

職業訓練短期大学校における図形処理教育に関する研究

大阪職業能力開発短期大学校 水田善朗

Study on Graphic Data Processing Education in Polytechnic College

Yoshirō MIZUTA

要約

大阪職業訓練短期大学校では、平成2年開校以来、図形処理及び図形処理実習の授業を行ってきた。図形処理及び図形処理実習ではCADシステム及びコンピュータグラフィックス（CG）ツール作成のための基礎的技法についての理解を深めることを目的として、授業を進めている。

ところで、職業訓練短期大学校あり方検討委員会報告の標準カリキュラムによると、情報システム系では図形処理4単位、ソフトウェア設計実習8単位が設定されている。しかしながら、あり方検討委員会の報告では、具体的な展開例は示されていない。

本論文では、図形処理実習の展開例を示し、標準カリキュラムとの整合性を検討している。

さらに、図形処理実習実施上の問題点を検討している。

その結果、標準カリキュラムの内容を満足していることがわかった。また、プログラムの実行処理時間の短縮が図形処理実習において重要であることがわかった。

I はじめに

1963年にSutherlandのコンピュータによる会話型図形処理システムsketchpadが発表された。この後、情報化社会が進展する中でコンピュータによる図形処理の果たす役割は年々拡大してきた。

例えば、コンピュータグラフィックス（CG）の普及によって、多種多量の図形データを直感的かつ視覚的に理解できるようになった。

このような状況をふまえ、平成2年開校以来、大阪職業訓練短期大学校では図形処理及び図形処理実習の授業を行ってきた。図形処理及び図形処理実習ではCADシステム及びCGツール作成のための基礎的技法についての理解を深めることを目的として、授業を進めている。

ところで、職業訓練短期大学校あり方検討委員会報告（平成3年2月21日）⁽¹⁾の標準カリキュラムが提示された。

職業訓練短期大学校あり方検討委員会報告の標準カ

リキュラムによると、情報システム系では図形処理4単位、ソフトウェア設計実習8単位が設定されている。標準カリキュラムによれば、図形処理については「図形処理の手法について基礎的な知識について学ぶ。【図形変換、座標変換、図形表示、隠線消去、その他】」と示されている。また、ソフトウェア設計実習については「データ構造、アルゴリズム及び図形処理等の知識を基にソフトウェアの設計・制作の実習を行なう。」とある。

しかしながら、あり方検討委員会の報告では、具体的な展開例は示されていない。

本研究では、図形処理実習の展開例を示し、標準カリキュラムとの整合性を検討している。

さらに、図形処理実習実施上の問題点を検討している。

II 図形処理実習実施上の問題点

コンピュータグラフィックス（CG）の主な技法の一つに光線追跡法（レイトレーシング）がある。⁽²⁾

光線追跡法はより写実的な3次元画像を作成する技法である。

しかし、光線追跡法でCG画像を生成するには膨大な計算時間を必要とする。光線追跡法をより高速にする方法として、計算機アーキテクチャの面から高速化する研究が報告されている⁽³⁾。しかしながら、このようなCG専用計算機を図形処理実習で用いることは現段階では予算的に不可能である。

また、光線追跡法をアルゴリズムで加速する方法も提案されている⁽⁴⁾。しかしながら、光線追跡法のアルゴリズムに高速化のためのアルゴリズムを付加すると、プログラムが複雑になり、時間的に図形処理実習での展開は困難となる。

従って、図形処理実習で光線追跡法の実習を展開するためには、高速化アルゴリズムにたよらずプログラムの処理時間を短縮する工夫が必要となる。

III 第1期生の展開例

平成2年度入学の第1期生のカリキュラムでは図形処理を1年後期(4単位)に、図形処理実習を2年前期(4単位)に設定した。

実習内容及び標準カリキュラムとの対応を表1に示す。

表1 実習内容及び対応(第1期生)

実 習 内 容	標準カリキュラムとの対応
1. DDAによる直線の描画	図形表示
2. DDAによる円弧の描画	
3. 二次元のアフィン変換	図形変換 座標変換
4. 透視変換	
5. 三次元のアフィン変換	隠線消去
6. ポリゴンによる立体の回転	
7. ディザ法	図形表示
8. Lambertモデル	図形表示 座標変換
9. Phongモデル	
10. 二次曲面	
11. 床及び球への影つけ	
12. 選択課題	

