



高専における情報活用能力育成のための情報処理教育

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 参吉, 花川, 賢治, 西端, 律子, 重井, 宣行 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007760

高専における情報活用能力育成のための情報処理教育

高橋参吉*, 花川賢治*, 西端律子*, 重井宣行*

Education of Information Processing to Improve Computer Literacy
at College of Technology

Sankichi TAKAHASHI*, Kenji HANAKAWA*, Ritsuko NISHIBATA*, Nobuyuki SHIGEI*

ABSTRACT

Our curriculum includes courses for computer literacy education, in which we teach computer manipulation skill, programming languages and the application of information technology.

Especially, Fundamental of Information Technology, a course for freshmen of the Department of Electrical Engineering & Computer Science to learn computer literacy, is connected with "the Basic Information Technology" at junior high school. In that course the students make "animating statistical graphs" as the final task.

In exercises of the C programming, the students make good use of computer graphics to improve their understanding of the recursive algorithm.

In this paper, we report several case studies concerning the Fundamental of Information Technology, the exercise in the C programming, and so on.

Key Words: Education of Information Processing, Computer Literacy, Programming, Hyper Card

1. はじめに

情報化社会の進展とともに、初等・中等教育での情報活用能力育成の必要性¹⁾や高等教育教育での一般情報処理教育のあり方^{2),3)}について、さまざまな検討が行われている。

さらに、中学校の技術・家庭科の「情報基礎」での教育、高等学校での数学、物理および家庭科での情報教育の経験を踏まえ、高等学校段階での情報教育カリキュラムの研究も進められている⁴⁾。

一方、高専においては、従来から情報処理教育に力を注いでいるが、中学校で「情報基礎」を学んだ生徒が入学してくるなど、高専の教育をとりまく環境が変化してきており、情報基礎教育の必要性が提言されている³⁾。

本稿では、大阪府立高専の電子情報工学科で実施している低学年の情報系カリキュラムについて述べる。さらに、課題作成による情報リテラシー教育およびプログラミング教育について報告する。

2. 低学年の情報系カリキュラム

2.1 情報系科目と基礎教育

本校電子情報工学科の情報系の低学年の科目を図1に示す。ここで、1単位は50分30週である。

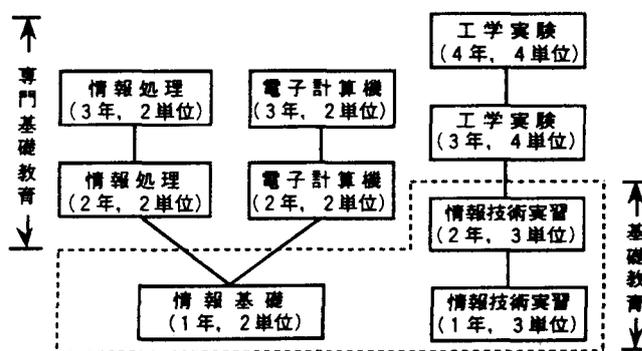


図1 電子情報工学科の情報系の低学年の科目

図1において、1年の情報基礎および1、2年の実習科目を情報の基礎科目として位置付けている。また2、3年の情報処理と工学実験のソフト系テーマを情報の専門基礎科目と位置付けている。

情報の基礎科目では、中学校の技術・家庭科の「情

1996年4月10日 受理

* 電子情報工学科 (Department of Electrical Engineering and Computer Science)

報基礎」との連続性を考慮した内容を実施している。これは、技術・家庭科の「情報基礎」領域が広範な範囲にまたがっており⁵⁾、新入生の知識をならす意味合で「情報基礎」との連続性を考慮した教育を実施している^{6),7)}。しかし最近では、コンピュータに慣れてくる学生が増えているので、基礎的な内容は従来より時間的に少なくなりつつある。

また、専門基礎科目では、C言語のプログラミング技術およびアルゴリズムの教育を主に行っている。座学の一斉授業では、ソート、再帰および検索などのアルゴリズムを全員に理解させることが難しい面もあり、2年次～4年次の授業、実験で特にこれらの点の理解を深めさせる工夫をしている。

このように、基礎科目では、コンピュータのハード、ソフトの操作技能および情報の整理、選択、加工などの情報リテラシーの習得が目的であり、専門基礎科目では、プログラミング技術および基礎的なアルゴリズムの理解が目的である。

