

# 教育用電子計算機シミュレータ

大久保 明 伸\*

## A Simulator for Educational Computer

Akinobu OHKUBO\*

### 1. ま え が き

本校で実施されている基礎情報処理教育は FÖRT-RAN を中心としたプログラミング教育である。対象となる学年は3年生であるが、電気工学科の学生に対しては2年生の後半から3年生の前半になる予定である。情報処理教育の対象となる学年が2年生と3年生にまたがって実施される機会に従来から使用してきた教育用の仮想計算機とそのシミュレータの外部仕様について報告する。

一般に基礎情報処理教育におけるプログラミング教育は初めにストアードプログラム方式の電子計算機の基本構成を説明するのが普通である。この説明により計算機のハードウェアとソフトウェアの概念およびそれらの関係を学生に理解させる。また、ハードウェアとソフトウェアの接点である機械語を通してストアードプログラム方式計算機の理解を深めさせる。

講義で使用される教科書には電子計算機の構成と機械語の説明はおこなわれているが、実際のプログラムをこの機械の機械語で作成実行することはできない。また、実在する計算機も機械語でのプログラミングが可能であるが、ほとんどの場合、2進数の命令体系であり非常に命令数も多い。このため機械語によるプログラムの説明や実習を限られた講義時間内に行うことは不可能である。ここで示す仮想計算機は入門用として設計された非常に簡単な計算機である。以後この仮想計算機を UTC-1 とよぶ。この UTC-1 を実際に TOSBAC-3400 の上で実現するためにシミュレータを作り電気工学科の学生の実習に使用している。さらにこのシミュレータの上にアセンブラも作製して記号言語教育にも利用している。またこの UTC-1 上に FÖRTRAN コンパイラを作り言語処理のモデルプログラムが動作してい

る。

### 2. 教育用計算機の設計方針について

機械語のプログラムを用いてプログラムの説明をすれば計算機の制御方式、プログラムとデータの関係、各装置の役割やプログラム用高級言語の必要性がよく理解できる。したがって電気工学科以外の学科の教育にも機械語教育を行ったほうが良いと考えられる。現在マイクロコンピュータの本格的な利用にともなって、再び機械語および記号言語によるプログラミングが重要になりつつある。また情報処理教育はますます低学年化が進むことが予想される。したがって他の講義による計算機の知識はあまり期待できない。

前述したように実際の計算機は2進命令体系をもつものが多いが、学生になじみの深い10進数の命令体系をもつ計算機を想定した。番地方式は1½アドレス方式を採用した。この仮想計算機のハードウェアは存在しない。しかし TOSBAC-3400 上で動作するシミュレータを作製しているので、実習を行う学生はあたかもこの仮想計算機 UTC-1 が存在するかのように UTC-1 の機械語を用いて作ったプログラムを実行させることができる。このシミュレータは FÖRTRAN を用いて記述した簡単なプログラムであるので他の計算機上にも移植可能である。

UTC-1 シミュレータはハードウェアを完全にシミュレートしているわけではなく、機械語レベルのシミュレーションプログラムである。また入出力命令は単純化されているため現実の計算機に比較してきわめて簡単である。UTC-1 は TOSBAC-3400 のモニタ TOPS-XI により制御されているため UTC-1 に異常があれば UTC-1 は自動的に TOPS-XI に制御をもどす。また UTC-1 のオペレータ用コンソールは TOSBAC-3400

\* 宇部工業高等専門学校電気工学科

のコンソールを一部利用している。このように UTC-1 は実用的な計算機としてでなく必要最小限度の機能をもつ計算機であり、講義時間も2時間~3時間程度で説明できるような計算機モデルとした。

さらに UTC-1 上で動作するアセンブラが存在するので学生は記号言語 (SUTCL-1) も同時に実習を行うことができる。記号言語を用いてある問題のプログラムを作りその翻訳結果と計算結果から計算機のハードウェアと翻訳プログラムの関係を理解することができる。以上のような方針で教育用仮想計算機 (UTC-1) の構成を決定し、シミュレータを記述した。一般の計算機との相違点は10進命令をもつことと入出力命令の簡単化である。学生には大体15個程度の命令を説明すれば基本的

なプログラム演習問題を課すことが可能である。このような命令体系をもつ計算機システムも現実に存在する。

このように簡単化されたモデルであるが情報処理教育入門用としては十分であるものと考えられる。また現在、マイクロコンピュータの利用がさかんになりつつある。それゆえに機械語や記号言語によるプログラムの経験を学生にあたえることは十分意義のあることと考えられる。

