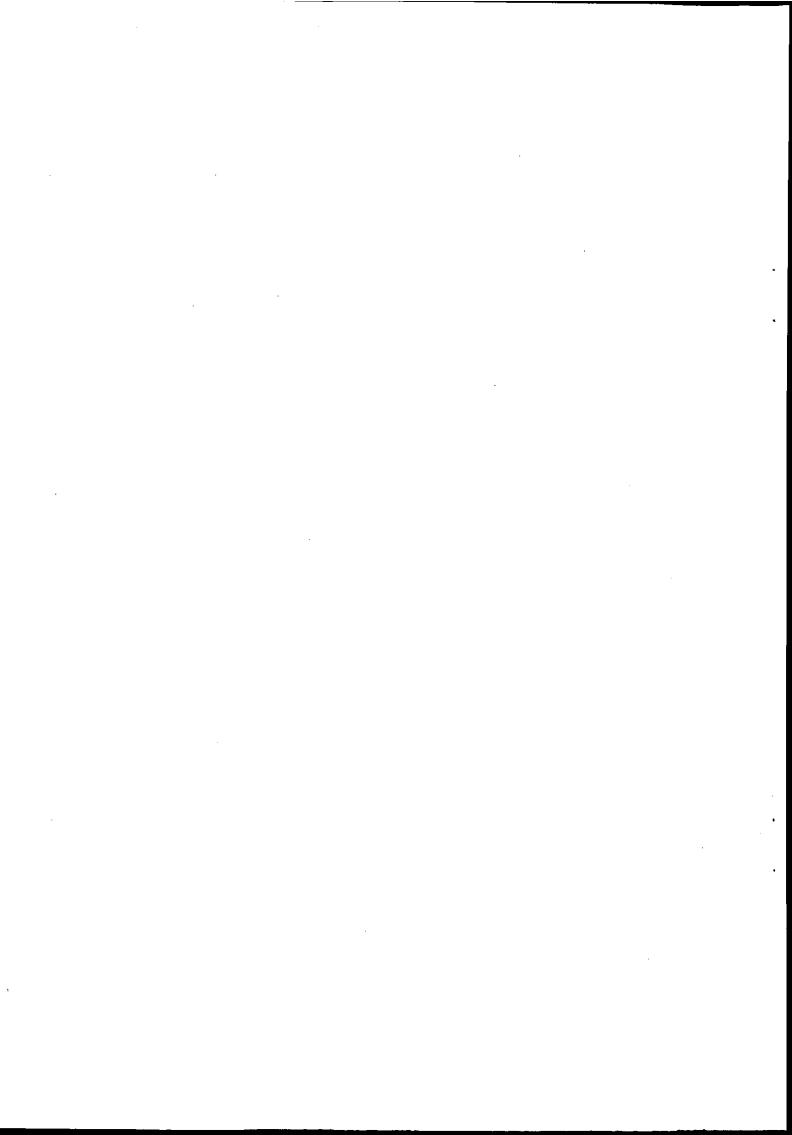
		E	Ę	4	<u> </u>	所 属
主.	査	相	磯	秀	夫	慶応義塾大学工学部電気工学科教授
委	員	飯	Л	昭		三菱電機㈱計算機製作所ソフトウェア製造部開発第5
						グループ部長代理
. #		飯	塚		肇	成蹊大学工学部経営工学科教授
"		内	田	俊	_	電子技術総合研究所ソフトウェア部情報システム研究
						室主任研究官
"	•	小	高	俊	彦	㈱日立製作所神奈川工場開発部主任技師
. "	•	坂	間	保	雄	日本電信電話公社横須賀電気通信研究所データ通信部
						データ通信方式研究室研究専門調査員
"		坂	村		健	東京大学理学部情報科学科助手
"		杉	本	正	勝	富士通㈱開発事業部開発技術部長付
"		武	井	欣	=	東京芝浦電気㈱総合研究所情報システム研究所ソフト
						ウェアグループ主任研究員
"		$\blacksquare$	中	英	彦	東京大学工学部電気工学科助教授
"		発	Ή		<b>3</b> L	日本電気㈱コンピュータ技術本部方式技術部技術課長
オフー	゙゙ザ	安	原		宏	沖電気工業㈱研究所情報処理システム研究部研究主任

# 目 次

1.	調査	在研究の目的と昭和 5 5 年度活動経過	1
	1. 1	調査研究の目的	1
	1. 2	調査研究の進め方	
	1. 3	調査研究の経過	9
2	. 第:	5世代コンピュータ・プロジェクトの背景と意義	1 1
	2. 1	社会的要請	1 1
	2. 2	現在のコンピュータ・システムの問題点	1 3
	2. 3	技術基盤の熟成と新技術に対する期待	1 4
	2. 4	第 5 世代コンピュータ・プロジェクトの目的と意義	18
3.	第 5	世代コンピュータ・システムの機能と目標	2 3
	3. 1	機能に対する要求	2 3
	3. 2	目標とイメージ	2 6
	3. 3	研究開発課題	3 1
4.	プロ	, ジェクトの進め方と体制	3 7
	4. 1	研究開発推進の基本的条件	3 7
	4. 2	望ましい研究開発体制と運用方式	3 8
5.	分科	会活動成果概要	4 3
	5. 1	社会環境条件およびシステム化技術研究分科会	4 3
	5. 2	基礎理論研究分科会	5 5
	5. 3	アーキテクチャ研究分科会	6.9



1.調査研究の目的と昭和55年度活動経過



## 1. 調査研究の目的と昭和55年度活動経過

#### 1.1 調査研究の目的

我が国のコンピュータ技術はこれまで,常に外国のコンピュータ技術に追いつき追い越すことを目標として発展してきた。そしてコンピュータ業界の育成と技術開発の結果,超LSI開発の成果にみられるように,デバイス技術は飛躍的な進歩を遂げ,世界でもトップクラスの技術レベルに達したといってよい。また,昭和54年度からはオペレーティング・システムや周辺・端末機器を強化するプロジェクトが開始されて,その成長が期待されている。

このような技術開発は1980年代に実現する第4世代機種に向けてのものであるが、ソフトウェア危機に代表されるように現在のコンピュータの構造では将来に行きづまりが生ずる可能性が強い。

このため、以下に示すような問題意識に基づき、第4世代機種のライフサイクルが終わると 想定される1990年代に実用化されるべきコンピュータ・システム、すなわち第5世代機種 に関する研究開発を積極的に推進する必要がある。

このような背景から、真の意味で世界をリードするコンピュータ・システム技術の育成とコンピュータ産業の発展を目指し、1990年を目標年として、第5世代コンピュータの研究開発を行うための調査研究を開始した。

調査研究は昭和54~55年度の2ヶ年にわたって行い,第5世代コンピュータの調査研究 委員会を設置して必要な研究開発課題を明らかにするとともに,開発方針,開発計画を策 定し,開発体制を確立するための基礎的調査研究を行うことを目標とした。

#### 問題意識

① ハードウェアに関する問題意識

半導体技術の目ざましい進歩によって、10年後には数メガビット・チップや数万~10 万ゲート・チップの実現も夢ではなくなりつつある。

しかしながら、現在のコンピュータの設計思想は、ハードウェア・コストが高くかつあまり複雑なことまではハードウェアでは実現できないという考え方を前提にしたものであり、 最近の技術進歩とハードウェア・コストの低下という新たな要素を踏まえて、コンピュータ 構造を根本的に見直し、1990年代における望ましいコンピュータ・システムに関する研 究を行う必要があると思われる。

② ソフトウェアに関する問題意識

社会の情報化が進むにつれコンピュータの果たす役割は大きくなる一方であり、また要求 される機能も年々高度化、複雑化している。

このような動向に対し、現在のコンピュータ・システムでは、ハードウェアはできるだけ

シンプルにして、応用分野の拡大等の機能に対する要求は、大部分ソフトウェアでカバーするというソフトウェア依存型である。従ってソフトウェアは巨大化・複雑化し、また生産性向上も望めないためその作成、維持管理には膨大な労力を要することになる。このことは人件費の上昇とも相まって、システム全体に占めるソフトウェア・コストの割合を大幅に増加させることになり、1985年には80~90%を占めるとも言われている。

以上のような問題を解決するためには,コンピュータの構造や基本思想及び言語理論にまで立ち返って,1990年代におけるソフトウェアのあり方を究明する必要があると思われる。

#### ③ 基礎理論に関する問題意識

1990年代に要求されるコンピュータ・システム技術を想定するとき、自然言語の解析、知識情報処理、学習や推論のメカニズムの研究、或いはプログラミング言語の研究など、現時点では基礎的研究段階にある理論が、将来は情報処理の分野に大きなインパクトを与える技術となることが予想される。このような基礎理論研究に着目し、新たな概念の導入や研究成果の実用化により、コンピュータ・システム技術の新たな展開をはかるとともに、その結果、さらに必要となる基礎的研究課題を明確にして研究開発の進展をはかる必要があると思われる。

#### (4) 社会ニーズに関する問題意識

今後10年間にコンピュータをとりまく政治,経済,産業構造,社会生活は大きく変化するものと予想され,コンピュータの利用分野も急速にしかも広範囲に拡大していくものと考えられる。

従って1990年代の社会を可能な限り正確に展望し、その中で情報処理分野に対するニーズ及び解決すべき問題事項、コンピュータ・システム技術に対する要求条件を分析することにより、利用者サイドからみて1990年代において望ましいコンピュータ・システムを検討する必要がある。

#### 1.2 調査研究の進め方

前節で述べたように、第5世代コンピュータのあり方を考えるには、ハードウェア、ソフトウェアの動向のみならず、基礎理論、社会ニーズの面からの裏づけ、要求を検討することが重要である。このようなことから、本調査研究は、コンピュータ・アーキテクチャの専門家ばかりではなく、基礎的な理論の研究者や、数学、言語学、未来学、社会学等広範な分野の学識経験者および、先進的なユーザも含めた学際的な調査研究委員会を設置して行うこととした。

本年度は、本調査研究の第2年度目に当り、以下のような目標・体制により活動した。

#### 1.2.1 調査研究の年度別目標

- (1) 前年度の目標
- ① これまでのコンピュータ技術の発展経過及び社会環境の変化の過程を調査し、現時点における問題点を検討した上で、今後の技術進歩、社会環境の変化を予測し、社会シナリオ、技術シナリオを作成する。
- ② 知識情報処理など、現在研究されている基礎理論が将来のコンピュータ技術に与える インパクトを調査し、新概念として導入する場合の問題点及び今後の研究課題を明確にする。.
- ③ 社会シナリオ,技術シナリオ及び基礎理論からの新概念をもとに,1990年の情報処理シナリオを作成する。
- ④ 1990年の情報処理シナリオをもとにして、第5世代コンピュータのイメージ(開発目標)を設定する。
- (2) 本年度の目標
  - (1) 第5世代コンピュータ・システムの目標像を明確にする。

前年度の調査研究結果を踏まえ、システム化技術、新コンピュータ・アーキテクチャ、および知識情報処理システムを中心とした基礎的諸理論に関する調査研究を進めて、第5世代コンピュータ・システムの目標を明確にする。

② 研究開発課題(開発要素)を具体化する。

第5世代コンピュータ・システムの目標像に基づき,実現するために必要な研究開発課題 (開発要素)を具体化する。

③ 開発計画を策定する。

研究開発時期,開発手順,開発規模,開発体制等研究開発シナリオを作成し,具体的な開発計画を策定する。

#### 1.2.2 調査研究の体制

昭和55年度の第5世代コンピュータ調査研究委員会は、巻頭に示した22名の委員で構成され、本委員会のもとに

- (1) システム化技術研究分科会
- (2) アーキテクチャ研究分科会
- (3) 基礎理論研究分科会
- の3分科会を設置し、さらに詳細な研究テーマごとにワーキング・グループを設けた。

また、今年度は3分科会の活動の有機的な連繫を図り調査研究の実行促進・調整サポートを 行うために、委員長、各分科会主査、幹事からなるタスク・グループを設け、本委員会の実行 部門の役を担った。

これらの委員会における調査研究に加えて、外部機関委託による調査研究も行った。

第5世代コンピュータ調査研究の体制は図1-1に示すとおりである。

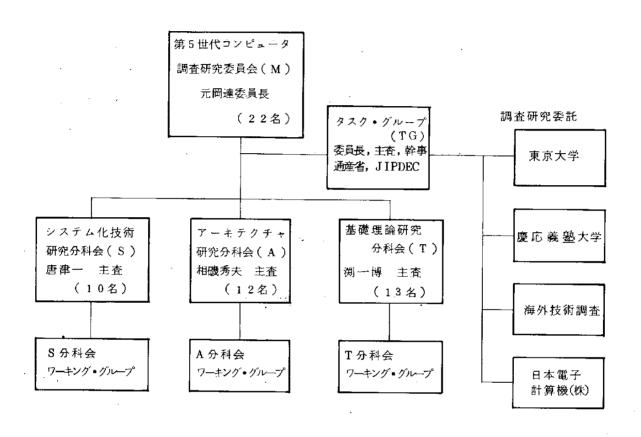


図1-1 第5世代コンピュータ調査研究の体制

**−** 4 −

#### 1.2.3 分科会の調査研究課題

以下に本年度の活動開始時に、各分科会ごとに設定した調査研究課題および関連を示す。

#### システム化技術研究分科会(S分科会)

1990年代の社会環境から技術への要求条件を分析し,第5世代コンピュータへの要求 仕様を明確化する。さらにその要求に対するシステムの実現技術及びシステム設計・開発支 援技術を、主としてニーザ・ニーズの面から追求し、研究開発課題の具体化、研究開発手順 の設定を行う。

- (1) 第5世代コンピュータへの要求条件明確化
- 5 4 年度社会環境条件研究分科会で調査研究した内容を整理・分析し,要求条件を明確化 する。また波及効果についても検討する。
- (2) 要求仕様明確化

将来重要となる利用分野・テーマを選定し,その目標達成,問題解決に必要な第5世代コ ンピュータへの要求仕様を明確化する。

以下のような事例により、要求仕様の確認、詳細化を行う。

① 設計·製造分野

CAE/CAD (注1)

② 事務処理分野

オフィス・オートメーション

③ 人的労力の代替・増強

ロボット・システム

④ 共通技術

DSS/DBS, DDBS (注2)

この過程で必要な技術課題を明確化する。

(3) システム化技術

要求仕様書をもとにシステム化するために必要な技術課題を明確化する。

- ① ソフトウェア工学
- ② モジュラーシステム
- ③ システム設計・開発支援システム

#### アーキテクチャ研究分科会(A分科会)

コンピュータ・アーキテクチャの分類、体系化を行うとともに、他分科会からのアーキテ クチャに対する要求機能を分析し,新しいアーキテクチャ関連技術の面から研究開発課題の 具体化、研究開発手順の設定を行う。

Design

<sup>(</sup>注1) CAE: Computer Aided Engineering CAD:

<sup>(</sup>注2) DSS: Decision Support System

DBS: Data Base System

DDBS: Distributed Data Base System

(1) 新しい高度な需要に対処する高機能マシン・アーキテクチャ

対象の論理的構造の複雑化、高度化に対処するために整った構造を有する高機能マシン・ アーキテクチャを求めるものである。

ソフトウェアの複雑化・巨大化を軽減し、ハードウェアへの負荷の分散をはかる。

- (2) 従来からの計算,処理需要の増大・多様化に対処する高性能マシン・アーキテクチャ 大規模計算,大量データ処理,広域分散等が可能なアーキテクチャを求める。
- (3) アーキテクチャ開発用ツールと評価技術 アーキテクチャの分類,体系化,CAD技術,シミュレーション技術
  - (4) VLSI技術

#### 基礎理論研究分科会(T分科会)

知識情報処理システムを中心として,第5世代コンピュータに必要とされる基礎的諸理論及び機能を分析し,その応用分野,アーキテクチャとの関連を明確化して,研究開発課題の具体化,研究開発手順の設定を行う。

- (1) 基礎的諸理論研究の明確化とその実現機構
  - ① 自然言語処理とパターン情報処理

言語・パターン理解機構の解明とその実現

- ・言語理解システム,機械翻訳システム,音声理解システム,図形・画像理解システム テム,知識表現システム
- ② 知識ベース

知識表現・利用機構の解明とその実現

- ・新知識表現機構,知識ベース・システム
- ③ 推論マシン

新計算機構 ――言語・アーキテクチャ ―― の解明とその実現

- ・新計算機構、計算機構と推論機構、新汎用プログラム言語
- ④ 情報基礎論

新論理系の構築

- ・ 意味記述系,プログラム意味論,新論理系と証明系,(並列)アルゴリズム論
- (2) 第5世代コンピュータの論理機能
  - ・知識情報処理システム・イメージの明確化
  - ・知識情報処理プロセッサを構成する各種マシンの位置づけ、機能の明確化

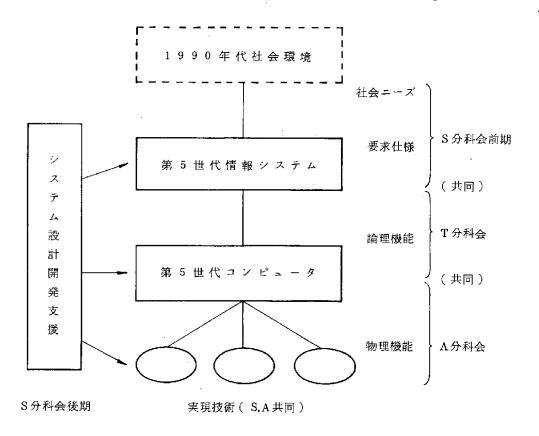
これら3分科会の関係および前年度活動との関係は,以下のように設定した。

#### (1) 3分科会の関係

S分科会では,1990年代の社会環境を分析し,開発すべき技術に対する要求仕様を定める。(前期の活動)

この要求仕様は、1990年代に開発されるべき情報システムの機能、その情報システムの実働化に適したコンピュータ・システム、およびそれらを開発するための道具立ての3つの課題を含み、それらを統合化した形で作成されるべきである。

そして、この要求仕様を満足するようなコンピュータ技術実現のため、3分科会が下図に 示す役割をもって活動し、しかも相互に協力しあうことが必要である。



上図に示したように、Sの提示する要求仕様を満足する第5世代情報システムの論理機能を設定するに当っては、S、Tの両分科会共同での検討が必要である。第5世代コンピュータとしての論理機能と物理機能の対応づけは、A、T共同で検討する必要がある。また、ハードウェア・システムとしての実現技術の検討はS、A共同で検討する必要がある。

#### (2) 前年度活動との関係

前年度の活動として社会環境条件研究分科会では1990年代にあるべき社会環境を想定し、社会的ボトルネック解消のために必要なコンピュータ技術への機能要件を明確にすることを目標に作業を行った。また、T分科会でも独自の仮説のもとに、第5世代コンピュータの論理機能イメージを作り上げてきたし、A分科会では現在の技術の延長上で考え得る技術

と根本的革新が必要な技術とについて調査を行い、その集大成としてのレベル分けした機能 イメージを設定した。

本年度は前年度からの継続作業として、S分科会で社会環境条件からの要求機能要件の明確化を行うとともに、実現のためのシステム設計開発支援技術を検討した。また前年度のT、A分科会の作業結果について各分科会でその妥当性を検討し、前年度の活動で不十分な点及び要修正事項を確認した後、これらの結果を踏まえて、本年度の調査研究活動を行った。

昭智

5

年度の主な活動経過

44

X

 $\sim$ 

ã

训

9

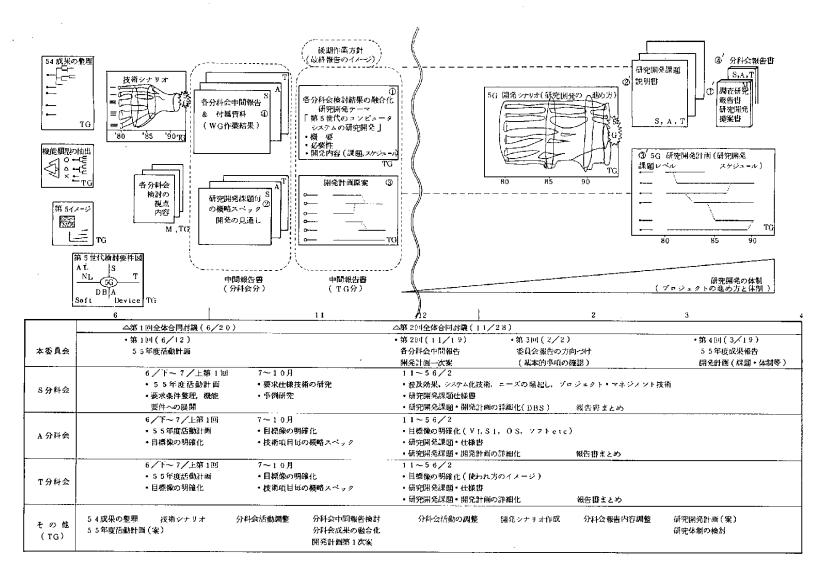
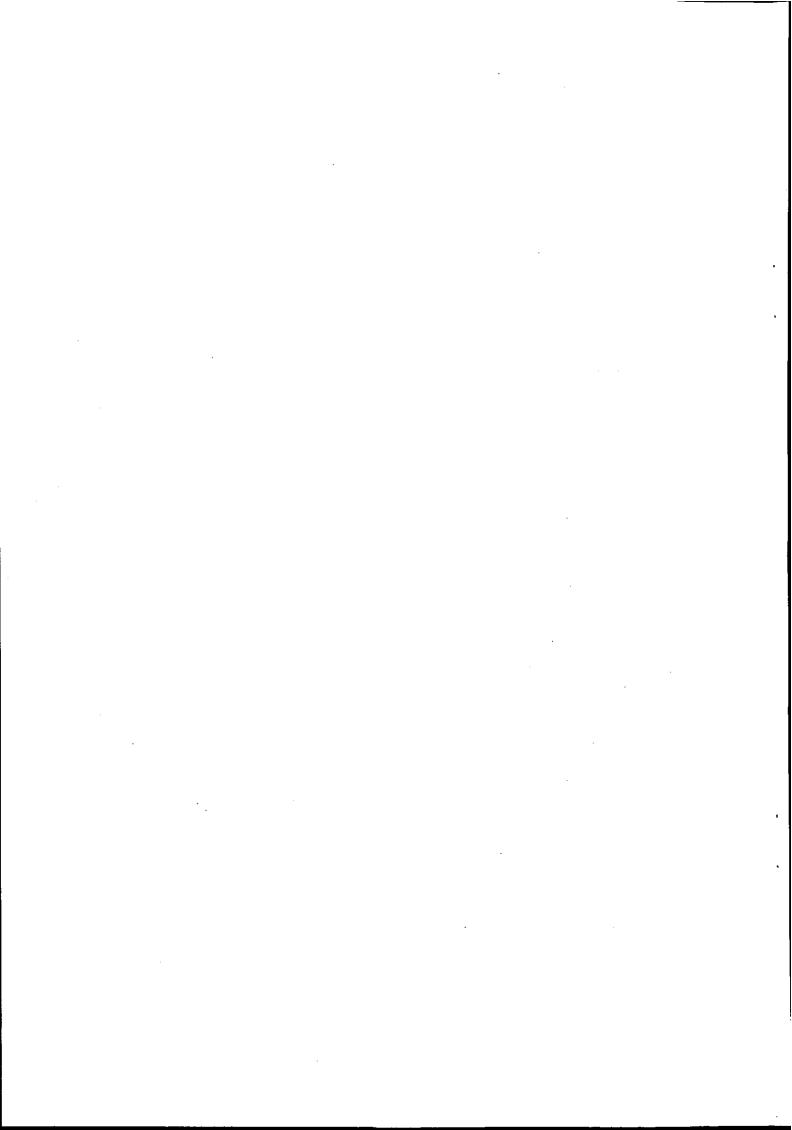
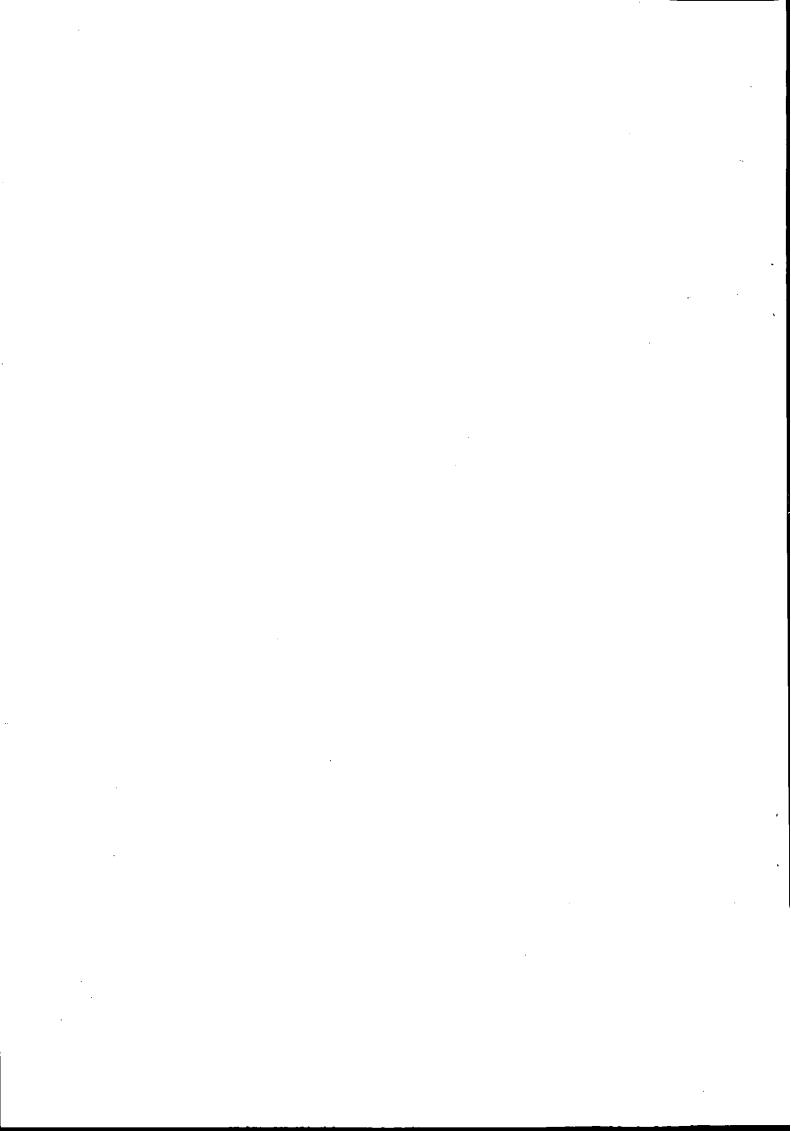


