

図学学習のC A I 教材開発

牧野亮哉* , 山本一博** , 藤原浩志***

(2 0 0 2 年 8 月 1 5 日 受 付)

図学を教授する場合, 説明図を板書すると描図の正確さが期待できない上に, 描図のための時間も多くなる。また, あらかじめ説明図をOHPシートで作成しておけば, 上記の問題はある程度改善されるが, 学習者の理解を深めるという面ではあまり期待できない。

そこで, これらのことを改善する一つ的手段として, パーソナルコンピュータのグラフィックス機能を利用して, 提示図を手順を追って示すことを目的として, そのC A I 教材化を試みた。開発した教材は基本的には多人数の学習者に対して一斉授業の形式で, 制作した教材画面を大型スクリーンまたは大型C R T 画面上に投影して授業を進めることを想定した, フレーム型で一種のシミュレーション様式のC A I 教材である。教材内容は, 正投影法による立体図学のうちの, 点の投影・直線の投影・平面の投影などである。

基本的な教材提示の方法は, まず最初に投影対象体の投影環境全体の立体的な関係を把握させるために, 水平投影面・直立投影面を描いて, 投影対象体とともにその両投影面に投影した投影図を立体的に示し, つぎに直立投影面に対して水平投影面を回転させて, 両投影面を同一平面にする処理を行い, 最終的に投影対象体の平面図と立面図を1平面上に描いた, いわゆる正投影図として示すようにした。

キーワード: 図学, 投影図, 教材, 学習, C A I

1. まえがき

第1筆者牧野は本学部(福井大学教育地域科学部)において図学の授業を担当しているが, 図学(図法幾何学)は, 3次元の対象体を2次元表示の図形として1平面上に描図することが基本となっている。そのための投影法には, 正投影法や透視投影法などいくつかの手法が用いられている。いずれの手法を用いるにせよ, 基本的には3次元体のものを2次元図として表現するので, 3次元空間における幾何学関係と投影図として表わされた2次元表示図における幾何学的関係の

*福井大学教育地域科学部生活科学教育講座, **鯖江市立鯖江中学校, ***ホロンシステム(株)

把握が十分でないと、理解が困難となることが多い。

教える立場からは、説明図を板書する場合は描図の正確さが期待できない上に、描図のための時間も多くなる。また、あらかじめ説明図をOHPシートで作成しておくことも行なわれているが、この場合は上記の問題はある程度改善されるが、学習者の理解を深めさせるという面では十分とは言えないことが多い。

そこで、これらのことを改善する一つ的手段として、パーソナルコンピュータのグラフィックス機能を利用することにより、説明図を手順を追って提示することを目的として、図学の教授内容をCAI化することを試みた。開発した教材は、基本的には多人数の学習者(大学生を想定している)に対して一斉授業の形式で、制作した教材図画面を大型スクリーンまたは大型CRTに投影して授業を進めることを想定している。その際に必要な変換処理を表示メニューから選択して、所要のデータ値が必要な場合はキーボードから入力して、その結果得られた教材図を順次に提示する、一種のシミュレーション様式のフレーム型CAI教材である。

当初、第2筆者山本がBASIC言語で制作し¹⁾、その後第3筆者藤原がそれをQuickC言語に書き直した²⁾⁻⁵⁾。

2. 制作したCAI教材の内容

開発した教材内容は、正投影法による立体図学のうちの、点の投影(点の表わし方、点と水平投影面・垂直投影面の関係)、直線の投影(直線と水平傾角・直立傾角、水平跡・直立跡、実長の求め方)、平面の投影(平面の表わし方、2平面の交線、平面のラバット、平面と直線の交点の求め方)⁶⁾⁻⁸⁾などである。表1は、制作した教材についての上記の各内容区分における教材の数などの一覧を示す。各教材は1~8枚のフレーム画面から構成されている。教材図は基本的に、まず最初に対象体の立体的関係を把握させるために、水平投影面・直立投影面を描いて点・線・平面などの対象体を両投影面上に投影した関係図を示し、つぎに描かれた水平投影面と直立投影面を1枚の平面図として構成するために、当初は互いに直交している両投影面の水平投影面を、両面の交差線を軸として直立投影面に対して回転させて、最終的には与えられた対象体の水平投影図と直立投影図を1平面として描いた、いわゆる正投影図として示すようにしている。

