

Market and Technology Trends in the Nomadic Age

VLSI Symposium, 1996, Hawaii

Keynote Speech

解 説

この講演は半導体分野における主要学会の一つであるVLSIシンポジュームの基調講演として行われたものである。同様のテーマを取り上げた前回(94年)のIn-Stat講演は、主として経営者層をターゲットにしたものであったが、今回の講演は半導体の研究者・技術者が対象である。全体としては前回の講演を踏まえながらも、技術的な内容をより充実させて、「学会」にとってふさわしい内容とした。

1995年6月、函館空港に着陸したANA機がハイジャックされる事件が起こった。この事件の解決にあたって、当時広がり始めていた携帯電話が大活躍したのである。これは大きく取り上げられ、新聞では携帯電話に関する解説などが加えられて、これからますます普及が進んで利便性が高まるだろうと報じた。これを契機として携帯電話は大きな注目を浴びて、ノマディック時代の予兆を感じさせる事件となったのである。

この講演における主眼の一つは「低消費電力化」の重要性である。これまでのPC・WS中心のダウンサイジング時代には「性能(MIPS)」が技術開発の軸になっていた。これに対し、これからのノマディック時代においては「性能(MIPS)／電力(パワー)比」がその軸になるべきとし、特にマイコンにおいてはSHマイコンなどの事例を示しながら、RISC(Reduced Instruction Set Computer)アーキテクチャーの優位性を強調した。この点については講演後の懇親会の席で、インテルの技術担当幹部から「大変刺激になる内容でした」というコメントを聞いた(詳細は第2展示室第10章をご参照ください)。インテルはPC・WSなどの「性能」中心の時代には圧倒的なトップ・リーダーであったが、ノマディック時代における「性能／パワー」の時代では精彩を欠いている。スマホやタブレットの市場での存在感が薄いのも、そのようなことが背景にあるのだと思う。方向転換の難しさである。

なお、1996年という年は前年の半導体ブームが終わって、市況が落ち込んだ年であるが、講演が行われた6月時点では以前からの強気の予測が残っていた。「世界の半導体市場は2000年に300B\$に達する」という予測が使われているが、実際に300B\$に達したのは、それから13年後の2013年である。市場予測が如何に不確かなものであるかを示す、歴史的な資料となっている。この点については、次回展示の1999年In-Stat講演で詳しく論じているのでご参照ください。

Market and Technology Trends in the Nomadic Age

Dr. Tsugio Makimoto
Executive Managing Director
Hitachi, Ltd.

ノマディック時代におけるマーケットおよび技術動向

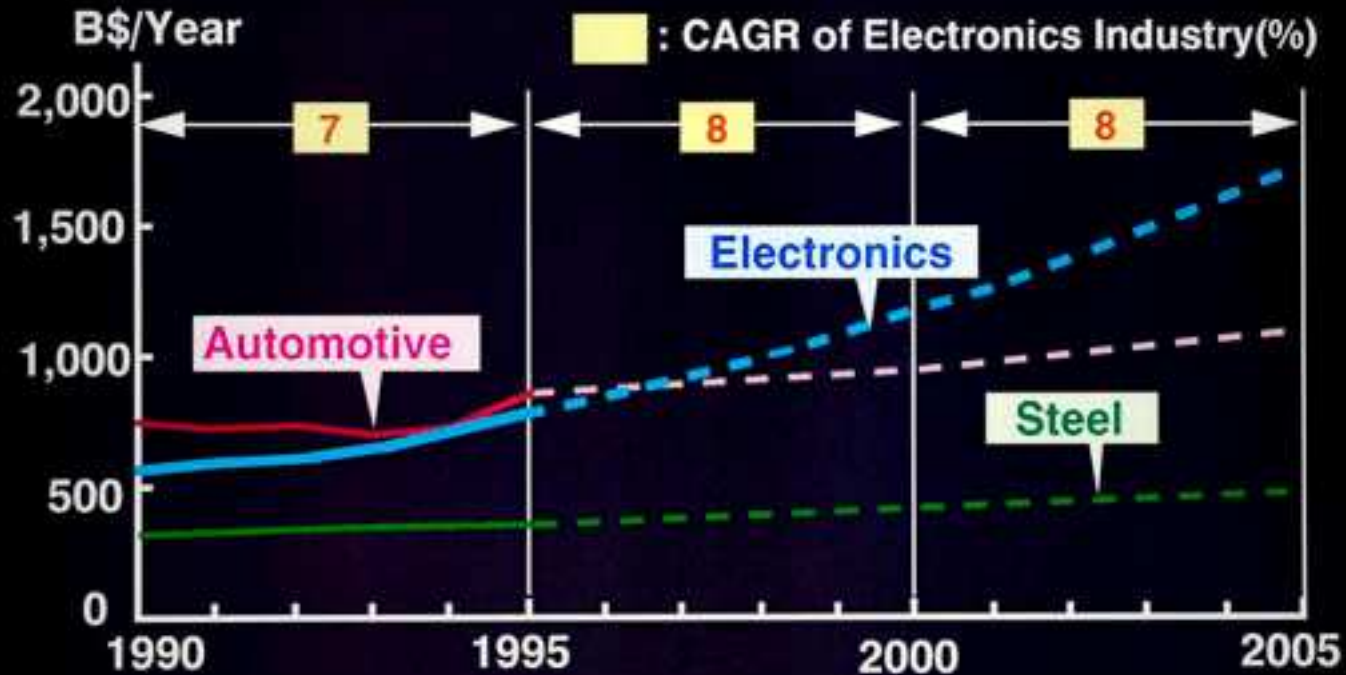
日立製作所における当時の私の肩書は「常務取締役 電子デバイスグループ長」である。半導体とディスプレイ部門を統括するポストであった。

- **Semiconductor Market Trends**
- **New Trends in the Nomadic Age**
- **Evolution of Electronic Equipment**
- **Products and Technologies**
 - **Microprocessor Architecture**
 - **Progress in Memories**
 - **System on a Chip**
 - **Field Programmability**

目次

- **半導体の市場動向**
- **ノマディック時代の新動向**
- **電子機器の進化**
- **製品と技術** ◎マイコン・アーキテクチャ ◎メモリの進歩 ◎SoC ◎ フィールドプログラマビリティ

W/W Trend of Electronics Industry

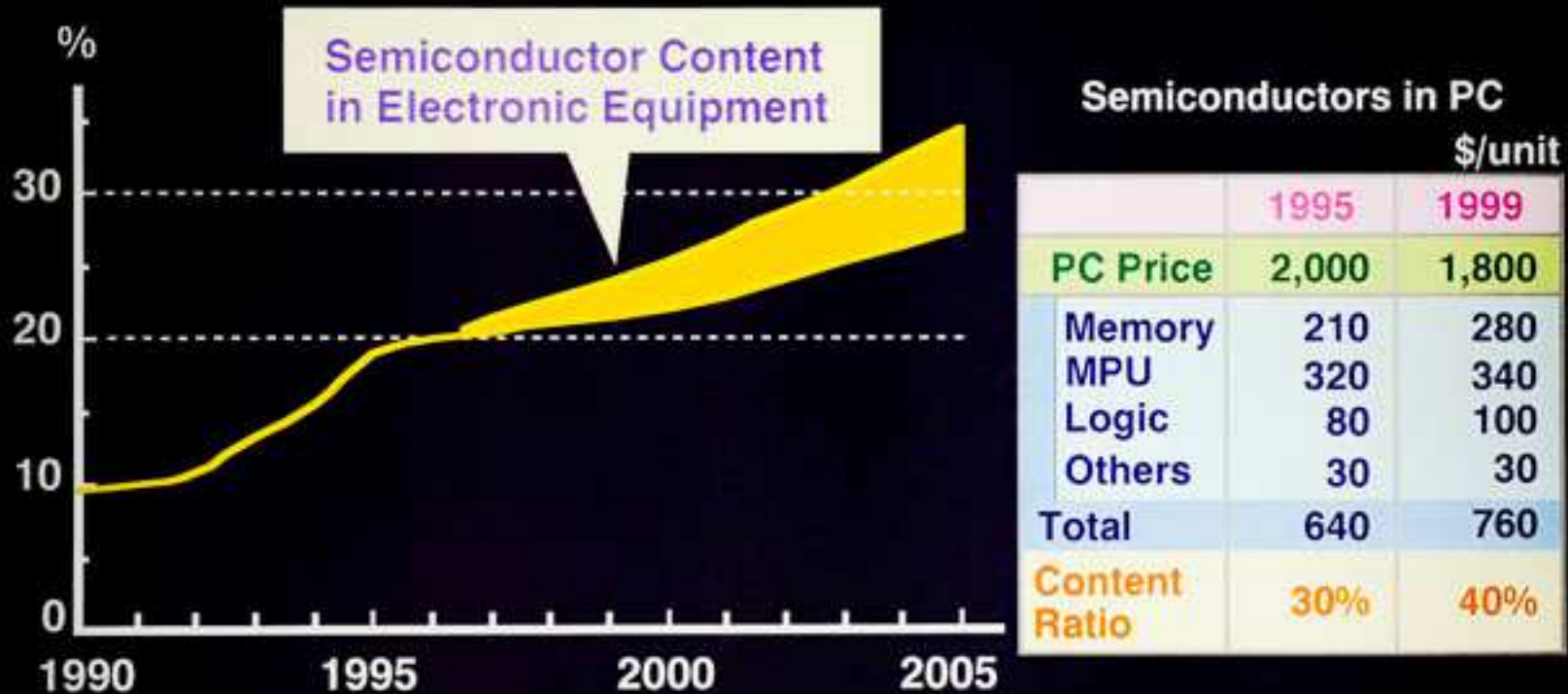


Source: Dataquest, Hitachi

世界における電子産業の動向

三つの巨大産業の動向を示す。これまで自動車産業が最大であり、電子産業はその次に位置していた。近年、その差は縮まっており、2000年以降は電子産業が最大になるであろう。伸び率はこれまでが7%であり、今後は8%で推移するだろう。Dataquestの予測などをベースにした強気の見通しとなっている。

Semiconductor Content Trend

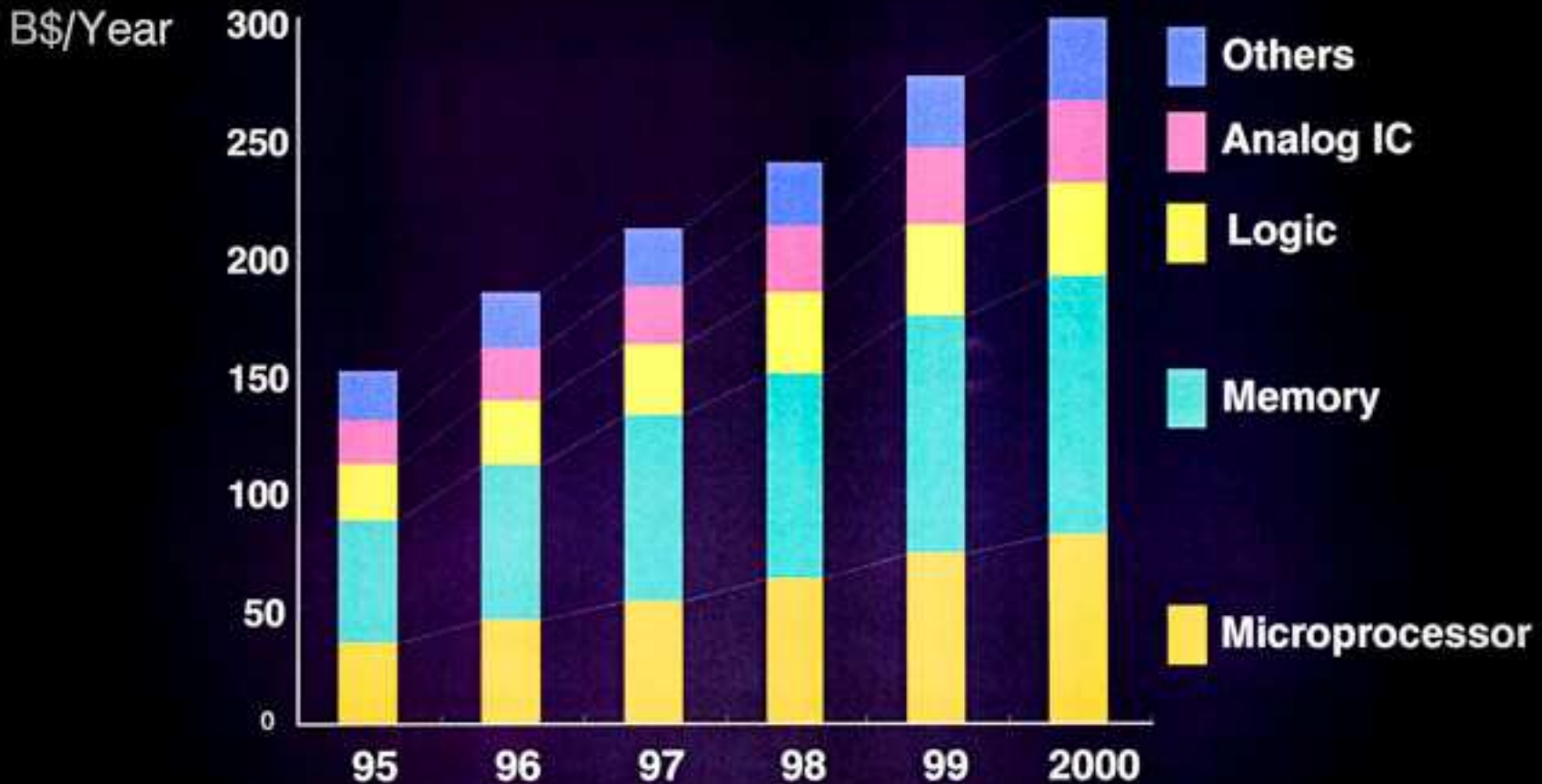


Source: Dataquest, Hitachi

半導体含有率のトレンド

電子機器の中に占める半導体コストの比が半導体含有率である。1995年時点では20%に達しつつあり、2005年に向けて30%前後に増大するとの予測となっている。右のボックス内に示すのはPCにおける半導体コンテンツであるが、95年の30%から99年には40%になるという予測になっている

