

資料 1

見本

第5世代のコンピュータ

システム化技術研究分科会

—CAE/CADシステム—

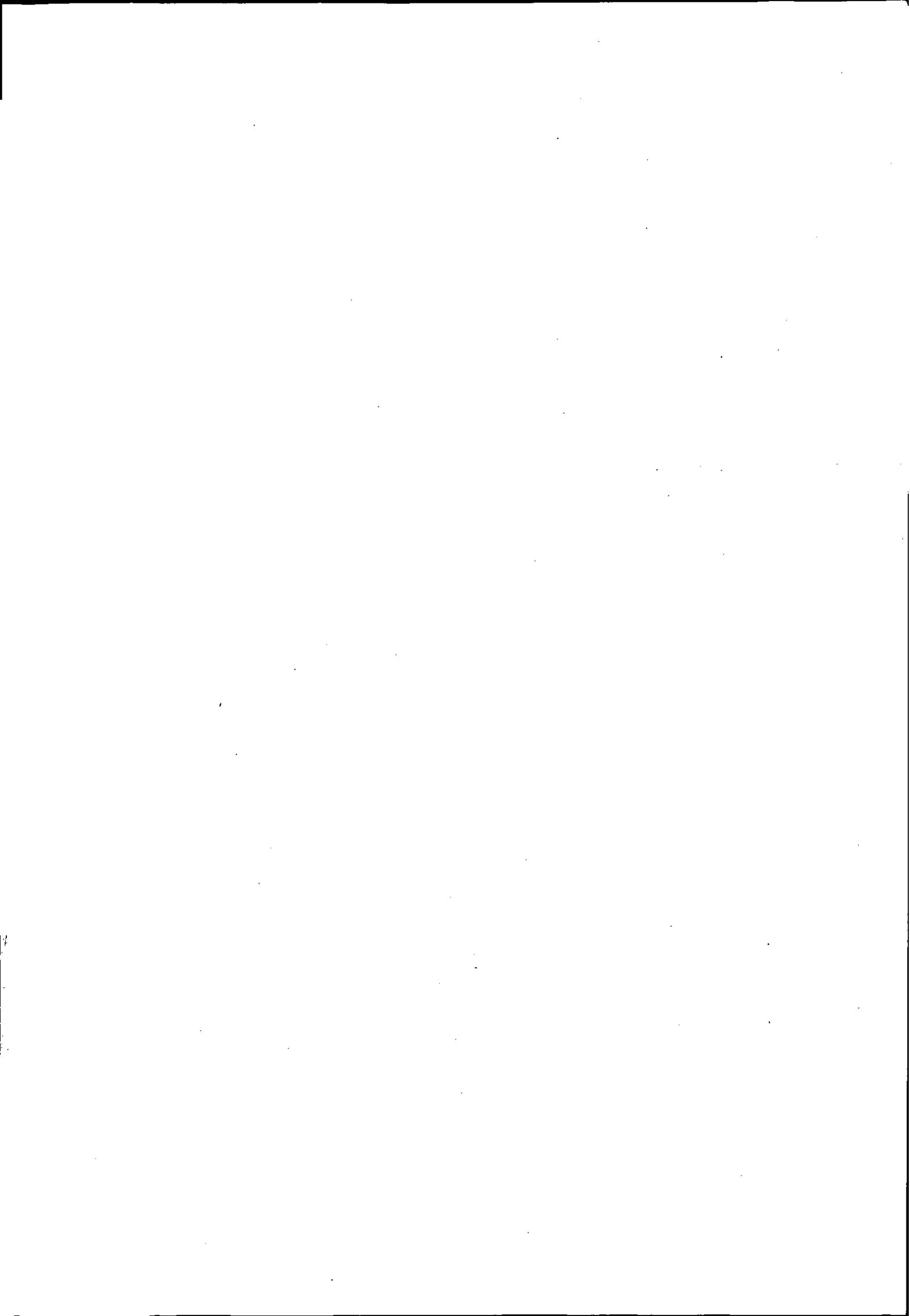
昭和56年2月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発協会

JIPDEC
56
資料 1

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





序

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

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

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

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

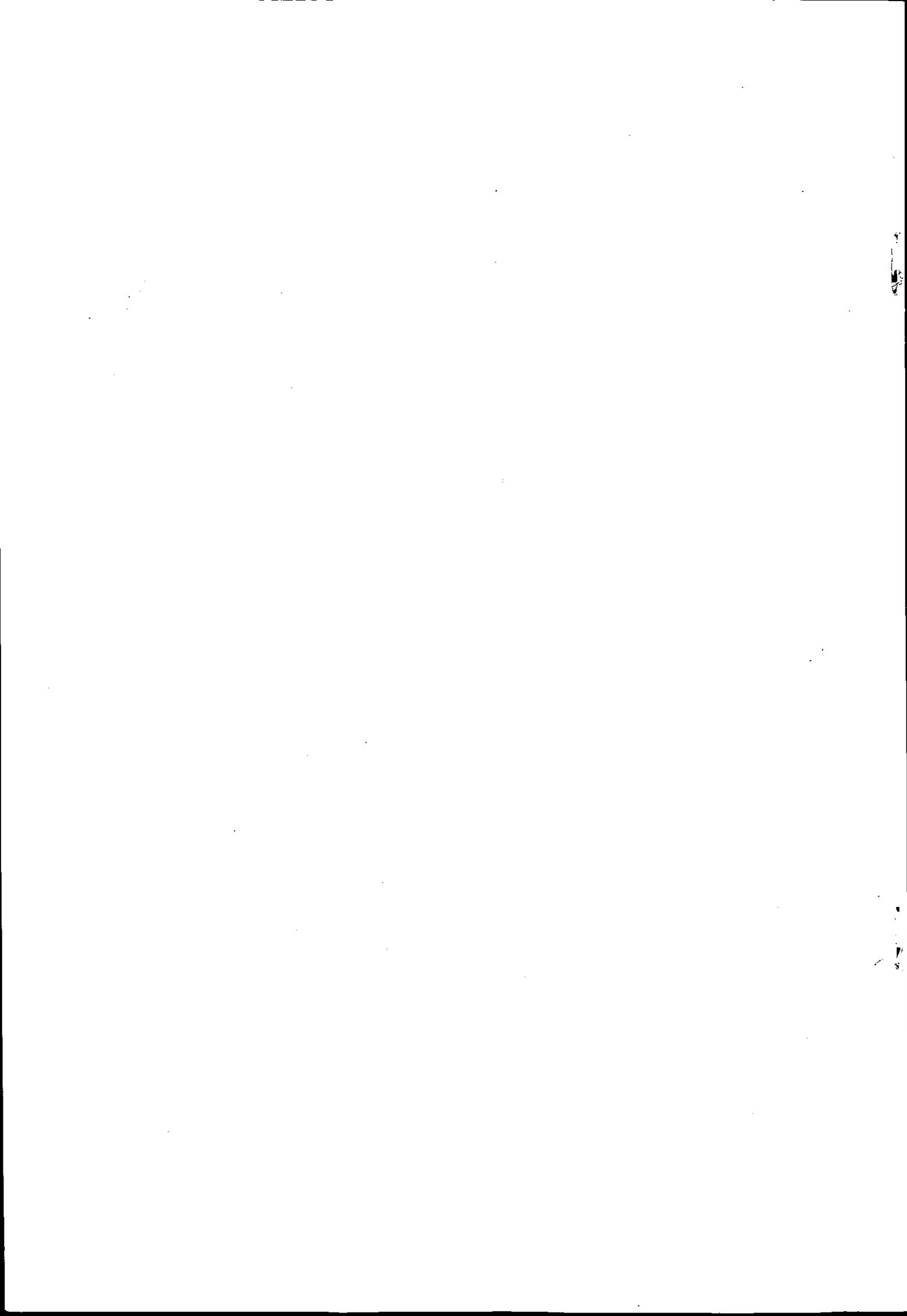
本資料は、これらの調査研究結果のうち、CAE/CADワーキング・グループの活動成果をとりまとめたものである。

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

昭和56年2月

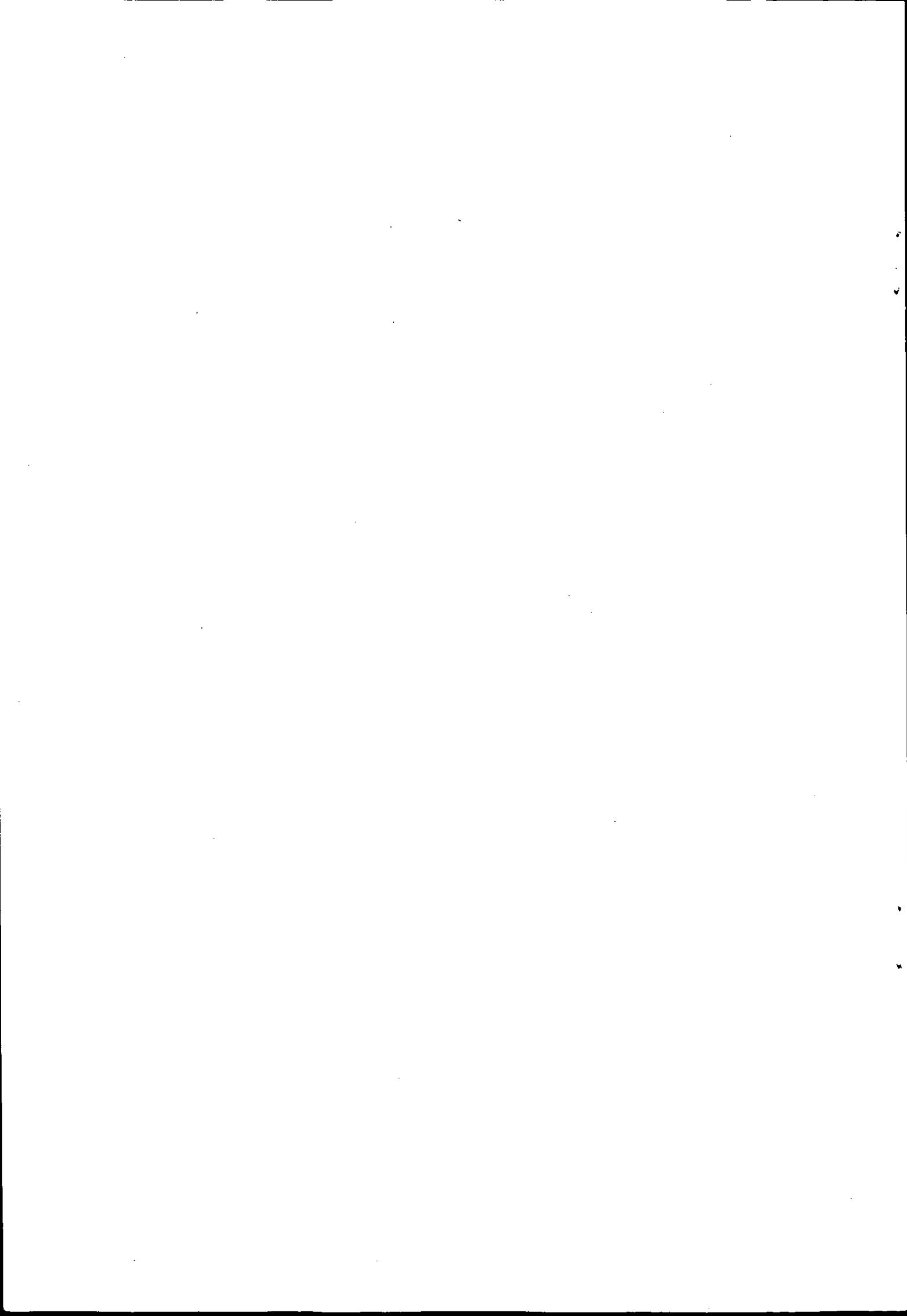
財団法人 日本情報処理開発協会

会長 上野幸七



システム化技術研究分科会 CAE / CADワーキング・グループ

	氏 名	所 属
委 員	綾 日天彦	三井造船(株)システム本部本部長補佐
"	河 上 宣 道	富士重工業(株)航空機技術本部第 2 技術部飛昇体開発 課主任
"	仲 井 久 雄	(株)新潟鉄工所エンジニアリング本部技術センター EDPS グループ課長
"	松 浦 卓 丈	三菱電機(株)技術管理部部長代理
"	松 岡 進 士 郎	大林組電子計算センター次長
"	山 崎 敏 夫	三井物産(株)企画業務部計画技術室課長
"	江 崎 祇 雄	三井造船(株)システム本部技術部課長
"	難波田 愈	日本電気(株)中央研究所応用システム研究部課長
"	関 野 陽	日本電気(株)コンピュータ技術本部方式技術部主任
"	水 野 雄 二	三井造船(株)システム本部技術部



目 次

第 I 部 総 論

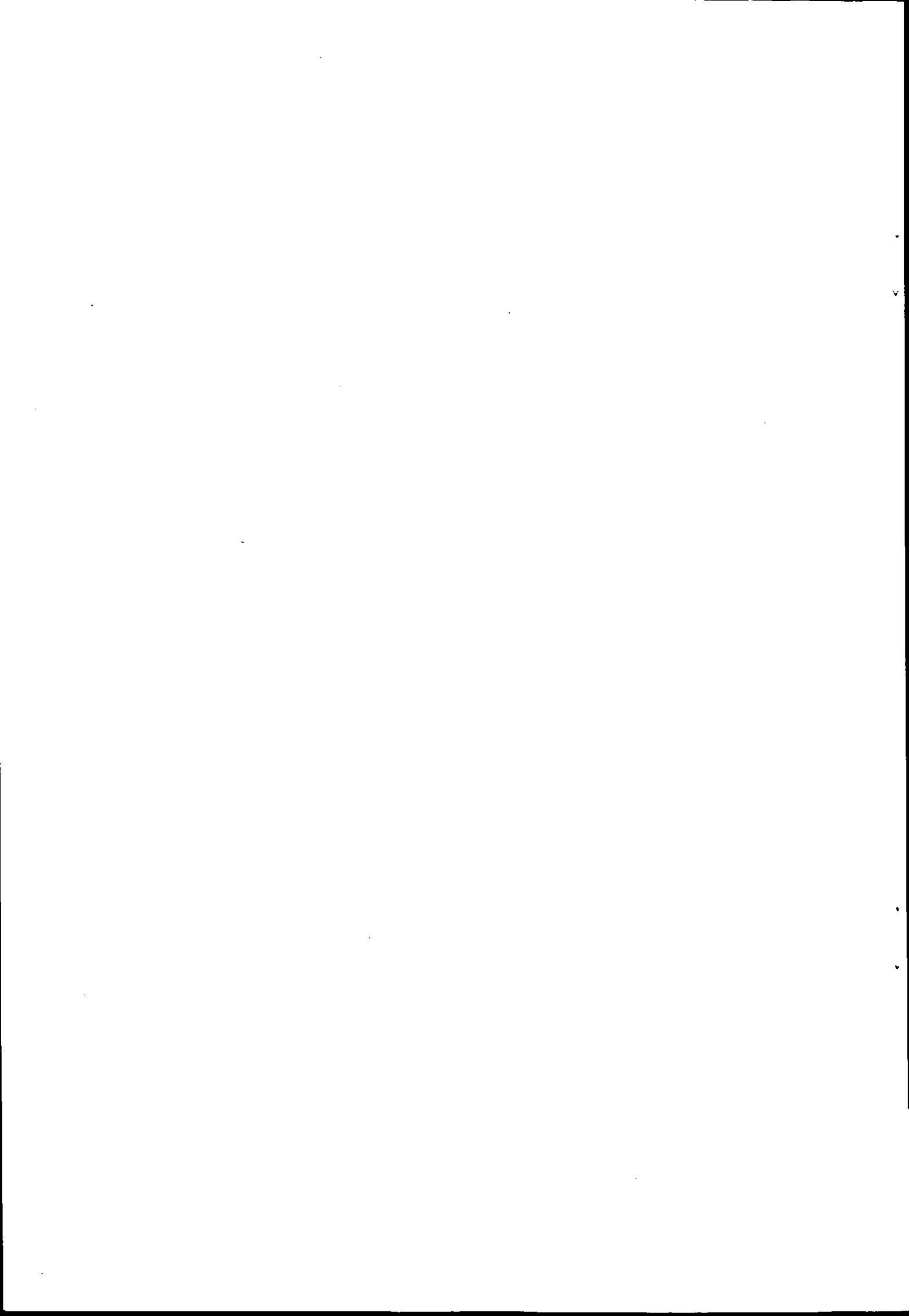
1. CAE システム開発計画の概要	1
2. 社会的要請と新システムの開発目標	5
3. CAE 関連技術の現状	11
4. 技術開発の課題	21
5. 研究開発の進め方	32

第 II 部 各 論

1. エネルギー分野からの第 5 世代コンピュータ・システムに対する要求	33
1.1 課題の設定 — 我国の存立の最重要課題としてのエネルギー問題 —	33
1.2 課題解決へのプロセスと第 5 世代コンピュータ・システムの援用の構造	39
(エネルギー分野の課題の解決へのプロセス)	
1.3 要求システムの内容提案	44
2. 実験代替用シミュレータ	53
2.1 開発の必要性	53
2.2 開発の内容	55
2.3 期待される効果	57
2.4 当該システムの内外の開発状況	58
3. 多国語ドキュメント作成自動化システム	60
3.1 概 要	60
3.2 現在の状況	60
3.3 システムの構成	61
3.4 多国語ドキュメント作成機	64
3.5 同時通訳機	70
4. 検討のために作成した主な資料	71
4.1 航空機業界関連資料	73
4.2 エンジニアリング産業関連資料	77
4.3 建設産業関連資料	82
4.4 電子・電気機械産業関連資料	95
4.5 第 5 世代コンピュータ・システムに対する要求関連資料	97
5. CAE 関連技術の現状	100
5.1 コンピュータの処理能力	100

5.2	マン・マシン・インタフェース	107
5.3	データベース	112
5.4	機械翻訳	114
5.5	国家的な大型プロジェクトの実例	116
	— IPAD —	
5.6	ACM SIGGRAPHのグラフィックス標準	122
	— コア・システム —	

第I部 総論



I. CAEシステム開発計画の概要

現在、わが国の工業レベルは、殆どの分野で世界一流の水準に達している。80年代は、国際社会においてわが国の国際的地位にふさわしい貢献を各国から求められ、国内の経済運営においては、エネルギー制約、貿易摩擦等への適切な対応が要請される。90年代に向って、わが国の産業界の課題は創造的、自主技術開発力を強化し、産業構造を知識集約型、技術集約型へ変化させ、わが国経済の長期的な発展と経済の安全保障の確保に努力をして行くことが必要な事態を迎えている。従来の欧米追随型の技術開発から脱皮し、先端技術の自主開発力を強化して行くことが必要である。

わが国のコンピュータ利用分野の一つの大きな特徴は、製造工業の分野で民間企業が独自の優れたCAD/CAMシステムを実用化して、現実に生産性の向上を実現していることである。80年に入って人件費の高騰、製品の多様化への対応といった企業側の生産性の向上に対するニーズの増大と、第4世代のコンピュータ技術の実用化、即ち、マイクロ・プロセッサおよびメモリーのIC化、低価格化、使い易い出力機器の出現等の技術環境によって、CAD/CAMシステムは

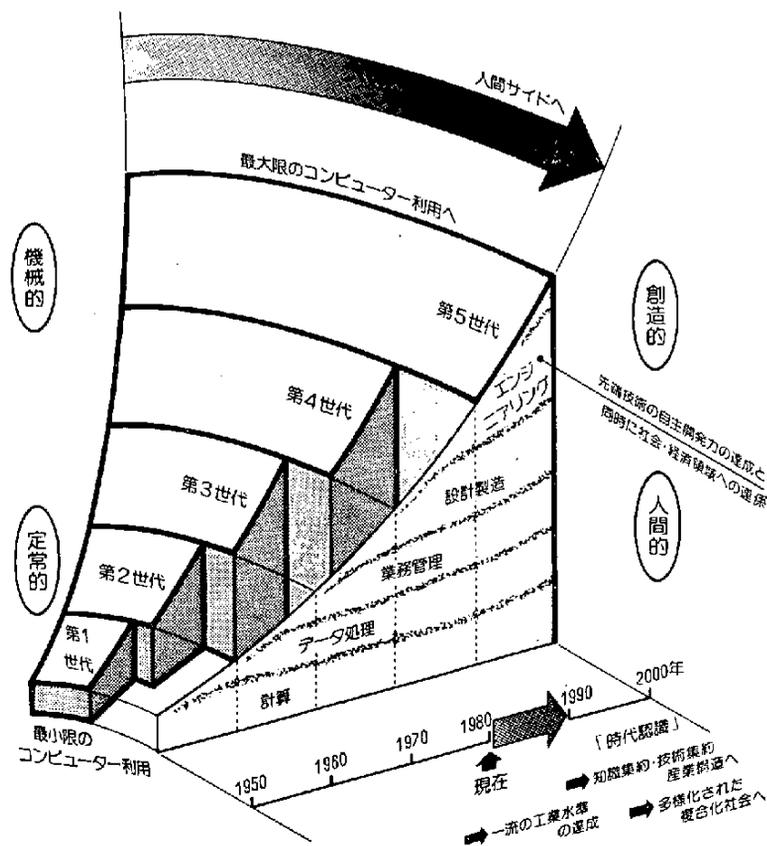


図 1.1 知的業務におけるコンピュータ利用の有効性

採算性が大巾に改善され急速に適用範囲を増大しつつある。設計・製造分野でのオペレーショナルな業務など、ほとんどの業務に適用することが可能となり、生産性の向上に貢献して行く。

第5世代のコンピュータ技術の特徴は、知的情報処理である。新しい技術は第4世代までの技術では実現し得なかった人間のもつ創造的・知的な活動の生産性の向上を可能とするものである。

(図1.1参照)

この点に、知識集約化を目標としている産業界の最も大きな期待がある。新しい技術は、強いニーズに立脚したものでなければ実用化は不可能である。本ワーキング・グループは、産業界の将来必要となるニーズを調査し、これに基づいて90年代のCAEシステムのイメージを検討した。そして、このために必要と考えられる技術開発の課題をとりまとめた。

CAEは、Computer Aided Engineering Systemの略称である。CAEは図1.2に示すように、CAD/CAMの概念を包含し、統合するものである。新しい分野として、創造的な開発型業務を対象とし、高度な複合化されたエンジニアリング及び設計の分野で、人間の持つ創造力、直観力等の素晴らしい能力とコンピュータの持つ数値解析、大量データの蓄積等の優れた能力を調和させて活用することにより、創造的・知的業務の生産性を大巾に改善することを含むものとする。

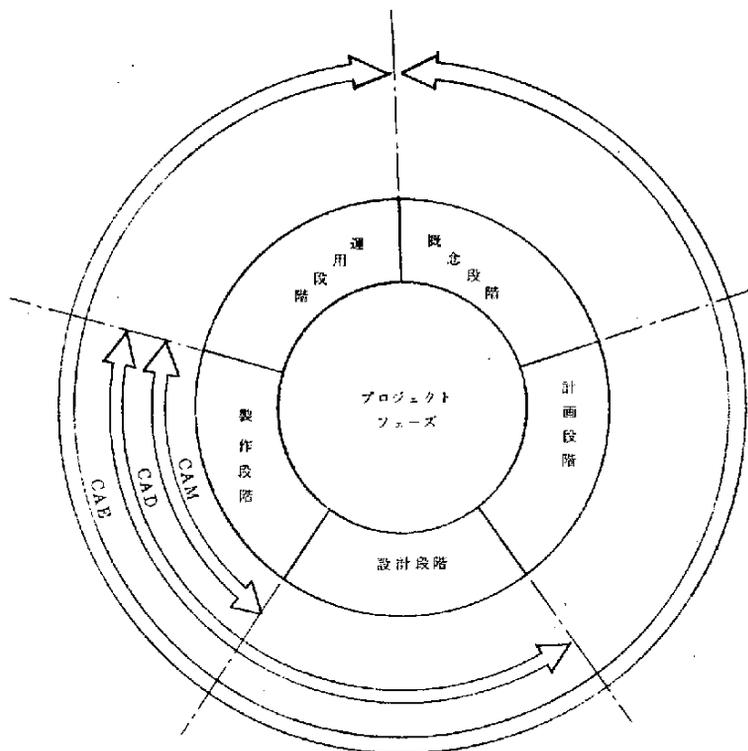


図 1.2 CAE の領域

図 1.3 に 90 年代に必要と考えられる CAE システムのイメージの 1 例を示す。

現在、類似のプロジェクトとしては米国で複数の国家プロジェクトが実施されている。わが国でも日本独自のニーズに基づく大型プロジェクトを、国家プロジェクトとして実施することが必要な時期に来ているものと考えられる。この分野は、日本のもっとも得意とする分野である。開発にあたっては、世界の最高の水準を実現することを目標として設定し、実施することが可能である。

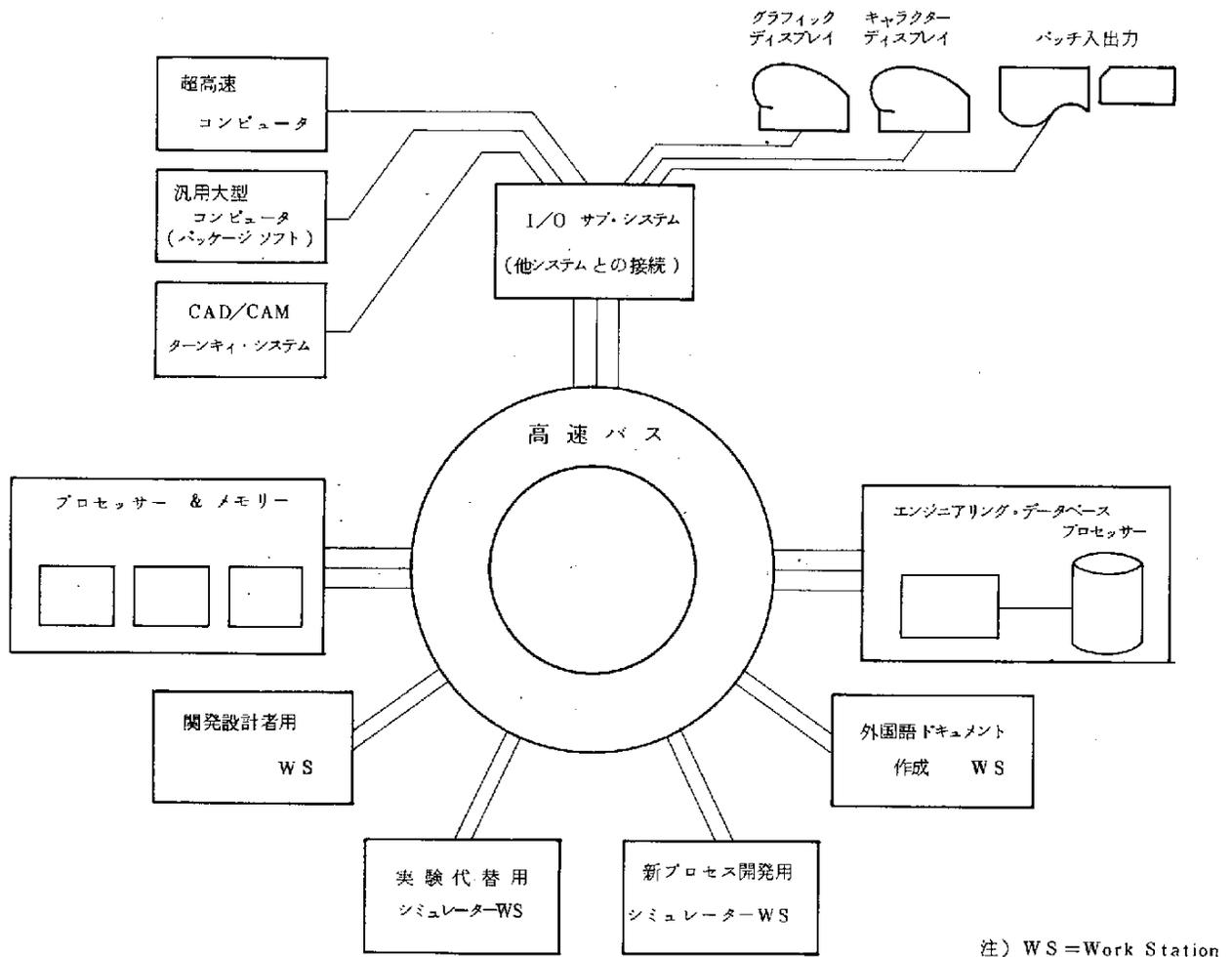


図 1.3 1990 年の CAE システムのイメージの 1 例

図 1.4 に、このために必要な技術開発の課題と研究開発の実施計画のフロー図を示す。

関連する技術開発が、急速に進展しているので、本テーマは 90 年までに技術的にも実現可能であると予想される。

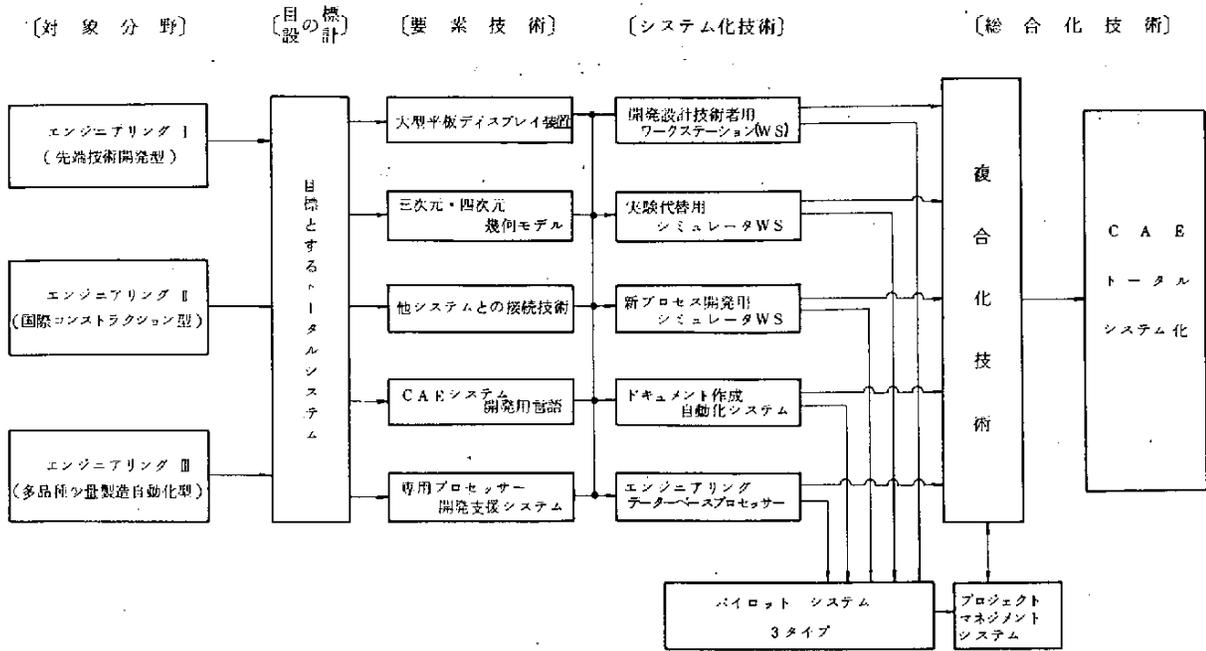


図 1.4 CAEシステム開発計画フロー図

保護貿易主義の抬頭，中進国の追い上げが予想される中で，わが国の産業界が90年へ向って活力を維持して行くためには，産業構造の知識集約型への改善，並びに技術と社会・経済等との複合化時代への対応は不可欠の条件である。本テーマは，国家的な見地からも貢献度の高い重要なテーマであると考えられる。

2. 社会的要請と新システムの開発目標

新しい技術は、社会的な強いニーズに立脚したものでなければ実用化はしない。新しいシステムの開発目標を設定するにあたって、本ワーキング・グループは、図 2.1 に示すように国家的なニーズと産業界のニーズと情報処理の先端技術分野の共通する技術要素を明確にすることを検討作業の基本方針とした。

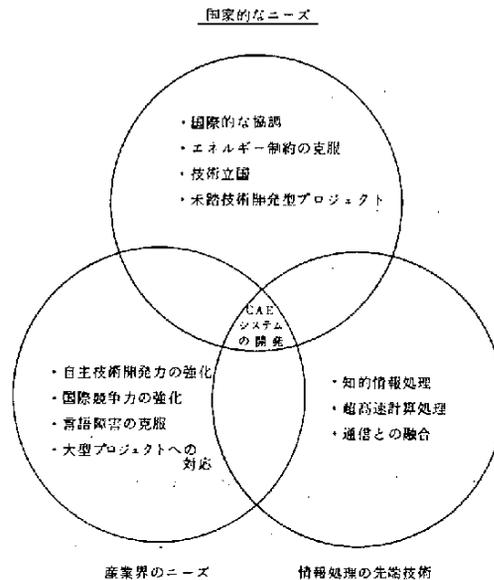


図 2.1 目標設定の考え方

80年代のわが国は、国際社会において経済大国として、その国際的地位にふさわしい貢献を各国から求められており、また、資源小国としてその脆弱性を克服して、経済の安全保障を確保することが緊急を要する課題となっている。

新技術の開発は、産業の活力ある発展の原動力であり、世界経済との調和のある発展に寄与するものとすべきである。このためには、創造性のゆたかな自主技術力を基盤として、産業を成長させる必要がある。国際経済社会の発展に貢献しうる型で国際水平分業を実現し、国内においては、知識集約型の産業構造へ体質を変換し、石油に代るエネルギーの開発と実用化を進め、石油供給の不安定性に対する抵抗力を増大させていかなければならない。

90年代には、新エネルギーの開発、海洋資源の開発、国土の再開発、革新未踏技術の開発等リスクと巨額の研究開発投資を必要とする、巨大な国家プロジェクトが増大するものと予測される。これらの開発型の巨大プロジェクトに貢献することを、新システム開発の基本的な目標として設定した。巨大プロジェクトを効果的に実施することによって、新システム開発の費用対効果を実証することを計画の段階に実証したい。

一方、産業界においても 80 年代は、経済および社会の構造変化への対応を必要としている。安定成長の下での利益を確保し、国際化への対応を実現し、製品の電子化と多様化、多種少量生産の自動化、ホワイト・カラーの生産性の向上等の経営体質の近代化を実現して行くことが課題となってくる。各産業界のニーズに立脚した共通する技術開発課題を明確にするために、産業別に当面する問題点と 90 年代への課題を調査検討した。

表 2.1 は検討の結果をとりまとめたものである。主要な産業界の共通するニーズとして、次の 5 つの体系的な課題を選定した。

- ・ CAD/CAM の統合化
- ・ プロジェクト・マネジメント・システム
- ・ 解析・シミュレーション技術
- ・ プロセス・シミュレーション技術
- ・ 多国語翻訳機能付ワード・プロセッサ

以下、業界別のニーズを要約する。

① エネルギー産業

エネルギー問題は我国の産業・社会維持の死命を制する最大のボトルネックである。

この課題に対し石油代替の新エネルギーを開発すると同時に、省エネルギー産業構造を達成する創造的な技術開発力と今後の複合化社会への適応性がエネルギー産業に求められる。

この分野の特徴は、石炭液化・ガス化、再生エネルギー系、水素系総合技術、改良型原子力、更に核融合、宇宙発電等、更には省エネルギー系のエネルギー多段階利用・高効率化システム等複合的技術体系確立を要し、巨大な R & D 投資が予定されている。

② 航空機業界

航空機産業は、高い付加価値率を有し、高い技術的波及効果を有する。現在わが国の航空機産業は、その規模が欧米先進国に比して小さく、また防衛産業に殆どの部分を依存している。今后、産業として成長性の高い民間航空機分野へ発展させることが必要である。航空機開発の基本となる技術については、本格的な技術革新が実現するものと予想されている。

③ エンジニアリング産業

国内では、これまで主力をしめた石油関連プラントに代って、エネルギー源の変更に伴う資源エネルギー関連分野と上下水道、環境保全システム等の社会システム関連分野等の新しい分野での需要が増大して行く。海外では、発展途上国の債務超過、産油国における工業化計画の見直し等の諸問題があり、プラント輸出に代って、エンジニアリングの需要が増大する。

わが国のエンジニアリング企業は、欧米に比して、経営基盤が弱体であり、またその生産性も、言語障壁等の問題から低い水準にとどまっており、根本的な対策が必要である。

表 2.1 業界の課題と 90 年代のニーズ

業 種	現状の問題点	90年代の課題	システム機能強化へのニーズ				
			CAE ・ CAD ・ CAM の 統合化	マ プ ロ ジ エ ク ト	解 析 シ ミュ レ ー シ ョ ン	プ ロ セ ス シ ミュ レ ー シ ョ ン	多 国 語 ワ ー ド プ ロ セ ッ サ ー
エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 輸入依存度が特に高い。 石油の供給制約。 代替エネルギー開発は長期間大資金を要す。 	<ul style="list-style-type: none"> 石油に替るエネルギーの早期開発・普及 省エネルギー化の促進。 エネルギー制約の克服と新産業社会への対応。 	○	○	○	○	△
航空機	<ul style="list-style-type: none"> 規模が欧米に較べ小さい。 防衛需要依存度が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 民間航空機分野の振興 航空機開発の基本となる技術の革新を実現する。 	○	○	○	△	○
建 築	<ul style="list-style-type: none"> 住宅の質が悪い。 土地の不足, 高値。 	<ul style="list-style-type: none"> 土地の有効利用を図る層構造モジュール。 省エネルギー型新住宅システムの開発。 	○	○	○	○	○
エンジニアリング	<ul style="list-style-type: none"> 欧米に比して経営基盤が弱体。 技術開発力の格差がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 海外輸出がプラント型からエンジニアリング型へ変化。 フォワード・エンジニアリング力の強化。 	○	○	○	○	△
電気機械	<ul style="list-style-type: none"> 社会的なニーズの変化への対応。 大量生産使い捨て時代から省エネルギー社会への対応。 	<ul style="list-style-type: none"> 新素材, 光通信, 起L S I, レーザ一等革新技術の実用化。 多品種少量生産の自動化。 新製品開発力強化。 	○	○	○	○	○
造 船	<ul style="list-style-type: none"> 世界的構造不況 中進諸国の追い上げ。 	<ul style="list-style-type: none"> 海洋資源開発の総合エンジニアリング会社への変身。 生産システムの自動化。 船舶省エネルギーの高度化。 	○	○	○	○	○

④ 建設業界

生活の質的向上を図るためには、住宅の質的な向上を図ることが不可欠の条件である。

住宅産業は市場規模が大きく、関連する分野が極めて広範囲になることから、その波及効果は極めて大きい。

- ・ 宅地の円滑な供給の実現
- ・ 都市の再開発、美しい街づくり
- ・ 居住空間の拡大、ライフサイクルに適応した住宅システムの開発、住宅の省エネルギー化等の新技術の開発

建設業界は、芸術性が要求され、創造性の強く求められる分野である。

⑤ 電子、電気機械産業

この産業は、高付加価値、技術集約産業の典型として産業構造の創造的知識集約化の観点から高度の発展が期待される分野である。

超 L S I 技術の実用化によって、電子産業は、自動車産業に代って 90 年代の強力な産業社会の牽引力になるものと予測される。

電気機械産業は 90 年代への課題として、新技術分野への進出、製品の大規模化、巨大化、システム化と、多品種少量生産の自動化への対応を必要としている。

⑥ 造船業界

エネルギー構造の変化によって、船舶の需要は大巾な変更がある。エネルギー船舶、無人化技術等、創造的な技術開発力の強化が必要である。

造船界は、その技術的なポテンシャルを活用して、海洋資源の開発や海洋の利用を図る産業へとその体質をエンジニアリング志向へ変化させて行く。

海洋資源開発は、将来枯渇が予想される陸上資源を補完するものとして、その開発の意義は大きい。

また、代替エネルギー源として海洋エネルギーの利用も、長期的な視野に立って積極的に開発を進める必要がある。

90 年代の技術は、巨大複合技術となることが一つの特徴である。表 2.2 は、各業界の巨大プロジェクトの大きさを示したものである。

これらの国家的、社会的な要請と、第 5 世代のコンピュータ技術のニーズである知的情報処理と超高速処理を考えあわせると、CAE システムの開発は重要性の極めて高いテーマであると考えられる。

表 2.3 に新しいシステムの開発目標を示す。

わが国は、新しい技術やシステムの受け入れ能力の極めて高い国である。オフィスにおける知的生産性の向上は、90 年代の課題である。現在、オフィスの資本装備率は、工場の 1/3 以下であ

表 2.2 巨大・プロジェクトの概要（一例）

プロジェクト名	期 間	規 模 金 額	開 発 人 員		プロジェクトの概要
			延 人 員	ピーク時人	
石 炭 液 化	R & D期間 15年以上 (Pilot Plant 段階 Demo Plant 段階 Commercial Plant 段階)	4 ~ 10 兆円 (80年金額 Base)	6万人年	1万人	R & D 成功後は多数の液化プラント, 輸送施設, Down Stream プロセス需要側設備が建設される。 液化プラント 4000億円×(20基~) = 8兆円~ } total 関連施設, Down Stream = 2兆円 } 4~10兆円
高性能航空機開発	7年	2000億円	6000人年	1500人	<ul style="list-style-type: none"> • 2~300人乗り大型旅客機の開発 • 試作5機, 量産設備含まず。 • プロジェクト・フィージビリティ・スタディ: 3年 • G/A (Go Ahead) → T/C (Type Certificate): 4年
LNG 輸送システム	8年	9000億円	4000人年	800人	LNG船6~7隻3,000億円, 積地施設(液化システム含)5,000億円 揚地施設(再ガス化システム含)1,000億円 施設費 約600~700億円

表 2.3 新しい C A E システムの開発目標
(基本計画)

対 象 分 野		創造的技術開発要素を含む 大型プロジェクトのエンジニアリングおよび設計
規 模		開 発 期 間 10年 エンジニア総数 1,000名 (同時利用するユーザ数)
新システム の 効果	生産性向上	所要期間を 1/3 に短縮する 所要延人員を 1/3 に減少する
	質の向上	新らしいプロセスの開発, 実用化 製品電子化, 新製品開発, 実用化 使用国の国語による図面およびドキュメントの作成

り、工場における生産の合理化に比べて、オフィスの合理化はおくれている。オフィス・オートメーションの技術の進歩は、エンジニアリング・オフィス合理化にも非常に有効となるものと予想する。

第5世代のコンピュータへの期待は、創造的知的作業の生産性を向上させることである。新システムは、次の4つの条件を満足するものとして開発を実施すべきである。

- 新しい可能性の創造
 - 高度なシミュレーション技術の開発
- 人間のフィーリングにあうマン・マシンの対話方式の確立
 - 人間の役割と機械の役割の明確化
 - 使い易い専用ワーク・ステーションの開発
- 国際化の促進
 - 言語障壁を解消する機械翻訳技術の開発
- ホワイト・カラーの生産性の向上
 - エンジニアリング/オフィス・オートメーション技術の開発

3. CAE 関連技術の現状

超 LSI 技術の実用化によって、80年代に入ってコンピュータは再び新しい世代を迎えている。現在、CAD/CAMシステムはすでに特定の分野では実用期に入っている。図3.1は、米国で今年1月行なわれたCAD/CAMシステムの適用分野に関するADL社の調査結果である。設計製図の自動化とNCテープ作成の分野ではすでに実用期に入っていることが示されている。CAD/CAMシステムに関連する内外のコンピュータ技術の現状を概説する。

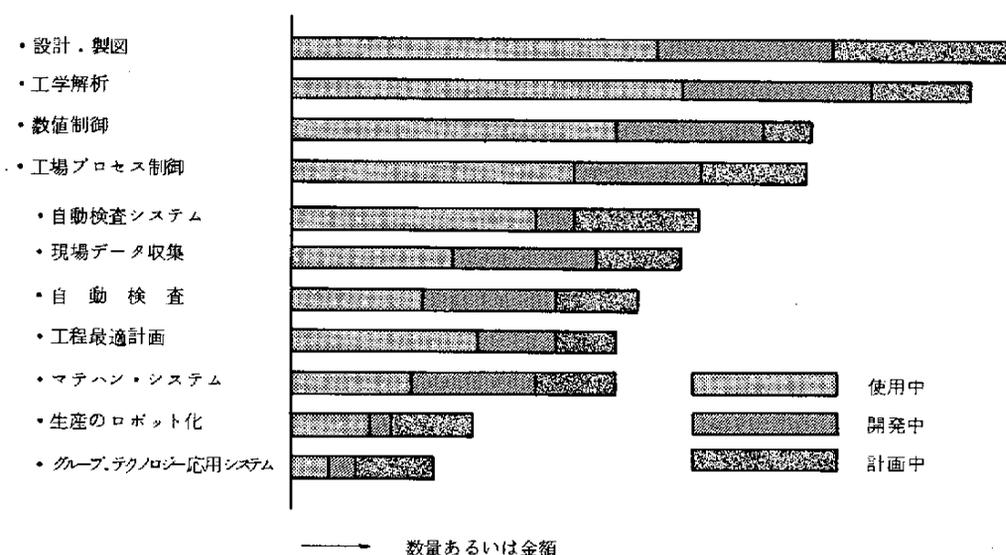


図 3.1 CAD/CAM システムの世界の現状
(A. D. L. 社の調査)

3.1 コンピュータの処理能力

現在、商用機として種々のコンピュータが市販されている。今日もっとも一般的と考えられる分類にしたがって、処理能力と一般的な使い方を次に示す。

① スーパー・コンピュータ

性能：100~150MFLOPS，価格：10~100億円

偏微分方程式，マトリックス演算等の並列処理において，高い性能を発揮するように設計されたコンピュータ。

② 汎用大型コンピュータ

性能：5~15MIPS，価格：1~20億円

広範囲の問題を効率的に処理するように設計されたコンピュータ。80年代に入って，第4世代を迎えて居り，大巾にコスト・パフォーマンスが向上した。

③ ミニ・コンピュータ

性能：1～3 MIPS，価格：数千万円

広範囲の問題を専用化し最少限のコストで実行することを目的として設計されたコンピュータ。

④ マイクロ・コンピュータ

性能：1 MIPS，価格：数万円～数十万円

種々のシステムの構成要素として設計されたコンピュータ，マイクロ・コンピュータのプロセッサを特にマイクロ・プロセッサといい，価格は数千円から数万円の範囲で入手可能。

3.2 マン・マシン・インターフェイス

コンピュータ使用の高度化に伴って，人間の直観で理解出来る図形を媒体として，人間とコンピュータが直接対話する方向へ関心が高まっている。図形処理は単に図形を表示することだけでなく，人間の創造的な能力とコンピュータの高速処理能力，大量データの蓄積，検索能力と両方の機能を最大限に活用するために極めて重要な役割りをもっている。

図形処理は，受動形と対話形にわけられるが，対話形で使用される機器の条件は，人間の指示に従って間断なく図形を表示し消去出来る機能をもつことにある。コンピュータ・グラフィックスは，1962年MITのサザランド教授によって開発された。これによって対話形の図形処理が可能となり，コンピュータ技術の発達につれ着実な進歩をとげて来た。表3.1は，対話形グラフィックス用のハードウェア技術の現状を示したものである。半導体技術の進歩に伴って，年々，高性能化し，価格も急速に低下しつつある。今後の方向として，カラー化，高精度化，大画面化，応答性の改善，立体視化が研究されつつある。

入力装置としては，6つの論理入力装置が利用されている。ライトペンなどのピッキング，キーボード，ファンクション・キーなどのボタン入力，タブレット・ディジタイザ等の位置情報の入力，ダイヤル等のバリュウの入力，連続した線図などのストローク入力が標準化されている。最近，タブレットが精度・信頼性・価格などの点で，図形入力の主流となりつつある。音声及び手書も入力が研究課題となっている。

出力装置としては，機械式の自動作画機が多用されているが，最近，インクジェット，細密ワイヤー・ドット，静電式，レーザー式などの各種の方式が発達している。今後はレーザー方式が主流化，高級機分野では，多色印刷が実用化されるものと予想されている。

3.3 図形処理ソフトウェア

図形処理ソフトウェアの標準化に対する動きは，1974年米国のACM/SIGGRAPHの中にGraphic Standard Planning Committeeが組織されてスタートした。1976年フランスで行なわれたIFIPのCADのワーキング・グループの討議で，グラフィックス表示と幾何学的モ

表 3.1 グラフィックス用ハードウェアの現状

名 称	方 式		性 能	長 所	短 所	価 格	
C R T ディスプレイ	ベクトル・ スキャン	ストレージ	25 インチ 口径 4,096 × 4,096	高 精 度	動画不可 カラー不可 低 輝 度	137.8 万円 ～897 万円	
		リフレッシュ	21 インチ 口径 4,096 × 4,096	高 精 度 動 画 可	カラー不可 (除ピニト レーション管) フリッカー	1,055 万円 ～3,800 万円	
	ラスター・スキャン		26 インチ 口径 1,024 × 1,024	動 画 可 カ ラ ー 可	階段効果	165 万円 ～590 万円	
フラット・ パネル ディスプレイ	A C プ ラ ズ マ		8.5 × 8.5 ～ 17 × 17 インチ 500 × 500 ～ 1000 × 1000 ドット	分 解 能	奥 行 小、 線 形 性 良 好	カ ラ ー 不 可 中 間 調 不 可	駆 動 回 路 複 雑 試 作 段 階
	エレクトロ ルミネセンス		3.5 × 4.7 インチ 240 × 340 画素	長 寿 命 高 輝 度 中 間 調 可			
	液 晶		0.78 インチ 256 × 256 画素 (投射型用)	低 電 力		動 作 温 度 範 囲	

