

# 市民講座 計算機の建築学

鯉渕 道紘

2010年10月5日(火) 18:30~

# 何のために勉強しますか？

- 人はどこからきてどこへ行くのでしょうか？
  - 歴史学: 過去を理解する
  - 生物学: 生命や生物現象を理解する
  - 心理学: 人の心を理解する
  - 情報学は？
    - 将来の超高度情報社会の構築による明るい未来

# 第三の波 [トフラー, 1980]

## ● 社会・生活構造の変化

– 紀元前 第一の波: 狩猟から農耕へ (定住)

– 18世紀 第二の波: 産業革命(大量生産消費社会)

↓ 300年

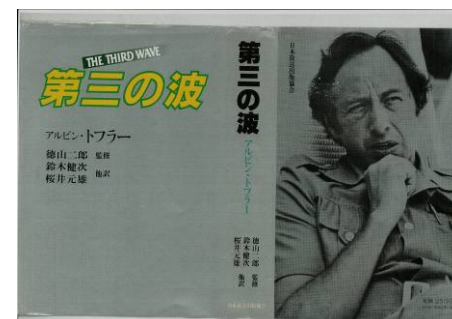
– 1990年 第三の波: コンピュータ、通信技術によるIT社会

- インターネット
- グリーンイノベーション: 情報処理技術が基盤
  - スマートグリッド、コンパクトシティ
- 世の中すべて仮想化
  - クラウドコンピューティング、仮想空間と現実空間の融合、サイバー物理システム
- 通貨(クレジットカード+銀行の通帳の数字)、納税(E-tax)

60年

↑  
↓ 2050年 高度情報社会の成熟 → 第四の波へ

- 鳩山首相時代からの長期目標: 温室ガス削減 80%達成年
- 社会生活が情報処理基盤の上に
- 科学技術が地球・自然と向き合う時代
  - グリーンイノベーション
  - ライフイノベーション
- フラット化する世界



