

集積回路とGreen IT

Green ICT Challenge in Tokyo Tech

益 一哉

東京工業大学統合研究院

masu@ieee.org

Kazuya Masu

Integrated Research Institute

Tokyo Institute of Technology

<http://masu-www.pi.titech.ac.jp>

- 集積回路の話をしつつ、東工大の**Green ICT Project**の紹介をします。
- 集積回路の歴史から、これからのGreen and Dependableの目指すべき方向を議論します。

● Green IT vs. Green ICT

- 経済産業省 → Green IT
- 総務省 → Green ICT



- JEITAは経済産業省系の組織・・・

1. Social challenge of Green ICT
2. Industrial challenge of Green ICT
3. Summary

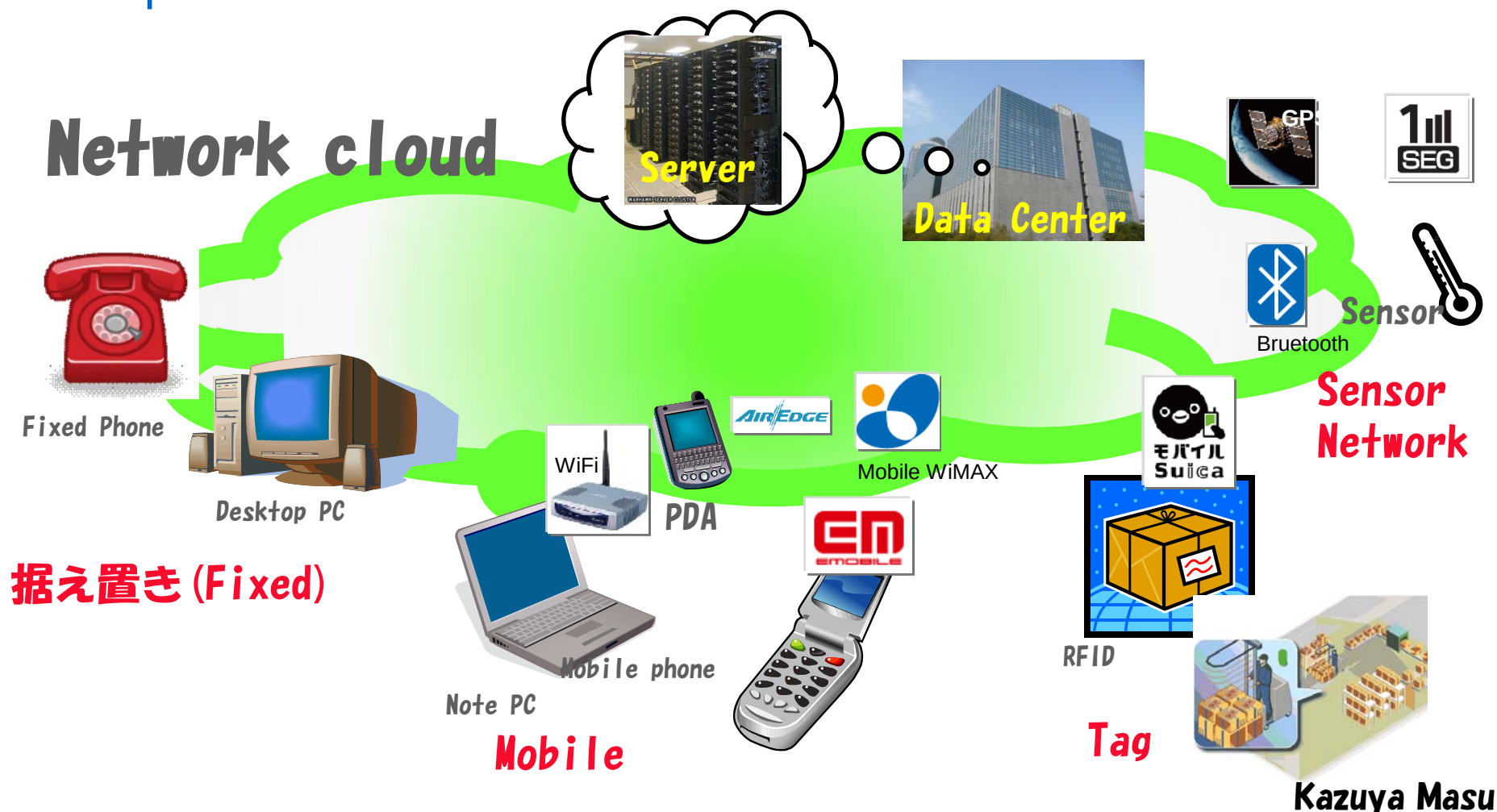
- 東工大・統合研究院では、“ソリューション研究”を推進しています。
 - いくつかのプロジェクトがありますが、Green ICT projectが2008年10月スタート
- Solution research (ソリューション研究)
 - Social challenge and industrial challenge (社会的課題と産業課題の解決を目指す。)
- What is social challenge of Green ICT ?

Background : our environment

5

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

- We are on the network cloud.
- We are in zero-emission/environment-hazardless required era.



- 情報流の爆発的な増加 → 直接的・間接的なエネルギー消費の増加
- 2025年の我が国のIT機器の消費電力 = 現在の5倍
- 情報ネットワーク上のスーパーコンピューター・サーバシステム、ネットワーク機器、情報機器・情報家電のエネルギー消費低減は社会的要請である。本プロジェクトでは、ハードウェア開発の観点から、半導体集積システムの高機能化と省電力の両立、電子・光融合型システムによる高機能化・省電力の実現を東工大のこれまでの光エレクトロニクスや集積回路などの研究成果をより発展させることにより目指す。
- Japanese electric power consumption of IT equipment in 2025 is five times of that in 2006.
- Reduction of energy consumption of super computer, server, network and information equipment, consumer electronic equipment is a social requirement.
- In this new project, from the viewpoint of hardware, we pursue (1) high performance semiconductor integrated system with low power consumption, and (2) higher performance and low power consumption by electronic and photonic integration based on Tokyo Tech research activity relating to photonics and electronics area.

