

資 料

第5世代のコンピュータ

— コンピュータ関連技術動向調査 —

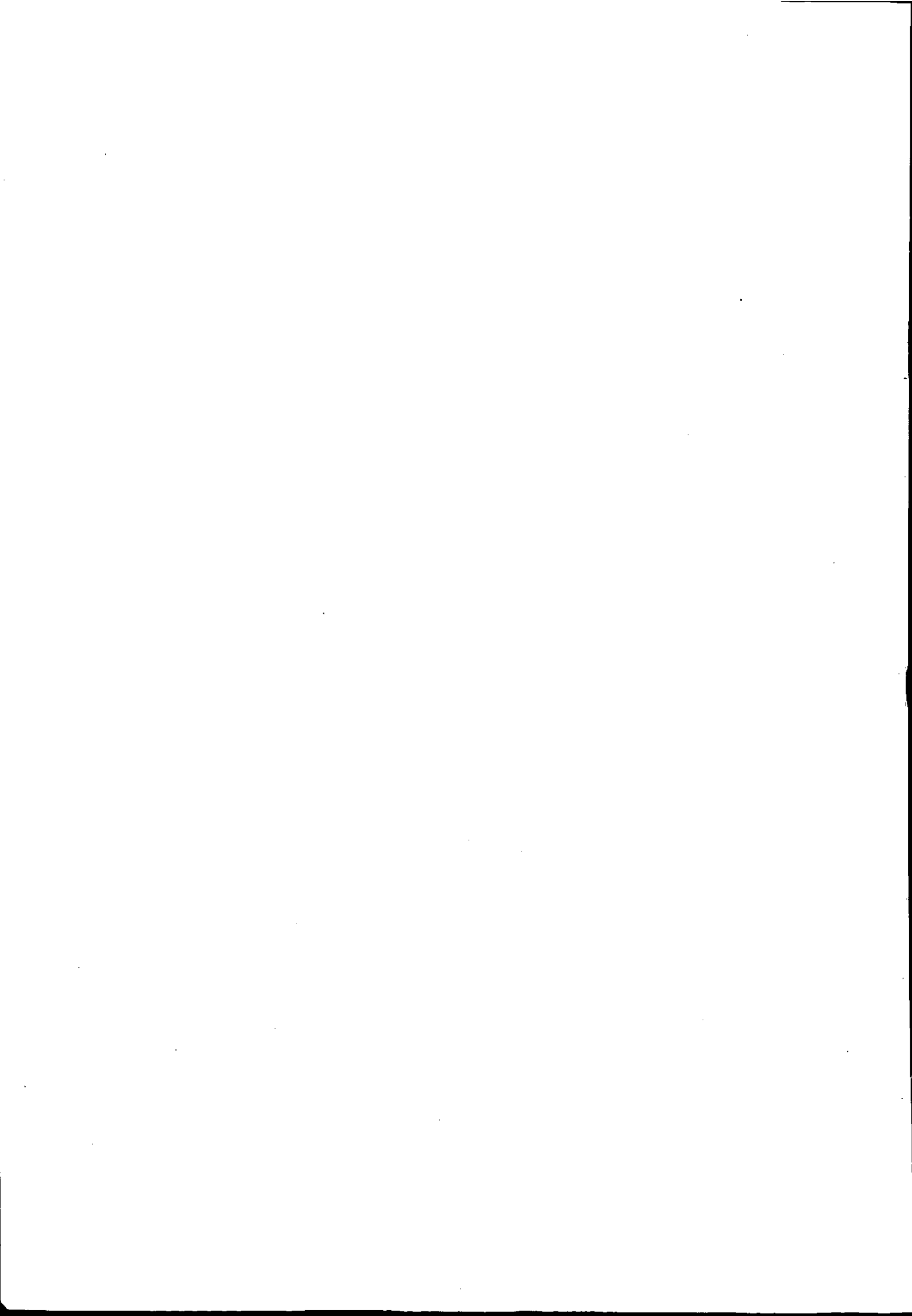
昭和56年 2月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発協会



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



序

この調査報告書は、当協会が、日本電子計算機株式会社に調査委託した「第5世代コンピュータに関するユーザ要求調査」の結果を取りまとめたものである。

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ケ年の予定で開始した。

昭和55年度は、本委員会のもとに設置した3分科会(システム化技術、基礎理論、アーキテクチャ)および多数のワーキング・グループによる調査研究活動、内外の大学・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および研究開発課題を明確化し、さらに、その研究開発計画・体制について検討した。

本資料は、これらの調査研究結果のうち、コンピュータ関連技術動向調査に関するワーキング・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

J E C C ワーキング・グループ
(コンピュータ関連技術動向調査)

委 員 名	所 属
(チーフ) 栗 田 昭 平	日本電子計算機(株)主幹
齊 藤 光 男	東京芝浦電気(株)総合研究所情報システム研究所 J P G
武 井 欣 二	日電東芝情報システム(株)参与
武 内 巧	(株)日立製作所コンピュータ事業本部マーケティング部
張 ケ 谷 次 朗	富士通(株)電子営業推進本部営業管理部商務部商務課
宮 岡 健 次	三菱電機(株)電子計算機事業部企画グループ課長代理
安 原 宏	沖電気工業(株)研究所プロセッサ第1研究室研究主任
山 崎 寛 二	日本電気(株)情報処理企画室調査部
渡 辺 淳 三	日本電子計算機(株)

目 次

はじめに	1
1. コンピュータ関連技術動向調査結果	3
1.1 半導体（半導体、新素子等の素子技術）	3
1.2 ストージ部品	9
1.3 電子工学部品	15
1.4 大容量記憶装置およびMSS	21
1.5 アーキテクチャ	24
1.6 データベース技術および知識ベース技術	53
1.6.1 データベース・システム（DBS）	53
1.6.1.1 データベース管理システム（DBMS）	53
1.6.1.2 データベース・マシン（DBM）	55
1.6.2 知識ベース（Knowledge Base）	56
1.7 ソフトウェア（プログラミング言語）	63
付録： モジュール・アーキテクチャ実用例	69

は じ め に

は　じ　め　に

第5世代コンピュータ調査研究プロジェクトの55年度下期作業の一環として、J E C C (日本電子計算機株式会社)ワーキング・グループは、主として海外動向を中心にコンピュータ関連技術の現状と新しい流れを体系的に整理し、関係者の参考に資することとした。

この資料は、ワーキング・グループが1981年2月現在入手できた最新データにもとづき、次の7つの主要分野について技術の現状と現時点における予測を整理したものである。

なお、時間の制約から第一段階として現状における技術動向の調査を中心としてまとめることとした。また、きわめて流動的な発展過程にあるアーキテクチャ、データベースおよび知識ベース、あるいはソフトウェアの各技術分野は、専門技術者間で必ずしも見解が一致していないところであるが、ここでは一例としてそれらの分類、整理を試みたものである。

7つの主要分野とは次のとおりである。

1. 半導体(半導体、新素子等の素子技術)
2. ストーレジ部品
3. 電子光学部品
4. 大容量記憶装置およびM S S
5. アーキテクチャ
6. データベース技術および知識ベース技術
 - 6.1 データベース・システム(D B S)
 - 6.1.1 データベース管理システム(D B M S)
 - 6.1.2 データベース・マシン(D B M)
 - 6.2 知識ベース(Knowledge Base)
7. ソフトウェア(プログラミング言語に絞って)

付録： モジュール・アーキテクチャ実用例

今後この資料がひきつづき修正、更新、補足されていき、関係者のお役に立てば幸いである。

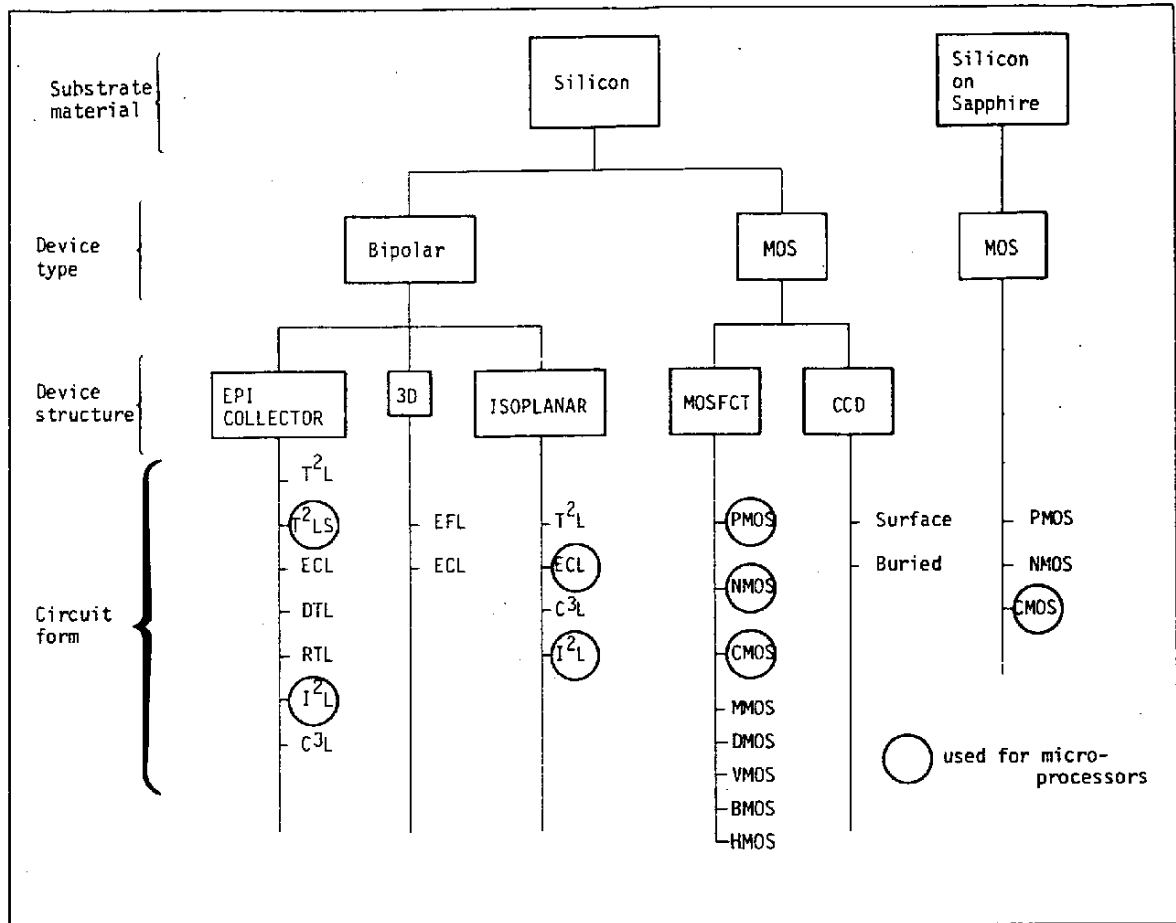
1. コンピュータ関連技術動向

調査結果

1. コンピュータ関連技術動向調査結果

1.1 半導体（半導体、新素子等の素子技術）

図1-1 半導体技術



出所: INFOTECH

STATE OF THE ART REPORT

SERIES 9 NUMBER 1

"The Fifth Generation"

表 1-1 L S I の一般的性能

技 術 (名 称)	ゲート遅延 ps	Speed Power Product pj (10^{-15})	集 積 度 gates/mm ²
NMOS 研究 実用	200 1000 *3	100 800	~4,000
SOS 研究 CMOS 実用	200 500 *3	100 *1 500	~3,500
Bulk 研究 CMOS 実用	300 700 *3	150 *1 700	~3,500
I ² L 研究 実用	500 5000 *3	 30	~800
GaAs 研究	20~100	10~100	? *2
J. J. At 4° K 研究	10~50	> 1	? *2
Bipola (TTL)			*5
ECL 実用	200		*4 6000 gates

*1: MAX Speed で動作中の値

*2: まだLSIは作られていない

*3: Fan out 1 の場合の値であり実際に回路を組むと約2倍程度の値となる。

*4: チップの大きさ不明

*5: 最近少ないので不明 但し、ビットスライスCPUでクロック60ns で動くものあり
(AMD2901?)

出所: 大半は、IE³ Journal of S. S. C (Solid State Circuits) 調べ
一部 IE³ Trans. ED

・注 この値は立場により大きく変わり文献により異なる。

表 1-2 MSI, SSI の一般的性能

技 術 (名 称)	ゲート遅延 (ns)	Speed Power Product (pj)	年 度
TTL 低動力ショットキー	4	4	1981
TTL ショットキー	1.5	33	1981

出所: テキサスインスツルメンツ: アジアリミテッド

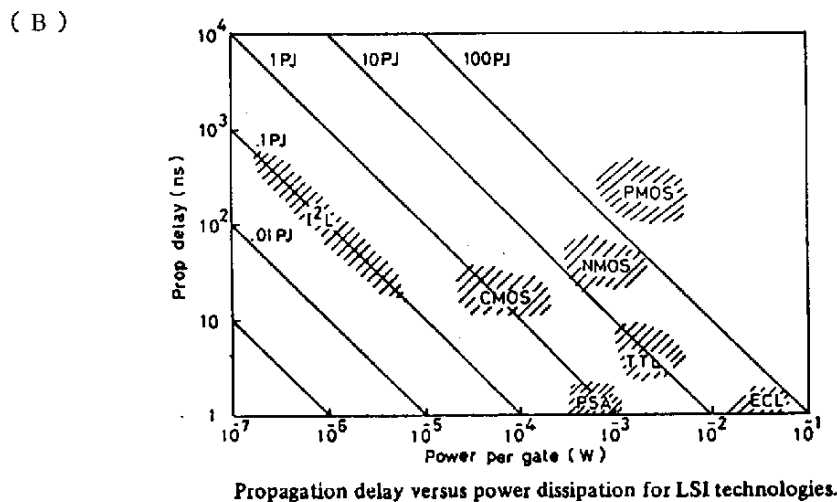
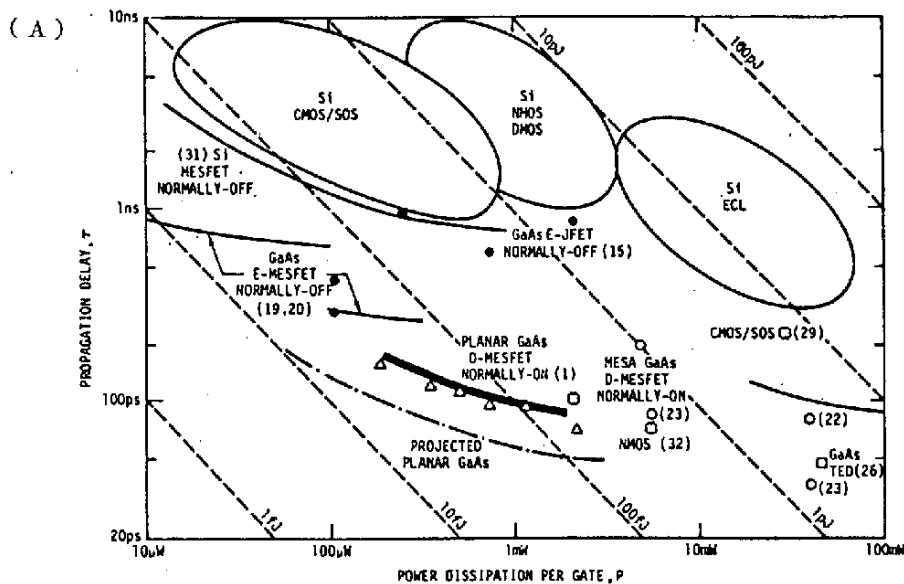
- ・ ASおよびALS ファミリー TTL
- ・ その他は開発が進んでおらずほとんど変わっていないため省略。
- ・ TTL標準、低電力、高速は保守品種。
- ・ P-MOSは最近ほとんど開発されていない。

表 1-3 半導体の価格例

名 称	ゲート数	価格/デバイス ¥	価格/ゲート ¥	製 品 例
Bipolar (TTL)	1,000	2,000	2	Am 2901
CMOS	50,000	8,000	0.3	特 注 品
NMOS	5,000	1,600	0.3	APX8085

注 但し、この価格は、取引条件その他で大きく変わるので、あまりあてにならない。

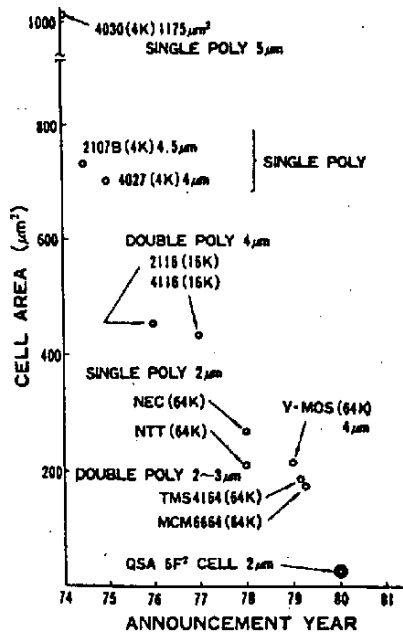
図 1-2 LSI の一般的性能



出所：IEEE Trans. ED Vol. ED26 No. 4 April, 1979

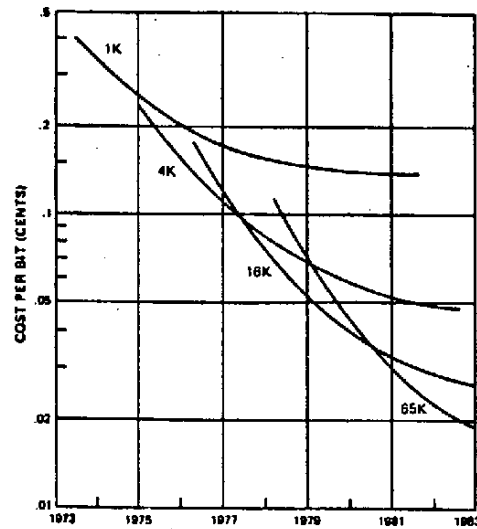
・論文の立場によりその性能の評価が異なることがあるので注意。

図 1 - 3 セル面積の動向



出所: IEEE Journal of S.S.C.
Vol. SC-15 No. 4 Aug. 1980

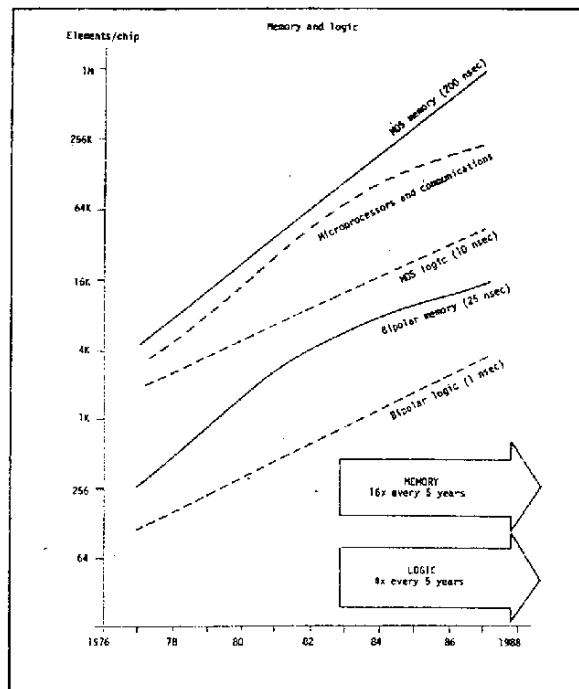
図 1 - 4 メモリー素子の価格動向



Note: Cost per bit of computer memory has declined and should continue to decline, as is shown here for successive generations of random-access memory circuits capable of handling from 1024 (1K) to 65 536 (65K) bits of memory. Increasing complexity of successive circuits is primarily responsible for cost reduction, but less complex circuits also continue to decline in cost [17].

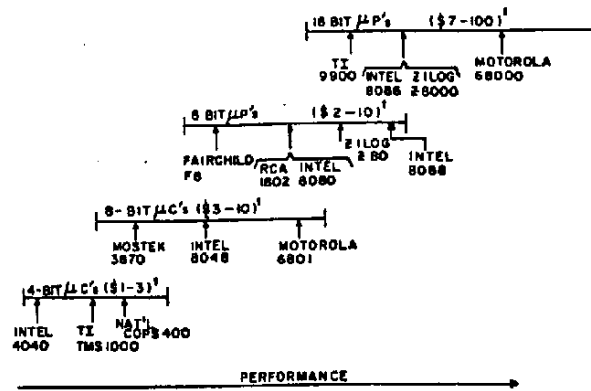
出所: IEEE Trans. on ED Vol. ED-26 No. 4 Apr. 1979

図 1 - 5 L S I 集積度の予測



出所: INFOTECH
STATE OF THE ART REPORT
SERIES 9 NUMBER 1
"The Fifth Generation"

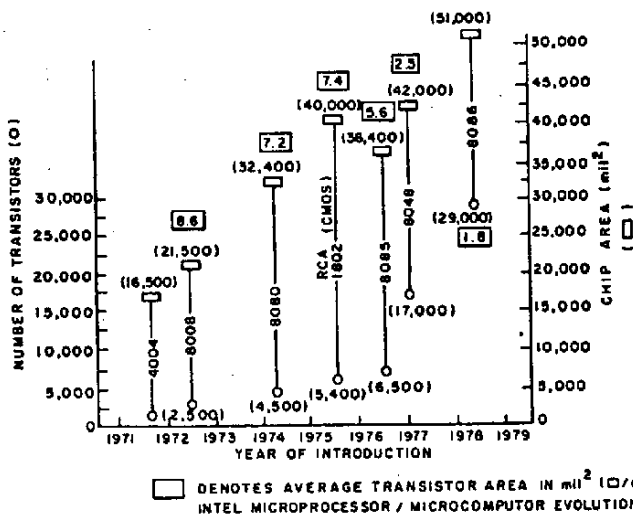
図1-6 マイクロコンピュータの分類



ALL COSTS ASSUME MATURE PRODUCT AND 1980 DOLLARS

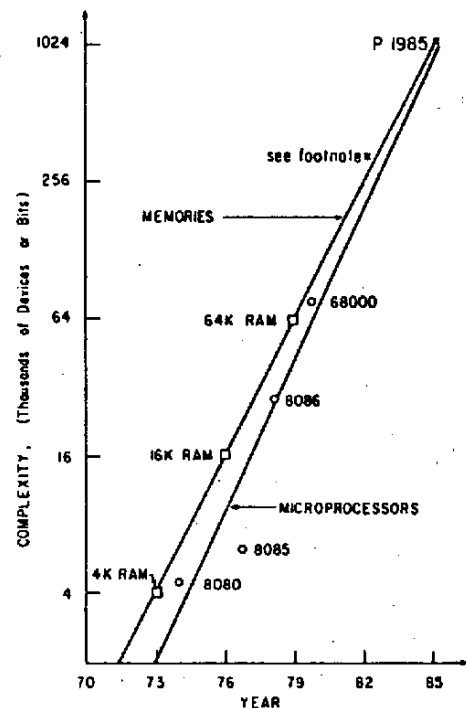
出所: IEEE Journal of S.S.C. Vol. SC-15 No. 4
Aug. 1980

図1-7 マイクロコンピュータの性能動向



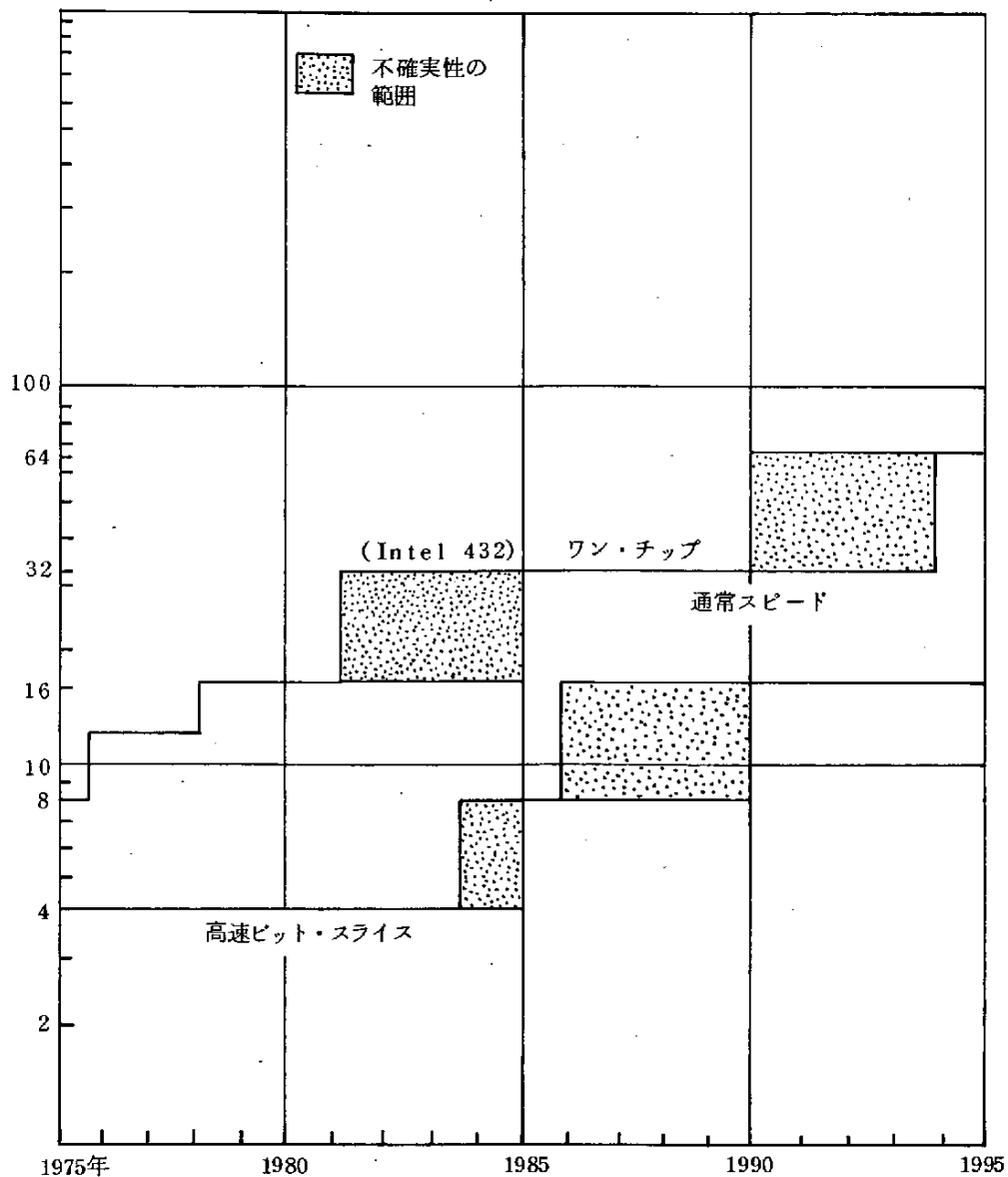
出所: IEEE Journal of S.S.C. Vol. SC-15 No. 4
Aug. 1980

