

# C言語学習用 CAI システムの開発

島根職業能力開発短期大学校 小野 泰二・藤井 昌之・下瀬 定

Development of a CAI System for the C programming Language.

Yasuji ONO, Masayuki FUJII, Sadamu SIMOSE

**要約** 島根短大の過去2年間のC言語実習を元に短大の実習における課題と思われることを示す。これらの問題点の解決方法として、時間外に自由に使える自学用のCAIが有用ではないかと考えた。このことを確かめるために、C言語学習用のCAIをポイントと関数の部分について構成した。そのプログラム構成、使用できる機能について解説し、説明に使用したアニメーションの一部を示す。

## I はじめに

職業能力開発短期大学校では実践的技術者の育成を目的とし、学科のみならず実験実習を多く取り入れ、知識と技術・技能を融合した授業内容が採用されている。このような教育方針のために、基礎学科を多く学習する普通高校のみならず、工業、商業高校や社会人、海外留学生など広く門戸を開放してきた。このような学生達の中にはコンピュータに全く触れたこともない者から、自分でゲームをプログラムしたことのある者までまちまちである。多様な学生を相手に画一的に実習を行うことは、初心者置き去りにするばかりでなくより進んだことを学習しようとしている学生の意欲を殺ぐことになりかねない。我々が2年間のC言語プログラミングの実習において感じた課題について述べ、どのような経緯でCAIの開発に至ったかをまとめる。

## II 問題点の整理

2年間のC言語実習において、我々が課題として感じたことを整理すると、

- ① 学生の理解度に大きな開きがあり一部の学生にとって現行の講義時間だけでは不十分であること。
- ② 学生一人一人に十分な説明を行うだけの補習時間を教官がつかれないこと。
- ③ 一部学生の理解度が把握できないこと。質問をしてこない学生にいかに対処するか。

ということになる。これらの問題はC言語の実習のみならず、ほとんどの実習、さらには能開セミナーにも見られる傾向であろう。その意味でも少ない指導者でいかに効率よく実習を行うかは、短大において考えねばならない重要な問題である。

問題を解決する一方法として我々は授業時間外に自由に利用できるCAIシステムを作ることを考えた。幸い実習に重点をおいている関係上、短大にはコンピュータ機器等が十分に用意されており、わが校の特色ともマッチしているように思える。現在までもブラインドタッチ練習用のフリーソフトを放課後に学生に利用させたりして、コンピュータを用いた自学を行ってかなりの成果をあげてきた。今回は更に授業内容を補足するようなソフトを開発し、積極的に利用していこうというものである。これによって教官は勤務時間外にまで学生の指導に追われたり、同じことを何度も繰り返して説明したりする煩わしさからかなりの部分解放される。一方学生も、自分の理解度に合わせて実習を行うことができるはずである。また、質問しない学生についても理解できるまで繰り返すことができるCAIシステムを構築することで、自学によって理解を深めていけるものと期待される。

## III C言語教育用CAIの設計

CAI作成に対しては以下のことに注意した。

- ① 内容に関しては可能な限り段階的な説明を行い、初心者に分かりやすいように概念図やムービーを

多用する。

② CAI を作るのと同時に学習用のプリントを作れるようにする。これは、CAI だけで学習するよりも自習用のプリントを併用し、多角的に学習する方が学習効果が上がるのではないかという見通しのためである<sup>(1),(2)</sup>。

③ 学習すべきことを次々と表示するような直線型ではなく、メインメニューを中心に各メニューが選択可能であるような分岐型にする。

④ 理解度を確認するために説明が一区切りしたところで希望者にはテストを行うようにする。終了後次に学習すべき内容を提示し、学習者が次に学習する内容を選択するための助けとする。