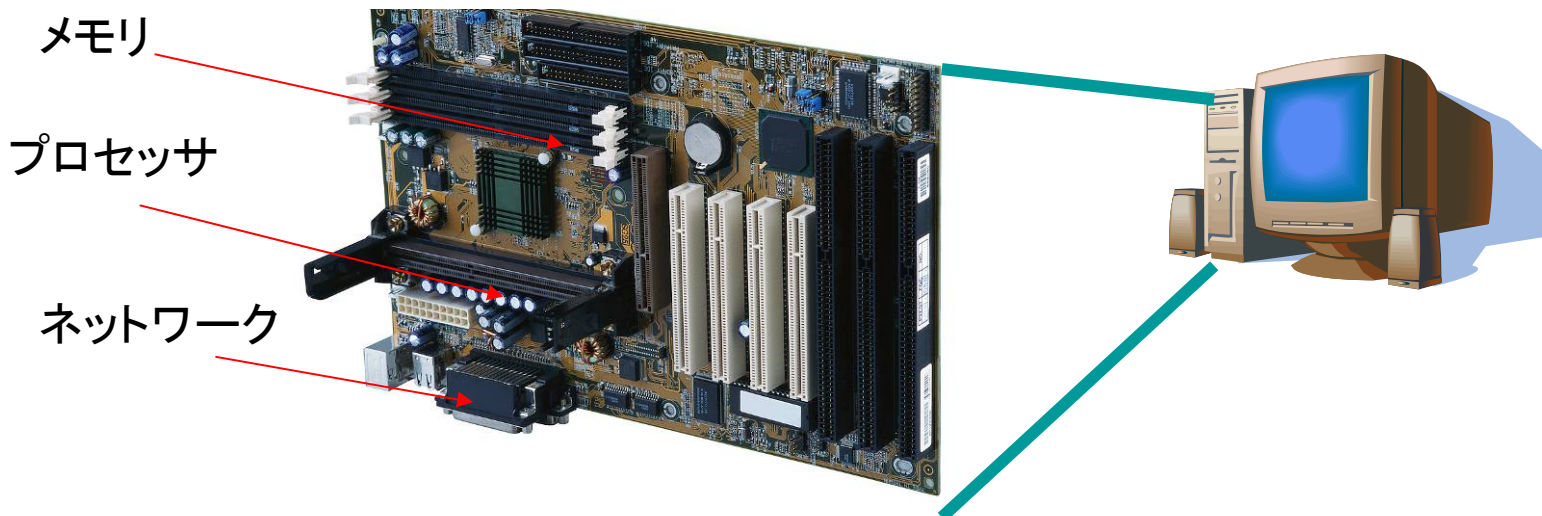
持続的な100倍/10年  
以上のコンピュータの  
性能向上に起因

# 概要

