

## 1 はじめに

我々は、高等学校で 2003 年度から新設される教科「情報」の中で活用してもらいべき高等学校「情報」教科向け電子教材の開発を実施した。

本論文では、コンピュータモデル「ED9900」の開発について報告する。

## 2 高等学校「情報」教科向け

### 電子教材「ED9900」の開発

#### 2.1 電子教材「ED9900」の開発の目的

我々は、コンピュータにおける制御方式が「逐次制御」であることをわかりやすく示す教材を作ることの目的に開発を行った。「わかりやすさ」を追求するためにコンピュータ内部の構造はよりシンプルに表現することを心がけ、特にプログラム作成時には、ニモニック表現や 10 進表現を付加することで高等学校の生徒が使いやすい教材を目指した。

#### 2.2 電子教材「ED9900」の開発の設計指針

目的を達成するために、プログラムが一命令ずつ実行される状態を目で確認できるようにした。中央処理装置はプログラムカウンタ、命令レジスタ、アキュムレータ、演算回路、負フラグ、零フラグ、オーバーフローフラグに限定し、理解しやすいように

シンプルな構造にした。また信号の動きがよく確認できるようにデータバスとアドレスバスを示し、該当するバスを強調するようにした。メモリにおいてはプログラムを作成する場合、入力するアドレス領域をダブルクリックすると入力画面を表示し、ニモニック表現、10 進表現、2 進表現の 3 種類から選択して命令やデータを入力できるようにした。また、メモリ内のアドレス領域をクリックするごとにニモニック表現、10 進表現、2 進表現と変換・表示し、相互の関連を理解できるようにした。他には、入力装置、出力装置を置いた。命令セットは必要最小限に留め、15 命令とした。

この電子教材「ED9900」は開発言語に Java を用いフリーソフトとしてブラウザで利用できるように一般にソースコードを公開することとする。

#### 2.3 電子教材「ED9900」の構造 (図 1)

「ED9900」は文部省の学習指導要領に基づいたコンピュータ内部での基本的な処理の仕組みについて一つ一つの命令がステップで動いていることを理解させる事を目的として作られた仮想コンピュータである。

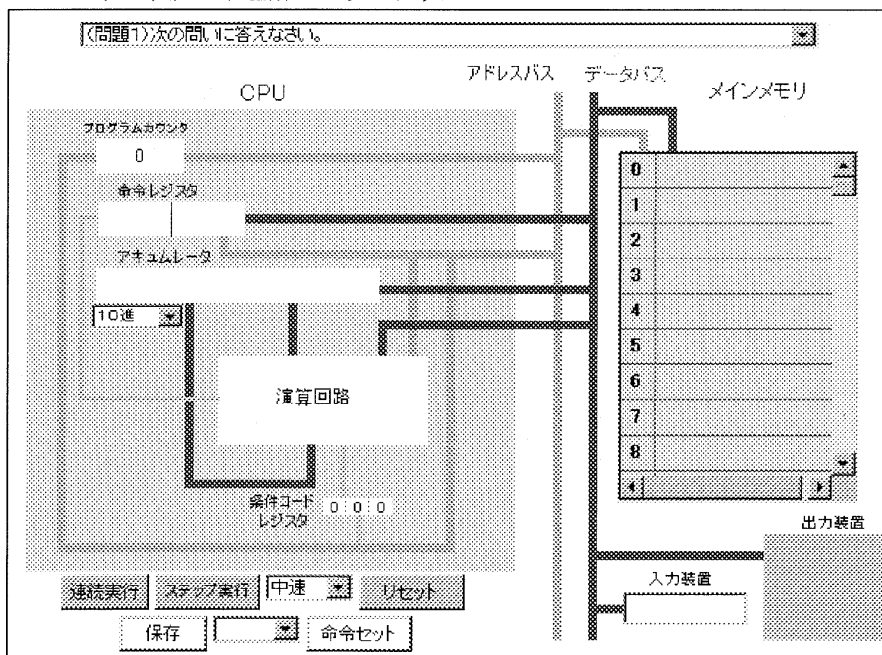


図 1. 電子教材「ED9900」の画面

- (1) 「ED9900」は一語 16 ビットの計算機である。

$X_{15}$	$X_{14} \sim X_0$
符号(1:負,0:非負)	データ

- (2) アクセスできるアドレスは 0 番地から 127 番地までとする。  
 (3) 数値は 16 ビットの 2 進数によって表現し、負の数は 2 の補数表現とする。  
 (4) 制御方式は逐次制御で、一語長の命令語を持つ。