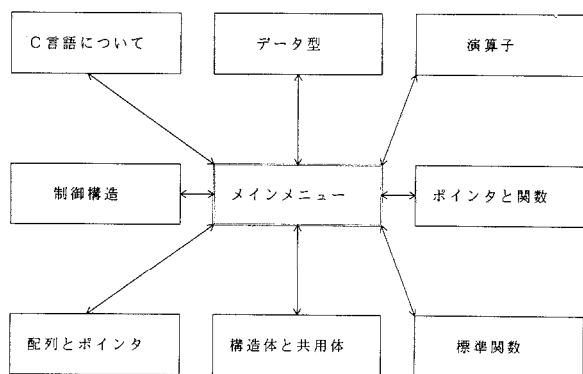


図1 C言語学習用CAI全体予定図

最終的に予定しているプログラムの全体像は図1にまとめた通りである。中心にはメインメニューを置き、そこから「C言語について」「データ型」「演算子」「制御構造」「ポインタと関数」「配列とポインタ」「構造体と共用体」「標準関数」が選択できるようにする。一つ一つが終わるたびに理解度をチェックするためのテストを用意する。それぞれにはサブメニューを作り、そこからもいくつかの選択肢を用意する。サブメニューの内容を学習する前後にもテストを行い、学習者にとってそのサブメニューの内容がふさわしいか、内容を十分に理解できたかをチェックすることができるようにする。

実際にCAIが有用であるかを確かめるため、とりあえず一部分を作成することにした。CAIを作成するにあたっては、最初から大きなものを作ろうとせず、プロトタイプ的なものから徐々に大きなものへと拡張していくという方法をとるのが効率的なためでもある<sup>(1)-(3)</sup>。作成する内容としては、「ポインタと関数」の部分に限った。これは、学生に簡単なアンケートを行っ

た結果、これ以降が本人が十分理解できていないと感じている内容であり、十分な説明が必要であると思われるためである。また、一枚の概念図で説明するよりもアニメーションを用いて説明した方がより理解しやすいように思われる部分であるため、CAIを用いるのにふさわしいと考えたからである。サブメニューとしては「ポインタ変数」「関数」「関数の引数として変数のポインタを渡す方法」に分けた。

## IV C言語学習用CAI

以上のような方針のもとにC言語学習用のCAIを作成した。作成には主にMacintosh版のDIRECTOR ver 4.0 J<sup>(4),(5)</sup>を用いた。今回作成したプログラムの全体像を図2に示す。プログラムは図3のメインメニューを中心に展開される。

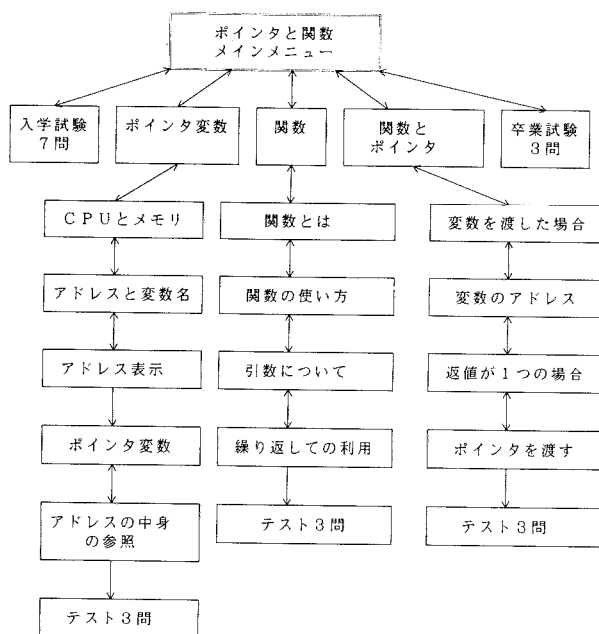


図2 「関数とポインタ」の全体像

このメインメニューは全体像の中で言うと「ポインタと関数」のサブメニューに対応している。メインメニューは画面左側が選択可能なメニュー、右半分がメッセージを表示するためのウィンドウになっている。メニューの選択については全てマウスで行う。一番右の音量の設定メニューでは、音声が出ない「消音」から最大音量の「7」まで8段階の音量が選べる。これらは音声やBGMの音量の設定である。選択可能なメニューとしては、「入学試験」「ポインタ変数」「関数」「ポインタと関数」「卒業試験」「終了」がある。各メニュー上にカーソルを移動するとカーソルは虫メガネになり、右側のウィンドウにメニュー内容に関する短

