

56-R008

第5世代のコンピュータ

研究開発計画

昭和57年3月

JIPDEC

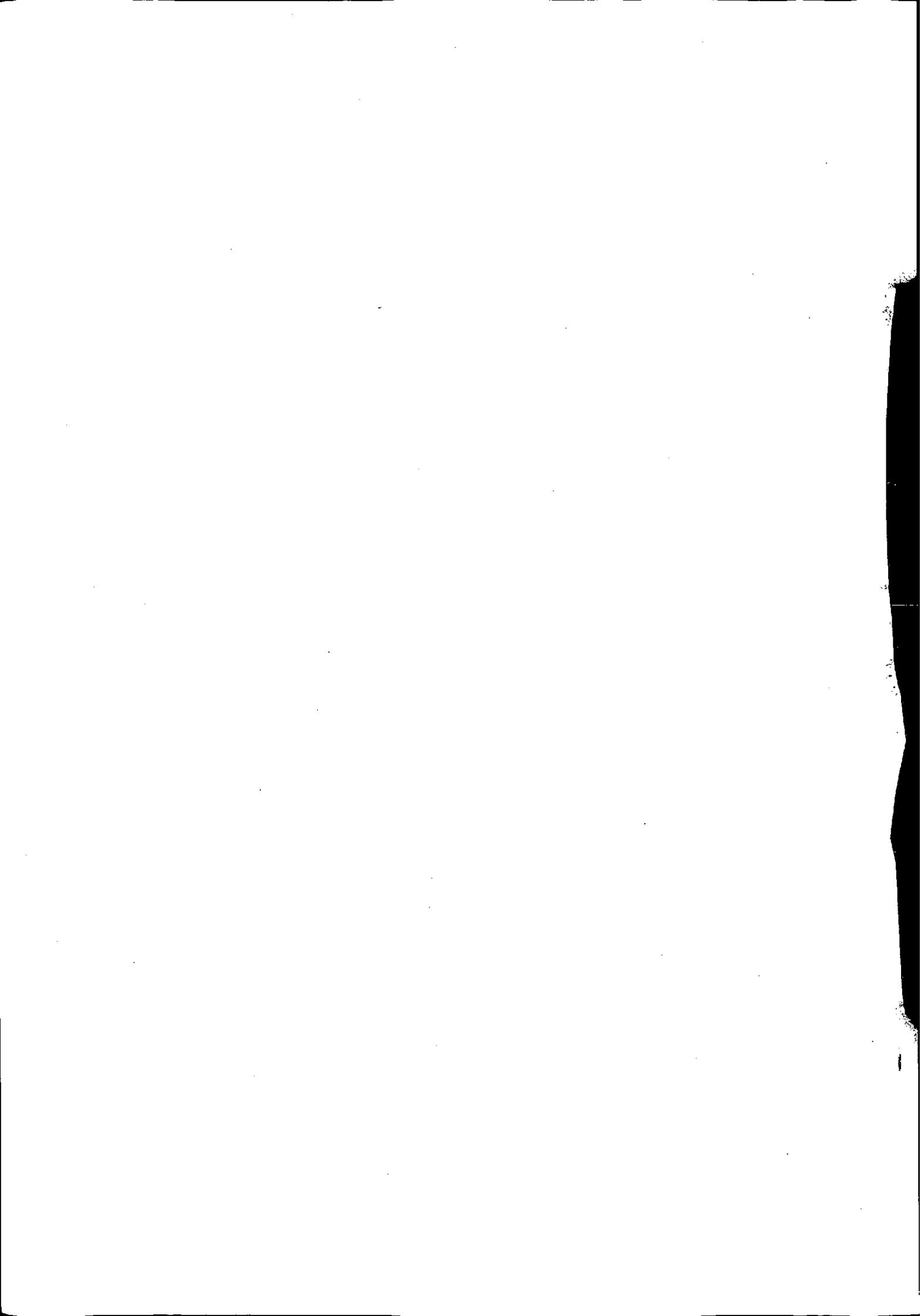
財団法人 日本情報処理開発協会

JIPDEC

56

R008

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56年度に実施した「第5世代電子計算機に関する内外技術動向調査」の成果をとりまとめたものであります。



はじめに

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ている。

このため、当協会では、1990年代に実用化されるべき新しいコンピュータ（第5世代コンピュータ）について、過去2ケ年間にわたり、総合的な立場から、調査研究を進めてきたが、本年度は、第5世代コンピュータ研究開発プロジェクトを推進するに当たり、研究開発内容の具体化、本プロジェクトがひき起こす波及効果、プロジェクト管理のあり方、各種新技術の動向等について調査を行った。

更に、これまでの第5世代コンピュータに関する調査研究成果を内外に周知し、その評価及びテクノロジー・トランスファーの促進を図るとともに開発にあたっての国際協力体制作りの布石とするため、国際会議を開催した。

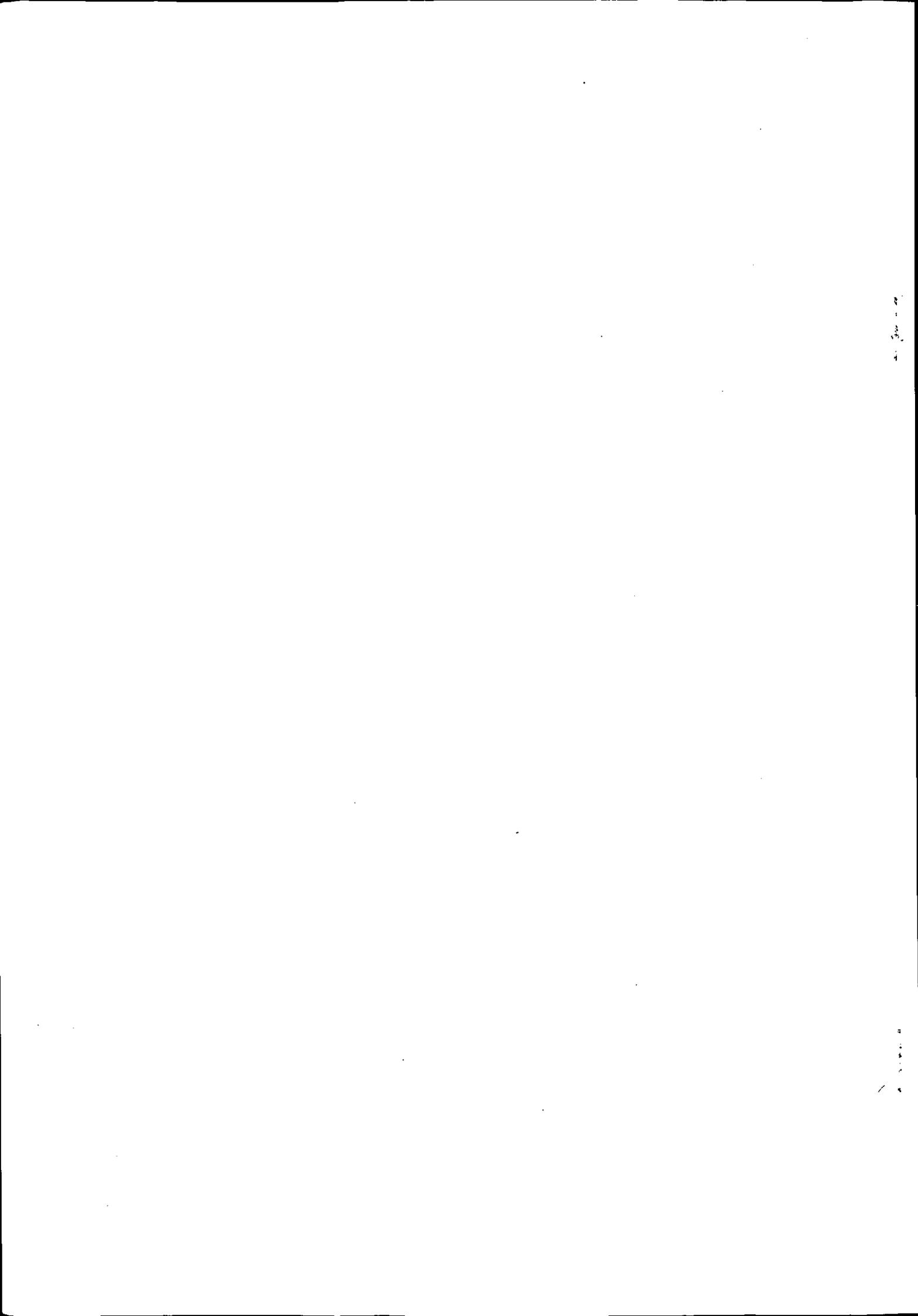
本報告書は、これらの調査研究成果のうち、第5世代コンピュータの研究開発計画についてとりまとめたものである。

最後に、本調査研究にあたって、ご指導ご協力いただいた委員会委員を始め、関係各位に対し、感謝の意を表します。

昭和57年 3月

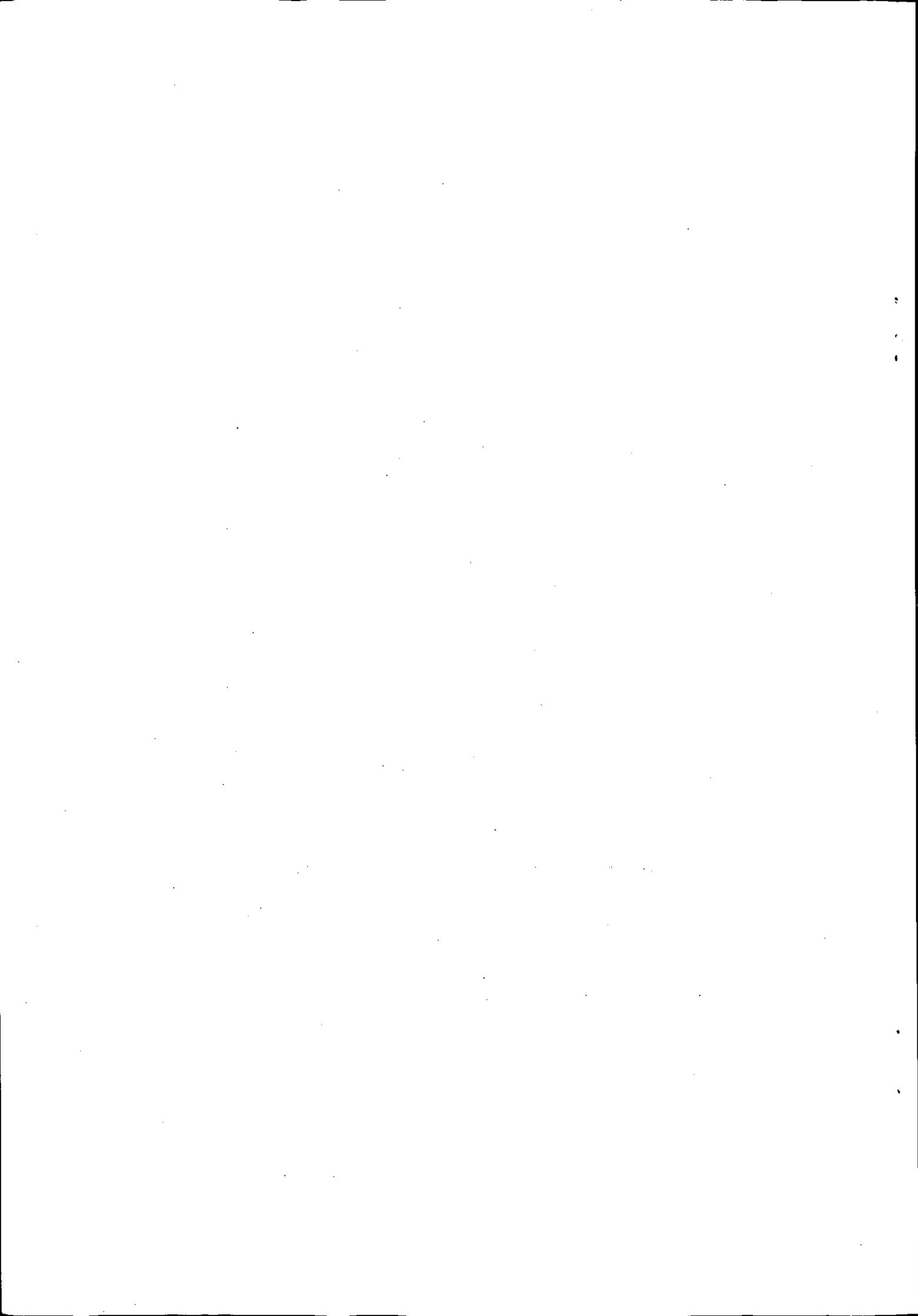
本調査で作成した報告書・資料

- 第5世代のコンピュータ — 研究開発計画
- 第5世代のコンピュータ — データフローマシン/データベースマシン
- 第5世代のコンピュータ — ロジックプログラミング
- 第5世代のコンピュータ — 波及効果
- 第5世代のコンピュータ — 関連技術動向調査
- 第5世代のコンピュータ — 研究開発計画・付属資料



第5世代コンピュータ技術動向調査委員会

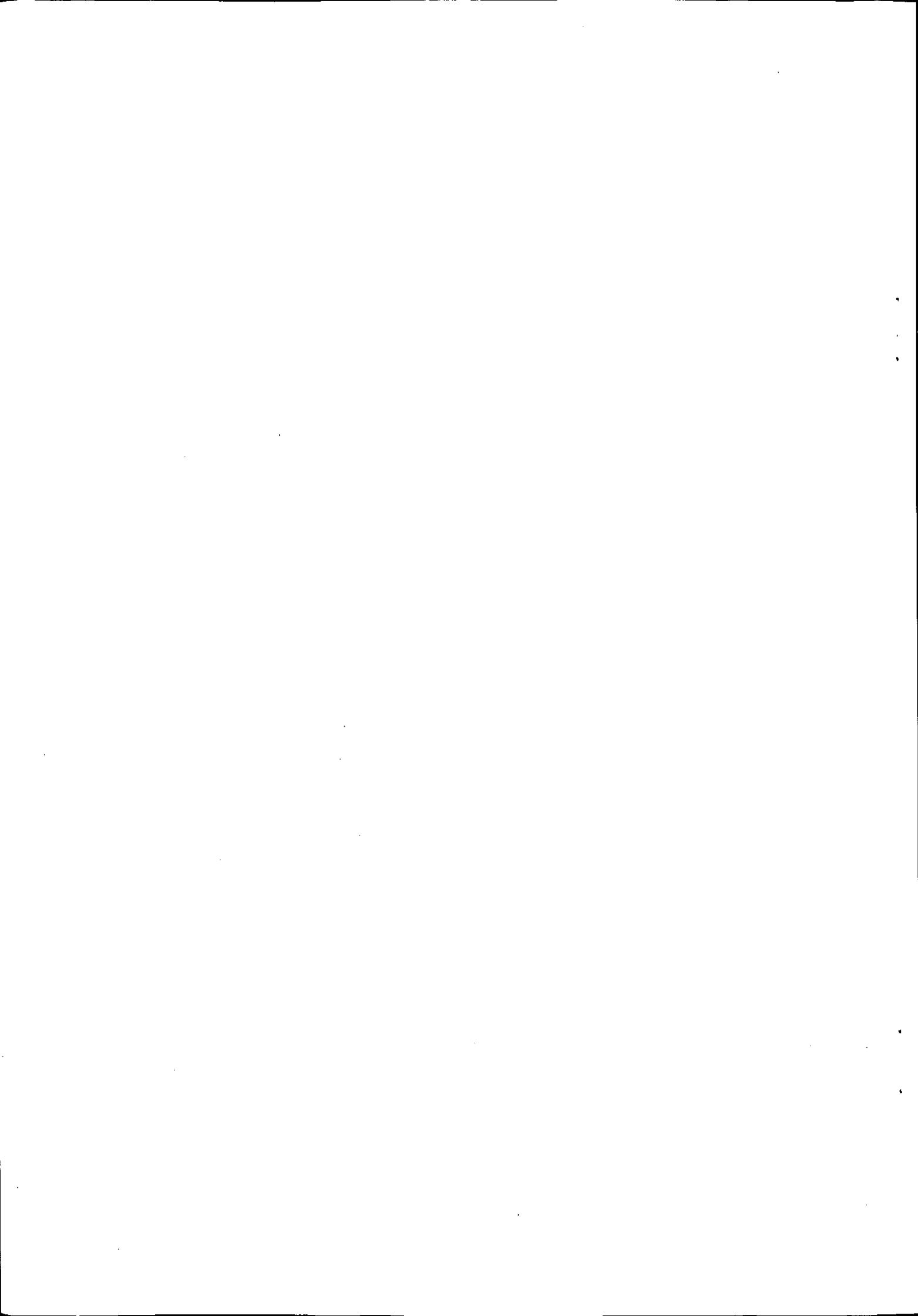
	氏名	所 属
委員長	元 岡 達	東京大学工学部電気工学科教授
委員	淵 一 博	電子技術総合研究所パターン情報部部長
"	相 磯 秀 夫	慶応大学工学部電気工学科教授
"	古 川 康 一	電子技術総合研究所ソフトウェア部 情報システム研究室主任研究官
"	横 井 俊 夫	電子技術総合研究所 パターン情報部数理基礎研究室室長
"	内 田 俊 一	電子技術総合研究所ソフトウェア部 情報システム研究室主任研究官
"	児 西 清 義	日本電信電話公社技術局 データ処理部門調査役
"	雨 宮 真 人	日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所 基礎部第一研究室調査役
"	菊 池 瑛	(社)日本電子工業振興会開発部部長代理
"	山 本 欣 子	(財)日本情報処理開発協会開発部部長
"	小 川 義 久	(財)日本情報処理開発協会 第5世代コンピュータプロジェクト室
通商産業省	角 田 周 一	通商産業省機械情報産業局 電子政策課課長補佐
"	勝 山 治 夫	" " 電子政策課
"	岡 村 繁 寛	" " 電子機器課係長
"	中 島 敏 夫	" " 電気機器課係長
事務局	(財)日本情報処理開発協会	第5世代コンピュータプロジェクト室



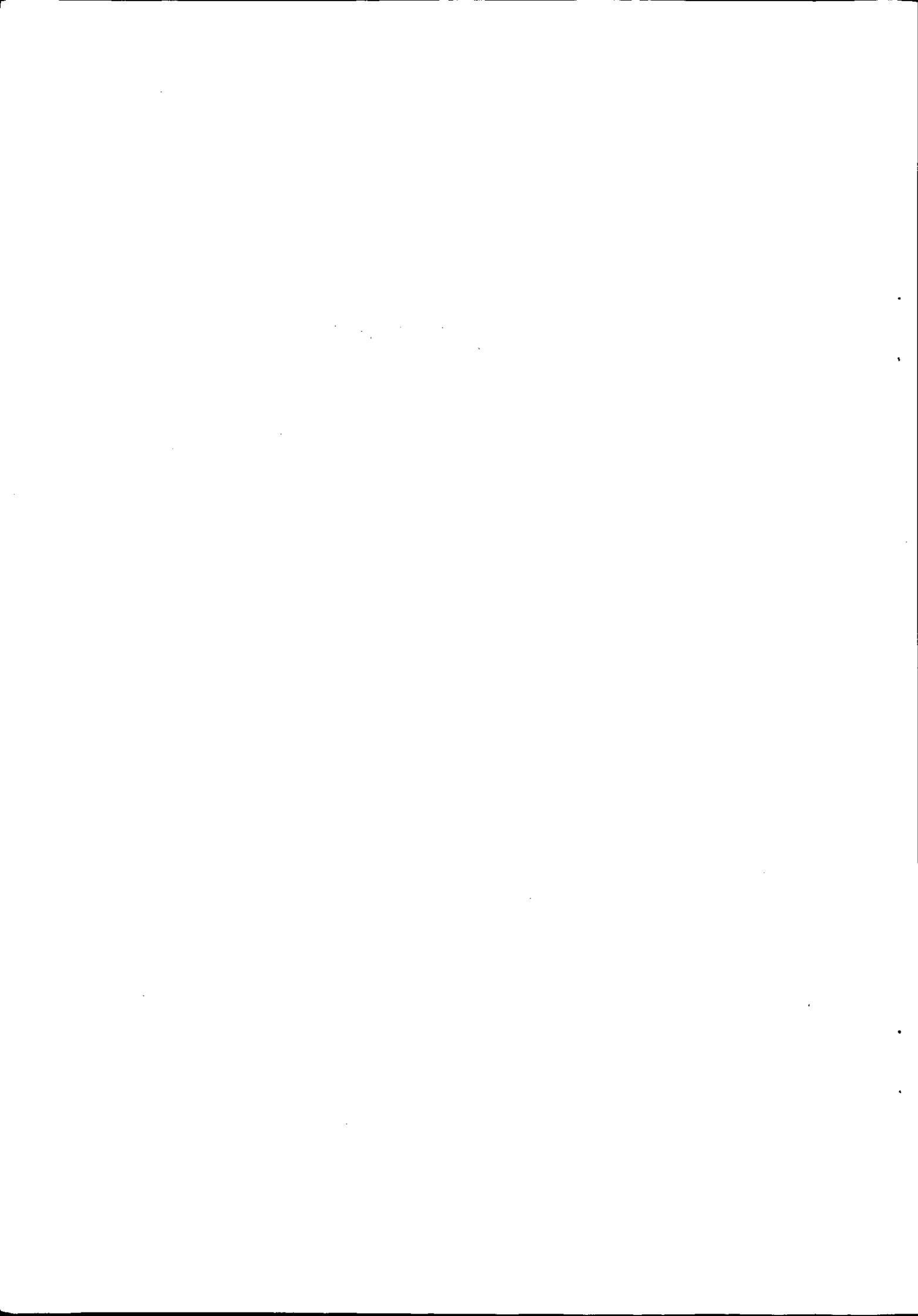
第5世代のコンピュータ 研究開発計画

目 次

1. 背景と意義	1
2. 研究開発目標	5
2.1 全体目標	5
2.2 前期目標	12
3. 研究開発課題	21
3.1 研究開発課題概要	21
3.2 研究開発課題内容	25
3.2.1 問題解決・推論メカニズム	25
3.2.2 問題解決・推論マシン	28
3.2.3 知識ベース・メカニズム	33
3.2.4 知識ベース・マシン	38
3.2.5 知的インタフェース・システム	45
3.2.6 ソフトウェア開発用パイロット・モデル	50
3.2.7 VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ	53
3.2.8 機械翻訳システム	57
3.2.9 コンサルテーション・システム	59
3.2.10 知的プログラミング・システム	61
付表 研究開発課題一覧	64
4. 研究開発計画	75
4.1 全体研究開発計画	75
4.1.1 計画設定の考え方	75
4.1.2 研究開発スケジュール	78
4.1.3 重点時期とリソース配分	83
4.2 研究開発支援ツール	87
5. プロジェクトの進め方と体制	89
5.1 研究開発推進の基本的条件	89
5.2 望ましい研究開発体制と運用方式	91



1. 背景と意義



1. 背景と意義

コンピュータは事務計算や工場などの制御だけでなく、われわれの生活に密着した分野にまで浸透し、社会構造の中樞神経的役割をはたすにいたっている。一方、21世紀を目前にして、コンピュータをめぐる社会環境はコンピュータ技術を含む多くの要因に支配されて、大きな変革期を迎えようとしている。すなわち生産の多品種化、エネルギー源の多様化、価値観の多面化、情報メディアの脱画一化などにみられるように規格化、集中化に代表されてきた第一次産業革命以来の社会形態に大きな変革期が訪れようとしている。

このような社会の変革をできるだけ円滑に実現するための手段としてコンピュータに期待される役割は大きい。一方、期待に応えるための技術的基盤も徐々に整いつつあり、本プロジェクトの開始によって新時代に適応したコンピュータ・システムの急速な発展が期待できる。

(1) 社会的要請

本プロジェクトの目指す目標は1990年代に必要とされるであろう新しいコンピュータシステムの実現であるが、第5世代コンピュータに期待される役割としては、

- ① 第三次産業などにおける非定形業務にみられる低生産性分野の生産性を向上させること。
- ② エネルギー消費の最少化、エネルギー変換効率の最適化制御などを通して資源エネルギーの制約を克服すること。
- ③ 高齢化社会への移行を始めとする複雑・多面化する社会問題を解決するための医療や教育用援助システム等の実現に役立つこと。
- ④ 国際協力や自動翻訳などを通して国際社会に貢献すると共に、わが国社会の国際化にも役立つこと。

などがあげられる。

このようにコンピュータの応用分野は1990年代には大幅に多面化し、また利用形態も大規模なものとしては世界を結ぶ巨大情報網から、小規模なものとしてはシステム構成要素にいたるまで多様化して、すべての人々が日常生活の中でコンピュータを無意識のうちに利用することになる。このためには人間にとって自然な情報伝達手段である音声、文章、図表などの多様な形態の情報を自由に使って、人間とコンピュータが会話できる使いやすい環境を作り上げる必要がある。

(2) 技術的背景

コンピュータ技術の世代交替はこれまで、真空管、トランジスタ、IC、LSIといった素子技術の変化を取り入れる形で主として行われてきた。このことは逆に言えばコンピュータの基本的な設計思想や利用目的に大幅な変革はみられなかったことを意味する。

これに対して第5世代コンピュータではVLSIという素子技術の変化だけでなく、設計思想の変革や、応用分野の変化が同時に求められている点に従来の世代交替とは異なった「種の変化」にも対応する大幅な世代交替が期待されている。

フォン・ノイマンに代表される従来のコンピュータの設計思想は、当時ハードウェアが高価であり、大きく、寿命が短かく、消費電力が大きく、信頼性が低かったために、最小限のハードウェアをできるだけシンプルにし、ソフトウェアによって効率よく処理できるシステムを構築することに評価基準をおいてきた。このような観点からプログラム記憶方式での逐次制御システムによって、高速・大容量化が経済性の面から追求されつつ、今日の巨大コンピュータが出現するに至った。これに対して、

- ① 素子の高速化には光速にともなう限界がみえてきたこと。
- ② VLSIの出現により、ハードウェアコストは大幅に下り、必要なだけのハードウェアが使える環境に近づいたこと。
- ③ VLSIにおける大量生産効果を生かすためには並列処理方式を追求する必要があること。
- ④ 音声・文章・図形・画像といった非数値データの処理や推論・連想・学習といった人工知能的処理に要求される基本機能が極度に不足していること。

などが従来のコンピュータの設計思想を変革することの必要な要因として指摘できる。

またコンピュータ（電子計算機）はその字義通り、数値計算を行うための機械として設計されたものであるが、その設計思想に大幅な変更を加えることのないまま、その応用分野は、各種の制御、多情報メディアの処理、人工知能的な処理といった分野へと急速に拡大しつつある。しかし、1990年代にコンピュータが多方面の応用分野で用いられるようになるためには、数値計算中心の機械から脱却し、情報の意味まで考えた人工知能的な処理を行う機械に移行する必要がある。このためには、

- ① 推論・連想・学習などの基本機能をハードウェアで実現する第5世代コンピュータの核機能とすること。
- ② これらを使いこなす人工知能基本ソフトウェアを整備すること。
- ③ パターン認識技術や人工知能の研究成果を生かし、人間にとって自然なマンマシン・インタフェースを実現すること。
- ④ ソフトウェア危機を解決し、ソフトウェアの生産性を高めるため支援システムを実現す

ること。

などが当面必要になってくる。

このような今日のコンピュータ技術がかかえている問題点を克服するためには、周辺技術として育ってきた、

- ① VLSI 技術
- ② ソフトウェア工学
- ③ 人工知能研究

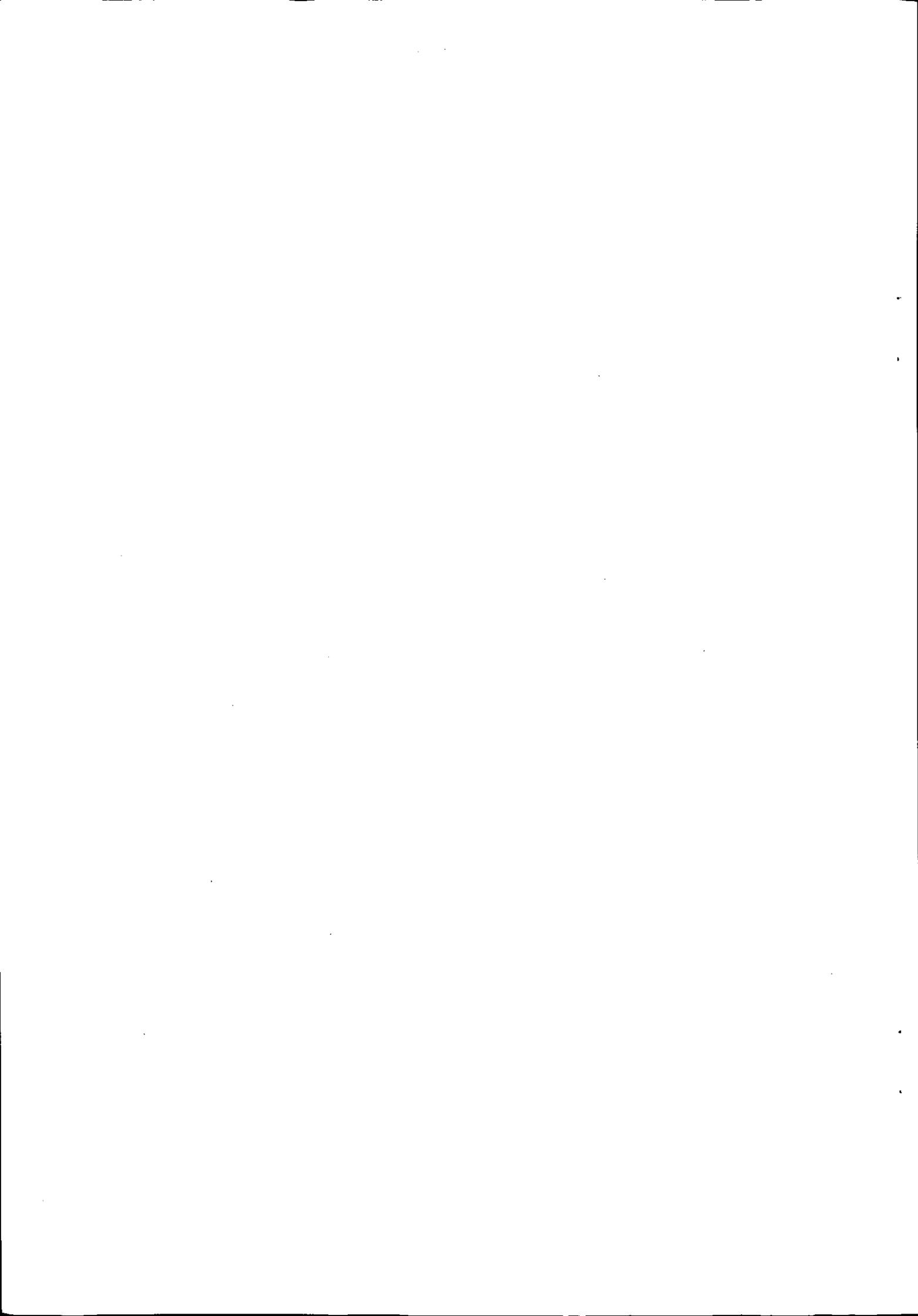
などの研究成果を取入れると共に、本プロジェクトの中間結果をこれらの周辺技術分野にフィードバックして、共に発展してゆくことが必要である。

