

IT革新のエンジン
——半導体を通してみる未来像——
SSIS講演、2014年7月
(GIT賞受賞記念講演)

解 説

この資料は2013年11月にアルメニア共和国大統領からグローバルIT賞(GIT賞)を受賞したことを記念して、SSISが主催した講演会の時のものである。GIT賞はITの進歩に顕著な貢献をした個人に対して贈られる賞であり、クレイグ・バレット(インテル、2010年)、スティーブ・ウオズニアック(アップル、2011年)、フェデリコ・ファジン(ザイログ、2012年)に続く4人目の受賞であった。自分にとっては身に余る光栄であったが、半導体が如何にITの進歩に貢献しているかを評価してくれたことは、まことにうれしいことであった。講演会にはアルメニア大使館からポゴシヤン大使も参加していただき、スピーチをしていただいた。

この講演における主たるメッセージは、「ITは現代文明の機関車であり、半導体はその機関車のエンジンである」ということである。これは前年の授賞式の時に行ったスピーチを踏まえた内容である。

講演では、まずアルメニアの地理や歴史などの概要を紹介し、なぜ「IT立国」を目指すのかについて触れている。1991年の独立以前から、アルメニアは「ソ連のシリコンバレー」と言われ、ハイテク産業の集積地となっていた。独立後その技術遺産を継承し、国家戦略としてITを推進している。

後半では「半導体の窓を通すことによって、未来の姿がよく見える」といった趣旨を、事例を交えて説明している。

◆
2014年7月10日
GIT賞受賞記念講演

IT革新のエンジン —半導体を通して見る未来像—

工学博士 牧本 次生
IEEEフェロー SSIS理事

半導体の重要性を端的に表現するために「IT革新のエンジン」という表現を選んだ。これは前年の授賞式の時に行ったスピーチを踏まえたものである。

◆

**“IT is the locomotive of today’s civilization,
and the semiconductor is the engine
for this locomotive”**

**ITは現代文明の機関車である。
半導体はその機関車のエンジンである。**

「グローバルIT賞」授賞式におけるスピーチより

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 1

GIT賞の授賞式は大統領官邸で行われ、そこで受賞者のスピーチが行われる。式の参加者の多くはIT分野に関心があり、知識もあるが、半導体には馴染みの薄い方もおられる。この一文は、なるべく多くの方に半導体の重要性を理解してもらうために行ったスピーチの山場である。

目次

- IT立国アルメニア
- IT革新のエンジン:半導体
- 半導体を通してみる未来
 - ①ノマド社会の到来 ②半導体技術多様化
 - ③ロボット時代の幕開け ④HFSIとは？
- 半導体に携わる人へ贈る言葉

最初にIT立国を目指すアルメニアについての紹介である。コーカサス地方に位置する小国アルメニアについては、日本であまり知られていないので、その概要を紹介する。続いてIT革新のエンジンとしての半導体について論じ、半導体を通してみる未来像に続く。

アルメニアの紹介



面積: 3万平方キロ(四国よりやや大)
人口: 300万人(国外に700万人)
首都: エレバン(人口150万人)
民族: 98%はアルメニア系
言語: 公用語はアルメニア語(英語、ロシア語も通じる)
宗教: キリスト教。世界初、キリスト教を国教に(301年)
政治: 共和制、大統領が国家元首(セルジ・サルグシヤン)
独立: 1991年9月共和国独立宣言
GDP: 103億ドル(2011年)
一人当たりGDP: 3076ドル(2011年)
フライト: 東京~モスクワ 10時間
モスクワ~エレバン 3時間

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 3

アルメニアは人口300万人の小国であるが、民族の歴史は数千年前にさかのぼる。世界最古のキリスト教国であり、公用語はアルメニア語(旧世代はロシア語ができ、新世代は英語ができる)。古来、アララト山を心の聖地として崇敬の対象としてきたが、現在この山はトルコ領となっている。隣接のトルコ、アゼルバイジャンとは2016年現在国交断絶の状況にある。



アルメニアの歴史

紀元前	前4000頃のワイン醸造施設遺跡発見(2011) 群小王国(前1300頃)⇒統一王国の成立(前1000頃) 古代アルメニア王国(アルタシエス王朝)成立(前189)
1世紀～7世紀	ローマとペルシアによる分割統治 キリスト教の国教化(301)、アルメニア文字発明(450)
7世紀～15世紀	アラブ、トルコ、モンゴル、ティモールなどの諸勢力の支配下に シルクロードの要衝にあたり、都市は繁栄
16世紀～18世紀	東アルメニアはイラン、西アルメニアはトルコの支配下に
19世紀～20世紀	イランはロシアに敗れ、東アルメニアはロシアの支配下に(1828) トルコ領内でアルメニア人の大虐殺(第1次:1894、第2次:1915) カルス会議で国境確定、アララト山はトルコ領に(1921)
20世紀後半～	アルメニア大地震、犠牲者2万5千人(1988) アルメニア共和国独立(1991)



紀元前から今日に至るアルメニアの歴史の概要である。古代アルメニア王国ができたのは紀元前2世紀。その後、入れ替わる多くの勢力に挟まれ、翻弄されながら、民族の歴史を今日につないできた。第一次大戦後ソ連邦の一員となったが、その崩壊に伴って1991年に独立した。

心の聖地アララト山



- 大アララトは5137m
小アララトは3896m
(富士山にそっくり)
- ノアの方舟漂着の伝説
- 現在はトルコ領
- 手前はKohr Virap修道院

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 5

首都エレバンの西方に位置する大小二つの山がアルメニア人にとっての心の聖地アララト山である。小アララトはその形や高さ(3895m)が富士山によく似ている。旧約聖書によれば大洪水の後で、ノアとその家族が方舟で漂着したのがアララト山であったとされる。この山は第一次世界大戦の後からトルコ領となっている。

ソ連邦のシリコンバレー

- 1956年、数学者メレゲニアンが**エレバン・コンピュータ研究所**設立
- 1959年、第1世代**真空管式コンピュータ**完成、ソ連邦内最高性能達成
- 1964年、第2世代**トランジスタ式コンピュータ**完成
- 1970年代から80年代にわたり、**メインフレーム** (IBM360/370相当)の**開発・製造**
- 1980年代、アルメニアはソ連邦最大の**半導体・エレクトロニクス企業集積地** ⇒「ソ連邦のシリコンバレー」
- 2004年の**Synopsys進出**に続き、**Mentor Graphics, Microsoft, National Instrument, Sun Microsystems**など多数



ICベースの第3世代 コンピュータ



エレバン・コンピュータ
研究所

アルメニアが独立する前にはソ連邦の中で、コンピュータなどのハイテク産業を担当しており、「ソ連邦のシリコンバレー」と呼ばれていた。1956年のコンピュータ研究所設立以来、真空管式に始まり、IBM360/370相当のコンピュータなどの開発製造の中心となり、連邦各国に供給していた。独立後、「IT立国」を標榜し、世界のハイテク企業を誘致している。

「IT立国」を目指すアルメニア

- エネルギーなど天然資源に乏しく、知的資源に活路を求める
- 古来、国民の知的レベルが高い
人の噂:ユダヤ人は頭がよくて商売上手、普通の人が三人束になっても叶わない。しかし、ユダヤ人が三人束になっても一人のアルメニア人に叶わない。
- 「ソ連邦のシリコンバレー」と言われ、技術資産が多い
- 国外在住のディアスポラとのネットワークでグローバル展開が可能
- 若者の雇用の拡大、過疎化対策



TUMOセンターは無料の
子供向けIT教育・訓練
センター

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 7

アルメニアが「IT立国」を目指す最大の理由は石油などの天然資源に恵まれず、頼れるのは知的資源のみという国情にある。古来、頭の良さではユダヤ人を凌ぐともいわれており、ソ連邦以来の技術資産も多く残している。さらに大きな利点として欧米など先進国にいる多くのアルメニア人の存在がある。子供のための無料教育センターもあり、人材育成に取り組んでいる。

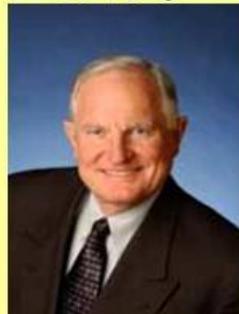
グローバルIT賞の制定

ITの進歩に顕著な貢献をした一名を毎年大統領が表彰



2013年11月15日大統領府にて
サルグシャン大統領より
メダル、トロフィー、賞状の授与

2010年



Craig Barrett
(インテル社元会長)

2011年



Steve Wozniak
(アップル社創立)

2012年



Fedelico Faggin
(世界初マイコン開発)

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 8

「グローバルIT賞」はITの分野で顕著な貢献をした人に対して贈られる賞である。2010年から始まり、これまでの受賞者はクレイグ・バレット(元インテル会長)、スティーブ・ウォズニアク(アップル創業者)、フェデリコ・ファジン(ザイログ創業者)である。例年、11月に大統領からメダル、トロフィー、賞状が贈られる。

