

CUI環境でのプログラミング教育

Programming Education in the CUI Environment

神谷 達夫

要 旨

近年のグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) を持ったパーソナルコンピュータ (PC) 用オペレーティングシステム (OS) の急速な普及により、PCの使用は容易になった。しかし、GUIを持ったOSに対してのプログラミングではプログラムの本質的な部分以外にGUIの制御プログラムを記述する必要があり、非GUI環境でのプログラミングよりも複雑な行為となる。したがって、GUIを持ったOSは初学者にとって理解しにくいプログラミング環境であり、初級のプログラミング教育の環境として適当でない。

本論文では、初学者にも容易に理解可能であるキャラクタユーザーインターフェース (CUI) 環境でのプログラミング教育法を提案した。また、この教育方法のためにプログラミング言語学習専用PCを構築し、C言語を中心としたプログラミング教育を実践した。この教育方法を用いた結果、学生らの自主的なプログラミング学習の動機付けに成功した。

キーワード：キーワード：プログラミング教育,C言語,CUI

1. はじめに

近年のグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) を持ったパーソナルコンピュータ (PC) 用オペレーティングシステム (OS) の出現により、PCは急速に普及した。この結果、PCのコモディティ化が進み、アプリケーションプログラムの入手性が向上した。このことはPC利用者自らがプログラムを作らずともPCを利用できる環境を整えたが、大部分のPCユーザからプログラムを作る目的を失わせる結果となった。しかし、コンピュータリテラシ教育の高度化⁽¹⁾としてのプログラミング教育は有用であり、アルゴリズムを考えることや業務手順の分析といった知的作業を経験させ思考能力を育成⁽²⁾することは大学教育にとって重要であると考えられる。

一方、現在普及しているGUIを持ったOSに対してのプログラミングは非GUI環境でのプログラミングよりも複雑となり、初学者にとって理解しにくいプログラミング環境である。特に、GUI環境ではグラフィカルな表示とマウス入力に対する応答を記述することが必要となり、GUI独特のプログラミングスタイルによるプログラミングを要求される。例えば、広く普及しているWindows系OSの場合、マウスなどの入力装置からのイベント発生を受けて実行されるイベントドリブン型

のプログラムとしてプログラムを実装する必要がある。しかし、イベントドリブン型のプログラムを作成するためには、OSの動作やシステムコールに対する理解と中級以上のプログラミング言語に関するスキルが必要となる。このため、初学者がGUI環境でプログラミングを学ぶ場合、初期の学習項目の増加により学習初期段階で挫折してしまうことがある。この問題を解決するための手法として、Visual-Basic⁽³⁾やC++Builder(図1)などのRAD(Rapid Application Development)ツールを用いた教育方法が検討された。RADツールの多くはマウスやキーの入力といったイベントに対しての動作を属性として記述することにより、プログラムを作成することができる。図1の左端のウィンドウは画面中央のフォームのプロパティ一覧を示しており、フォームの動作はこのプロパティの設定により決定される。画面中央下のプログラム部分はプロパティに対するアクションとして記述される。RADツールを用いたプログラミングはこのようなプログラミングスタイルであるため、初学者がRADツールを使用した場合"イベントに対する応答をどのようにするか"のみを考えるようになり、プログラム全体の構成やデータ構造を考えずプログラムを作成するようになることがある。さらに、このようなプログラミングによって結果作成されたプログラムであっても、ある程度実用的な動作を得ることができ、学生が完全なプログラムを作成できるようになる前にプログラミングの学習を停止してしまう場合がある。一方、RADツールの環境ではプログラミング言語の初級テキストのサンプルプログラムがそのまま動作せず、プログラミング言語の文法学習を困難にしている。