図1-8 マイクロコンピュータ集積度動向



出所: IEEE Journal of S.S.C.
Vol. SC-15 No. 4 Feb. 1980
(by Bill Lattin of Intel, the
Caltech VLSI Conference,
January 22. 1979)

図1-9 マイクロコンピュータのビット能力と発表年予測



注：8ビットのものはIntelのように消滅するという見方もある。

出所：ADL社「将来のコンピュータ技術、市場、および環境に関する調査報告書」

(修正図)

1.2 ストージ部品

メモリーは、大別すると①半導体メモリー、②磁気記録メモリー、③光メモリーの3つに分けられる。

第1の半導体メモリーの多くは、アクセス・タイムが高速であるという利点を生かし、コンピュータの内部メモリーとして用いられており、今後もアクセス・タイムは表1-4のとおりアップすると予想される。性能向上については、近年、コンピュータ・メーカー等が莫大なる研究費を投じて研究を行っている超LSI等の開発に負うところが大きく、チップ当りの容量も表1-5のとおり各々5年間で4倍はアップするであろう。またコストについても上記および量産技術の発展等の理由から表1-4, 1-5, 1-6が予想される。

なお、バブル・メモリーについては、表1-4のとおりアクセス・タイムは比較的遅いが、不揮発性であるという性格およびサイズ、コスト等による利点、その他から、半導体メモリーと磁気記録メモリーの中間に位置し、より小規模な機器(ターミナル、ポータブル・システム、ディスク・トップ・システム)に使用されるのではないかと考えられる。またジョセフソンについては、動作原理等は解明されており、非常に速い半導体製造技術の発展ベースを考えると、控え目にみてもコスト/性能は表1-4, 1-5, 1-6のことが達成されるであろう。

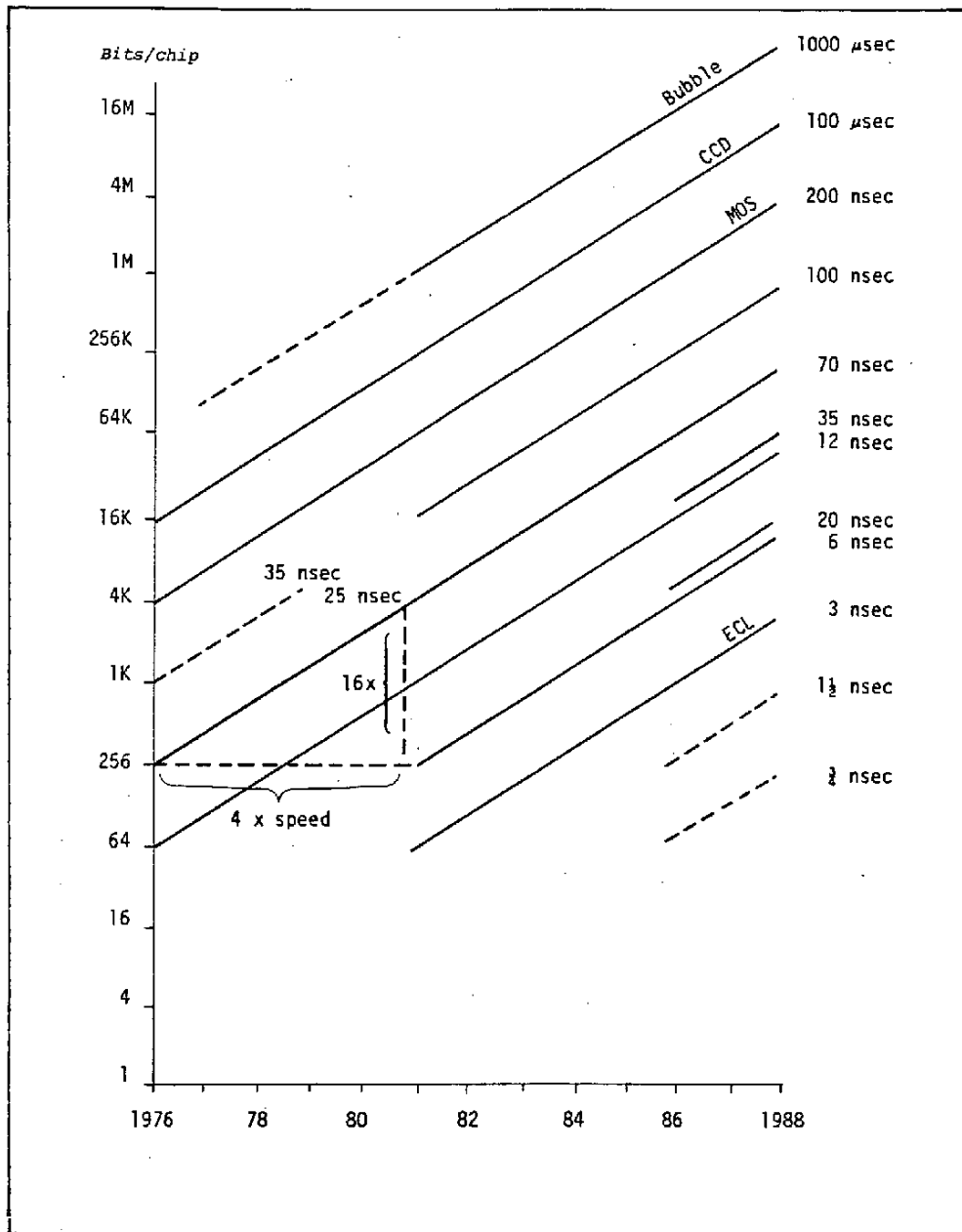
第2の磁気記録メモリーの代表である磁気ディスク装置は、この予測時期を通して、性能およびコストともあまり改善されないであろうが、将来、アクセス機構の画期的改善、および超高密度記録方式の開発により、大幅に性能、コストを改善する機会があるかも知れない。また、改善されなくとも、前で述べた半導体メモリーよりも、ビット当りのコストは表1-6のとおりはるかに低くおさえられ続けるであろう。

第3のホログラフィック・メモリーについては、最近市場へ出されつつある書き替え不可能な光ディスク・ファイル装置について述べる。

光ディスク開発のねらいを考えると大容量でかつ低価格が要求されるアプリケーション市場用(画像記録システム等)につくられてきたが、今後はこの市場で滲透しつづけるであろう。

そのため、今後も表1-4, 1-5の様な性能および表1-6の様に磁気記録メモリーより少なくとも1桁低い価格範囲を維持しなければならないし、維持するであろう。なお、書き替え可能光ディスクについても近い将来、出現することは間違いないと考えられる。

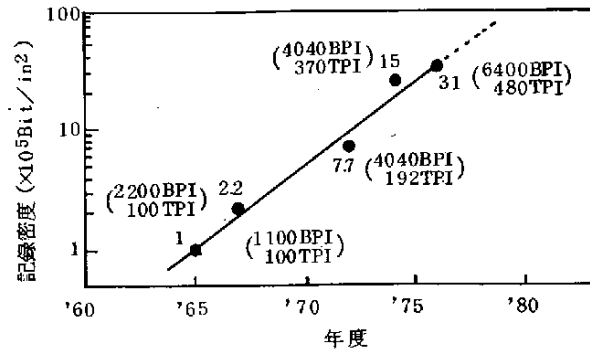
図1-10 半導体ストレージ部品



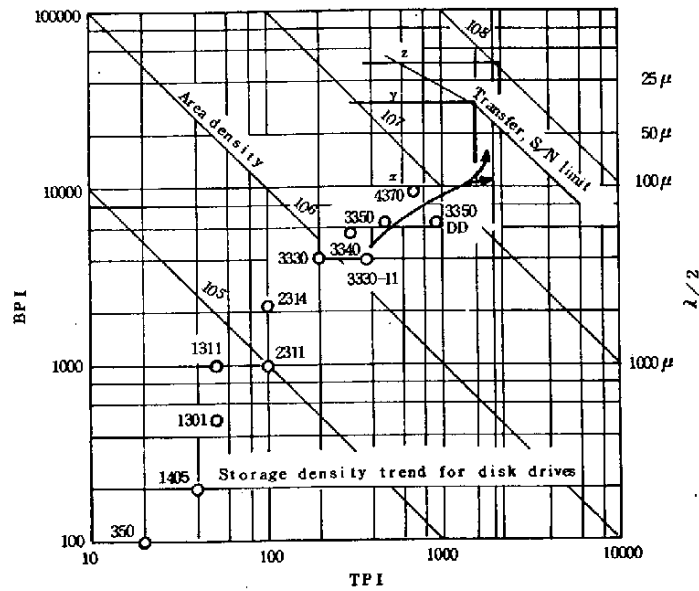
出所: INFOTECH
 STATE OF THE ART REPORT
 SERIES 9 NUMBER 1
 "The Fifth Generation"

図1-11 磁気記録メモリーの動向

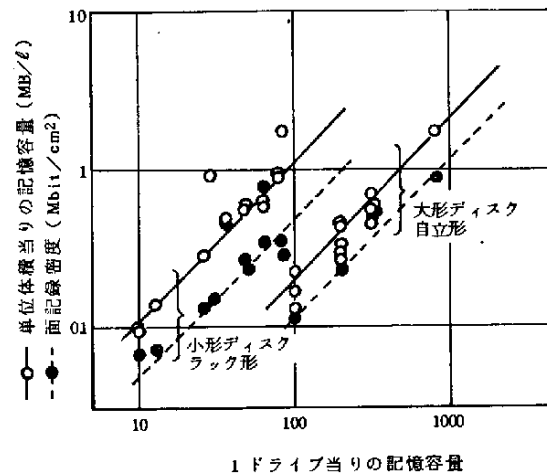
(A) 塗付形ディスクにおける記録密度の進歩



(B) トラック密度 (TPI) と線密度 (BPI) の進化過程と実用限界

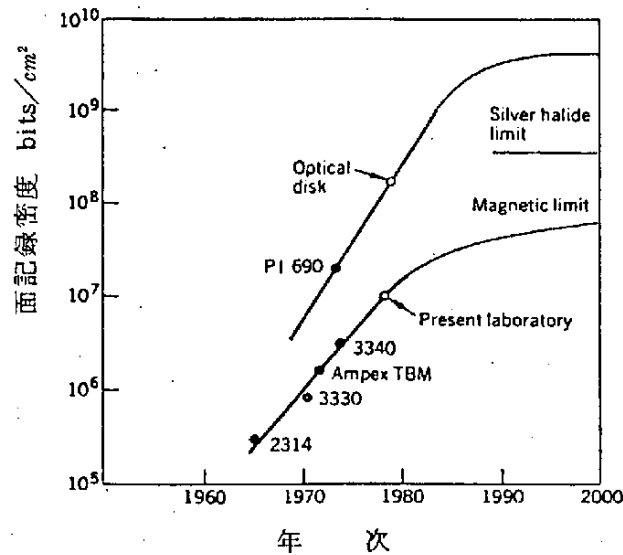


(C) 単位体積あたりの記憶容量、面記録密度と1ドライブあたりの記憶容量の関係



(A~C) 出所：第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 - アーキテクチャ研究分科会 -
(第1年度報告)

図1-12 光メモリーの動向



出所: PHILIPS LABS

表1-4 各種メモリー・デバイスの平均的なアクセス・タイム比較

タ イ プ	1 9 8 0 年	1 9 8 5 年	1 9 9 0 年	1 9 9 5 年	
NMOSダイナミックRAM	0.2 μ s	0.1 μ s	0.05 μ s	0.03 μ s	半導体メモリー
C C D	8 μ s	3 μ s	1 μ s	1 μ s	
バ ブ ル	2 ms	1 ms	0.5 ms	0.5 ms	
ジ ョ セ フ ソ ン			2.5 ns	2 ns	
磁 気 デ ィ ス ク	25 ms	20 ms	15 ms	10 ms	磁気記録メモリー
光 デ ィ ス ク		100 ms	25 ms	20 ms	
					光メモリー

表1-5 各種メモリー・デバイスの容量比較

NMOSダイナミックRAM	64KB/チップ	256KB/チップ	1MB/チップ	4MB/チップ
C C D	同 上	同 上	同 上	同 上
バ ブ ル	256KB/チップ	1 MB	4MB/チップ	16MB/チップ
ジ ョ セ フ ソ ン			1MB/チップ	4MB/チップ
磁 気 デ ィ ス ク	1250MB/装置	2500MB/装置	5 GB/装置	10GB/装置
光 デ ィ ス ク		1 GB/面	1.5 GB/面	3 GB/面

表1-6 各種メモリー・デバイスのコスト比較
(ビット当りユーザ・コストをミリセントの単位で示している)

タイプ	1980年	1985年	1990年	1995年
NMOSダイナミックRAM	180	40	10-20	5-10
CCD	100	20	5-10	2-5
バブル	70	30	5-15	1-8
ジョセフソン			10-20	5-10
磁気ディスク	0.8	0.4	0.2-0.3	0.2
光ディスク		0.04	0.01-0.02	0.01

出所：○ADL社「将来のコンピュータ技術、市場、および環境に関する調査報告書」
 ○電子通信学会誌「高密度光ディスクの現状と将来」
 ○「メモリー特集 Vol.60 No.11、1977」
 ○「ジョセフソン素子」情報処理に関する調査研究報告書Ⅱ」
 ○The Bell System Technical Journal Vol.58, nob. pp1453-1540
 ○CCDについては、データがなく推定したものをを用いてある。

図1-13 ストージ部品のコストの動向

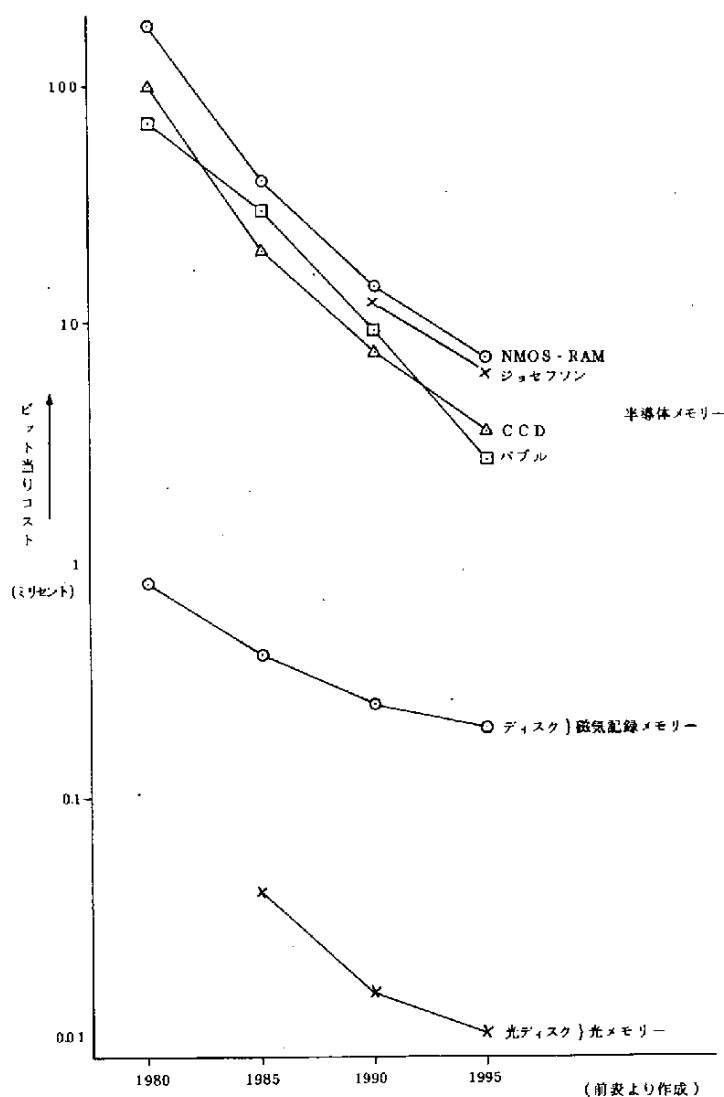


表 1 - 7 ストージ部品のコストの現状

	MAGNETIC DISC	COMPUTER COMPATIBLE TAPE	HIGH DENSITY MAGNETIC TAPE	SILVER HALIDE	OPTICAL DISC
10 ¹¹ BITS EQUIVALENT STORAGE	80 DISC-PACKS (200 MEGABYTES PER PACK)	90 TAPES (EACH 2400 FEET, 6250 BITS PER INCH, 8 TRACKS)	ONE 2400-FOOT ROLL OF 2-INCH TAPE	200 FISCHE 4 X 6 INCH	ONE 12-INCH DISC.
MEDIA COST FOR 10 ¹¹ BITS	\$40,000	\$1350	\$100	\$60	\$10

出所: RCA ADVANCED TECHNOLOGY LABORATORIES

1.3 電子光学部品

表 1 - 8 代表的なレーザーの仕様

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Power Output (mW)	1	10	1	10	50(filterなし), 20(filter付)
Differential Gain (dB)	>1	> 1/2	意味不明	意味不明	意味不明
Numerical Aperture	0.25×1	0.25×0.25	意味不明	意味不明	意味不明
Emission Wavelength (μm)	0.8 to 0.91	0.8 to 0.85 or 1.2 to 1.3	0.75 to 1.55	0.6 to 1.6	4
Spectral Width (Å)	15	3	<1	<<1	—
Temperature Sensitivity (μm deg C ⁻¹)	0.0003	Close to zero	0.0003	Close to zero	—
Electronic					
Efficiency (%)	1	>3	10	≥10	50
MTBF (hours)	40,000	>50,000	100,000	≥10 ⁶	≥10 ⁶
Response (MHz)	400	>800	1GHz	2GHz	2GHz
Mechanical					
Flexure	不明	不明	不明	不明	不明
Impact	Adequate	Adequate	1,500G	1,500G	—
Other Environmental					
Relative Humidity (deg C/%)	85/85	85/85	85/85	85/85	85/85
Temperature Range (deg C)	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85

注：光ファイバーの低損失領域が0.8 μm帯から1.3 μm帯、更に1.5 μm帯へと変わっていくにつれて、レーザーの波長もこれに対応した展開が必要となっている。

(0.8 μmはGaAlAs)

(1.3~1.5 μmはInGaAsPやGaAlSbAs)

更に3~5 μm帯で極低損失ファイバーが出現すると、新材料の研究が必要となる。

大容量、長距離通信用としては地上、海底幹線とも当面1.3 μm~1.5 μm帯、しかもシングルモード伝送が用いられることになろう。一方、中容量、小容量伝送、サブスクライバー用としては0.8 μm帯が用いられ、大幅なコストダウンが図られるであろう。

レーザーの特性としては出力、スペクトル、温度特性のほかに、モード、ノイズ、直線性、寿命など益々高度な特性が要求されてくる。

レーザーのコストダウンを図るためには、需要を増やすことが大切であり、通信用だけでなく民生用、情報処理用などの広範囲な用途を開拓することが必要である。現在すでにVideo disc, Printer, POSなどへの応用が開けつつある。また光ICの一部としての発展がある。

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表 1 - 9 代表的な L E D の仕様

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Power Output (mW)	0.1 - 0.2	1	< 1	> 1	10
Differential Gain (dB)	> 1	< 1/2	意味不明	意味不明	意味不明
Numerical Aperture	1	0.25	意味不明	意味不明	意味不明
Emission Wavelength (μm)	0.8 to 1.06	0.8 to 0.85 or 1.2 - 1.3	0.5 to 1.6	0.4 to 1.6	0.4 to 4
Spectral Width (Å)	400	100	250	< 250	—
Electronic					
Efficiency (%)	0.1	1	5	> 5	10
MTBF (hours)	40,000	> 50,000	10 ⁹	> 10 ⁹	> 10 ⁹
Response (MHz)	400	> 800	100	1 GHz	1 GHz
Mechanical					
Flexure	不明	不明	不明	不明	不明
Impact	Adequate	Adequate	1,500 G	1,500 G	—
Other Environmental					
Relative Humidity (deg C/%)	85/85	85/85	85/85	85/85	85/85
Temperature Range (deg C)	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85

註：LEDもレーザーと同様、ファイバーの領域に応じた発展がある。長寿命、低価格、簡易のメリットを活かして中、小容量通信に広く使用されると予想されている。

最大のネックはファイバーとの結合効率が低いことでこれを解決することが肝要である。

アナログ伝送にも使い易く、コンピュータ間伝送を含め到る処に使用されるであろう。

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表1-10 ケーブル

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Attenuation (dB/km)	4	≤ 3	0.5	0.2	0.001
Dispersion (ns/km)	1	≤ 1			
Fiber Core Diameter (μm)	55 to 100	$\geq 100 \mu\text{m}$	55 to 100, (マルチモード) 8 to 10 (シングルモード)	≥ 100 , 8 to 10 (マルチモード) (シングルモード)	50 (マルチモード)
Number of Fiber/cable	Not Determined	Not Determined	1芯 to 50芯	1芯 to 50芯	—
Wavelength (μm)	0.7 to 0.85 & >1.0	0.8 to 0.85 & 1.2-1.3	<1.6	<1.6	4
Numerical Aperture	<0.2	<0.3	<0.25	<0.25	0.2
Electronic	不 明	不 明	不 明	不 明	不 明
Mechanical					
Flexure (cycles)	5,000	>10,000			
Tensile Strength (N)	500	2,500			
Crushing Load (N/cm)	5,000	50,000			
Other Environmental					
Relative Humidity (deg C/%)	不 明	85/85	85/85	85/85	85/85
Temperature Range (deg C)	-70 to +90	-70 to +90	-70 to +90	-70 to +90	-70 to +90

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピュータ技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表1-11 代表的なスプライスの仕様

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Insertion loss (dB)	0.5	< 0.2	0.2	< 0.1	< 0.01
そ の 他	ファイバーとケーブルと互換性	ファイバーとケーブルと互換性	ファイバーとケーブルと互換性	ファイバーとケーブルと互換性	ファイバーとケーブルと互換性

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表1-12 代表的なコネクターの仕様

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Insertion loss (dB)	2	< 0.5	0.2 to 1	< 0.2	< 0.1
そ の 他	ファイバー・ケーブルとの互換性	ファイバー・ケーブルとの互換性	ファイバー・ケーブルとの互換性	ファイバー・ケーブルとの互換性	ファイバー・ケーブルとの互換性

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表1-13 代表的なピンの仕様

	A D L の 調 査		現 状 (1980)		1990 (予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Responsivity (A/W)	>0.5	>0.9	0.5	>0.9	>0.9
Wavelength (μm)	<1.0	0.8 to 0.85 or 1.2-1.3	0.6 to 1.6	0.4 to 4	0.4 to 4
Electronic					
Bias Voltage (V)	15 to 100	10 to 25	10 to 20	10 to 20	10 to 20
MTBF (hours)	>50,000	>50,000	10^8	10^9	10^9
Response (MHz)	500	>800	500	1GHz	1GHz
Mechanical					
Flexure	不 明	不 明	不 明	不 明	不 明
Impact	Adequate	Adequate	1,500 G	1,500 G	-
Other Environmental					
Relative Humidity (deg C/%)	85/85	85/85	85/85	85/85	85/85
Temperature Range (deg C)	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85