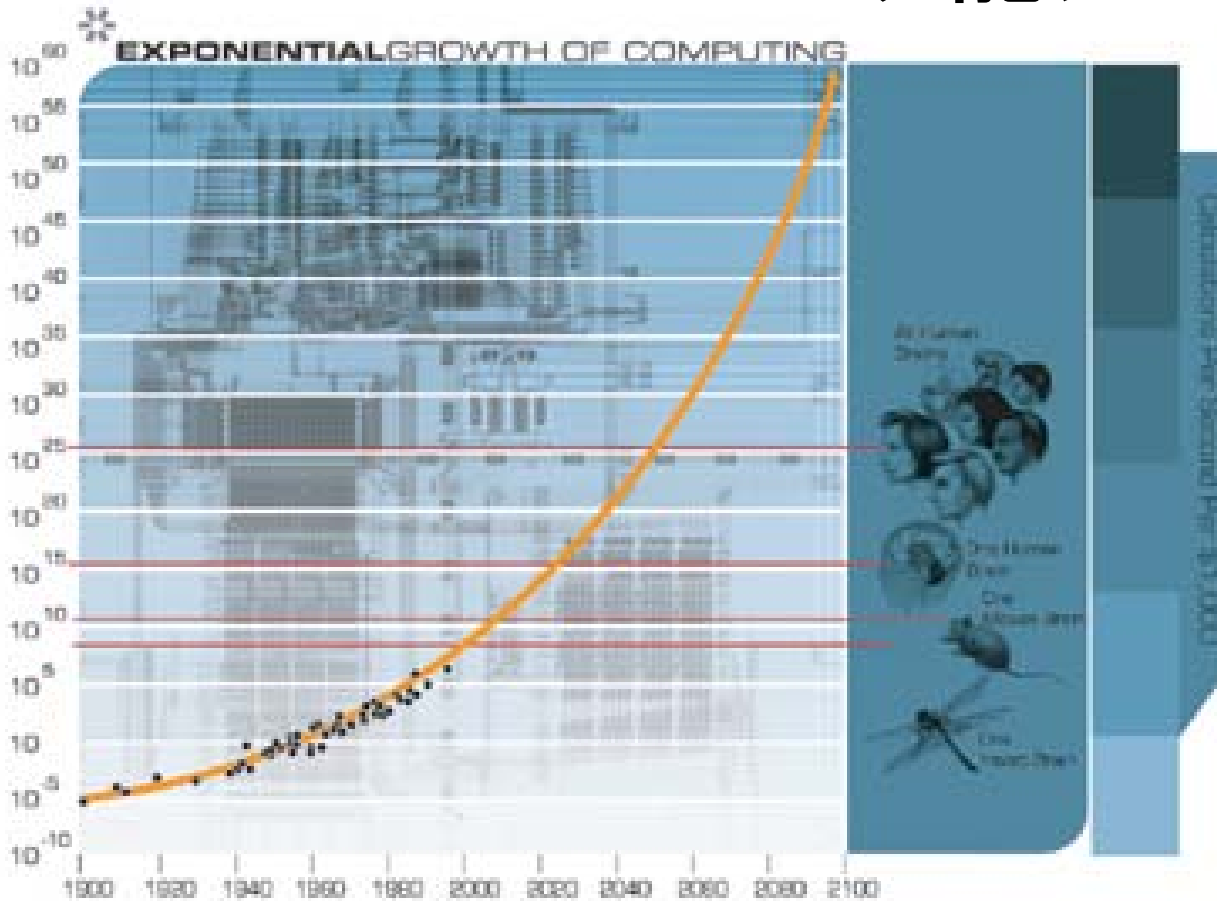
- コンピュータの成長と可能性
- コンピュータ建築のグランドチャレンジ
- コンピュータ建築のトレンド
- 「建物」建築と「コンピュータ」建築

