

C言語プログラミング教育を支援する グラフィックライブラリーの効果

平塚由花子, 福井 哲夫
(武庫川女子大学生生活環境学部生活情報学科)

Effect of a Graphics Library that C Language Programming Education is Helped

Yukako Hiratsuka and Tetsuo Fukui

*Department of Human Informatics,
School of Human Environmental Sciences,
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663, Japan.*

It is expected that it is effective to introduce graphics into program language education as an exercise. But, in case of C language programming education, there is a problem to employ command system dependent on needing many preparations knowledge and a model of machines. We developed graphic library to solve this problem, and introduced it into C language programming education of our department. We examined whether this graphic library helped C language programming education for 2 years. As a result, it becomes clear that this library doesn't take a burden for guide person of C language and encourages her learning will.

緒 言

本学科では、情報処理教育においてアプリケーションの使い方ばかりでなく、情報処理の基礎となるプログラミング教育にも力を入れている。言語には

- 構造化が明確、
- 実用性(汎用性)が高い、
- 標準化が進んでいる、
- 可搬性が良い

という点でC言語を採用している。

一般に、言語教育に題材としてグラフィックスを導入すると効果的であると思われる。ところがC言語のグラフィックスに関しては、

- ◆ 多くの準備知識を必要とする、
- ◆ 機種に依存しない命令系になっていない

などの問題がある。

筆者の一人福井は、この問題を解決すべく独自のグラフィックライブラリーを試作し¹⁾、C言語教育

に活用する試みを行ってきた²⁾³⁾。

本研究の目的は試作したグラフィックライブラリーの導入がC言語プログラミング教育において有効な支援となったかどうかを明らかにするために行った2年間の調査報告である。

グラフィックライブラリーの特徴

母体は文献4)のBASIC版コア・システム(2次元・3次元)をC言語に移植し、入門者にも利用しやすいように命令系を整備・拡張した¹⁾。

試作ライブラリーの特徴

- ① C言語の入門者にすぐに利用できる <簡易性>
- ② 情報処理教育全体に十分な機能 <汎用性>
- ③ GSPC79標準案コア・システムに準拠 <標準性>
- ④ 学科内のどの計算機でも利用可能 <可搬性>

<簡易性>の具体例としては次の基本プログラム構造およびグラフィック例題の1例を参照して欲しい。客観的に簡易であるかどうかは本研究の結果

として明らかになる。

<汎用性>については本学科の高学年での授業(「コンピュータグラフィック」, 「卒業研究」等)で利用を予定しており, 今後も追跡調査する予定である。なお, 科学技術計算の可視化にも本ライブラリーが利用されている⁵⁾。

<可搬性>については現在動作可能な OS(処理系)は MacOS(ThinkC, Symantec C++), MS-DOS(Borland C++)および UNIX(Xlib)であり, 同じソースファイルが実行可能である。異なる機種で本ライブラリーを使用して教育上問題があるかどうかについては後に議論する。

基本プログラム構造

本ライブラリーの基本プログラム構造を Fig.1 に示す。C 言語を学び始めた学習者がグラフィックを利用するために, 新たに覚えなければならない命令は 5 つである。その他, 図形描画のための命令を十数個覚えるだけで様々な例題を演習できる。

グラフィック例題の 1 例

文字入出力による例題(Fig.2)を考えてみよう。これに対応するグラフィック例題として, 半径を入力して円を描画させる例を Fig.3, 出力結果を Fig.4 に示す。若干プログラムは長くなるがインパクトは大きい。

C 言語プログラミング授業への適用

生活情報学科のカリキュラム

生活情報学科は生活(家政学)領域, 情報処理領域, 文化・社会領域の 3 領域で構成されている。情報処理領域については情報基礎関係, 情報理論関係, 情報技能関係, その他関連理論・実務関係を 4 年間で網羅できるように編成されている。

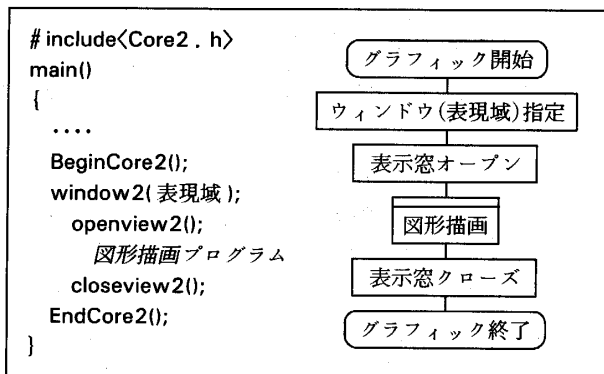


Fig.1. Standard program style at using our graphic library.