デリングの分離する方向、ポータビリティのあるグラフィック言語の標準化が検討され、コア・システムと名付けられた標準化の提案がなされ、現在、米国及びわが国でも商品化されたパッケージが出現している。コア・システムの開発の大きな背景は、ソフトウェアをコンピュータとかディスプレイ装置等のハードウェアに依存しないものとすることによって、プログラムの移植性を確保することで、この分野の発展を図ることを目標としたものである。

現地点で市販されている、図形処理関連のアプリケーション・パッケージ・ソフトウェアは、標準化以前に商品化されたものが多く、殆んどは特定のハードウェアに限定され、ある特定の対象分野に利用範囲を限定されたものが多い。表3.2に大型汎用コンピュータをベースとしたパッケージ・ソフトウェアとミニ・コンピュータをベースとした専用ターン・キー・システムの主要なものの比較表を示す。米国の国家的な先端技術開発のプロジェクトのバイ・プロダクトとして生まれたものが主要な部分を構成しているのが特徴である。

3.4 データベース

CAEシステム分野での情報システムでは図形、画像を取り扱えるデータ・ベースが必要となる。画像／図形データベースは大きく分けて次の2つの方向がある。

1つは、画像／図形の幾何学的データ構造や属性データを統一的に扱って、図形の表示・作成・合成・変形のアプリケーション・プログラムへのサービスを行うものであり、もう1つは、画像／イメージデータ自身は1つの情報単位として扱い、その属性データを別に持っていて、画像／イメージの検索等を行う“画像ファイル検索”の為のデータベースである。この2つは排除しあうものではなく、両者の機能を備えるシステムもありうる。

前者の図形データベースシステムについては、表3.3に示すように本格的なDBMSを用いるものは例が少なく、大部分はデータベースという名で呼んでいるにしても実際は単なるデータ・ファイルを使用している。その理由はいくつか考えられる。1つは既存のCADシステムにおいては設計者が1人で1つの対象を設計していることが大部分で、複数の利用者が同時に共通データにアクセスすることの管理をさほど必要としていなかったことである。もう1つは図形処理用のアプリケーション・プログラムに対しては、レスポンスタイムの要求が厳しくアルゴリズムの効率を問題にする為、アルゴリズムに密接に関連するデータ構造を必要に応じて個々のプログラム毎に準備する必要があるためである。既存のDBMSでは、このようなダイナミックなデータ構造を扱うことは不向きである。既存のDBMSの機能は、もともと経営管理、生産管理上のデータを統一的に一貫性のある完全な“公式データ”として、管轄部門を設けて管理し、任意のユーザの要求に応じてそれをアクセスさせたいというニーズのもとで発展したものである。従って、DBMSはデータ管轄部門すなわちシステム側の許可なく、一般の利用者(データ利用者)がデータ構造を変更したり、新たなデータタイプを加えたりすることは出来ないものである。言い換えれば、

表 3.2 CAD 用代表的ソフトウェア製品

会社名	システム名称	主要応用分野	機能 / 特長	使用形態, 端末	備考
Computervision	Designer System	電気・機械 配管設計 建築設計 他	機械部品形状設計・製図(2D/3D) 作動シミュレーション・干渉チェック 他	ターンキーシステム	
Applicon Graphic System	AGS	機械 電気 他	機械設計・製図・配管 レイアウト, NC出力 他 2次元, 3次元 図形処理	ターンキーシステム	
CALMA	DDM CADEC 他	機械 電気 土木建築 他	機械設計・製造用3次元処理 NC出力, ドキュメント作成 他	ターンキーシステム ECLIPS	
MCS (Manufacturing and Consulting Services Inc.)	AD 2000	自動車 航空宇宙 機械	2次元・3次元形状設計・製図 NC出力 他 GRAPL グラフィック・言語	VAX, ターン・キー/分散型 ストレージ, リフレッシュ	I PADにて使用
Lockheed	CADAM	航空宇宙 機械	設計製図, 直結による応答性 大型機による一元化された図形DB	IBM大型機 リフレッシュ型ディスプレイ	IBM
McDonnell Douglas	CADD	自動車 航空宇宙 機械	3次元形状設計・レイアウト・製図 機構解析 他 大型機形状DB	IBM大型機 ストレージ型, リフレッシュ型 3次元, ディスプレイ	

表 3.3 代表的図形処理用 DBMS

図形処理システム名称	応用分野	作成	使用 DBMS
CAEADS	建築, 土木	米陸軍 カーネギーメロン大	GLIDE 利用
PHILIKON	機械	Philips, Forschung - laboratorium	PHIDAS 利用
Geographic Information System	地図 地域計画	IBM, Public Sector Industry Center	IMS 利用 地図-統計の結合 (実験システム)
Picture Building System	汎用	IBM, San Jose	GXRAM 利用 (実験システム)
IDS-80	機械	Hewlett - Packard	IMAGE-1000

システム・アドミニストレータがすべてデータ更新・維持, データの構造の変更最終責任を持っているのである。

しかし, 技術設計等を支援する情報システムには, 共通的に使用される技術データが多くあり, 統一的に管理されることが望ましい一方で, 個々の技術者, 設計者が自分の必要に従って自由に“自分用のデータ”に変更を加えることが可能であることが望ましい。現在は, 未だ実験的段階であるリレーショナル型の DBMS はこのような自由な変更というニーズにある程度応えることのできるものであるが, このリレーショナル DBMS にしても, 統一的な管理と個人用のものとのインターフェースをうまく取扱うことは, 現在のところ極めて困難である。

もう一つの画像/図形データベースの方向である画像ファイル検索システムは, 検索のキーとなる属性のダイナミックな変更を利用者に開放するようなものでない限り既存の DBMS で十分可能で, 残る問題はハードウェア(画像用の大容量ファイル)及びアクセスタイム, 価格だけである。現在のところ, 画像の属性データを, 利用者の個別的要求に応じて画像データの中から“特徴抽出”を自由にかつダイナミックに行って作成する, あるいは更新するといった機能は, 既存 DBMS では不可能である。

3.5 機械翻訳

コンピュータ技術による自動翻訳，機械翻訳の研究は1940年代終り頃から始められている。当初の楽観論は1960年代半ばに完全に打砕かれた。その後は着実なアプローチがとられ，現在は，機械の助けを借りた人間の翻訳（machine-assisted human translation）から，重点を機械に移した人間の助けを借りた機械の翻訳（human-assisted machine translation）の開発が目指されている。現在いくつかの商用システムが出現している。

技術的に見ると，機械翻訳システムは語彙中心，文節単位に翻訳を行う第1世代と，この第1世代の語彙辞書に対する過信の反省から生まれた構文中心の翻訳を行う第2世代システムがある。さらに，この構文中心の方式にも限界があることが明らかになるにつれて意味論，推論，知識ベース等を考慮したシステム（semantic translation）を目指す第3世代が考えられている。

Computer assisted translation は，人手による翻訳作業の半分の時間が専門用語の訳語を探すのに費やされている現実に対応するため専門用語データベースが中心となっている。表3.4に代表的専門用語データベースを示す。

表 3.4 代表的専門用語データベース

名 称	作 成	言 語	内 容
TERMLUM	カナダ政府 モントリオール大	英, 仏	20万項目 技術, 科学, 経済, 法律等26項目
LEXIS	西独連邦政府 翻 訳 局	独, 英, 仏, 露 他	80万項目 航空, 通信, 電子, 光学, 材料, 法律, 経済, 経営, 軍事 他
TEAM	シーメンス	独, 英, 仏, スペイン 等 8ヶ国語	50万項目 情報処理, 通信, 電気 他24項目
EURODICAUTOM	ECルクセンブルク	英, 仏, 独, イタリー オランダ デンマーク	30万項目 鉄鋼, 鉱山, 環境, 統計, 農業, 機械 他
EWF	ドレスデン技術大 学	独, 英, 露	23万項目 化学
		独, 露	16万項目 電気工学

1970年頃までに開発されたほとんどの翻訳システムは第1世代のシステムに属し、商用システムとして SYSTRAN が代表的である。第2世代のものとしては、フランスのグルノーブル大学の GETA SYSTEM があり、現存するものでは最も進んだシステムである。また EC で検討され、1984年には実用化を予定されている。EUROTRA 計画もこのグルノーブル大学のシステムの概念に近いものである。

3.6 国家的な大型プロジェクト

CAD/CAMの技術が、国家的に重要な課題であることは欧米の先進国では十分に認識されている。

特に米国では、航空・宇宙、及び防衛産業に関連した大型プロジェクトとしてこの分野の先端技術が開発されている。表3.5は現在米国で進行中の主要なプロジェクトの概要を示したものである。最近工業生産力の回復を国策としてかかげており、これらの技術の開発成果を国内の他の産業界へ波及させて行くことが基本的な予定となっている、その成果はナショナル・セキュリティとして、国外へは流出させない方針がとられている。

欧州では、1979年にエンジニアリングの分野にコンピュータを利用する為、国家的なプロジェクトを推進する為に、コンソーシアム CIAD がオランダで設立されている。

わが国では、大型プロジェクトとしては、コンピュータの基礎的な技術開発が中心課題として進められているのが特徴である。表3.6にわが国の関連するプロジェクトの概要を示す。CAD/CAMと直接関連する技術開発は、民間で自社内として進められているものが大部分を占めているのが現状である。

表 3.5 米国の関連する大型プロジェクト

項目 プロジェクト名	開発規模		計画の概要	開発技術要素
	年数	総額		
IPAD (Integrated Process for Aerospace- Vehicle Design)	10 数年 1972 ~1982	\$ 15 million	設計・生産・プロジェクトマネージメントを統一的に扱うコンピュータ支援システムを航空機業界に提供する。	<ul style="list-style-type: none"> 異機種ハードのコミュニケーション 設計・生産・PMを有機的に扱えるデータ・ベース 設計のためのモデリング・解析のプログラム
ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing)	10 年 1977 ~1987	\$ 100 million	米空軍の総合化CAM <ul style="list-style-type: none"> 製造のアーキテクチャー 総合化技術 開発サポート・システム 先端アプリケーション・プログラム アプリケーションのデモ 	<ul style="list-style-type: none"> マニュファクチャリング, コスト/デザイン・ガイド DSS 薄板のセンター ロボット自動制御セル
NASP (Numerical Aerodynamic Simulation Facility)	1979 ~1985	\$ 75 million	高速プロセッサを作成し、風洞試験の数値シミュレーションを可能とする。	<ul style="list-style-type: none"> 1 Billion 浮動小数点演算/sec (GFLOPS) 30 × 10⁶ 語長のメモリ
SDMS (Spacial Data Management System)	1976 ~1978	不明	データ・ベースのデータを図形表現化する事により man-machine インターフェースを容易にする。	<ul style="list-style-type: none"> マン・マシン・インターフェイス 多形態データ・ベース

表 3. 6 日本の関連する大型プロジェクト

項目 プロジェクト名	開発規模		計画の概要	開発技術要素
	年数	総額		
パターン情報処理システム	11年 1971 ~1980	¥250億	文字、図形、物体、音声等のパターン情報をコンピュータが判読し、処理することができる技術の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 日本語処理マシン データ・ベースマシン 対話型複合ターミナルプロセッサ 高速リングバスシステム 手書、印刷文字認識システム 濃淡色彩図形認識システム 物体認識システム 音声認識システム 並列演算マシン
超高性能レーザー一応用複合生産システム	7年 1977 ~1983	¥130億	多品種少量生産の機械構成部品を金属素材から一貫したシステムで柔軟かつ迅速に生産できる複合生産システムの研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 複合切削機構 素形材加工機構 複合組立機構 レーザー発振、制御加工技術 精度補償、故障診断技術
光応用計測制御システム	8年 1979 ~1986	¥200億	大規模プラントなど的一定区域内で発生する画像を含む大量情報を悪環境下でも有機的に計測し、監視、制御を可能とする光を用いた計測制御システムの研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 情報伝達サブシステム 計測サブシステム 制御サブシステム
科学技術用高速計算システム	8年間	¥300億	科学技術計算用に10 GFLOPS以上のものを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> 素子・材料技術 デバイス回路技術 実装技術 極低温技術

4. 技術開発の課題

主要な産業界のニーズを分析した結果、90年代への対応等の中核技術として、創造的知的生産性の向上は、重要な課題であり、国家プロジェクトとして開発することが必要であるとの結論を得た。

超 LSI 技術の実用化によって、80年代に入りコンピュータは新たな世代を迎える。そして CAD/CAM のシステムは、技術的・経済的に実用化が進み、第2の産業革命を進展させるものと予想される。図4.1は、米国の有名な調査会社である IDC 社の今後5年間の CAD/CAM システムの市場予測の結果である。

80年代を通して、半導体の技術革新は、70年代と同様の速度で進展して行くものと一般に予想されている。表4.1は、CAE システムの分野におけるコンピュータの処理能力に対する要求仕様をとりまとめたものである。

主要な産業界の強いニーズに基づいた新しい CAE システムを実現する為に必要と考えられる技術開発課題について、下記のようにとりまとめた。

4.1 要素技術

① 大型電子製図板の開発

設計製図の自動化を実現する為には、大型平板の電子製図板として、(長さ:1m)×(巾:1m)×(厚さ:数cm)、分解能 0.1mm、現在のレフレッシュ型グラフィック・ディスプレイ装置と同程度の操作性を有する平板型の新しい装置を実用化することが必要である。価格は、1台100万円以下の低価格とすることが普及の為の条件となる。

② 三次元及び四次元幾何モデルの開発

3次元物体の設計、検討のツールとして、コンピュータを利用する為には、三次元空間に対する知識がコンピュータに備えていることが必要である。CADによる三次元形態の設計は、設計者のもつイメージをコンピュータの内部に三次元の幾何モデルとして生成させることである。多面体とか円柱などのような単純幾何形状とこれらの組合せ、及び自由曲面を含む複雑な幾何形状の取扱いについて標準的な方法を確立することが必要である。コンピュータ内部の三次元モデルを人の直観で理解し易い形で立体的に表示すること。又、その形状を自由に変更し得る入力方法と処理方法を併せて確立することが同時に必要である。シミュレーションの結果を動的に表示する為には、アニメーションの技術開発が必要であり、この為には四次元の幾何モデルが必要となる。

③ 総合化複合化技術：異種コンピュータ・システムとの接続

オフィス・オートメーションが進展すると、設計事務所でも各種の専用システムが数多く使用

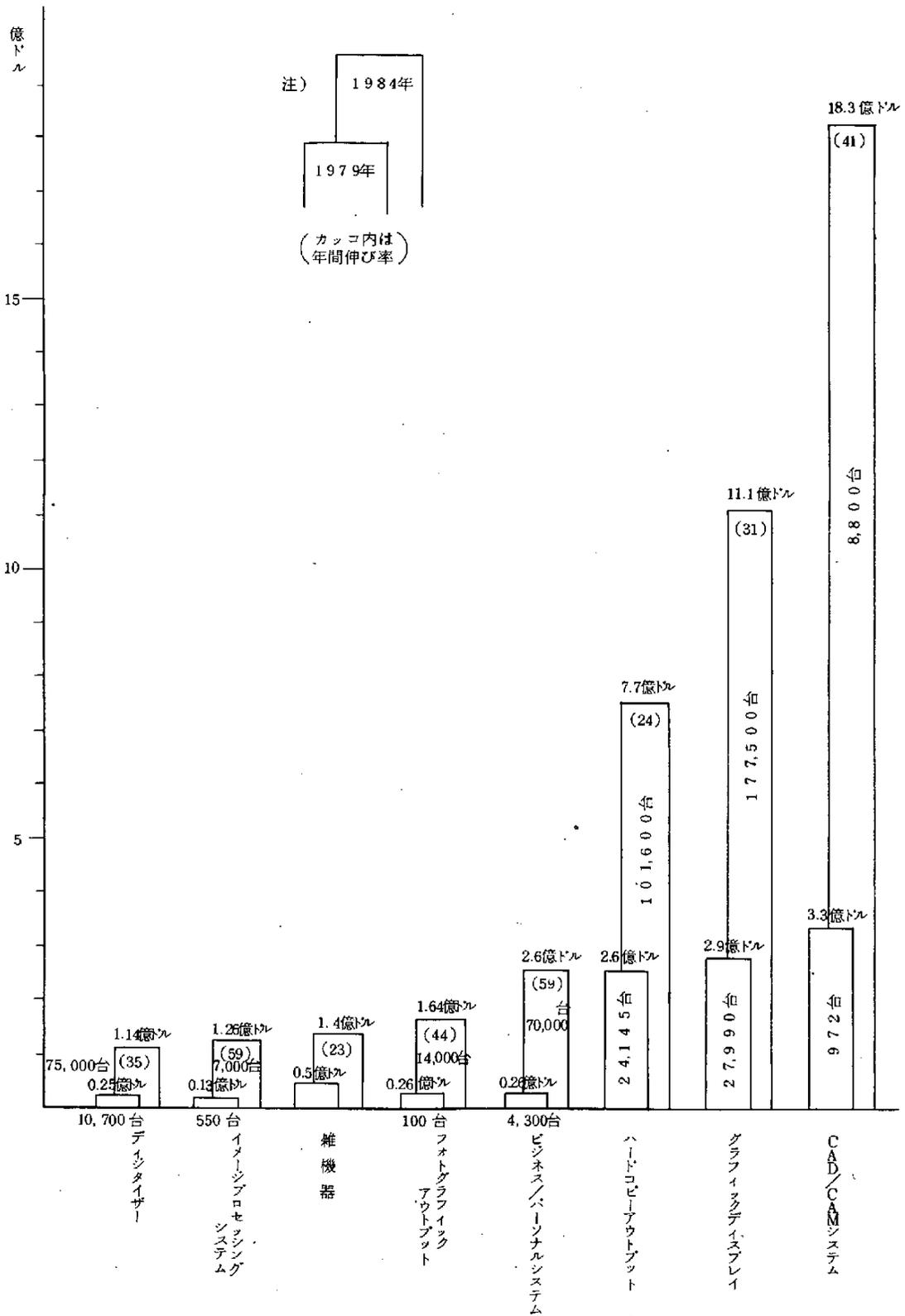


図 4.1 CAD/CAMビジネス等の将来予測
(米国コンピュータグラフィックメーカー)
の世界各地向け出荷額と予想

表 4.1 CAE 分野におけるコンピュータ処理能力への要求と実際のコンピュータの現状

	処理能力の現状 (第 4 世代)	CAE 分野からの処理能力への要求 (第 5 世代)	左記要求の適用領域
スーパーコンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> • 100 ~ 150 MFLOPS • 性能指向プログラミングが困難 • 膨大な出力データの整理が大変 	<ul style="list-style-type: none"> • $10^3 \sim 10^6$ MFLOPS • プログラミングの容易性 • 入出力データの自動処理 	<p>新エネルギー開発, 計算機風洞, 構造解析, プロセスシミュレーション等における実験代替用シミュレータ</p>
汎用コンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> • 10 ~ 15 MIPS (単-CPU) • 40 ~ 60 MIPS (単-OS) 	<ul style="list-style-type: none"> • 200 ~ 500 MIPS 	<p>コンピュータ・ユーティリティ 共通データ・ベース</p>
パーソナル・ コンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> • 汎用 8ビット / 16ビット / 32ビット, マイコン利用による低価格化 • パスカル・エンジン利用による専用計算高速化 (3 MIPS 相当) 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 MIPS 相当 • 価格・性能比の大幅な改善 	<p>設計者の思考方法に合致したマン・マシン対話方式の確立</p> <p>特定業務専用ワーク・ステーション</p>

されるようになる。汎用コンピュータはデータ・ベースを管理することが主要な役割りとなり、超高速計算は専用のプロセッサで処理することが一般化されるものと予想される。

これらの異種のコンピュータ・システムを自由に接続し、複合化して利用する技術の開発は重要な課題となる。

- ・通信インターフェイスの標準化
- ・データ・ベースの方式の標準化

がこの為のキイとなる。

画像データ等を取り扱う関係上、通信は超高速かつ低価格で行い得ることが必要条件となる。構内、国内、及び衛星を使用しての世界的なスケールと種々なレベルの複合化技術の開発が必要となる。

④ CAE システム開発用言語

曖昧さを許容するもの、不足入力命令はその時々音声で追加指示出来るような機能をもった言語の開発が必要である。特に、創造的エンジニアリングの業務においては、技術者が自らの言葉でコンピュータに指示をあたえることが出来るような仕様をもつ言語と、それを支える3次元の図形処理、及び機能・性能・コスト等の予測・シミュレーションを容易に実行可能とする為の強力な各種のユーティリティの開発が必要である。

⑤ 専用プロセッサ開発支援システム

コンピュータのコスト/パフォーマンスを向上させる為には、各種の高性能の専用プロセッサが低価格で生産販売されることが必要である。専用プロセッサの開発技術者がOSのファームウェア化、特殊命令セットのハードウェア化等を容易に開発・設計することを実現する。このためには、強力なコンピュータを使用した開発支援システムを整備することが必要となる。

4.2 システム化技術

① 開発設計技術者用ワーク・ステーション設計のプロセス、設計者の発想のプロセス(図面をかきながら考える)を人間工学的に研究し、創造的なエンジニアリング業務での人間の生産性の向上を実現する。図4.2に開発設計技術者用ワーク・ステーションの構成図の1例を示す。

図形、画像の取扱い、カラー化、音声入力、手書き図面入力装置等がマン・マシン・インターフェイスの改善に役立つ要素技術をシステム化する簡単なパラメーターによる入力、オペレーションガイドの指示、人間の発想や連想を助けるような機能を持った開発設計者用のワークステーションの開発にあたっては、ソフトウェアの果たす役割りは非常に大きい。

開発設計、技術者用ワーク・ステーションとしては、

- ・基本計画用：マクロ・シミュレーション
- ・基本設計用：配置、構造等の設計

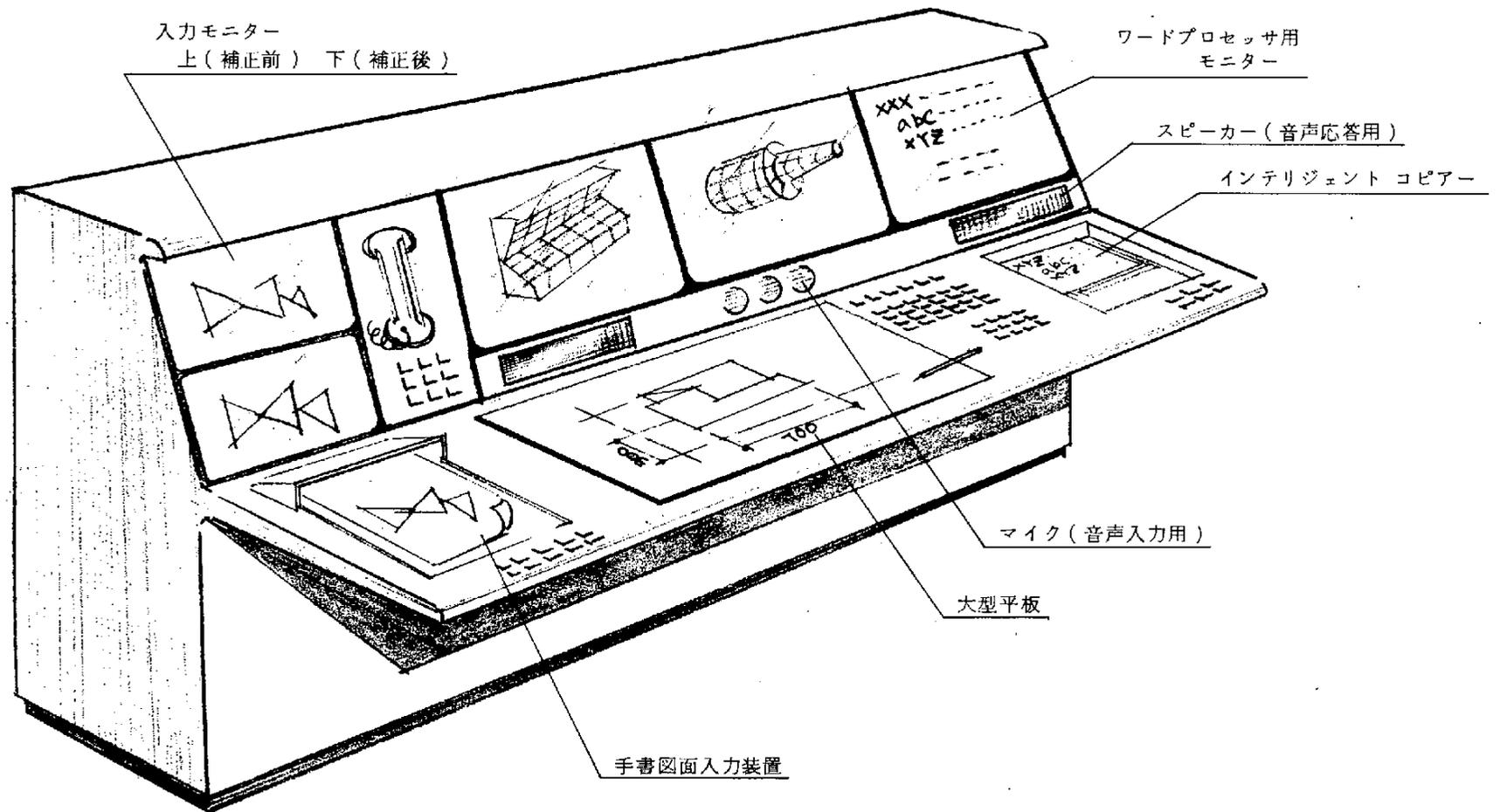


図 4.2 開発設計技術者用ワークステーション

- 形状の設計用：スタイリング

の3種は、最少限必要である。

② 実験代替用シミュレーター

航空工業の計算機風洞に代表される如く、高度な数値シミュレーションにより、在来設計の限界を打ち破り、より高度な設計を実施出来る可能性がある。

この種の計算は、現在の汎用コンピュータでは能力不足の為処理不能である。この問題の解決のためには、演算装置としては、 $10^3 \sim 10^6$ MFLOPSの性能を持ったシミュレーション専用機が必要である。図4.3に実験代替用シミュレータのイメージ・プランを示す。

入力装置としては、技術者の要求をコンピュータへ伝えることが必要である。このためには、下記の機能をもつ大型3次元のリフレッシュ型ディスプレイ装置が必要である。

- 大きさ 50 インチ
- 計算モデルのメッシュの自動分析
- 高密度情報表示可能

出力装置としては、圧力分布、流れ（流線、渦など）等の表示が可能な三次元立体をカラーで動的に表示する装置及びそのハードコピー機が必要であり、この種のシミュレーターは、航空機、自動車、船舶等の設計での大規模FEM解析と電気・機械等のシステムのシミュレーション、VLSIの論理シミュレーション等に利用可能で、新しい技術進歩に貢献する。

③ 新プロセス開発用シミュレーター

代替エネルギーの開発プロジェクトは、大規模かつ多様であり、社会及び自然界への整合性を有する複合型の新しいプロセスの創造が重要な課題である。現在の汎用コンピュータでは、この本質的に複合構造を有するプロセスの多元化されたトレードオフ分析等を含むシミュレーションは実行出来ない。

この問題の解決のためには、新しいコンセプトに基づく、フレキシブルなアーキテクチャーで演算が実行出来るシミュレーターの開発が必要となる。図4.4は、必要な機能をもった新しいシミュレータのイメージ・プランである。超LSI技術の発達に伴い、高性能の専用プロセッサが実現するものと予想され、機能分散型のアーキテクチャーは、80年代の主流となるものと予想される。新しい知的情報処理の機能の特徴を活用し、対象とする新プロセス開発上のボトルネック要因を集中的に解決しつつ、その全体系への影響を高度に多次元化されたシミュレーションを可能とする装置を開発する必要がある。入出力装置としては、図形入力を併用でき、結果はカラーのアニメーション表示が可能なディスプレイ装置を利用したい。実験プラントのラボ・オートメーションのシステムとのインターフェイスをもつことが必要である。

④ 多国語ドキュメント作成自動化システム

エンジニアリング業務においてプロポーザル、仕様書、取扱い説明書等ドキュメントの作成業

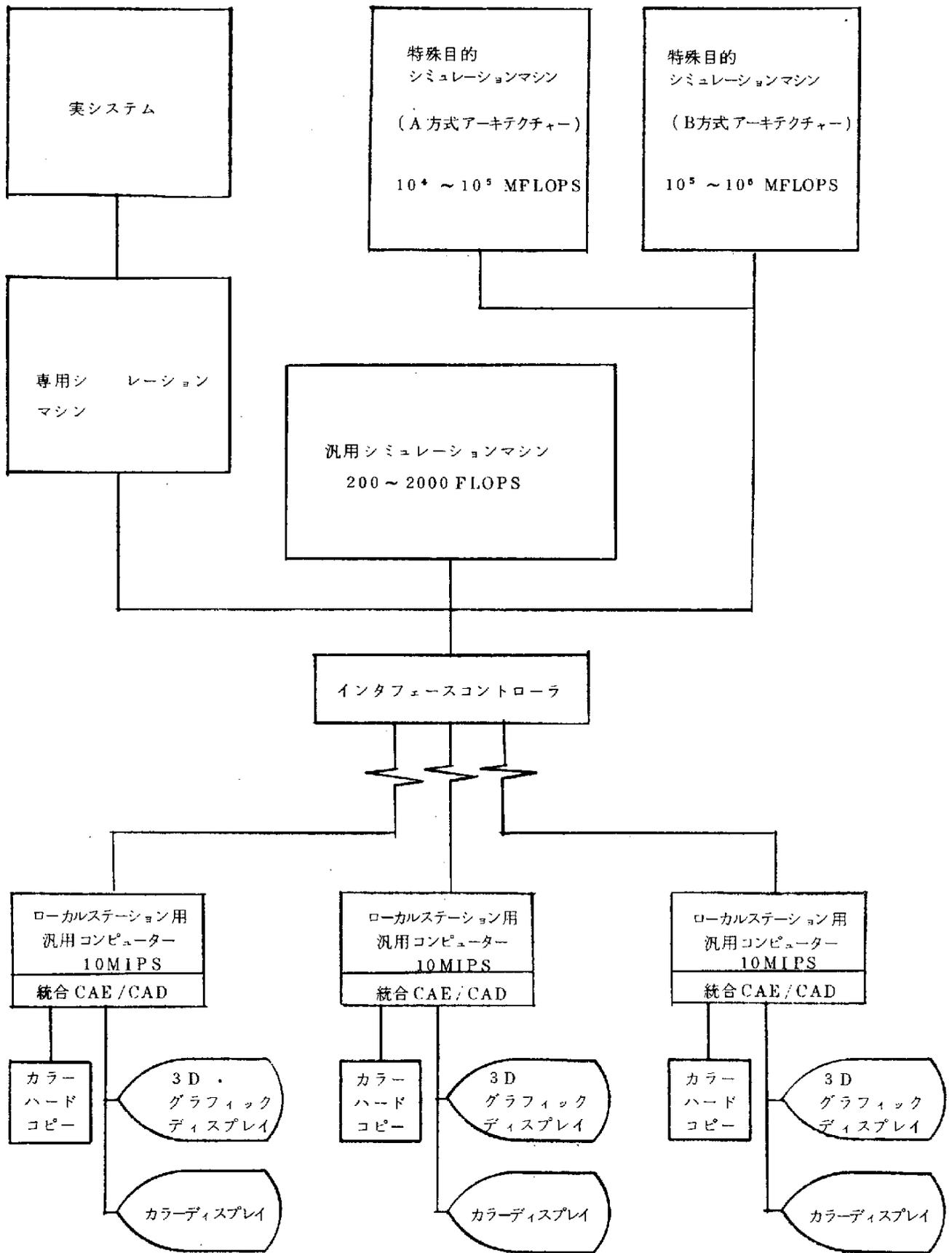


図 4.3 実験代替用シュミレーター

関係ディスプレイ (立体ディスプレイ
の補助)

ユーザーが自由にモジュールを
選択して組立てられる

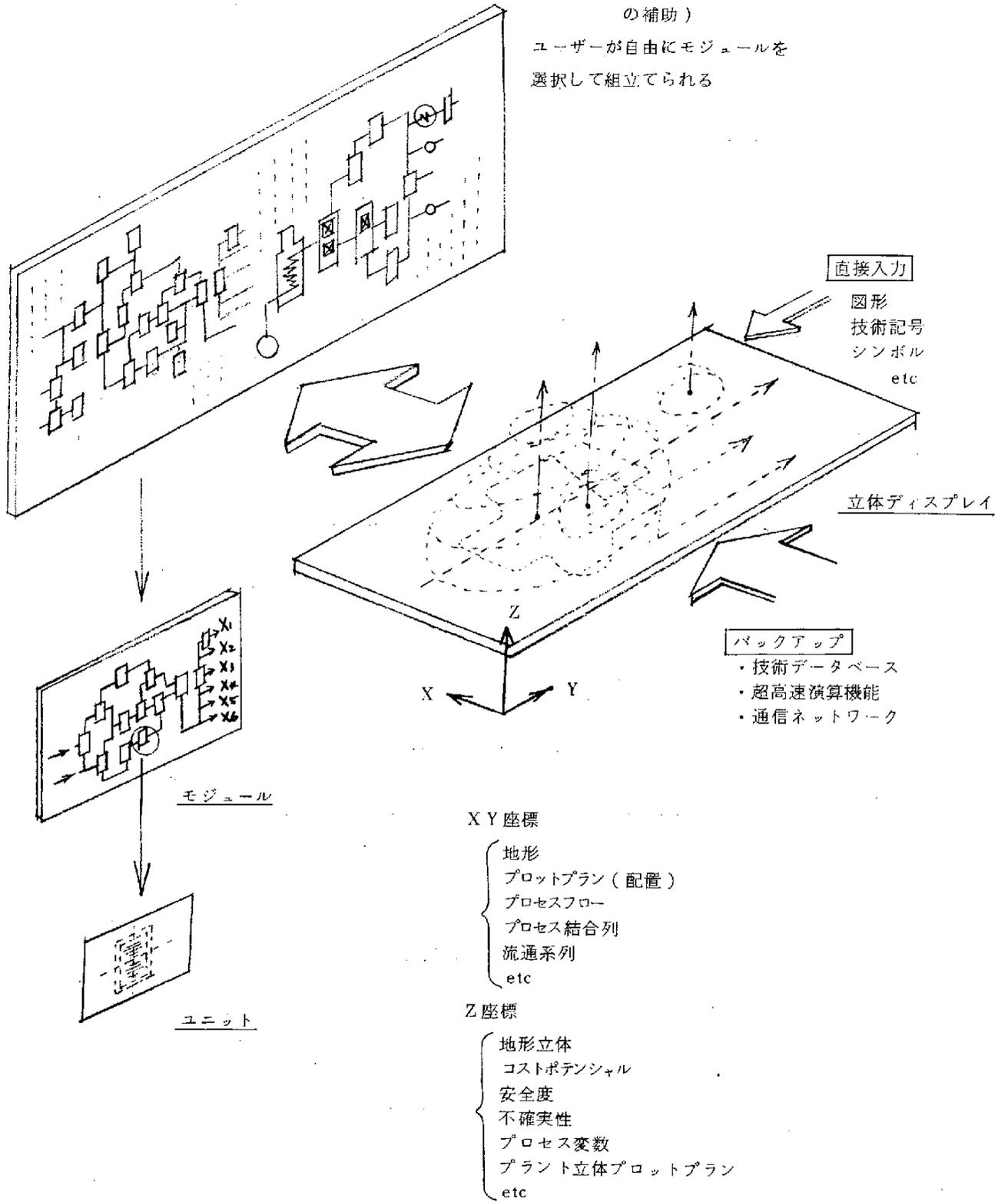


図 4.4 新プロセス開発用シミュレーター (構造型多目的シミュレーター)

務は図面の作成と同等以上の比重を占めている。これらのドキュメントは、多国語でかつ図、写真まで含め客先提出しなければならない。このために美しいハードコピーが要求される。図 4.5 は、多国語ドキュメント作成機の構成イメージを示したものである。要求される主要な仕様は下記の通りである。

- 多国語の言語翻訳が出来る。
- 多国語文字が出力できる。
- 図形、画像、写真も同一端末から操作できる。
- 音声で指示が出来る。
- 美しいカラープリントを作成できる。

上記プロセッサを小型ポータブル化し音声入力、音声応答する同時通訳機もサブ・システムとして必要である。

⑤ エンジニアリング・データベース

CAE システムの根幹となる技術である。図 4.6 にその構成を示す。要求される主要な仕様を下記に示す。

- プロジェクトのコスト・スケジュール、工数、図面、技術情報、技術変更情報 etc.を簡単にファイルすることが可能であり、データ間の関連はコンピュータが自動的につける。機密保持は重要である。
- 図、グラフ、写真、英文、和文 etc.が混在した現実的なドキュメント作成をサポートする機能をもつ。
- 対象物の配置、形状、操作性等の三次元の幾何学的データの管理。

多形態情報
データベース

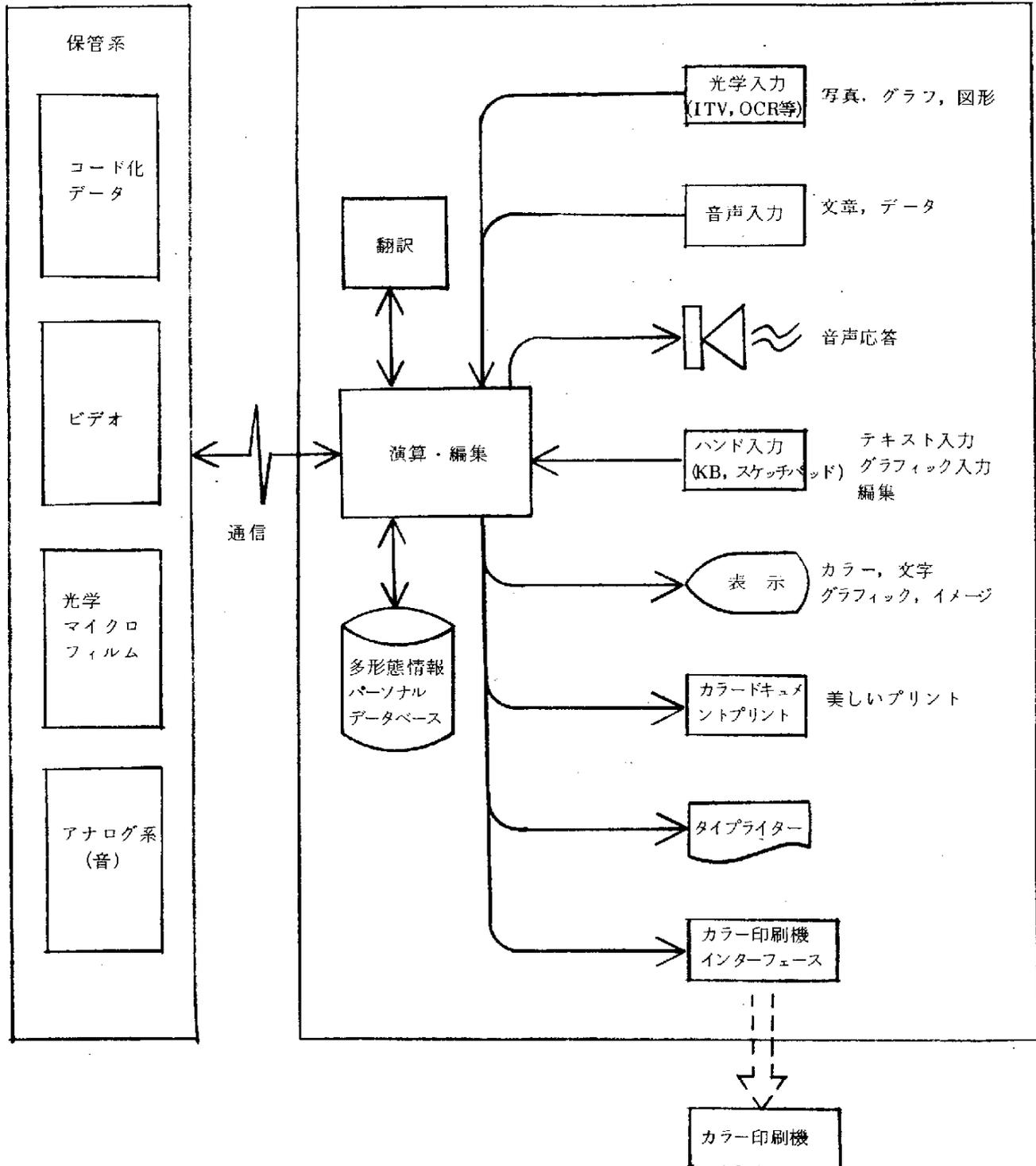


図 4.5 多国語ドキュメント作成機

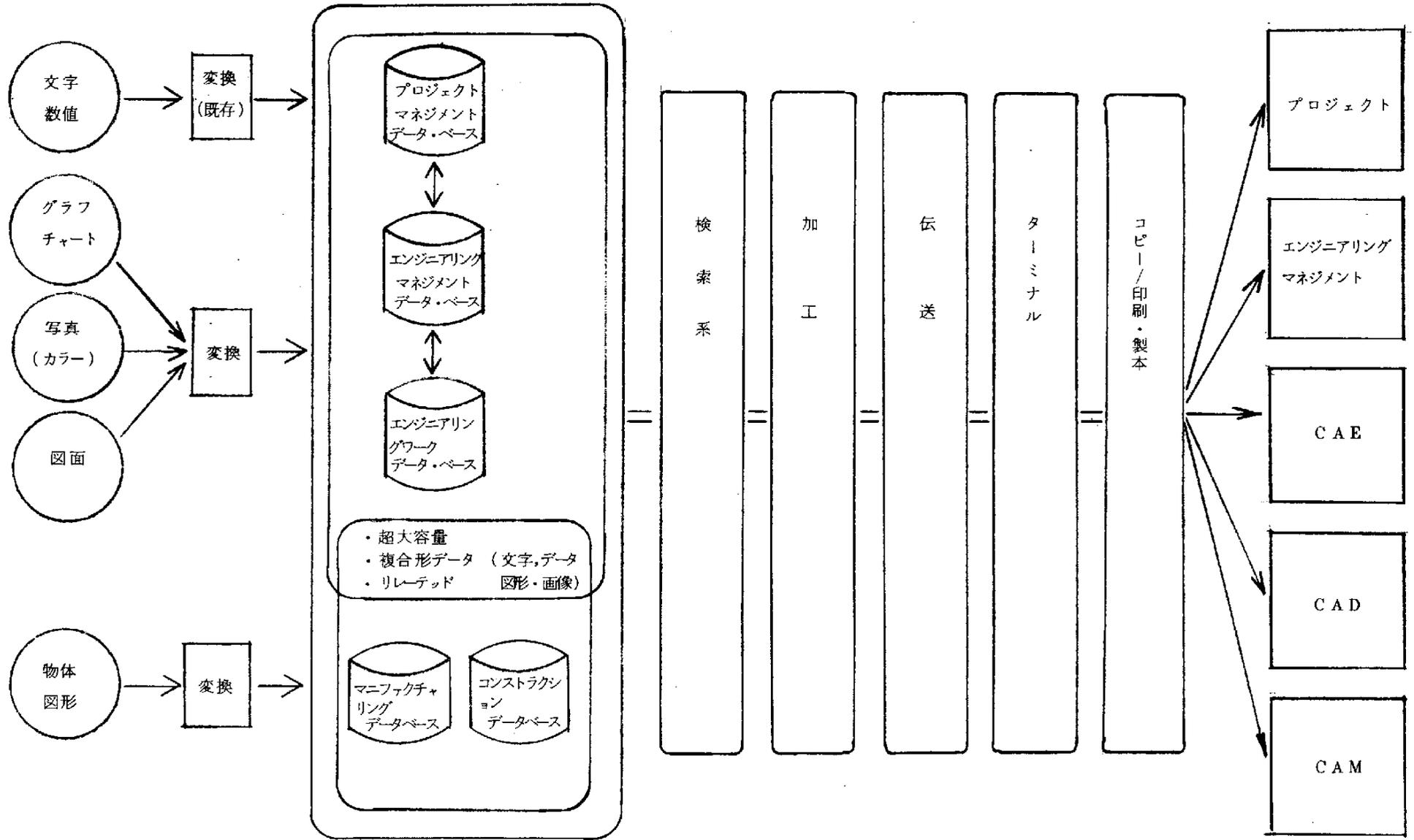


図 4.6 エンジニアリング データベース

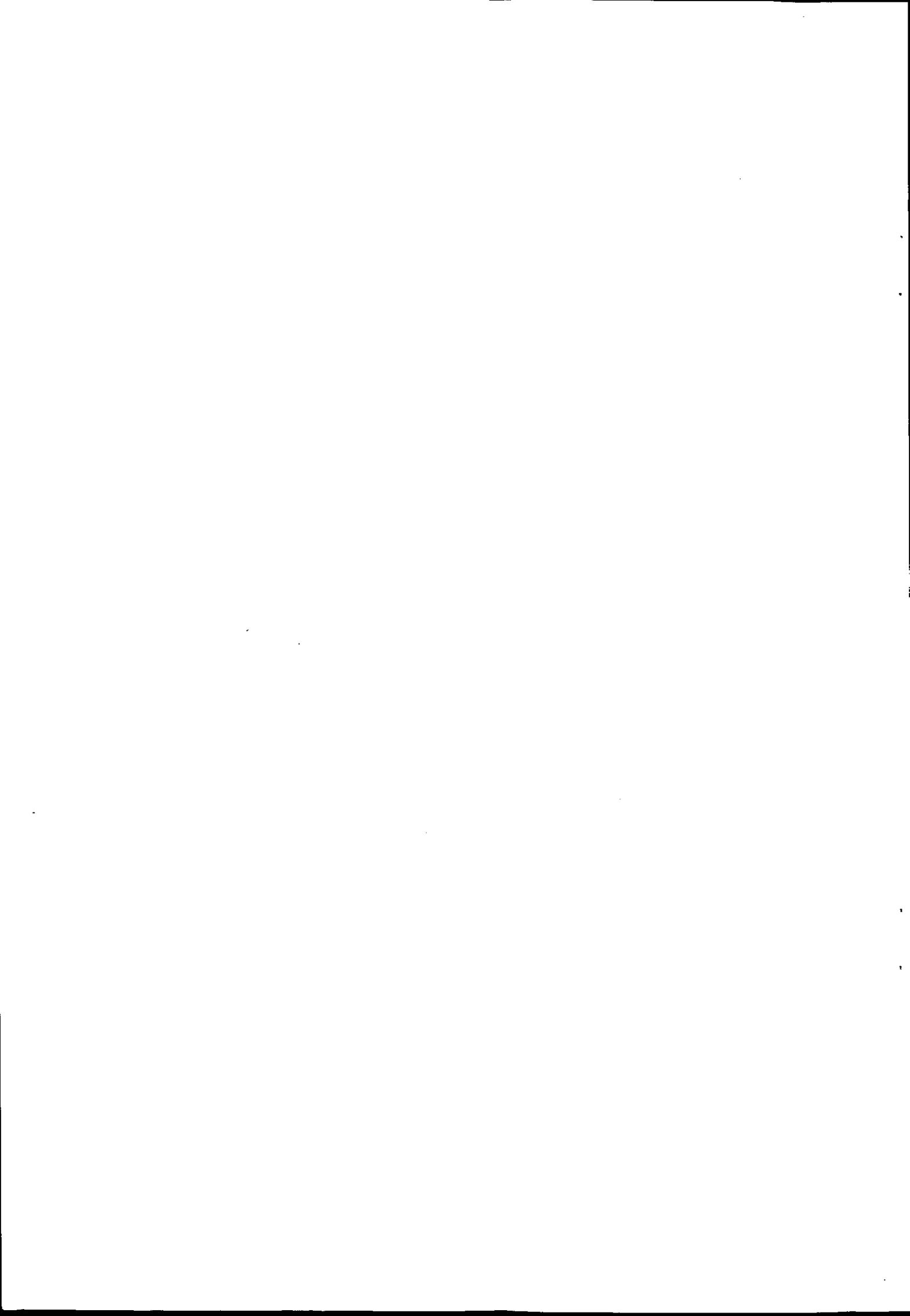
5. 研究開発の進め方

創造的、知的生産性の向上は、未知の分野への挑戦である。新システムは、人間の特性を活かせるもの、わが国の産業界が受け入れ易いもの、後続の優秀な技術者が育成可能なものとして、計画され開発されなければならない。部分的には、未踏技術の開発を含むが、第4世代までの確立された技術も有効に活用しうる形のものとする必要がある。

超LSI、新素子、光通信、三次元幾何モデル、イメージ処理、データベース技術、ネットワーク技術、ソフト技術等の個別技術が高度化してくると、これらの技術を総合的に活用するためのシステム化技術の重要性が改めてクローズ・アップされる。

