島根大学教育学部紀要（教育科学）第19巻　79～86頁　昭和60年12月

図学教育における投影図形認知のためのコンピュータの利用法

大　國　博　昭*・福　島　　誠*

Hiroaki OGUNI and Makoto FUKUSHIMA

A Method of Computer Assisted Instruction for Recognition of Projections in Descriptive Geometry Education

I　は　じ　め　に

図学は，理工系大学・学部の教養課程あるいは短大，高専などにおいて，一般教育科目や基礎教育科目，もしくは専門科目として広く開講されており，重要な科目の一つとして考えられている。

また，本学部のような教員養成機関においても，製図領域の中で，「図学・製図を別々の授業科目とし，かなりの単位配分をし，しかも必修として課している[1]」のである。

図学は図法幾何学の略称であって，主として，三次元の空間図形（立体図形）を，初等幾何学や射影幾何学などの諸定理を理論的根拠とし，それを二次元の平面上にいかに適切に図表示するか，という客観的方法や，その図形の幾何学的性質を考究する学問といえる。

このように図学は，平面図形や立体図形を作図的手法を通して考察することを主たる目的としていることから「①基礎的な平面図形，②作図的手法，③立体の概念およびその表現法」などがその対象となる[2]。

従って，図学の学習では「正しく作図ができること」が重要となり，「作図ができる」ためには，図形の諸性質，概念にもとづいて，論理的に順序よく幾何学的推論ができ，また，その推論の過程が正しく表現できることが必要となる。

図学教育の目標は，図学の学習を通して習得されたものを基礎として，各専門分野に，例えば，工業製図における基礎知識・製図技術として，これを応用することは言うまでもないが，さらに学習の過程において，空間的・立体的観念の養成，緻密さ及び創造的思考力の基礎を養うこととともに，精密な作業に慣れることをも，その大きな目標の一つであるとしている。

技術科教員養成においては，図学は設計・製図や他の加工領域などの授業科目との関連もあって，「空間的・立体的観念を養うという目的があり，したがって，……（中略）……立体図学をその核にすえるべきであろう[3]」とし，『図学を通して技術教育に欠かすことのできない空間的・立体的な観念を教授しようとしている[4]』ことが，「広く支持され，各教員養成機関においてほぼこの考え方を中心にして授業が行われているようで[5]」ある。

このように，大学・学部によって，教養課程での一般教育科目として授業が行われているところや，専門科目として，初めから目的的に授業を行うところなど，図学の扱われかたは，さまざまであるが，図学教育のねらいとするところには，共通性がみられる。

当研究室においても，前述されているような目標のいささかでも，という立場から，設計・製図の授業科目の中で，専門必修講義として，また，これが他学部の学生に対しては，専門関連の選択科目の一つとして位置づけられている。

そうしたなかで，今日の図学教育の実態は，どのようになっているのか，高専と技術科教員養成機関の情況を中心にとらえながら，それを概観してみた。また，そのことをふまえて，今後の図学の教授・学習にあたって，その指導方法の改善をはかるための一つの試みとして，解析幾何学，ベクトル解析及びテンソル解析などの幾何学の諸公式を理論的根拠とした，いわゆる解析的手法によって，パーソナルコンピュータならびにディスプレイシステム等を利用した図形表示を，指導過程の中で活用することを計画した。本稿は，これらのことについての報告である。

II　図学教育の現状と指導の実際

2.1　図学教育の現状

全国の教員養成機関で行われている図学の授業内容をみると，「一般に図学・製図における授業内容項目はか

*　島根大学教育学部技術研究室

表１　教員養成機関における図学の授業内容の構成

図学	1.　図学概論	a．図学の意義と目的	
		b．投影の概念	
	2.　平面図学	a．直線図形	b．曲率，曲線
		c．円錐曲線（放物線，楕円，双曲線）	
		d．うずまき線，ら線（うずまき線，転跡線など）	
	3.　立体図学	a．正投影（投影，正投影，副投影）	
		b．点と直線の投影	
		c．平面の投影	
		d．立体の投影（多面体，曲面，面の接触）	
		e．立体の展開，切断，相貫	
		f．陰影（平行光線による）	
		g．軸測投影（軸測投影，等測投影）	
		h．斜投影	i．標高投影
		j．透視図	