い説明が表示される。図3は「ポインタと関数」のメニュー上にカーソルを移動した場合の画面である。「終了」以外の各メニューにはテストが付随している。「ポ

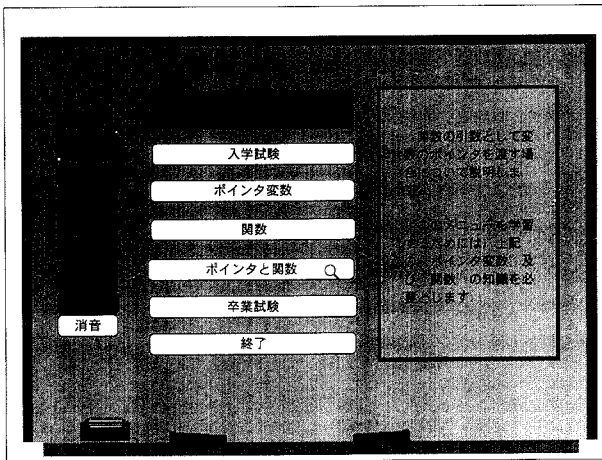


図3 メインメニュー

インタ変数」「関数」「ポインタと関数」のメニューでは、最後に希望者がテストを受けて自分の理解度を確認できるようになっている。テストの形態としては回答の仕方によって2種類に分けられる。正解が1つに絞れるものについては、図4のように学習者がキーボードから回答を入力する方式を用い、正解が何種類か考えられるものについては、図5のようにマウスを

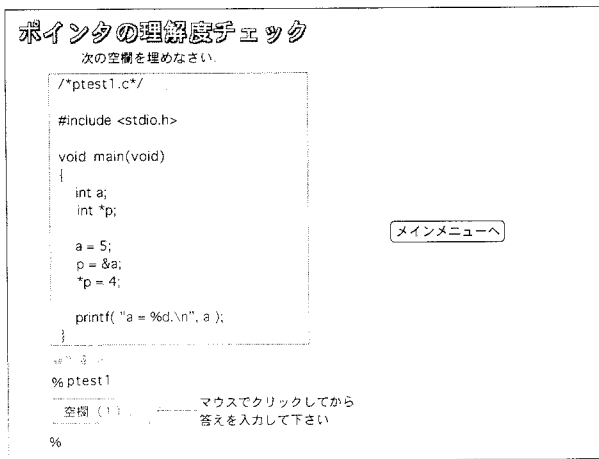


図4 キーボード入力形式のテスト例

用いてクリックするようにした。

今回作成したプログラムは「ポインタと関数」の学習用に絞ってあるため、全体像のうちの「データ型」「演算子」「制御構造」については理解している学習者を対象としている。そこで「入学試験」というメニューを設け、テストを行うようにした。テストは全部で7問ありデータ型、printf文、論理式、while文、for文、

if文、switch文、からそれぞれ1問出題している。この結果により、ポインタを学習するのに知識が不足していると判定された学習者には学習すべき内容を表示するようにした。ただし、「入学試験」終了後はメインメニューに戻るようになっており、更に学習するかどうかは学習者の選択にまかせている。「終了」はプログラム自体の終了である。