# コンピュータ(計算機)とは？

- ロジック、メモリ、通信の3つのブロックで構成
    - ロジック: データを変換(計算)
    - メモリ: データを蓄える(永続化)
    - 通信: データを別の場所に移動させる(連携)
- ＝身の周りのほぼすべてのデジタル機器
- 携帯電話、情報家電(TVなど)、パソコン
  - 何個あるか数えてみましょう！！



# コンピュータ能力の向上



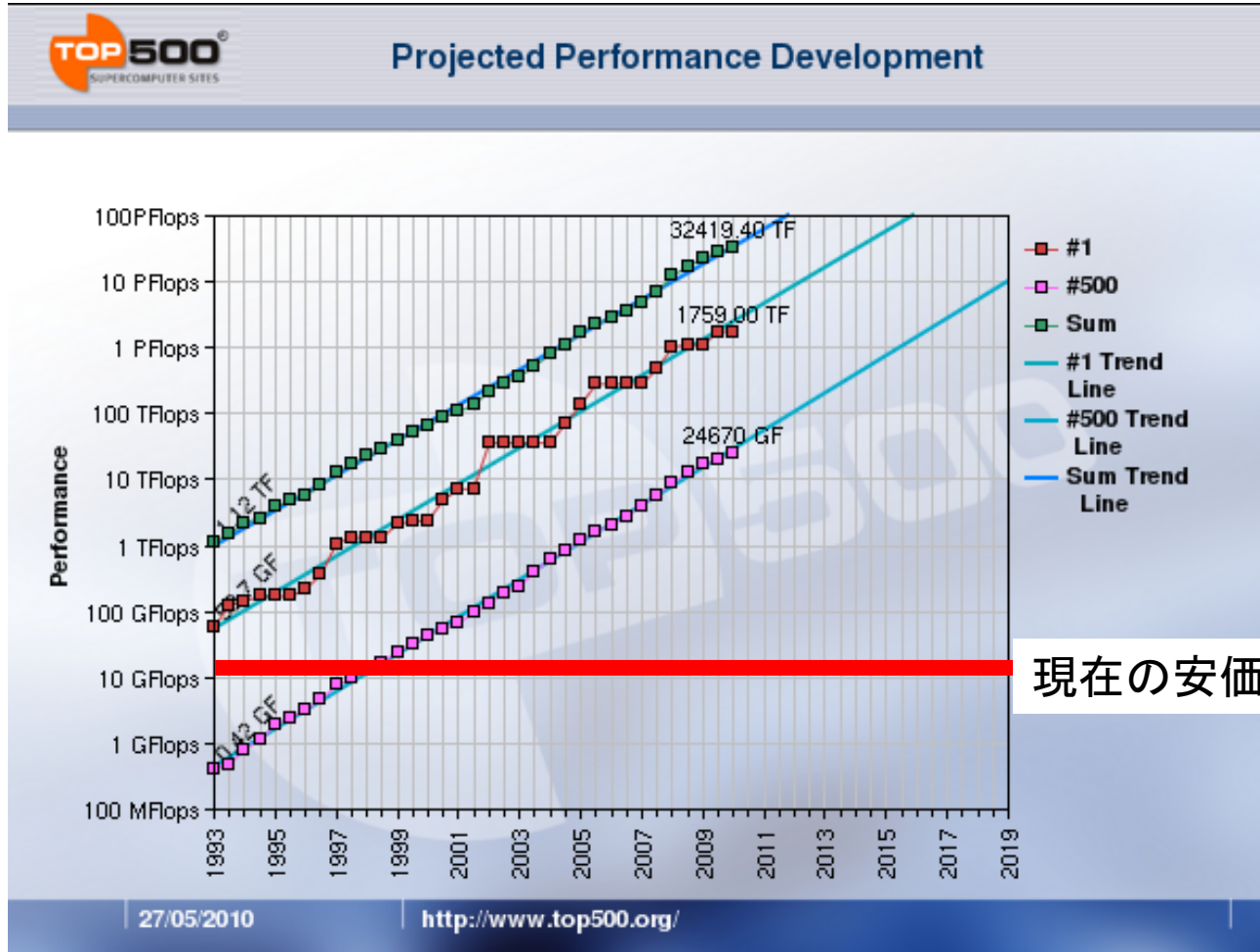
The Law of Accelerating Returns, [Ray Kurzweil](http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html)  
<http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html>