W/W Semiconductor Market



半導体の世界市場推移

1995年の150B\$から2000年には300B\$になるとの予測になっている。結果的にはこの予測は大外れとなった。96年から始まった大不況は3年間にわたって続き、2000年時点でようやく200B\$を超えた。これが300B\$になったのはそれから13年後の2013年である。これは「半導体市場は予測不能である」という教訓につながる。

- Semiconductor Market Trends
- **New Trends in the Nomadic Age**
- Evolution of Electronic Equipment
- Products and Technologies
 - Microprocessor Architecture
 - Progress in Memories
 - System on a Chip
 - Field Programmability

目次

- 半導体の市場動向
- **ノマディック時代の新動向**
- 電子機器の進化
- 製品と技術 ◎マイコン・アーキテクチャ ◎メモリの進歩 ◎SoC ◎ フィールドプログラマビリティ

Dawn of the Nomadic Age



- ANA was hijacked in Japan in June, 1995

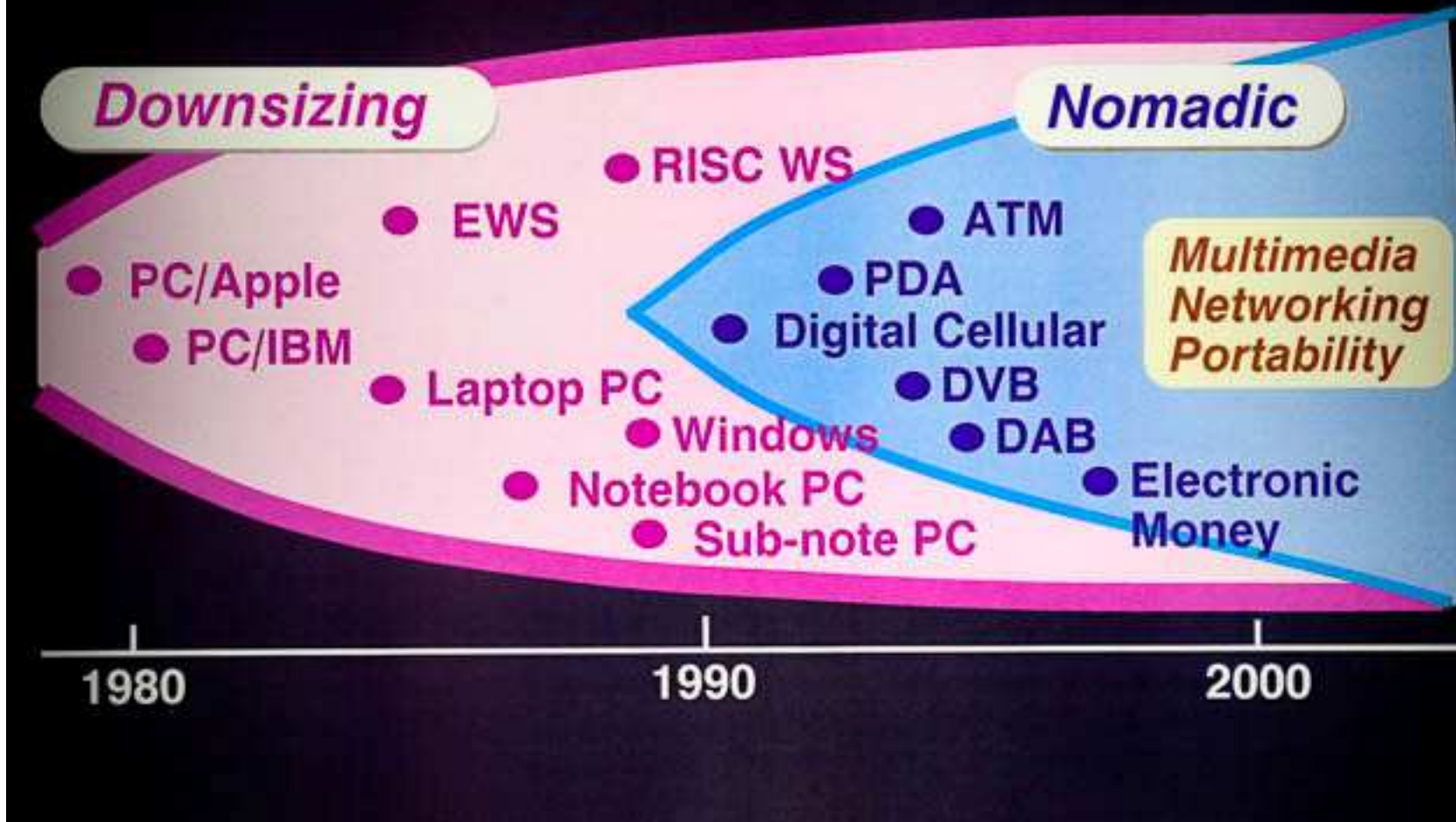
- 12 calls from the passengers by Cellular Phones

- Hijacker was arrested after 16 hours

ノマディック時代の夜明け

1995年6月、函館空港においてANA機がハイジャックされた。携帯電話を持っていた乗客が警察に通報し、機内の情報は筒抜けとなる。これを基に警察が突入、犯人は16時間後に逮捕された。新聞では携帯が果たした役割を大きく報道し、今後ますますその重要性が増すだろうと伝えた。この時点では通話機能のみであったが、新しい時代の予兆を感じさせるものとなったのである。

Mega Trends



メガトレンド

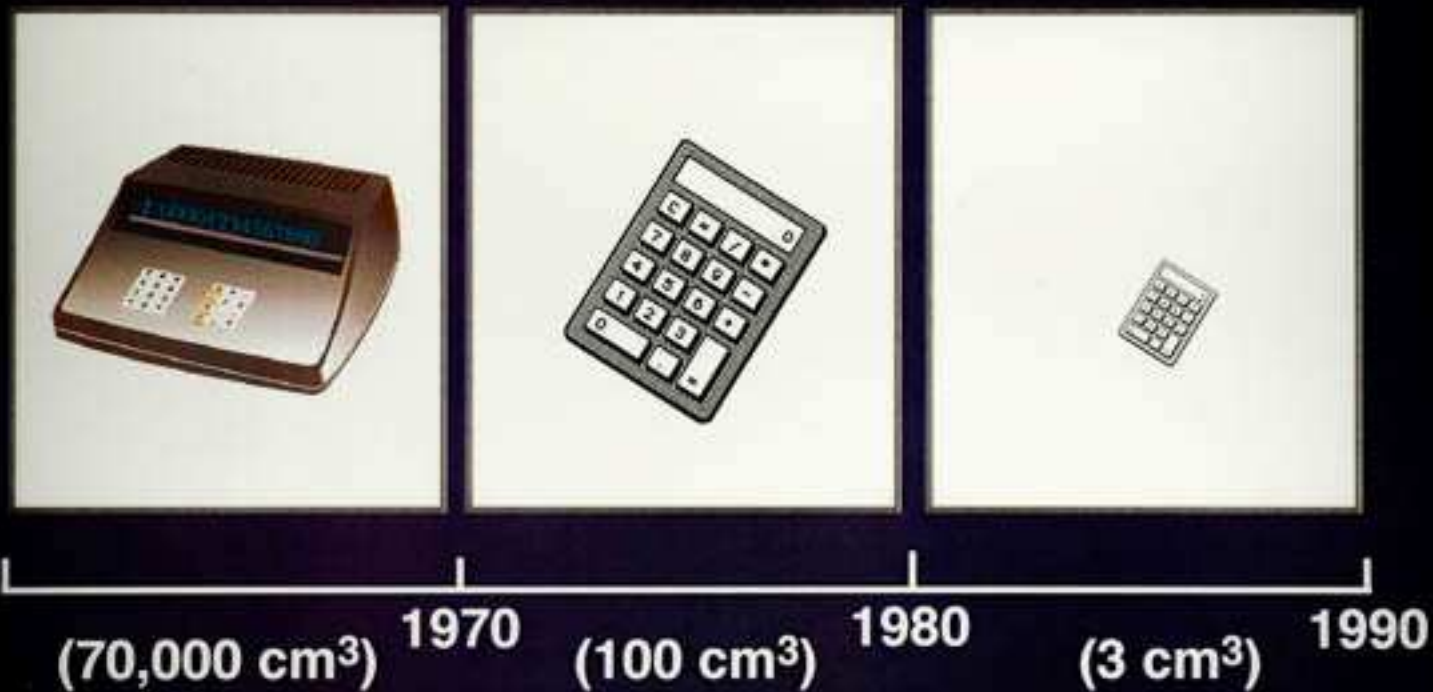
PC,WSを中心とするダウンサイジング・トレンドからノマディックトレンドへの移行を表現したものである。携帯電話やPDAなどの他、デジタル放送、電子マネーなども含め、マルチメディアの広がりとしてとらえている。この年の11月にH/PC(Handheld PC)がデビューしたのであるが、6月時点では触れられていない。

- Semiconductor Market Trends
- New Trends in the Nomadic Age
- **Evolution of Electronic Equipment**
- Products and Technologies
 - Microprocessor Architecture
 - Progress in Memories
 - System on a Chip
 - Field Programmability

目次

- 半導体の市場動向
- ノマディック時代の新動向
- **電子機器の進化**
- 製品と技術 ◎マイコン・アーキテクチャ ◎メモリの進歩 ◎SoC ◎ フィールドプログラマビリティ

Progress of Calculators



電卓の進歩

電卓の体積の推移を示す。1960年代には7万 cm^3 、70年代には100 cm^3 、80年代には3 cm^3 と進化しているが、これは半導体の進歩によって、部品点数が激減したためである。

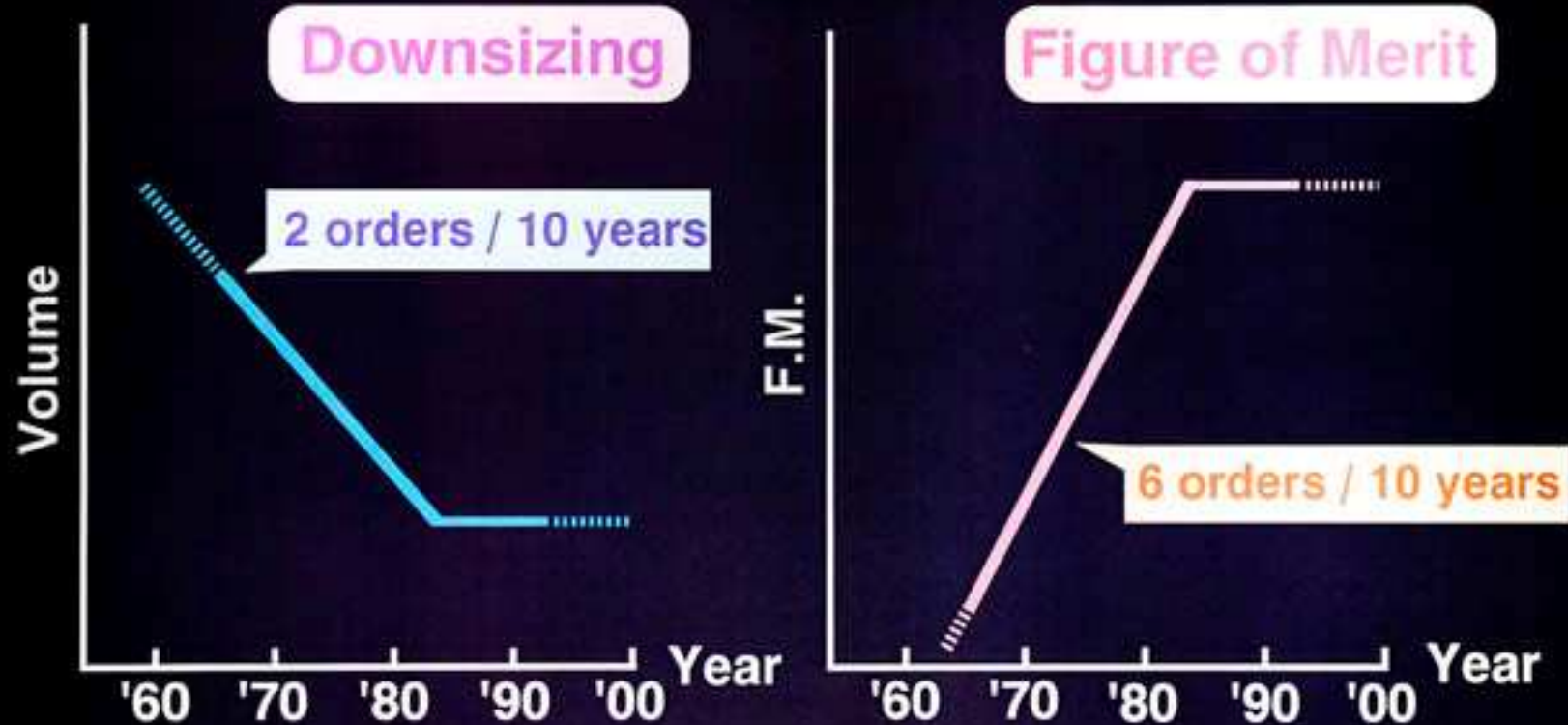
Calculator's Figure of Merit

$$\text{Figure of Merit} = \frac{\text{(Function)}}{\text{(Size)} \times \text{(Cost)} \times \text{(Power)}}$$