本システムの開発には、先導的なニーズ指向型のアプローチが必要であると考えられる。このためには、プロジェクト・マネジメント・システムを採用することが重要な課題となる。本システムは、官・学・民の密接な協力の下に、わが国の特質と強さを活かし、国際的な見地からも他の国から尊敬される優れた技術を確立することを目標として開発を実施すべきである。

第Ⅱ部 各 論



1. エネルギー分野からの第5世代コンピュータ・システム に対する要求

今後のエネルギー問題は我国の産業社会維持の死命を制する最大のボトルネックである。

この最重要課題であるエネルギー問題への対応は、目標を設定し、これに対し技術領域を越えて政治・社会・環境領域までを含む複合化した特徴を有する課題を解かなければならぬため「要求」もこれに対処する広範かつ系統化されたものとなる。

本記述の内容は第1.1節でエネルギー問題の所在を基本知識として説明し、第2章で「要求」の構造を整理し、第3章で要求システムの提案を行った。

結論として「要求」内容はCAE/CADの機能の本質的充実（技術領域の高度化）を要請すると同時に既存のCADの領域を越えた多面的なシステム、即ち社会のボトルネック対応諸システムとの連携をイメージしたものも含めた。

1.1 課題の設定 — 我国の存立の最重要課題としてのエネルギー問題 —

高度な産業化社会を達成した我国に於いてエネルギーは、国民生活と産業存立の共通かつ不可欠な基盤である。

一方、我国のエネルギーの海外依存率は約9割であり、先進国中最も高い比率となっている。今後の世界情勢を考えると、中近東地域を中心とする政治的、更には価値観の変革を含む歴史的不確定性は、石油を中心とするエネルギーの供給と価格不安化を招き、我国の安定な存立を極めて脆弱なものとしている。

この決定的に不利な状態から国の永続的安定と発展を確保するためには、石油の調達に努力しつつもControl可能な信頼性の高い代替エネルギー供給システムの早急な形成が、焦眉の急であることは論をまたない。

更にこの代替エネルギーには、省エネルギー化を含めた産業構造の望ましい変革、国際的緊張の安定化、生態学的循環の維持及び地球スケールのエントロピーバランスまでも含めた整合性も求められる。すなわち、以上の位置づけを有するエネルギー開発（含省エネルギー）への対応は国家として、又国際社会の構成国としての最重要課題である。

ここで、第5世代コンピュータが活用される1990年代を中心とする時代にエネルギー分野とその周辺分野に於ける基本構造を概括してみる。

エネルギー分野の諸プロセスは、地下資源・プロセス工業・海洋産業・原子力工業・航空宇宙工業・生物系等システム構成上その構造の複合度と多様性に特徴がある。このため、エネルギー分野の検討は他の技術・エンジニアリング分野に対しても共通する課題と要求の連繋を有するものと思われる。

1.1.1 1990年代を中心としたエネルギー分野の構図

(1) エネルギーと価値の流れとしての構図

- エネルギー問題は国家の活動と生存の基盤であると同時に、国際社会に於ける政治の問題であり、単なる経済の次元を越えたグローバルな複合体として促えるべきものである。
- この複合体の構造の基本をなすものはエネルギー源泉から各種の変換と輸送を経由して利用に至るエネルギーの流れ系であり、同時に各段階に於ける広い意味での価値の流れである。
- 検討の起点として：

(図1.1)に「Energy System Technology Flow Map」として、我国への海外からの資源供給～各種変換・輸送・貯蔵プロセス～利用形態に関する全システムの体系(単純化したFlow Network)を示す。図で左側に位置づけられる採取された一次エネルギーは、輸送及び利用の効果を上げるため、海外及び国内に於いて各種の変換・分割・混合の過程を経つつ輸送・伝送されて価値を発生しつつ右端の利用系に至る。この内、長い変換・輸送経路は、主に大規模供給型のエネルギー・パスに適用される。

一方、利用近傍で形成されるローカル・エネルギー系は、それより分散かつコンパクト化された変換・伝送系によって利用系に直結される。

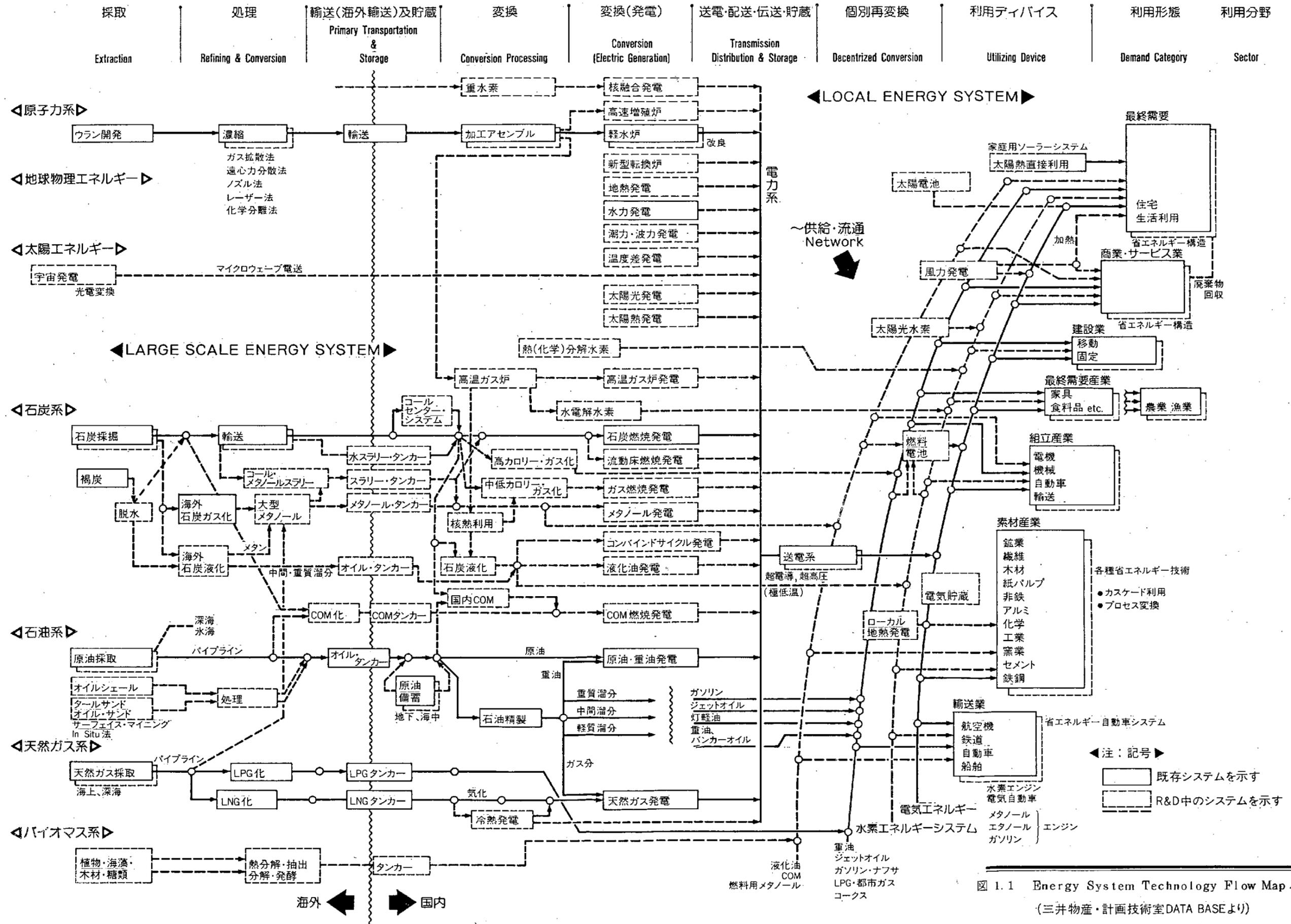
現在、以上の採取・変換・輸送・利用の各プロセスに於いて、新技術・新システムの形成へのR&Dの努力が推進され、その成果の組合せは現実には個別の事業適用として実用化される。この個々のシステムの実用化は、段階的に需要側の産業・社会構造の変革を経て結果的にエネルギーの供給から最終利用形態へのトータル・フロー・システムの変革として位置づけられる。このエネルギーのトータル・フロー・システムはそのパスの選択により変換と利用効果(省エネルギー化)、社会的コスト、自然の循環系等への影響度を異にする。

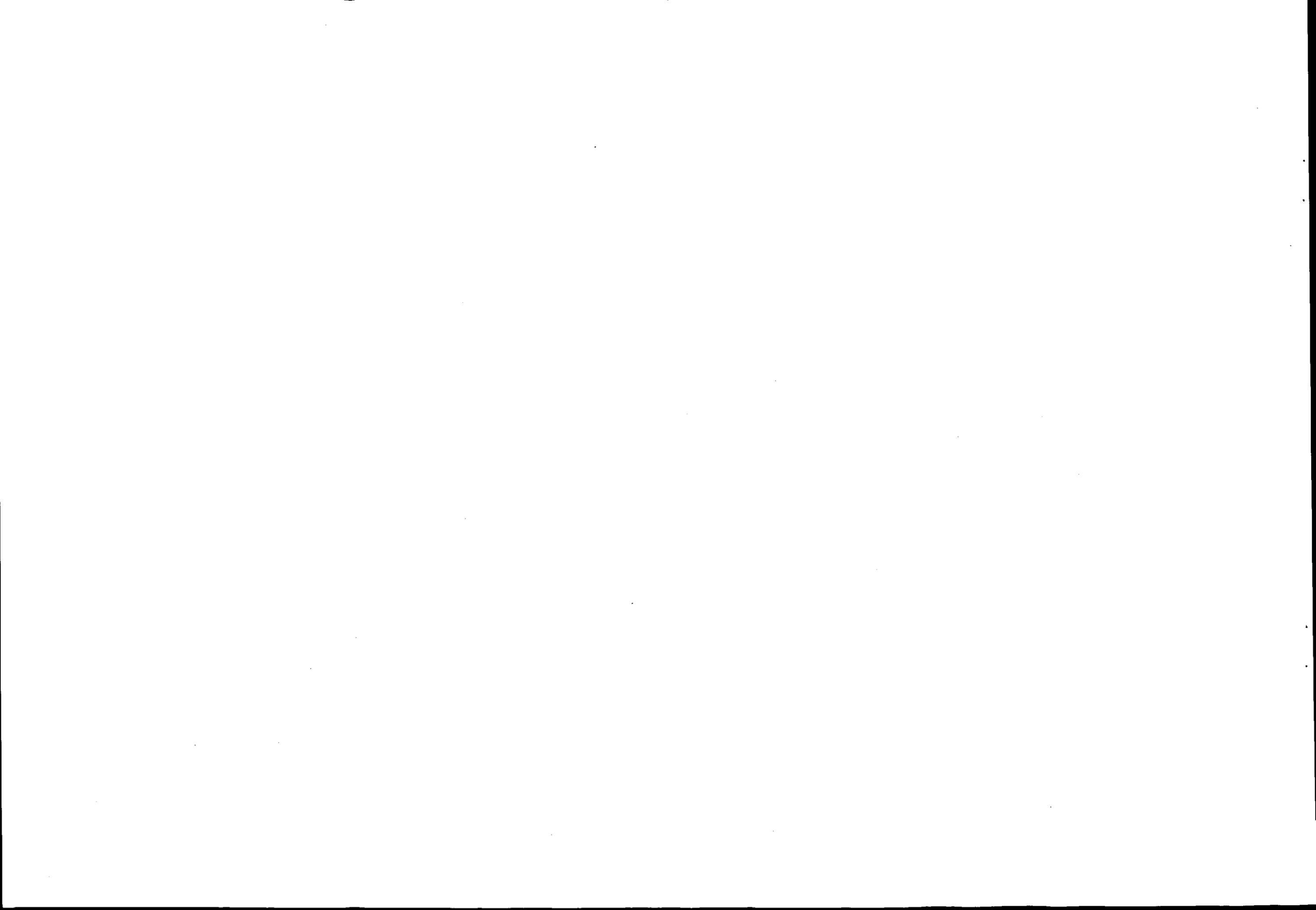
現在、我国の置かれているエネルギー供給の脆弱性の現実、このエネルギー・トータル・フロー・システムの変革を限られた資金的・人的・物的制約のもとに、より価値のあるパスの選択を求めて効果的に加速化し実用化することが強く要請される。このため鋭い洞察に基づいた創造的シナリオが強く求められる。

(2) エネルギー問題の時間座標軸に於ける構図

エネルギー・トータルシステムの変革に際し、その主要な構図を概観してみる。現在、石油を中心とするエネルギー体系から次世代のエネルギー体系へと、現在・歴史的過渡期としての変曲点の入口にさしかかっている。特に1980年代は、石炭の高度利用・流体化、LNGの活用、原子力等の利用でOPECの圧力を柔軟にかわしつつ、エネルギー・フローを確保し、産業と国民生活を維持せざるを得ない。

しかし、第5世代コンピューターの活動期である1990年代は、①'80年代で技術開発が進められた各種新技術プロセスの社会へのビルドインと運営及び②更に2000年を中心に実用化を





求められる更に高度な技術体系の R & D が巾広く展開される時代と位置づけられる。この時代は世界レベルでの環境問題が顕在化し、情報処理技術の歴史的発展による生活・産業パターンと価値観の変革期でもあり、この点を踏まえた大規模複合高度プロセスの社会・環境等への調整導入の一方、ローカルな分散・多様な個別システムの展開が推進される。これらの関係を R & D 途上及び Operation に至ったものを区分し(図 1.2)に示す。

即ち、各時代に於ける Energy 分野の構図から展開される Activities を要約すると：

- 1) 80年代で技術開発された諸プロセスの運営段階として、認識すべきものは例えば下記の通りである。
 - a) 第1世代石炭液化プロセス
 - b) 改良型及び第2世代石炭ガス化プロセス
 - c) コンバインド・サイクル発電プロセス/流動床燃焼システム
 - d) メタノール/コール・メタノール(超大型プラント)プロセス
 - e) 改良型原子力システム
 - f) オイルシェール/オイルサンドプロセスの一部
 - g) 地熱エネルギーシステム
 - h) 太陽熱エネルギーシステムの一部
 - i) 深海石油掘削プラットフォームシステム
 - j) 各種の新備蓄システム
 - k) 住宅・公共空間へのソーラシステムの普及

これ等の諸システムは、①大規模処理プロセスでは機械工学的に Scale up の限界に到達するものも多く、多系統の Stream (Train) を並行設置し各 Train の Unit を総括制御するシステムで、電子技術の大巾な採用によって Operate されることを前提に開発されるものも多くなる。②更に高度の検出機能・環境応答性及び非常事態回避性能を複合的に組合わせた次世代のプロセスシステムの一部も登場しよう。

- 2) 1990年代後半から2000年前後に実用化される高度技術プロセスの例は下記の如くなる。

この時代は、2つの大きな技術体系の共存整合が求められる。即ち、①産業用 Energy、都市 Energy 供給を主目的とする大規模新システムと同時に、②利用サイドからその必要とする個有の特性(価値観・生活パターン・地域特性等)に合わせて、個別に形成される Local Energy 系の有機的組合せである。

先ず、大規模系に関しては：

- a) 高温ガス炉 (HTGR) による複合エネルギーシステム、水素利用系、ケミカルヒートパイプシステムの一部
- b) 水素利用・複合エネルギーシステム(水素経済)の一部

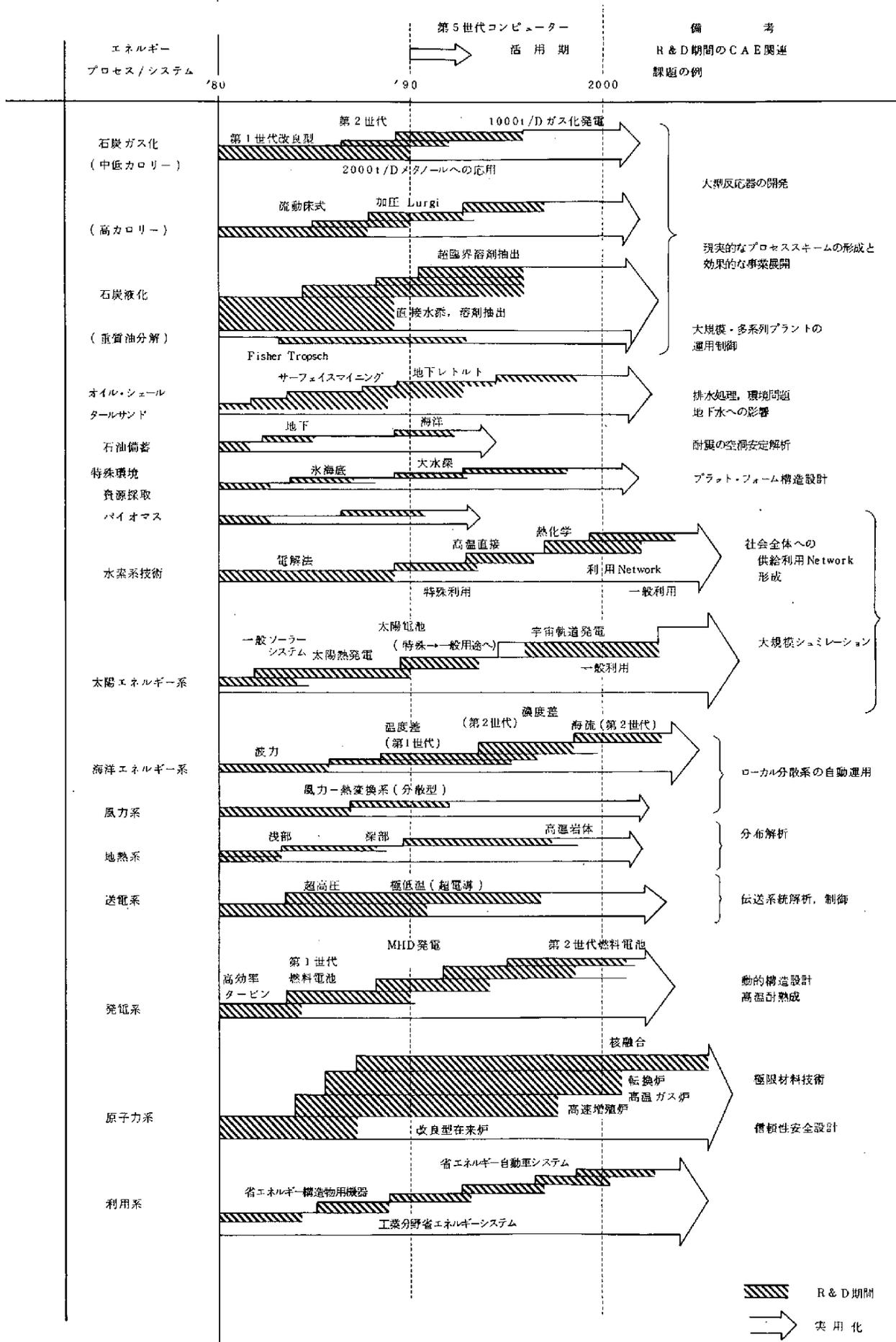


図 1.2 各種エネルギー・システムの R & D と実用化スケジュール

- c) 第2世代石炭液化システム
- d) 太陽エネルギー大規模利用系（太陽炉，大規模太陽電池）
- e) 核融合システムの初期適用（現実にはやゝ先になる）
- f) 大規模バイオマス系
- g) 海水温度差，海流発電系
- h) 大規模カスケード熱利用系，高度複合発電系
- i) 宇宙軌道発電システムの部分適用（米国が主流のまゝか）

一方，Local Energy 系としては：

- a) 風力エネルギー 電力／水素系
- b) 波力エネルギー系・電力系，Local 水力系
- c) Local Biomass 電力・水素系
- d) 太陽光，Local 水素系
- e) 燃料電池系（水素／ hidrocarbon）等が考えられる。
- f) 住宅・商業・サービス業等へのソーラ複合システムの普及
- g) 自動車等，輸送系に於ける省エネルギーシステムと新燃料システムの普及。

等であり，これ等の諸システムの価値の認識を歴史観と深い洞察を含めて行いつつ早急な実用化と安定・安全な運営が要請される。

1.2 課題解決へのプロセスと第5世代コンピュータ・システムの援用の構造

（エネルギー分野の課題の解決へのプロセス）

技術・経済・社会・環境・国際問題等，多くの領域に深くかかわっているエネルギー分野の課題を解決して行くためには，今後先見的な洞察力と創造性の発揮に基づく最も複合的なアプローチが要求される。この点に第5世代コンピュータの効果的適用の領域が設定される。

今，このエネルギー分野の課題を下記の3領域で捉えることを試みた。

- 1) 現在より今後かなりの期間に亘り，R&D努力を集中し石油に代り，産業・都市に大規模に供給可能な新エネルギーシステムの早期実用化。
- 2) 住宅・商業利用等を中心とする地域特性を生かした分散型ローカル・エネルギーシステムの形成と省エネルギー社会への移行の促進。
- 3) 更にこれに加え，今後増々複合化される社会形態に適合させつつエネルギーの課題を解決するための技術・社会・経済・環境等を体系的に処理する進化した対応基盤の形成。

これ等の命題に対して，第5世代コンピュータが有効に対応出来れば国家レベルに於いて極めて有意義であり，又そうある為の条件が整いつつある。上記の内，大規模系の新エネルギーシステムは共通に高度な技術の複合化に特徴づけられている。

このため巨額の開発資金の投入と長いリード・タイムが必要となってくる。各国ともこの点に関し、対策を重ねると同時に本質的に当初からの商業的 Needs のみからの実現を待つことなく、先見性を基に各形態の国家プロジェクトや更には国際プロジェクトの編成を進め資金と情報（ノウハウ等）の効率化をはかっている。

一方、ローカル型エネルギーシステムの定着と大規模新エネルギーシステムとの共存を確実なものとするためには、各種の複合的解析・評価体系が必要となる。

以上を総括し、第5世代コンピュータのエネルギー分野への寄与領域を整理すると下記の如くである。

- 1) 効果的な R & D プロジェクト推進技術と、効率的な解析・設計技術の援用による新エネルギー実用化までの期間の短縮。
- 2) シミュレーション技術の適用拡大による巨額な R & D 費用を要する実験装置やパイロット・プラント等の簡素化、又は更には省略化によるコスト削減。
- 3) 実プラントでは実証不可能な危険領域のシミュレート確認によるシステム・パフォーマンスと信頼性の向上、更には従来の方法で開発不可能なプロセスの実現化。
- 4) 国家プロジェクト及び国際プロジェクトを含む効果的プロジェクト推進技術システムによる以上 3 要素の効率化。
- 5) 新エネルギーシステムを社会に効果的にビルド・インするための複合領域を対象とした評価システムへの寄与。

6) 以上は総括的に

人間の創造的特性と第5世代システムとの相乗的対応によるプランの洗練化とレベルの高いコンセプトの実現化の促進に帰結されなければならない。

次にやゝ具体的例により R & D の実態をレビューして見る。現実の R & D は各々、経済的・社会的・環境上、成立し得る条件を求めてその個有の目的に対する適合化のプロセスである。

例えば、ある Hydrocarbon 系 Process 開発プロジェクトに於いては反応機構の設計条件を中心とするプロセス・スキームの構成・方式により、CH₄ Gas, ナフサ, 燃料油, エタン, プロパン等の製品パターンはその量も質も大巾に異なったものになる。更に原料系の各種特性, 市場の各種 Needs, プラント機成機による分離・回収系等の効率, 建設費, 操業費, エネルギー変換効率, 操業性, 安全性, 制御性, 保全性, 環境整合性, 及び開発期間, R & D Cost 等が大巾に変わり得る。これは R & D の実行に際し, 複合的な Trade off を含む多様な Data に基づく意思決定過程を組合せた Engineering の推進が要請されていることを意味する。

<(図 1.3) 参照>これは, Concept の形成, Basic Process Design, 各種困難な Factor の解決, Scheme の修正, 各種の承認プロセス, 外注 Spec の Control, 及び結果の評価等, 問題の効果的な解決は高度な Project Management 体制を必要とする。この場合の Project

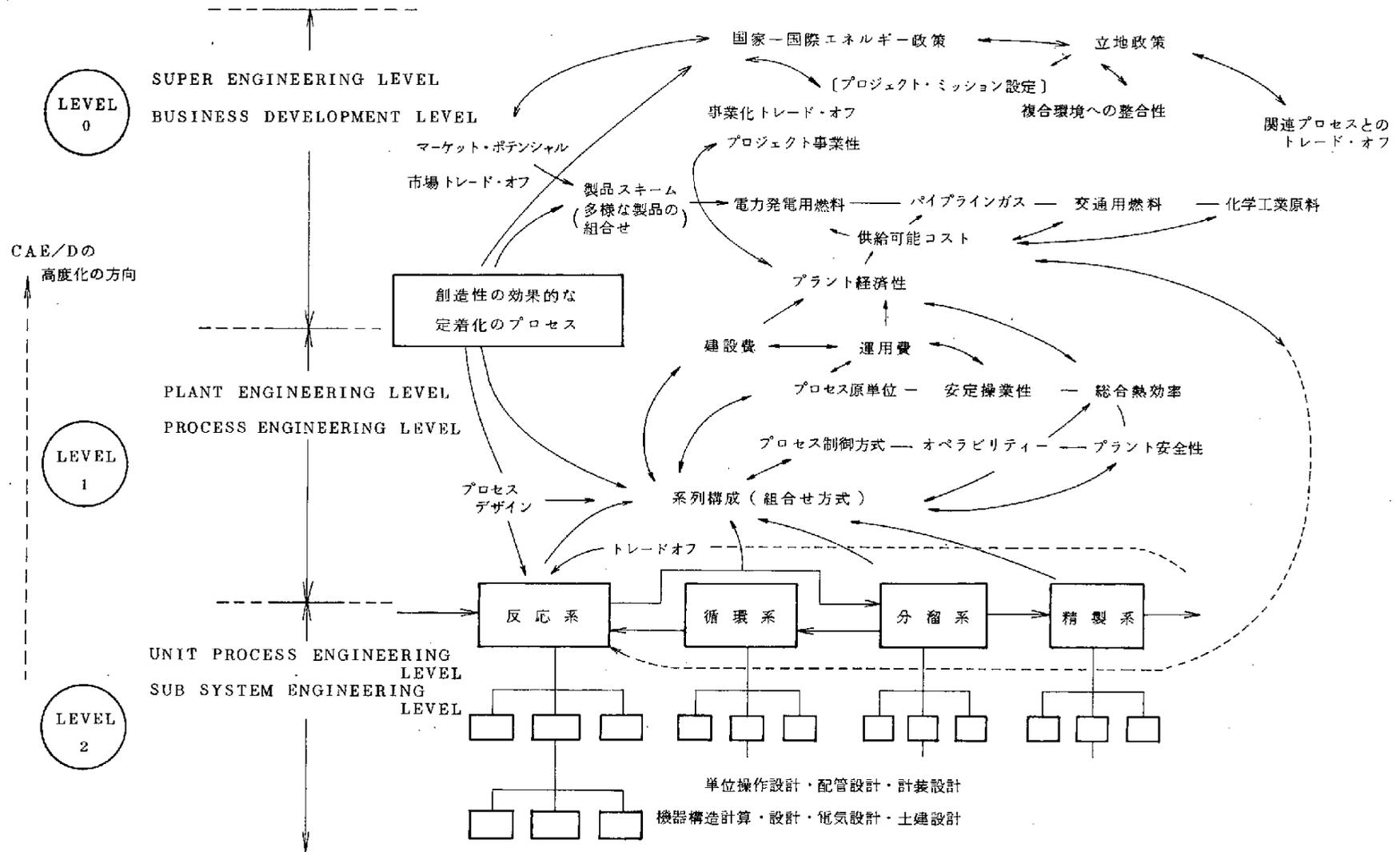
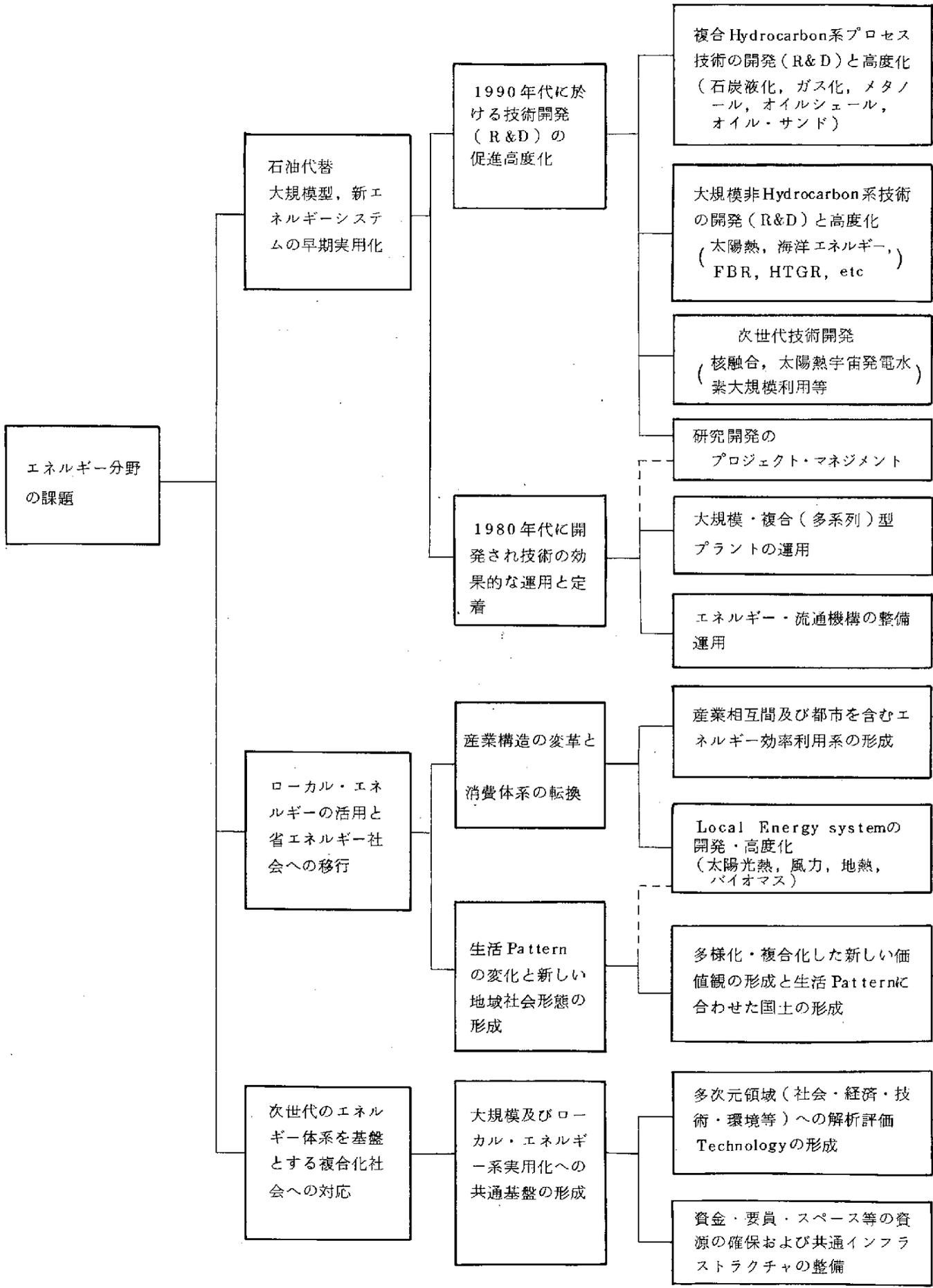


図 1.3 エネルギー・プロセス R & D : エンジニアリングに於ける複合的な検討のループの例

(・将来形成する市場構造, 資源条件, 環境制約等の基に社会にビルドインされる現実的プロセス形成のための創造性の効果的な定着化のプロセスを併なった総合的エンジニアリングの枠組)

図 1.4 エネルギー分野に於ける Requirement Tree



技術開発項目

〔80年代で達成出来なかった高効率かつCriticalなR&Dが対象となる。〕

- 反応系・流動混合を含む総合的な Process Simulationによる Process Planningの効率化
- Process Designに直結した Labo, Autoの活用
- 資源分布解析検査技術

- 耐高温材の開発・解析
- 特殊環境下の構造解析
- リスク・アセスメント
- 原子炉稼働シミュレーション

- 核融合・電磁流体解析 Simulation
- 生態系データ観測・解析システム

- ビジュアル・マネジメントの実現
- 効率的なマネジメントによる開発期間の短縮とコストの削減
- 増大する国家プロジェクト又は国際プロジェクトへの対応

〔80年代に開発された大規模変換プラントの運用〕

- 高信頼性を有する総合制御管理システム・緊急制御システム
- リモート・メンテナンス
- エネルギー・変換・伝送系の Network Simulation
- エネルギー資源複合データベースと流通管理・安全保証システム

- エネルギーのカスケード利用体系の運用
- 産業複合シミュレーション

- 自動メンテナンス・システム（メンテナンス・フリーと外部環境変化の自己修正）
- Local分散型エネルギーシステムの制御・運用・保全

- コンセンサス・サポートシステム

- 複合化されたエネルギー・システムと多次元領域シミュレーション

マクロ
エンジニア
リング

データ収集、分析製造
自動実験装置

新プロセス開発用
シミュレーター
(複合構造型
シミュレーター)
超高速演算・三次元表示

多形態データベース

プロジェクト
エンジニアリング
システム

自動翻訳・ドキュメント作成機

高信頼制御システム

ロボット・システム
(知能ロボット・システム)

小規模 Computer による
Local 制御システム

スーパー・エンジニアリング
システム

Management は創造的なコンセプトを効果的に設計レベルにまで展開出来ると同時に、技術の領域を越えた複合的価値の評価まで領域を拡げることが要請され、これが第 5 世代コンピュータに対する一つの大きな Needs 分野を形成する。

最後にエネルギー分野の課題の設定から第 5 世代コンピュータの援用領域を経て「開発要求」に至る構造を図 1.4 に示し以下のシステムの提案につづけることとする。

1.3 要求システムの内容提案

エネルギー分野の各エネルギーシステムに、共通に必要とされる第 5 世代コンピュータ・システムは他の産業分野の要求内容を中広く含むが、主要なものは下記の通りである。

- 1) プロジェクト・マネジメント・システム (プロジェクト・エンジニアリング・システム)
- 2) 新プロセス開発用シミュレーター
- 3) スーパー・エンジニアリング (マクロ・エンジニアリング) システム
- 4) 実験サポート・システム
- 5) 開発設計技術者用ワークステーション
- 6) 多国語, ドキュメント・作成システム等

その他、以上の共通システムとして三次元入出力装置, 超高速演算装置, 多形態データベース等である。

ここで、代表例として「プロジェクト・エンジニアリング・システム」, 「新プロセス開発用シミュレーター」, 及び「スーパー・エンジニアリング・システム」に関し、概説する。

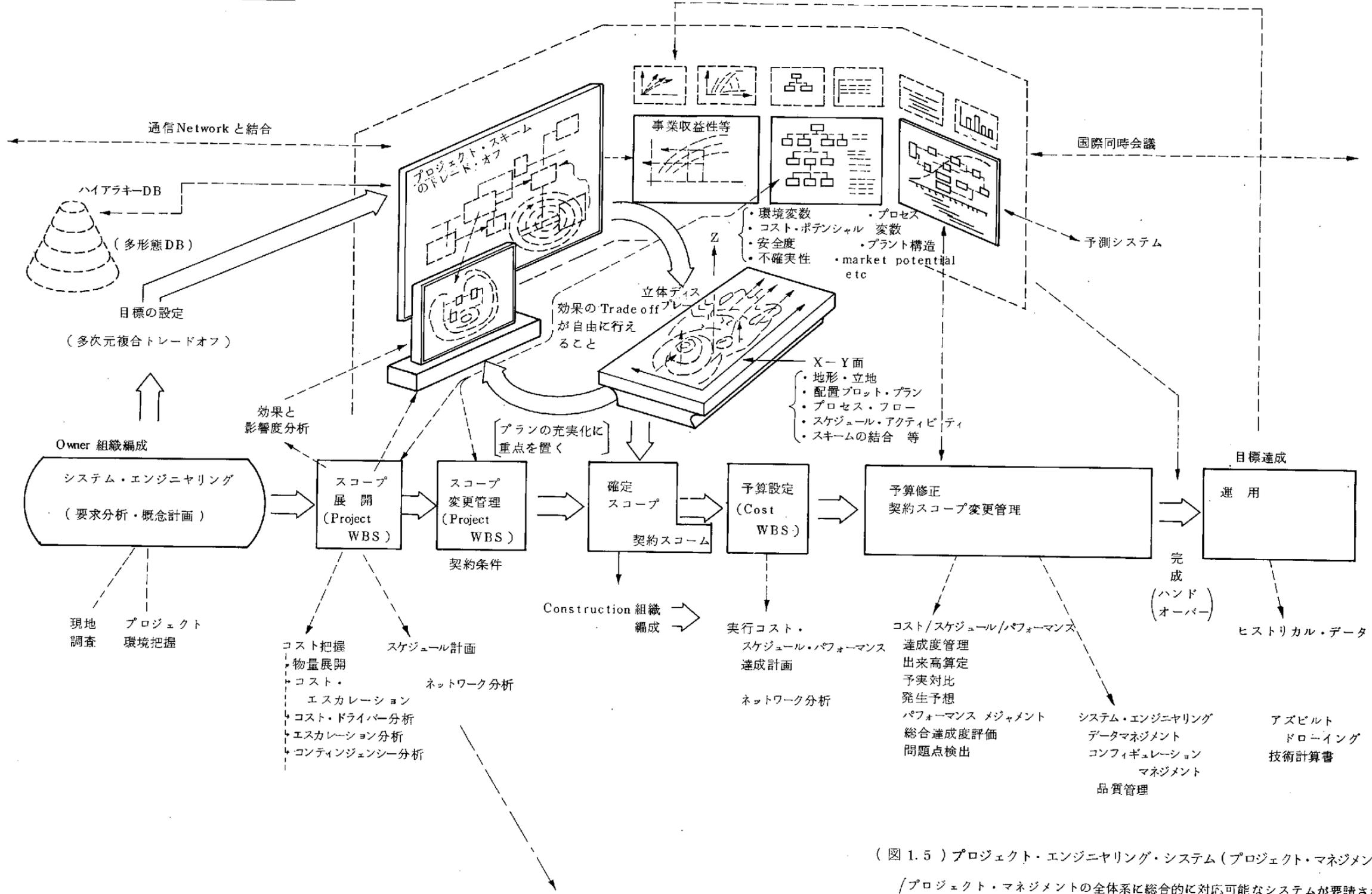
1.3.1 プロジェクト・エンジニアリング・システム

(高度化されたプロジェクト・マネジメント支援装置)

この分野は米国に比べ大きく遅れているため、基本的な再構築と高度化の努力が必要とされる。このためにインパクトを与え、更に根本的にプロジェクトの推進を効率化するものとして本システムは重要である。

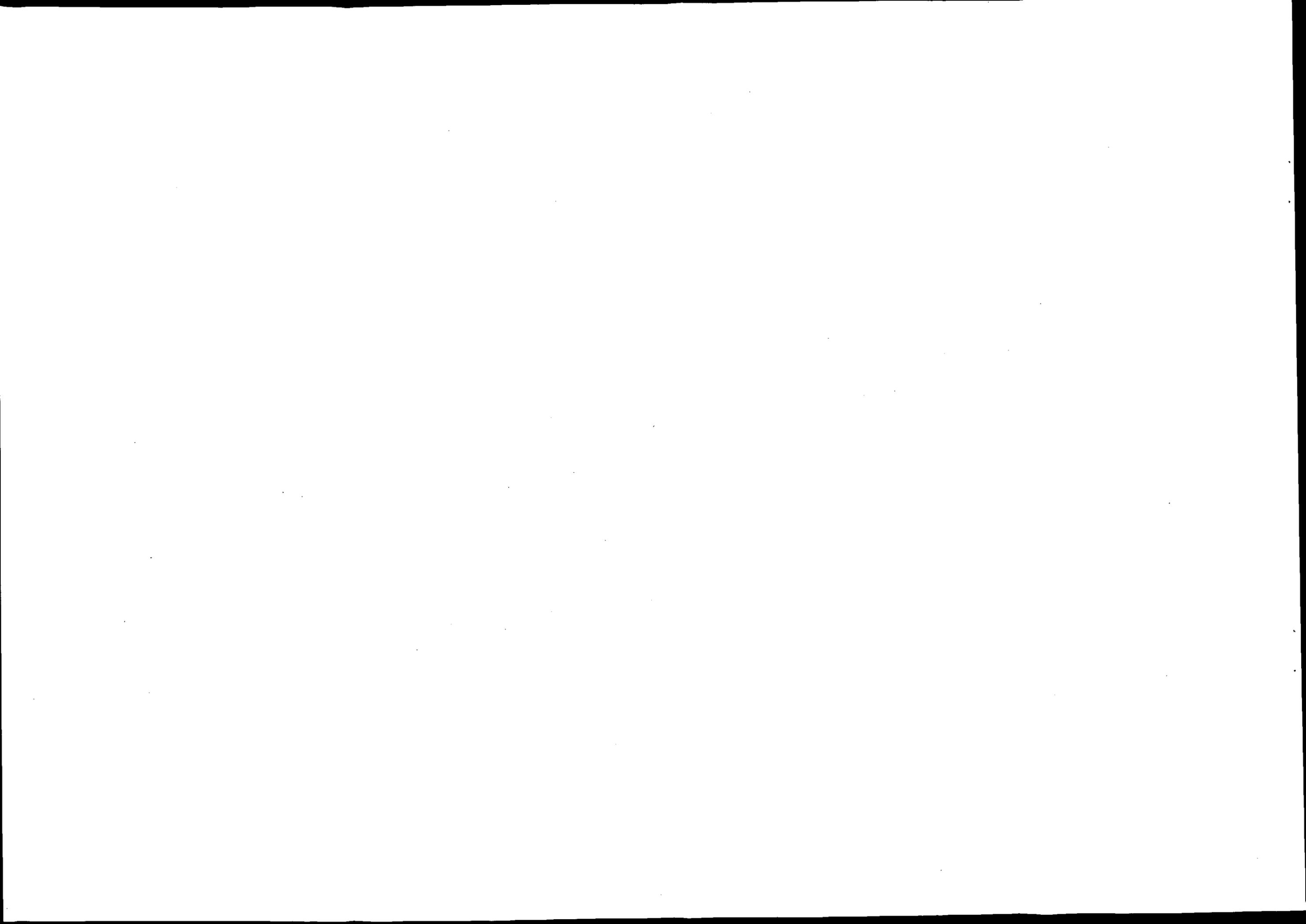
第 1 ステップとして米国のレベルをキャッチ・アップし、次に第 2 ステップとして、

- ・ハイアラキ DB 及び国際間通信 Net Work を構築し、データの効果的な蓄積・活用と今後増大する International Project への対応を進める。
- ・目標の明確化と、これに Link した Work Breakdown Structure (WBS) による複合機能 / 組織間の Integration に日本的効率性を加味し、サポート可能な様に構造化を進める。
- ・研究開発の経緯と成果を Visual な Management 装置を中核として縦横に活用し、これにより創造力の組合せと具体化へのプロセスを効率化し「プラン」(R & D Scheme) 作成と選択の質の向上をはかる。



(図 1.5) プロジェクト・エンジニアリング・システム (プロジェクト・マネジメント・システム)

(プロジェクト・マネジメントの全体系に総合的に対応可能なシステムが要請される。特にプログラムマネジメント、～プロジェクトマネジメント～、システムにレベル(参画各階層要員用))



- ・特にその計画策定機能に於いて高度化を進め事業性評価，リスク分析，更に影響度分析等を多次元複合領域（経済・技術・社会・環境等）を総括し効率的に Trade off 可能とする。この面に於いて「スーパー・エンジニアリング・システム」の機能とも連繋し得るものを指向する。

機能構成は，直接的入出力を有する親しみやすい Visual な Management 対応装置を中核とし，これに推論・検索 DB，国際情報 Network を組合わせる。更に各階層のプロジェクト・要員の指示（含音声，手書き図形，技術シンボル）を解釈しシステム内でプロジェクト構造化を進め，必要な演算による結果を対話方式で表現出来る機能も含むものとする。

これによりトップ・ダウンと目標設定のプロジェクト・マネジメントの利点は生かしつつ，日本型の参画各要員の創造力の自由な発揮と合意のプロセス — フィード・バック方式 — を可能とする。

特にプロジェクト・マネジメントは意思決定の連続プロセスとも言われ，本システムには極めて Dynamic な新しい日本型の Decision Support System として位置づけられる。

本システムは下記の組織又は機関で活用されると効果を発揮する。

1. 民間会社プロジェクト推進部門
2. 公的機関（国家ベースの開発推進組織，自治体等）のプロジェクト推進部門
3. 国際連繋又は複合組織によるプロジェクト推進組織の実行部門

このシステムのプロセス構成を図 1.5 に示す。

1.3.2 新プロセス開発用シミュレーター

新プロセス開発用シミュレーターは，現在のアナコンの演算能力の低さやデジコンの適用上の制約，及び直接的処理機能不足に対し，その有効な解決策として提案するものである。本システムは，構造型による多目的・多形態適応方式の特徴を有し，その分析対象システムの構成に応じ，自由にシステムを再構成出来る Flexible 構造を採る。このために，アナコンのプリバッチシステムに担当する Module 組合せ部分を有し，直接的入力（グラフィック，アナログ・デバイス入力等）と大型カラーディスプレイによる出力（三次元立体表示）を持つことが要請される。

特に演算機能は対象とするシステムを表現するに必要な方程式の規模，次元数，処理時間及び対話に近い活用方式を想定するため $10^3 \sim 10^4$ MFLOPS 以上を期待する。

シミュレーション対象は，プロセスレベルのシミュレーションは勿論，更にプラントエンジニアリング・レベル（機器特性，流体機械特性，反応物性条件変化，緊急装置特性，等）に於けるシミュレーションを含み，一般の開発エンジニアが自由に活用出来る極めて具体的なシステムを想定する。

このシステムのプロセス形態を図 1.6 に示す。

1.3.3 スーパー・エンジニアリング(マクロ・エンジニアリング)システム

本システムは、現段階では概念としての説明にとどまるが、その目標とするところは次世代のコンピュータ・システムの基盤の一つとして重要な領域と考える。特に、科学・環境・経済・政治等に多次元の関連と Impact を有するエネルギー分野のプロジェクトの達成に関しては：

スーパー・エンジニアリング(マクロ・エンジニアリング)……単なる技術領域を越えた複合・系統的アプローチ……が他の分野に増して強く求められる。

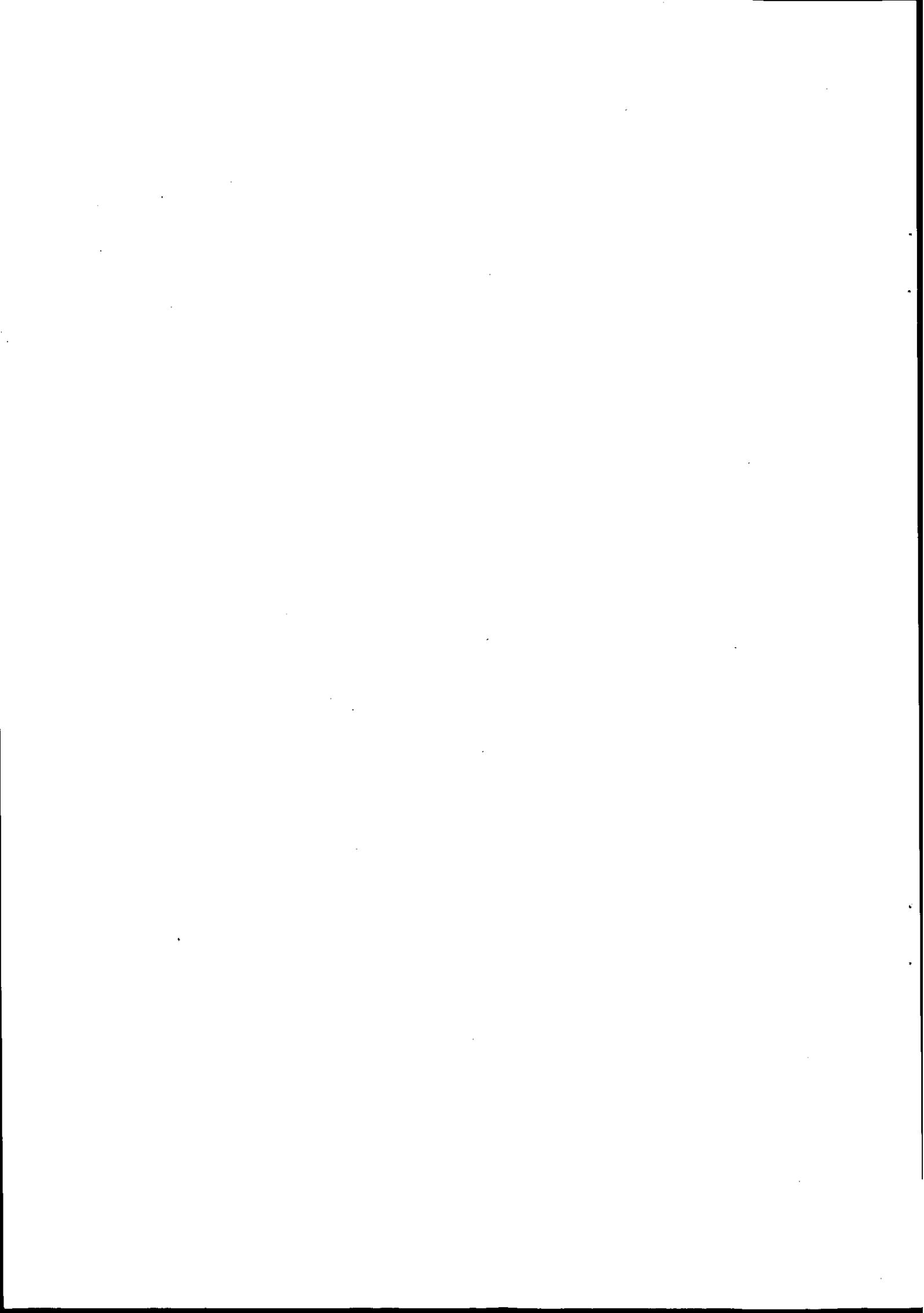
その背景を整理すると：

- 1) 今後、21世紀への展開の過程に於いて、科学技術分野に於ける技術の進歩と複合化の増大・発展。
- 2) 社会の仕組の急激な変動と複雑化・現象の複合・多角的波及化。
- 3) 価値観の多様化・行為と修正行為の複雑化は必然である。
- 4) これに対し、人類が現代までに手に入れた計画・推進・評価の Technology では担いきれない(過負荷)状態になりつつある。その結果・政策とプロジェクトの実行を非効果なものとしている。