2. 2 情報活用と情報系科目

表1に、情報ソフト系の科目内容を示す。

高専においては、情報処理技術者育成という観点から、コンピュータ(ソフト、ハード)の操作技能やプ

表1 情報ソフト系の科目内容

科目名	学年 時間	内 容
情報基礎	1年 60h	情報の意味、リテラシー、情報技術、パソコン操作、OS(MS-DOS, Windows, Mac-os)、構造化BASIC、グラフィックスの課題研究
情報処理	2年 60h	UNIX基本操作、電子メール、Cプログラミング、ネットワーク活用と情報倫理
情報処理	3年 60h	構造化プログラミングとアルゴリズム、ソート、再帰、探索、システム設計(仕様書の作成、課題作成・発表)
情報技術 実習	1年 21h	ワープロ実習(一太郎によるデータ整理)、Windows(図形作成)&Excel実習(統計グラフ作成、課題作成・発表)
情報技術 実習	2年 24h	DTP実習(ハイパーカードなど)、マルチメディア実習(ハイパーカード、課題作成・発表)
工学実験	3年 24h	グラフィックスによるアルゴリズム(ソート、再帰)の検証、FORTRAN実習
工学実験	4年 12h	C言語による英単語検索

ログラミング技術の教育になりがちである。しかしながら、情報の選択、整理、加工、表現ならびに情報の重要性や倫理などの情報活用に関する知識は、情報処理技術者ゆえに必要と考えている。

一方、このような能力は、すぐに育成できるものではなく、各学年でグループ学習などのテーマとして行う必要がある。表1に示した課題作成、課題研究などは、このことを意識したテーマである。

したがって、情報活用能力の育成のためには、

(1) コンピュータの操作技能の教育

(2) プログラミング技術の教育

(3) 情報活用に関する教育

が必要である。

(3)に重点を置いた情報リテラシー教育は、低学年の段階から情報教育の中で、さらに、他の教科とも連携を取りながら情報活用能力の育成を目指して総合情報教育として進めていく必要がある。

3. 基礎科目における情報リテラシー教育

3. 1 情報基礎(1年)

本学科では情報基礎を専門教育としてではなく、基礎教育として考え、中学校の技術家庭科の情報基礎との連続性を考慮している。なぜなら中学校の技術家庭科領域が広範な範囲にまたがるため、新入生が全ての範囲を学習してくるとは限らないからである。

実際、平成7年度入学生では、ワープロ、表計算等のアプリケーションソフトの利用法を学習した学生がほぼ7割、BASIC等の言語を学習した学生は5割程度である。

具体的には、学生の知識や技術を平均化するために、パソコン操作、OS、BASICなど中学校段階でも学習したと思われる内容の復習とプラスαの部分を、グループ学習、課題学習の形で行っている⁵⁾。

また、初期段階では、情報基礎の「情報」の意味あいを広げ、コンピュータも情報を媒介する一つのメディアに過ぎないことを強調している。テレビ、新聞、漫画など身近なメディアを使った情報活用の例を取り上げ、それぞれの特徴や利用法などをまとめることにより、「情報=コンピュータ」というイメージを払拭している。この広い意味での「情報」は、将来的には電子メール、ネットワークなどと結びついて、情報化社会における人間のあり方を考える基礎となるものと思われる。

さらに、1年間を通じて、タッチタイピングを課題としている。コンピュータに慣れるとともに、鉛筆感

覚で文字を打てること、さらには正しい姿勢と指使いにより、肩こり、腱鞘炎などコンピュータ障害から解放することをねらいとしている。最初の2時間でホームポジションと各キーの指使いを教えるが、その後は学生の自主学習となる。年に2回、教員の前でテストを受けることにより、我流を矯正している。また、キーボードと腕がすっぽり入る箱を用意し、全くキーボードを見ることが出来ない状態でタッチタイピングを行っている。平成7年度入学生の場合、1年間で全ての学生が1分間に平均90字打てるようになった。

その他、1種類のコンピュータに固執しないためにMS-DOS、Windows、Mac-OSなどできるだけ多くのOSに触れることや、専門基礎への入り口として、2進数補数演算や論理回路なども内容に含まれている。

このように情報基礎は中学校での情報基礎と専門基礎教育としての情報処理の架け橋の役目を果たしている。

3.2 情報技術実習(1年)

