

# コンピュータの仕組み (10)

柴山 潔

# コンピュータの仕組み

- 1 コンピュータシステム
- 2 ハードウェア
- 3 内部装置
- 4 プロセッサ
- 5 メモリ(1)
- 6 外部装置
- 7 論理回路
- 8 オペレーティングシステム

# 5 メモリ(1)

5.1 メインメモリ —主要なメモリ—

5.2 メモリの機能

5.3 メインメモリの高機能化

# メモリ(装置)

- コンピュータ動作に必要な命令やデータを格納, 必要に応じてそれらを他の装置(=供給先)に供給するためのハードウェア装置

➤ 供給先: メモリごとに種々, 代表例: (メインメモリの場合) プロセッサ

(例) メインメモリ; レジスタ; ファイル装置; キャッシュメモリ;

# メインメモリ(主メモリ, 主記憶)

= 主要なメモリ

- プロセッサと対になってコンピュータの内部装置(本体)の機能を実現するメモリ
- 内部装置内でプロセッサと対になるハードウェア装置 = 内部メモリ

# プロセッサとメインメモリ

- コンピュータの**内部装置**を構成する**2大ハードウェア装置**で、  
明確に機能分担
- **プロセッサ**: マシン命令にしたがってデータを**処理**するだけ
- **メインメモリ**: 命令やデータは、プロセッサによる処理に先立って、あらかじめ**メインメモリ**に、広い意味でのプログラムとして、  
**格納**

(重要)

(再掲)

# プログラム内蔵

- プロセッサにおける情報処理のために必要なプログラム(命令, データ)を, できる限り, あらかじめメインメモリに用意
  - 「できる限り」の意味: 処理(実行)中に(=動的)に, 人間がコンピュータに与える命令やデータ(=コマンド(command; 指令))が一部存在
    - ◆ 人間-コンピュータ間の対話: 人間とコンピュータとが情報(コマンドやデータ)を動的にやりとり
  - 「人間-コンピュータ間の対話」以外のプログラム → 実行前(=静的)にあらかじめ用意しておく, または用意できる情報

# メインメモリの機能

- コンピュータの**プログラム内蔵**方式では、**内部装置**において、  
(1) **プロセッサ**: 命令によってデータを処理する機能; (2) **メインメモリ**: 命令とデータの格納機能; (3) **内部バス**: 命令とデータをプロセッサ-メモリ間転送する機能; を分担
  - (1)(2)を併せた機能 = プロセッサから送られてきたデータの**格納**

■ **メインメモリ**: 「命令とデータの(一時的)記憶(格納)」と「プロセッサへの命令とデータの供給」の2つの役割 → 「**記憶(格納)**」と「**アクセス(読み出しと書き込み)**」の2機能を備えるハードウェア装置



# メインメモリへのアクセス機構(1)

- **メインメモリ**内の各格納場所は**アドレス**によって互いに紛れなく識別可
- メインメモリへのアクセス(読み出しと書き込み)に、**アドレス**の指定および「**読み出し**か**書き込み**か、いずれのアクセスか？」の指示が必要



