

第5回 コンピュータの構成、命令と処理の流れ、プロセッサの構成要素と機能

5-1. コンピュータの構造

(用語・概念)

コンピュータは、主に3つの要素から構成されています。

a) CPUとは

C=(フルスペル)、その日本語訳は(訳)

P=(フルスペル)、その日本語訳は(訳)

U=(フルスペル)、その日本語訳は(訳)

3つ併せると(日本語訳) となります。

意味は訳語のまま、(Cの訳)にあって (Pの訳)する (Uの訳)です。

細かい具体的な動作は、これから勉強します。

b) メモリ(メモリ装置)

Memory(メモリ)という言葉の一般的な意味は、(memory の訳)です。

コンピュータでは、(memory の訳)する装置(ユニット)の略称として「メモリ」と呼びます。

なお、「メモリー」のように後ろに「ー」を付けるか付けないかは、以前は「付けない」が標準だったようですが、今はどちらでもいいようです。

メモリ(装置)の細かい具体的な動作は、これから勉強しますが、イメージとしては、たくさんの(同じ大きさの)引き出しが並んでいて、区別のための番号(「番地」)が0から付いているものです。それぞれの引き出しに対して、番地を指定して、書込む(情報をしまう)ことと、読み出す(情報を取り出す)ことができます。プログラミングの授業で「配列」が出てきていれば、その配列のイメージですが、中に置けるのは整数だけです。

c) 入出力装置(I/O装置)

I/O とは、(I _____)(日本語訳 _____)と (O _____)(日本語訳 _____)の頭文字で、日本語で併せると (_____)と言います。

実習室で見るパソコンには、画面を表示する (_____)や、文字・数字を入力する (_____)、紙に印刷するための (_____) などがある。

(確認問題)

a) コンピュータを構成する3つの要素を列挙し、それぞれについて簡単に(2~3行で)説明してください。

(_____) (説明 _____)

.....

.....

(_____) (説明 _____)

.....

.....

(_____) (説明 _____)

.....

5-2. コンピュータは命令で動く

(用語・概念)

命令とは何か (いろいろな見方から)

- a) 「命令」の元の英語は (i_____n) で、その意味は「命令する」よりは「()する」
- b) プログラミングの授業で習っている (Java 言語) のプログラムは、() (コマンド javac) で変換されて「命令」になり、その「命令」が実行される。
- c) 「命令」は、() 上で実行 (処理) される。1つ1つの「命令」は、この () 上の処理の最小単位になっている。(通常は) これ以上は分解されない・できない。
- d) 1つの「命令」は、できることが限られているが、() の「命令」を並べておいて次々に実行することによって、我々がやりたいまとまった仕事を行う (処理する)。

コンピュータの内部は、命令によって動きます。命令は、コンピュータの中で行われる処理の1ステップ1ステップに対応しています。この節では、命令とはどういうものか、どのような命令があるのかのあらましを、理解してください。

前の節で学んだ前提を、復習します。コンピュータの中にある3つの装置 (ハードウェアのユニット) を列挙してください。() と () と () でした。

この節で学ぶ「命令」は、上記の3つの装置のうちの () で「実行」されます。「命令」が「実行」されるという表現のイメージは、例えば軍隊で上官が命令して部下がそのことを実行するという、その言葉の意味と近いでしょう。このイメージはこれから学ぶうちにだんだんに理解してください。

ビデオに出てくる具体的な命令のイメージについて整理しましょう。

(例) 「レジスタ GR4 の内容と、メモリの 33 番地の内容を足して、レジスタ GR4 に書き戻せ」

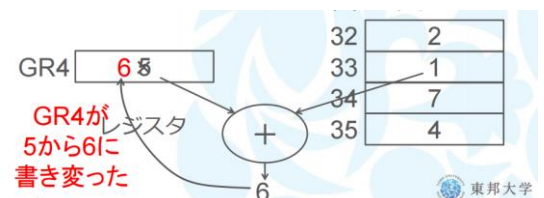
レジスタとは () (どこに?) にある、() (何か?) です。計算するときに、ここにデータ (数値) を置きます。個数は少なく、ビデオの例では () 個しかありません。これらのレジスタは、() ~ () というような番号を付けて、区別します。

(注) この「レジスタの数」は、CPU の種類によって異なります。実習室で使っているパソコンに入っている CPU はインテル社の Core i5 とか Core i7 だと思いますが、このシリーズのプロセッサでは 8 つで、番号ではなくて eax, ecx, edx, ebx, esp, ebp, esi, edi のような名前を付けています。スマートホンなどに使われている ARM プロセッサでは 16 個で、r0 から r15 までの番号で呼ばれます。