特にプログラミング教育には, 将来の実用性やほとんどの計算機で使用可能であることから, C 言語を採用している。基礎プログラミング授業は 1 年の後期から 2 年の前期にかけて実施される。本研究はこの授業において試験的に本ライブラリーを導入した。

その他, 3 年, 4 年の授業や特別演習(卒業研究)においても, グラフィックを使ったテーマなどに利用が予定され, 本ライブラリーは入門から応用(1 年から 4 年)まで一貫して使用することを目的にしている。

学習者モデル

本学科の学生は事前の調査などから, 次のような学習者モデルが想定される。

- 数学の苦手意識が強い。
- コンピュータの基本操作技能は習得している。
- プログラミングを学ぶのはほとんど初めて。
- グラフィックやデザインに関心が高い。

このように, 本研究ではプログラミングを学ぶ準備ができていない学生を対象とする。

```
#include<stdio.h>

main()
{
    double x;
    printf("x=");
    scanf("%lf",&x);
    printf("x+2=%lf",x+2.0);
}
```

Fig.2. Sample program of character input-output.

```
#include<Core2.h>
main()
{
    double r;
    BeginCore2();
    window2(-8,8,-5,5);
    openview2();
    printf2("r=");
    scanf2("%lf",&r);
    circle2(0.0,0.0,r);
    closeview2();
    EndCore2();
}
```

Fig.3. Graphic sample program to be similar in Fig.2.

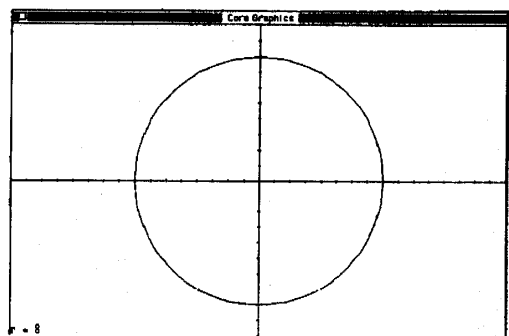


Fig.4. A circle which drawn by program Fig.3.

教育環境

本学科では、Macintosh パソコン 60 台、PC-9801 (MS-DOS, Windows) パソコン 60 台を保有し、1 人 1 台環境で演習ができる。また、数台のワークステーションをサーバとして、ファイルサービス、電子メール、WWW などが利用できる環境にある。

Macintosh ではソフトウェア Symantec C++ 6.0 をハードディスクにインストールし、グラフィックライブラリーを学生用 FD にコピーさせて使用した。PC-98 ではソフトウェア Borland C++ 3.1 とグラフィックライブラリーを共にハードディスクにインストールして使用した。

教育実践の内容

実施したのは 1 年後期の「コンピュータ基礎演習 B」および 2 年前期の「コンピュータ応用演習」であり、Macintosh パソコンを使用し、演習形式で行った。プログラミング演習の内容は通常の C 言語入門とはほぼ同じであるが、初期にグラフィックの基本を 1 時間演習する。C 言語の例題には以後できるだけグラフィックを使った例題となるように工夫した。指導項目を Table 1 に示す。

さらに 3 年次には「コンピュータグラフィック」や「生活情報数学」においても本ライブラリーを使用して教育を行っている。これらの授業では C 言語およびグラフィックは道具として利用される。

なお、どの授業にも常時ティーチング・アシスタント(助手)が 1 人付く。

グラフィック導入の効果

2 年間、試作ライブラリーを使って、C 言語教育の例題・問題にグラフィックを導入してきた。その効果を様々な角度から調べてみた。

調査の方法は大きく、学生の意識を調べるアンケートによる方法と、学生の提出プログラムを分析することによって理解度を調べる方法を使った。

調査のポイント

- グラフィック例題、演習問題は C 言語を学習する上で理解あるいは学習意欲を促進したか。
- グラフィック命令を使用することは学生にとって余分な負担ではなかったか。
- 試作ライブラリーの設計目標である〈簡易性〉、〈可搬性〉は充足されているか。