スーパー・エンジニアリングの方向は、プロジェクトの計画・推進・評価の各 Phase に対し、常により広い、より複合化された Matrix と Mesh を採用することを指向し、ここで発生し対応を要する問題の核心により深く対処するものでなくてはならない。この為の有力な武器の一つとして、第5世代コンピュータの応用分野が存在する。本システムの要点は、三次元表現による X-Y-Z 座標内空間に、各種の Potential ないしは Field を縦横に直接複合的に表現する。(図1.7)

すなわち、経済的現象、社会現象、市場 Potential 分布、流通 Net Work 効果分布、事業収益性変動分布、環境影響度分布(含む世界レベル)等を地形的座標、時間的座標、その他の座標軸を変換しつつ表現し、これ等の相互依存関係、シナリオの目標達成効果等を Trade off するものである。これは人間の持つ発想力、洞察力、推察力を第5世代システムの知的データ処理機能と十分に対応させ、検証を得つつ、より高度な、より現実的な概念と計画の形成に寄与させることを目標とするシステムである。特に、多次元領域を含む最高度の知識・集積への探索路と柔軟な解析技術を Base とし、推論過程を越えたより高度の洞察過程への支援を最終目標とするものである。

この解析論理技術の現在、及び近い将来の Level は、まだこの課題に対応するには不完全なものであり、第5世代コンピュータ・プロジェクトの効果的な進展と相俟って、今後啓発・開発されるべきものである。



スーパー・エンジニアリング・システムは、下図のL・0, 1, 2等システムレベルを構造化してあつかい
 新プロセス開発シュミレーターより
 大巾に処理範囲と次元を拡大・構造
 化したものである。

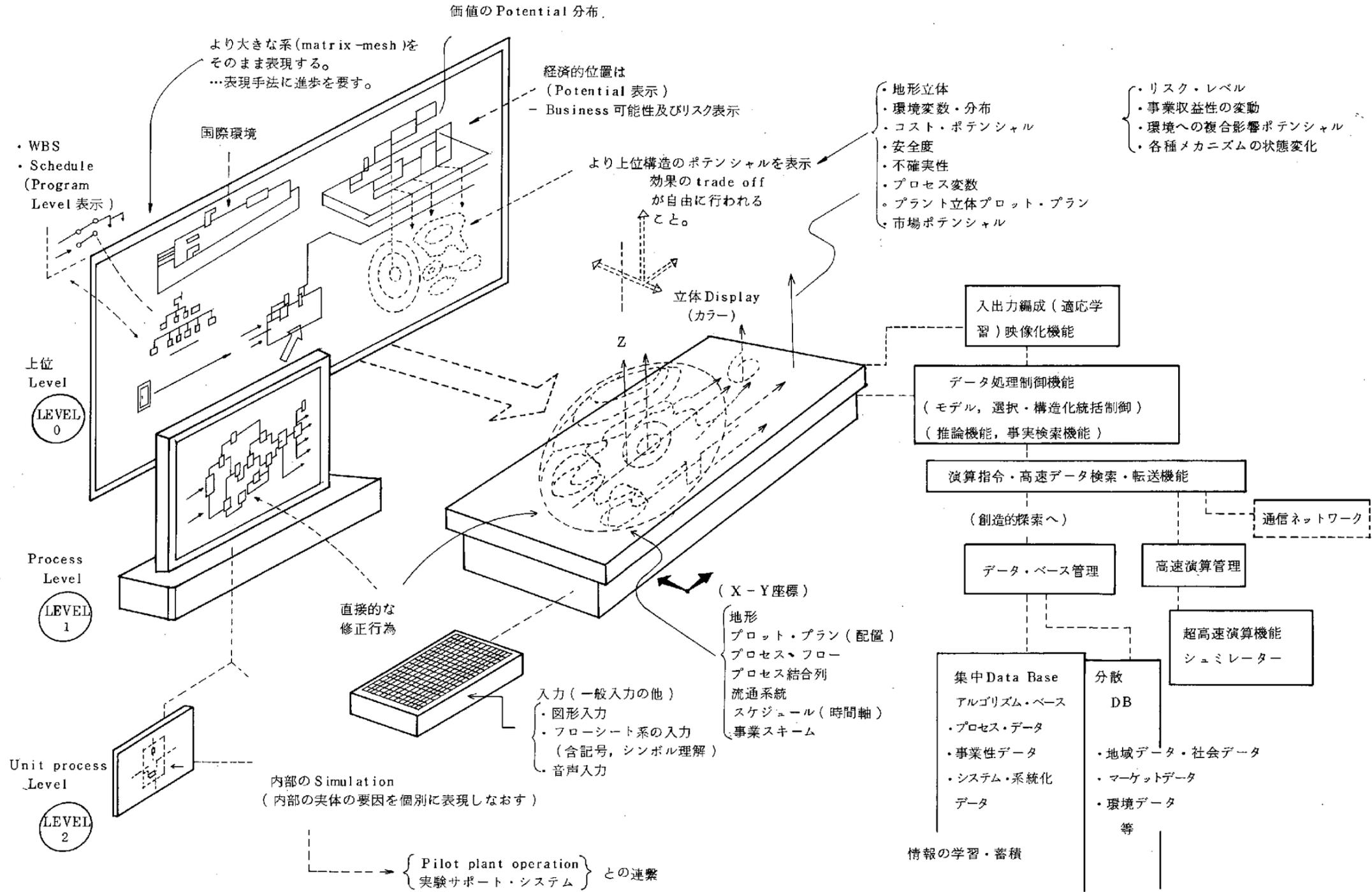
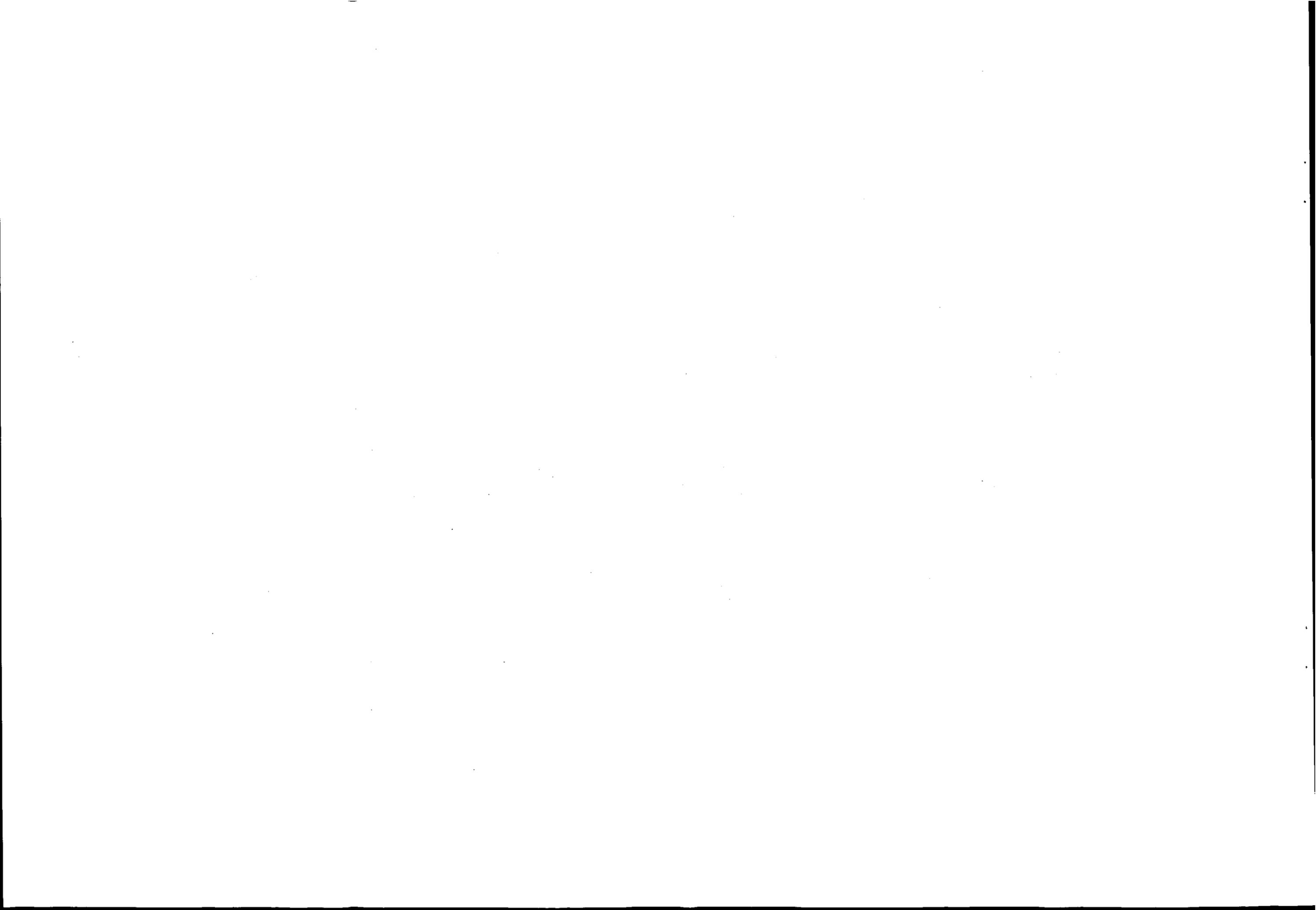


図 1.7 スーパー・エンジニアリング・システムのターゲット・イメージ



2 実験代替用シミュレータ

2.1 開発の必要性

1) 国内外において、設計開発分野で、現在の大型計算機の性能を大幅に上まわる新しい計算機の必要性が叫ばれている。これは、計算機シミュレーションにより従来の設計手法の限界を打ち破り、より高度な設計要求を満たす為である。その最も顕著な例は航空機設計に見られる。

2) 航空機の開発において、最適な機体形状を決定するには大量の風洞試験（風試）が必要である。近年、高性能化、省エネルギー化の要請が増々強まり、風試内容とその精度への要求も厳しさを加えている。（表2.1参照）しかし、風試には従来から、

イ. 模型支持具・風洞壁等の干渉、流れの非一様性、計測機器の分解能、制限等による高精度データ取得の困難性

ロ. 精密模型製作のむづかしさによるコスト、期間及び設計変更への対処の困難性等の問題が存在する。加えて、近年航空機の高速度・大型化が目覚しく、このような航空機の空力特性を小さな模型の風試データから推定することが、本質的に困難になってきた。

表 2.1 航空機開発に要す風試時間の動向

機 種	初 飛 行	風 試 時 間
C-141	1963	5,400時間
L-1011	1968	25,000 "
スペースシャトル	1980	45,000 "

3) このような状況に対し、計算機を用い、物体まわりの流体運動を支配する Navier-Stokes 方程式を解くことで、上記の問題を解決し、より高度な設計を行なうという計算機風洞の考えが出現した。（図2.1参照）

しかるに、同方程式を実際の三次元航空機形状に対し現実的な時間内で解き、風洞試験同様に実際設計の Tool として用いるには、現在の汎用コンピュータの性能（10 MFLOPS）をはるかに超えた $10^3 \sim 10^6$ MFLOPS 程度のコンピュータが必要である。（図2.2参照）

この為、NASAでは1980年代中期を目指し、1000～2000 MFLOPS 程度の性能を持ったコンピュータを開発中である。（NASFプロジェクト…… Numerical Aerodynamics Simulation Facility）

4) このようなコンピュータが出現すると、計算機風洞のみならず、航空、造船、電気、電子、建築、土木、原子力等のあらゆる技術分野で設計・解析技術の高度化が促進される。

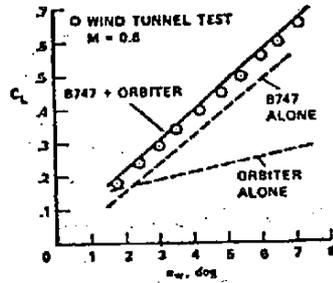
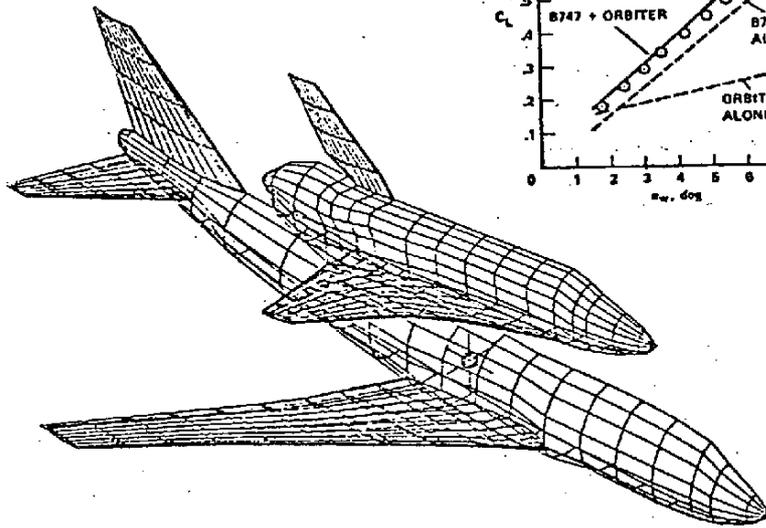
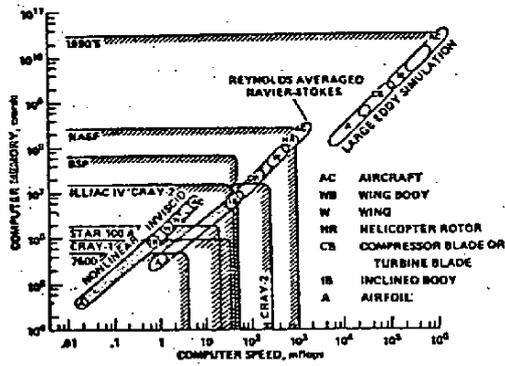


図 2.1 計算機による解析例



STAGE	COMPUTED RESULTS
I LINEARIZED INVISCID	<ul style="list-style-type: none"> • PRESSURE DISTRIBUTION • VORTEX DRAG • SUPERSONIC WAVE DRAG
II NONLINEAR INVISCID	ABOVE PLUS: <ul style="list-style-type: none"> • TRANSONIC FLOW • HYPERSONIC FLOW
III NAVIER-STOKES RE-AVERAGED MODEL TURBULENCE	ABOVE PLUS: <ul style="list-style-type: none"> • SEPARATED FLOW • TOTAL DRAG • PERFORMANCE • BUFFETING
IV LARGE EDDY SIMULATION MODEL SUBGRID- SCALE TURBULENCE	ABOVE PLUS: <ul style="list-style-type: none"> • AERODYNAMIC NOISE

図 2.2 計算機風洞実現に必要な計算機の能力

例えば航空機、船舶等の全機構造解析、破壊解析も日常設計過程で可能となり、省資源設計、安全設計に大きな進歩が期待されている。

今後このような超高速コンピュータを利用したシミュレーションのニーズは、技術の進歩と社会生活の複雑化にともない増大するが、CAEにおける代表的アプリケーション分野としては次のようなものである。

- (a) 設計・解析システム用シミュレーション：各種の機器やシステムを設計したり、未知現象を解析する場合、対象をコンピュータでシミュレートして設計・解析を支援する。
- (b) 大規模実験設備に代るシミュレーション：風洞、水槽等。
- (c) 組込み型シミュレーション：実際の機器システムにその一部分として組込みリアルタイムでシミュレートする。

超高速コンピュータを潤沢に利用してこのようなシミュレーションを豊富に実現できるならば、これは付加価値の高い高度で創造的工業製品を産み出す技術力の発展を意味し、工業立国に資する所大であろう。しかしこのようなコンピュータを開発するためには種々の高度な技術開発を必要とするため民間先導型では困難であるので国家プロジェクトとして開発することが必要と考えられる。

風試の目的は、実機の自由飛行状態の空力特性を模型試験から推定することである。この為に風試では、マッハ数とレイノルズ数を実機にあわせる必要がある。前者は空気の圧縮性を、後者は粘性の影響を正しくシミュレートする為である。模型の大きさに関係しないマッハ数は容易にあわせられるが、レイノルズ数は模型の大きさや飛行速度に比例する為、従来より完全にあわせることは困難であった。航空機の高速化・大型化にともない、風試レイノルズ数($< 10^6$)と実機のそれ($10^7 \sim 10^8$)はどんどん離れていく傾向にあり、風試データから実機空力特性を精度良く推定することが増々困難になっている。(図2.3参照)

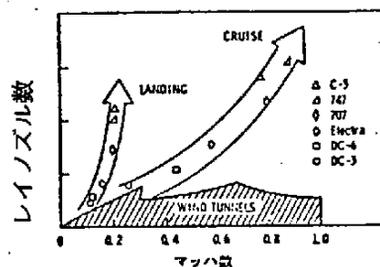


図 2.3 実機飛行領域と風洞実現領域

2.2 開発の内容

システム構成の概念図を図 2.4 に示す。本システムの特徴は次の通りである。

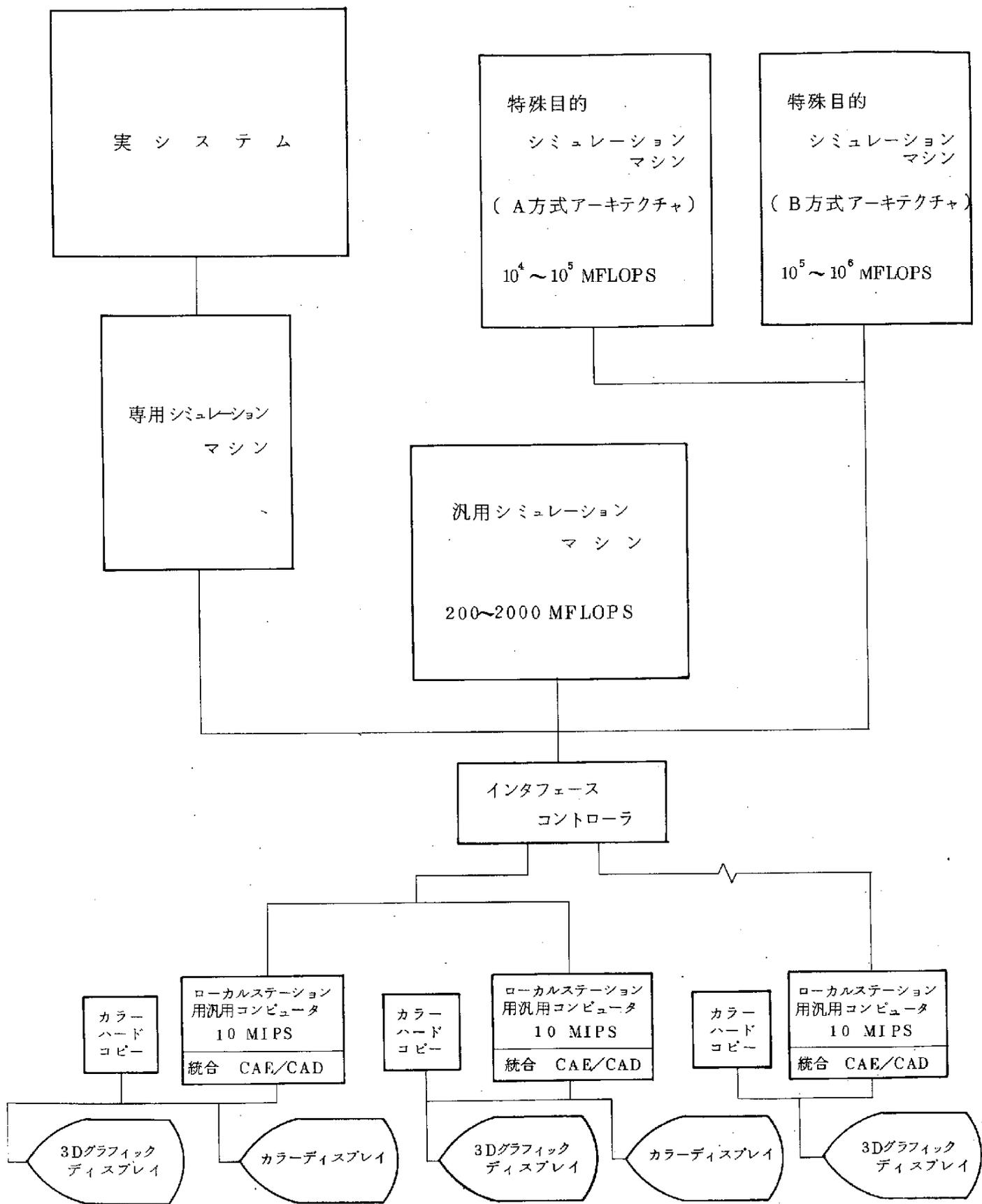


図 2.4 シミュレーションシステム概念図

(1) 超高速処理

広範囲の適性に欠ける点が認められるかも知れないが、限定した問題対応に超高速処理を目的とした専用アーキテクチャによる特殊目的コンピュータを設置してこれを統合化された CAE/CAD システムと結合する。処理能力としては $10^5 \sim 10^6$ MFLOPS を期待する。

(2) 汎用性・適応性

今後超高速処理を要する問題は、必ずしも連立偏微分方程式の数値求解に帰せられるものに限られるわけではなく、ますます多様化することが考えられ、並列処理方式のコンピュータのみでは並列処理用アルゴリズムや並列処理用ソフトウェアの開発上から限界があると思われる。そこでどうしてもプロセッサ単体の基本性能の向上が不可欠となり、アプリケーション多様化への適応が可能な、ユニプロセッサを基本として並列処理で補強した汎用高速シミュレーションマシン（科学技術計算用汎用マシンと言ってもよい）が必要になる。このコンピュータの処理速度として 200 ~ 2000 MFLOPS 程度も期待したい。（プロセッサエレメントで 200 MFLOPS）

(3) 操作性

このコンピュータシステムは設計・解析作業の日常的 Tool として使えることを重視したい。シミュレーションに必要な数値データ、形状データは統合化された CAE システムのコンポーネントである汎用コンピュータに格納されている。従って汎用コンピュータとの高性能インタフェースが必要である。また大型シミュレーションには多量の入出力データが付随する。これらのデータを効率良く処理するマンマシンシステムが必要で、3次元立体表示器、高性能3次元ディスプレイ、カラーディスプレイ、カラーハードコピー器等を使用したい。

(4) 経済的

技術開発における経済性は非常に重要な問題であって経済性を無視して技術開発計画を実施することは不可能である。技術開発におけるコンピュータの役割が今後ますます大きくなるにしたがいコンピュータ使用コストが問題になるだろう。現在使用されている多量生産型の汎用大型機の性能/価格比はコンピュータを本格的にエンジニアリングに使用することを考えると極めて高いと言わざるを得ず、この高価格がエンジニアリングにおけるコンピュータの位置をまだ強固なものにしている大きな理由の一つになっている。超高速コンピュータの場合、そのアーキテクチャーが特殊なものになれば多様な問題に対する適応性が狭められ使いにくいものとなって使用台数がわずかになり、製造コストの低下は望めそうもない。これでは第5世代コンピュータとして期待したものとは言えない。したがって、性能/価格比を大幅に改善する技術開発（例えば基本的機能であるユニプロセッサで年率 30% 以上、10年で20倍以上）を是非期待したい。

2.3 期待される効果

これ迄不可能であった大規模計算が可能となる。これは先づ航空機等の技術先導産業の技術力

を大幅に向上させ、次いで、技術波及効果による汎用コンピュータの価格性能比の向上を伴い、他産業へ広汎な波及効果を及ぼすものと考えられる。

期待される具体的効果の若干例を記す。

(1) 航空機産業

(イ) 空力設計技術の向上

設計が、精度向上と所要時間短縮に限界のある風試にのみ頼るならば、その限界内での設計しかできない。計算機風洞の実現がその限界を打ち破り、更に高性能で省エネルギーな航空機を短期間で開発可能としよう。

(ロ) 最適設計技術の向上

設計対象と評価関数を計算機内に定義し、評価関数を最大にする設計パラメータを自働探索させることが可能となる。これにより、

- 最適翼型設計
- 最適構造様式決定
- 複合材料の最適レイアウト (Tailoring)
- 最適航空機形状の探索

等が可能となる。

その他、損傷許容設計の向上による安全性の向上、精緻な構造解析の広汎な適用による軽量化・省資源化の促進等が期待される。

2.4 当該システムの内外の開発状況

1) 図 2.5 に、コンピュータ性能の動向を示す。

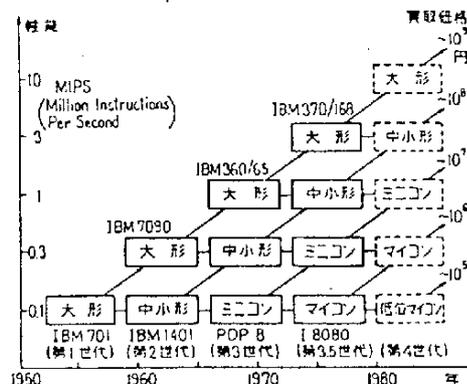


図 2.5 コンピュータの性能動向

現存する最も高速なコンピュータは米国 CRC 社の CRAY-I であり、約 140 MFLOPS の性能を持つ商用機である。

2) NASA は、1980 年代中期を目標に計算機風洞の開発プロジェクトを進行中である (NASF プロジェクト …… Numerical Aerodynamics Simulation Facility)。本プロジェクトには CDC 社と Burroughs 社の 2 社がプロポーザルを提出している。CDC 社はパイプラインプロセッサを 8 台並列させ 1910 MFLOPS を出す案を提案し、Burroughs 社は 512 台のプロセッサを並列させ 1700 MFLOPS を出す案を提案している。(図 2.6)

尚、我国では通産省工業技術院が昭和 56 年度の大型プロジェクト・テーマとして 1,000 ~ 10,000 MFLOPS の性能を持つコンピュータを 8 年後に開発する計画である。

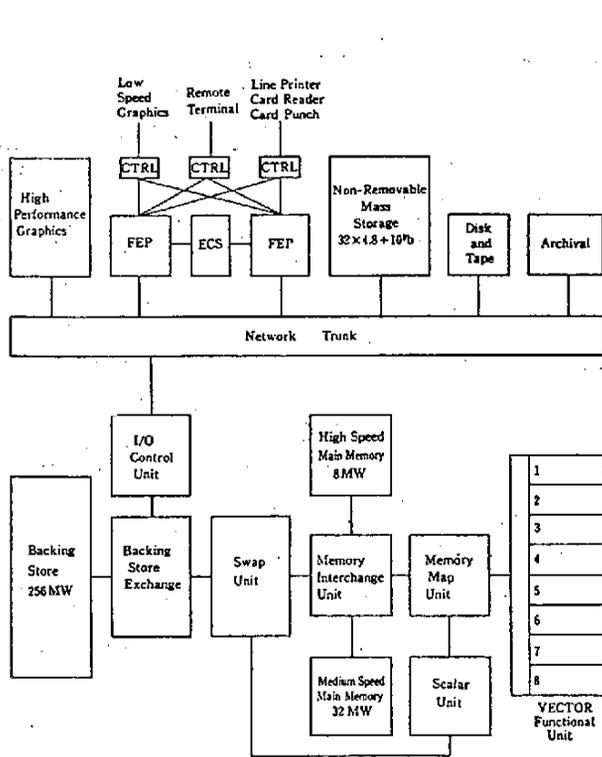


図 2.6(a) CDC 提案 NASF

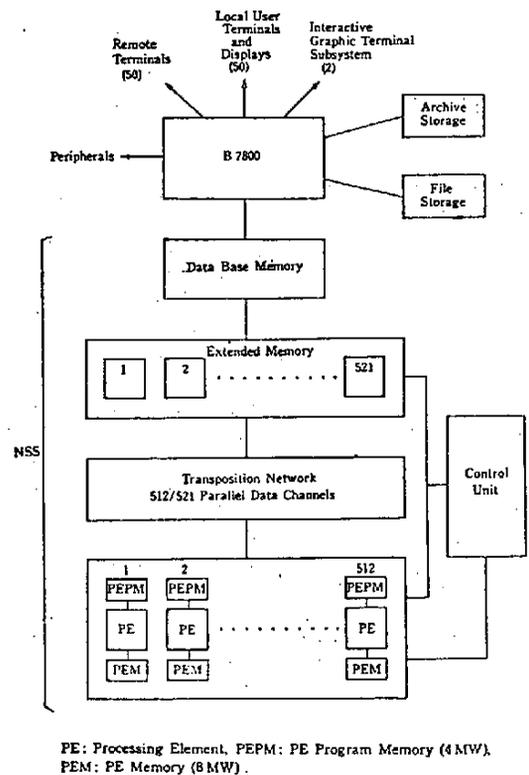


図 2.6(b) Burroughs 提案 NASF

3. 多国語ドキュメント作成自動化システム

3.1 概要

エンジニアリングのプロダクトは図面と仕様書であると云われる。エンジニアリングは知的集約が云われている一方でこの図面や仕様書を含めるドキュメントの作成に膨大な労力を費しており、その面から見れば労働集約であると云えよう。

図面は CAD が進歩し、今後も開発、改良が加えられることによって効率化されることが期待されるが、ドキュメント作成はあまり注目されていない。

現在ワード・プロセッサが普及しつつあり、ドキュメント作成の役に立っているが、事務を主体に開発されていてエンジニアリングで必要とする機能はあまり考慮されていない。現在の利用形態はコンピュータとは連動させずに修正、編集できる高機能タイプライターとして用いられている。

一方エンジニアリングで用いるドキュメントの種類を上げると以下に列記するように種類が多い。

- ① レター
- ② 応札書
- ③ 仕様書
- ④ 報告書
- ⑤ 取扱い説明書
- ⑥ 保守要領書
- ⑦ 輸送文書

これらのほとんどは客先に提出するものでビジネスの競争上、体裁、美しさも重要視される。

取扱い説明書や保守要領書等は、理解しやすくするために白黒では不十分で、カラー表示する必要がある。

ドキュメントは文章のみではなく、グラフ、図形及び、写真等を合成したものである。国内で用いるドキュメントは日本語が必要であるが、更に海外市場でビジネスを展開する宿命にあり、外国語を取り扱うことをさけて通ることはできない。

3.2 現在の状況

現在のドキュメント作成工程は、図 3.1 に示すように、非常に多くの工程や機械を経なければならぬ。この中で現在のワード・プロセッサはタイプライターに位置するものであって文章の作成編集及び、簡単な作表を行うことができる。

文章はタイプライター又はワード・プロセッサで作成し、図や写真を重ね貼りしてマイクロ

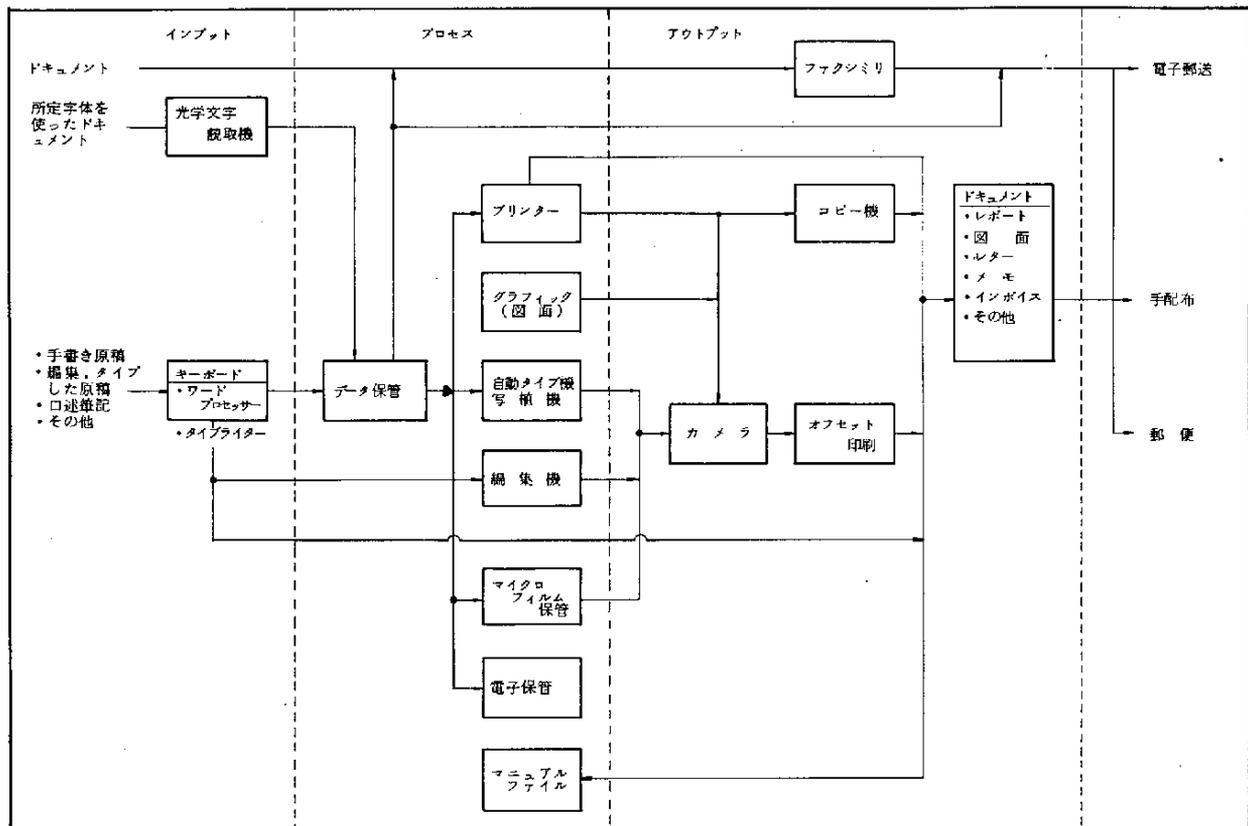


図 3.1 現状のドキュメント作成工程

フィルムにとり、コピーするなりオフセット印刷機で作成する。

ワード・プロセッサの出力装置として、タイプライター及びシリアルプリンターが一般に用いられているが、ドット・マトリックス方式のシリアルプリンターは美しさに欠ける。又、文字の大きさや字体を任意に選べるようにするためには、写真植字原理の光学式構成機を用いている。美しさでは、現状、光学式がもっとも優れている。

3.3 システムの構成

ドキュメントは、エンジニアリングのプロセスの最終結果であって、エンジニアリング全体の過程を考えずに成立することはできない。従って図 3.2 に示すように、国際通信ネットワークで接続されかつ、超高速、大容量のデータ・ベースを持つコンピュータセンター、ローカル・コンピュータ等、ハイアラキーに構成されたシステムである。

一方、プロジェクト・マネジメントやエンジニアリングの側から見たときドキュメント作成機は万能型ターミナルとして期待される。更にドキュメント作成機はシステムの信頼性及び処理コストを低減するために大規模演算はできなくても単独機として利用できることが望ましい。

(1) エンジニアリング・データ・ベース

エンジニアリング・データ・ベースは図 3.3 に示すように、国際情報、プロジェクト・マネジメントにおける情報、設計製造 (CAD/CAM) およびエンジニアリングにおけるシミュレーション結果等、複合する全ての情報を収集し、保持する。エンジニアリング・データ・ベースに保有するデータは以下に列記するように多形態情報である。

- 国際情報 — 多国語情報
- プロジェクト・マネジメント — 多国語情報、グラフ、写真等
- エンジニアリング・解析・シミュレーション — 数値データ
- 研究開発 — アナログ・データ
- 設計、製造 (CAD/CAM) — 図形

ドキュメント・作成機は、既存の情報やマニュアルで作成された情報をエンジニアリング・データ・ベースへ入力する装置であると同時にエンジニアリング・データ・ベースを検索して、ドキュメントを作成する端末機として位置づけられる。

(2) データ・ベースとメディア

図 3.4 に示すようにデータ・ベースは典型的にセンター、ローカル、パーソナルの 3 階層で、ハイアラキーに構成する。センター・データ・ベースは社会全般にまたがる情報を、ローカル・データ・ベースは各企業内の情報を、パーソナル・データ・ベースは個人又は一つのオフィスでの情報をそれぞれ保持する。ハイアラキー・データ・ベースと通信速度は近い関係の方が当然、頻度及びデータ伝送量が多くなる。従って、それぞれの間で要求される伝送速度を以下に列記する。

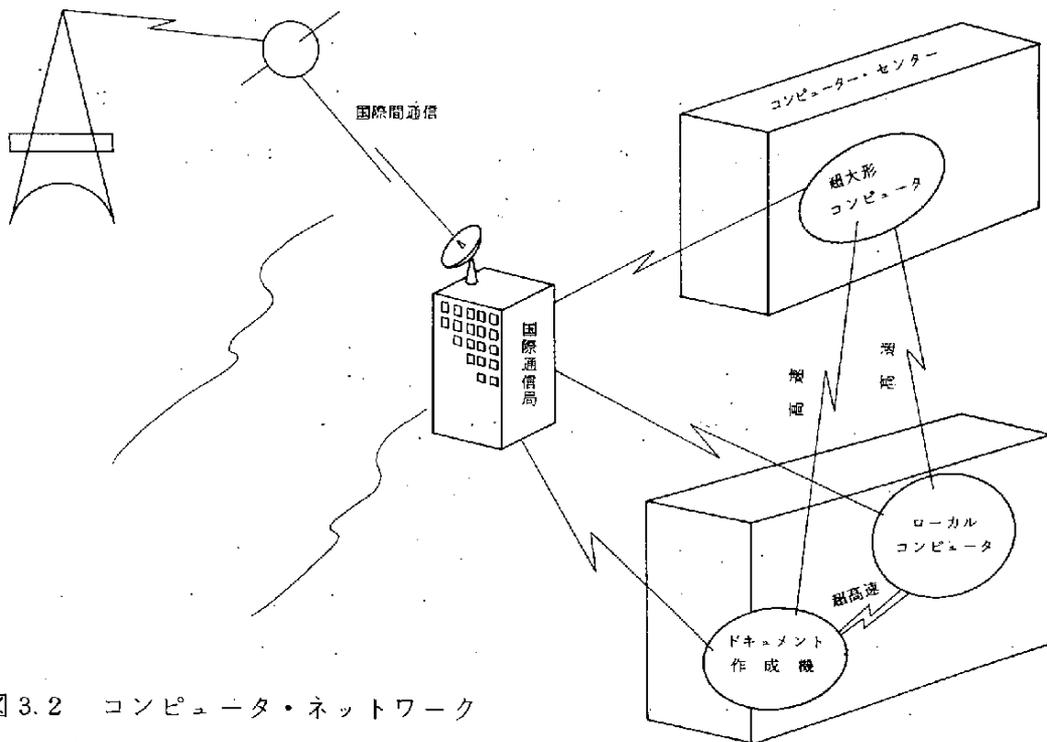


図 3.2 コンピュータ・ネットワーク

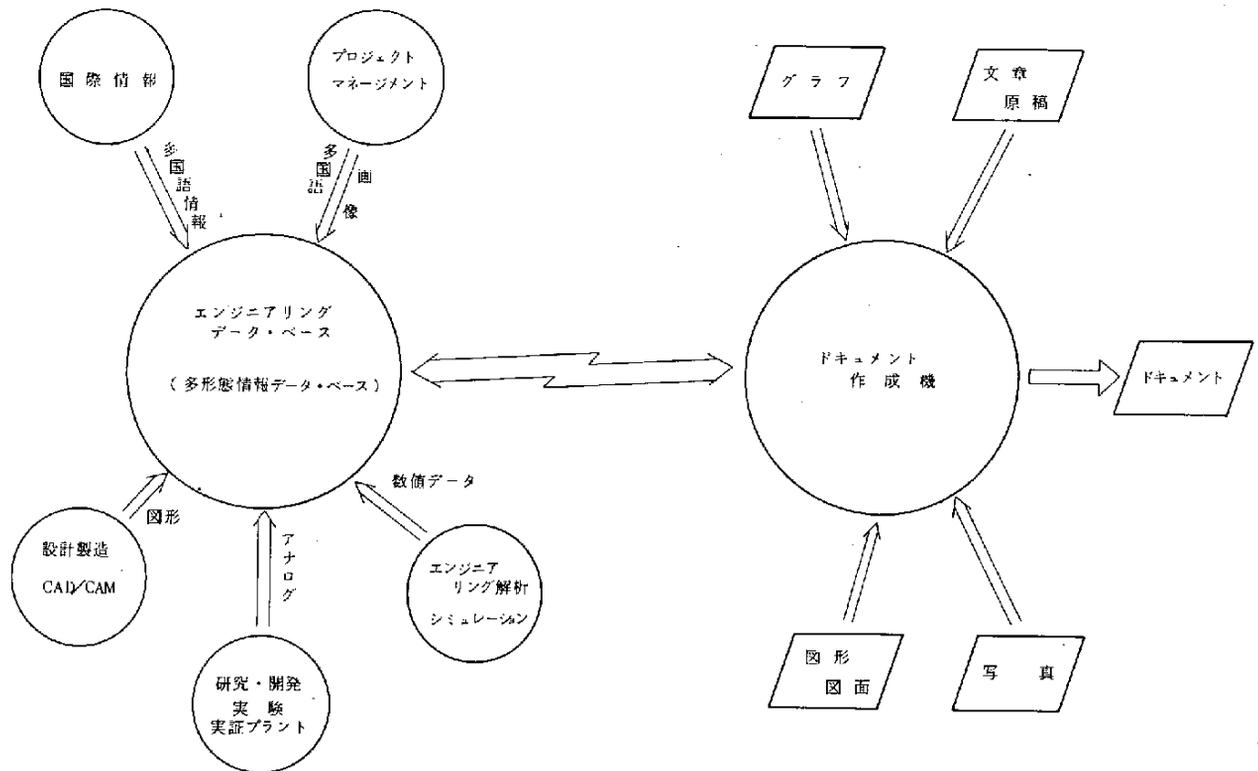


図 3.3 エンジニアリング・データ・ベースとドキュメント作成機

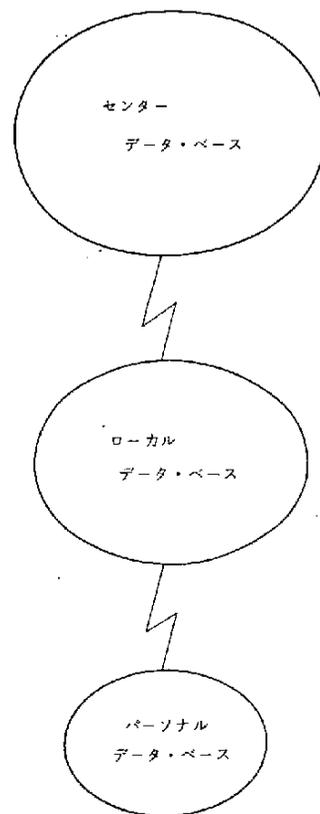


図 3.4 ハイアララー・データ・ベース

・構内回線

端末機 — ローカル・コンピュータ 10メガ・ビット/秒以上

・構外回線

ローカル・コンピュータ — センターコンピュータ 1メガ・ビット/秒以上

端末機 — センターコンピュータ 1メガ・ビット/秒以上

センター, ローカル, パーソナル・データ・ベースのメディア

(媒体)には, それぞれ下記の事項が要求される。

1) センター・データ・ベース

例えば, 画像(イメージ)・データの情報は膨大で, カラー写真は情報量が非常に多い。(10,000×10,000ドット, 32レベルの3色カラーで一枚のカラー写真の情報をデジタル化すると, 約10メガバイトの情報量となる)。この様に, センター・データ・ベースには膨大な情報量を超高速でアクセスできるメディアが必要となる。

2) ローカル・データ・ベース

ローカル・データ・ベースは内容的にセンター・データ・ベースとまったく同じである。但し, 前述したように情報の位置付けが異なるだけである。

センター及びローカル・データ・ベースにおいて, 画像や音声, マイクロ, フィルム等のアナログ情報をそのままの形で保有するか, デジタルに変換して保有するか問題である。デジタルに変換すれば取扱いが容易になる反面, 情報密度を低下させることになる。一方そのまま保有すれば, 検索系等の難しさが出てくる。パーソナル・データ・ベースについては, ドキュメント作成機の項で述べる。

3.4 多国語ドキュメント作成機

前述したように現在ドキュメント作成に用いている装置は個別に離散していて, 数多くのプロセスを経なければならない。まずこれらの処理装置をまとめてドキュメント作成機, 又はドキュメント作成端末機として構成し処理プロセスを短縮する。(図3.5参照)

更にシステムの構成で述べたように通信回線によってコンピュータ・システムと連結し, エンジニアリングやプロジェクト・マネージメントのための万能型端末機としての役割りもはたす。ドキュメント作成機の基本的要求事項を以下に列記する。

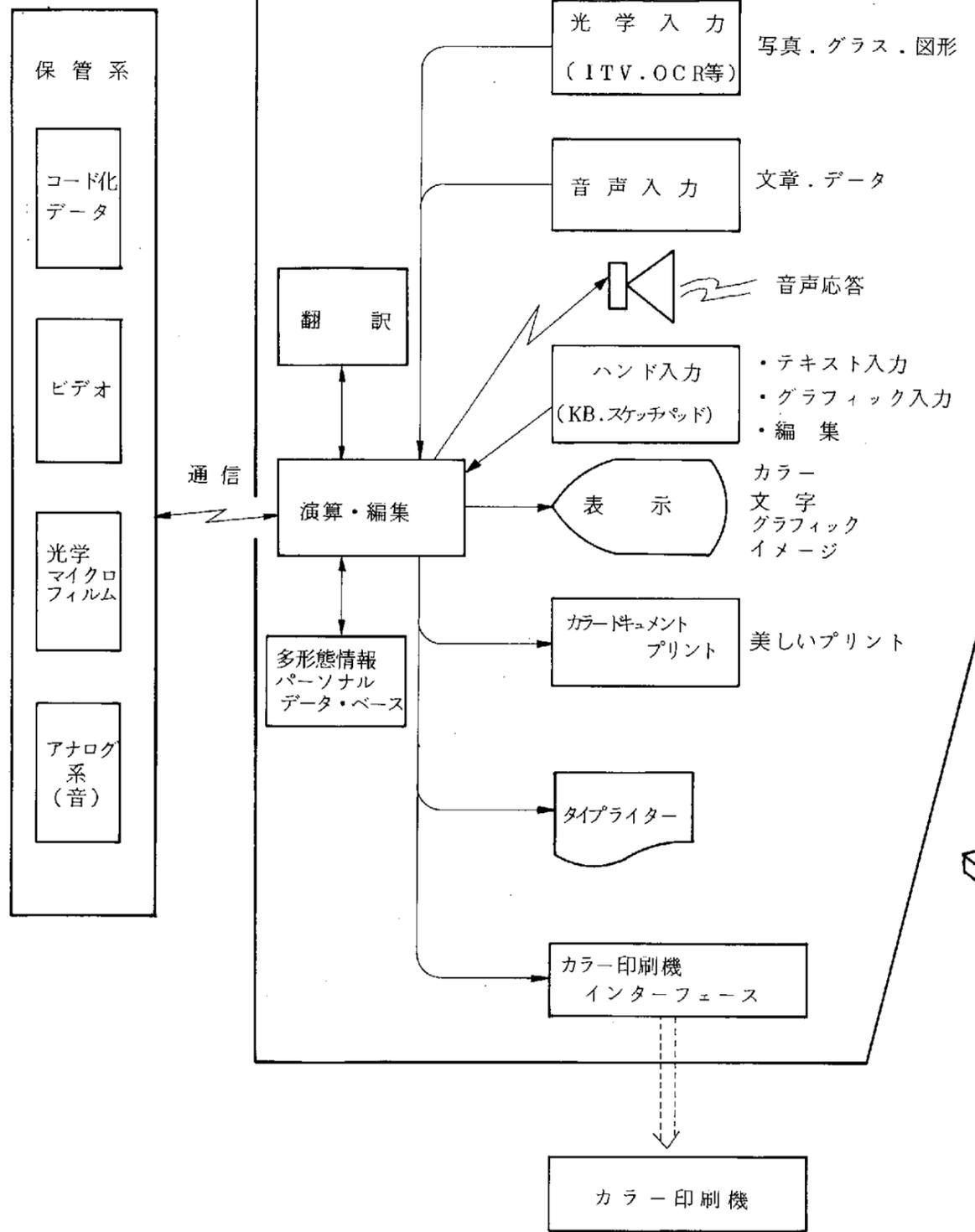
① 使いやすさ

設計者またはセクレタリーがこの端末機に向って作業をすることが前提で, そのためドキュメント作成機又は端末機に関する専門的知識がなくても誰でも使えること。

② 美しい出力

従来のコンピュータ出力はわかれば十分であると考えられて来た。こゝでの要求は, もっと品

多形態情報
データ・ベース



外観図(参考)