目次

- IT立国アルメニア
- IT革新のエンジン:半導体
- 半導体を通してみる未来
 - ①ノマド社会の到来 ②半導体技術多様化
 - ③ロボット時代の幕開け ④HFSIとは？
- 半導体に携わる人へ贈る言葉

次のテーマは「IT革新のエンジン:半導体」。半導体の進歩によってコンピュータは著しく小型化し、性能は向上し、価格は安くなった。このような進歩によってITは身近なものとなり、日常生活のあらゆる側面において、欠かせないものになったのである。

何故、スパコンが掌上に？



- 最初のスパコン(米国クレイ社、1976)
- 性能: 160MFLOPS
- 価格: 600万ドル
- 重量: 5.5トン
- 半導体: 5 μ 加工のバイポーラ技術



クレイ社のスパコンの性能は
iPod の性能とほぼ同等

半導体: 90nm加工の CMOS技術

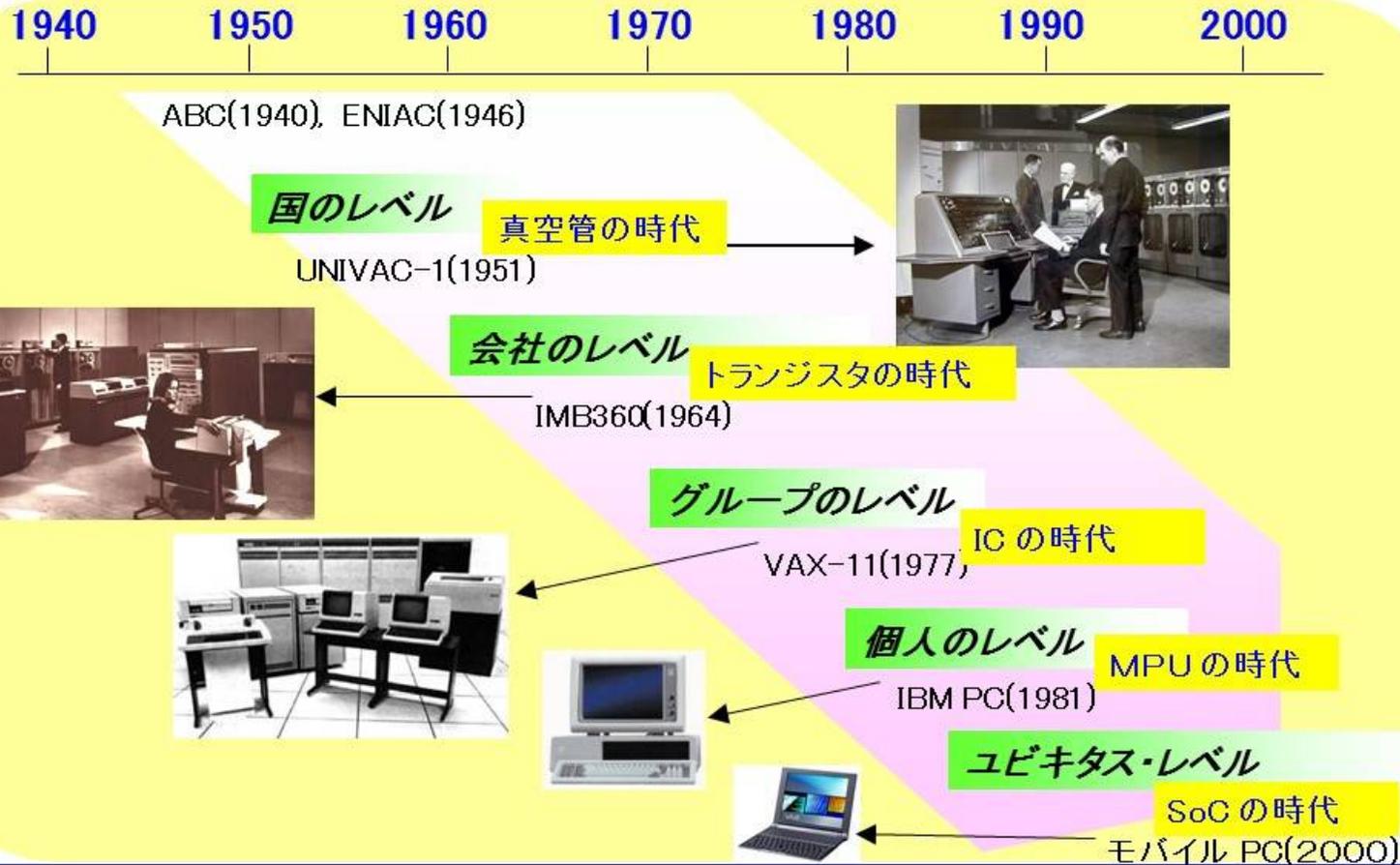
半
導
体
革
新

Courtesy of Computer History Museum

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 10

以前にコンピュータ歴史博物館(米)を訪問した折、クレイ社が作った世界初のスパコンが展示されていた。その時に撮った写真である。性能は160MFLOPSであるが、重さは5.5トンもあった。この性能は今日の機器ではiPodと同じレベルと言われる。このようなマジックが可能となった大きな要因は半導体の技術革新(微細加工とデバイス革新)である。

コンピュータ“民主化”の広がり



Source: IEEE Computer, Dec., 2013

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (11)

真空管式のコンピュータが開発されたのは1940年代であり、50年代から商用化が始まった。当時は巨大なシステムであり、「国の持物」であった。トランジスタの時代には「会社の持物」となり、さらに「グループの持物」、「個人の持物」と進化して、今日では「コンピュータどこにでも」の時代となっている。このような進化を支え続けたのは半導体の技術革新である。

電子機器の“Figure of Merit”

$$\star \text{ Figure of Merit} = \frac{\text{微細化、アーキテククチャクチャなど} \rightarrow (\text{Intelligence})}{(\text{Size}) \times (\text{Cost}) \times (\text{Power})}$$

チップ数、実装など → (Size) チップ数、チップサイズなど → (Cost) 微細化、低電圧化など → (Power)

★ 電子機器はF.Mの値を最大化する方向に進化を続ける

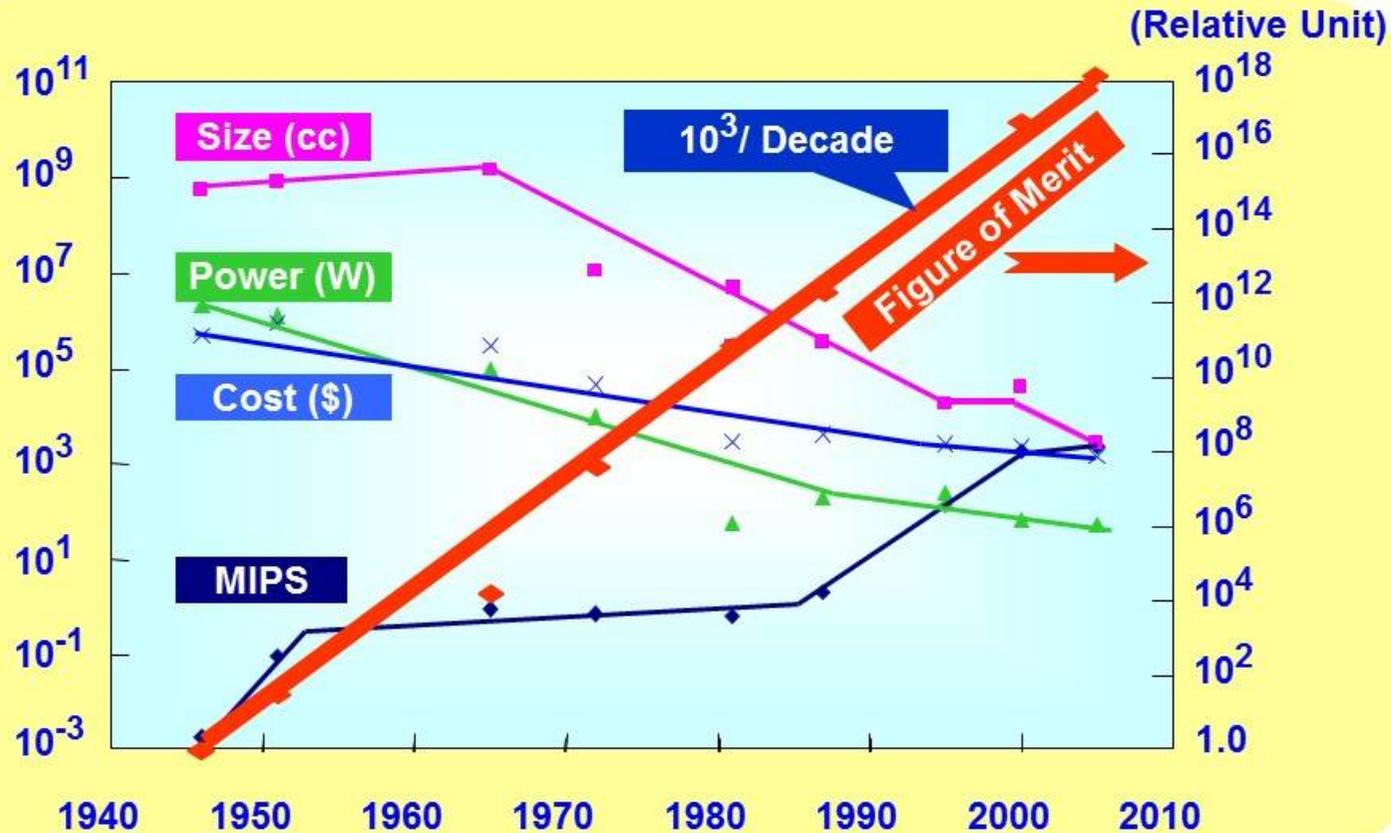
★ F.Mの進化は“技術過大”のレベルに達したら止まる(例:電卓の進化の停止)

