

コンピュータ基礎 コンピュータとは？

天野

hunga@am.ics.keio.ac.jp

自己紹介

- <http://www.am.ics.keio.ac.jp>を見てくださいませ。
- メールアドレスはhunga@am.ics.keio.ac.jp
 - 質問はいつでも歓迎
- 東横線日吉駅の奥、慶應大学矢上キャンパスに居る
- 色々なタイプの新しいコンピュータを作っている
- ハードウェア屋
 - 主にチップ設計、FPGA設計をやっている

授業の方法

- 授業途中に簡単な演習
- 時々やや面倒な宿題
- 試験もある
- しかしAの比率は高い
- 参考書:天野、西村「作りながら学ぶコンピュータアーキテクチャ」培風館
- 授業資料は毎週manabaに掲示

授業資料はmanabaに掲示

(0) コンピュータって何だろう？

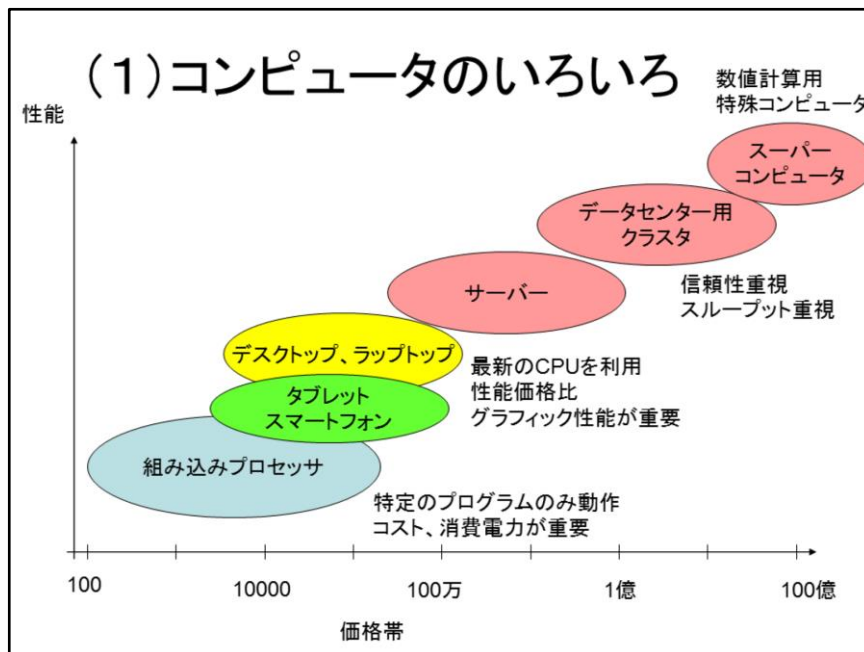
- 自動的に計算(情報処理)をやってくれる機械
 - 電卓にいちいち数を打ち込むのとは違う
- 「大体こんな感じでやっといておくれ」
 - これは今は無理。将来、AIが発展すればなんとかなるだろうが、
- やることを逐一プログラムに書いておく
 - 順番に取って来て実行
 - プログラム格納型計算機

コンピュータは、自動的に計算(情報処理)をやってくれる機械を指します。電卓で数を計算する場合、人が数と演算子を入力し、いちいち答を確認しますが、コンピュータは自動的に処理をしてくれる点が違います。ではどうやってコンピュータに指示を与えるのでしょうか？「大体こんな感じでやっておいてくれ」と言うと、こちらの意向を忖度してくれて処理してくれるというのは、今の所ムリです。将来AIが発達すれば分かりません。結局、やることを逐一プログラムに書いておいて記憶装置(メモリ)にしまっておいて、これを順に取って来て実行するのがコンピュータです。この方式をプログラム格納型と呼びます。

1から100まで足す

- まず1に2を足す、それに3を足す。4を足す。5を足す。。。。。
というプログラムを全部書いたら、書くのが大変だ。
それに100が1000になったらその都度書き直さないと
、、
- 最初にMを0にする。MにNを足す。Nから1を引く。これをNが0になるまで繰り返す。
 - これがアルゴリズム
 - 判断と繰り返しができるのがコンピュータの本質！

例えば1から100まで順に足す例を考えましょう(101を50倍する賢い人の話は今は考えないことにします)。文字通り1に2を足し、それに3を足し、4を足し、という手続きを全て書いたら、プログラムを書く方が大変です。しかも100が1000になったらもっと大変になります。そこで、最初にMを0にする。MにNを足す。Nから1を引く、これをNが0になるまで繰り返す。というプログラムを書きます。これが計算のやり方を示す「アルゴリズム」です。アルゴリズムを指示するためには、判断(0になったかどうか)と繰り返しができることが必要です。これを行うことができるのがコンピュータの本質です。



コンピュータほど、値段と性能の幅の大きい製品はちょっと他にないのではないかと思います。もっとも安いものは数10円の組み込みプロセッサで、家電などの製品に組み込まれています。高いものは主に科学技術計算を高速に行うスーパーコンピュータで1000億円掛かるものもあります。性能の幅も10の9乗(10億倍)のオーダーで違います。(この辺、非常にアバウトな議論です。念のため)これらは使われ方、外見、重要な性質など様々です。大きく分けると図のようなクラスに分けられます。同じクラスのコンピュータは使われ方や重要視される性質が同じだと思って良いです。これらのクラスをざっと紹介しましょう。一つ、覚えていて良いことは、これだけ値段と性能が違うのにも関わらず、その基本的な命令の作り方は共通だと言う事です。もっとも簡単な組み込みプロセッサとスーパーコンピュータは実はほとんど同じ命令の作り方が使われています。これがRISC(Reduced Instruction Set Computer)と呼ぶ方法で、この授業で学びます。