授業では各実習内容について理論や手法を講義したのち、実際にプログラムを作成しディスプレイ上に表示させている。なお、実習は実習内容の番号順に実施している。「7.ディザ法」ではBayerのディザ法⁽⁵⁾を用いている。「8.Lambertモデル」ではLambertの余弦則を用いて球体を表示している。「9.Phongモデル」では

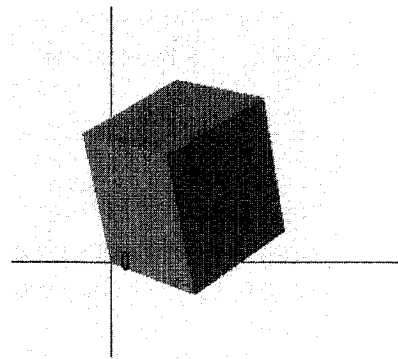


図1 ポリゴンによる立体の回転

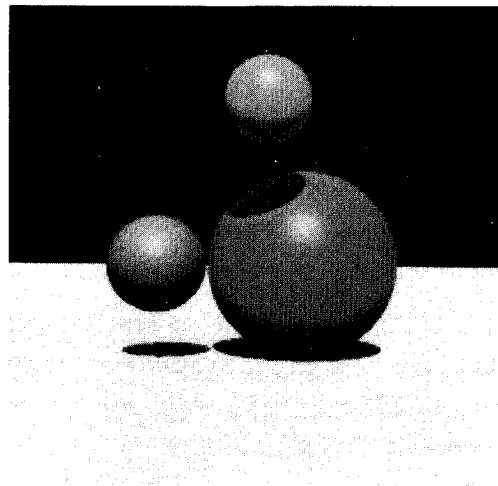


図2 床及び球への影つけ

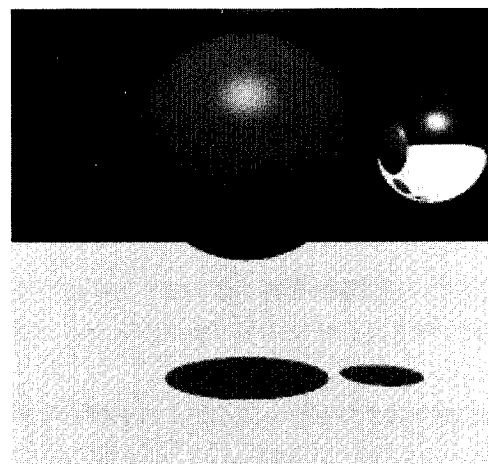


図3 選択課題

Phong のモデル⁽⁶⁾を用いて球体を表示している。

図1、図2及び図3はプログラムの実行例である。

また、選択課題は「鏡面反射球体のレイトレーシング」(実施3名)または「アフィン変換による視線移動後の二次曲面の表示」(実施3名)である。

選択課題は進度の速い学生の時間調整のために設定し、6名が実習を行なった。

表1から、各実施内容は標準カリキュラムの内容を満たしていることがわかる。

図4に図形処理実習の機器構成を示す。使用機器はプログラム作成用パソコン(富士通 FMR-60HX, ディスプレイ 富士通 FMDPC632D2)が20台、表示用パソコン(NEC PC-9801DA, ディスプレイ NEC PC-KD881, サビエンス SUPER FRAME 2)が2台である。使用言語は富士通 F-BASICHG2である。

また、実習形態については実施内容の「1.DDAによる直線の描画」から「7.ディザ法」までのプログラム作成及び画面表示はすべてFMR-60上で行なっている。「8.Lambertモデル」以降の実習形態については図5に示す。図5の実習形態をとるのは、FMR-60HX用のフレームバッファは平成3年当時FBX24(テクネ)しかなく、かつ高価であり、PC-9801およびSUPER FRAME 2を使用する方が、機器の有効利用がはかれ

ると判断したためである。平成3年当時の価格を以下に示す。

FBX24	1,300,000円
SUPER FRAME 2	158,000円

また、ファイルのデータ形式は赤、緑および青のデータを3つのファイルに格納する形式で、それぞれのファイルには「.R」「.G」「.B」の拡張子を持っている。なお、1ドットにつき各色8ビットを使用している。

ところで、PC-9801DAはスタンドアロンであり、FMR-60HXとPC-9801DAとの間でファイル転送できない。そのため、フロッピーディスクでデータを受け渡ししている。