Source: IEEE Computer, Dec., 2013

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 12

コンピュータなど電子機器の進歩は次のように表現される:「より賢く」、「より小さく」、「より安く」、「よりローパワーに」。Figure of Merit(良さの指数)はこの四つの量を使って定義したものである。電卓の進歩が示すように、「これ以上進歩しても意味がない」というところまで行くと進歩は停滞する。PCもそのレベルに達しつつあり、スマホも遠からずそのレベルに到るであろう。

コンピュータのF.M値の推移

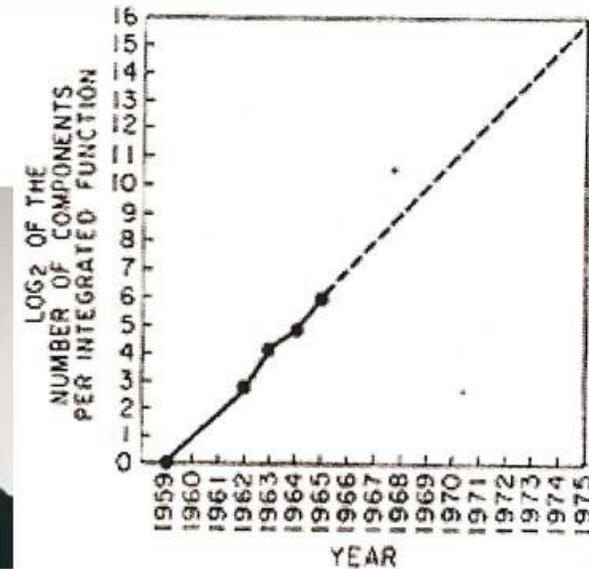
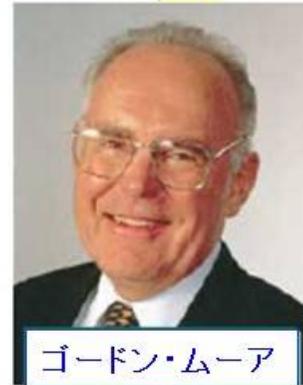
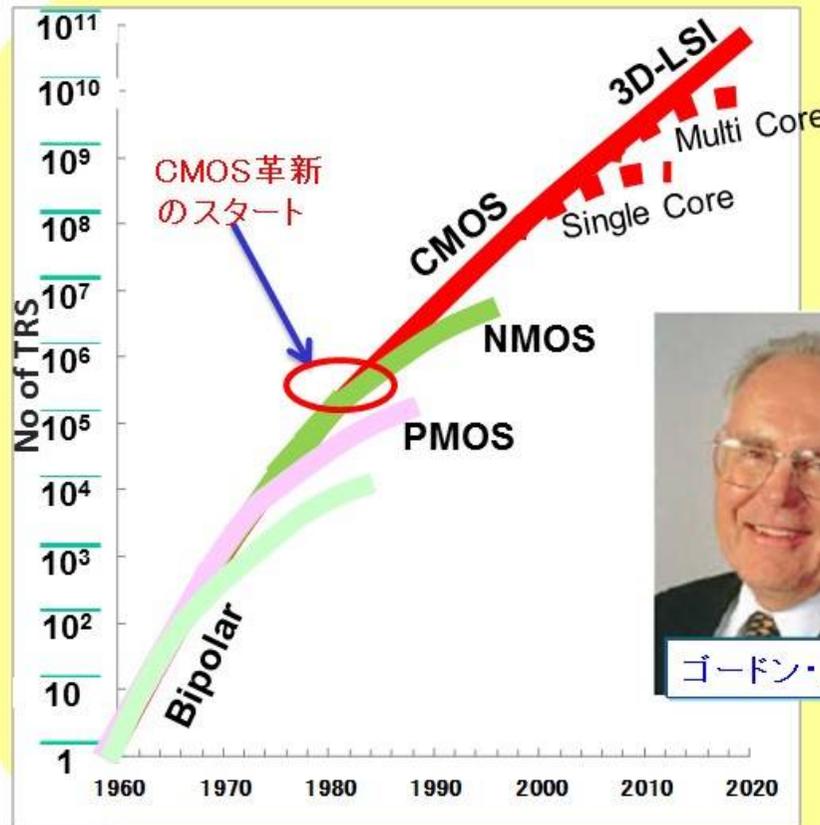


Source: IEEE Computer, Dec., 2013

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (13)

コンピュータの「良さの指数」を1940年代から2000年代にわたって示している。細線はサイズ、価格、パワー、性能など四つの要因を示し、太線はFigure of Meritを示す。おおむね、指数関数で直線状に沿った進歩となっており、進歩の速度は「10年で1000倍」である。

ムーアの法則とCMOS革新



ムーアの法則のオリジナル版(1965)

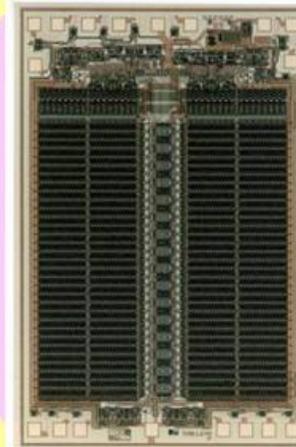
Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 14

半導体技術革新を長期的に支えてきたのは、ムーアの法則とデバイス(CMOS)革新である。右側のグラフは1965年にムーアが発表したオリジナル版であり、「集積度は1年で2倍になる」としていた。左は長期にわたるトレンドを示すが、ムーアの法則は単一のデバイスでなく、各種のデバイスがバトンを継ぐことで成り立っている。80年代以降、CMOSがその中心である。

“CMOS革新”を先導した4KSRAM

CMOSがNMOSと同等のスピードを出せる
事を初めて実証(1978年)

		2147/Intel (1977)	6147/Hitachi (1978)
Product		4K Static RAM	4K Static RAM
Technology		NMOS (HMOS)	CMOS (HiCMOS)
Speed		55/70 ns	55/70 ns
Power	Active	110mA	15mA
	Standby	15 mA	0.001mA
Chip Size		16.2 mm ²	11.5mm ²



1979年IR100賞を
受賞(日立)
(2.7x3.95mm²)



左から安井、牧本、増原

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (15)

現在、「半導体の主流デバイスはCMOS」が常識であるが、1970年代まではそうではなかった。「CMOSはローパワー応用向けのニッチデバイスであり、NMOSが主流である」が業界コンセンサスであった。この常識を破ったのが日立の4KSRAM(6147)であり、表に示すような性能を達成し、CMOSがこれからの方向であることを明確に示した。

◆ マイクロプロセッサにおける“CMOS革新”

同一アーキテクチャでスピード、消費電力共に
CMOSの優位性を実証したMPU(1981年)

		6801 / Hitachi (1979)	6301 / Hitachi (1981)
Product		8bit MPU	8bit MPU
Technology		NMOS (4 Micron)	CMOS (3 Micron)
Speed		1 MHz	1 MHz, 1.5MHz, 2MHz
Power	Active	900 mW	30 mW (f = 1MHz)
	Standby	70 mW	0.01 mW
Pin Count		40 Pins	40 Pins

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 16

日立では4KSRAMに続いて8ビットマイコンについても、NMOS対CMOSの比較を行い、CMOS版ははるかに小さいパワーで、NMOS版と同等以上のスピードを達成することを示した。その後、CMOSの適用は一般のロジック回路や、EPROM、マスクROM、DRAMにも広がり次第に主流デバイスの地位を確立していった。