情報基礎のグラフィックスの課題研究のテーマは、昭和63年度から社会科(地理)との連携により実施しているものであり、身近な統計データをグラフィックスで表示し、大阪府データフェアで展示発表を行うものである⁸⁾。平成6年度は、CEC-BASICによる「動く統計グラフ」とExcelによる「分かる統計グラフ」を主題として、3グループずつ合計6グループで行った。

この課題研究の具体的な目標は、

- (1) グループ別に必要な資料を収集する。
- (2) 資料からデータを抽出して整理・加工・分析する。
- (3) 統計グラフをわかりやすく表現する。

である。

さらに、課題研究の授業モデルを図2のように想定しながら、課題作品の作成についての指導を行っている。

図2の授業モデルは大まかには、次の4段階に分けられる。

(1) 「みる」段階

従来の課題作品を見ることにより、自分自身やグループでのテーマの検討、決定につながる。

(2) 「つくる」段階

グループとして必要な資料の収集、整理を行い、全体構成を検討する。グラフ画面の作成・実行を繰り返して、解説を加えて分析を行う。

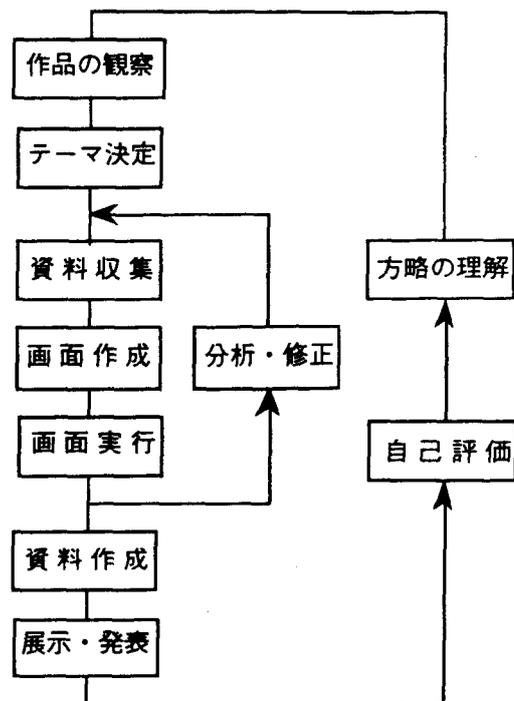


図2 課題研究の授業モデル

(3) 「はなす」段階

作成した課題作品について、解説やまとめの資料を作成する。さらに、その資料に基づき、展示発表を行う。

(4) 「わかる」段階

このように、(1)～(3)の「みる」、「つくる」、「はなす」段階を繰り返して評価することにより、課題研究に対する取り組み方やいわゆる方略に対する理解が生れると考えられる。1年次からこのような課題研究の経験をするのは大きいといえる。

「動く統計グラフ」班と「分かる統計グラフ」班は学生の自主的なグループ編成で約6割が前者の班を4割が後者の班を選択した。

「動く統計グラフ」の基本的な技術指導は、情報基礎のグラフィックスの学習の中で全員に対して行った。さらに、「動く統計グラフ」のグループに対しては、動くグラフィックスの作成方法やマウスで図形を描くとプログラムが自動生成されるグラフィックエディタ⁹⁾の指導を行った。

「分かる統計グラフ」の基本となる技術指導は、情報技術実習(Excel実習)の中で全員に対して行った。「分かる統計グラフ」のグループに対しては、作成されたグラフを1枚ごとに貼り付けるExcelのスライド機能(プレゼンテーション機能)についての指導を行った。

さらに、全員に対して、各自の興味のあるテーマで、課題作成（6時間）を行い、各個人が10分程度パソコンのExcelを用いて課題発表を行った。

これは、「大阪府データフェア」での模擬練習である。また、発表に対しては、テーマ設定、グラフ作成および発表態度に関して、それぞれ学生に評価をさせた。

評価項目は、1. テーマの内容について（テーマ設定はよいか、資料データの収集・整理はよいか）、2. グラフ化について（見やすい・わかりやすいグラフであるか、述べたいことがグラフ化されているか）、3. 発表について（発表態度はよいか、わかりやすい発表か）を30点満点で評価させた。