Why “Green ICT” in Tokyo Tech ?

7

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

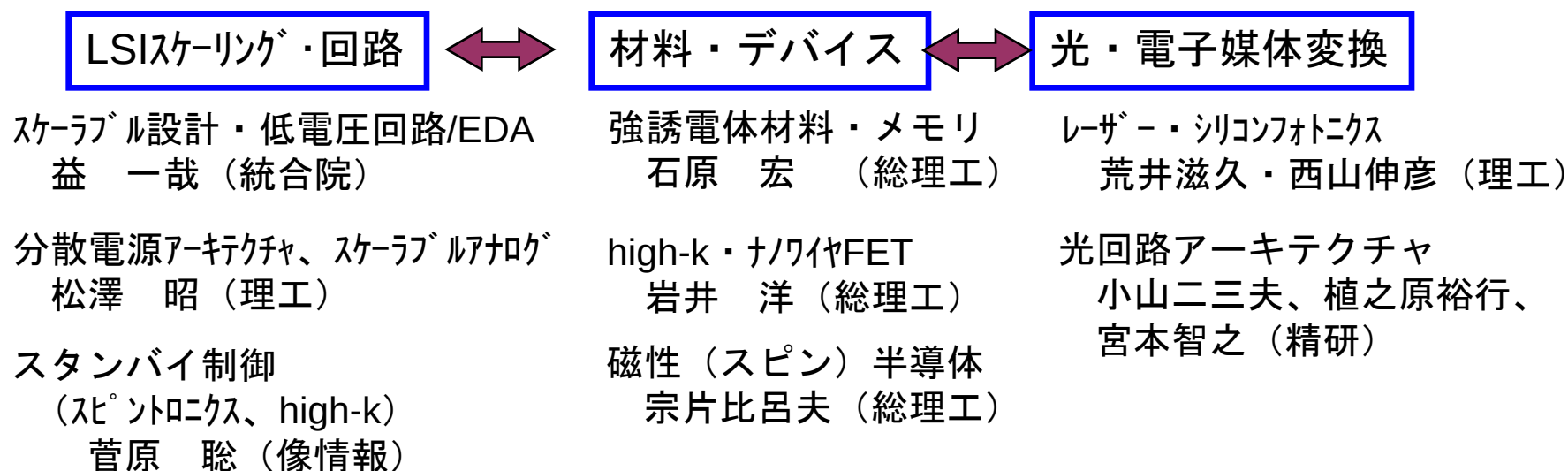
- Development of long wavelength laser diode and invention of vertical cavity surface emitting Laser (VCSEL) [長波長レーザの開発から面発光レーザ (VCSEL)の発明]
- Development of ferroelectric material and memory, ant transistor type memory cell [強誘電体メモリの開発からトランジスタ型メモリセルの実現]
- Development of electrical and photonic interconnect of next generation super computer [次世代光インターコネクトスパコンの要素技術開発(電気配線追求 と光インターコネクト導入)]
- COE21/G-COE program: Photonic Integration-Core Electronics (「フォトリック集積コア」との融合)

1. **True Scaling:** Contribution in scaling issue solutions of 11nm CMOS (gate length 5nm) in 2022.
 2. **Device/Material innovation:** Low voltage operation, stand-by power control and information storage in device level.
 3. **Circuit innovation:** circuit and architecture for dependable power management, and relating EDA technology.
 4. **Integration innovation:** Low power technology using information-flow media conversion
- 知と技の集積の過程を通じて、個別研究とは異なったソリューション研究を推進する。

● 研究マネジメント（RevolutionとEvolutionのマネジメント）

- リーダー： 益 一哉（統合研究院・精密工学研究所）
- 研究PDCA推進： 菅沼 隆史（イノベーションシステム研究センター）

● 研究内容・分担研究者



益Gr.: 益 一哉、石原 昇（特任教授）、天川修平（特任助教）
伊藤浩之（精研・助教・2010年9月まで休職・富士通研出向中）
学外： 佐藤高史（京大教授・2009年4月より）

- **Green and Dependable**

- **Green**

- Low power, zero-emission, environmentally hazardless

- **Dependable**

- Robust design

- Ultra high reliable operation in severe environment

- **Green and dependable high end server in network cloud.**

- **These are required because of Social challenge. (社会的要請)**

● Solution research (ソリューション研究)

- Social challenge and industrial challenge (社会的課題と産業課題の解決を目指す。)

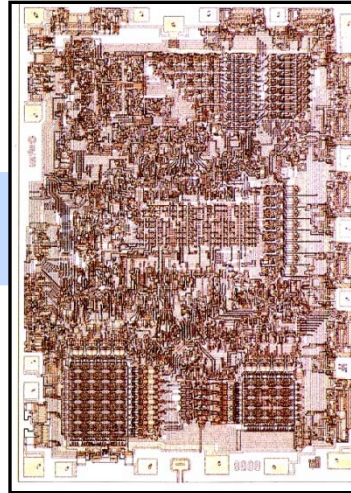
● What is industrial challenge of Green ICT?