(3) 政策的意義

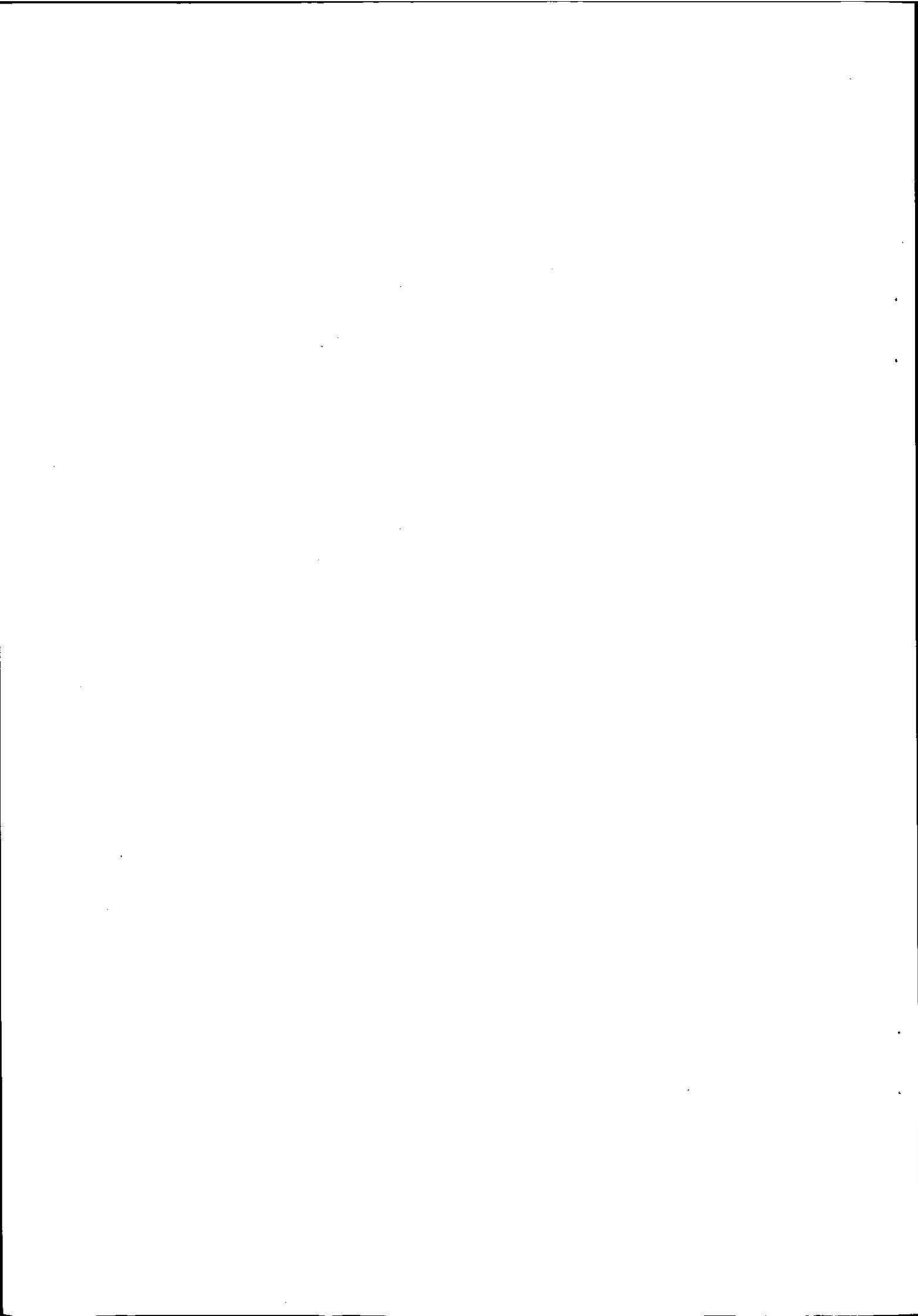
我が国が今後、経済大国として国際社会の発展に積極的に貢献しつつ、資源・エネルギーの制約を克服し、活力とゆとりのある豊かな社会を築きあげていくためには、情報化の推進は不可欠なものであり、いわば社会基盤投資として情報化及びそれを支える情報産業に対する諸施策の充実、強化を図っていくことが必要である。このためには、基盤の整備を行うとともに、長期的な視野に立ち、先導的革新的な情報関連技術とりわけコンピュータ技術の開発を進めていくことが有効であろう。

コンピュータ技術は多くの産業を支える基盤的技術であることから、諸外国とも技術開発の助成、コンピュータ産業の育成に努力しているが、我が国ではこれまで欧米先進国の技術にキャッチ・アップすることを目標に掲げ研究開発を行うことが多かったといえよう。しかし、我が国の技術力向上に伴って、欧米先進諸国が先端技術の供与に警戒的になっている動きもみられ、これまでのような後追い型の研究開発を続けていくことは困難であると考えられる。技術立国を目指す我が国としては、独自の創造的技術開発ポテンシャルの向上を図り、自主技術による国際的貢献を果たしつつ、技術先進国として将来も発展していくために、先導的革新的な研究開発を行っていかなければならない。

以上のような観点から、将来経済・社会に極めて大きな波及効果をもたらすと期待でき、先端的かつ広範な技術分野にわたる第5世代コンピュータの研究開発プロジェクトを、世界に先がけてスタートすることは極めて有意義であるといえよう。



2. 研究開発目標



2. 研究開発目標

2.1 全体目標

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知的対話機能や知識ベースを用いた推論機能などに対応し得る、革新的な推論と技術に基づく知識情報処理指向のコンピュータ・システムである。

このような第5世代コンピュータ・システムの機能は、以下の3種に大別できる。

- (1) 問題解決・推論機能
- (2) 知識ベース管理機能
- (3) 知的インタフェース機能

これらの機能は、それぞれ対応するソフトウェア・システムおよびハードウェア・システムにより実現される。システムの概念的イメージを図2-1に示す。この図において、モデ

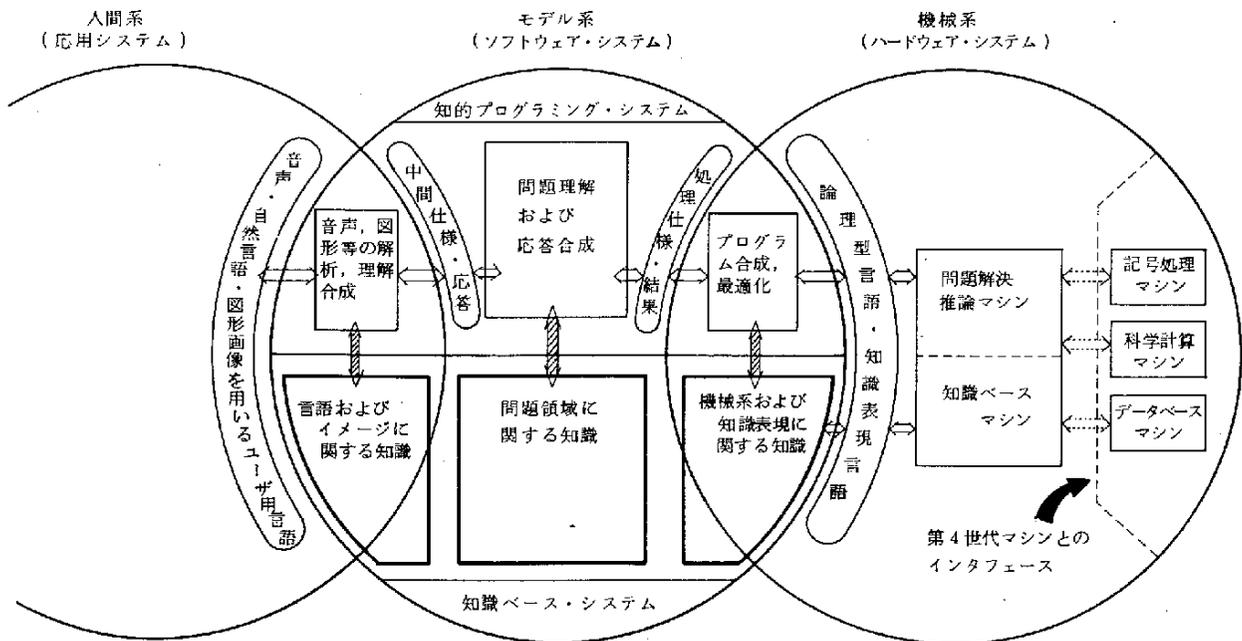


図2-1 第5世代コンピュータ・システムの概念図

ル系(ソフトウェア・システム)が、本プロジェクトにおけるソフトウェア開発の最終目標イメージであり機械系(ハードウェア・システム)が、ハードウェア開発の最終イメージである。また、モデル系の上半円が、問題解決・推論機能に相当し、下半円が知識ベース管理機能に相当する。そして、左の人間系の円と重なる部分が知的インタフェース機能に相当する。知的インタフェース機能は、図からも分かる通り、前2者に強く依存している。この図は、ハードウェア・システムの論理レベルの大幅な向上と、モデル系がハードウェアと人間の間を介在することによって、コンピュータが、人間系に大きく歩み寄ることを示している。ソフトウェア・システムとハードウェア・システムのインタフェースが核言語である。ソ

ソフトウェア・システムはすべて核言語上で実現され、ハードウェア・システムは、核言語を直接実行する。

問題解決・推論メカニズムの研究では、協調問題解決システムを最終目標として、問題解決・推論機能を追求する。協調問題解決システムは、1つの問題を2つ以上の問題解決システムが協力して解いていくシステムである。

たとえば、知識ベースを用いる問題解決システムで、知識源の1つとして人間が図書館を利用するように大規模な外部データベースを利用する方式を考える。すなわち、図書館の利用者に当たる知識ベース・システムと図書館に当たる大規模データベースとは、共に推論能力をもつ問題解決システムであり、その共同作業により問題を解決することになる。他の例としては、医療診断において、内科医と外科医が共同して診断を下す場合に対応するシステムがあげられる。このためには、各々の問題解決システムの推論過程についての推論、お互いが持っている知識についての推論などを行うメタ推論システムの開発を行う必要がある。メタ推論システムでは、演繹のみならず、より高度な推論である暗黙推論などの日常推論、帰納的推論、類推などの機能が必要となり、それらのメカニズムの追求を合わせて行う。以上の諸機能は、演繹の基本操作である。三段論法を基本演算とする核言語の上で、ソフトウェアとして実現されることになる。

核言語で実現するものは、計算の筋道が一つに定まらないような試行錯誤的プログラムを制御する機能、演繹的推論機能、および演繹過程についての推論を行うメタ推論機能の一部（メタ推論基本機能）である。核言語は、ハードウェアによって作られる推論マシンの外部仕様となる。

問題解決・推論マシン（以下、推論マシンという）の研究開発においては、核言語仕様や、その計算モデルに基づき、推論の基本的機能をサポートするハードウェア・メカニズムの開発を目標とする。

このハードウェア・メカニズムは、最終的には知識ベースをサポートするハードウェア・メカニズム（知識ベース・マシンの研究開発目標）や、知的インタフェースをサポートするハードウェア・メカニズム（高性能インタフェース機器の研究開発目標）と、統合化され、第5世代コンピュータ・プロトタイプシステムを実現することを目指している。

注)
推論マシンの研究開発で目標とする問題解決・推論機能としては、最大100M~1GLIPS

注) 推論実行速度1LIPS(Logical Inference Per Second)は、「三段論法」による推論操作を、1秒間に1回行うことを表わす。

- ・1回の推論操作を現行のコンピュータにて行うとすれば、100~1,000ステップを要すると思われるので、1LIPSは100~1,000IPS(Instruction/sec)に相当する。
- ・現世代マシンは $10^4 \sim 10^5$ LIPS程度である。

の性能を目指すものとする。

このような性能の実現にあたっては、基本論理素子の高速化をはかるとともに、推論において重要な記号処理をサポートする高度並列アーキテクチャの研究開発が不可欠であり、データフロー・マシン、抽象データ型メカニズムなどをベースとする新しい並列型推論向きのハードウェア・アーキテクチャを研究開発する。

ハードウェアの規模としては、最終的には要素プロセッサ 1,000 台程度のものを目指し、この実装に不可欠な VLSI 化技術の研究開発を行うものとする。

知識ベース管理機能のソフトウェアは、知識情報処理技術の確立を目指して、知識表現システム、知識ベース設計・保守支援システム、大規模知識ベース・システム、知識獲得実験システムおよび分散知識ベース管理システムの開発を目指す。これらのシステムは、協調問題解決システムへと統合化される。特に知識獲得は、半自動化すなわち、ある程度の学習機能を具備することを目指す。

知識ベース管理機能のうち、核言語で実現すべきものは、関係データベース・インタフェース（関係の定義ならびに検索機能）および、無矛盾性検査機能（の一部）である。

知識ベース・マシンの研究開発は、知識表現システムや大規模知識ベース・システムなどからの要求を満たし、大量の知識データの蓄積、検索、更新を能率よくサポートできるハードウェア・メカニズムの開発を目標とする。このメカニズムは、最終的には、第 5 世代コンピュータ・プロトタイプシステムに、統合化することを目指す。

知識ベース・マシンの研究開発で目標とする知識ベース管理機能としては、最大 100~1,000 GB の容量を有するデータベース・マシンを中核とし、推論に必要な知識ベースの検索を、数秒以内で行う性能を目指すものとする。

このような性能の実現にあたっては、大容量データの管理機能や知識データを扱うための記号処理機能を高速にサポートできる並列アーキテクチャが不可欠であり、大容量、かつ、高機能の記憶階層システムを含む関係データベース・マシンや、並列型の関係演算や知識演算用メカニズムをベースとする新しい知識ベース向きの並列処理用ハードウェア・アーキテクチャを研究開発する。

また、大容量のシリコンディスクや大規模な知識演算用プロセッサの実装に必要な VLSI 化技術の研究開発も行う。

知的インタフェース機能は、自然言語・音声・図形・画像などによるコンピュータとの対話を可能とし、人間にとって自然な情報交換を可能とする性能を目指す。

自然言語処理は、翻訳の基礎を与えるので、日本語のみならず、英語を初めとする外国語についても処理の対象とする。最終的には、専門用語以外の基本語彙1万語、文法規則数2千注)以下のシステムとし、精度は、入力文のうち99%を正しく構文解析を行えるものを目指す。

音声処理は、音声入力および出力システムを開発する。音声入力は、複数話者による日本語の正確に発声された連続音声を対象とし、最終的には、語彙数5万語、単語認識率95%、認識処理時間はハードウェア能力とのかねあいもあるが発声実時間の3倍以内を目指す。図形・画像処理については、10万枚程度の図形・画像情報を機械的に蓄積し、知識情報処理に利用できるシステムの開発を目指す。

また、このような音声や図形・画像データの処理を能率よく行うための専用プロセッサや入出力装置等を含む高性能インタフェース機器の研究開発を行う。

これら多情報媒体を並行利用することによって、人間にとって自然な情報交換方式を確立するための研究開発も行う。

以上述べた、3つの機能を実現するソフトウェア、および、ハードウェア・システムが、組合わされて一つの汎用マシンを構成する。その概念的構造は、図2-2に示すようなものとなる。

実際に用いられる場合には、3つの機能のそれぞれに対して、異なる性能が求められると考えられることから、汎用マシンのほか、各種の応用分野からの様々の性能要求に対応したシステム構成をとることを可能なものとし、いずれかの機能が強化された機能別マシンも構成し得るものとする。

これらのマシンは、共通のマシン言語として、第5世代コンピュータ用核言語を有するほか、相互にネットワークにより接続し、分散処理システムを構成できるものとする。

その実装においては、システムの規模が犬きくなることからVLSI化が不可欠であり、小型化、高信頼化を目指したVLSI化技術も併せて研究開発するとともに、アーキテクチャの改良、拡張に迅速に対処し、さらに、将来のVLSI設計用知識ベースの構築を目指したハードウェアの設計・評価データの集積を行うものとする。

以上のようにして構築された第5世代コンピュータのソフトウェア・システムは、第5世代コンピュータを利用する各レベルのユーザに合った各種の言語を提供する。システム・プログラマは核言語自身を用いて、プログラムを作成する。専門家システムの作成者は、知識表現言語を用いて、プログラムを作成する。各種のコンサルテーション・システムでは、ある

注) 文法規則数が少ない程システムの性能は良い。

程度制限された自然言語・音声・図形・画像などを用いて、ユーザとのやりとりがなされる。各レベルの言語には、それに付随した支援システムが作られ、その言語の利用を容易にするように働く。

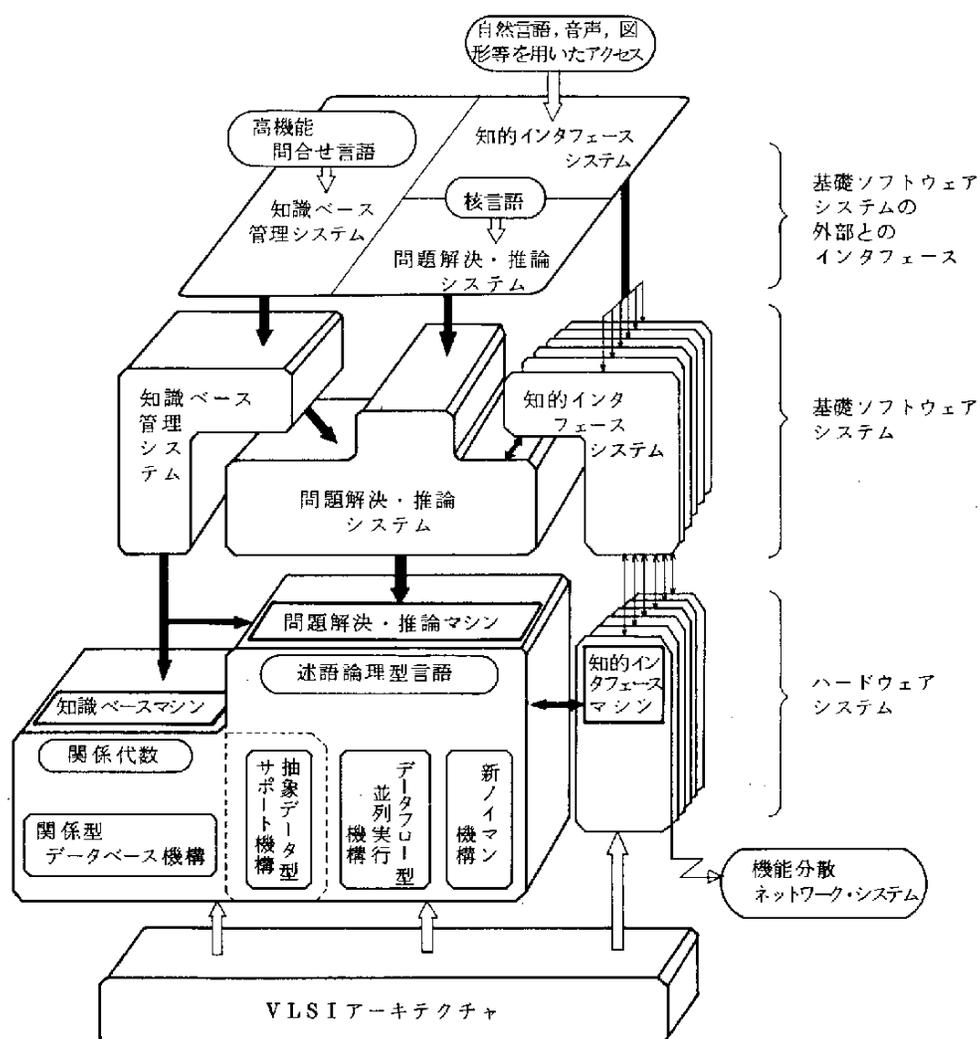


図 2-2 第 5 世代コンピュータ・システムの基本構造概念図

第 5 世代コンピュータ・システムのソフトウェアでは、以上の他に、新しいソフトウェア技術の確立をねらった知的プログラミング・システムおよび上にあげた 3 つの基本機能の上に構築される基本応用システムの開発を目指す。

知的プログラミング・システムの開発では、新しい概念に基づく核言語、および抽象化技術に基づくモジュラー・プログラミングを土台として、知識工学的手法により、プログラムの自動合成手法の開発、さらにソフトウェア開発コンサルテーション・システムの開発を目指す。具体的目標として、事務処理やロボットの制御プログラムなど、多くの環境で繰り返して生産されるようなソフトウェア分野を対象とし、それらの分野のソフトウェアのための基本モジュールの開発をする。また、それらのアルゴリズム・バンクの管理と統合したモジュール・レベルの合成システムの開発を目指す。とくに、現在ソフトウェア開発努力の大部

分を占めているプログラムの設計段階と修正・改良段階への、支援を強化し、それによってソフトウェアの生産性を全体として現在の10倍以上向上させることをねらう。

基本応用システムは、1990年代の広範な応用システムにとっての基本的・共通的システムである機械翻訳システム、および各種コンサルテーション・システムを取り上げ、開発を目指す。それらの目標性能を表2-1に示す。

表2-1 基本応用システムの課題と目標

機械翻訳システム

- 多国語間翻訳
- 使用語彙数 : 10万語
- 90%の精度で翻訳し、人間の介在によって残り10%を処理する。
- テキストの編集、翻訳結果の印刷までの各工程で、コンピュータが関与する総合システムとする。
- 全コストは、人間が翻訳した場合の30%以下とする。

コンサルテーション・システム

- 応用分野例
 - 医療診断
 - 自然言語理解
 - 機械装置CAD
 - コンピュータ・ユーザ・コンサルテーション
 - コンピュータ・システム診断 等
- オブジェクト数 : 5千以上
- 推論規則数 : 1万以上
- 知識獲得の半自動化
- システムとのインタフェース : 自然言語, 音声
- 使用語彙数 : 5千語以上

このほか、ソフトウェアの研究開発を効率的にすすめるため、第5世代コンピュータ用核言語を、早くからサポートするマシンとして、逐次型推論マシン(ソフトウェア開発用パイロット・モデル)を開発する。

逐次型推論マシンの開発では、高性能のマンマシン・インタフェースを備えた高性能のパーソナルシステムを開発することを目指し、高精度グラフィック・ディスプレイ、音声入出力機能、図形入出力機能、和文入出力機能等を備えうるものにする。

また、このマシン相互間や大型機と接続し得るローカル・ネットワーク機能が必要であり、中期には、試作される関係データベース・マシンの小規模実験システムと接続し得るインタフェースを備えたものとする。

このマシンは、中期以降に研究開発ツールとして提供することを目指す。

2.2 前期目標（基本技術開発段階における研究開発目標）

前期は、要素技術の確立が目的であるので、問題解決・推論システム、知識ベース・システム、知的インタフェース・システム、開発支援システムおよび基本応用システムの各課題毎にある程度独立して研究開発を進める。

以下に、各課題について、それらに含まれる項目毎の前期開発目標を示す。なお、基本応用システムは、中期以降の重点課題である。

(1) 問題解決・推論システム

主にアルゴリズムやソフトウェアを研究する問題解決・推論メカニズムと、ハードウェア・メカニズムを研究開発する問題解決・推論マシンとからなる。

(1-1) 問題解決・推論メカニズム

問題解決・推論メカニズムでは、以下のように第5世代コンピュータ・システムの核言語（5G核言語）の設計・処理系試作、協調問題解決メカニズムの研究、推論メカニズムの並列化の研究を行う。

① 5G核言語の設計・処理系試作

5G核言語第0版は、ソフトウェア開発用パイロット・モデルの仕様を与えるもので、58年度までに、全体の設計・試作を完了する。本言語は、PROLOGをベースとし、それに以下の追加機能を含ませる。

- (i) プログラムの構造化メカニズム
- (ii) 関係データベース・インタフェース（関係定義、関係代数演算）
- (iii) 並行プログラミング基本メカニズム
- (iv) データ型定義、チェック基本メカニズム

第1次核言語は、部分設計、試作を繰り返し、前期終了時まで、全体の設計、試作を完了する。それを推論機構実験用サブ・システムの仕様とする。

第1次核言語に含ませる機能は以下の通りとする。

- (i) 第0次核言語での諸機能のリファイン
- (ii) 並列実行モデルに伴う言語の再構成
 - ・関係データベースへのインタフェースの変更
 - ・強制逐次実行モードの導入
 - ・新制御方式の導入
- (iii) データ抽象化基本メカニズム

(Ⅳ) メタ言語機能（構造化とコントロール）

② 協調問題解決メカニズムの研究

メタ推論システムの試作，および帰納，類推などの高次推論機能の研究を通して，核言語に取り込むべき機能の抽出を試みる。協調型問題解決メカニズムの基礎研究を行う。

抽出機能の見当

(i) メタ・コントロール機能

- ・インテリジェント・バックトラッキング
- ・並列プログラミング，エラー処理
- ・コントロール言語の導入

(ii) メタ構造化機能

- ・フォーカス
- ・多世界表現

③ 推論メカニズムの並列化の研究

中期の推論機構実験用サブ・システムのための並列推論アルゴリズムの新方式を研究する。アルゴリズムの動作を確認するために，アルゴリズム検証用ソフトウェア・システムを開発する。

とくに，並列ユニフィケーション・アルゴリズムおよび並列推論方式の開発をねらう。

(1-2) 問題解決・推論マシン

問題解決・推論マシン（以下，推論マシン）の研究開発においては，第5世代コンピュータ用核言語仕様，および，計算モデルに基づくアーキテクチャ基本技術の開発を目的とし，データフロー・マシンの設計・試作，抽象データ型メカニズムの設計・試作，並列推論メカニズムの研究・試作を行う。

- ① データフロー・マシンについては，データフロー言語処理系やシミュレータの開発，機能モジュールの試作を行うほか，10台程度の要素プロセッサを含む実験システムを設計・試作し，基本アーキテクチャの設定を行う。
- ② 抽象データ型ハードウェア・メカニズムについては，核言語に含まれるソフトウェアのモジュール化機能，並行処理や分散処理のサポートを行うためのアーキテクチャ諸方式について，シミュレータや機能別モジュール等を設計・試作した上で評価を行い，基本アーキテクチャを設定する。
- ③ 並列型推論ハードウェア・メカニズムは，核言語仕様や計算モデルから，推論に重

要な基本機能を抽出し、その機能モジュール化方式を研究するとともに、中期に開発する並列型推論マシン・サブシステムの仕様を検討する。

以上推論マシンの研究では、並列型の推論マシン実施の要素技術をシミュレーションやモジュールの実装によって評価し、いくつかのアーキテクチャの候補の得失を明確化するとともに、中期に研究開発すべき項目を設定する。

(2) 知識ベース・システム

知識ベース・メカニズムの研究開発と、知識ベース・マシンの研究開発などからなる。

(2-1) 知識ベース・メカニズム

知識ベース・メカニズムでは、知識表現システムの研究開発、大規模知識ベース・システムの研究開発、分散知識ベース・システムの研究開発を行う。

① 知識表現システム

単一の知識ベースを管理する知識表現システムを開発する。対象とするオブジェクト数は500~1,000，推論ルールは500~3,000程度の知識ベースの扱いが可能なものとする。そのために、以下の各項目について研究開発を行う。

(i) 知識表現言語の設計・開発

(ii) 知識表現サポート・システムの開発

(iii) 知識獲得と応用開発

② 大規模知識ベース・システム

辞書、プログラム・ベースなどの大規模なデータを管理するシステムを開発する。関係データベース・システムを核とし、最適化などにより効率の良いシステムの実現を目指す。関係モデルに基づく外部言語をサポートし、核言語との結合を図る。さらに関係データベース・マシンの外部仕様を提供する。そのために、次の3つの課題を柱として、研究開発を行う。

(i) 関係データベース管理システムの開発

(ii) 知識ベース設計技法の開発

(iii) 知識ベースのメンテナンス技法の開発

③ 分散知識ベース管理システム

物理的あるいは論理的に分散している知識ベースを統合して利用するシステムのための基礎研究を行う。具体的には、各成分となる知識ベースのセマンティック・モデルと表現に関する知識を用意して、メタ推論システムによる統合化のモデルを確立する。そのために、次の3つの課題について研究開発を行う。

- (i) 知識ベースのメタ記述および理解
- (ii) 分散知識ベース管理方法
- (iii) 知識ベースの統合化

(2-2) 知識ベース・マシン

知識ベース・マシンの研究開発では、知識表現言語や核言語で記述された知識データの蓄積、検索、更新を能率よく処理できる大容量知識ベース・マシンの基本技術開発を目的とし、関係データベース・マシンの設計・試作、並列型関係演算・知識演算機構の設計・試作、知識ベース基本メカニズムの研究を行う。

- ① 関係データベース・マシンは、関係代数に基づく言語処理系やシミュレータの開発、機能モジュールの開発を行うほか、要素プロセッサ8台程度を備え、データベース容量10GBをめざす実験システムを設計・試作する。このシステムは、実験システムながら、逐次型推論マシンと接続してソフトウェア開発実験ツールとして使用できるものを目指す。
- ② 並列型関係演算・知識演算機構は、関係代数演算や知識演算の機能を整理し、これらをデータフロー方式やストリーム方式等の高度並列処理により実現する処理方式を研究し、シミュレータや機能モジュール、記憶階層システム等の設計・試作を行ない中期に開発する並列型知識ベース・マシン・サブシステムの基本アーキテクチャを設定する。
- ③ 知識ベース基本メカニズムの研究では、知識表現言語や知識ベースの構成方式等の理論やソフトウェアの検討を行い、連想アクセスの機構等の知識ベース処理の基本操作を抽出し、そのための処理方式を研究する。このため、シミュレータや機能モジュール等を設計・試作し、評価する。

以上、知識ベース・マシンの研究では、中期からの使用を考慮した関係データベース・マシンの実験システムの開発を行う。また、並列型の関係演算、知識演算や大規模な記憶階層システム等を実現するための要素技術をシミュレーションやモジュールの実装によって評価し、さらに知識ベース・マシンのアーキテクチャの候補の得失を明確化し、中期の研究開発項目を設定する。

(3) 知的インタフェース・システム

知的インタフェース・システムの研究開発では、自然言語処理技術、音声処理技術、図形・画像処理技術の研究を行う。

① 自然言語処理技術

自然言語により柔軟な会話機能を実現するための基本技術を開発し、中期以降のコンサルテーション・システム、機械翻訳システム等基本応用システムへの応用を目指す。

以下に、研究開発すべき項目と仕様を列挙する。

(i) 自然言語処理用データベースの研究

- ・応用分野別基本語彙試作
(用例付き基本語彙 3,000 語とする。)
- ・応用分野別文章データベース試作
- ・フォントバンクの作成
(各国文字(各種字体を含む), 特殊記号)
- ・科学技術用語集の設計と試作

(ii) 言語解析技術の開発

- ・中核文法および応用分野別文法の試作
(日英語対象, 中核文法規則数 800 以下)
- ・形態素および構文解析技術の開発
(構文解析システムの開発)
- ・文章合成出力技術の開発
- ・意味解析および文脈解析技術の研究
- ・応用システム化技術
(日英機械翻訳システム・コア部試作, 翻訳用ワークステーションの設計)

(iii) 自然言語知的インタフェースの認知科学的研究

- ・円滑な対話の研究
- ・デフォルト推論の研究

② 音声処理技術

連続音声の認識を行うための基礎技術である音素識別方式について検討し、基本設計を行う。音声出力については、ルール合成を目指して、基本設計を行う。そのために、以下の各項目について研究開発を行う。

(i) 音素識別方式の基本設計

- ・音声分析・特徴抽出方式の基本設計
- ・音素識別方式の基本設計

(ii) 音声合成方式の基本設計

③ 図形・画像処理技術

ユーザにとって図形・画像情報を扱いやすい環境作りをめざす、システム・レベルとして、画像データベースを中心に画像処理用専用言語、図形・画像処理マシンの概念設計を行う。ユーザ・レベルでは図形・画像の編集・消書システムの知的対話機能を明確化し、第一次システムを試作する。そのために、以下の各項目について研究開発を行う。

(i) 知的画像データベースの基礎研究

(ii) 要素技術の研究

- ・高級言語仕様設計
- ・専用マシン・アーキテクチャの設計

(iii) 高度知的図形・画像ワークステーションの開発

- ・機能設計

(iv) 総合システムにおけるインタフェースの検討

- ・外部仕様の検討

(4) 開発支援システム

開発支援システムでは、ソフトウェア開発用パイロット・モデルを前期に開発するとともに、VLSI化技術とシステム・アーキテクチャの研究開発を行う。

(4-1) ソフトウェア開発用パイロット・モデル

逐次型推論マシン(ソフトウェア開発用パイロット・モデル)の研究開発は、核言語第0版をサポートし、ソフトウェアの研究開発ツールとして提供することを目的とし、ハードウェアシステム、および、ソフトウェアシステムの研究開発を行う。