電卓のFigure of Merit

一般にはFigure of Meritは(Intelligence) / (Size) · (Cost) · ((Power)の形で表現されるが、電卓の場合は上記の式のようにIntelligenceをFunction(機能の数)で置き換えている。

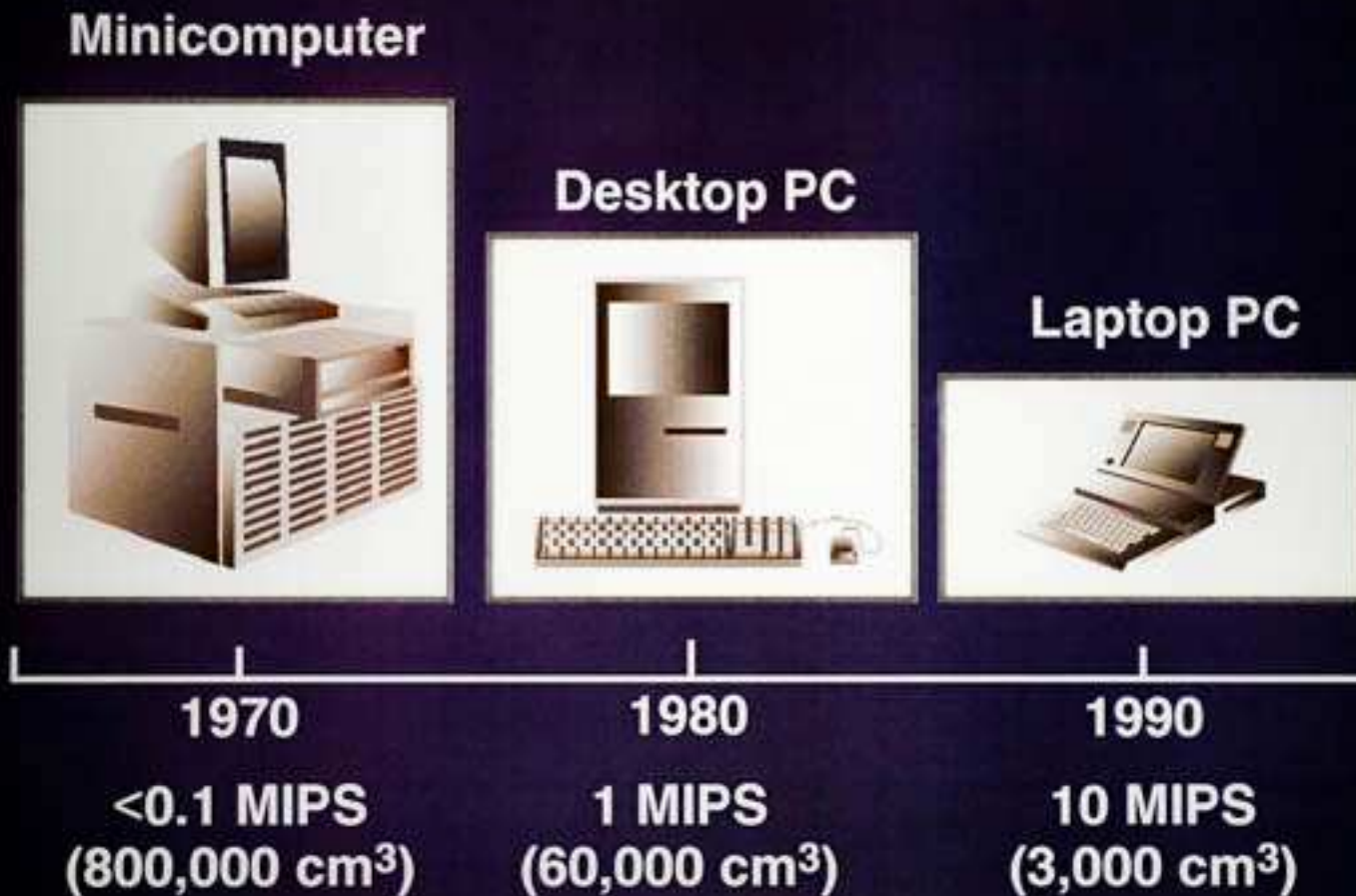
Evolution of Calculators



電卓の進化

左図は体積の推移を示すが、10年で2桁の減少となっている。右図はFigure of Meritの推移であるが、10年で6桁の増大となっている。このような激しい進化の背景にあるのは半導体の技術革新である。

Progress of Computers



コンピュータの進歩

1970年代から90年代に至るコンピュータの性能(MIPS)と体積の推移を示す。70年代のミニコンの性能は0.1MIPS以下であり、体積は80万cm³であった。80年代のデスクトップパソコンは1MIPSの性能で体積は6万cm³、90年代のラップトップパソコンは10MIPSの性能で、体積は3千cm³となった。半導体デバイスがバイポーラからNMOSに変わり、さらにCMOSに変わって行ったからである。

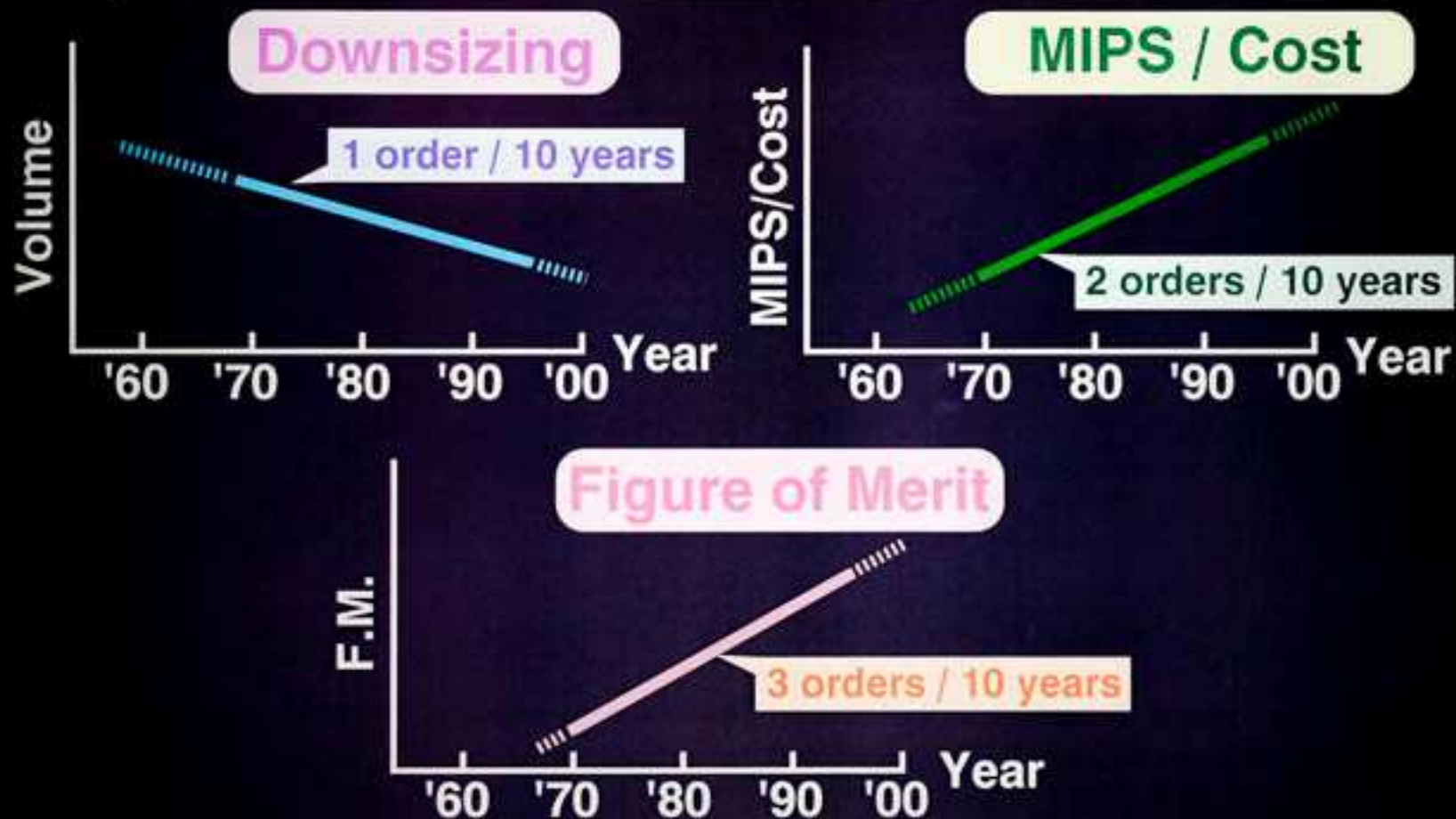
Computer's Figure of Merit

$$\text{Figure of Merit} = \frac{(\text{MIPS})}{(\text{Size}) \times (\text{Cost})}$$

コンピュータのFigure of Merit

コンピュータの場合はIntelligenceとしてMIPS値を使うのが妥当であろう。また、これまで「性能第一」となっており、消費電力はこの次ようになっていた。これを考慮して分子から(Power)の項を省いている。

Evolution of Computers



コンピュータの進化

コンピュータのサイズは10年で1桁の割合で減少、MIPS/Costは10年で2桁の割合で増大している。Figure of Meritは10年で3桁の割合で増大している。