2025年の半導体技術誰が何を作るのか  
「マイクロキューブ・チップ」「インチ・ファブ」  
MicroDevices(日経BP,2008)

## EXPONENTIAL SCALE

- ムーアの法則(18-24カ月で2倍)など指数関数的な進化(スパコンも10年で1,000倍)
- 2050年に1台のPCの能力が全人類の知能に匹敵(?)

# スパコンの推移



<http://www.top500.org>

- 世界1位のスパコンが15－20年後に安価なPC1台へダウンスケーリング
- 日本は高々22位が最高、シェア3.6%
  - 「最先端技術は輸入できない」 どうする？ ペタコンの次は？
  - 科学の手段： 計測、理論、シミュレーション、e-サイエンス

# 概要

- コンピュータの成長と可能性
- コンピュータ建築のグランドチャレンジ
- コンピュータ建築のトレンド
- 「建物」建築と「コンピュータ」建築



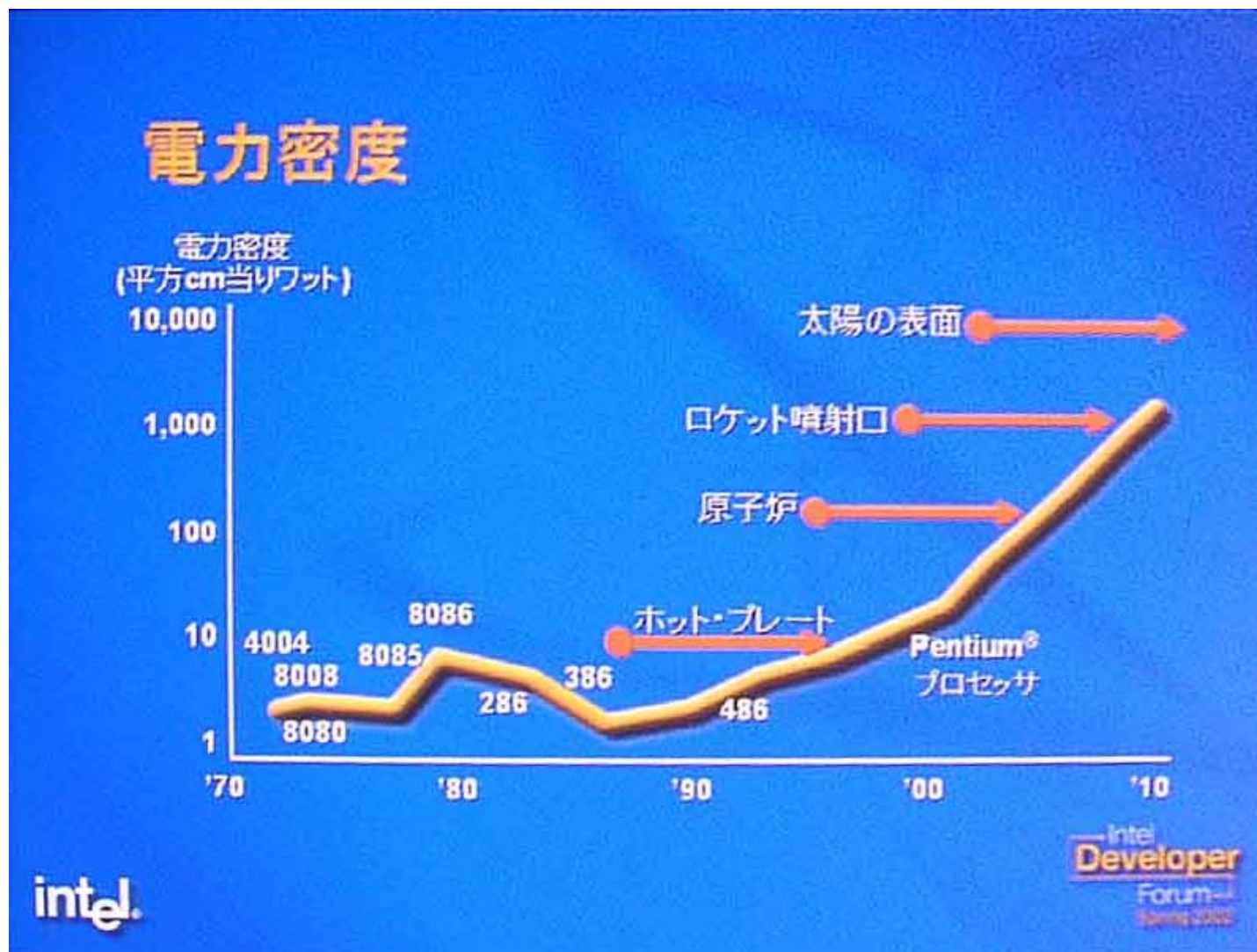
# コンピュータ建築のグランドチャレンジ: 省電力

Rank	スーパーコンピュータ	MFlops/W	Total Power (KW)
1	Universitaet Wuppertal 等	773.38	57.54
500	NNSA/Sandia National Laboratories PC クラスタ	21.38	2481.6
-	日本平均(18システム, 3.6%シェア)	131.52	11,339/18=630
	(旧)地球シミュレータ	5.6	6400

スパコンの消費電力の推移(<http://www.green500.org>)

- スパコンの電力効率は100倍のばらつき
- データセンタ(数百MW) vs 例: 女川原子力発電所(2,174MW)
  - 今後、単なるスケールアウトでは、原発1基以上の電力消費