## メインメモリへのアクセス機構(2)

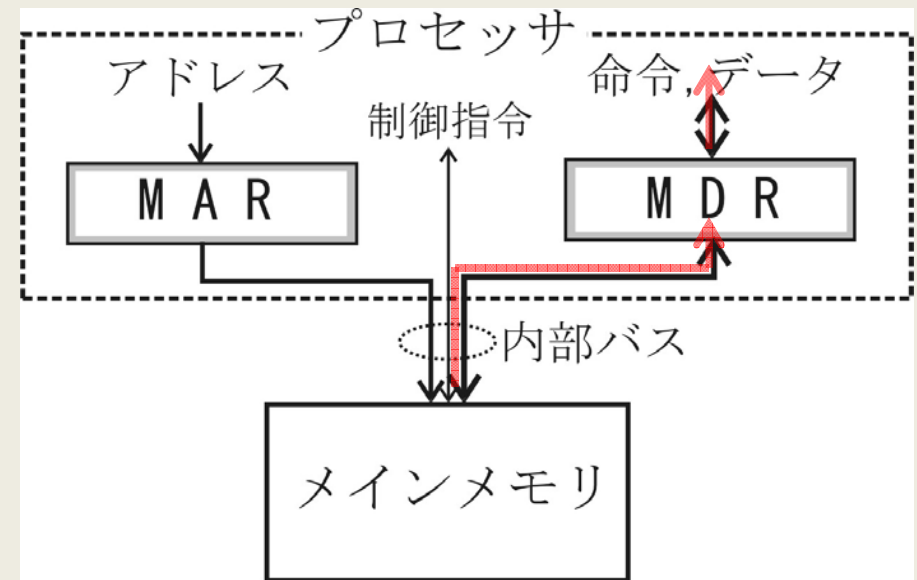
- (1) **メモリアドレスレジスタ** (memory address register; **MAR**):  
メインメモリアドレス
  - (2) **メモリデータレジスタ** (memory data register; **MDR**): アクセスする**命令**や**データ**  
を一時的に置いておくハードウェア機構
- プロセッサ内に実装する**特殊な**(=「汎用」ではない)**レジスタ**

# プロセッサによるメインメモリへのアクセス(読み出し)操作

## ●MARとMDRを使用

### 1. 読み出し(リード(read))

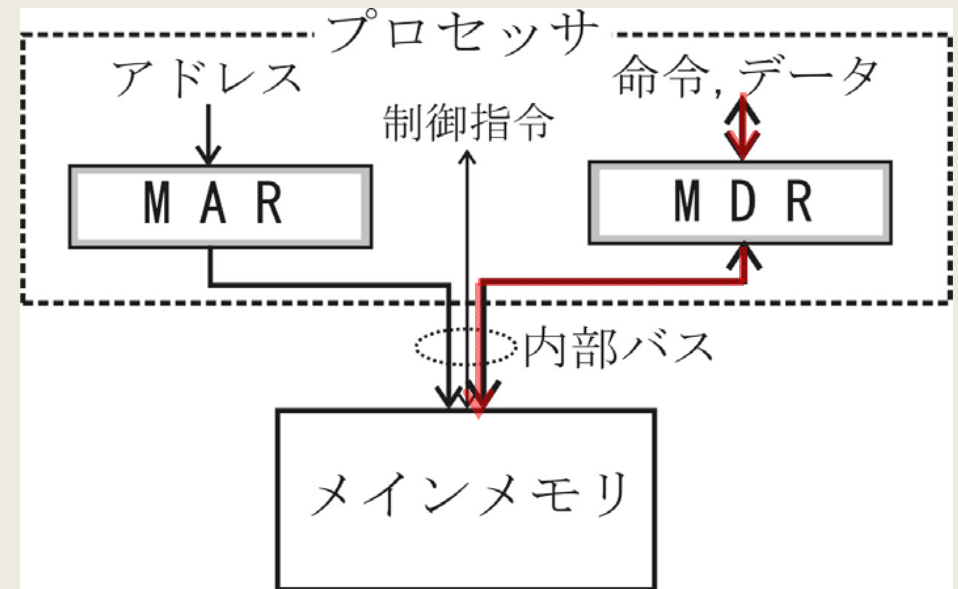
- 対象とする命令やデータの格納アドレスをMARに設定
- メインメモリに読み出し指令を送出
- 対象命令やデータを、メインメモリから内部バスを經由して、MDRに読み出し



# プロセッサによるメインメモリへの アクセス(書き込み)操作

## 2. 書き込み(ライト(write))

- (a) 対象とするデータの格納アドレスをMARに設定
- (b) メインメモリに書き込み指令を送出
- (c) MDRにあらかじめ設定しておいたデータを、内部バスを経由して、メインメモリへ書き込み



# 5 メモリ(1)

5.1 メインメモリ —主要なメモリ—

5.2 メモリの機能 ← メモリ一般について

5.3 メインメモリの高機能化

# メモリの機能とその指標

- **メモリの機能**: 情報の**格納**と(プロセッサなどによる)情報への**アクセス**との2つ
  - この2機能の高低を測る指標は異なる
- **容量**: **格納**能力に対する「どれくらいの**量**が格納できるか？」という指標
- **アクセス時間**(アクセス速度): **アクセス**能力に対する「どれくらいの**時間**(速さ)でアクセスできるか？」という指標

