

「コアの数なんて どうでもいい」

五島 正裕 (東大)

## 今日の内容

- メニー・コアは、実現可能か？
  - ◆ No.
  
- アーキテクチャは「これからが面白い」か？
  - ◆ No.

メニー・コアは、実現可能か？

# メニー・コアの問題点

- メニー・コアの問題点：
  1. 主記憶バンド幅の不足
  2. 歩留まりの低下

## 問題点1：主記憶バンド幅の不足

- コア数  $n$  のメニー・コア：
  - ◆ 主記憶バンド幅は  $1/n$
  
- 解決法：
  - ◆ FB-DIMM 直結.
  - ◆ 光？
  - ◆ 混載 DRAM キャッシュ？

## 問題点2：歩留まりの低下

### ■ コア数 増加

- ◆ 歩留まりの低下
- ◆ 性能の低下

### ■ LSI の微細化

- ◆ ばらつき (variation)

### ■ 実例：

- ◆ Sony Cell BE

- SPE x8 を x7 に.

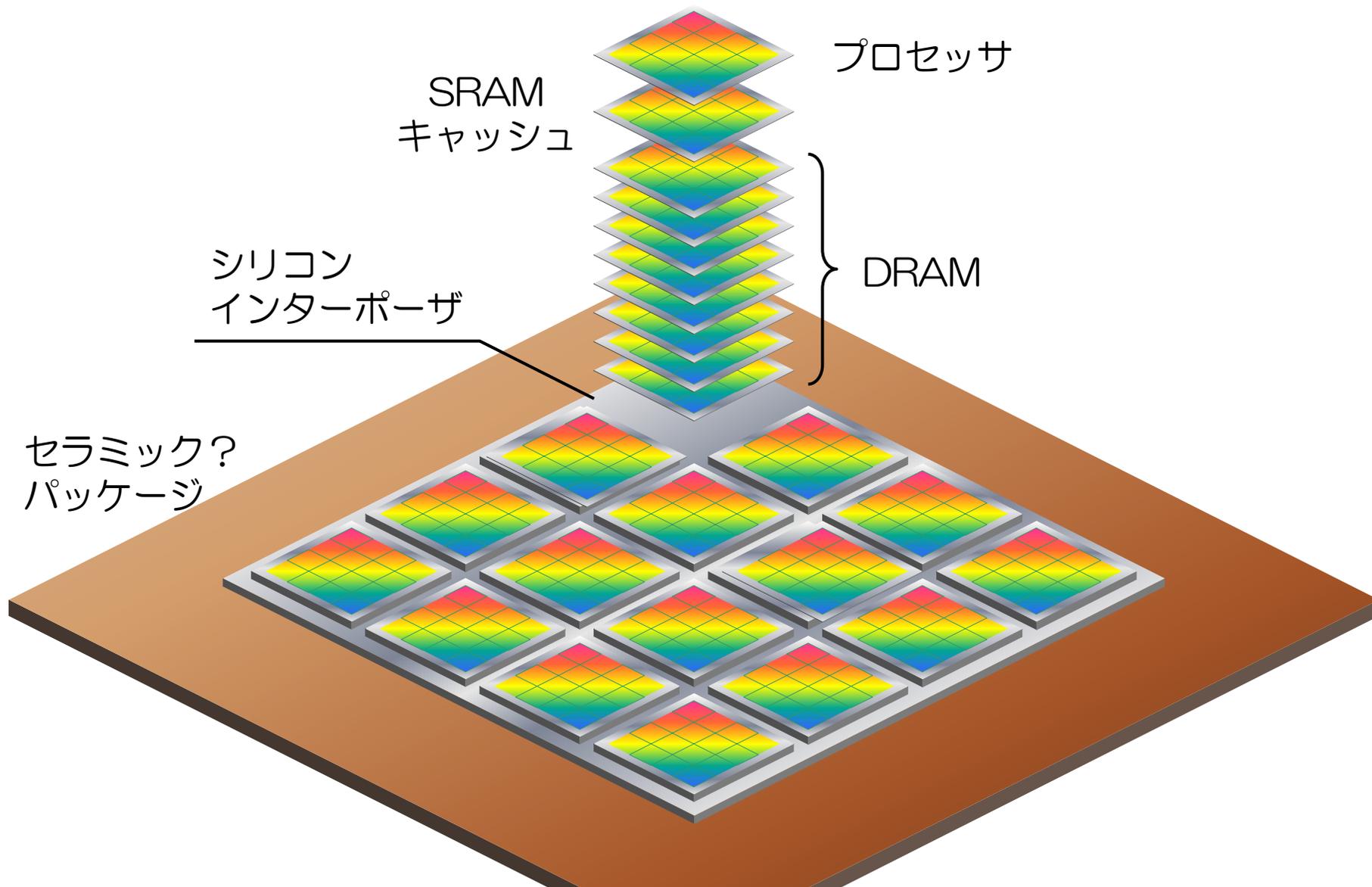
- ◆ Intel® Core™

- Solo T1400 (2.33GHz) : Duo T2600 (2.16GHz)

# 現実的な 解決法

- 「切って張る」
  - ◆ × メニー・コア
  - ◆ ○ メニー・ダイ (die)
  
- 実装技術：SoS/SiS (System on/in Silicon)
  - ◆ シリコン・インターポーザ
    - 配線層のみの巨大なシリコン・ダイ
    - 型落ちのプロセスで製造
  - ◆ 3次元積層
    - シリコン貫通電極
    - マイクロ・バンプ