- Revitalization of electronics/photonics industry (especial semiconductor industry for me) in 2014 when the economic situation will be drastically changed, or novel business models are produced.
- 産業課題：景気回復時の産業活性化への寄与、新産業創成

集積回路って何？ --Computer

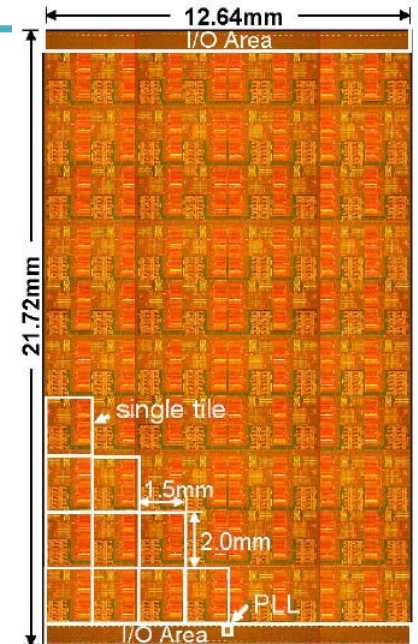
12

MPU (Intel 4004)
1971, 2,3k Tr,
10 μ m, 108kHz



Invention of transistor, 1947
半導体は“還暦”

State-of-Art
Many Core MPU
(Intel, 2007) 65nm, 10⁸Tr/3mm²-Tile

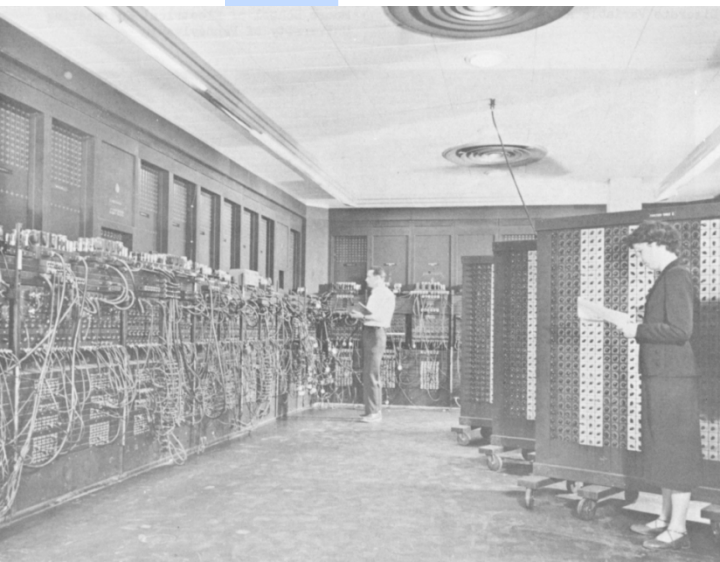


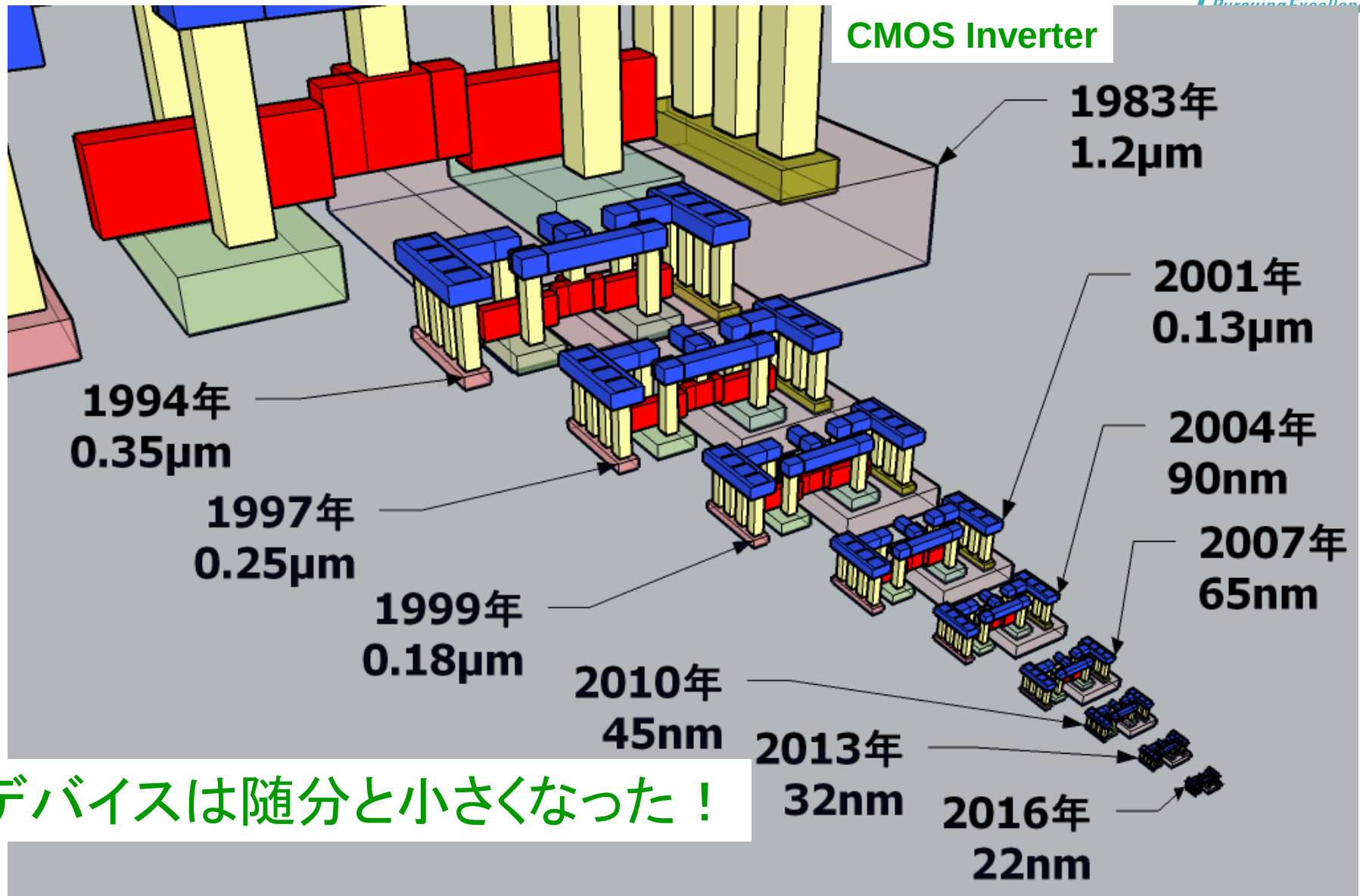
Miniaturization has brought

- High performance
- High density(integration)
- Low power

平面寸法を1/kにすると、

- 同じ機能の回路なら、速度k倍、消費電力1/k²
- 微細化は元来Green !