# メモリの性能

- メインメモリだけではなく一般的に、メモリの性能は「容量」と「アクセス時間」の相異なる指標によって測ることが可能
- 容量：大きい方が性能が良
- アクセス時間（アクセス速度）：短い（速い）方が性能が良

# メモリ素子

- メモリの最小単位は, 1ビットを実現するハードウェア機構
  - (1) 半導体; (2) 磁性体; などによって実現
- ◆ ICメモリ
  - (1)の半導体上にメモリ素子を並べて実現するメモリ
  - コンピュータの内部装置に実装されるメインメモリ



# メモリ素子の選択と性能

- メモリの容量:「単位面積あたりのメモリ素子の集積度」で提示可
  - メモリのアクセス時間:「アクセス要求を発してから各メモリ素子の読み出し, 書き込み動作の完了までの時間」で提示可
- メモリの性能は, 「メモリ素子をどのようなものにするか?」, 「メモリ素子をどのように並べ, どのように組み合わせるか?」などによって左右

# メモリの容量とアクセス時間

- 容量とアクセス時間の2指標による性能は両立しない
- 容量とアクセス時間の両性能が高い(良い)メモリは存在しない
- 他のメモリに比べて相対的に,
  - 容量が大(優)メモリ → アクセス時間が長(劣)
  - アクセス時間が短(優)メモリ → 容量が小(劣)

## メモリの容量とアクセス時間(例)

- ◆メモリ素子が**磁性体** → **容量は大**に、電気的動作だけの半導体に比べると、機械的に動作する部品を使う分、圧倒的に**アクセス時間が長**
- ◆**半導体**をメモリ素子とする**ICメモリ** → **アクセス時間は短**に、動作時に発生する熱が大などの理由で**集積度が低下**
- 容量が最も大(良)メモリ**,あるいは**アクセス時間が最も短(良)メモリ**は存在
  - 「**両方が最高**」というメモリは**現存しない**

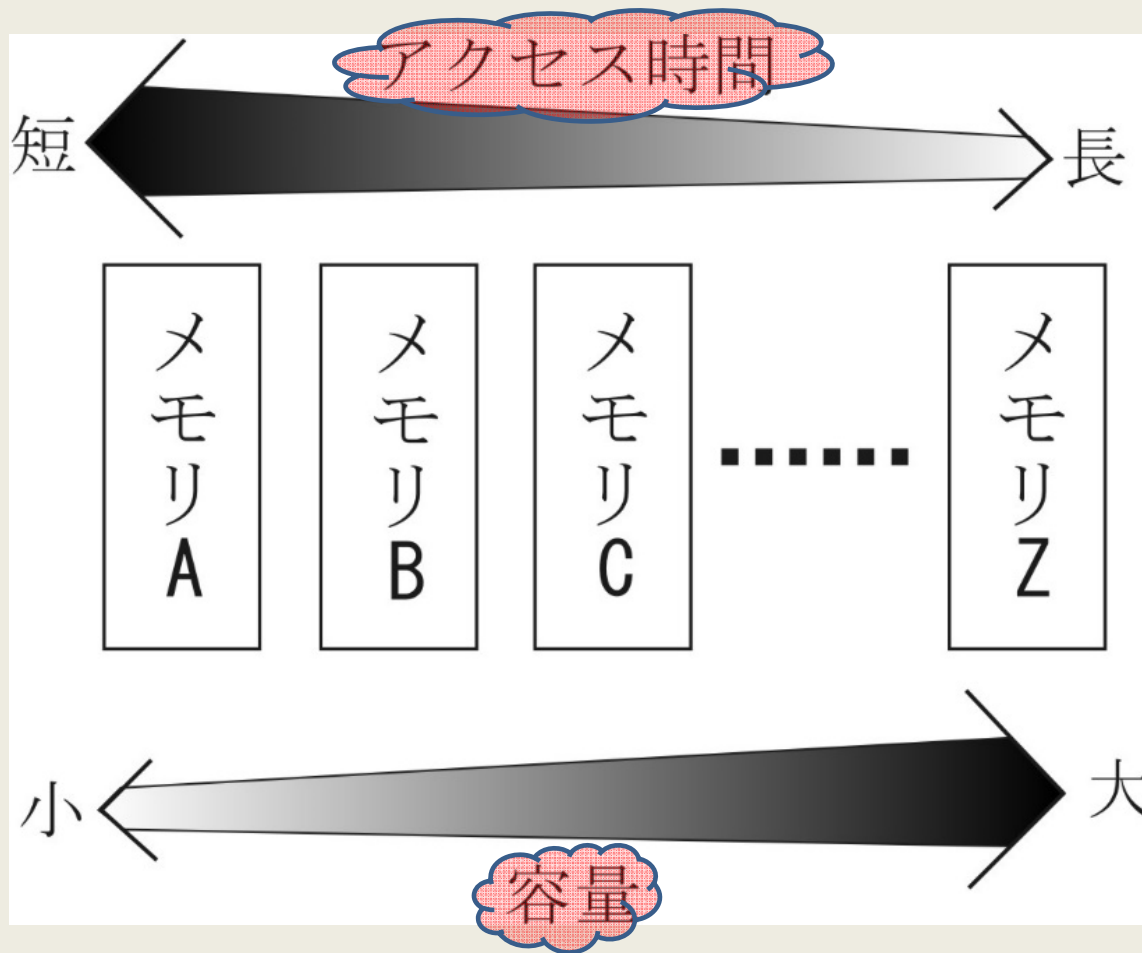
# メモリ階層(1)