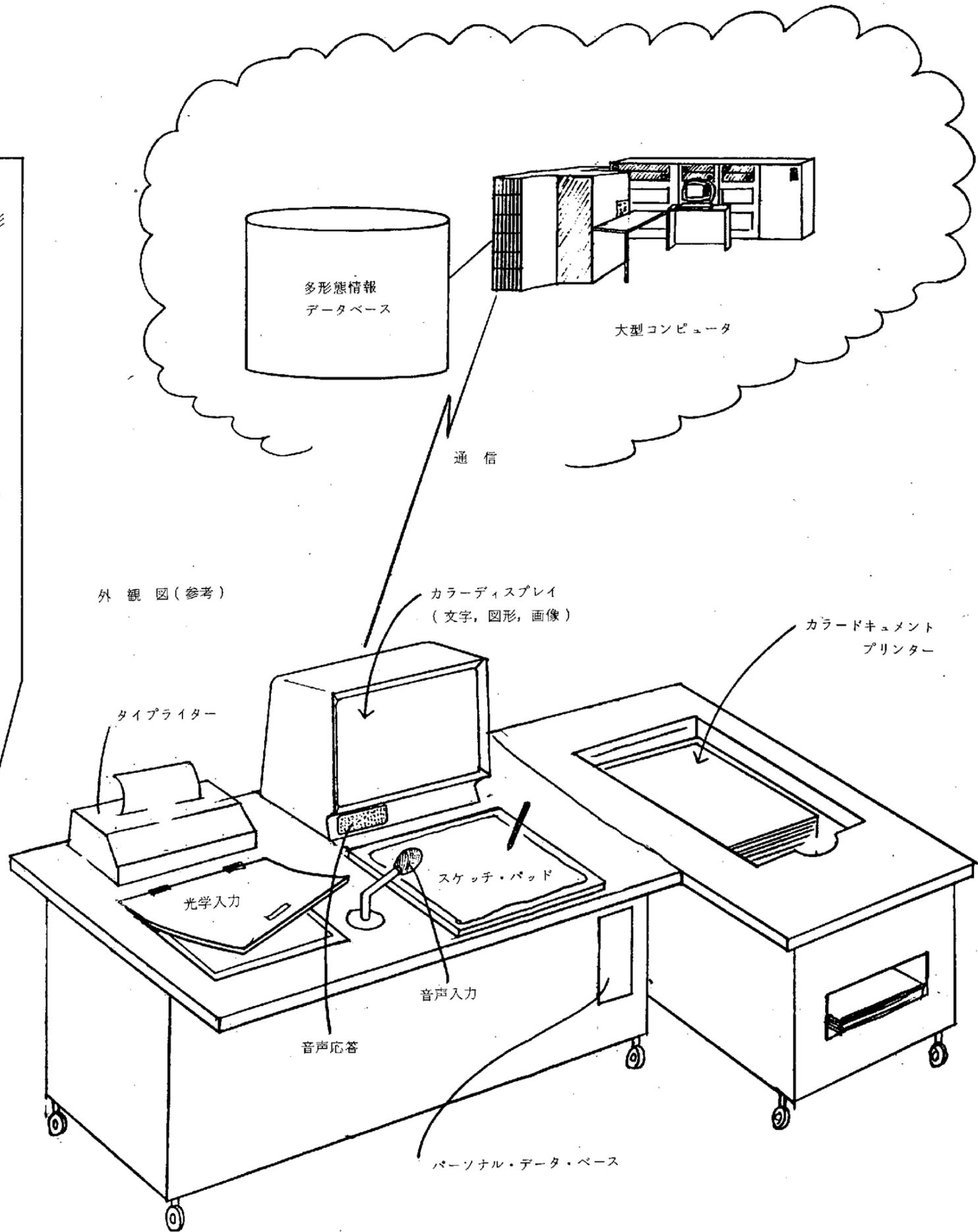
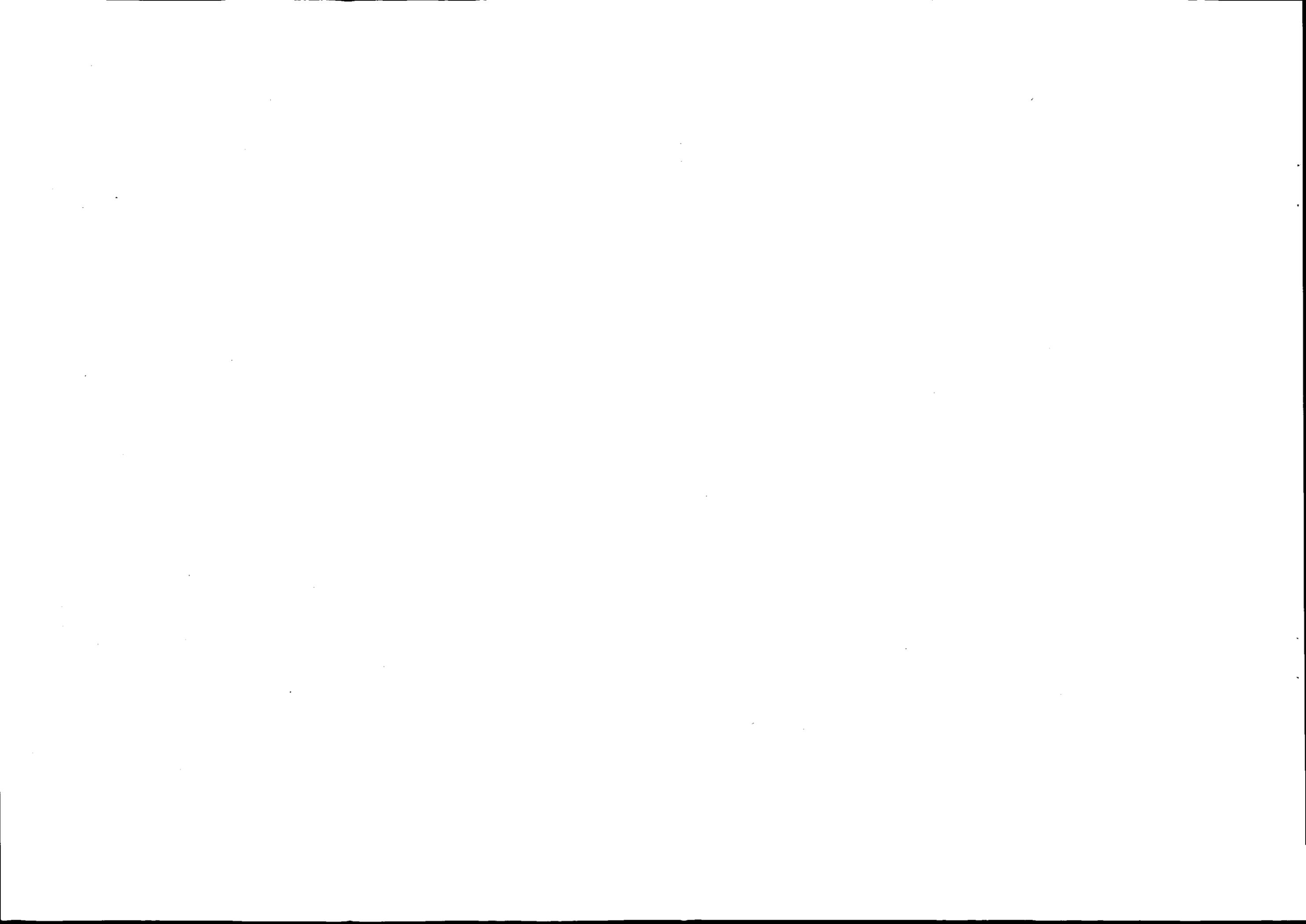


図 3.5 多言語ドキュメント作成機の構成



位のある美しいドキュメントが必要である。

③ 遅れのない応答

従来、応答時間の問題は作業効率として考えられて来た。従って「早い応答」と云う言葉が用いられて来た。しかし、応答遅れは効率はもちろんのこと利用者の心理的いらいらの最大原因でむしろ使いやすさとして取扱うべきであろう。人が遅れを感じない時間とは単純作業で 10ms 以下、処理を伴って 100ms 以下である。

④ 用途に応じた任意な構成

装置の構成要素を独立したコンポーネント化にして、用途に応じて任意に構成できる。これは使いやすさと同時に次のローコスト化にもつながる。

⑤ ローコスト

フル構成で現在のワード・プロセッサ程度（500万円～1000万円）であること。

(1) 入力系

① 手入力

専門職のタイピストはやはりキーボードが最も効率的である。従って常識的ではあるがキーボードの存在を無視できない。

1つのデバイスで多国語及び図形等を柔軟に取扱える道具が望ましい。従って現在であればスケッチ・パッドのような道具で用途や取扱う言語によって任意にメニューを取りかえることのできるようなものが望ましい。

② 音声入力

どこまで可能か不明であるが音声入力をもっとも理想的である。

③ 光学入力

光学入力したい対象として、文書、図形、グラフ、写真等があるが、情報内容を認識する必要のあるものと編集対象とするのみで認識の必要ないものがある。

・文書

文字を認識する必要があるが、レベル1として印字文字、レベル2として所定字体、用紙に書いた手書き文字、レベル3として自由字体、自由用紙に書いた手書き文字の順で考えられる。

・線図（グラフ、図形等）

自動的に内容認識されれば理想的であるが必ずしも必要としない。認識する必要のある情報はスケッチ・パッド等の手入力でもなんとかまかなえる。

・画像（写真等）

ドキュメント作成機としては、画像はそれほどの内容認識の必要性はない。

(2) 対話系

① 表示装置

自然色カラーの高解像度表示する。

- ・自然色とは赤，青，緑で，それぞれ32レベル以上の輝度階調
- ・解像度：たて×よこ，4000×4000ドット以上
- ・有効表示面の大きさ：たて×よこ，400mm×400mm以上
- ・文字，線図，画像が混合表示できる。
- ・拡大，縮小，移動，回転等の連続的動作ができる。

ディスプレイは，特に長時間，使っても目がつかれないことが重要である。

② 音声応答

従来，メッセージ等は文字ディスプレイで応答しているが読んで認識して対応することになり，対話がなめらかでない。やはり音声応答があれば対話性がよくなる。

(3) 出力系

① カラープリント

一般に必要とされるプリントは白黒がほとんどであるが，7色カラー，最終的に自然色カラーが望ましい。

- ・用紙の大きさ

最大A3サイズまでで良いが，A4，A3，B5，B4及び，欧米規格のレターサイズを任意に使えること。

- ・自然色カラー：各色32レベル以上の階調
- ・解像度：0.025mmドット以上
- ・コピーコスト：1枚10円以下

② タイプライター

インボイスや SHIPPING，ドキュメント等で，機械的に打ったものでないと通用しない時がある。更にドット・プリンターではだめで活字タイプが要求される。

③ 印刷機へのインターフェース

大量のドキュメントを作成するときは，印刷にたよることになる。従ってマイクロ・フィルム化等の印刷プロセスへのインターフェースを設ける。

(4) 多国語処理

① 多国語の入力，対話，出力

日本語の漢字，中国語，英語をはじめ，フランス語，ドイツ語，スペイン語，ロシア語，アラビア語等，相手国の言語及び文字を用いる必要がある。同一機械で複数の言語の入力，対話および出力できることが必要である。又表示するときは二ヶ国語以上の言語で同時表示する。

② 言語翻訳

言語の翻訳は重要である。完全なものでなくとも、下記に段階分けした翻訳支援機能でも有用である。

• レベル 1

単語の翻訳及び文法チェック

辞書がわりで単語を訳して、文法に従って並べかえる。英語に堪能な人が英語を翻訳するときは役は立たないが、例えば、まったく知らないロシア語等に遭遇したとき、大たいの意味がわかるだけでも有用である。

• レベル 2

平易な文章の翻訳

• レベル 3

ほとんどの文章を翻訳する。

• 分野別

技術文章においては専門分野によって同じ単語、同じ文章でも意味が異なる。

• 学習機能

同じ言語、同じ文章が繰り返し使われていることが多い。このとき、一度翻訳し修正したら二度目からそのように訳す。

• 類推機能

一般に文章は不完全なものが多く、前後関係や省略された語句をおぎなって翻訳する必要がある。この時類推する機能が必要となる。

(5) 演算機能

パーソナル・コンピュータとして単独で演算処理能力(1MIPS, メモリ4MB以上)を持つ。

(6) パーソナル・データベース

現在、フロッピー・ディスクがパーソナル・データベースとして用いられているが、前述したように写真等をデジタル化した時、膨大なデータ量になる。

従って、ビデオ・ディスクやレーザー・ストレージ等のメディアの開発が必要となろう。

データベースの要求事項を以下に列記する。

- ① 小型、軽量で取扱いが容易
- ② 取りはずし、保管が可能
- ③ 容量：1000MB以上
- ④ 多形態情報を格納できる
- ⑤ ローコスト：記憶媒体1個1000円以下

3.5 同時通訳機

多国語ドキュメント作成機の音声入力／応答と翻訳機能を組合せ、図 3.6 に示すようにポータブルにしたものである。必要性については論ずる必要もなく、できるかできないかである。要求事項を以下に列記する。

- ① ポータブル
- ② 多国語
- ③ 専門分野別
- ④ 学習機能：誤訳を正せば次から修正
- ⑤ 個性ある音声

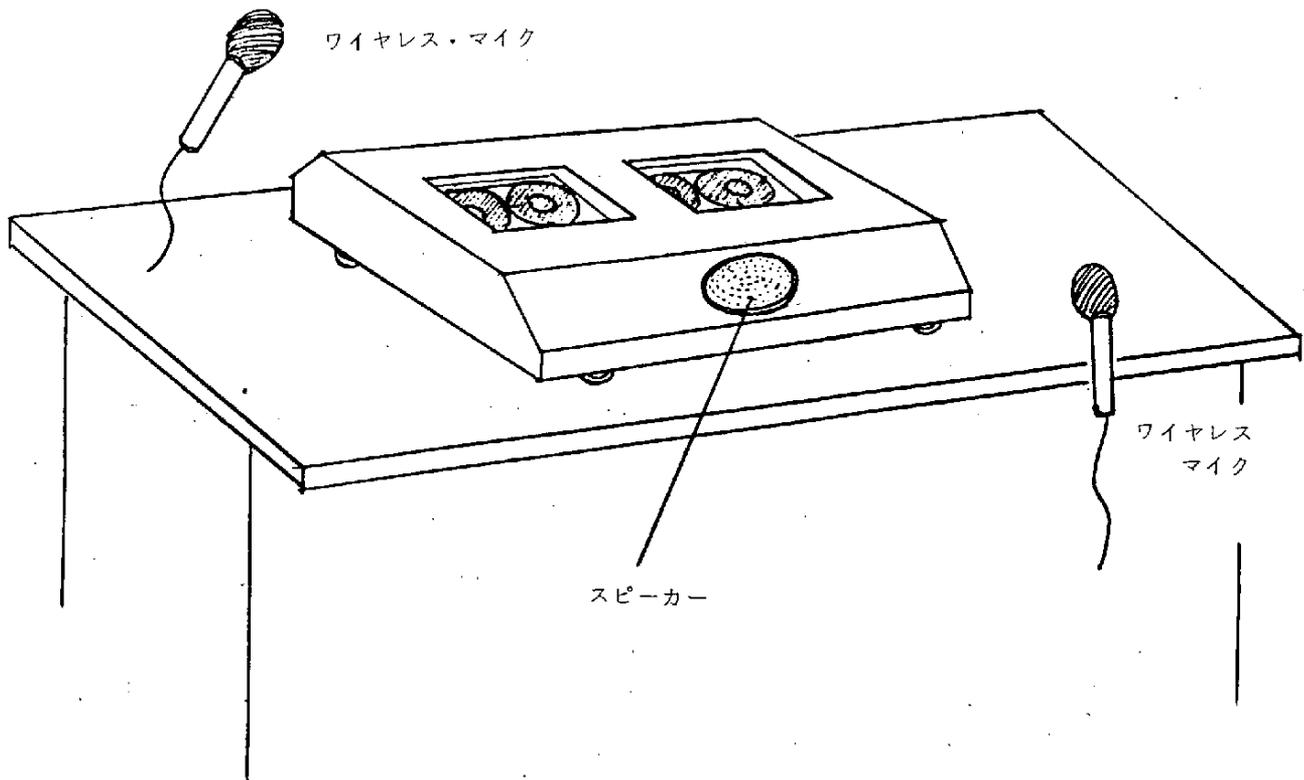
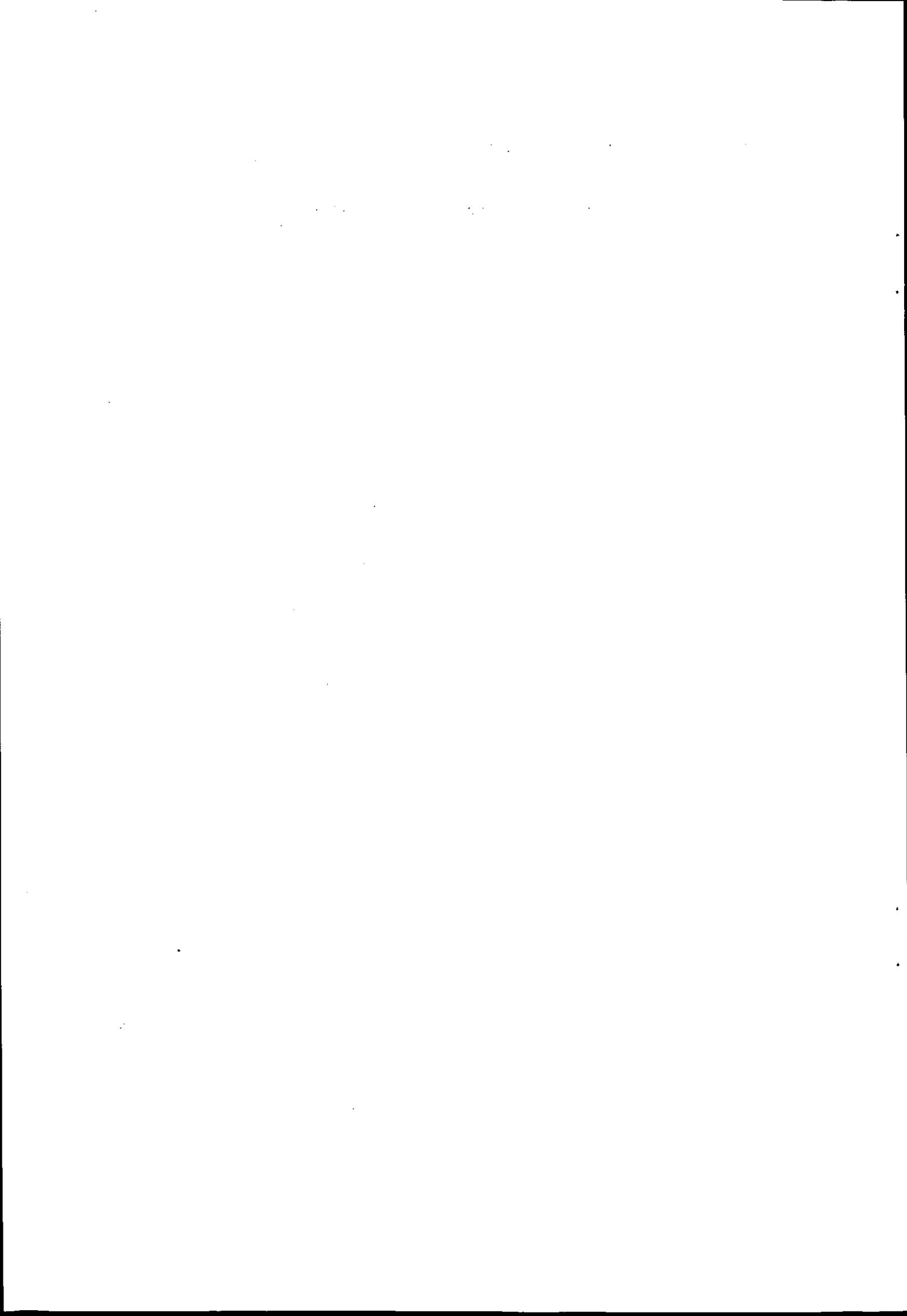
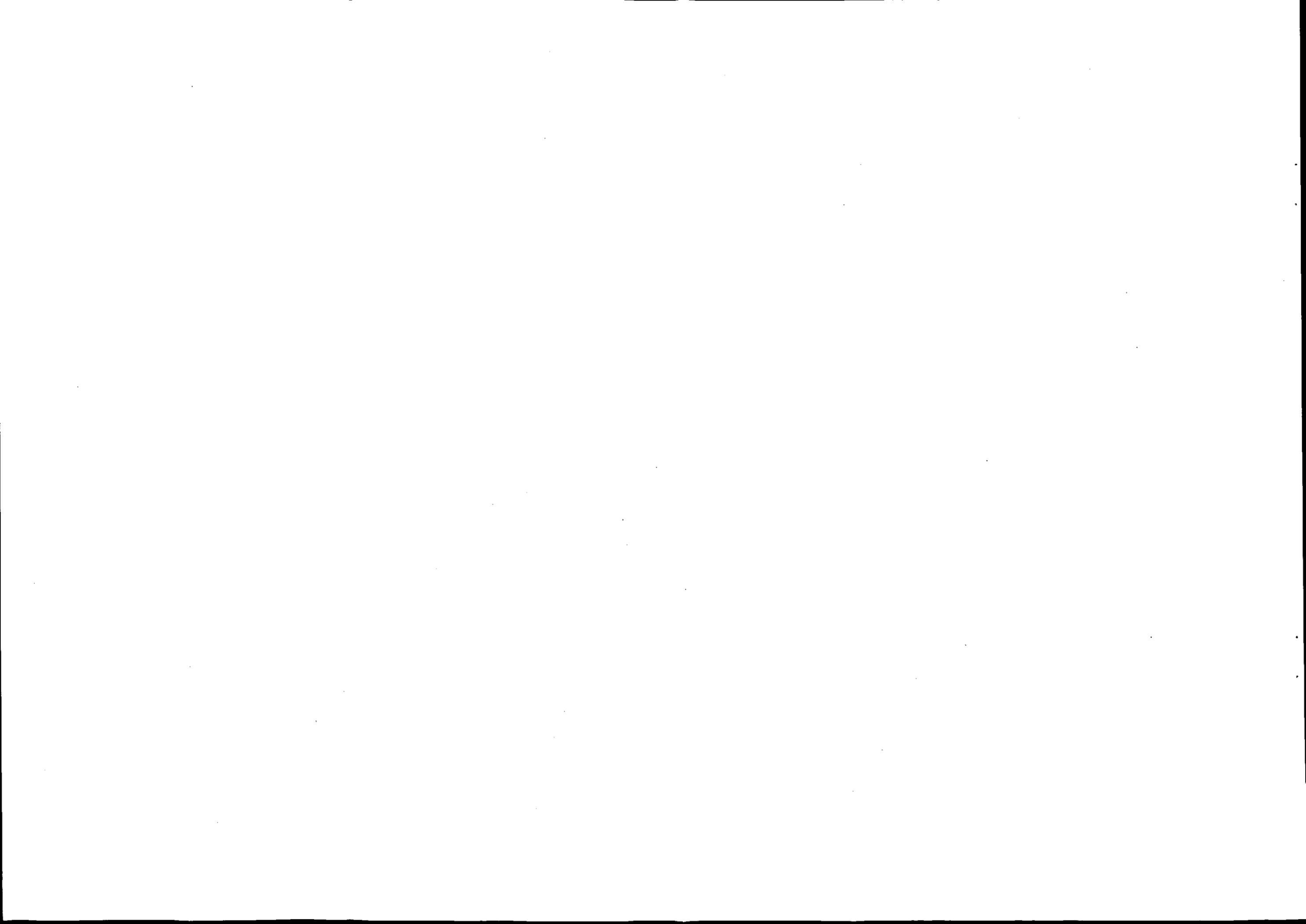


図 3.6 同時通訳機の外観

4. 検討のために作成した主な資料

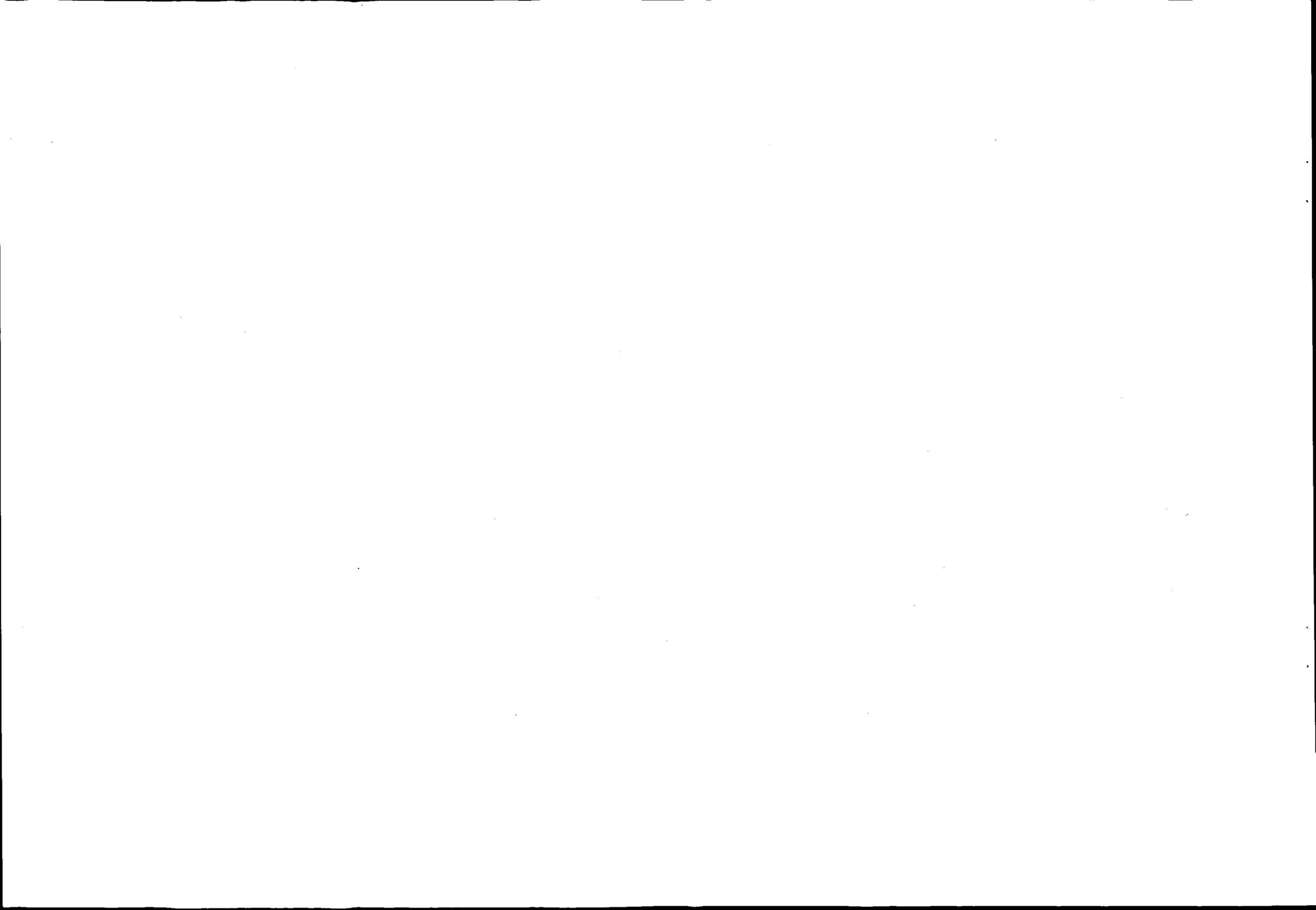
本章には、WGの活動中に配布された資料で、重要と考えられる資料を収録した。





航空機業界からの第5世代コンピュータ要求仕様 (2)

計算機を必要とする 航空機技術項目	計算機に対する要求技術項目							計算機に対する要求技術項目の注釈
	高速 演算	図形 入出力	データ ベース	図形 編集 & 文章	三次 元映像 表示装置	ア ニ メ ー シ ョ ン 表 示 装 置	面 表 示 装 置	
計算機風洞	○							<p>Navier - Stokes 方程式を実設計問題に対して解く能力。具体的には次の通り。</p> <p>計算速度 $10^3 \sim 10^6$ MFLOPS メモリー $10^2 \sim 10^5$ MWORDS (DOUBLE)</p>
シミュレーション	○					○		<p>操縦系統, 安定操縦性, 構造振動等のシミュレーションを行う。</p> <p>計算速度は計算機風洞程必要としないが, 動的問題の理解を助ける為に, アニメーション表示装置が必要。</p> <p>現在のDISPLAY装置より表示能力の大きいもの。</p> <p>$10^3 \sim 10^5$ 線分/コマの絵を滑らかに表示できる能力。</p>
FEM解析	○	○					○	<ul style="list-style-type: none"> 計算速度は計算風洞程度あれば極めて好都合。 データをグラフィック・ディスプレイを用いて図形で取り扱えることが必須。対話性を持たせる為にはリフレッシュ型ディスプレイが必須だが, 現在の装置はバッファ容量からのフリッカー現象により表示できる線分が少な過ぎ, FEM入出力装置として不適。$10^4 \sim 10^5$ の線分をフリッカー無しで表示したい。 応力状況を容易に識別する為に, カラーによる面表示装置が欲しい。
CAD/CAM		○	○	○	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 電子製図板として, 廉価なグラフィック・ディスプレイが欲しい。大きさ $1m \times 1m \times$ 数cm厚。分解能 $0.1mm$ 以下。リフレッシュ型。ライト・ペン必須。 100 ~ 200万円/台程度。 現在のモック・アップ, 各種視察模型に替るソフト模型の表示手段として, 空間内に質量感を持ったモデルを現出させる3次元映像表示装置。 曲面を実感させる面表示装置。(ラスタースキャン型ディスプレイ) 上記ハードを用いて簡単に対話型グラフィック・ソフトを開発できる開発用AIDとデータ・ベース。
プロジェクト マネジメント システム		○	○	○				<ul style="list-style-type: none"> 図, グラフ, 写真, 英文, 和文, etc が混合した現実的なドキュメントを作成する装置と, それをファイルするデータ・ベース。写真情報入力装置。 プロジェクトに関する費用, 日程, 工数, 図面, 技術情報 etc をファイルするデータ・ベース。データ間の関連はコンピュータが自動的に付け, data base administrator が不要なものが望まれる。



4.2 エンジニアリング産業関連資料

4.2.1 DREAM of ENGINEERING DATA BASE SYSTEM

Purpose

1. Include Management Capability
Project Management / Engineering
Management
2. Creative Design Engineering
Non-Repeat Design work
3. Document preparation
4. Improve International Language
Problem

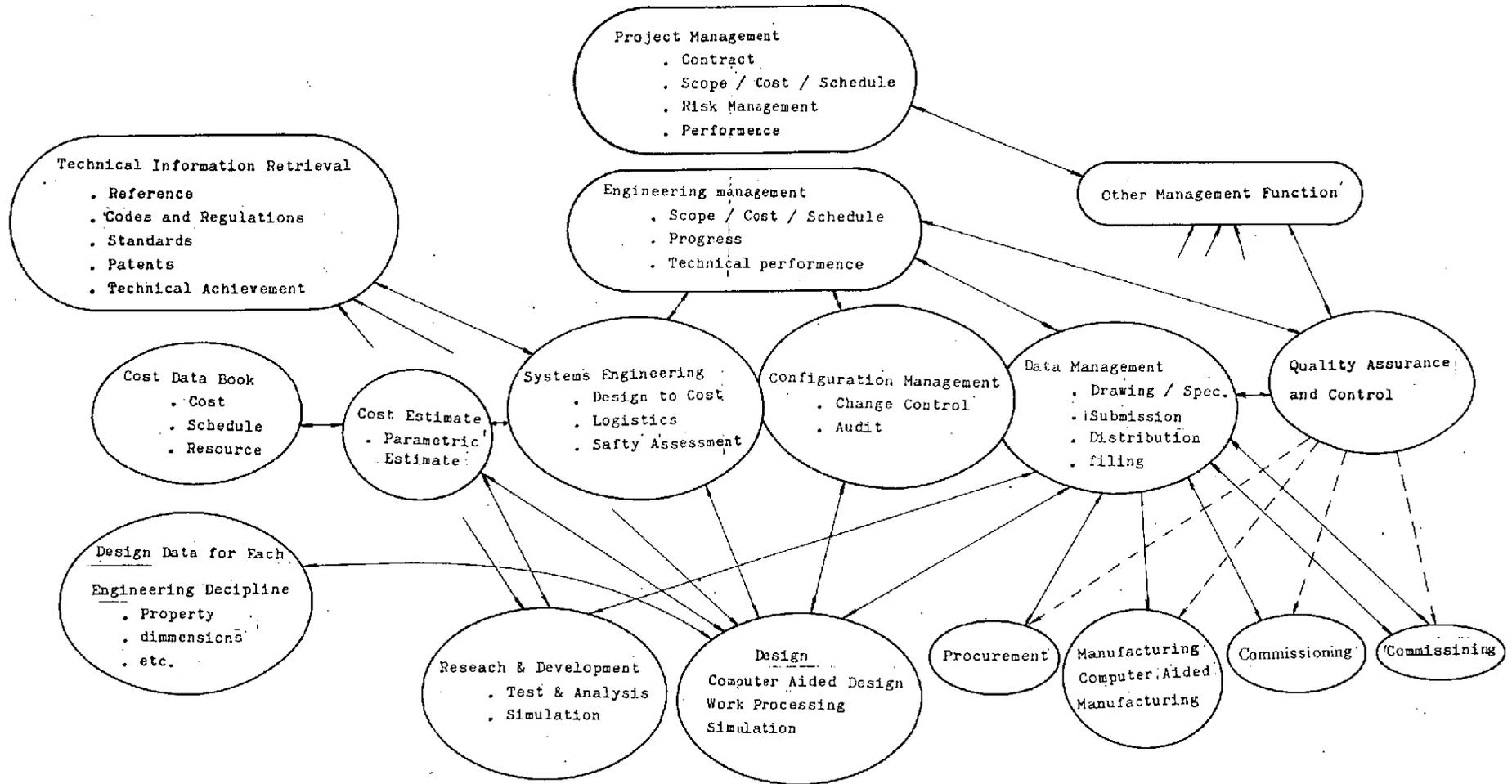
Problem

1. Variety of Information forms
Ex; Drawings, Specifications,
Pictures, films etc.
2. Discrete Technologies of Processing
Methods and Storage Medias
Ex; Digital, CAD, Photo, Copy
Printing, TV etc.
3. Lack of Tools for Engineer
Ex; Time Sharing Terminal, CAD
Devices, Plotters are still
not sufficient.

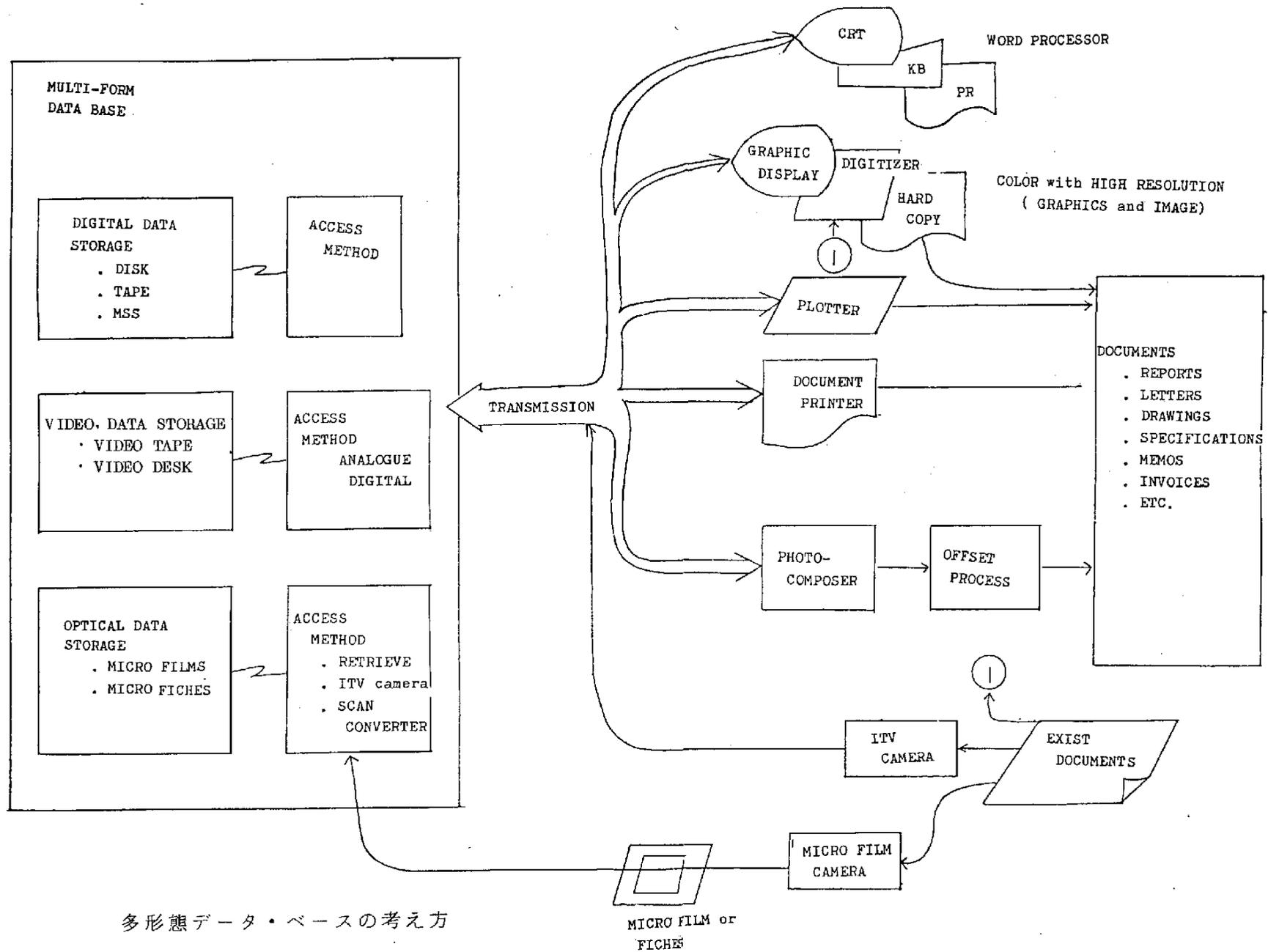
Requirements

- . Hierarchical Integrated Data Base
- . Interactive Management Information System
with Full Graphic Support
- . Cost Engineering Data Base for System Life Cycle
 - . Cost Model
 - . Simulation
 - . Evaluation
- . Multi-Form Information Data Base
 - . Storage
 - . Access Method
 - . Processing
- . Automated Document Preparation
 - . Language Translator
 - . Drawings
 - . Graphics
 - . Photo
- . Computer Aided Engineering System

Support ←-----→ Project

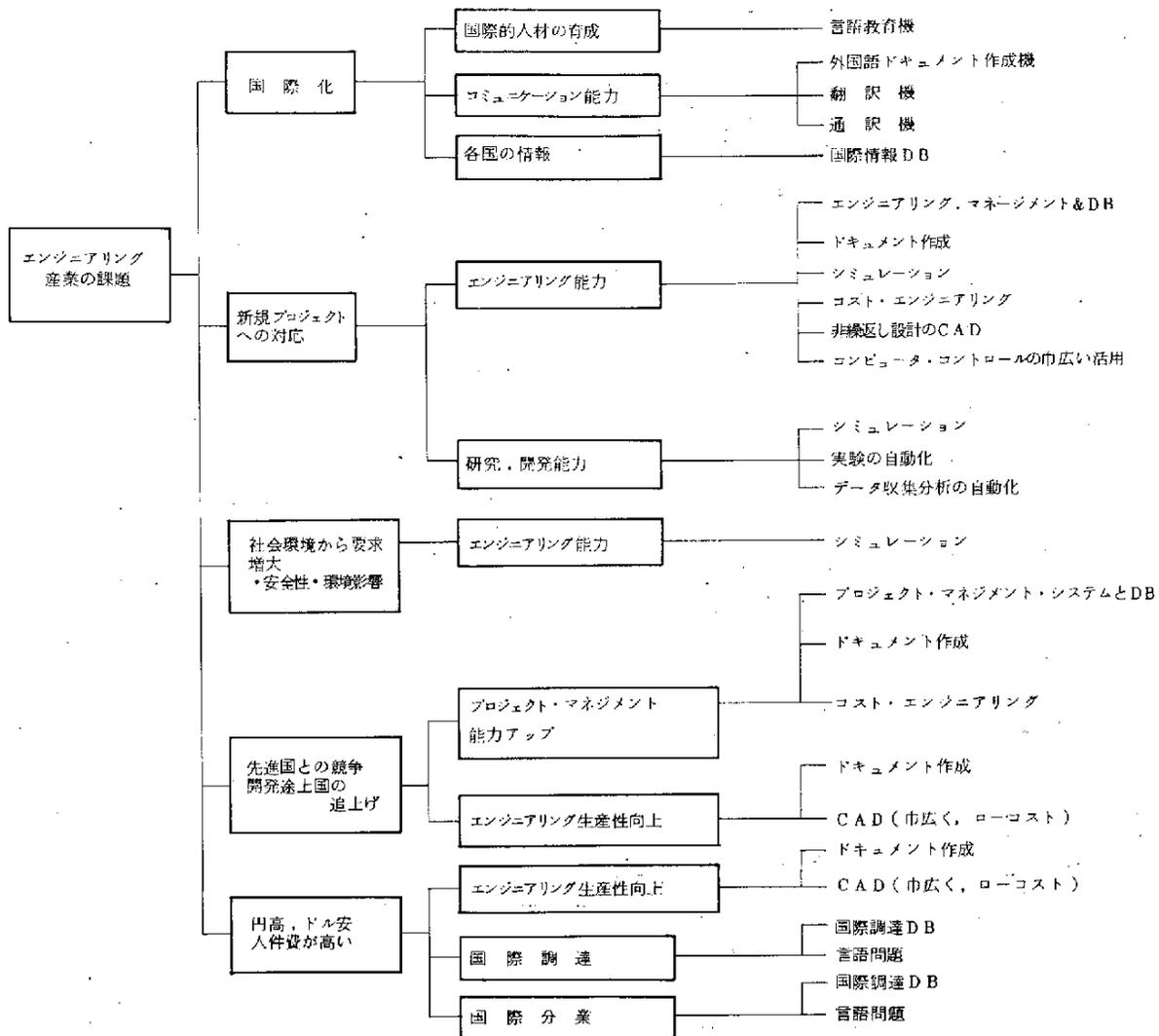


プロジェクト・マネジメントにおけるファンクショナル・スコープ



多形態データベースの考え方

4.2.2 エンジニアリング産業の課題とコンピュータに対する期待



1) ドキュメント作成

- ・ 図形，写真，文章を含めたもの
- ・ 文字の字体，大きさを任意に選べる
- ・ 多国語（日本語，英語，……………）
- ・ 美しいプリント（印刷，レベル及びカラー）

2) 言語問題

- ・ 教育機
- ・ 翻訳機
- ・ 通訳機

- 3) プロジェクト・マネジメント・システム
 - ・フル・グラフィック・サポート(カラーディスプレイ, カラーコピー)
- 4) エンジニアリングDBシステム
 - ・多様式大容量DB
 - ・シミュレーション
- 5) 創造的設計のCAD
 - ・ローコスト
 - ・線→面→イメージ(天然色カラー)
 - ・シミュレーション
 - ・ソフトウェア
- 6) 国際的DBの利用
 - ・DB
 - ・国際通信網

4.3 建設産業関連資料

4.3.1 建設産業でのCAE/CADのニーズ

建設産業の課題は国民生活の安定と充実を支える国土環境の整備と充実にある。国土建設は長期の施策の積重ねと継続であり、豊かな国土環境を創造し人間性豊かな地域社会を形成するための整備に重点がおかれる。継続的に全国総合開発計画が国の施策を示すものとして策定され展開され続ける中に、地方に就業の場と生活の場がより大きく開け、知識・教育・情報において末端まで均一性のとれた社会の到来が期待される。

一方、資源・エネルギーがわが国の最重要課題であり、国土の改善・社会資本の蓄積と同様に建設産業はその施設建設に大きく関与することとなる。

建設技術は道路・交通・河川・ダム・海岸・建築・宅地・公園・下水道等の施設整備についてのハード面の技術とともに、地域計画・都市計画・防災計画・安全対策・環境保全などに関するソフト面の技術に大きく依存しており、かつこれらを結びつける総合技術までと非常に広範囲におよんでいる。

またその計画は行政から企業、個人のレベルまで及び、かつ公、民一体となった豊かな生活の実現に向けての国民的努力が不可欠とも云えよう。

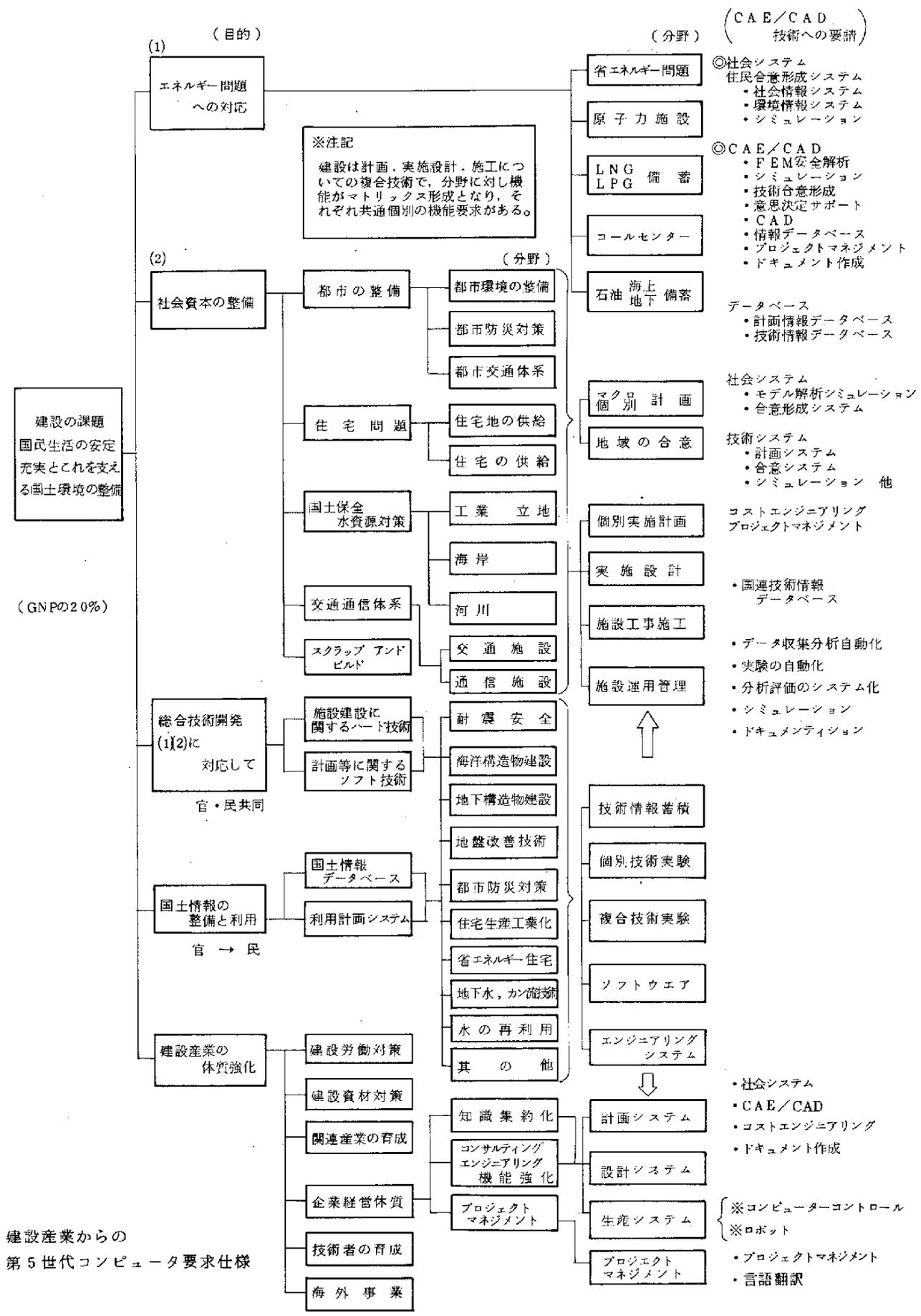
建設にかかわる計画はすべてが個別であり、一計画、一建設ごとに、目的に対して幾つかの計画案が立案され、その都度必要な情報を多くの分野から集め、照査され検討される。より望ましい計画案、実施案に到達するには多数の分野の学識者・技術者および計画立案の責任者ならびに関係者（利害の相反する場合においても）が集り、知識を分かちあって合意の形成の中に望ましい優れた計画案が形成される。またその社会的あるいは技術的内容においても、参画する人々の創造性が強く求められる。

