

#3 性能向上、ブレイクスルー、集中と分散

Yutaka Yasuda, 2003 spring term

地球シミュレータ

- <http://www.es.jamstec.go.jp/esc/jp/outline.html>
- 超並列アプローチ
 - 8台のスパコンからなる計算ノードを高速ネットで640台接続
 - 5120のスーパーコンピュータで並列計算
- 何故今このようなスタイルの計算機が？
(極端に大きな処理能力を実現する手法としてこのスタイルを採った理由は？)

繰り返し処理

- (一般的) コンピュータの特長
 - 単純な処理しかできない装置を組み合わせ、繰り返して処理することで複雑な処理をこなす
 - 前提：「複雑な処理」は単純な処理に分解可能である
- コンピュータの処理対象の限界を示す
 - 単純な処理に分解できない仕事には対応できない
 - 多くの場合、分解できない=よく分かっていない
 - つい先日まで二足歩行ができなかった
- 繰り返し処理の例
 - 二進での多数桁の足し算・掛け算

二進での計算

- 10進で3桁の足し算を分解
 - 10進1桁の足し算を三回(繰り上がり込み)
- 2進では9桁、足し算も9回

234+456=690 は?

2	3	4
+	+	+
4	5	6
=	=	=
6	8	10
6	9	0

234 (11101010) +456 (111001000) =690

1	1	1	0	1	0	1	0
+	+	+	+	+	+	+	+
1	1	1	0	0	1	0	0
=	=	=	=	=	=	=	=
1	10	10	1	0	10	0	1
+1	+1			+1			
1	0	1	0	1	1	0	0

二進での計算

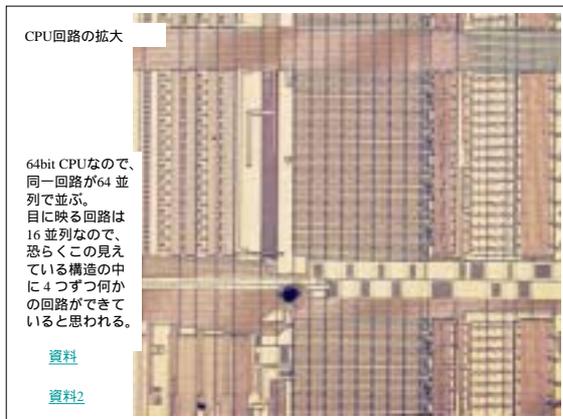
234 (11101010) +456 (111001000) =690

1	1	1	0	1	0	1	0
+	+	+	+	+	+	+	+
1	1	1	0	0	1	0	0
=	=	=	=	=	=	=	=
1	10	10	1	0	10	0	1
+1	+1			+1			
1	0	1	0	1	1	0	0

- このような方法(筆算)で処理を行なう場合、
 1. 一つの素子を9回使い回して処理する
 2. 素子を9つ並べて一回で処理するかのいずれかとなる。
- 実際のコンピュータ (32bit CPUの場合)
 - 32桁を一度に計算して、
 - 32桁以上の精度が必要な場合は何度も繰り返す

性能(処理速度)は何で決まるか

- 並列度 (例えば一度に処理する桁数)
 - 4bit CPU では (世界で初めての CPU Intel 4004, 1971)
 - 4桁単位で処理
 - 回路を4並列で用意して実現
 - 4桁以上の演算は繰り返しで処理
 - その後 8bit, 16bit, 32bit, 64bit が処理能力のために開発
 - 現在市場での高性能CPUは 64bit CPU が主流



性能 (処理速度) は何で決まるか

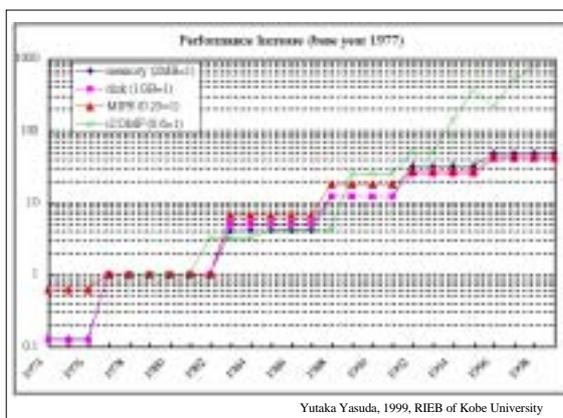
- ビット並列度
 - 性能 = 回路の複雑さに依存
- 繰り返し周期
 - Intel 4004の108KHzから、今では2GHz程度に
 - 性能 = 高速度
 - より細く短い配線：電気の伝わる速度
 - より小さな回路：素子が機能する最短時間
 - 再び技術的困難さと価格の問題に直結

性能 (処理速度) は何で決まるか

- なぜ徐々に上がるのか？もっと上がらないか？
 - 性能向上 = 技術的困難さ + 価格の問題
- 「単純な処理の高速な繰り返し」で性能が決まる
 - この方法での高速化には限界がある
 - ブレイクスルーが望まれる
- 参考：
 - 「マイクロプロセッサのテクノロジー」Intel の Web
 - <http://www.intel.co.jp/home/technology/processor/index.htm>

マイクロプロセッサ

- いわゆるCPU
 - 半導体の微細化、集積化による高速化技術を追及
 - 他の高速化手法を大きく抜いて成功
- コンピュータの構成部品
 - 機能のほとんどを幾つかのチップに収めることに成功
 - チップ価格 = 開発費用 / 生産数
 - 共通品、量販品としての PC
 - 最高速製品が最廉価品であるという矛盾



ブレイクスルー

- より大きな処理能力を実現するために
 - もっと小さく、もっと速く、もっと複雑に
- 性能向上のための技術開発
 - どこまでも続いてほしい
 - しかし障害も多く見えている
 - ブレイクスルーが望まれている
 - どんな分野でも追求とブレイクスルーの繰り返し
 - 株式制度、為替制度なども同じか？

もっと細く

- 資料：ムーアの法則に挑む次世代リソグラフィ技術
 - Moore, 1965: 半導体回路の集積度は18-24ヶ月ごとに倍になる
- 超紫外線リソグラフィ
 - 現行の 0.13 μm 配線は遠紫外線
 - 更に細かな回路配線を
- 資料：配線へのダメージ
 - 静電気ですら簡単に配線を壊してしまう

三次元回路へ

- 集積回路は基本的に平屋構造
 - Pentium4 でも実際に働いているのは一層
 - 多層回路を実現することで集積度を上げる
 - 平面配線による配線長の問題をクリア
- 例：
 - サイコロのようなメモリブロックで 100GB (ビデオ映像 100 時間程度)
- 熱問題
 - 現在の Pentium4 クラスですら 50W 程度
- それでも莫大な利益を狙って強い推進力

グリッド・超並列分散

- 資料：グリッド・コンピューティング開発熱
 - 複数のPCを集めてスパコンのような用途に
 - 空いている社内の PC などを利用する可能性も
- 資料：ワールドワイドコンピュータ
 - 世界中に分散した各家庭の PC の計算力をインターネットで集める
 - SETI@home や folding@home で既に実用化
 - P2P と呼ばれる Napster のようなサービスも
 - 今のサーバ・クライアントとは異なる新しいスタイル

集中と分散、技術のバランス

- 集積回路への技術集中
 - 従来手法での高速化の限界
- それを補う処理能力向上の手法
 - 並列処理・分散処理 (実は両者は同じもの)
- 光スイッチ (資料)
 - 再び素子技術が牽引するのか?
- 歴史
 - 計算機が実用化されて50年
 - そのダイナミズムを感じる
 - 次の判断をその波の上で行う感覚が求められている