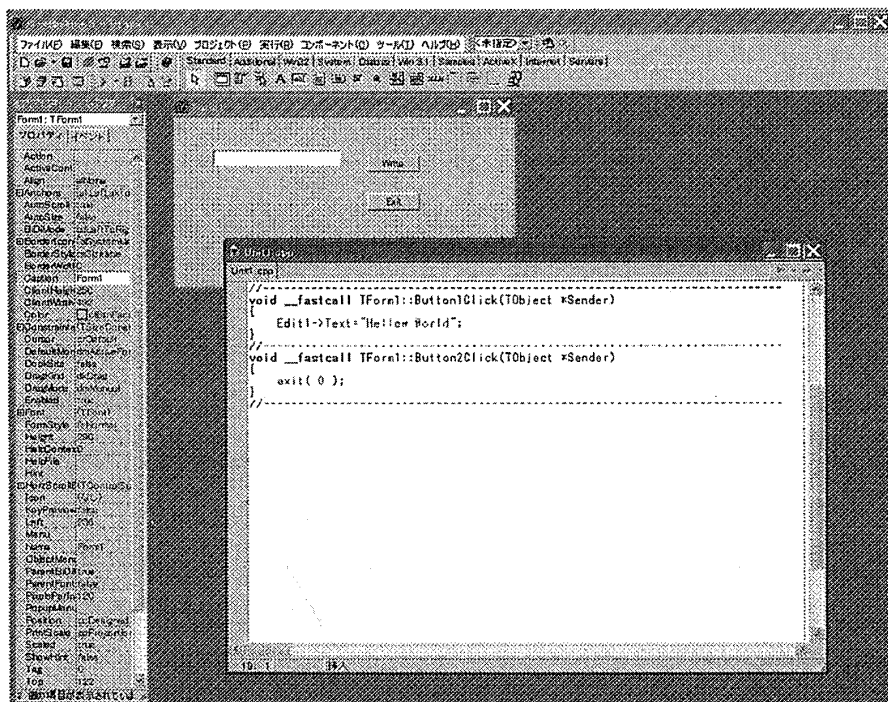


図1 RADツール実行例

本論文では、プログラミング学習の目的によってはGUIが必須でない⁽⁴⁾ことに着目し、GUI環境におけるプログラミング学習の障害を排除するため、キャラクタユーザーインターフェース (CUI) を採用したプログラミング言語学習専用PC (学習専用PC) を構築し⁽⁵⁾、このPCによるC言語を中心としたプログラミング教育とその成果について述べる。

2. 教育の目的

産業界における高度なプログラミング能力を持った学生の要望は強く、高度なプログラミングに対する教育は重要である⁽⁶⁾。しかし、経営情報学部においては、簡単なプログラムの作成により情報処理に関する教養の習得が教育の主な目的となる。社会科学系の学生であっても情報処理に対する教養を持つことが求められている現在⁽⁷⁾、簡単なプログラム作成とはいえアルゴリズムを考えると業務手順の分析を経験し、作業の自動化とプログラム作成の意義を理解することは重要であると考えられる。

一方、近年は4年生大学においても学生の能動的な行動を促進することが重要になってきている。本教育方法においては、課題に娯楽性を取り入れることによって学生らの自主性の向上を目指した。

3. 教育方法

3.1 概要

CUI環境のOSであるMS-DOSあるいはMS-DOS互換OSを用いた学習専用PCを設計製作し、これを学生に使用させた。フリーウェアのMS-DOS互換OSを用いた場合、言語処理系を含め全てフリーウェアでシステムを構成することができた (表1)。さらに、CUI環境におけるプログラミング言語学習専用としたため高い処理能力を必要とせず、旧型のPCが使用可能となり、システム構築のために特別な費用は発生しなかった。

表1 使用ソフトウェア

種別	名称	備考
OS	FreeDOS	日本語化版も使用。
C/C++コンパイラ	Turbo C++ ver.1.01	メーカーがフリーウェアとしているため、無償で利用可能。
C/C++コンパイラ EORTRAN Ada	djgpp (gcc+go32)	GNU gccのDOS移植版。DOSエクステンダにより、32bitメモリ空間を使用可能であり、DOSにおけるメモリ利用制限が無い。
Pascal	Turbo Pascal ver3.02	メーカーがフリーウェアとしているため、無償で利用可能。
APL	IBM APL	IBMがフリーウェア化したAPL。
LisP	GCL	古くからあるCommon Lisp処理系 (KCL) のDOS移植版。