表２　全国高専における図学の授業内容の構成

〔1〕いろいろな平面図形の作図法	34校
〔2〕円錐曲線の作図法	33
〔3〕サイクロイド及びインボリュート等の作図	31
〔4〕投影法一般	42
〔5〕副投影法一般	38
〔6〕点の投影	40
〔7〕直線の投影	40
〔8〕平面の問題	39
〔9〕立体の投影	38
〔10〕立体の切断	36
〔11〕相貫体	38
〔12〕立体の展開	33
〔13〕軸測投影	21
〔14〕斜投影	19
〔15〕透視投影	11
〔16〕陰　影	4
〔17〕コンピュータ応用図学	3
その他	
標高投影	1
テクニカルイラストレーション	1
点直線．平面の回転	1

なり系統的に整備されており，各養成機関においてあまり大きな内容の差異はみられない[(6)]。」

表１[(7)]は，各教員養成機関における，製図領域での図学の授業内容の構成を示すものである。

また，全国国立の工業高等専門学校（機械工学科）を対象とした『工業教育に関する調査研究[(8)]』の報告によれば，図学において扱われる内容は，表２[(9)]に示されるとおりである。

これらの表からも明らかなように，図学で扱われる内容は，教科書及び参考書として出版されている多くの図学書の内容構成と対照したときに，ほぼそれに準拠しているといえよう。

はじめに述べたように，本学部では，筆者らの一人が，主に，技術科の免許取得を希望している学生を対象にして，第四期に履修することを標準にして，週２時間，半年間の講義と演習の授業形態で行なっている。

しかし，授業の実際では，内容に対する指導目標の軽重や，時数に制約があることもあって，内容を適当に取捨選択せざるを得ない。従って，本学部では，表１中の3.立体図学の項目e.立体の展開，切断，相貫については簡単にふれる程度にして，他の関連する講義，例えば，金属加工実習Ⅰ，基礎製図などで扱うこととし，f.陰影i.標高投影および，j.透視図は省略している。また，立体図学に重点を置き，学生の演習を重視して扱うなどの授業展開のもち方によっては，2.平面図形の項目c.円錐曲線の内容の一部を省略せざるを得ない状況も生ずる。

他方の松江工業高等専門学校においては，電気工学科・第１学年の学生を対象にして，週２時間，１年間の講義・演習の授業形態で行なっている。

高専の場合には，学部の場合に比べて，授業時数も多く，使用しているテキストの内容が幾分平易なこともあって，全ての項目・内容にわたって，一通りの解説と作図題の練習が可能である。

ここで，高専の場合の図学の履修学年及び単位数についての全国的な実態を，先の『工業教育に関する調査研究』の報告からみると，表３[(10)]に示されるとおりである。（この調査報告では，機械工学系学科が対象になっているが，他の工学科についても，ほぼ推測される。また，高専の場合には，単位数の算出方式が大学と異なり，前述の松江高専の場合を例にとれば，１学年・２単位とするが，これを大学では，年間４単位として認定する）。

表３　高専における図学の履修学年と単位数

１学年２単位	17　校
１学年１単位	9
１学年３単位	5
２学年２単位	3
１学年１単位，２学年１単位	2
２学年１単位	1
１学年1.5単位	1
１学年４単位	1
１学年１単位，２学年0.5単位	1
１学年１単位，４学年１単位	1
なし（設計製図の中で）	3

表3から，履修学年及び単位数は，第1学年・2単位が最も多く，39%，次いで第1学年・1単位が20%などとなっており，単位数が最も多いのは，第1学年・4単位が1校となっている。ちなみに，松江高専の場合には，土木工学科は電気工学科と同じであるが，機械，生産工学科は，第1学年・1単位，第2学年・1単位となっていて，2学年にわたって履修している。本学部，高専のいずれも必修の専門科目の一つとして位置づけられている。

今，こうしてみてきたように，履修単位だけに限ってみても，教員養成機関の場合は，高専のそれに比較しても，工学系の場合のおよそ½程度となっており，図学によって，「空間的・立体的観念を養成し，実用製図の基礎知識及び製図技術を習得……」とする目標を達成し，しかも将来，教育現場において，指導者としての立場に立たねばならない教員の養成を併せ考えるときに，「授業内容の精選についてなお取り組む必要があり，現状の授業の効率化を進めなければならないと考えられる(11)。」

2.2　指導の実際

多くの教員養成機関及び高専などにおける，図学の指導の実際がそうであるように，従来から一般に，図学の授業は，講義と演習を兼ねた授業形態で行われてきている。我々も，本学部，松江高専において，特定の図学書

