

# Structural Change of Semiconductor Industry From 1957 to 2007

InStat Conference, Phoenix, 1991  
Invited Speech

## 解説

半導体産業における外部に開かれた国際カンファレンスとしては、80年代のDataquest主催によるものが最大規模であったが、90年代に入りInStat会議が台頭してきた。InStatの創業社長であるジャック・ビードル(写真)はモトローラ出身の名物男で、大きな体躯と豪放磊落な人柄で人気を集めていた。今でも半導体製造装置関連分野で使われているB/B Ratio(Booking to Billing 受注・出荷比)は、同氏がモトローラ社のマーケティング担当をしていた時のアイデアであると、同社の元幹部から聞いたことがある。公式にはSIAが開発した指標と言われているが、その過程でジャック・ビードルのアイデアが採用されたものと推測される。

91年に入って間もなく、ジャック・ビードルから「牧本ウエーブについて講演してほしい」という趣旨のご招待をいただいた。この年の1月にデビッド・マナーズが英国のElectronics Weekly誌において「牧本ウエーブ」と名付けてから間もなくのことであった。インターネットもない時代に、このコンセプトが早くもアメリカにおいて注目を受けていたことに驚いたが、せつかくのチャンスでもあるので喜んでお引き受けした。

87年に着想し、91年に「牧本ウエーブ」と命名されたコンセプトについて、初めて自分自身の言葉で、外向きに話す機会をいただいたのである。

なお、牧本ウエーブについての最新文献としては、第4展示室「牧本ウエーブとは何か？」をご参照ください。

フェニックスにて  
ジャック・ビードル社長と  
(1994年4月撮影)



図面に続く

**STRUCTURAL CHANGE  
OF  
THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY  
FROM 1957 TO 2007**

*In-Stat Conference  
May 6, 1991*

*Tsugio Makimoto  
Director and General Manager  
Semiconductor Design and Development Center  
Hitachi, Ltd.*



半導体産業の構造転換

1957年～2007年

半導体設計開発センター長

牧本次生

# ***SEMICONDUCTOR EVOLUTION***

*Various aspects to trace the Evolution*

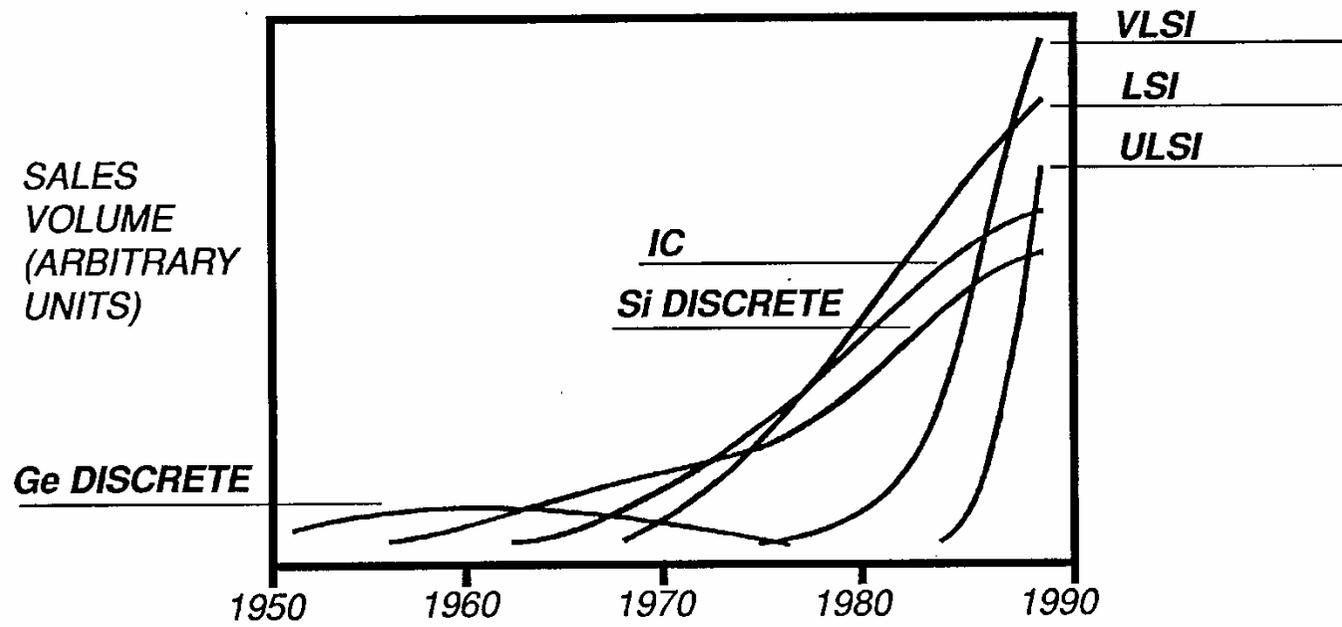
- *Technological aspect*
- *Business aspect*
- *Psychological aspect*