図1-2 第5世代コンピュータ 昭和55年度活動経過(作業イメージ)



2. 第 5 世代コンピュータ・ プロジェクトの背景と意義



## 2. 第5世代コンピュータ・ブロジェクトの背景と意義

#### 2.1 社会的要請

我が国社会は、いろいろな意味で転換期を迎えようとしている。エネルギー情勢をはじめとする内外環境条件の変化の中で、資源・エネルギーの制約を克服しつつ、内にあってはゆとりのある豊かな社会を築きあげると共に、外に対しては経済大国としての国際的貢献を果たしていかなければならない時代である。

このような新しい時代を切り開いていくに当たって、コンピュータを中核とする情報化・情報産業の果たす役割は極めて大きい。第5世代コンピュータが活躍すると想定される1990年代においては、情報処理システムは社会・経済・産業・学術・行政・国際・教育・文化・生活等のあらゆる社会活動における中心的なツールとなっており、その環境変化による新たなニーズに追従してゆくことが要求されることになる。またその機能を有効に活用することによって予想される社会的ボトルネックを回避し、より望ましい方向へ進展せしめる積極的な役割を果たすことが期待される。

1990年代における望ましい社会イメージを考えた時に、その達成のために情報処理システムに期待される役割としては次のようなものがある。

(1) 低生産性分野の生産性向上

プロセスや製造ラインの計算機制御などによって第2次産業の製品品質と生産性が高まり、 産業用ロボットの活用によって更に生産性が向上しようとしているのに対して、農業・漁業 等の第1次産業や流通業、公共サービスを含む第3次産業の生産性は殆んど向上していない。 文書処理や事務管理・経営上の意思決定などはその代表例であり、オフィス・オートメーションの究極の目的もこの分野の生産性向上にあると言えよう。

オフィス・オートメーションの将来像としては,

- ① 日本語を自然に使いこなすことのできる日本型オフィス・オートメーション
- ② 文書・図形・画像・音声といった非数値データを自由に使いこなせる非定形業務処理システム
- ③ システム自体が推論・学習機構を備え、知識を蓄積し、必要に応じてシステムが適切な情報を提供できるようなコンサルテーション/エキスパート・システム
- ① 更に各種データベースをそなえ、意思決定に必要な高度の情報を提供すると共に、人工知能技術に支えられたマンマシン・インタフェースをそなえた意思決定・支援などがあげられ、このような方向へ発展してゆくことが期待される。
- (2) 国際競争力の確保と国際的貢献

狭い国土と米国の約40倍の平地人口密度を持つ我が国は、食糧の完全自給すら不可能であり、エネルギーについては自給率15%、石油については自給率0.3%にすぎない。一方、

高学歴で勤勉かつ良質な労働力を豊富に持ち人的資源に恵まれていることは,我が国の貴重な財産である。これを活かすことにより,情報自体を食糧やエネルギーに匹敵する新しい資源に育てあげることが必要であり,この情報の自在な処理・管理を可能にする情報関連の知識集約産業に重点をおくべきである。

このことが我が国の国際競争力の確保に役立つだけでなく,知識集約技術は,国際的にも 大きく貢献するものと期待される。

- ① 各種データ・ベースの作成と維持
- ② 翻訳援助システム,通訳システムの開発などによる国際交流の円滑化
- ③ 知能ロボットによる生産性向上
- ④ 知的 C A D システムなどによる先導的研究・開発の効率化

などの分野で、国際協調をはかりつつ、競争力を確保する必要がある。従来外国の技術の追 従に主眼がおかれてきた我が国のコンピュータ技術をこれまでの路線から脱却させ、独自の 構想による新技術の開発に向けさせて、世界に新しい技術を提供することによって国際協力 してゆく必要がある。

(3) 省エネルギー,省資源問題の解決への援助

有限の資源をこれからの世界で如何に有効に使ってゆくかは人類にとって今世紀最大の課題の一つである。この分野に対する情報産業の貢献としては,

- ① エネルギー消費の最小化・最適化制御
- ② エネルギー変換効率向上
- ③ 新エネルギー源開発用シミュレータ
- (注1)(上)</li
- ⑤ 製品の損傷検出,自動修復などによる製品寿命の延長
- ⑥ 分散システムの普及による人の移動の減少

などが考えられる。言うまでもなく、情報産業自体が典型的な知識集約型の非消費型産業である。

(4) 高齢化社会への移行

1990年には,65才以上の高齢者が人口の12%以上を占めることになり,しかも我が国における社会高齢化の急速な変動は他に例を見ない現象という。これに伴う医療費や福祉負担の急増,労働人口の相対的減少は大きな社会問題となる可能性がある。従って,

- ① 医療関連情報処理システム及び健康管理システムの充実
- ② 身体不自由者の活動援助システム
- ③ 高齢者生涯教育用CAIシステム

<sup>(</sup>注1.) CAM: Computer Aided Manifacturing

④ 在宅作業を可能にする分散処理システム など、この分野への積極的貢献を考える必要がある。

社会の情報化が進むにつれて、コンピュータと社会との関連は複雑多岐にわたる。コンピュータは、人間と平和に共存できるツールである必要がある。コンピュータが支配者の道具とみなされたり、個人に敵対するものとみなされることのないよう細心の注意を払いながら情報産業の発展をはかることが大切であり、第5世代コンピュータも愛されて利用されるコンピュータを目指すことが重要である。

#### 2.2 現在のコンピュータ・システムの問題点

近年までのコンピュータ技術は、その誕生から殆んど一貫して高速・大容量化を目指して 発展してきており、一口で言えば以下に箇条書きにするような特色をそなえてきた。

- (1) 技術用,事務用の如何を問わず数値計算を主体とし,文字データなどに対する処理機能は最小限にとどめられている。
- (2) プログラム記憶方式の逐次制御にみられるように、ハードウェアが高価であったため機能を最小限にとどめてしかも利用効率を高めるための運用形態をとることが基本設計思想であった。
- (3) 性能・価格比を向上させるには、高速・大容量化が必須であったため、処理の集中とシステムの巨大化が目指された。
- (4) 巨大システムを運用し、しかも効率よく使う必要から、次第にソフトウェアの開発費の占める割合が多くなり、アーキテクチャの統一が定着していった。

近年のコンピュータをとりまく周辺技術の進歩やユーザ要求の変化に対応させて、これら 従来技術の特色をみなおしてみると次のようなことが言える。

(1) 文章・記号・音声・図形・画像といった非数値データの処理に必要な機能が今日のコンピュータには殆んどそなわっていない。人工頭脳という名にふさわしいパターン照合などの連想処理、推論処理機能などの面で、すぐれた性能を持つコンピュータの出現が望まれている。このようなコンピュータは情報処理の対象をひろげ、処理形態を多様化し、知能レベルの高い情報システムを実現するのに必要である。また単に処理能力だけでなく、データベース等の情報管理、更に進んで知識ベースを実用にするためにも新しいアーキテクチャのコンピュータが望まれる。またコンピュータが人間にとって自然な助手になり得るよう使い易いコンピュータを目指して、マンマシンのインタフェースを改善するためにも、更に進んで人間の感覚機能を実効的に拡張するためにも新しい処理機能をそなえたコンピュータが望まれ

る。

- (2) 従来コンピュータの高性能化の大きな部分を素子の性能向上に依存し、方式面からの努力は十分な効果を発揮できずにきた。しかし素子面からの高速化には光速という限界があり、今後は高性能化の努力を素子と方式両面から計る必要がある。方式面からの努力のうち、大切なものに並列処理があげられる。これは偏微分方程式などの大規模数値計算や各種システムのシミュレータなどに不可欠なだけでなく、推論機構、連想処理などの高速化にも重要である。データフロー制御など、従来の逐次制御とは基本的に異なった処理制御方式の提案もあり、これらを含めた各種並列制御方式の実用化を考える必要がある。
- (3) 応用分野の多様化とLSI技術の進歩によって、処理分散のメリットがみなおされつつある。処理の分散には大別して2種類あり、一つは地域的な分散で、処理機能とデータベースが直接担当者の近辺に配置されるようにした分散形態で、相互に通信回線によって接続されたハードウェア、ソフトウェア、データベースなどの各種資源を共用することを目指したシステムである。他の一つは従来単一プロセッサないし、比較的少数の同種プロセッサを主記憶共有で結合していたようなシステムに代るものとして、夫々が専用化された異機種プロセッサを高速バス等によって相互接続した機能分散を目指すシステムである。

前者は利用者の立場に立った巨大情報システムの実現手段として、後者は多様化する要求 に適合したシステムの実現手段として実用化の望まれている分散処理システムである。

(4) ソフトウェアの開発費が増大の一途を辿り、ソフトウェアの生産性の向上に多くの困難が指摘されている。一方では、高級言語を受け入れ易いアーキテクチャの提案やOSのファームウェア化などが徐々に行なわれてはいるが、従来のソフトウェアの蓄積を生かすことに重点がおかれて、古い不便なアーキテクチャが踏襲されている。

新しい応用分野を中心に新しい時代に即したアーキテクチャが導入できるような環境作りの努力が必要である。その結果、ソフトウェアの生産性を向上することが出来れば、アーキテクチャの多様化も可能になり、コンピュータ科学及び工学の将来の展望が開けてくることになる。

#### 2.3 技術基盤の熟成と新技術に対する期待

コンピュータをめぐる周辺技術はLSIをはじめとして、多くの分野でこの10年間に画期的な発展を遂げてきただけでなく、今後の10年間を考えても更に大きな技術的進歩を遂げるものと期待できる。

1990年代のコンピュータを考える時、導入すべき主要なシーズ技術を列挙すると次のようになる。

#### (1) VLSI技術

LSI乃至VLSIをコンピュータ技術に全面的に取り入れることは、今後のコンピュータ技術の飛躍的発展のために不可欠である。記憶への導入については既に順調に進行しているが、連想記憶など論理入り記憶のように論理と記憶を複合して考える必要のあるものへの記憶の進化が今後の重要な課題である。

論理装置への導入は、マイクロ・プロセッサがその端緒となっているが、VLSI化によって1チップに10万ゲート程度の現行大型プロセッサを収容することは、数年先に実現の可能性がある。このことは簡単な論理の有効利用を評価基準の中心に据えて進歩してきた従来のコンピュータ技術の基盤をゆるがすものである。立場を変えてみれば従来とは全く異なったコンピュータ乃至人工頭脳が出現する基盤が熟成しつつあると言うことができる。

一方では、現行大型コンピュータの持つ機能と性能をパーソナル・コンピュータとして個人で持つことが出来るようになると共に、他方では、従来非現実的なものとして考慮の外においていたような各種機能の実装方式をみなおすことによって、すぐれた機能と性能を持った新しいコンピュータが実現して、それにより新しい応用分野が開ける可能性がある。

その際、VLSIは万能ではなく、

- ① 小面積上に集積する必要がある。
- ② 結合に要する配線面積は、素子面積と殆んど等価の重要性を持つ。
- ③ 反復形パターンの設計は容易であるが、完全にランダムなパターンの設計を誤りなく実行するには大規模システムの場合、多くの困難がある。

と言ったような制約条件がある。このような制約条件の下でその能力を十二分に発揮出来る 構成法を考える必要がある。

VLSIを掌中の技術とするためには、VLSIの二次元的構造に適した論理構成をアルゴリズムにまで遡って考える必要があると共に、誤りのない設計を行なうためには評価用シミュレータやテストデータ生成システムまでを含んで統合VLSI・CADシステムを実現する必要がある。過去の設計の際に用いられたデータの再利用などが円滑に行なえ、設計者の知識の一部まで援助できるような知識ベース中心の知的CADシステムを作り上げることが一つの理想である。

#### (2) 高速素子技術

ジョセフソン接合や GaAs 素子などシリコン素子より一桁以上の高速化が望める素子のコンピュータ技術への導入も重要な課題である。素子自体の開発については、他のプロジェクトに譲ることにして、本プロジェクトの対象から一応はずしてあるが、これは素子の開発の重要性を否定するものではない。コンピュータにこれら素子技術を取り込むには、これらの素子による V L S I 化技術が確立する必要がある。このためには可成りの年月を必要とし、第5世代のコンピュータ・アーキテクチャをこれらの素子技術を前提にして考えることには

時期的に無理があるから一応除外したのであって、第5世代コンピュータ開発の中間段階に おいて、もしこれら新素子が十分実用にたえ、すぐれた性能を発揮する可能性が認められれ ば、本プロジェクトに取り込めるよう常に調査を続ける必要がある。

素子による高速化はそのまま性能の向上に結びつく場合が多く、並列化ほどシステム構成上の難しさはない。ジョセフソン接合などは、記憶にエネルギーを必要としないなど高速化以外の利点も期待でき、技術の進展については注意深く見守る必要がある。

光技術は入出力部やデータ転送に当面幅広い応用が考えられる。周辺記憶技術,特に書き換えを必要としない知識ベースの記憶手段としても光を用いた技術は明るい見通しを持っている。光通信技術は,高速データ転送に適しており,同一建物内,同一構内などにおける高性能のローカル・ネットワークを実現するには,すぐにも利用できる技術であり,後述する分散化を進めるための重要な原動力となる技術である。

#### (3) 通信技術との融合

VLSI技術は、大量生産を指向した生産技術であり、同一VLSIチップの大量利用を 促す技術である。これをアーキテクチャ技術・システム化技術の観点からとらえると、一つ は小型化による負荷分散と機能分散であり、他の一つは次に述べる並列処理である。

分散処理技術を進めるには、通信技術とコンピュータ技術の一層の融合化が必要になる。 コンピュータに密接したローカル・ネットワークと通信本来の役割であるグローバル・ネットワークとを自由に接続できる技術を確立して、その上にジョブの分散、データベースの分散が手軽に行える体制を確立する必要があるが、前に述べた光通信技術など実現のための基盤整備は着々と進行しているが、技術の研究開発から標準化に至る幅広い努力を関係者の協力によって今後更に進める必要がある。

通信ネットワークを利用した全国的あるいは全世界的な情報システムを実現して,正確で精細な情報を手軽にどこでも入手できる体制を作ることは,1990年代に向けての一つの理想である。

#### (4) 並列処理技術

素子の進歩による高速化には光速に伴う限界があり、パイプライン方式やSIMD方式による並列化が進められてきた。これまで高速化の要求が最も強かった分野は、偏微分方程式などの大規模数値計算と大規模システムのシミュレータの分野である。LSIの進歩は、これら並列コンピュータの広範囲の利用を促し、その進歩が期待されているが、幅広い用途に共通に使えるコンピュータとしてこれらの制御方式には限界があった。データフローに着目した制御方式は、アルゴリズムの持つ並列性を自然な形で利用できる方式として広く受入れられようとしており、またLSI化にも適した制御方式と考えられる。後述する推論機構な

ども本質的には多くの並列性を持つものと認識されており、データフロー・マシンが今日のコンピュータの限界を感じさせている多くの隘路を解決する有力な手段となることが期待されている。

#### (5) ソフトウェア技術

ソフトウェアが情報システム構築上の隘路となり、その開発と保守に多くの経費がかかる ことが指摘されるようになってから久しい。これらの諸問題を解決するための手段が、ソフ トウェア工学として研究され、生産性向上のために役立つ手法が数多く提案され、その一部 は高級プログラム言語の中にも取り入れられた。モジュール化、データ抽象化、関数型言語、 非手続き型言語、単一代入言語などはその代表的な例である。これらの言語の持つ特徴をコ ンピュータのアーキテクチャに反映させることは、これら高級言語で記述されたジョブを効 率よく処理するのに必要であるだけでなく、ハードウェアの助けなくしては実装が困難な機 能も少なくない。

プログラムの基礎理論の発展や、それに伴って生まれた新しい計算モデルの提案なども、 それを前提にした言語やアーキクテクチャがなければ活用できず、この面でもアーキテクチャの固定化は情報化技術全般の健全な発展を阻害する恐れがある。

一方プログラムの検証や更に進んで自動合成の技術にも着実な進歩がみられる。アーキテクチャの変更に伴うプログラムの書き換えなども完全な自動化は当面無理としても、書き換えを援助し、人手の介在を大幅に減らすことのできるシステムを構築することは可能であろう。これらは勿論新しいプログラムの作成や仕様の変更に伴う書き換えなどにも利用でき、このような面からのソフトウェア危機の解消も可能であろう。

知的レベルの高いソフトウェア作成援助システムを実現することは、一方で第 5 世代コン ピュータの目指す理想の一つである。

#### (6) 人工知能技術・パターン認識技術

自然言語による人間の会話を理解し、その意味を知って解を見出して応答するシステム或いは知識レベルの高いロボットといったものは、機械翻訳、定理の証明などと共にコンピュータの新しい応用分野として比較的早い時期から研究が進められてきた。この中には機械翻訳のように、すぐにも実現可能な分野として一度は取り上げられ、その後その難しさが明らかになって研究が衰退してしまったものも多い。

しかし言語や知識に関する地道な研究が人工知能の研究として進められ,多くの成果が得られて,自然言語の理解や知識データの構造化についても基本的な問題については,一応の見通しが得られた段階に達している。しかし小規模な語彙や小規模な対象世界にとどまり,基礎研究の段階を出ていない。実用的な規模になった場合の問題点の研究は,残された課題となっている。この方面の研究が進まない原因については,

① 基礎研究者は原理的な解決に満足し、実用化に対する興味が薄いこと。

- ② 今日のコンピュータは数値計算主体のアーキテクチャで推論機構など人工知能に必要な機能が殆んどなく、このため処理に長時間かかり大規模な実験が事実上できない こと。
- ③ 実験に必要なデータやプログラムの作成と入力にも多くの人手を必要とすること。などがあげられる。このうち、コンピュータの性能が不十分なことが最も大きな理由であり、人工知能に向いたコンピュータ・システムを本プロジェクト初期に開発して、人工知能研究者にそのリソースを広く解放することが本プロジェクトの円滑な推進をはかる上で重要である。

同様のことが図形、画像、音声、文字などのパターンの認識や理解技術についても言える。 研究を推進して人間にとって自然なマンマシン・インタフェースを実現し、更に人間の持つ 感覚域を拡大するのにコンピュータを利用するためには、パターン処理に適したアーキテク チャのコンピュータが必要であり、その前段階の基礎研究推進のためのファシリティとして も重要なので、本プロジェクトの初期に研究支援システムとして開発する必要がある。

#### 2.4 第5世代コンピュータ・プロジェクトの目的と意義

1990年代に生じると予想されている社会的ボトルネックを解消することに役立ち、現在のコンピュータでは満たすことのできない基本的な機能を総括して、第5世代コンピュータに要求される機能を要約すると次の4つになる。

(1) コンピュータの知能レベルを高め、人間の良き協力者としての親和性を高めること。 人間の五感は、それから得られた情報を理解するのに必要な知識に裏付けされて初めてそ の機能を果たす。コンピュータの知能レベルを高め、人間のより良き協力者としての親和性 を高めるには、何らかの方法により夫々の応用分野に関する知識とそれらを活用する手段と をコンピュータに与えることが必要不可欠であり、それを効率よく処理するための連想機能 ・推論機能・学習機能をそなえたコンピュータの開発が必要である。

マンマシンインタフェースの改善、音声・図形・画像・物体などのパターン理解、自然言語理解、知識ベースなどの研究もこの要求を満たすために必要である。

(2) 人間の代替をする能力や人間にとって未知の分野を開拓する場合の支援能力を持つこと。

省エネルギー社会、高齢化社会などの環境変化に順応して人間とコンピュータが、より良い負荷分担ができるためには、環境を理解することなどが可能になるようにコンピュータの知能レベルを高める必要がある。コンピュータの援助によって、人間の感覚器官の能力を拡大するためには、センサ技術の開発とこれをコンピュータに統合して特徴抽出を行なうパターン照合能力などの機能、実時間で処理をすすめる並列処理能力などが必要である。

(3) 各種の形態の情報が必要に応じて簡単に即時に入手できること。

実社会において人間が接触し得る情報の種類・量・形態に比較して、今日の情報処理システムを通して入手し得る情報は非常に制約されたものである。今後この差を縮小し、より大量のより多彩な情報への即時の接近を容易にすることが必要であるが、この際正確な情報を必要なだけ簡単に取り出せるアクセス手段の開発が重要である。また実社会において多発する漠然とした要求を明確な形に顕在化するための支援システムも重要であり、CADや意思決定支援システムなどの非定形業務へコンピュータの応用分野を拡大するための中心技術である。

分散して存在するデータベースに接近できるようなコンピュータ網、質問の意味を理解し て解答する知識ベースなども重要である。

(4) 未知の状況をシミュレートすることより新しい知見を得ること。

科学技術・経営・行政・社会など多様な分野を大規模にシミュレートすることによって、 未知の状況に対する知見を獲得することが期待される。高速素子や並列処理を用いた超高速 コンピュータを実現することによって従来不可能とされた分野におけるシミュレーションを 精細に行なうことが可能になる。