# コンピュータ建築のグランドチャレンジ: 電力密度

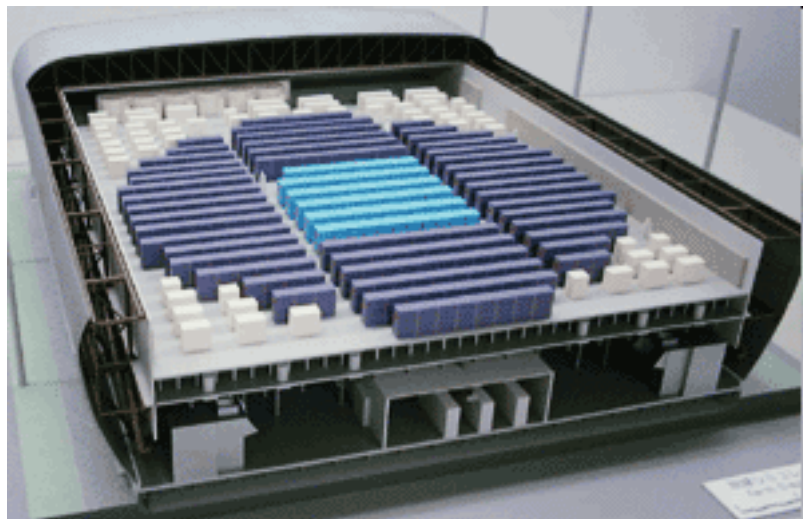


発熱問題

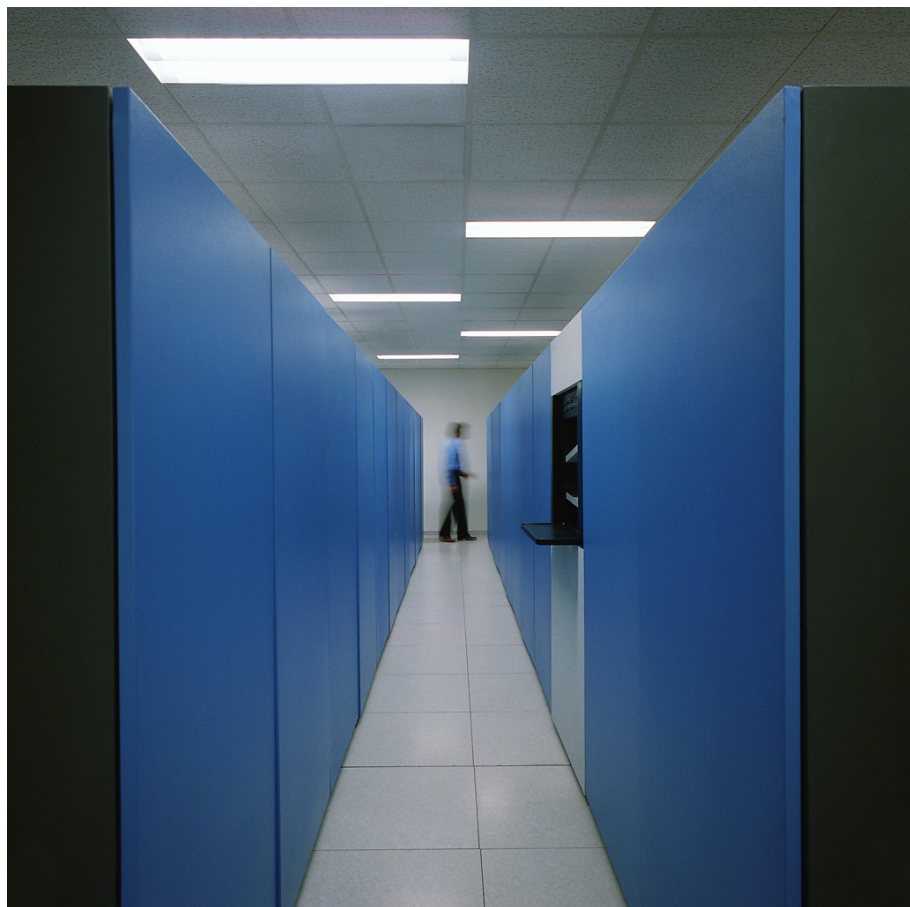
<http://journal.mycom.co.jp/news/2002/09/24/13.html>

IDF Spring 2002  
Japanの基調講演

# コンピュータ建築のグランドチャレンジ: 資源抑制



地球シミュレータ@JAMSTEC



1台のスパコン内の配線長: 2,500km以上!!

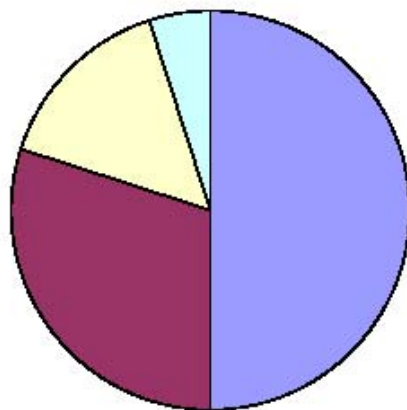
# エクサスケールコンピュータへの挑戦

- 次世代スパコンの100倍、2019年稼働？

IBM Research

## System power distribution

- Compute and memory generally dominate power today
- But we will be in serious trouble if we let the trends continue



2010

■ Compute  
■ Memory  
□ Interconnect  
□ Storage



2018

■ Compute  
■ Memory  
□ Interconnect  
□ Storage

今、ここ → Peta=10<sup>15</sup>  
Exa = 10<sup>18</sup>  
Zetta=10<sup>21</sup>

1ビット=0/1  
Kilo=10<sup>3</sup>  
Mega=10<sup>6</sup>  
Giga=10<sup>9</sup>  
Tera=10<sup>12</sup>  
Peta=10<sup>15</sup>  
Exa = 10<sup>18</sup>  
Zetta=10<sup>21</sup>