半導体の進化の軌跡を見るには次のような側面がある。

- 技術的な側面
- ビジネス的な側面
- 心理的な側面

# TECHNOLOGY EVOLUTION



 **HITACHI**

## 技術の進化

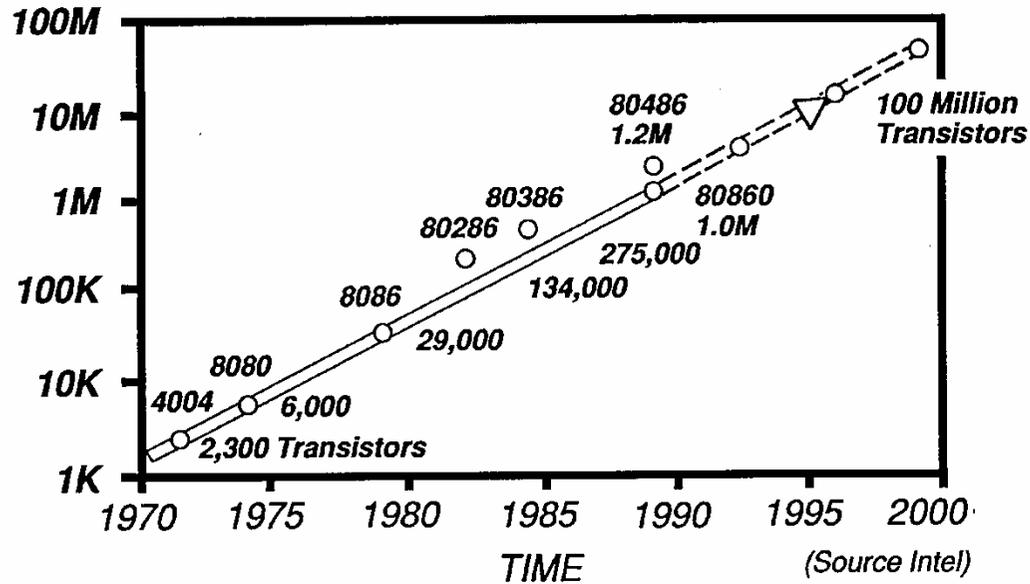
半導体分野においては7年ごとのサイクルで新しい技術の波が押し寄せる。

Geトランジスタ→Siトランジスタ→IC→LSI→VLSI→ULSI

82年のIEDM講演の時はVLSIまでで終わっていたが、この時期にはULSI(Ultra Large Scale IC)という言葉が使われ始めていた。

# MOORE'S LAW

TRANSISTORS

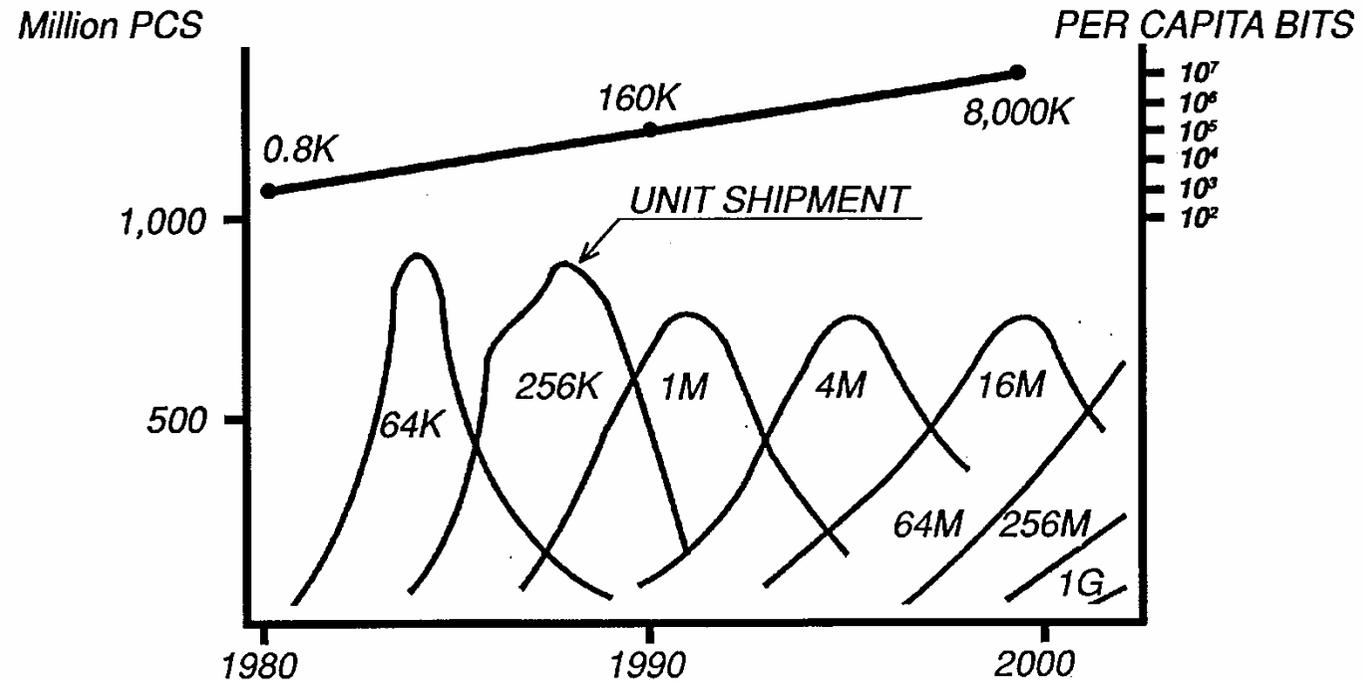


 **HITACHI**

## ムーアの法則

1970年から2000年に至る集積度のトレンドを示す。90年頃は100万個のレベルであるが、2000年には1億個になると予想されていた。

# UPGRADE OF DRAM GENERATION



 **HITACHI**

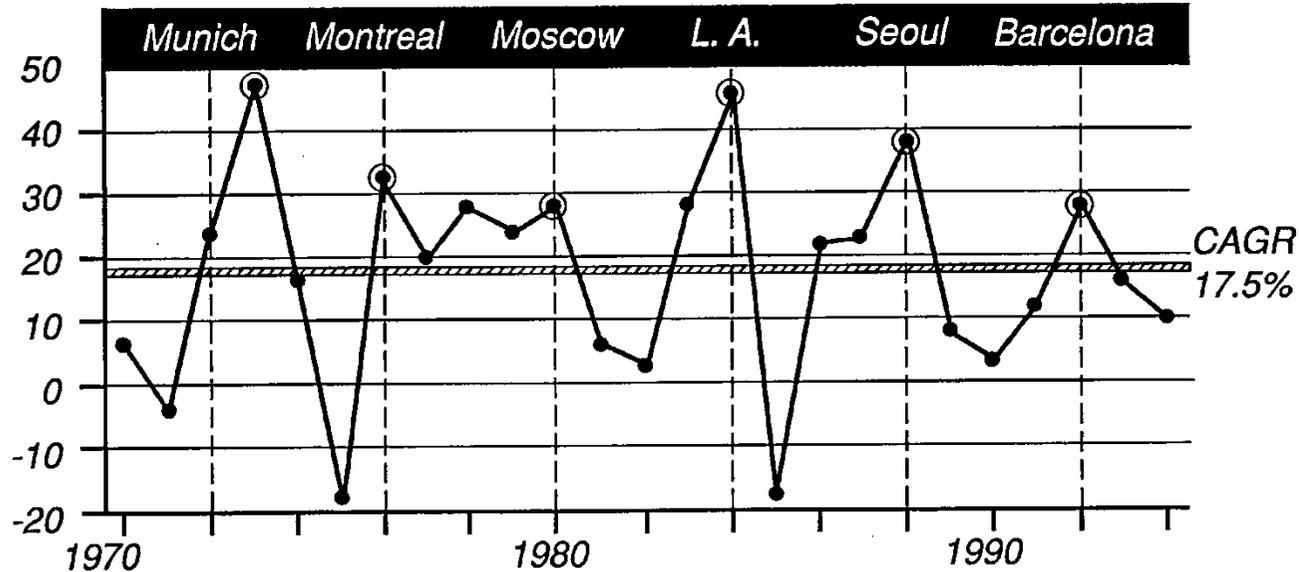
## DRAMの世代交代

64Kビットから1Gビットに至る世代交代の予測を示す。いずれも丸い山のような形をしているが、山の高さや裾野の広がり特徴がある。

# SILICON CYCLE

GROWTH RATE %

[Business Aspect]



Olympic games

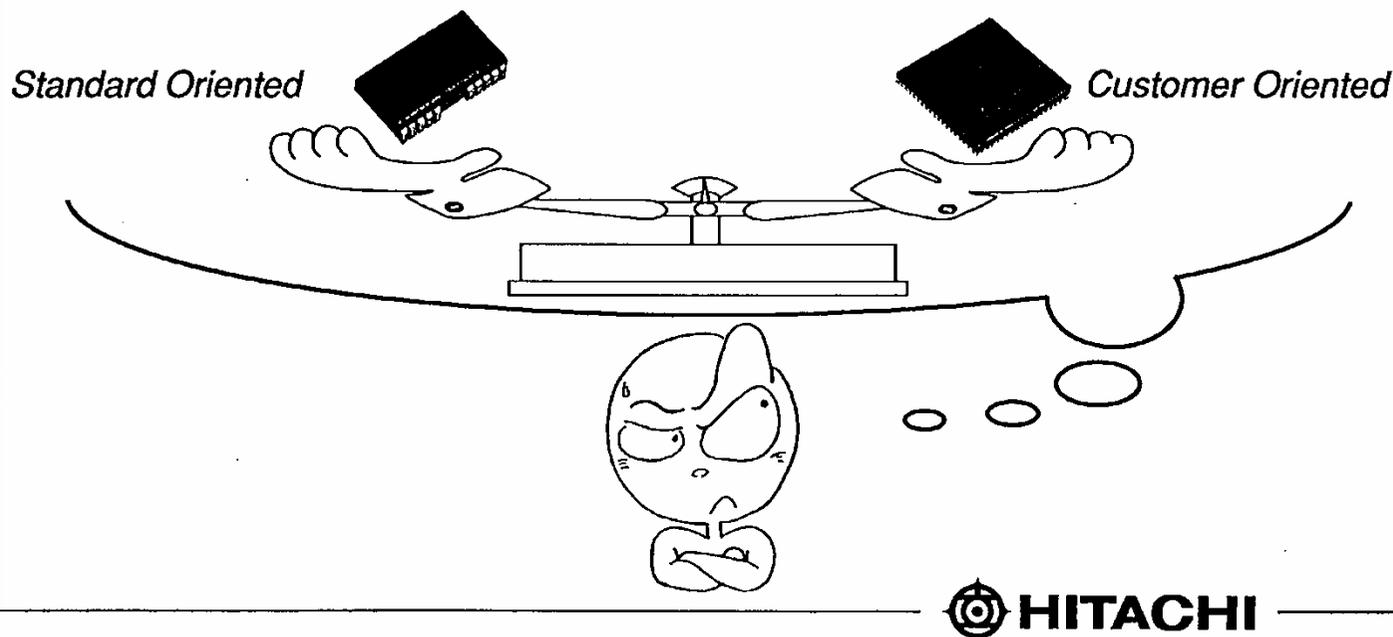
 HITACHI

## シリコンサイクル

「半導体の市場はオリンピックの年にピークになる」ということが一般に言われていた。この図で見ると、72年ミュンヘンの時を除いて、他はすべてピークがオリンピックの年と合致している。テレビ、VTRなどの民生品の売上げが世界的に伸びるからだと言われた。しかし、その後民生品に代ってPC、携帯電話などのウエイトが増し、オリンピックのインパクトは薄れていった。例えば96年や08年には半導体市場の伸びが大幅なマイナスとなったことから、オリンピック・ピーク説は影をひそめた。