3.3 情報技術実習（2年）

1年情報技術実習で行っている課題研究を受けて、2年生では一般教養化学科と連携し、情報活用能力を環境教育で育成するカリキュラムを開発し、実践している¹⁰⁾。

環境や環境問題に関心と知識を持ち、人間活動と環境との関わりについて総合的な理解と認識の上になつて、環境の保全に配慮した望ましい働きかけのできる技能や思考力、判断力を身につけ、よりよい環境の創造活動に主体的に参加し、環境への責任ある行動がとれる態度を育成する¹⁴⁾という環境教育のねらいを、各種メディアを利用して情報の収集、選択、加工、発信で実現しようとするものである。

開発したカリキュラムは図3の通りである。「わかる→つかう→つくる」¹²⁾というプロセスをスパイラルに構成することにより、直線型に情報が構成される紙と、非直線型に情報が構成されるコンピュータ（ハイパーメディア）という違うメディアで情報を発信することにより、メディアの特性に応じた情報発信能力；すなわち自分の主張を述べるのに適切なメディアを選択できるセンスを身につけることをねらいとしている。また、前期の情報技術実習では、ハイパーテキスト構造の概念を学習するとともにHyper Talk（プログラミング言語）を使って簡単なスタックを作成している。

実践の評価として、第4次の報告集、第6次の仕様書、第8次のスタックの内容の比較分析を行った。その結果、報告集から仕様書ではより多くのメディアから情報を収集し、多様な観点で加工していたが、仕様書からスタックを作成する段階ではいくつかの情報が削除され、構造も幾分単純化していることが分かった。すなわち、第2次から4次までの1回目の「わかる→つかう→つくる」で得た情報が、5次から7次ま

での「わかる→つかう」で生かされたものの、実際に「作る」段になり、充分発信できなかったと考えられる。これは作業環境の整備、作業時間の確保が必要であると学生のアンケートからも裏付けられている。

しかし、情報収集の段階で、美浜原子力発電所を見学したり、本高専の現状を確かめたり、分析の段階では、テレビや新聞で多く報道されている高速増殖炉「もんじゅ」の事故を自分たちなりに分析するなど、教室の授業の枠を超えた情報を活用していることも分かった。これはスパイラルカリキュラムによって、高次の情報活用能力が育成されたと考えられる。「同じテーマを二通りの表し方で学ぶことができた」という学生アンケートの結果からも明らかである。

以上、2年情報技術実習では1年課題研究を受けて高次の情報活用能力の育成を目指したカリキュラムを実践している。特に、カリキュラムの中でプレゼンテーションは3回あったが、学生の中ではこうすればよいと言う望ましい方法は知っているものの、実際に自分たちでは実行できないことが授業ビデオ分析からも明らかになっている。このカリキュラムは4年生の基礎研究、5年生の卒業研究につながっていくことも鑑み、今後は情報発信の段階に焦点を絞り、情報活用能力の育成を図りたい。

4. 専門基礎科目におけるプログラミング教育

1年次から情報処理教育が進められてくると、特に、2年次のC言語プログラミングの教育では、学生の学習進度に差がでてくる。そこで、学生の興味・関心を持たせるようために、グラフィックスで表示させ教材を利用している。

2年次の情報処理では、グラフィックス教材を作成させる課題で、3年次の情報処理、3、4年次の実験では、再帰、ソートなどアルゴリズムを検証するための課題で、できるだけ学生に興味を持たせるテーマを設定している。

また、実験・実習は、座学では指導しきれない部分を時間をかけ少人数（10数人程度）で教育している。

4.1 情報処理（2年）

2年次で、C言語のプログラミングに慣れさせるためにグラフィックエディタを利用している^{13,14)}。

グラフィックエディタは、マウスで図形を描くとC言語の関数が作成されるツールである。グラフィックエディタでは、マウスとキーボードが扱え、マウス操作で描ける図形は、点、横線、縦線、斜線、四角、連