### 3. UTC-1 の構成

Fig. 1 に UTC-1 の構成を示す。

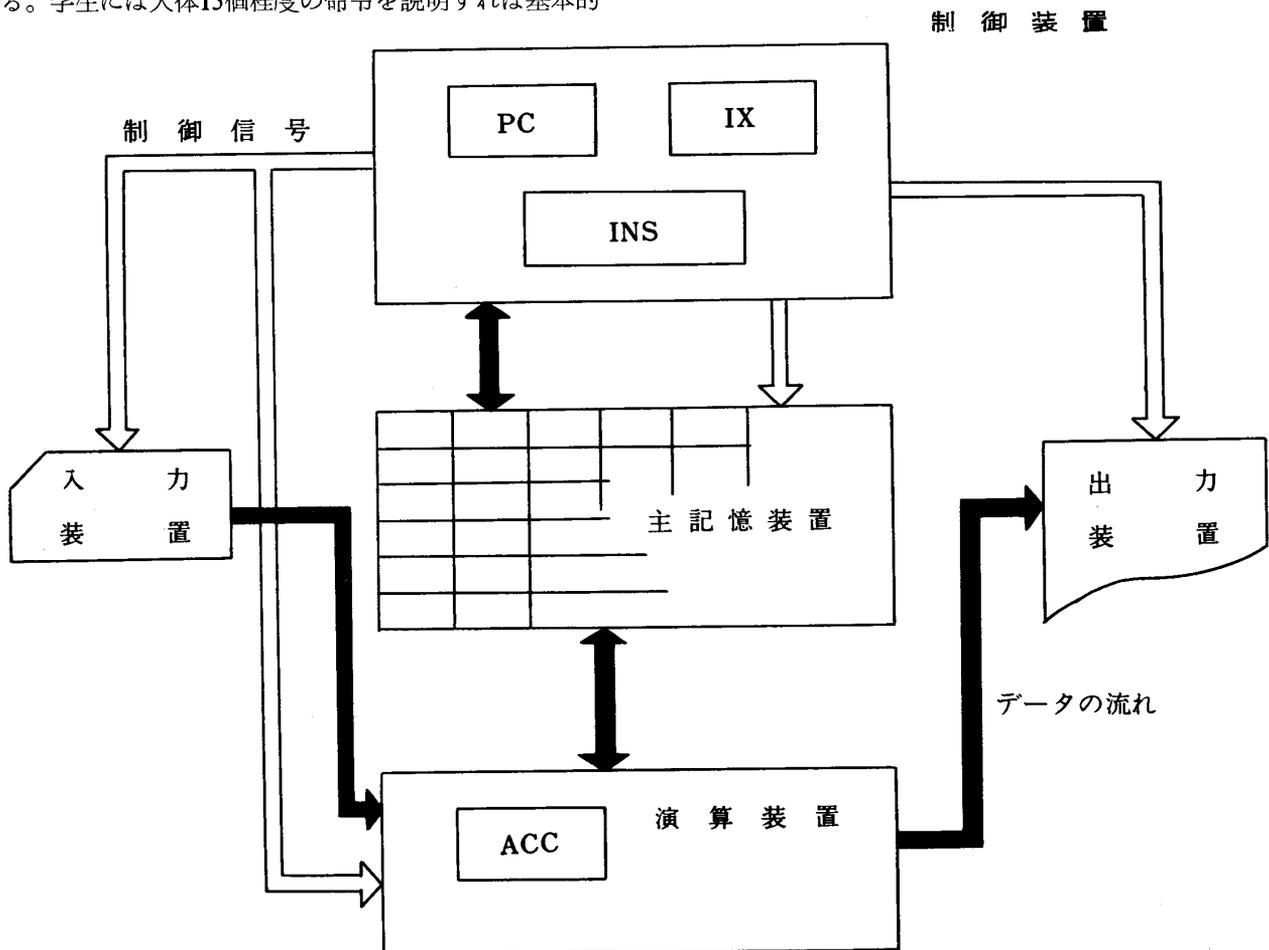


Fig. 1 UTC-1 の構成

入力装置.....TOSBAC-3400 のカードリーダーである。RN 命令により符号付数値 7 桁を読む。

出力装置.....1 行132 文字のラインプリンタ装置である。WN 命令により符号付 7 桁の数値を出力する。

主記憶装置.....10 進 7 桁の数値を 200 個格納する。0 番地より 199 番地まで存在する。

演算装置.....符号付整数 7 桁の四則演算を行う。

ACC.....アキュムレータレジスタである。被演算数はここに

格納され、結果もここに格納される。

制御装置……各装置をプログラムに従って制御する。

PC……プログラムカウンタである。現在実行中の命令の格納番地が入る。

IX……インデックスレジスタである。実行命令の番地に修飾を加える。

INS……命令レジスタである。ここに格納されている数値を解釈し、命令として実行する。

コンソールスイッチ……TOSBAC - 3400 の ENTRY KEY である。プログラムはこの KEY により UTC-1 を制御できる。

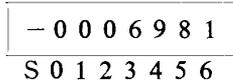
4. 機械語の構成

UTC-1 で用いる機械語には数値語と命令語がある。命令語は動作指令であり、数値語は演算の対象となるデータである。これらの区別は明確なものではなく数値語が命令語とみなされることもあり、またその逆のこともある。

(1) 数値語

数値語は10進7桁と符号1桁である。数値の範囲はすべて整数で±8388607までの数である。

(例) -6981 は



(2) 命令語

命令語は機械語プログラムを構成する最小単位である。下に示すように符号桁を除いて各桁に意味づけがなされている。



命令部 (OP)

命令の種類を示し、10進数2桁の数値であ

