

# New Opportunities in the Chip Industry

## Semico Summit by Semico Research, March 14, 2004, Scottsdale

### Keynote Speech

#### 解 説

この講演は2004年に、ベルウェザー(Bellwether)賞を受賞した時の国際会合(Semico Summit)における基調講演である。ベルウェザーの語源は「首に鈴をつけて群れを先導する雄羊」の意であり、転じて「先導者」を意味する。半導体分野において卓越したリーダーシップとビジョンを持ち、産業に貢献した経営者一人に毎年贈られる。私の前の受賞者はTSMCのモーリス・チャン、マイクロンのスティーブ・アップルトン、メンターグラフィックスのウォーリー・ラインズ、AMDのジェリー・サンダースなど錚々たる顔ぶれであり、私にとっては身に余る光栄であった。

この会合は半導体業界の経営者が年に一度、フェニックス郊外のスコッツデールに集い、3日間に渡って行われる。(80年代にはDataquest会議、90年代にはIn-Stat会議があったが、99年以降はSemico Summitが中心となっている)。

講演では、エレクトロニクス産業のマクロ動向について述べ、半導体技術との関わり合いについて、経営者向けに明確なメッセージを伝えるように努めた。コンシューマ製品のデジタル化の動向について、具体的な事例をあげ、「PCの時代が終わり、デジタル・コンシューマの時代に転換する」というのがメインのシナリオである。

さらに将来的に産業を牽引するのはロボット分野である。ロボットの進化を支えるのは半導体の技術革新であり、高性能・ローパワーのSoC/SiPと共に、センサーなどの多様化(今日のMore than Moore)製品が重要になる。

# New Opportunities in the Chip Industry

**Tsugio Makimoto, Ph. D.**  
Corporate Advisor  
Sony Corporation  
[Tsugio.Makimoto@jp.sony.com](mailto:Tsugio.Makimoto@jp.sony.com)

年に一度、半導体経営者が集う国際会合における基調講演である。半導体市場がPC中心の時代から次の時代に代わりつつあるとき、どのような機会があるかを論じたものである。当時、コンシューマ製品のデジタル化が始まっており、ここに大きな機会がある。将来的にはロボットが新たな事業機会となるだろう。

## Murphy's Law of ~~Golf~~

### Semiconductor

*If we learn from our  
mistakes, then*

~~golfers~~  
*semiconductor people  
are the most learned  
people on earth.*



SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

「マーフィーのゴルフの法則」をもじって「マーフィーの半導体の法則」とした。  
『我々が間違いから学ぶとすれば、ゴルファー（半導体屋）は地上で最も学んだ人たちである』・・・自分も例外でなく、間違いを重ねてきた。今日はその反省を踏まえた上で話をしたい。

# Outline

- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- New Technology Directions
  - ★ SoC: System on Chip
  - ★ New Jisso Technology
  - ★ Field Programmability
- Robots as the New Driver

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

● **コンシューマ製品のデジタル化**

● パラダイムの転換

● 新しい技術の方向 (★ SoC

★ 新実装技術

★ フィールド・プログラマビリティ)

● 新しいドライバーはロボット

## December 1, 2003 – Start of TDTV--

- Terrestrial Digital Broadcasting to Start in Tokyo, Osaka and Nagoya, Japan
- 100M TVs to be Digitalized by 2011
- \$2,000B of Economic Effect

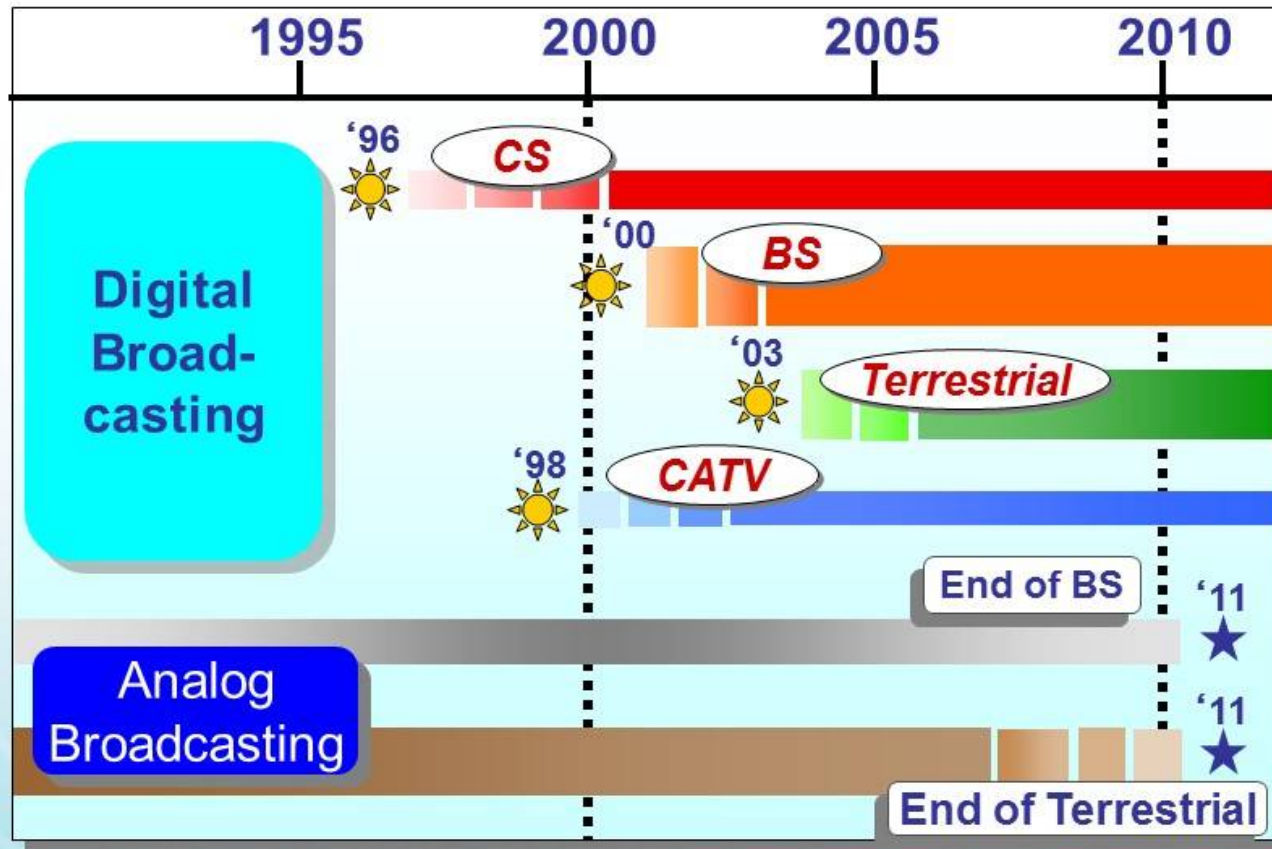


Dr.Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

- 2003年12月1日：地上デジタル放送の開始。民生品のデジタル化を象徴する出来事。
- この日、東京・大阪・名古屋において地上デジタル放送がスタート。小泉首相も式典に出席。
  - 2011年までに1億台のテレビがデジタル化されるだろう
  - 全体の経済効果は2000B \$ (約200兆円)と予想される(総務省の予測)

## Analog to Digital Conversion : TVs in Japan



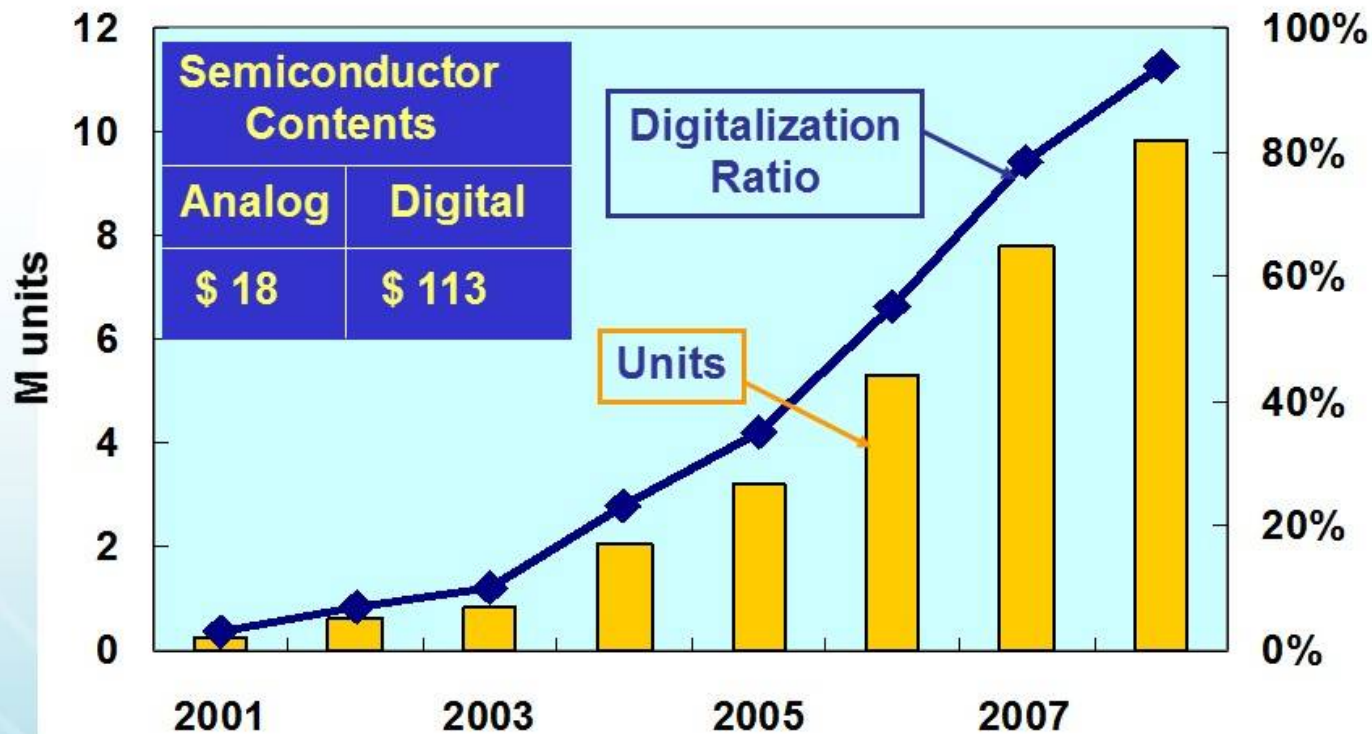
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

アナログからデジタルへの転換(日本におけるテレビの例)

デジタル放送はCSが1996年から、CATVが98年から、BSが2000年からスタートした。そして、いよいよ地上波デジタルがスタートしたのだ。アナログ放送は、2011年までに終了し、デジタル化への転換が完成する。

