

# ハイ パフォーマンス コンピューティング テクノロジーへの挑戦

2004年 3月 4日

池井 満  
HPC 担当マネージャ  
インテル(株)



\*Other brands and names are the property of their respective owners  
© Copyright 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

1

## 目次

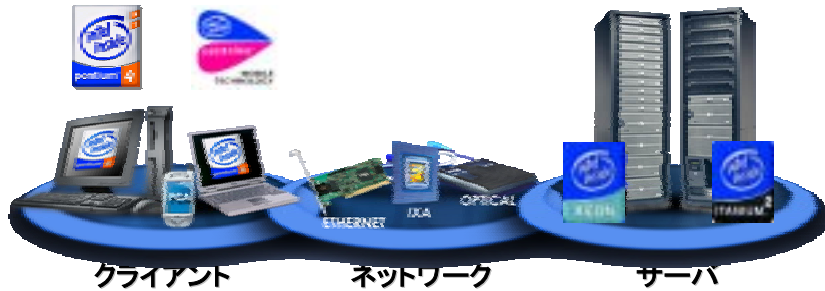
- インテル社とは
- HPCの動向
- クラスタ構成に必要な技術
- モジュラー・コンピューティング



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

2

# インテルの製品

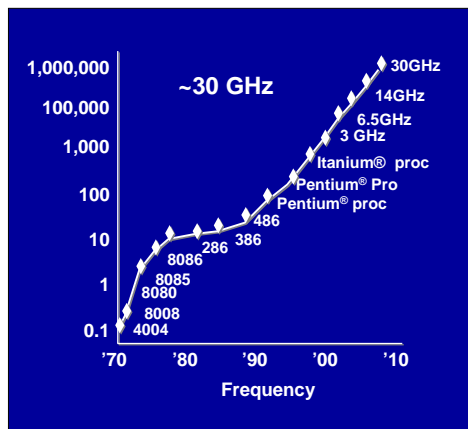
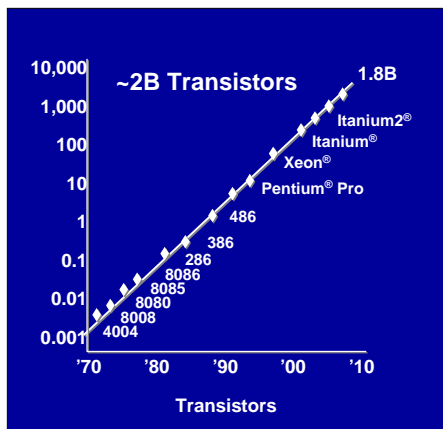


コンピュータ業界と通信業界を融合させる  
End-to-End のビルディング・ブロックを提供



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# シリコン半導体技術2010年



“2010年までに30 GHz デバイス, 10 nm またはそれ以下で  
1T 命令クラスの性能を実現可能か”<sup>(1)</sup>



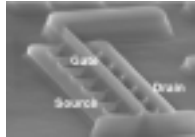
1) Pat Gelsinger, Intel CTO, Spring 2002 IDF

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

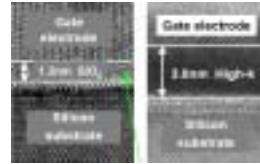
# 半導体製造技術



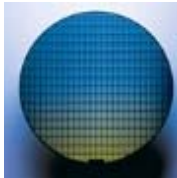
**90nm**  
Strained シリコン  
トランジスタ



**16nm**  
ナノ・デバイス構造  
Si ナノワイヤ・プロトタイプ



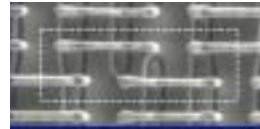
**45nm**  
High-K Gate Dielectrics



**300mm** ウエファ



製造工場 (90nm)



**65nm**  
0.57  $\mu\text{m}^2$  SRAM Cells



[www.intel.com/research/silicon](http://www.intel.com/research/silicon)

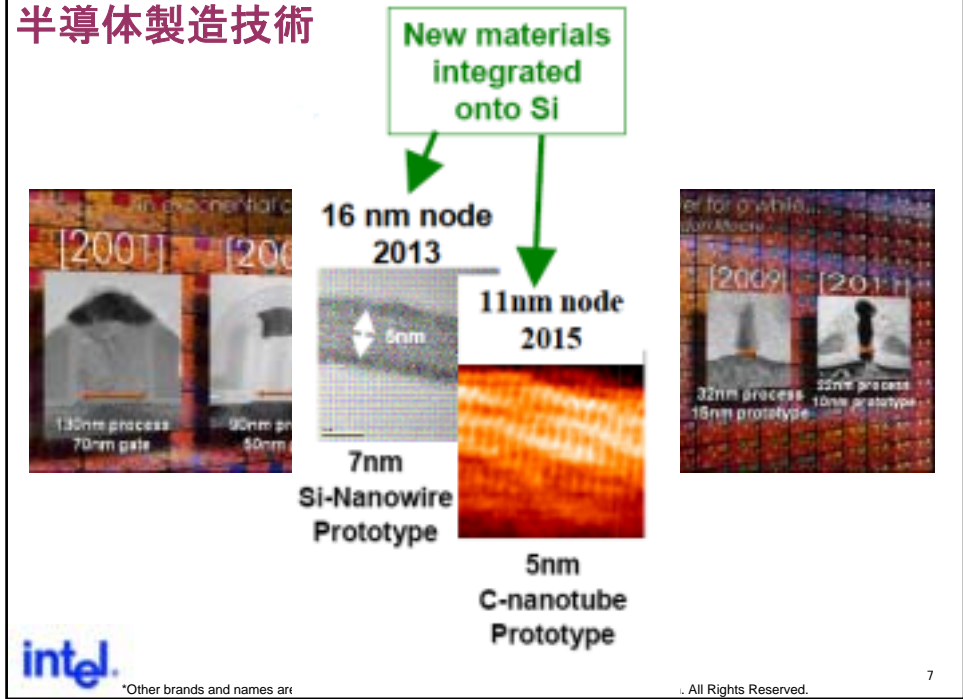
\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# 半導体製造技術