表4　高専における図学指導の状況

1 演習の時間数（全時数に対する割合）		2 教育器機の使用状況について	
〔1〕約50%	10校	〔1〕スライド	1校
〔2〕約40%	5	〔2〕OHP	10
〔3〕約30%	9	〔3〕8or16mm映写	0
〔4〕約20%	7	〔4〕VTR	1
〔5〕約10%	8	〔5〕模　型	27
〔6〕約5%	2	〔6〕マイコン	2
〔7〕授業中はほとんど演習をやらない	0	〔7〕使用していない	12

3 三角法と一角法について	
〔1〕三角法	32校
〔2〕一角法	10
三角法か一角法に変更する予定	
〔1〕変えないつもり	42
〔2〕一角法に変えるつもり	0
〔3〕三角法に変えるつもり	0

をテキストに選び，適宜配布するプリントとを主たる教材にして，自作の投影法説明器，立体模型及びOHPなどの教材・教具を利用して行なってきている。

そこで，昨今の図学教育の実際について，高専の場合を中心におきながらみてみる。

まず，図学の授業で使用されている教育器機の使用状況については，その実態は表4(12)に示されているとおりである。入手しやすいことや準備が比較的容易である，ということもあって，立体模型やOHPが，その主なものである。マイクロコンピュータを使用しているところが2校あるが，何も使用していない学校も12校もある。

次に，図学の全授業時数に対して，演習の時間数の占める割合では（表4参照），50%が10/41校，40%が5校などとなっており，30%以下が全体の約63%にもなっている。このことは，内容全般について，ひとわたり説明することを優先するあまり，演習に十分な時間が配当できない実情の現れと推察される。

そうした授業展開の実際とは反対に，一方の学習者側には，図学の実力をつけるために，多くの作図問題を実際に自分で解いてみて，図法に習熟し，作図の方法を理解することが一層求められよう。確かに，このことを認めながらも，現実には，学習者はほとんどが初心者といえるし，学習者のなかには，図学は難解で，親しみにくいという者もなくはないことも事実で，このことも，時間的制約を生じさせる原因をなしていると言えるだろう。

学習者の認識，理解の能力や授業時数などの制約を受けながら，こうした従前からの授業形態で，前述の目標に到達しようとすることは，容易なことではなく，目標に近づこうとするためには，授業内容の取捨選択も余儀なくされ，そこには密度の濃い授業の展開を追求しなければならない。

そのためには，より効果的な指導方法の研究が進められなければならないことを前提にした上で，一つの確認が必要である。つまり，前節においても，授業内容の取捨選択の必要性にふれたのであるが，そのことにもおのずと限度があるということである。というよりも，取捨選択が内容削減を指向することに，より強く期待され，解釈されていたのではなかろうか。内容によっては，むしろ逆に，補説を必要とすることも十分あり得る。

作図題によっては，その根拠となる理論が簡単で，求められた図（解）のみで容易に理解できるものから，作図法を示す必要のあるもの，また，作図の手順を推論しながら明らかにしていくもの，または，その根拠となる理論を十分に理解しておく必要のあるものへと，系統的，段階的に内容が高度化されていくことは，理解できようが，また，そのことは別の視点から，すなわち，作図題の難易とは関係なく，求めた解（作図）の「正しさ」を証明するのには，作図的手法だけでは不十分であって，座標や関数を用いる解析的方法を取り入れる必要性も当然考えられる。

現実に，前節での2.平面図学のc.円錐曲線やd.うずまき線などを扱う場合には，その必要にせまられる。ただ，指導の実際に当たっては，高専の場合に，学習者の既習の数学的知識や理解の能力などの点で無理な内容もあるが，学部の場合には，時間的には一層制約を受けてはいるものの，例示的にしろ導入することが求められる。

以下に，テキストの中の作図題[13]から，その一例を示すことにする。

作図題　アルキメデスうずまき線上の点Pにおいて接線を引け。(図1)

≪図学による解≫

点Pにおける接線が動径 OP となす角の正接は OP/a に等しい。ゆえに，Oから OP に垂直に $OC=a$ をとれば，PC は P における法線，$PT \perp PC$ となる PT は接線である。