Requirements for the Nomadic

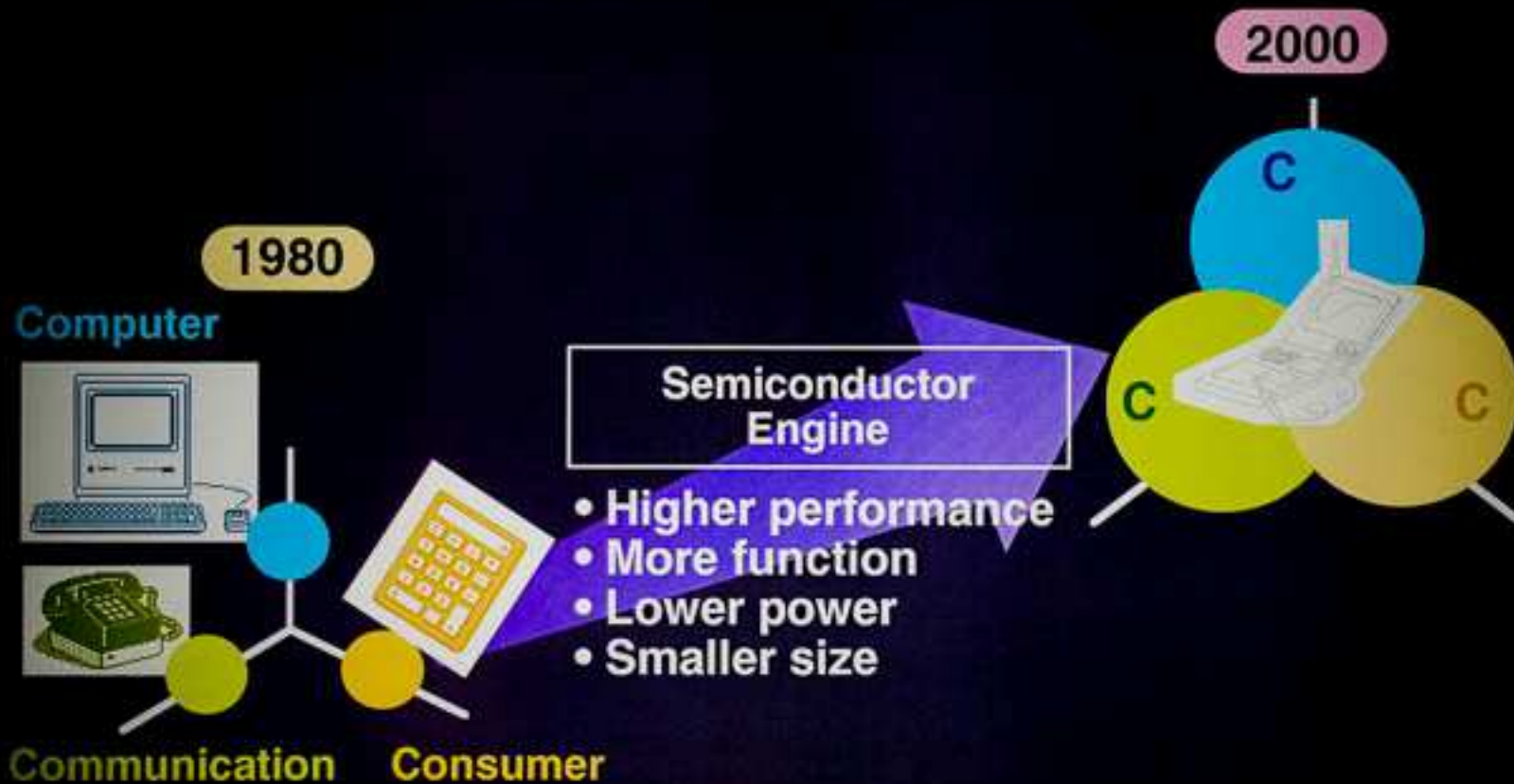
- **Smaller Size / Portability**
- **Higher Intelligence / Lower Cost**
- **Lower Power / Battery Operation**

ノマディック時代における要求事項

次の3点がノマディック時代における必須の要求事項である。

- 小型化による携帯性
- 高性能化と低コスト化
- ローパワー化とバッテリー動作

Market Convergence



市場の融合

1990年代においてはコンピュータ、コンシューマ、コミュニケーションの市場はきれいに棲み分けができていた。高性能ポータブル端末の出現によって、2000年には市場の融合が進み、その境界は消えていくだろう。それをもたらすのは強力な半導体エンジンである。

Figure of Merit in the Nomadic Age

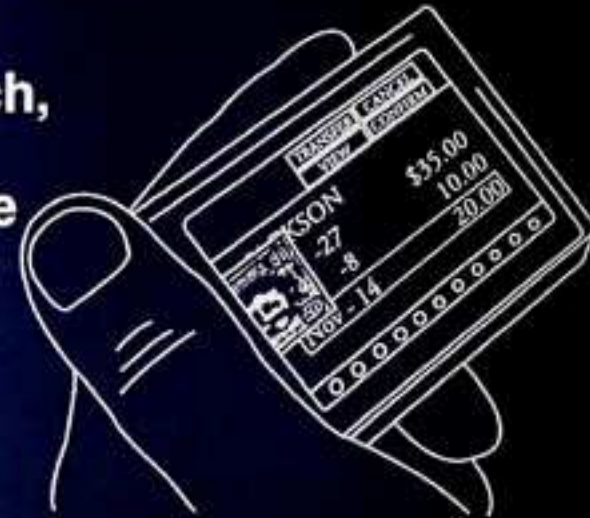
$$\text{Figure of Merit} = \frac{\text{(Intelligence)}}{\text{(Size)} \times \text{(Cost)} \times \text{(Power)}}$$

ノマディック時代のFigure of Merit

ノマディック時代におけるFigure of Meritの一般的な表現を提唱したものである。この式は機能・性能が高く、小型で、安く、電力消費の少ない電子機器の「良さの指数」が高いことを意味する。

Cited from "THE ROAD AHEAD" by BILL GATES

What do you carry on your person now?
... keys, identification, money and a watch,
... credit cards, a checkbook, a notepad,
reading material, a camera, a pocket tape
recorder, a cellular phone, a pager, a
concert ticket, a map, a compass, a
calculator, ... **You'll be able to keep all
these and more in another information
appliance we call the wallet PC.**



ビル・ゲイツ曰く

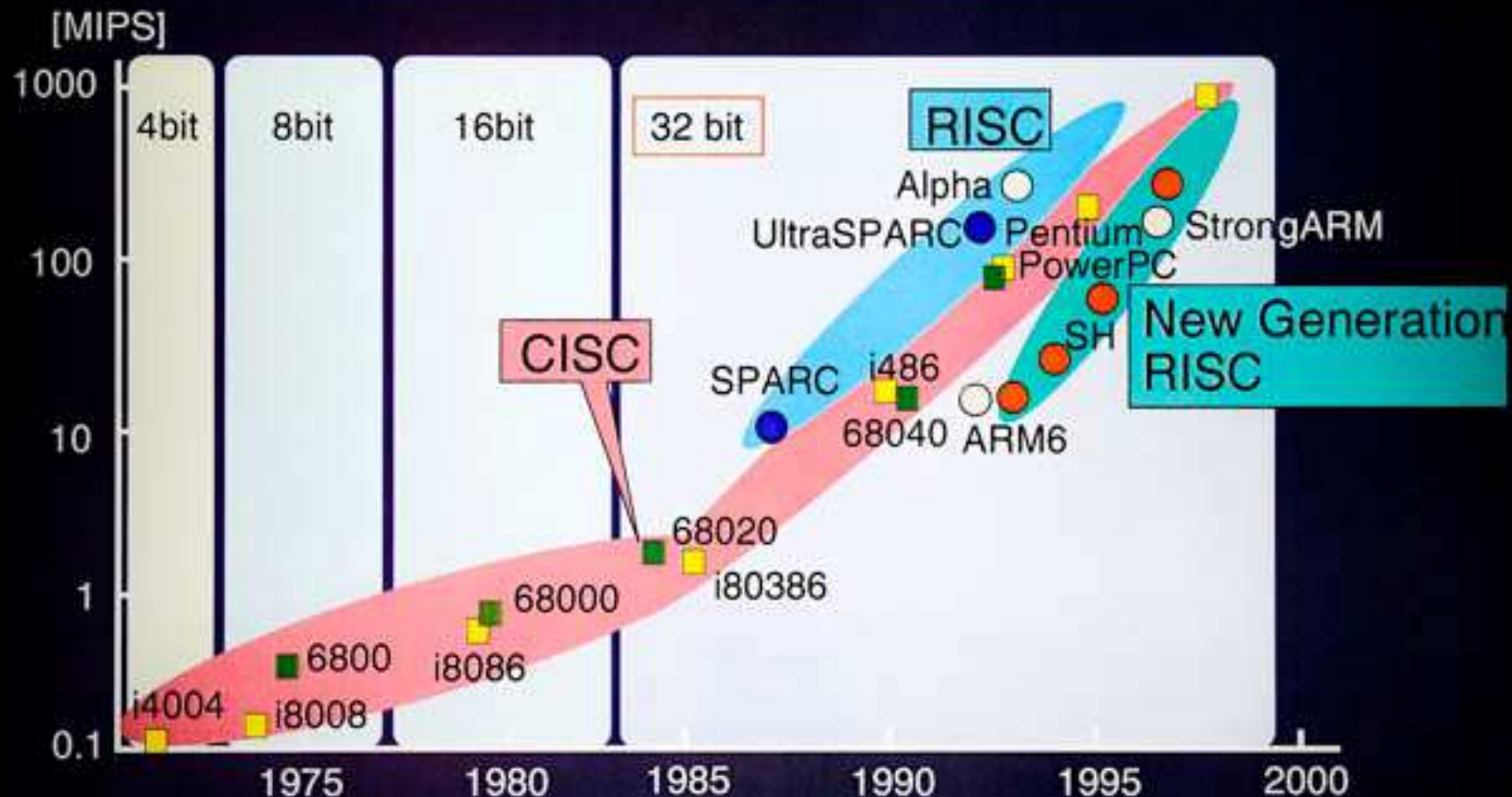
これはノマディック・ツールの一つのイメージとして、ビル・ゲイツの著書(Road Ahead)から引用したものである。『皆さん、ポケットには何が入っていますか？・・・鍵、IDカード、お金、時計、クレジットカード、小切手帳、帳面、本、カメラ、録音機、携帯電話、ペイジャー、チケット、地図、方位計、電卓などなど随分ありますね！今後、そのようなものはすべて、この情報端末(ワレットPC)が引き受けます』

- Semiconductor Market Trends
- New Trends in the Nomadic Age
- Evolution of Electronic Equipment
- Products and Technologies
 - Microprocessor Architecture
 - Progress in Memories
 - System on a Chip
 - Field Programmability

目次

- 半導体の市場動向
- ノマディック時代の新動向
- 電子機器の進化
- 製品と技術 ◎マイコン・アーキテクチャ ◎メモリの進歩 ◎SoC ◎ フィールドプログラマビリティ

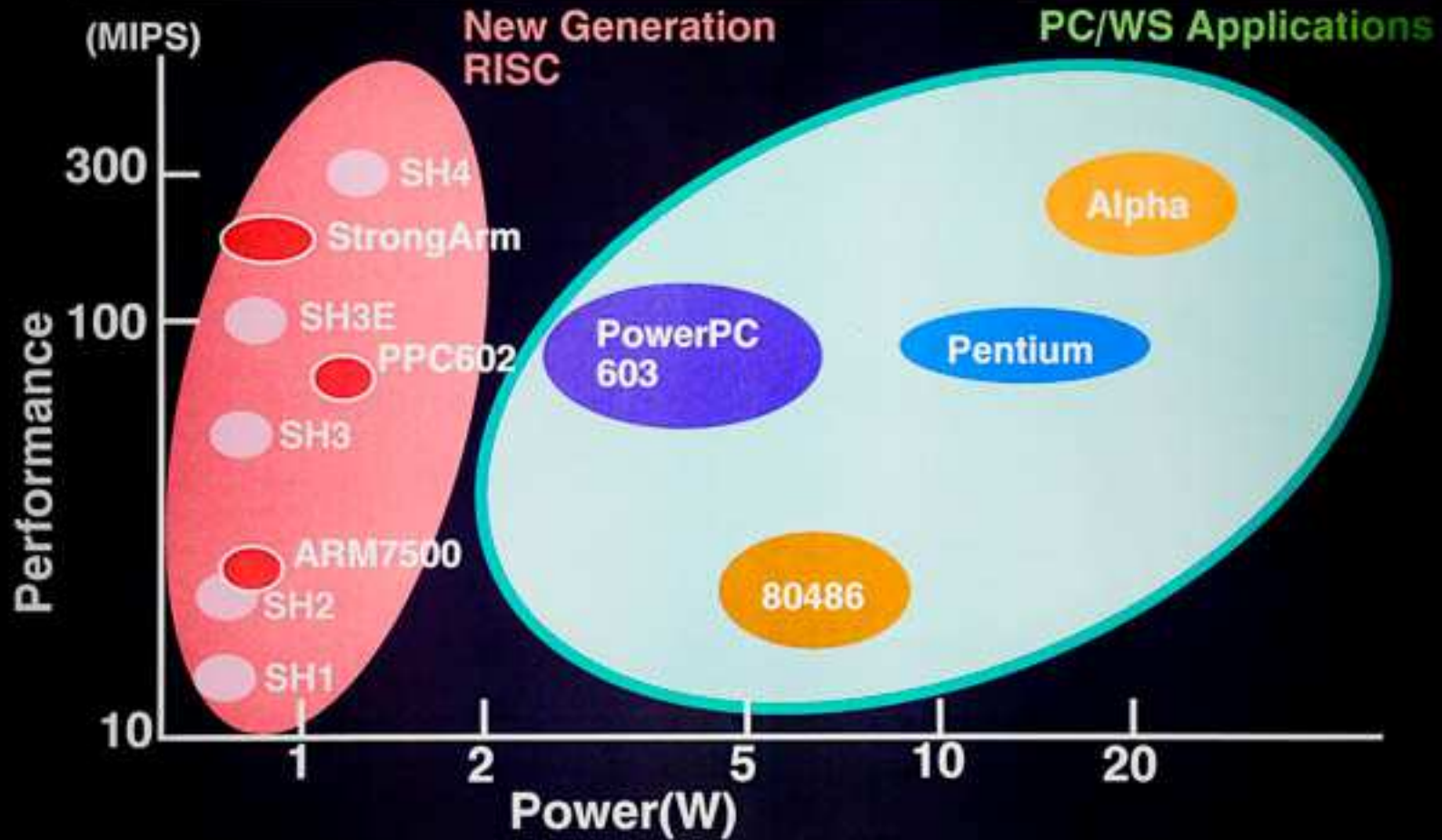
Progress of Processor Architecture



プロセッサ・アーキテクチャーの進歩

1970年代に始まったマイコンは総じてCISCアーキテクチャーをベースとしていた(インテルの80系、モトローラの68系など)。80年代になるとWS(ワークステーション)向けの高性能マイコンとしてRISC型が出てきた(SPARCやAlphaなど)。新型RISCはこの方式をリエンジニアリングしたものであり、「MIPS/パワー」を一段と高めたアーキテクチャである。ARMやSHマイコンが代表例であり、狙いはノマディック時代におけるメイン・エンジンの役割である。