世界初のハンドヘルド・コンピュータ

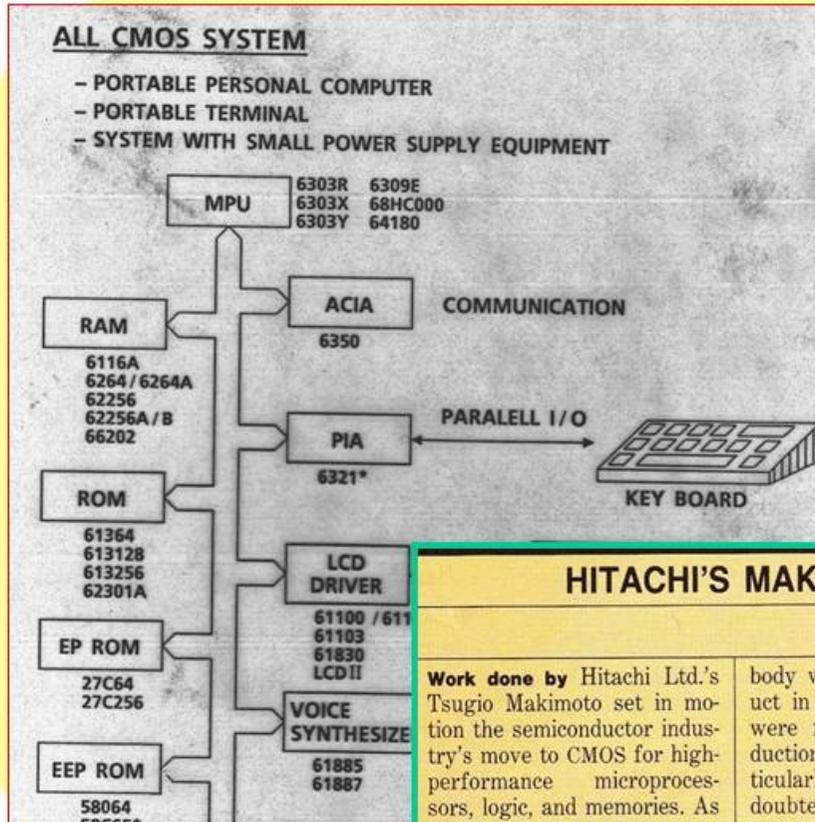


HC 20
(信州精機, 1982年)

- 信州精機(現エプソン)が1982年7月に開発した世界初のハンドヘルド・コンピュータ HC-20、重量は1.6kg
- オールCMOS構成。コードレスで50時間の使用可能、抜群の携帯性
- OSはマイクロソフト社の拡張BASIC
- メイン・プロセッサには日立的CMOSマイコンHD6301を2個使用
- 25万台を売るベスト・セラーとなり、エプソン社のマイルストーン・プロダクト

この写真は信州精機(現、エプソン)が1982年に市場導入した世界初のハンドヘルド・コンピュータである。日立的CMOSマイコンを最初に使った機器の一つであり、25万台を売るベスト・セラーとなった。HC20は現在のノマディック社会を支えるモバイル端末のご先祖様ということができる。

“ALL CMOS System” の品ぞろえ



- 1986年版顧客向けプレゼン資料 (日立)
- ポータブル機器向けに製品化された日立のオールCMOS製品系列
- MPU、各種メモリ(SRAM, ROM, EPROM、EEPROM)、各種ロジックで構成

HITACHI'S MAKIMOTO MOVES CMOS INTO THE FAST LANE

by Charles L. Cohen

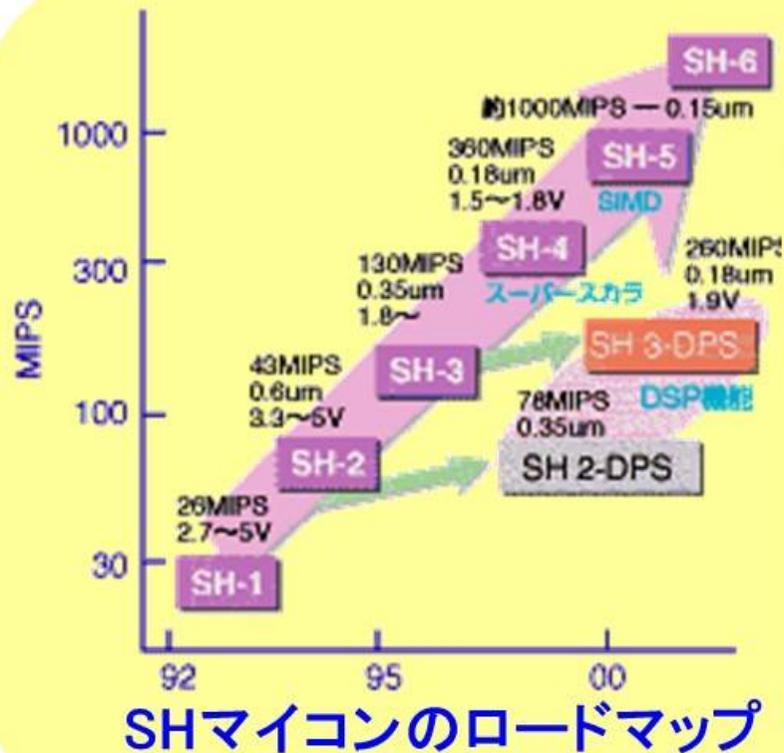
<p>Work done by Hitachi Ltd.'s Tsugio Makimoto set in motion the semiconductor industry's move to CMOS for high-performance microprocessors, logic, and memories. As</p>	<p>body who sampled the product in 1978 praised it, there were few orders after production started in 1979. Particularly in the U.S., people doubted the reliability of</p>	<p>to be employed at the plant. Only two years of his career have been spent elsewhere. He spent one in the U.S. at Stanford University, studying device modeling</p>	<p>There was a golden age of U.S. and Japanese technology at the time. The technology was changing with a golden age of device modeling with professor</p>
---	---	---	--

Electronics, Oct. 14, 1985 “Technology Update”の記事

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 18

上の図は1986年の顧客向けプレゼン資料の一部である。タイトルに示すように、ポータブル機器向けを作るためのCMOSデバイスがほとんど揃ったことを強調するものである。1978年の4KSRAMの導入以来、CMOS化に舵をきったことが認められ、エレクトロニクス誌上では「日立の牧本がCMOSを高速レーンに移す」と題する記事で紹介された(1985年10月)。

ノマディック時代のエンジン:SHマイコン



- 新型RISCアーキテクチャの採用で
世界最高レベルのMIPS/Wを実現
- SH-1は1993年導入
デジタルカメラなど新分野を開拓
- SH-3は1996年導入
WindowsCE搭載のH/PCに採用
(マイクロソフトとの共同PJ)
- 96年コムデックスでデビューしたH/PC
7機種中、5機種がSH-3を採用

日立は1980年代にモトローラ社とマイコン・アーキテクチャを巡って裁判となった。その決着を受けて、独自のアーキテクチャをベースに開発したのがSHマイコンである。世界最高レベルのMIPS/Wを実現し、デジカメ、ゲーム機、カーナビなど「デジタル家電」の新分野を拓いた。1996年、SH-3はハンドヘルドPCに採用され、ノマディック時代をリードするマイコンとなった。