# CUSTOM OR STANDARD

*(Psychological Aspect,  
Another way of looking at the S. C. Industry)*



## カスタム化か標準化か

新しい視点として半導体経営者の心理的な側面がある。

カスタム化に志向すれば事業は安定するが、効率が悪くなるだろう。標準化に志向すれば効率はいいが、過当競争となり安定性に欠けるだろう。どちらを志向すべきか？

**STRUCTURAL CHANGE  
AND  
EVOLUTION TO DATE**



今日までの構造転換と進化

**1947-57**

**ERA OF R & D**

**MAIN EVENT**

- 1947    INVENTION OF TRANSISTOR**
- 1950    Ge JUNCTION TRANSISTOR DEVELOPED**
- 1954    SILICON TRANSISTOR**
- 1957    MESA TRANSISTOR**



**1947年～57年：研究開発の時代**

トランジスタが発明された1947年から57年までの10年間は工業化以前の「研究開発の時代」といえる。この間の主な出来事は50年の接合型トランジスタの開発、54年のSiトランジスタ、57年のメサ・トランジスタである。

**1957-67**

## **ERA OF TRANSISTOR**

### **INCUBATION PHASE**

- 1947 *Invention of Transistor*
- 1950 *Ge Junction Transistor*
- 1954 *Silicon Transistor*

### **1957-1967 [Standard Oriented]**

- *Commercialization Starts*
  - *Standardization After V-tube*
  - *Mass-production*
- [Application]*
- *Transistor Radio*
  - *Solid-state TV*



### 1957年～67年：トランジスタの時代

トランジスタの発明後10年間の潜伏期間を過ぎて、1957年頃から大量生産が始まった。

トランジスタは真空管に倣って標準化されており、互換性を持っていた。トランジスタ・ラジオやテレビが大きな需要を占めていた。この時代は「標準化志向」の時代だったといえる。

<b>1967-77</b>	<b>ERA OF IC / LSI</b>
<b>INCUBATION PHASE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1958 <i>Invention of IC</i></li> <li>• 1959 <i>Silicon Planer Transistor</i></li> <li>• 1961 <i>First Commercial IC</i></li> <li>• 1964 <i>MOS IC</i></li> </ul>	
<b>1967-1977 [Customer Oriented]</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>LSI Technology for the "SPACE"</i></li> <li>• <i>Rockwell - Sharp Project</i></li> <li>• <i>Calculators Initiate LSI Market</i></li> <li>• <i>AMI - First Successful Company in Custom Business</i></li> </ul>	



1967年～77年 (IC/LSIの時代):

58年のICの発明に続き、プレーな技術の開発、バイポーラIC・MOSICの開発・商用化が始まった。67年頃からはLSIの商用化も始まり、「カスタム志向」となった。LSIは当初宇宙向けが先導し、続いてシャープの電卓にも使われた。AMIはカスタムLSIの専業として最初の成功事例である。

**1977-87**

**ERA OF MICRO / MEMORY**

**INCUBATION PHASE**

- 1968 Intel Established
- 1971 4004, 1103 Released
- 1974~1976 A series of Announcements in Micro

**1977-1987 [Standard Oriented]**

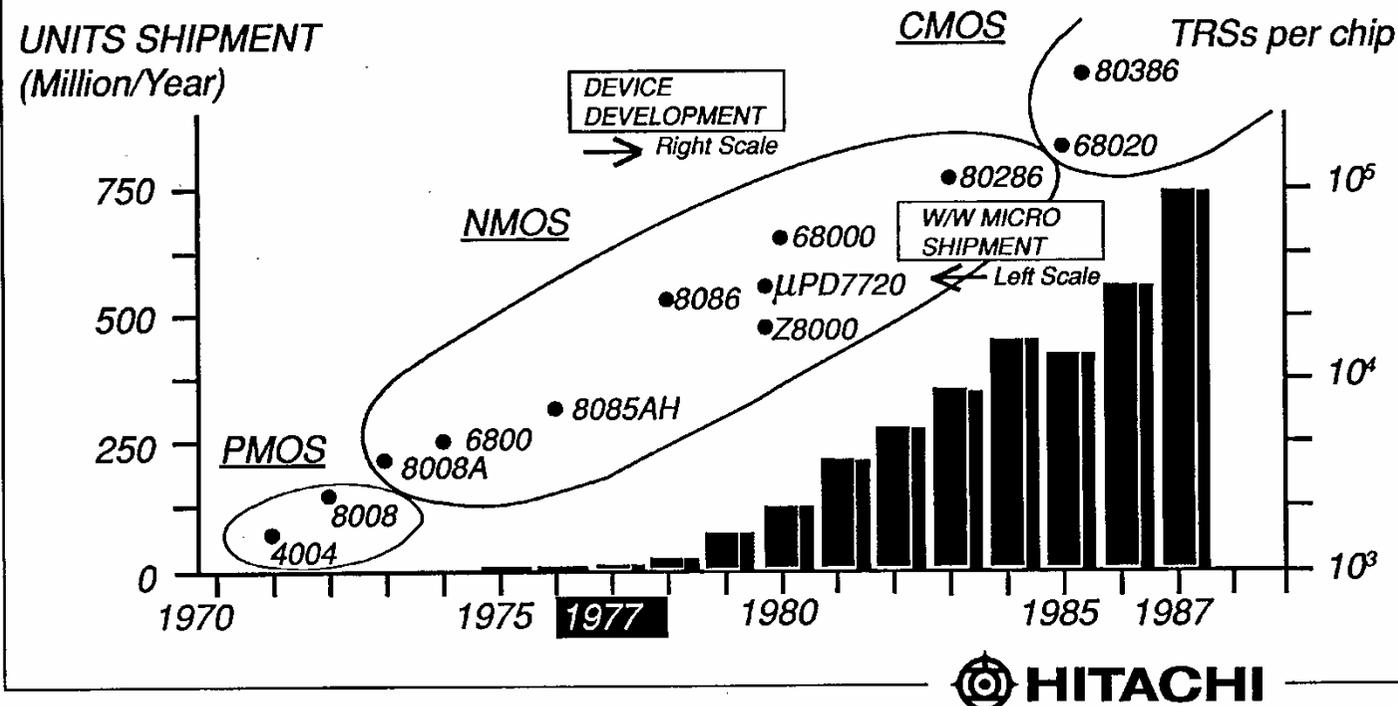
- Micro / Memory - \$1 Billion Market (1977)
- IBM Joined PC Business
- DRAM Standardization  
→ Power Supply, Package (Pin Number)



1987年～88年(マイコン・メモリの時代)

1968年にインテルが設立され、71年に4ビット・マイコンが導入された。これに続いて各社よりマイコンの市場導入がなされた。この潜伏期間を過ぎた77年にはマイコン・メモリの市場は10億ドルに達し、「標準化志向」時代の本格的な立ち上がりとなる。IBMがPC市場に参入し、DRAMの標準化が進められた(電源、パッケージのピン配置など)。

# MICRO STANDARDIZATION (1977-1987)



## マイコン標準化(77年~88年)

77年頃から本格的に立ち上がったマイコンは次第にインテルの80系とモトローラの68系とに集約されていった。デバイスのタイプもPMOSからNMOSへ、最後はCMOSへと集約していった。

