

計算機構成論

Lecture 1

イントロダクション: コンピュータシステムの概要

2023年度春学期

情報理工学部 Rクラス担当

越智裕之

内容

- 情報関係で働く人には常識である用語の確認
- プログラム実行の仕組み（の概要と関連基礎用語）
- コンピュータの構成要素
- 計算機構成論の重要性

コンピュータの利用形態の分類とその特徴 (1/2)

- Personal computers (パーソナル・コンピュータ)
 - General purpose, variety of software
 - Subject to cost/performance tradeoff
- Server (サーバー)
 - Network based
 - High capacity, performance, reliability
 - Range from small servers to building sized

コンピュータの利用形態の分類とその特徴 (2/2)

- Supercomputers (スーパーコンピュータ)
 - High-end scientific and engineering calculations
 - Highest capability but represent a small fraction of the overall computer market
- Embedded computers (組み込みコンピュータ)
 - Hidden as components of systems
 - Stringent power/performance/cost constraints

コンピュータの利用形態に関してクイズ：空欄を埋めよ

それぞれの違いを端的に述べよ

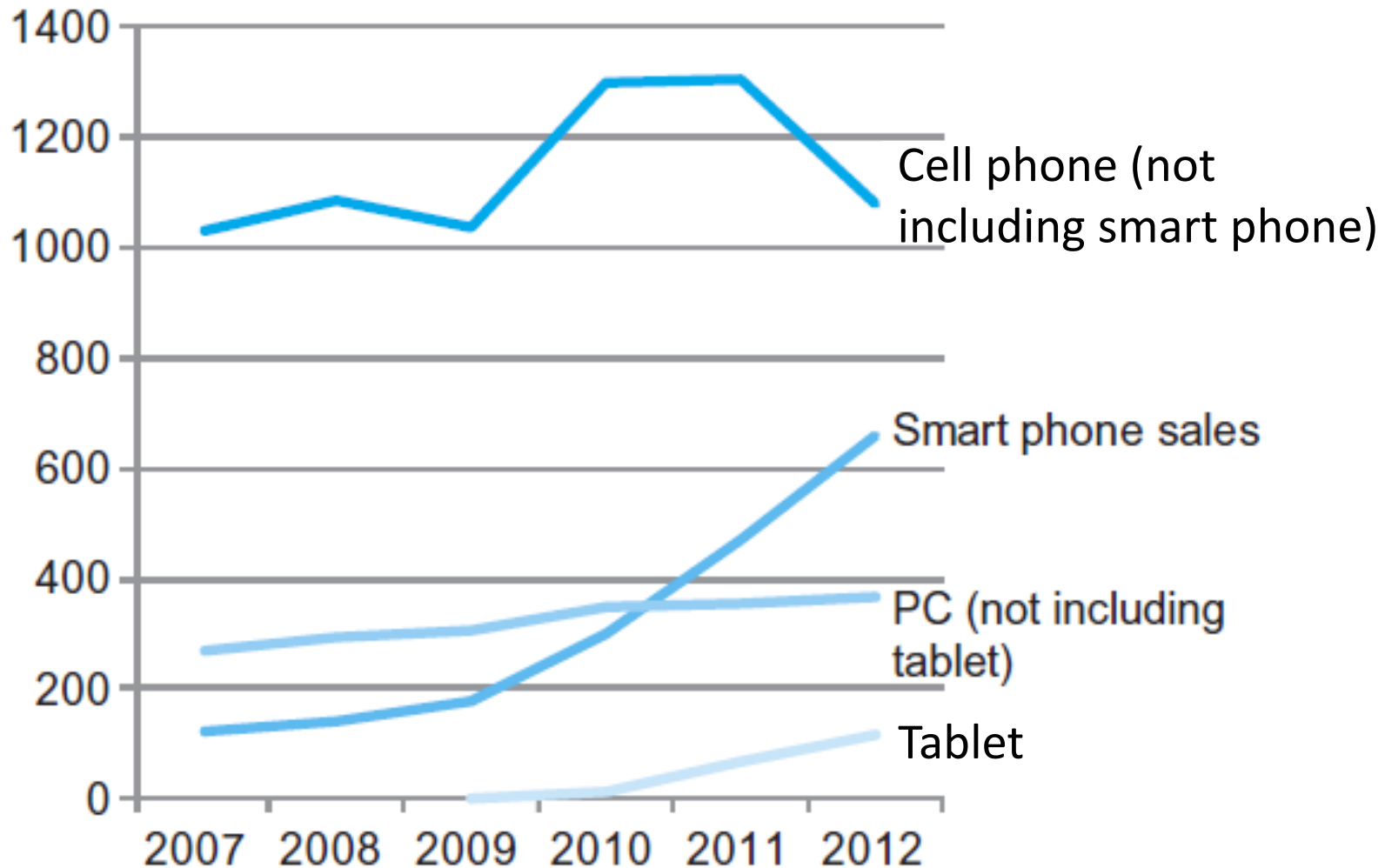
- パーソナル・コンピュータ・・・ で使用
- サーバー で使用

- スーパーコンピュータ を重視
- 組み込みコンピュータ を重視

ポストPC時代(1/2)

生産台数 (× 100万)

教科書(英語版) 図1.2



ポストPC時代(2/2)

■ Personal Mobile Device (PMD)

- Battery operated
- Connects to the Internet
- Hundreds of dollars
- Smart phones, tablets, electronic glasses

■ Cloud computing

- Warehouse Scale Computers (WSC)
- Software as a Service (SaaS)
- Portion of software run on a PMD and a portion run in the Cloud
- Amazon and Google

単位の表し方

Roadrunner (2008) 初めて1 ペタFLOPSを突破

FLOPS =

以下の国際単位系は常識です。なんででしょうか？

10^{18}

10^{15}

10^{12}

10^9

10^6

10^3

10^{-3}

10^{-6}

10^{-9}

10^{-12}

10^{-15}

E

P

T

G

M

k

m

μ

n

p

f

知らない人は今すぐ記憶！

メモリの容量の数え方 (1/2)

1 Tバイトは慣習上1,099,511,627,776バイト=2の何乗？

Why?