パーソナルコンピュータ

- 個人が使うコンピュータ
- Personal Computer (PC)
- デスクトップ型とラップトップ型(ノートPC)
- 応答性能、グラフィック性能が重要



デスクトップ型 <http://www.dell.com/jp/>より



ラップトップ型

もっともコンピュータらしいコンピュータがパーソナルコンピュータ(PC: Personal Computer)、あるいはパソコンです。机に置いて使うのをデスクトップ型と呼び、折りたたんで(最近は切り離すのも出てきている)運ぶタイプをラップトップ型と呼びます。日本ではこれをノートパソコン、ノートPCなどと呼ぶことが多いです。これらのコンピュータでは、人間が実際にキーボードやマウスを操作して使いますので、応答性能が重要です。また、画面に美しく精細なグラフィックが表示されるので、このための性能が重要です。また、コスト当たりの性能が重視されるので、最新のCPUを使う場合が多いです。デスクトップ型は、Intel社のCPUを使い、標準的なメモリ素子を装備して、WindowsがOSとして走る(LinuxやMacOSも使われる)標準的な製品が多く使われ、各社の製品がほとんど同じになってしまいました。このような状況では1台当たりの利益を得ることが難しく、コスト勝負のビジネスになっています。最近はデスクトップ型はオフィスでの利用に限定され、個人ではラップトップ型を使うことが多いです。皆さんもラップトップ型をお持ちだと思います。ラップトップ型では、重量、スタイル、電池の持続時間が、応答性能、グラフィック性能に並んで重視され、デスクトップ型と違って各社それぞれの特徴を出す余地があります。

サーバ、クラスタ

- 企業、官公庁、データセンターなどに置かれる
- 巨大なデータ、Webページなどを管理
 - チケット予約、ネット通販、ソーシャルネットワークなどもサーバが管理
- Amazon, Googleなどは強力な検索エンジンを装備
- 一定時間に処理するジョブ数、信頼性が重要



ブレード型サーバ 小型で効率の良いサーバ(pr.fujitsu.comより)

個人で使うのではなく、企業、官公庁、データセンターなどに置かれ、集中的に演算処理、データ記憶を行うコンピュータを、サーバーと呼びます。図は、ブレード型と呼ばれ、小型で効率の高いサーバーで、カードを多数挿すことで、多数のCPUを利用して、一度に多数のジョブを処理します。大規模なサーバーは、クラスタと呼ばれて、多数のラック(筐体)で実装され、やや高価で性能の高いネットワークで接続され、巨大なデータ記憶装置を持っています。皆さんも情報の検索、チケット予約、ネット販売、ソーシャルネットワークなどをWebで行うと思いますが、これらの処理を行うための巨大なサーバーは、データセンターと呼ばれる建物に置かれています。Amazon、Googleなどは巨大なデータセンターを数多く持っており、Web経由で様々な処理、データ管理などを行います。どこで行われているかわからないことから、このような処理をクラウドコンピューティングと呼びます。サーバーは、パーソナルコンピュータと違って応答時間というよりも、一定の時間に処理することのできるジョブの数(スループットと呼びます)が大事です。また、故障すると被害が大きいことから信頼性が重要です。このため、サーバーは最新のCPUではなく、やや古く実績のあるものを使うことが多いのです。信頼性の向上のためには、同じ処理を複数CPUで行い、データのコピーを複数持たせるなど冗長化の技術が使われます。

スーパーコンピュータ

- 科学技術計算を高速に行う巨大なコンピュータ
- 気象解析、物理学計算など
- 浮動小数演算能力が重要



スーパーコンピュータ 京は一度は世界一を奪取した

スーパーコンピュータは、データセンターに置かれた巨大サーバーと同様、たくさんの筐体にCPUのカードを積んだ構成で専用の建物に格納されていますが、気象計算、物理学の計算など科学技術計算の高速化が主な目的なので、浮動小数計算とって科学技術の数値計算能力が重要です。スーパーコンピュータのうちの性能の高いものは、非常に高価なことから国家プロジェクトで巨額の税金を用いて作られます。このため、マスコミの関心度が高く、新聞やニュースを賑わし、皆さんも記事を読むことがあるかと思います。写真は日本の国家プロジェクトで作られた「京」で、事業仕分けの対象になりかけたものの開発に成功し、一時は世界一を奪取しました。現在でも世界7位の計算能力を誇っています。

組み込みプロセッサ(組み込みコンピュータ)

- テレビ、DVDプレーヤー、ビデオカメラ、ゲーム、ネットワークコントローラ、車、エアコンなどに組み込まれるコンピュータ
- 特定の処理以外は行わない
- コスト、消費電力が重要
- 特定の処理に対しては高い性能が要求される場合もある



SONY PS3には強力なプロセッサCellが使われていた

組み込みコンピュータは、地デジ、DVDプレーヤー、ビデオカメラ、ゲーム、ネットワークコントローラ、車、エアコンなどの製品に組み込まれて、その部品として働きます。このため外からは見えないコンピュータです。このクラスのコンピュータは特定の処理以外は行わず、また必要な性能以上は必要ありません。組み込まれた製品に影響を与えることからコスト、消費電力が重要視されます。エアコンなどの制御には非常に小さく、低コストのマイクロコントローラと呼ばれるCPUが使われます。しかし、組み込みコンピュータが一概に性能が低いとは言えません。特定の処理に対しては高い性能が要求されるため、ゲームマシンやネットワークコントローラには強力なCPUが用いられます。この図はSONYのPS3ですが、当時としては破格の性能を持ったCellというプロセッサが使われました。今のPS4には強力なGPU(Graphic Processing Unit)と呼ばれる強力なグラフィック用の専用プロセッサが用いられています。