投影対象	教材の内容	制作した教材の数	
		BASIC言語	QuickC言語
点の投影	点の表し方 点と水平投影面・直立投影面・副投影面の関係	7	7
直線の投影	直線の表し方と水平傾角・直立傾角 直線の水平跡・直立跡 直線と水平投影面・直立投影面の関係 実長の求め方	9	13
平面の投影	平面の表し方 2平面の交点の表し方 平面のラバット 平面と直線の交点の求め方 平面への垂線の表し方	17	21
(合計)		33	41

表1 制作した教材の内容と教材数

3. プログラム処理

開発した教材プログラムでの処理は、(A) 3次元空間での図形定義、(B) 3次元空間での平行移動・回転・スケーリングなどの座標変換、(C) 透視投影および平行投影、(D) 互いに直交する水平投影面と直立投影面の交差線を軸として、直立投影面に対して水平投影面を90度回転させて1平面として表示させる処理（これを“折り広げ”と呼ぶことにした）、(E) 画面表示領域枠よりはみ出した部分を消去して描かないようにする“クリッピング処理”などであり、基本的には透視投影法によって対象体をワイヤーフレーム・モデルで3次元表示し、それを画面中に設定した変換処理メニューの、1) 平行移動、2) 回転（X軸まわり）、3) 回転（Y軸まわり）、4) 回転（Z軸まわり）、5) 回転（XY軸まわり）、6) 回転（YX軸まわり）、7) 回転（YZ軸まわり）、8) 任意点での回転（YZ軸まわり）、9) 任意点・任意軸での回転、10) 任意点でのスケーリング、11) データの出力（CRT画面上へ）、12) データの出力（プリンタへ）、13) 折り広げ、14) 平行投影、15) 終了、などの中から希望の処理をそのメニュー番号をキーボードから入力することによって選択し、さらに所要データ値を入力することによって所望の処理ができるようにしている^{9), 10)}。基本的なプログラムの流れを図1に示す。

4. 制作した教材フレーム画面の出力例

つぎに、制作した教材フレーム画面の代表的なものを示す。これらの出力図は、CRT画面をプリンタにハードコピーしたものである。CRT画面上での提示では、線種によって色分けしてカラー表示している。以下の説明では、水平投影面をH.P. (Horizontal Plane)、直立投影面をV.P. (Vertical Plane) で表記する。

4.1 点の正投影

第1象限内にある点AをH.P.およびV.P.上に投影して、その後に基線GLを軸としてH.P.をV.P.と同一面になるまで回転させて正投影図とする一連の教材フレーム画面を図2に示す。

(1) 同図(a)は、点AをH.P.およびその面上の任意の位置に立てたV.P.とともに立体的に示したフレーム画面である。a点は点AのH.P.上への投影点、a'点はそのV.P.上への投影点を示している。

(2) つぎに、基線GLを軸としてこのH.P.をV.P.と同一面になるまで回転した状態を、その法線方向から投影した図、すなわち正投影図として示すために、処理メニュー8)番の“任意点での回転（YZ軸まわり）”を選ぶ。この場合の入力データ値としては、まず回転中心点のX、Y、Z座標値、つぎにX、Y、Zの各軸まわりの回転角を入力する。同図(b)はこの処理後のフレーム画面を示す。各描図点を透視変換処理で描かせているので、正投影図上のA点とa点の位置が一致していない。それで、処理メニュー13)番の“平行投影”を選択して、平行投影処理を行う。