メモリは、前にコンピュータの3つの構成要素を見たときにあった「メモリ」、日本語で () 装置) のことです。同じ大きさの引き出しが並んでいて、先頭から連続番号の番地、(英語で) () が振ってあります。

演算 (計算) の処理は、この例では () にある内容 (=データ) や () にある内容 (=データ) に対して行われます。つまり、演算の入力は、() や () に置かれた内容 (データ) が使われます。

では、出力 (つまり演算の結果のデータ) はどうなるのか? この例では「() に書き戻せ」となっています。つまり、もともと入力 (左図



で5)が置いてあった()に、上書きして書き込むことになります。

このような演算の命令をいくつか使って、例えば Java 言語の文 $x=x+1$ などを実現します。

(確認問題)

「命令とは何か」について、知っていることを列挙してください。命令をひとことで説明するのは難しいですが、とにかく知っていることを整理してください。

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

5-3. いろいろな命令

(用語・概念)

まず、1つの CPU で考えます。いろいろな種類の CPU があるという話は、もう少し後まで置いておきます。

前の節で見た「足し算命令」は、

()にあるデータと、()にあるデータを足し合わせて、()に書き込むというものでした。

このような演算(数学用語では二項演算)は他にも、()、()、()などが考えられます。これらを1つのグループとして、算術演算命令と呼べるでしょう。

また、コンピュータに入力されたデータは、最初は(レジスタではなく)メモリに置かれていると考えると、演算命令でうまく計算するためには、()から()へ単に移す(コピーする)操作や、その逆の方向に移す操作が必要です。方向によって、別々の名前がついています。()から()の方向に移す(コピーする)のがロード(load)命令、逆に()から()の方向に移す(コピーする)のがストア(store)命令です。言葉の感覚としては、CPU が中心でメモリは外部、というイメージで、外から中心に持ってくるのが()、中心から外へ格納するのが()という感じです。

次の種類は、条件分岐やループを制御するための命令です。例えば、if (x>5) ならば処理 A を行い、そうでなければ B を行う、という仕組みを作りたいとします。このとき必要なのが、条件 $x>5$ を判定してどちらの処理を行うか(=どちらの処理をする命令のところに飛んでいくか)を制御する命令です。これを「条件分岐」と呼びます。この()を行う命令が用意されています。

その他にビデオでは、入出力を制御する命令を挙げています。

実際の命令の例として、この授業では基本情報技術者試験で使われる COMET II の命令の表を取り上げます。後の節で、1つ1つの命令の動作について

ロード・ストア命令		比較命令		分岐命令	
ロード	LD	算術比較	CPA	正分岐	JPL
ストア	ST	論理比較	CPL	負分岐	JMI
ロードアドレス	LAD	シフト命令		非零分岐	JNZ
演算命令		算術左シフト	SLA	零分岐	JZE
算術加算	ADDA	算術右シフト	SRA	オーバーフロー分岐	JOV
論理加算	ADDL	論理左シフト	SLL	無条件分岐	JUMP
算術減算	SUBA	論理右シフト	SRL	その他	
論議減算	SUBL	スタック命令		コール	CALL
論理積	AND	プッシュ	PUSH	リターン	RET
論理和	OR	ポップ	POP	SVC	SVC
排他的論理和	XOR			NOP	NOP

細かく学びます。

ところで、命令は、CPU によって異なります。上に上げたのは (_____) という CPU の持っている命令ですが、身の回りにはいろいろな種類の CPU があります。たとえば

- * 実習室や家庭でよく見かける、Windows の動いているパソコンでは、インテル社の Core 3i/5i/7i などの CPU が多く使われています。これらは命令の種類は同じ(命令体系が同じ)で、総称して x86 系と呼ばれています。またスマートホン・携帯端末などに使われている Intel Atom プロセッサも命令は x86 系とほぼ同じです。また、これらと同等の動作をする(いわゆる「コンパチ」と言われる)CPUとして、AMD 社の Athron や Opteron、最近では Ryzen と呼ばれる CPU があります。命令体系は x86 とほとんど同じです。
- * サーバーで使われる IBM の Power Processor。
- * サーバーで使われる Sparc プロセッサ。たとえばスーパーコンピュータ「京」に使われている。
- * スマートホンや携帯端末で使われる ARM 及びその派生プロセッサ。たとえばクアルコムの Snapdragon、サムスン Exynos など。

それぞれの種類によって、持っている命令の種類が違います。

(確認問題)

COMET-II にはいろいろな命令があることを学びましたが、それを分類すると、どのような種類の命令があるのか、種類の名前をいくつか列挙してください。(全部を挙げる必要はありません。こんなものがあつたなあという感じで結構です)

(_____) (_____)
(_____) (_____)

X86 や Power、Sparc、ARM など、いろいろな種類の CPU が作られているが、CPU の種類によって (_____) が違う。

5-4. ノイマン型コンピュータ

(用語・概念)

「ノイマン型」の定義は、3つの条件を満たすことですが、その3つの条件の名称と、それがどういう条件なのか具体的な内容を説明してください。

(_____) (説明) _____

(_____) (説明) _____

(_____) (説明) _____

ビデオの補足説明です。

コンピュータ(計算機=計算をしてくれる機械)を実現する方法として、

(確認問題)

[3] 単一メモリ方式について、単一メモリにした結果どういうメリットがあるのかを、次の手順で説明してください。

(1) メリットの具体的な内容 (.....)