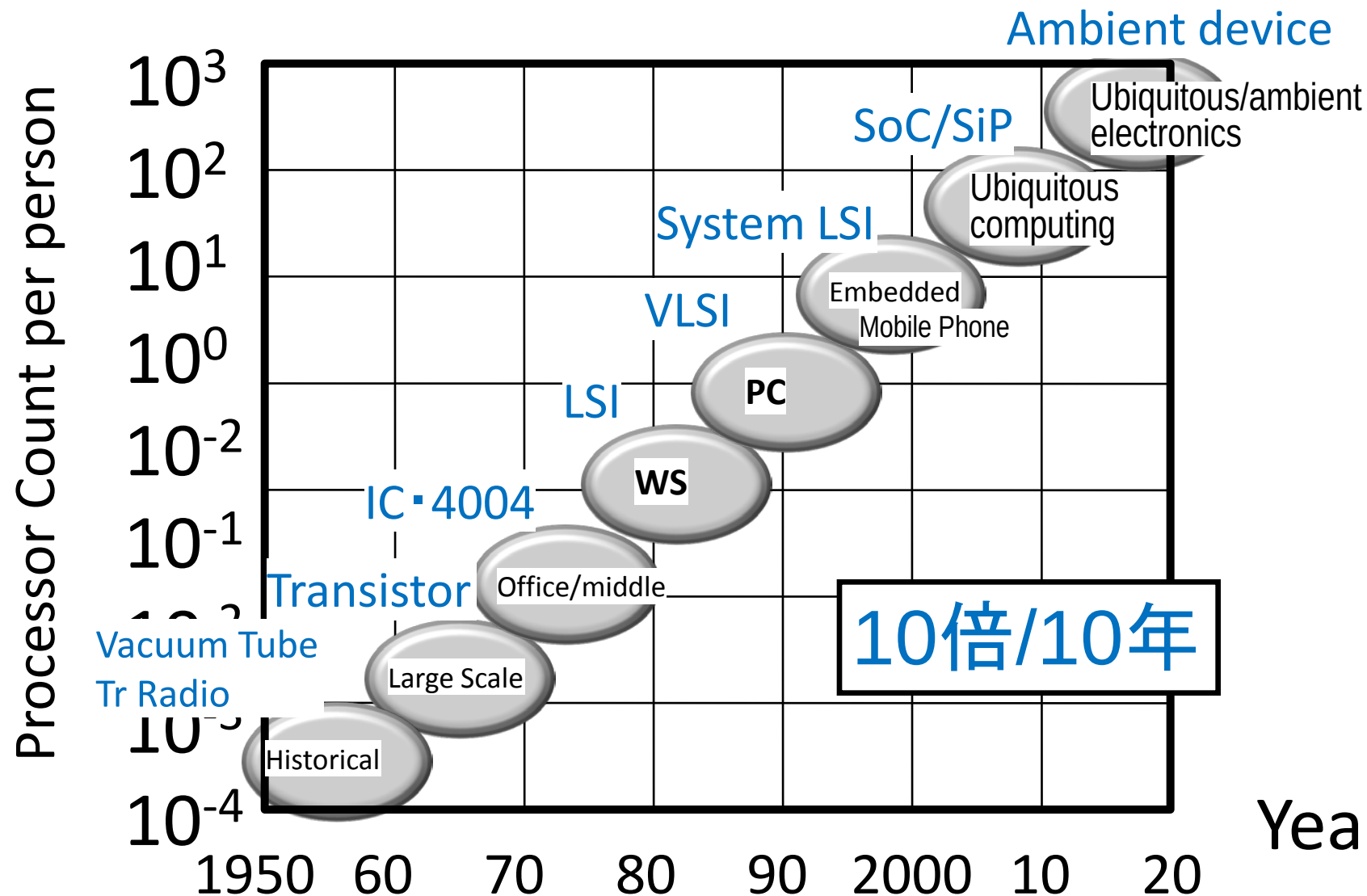




Processor count per person

14

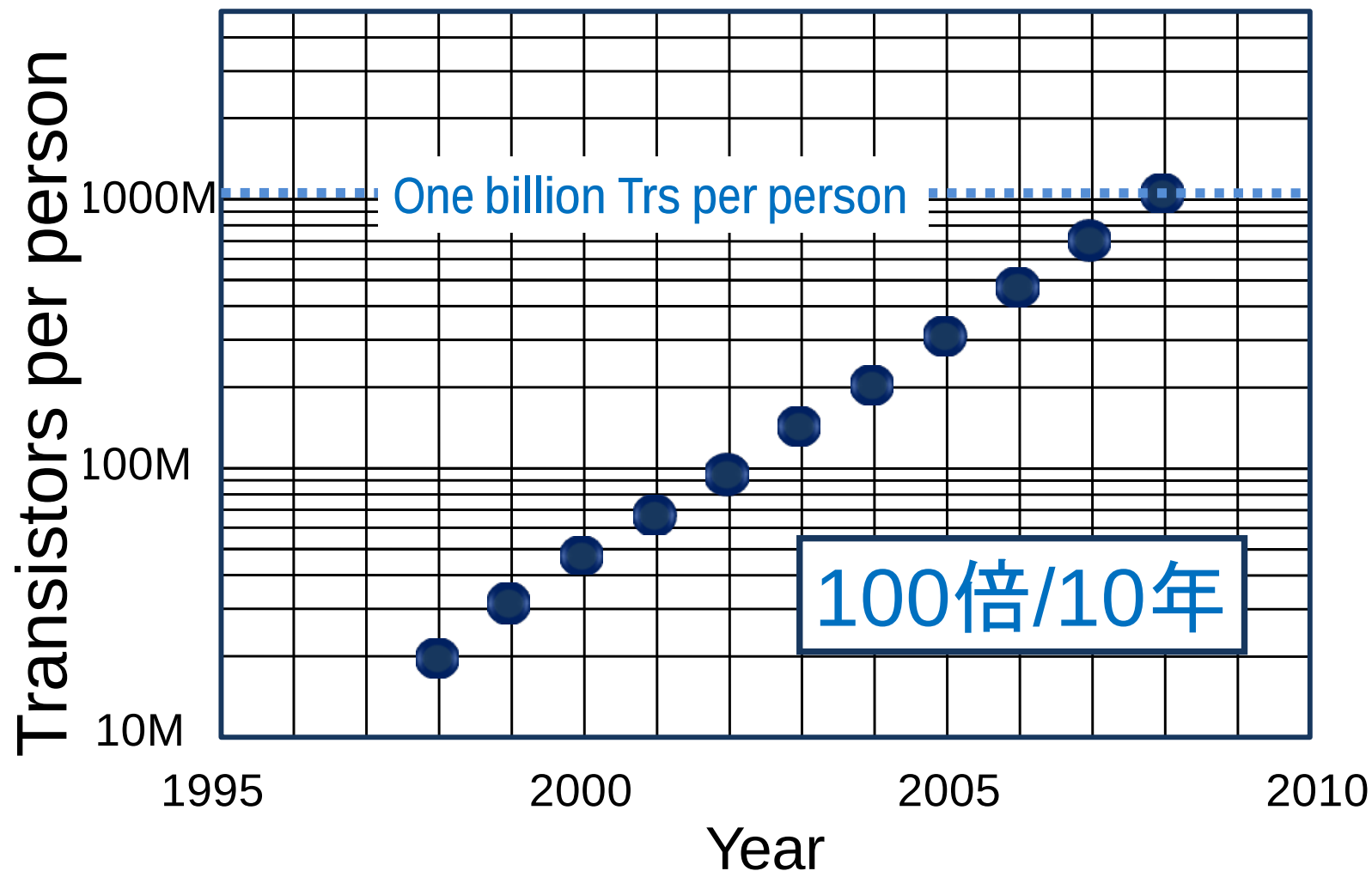
TOKYO TECH
Pursuing Excellence



Transistor per person

15

TOKYO TECH
Pursuing Excellence



What happened in these fields ?

16

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

Ski Jumping

WBC

Breast Swimming

Rule or regulation have been changed or modified.