注：1.6 μm まではGeやInGaAsP, InGaAs, GaAlSbなどの材料が用いられるが、これを越えると新材料の研究が必要となる。

PIN単体でなく増幅器と集積化して用いられることになる。

民生用としてもLEDやLDのdetectorとして多数用いられるであろう。

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

表1-14 代表的なAPDの仕様

	ADLの調査		現 状(1980)		1990(予想)
	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能	望 ま し い	入 手 可 能
Optical					
Responsivity (A/W)	15 to 100	>100	32	>100	100
Wavelength (μm)	<1.0	0.8 to 0.85 or 1.2-1.3	<1.6	<1.7	4
Electronic					
Bias Voltage (V)	35 to 400	15 to 50	30 to 180	15 to 50	15 to 50
Temperature Sensitivity ($\Delta V/V \text{ deg C}$)	8%	<0.5%	0.1 to 0.5	0.1 to 0.5	— (物質定数的制約)
MTBF (hours)	>50,000	>50,000	>10 ⁸	>10 ⁸	>10 ⁸
Response (MHz)	500	>800	800	>1GHz	2GHz
Mechanical					
Flexure	不 明	不 明	不 明	不 明	不 明
Impact	Adequate	Adequate	1,500 G	1,500 G	—
Other Environmental					
Relative Humidity (deg C/%)	85/85	85/85	85/85	85/85	85/85
Temperature Range (deg C)	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85	-55 to +85

注：1.6 μm を越えると、新材料の研究が必要となる。低雑音のAPDにはイオン化率比という物質定数が関係するので、適切なイオン化率比を持つ材料を見つけることも大きい課題。

そのための結晶成長技術も重要。

逆方向で均質なブレイクダウンを起こさせるためには高度に均質な結晶、界面特性のよい多層成長、イオン注入法、パッシベーション法などの開発が必要。

出所：「ADLの調査」については

同社「将来のコンピューター技術、市場、および環境に関する調査報告書」より。

1.4 大容量記憶装置およびMSS

表1-15 記憶装置の現状

	開発者 製品名	容 量	アクセス タイム	データ 転送率	そ の 他	
磁気バブルメモリー装置	富士通 FBM54DA	1Mb/chip	11.2ms	100 Kb/s	バブル径 1.9 μ	◎
	Intel iSBC254-4	0.5MB ~1MB	48ms	50 KB/s		◎
	日 立	64Mb/UNIT	2ms	80 Mb/s		
磁気ディスク装置	I B M 3380	2.52GB/UNIT	*16ms **8.3ms	3 MB/s		◎
	N T T	3.2GB/UNIT	*18ms **10ms	1.34 MB/s	8 inch	
磁気テープ装置	I B M 3420-8	6250BPI		1.25 MB/s		◎
M S S	I B M 3850	236GB/UNIT	16 s	7 Mb/s		◎

(注) *平均シークタイム **平均回転待ち時間 ◎製品化、他は研究発表段階

B: Byte b: bit MSS: Mass Storage System

図1-14 1980~1985年における記憶装置の推移

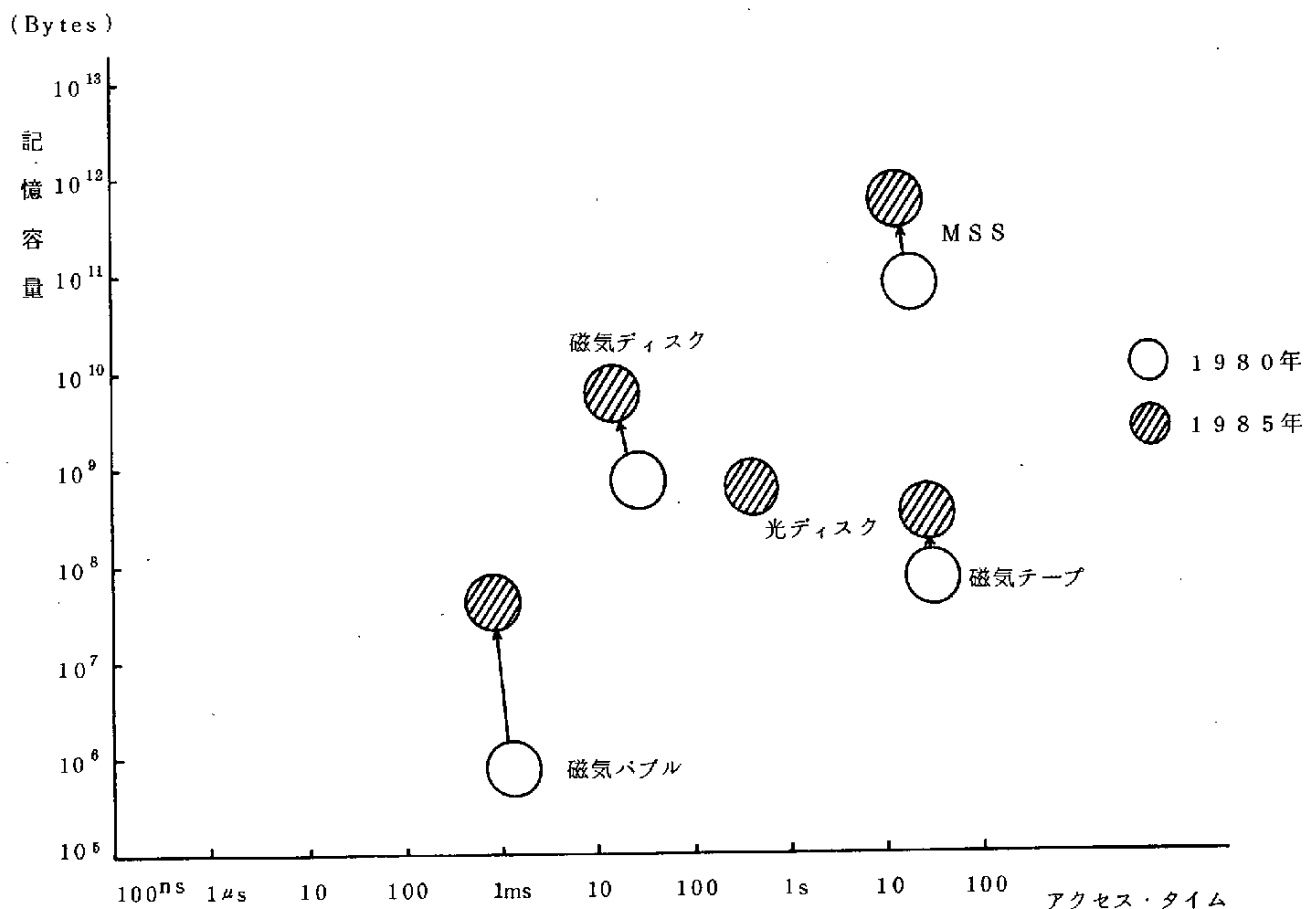


表 1-16 記憶装置の性能推移

1980年					1985年				
	容 量	アクセス タイム	データ 転送率	コ ス ト	容 量	アクセス タイム	データ 転送率	コ ス ト	
磁気バブル メモリー装置	1 MB	2 ms	5×10^{-2} MB/s	100 m¢/b	50~100 MB	1 ms	$5 \times 10^{-2} \sim 10^{-1}$ MB/s	m¢/b	
磁気 ディスク装置	2500	25	3	1	2500~5,000	20	6	5×10^{-1}	
磁気テープ装置	160	70,000	1.25	$1 \sim 10^{-2}$	160~500	70,000	1.25~4	$1 \sim 10^{-3}$	
M S S	236,000	16,000	0.9	10^{-1}	10^6	10,000 120,000	1~5	$10^{-1} \sim 10^{-2}$	
光ディスク装置	—	—	—	—	10^3	100~500	$10^{-1} \sim 1$	$1 \sim 10^{-2}$	

○磁気バブルメモリーは、1985年頃にはIC、LSIに対してコストアドバンテージをもつようになると予想され、マイクロプロセッサベースのマスストレージあるいはバッファードディスクとして利用される可能性がある。

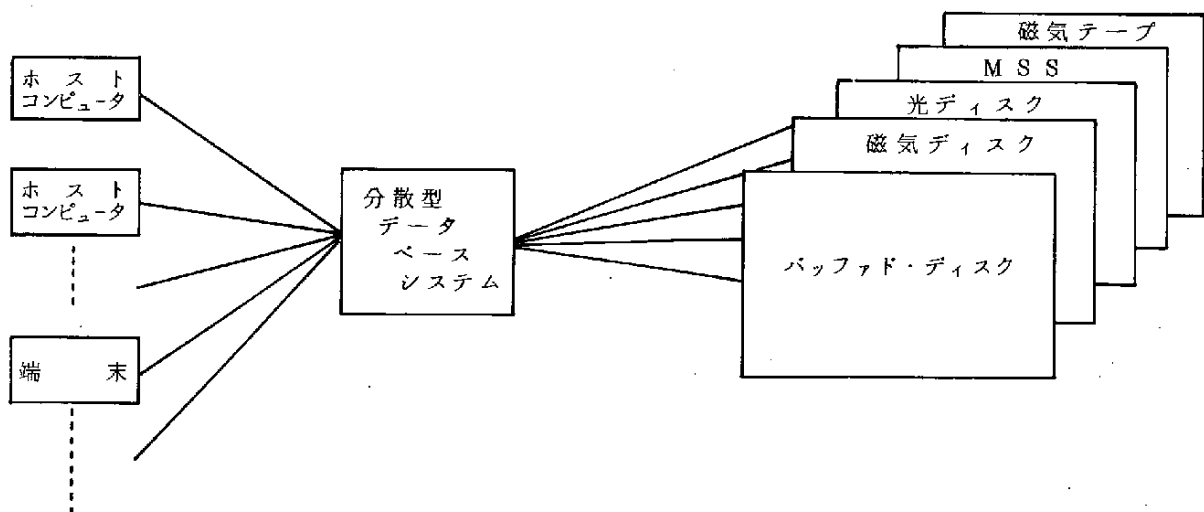
○磁気ディスク装置は、薄膜あるいは垂直磁化技術による記録密度の向上が期待され、アクセスタイムやコスト面から1985年頃においても記憶装置の中心的位置を占めていよう。

○光ディスクは、1985年までには書き換え可能なものの実用化は難しいと考えられるため、データバンク的な利用に留まるだろう。

大容量記憶システムについて

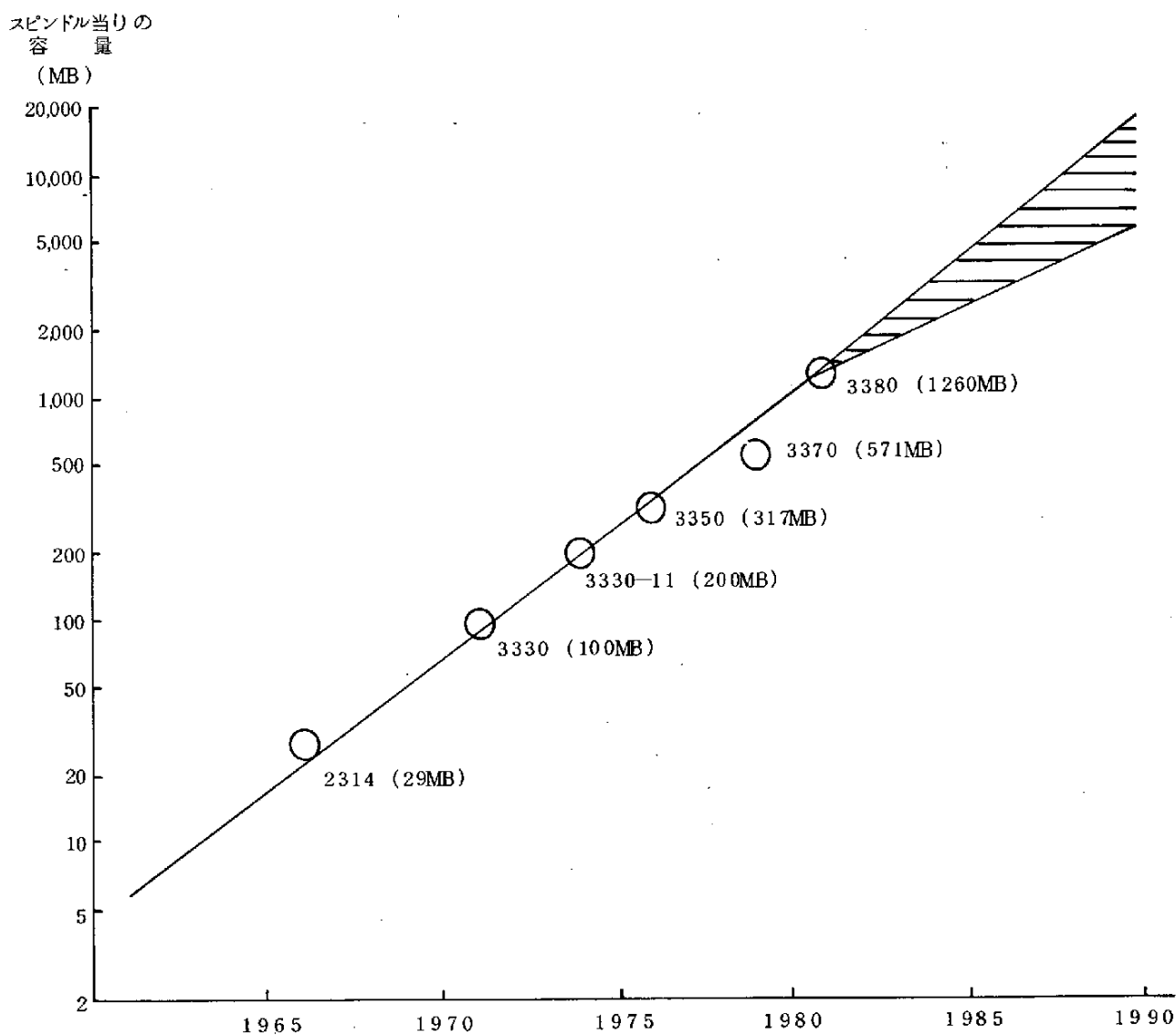
大容量記憶装置の今後の動向は、磁気記憶技術や光ディスクなど、個別のデバイス・レベルの技術の進展に依存するところが大きく、現在のところ画期的な技術は予測できない。

図 1-15 大容量記憶システムの例



(註) 予測される大容量記憶システムは、ワンレベルストアのコンセプトに基づき、一方でデータベースプロセッサなどの出現によって、データが一元的に管理され、かつ複数のホストマシンあるいは端末から自由にアクセスできるものとなるだろう。

図 1-16 磁気ディスクにおける記憶容量の推移



- 記憶密度向上のための技術として、・薄膜技術、・垂直磁気記録技術、が期待される。
- 過去の製品の傾向を単純に延長して考えると1スピンドル当り、1985年には5GB、1990年には20GB近くなると想定される。
- この図はこれまでのIBMの製品の傾向をもとに作成したもの。

1.5 アーキテクチャ

1.5.1 アーキテクチャの分類と開発状況

1. まえがき

ソフトウェア生産性の重視、VLSI技術への適応、計算機利用層の飛躍的な拡大、通信技術を核とした新アプリケーションの展開など、つぎつぎに折り重なって打寄せる‘新しい波’によって、計算機の歴史の中で、これまで不動の規範であり続けてきたノイマン・アーキテクチャの成立基盤が大きく浸蝕を受け、計算機アーキテクチャにおける発想の転換が迫られている。

ノイマン・モデルに代わる新しいアーキテクチャ — 総括的に非ノイマン・アーキテクチャと呼ばれている — の提案は、アイディアのレベルではノイマン・モデルの成立からそれ程遅くない時期にまで遡りうるものもあり、実験的に実現された例も少なくない。しかし、それがアーキテクチャの必然的なあり方の追求として認識されるようになったのは、それ程古いことではない。この認識が形成されるためには、まず、新しい時代からの計算機に対する要請が何であるかが明らかにされる必要があり、つぎに、この要請とノイマン・アーキテクチャの本質的な矛盾の存在が立証されなければならないのであるが、こうしたことが仮説的であるにせよ、具体的に論議しうるようになったのは、ここ数年来のことである。したがって、それ以前の非ノイマン・アーキテクチャ研究が、今日の問題意識に対して十分に応えるものではないのは仕方のないところである。

これからの計算機アーキテクチャの進むべき方向を支配する追求目標、いいかえれば、うえにいった問題意識の内容のうち、主要なものを挙げるとつぎのようになる。

- 高性能化
- 使い易さ
- 高信頼性
- 新しい応用
- VLSI技術の活用

高性能化には2つの意味がある。すなわち、高速化という意味と、いわゆるコスト／パフォーマンスの改善という意味である。これらはどの時代にも共通の課題である。しかし、問題の具体的な内容と解き方は時代によって大きく変わっている。使い易さが特に強調されるようになったのは、比較的最近のことである。これにも2つの側面があり、専門的なプログラムのソフトウェア生産性向上の面と、マイコン利用などでの非専門家による計算機使用の局面でのものとがある。高信頼性もどの時代にも共通する基本的課題であるが、計算機の果たす社会的な役割がすでに致命的な水準に達していることから、この重要性はいまさらいうまでもないこと

ろである。最近ハードウェアの信頼性よりプログラムの信頼性に関心に移りつつあるのが特徴である。新しい応用として、とりわけ革新的な意味の強いものとしては、人工知能研究成果の実用化として展開されている分野がある。自然言語処理、画像処理、音声処理、知識ベースなどがその例である。VLSI技術の進歩は極めて目覚ましいものであるが、VLSIの特性が指示する方向は必ずしも従来の計算機技術が追求してきた方向とは一致していない。VLSIの特質を活用するためには、計算機技術をVLSIに都合のよい方向に適合させるしかないというのが、現在の共通認識である。

以下では、いま述べたような追求目標に沿って、新しいアーキテクチャの方向を分類し、技術的な可能性の見取図としてまとめることにしたい。

アーキテクチャの分類

(1) 高性能化アーキテクチャ

○ 並列処理アーキテクチャ — 高速性の追求^{2),3),4)}

並列処理とは、1つのJOBを、複数個の独立実行可能な処理単位（手続のレベルからオペレーション（命令）のレベルまでさまざま）に分割し、これらを複数個の装置を使用して、同時に並行して処理することをいう。

並列処理計算機の分類には、つぎのような概念が用いられるのが普通であるが、(Flynn, 1966)

① SIMD: 単一命令ストリーム・複数データストリーム

② MISD: 複数命令ストリーム・単一データストリーム

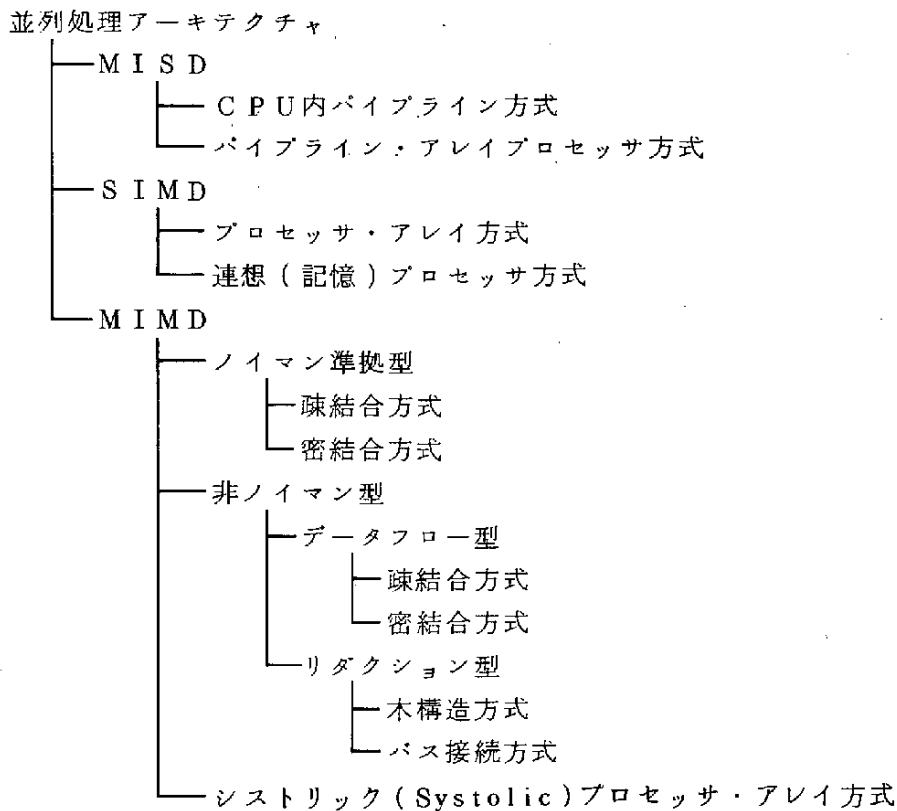
③ MIMD: 複数命令ストリーム・複数データストリーム

この命令ストリームという概念の背景には、命令カウンタの存在が仮定されているので、この分類の中に非ノイマン・アーキテクチャを取込むことができなくなる。また、データストリームという概念もややあいまいなところがある。したがって、ここではSIMDなどの概念から、ストリームということばをはずし、例えば、MIMDについていえば、それは同時に複数の命令と複数のデータが処理されるという意味であるものとする。したがって、SIMDでは一時に処理される命令は1つだけであるが、それで操作されるオペランド群は複数個ということになる。（さらに、高級言語計算機に典型的にみられるような、アーキテクチャの高水準化という事実を考えると、命令とかデータの概念にも再検討を加えるべきかも知れないが、ここでは一応現在の常識の線にしたがっておくことにする。）

表 1-17 並列処理アーキテクチャの実例と応用分野

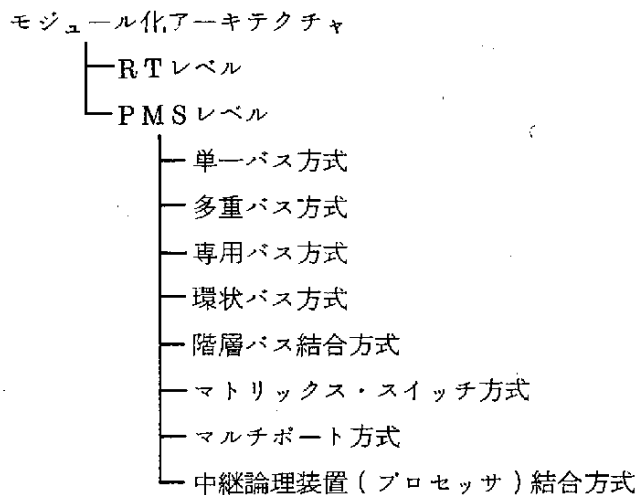
分 類	説 明	並列処理 レ ベル	代表的なシステム	適 用 分 野
MISD	CPU内部の並列処理 (パイプライン)	命令または ステートメント・ レベ ル	(大部分のシステムに採用 されている)	(ソフトウェアからは、ア ーキテクチャの並列構造 は見えない)
	パイプライン方式を用いたア レイプロセッサ		CRAY-1 STAR-100 ASC など	• 図形/画像/信号処理
SIMD	プロセッサ・アレイ型の並列 プロセッサ (アレイプロセッサ)		ILLIAC-IV BSP DAP など	• 大規模科学技術計算処理
	連想プロセッサ		STARAN PEPE ECAM ALAP など	• データベース処理
MIMD	非 ノ イ マ ン 型	密結合	MIT (Dennis) Irvine (Arvind)	• 信号処理 • 大規模科学計算 • 汎用
			Keller Mago	• 記号処理
			Berkling	• 記号処理
	リダクション 計 算 機	疎結合		
		木構造		
		バス接続		
	シストリック アレイ・プロ セッサ	1次元		
		2次元	Kung	
		その他		
	複数の 計算機をた 結合した マルチプロ セッサ や ポリプロ セッサ、 マルチマ イクロ プロセッサ ノイマン 準 拠	密 結 合	BT18000 SMS201 など	• 汎用マルチプロセッサによ る汎用処理
			C. mmp B7800 など	• 多数プロセッサによるシミ ュレーション、天気予報な どの特殊分野の処理
			UNIVAC1100/80 IMB370/168 など	
			Cm* など	
		疎結合	HXDP など	(並列処理の色彩はうすくなる)

図 1-17 並列処理アーキテクチャの分類



○モジュール化アーキテクチャ — 高速性、コスト／パフォーマンス追求^{2),3)}

同一の機能回路、CPU、メモリ、チャネル、あるいは入出力機器等を、モジュールとして用意し、必要に応じて組合せてシステムを構成するものである。これによって、同じハードウェア設計によって広い範囲のパフォーマンスをカバーでき、したがって、設計コストを下げることができる。その他の利点は、つぎの通り。



○ 適応型アーキテクチャ — 高速性、コスト／パフォーマンス追求^{5),6)}

従来の、いわゆる汎用計算機においては、その命令体系を中心とするアーキテクチャの設定に当って、できるだけ広範な問題に適応することが追求された。そのため、平均的な処理効率がえられた反面において、ある特定の応用や予め想定されていなかった新しい問題への対応において、著しい不利を招く結果になっていた。