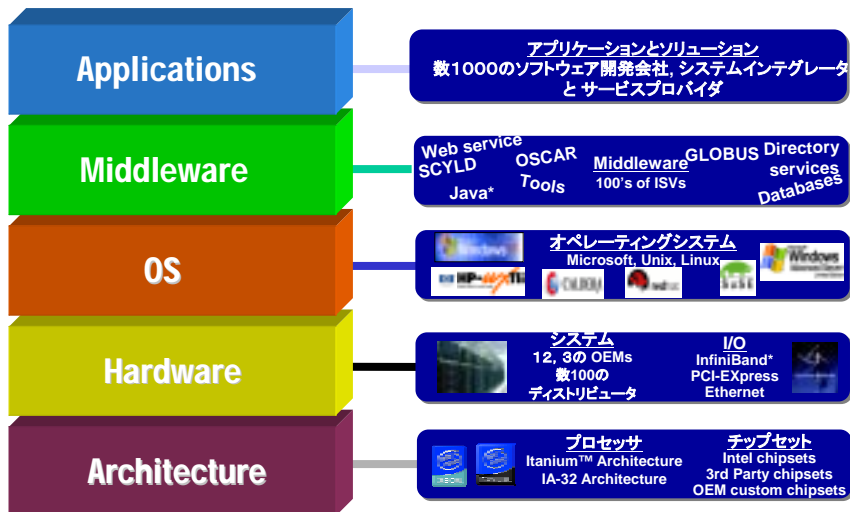


\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# 半導体製造技術



# 水平マーケット展開



インテルベースの水平ソリューションにおける研究開発費はSunの単独(垂直)の研究開発費の\$1.6Bに対して\$19.0B<sup>(1)</sup> (約2兆3千億円)



1: 2000 R&D spending for Intel, Microsoft, Compaq, Dell, HP, SGI & IBM. Source: 2000 Annual Reports

# 目次

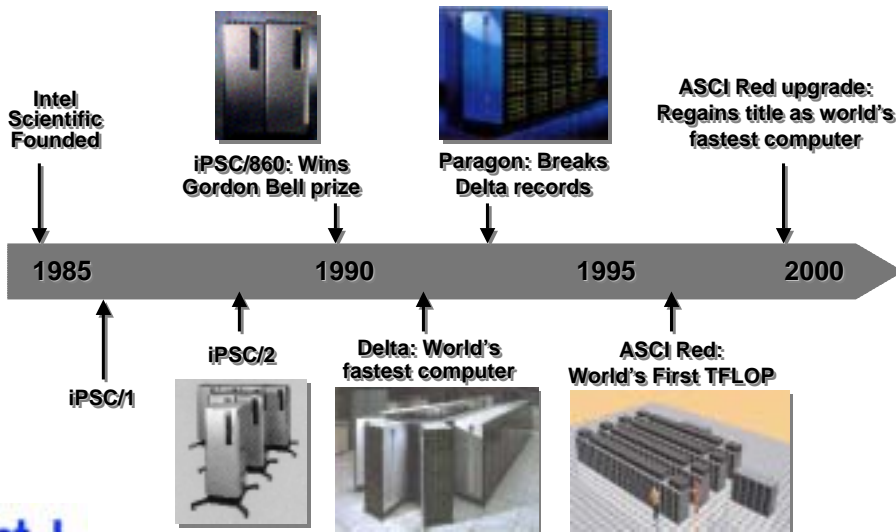
- インテル社とは
- HPCの動向
- クラスタ構成に必要な技術
- モジュラー・コンピューティング



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

9

# Intel社のスーパーコンピュータ



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

10



- カスタム CPUs
- カスタム メモリ
- カスタム パッケージング
- カスタム インターコネク
- カスタム OS

- COTS CPUs
- COTS メモリ
- カスタム パッケージング
- カスタムインターコネク
- カスタム OS

- COTS CPU
- COTS メモリ
- COTS パッケージング
- COTS インターコネク
- COTS OS

1980  
~\$5 million/gigaflop

1990  
~\$200K /gigaflop

2000  
<\$2K /gigaflop

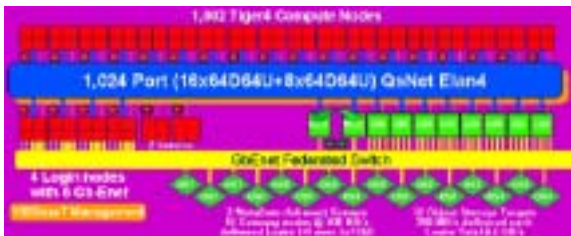
From ~1GF → ~100's GF → >10TF



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

11

## New Proof Point: Thunder



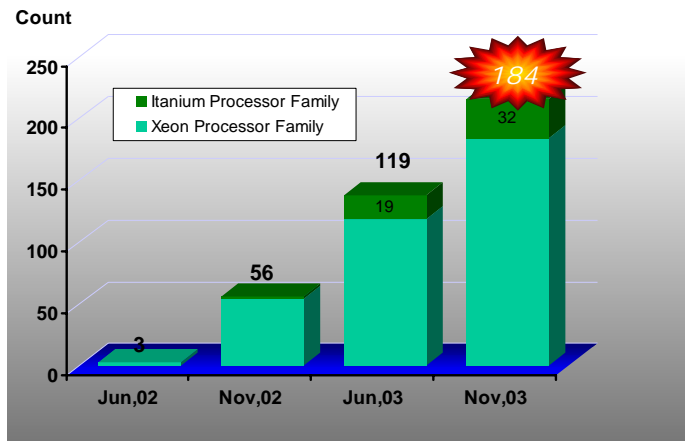
- From Concept to Deployment in Five Months
- Target Performance of 20TFLOP Peak
- Highest Performance COTS based solution in the world
- Approximately 3,840 Intel® Itanium® Processors



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

12

## Intel in Top500 Supercomputers



Source: Latest TOP500 list, Nov. 2003. Data available at: [www.top500.org/lists](http://www.top500.org/lists)