スマートフォン、タブレット PMD(Personal Mobile Device)と言うこともある

- パーソナルコンピュータと組み込みコンピュータの中間的な性格を持つ
 - アプリを入れて動作する→ パーソナルコンピュータ
 - 携帯電話、カメラ→ 組み込みコンピュータ
- パーソナルコンピュータの分野を急激に侵食しつつある



NTTDOCOMOのスマートフォン



SONYのタブレット

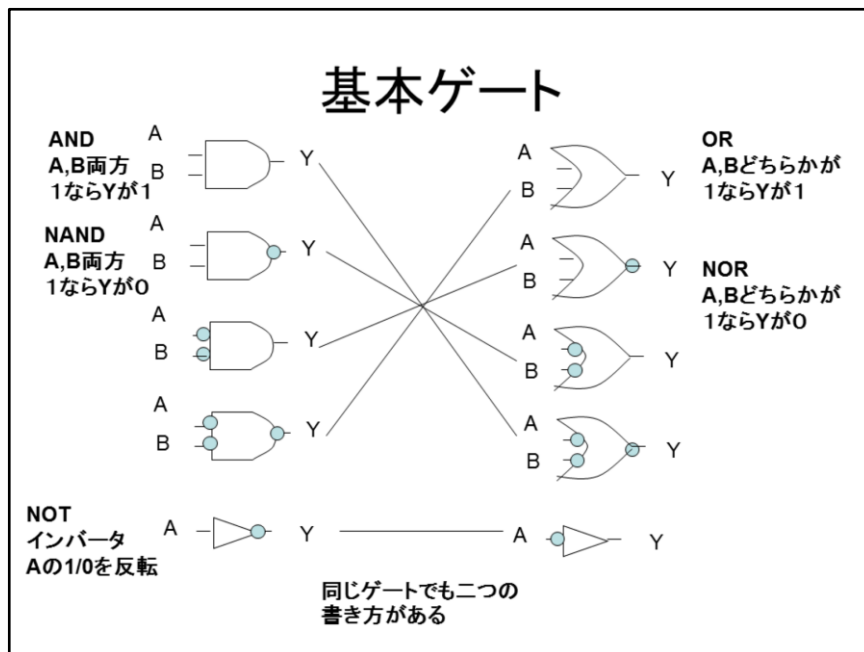
スマートフォン、タブレットは、PCと組み込み用コンピュータの中間的な性格を持ちます。電話機能、カメラ機能を中心に考えると組み込み用コンピュータですが、アプリを入れて様々なプログラムを動かすことができる点ではPCに近いです。応答性能は重要ですが、PCよりも消費電力、コストが重要視されます。要求事項のバランスが組み込みに近いと言えます。このクラスのコンピュータは、PCに代わってコンピュータ利用の中心になりつつあります。後に解説しますが、PCの領域ではIntel社のCPUが主に使われるのに対して、このクラスではARMというCPUが良く使われます。ARMもRISCの一種です。

今まで紹介したコンピュータのクラスは重要です。これは、クラスが違うと、価値観が違って来るからです。PCやサーバーの世界では、性能は高ければ高いほど有利です。プログラムの実行が早く終わり、一定の時間に処理できるジョブの数が増えるからです。しかし、組み込み用のコンピュータでは、必要とされる以上の性能があっても役に立ちません。その分消費電力やコストを小さくするのが良い設計です。同じコンピュータの設計者でも価値観の差が出て、会話が噛み合わないこともあります。

(2) コンピュータを作るデジタル回路

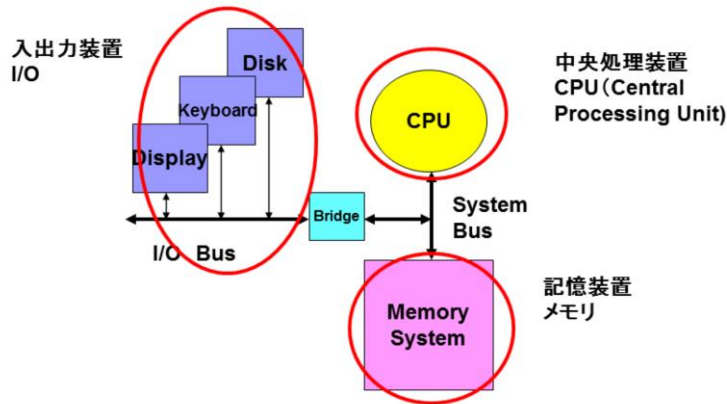
- コンピュータはデジタル論理回路からできている
 - 1・0だけを扱う簡単な論理素子(ゲート)を多数用いる
 - 論理ゲートは単純な機能しか持たないが高速、半導体上に多数搭載可能
 - 数ピコ秒の動作速度
 - 数億個を一つの半導体上に搭載可能
 - ブール代数を基にした設計技術が確立されている
 - ハードウェア記述言語HDL(Hardware Description Language)により記述、設計する
- 1980年以来CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)が発展し、マイクロコンピュータが急激に高性能、高集積化