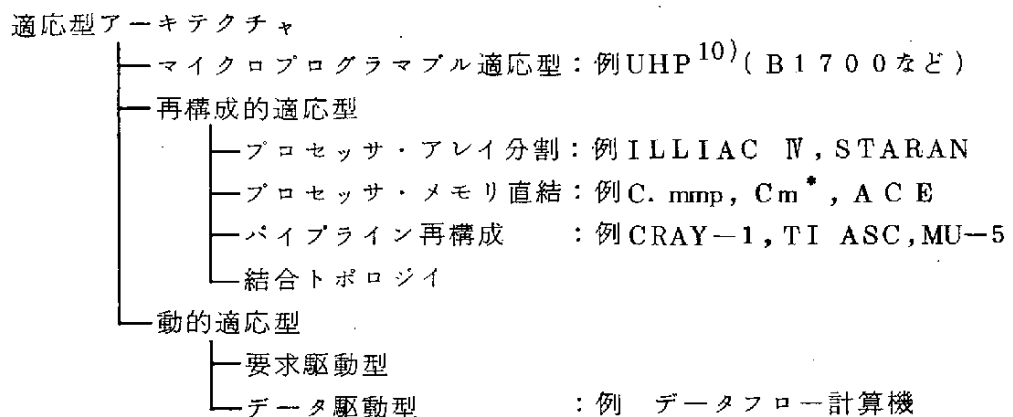
そこで考えられるのは、応用目的に応じて随時命令体系などの設定を変えうるような、柔構造ないし可変構造的なアーキテクチャの可能性である。適応型アーキテクチャはこの可能性を実現しようとするものである。適応型アーキテクチャをやや厳密に定義すると、『ソフトウェア的手段によって、いま計算しようとしているプログラムに適応化することができるような構造と機能を実現するためのアーキテクチャ』⁶⁾といえる。

適応型アーキテクチャの分類には、まだ十分に定説化したものはないようであるが、ここでは一応文献⁶⁾にしたがっておくことにする。

- ① マイクロプログラマブル適応型
- ② 再構成的適応型
- ③ 動的適応型

この分類は、適応化がハードウェア構造のどの水準に対して作用するかに基づくものである。すなわち、マイクロプログラマブル適応型の場合には、レジスタ、加算器、計数器といった機能要素間の接続関係が再構成され、それによって、実行すべきアルゴリズムに合わせてマイクロプログラムの適応化が行われるのである。つぎの再構成的適応型は、プロセッサ、メモリ、そしてI/O装置といったレベルの機能要素間に可変的な接続関係を用意しておくことによって適応化を計るものである。動的適応型は、LSIないしVLSIによる計算機モジュールの相互接続関係を可変にするものである。すなわち、多数の計算機モジュールによって構成されるシステムにおいて、並行処理されるプログラムの間

図1-18 適応型アーキテクチャの分類



で配分されるべきモジュールの数や組合せを動的に調節することによって、同量のハードウェアによって処理しうるプログラムの個数を最大にしようとするものである。

○特殊化／専用化アーキテクチャ — 高速性、コスト／パフォーマンス追求^{7),8)}

汎用計算機という考え方が生まれた背景には、多くの事情が関係している。その第一は、何とんでもハードウェアが極めて高価であったため、1台で何にでも使えるようにする必要があったことである。半導体技術の進歩は、この事情を完全にくつがえしつつある。その第二は開発コストの問題である。明らかに機種が少ないほど有利である。この事情は一見現在も同じであるように見えるが、問題の中味はかなり異なる。VLSI設計ならびにソフトウェア開発の困難性からくる影響は、むしろ、新しい事情とみるべきかも知れない。第三の事情は、いわゆる「グロッシュの法則」である。個別に小さな計算機をもつよりも、集中的にできるだけ大きな計算機を入れて多目的に使った方が有利というのが、かつての状況であった。しかし、これも一方で半導体技術の進歩があり、他方でオンライン処理という新しい応用形態が発展したことにより、分散処理の考え方にとって代わられることになった。

この分散処理の考え方は、企業内におけるシステムのあり方を示すものであるが、この考え方は計算機システム内部におけるプロセッサのあり方にもそのまま通ずるものである。すなわち、すべてを1台のCPUプロセッサでまかなう方式から、機能別に複数台のプロセッサをおいて専用化する、いわゆる機能分散方式への推移である。この傾向は、入出力機能の高度化、通信処理機能の普及、画像処理や音声処理などの新しい機能の一般化に伴って、ますます、その勢力を強めており、適用範囲は大型機はもちろん、超小型機（例えばIBMシステム/38）にまで広がり、機能内容も細分化・専門化が深化する一方である。

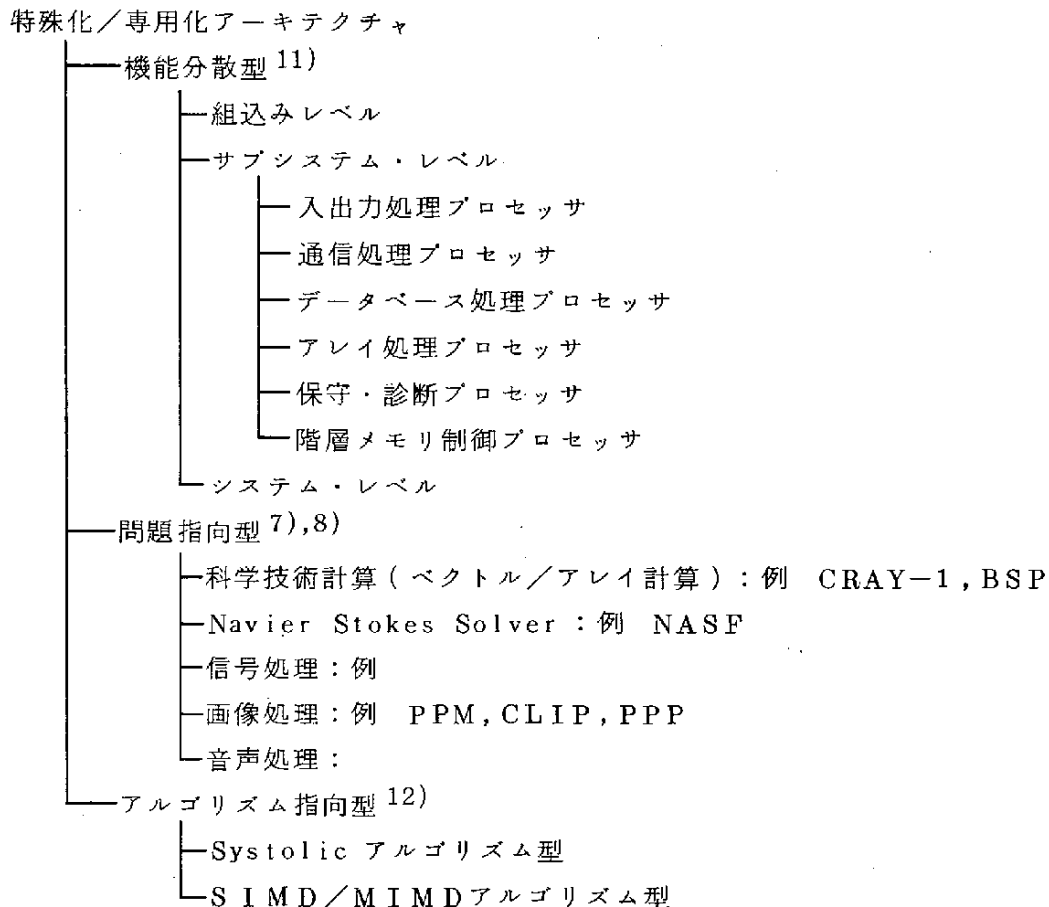
一方、こうした一般商用機での動向とは別に、科学技術計算の分野を中心にして、大規模な計算を高速で処理するためのアーキテクチャの追求が、以前から営々と続けられてきている。すなわち、気象予報、地震波の解析（資源探査）、原子核物理、航空工学、画像処理などでは、大量のデータを対象にして、連立偏微分方程式の数値計算など複雑な演算処理を、一定時間内に（天気予報の場合を考えてみればよい）消化する必要がある。こうした要求を満たすためには、計算機を最初から問題向きに設計せざるを得ない。そして、資金的な裏付けを得た問題に対してアーキテクチャの開発が進められることになる。その結果出現してきたのは、偏微分方程式処理を目的にしたベクトルないしアレイ・プロセッサ、波形解析を目的にした信号プロセッサ、航空写真やX線写真の解析のための画像プロセッサ、さらに信号プロセッサを一段と特殊化したものとして音声プロセッサなどである。

これらの問題向き専用計算機では、高速化の手段として高度なパイプライン処理方式または並列処理方式を採用している。前者の方式によるものをパイプライン型、後者の方式によるものを並列処理型と呼んでいる。なかには、両方式を組合せたものもある。最も高度な並

列処理型では、多数のプロセッサ・エレメントをアレイ状（他にツリー状、リング状などもある）に配列したものがあり、特にプロセッサ・アレイ型と呼ばれることが多い。

このプロセッサ・アレイ型のように、多数のプロセッサが一定の形状構造の下に相互結合された計算機を使いこなすことは、かなり面倒なことである。同じ問題に対するプログラムであっても、アルゴリズムの選び方によって、えられる処理性能に雲泥の差が出るからである。すなわち、プロセッサ相互結合の構造に対するアルゴリズムの適合性の幅が極めて狭いのである。しかも、こうした計算機が利用されるのは大規模な問題であり、それに対するアルゴリズムの工夫はそれ自身大きな問題なのである。このために、実際にハードウェアが作られながら、ほとんど活用される機会に恵まれないという高度並列処理計算機の例も実見される。現在予見されるVLSI技術の方向は、高度並列処理アーキテクチャを有利にするものであることを考えると、このプロセッサ相互結合の構造形式とアルゴリズムの強い結びつきという事実をベースにして、アーキテクチャのあり方を再検討する必要があることに気付く。そこで考えられるのは、アルゴリズム開発をアーキテクチャ設計に先行させ、アルゴリズムに合わせてアーキテクチャを決めるというアプローチである。しかも、さらに一歩進

図1-19 特殊化／専用化アーキテクチャの分類



めて、アルゴリズムを直接VLSIチップとして実現するところに行きたくことを想定してである。ここまで徹底するまえに、もう一つのアプローチとして、プロセッサ相互結合に適応型アーキテクチャの考え方を適用することが提案されている。すなわち、再構成可能な相互結合方式を追求しようというものである。⁹⁾

表1-18 科学技術計算専用コンピュータ

名 称	メーカ	処理方式	稼動または発表時期
STAR-100	Control Data Corp.	パイプライン	1973
ASC	Texas Instruments	パイプライン	1972
ILLIAC IV	Burroughs	並列処理 (プロセッサ・アレイ)	1973
CRAY-1	Cray Research	パイプライン	1976
BSP	Burroughs	並列処理	1977発表
DAP	International Computer Ltd.	並列処理 (プロセッサ・アレイ)	1979
CYBER-203	Control Data Corp.	パイプライン	1979発表
FACOM 230/75APU	富士通	パイプライン	1976
HITAC M-200H IAP	日立	パイプライン	1979

(2) 「使い易さ」指向アーキテクチャ

○高水準化アーキテクチャ¹³⁾

計算機において、特に「使い易さ」ということが問題にされるようになった原因の1つは、計算機システムと、それで処理すべき問題が大規模化し、その複雑さのためにプログラミングの生産性に低下の傾向が心配されるようになったことにある。一般に、複雑さを克服するための最も強力な手段は、抽象化を行うことである。高水準化アーキテクチャの目的は、人間と計算機の接触面(マシン・インタフェースと呼ぶ)に現われる諸概念をより抽象度の高いものにし、しかも、それによって計算機のパフォーマンスが損われることのないように合理化することにある。その意味では、つぎの項で扱う新言語指向アーキテクチャと共通の狙いをもつものであるが、この場合には従来からの高級言語に対して肯定的な立場をとり、専らその枠内で

問題を考えるところに特徴がある。したがって、基本的にはノイマン・アーキテクチャの枠組を脱け出ることがない。

そのため、ここでの関心は専ら、いわゆる機械語レベルでのインタフェースの高水準化に集中することになる。最近では、一般ユーザが直接機械語によってプログラミングすることはなくなっているが、実際に実行されるのはあくまでも機械語プログラムである。この間のギャップはコンパイラによる変換操作で埋められている。この変換操作の介在によって、ユーザ・プログラムとその実行過程の間に成立するはずの直接的な対応関係が崩れるため、例えば、プログラムにエラーが内在したとしても、それがそのものズバリの現象として出現するとは限らず、正体不明の異常現象となって出沒することになる可能性もある。こうした問題を解消するためには、高級言語と直接的な対応づけが可能な水準に機械語を持ち上げることが必要になる。極端な考え方をすれば、高級言語そのものを機械語とする計算機ができなにかということになる。しかし、デバッグの完了したプログラムを繰返し実行することの多い、通常の計算機利用の局面では、プログラム実行でのパフォーマンスが高い従来のコンパイル方式を抜くことは困難である。したがって、妥当な線としてはいわゆる中間言語のレベルに落ち着くことが多い。

図 1—20 高水準化アーキテクチャの分類

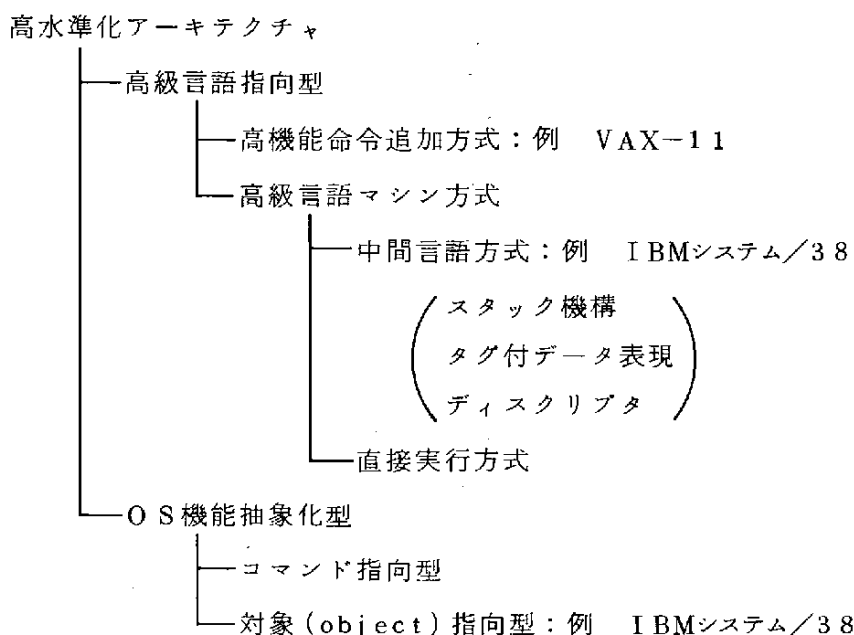


表 1-19 高級言語マシンの開発年表

	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
ALGOL		■ ALGOL58			○B5000 (Loneragan)			○ALGOL60 (Anderson)		○EULER (Weber)							○Chu ○Haynes ○DHLLP (Bloom)						
FORTRAN/ BASIC		■FORTRAN							○Melbourne	○FORTRAN Machine (Bashkow)				○HP2100			○F/H-BASIC ○WANG2200		○Tectronix 4051				
APL							■APL							○Abrams ○Thurber ○Zaks		○Hassit	○MCM-70 ○AADC (Nissen) ○FIRST (Schroeder)		○APL Assist				
PL/I									■PL/I		○Sugimoto		○Wortman			○PLAGO (Lawson)							
COBOL				■COBOL						○B3500							○COBOL Machine (Chevance) ○Criterion COBOL		○COMBAT				
STRING/ LIST						○ADAM (Mullery) ■SNOBOL ■LISP		○Hodges ○Meggitt ○Wigington		○Bashkow				○HYDRA ○SYMBOL		○SNOBOL Machine (Shapiro) ○CONS (MIT) ○LISPマシン		○NK3 ○慶大LISP ○神大LISP					
Multi- Language																○Interpreter ○B1700 ○Wade		○IBM5100					

人間 — 計算機インタフェースに機械語が用いられることの多い局面に、システム・プログラムのプログラミングがある。この分野では、標準的な高級言語には用意されていない特殊な機能（OS機能と呼ばれる）が利用される。こうした機能を具現化するにはもちろんのこと、それらを利用するのにも機械語プログラミングが必要である。そこで、こうした機能を集約化して抽象化し、標準的な言語機能として体系化することができれば、システム・プログラムの作成や保守が大いに効率化されることになる。これを徹底すれば、従来の機械語はほとんど使う必要がなくなり、したがって、機械語を無視して直接そうした機能のハードウェア化を実現する方式が有利になってくる。

○新言語（新計算モデル）指向アーキテクチャ¹⁴⁾

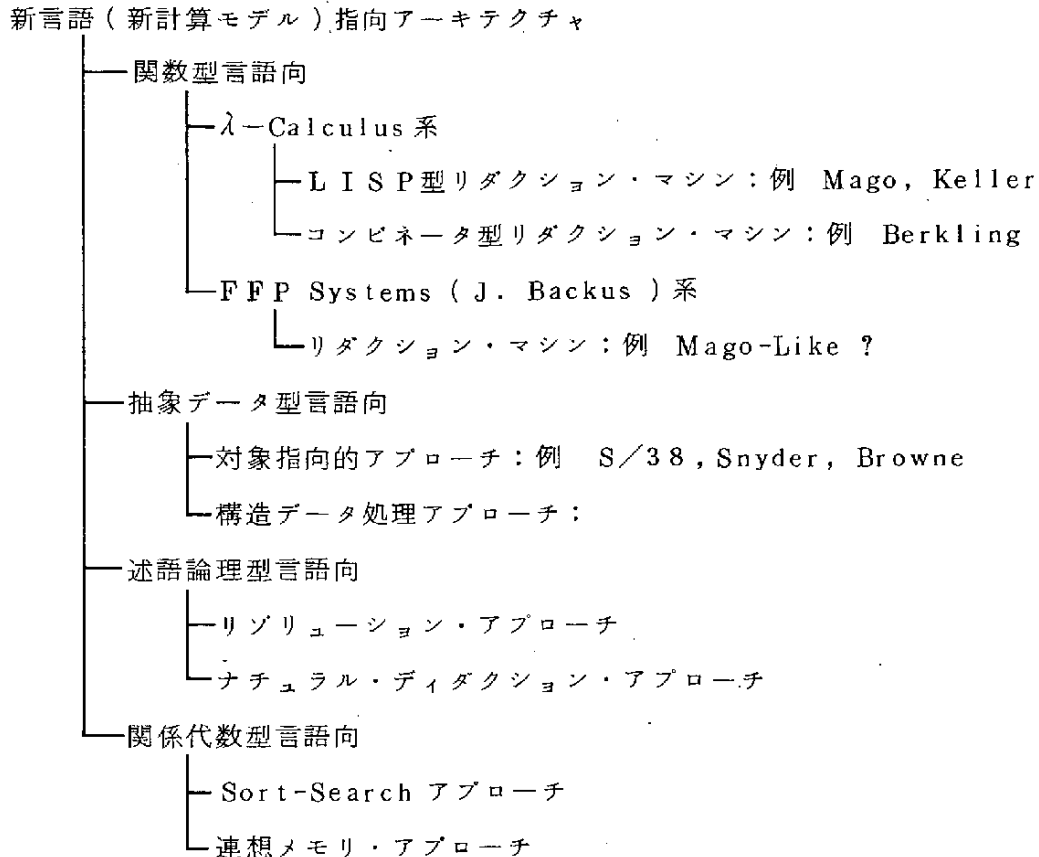
使い易さの追求は、自然な流れとしてよりよいプログラミング言語を求める動きとなる。このために、すでに多数の言語が開発されているが、いくら数が殖えても強力さという点では大同小異の状況が続いている。この頭打ちの原因は何か、それはこれまでの言語設計の最深部にある基礎に本質的な欠陥があるからではないのか、従来はあるマシンのイメージを出発点として、その上で使うものとしてプログラミング言語を設計したが、これは本来のプログラミング言語の発達を拘束することになっているのではないか。マシンがあって言語がくるのではなくて、言語ができて次にそれにふさわしいマシンが作られるべきではないのか。このような発想の逆転が必要であるというのが、新言語指向アーキテクチャの背景にある考え方である。この発想の逆転は、丁度、計算機システムのコストに占めるハードウェアとソフトウェアの比重の逆転に対応している点が注目される。

こうした考え方の萌芽は、すでにバロースのB1700の開発に認められるが、本当の意味でのマシンの呪縛からの解放を行ったのは、J. バッカスの有名な論文、"Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs"である。J. バッカスのノイマン・モデル批判に賛成するかどうかは別にしても、問題の深さがどの程度のものであるかを示しただけでもこの論文の意義は十分に大きいと認められる。

既成のマシン概念から自由になったとして、新しいプログラミング言語のあるべき姿は何か、それをサポートすべきアーキテクチャのあり方は何か。

以下に列挙するものは、それへの解答の試みであり、まだ十分な答えになっていないものも多い。

図 1-21 新言語 (新計算モデル) 指向アーキテクチャの分類



(3) 高信頼性アーキテクチャ

ここでは信頼性ということばを最も広い意味に解決して、いわゆる RASIS (Reliability, Availability, Serviceability, Integrity, Security) の全体を含んでいるものとする。そうすると、これらの各項目ごとに、それぞれ特徴的なアーキテクチャ上の工夫を対応させることができる。

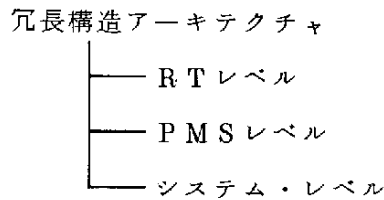
Reliability	——	冗長構造アーキテクチャ
Availability	——	フェイルソフト・アーキテクチャ
Serviceability	——	自動診断アーキテクチャ
Integrity	——	保護機構アーキテクチャ
Security	——	

RAS あるいは RASIS の概念が意味するところは、もちろんこれらを個別に考えるのではなく、統合化して一体のものとも見たときに、それらの最大の効果が発揮されるということであるが、以下では分類の便宜上、それぞれを独立にとりあげることにする。

○冗長構造アーキテクチャ

同じ機能目的をもつハードウェア機構を複数個用意し、相互に代替できるようにして、障害の発生に備えるものであるが、多重化構成の仕組みや運用の仕方には、いろいろなバリエーションが工夫されている。各レベルとも重複方式とスタンド・バイ方式が区別できる。

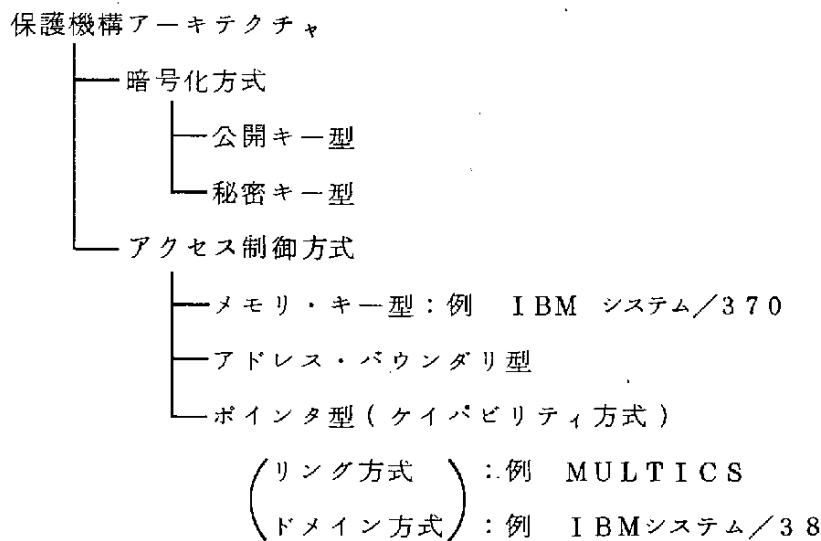
図 1—2 2 冗長構造アーキテクチャの分類



○保護機構アーキテクチャ

情報保護機構の必要性は繰返し強調されながら、一般的な実用はあまり進んでいないのが実情のようである。しかし、その重要性は次第に高まっている。保護機構には物理的な手段によるものと、論理的な手段によるものがあるが、ここで扱うのは後者のみである。

図 1—2 3 保護機構アーキテクチャ

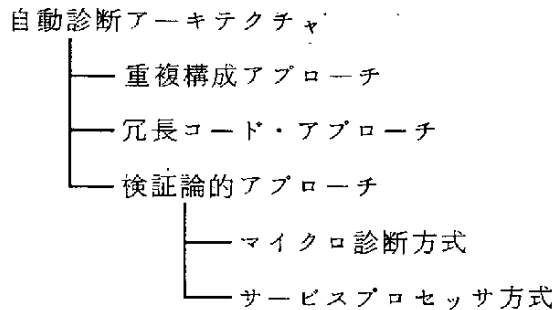


・自動診断アーキテクチャ

計算機システムが複雑化すれば、その内部に発生する障害に対する診断も複雑化し、表面的な現象をみて人間が判断するというような方法では、十分な対処ができないことは明らかである。計算機自身による組織的な診断体系が用意されていなければならない。診断のポイントは、障害の有無を判定することと、あると分かった場合にその所在を知ることの2点である。前者