計画は建設行為を行うためのエンジニアリング・アプローチに集約され、関連情報の集約あるいは検索、システムのモデル化、シミュレーションや解析による多くの妥当性の検討、代替案の検討から確定した計画に入り、実施計画、実施設計、施工計画、実施図面・施工図面の作成が行われる。

1990年代の国土建設、エネルギー施設建設を想定した場合、CAE/CADに大きく期待すると共に、優れた技術者の養成、利用が容易で、かつ有用な情報データ・ベースの構築、シミュレーションや解析システムの高度および多岐に渡る開発によって技術者の創造性と迅速な計画と設計を可能にする必要がある。

すなわち知識の集約、同意に基づく決定、相互の情報伝達の機能の充実が計画設定の促進や計画内容の抽象から具体化への展開を容易にするための方式等の開発が望まれる。

また、建設プロジェクトを運営管理するマネジメント・システムも欠くことが出来ない。



建設産業からの
第5世代コンピュータ要求仕様

4.3.2 1990年代の建設産業

建設の Needs. 時代と共に更改が進む。新しい都市空間

- 住宅……住いに求めるもの；住様式，家族構成，

◦仕事
◦学び
◦遊び
- 既存住宅の更改
- HOUSE 55 (1980) → HOUSE 65 (1990)
- ……住いと仕事と生涯学習
- 職住近接 - 交通機関の変化
- 都市内住居 - 高層住宅
- 資源・エネルギーの高効率化
- 教育施設・教育のあり方の変化
- ……教えるものと学ぶものの親密化
- ……小教室 - 教育方式 - 教育機器
- 文化施設・生涯学習のありかた。
- ……人間的，文化的豊かさ
- ……労働と学習と遊びと，
- 流通施設・商店，デパート，コンビニエンス等のあり方の変化
- 病院
- ……技術的充実，メディカルエンジニアリング更改の必要。
- オフィス・都市改造 - 交通問題
- ……O・Aの影響，住居での就業
- 新しい姿のオフィスへ。
- 住のサポート・地方の役所，区役所，役場
- O・Aの影響，高効率化。情報伝達
- ・郵便局，銀行
- 情報システムの影響
- 官公庁・富士山ろくの移転？

昨年度社会環境-社会システムが論じられてあるとした場合でも異なる見方がある。
CAE・CAD・OA 等，手段技術論を中心に，社会環境-社会システムをふり返って
みる必要がある。

・工場 産業構造が変る。

工場施設変革の要求，設備投資

(例) 日本のもてるもの，すなわち海岸線と頭脳，勤勉さを生かす。

産業構造と工場立地

省エネルギー工場

オフィス型工場

・交通問題 ・上越新幹線，東北，etc. 都市間の時間的距離の縮小

・第2新幹線

・高速道路

・都市道路

・空港

・都市内交通

・エネルギー問題*

省エネルギー ・上記全般を対象

・制御方式，制御技術

・省資源対象の設計 ビルコントロール

省エネルギータイプの設計

エネルギー開発 ・原子力発電所

安全解析

エネルギー備蓄 省資源

*山崎氏のレポートによるものとする。

建設産業の場合

社会のニーズ，システム化技術，社会システム，材料技術，安全解析，実時間シミュレーション，運用制御，フィードバック解析等の設計の場であり，そして建設技術。

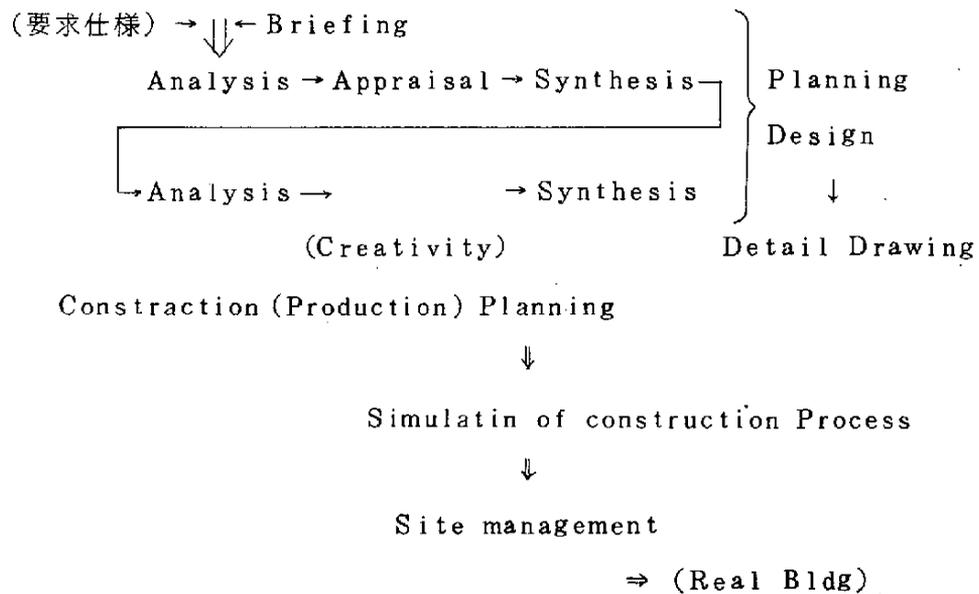
技術の革新は緩かであり，LSIの如きものはない。

一方，社会のニーズの変化には即応して行く事である。

材料の量産が進んでも，建築物そのものの量産は極めて微々たるもの。

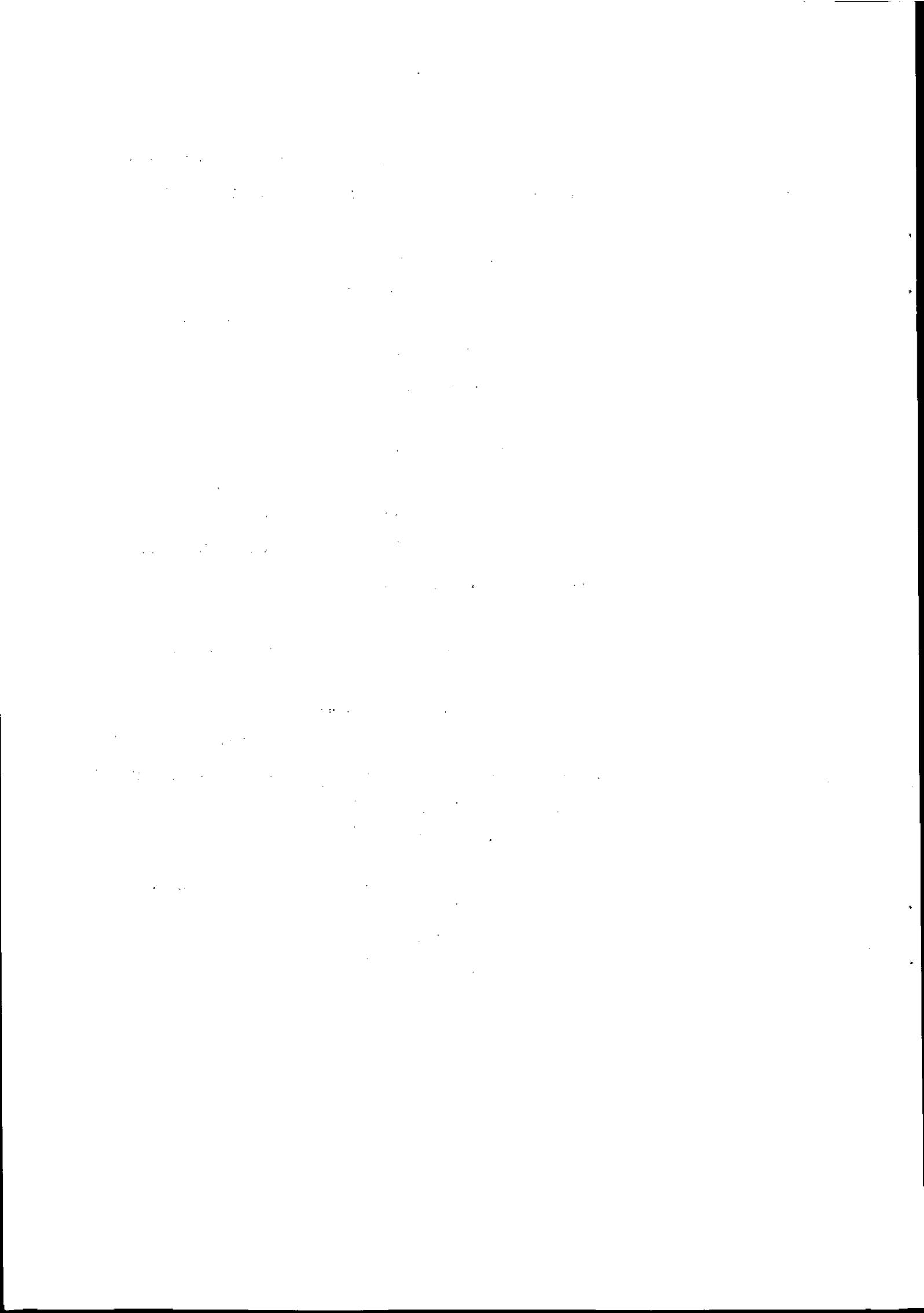
たとえば，プレハブ住宅→建設化→多様化。

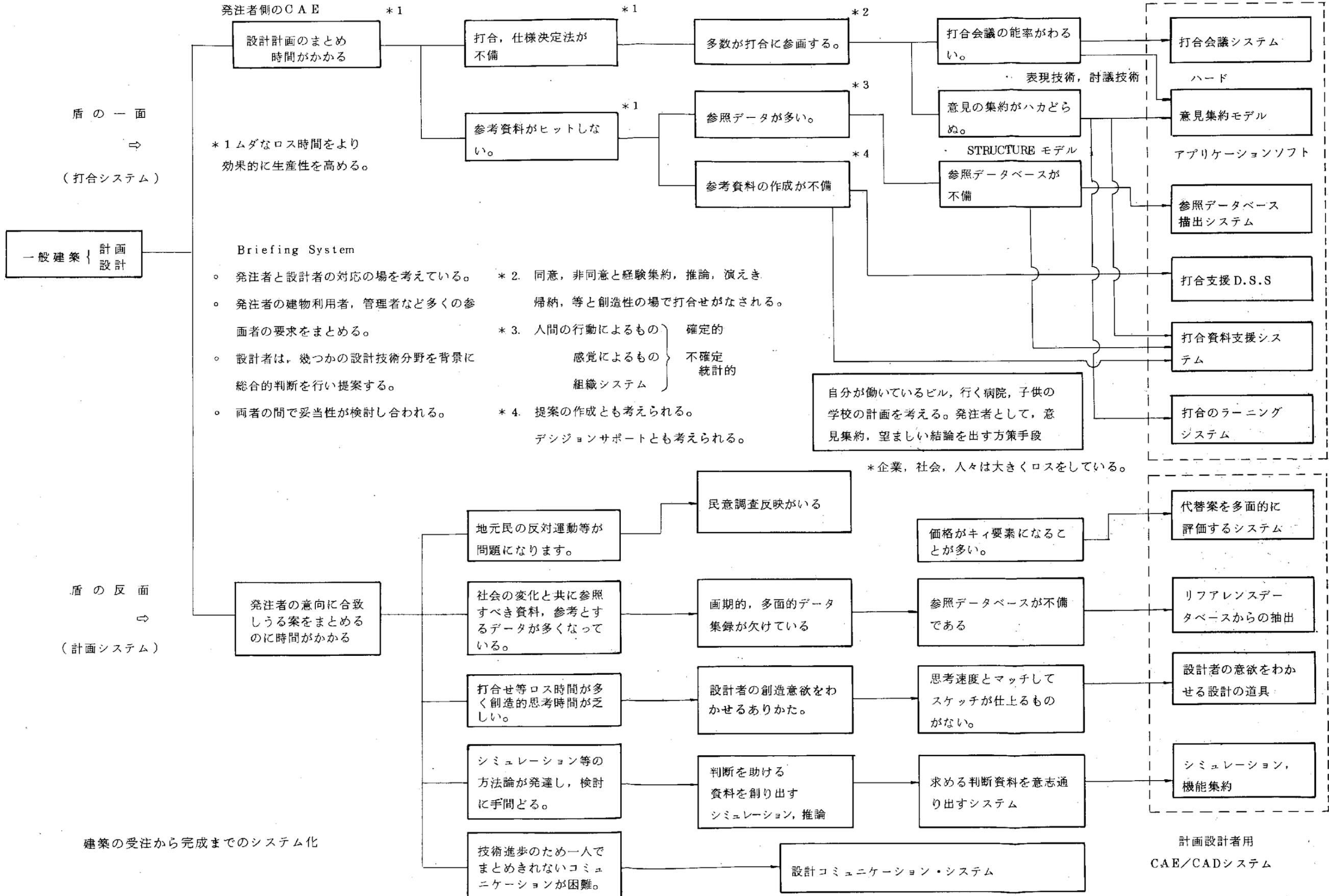
1970→1980 量産化→多様化に若干逆行。

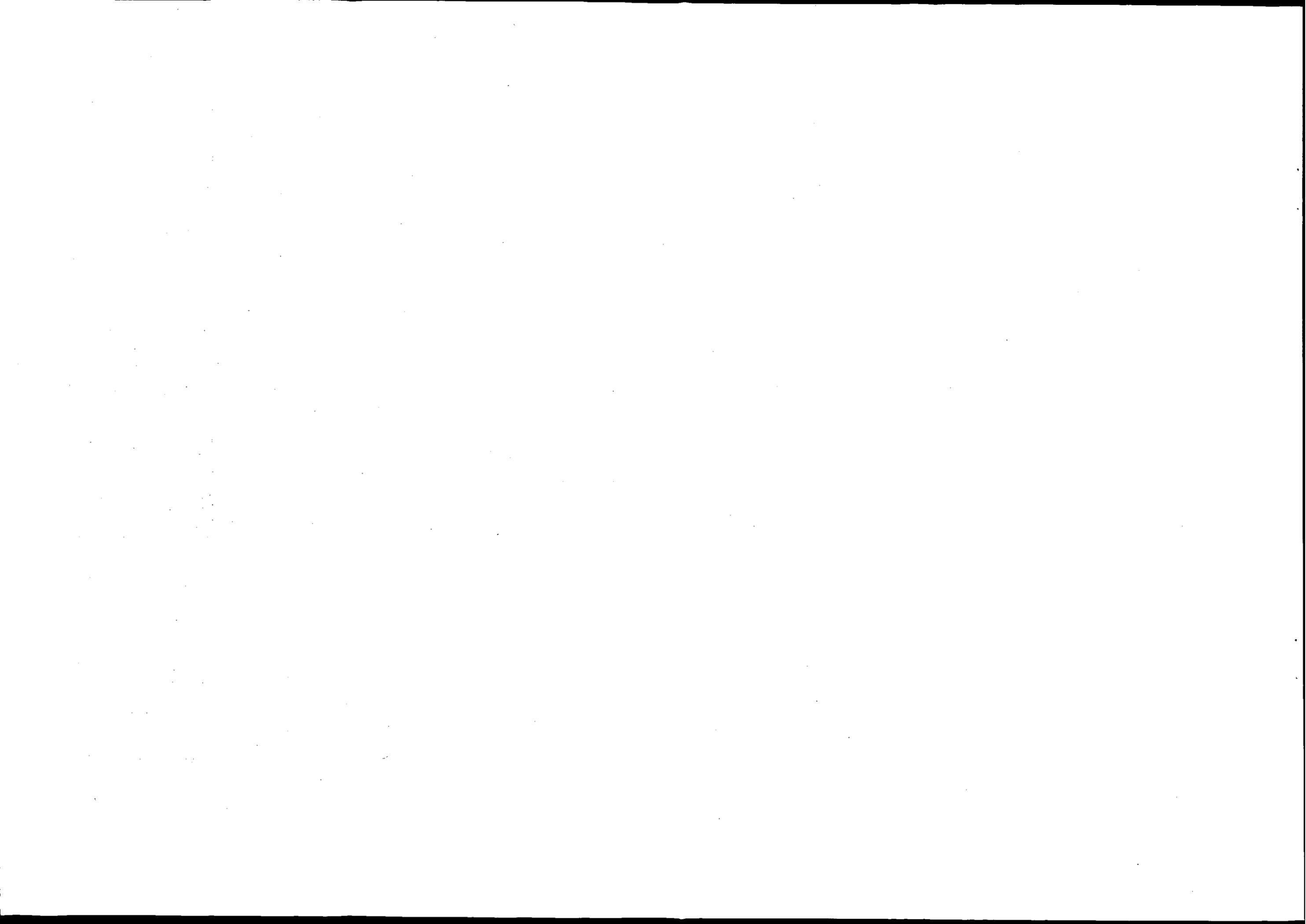


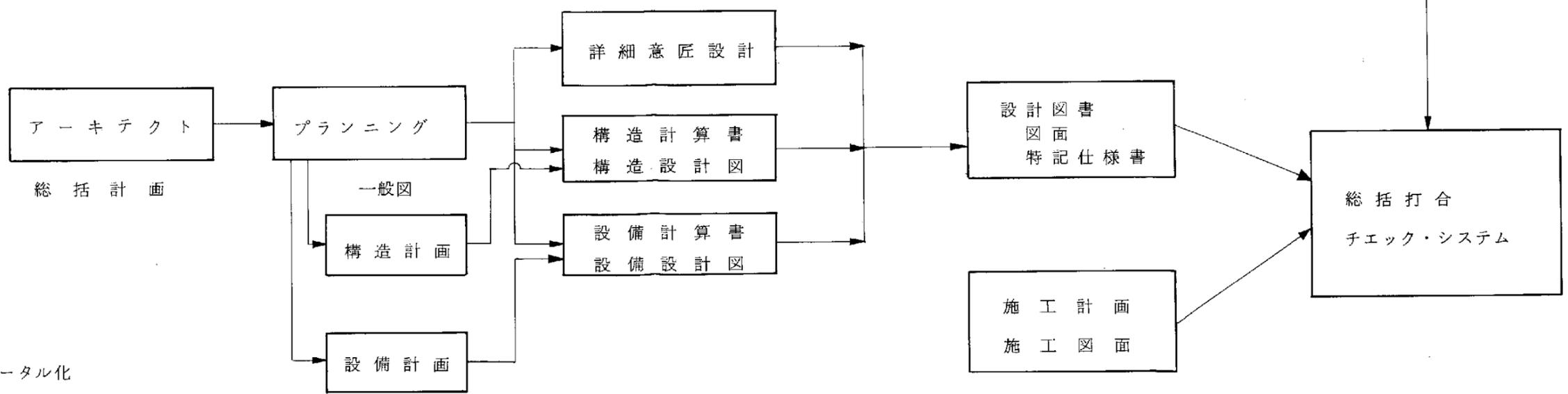
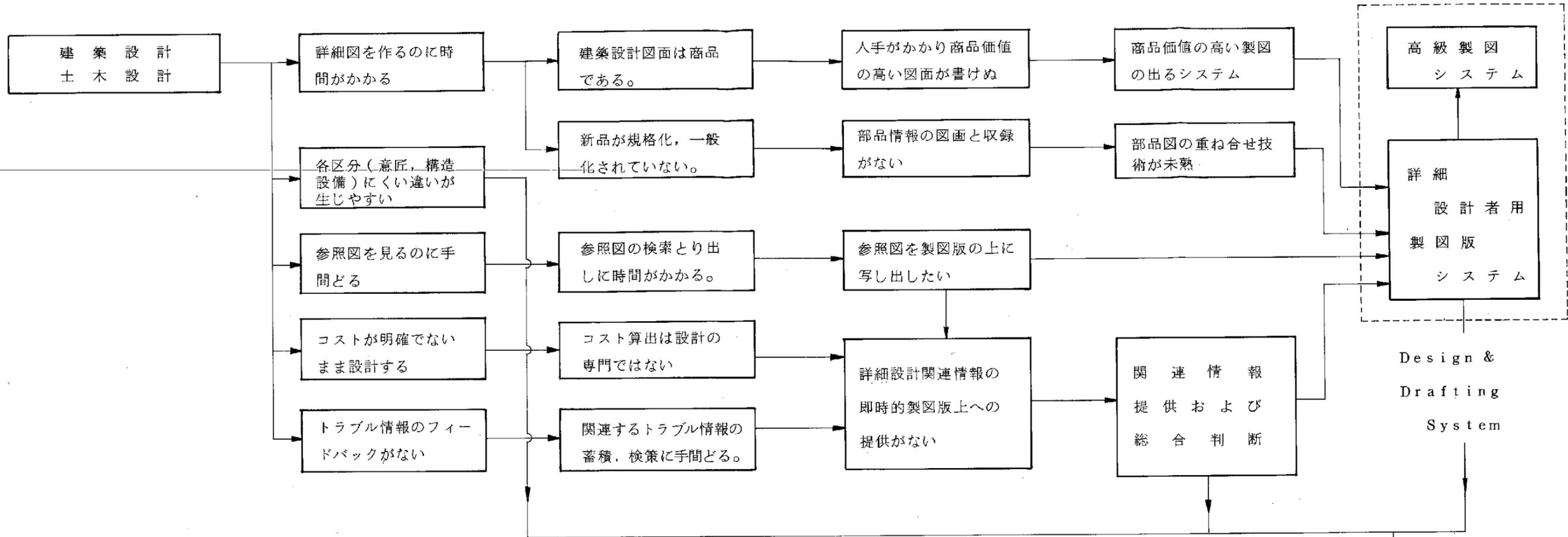
建設は一般的に特殊な技術者を対象とせず，(パイロット，etc)利用者，居住者が，将来への見通しのもとに要求をのべることが出来る。

例えば， 病院であれば 病院経営者 }
 管理者 }
 各種医師群 } に加えて，住民参加がある。
 看護婦 } (要求仕様のまとめに)
 設備維持者 }

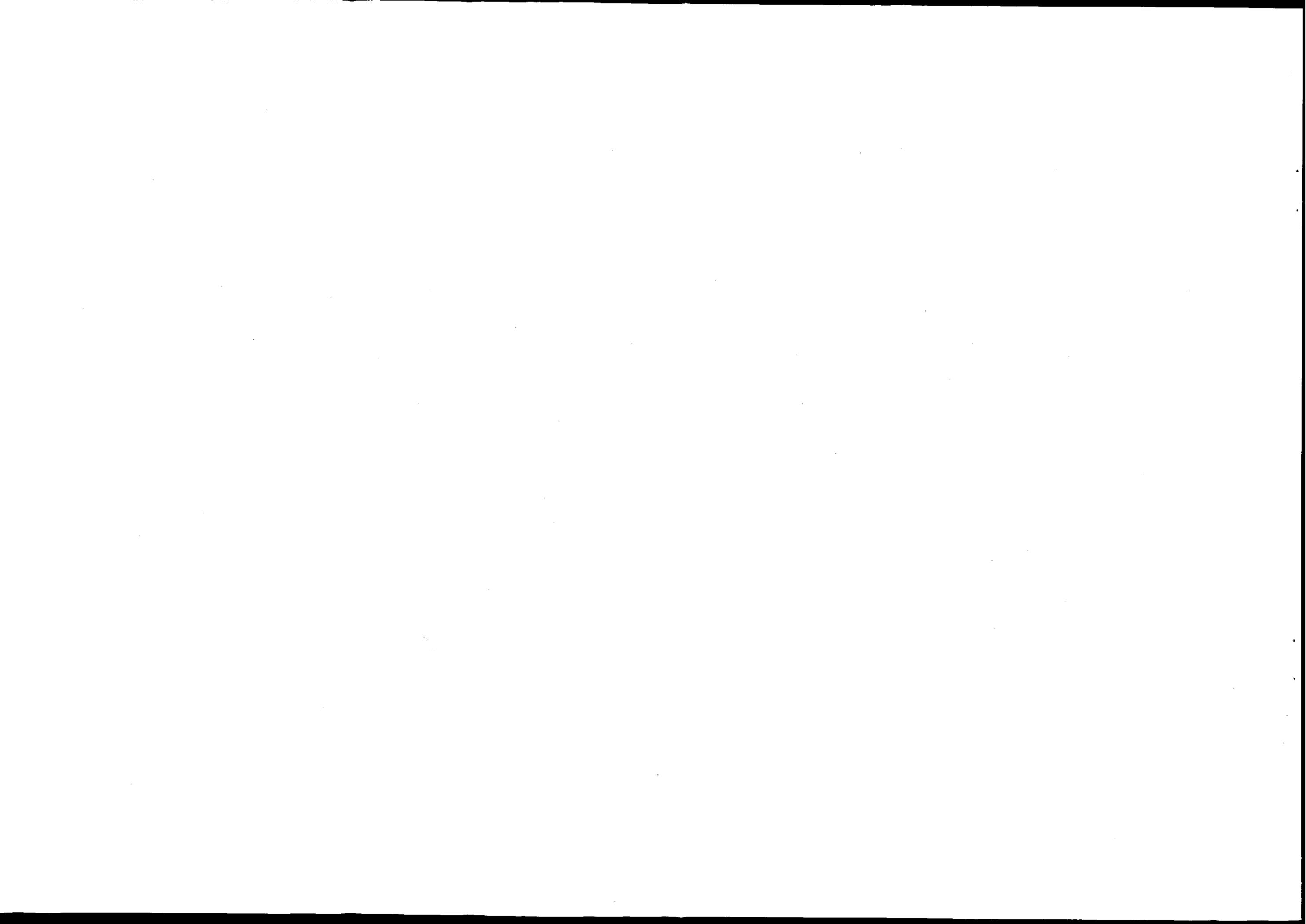


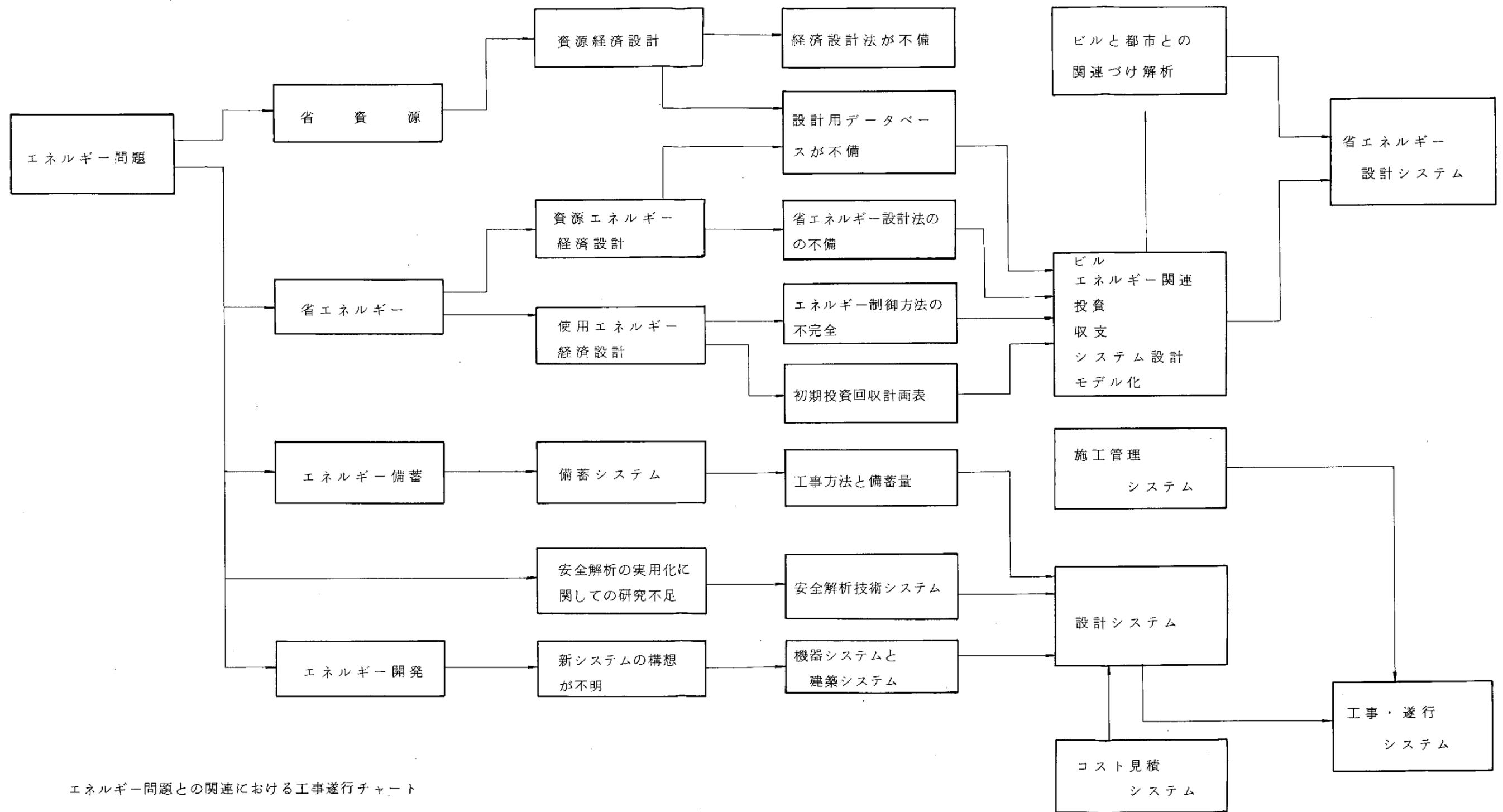




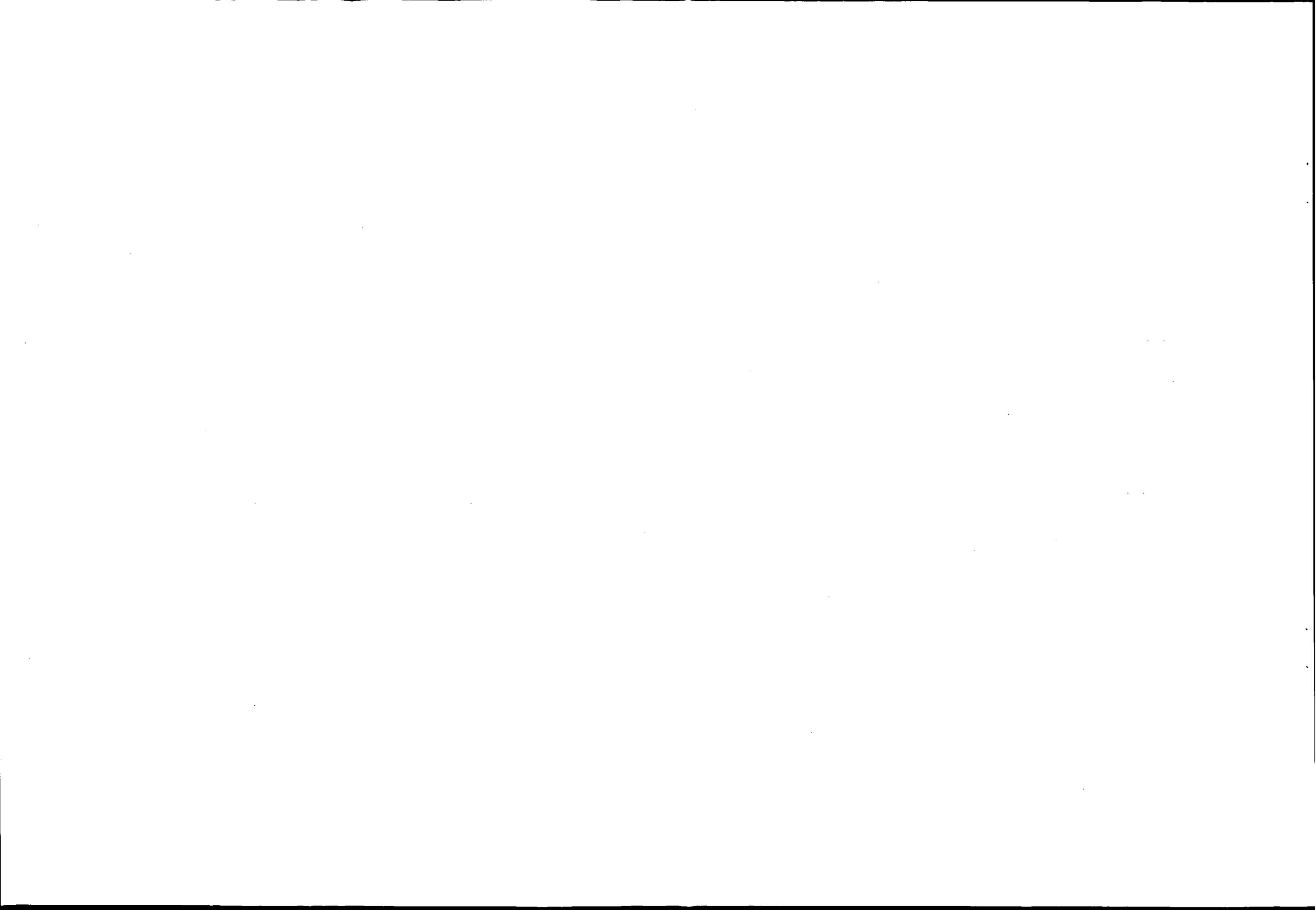


設計システムのトータル化



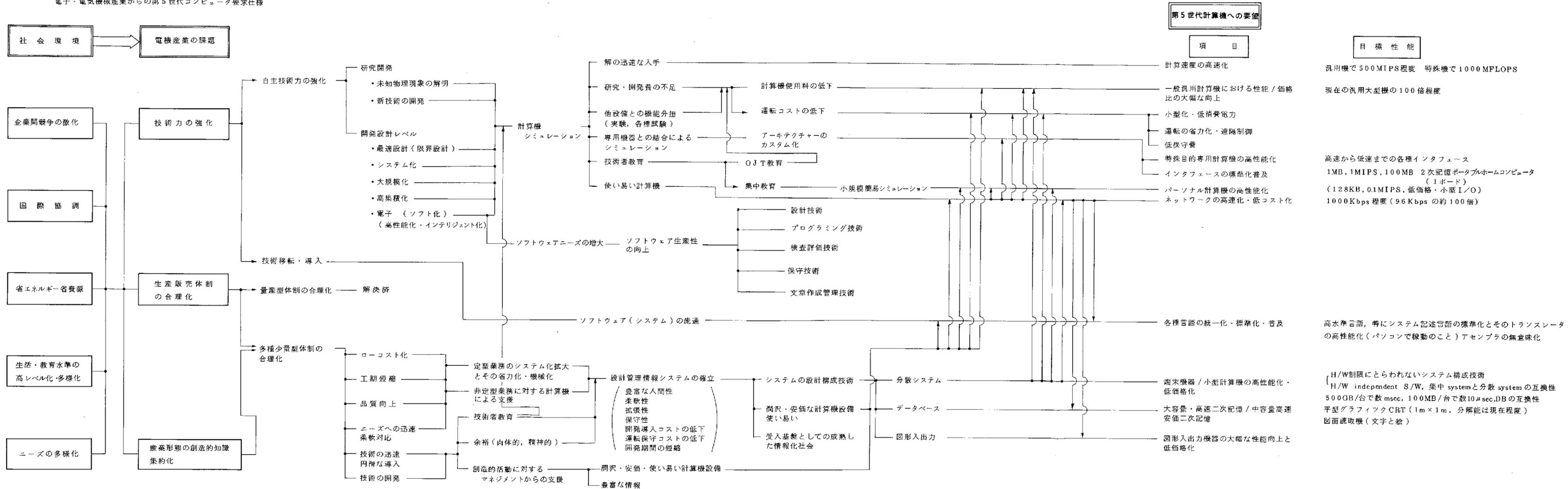


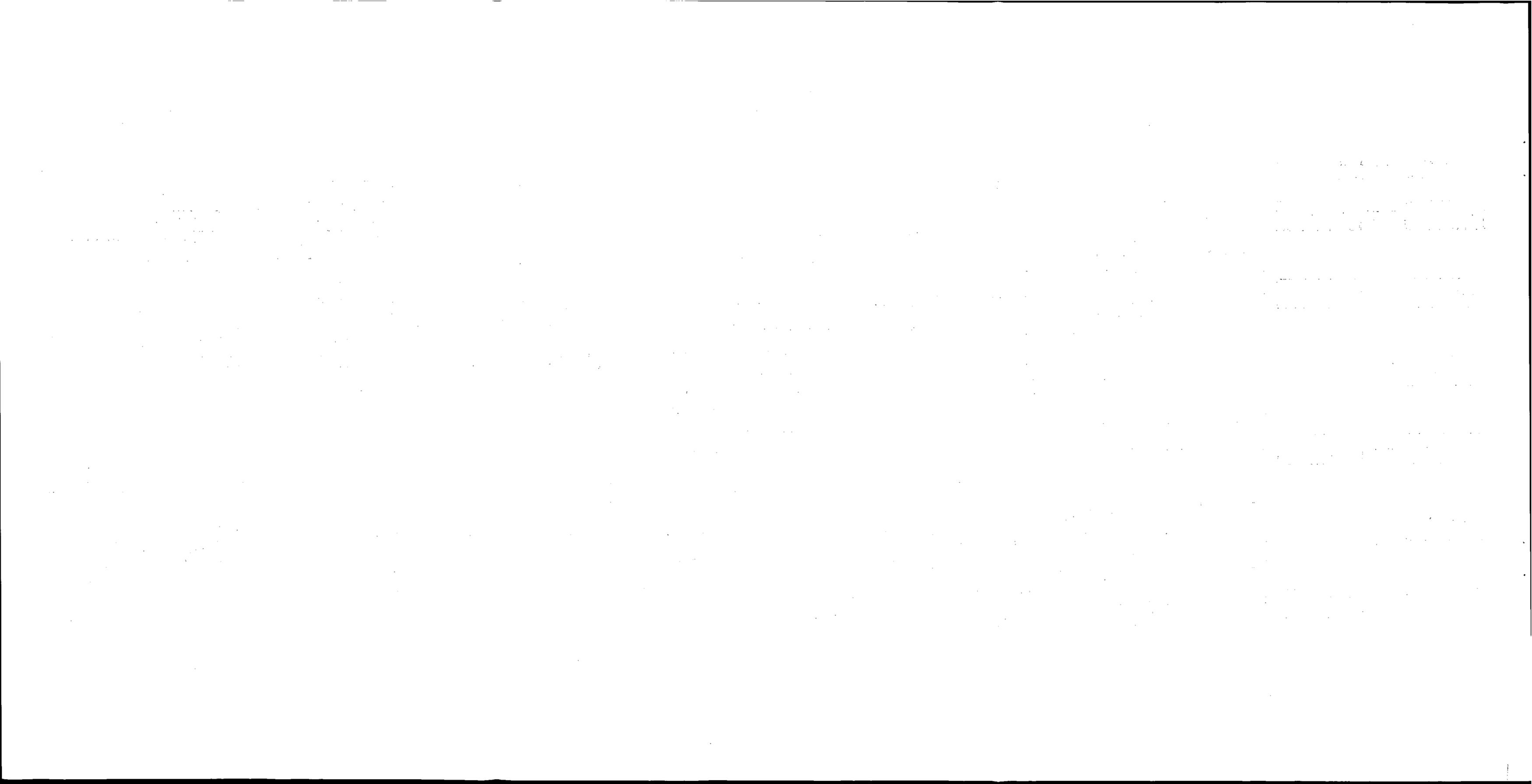
エネルギー問題との関連における工事遂行チャート



4.4 電子・電気機械産業関連資料

電子・電気機械産業からの第5世代コンピュータ要求仕様





4.5 第5世代コンピュータ・システムに対する要求関連資料

アプリケーション 技術項目	計算機に対する 技術項目	問 題 点	要 求	備 考
シ ミ ュ レ ー シ ヨ ン (F E M)	概 要	<ul style="list-style-type: none"> ・ FEMの適用がより高度なものに移行する ・ より忠実なモデル化(3次元モデル) ・ 衝突シミュレーション等時間を含めた複雑な現象を取り扱う ・ 日常的な設計計算として定着 	<ul style="list-style-type: none"> — 解析規模の増大 — 解析処理時間の増大 — 解析頻度の増大(CADの一部) 	
	CPU速度及び 記憶容量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在の汎用Computer(IBM 3033)クラスでは処理不可 ・ 現在の専用Computer(Cray-I)クラスでは、現状の問題解析に何とか応える程度 ・ 現状のFEM大型モデルは、1万自由度程度、将来的には10万~20万自由度程度と予想される。必要メモリーは10Mwords~20Mwords(1word=64bit)であり現在ほぼ満足されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Cray-Iの50~100倍程度 (光学素子にもとづく専用Computer?)(Array Processor?) ・ 力学系の問題についてはほぼ満足 ただし流体、拡散問題については、これらを3次元的に取り扱うには、なお、1桁上の規模が必要か? 	高速専用Computerの出現
	Data Base	<ul style="list-style-type: none"> ・ FEMモデルによる単独の計算からの脱皮 ・ CAD形状モデルファイルとのリンク 	<ul style="list-style-type: none"> ・ CADの一貫として、データ・ベースとの結合が重要視される。その為に汎用Computer下にあるデータ・ベースと、高速専用Computer間で、Data Baseが共有される事が望ましい。 ・ 高性能3Dゼネレータとの結合 	Data Baseの共有 (Computer間) Computerの階層化 汎用(D/B, D/C) ↓ 専用(高速演算)

アプリケーション 技術項目	計算機に対する 技術項目	問 題 点	要 求	備 考
シ ミ ュ レ ー シ ョ ン (F E M)	アプリケーション	<ul style="list-style-type: none"> ・解析内容が、接触問題、き裂伝播等、時間のFactorを含んだ複雑なものになり、NASTRAN, MARC等でも取り扱いが困難、(解析可能なものが限定されていたり、時間がかかり過ぎたり、解が不安定) ・流体問題、拡散問題については充分な定式化には至っていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・より高能率で、安定したソフトと新しい理論、手法が望まれる。 ・現在のNASTRAN程度で満足されない。 ・PLUM(川井プログラム)等期待したい。 ・新しい分野での新しい要素(定式化)の開発。 	流体、拡散一気象、瀬戸内海モデル etc.
	入出力 及び Graphic 端末	<ul style="list-style-type: none"> ・入出力の為の大型Graphic Display と、3Dサポートゼネレータ・ソフト。 ・現在FEMゼネレータとして、3次元サポートを充分満足させるものは皆無である。平板、円筒、球等の簡単なものでしかない。 ・Graphic 端末が高価過ぎる(1千万~?億) ・現状の20インチ前後のDisplayでは、表示モデルが線分により埋ってしまう。リフレッシュ型では、それ以前に表示不可(フリッカー)になってしまう。 ・アウトプット表示のための手法 現状は矢印、等高線 	<ul style="list-style-type: none"> ・Graphic 端末の高性能化と低廉化 (数百万円) ・自由曲面処理が可能な3Dゼネレータが不可欠、当然3次元的なものを見るための補助機能として陰線消去、切断面、輪郭線等完全装備である事。 ・平板型(50インチ程度)のグラフィックが望まれる。(現状の曲率を持つものでは無理) ・場合により3D Graphic Display ・カラー、アニメーションによる表示 	自由曲面 平板大型グラフィックディスプレイ 3D Display カラー表示

アプリケーション 技術項目	計算機に対する 技術項目	問 題 点	要 求
3 次 元 機 械 設 計 (幾 何 モ デ ル)	アプリケーションソフト (1)	<ul style="list-style-type: none"> ・設計者が意図した形状を計算機に覚えこませる手法が汎用的に確立されていない。 ・製図手法の改善を図ったもの(CADAM, CADD...)は多々あるが実用には機能不足の割にオペレーション煩雑 	<ul style="list-style-type: none"> ・どんな物体でも、その形状を短時間のオペレーション(言語記述, またはディスプレイ操作)で計算機に覚えこませる手法の開発
	アプリケーションソフト (2)	<ul style="list-style-type: none"> ・設計者が意図した形状の良否確認のため、中間過程, 完成結果, 完成品製造過程を, 目視チェックしたいが, 汎用的な表示ソフトがない ・表示専用ソフトはゴマンとあるが体系化, 汎用化されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・どんな物体でも、その形状を意図する表示方法で, 何回でも目視確認できる(短時間で)ように表示する手法の確立若しくは体系化。 (断面, 透視表面, 明暗, 陰影, 略画, 誇大, マンガ, グラフ, etc.....)
	アプリケーションソフト (3)	<ul style="list-style-type: none"> ・形状の良否チェックは, 本来要求された機能チェックも含まれる(構造強度, ルールチェック, シミュレーション, 積算 etc...)これらは形状生成中任意時点で設計者が確認したくなるものであるから, 形状設計作業と切り離したくない。 ・専用ソフトはあるが, 動的に利用できない 	<ul style="list-style-type: none"> ・どんな物体でも, その形状から所要機能をチェックできるモデルデータを自動生成でき, かつチェックプログラムを動的に起動でき, 結果を即判断できるような, 汎用動的リンクOS, およびモデルデータジェネレータ。
	ハ ー ド (1)	<ul style="list-style-type: none"> ・設計の大部分は過去データの上乗せで済むようなもの。従って, 図面そのものをハードコピーのように読み取り, 線, 文字, 記号, 立体に分解組立てし, 手直し用にも再生できぬか 	<ul style="list-style-type: none"> ・図面読取り, 再生機の開発 ・線, 記号から立体形状を構築するソフト ・言語翻訳ソフト及び注釈解読ソフト
	ハ ー ド (2)	<ul style="list-style-type: none"> ・上述を満足するソフトを開発, 実行に特別手法を用いずに応えてくれるハードは見当らない 	<ul style="list-style-type: none"> ・CPU速度5桁, 記憶容量2桁, データベース容量2桁, データベースアクセス速度5桁向上

5. CAE関連技術の現状

本章では、CAD/CAMシステムに関連する内外のコンピュータ技術の現状を詳説する。5.1では、今日のコンピュータの処理能力の現状について整理する。5.2では、エンド・ユーザにとっては、コンピュータの使い勝手はマン・マシン・インタフェースの良さによってほぼ決定されるので、その周辺の現状を整理する。5.3では、CAD/CAMシステムの知識の能力を決定付けるデータベースの現状について整理する。5.4では、今後のエンジニアリング分野の国際化への1つのボトルネックと考えられる外国語の問題を解決する一つの手段である機械翻訳の現状について整理する。5.5では、CAD/CAMシステムは技術立国を目指す国においては最重要課題であり、米国のNASAが推進母体となっている航空機業界の生産性の向上を目的として行なわれているIPADを紹介する。5.6では、ACM(米国計算機学会)のSIGGRAPHで精力的に活動・審議しているグラフィックス標準を目指すコア・システム(Core System)を紹介する。

5.1 コンピュータの処理能力

(1) はじめに

CAE/CAD分野におけるコンピュータの処理能力面のニーズについては、すでに述べられているように、様々な要求が含まれている。これらのニーズを満たすには、単にコンピュータの技術的問題の解決が必要であるだけでなく、コスト面等の経済的側面の検討をも強く要請される。以下では、今後のコンピュータがCAE/CAD分野におけるニーズに応じていく上で問題となりそうな事項を明らかにするために、今日のコンピュータの処理能力の現状について一応の整理を試みることにする。

実質的な意味でコンピュータと呼べるものが誕生して約30年程になるが、一言でコンピュータと呼んでも今日では種々のものが存在する。したがって、コンピュータの処理能力を云々するには、ある程度これらのコンピュータを提供される処理機能のレベルによって分類した上で議論することが必要である。ここでは、今日もっとも一般的と思われる分類を便宜上採用することにするならば、大略次のようになる。

- ① スーパーコンピュータ：偏微分方程式やマトリックス計算等の並列演算問題において高い性能を発揮するように設計されたコンピュータ(価格：10億～100億円)
- ② 汎用コンピュータ(小～大型)：世の中に多く存在する広範囲の問題を効率よく処理するように設計されたコンピュータ(価格：1～20億円)
- ③ ミニコンピュータ：広い範囲の問題を最小限のコストで実行することにねらいを置いて設計されたコンピュータ(価格：約数千円)

④ マイクロコンピュータ：種々のシステムの構成要素として使用することを前提として設計された簡易処理用の極めて低価格のコンピュータ（価格：約数十万円）。マイクロコンピュータのプロセッサのことを特にマイクロプロセッサという（数千円～数万円）。ここで重要なことは、これらの各種コンピュータが基本的には上では括弧内に示した概算価格で分類されており、そして価格に応じて各クラスのコンピュータの機能レベルが異なっていることである。例えば、これらのコンピュータにおける主メモリの1語の語長1つをとってみても、上記の4種のコンピュータの間にはその典型的な値が64ビット、32ビット、16ビット、4～8ビットといった大きな違いが存在する。