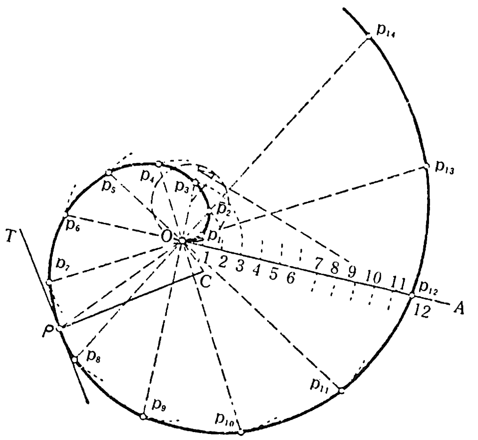


図1　アルキメデスうず巻線

この「図学による解」の正当性を証明するためには，まず，この解の前提とされている「点Pにおける接線が動径 OP となす角の正接が OP/a に等しい。」ということから証明しておく必要があるので，関数，極方程式によって証明することになる。

≪解析的方法による証明≫

アルキメデスの渦巻線を式で表わせば　$r=a\theta$

図2において，O を原点，OX を x 軸とする直交軸を考えると，極座標が (r, θ) である点の直角座標 (x, y) は

$$x=r\cos\theta, \qquad y=r\sin\theta$$

$r=f(\theta)$ だから，x, y も θ の関数で，これは θ を媒介変数とする線の方程式である。

従って，

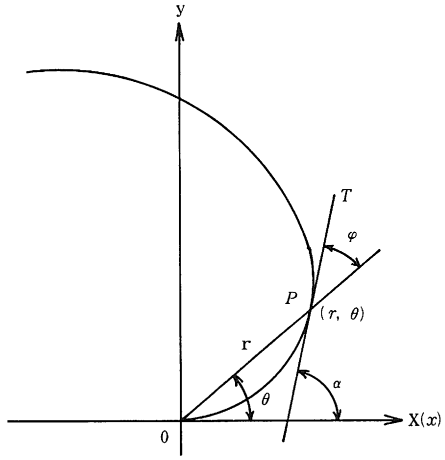


図2

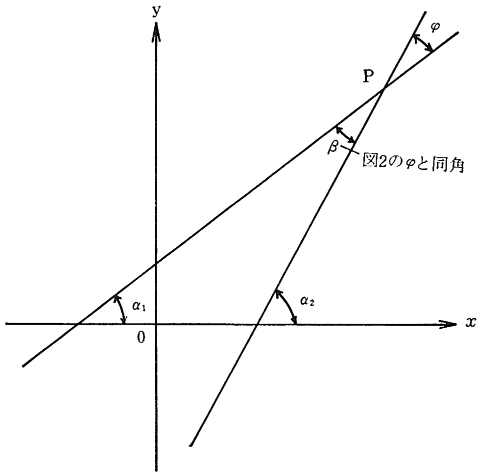


図3

$$\frac{dx}{d\theta}=\frac{dr}{d\theta}\cos\theta-r\sin\theta$$

$$\frac{dy}{d\theta}=\frac{dr}{d\theta}\sin\theta+r\cos\theta$$

今，OP，PT の傾きを m_1, m_2 とおき，$dr/d\theta=a$ として，

$$m_1=\frac{y}{x}=\frac{r\sin\theta}{r\cos\theta}=\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=\tan\theta \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

$$m_2=\frac{dy}{dx}=\frac{a\sin\theta+r\cos\theta}{a\cos\theta-r\sin\theta}=\tan\alpha\cdots\cdots\cdots(2)$$

一方，図3のように，2直線を

$$y=m_1x+b_1 \qquad y=m_2x+b_2$$

とし，$m_1=\tan\alpha_1$, $m_2=\tan\alpha_2$ とすれば，交角 β は

$\beta=\alpha_2-\alpha_1$ であるから

$$\tan\beta=\tan(\alpha_2-\alpha_1)=\frac{\tan\alpha_2-\tan\alpha_1}{1+\tan\alpha_1\tan\alpha_2}$$

$$=\frac{m_2-m_1}{1+m_1m_2}\cdots\cdots(3)$$

従って，図1に於て，動径 OP と点 P における接線とのなす角の正接は

$$\tan\varphi=\tan(\alpha-\theta)=\frac{m_2-m_1}{1+m_1m_2}\cdots\cdots(4)$$

いま，式(4)に式(1)，式(2)を代入して計算すると，

$$\tan\varphi=\frac{\dfrac{a\sin\theta+r\cos\theta}{a\cos\theta-r\sin\theta}-\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta}}{1+\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta}\cdot\dfrac{a\sin\theta+r\cos\theta}{a\cos\theta-r\sin\theta}}$$