# Digital TV Shipment in Japan



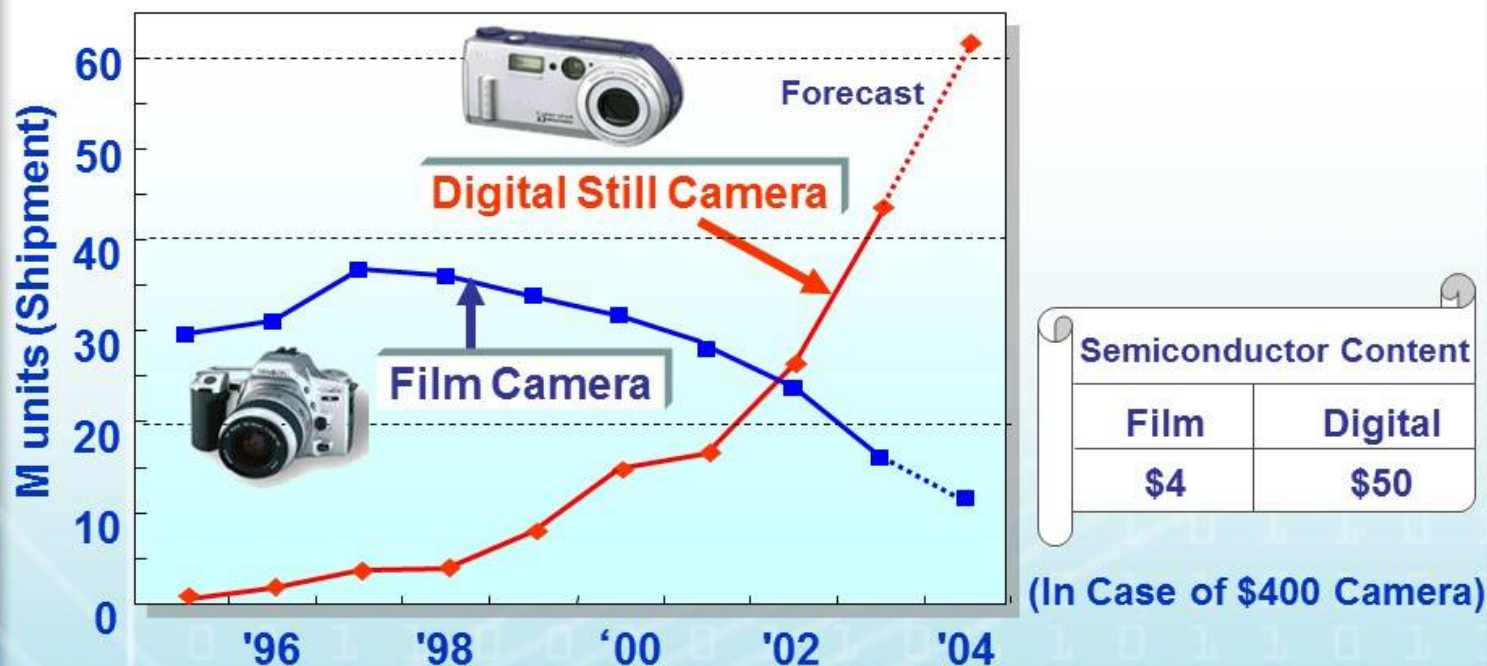
Source: JEITA

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

国内におけるデジタルTVの出荷予測を示す。2001年から立ち上がり、2008年には約1千万台が出荷され、デジタル化の比率は80%に達する見込み。半導体分野にとっての朗報はデジタル化によって半導体の搭載が増えることだ。アナログTVの18 \$ からデジタルでは113 \$ となり、約6倍となる。

# Analog to Digital Conversion: Silver vs Silicon



Source: Nikkei Market Access, CIPA

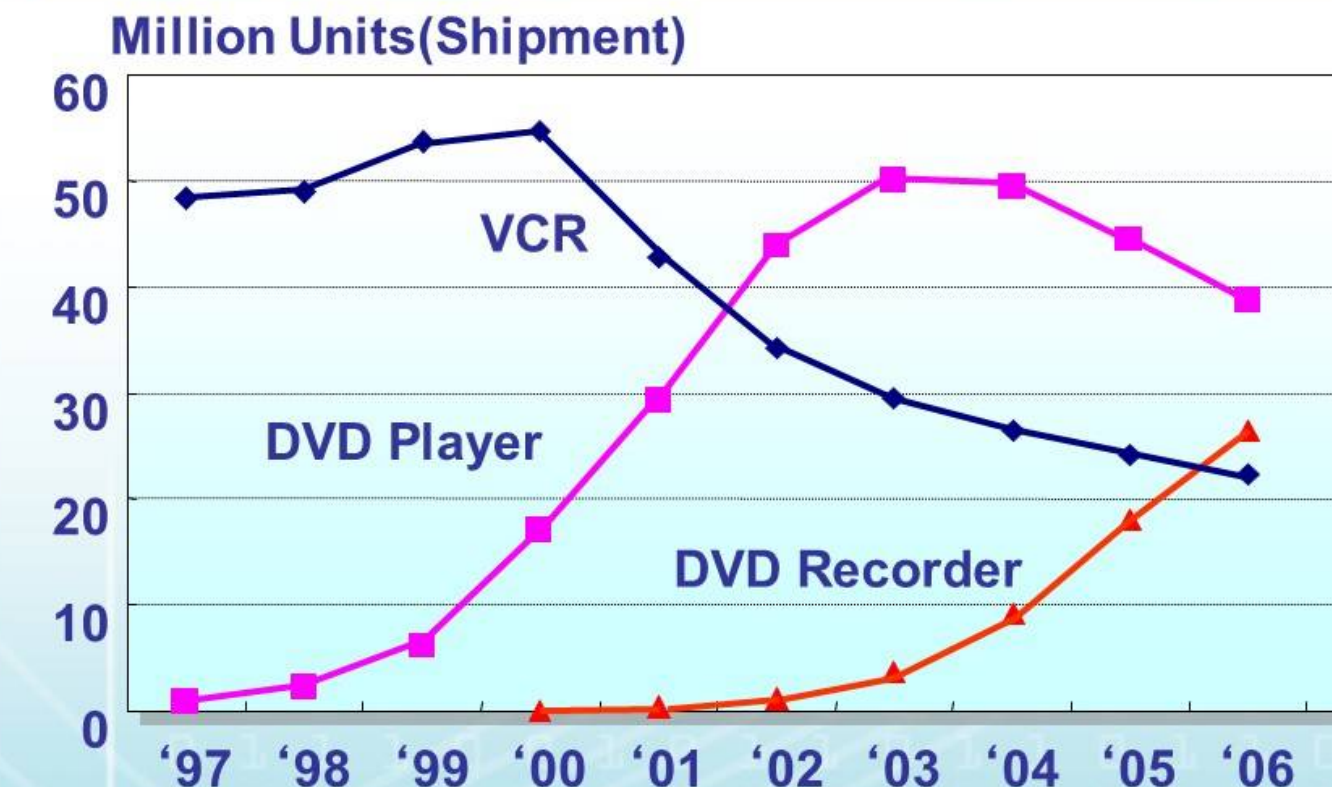
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

カメラについてのアナログからデジタルへの転換状況を示す。95年にカシオがデジタルカメラを発売し、デジタル化が始まった。因みに画素数は27万画素であったが、PCへの手軽なインプットが受けて予想以上の売れ行きとなった。その後、デジタルは順調に成長し、02年にはついにアナログを逆転した。また、1台あたりの半導体の搭載量はアナログの場合の12倍にもなる。



## Analog to Digital Conversion: VCR vs DVD



Source: JEITA, Sony

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

アナログからデジタルへの転換の事例としてVTR(VCR)からDVDへのシフトの状況を示す。これまで、TVの録画はVTRに限られていたが、これからはDVDに代わる。02年にはDVDプレーヤーがVTRを凌駕し、06年にはDVD録画機がVTRにとって代わるだろう。これでコンシューマ製品のほとんどがデジタル化されることになる。

# Outline

- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- New Technology Directions
  - ★ SoC: System on Chip
  - ★ New Jisso Technology
  - ★ Field Programmability
- Robots as the New Driver

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

● コンシューマ製品のデジタル化

● **パラダイムの転換**

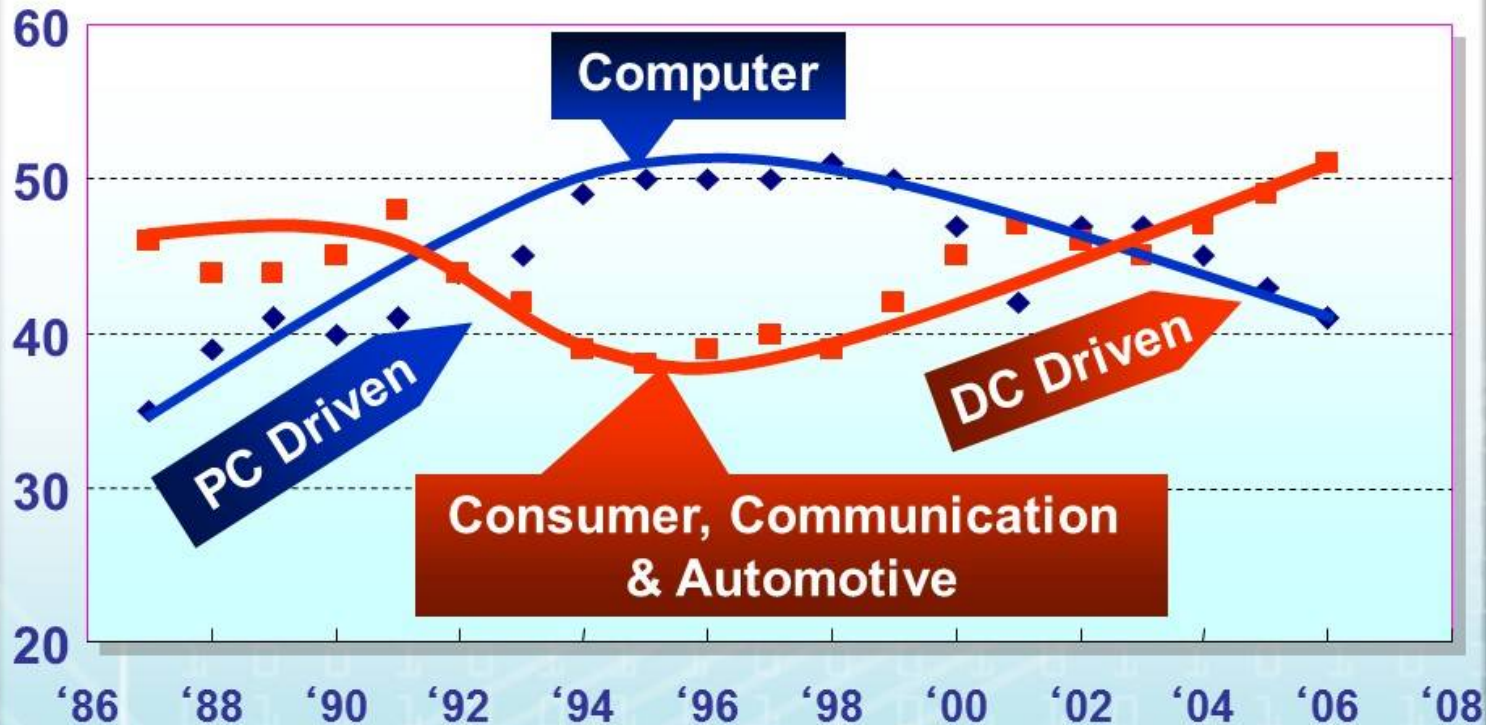
● 新しい技術の方向 (★ SoC

★ 新実装技術

★ フィールド・プログラマビリティ)