については、何らかの冗長構造が利用され、後者については検証論的なアプローチが重視されるようになっている。

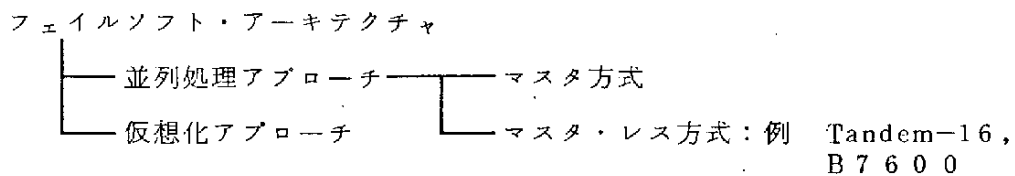
図 1-24 自動診断アーキテクチャの分類



・フェイルソフト・アーキテクチャ

基本的には、並列処理の手法と仮想化手法が有力である。

図 1-25 フェイルソフト・アーキテクチャの分類



(4) 新応用指向アーキテクチャ

コストの大幅な低下、性能の向上など計算機技術の著しい進歩によって、その応用分野はあらゆる方向に拡大されつつある。このようなさまざまな発展の様子をみると、その中の多くは一応従来技術の延長によって十分対応しうるものであるが、いくつかの方向については新しい発想にもとづく対応を必要とするような動きが認められる。そのうちでも、特に注目すべき動きは、つぎの2つである。

○ 計算機利用の拡散化・零細化

○ 人工知能的应用

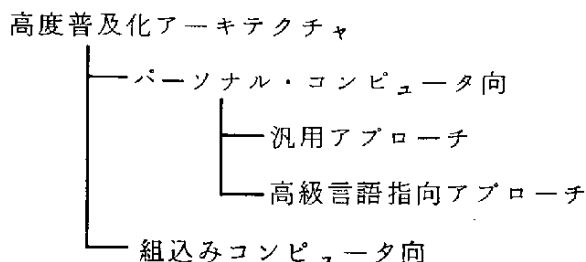
これらに対しては、アーキテクチャの立場からも突込んだ検討が必要である。そこから、アーキテクチャの新しいあり方が生まれてくる可能性が期待される。

・高度普及化アーキテクチャ

すでにマイクロコンピュータの滲透ぶりは目覚ましいものであるが、それを利用するためのプログラミングという意味でのマン・マシン・インタフェースを考えると、そこに本当の意味での素人が入ってきているという状況には至っていない。現在の素人プログラミングは、

かなりの学習時間を費やした上で、定型的なプログラムを書いているというのが実態ではないだろうか。プログラミングが自家用車の運転と同じような水準にまで滲透しうるためには、自動車がそうであったように、計算機もその内部構造を新しい状況に適応させていく必要がある。

図 1-26 高度普及化アーキテクチャの分類

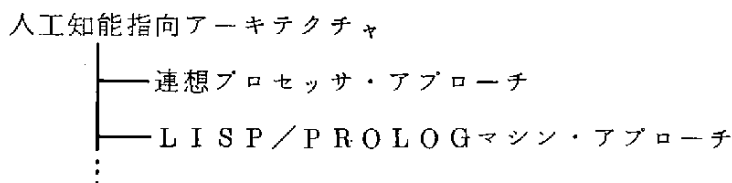


○人工知能指向アーキテクチャ

自然言語処理、画像処理、音声処理など人工知能研究の成果は、すでに着々と実用化されつつあるが、新応用の本質的な部分がここから開拓されていることは疑いのないところである。しかし、よく指摘されるとおり、^{*} 図形や文章の処理など非数値データの処理に計算機を使おうとすると、その性能の低さに驚かされることが多い。人工知能に関連した研究が基礎研究の域を脱することの出来ぬ理由^{*} 14) がここにある。

ではどうあればよいのか、どんな可能性が考えられるのか、それは今後の研究課題である。

図 1-27 人工知能指向アーキテクチャ



(5) VLSI 指向アーキテクチャ

VLSI 技術は計算機にとって多くの利点をもつものである。その利点の主なものを挙げると、

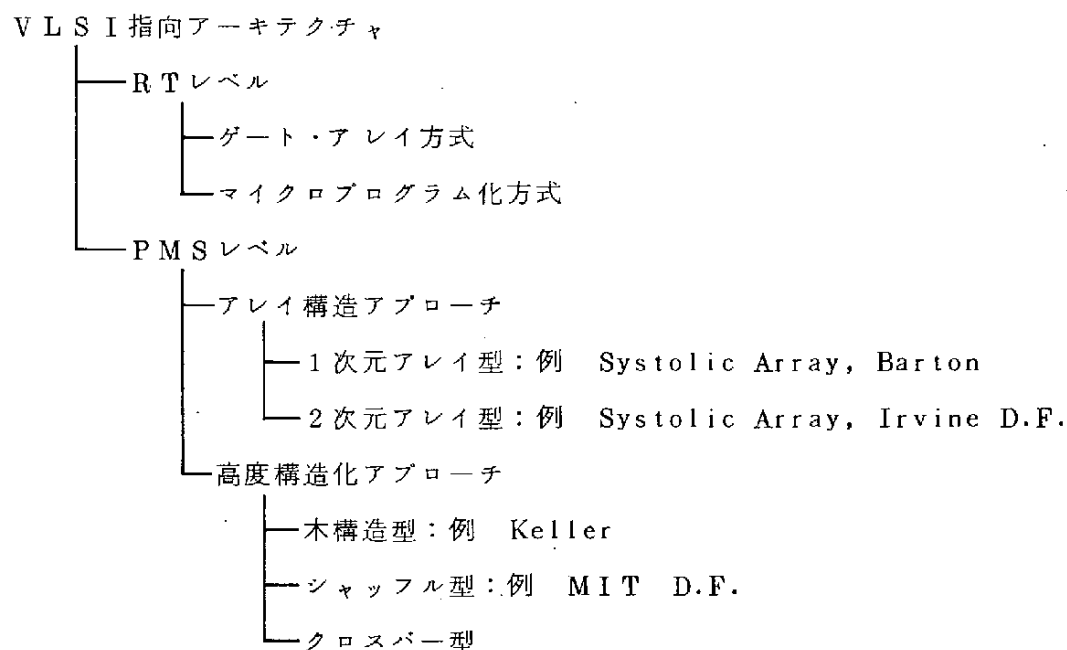
- ・要素あたりのコストの低下
- ・電力消費量と物理サイズの減少
- ・組立作業量の減少
- ・回路レベルでの信頼性の向上

などがある。しかし、これらの利点は計算機の設計において、無条件で利用できるものではなく、活用するためにはアーキテクチャ上でもいくつかの難しい問題を解決しなければならない。

このような問題のうちで最も重要なものは、ソフトウェア設計の場合と同じもので、複雑さが増すと設計の生産性が急速に低下するという事実である。これによる設計コストの上昇は、上述の要素あたりコストの低下を打消すほどの大きさに達する可能性がある。これは従来からのCADを利用しても克服不可能である。考えられる対応策は、やはりソフトウェアの時と同様で、構造化設計、モジュール化設計ということになる。もし、チップ全体の設計が、少数の簡単な部分設計に分解でき、それらの部分設計を単純なインタフェースを介して繰返しの組合わせれば全体が完成するという形式に還元できれば、最も理想的である。もう少し具体的に言えば、簡単な構造をもった機能要素（例えばプロセッサ・エレメント）を規則的に（例えば行列状に）配列するという形で計算機が実現できるようにしたい、ということである。

これは明らかに極めて高度な並列処理を実現することに相当している。並列処理アーキテクチャの項で説明したように、プロセッサ間の接続関係の構造は、アルゴリズムのあり方を厳しく拘束するものである。プロセッサ配列の規則性と接続関係の自由度をいかにバランスさせるかに、アーキテクチャの課題の1つがある。

図1-28 VLSI指向アーキテクチャの分類



参考文献

- 1) Organick, E.I.: "コンピュータシステム アーキテクチャの技術動向", (昭和53年度特別セミナー講演録), 電子協(1979.3)
- 2) JIPDEC: "並列処理", 第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — アーキテクチャ研究分科会 —, PP. 124~135, JIPDEC(1980)

- 3) JIPDEC: "マルチプロセッサ", 第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — アーキテクチャ研究分科会 —, PP. 136~150, JIPDEC (1980)
- 4) JECC: "将来のコンピュータ技術, 市場, および環境に関する調査報告書", JECC (1979.2)
- 5) JIPDEC: "第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — 計算機の適応・学習機能", JIPDEC (1980)
- 6) Vick, C. R. et al.: "Adaptable Architectures for Supersystems", Computer, Vol. 13, No. 11, PP. 17~35 (1980)
- 7) 小高, 河辺: "超高速演算の動向", 情報処理, PP. 927~937, (1980.9)
- 8) JIPDEC: "科学計算", 第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — アーキテクチャ研究分科会 —, PP. 165~181, JIPDEC (1980)
- 9) シーゲル, H. J. ほか: 再構成可能な並列処理システムにおける相互結合方式の動向, 日経エレクトロニクス, 1979.12. 24号 PP. 49~62
- 10) JIPDEC: "ユニバーサル・ホスト・プロセッサ", 第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — アーキテクチャ研究分科会 —, PP. 194~203, JIPDEC (1980).
- 11) " : "機能分散型計算機", " PP. 182~193 "
- 12) Kung, H. T.: "The Structure of Parallel Algorithms", Advances in Computers, Vol. 19, PP. 65~112. Academic (1980).
- 13) JIPDEC: "高級言語マシン", 第5世代の電子計算機に関する調査研究報告書 — アーキテクチャ研究分科会 —, PP. 204~221, JIPDEC (1980).
- 14) 元岡: "コンピュータアーキテクチャの動向と展望", 情報処理, Vol. 21, No. 5, PP. 558~565 (1980.5)
- 15) Kung, H. T., : "Notes on VLSI Computation", Lecture Note in CREST Parallel Processing Systems Course, (1980).

3. 代表例によるアーキテクチャ分類表

前節に述べた分類概念を、実際の機種に適用した結果の一覧表を以下に示す。ただし、各機種についての情報が不完全な場合が多く、また、誤認も少なくないと思われるので、試行的なものとしての取扱いが必要である。

	開 発 者	開 発 水 準	並 列 処 理 アーキテクチャ											モジュール化アーキテクチャ	
			MISD		SIMD		MIMD							R T レベル	PMS レベル
			CPU内 パイプ ライン 方 式	パイプ ライン アレイ プロセッサ 方 式	プロセッサ アレイ 方 式	連 想 プロセッサ 方 式	ノイマン準拠型		非ノイマン型				シストリック プロセッサ・アレイ 方 式		
							疎 結 合 方 式	密 結 合 方 式	データフロー型		リダクション型				
(商用大型機)	(計算機メーカ)	商 用	○					○							
スーパーコンピュータ															
ASC	Texas Inst.	実験(1972)		○											
ILLIAC IV	イリノイ大	実験(1973)			○										
STAR-100	CDC	商用(1973)		○											
CRAY-1	Cray Research	商用(1976)		○											
FACOM															
230/75 APU	富士通	商用(1976)		○											
BSP	パロース	商用(1977)			○										
DAP	ICL	商用(1979)													
HITAC															
M-200H IAP	日立	商用(1979)		○											
CYBER-203	CDC	商用(1979)		○											
CYBER-205	"	商用(1980)		○											
S-1	スタンフォード大	実験													
データフロー計算機															
MIT DFM	MIT (Dennis)	研究(1974) 実験(1980)									○				○
RAUSシステム/1	ツールズ大	実験(1976)									○				○
ID DFM	UCI (Arvind)	研究(1978)									○				○
GE DFM	Rumbaugh	研究(1977)									○				○
DDM1	ユタ大 (Davis)	実験(1978)									○				○
TOPSTAR	東 大	実験(1978)													
リダクションマシン															
Berklingマシン	GMD (Berkling)	研究(1976) 実験(1978)										○	○		
Kellerマシン	ユタ大 (Keller)	研究(1978)										○			○
Magóマシン	ノースカロライナ大	研究(1979)										○			○
Cambridgeマシン	Cambridge 大	実験(1980)													

	開 発 者	開発水準	並 列 処 理 アーキテクチャ											モジュール化アーキテクチャ	
			MISD		SIMD		MIMD							R T レベル	PMS レベル
			CPU内 パイプ ライン 方 式	バイブ ライン アレイ プロセッサ 方 式	プロセッサ アレイ 方 式	連 想 プロセッサ 方 式	ノイマン準拠型		非ノイマン型				シストリック プロセッサ・アレイ 方 式		
							疎 結 合 方 式	密 結 合 方 式	データフロー型		リダクション型				
									疎 結 合	密 結 合	木 構 造	バス接続			
データベース・マシン															
RAP, 1/2	トロント大	実験(1976/7)			○									○	
DBC	オハイオ州立大	研究(1976)				○									
SDD-1	CC of America	実験(1978)					○							○	
(STARAN型)	シラキューズ大	実験(1979)				○								○	
EDC	電研総	実験(1979)			○									○	
ADABASマシン	Software AG	商用(1980)												○	
TRAC	テキサス大(Dale)	研究(1979)			○									○	
UHP(ユニバーサル・ホスト・プロセッサ)															
QM-1	Nanodata	商用(1972)													
B1700/1800	パロース	商用(1972)													
FCPU	Data Saab	商用(1972)													
Cons	MIT(Greenblatt)	研究(1974) 実験(1977)													
CDC-5600	CDC														
ACE	電総研	実験													
IBM5100	IBM	商用(1977)													
高級言語マシン															
SYMBOL	フェアチャイルド	実験(1971)						○							
APL Assist	IBM	商用(1976)													
COMBAT	日電	実験(1976)													
FLATS	理 研	研究(1978)													
LISPマイクロプロセッサ	MIT(Sussman)	実験(1980)													
その他															
C.mmp	CMU	実験(1972)						○						○	
Cm*	CMU	実験(1976)						○						○	

	開 発 者	開 発 水 準	適 応 型 アーキテクチャ							特 殊 化 / 専 用 化 アーキテクチャ					
			マイクロ プロ グラム 適応型	再 構 成 的 適 応 型				動的 適 応 型		機 能 分 散 型			問題指向型	アルゴリズム指向型	
				プロセッサ アレイ 分割	プロセッサ メモ リ 直 結	パイプ ライン 再 構 成	結 合 トポロ ジイ	要 求 駆 動 型	デ ー タ 駆 動 型	組 込 み レベ ル	サ ブ システ ム レベ ル	システ ム レベ ル		科学技術計算/ Navier Stokes/ 信号処理/ 画像処理/ 音声処理	Systolic Algorithm 型
(商用大型機)	(計算機メーカー)	商 用									○				
スーパーコンピュータ															
ASC	Texas Inst.	実験(1972)				○						○	科学計算・画像処理 科学技術計算		
ILLIAC IV	イリノイ大	実験(1973)	○									○			
STAR-100	CDC	商用(1973)										○			
CRAY-1	Cray Research	商用(1976)				○						○	"		
FACOM															
230/75APU	富士通	商用(1976)										○	"		
BSP	パロース	商用(1977)									○	○	"		
DAP	ICL	商用(1979)										○	"		
HITAC															
M-200H IAP	日立	商用(1979)										○	"		
CYBER-203	CDC	商用(1979)									○		"		
CYBER-205	"	商用(1980)									○		"		
S-1	スタンフォード大	実験											"		
データフロー計算機															
MIT DFM	MIT(Dennis)	研究(1974) 実験(1980)							○				(科学技術計算)		
RAUSシステム/1	ツールズ大	実験(1976)													
ID DFM	UCI(Arvind)	研究(1978)							○						○
GE DFM	Rumbaugh	研究(1977)													
DDM1	ユタ大(Davis)	実験(1978)						○							
TOPSTAR	東 大	実験(1978)													
リダクションマシン															
Berklingマシン	GMD(Berkling)	研究(1976) 実験(1978)													
Kellerマシン	ユタ大(Keller)	研究(1978)						○							
Magoマシン	ノースカロライナ大	研究(1979)													
Cambridgeマシン	Cambridge大	実験(1980)													

	開 発 者	開発水準	適 応 型 アーキテクチャ							特 殊 化 / 専 用 化 アーキテクチャ					
			マイクロ プロ グラム 適応型	再構成的適応型				動的適応型		機能分散型			問題指向型 科学技術計算/ Navier Stokes 信号処理/ 画像処理/ 音声処理	アルゴリズム指向型	
				プロセッサ アレイ 分割	プロセッサ メモリ 直結	パイプ ライン 再構成	結 合 トポロ ジイ	要 求 駆動型	デ ー タ 駆動型	組 込 み レベ ル	サ ブ システ ム レベ ル	システ ム レベ ル		Systolic Algorithm 型	SIMD/ MIMD Algorithm 型
データベース・マシン															
RAP. 1/2	トロント大	実験(1976/7)										○			
DBC	オハイオ州立大	研究(1976)										○			
SDD-1	OC of America	実験(1978)										○			
(STARAN型)	シラキューズ大	実験(1979)	○									○			
EDC	電総研	実験(1979)										○			
ADABASマシン	Software AG	商用(1980)										○			
TRAC	テキサス大(Dale)	研究(1979)							○			○			
UHP(ユニバーサル・ホスト・プロセッサ)															
QM-1	Nanodata	商用(1972)	○												
B1700/1800	パロース	商用(1972)	○												
FCCPU	Data Saab	商用(1972)	○												
Cons	MIT(Greenblatt)	研究(1974) 実験(1977)	○												
CDC-5600	CDC		○												
ACE	電総研	実験	○		○										
IBM5100	IBM	商用(1977)	○												
高級言語マシン															
SYMBOL	フェアチャイルド	実験(1971)										○			
APL Assist	IBM	商用(1976)								○					
COMBAT	日電	実験(1976)										○			
FLATS	埋 研	研究(1978)										○			
LISPマイクロプロセッサ	MIT(Sussman)	実験(1980)										○			
その他															
C.mmp	CMU	実験(1972)			○										
Cm*	CMU	実験(1976)			○										

	開 発 者	開 発 水 準	高 水 準 化 アーキテクチャ					新 言 語 (新 計 算 モ デ ル) 指 向 アーキテクチャ								
			高級言語指向型			OS機能抽象化型		関数型言語向			抽象データ型言語向		述語論理型言語向		関係代数型言語向	
			高 機 能 命 令 追加方式	高級言語マシン方式		OS機能抽象化型		FFPSy- stem 系 リダク シ ョ ン	λ-Calculus 系		対 象 指 向 的 アプローチ	構造デー タ 処 理 アプローチ	リゾリ ー シ ョ ン アプローチ	ナチュ ラ ル ディク ク シ ョ ン アプ ローチ	Sort- Search アプ ローチ	連 想 メ モ リ アプ ローチ
				中 間 言語方式	直 接 実行方式	コ マ ン ド 指 向 型	対 象 指 向 型		LISP型 リダク シ ョ ン	コンビネ ータ型リ ダクシ ョン						
(商用大型機)	(計算機メーカー)	商 用	○			○										
スーパーコンピュータ																
ASC	Texas Inst.	実験 (1972)														
ILLIAC IV	イリノイ大	実験 (1973)														
STAR-100	CDC	商用 (1973)														
CRAY-1	Cray Research	商用 (1976)														
FACOM 230 / 75 APU	富士通	商用 (1976)														
BSP	パロース	商用 (1977)														
DAP	ICL	商用 (1979)														
HITAC M-200H IAP	日 立	商用 (1979)														
CYBER-203	CDC	商用 (1979)														
CYBER-205	"	商用 (1980)														
S-1	スタンフォード大	実験														
データフロー計算機																
MIT DFM	MIT (Dennis)	研究 (1974) 実験 (1980)										○				
RAUシステム / 1	ツールーズ大	実験 (1976)										○				
ID DFM	UCI (Arvind)	研究 (1978)														
GE DFM	Rumbaugh	研究 (1977)														
DDM1	ユタ大 (Davis)	実験 (1978)														
TOPSTAR	東 大	実験 (1978)														
リダクション・マシン																
Berkling マシン	GMD (Berkling)	研究 (1976) 実験 (1978)			○					○						
Keller マシン	ユタ大 (Keller)	研究 (1978)			○					○						
Mago マシン	ノースカロライナ大	研究 (1979)			○					○						
Cambridge マシン	Cambridge 大	実験 (1980)			○					○						

	開 発 者	開発水準	高水準化アーキテクチャ					新言語(新計算モデル)指向アーキテクチャ								
			高級言語指向型			OS機能抽象化型		関数型言語向			抽象データ型言語向		述語論理型言語向		関係代数型言語向	
			高機能 命令 追加方式	高級言語マシン方式				FPP Sy- stem系	λ-Calculus系		対 象 指向的 アプローチ	構造デー タ処理 アプローチ	リゾリュ ーション	ナチュラル ディクシ ョン	Sort- Search	連 想 メモ リ
				中 間 言語方式	直 接 実行方式	コマンド 指向型	対 象 指向型		リダク ション	LISP型 リダク ション						
データベース・マシン																
RAP. 1/2	トロント大	実験(1976/7)														
DBC	オハイオ州立大	研究(1976)														
SDD-1	CC of America	実験(1978)														
(STARAN型)	シラキューズ大	実験(1979)														○
EDC	電総研	実験(1979)														
ADABASマシン	Software AG	商用(1980)														
TRAC	テキサス大(Dale)	研究(1979)													○	
UHP(ユニバーサル・ホスト・マシン)																
QM-1	Nanodata	商用(1972)														
B1700/1800	パロース	商用(1972)		○												
FCPU	Data Saab	商用(1972)														
Cons	MIT(Greenblatt)	研究(1974) 実験(1977)	○	○												
CDC-5600	CDC															
ACE	電総研	実験														
IBM-5100	IBM	商用(1977)														
高級言語マシン																
SYMBOL	フェアチャイルド	実験(1971)		○												
APL Assist	IBM	商用(1976)			○											
COMBAT	日電	実験(1976)	○	○												
FLATS	理 研	研究(1978)														
LISPマシン	MIT(Sussman)	実験(1980)			○											
その他																
C. mmp	CMU	実験(1972)														
Cm*	CMU	実験(1976)														

	開 発 者	開発水準	冗長構造アーキテクチャ			保護機構アーキテクチャ					フェイルソフト・アーキテクチャ		
			R T レベル	PMS レベル	システム レベル	暗号化方式		アクセス制御方式			並列処理アプローチ		仮想化 アプローチ
						公開キー型	秘密キー型	メモリ・キー型	アドレス バウンダリ型	ポインタ型	マスタ方式	マスタ・レス 方式	
(商用大型機)	(計算機メーカー)	商 用						○	○		○		
スーパーコンピュータ													
ASC	Texas Inst.	実験(1972)											
ILLIAC IV	イリノイ大	実験(1973)											
STAR-100	CDC	商用(1973)											
CRAY-1	Cray Research	商用(1976)											
FACOM													
230/75 APU	富士通	商用(1976)											
BSP	パロース	商用(1977)											
DAP	ICL	商用(1979)											
HITAC													
M-200H IAP	日立	商用(1979)											
CYBER-203	CDC	商用(1979)											
CYBER-205	"	商用(1980)											
S-1	スタンフォード大	実験											
データフロー計算機													
MIT DFM	MIT(Dennis)	研究(1974) 実験(1980)											
RAUシステム/1	ツールーズ大	実験(1976)											
ID DFM	UCI(Arvind)	研究(1978)											
GE DFM	Rumbaugh	研究(1977)											
DDM1	ユタ大(Davis)	実験(1978)											
TOPSTAR	東 大	実験(1978)											
リダクション・マシン													
Berkling マシン	GMD(Berkling)	研究(1976) 実験(1978)											
Keller マシン	ユタ大(Keller)	研究(1978)											
Mago マシン	ノースカロライナ大	研究(1979)											
Cambridge マシン	Cambridge 大	実験(1980)											

	開 発 者	開発水準	冗長構造アーキテクチャ			保護機構アーキテクチャ					ファイルソフト・アーキテクチャ		
			R T レベル	PMS レベル	システム レベル	暗号化方式		アクセス制御方式			並列処理アプローチ		仮想化 アプローチ
						公開キー型	秘密キー型	メモリ・キー型	アドレス バウンダリ型	ポインタ型	マスタ方式	マスタ・レス 方式	
データベース・マシン													
RAP. 1/2	トロント大	実用(1976/7)											
DBC	オハイオ州立大	研究(1976)											
SDD-1	CC of America	実験(1978)											
(STARAN型)	シラキューズ大	実験(1979)											
EDC	電総研	実験(1979)											
ADABASマシン	Software AG	商用(1980)											
TRAC	テキサス大(Dale)	研究(1979)											
UHP(ユニバーサル・ホスト・マシン)													
QM-1	Nanodata	商用(1972)											
B1700/1800	パロース	商用(1972)											
FCPU	Data Saab	商用(1972)											
Cons	MIT(Greenblatt)	研究(1974) 実験(1977)											
CDC-5600	CDC												
ACE	電総研	実験											
IBM5100	IBM	商用(1977)											
高級言語マシン													
SYMBOL	フェアチャイルド	実験(1971)											
APL Assist	IBM	商用(1976)											
COMBAT	日電	実験(1976)											
FLATS	理研	研究(1978)											
LISPマシン	MIT(Sussman)	実験(1980)											
その他													
C. mmp	CMU	実験(1972)											
Cm*	CMU	実験(1976)											