る。UTC-1 の命令は全部で23個定義されている。実際の講義では約15個程度の命令で基本的な演習問題を解くことができる。OP部が00~22以外の数値は NO Effect である。

修飾部 (V)

これが0の場合は番地部に対して何にも作用しない。ここが1, 2, 3, …… , 7に対して Table. 2 の作用を番地部に対して行う。これを番地修飾という。

番地部 (ADR)

OP部の対象となる番地である。ただしV部が0以外のときは修飾される。

Table 1 命令語の命令部の機能

機械語	記号言語	機能
00	RN	入力装置→ACC (数値)
01	L	[ADR] →ACC
02	A	[ACC] + [ADR] →ACC
03	B	[ACC] - [ADR] →ACC
04	M	[ACC] * [ADR] →ACC
05	D	[ACC] ÷ [ADR] →ACC
06	T	[ACC] → [ADR]
07	WN	[ACC] →出力装置 (数値)
08	MJ	[ACC] < 0 なら ADR の命令へ
09	J	ADR の命令へ
10	H	実行の停止
11	LS	左シフト (ADR桁)
12	RS	右シフト (ADR桁)
13	NP	なにもしない
14	CA	0 →ACC
15	TA	ACCの下4桁をADRへ
16	RC	入力装置→ACC (文字)
17	WC	[ACC] →出力装置 (文字)
18	ZJ	[ACC] = 0 なら ADR の命令へ
19	IX	[INDEX] + 1 →INDEX
20	DX	[INDEX] - 1 →INDEX
21	CX	0 →INDEX
22	CG	[ACC] と [INDEX] を入れかえる

Table 2 修飾部の機能

V	記号	修飾
0	b	なし
1	I	IX
2	*	間接
3	K	IX, 間接
4	+	相対
5	S	IX, 相対
6	=	相対, 間接
7	R	IX, 相対, 間接

5. UTC-1用記号言語 (SUTCL-1)

UTC-1は機械語でプログラムできるが記号言語でもプログラムできる。記号言語は Table-2 に機械語の命令部と対応づけて示してある。また記号言語でプログラミングするときは次の3個のアセンブラ命令を使用する。