ハードウェアシステムについては、推論の基本機能をサポートする専用ハードウェアを有するファームウェアベースのプロセッサ、仮想記憶を含むメモリシステム、和文の入出力を含むマンマシン・インタフェース・システムの研究開発を行う。

ソフトウェアシステムとしては、核言語の処理系と関連するユーティリティ・ソフトウェア群、ファームウェア開発支援システム、ファイルシステム、高精度ディスプレイ等のマンマシン・インタフェース用ソフトウェアシステム等の研究開発を行う。

このほか、逐次型推論マシンには、本マシン間、および、大型汎用機を接続し得るローカルネットワーク機能を備えるほか、関係データベースマシンの実践システムと接続できるハードウェアおよびソフトウェアのインタフェースを備える。

本マシンは、核言語で書かれたソフトウェアの実行にあたって、汎用大型機の10倍以上のパフォーマンスを実現することを目指す。

(4-2) VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ

VLSI化技術とシステム・アーキテクチャの研究開発では、知識ベースや推論の機能を利用した知的VLSI-CADシステムの研究開発を行うとともに、各種のハードウェアやソフトウェアの研究開発に必要なツールとして、汎用大型機やネットワークシステム等を含むソフトウェア・ハードウェア開発支援システムを開発・整備する。

知的VLSI-CADシステムの研究開発では、アーキテクチャ記述方式や記述言語の研究、VLSI設計用知識ベース構築のための構成法の研究のほか、カスタムチップ作成支援システムを整備し、データフロー・マシンや関係データベース・マシンの実験機に必要なLSI、VLSIチップを、作成できる環境を中期に向けて、開発・整備する。

ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムは、まず、ソフトウェアの研究開発用マシンの整備、および、ハードウェア研究開発の小型マシン等の整備を行うとともに、前期に試作される逐次型推論マシン、関係データベース・マシン、データフロー・マシン等の実験システムとの間を相互に接続するネットワークシステムを開発・整備し、利用可能なものとする。

また、このようなネットワークシステムのベースとなる分散システムの構築法に関し、ソフトウェアおよびアーキテクチャ諸方式の検討・評価を行う。

(5) 基本応用システム

(5-1) 機械翻訳システム

前期は知的インタフェース・システムにおける自然言語処理技術の項目の中で基本技術開発を行い、中期以降に本格的に開発する。

(5-2) コンサルテーション・システム

前期は知識ベース・メカニズムにおける知識表現システムの項目の中で基本技術開発を行い、中期以降に本格的に開発する。

(5-3) 知的プログラミング・システム

① モジュラー・プログラミング・システム

核言語第0版および第1版の設計作業の一部として、核言語の構造化機能、特にモジュラー化機能と、パラメータ化機能を追求し、その導入を図る。

また、核言語に対してそのプログラミングの処理と支援を行うプログラミング・システムを開発し実用化する。論理型モジュラー・プログラミングの仕様及び処理方式の研究、デバック機能、エディタ、モジュール・データベースなどからなるプログラム開発支援システムの作成を行う。それらは、核言語第0版上で作成し、ソフトウ

ウェア開発用パイロット・モデル上で動くものとする。

② メタ/仕様記述言語とモジュール管理システム

論理型プログラミング言語である核言語によって作成されるプログラムの仕様を記述するための、論理レベルの一段高いメタ/仕様言語を開発する。メタ/仕様言語では、モジュール機能のみでなく構造も記述される。本言語は、以下に述べるモジュール管理システムで中心的な動きをするものである。

ソフトウェア検証システムを含むモジュール管理システムを開発する。モジュール管理システムは、①のモジュラー・プログラミング・システムを発展させたもので、②で述べる自動プログラミングに引き継がれるものである。本システムは、ユーザがプログラムを開発するときの高度な支援システムであり、ソフトウェア検証システム、モジュール・ベース、問題領域知識ベース、プログラミング知識ベースと、それらを統合するメタ演繹システムから成る。前期でモジュール管理システムの試作を行い、事務処理やプロセス制御などの限られた分野を選んで、小規模の実験を行うことにより、システムの有効性を実証することを目指す。

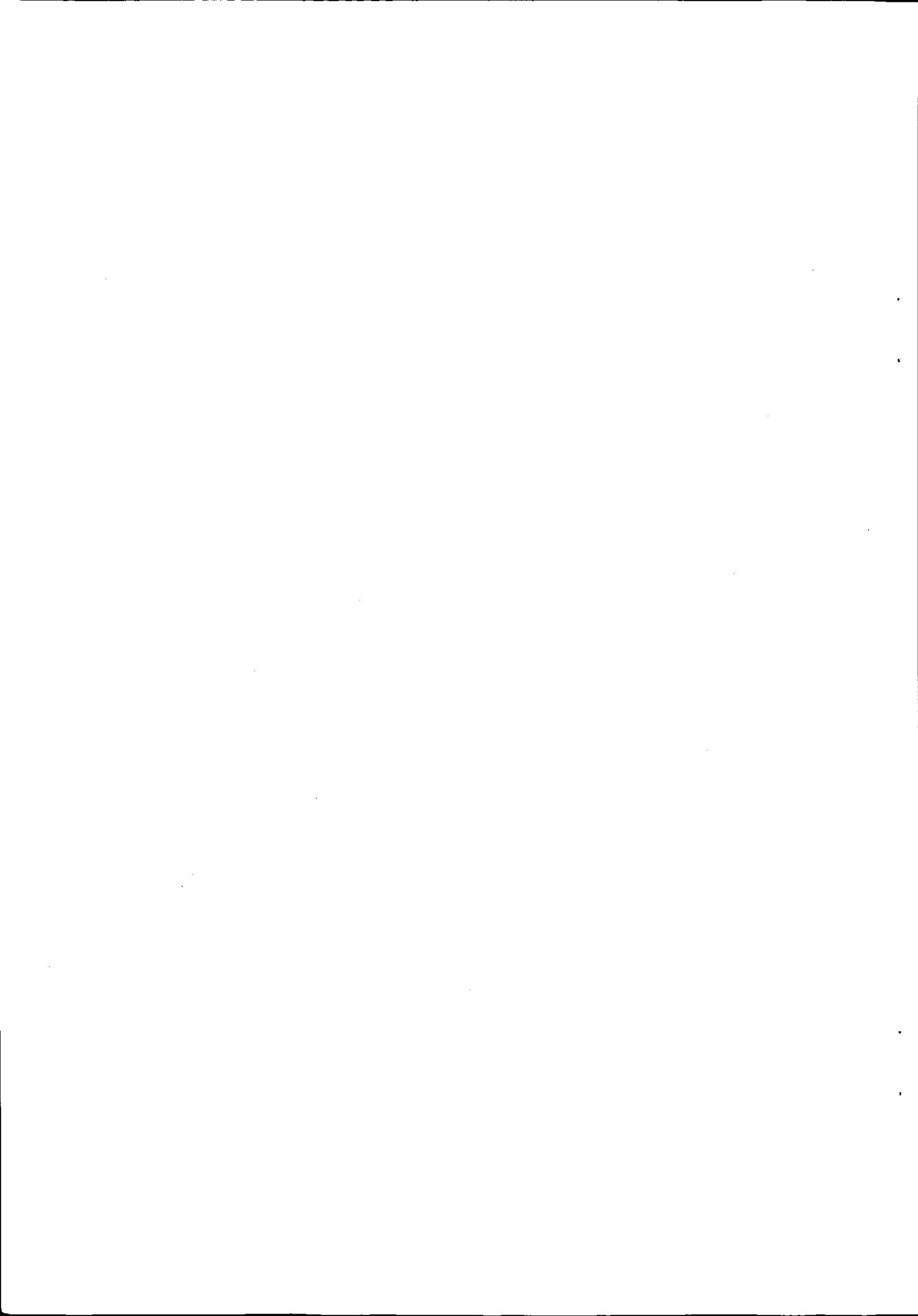
ソフトウェア検証システムは、上に述べた支援系の助けを借りてユーザが作成したプログラムの正当性のチェック、誤りの検出などを論理的なレベルで行うものの開発を目指す。

③ プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク

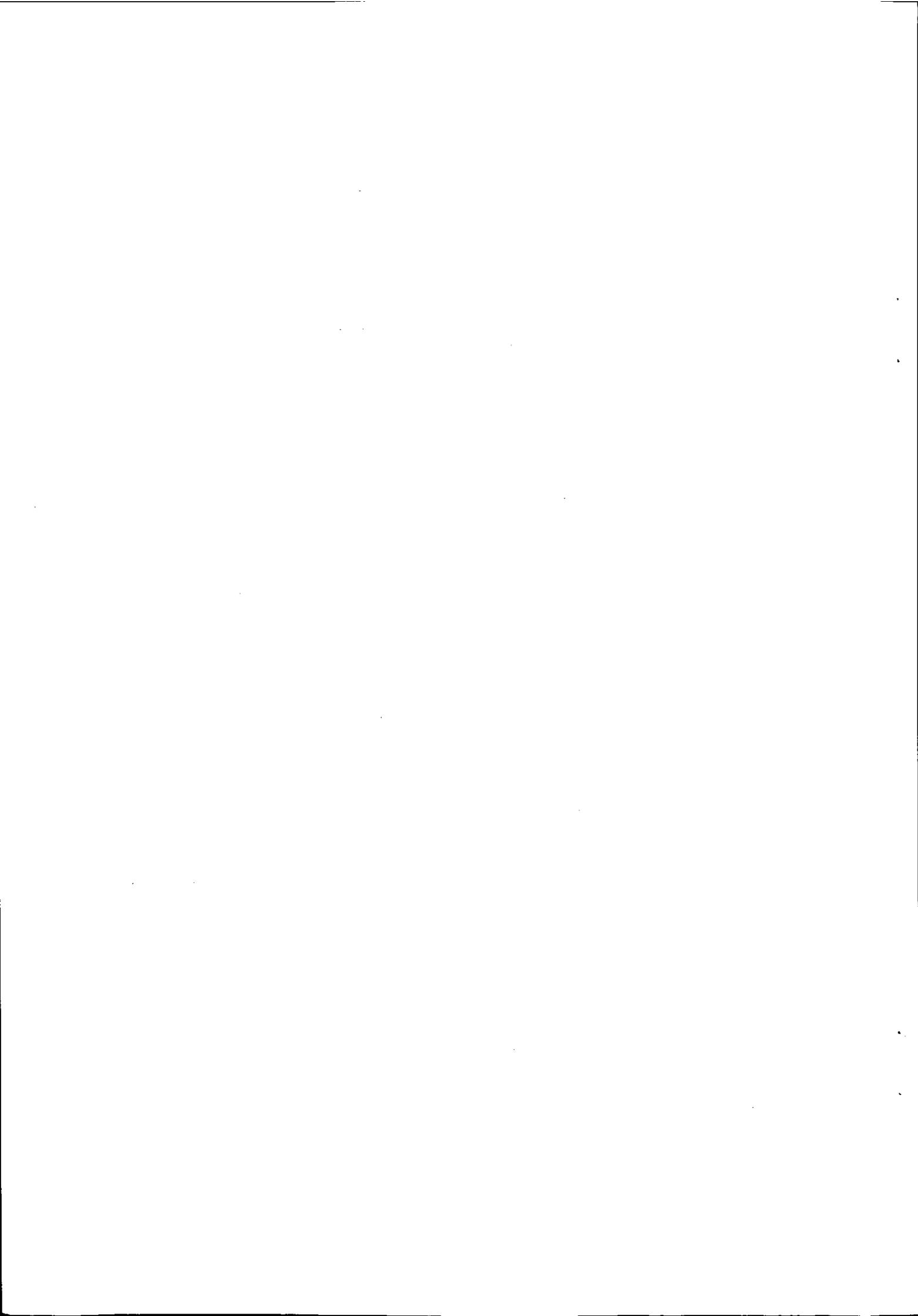
いくつかの問題領域を設定して、それらの問題領域で現在、日常的に使われているプログラムを取り上げ、まずそれらを論理型モジュラー言語で再記述する。

次にこの再記述を通じて、アルゴリズムのパターン、データ構造、プログラムの諸性質（対データに関するプログラムの効率・頑強性（robustness）等）、問題領域固有の知識、プログラミングに関する知識などを表現するのに適した形式的な言語の研究開発を行う。この言語は、前項目でのメタ/仕様記述言語を拡張して作られる。

また、このような形式言語を用いてアルゴリズム・バンクの設計を行う。その際貯えられるアルゴリズムの検索方法に関する研究も大きな目標の一つとなる。



3. 研究開発課題



3. 研究開発課題

3.1 研究開発課題概要

前章で述べた目標を達成するために必要な課題として、以下の5グループ10課題を提案する。

- (1) 問題解決・推論システム
 - (1-1) 問題解決・推論メカニズム
 - (1-2) 問題解決・推論マシン
- (2) 知識ベース・システム
 - (2-1) 知識ベース・メカニズム
 - (2-2) 知識ベース・マシン
- (3) 知的インタフェース・システム
- (4) 開発支援システム
 - (4-1) ソフトウェア開発用パイロット・モデル
 - (4-2) VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ
- (5) 基本応用システム
 - (5-1) 機械翻訳システム
 - (5-2) コンサルテーション・システム
 - (5-3) 知的プログラミング・システム

以下、これらの研究開発課題の概要と、ソフトウェアあるいはハードウェアの他の課題との関連について述べる。各課題についての項目レベルのより詳しい記述は、次節以降で行う。

- (1) 問題解決・推論システム
 - (1-1) 問題解決・推論メカニズム

本課題はハードウェアとソフトウェアのインタフェースである核言語の設計・開発を第0版から第2版にわたって行い、合わせて、並列推論方式の研究開発を行う。この成果は、核言語第1版に反映されると同時に、中期において開発される並列型推論マシンの仕様を与える。

さらに、高度な問題解決機能として、独立した二つ以上の推論システムが協同して一つの問題解決に当たる協調問題解決メカニズムおよびシステムの研究開発を行う。

(1-2) 問題解決・推論マシン

本課題は、第5世代コンピュータ・システムの中核となる推論機能をサポートする高レベルでかつ、高速処理に重点をおいたアーキテクチャの研究開発を目指す。このため、高度な並列処理実現のベースとなるデータフロー・マシン、核言語仕様に含まれるモジュール化機能、並行処理や分散処理機能をサポートする抽象データ型メカニズム、核言語のベースとなる述語論理型言語の並列実行方式を研究する並列型推論メカニズムの研究開発を行う。

(2) 知識ベース・システム

(2-1) 知識ベース・メカニズム

本課題は、知識表現言語、知識ベース設計・開発のための支援システム、知識獲得システムなどのいわゆる知識工学応用システムの開発に必要な基礎技術を研究・開発する他、大規模知識ベース実現のために、関係データベース・システムおよび分散知識ベース・システムの研究開発を合わせて行う。これらの研究は、核言語と同様、ハードウェア化のための仕様を与えるものである。また、後期において分散知識ベースは、協調問題解決システムに組み込まれる。

(2-2) 知識ベース・マシン

本課題は、第5世代コンピュータ・システムの中核となる知識ベース機能をサポートする高レベルで、かつ、大容量の知識データを蓄積し、高速に検索・更新できるアーキテクチャの研究開発を目指す。このため、関係モデルに基く関係データベース・マシン、高度並列処理を目指す並列型関係演算メカニズム、および、知識表現や知識の構造化手法の基本部分をサポートするアーキテクチャを研究する知識ベース基本メカニズムの研究開発を行う。

(3) 知的インタフェース・システム

知的インタフェース・システムは、人間とのインタフェースを良くするために、自然言語、音声、図形・画像を介した会話の実現を目指す。その中でも、自然言語による会話に最も重点を置く。図形・画像に関しては、知識表現の観点からデータベースの研究に重点を置く。音声に関しては、連続音声認識および自然な音声合成を目指し、自然言語処理との結合を図る。

知的インタフェース・システムの研究開発は、前期は主として固有技術の開発を行い、本格的な実験システムの開発は、中期以降に行う。また、これらの成果は、自然言語技術を中心として、基本応用システムの開発に利用される。

(4) 開発支援システム

(4-1) 逐次型推論マシン(ソフトウェア開発用パイロット・モデル)

本課題は、第5世代コンピュータのソフトウェアシステムの中核となる核言語仕様を能率よくサポートし、ソフトウェアの研究開発を能率よく進め得る種々の機能を備えたファームウェアベースの高性能マシンの開発を目的とする。このため、推論のための専用ハードウェアや仮想記憶、高機能マンマシン・インタフェースを有するハードウェアシステム、および言語処理系やグラフィック・エディタ、ネットワーク機能等を有するソフトウェアシステムを研究開発する。

(4-2) VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ

本課題は、大規模かつ高度な構造を有する第5世代コンピュータ・システムのハードウェアシステムの実装に不可欠なVLSI化やハードウェアのモジュール化、分散化の技術を研究開発するとともに、開発支援ツールを開発・整備することを目指す。このため、アーキテクチャ・データベース作成等を含む知的VLSI-CADシステムの研究開発、および、ネットワークシステムを含むソフトウェア・ハードウェア開発支援システムを研究開発・整備する。

(5) 基本応用システム

基本応用システムは、本プロジェクトで開発するコンピュータ・システムを、各段階で機能・性能の両面について評価すると同時に、それ自身、本プロジェクトの主要な目標に掲げて研究開発を行う。すなわち、第5世代コンピュータ・システムの知識情報処理システムとしての有効性を実証すると同時に、他のより広範な応用システムの実現に利用し得る道具、構成要素の開発、さらにはknow howの蓄積を目指す。

基本応用システムとして取り上げるものとしては、機械翻訳システム、コンサルテーション・システム、知的プログラミング・システムがある。

(5-1) 機械翻訳システム

本課題は、前期は知的インタフェース・システムにおける自然言語処理技術の項目の中で基本技術開発を行い、評価用モデルシステムとして試作する。中期以降に本格的に開発する。

(5-2) コンサルテーション・システム

本課題は、前期は知識ベース・メカニズムにおける知識表現システムの項目の中で基本技術開発を行い、機械翻訳と同様、評価用モデル・システムとして試作する。中期以降に本格的に開発する。

(5 - 3) 知的プログラミング・システム

本課題は、本プロジェクトの開発に利用される支援システムであると同時に、知識情報処理の主要な応用システムの一つと考えている。その目的は、ソフトウェアの生産性と信頼性を大幅に向上するために有効なプログラミング・システム、方法論を確立することである。前期では、ソフトウェア開発用パイロット・モデルのプログラミング環境として、モジュラー・プログラミング・システムと検証系の実現を図り、中期・後期では、機能、性能の明らかにされた正しいアルゴリズムを蓄積・管理するアルゴリズム・バンク、および、それを利用して、ユーザの仕様に適合したプログラムを対話しながら半自動的に作り上げて行くソフトウェア開発 コンサルテーション・システムの開発を目指す。

3.2 研究開発課題内容

3.2.1 問題解決・推論メカニズム

問題解決・推論メカニズムの研究では、協調問題解決システムを最終目標として、問題解決・推論機能を追求する。協調問題解決システムは、一つの問題を、二つ以上の問題解決システムが協力して解いていくシステムである。そのために、各々の問題解決システムの推論過程についての推論、お互いがもっている知識についての推論などを行うメタ推論システムの開発を行う。メタ推論システムでは、演繹のみならず、より高度な推論である暗黙推論などの機能が必要となり、それらのメカニズムの追求を合わせて行う。以上の諸機能は、演繹の基本操作である三段論法を基本演算とする核言語の上で、ソフトウェアとして実現されるものとする。

核言語で実現すべきものは、計算の道筋が一つに定まらないような試行錯誤的なプログラムを制御する機能、演繹的推論機能および演繹過程についての推論を行うメタ推論機能の一部（メタ推論基本機能）である。核言語は、ハードウェアとして作られる推論マシンの仕様となる。核言語は、前期において、第0版および第1版が作られ、中期において第2版が作られる。核言語第0版、第1版の詳細仕様は後で述べるが、大まかに言えば、第0版は、ソフトウェア開発用パイロット・モデルである逐次型推論マシンの仕様を与え、第1版は、中期に開発される並列型推論マシンの仕様を与える。第2版は、分散知識ベース管理のための基本メカニズムの導入を主なねらいとする。

並列型推論マシンは、本プロジェクトの中心的課題の1つである。そのために、並列推論メカニズムの開発を前期の終りを目途に行う。

以上述べた様に本課題は、

- (a) 5 G核言語の設計、処理系試作
- (b) 協調問題解決メカニズムの研究
- (c) 推論メカニズムの並列化の研究

の3つの研究項目より成る。以下に各項目の内容と項目間の関連を述べる。

(1) 5 G核言語の設計、処理系試作

本項目は、核言語第0版～第2版の開発の3つに分けられる。その3つについて、各々具体的に何を行うかを述べると共に、項目間の関連を示す。

① 5 G核言語第0版（前期）

核言語第0版は、前期終了時点までに開発されるソフトウェア開発用パイロット・モデル上の言語となるので、システム記述言語としての実用性、高効率性を目指す。

本核言語設計のため、第1に、処理系の形式的仕様の記述を行う。その仕様に基づき、機能・性能の検査のために、シミュレータとしても働く処理系を試作する。

核言語の機能のうち、とくにPROLOGに追加される諸機能の実現方式の検討を行う。

② 5 G核言語第1版（前期）

5 G核言語第1版は、並列推論機能に重点があるので、「推論メカニズムの並列化の研究」と共同で設計を進めることが必要である。それらの検討に基づいて、いくつかの方式について、シミュレータを作成し、方式を実証しながら、設計を進める。

データ抽象化基本メカニズムは、知的プログラミング・システムの課題に含まれている項目の1つであるモジュラー・プログラミング・システムの研究開発の成果を組み入れて設計を行う。

構造化とコントロールを掌るメタ言語機能については、知識表現システムの研究開発と共同して行う。

③ 5 G核言語第2版（中期）

分散知識ベース管理のための基本メカニズムの導入が主なねらいであるので、知識ベース・グループとの共同研究を行う。その他、前期での、協調問題解決メカニズムに含まれている暗黙推論、帰納的推論、類推などの高度な推論の基本メカニズムの検討結果を取り込む。

さらに、知的プログラミング・システムの前期の課題に含まれているメタ/仕様記述言語の成果を取り込み、実行監視機能の言語化を図る。

(2) 協調問題解決メカニズムの研究

本項目の前期は、協調問題解決システムの基礎となるメタ推論システムの設計・試作、および、日常推論、帰納的推論などの高次推論の実現方法、それらの問題解決への適用方法の検討を行う。さらに、メタ推論、高次推論を基にした協調問題解決メカニズムの基礎的検討を行う。本研究の成果のうち、メタ推論の基本メカニズムについては、核言語第1版へ反映させる。高次推論の基本メカニズムについては、核言語第2版へ反映させる。

中期は、メタ推論システムの拡充および、協調問題解決システムの方式決定、基本設計を行う。高次推論機能については、引き続き研究を行う。これらのシステムは、核言語第1版の上のプログラミング・システム上で実現し、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で動くものとする。

後期は、図書館員方式の情報検索システム等を例として、協調問題解決システムの開発

を行う。そのシステムは、分散知識ベースを利用するものとする。

(3) 推論メカニズムの並列化の研究

本項目は、基本演繹推論およびユニフィケーションの並列化を追求する。

前期では、並列ユニフィケーション方式を開発し、ソフトウェア開発用パイロット・モデルの開発あるいは、中期の並列推論マシンにその成果を引き継ぐ。並列推論方式については、いくつかの証明戦略について、並列化の検討を行い、アルゴリズム検証用ソフトウェア上にアルゴリズムを試作し、その結果に基づいて方式の決定を行う。

中期では、並列推論メカニズムの詳細設計を行い、並列推論マシンの仕様とする。(本項目は、中期までで研究を終了する。)

3.2.2 問題解決・推論マシン

問題解決・推論マシンは、第5世代コンピュータ・システムの目指す知識情報処理の中心的機能の一つである推論機能をサポートするアーキテクチャを研究開発する。

推論マシンの備えるべき条件は、大きく分けて、2つある。第1は、第5世代コンピュータのソフトウェアとハードウェアのインタフェースを規定する5G核言語とその計算モデルをサポートする高レベルなアーキテクチャを有することである。

第2は、知識情報処理の基本的な応用である。自然言語処理やこれを用いた機械翻訳、種々のコンサルテーション・システム等が実用的となるのに必要な処理能力や記憶容量を有することである。大量の知識ベースを蓄えるのに必要な大きな記憶容量を実現するアーキテクチャについては、3.2.4で示される知識ベース・マシンの研究開発で重点的に研究されることから、問題解決・推論マシン（以下、推論マシン）では、特に処理能力の高速性に重点を置いた研究開発を行う。

知識情報処理では、非数値データや記号データの扱いが特に重要であることから、これらの処理を高速に行うことを目指し、VLSIによる実装を前提とした高度並列処理アーキテクチャの研究開発を行う。

本課題の研究開発は、前期（3年）、中期（4年）、後期（3年）に分けて計画しており、中期、および後期の初めに、研究開発の進行状況を考慮した目標の精密化と見直しを予定している。

前期における研究開発では、推論マシンの基本的なメカニズムおよび、それらを実現するためのハードウェア化の手法を明らかにするため、種々の機能メカニズム別のモジュールや実験システムを試作した各種の構成手法の評価や実現上の問題点を明確にする。

このため、推論マシンの基本的なハードウェア・メカニズムとなることが期待されるデータフロー・マシンの設計・試作や、5G核言語の仕様に含まれる抽象データ型の概念に基くモジュール化手法や並行処理、分散処理の記述手法をサポートするための抽象データ型メカニズムの設計・試作を行う。

また、5G核言語のベースとなる述語論理型言語および、その計算モデルから、トップダウン的に機械的推論メカニズムの中核となる導出（resolution）や、そのための統一化（unification）等の機能を抽出し、その並列化のための手法やアルゴリズム、実現のためのハードウェア構成方式などを研究することを目的とし、並列型推論メカニズムの研究・試作を行う。

中期における研究開発では、前期の研究成果に基き並列型推論マシン・サブシステムを試作する。このために、前期で試作したデータフロー方式に基く種々の機能モジュールやシステ

ムの構成，制御方式及び，抽象データ型メカニズムをサポートするモジュールの改良，拡張を行う。また，シミュレーション等による評価等も行い，サブシステムの規模や実装方式を決定する。

また中期では，後期に向って，推論マシンと知識ベース・マシンを統合化し，5 G核言語第2版をサポートするプロトタイプ・システム試作のための基礎研究も行い，統合化のための手法やプロトタイプ構成方式を明確化する。

後期では，中期の推論マシンのほか，知識ベース・マシン，さらには，ソフトウェアの研究課題を総合化し，VLSI化技術やシステム・アーキテクチャ技術を利用した第5世代コンピュータのプロトタイプを開発する。

プロトタイプシステムは，最大規模において，要素プロセッサ1,000台程度から成るものを目指す，また，その構成方式としては，推論に重点を置くもの，知識ベースに重点を置くもの等，柔軟な構成のとれるものを目指す。このために，ハードウェアのモジュール化，VLSI化を行い，何種類かの規模のシステムを試作し，それらを総合化してプロトタイプシステムを構築する。

以上述べた様に本課題は，5 G核言語をサポートし，知識情報処理システムを構成する種々のソフトウェアシステムを能率よく，かつ，信頼性の高いものとして作成し得るような高レベルなハードウェア機能を研究開発することがねらいである。このため，十分な処理能力を備えるための高度並列処理アーキテクチャおよび，VLSIによる大規模システムの実装手法の研究開発を目指して，次のような研究項目を設定した。

- (1) データフロー・マシンの設計・試作
- (2) 抽象データ型メカニズムの設計・試作
- (3) 並列型推論メカニズムの研究・試作

前期においては，これらの研究項目は，並行して行われる。中期以降は，これらの研究項目は，中期の目標である並列型推論マシンサブシステムへの試作を目指して，統合化される。

後期では，知識ベース・マシンの研究成果やVLSI化技術やシステム・アーキテクチャの研究成果，さらには，ソフトウェア関連の研究成果も含めて統合化が行われ，第5世代コンピュータ・プロトタイプの開発が行われる。

以下，各技術項目ごとに，前期および中期以降の研究開発の目標と研究上のポイント，さらに，その展開について述べる。

(1) データフロー・マシンの設計・試作

データフロー・マシンは，最終的には，第5世代コンピュータ・プロトタイプの骨格となる

高度並列処理アーキテクチャのベースを与えるものである。しかし、多くの未知の要素が含まれることから、前期から中期にかけて、マシンの構成・制御方式、基本モジュールの備えるべき機能やその実装方式等、基本アーキテクチャの研究開発を行う。

この目的でシミュレーションや実験システムの試作、それによる諸方式の評価を行う。中期では、さらに、機能モジュールの改良、拡張のほか、システム規模の拡大に対処し得るような構成手法の改良やVLSI化等を行い、他の研究項目で研究開発された抽象データ型のサポート機能や推論のための並列実行機構などと統合することを目指す。

後期では、第5世代コンピュータ・プロトタイプの開発のために、より大規模なシステム構成手法や、機能モジュールの高機能化、VLSIを用いた小型化のほか、高信頼化や保守機能なども含めた研究開発を行う。

以下、研究開発のポイントを挙げる。

- ① データフロー・マシンの計算モデルの精密化とハードウェア化に適したモデル再構成。
- ② データフロー・マシン用高級言語とコンパイラ等の言語処理系の研究・試作。
- ③ データフロー・マシンの制御方式と制御・管理用ソフトウェアシステムの試作。
- ④ データフロー・マシンのハードウェアシステムの構成手法の明確化とソフトウェア・シミュレータによる評価、検討。
- ⑤ 要素プロセッサ、構造メモリ、結合ネットワーク等機能モジュールの設計・試作。
- ⑥ ハードウェアシミュレータや小規模実験システムの試作による機能モジュールや構成方式の評価、検討および、それによる改良、拡張。
- ⑦ ハードウェアのモジュール化手法、VLSIによる実装手法、デバックや保守のための手法の研究開発。
- ⑧ 抽象データ型サポート機構、並列型推論機構などとの融合化手法の研究開発。
- ⑨ 知識ベース・メカニズムのサポート機構との融合化手法の研究開発。

(2) 抽象データ型メカニズムの設計・試作

抽象データ型メカニズムは、ソフトウェアのモジュール化、作成の高能率化、高信頼化に重要な抽象データ型の概念に基く種々の言語上の機能をハードウェアによりサポートしさらに、並行処理や分散処理の機能をも含めてサポートするメカニズムの研究開発を目指す。最終的には、核言語の言語仕様に含まれる上記のような機能をサポートするハードウェア機構として、第5世代コンピュータ・プロトタイプに組込まれることが考えられる。

また、このメカニズムは、知識ベース・マシンにおいても重要であり、分散知識ベースのサポートメカニズム等と深く関連することから、中期以降では、相互に研究成果を利用して

きるよう考慮する必要がある。

前期では、主に、核言語に含まれるモジュール化機能、および、並行処理機能を効果的にサポートするハードウェア・メカニズムの研究を目指し、機能モジュールの設計・試作、実験システムやシミュレータによる評価、検討を行う。

中期以降は、並列型推論マシン・サブシステムのための制御・構成手法や機能モジュールの研究開発を目指す。

以下、研究開発のポイントを挙げる。

- ① 抽象データ型の概念を用いたソフトウェアの階層化、モジュール化手法をサポートするためのハードウェア機能の明確化と実現方式の検討。
- ② オブジェクト指向型のアーキテクチャおよび、メモリ構成方式の研究、および、構造メモリ等のモジュールの設計・試作。
- ③ 並行処理、分散処理をサポートするための通信、同期などのメカニズムの研究開発。
- ④ これらをサポートする言語と処理系の試作。
- ⑤ シミュレーションおよび実験システムの試作による諸方式の評価、検討。
- ⑥ 並列型推論マシンのための抽象データ型メカニズムの研究開発。
- ⑦ VLSIを用いた実装手法の研究開発。