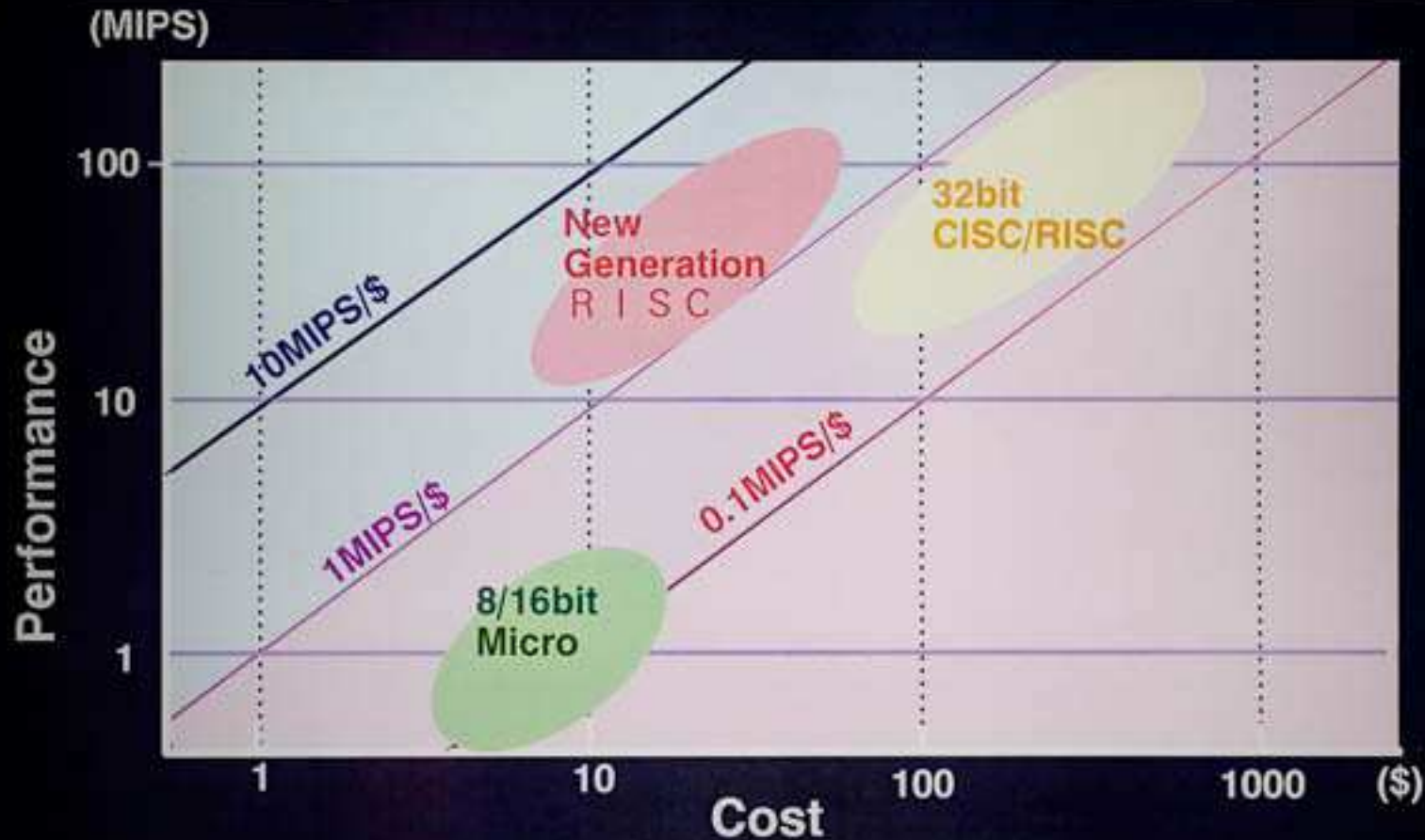
MIPS/Watt



MIPS/Wattの分布

市販されているマイコンは大きく二つのグループに分けられる: PC・WS向けの高性能指向マイコンと性能・パワー比を重視した新型RISCマイコンである。前者に属するのは80系、ペンチアム、パワーPC、アルファなど。後者に属するのはSH系、ARM系、パワーPCなどである。後者の消費電力は前者に比べて1桁ほど小さい。

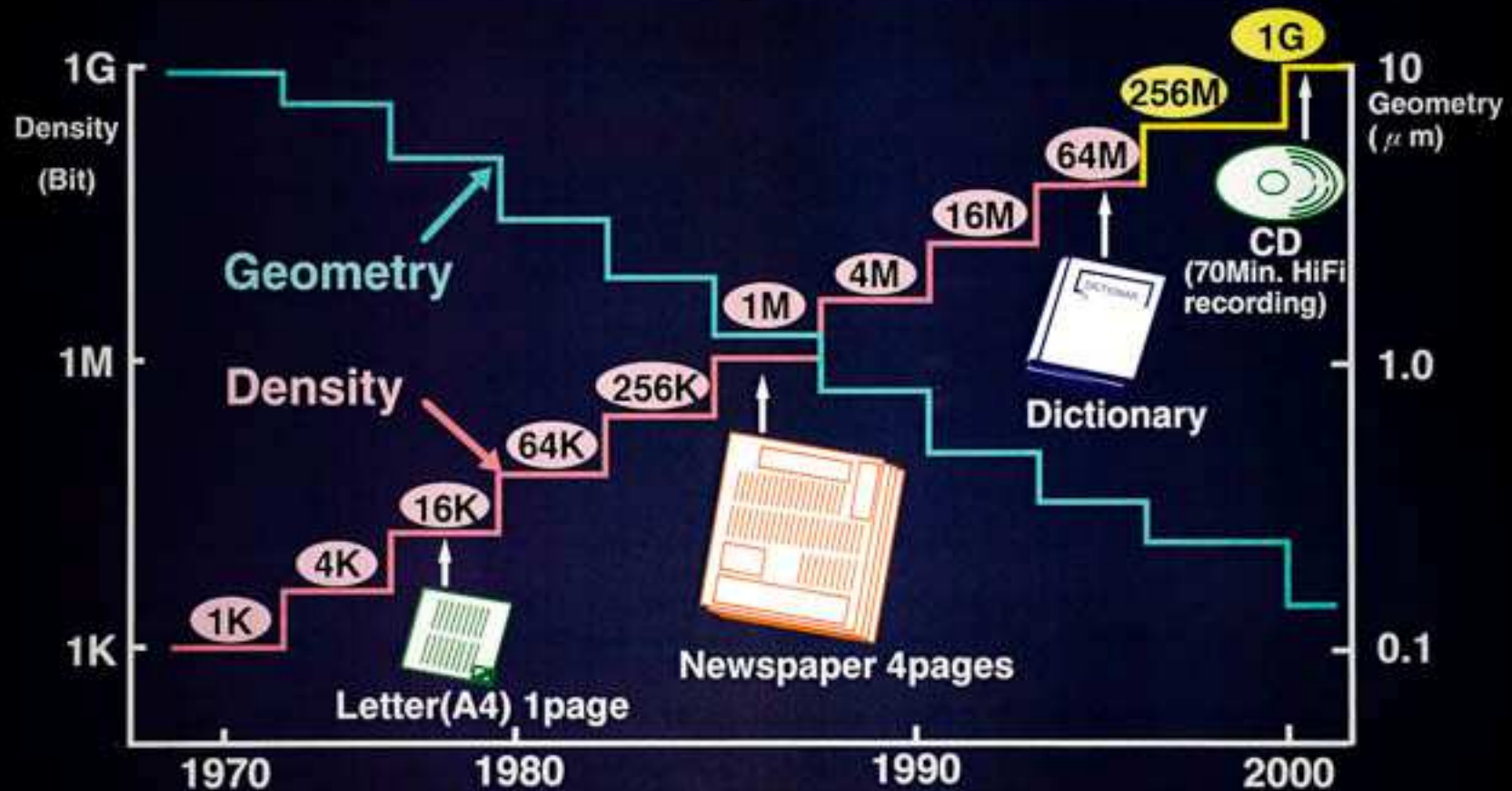
Positioning by Cost Effectiveness



価格性能比の分布

現在の8/16ビットマイコンはほぼ0.1MIPS/\$近辺に分布、32ビットCISC/RISCマイコンは0.1~1MIPS/\$の間に分布、新型RISCマイコンは1~10MIPS/\$の間に分布している。高性能指向の従来マイコンと性能/パワー指向の新型RISCマイコンでは価格性能比に1桁の違いがある。ノマディック時代のエンジンになりうるのは新型RISCマイコンである。

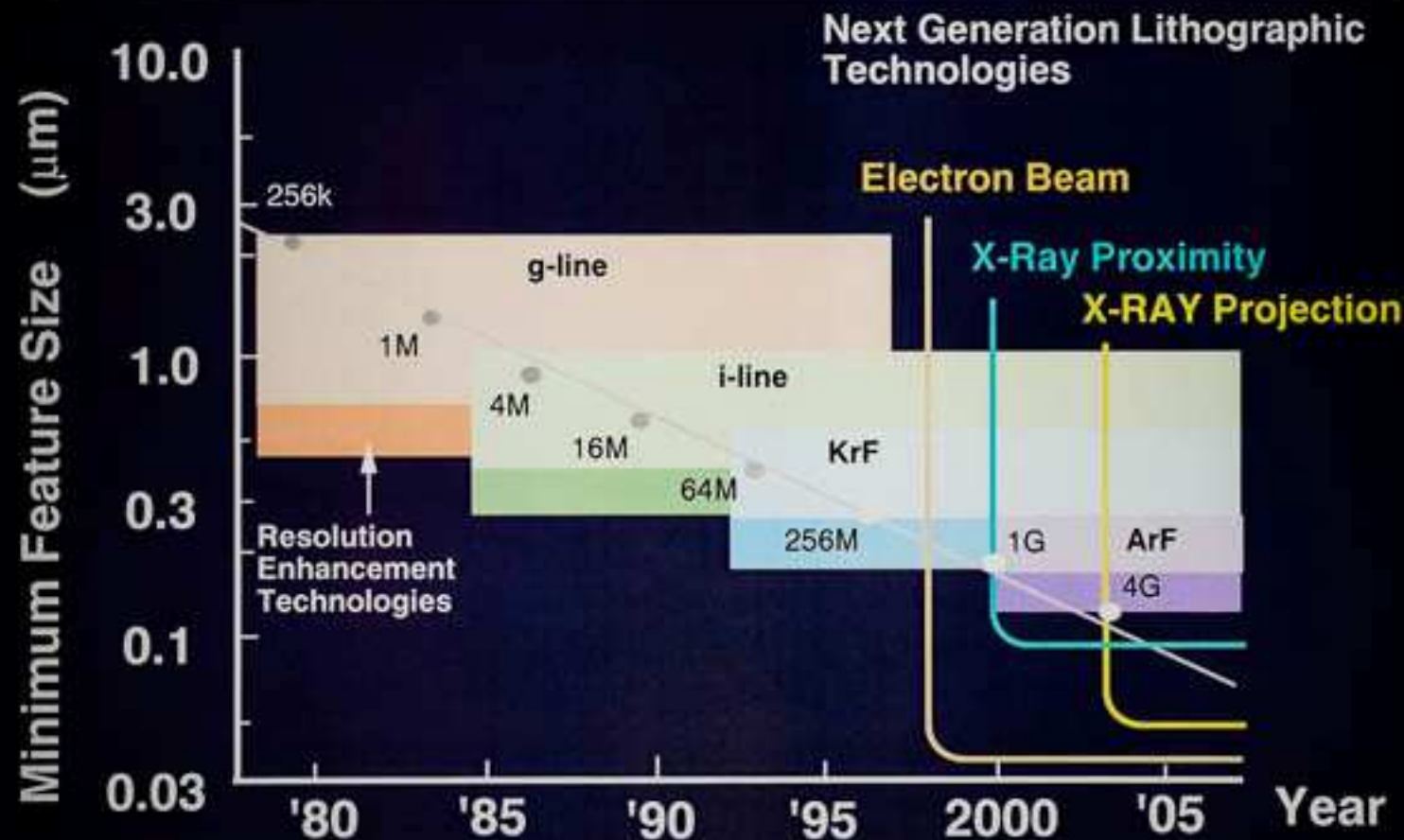
Fine Geometry - DRAM is the Driving Force -