少し立場をかえ、ユーザに近い立場からより具体的に第5世代コンピュータに求められる 機能を列挙してみると次の5項目になる。

- (1) 専門知識がなくても利用できる使い易い機能
- 使い易さの追求には多くの立場が考えられるが,
  - ① 文章・音声・図形・画像などによる入出力機能
  - ② 自然言語や図形による会話形処理機能
- ③ 常識をそなえており、その上で応用分野別の専門知識が利用できる機能などを整備したシステムにする必要がある。
  - (2) 判断・意思決定が可能な人間の代替としての機能

論理的な判断は、コンピュータにまかせ、重要な意思決定に必要なデータが人間に与えられることが理想であり、

- ① 膨大な蓄積データから問合せに応じて自動的に関連情報を取り出せる機能
- ② 記憶しているデータをもとに、未知の問題が与えられた時、推理して結論を得ることのできる機能
- ③ 新しい問題が与えられ、その解が示された時に学習してその後に活用できる形で自ら記憶することのできる機能

などを追究する必要がある。

(3) 多様な業務に適用できる柔軟な構成を可能にする機能

広範囲の応用分野における多様な非定形業務に対応して効率よいシステム構成が自由に選択できるように、

- ① 需要に最適なシステムが構成できる機能
- ② 必要に応じ大規模な計算処理や大量のデータ管理を高速にこなすことのできる機能
- ③ 業務量の増大に応じてビルディング・ブロック方式で容易に拡張できる機能などが必要である。
  - (4) プログラミングを容易にする機能

ソフトウェアの蓄積を有効に利用し, ソフトウェアの生産性を向上させるために,

- ① プログラムをコンピュータ自身が作成・修正する機能
- ② 常識的なことは人間が指示しなくてもコンピュータが判断し処理できる機能
- ③ コンピュータの機種変更や増設に対して容易に対処できる機能

などを整備することが大切である。

(5) 信頼して便利に使うことのできるシステム機能

システム構成の立場からは,

- ① 価格性能比が一層すぐれコンパクトなシステム機能
- ② 遠隔地相互間においても高度な分散処理を可能とするシステム機能
- ③ 故障による影響を最小限にするための自動修復機能・検証が容易に行なえる機能・ 保守性にすぐれたシステム機能などの高信頼性機能
- ④ 高度な機密保護機能

などが重要である。

経済大国といわれるまでに成長した我が国産業の進むべき方向を考える時,先進国追従形の従来の開発体制を脱却して,先導的かつ独創的な研究開発目標を設定し,それに適した新しい研究・開発体制のあり方を模索する意義は大きい。特に各種の最先端の技術に大きな波及効果を及ぼすコンピュータ産業の分野で,このような国家プロジェクトの姿を追究することは他の産業分野における先導的研究・開発のための体制作りにも大きな影響を与えることになろう。

第5世代コンピュータの研究開発プロジェクトの役割と効果について列挙すると次のよう になる。

(1) このプロジェクトを通して、コンピュータ技術の開発面で我が国が世界で先導的な役割を果すことになる。

このことは、我が国コンピュータ産業にとって創造的技術を育成するだけでなく、我が国のバーゲニングパワーとなり得るものである。また先導的分野における開発投資は国際分業

の面でも経済大国としての義務を果たすことになる。

(2) 1990年代の社会を豊かなものにする上に大きな波及効果がある。

エネルギー問題,高齢化問題など予想される社会のボトルネックの解消に役立ち、CAD や経営の意思決定支援システムのように生産性向上が困難であった分野の効率向上に役立って産業全般の活力の原動力となることが期待される。また産業ロボットの知能レベル向上が生産の品質向上、省エネルギー化につながるほか、第一次産業への応用が進めば、この分野の生産性向上や悪環境からの労働者の開放にも役立ち労働災害の減少にもつながる。

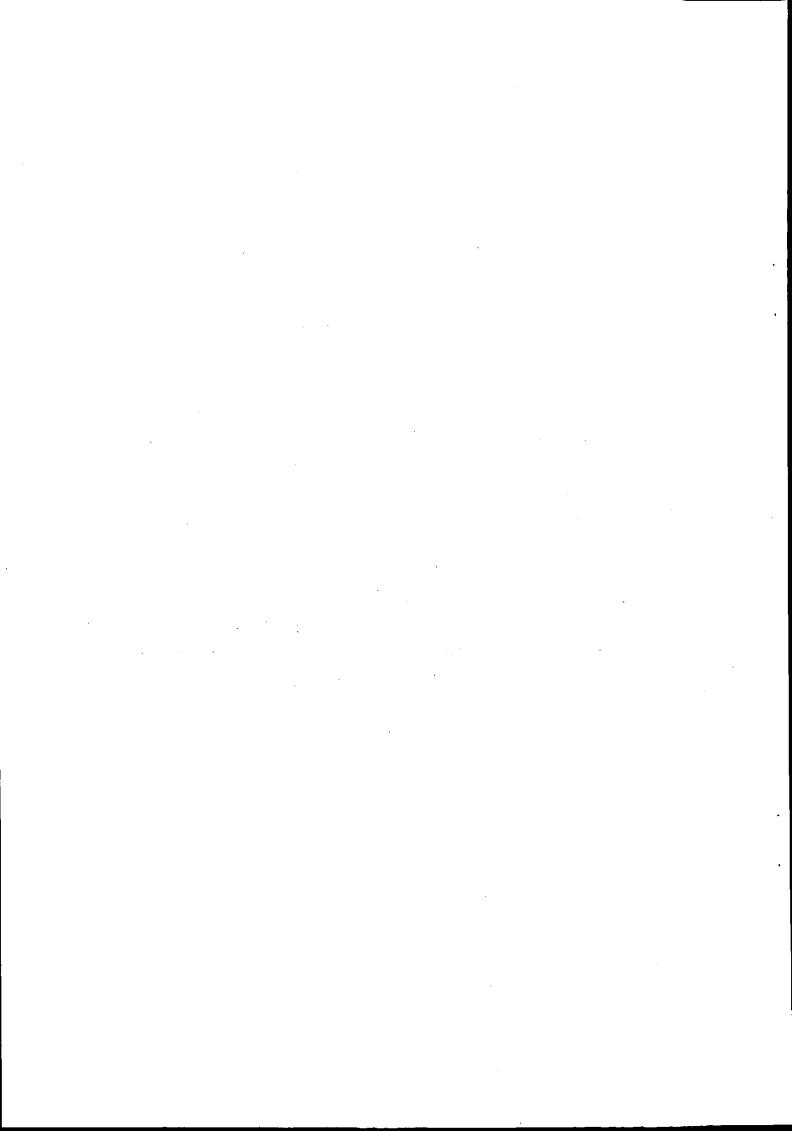
ソフトウェア危機の解消は、より高度のシステム作りへの人間のチャレンジを可能にする だけでなく、コンピュータ犯罪など、コンピュータ化に伴うマイナス面の解消にも役立つ。

(3) 未踏分野の開拓を通じて人類社会の進歩へ積極的に貢献すること。

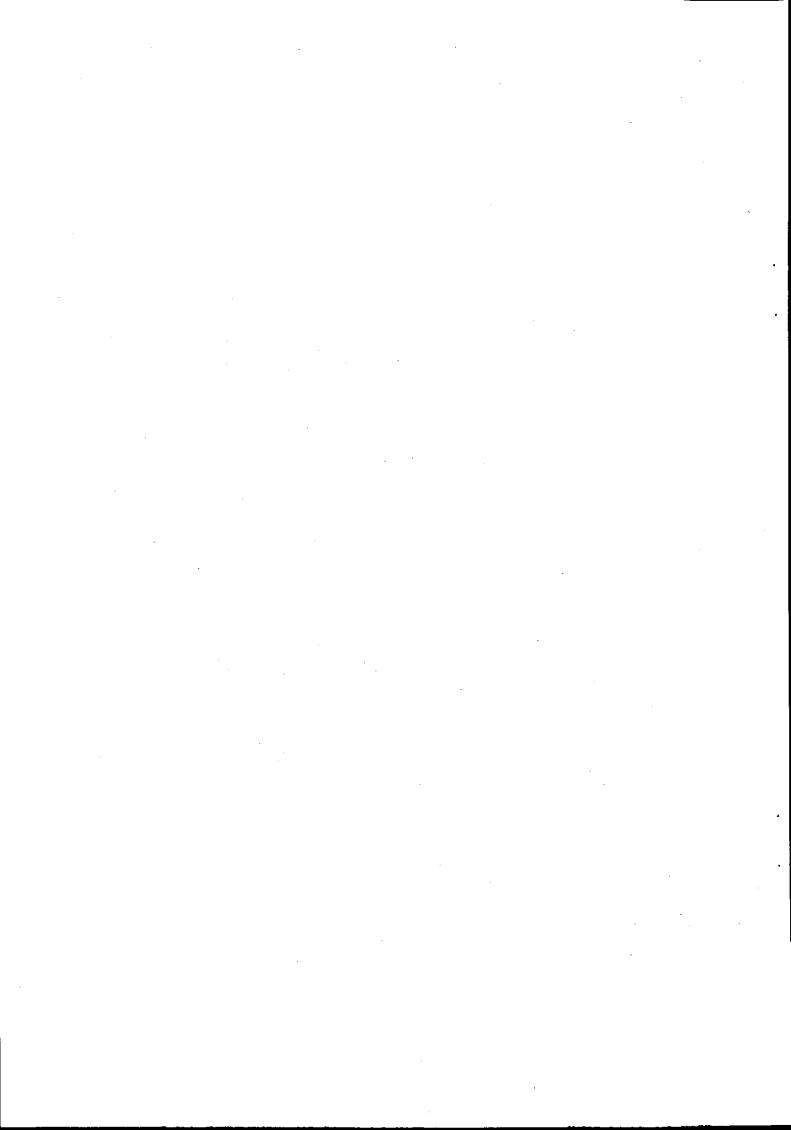
人工知能の研究を促進し、知能ロボットが実現することによって、生物の機構などについてもより良く理解ができる可能性がある。自動通訳や自動翻訳の実現に近づくことは、言語を異にする人類相互の理解を促進し、誤解や無知に基づく紛糾を減らすだけでなく、文化の相互理解による一段の発展が期待できる。知識ベースの構築が可能になれば、人類が得た知識を情報システムに蓄積し、有効に活用できることにより、文化全般の急速な発達を促進する。人類にとって新しい知覚や知見をコンピュータを使ってより容易に獲得できることになる。

#### (4) 先導的研究開発体制の実験

長期的視野に立った本格的な研究・開発体制を国家レベルで試みることの意義は大きい。 今後の国家プロジェクトの大部分がこのような先導的研究開発体制をとることを要請されると考えられ、それらに対する実験プロジェクトとしても位置付けることができる。このようなプロジェクトの推進はその周辺に独創的な研究を生み出す環境を作ることになる。



3. 第 5 世代コンピュータ・ システムの機能と目標



# 3. 第5世代コンピュータ・システムの機能と目標

### 3.1 機能に対する要求

現在のコンピュータがかかえる種々の問題点を解決し、コンピュータの活用分野が更に広範にわたると予想される1990年代の社会的ニーズに応え得るためには、極めて多様な且つ高度な機能が、第5世代コンピュータ・システムに求められる。

総合的立場からみた第5世代コンピュータの機能に対する要求は以下の様なものとなろう。

- (1) マシンのインテリジェンスを向上し,人間のよきアシスタントとなり得る使い易いコ 、 ンピュータ
  - ① 音声,図形,画像,文書などによる入出力機能

人間とマシンのインタフェースをつかさどる入出力機能の向上は,使い易さを改善する 上の大きな要素の1つである。

特に現在のコンピュータでは入出力機能が極めて制約されており、人間が日常生活の中で情報伝達の手段として用いている音声、図形、画像、文書等の多様な形態の情報が容易に入出力し得る機能が求められる。

② 自然言語による会話型処理能力

今後、社会のあらゆる分野にコンピュータが更に浸透してゆき、非専門家が直接コンピュータを操作し、必要な情報にアクセスする機会が増大する。その様な場合には、我々が日常使用している自然言語がほぼそのまま通用し、それによってコンピュータ・システムと自由に会話をしつつ目的とする処理が行われる事が望ましい。

③ 知識を蓄積し、それを活用する能力

前述のような音声、図形あるいは自然言語等の扱いは単なる入力機能に止まらず、入力 された情報を理解するのに必要な知識に裏付けされて初めてその目的を果たす。

またコンピュータが、各種の問題解決のツールとしてより有効に利用されるためには、対象とする各分野の、専門知識即ち知識ベースをコンピュータ自身が保有し、それを活用する能力を持つことにより人間の負荷を軽減すると共に、更に積極的に人間に対するコンサルタント・システムとしての役割をも果たす事が期待される。

④ 学習·連想·推論機能

コンピュータが知識を保有し、目的に応じて充分それを活用し得る為には人間と同様に 何らかの形で、学習、連想、推論等の能力をコンピュータにも付与する事が要求される。

それによって人間の与えた漠然たる要求の明確化を可能とし,また,コンピュータ本来 の膨大な情報記憶能力と相俟って,コンピュータ自身による新たな判断機能が達成され, 人間の能力の拡大につながる。

# (2) ソフトウェア作成負荷の軽減

① 要求仕様記述による処理の自動化

ソフトウェアとハードウェアの開発費が逆転し、今後更に増大するソフトウェア・ニーズに対処するには、ソフトウェア作成の自動化率の向上が必要不可欠である。

例えば自然言語による要求仕様の記述から、直接コンピュータの処理手続きが合成され、 ジェネレートされ、処理が遂行されるというプロセスが可能となることが理想である。

. ② プログラムの検証を可能とする言語の実現と適合するアーキテクチャ

ソフトウェア作成を行う場合の人間とマシンの直接のインタフェースはプログラミング言語である。プログラミング言語の使い易さや言語仕様の持つ機能が、ソフトウェア作成の難易に大きな影響を与えるのみならず、今後はソフトウェアの信頼性を高めるための検証性の高い超高級言語が出現し、更にそれらの言語の処理に適合したアーキテクチャを持つマシンが実現することが望まれる。

③ プログラミング環境の改善と知的インタフェースの実現

プログラミングの生産性を向上する為には、言語の改良のみならず、プログラミング環境自体も大幅に改善され、システムとの知的インタフェースが実施されねばならない。

そしてこの要求は、大量情報の中から、目的とする情報を検索するデータベース・アクセスあるいは未知の問題に対処する新しい知見を得るための知識ベース・アクセス等、あらゆるコンピュータ・アクセスの際に共通する要求である。

④ 既存ソフトウェア資産の活用

コンピュータの機能・性能の向上につれ、従来のコンピュータでは処理不可能であった 新しいアプリケーションも大幅に増加してゆくことになるが、一方現在までに、開発した ソフトウェアも可能な限り活用し得る事が望まれる。そのためには、従来のアーキテクチャ にもとづくソフトウェアの実行も可能な、融通性のあるシステム構成が求められる。

- (3) 社会的ニーズに対応する総合的機能・性能の向上
  - ① コスト・パフォーマンスの向上

技術的進歩が製品のコスト・パフォーマンスを向上させる事はあらゆる工業製品に共通の原則である。特に1990年代にはハードウェアとソフトウェアを総合した大幅なコスト・パフォーマンスの向上が期待される。

② ・軽量コンパクトなコンピュータ

素子の集積化技術の向上による一層の軽量小型化が期待される。とくに1990年代にはポータブルな高機能コンピュータや、多国語間翻訳機、あるいは、あらゆる工業製品に高性能マシンを組み込むこと等が要求されよう。

③ 新しいアプリケーションに対処しうる高速・大容量なコンピュータ コンピュータの基本能力である演算処理速度と記憶容量に対する要求は無限であると言 ってよい。従来のマシンでは処理不可能とあきらめていた多くの諸問題が, コンピュータの処理速度や容量の増大にともなって新しいアプリケーションとして登場してくることとなる。

また前述のようなインテリジェント・システムの実現もこれら基本性能の大幅改善が必須条件となるとともに、未知の状況の高精度のシミュレーションが可能となり、人間の問題解決能力の拡大に大きく貢献しよう。

## ④ 多様化と適応性の向上

従来のコンピュータはハードウェア固定型の汎用コンピュータが主流であったが、90年代には大幅な多様化と目的指向の適応性や柔軟性がコンピュータ・システムに求められるであろう。ハードウェアもソフトウェアも各々の基本要素がモジュール化され、目的別の自在なシステムの適応化や再構成が行われねばならない。

#### ⑤ 高信頼性機能

コンピュータが社会のあらゆる分野に浸透する度合が深まるにつれ、その障害の及ぼす 影響は増々甚大となり、システムの高信頼化は社会的に絶対条件となる。これには単なる 障害の自動検出や自己修復にとどまらず、障害の予防措置および前述のようなマシンのイ ンテリジェンスの向上により、常識外のコンピュータの暴走による危険をくい止める能力 等も有することが期待される。

## ⑥ 高度な機密保護機能

社会的ユーティリティとして今後大きな期待がかけられる社会システムに於いては、高度な機密保護機構が完備されなければならない。またコンピュータ犯罪や不正使用の防止 検出機構もシステムに内蔵させることが要求される。

# 3.2 目標とイメージ

第5世代コンピュータ・システムは、従来のコンピュータの技術的制約を克服し、1990年代に要求されるであろう高度な機能に対応し得る革新的な理論と技術に基づく知識情報処理指向のコンピュータである。

#### 3.2.1 基本概念

第5世代コンピュータ・システムは高度の問題解決機能を持つ知識情報処理システムである。即ち、システムのインテリジェンスが大きく向上して人間に歩み寄り、人間とシステム間のインタフェースが従来システムに比べ、大巾に人間側に近づく事となる。図3-1に第5世代コンピュータ・システムの概念図を示す。

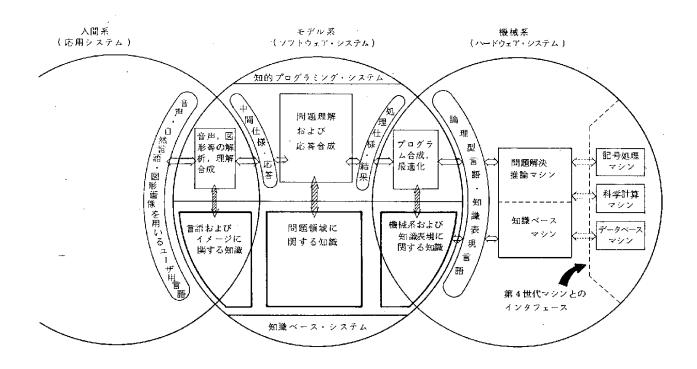


図3-1 第5世代コンピュータ・システムの概念図

図3-1に示す如く、人間系と、第4世代マシン即ち、従来型マシン機能との間に、問題理解、推論、および知識ベース等に基づく強力な問題解決機構を有する。モデル系は主としてソフトウェア、機械系は主としてハードウェアで実現されることとなるが、総合した能力として以下の様な機能を果たす。

- ① 問題の記述あるいは要求仕様の理解
- ② 処理手続きの合成
- ③ 機械系と処理手続き間の最適化
- ④ 機械系からの出力にもとづく応答合成
- ⑤ 音声・図形・自然言語等を理解する知的インタフェース機能 これらの機能をサポートする知識ベースには以下の様な知識を有する。
  - ① 人間との会話の手段として用いられる言語の知識
  - ② 解決すべき問題領域に関する知識
  - ③ 機械系に関する知識

## - 3.2.2 ソフトウェア・システムの構成要素

図3-2にシステムの構成イメージを示す。

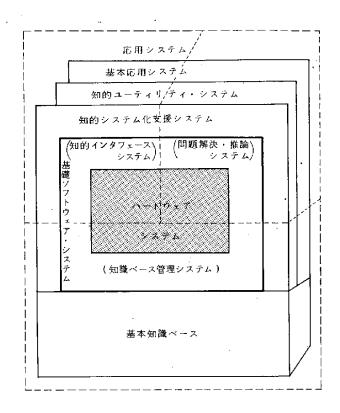


図3-2 第5世代コンピュータ・ソフトウェア・システムの構成概念図

各構成要素は, 夫々, 以下のような機能を果たす。

(1) 基礎ソフトウェア・システム

ソフトウェア・システムの核となる部分である。第5世代コンピュータ・システムの基本機能である問題解決・推論システム,知識ベース管理システム,知的インタフェース・システムの3つからなる。

(2) 知的システム化支援システム

知識ベースにもとづき、人間のシステム化作業を強力に支援する知的機能を持つ。 3つのサプシステムとしての知的プロラミング・システム、知識ベース設計システム、 知的VLSI設計システムからなる。

(3) 知的ユーティリティ・システム

システムの利用を容易にし、高信頼化をはかる機能を持つ。例えば、他のマシンのソフトウェアやデータベースの移植のサポート、利用者へのガイダンス機能、障害防止・ 検出のための自動検査・自動修復機能などがある。

### (4) 基本知識ベース

この基本知識ベースは、システム自体の働きを支援すると共に、利用者に有効な、普遍的知識の集積でもある。体系としては、主として自然言語理解にかかわる一般知識ベース、システム自体に対するシステム知識ベース、および応用分野の専門知識を集めた応用知識ベースの3種類に大別される。

# (5) 基本応用システム

以下のような種類の基本応用システムがあげられる。

- 機械翻訳システム
- 質問応答システム
- 音声応用システム
- 図形画像応用システム
- 応用問題解決システム

## (6) 応用システム

知識情報処理応用システム例としては、以下のようなものが考えられる。

- 知的CAE/CADシステム (注1)
- 知的CAIシステム<sup>(注2)</sup>
- ◆知的OAシステム<sup>(注3)</sup>
- 知能ロボット

## 3.2.3 ハードウェア・システムの構成イメージ

第5世代コンピュータ・システムは、その応用の多様化に対処するため、小型から大型に 至る各種のレベルが望まれる。各レベルのマシンは、共通の言語を持ち、また以下の3つの 基本機能を持つ。なお、カッコ内は、現在のコンピュータ・システムとの対応を示したもの である。

- ① 問題解決・推論マシン(中央演算処理装置)
- ② 知識ベース管理マシン(仮想メモリ機構付の主記憶とファイルシステム)
- ③ 知的インタフェース・マシン(入出力チャネルと入出力デバイス)

<sup>(</sup>注1) CAE: Computer Aided Engineering

CAD: " " Design

<sup>(</sup>注2) CAI: Computer Assisted Instruction

<sup>(</sup>注3) OA: Office Automation

これらのマシンには、夫々幾つかの機能レベルのものが存在し、目的に合わせて、どれかの機能を強調したシステム構成を可能とする。

図3-3は、第5世代コンピュータ・システムの構成イメージを示す。機能別マシンは、 VLSIアーキテクチャをベースとした、データフロー・マシン等を含む各種の新アーキテクチャを有し、夫々の目的に応じ種々の組み合せによる複合体としてシステムが構成される。 また、更にマクロな構成としては、この図に示す様なシステムを1つの要素とし、これをローカルあるいは広域のネットワークに複数接続し、大規模分散処理システムとして使用する形も想定される。