(3) この処理の結果、A点とa点位置が一致した正投影図として描かれているのが同図(c)である。

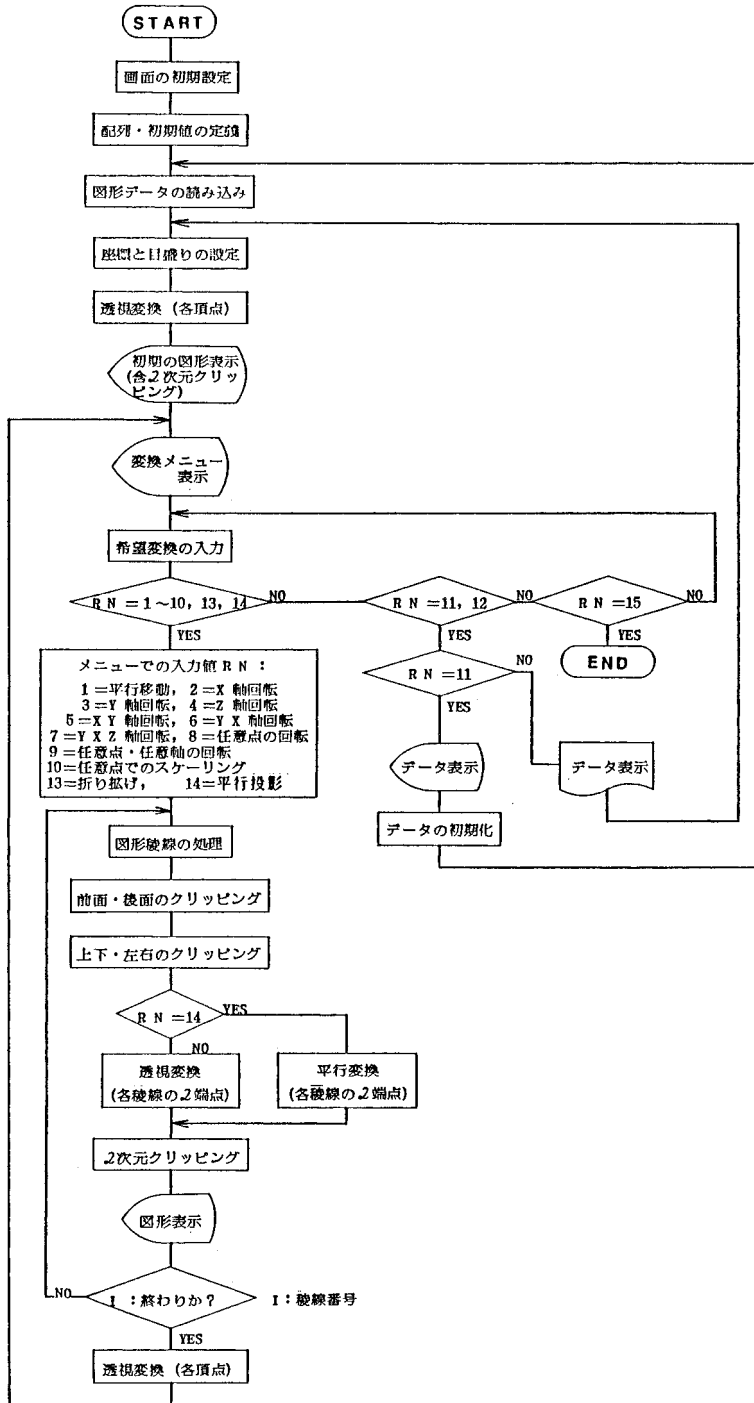


図 1 教材プログラムの基本的な流れ図

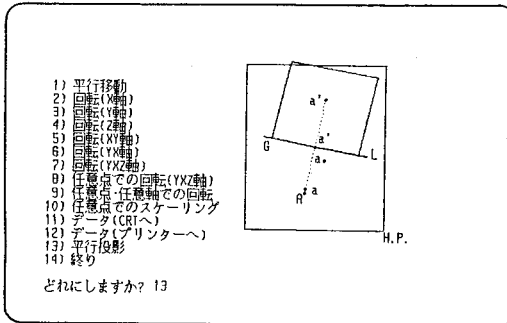
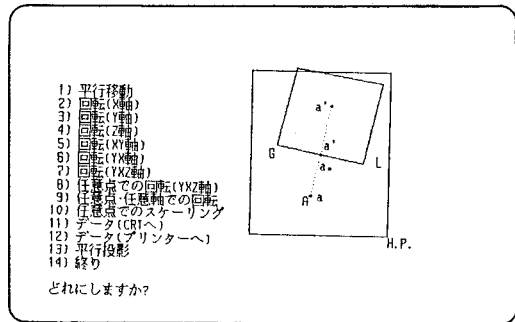
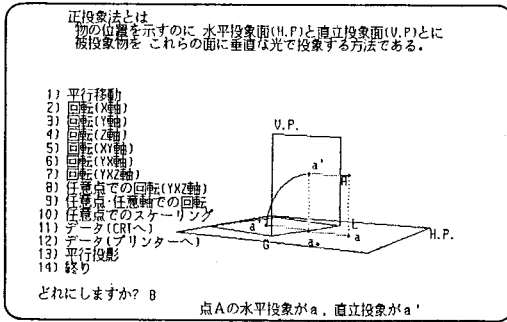