PRG : プログラムの始りを示す。

END : プログラムの記述の終りを示す。

DC : 定数を定義する。

記号言語プログラムは Fig. 2 の様式を使用する。

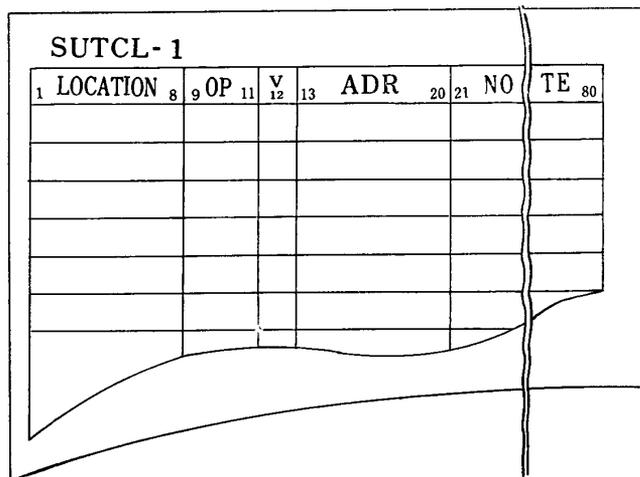


Fig. 2 記号言語用コーディングシート

LOCATION : 命令の格納番地を8文字以内の名前で表す。ただし先頭の文字は・である。カードの1欄~8欄に相当する。

OP : 記号命令, アセンブラ命令を書

```

$JOB      ML      ID = 0E07
$EXC      UTC L - 1
01000000
07000000
01000009
03000000
08000008
01000000
02000010
09000000
10000000
01001999
00000001
7777778
    
```

Fig. 3

```

$JOB TEST      ID=0E07
$EXC SUTCL-1  LIST
LOC  OP  V  ADR  BANCHI  ML
      PRG      0000
      CA              0000  1400000
      T              .GOKEI 0001  0600018
      L              .TARO  0002  0100019
      T              .COUNT 0003  0600020
.START L              .COUNT 0004  0100020
      A              .GOKEI 0005  0200018
      T              .GOKEI 0006  0600018
      WN              0007  0700000
      L              .COUNT 0008  0100020
      B              .CON1   0009  0300021
      ZJ             .STOP   0010  1800015
      L              .TARO  0011  0100019
      A              .COUNT 0012  0200020
      T              .COUNT 0013  0600020
      J              .START 0014  0900004
.STOP L              .GOKEI 0015  0100018
      WN              0016  0700000
      H              0017  1000000
.GOKEI DC      =    0 0018  0000000
.TARO  DC      =    1 0019  0000001
.COUNT DC      =    0 0020  0000000
.CON1  DC      =  1000 0021  0001000
      END
    
```

```

*****
1
3
6
10
SEIGEN JIKAN O KOETA
*****
    
```

Fig. 4

く。カードの9欄から11欄に相当する。

**ADR : LOCATION** 部に対応した8文字以内の名前を書く。ただし

( ) を用いると絶対番地を示す。カードの13欄から20欄に相当する。

**V : Table 1** に示した番地修飾記号を書く。

**NOTE :** コメント欄である。

### 6. 使用例

(1) 機械語によるプログラム例

機械語によるプログラム例を Fig. 3 に示す。

(2) 記号言語によるプログラム例

記号言語によるプログラム例を Fig. 4 に示す。

### 7. シミュレータの構造

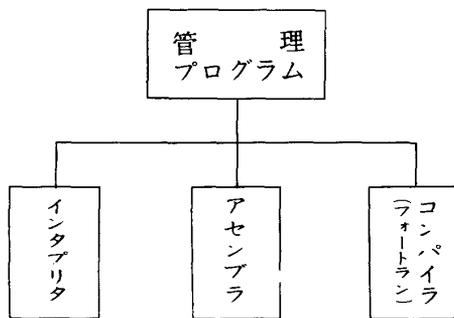


Fig. 5 シミュレータの構造

シミュレータは大きく分割して4つのプログラムに分割できる。UTC-1の管理プログラム, コンパイラ,

機械語のインタプリタそしてアセンブラである。この関係を Fig. 5 に示す。ここでアセンブラは2-PASS方式の翻訳プログラムである。

### 8. おわりに

はじめにのべたように, UTC-1は実際の講義に使用されている。この使用経験を以下にまとめる。

- (1) 計算機言語教育を高級言語の文法規則からはじめるよりは, 機械語プログラムの導入から行うほうが計算機のプログラムとハードウェアとの関係を実感として強い印象を学生にあたえることができる。
- (2) 実際に機械語でプログラミングを行い, それを実行させることによりストアードプログラム方式の計算機の動作が良く理解できる。
- (3) 機械語でのプログラム製作経験から高級言語の必要性が理解できる。
- (4) 他の計算機の機械語の説明書を仮想計算機と対応させながら理解できる。

問題点としては実際の計算機の構成はきわめて複雑で, 新しい方式がどんどん採用されているため UTC-1の理解だけでは対処できない分野がある。したがって高学年において他の科目で得た知識を基本とした再度の機械語, 記号言語教育が必要であろう。

最後に本研究に対して貴重な御意見を頂いた電子計算機室関係の教官, 技官の方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

- (1) TOSBAC-3400用 FÖRTRAN 説明書

(昭和54年9月8日受理)