アンケートによる調査

アンケートは C 言語を約 1 年間学んできた生活

情報学科の学生を対象に 2 年度計 137 人(平成 7 年度 64 人, 8 年度 73 人)に渡って実施し、大きく 4 タイプの質問をした。

- [1] グラフィックを使用した例題と使用しない例題とを比べた意識を直接問うもの。
- [2] テキストの各例題・演習問題について「学習意欲がわいたか」および「理解しやすかったか」を問うもの。
- [3] テキストで使用したグラフィック命令に対する学生の反応。
- [4] C 言語命令や文法の理解度を問うもの。
さらに、3 年生 98 人を対象に次のアンケートを行った。
- [5] 機種の異なるコンピュータで試作ライブラリーを使用した時の学生の反応。

[1]の結果

アンケート [1] は学生がグラフィック例題とそうでない例題のどちらを好むかを調べる目的で実施し

Table 1. Learning subjects of the C language text which used graphic example.

| | |
|--------------------|------------------|
| 「コンピュータ基礎演習 B」 | 「コンピュータ応用演習」 |
| 0 はじめに | 0 はじめに |
| 0.1 プログラムとは | 0.1 本演習の目的と課題 |
| 0.2 プログラミング手順 | 0.2 演習の進め方 |
| 0.3 本演習の目的と課題 | 0.3 C 言語の準備 |
| 0.4 C 言語の手順 | 0.4 基礎プログラミング |
| 1 データの入力と表示 | 1 ユーザ関数 |
| 1.1 C 言語の基本書式 | 1.1 ユーザ関数の例 |
| 1.2 データの型 | 1.2 ユーザ関数の作り方 |
| 1.3 表示関数 | 1.3 引数 |
| 1.4 入力関数 | 1.4 return 文と戻り値 |
| 1.5 データの代入 | 1.5 自動変数 |
| 1.6 計算式 | 2 ユーザ関数(その 2) |
| 2 グラフィック関数 | 2.1 ユーザ関数の独立化 |
| 2.1 グラフィックプログラムの例題 | 2.2 複数のユーザ関数 |
| 2.2 グラフィック基本形式 | 2.3 二重ループ |
| 2.3 ウィンドウとビューポート | 3 配列とポインタ |
| 2.4 主な図形描画関数 | 3.1 文字配列 |
| 2.5 主な図形飾り | 3.2 ポインタ |
| 2.6 グラフィック画面の文字入出力 | 4 2次元配列 |
| 3 構造化 I | 5 自由課題作品作り |
| 3.1 順列(シーケンス) | |
| 3.2 無限ループ | |
| 3.3 条件分岐型 | |
| 4 構造化 II (n 回繰り返し) | |
| 4.1 反復処理型(for 文) | |
| 4.2 条件式のまとめ(論理演算子) | |
| 5 配列 | |
| 6 標準ライブラリー関数 | |

た. 質問では「どちらがおもしろいと思うか」および「どちらが理解しやすいと思うか」を5点評価回答で行った. 結果のグラフをFig.5に示す.

グラフィック例題の方がおもしろいと回答した人は「大変」と「やや」を合わせると約9割, 理解しやすいと回答した人でも約8割という結果を得た. グラフィック例題はやはり興味を引くことが分かる.

[2]の結果

アンケート[2]は, C言語教育「コンピュータ基礎演習B」(以後, 基礎と呼ぶ)および「コンピュータ応用演習」(以後, 応用と呼ぶ)のプリントで使用した各例題および問題に対してどの程度「意欲がわいたか」および「易しかったか」を5点評価回答で行った.

Fig.6が各例題に対する評価(学生の反応)の平均値をグラフにしたもので, Fig.7が同じく演習問題に対する結果である. 縦軸が下から指導した順に例題あるいは問題番号を表す. 横軸は5点評価の普通を中心に-2~2点となるように変換して平均点を棒グラフ表示している. 「意欲がわいたか」を黒, 「易しかったか」を白で示した. したがって, グラフでは普通より正(右)に長いほど肯定的要因として, 負(左)に長いほど否定的な意識として読みとることが出来る.

さて, グラフ結果から難易度意識(白)については, 例題・問題ともC言語の学習内容が易しいものから徐々に難しいものへと移っており, 基礎の5章あたりで難しさのピークが来ている. その後は多少振動しながらある程度の難しさを維持していることが分かる. このことは出題者の意図として喜ばしいものである.

興味深いのは, 意欲度の変化(黒)である. C言語教育の基礎1章では文字による例題で導入し, 2章でグラフィックの基本的な使い方を指導した後, 以後はほとんどグラフィック例題を用いるよう配慮した. Fig.6, Fig.7から明らかに, 文字例題は意欲がわかず, グラフィック例題は意欲がわく結果となっている. ことことは[1]の結果を別の角度から裏付けたことになる.

