

# 計算機の構成

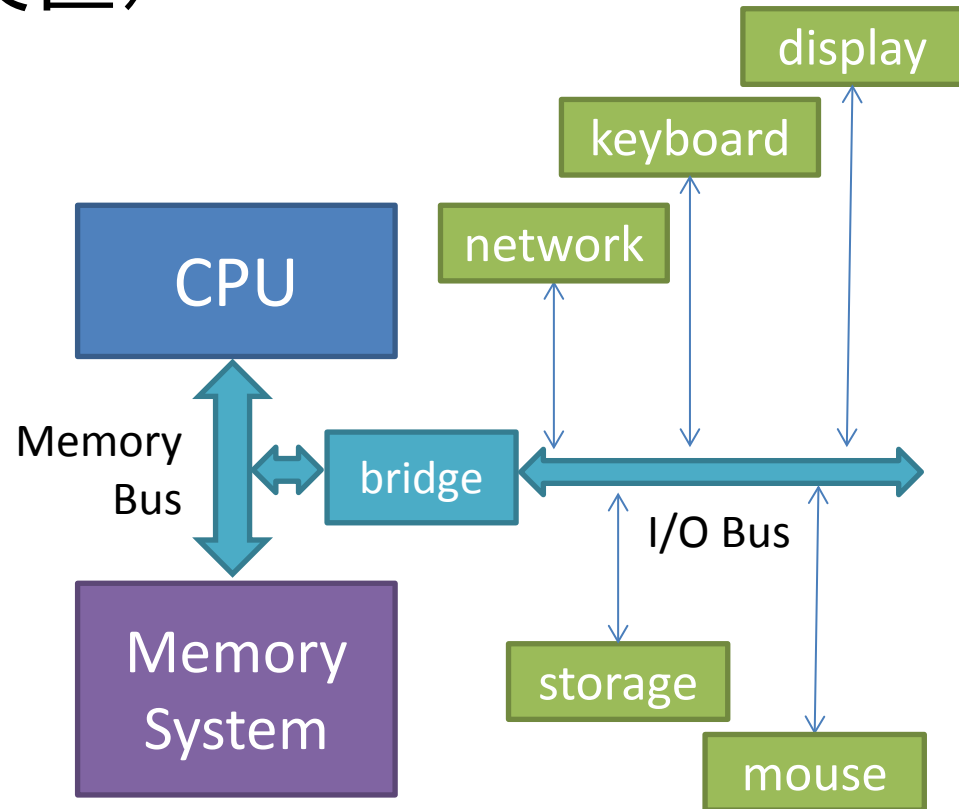
コンピューターリテラシ

2016年5月6日

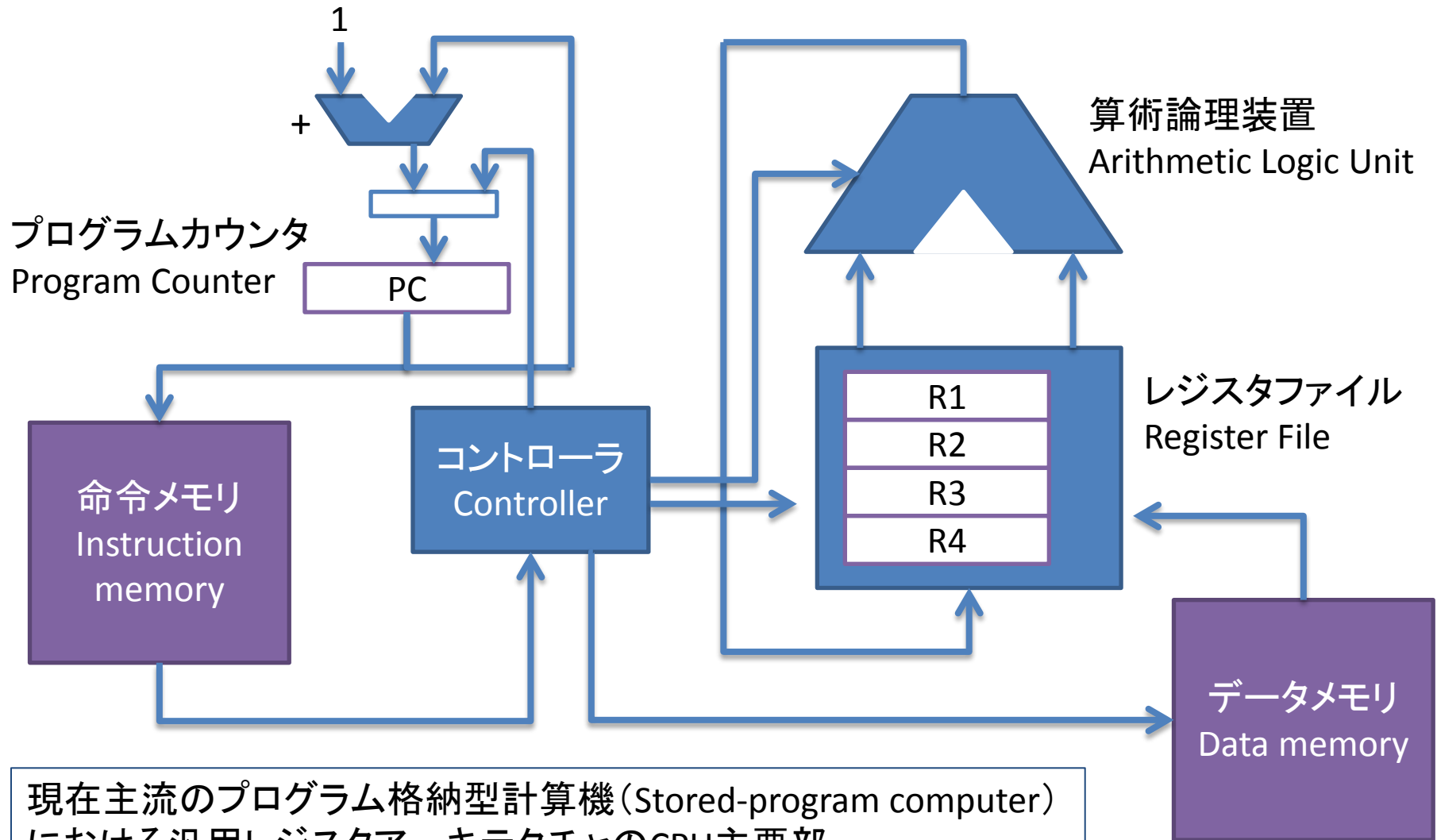
建部修見

# 計算機の構成

- CPU (中央処理装置)
- Memory System (主記憶)
- I/O System (入出力装置)



# CPUの構成



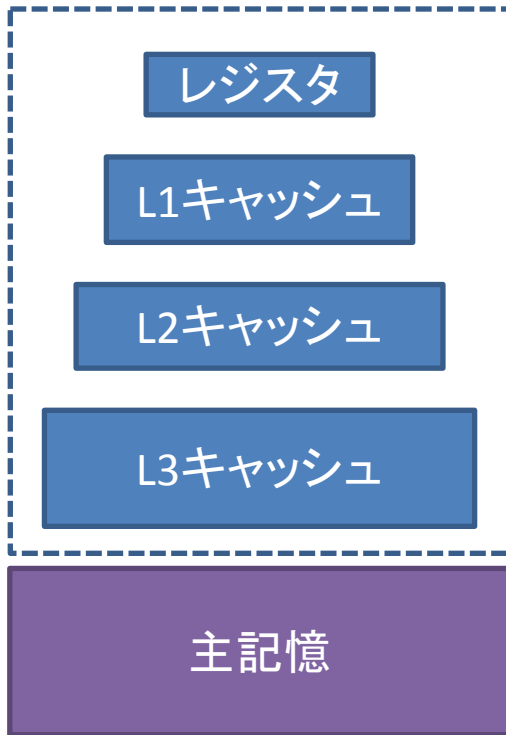
現在主流のプログラム格納型計算機 (Stored-program computer) における汎用レジスタアーキテクチャのCPU主要部

# CPUの動作

- 命令
  - 演算命令      ADD R1, R2, R3      # R1←R2+R3
  - 分岐命令      BEQZ R1, 分岐先  
    # R1が0なら分岐先のコードから次の命令を実行
  - ロード/ストア命令      LD R1, R2  
    # R2の指すアドレスのメモリの内容をR1に代入
- 命令の実行
  - PCの指すアドレスから命令を読み込む(fetch)
  - コントローラで命令を解釈する(decode)
  - ALUなどで命令を実行する(execute)