(3) 並列型推論メカニズムの研究・試作

並列型推論メカニズムの研究は、核言語第1版の言語仕様および、計算モデルに基いたハードウェア化に適する並列実行メカニズムを見い出すとともに、推論のための中心的機能(unification等)のハードウェア化手法やアルゴリズムを研究開発することを目的とする。

前期では、主に、ソフトウェアの研究課題である核言語および処理系の研究と関連し、ハードウェア化を前提とした推論および定理証明手法や計算モデルの構築や、推論の基本機能の抽出や、その実現手法の明確化と、機能モジュールの設計・試作等を行う。

中期では、並列型推論メカニズムとデータフロー・メカニズムとの関係を明確化した上で、双方を融合化し、並列型推論マシンサブシステムを試作する。また、抽象データ型メカニズムを含めたハードウェア機能を統合化した場合のハードウェア構成方式、制御方式などを研究し、上記サブシステムへとり込む。

さらに、後期に向けて、知識ベース・マシンとの接続、および統合化手法を研究する。

後期では、中期のサブシステムの改良や拡張、さらには、機能モジュールの追加等を行い、VLSI化技術を駆使して、第5世代コンピュータ・プロトタイプを開発する。

以下、研究開発のポイントを挙げる。

- ① 核言語第1版の仕様に基く述語論理型言語の並列実行向き計算モデルの構築とハードウェア化のための精密化。
- ② メタレベル・コントロールを含む推論制御メカニズムの研究と、これを用いた並列実行制御手法および実現手法の研究開発。
- ③ unification等の推論基本機能の抽出とハードウェアによる並列処理方式の明確化および、機能モジュールの設計・試作。
- ④ シミュレータによる諸方式の評価，検討。
- ⑤ 抽象データ型メカニズムの並列推論マシンへのとり込み方の研究。
- ⑥ データフロー・マシンのアーキテクチャをベースとする並列推論方式の研究開発。
- ⑦ 知識ベース・マシンとの統合化および、核言語第2版をサポートするための分散処理機能のサポート方式の研究開発。
- ⑧ VLSIをベースとする実装方式の研究開発。

3.2.3 知識ベース・メカニズム

第5世代コンピュータが目指す知識情報処理には知識を取り扱うメカニズムが必須であり、これを知識ベース・メカニズムと呼ぶ。知識ベース・メカニズムは、知識情報処理のための知識を獲得し、蓄積し、それを利用するための機構の総称である。

知識ベース・メカニズムの研究・開発の目標イメージは、次のとおりである。すなわち、多数の知識源が、協調的に機能し合って、高度な問題を解くメカニズムの提供である。これを協調型知識ベース管理の機構と呼ぶ。その概念図を図3-1に示す。

協調型知識ベース管理を可能にする知識ベース・メカニズムを実現するために、本プロジェクトでは、

- ① 知識表現言語、知識ベース設計開発のための支援システム、知識獲得システムなどのいわゆる知識工学応用システムの開発に必要な基礎技術の研究開発。
- ② 実用的な大規模知識ベースを実現するための技術の研究開発。
- ③ 分散知識ベース管理システムの研究開発を軸とした協調型知識ベース管理システムの基礎技術の研究開発を行う。

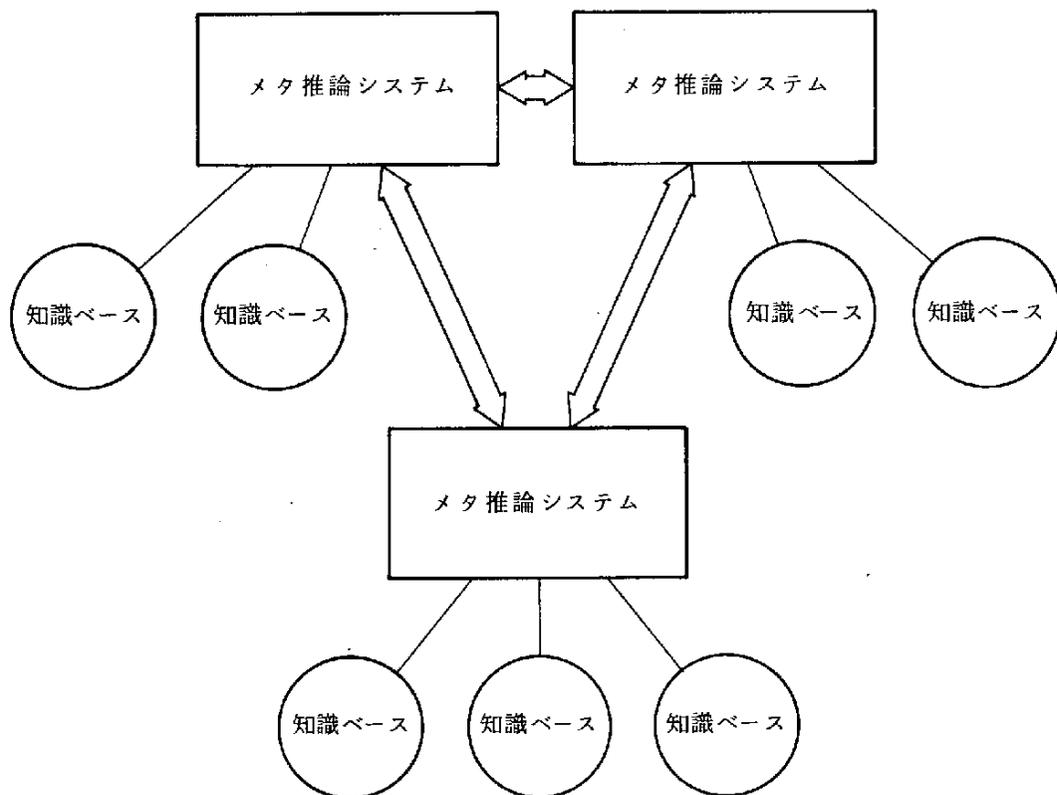


図3-1 協調型知識ベース管理システムの概念図

本プロジェクトは、全体の研究開発期間を前期、中期、後期の3つの期間に分けて、それぞれの期に於ける研究開発目標を設定し実施される。知識ベース・メカニズムの研究開発の各期における目標のイメージは次のとおりである。

〔前期〕 単一知識ベース管理システム

〔中期〕 分散知識ベース管理システム

〔後期〕 協調型知識ベース管理システム

この目標設定は、知識ベース管理システムの構造並びに機能の2つの側面から整理・分類してなされたものである。この目標達成のために、つぎの3項目について、研究開発を行う。

- ① 知識表現システム
- ② 大規模知識ベース・システム
- ③ 分散知識ベース管理システム

以下に、各項目の内容と項目間の関連について述べる。

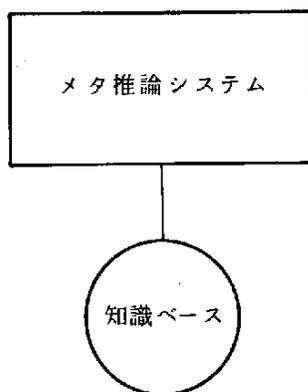


図3-2 単一知識ベース管理システム

(1) 知識表現システム

本項目は、高度な知識情報処理を実現するための核となる技術の追求をねらい、知識表現言語、知識表現サポート・システム、知識獲得システムの開発を行う。

前期は、次の3つの課題を中心に研究開発を行う。

① 知識表現言語の設計・開発

図3-2に示す単一知識ベース管理システムのための知識表現言語を開発する。

本言語は、プロジェクト開始時には、汎用コンピュータ上の既存の言語（PROLOG

あるいはLISP)で作成されるものとする。新しい知識表現言語の開発を目指して、既存の各種方式に基づいて、複数の知識表現システムを同時並行に開発し、試用する。そして、前期終了時点までに、知識表現言語の設計を完了し、その処理系を核言語第0版上に実現する。

② 知識表現サポート・システム

単一知識ベース管理システムにおける知識ベース・エディタ、デバッガ及び知識ベース・コンパイラの研究開発を行う。扱うシステムの規模は、オブジェクト数500～1,000、推論ルール数500～3,000程度を対象とする。

③ 小規模コンサルテーション(専門家)システム

いくつかの分野について、単一知識ベース管理システムによる専門家システムを開発する。そのために、各応用分野の専門家を含めたチームを作って開発に当たる。その開発過程を通して、知識獲得に必要なknow howを蓄積し、中期以降に開発する知識獲得システムの土台を作り上げる。

中期は、知識獲得に関する研究開発を中心に行う。前期での専門家システムの実験的开发を通して得たknow howを整理し、知識獲得の半自動化方式を開発し、実験システムの設計・試作を行う。前期に研究開発を行った知識表現言語並びに各種サポート・システムを更に改良し、同時に核言語第1版による実装を行う。

後期は、中期の研究開発をさらに押し進め、実用に耐える知識獲得システムの開発を目指す。知識表現言語並びに各種サポート・システムに関しては、それらの核言語第2版による実装を行う。

(2) 大規模知識ベース・システム

本項目は、本プロジェクトの一環として開発される関係データベース・マシンを大規模知識ベース・システムの実現に利用することを考え、前期を中心に、以下の3項目について研究開発を行う。

① 関係データベース管理システムの開発

関係の定義機能、検索・更新機能をサポートし、核言語に、それら基本機能を埋め込む。検索の高速化を図るためのアクセス・プログラムの記号レベルの最適化を図る。関係データベースで扱うデータ量は、50～100メガバイト程度を目標とする。

② 知識ベース設計技法の開発

関係データベースをその一部として含む知識ベースの設計技法を開発する。知識表現言語との整合性を十分に考慮する。

③ 知識ベースのメンテナンス技法の開発

障害時のデータのバックアップ，リカバリ等を含むサポート・システムの開発を行う。

(3) 分散知識ベース管理システム

本項目は，最終目標である協調型知識ベース管理システムに至る中途段階として，分散知識ベース管理システムの開発を中心に行う。

前期は，以下の3項目について，基礎的な検討を行う。

① 知識ベースのメタ記述および理解

分散知識ベースでは，知識ベースの統合が必要となるが，その際，各知識ベースの表わしている意味を理解できなくてはならない。その意味を記述するのが，知識ベースのメタ記述である。メタ記述のための言語と，記述法についての基礎的検討を行う。

② 分散知識ベース管理方式

分散知識ベースを利用して必要な情報をアクセスするための方式，更新時の無矛盾性を維持するための方式などを中心に検討を行う。同時更新問題の検討も合わせて行う。

③ 知識ベースの統合化

知識ベースの統合化イメージを与える仮想的なデータモデルの設計法，データモデルと各知識ベース間の変換技法について，基礎的検討を行う。

中期は，前期の検討結果に基づいて，分散知識ベース管理システムの設計・試作を行う。応用として，外部のいくつかのデータベースを利用する質問応答システムを開発する。特殊な場合として，外部のデータベースと，内部の知識ベースを一緒に利用する知識ベース・システムを開発する。

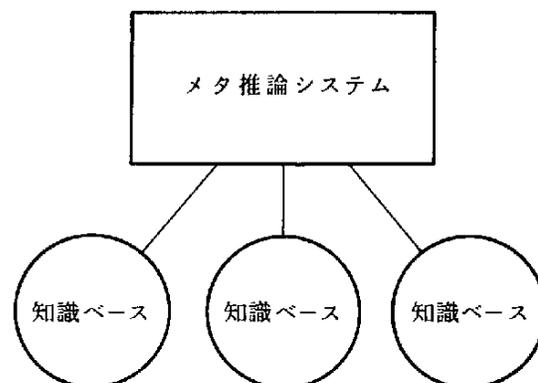


図 3-3 分散知識ベース管理システム

これは図3-3にその概念構成を示すように、いくつかの分散して存在する知識源を利用する知識情報処理の形態である。この「分散」は論理的な分散を意味し、必ずしも物理的に知識ベースが分散して存在する必要はない。知識源がそれぞれ内容を異にし、あるいは、知識源の提供者がそれぞれ異なっていることにより、知識ベースの分散が生じる。中期で目標とする分散知識ベース管理システムでは、推論部は単一であり、かつ、分散している知識ベースについては、この単一の推論部が完全に掌握しているのが特徴である。たとえば、コンピュータ・システムの診断と修理をコンサルテーションするような応用ソフトウェアを考える。コンピュータの各サブ・システム毎に設計から実装にわたる知識が分散知識ベースを構成する。

分散型知識ベースにおける個別の知識ベースの構築やメンテナンスについては、前期に研究開発される単一知識ベース管理システムの検討結果を直接適用するものとする。

後期は、協調問題解決メカニズムの研究項目と合流して、協調問題解決システムの研究開発を行う。その概念構成は既に述べたとおりである。中期迄に開発される分散知識ベース管理システムを一層高度化し、各知識ベース自体に推論機能が備わって全体として問題解決に当る機構を狙う。これは高度な自然言語理解・機械翻訳を実現するための要素技術を提供するものである。

知識ベース・メカニズム研究開発上のポイントとしては、以下の3点に特に留意する必要がある。

知識ベース・メカニズムの各研究課題は、知識情報処理システムにおける知識源を構成する技術を提供するものである。研究課題の性質上、研究開発の早い段階から、適切な規模の応用システムを試作し、その結果を利用し、より大型かつ複雑な応用システム構築のための技術開発を行う。

というサイクルを繰り返す必要がある。これが実施上の留意点の第1である。

第2の点は、応用システムの適用分野の専門家との協力を緊密に保ちつつ研究開発を推進する体制を確立することである。

第3の点は、問題解決・推論メカニズムの研究グループと研究上の交流を密に行うことである。

特に第2の点については、知識ベース・メカニズムで扱うべき知識に関して、まずその問題領域の知識の構造、性質、推論形態などを十分に知る必要から、専門家の協力が必須であるからである。

3.2.4 知識ベース・マシン

本課題では知識情報処理をめざす第5世代コンピュータにおいてその中核的な機能のひとつである知識ベース管理機能をサポートする知識ベース・マシンのアーキテクチャを研究開発する。

第5世代コンピュータでは主として知識や意味を表わす非数値的な知識データを処理の対象とし、柔軟なマンマシン・インタフェースを提供することがねらいである。システムの柔軟性や問題解決能力は知識ベースに貯えられる知識データの量とその活用法に大きく依存する。したがって知識ベースには相当量の知識データを利用し易い形で蓄積しておくことが必要である。そしてこの大量の知識データをいかに効率的に管理してゆくかということが第5世代コンピュータの性能に大きく影響する。

第5世代コンピュータのハードウェアとソフトウェアのインタフェースは5G核言語によって規定され、ハードウェアにはその基礎となる計算モデルをサポートする高レベルアーキテクチャが要求される。また、この5G核言語やその上に設定される知識表現言語を用いて開発される自然言語処理やその応用である機械翻訳システム、種々の質問応答システムが実用的規模で機能するためには、大量の知識データの蓄積、探索、更新の効率的実行と、その知識ベースを有効に活用した効果的な問題解決・推論処理の実行が重要である。問題解決・推論の処理をサポートするマシンのアーキテクチャについては3.2.2に示された問題解決・推論マシンの研究開発で重点的に研究されるので、ここでは知識ベースの大容量化とその蓄積、探索、更新等の管理の高速化という問題に重点をおいて知識ベース・マシンの研究開発を行なう。

なお、ここで注意すべきことは問題解決・推論と知識ベース管理とは密接に関係しており構造的には従来型コンピュータの制御装置と記憶装置のように明確に分離することは不可能になるということである。したがって第5世代コンピュータのプロトタイプでは両者を融合させたアーキテクチャを開発することになる。しかし、そこへ至る開発のステップとしては知識情報の処理と管理の2面から両者を機能的に区別し、まずそれぞれ問題解決・推論マシン、知識ベース・マシンとして並行に開発を進め、つぎに両者を融合させていくという方策をとる。

本課題の研究開発は前期(3年)、中期(4年)、後期(3年)に分けて進められ、中期、後期の初めに計画の進行状況に応じて目標の見直しと計画の精密化を行う。

前期の研究開発では、大量のデータを効率的に管理するためのマシンアーキテクチャの基礎を固める。このため現在の素子技術やアーキテクチャ技術を前提にし、この数年先の技術を予測しつつ大量のデータベース管理をサポートする関係データベース・マシンの設計・試作

を行なう。

この設計・試作を通して関係データベース・マシンの実用化技術を積み上げると同時に、試作された実験システムそのものは大規模な知識ベース管理メカニズムの実験や基本応用システムの実験的開発など中期段階の大規模ソフトウェアの研究開発実験にツールとして利用する。なおこの関係データベース・マシン実験システムは同じく前期段階で設計・試作するソフトウェア開発用パイロット・モデル(逐次型推論マシン)に対してデータベース管理システムとしてのインタフェースをもち、逐次型推論マシンと一体となってソフトウェア開発用ツールの機能を果たすことになる。

また中期段階で設計・試作する、高度な並列処理を適用した並列型知識ベースマシン・サブシステムのための要素技術の確立を目的として並列型関係演算及び知識演算メカニズムの設計・試作を行なう。

中期に設計・試作される知識ベース・マシンでは、データフロー制御とストリーム処理の概念に基づいて高度の並列処理とパイプライン処理によって高速化される関係代数演算機構の上に知識演算機構が組み上げられる。このため前期ではデータフロー制御とストリーム処理によって大容量の関係データベースの管理と処理を高速化するための基本機能モジュールを開発する。また関係代数演算をベースとして知識演算をサポートするために必要な機能の抽出とその機能の実現のために必要なアーキテクチャ上の拡張、改良を明らかにする。さらに知識データの階層化をサポートするために関係データの階層化やアクセス制御法などメモリシステムの階層化についての検討を進め、シリコンディスクの開発や連想アクセス・メカニズムの明確化を行う。これらの検討の中には分散型データベースを管理するための方式のシミュレーション研究も含まれる。これらの研究においては、ソフトウェア・シミュレーションやハードウェア・モジュールの試作を通して方式、実現法の比較評価を行なう。

さらに、高度の知識ベース管理をサポートするための知識ベース基本メカニズムの研究を行なう。これは後期段階で試作開発される第5世代コンピュータのプロトタイプがもつべき機能を、関係データベース・マシンをベースとして捉えるのではなく、推論機能と知識ベース管理機能を融合化したメカニズムとして捉え、その基礎検討を行なうものである。知識の表現方式、知識の蓄積、管理の階層化、構造化、連想探索機能などの諸方式をソフトウェア・シミュレーションなどによって明らかにし、そこからトップダウン的に基本的処理メカニズムを抽出してゆく。

中期の研究開発では、前期での研究成果を基にして並列型知識ベースマシン・サブシステムを開発する。このため前期に試作実験によって構成法を明らかにしたデータフロー制御、ストリーム処理をベースとする高並列の関係代数演算モジュールや知識演算モジュール、関係

代数演算及び知識演算用階層化メモリシステム，さらには各モジュール間結合方式，ネットワークなどについて知識ベースマシン・サブシステムの構成法，VLSI実装法の観点から見直して改良，拡張を加える。知識ベース・マシンは知識演算／関係代数演算モジュール100個程度を備えたものをめざすこととする。

前期の関係データベース・マシンの設計・試作によって得られた実装技術，構成技術は知識ベース・マシンの開発に有効に反映させるとともに，関係データベース・マシン自体はソフトウェア開発用ツールとして有効に機能し得るよう，要求に応じて拡張，改良を行うものとする。

知識ベース・マシン開発においては後期に向かっての推論マシンとの融合化を意識し，前期の分散型データベース管理，並列アクセス制御方式，知識ベース基本メカニズム等の基礎研究で明らかにした推論機能を含む知識ベース管理や連想アクセス方式などをより具体化させる研究を進め，知識演算，管理用機能モジュールのVLSI化を前提とした分散処理型ハードウェア方式の設計・試作，並びにシステム・シミュレーションによる評価を行なう。

後期では，中期に開発された知識ベースマシン・サブシステムと推論マシン・サブシステムを融合化し，VLSI技術やシステム・アーキテクチャの技術を利用して，ソフトウェアの各研究課題で明確化された知識情報処理システムを実現する第5世代コンピュータのプロトタイプを設計・試作する。

中期での知識ベース・マシン及び推論マシンの開発によって培われたVLSI化機能モジュールの構成法や結合法などの実現技術をベースとして，同じく中期の設計・試作及びシミュレーションによってそのメカニズムが明確化された分散型知識ベース管理／推論処理機能モジュール1,000個程度からなるプロトタイプの開発を目指す。

以上述べた様に本課題は大規模な知識ベースを効率よく管理し，知識情報処理システムを構成する種々のソフトウェアが真に柔軟にして高度の知識情報処理機能を発揮し得るよう知識ベース管理機能を高速かつ信頼性よくサポートする高機能のハードウェアを実現することがねらいである。このため高度並列処理をベースとするハードウェア・アーキテクチャ，およびVLSIの利用による大規模システム実装法の研究開発をめざし，以下の研究項目を設定した。

- (1) 関係データベース・マシンの設計・試作
- (2) 並列型関係演算及び知識演算メカニズムの設計・試作
- (3) 知識ベース基本メカニズムの研究・試作

これらの3研究項目は前期・中期・後期の開発目標と符号している。すなわち最終的には問題解決・推論のメカニズムと知識ベース管理のメカニズムを融合した第5世代コンピュー

タを開発することになるが、知識ベース管理機能のアーキテクチャ開発の観点からは次の様な開発ステップを踏むことになる。

前期ではまず知識ベース・マシン開発のための技術的基礎を与えられられる関係データベース・マシンの設計・試作を行ない、大規模データベース管理のハードウェア・アーキテクチャを実用化する。またこの設計・試作された関係データベース・マシンは、中期以降の研究開発において、知識情報処理システムのソフトウェア開発や知識ベースマシン・サブシステム、推論マシン・サブシステム開発のためのシミュレーション用ツールとして使用される。

中期では並列処理を基本とする知識ベースマシン・サブシステムを設計・試作するが、その要素技術の確立をはかるため並列型関係演算・知識演算メカニズムの研究を進める。前期ではソフトウェア・シミュレーションにより方式の評価を行ないつつ、機能要素の抽出を行ないその要素モジュールのハードウェア試作、ハードウェア・シミュレータ開発を通して要素技術を確立することになる。これらの確立された要素技術は中期において総合化され、並列型知識ベースマシン・サブシステムが設計・試作される。

後期での推論メカニズムと知識ベース管理との融合化による第5世代コンピュータ・プロトタイプ的设计・試作を中期開発の推論マシン・サブシステム、知識ベースマシン・サブシステムと連続させてゆくためには、関係データベースの基盤の上に知識ベース管理メカニズムを構築してゆくというボトムアップ的アプローチの他に、知識の表現法と知識データの構造化、階層化というソフトウェア方式からの機能要求を抽出し、それを効果的にサポートするための分散型知識演算方式、連想アクセス方式などの基本処理メカニズムを明らかにするというトップダウン的アプローチが必要である。このために知識ベース基本メカニズムの研究を前期段階から開始しておくことにする。知識ベース基本メカニズムの研究は、前期ではソフトウェア・シミュレーションと基本アルゴリズムの研究が主でありソフトウェア研究的要素が強い。中期では抽出した基本演算機能をVLSIを用いて実現することを目指し、ハードウェアの試作実験を進める。そして後期において中期開発の知識ベース・マシンのアーキテクチャとの融合、さらには推論マシン・アーキテクチャとの融合をはかりプロトタイプ的设计・試作を進めてゆく。

以下各技術項目について前期および中期以降の研究開発のポイントと展開について述べる。

(1) 関係データベース・マシンの設計・試作

関係データベース・マシンは中期に試作する知識ベースマシン・サブシステムのためのアーキテクチャ基盤を確立する目的で前期に開発し、中期以降にはその改良、拡張を行なうと

ともに知識ベース管理システムの研究開発に使用される。従って前期に開発する関係データベース・マシンは基本的な技術を確立するとともに中・後期の研究開発のツールとして使用し得るだけの実用性を備えたものでなければならない。

このため次の点にポイントを置いた関係データベース・マシンの研究・開発を行なう。

- ① 関係データベースの基本操作である射影，制限，結合の演算を高速に実行する。
- ② 固定長のデータのみならず可変長のデータも取り扱うことができる。
- ③ あいまい性あるいは不確定性を持ったデータを効率良く処理するための機構を備える。
- ④ 複数のトランザクションを並行処理しうる。そのために，同時制御，保護機能などを備えたシステム制御機能をもつ。
- ⑤ 高度の信頼性，データ保全性を保証するための機構を有する。

この開発に当たっては次の項目の研究を進めていくこととする。

- ① 知識ベース・マシンの基礎としての関係データベース用演算機能とその実現方式の検討。
- ② 関係データベース・マシン用の制御方式，ハードウェア構成方式の研究とそのソフトウェア・シミュレーションによる評価。
- ③ 関係データベース・マシン用機能モジュールの設計・試作（要素プロセッサ，メモリ階層システム，メモリデバイス等）
- ④ 関係データベース・マシン実験システムの設計・試作。
- ⑤ データベース管理用ソフトウェア，データベース検索用言語の試作。

(2) 並列型関係演算及び知識演算メカニズムの設計・試作

中期に開発する知識ベースマシン・サブシステムの中核的機能となる並列処理ベースの知識演算，関係代数演算のための基本的メカニズムを明確にし，その機能モジュールの構成法，実装法を求める。また知識演算のレベルに対応してメモリの階層化を明らかにする。

中期には前期に確立された個々の要素技術を総合化し，VLSI素子を駆使して並列型の知識ベースマシン・サブシステムを試作する。

前期における研究・開発のポイントは以下の通りである。

- ① 関係代数演算向きデータ構造，及び構造メモリ方式の確立。
- ② データフロー制御とストリーム処理の概念に基づく関係代数演算メカニズムの明確化。
- ③ データベース大容量化のための関係データの階層化及びメモリ階層化とアクセス制御法の確立。
- ④ RASISを保証するための各種支援機能の実現方式の確立。
- ⑤ 知識表現言語やモデルとの整合性をもつ知識演算の定義，並びに知識演算機構と知識

メモリ機構の明確化。

- ⑥ 各種機能モジュールのVLSI化の検討とVLSI使用を前提としたハードウェア実装方式の確立。
- ⑦ 知識演算方式とそのためのメモリシステムの構成法の明確化。この中にはRule型及びFact型の知識表現方式とその蓄積、管理に適したメモリ構成法並びに知識ベース向き連想アクセス・メカニズムの検討を含む。
- ⑧ 以上の検討をふまえた上での中期試作の知識ベース・マシンの仕様の設定。
また中期、後期の研究開発のポイントは次の通りである。
 - ① データフロー制御とストリーム処理による並列型知識ベース・マシン実験機の試作。
 - ② 階層メモリシステムの試作。
 - ③ 各種機能モジュールのVLSI設計・試作。

(3) 知識ベース基本メカニズムの研究・試作

推論と知識ベース管理を一体化した知識ベースの基本的メカニズムを知識表現法、知識構造の検討にもとづいて明確化してゆく。

前期には知識ベース基本メカニズムの基本的検討をソフトウェア・シミュレーションを中心として進め、アーキテクチャとして定形化された知識ベースメカニズムの体系的な抽出と関連する技術を確立する。中期には知識ベース基本メカニズムの試作・実験を行ないハードウェア要素技術の確立とそのVLSIモデルの提示を行なう。後期には、前・中期の研究・試作にもとづき後期知識ベース・マシンとしてVLSIベースの高度に分散化したシステムの開発と実用化を目指す。

前期の研究開発のポイントは次の通りである。

- ① 知識ベース・マシンの階層化、構造化のための手法の確立。
- ② 分散化知識ベース・マシンのモデルの開発。
- ③ ActorモデルやSemantic Networkなどの分散化知識ベース管理のための機能モデルの開発。

また中期・後期での研究・開発ポイントは次の通りである。

- ① 知識ベースメカニズムの種々の機能モジュールに対する所要VLSIの提示。
- ② Actorマシン, Hardwired SemanticをNetworkに対するハードウェア・シミュレータの開発と評価。
- ③ 高度に分散化された機能モジュールからなる知識ベース・マシンのモデル提示。このモデルでは推論機能と知識ベース機能とが混在した形で分散化されたシステムとなる。

後期ではこれらの技術成果を踏まえて、1,000個以上の要素プロセッサからなる知識ベースマシン／推論マシン融合体をVLSIによって開発する。

3.2.5 知的インタフェース・システム

人間は種々の形式で意思の疎通を行っている。たとえば、自然言語（これには文章，音声を含む），図形・画像であるが，これらは現在のコンピュータが自在に処理できないものの一つである。第5世代コンピュータは，これらを処理する機能を有し，人間とコンピュータとの間の柔軟な対話を可能にする知的インタフェースの実現を目標の一つとして掲げている。

知的インタフェースの実現にとって，自然言語，音声，図形・画像の個々の固有技術の確立が必要なことは言うまでもないが，それ以上に，それらの固有技術を生かして，真に知的な振舞いをさせるための基礎技術が必要である。これらの基礎技術は，知識情報処理技術そのものであり，問題解決・推論メカニズム，および知識ベース・メカニズムの研究課題で追求される技術そのものである。

本課題は，前期では，上に述べた各メディアについての固有技術の開発を中心に行い，中期・後期には，それらの固有技術と，問題解決・推論メカニズム，知識ベース・メカニズムでの研究成果を組合せて，実際に有用な知的インタフェース・システムを開発することを目指す。本課題の成果は，中期・後期における基本応用システムの開発に積極的に利用される。

以上述べたことから本課題の要素技術としての研究開発項目を，

- ① 自然言語処理技術
- ② 音声処理技術
- ③ 図形・画像処理技術

の3つに設定した。以下に各項目の概略と関連を，研究開発の前期，中期，後期に分けて述べる。

(1) 自然言語処理技術

〔前期〕

- ① 自然言語処理用データベースの研究

言語の生データを収集，データベース化する。基本語彙を抽出する。各国文字フォント・データベースを試作する。科学技術用語データベースを開発する。

- ② 言語解析技術の開発

構文解析システムと文章合成出力システムの開発に重点を置く。

- ③ 自然言語知的インタフェースの認知科学的研究

コンピュータ側が，人間に対して適切な応答を行うためにコンピュータ側が持つべき対話のモデルを研究する。

- ④ 日英機械翻訳システム・コア部試作

以上は、中期以降で開発される基本応用システム実現のための基礎技術を提供する。

〔中期〕

- ① 自然言語処理用データベースの試作
知識ベース・マシン，問題解決・推論メカニズムの研究成果を利用する。
- ② 言語解析技術の開発
前期に開発した諸技術の拡充をはかるが，特に5 G核言語を使用してシステムを作成する。意味解析技術の開発に本格的に取り組む。
- ③ 自然言語知的インタフェースの認知科学的研究
学際的な立場から，知的インタフェースの持つべき機能を研究する。
- ④ 自然言語知的インタフェース・パイロットモデルの開発
試作された基本応用システムへの統合化技術を開発する。

〔後期〕

- ① 自然言語処理用データベースの開発
中期で試作したものの機能拡張を行う。知識ベース・マシンを応用する。
- ② 言語解析技術の開発
文脈解析技術の開発を中心課題とする。
- ③ 基本応用システム用・自然言語知的インタフェース・プロトタイプ開発
言語解析技術等を基本応用システムに統合化し，知的インタフェース・プロトタイプの評価を行う。

(2) 音声処理技術

〔前期〕

- ① 音素識別方式の基本設計
 - (a) 音声分析・特徴抽出方式の研究
高精度音素識別を実現するために必要となる精密な音声分析・特徴抽出方式を確立する。
 - (b) 音素識別方式の研究
音声のスペクトル構造および時間構造に基づき，連続音声の中から音素を抽出，識別する方式を確立する。
- ② 音声合成方式の基本設計
高品質音声を合成するための高精度のパラメータ抽出方式および合成方式を確立する。

[中期]