コンピュータは、典型的なデジタル回路です。1と0しか扱わないデジタル回路(論理回路)が2進数の演算を基本とするコンピュータと良く合っているためです。デジタル回路の論理ゲートは、単純な機能しか持たない一方、高速に動作し、半導体上に多数搭載することができます。現在のコンピュータは、それぞれの論理ゲートは数ピコ秒の動作遅延で、数十億個を1個の半導体上に搭載することができます。このような大きな回路は、論理ゲート間の配線を記述する方法ではとても設計できないため、ハードウェア記述言語HDL(Hardware Description Language)で、記述するのが一般的です。ハードウェアの設計手法としてはC言語を使う方法が最近是一般化しているのですが、コンピュータの設計ではHDLが引き続き使われています。この理由は実際に記述してみると理解できると思います。電子回路基礎で学びましたが、1980年以降CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)が急速に発展し、現在、コンピュータはこのCMOS半導体の上に実装されるようになりました。

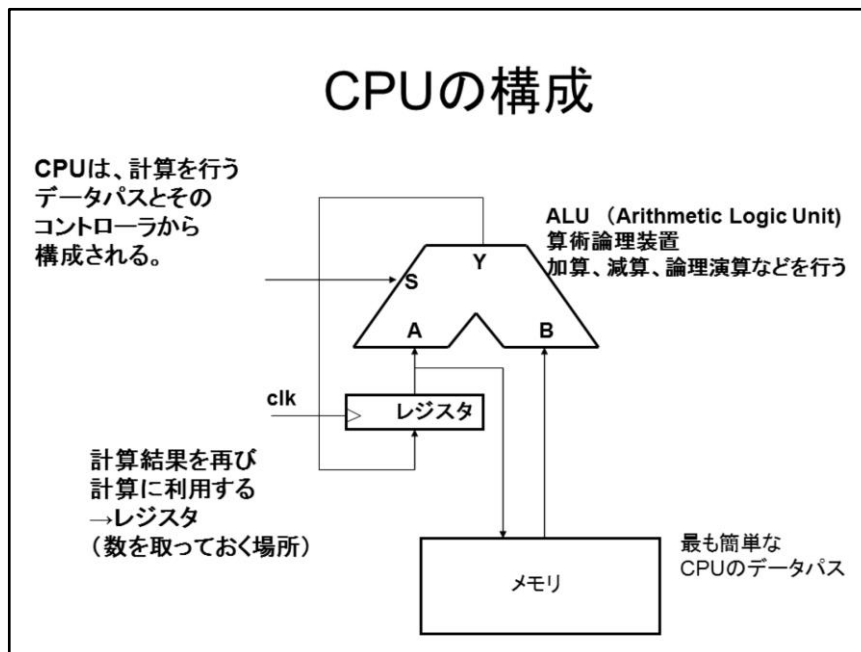


今までの論理設計の授業ではこの基本ゲートを使った設計法を勉強したと思います。
この授業ではこれをベースとしてコンピュータのハードウェアを設計する方法を学び
ます。

(3)コンピュータの三要素



コンピュータは3つの部分に分けて考えます。中央処理装置CPU(Central Processing Unit)は、命令をメモリから取ってきて、それに従って演算処理を行う部分で、コンピュータの中心部です。メモリシステムは、命令、データを蓄えておく部分です。CPUに比べて地味な感じがしますが、実はコンピュータのコスト、性能に与える影響は大きいです。電子回りの時間などで紹介したメモリ素子を組み合わせて利用します。最後に、外部との情報をやり取りを行うのが入出力装置(I/O:Input/Output)です。ディスプレイ、キーボード、マウスなどの人間とのやりとりを行う部分、Etherネットワーク、ディスクなどの補助記憶、USBなどを含みます。この3つの要素はどれも重要ですが、この授業では、CPUとメモリシステムの基本を中心に学びます。実際にコンピュータを使う上では、入出力装置は非常に重要なのですが、これは実際に使ってみるのが一番です。この話は後の方でもう一度紹介します。



CPUは、計算を行うデータバスとこれを制御するコントローラからできています。データバスの中心はALU (Arithmetic Logic Unit)という加算、減算、論理演算などを行う組み合わせ回路と、レジスタといって数を記憶しておく装置の組み合わせでできています。ALUの出力をレジスタの入力に戻すことにより、一度計算した値を再び計算に利用できるようにします。データはメモリに入れておき、ここから読み出してきて、結果を記憶させます。これがCPUの基本的な構造です。この辺は、この授業で詳しく勉強します。