10¹²は2進数でいうと大体何桁ぐらいだろうか？

1 Mバイトは慣習上バイト

Note: 計算機では2進数が使われる。10進数ではない！

メモリの容量の数え方 (2/2)

2^x vs. 10^y のあいまいさをなくすための表記



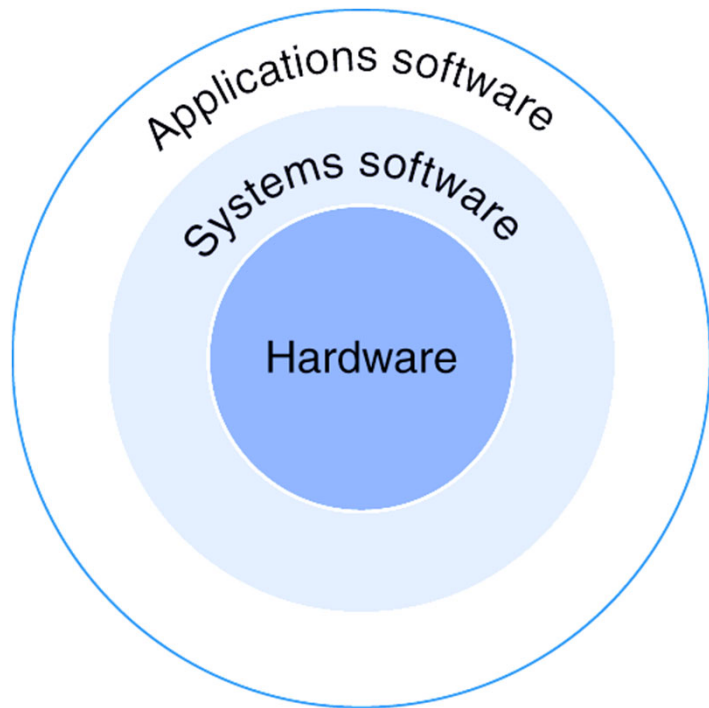
教科書(英語版) 図1.2

Decimal term	Abbreviation	Value	Binary term	Abbreviation	Value	% Larger
kilobyte	KB	10^3	kibibyte	KiB	2^{10}	2%
megabyte	MB	10^6	mebibyte	MiB	2^{20}	5%
gigabyte	GB	10^9	gibibyte	GiB	2^{30}	7%
terabyte	TB	10^{12}	tebibyte	TiB	2^{40}	10%
petabyte	PB	10^{15}	pebibyte	PiB	2^{50}	13%
exabyte	EB	10^{18}	exbibyte	EiB	2^{60}	15%
zettabyte	ZB	10^{21}	zebibyte	ZiB	2^{70}	18%
yottabyte	YB	10^{24}	yobibyte	YiB	2^{80}	21%

内容

- 情報関係で働く人には常識である用語の確認
- プログラム実行の仕組み（の概要と関連基礎用語）
- コンピュータの構成要素
- 計算機構成論の重要性

プログラム実行の裏側



教科書(英語版) 図1.3

- Application software
 - Written in high-level language
- System software
 - Compiler: translates HLL code to machine code
 - Operating System: service code
 - Handling input/output
 - Managing memory and storage
 - Scheduling tasks & sharing resources
- Hardware
 - Processor, memory, I/O controllers

C言語のプログラム実行の裏側

下線つきの用語は全て理解すべし

`a[i] = b[i] + c;`

高水準言語

コンパイラ

```
lw    $15, 0($2)
add   $16, $15, $14
add   $17, $15, $13
lw    $18, 0($12)
lw    $19, 0($17)
add   $20, $18, $19
sw    $20, 0($16)
```

アセンブリ言語

アセンブラ

```
000000101100000
110100000100010
...
```

機械語

プログラム実行の概要:英語で用語の確認

- 高水準言語

- Level of abstraction closer to problem domain
- Provides for productivity and portability

- アセンブリ言語

- Textual representation of instructions

- 機械語

- Binary digits (bits)
- Encoded instructions and data

演習問題A:

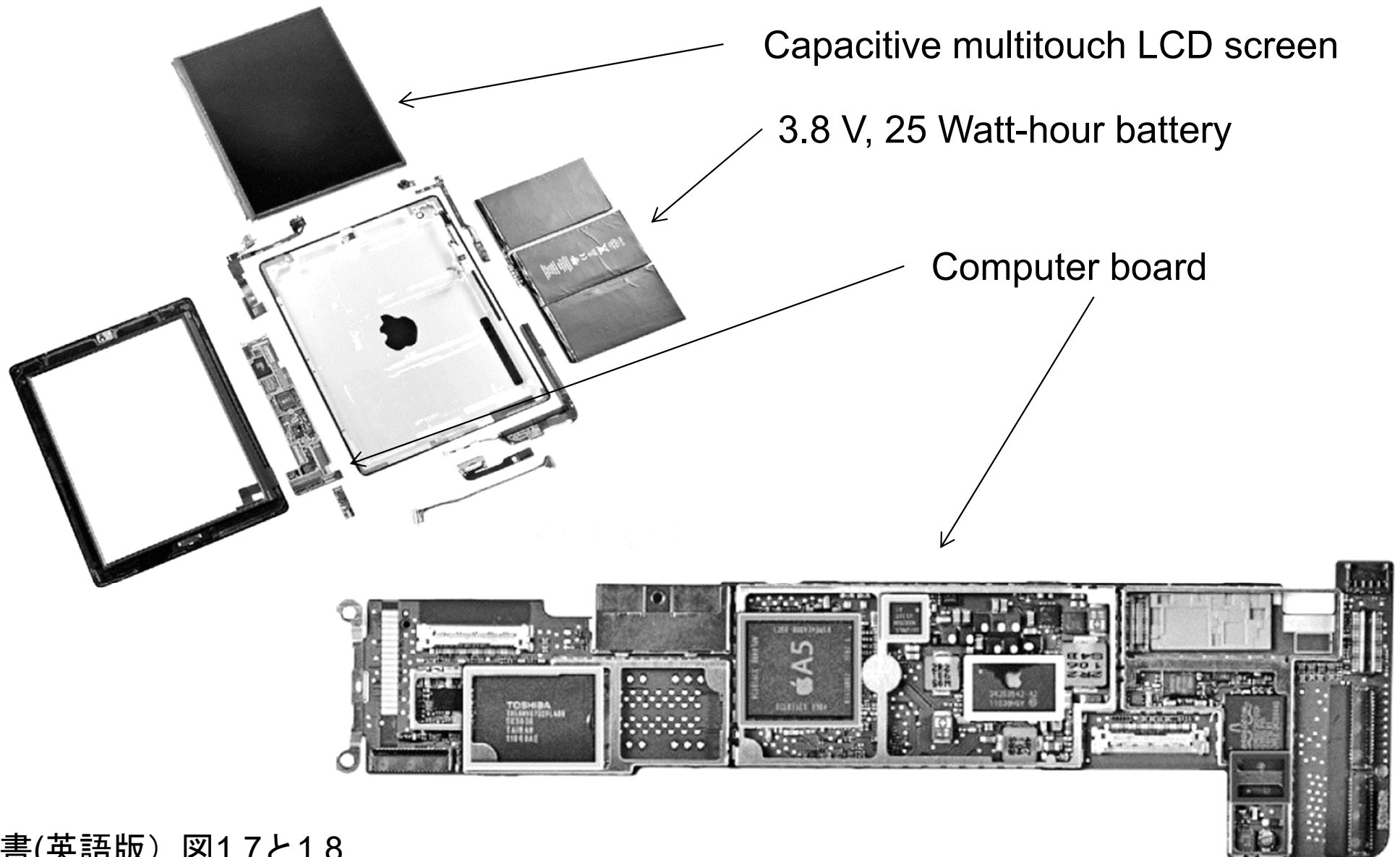
自分の言葉で自分が理解したことをまとめてみてください。後日の講義で詳しくやりますが

高水準プログラミング言語がどのように実行されるかを、アセンブラ、アセンブリ言語、機械語という用語を用いて説明せよ。

内容

- 情報関係で働く人には常識である用語の確認
- プログラム実行の仕組み（の概要と関連基礎用語）
- **コンピュータの構成要素**
- 計算機構成論の重要性

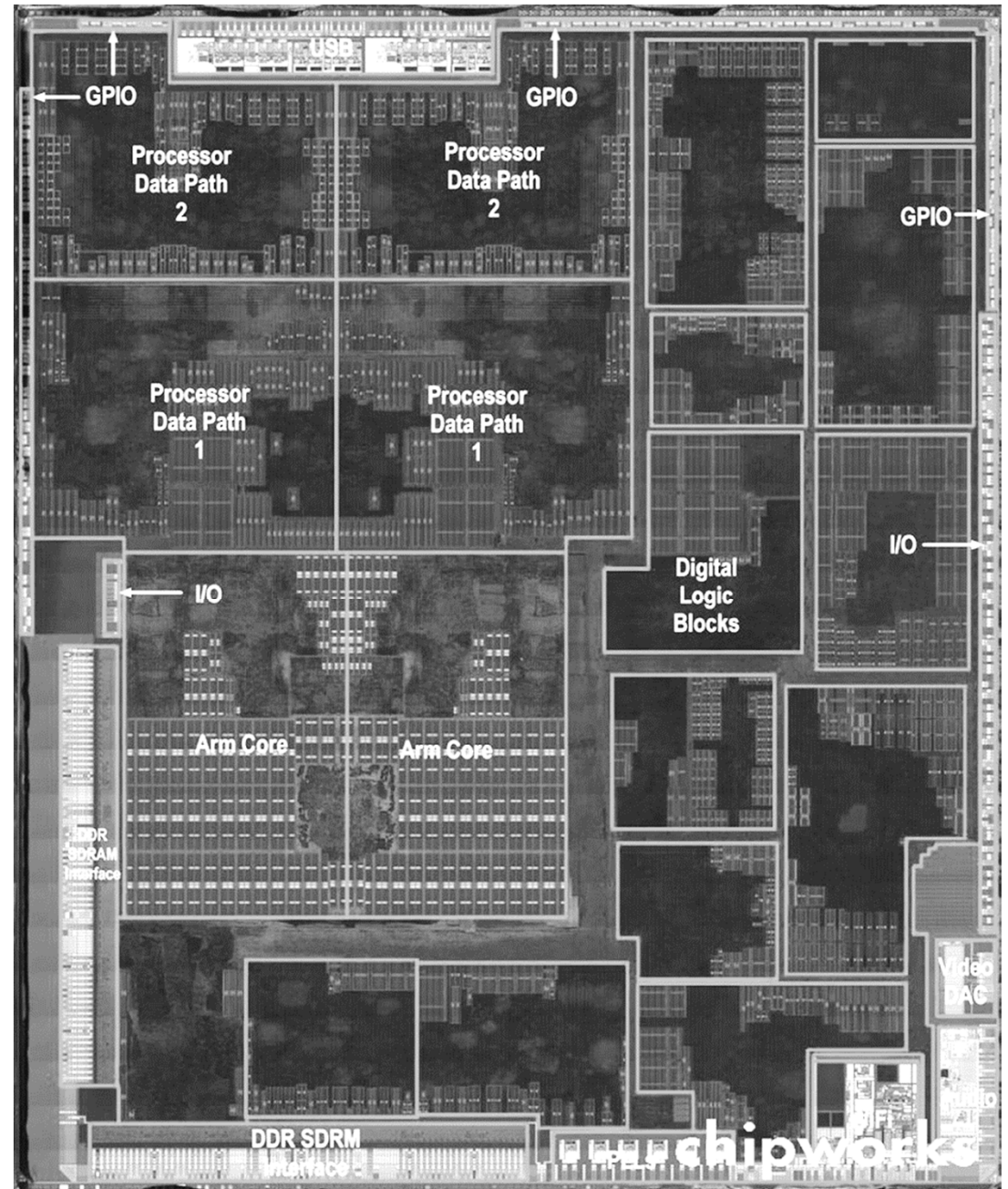
Opening the Box (Apple iPad)