- **容量とアクセス時間**とが両立しない状況
- **容量とアクセス時間**の2種類の指標によって性能を規定する種々のメモリを**目的**によって**使い分ける**ことが必要
  - 大量の命令やデータを**格納**するメモリ → 多少アクセス時間が長、**大容量**で実装可能なもの
  - 命令やデータに**高速度でアクセス**するメモリ → 小容量しか実装できなくても**アクセス時間が短**なもの

## メモリ階層(2)

- メモリ性能を測る指標として相対的に示される高低(優劣)が**容量**と**アクセス時間**の2指標で相互に反対向き → 種々の性能のメモリを使い分け
- **メモリ階層**: **容量**と**アクセス時間**の2つの指標によって性能を規定する「あるメモリ種類」
  - **容量が優**のメモリ階層は**アクセス時間で劣**
  - **アクセス時間が優**のメモリ階層は**容量で劣**

# メモリ階層 (図)



## メモリ階層(3)

- **メモリ階層**は、「メモリ」というハードウェア装置の選定において、「ある性能(容量とアクセス時間)を発揮できる**メモリ種類**を規定する」という役割
- ある**メモリ種類**はある**メモリ階層**を構成し、その**メモリ階層**は一定の**容量性能**および**アクセス時間性能**を提示

# メモリ階層(4)

- **メモリ階層**を決める指標は単一ではない

- メモリ階層の**性能**について「高か低か」、「優か劣か」、「良か悪か」などを判断する際には、「**容量**か**アクセス時間**か、どちらの指標によってそのように判断したのか？」を明確にする必要
- 「容量が大(小)」、「アクセス時間が短(長)」というメモリは現存
- 「**単に性能**が優(劣)」メモリや「容量とアクセス時間の**両方**ともに優(劣)」メモリは存在**しない**



# メモリ素子とメモリ階層

- ハードウェア装置としてのメモリ:メモリ素子の選択 → 容量とアクセス時間の両性能を規定
- メモリ素子を規定 → メモリ階層も決定

# メインメモリ階層

- 内部装置内に装備,
- 実行するプログラム(命令とデータ)を格納,
- 必要時に, プロセッサがその命令とデータにアクセス,

➤ メインメモリ階層

# メインメモリの要件(1)

- プロセッサで実行する可能性があるプログラムはあらかじめ**メインメモリ**に格納しておく必要 → それを実現するだけの**容量**が必要
- プロセッサが高速処理を達成 → **プロセッサ**がメインメモリにある命令とデータに絶え間なく**アクセス**する能力が必要
  - 「何か仕事をしようとした**プロセッサ**がメインメモリへのアクセスのために**待たされる**」ことは不可