IV アンケートの実施

図形処理及び図形処理実習を学習した学生(本学情報システム科第一期生16名)にアンケート調査を実施した。

表2、表3及び表4にアンケート調査の内容を示す。図6及び図7にアンケートの回答結果を示す。

アンケートの各質問は、図形処理実習の実習内容の

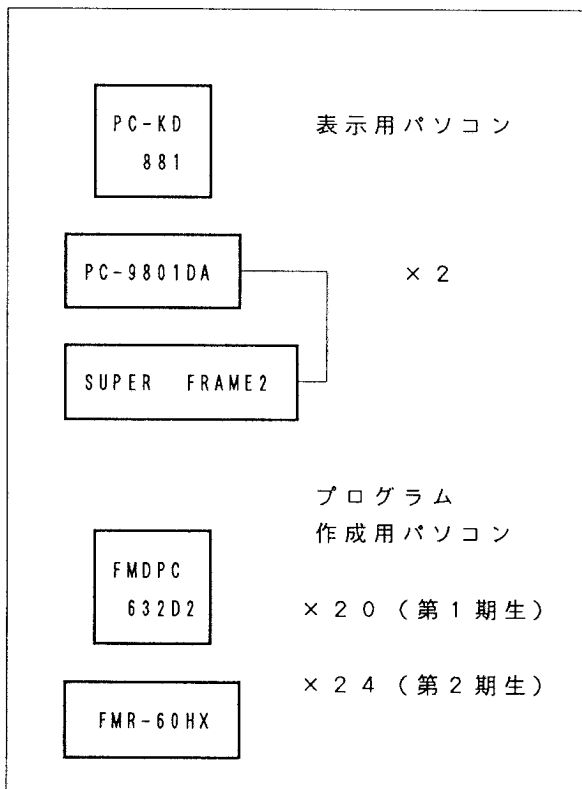


図4 機器構成

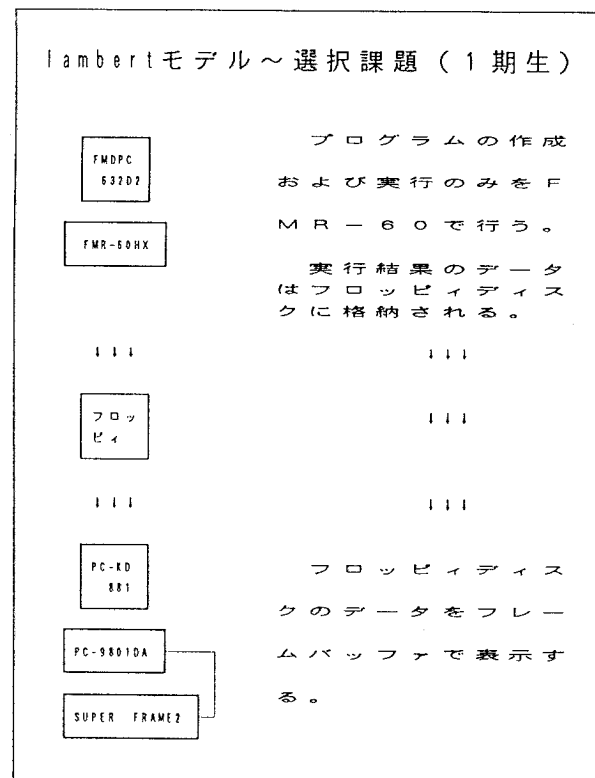


図5 第1期生の実習形態

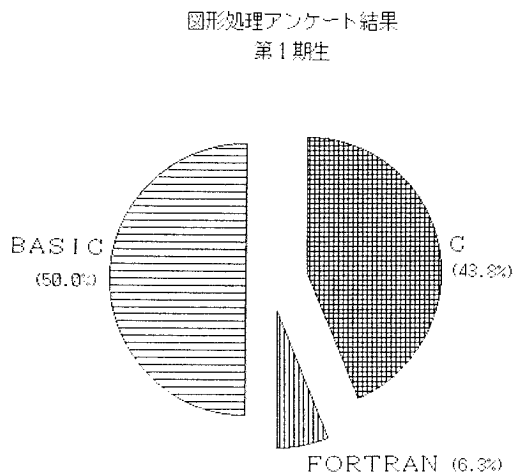


図6 アンケート結果(問1~2)