その他の特徴としては, デザイン的な題材(例題5.1「ランダムドット」, 応用例題2.4「壁紙模様」, 応用問題2)やアニメーション的な題材(例題4.2, 4.3, 演習問題4.2, 5.2)は高い意欲を示した.

ところが, 計算問題やグラフィックを使っても数学的な題材(例題5.2「棒グラフ・折れ線グラフ」, 例題6.1「数学関数のグラフ」)は意欲がわかないとい

う反応となった.

全体として, グラフィック例題がC言語内容の難しさにも関わらず意欲を引き出した結果となっており効果があったとみてよい. 特に, 難しさと意欲がバランスした問題を教育的と考えるならば, 最後の自由課題作品の問題は難しさにおいても意欲においても非常に教育的といえる. 自由課題作品については後で詳しく分析する.

[3]の結果

アンケート[3]では, 本演習で使用した試作ライブラリーのグラフィック命令の中から便利なものあるいは不便なものを選ばせた. 学生にとって「便利か不便か」とは「分かり易いか否か」と理解することもできる. 便利を1, 不便を-1として合計点の結果をFig.8に示す. この結果, 使いにくいと感じているのは主に, 文字入出力命令で, これはむしろC言語命令の問題である. また, 座標軸表示命令が不便とされたのは, 学生のコメントによると数学的で苦手意識が働いているようである.

これらのグラフィック命令はC言語を学習する上では無関係で余分な命令を覚えることになる. それでも, Fig.8より不便さをさほど感じなかった結果から, グラフィックの命令に関してさほど負担ではなかったことが伺える<簡易性>.

[4]の結果

アンケート[4]は指導してきたC言語の命令や文法の中でどれが便利か不便かを選ばせることにより, 教育主題であるC言語の命令がどの程度理解できたかを調べる目的で行った.

Fig.9は縦軸に各C言語項目を指導順に配置している. 横軸は便利を1, 不便を-1とした合計得点で表示している. 結果として, 理解できていない項目は「宣言文 float」, 「数学関数」, 「引数」, 「外部変数」などであった. 「数学関数」については学生の数学に対する苦手意識が強く働いている. 「宣言文 float」, 「外部変数」については説明だけで例題や問題にほとんど使用していないためと考えられる. 引数や戻り値, ポインタについては指導に即ちその工夫が必要であろう.

[5]の結果

アンケート[5]はC言語の演習環境を調査比較するねらいがある. 対象者は3年生で, 1, 2年次にMacOSによるC言語を学び, 3年次に「コンピュータグラフィック」の授業でMS-DOSによるC言語および試作ライブラリーを使用している. 質問は,

C言語プログラミング教育を支援するグラフィックライブラリーの効果

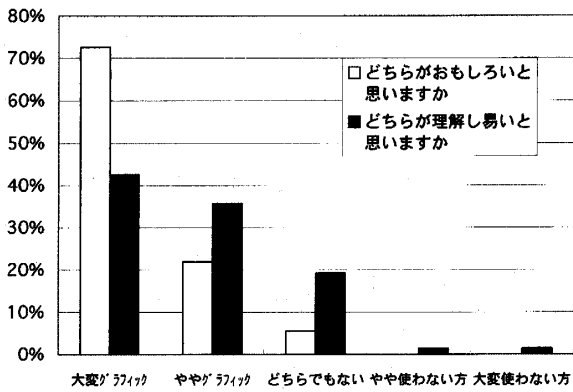


Fig.5. Reaction of the students who compared other example with graphic example.

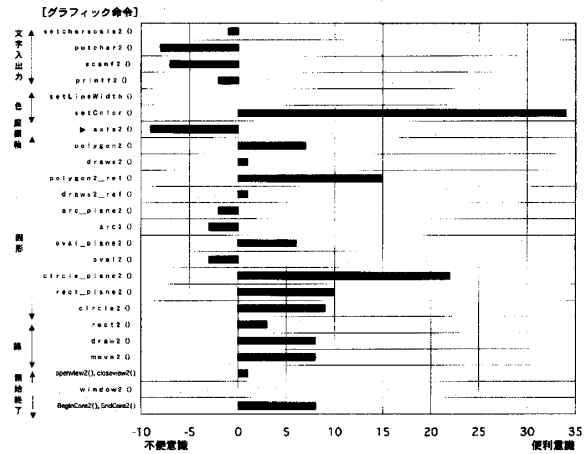


Fig.8. Reaction of students for each graphic command of C language text.