## メインメモリの要件(2)

- **メインメモリ階層**の実現 → 「『主要なメモリ』としての**容量とアクセス時間**とが**バランス**した性能」が要件に

# メインメモリの実際

- **メインメモリ**: プロセッサと対になって内部装置を構成するハードウェア装置
  - 実際には, IC上に電氣的に動作するメモリ素子を集積して構成するICメモリ

# レジスタとファイル装置のメインメモリとの メモリ階層としての比較

- メインメモリ以外の代表的メモリについて、「メモリ階層」という観点から、メインメモリを含めて、相互に比較
  - (1) レジスタ
  - (2) ファイル(file)装置

# メモリ階層としてのレジスタ(1)

- プロセッサを構成するハードウェア機構
- 演算器によって処理(演算)される/されたデータの一時的格納場所で、メモリの一種
- 演算器と同じくらいの高速動作が要件だが、一時的な格納場所でもあるので容量に対する要求は弱



## メモリ階層としてのレジスタ(2)

- メインメモリと比べると、「小容量でも短いアクセス時間」が要件
  - プロセッサ機能すべてを1個のIC上に集積する場合(代表例: マイクロプロセッサ), レジスタも他のプロセッサ機構である演算器や順序制御機構と同じように論理回路として構成



# メモリ階層としてのファイル装置(1)

- メインメモリやレジスタと比べると、アクセス時間は犠牲にしているが、容量の点ではそれらよりはるかに勝るメモリ階層
- 「アクセス時間が長も容量が大」が要件 → 外部装置として内部装置とは別に実装
  - 内部装置のように電気にだけ頼る動作機構とする必要はなく、磁気や機械的な動作機構を入れて集積度を高に

## メモリ階層としてのファイル装置(2)

- ◆ 代表的な**ファイル装置**: **ハードディスク(harddisk)** 装置
  - 回転などの機械的動作機構のためにアクセス時間は犠牲, 磁性体上にメモリ機能を実現することによって高集積度を実現
- **ファイル装置**: **ファイルを格納**しておくためのハードウェア装置
  - **ファイル(file)**: ファイル装置に格納されているプログラム(命令やデータ)