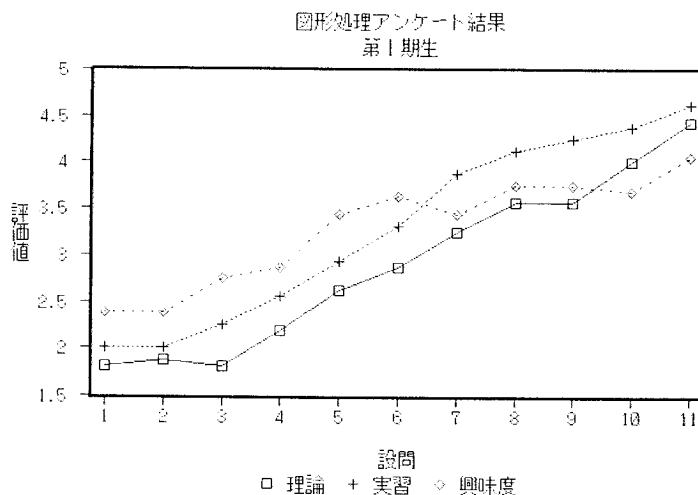


図7 アンケート結果(問3)

表2 アンケート(問1)

問1) 図形処理で学習および実習した各項目の難易度について記入してください。

- 5 …… 難しい
- 4 …… やや難しい
- 3 …… 普通
- 2 …… やや やさしい
- 1 …… やさしい

表3 アンケート(問2)

問2) 図形処理で学習および実習した各項目の興味関心度について記入してください。

- 5 …… 非常に興味があった
- 4 …… 興味があった
- 3 …… 普通
- 2 …… あまり興味がなかった
- 1 …… 全く興味がなかった

実施内容	難易度	
	理論	実習
1. DDAによる直線の描画		
2. DDAによる円弧の描画		
3. 二次元のアフィン変換		
4. 透視変換		
5. 三次元のアフィン変換		
6. ポリゴンによる立体の回転		
7. ティザ法		
8. Lambertモデル		
9. Phongモデル		
10. 二次曲面		
11. 床及び球への影つけ		

実施内容	興味関心度
1. DDAによる直線の描画	
2. DDAによる円弧の描画	
3. 二次元のアフィン変換	
4. 透視変換	
5. 三次元のアフィン変換	
6. ポリゴンによる立体の回転	
7. ティザ法	
8. Lambertモデル	
9. Phongモデル	
10. 二次曲面	
11. 床及び球への影つけ	

構成及び今後の展開に関するものである。

質問に対する回答の形式は選択式と記述式から構成されている。

問(1)の各実習内容に対する難易度のアンケートの回答結果をみると、実習の展開に伴い、難易度が直線的に上昇している。このことから実習の構成順序が適切であることがわかる。

問(2)の各実施内容に対する興味度のアンケート結果から、問(1)同様、実習の展開が進むとともに、興味度が高くなっている。「6.ポリゴンによる立体の回転」の興味度が高くなっているのは、図形表示が視覚的に魅力ある内容であるためと思われる。一方、「7.ディザ法」の興味度が低いのはプログラムが簡単であり、また、8色で疑似階調表示するため、フルカラーのフレームバッファと比べ魅力に乏しいのが原因であると思われる。

問(3)の使用言語に関するアンケート結果では、FORTRAN 言語は少なく、C言語と BASIC 言語がほぼ半数ずつという状態であった。なお、C言語の使用により実行処理時間を短縮しようと考え、問3で言語につ

表4 アンケート (問3, 4)

問3) 今回実習は BASIC で行いましたがこのことについてどう思いますか。一つを選んでください。

1. Cで実習したほうがよかった。
2. FORTRANで実習したほうがよかった。
3. BASICでよかった。

問4) 図形処理の講義および実習について感想を記入してください。

いてアンケートをとった。

問(4)の感想では、「実行処理時間が長い。」(6名)が目立った。以下に主な感想を示す。

- 実行処理時間が長い。(6名)
- 図形を描いたり、動かしたりして楽しかった。(2名)
- 最初のあたりの課題は簡単だった。(2名)
- 最後の課題は難しかった。(2名)
- 課題が多い。(2名)
- C言語の方がいいと思う。(1名)
- FMR-70がほしい。(1名)

V 第2期生の展開例

第2期生のカリキュラムでは図形処理を1年後期(4単位)に、図形処理実習(2単位)を1年後期に設定した。カリキュラムに新たな科目を追加したため、図形処理実習は2単位に削減された。

