

WSによる図学学習支援システム

(平成4年11月30日 原稿受け)

情報工学教室 中山 泰雄
(研究生) 許 軍
自然科学教室 石橋 治生
山口大学情報処理センター 宗近 孝吉

CAL System for Descriptive Geometry

by Yasuo NAKAYAMA
Xu Jun
Haruo ISHIBASHI
Koukichi MUNECHIKA

Abstract

図学の基礎教育にWSを利用するシステムを開発した。製図板をCRT画面に置き換え、画面状の定規とコンパスをすべてマウスを用いて操作し作図する方式である。作図の過程に重点を置き、作図の正しさ、作図の順序を判定する機能を備え、作図結果を評価し判定を自動的に行うことも考慮できる方式とした。多人数教育の場で有効なシステムである。

We have developed Computer Assisted Learning System for Descriptive Geometry. The difference between popular CAD system and our system is to evaluate the process of drawing.

On the screen shown twelve icons, user handle a cursor on the CRT display with only a mouse instead of rulers, compass and drawing board. In this system, the software compared the student's answer with the teacher's correct answer. For the study of descriptive geometry, it is important to learn the way of drawing in order. Teacher can label for drawing in order of data. Then we can check and evaluate student's answer on the CRT display.

1. まえがき

計算機の普及に伴い、大学教育の場でもCADの利用が始められている。しかしながら、図学教育の場合は、CAD以前に図学の基本を学生に習熟させることが重要であろう。

作図のための既存ソフトウェアでは、図形そのものを如何に速く、如何に便利に描くか、と言うことに重点をおいている。本システムでは、図形を描くのが目的であっても、作図の過程に重点をおいたものである。

我々は計算機のCRT画面を製図板に置き換え鉛筆と定規、コンパスをマウスにかえて、図学の多人数教育を

行う方式を試作した。この方式は、先ず製図板上で三角定規と平衡定規で直線を引き、コンパスで円を描く方法をCRT画面上でシミュレートすることにより作図する。次に学生の作図結果をネットワークにより、出題者が直接自己のWS上で評価する。さらに作図結果と模範回答との比較による、自動判定を行う等の機能を持つシステムである。

2. システム構成

使用するWSは Apollo Domain Model 3100 である。記憶容量は 4 MB または 8 MB であり、画面の大きさは 1000×700 ドットである。現在は工学部情報工学教室の

学科教育用として70台設置されている。システム開発用言語はC言語を用いてある。

3. 機能

操作の基本はすべてアイコンとマウスを使用することで行える。アイコンは11種類用意しており、画面の上部に表示してある。図1にそれを示す。

- (1) データ保管
- (2) 作業取り消し
- (3) 線タイプの変更
- (4) 消しゴム
- (5) 線を引く
- (6) コンパス
- (7) 三角定規A
- (8) 三角定規B
- (9) 平行定規
- (10) プリント出力
- (11) 終了
- (12) 順序ラベル付け

それぞれの機能は

- (1) ディスクにデータをセーブする。
- (2) 既に描かれている線や円などを指定して消すことに使う。
- (3) 太線、細線、破線、一点鎖線（コードがそれぞれ、1.0、2.0、3.0、4.0に対応）の中から選ぶことができる。
- (4) ボックスをマウスで指定し、その範囲内の図形を消去する。
- (5) ペンを三角定規または平衡定規にあてて、線を引く。
- (6) 中心点と半径を指定し円または円弧を描く。
- (7) 三角定規Aの移動や回転をさせる時に使用する。移動中に、他の定規またはペんに接触すると、自動的に回転する。定規どうしの辺と辺を接触させるときに便利である。

- (8) 上と同じ機能で、三角定規Bについて
- (9) 上下にのみ動く。主に、水平線を引く時に使う。
- (10) ハードコピー装置に出力する。出力のさいに、アイコンや定規などは表示されない。
- (11) プログラムの実行を終了させる。
- (12) 教師用にのみ表示する。

4. 利用法

4.1 基本操作

本システムの利用では、すべての操作をマウスで行う。利用者が、システムを起動した時の初期画面を図2に示す。最初に画面上では矢印が現れるからマウスによりアイコンを選択し、操作を始める。