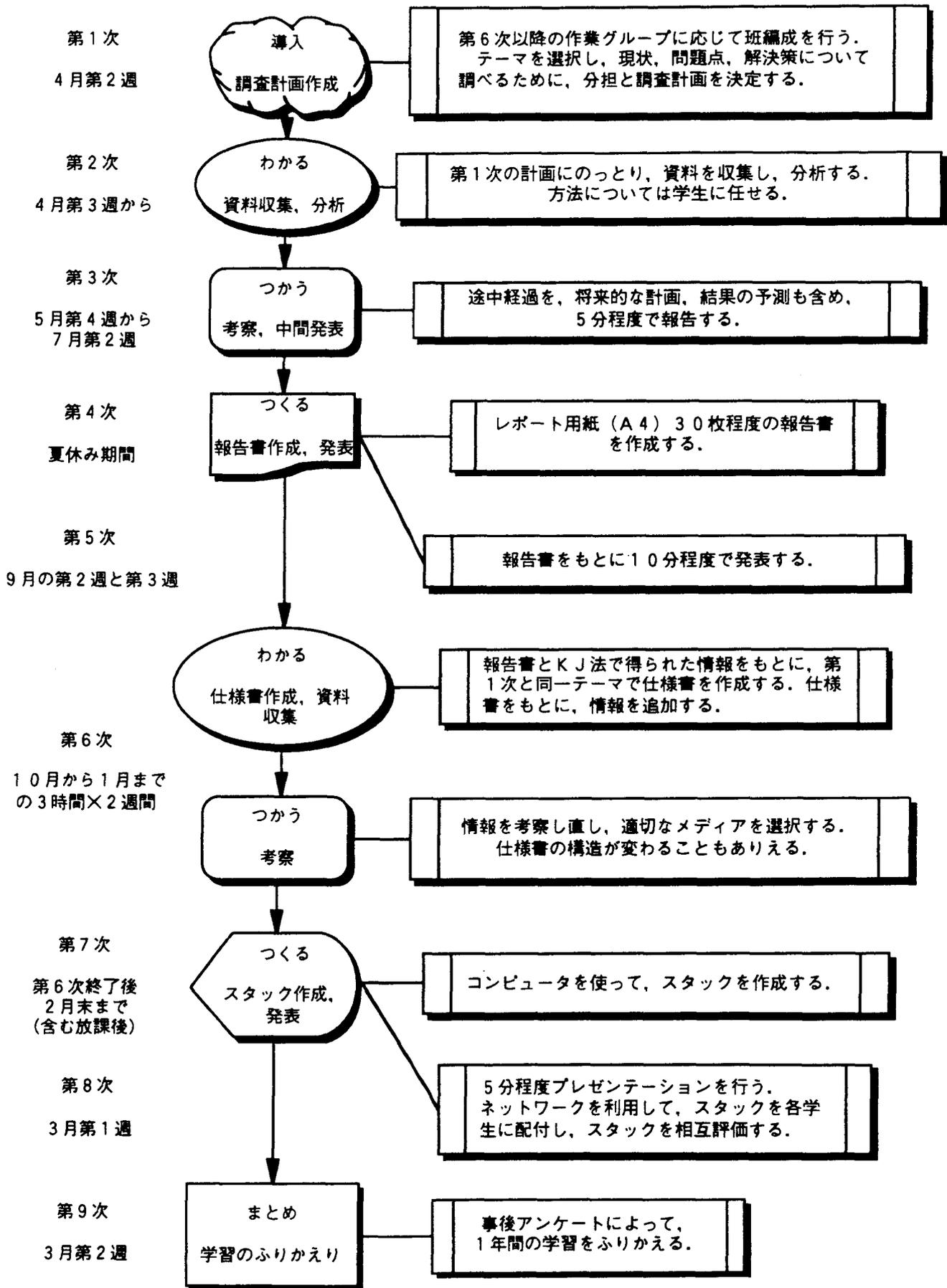


図3 開発したカリキュラム

続線（折れ線）、円、円弧、楕円、楕円弧およびベイントである。

C言語の関数は、BASIC言語の命令と同じような名称の簡易グラフィックス関数¹¹⁾である。特に、動くグラフィックスに必要なグラフィックス画面イメージの配列変数やファイルへのコピーの関数も含まれている。

次に、グラフィックエディタでプログラムを作成する手順を示す。

- (1) グラフィックエディタの円、ベイントなどで絵を完成させる。
- (2) グラフィックエディタを終了し、ファイル名（例えば、TEST）を入力する。
- (3) C言語プログラムは、ファイル名TEST.Cで保存される。
- (4) バッチファイルが作成され、コンパイルされ、そして結果が表示される。