実習内容及び標準カリキュラムとの対応を表5に示す。

表5 実習内容及び対応 (第2期生)

実 習 内 容	標準カリキュラムとの対応
1. DDAによる直線の描画	図形表示
2. DDAによる円弧の描画	
3. 二次元のアフィン変換	図形変換 座標変換
4. 透視変換	
5. 三次元のアフィン変換	
6. ポリゴンによる立体の回転	隠線消去
7. ディザ法	図形表示
8. フレームバッファ	図形表示
9. Lambertモデル	図形表示 座標変換
10. Phongモデル	
11. 二次曲面	

2単位削減に伴い、第1期生のカリキュラムの「床及び球への影つけ」及び「選択課題」の内容は削除した。また、表5の「8. フレームバッファ」はフレームバッファの概念を学生に理解させるため追加した。

表5から、各実習内容は標準カリキュラムの内容を満たしていることがわかる。

使用機器はプログラム作成用パソコン(富士通 FMR-60HX, ディスプレイ 富士通 FMDPC632D2)が24台、表示用パソコン(N E C PC-9801DA, ディスプレイ N E C PC-KD881, サピエンス SUPER FRAME 2)が2台である。使用言語は富士通 F-BASIC2である。

また、実習形態については実施内容の「1. DDA による直線の描画」から「7. ディザ法」までのプログラム作成及び画面表示はすべて FMR-60 上で行なっている。「8. フレームバッファ」以降の実習では実行処理時間を短縮するため、実行結果のデータをハードディスクに格納したのち、データをフロッピーディスクに移し、表示している。

VI 処理時間の短縮

第1期生の感想の「実行処理時間が長い」への対応として、表5の「7. ディザ法」以降のプログラムで以下のように配慮した。

- (1) ディザ用データ及びフレームバッファ表示用データをフロッピーディスク書き込みからハードディスク書き込みに変更した。
- (2) インタープリタからコンパイラに変更した。

フロッピーディスクの場合もハードディスクの場合も1ラインの計算が終了した時点で、赤緑青の各面のファイルに追加書き込みを行なっている。100ドット×100ドットの場合には100×3(色)=300(回)の追加書き込みを行なっている。

また、ハードディスク書き込みとしているのは、FMR-60HXには拡張RAMカードがなく、RAMディスクが設定できないためである。

上記(1)および(2)で phong モデルの課題(100ドット×100ドット)の実行処理時間は以下ようになった。なお、各時間は学生3名抽出平均である。

インタープリタでフロッピー書き込み	8分3秒
インタープリタでハードディスク書き込み	6分48秒
コンパイラでフロッピー書き込み	4分15秒
コンパイラでハードディスク書き込み	2分54秒

実行処理時間の短縮で、第2期生での2単位削減分を「床及び球への影つけ」及び「選択課題」のみにとどめることができた。

ところで、第2期生からC言語の使用を考えたが、カリキュラムではC言語と図形処理の授業が平行して実施されたため、C言語の使用は見送った。

VII まとめ

大阪職業訓練短期大学校における図形処理及び図形処理実習の展開例を示すとともに、実施内容について、あり方検討委員会報告の標準カリキュラムと比較した。

その結果、あり方検討委員会報告の標準カリキュラムの科目内容を包含していることがわかった。

また、プログラムの実行処理時間を短縮することが図形処理実習において重要であることもわかった。

参考文献

- (1) 雇用促進事業団：“職業訓練短期大学校あり方検討委員会報告”，pp.39-44，(平成3年2月21日)。
- (2) Whitted T.：“An Improved Illumination Model for Shaded Display”，Commun. ACM, Vol. 23, No. 6, pp. 343-349 (June 1980)。
- (3) 成瀬正，吉田雅治，高橋時市郎：“CG 計算機 SIGHT の性能解析”，信学論 (D-II)，J74-D-II, 6, pp. 708-717 (1991-6)。
- (4) Glassner A.：“Space subdivision for fastray tracing”，IEEE Comput. Graphics & Appl., 4, 10, pp. 15-22 (Oct. 1984)。
- (5) B. E. Bayer：“An Optimum Method for Two-Level Rendition of Continuous-Tonpictures”，ICC Conf. Rec., 26-11~26-15 (June 1973)。
- (6) Phong B.：“Illumination for Computer Generated Pictures”，Commun. ACM, Vol. 18, No. 6, pp. 311-317 (June 1975)。