ここに

$$分子=\frac{r\cos^2\theta+r\sin^2\theta}{a\cos^2\theta-r\sin\theta\cos\theta}$$

$$=\frac{r}{a\cos^2\theta-r\sin\theta\cos\theta}$$

$$分母=\frac{a\sin^2\theta+a\cos^2\theta}{a\cos^2\theta-r\sin\theta\cos\theta}$$

$$=\frac{a}{a\cos^2\theta-r\sin\theta\cos\theta}$$

したがって，　$\tan\varphi=\dfrac{r}{a}=\dfrac{\mathrm{OP}}{a}$

が証明されたことになる。

次に，図学指導の実際において，授業展開の方法に，今一つの論点がある。すなわち，図学を指導する場合に，第一角法によって行うのか，第三角法によって行うのか，という問題である。

図学教育が製図に関する基本的知識と技術を習得することを，一つの目標にしている以上，実用製図との関連は当然考慮されることである。

もともと図学は，わが国では第一角法によっていたのであるが，第三角法によって学習させているのが，近年多くなりつつある（表4参照)。その主な理由が，前述のように図学を実用製図とより強く関連させることにあるようだ。

たしかに，わが国においての実用製図は，通常の場合には，JIS Z 8315 に規定しているように，「正投影図は，第三角法によって描く」ことを原則としている。しかし，ISO 128 では，第三角法と第一角法の両方を規定しており，そのいずれを用いてもよいこととしている。そのようなこともあって，実用製図との関連でみれば，直ちに，全面的に第三角法の図学に改まるとは考えられない。

一方，これを，図学の教授・学習の立場からみるならば，三次元空間における平面の問題を扱う際に，三角形及び四角形などの，いわゆる形状平面の扱いには抵抗はないが，一般平面の扱いや単面投影法などの内容の扱いは，第一角法の図学による方が扱いやすい。

また，全般的に言えることは，立体的な図表示をする場合に，第三角法の場合には，投影面が図形の前面に位置する関係で，描きにくく，図も混雑しがちである。このことは，図表示によって問題を解き，作図方法を習得しようとしたり，教師が導入の段階などで図や実物模型によって教示する場合に支障となることは確かである。

ところで，これらのことを踏えながら，学習者の側から考察するために，筆者らの一人が高専の学生を被験者にして行なった，「図学を第三角法と第一角法によって教授・学習した場合に，角法のちがいが理解の難易度にどのように影響を与えるのか，また，そのことが知識の定着度とどのように関係するのか，などのことをとりあげ，これらの分析を試みたもの」の報告[14]によれば，(1)全体の正答率が高く，比較的容易な問題については，三角法の作図と一角法の作図の成績との間に有意差が認められ，三角法による作図の正答率が高くなっているが，他の問題では有意差が認められていない。(2)学習者の意識として，三角法によるほうが，理解しやすいとする結果になっているものの，この結果とテストの総合成績とを対照してみると，総合成績がA（80～100)，B（70～79）の者は，意識とは無関係に，いずれの角法においても高い正答率を得ている。

以上，図学における角法の問題点を，種々の視点から考察してきたのであるが，「第三角法によって図学を学習しておけば，混乱なく実用製図の学習に入れる」という考え方や，「第一角法による図学によって充分な立体観念を養っておけば，第三角法によって機械製図に入れることは今日多くの人が経験していること[15]」である，とする考え方のうように，いずれの角法による図学の場合にも，それぞれの立場からの主張がなされており，古くて未だに新しい問題で，討論の余地を残している。

以上に述べてきたような，図学教育の実態及び学習者の認知的能力や技能，情意的傾向などの実態をも適確に把握した上で，教授・学習上の課題を解決すべく，効果的な授業展開を進めるための指導方法の改善が求められよう。そのことが同時に，学習者にとっては，図学の内容の理解を助けることになり，ひいては，学習が容易になり，獲得された概念や作図法もより確実に定着するものと考えられる。

III　パーソナルコンピュータによる図形処理

3.1　図形認知へのアプローチ

図形についての新たな性質や概念を理解し，知識とし

て獲得したり構築しようとするときに，その新しい事柄に深く関連する基礎的・基本的な事項（諸原理など）が，既得の知識・概念と有機的に結合されるとき，あるいは，両者に共通する原理を発見するときに，一つには，そのことを援助することは経験的にいえるだろう。がしかし，そのことが有効なるためには，対象としての図形を分析する能力を培っておく必要がある。