F1 Honda

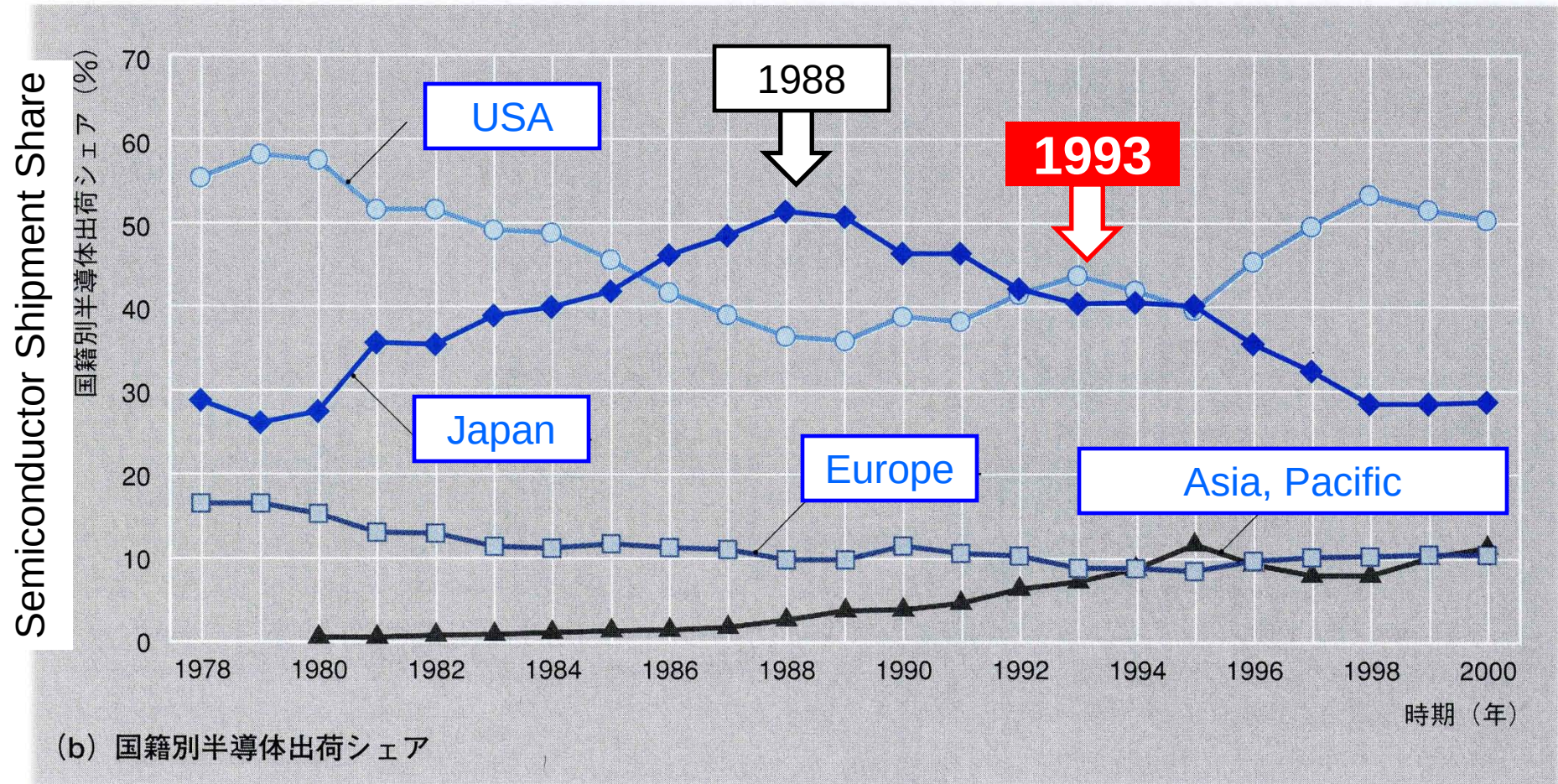
Nordic Ski Combined

Le Mans, Matsuda 1991

Figure Skating

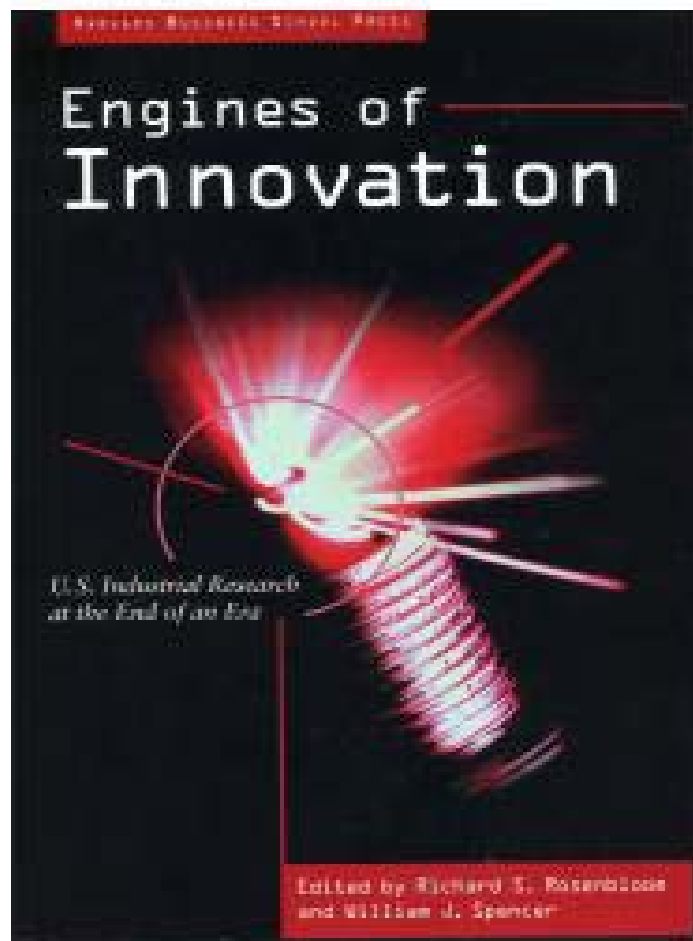
講演では、webから引用した写真を利用しましたが、
ここでは著作権を考え削除します。

Kazuya Masu



Japanese shipment share has been coming down since 1993.

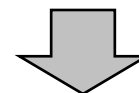
Chapter 7



Some personal perspectives on
Research in the semiconductor
Industry

Gordon E. Moore

日本半導体メーカーにキャッチアップするために
必要な技術項目のリストアップとその開発
スケジュールを業界のコンセンサスとするため。



目標：1994年に0.25 μ ルールで日本を追