コンピュータの命令

オペコード:
操作の内容:
加算せよ

オペランド:
操作の対象

演算命令: `ADD R1,R2,R3`

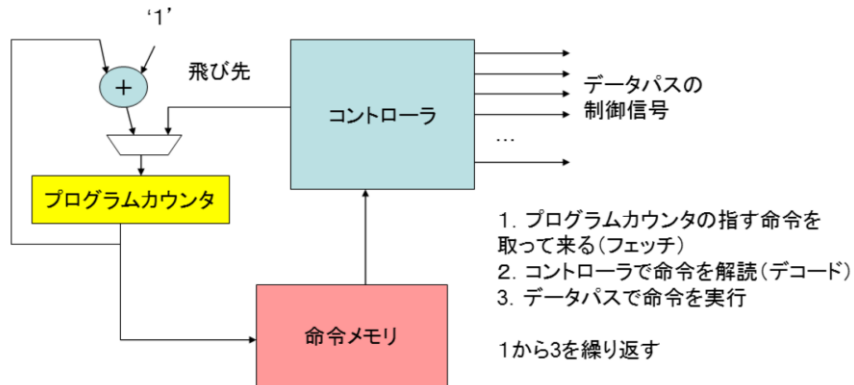
レジスタ2とレジスタ3を足して答をレジスタ1に入れろ

分岐命令: `BEQZ R1,飛び先を示すコード`

レジスタ1が0ならば、飛び先を示すコードから次の命令を実行せよ

コンピュータは、命令に従って処理を行います。この命令は、操作の内容を示すオペコードと操作の対象を示すオペランドの組み合わせからできています。例えばレジスタ2とレジスタ3の中身を足して答えをレジスタ1に入れろ。という命令は`ADD R1,R2,R3`と書きます。`ADD`の部分がオペコード、`R1,R2,R3`の部分がオペランドに当たります。命令は基本的に書いてある順番に実行しますが、命令実行の順番を変える命令もあります。これを分岐命令と呼びます。例えば、レジスタ1が0ならば、順番に命令を実行するのを止めて飛び先と書いてあるところに相当する命令を実行します。コンピュータの命令をどのように作るかはこの授業で理解していただきたい重要な点です。

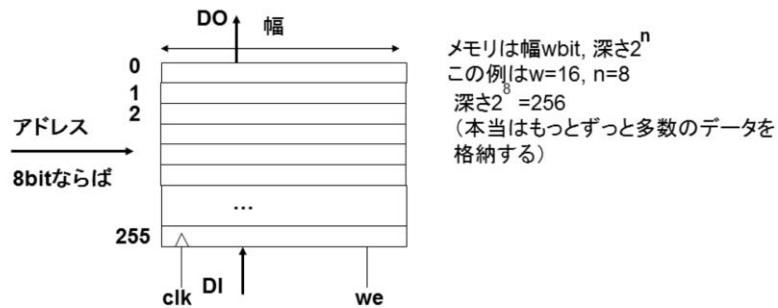
プログラム格納型計算機



コンピュータはその発明以来、大きなサーバから小さな組み込み用まで、全てこの方式でやってきた

コンピュータは誕生以来70年くらい経っているのですが、プログラム格納型という方式が一貫して使われています。この方式はプログラムカウンタというレジスタを設けておき、このレジスタが示す命令を取ってきて、これを実行します。次にプログラムカウンタを先に進めて次の命令を実行しますが、分岐命令があれば、プログラムカウンタの中身を書き換えて別の命令を実行します。プログラム格納型の原理は大変簡単ですが強力です。現在でも組み込みコンピュータからスーパーコンピュータまで全てのコンピュータがプログラム格納型を使っています。

2) 記憶装置(メモリ)

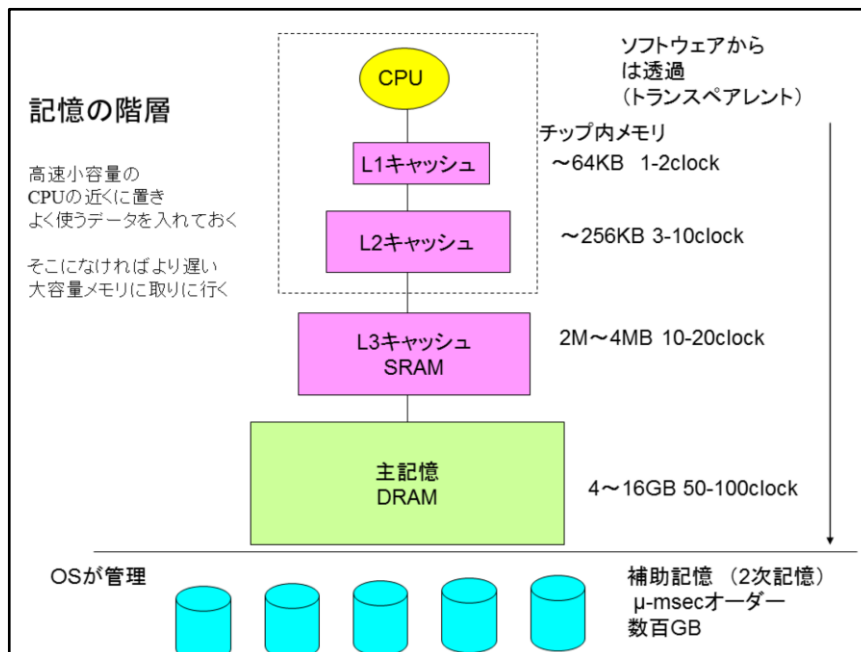


メモリのモデル=基本的に表である。アドレスで示す番地にデータを保存する。

コンピュータの3つの要素のうちの2番目は、記憶システム(メモリシステム)です。メモリのモデルは単純な表で、アドレスという番地を与えて、対応する値を読んだり書いたりします。メモリのデータ幅 w は、コンピュータで扱うビット幅に合わせて8ビットの倍数になっていることが多いです。アドレスの0番地から最大番地までを深さと呼びます。アドレスのビット数を n とするとメモリの深さは 2 の n 乗になります。メモリの容量は 2 の n 乗 $\times w$ bit となります。

メモリの容量 • 深さ×幅 • 右の表に幅を掛ければ全体の容量が出る • 省略した言い方でも十分(端数を覚えている人は少ない)	アドレス 本数	容量	省略した 言い方
	8	256	256
	10	1024	1K
	12	4096	4K
	16	65536	64K
	18	262144	256K
	20	1048576	1M
	24	16777216	16M
	28	2683435456	256M
	30	1073741824	1G
	32	4294967296	4G

メモリの容量に限らず、コンピュータでは2のn乗の数を扱います。2の10乗は1024ですが、端数は省略して1Kと呼びます。同じく2の20乗は1M、2の30乗は1Gと呼びます。この表ではコンピュータでよく使う2のn乗の数が示してあります。このうち1K、1M、1Gだけは絶対に覚えておくのが便利です。