# メニー・ダイのイメージ



# ダイ内コア数

## ■ 性能

- ◆ 主記憶バンド幅 / コア
- ◆ 動作周波数
- ◆ 共有キャッシュの容量効率

コア数：少 > 多

コア数：少 > 多

コア数：少 < 多

## ■ コスト

- ◆ ダイ・コスト（歩留まり）
- ◆ パッケージング・コスト

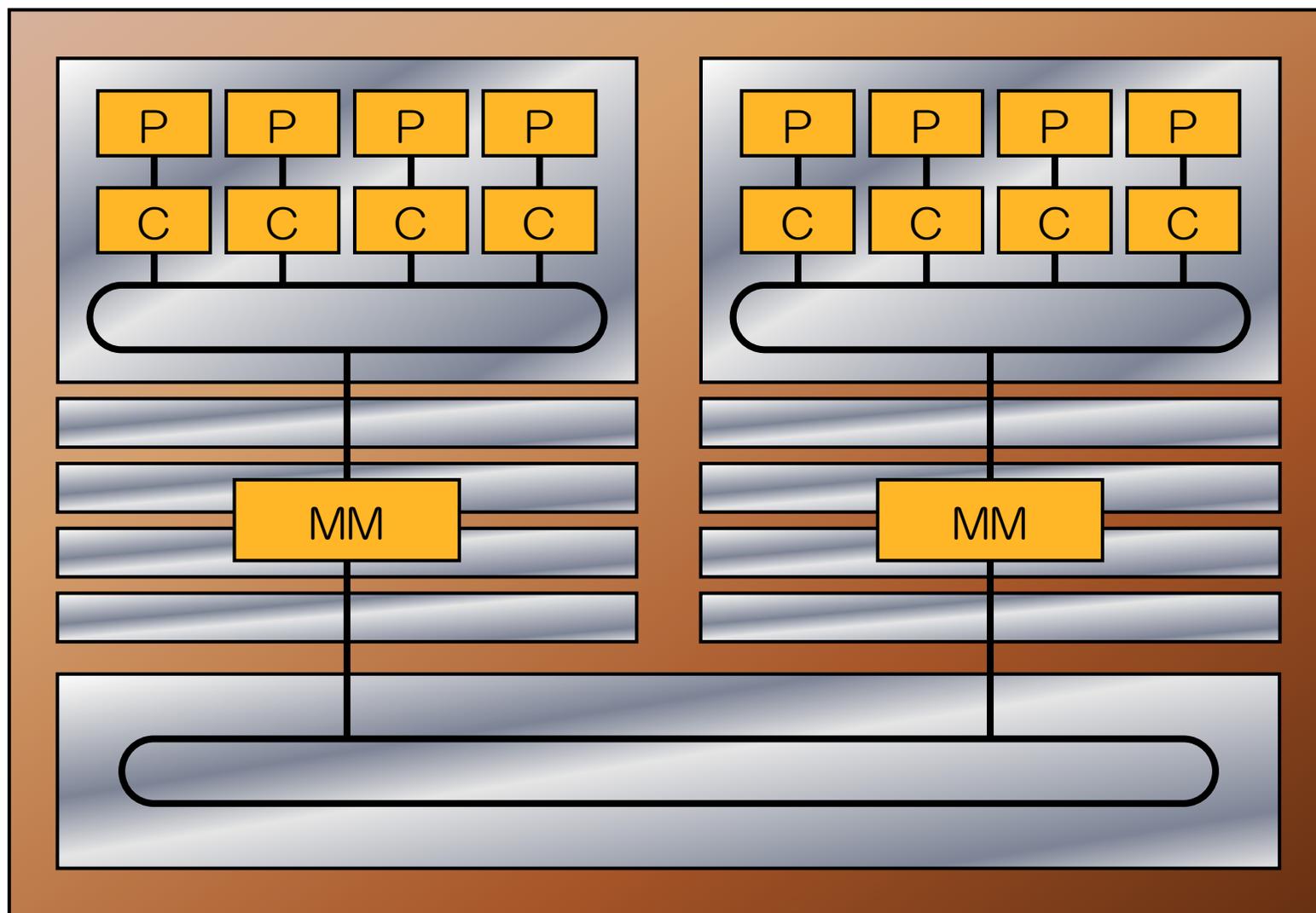