3.2初期課題

プログラミング言語学習における最初の障害はエディタ使用法の習得である。単純に文字の入力をさせるだけでは学生が興味を持たないため、エディタ使用方法の習得の動機付けには困難を伴う。今回は学生にエディタの使用法を覚えさせるため、コンピュータ制御クリスマスツリーの製作の課題を与え、学生の興味を引き付けるように配慮した。

使用しているOSがハードウェアに対して直接操作することを禁止していないため、単純なハードウェアをPCに付加することにより、容易にランプ点灯制御のプログラムを動作させることができる。OSがハードウェアへの直接操作を禁止していないため、PCのプリンタ用パラレルポートは汎用のパラレルポートとして利用できる。したがって、プリンタポートに単純なリレー回路を付加することにより、容易にランプ点灯制御のプログラムを動作させることができる(図2)。実際の回路はユニバーサル基板上に作成され、ランプ制御回路が8組搭載されている(図3)。

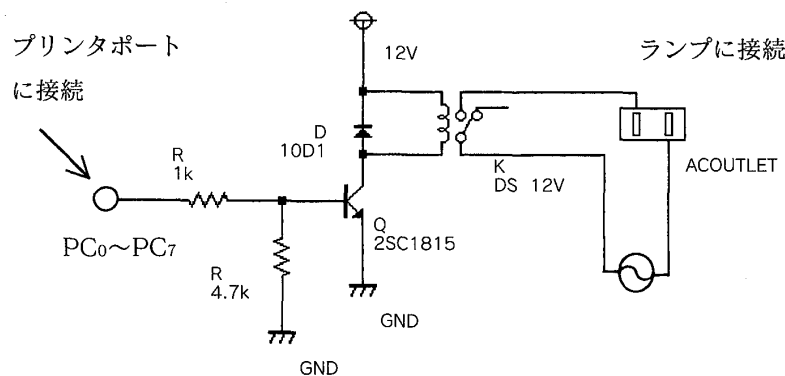


図2 ランプ制御回路

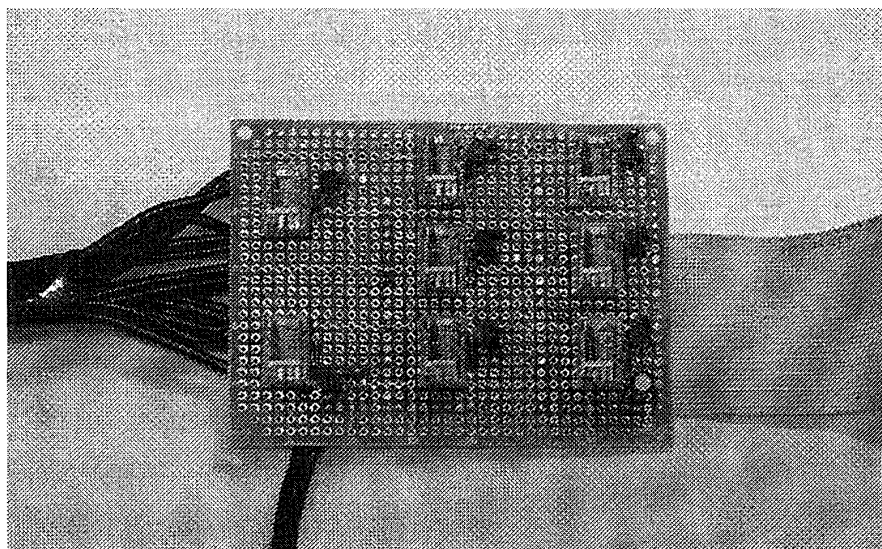


図3 ランプ制御回路基板

クリスマスツリー製作の時点で学生はプログラムを作成する能力を持っていないため、著者が過去にLSI動作検証用に作成したソフトウェアシステム（表2）の一部を学生に使用させ、容易にランプ点灯制御動作が記述できるように配慮した。このソフトウェアシステムはシェルスクリプトあるいはバッチファイルによりハードウェア制御を実現することができるように設計されたプログラム群から構成されており、その一部分であれば学生にも容易に理解することができる。