教科書(英語版) 図1.7と1.8

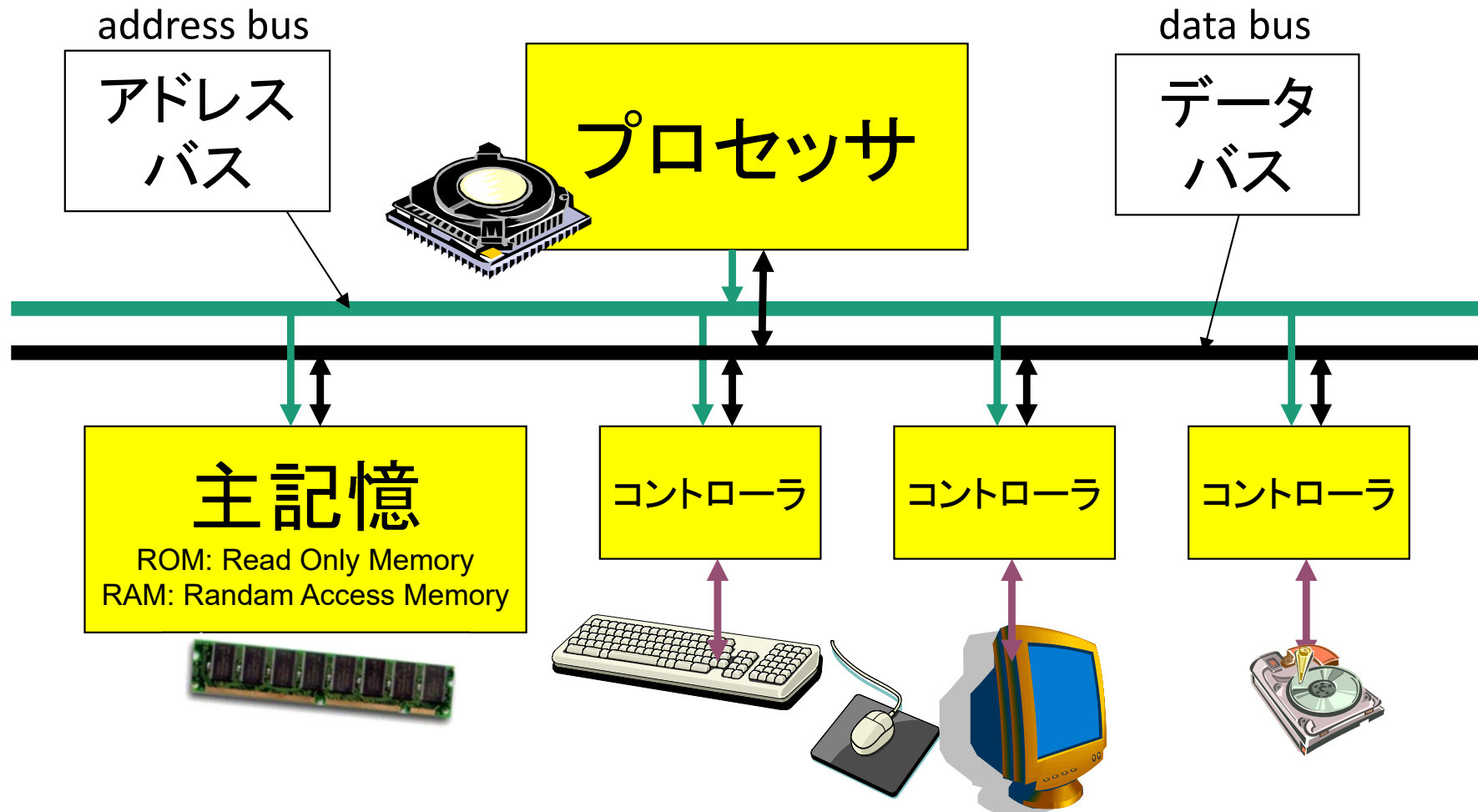
Inside the Processor

- Apple A5



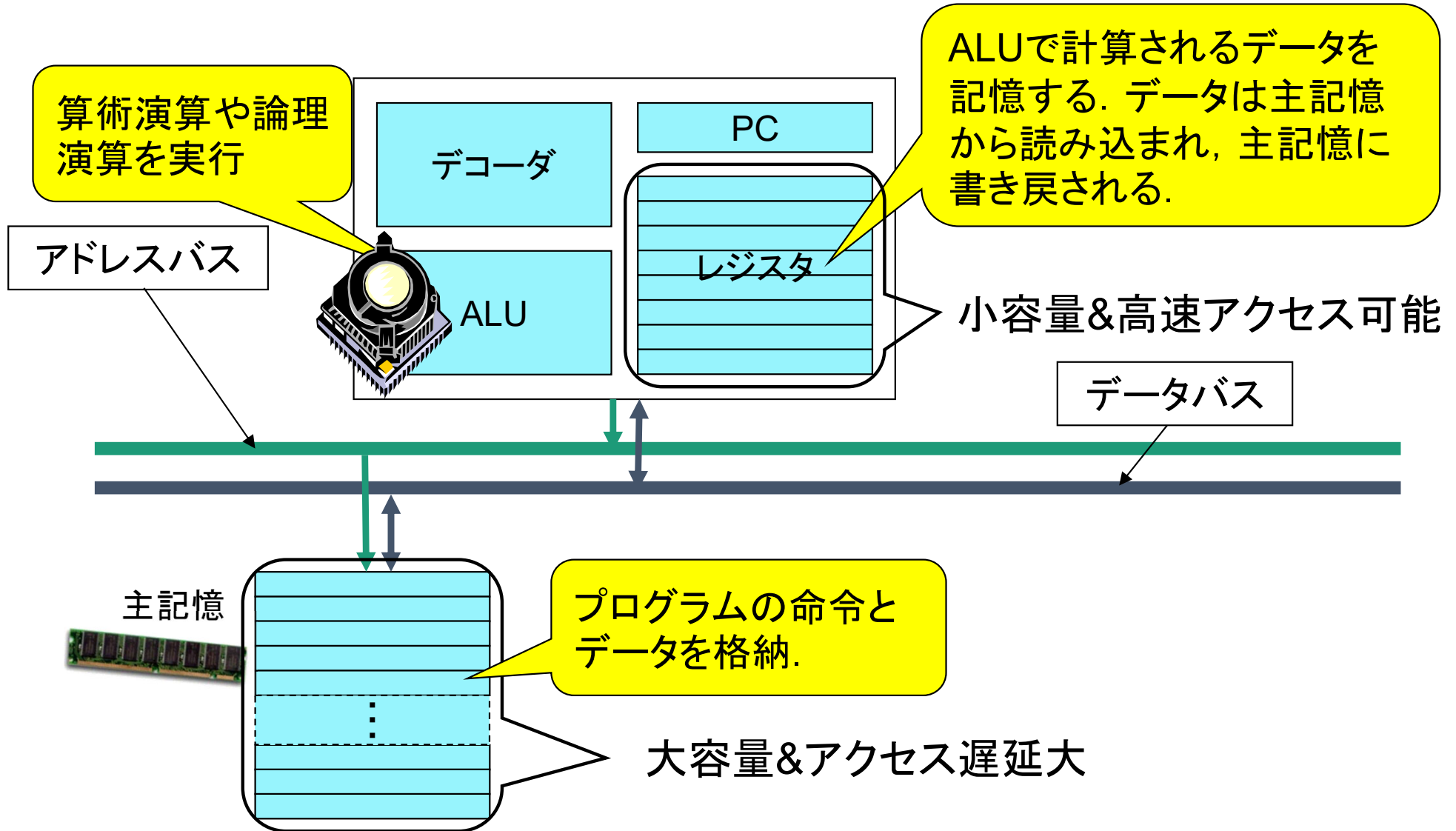
コンピュータの仕組み(1/2)