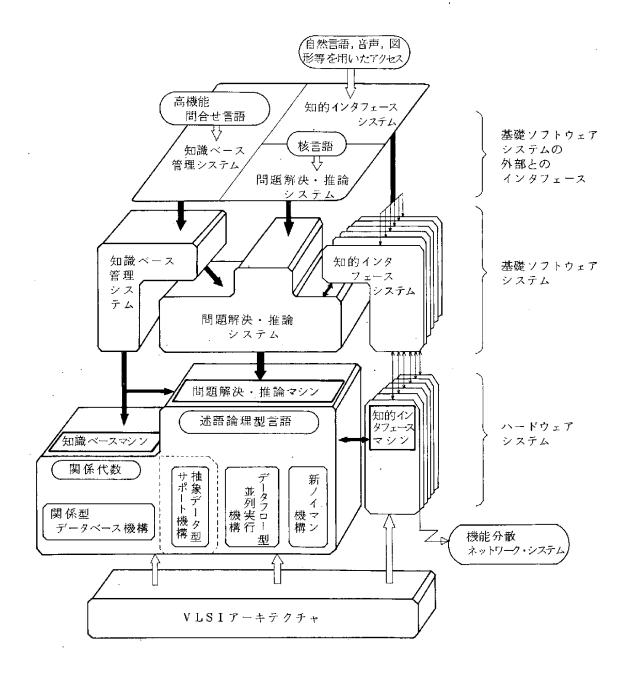


図3-3 第5世代コンピュータ・システムの基本構造概念図

## 3.3 研究開発課題

第5世代コンピュータ・システムの研究開発課題の一覧を表3-1に示す。全体は7グループ26課題からなる。これらの研究開発課題は、図3-4に示す様に4つに体系化され、前期、中期、後期の各ステップで研究開発成果および新技術の動告等をふまえて、評価を繰返しつつ、1990年を目標年として第5世代コンピュータ・システムのプロトタイプを完成する。

また、本研究開発を円滑に遂行するには、ソフトウェア開発ツール、高機能パーソナル・コンピュータ、VLSI-CAD、コンピュータ・ネットワーク・システム等の強力な開発支援システムの整備が必要不可欠であり、これらの支援システムも併せて早期に開発する。

表 3 - 1 第 5 世代コンピュータ・システム 研究開発課題概要

	課題	説	明
1.	基本応用システム	聞く,話す,見る,描く,考える 代表する基本的な応用システムを	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	①機械翻訳システム	ドクメンテーション技術の研究, 工知能研究等の成果を総合し,多 合システムの研究開発。	
	② 質 問 応 答 シ ス テ ム	知的 CAE / CAD システム DSS(ort System), 知能ロボット等 通の質問応答システムの研究開発	の各種専門分野に共
	③ 音声応用システム	機械翻訳の入出力として用いられ テム,音声タイプライタ,電話を 要な話者認識システムの研究開発	用いた問合せ等で重
	④ 図形・画像応用システム	大量の図形・画像情報を構成的に 理に効果的に利用するために高速 の研究開発。	
	⑤ 応用問題解決システム	一般的で高度な問題解決を目指し 入力するとその"解答"を出力す 碁プレイイング・システムの研究	る数式理解システム,
2.	基礎ソフトウェア・システム	知識情報処理システムの中核とな 基本機能(管理,処理,対話)に 群を研究開発する。	, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,
	⑥ 知識ベース管理システム	人間の持つ知識を一定の形式で表現 蓄積し、利用することによって問 て人を援助する知的システム管理	題解決プロセスにおい
	⑦ 問題解決・推論システム	第5世代コンピュータの処理機能問題解決・推論システムの処理モの処理能力を理論的に明らかにしの実現に向けての基本技術の研究	デルの設定によりそ, 問題解決システム
	⑧ 知的インタフェース・システム	柔軟な会話機能を実現し,人間との使用言語(自然言語や音声,区の相違に基づくギャップの解消を開発。	形,画像も含まれる)

(つづく)

課	題	説	明
3. 新ア	ーキテクチャ	知識情報処理システムからの ンピュータのアーキテクチ -	
9 述 語	論 理 マ シ ン	推論の基本となり, また自然 る述語論理の計算モデルお。 サポートするアーキテクチュ	よびプログラミング言語を
⑩ 関 数	数型 マシン	記号処理に適し,理論的基礎 およびプログラミング言語を チャの研究開発。	
(1) 関係	、代 数 マ シ ン	将来のデータベース・シスラ 係 代 数 を イ ンタフェース 理するマシン・アーキテクラ	言語とし、集合演算等を処
迎 抽象	データ型マシン	巨大で複雑なソフトウェアの クチャ側からサポートするた 計算機のメモリ構造やプロセ	こめの技術としての将来の
(3) デー:	タフロー・マシン	高度な並列処理の実行を目的 に含むデータフロー・モデル の研究開発。	
(4) 新ノ	イマン・マシン	ノイマン型マシンの改良, ta によりノイマン型マシンのチャの研究開発。	
4. 機能分散	(アーキテクチャ	V L S I を前提とし、漸進的 重視して、新アーキテクチャ ャの融合を具象化するための 発を行う。	·とVLSIアーキテクチ
⑤ 機能分	↑散アーキテクチャ	一貫した理念のもとに高効率 築しやすく、将来の技術改良 で各種マシン / システム・ 散アーキテクチャの研究開発	しに対応しやすく,高機能 レベルに対応できる機能分
16) ネットワ	ワーク•アーキテクチャ	地域的に離れたコンピュータ ためのアーキテクチャ。第 5 のローカル・ネットワークに 現のためのグローバル・ネッ 術の研究の開発。	世代で想定している高速 よる分散情報システム実
10 データ	3 ベース・マシン 	データベースの処理に適したアー タベースに高速アクセスできる専	•

	課題	説	明
	18 高速演算マシン	実験に替わる数値シミュレ 術計算を高速処理する専用	ィーション等のための科学技 月マシンの研究。
	高度マンマシン・ ⑨ コミュニケーション・システム		テリジェンス)を計算機シス jとしての文字,音声,図形・ E開発。
5.	V L S I 技 術	, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	ピュータ・アーキテクチャへ Lを最大限に利用するアーキテ
	② V L S I アーキテクチャ		される 1,000万トランジスタ/ 最大限に生かすことを目的とし 。
	②) 知的 V L S I - C A D	設計の/ウハウを蓄積するこ きるVLSI-CAD総合シ	とができ,それを有効利用で ステムの研究開発。
6.	システム化技術	ェアの一貫した体系でのシス	ジソフトウェア, 応用ソフトウ テム化, およびシステムの設計 クルに関する技術を研究開発す
	② 知的プログラミング・システム	ース)から必要な機能をもつ をしながら要求に合うように	ルゴリズム・バンク (知識べ つプログラムを取り出し,推論 ご合成するとともに,作られた 足していることを容易に検証
	② 知識ベース設計システム	々の技術と知識を知識ベース	・開発・運用するのに必要な種 の中に組織的に所有し,その はベースシステムを構築しよう の研究開発。
	アーキテクチャ関連システム化技術	であり、アーキテクチャ構築	テムとしてまとめ上げる技術 法を中心とし,仮想化とシステ 記分の最適化技術,大規模シス 技術等の研究開発。
	データベース および ② 分散データベース・システム	数の種々のデータベース・シ	ス・システムの研究開発と複システムを統合利用する分散デザイン。システムを統合利用 の研究開発。

(つづく)

	<del></del> 課	題	説	明
7.	開発支援	技術		ア,全体システムの開発に、ステムの研究開発を行う。
	金 開発支援	システム		-ル・コンピュータ, コンピュ ウェア/知識ベース開発支援 前段階で準備する。

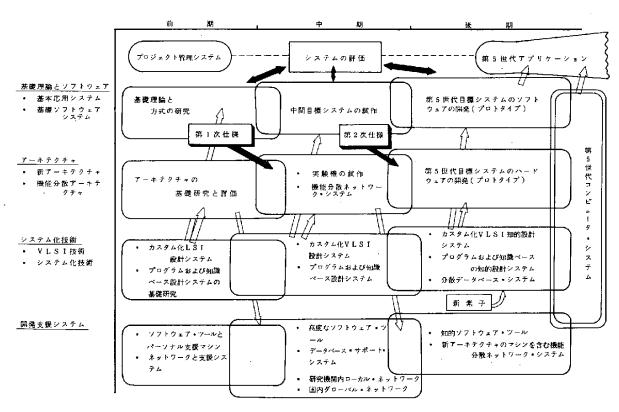
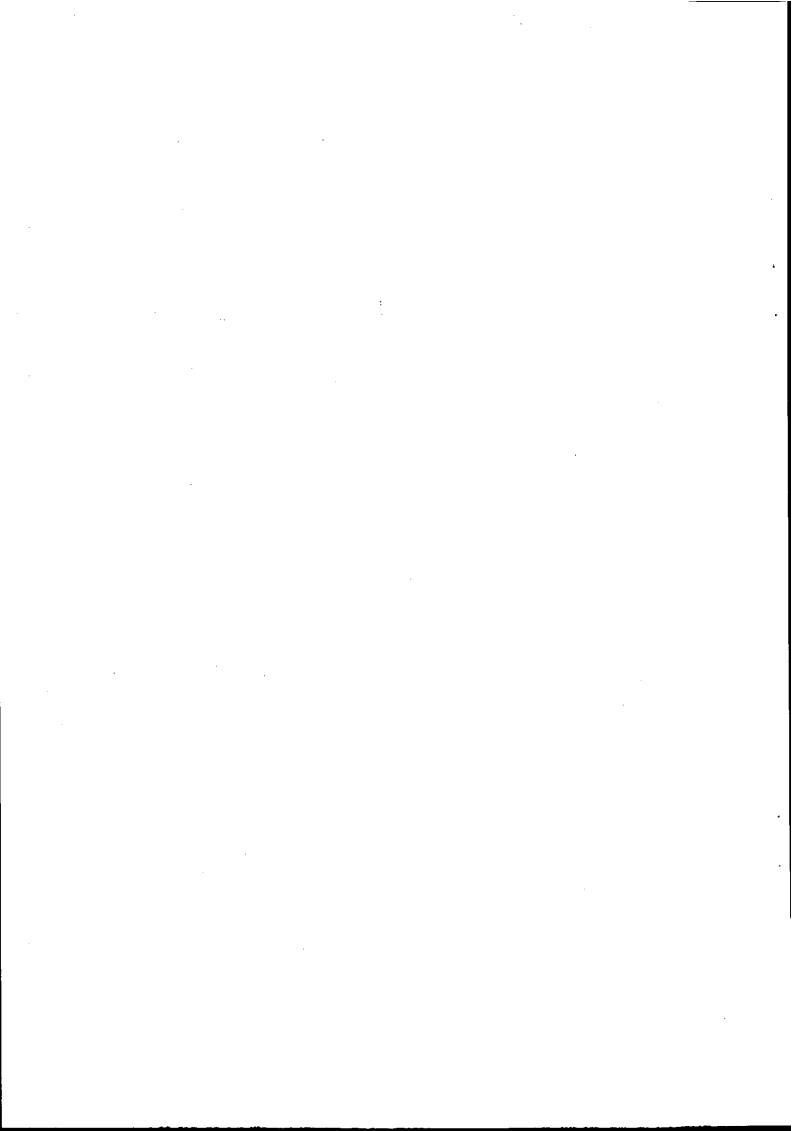


図3-4 研究開発のすすめ方概念図

4. プロジェクトの進め方と体制



# 4. プロジェクトの進め方と体制

### 4.1 研究開発推進の基本的条件

プロジェクトの進め方を論じるのに先立って、先ず本プロジェクトの持つ性格を明らかに しておきたい。そしてその性格の本質が失なわれないようにプロジェクトを推進することを 念頭におきながら、研究体制やプロジェクトの進め方について述べることにする。

本プロジェクトの性格を開発体制や進め方の見地から列挙すると次のようになる。

(1) 先導的・創造的な研究開発を目指すプロジェクトであること。

先進国の技術に追いつくための追従形の研究開発ではなく、将来の社会・技術のあるべき 姿を想定し、それを目標に研究開発を進めるのであって、目標設定自体が非常に重要な研究 課題であることが本プロジェクトの特色である。

- (2) 長期的視野に立ったプロジェクトであること。
- 一応10年先に目標を設定しているが、知識情報処理といった課題は最終的には人間の持つ叡知に至るまで多数の段階が考えられ、途中段階の目標設定が可能である。一方、将来につながる長期的視野に立った研究開発の基盤を固める性格を持ったプロジェクトでもあり、本プロジェクトにつながるプロジェクトの見通しについても考えておく必要がある。
- (3) 1990年代における基幹産業に育つことが想定されるコンピュータ産業全般に渡る幅広い分野を対象としたプロジェクトであること。

人的資源・物的資源にも限りがあり、研究・開発の実施段階では、目標をより狭い範囲に限定し、明確化する必要がある。しかしこれはプロジェクトを有効に推進するための手段であって、本プロジェクトの影響するところがコンピュータ、産業全般のあり方に及ぶことを考慮しながらプロジェクトの運用をはかる必要があると共に、大型工業技術研究開発制度(大型プロジェクト制度)における科学技術用高速計算システムの研究開発や、次世代産業基盤技術研究開発制度における新機能素子の研究開発などのプロジェクトとの連携をとりながら、全体として健全な発展が遂げられるよう配慮する必要がある。

(4) 国際的視野に立ったプロジェクトであること。

これは目標の設定が先導的であることとも関連し、我が国産業のみならず、海外諸国にも 大きな影響を及ぼす可能性がある。創造的な研究・開発に成功することは、国際的に貢献す ることになるだけでなく、我が国の国際的な地位を高める効果も期待できる。このような観 点からも国際的視野に立ってプロジェクトを進める必要がある。

これらの性格を持った本プロジェクトを円滑に推進する上で注意する必要のある事項を次 に列挙してみよう。

(1) 目標の設定自体が大きな研究課題であることは既に述べたが、独創的な研究を生み出

すためには適度に野心的な目標である必要がある。しかし経済性を度外視して極限を追究することは許されず,需要・経済性とのバランスをとりながら野心的な目標を設定する必要がある。

- (2) 長期的な目標としては "実現には多くの困難が予想されるが,長期的視野に立って考えた時必ず将来必要になると思われる目標"を設定することが許されよう。しかしそとに到達するための一里塚である当面の目標の設定については,需要・経済性も考慮し堅実な目標をも含めて設定することがプロジェクトの健全な発展のために必要である。このため,中間目標及びそれへのアプローチ手法としては,堅実なものから野心的なものまで複数もうけ,並行して実施するなどを考慮する必要がある。特にプロジェクト初期の基礎研究に近い段階では可能性のある研究課題を幾つか並行して実施し,一方,年度毎の評価を厳正に行なって研究課題の整理・統合をはかる必要がある。
- (3) 研究努力に対する評価と研究成果に対する評価とは、明確に区別して考える必要がある。 否定的な結果を早期に明らかにすることも、良い結果が得られたことに劣らぬ重要性を持っており、その研究の価値を認めるべきである。また独創性を重視する評価方式をとることは、 先導的、創造的な研究成果を生み出す原動力となろう。
- (4) 長期プロジェクトを一貫した思想で遂行するためには、プロジェクトの基本目標や基本思想を明確にしておくと共に、確固たる指導体制を長期に渡って維持することが望ましい。
- (5) このようなプロジェクトの成否は、研究者にどのような人材が得られるかに大きく依存する。研究が先導的であればある程、研究者の素質による割合が多くなる。このため人材を官・産・学の全分野から広く結集できる体制を確立することが非常に重要である。
- (6) プロジェクトの円滑な推進のためには、確固とした指導体制を維持すると同時に、プロジェクト推進を支持してくれる周辺の意見を十分にくみとって、それを運営に反映させることや、プロジェクトに参加する研究員全員のコンセンサスを得る努力を続けること、研究者各人の個性を尊重し、その独創性をのばすことなどに注意することが大切である。トップダウンとボトムアップの2つのアプローチにより、意志交換ルートを生かしたフィードバック系を確立し、我が国の国情に合った指導体制を確立する必要がある。
- (7) 本プロジェクトで研究開発する第5世代コンピュータを,1990年代における中核コンピュータに育てるためには,前世代のコンピュータからの移行が円滑に推進されるようあらゆる面から配慮することも大切である。

#### 4.2 望ましい研究開発体制と運用方式

前項で述べた研究開発推進の基本的条件を念頭におき、本プロジェクトの望ましい研究体制と運用方式の基本的事項について以下に述べる。

## (1) 指導理念の一貫性

本プロジェクトのように未踏分野への挑戦を目指し、しかも長期に継続するプロジェクトではプロジェクトの基本思想を確立し、政策的・技術的目標をできるだけ明確に設定する必要がある。

プロジェクトの基本思想は推進に当っての思考の原点であり、はっきり誤りが認められるまでは簡単に変更しない覚悟で、明文化することが望ましい。これはプロジェクト推進の指導者が交代した場合に役立つだけでなく、同一の指導者の場合でも時間的な経過で初心から次第に遊離するのを防ぐ上で重要である。

#### (2) 研究目標の設定

研究目標の設定については,長期の研究目標を固定化することには問題があるが,一方で可能な限り厳密に検討された最終目標が常に明示されていることが望ましい。また最終目標に到達する道程での短期の中間目標は,具体的に明確に設定して評価の基礎とする必要がある。最終目標については周辺技術の新しい成果などを吸収し,中間段階で必要があれば目標を改定すると共に,次第に具体化していく必要がある。このため環境の変化や最先端技術の海外動向などを常に把握することのできる体制も必要である。

研究開発のスケジュールについては、3年ないし4年毎の中期開発目標の設定とその段階での評価とを行なうことを原則とする。

#### (3) プロジェクトの体系化

本プロジェクトは研究対象の広がり、基礎研究に近い研究から開発に至る期間の広がり、いずれの面からも大きな広がりを持った大プロジェクトである。これらを一貫したプロジェクトとして推進するためには、個々の研究開発課題と全体計画との関連を明確化し、モジュール化アプローチを積極的に取り入れ、全体の体系をわかり易くしておく必要がある。

研究初期段階では数種の代替技術を並行して研究する必要があるが、次段階に進むところで十分な評価を行なって取捨選択し、開発とのつながりを明確にするよう心がけ、各段階での成果が次の段階で活用されるシステム作りが必要である。

#### (4) 人材の確保

全国の関連研究機関・研究者を効果的に動員して本プロジェクト推進に協力してもらうためには、長期間プロジェクトに参加可能な体制が必要である。特に初期の基礎的な研究段階では大学の研究者の協力を求めることが望まれ、各地に分散した研究者が参加できるように研究者を結ぶネットワークや高性能パーソナル・コンピュータを備えた研究環境を整備することが大切である。

多数の研究者の協力体制を有効に維持し、相互の関係を調整するためには強力な本部機構と、これを構成する有能な人材が必要である。特にプロジェクト・リーダが強力な指導性を発揮することが、一貫した基本思想のもとにプロジェクトの効率良い推進をはかるために必要

である。

#### (5) 中核組織の役割

プロジェクトの管理・運営を円滑にすすめるためには、中核組織は官・産・学の意見を公平に反映することのできる第3セクターが中心となることが望ましい。中核組織の役割はプロジェクトの計画立案と管理のほか、プロジェクト推進に必要な、中核となる技術に関する基礎的研究と調査を行なうことである。この中核組織によってプロジェクトの方向付けや技術の評価・選択等を確実に行ない、十分解析して、個々の研究課題の仕様を精細に決めることが必要である。これら研究課題の実行についてはメーカ・研究所・大学などに委託できるようにすることが大切であるが、委託した研究課題の進行状況の監視と評価、更に必要に応じて研究方針についてのアドバイスなどをすることのできる機能も中核組織として欠かせないものである。

また、各種データベース、CADシステム、先導的ハードウェア、ソフトウェアなど、プロジェクト推進に必要な共有設備の管理とそれに伴って必要なサービスの提供、プロジェクトに含まれる研究課題間の意見調整、情報の交換など、中核組織に要求される各種のサービスがあり、これらを分担する第3セクターが必要になる。

要約すれば、中核組織としてはプロジェクトの企画管理センターのほかに、研究・調査センター、サービス・センターをもうける必要がある。

これら中核組織の構成員は少数の専属の人員のほかは、関係の官・産・学からの3~4年を目途にした出向者で編成することが相互の関連を密にして全体のプロジェクトを円滑に推進する上からも望ましい。しかしプロジェクトの中心となるグループは少数でよいが、プロジェクトの全期間に渡って従事することが望ましい。

# (6) 国際協力

国際協力の基本的な姿勢としては世界の情報技術の進歩を促進するのに協力することである。国際会議への積極参加、標準化への積極的協力、本プロジェクトが主催するシンポジウムの定期的開催などを通して国際的に貢献することが中心になる。

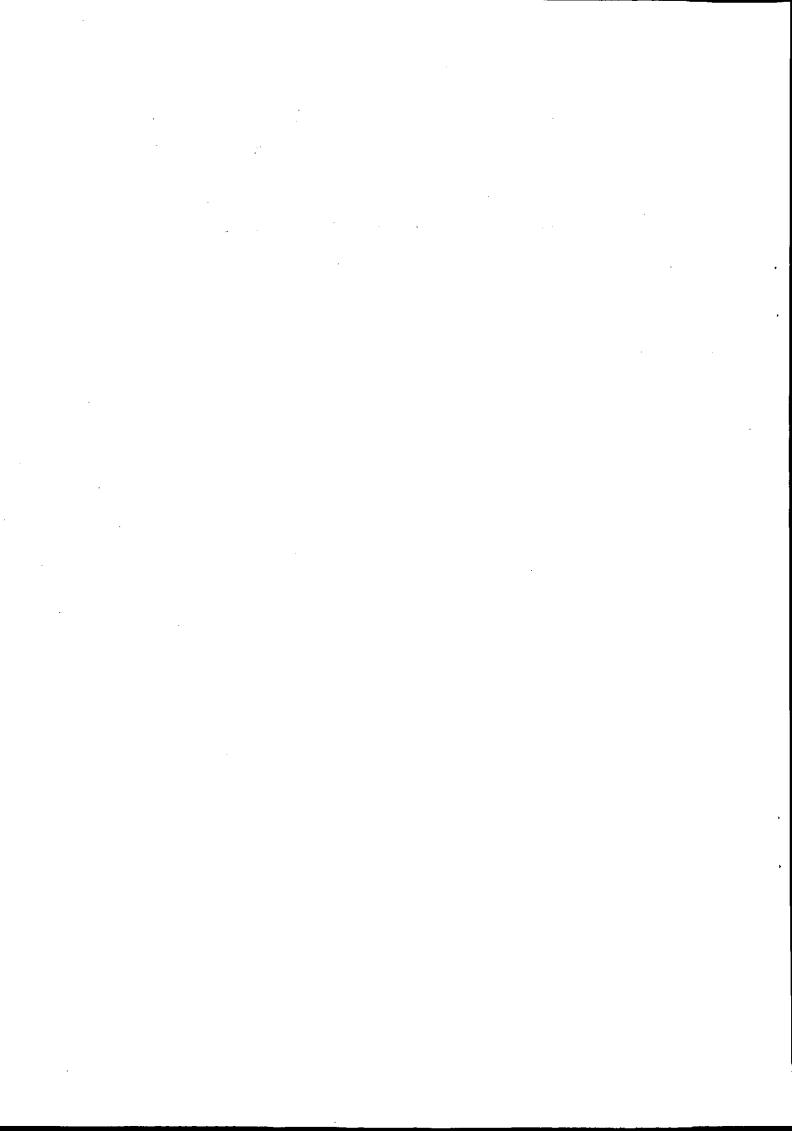
本プロジェクトの進行については諸外国から注目されており、誤解を招かないようにPR活動にも努力する必要がある。

全面的な国際プロジェクトとすることには多くの問題があり、我が国の主体性を維持した 国家プロジェクトとして推進することが望ましい。しかし機械翻訳システム、通訳システム など諸外国との共同研究が積極的な価値を持つ課題も多く、このような研究開発課題におい ては、諸外国の相当プロジェクト、あるいは諸外国の企業と本プロジェクトとの間で共同研究を行うことも考えられる。