ランプ点灯制御のために学生に与えたプログラムはportoutとwaitの2つである。portoutは引数で指定したアドレスに引数で指定した値を出力するプログラムである。waitは引数で指定した時間のループにより動作を停止するプログラムである。waitとportoutを組み合わせることで、ランプの点滅制御が実現できる（図3）。

図3に示したプログラムは8系統のランプを全て点灯し、1秒後に全て消燈、1秒後に全て点灯し、0.5秒後に全て消燈、0.5秒後に全て点灯を繰り返すプログラムである。プログラムで指定する数値には10進数と16進数を用いることができるが、ランプ点灯パターンはビットパターンであるため、学生にはビットパターンに容易に変換可能な16進数での使用方法のみを示した。8系統のランプは1バイトの出力データにビット単位で割り当てられており、対応するビットが1になるとランプが点灯する。したがって、ランプ点灯パターンを作成するためにはランプ点灯パターンに対応する出力値を16進数により指定する必要がある。例えば、2系統のランプを点灯させる場合、portout 03bc 003というように2ビットが1となる16進数を出力する必要がある。

表2 汎用型I/Oチェックプログラム

プログラム名	用途
portin (address)	I/O ポートからの入力プログラムで、入力値を標準出力に表示する。
portout (address) (data)	I/O ポートへの出力であり、引数で指定したアドレスに引数で指定されたデータを出力する。
wait (time)	引数によりミリ秒単位で指定した時間ループする。
pwait (address) (data) (mark)	I/O ポートが指定された値になるまでループする。引数の (mark) で指定したビットは指定値に含まれない。
iwait (IRQ) [0 1]	引数で指定された割り込みが入るまでループする。第2引数を1にすると、このプログラム実行以前に設定されていた割り込みベクタを呼び出す。
iwd (IRQ) (vector) [0 1]	割り込み検出用の常駐プログラムで、割り込みを監視する。第3引数を1にすると、このプログラム実行以前に設定されていた割り込みベクタを呼び出す。
intchk (vector)	iwd常駐プログラムと通信し、割り込みを検出する。このプログラムは割り込みが入っていない場合は標準出力に文字列 "Wait" を出力し、エラーレベル0を返す。そして、割り込みが入っていれば標準出力に文字列 "Interrupt" を出力し、エラーレベル1を返す。また、引数vectorを付けなかった場合、エラーレベル2が返される。
intinp (vector) (address)	割り込みが入ると、指定したアドレスの値を表示する常駐プログラム。
batc	上記のコマンド列をC言語に変換するトランスレータ。

```

:start
portout 03bc off
wait 1000
portout 03bc 0
wait 1000
portout 03bc off
wait 500
portout 03bc 0
wait 500
goto start
    
```