図2 点の正投影

4.2 2点を結ぶ直線の正投影

与えられた2点間を結ぶ直線の正投影図を求める教材例を示す。この教材の中で、与直線がH.P.に対して傾く角（水平傾角）とV.P.に対して傾く角（直立傾角）および与直線の延長線がH.P.と交わる点（水平跡）MとV.P.と交わる点（直立跡）Nについても学習する。図3にこの教材フレーム画面を示す。

(1) 同図(a)はH.P., V.P.とともに、与えられた2点間P-Qを結ぶ直線およびこの直線を両投影面上に投影した関係図を3次的に示す。

(2) つぎに、画面上的の処理メニューから13)番の“折り拡げ”を選択して、H.P.をV.P.と同一面になるまで拡げる。この処理はアニメーション的に行うことが望ましいが、パーソナルコンピュータおよび周辺装置などの性能上の問題から、30度ずつの折り拡げを3回行い、両投影面を1平面にする方法をとっている。同図(b)は、与直線を両投影面上に投影したフレーム画面を示す。

(3) 同図(c)は元の状態から30度だけ折り拡げたフレーム画面を示している。

(4) 同図(d)はさらに60度に折り拡げたフレーム画面を示す。

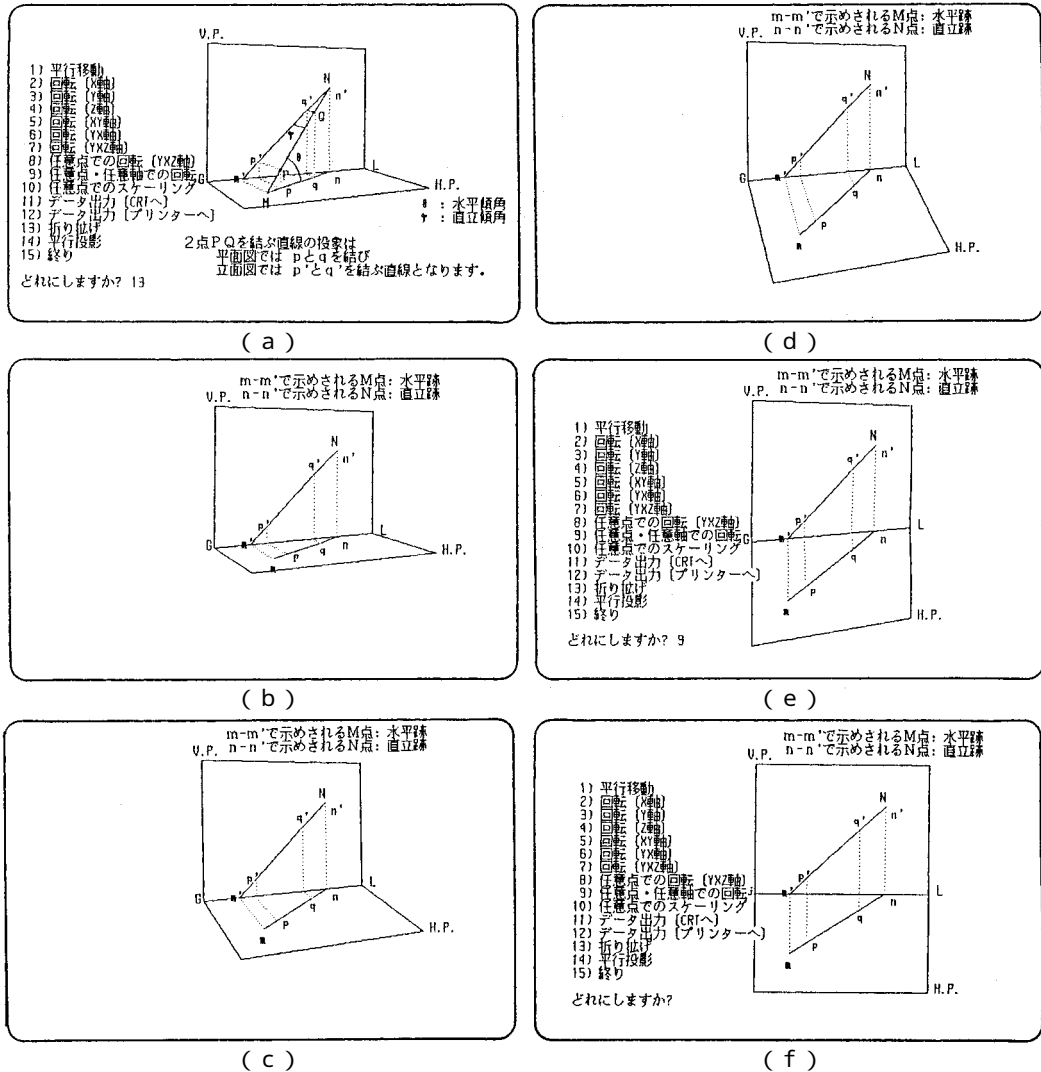


図3 2点を結ぶ直線の正投影

(5) 同図(e)は90度に折り抜けて、両投影面が1平面となった状態のフレーム画面を示す。この状態は折り抜かれた平面を斜め方向から投影した状態となっているので、ここで処理メニュー9)番の“任意点・任意軸での回転”を選び、所定のデータ値を入力して、投影面をその法線方向から投影した、いわゆる正投影図とするための処理を行う。