# DRAM STANDARDIZATION

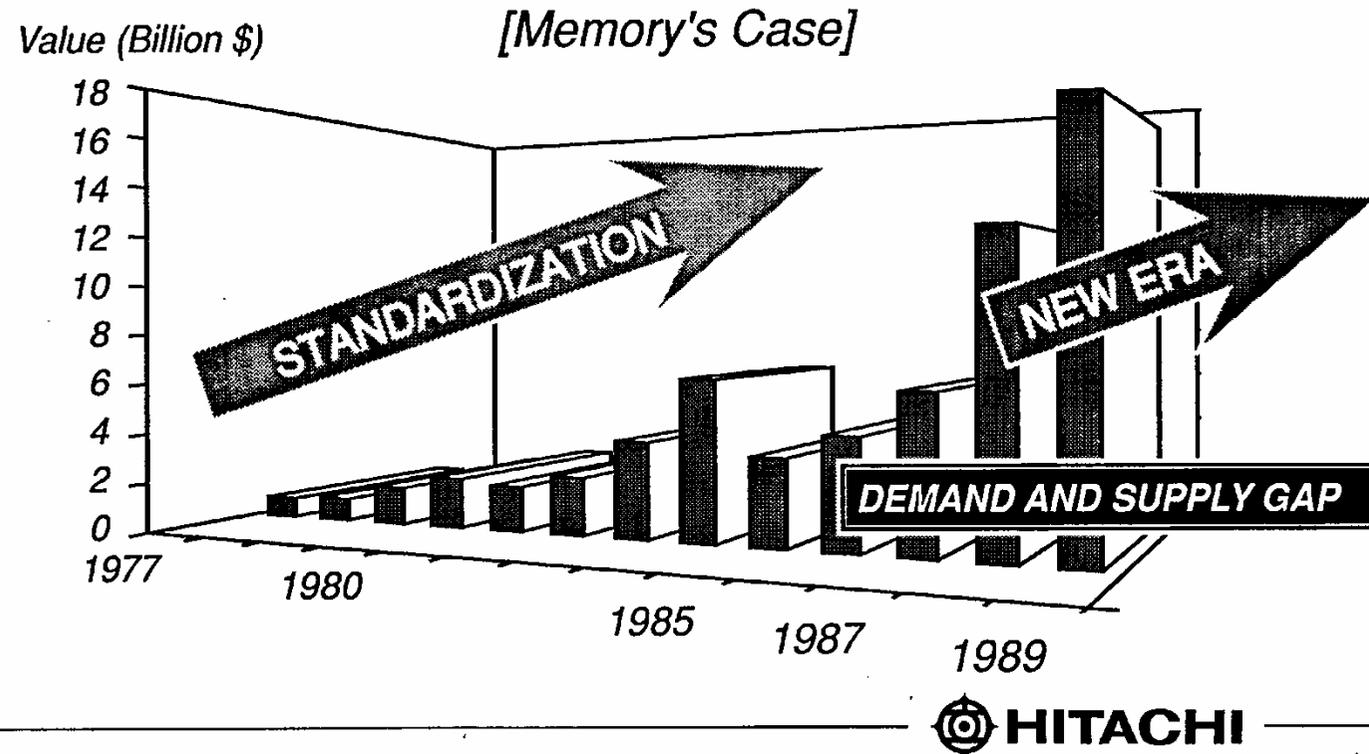
	De Facto Standard	Confusion	Standardization		Diversification and New Standard				
GENERATION	1K	4K	16K	64K	256K	1M	4M	16M	64M
PROCESS	NMOS				CMOS				
POWER SUPPLY	12/5/-5V		5V				3.3V		
PACKAGE (PIN #)		16 18 22	16		18	20	24	26	
ADDRESS	NON-MULTIPLEX		MULTIPLEX			NON-MULTIPLEX			



## DRAMの標準化

DRAMの世代ごとの標準化動向を示す。1Kはデファクトスタンダードの世代であり、4Kは混乱の世代であった。この世代には各種のパッケージ・タイプが量産されたのである。16K以降では業界標準が確立された。

## WHAT IS THE RESULT OF STANDARDIZATION?



### DRAM標準化の結果は？

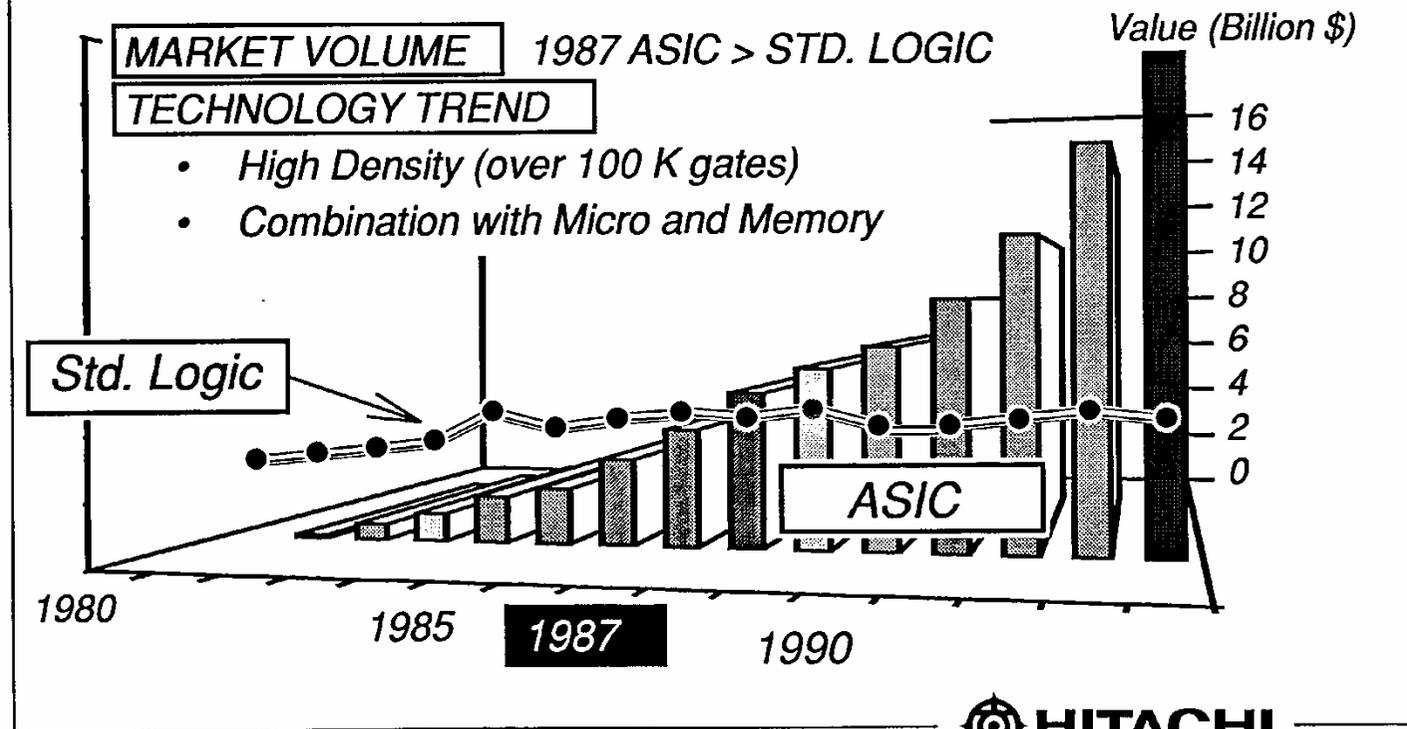
順調な成長を遂げてきたDRAMは85年から変調をきたし、市場は大混乱となった。インテルはDRAM市場から撤退した。「汎用的な製品を不特定多数のメーカーが同一市場に供給」したため需給のアンバランスをきたしたのだ。これがシリコンサイクルの大きな要因である。経営者に対して、単純な「標準品志向」には問題があることを市場が警告したのである。

<b>1987-97</b>	<b>ERA OF ASIC</b>
<b>INCUBATION PHASE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1977 Gate Array Released</li> <li>• 1978 PLD Released</li> <li>• 1983 LSI Logic Established</li> </ul>	
<b>1987-1997 [Customer Oriented]</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASIC Exceeded Std. Logic in Market Size (1987)</li> <li>• Standard DA Interface</li> <li>• Flexible Q-TAT Line</li> <li>• Si Compiler</li> <li>• Wide Spread Application (Note PC, Camcorder, Radio-Communication)</li> </ul>	
 <b>HITACHI</b>	