図3 ランプ点灯課題用プログラム例

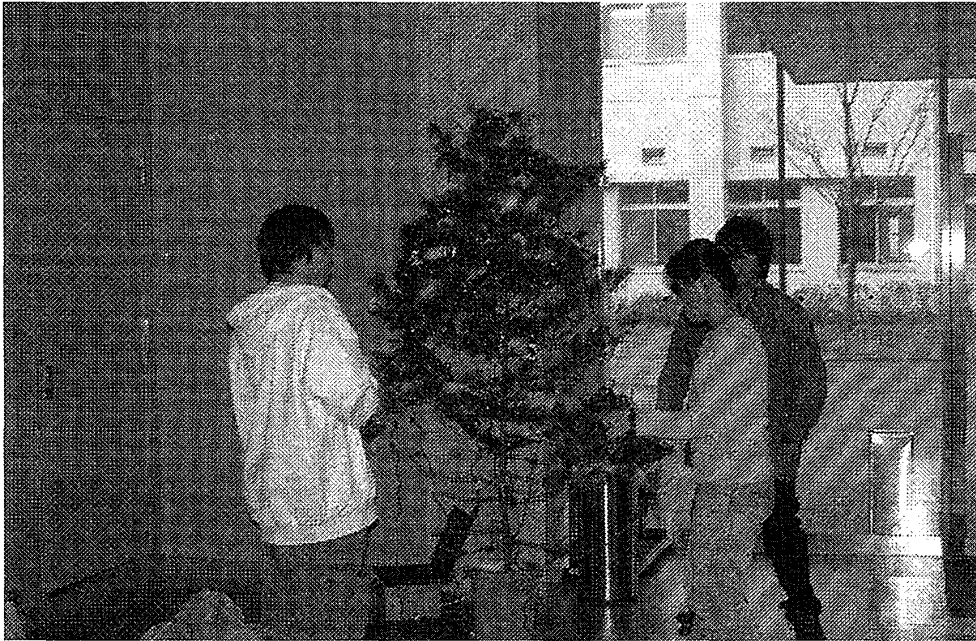


図3 学生によるクリスマスツリー作成風景

3.3プログラミング学習

ランプ点灯課題によりエディタが使えるようになると、初級者向けプログラミング言語テキストのサンプルプログラムが実行でき、学生はサンプルプログラムの入力と実行から徐々にプログラミング言語を学んでいくことになる。

現在学生に与えている課題は問題を画面に表示し、解答の番号を入力すると正誤判定するクイズシステムである(図3)。クイズシステムはSGML風のタグで区分されたテキストファイル(図4)を処理するプログラムから構成されている。ただし、学生らは学習初期段階のためファイル操作プログラムに慣れていない。このため、ファイル処理部は著者が記述し、学生に与える手法を採用した。プログラム中のqsystem.hにはクイズ問題読み込みのための構造体と関数の定義が格納されていて、このヘッダファイルを参照することにより、構造体型QUIZと関数qreadを使用することができる。学生はこのqread関数を用いることにより、引数で指定した番号の問題をファイルから読み込むことができる。QUIZ構造体はq,ans1,ans2,ans3,ans4,ans5,correctの7つのメンバを持っていて、それぞれに問題と選択肢1から5、正解選択肢番号を格納することができる。qread関数により、引数で指定されたQUIZ構造体に値が設定される。学生らはこのプログラムを改良することにより、プログラミングの能力を向上させている。

問題には経済クイズ⁽⁶⁾を使用するよう指示した。指示したクイズ問題には問題本文とその解答が記されている。しかし、本クイズシステムは択一式の問題形式であるため、正解でない選択肢を作成する必要がある(図4)。したがって、選択肢を作成するために、学生らが問題関連知識を学習することが必要である。このことは、プログラミングの課題を適切に選択することによりプログラ

ミング以外の知識も同時に学習できる可能性のあることを示している。

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include "qsystem.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    int no,ans,rcode;
    QUIZ q;

    if( argc == 2 ) {
        no=atoi( argv[1] );

        if( qread( no, &q ) != -1 ) {
            puts( "問題" );
            puts( q.q );
            puts( "" );
            printf("1:%s\n",q.a1);
            printf("2:%s\n",q.a2);
            printf("3:%s\n",q.a3);
            printf("4:%s\n",q.a4);
            printf("5:%s\n",q.a5);

            puts( "" );
            scanf("%d",&ans);
            if( ans == q.correct ) {
                printf("正解");
            }
            else {
                printf("不正解");
            }
            rcode = 0;
        }
        else {
            fprintf(stderr,"問題が見つかりません。 %n");
            rcode = 1;
        }
    }
    else {
        fprintf(stderr,"Error! %n");
        fprintf(stderr,"Usage: %s <Question_number>%n",argv[0]);
        rcode = 2;
    }
    return rcode;
}
```

図4 プログラム課題例 (クイズシステム)