そうだとすれば，図学学習のための一つの考え方としては，基礎・基本的な性質や概念を含み，しかも重要と思われる内容をもつ初歩的な例題から着手して，やや程度の高い内容を含む問題に進むといった具合に，学習者の認識の発展系列と課題の展開過程とが有機的に関連し，学習が系統だてて連続的に発展されるようにしながら，しかも，作図問題の演習が多く試みられるようにすることが不可欠の要素となるだろう。しかし，限定された授業時数の中で，そのことを推進するためには，初期の段階から，学習者の視覚に有効的に作用する視覚教材と指導方法によって，図形に対する直観的な思考力や理解力を高めておくことが求められよう。

その際，方法論としては，ゲシュタルト心理学の立場からの「理解できない問題，すなわち，その構造や関係が不明確であり，体制化ができない問題に対して，有意味な体制化が成立するための洞察が可能になるように状況を整理したり，新しい情報を提供したりして，洞察を促進されるように，構造を改変する」ことをも念頭において検討されることが必要となろう。

前章でみてきたように，従来から，立体の実物模型やOHP を使って，視覚にうったえる方法での指導は行われている。しかし，これらのいずれの方法による場合にも，概して，対象とする立体や図形についての一つの状態場面・形態を提示するにとどまるという欠点がある。

本稿で示されるような，これをパーソナルコンピュータならびにディスプレイシステム等によって処理する場合には，図表示を比較的容易にし，しかも，問題の解を導く順序に対応した形態を，連続的に図表示できるという大きな利点があり，ゲシュタルト心理学の立場を具現化した一つの指導方法といえよう。しかし，もとよりこの場合にも，ある特定の視点から見る三次元の事物と，その投影としての二次元的な図形との間には，設定条件としての差異のあることは，認めるところである。さらに，心理学的には，この三次元事物または空間図形の二次元的表象の差異とは別に，「表象を見ることによって知覚しうる表象図形と，その表象空間との間に不一致が認められるとし，表象的三次元空間の構造の問題」としての研究課題もあり，こうした心理学的理論と学習との関連については，今後の研究課題となろう。

しかし，ここで示された指導方法によることで，作図題の題意が端的に示され，事象が直観的に理解できる，という下位目標が達成されるものと思う。配慮されるべきことは，学習者に，思考する余地が残されているように，指導上で工夫することである。

尚，このような図形処理の方法を通して，図形の諸性質や図表現の方法を理解させ，その理解を基礎にして，思考を深めてゆき，次の学習課題へ発展的に結びつけることに意義があると考える。

3.2　パーソナルコンピュータによる図形表示

本研究の目的の一つは図形の投影過程を，パーソナルコンピュータによるグラフィック表示で行い，図形認知を助けることである。パーソナルコンピュータ（以下パソコンと略記）によるグラフィック表示のためのプログラム言語は，現在では **BASIC** 言語によるのが一般的である。しかし，この **BASIC** 言語では通常インタープリタ形式で提供されているため，その処理速度はコンパイラ形式の言語に比較するとかなり遅く，目的としている投影過程の連続表示には時間がかかる。この投影過程の連続表示をアニメーション的に行うには，現在のところ **BASIC** 言語では困難で，機械語，またはアセンブラ等のコーディングが必要となる。しかし，こうしたアセンブラ等によるコーディング作業は，**BASIC** 等の高級言語に比較すると非常に面倒で生産性は良くない。本システムのような図学を対象とした多種類の図形の表示と，その連続的な投影過程を表示するためのシステムでは，図形データの作成の容易さとそのグラフィック処理のコーディングが簡単なことがより適しているといえる。

従って本システムでは図形データの作成を容易にするため簡易 **CAD**[16]を使用して事前に図形を作成し，その **X－Y** 座標のデータ，及び線の種類を **BASIC** の **DATA** 文として出力する機能を採用している。グラフィック処理のための言語は **BASIC** を採用したが，インタープリタではなく擬似コンパイラを利用して処理の高速化を行っている。ただし図形データは二次元データである。出力された **BASIC** の **DATA** 文は，16 *bit* パソコンの *OS* の一つである **MS－DOS** のファイルとして出力されるので，これを **MS－DOS** の下で動作する **BASIC** コンパイラのプログラム中に取り込む。この場合図形データの量は，図形の複雑さと，投影過程の表示の度合に依存する。従ってある程度データ量が多くなるとプログラム中ではなく，外部ファイルとして作成しておき，プログラム中から Read を行う。こうした各処理の関連