WindowsCE 搭載 H/PCのデビュー

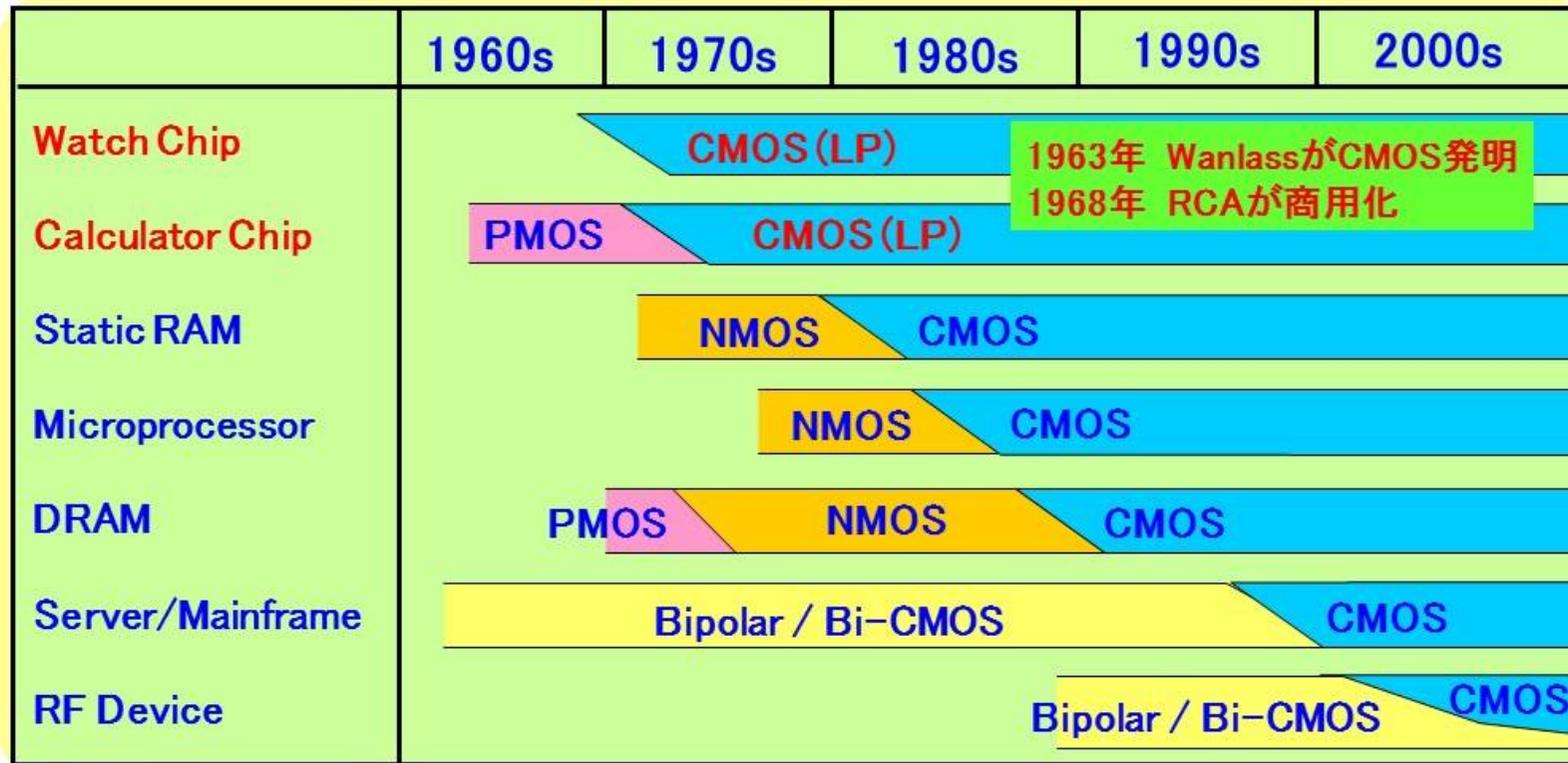


カシオペア (カシオ) (98年版)

- 1996年コムデックスにて7社よりH/PCの発表
5社がSH-3を採用 (HP、コンパック、カシオ、日立、LG電子)
- OSはすべてWindowsCE
(初めてのコンシューマ向けWindows)
- カシオ発表のカシオペアは重量390g、単産2個使用ROM/4MB, RAM/2MB
- モバイル社会の到来を予感”Digital Nomad”執筆の動機 (1997年刊)

H/PC (ハンドヘルドPC) はマイクロソフト社が民生市場を狙って開発したWindowsCE をOSとするモバイルPCである。日立とMS社との数年にわたる共同開発で完成し、1996年のコムデックスでデビューした。H/PCはモバイル社会の到来を予想させるものであり、拙著「デジタル・ノマド」の執筆の動機となった。

“CMOS革新”の広がり



Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (21)

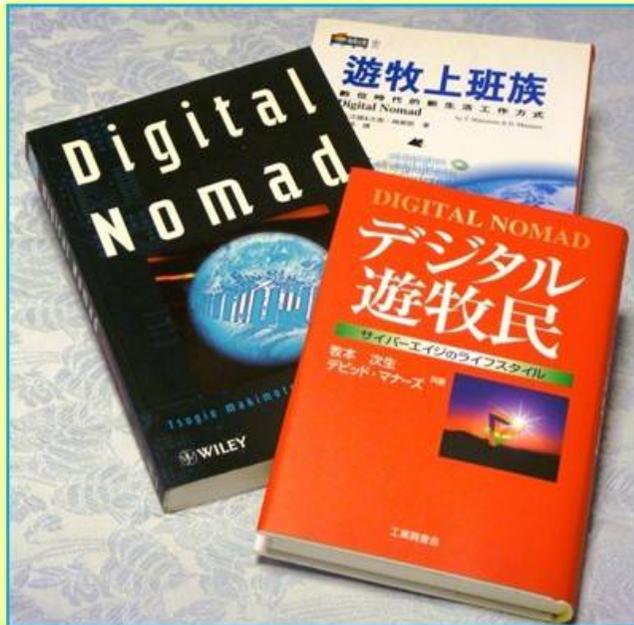
CMOSは1960年代に発明され、商用化が始まった。70年代になって時計と電卓に使われ、ローパワー市場向けに大量生産が始まった。70年代末のSRAMのCMOS化に始まり、次第にその守備範囲を広げていった。80年代にはDRAM、90年代にはメインフレームなどの高速製品がCMOSに移行し、2000年代以降は殆どのデバイスがCMOSになっている。

目次

- IT立国アルメニア
- IT革新のエンジン:半導体
- 半導体を通してみる未来
 - ①ノマド社会の到来 ②半導体技術多様化
 - ③ロボット時代の幕開け ④HFSIとは？
- 半導体に携わる人へ贈る言葉

半導体は現代文明の基盤であるITを駆動するエンジンであるが、そのエンジンの性能についてはムーアの法則などを通じて、かなり先のことが予測できる。従って、半導体の窓を通してみることによって社会の未来像がよく見えるのではないだろうか。そのような観点での事例について述べる。

半導体(CMOS)が生んだモバイル社会



牧本次生 & デビッド・マナーズ 共著
(1997年英語版、98年日本語・中国語版)

<授賞式における大統領スピーチ>

- 牧本氏は先見性に優れ、時代のはるか先を読む
- これまでの15年で、スマホなどモバイル機器の出現で生活様式は一変した
- このような変化は牧本氏のビジョンに啓発されたものである



ノマドは
今花盛り



Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 23

右上の枠内にある文言はGIT賞の授賞式における大統領スピーチの一部である。今日のモバイル社会の到来を予想した「デジタル・ノマド」は1997年に出版され、その10年後にアップルのiPhoneが発売された。半導体の進歩(特に集積規模、高性能・ローパワー技術)をベースにして、将来を予想することができたのである。

2002年 IEDMにおける未来予測

Chip Technologies for Entertainment Robots - Present and Future -

要 旨

- 2002年12月、IEDMにおけるキーノート・スピーチ
(論文は土井忠利氏との連名)
- ロボットにはPCをはるかに凌駕するプロセッサ能力が必要
- さらにセンサーとアクチュエーターが加わるため、半導体技術は今後“多様化”の方向に進む
- ロボット分野は今後数十年にわたって、半導体技術およびマーケットのドライバーになる

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (24)

IEDMからの基調講演の依頼を受け、ロボット向け半導体についての現状と将来について述べた。ロボット分野は今後数十年にわたって半導体の技術及びマーケットのドライバーになるだろうという将来予測を述べた。当時、ロボットの分野はPCや携帯に比べて大きな注目を浴びていなかったが、2016年現在ではこの予測通り「ロボットの時代」が立ち上がり始めている。

ロボットに使われるLSIとセンサー

センサー類

CCDセンサー	2個
マイクロホン	7個
角速度センサー	1個
加速度センサ	3個
圧力センサー	8個
IR距離計	3個
スピーカー	1個
温度センサー	6個
触覚センサー	6個

合計 37個



人型ロボット(ソニー、2002年)

各種LSI

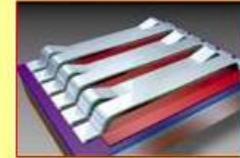
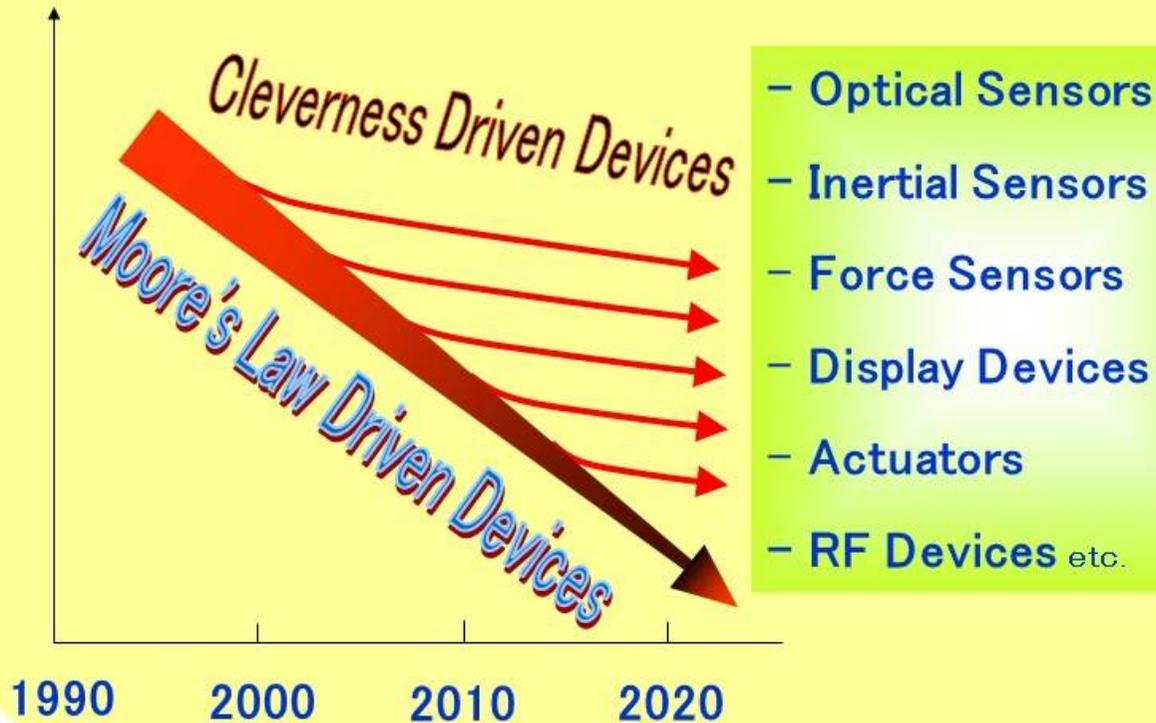
64ビット・プロセッサ	3個
16ビットMCU	29個
カスタムLSI	4個
DSP	23個
FPGA	3個
DRAM	192MB
Flashメモリ	16MB