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

13

## Intel® and Top 500

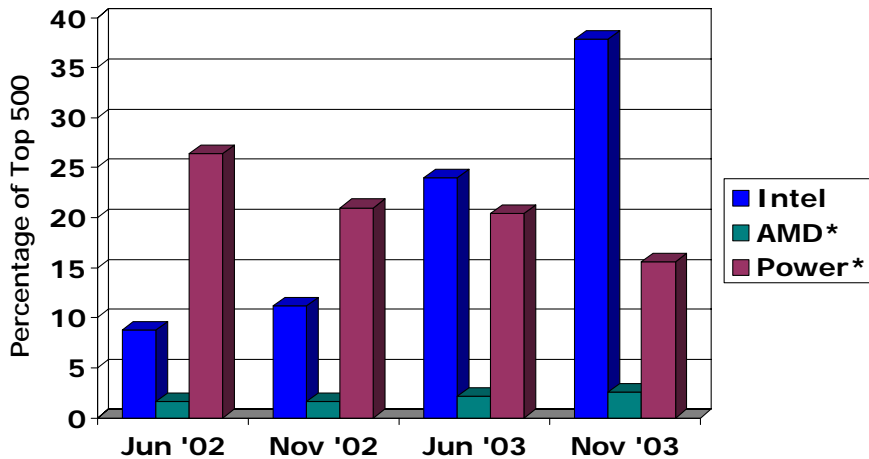
- 189 Intel-based systems on Top500 list
  - MSS leader with 37% of system being iA based, displacing RISC architectures
  - November 2002: 56 systems to November 2003: 189 systems
  - >40% of deployments into commercial segments
- 40% of top ten systems
  - NCSA (#4), Lawrence Livermore Nat'l Lab (#7, #10), Pacific Northwest National Labs (#5)
- Intel® Itanium® processor-based systems
  - From 19 systems in June to 32 in November



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

14

## Intel® and Top 500



Source: [www.top500.org](http://www.top500.org)



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

15

## 目次

- インテル社とは
- HPCの動向
- クラスタ構成に必要な技術
- モジュラー・コンピューティング



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

16



# クラスタ構成に必要な技術

- プロセッサ
- チップセット
- プラットフォーム
- インターコネクト
- ソフトウェア



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

17

# プロセッサ



performance 2P,  
4P, 8P, 8P+  
high-end servers

Intel® Itanium® プロセッサは現在と将来の64-bit HPC分野での計算要求を意識して作られた

例えば将来の革新的な HPC分野で使用される広大なメモリ空間を必要とする、大規模なSMP systems, 複雑な high-end 浮動小数点 アプリケーション, 64-bit 整数アプリケーション



4P, 8P, 8P+  
rack optimized,  
pedestal servers

2P  
rack optimized,  
pedestal servers

Intel® Xeon™ プロセッサは現在主流の32-bit HPC分野を意識して作られた

例えば今日のHPCに関わる多くの32-bitアプリケーション、分散アプリケーションサーバ、peer-to-peerのサーバ環境、高速32-bit 整数アプリケーション



UP, DP  
Rack, blades, low  
power blades

Intel® Pentium® 4 プロセッサは 分散環境の高性能端末 peer-to-peer等の分野を意識して作られた

例えばHPCに関わる端末アプリケーション、peer-to-peer端末としての最高性能 (Java,XML...)



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

18

# Intel® Itanium® プロセッサ・ファミリの拡がり 製品ラインアップ

最高性能を

## Itanium® 2 プロセッサ 6MB

- 1.5GHz で最大 6MB L3キャッシュ, MP 構成が可能
- ピーク性能 6 GFLOPS, プロセッサあたり 48 GB/s キャッシュ転送幅
- **業界トップレベルの高性能, 高スケーラブル性** で最も要求の過酷なエンタープライズや科学技術計算に対応

Launched  
June 30, 2003

性能価格比を

## Itanium® 2 プロセッサ 1.40GHz, 1.5MB

- 1.40GHz で 1.5MB L3キャッシュ, DP 構成用
- **RISCに対して圧倒的な性能価格比を実現**
- DP 技術計算用プラットフォーム、クラスタ・システムに最適

New!

低消費電力を

## Low Voltage Itanium® 2 プロセッサ

- 1.0GHz で 1.5MB L3キャッシュ, DP 構成用
- 高密度実装用に低消費電力
- **低めの価格のシステムを実現して Itanium® プロセッサ・ファミリをエンター・レベルの RISC 市場へも投入**

New!

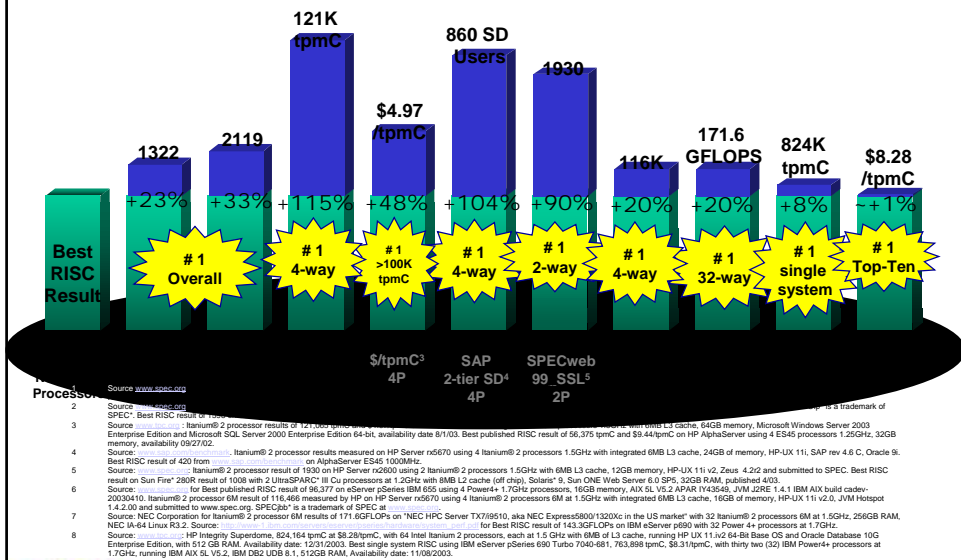
**Itanium® プロセッサ・ファミリに70万円クラスのDP WSIに最適化  
されたプロセッサが登場**