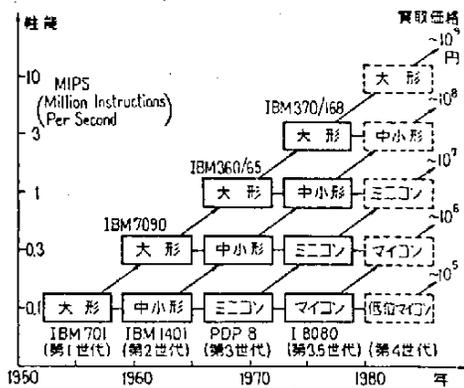
一般に、コンピュータの基本処理能力は上記のようにそれぞれのクラスで定義された命令群を平均的に見て毎秒何百万命令実行できるのかという数値で表わす。この値を通常MIPS値（Million Instructions per Second）と呼んでいる。特に、浮動小数点演算の命令だけに限ってMIPS値を算出した場合にはその値をMFLOPS値（Million Floating Operations per Second）と呼ぶ。以下、これらの尺度を用いて今日の各種コンピュータの処理能力を示すことにするが、ここでは本節を終えるに当って過去20数年間における各種商用コンピュータの性能向上の歴史を大づかみにまとめてみると図5.1に示すような結果になる。本図より明らかなように、過去の商用コンピュータは6～7年を周期として新しい世代のコンピュータへと世代交替を繰り返してきており、性能はそのさい前世代に比して3～4倍ずつ向上してきたといえる。又、新世代の移行にさいして、下のクラスのコンピュータはそのすぐ上位のコンピュータの前世代における性能を目標として開発されてきたことがしられる。

(2) 各種コンピュータの処理能力の現状

本節では、以下に今日のコンピュータの処理能力の現状を示すに当って、これらのコンピュータを上記の分類に従って大きく①スーパーコンピュータ、②汎用コンピュータ、③ミニコン/マイコンに分けて話を進めることにする。

① スーパーコンピュータ

スーパーコンピュータは並列演算という比較的限定された応用領域に特殊化したコンピュータであるため、実際の商用機の数は今までそれほど多くない。しかしながら、コンピュータのハードウェア技術の進歩によってその実現コストが低下してきたこととこの種のコンピュータの応用分野の重要性が高まってきたことによって、今日ではスーパーコンピュータは新しいクラスの科学計算用コンピュータとして大きく注目されるようになった。今までに商用化されたシステムには図5.2に示すような8機種ほどが存在し、中には数台の出荷実績をもつものもある。図5.2ではこれらのスーパーコンピュータの最大処理性能を示しているが、実際には現実の応用問題の実行に際してこのような最大性能をなかなか発



本図では計算機の価格及び性能をそれぞれ各クラスの計算機システムの買取価格帯(桁)及び1秒当りの平均実行命令数で表す。但し、計算機の命令機能の大きさはクラスによって一般に異なる点に注意が必要である。計算機ユーザは計算機の世代交代にさいして同一クラスの計算機を使用していくのが通常であるので(図-1の矢印)、使用される計算機の価格帯は変わらずにその性能と性能だけが向上することになる。

図 5.1 商用コンピュータの性能向上の歴史(関野, 情報処理, Vol.20, No.4, p.276)

揮しえないという問題点が存在する。例えば今日世界最高速のスーパーコンピュータといわれる Cray Research 社の CRAY-1 コンピュータで実際のユーザプログラムを実行してみると、並列度の高いプログラムにおいてもせいぜい 20~30 MFLOPS 程度の性能しか発揮しない場合が多いといわれる。これはユーザによってコーディングされた応用プログラムの構造が十分にコンピュータの内部構造に適合していないと本来の処理性能を出しえないということに起因している。換言するならば、スーパーコンピュータを十分に使いこなすにはその内部構造を熟知した上でその内部構造に合わせて応用プログラムを書くことが要求されるということであり、この辺が今日のスーパーコンピュータを利用する上での大きな問題点の1つになっている。

② 汎用コンピュータ

汎用コンピュータの歴史は IBM 社の 360 シリーズに始まる。それ以降、例えばすでに図 5.1 に示したような大きな発展をしてきたといえる。汎用コンピュータは各種の広範な適用分野に利用しうるという特徴のほかに、広い価格レンジに渡って互いに互換性をもつ多数のコンピュータモデルが提供されるという大きな特徴をもつ。図 5.1 にも示したように、今日の汎用コンピュータはいわゆる第 3.5 世代から第 4 世代に移行しようとしている。一般的にいうと、第 4 世代の汎用コンピュータは単一 CPU システムにおいて 10~15 MIPS 程度の処理性能をもつことになると考えられている。

汎用コンピュータの場合その適用分野が広いためシステム構成上の融通性が強く要求される。この結果、例えば、単一の OS の制御のもとでのいわゆる密結合マルチプロセッサ構成(主メモリレベルでの複数 CPU の結合)、複数の OS の制御のもとでのいわゆる疎結合マルチプロセッサ構成(チャネルを介したディスクレベルでの複数 CPU の結合)、更には通信回線結合による各種の分散処理システム等の構成によって、ユーザはより大規

最大性能 (MFLOPS)

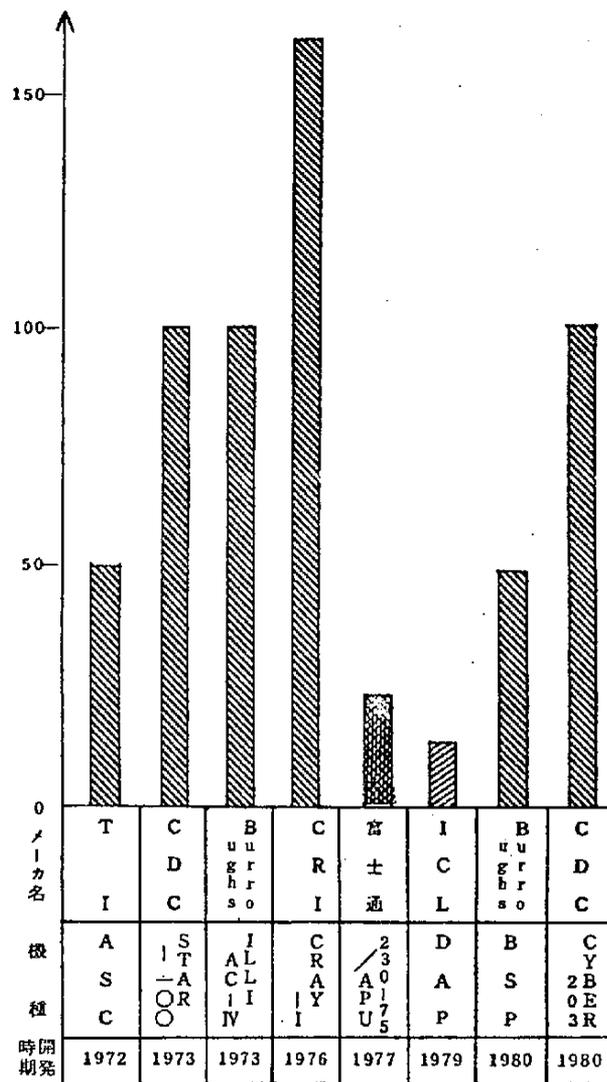


図 5.2 スーパーコンピュータの開発状況

模の応用システムを構築することができるように配慮されている。例えば、第4世代汎用コンピュータにおける密結合マルチプロセッサ構成は通常4台までのCPUの結合が許容されることになると予測され、この結果単一のOSの制御下の汎用コンピュータの処理性能は大凡40～60MIPS程度になるものと考えられる。

③ ミニコン/マイコン

1960年代の中頃に誕生したミニコンは70年代に入るとIC技術の進展 (Small Scale Integration のレベル) とともに著しく発展し、広範囲の適用分野に対して汎用コンピュータと同様の多種モデルによるファミリー構成を形づくるようになった。同様に、70年代中頃にMSI (Medium Scale Integration) レベルのIC技術とともに誕生したマイコンはその後のIC技術のLSI化 (Large Scale Integration) につ

れて更に著しい大発展を見せている。

一般に、互いに互換性のある複数モデルによるファミリー構成が形成される過程では、新モデルは通常①従来モデルと同程度の価格で特に性能の向上したものを目差すか（性能指向モデル）、②従来モデルと同程度の性能で特に価格が低下したものを目差すか（価格指向モデル）のいずれかになることが多い。このようなファミリーの形成過程を経て、今日のミニコン及びマイコンには高性能のモデルから低価格のモデルまで種々のものが存在する。例えば、従来のミニコンでは語長が16ビットのものが主流であったが、最近では汎用機並みに32ビットの語長で仮想記憶機能やキャッシュメモリをもつものもある。処理能力の点でも、高速機種では1～3MIPS程度になろうとしている。一方、これらのコンピュータを応用システムの一構成要素として使用する場合には、高性能であることよりも低価格であることの方がより重要であることが少くない。特にマイコンは家電製品等の個人消費財のコンポーネントとして使用されることも多いのでこの傾向が顕著であるといえよう。

(3) 90年代への課題

以上、今日のコンピュータの処理能力の現状と思われるところを述べてきたが、この内容をきわめて端的に要約してしまうと各種コンピュータの処理能力の現状はほゞ次のようになる。

- ・スーパーコンピュータ 100～150MFLOPS
- ・汎用コンピュータ 10～15MIPS(単一CPU)
40～60MIPS(単一OS)
- ・ミニコンピュータ 1～3MIPS

以下では、この結果をCAE/CAD分野におけるコンピュータの処理能力面でのニーズに照し合せて、今後問題となりそうなところ及び中でも90年代への課題とすべきところを最後にまとめることにする。

まずスーパーコンピュータへの諸ニーズを考えてみると、一言でいえばCAE/CAD分野では各種の実験代替用シミュレータを実現するための重要な手段としてスーパーコンピュータをとらえており、そのためには現状におけるスーパーコンピュータの性能レベル(100～150MFLOPS)は本分野での要求性能のレベルに比してきわめて貧弱であるというはかない。新エネルギー開発、計算機風洞構造解析、プロセスシミュレーション等のアプリケーションでは現実には $10^3 \sim 10^6$ MFLOPSの性能が要求されており、とりわけ90年までには少なくとも $10^3 \sim 10^4$ MFLOPS程度のスーパーコンピュータの実現が是非必要と考えられる。この場合、今日のスーパーコンピュータの使用上の問題点ともいえる次の諸点

- ・最大性能を発揮しうるようなプログラミングがむづかしい,
- ・入力データの準備が大変,
- ・膨大な出力データの整理, 分析が特に大変,

に対して根本的な対策が講じられることが重要である。いずれにしても、スーパーコンピュータについては、その現状と今後への期待の間のギャップはかなり大きく、又一方ではスーパーコンピュータ自身についても技術的に未熟な点が少なくないと思われるので、今後の90年代への課題の1つとして本格的かつ継続的な研究開発を押し進めることが急務であると考えられる。

次に、汎用コンピュータへのニーズに視点を移すと、CAE/CAD分野ではいわゆる汎用コンピュータについて特に変わった利用法を考えているわけではない。基本的には、従来からの利用法を一層発展させて、汎用コンピュータを組織内における共同利用のためのコンピュータユーティリティとして利用しているに過ぎない。この結果、汎用コンピュータは今まで以上に使い易く、信頼性が高く、そして価格性能比が大幅に改善されることが重要になる。第5世代の汎用コンピュータへの具体的な期待としては、強力な大容量データベース管理機能と200~500MIPS程度の処理能力が要求される。このような期待は汎用コンピュータの上記の現状からみるとかなり厳しい要求とも考えられるが、図5.1に示したように、今日までの汎用コンピュータの飛躍的發展の歴史を見れば必ずしも到達困難な目標ではないであろう。

最後に、ミニコン/マイコンへのニーズであるが、現在もなお著しい展開を続ける小型/超小型LSIコンピュータに対してCAE/CAD分野としてかける期待はきわめて大きい。ミニコンは設計管理用のエンジニアリングデータベースシステム、各種ドキュメントの自動作成システム、その他諸々のシステムの中核プロセッサとして使用され、そしてマイコンは設計技術者用ワークステーション、各種テキスト処理/イメージ処理、各種マンマシンインタフェースにおける変換処理等の広範囲の用途に利用されるであろう。これらの場合、ミニコン/マイコンに対する様々な機能サポート要求やシステムへの組み込みに際しての互換性面での要求、更には価格低減及び性能強化の要求等諸々のものが生じてくるものと思われる。しかしながら、今日の超小型LSIプロセッサの技術的進歩の速さから考えると、例えば今後のマイコンがCAE/CAD分野における処理能力面のニーズを満たしていく上で特に大きな問題に遭遇することは少いであろう。

以上の簡単な考察より、CAE/CAD分野における第5世代コンピュータへの処理能力面の要求と今日の各種コンピュータの現状の間の関係を要約的にまとめると表5.1のようになる。

表 5.1 CAE/CAD分野におけるコンピュータ処理能力への要求と実際のコンピュータの現状

	処理能力の現状 (第4世代)	CAE/CAD分野からの処理 能力への要求(第5世代)	左記要求の適用領域
スーパーコンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> ・100~150MFLOPS ・性能指向プログラミングが困難 ・膨大な出力データの整理大変 	<ul style="list-style-type: none"> ・$10^3 \sim 10^6$ MFLOPS ・プログラミングの容易性 ・入出力データの自動処理 	新エネルギー開発, 計算機風洞, 構造解析, プロセスシミュレーション等における実験代替用シミュレータ
汎用コンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> ・10~15MIPS(単-CPU) ・40~60MIPS(単-OS) 	<ul style="list-style-type: none"> ・200~500MIPS ・価格性能比の大幅な改善 	コンピュータユーティリティ 共通データベース
ミニコンピュータ (ミニコン)	<ul style="list-style-type: none"> ・1~3MIPS 	<ul style="list-style-type: none"> ・性能向上必要 ・価格低下必要 	エンジニアリングデータベース ドキュメント作成自動化システム 各種システムのコントローラ
マイクロコンピュータ (マイコン)	<ul style="list-style-type: none"> ・価格指向~性能指向 	<ul style="list-style-type: none"> ・性能向上必要 ・価格低下必要 	設計技術者用ワークステーション 各種マン・マシン・インタフェース変換テキスト/イメージ情報の処理

5.2 マン・マシン・インタフェース

CAE/CAD/CAM分野においてコンピュータシステムを使用するユーザは主としてエンドユーザすなわちEDPに関しては一般に非専門家である。EDPの非専門家がコンピュータシステムを利用する大きな意義は、各々の分野の専門家である人間の知能、直観という特長とコンピュータの大量情報の高速処理という特長を明確に意識して両者を活かしトータルに見てシステムの機能を発揮し効果を出すことにある。このことは人間とコンピュータとの間にインタラクティブな対話がなされることを意味しており、そのためにマンマシンインタフェースが非常に重視されている。またそのマンマシンインタフェースの重点項目、判断尺度もEDPの専門家がコンピュータシステムを使用する場合とは必ずしも一致しないことも考えられる。

マン・マシン・インタフェースには、一般に

- (1) ハードウェアレベル : (入出力機器等)
- (2) ソフトウェアレベル : (言語, ソフトウェア処理内容, 能力等)
- (3) システムレベル : (システム運用管理体制との整合性等)

が考えられる。またCAE/CAD/CAMの対象とする分野の業務は、コンピュータの出現する以前からの長い歴史をもつて技術、知識が蓄積されており、その蓄積から現在の業務形態が形成されているので、コンピュータ化によって一挙に形態が変わることはまずあり得ない事であつて、個々の業務あるいは業務に対する訓練、教育内容との整合性が重要である。従つてこの整合性を上記3レベルについて満足することが望まれるのがある。

CAE/CAD/CAM分野、業務によってニーズは当然異なつてはくるが、一般的に云うと、ハードウェアレベルあるいはソフトウェアレベルにおいては図形処理に関するものが最も大きな割合を占めており、その他イメージ、図形とテキスト、文章との一括処理音声入力、認識等のニーズが強い。このニーズは現在ハードウェア、ソフトウェアの両面の技術の革新への刺激になつており、半導体技術の進歩によつて年々グラフィックス用機器の価格性能比が良くなつてきている。表5.2と表5.3に主要なタイプのグラフィックス出力機器の技術の現状を示す。グラフィックスの中心をなす機器は現在のところCRTであり近未来においても、フラットパネル型で進歩があるとしても、その状態は変わらないと予想されている。CRTは普及につれて急速に価格が低くなつてきているがその理由としては

- (1) 低価格化したマイクロプロセサをロジック部分に用いるようになったこと
- (2) メモリが安くなつたこと

の2つが主なものである。

ソフトウェアに関しては、前述のような個々の業務による要求の違いによる理由から、コンピュータメーカーが汎用性の極めて高いしかもエンドユーザがそのまま使用できる応用

表 5.2 グラフィックス用ハードウェアの現状 1

名 称	方 式		性 能	長 所		短 所		価 格
C R T ディスプレイ	ベクトル スキ ャン	ストレージ	25インチ口径	高 精 度		動 画 不 可		\$ 15 K ~ 75 K
			4,000×4,000ドット					
		リフレッシュ	21インチ口径	高 精 度	動 画 可	フリッカー	ペネトレーション管 を除いてカラー不可	\$ 25K~150K (\$ 40K~70K 中心)
	ラスター スキャン		26インチ口径 1,000×1,000画素		動 画 可	階 段 効 果		\$ 7 K ~ 280 K (\$ 10 K ~ 25 K 中心)
フラット パネル ディスプレイ	A C プラズマ		8.5×8.5~17×17インチ 500×500 ~1,000×1,000ドット	分解能	奥 行 小 、 線 形 性 良 好	カラー不可	駆 動 回 路 複 雑	\$ 8400 ~17,250 (512×512)
	エレクトロ ルミネセンス		3.5×4.7インチ 240×340画素	長寿命 高輝度 中間調可		中間調不可		試 作 段 階
	液 晶		0.78インチ 256×256画素 (投射型用)	低電力		動作温度 範囲		

表 5.3 グラフィックス用ハードウェアの現状 2 (ハードコピー装置)

用途	方式	性能	長所	短所	価格	備考	
紙サイズ 8 1/2×11インチ ～11×17インチ	フラットベッド ペンプロッタ	15秒～数分/枚 50～100ドット/ インチ	低価格, 高度信頼度 多色可能 一般用紙可	低速度 低分解能 連続給紙不可	\$4,000 ～6,000		
	CRTハード コピー	15～20秒/枚	小型ディスプレイ コンパチブル	特殊用紙	\$4,000 ～5,000		
	サーマルプリンタ		単純機構, 高信頼度 文字-図形同時容易 コピーコスト低	低分解能 特殊用紙	\$3,500 ～		
	ピンマトリクス プリンタ		コピーコスト低 文字図形同時容易	ノイズ, 低速 低分解能	\$5,000 ～8,000		
34×44インチ	ドラムペン プロッター	100～数百ドット /インチ	線画質高	比較的低速	\$5,000 ～50,000		
	静電プロッター	100～200ドット/インチ 1～4インチ/sec (印画速度)	高速, ノイズ小 高信頼度 文字図形同時容易	単色 低分解能	\$5,000 ～50,000		
大型サイズ 高精度	大型フラット ベッド ペンプロッタ		高精度	高価	\$50,000 ～	半導体マ スク製作 用他	
	レーザ/ドラム/ フィルム プロッター		高分解能 高コントラスト	高価	\$50,000 ～	地図用 フィルム 使用	
カラーコピー	カラーインク ジェット プロッター	～34×44インチ	低ノイズ 紙サイズ大	低速度 コンピュータの 負荷大	\$25,000 ～ 240,000		
	CRT カラー ハード コピー	ピンマ トリクス		コピーコスト低	分解能 低速	\$10,000 ～\$15,000	
		レーザ スキャン				\$25,000 ～40,000	
		ポラロイド	4×5インチ/8× 10インチサイズ	低ノイズ 高分解能	コピーコスト高	\$10,000 ～45,000	

表 5.4 C A E 用代表的商用ソフトウェア

名 称	主要応用分野	機 能	使用形態	作 成	備 考
AD2000	自動車 航空宇宙	2D, 3D図形処理 自動製図 NC用出力	インタラクティブ /バッチ	MCS (Manufacturing and Consulting Services Inc.)	IPADにお いて使用さ れている
CADAM	航空宇宙 機 械	設計製図 図形データベース	バッチ/ インタラクティブ	ロッキード (IBM)	
EZPERT	プロジェクト管理	管理図表 (PERT, CPM)出力	バッチ	Systonetics	
GINO-F	建築設計 造船 ネットワーク	2D/3D図形出力 図形データベース		CAD Center	
SACM	資源, 気象, 環境	3D面解析 - 表示		Application Consultants	
SYNTHAVISION	原子力 航空宇宙	立体イメージ作成 (写真レベルのアニメー ション画)	バッチ	MAGI (Mathematical Appricalions Group Inc.)	
CALMA CADシステム	機械 電気 建築土木他	2D, 3D図形処理	インタラクティブ	CALMA	ターンキー システム
IGS-500	機械, 配管設計, 電気他	2D図形処理	インタラクティブ	CALCOMP	"
AGS	機械, 電気他	2D, 3D図形処理	インタラクティブ	APLICON	"
IDS-80	機械, 電気他	3D図形処理 データベース NC用出力	インタラクティブ	Hewlett Packerd	"
Designer System	電気, 機械 配管設計, 建築設計他	3D図形処理	インタラクティブ	Computer Vision	"
AD/380	FEM, 配管設計 土木, 電気他	3D図形処理	インタラクティブ	Auto -Trol	"
PICTURE SYSTEM	機械 航空宇宙 建築他	3D図形処理	インタラクティブ	Evans & Sutherland	"

ソフトを作成することは困難であり、メーカーが基本的なソフト（OS, DBMS, 図形処理基本ソフトウェア）を提供し、ユーザ側が自分の必要に応じて作成する。あるいは中小のソフトウェアハウスがある分野に絞った応用ソフトウェアを作っているのが現状である。表 5.4 に代表的な CAE/CAD/CAM 関連のソフトウェア（含むターンキーシステム）を示す。

グラフィックス用ソフトウェアで現在問題となっており、前進を見たことは

1. 標準の制定
2. データベース
3. 3次元, 4次元幾何モデル
4. テクスチャパターン

等である。

グラフィックス標準は、過去独立系のメーカーが数多くの図形処理システムを開発したこともあって、ソフトウェアのポータビリティが非常に問題となっている。現在 ACM, DIN 等で図形処理用の言語を含む標準化等が作成されている。

3次元幾何モデルは主として機械設計分野において切削対象物の3次元形状をコンピュータの内部表現として持つ必要性からくるもので、現在のところ実用にはなっていない6m試作レベルのものが存在している。4次元については、コンピュータアニメーション分野での必要性がでてきている。3次元形状を扱うにはデータの構造が複雑であり、効率的なソフトウェアが問題となる。

テクスチャ・パターンは出力イメージをよりリアルに写真並みのものにしようとするものである。

データベースについては後述するが、既存のDBMSを使用することが有利であるかは未だ問題のあるところであるが、いくつかのDBMS利用のシステムが現れている。

システムレベルのマン・マシン・インタフェースは、EDPの非専門家であるエンジニアが直接利用する際の使い勝手、すなわち、システムの設置環境、システムの使用に際して必要な学習、ハードウェアならびにソフトウェアのメンテナンス体制との関係、システムを共同利用する場合、あるいはシステム利用が高価であることによる予算等々の管理体制など利用者にとってわずらわしさをともなうので、見逃せない重要な問題である。理想的には個人用のスタンドアローンシステムないしはTSS端末が全員に行き渡る状態であることで、システムの価格が安いことが最も重要なことである。現状は、急速に価格コスト比が良くなってきてはいるが、まだ満足できる状態には程遠い。その他、本質的に必要な設計管理のみを支援し、余分な管理の手間を必要としないシステム、あるいは②設計者対象製品のユーザと設計技術者との対話・合意のツールとして用いるシステム、利用者の熟練

レベルに応じたシステム等のためのマン・マシン・インターフェースについても今後の問題である。

- ① システムの使用に際して必要な学習
- ② 利用者の熟練レベルに応じたシステム

5.3 データベース

CAE/CAD分野での情報システムには、マン・マシン・インタフェースの項目で述べたように図形、画像を取り扱えるデータベースが含まれることが望まれている。この画像/図形データベースには大きく分けて2つの方向がある。

1つは、画像/図形の幾何学的データ構造や属性データを統一的に扱って、図形の表示、作成、合成、変形の操作、解析、評価等のアプリケーション・プログラムへのサービスを行うものであり、もう1つは、画像/イメージデータ自身は1つの情報単位として扱い、その属性データを別に持っていて、画像/イメージの検索等を行う“画像ファイル検索”のためのデータベースである。無論この2つは互いに排除しあうものではなく、両者の機能を備えるシステムもありうる。

前者の図形データベースシステムについては、表5.5に示すように本格的なDBMSを

表5.5 DBMSを利用する代表的図形処理システム

名 称	応 用 分 野	作 成	内容 (使用DBMS)
CAEADS	建築, 土木	米陸軍 カーネギーメロン大	GLIDE 利用
PHILIKON	機 械	Philips, Forschung- laboratorium	PHIDAS 利用
Geographic Information System	地 図 地域計画	IBM, Public Sector Industry Center	IMS 利用 地図-統計の結合 (実験システム)
Picture Building System	汎 用	IBM, San Jose	GXRAM 利用 (実験システム)
IDS-80	機 械	Hewlett- Packard	IMAGE-1000 利用

用いるものは例が少なく、大部分はデータベースという名で呼んでいるにしても実際はデータファイルを用いている。その理由はいくつか考えられる。1つは既存のCADシステムにおいては設計者が1人で1つの対象を設計していることが大部分で、複数の利用者が同時に共通データにアクセスすることの管理をさ程必要としていなかったことである。もう1つは図形処理用のアプリケーションプログラムに対してはレスポンスタイムの要求が厳しく、アルゴリズムの効率を問題にするため、アルゴリズムに密接に関連するデータ構造を必要に応じて個々のプログラム毎に準備する必要があるためである。既存のDBMSでは、このようなダイナミックなデータ構造を扱うことは不向きである。

既存のDBMSの機能は、もともと経営管理生産上のデータを統一的に一貫性のある完全な“公式データ”を管轄部門を設けて管理し、任意のユーザの要求に応じてそれをアクセスさせたいというニーズのもとで発展したものである。したがって、DBMSはデータ管轄部門すなわちシステム側の許可なく、一般の利用者（データ利用者）がデータ構造を変更したり、新たなデータタイプを加えたりすることはできないものである。いいかえれば、システム・アドミニストレータがすべてデータ更新、維持、データの構造の変更最終責任を持っているのである。

しかし、技術設計等を支援する情報システムには、共通的に使用される技術データが多くあり、統一的に管理されることが望ましい一方で、個々の技術者、設計者が自分の必要にしたがって自由に“自分用のデータ”に変更を加えることが可能であることが望ましい。現在は未だ実験的段階であるリレーショナル型のDBMSはこのような自由な変更というニーズにある程度応えることのできるものであるが、このリレーショナルDBMSにしても、統一的な管理と個人用のものとのインタフェースをうまく取扱うことは、現在のところ極めて困難である。

DBMSの持つ他の重要な機能である。データベース中のデータの正当性、一貫性のチェック機能に対して、設計データの場合は事務処理データの場合と違って格段に困難である。すなわちチェックの内容に、設計のノウハウが反映される必要があったり、あるいはまた設計途中でのデータであれば、一時的には全体から見た正当性、一貫性を保たない場合が存在する可能性があり、しかもそれこそが設計にとって必要であるかも知れないからである。このような問題に対しては既存のデータベース概念では無力で、今後の知識ベース概念が適用されていく必要があろう。

もう1つの画像／図形データベースの方向である画像ファイル検索システムは、検索のキーとなる属性のダイナミックな変更を利用者に開放するようなものでない限り既存のDBMSで十分可能で、残る問題はハードウェア（画像用の大容量ファイル）およびアクセスタイム、価格だけである。現在のところ、画像の属性データを、利用者の個別的な要求

に応じて画像データの中から“特徴抽出”を自由にかつダイナミックに行って作成するあるいは更新するといった機能は既存DBMSでは不可能である。これらの問題も知識ベース技術の進歩を待たねばならない。

いずれの方向にしる、CAE用の図形データベースの形態は、CAEの業務内容、業務の必要に応じて、例えばどのような設計管理が必要とされているのか、どのような図形処理機能、性能が要るのか、どれ位の範囲の過去のデータを参照するのかに応じて決まるもので、それに応じて必要なDBMS機能が定まるのであり、個々の問題の分析を通じて今後研究開発されていくものであろう。

最後に、多くのデータベース実現に際して一般的に最も問題になることは、データベース設計前に既に存在しているデータ（普通莫大な量になる）をいかにシステム入力するかその莫大なコストを支出できるかということであり、CAE用のデータベースで真に実用になるものの実現の成否はここにかかっている。

5.4 機械翻訳

CAE (CAD/CAM) 分野においては、人工知能に対する要求の大きなものは機械翻訳に関するものである。エンジニアリング分野に限らず、多くの企業にとって国際化への対応として、ますます多くの文書翻訳、直接会話が必要となっており、翻訳機、通訳機、語学教育機等に大きなニーズがある。なかでも翻訳の要求が高い文書の種類としては

- 通信、連絡文書
- 提案書、契約文書
- 法律・規則文書
- 商品・技術資料
- 学術情報資料
- 会議資料・記録文書

等がある。翻訳は現在人手で行われているが、エンジニアリング分野の翻訳は専門的知識と翻訳能力の2つを要求され、言語がなじみのうすいものになると翻訳者の確保が極めて困難になる。今後国際化に対応して必要翻訳量は飛躍的に増大するが、翻訳能力が追いつかなくなると予想される。翻訳必要量の定量的把握は不明確であるが、多国語間の翻訳を必要とし、翻訳の研究が進んでいるECの例を参考にすると、年間80万～100万ページ（300語／ページ）で約2,000人の翻訳者によって加盟6ヶ国の言語用の翻訳がなされている。

このような状況で、コンピュータ技術による自動翻訳への期待ができるのは当然であり、機械翻訳の研究は1940年代終り頃から始められたが、当初の楽観論は1960年代半

ばに完全に打砕かれた。その後は着実なアプローチがとられ、現在は、機械の助けをかりた人間の翻訳 (machine-assisted human translation) から、重点を機械に移した人間の助けをかりた機械の翻訳 (human-assisted machine translation) を作ることが目指されている。性能 (実用的に見た翻訳の質) に対する評価はわかれるがいくつかの商用システムが現れており、その導入効果は20%の翻訳コストダウンであると見積られている。また最近のオフィスオートメーションにおけるワードプロセッシング、テキストプロセッシングとの結合によってトータルな翻訳の能率向上も必要と考えられている。

技術的に見ると、機械翻訳システムは語彙中心、文節単位に翻訳を行う第1世代と、この第1世代の語彙辞書に対する過信の反省から生れた構文中心の翻訳を行う第2世代システムがある。さらにこの構文中心の方式にも限界があることが明らかになるにつれて意味論、推論、知識ベース等を考慮したシステム、(semantic translation) を目指す第3世代が考えられている。Computer assisted translation は、人手による翻訳作業の半分の時間が専門用語の訳語を探すのに費されていると云われることから、専門用語データベースが中心となっている。表 5.6 に代表的専門用語データベースを示す。

1970年頃までに開発されたほとんどの翻訳システムは第1世代のシステムに属し、商用システムとしてSYSTRANが代表的である。第2世代のものとしては、フランス

表 5.6 代表的専門用語データベース

名 称	作 成	言 語	内 容
TERMIUM	カナダ政府 モントリオール 大	英, 仏	20万項目 技術, 科学, 経済, 法律等26項目
LEXIS	西独連邦政府 翻訳局	独, 英, 仏, 露他	80万項目 航空, 通信, 電子, 光学, 材料, 法律, 経済, 経営, 軍事他
TEAM	シーメンス	独, 英, 仏, スペ イン等8ヶ国語	50万項目 情報処理, 通信, 電気他24項目
EURODICA- UTOM	ECルクセン ブルグ	英, 仏, 独, イタリー, オラ ンダ, デンマーク	30万項目 鉄鋼, 鉱山, 環境, 統計, 農業, 機械他
EWF	ドレスデン 技術大学	独, 英, 露 独, 露	23万項目 化学 16万項目 電気工学

のグルノーブル大学のGETA SYSTEMがあり、多言語間翻訳を容易にするよう翻訳のための共通プログラムと言語データとを分離した、現存するものでは最も進んだシステムである。またECで検討され1984年には実用化を予定されているEUROTRA計画もこのグルノーブル大学のシステムの概念に近いものである。表5.7に代表的な翻訳システムの例を示す。

表 5.7 代表的翻訳システム

名 称	作 成	作成年	内 容
SYSTRAN	P. TOMA	1970	第1世代システム IBM 360/370上で稼動 露→英(米空軍他) 英↔仏(EC)
TAUM-METEO	モントリオール大	1975	英→仏(カナダ政府翻訳局) 天気予報文の自動翻訳
GETA SYSTEM (ARIANE-78)	グルノーブル大 (IOLTA社)	1979	第2世代システム 露-仏 現在最も進んだシステム
	Weidner Communication Inc.	1978	PDP-11/34, 70上で稼動 英-スペイン, 英-仏
EUROTRA	EC	開発中	第2世代システム
TAUM- AVIATION	カナダ政府	"	英-仏(航空技術)

5.5 国家的な大型プロジェクトの実例

(1) はじめに — IPAD —

IPAD (Integrated Programs for Aerospace-Vehicle Design) はNASAが推進母体となつてすすめるアメリカ航空機業界の生産性向上を図る為のトータルなコンピュータ支援システムである。アメリカの航空機、コンピュータ各業界全体及び関連の学界代表が一体となつて開発に取り組んでおり国家的な規模のコンピュータ

利用プロジェクトである。その初期段階では航空機の設計にのみ焦点をあて出発したが、現在ではその対象を生産、経営の分野にまで拡げている。

1970年代前半より着手され、80年代において実用化する事をめざし、成果は順次段階的に発表される予定であり第一回の成果は1979年10月に出されていると言われる。

(2) IPADの開発目的

- アメリカにとって航空機は産業の要であり、今後とも諸外国に優位性を確保しなくてはならない分野である。コンピュータを利用する事によりその生産性を飛躍的に向上させ、常にその優位性を誇る。初期のボーイング社のFeasibility Studyでは、25～90%の時間短縮、20～60%の経費削減がコンピュータ利用により可能であるとしている。
- 航空機業界全体に共通するEngineering & Project Management Activity Support Systemを提供する。航空機業界は既にすぐれたコンピュータ利用技術を持っているが、各社内外においてそのホストコンピュータ、利用形態各々に異なっていることから相互のコンピュータコミュニケーションは不可能である。IPADを提供する事により業界各社の技術交流を促し技術促進を図る。また国家的なプロジェクトを行なう場合の共通の開発シールを与える意図も考えられる。
- 設計、生産、経営の情報をひとつのデータベースとして一貫して制御するシステムを作成する。

現在のコンピュータ利用技術は各業務をミクロ的に扱かうものである。事務計算、科学技術計算、在庫物流管理等個別に関連なく計算機が利用されている。そこで設計業務を核として諸業務が有機的に結合された取扱いができるシステムを提供する。近年のデータベースの理論の発達がこれを可能としている。

(3) IPADの機能要素

IPADを構成する機能は大きく3つに分ける事ができる。

1) Executive and Communication Service (IPEX)

IPADシステム内外の異質なコンピュータ・ハードウェア間のコミュニケーションを司どる。ハードウェアには依存しない画一の使用形態を与えるものである。すべてのアクセスはIPEXを通して行なわれ、ホスト内またはホスト間のデータのやりとりをし、更にパフォーマンス測定も行なう。

2) Data Management (IPIP)

複数デバイスにわたる大量なデータの知的取扱いをする。DBにおけるいわゆるData Base Management Systemである。データの多角的な見方、分散デ

データの処理，幾何情報の処理等を可能とする。そのDML (Data Manipulation Language) として初期にはCODASYL型のを考え，将来的には Relational なものも実現する。

3) ユーティリティ

高級言語のコンパイラ及びインタラクティブな処理の為の文字，グラフィックを扱うユーティリティである。形状データの分析，表示の為のツールを与える。

以上で想像せられるようにIPADは最終的なアプリケーションを提供するものではなくその道具を与えるものである。デモンストレーションまたは効果を測定する為アプリケーションをプログラムの一部として組み入れているが実用段階ではIPADシステムのもとで各社が作成するものであろう。

(4) IPADの開発理念

IPADの開発理念はユーザー志向で，ポータビリティの高い会話型システムをつくる事にある。

◦ ユーザ志向

ユーザインタフェースを予備設計の段階でシステムインタフェースの一部として作成する。

◦ ポータビリティ

高級システム記述言語を用いる。モジュラー開発方式を採用し，機能の分離明確化，テスト，インプリメントの容易化，新機能の追加の容易化等を図る。

IPADは個々については，新しいコンピュータ・テクノロジーを開発しようとしているのではない。既に得られるアップツードータな技術をいかに航空機産業に総合的に適用するかに力点がおかれている。新技術が得られれば既存のIPADに追加もしくはリプレースされるであろう。この意味でモジュラー開発方式は重要である。

(5) IPADの開発体制

図5.3にIPADの開発体制を示す。

NASA IPOはIPADの進行管理，契約関係の処理を行なう。IPADを実際にすすめるのはEngineering Staff と Computing Staff である。ボーイングの Advisory CouncilはEngineering Staff のアドバイザーであり，ITABは航空機業界，コンピュータメーカー，学界の代表でありIPADのレビューを行なう。ITABは平均40人の委員会であり上記の各界の主要なメンバーはすべて含まれている。

Engineering と Computing の両スタッフは常に密接なコミュニケーションを保っており，一例を取ると図5.4のようになる。

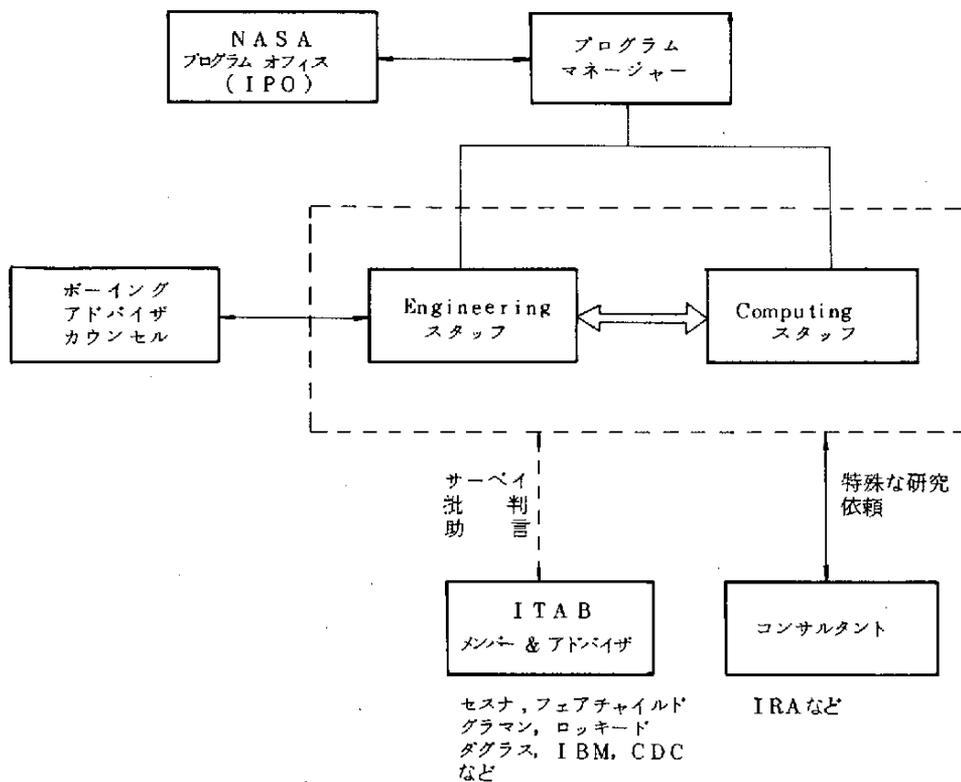


図 5.3 IPADの開発体制

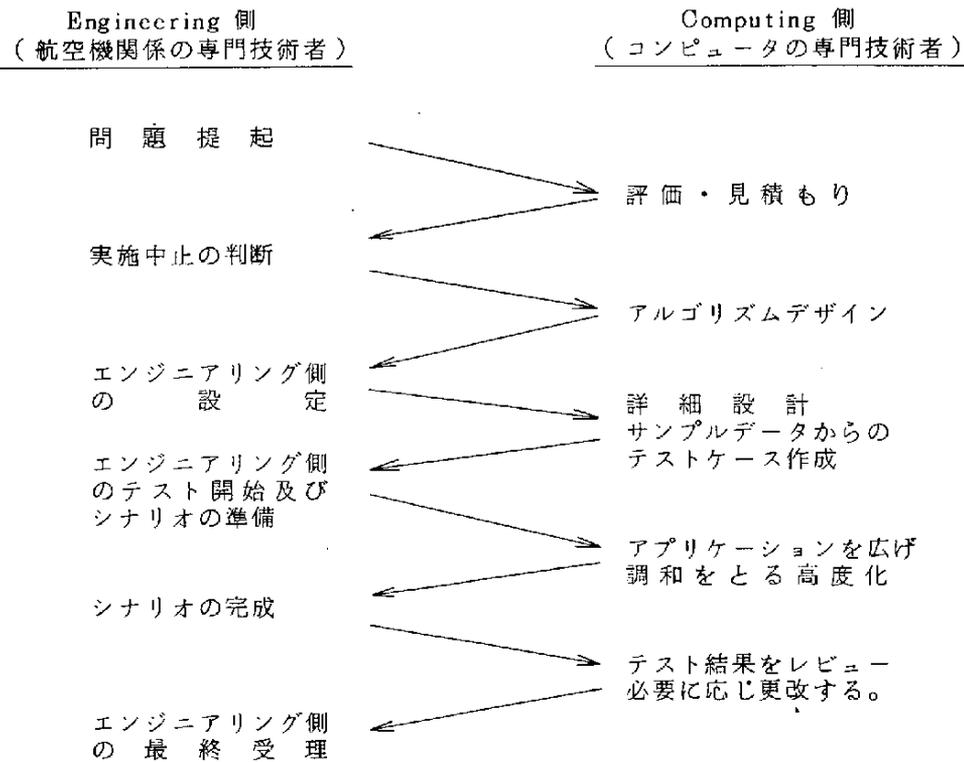


図 5.4 Engineering Staff と Computing Staff のコミュニケーションの一例

(6) IPADの開発経過

図 5.5 に IPAD の開発経過を示す。

1960年代終り	—————	デジタルコンピュータを航空機のデザイン・製造に適用する概念が出される。
1972年	—————	NASAが航空機のデザイン・プロセスの研究に着手。 ボーイングとGDC (General Dynamic Corporation) が Feasibility Study を受ける。
1974年	—————	航空機会社, コンピュータメーカにより Feasibility Study の結果をレビュー
1975年	—————	NASAはIPADの Feasibility Study をもとにIPADの初期開発を各社に競争入札
1976年 4月	—————	ボーイング社 IPAD 初期開発を受注
1977年 5月	—————	要求仕様の完成
1978年 9月	—————	フルIPADの予備設計終了 First Level IPADとして作成されるべきプロトタイプシステムの描出
1979年10月	—————	IPADの最初のリリース (First Level IPAD Release 0.01) が出される。
1982年	—————	First Level IPAD 完成予定

図 5.5 IPAD の開発経過

(7) First-Level IPAD

図 5.6 に First-Level IPAD の構成要素を示す。

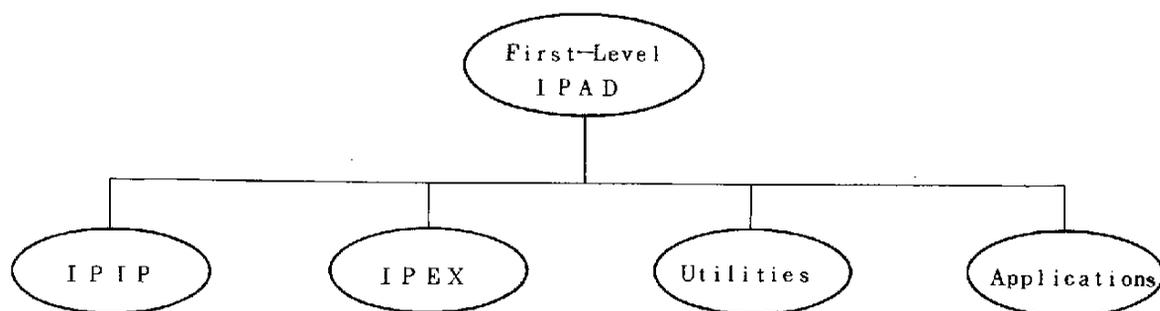


図 5.6 First-Level IPAD の構成要素

First Level IPAD は CYBER と VAX により実現される。

• IPIP

Data Manager

- ・ CODASYL 型の集合演算
- ・ 幾何情報の構造化された処理
(ANSI 及び IPAD Geometry)

言語インタフェース

- ・ キューリプロセッサ
- ・ FORTRAN, PASCAL コンパイラ
- ・ 内部スキーマ, 論理スキーマ コンパイラ
- ・ スキーマ・マッピング

• IPEX

- ・ データ変換
- ・ パフォーマンス測定
- ・ CYBER, VAX 各々の間の通信
- ・ CYBER と VAX 間の通信

• Utilities

- ・ PASCAL コンパイラ
- ・ AD-2000 Version 0.0
- ・ 汎用グラフィック・サービス
- ・ 幾何情報表示

• Applications

- ・有限要素プログラム (ATLAS, SPAR)
- ・Project Management
- ・Structural Analysis
- ・Detail Frame Design
- ・Indented Parts List 等

(8) 結び

開発理念の項でふれたようにIPADは、コンピュータ技術の新規開発を目差すものではない。70年初期のボーイングとGDCによるフィージビリティ・スタディで現在もしくは近い将来に得られる技術のコンピュータ利用で飛躍的な生産性の向上が可能と結論している。問題は航空機のような大規模なエンジニアリング・プロジェクトをグローバルに扱かう事が可能なシステム構築にある。データ・ベースの言葉で言えばDBの対象とする宇宙を如何にしてシステムとして実現するかにある。このようなシステムはひとつの会社が単独ですすめるには大きな危険が伴なう。産業界、国家が一体となつてすすめられるわけだが、アポロ計画など超大規模なプロジェクトを経験しているアメリカ-NASAが、そのプロジェクト・マネジメントの力を駆使して、強力な推進力になっていると思われる。余りに多くの企業が参加していて実質的な効果は疑問だという批判もあるが、プロジェクト・マネジメントの力を信頼しその成果を期待したい。

5.6 ACM SIGGRAPHのグラフィックス標準

— コア・システム —

本節はCAE主要分野であるグラフィックスに対する共通的思考方の1例としてACM-SIGGRAPHのComputer Graphics Vo 1.13, No 3, Aug 1979の一部を要約したものである。

5.6.1 方法論

(1) はじめに

(1.1) 方法論の必要性

物を設計して成功させるためには、2つの本質的な要素がある。一つは設計に関するまとまった知識であり、もう一つは実行のための戦略と規範である。もちろん実行は目的に対する知識に関連しており、それによって設計者が設計できるようなものである。これらを設計の方法論と呼ぶ。グラフィックス・スタンダードの設計を試みる場合に、我々はグラフィックスの分野でかなり広範な知識を発見することができる。1976年以前にグラフィックス・スタンダードの設計への方法論はほとんど存在しなかった。

1976年と1977年にグラフィックス・スタンダードへの設計の方法論は長足の進歩をとげた。本章ではグラフィックス・スタンダードに対する方法論を議論し、方法論がコア・システムと呼ばれるスタンダード・グラフィック・パッケージにいかん反映されているかを示す。

(1.2) 目的

このドキュメントの全般的な目的は2つに分れる。一つはグラフィックス・スタンダードの設計に対する方法論の記述であり、もう一つはこの方法論に従って設計されたスタンダード・グラフィックス・パッケージを明らかにすることである。方法論の要素とその要素に基づいた設計を備えることが本質的である。

(1.3) ポータビリティ

スタンダードとして発展するための最大の要因はプログラム・ポータビリティ^{*1}の増進である。プログラム・ポータビリティとは最小のプログラムの変更で、一つのシステムから他のシステムへグラフィックス・アプリケーションを移動させる能力のことである。絶対的なポータビリティつまり無修正でどのような2ヶ所の間でも、アプリケーション・プログラムを移動することは近い将来では無理であるが、結局、最後に達成されるものはソース・プログラムの少量の変更でプログラムの移動が可能なスタンダードで発展したものである。現在のところ、このポータビリティはフォートランによって担われることになる。それは理想的なことではないが、仕方のないことである。