図5に、グラフィックエディタによる作図例、図6に作成されたプログラム（左の図）を示す。

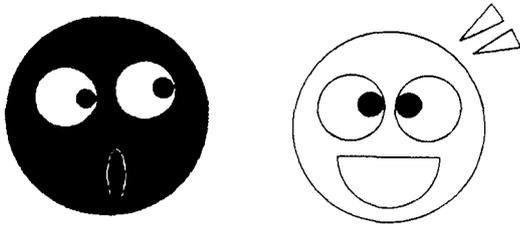


図5 グラフィックエディタによる作図例

```
#include <stdio.h>
#include "egraph.c"

void main(void)
{
    Gset();
    Cls(3);
    Circle(159,129,109,7,0,2*_PI,1,_L);
    Circle(115,110,32,7,0,2*_PI,1,_L);
    Circle(199,101,31,7,0,2*_PI,1,_L);
    Paint(134,109,7,7);
    Paint(202,103,7,7);
    Circle(136,111,10,0,0,2*_PI,1,_L);
    Circle(218,98,11,0,0,2*_PI,1,_L);
    Paint(221,102,0,0);
    Paint(136,115,0,0);
    Circle(169,193,28,7,0,2*_PI,2.86,_L);
    getchar();
    Gend();
}
```

図6 作成プログラム

ここで重要なことは作成したプログラムではなく、IF~ELSE~の制御構造などを教える際に、学生が作成した絵などのプログラムを関数として利用できるこ

とである。

グラフィックエディタを2年次の最初の段階で、学生に2クラスに1時間程度利用させたときの学生の反応を図7に示す。

図7に、グラフィックエディタに興味を持ちましたか？と初心者（グラフィックエディタは役立つと思いますか？という問いに対する4段階（思った、やや思った、あまり思わない、思わない）の回答結果を示す。学科E（38名）は電子情報工学科、学科S（39名）はシステム制御工学科、1年次にともにBASICプログラミングを学習している。

結果から7~8割の学生が、グラフィックエディタに興味・関心を持っており、有効なことがわかった。

この結果を踏まえ、グラフィックスを利用したC言語プログラミングの課題を2年次の後半（基礎プログラムが終わった段階）に行った。その結果、特にプログラミングを苦手とする学生には好評で、プログラミングに慣れる有効なツールといえる。

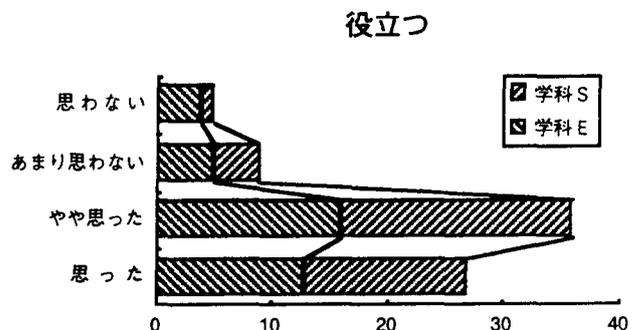
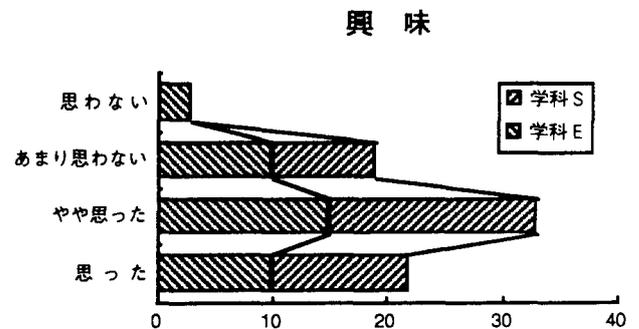


図7 学生の反応

4.2 工学実験（3年）

高学年では、既存のプログラムを活用するだけでなく、自分でプログラムを作って問題解決を行う能力を身に付けさせる必要がある。3年次の工学実験では、再帰呼び出しの理解を目的として、ハノイの塔のグラフィックス表示のプログラムを作成させた。再帰呼び出し

は様々なアルゴリズムの基本になる重要な考え方であるが、少しつまづくと理解が困難になる場合が多いし、理解の困難さにおける個人差も非常に大きい。そのため、全員に理解させるためには実験での個別指導が必要であると思われる。また、再帰の考え方はアルゴリズムの世界に留まるのではなく、ソフトウェア全般を理解する上で重要である。学生に広い視点で再帰呼び出しを理解させるために、C言語とソフトウェア設計とのからみを踏まえて指導を行った。

再帰呼び出しを使ったプログラムの題材を検討するために、代表的な問題、それに解くためのアルゴリズム、それを表現する上での再帰呼び出しの必要性について調べた¹⁵⁾。表2にその結果の一部を示す。