	開 発 者	開発水準	自 動 診 断 プ ロ セ ッ シ ン			
			重複構成 アプローチ	冗長コード アプローチ	検証論的アプローチ	
					マイクロ診断 方 式	サービシ プロセス方式
(商用大型機)	(計算機メーカー)	商 用	○	○		
スーパーコンピュータ						
ASC	Texas Inst.	実験(1972)				
ILLIAC IV	イリノイ大	実験(1973)				
STAR-100	CDC	商用(1973)				
CRAY-1	Cray Research	商用(1976)				○
FACOM						
230/75 APU	富士通	商用(1976)				
BSP	パロース	商用(1977)				
DAP	ICL	商用(1979)				
HITAC						
M-200H IAP	日 立	商用(1979)				
CYBER-203	CDC	商用(1979)				○
CYBER-205	"	商用(1980)				○
S-1	スタンフォード大					
データフロー計算機						
MIT DFM	MIT(Dennis)	研究(1974) 実験(1980)				
RAUSシステム/1	ツールズ大	実験(1976)				
ID DFM	UCI(Arvind)	研究(1978)				
GE DFM	Rumbaugh	研究(1977)				
DDM1	ユタ大(Davis)	実験(1978)				
TOPSTAR	東 大	実験(1978)				
リダクション・マシン						
Berkling マシン	GMD(Berkling)	研究(1976) 実験(1978)				
Keller マシン	ユタ大(Keller)	研究(1978)				
Mago マシン	ノースカロライナ大	研究(1979)				
Cambridge マシン	Cambridge 大	実験(1980)				

	開 発 者	開発水準	自動診断アーキテクチャ			
			重複構成 アプローチ	冗長コード アプローチ	検証論的アプローチ	
					マイクロ診断 方 式	サービス・ プロセッサ方式
データベース・マシン RAP. 1/2 DBC SDD-1 (STARAN型) EDC ADABASマシン TRAC	トロント大 オハイオ州立大 CC of America シラキュース大 電総研 Software AG テキサス大 (Dale)	実験 (1976/7) 商用 (1976) 実験 (1978) 実験 (1979) 実験 (1979) 商用 (1980) 研究 (1979)				
UHP (ユニバーサル・ホスト・プロセッサ) QM-1 B1700/1800 FCPU Cons CDC-5600 ACE IBM5100	Nanodata パロース Data Saab MIT (Greenblatt) CDC 電総研 IBM	商用 (1972) 商用 (1972) 商用 (1972) 研究 (1974) 実験 (1977) 実験 商用 (1977)				
高級言語マシン SYMBOL APL Assist COMBAT FLATS LISPマイクロプロセッサ	フェアチャイルド IBM 日 電 理 研 MIT (Sussman)	実験 (1971) 商用 (1976) 実験 (1976) 研究 (1978) 実験 (1980)				
その他 C. mmp Cm*	CMU CMU	実験 (1972) 実験 (1976)				

	開 発 者	開発水準	高度普及化アーキテクチャ		人工知能指向アーキテクチャ				
			パーソナル・コンピュータ向		組 込 み コンピュータ向	連想プロセッサ ア プ ロ ー チ	L I S P ア プ ロ ー チ	PROLOG ア プ ロ ー チ	Combinatory Logic ア プ ロ ー チ
			汎 用 ア プ ロ ー チ	高 級 言 語 指 向 ア プ ロ ー チ					
(商用大型機)	(計算機メーカー)	商 用							
スーパーコンピュータ									
ASC	Texas Inst.	実験(1972)							
ILLIAC IV	イリノイ大	実験(1973)							
STAR-100	CDC	商用(1973)							
CRAY-1	Cray Research	商用(1976)							
FACOM 230/75 APU	富士通	商用(1976)							
BSP	パロース	商用(1977)							
DAP	ICL	商用(1979)							
HITAC M-200H IAP	H 立	商用(1979)							
CYBER-203	CDC	商用(1979)							
CYBER-205	"	商用(1980)							
S-1	スタンフォード大								
データフロー計算機									
MIT DFM	MIT (Dennis)	研究(1974) 実験(1980)							
RAUシステム/1	ツールーズ大	実験(1976)							
ID DFM	UCI (Arvind)	研究(1978)							
GE DFM	Rumbaugh	研究(1977)							
DDM1	エタ大 (Davis)	実験(1978)							
TOPSTAR	東 大	実験(1978)					○	○	
リダクション・マシン									
Berkling マシン	GMD (Berkling)	研究(1976) 実験(1978)							○
Keller マシン	エタ大 (Keller)	研究(1978)						○	
Mago マシン	ノースカロライナ大	研究(1979)						○	
Cambridge マシン	Cambridge	実験(1980)		○					○

	開 発 者	開発水準	高度普及化アーキテクチャ		人工知能指向アーキテクチャ				
			パーソナル・コンピュータ向		組 込 み コンピュータ向	連想プロセッサ ア プ ロ ー チ	L I S P ア プ ロ ー チ	P R O L O G ア プ ロ ー チ	Combinatory Logic ア プ ロ ー チ
			汎 用 ア プ ロ ー チ	高級言語 指 向 ア プ ロ ー チ					
データベース・マシン RAP. 1/2 DBC SDD-1 (STARAN型) EDC ADABASマシン TRAC	トロント大 オハイオ州立大 CC of America シラキュース大 電総研 Software AG テキサス大(Dale)	実験(1976/7) 研究(1976) 実験(1978) 実験(1979) 実験(1979) 商用(1980) 研究(1979)							
UHP(ユニバーサル・ホスト・マシン) QM-1 B1700/1800 FCPU Cons CDC-5600 ACE IBM5100	Nanodata パロース Data Saab MIT(Greenblatt) CDC 電総研 IBM	商用(1972) 商用(1972) 商用(1972) 研究(1974) 実験(1977) 実験 商用(1977)							
高級言語マシン SYMBOL APL Assist COMBAT FLATS LISPマイクロプロセッサ	フェアチャイルド IBM 日 電 理 研 MIT(Sussman)	実験(1971) 商用(1976) 実験(1976) 研究(1978) 実験(1980)		○			○		
その他 C. mmp Cm*	CMU. CMU	実験(1972) 実験(1976)							

1.6 データベース技術および知識ベース技術

1.6.1 データベースシステム (DBS)

1.6.1.1 データベース管理システム (DBMS)

データベース管理システムは、基本ソフトウェアの1つとして、コンピュータ・メーカーやソフトウェア会社により、パッケージの形で提供されている。その分類は、データモデルによって次の3種類に大別することができる。

- (1) 階層型 (トリー型)
- (2) ネットワーク型
- (3) リレーショナル型

(1)はIBMのIMSに代表されるものでデータを親子関係で結んでいる。(2)は米国においてデータベースのタスクグループ (CODASYLの下部機構)が標準化したもので、COBOL言語を親言語としている。データモデルは、スキーマと呼ばれるもので相互の関係を記述する。データ構造は階層型も含んでいるが、ネットワーク型が可能であり、親 (オーナー) と子 (メンバー) の関係が自由にとれる利点がある。(3)はIBMのCODDが1970年に提唱したもので、データ構造が表形式になっており自然な表現形態であることやデータセットに対する演算が整備されているために注目を集めている。

図1-29 データモデル

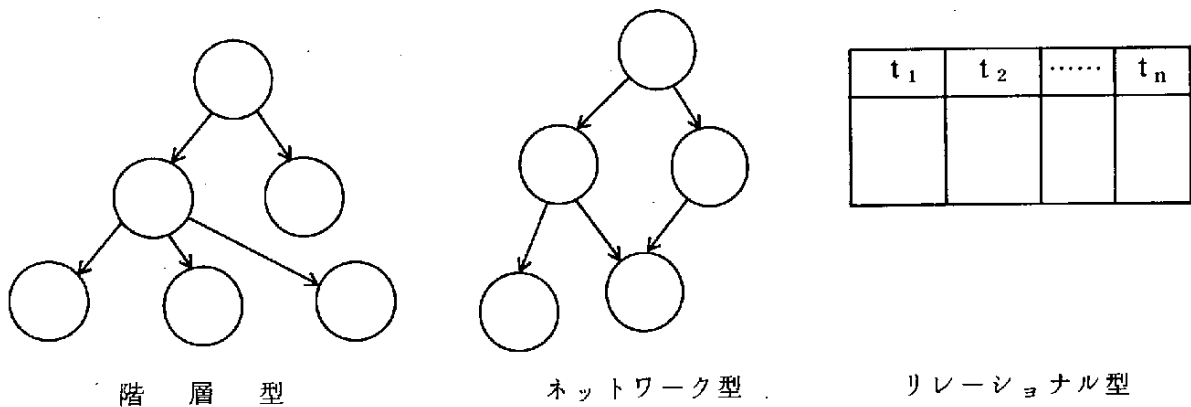


表1-20 主要なDBMS

データ モデル	名 称	開発企業	適用機種	販売開始年	言 語	販 売 数		販 売 価 格		備 考
						国 内	海 外	買 取	レンタル	
階 層 型	IMS	IBM	S360/370/ 303X	1970	ホスト言語	70~ 100*	約1,200	—	23~ 52万円/月	
	ADM	日立	HITAC 8000 シリーズ HITAC M シリーズ	1976	ホスト言語		—	—		
ネ ッ ト フ ィ ク 型	EDMS	三菱	COSMO 900/ 700 MELCOM 7700/7500	1970	ホスト言語	約50	—	—	17万円/月	
	DMS 1100	ユニパック	UNIVAC 1100シリーズ	1970	ホスト言語	120*	700*	—	16~ 22.5万円/月	
	DMSⅡ	パロース	B1800~ B7800	1973	ホスト言語	230*	2000~* 2500	300~ 800万円	10~ 23万円/月	受注高 250(国内)* B1900は70%DB
	IDSⅡ	ハネウェル			ホスト言語					
	TOTAL	Cincom Systems	ミニコン 中大 型	1974	ホスト言語	53*	3500*	1,100~ 2,000万円	27.5~ 32.5万円/月	
	SYSTEM 2000	MRI (インテル)	S360/370/ 303X Mシリーズ 他	1976	ホスト言語 ユーザ言語	1	約600	2,000~ 4,000万円	50~ 100万円	
	IDMS	Cullinane Corpora- tion	S360/370/ 303X	1976	ホスト言語	4*	700*	1,400~ 1,800万円	可	国内販売はCRC
	PDM	日立	HITAC 8000 シリーズ HITAC M シリーズ	1976	ホスト言語		—	—		
	ADBS	日電	ACOS 77 NEAC 600 ~900	1976	ホスト言語	16	—	—	無 料	
	AIM	富士通	FACOM M シリーズ	1977	ホスト言語 1部 ユーザ言語	約100	—	—	22~ 50万円/月	
リ レ ィ ン ョ ナ ル 型	QBE	IBM		1978 (備考)	QBE言語				17万 900円/月	1975(ZLOOF) Proc. AFIPS NCC 参照
	ADABAS	Software AG	S360/370/ 303X Mシリーズ	1976	ホスト言語	60*	約450	3,600万円	可	厳密にはCoddのモデル と異なる。
	INQ	日電	ACOS 77 NEAC 600 ~900	1976	ホスト言語	28	—	—	17~ 24万円/月	同 上
	SYSTEM R	IBM	S370	1977	ホスト言語 SQL	—	—	—	—	実験中
	Model 204	Computer Corpora- tion of America	S360/370/ 303X Mシリーズ	1979	ホスト言語 ユーザ言語	3*	66*	2,700~ 3,500万円	58~ 76万円/月	国内販売は 三井情報開発
	HAIM	富士通	—	—	—	—	—	—	—	

(出所: コンピュータピア1979. 11, 一部追加, *はJECC補正)

1.6.1.2 データベースマシン (DBM)

データベースマシンは、データベースの大規模化に伴って、ホストマシンでの負荷を軽減し、性能向上を図るため、データベース機能をホストから分散させ、専用マシン化する必要から最近多くの実験システムが試作されている。本格的な商用システムは、80年代の中頃と予想されている。データベースマシンの形態は、ホストのバックエンドが中心でそれをハードウェア化したハードウェア後置型と汎用コンピュータのソフトウェアで実現するソフトウェア後置型に分類される。更にハードウェア後置型は以下のように分類される。

- (1) 統合型
- (2) SIMD型 (セル型)
- (3) MIMD型
- (4) 連想メモリ型
- (5) データフロー型
- (6) 機能分散型
- (7) その他

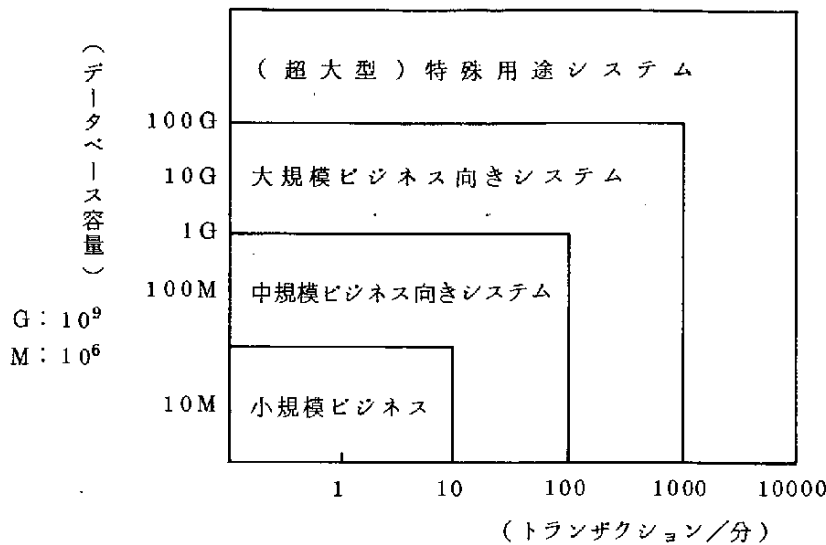
(1)は(2)~(6)のいずれかの機能を併せ持つシステムで本格的なデータベースコンピュータを目標とするもの。(2)はデータの読み書きをブロードキャスト的に複数セルで同時に行うもの。(3)は各処理装置が別々にデータベース処理を行う。(4)はデータベースの検索を高速化するために連想メモリ装置を使ったもの。(5)はデータベースの処理をデータフローの概念で並列に行うもの。(6)はデータベース処理機能をマルチプロセッサで処理するものである。これ以外にS/38のようにDB機能をファームウェア化したものやファイル検索を高速化するインテリジェントファイル、分散データベース等がある。

データベースマシンのデータモデルは、ソフトウェア上、オーバーヘッドの大きいリレーショナル型の高速化をめざすものが多い。

データベースの規模

データベースの規模を正確に分類することは困難であるが、図のような基準がある。この分類にはもちろん例外もある。つまり小容量で非常に高速な応答や大容量でもトランザクション数は少ないものもあるが一般的傾向を表わしている。また特殊用途システムは、このグラフでは大規模にしか現われていないが、小、中規模もある。

図1-30 データベースの規模



(出所: Proc. AFIPS 1980 NCC, P237)

1.6.2 知識ベース

データベース技術の応用分野は広範囲であるが、知識ベースは、データベースの形式的構造だけでなく、意味構造を持っており、従来のデータベース技術だけでは実現が困難な分野である。今後のデータベースは、シンタクスばかりではなくセマンティクスの記述能力をもつことが予想され、新しいデータモデルの概念が生まれる可能性がある。現在考えられている知識表現形式は多数あるが以下のモデルを基準にして分類してある。

1. プロダクションルール (Production Rule; PR)

人間のメモリ機能と認識プロセスを同時に記述するモデルとして、A. Newell, H. A. Simon により提唱されたもので、心理学における刺激→反応機構のひとつの拡張と考えられるプロダクション: Premise (前提) → Action (行動) の形式で記述されるルール集合と、その上に定義された制御構造から成る宣言的知識表現。

2. フレーム (Frame)

認識理解しようとする対象だけでなく、それに関連した構造化された情報を表現する枠組みとして、フレームと呼ばれる構造化情報形式を用いる。M. Minsky が提唱した。

3. セマンティックネットワーク (Semantic Network; SN)

対象の持つ意味、役割の相互関係を取扱うためのラベル付有向グラフ表現形式。ある場合にはフレーム表現と非常に類似した表現形式となる。

4. 拡大遷移ネットワーク (Augmented Transition Network; ATN)

統語構造の事実を表現するため、状態の遷移を表現した遷移ネットワークに、事実を記録し、再帰的に呼出せ、テストできる注釈を付加え、表現の強化を図ったもの。

表1-21 データベースマシン

分類	名称	開発企業	ホスト機種	開発年	データモデル	規模	性能と価格	備考
総合型	DBC (Database Computer)	オハイオ州立大 (米)		1976	独自 リレーショナル可	10GB以上		・現状テクノロジで開発可能 ・セキュリティ保護用プロセッサがある
	CADAM (Content Addressable Data base Access Machine)	沖 (日)		1979	リレーショナル			・マルチマイクロプロセッサでレコード探索 ・提案
	CASSM (Content Addressed Segment Sequential Memory)	フロリダ大 (米)		1972	リレーショナル 階層型 ネットワーク型	$10^8 \sim 10^{12}$ W (1W=4B)		
	RARES (Rotating Associative Relational Store)	ユタ大 (米)		1975	リレーショナル			
	RAP. 1 (Relational Associative Processor)	トロント大 (カナダ)		1976	リレーショナル			・回転体メモリをプロセッサでR/W(セル)
	RAP. 2	トロント大 (カナダ)		1977	リレーショナル			
	EDC (ETL Database Computer)	電研研 (日)		1979	リレーショナル			・データモジュール: 1MB/バブル×8台
	RAP. 3	アンカラ大 (トルコ)		1980	GDBMS (汎用) 階層 ネットワーク リレーショナル			
	INFOPLEX (Information Management System using a Micro-Processor Complex)	MIT (米)		1975	リレーショナル 階層型 ネットワーク	100GB	$10^8 \sim 10^{11}$ b/sec	・階層メモリ(6レベル)
	DIRECT	ウィスコンシン大 (米)		1979	リレーショナル		1ページ(16KB)のサーチ 12 msec	・1ページ=1CCDモジュール ・マトリックスSW ・試作中
MIMD	AIS (Associative Information Structure)	横浜国大		1979	独自(リレーショナルモデルの改良)			・HITAC M-160Iとミニコンピュータに よるパイロットシステムを開発
	DIALOG (Distributed Associative Logic DB Machine)	バーデュー大 (米)	PDP11/70	1980	分散データベース リレーショナル			・シミュレーション 1983 ・プロトタイプ 1985
	可変構造多量処理 データベースマシン	東大 (日)		1980	リレーショナル			・磁気バブルとRAMでモジュール動作中 ・リングバス構成
	STARAN型	シラキューズ大 (米)		1979	リレーショナル	10^8 b以上	全データの検索(1GB) ≤ 2 sec 255×255bのサーチ: 53μs アドレスモジュールへのロー ディング: 500μs	・高速オンラインDBとして 提案
	DSDBC (Data System Data Base Computer)	北大 (日)		1980	リレーショナル			・ソートエンジン、サーチ エンジン ・プロトタイプ試作中 4ソートエンジン 4サーチエンジン
機能分散	SPIRIT	慶大 (日)		1980	リレーショナル			・動的マッピング ・データ駆動制御 ・提案
	SDD-1 (A System for Distributed Database)	CCA (米)		1978			レスポンス時間が短い	・コンカレンシコントロールあり ・分散DB
その他	MUFFIN	カリフォルニア大 (米)		1979	リレーショナル (INGRES)			・PDP11/70、 PDP11/70を使用 ・分散DB
	S/38	IBM (米)		1980	リレーショナル (Coddモデルとは異な る)	2GB~3GB	モデル3(1.2MBメモリ、 387.1MBDK)137,810ドル モデル5(1.7MBメモリ、 387.1MBDK)194,245ドル	・事務用計算機 ・DB機能のファームウェア化
	DBAP (Database Assist Processor)	インテル (米)		1979	ネットワーク System 2000		FAST3805 (3,250万円) DBMS(1,500万円~ 2,500万円) DBAP(約2,500万円)	・インテリジェントディスク ・FAST3805(ア ドレス1ns) ・出荷81第1回半期
	CAFS	ICL (英)		1979			4MB/secで処理 ホストのみに比較して10倍	・インテリジェントディスク
	IPC (Intelligent File Controller)	日立		1980			レスポンス時間 $\frac{1}{45} \sim \frac{1}{13}$ CPU時間 $\frac{1}{41} \sim \frac{1}{45}$	・インテリジェントディスク
	XDMS (Experimental Data Management System)	ベル研 (米)	UNIVAC 1108	1974	ネットワーク (DMS- 1100)	小規模	ロック、リカバリ機構	・META-4使用 ・実験用
ソフトウェア 後置型	GHS (Generalized Database Subsystem)	日電 (日)	ACOS400	1977	汎用 (ネットワーク リレーショナル)		性能2~10倍向上 コスト/性能 2.7倍	・実験システム
	EDDS	東芝 (日)	パターン 大規模プロジェクト	1978	リレーショナル	可変		・機構 200MBディスク×4 台 プロセッサ2台
	IDM500 (Intelligent Database Machine)	Britton-Lee Inc. (米)	GPIB、 RS232Cイン タフェース	1980	リレーショナル (INGRES)	8MB~ 32GB	MAXリレーショナル50 最小構成約3万ドル データベースアクセスレート 100ns, 10MIPS	
	ADABASデータベース マシン	ソフトウェアA G (西独)		1980	リレーショナル (ADABAS)		IBM370/148の1.5倍 ADABASユーザ6300万円 それ以外9,100万円 (レンタルなし)	・納入1981

表 1 - 2 2 知 識 ベ ー ス

知識表現 モデル	システム名	開発者	発表年	記述言語	概要、特徴など	備考
ブ ロ ダ ク シ ン ル ル	ELIZA	J. Weizenbaum (MIT)	65~		精神分析用自然言語質問応答システム。キーワードによる変換。SLIP関数	
	DENDRAL	E. A. Feigenbaum et al. (Stanford Univ.)	71~	INTERLISP FORTRAN SAIL	有機化合物の構造式の決定を行なう。heuristic search 知名度高し。Ph.Dクラスの能力を持つ。	稼動
	PUFF	E. A. Feigenbaum et al. (Stanford Univ.)	71~		肺機能障害診断 MYCINの推論機構を用いたもの。診断結果は専門家のその90%と言われる。	研究中
	MYCIN	E. Shortliffe B. G. Buchanan (Stanford Univ.)	75~	INTERLISP	血液伝染病と脳膜炎の診断及び投薬。Production Rule 知名度高し。	稼動
	EMYCIN	W. VanMelle (Stanford Univ.)	79	LISP	MYCINの一般的な部分だけを取り出したシステム。Essential-MYCIN これは、実は、MYCINに対するEXPERTの汎化になっている。メタシステム。	稼動
	Meta-DENDRAL	E. A. Feigenbaum et al. (Stanford Univ.)	76		DENDRALに推論規則の自動作成を付加。メタシステム。	稼動
	REQUEST	W. Plath (IBM)	76~	LISP	実験システム、変形文法	
	AM	D. Lenat (Stanford Univ.)	76~		Mathematical Discovery, heuristic search	研究中
	TEIRESIAS	P. Davis (Stanford Univ.)	77~	LISP	MYCINのデータを探索する。メタ知識を扱う知識獲得システム、tree search, inference	稼動
	SU/X	H. P. Nii et al. (Stanford Univ.)	77~		Signal Understanding, blackboard, 規則に基づく推論	
	MOLGEN	N. P. Martin et al. (Stanford Univ.)	77~	INTERLISP	分子遺伝学(DNA)実験計画立案	稼動
	CRYSALIS (SU/P)	R. S. Englemore H. P. Nii (Stanford Univ.)	77~		蛋白質の3次元構造の指定, blackboard	稼動
	EXPERT	S. M. Weiss (Rutger Univ.)	79	FORTTRAN	推論機構と知識ベースが完全分離した汎用コンサルテーション開発システム。CASNETの一般化、P.S. 知名度高し、メタシステム	稼動