「ポインタ変数」では以下の項目順で説明を行った

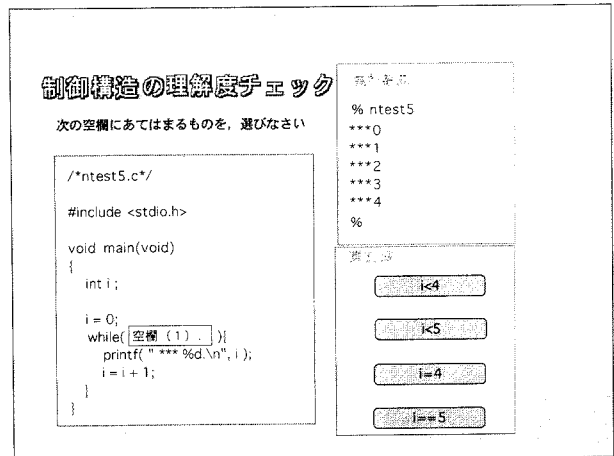


図5 選択形式のテスト例

(図2)。①CPUとメモリについて概念図を用いた説明。②アドレスと変数名についての説明。③int型変数を用いたアドレス表示プログラム。④ポインタ変数の説明及びポインタ変数を用いたアドレス表示プログラム。⑤ポインタに格納されたアドレスの中身の参照及びそのプログラム。これらはいずれもプログラムとその動作を示したムービーとで説明している。説明は画面上に文章として表示される他に、可能な限り音声を用いて説明するようにした。ムービーの一部を図6.1から図6.4に示す。