いくつかの操作例を以下に述べる。図2の実行画面で直線を引くには、アイコンの左から5番目を選びマウスの左ボタンをクリックする。図で示したペンが操作出来るようになり、これを3つの定規のいずれかの辺に移動させ、左ボタンをクリックする。そこから、その辺に沿って、ペンが移動し直線が引ける。直線の終点は再度左ボタンのクリックにより指定する。この時、左ボタンをクリックすると、取り消しを行うことが出来る。

次にコンパスで円または円弧を描くには、コンパスの記号で表示したアイコンを選び、マウスの左ボタンをクリックする。ポインターになるペンを操作し、円の中点を指定し、左ボタンをクリックする。円を描くにはそのまま再度左ボタンをクリックする。円弧の時はマウスを動かし、任意の角度の円弧を描き、左クリックで決定する。

三角定規を使用するには、アイコンで定規のシンボルを選び、左ボタンのクリックにより操作が開始出来る。左ボタンのクリックにより左に回転、右のクリックにより右に回転する。また、移動中に他の定規やペんに触れると、自動的に回転する。これを利用し、他の定規の辺に沿って接触させ、左ボタンを押したままにすると、そ

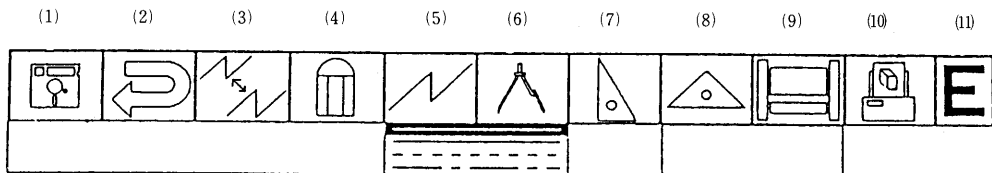


図1 アイコン

の辺に沿って平衡移動出来る。ボタンを離すと平衡移動状態から抜ける。

また矢印が表示される状態に戻るには左ボタンを押しながら右ボタンを押し、そのまま左ボタンを離す。

このようにして、マウスの操作を続けることにより、製図板上での定規とコンパスによる作図と同じ感覚で、CRT画面上において作図が行える。図3は課題図を作

成したCRT画面の1例である。

4.2 利用法1

前述の利用法では、単に製図板をCRT画面に置き換えただけのことであり、製図結果はハードコピーに出力したものを提出することになり、従来の教育法に比較して、大差は無い。少し進んだ利用法として、作図画面データを学生が教師用ファイルに転送することで、ペー