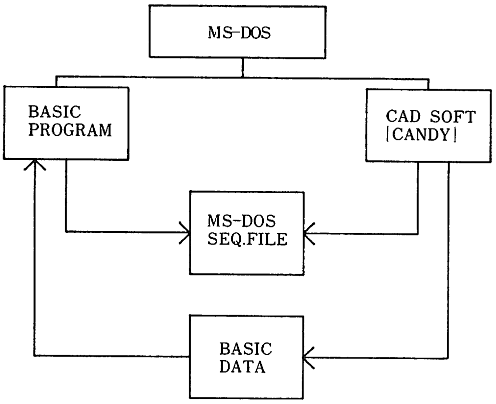


図4　データ処理とソフトウエアの体系

性を図4に示す。またハードウエアの構成を図5に示す。そして実際にディスプレイ上に表示される図形を図6に示す。投影過程の移動部分については，**CAD** ソフトで作成する場合に同時に作成しておくか，または別々に図形を作成しておいてプログラム中で合成するという方法もある。今回のシステムではカラー処理，或いは陰影処理，3次元表示といったようなことは実現できないが，将来的にはこうした処理も可能にして，より実在感のある表示が出来るようにするのが今後の課題である。このような図形処理を活用した学習は，中学校数学科の「図形」領域および技術科での「製図」関係で，十分に適用される。なお，図6に対応した教科書の内容(17)を参考資料として資料1，2に示す。