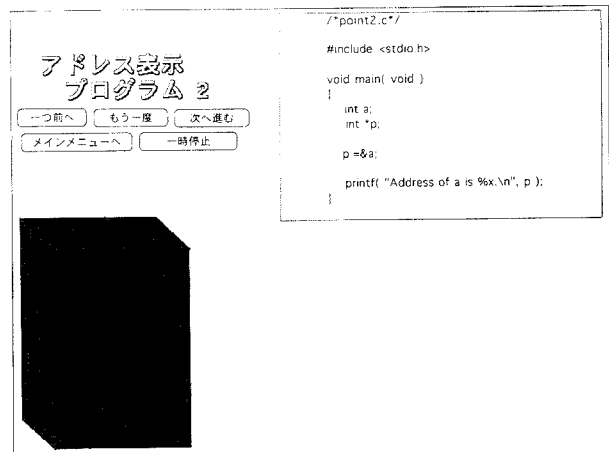


図6.1

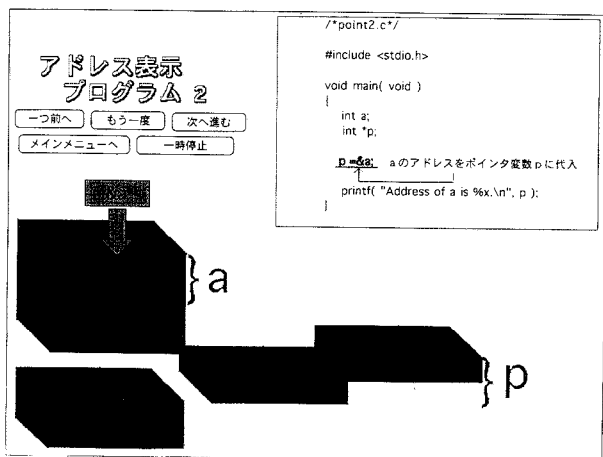


図 6. 2

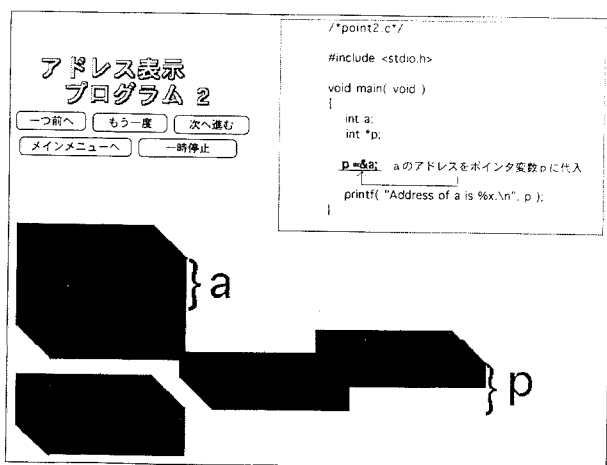


図 6. 3

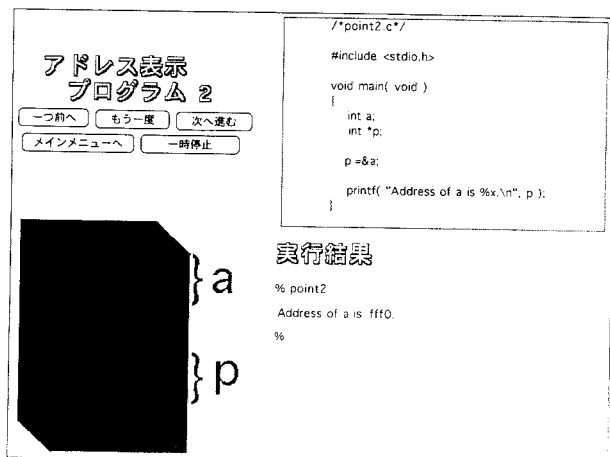


図 6. 4

図 6. 1～6. 4 ムービーの一部

ムービーにはいずれも「一つ前へ」「もう一度」「次へ進む」「メインメニューへ」「一時停止」の機能が付随している。「一つ前へ」は、上記の5項目の順序で1つ前の項目からやり直す機能である。「もう一度」については、現在の項目を最初からやり直す機能である。「一時停止」をクリックするとムービーは停止し、ポ

タンは「一時停止解除」に代わる。「一時停止解除」をクリックすると再びムービーが進行する。5つの項目が終了した時点で、図7のようにテストを行うかどうかを選択する画面が表示される。「テストをする」のメニューを選ぶと、図4のようなテストが3問行われる。

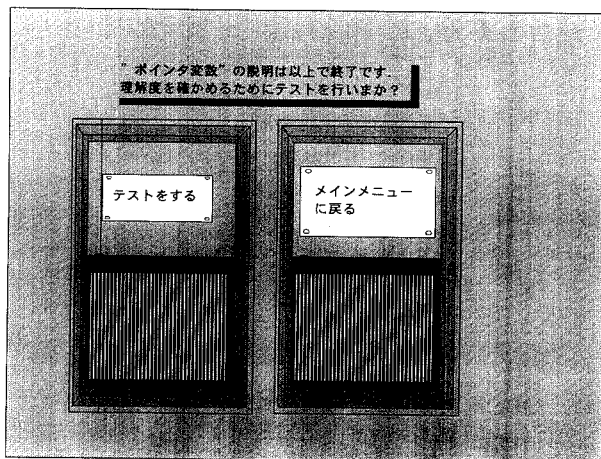


図 7 テスト選択メニュー

答えが分からない学習者はこの段階でテストを中止してメインメニューに戻って学習し直すこともできる。1問終わるごとに正解か不正解かが表示され、不正解の場合には簡単な解説が行われる。3問全てが終了すると全結果が表示される。ここでは2問以上正解しない場合には、図8のようにもう一度やり直すことを勧めるメッセージが表示される。