(6) 同図(f)は、これらの処理結果として得られた2点P-Qを結ぶ直線の正投影図である。図中m・m'で表わされる水平跡Mおよびn・n'で表わされる直立跡Nも同時に投影された状態で求められている。

4.3 傾斜直線の実長を求める作図

H.P.およびV.P.の両投影面に対して傾いている直線の実長を求めるための作図を行う教材例であり、この場合は特に処理メニューの選択をしないで、スペースキーを押すことによってフレーム画面を所定の説明に沿って順次に提示する方法をとっている。

- (1) 図4(a)は直線ABを両投影面上に投影した関係を3次的に示したフレーム画面である。“スペースキーを押してください”の指示にしたがい、スペースキーを押すとつぎのフレーム画面が提示される。
- (2) 同図(b)は直角三角形a b Bを、aを通る鉛直軸のまわりに回転させてV.P.と平行とする。さらに、指示テキストにしたがってスペースキーを押すと次のフレーム画面が現れる。
- (3) 点BのV.P.上への投影点b'から基線GLに平行線b'tを引き、上記(2)の回転させたあとの新しいB点から直線b'tに垂線を下ろし、その点をkとする(同図(c))。さらに、スペースキーを押して次フレーム画面に進む。
- (4) 同図(d)に示すフレーム画面は、点AのV.P.上への投影点a'と前フレーム画面で得られた点kを直線で結べば、この直線a'-kは与直線A-BをV.P.上に投影した結果を示す。したがって、点a'と点kを結んだ長さが求める実長となる。