知識表現 モデル	システム名	開 発 者	発表年	記述言語	概 要、特 徴 な ど	備 考
プロダクション ルール	SACON	J.S.Bennett R.S.Engelmore (Stanford Univ.)	79～		構造解析用プログラム使用法コンサルティング	
	MECS-AI	開原(東大)他	79～	EPICS LISP	心不全治療コンサルテーション Production Rule.	研究中
	AGE	H.P.Nii et al. (Stanford Univ.)	79～	INTERLISP	知識ベースプログラム作成システム blackboard 階層構造記述メタシステム	研究中
フ レ ー ム	SPEECHLIS	B.Nash-Webber (BBN)	73		音声理解システム。SN, frame (case frame)	
	PLANES	D.Walty (Illinois Univ.)	76～		US Navy 3-M(Maintenance, Material & Management) D.B. ATN, Case Frame	
	PIP	Tuft Medical Center (MIT)	78～	MACLISP	腎疾患診断、frame structure	研究中
セ マ ン テ ィ ク ネ ッ ト ワ ー ク	SCHOLAR	A.Collins(MIT) M.L.Miller (BBN)	70～	LISP	地理情報等の開いた世界(不完全な知識)を対象とするシステム。 SN (Semantic Network), inference (関数型)	
	SOPHIE	J.S.Brawn et al. (BBN)	75～	LISP	CAIシステム、SN、inference	
	SHRDLU	T.Winograd (MIT)	76～	Micro-PLANNER	積木の世界、SN(対象指向)、Specialist Programの集合体。対話型シミュレーションプログラム	
	TORUS	J.Mylopoulos (Tronto Univ.)	76～		ZETA R.D.B.の自然言語フロントエンドとして設計されたシステム	
	RADDER	E.D.Saoerdoti et al. (SRT)	77～		US Navy, SN DBMS, 英語を用いて分散DB(R.DB)のアクセス可	
	CASNET	Kulikowski, Weiss (Rutger Univ.)	78～	Interactive FORTRAN	緑内障の診断システム。Network表現(モデル指向)	稼動

知識表現 モデル	システム名	開 発 者	発表年	記述言語	概 要、特 徴 な ど	備 考
拡大遷移 ネット ワーク	PLATON	長尾 (京大)	74~		文法解析システム SN PS ATN	研究中
	LINGOL	電総研	75~		同 上	研究中
	LUNAR	W.Wood (BBN)	76~		月面情報システム ATN (Augmented Transition Network) 拡張推論 ネットワーク NLを用いたDBMS	
	ROBOT	L.R.Harris (Dartmouth Univ.)	77~		汎用ADABAS, ATN, DB情報に依るあいまい性除去 基本的機能はPLANSとほぼ同様	
その他 (階層型)	INTERNIST	Popple, Myer (Pittsberg)	75~		内科診断。階層 tree structure 内科疾患の80%を含むKDB (Knowledge) DB)を持ち、既存のKDBで最大と言われる。	稼 動
	PROSPECTOR	J. Gashing (SRI)	79~		鉱物資源に関する地質学者アシスタンスシステム 階層構造	開発中
	Advisor	M.R. Genesereth	79~		MACSYMAの使用法コンサルティングシステム parameterized procedural net (PPN)	稼 動
そ の 他	MACSYMA	J. Moses (MIT)	71~		不定積分 (Slagle のSAINT等と同類)	稼 動
	CHEMICS	佐々木 他 (豊橋技大)	74~		有機化合物の構造決定	
	ヤチマタ	渋谷 他 (日本IBM)	77~		国土統計、名詞句データモデル	
	RENDEZVOUS	E.F.Codd et al. (IBM)	78~		Walter Project. R.D.B. 会話型自然言語質問 応答システム 形式的問合せ言語	稼 動

知識表現 モデル	システム名	開 発 者	発表年	記述言語	概 要、特 徴 な ど	備 考
そ の 他	KAU	大須賀 (東大)	78～	FORTRAN	国土情報D.B. 一階述語の変形で知識を表現	
	PLIDIS	ドイツ語研究所			シュツットガルト環境汚染対策システム、問題別志向の演繹	
	PHILQAI	R.Scha (フィリップス)			計算機導入に関するD.B.,NLからDBLへの段階的変換	
	ESCAシステム	電総研	79～		X線光電子分光(ESCA)に依る組成分析システム。 知識のテーブル表現。	研究中

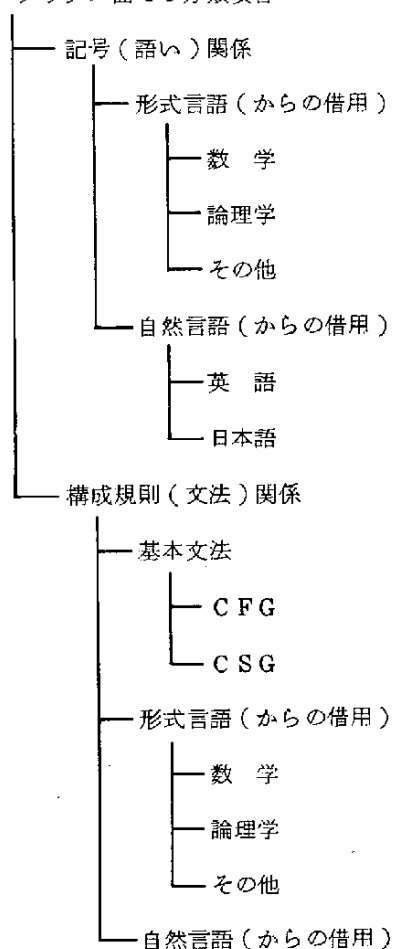
1.7 ソフトウェア（プログラミング言語）

プログラミング言語は多種多様な意図にもとづいて設計されているので、それらを一元的な指標の下に分類することは不可能である。ここでは、機能的な観点を中心にして、最近のプログラミング言語の動向が浮彫りにできそうな特徴項目を選んで、個々の言語の弁別を行うことにした。

まず、通例にしたがって、シンタックスとセマンティクスに分け、シンタックスについては、自然言語、理論言語指向の側面に照明を当てることを意図した。また、セマンティクスについては最近の議論での焦点を拾い集めてある。

（分類作業は未完であり、表は不完全である。）

シンタックス面での分類項目



セマンティクス面での分類項目

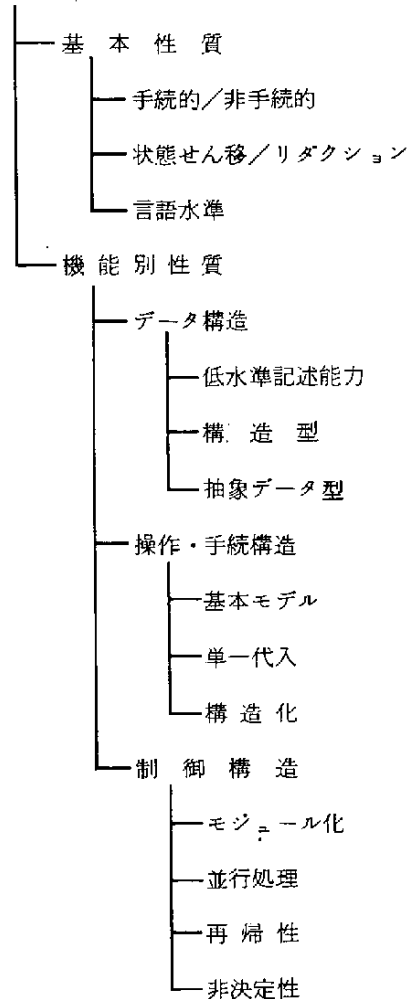


表1-23 プログラミング言語の分類

言語名	開発者	開発年	主要用途	記号(語い)関係		
				形式言語		
				数 学	論 理 学	そ の 他
FORTRAN	IBM(Backus)	☐ 1954 ☐ 68	科学技術	演算記号		
ALGOL	Naur ほか	☐ 1958 ☐ 65	"	"		専用記号
COBOL	CODASYL	☐ 1959 ☐ 72	事務計算			
LISP	McCarthy, J.	☐ 1960	記号処理	—	—	専用記号
RPG	IBM	☐ 1960	事務計算			
APL	Iverson(IBM)	☐ 1962	汎 用	演算記号		専用記号
SNOBOL	Farber ほか	☐ 1964	記号処理			
PL/I	IBM	☐ 1964 ☐ 78	汎 用	演算記号		
BASIC	ダートマス大	☐ 1964	科学技術	"		
SIMULA67	Dahl ほか	☐ 1967	シミュレ ーション			
PASCAL	Wirth	☐ 1968 ☐ 80	汎 用	演算記号		専用記号
ALGOL68	IFIP(Wijngaarden)	☐ 1968	科学技術	"	—	"
XPL	スタンフォード大	☐ 1970	システム 記 述			
BCPL	Richards	☐ 1969	"	演算記号	演算記号	専用記号
smalltalk	Xerox	☐ 1972	教育・学習	—	—	図 形
DFPL	Kosinski(IBM)	☐ 1973	科学技術	演算記号		図 形
PL/S	IBM	☐ 1974	システム 記 述	"		
C	ベル研	☐ 1974	"	"	演算記号	専用記号
PROLOG	マルセース大(Battani)	☐ 1973	記号処理	—	—	—
Clu	MIT(Liskov)	☐ 1974	汎 用			
concurrent PASCAL	Brinch Hansen	☐ 1975	"	演算記号		
Mesa	Xerox	☐ 1975	システム 記 述			
Alphard	CMU	☐ 1976	汎 用			
LUCID	Ashcroft ほか	☐ 1976	"	演算記号		
Euclid	Lampson ほか	☐ 1977	"			
CAJOLE	ロンドン大	☐ 1978	"	演算記号		
VAL	MIT(Dennis)	☐ 1978	"			
"Reduction言語"	Berkling	☐ 1975	"	—	—	専用記号
ID	UCI(Arvind)	☐ 1979	"	演算記号	—	"
FP	Backus(IBM)	☐ 1978	"	"	演 算 値 記 号	専用記号
Ada	DoD	☐ 1979	"	演算記号	—	"

☐ : 提案レベル☐ : 商用化レベル

(シンタックスによる)

構 成 規 則 (文 法) 関 係

自然言語	基本文法	形 式 言 語			自然言語	構 造 性
	CFG/CSG	数 学	論 理 学	そ の 他		
単語, 文字, 記号	CSG	代数式形式	論理式形式		命令文形式	弱 強
"		"	"		"	
単語					"	
文字, 特殊記号		関数形式	λ 形式	条件式	"	
単語				表形式		強 弱
		代数式形式	Combinator			
		代数式形式			命令文形式	
単語, 文字, 記号		"			"	
		"				
単語, 文字, 記号		"	論理式形式		命令文形式	
"		"	"		"	
					"	
単語, 文字, 記号		"	論理式形式		"	
単語, 記号		—	—		"	
単語, 文字, 記号				フローチャート	"	
"					"	
"		代数式形式	論理式形式		"	
文字, 特殊記号		関数形式	関係形式		—	弱
					命令文形式	
単語, 文字, 記号		代数式形式	論理式形式		"	
					"	
					"	
単語, 文字, 記号		代数式形式			—	
					命令文形式	
単語, 文字, 記号		代数式形式	(条件式)	ガード付コマンド	"	
					"	
文字			Combinator		—	命令文形式
単語, 文字, 記号		代数式形式			命令文形式	
文字, 特殊記号		"	論理式形式	条件式	—	
単語, 文字, 記号		"	"		命令文形式	

表1-24 プログラミング言語の分類

言語名	開 発 者	基 本 性 質			データ構造			
		手続的	状態せん移	言語水準	データ構造			
		非手続的	リダクション		低水準記述	構造型	抽象データ型	
FORTRAN	IBM (Backus)	手続的	状態せん移	高水準	×	×	×	
ALGOL	Naur ほか	"	"	"	×	×	×	
COBOL	CODASYL	"	"	"	×	○	×	
LISP	McCarthy, J.	非手続的	リダクション	"	×	○	×	
RPG	IBM	手続的	状態せん移	"	×	—	×	
APL	Iverson (IBM)	"	"	超高水準	×	○	○	
SNOBOL	Farber ほか	"	"	高水準	×	○	×	
PL/I	IBM	"	"	"	○	○	×	
BASIC	ダートマス大	"	"	"	×	×	×	
SIMULA 67	Dahl ほか	"	"	"	×	○	○	
PASCAL	Wirth, Jensen	"	"	"	○	○	×	
ALGOL 68	IFIP (Wijngaarden)	"	"	"	×	○	×	
XPL	スタンフォード大	"	"	"	○		×	
BCPL	Richards	"	"	"	○		×	
smalltalk	Xerox (Alan Key)	非手続的	"	超高水準	×	○	○	
DFPL	Kosinski (IBM)	手続的	"	高水準				
PL/S	IBM	"	"	"	○		×	
C	ベル研	"	"	"	○	○	×	
PROLOG	マルセーユ大 (Battani)	非手続的	リダクション	超高水準	×	○	○	
Clu	MIT (Liskov)	手続的	"	高水準	×		○	
concurrent PASCAL	Brinch Hansen	"	"	"	○		○	
Mesa	Xerox	"	"	"	○	○	○	
Alphard	CMU	"	"	"			○	
LUCID	Ashcroft ほか	非手続的	"	"			×	
Euclid	Lampson ほか	手続的	"	"	○		○	
CAJOL	ロンドン大	非手続的	"	"			○	
VAL	MIT (Dennis)		"	"		○	×	
"Reduction言語"	Berkling	非手続的	リダクション	超高水準	×		○	
ID	UCI (Arvind)	手続的	状態せん移	高水準		○	○	
FP	Backus (IBM)	非手続的	リダクション	超高水準	×	○	○	
Ada	DoD	手続的	状態せん移	高水準	○	○	○	

(セマンティクスによる)

機 能 別 性 質						
操 作 ・ 手 続 構 造			制 御 構 造			
基本モデル	単一代入	構 造 化	モジュール化	並行処理	再 帰 性	非決定性
代 数 式	×	フラット	×	不 可	×	×
代 数 式	×	ブロック構造	×	"	○	×
帳簿処理	×	フラット	×	"	×	×
λ -Calculus	×	"	×	可	○	×
帳簿処理	×	—		不 可	×	×
Combinator	×	フラット	×	"	×	×
構文解析	×	フラット	×	"		×
代数式+ α	×	ブロック構造	×	"	○	×
代 数 式	×	フラット	×	"	×	×
代数式+ α	×	ブロック構造	×	"		×
代数式+ α	×	ブロック構造	×	"	○	×
代 数 式	×	"	×	可	○	×
代数式+ α	×		×	"		×
代数式+ α	×		×	"		×
Actor理論	—	フラット	○	○		
ベトリネット	×		×	(データフロー)	○	○
代数式+ α	×		×	"		×
"	×	ブロック構造	×	"		×
述語論理	—	フラット	○	可		○
代数式+ α	×		×			×
代数式+ α	×		×	monitor	○	×
代数式+ α	×		○	可		×
代数式+ α	×		×			×
代数式+ α	○	ブロック構造	×		○	×
関 数	×		×			×
関 数	○		×	(データフロー)	○	×
代数式+ α	○		×	(")	○	○
Combinator	—	フラット	○			×
関 数	○	ブロック構造	×	(データフロー)		○
Combinator	—	フラット	○	可		×
代数式+ α	×	ブロック構造	○	rendezvous		×

付 録

モジュール・アーキテクチャ実用例

1. マルチプロセッサ

(名称) BTI8000 複合計算機システム

(開発組織名) BTI Computer Systems

図1 BTI8000のシステム構成

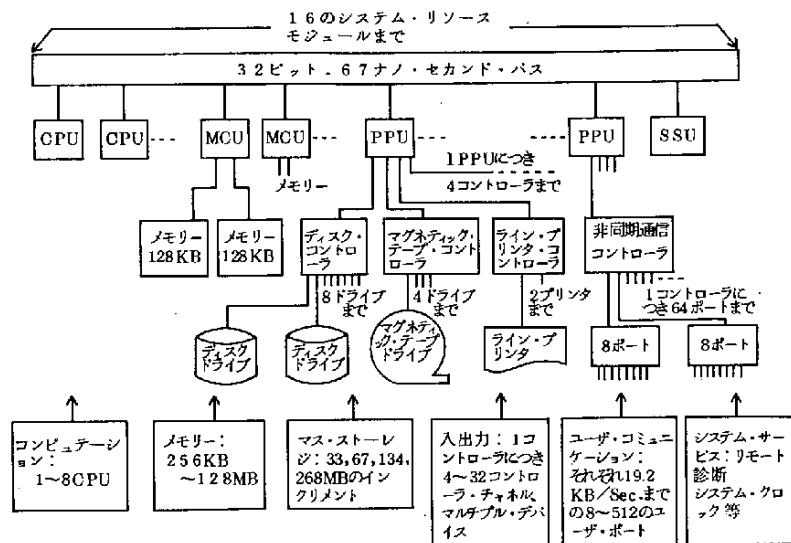


表1 通常のマルチポート・メモリ・マルチ・プロセッサのスループット

CPU数	スループット (等価CPU数)	CPUを追加したこと によるスループットの増加
1	1.0	
2	1.7	.7
3	2.1	.4
4	*	*
5	*	*
6	*	*
7	*	*

* : 意味なし

表2 BTI8000のスループット

モジュール数 CPU, MCU, PPU	スループット (等価CPU数)	CPUを追加したこと によるスループットの 増加
1, 1, 1	1.0	
2, 2, 2	1.9	.9
3, 3, 2	2.7	.8
4, 4, 2	3.5	.8
5, 5, 2	4.3	.8
6, 6, 2	4.9	.6
7, 7, 2	5.5	.6

(出所) (社)日本電子工業振興協会
「計算機システム技術の動向
— 70年代の総括と80年代の展望—」
(1980年3月)

【特徴】

BTI8000はユーザ側の要望にあわせて、計算能力、入出力能力を自由に設定できる、システム構成の柔軟性を目標に設計された複合計算機で、次の点を特徴としている。

1. 安価なモジュール型資源によるグレード・アップの容易さと高信頼性。
2. インタラクティブ・タイムシェアリング方式。
3. ユーザおよび高級言語に対する使い易い仮想マシン機能。
4. プロセッサ、メモリ、周辺機器、OSおよびユーザ・プログラムに対する総合的一様性は従来のどのシステムより優れている。
5. BTI8000は語長が32ビットで、次の4種のモジュールから構成されている。

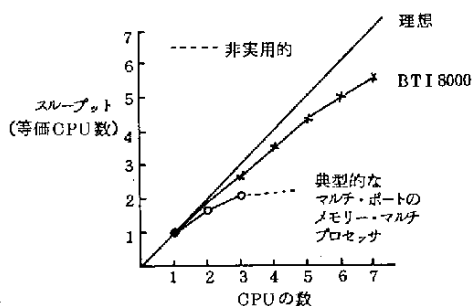
- ① 計算処理ユニット (CPU)
- ② 記憶制御ユニット (MCU) とそれに付属するメモリ
- ③ 周辺処理ユニット (PPU) とその制御するI/O機器
- ④ システム・サービス・ユニット (SSU)

6. 上記①~④のようなモジュールを最大16台まで1本の32ビット幅時分割共用バスに接続して構築されるが、このバス的高速性が成功の鍵であって、6.67nsごとに1語の転送 (15MW/Sec.=60MByte/Sec.) を行うことができる。

【モジュール構造の利点】

モジュール構造のハードウェア (例えば、CPUは20×23インチの基板1枚に収まっている) と、ハードウェアを再構成しても再プログラミングを必要としないOSの特徴によって、システムのグレード・アップの容易さ、および故障による性能劣化を緩やかにおさえることが達成されている。

図2 CPU数とスループットの関係



1. 一般的に多数のモジュールを接続した場合は、バス上の衝突による性能劣化が考えられるが、BTI8000のバスは極めて高速で、図2のように悪影響が出ない。
2. CPU, MCU, PPU, SSU各1台というミニ・コンピュータなみの小さいシステム構成から始めて、6CPU+6MCU+3PPU+SSU というような大きなシステムにまで性能コスト比よく拡張することができる。
3. 表1は通常のマルチ・ポート・メモリ・マルチプロセッサ、表2はBTI8000のCPU (モジュール) 数とスループットとの関係を一覧可能としたものであり、多数のモジュールを接続した場合の性能劣化の比較では、BTI8000の方が優れていることを示している。
4. 例えば、6CPU+6MCU+2PPUのシステムのスループットは、CPU, MCU, PPU各1個のシステムの5倍あり、CPUとMCUは各1ユニット余分に必要であるが、PPU3台、SSU4台、バス4本、周辺機器4組、電源、およびキャビネット4セットを節約できる。

図1 TRACプロセッサ・メモリー・サブシステムの主メモリー・モジュールの構成

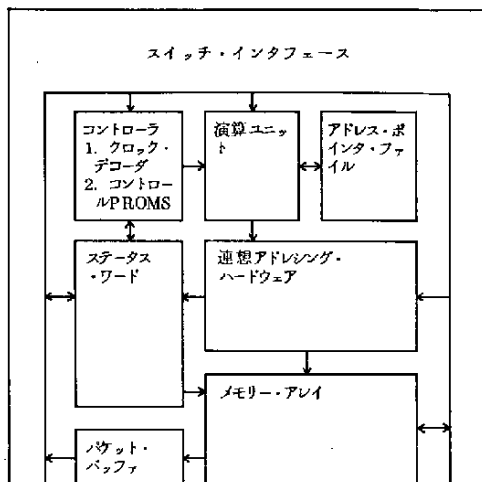
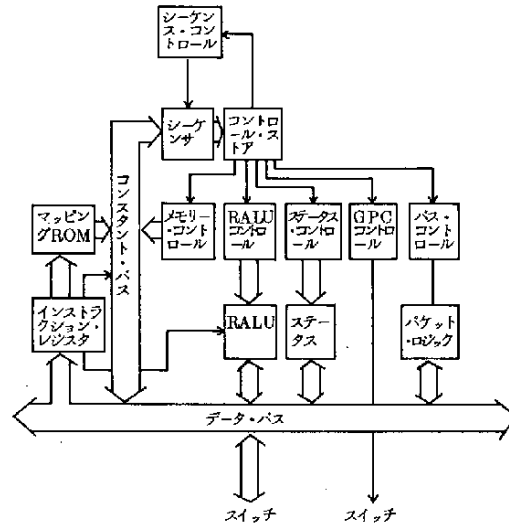


図2 TRACプロセッサ・メモリー・サブシステムのプロセッサ・モジュールの構成



出所: AFIPS 'Conference Proceedings, Volume 49
(1980 NCC)

〔特徴〕

TRACプロセッサ・メモリー・サブシステムは、プロセッサ、スイッチ、主メモリー、自己管理二次メモリー (Self managing Secondary memory) により構成され、それぞれのサブシステムは可能な限りインテリジェンスをもたせてある。このサブシステムは、柔軟性に富みパワフルなマルチプロセッサ構成を実現するため、①連続型のシングル・プロセッサに要求される (従来からの) オペレーション、②マルチプロセッサをサポートするためのオペレーションを行う。

このシステムは、可変構造、マルチモードのオペレーションをサポートするため、インストラクション/シェアード・メモリー・ツリーを通じてのプロセッサ・リンケージ、バケット送受信を通じてのプロセッサ間通信等の機能を提供する。

〔モジュール構造の利点〕

ツリー状に広がるネットワークは、その頂点とベース・ノード間の効率的な相互接続を可能とする。その両端にリソース・モジュールを置くことによって伝達の遅れを減らしている。マルチ・プロセッサ内の独立したモジュールは少なくすべきであり、ほとんどの機能が3つのモジュール、すなわち、プロセッサ・モジュール (図2) と、2つのMIOモジュール (主メモリー・モジュール、自己管理二次メモリー) に分担される。1つのプロセッサ・モジュールはデータ・ツリーによって、いくつかのMIOモジュールに接続され、プロセッサ、MIOモジュール間のリンケージを与えることによって、1バイト幅のSISDタスクの実行を容易にする。また、このようないくつかの接続が、インストラクション・ツリーを経由して処理モジュールを接続することによって、マルチ・バイトのSISD、SIMDタスクの実行をサポートする。

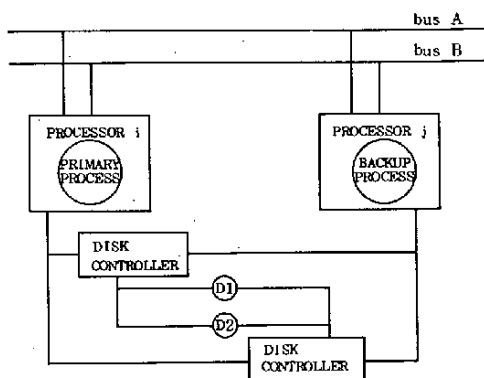
TRACのアドレスは4つのファンクション・スペース (ロジカルなページに割り当て可能) に分けられ、それぞれのスペース内のメモリー・アクセスのため2つずつのポインタ・レジスタを有する。それぞれの主メモリー・モジュールは、計8つのポインタ・レジスタのコピーを維持し、これらは連続して更新される。また、自己管理二次メモリー (SMSM) モジュールは、仮想メモリー・バックアップおよびセグメンテッド・ファイルI/Oを提供する。また、それぞれのプロセッサ・モジュールは、独立してオペレーションすることも1台の「部分」としてオペレーションすることも可能である。一連のプロセッサは、シェアード・メモリー・ツリーを経由して1つのMIOモジュールを共用し、1つのMIOモジュールは1つのシェアード・モジュールとして確立されるであろう。

1つのプロセッサ・モジュールは、複数のMIOモジュールに接続され、シェアード・モジュール・アクセスでのデッドロックを防ぐため「Coloring 手法」が用いられる。