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

19

## Itanium® 2 プロセッサ 6M: 業界最高レベルの性能

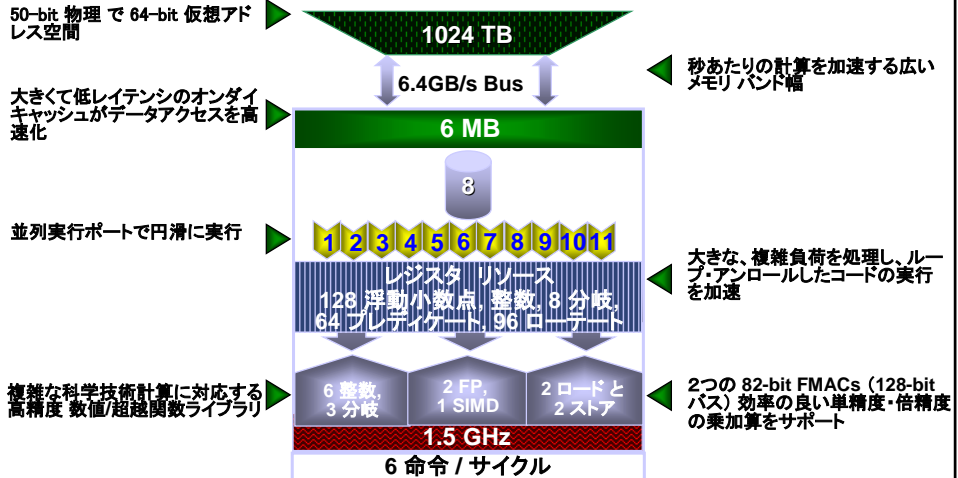


\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

20

# HPCに適する Itanium® アーキテクチャ

## Itanium® 2 プロセッサ (Madison)

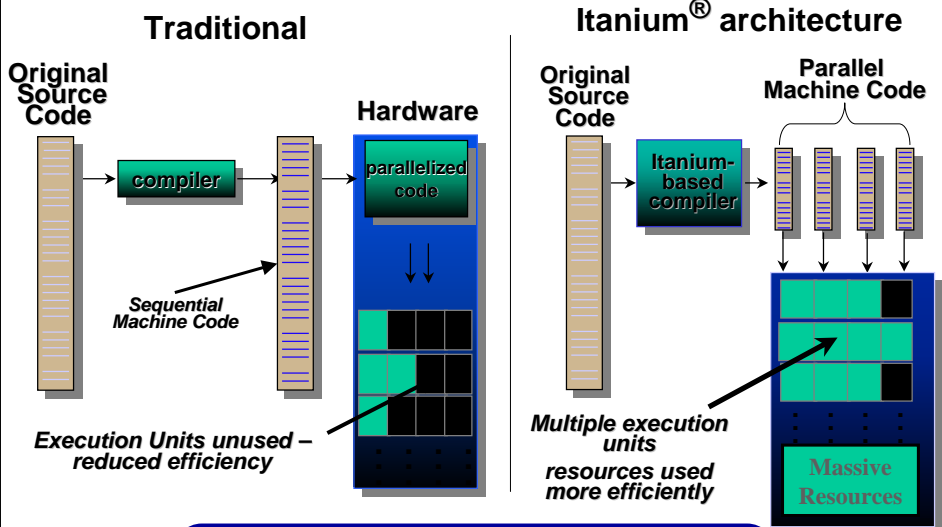


Itanium® アーキテクチャはHPCに必要な高密度の計算ニーズを満足するために並列度の高い設計となっている



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# Itanium® Architecture: Explicit Parallelism



Performance through Parallelism



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

インテル® Itanium® プロセッサ・ファミリのロードマップ

マルチ・プロセッサ (MP) 対応 <b>最適なパフォーマンス</b>			
<b>Itanium® 2</b> プロセッサ (Madison) 1.5GHz, 6M 1.4GHz, 4M 1.3GHz, 3M	<b>Itanium® 2</b> プロセッサ (Madison 9M) 1.7GHz, 9M	<b>Montecito</b> デュアル・コア, 大容量キャッシュ 90nm 製造プロセス	<b>Tukwila</b> マルチ・コア IAAlphaチームと 共に開発
デュアル・プロセッサ (DP) 対応 <b>優れた \$/FLOP</b>			
<b>Itanium® 2</b> プロセッサ (Madison) 1.4GHz, 1.5M, DP	<b>Itanium® 2</b> プロセッサ (Madison 9M-based) 1.6GHz, 3M, DP	<b>Millington</b> DP, Montecito-based	<b>Dimona</b> DP, Tukwilaベース
デュアル・プロセッサ (DP) 対応 <b>低消費電力</b>			
<b>LV Itanium® 2<sup>+</sup></b> プロセッサ (Deerfield) 1.0GHz, 1.5M, DP	<b>LV Itanium® 2</b> プロセッサ (Deerfield Refresh) 1.2GHz, 3M, DP	<b>LV Millington</b> DP, Low Voltage Montecito-based	<b>LV Dimona</b> DP, Low Voltage Tukwilaベース
2003	2004	2005	次世代

†低電圧版 インテル® Itanium® 2 プロセッサ  
 Tukwila, Dimona, Millington, Montecito, Madison, Deerfield はそれぞれ開発コード名

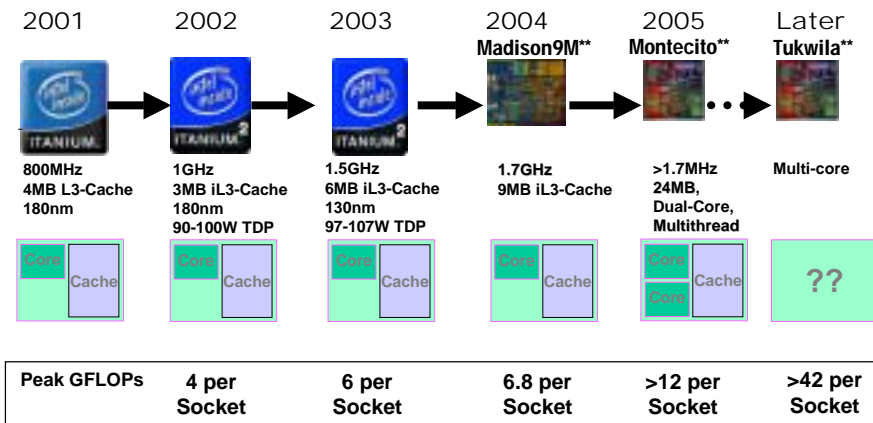
All products, dates and information are preliminary and subject to change without notice



より先進的な機能を付加した  
次世代のプラットフォームを計画

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

## Itanium® Microarchitecture Evolution In HPC



Continued increase in performance with long term roadmap

\*\*codename



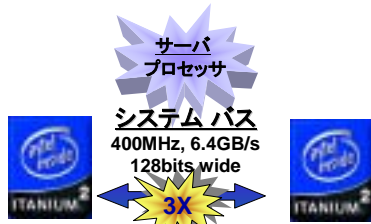
All products, dates, and figures are preliminary, for planning purposes only and are subject to change without notice.