メモリスистームはCPUが読み出そうと思ったらすぐに読めるくらい高速で、無限に近いほど容量が大きいのが理想です。しかし、現実には高速のメモリは容量が小さく、容量の大きいメモリは遅いというジレンマがあります。そこで、これらのメモリをうまく組み合わせ、CPUに近いところに高速小容量のメモリを置き、良く使う命令やデータを入れておきます。ここになければ、これより遅いけれど容量が大きなメモリから取って来ます。この機構を記憶の階層と呼び、CPUに近い高速小容量のメモリをキャッシュと呼びます。キャッシュと記憶階層は、コンピュータの局所性と呼ぶ重要な性質に支えられています。この記憶の階層とキャッシュはこの授業の後半の目玉です。

メモリの分類

- 半導体メモリ
 - RAM (RWM): 揮発性メモリ
 - 電源を切ると内容が消滅
 - SRAM(Static RAM)
 - DRAM(Dynamic RAM)
 - ROM(Read Only Memory): 不揮発性メモリ
 - 電源を切っても内容が保持
 - Mask ROM 書き換え不能
 - PROM(Programmable ROM) プログラム可
 - One Time PROM 一回のみ書き込める
 - Erasable PROM 消去、再書き込み可能
 - » UV EPROM (紫外線消去型)
 - » EEPROM (電氣的消去可能型) **フラッシュメモリ**
- 磁性体メモリ
 - 磁気ディスク
 - 磁気テープ

メモリは大きく半導体メモリと磁性体メモリに分類されます。半導体メモリは、RAMとROMに分類されます。RAMとROMは本来の意味とはかなり違った使い方をされています。RAMはRandom Access Memoryの略で、アドレスに関わらずアクセスの方法と時間が同じものを指します。ROMはRead Only Memoryの略で読み出し専用メモリの意味です。しかし、最近ではRAMは揮発性メモリ、つまり電源を切るとデータが消えてしまうメモリ、ROMは不揮発性メモリ、すなわち電源を切ってもデータが消えないメモリの意味に使われます。

磁性体メモリは、磁気素子の上に記憶するので、不揮発性です。読み書きには大変時間が掛かりますが、膨大な情報を記憶することができます。

半導体メモリの例



昔のSRAM、EPROM



DDR-3 SDRAM



フラッシュメモリを
使ったSDカード

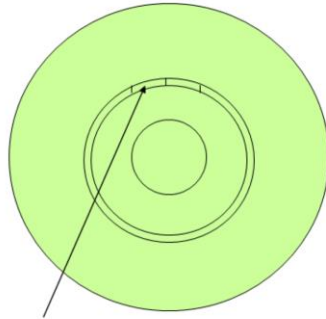


フラッシュメモリを
使ったUSB
メモリ

おなじみのメモリもあると思います。このスライドは昔のRAM、今のパソコンで使われるSDRAM、写真データなどを入れるSDカード、USBメモリを示します。皆さんが良くご存知なのはフラッシュメモリでしょう。

ストレージシステム：ディスク装置

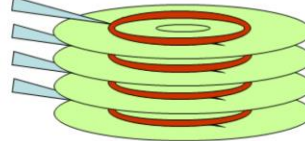
トラック：同心円状のアクセスの単位
1万-5万ある



セクタ：512B程度に分割したアクセスの単位
100-500 セクタ番号、誤り訂正符号付きのデータを含む

シリンダ：ヘッドの下にある
すべてのトラックのこと

ヘッド



磁性体の塗布された円板に
データを格納
可動式のヘッドを使って読み書き
不揮発性

ディスクは、磁気式メモリの代表です。最近はフラッシュメモリに押されてきているとはいえ、まだまだビッグデータ記憶の主力として活躍しています。ディスクは、磁気を塗布した円板で、表面上に磁気の形でデータを蓄えます。すなわち、ディスクは、電氣的記憶媒体ではなく、磁氣的記憶媒体です。データは一万から5万ある円周上に蓄えられ、この一周をトラックと呼びます。(陸上競技と同じです。)トラックは、100～500個程度の、512Bに分割したアクセスの単位に分割されます。これをセクタと呼びます。各セクタにはセクタ番号と誤り訂正符号付きのデータが含まれて居ます。ディスクは磁氣的な記憶なので、読み書きするためには、磁気、電気変換を行う必要があります。これを行うのがヘッドです。ヘッドを伸び縮みさせ、円板を回転させることにより、ヘッドを読み書きしようとするデータの上に持ってきて、データを読んだり書いたりします。容量を大きくし、性能を上げるため、複数の円板を同軸上に回して複数のヘッドでアクセスする方法が一般的です。一時期にヘッドの下にある全てのトラックをまとめてシリンダと呼びます。100GB-1TBという大量のデータを記憶できますが、読み書きの時間は遅く、部分的に壊れ易い問題点があります。

入出力装置 I/O

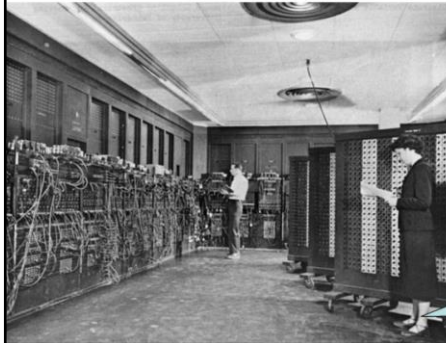
- コンピュータが外部と情報をやりとりするための装置
 - キーボード、ディスプレイ、マウス
 - ネットワーク
 - ディスクなどの補助記憶もI/Oとして接続される
- 標準的なインタフェースを使う
 - USB
 - PCIバス
 - PCI express