表2 再帰呼び出しの必要性

問 題	アルゴリズム	再帰の必要性
ソート	選択法	なし
	クイックソート	高
配列上の探索	線形探索	なし
	2分探索法	中
リスト処理	-	低
文字列の照合	KMP法	なし
構文解析(CFG)	CKY法	中
グラフ最短路	Dijkstra	低
Nクイーン	バックトラック法	高
8パズル	幅優先探索法	低
ハノイの塔	-	高

一般に再帰呼び出しが1箇所しかない手続きは容易にループを使った表現に書き換えることができる。しかし、再帰呼び出しが複数ある手続きでは、キュー、スタックのような特別なデータ構造を利用する必要があり、非再帰のプログラムを書くのが難しい場合が多い。再帰の学習の題材としては、再帰の必要性が高いクイックソート、Nクイーンとハノイの塔が望ましい。本実験では、学生がより興味を持つと思われるハノイの塔を取り上げた。なお、この表の残りの項目のいくつかは5年次のソフトウェア工学でも学習させている。

本実験に際して、必ずしも再帰を使わなくてもよいという方針を学生に示したところ、4、5人の学生は非再帰のハノイの塔のプログラムにチャレンジした。このように学生に選択の自由を与えることにより、問題に適したアルゴリズムを選択する能力、さらにそのアルゴリズムを書くのに適したプログラミング言語を選択する能力など、実践的な思考力を育成することを試みている。残念ながら、非再帰のハノイの塔のプロ

グラムを書けたものは一人もいなかったが、彼らは再帰呼び出しの必要性をより深く理解したと思われる。

実験は以下の4課題を4時間×3回で行った。

(1) ハノイの塔の最適解を紙に鉛筆で描かせる。

ハノイの塔の問題を理解させ、n枚の塔の移動はn-1枚の塔の移動を含むという再帰性に気付かせる。

(2) 文字出力のハノイの塔のプログラムを作成させる。

どの円盤をどの棒からどの棒へ移動させるかを printf で表示するプログラムを書かせる。

(3) グラフィクス表示のハノイの塔のプログラムを作成させる(図8)。

プログラムが少し高度になり、必要となる関数の引数、変数の関係が複雑になる。変数定義においてC言語の記憶クラスを適切に使わせることを学ばせる。

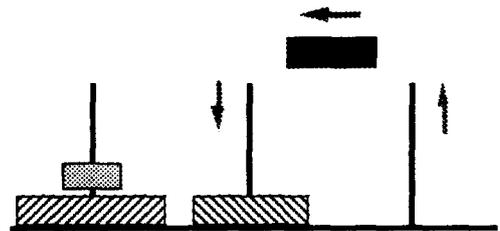


図8 ハノイの塔のグラフィックス表示

(4) スタックの伸び縮みを確認させる。

C言語では、引数、自由変数は関数呼び出し毎に別に確保され、スタックというデータ構造で管理されることを説明し、実際にハノイの塔のプログラムが動くときに、どのようにスタックが伸び縮みするか考えさせる。さらに、プログラムの実行に伴い、スタックポインタのアドレスが変化する図(図9)を作成させる。

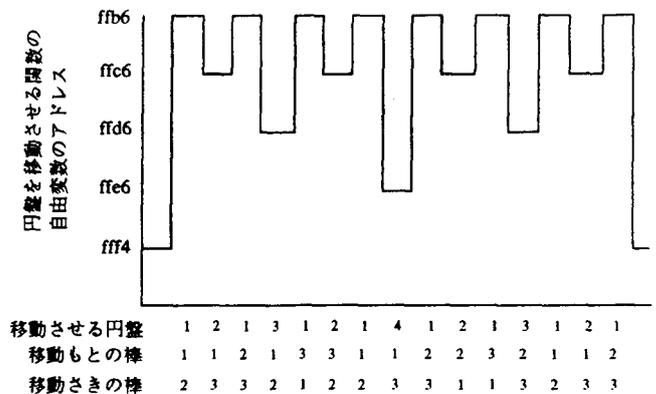


図9 ハノイの塔の実行に伴うスタックの伸び縮み

(1) と (2) によりハノイの塔という問題を解決するためには再帰呼び出しを使ったアルゴリズムが必要

であることを, (3) と (4) により再帰呼出しを実現するためにはC言語のようなスタック機構を持ったプログラミング言語が必要であることを理解させることができた。