● 新しいドライバーはロボット

## Change in Chip Market Structure



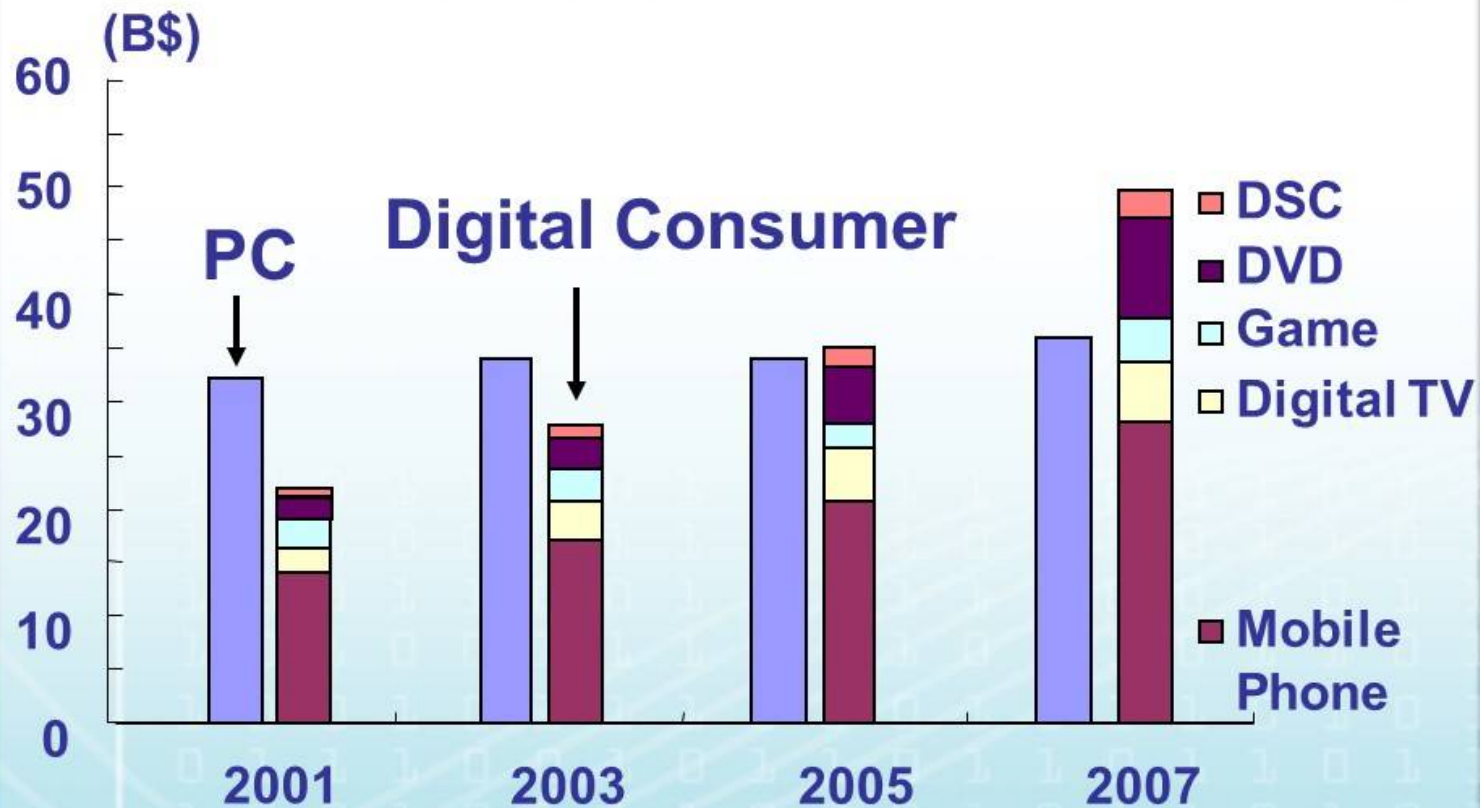
Source: WSTS

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

この図は半導体市場における、パラダイム転換の状況を示す。青の線はコンピュータ分野が占める比率であり、赤の線は民生・通信・自動車占める比率である。80年代から90年代後半にかけてはPCがドライバーとなった。一方、90年代後半から2000年代にかけてはデジタル・コンシューマがドライバーとなり、パラダイム転換が起こっている。

## Growing Digital Consumer Market



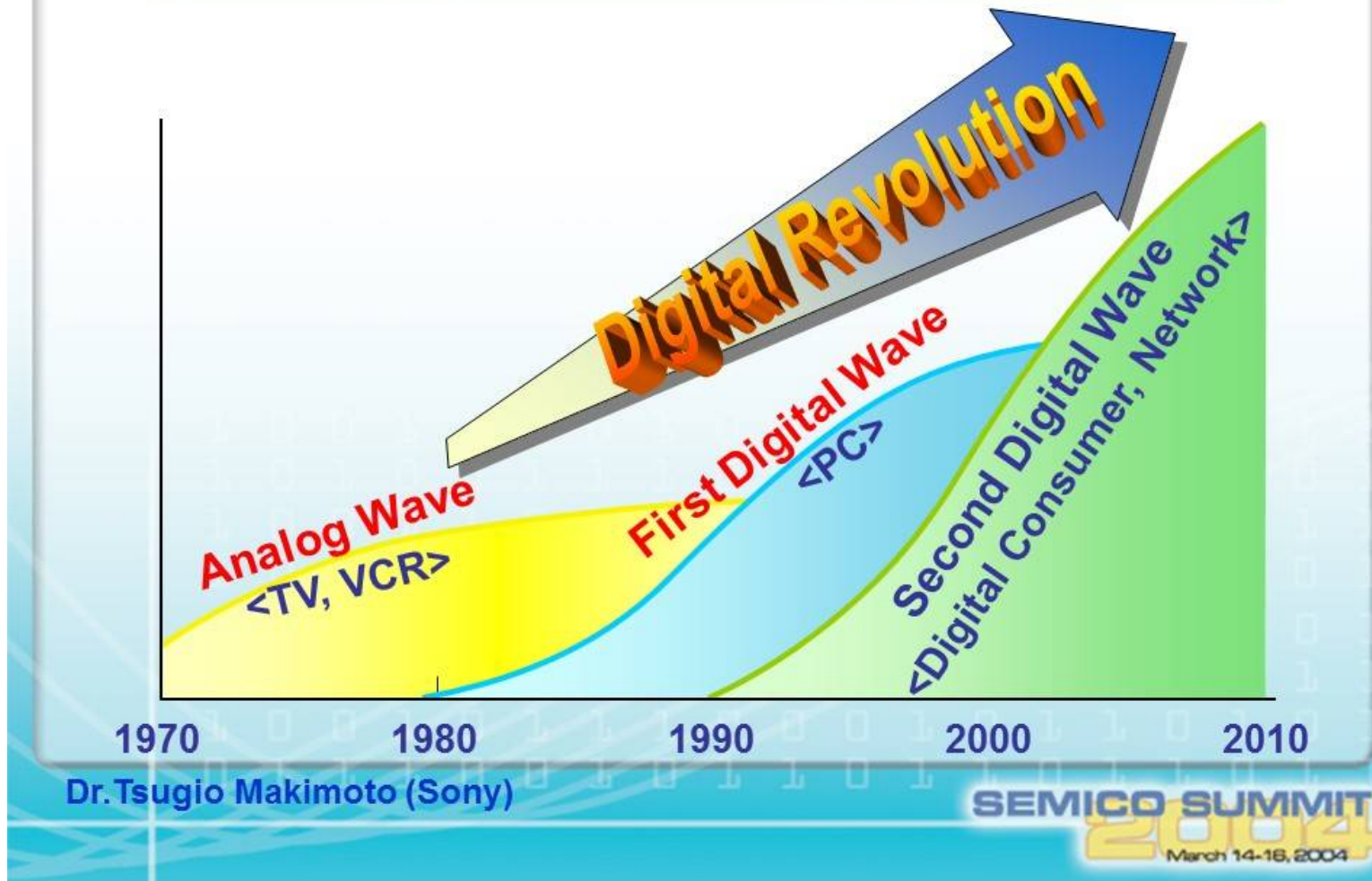
Source: Future Horizons

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

年度ごとにPCとデジタル・コンシューマ分野の半導体市場を比較している。01年にはPCが圧倒的に大きかったが、05年には逆転が起こり、その後の半導体市場の牽引車はデジタル・コンシューマ製品となる。主要分野は携帯電話、DVD、デジタルTV、ゲームなどだ。このような傾向は2016年現在、ますます顕著となり、スマホが最大のセグメントになっている。

## Three Waves of Electronics



これまでに述べたパラダイム転換を波の形で表現したものである。80年代以降に立ち上がったPCによって作られたデジタル第1波は飽和傾向となり、90年代以降に立ち上がったデジタル第2波が主流の位置につつつある。当時の米国では「PCが半導体市場の中心」という捉え方が一般的であったので、この表現は多くの経営者に驚きを与えるものであった。

## Comparison of Three Waves

	<i>Analog Wave</i>	<i>1<sup>st</sup> Digital Wave</i>	<i>2<sup>nd</sup> Digital Wave</i>
Market Drivers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital Consumer &amp; Network</li> </ul>
Key Devices	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MCU</li> <li>• Bipolar IC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MPU</li> <li>• DRAM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SoC &amp; SiP</li> <li>• Flash</li> </ul>
Social Impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal Entertainment</li> <li>• Simultaneous News Spread</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down Sizing</li> <li>• Dog Year</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nomadic Life Style</li> <li>• Clean Environment</li> </ul>
Who Leads?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Japan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• US</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Who?</li> </ul>

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

この表はエレクトロニクスにおける三つの波の特徴を比較している。夫々の波について、「マーケット・ドライバー」、「キーデバイス」、「社会へのインパクト」、「勝者は誰か」が記されている。デジタル第2波については、「ネットワークでつながるコンシューマ製品」がドライバとなる。勝者が決まるのはこれからだ。現時点から見ればこの勝者はスマホを制したアップルとなった。

# Outline

- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- **New Technology Directions**
  - ★ **SoC: System on Chip**
  - ★ New Jisso Technology
  - ★ Field Programmability
- Robots as the New Driver

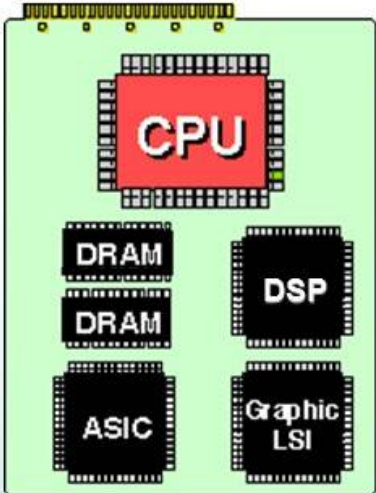
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

- コンシューマ製品のデジタル化
- パラダイムの転換
- **新しい技術の方向** (★SoC      ★新実装技術      ★フィールド・プログラマビリティ)
- 新しいドライバーはロボット