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# Intel® Itanium®2 プロセッサ ベース プラットフォーム

## Itanium®2 プロセッサ

- 追加された実行リソース
- 全域に渡ってデータ転送速度を改善
- オン・ダイ大容量 L3 キャッシュ
- レイテンシが低く、転送バンド幅の広いキャッシュ



大規模マルチプロセッサプラットフォーム

スケーラブルビルディングブロック構造

## チップセット

- 性能最適化
- バランスの取れた構造
- 高速システムバス
- 充実したRSA機能

## 2つのPCIバス用PCI/PCI-Xブリッジ

- PCI-33 MHz
- PCI-66 MHz
- PCI-X (66/100/133 MHz)

## メモリ

デュアルチャネル DDR 200

新しいレベルのRAS、性能、スケーラビリティを実現する  
新世代のハイ・エンドプラットフォーム



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

25

# Intel® Xeon™ プロセッサ・ファミリ

## 性能

### マルチプロセッサ (MP) 対応

Intel® Xeon™ プロセッサMP (4MB L3 キャッシュ)	Potomac Intel® Twin Castle 4S 対応チップセット L3 キャッシュ容量増加	Tulsa Intel® Twin Castle 4S対応チップセット デュアルコア	将来
既存のプラットフォーム	新プラットフォーム		

### デュアルプロセッサ (DP) 対応

Intel® Xeon™ プロセッサ (3.20 GHz, ≥1M)	Nocona (>3.2 GHz, 1M) / Jayhawk	'Jayhawk' / 将来	将来
既存の 533 MHz	'Lindenhurst' 'Tumwater' 800 MHzプラットフォーム		新規 プラットフォーム

2004

2005

次世代

All products, dates and information are preliminary and subject to change without notice

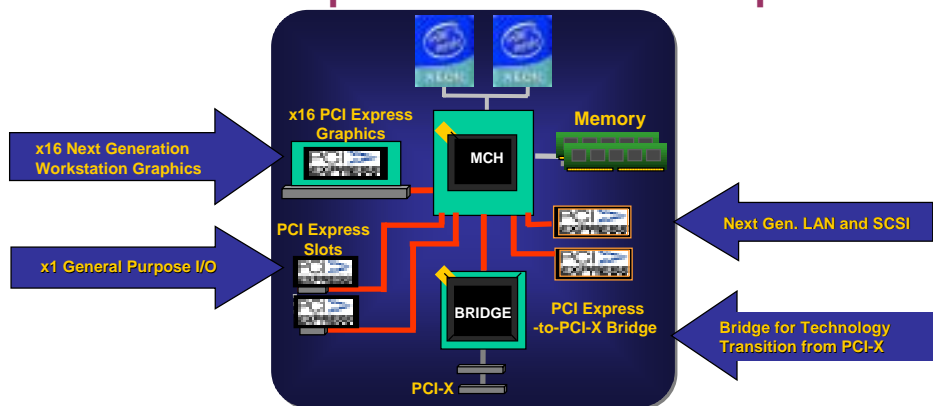


価値の増大、加速するロードマップ

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

26

## Intel Enterprise Platform Example



- PCI Express\* adapters connect directly to the MCH without a bridge
  - Lower latency and cost
  - Fewer pins, less board space
- Bandwidth to support 10Gb technologies
  - “Future proofs” 2004 servers
- Bridge spec extends PCI-X investment for PCI Express



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

27

## 2004年プラットフォーム技術の動向

- **メモリ**
  - DDR266, DDR333 から、より高速化可能で低消費電力なDDR2へ移行
  - さらにFBDへ(シリアル化)
- **IOインターフェイス**
  - PCI-X, PCI-X64 から PCI-Expressへ(シリアル化)
- **インターコネクト**
  - ギガ・イーサネットから10GB、インフィニバンド\*
- **プラットフォーム管理**
  - IPMI1.5からIPMI2.0へ

高性能・高信頼性を実現するためにプラットフォーム技術の標準化を推進している



†) Pat Gelsinger, Intel CTO, Spring 2002 IDF

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

28

# DDR/ DDR2 Feature Comparison

Characteristic	DDR	DDR2
	200/266/333/400	400/533/667
Clock Frequency	100/133/166/200	200/266/333
Max Bandwidth	1.6/2.1/2.7/3.2 GB/s	3.2/4.2/5.3 GB/s
Data Width	64/72 bits	64/72 bits
Signal Count	119	143
DIMM Pins	184	240
DRAM Package	66-pin TSOP	60/84-pin BGA
Banking Structure	4i	4i, 8i
Electrical Interface	SSTL_2	SSTL_18
Voltage (Core/IO)	2.5/2.5/2.6*/2.6*	1.8/1.8
Clocking	Differential	Differential
Data Strokes	Single Ended	Differential
DIMM Types	4-36 Devices	4-36 Devices
Burst Length	2, 4, 8	4, 8
DRAM Density	64Mbit - 1Gbit	256Mbit - 4Gbit



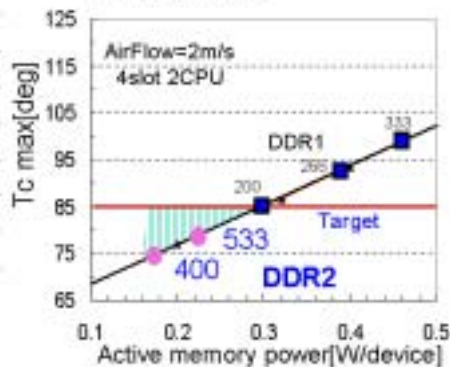
\* DDR 400 for Desktop

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

29

## DDR2 - "Cool" Memory

Thermal Margin



- Webbench (SSL+E-commerce) with 40 clients
- 2.8GHz Dual Xeon with HyperThread enabled