→ Need new approaches to compute and memory, must contain interconnect

CCGSC2008  
Exascale Systems  
Ram Rajamony(IBM)

Assumptions: 0.125 B/F DDR memory, localized interconnect → controlled optics, compute trends continue

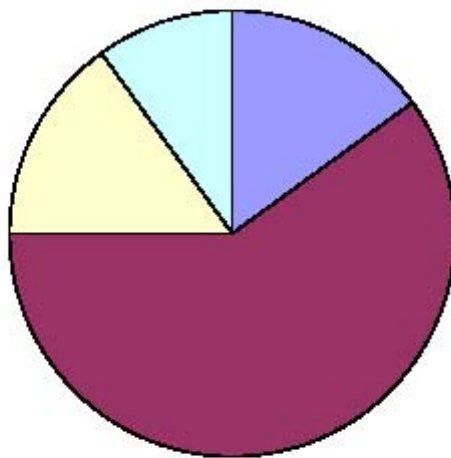
# エクサスケールコンピュータへの挑戦

IBM Research

## System cost distribution

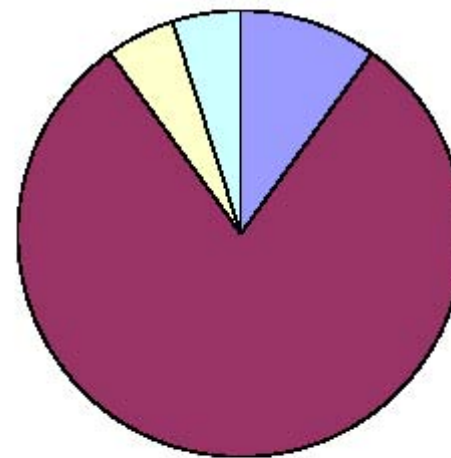
メモリが価格、消費電力の支配要因へ

- Compute and memory generally dominate power today
- But we will be in serious trouble if we let the trends continue



2010

■ Compute  
■ Memory  
■ Interconnect  
■ Storage



2018

■ Compute  
■ Memory  
■ Interconnect  
■ Storage

→ First problem is memory

CCGSC2008  
Exascale Systems  
Ram Rajamony(IBM)

Assumptions: 0.125 B/F DDR memory, localized interconnect → controlled optics, compute trends continue

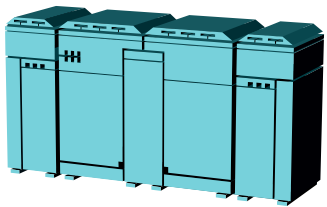
# 概要

- コンピュータの成長と可能性
- コンピュータ建築のグランドチャレンジ
- コンピュータ建築のトレンド
- 「建物」建築と「コンピュータ」建築

# コンピュータは分散配置？集中？

覇者の未来は？  
進化の理由は？

メインフレーム



集中

~1980

パーソナル  
コンピュータ(PC)

