

# さらなる高性能化へのチャレンジ

～アーキテクチャの観点から～

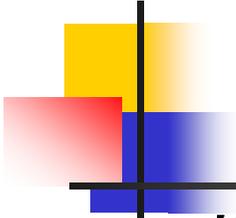
中村 宏

東京大学大学院 情報理工学系研究科

システム情報学専攻

筑波大学計算科学研究センター





# 必要とされる技術

- 消費電力制約下で  
演算処理能力とメモリのデータ供給能力を  
バランスよく向上させる
  - 制約: 消費電力  $\leq$  冷却能力
- 増大するアプリケーション開発 (特に最適化)  
コストの低減
  - 継続的で統一的な最適化指針をユーザに提供
  - その時々 of 技術に依存する詳細ハードウェア構成  
ではなく、抽象化 (モデリング) されたハードウェア  
構成をソフトウェアに対して見せる

# Top200の性能と消費電力

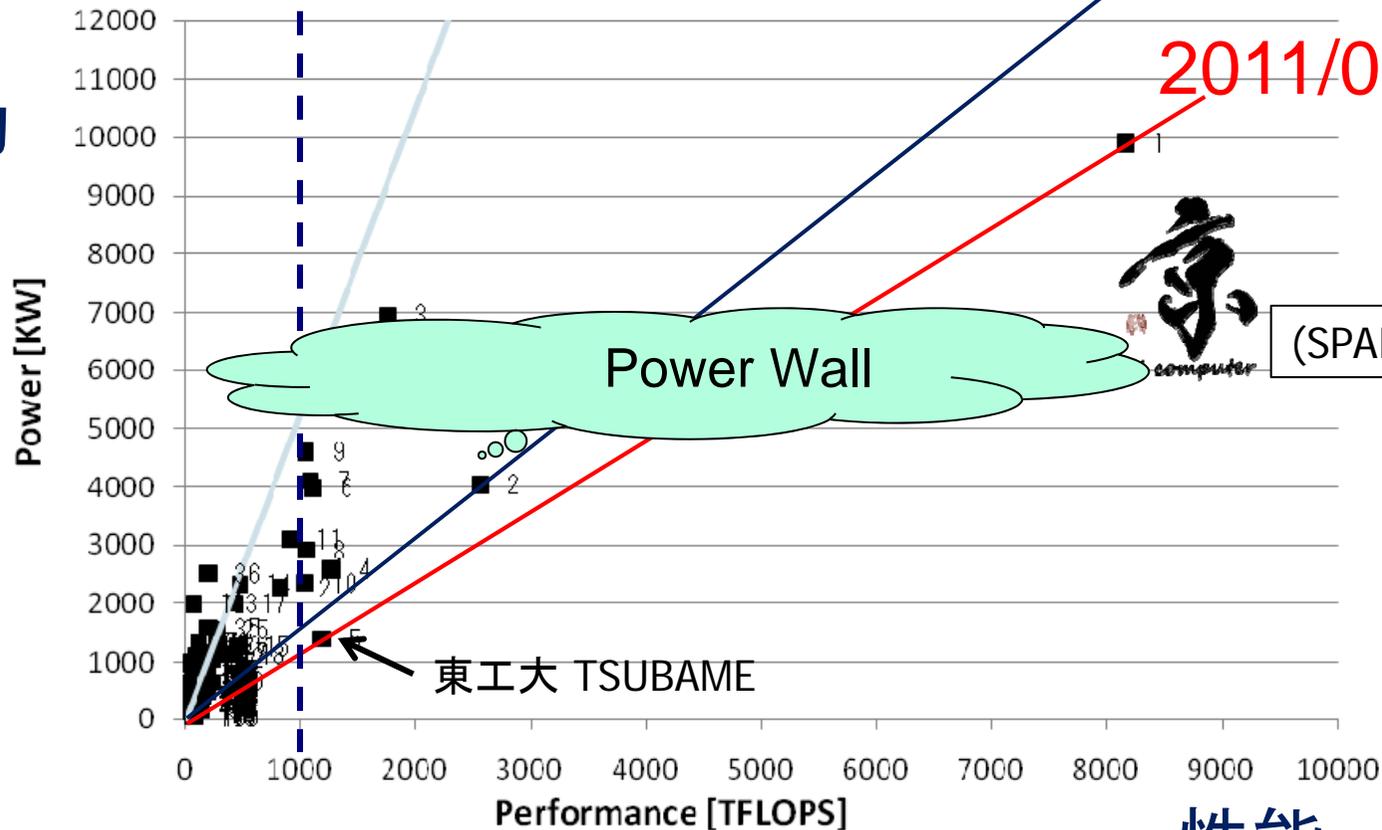
■ 2011/06

↓ 1PFLOPS

2010/11 TOP1

2011/06 TOP1

電力



性能

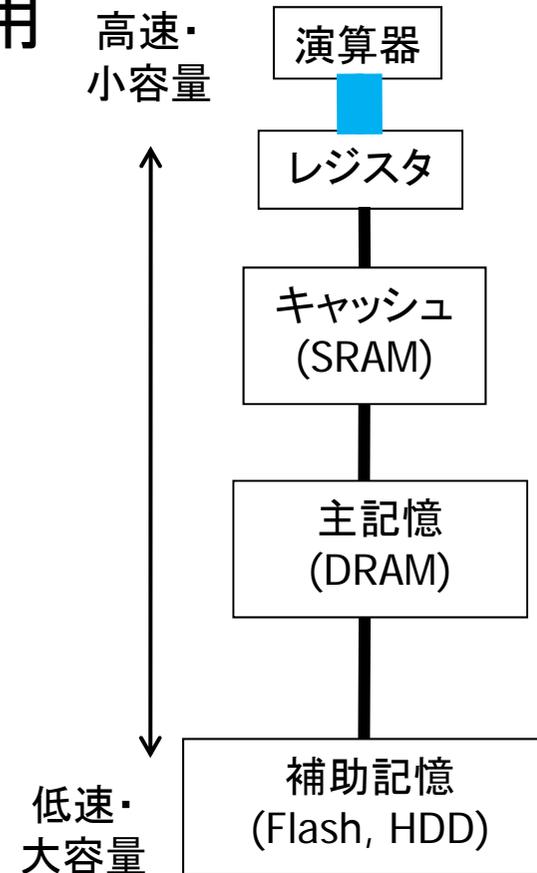
→ 性能／電力比改善による高性能化



# メモリ階層：データ供給機構

多様なメモリ階層がこれまで採用

- 演算器の数を増やすのは容易
- 演算器に有効にデータを供給する
  - 演算器あたりの実効**バンド幅**
  - データ供給あたりの**消費電力**



一般的なメモリ階層

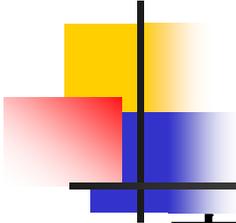


# バンド幅向上技術:

これまでも、これからも

- メモリアクセス回数／演算を下げる技術
  - 局所性の活用: キャッシュメモリ
  - アクセラレータ: 演算器間で直接データ転送
    - 適用範囲が小さいと「専用マシン」
- 「メモリアクセスの不自由さ」という犠牲と引き換えに「バンド幅を向上」させる技術
  - 昔のベクトルプロセッサ (高価なインタリーブメモリ)
    - 連続アクセスなら速いDRAM (キャッシュに任せる)
    - Graphic処理に特化したGPU
      - 不自由さが多くのアプリで顕著だと「専用マシン」