# From System on Board to System on Chip

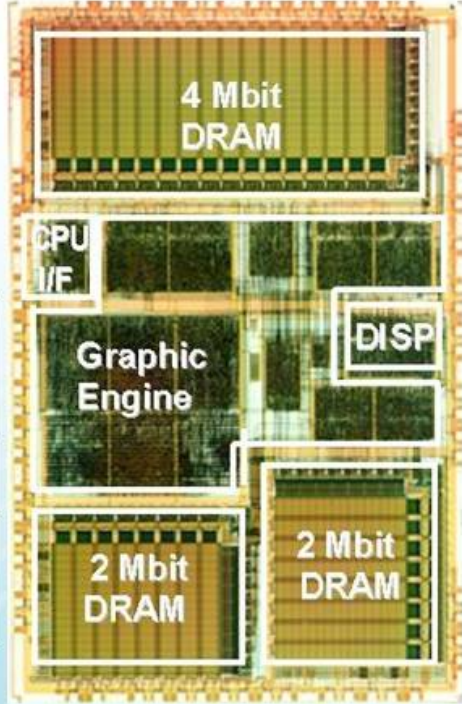
## System on Board



## 3-D Graphics Engine



## System on Chip



	System on Board	System on Chip
Performance	x1	x4
Power	x1	x1/5
Chip Counts	x1	x1/4

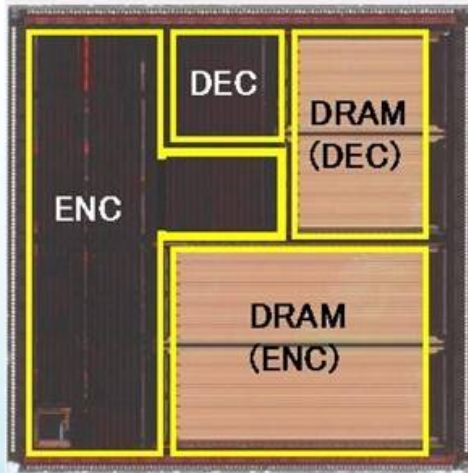
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT 2004  
March 14-16, 2004

新技術の代表として、SoCの威力を経営者に説明した資料である。「システム・オン・ボード」からSoCに移行することによって、性能は4倍、パワーは1/5、チップ数は1/4となる。高性能のモバイル端末を作るためには高度のSoCが必須となる。



# LSI for Network Handycam



Sony Corp.

	System on Chip	System on Board
Chip Configuration	1Chip [MPEG2 Video CODEC]	3Chips -MPEG2 Encoder -MPEG2 Decoder -DRAM
Embedded DRAM	48Mb	--
Design Rule	<b>0.18um Process</b>	<b>0.35um Process</b>
Power Dissipation	<b>170mW</b>	<b>3.2W</b>

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

これはソニーのネットワーク・ハンディーカム向けに開発したSoCの実例である。チップ内の機能としてはエンコーダ、デコーダの回路とともにDRAMが搭載されている。旧システムでは0.35 $\mu$ m設計で、ロジックの3チップとDRAMが必要であった。新システムでは0.18 $\mu$ mベースの1チップである。消費電力は3.2Wから170mWと約1/20になった。

## Major Issues of SoC

- ★ Design Productivity is Lagging
- ★ Process Machines Getting Expensive
- ★ Tooling Cost is Escalating
- ★ Testing is Complex and Expensive
- ★ Will SoC be Profitable?
  - Yes in Some Cases, but Not Always
  - SiP Will Supplement SoC
  - Field programmability to play important role

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

しかし、SoCにはいくつかの課題がある。主なものは、設計の生産性の遅れ、前工程装置の高騰、ツールング(マスクなど)の高騰、テストングの複雑化の問題などだ。SoCは儲かるのか?・・・儲かることもあるが、常にとは限らない。儲かるためにはSiPでSoCの弱点をカバーすること、フィールドプログラマビリティを有効に活用することが重要だ。

# Rising Cost of Tooling



Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

ツールコストの代表としてマスクコストを取り上げ、その上昇の理由を示している。マスクコストは微細化が進むとともに、右表のように高騰する(図の青線に相当)。一方、チップの集積度が高くなると、(汎用性が失われるので)生涯生産量は減少する(図の緑線)。従って、個あたりのマスクコストは、図の赤線のように急増する。これはSoCの避けられない問題点だ。

# Outline

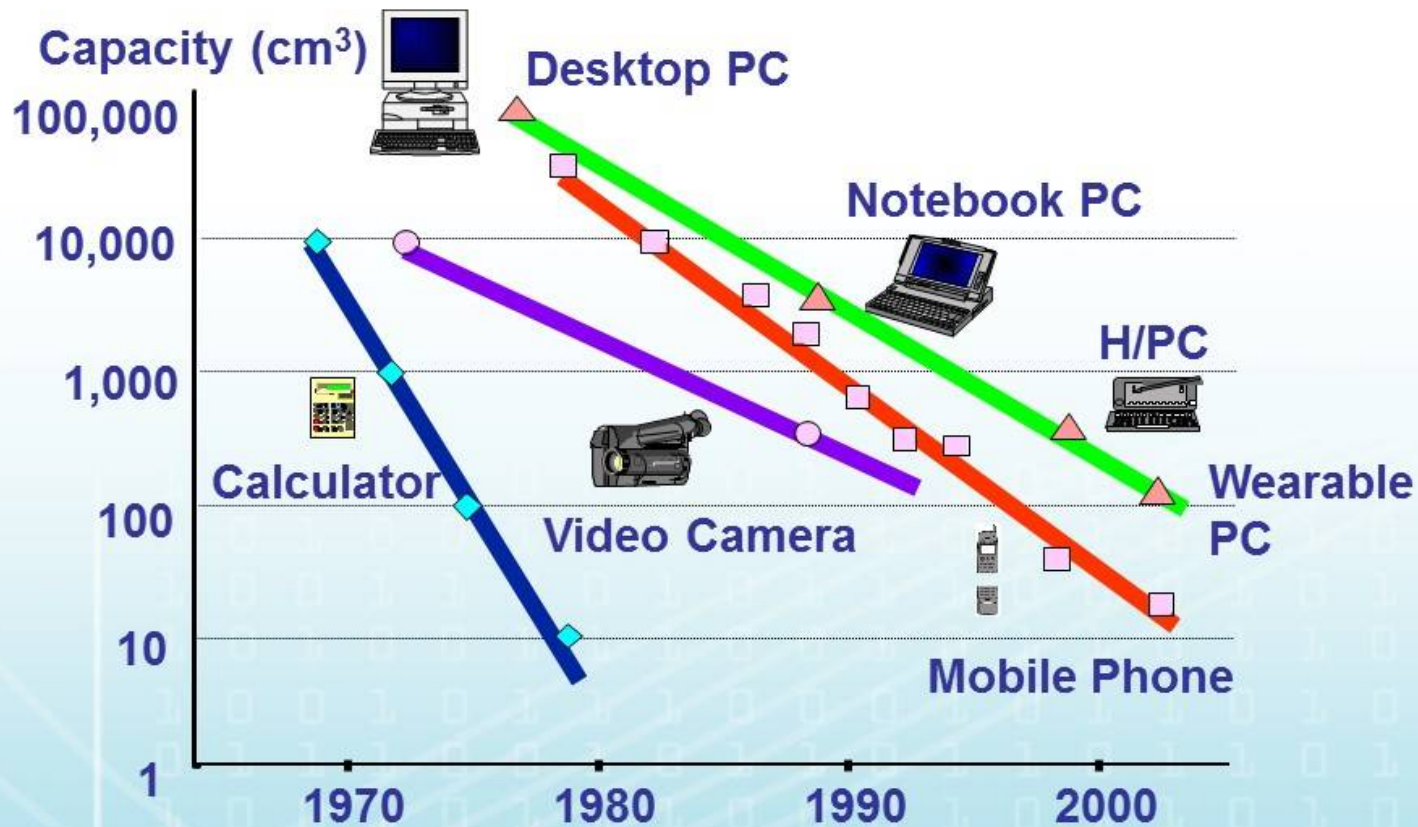
- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- **New Technology Directions**
  - ★ SoC: System on Chip
  - ★ **New Jisso Technology**
  - ★ Field Programmability
- Robots as the New Driver

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

- コンシューマ製品のデジタル化
- パラダイムの転換
- **新しい技術の方向** (★ SoC    ★ **新実装技術**    ★ フィールド・プログラマビリティ)
- **新しいドライバーはロボット**

## Electronic Equipment toward Smaller Size



Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

電卓からビデオカメラ、携帯電話、PCなどの各種電子機器の小型化のトレンドを示す。このような小型化を実現できた背景には、チップ数の減少(集積度の増大)と並行して、実装技術の進展が大きな貢献をした。

# What is JISSO Technology

*Jisso; Total solution for Interconnecting, Assembling, Packaging, Mounting and Integrating system design.*