ロボットにおいてはPCや携帯・スマホなどに使われるLSIデバイスと共に多くのセンサーやアクチュエータが使われるのが特徴である。LSIの持つ情報処理能力は当時の先端PCをも上回るものであったが、それでもなおロボット知能としては十分なものではなかった。これからロボットが半導体の技術ドライバーになるだろう。

半導体技術の多様化の予測

2002年IEDMで講演

Geometry of Devices

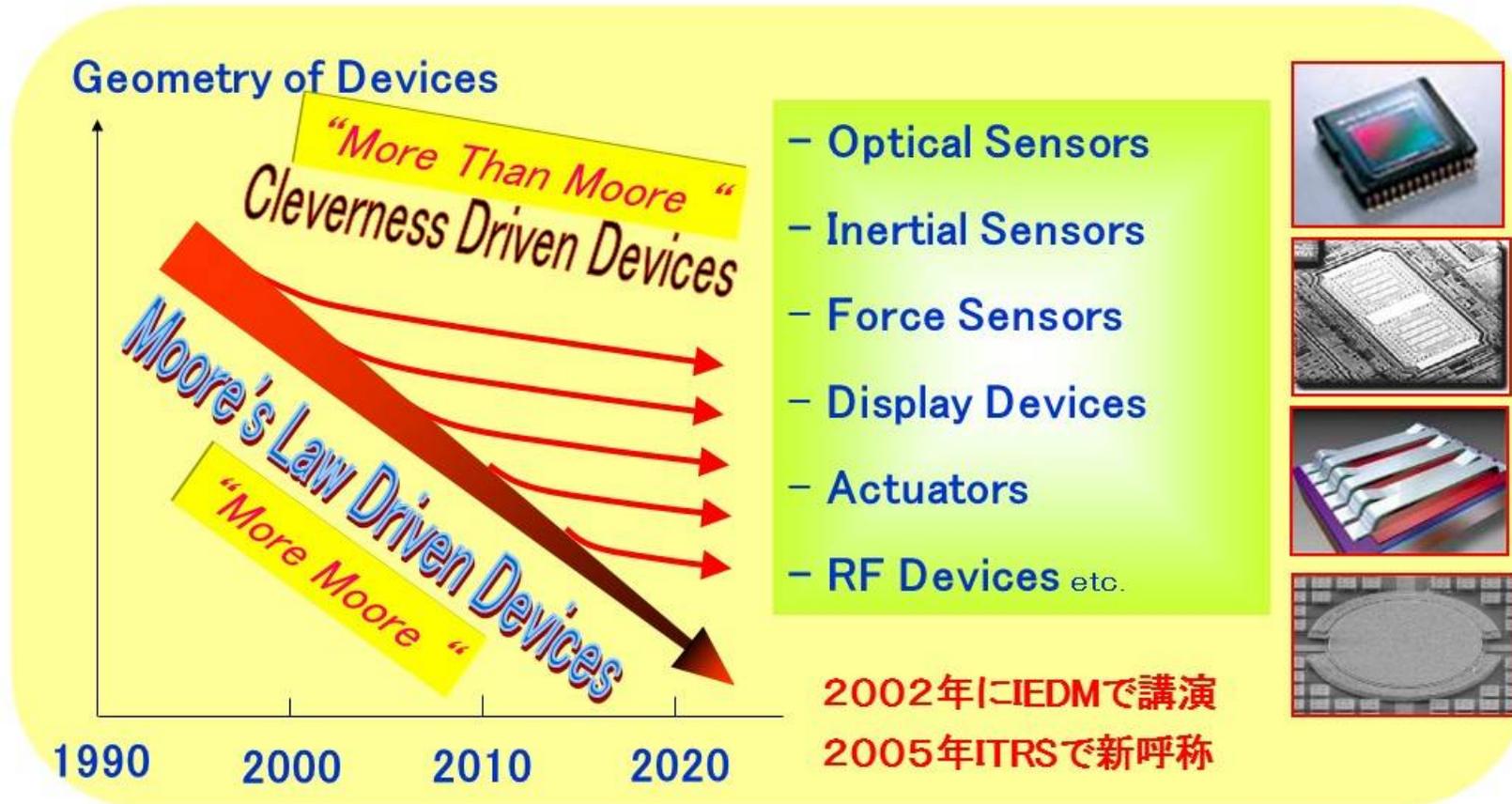


Source: T. Makimoto, IEDM2002

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (26)

ロボット向けの半導体は微細化を必要とするLSI群とセンサーやアクチュエータなど、微細化に依存しないデバイス群の二つからなる。前者は「ムーアの法則駆動デバイス」、後者は「知恵駆動デバイス」と名付けた。これまでのように微細化依存のみでなく、「知恵駆動デバイス」を含んで、半導体技術が多様化することを強調したものである。

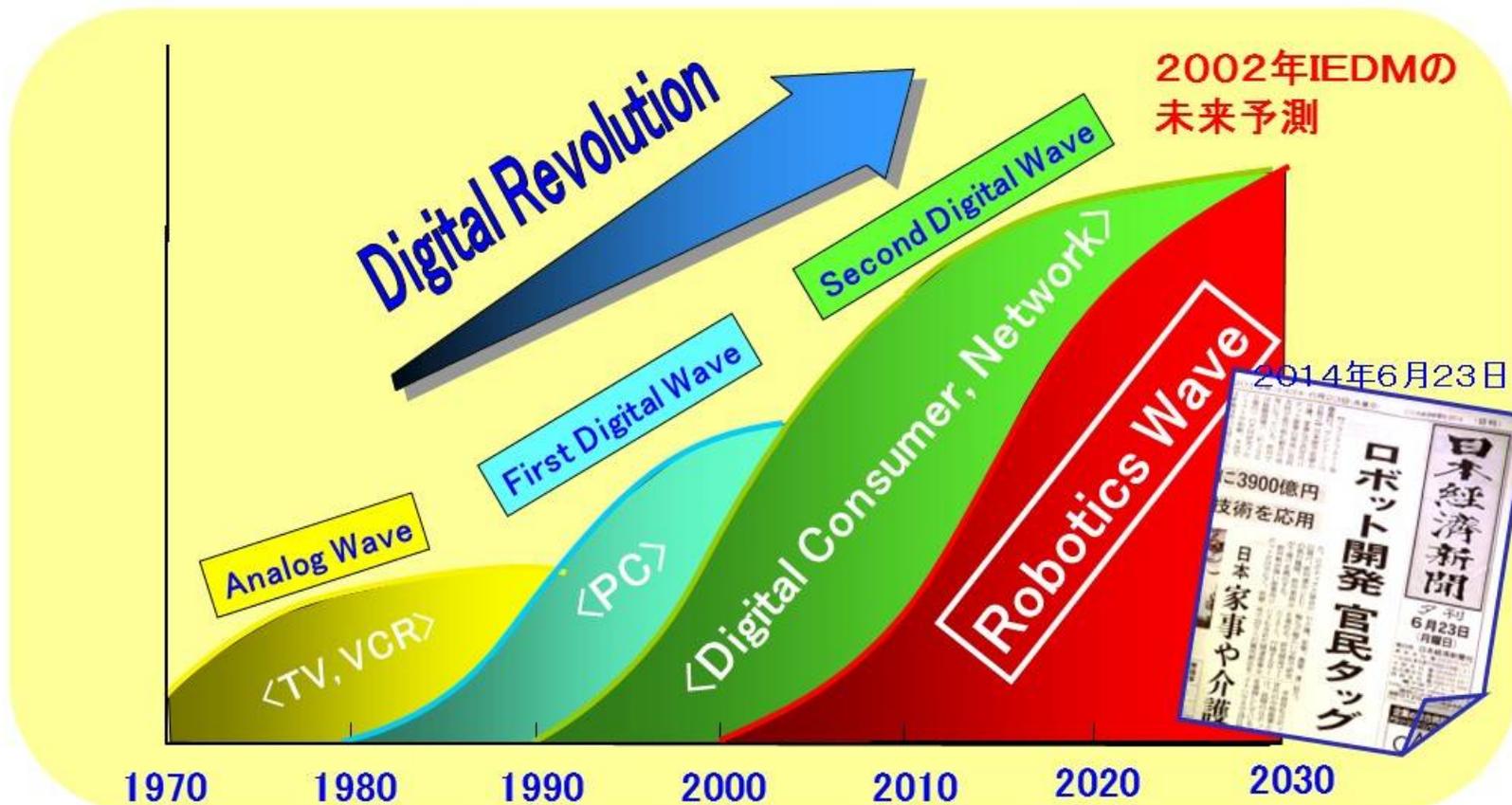
2005年ITRSの新呼称



Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (27)