抜く

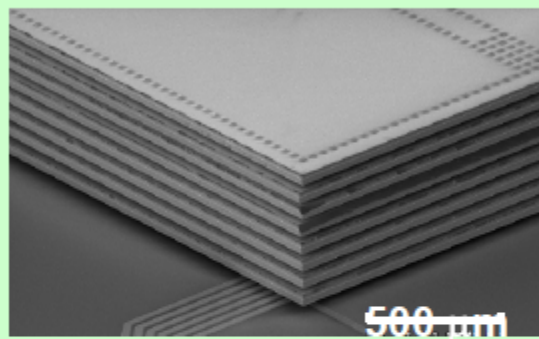
What was (is) Semiconductor Roadmap ?

19

TOKYO TECH
Pursuing Excellence

- 1988年：日本半導体（メモリ中心であったが）世界シェアトップ
- Yang reportに始まり、5年で半導体シェア奪還のためのシナリオ → SIA roadmap
 - 日本半導体のコンピタンスであったプロセスや装置をツール（道具）化。
 - 各社独自のプロセス技術、装置技術、設計技術をプラットフォーム化、都合の良い道筋を作る。 → 見方を変えようと、ビジネスモデル（ルール）を変更して、シェア奪回。
 - 米国のシェア奪回は1993年！（以降、SIAからITRSへ）
- 技術ロードマップは、Investor Relationsであるとともにビジネスモデル変更のためのシナリオ提示

半導体メモリ分野



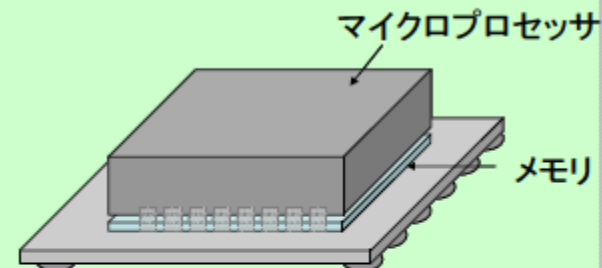
半導体素子(メモリ)積層
(エルピーダ、沖、NEC)