ポータビリティのよいグラフィックス・パッケージの設計は大へん困難な仕事でそれにはいくつかの理由がある。ある種の問題は極端に広がったグラフィックス・ハードウェアの性質に起因し、ハードウェアが実行するかしないかの広範囲の機能に起因している。つまり、イメージ記憶、ダイナミックな拡大、縮小、回転、オペレータへのフィード・バックなどである。個々のディスプレイ・デバイスやグラフィック・入力デバイスが異なるハードウェアの機能を要求するのみならず、それが、しばしば、これらの機能のプログラミングにおいて、デバイス特有のテクニックを要求するからである。これらの問題は、すべてのディスプレイが設計のときプログラムのポータビリティを考慮していれば、設計への困難を軽減することができる。現在のところ、製作者がプログラムのポータビリティの必要性に目を向ける傾向があることは明らかだが、今存在している個々のハードウェアの相違に対しては個別的に検討する必要がある。

*1 プログラム・ポータビリティ：アプリケーション プログラムが最小のトレーニングでインストール間を移動する能力

(2) 哲学

(2.1) グラフィックス・アプリケーションプログラムの構造

プログラム・ポータビリティについてプログラムを移動したときにその修正の度合によって次に示す3レベルに分ける。

1. 全く修正なし
2. エディットの性格を有する修正, 例えばLINE () をDRAWTO () に修正するとか, プログラムの意味を十分に理解していない人でも容易に行うことができる修正
3. プログラム構造の修正, 例えばマルチ・セグメントを使用していたものを単一セグメントに修正するとか, プログラムの意味を十分に理解している人が行っても長時間を要する修正

コア・システムでは上述のカテゴリの第2番目までを目標とする。というのは, 例えばプログラムが標準的なプログラミング言語で書かれているとしても, 機械が変われば言語自体が少しは変わるものであるから。従って, プログラマはプログラミングするときに上述の第2番目のカテゴリまでの変化でおさまるように努力する必要がある。

(2.2) グラフィックス・システムのプログラマ・モデル

グラフィック・パッケージの基本的な概念として次のような考え方が一般的に同意されている。

1. 入出力機能の分離独立
2. 出力作成のときに, プロッタとインタラクティブ・グラフィックの場合の違いを最小にする。
3. 二つの座標系の概念
ワールド座標: ディスプレイ用の絵が組み立てられる座標
デバイス座標: ディスプレイされるデータが表わされる座標
4. デバイス座標の情報を含むディスプレイファイルの概念
最もインタラクティブでないグラフィック・システム以外のすべてのシステムで使用される。
5. 互いに独立したディスプレイ・ファイル・セグメント, 修正はセグメント毎に行われる
6. ビューイング・オペレーション: ワールド座標のデータをデバイス座標に変換する機能

図5.7は上に述べた考えに基づいて, インタラクティブ・ディスプレイ用のグラフィック・パッケージの構造を表している。

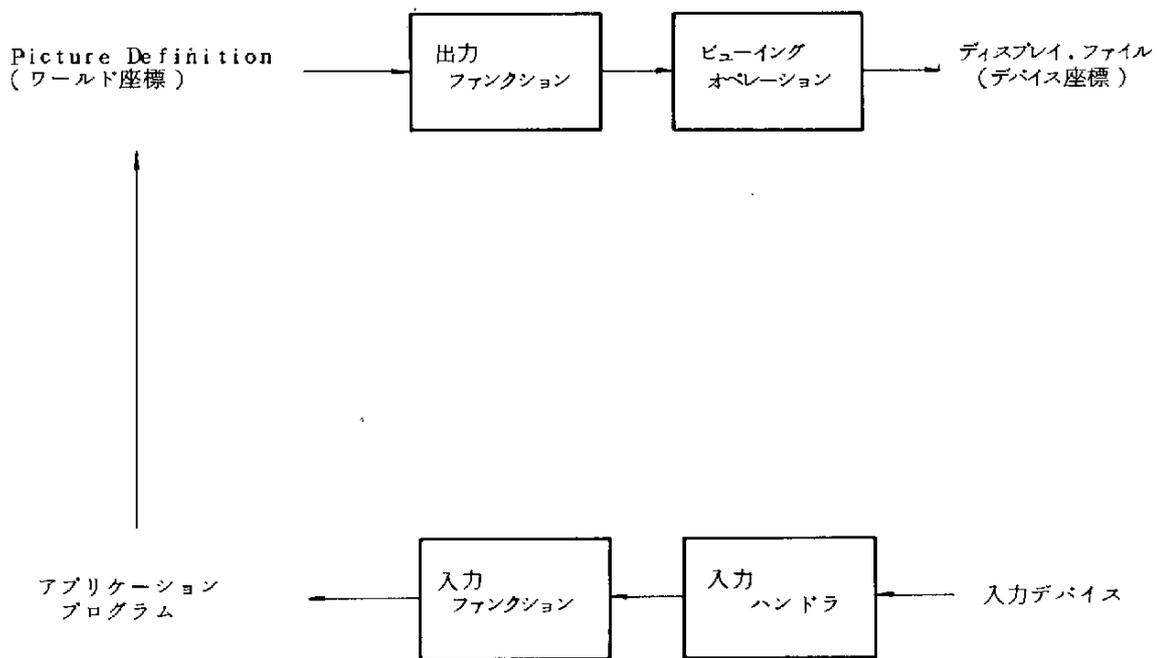


図 5.7 グラフィック・パッケージの構造

アプリケーション・プログラムは表示されるオブジェクトを定義する。オブジェクトの定義はワールド座標で行われ、グラフィック・パッケージに送られる。そして、それがビューイング・オペレーションを行われるときにハードウェアか又はソフトウェアによってデバイス座標に変換される。ビューイング・オペレーションではクリッピングも行われる。デバイス座標に変換されたオブジェクトの定義は2つの目的でディスプレイ・ファイルに貯えられる。1つはリフレッシュを行うために、もう1つはセグメント毎に修正されるために。コンソール・オペレータからの入力アプリケーション・プログラムに新しいデータ値を計算させたり、スクリーン上の絵を変化させたりする。

(2.3) スタンダード・レベル

上述したプログラマ・モデルはすべてのインタラクティブ・システムに適用されるべきであるが、ある条件の下では不満足な場合もある。例えば、あるプログラマはくり返し使用されるサブ・ピクチャのハンドリングに際して、より効果的な方法を要求するし、デジタル・プロッタのユーザはディスプレイ・ファイルをセグメント化するためのメモリやプロセッシングリソース（ハードウェア又はソフトウェア）の必要性に疑問をいだく、アプリケーション・プログラマの必要性に応じて十分なバリエーションがあり、デバイスの機能の特性に応じてもある。

これらの問題に対する一般的な解答はグラフィクス・パッケージの中でモジュール化

することである。最も高いレベルではグラフィックス・システムはすべての機能をサポートし、低レベルでは、いくつかの機能が省略される。例えば、プロッタのパッケージではディスプレイ・ファイルのセグメント化や入力機能は省略される。

(2.4) モデリング・システム

グラフィック・システムを設計する出発点で解決すべき重要な問題はそのスタンダードが何を含むべきで、何を除外すべきかという問題である。しかしながら、この問題はすでに解決されていて、あるユーザは多くを含み過ぎて、無駄で効率的でないといひ、又あるユーザはパッケージが彼等のアプリケーションで必須な機能を欠いていると云う。

プログラマのモデルについての議論では上述の6項目から離れて、部分的ではあるがグラフィックス・パッケージのコンポーネントについて問題がある。特に困難な問題はトランスフォーメーション(変換)である。

2次元又は3次元空間にある複雑なオブジェクトをモデル化したり、ビューイングすることができるように、オブジェクトの組立とビューイング・トランスフォーメーションを同じように行わせる能力をプログラマに持たせるべきかということ。そのような能力は特定のアプリケーションにとっては必須であるが、費用がかかる上に、より複雑なシステムを必要とする。比較的簡単なグラフィックスにおいてのみ、それらの問題を回避することができる。

Seillac I レポート(1976)で提案された解決を下に述べる。

トランスフォーメーションはビューイングとモデリングという2つの目的で使用される。ウィンドウイングとかパースペクティブというようなビューイング・トランスフォーメーションは(一般的にビューイングとモデリングのトランスフォーメーションが同じ基本的なマトリックス演算を行つているとしても)ピクチャの様々な部分を構成するために使用されているモデリング・トランスフォーメーションとは異なっている。

要求された能力をグラフィックス・システムとモデリング・システムの2つの部分に分けるところに答がある。モデリング・システムではオブジェクトを定義するのに自分のローカル座標でよい。つまり、モデリング・システムで、変換を適させるための機能を用意することである。その結果、ワールド座標系での画像情報の定義が生成される。そして、それはビューイング・トランスフォーメーションのアプリケーションに対しても適している。グラフィックス・システムを使用して、まずビューイング・トランスフォーメーションを行い、それから、ワールド座標での定義を使って像(Picture)を生成する。それらは普通、ワールド座標のアーギュメントでライン・ドロ잉のファンクションをコールして行われる。

このアプローチでは、汎用変換ルーチンを一組で使用したときに必然的に生ずる多く

の問題をさけている。モデリングの部分では、各変換はローカル座標の一点を示し、ワールド座標の一点を生成する。モデリング・システムは下に示す様な機能（ファンクション）を含むようになるであろう。

- * 変換を組立てるための機能（ファンクション）
- * 変換スタッフ
- * スタッフに変換をプッシュ又はポップする方法
- * 今行っている変換をローカル座標の点に適用する機能

上記の項目に反して、モデリングが行われる多くの異なるアプリケーションに適用するために、モデリング・システムに多くの異なったタイプを求めるニーズがあるようである。しかしこのような広がりに対しても、上で示した機能を様々な形で含むモデリング・システムが期待される。というのは、多くのアプリケーションに従属したシステムの発展の出発点として、基本的なモデリング・システムの提案だからである。

グラフィックス・システムは線や文字を描くためのプリミティブな機能、属性機能、ビューイング・トランスフォーメーション、入力機能、セグメンテーションや初期化に対する機能、を含むべきであろう。それらの機能はアプリケーション、プログラマからアクセスされるべきである。加えて、ある機能については、効率を向上させるために、モデリング・システムによってコールされるように設計されるべきである。2つのシステム間のインタフェースは注意深い設計が要求される。

しかるに、買ったアプリケーションに適するための多種のモデリング・システムに反対したのは、単一で、汎用性のあるグラフィックス・システムの例が設計されるかもしれないからである。しかしながら、異なったアプリケーションと異なったハードウェアの性能の必要とするものがこれを不可能にすることはありそうなことである。この問題の大きさを調べる前にアプリケーション、ハードウェア構成、グラフィックス・システム・サポートについて研究する必要がある。

（以上 Seillac I レポートより）

その後、Seillac I レポートは効率の問題について議論しつづけた。特に、機能（ファンクション）の能力ではモデリングとビューイングにおける座標変換を組合せて、同一のステップで実行させることを許すように紹介された。そのような能力についてはアプリケーション・プログラムのモデリング・システムへのインタフェースが、その能力の使用によって影響されないことを保障するために、大いなる注意を払って設計されるべきであることを強調しておく。

（2.5） 他のハイレベル・モジュール

これまでに提案した分離（モデリングとグラフィックス）の目的は2つある。一つ

は、すべてのものをはつきりと、グラフィックス・システムでのピクチャ生成と関係させることで、もう一つは、表示されているオブジェクトの組立てや操作に関係する機能をモデリング・システムのみにもたせることである。このアプローチの3つの利点は、(a)モデリング・システムはピクチャを生成することだけ関係するプログラマには必要とされない。(b)モデリング機能を如何にスタンダード化するかについて、どんな契約もないので、もし、モデリング機能が除外されるなら、グラフィックス・スタンダードの設計がより容易である。(c)分離したことによって、(提起されるべき)効率の問題を考えなくて済む。

以上述べたことは、モデリングの記述上大いに役に立ち、異なるインタラクティブ・グラフィックスについて適用される。特に、次に示す能力に対して、別々のモジュール(パッケージ)についての議論になる。

1. シンボルシステム

アプリケーションの指定したサブ・ピクチャを定義したり、ワールド座標のピクチャ定義でこれらのサブ・ピクチャの例を挿入したりする機能を用意すること。その様なシステムなしでは、あるアプリケーションは分散型グラフィックス・システムで効果的にインプリメントすることができない。というのは、分散型ではすべてのサブ・ピクチャは、システムの一部から他の部分へ、時には低帯域で送信されねばならないから。サブピクチャはディスプレイ・サブルーチン・ハードウェアと共にシステムの表示能力を増加させるために使用される。

2. 高品質テキスト・システム

ドキュメント・製造システム (document-preparation system) のユーザを満足させる程、高品質なテキストを生成することができるシステム。一般のユーザには必要ない。

3. 曲線表示システム

アプリケーションに合わせて、効率よく曲線を描くシステム。曲線を描くテクニックはアプリケーションに特有のものであるから、スタンダードにはそのような能力を含めない。

4. 高レベル・プロットング・パッケージとマップ・メーキング・パッケージ

これらの機能を実行するモジュールは、過去には、グラフィック・パッケージと接続して使用されてきた。スタンダードの文中では、それらの設計は原則的にコア・システムへの効果的なインタフェースに対するニードによって困難にされた。そして、高度なインタラクティブ・アプリケーションにおいてその使用を許している。グラフィックス・システム設計者が、この種の有用なモジュールの設計やインタフェースにおいて、さ

らにリサーチすることが必要である。

5.6.2 コア・システムの機能仕様

(1) はじめに

(1.1) コア・システムでのロジカル・デバイス・インディペンデンス

ポータビリティを達成するための基本的な戦略として、コア・システムではハードウェアの固有の特性からアプリケーション・プログラマを守っている。これは固有レベルにおいてであり、ソフトウェアのオーバーヘッドを意味するものではない。プログラマはコア・システムに対して、デバイス・インディペンデントなワールド座標でグラフィックな世界を記述すればよい。そして、プログラマは又、標準化されたデバイス座標はロジカルな画面上のどこにオブジェクトが置かれるかを指定できる。

同様に、プログラマはロジカルな入力装置の一時的な使用を指定することができる。ロジカルな入出力デバイスから実際の入出力デバイスへのマッピングはハードウェアの仕様に従ってコア・システムによって行われる。アプリケーション・プログラマがそれに煩わされることはない。又、ある実際の入力装置がある実際の出力装置に関連しているとしても、ロジカルな入力装置と画面には影響はない。

(1.2) コア・システムの機能能力の概要

(1.2.1) アウトプット・プリミティブ

プログラマがコア・システムに対して記述するグラフィカルな世界は1つか又はそれ以上のオブジェクトの集合である。各々のグラフィカルなオブジェクトはワールド座標で記述されていて、2次元か又は3次元のアウトプット・プリミティブのファンクションによって働く。ファンクションは *moves, lines, line sequences, maker sequences, text* がある。

アウトプット・プリミティブはプリミティブ属性 (*attribute*) によって影響をうける。プリミティブ属性にはカラー、インテンシティ、文字を書く方向 (*character path*)、文字の間隔、キャラクタ・ストリングの位置指定、キャラクタ・プレジジョン (罫りの状況に合わせて他の属性を変化させる)、マーカー・シンボルがある。各アウトプット・プリミティブは入力時の識別用に *PICK-ID* と呼ばれる名前をもつ。

(1.2.2) ピクチャ・セグメンテーションとネーミング

前述したようにオブジェクトは1つ又はそれ以上のプリミティブで表わされ、コア・システムではプリミティブはアプリケーション・プログラムで指定されたセグメントに含まれる。それぞれのセグメントはイメージを定義している。

(イメージとはオブジェクトが実際に見える形になつたもの)

アプリケーション・プログラムは次のようにしてセグメント化を行う。

OPEN SEGMENT

OUTPUT PRIMITIVE(S)

CLOSE SEGMENT

セグメントには2種類ある。1つはリテインド・セグメントであり、他方はテンポラリ・セグメントである。リテインド・セグメントはセグメント名をもっていて、デリートすることによって絵の一部を選択的に修正できる。

テンポラリ・セグメントは1度だけ表示する必要があるときに使用され、名前をもつことはできない。

アウトプット・プリミティブがプリミティブ属性によって影響を受けたように、リテインド・セグメントで定義されたイメージはリテインド・セグメント・ダイナミック属性に影響をうける。

ビジビリティ属性とハイライト属性がイメージを制御するために使用され、ディテクタビリティ属性はピック入力装置やライトペンによってイメージがピックされるようにする。プリミティブ属性との相違はリテインド・セグメント・ダイナミック属性の値がセグメントが作られた後でもプログラムによって変えることができることである。

(1.2.3) 属性

属性はリテインド・セグメントやプリミティブの性格を定義する。現在の属性の値はコア・システムがイニシャライズされた後はいつでも質問したり、変化させたりすることができる。属性値はmodallyに指定される。modallyというのは現在の属性値へ変化する間に作られたプリミティブやリテインド・セグメントは前の属性が関係していたのと同じように影響されることである。

(modal な属性：指定されるまでは前の属性)

リテインド・セグメントが作られるとき、そのリテインド・セグメント・ダイナミック属性はその属性の現在の値にイニシャライズされる。リテインド・セグメント・ダイナミック属性の値はセグメントがクローズされた後も質問や変化をもつ。

(1.2.4) ビューイング・オペレーションと座標変換

ビューイング・オペレーションはウィンドウとビューポートによって行われる。ウィンドウはオブジェクトをクリップしたりビューポート・マッピングへのウィンドウを決定するために使用される。このマッピングはビューポートによって限られた標準化されたデバイス座標の空間の一部分にウィンドウによって限られた2次元オブジェクトの一部分をはめこむ。

3次元ではウィンドウは任意のビュープレーンで指定される。オブジェクトはパース

ペクティブな投影ではピラミット形の台形に、平行な投影では平行なパイプにクリップされ、ビュープレーン上に投影される。そして、次にビューポートによって限られた標準化されたデバイス座標空間の一部にマップされる。

ビューイング・オペレーションが行われた後、イメージにスケール、ローテーション、トランスレーションがイメージ変換を使用して行われる。

(1.2.5) インプット・プリミティブ

オペレータの入力については6クラスのロジカルな入力装置がサポートされている。それらは必要なときに利用できる入力装置としてモデル化されている。ピック・デバイス、例えばライトペンはセグメント・ネームとピック識別子によって、アウトプット・プリミティブを識別する。ローケータ・デバイス、例えばジョイ・スティックやタブレットによってドライブされたカーソル、はNDC (Normalized Device Coordinate) で表わされた画面上のポジションを与える。ストローク・デバイスはNDCで表現された一連の画面ポジションとして表わされた入力デバイスのパスを与える。バリュエータ・デバイス、例えばアナログ・コントロール・ダイヤルはスカラー値を与える。キーボード・デバイスはキャラクタ・ストリングを与える。ボタン・デバイスは幾かのスイッチの選択を与える。すべてのデバイスはイニシャライズと使用に際してはenable する必要がある。

ピック・キーボード・ボタン、ストロークの各デバイスをオペレータが使用するとイベントを発生する。ただし、デバイスがenable になっているとき。

イベント・レポートがイベント・キューに入れられる。それはアプリケーション・プログラムによって読まれる。イベント発生型デバイスはサンプルされない。逆に、ローケータ・デバイスやバリュエータ・デバイスを使ってもイベントは発生しない。サンプル型デバイスがenable にされると、それらの値はアプリケーション・プログラムによってサンプルされる。さらに、イベント発生型デバイスとサンプル・デバイスはアプリケーション・プログラムによって関連される。もし、両者が関連されていると、イベント・レポートが発生したとき関連enable のサンプル・デバイスの値も同時にイベント・レポートとしてイベント・キューへ入れられる。

同期入力 (synchronous Input) と呼ばれる第2のスタイルの入力プログラミングが利用できる。アプリケーション・プログラムがオペレータからの値を必要としているとき、アプリケーション・プログラムは所望の入力値が利用可になるまで、もどって待つ機能をコールする。同期入力と共に、アプリケーション・プログラムは使用する入力デバイスをイニシャライズする必要がある。しかしながら、入力デバイスをenable にしたり、デバイス関連を変えたり、イベント・キューを取扱う必要はない。

各インプット・デバイス・クラスはアプリケーション・プログラムによって要求される多種の（システムが定義した）フィードバック（エコー）をもっている利用可のエコー効果の例は、ローケータ制御のラバ・バンドやドラッグ、バリュエータ制御のスケール、ローテーション、トランスレーションはリテインド・セグメントのイメージ変換では属性値を変化させる。

(1.2.6) 制御 (Control)

コア・システムを初期化したり、終了させる機能、出力に際して、ビュー画面を選択する機能、エラーハンドリングのメカニズムを確立する機能が用意されている。ピクチャ生成の適時性はアプリケーション・プログラムによって制御される。ニュー・フレームの機能はビュー画面をクリアするために使用されるグループ・ピクチャを一括して変化させる機能が用意されている。この特徴は有用で、例えばストレージ・チューブ・ディスプレイでのイレースを最小にする。

(1.2.7) コア・システムとアプリケーション・プログラムの特別なインタフェース

インストレーションやハードウェア特有の特徴に対する効果的なアクセスを許すための一定のエスケープ・メカニズム（ノン・スタンダードであることは、すなわちスタンダードの方法でもある (a standard way of being non-standard)）が定義されている。このメカニズムの使用はアプリケーション・プログラムのポータビリティを減ずるが、容易に識別できる方法で定義される。

(1.2.8) コア・システムと周囲とのインタフェースにおける哲学

コア・システムはマシン・デバイス、OSインデペンデントなアプリケーション・プログラムを容易に書くことを目標として設計されている。しかしながら、コア・システムをインプリメントしたり、使用したりするときには、OSとかプログラミング、言語という領域でコンピュータのシステム環境の影響を受ける。だから、コア・システムのすべての特徴がインプリメンテーションのときには、一般的には利用されないOSの特殊な能力を必要しないように設計されることが特に基本的なことである。

例えば、OSの能力としてプログラムをダイナミックにローディングすることは非常に有用であるが、コア・システムの能力では必要としない。スペースの管理とか他の言語に従属した機能は、その指定されたプログラミング言語ごとに確立されるであろうルールを使用して取扱われる。

(1.3) コア・システムのレベル

コア・システムはスタティックなプロットングからダイナミックな動きや、リアルタイムのインターアクションまでの広範囲をアプリケーションで使用されねばならない。加えて、多くのディスプレイ・デバイスはピッキングのためのライトペンやトランスフ

ォーメーションのハードウェアのような特徴が欠如している。そして、もしそれをソフトウェアで実現するとすれば、大きく複雑なソフトウェア・シミュレーションになってしまう。結果として、3クラスのアップワード・コンパチブルなレベルが規定されている。アウトプットのレベル、インプットのレベルとワールド座標空間の次元のレベル(2D又は3D)、レベルの概念はピッキングとか選択(choosing)とかを、コア・システムのインプリメンタがハードウェアをサポートするか又はアプリケーションで要求されている特徴を実行することによって避けている。

(1.3.1) アウトプット・レベル

(1.3.1.1) アウトプット・レベル1: ベーシック・アウトプット

ベーシックなアウトプット・レベルでは選択的なピクチャの修正を必要としないアプリケーションを意図としている。このレベルでの機能(ファンクション)はすべてのアウトプット・プリミティブ、プリミティブ属性、ディメンション・レベルの選択可能なビューイング・オペレーション、ディスプレイ・デバイスの制御であるテンポラリ・セグメントが使用可であるが、リティンド・セグメントはサポートされない。

(1.3.1.2) アウトプット・レベル2 バッファ付アウトプット

バッファ付アウトプット・レベルでは択されたセグメントを一つのアウトプット・プロット(面)から他のアウトプット・プロットへ移動させることが可能であるそのため、リティンド・セグメントは別に変化しているプロットの上に固定したバック・グラウンドとして使用される。リティンド・セグメントのハイライトとかビジビリティなどの属性がサポートされ、すべてのリティンド・セグメントのオペレーションをサポートする。

(1.3.4) コア・システム・レベルの機能要約

(1.3.4.1) アウトプット・レベル要約

機 能	レベル1 ベーシック	レベル2 バッファ付	レベル3 ダイナミック
アウトプット・プリミティブ とプリミティブ属性 ビューイング	yes	yes	yes
制 御	yes	yes	yes
テンポラリ・セグメント	yes	yes	yes
リティンド・セグメント	no	yes	yes
ハイライト・セグメント属性	no	yes	yes
ビジビリティ・セグメント属性	no	yes	yes
イメージ変換セグメント属性	no	no	yes
ディテクタビリティ・ セグメント属性	no	インプット・レベル が2か3のとき yes	インプット・レベル が2か3のとき yes

(1.3.4.2) インプット・レベル要約

機能	レベル 1 なし	レベル 2 同期型	レベル 3 完全型
デバイス・イニシャライズ	no	yes	yes
同期インタラクション・機能	no	yes	yes
エコー制御	no	yes	yes
enable/disable	no	yes	yes
イベント・キュー・管理	no	yes	yes
サンプル・デバイス読とり機能	no	yes	yes
関連 (association)	no	yes	yes

(1.3.4.3) ディメンジョン・レベル要約

機能	レベル 1 2 D	レベル 2 3 D
2 D プリミティブ, 属性, ビューイング, 入力	yes	yes
3 D プリミティブ, 属性, ビューイング, 入力	no	yes

(1.3.5) レベルのクラス化

(1.3.5.1) クラス化のルール

コア・システムのアウトプット, インプット, ディメンジョンを選択してサポートし, クラス化されたインプリメンテーションを行うため次のことに従う必要がある。

1. ハードウェアやソフトウェア・シミュレーションをどのように混ぜて, 使用しても, 選ばれたレベルでのすべての特徴をインプリメントしなければならない。
2. より高いレベルのアウトプット, インプット, ディメンジョン・レベルの特徴をインプリメントしてはいけない。

指定された機能を実行させるのに必ずしも次のようなものは要求されない。1. 特定のレスポンス・タイム 2. 特定のハードウェア・キャラクタ・フォント 3. ピック機能の特定のインプリメンテーション 4. インプリメンタが制御できないかもしれない, その他特別なヒューマン・ファクタの考慮。

さらに, アウトプット・プリミティブ属性の分野では, 与えられた特徴をサポートするのにベストを尽くせば十分である。例えば, 白黒のディスプレイでカラー等……。ベストを尽くすために, あるものにおいては別の方法をとる必要がある。例えば, カラーを示すために異なるインテンシティ・レベルを使うなど, そして, コア・システムのエラー・ハンドリングのメカリズムを使って, 警告する必要がある。言い換えれば, 機能

の能力を簡単に無視することはベストを尽くしたことではない。インプット・プリミティブについては各クラスの最小のデバイスの数が必要である。

(1.3.5.2) インプリメンテーションの問題

与えられたレベルをサポートするためのアップワード・コンパチブルのルールはもし構成が一台のグラフィック・デバイスの構成であればはつきりしている。コア・システムのインプリメンテーションが複数の異なった能力をもつグラフィック・デバイスをサポートするとき、システムを全体としてサポートするとき、どのレベルでサポートするかを決定する問題が明確ではない。そのようなマルチ・デバイス構成の典型的なインプリメンテーションを図 5.8 に示す。

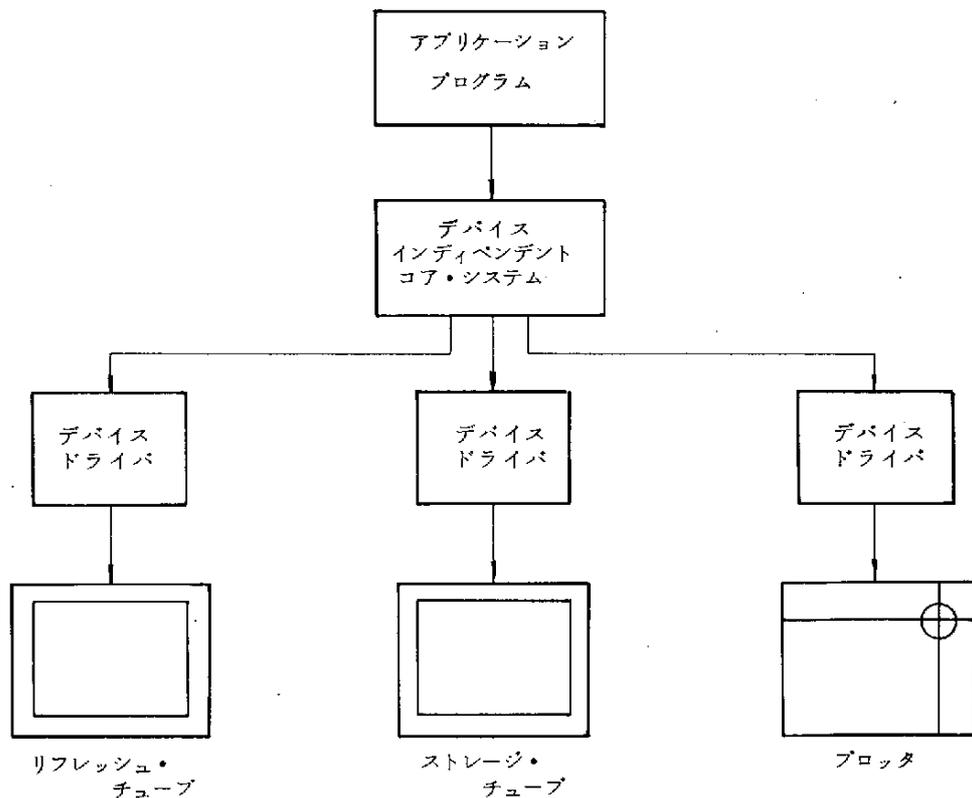


図 5.8 典型的なマルチ・デバイス構成例

デバイス・インディペンデントな部分とデバイス・ディペンデントなデバイス・ドライバに分離して、できるだけ多くのプログラムを共有を図り、同時にデバイス・インディペンデントな部分をアイソレートすることを可能としてできるだけ小さなプログラムにしている。

例えば、デバイス・インディペンデントな部分がすべてのアウトプット・レベル2の機能をサポートすると仮定すると、プロッタ用のデバイス・ドライバはアウトプット・レベル1の機能だけをサポートすることが可能であるし、リフレッシュとストレージ用のデバイス・ドライバはアウトプット・レベル2の機能をサポートする。つまり、インプリメンテーションでは、アウトプット・レベル2のプログラムは2つのディスプレイをサポートし、アウトプット・レベル1のプログラムはプロッタをサポートしていると云うことができる。云い換えれば、システムは複数の異なるアウトプットレベル、つまり、特定のデバイス・ドライバと共通のデバイス・インディペンデントな部分の各組合せに対して一つのアウトプット・レベルをサポートしている。^{*1} 各組合せによってサポートされるアウトプット・レベルは低い方のレベルの部分のアウトプットレベルになる。プロッタで使っているアウトプット・レベル2のプログラムはアウトプット・レベル1のプログラムとしてランすることに注意する。アウトプット・レベル2のすべての機能はエラーの発生を除いてはどんな影響ももたない。この戦略の意味することによって重要なことは、アウトプット・レベル2のプログラムはアウトプット・レベル1でサポートされるプロッタに対してさえも有効なピクチャを生成することである。同様なことが、インプット・レベルやディメンジョン・レベルについても云える。

(1.4) コア・システムの設計規範

5.6.1で説明したように、コア・システムの概観を確立するために使われた基本的な哲学はシンセティック・カメラ (Synthetic Camera) の例を基にしている。コア・システムの様々な特徴を調べるために他のガイドラインが必要であり、有用であった。これらのガイドラインは、機能を包含するか、しないかということ、他の機能への適用性やインタラクションについて機能の概観を調べること、機能の数、パワー、意味を決定することに対する方法論的かつ実行的なガイドラインを含んでいる。これらのガイドラインについて以下に述べる。あるものは設計が大体完了してから発見され、多くはグラフィックス・パッケージの設計に特有のものではなかつたし、ほとんどは他のものとのインタラクションに関して反映させねばならないし、ガイドラインに矛盾することを除いては、同じくらい明瞭である。複雑な二律背反が存在し、ガイドラインの矛盾のない応用は保障されない。結局、特徴の選択での経験や個人の好み、そして特徴の意味論についての避けがたい要素は認めらわねばならない。

(1.4.1) 多くのユーザ・レベルをもつコア・システムの設計規範

コア・システムの上に作られたハイ・レベル・モジュールとコア・システムのレベル

*1 以下の文を読むと分かるが、この逆ではないかと思う。

が決定されれば、コア・システムの外観に関して、位置づけが決まる。

コア・システムを核 (Kernel) よりも自分だけで閉じたパッケージに近づけることにした。核とは普通、スタンド・アローンで使用されるパッケージではなくて、アプリケーション・プログラマに、より適したハイレベル・パッケージを書くことを基にして、役立つためのパッケージである。

コア・システムはほとんどの規範との妥協を基にしている。つまり、アプリケーションのほとんどの場合に対して、インタラティブ・ディスプレイに関するほとんどのプログラマに対して、良い物なのである。それ故、多くのユーザ・レベルの能力をもつパッケージである (rich なパッケージ)。これを包含する規範は、コストが低いとか、包含物から発生する困難が問題ないような一般的に有用な特徴を考えるべきであった。設計者は、コア・システムを rich ということよりも、むしろ、拡張性を考慮すべきだった。多くの特徴と巨大なシステムをインプリメントするときの困難さと費用 という項目において……。よりハイレベルなモジュールとコア・システムのレベルのインプリメンテーションでの戦略は上の問題を提起されたので作られた。

コア・システムは、基本的にインタラクティブ・ベクタ・グラフィック・ディスプレイに向っていた。それは、コア・システムを使用して容易に作られるプロットング・パッケージの特別なグラフィック・ユーティリティをもたない。プログラマにアフィン空間でのトランスフォーメーション、クリッピング、3Dパースペクティブなどを持つ、本当に良くできているディスプレイ・システムやある程度のローカルな演算能力を有するインテリジェント・サテライトの能力のすべての利点をもたせることは必ずしも許されない。ただし、エスケープ・メカニズムを使用することを除いて (アフィン空間 : 例えば同次座標空間) ほとんどの規範では、多くのアプリケーションに対して、コアだけで十分であるが、5.6.1で述べたように、コア・システムは特定のアプリケーションに対して、高レベル・モジュールを望ましくする領域では十分にプリミティブである。それ故に様々なカテゴリで、特徴に関する機能の完全さについては、コア・システムを使用したり、インタフェースのためのモジュールを保障することが注意深く調べられた。

さらに、幾かの他の規範は、次に説明するが、特徴を含んだり、含まなかつたり、区別するために使用される。

(1.4.2) コア・システムのインプリメンタビリティ・テスト

インプリメンタビリティ・テストとはコア・システムが次に示す論理的な能力だけを含むべきであるということ。

1. 論理的な能力が現存するグラフィックス・ハードウェアによって容易にサポートされること。しかも、reasonablyに。
2. 論理的な能力が他のコア・システムの能力を使用して、その上に、容易には作られないこと。

容易にサポートされるということは次のルールを含む。つまり、もし如何に理にかなったインプリメンテーションにおいても、ほとんどか又はすべてのデバイスにセグメントの内部での表現の意味を翻訳するのにコア・システムを必要とするなら、そのような特徴はコア・システムから取除くべきであるということ。言い換えれば、セグメントは、質問や変化に対して必要とされるべきで、これは唯一の制御情報を一度だけ生成する。

(1.4.3) コア・システムでの内容の実行と特徴の除外

特徴がコア・システムの上で容易に作られるか又は多くの規範のように含まれるに十分有用であるかという背反に話をもどす。傾向としては、もし使用されている能力が高レベルで、アプリケーション指向のパッケージのプリミティブとして有用であるなら、コア・システムでも広く使用される能力をもつべきであつたということ。重要でなく、小数のユーザで有用な特別な特徴はノン・スタンダードであることがすなわちスタンダードの方法であるということを考えて、エスケープ・メカニズムを通して(コア・システムに)適合されるべきである。(例えば、円鋸発生器は上の方法でアクセスされる。)

(1.4.4) スタンダードを設計するための方法論的規範

a) アプリケーション・プログラムの構造に関する効果

Seillac I のガイドラインに従って、設計者はアプリケーション・プログラムの構造(例えばピクチャの階層のレベル)に影響する問題に集中できる。しかしながら同時に、第2のゴールは、技術的な問題が解かれる必要がある領域や決定が行われる領域、例えばテキスト・ハンドリングのような困難な領域でガイドする必要がある、これはオリジナルのGSPC(Graphic Standard Planning Committee)で指定された。どの能力が用意され、どの能力を除外するかということに関するガイドラインでは、試みとして、コア・システムの機能スペックにある特徴に関して、その詳細を用意した。特に重要で、議論の対象となる問題に関しては念入りに行われた。

b) 受入られた実行；実行されることが決っているもの

位置的には相当望ましいが、未だに一般的に受入られ、実行されていない特徴は議論のコースから時々除外された。the state-of-the-art のはるか先のものについては、スタンダードには入れられなかつた。つまりもし、その概念や能力

がフィールドでテストされたり証明されたりしていないときは……。

c) 特徴を部分に含まないこと

特徴とか能力が適用性のルールを複雑にしないように、それらはそれら全部が含まれるか除外されるべきであるということがわかった。部分的に含まれることは、ユーザに対しての不満足な妥協、将来には、完全な能力の明瞭なインプリメンテーションを得るかもしれないという不明瞭なインプリメンテーションを生ずる恐れがある。例えば、部分的に、限定されたシンボルの能力が、高性能でインテリジェントなサテライト・ディスプレイのユーティリティのために、コア・システムに対して考えられた。しかしながら、それは他の特徴との多くの困難なインタラクションに関係があることがわかったのとより完全なシンボル・システム・モジュールの発展を禁じることになるかもしれないことがわかったので、リジェクトされた。

(1.4.5) パッケージの特徴を設計するための一般的な規則

a) 良い構造と明瞭さ

同じ意味の能力をインプリメントした数個の特徴を識別することはしばしば可能である。自然な選択規範は良い構造をもつ特徴とその効果が明瞭であるべき特徴を選ぶ。このように、すべての始まりははっきりした終わりをもっている。

サイド効果^{*1}や暗にかくれた動作は望しいものではない。プログラムの状態は簡単で、明瞭で名をもったプロシージャの唯一回のアクションで完了するコールによって変化する。Perlisの「最小の驚きの法則」が効果を表わすべきである。ルールに対する特別の場合と例外は避られるべきだ。さらに、個々の特徴とまとまった特徴が困難なしで説明されねばならない。

b) オートゴナリティ（直交）（Orthogonality）とインタラクションの欠如

オートゴナリティと呼ばれる方法論の原則はモデリングとピクチャの生成という異なる、non-interactingな活動の分離に使用され、多くの他の領域においても使用されている。例えば、インプットとアウトプットのプリミティブ、サンプル入力デバイスとイベント発生型入力デバイス・セグメント属性とプリミティブ属性の分離などである。オートゴナリティは各機能がお互に干渉しないという条件で、独立して指定される機能である。例えば、ハイライティング・セグメント属性値を指定することは他のセグメント属性やセグメント中のプリミティブのどんな属性値にも影響を与えない。アプリケーション・プログラムはアウトプット・セグメントを定義している途中で、インプットを実行するかもしれない。

*1 1つが動作中に、他のものが動作して、動作中であつたものに影響を与えること。

オーソガナリティは特徴間のインタラクションについての質問に答えるのに役立つ。例えば、CP（カレント・ポジション）はウィンドウの左下でイニシャラズされるか？という質問では、CPはプリミティブ記述の概念で、ウィンドウはビューイング・トランスフォーメーションの部分であるから上の質問に対しては容易に否定することができる。

c) 完全さと首尾一貫 (Completeness and Consistency)

特徴のあるクラスのあるメンバについて適用するオプションは特別のケースを避けるためにすべてのメンバについて適用すべきである。例えば、プリミティブ属性のあるタイプに対する値のセット又はリセットのメカニズムはすべてタイプについて適用されるべきである。

同様に、あるプリミティブ属性の値がアプリケーション・プログラムによって Inquiry というサブルーチンを経由して得られるものならば、すべてに対して、そうすべきである。

(1.5) 用語

このレポートでは、できるだけ共通に受入れられているコンピュータ・グラフィックスの用語を使用している。本項の目的はあいまいであるかもしれない項目の非公式な定義を与えることである。

• オペレータ, コンソール・オペレータ

コア・システムのインプリメントされているアプリケーション・プログラムのユーザ・オペレータはディスプレイ・コンソールを通して、アプリケーション・プログラムと対話する。ディスプレイ・コンソールとは物理的なディスプレイの画面と入力デバイスの集ったもの

• プログラム

コア・システムのユーザ。フォートランのようなホスト・コンピュータの言語でアプリケーション・プログラムを書く

• デバイス・ドライバ

物理的なグラフィック・デバイスをサポートするコア・システムを実現したときのデバイス・ディペンデントな部分。デバイス・ドライバはデバイス・ディペンデントなアウトプットを生成し、デバイス・ディペンデントな対話を処理する。

• モデリング・システム

オブジェクトを定義するハイレベル・システム。モデリング・システムはワールド座標を使用してコア・システムへオブジェクトを記述する。

- ワールド座標系

デバイス・インディペンデントなる次元直交座標で、ワールド座標で書かれた2次元又は3次元のオブジェクトがコア・システムへ送られる。

- NDC系 (Normalized Device Coordinate)

デバイス・インディペンデントな2次元又は3次元の直交座標でその座標値は0から1までの範囲。NDCはオブジェクトのビューを定義するとき使用される。

- NDCスペース

NDC系内の有限の領域、アプリケーション・プログラムで使える最大の領域を定義する。

- デバイス座標系又はスクリーン座標系

デバイス・デペンデントな座標系で、その座標値は普通、整数のラスタ・ユニットか0から1の間の小数のどちらかで表される。デバイス・ドライバはNDCからスクリーン座標へマップする。

- ビューイング・オペレーション

ワールド座標の座標値をNDCの座標値へマップする演算。さらにワールド座標空間の可視部分を指定する。

- カレント・ポジション (CP)

ワールド座標の現在の書き出し点を定義するコア・システムの値。コア・システムを初期化したとき、ワールド座標系の原点にセットされる。CPの値はアウトプット・プリミティブを生成するファンクションのコールによって変化する。

- オブジェクト

アプリケーション・プログラムでの概念的なグラフィカルな単位。ビューイング・オペレーションによって指定されたオブジェクトのビューはコア・システムによって表示される。オブジェクトはアウトプット・プリミティブ・ファンクションとプリミティブ属性によって表わされ、ワールド座標でコア・システムに記述される。

- イメージ

一つ又はそれ以上のオブジェクトか又は複数のオブジェクトの一部の部分的なビュー。ビューイング・オペレーションはセグメント中のアウトプット・プリミティブを生成するオブジェクトの記述である。セグメントのアウトプット・プリミティブ、そのプリミティブ属性の値、セグメントの属性値が結合してイメージを定義する。

- ビュー画面

2次元の論理的なアウトプット画面。ビュー画面上のイメージは物理的出力画面に対

応して、その出力デバイスのデバイス・ドライバによってデバイス・デペンデントな方法で描かれる。

- アウトプット・プリミティブ又はプリミティブ

ラインやテキスト・ストリング等の絵の要素。プリミティブの属性値によって出現方法が変化する。

- プリミティブ属性

アウトプット・プリミティブの一般的な性格、プリミティブ属性はコア・システムでは決っており、カラー、インテンシティ、ライン・スタイル、ラインの幅、ペン、フォント、文字サイズ、文字プレーン、キャラクタ・アップ、キャラクタ・パス、キャラクタ・スペース、文字列識別、キャラクタ・プレジジョン、マーカ・シンボル、ピク識別子がある。

- セグメント

ビュー画面上の絵の一部分のイメージを定義しているアウトプット・プリミティブの集合

- テンポラリ・セグメント

セグメント属性、セグメント名のないセグメント、テンポラリ・セグメントによって定義されたイメージは情報がすでに表示されているピクチャに追加されている間だけ可視状態にある。

- リティインド・セグメント

修正可能なリティインド・セグメント・ダイナミック属性に関連し、名前をもっているセグメント、属性値を変化させて、セグメントのイメージを修正することができる。リティインド・セグメント中のプリミティブを変えるには、デリート又はリクリエイトを行う。

- セグメント属性

リティインド・セグメントの一般的な性格、コア・システムにはスタティック・属性が1つと、ダイナミック・属性が4つあるスタティック属性はどのイメージ・トランスフォーメーションがセグメントに適用されるかを指定する。ダイナミック属性は、ビジビリティ、ハイライティング、ディテクタビリティ、イメージ・トランスフォーメーションがある。リティインド・セグメントのダイナミック属性は変えることができるので、セグメントの性格を修正できる。

- イメージ変換（トランスフォーメーション）

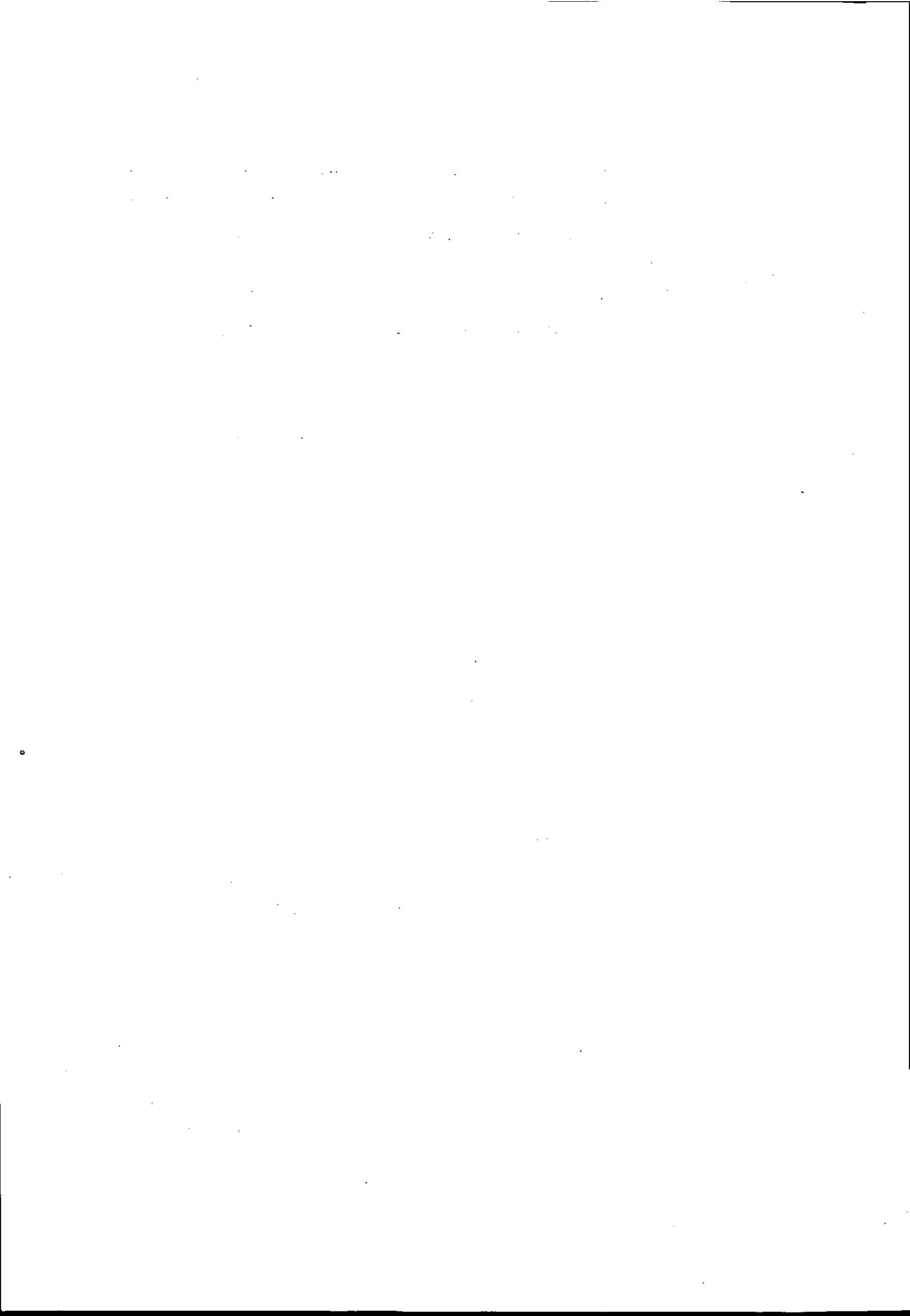
リティインド・セグメント・ダイナミック属性によって行われ、セグメントによって定義されたイメージをビュー画面上で大きさ、方向、位置について変化させる。

- ニュー・フレーム・アクション

テンポラリな情報を消去し、リテインドな情報を書き直す。このアクションでは 2, 3 の機能を暗示的に含む。例えば、リテインド・セグメントを不可視にするとか……。例えば、ハード・コピー装置では、記録媒体を新しくする。

- エスケープ

コア・システム中の能力で、コア・システム以外の機能に対するもので、インプリメンテーション・ディペンデントなサポートに対するアクセスである。



— 禁 無 断 転 載 —

昭 和 56 年 2 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