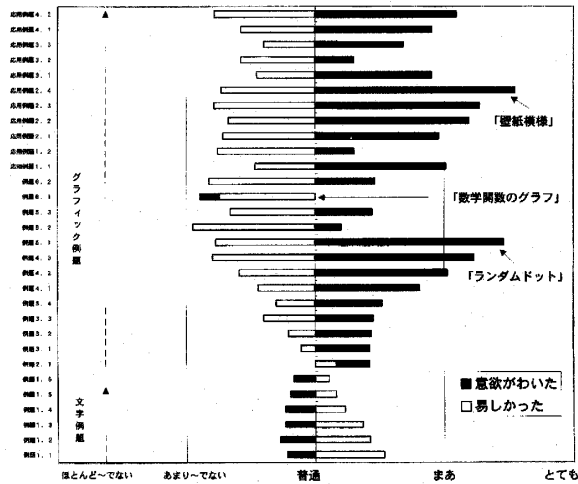


Fig.6. Reaction of students for each example of C language text.

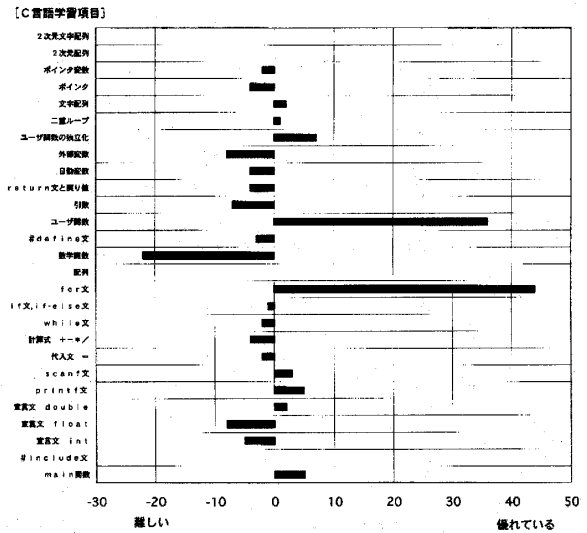


Fig.9. Reaction of students for each learning point of C language.

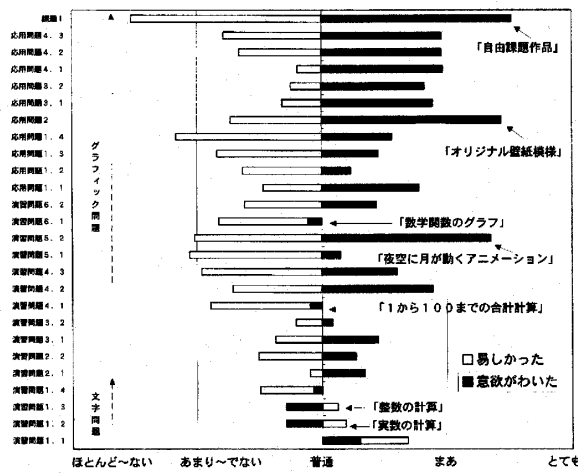


Fig.7. Reaction of students for each exercise of C language text.

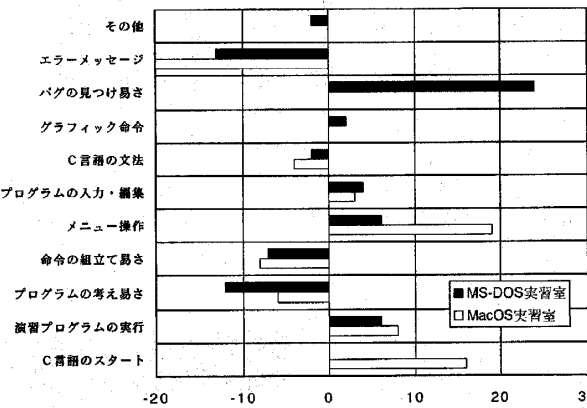


Fig.10. Reaction of students for a difference of each C language exercise environment of MacOS and MS-DOS.