入出力装置は、コンピュータが外部と情報をやりとりするための装置で、実際上は非常に重要ですが、この授業では最後に一般的な事項だけやろうと思います。これは、I/O装置は相手によりけりな点が大きいからです。

(4)コンピュータ略史

1. コンピュータ誕生

- 機械式の計算機
 - バベジの階差機関、解析機関が有名
- 1940年代から真空管が利用可能に



1946年に開発されたENIAC
初めて実用的に利用された電子式
計算機
→プログラム格納型の考え方がまとめられる

1949年のEDSAC: 世界初の電子式プログラム
格納型計算機

ENIACは一部のプログラムを配線変
更により行った。

ではここで、コンピュータの歴史を簡単に押さえておきましょう。自動的に計算を行う機械を作ろうとする試みは古くから行われており、中でもバベジの階差機関、解析機関はコンピュータの原理に通じるものがありました。1940年代に真空管が使えるようになると、電子式な計算機を作る試みが各地で行われました。このうちどれを世界最初の電子式コンピュータとするかは、諸説あるのですが、1946年に米国で稼働したENIACは、始めて実際に業務で用いられたコンピュータとして有名です。ENIACは、一部のプログラムを配線変更により行ったため、現在のコンピュータとは動作原理が違っていました。1949年、英国で稼働したEDSACは世界初の電子式プログラム格納型コンピュータであり、この方式が今でも使われています。

コンピュータ略史 メインフレームの時代

1950年→1980年初頭

- 素子の発達により小型化、複雑化が進む
 - 真空管(第1世代)→トランジスタ(第2世代)→集積回路(第3世代)
- 事務計算、科学技術計算用に普及
 - 企業、大学単位で設置
 - パンチカードによるバッチ処理→ 端末を使った処理TSS (Time Sharing System)に
 - OS、プログラミング環境の発展
 - ミニコンピュータ、スーパーコンピュータ等目的別に分化が進む

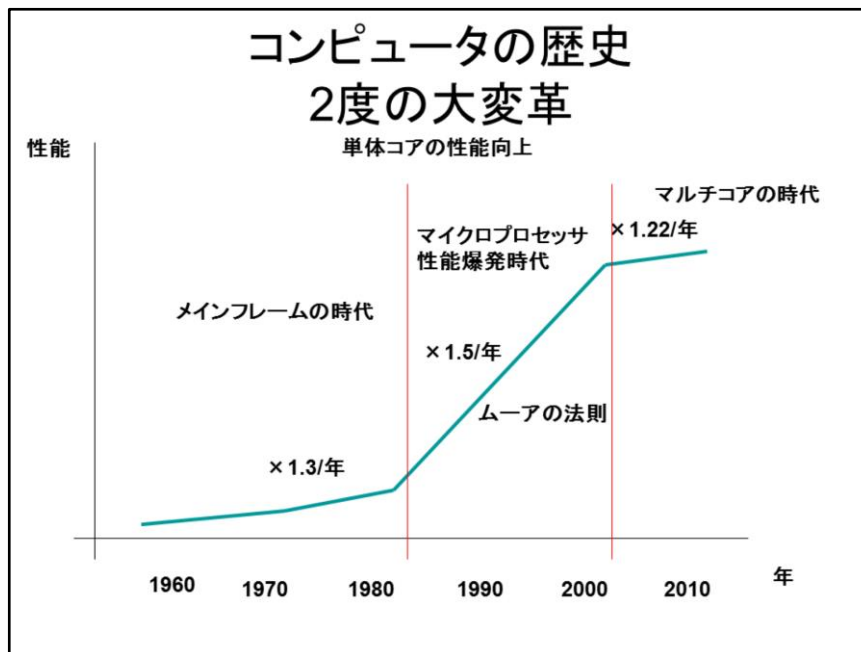
コンピュータの基本的な動作原理はプログラム格納型でEDSACより変わっていません。しかし、性能は、基準とするコンピュータに寄りますが、現在の普通のPCは、EDSACの1億倍以上の計算能力を持っています。(EDSACは水銀遅延線をメモリに使っていたため実行できる命令は1秒間に650回でした。普通のPCでは100億以上の命令を実行することができます)全く基本方式が同じのままで性能の増加とコストの低下がすざまじい点でコンピュータは工業製品としてはかなり特徴的であると言えます。このコンピュータの進歩は、登場直後から始まり、第一世代の真空管から第二世代のトランジスタ、さらに第三世代の集積回路と次々に新しいデバイスを使い、世代の交代を進めていきました。

コンピュータの登場からしばらくは、コンピュータの高価であったため、メインフレームと呼ばれる大型コンピュータを皆が共有で使いました。このメインフレームは、企業や大学単位で設置され、事務計算、科学技術計算に用いられました。当初は、パンチカードを使ってプログラムを打ち込み、しばらく待つと結果がプリンタから出力されるバッチ処理と呼ばれる方法で使われました。この環境は、端末を使ったTSS (Time Sharing System)に置き換わりました。メインフレームは、専用することができなかったため、研究者にとっては使い難い存在でした。このため、占有して使えるミニコンピュータが登場しました。一方、高速な科学計算用にスーパーコンピュータも登場して、コンピュータの目的別分化が進みました。