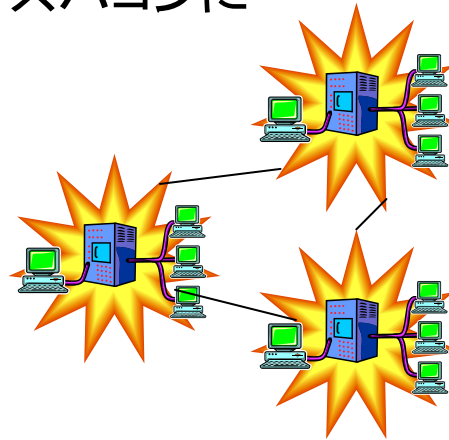


分散

規格化

1990

グリッドコンピューティング  
たくさんのPCで1つの  
スパコンに



再び集中へ

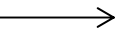
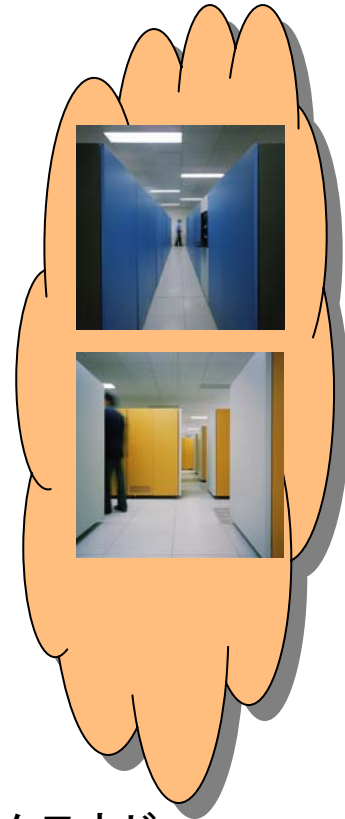
インターネットの登場

2005

クラウド  
コンピューティング  
仮想化による超集中

規模の経済  
15

2010



# コンピュータをどこに置き、どう管理する？

- 大規模なデータセンター
  - 強力な空調設備を持つ巨大なビル、緻密な維持管理
- コンテナ型データセンター
  - 涼しい場所に設置、壊れたらコンテナごと交換



巨大なデータセンタービル(イメージ)



<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1001/14/news017.html>

コンテナ型データセンター  
破壊的技術



# 概要

- コンピュータの成長と可能性
- コンピュータ建築のグランドチャレンジ
- コンピュータ建築のトレンド
- 「建物」建築と「コンピュータ」建築

# 「建物」建築と「コンピュータ」建築

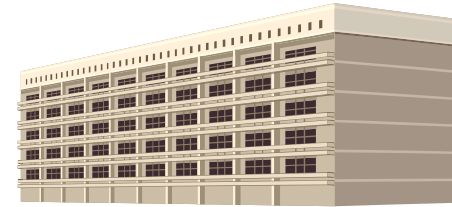
- 20世紀「建物」建築

- 嫌われるもの

- 大きい(日照権、景観)
- 物質的に浪費
- 取り返しがつかない(長寿)
- <—>「保有」のもろさ、政治利用され続けてきた疲労
  - 9.11, 阪神・淡路大震災 「弱い建築」の可能性
  - 持ち家政策(弱者のための建築)
  - 所有者は勤勉に労働、保守的で政治の安定化



19世紀以前



20世紀

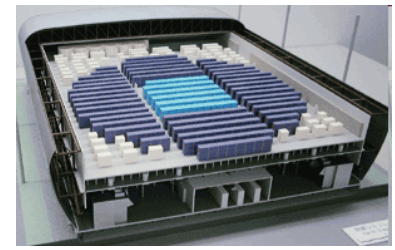
- 戦後東西冷戦期 巨悪に「勝つ」

- 今は、負けによって批判をかわす時代

- 予算がない、敷地が狭い、、、

「負ける建築」隈 (岩波,2004)

# 「コンピュータ」建築



地球シミュレータ@JAMSTEC

- 「建築」が抱えている「負」から脱却済
  - 戦後東西冷戦期終了以降に、IT革命として注目、成長
    - 5年間で廃棄(時間的な弱さ)
      - 家に置くPCのデザインをどこまで考えますか？
    - 世界No.1スパコンでも体育館程度(威圧感はない)
    - 規格化による資源再使用(例:イーサネット)
- 負けによって批判をかわす時代にマッチ
  - 予算がない、電力不足、事業仕分け
  - 見えざる存在

# まとめと展望

- コンピュータは現代社会の基盤
  - 2050年に1台のPCの能力が全人類の知能に匹敵(?)
- Grand challenge of IT (IT技術の挑戦)
  - コンピュータは10年で100倍以上の性能向上
    - 消費電力、電力密度、配線長、、、様々な限界を突破
- Grand challenge by IT (IT技術による他分野の挑戦)
  - 食料問題
    - ITシステムによる生産、管理
  - 人口過密問題
    - 人は密集して生きていけるのか？
  - 平和の維持
    - 有益な情報を得た人は行動を変える
- **コンピュータを探求し続けることにより、情報社会という明るい未来が見えてくる**