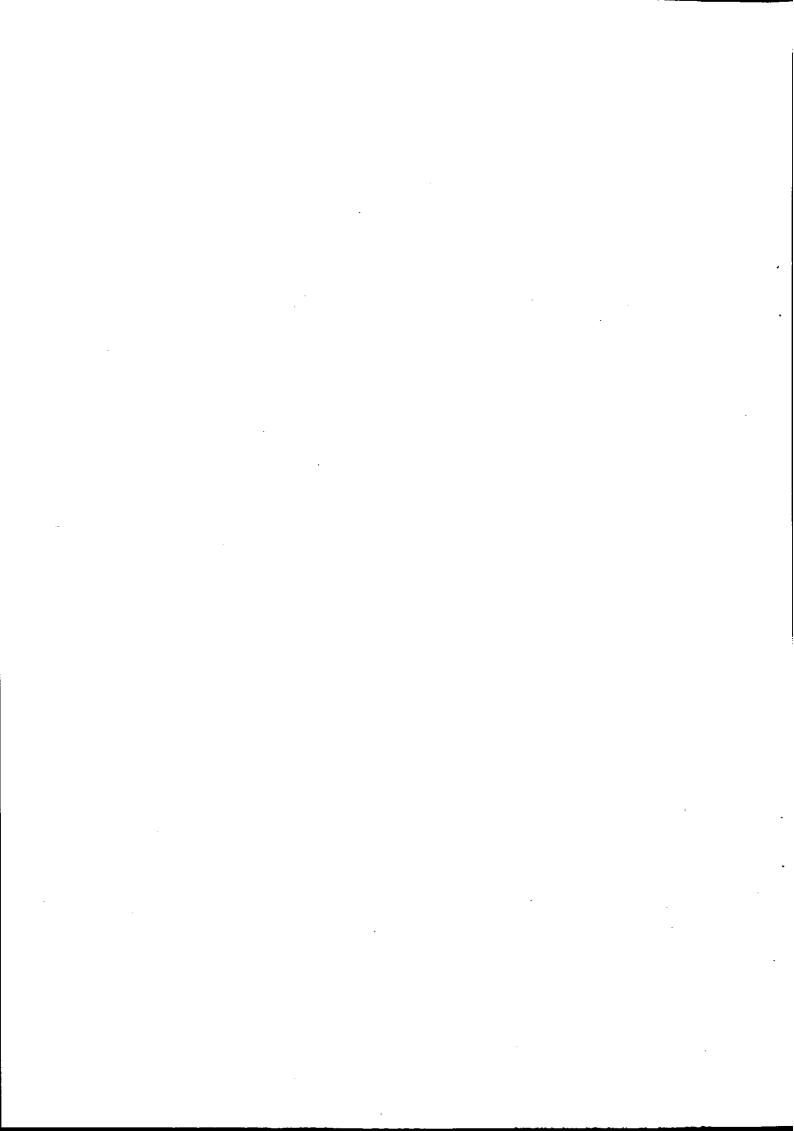
また、海外からのすぐれた研究者が本プロジェクトに長期間参加できるようにするためには、国際的な流動研究員制度をもうけるなどの具体策の検討が必要である。このことは国際

化に役立つだけでなく, 先導的・創造的な研究成果を達成するのに効果があると期待される。 また, 研究者は先進諸国から招致するだけでなく, 広く世界に優秀な人材を求め本プロジェ クトに招致することも重要である。

本プロジェクトに対して海外の研究者が参加する方法として,研究課題レベルでの外国研究機関への委託があるが,期待できる効果について慎重な検討を経て行なうべきである。



5.分科会活動成果概要



# 5. 分科会活動成果概要

本章では、昭和54,55年度の2年間の分科会活動成果の概要について記す。

## 5.1 社会環境条件およびシステム化技術研究分科会

### 5.1.1 本分科会の活動成果の概要

コンピュータは人々の社会活動の中に組込まれて機能する。従って1990年を目途としてその実現を期待される第5世代コンピュータの方向づけをするには、その時代の社会の粋組みについての知見を持つことが必要である。

このような考え方のもとに,本分科会では次のような活動を行った。

(1) 1990年における日本の望ましい社会像を設定し、これに至る過程において予想されるボトルネックを明らかにする。

検討の結果,解決すべき主なボトルネックは次の5項目に集約された。

- ① 低生産性分野の生産性向上
- ② 国際化への対応
- . ③ 省エネルギー・省資源問題への対応
  - ④ 高齢化,高教育化社会への対応
  - ⑤ 社会の情報化と人間とのかかわり合いの改善
- (2) これらのボトルネックの解決のために、コンピュータはどのような"助っ人"になりうるか、第5世代コンピュータに対しどのような機能を期待すべきかを明確にするため、将来特に重要と思われる分野について次のようなワーキング・グループを設定し、その要求仕様を検討することとなった。
  - ① オフィス・オートメーション
  - $\bigcirc$  CAE/CAD
  - ③ DSS/DBS (注1)
  - ④ DDBS (注2)
  - ⑤ 知能ロボット

また,現在のコンピュータ・ユーザが日常感じている問題点から,第5世代コンピュータ への要求機能を探究するため,ヒアリングによるユーザ・ニーズの実態調査を実施した。

(3) 第5世代コンピュータに要求される機能についてそれがどのようなインパクトを社会のそれぞれの機能なりシステムに与えるかについて、波及効果を調査した。

この場合のアプローチのしかたとしては、それが実現したらという方法と同時にそれが若 し実現していなかったらという二つの立場から行った。

<sup>(</sup>注1) DBS: Data Base Systems

<sup>(</sup>注2) DDBS: Distributed Data Base Systems

- (4) 第5世代コンピュータをシステムとして組み上げるシステム化技術と、それを支援する技術に関する検討を行った。これは、基礎理論研究分科会及びアーキテクチャ研究分科会と相互に密接な関連があり、それらを統合した形で系統的にまとめた。
- (5) 第5世代コンピュータの研究開発プロジェクトを運営していくためには、プロジェクト・マネジメント・システムが必要となることが想定され、これに関する内外の事例研究を行った。

## 5.1.2 社会環境条件研究分科会の活動成果

昭和54年度の社会環境条件研究分科会においては、1990年のわが国における社会環境の望ましい姿を設定し、これを実現するに当って予想される多くのボトルネックに対して、新しい情報技術がどのように機能することが求められているかを検討した。

社会環境条件研究分科会においてまとめられた解消すべきボトルネックは,次のような 5 項目に集約される。

## (1) 低生産性分野の生産性向上

日本の経済は1980年にGNPが世界の10%を占めるに至ったが、それが可能になったのは何といっても工業の質と生産性の高さとによってである。そして日本には、生産量において世界一位、又は二位という産業が次々と実現しつつある。

さらに、このような高い生産性を実現し得た分野での商品価格の上昇は、過去10年間において最低限に抑えられ、中には時計やテレビのように下るものさえあるといった見事な結果を示している。しかし生産性の改善が殆んどなかった分野では、人件費その他の経費のはてしない高騰をまかなうため、価格が大幅に上昇してきた。それは第三次産業において著しい。ホテルの夕食一回分が電卓四台分に相当するというのは明らかに異常である。そしてこのようなひずみはこれからの社会に多くの問題を提起すると予想される。その解決の為には低生産性分野へのコンピュータの導入が極めて効果的である。そして、誰もがいつでも使える情報処理機能が、これらの低生産性分野へ組込まれることが期待される。これらは物事のシステム化、最適化によりそのままエネルギー、資源などの有効利用の途にもつながるものである。

# (2) 国際化への対応

前述のとおり日本のGNPは世界の一割に達した。見るべき天然資源もなく,狭いこの四つの島の上でこれだけの強力な経済力を実現したその原動力は,国民の勤勉さと,産業の知識集約化によるものであったといえよう。そこでこの経済力を更に将来に対しても維持し発展させるために,国際化の問題が大きく登場する。そしてこのような立場からの情報技術に対する期待は大きい。そのためのものとして,CAD,CAE,更には機械翻訳,大規模データベースなど,殆んどすべてのコンピュータ利用をここにあげることができよう。とくに

スペース・シャトルの打上げ、光ケーブルの進歩などによる国際通信網の低コスト化と高機能化などに支えられて、国際化のための重要な柱として第5世代コンピュータは機能するに違いない。

(3) 省エネルギー・省資源問題への対応

この課題の解決は、80年代の社会環境をきめるひとつの重要な条件である。コンピュータで制御される航空機 CCVは、機体の設計思想を全く新たなものとし、運用コストについて20%又はそれ以上の改善をなしうるものという予想もある。

最近の情報技術の進歩はこの例でも見るように、機械系における常識を根本的に書きかえ、全く新らしい可能性をつくり出すといったことを実現しつつある。そしてこれは、きたるべき省エネ・省資源という避けられない課題に対して極めて有効に機能するであろう。

(4) 高齢化,高教育化社会への対応

明日の日本,更にやがては世界においても,必ず解決を迫られるボトルネックは,人口の高齢化と高教育化である。それは一方において,ダーティワーク離れであり,社会の変化に対応するための生涯教育,生きがい問題などとつながっていく。また医療や,身体不自由者の問題など,過去に経験を持たなかった新しい課題をつくり出すことになってきた。そのための情報技術の適用は,医療分野などに著しい例を見ることができるものの,現在では問題点の抽出すら,整理されていない段階であって,これは次の課題とも密接に関連づけて解決を迫られることとなるであろう。

(5) 社会の情報化と人間とのかかわり合いの改善

日本はこれまでのところ情報化による問題の発生は少なかった。しかしながら、過去においてうまくいったということが、将来に対しても同様のことを約束しているということにはならない。情報化の発展は、人々の生活と社会活動が、コンピュータに依存する程度を大きくするということを意味する。今日のコンピュータは甚だ固いもので、ワンステップのミスも許されないが、それとつき合う人間はソフトな存在である。

従って第5世代のコンピュータにおいて、これまでのように、人間が機械に近よらなくては使えないというのではなく、機械の方から人間に近寄ってくれるといったことが、その方向づけとして重要なものとなるであろう。

### 5.1.3 システム化技術研究分科会の前期活動成果

社会環境条件研究分科会における分析の結果を踏まえ、第5世代コンピュータへの要求機能を明確にするため、昭和55年度のシステム化技術研究分科会では、将来特に重要と思われる代表的な分野について次のようなワーキング・グループ(WG)を設定し検討を行った。

(1) オフィス・オートメーション WG

オフィス・オートメーション(OA)は,オフィス・コストの増大,既往のEDPシステ

ムの限界,ドキュメントの氾濫,オフィス・ワークの複雑化と労働力の短期戦力化への要請,各種単純機器の混在等を背景として,最近,一層の注目を浴びるようになってきた分野である。

本ワーキング・グループは、オフィス・オートメーションに対する意識の進んでいるユーザ12社の訪問調査を行い、OAのコンセプト、ニーズ、ボトルネック、1990年代のOAに対する要請等について意見を聴取し、その結果を踏まえて1990年代のOAのイメージをまとめるとともに、第5世代コンピュータへの要求機能を分析することを試みた。

#### (2) $C \land E / C \land D \lor W G$

エンジニアリング分野でのコンピュータ利用は、単に生産性が改善されるということだけではなく、新しい知見を見出すための手がかりを与えるという意味でも重要である。航空機の開発、原子力研究におけるシミュレータとしての機能、また超LSI設計のためのCADはその仕事のスピードと質をきめるという決定的条件となった。コンピュータと対話しながら予見を確かめ設計をまとめていくという作業は、高機能・高性能コンピュータの重要なジャンルである。

本ワーキング・グループは、これらの分野における第5世代コンピュータへの要求仕様を 抽出する作業を行った。

#### (3) DSS/DBS WG

データベースは知識処理とならんで意思決定支援システム(DSS)の重要な柱である。 わが国のコンピュータ利用の中で欧米との大きな違いがデータベースにあるとされている。 しかしながら、どのような利用形態にせよ、データベースがその名の通りベースとなるため の方法論と、これを実現するためのアーキテクチャの構成などまだすべて明らかにされてい るとは考えられない。

また、企業経営のような集団活動においてはもちろん、個人についても計画をたて、決定を下すという仕事は、情報を扱う作業そのものであって、これからのコンピュータ利用のひとつの大きな課題である。だが、しかし、それには決定とは何か、そこでの情報処理をどうするかの本質的問題から取り組まなくてはならない。

本ワーキング・グループは、これらの問題について、基本的な問題から掘り下げて検討を ・ 行った。

## (4) DDBS WG

分散データベース・システム(DDBS)は,通信回線利用の高度化と多様化に伴って,将来の標準的スタイルとなるであろうといわれている。しかしながら,これはそのように予想されているだけであって,集中型との比較,これを実現する場合の問題点・方向づけなどは、まだ未知のままである。

本ワーキング・グループは、これらの問題について技術的解決法を含めて研究を行った。

# (5) 知能ロボット WG

ロボットは、現在主として生産の場にしか使われていないが、半導体の進歩、新しいセンサー技術の開発などによって、今後は社会活動の中にどんどん組み込まれていくであろう。本ワーキング・グループはこれまでのロボットに対して、知能化されるとはどういうことか、また、そのために必要な技術的条件は何かをさぐり、第5世代コンピュータへの要求機能を明確化しようとするものである。

一方、現在のコンピュータ・ユーザが日常感じている問題点から、第5世代コンピュータ への要求機能を探究するため、ヒアリングによるユーザ・ニーズの実態調査を実施した。

### (6) ユーザ・ニーズの実態調査

コンピュータには多様な利用形態があるが、事実は小説より奇なりの如く、ユーザでは通常思い及ばない高度な利用や新しい使われ方をしていることがよくある。コンピュータ・ユーザをヒアリングすることにより、現在及び近い将来におけるユーザの高度利用形態、コンピュータへの要請及び問題点を探ることにより、ニーズに基づいてユーザが望むコンピュータ像を調査した。

# 5.1.4 システム化技術研究分科会の後期活動成果

システム化技術研究分科会では、前期の応用システムのイメージ作りに引き続いて、以下の4つの点について検討を行った。

- ① 第5世代コンピュータ・システムの実現によってもたらされる波及効果ならびに予想される新たなニーズについての調査検討
- ② 第5世代コンピュータのシステム化技術及び開発支援技術についての検討
- ③ 第5世代コンピュータにおけるデータベース・システムの検討
- ④ プロジェクト管理についての検討

以下に,調査結果の概要を述べる。

### (1) 波及効果

第5世代コンピュータが実現したとき、それがどのようなインパクトを社会のそれぞれの機能なりシステムに与えるかについての予見については、かなり決定的に言えるものもあれば、シナリオ的なものしかつくれないものもある。しかしながら、その波及効果についての予見は、今日の時点において、あらゆる面から行っておくことが必要である。

システム化技術研究分科会では,以上の観点から,社会システム,産業システム,国際化のそれぞれにおける波及効果,および個人との対応について検討を行った。

各論については、システム化技術研究分科会報告書を参照していただくこととして、ことでは、その概要を述べる。

① 低生産性分野と高生産性分野との格差からくる社会的歪みの解消

製品・サービスその他あらゆる商品価格の上昇は、生産性の上昇と反比例している。従って、生産性の向上をはかることのできない分野はその対価はますます上り、ついには我慢できないところまできてしまう。その結果は、この社会から消滅するか、又は社会的地すべりのところまでいってしまうことは確実である。

この場合、第5世代コンピュータはすべての分野に対し、極めて有効に機能することが期待される。それは、当初は人間の筋肉労働のおき替えに始まり、やがて知能化することによって、全く新らしい利用分野が次々と開拓され、社会の生産性を高め、価値の歪みを取り除くために有効に機能するに違いない。そしてそのインパクトの例としては、例えば、農業漁業は食糧産業という形態に変わって、日本の食糧自給のために有効に機能する糸口をつかむといったことである。

医療・教育の生産性の低さも第5世代コンピュータによって改善される期待は大きい。更に期待されるのは商流の問題である。商流とは情報流通そのものであって、第5世代コンピュータへの期待は一段と大きなものがある。

# ② 人間の能力の拡大

生産性の向上は、これまで人間の労働の効率の改善ということだった。今後は機械にやれることは機械にやらせて生産性を高め、人間は人間にしかできないことにその力を集中すべきである。第5世代コンピュータは、更に人間にしかできないことの知的能力を増幅するために重要な役割を果たすことが期待できる。DSS、CAE/CADなどはまさにその代表的な分野であるといえよう。

#### ③ 個人へのインパクト

今日の情報化社会においては、数多くの情報がはん乱しているように思われる。そして、人々がその中から必要な情報を適切に入手し、しかも偏りなく判断するためには、かなりの努力を必要とし、しかもその結論の正当性についての一般的保証が得られないままである。このことは人々に情報利用についての不信感を与えることにもなりかねない。

これは情報技術の進歩から見るとき、甚だ不幸なことである。第5世代コンピュータへの期待のひとつはこのような個人と情報との関連についての飛躍的な進歩である。コンピュータについての専門的知識の修得なしに、誰もがコンピュータと対話ができる。しかも自然言語で語りかけても、こちらの考えを理解し、適切な答えを与えてくれる。

これまでは人間が機械に合わせなくては何もしてくれなかったが、今度は機械の方から 人間に近寄ってきてくれるのである。

#### ④ 新らしい社会

来たるべき新しい社会がどのような姿になるかのすべてを予見することはむずかしい。 しかし1990年においては、社会環境条件研究分科会においても指摘された多くの課題 は、第5世代コンピュータの実現によって解決していることを期待したいし、恐らくそれ は可能であろう。それよりもこのことがトリガーとなって、今日では考えてもいなかった ような望ましい現象の実現することも確かだと考えている。

(2) 知的システムのニーズ

前期におけるユーザ・ニーズの実態調査に引き続いて、後期は第5世代コンピュータに関係が深い知的システムに対するヒアリング調査を実施した。

その結果,第5世代コンピュータ・システムへの期待は極めて大きかったといって良い。ヒ アリング調査の概要は以下のとおりである。

"従来の計算機に代り、新しいアーキテクチャの登場により利用分野が広がる。" "企業全体として前向きに検討すべき問題で、ニーズが出てくるのは比較的早い時期と思われる。" "利用分野はオフィス・オートメーション"という声が強い。これに続くニーズとしては、 CAD、Q/A(質問応答)システム、画像などのアプリケーションが挙げられている。 オフィス・オートメーションに望まれるものとしては、"まず人間を観察したり人間に近い装置、人間の行動をサポートする装置"を作り出すことである。 音声入力とオフィス・コンピュータの組合せ"、 "機能キーで操作できるパーソナル・ユースのコンピュータ"、 "文書のファイリングに相当する作業を自動化する"等が具体的なイメージといえようか。 関連して機械翻訳に対する期待も極めて強い。この場合の翻訳は、エンド・ユーザ型思考の "完全訳"ではなく、"80~90%合っていればよい"のであり、分野も輸出先の言語によるカタログ、見積書、契約書といった定形的文書を収上げている。ただし、この方法が純然たる自然語処理とは遠いことは認める人が多く、現実世界はそうであっても、研究の道は日本語の処理そのものだろうという声があった。

国際化の時代を迎えて、機械翻訳を別の角度から見ることもできる。まだまだ外国語にたん能とは言えない平均的社員にとって、"外国語の技術資料を理解する手助け"となったり、"外人に弱い日本人が逃げ腰で応待"しなくてもよくなるための道具として期待されているわけだ。同時通訳ができれば"翻訳の質はそれほど問題にならない"とする向きもあった。いわゆる翻訳機は何も電卓型に限らない。"中央に大型システムを置いて、加入者が同時アクセスする""多機能型"の翻訳ステーションも欲しいのである。

CAI (Computer Assisted Instruction )は翻訳だけではないが、もともと語学教育機材は非常に大きな市場なので、"機械翻訳の技術を英語の教育機器市場に向ける"ことができれば大変大きな事業となる可能性がある。

音声認識は<u>"音声を認識する段階</u>, 言語を理解する段階, 内容理解と3つの段階"があるうちで最も現実的な水準にある。これをオフィス・オートメーションに利用するには<u>"話者</u>の認識",人間のそばにあり、使い易くて親しみがもてる"親和性"等を具

<sup>(</sup>注) 下線はヒアリング時の発言内容である。

現化する技術が重要である。また<u>\*\*それぞれの段階で別の用途に対し製品化する\*\*</u>ととを考えなければならない。

第2の期待分野であるCADについては、前述の「新ユーザ市場」としての見方のほか、新技術、特に図形処理に対する話題が多い。CADがらみで<u>"図形処理の本当のニーズが出てきたが、アプリケーションは多様だ。"</u>多様性の問題に対し<u>"一社だけで開発することは困難"な面がある。アルゴリズムの開発と並行して、処理系のパワーの増加が求められており、"A4版の図形を記憶するのに1MBも必要"、"大判(A0の2倍)の図面になると32MB、処理速度を考えると100MBのメモリスペース"が欲しくなる。しかし製造業におけるCADで技術が確立されれば、狭い市場からオフィス・オートメーションのような<u>"広い市場"への期待が持てる。CAD/CAMはすでに"ブームになった"</u>感があり、これは他の新利用分野への市場開拓を考える上で重要な事実を示すものとして受取っている。すなわち"従来のように、コンピュータに対する特別な教育をしなくても、コンピュータが簡単に使えるCADAMのようなソフトウェア"が現われたからだという。</u>

知識利用の重要な方式であるQ/Aに対するコメントも多かった。たとえば "QBEは素人向けだが,実際には専門家も満足して"いる,あるいは、"英語の綴字検索"による英作文支援,などが記憶に残る。

画像については,これまでの話題と違い,一歩後退して,先の話というニュアンスがでてくる。ファクシミリは実用化しているものの,そこから先へは見通し難といった感じだ。入力についても "画像入力は簡単だが,ディジタル処理が膨大 ","リモート・センシングのような高級な処理はまだ無理","画像をたんなる白黒点の集合としてでなく,意味解釈をさせると大変"なのである。

### (3) システム化技術

第5世代コンピュータ・システムのように大規模なシステムになると、システム全体を一度に作り上げることは不可能であり、いくつかの構成要素に分割してそれぞれを半ば独立に開発し、最後にそれらをまとめあげることが必要である。このような技術がシステム化技術である。システム化技術は、またそれ自身、情報処理技術でもあり、もう1つの側面として、第5世代コンピュータ・システム上での新しいシステム化技術の追求が考えられる。システム化技術研究分科会では、このような観点から、以上の2つの面についてシステム化技術を整理し、まとめた。

整理のために、2つの軸を考えることとした。第1の軸は、素子から始まり、アーキテクチャ、基礎ソフトウエア、応用ソフトウエアと進む軸で、順に抽象レベルが上ってくる。

第2の軸は、システムの設計、開発、保守・管理と進む軸で、システムのライフ・サイクルを表わす。

この2つの軸の張る空間において、各抽象レベルでの全ライフ・サイクルにまたがるシス

テム化技術と、レベル間にまたがるシステム化技術という形で、システム化技術の整理を行った。素子レベルのライフ・サイクル技術はLSI、VLSIのCAD、製造管理、テストなどである。アーキテクチャ・レベルでも同様に、設計、開発、テスト、保守のそれぞれの段階での技術がある。基礎ソフトウエア・レベルでは、要求仕様技術、モジュール化技術、自動合成技術、改良技術、修正技術などがシステムのライフ・サイクル技術である。

レベル間にまたがるシステム化技術には,レベルの設定を行う技術と,どの機能をどのレベルで行わせるかの負荷配分技術などがある。

以上の各システム化技術に対して、以下に述べる各問題点についての考察を行った。

- ① 大規模システムのシステム化
- ② ハードウエア環境,特にVLSIへの対応
- ③ ソフトウェア問題の解決
- ④ 柔軟なシステムの追求
- ⑤ インテリジェントなシステムの追求