3年次では学力差がかなり大きくなっていることを考慮し, (1) ~ (3) は必須, (4) は余裕のある者のための課題と位置づけた。ただし, レポートを評価する際には (4) までできた学生は10点満点, (3) までしかできなかった学生は8点満点で採点した。

(3) までしかできなかった学生と (4) までできた学生は, ほぼ半々であった。

理解に苦勞する学生は, 関数の処理 (HOW) にばかり関心が行き, 関数の機能 (WHAT) を整理するのが疎かになっている傾向がある。そこで, 実験の途中で関数の機能, 引数の意味をまとめたものを仕様書として提出させ, 機能を明確にした上で処理を考えるとという作業の方法をとるように指導した。関数の機能がきっちり整理できるようになった学生は自然と再帰呼び出しも理解できるようになった。このことは, アルゴリズムの世界での分割統治法 (divide and conquer) とソフトウェア設計における部分機能分割法 (functional decomposition) が非常に良く似た考え方であることと関係している。3年次で再帰呼び出しを学習することは, 5年次でのソフトウェア工学のための布石にもなっている。

5. むすび

大阪府立高専の電子情報工学科は, 電気工学科からの学科名称変更に伴い, 平成3年度より新カリキュラムを実施した。5年間が経過し新カリキュラムを検討するために, 現在実施している情報系カリキュラムの科目内容をまとめた。

特に本稿では, 課題作成や課題研究による情報リテラシー教育が必要であることおよび他教科の連携による教育について述べた。また, C言語のプログラミング教育では, グラフィックスを利用した教材例やアルゴリズムの教育例を示した。

文献3) では, 専門の基礎教育として, 情報処理基礎の科目名で, 6単位 (2単位 + 4単位) が提案されているが, 本稿で述べた基礎科目および専門基礎科目がこの情報処理基礎に相当する。内容的には, ほとんどの内要を網羅し, それ以上の内容を取り上げているが, インターネットを活用した教育 (WWWによる情報検索など) は行えていない。

この点については, 平成8年度から新システム (E

WSおよびX端末) およびUNIXの統合型ソフトも導入されているので, このアプリケーションソフトを活用したマルチメディアの情報リテラシーおよびネットワークリテラシー教育を実施する予定である。

参考文献

- 1) 文部省: 情報教育に関する手引き, 1991
- 2) (社) 情報処理学会: 一般情報処理教育の実態に関する調査研究報告書, 1992
- 3) (社) 情報処理学会: 短期高等教育における情報処理教育の実態に関する調査, 1994
- 4) 西之園晴夫 (研究代表): 高等学校段階における情報教育カリキュラムの開発と大学教育の連続性に関する研究, 平成6年度科学研究費補助金 (総合研究 (A)) 最終報告, 1995
- 5) 西端, 高橋: 一般教養としての「情報基礎」の必要性について - 「技術・家庭科」情報基礎領域の分析から -, 高専教育16号, 1993
- 6) 高橋ほか: 情報基礎入門, コロナ社, 1993
- 7) 高橋, 西端, 本田, 磯野: マッキントッシュによる情報リテラシー入門, コロナ社, 1994
- 8) 高橋: 社会科との連携による情報教育の実践に関する研究, 上月教育財団情報教育研究発表大会, 1993
- 9) 高橋, 西野: 動くグラフィックスで学ぶプログラミング基礎, コロナ社, 1994
- 10) 西端・北野「メディアリテラシー育成のためのカリキュラム開発 (II)」大阪府立工業高等専門学校研究紀要, 第29巻, 1995
- 11) 文部省: 環境教育指導資料 (中学校・高等学校編), 1993
- 12) 坂元昂: 「メディアリテラシー」後藤和彦他編「メディア教育を拓く」, 1986
- 13) 高橋, 重井, 乾: Cプログラミング学習のためのグラフィックツールの開発, 平成7年度情報処理教育研究集会講演論文集 (文部省, 大阪大学主催), 1995
- 14) 高橋, 重井, 乾: 動くグラフィックスで学ぶCプログラミング, クスで学ぶプログラミング基礎, コロナ社, 1996
- 15) 石畑清: アルゴリズムとデータ構造, 岩波書店, 1989
- 16) 高橋, 西端, 重井, 花川: 高専における情報活用能力の育成のための情報教育について, 情報通信学会教育工学研究会 (ET-95-52), 1995