

# 10年後に専用アーキテクチャは どうなっているか？

国立天文台  
理論研究部/天文シミュレーションプロジェクト (CfCA)  
牧野淳一郎



# 話の構成

- 牧野の 1995 年の予測
- 2007 年の現実
- 牧野の 2007 年の予測

# 牧野の 1995 年の予測

計算科学と「専用」計算機 パリティ 1996年4月号

[grape.mtk.nao.ac.jp/pub/people/makino/papers/parityhtml/parityhtml.html](http://grape.mtk.nao.ac.jp/pub/people/makino/papers/parityhtml/parityhtml.html)

1. ベクトル並列に将来はない
2. マイクロプロセッサの今後の性能の伸びは遅い
3. 専用アーキテクチャの将来は (誰かが作れば) 明るい

# 予測はあたったか？

1. ベクトル並列に将来はない —
2. マイクロプロセッサの今後の性能の伸びは遅い  
— (10年で20倍程度)
3. 専用アーキテクチャの将来は (誰かが作れば) 明るい  
— 誰か作った？  
(GRAPE-6, MD-GRAPE, QCDOC(BG/L))

# 専用アーキテクチャが(牧野が期待したほど)広がらなかった理由

- マイクロプロセッサ(PC)は速くはならなかったけど安くなった
- 専用チップを作るための初期コストがどんどん上がった
  - － 新規参入が難しくなった

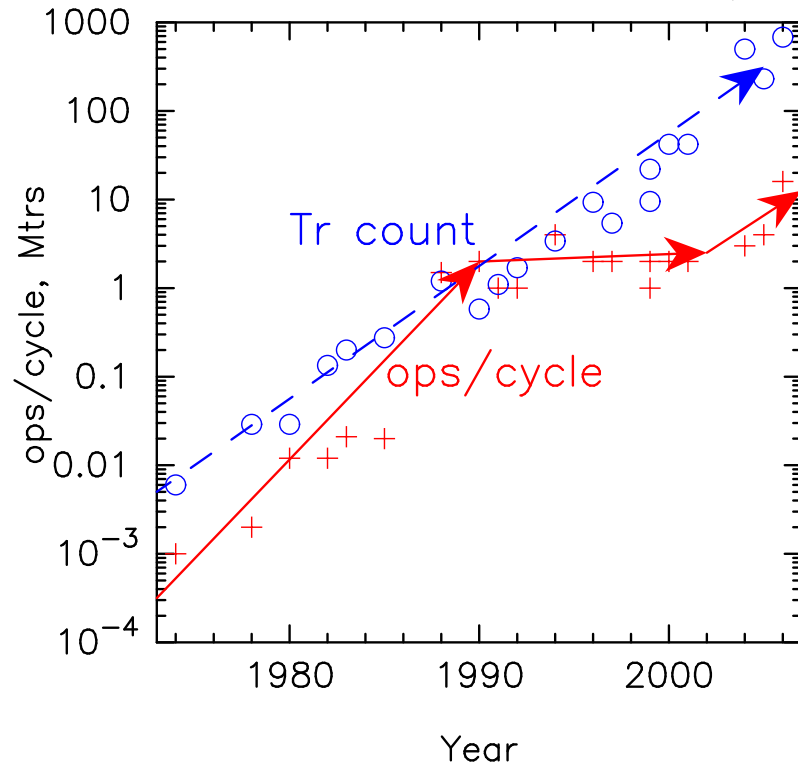
# マイクロプロセッサの価格が さがった効果

- 値段に見合った性能を出すことが不可能になった
- 結局、1つの CPU コアで使い切れる以上のトランジスタが利用可能になったため

価格性能比の観点からはさして意味がある変化ではない

# トランジスタは沢山ある

## マイクロプロセッサの「進歩」



- 現在のマイクロプロセッサ:演算器の割合は  $1/1000$
- 将来にわたって上がらない
- $1/10$  を演算器に使うアーキテクチャは成り立つ

# 開発費

1990	1 $\mu$ m	1500万円
1997	0.25 $\mu$ m	1億円
2004	90nm	3億円以上
2008	45nm	10億円以上

何故上がるか？

- 製造プロセスの複雑化
- 設計の、人手に頼る部分の増大



# 人手の増大 — GRAPE の場合

年	機械	配置配線の方法、コスト
1990	GRAPE-3	自動
1992	GRAPE-4	ほぼ自動 (エンジニア 1 名、数日)
1997	GRAPE-6	半年、10 名以上 (やり直しあり)
2005	GRAPE-DR	半年、30 名以上

- こんな調子では専用アーキテクチャなんてありえない
- 元々、配置配線なんて人間がするのがおかしい

# 2007年での予測

- LSI 設計の自動化は退化を続ける
- このため、例えば GRAPE のような応用が狭いものは成り立たなくなる (というか、すでになっている)
- 一方、マイクロプロセッサは今後さらに非効率なものになっていく
- 従って、もうちょっとましなものを作るのはそれほど難しくはないが、コストはかかる

# まじなもの？

- GRAPE-DR 的 SIMD 超並列
- MIMD 超並列
- FPGA

個人的には、SIMD 超並列以外に未来があるとは思わない  
(牧野が作れないだけという気もする)

未来は予測するものではなくて、作るもの

# GRAPE-DR 的方向

- メモリバンドが不要な計算では高い性能
  - そういうアプリケーションは結構ある
  - もちろん、駄目なものもある
  - アプリケーションの問題かアルゴリズムの問題か、あるいは実装の問題か？
- 開発費を獲得できるかどうかが主な問題

# MIMD 超並列

- メーカーやアカデミック計算機科学での研究は一杯ある
- 経験的には、HPC の進歩はそういうところからはでてこないかも、、、
- メモリバンド幅の制限があるのは SIMD 並列と同じ
  - 3次元集積？
  - RAMBUS がどれくらい色々頑張るか？

# FPGA

- 計算精度低くてよければ大変良い
  - ハードウェア乗算器: 9 ないし 18 ビットまで
  - PROGRAPE-4, GRAPE-7: カード 1 枚で Tflops レベルの速度
- チップはメーカーが作ってくれるので絶対ある
- メモリバンド幅の制限があるのは SIMD 並列と同じ

# まとめ

- 汎用マイクロプロセッサに代わるものはでてくるべき時期
- それが専用アーキテクチャかどうかは？
  - FPGA は段々普及する
  - 超並列 SIMD とかは予想よりは作る (作れる) かどうかの問題
- どういうアプローチでも、メモリバンド幅の制約は回避する必要あり
  - アルゴリズム、実装の問題