ここで①および②は、主として第5世代コンピュータ・システムの開発のためのシステム 化技術であり、③、④および⑤は、新しいシステム化技術の追求である。

調査の結果として、これらの種々のシステム化技術の実現にとって鍵となる3つの主要な原理を明らかにした。それらは、機能モジュール化(functionality)、抽象化(abstraction)、および成長性(additivity)の原理である。

機能モジュール化の原理は、システムの機能がその構成部品の機能のみから完全に決まる ことである。そして、その原理は部品の基本的な結合方法を定める。

抽象化の原理は、システムを階層化する際に、上位の抽象レベルに下位の実現レベルの概念を持ち込まないことである。このような厳密な階層化によって、上位レベルのプログラムのための抽象機械の純粋な機能を抽出することが可能になる。このようなメカニズムの例として、データ抽象化技術がよく知られている。

成長性の原理は,システムに機能を追加したときの影響が,ほとんど波及しないことである。この性質によって,成長型のシステムが実現可能となる。

これら3つの原理はモジュール化技術の基本である。そのうち前2者は、空間的に広がったシステムの構築法を与え、成長性の原理は、時間的に広がったシステムの構築法を与える。 このように、空間的および時間的に拡張可能なシステム構築技術が、第5世代コンピュータ・システムでのシステム化技術を大きく特徴づけるものである。

また、これらの技術の進展によって、第5世代コンピュータ・システムの開発が容易になるばかりでなく、波及効果として、ソフトウェア問題の解決、さらには、知識情報処理システムにふさわしい新しいシステム化技術の獲得にもつながっていくものである。

以上がシステム化技術についての調査結果の概要である。

つぎに、開発支援技術の調査の概要について述べる。

第5世代コンピュータの研究開発は、研究面でも新しい方法論が必要となってくる。ハードウェア、ソフトウェア、全体システムのいずれの開発を行うにしても、それに適した開発 支援システムを前段階で準備することが必要である。

ハードウェアでは、VLSI設計支援システム (VLSI-CAD)の開発が必要である。そのシステムは、プロジェクトの比較的早い段階で用意されてなくてはならない。プロジェクトの第1ステップでは、システムはLSI技術で作られるが、第2ステップ、第3ステップではVLSIによる実現を目指している。そのためにも、第1ステップの終了時である3~4年後を目差して、VLSI-CADを開発することが必要である。

ソフトウェアでは、ソフトウェア開発支援システムと知識ベース開発支援システムが必要である。開発対象となるソフトウェアは、システムの階層の各レベルにわたっており、よりレベルの低いソフトウェアは、ハードウェア化の対象となるものであるだろうし、また、上位レベルのソフトウェアは高級言語プロセッサ、あるいは、知識ベース管理システムなどである。さらに、アーキテクチャの研究に関連して、上で述べたCADや各種のハードウェア・シミュレータなどの開発も対象となる。このような上位レベルから下位レベルに至るまでのソフトウェアを開発するためには、ソフトウェア開発支援システムを準備しなければならない。また、知識ベースの開発は、非常にレベルの高いソフトウェアの開発と考えられ、基本応

また、知識ペースの開発は、非常にレベルの高いソフトウェアの開発と考えられ、基本心用システムあるいは他の応用システムの開発に欠かせないものである。従って開発支援システムとして知識ベース開発支援システムを比較的早い段階で用意しなければならない。

以上2つの開発支援ソフトウェアを短期間に作成するためには、関数型言語及び論理型言語を使用できるパーソナル・コンピュータを準備することが必要である。

全体システムの開発を支援するシステムとしては、コンピュータ・ネットワークが有効である。これは、第5世代コンピュータ・システムは高度な分散処理機能をもつものと考えられるためである。コンピュータ・ネットワークには、ローカル・ネットワークとグローバル・ネットワークがある。ローカル・ネットワークは、各種専用計算機を高速回線によって結合するもので、機能分散方式によってシステムを開発する際の核となる。また、グローバル・ネットワークは、分散データベースと共に、全国各地で研究開発されたユーティリティを相互に利用するための、資源共有に重点を置いたネットワークである。

上で述べた研究開発用パーソナル・コンピュータは、ローカルあるいはグローバル・ネットワークに結合されて使用される。全国各地で研究開発用パーソナル・コンピュータを利用することによって、初めて研究成果の蓄積および相互利用が可能となるであろう。

これまでに述べてきた開発支援システムは、いずれも関連する研究開発課題の初期段階に おける開発目標とも一致している。すなわち、それらの各システムは、緊急に開発すべきシ ステムであると同時に、将来のより高度なシステムを作るためのツールとしての役目を果し ている。

# (4) データベース・システム

システム化技術研究分科会では、システム化技術関連の研究課題として、データベース・システムおよび分散データベース・システムをとり上げ、検討を行った。データベース・システムに関する技術の研究開発は、それ自身が非常に重要な課題であると同時に、第5世代コンピュータの研究開発にとっても極めて大きな意味をもっている。たとえば、素子技術に関するデータベースやアーキテクチャ技術に関するデータベースを整備しておくことができれば、アーキテクチャのシステム化技術の研究開発に非常に役に立つし、プログラムのデータベースはプログラムの自動合成にとって主要な働きをするであろう。さらに、自然言語理解システムでの辞書データベースや、図形画像応用システムでの画像データベースなど、データベースシステムは第5世代コンピュータの研究開発にとって必要不可欠なものであるといってよい。

データベースおよび分散データベースに関する検討結果の概要を以下に述べる。

- ① データベース・システムへの要求
  - a. 処理対象の変化

従来の文字/数値データに加えて,新たに画像,図形,音声,アルゴリズム等の多様な形態のデータを扱えることが必要となる。

## b. 管理形態の変化

従来のDBSは統合化を主要な概念としてきたが、今後の応用の中心と考えられるOAやCADでは、扱かうデータの局所性が高く、かつ他のアプリケーションとのデータの一致性が、それ程必要とされなくなる。また、セキュリティ、プライバシーの面からも、1人のデータベース管理者にデータを集中管理させることに問題がでてくる。そこでは、アプリケーション毎に、必要なデータを統合化していく管理形態が必要となる。

#### c. 可変成分の変化

現在のDBSでは、スキーマは不変であり、可変成分は、データベース中のデータの みであるが、将来は、スキーマ自身動的に変化し得ることが必要となる。

## d. 利用目的の変化

現在のDBSでは、整理されたデータを出発点として、そこから必要な情報を取り出すことが目的であるが、将来は、データの整理の仕方を支援したり、問題に対する発想を支援できることが必要となる。これは、c.のスキーマの変更にもつながる。

- ② 研究を必要とする要素技術
  - a. メモリ管理

新デバイス(VLSI, バブル, ビデオ・ディスク等)とアクセス法

b. ヒューマン・インタフェース

ユーザの問題解決をサポートするためのインタフェース技術,対話技法,言語(QBE, CUPID, 自然言語 etc),端末等

c. 通信処理

DBS間の通信処理(分散型データベースシステム)の方法。図形,音声,画像,イメージで,信号等,種々の新データの統合通信法。

d. DBSの管理機構

柔軟なDBS管理機構,進化型DBMS

e. 新データの処理管理機構

図形,画像,音声,アルゴリズム,イメージ等の新データの処理管理機構

(5) プロジェクト・マネジメント・システム

第5世代コンピュータの研究開発は、国家的、社会的ニーズにもとづいた新しいコンピュータ技術の追求と、新システムの開発を目的としている。国家資金を利用して行われる大規模な研究開発が効率的かつ確実に、スケジュール及び予算に沿って運営されるためには、プロジェクト・マネジメントのシステム化は必須である。

このような考え方に立ち、第5世代コンピュータ研究開発プロジェクトに参考になりそうな内外の巨大プロジェクトにおけるプロジェクト・マネジメント・システムの事例を調査した。

第5世代コンピュータの研究開発では、基礎研究が重要な位置を占め、応用研究に引きつがれ、開発研究の結果が基礎研究にフィード・バックされる。分散する研究所、作業室に依存しての成果の評価を行うには、フィード・バック・システムあるいは関連しあう研究相互間の影響の評価と成果の伝達などを考慮するとともに、そのマネジメントは、リスク、単価、予想外のアウトプットの組入れなど、ダイナミックなマネジメントが必要である。

先行したマネジメント・システムの実際の応用例をふまえ,新たなマネジメント技術を創出し、複合を図り進める必要がある。

欧米にはいくつかのすぐれたプロジェクト・マネジメント・システムがみられる。外国のマネジメント・システムがそのまま日本で役に立つとは考えられないが,基本コンセプト,各種手法,チェック・ポイントなどは見習うべき所も多いものと思われ,米国の大型プロジェクトである,米国連邦政府 ERDA の PMS, NASA of IPAD (Integrated Programs for Aerospace vehicle Design ),米空軍の ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) 等の事例を調査した。そして,これらのプロジェクト・マネジメントの事例にもとづき,キー・コンセプトから評価システムまでを調査・研究した。ここでは,マネジメントに関する教育,責任組織,システム化の方法などについても調査した。

#### 5.2 基礎理論研究分科会

## 5.2.1 問題意識

第5世代コンピュータを考えるとき、「基礎理論」の役割は何であろうか。すでに提案されているイメージが存在するとすれば、それを(理論的に)基礎づけるという役目があるであろう。しかし、そのイメージが模索中である段階では、もっと積極的な役割が期待されよう。

コンピュータ誕生の頃,理論の側からの大きな寄与があったのは確かである。エレクトロニクス(当時では電子技術)だけでなく数理論理学や神経生理学の成果が巧みに活かされたのである。論理学について言えば,チューリングの理論が汎用マシンのイメージ確立に寄与しているし,生理学でのマカロックピッツのモデルは理論素子の概念に結びついている。これらがノイマンらによって巧妙に統合され,現在のコンピュータの骨格が形づくられた。

しかし、その後のコンピュータは、むしろ工学的に自律的に発展してきた。オートマトンの 理論形式言語の理論などがあったが、それらがコンピュータの進化を直接導いたとはいいがた い。むしろ、コンピュータ工学は、既存の理論より豊富な内容をつくり出してきたといえる。

その内容の形式化(理論化)が本格的になったのは70年代に入ってからである。これは「ソフトウェア基礎論」の分野である。この動きは現在発展中でまだ完結してはいない。コンピュータ技術が生み出したものを整理中の段階といえる。しかし一方で、その進展は新しいマシン(アーキテクチャ)のイメージをはらみつつあるように見える。

ところで、ソフトウェア基礎論とは一応独立に、新しいマシン・アーキテクチャへの模索も70年代に入って活発化している。このような試みで注目されるのは、データベース・マシンの研究とデータフローマシンの研究である。これらをここで特に注目したいのは、それらが、ソフトウェア基礎論の動きと同調する動きを見せはじめていることである。従来のアーキテクチャの着想では、そのような結びつきが必ずしも明確でなく、その故にか散発的な提案にとどまっていた。新しい見方に立てば、従来の多くの提案を有機的に統合できるように感じられる。

データベース・マシンとデータフローマシンの研究自体、これまでのところそれぞれ別個のサークルで進められている。これに関しても、ソフトウェア基礎論を媒介にすれば、統一的な見方が可能と見られる。このような見方は、現段階では、予感ないし仮説というのが正直であろう。しかしながら、現世代に連続的に接続すると大方に予想されている第4世代ではなく、その次の第5世代コンピュータを構想するには、そのような発想の飛躍もまた必要であろう。その段階では、基礎理論的な見方がふたたび導きの糸になると思われる。

現在のコンピュータ・システムに対する不満は諸々に聞かれる。コンピュータ技術のサイドから反省しておくべきことの一つは、現在の技術はユーザにとって真に「使いやすい」という。

理想にほど遠い、ということであろう。

「使いやすさ」に関する一つの要因は,人と機械の間のインタフェースである。人の側からの自然な会話媒体は,一つには図的な会話であり,また自然言語による会話であろう。その実現には単なる入出力形態の拡張だけでなく,システム自身の高機能化が必然的に必要になってくる。

一方,「使いやすさ」の要因として,会話形態の高度化だけでなく,システムに内在する機能の高度化も必要である。それはスローガン的に言えば,「知識」の組み込みといってよいであろう。

現在のコンピュータ技術では、問題解決のほとんどの所を「プログラム」にしなければならない。問題の対象領域に関する情報、さらにはそこでの「法則性」を組み込めば、コンピュータ・システムの問題解決能力は一段と向上するであろう。そのような情報は人間の側で「知識」と呼ばれるものに相当している。理想の実現には多くの段階を経なければならないが、その方向へ一歩ふみだす(試みをすべき)段階に来ているのではなかろうか。現在の技術の連続的進歩への楽観論が減りつつあるのは、従来技術のある種の成熱を示すものである。それは世代の飛躍への非観論を生んでもいるが、一方で、新世代への機が熱しつつあると見ることもできよう。

「知識」の組み込みも「使いやすさ」への一つの道である。それとともにこの課題は,自然言語のような会話形態の高度化と深く結びついている。人間にとっても言語と知識は分ちがたい形で存在している。

ところで、知識や言語を介して高機能を実現するという課題は、70年代において、いわゆる「人工知能」研究の主テーマであった。もちろん、その研究によってこの課題が解決されたわけではない。これまでの研究を整理し、さらに発展させることが必要である。それとともに、第5世代コンピュータを考えるときの素材がことにもある。基礎理論を「数学的」理論と限定しなければ、これも広義の基礎理論といってよいであろう。

人工知能研究は、自然言語や知識の利用という高機能の実現だけを問題にしてきたのではない。それを実現するメカニズムへの意識が必然的に伴う。たとえば、人工知能用「ブログラミング言語」の問題がある。その決定版が確立されているわけではないが、そのような意識にもとづくプログラミング言語の提案は、新しいマシン構成にとって示唆に富むものである。

興味深いのは、そのような提案が、別途進んできたソフトウェア基礎論からの提案と共鳴しはじめていることである。これまで別分野として進んできた研究から、共通のイメージが生まれつつあることは、新しいコンピュータ像を予感させる。

前述したデータフローマシンは(現状のままでは不充分であるにしても)その結節点にある。 一方、人工知能における知能表現論は、データベース構成論と密接な関係を持ちはじめている。 データベース・マシンも(これまた現状のままでは不十分であろうが)一つの結節点をなす。 これらの現象は、高機能実現の問題からも新しいマシン像が導かれてくるという見方を許す ように思われる。

これまでのコンピュータ(の大多数)の基本原理は、「ノイマン型」であるといわれる。そこで、一方では現在のコンピュータの欠点はノイマン型にあるという議論があり、他方ではノイマン型の良さを忘れるべきではないという議論がある。ノイマン型とはいったい何かという議論もある。

ここで、ノイマン型の原理というのは、ハードウェア(構成)の単純化の原理であるととらえたい。一様な構造の記憶装置と、単純な演算制御装置の組合せに帰着させる所にその構成法の基本がある。複雑な(高度の)機能の実現は「プログラム」(ソフトウェア)にまかされる。プログラム自身、単純な構成の記憶装置に収容され、その実行法も単純である。ノイマン方式の良さも一方での不満もそれに起因するといってよい。

汎用マシンを単純な構成によって実現する方式は、当時の、また最近までの電子技術の水準に合ったものであった。たとえば、ラムダ計算などを直接実現しようとしたとすれば(汎用) コンピュータの実現は大いに遅れたであろう。

ノイマン型からの離脱は、知的興味は別にして、工学的にはそれ自身が目的ではありえない。 むしろ、問題は、ノイマン原理が「プログラミングの困難さ」を本質的にひき起しているか否 か、ということであろう。

単純なプログラムであれば、ノイマン型でも難しいわけではなく、人間にとって理解困難でもない。問題はプログラムが大きくなるときの困難さである。このために「新しいプログラミング・スタイル」が70年代に入って提唱されはじめた。「関数型」、「関係型」と称される「論理型プログラミング」の提唱である。

それらは、まだ議論の余地があるが、強い問題意識の表明ということができよう。しかも前述のソフトウェアの基礎理論の進み方と関連している、その提案が「ノイマン方式」への反省に裏づけられていることが注目すべき点である。

実際、前述のデータフローマシンの考え方はこの論理型プログラミングと結びつくのである。 非ノイマン・アーキテクチャの有望なあり方として、データフローマシンが注目をあびている のは、これが有力な一因になっているからである。

それとともに、ハードウェア技術の進歩(超LSI化)は、必ずしも単純な構成にこだわらなくてもよい、という段階にさしかかっている。むしろ、それをよりよく活かす道が模索されはじめられている。新しい提案は、この線上にも乗っている。

このように、非ノイマン型アーキテクチャへの関心は、これまでの研究のいくつかの流れか

ら跡づけることができる。とはいえ,非ノイマン型への指向のみで問題が片づくわけではない。 高機能を実現するためには,高機能プロセッサがハードウエアとして実現されたものとしても その上にさらに高次のソフトウエアが必要になるだろう。

また逆に、高次の機能を実現するために、高性能プロセッサがかならず必要となる。

#### 5.2.2 経 過

基礎理論研究分科会における2年間の調査研究は、上記のような問題意識のもとに進められた。第一年度は、"知識情報処理システムに向けて"という大きな方向づけと、その方向を目指すシステムのイメージ化、それを構成する技術要素の基礎的な検討を行った。第二年度は、知識情報処理が第5世代であるという想定のもとに、システム・イメージの具体化、研究・開発課題の設定と詳細化、研究・開発手順等、知識情報処理システムの実現への構想を明らかにした。

なお,分科会の活動を補完する目的で,次のようなワーキング・グループを設け、個別のテーマを詳細に検討した。

第一年度: 1. 自然言語処理

2. 知識ベース・システム

3. ソフトウエア工学

4. マシンの理論

5. 仕様記述,並列プロセスの理論

6. 機械翻訳

第二年度: 1. 自然言語処理

2. 知識ベース

3. マシン理論

4. 情報基礎論

# 5.2.3 知識情報処理システムに向けて 一 第一年度の活動成果 —

70年代において蓄積されてきた基礎的研究の成果, ハードウェア技術の進歩およびその他の情勢から考えると,新しいコンピュータとその上での情報処理体系を構想してよい時期に来ているように思われる。

ここで大胆に提言するとすれば、それは「知識情報プロセッサの実現」にまとめてよいのではなかろうか。それは新しいアーキテクチャ(非ノイマン型)の可能性、言語情報・知識情報利用の可能性をまとめて追求しようとするものである。

# 5.2.3.1 システムのイメージ

知識情報処理ジステムの機能的なイメージを、人間・機械インタフェースと問題解決能力の二つの側面から考える。

人間と機械のインタフェースについては自然言語、図形などを介して、自然な形態でコンピュータと会話できる機能があげられる。自然言語の入力手段としては、タイプ入力だけでなく、文字、音声による人力が必要であろう。図形入力としては、手書き人力や画像入力が望まれよう。このような入力によって会話するには、システムはそれらの情報から「意味」をくみとらなければならない。

さらに、メッセージの意味の理解にとどまらず、システムは、質問に答えたり、またときには助言をする能力をもつ必要がある。また、質問の意図をくみとった間接的な答や要素的な答もほしくなる。こういう能力を次々に実現していくことが、真に知的な会話能力を持たせるということであろう。

一方,質問に応答したり,要求を適切に実現するには,内容的には「問題解決機能」が必要である。ここで,「問題」についての人間とコンピュータの相互了解が重要になる。コンピュータは人間の理解に合わせた形で問題を理解していなければならない。これは,問題領域についてシステムが「知識」を有していることに他ならない。このような相互了解(そのレベルはさしあたり低次にしても)は,人間とコンピュータの協調の基礎である。先進的なCAD(設計システム)にはそのような機能が必要になろう。そのような共通知識は円滑な会話の基礎でもある。

とのようなシステムでも,高次の問題解決に人間の指示が必要になる。いくつかある解決戦略の決定には,コンピュータによる仮説検定だけでなく,人間の高次の判断が有用であろう。

戦略決定に関する仮説の設定と検定の機能は重要であるが、一方、不完全な知識の取扱いと 関連して難しい研究課題である。

問題領域について新たに知識を獲得追加していく機能も重要である。第一は統合性の問題で、既存の知識に矛盾なく融合して組み入れる問題である。第二はデータの集合から法則性を発見していく「帰納的推論」の問題である。これらは学習の問題ともいえる。さらに、人間自身から知識を受け入れる問題もある。人間自身きちんと整理した形で物事を理解しているとは限らない。これは、ソフトウェア工学における要求分析の問題と似ている。

との知識の獲得システムは、知識情報処理システムのための支援システムとも考えられるが、 より高次の知識(メタ知識)システムとも考えられる。

上述のような機能を実現するシステムの概念上の構成について、ソフトウェア的、ハードウェア的要件を考えてみる。

知識情報処理システムにおいても、蓄積されるソフトウェアの量は厖大になろう。そのためにも

学習機能のような柔軟な拡張機能が要求される。処理の内容としては高度の非数値(記号)処理が要求される。これは「推論」であるが,これには非決定的なアルゴリズムが本質的になる。これを効率的に実行するにはハードウェアの助けも必要であるが,ソフトウェアの構造・品質にも大きく依存する。このための技法は,ソフトウェア工学の分野で生れつつある。一つは,データ抽象化とそれに基づく階層的なプログラミングの考え方である。これは問題の複雑さを大幅に減少させる。第二の考えは,ルールに基づくプログラム変換の技法である。これにより,抽象から具体への変換の道がひらかれる。これらの考えは,知識情報処理の枠組に自然に組込まれる。

ハードウェア的な要件としては、推論を高速に実行する高次の「記号処理マシン」が望まれる。これには、パターン照合機能、非決定性処理機能、それに伴うガーベッジ・コレクション機能(記憶管理機能)などが含まれよう。非決定処理は、後戻り機能としてだけでなく、並列処理の一つのあり方として考えられる。このようなマシンは推論マシンといってよい。

第二の重要なハードウェア要素は、データベース・マシンである。推論システムとの整合性などから、関係データベースが最も有望である。その検索機能に関しては、関係代数演算を直接 実行する、関係代数マシンが構想される。これも一種の推論マシンである。

これらの延長上に、(ハードウ アとしての)第5世代コンピュータがイメージされるであろう。それは、知識情報プロセッサであり、システムとしては知識情報処理システムとなる。 次に応用システム的な観点から眺めてみよう。

第一に、設計システムという応用分野をとりあげる。設計作業は全体として知的な活動であるが、それへのコンピュータの援助は現在のところ低次元にとどまっている。設計活動は対象によって変ってくる。

たとえば、機械設計(CAD/CAM)では図的な情報の入出力が必要である。しかし、それは最低限の要件であって、コンピュータ援用を高度化するには、対象世界に関するモデルを数多く蓄積し、それを活用する必要があろう。その情報は「知識」といってよい。さらに、その知識を活かすために、要求仕様から具体的なデザインを実現するための「問題解決」機能が必要になる。近い将来に実現されるであろうCADシステムはともかくとして、将来の高機能のCADには知識型の処理が必要になってくる。ここでは円滑な対話と知識の活用が本質的で、「知識情報プロセッサ」はそのベースとなるであろう。

設計の対象は様々である。機械設計とは離れた分野で「材料設計」という問題がある。要求される特性をもった新材料を「発明」するのには、材料に関する基礎知識(知識ベース)が必要で様々な組合せの中から所望の特性を発見していく。それをコンピュータで援助するにも、知識型の情報処理技術が望まれる。

一方、「プログラミング」や「チップ設計」というものも、コンピュータに密着した設計分

野である。これの高度化にも知識型の処理が期待されている。また、これら自身は、知識情報 処理システム実現のためのツールでもある。

第二の応用分野として、「コンサルテーション」という応用分野を挙げよう。実例としては、 医療の分野でMYCINというシステムがある。

これは、数多くの新薬についての知識を持ち、症状に応じて医師に投薬の「助言」をするシステムである。助言のためには診断のルールを持っている必要がある。これは、医師のもつ知識(の一部)をシステム化したものである。このシステムはさらに、助言の根拠を「説明」するサプシステムをもっている。