微細化の動向・・・牽引役はDRAM

DRAMは1970年の1Kビットから今日では64Mビットまで進化してきた。ほぼ3年で4倍のペースでの伸びである。この背景にあるのは3年ごとに進む微細化であり、70年の8 μ から今日では0.3 μ に至っている。2000年には1Gビットの時代になるだろう。

Evolution of Lithography Technologies

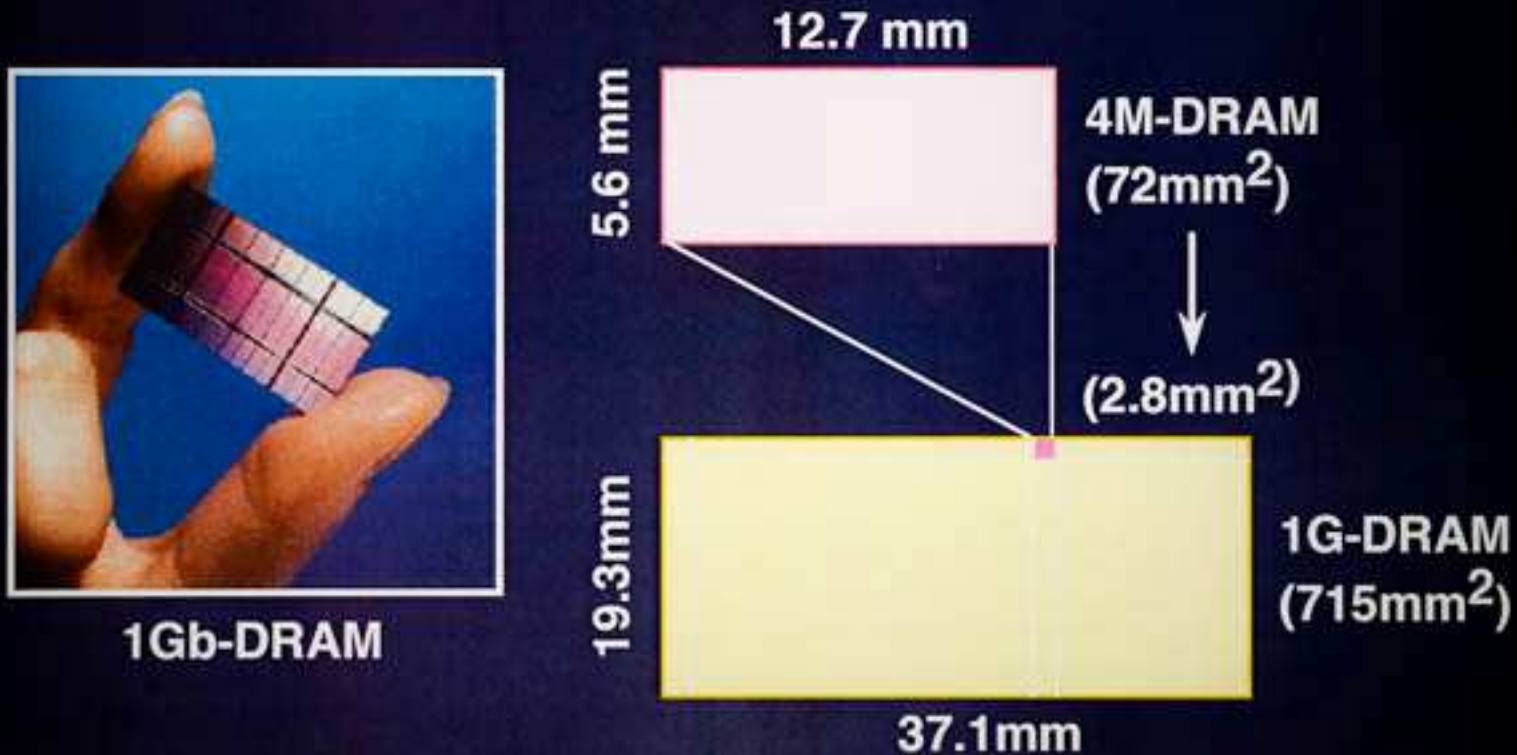


露光技術の進化

80年代初頭のgライン装置から、80年代半ばにはiライン装置が、90年代初頭にはKrF装置が導入された。2000年にはArF装置が使われるだろう。一方、90年代後半には次世代露光技術として、電子ビーム露光、X線近接露光、X線投射露光などが導入されるものと思われる。(注:次世代露光技術の予測は、結果的に大きな見込み違いとなっている。これは業界全体として技術予測を間違えた事例の一つである)。

1Gb DRAM

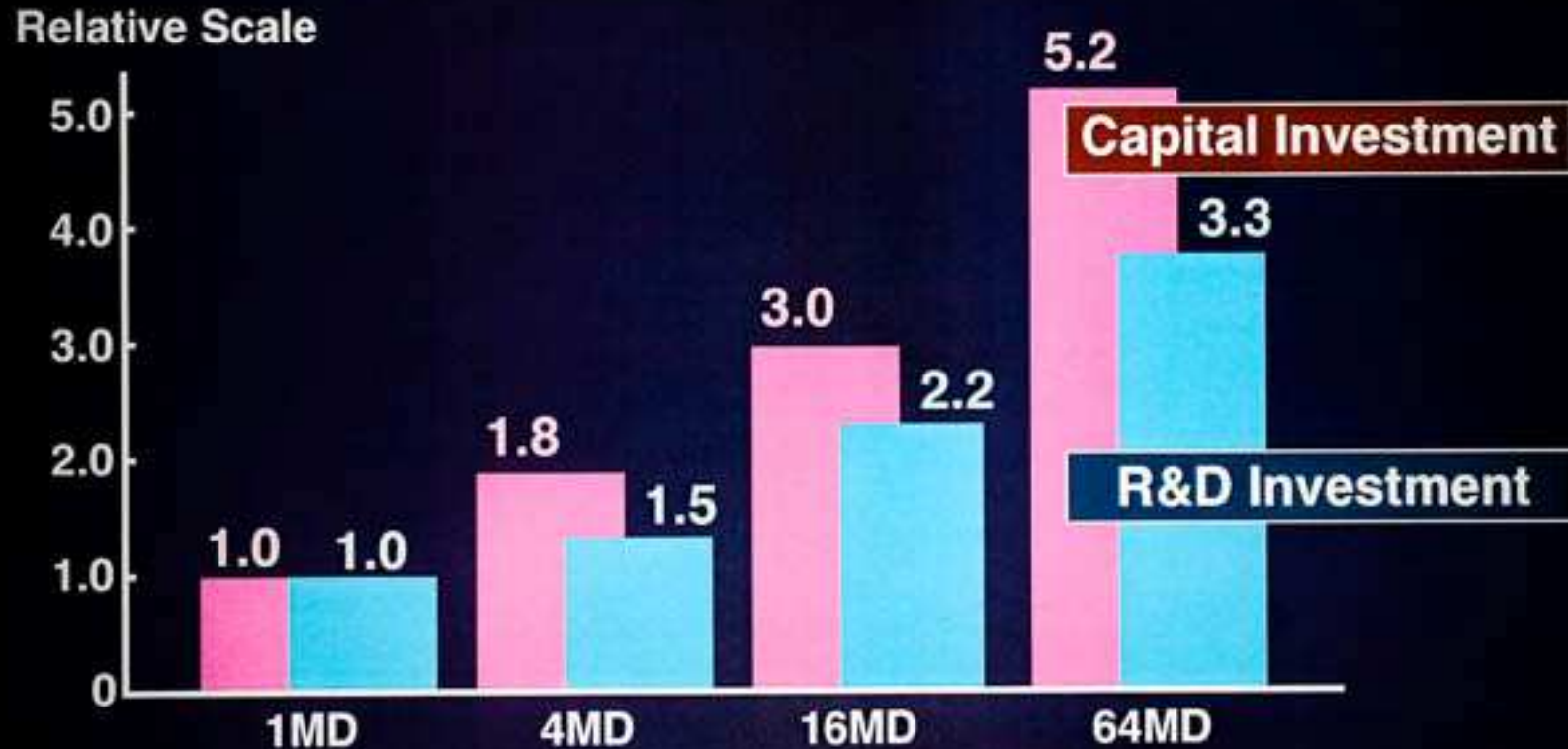
1Gb DRAM Chip at ISSCC : Hitachi, NEC ('95)
Samsung, Mitsubishi ('96)



1GビットDRAMのチップ

この当時はメモリの最先端品である1GビットDRAMの開発競争が激しく行われていた。ISSCCでの発表は日立とNECが95年であり、サムスンと三菱からの発表は96年であった。4Mビットと比べて、ビット数は250倍であるが、面積は約10倍となっている。1Gチップの中での4Mビット分が如何に小さいかを赤の四角で示している。

Investment Trends

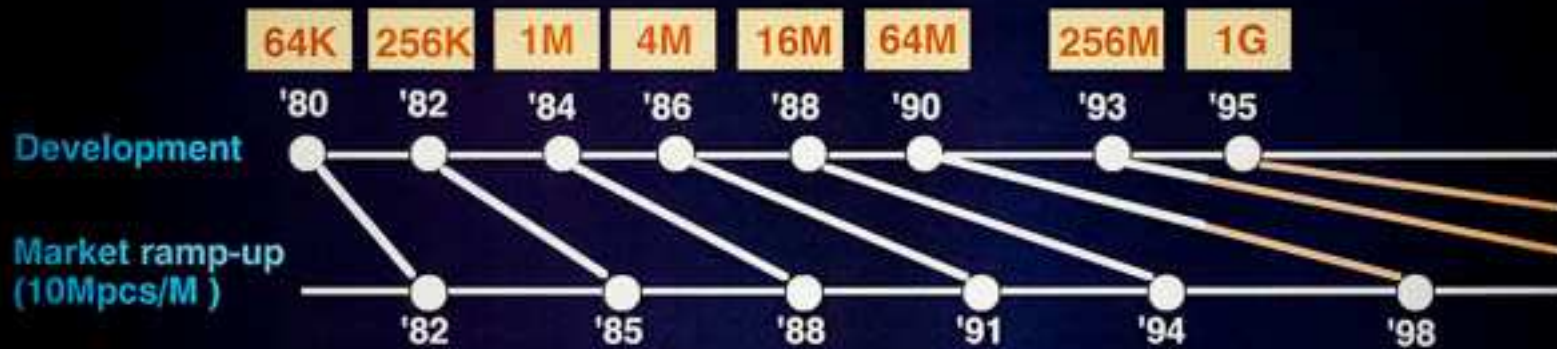


(Source; Hitachi)

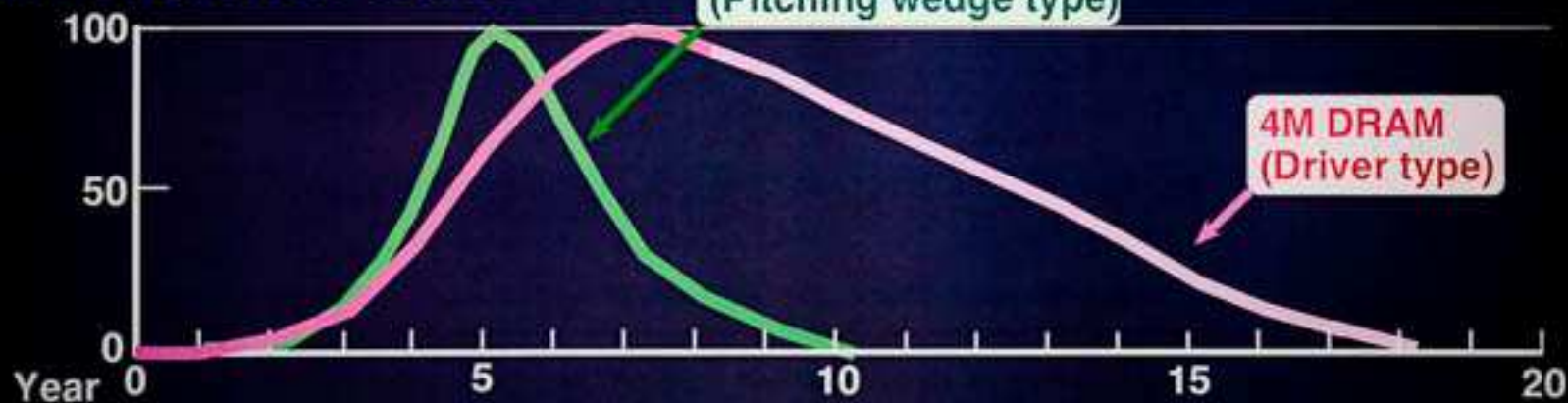
投資のトレンド

メモリの世代が進むにつれて設備投資も開発投資も巨大なものになって行く。64Mビットでは1Mビットに比べて設備投資は5.2倍、開発投資は3.3倍になっている。

R&D to Production



Market Growth Curve

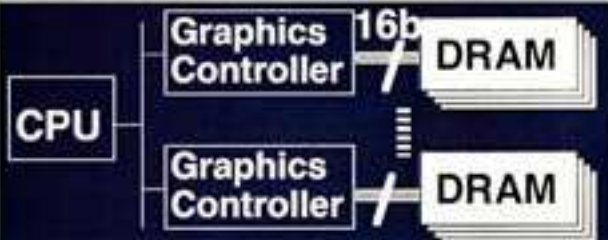



研究開発から生産への移行

64Kビット以降のメモリの各世代について開発から生産までの移行期間が次第に長くなっていることを示している。64Kビットでは2年であったが、16Mビットでは6年を要した。これからもこの傾向が続くだろう。また、メモリの製品寿命は次第に長引くと思われる。64Kビットは5年でピークに達し、5年で消えたのでピッチングウエッジ型であったが、4Mビットはゆっくり立ち上がり、ゆっくり消えていくのでドライバー型になるだろう。