1987年～97年:ASICの時代

1977年にはゲートアレイが発売され、83年にはASIC専門のLSIロジック社が設立された。1987年にASICの市場が標準ロジック市場を上回り、ASIC時代がスタートした。標準的なDAインタフェイスが準備され、短TAT製造ラインもできた。ノートPC、カムコーダー、無線機器などローパワー製品向けにASIC応用が広がっていった。

## GROWTH OF ASIC



### ASIC市場の成長

1987年にASIC市場が標準ロジック市場(TTLやCOMSロジックなど)を上回った。技術面ではゲート数が10万個を上回り、MPUやメモリが混載されるようになった。

## SUMMARY OF THE HISTORY

	1947	1957	1967	1977	1987	1997	2007
<b>GENERATION</b>	Big Bang	Transistor	IC/LSI	Micro/ Memory	ASIC		
<b>COMMERCIAL PRODUCTS</b>	—	Radio TV	Calculator	PC WS	Note-PC Camcorder Radio- Communication		
<b>KEY WORDS</b>	R & D	Mass- Production	CAD Building Block	Architecture Software Fine Geometry	DA Q-TAT Si- Compiler		



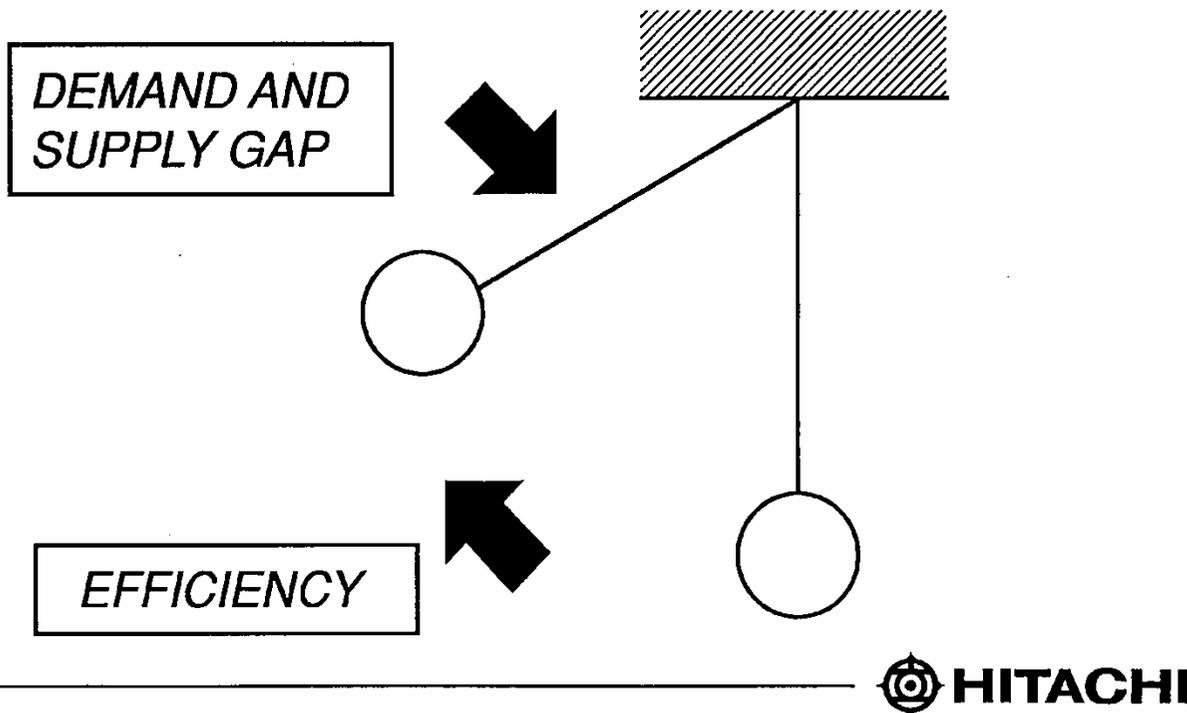
### 半導体歴史の総括

1947年のトランジスタの発明を「ビッグバン」として、その後の10年ごとの歴史を総括している。

主要デバイス・応用製品・キーワード(主要技術)を関連させた一覧表である。

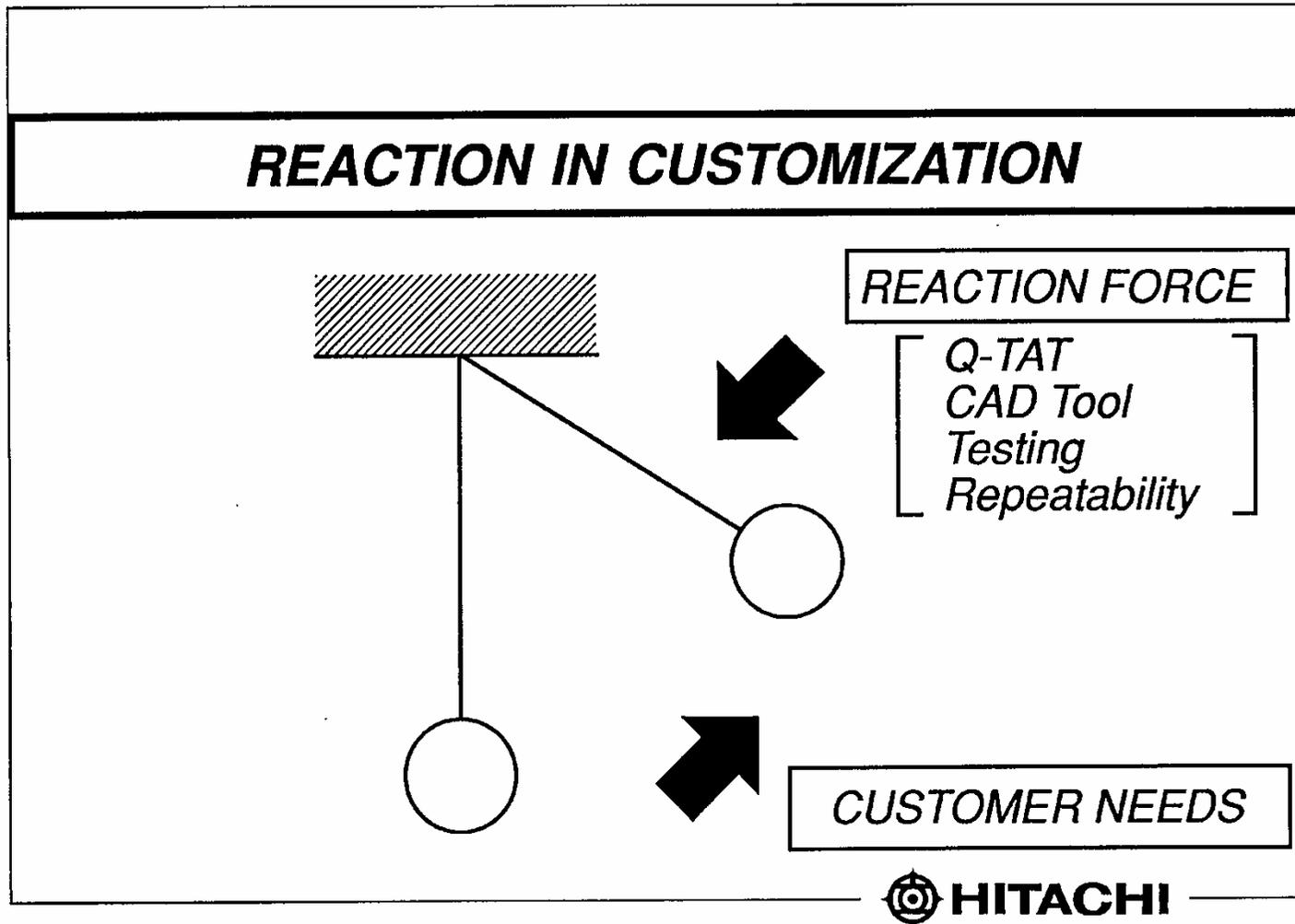
主要製品の推移は、トランジスタ→IC/LSI→ASIC→マイコン/メモリ→ASIC となっている。