このような機能を果すために、このシステムは事実やルールに関する知識ペースをもっているとともに、それを働かせるための「推論システム」を有している。この推論システムはもちろん現在は現行のコンピュータ上ではシミュレーションによって実現されている。そのため効率の問題があり、それに伴って活用できるルールも数百という規模にとどまっている。ここで提案するような知識情報プロセッサが実現されれば、その性能は大幅に向上するであろう。

医療に限らずMYCINのような考え方は教育のような分野でも有用である。かってのCAIはたちまち限界にぶつかったが、それを真のCAIに発展させるためには、まさに知識のルール化を通した、知識情報処理が必要である。同様のことは、かってのMIS (経営情報システム)にも言える。その提案は時期早尚にすぎた。それを実現するには、各種の経済モデルや組織モデルを組み込んだ高度の知識情報処理を前提にしなければならない。MIS の精神を復活させるには知識情報プロセッサやそれを核とする知識情報処理の技術体系をまず確立しなければならない。

これと同様のことは、第4世代的なオフィス・オートメーション(これは自然の勢いとして実現されていくだろう)を越えた第5世代的オフィス・オートメーションについてもいえるであろう。

これらのシステムでは、知識とそれをベースにした推論が中核となるが、それとともに会話 形態として、また知識の表現形態として「自然言語」が本質的に必要になる。それは、我々の 場合「日本語」である。

これは,「日本語マシン」の問題意識につながる。この場合,日本語の表層的な処理だけでなく,さらに進んだ処理が必要になる。

漢字かなのような「字」を中心とした入出力や処理は現今「日本語情報処理」として大いに開発されつつある。これは近い将来にも広く普及し、定着することになろう。しかし、その段階の先では、真の日本語情報処理のために、「意味」に立ち入った処理技術が要望されるようになろう。それは、自然な会話のために必須のものである。それと同時に、意味理解自身、知識ベースとそこでの推論を中核にして実現されるであろう。

とこで述べた応用分野は、網羅的ではないがこれを通じても、知識情報処理が、新世代の情報処理そのものであることがうかがわれよう。

#### 5.2.3.2 研究課題の設定

知識情報処理システムの実現のためには、イメージの精密化と実現ステップの精密化が必要である。そして、その道程で数多くの研究課題を解決していかなければならない。大別すれば、

- (1) 日本語を含む自然言語の研究 言語構造,理解過程,会話のモデル等の研究
- (2) 知識の表現と推論に関する研究 データベースと論理の関係、大量知識の取扱い、(小量)複雑な知識の取扱い、それに 併う新しい論理の開発。
- (3) 新コンピュータ・アーキテクチャの研究 データフローマシン、データベース・マシン(関係代数マシン)のスキームの一層の展開。 推論をベースにしたマシン(推論機械、推論エンジン)のアーキテクチャの究明。 並列アル ゴリズムの研究。
- (4) ソフトウェア工学の研究

仕様記述,検証,プログラム変換の研究。意味論の展開と応用。第5世代におけるソフトウェアのあり方。

このような諸研究を精力的に発展しなければならない。これは80年代を通して発展させ、90年代に向けて結実させるべきものであるが、それとともに、70年代を通して、その基礎部分が展開されてきたことを忘れてはならない。知識情報処理への道は新しい世代への飛躍でもあるが、それと同時に、研究努力からすれば過去の遺産を継承発展させるという観点から見ることもできる。その意味で、知識情報処理への道は、地に足のついた考え方でもあり、情報処理技術の必然的な発展方向であるということができる。問題は、むしろ、立ち止まるか、前進するか、ということであり、二つの道があるというわけではない、と考えられる。

## 5.2.4 知識情報処理システムの実現を目差して 一 第二年度の活動成果 一

第一年度の成果を踏え、第5世代コンピュータ・システムを知識情報処理指向のコンピュータ・ システムと設定し研究開発課題及び実現の手順を詳細化した。

#### 5.2.4.1 システムの構図

情報処理の基本機能として,情報の管理,情報の処理・加工,情報の伝達・交換がある。

伝達・交換機能には、人間とシステムとの対話機能の他に、ネットワークを介してのシステム同志のものもある。管理機能は、単純なデータの蓄積と検索から、知識の獲得・利用へと進化する。処理機能は、数値計算や事務計算のように指示された手段を唯実行するというものから、高度な問題解決へと進化する。問題解決機能は、"こうしてほしい"という要求が与えられるが、その記述は、問題領域の知識や一般常識をシステムが持っていることを前提としたものである。このため、問題解決システムは、それらの知識を用い、不足した情報を補い、どうすれば要求に答えられるかを探索・推論する。そして、求められている解答を生成する。対話機能は、データのやり取りという交信から、メッセージの意味を理解し合う会話となる。そのメッセージの媒体も、音声、自然言語、図形、画像と多岐にわたる。この機能的構成要素から見た、システムの内容動作を、現世代の最もポピュラーなものと比較し図5-1に示す。

各構成要素に対して,基本機能の進化の有様を示したのが図5-2である。

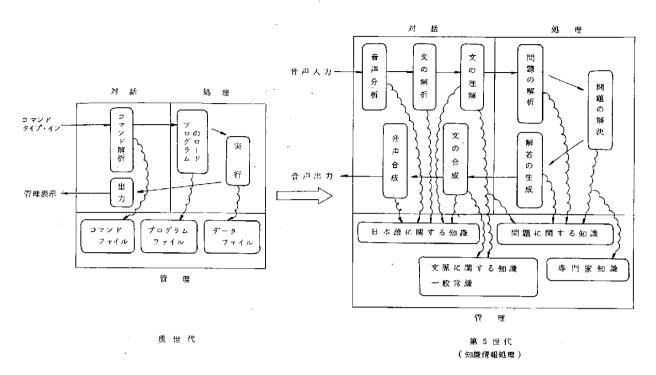


図5-1 機能イメージの進化

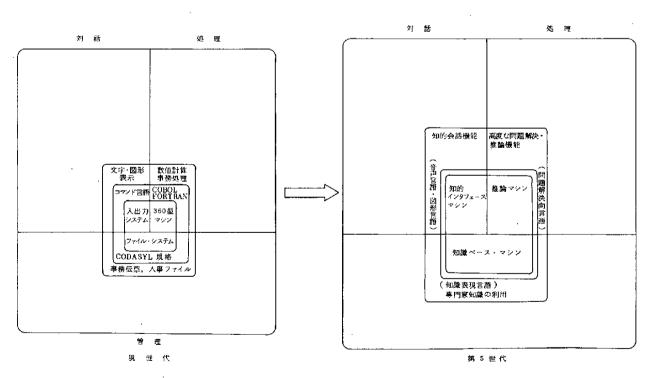


図5-2 構成要素から見た進化

# 5.2.4.2 実現のための研究・開発課題

前期のシステム・イメージの実現を図るため、3 グループの研究・開発課題を設定する。各グループの概要は、以下のとおりである。

(1) 基礎ソフトウェア・システム

基本機能(管理,処理,対話)のそれぞれに対応し、システムの中核ソフトウェアとなる。記述系、アルゴリズム、基本ルール等を研究・開発する。これらは、知識情報処理システム目標機のアーキテクチャを規定すると同時に、オペレーティング・システムの核となるシステム群の仕様となる。

(2) 知的システム化支援システム

目標機の開発および、その上に様々な応用システムを構築していくための知的なツールを研究・開発する。厳密な仕様記述と検証システムが大きな役割を果たし、新論理系と推論機構、 仕様記述方式の研究・開発が主要なテーマである。

(3) 基本応用システム

それぞれの機能(聞く,話す,見る,描く,考える,解く)を代表する基本的な応用システムを研究・開発する。本システム自身が,非常に広い適用範囲を持つものであると同時に,各基本応用システムを構成するプログラム・モジュール群や知識ベース群は,それぞれが高い利用価値を持つ部分品となる。さらに,基礎ソフトウェア・システムで提案される記述系,アルゴリズム等や知的システム化支援システムを具体的に実証するという役割も持つ。

各グループの課題の概要を以下に述べる。

- (1) 基礎ソフトウエア・システム
  - ① 知識ペース管理システム

人間の持つ知識を一定の形式で表現してコンピュータ内に蓄積し、利用することによって、問題解決のプロセスにおいて人を援助する知的コンピュータの技術を確立する。開発の方針としては、特定の問題分野に依存しない汎用のシステムを目指し、かつ既存のコンピュータ技術および、蓄積された情報の利用を保証しつつ、新コンピュータへの円滑な移行が可能なものとする。

研究・開発すべき基本技術は次の通りである。

- a. 知識の表現とその蓄積の技術。
- b. 問題解決のためにその中から必要な知識を検索し,利用する技術。
- c. 人間の持つ知識を移植し,また人間の知識の増進に応じて蓄積された知識情報を更新・挿入・削除する技術。
- d. 知識ベースマシン
- ② 問題解決・推論システム

知識情報処理システムでは、指示された手順のみに従った融通性のない処理から、与えられた問題を理解し、自らその解決へ向かっての推論を進めながら処理を行う、いわゆる知能的処理機能を有するようになる。

研究・開発すべき基本技術は、次の通りである。

- a. 問題解決・推論アルゴリズム
- b. 問題解決向記述言語
- c. 推論マシン
- ③ 知的インタフェース・システム

知識情報処理システムの大きな目標は、「使い易いコンピュータを実現する」ということである。ここでいう「使い易さ」の意味は、特定の(コンピュータの)専門家は言うにおよばず、一般の(コンピュータの素人である)使用者にとっても使い易いコンピュータを実現することでなければならない。

このような観点から現在のコンピュータを眺めてみると、「使い易さ」に対する機能が非常に不十分であると言わざるを得ない。その最大の要因は、(使用者である)人間とコンピュータとの使用言語の相違に基づくギャップにある。そこで、この様なギャップを解消するためには、コンピュータ・システムが柔軟な会話機能を持つこと、すなわち自然言語や音声、図形、画像による会話機能を持つ必要がある。

研究・開発すべき基本技術は次の通りである。

- a. 音素識別, 高度な音声合成技術
- b, 構文, 意味, 談話解析, 文章合成技術
- c. 図形·画像構造化, 生成技術
- d. 自然言語マシン, 図形・画像マシン
- (2) 知的システム化支援システム
  - ① 知的プログラミング・システム

プログラミングを工芸的な段階から工学的な段階に進めるためには、プログラムの機能についての考察が必要となる。とくに、プログラムの自動作製システムを実現するためには、プログラムを構成する部品すなわちプログラミング言語の各言葉が表わす機能をコンピュータで処理できなければならない。これは、従来研究されてきたプログラミング言語のシンタックス的あるいはプログマテックス的側面の問題とは異なるセマンティックス的側面の問題である。

工学的手法の基本は、モジュラー・プログラミング、すなわちモジュールの組合わせによるソフトウェアの製造技術である。

研究・開発すべき基礎技術は次の通りである。

- a. モジュラー・プログラミングの技術
- b. プログラムの検証・合成技術
- c. 総合的なプログラミング・システム
- ② 知識ベース設計システム

基本的な機能は、知識情報処理システムを設計・開発・運用するのに必要な種々の技術と知識を知識ベースの中に組織的に所有し、その知識ベースに基づいて、知識ベースシステムを構築しようとする者を支援することである。従って、知識ベース設計システムの構成も、基本的には、一般の知識ベースシステムと同様に、知識ベースと推論機構から成っている。

研究・開発すべき基本技術は次の通りである。

- a. メタ知識の表現方式とその利用技術
- b. 総合的な設計支援システム
- (3) 基本応用システム
  - ① 機械翻訳システム

これまでの機械翻訳システムの研究・用語集作成等にみられるドキュメンテーション技術の研究、知識利用に関する人工知能研究、等の成果を総合し、実際のテキストを翻訳する本格的な機械翻訳システムを目指すものである。これに伴って、機械翻訳の結果を翻訳専門家及び、この分野の専門家によって適宜修正し、また完全な翻訳テキストを作るためのワード・プロセッシング技術の開発も同時に行う。

研究・開発すべきものは次の通りである。

- a. 各種言語の文法,辞書
- b. 翻訳基礎技術
- c. 専門用語データベース
- d. 総合的機械翻訳システム
- ② 質問応答システム

質問応答システムは、システム使用者がシステムに対して質問を出し、これに対してシステム側が適切な応答(これには動作も含まれる)を行うシステムである。さらに、使用者の出した質問内容に不明確なところがあれば、適切な時期に適切な問い返しを行い、最終的に使用者の意図に沿った問題解決を行ったり、それを支援することができるシステムである。

研究・開発すべきものは次の通りである。

- a. 会話解析技術・誤入力処理技術
- b. スマート端末を含む総合的質問応答システム・プロトタイプ
- ③ 音声応用システム

音声によるコンピュータとの対話が,使い易い形で実用化されると,一般産業機械用やォ

フィス・オートメーションを始め、一般家庭まで幅広く普及することが予想される。

知的インタフェース・システムにおける自然言語・音声系で述べられた音声理解システムが 開発されると、その幅広い応用の中で、共通した基本的な応用システムがいくつか考えられ る。

研究・開発すべきものは次の通りである。

- a. 音声タイプライタ
- b. 音声応答マシン
- c. 話者認識システム
- ④ 図形・画像応用システム

人間の思考過程における図形や画像の役割が非常に大であることは明らかである。人は建物や機械を設計する場合には、図面にそのアイデアを描いて他人とコミュニケートしながら全体をまとめる作業を行う。医者はX線写真を手掛りに患者の病気の診断を行う。

われわれの周囲に氾濫する文書にも図や写真が載っていて,読者の理解を助けている。そ とで,図形・画像情報を構成的に蓄積し,知識情報処理に利用するために効果的に検索する 技術を確立する。

研究・開発すべきものは次の通りである。

- a. 図形・画像の蓄積・検索方式
- b. 図形・画像データベース・マシン
- c. 総合的な情報検索システム
- ⑤ 応用問題解決システム

代表的な問題解決を対象に、人間の能力に勝る、あるいは肉薄する位のシステムを目指す。 特に対象は、すでに、定式化や体系付けがなされているものを選ぶ。最近の知識ベースに基 づく専門家システムが、あまり定式化されていないものを対象に、多量データで浅い推論を 旨とするに比べ、ここでの対象は、非常に深い推論を必要とするものである。対象の代表例 は、数式処理とパズル・ゲームプレイングがある。前者は、知識ベース化により数式理解シ ステムとし、後者に対しては、囲碁を対象とする。

研究・開発すべきものは次の通りである。

- a. 数式理解方式・碁プレインク方式
- b. 数式理解システム
- c. 碁プレイング・システム

#### 5.2.4.3 実現の手順

研究・開発の期間を、前・中・後期の3つの期間に分け、それぞれ次のように設定する。

前期: 基礎理論の研究,支援システム上で実験を行いながら基本方式の策定やデータ収集 を行う。

中期: 中間目標の試作と最終目標の推敲。

後期: 最終目標の開発と新理論体系の確立。

## 5.3 アーキテクチャ研究分科会

### 5.3.1 調査研究活動の概要

(1) 調査研究の目標

アーキテクチャ研究分科会(以下,A分科会と略称)は昭和54年度ならびに昭和55年度の2年間にわたって調査研究活動を行ったが,その主な目標は,

- ① 1990年代に開発が予想されるコンピュータ(第5世代コンピュータと略称)が具備すべき機能について、コンピュータ・アーキテクチャの観点から検討する。
  - ② その実現のために追求すべき研究課題を整理する。
- ③ 第5世代コンピュータの開発を遂行するための研究開発体制ならびに開発のすすめ方を検討する。

#### ことであった。

このために、昭和54年度においては、

- a. 現在のコンピュータに至るまでの技術的な発展の経過を把握し,直面している問題 点を分析する。
- b. その問題点を解決するために必要な新しい機能を整理し、 コンピュータ・アーキテクチャとの関係を明確にする。
- c. 第5世代コンピュータの機能および構成イメージを設定し、実現の可能性とその問題点について検討する。
- d. 関連するデバイス技術ならびにコンピュータ・アーキテクチャ技術についての最近の課題を調査する。

#### ととを行った。

また,昭和55年度においては前年度の調査研究成果を基に,

e. 1990年代のコンピュータ・システムをめぐる環境から求められる主要なアーキテクチャの技術課題をまとめ、それらを満たす新しいコンピュータ・アーキテクチャ像を設定する。

- f. それらに含まれる主要な技術課題を討議し、追求すべ研究開発課題を可能な限り具体的に指摘する。
- g. 第5世代コンピュータ開発のための研究開発計画ならびに開発方法について提案を することなどを行った。
- (2) 調査研究の方法と経過

A分科会の調査研究活動の方法と主な経過は次のとおりである。

- ① 検討すべき課題について、学術文献、国内外学会発表成果、有識者招待またはインタビュー、調査研究委託、他研究分科会との意見交換などを通して調査を行った。外国人有識者として、IBMのG.J.Myers博士、カーネギメロン大学H.T.Kung教授等を招き、最近のコンピュータ・アーキテクチャに関する討論を行った。
- ② 必要に応じて内外の技術調査あるいは作業グループによる調査研究の支援を依頼した。 内外の技術調査には米国の大学・研究所への訪問調査、国際会議への参加などが含まれている。 いる。作業グループの活動としては「デバイス技術予測」など有用な成果が得られている。
- ③ A分科会としては原則として、毎月2回程度の委員会を開催し、全体的な討議の場と した。

#### 5.3.2 昭和54年度の成果概要

(1) コンピュータ・アーキテクチャ研究の重要性の把握

コンピュータ・アーキテクチャ研究の意義は、応用面から要求される機能を現実的な技術的制約の下で、可能な限り効率的に具体化し同時に、有用な新しい技術的可能性をユーザに示す 先導的な役割を果たすことにある。しかしながら、一般には新しいコンピュータ・アーキテクチャの導入は、ソフトウェア開発の困難さから容易なことではない。それにも拘らず、新しいコンピュータ・アーキテクチャを必要としており、その理由は次の通り整理された。

- ① 大量なデータを高速に処理する必要がある。すなわち量的な改善を大幅に要求する応用分野が急速に発展している。
- ② コンピュータの構造ならびに機能が固定的で、解くべき問題との間にセマンティック・ギャップが存在し、ソフトウェア開発の生産性改善を阻害している。新しい概念に基づくプログラム言語の確立ならびにコンピュータ・アーキテクチャ・レベルの基本的な機能支援が不可欠になっている。
- ③ より自然で、使い易いコンピュータにするためのマンマシン・インタフェース実現が 必要であり、このための具体的な機能が求められている。
  - ④ 高信頼性コンピュータ・システムの開発が現実問題になっている。
  - ⑤ データベース、パターン処理、知識の蓄積・検索・利用を目的とした知識ベースある

いは人工知能といった、全く新しい複雑な機能を要求する応用分野が展開している。

- ⑥ あいまい性や冗長を含むデータ,あるいはヒューリスティックな処理手法が有用な問題に対しては,新しい問題解決手法を可能にする効果的な機能をもつコンピュータの実現が求められている。
- ⑦ ハードウェア技術,特にLSI技術が急速に進歩し,新しいコンピュータの出現をうながしている。
- ⑧ パーソナル・コンピュータあるいは高インテリジェント端末などの利用が常識化しつつある。

これらの理由のうち①~⑥はコンピュータ・アーキテクチャに対する応用面からのニーズであり、⑦~⑧は関連技術の進歩に伴うシーズといえる。

(2) 現在のコンピュータの問題点分析

コンピュータの応用が始まってから30余年経った現在,今まで実用に供された,いわゆる ノイマン型コンピュータが備える機能に対して,応用面から種々の改善要求が示されるように なってきた。現在のコンピュータが種々の応用分野で直面している問題点を列挙すれば,

- ① データ処理量の増大と質の多様化
- ② マンマシン・インタフェースの改善
- ③ 信頼性の向上
- ④ ソフトウエア開発の生産性改善
- ⑤ シヌテム評価の必要性
- ⑥ 価格性能比の改善

などである。このような問題を提起している要因には種々のものが考えられるが、その主な要因とそれを解決するために検討すべき主要技術あるいは主要システムとの関係を表 5 - 1に示してある。

表 5 - 1 に示す問題点と解決策は主としてコンピュータ・ユーザの観点から指摘したものであり、コンピュータ・アーキテクチャの立場からは解決策を支援するための効率的かつ基本的な機能を実現することが大切である。しかしながら、今までのコンピュータ・アーキテクチャの設計思想は必ずしも明確なものでなく、設計の観点からも問題は多い。コンピュータをとりまく関連技術や応用面の成熟度から考えて、第 5 世代のコンピュータ・アーキテクチャ設計思想の明確化を図ることも重要な研究課題といえる。

表 5 - 1 現在のコンピュータの問題点と解決アプローチ

問題点	具体的な要因	解决するための技術またはシステムの例	
(1)	大 規 模 計 算	超高速科学計算マシン、専用プロセッサ、データフロー・プロセッサ	
	処理量の増大	マルチプログラム処理,マルチプロセッサ処理,分散処理システム	
	ネットワーク化	コンピュータ・ネットワーク,ネットワーク・アーキテクチャ	
	データベース化	データベース・マシン,分散データベース	
	システム移行	エミュレーション、バーチャル・マシン	
	新しい応用	画像処理,パターン認識,オフィス・オートメーション,推論	
		機構・知識ベース、人工知能	
	音声・図形入出力	パターン認識	
	使い易いプログラム	高レベル言語マシン,自然言語処理	
(2)	言語・処理効率の改		
	· 善 ————————————————————————————————————		
	日本語データ処理	漢字処理	
	使い易いファイルの		
-	実用化 ————————————————————————————————————	問合わせシステム	
	現場でのデータ処理		
	OS機能の充実と使	OS 核・OS 機能のファームウェア化	
	い易さの改善		
	無人化・省力化		
	ハードウェアの信頼	冗長技術,フォールト・トレラント・コンピュータ	
(3)	性向上	HE V4 /1	
	クラトゥエアの信頼 性向上	構造化プログラミング,ドキュメント・システム	
		シュティープログラリラ第一京ルジュラボーン・	
		システム・プログラム言語,高レベル言語マシン 構造化プログラミング,開発管理技法	
	の改善の改善	構造    プログラミング、 開光    埋役伝	
(4)		デバッグ・サポート・ハードウェア	
	グ・ツールの開発		
-		並列処理制御機構,連想処理,バックトラック制御機構	
	ルでの機能支援		
(5)	性 能 予 測	モデル化,解析手法,シミュレータ, 評価システム .	
	チューニング		
(6)	コスト低減		
	性 能 向 上	ファームウェア化、LSI化	

### (3) 将来のコンピュータ像の設定

将来のコンピュータは前節で示した諸問題を解決するための効果的な機能をコンピュータ・アーキテクチャ・レベルで積極的にとり入れる方向に進展すると考えられるが、問題の多様性に直接的な関係をもつ応用分野の広さから見て、将来のコンピュータが一種類に集約されるとは考えられない。少くとも、オフィス・オートメーションという形態をとる事務処理分野、大規模ネットワークと分散データベースを中核とした公共システム分野、コンピュータ支援設計・管理システムを駆使する産業システム分野、大量データの高速処理を目標とする科学計算分野、高信頼・実時間・機能分散処理中心の制御分野、超高信頼・特殊環境を対象とする宇宙航空分野、LSIマイクロ・コンピュータを多用するホーム・コンピュータで総称される民生分野など代表的な応用分野ごとに特徴あるコンピュータが開発されるように思われる。

このようなコンピュータの開発は関連するハードウェアやソフトウェアの技術進歩によって可能であるが、予想される技術的な背景から考えると1990年代のコンピュータ・ システム は次のような考え方で開発されるものと考えられる。