IEDMの発表から3年後に出版されたITRS(2005年)の中に、「技術の多様化」が取り上げられ、微細化依存デバイスは「モア・ムーア・デバイス」、センサーなど微細化に依存しないデバイスは「モアザン・ムーア・デバイス」という名前が付けられた。現在はこのITRSの呼称が一般に使われている。もともとの発想はロボット向け半導体の考察から得られたものである。

立ち上がる“ロボットの波”

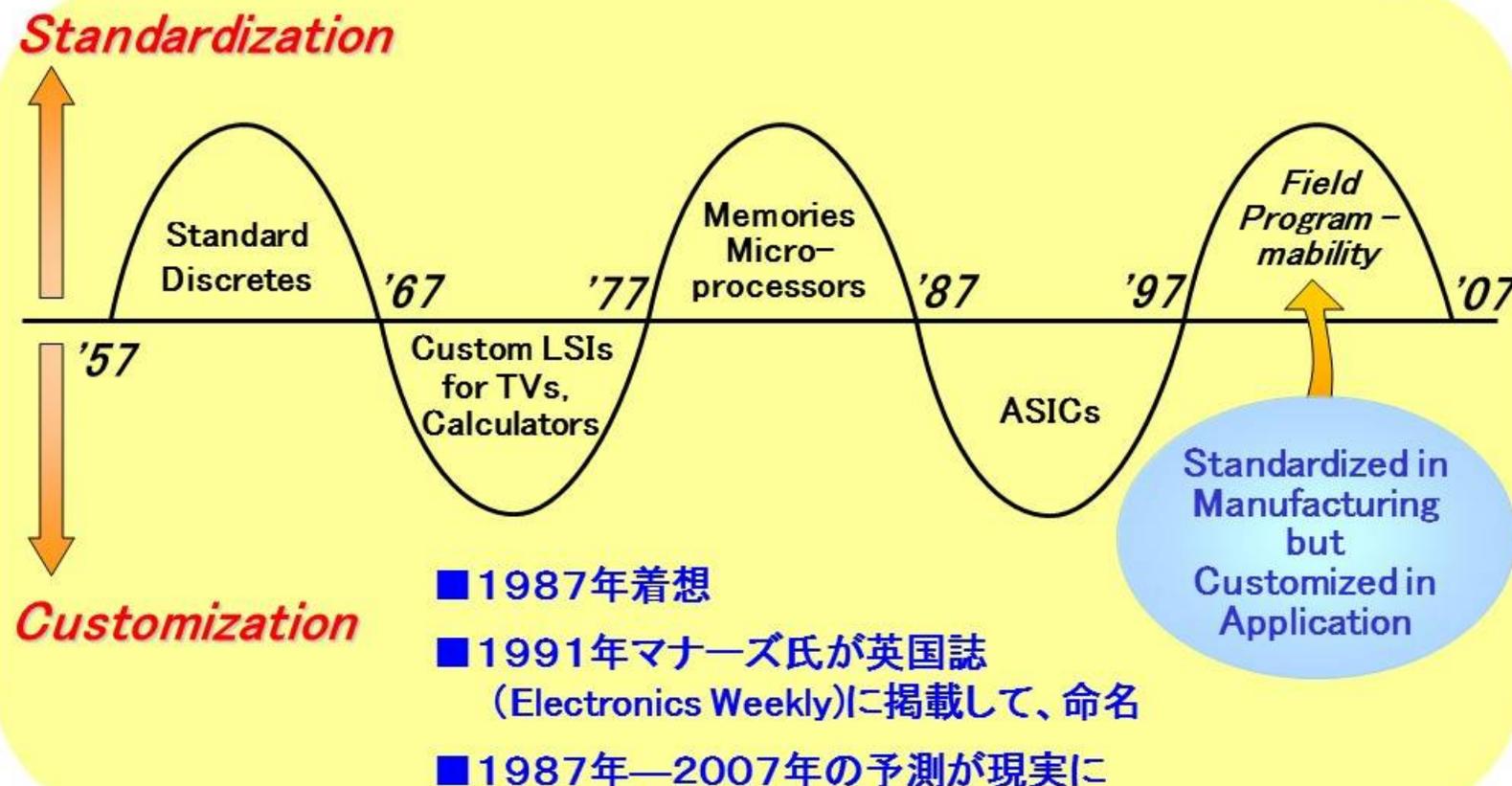


Source: T. Makimoto, IEDM2002

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 28

この図はエレクトロニクス産業における牽引車の入れかわりを表している。2002年時点での「未来予測」であるが、今日の時点（2016年）で見ると、PCはすでに過去のものとなり、スマホ中心のデジタル第2波も飽和傾向となっている。ロボット（含む、自動運転車）は官民挙げての取り組みが強化されており、予測に沿った動きになっていると言えよう。

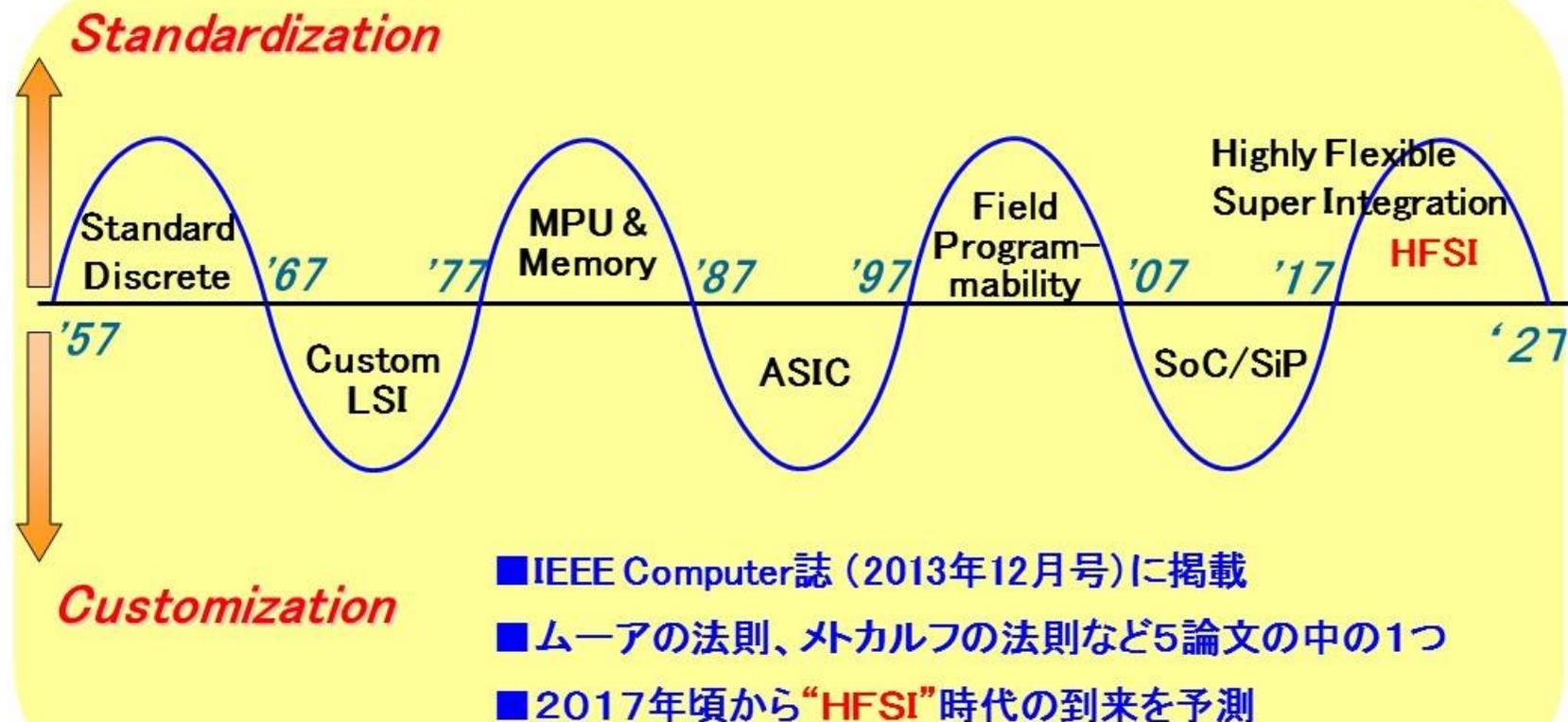
Makimoto 's Wave (オリジナル版)



Dr. T. Makimoto (TechnoVision) (29)

牧本ウエーブは標準化・カスタム化のサイクル性から見る未来予測の一つである。この図は、1991年に公表されたオリジナル版であるが、ASICを中心とするカスタム化の波に続いて、FPGAなどを中心とする標準化指向の波の到来を予測している。今日の視点から振り返るとほぼ20年まで先のことを正しく予測したと言えるだろう。