## REACTION IN STANDARDIZATION



### 標準化志向に対する反動

標準化志向のビジネスでは「同一製品をまとめて大量に作る」ので、生産効率は高くなる。しかし、この市場には不特定多数のプレイヤーがいて、各社の思惑で行動するので、需給のアンバランスを生じ、事業は不安定になる。



### カスタム志向に対する反動

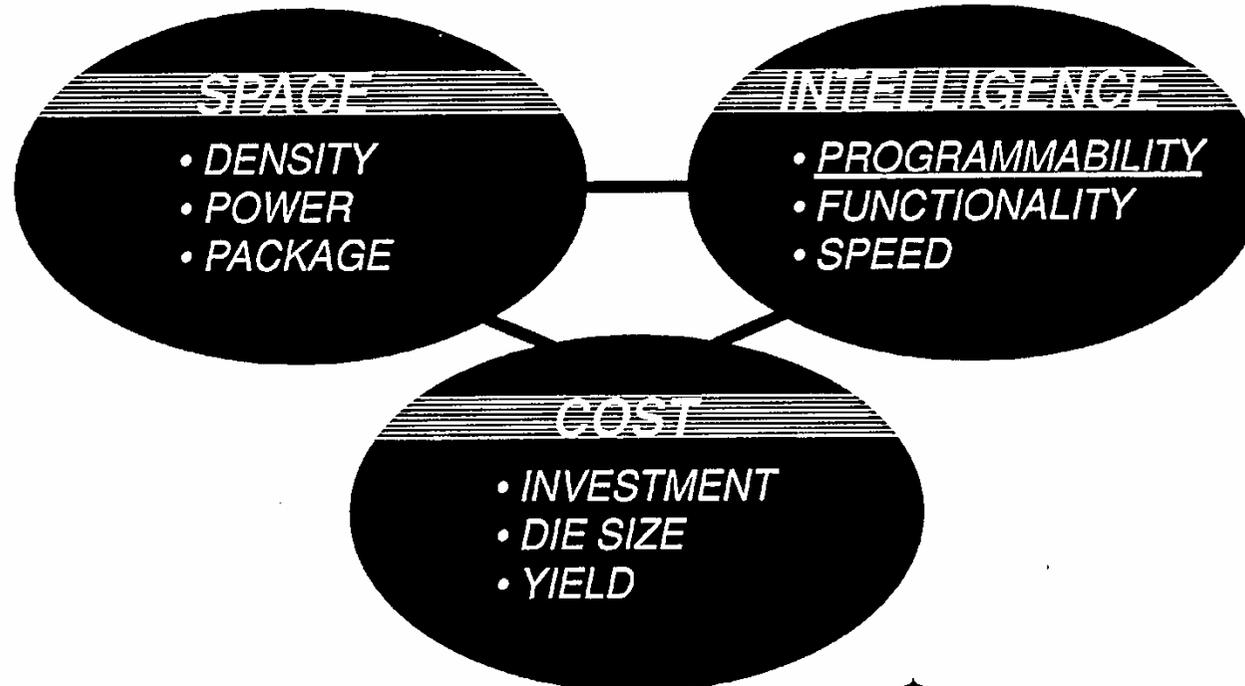
カスタム志向のビジネスにおいては顧客のニーズに細かく応えることはできるが、短TATの要求、CADツールの整備、製品のテストなど細かな対応が必要である。また、同一製品を大量に作り込むことはできないので、効率は低下する。