センサ等



センサとプロセッサの積層イメージ
(2008 ITRS Conference 資料より)

コンピュータ分野



プロセッサとメモリの積層 (IBM)
(ISSCC(2009)講演資料よりNEDOにて作成)

日本が先行(上)
韓国メモリメーカーが追従

内外メーカーで製品化開始
日本メーカーも健闘

マイクロプロセッサメーカー
で精力的開発

- More than Moore, 異種機能集積
- 単なる計算機能の向上だけではない。

参考 NEDO : 「立体構造新機能集積回路(ドリームチップ)技術開発」

● 世を取り巻く状況

- 経済的に非常に厳しい。
- 半導体各社(だけではないが)軒並み赤字
- 3年は厳しい状況が続く
- 3年後、4年度の新しいパラダイム時代に取り遅れないためにどうするか？

● 米国自動車産業の大きな変化

- 何故、彼らは電気自動車に舵を切るのか？

● 歴史的事実から何を学ぶか

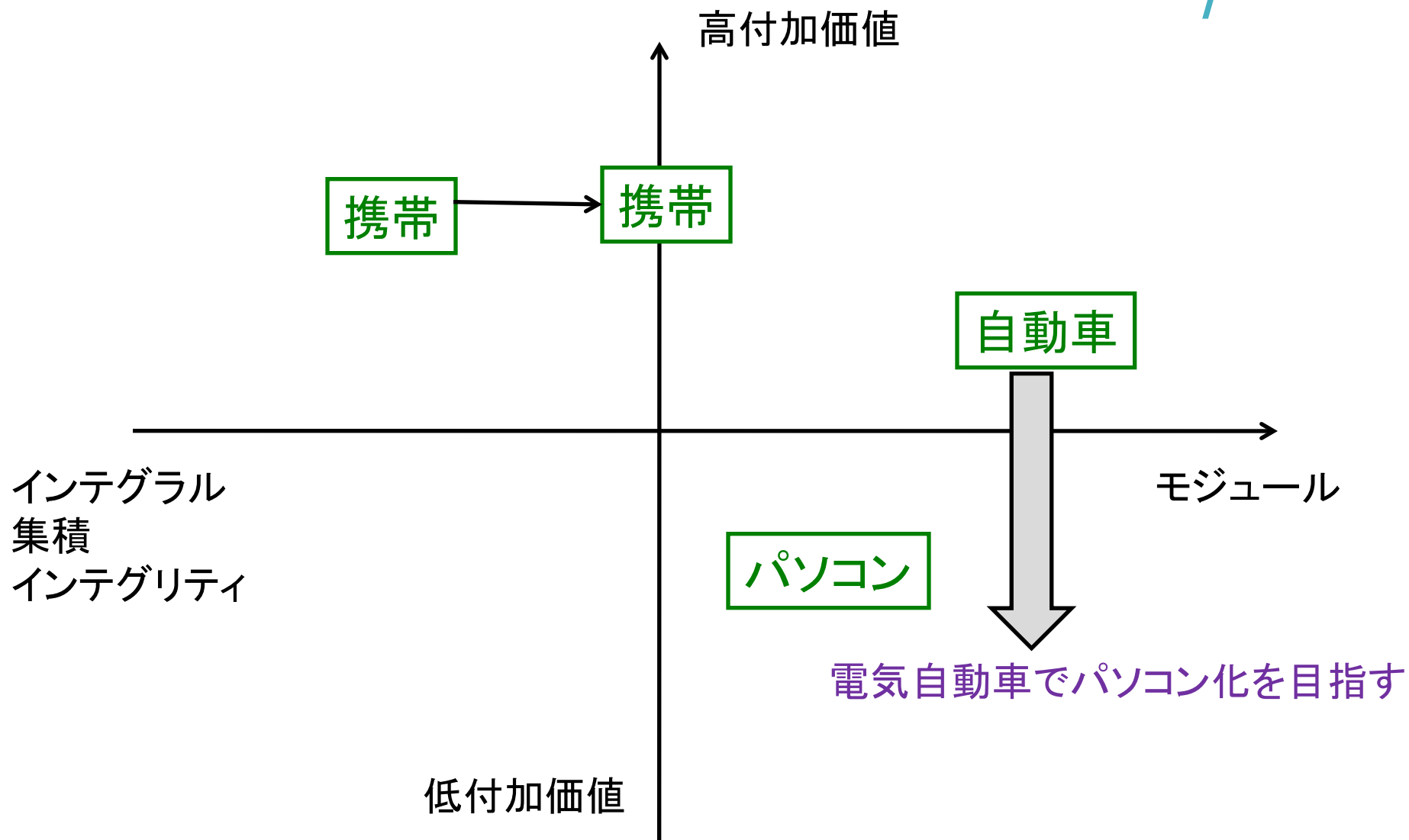
- 1988年：日本半導体は世界シェアトップ。その後の凋落から未だに復活せず。
- 20年後の2008年：厳しい経済状況の中ではあるがトヨタの生産台数はGMを抜いて世界一。

● 20年後の2008年： トヨタ生産台数世界一

- 自動車生産技術は、すりあわせ技術の極致。Big Threeは今のままではトヨタに勝つ見込みはない。
- 自動車メーカーのコンピタンスであるエンジンがモータに取って代わられると、従来自動車メーカーのコンピタンスはなくなる。

● 救済の処方箋 → ビジネスモデルの変更

- トヨタモデル(擦り合わせ技術)をモジュール型生産へ
- モジュール型生産の例： パソコン
- 別の表現：自動車産業のCommodity化(パソコンモデル)
- 電気自動車はそのチャンス。新自動産業を創出のために中国も大きな興味あり。