Logic Integration with DRAM

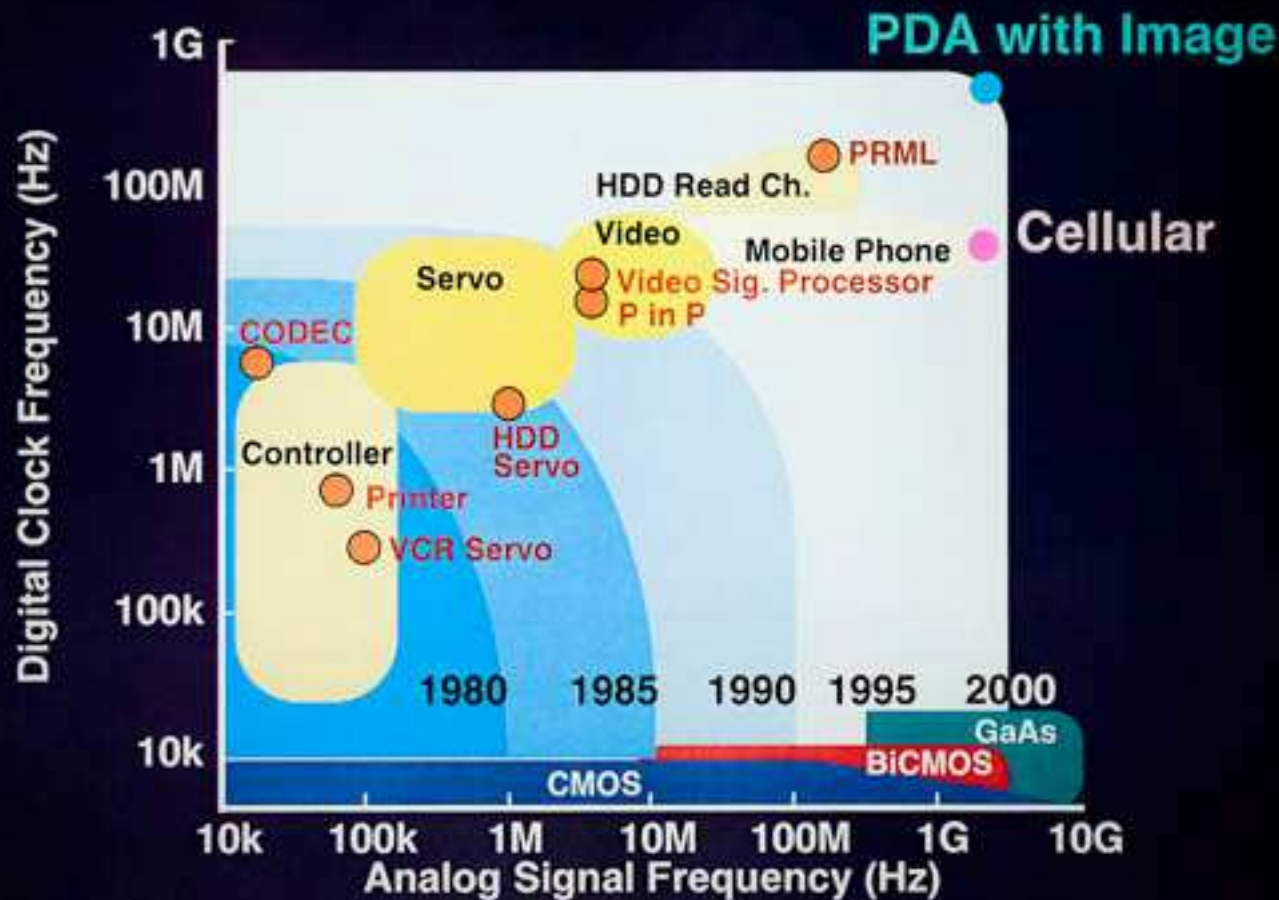
3-D CG (250 Mpixel/s)

	Conventional	DRAM Integration
Configuration		
Data Transfer Rate / Chip	0.13 GB/s (@66 MHz)	4.1 GB/s (@66 MHz)
Total Power Dissipation	24 W	4 W
Chip Counts	40	4

DRAM混載ロジック: 3次元CGの例

現在のシステムではDRAMとグラフィック・コントローラは別チップになっている。これに対し、新システムではDRAMチップとコントローラとが同一チップ内に作られている。これによってデータの転送量は約30倍となり、消費電力は1/6に低減される。また、チップ数は40個から4個と1/10に減らすことができる。DRAM混載ロジックがこれからの一つの方向である。

Trends in the Digital/ Analog Mixed Signal Devices

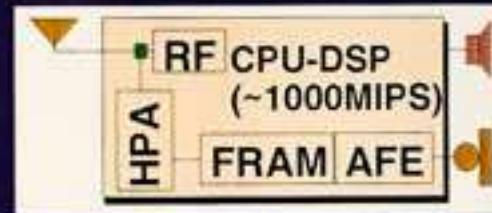


デジタル・アナログ・ミクストシグナル・デバイス

来るべきマルチメディア・ノマディック時代においては、デジタル回路とアナログ回路が共存するミクストシグナル・デバイスの重要性が高まるだろう。また、アナログ回路の周波数、デジタル回路のクロックも高くなる。携帯電話や画像付きPDAの場合はアナログ周波数は数GHz、デジタルのクロック周波数は数10MHzから1GHzに及ぶ。

System on a Chip

- Digital/Analog Mixed Signal LSI in Mobile -



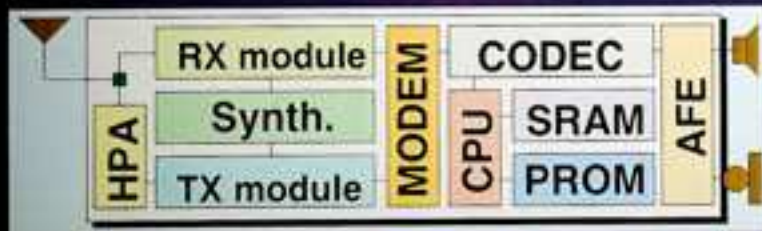
2000~
PDA for image

1 Chips



'97 Cellular

5 Chips



'94 Cellular

10 Chips

システム・オン・チップ

携帯電話においてはアナログとデジタルが共存する。94年時点では10チップ構成となっているが、97年には5チップ程度になるだろう。2000年以降の画像付きPDA向けのチップでは、全部の機能がワンチップに収納され、システム・オン・チップの時代となるだろう。

Field Programmability



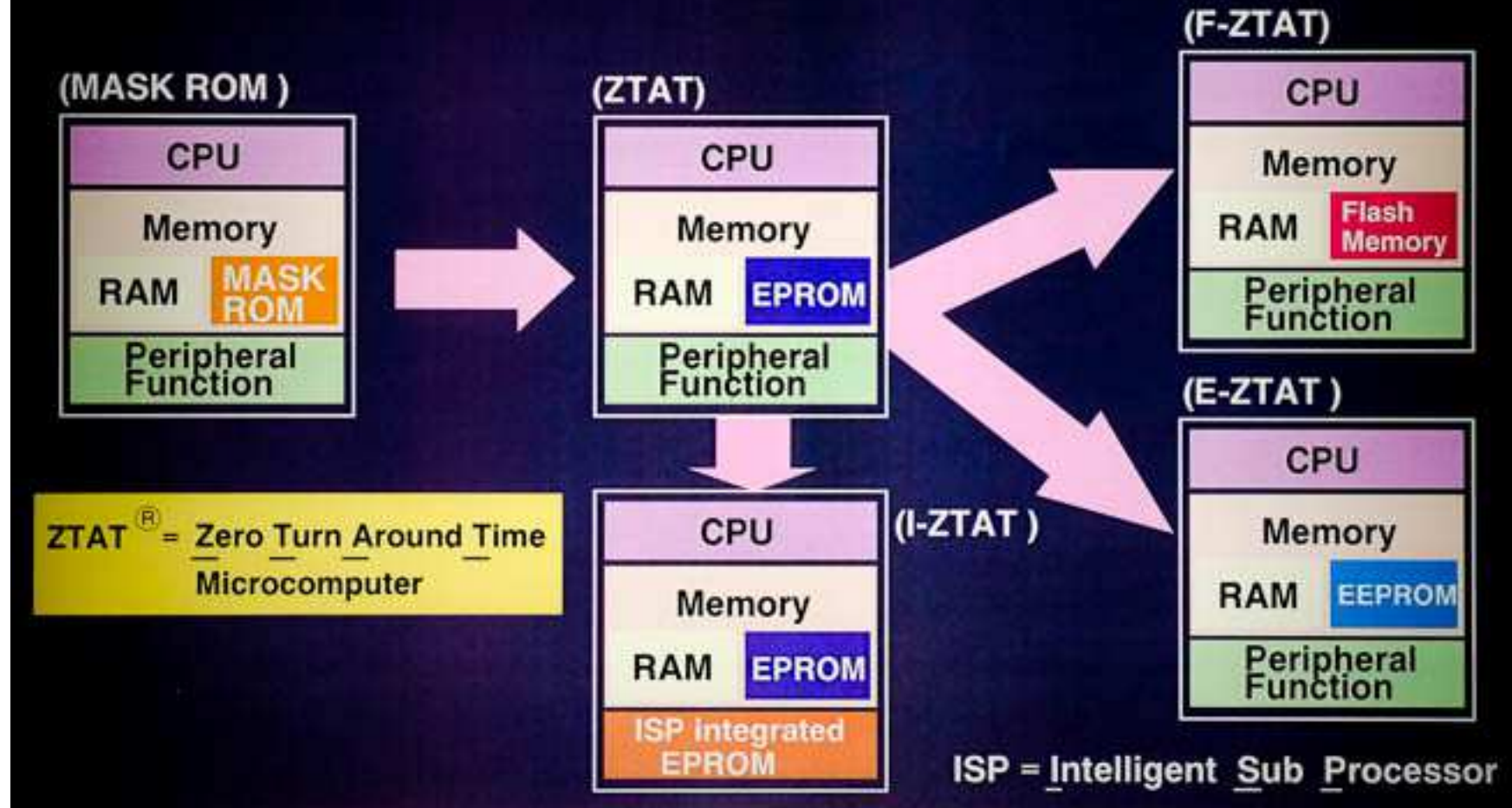
Why Field Programmability ?