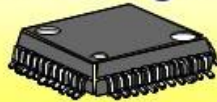
Level -1

Flip Chip/ WLP



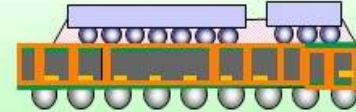
Level -2

Package



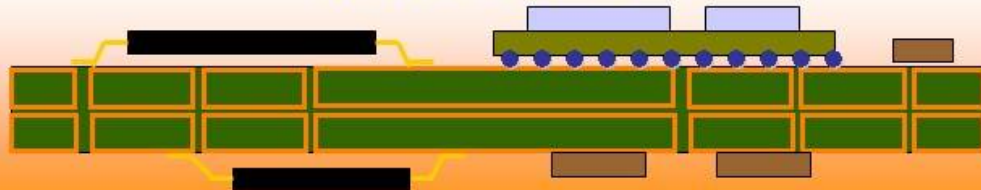
Level -3

Module



Level -4

Mother Board

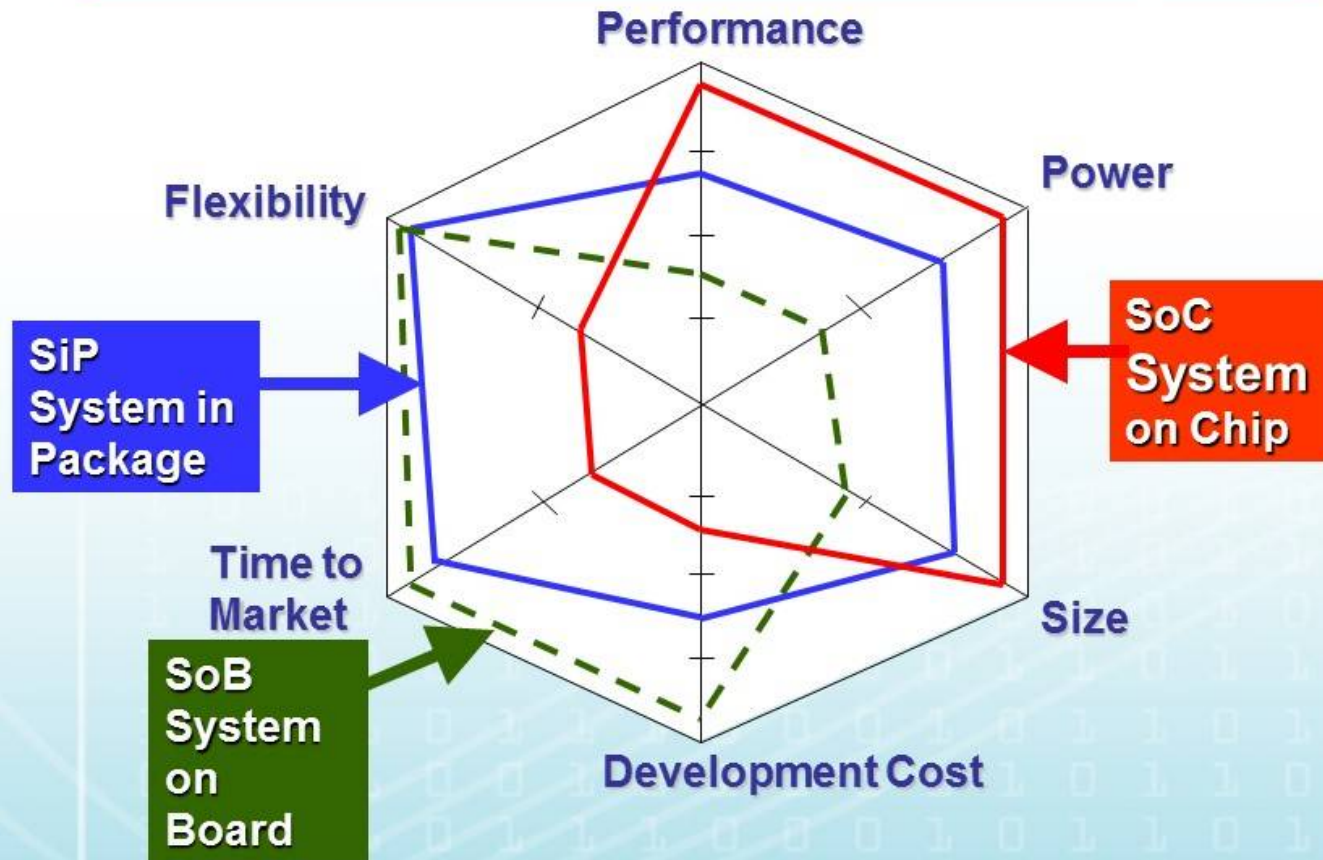


Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

実装技術の概要を示す。実装とは相互接続、組み立て、パッケージング、システム統合設計のために「トータルの解」を提供することである。図に示すように実装には四つのレベルがある。  
1. チップ・レベル、2. パッケージ・レベル、3. モジュール・レベル、4. マザーボード・レベル

# Comparison of Jisso Technologies



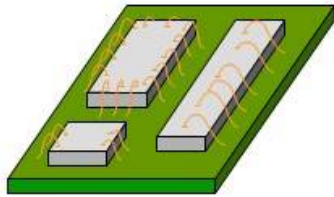
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

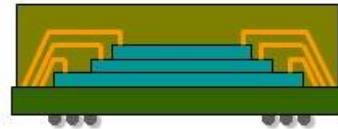
三つの実装技術（SoB、SiP、SoC）についての特徴比較をレーダー・チャートで示している。SoBはフレキシビリティ、早期導入、開発費に勝るが性能、パワー、サイズの面では極端に劣る。SoCはその対極にあり、性能、パワー、サイズには勝るが他の面では劣る。SiPはその中間にあって、SoCの弱点を補完する技術である。

# Various Structures of SiP

Multi-Chip Wire Bonding Type



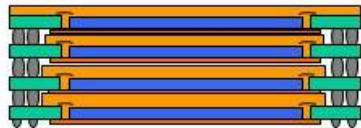
Chip Stacked Type



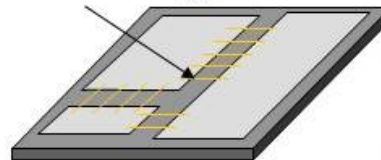
Chip on Chip Type



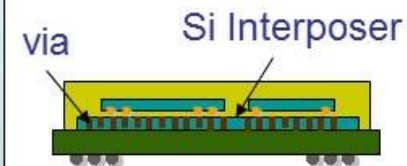
Package Stacked Type



Chip Rerouting Type  
Rerouting



Interposer Type



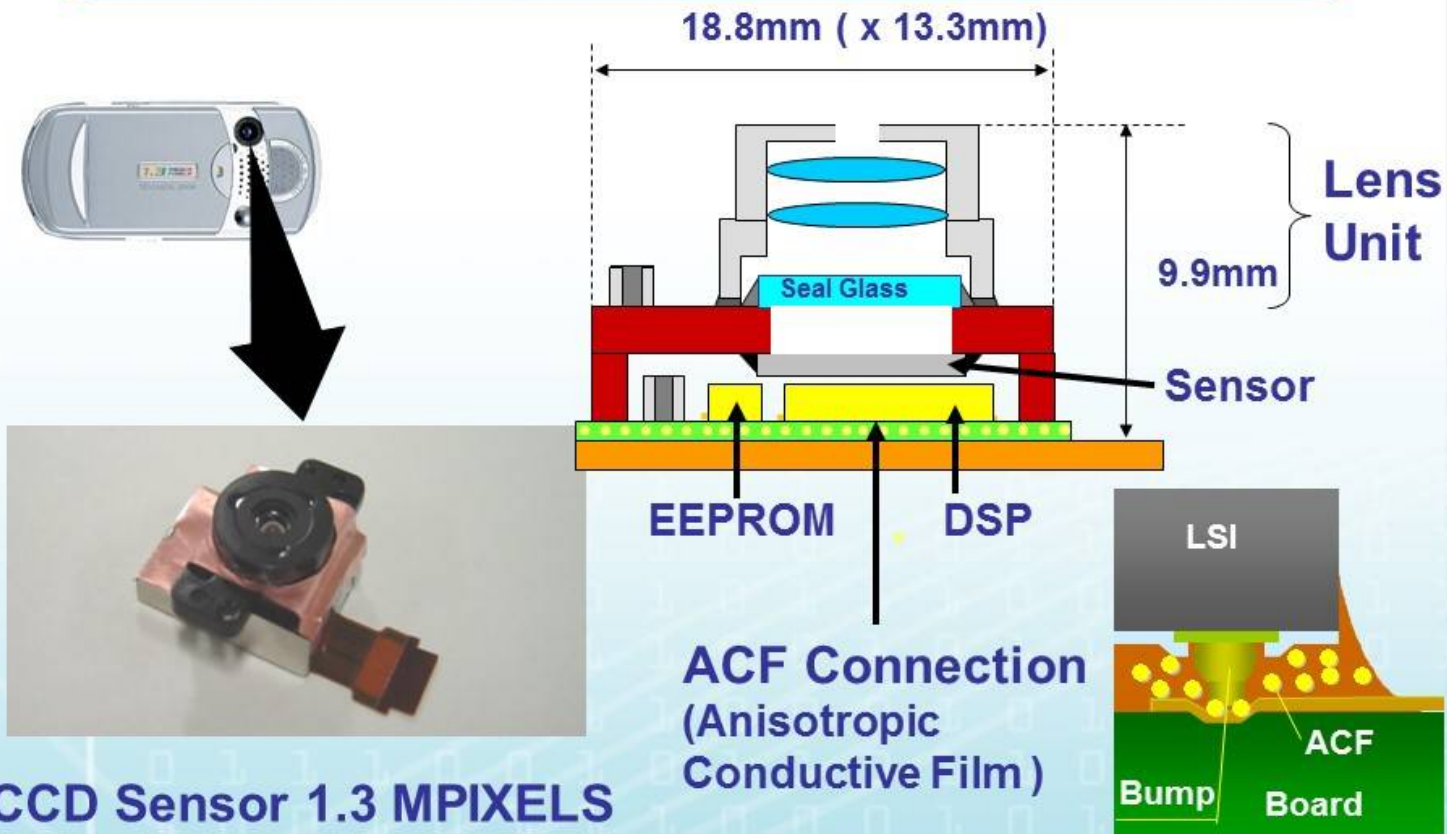
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

SiPの各種の形態を示す。左上から順に、ワイヤボンディング使用のマルチ・チップ型、チップ・スタック型、チップ・オン・チップ型、パッケージ・スタック型、チップ再配線型、インターポーザ型。



## Example [1]: Camera Phone

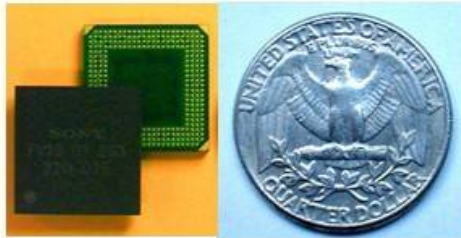


Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

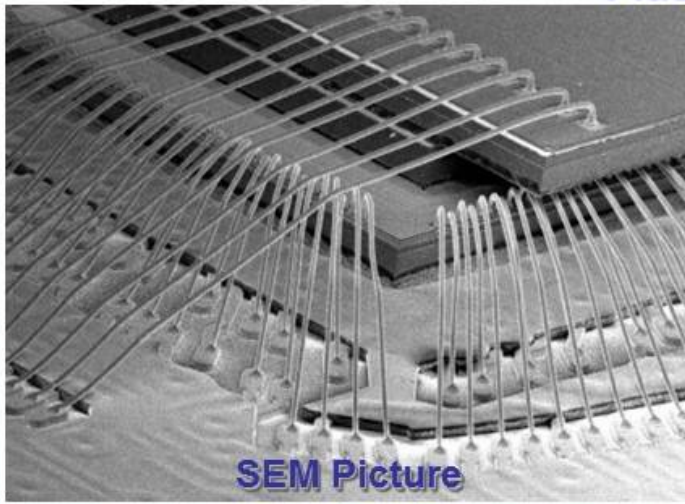
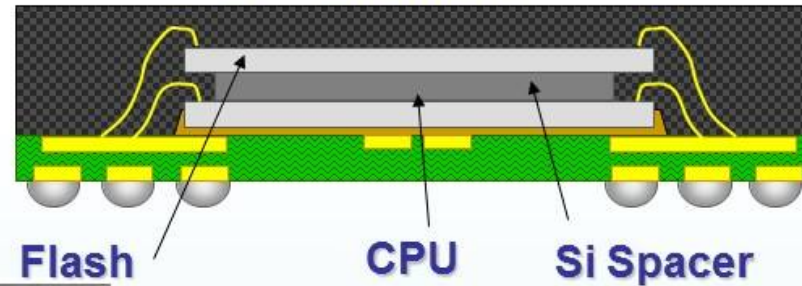
SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

例1:携帯電話に使うカメラ。左上は携帯電話、左下は130万画素のCCDセンサーモジュール。右上にセンサーモジュールの断面を示す。レンズユニットの下にセンサーがあり、その下にはEEPROMとDSPを併置したマルチチップ型基板がある。チップと基板との接続にACF(異方性導電性フィルム)を使っているのが特徴である。

## Example [2]: DSC



SIP Structure



### Performances and Specifications

PKG Size		13mm X 13mm X 1.36t
Chip	CPU	6.56 X 6.37 X 0.15t
	Flash	6.84 X 5.23 X 0.15t

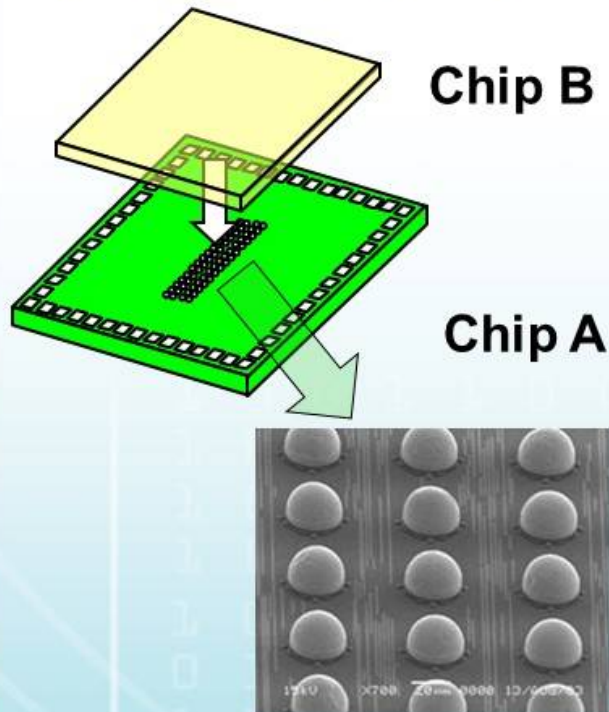
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