コンピュータ略史
コンピュータ大発展時代
1980年中ごろ→2003年

- 個人が使うパーソナルコンピュータ、ワークステーションへ急激に移行
 - インターネットの発達
 - Ethernetの普及
 - 標準OS (Windows, Linux) の普及
 - 半導体技術の発展
 - RISC (Reduced Instruction Set Computer) とこれに伴う高速化、パイプライン処理、スーパースカラ型
 - マイクロプロセッサの猛烈な性能向上
 - 年間1.5倍に性能が向上(ムーアの法則)
 - 動作周波数は3GHzに達する
- コンピュータはあらゆる場所で使われ、なくてはならないものとなる

1980年代になると、コンピュータのCPUが1つの半導体素子に収まるようになり、マイクロプロセッサが発展しました。半導体素子自体の発達に加えて、RISCの登場とパイプライン処理、命令レベル並列処理など、この授業で勉強する高速化手法が発達し、全体として年間1.5倍(18ヶ月で倍)に近いぐらいの勢いで性能が上がるようになりました。これをムーアの法則と呼びます。これに、インターネットの発達、標準OSの普及、Ethernetの普及などが加わり、コンピュータの使われ方に大変革が起きました。今まで大型計算機を多数で共同で使う方法から、個人がパーソナルコンピュータを使い、それらがローカルコンピュータネットワークで接続され、インターネットを経由して世界中のコンピュータが接続され、情報を交換し、Webを閲覧するという現在の使われ方に以降したのです。コンピュータは家庭にも進出し、あらゆる電化製品に組み込まれて、世の中のあらゆるところで使われるようになりました。



このコンピュータの性能爆発時代は、2003年まで続きました。この間コンピュータの動作クロック周波数(授業中に説明します)は数MHzから3GHzまで上昇しました。しかしここで再び転機が訪れます。あまりにクロック周波数が上昇したため、コンピュータで消費する電力が増加し、熱を発散させるのが困難になってきたのです。さらに、CPUの中で行う高速化手法が限界に達し、CPUに比べてメモリの速度が上がらないなどの問題点のため、単体のCPUの性能を向上させるのが困難になってきました。2003年にマイクロプロセッサを主導してきたIntel社はその方針を変更し、単体のCPUの性能を向上させるのはもう止めて、一つの半導体の中のCPU(コア)の数を増やすことによって性能の向上を目指すことを宣言しました。マルチコア時代の到来です。現在、みなさんのお使いのノートPCには4-6個のコアが内蔵されています。また、コンピュータの利用はスマートフォン、タブレットと、大規模なデータセンターによるクラウドコンピューティングが主体となり、80年代以来、コンピュータの中心であったPCが衰退しています。またGPUなど新しいタイプのコンピュータも現れ、コンピュータはますます分化し、拡散して居ます。皆さんは、1980年代のメインフレームからPCへの変革、2003年に起きたマルチコア革命の二つの変化を頭に入れておいてください。

コンピュータ略史
マルチコア時代
2003年→現在

- 単体CPUの性能が限界に達する
 - 発熱、消費電力の問題
 - 同時に実行できる命令数が限界に
 - CPUのスピードにメモリが付いていけない
 - 半導体の性能向上の限界
- 周波数を上げるのではなくCPU(コア)の数を増やす→マルチコア
 - GPU(Graphic Processing Unit)などのメニーコアによる高速化も普及
- パーソナルコンピュータからタブレット、スマートフォンにコンピュータの主な使われ方が移りつつある

このコンピュータの性能爆発時代は、2003年まで続きました。この間コンピュータの動作クロック周波数(授業中に説明します)は数MHzから3GHzまで上昇しました。しかしここで再び転機が訪れます。あまりにクロック周波数が上昇したため、コンピュータで消費する電力が増加し、熱を発散させるのが困難になってきたのです。さらに、CPUの中で行う高速化手法が限界に達し、CPUに比べてメモリの速度が上がらないなどの問題点のため、単体のCPUの性能を向上させるのが困難になってきました。2003年にマイクロプロセッサを主導してきたIntel社はその方針を変更し、単体のCPUの性能を向上させるのはもう止めて、一つの半導体の中のCPU(コア)の数を増やすことによって性能の向上を目指すことを宣言しました。マルチコア時代の到来です。現在、みなさんのお使いのノートPCには4-6個のコアが内蔵されています。また、コンピュータの利用はスマートフォン、タブレットと、大規模なデータセンターによるクラウドコンピューティングが主体となり、80年代以来、コンピュータの中心であったPCが衰退しています。またGPUなど新しいタイプのコンピュータも現れ、コンピュータはますます分化し、拡散して居ます。皆さんは、1980年代のメインフレームからPCへの変革、2003年に起きたマルチコア革命の二つの変化を頭に入れておいてください。

コンピュータの基礎 まとめ

- コンピュータはCPU、メモリ、I/Oの3要素からできている
- コンピュータは色々なクラスがあって、性能、価格が10億倍（いい加減）も違うけれど、どれもほとんど同じ命令体系で動く
- コンピュータはできてから75年くらいの歴史を持つが基本方式はプログラム格納型で変わっていない。しかし性能は1億倍（いい加減）くらい良くなっている
- コンピュータの歴史で重要なのは1980年代の使い方の革命と、2003年のマルチコア革命。今はマルチコア時代が続いている。



ではインフォ丸による今日のまとめです。コンピュータの基礎はこの4点を覚えておいていいでしょう。コンピュータは非常に特殊な工業製品といえます。これから半期、このコンピュータの仕組みを学びます。

小テスト

- manabaに登録した小テストをやってみましょう。今回は簡単です。