一般的なコンピュータの内部構造

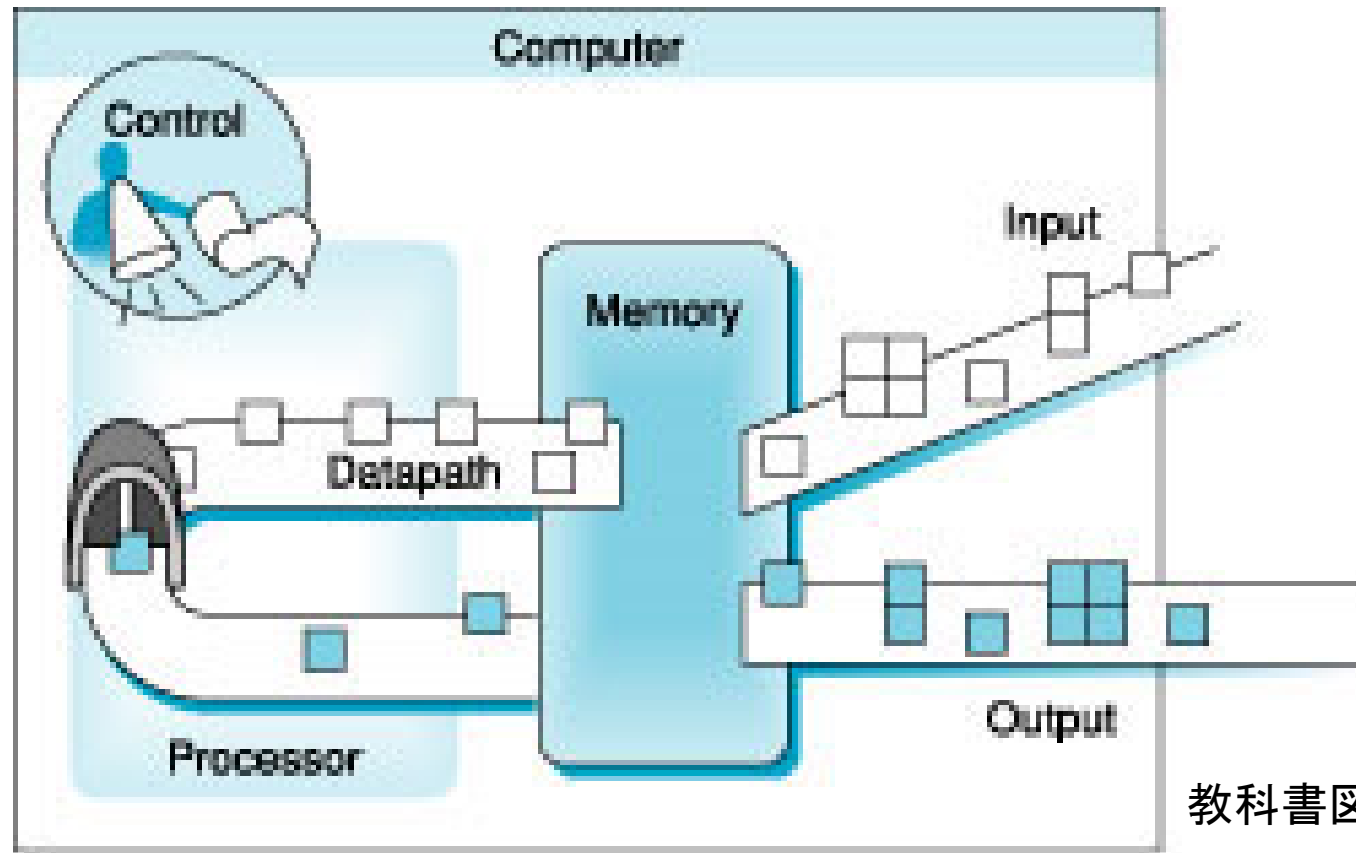


コンピュータの仕組み(2/2)

一般的なコンピュータの内部構造



5つの構成要素：教科書の説明方法



教科書図1.5 (英語版)

入力、出力、記憶、^{data path}データパス、制御

└──────────────────┘

プロセッサ

Inside the Processor (CPU)

- Datapath: performs operations on data
- Control: sequences datapath, memory, ...
- Cache memory
 - Small fast SRAM memory for immediate access to data