例2: デジカメ用の実装。CPUとフラッシュ・メモリの実装方法を示す。Siスペーサーを挟んでCPUとフラッシュのチップが積まれ、夫々がワイヤボンディングで基板と接続されている。左下にワイヤボンディングのSEM写真を示す。この方式によって、右下の表に示すような小型のモジュールが可能となった。

## Example [3]: New Multichip LSI

### Chip on Chip Type



### Features

- Interconnecting by Super-Connect Technology
- Thousands of Signal Lines via Micro Bumps
- Performance and Power Consumption at SoC Level

Presented at ISSCC 2004 by T. Ezaki, et al., Sony

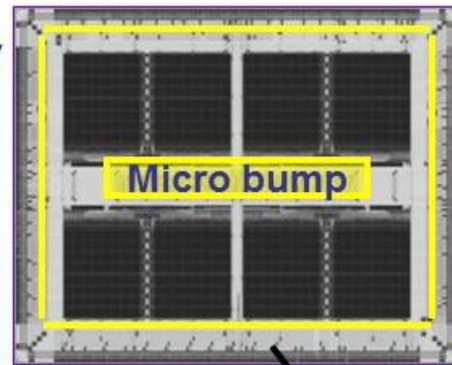
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

例3:新しいマルチチップLSI。この技術はチップ・オン・チップの実装事例であるが、数千個のチップ間接続を可能にし、SoC並の高性能とローパワー特性を実現するものである。当時はスーパー・コネクタ技術と呼ばれていた。ソニーで開発された最新技術であり、この講演の直前のISSCCで発表されて注目を浴びていた。

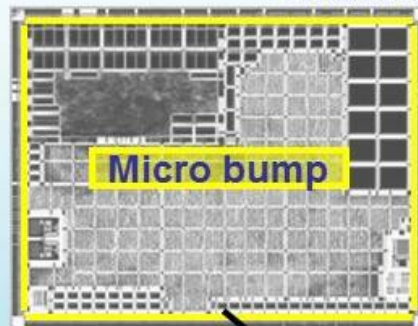
# Sample Wafer of MCL

Memory Chip



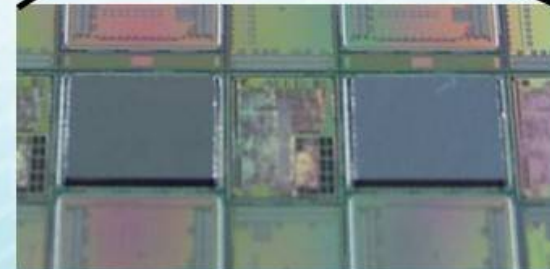
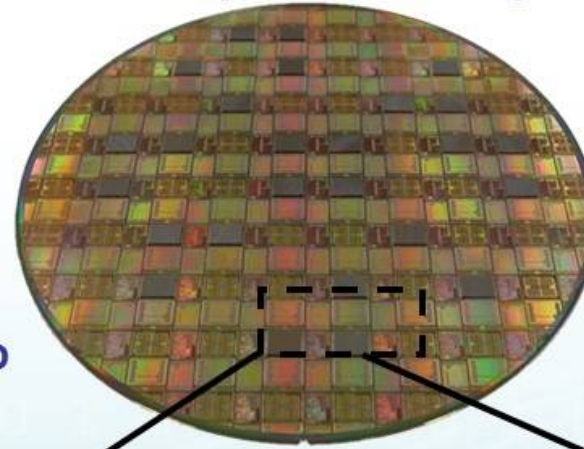
Micro bump

CPU Chip



Micro bump

CPU Chip on Memory Chip



Presented at ISSCC 2004 by T. Ezaki, et al., Sony

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

先に示したスーパー・コネクト技術を使って、メモリ・チップとCPUチップとをフェイス・ツー・フェイスで接続したウエーハの例である。チップの中央部と周辺部に多数のマイクロバンプが配置され、CPU・メモリ間のデータ転送を飛躍的に向上させた。高性能でローパワーを必要とするゲーム機が最初の応用であった。これらの例はいずれもSiPの持つ強力な潜在力を示している。

# Outline

- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- **New Technology Directions**
  - ★ SoC: System on Chip
  - ★ New Jisso Technology
  - ★ **Field Programmability**
- Robots as the New Driver

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

- コンシューマ製品のデジタル化
- パラダイムの転換
- **新しい技術の方向** (★ SoC      ★ 新実装技術      ★ フィールド・プログラマビリティ)
- 新しいドライバーはロボット

# Dramatic Change in Product Lifecycle



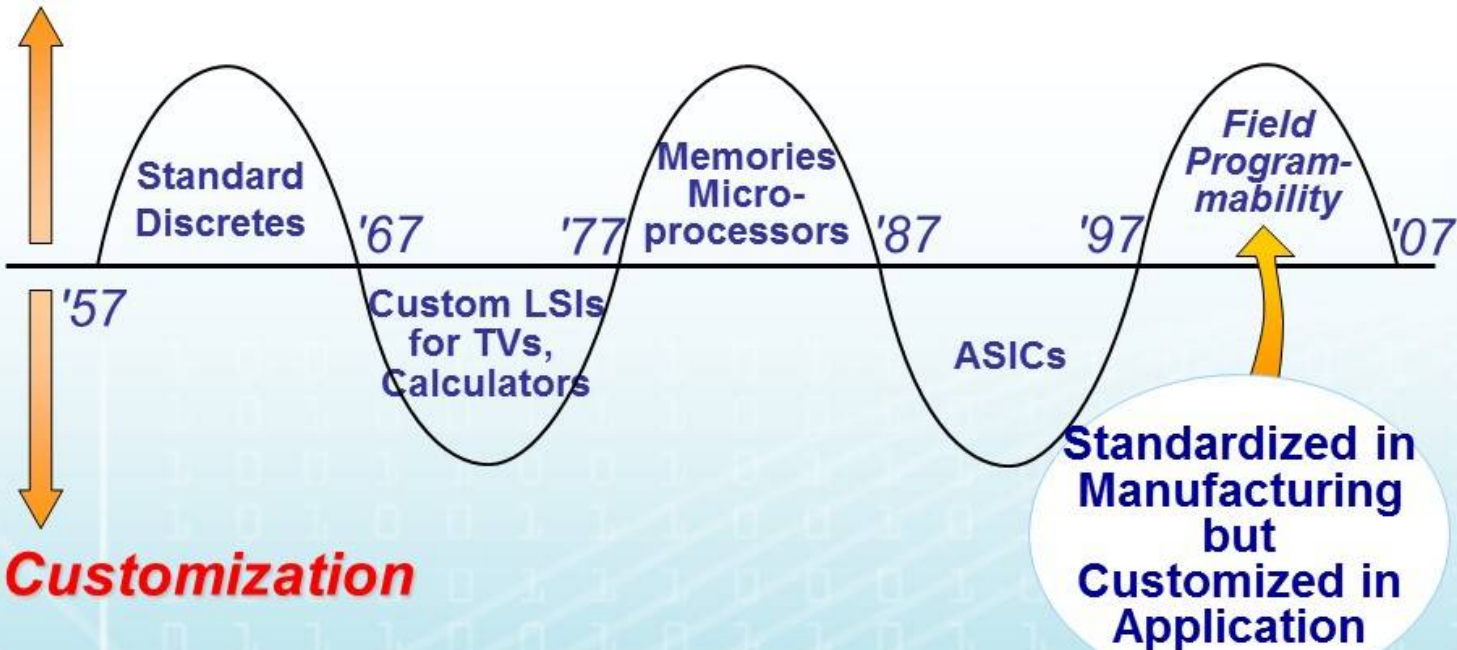
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

技術開発の方向でもう一つ大事なものはフィールドプログラマビリティである。図は従来の製品(アナログ)と新しいデジタル・コンシューマ製品とのライフサイクルを比較している。後者の場合、立ち上がりは急で、ピーク期間は短く、突然に終焉が訪れる。このような急速な変化に対応するためにはフィールドプログラマビリティが不可欠である。

# Makimoto's Wave

**Standardization**



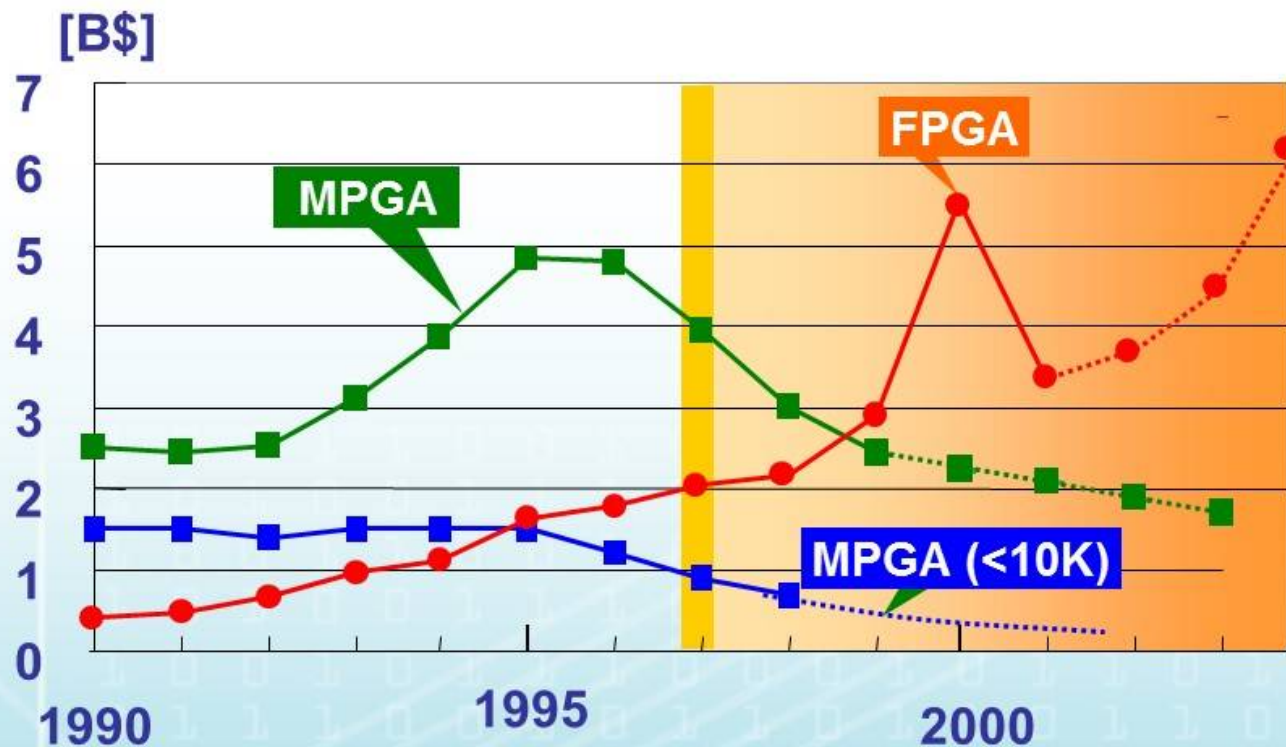
Source: Electronics Weekly, Jan. 1991

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

牧本ウエーブにおいて、1997年以降はフィールドプログラマビリティが主流になることを示している。図の中の説明のように、その特徴は「製造過程では標準品であるが、応用面ではカスタム品となる」という点にある。動きの速い時代に最も適している製品群であり、その流れはすでに定着している。