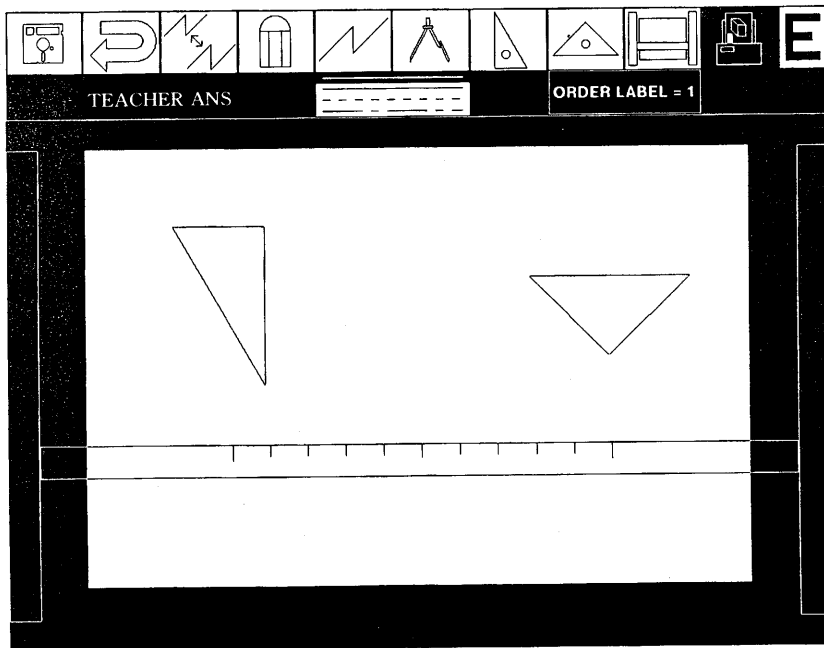


図2 初期画面

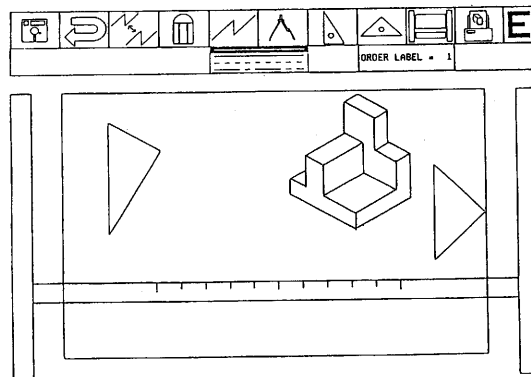


図3 課題作成画面

パース方式をとることが出来る。この場合いわゆる、レポート提出ファイルと同様の処理となる。教師は学生の作図データを自己の画面に呼び出し結果の評価を行うことになる。但し教師の負担は軽減しない。

4.3 利用法 2

つぎに課題図形の自動評価について述べる。まず教師は出題する図形を本システム上で作成する。これを基線及び必要であれば始点（図形の描き始め）を与えたものを課題ファイル上で準備する。それと共に教師は模範回答を作成する。図4にその図を示す。学生は課題による

3画面を作成する。その図をネットワークによりレポートに転送する。実際は画面の作図データをファイルとして転送することになる。作図結果と模範回答のデータが一致すれば正解とする。この方法により教師は、学生の回答を画面上で見ることなしに或る程度の評価が出来る。

この場合、学生自身が模範回答との比較を行えるシステムとしておけば、自習システムとして利用出来ることになる。

図5は図4の課題により学生の作成した画面のハードコピーである。定規の図はハードコピー上には現れない。

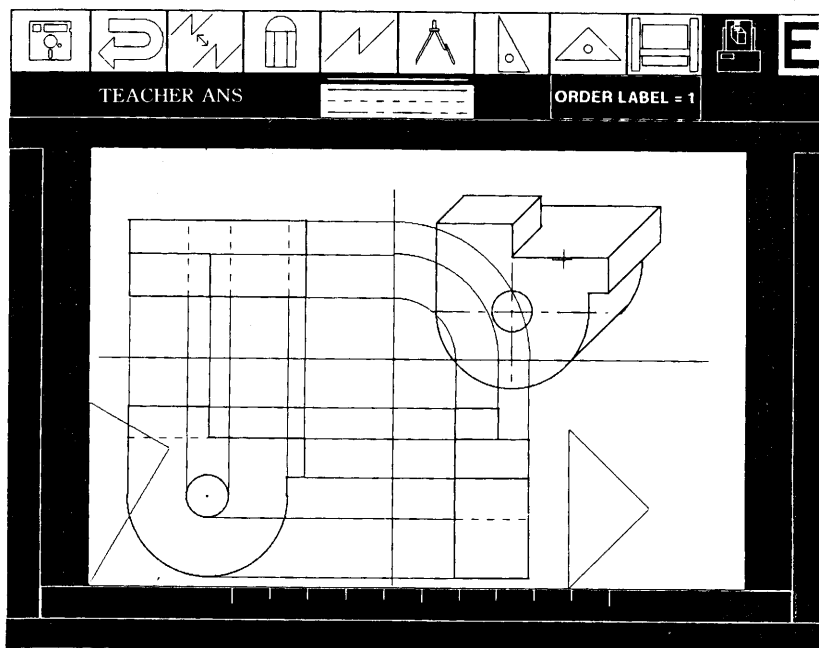


図4 模範回答

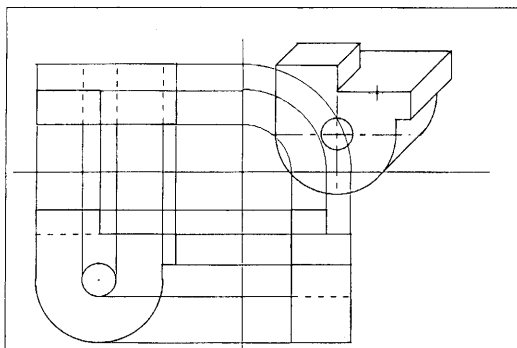


図5 学生レポートハードコピー

必要であれば、これを提出する。

ここで作図データの内部構造を次に示す。データはすべて倍精度であり、8バイトで構成されている。直線の場合は図5.1のように構成されている。

1.0	線タイプ	X1	Y1	X2	Y2	-	-
-----	------	----	----	----	----	---	---

図 5.1 直線のデータ

最初の1バイト目は直線を表すコードである。線タイプはアイコンの機能(3)で選ぶものである。X1, Y1は直線の始点, X2, Y2は終点の座標を表す。7バイト目はダミーである。8バイト目は教師用であり、順序ラベルが格納される。学生用はダミーとなる。