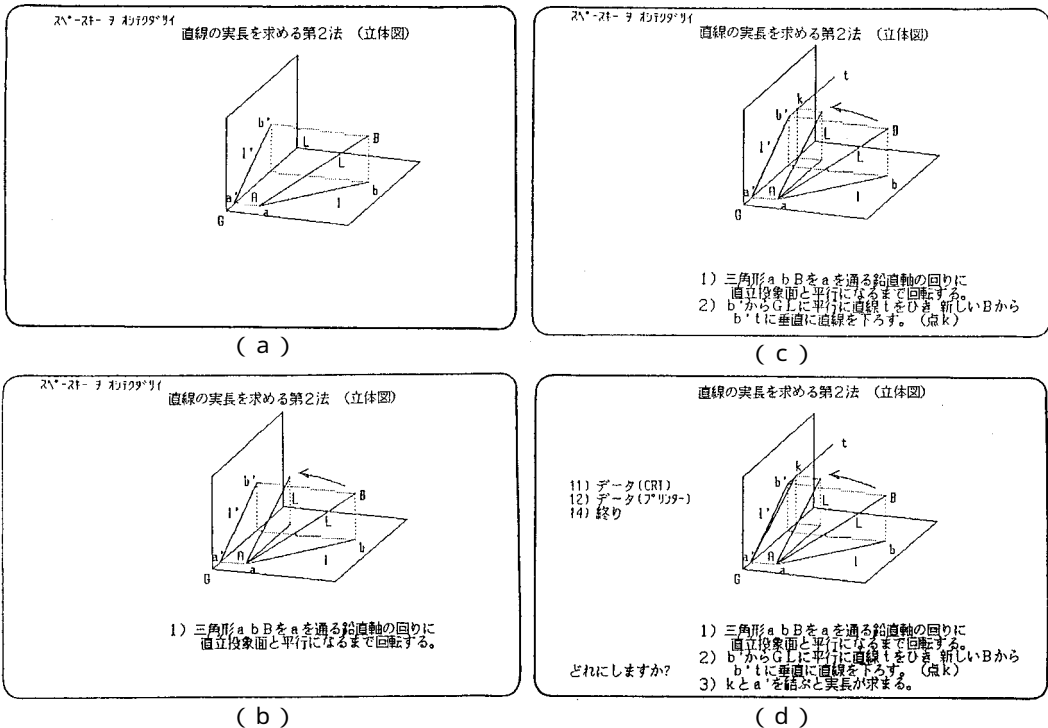


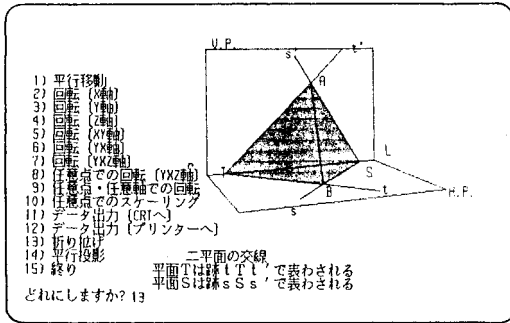
図4 傾斜直線の実長を求める作図

4.4 2平面の交線を求める作図

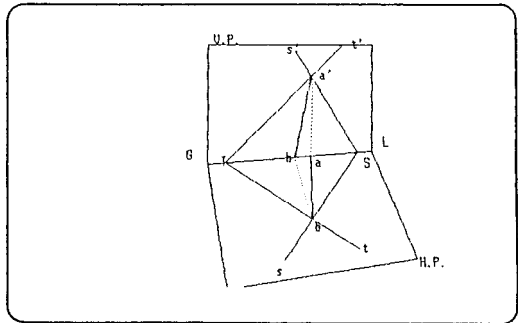
2つの与平面の交線に対して“折り拡げ”処理を行い、正投影図として求める教材例を図5に示す。

(1) 同図(a)は、跡 tTt' で表わされる平面 T と、跡 sSs' で表わされる平面 S との交線 AB は、両投影面上の跡の交点を結ぶ直線として求まることを示すフレーム画面である。

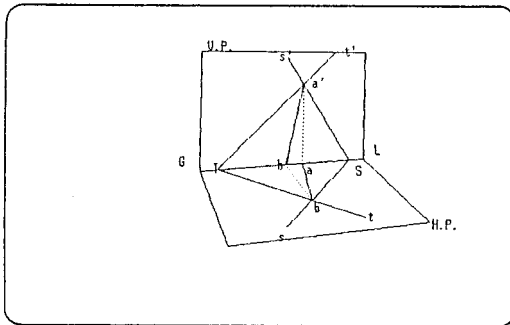
これを正投影図として求めるために、 $V.P.$ に対して $H.P.$ を90度回転させて、同一平面とするための“折り拡げ”処理を行う。そのために処理メニュー13)番を選択する。



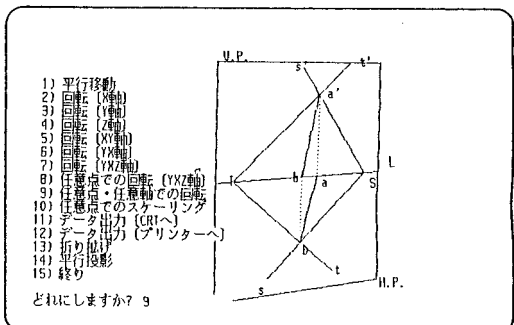
(a)