# From MPGA to FPGA



Source: WSTS, DataQuest

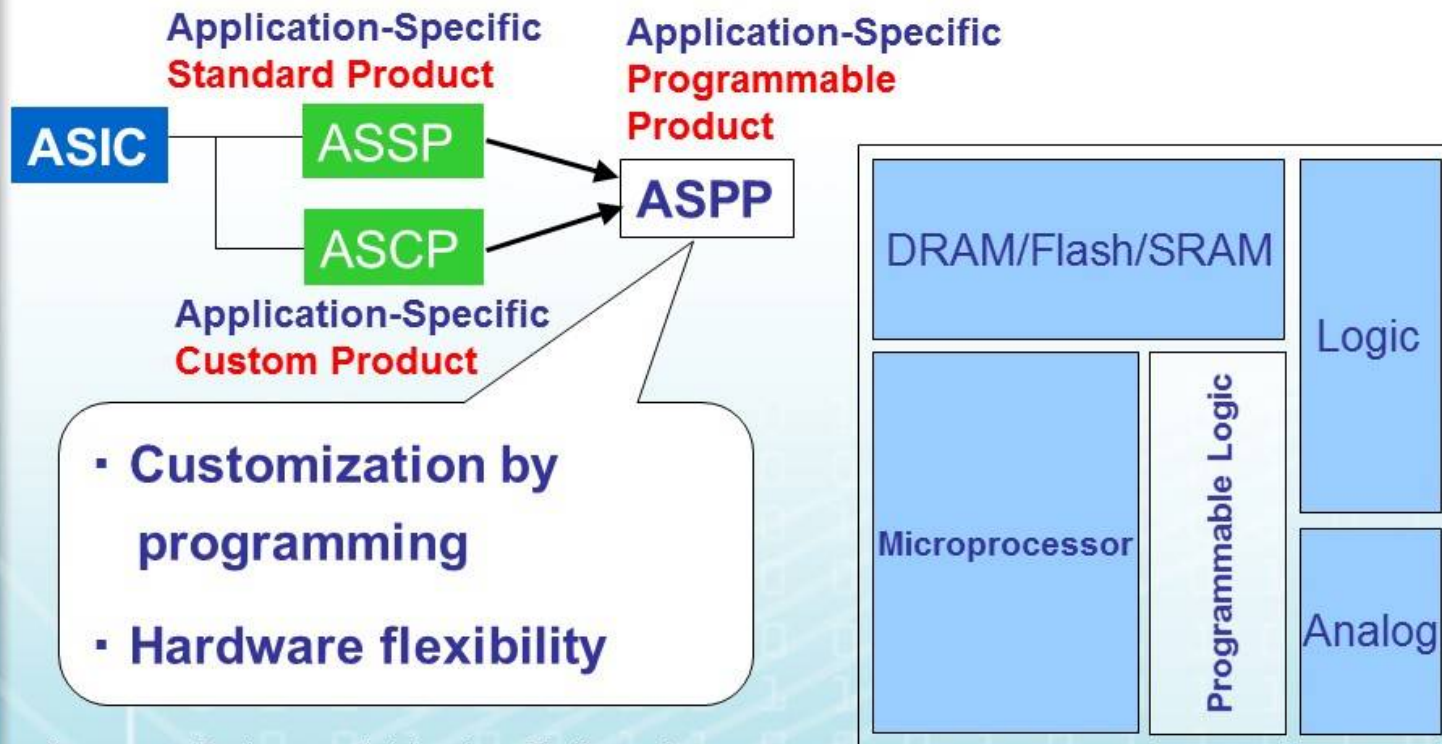
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

フィールドプログラマビリティの立ち上がりを象徴するのはFPGAの立ち上がりである。1万ゲート以下のMPGA(マスクプログラムGA)は95年にFPGAに凌駕された。MPGA全体としては99年に逆転が起こった。すでに、フィールドプログラマビリティへの流れは決定的となっている。



# Concept of ASPP



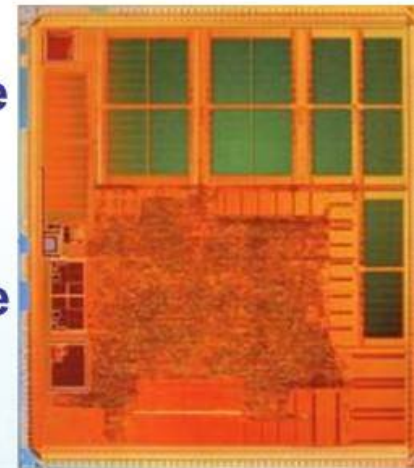
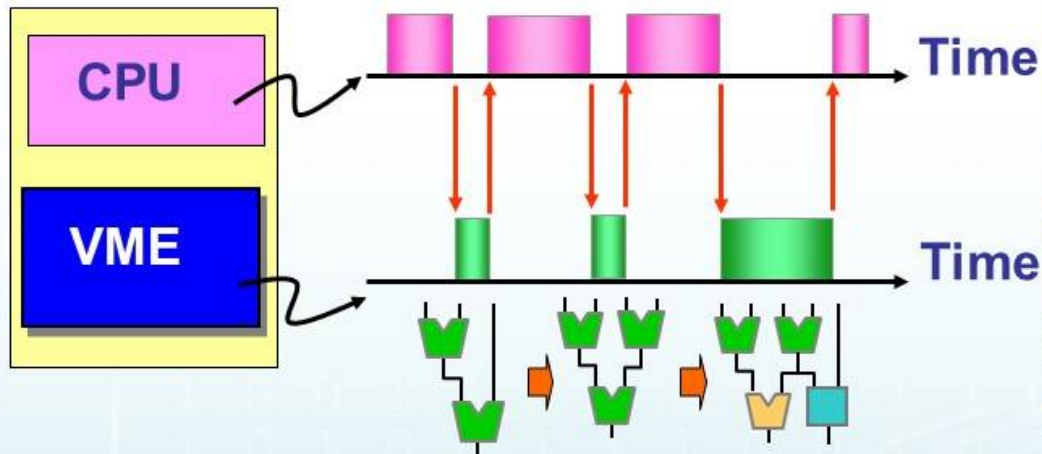
Source : Dataquest (Jordan Selburn)

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

フィールドプログラマビリティの新コンセプトとして提案されているのが、ASSPである。図の中で説明されているように、これはASSPとASCPとの両方のメリットを組み合わせた形になっている。マイクロプロセッサの導入によってプログラムによるカスタム化が可能となり、プログラマブル・ロジックによって、ハードウェアのフレキシビリティも持たせられる。

# Sony's "Virtual Mobile Engine™"



(Logic Function Dynamically Changed)



VME --- a Powerful Engine  
for Heavier Tasks

CPU with  
Embedded  
"Virtual Mobile  
Engine™"

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

これはソニーのウォークマンに使われているフィールドプログラマビリティの実例である。CPUと共にバーチャル・モバイル・エンジン(VME)と称する、ハードウェアが内蔵されており、タイム・チャートに示すように、ダイナミックに機能が変えられる。重いタスクの場合にはVMEがその処理にあたる。

## World's Smallest Network Walkman

Chip Configuration	One CPU with Embedded "Virtual Mobile Engine™"
Decoding Power Dissipation for ATRAC3	Ultra Low Power: 4mW (Less than 1/4 compared to DSP)
Feature	Programmable: ATRAC3/ ATRAC3plus/ MP3



W:36.4mm, H:48.5mm, t:18.0mm

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

- 11 CDs Recordable
- 33 Hours Non-stop Play
- Storage Media:  
MagicGate Memory Stick-Duo

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

VMEを使った世界最小のネットワーク・ウォークマンの紹介である。LSIとしてはVMEを内蔵するCPUが1個である。デコーディングの電力は4mWと極めて小さく、従来のDSP方式と比べると1/4以下である。ATRAC3やMP3などに対応可能。CD11枚分を録音し、33時間ノン・ストップで動く。メディアとしてはメモリースティックDuoが使われている。

# Outline

- Digitalization of Consumer Electronics
- Changing Paradigm
- New Technology Directions
  - ★ SoC: System on Chip
  - ★ New Jisso Technology
  - ★ Field Programmability
- Robots as the New Driver

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

- コンシューマ製品のデジタル化
- パラダイムの転換
- 新しい技術の方向 (★ SoC      ★ 新実装技術      ★ フィールド・プログラマビリティ)
- 新しいドライバーはロボット

## Brief History of Robots

1960 ~ 70

**First Generation Robot  
Based on Playback System**

1970 ~ 80

**Second Generation Robot  
Based on Sensors**

1980 ~

**Third Generation Robot to Work  
in Unstructured Environments**

1990 ~

**Fourth Generation Robot  
to Coexist with Human Beings**

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

これからのエレクトロニクスを牽引するのはロボット分野である。第1世代のプレイバック・システムに始まって、第2世代ではセンサーが使われた。80年代からの第3世代では不規則な環境で動くロボットが出現、90年代からは人間と共存する第4世代ロボットが出てきた。これからのロボットは一層優れたセンシング能力と判断能力、運動能力を備え、人間を超えていこう。

# Chips & Sensors for Robots

## VLSI chips

64bit CPU x 3  
16bit MCU x 29  
DRAM 192MB  
Flash 16MB

CCD color camera x 2

Microphones x 7

Angular rate sensor x 1

Acceleration sensor x 3

Force sensor x 8

Pinch Detection Sensor x 18



IR distance sensor x 3

Speaker x 1

Thermo sensor x 28

Touch sensor x 8  
head,  
hands,  
shoulders

(QRIO)

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

これはソニーが開発した人型ロボットQRIOである。この例では64ビットCPUが3個に16ビットCPUが29個も使われ、ハイエンドPCを上回る演算能力を持っている。また、QRIOでは大小合わせて全部で約80個のセンサー類が使われている。VLSIと共に大量のセンサー類を使うことが、PCやTVなどこれまでの電子機器との大きな違いである。

## Points of Interest

- **Walking and Dancing Capabilities**
- **Way of Falling down and Recovering**
- **Face Recognition and Memorization**
- **Simple Conversation**
- **Emotional Expressions**
- **Singing Voice with Vibrato**