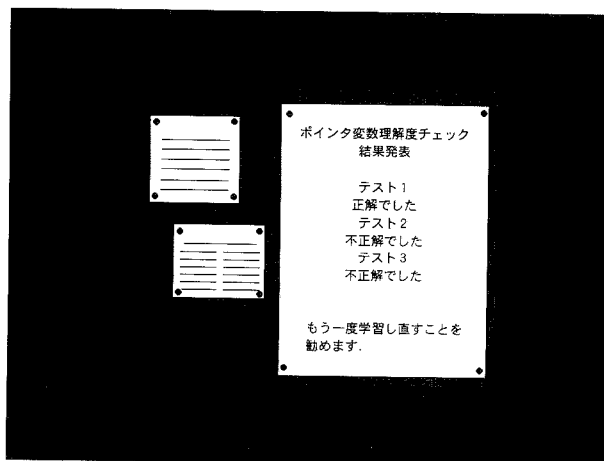


図 8 テスト終了後のメッセージ例

「関数」を選択すると、①関数とは何かの説明。②関数の書き方。③引数の変数名が呼び出し側と同じでなくてもよいこと。④一つの関数を複数回呼び出すプログラムの順に説明がなされる(図2)。ムービーに付

随する機能は上述の通りであり、ここでも3問の理解度チェックのテストができるようになっている。ただし、長いプログラムの説明に対しては最初にプログラム全体を示し、ムービーのところでは数行ずつ表示するようにした。

「ポインタと関数」では2つの変数の値を入れ替える関数を用いて、引数としてポインタを渡す場合の説明を行っている。①引数として変数を渡した場合には値の入れ替えが行われないこと。②それぞれの変数のアドレスを調べてみることによって、引数として変数を渡した場合には値がコピーされていることの説明。③返値が一つだけなら変数を渡してもうまくいくこと。④ポインタを渡して2つの変数を入れ替えるプログラムの説明の順になっている(図2)。ここでも基本的な機能については「ポインタ変数」のところで説明したものと同一である。

「卒業試験」においては「ポインタ変数」「関数」「ポインタと関数」に関連した問題が1問ずつ計3問出題され、間違えた場合にはどこを学習し直すとよいかが表示される。3問全問正解した場合には卒業許可のメッセージが表示され、いずれの場合も自動的にメインメニューに戻るようになっている。

## V まとめ

本研究においては、島根短大における過去2年間のC言語実習を通して、短大の実習科目に対する問題点を検討した。この結果より、我々はCAIシステムがこれらの問題の多くを解決してくれるのではないかと思ひ、C言語学習用システムを作ることに着手した。上記のポインタ編については現在ほぼ完成し最終的な手直しをしている段階である。これらが終わり学習用のプリントを作成し次第学生に使用してもらい、「有用と感ずるか」「学習効果があったと思うか」「学習意欲が湧くか」等のアンケートを取る予定である。また、今回作成したものはさらに機能を付け加えることによってより学習し易いものとなると思われる。今後は学習者にとってどのようなCAIがより有用かを研究することも重要であろう。

CAIは実習に限らずセミナー、事業内援助等の短大業務全般において有用であろう。特に社員教育や会社紹介等において市販のCAIを用いることはできないために、自作CAIの開発が必要となってくる。このように、CAIはいかなる分野においても応用が可能であり、ますます重要となってくるであろう。

## 謝辞

本研究を進めるにあたっては職業能力開発大学の島田昌幸先生に多くの助言をいただきました。また、島根短大職員の各氏および情報処理科の学生諸君にも協力してもらいました。記して感謝します。

## 【参考文献】

- (1) 島田昌幸、「学習意欲と授業用のプログラム(2)」、職業能力開発大学校指導学科報告シリーズ、No. 10、1990年
- (2) 島田昌幸、CAIに関する諸問題と今後の方向、職業能力開発研究、1995年、第13巻、P 33-P 66
- (3) ASCII、AUTHORWARE ユーザーズガイド、1993年、第8章
- (4) MACROMEDIA、Director 操作ガイド、1994年
- (5) MACROMEDIA、Lingo 操作ガイド、1994年
- (6) B. W. カーニハン/D. M. リッチー、プログラミング言語C 第2版、共立出版株式会社、1989年
- (7) システムエイジ、図解C言語構造化プログラミング作法、HBJ 出版局、1993年
- (8) 三田典玄、入門C言語、アスキー出版、1990年