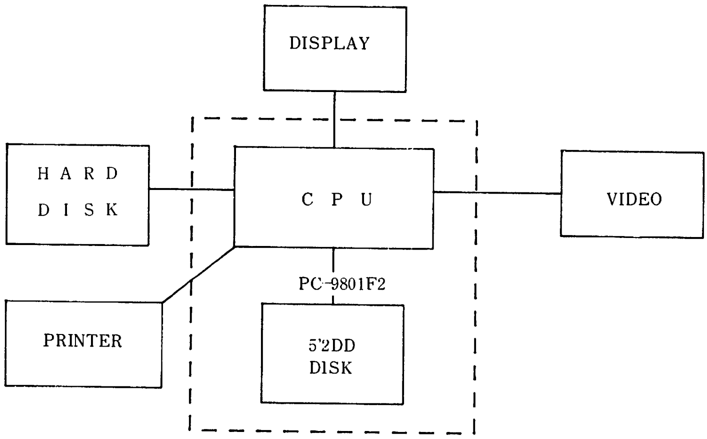


図5　ハードウエアの構成

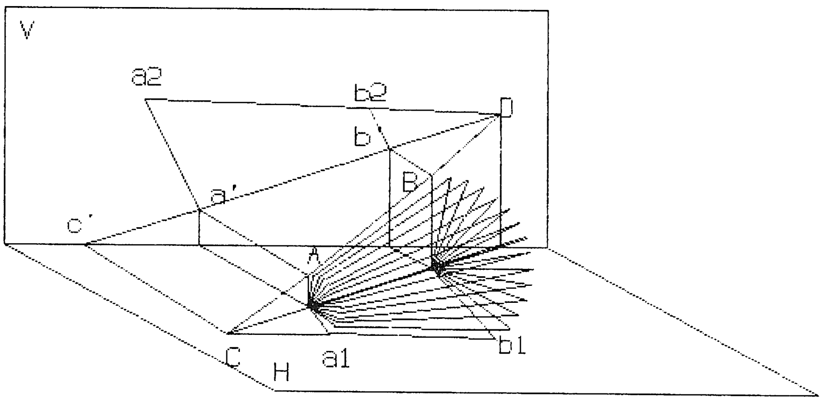


図6(a)　ディスプレィ上の図形

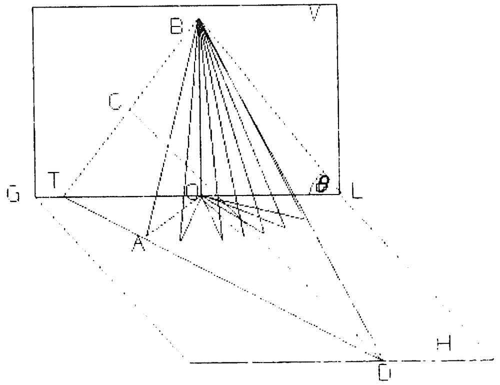


図６(b)　ディスプレィ上の図形

注及び参考文献

1）教員養成大学・学部教官研究集会技術科教育部会：「技術科教育の研究」　第一法規，p.217（昭53）

2）福永節夫ほか：「図学概説」　培風館，p.1（昭47）

3）上掲(1)　pp. 218－219

4）上掲(1)　p.217

5）同　上

6）同　上

7）上掲(1)の p.218の表から図学関係の一部を抜粋して作成したものである。

8）鈴木幸三，三ケ田賢次：「工業教育に関する調査研究」　工業教育研究講演会講演論文集　84－07　及び講演資料（昭59）

9）上掲(8)から作成

10）同　上

11）上掲(1)　p.219

12）上掲(8)から作成

13）平山　嵩ほか：「図学改訂版」　培風館，pp. 24－25（昭55）

14）大國博昭：「図学における角法のちがいからくる理解度の差異についての一考察」　工業教育研究講演会講演論文集　84－07（昭59）

15）大久保正夫：「改訂新版第三角法による図学」朝倉書店，p.1（昭57）

16）「CANDY」マニュアル，アスキー社

17）上掲(13)　pp. 43－44，p. 50

○　下中邦彦：「新教育の事典」　平凡社，(1979)

○　日本図学会：「図形科学ハンドブック」　森北出版（1980）

≪資料１≫

作図題6・3直線の実長と傾角を求めよ。（Fig. 6・8）

解法Ｉ

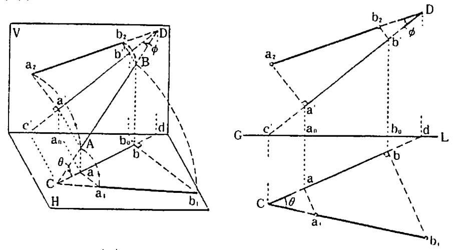
方針　(1)直線 AB の投象は ab，a′b′ である。
ab≒AB≒a′b′

(2)　ABを延長してHとC，VとDで交わらせる。

(3)　∠BCb＝水平傾角＝θ，∠BDb′＝直立傾角＝ϕ，AB＝実長

(4)　△BCb を Cb 軸として回転し水平面と重ねたときH上の３角形を b_1bC とすると∠BCb＝∠b_1Cb＝θ＝水平傾角，AB＝a_1b_1＝実長

(5)　△ADa′ の Da′ を軸として回転し，Vと重ね合わす。
∠ADa′＝∠a_2Da′＝直立傾角＝ϕ，a_2b_2＝AB＝実長（Fig. 6・8(a)）



(a)　　(b)

Fig. 6・8

作図　(1)　ab，a′b′ を延長して GL と d，c′ で交わらせる。(Fig. 6・8(b))

(2)　d，c′ から GL に垂線を立て a′b′，ab と D，C において交わらせる。（直立跡と水平跡）

(3)　b 点において ab に垂線を立て bb_1＝b_0b' とし，b_1，C を結ぶ。∠b_1Cb＝水平傾角＝θ

(4)　a′ 点において a′b′ に垂線を立て $a'a_2$＝a_0a とし，a_2，D を結ぶ。∠a_2Da′＝直立傾角＝ϕ

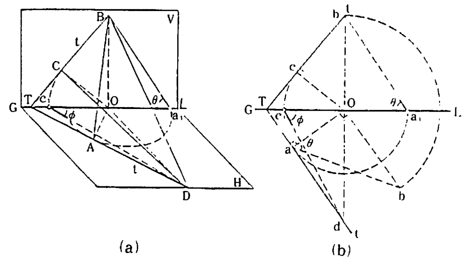
(5)　b′ 点において a′b′ に垂線を立て $b'b_2$＝bb_0 とすれば a_2b_2＝AB の実長となる。

≪資料２≫

作図題 7・1 平面Ｔの両傾角を求めよ。

方針　(1)　Tt′ に直交する平面 COD を作れば∠OCD は ϕ となる。よって OD を軸として水平面まで倒すと実形 Oc_1D が得られ，ϕ を得る。

(2)　Tt に直交する平面 AOB を作れば ∠OAB は θ となる。よって BO を軸として△ABO を回転し直立面に重ねる。
∠Ba_1O が θ となる。



(a)　　(b)

Fig. 7・5

作図　(1)　Fig. 7・5(b)図にて Oc′⊥Tt′，Od⊥GL，円弧 $c'c_1$（中心O，半径 Oc′），d，c_1 を結ぶ。∠Oc_1d＝ϕ

(2)　Oa⊥Tt，Ob′⊥GL，円弧aa_1（中心O，半径 Oa），a_1，b′ を結ぶ。∠$b'a_1O$＝θ（水平傾角）

注意　ＯＡを軸として△ＡＢＯを水平面上に倒しても水平傾角を求めることができる。