今は理解できなくてもOK：詳しくは後期

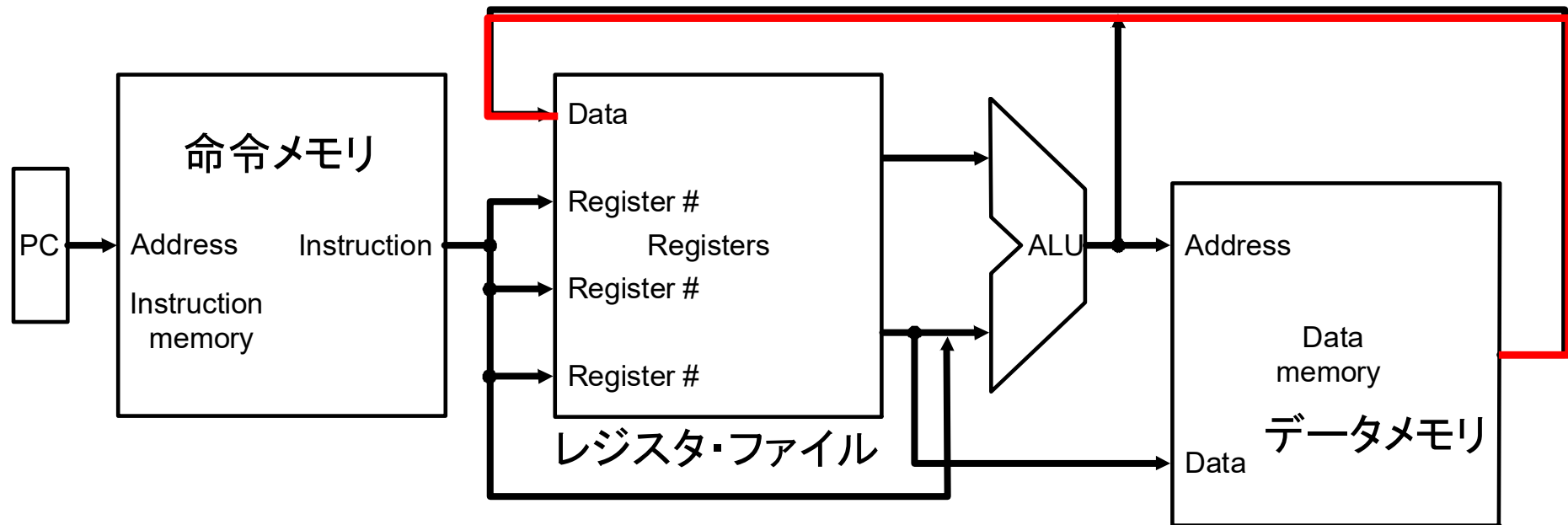


図4.1の一部

今は理解できなくてもOK：詳しくは後期

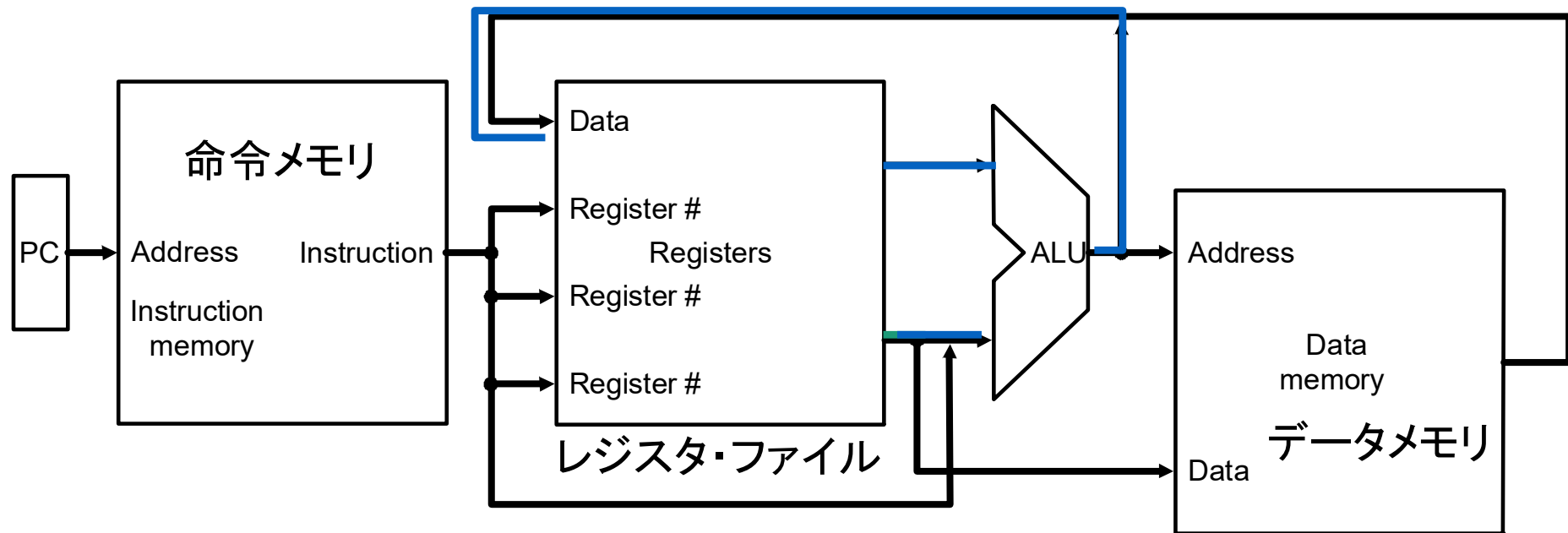


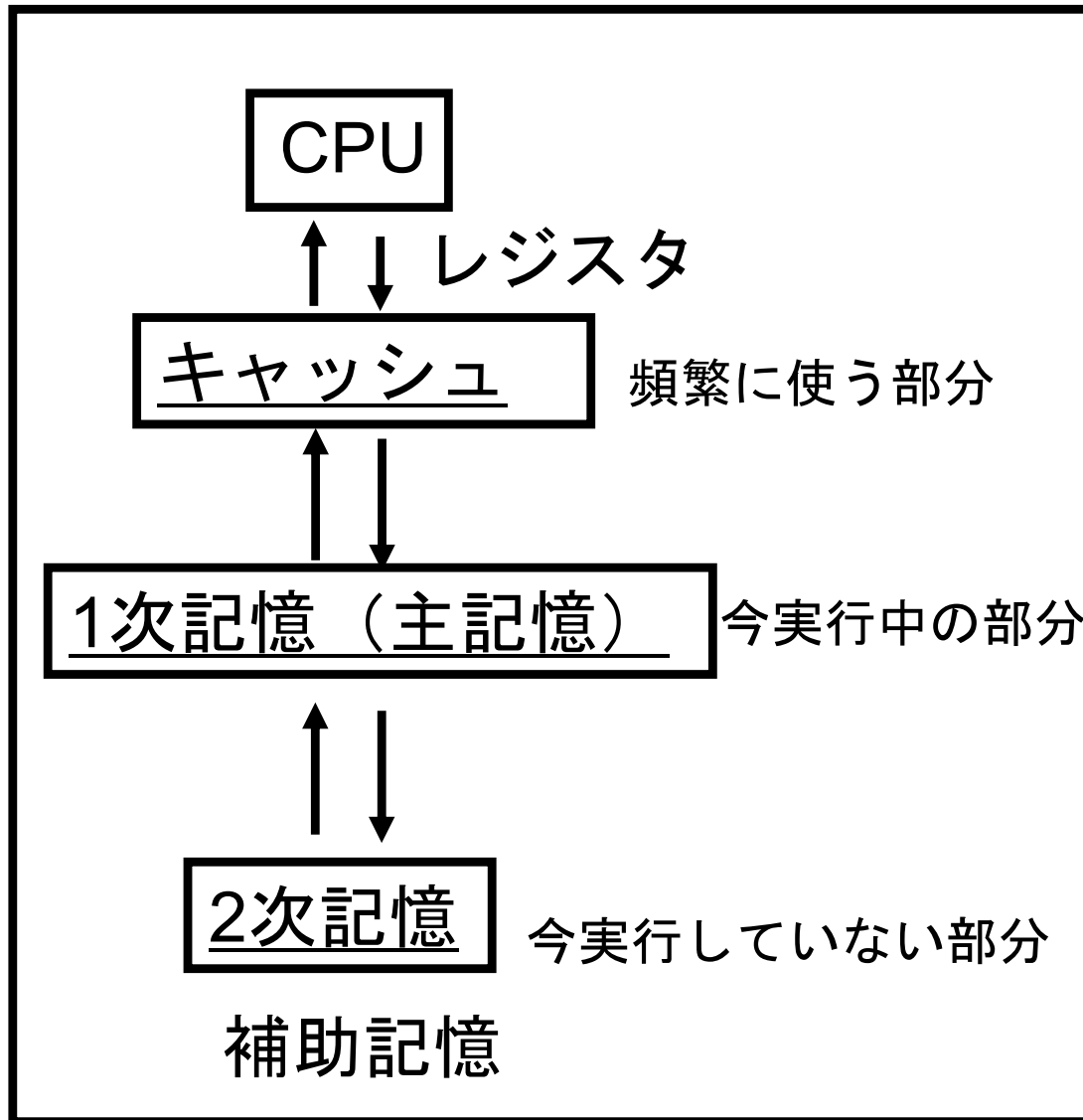
図4.1の一部

データの格納場所

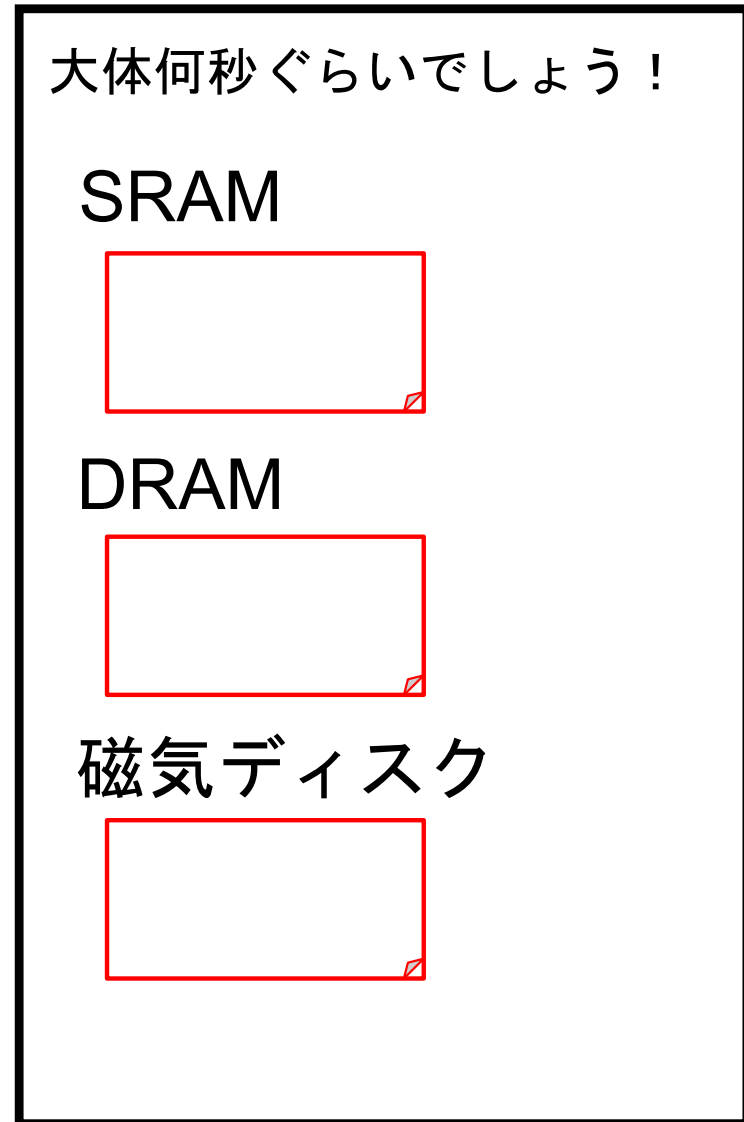
- Volatile main memory (揮発性メモリ)
 - Loses instructions and data when power off
- Non-volatile memory (不揮発性メモリ)
 - Magnetic disk
 - Flash memory
 - Optical disk (CDROM, DVD)

アクセス時間と記憶の階層:次ページの問題

詳しく知りたい方は下巻参照



記憶の階層



アクセス時間

演習問題 B

SRAM、DRAM、磁気ディスクについて、

1. どれが揮発性か、不揮発性か？

2. 速度の速い順に並べると？

3. ビットあたりのコストの高い順に並べると？

4. 典型的なそれぞれの使い方は？