**DDR2 provides reduced power and improved thermal at 400Mbps and beyond.**

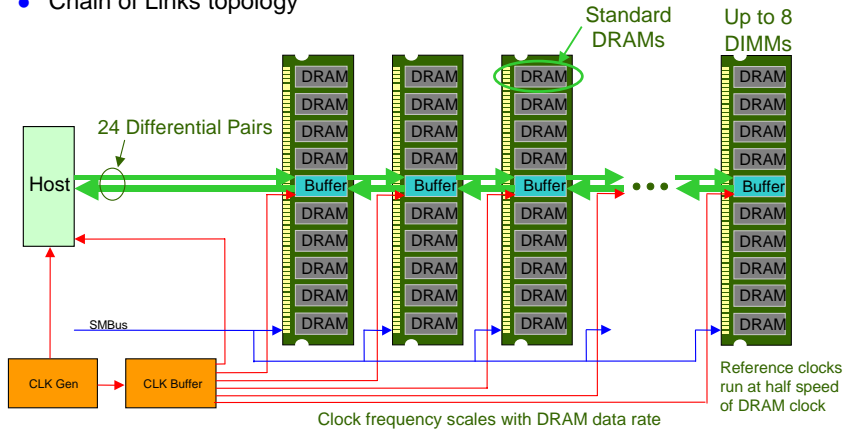


\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

30

# Fully Buffered DIMM (FB-DIMM) Overview

- New buffer and DIMM signaling technology
- Chain of Links topology



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

31

# Bandwidth Comparison

Architecture	Bus Width	Bus Frequency	Raw Bus Bandwidth (in Bytes)	Raw Bus Bandwidth (in bits)	Max Pins
PCI	32-bit	33 MHz	133 MB/s	1 Gbps	49
PCI / PCI-X	64-bit	66 MHz	533 MB/s	4.2 Gbps	102
PCI-X	64-bit	100 MHz	800 MB/s	6.4 Gbps	102
PCI-X	64-bit	133 MHz	1 GB/s	8 Gbps	102
PCI Express - x1	1-bit	2.5 GHz	312 MB/s	4 Gbps	8
PCI Express - x4	4-bit	2.5 GHz	1.25 GB/s	10 Gbps	20
PCI Express - x8	8-bit	2.5 GHz	2.5 GB/s	20 Gbps	40
PCI Express - x16	16-bit	2.5 GHz	5 GB/s	40 Gbps	80

\* Actual performance = 80% efficiency of theoretical

- A single architecture replaces several older buses
  - AGP for video
  - PCI for networking and RAID
- Ushers in new applications to the platform
  - 10 GbE Full Duplex and Infiniband x4 now achievable
  - High-end graphics and simulation in real time

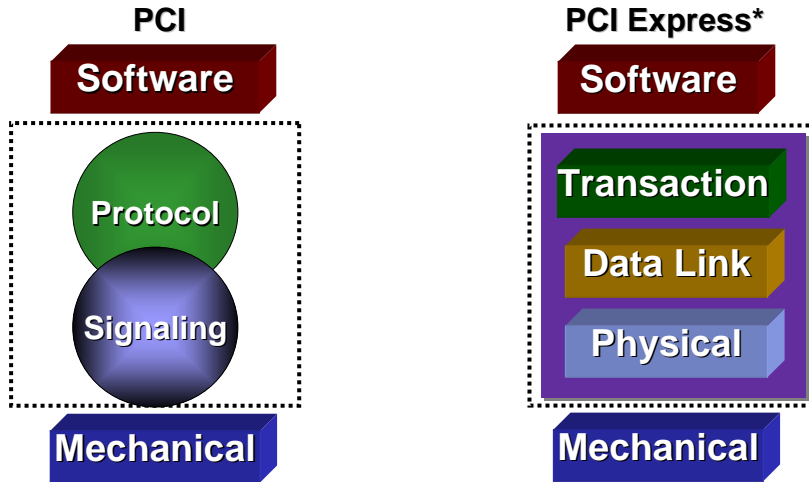


\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

32



# Architecture Comparison



**PCI Express Layering Enables Scalability, Modularity and Reuse**



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

33

## Platforms

# Technology Transition Summary

Application	Prior Technology	PCI Express* Configuration	Market Segment
Chipsets	Heterogeneous I/O	Unified I/O	Desktop, Mobile, Enterprise
Graphics	AGP-8X	X16 PCI Express	Desktop, Mobile
General Purpose I/O	PCI	X1 PCI Express	Desktop, Mobile,
Gigabit LAN	PCI or LOM	X1 PCI Express or LOM	Desktop, Mobile
Client Plug-n-Play	PC Card	Express CARD	Desktop, Mobile
Internal Mobile	Mini-PCI	Mini-PCI Express	Mobile
Graphics	Pro AGP-8X PPro	HE X16 PCI Express	Workstations
Bridge	PCI-to-PCI-X	PCI Express-to-PCI-X	Enterprise
General Purpose I/O	PCI/PCI-X	X4, X8 PCI Express	Enterprise
Server Module	n/a	PCI Express Server I/O Module	Enterprise
Communication Fabrics	Proprietary Solutions or Ethernet	Advance Switching or Ethernet	Communications
Communication Control & Host Based Backplane	PCI	PCI Express	Communications
Communication Chip-to-Chip data	PCI/SPI/CSIX/Other	PCI Express or Advanced Switching	Communications

**All Compute and Comm. Applications Transitioning to PCI Express**



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

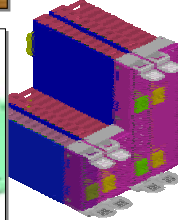
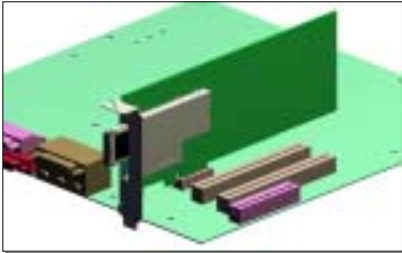
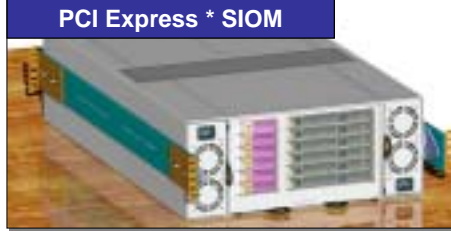
34

## Enterprise Form Factors

PCI Today



PCI Express \* SIOM



Hot plug IO moves from top (PCI today) to rear

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All rights reserved.