# メモリ階層

チップ内



数十～数百, 1 clock

数KB～数百KB, 1-2 clocks

数百KB～数MB, 3-10 clocks

数MB～数十MB, 10-20 clocks

数百MB～数百GB, 50-100 clocks

主記憶のアクセスは遅いため、キャッシュ (cache≠cash) を用いる。高速だが容量が少ないため再利用性を高めることが重要



数百GB～, ミリ秒オーダー

性能差が大きいため、ロード/ストア命令ではなくI/O命令を用いる

# ビット、バイト

- ビット (bit)
  - 0か1。2進数1桁。b(小文字)の表記が多い
- バイト (byte)
  - 近年は8bit=1byteが一般的。2進数8桁。B(大文字)
  - $2^8=256$ 通りの数(0~255、-128~127など)
- $10^3=1,000 \doteq 1,024=2^{10}$
- Kilo (K,  $10^3$ ), Mega (M,  $10^6$ ), Giga (G,  $10^9$ ), Tera (T,  $10^{12}$ ), Peta (P,  $10^{15}$ ), Exa (E,  $10^{18}$ ), Zeta (Z,  $10^{21}$ ), Yotta (Y,  $10^{24}$ )
- Kibi (Ki,  $2^{10}$ ), Mebi (Mi,  $2^{20}$ ), Gibi (Gi,  $2^{30}$ ), Tebi (Ti,  $2^{40}$ ), Pebi (Pi,  $2^{50}$ ), Exbi (Ei,  $2^{60}$ ), Zebi (Zi,  $2^{70}$ ), Yobi (Yi,  $2^{80}$ )

# クロック周波数と性能

- 主流のCPUはクロック信号に同期して動作している
  - 同期回路と非同期回路
- クロック周波数(動作周波数)
  - 1秒間に発生する回数。Hz(ヘルツ)
  - 1GHz=10<sup>9</sup>Hz(1クロック=1nsec、光速で30cm)
- CPU性能は？
  - 1クロックで1命令実行できるとは限らない
    - 数クロックかかる命令
    - 1クロックで数命令(cf スーパースカラ、VLIW、SIMDなど)
  - アーキテクチャによって命令が異なる
  - 毎秒何命令実行できたかは指標にならない

# CPUの性能

- (倍精度)浮動小数点演算性能
  - 倍精度浮動小数点 = 64bit (符号1bit、指数部11bit、仮数部52bit)
  - 倍精度浮動小数点の演算(積、和)を毎秒何回実行するか = FLOPS (floating-point operations per second)
- 理論ピーク性能の例 (Intel Skylake)
  - FMA命令 (積と和を同時に実行する命令)
  - SIMD命令 (同一命令を複数データで実行)
    - SSE, AVX, AVX256, AVX512など
  - クロック周波数 (2 GHz) × 2 (FMA) × 8 (AVX512) × 32 (コア数) = 1,024 GFLOPS = 1.024 TFLOPS
- ベンチマーク
  - SPEC CPU
    - 整数演算、浮動小数点演算のアプリケーションの集合
  - LINPACK
    - 連立一次方程式の解法
    - 理論ピーク性能に近い性能
    - TOP500 (<http://www.top500.org/>) スパコンの世界ランキング

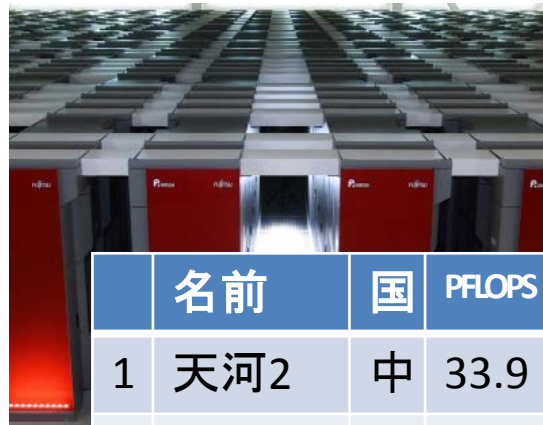


# スーパーコンピュータ

- 筑波大学計算科学研究センター
  - HA-PACS, COMA
- 理研AICS
  - 「京」コンピュータ10PFLOPS (2012)