- ① VLSI技術を基盤とした小型・高性能パーソナル・コンピュータが普及し、ユーザの手もとに分散する。
- ② 計算センターには、大規模な処理を行う大型・高性能・汎用コンピュータ、 超高速科学計算マシン、各種高性能専用コンピュータ、高度なマンマシン・インタフェース新しい問題 解決機能を備えた知的コンピュータなどが設置され、ユーザに共用される。
- ③ また、ユーザのための共通の仕事場として、大規模なデータベースを管理するデータベース・マシンが設置される。
- ④ パーソナル・コンピュータ、データベース・マシンならびに各種共用コンピュータは 機能的には階層構造をなしているが、物理的にはコンピュータ・ネットワークを介して有機 的に結合される。
  - ⑤ ユーザに、質のよいサービスを提供するための高度な機能が完備されている。

このような考え方のもとで、第5世代コンピュータの機能構成イメージの一例を描いたものが図5-3である。このイメージを "System A"と呼んでいるが、図5-3の例は次に示す 3レベルの機能 モジュールから構成されている。

(a) パーソナル・コンピュータ(レベル1)

現在の大型商用コンピュータなみの処理機能をもつ小型・安価なパーソナル・コンピュータ,あるいは高機能端末で,ユーザにとって便利なマンマシン・インタフェースを備えている。

(b) サービス・マシン(レベル2)

パーソナル・コンピュータより1桁以上高い処理能力を提供するユーザ・サービス・マ

シン、他のコンピュータ・システムあるいはコンピュータ・ネットワークを管理するマシン・サービス・マシン、ならびに全体のシステム制御を管理するコントロール・マシンとから成る。

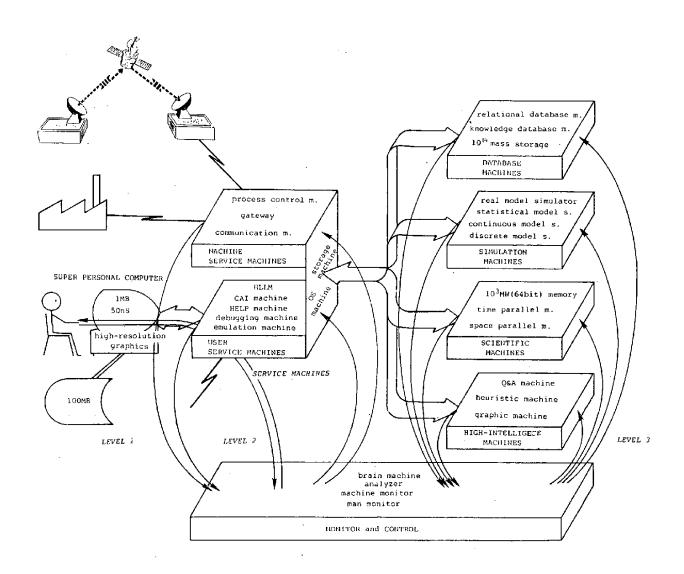


図 5-3 System Aの機能プロック概念図

# (c) 特殊目的超高性能マシン(レベル3)

主として多くのユーザが共用する専用コンピュータで、大規模データベース・マシン、 超高速科学計算マシン、特殊目的用各種シミュレータ、画像処理、自然言語処理、知識処理、人工知能向特殊処理を目的とした高インテリジェンス・マシンなどから構成されている。 (d) モニタ・コントロール機構

ンステム全体の動的状態をモニタし、高信頼性の保証、処理効率の適応化推進、ソフトウェア生産支援、ユーザ教育支援、あるいはシステムの自動運用・運転の実現を目的としたモニタ・コントロール機構は第5世代コンピュータの一つの特徴といえるが、これらの機能は必ずしも集中的に実現されるものでなく、目的別にそれぞれのコンピュータに組入れられるべきものである。

ここで注意すべきは、図 5 - 3 に示す "System A" は第 5 世代コンピュータの機能イメージを示す一例にすぎず、その構成は応用分野ごとに変わりうることである。特に、レベル 3 に示す各種の特殊目的超高性能マシンは場合によってはレベル1 のパーソナル・コンピュータの中に実現されることも考えられる。

(4) 新しいコンピュータ・アーキテクチャ技術の検討

前節の"System A"の構想に基づいて、主として

- ① パーソナル・コンピュータ
- ② サービス・マシンとサブシステム・インタフェース
- ③ データベース・マシン
- ④ シミュレーション・マシン
- ⑤ 科学計算マシン
- ⑥ 高インテリジェンス・マシン
- ⑦ モニタ・コントロール機構
- ⑧ その他のコンピュータ

のそれぞれについて、期待される機能、構成イメージ、基礎技術ならびに研究課題について論 じ、問題点の整理を行っている。

第5世代コンピュータの開発に際しては、過去のコンピュータ・アーキテクチャにとらわれることなく現在のコンピュータがかかえる諸問題を効果的に解決する技術あるいは将来の応用分野において求められる新技術を積極的に導入すべきであるが、それら諸技術に関連する具体的な問題点を検討するために、

- ① 新らしいデータ処理に関する技術:パターン処理,画像処理,自然言語処理,知識工学,人工知能など
- ② 新らしい考え方に基づく技術:データフロー・マシン,適応コンピュータ,学習機構など
- ③ ソフトウェアに関する技術:オペレーティング・システム、高級プログラム言語、ソフトウェア開発技法など
  - ④ 応用分野に関する技術:超高速科学計算,記号処理,高機能シミュレーシェン,オフ

ィス・オートメーション、宇宙航空、ホーム・コンピュータなど

- ⑤ 最近の研究課題:データ構造,並列処理,連想処理,分散処理,エミュレーション・仮想マシン,耐故障ンステムなど
- ⑥ 関連技術:新しいデバイス,設計自動化,RAS,システム評価,運転,運用などの諸技術の中から重要と思われるものを抽出し,それらの技術的発展経過,将来展望ならびに実現に際しての技術課題を検討し,整理している。
  - (5) デバイス技術の調査

将来のコンピュータ・アーキテクチャを考える場合、デバイス技術の進歩が大きな影響を与えることは改めて述べるまでもない。A分科会では将来有望されている素子技術として

- ① シリコンを素材とするVLSI素子
- ② 化合物半導体素子
- ③ ジョセフソン接合素子
- ④ 光関連技術
- ⑤ 磁性関連技術

について調査し、開発動向、コンピュータへの適用可能性・技術的問題点、1980年代の課題を整理した。表5-2はその調査研究結果をまとめたものである。

表5-2 新しいデバイス技術の予測

デバイス	A. 開発動向	B. 計算機への適用可能性	C.技術的問題点	D. 80 年代の課題
シリヨン VLSI	集積度: メモリ素子 2倍/年 ロジック素子 2~3倍/2年 価格低下率: メモリ素子 40%/年 ロジック素子 25%/年	MOS: 0.1 ns/gate 1 #w/gate 1 0 <sup>6</sup> gates/chip バイポーラ (ECL): 0.05ns/gate 1~10mw/gate 10 <sup>4</sup> gates/chip :	微細加工技術 精密プロセス 高速単純構造回路 C A D	→ 1 ~ 0.25 µm → 欠陥数 数個 / cm <sup>1</sup> → SOS NMOS, I <sup>2</sup> L … → Si コンパイラ … 大型ウェファ 10 <sup>7</sup> ・多重配線 10~30層 ビ ン 数 155~300
化 合物 半 導 体 (GaAs)	Mobilily: Siの7倍以上 (InSbは更に10倍) Energy Gap: Siの14倍	FET論理回路: 30~400ps/gate 0.1~40mw/gate 遅延電力積はSiの CMOSと同等(0.1 pJ以下) ガン効果機能回路: 10~100ps/gate 30~100mw/gate	材料特性の研究 均一を基板製造 、 (結晶・絶縁物) 冷却技術(熱電導率は Siの1/3) 信号の振幅(0.6~ 0.8V)	オンチップCPU(FET): 10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup> gates/cm 20W,1GHz バッファ・メモリ(FET): 100ns,1KB 機能モジュール(ガン): カウンタ・乗算器など 1,000~2,000gates/ chip
ジョセフソン 接 合 素 子	スイッチング特性: 10~100ps 消費電力: 2~5.4w 遅延電力積: Si の2桁以上改善	論理回路: 100ps/gate 4×4bits乗算器 45gates,27ns メモリ回路: 64bits 2.3ns 16Kbits 7ns 計算機システム: IBM 370/168 (16MB)	物性面からの研究 安定な素子製造(材料, 絶縁物、熱 機化技術 冷却技術 実装技術(外部インタ フェース) 液体ヘリウム資源	基礎研究 超高速機能モジュールの 試作・実験
光 素 子	光ファイバ: 伝送帯域10MHz km ~10GHz・km (0.5dB/km (1.3 \mu m)~3dB/km (0.85 \mu m) 発光・受光素子: 変調速度数10Mb/s (LED)~数Gb/s (LD) 寿命100万時間(LED ~1万時間(LD) 光ケーブル: 12芯×12層ケーカレ	光機能素子: FETなど 光メモリ: ホログラフィなど	高集積化光ケーブル 発光・受光素子の高信 頼化・長寿命化・高利 得化 光・電気高速変換技術 光分岐技術 光スイッチング素子 光機能素子	光ローカル・コンピュータ ・ネットワーク 入出力機器接続(入出力 チャネル) 機能モジュール接続(光 バス) VLSI素子接続
電子ディスク	CCD素子: 実装密度 RAM の 4 倍 128kb/chip, 平均 アクセス時間 400 μs, データ転送レート 5 Mb/s 磁気パブル 素子: 1 Mb/chip, 平均ア クセス時間 40 ms,デー タ転送レート 100 Kb s	CCDメモリ: 超高速科学計算機用 ファイルメモリ 256M×64bit語 1ms 磁気パブル・メモリ: パーソナル・ファイル メモリ100MB,10ms	高密度素子開発 低価格化	CCD素子: 1~4Mb/chip 磁気パブル素子: 10Mb/chip
大容量ファイル・メモリ	磁気ディスク: 記録密度3倍/4年 記録面密度10Mb/in² (限界100Mb/in²) 磁気テープ: VTR式磁気テープ 10 <sup>13</sup> bits 1~30Mb/cm <sup>*</sup>	大容量磁気ディスタ: 1GB/ドライブ 集積へッド 大容量磁気テーブ VTRホーム・コンピュー タ用ファイル・メモリ	高密度記録方式: 垂直磁気記録方式 光磁気再生方式 光または電子ビーム書 きかえ方式 ホログラフィ連想メモリ 多重記録メモリ	磁気ディスク: 現在のディスクの10倍 光メモリ: 現在のディスクの100倍 磁気テープ: VTR式10 <sup>14</sup> bits

#### 5.3.3 昭和55年度の成果概要

(1) 第5世代コンピュータ・アーキテクチャのとらえ方の整理

昭和54年度の調査研究の成果ならびに将来の情報処理をとりまく新しい技術の動向をふまえ、第5世代コンピュータにとって最も重要なコンピュータ・アーキテクチャの課題を整理してみる必要がある。今までの研究成果から判断して、第5世代コンピュータ・システムに少くとも期待される機能は、

- ① 広範な応用分野に適応する構成を可能にする機能
- ② ソフトウェア開発の生産性を改善する機能
- ③ 高度なマンマシン・インタフェースを備え、非専門ユーザでも使える機能
- ④ 意思決定支援など新しい問題解決手法を提供する機能
- ⑤ 高度な分散処理・機密保護・高信頼性などを保証する機能
- ⑥ 価格性能比の優れたシステムを実現する機能

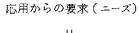
などである。このような新しい機能はコンピュータ・アーキテクチャの抜本的な変革なしに実現することは不可能であると考えられる。

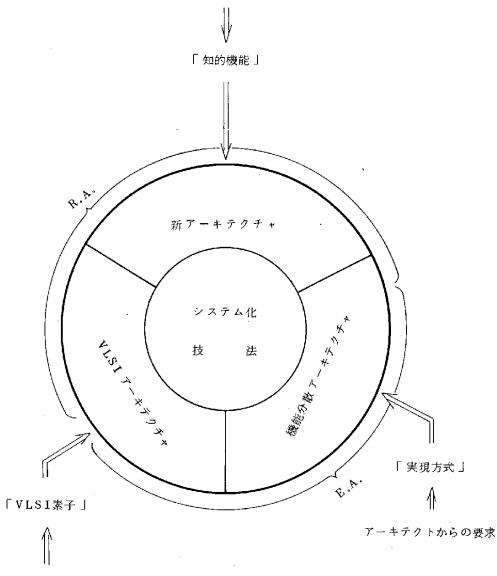
第5世代コンピュータ開発の課題の一つは、上述の機能実現に必須な技術に関連する諸問題をコンピュータ・アーキテクチャ・レベルから効率よく解決する方策を追求することである。 このような視点から第5世代コンピュータ・アーキテクチャの最重要課題をとらえれば、

- a. ハードウェア,特にVLSI技術進歩に支えられたVLSIアーキテクチャ
- b. 新しい応用面から要求される知的機能を実現するための新アーキテクチャ
- c. 応用にそくした機能をシステムとして効率よく実現するための機能分散アーキテクチャ
- d. 上述の3つのコンピュータ・アーキテクチャを融合し、現実のシステムに仕立てあ げるためのシステム化技法

と考えられる。図 5 - 4 は第 5 世代コンピュータ・アーキテクチャのとらえ方を概念的に示したものである。

新しいコンピュータ・アーキテクチャを求める要因の一つはハードウェア、特にVLSIの技術進歩がもたらすインパクト(シーズ)である。VLSI技術を徹底的に活かしたコンピュータ・アーキテクチャを開発すべきと考えている。一方、コンピュータの応用からの要求(ニーズ)も重要な要因である。将来の応用分野からは量的な機能改善のみならず質的、すなわち知的な機能改善が中心になると考えられる。このことはコンピュータが将来どの程度人間の能力に近づきうるかという課題に帰着するが、人間の知的能力に近い機能を支援するための新アーキテクチャの研究は極めて重要な課題といえる。これらのコンピュータ・アーキテクチャを現実的なコンピュータという形の上で効率よく活かすためには特徴ある機能を有機的に結合するため





ハードウェアからの要求(シーズ)

R.A.: 革新的アーキテクチャ (Revolutionary Architectures) E.A.: 進化的アーキテクチャ (Evolutionary Architectures)

図5-4 第5世代コンピュータ・アーキテクチャのとらえ方

の技術,すなわち機能分散アーキテクチャの研究が不可欠になる。また,第5世代コンピュータには全く新しいコンピュータ・アーキテクチャをはじめ,素子,構造,実装など多くの未知・未経験の研究課題が含まれている。したがって,第5世代コンピュータの開発には複雑なシステムを構築するという前提に立って,新しいシステム化技法の体系化を急ぐ必要がある。

上述の大別して3つの重要なコンピュータ・アーキテクチャには従来の、いわゆるノイマン

型コンピュータ・アーキテクチャから大きく脱皮した全く新しい概念に基づく革新的アーキテクチャと既に存在する考え方を発展させ、より効率的な実用化を主脈とする進化的アーキテクチャとが共存する。両者を明確に区別することは困難であるが、両者は不可分な関係にあり、互いに補いあって初めて意味をもつ性格を有している。したがって、両者は並行して積極的に研究開発すべきである。

以上の考察に基づき、A分科会は以下に概要を示すように、重要なコンピュータ・アーキテクチャの課題を集中的に検討した。

#### (2) 新アーキテクチャの検討

知的機能を基盤とした,いわゆる知識情報処理システムの実現を可能にする新アーキテクチャに要求される機能を整理した。概要を示せば,

- ① 数学的あるいは論理的基盤に立つ計算モデルをもつ。
- ② 並列処理を基本的に含む実行機構をもつ。
- ③ 機能分散を可能にするアーキテクチャを有する。
- ④ 種々の高級プログラム言語やソフトウェア開発のための支援機能をもつ。
- ⑤ マンマシン・コミュニケーションの支援機能をもつ。

#### などである。

このような観点から、第5世代コンピュータ・システムを特徴づける新アーキテクチャに基づく知識情報処理システムについて考察し、その中核となると思われるマシンを検討項目として挙げた。それらは、

- a. 述語論理マシン
- b. 関数型マシン
- c. 抽象データ型マシン
- d. 関係代数マシン
- e. データフロー・マシン
- f. 新ノイマン・マシン

である。a・とb・はコンピュータ・アーキテクチャを計算モデルおよび言語仕様の面から見たものであり、c・とe・はソフトウェアの構成あるいは演算処理の実行機構からとらえたものである。d・は集合演算をインタフェース言語とするマシンで、将来のデータベース・マシンの中核となるものと考えられる。f・は従来のノイマン型マシンを種々の観点から見直し、整理したもので将来のコンピュータの重要な要素マシンとしての役割を果すことが期待されるものである。

以上の新しいコンピュータに関して、研究の目的、実現後の効果、基本的な機能、動作原理、 実現上の問題点および研究課題などについて検討を加えた。 (3) 機能分散アーキテクチャの検討

機能分散アーキテクチャによってもたらされる効果を整理すれば、

- ① 並列処理による処理速度の向上
- ② システムの拡張性・構成の自由度の保証
- ③ 高信頼性・高稼動率の達成
- ④ 機能専用化による処理効率の向上
- ⑤ システム構築の容易化
- ⑥ 通信コストの低減・機密保護の確保・資源の共有化

などがあるが、その反面、

- a. オーバヘッドの増加
- b. 機能マシンの種類増大
- c. システムの複雑化

といった問題点を伴う。A分科会はこのような問題点をふまえた上で、

- ① 機能分散のしかた
- ② 分散データベースのあり方
- ③ 機能分散アーキテクチャ開発における研究開発課題

について先ず整理し、それぞれの詳細について、基本的な考え方、機能イメージ、および構成 イメージを論じ、最後に研究開発課題をまとめている。検討を加えた主な技術課題を列挙すれ ば、

- ① 機能分散システムを構築するための基本システム・アーキテクチャ
- ② コンピュータ・ネットワーク・アーキテクチャ
- ③ システム制御方式(機能分散システム全体を効率よく制御する方式で、制御機能の分散、オペレーティング・システムのあり方、コンポネント間制御方式、モニタ&コントロール機構などを含む)
- ④ コンポネント・マシン・アーキテクチャ(パーソナル・コンピュータ,マシン・サービス・マシン、各種ユーザ・サービス・マシン,コントロール・マシンを含む)
- ⑤ 高度マンマシン・コミュニケーション・システム(漢字入出力装置,図形・画像入出力装置,音声入出力装置,総合パターン処理システムを含む)

などである。

(4) VLSIアーキテクチャ

VLSI素子の特性をコンピュータ・アーキテクチャに十分活かすことは極めて重要な課題であるが、VLSIアーキテクチャが従来のコンピュータ・アーキテクチャと異なる点を簡単に挙げれば、

- ① アーキテクチャの設計手法を確立しないとコンピュータのVLSI化が効率的に行えない。
- ② 従来のアーキテクチャやそれに関連するアルゴリズムにとらわれない、新しい発想をとれば飛躍的な性能改善が期待できる。

ことである。このような観点から、第5世代コンピュータの開発にはVLSIアーキテクチャを徹底的に研究する必要があると考える。しかしながら、VLSIアーキテクチャの研究は緒についたばかりであり、その研究課題を的確に把握することが先決である。

A分科会では、このような認識の下に、先ずVLSI素子構築のアプローチを以下に示す 3つに分け検討を行った。すなわち

- ① 応用目的指向型アーキテクチャ
- ② 汎用指向型アーキテクチャ
- ③ VLSIマルチ・チップ・アーキテクチャ

である。特にこれらについて、

- a. 新アーキテクチャ構築法(設計手法, VLSIアルゴリズム, CADによる開発手法 を含む)
- b. VLSIチップ・システム構成法
- c. 新素子の開発動向

などを中心に検討を加え、重要な研究開発課題の整理を行った。

(5) システム化技法の検討

第5世代コンピュータは5.3.3節(1)で述べたように、未知・未経験の技術を含み、しかもその目的とするシステムも多様性に富んでいる。そのために、いろいろな要素技術をいかに選択・整理し、まとまった体系に組みあげていくかという、いわゆるシステム化技術が極めて重要になる。

A分科会は第5世代コンピュータ・システムの構築に必要なシステム化の技法を先ず,

- ① 仮想化の技術
- ② 融合化の技術

に分けて論じている。仮想化の技術は規模の大きいソフトウェアで構築する論理マシン(仮想マシン)と複雑なハードウェアで構築する物理マシン(実マシン)を写像するために重要なものである。融合化の技術は前述の3つの重要なコンピュータ・アーキテクチャをユーザが要求するコンピュータ・システムに仕立て上げるために必要な技術である。

前者については、仮想化の要因、仮想化を行う上で考えなければならないモデル、基本的な 考え方、モデル間のインタフェース、新アーキテクチャを仮想化の考え方に従って整理した場 合の関係などについて検討を加えた。後者に関しては、機能分散アーキテクチャを構成す る各コンポネント・マシンを新アーキテクチャとVLSIアーキテクチャの目から捉えることを試みている。次に知識情報処理技術の主な応用分野であるCAE,オフィス・オートメーション,意思決定支援システムを取りあげ、それぞれの分野における具体的な仕事が如何にこの機能分散アーキテクチャ上で実現されるか検討した。それらの具体例を通して、

- ③ 大規模・高信頼化システム設計・開発技術 について研究すべき点を論じている。これに関連する技術としては,
  - a. 新アーキテクチャの開発法
  - b. 大規模ハードウェア設計開発技術
  - c. 大規模回路実装技術
  - d. 大規模ソフトウェア設計開発技術
  - e. 超高信頼化技術

に関する基本的考察が含まれている。

# 5.3.4 研究開発課題の整理

(1) 研究開発課題

過去2年間にわたる調査研究の成果を研究開発課題として示せば次のとおりである。

- ① 新アーキテクチャ関係
  - a. 述語論理マシン
  - h、関数型マンン
  - c. 関係代数マシン
  - d. 抽象データ型マシン
  - e.  $\vec{r}$   $\beta$   $\vec{r}$   $\vec{r}$   $\vec{r}$
  - f. 新ノイマン・マシン
- ② 機能分散アーキテクチャ関係
  - g. 機能分散アーキテクチャ
  - h. ネットワーク・アーキテクチャ
  - i. 高速演算マシン
  - i. データペース・マシン
  - k. 高度マンマシン・コミュニケーション・システム
- ③ VLSIアーキテクチャ関係
  - 1. VLSIアーキテクチャ
  - m. 知的VLSI-CAD
- ④ システム化技法関係

- n. 第5世代コンピュータ・アーキテクチャのシステム化技術
- (2) 研究開発の目標と開発ステップ.

A分科会では前項に示した重要な研究開発課題について,

- ① 研究開発の概要
- ② 研究開発の必要性
- ③ 内外技術の現状
- ④ 研究開発の内容(研究開発項目,研究開発スケジュール,研究開発の目標・仕様,研究 開発費用)

## などを検討した。

(3) 開発のすすめ方と研究体制

5.3.4 節(1) に示したように、研究開発課題は4分野に大別されているが、それぞれの分野 ごとに、1980年代前半(前期)、1980年代中間(中期)、1980年代後半(後期)の開発目標を定め、それぞれの相互関係を調整した。

また、第5世代コンピュータの研究開発の方針と研究体制について基本的な考え方を討議した。

## 一禁無断転載一

昭和56年3月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発協会

東京都港区芝公園3-5-8

機械振興会館内

TEL (434) 8211(大代表)

印刷所 株式会社 正 文 社

東京都文京区本郷3-38-14

TEL (815) 7271

.