MS-DOS と MacOS を比べ、9つのC言語操作項目 (Fig.10) に対して優れた方、難しい方を選ばせた。結果のグラフは優を1、難を-1の重みを付けて合計を行った (Fig.10)。グラフよりC言語のスタートやメニュー操作(コンパイル・リンク等)はMacOSが優れており、バグのを見つけ易さはMS-DOSの方が優れていると出た。ところが、グラフィック命令やプログラムの考え易さ、命令の組立易さについては大きな差が見られず、学生にとってグラフィックの使い方に違和感を感じない結果となった。このことから、試作ライブラリーの〈可搬性〉が優れていることを表している。

学生プログラムの分析による理解度調査

1年間のC言語の締めくくりとして自由課題プログラムを作らせ、演習の最後に作品発表会を行った。アンケート[2]の結果から、学生にとって自由にプログラムを考えることは難しい反面、やりがい

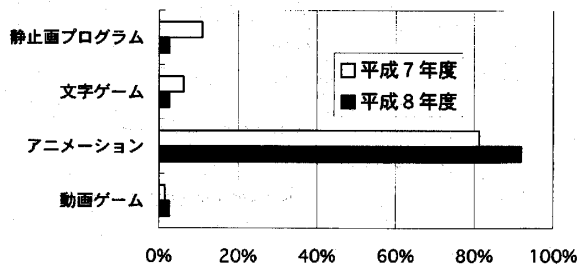


Fig.11. Distribution of free theme program by students.

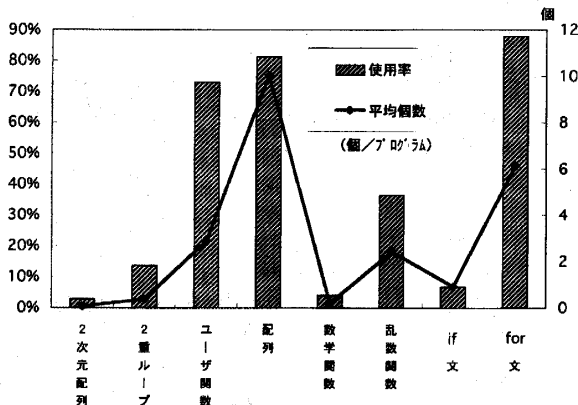


Fig.12. Content analysis of free theme program by students.

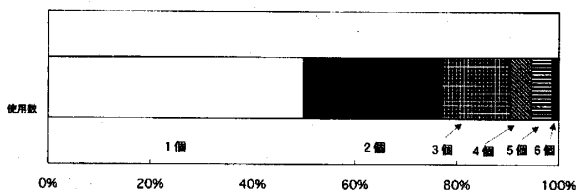


Fig.13. Percentage of dissection file number of free theme program by students.

があることが伺える。発表会前にはかなり熱中していたようで、実習室の空き時間使用は1人1回平均2時間32分であった。その成果あって、平成7年度、8年度とも8~9割の学生がアニメーションプログラムを作るに至った (Fig.11)。プログラムの平均行数は平成7年が144行、平成8年が206行であり、1年間の学習成果としては大作を作ったといえる。プログラム内容も、単なるシーケンシャルなものにとどまらず、7~8割の人がfor文やユーザ関数を使った構造化を行っており (Fig.12)、半数以上がソースファイルを複数に分割して作っている (Fig.13)。また、配列の使用率及び使用個数が高いのは、グラフィックスを使ったプログラムのためで、そのほとんどが様々な図形形状を定義する座標列データの記録に使われていた。

まとめ

グラフィック導入(試作ライブラリー)の効果についてまとめると、

- 本ライブラリーはC言語の入門者に負担を与えず〈簡易〉であった。
- 視覚的に結果が見え、理解を助けた。
- グラフィック例題は学習意欲を高めた。
- 一年間の指導で、アニメーションなど構造化を活用したプログラムが作れるようになった。
- 異なる機種で本ライブラリーを使用した授業(演習)がスムーズに行えた〈可搬性〉。

特に、本学科の学生の意識としては、

- 数学的題材に苦手意識が強い。
 - デザインやアニメーション的題材に関心が高い。
- という特徴が見られた。

今後は、さらに学年が進んで本ライブラリーの高度利用に対しても追跡調査していきたい。

文献

- 1) 福井哲夫, 詫間電波工業高専研究紀要, 21, 75-86(1993).
- 2) 福井哲夫, 教育システム情報学会第20回全国大会講演論文集, 329-332(1995).
- 3) 福井哲夫, 私情協ジャーナル, 4, 24-25(1995).
- 4) 守川 穰, 2&3次元グラフィックス・ソフトの基礎と応用, CQ出版, 東京, 1-221(1984).
- 5) 福間一巳, 福井哲夫, 詫間電波工業高専研究紀要, 21, 87-93(1993).