HA-PACS 1.17 PFLOPS (2013)



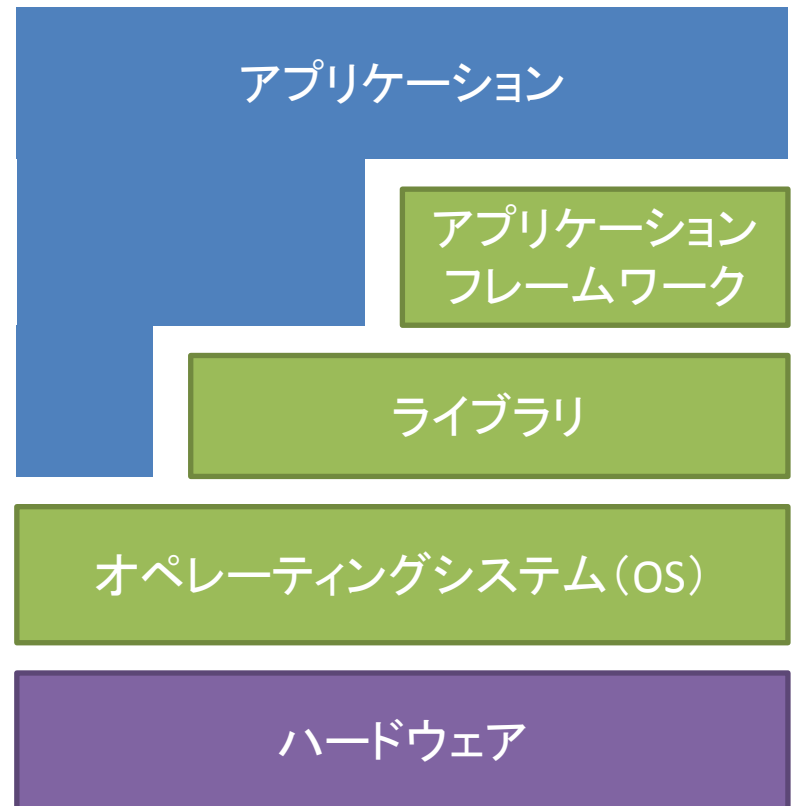
COMA 1.0 PFLOPS (2014)

	名前	国	PFLOPS	ピーク	CPU, アクセラレータ
1	天河2	中	33.9	54.9	Xeon Phi
2	Titan	米	17.6	27.1	Tesla K20X
3	Sequoia	米	17.2	20.1	Blue Gene/Q (PowerPC)
4	京	日	10.5	11.3	SPARC64 VIIIfx
5	Mira	米	8.6	10.1	Blue Gene/Q (PowerPC)

2015年11月現在

# ソフトウェアの構成

- オペレーティングシステム
  - メモリ管理、プロセス管理
  - ファイルシステム
  - ハードウェアの抽象化によるプログラム互換性の実現とリソースの管理による競合の対処
- ライブラリ
  - 共通に利用する機能
  - Cライブラリ関数など
- アプリケーションフレームワーク
  - アプリケーションの開発を容易に
- インターフェースの仕様を定めることにより互換性が高まる



# 演習(1)

- `sysctl -a hw`を実行し、以下の情報を取得しよう。なお、1ページに収まらない場合は、`sysctl -a hw | lv`と実行し、`lv`で表示すると良い。`lv`は`man`ページの表示などで利用されている
  - コア数(`ncpu`)
  - メモリサイズ(`memsize`)
  - CPU動作周波数(`cpufrequency`)
  - L1命令キャッシュサイズ(`l1icachesize`)
  - L1データキャッシュサイズ(`l1dcachesize`)
  - L2キャッシュサイズ(`l2cachesize`)
  - L3キャッシュサイズ(`l3cachesize`)

## 演習(2)

- メモリサイズ(各種キャッシュ含む)、CPU動作周波数を $K$ や $K_i$ などを用いて分かりやすくしてみよう。その結果を提出しよう。

# オプション演習

- UNIXの標準としてPOSIX (Portable Operating System Interface) がIEEE Computer Societyで定められている。調べてみよう。