(名称) Tandem — 16

(開発組織名) Tandem

Tandem — 16 における冗長構成の例



出所 「電子工業月報」第21巻第2号、ユタ大学教授エリオフ・I・オーグニック氏
「米国におけるコンピュータシステムアーキテクチャの技術動向」

〔特徴〕

プロセッサ間にも周辺制御プロセッサ間にも、マスター、スレーブの関係のない、いわゆる「平等型のマルチプロセッサ」の拡張形といえるシステムで、メモリー競合の問題のあるクロスバー型の共用メモリーを使う方式から、プロセッサ個別の専用メモリーをもつ方式へと移行している。

このシステムの重要な特徴は、プロセッサが2重のプロセッサ・バスの上で線形的に増設しうようになっていて、あるプロセッサが他のプロセッサの専用メモリーに対してアクセスするには、必ずメッセージ通信を使用するという点である。

〔モジュール構造の利点〕

Tandem-16では、入出力を行うどのプロセスにもバックアップのためのプロセスが存在するように構成されていて、それは必ず別個のプロセッサ上にあるようになっていることが障害回避による信頼性向上に役立っている。

1. プロセッサは1台ないし2台のディスク制御装置を制御することができ、これらは同一のデータ・コピーを含む何台かのディスクを制御するようになっている。
2. 上図で、プロセッサjの上の主プロセスがディスク上のファイルをオープンあるいはクローズする時には、主プロセスはプロセッサjの上のバックアップ・プロセスにチェック・ポイント情報をメッセージ・システムによって送る。
3. これによって、ファイル・アクセス中の入出力エラーであるとかプロセッサi自身の障害にそなえて、障害回復のために必要なすべての情報をバックアップ・プロセス側にもっていくことができる。
4. 障害回避のための主プロセスからバックアップ・プロセスへの切換え、そして障害復旧後のバックアップ・プロセスから主プロセスへの切換えは自動的に行うことが可能である。

2. VLSIマシン

(名称) X-Tree VLSIプロセッサ

(開発組織名) カリフォルニア大学 (バークレー)

図1 X-Tree VLSIプロセッサの構成

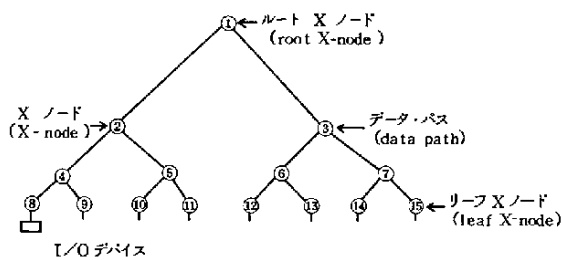
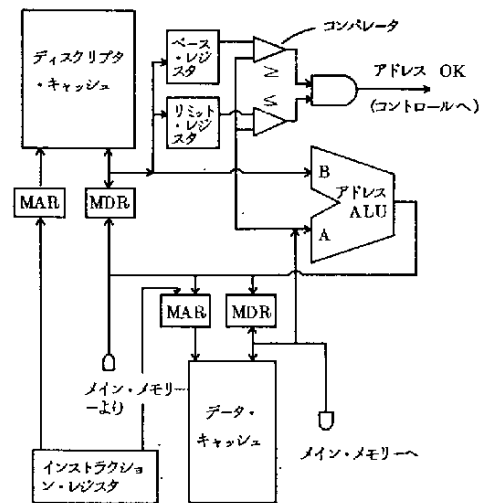


図2 X-node のデータ構成サポート・モジュール



出所: (社) 日本電子工業振興協会

「計算機システム技術の動向 — 70年代の総括と80年代の展望 —」(1980年3月)

〔特徴〕

X-Tree VLSIプロセッサは、単一チップのVLSIプロセッサ(X-nodeと呼び、300K~1.6M個のトランジスタから成る)を想定し、これを用いてビルディング・ブロック的なツリー構造のマルチプロセッサ(X-Tree)を作成。キャッシュを多様化した構造のプロセッサであり、開発目標は次の通り。

1. 処理能力の増強が要求されるに従い、プロセッサを追加できる制限のないマルチプロセッサ・システム。
2. ネットワーク内の各ノードは、1種類のモノリシックなVLSIマイクロプロセッサを使用し、ノード間はバスを使用せずに決まった数の他のマイクロプロセッサと直接接続。
3. ソフトウェアに対するサポートは、現在よりも各種の制限が緩和され、高級言語にて記述される。

X-Treeは、現在の計算機システムが行っているマルチCPU、データチャネル、フロントエンド・プロセッサなどの階層構造の考え方を採用。CPU、キャッシュ制御装置、メモリ制御装置、ディスク制御装置等の諸機能をそれぞれのノードにて実現している。このため、X-Treeは、これらすべての機能を、X-nodeにて同一種類のマイクロプロセッサを利用して実現するホモジニアスなシステムで、入出力装置は階層構造の最低辺に位置づけられる。

〔モジュール構造の利点〕

ビルディング・ブロック的にツリー構造化されているこのシステムでは、X-nodeに一種類の汎用化されたマイクロプロセッサが使用され、リピータビリティの向上や、安価なLSIの多用によるシステムの経済的な構成を実現している。X-Treeの基本的な考え方は、フルバイナリ・ツリー構造であり、このバイナリ・ツリーを基本に、故障に対する冗長性の確保、メッセージ・トラフィックの増大を図るための特別なリンクが考えられている。

しかし、シミュレーション結果によれば、ノードの数が多くなった場合は、3ポートのバイナリ・ツリーの方が、特性や入出力ポート数の面では優れている。X-Treeの特質、利点と考えられるものには以下があげられる。

1. プログラムは、どこかのノードで実行され、必要に応じ自動的にいくつかのノードに分散される。
2. 処理内容やデータの分離は、これを管理しているデータ・ソースがある方向へマイグレートされる。
(データを分離させる方向ではなく、集中化する方向へデータが動く)。
3. サポートは高級言語を使用して行われる。
4. ネットワーク構造には、基本的には数値の制限がない。
5. 可変長命令、可変長オペランドの方法を採用することにより、非常に大きな論理空間を使用できる。
6. オペレーティング・システムの制御は、ネットワーク構造の中にマップされて使用される。

(名称) μ^*

(開発組織名) イタリア電子通信総合研究所(トリノ)

図1 クラスタ構成

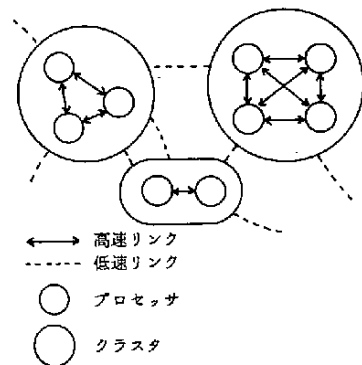


図2 PM間の通信ネットワーク

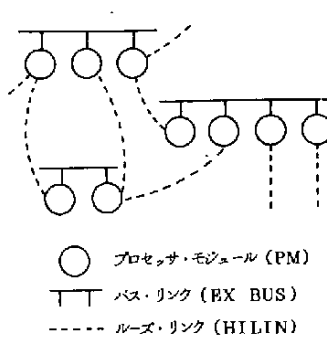
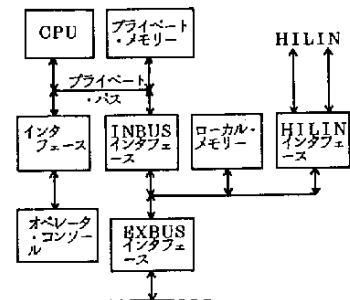


図3 PMのブロック図



出所: (社) 日本電子工業振興協会

「計算機システム技術の動向 — 70年代の総括と80年代の展望 —」(1980年3月)

〔特徴〕

μ^* はマルチ・マイクロプロセッサで構成されるクラスタを多数組み合わせた分散型のコンピュータ・システムである。マルチ・プロセッサでは、2種類の極端に異なるアプローチとして、①すべてのプロセッサを単一のリンクで直結する方法と、②プロセッサとリソースを対し、マルチリンク結合する方法があるが、 μ^* では、この2つの方法を組み合わせて使用するアプローチを採用している。クラスタ構成、PM間の通信ネットワークについては次の特徴がある。

1. クラスタは、図1のように、複数のPM(プロセッサ・モジュール:図3)で構成され、同一クラス内では、処理タスク相互間で頻繁に情報交換を行えるものを割り当て、クラスタ相互間の情報交換の頻度を少なくしている。
2. 高速リンクはクラスタ内の複数のPM相互間の接続に適用、クラスタ間には低速リンクを適用することが可能。
3. 同一クラス内で、各PMは他のPMと単一のバス・リンクで、また、他のクラスタ内のPMへはルーズ・リンクで結ばれる。
4. バス・リンク(タイト・リンク)は、上図の高速リンク、ルーズ・リンクは低速リンクに、それぞれ対応している。
5. ルーズ・リンクは、HILINというインタフェースを採用。各PMには、このインタフェース機能を有しているため、2個の任意のPMの間には、複数の代替通信バスが存在する。

〔モジュール構造の利点〕

μ^* の狙いは、単一の高性能、高速なプロセッサに比べて処理効率や信頼度の改善を図ることにある。各構成要素間の接続と通信の方法が主要な課題と考えられるが、 μ^* のアーキテクチャの良し悪しについては十分な論評は行えない段階にある。一般的には、システム内部の通信ネットワークに対しては、次の条件が必要となる。

1. 高スループット……短時間に大量の情報交換を行う。
2. 高信頼性……Graceful Degradation 機能。
3. 徹底したモジュラリティ……多様なシステム構成が可能。

μ^* は他のマルチプロセッサ・システムに比べて小さいマシンと言えるが、次のような特徴を持っている。

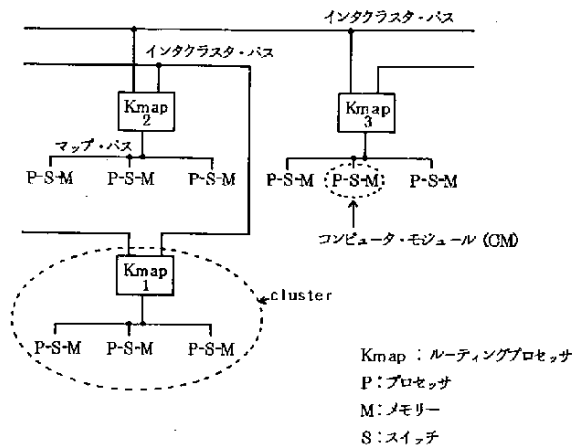
1. 標準的な低価格マイクロプロセッサの使用。
2. 分散化を徹底したホモジニアスなアーキテクチャ。
3. クラスタ間通信への標準インタフェースの適用。

μ^* の目指す究極は、単に多数のマイクロプロセッサを使用することにあるのではなく、1台(またはそれ以上)のPMそのものがVLSI化されることにあるが、これに関する将来の計画はまだないようである。

(名称) CM*

(開発組織名) カーネギーメロン大学

CM* システムの概略構成



出所: 「電子工業月報」第21巻第2号、ユタ大学教授エリオフ・I・オーガニック氏
米国におけるコンピュータシステムアーキテクチャの技術動向

〔特徴〕

CM* は、コンピュータ・モジュールで構成されるクラスタを多数組み合わせた分散型のコンピュータ・システムで、プロセッサを階層状に順位づけることができるようになっている。このシステムは上図のとおり、プロセッサとメモリーを対にしてコンピュータ・モジュールとし、これらのモジュールを数個まとめてクラスタを形成している。上図では、3つの異なるクラスタが存在するが、それらのクラスタ間相互はKmap 1、Kmap 2、Kmap 3というルーティング・プロセッサで接続される。各コンピュータ・モジュール間の接続はマップ・バス (map bus) で、また、ルーティング・プロセッサの接続は、インタクラスター・バス (intercluster bus) で行われる。

〔モジュール構造の利点〕

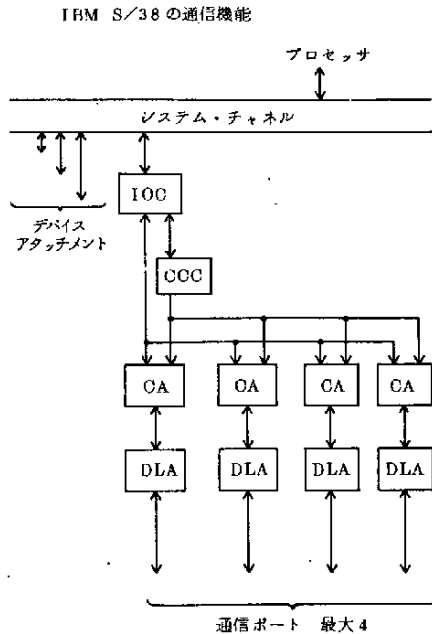
1. コンピュータ・モジュール (上図P-S-M) を数個まとめてクラスタとし、クラスタ間をルーティング・プロセッサで接続することにより、実際のプログラムの実行にはかなりの局所性があるため、同一クラスタ内でプログラムの実行を行うことが可能となる。
2. データが他のクラスタの、あるプロセッサのメモリーに存在するような場合は、ルーティング・プロセッサを介してそのデータにアクセスすることができる。
3. 1および2のような特徴から、このシステムは本質的には階層構造のシステムとみることができ、システム内のどのプロセッサからも他の任意のプロセッサのメモリーをアクセスすることができる。

前ページのイタリア電子通信総合研究所「μ*」は、3台のプロセッサ・モジュールで構成されるクラスタが1個しかない状態のため、クラスタ間の通信方法やBUS LINK、LOOSE LINKの使い方などの効果については報告されていない。このため、Cm*のように多数のクラスタで構成されるシステムがインプリントされ、種々のシミュレーション結果が得られるよう期待されている。

3. 通信プロセッサ

(名称) IBM S/38 通信アダプタ

(開発組織名) IBM



(注) IOC: I/O Controller (8ビット・マイクロプロセッサ内蔵)
 CCC: Communication Common Control (通信制御共通部: IOC
 の制御記憶を内蔵)
 CA: Communication Adapter
 DLA: Data Link Adapter

出所: (社)日本電子工業振興協会「計算機システム技術の動向
 —70年代の総括と80年代の展望—」(1980年3月)

(特徴)

通信アダプタにマイクロプロセッサを内蔵したものが増加しているが、通信アダプタは数〜数10回線程度の収容能力であり、システムに接続可能な台数も数台程度となっている。IBM S/38の通信アダプタでは、マイクロプロセッサを適用、4種類のモジュールによるビルディング・ブロック構造となっている。この通信アダプタの特徴としては次の点があげられる。

1. CPUからの機能分散
2. 設計の簡潔さ
3. 機能の追加、変更に対する柔軟性

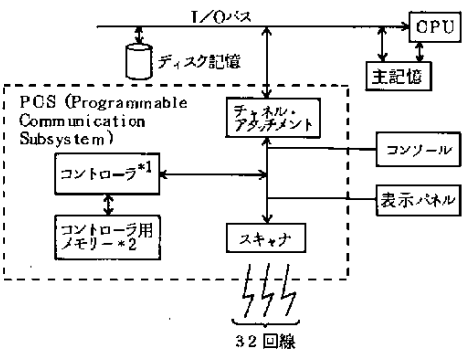
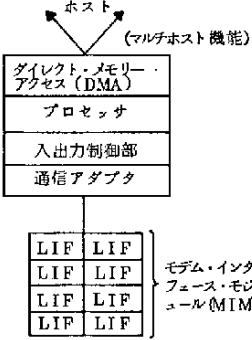
また、このサブシステムの通信能力は以下の通りである。

1. 回線数: 最大4回線
2. 回線スループット: 最大57.6 KB/Sec. (合計)
3. 伝送制御手順: 半二重HDL C

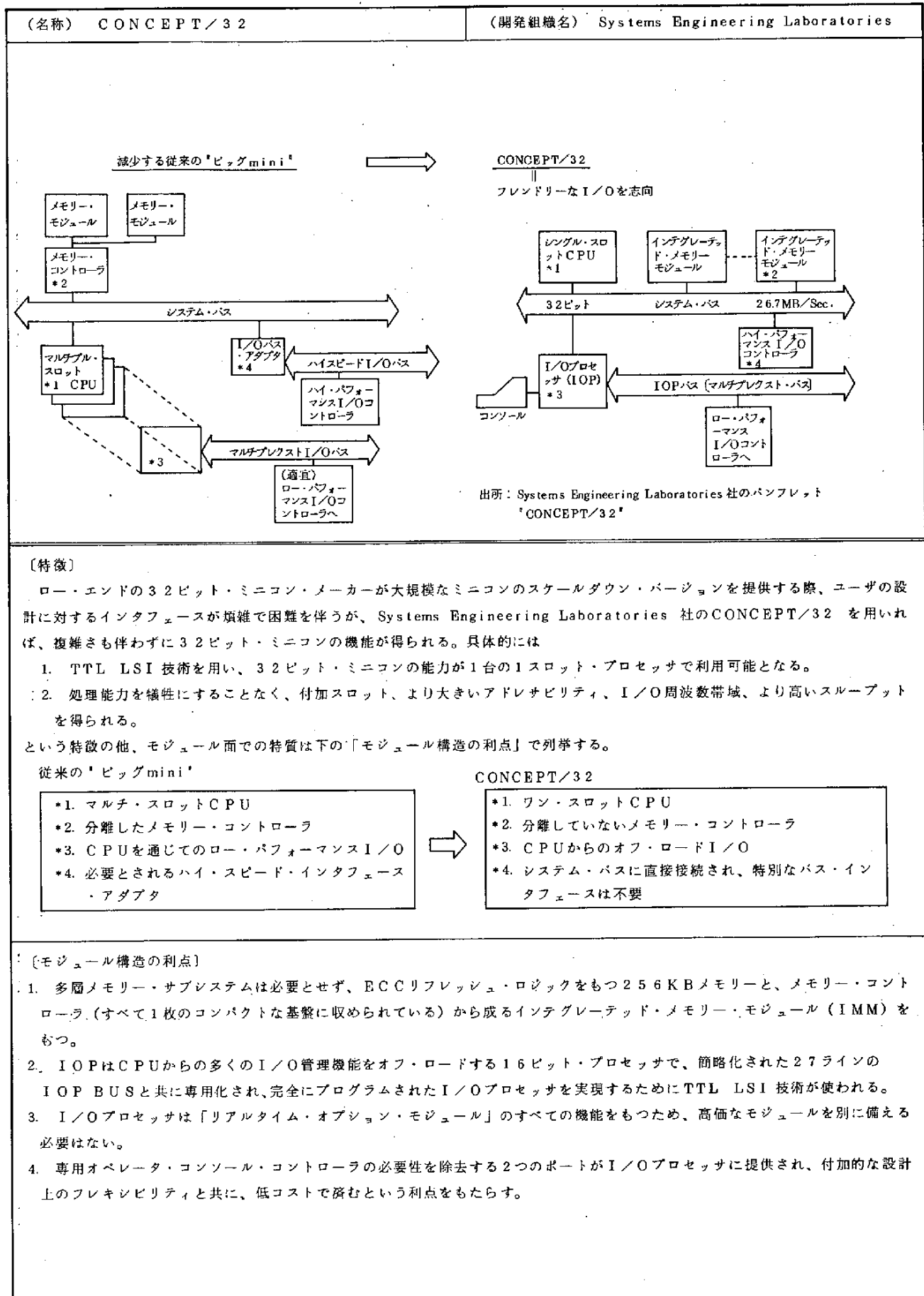
【モジュール構造の利点】

上記の3つの特徴は、それぞれ、モジュールによるビルディング・ブロック構造を採用したことにより実現している。この4つのモジュールは以下のような機能を果たしている。

1. I/Oコントローラ (IOC)
 - ① フラグ・キャラクタの挿入、除去
 - ② FCSの発注、チェック
 - ③ チャンネル/CA間のデータ・バッファ
 - ④ 遠隔ステーションへのポーリング
 - ⑤ パリティチェック、エラー処理
2. 通信共通制御 (CCC)
 - ① IOC内の制御記憶のコントロール
 - ② CA回線の選択/マルチプレクシング
 - ③ サブシステム・リセット
 - ④ レジスタの時間制御
 - ⑤ 通信回線の解析、診断
3. 通信アダプタ (CA)
 - ① DLAの制御
 - ② データ・ストリームの直並列変換
 - ③ フラグの検出、無効
 - ④ アボードの検出
 - ⑤ 0の挿入、除去
4. データリンク・アダプタ (DLA)
 - ① モデム機能
 - ② 物理レベルの機能

(名称) IBMシリーズ1 通信サブシステム	(開発組織名) IBM	(名称) Comten 社の 通信プロセッサ	(開発組織名) Comten
IBMシリーズ1の通信サブシステムの構成  (注) *1 : マイクロプロセッサ *2 : RAM & ROM 出所: (社)日本電子工業振興協会「計算機システム技術の動向 —70年代の総括と80年代の展望—」 (1980年3月)		Comten 社の通信プロセッサのアーキテクチャ  (注) LIF:回線インタフェース 出所: (社)日本電子工業振興協会 「計算機システム技術の動向 —70年代の総括と80年代の展望—」(1980年3月)	
(特徴) マイクロプロセッサ内蔵の通信サブシステムにより通信機能を提供している。この構成は上図のとおりであり、PCS (Programmable Communications Subsystem) と呼ばれ以下の通信能力を有する。 1. 回線数: 最大32回線 2. 回線速度: 9600 bps / 回線 3. 伝送制御手順: SDLC、S/S、BSC		(特徴) Comten 社の通信プロセッサの概念図は、5つの独立したモジュールで構成されており、このアーキテクチャの採用により、60万キャラクタ/Sec.の処理能力を達成したといわれている。通信能力は次のとおりとなっている。 1. 回線数: 最大16回線 (各MIM) 2. 回線速度: 最大56 kbps (合計) (BSCで4回線までなら230 kbps 可能。) 3. 伝送制御手順 BSC、S/S、SDLC、HDLC、ADCCP	
[モジュール構造の利点] 上図のコントローラにマイクロプロセッサ、コントローラ用メモリにRAMおよびROMを使用。制御部とスキヤナの機能は以下になっている。 1. 制御部 ① 特殊なキャラクタ・シーケンスのチェック ② CRC/LRCの演算チェック ③ 特殊キャラクタの挿入、除去 ④ タイムアウトの制御 2. スキヤナ ① データの直並列変換 ② バッファへの転送等		[モジュール構造の利点] 1. モデム・インタフェース・モジュール (MIM) ① マイクロコード可能なプログラマブルなモジュール ② 適用回線に応じて機能の選択が可能 2. 回線インタフェース ① MIMの構成単位でマイクロプロセッサを適用 ② 通信プロセッサ全体のIPL時にマイクロプログラムがロードされる。 3. 割込制御 ① 入出力制御の下で、256種までの割込要求をスタックすることにより、MIM側でのスキヤニングを妨害しない方式としている。 ② 割込原因はプロセッサによって調べられ、プロセッサの都合の良い順序でスケジューリングされる。 ③ インテリジェントなMIMは、割込に対する応答を待つ間、他の処理を実行できるので、処理の中断はなくなる。	

4. ミニ・コンピュータ



5. パッケージング・モジュールの構造の一例

(名称) IBM 3081 プロセッサ	(開発組織名) IBM
IBM 3081のパッケージング・モジュールの構造 IBM 3081のパッケージング・モジュール 出所：日本アイ・ビー・エム（株）IBM3081 プロセッサの新聞広告（1980年12月23日）	
〔特徴〕 IBM 3081プロセッサは、高密度パッケージング・モジュールの採用により、コンピュータの内部処理速度や、信頼性を向上させ、消費電力、発熱量、占有床面積が著しく減少した。パッケージング・モジュールの内部には、表面に100～118個のチップを装着した約9cm四方の基盤（通常33層となっている）が収められ、1モジュールで370/148に相当する45,000以上の回路が構成されている。 モジュールを装着するボードは基板と同様な多重層（18層）となっているため、従来のシステムに比べ非常にケーブルが少なく、整然としており、信頼性が向上している。	
〔モジュール構造の利点〕 IBM 3081プロセッサに使用されているモジュールでは、チップを取り付ける各基盤の各層が上下の層と垂直状に相互接続され、基盤表面のチップと基盤裏面の1,800本のI/Oピンとの間に電気信号を通し、電源を供給するための3次元の回路が形成されている。例えば、信号の相互接続を行う層では、約6,000本の配線に相当する内部結合が、この3次元接続によって行われる。このため接続配線数が減少し、内部処理速度、信頼性の向上を実現している。 パッケージング・モジュールの金属蓋はスプリング入りのピストンを持ち、このピストンが基盤上のすべてのチップと接触してチップの発熱を吸収すると共に、金属蓋と冷却板とが接触して安定した動作温度を保っている。これにより、発熱量の多い記憶アレー・チップも、論理チップと任意に組み合わせて1つのモジュール内に収納可能となり、内部処理速度の向上に結びついている。	

— 禁 無 断 転 載 —

昭和 5 6 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 大 栄 社

東京都千代田区富士見 1-7-12

TEL (262)3063, (261)6808