35

## IPMI

Intelligent  
Platform  
Management  
Interface

- Defines a standardized, abstracted, message-based interface to intelligent platform management hardware
- Defines standardized records for describing platform management devices and their characteristics

Promoters:



Adopters: 160 and growing

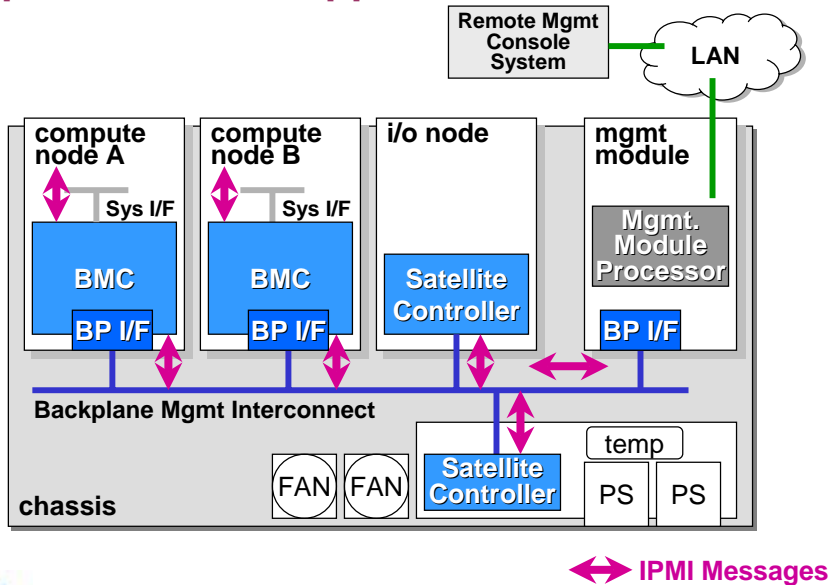
IPMI Enables Cross-Platform  
Management Software



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

36

## Typical Modular Application



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

37

## Proprietary Products

- **Common Products**
  - Dolphin SCI\*
  - Quadrics QSNet\*
  - Myricom Myrinet\*
- **Today's Market**
  - Most of Top 100 are proprietary
  - Cost is on par with Infiniband\*, but less than 10 Gbps Ethernet



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

38

# Comparison

	Full Duplex Bandwidth	HBA to HBA Latency	MPI (0 Byte) Latency	Bi-Directional Throughput <sup>7</sup>	Topology
1 Gbps Ethernet <sup>1</sup>	2 Gbps	10 - 30 $\mu$ s	12 - 300 $\mu$ s	108 MB/s	Varies
10 Gbps Ethernet <sup>2</sup>	20 Gbps	10 - 30 $\mu$ s	12 - 300 $\mu$ s	850 MB/s	Varies
Dolphin SCI* <sup>5</sup>	5.3 Gb/s	~0.5 $\mu$ s	1.4 $\mu$ s	326 MB/s	2D/3D Torus
Myricom Myrinet* <sup>3</sup>	4 Gbps	~0.5 $\mu$ s	6.3 $\mu$ s	489 MB/s	Fat Tree
Quadrics QsNet* <sup>4</sup>	6.4 Gbps	<1 $\mu$ s	4-5 $\mu$ s	325 MB/s	Fat Tree
Infiniband* <sup>6</sup>	20 Gbps (60 Gbps)	< 0.5 $\mu$ s	<7 $\mu$ s	820 MB/s (uni-directional)	Varies

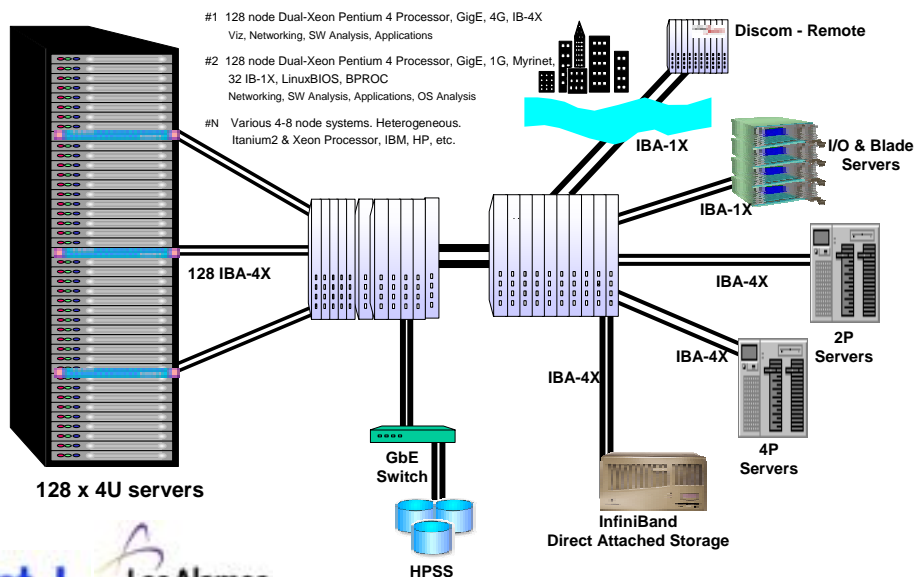
Data obtained from web published information current as of the date of this presentation. Speeds and latencies may change.



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

39

## インフィニバンド\*の構成例 Los Alamos



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

40



# 目次

- インテル社とは
- HPCの動向
- クラスタ構成に必要な技術
- **モジュラー・コンピューティング**



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

## クラスタ構成に必要な技術

プロセッサ

チップセット

プラットフォーム

インターコネクト

ソフトウェア



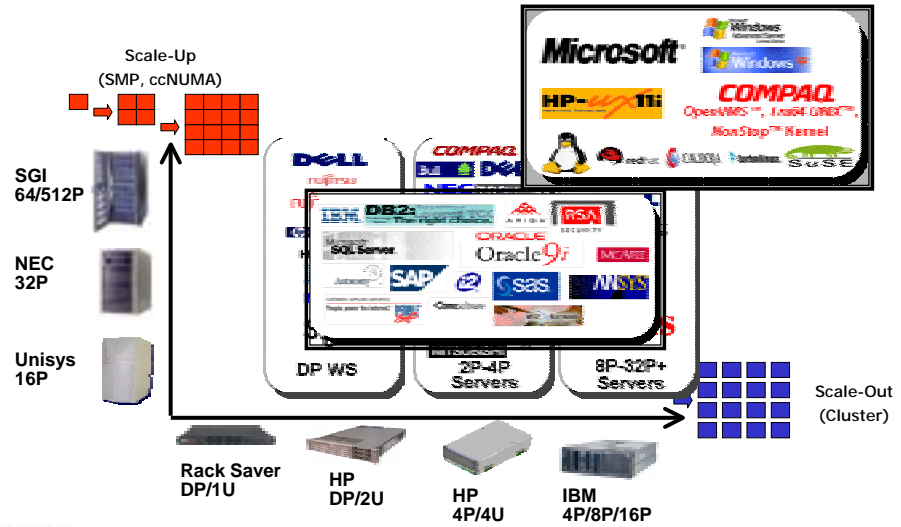
\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