# ***WHAT COMES BEYOND ASIC?***



ASICの次に来るものは何か？

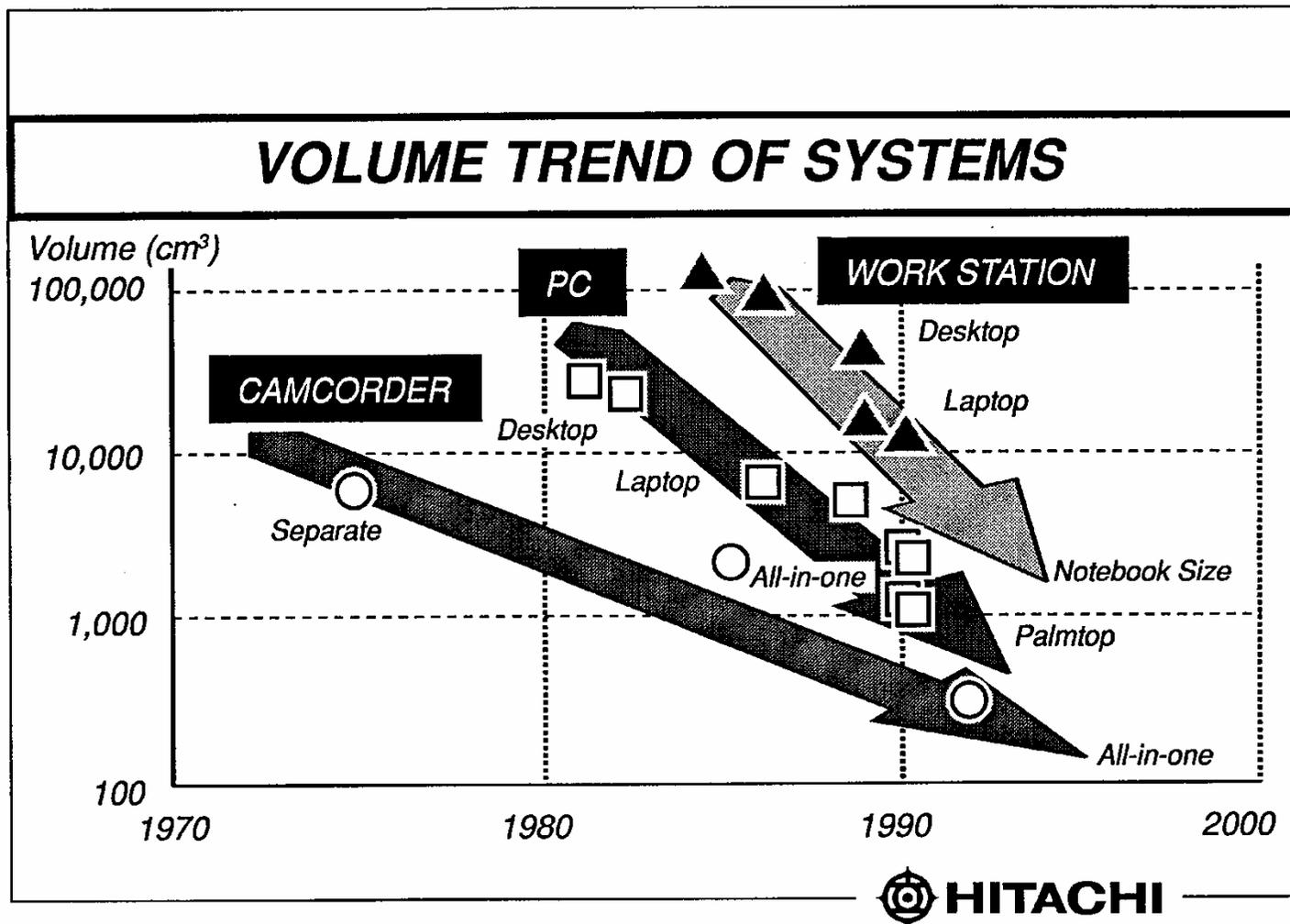
## SYSTEM REQUIREMENTS



### 電子機器からの要求

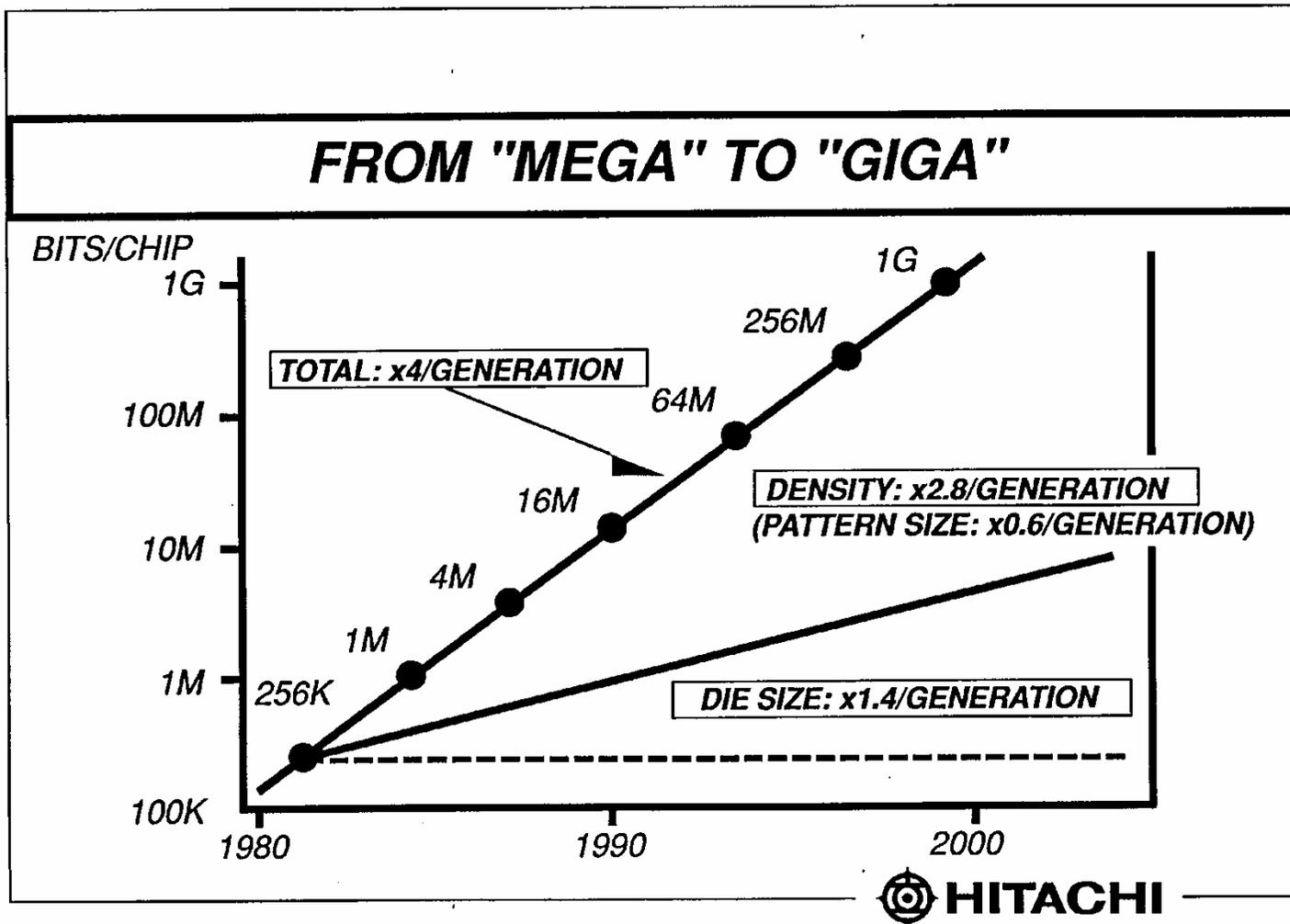
電子機器からの要求は下記の3点に集約される

- 省スペース(高密度、ローパワー、パッケージング)
- 低コスト(投資効率、チップサイズ、歩留)
- インテリジェンス(プログラマビリティ、高機能、高性能)



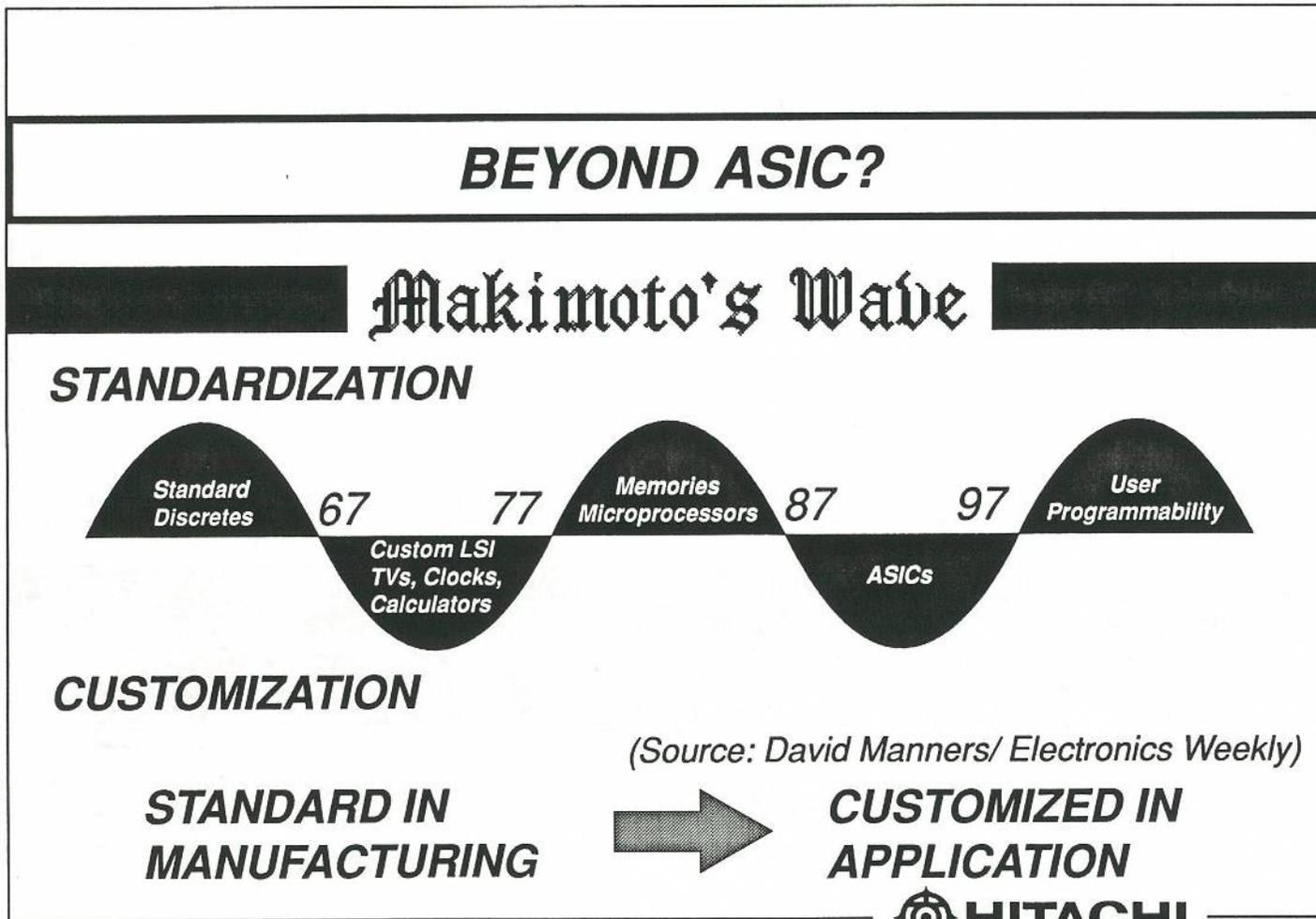
### 電子機器の体積推移

カムコーダー、PC、ワークステーションについて市場導入のときから現在に至るまでの体積のトレンドを示す。いずれの機器も一桁以上の小型化がなされている。



### メガからギガの時代へ

1980年から2000年までのメモリの集積度推移を示す。微細加工寸法が世代ごとに0.6倍となり、集積密度は2.8倍となる。チップ面積は世代ごとに1.4倍となるので、ビット数の増加は世代ごとに4倍(2.8 × 1.4)となり、2000年には1Gビットに達すると予測。



ASICの先にあるのは何か？

この図はこの年(1991年)1月のElectronics Weeklyでデビッド・マナーズが紹介し、「牧本ウエーブ」と名付けたものである。97年以降は標準化志向の時代となり、フィールド・プログラマブル・デバイスが立ち上がることを予想したもの。その本質は「製造過程では標準品であるが応用段階ではカスタム化が可能」ということである。