① 連続音声認識システムの試作

(a) 個人差の学習方式の研究

連続音声の認識では、限定単語認識における全単語登録方式を使うことはできないため、代表的な発声データから個人差を効率的に学習する方式を確立する。

(b) 連続音声認識方式の研究

音素識別結果を基にして、単語辞書、構文情報、意味情報等の言語情報を利用し、連続音声を文として認識・理解する処理方式を確立する。なお、このような言語レベルの処理は、自然言語処理のテーマと深く関連しており、互に緊密な連携を保って研究開発を進める必要がある。

(c) 音声処理ハードウェア系の研究

音声分析・特徴抽出、音素識別、言語処理、音声合成等を行うハードウェア系の研究開発を行う。

② 音声合成ルール確立

高品質の日本語音声出力を可能とするための日本語音声合成規則を確立する。

[後期]

① 音声応用システム

(a) 音声処理システムの開発

最終目標性能を備えた連続音声認識および音声合成を行う音声処理システムを開発する。

(b) 音声応用システムの開発

1万語以上を対象とする高機能音声タイプライタおよび1万語以上を対象とし、機械翻訳システム、質問応答システム等の音声インタフェースとして用いられる音声入出力システムを開発する。

(c) 英語音声出力方式の研究

音声応用システムで必要となる英語音声出力を可能とするため高品質の英語音声の合成規則を確立する。

(3) 図形・画像処理技術

図形・画像を扱いやすい知的インタフェースとして、次のような機能を目指とする。

(a) 図形・画像の形(すなわち、2次元データ)で表現されている知識情報を、蓄積・編集・検索しやすい画像データベースを構築する。

(b) 図形・画像に関するいろいろな問題解決を容易にするため、ユーザが図形・画像の2次元性を意識することなくプログラムを作成できるソフトウェア環境を作る。

(c) 図形・画像をユーザが容易に扱えるような入出力機能・対話機能を備えた高度なマシン・コミュニケーションを実現する。

このような知的インタフェース・システムを実現するために開発すべきものとして、次の5つを考える。

① 知的画像データベースの研究開発

— 数値・記号の形で表現できない知識を扱うデータベースで、図形・画像処理機能実現の中心としてとらえる。

② 要素技術の研究開発

— プログラミングを容易にする図形・画像向き専用言語と高速処理用の専用プロセッサの開発を2つの柱として進める。

③ 高度知的図形・画像ワークステーションの開発

— 図面等の清書・編集システムを中心に図形・画像操作が容易なワークステーションをパーソナル化する。

④ 応用システム開発による実証

— 図形・画像処理機能と高度な推論機能を融合した知識情報処理をいくつかの応用例で実証する。

⑤ 総合システム・インタフェースの研究

— 図形・画像処理機能と本プロジェクトの他の部分（核言語，知識ベース，関係データベース等）との整合をとる。

以下にこれらの関連を前期・中期・後期の各ステップ毎に述べる。

〔前期〕

テーマ①，②について，従来の技術を踏まえつつ，革新的なアプローチの可能性を追求し，それぞれについて基本設計を行う。③については，既存技術の枠組にとらわれることなく，10年後のコンピュータ・システムに装備すべき機能を想定し，その実現に必要な技術を追求する。⑤は，これらの仕様と他の研究開発との間での矛盾がないよう調整し，前期終了までにインタフェース仕様を決定する。

〔中期〕

前期で設計した仕様に基づいて試作・検証がなされる。大量の画像を高速処理して検証する必要があるため，VLSI技術を導入して専用プロセッサの試作を推進する。応用システムの対象の選定や，システム概念設計もこれに並行して開始する。

[後 期]

後期に達成すべき最終目標は、

- (a) 知的画像データベース・マシン
- (b) パーソナル・コンピュータ化された知的図形・画像ワークステーション
- (c) いくつかの応用システム(知識情報処理システム)プロトタイプ

の構築であるが、これらの中に組み込まれた形で、

- (d) 用途・目的に応じた画像データベース設計技術の確立
- (e) 図形・画像処理専用言語の標準化とその処理系の流布
- (f) 標準言語から利用できる専用高速プロセッサ群の設計および利用技術の確立
- (g) 画像処理技術の組織化・体系化

等が達成される。

3.2.6 ソフトウェア開発用パイロット・モデル（逐次型推論マシン）

ソフトウェア開発用パイロット・モデルは、逐次型推論マシンとも呼ばれ、5G核言語第0版をサポートし、核言語仕様の研究や処理系試作をはじめとし、高次の推論や知識ベース・システムのソフトウェアの研究開発のツールとすることを目標とする。

また、同様に、アーキテクチャ実験のためのワークベンチ、さらに、VLSI-CADシステムのための高機能端末としても用いられる。

このため、前期中に、複数台のパイロットモデルを開発し、一部のソフトウェアの研究開発に、試用して、機能の評価や問題点の洗い出しを行い、中期に向けての仕様の改良、拡張のためのデータを収集する。

中期には、本格的にソフトウェアの研究開発用に提供することを旨とし、多数台を開発し、高機能マシン・インタフェースの付加、関係データベース・マシンとの接続、ローカルネットワークの整備等を行う。

逐次型推論マシンは、このように、ソフトウェアの研究開発に重要な役割を果たすことから、できる限り早く利用可能とすることが望まれる。また、その処理速度や記憶容量も通常の汎用大型機に比べ、10倍以上のパフォーマンスを目指すことから、高速のマイクロプロセッサ等を用いるファームウェアベース・マシンとして、開発する。

その機能としては、高精度の画像表示装置をはじめ、音声の入出力機能や、日本語入出力機能、ローカルネットワーク機能等を備えるほか、知識ベース・マシンの研究開発課題で開発される関係データベース・マシン実験機と接続できる関係代数を基本操作とするインタフェース機能を備える。

ソフトウェアとしては、5G核言語第0版の仕様を満たすインタプリタやコンパイラのほかデバッガ、ステッパ等のデバッキングツール、エディタや日本語も含むワードプロセッシング用ソフトウェア等も備える。

このほか、現在のLISPマシンが備えているようなユーティリティソフトウェアを充実させる。

また、多数台のマシン相互間でソフトウェアやハードウェア資源を有効に利用できるローカルネットワーク機能を備える。

前期では、ハードウェアおよび基本ソフトウェアの実験システムの試作を完了することを目指し、中期から、上記のような高度なソフトウェアの開発を行い、本格的な研究開発ツールとして提供することを目指す。

逐次型推論マシン（ソフトウェア開発用パイロット・モデル）は、プロジェクトの最初から強力で推進すべき研究課題であり、これは次の2つの項目から成っている。

すなわち、逐次型推論マシンのハードウェアシステムの研究開発、および逐次型推論マシンのソフトウェアシステムの研究開発である。

ハードウェアシステムの研究開発は、5G核言語仕様の第0版に基くプログラムのインタプリタの実行に適した命令セットを持つハードウェア・プロセッサの研究とその試作が、第一の目的である。このほか、仮想記憶を実現するハードウェア機能や、高精度のグラフィック機能、日本語入出力機能等の設計と試作も含まれる。

前期では、現在のファームウェア技術、ハードウェア技術を駆使して、できる限り高性能で、かつ、使い勝手のよいハードウェアシステムの開発が重点である。また、中期の高機能化、小型化したシステムの開発に備えて、カスタムチップの試作と、その試用を行う。前期末までには、ハードウェアシステムは複数台試作し、核言語用のインタプリタやコンパイラなど、ソフトウェアシステムの研究開発に提供できるようにする。

中期は、高次の推論システムや知識ベース・システムの研究開発に必要なソフトウェア開発用マシンの中核として提供できるような性能と規模を持つハードウェアシステムへと改良、拡張をはかり、ローカルネットワーク機能も含めて多数台開発し、提供する。

使用素子も、カスタムVLSIなども含めた高性能のものとし、大型汎用機と比べ、核言語プログラムの実行性能において、10倍以上のパフォーマンスのものを目ざす。

他の課題との関連としては、まず、5G核言語処理系の研究開発を目的とする課題とは、核言語仕様に含まれる機能のハードウェア化を目ざすことから、密接に関係する。前期では、核言語仕様の第0版の決定について、ハードウェア面からの要求を出すなど、共同作業を行うことになる。中期では、核言語第1版に基くソフトウェアシステムのサポートをハードウェアの面からどのように行うか等に関連して、同様の共同作業が必要である。

また、知識ベース・マシンの研究開発の課題中の関係データベース・マシンの研究開発とは、前期に試作する関係データベース・マシンの実験システムと逐次型推論マシンは接続されて、ソフトウェアの研究開発に提供されることから、その設計の途中から、双方で、インタフェース仕様等について、調整しておく必要がある。

インタフェースのマクロな仕様としては、核言語仕様中に、関係代数演算に関する操作として示され、関係データベース・マシンは、逐次型推論マシンのファイルシステムとして位置づけられる。従って、ハードウェア的にも、関係代数に関する操作能力を持つバックエンド・マシンとして、関係データベース・マシンの実験システムが接続されることから、このための仕様を前期中より調整する。

この逐次型マシンと関係データベース・マシンの接続したシステムは、知識ベース・システムや、データベース管理システム等の大規模なソフトウェア・システムの研究開発用となることから、これらソフトウェアの研究課題とも密接な関連を持つことになる。

このほか、逐次型推論マシンは、その高度なマシン・インタフェース機能を拡張し、VLSI-CADシステム用のインテリジェントな端末装置としても、使用されることとなっており、

このためのハードウェアおよびソフトウェアの研究開発も行われる。この中では、論理図などの図形入出力機能や、マスクボタン表示のための色彩画像表示機能のほか、図形編集能力、データベース機能を利用したアーキテクチャ・データベース機能等が研究開発されよう。

本課題のもう一つの技術項目である逐次型推論マシンのソフトウェアシステムの研究開発は、核言語仕様に基づくインタプリタ、コンパイラなどの言語処理系のほか、核言語の文法や実行機構に適したエディタやデバッガのほか、ファイルシステム、日本語入出力システム、ワードプロセッシング用ソフトウェア、ローカルネットワーク用ソフトウェアシステムの開発を含んでいる。

また、高性能の処理系の実装をファームウェアレベルまで含めて行うことができ、ソフトウェア研究者が、より高機能のハードウェアモジュールの研究・試作に使用できるようなファームウェア開発支援システムを開発する。

前期においては、ソフトウェアの研究開発は、大型汎用機上で、まず行い、ハードウェアシステムの開発と並行して進行させる。

5 G核言語処理系の研究開発は、ソフトウェアの種々の課題と密接に関連することから適宜、仕様を交換しつつ進める必要がある。この例としては、ハードウェアシステムの部分でも述べたように、関係データベース機能を核言語中に基本操作として含める予定であることから、従来のファイルシステムと関係データベース・システムに拡張・統合することが必要であり、このための研究と仕様の決定作業が、挙げられる。

前期の末頃には、ソフトウェアシステムを逐次型推論マシン上へ移し、本来の性能を発揮するよう改良・拡張を加える。

中期では、核言語第1版のサポートを行うためソフトウェアシステムの拡張をはかるとともに、関係データベース・システムとの接続等のための研究開発を行う。

他の研究開発課題との関連は、上記に含めたもの以外に、ハードウェアシステムの部分で述べたネットワークシステム、VLSI-CADシステムのための端末システムなどとしての関連が、ソフトウェア面についても生じることから、適宜、共同研究を行い、仕様の決定や開発を進めることになる。

3.2.7 VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ

第5世代コンピュータは、知識情報処理の実現を目指す従来の計算機システムとは構造理論を異にする全く新しいコンピュータである。従って、その構築に当っては、部品コンポーネントから第5世代コンピュータに合わせて作って行くという考え方が重要と思われる。部品コンポーネントには多くのものが考えられるが、現在までの研究の進み具合、並びに第5世代コンピュータの実現化の目標年である1990年の技術予測に基づくと、シリコン系素子を使うのが最も適当であると考えられる。よって、シリコン系素子の部品コンポーネントであるいわゆるVLSIという百万トランジスタ/チップ以上の高集積度素子をどのように作るかが第5世代コンピュータの実現を左右する鍵となる。VLSIの研究に於ては、VLSIの中にどのような機能を入れ、またそれをどのように作るかというVLSIアルゴリズムとVLSIを実際製作する場合必要となるデザインサポートシステム(VLSI-CAD)の研究が必要である。また、特にVLSI-CADは第5世代コンピュータ開発に携わる多くの研究開発者が使うということから、使い易く、標準化されたものでなければならない。そしてこの要求に答えるにはソフトウェア的な工夫だけでなく、高度なマンマシン・インタフェースを備えた、標準化されたターミナルを用意しなければならないであろう。ところで、一般にVLSI-CADシステムが要求する計算能力は非常に大きなものであり、もちろん現在手に入る最強の計算機をもって十分であるとは言いがたい。しかしながら、VLSI-CADシステムは、十年間にわたるプロジェクトの始めから使いたいという要求が強く、よってどの時代においても最強の計算機システムを使えるようなハードウェア環境が必要となるのである。当然ながら十年後には、第5世代コンピュータそのものが使いたいという要求が出、その要求に答えられるようなハードウェア環境でなければならない。そこで、進化して行くハードウェア環境を吸収できるような高度な柔軟性を持った *evolutional* なシステムアーキテクチャの研究が必要となる。我々は、第5世代コンピュータのような従来の計算機とは理論を異にするような、新しい計算機の開発においては、その開発方法も新しいものでなければならないということに十分気がついている。そして、新しい考えに基づいて作られる開発システムの構築には非常な時間がかかるということも良く理解している。しかし、我々はすぐにでも、今日からでも開発システムを使いたいのである。この要求にどう答えるのか、また恐らく新しい開発システムの要求に最も適応した計算機そのものが第5世代コンピュータなのである。この矛盾にどう答えるのか。この一つの解が提案するソフトウェア・ハードウェア開発支援システムだと我々は強く信じる。

本研究開発課題は、大別すると二つに分かれ、①知的VLSI-CADシステムの構築、並びにこのVLSI開発システムとソフトウェア開発支援システムを動作させる環境となる、②ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムの開発である。なおユーザにとっての直接のインタフェースとなる標準ターミナルであるパーソナルな推論マシンの開発については、3.2.5で述べ

られているのでここでは述べない。

目標とする研究開発課題は以下の通りである。

(1) 知的VLSI-CADシステムの構築

1982年現在、マイクロプロセッサの設計には60人年を要することが予想されているが、この知的VLSI-CADシステムの研究開発では、この工数を10年間で以て百分の一にすることを目標とする。前期では、現在の設計システムにおける欠点、設計者の意図の論理的な矛盾による設計ミス、経験的な知識が必要な部分の人手設計による工程の長期化などの問題を解決するための基礎研究を行う。

具体的な研究目標は、

- ・仕様記述言語の確立
- ・要求仕様にもとづく自動合成法の確立
- ・要求仕様にもとづく検証法の確立
- ・経験則を蓄積する概念的枠組の確立

である。また中期では、これらの基礎技術をCADのサブシステムとして実現し、後期では、ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムの上にトータルシステムとして前記の性能を実現することを目標とする。

(2) ソフトウェア・ハードウェア開発支援システム

ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムは、分散型ネットワーク・アーキテクチャの形態をとる。

10年間を通じての目標は、

- ・多様な機能の追加に柔軟に対応できるシステムを構築すること。
- ・各構成要素を専用化することにより、処理能力を向上できるシステムであること。
- ・機能が中央に集中されず、各構成要素の障害がシステム全体の障害に発展することを防止し、高信頼性が得られるシステムであること。
- ・システムの成長性や拡張性が高いこと。
- ・推論マシンや知識データベース・マシンなどの非ノイマン型の新しいアーキテクチャを有するマシンを柔軟に接続し、画像や音声などを含めた知識情報のネットワークを構成できること。
- ・新しいマシンの追加や古いマシンの撤去が頻繁に行われるので、システム全体を仮想化しユーザからは物理的なマシン構成を意識する必要をなくすること。

であり、以上全体目標を踏まえて前期では、まず早期実用化に重点を置き共同研究所内に現在市場で入手可能な機器を中心としたソフトウェア・ハードウェア開発支援システムのバージョン1を構築する。

バージョン1の具体的な目標は以下の通り。

- ・CADやシミュレーションなどからの強力な計算機パワーの要求に対処するため、大型汎用機を導入すること。
- ・ソフトウェア開発環境としては、上記大型汎用機以外に使い勝手の良いソフトウェア開発専用マシンを数台設置すること。
- ・パーソナル使用の要求に対しては、高機能端末を多数台購入すること。
- ・上記マシン群及び端末、さらには推論マシンや知識ベース・マシンを接続可能なソフトウェア・ハードウェア開発支援システムのネットワーク・アーキテクチャを整備すること。具体的には、拡張性を持った通信プロトコルを導入すること。
- ・上記プロトコルにもとづくローカル・ネットワークを転送能力100Mbps以上の光ファイバー・リングで共同研究所内に設置する。また、他の協力研究所とも広域ネットワークで接続すること。
- ・上記プロトコルに沿った通信ソフトウェアのバージョン1を各種マシン毎に開発すること。

さらに中期・後期には、ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムを知識情報のネットワークに発展させ、以下の項目を目標とする。

- ・大型汎用機に代わって、推論マシンと知識ベース・マシンなどの研究成果が総合された第5世代コンピュータのプロトタイプシステムがソフトウェア・ハードウェア開発支援システムの中心的プロセッサとして機能する。
- ・ユーザの手元にはパーソナル推論マシンが多数台配置され、ユーザはパーソナル推論マシンでの処理とプロトタイプシステムでの処理を意識することなく、一体化させ仮想的に使用できること。
- ・ローカルネットワークは1Gbps以上の転送能力に強化され、画像、音声、図計を含めた知識ベース情報が効率良く転送可能なネットワーク・アーキテクチャの一実施例として機能すること。

知的VLSI-CAD開発システムの研究課題の概要は以下の通りである。

(1) 仕様記述言語

基本となる論理体系の研究から始め、言語仕様を確立し、VLSI設計のための仕様記述言語を開発する。

(2) 自動設計法

階層的な設計法、回路設計の自動化、機能設計の自動化についての基礎研究を踏まえ、システム仕様、モジュールインタフェース仕様の決定から始め、機能設計、回路設計を行ってICマスクレイアウト設計が完了するまでの作業を統一的に管理する設計法の研究を行い、そのためのシステムを開発する。

(3) 検証法

回路設計、機能設計などのVLSI設計の各階層における設計の検証法を確立する研究を行う。

(4) 設計用知識ベース

設計に関する知識の概念的構成の明確化、設計の知識を収容する方法の開発、設計基礎知識の収集と、半自動設計の研究を踏まえVLSI設計用知識ベースを開発する。

なお、以上の研究課題は他研究課題からのVLSIに対する要求を満たすために行われるものである。それには、パターンマッチング、スタック、ヒープ用等約10種の逐次型推論マシン用チップ、音声用チップ、図形処理用チップ等の約5種のマンマシン・インタフェース用チップ、ヒープ(構造メモリ)用ハッシング、ガーベジコレクタ等約10種の抽象データ型サポートメカニズム用チップ、連想メモリ、ネットワークスイッチ等約20種のデータフロー・マシン用チップなどが考えられる。

次に、ソフトウェア・ハードウェア開発支援システム研究の概要は以下の通りである。

(1) 高速ローカルネットワークを中心とした開発支援計算機複合体

光ファイバーを用いた高速ローカルネットワークにVLSI-CAD用マシン、ソフトウェア開発専用マシン、高機能パーソナル推論マシンよりなる低速ローカルネットワークを接続する手法の確立を踏まえ、本システムを実用化するための開発研究。最終的には本システムにおいて知識ベース・マシン、推論マシンなどが有機的に利用できるようにならなければならない。

(2) 開発支援システムのネットワーク・アーキテクチャ

高速ローカルネットワークを中心とした開発支援計算機複合体を遠隔地より利用するための開発研究。この中には地域的に離れて設置されているコンピュータシステムを疎結合するために必要とされる論理構造と、通信のためのプロトコルを体系的に定めたものを含む。

なお、本研究課題は、他研究課題と密接な関係がある。すべての研究課題は本課題において開発される支援システムを使用する計画である。よって、本調査では他課題から出された開発支援システムへの要求を整理し、特に開発支援計算機複合体に接続される計算機の能力を推定し、その規模・構成を検討している。

3.2.8 機械翻訳システム

前期の知的インタフェース・自然言語処理技術の研究開発項目の1つである。日英機械翻訳システム・コア部の試作の成果を有効に活用し、多言語間機械翻訳システム・プロトタイプの開発を行う。すなわち、機械翻訳の過程、結果に対して人間が適宜介入可能な翻訳用高機能ワークステーションを有し、翻訳、修正、編集、印刷までの各工程でシステムが積極的に支援する総合システムの開発を行う。

そのための技術としては、自然言語処理技術だけでなく、専門用語データバンク・辞書の構築に知識ベース・メカニズムを、またシステムの開発には知的プログラミング・システムを、システムの記述には、5G核言語を用いることになり、本システムは第5世代ソフトウェア研究開発課題を総合化した実証システムとなる。

① 中期の研究開発内容

- 多言語間機械翻訳システム・パイロットモデルを試作する。
 - ・ 各種言語の文法試作
 - ・ 中間言語の設計
 - ・ 各種言語翻訳文出力用文法規則および翻訳文出力システムの開発
 - ・ 意味／文脈解析技術の開発
 - ・ システム化技術の開発
- 翻訳用高機能ワークステーションの開発
 - ・ 翻訳用高機能ワークステーションの開発
 - ・ 文書編集出力システムの開発
- 専門用語データベースの開発（多言語とする）
 - ・ 専門用語データベースの開発
 - ・ 専門用語ソーラスの試作

多言語間機械翻訳システム・パイロットモデルの目標性能は次の通り：

- (a) 使用語彙 2万語
- (b) 人間が介在するシステム
- (c) 翻訳精度 85%とするが、実験のし易さを考慮したシステム設計を行う。

② 機械翻訳システムの最終目標

多言語間機械翻訳システム・パイロットモデルを改良し、多言語間機械翻訳システム・プロトタイプを開発する。この目標性能は次の通り：

- (a) 使用語彙 10万語
- (b) 90%の精度で翻訳し、残り10%を人間の介在で処理
- (c) 文書の編集、翻訳結果の印刷までの各工程で、システムが積極的に関与する総合シ

システムとする。

(d) 全コストは、人間が翻訳した場合の30%以下とする。

また、研究開発のポイントとして、多言語間機械翻訳システムを開発するために、各国の言語に精通した言語学者の参加が必要であることが挙げられる。

3.2.9 コンサルテーション・システム

知識情報処理システムとしての第5世代コンピュータ・システムの特徴を最もよく示す利用法の一つが専門家の知識を蓄え、その蓄積された知識に基づいた「推論」によって、問題を解決したりあるいは、問題解決の支援を行うコンサルテーション・システム（あるいは「エキスパート（専門家）システム」とも呼ばれる）である。

要素技術としては、問題解決・推論メカニズム、知識ベース・メカニズム、知的インタフェース・システム、知的プログラミング・システムがあるが、これらを統合してコンサルテーション・システムを構築するためのシステム化技術を開発する。

システムに組み込む「知識」の良し悪しがシステムの能力に大きく影響するので、対象分野の高度の専門家の参加による専門知識の獲得、知識の保守を行う技術を開発する。

① コンサルテーション・システムの目標性能

コンサルテーション・システム・パイロットモデルを試作する。具体的には、医療診断システム、自然言語理解システム、機械装置用CADシステム、コンピュータ・ユーザ・コンサルテーション・システム、コンピュータ・システム診断システムの5分野に対して、パイロットモデルの試作を行う。

このシステムの目標性能を表3-1に示す。

表3-1 コンサルテーション・システムの目標性能

項目	目標	備考
応答時間	数秒以内	1つの問題は数個から十数個のコマンドによって解決される。その時の個々のコマンドに対する平均応答時間。コマンドの作業内容によってばらつきがある。
オブジェクト数	現行システムの 10~100倍	ここでオブジェクトには、個別事実（データ）をも含むものとする。
ルール数	数千~数万	問題領域によって大きく変わると予想される。
知識獲得速度	現行システムの 10~100倍	知識獲得速度 = $\frac{\text{総知識量}}{\text{蓄積に要した総時間}}$
正答率	70%~90%	正しい解決が得られる割合
ユーザ・フレンドリネス	最良	人間工学的によく考えられたユーザ・インタフェースを装備する必要がある。
望まれる (付加)機能	1. 自然言語や図形（画像）によるインタフェース 2. 推論過程の提示 3. 分散知識ベース 4. 協調型問題解決方式 5. 知識の無矛盾性の保証 6. 答えの確からしさの提示 （但し対象分野によって必要度は変わる。）	

② コンサルテーション・システムのイメージ

中期で開発したパイロット・システムで得た成果から、後期には「スクラップ・アンド・ビルド」方式により、プロトタイプ・システムの開発を行う。最終的には、各要素モジュールを図3-4に示すように構成する。

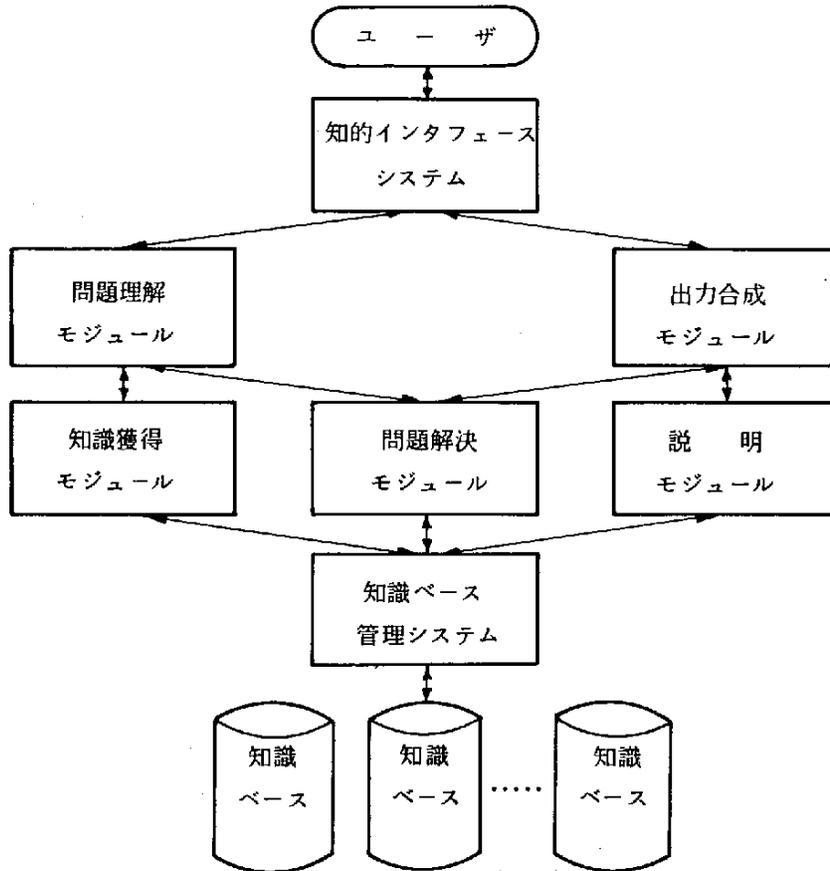


図3-4 コンサルテーション・システムのシステムイメージ

コンサルテーション・システムについては、前述のようにシステムに組み込む「知識」の良し悪しがシステムの能力に大きく影響するので、対象分野の高度の専門家の参加が必要である。

したがって、学際的な研究開発の場の設定が肝要であり、大学、民間、国立研究所の枠にとられない研究開発体制が必要である。

3.2.10 知的プログラミング・システム

本課題は、ソフトウェアの生産性と信頼性を飛躍的に向上させることを目的として、論理型言語、および新しいモジュラー・プログラミング技法に基づく自動プログラミング・システムの実現を目指す。最終的には、知識工学的手法に基づくソフトウェア開発コンサルテーション・システムの開発を目指す。

具体的目標として、事務処理やロボットの制御プログラムなど、多くの環境で繰り返して生産されるような分野のソフトウェアを対象とし、それらの分野のソフトウェアのための基本モジュールの開発と、それらのアルゴリズム・バンクによる管理を通して、モジュール・レベルでの合成をねらう。

最終目標達成のために、論理型言語の枠組でのモジュラー・プログラミング・システムの開発、アルゴリズム・バンク作成のためのプログラムの記述を行うメタ/仕様記述言語(アルゴリズム・バンク用知識表現言語)、モジュール検証システムおよびアルゴリズム・バンクの作成を行う。

以上述べたことから、本課題の研究開発項目として次の3項目を設定する。

- ① モジュラー・プログラミング・システム
- ② メタ/仕様記述言語とモジュール管理システム
- ③ プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク

以下に各項目の概略と関連について述べる。

(1) モジュラー・プログラミング・システム

モジュラー・プログラミングを推進するための基本となる分割コンパイル方式を開発する。合わせて、モジュール・データベースを開発する。これらの方式の設計段階での検討事項、得られた成果を言語設計に反映させる。逆に、分割コンパイルを可能とするように言語設計を行う。

デバッグ機能は、論理型プログラムの特長を生かした新たな方法の開発を目指す。データ型のチェックや記号実行、論理的な矛盾の発見方式などを含めて検討する。

エディタは、画面エディタ、構文向きエディタの開発を行う。とくに、モジュール間の依存関係を考慮した知的な処理機能を含めて検討する。

モジュール・データベースは、モジュール自身とモジュール間の関係を保管し、デバッグ、エディットを会話的に遂行することが可能なものを開発する。

モジュラー・プログラミング・システムは、核言語第0版上で作成され、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で動くものとする。本システムは、その後のソフトウェア開発の道具として、十分実用に耐えるものとする。

なお、本項目は前期で研究開発を完了する。

(2) メタ / 仕様記述言語とモジュール管理システム

前期から中期にかけて、モジュラー・プログラミング・システムの機能の向上をねらって、より強力にユーザのプログラミングを支援するモジュール管理システムを開発する。本システムの開発の原動力となるのが、メタ / 仕様記述言語である。本言語は、論理プログラムの機能的な仕様を与えるのみならず、パラメータの性質、モジュール間の関係など、モジュールの検索、検証、保守、更新などに必要な事柄を記述するための言語である。本言語は「プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク」で開発されるアルゴリズム表現言語のもととなる。

前期は主として、メタ / 仕様記述言語を開発する。

中期に開発されるモジュール管理システムは図 3-5 に示すように、モジュール知識ベース、問題領域知識ベース、プログラミング知識ベースを統括するシステムで、その中に、ソフトウェア検証サブシステム、モジュール検索サブシステム、モジュール更新サブシステムを含む。本システム自身は、メタ推論システム上に作成される。