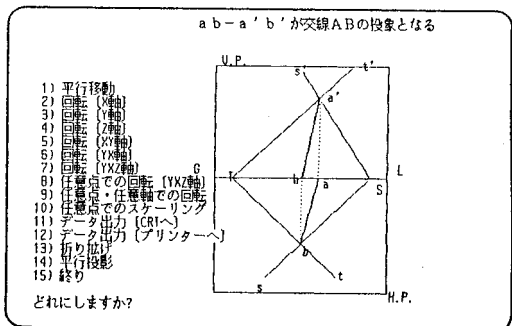
(c)



(b)



(d)



(e)

図5 2平面の交線を求める作図

- (2) 同図 (b) は H.P. を元の状態から 30 度折り上げたフレーム画面を示す。
- (3) 同図 (c) はさらに 60 度に折り上げたフレーム画面である。
- (4) 同図 (d) は 90 度に折り上げて、H.P. と V.P. が同一平面となった状態を示す。しかし、この状態では折り上げられた平面を斜め方向から投影しているため、ここで処理メニュー 9) 番の“任意点・任意軸での回転”を選び、折り上げられた平面をその法線方向から投影した正投影図として描く処理をする。
- (5) その処理の結果を同図 (e) に示す。求める 2 平面の交線の正投影は、 $a - b$ および $a' - b'$ の直線として求められている。

5. あとがき

本教材は一斉授業形式で、教材画面を大型スクリーンまたは大型 CRT 画面に投影して講述を進めることを前提としているので、所定の目的のために、あらかじめ準備した手順に沿って説明を行う場合には、図形変換のためのデータ値を前もって教授者が計算して準備しておく必要がある。

これらの教材開発に際してご助言いただいた、日本ユニシス (株) 栗城章郎氏ならびに福岡佑一氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 石田晴久：マイコン BASIC 入門，日本放送出版協会 (1989)。
- 2) 三田典玄：入門 C 言語 (改訂新版)，アスキー (1990)。
- 3) 三田典玄：実習 C 言語 (改訂新版)，アスキー (1990)。
- 4) マイクロソフト(株)：Microsoft QuickC Compiler Version 2.0 Graphics Library Reference (1990)。
- 5) マイクロソフト(株)：Microsoft QuickC Compiler Version 2.0 C for Yourself (1990)。
- 6) 幸田 彰：図学と製図，培風館 (1984)。
- 7) 平山 嵩，他：図学，培風館 (1978)。
- 8) 磯田 浩，他：工業基礎・図学と製図，サイエンス社 (1984)。
- 9) 佐藤義雄：入門グラフィックス，アスキー (1984)。
- 10) 磯田 浩，他：図学入門 - コンピュータ・グラフィックスの基礎 - ，東京大学出版会 (1986)。

Development of CAI Teaching Material for Instruction of Descriptive Geometry

Ryoya MAKINO*, Kazuhiro YAMAMOTO**, Hiroshi FUJIWARA***

* : Department of Human Ecology and Technology Education, Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University, 3-9-1 Bunkyo, Fukui-shi, 910-8507 Japan

** : Sabae Junior High School, 2-12-1 Koguro-machi, Sabae-shi, 916-0028 Japan

*** : Horon System Co., 2-7-15 Ohte, Fukui-shi, 910-0005 Japan

Abstract

For the purpose of presenting the figures in the instruction of descriptive geometry as a dynamic forms by making use of the graphical function of personal computer, CAI teaching materialization is tried. The developed one are those of frame type and simulative style on the supposition that the teaching is progressing by projecting the developed instructive figures on the large-sized screen or the large-sized CRT at the simultaneous instruction for many learners in the university and so on.

The contents of teaching materials developed are those of projections of point, line and plane by the method of orthogonal projection. Each teaching material are made up by 1~8 sheets of frame picture. The fundamental presenting method of frame pictures of these teaching materials is as follows; at first, in order to let grasp the three dimensional relationship between the horizontal projected plane, the vertical projected plane and the objective body, they are drawn, and after that three dimensional figure in which the objective body is projected on both planes is shown, and then the spreading of the horizontal projected plane to the vertical one in order to make these two projected planes an identical plane, and finally the orthogonal projected drawing in which plan and elevation of objective body are drawn as an one plane is shown.

Key words : Descriptive Geometry , Projection Drawing, Teaching Material, Learning, C A I