$X_{15} \sim X_{11}$	命令コード
$X_{10}$	負フラグ
$X_9$	零フラグ
$X_8$	オーバーフローフラグ
$X_7$ から $X_0$	オペランド

- (5) レジスタはプログラムカウンタ PC (16 ビット)、アキュムレータ (32 ビット)、命令レジスタ (16 ビット) とする。PC は実行中の命令語の先頭アドレスを保持し命令の実行が終わると次に実行する命令語の先頭アドレスが設定される。  
 (6) 負フラグはマイナスの値の時は 1 をたてる。  
 (7) 零フラグは 0 の値の時は 1 をたてる。  
 (8) オーバーフローフラグは、値がオーバーフローしたとき 1 をたてる。これらのフラグは算術演算命令、シフト命令の実行結果によりセットされ、条件つき分岐命令のときに参照する。その他の命令の実行によってこれらのフラグは変更されない。  
 (9) 命令語はニモニック表現もできるようにする。

### 3. 電子教材「ED9900」の利用方法

この電子教材「ED9900」は開発言語に Java を用い、ブラウザで利用できる。プログラムの実行状態を確認する時は、「ED9900 (図 1)」左下のリストボックス右の▼ボタンをクリックし、例題リストの中から動きを確認したい例題プログラムを表示すれば、一つ一つの命令がステップで動いているのがわかる。電子教材「ED9900」では学習者が簡単なプログラムを作成することもできる。

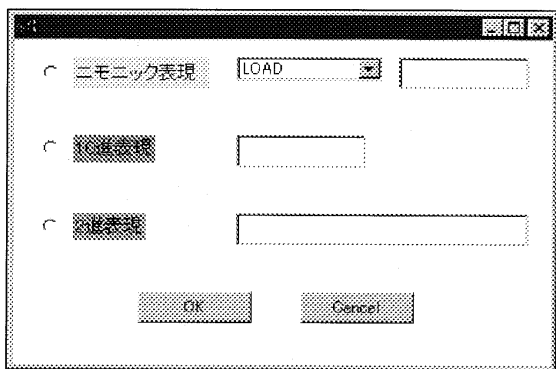


図 2 : 入力画面

「ED9900」でプログラムを作成する時、まずメモリ上のアドレス領域をクリックすると、入力画面

が現れる。(図 2) その中に命令はニモニック表現で行い、アドレスはメモリに示されたアドレス(図 1)を使用する。データは 2 進表現がわからなくても入力できるように 10 進表現で入力できるようにした。プログラムを作成したら、実行して動きを確認することができる。このとき、連続した動きを確認したいときも 1 ステップごとに確認したいときもどちらも出来るように 2 つのボタンを用意した。「連続実行ボタン」をクリックすれば一つ一つのステップを連続して実行することができ、データや制御の流れがバス上に信号として表現される。「ステップ実行ボタン」を選ぶと 1 ステップずつ信号の動きを確認することが出来るのでより命令ごとの制御の違いを理解することができる。制御信号やデータの流れはバスを高輝色に変えて示した。新たにプログラムを実行するときは「リセットボタン」を使用することでプログラムカウンタを 0 に戻すことが可能。また命令の内容について調べたいのために「命令セット一覧ボタン」を置いた。

作成したプログラムは教材を終了した後も使用できるように「保存ボタン」を加えた。「保存ボタン」で格納し、例題読み出しで使用したリストボックスから読み出せるようにした。学習者があらかじめ作成されたプログラムを変更して利用することもできる。さらに発展した利用方法としてアセンブラ言語の仕様を定義してアセンブルプログラムの開発やアセンブラによるプログラム開発も可能である。

さらにソースコードを公開することで教材をよりよいものに改善していくことができる。また興味を示した生徒の潜在能力を高めていけるようにできると考える。

### 4 おわりに

慶応義塾女子高等学校において教材を使用していただいた結果「今までパソコンをただ使用していただけだったが、この教材を使用したことでコンピューターの仕組みなどを理解する事ができ、大変興味深かった。」という意見を頂くことが出来た。さらにコンピュータをより忠実にモデル化するために大学の先生方に教材の評価をしていただき、バスの表現方法やメモリでの表現方法、プログラムの格納機能などを改善することができた。

#### 謝辞

本研究は、平成 10 年度第一次補正予算事業として、通商産業省の特別認可法人である情報処理振興事業協会が推進中の「教育の情報化」推進事業の一部補助の元に、実施しました。情報処理学会・情報処理教育委員会・情報教育ソフトウェア小委員会の諸先生方の設計への参加、指導の元に電子教材を開発した。ここに深謝する。

参考文献：高等学校学習指導要領 教科「情報」  
<http://www.monbu.go.jp/news/00000317/f-jyoho.html>