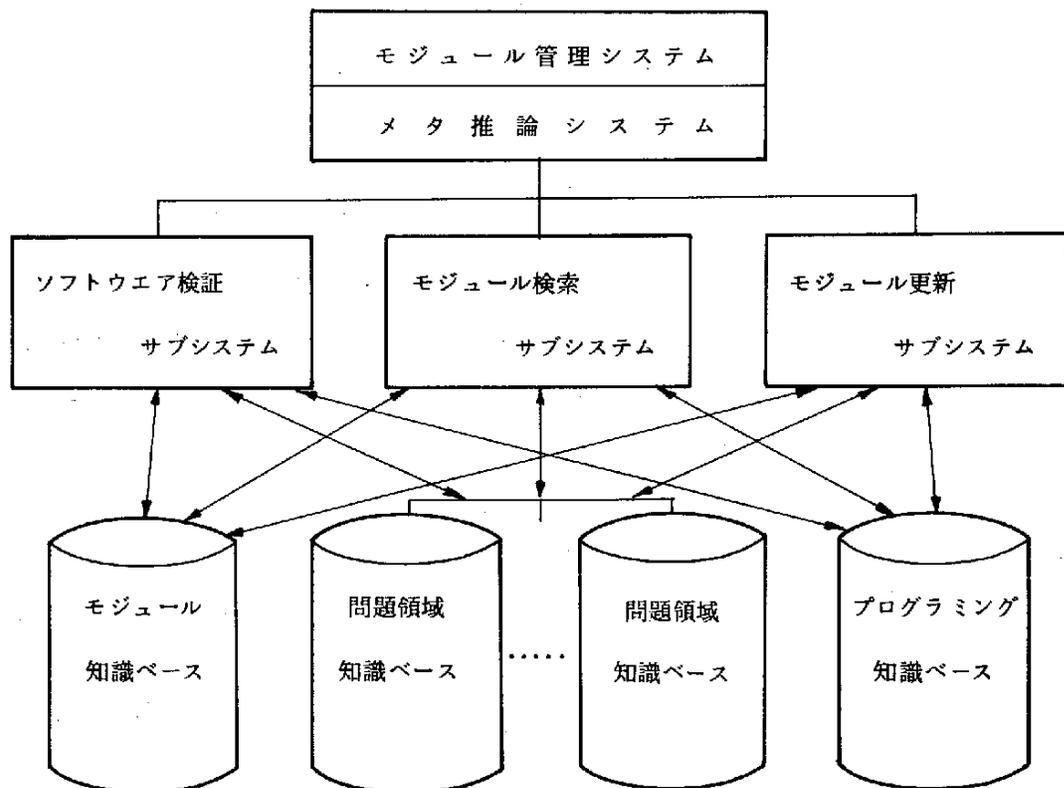


図 3-5 モジュール管理システム

モジュール管理システムは、コンピュータによって支援されたソフトウェアの設計システム (Computer Aided Software Design) をねらう。
(注1) (注2)

ソフトウェア検証サブシステムは、Horn clause 演繹と生成帰納法を統合したような推論系を候補とし、検証効率のよいシステムを開発する。

モジュール検索サブシステムは、ユーザの要求にあったモジュールを、機能を基に検索するシステムを開発する。

モジュール更新サブシステムは仕様の変更に伴うモジュールの変更を半自動化するシステムを開発する。

本項目は、後期は次に述べる「プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク」と合流し、ソフトウェア開発コンサルテーション・システムの開発を行う。

(3) プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク

本項目の前期は合成されるプログラムの問題領域を2, 3選定し、それらの代表的なモジュールを例にとって、それらの機能、パラメータの性質、効率、頑強性などの諸性質の記述に適した「アルゴリズム表現言語」を設計開発する。本言語は、前述した「メタ/仕様記述言語」の拡張となる。

アルゴリズム表現言語を用いて、アルゴリズム・バンク、問題領域知識ベース、プログラミング知識ベースの設計を行う。アルゴリズム・バンクは、前述したモジュール知識ベースを強化したものである。

アルゴリズム・バンクと問題領域知識ベース、プログラミング知識ベースを用いてプログラムを合成・生成するシステムの基本設計を行う。本システムは、知識工学的アプローチをとるものとする。

中期は、プログラム自動合成システムの試作を行う。アルゴリズム・バンクに実験的に、特定問題領域ならびに共通のモジュール群を蓄積し、小規模の合成実験を行う。

後期は、大規模化を図ると共に、ユーザ・インタフェース自然言語、図形を用い、設計段階および修正段階の半自動化を含めたソフトウェア開発コンサルテーション・システムを開発する。

(注1) Horn Clause 演繹は、一階述語論理のうち、結論に「AかB」などのあいまい性を含まない制限された範囲での演繹であり、一般の演繹に比べて、処理の手間が少なくてすむ。述語論理型プログラムの実行原理となっている。

(注2) 生成帰納法は、数学的帰納法の一つである。プログラムの各モジュールに対して、それが作り出すデータがすべて仕様を満足するとき、プログラム全体が作り出すすべてのデータも仕様を満足する。このことを用いて、プログラムの検証をモジュール単位で行う方法を生成帰納法という。

表 3 - 2 研究開発課題総括表

課題グループ	研究開発課題（一は前期技術項目）	備考
問題解決・推論システム	問題解決・推論メカニズム - 5G核言語 - 協調問題解決メカニズム - 推論メカニズムの並列化	前・中・後期にわたり開発
	問題解決・推論マシン - データフロー・マシン - 抽象データ型ハードウェアメカニズム - 並列型推論ハードウェアメカニズム	
知識ベース・システム	知識ベース・メカニズム - 知識表現システム - 大規模知識ベース・システム - 分散知識ベース管理システム	前・中・後期にわたり開発
	知識ベース・マシン - 関係データベース・マシン - 並列型関係演算及び知識演算ハードウェアメカニズム - 知識ベース基本ハードウェアメカニズム	
知的インタフェース・システム	知的インタフェース・システム - 自然言語処理 - 音声処理 - 図形・画像処理	前・中・後期にわたり開発 (前期には基本応用システムの要素技術開発を含む) 前期には既存のものを利用予定。中期以降に開発
	高機能インタフェース機器 - 専用要素プロセッサ(音声等)	
開発支援システム	ソフトウェア開発用パイロット・モデル - 逐次型推論マシンのハードウェアシステム - 逐次型推論マシンのソフトウェアシステム	前期に開発し、中期以降の研究・開発用ツールとする。 VLSI-CADは2年目以降考慮 システム・アーキテクチャは開発支援システムとして段階的に発展
	VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ - 知的VLSI-CADシステム - ソフトウェア・ハードウェア開発支援システム	
基本応用システム	機械翻訳システム	前期は知的インタフェース・システムの一部として研究し評価用モデル・システムとして試作、中期以降に本格的開発
	コンサルテーション・システム	前期は知識ベース・メカニズムの一部として研究し評価用モデル・システムとして試作 中期以降に本格的開発
	知的プログラミング・システム - モジュラー・プログラミング・システム - メタ仕様記述言語、検証システム - プログラム自動合成とアルゴリズムバンク	前・中・後期にわたり開発

研究課題名：問題解決・推論メカニズム				
概要：本課題は、第5世代コンピュータ・システムのハードウェア・ソフトウェアのインタフェースとなる核言語および高度な推論メカニズムの研究開発を行う。核言語の設計・開発は第0版から第2版にわたって行い、合わせて並列推論方式の研究開発を行う。さらに高度な問題解決機能として独立した2つ以上の推論システムが協同して1つの問題解決に当る協調問題解決メカニズムの実現を最終目標とした研究開発を行う。				
項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
5 G核言語の設計、処理系試作	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第0版の設計 核言語第0版処理系の形式的仕様の記述と処理系試作 核言語としてPROLOGに追加すべき機能の実現方式の検討 核言語第0版処理系の詳細設計 核言語第1版の機能と実現方式の検討 核言語第1版処理系試作による実現方式の確認 核言語第1版の設計・試作 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第0版 PROLOGをベースにし、以下の機能を追加 <ul style="list-style-type: none"> プログラムの構造化 関係データベース・インタフェース 並行プログラミング データ型定義チェック 核言語第1版 <ul style="list-style-type: none"> 並列実行モデル データ抽象化基本機能 メタ言語機能 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第1版の改良・拡充 核言語第2版を設計・試作し、改良する（中～後期） 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第0版はソフトウェア開発用パイロット・モデルの仕様となるので実用性を考慮した十分な検討が必要。 核言語第1版を中期推論マシンの仕様とする。 核言語第2版は後期トータル・システムの仕様とする。
協調問題解決メカニズムの研究	<ul style="list-style-type: none"> メタ推論システムの設計・試作 高次推論機能（帰納・類推など）の研究 協調問題解決メカニズムの研究 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語に取込む機能の抽出 協調問題解決メカニズムの基礎研究 	<ul style="list-style-type: none"> メタ推論システムの拡充 高次推論機能の研究を継続 協調問題解決システム試作とその拡充（中～後期） 協調問題解決システムと分散知識ベースとの統合 	<ul style="list-style-type: none"> メタ推論システムの試作は58年度前半を目途に行う。 抽出機能は核言語第0版、第1版に取込む。
推論メカニズムの並列化の研究	<ul style="list-style-type: none"> 並列ユニフィケーション方式の研究とハードウェア・ユニファイアの試作 並列推論方式の研究 核言語第0版、処理系を利用したアルゴリズム検証用ソフトウェアの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 並列推論アルゴリズム新方式の提案 アルゴリズム検証用ソフトウェア・システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 並列推論方式の詳細設計と検証 	<ul style="list-style-type: none"> 並列ユニファイアは早期に検討し、ソフトウェア開発用パイロット・モデルに取り込むことが望ましい。 並列推論方式は、中期推論マシンの基本メカニズムであるので、重点項目である。

研究課題名： 問題解決・推論マシン

概 要： 本課題は、第5世代コンピュータ・システムの中核となる推論機能をサポートする高レベルでかつ、高速処理に重点をおいたアーキテクチャの研究開発を旨とする。このため、高度な並列処理実現のベースとなるデータフロー・マシン、核言語仕様に含まれるモジュール化機能、並列処理や分散処理機能をサポートする抽象データ型メカニズム、核言語のベースとなる述語論理型言語の並列実行方式を研究する並列型推論メカニズムの研究開発を行う。

項目名	前 期 内 容	前 期 目 標 ・ 仕 様	中 ・ 後 期 の 内 容	研究開発のポイント・留意点
データフロー・マシンの設計・試作	<ul style="list-style-type: none"> データフロー・マシンの計算モデルの精密化と、言語および処理系試作 マシンのアーキテクチャおよび制御方式、システム構成の研究とシミュレーションによる評価 要素プロセッサ、構造メモリ、結合ネットワーク等の機能モジュールの試作 ハードウェアシミュレータおよび実験システムの試作による機能モジュールやアーキテクチャの評価 	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションによる基本アーキテクチャの設定 機能モジュールの試作 要素プロセッサ10台程度の実験システムの試作 	<ul style="list-style-type: none"> 中期では、要素プロセッサ100台程度のデータフロー・マシン実験機の試作を旨とし、基本アーキテクチャの決定と、VLSIを用いた機能モジュールの実装方式、制御ソフトウェアの試作を行う。 並列型推論マシンサブシステムの試作のための基本アーキテクチャ、制御方式等の基本技術を開発する。(中～後期) 	<ul style="list-style-type: none"> 前期～中期は、データフロー・マシンとして実験機を試作し、要素プロセッサ100台程度の実験機の実装手法を確立する。 VLSI化を極力すすめる。 並列処理アルゴリズムの研究や応用プログラムにおける並列処理量の測定なども検討する。
抽象データ型メカニズムの設計・試作	<ul style="list-style-type: none"> 抽象データ型の概念を応用した階層化、モジュール化をサポートするハードウェア諸方式の検討 オブジェクトをサポートするメモリ機構の実装手法の研究開発 並列処理、分散処理をサポートするアーキテクチャの諸方式の検討 シミュレーションや機能モジュールおよび実験システムの試作によるアーキテクチャの評価 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語に含まれるモジュールやオブジェクトをサポートするアーキテクチャと、機能モジュールの開発 並行処理、分散処理サポート方式の検討と評価 	<ul style="list-style-type: none"> 中期では、推論や知識ベース処理におけるオブジェクト管理機能の実現方式の検討を行い並行処理、分散処理用アーキテクチャを開発する。これは、実験機により評価する。 上記技術を利用し、並列型推論マシンサブシステムの基本アーキテクチャや制御方式等の基本技術を開発する(中～後期) 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアのモジュール化のサポートから発展させ、並行処理や分散処理の制御手法やアーキテクチャを開発する。 オブジェクト・サポート用メモリシステムなどのモジュールはVLSI化をすすめる。
並列型推論メカニズムの研究・試作	<ul style="list-style-type: none"> 推論機能のハードウェアによる並列処理方式、アルゴリズムの研究 核言語とその計算モデルに基づき、その中核機能をサポートする機能モジュールの設計・試作と実験システムによる評価 並列型推論マシンの基本アーキテクチャの検討とシミュレーションによる評価 データフロー・マシンをベースとする並列推論方式の研究 	<ul style="list-style-type: none"> 推論操作の並列処理方式の設定 推論用機能モジュールの試作と評価 	<ul style="list-style-type: none"> 推論の並列化方式とその制御方式の確立 データフロー・マシンと抽象データ型メカニズムをベースとする並列型推論マシンサブシステム(要素プロセッサ100台程度)の試作。(中期末) 推論マシンと知識ベース・マシンの統合化方式の研究と、それに基づく第5世代コンピュータプロトタイプシステムの開発(後期) 	<ul style="list-style-type: none"> 前期は、基礎研究中心、中期は、データフロー・マシンと抽象データ型メカニズムの成果を用いて、並列型推論マシンサブシステム(中期目標)を試作 核言語仕様第1版のサポートを旨とする。(中期) 後期は、最終目標の開発へと発展させる。

研究課題名：知識ベース・メカニズム				
概要：本課題は、第5世代コンピュータ・システムにおける知識情報処理技術の要となる知識ベース管理メカニズムの研究開発を行う。複数の知識ベースが協調的に機能し合う協調型知識ベース管理システムの実現を最終目標として、知識表現システム、大規模知識ベース・システム、分散知識ベース管理システムの研究開発を行う。				
項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
知識表現システム	<ul style="list-style-type: none"> 各種方式の汎用知識表現言語、特定領域用の知識表現言語の開発 知識ベース設計・開発サポート・システム 半自動知識獲得 評価用モデルとしての小規模エキスパート・システムを作成 	<ul style="list-style-type: none"> 単一知識ベース管理システム向き知識表現システムの開発 <p>（オブジェクト数 500～1000 推論ルール 500～3000）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 知識表現言語、知識ベース設計・開発サポートシステムを核言語第1版、第2版上で実現（中、後期） 中期に知識獲得実験システムの設計・試作を行い、後期に本格開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> 知識情報処理の核となる技術であるので、とくに核言語の有効性をチェックすることが大切。 専門家システム開発経験の蓄積が必要。 中、後期は、知識獲得技術の開発に力を入れる。
大規模知識ベース・システム	<ul style="list-style-type: none"> 関係データベース管理システムを開発する。 データベース設計技法の応用による知識ベース設計技法を開発 知識ベース・メンテナンス技法の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模なデータを管理するシステムの開発 関係モデルに基づく外部言語のサポートと核言語との結合 関係データベース・マシンの外部仕様の提供 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模知識ベースの研究成果を知識表現システム、分散知識ベース管理システムおよび基本応用システムの中期へ生かす。 	<ul style="list-style-type: none"> 関係データベースを知識ベース・システムでどのように利用すべきかの検討が必要。利用の有効性を実証できるような応用の設定。
分散知識ベース管理システム	<ul style="list-style-type: none"> 知識ベースのメタ記述および理解の研究 分散知識ベース管理方式の研究 知識ベースの統合化モデルの研究 	<ul style="list-style-type: none"> 物理的・論理的に分散している知識ベースを統合して利用するための基礎研究 <p>（メタ推論システムによる統合化のモデル確立）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 中期は分散知識ベース管理システムの設計、試作を行う。 後期は研究開発成果を協調問題解決システムの開発に生かす。 	<ul style="list-style-type: none"> 知識ベースのセマンティック・モデル、表現に関する知識の表現と、その上のメタ推論システムの設計、開発が重要。 具体的応用分野の設定も重要。

研究課題名：知識ベース・マシン 概要：本課題は、第5世代コンピュータ・システムの中核となる知識ベース機能をサポートする高レベルで、かつ、大容量の知識データを蓄積し、高速に検索・更新できるアーキテクチャの研究開発を旨とする。このため、関係モデルに基づく関係データベース・マシン、高度並列処理を旨とする並列型関係演算・知識演算メカニズムおよび知識表現や知識の構造化手法の基本部分をサポートするアーキテクチャを研究する知識ベース基本メカニズムの研究開発を行う。				
項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
関係データベース・マシンの設計・試作	<ul style="list-style-type: none"> 関係データベース検索用言語と処理系の試作 マシンのアーキテクチャおよび制御方式、システム構成の検討と、シミュレーションによる評価 要素プロセッサ、メモリ階層システム等の機能モジュールの設計・試作 実験システムの設計と試作 逐次型推論マシンとの接続方式とソフトウェアインタフェースの設計・試作 	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーション等による基本アーキテクチャの設定 機能モジュールの試作 要素プロセッサ8台程度から成る関係データベース・マシン実験システムの試作 	<ul style="list-style-type: none"> 逐次型推論マシンと組合せてソフトウェアの研究開発ツールとして提供することを旨とした機能の改良と拡張、および、実験機の開発 ソフトウェアシステムの研究開発および、機能の充実 機能モジュールのVLSI化 	<ul style="list-style-type: none"> 関係演算のファームウェアベースでの実現等、既存技術を利用した小規模システムの試作 前～中期に重点をおき、ソフトウェア開発用として中期より使用できるようにする。 ソフトウェアの充実とVLSI化を重点的にすすめる。
並列型関係演算および知識演算メカニズムの設計・試作	<ul style="list-style-type: none"> データフロー制御やストリーム制御に基づく高度並列型の関係演算メカニズムの実現方式の検討 アーキテクチャや機能モジュールの設計とシミュレーションによる評価 知識演算の実現方式の検討 メモリ階層システムの構成方法の検討と設計・試作による評価 分散型データ・ベース管理機構の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 並列型の関係演算・知識演算を実現する基本アーキテクチャの設定 ソフトウェアおよびハードウェアシミュレータ試作 機能モジュールの試作 	<ul style="list-style-type: none"> 高度な並列処理アーキテクチャに基づく並列型知識ベースマシンサブシステム(中期目標)の設計・試作(要素プロセッサ100台程度、付加可能メモリ容量100GB) 分散型データベースのサポートメカニズムの研究と試作による評価 機能モジュールのVLSI化 	<ul style="list-style-type: none"> 中期目標の実現のベースとなる高度並列型のアーキテクチャと大容量のメモリ階層システムの研究開発がポイント 中期重点のテーマ 実装にVLSIは不可欠
知識ベース基本メカニズムの研究・試作	<ul style="list-style-type: none"> 知識表現方式、知識ベース構成方式の検討と、知識ベース操作の基本メカニズムの明確化 知識ベース基本メカニズムのサポート諸方式の比較検討、アルゴリズムの研究 シミュレーションおよび機能モジュールの試作による評価 応用プログラムの試作・検討による設計用データの収集 	<ul style="list-style-type: none"> 知識ベースの構成・管理方式の明確化 知識ベース基本メカニズムの抽出と実現手法の検討 機能モジュールの試作 	<ul style="list-style-type: none"> 並列型知識ベースマシンサブシステム用機能モジュールの設計・試作 高レベル知識演算方式の研究開発 推論マシンとの統合化方式の検討・評価およびこれに基づく第5世代コンピュータプロトタイプシステムの開発(後期) 	<ul style="list-style-type: none"> 知識情報処理の中心課題をトップダウンに検討していく。 知識ベースのソフトウェアの研究と関連づけてすすめる。 後期重点のテーマだが、前期は、中～後期の研究の見通しと重要課題の設定を明確化するための基礎研究とする。

研究課題名：知的インタフェース・システム				
概要：第5世代コンピュータ・システムにおける，人間とコンピュータとの間の柔軟な対話を可能にする知的インタフェース・システムの研究開発を行う。このため，本課題では，知的インタフェースの実現のための固有技術である自然言語処理技術，音声処理技術，図形・画像処理技術の研究開発を行うとともに，中期以降の基本応用システムに利用するために，問題解決・推論メカニズム，知識ベース・メカニズムの研究成果と組合せた知的インタフェース・システムの実現を目指す。				
項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
自然言語処理技術	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 応用分野別基本語彙DBの試作 ◦ 応用分野別文章DBの試作 ◦ 中核文法，応用分野別文法試作 ◦ 知的インタフェースの認知科学的研究 ◦ 高機能構文解析システムの開発 ◦ 文章合成・出力方式の基本設計 <ul style="list-style-type: none"> ・ 専門用語DBの試作 ・ 日英機械翻訳コア部の試作 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 自然言語による会話機能の基本技術を開発 ◦ 自然言語処理用ソフトウェア・ツールの開発 ◦ 自然言語処理用データベースの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 中期には，基本語彙DB，文章DBを拡充・中核文法，応用分野別文法大規模化・高機能構文解析システムを核言語第1版上で実現・意味解析技術の開発・文章合成出力方式を応用システムに統合化する技術の開発，を行う。 ◦ 後期は，意味解析・文脈解析技術を開発し，中期までの諸成果を応用システムへと統合化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 自然言語処理用ソフトウェア・ツールの開発は核言語を考慮する。 ◦ 中核文法は高機能構文解析システム上で最終的に動作させる。 ◦ DB関連は，全期間を通じて拡充するので，拡張性に考慮する。 ◦ 評価用モデルとして機械翻訳システムを作成
音声処理技術	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 音声波からの特徴パラメータ抽出方式を開発し，音素識別方式の基本設計を行う。 ◦ 音声合成方式の基本設計 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 音素識別方式の確立 ◦ 音声合成方式を確立し，音声合成システムを試作する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 中期は，連続音声認識方式の基本設計と日本語の音声合成ルールを確立する。 ◦ 後期は，音声応用システムを開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 前期は音響レベルの処理に重点を置いた研究開発を行う。
図形・画像処理技術	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 図形・画像データ表現方式の研究 ◦ 図形・画像高速処理方式 ◦ 図面・文書画像を図形・画像編集消書システムの第1次システムとして取り上げ，標準端末使用のソフトウェア・システムとして試作する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 画像処理用専用言語および図形・画像処理マシンの概念設計を行う。 ◦ 図形・画像編集消書システムの第1次システムを試作する。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 中期 <ul style="list-style-type: none"> ・ 画像データベース（IDB）システム ・ 専用言語の処理系試作 ・ 専用プロセッサの試作 ◦ 図面・文書画像の知的編集消書システム ◦ 後期 <ul style="list-style-type: none"> ・ 図形画像応用システム 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IDBはデータ表現・蓄積・検索のあらゆる面で基礎研究が重要 ◦ KBの一部としてのIDB設計，関係モデルの適合性の検討が最重要 ◦ 専用言語，専用プロセッサの設計には，図形・画像理解に必須な機能を明確にし，核言語やDBMと整合性を検討

研究課題名：逐次型推論マシン（ソフトウェア開発用パイロット・モデル）

概 要：本課題は、第5世代コンピュータのソフトウェアシステムの中核となる核言語仕様を能率よくサポートし、ソフトウェアの研究開発を能率よく進め得る種々の機能を備えたファームウェアベースの高性能マシンの開発を目的とする。このため、推論のための専用ハードウェアや仮想記憶、高性能マシン・インタフェースを有するハードウェアシステムおよび言語処理系やグラフィックエディタ、ネットワーク機能等を有するソフトウェアシステムを研究開発する。

項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
逐次型推論マシンのハードウェアシステム	<ul style="list-style-type: none"> 核言語実行用ファームウェアベース・プロセッサの設計・試作 仮想記憶を含む大容量メモリシステムの設計・試作 高精度グラフィックディスプレイ、和文入出力機能等を含む高機能マシン・インタフェース・システムの設計・試作 ローカルネットワーク機能の設計・試作 関係データベース・マシンとのインタフェース機能の試作 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第0版をサポートするファームウェアベースマシンの試作（複数台） 処理速度については、汎用大型機10倍程度、番地空間は10MB以上 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアの研究開発ツールとしての本格的使用に向けての改良・拡張 カスタムLSI又はVLSIを使用した小型化、高信頼化 マシン・インタフェース機能やネットワーク機能の拡張・改良 多数台の開発 関係データベース・マシンとの接続 	<ul style="list-style-type: none"> 既存技術を活用して、前期中に、マシンの試作を行うことを目指す。 プロセッサとメモリ・システム、高機能マシン・インタフェースを並行して設計・試作する。 中期に作るマシンは、パーソナルマシンとして使い易いものとする。
逐次型推論マシンのソフトウェアシステム	<ul style="list-style-type: none"> 核言語（第0版）用インタプリタ、コンパイラの設計・試作 エディタのディバッガ等のユーティリティシステムの開発 ファームウェア開発用システムの開発 管理用ソフトウェアシステム（OS）の開発 ネットワーク管理システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語によるプログラム作成を能率よく行えるソフトウェア群の開発 使い易いマイクロプログラム開発システムの開発 ネットワークサポート機能の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第1版のサポートを行えるような処理系の拡張 入出力制御の組込み関数等の拡張 各種ユーティリティソフトウェアの改良・拡張 マニュアル等のドキュメントの整備 関係データベース・マシンとのソフトウェア上での統合化 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアは、前期は、大型汎用機上で、前もって作成しておく。 ファームウェア開発ツールは、ソフトウェア研究者にも使用可能なものとする。 ネットワークサポートは、標準化等の動向を考慮した仕様によって、開発する。
マシン・インタフェース機器の設計試作 ④ 本項目は、ソフトウェアの研究課題「知的インタフェース・システムの研究開発」において設定される。	<p>*前期では、上記の逐次型推論マシンのハードウェアシステムの開発に含まれる。</p>		<ul style="list-style-type: none"> 知的インタフェース・システムサポート用機能メカニズム別モジュールの設計・試作（音声用ハードウェア、図形・画像用ハードウェア等） 第5世代コンピュータ・システム用高機能インタフェース機器の設計・試作、および第5世代コンピュータプロトタイプシステムとの統合化（後期） 	<ul style="list-style-type: none"> 本項目は、自然言語処理、音声応用システム等の研究開発において必要となる。 音声プロセッサ等、ソフトウェアの研究開発からの要求に従って、細目が設定される。

研究課題名：VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ

概 要：本課題は、大規模かつ高価な構造を有する第5世代コンピュータ・システムのハードウェアシステムの構築に不可欠なVLSI化やハードウェアのモジュール化、分散化の技術の研究開発するとともに、開発支援ツールを開発・整備することを旨とする。このため、アーキテクチャデータベース作成等を含む知的VLSI-CADシステムの研究開発およびネットワークシステムを含むソフトウェア・ハードウェア開発支援システムを開発・整備する。

項目名	前 期 内 容	前 期 目 標 ・ 仕 様	中 ・ 後 期 の 内 容	研 究 開 発 の ポ イ ン ト ・ 留 意 点
知的VLSI-CADシステムの研究・開発	<ul style="list-style-type: none"> ○アーキテクチャ記述方式および記述言語の研究開発 ○システム・レベル、機能モジュール・レベル、論理回路レベル等についての記述言語仕様の設定とその処理ソフトウェアシステムの試作 ○知的VLSI-CADのベースとなるアーキテクチャデータベースの構成・管理方式の研究 (カスタムチップ作成用CADシステムの整備) 	<ul style="list-style-type: none"> ○第5世代プロジェクトにおける統一したハードウェア記述方式の確立 ○アーキテクチャデータベース構成方式の明確化 ○カスタムチップ作成用CADシステムの整備 	<ul style="list-style-type: none"> ○アーキテクチャ設計用高レベルCADシステムの設計・試作 ○ハードウェア設計データの知識ベースへの蓄積およびライブラリ化 ○知的VLSI-CADシステムの開発および設計用コンサルテーションシステムの試作(後期) (カスタムVLSI作成システムの整備) 	<ul style="list-style-type: none"> ○前期は、アーキテクチャの記述方法を設定し、第5世代プロジェクトの統一的なものとする。 ○中期以降は、ハードウェア設計データのデータベース化を推進する。 ○これと同時に、ハードウェアの試作に必要なカスタムVLSIチップの作成支援システムを整備し、試作の効率化をはかる。
ソフトウェア・ハードウェア開発支援システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> ○分散ネットワークシステムの構成方式の研究 ○高速ローカルネットワークシステムの開発 ○ソフトウェア開発用マシンの整備 ○ハードウェア開発用マシンの整備 ○グローバルネットワークへの接続 	<ul style="list-style-type: none"> ○ソフトウェアおよびハードウェアの研究開発に必要な研究ツールの整備 ○ローカル/グローバルネットワーク構成方式の明確化 	<ul style="list-style-type: none"> ○ソフトウェア開発用パイロットモデルおよび試作マシン群を含む分散ネットワークシステムの開発 ○ネットワーク用ソフトウェアシステムの開発・整備 ○知識情報処理ネットワークシステムへの拡張 (後期) 	<ul style="list-style-type: none"> ○前期は、ソフトウェアおよびハードウェアの研究ツールとしての汎用機等の整備に重点を置く。 ○中期からは、試作されたハードウェア実験機とソフトウェアの試作システムを組合せた実験が、能率よく行えるようなネットワークシステムの開発・整備に重点を置く。

研究課題名：基本応用システム

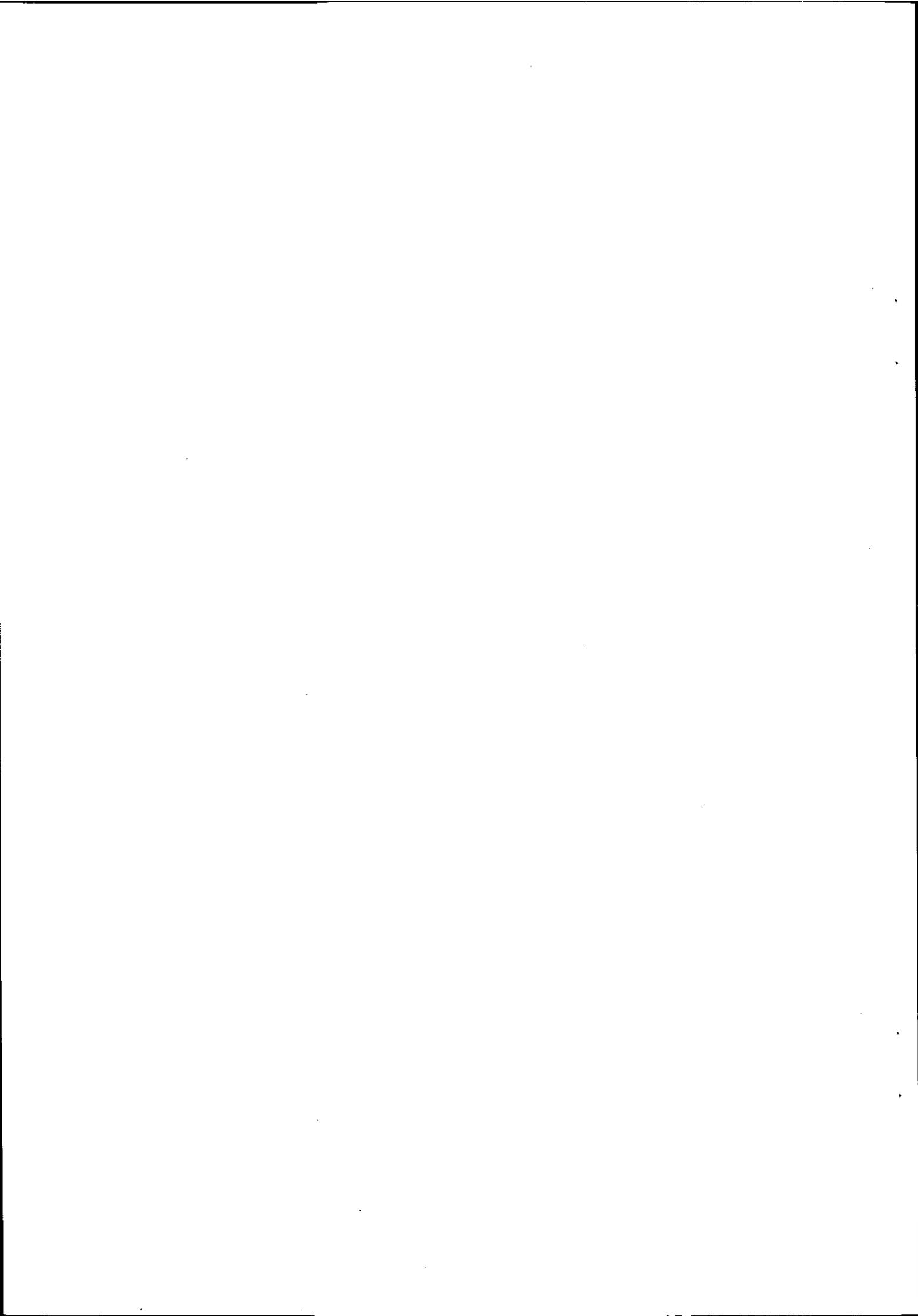
概要：1990年代の広範な応用システムに用いられる共通的・基本的な第5世代ソフトウェアの諸技術を含み、かつ、本プロジェクトで開発される各システムを統合化し、その実証用ともなるシステムを研究開発する。具体的には、機械翻訳システムとコンサルテーション・システムを取り上げ、中期以降に本格的に研究開発する。