コア数：少 > 多

コア数：少 < 多

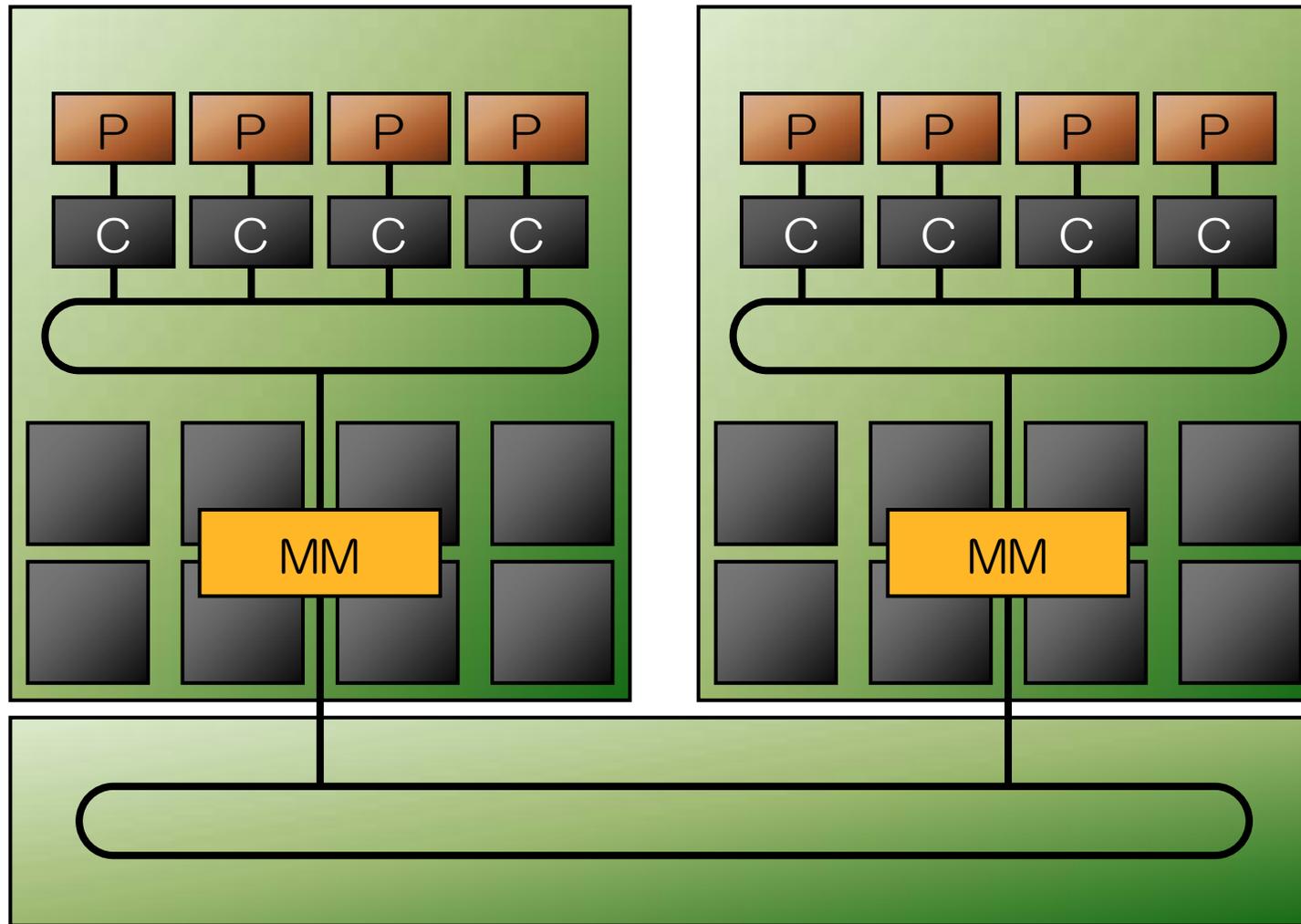
## ■ 最適コア数：2~4？

アーキテクチャは、  
「これからが面白い」か？

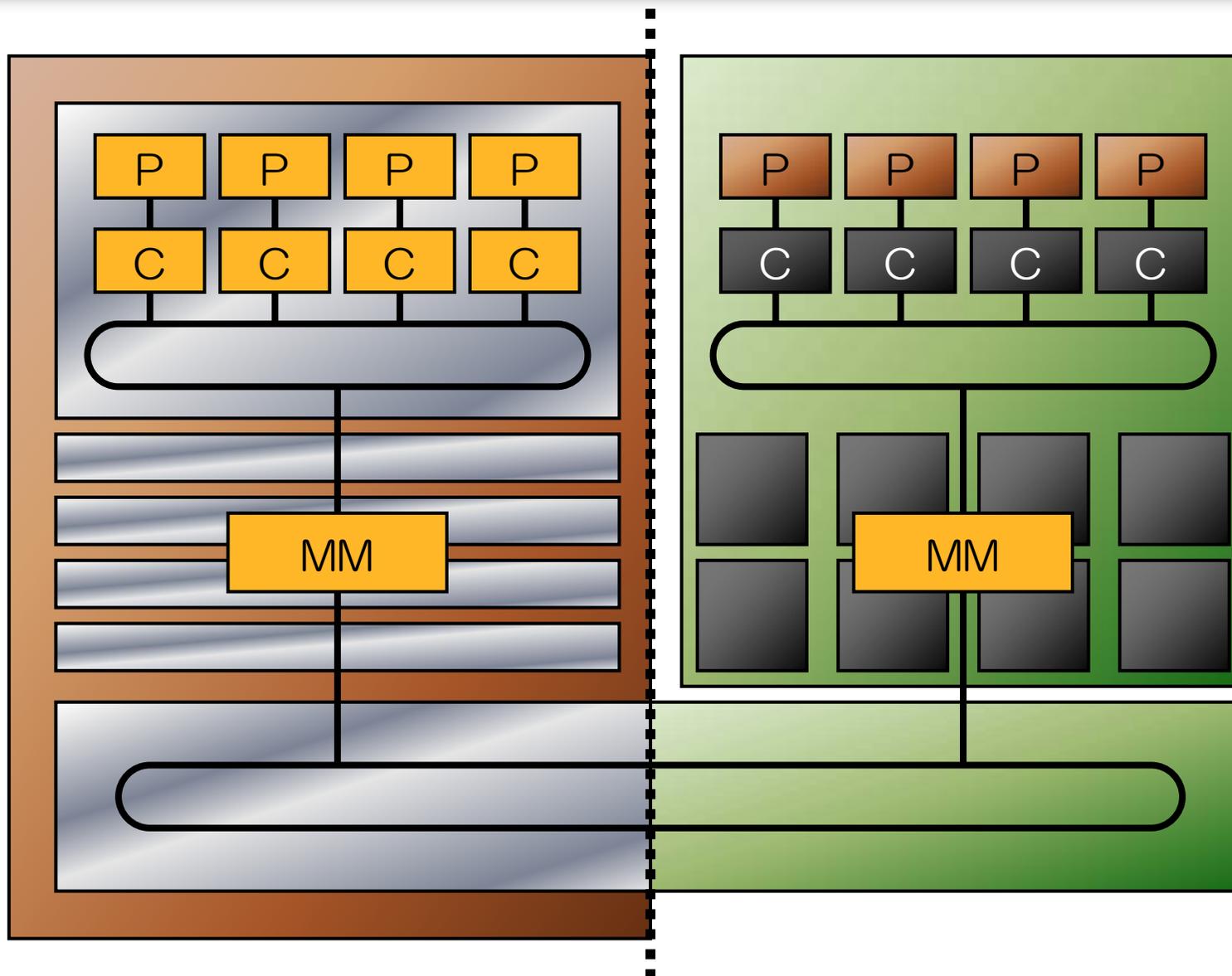
# メニー・ダイのブロック図



# クラスタ型 ccNUMA のブロック図



## 比較



# マルチコアのコア間通信

- 「マルチコアになると、コア間通信が高速になる」？
  - ◆ 短期的，絶対的には Yes.
    - チップ間通信より，チップ内通信のほうが高速.
    - 数百nsec が 数十nsec に.
  - ◆ 長期的，相対的には No.
    - その分，プロセッサも速くなっている.
    - コア間の通信は，いつの時も 数十サイクルかかる.