* SRAM, DRAMは何の略か？また、頭文字SとDの意味する特徴は？

内容

- 情報関係で働く人には常識である用語の確認
- プログラム実行の仕組み（の概要と関連基礎用語）
- コンピュータの構成要素
- 計算機構成論の重要性

抽象化

- “抽象化”は設計の複雑さを解消
 - 下位の層の詳細を隠蔽
- Instruction set architecture (ISA) 命令セット・アーキテクチャ
 - ハードウェアとソフトウェアのインターフェース
- アプリケーション・バイナリ・インターフェース
 - 基本命令セットとOSが提供するシステムの機能

演習問題: 次のページを見ながら具体例を考えよ

Cでプログラムを書く人は、
printfの を知らなくても、
printfが を知っていれば
プログラムが書ける。

アセンブリ言語でOSの機能を実装する人は、
addの を知らなくても、
addが を知っていれば
OSが書ける。

C言語のプログラム実行の裏側

下線つきの用語は全て理解すべし

`a[i] = b[i] + c;`

高水準言語

コンパイラ

```
lw    $15, 0($2)
add   $16, $15, $14
add   $17, $15, $13
lw    $18, 0($12)
lw    $19, 0($17)
add   $20, $18, $19
sw    $20, 0($16)
```

アセンブリ言語

アセンブラ

```
000000101100000
110100000100010
...
```

機械語

計算機構成論は重要！

- 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
- たとえば、ソフトを開発する場合でも知っておくべき
- “情報” と名の付く学士号を持っていて知らないと恥ずかしい
- 階層の下を勉強するのは重要！ 学生時代に勉強しておくべき

Lec. 1での要チェック用語集

デスクトップコンピュータ	アプリケーション・ソフトウェア
サーバーコンピュータ	コンパイラ
スーパーコンピュータ	システム・ソフトウェア
組み込みコンピュータ	アセンブラ
OS	ハードウェア
FLOPS	高水準言語 High-Level Programming Language
ペタ	アセンブリ言語 Assembly language
テラ	機械語 Machine language
ギガ	プログラム内蔵方式
メガ	SRAM
キロ	DRAM
ミリ	磁気ディスク
マイクロ	キャッシュ
ナノ	主記憶（1次記憶）
ピコ	2次記憶
フェムト	揮発性メモリ
	不揮発性メモリ