課題名	前期内容	中期内容	中期目標・仕様	後期内容	最終(後期)目標・仕様	研究開発のポイント・留意点
機械翻訳システムの研究試作	<ul style="list-style-type: none"> 知的インタフェースシステム自然言語処理の中で、日英機械翻訳システムのコア部試作 	<ul style="list-style-type: none"> 多言語間機械翻訳システムパイロットモデル試作 各種言語の文法試作・中間言語設計 各種言語翻訳文出力用文法規則および翻訳文出力システム・意味/文脈解析技術の開発・システム化技術の開発 翻訳用高機能ワークステーションの開発 翻訳用高機能端末装置の開発 文書編集出力システムの開発 専門用語(多言語)DBの開発 専門用語DBの開発 専門用語シンソーラス試作 	<ul style="list-style-type: none"> 多言語間機械翻訳システム・パイロットモデル (i) 使用語彙数 2万語 (ii) 人間が介在するシステム (iii) 翻訳精度 85% 	<ul style="list-style-type: none"> 多言語間機械翻訳システム・プロトタイプ試作 	<ul style="list-style-type: none"> 多言語間機械翻訳システム・プロトタイプ (i) 使用語彙数 10万語 (ii) 編集、印刷までの各工程でシステムが積極的に関与する総合システム (iii) 翻訳精度 90% (iv) 全コスト 人間が翻訳した場合の30%以下 	<ul style="list-style-type: none"> 中期の前半は、他の研究開発課題の成果を取込むことに重点。 各国の言語に精通した言語学者の参加が必要。
コンサルテーション・システムの研究試作	<ul style="list-style-type: none"> 知識ベース・メカニズムの中で小規模エキスパートシステムを試作 	<ul style="list-style-type: none"> コンサルテーション・システム・パイロットモデル試作以下の5分野で各1システム試作 医療診断 自然言語理解 機械装置用CAD コンピュータ・ユーザ・コンサルテーション コンピュータ・システム診断 		<ul style="list-style-type: none"> コンサルテーション・システムのプロトタイプシステム開発 	<ul style="list-style-type: none"> 応答時間 数秒以内 オブジェクト数 現行システムの10~100倍 ルール数 数千~数万 知識獲得速度 現行システムの10~100倍 正答率 70~90% 使い易いユーザ・インタフェース 	<ul style="list-style-type: none"> 良い「知識」を組込むため、対象分野の高度の専門家の参加が必要。 学際的研究開発の場の設定が必要。 大学・民間・国立研究所の枠にとられない研究開発体制が必要。

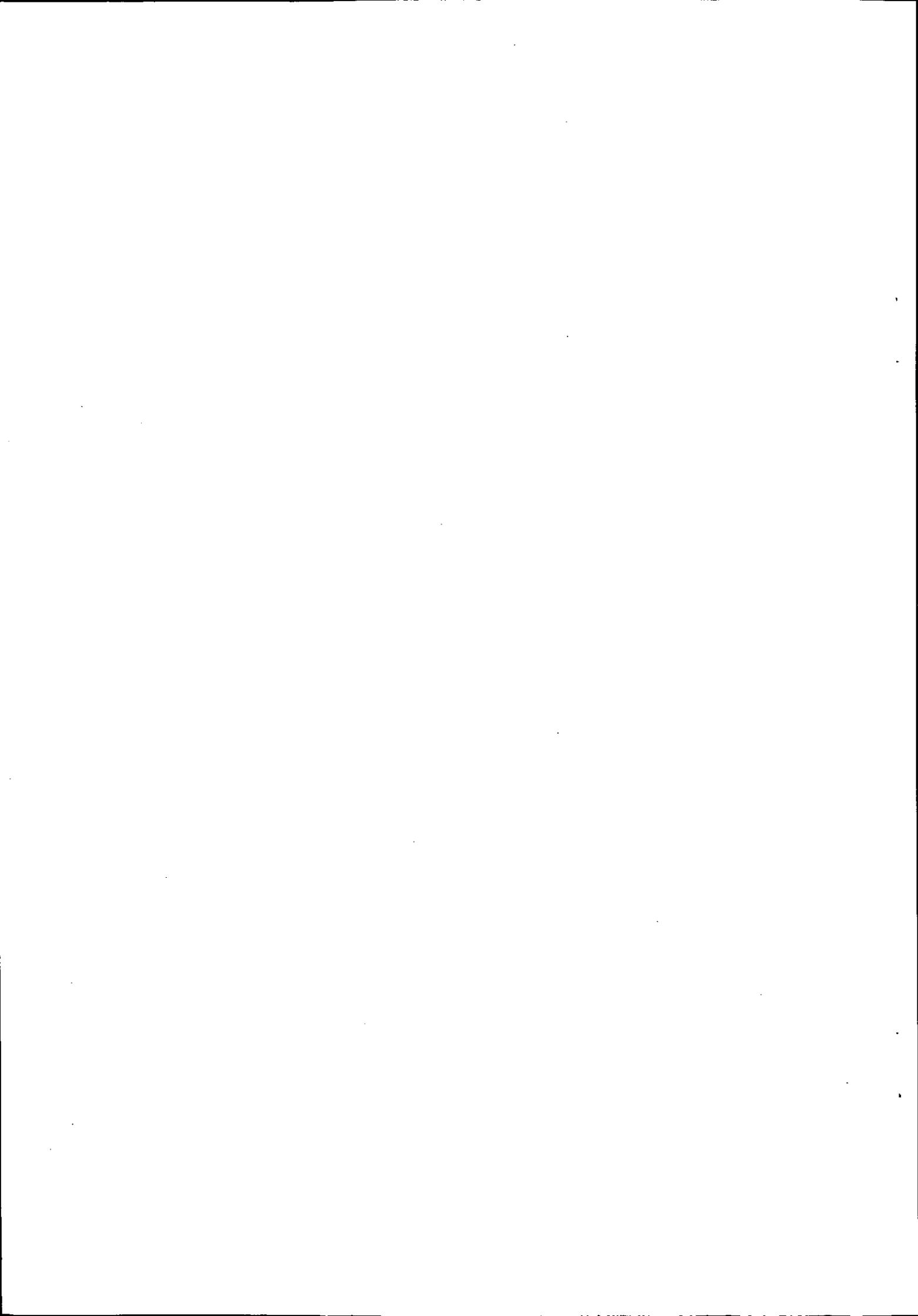
研究課題名： 知的プログラミング・システム

概要： 本課題は、第5世代コンピュータ・システムの狙いの一つであるソフトウェアの生産性と信頼性の飛躍的向上を目的として、論理型言語、および自動プログラミング・システムの実現を目指す。後期目標は、知識工学的手法に基づくソフトウェア開発コンサルテーション・システムの開発であり、そのためモジュラー・プログラミング・システム、メタ/仕様記述言語とモジュール管理システム、プログラム自動合成とアルゴリズム・バンクについての研究開発を行う。

項目名	前期内容	前期目標・仕様	中・後期の内容	研究開発のポイント・留意点
モジュラー・プログラミング・システム	<ul style="list-style-type: none"> 分割コンパイル方式の開発 モジュール・データベースの開発 論理型プログラムの特長を生かしたデバッグ機能の開発 モジュール間依存関係を考慮した、知的な処理機能を有する画面エディタ・構文向きエディタの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語の構造化機能を追求し、第0版、第1版に導入を図る。 核言語開発支援プログラミング・システムの開発、実用化 論理型モジュラー・プログラミング・システムの仕様、処理方式の追求、確立 ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で稼動 	<ul style="list-style-type: none"> 中期以降の各種ソフトウェアは、本システムを用いて、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で研究開発されていく。その使用経験により本システムも評価・改良されていく。 本項目の成果は、知的プログラミング・システムの他の2項目の研究開発に引き継がれる。 	<ul style="list-style-type: none"> 核言語第0版上で作成し、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で稼動するものとし、前期中に十分実用に耐えるものとして開発する。
メタ/仕様記述言語とモジュール管理システム	<ul style="list-style-type: none"> メタ/仕様記述言語の開発 ソフトウェア検証システム試作 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア設計開発支援用システムのための基礎技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア検証サブシステム、モジュール検索サブシステム、モジュール更新サブシステム、およびそれらを統括するモジュール管理システムの試作 プログラミング知識ベース、問題領域知識ベースの開発 	<ul style="list-style-type: none"> モジュール単位のソフトウェアの半自動作成方式の確立がポイント
プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク	<ul style="list-style-type: none"> アルゴリズム表現言語の開発 アルゴリズム・バンクの設計・試作 合成系の基本設計 	<ul style="list-style-type: none"> プログラムの自動合成のための基礎技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> アルゴリズム・バンクの開発 プログラム自動合成システムの開発 ソフトウェア開発コンサルテーション・システムの開発(後期) 	<ul style="list-style-type: none"> アルゴリズム表現言語の設計が重要 後期は、上のメタ/仕様記述言語とモジュール管理システムと共同で、ソフトウェア開発コンサルテーション・システムを開発。自然言語インタフェースなどもねらう。



4. 研究開発計画



4. 研究開発計画

4.1 全体研究開発計画

4.1.1 計画設定の考え方

第5世代コンピュータ・システムの研究開発は、知識情報処理の中核的機能である問題解決・推論システムや知識ベース・システム等、従来のコンピュータ・システムの枠を超えた目標を目指している。

このような研究開発は、世界的に見ても前例のない革新的なものであり、多くの試行錯誤をくり返しながらか、独創的なアイデアを多く出しつつ目標となるシステムを構築して行かざるを得ない。

しかしながら、知識情報処理のような先端的な技術の基盤となる基礎研究の蓄積は、研究成果においても人的資源においても、きわめて少ないため、本プロジェクトの当初においては、まず、このような基盤の形成を強力に推進する必要がある。

この傾向は、特に、ソフトウェアと基礎理論の分野で顕著であるから、この点を特に配慮しなければならない。これは、コンピュータのアーキテクチャおよびVLSIを含むハードウェア技術開発は、ソフトウェアや基礎理論の研究開発に導かれて進める必要があることから、きわめて重要である。

本プロジェクトにおいては、1990年代に必要となるコンピュータの基礎技術の確立が重要であるから、基礎技術の裾野をできる限り広くとれるよう考慮しなければならない。

このような状況を考慮し、本プロジェクトは10年間の研究開発期間を設定するとともに、これを図4-1に示すように前期(3年)、中期(4年)、後期(3年)に分けて考える。

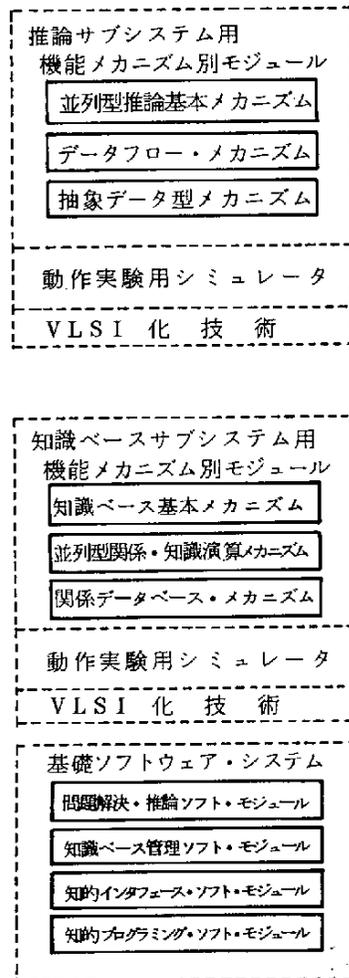
前期の研究開発の重点は、知識情報処理の分野におけるこれまでの研究成果を収集し、評価と再構成を行うとともに、各課題におけるいくつかの候補を絞り、中期に向けての基本技術開発を行う。

中期の研究開発の重点は、まず前期に行った各種の要素となる技術の評価結果をもとに、ソフトウェア、ハードウェアの基盤となる計算モデル、実現上のアルゴリズム、基本アーキテクチャを設定し、それに沿って、小～中規模のサブシステムを試作することである。

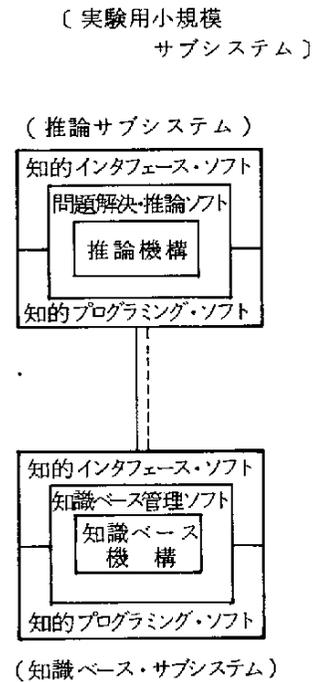
後期の研究開発の重点は、ソフトウェア・システムとハードウェア・システムの双方への機能配分と相互の特徴を生かしたインタフェースの設定と、それに基づくトータルシステムの構成方法を見出すことである。

全体の研究開発の流れとしては、まず、前期では、ソフトウェア及びハードウェアのいろいろな要素モジュールを作るとともに、それらを組合せた実験システムを作ることになると考えられる。この中には、ハードウェアやソフトウェアのシミュレータ、言語処理系の試作システム、自然言語処理の実験システム等が含まれよう。

前期：基本技術開発（約3年間）



中期：サブシステム



後期：トータルシステム開発

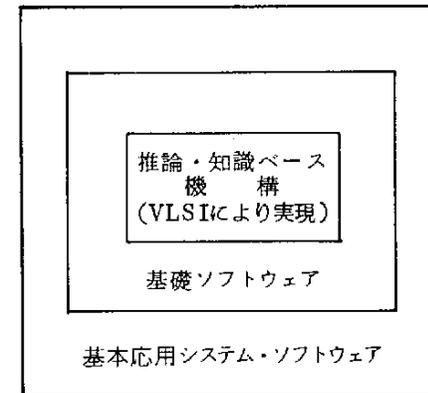


図4-1 第5世代コンピュータの研究開発ステップ

中期では、前期の成果の改良、拡張を行い、推論、知識ベースの2つのサブシステムとしてとりまとめを行うことに力が注がれよう。しかしながら、このような、ソフトウェア・ハードウェアシステムの研究開発は、それぞれの領域の中で、推論システムや知識ベース・システム等の構築を目指して、独自に、研究開発を進めざるを得ないが、それだけでもきわめて多くの解決すべき問題を持つと思われる。

そこで後期の初めには、これらの中期の研究開発で得られた、ソフトウェア・システム、ハードウェア・システムの構成を検討・評価し、サブシステムを融合化したトータルシステムの構築に焦点を合わせて、技術の見直しや再構成を行うとともに、最終目標の精密化を図ることとする。

4.1.2 研究開発スケジュール

第3章で示した5グループ10課題の研究開発課題について、そのスケジュールの概略を以下に示す。

問題解決・推論システムは、核言語をインタフェースとして、ハードウェアである推論マシンと、ソフトウェアである、協調問題解決システムを研究開発する。核言語は、第0版から第2版にわたって設計する。第0版、第1版は前期に開発し、第2版は中期に開発する。協調問題解決システムは、中期から後期にかけて本格的に開発する。推論マシンについては、核言語第0版に対応するものとして、開発支援システムに含まれる逐次型推論マシンを開発する。また中期には、核言語第1版に対応するものとして、推論マシン・サブシステムを開発する。これらを実現するために、前期では、データフロー技術、並列型推論用のハードウェアなどの要素技術を開発する。後期は、知識ベース・マシンと統合化したトータルシステムの開発を行う。本システムは核言語第2版に対応する。

知識ベース・システムは、データおよびルールの記憶管理を目的とし、その利用技術から、ハードウェアまでの幅広い研究開発を行う。

また利用技術として、知識表現システムを開発する。前期では、主として知識表現言語と、知識ベース設計開発サポート・システムの試作・開発を行い、中後期は知識獲得へと研究開発の比重を移して行く。

ハードウェアシステムの研究開発としては、前期は、関係データベース・マシンおよびその上の大規模知識ベース・システムを開発する。また、中期以降のための要素技術として、高度並列型の関係演算メカニズムの検討、知識演算の実現方式の検討、メモリ階層システムの構成方法の検討と設計・試作などを行う。中期では、並列型知識ベースマシン・サブシステムおよび分散知識ベース管理システムの開発を行う。後期は、トータルシステムへの総合化を図る。

知的インタフェース・システムは、自然言語処理の研究開発を中心とし、最終的に、音声処理との結合を図る。いずれも、前期は基礎研究、中期は小規模実験システム、後期は実用規模の実験システムの開発をねらう。図形・画像処理については、知識表現の観点から画像データベースの研究開発を中心とする。本項目は、前期は基礎的研究とし、中・後期に本格化する。

開発支援システムのうち、ソフトウェア開発用パイロット・モデルは、前期に集中して開発が行われる。本課題の成果は、中期以降の研究開発の道具として使われる論理プログラム用スーパー・パーソナル・コンピュータのモデルとなるものであり、また、推論サブシステム、知識ベース・サブシステムにつながって行くシステムとしての意味もあり、大変重要な課題であ

る。

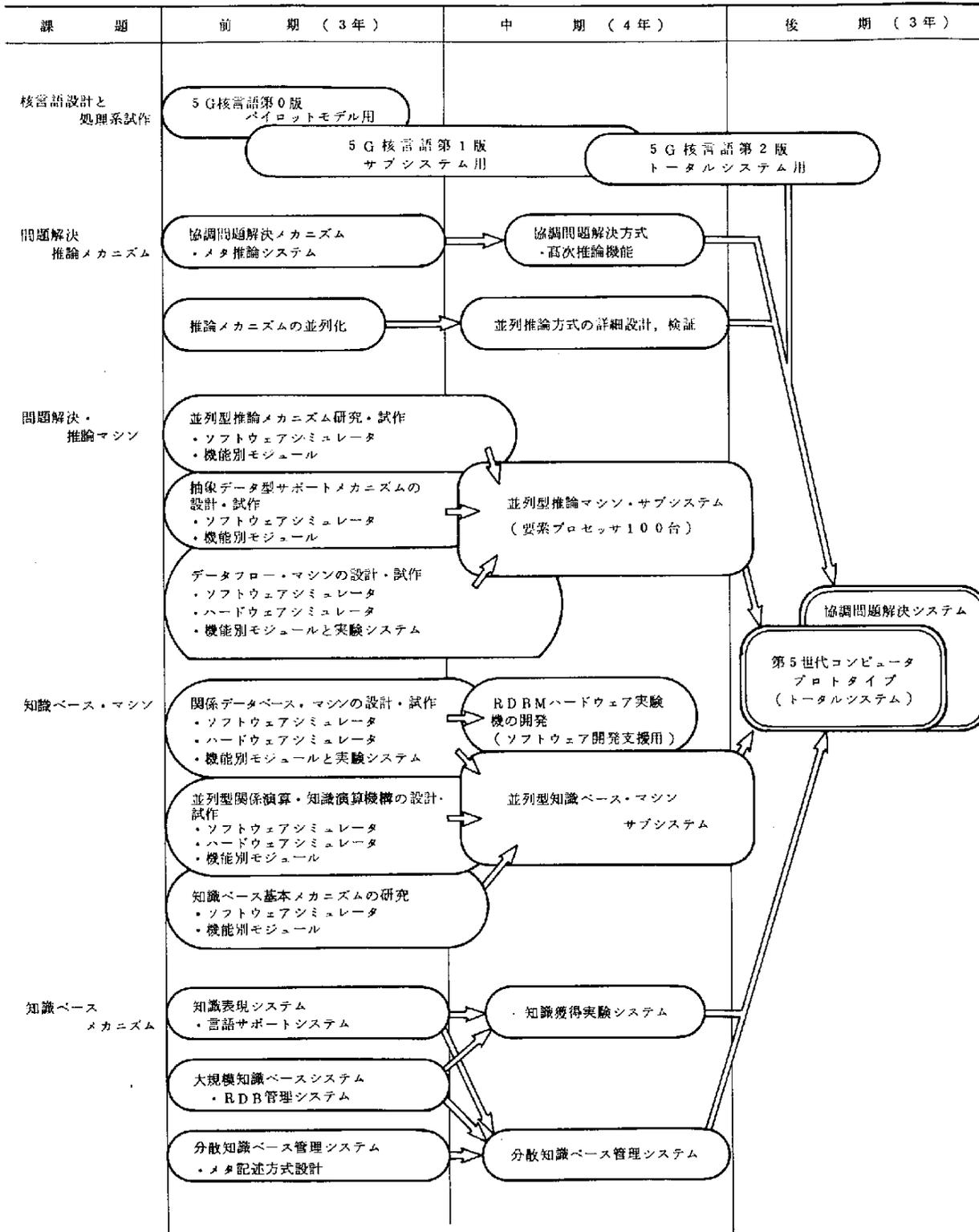
VLSI化技術とシステム・アーキテクチャの研究開発は、それ自身、知的VLSI-CADシステムや分散処理システムを高度化した知識情報処理ネットワークの研究開発を目指す。同時にハードウェア・ソフトウェアの研究開発支援ツールとしても、十分に機能することを考慮したスケジュールを立てる。

基本応用システムのうち、知的プログラミング・システムの研究開発を前期から行う。前期は主として、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で使われるモジュラー・プログラミング・システムの開発が行われる。自動プログラミング・システムは、中期から本格化する。

機械翻訳システムおよびコンサルテーション・システムは、中期から本格的に研究開発に着手する。前期は、知的インタフェース・システムにおける自然言語処理および知識ベース・システムにおける知識表現システムの項目で、それぞれ基礎技術開発が行われる。コンサルテーション・システムは、前期の終りまでに、研究開発すべき分野を複数個決定する。それらは、知識情報処理の応用を広くカバーするものとする。

以上、研究開発スケジュールの概要を説明した。各研究開発課題のスケジュールを、課題間の関連も含め、表4-1に示す。

表 4-1-a 全体研究開発スケジュール (I)



る。

VLSI化技術とシステム・アーキテクチャの研究開発は、それ自身、知的VLSI-CADシステムや分散処理システムを高度化した知識情報処理ネットワークの研究開発を目指す。同時にハードウェア・ソフトウェアの研究開発支援ツールとしても、十分に機能することを考慮したスケジュールを立てる。

基本応用システムのうち、知的プログラミング・システムの研究開発を前期から行う。前期は主として、ソフトウェア開発用パイロット・モデル上で使われるモジュラー・プログラミング・システムの開発が行われる。自動プログラミング・システムは、中期から本格化する。

機械翻訳システムおよびコンサルテーション・システムは、中期から本格的に研究開発に着手する。前期は、知的インタフェース・システムにおける自然言語処理および知識ベース・システムにおける知識表現システムの項目で、それぞれ基礎技術開発が行われる。コンサルテーション・システムは、前期の終わりまでに、研究開発すべき分野を複数個決定する。それらは、知識情報処理の応用を広くカバーするものとする。

以上、研究開発スケジュールの概要を説明した。各研究開発課題のスケジュールを、課題間の関連も含め、表4-1に示す。

表 4-1-a 全体研究開発スケジュール (1)

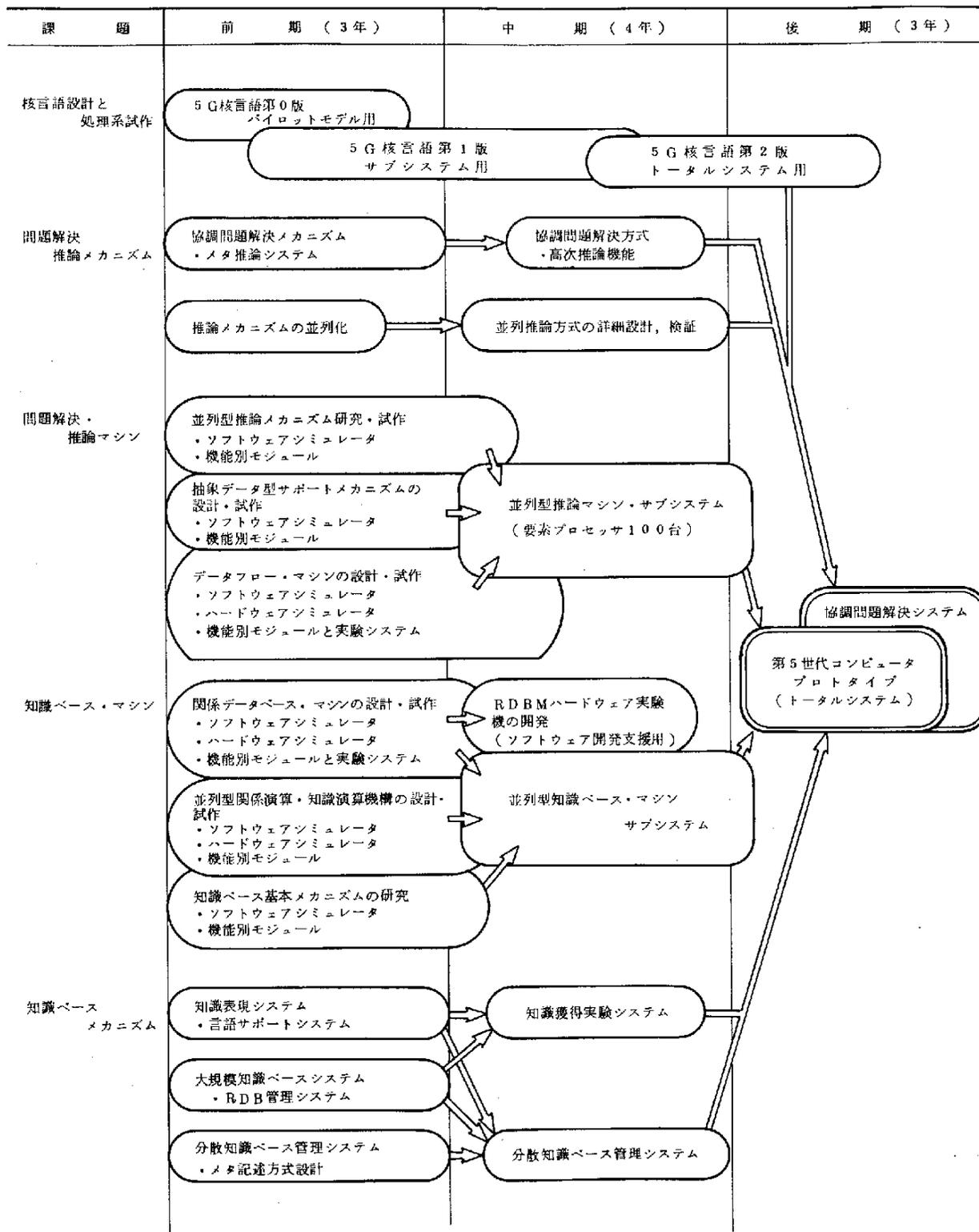


表 4-1-b 全体研究開発スケジュール(2)

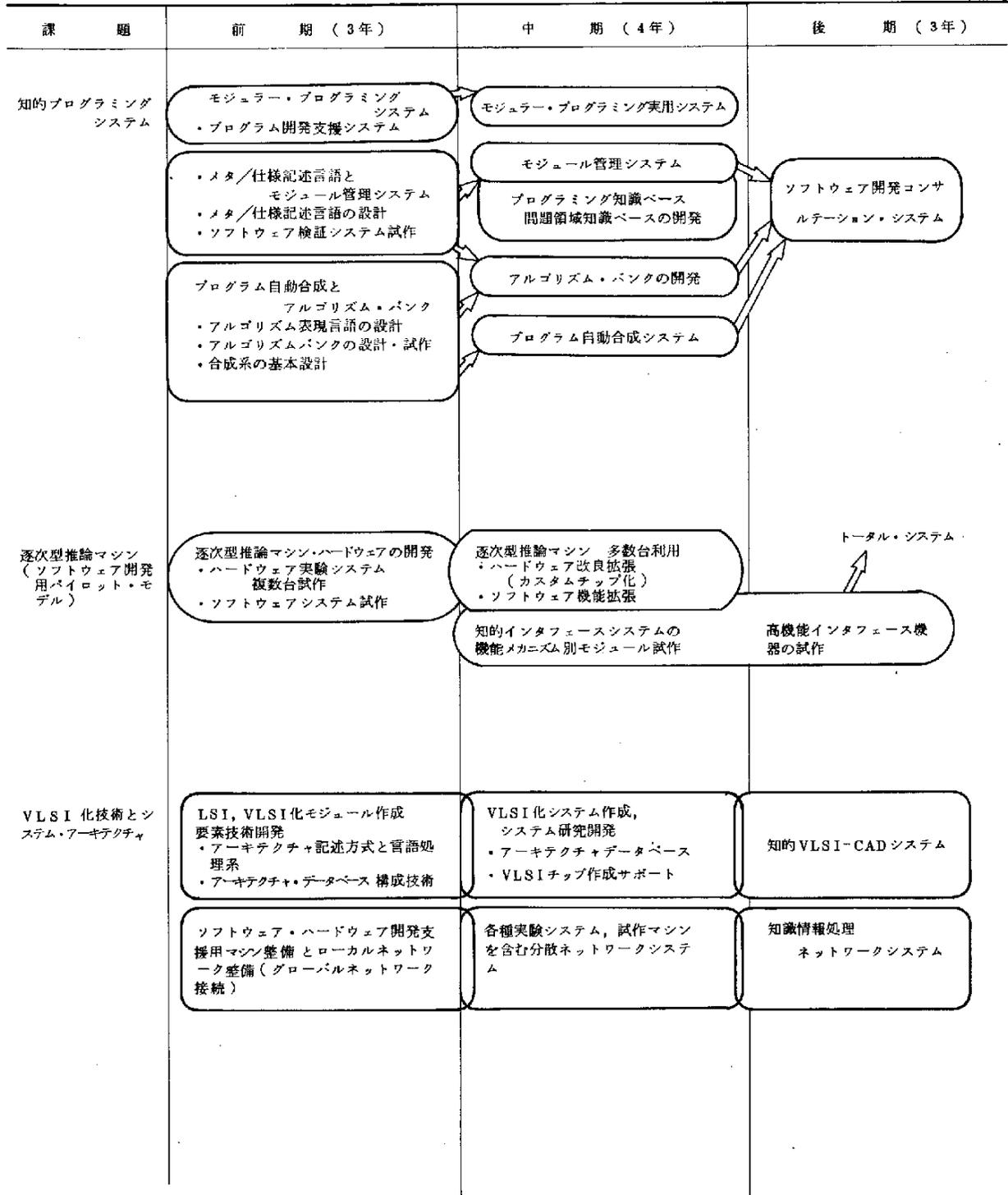
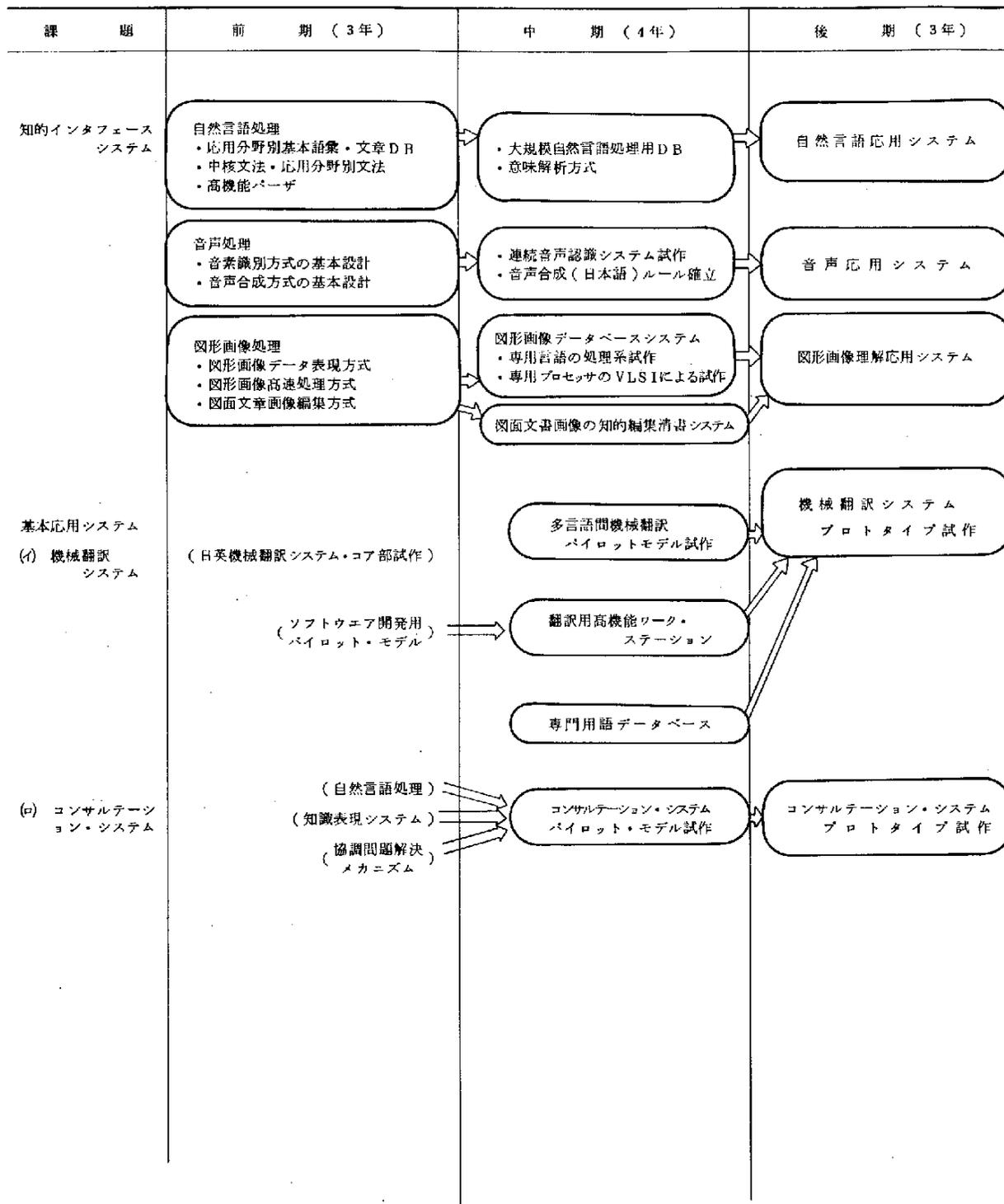