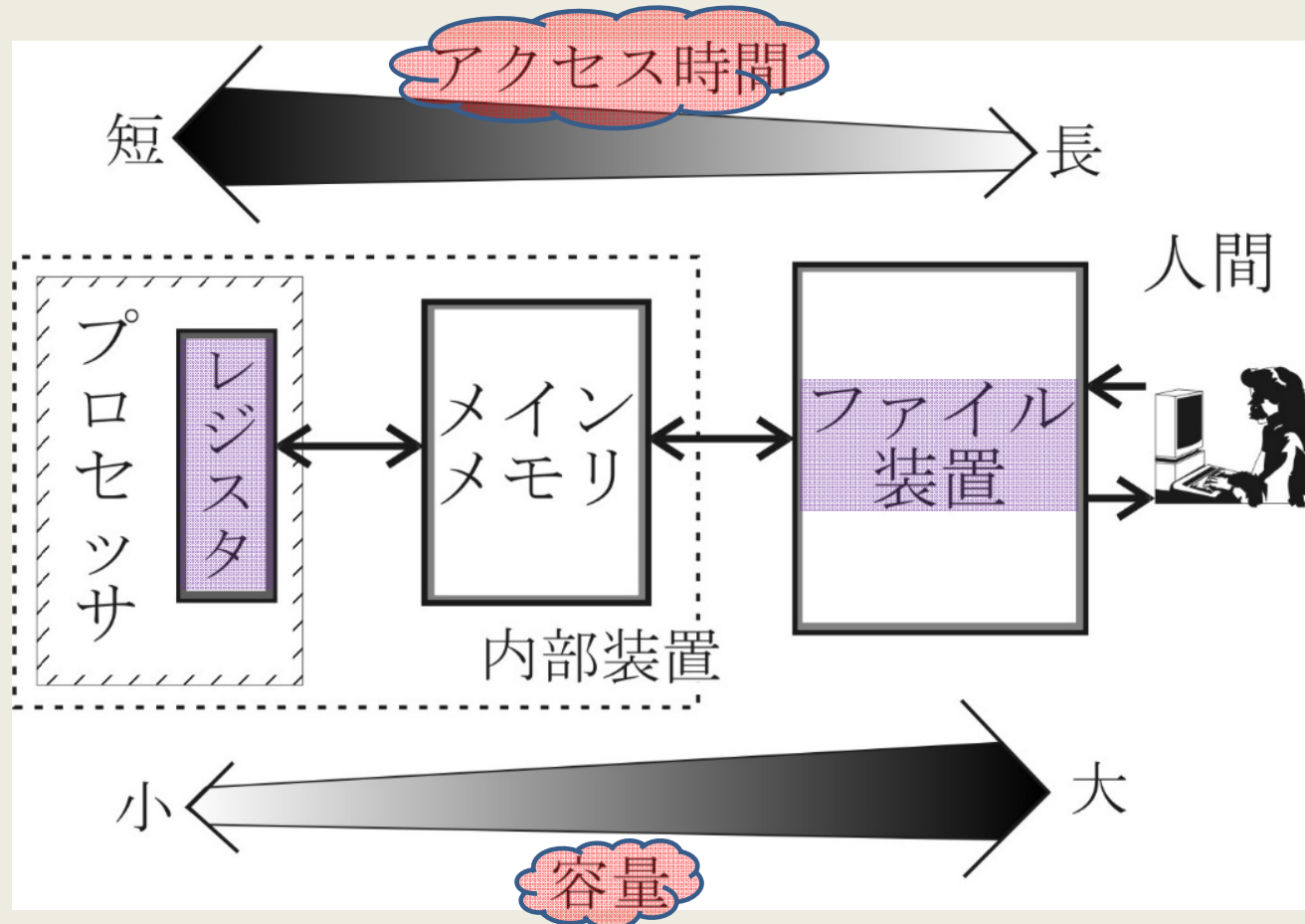
# 主要なメモリ階層間の関係(1)

- メインメモリを中心にレジスタとファイル装置とをメモリ階層として示すと,
- プロセッサー – 主要なメモリ階層 – 人間の関係
- 図は階層関係だけではなく、実装(設置)場所による位置関係も反映

## 主要なメモリ階層間の関係(2)

- **レジスタ階層**: プロセッサに最近の場所(=プロセッサ内部)に実装, プロセッサの動作速度と同じ**アクセス時間**を実現
  - プロセッサとメインメモリ階層との間に位置するメモリ階層
- **ファイル装置階層**: 外部装置としてプロセッサに最遠の場所に装備 → **アクセス時間が長**
  - メインメモリ階層と人間との間に位置するメモリ階層メモリ階層
- **メモリ階層** → 実際の**実装場所**をも提示

# 主要なメモリ階層間の関係(図)



## 主要なメモリ階層間の関係(3)

- プロセッサと人間との間に、レジスタ、メインメモリ、ファイル装置の3メモリ階層をこの順で実装
  - レジスタ: プロセッサが最速でアクセス(読み出しと書き込み)できるメモリ階層
  - ファイル装置: 人間に最も身近で人間が直接やりとりするメモリ階層

## 主要なメモリ階層間の関係(4)

- レジスタはアクセス時間性能で、ファイル装置は容量性能で、メインメモリに比べて優
- レジスタは容量性能で、ファイル装置はアクセス時間性能で、メインメモリよりも劣
- **メインメモリ**: 容量とアクセス時間の両性能のバランスをとって設定, 適度な容量とアクセス時間を実現する「主要な」「中心的な役割を果たす」メモリ

## 代表的メモリ階層の性能例

メモリ階層名	容量(バイト)	アクセス時間(秒)
レジスタ	数十～数百*	数十ノ
メインメモリ	数メガ～数ギガ	数十ナノ
ファイル装置	数百メガ～数十ギガ	数十ミリ～数百ミリ

(\* 個数をバイトに換算)