- Standard Products at Manufacturers
- Customization at Users
- Short time to the market
- More personalization of products

フィールドプログラマビリティ

牧本ウエーブの予測によれば、この講演の翌年(97年)ころからフィールド・プログラマブル・デバイスの立ち上がりが予想されていた。その背景として次の4点が述べられている: 製造段階では標準品であること(効率高い)、顧客サイドではカスタム化できること、タイムツーマーケットが短くなること、製品の個性化(差別化)がしやすいこと。

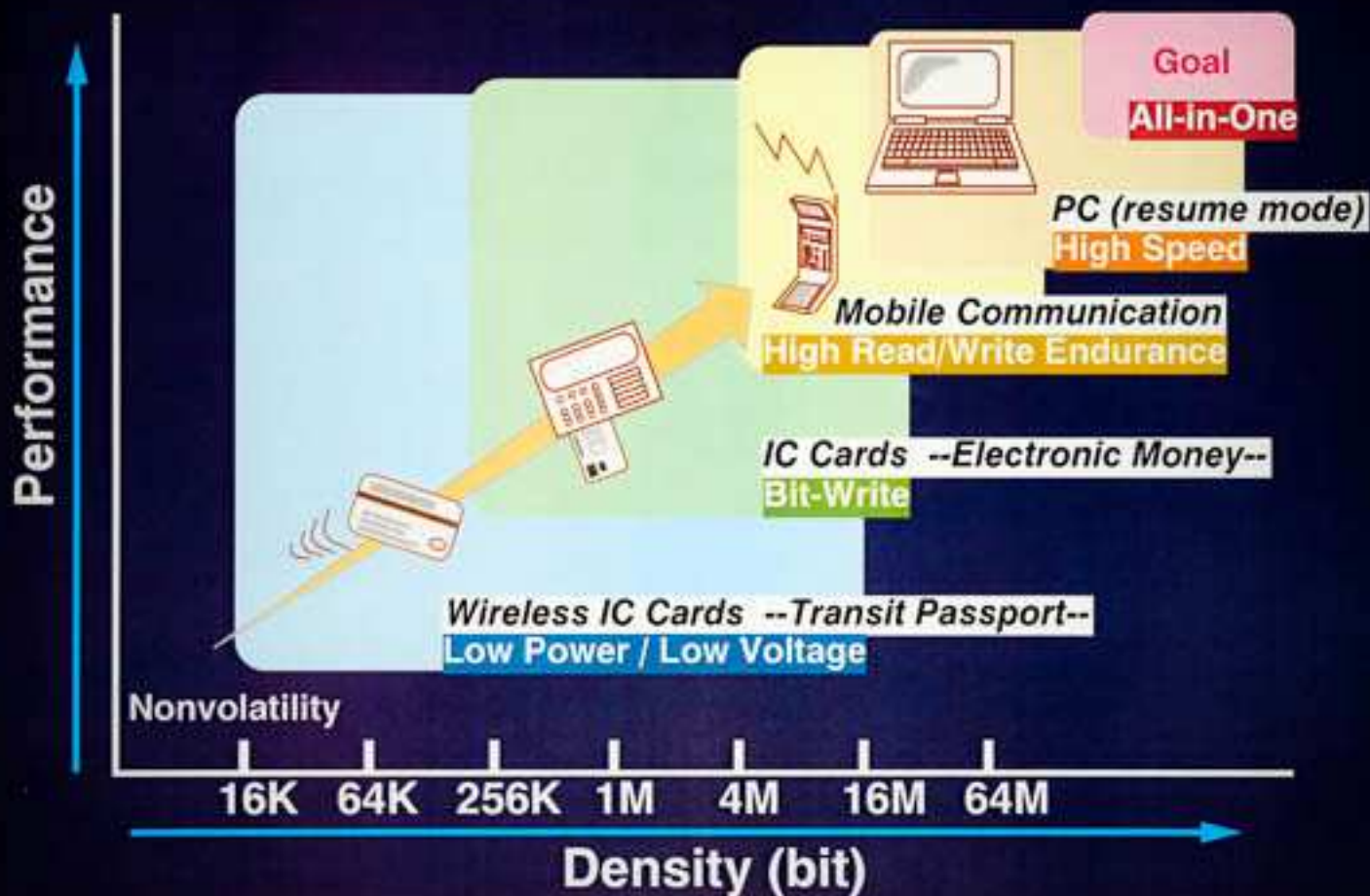
Concept of ZTAT Microprocessor



ZTATマイコンのコンセプト

フィールド・プログラマブル・デバイスの事例として日立で商用化したZTATマイコンについて述べている。初代のZTATマイコンはプログラム用としてEPROM(1回書き込み)が使われていたが、そこから三つの方向に進化している。フラッシュ・オンチップのF-ZTAT、EEPROMオンチップのE-ZTAT、周辺回路にEPROMを使ったI-ZTATである。

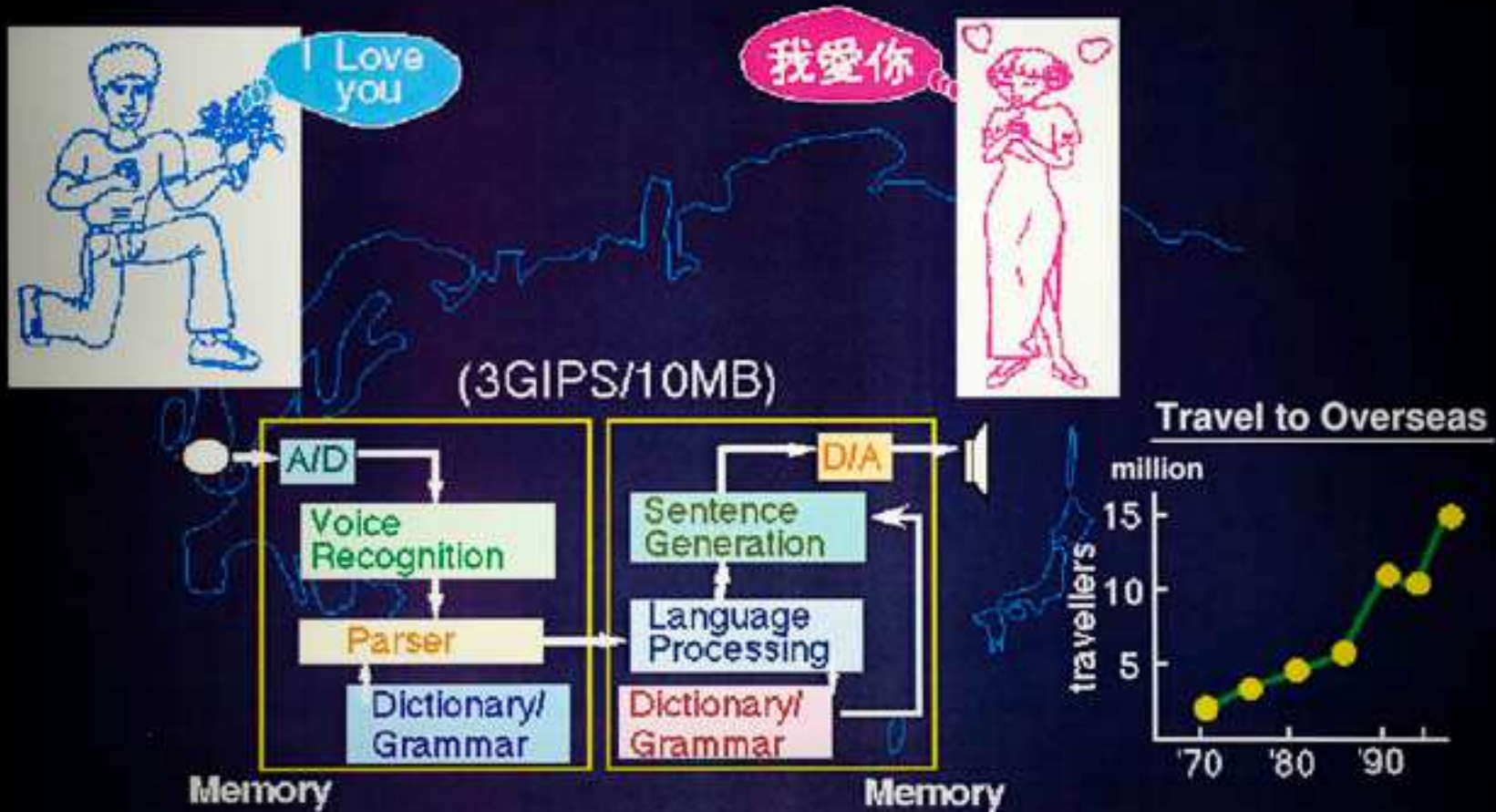
FRAM[®] Application



FRAMの応用

不揮発性RAMの事例としてFRAMを取り上げ、現在から将来に向けての応用動向を示す。現在は64Kビットのレベルであり、ICカードなどに使われる。1Mビットレベルでは電子マネーに使われるようになる。さらに読み書き回数の耐性が高くなると、移動通信やパソコンなどに使われるだろう。将来的には「オールインワン」システムへの応用の可能性もある。

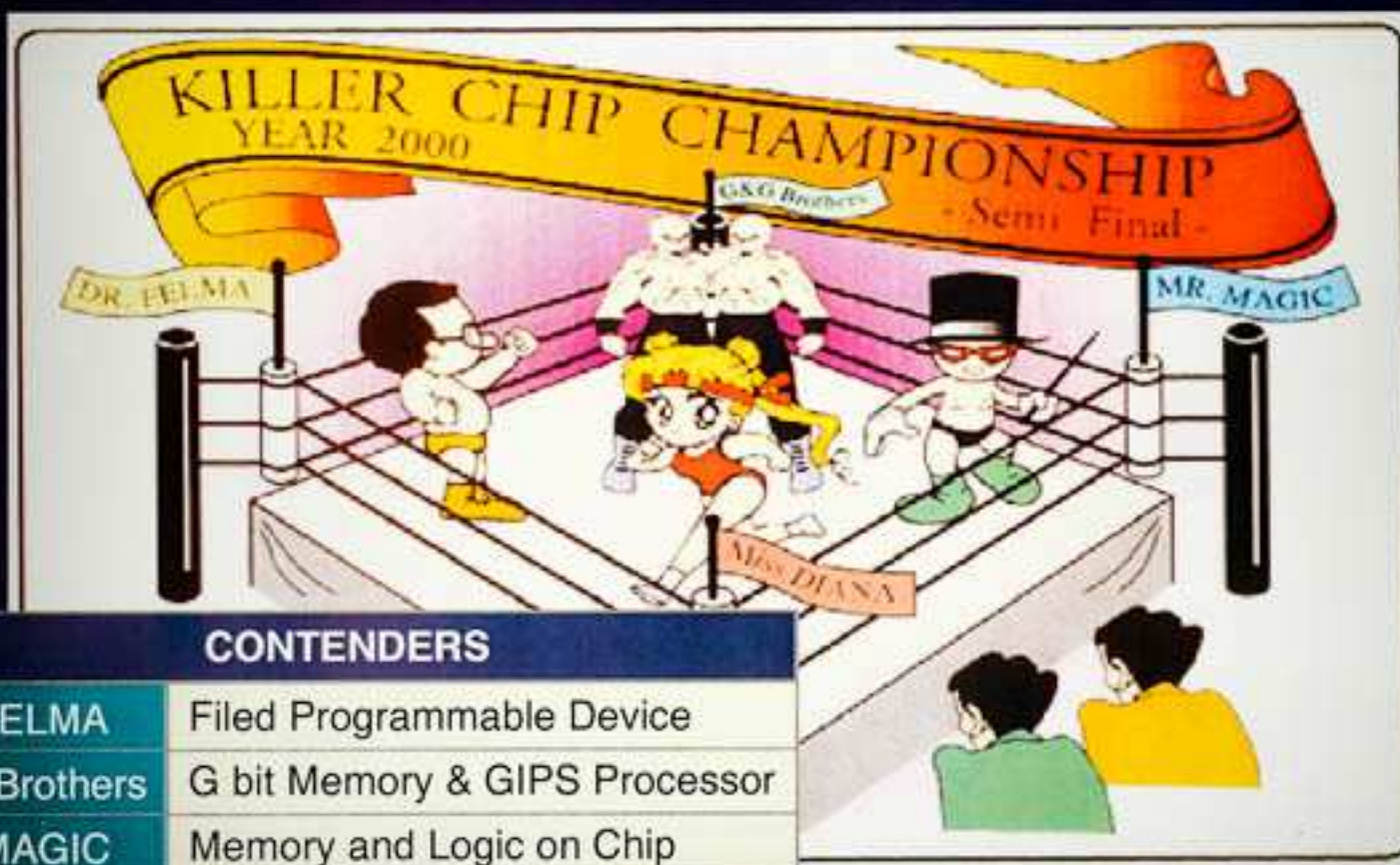
Challenging Language Barrier



言葉の壁に挑戦

エレクトロニクス分野がこれから挑戦すべきは「言葉の壁」を乗り越えることである。海外旅行者はすでに1千万人に達しており、2000年には1500百万人を超えるだろう。電子通訳機としては音声認識・辞書検索・言語処理・文章作成などの処理が必要であり、最低でも3GIPSプロセッサ／10MBメモリが必要である。

Killer Chip



CONTENDERS

DR. FELMA	Filed Programmable Device
G&G Brothers	G bit Memory & GIPS Processor
MR. MAGIC	Memory and Logic on Chip
Miss. DIANA	Digital & Analog Mixed Signal IC

キラーチップ

2000年時代にキラーチップとして勝ち残るデバイスは何か？ 準決勝のリング上に4組の選手が登場している。ドクター・フェルマ（フィールド・プログラマブル・デバイス）、G&G兄弟（Gビット・メモリ&GIPSプロセッサ）、ミスター・マジック（メモリ・ロジック混載チップ）、ミス・ダイアナ（デジタル・アナログ・ミックストシグナルデバイス）。これは余興を交えた将来予測。今日の時点でみれば、G&G兄弟の力が最大であるが、他の3者も夫々に善戦している。