- 単なる移動手段ではなく、「あらたな移動情報空間」
- 「移動情報空間」システムと考えると、
 - 移動手段(電気自動車)
 - 移動情報空間システム(エレクトロニクス)

「新・産業革命」と言うべき時代

● 産業革命

- 内燃機関の発明と創造によって、人を労務から解放
- 距離(移動)の壁を越えた

● 情報革命

- 集積回路、光・無線技術によって、人を苦痛から解放
- 距離・時間の壁を克服。言葉の壁も越える。

● 環境・エネルギー革命

- Zero Emission技術の創造で、地球と共生
- 人がやっど環境(地球)と共生。

● バイオ革命

- iPS細胞(再生医療)技術によって、寿命からの解放(不老？)

- Green and Dependable

- 低消費電力 → 低環境負荷、ゼロエミッション化
- 超高信頼性 → dependable

- 移動情報空間

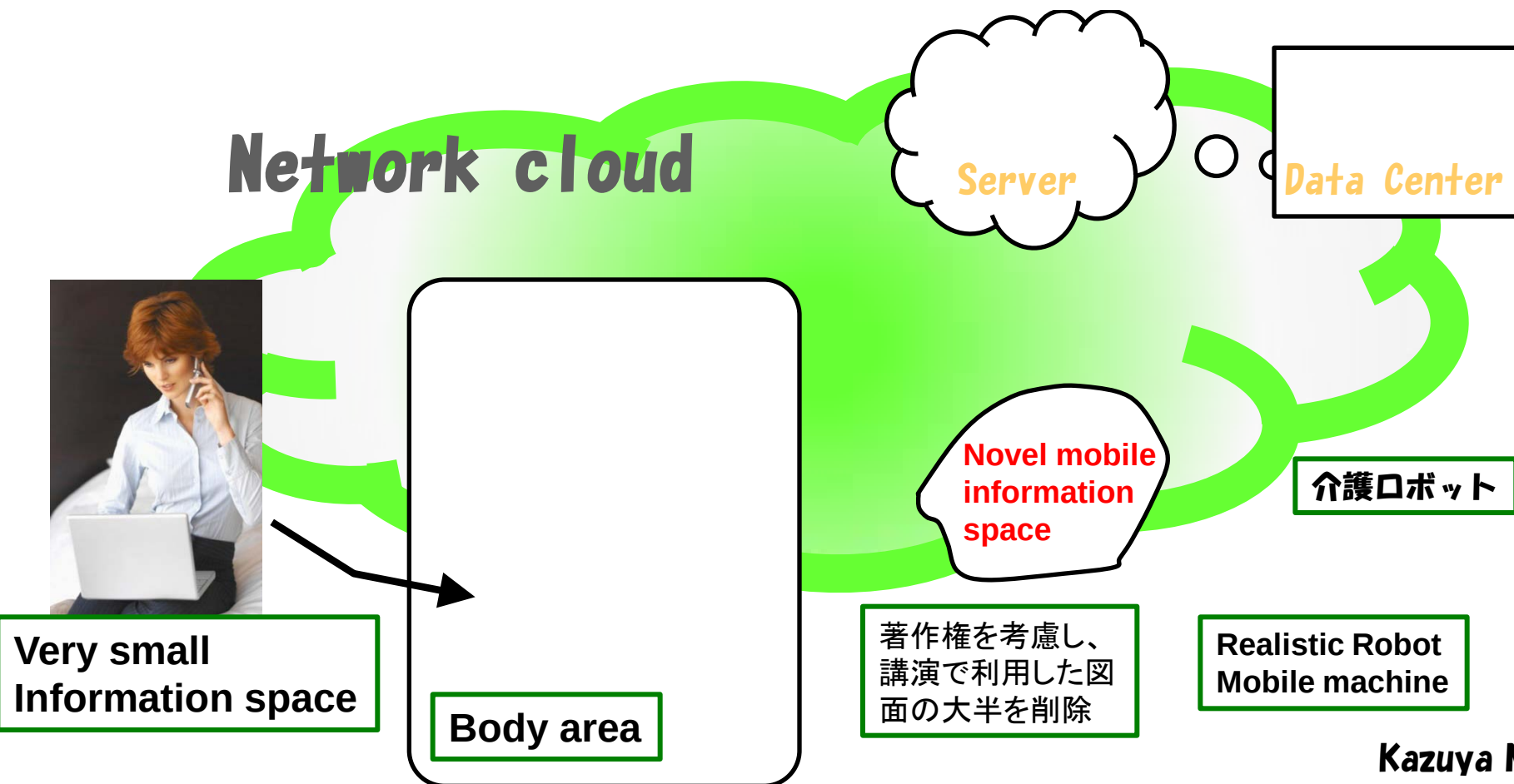
- 空間内(車内)
 - 機械系 (モーター、パワー半導体、バッテリー)
 - 制御系・ネットワーク系(耐環境、高信頼化)
- 空間外(車車間、路車間)
 - ITS, Communication → 超高信頼通信

- 具体的には、「電子＋光融合」さらに、「集積回路とエネルギー」へ。

- Green IC/Green ICT から “ICE Cube” へ

- Information, Communication and Energy
- In Infrastructure, Community and Environment
- For International Consortium of Electronics

- Information space is changing. **Mobile**
- “Green and dependable” are indispensable.
- In 2008, Toyota’s production is the top of the world. → Business model of automobile industry may be changed.



1. Social and industrial challenges of Green ICT

- Contribution to the industry in 2014 when the economic situation will be drastically changed. (経済回復時の産業活性化)
- Creation of new industry (新・産業創出)

2. How to perform our Green ICT

- Collaboration of researchers in Tokyo Tech (at the first step) (研究体としての研究推進)
- Academia-industry collaboration
Closed Technical Workshop (CTW) (産学連携の推進)