Makimoto's Wave からの未来予測

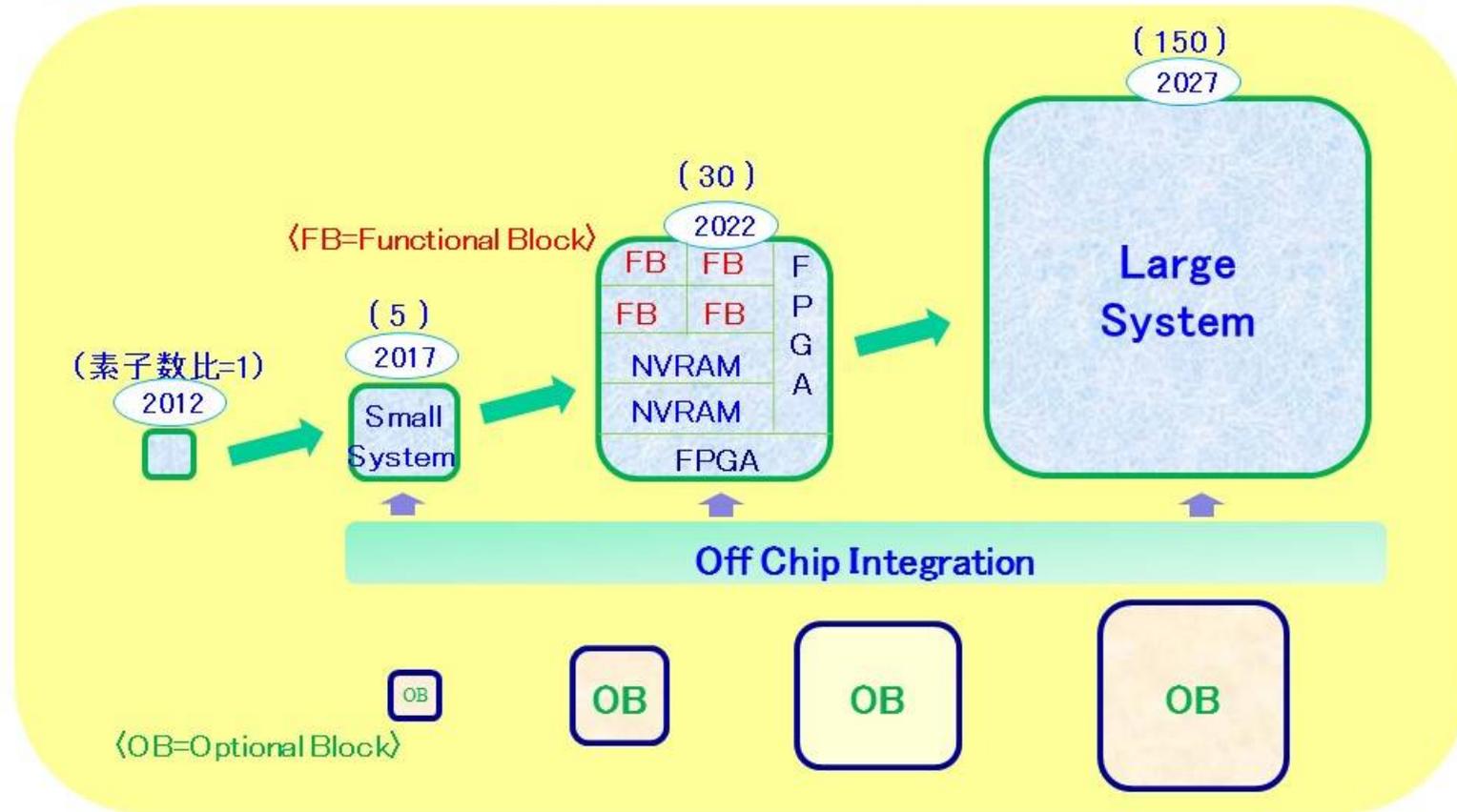


Source: IEEE Computer, Dec., 2013

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 30

この図は2013年のIEEE Computer誌に掲載された論文に記載された牧本ウエーブの延長版であり、コンピュータの予測に関連する5論文の中の一つである(第4展示室参照)。現在のカスタム指向のSoC/SiPの先にはHFSIを中心とする標準化指向のトレンドが立ち上がることを予測している。HFSIは高度な知能を持つロボットなどの新市場を支えることになるだろう。

What is HFSI?



Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 31

HFSI (Highly Flexible Super Integration) is a high-performance device with high flexibility, capable of integrating various IP blocks. According to Moore's Law, the degree of integration increases 30 times every 10 years, making it possible to integrate various functional blocks such as CPU, GPU, DSP, FPGA, and NVRAM. This enables the device to cover a wide range of application fields.

Expanding Xilinx All Programmable Portfolio

Past

Single Node, Only FPGAs

FPGA 130 nm

FPGA 90 nm

FPGA 45/40 nm

Future

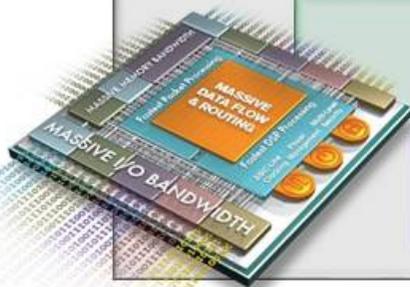
Concurrent Nodes with FPGAs, SoCs, and 3D ICs

28 nm: Long life with optimal price/performance/watt and SoC integrations

Open for business!

20 nm: Complements 28 nm for new high-performance architectures

16 nm: Complements 20 nm with FinFET, multi-processing, memory



Courtesy of Xilinx

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 32

HFSIに関する論文について、XilinxのCEOのモシェ・ガブリエルさんと意見を交わしたことがある。半導体の将来はHFSIと総称される方向に向かい、新しいフィールド・プログラマブル時代が到来するだろうとの意見で一致した。Xilinxでもすでにその方向を目指してAll Programmable Portfolioの製品化を進めている。インテルによるアルテラの買収もこの方向に合致している。

なぜ、HFSI に向かうのか？

市場面の要因

- カスタム化の設計コストが膨大に
- 市場は多様化、あらゆる分野に広がる
ロボット／自動車、医療／健康、環境（スマート○○○）
省エネ／新エネ／蓄エネ、スパコンの民主化

技術面の要因

- 集積度の向上
微細化の進展、3次元集積
MPU・GPU・DSP・Memory・I/OおよびFPGA の同時集積
- 不揮発性RAMの立ち上がり
ReRAM、STT-RAM、CNT-RAM

HFSIの方向には市場面と技術面から見ての必然性がある。スマホ中心の市場の次にはロボット・自動車・医療・健康など多様化した市場が広がる。そのような市場向けにカスタム的に対応することはコスト的に難しくなる。また、技術面では集積度の向上によって多くの機能が搭載されるようになり、併せて不揮発性RAMの本格的な立ち上がりがHFSIを支えるだろう。

目次

- IT立国アルメニア
- IT革新のエンジン:半導体
- 半導体を通してみる未来
 - ①ノマド社会の到来 ②半導体技術多様化
 - ③ロボット時代の幕開け ④HFSIとは？
- 半導体に携わる人へ贈る言葉

これまでの半導体人生を振り返れば、成功もあれば失敗もあり、得意の時もあれば失意の時もあり、まさに波乱万丈であった。このような経験を踏まえて半導体に携わる人に対して私の思いを伝えたい。

半導体に携わる人へ贈る言葉

1) 基本マインド

- ポジティブ思考、チャレンジ精神、好奇心、グローバルな心と視野

2) 勝利と敗北

- 勝つ日あり、負ける日もあり半導体
- 勝者は常に勝者ならず、敗者は常に敗者ならず
- 挫折をバネに次の飛躍へ: "Japan as Challenger"

3) 変化への対応

- 技術、市場、ビジネス・スタイル、全ては過去の単純延長にあらず
変曲点を早期に発見、早期に対応
- インダストリー・コンセンサス、無視できないが頼るべからず

4) 現代文明のエンジン

- 半導体は現代文明のエンジン
- エンジンを失って国の将来はない
- 故に、一国の盛衰は半導体にあり！

現在の日本半導体は「負け組」の代表のように言われている。世界市場におけるシェアの推移を見れば無理からぬところもあり、まことに残念である。しかし、半導体分野は変化が激しく、同じ状態がいつまでも続くことはない。パラダイムの変曲点をとらえて果敢にチャレンジすることだ。半導体は現代文明のエンジンであり、これを失って日本の将来はないのである。

わが人生 = 半導体

半導体の皆様
川上・川下産業の皆様
多大のご支援いただきましたこと
心から感謝いたします

ありがとうございました

Dr. T. Makimoto (TechnoVision) 36

「自分の天職として半導体の道に進もう」と決めたのは大学一年の時のことであった。ソニーのポータブル・ラジオが半導体によって作られていることを知り、新しい時代の息吹を感じたのである。それ以来、一貫して半導体の分野に従事し、いわば「半導体バカ」の状態である。この間、多くの方々にお世話になった。心からの御礼を申し上げます。