## SEEDS FOR THE COMING STANDARDIZATION AGE

*Key Word = User Programmability*

<i>Concept</i>	<i>Pioneer</i>	<i>Programmability</i>	<i>Technology</i>	<i>Year of Birth</i>
<i>PLA (MOS)</i>	<i>Altera</i>	<i>Logic Array</i>	<i>EPROM/ EEPROM</i>	<i>1983 -</i>
<i>ZTAT</i>	<i>Hitachi</i>	<i>On-chip ROM</i>	<i>EPROM</i>	<i>1984 -</i>
<i>LCA</i>	<i>Xilinx</i>	<i>Logic Block</i>	<i>SRAM</i>	<i>1985 -</i>
<i>ACTL</i>	<i>Actel</i>	<i>Gate-array</i>	<i>Anti-Fuse</i>	<i>1988 -</i>
<i>I-ZTAT*</i>	<i>Hitachi</i>	<i>Logic Function</i>	<i>EPROM/ FLASH</i>	<i>1991 -</i>

\* I-ZTAT : Intelligent ZTAT

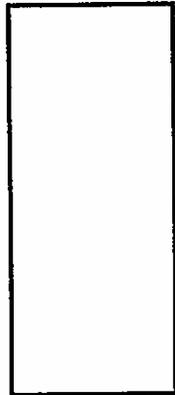


### 標準化志向の時代に向けてのシーズ

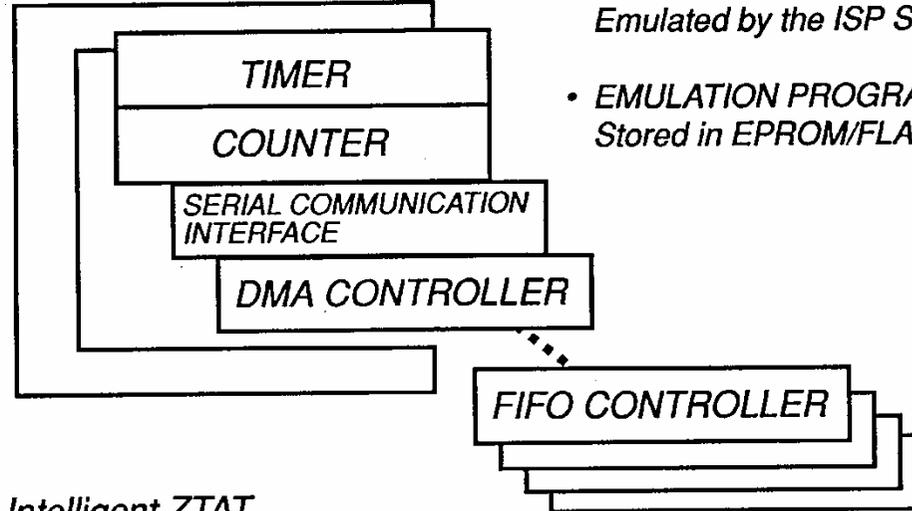
キーワードは「ユーザー・サイドでプログラム可能」ということである。そのようなデバイスの市場導入が各社から始まっている。日立のZTATやI-ZTATもその事例(I-ZTATは大量生産の前に中止)。Altera、Xilinx、ACTLは、今日のFPGAメーカーの主役として躍進している。

# I-ZTAT™ CONCEPT

MAIN  
PROCESSOR



ISP\*\*  
I/O FUNCTION EMULATOR



- I/O FUNCTIONS:  
Emulated by the ISP Software
- EMULATION PROGRAMS:  
Stored in EPROM/FLASH

\* I-ZTAT : Intelligent ZTAT  
\*\* ISP : Intelligent Sub-processor  
I-ZTAT is a Trademark of Hitachi, Ltd.

VARIOUS I/O FUNCTIONS  
(EMULATION PROGRAM LIBRARY)

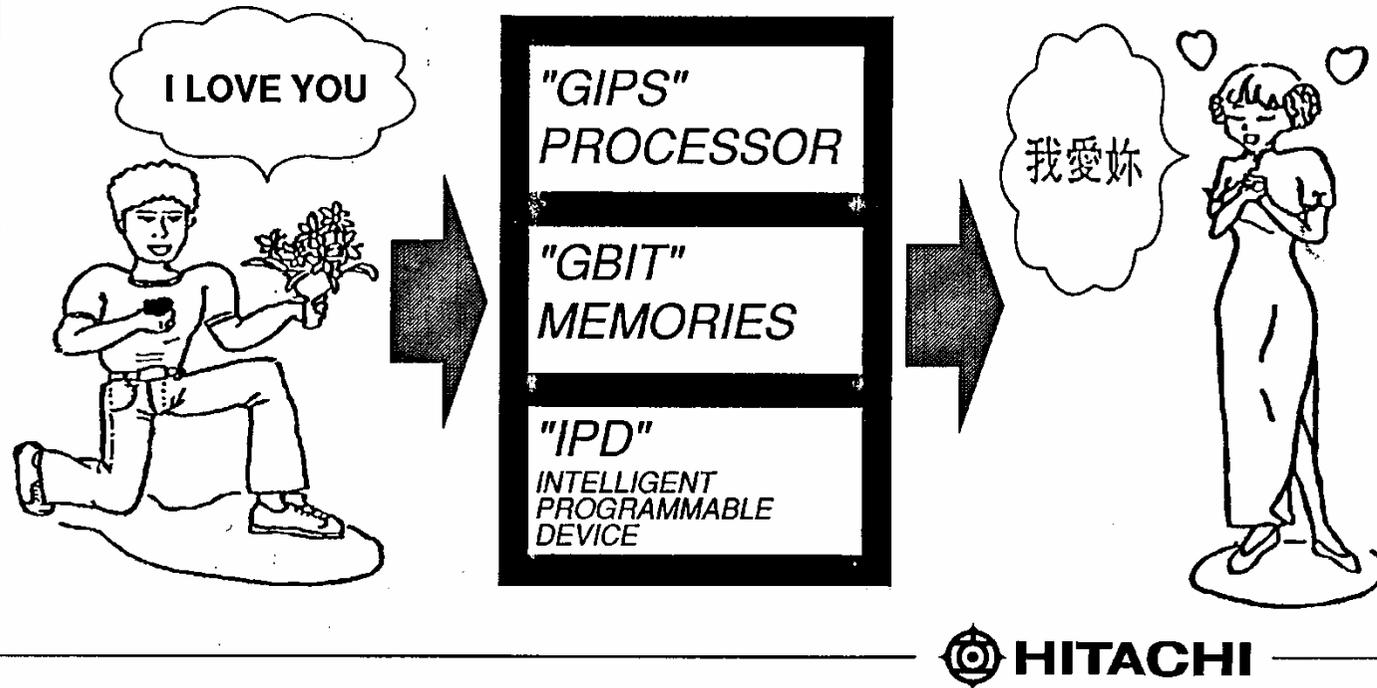


## I-ZTATのコンセプト

マイコンLSIの周辺機能部はそれまでハードウェア論理回路で構成されていた。周辺機能のエミュレーションに特化した第二のプロセッサ(ISP)を搭載することで、マイコンLSIの周辺機能に汎用性、柔軟性を付与し、高機能化を実現したのがI-ZTATである。I-ZTATは、今日のヘテロジニアスマルチコア技術にも通じる、当時としては画期的なコンセプトであった。(但し、量産化前で中止。直接的な理由はマイコン裁判(第2展示室参照)におけるリーガル面への配慮であった)。

## EXAMPLE OF "GIGA" ULSI SYSTEM IN 2000

### PORTABLE ELECTRONIC TRANSLATOR



### 2000年におけるギガULSIの例

2000年には「ギガの時代」となり、GIPSプロセッサ、Gビットメモリが出てくる。これらと高性能なプログラマブル・デバイス(IPD)とを組み合わせることによって、ポータブル電子通訳機ができるであろう。

今日の視点から見れば、この予測はあまりにも楽観的に過ぎた。似たような物ができてはいるが、「話し言葉」に自在に対応するまでには、なお多くの技術の積み上げが必要である。