表 4-1-C 全体研究開発スケジュール(3)



4.1.3 重点時期とリソース配分

(1) 重点時期

これまでに述べた，研究開発課題内の各研究項目について，重点的に研究開発をすすめるべき時期を示すと，表4-2のようになる。

研究開発項目の中には，前期から，ソフトウェアやハードウェアの試作等を，活発に行うものや，中期や後期で規模の大きな開発要素が現われるものなど，各種の形態がある。前者の例としては，推論システムや知識ベース・システム等，コンピュータシステムの中核的要素があり，後者は，基本応用システム等のソフトウェア・システムが対応する。

基本応用システムよりさらに応用面に密着したオフィス・オートメーション・システム，C A E / C A Dなどの応用システムの研究開発は，重要であるが，本プロジェクトは，第5世代コンピュータ・システムの開発が中心的目標であること，それぞれの応用システムの開発には，膨大な費用を要すること等の理由から，別個のプロジェクトとすることが望ましい。

従って，本プロジェクトでは，各種応用システムの共通要素を重点とする基本応用システムの研究開発までを含めることとしている。

表4-2に示す重点時期の研究開発の性格は，各項目により異なるものである。そこで，表4-2では，リソースの配分を主に考慮して分類した。なお，表中の各記号の意味を，表の下に示してある。

表 4 - 2 研究開発項目の重点時期の推移

課題グループ	研究開発課題（一は、前期技術項目）		重点時期			備考
			前期	中期	後期	
問題解決・推論システム	問題解決・推論メカニズム	－5G核言語	◎	◎	△	○5G核言語は、ハードウェアシステムの仕様ともなるので、早期に仕様決定するよう努力する。
		－協調問題解決メカニズム	△	○	◎	
		－推論メカニズムの並列化	◎	○	△	
	問題解決・推論マシン	－データフロー・マシン	◎	◎	○	○中期から、データフロー・マシン技術に基づく並列型推論マシンの研究開発に重点を移す。
－抽象データ型ハードウェアメカニズム		○	◎	△		
－並列型推論ハードウェアメカニズム		△	◎	◎		
知識ベース・システム	知識ベース・メカニズム	－知識表現システム	◎	◎	○	○知識情報処理システムの中核となるため基礎理論研究も強力に推進する。
		－大規模知識ベース・システム	◎	○	△	
		－分散知識ベース管理システム	△	○	◎	
	知識ベースマシン	－関係データベース・マシン	◎	○	△	○中期から、知識演算をとり込んだ並列型知識ベースマシンの研究開発に重点。
		－並列型関係演算及び知識演算ハードウェアメカニズム	○	◎	○	
		－知識ベース基本ハードウェアメカニズム	△	○	◎	
知的インタフェースシステム		－自然言語処理	○	◎	◎	○高機能インタフェース機器の研究開発はソフトウェアの研究の進展に従い、要求が明確化した時点から開発をはじめめる。
		－音声処理	△	○	◎	
		－図形・画像処理	△	○	○	
		－高機能インタフェース機器	－	○	◎	
開発支援システム	ソフトウェア開発用パイロットモデル	－逐次型推論マシンのハードウェアシステム	◎	○	－	○前期に複数台試作、中期には改良・拡張したマシンを開発、研究ツールとして実用に供する。
		－逐次型推論マシンのソフトウェアシステム	◎	○	－	
	VLSI化技術とシステム・アーキテクチャ	－知的VLSI-CADシステム	○	◎	◎	○中期以降、VLSI化作成支援が十分できることが必要。
		－ソフトウェア・ハードウェア開発支援システム	◎	◎	△	
基本応用システム	機械翻訳システム		－	○	◎	○中期以降、推論・知識ベース機能を用いて研究開発する。
	コンサルテーション・システム		－	○	◎	○上と同じ
	知的プログラミング・システム	－モジュラー・プログラミング・システム	◎	○	△	○研究開発項目であると同時に推論・知識ベースをサポートするソフトウェア・ハードウェアの評価にも有用である。
		－メタ仕様記述言語、検証システム	○	◎	◎	
－プログラム自動合成とアルゴリズム・バンク		△	◎	◎		

<記号の説明>

- ◎：目標達成上非常に重要であるので、必要な人材もしくは予算を優先して配分すべきである。
- ：目標達成上重要な項目であるので、要求に応じたリソースを配分すべきである。
- △：基礎研究中心、もしくは他の項目との関連で、本格的な研究開発を開始できない時期である場合や、それまでの研究成果のまとめの時期であり、状況に適合した人材やツール等のリソースを配分すべきである。
- －：他の項目に含めて研究開発を行う段階か、または研究開発が極めて小規模な段階であるため、リソース配分は無視して良い。（委員会等での対応も可能）

(2) リソース配分の考え方

第5世代コンピュータ・システムの研究開発は、その研究分野がVLSIのような素子技術から、機械翻訳やコンサルテーション・システムのような応用システム技術まで広範囲に広がっており、さらに、それぞれの研究目標がきわめて先端的であることが、きわ立った特徴である。

このため、これに要するリソースも大規模なものが必要となると想定されるが従来の我が国のプロジェクト等に必要となった経費、得られた人的資源等を考慮した場合のリソース配分についての一例を表4-3に示し、その考え方を述べることにする。

表4-3 リソース配分の一例 (本プロジェクトの規模を、1,000億円とした場合)

期 課 題	前 期			中 期				後 期		
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
問題解決・推論システム	26			135				150		
知識ベース・システム	28			145						
知的インタフェース・システム	16			60				90		
開発支援システム	26			75				40		
基本応用システム	4			85				120		
小 計	100			500				400		

- 注) 1. 後期では、問題解決・推論システムと知識ベース・システムは融合化すると考えられるため、一つにまとめている。
 2. 基本応用システムのうち、機械翻訳システムとコンサルテーション・システムは、前期は知的インタフェース・システムの中に入れて考える。

各課題については、先に述べた各課題の研究開発の重点時期に従ってリソースの配分を行う。

前期から中期にかけては、第5世代コンピュータの中核となる問題解決・推論システムと知識ベース・システムの研究に重点をおく。これらは、ハードウェアについて機能メカニズム別モジュールや実験機まで多くの開発要素を含むほか、ソフトウェアについても核言語や知識表現言語仕様の決定、処理系試作など多くの開発要素があり、重点的なリソース配分が必要である。

このほか、開発支援システムでは、中期以降においてソフトウェア研究開発用ツールの中心的存在となる逐次型推論マシン(ソフトウェア開発用パイロット・モデル)に対し、重点的なリソース配分が必要である。尚、開発支援システムの中には、VLSIチップ作成のサポートシステムも含まれる。これは、中期以降、後期にかけて重点となり、それを考慮した配分を行うものとする。

中期から後期にかけて、多くのリソース配分を必要とするものは、知的インタフェースシステムと基本応用システムである。前期では基本応用システムのうち、機械翻訳システム、コンサルテーション・システムに関する研究は、基礎的なものであるから、知的インタフェース・システム等に含めて考えており、その分だけ少い配分となっている。

中期以降は、知的インタフェース・システムは推論や知識ベース機能に関する研究成果を利用し、種々の実験システムや応用に即した知識ベース内容の形成、さらには、専用プロセッサ等のハードウェア・システムなど、多くの開発要素を含むことから、重点的なリソース配分が必要である。

基本応用システムも同様な理由から、多くのリソースが配分されている。

後期における研究開発目標は、ソフトウェア・ハードウェアのトータルシステムの開発であり、ここでは問題解決・推論システム、知識ベースシステムは、融合化した研究課題と考えられリソース配分もこれらをひとまとめとして考えている。

以上述べたリソース配分は、研究開発の流れに沿って、その概略を示したものである。本プロジェクトでは、くり返し述べたように、多くの未知の研究要素があり、これらの研究では多くの試行錯誤をくり返して、問題の解決をはからねばならない。そのために、中期と後期のはじめに見直しと目標精密化が予定されている。リソース配分についても、このような研究進行状況に応じた柔軟性を、十分考慮するものとする。

4.2 研究開発支援ツール

第5世代コンピュータ・システムの研究開発を遂行する上で当面必要となるツール類について以下に示す。

(1) ソフトウェア開発ツールへの要求

一般にソフトウェアの研究開発は、道具作りと表裏一体に進められてきており、使えるソフトウェアの蓄積が研究の進展に大きな影響を及ぼすことが知られている。化学反応にしても、核分裂にしても、反応が始まって出力を出すためには、周りからエネルギーを与えて臨界点を超すことが必要である。それと同様、研究の成果を出すためには、良い道具、優秀な人材など、研究を促進するのに十分な環境を整備することが必須である。環境の整備が、周りからのエネルギーの補給に相当し、研究活動はそれによって臨界点を超し、良い成果の出力が期待できる。その成果自身が良い道具を生み出し、研究活動自身はますます発展する。

これは、第5世代コンピュータの研究開発においても同様である。第5世代コンピュータは知識情報処理をねらっているが、本プロジェクトを円滑に推進するためには、とくに初期の段階において、この分野で現在までに研究開発されたソフトウェアが有効に利用できることが大切であり、例えば、SIMULA、INTER-LISP、MAC-LISP、エジンバラ版PROLOG、EXPERT、UNIT、FRL、NILなどの言語やシステムが利用できることが必須条件である。

さらに、言語と並んで重要な点は、エディタ、デバッガ、ファイル・システム等を含めた総合的なプログラミング環境の良し悪しである。その質的な差異は、開発速度にして3~4乗のファクタで効いてくるというデータもある^{注)}。従って、これらの機能をサポートしているコンピュータ・システムを使うことが必要である。

これらが、初めに外から与えるエネルギーであるとすれば、本プロジェクトで開発が予定されているソフトウェア開発パイロット・モデルや知的プログラミング・システムは、プロジェクト自身から生れるツールである。中期以降のソフトウェアの開発はこれらのツールに大きく依存している。これらのツールは、現在利用可能な汎用大型機上のツールよりも、機能・性能の両面でプロジェクトの推進により適したものでなければならない。ツールとして使えるためには、信頼性、使い易さなどの点に対する十分な配慮も不可欠である。

(2) アーキテクチャ開発ツールへの要求

第5世代コンピュータ・システムで構築が予定されている推論マシンや知識ベース・マシンは従来のマシンの構造と多くの面で異なるため、ハードウェア・レベル並びにシステム・レベルでの種々のシミュレーションを行うことによってアーキテクチャを決定して行くというこ

注) 米国のソフトウェア会社Quantitative Software Management Inc.が開発したシステム開発評価モデルSLIM(Software Life-cycle Management)システムにおけるデータ。実システム400例の調査結果をもとにしている。

とが重要である。そして、そのためには多くの研究者によって使い易い十分な実績を持ったマンマシン・インタフェースを備えており、またシステム・アーキテクチャの妥当性を検討したりシステム・パラメータの最適化などの目的で使用するためのシミュレーション言語、例えばSIMULA, GPSS, SIMSCRIPTが動き、また特にデータフロー・マシンの設計・試作に当っては、そのためのシステム記述言語、例えば、VALやVALIDなどの言語が動作するようなコンピュータをツールの中核に備えることが要求されている。

(3) VLSI-CADシステムへの要求

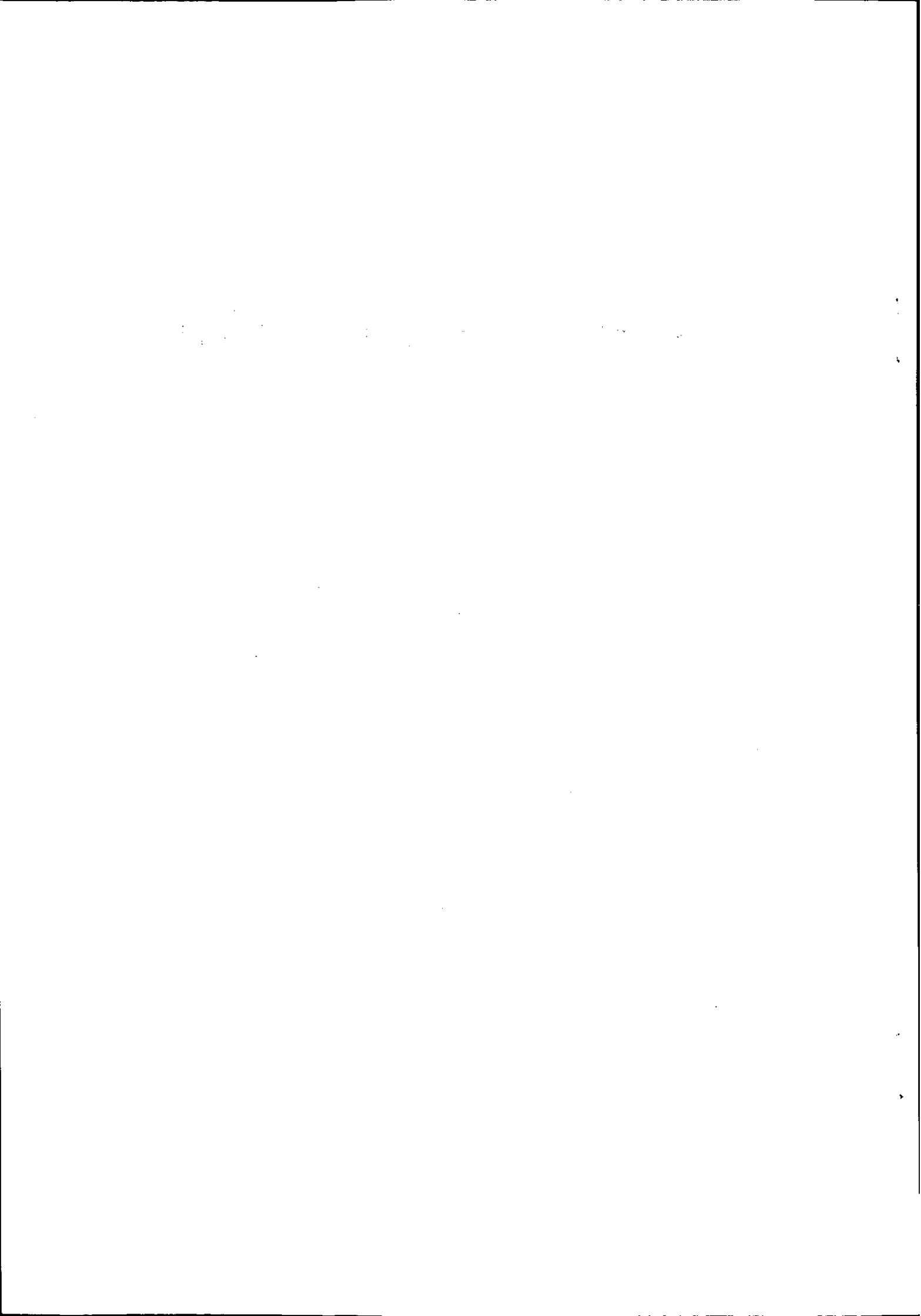
第5世代コンピュータ実現においては、その中の構成素子として百万トランジスタ/チップの高集積部品コンポーネントである。いわゆるVLSIを使うことになっているので、VLSIの開発が第5世代コンピュータ成否の鍵となる。本プロジェクトにおける各研究課題からのVLSIに対する要求はもちろん多く、課題推進に当りVLSIによる部品コンポーネントの製作提供が重要な前提条件となっている。例えば、パターン・マッチング、スタック、ヒープ用等約10種の逐次型推論マシン用チップ、音声用チップ、図形処理用チップ等の約5種のマンマシン・インタフェース用チップ、ヒープ(構造メモリ)用ハッシング、ガーベージコレクタ等約10種の抽象データ型サポートメカニズム用チップ、連想メモリ、ネットワーク・スイッチ等約20種のデータフロー・マシン用チップの要求が既に各研究課題からあがっている。

そして、このような要求に対して、VLSIの中にどのような機能を入れ、またそれをどのように作るかという「VLSIアルゴリズムの研究」と、VLSIを実際に製作する場合必要となるデザインサポート・システム「VLSI-CADの研究」が必要となる。

ところで、ハードウェアによる機能モジュールの試作は、前期からLSIまたはVLSIによるカスタムチップ作成並びにCADシステムを使用した設計・製作を前提としている。そしてこの時に、作られた設計データはCADシステムの中のデータベースに残し、中期以降の改良・拡張の際に迅速に対応できるようにすることが計画されている。

従って、VLSI-CADシステムは、前期中に一部が使用可能となるよう整備を急がなければならない。

5. プロジェクトの進め方と体制



5. プロジェクトの進め方と体制

5.1 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英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わた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が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。しかしそこ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にもうけ、並行して実施するなどにも考慮に値しよう。
- (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わた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資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見解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。

5.2 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推進の中核となる組織を設け、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た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年毎の中間開発目標の設定とその段階での評価とを行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。

(4) 人材の確保

本プロジェクトの推進には、多くの優秀な人材が必要であり、特にその研究分野の広がり、きわめて大きいことから、国公立研究所や民間企業はもとより各種の関連研究機関、大学からも専門家を広く求めることが望ましい。

中核組織における研究体制の中心は、国公立研究所や民間企業からの出向者等により組織することが考えられるが、多くの優秀な研究者の英知を結集するためにも、幅広く人材の参加を求めていく必要がある。

特に、初期の基礎的な研究段階では、大学・国公立研究機関等の協力が必須の条件となろう。これは、本プロジェクトの目指す知識情報処理の理論やソフトウェアあるいは新しいア

ーキテクチャの研究分野における専門家は、我が国ではまだその絶対数が少く、民間企業だけでは必要な研究者が不足するためである。

従来のプロジェクトにおいても、大学・国公立研究機関の研究者が委員会等のメンバーとしてプロジェクトの運営にかかわるアドバイスや研究成果の評価等への協力を行ってきた。しかし、本プロジェクトでは、従来の委員会への参加から出向等による一歩進んだ、より実質的研究開発への参加を求めるとともに、そのための魅力ある参加体制を整備することが重要である。

具体的には、各研究開発課題ごとに、これらの研究者から成る専門のアドバイザー・グループを設け、研究内容によってはこれらの研究者に、実質的なリーダーとしての役割を依頼したり、中核組織の出向者に対する研究指導を依頼すること、さらに、中立的立場を利用して研究成果の評価等を依頼することが考えられよう。

また、このような形態での参加をサポートするために、研究論文の共著化や国際会議での発表等により、オリジナルな研究成果の帰属の明確化を考慮するとともに、中核組織における共同作業スペースの確保、研究ツールの利用等の円滑化をはかる必要がある。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は、このような参加形態を容易にするとともに、本プロジェクト推進を円滑化する上でのきわめて有効な手段となろう。

以上のような多くの研究者の直接的、間接的な参加を前提に、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、強力な中核組織が必要であり、これを構成する有能な人材が不可欠である。特に、プロジェクト・リーダー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での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、さらには先端的な研究開発を円滑に進めるために、中核組織には、官・産・学の意見を公平に反映することのできる第3セクターをあて、メーカーや大学・関連研究機関の各々のポテンシャルを十分活用して研究開発推進を図ることが望ましい。

これら中核組織の構成員は少数の専属の人員のほかは、官・産・学関係機関からの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基本理念と進捗等に関し全期間にわたってフォローできる体制もあわせて必要である。

中核組織は、プロジェクトの計画立案と管理はもとより中核となる技術に関する基礎的研究開発、研究の方向付けや技術の評価・選択、外注仕様の決定等を行う。

このほか、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となるサービスの提供、プロジェクトに含まれる研究課題間の意見調整、文献収集や技術動向調査、諸外国間も含めた各

種情報の交換など、中核組織に要求される各種のサービスがあり、これらを担当するグループも中核組織内に設ける必要があるだろう。

また、本プロジェクトは、諸外国から強い関心を持たれており、いろいろな形態での国際協力が求められると考えられる。従って、研究開発への外国人研究者の参加など、諸外国との研究者の交流も考慮する必要があるだろう。

中核組織を含む研究開発組織の形態や役割は、プロジェクトの進行とともに変化が求められるものと考えられる。

中核組織の役割について考えると、まず、前期においては、基礎研究に重点があることから研究・試作開発の主要な担い手としての役割を果たすことになるだろう。ここでは、外部の実施主体であるメーカ等のポテンシャルを活用しつつ中期以降の土台となる技術やシステムの研究開発およびプロジェクト全体の調整が行われる。また、中核組織においては、最適なコンピュータ・システム等のツールを整備するとともに、独創的なアイデアを生み出すのに適した研究環境を作り出し、プロジェクトの参加者間での活発な議論の展開を促進し、新技術開発を世界に先がけて行うための共同体意識を形成できるような運営・管理方法をとる必要もあろう。

プロジェクトの中期は、ソフトウェア、ハードウェアのそれぞれにおいて、小～中規模のサブシステムの試作開発も行われ、この担い手としてはメーカの比重がさらに大きくなっていくことが考えられる。この段階における中核組織の役割は、推論や知識ベース管理などについての高度で共通的な技術の研究開発と、プロジェクト全体の企画・調整、各種の研究開発課題の進行状況の監視と評価であろう。また、標準的な研究開発ツールの各研究グループへの供給や、その改良・拡張等も必要と思われる。

中核組織で行う研究開発の重要な課題としては推論や知識ベース管理等のより高度な技術、すなわち、核言語第2版の研究開発、協調問題解決メカニズム、並列推論方式、知識獲得手法、プログラム自動合成等の、後期の研究開発へとつながる課題に関する基礎技術の研究開発があげられよう。また、より大規模なハードウェアシステムの開発の基礎となるシステムの構成法やVLSI化技術等も重要な課題である。

後期においては、最終目標を旨としてのトータルシステム、および基本応用システム等の研究開発が行われ、その中心的な担い手は、メーカとなるだろう。中核組織の役割は、このようなトータルシステムを組上げる上での各サブシステムの統合化や、このための各種の管理・調整を行うことが主なものとなる。また、各研究課題の研究成果をシステム設計用知識ベースやソフトウェアのデータベースとして集積し、その後続く実用化研究に有効に利用できるものとして、まとめ上げることであろう。また、この時期においてもさらによく整備された研究開発用ツールやネットワーク・システム等、大規模なシステムの開発に不可欠なツールを提供するのも、重要な役割と考えられる。

以上のような、各時期において求められる各種の役割に、十分応じることができるような人的構成や組織体制、予算措置等については、プロジェクトの当初からの十分な配慮が必要である。

(6) 国際協力

第5世代コンピュータの研究開発は、最先端技術、かつ、広範囲におよぶ技術の研究開発であること、また世界の情報技術の進歩に対する我が国の国際的貢献という観点からも、研究開発段階に応じて国際協力を積極的に行っていく必要がある。

本プロジェクトにおける国際協力の必要性は、プロジェクト遂行上の必要性和、本プロジェクトの成果を利用して、先端技術交流における日本の地位の向上に資するための必要性の2つが考えられる。

研究遂行上の必要性の第1は、まず、本プロジェクトを開始するに当たっての出発点となる技術的基盤の形成であり、このためには米、仏、英、その他の知識情報処理に関する研究が進んでいる国との情報交換、意見交換を積極的に行う必要がある。

具体的には、最新の研究成果、ツールとなるソフトウェア、ハードウェアなどに関する最新技術の海外動向についての調査の実施や、先端分野に従事する若手研究者を招へいしての議論や交流などを行うことが考えられよう。

また、プロジェクトにおける研究方針や成果についての客観的評価、他の国の成果との比較、新しい研究成果の交換を行う必要がある。このためには、人材の交流（双方向的な往来）が有効であろう。また、グローバル・ネットワークの利用も将来の課題として検討に値しよう。

第2に、我が国で開発する第5世代コンピュータ・システムが、将来において広く世界で用いられることを考えると、本プロジェクトで開発された核言語や、マシン・アーキテクチャを、世界における標準的なものとして受入れられる必要があり、このための研究成果の普及に努力する必要がある。

このような努力は、第5世代コンピュータの研究の裾野の拡大にも貢献し、第5世代コンピュータ・システムの開発に、世界の英知を結集する上での下地ともなるものである。

先端技術交流においては、我が国は従来完全な輸入超過国であることが知られており、このことが我が国に対する批判にもつながっている。

本プロジェクトは、知識情報処理システムのような先端的でリスクの大きい研究開発を我が国が世界に先駆けて行おうとするもので、世界的にも注目されており、その成果の海外への普及を広く図っていくことで先端技術交流を相互補完的關係へ改善し、従来からの批判や誤解を解消する絶好の機会とも考えられる。従って、このような見地に立ったプロジェクトの方針についての説明や、成果の発表は積極的に行うべきであり、このための対外的な交渉や交流のためのサポート体制を確立すべきであろう。

以上、本プロジェクトにおける国際協力の必要性について述べたが、基本技術開発段階においては、各テーマ間で極めて密接な関係を持たせながら、研究開発を推進する必要があることから、国際協力の基本形態としては、テーマ分担を行うのではなく、関心のある国あるいは企業が、それぞれ独自の計画によってプロジェクトを進め、対応プロジェクト間で成果についての情報交換を行いながら研究開発の推進、関連する基礎的技術力の向上を図って行く形態が望ましい。

したがって、我が国においても我が国の主体性を維持した国家プロジェクトとして研究開発を推進していくことが、研究遂行の意志、責任の所在を明確にするためにも必要である。しかし、第5世代コンピュータという共通の目標を備えた諸外国との協力が、積極的な価値を持つ課題も多いと考えられるため、双方が興味を持ち、また研究遂行上役立つテーマを選定しながら研究交流を行っていくことが肝要である。

このような研究交流によって相互の成果を適正に評価し、互いの研究に生かし合うことは国際協力の必要性の第2点として述べた先端技術の相補的交流を図る意味でも重要なことであろう。

また、4年目以降の中・後期研究開発段階においては、機械翻訳や自然言語処理など、国際協力を行うことが有効である具体的なテーマを選定して、研究開発を共同して行うことも期待されよう。

前期3年間の基本技術開発段階から、国際協力の具体的方策として検討すべき事項を列挙すると以下のようなことが考えられる。

まず第1の方策としては、海外からのすぐれた研究者が、本プロジェクトに積極的に参加できるようにするため、国際的流動研究員の仕組みを整備実行するなど、海外研究者の受入れ体制を整備することが重要である。このことは、国際化に役立つだけでなく、本プロジェクトにおける先導的・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。

本プロジェクトの初期の基本技術開発段階においては、海外の知識情報処理に関する専門家の招へい、あるいは、我が国からの研究者派遣による技術の交流はこれまでと同様に有効に機能しよう。このことは、我が国における研究者にとって彼等先人の行った研究の方向・成果を正統的に継承し、本プロジェクトを正しい方向に育てていく下地を充実させるためにも、また、この方面の先進的研究に対する彼我の違い、同方向性を再確認することにより、本格的な研究開発に取り組むためにも、大きな効果を期待できよう。

さらに、このようにして技術交流を行った海外の専門家が、我が国の第5世代のプロジェクトに理解を深めることは、本プロジェクトの意図・内容を正確にPRする効果も期待できると同時に、各国で進められるであろう同様の研究開発と、我が国の研究との連繋が深まり夫々の国での研究遂行上も大きな利益となる。

第2の方策としては、本プロジェクトにおける研究成果や研究進行状況の整理と蓄積を着実にを行い、さらに論文としての発表を促進することがあげられよう。このことは、地味ではあるが非常に重要なことである。

我が国における従来のプロジェクトでは、研究の経過報告や研究成果を論文としてまとめることを義務づけ、中核組織でそれをとりまとめ論文集などの形で定期的に発表する例は少なかったと思われる。

本プロジェクトは、先にも述べたように、非常に先端的な研究プロジェクトであり、諸外国からもその進展状況について大きな関心を持たれていることは、昨秋の国際会議における反響等からも明らかである。それらに応える意味からも、また、我が国が率先して知識情報処理という未踏分野のバイオニア役を引き受け、研究開発の主導的立場をとっていることを周知させるためにも、研究成果の論文発表は重要である。

このような研究成果発表の具体的方法としては、テクニカル・メモの随時発行、定期刊行論文集の発行、国際会議への発表、第5世代コンピュータをテーマとする国際会議の開催などがあげられよう。

第3の方策としては、国外からの見学者の受け入れと、そのためのサービス体制の整備も重要となる。また、本プロジェクトに対して、今後は多くの見学者が国外から来訪すると考えられる。このような人々に、第5世代のプロジェクトに関して正確な宣伝をすることは、国際的理解を深める上できわめて重要である。

このため、本プロジェクトの紹介のためのスライドや映画、パンフレットなどを準備するとともに、本プロジェクトの意図・内容を正確に伝達するためのスポークスマンを設けることが望ましい。

第4の方策としては、国外の研究者またはグループの中から、本プロジェクトにとって重要な人をキーマンとして選定し、研究成果の交流や人材交流などを円滑に行えるよう配慮していくことが必要であろう。場合によっては、海外のアドバイザー・グループとして委員会等に組み入れることも考えられる。

その他の方策としては、本プロジェクトで開発される核言語や各種のソフトウェアおよびハードウェアの研究成果などを、国内の研究者のみの利用にとどめずにネットワークを介して国際的利用が可能ないようにしていくことも考えられよう。これにより世界的な成果普及や標準化促進が図られ、先端技術交流の相互補完的關係への改善が期待されよう。

なお、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考えられようが、期待できる効果について慎重な検討を経て行うべきであろう。

— 禁 無 断 転 載 —

昭和 57 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