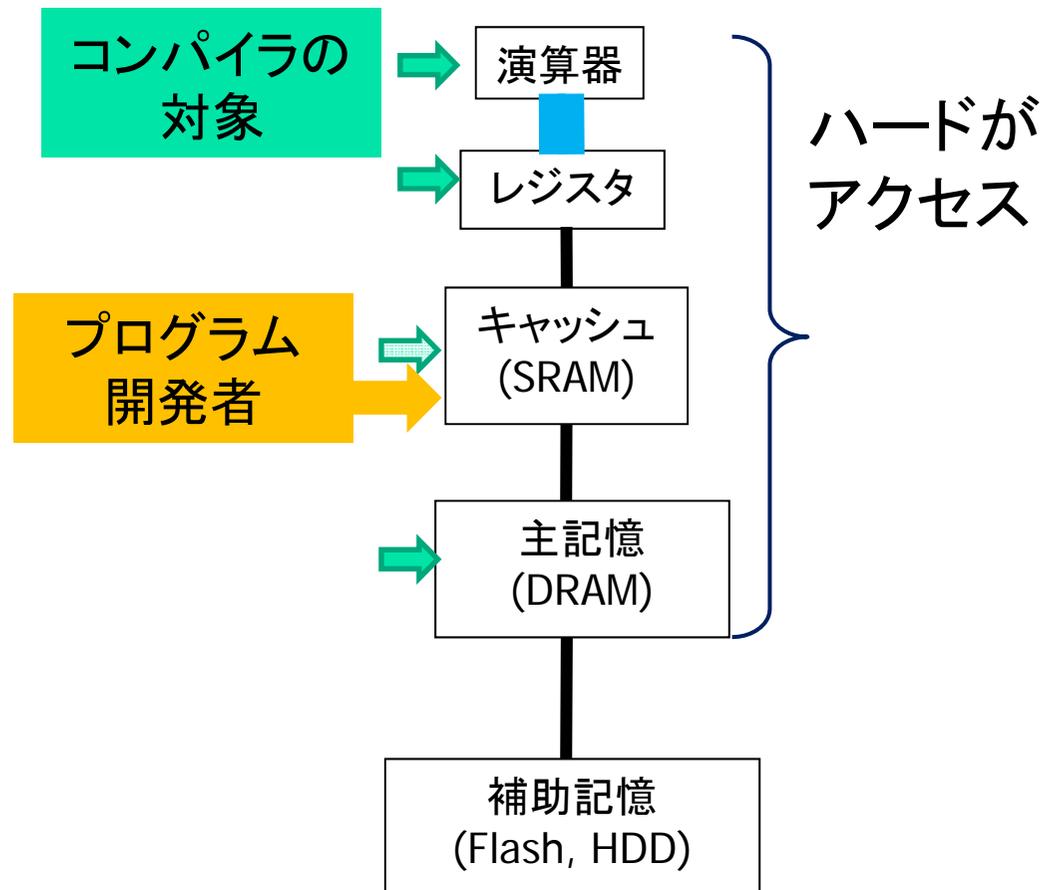
# 消費電力もデータ供給機構

## ■ 高性能サーバ

- CPU: 30%, メモリ: 10-20%, I/O 10%  
+ 空調40-50%
- CPU内: データ供給の論理が電力消費の大半  
(例)
  - レジスタ: マルチポート化  
→ 面積大、アクセスあたりのエネルギー大
  - SIMD: レジスタアクセスに不自由さを(ある程度)  
導入することで演算器へのデータ供給能力確保

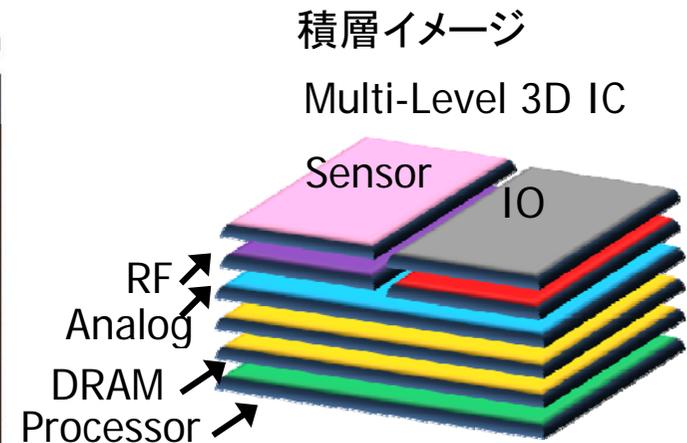
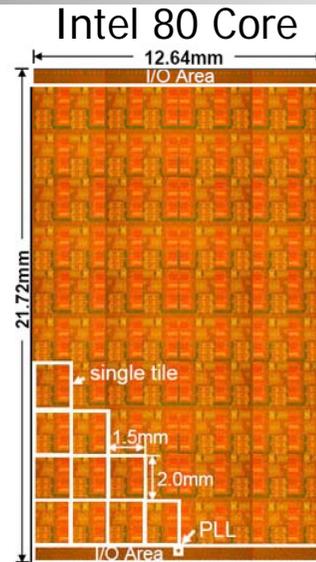
# メモリ階層：誰が司るの？

- 新しい不自由さがメモリ階層に導入されると、プログラマの負担が増える
- アプリに合わせたメモリ階層最適化 and 場当たりのではない不自由さを両立させる

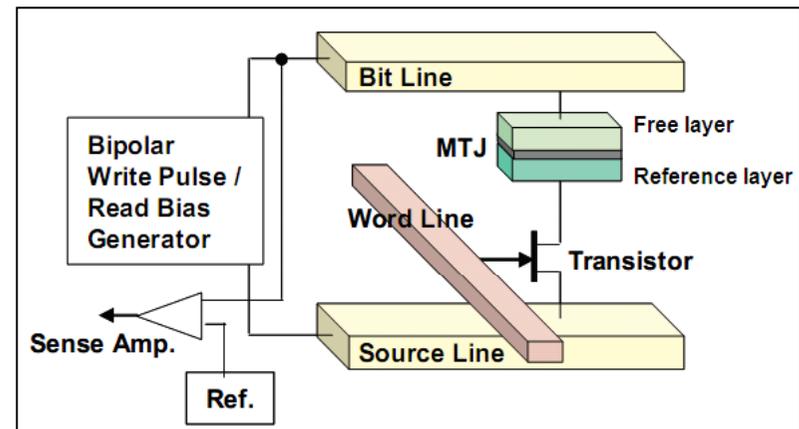


# 期待されるハードウェア技術

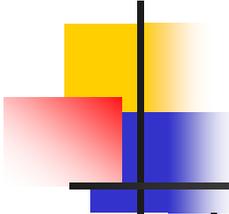
- 集積度の向上
- 3次元積層
- 不揮発性メモリ (MRAM, PRAM, 等)
- ...



メモリ階層に影響を与える  
新しいハードウェア技術を  
どう活用するのか??



不揮発メモリ(抵抗値の変化で記憶)



# Challenges and Opportunities

- 消費電力制約下で、演算処理能力とメモリのデータ供給能力をバランスよく向上させる
- アプリケーション開発(特に最適化)コストの低減
  - 性能向上に資するハードウェア技術を取り入れ
  - 継続的で統一的な最適化指針をユーザに提供できる技術開発
- アーキテクチャ:  
ハードウェアとソフトウェアのインタフェースレイヤ
- スパコンにおける「メモリアーキテクチャ」のあるべき姿をハード・ソフト・アプリの立場から一緒に検討(Co-Design)することが重要