次に円を描くためのコンパスの場合を図5.2に示す。

2.0	線タイプ	X	Y	r	ba	ca	-
-----	------	---	---	---	----	----	---

図 5.2 円のデータ

1バイト目の2.0はコンパスを表すコードであり, x, yは中心の座標, rは半径, baは開始角度, eaは終了角度をあらわしている。線タイプには4種類あるが、寸法線は教師と学生で一致する必要はない。外形線と隠れ線(破線)は出題者と回答学生の線タイプが一致することを判断する必要がある。

このシステムでは、画面でのマウスの操作上、2.3ドットの誤差が生じることはやむを得ない。このためデータの一致では、座標データの値が誤差の範囲内で一致すれば、正解としてある。さもなければ、回答図形は誤りとして、画面上にメッセージを表示する。

例えば

```
*****
*** 正解です。次の学習に進みましょう。***
*****
```

または

```
*****
*** 君の画面は誤りです。よく復習して ***
*** 理解できたら、再度作図して下さい ***
*****
```

と表示する。

4.4 順序付け

前節の評価は単に画面の一致のみを判断するものである。漢字の筆順にあたる、図形の作図についての筆順的なものを考え、この順序を正解と比較出来れば学生の答案図形の自動判定が尚充実したものになる。

これは機能のアイコン(12)に示した順序ラベル付けを用いる。出題の模範回答作成において、起動時の順序ラベルの初期値は1である。今、投影図を描くとすると、与えられた図形は其中でグループ1に属し、これから作成された投影図はグループ2に属することにする。このように、ある図形の作成後でなければ、次の図形が作成出来ない時、これをそれぞれグループにまとめておき、順序レベルを付加する。1連の作図過程で、次のグループに移る時に(12)のアイコンをクリックすることにより順序付けが出来る。

判定の方法は、

(1) 学生の作図データと順序ラベル付け模範回答のデータを用意する。

(2) 学生のデータの先頭から回答データと照合し、許容範囲の誤差を考え、一致するものを検索しその順序ラベルを配列Aに格納する。

(3) 学生のデータが模範回答のデータに無ければ、それは不必要なデータになる。模範回答に検索されないデータであれば、それは学生側に不足しているデータとなる。さらに、前述の配列Aには、学生側の作図データの順序関係が正しければ、昇順に順序レベルが格納されているが、そうでない場合は、その昇順になっていないところで、順序が誤りと判定される。

(4) この結果の評価は、そのまま教師のファイルに一覧表として作成することも出来、また学生自身が作図結果を取り出して、学習の自己評価の助けとすることも可能である。これらはWSのネットワーク機能を十分に活用することにより、自由に扱えることになろう。

出題図形を多数作成し、これを登録しておくことで、番号の指定により個別出題ができる。また課題を難易度に応じた構造としておくことで、判定による学習のフィードバックも可能である。

5. むすび

本システムは当初IBM6100によりAIX上で開発を進めて、基本的な動作は完成した、CRTはカラーであるため定規類は色付けをした。但しこのWSは情報科

学センターに設置され、台数が限られているために学生教育用には公開出来ない恨みがあった。そのため、工学部情報工学教室の Appolo Domain に移植を行い、6100 と同様の機能を持たした。但し今後の開発上モノクロ画面とした。さらに追加機能として順序ラベル付けを開発した。

今年度に至り、情報科学センターに SUN の X 端末が多人数教育用に導入された。これに対応するため現在 SUN 上への移植が進行中であり、ようやく全学生の基礎教育に利用出来る状況が近づいた。尚 PC 9801 にも移植したが、これは CRT の解像度の関係で実用には程遠いものとなった。

尚、山口大学情報処理センターの NEC 製 EWS 4800 上にも移植を進めている。

本システムは紙の上の実際の作図作業と種々比較したが、ややこのシステムでは作図時間がかかる状況である。

省資源の立場から、また製図台の数に制約されないなどの利点も評価出来るであろう。

本研究については、日本図学会九州支部会員から多くの示唆を頂いた。プログラムの作成にあたっては、九州工業大学電子工学科平成元年度卒業生登松史温君、情報工学科平成3年度卒業生井口博君及び中国人研究者顧恵分氏に負う所が多い。併せて感謝の意を表します。