# インテルの ソリューション・エコシステム



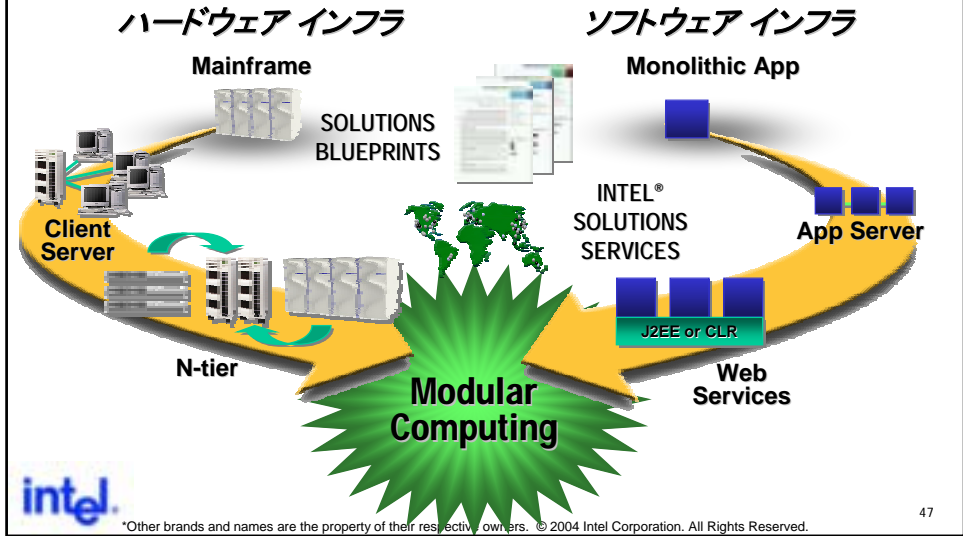
\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. 他社の商標および名称は各所有者の財産です。 45

# シリコン以外でも – システムやサービスを自由に選択



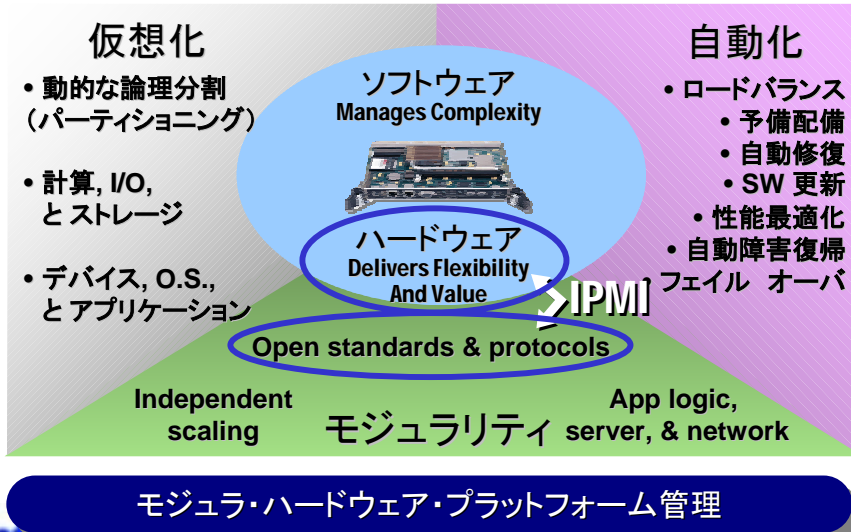
\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved. 46

# 業界における標準化作業



## モジュラ コンピューティングとは

### The Modular Computing Data Center





## モジュラ・コンピューティング

- 2004年第1 四半期: インテル® Xeon™ プロセッサMP 4個を搭載するサーバ・ブレードを投入
- 2004年第1 四半期: インテル・ベースのGbE HBA とスイッチ
- 2004年中盤: Infiniband\* および Brocade\* FC スイッチ
- 2005年までに: Itanium® アーキテクチャのブレード
- ユーティリティ・コンピューティング、グリッド、自律型コンピューティングなどの基盤アーキテクチャ



エンタープライズ・コンピューティングのビルディング・ブロックを提供



他の会社名、商品名は一般に各社の商標または登録商標です

\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

49

## まとめ

- ムーアの法則によれば2010年までに30 GHzデバイス、10 nmそれ以下で1T 命令クラスの性能を実現可能
- Intel® Itanium® 2は記録的な高性能を64ビットで実現し、同一プラットフォーム上での更なる高性能化を保障
- Intel® Xeon™ は32ビットアプリケーションを3GHzを超えるクロックで実行、さらにマルチコア可を予定
- 業界と標準化を行いながら、高性能なバランスした性能を実現するチップセット、プラットフォームを提供
- お客様の要求にお応えすべく、モジュラー・コンピューティング等の先進の技術を提案



\*Other brands and names are the property of their respective owners. © 2004 Intel Corporation. All Rights Reserved.

50

## 補足

- Subject to Change / 変更の可能性
  - Intel may make changes to specifications, product descriptions, and plans at any time, without notice.
  - インテル製品は、予告なく仕様が変更されることがあります
- Intended Use / 使用目的
  - The Intel product(s) referred to in this document is intended for standard commercial use only. Customer are solely responsible for assessing the suitability of the product for use in particular applications. Intel products are not intended for use in medical, life saving, life sustaining, critical control or safety systems, or in nuclear facility applications.
  - 本資料で言及されているインテル製品は、一般的な商業目的にのみ使用することを前提としています。特定の目的に本製品を使用する場合、適合性の評価についてはお客様の責任になります。インテル製品は、医療、救命、延命措置、重要な制御または安全システム、核施設などの目的に使用することを前提としたものではありません。