```
<question>
18世紀「国富論」を著した英国の経済学者はだれ。
</question>
<ans1>ケインズ</ans1>
<ans2>マルクス</ans2>
<ans3>モンテスキュー</ans3>
<ans4>アダム・スミス</ans4>
<ans5>グリーンズパン</ans5>
<correct>
4
</correct>
```

図5 クイズ問題例

4. 成果

4.1 初期課題に対する成果

コンピュータ制御クリスマスツリーのランプ点灯パターンの作成には2進数と16進数の変換が必要となるため、2進数と16進数の理解につながった。また、コンピュータを使用し、現実の装置が指定した手順通りに動作するということを体験したため、プログラミングによる自動化の概念の理解が進んだと考えられる。

コンピュータ制御クリスマスツリーの課題に取り組んだ学生はエディタを使えるようになった。そのうちの数名はすぐにプログラムをコンパイルし実行できるようになり、プログラミング言語学習の準備段階が終了した。

一方、授業に対し積極的でない学生の参加も確認された。さらに、この活動内容が地元新聞に掲載⁽⁹⁾され、このことは学生の意欲向上に貢献した。

4.2 プログラミング教育に対する成果

構築したPCではエディタとコンパイラをコマンドラインから実行するため、使用した学生は普段使用しているGUIと異なったPCの使用方法を経験することとなり、コンピュータの動作についてより理解を深めたと思われる⁽¹⁰⁾。

学習専用PCを使用したことにより学生個人のPCを使用することができず、学生に対して自習のための環境を用意する必要があるが、本学習専用PCの場合、旧型のPCを利用可能であるため学生が自宅にPCを持って帰るなどの措置が可能である。このため、コンパイラなどのソフトウェアのインストールに関するトラブルを回避することができた。

学習専用PCの使用方法を覚えた学生らはプログラミング学習の自主的な取り組みを開始した。これらのことから、今回構築した学習専用PCを用いたことにより、プログラムを作成することのできる学生数の増加と学生のプログラミング能力の向上が期待できる。

5. 展望

学習専用PCで使用可能なプログラミング言語はC/C++、Fortran、Pascal、Lisp、APLである。今後、さらに対応言語を増加させる予定であり、各種プログラミング言語の比較により、学生がコンピュータに対する知識を深めることができると考えられる。

一方、課題として学生に与えたクイズシステムではクイズ問題を学生自身が作成しなければならない。問題を作成するためには問題に関する知識が必要となるため、クイズの問題範囲を適切に設定することによりプログラミング以外の知識に対する学習効果を得ることができると考えられる。現在、学生に経済学クイズを作成させているが、問題作成にあたっている学生の経済学に関する知識の向上が見込まれている。これに類似の学習方法は英語教育⁽¹⁾においても試みられており、経営情報学部のような情報以外の専門教育も必要な学部のための新しい教育方法として期待できる。

参考文献

- (1) 望月純夫,柳下孝義,短期大学におけるプログラミング教育に関する一考察, オフィスオートメーション, Vol. 16, No.2, pp.54-57 (1995)
- (2) 岩崎重剛,橋本はる美,佐野繭美,松永公広, 演習を中心とするプログラミング入門教育の問題点, 日本教育情報学会年会論文集, No. 14, pp.252-255 (1998)
- (3) 望月純夫,柳下孝義,Visual Basicによるプログラミング教育, オフィスオートメーション, Vol. 18, No.4-2, pp.40-43 (1997)
- (4) 杉江晶子,森博,Windows環境における目的別プログラミング教育, 名古屋文理短期大学紀要, No.23, pp.1-7 (1998)
- (5) 神谷達夫, プログラミング言語学習専用パーソナルコンピュータによるプログラミング教育, 平成17年度大学情報化全国大会, pp.226-227 (2005)
- (6) 河野真治, PlayStaionによるプログラミング教育について, 沖縄大学マルチメディア教育研究センター紀要, No.1, pp13-21 (2000)
- (7) 佐野洋,大学の文科系学部におけるプログラミング教育の試み, コンピュータと教育, Vol50, No.6, pp.41-48 (1998)
- (8) 週間ダイヤモンド, 1994.10.8, pp.28-83 (1994)
- (9) パソコン制御で点滅変化 創成大情報技術クラブ クリスマスツリー製作, 両丹日日新聞, 平成

16年12月11日, 第1面

- (10) 赤坂亮,松岡絵里奈,文化系単科大学におけるプログラミング言語教育,平成16年度大学情報化全国大会, pp.142-143 (2004)
- (11) 青山広,女子短大英文科におけるプログラミング教育,東海学園女子短期大学部紀要, No.33, pp.37-53 (1998)