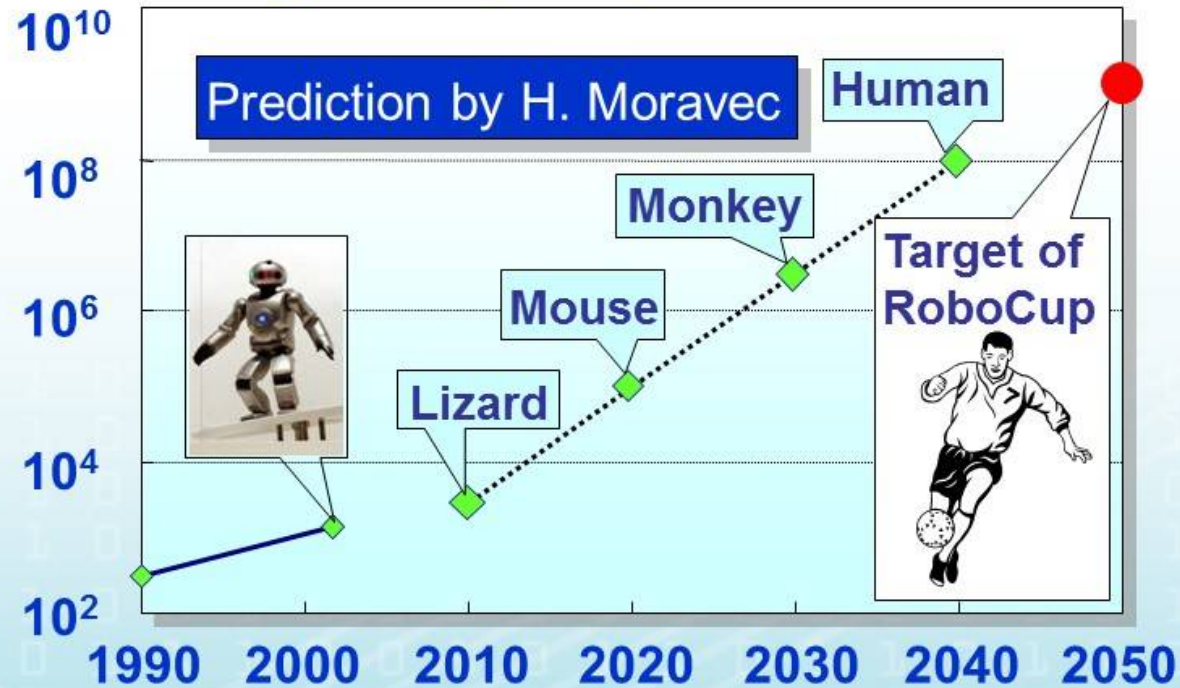
Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

講演では、このスライドの次にロボットが動作するビデオが放映された。  
ここに書いてあるのは、ビデオの要注目点である。●歩き方や踊り方、●転んでから起き上がるまで、  
●会った人の顔の認識と記憶、●簡単な会話、●喜怒哀楽の表現、●ビブラート付きの歌声。残念ながら、  
ビデオは削除。

# Evolution of Robot Intelligence

## Processing Power (MIPS)



Source: H. Moravec of Carnegie Mellon University

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

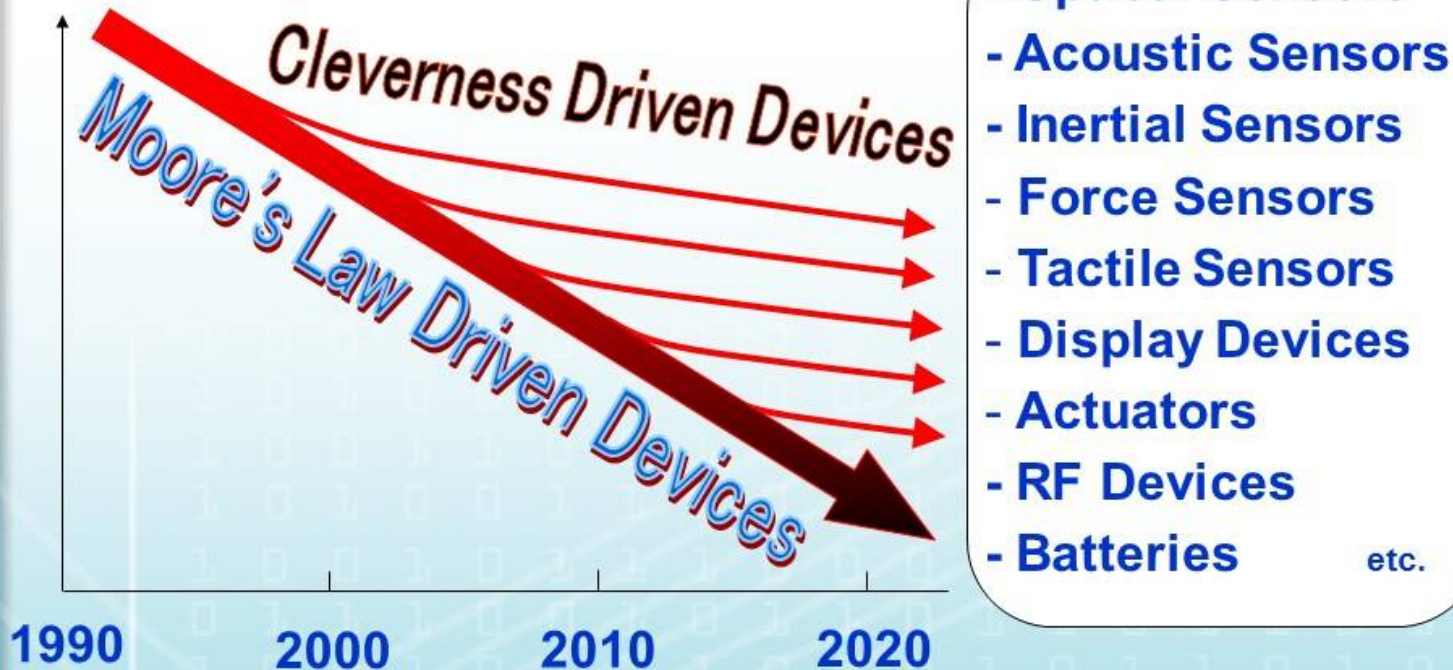
SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

この図は、ロボット知能の予想を示す(カーネギーメロン大学のモラベック教授の資料をベースに作成)。現在のところではトカゲにも及ばないが、2030年には猿のレベルとなり、2040年には人のレベルに達するとの予想である。さらに、2050年には「ロボットのサッカーチームが人間のチームに勝つ」ことを目指したロボカップ活動が進められている。



## Diversifying Directions of Chip Technologies

### Geometry of Devices

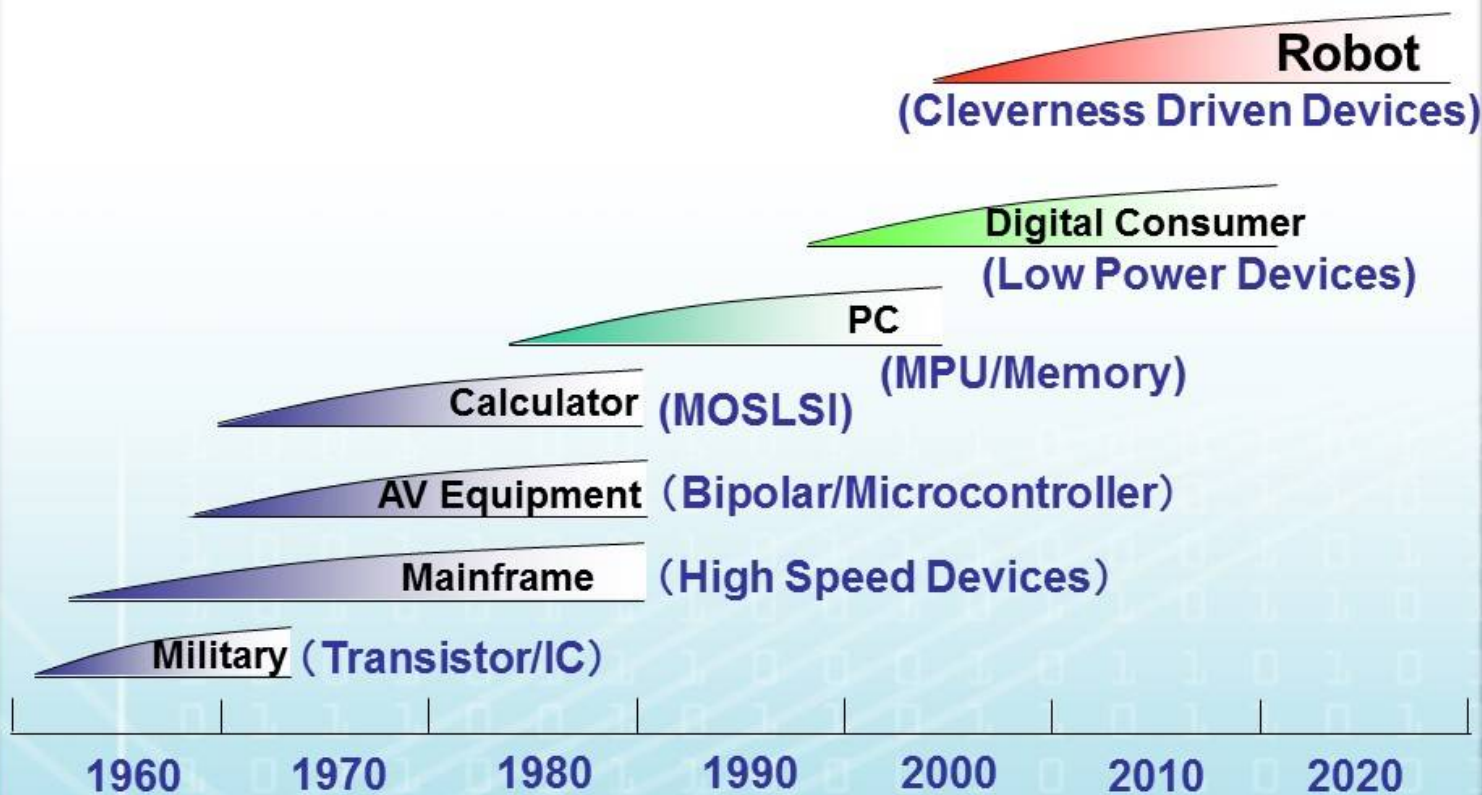


Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

ロボット市場の拡大によって半導体技術は多様化していく。従来の微細化中心の方向 (Moore's Law Driven) とセンサーなど微細化に依存しない方向 (Cleverness Driven) に枝分かれし、多様化が始まる。今日では、微細化の方向は「More Moore」であり、微細化に依存しない多様化の方向は「More than Moore」と表現されている。

# Transition of Technology Driver



Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

過去を振り返ると、半導体の進化によって新しい応用分野が開け、それは相乗的にテクノロジー・ドライバーの役割を果たしてきた。80年代以降はPCであり、2000年代以降はデジタル・コンシューマ分野であった。将来のテクノロジー・ドライバーはロボットであろう。それを支える半導体はセンサーなど多様化するデバイス群である。

## Conclusion

- Digitalization of Consumer Electronics  
Wide Spreading
- Second Digital Wave to Revitalize  
Chip Industry
- Rising New Opportunities ;
  - ☆ Low Power/ High Performance SoC
  - ☆ SiP/ Jisso Technology
  - ☆ Programmable Technology
  - ☆ Cleverness Driven Devices

Dr. Tsugio Makimoto (Sony)

SEMICO SUMMIT  
2004  
March 14-16, 2004

結論を述べる。●コンシューマ分野のデジタル化が広がっている。●新たに半導体産業を活性化するのは「デジタル第2波」である。●上記の動きに伴って、以下に示す新しい事業機会が広がるだろう：  
☆ローパワー・高性能SoC、☆SiPと広義のJisso技術、☆プログラマブル技術、  
☆Cleverness Drivenの製品群(今日のMore than Moore製品群)。