(2) そのメリットに不都合を生じるような、逐次処理でない場合の例を挙げて、

(3) その例に即して、単一メモリである場合に比べて単一メモリでない場合にどのようにデメリット(都合の悪い点)が出てくるのかを説明してください。

5-5. 命令が実行される仕組

(用語・概念)

(復習) コンピュータを構成する3つの要素は (.....)と(.....)と(.....)。

(復習) 命令は、英語で (I.....n)。

(復習) 命令の種類には(代表的なものでは) (.....)命令とか(.....)命令とか(.....)命令がある。

CPU の中は、大きく分けて (.....)部 と (.....)部 に分れます。

制御部は、(.....)を(.....)から読み出して、(.....)において(.....)し、命令に決められた動作が起こるように各部に信号を出します。

命令の立場から見ると、命令はもともとは (.....) に置かれている(「格納されている」とも言う)が、実際に動作するときには(.....)の中の(.....)部まで持ってくる(読み出す)。更にその読み出した命令が、何をしたい命令なのか(足し算をする命令なのか、メモリからロードするのか、入出力をするのか、など)を分析・理解して、それぞれに応じた信号をコンピュータ内の各所に出します。ビデオに出てくる「デコーダ」という箱(回路・装置)は、この分析をする装置です。

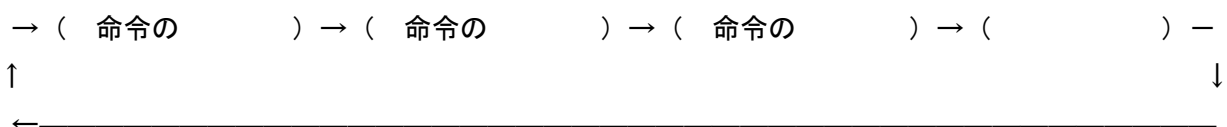
演算部は、実際に計算(足し算とか引き算とか)をする部分ですが、計算をする回路とデータを一時的に置いておく場所から成ります。計算をする回路のことを、日本語では(.....)、英語の略称では(.....)と呼びます。

またデータを一時的に置いておく場所のことを、(.....)と呼びます。

後者は、データを置いておくという機能では「メモリ」と同じですが、これはCPUの内部にあるのに対して、「メモリ」はCPUの外にあって、対等な位置関係にあります。

(注) ことば「メモリ」は、意味は「記憶する場所、装置」という意味ですが、いろいろな文脈で違ったものを指すことがあります。そのため、コンピュータの3要素のうちの「メモリ」は、正式には「メイン・メモリ」、日本語では「主記憶」と呼んで、一般的な「メモリ」と区別しますし、他方で「レジスタはメモリの一種である」という表現も正しいものです。コンピュータの構造を議論しているときには「メモリ」は3要素のうちの「メイン・メモリ」を指すのが普通ですし、レジスタのことをわざわざ「メモリ」と呼ぶことはありません。

1つ1つの命令に対するCPUの動作は、次のパターンでまとめられます。



このループのことを、(命令の) と呼びます。

つまり、命令はメモリ(メインメモリ)上に並んで置いてあって、このループが1つずつ実行していく、ということになります。

この、ループの進み方のコントロールと、「読み出し」「解釈」「次へ進む」の部分は、CPU 中の()部で行われ、実行の部分だけは命令で実際に処理を実行するユニット、たとえば計算の命令なら()部で行われます。

(確認問題)

(メモリに置かれた)1つ1つの命令が、どのように実行されるのか、説明してください。

.....

.....

.....

その中の、それぞれのステップの、名称と、そのステップが何をするのかを説明してください。

1. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

2. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

3. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

4. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

同じことを、特定の命令について説明してください。具体的には、

(例)「レジスタ GR4 の内容と、メモリの 33 番地の内容を足して、レジスタ GR4 に書き戻せ」
という命令が、メモリ上の 100 番地に置いてあったとすると、各ステップは何をどうするのか、具体的に記述してください。

1. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

2. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

3. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....

4. (名称)() (何をするか・動作)

.....

.....