# メニー・ダイのアーキテクチャ

- 90年代の「クラスタ型 ccNUMA」と相似（スケーラブル）！
  - ◆ 構造，構成
  - ◆ コア間通信レイテンシ
  
- 「マルチコア向け アーキテクチャ」は（ほとんど）ない
  - ◆ 「クラスタ型 ccNUMA」のアーキテクチャはやりつくされている
  - ◆ 「マルチコア向け アーキテクチャ」は，90年代の焼き直しに！

# 「VLSI 技術により，できるようになった」

- 「VLSI 技術により，できるようになった」研究は，ヤバい。
- 最近のイントロ：
  - ◆ 「近年の VLSI 技術の進歩により，1チップ内に複数のコアを搭載したマルチコア・プロセッサが実現可能となった。」
- 90年代のイントロ：
  - ◆ 「近年の VLSI 技術の進歩により，RISC プロセッサを多数接続した MPP が，次世代のスーパーコンピュータとして注目されている。」

# コアの数なんてどうでもいい

- 「コアの数なんてどうでもいい」
  - ◆ アーキテクチャにとっては、マルチコアは epoch-making ではない。
  - ◆ 「コアが  $n$  個以上になるとアーキテクチャが変わる」  
ということはない。
  
- アーキテクチャは、「これからが面白い」か？
  - ◆ No.
  - ◆ アーキテクチャは、今までも面白く、これからも同様に面白い。

マルチコアは、  
誰にとって「面白い」か？

# マルチコアは、誰にとって「面白い」か？

## ■ PRO の人：

- ◆ 並列プログラミング言語,
- ◆ 並列化コンパイラ,
- ◆ 並列プログラム開発環境 の研究者

## ■ でも...

- ◆ 彼らは嫌気がさしている.
  - 90年代, やったけど, 誰も使ってくれなかった.

## ■ でもでも...

- ◆ 今度は違うかも

# PRO の人にとっては、今度は違う

- マシン・モデル が安定している
  - ◆ ほぼ SMP だと思ってよい
    - アーキテクトは、トポロジを云々しないほうがいい。
    - アーキテクトは、マルチ ISA について考えないほうがいい。
    - アーキテクトは、ヘテロにしないほうがいい。
  - ◆ コア数が現実的
    - 128コアくらいまで考えておけばいい
  
- デュアル・コア の普及 が 確定 している (?)
  - ◆ 「普通の人 が、複数コア を持っている」
  - ◆ ユーザ、プログラマ が違う。

# ユーザ、プログラマが違う

## ■ 80～90年代の並列処理研究

- ◆ ユーザ： HPC 分野の人 ≡ 理学部の人
- ◆ プログラマ： HPC 分野の人 ≡ 同じ人

### ◆ プログラマのインセンティブ低い：

- 「いいプログラムを書けば、論文が通る」という訳ではない！

## ■ マルチコア時代

- ◆ ユーザ： 普通の人
- ◆ プログラマ： プロ

### ◆ プログラマのインセンティブ高い：

- 「いいプログラムを書けば、儲かる」！

# 一番大事なこと

- マルチコアの価格：
  - ◆ コア数に比例する（？）
    - Core™ Duo の価格は Core™ Solo の倍.
  
- コア数に比例する性能が必要なキラー・アプリケーションが必須！
  - ◆ さもないと、みんな シングル・コアしか買わない。
    - 「Core™ 2 Solo が欲しいよね？」
  
- ゲーム以外にあるのか？

## ゲームと言えば...

- Xbox 360 :
  - ◆ High-Def はきれいです.
  - ◆ きれいなことは「善」です.
  
- PS3 :
  - ◆ 買うと思います.
  - ◆ 初期ロットは怖いですが.
  
- あと100倍くらいの性能は、普通においしくいただけそうです.