

技術科「情報基礎」の教材開発の試み

——コンピュータによる図形処理——

福間 彰*・大國博昭*

Akira FUKUMA and Hiroaki OGUNI
A Study of Teaching Materials of 'Fundamentals of Information'
in Technological Education
—Computing Graphics by 3D - LOGO —

1. はじめに

近年のエレクトロニクスを中心とする技術革新の進展は驚くべきものがあり、とりわけ半導体集積回路 (LSI) の設計・製造技術の飛躍的進歩やソフトウェアの進歩は、その一つの顕著な例であろう。

こうした技術革新を背景にして、わが国の情報化は予想を超えた速度で進展をみせ、産業社会や国民生活に大きな変革をもたらしている。

急速な社会変革は、産業構造や生活形態のみならず、学校教育にも大きな影響を及ぼし、情報化社会に対応できる人材の育成は、今日の教育の基本的な課題の一つともいえる。

このような社会状況の中で、文部省は、「社会の変化に適切に対応する教育内容の在り方について」などの具体的な検討事項を挙げて、初等中等教育の教育内容を検討するため、昭和60年9月10日に教育課程審議会を発足させ、幼・小・中・高の教育課程の基準の改善について諮問した。

教育課程審議会は、昭和62年11月に審議の結果をまとめた「審議のまとめ」を公表し、同年12月24日に答申した。それによると、教育課程の基準改善のねらいの一つに、「自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成を重視すること」の必要性をあげ、そのためには、「科学技術の進歩や情報化の進展に対応するために必

要な基礎的な能力の育成に留意しなければならない。」としている。

これらの改善の方針を受けて、中学校「技術・家庭科」では、新領域として、「情報基礎」が加えられる。

「情報基礎」の領域については、「コンピュータの操作を通して、コンピュータの役割と機能について理解させ、コンピュータを適切に利用する基礎的・基本的な能力を養うことができるよう、内容を構成する。」としている。

文部省では、この答申を受けて、学習指導要領の改訂作業を進めていたが、昭和63年7月26日に、「新学習指導要領素案」を発表した。今後の予定としては、63年12月末までに学習指導要領を公示し、新教育課程は移行措置の期間を経て、中学校は昭和68年度から全面实施する考えである。

新領域として設けられる「情報基礎」の指導内容では、①日常生活や産業の中で果たすコンピュータの役割、②ハードウェアの構成、③ソフトウェアの機能、④コンピュータの操作と処理、などが骨子になるとも言われている。

こうした動向の中で、この教科に携わる者にとって、新教育課程の実施への対応は大きな課題であり、例えば、領域における内容構成、題材や指導方法の開発など、山積している課題を解決していかなければならない。

本研究は、このような状況を踏まえながら、「情報基礎」の指導内容との関連で、パーソナルコンピュータによる図形処理を題材にして、コンピュータの操作に慣れることを主目的とした学習内容の構成と指導方法についての一つの試みを取りまとめたものの報告である。

* 島根大学教育学部技術科教育研究室

2. プログラミング言語——3 D—LOGO——

新領域「情報基礎」の学習に加わる中学生の多くは、コンピュータ操作について初心者であると思われる。初心者の場合、対話的な計算機言語‘ベーシック’でさえ、これと取り組むには一通り文法を理解することが必要であり、そのことは努力を要することである。いずれの分野でも共通していえることではあるが、特にコンピュータを取り扱う場合には、入門時の学習の難易度や体験が、心情的にその後のコンピュータに対する好意性に大きく影響するということである。情報化時代を生きて行かねばならないすべての生徒に、コンピュータに対する好意性を育てる有力な手段の一つとして図形処理を挙げることができよう。ここではその一つの試みとして、三次元図形処理用ツールであり、しかも初心者でも容易に取り組むことのできる対話的な計算機言語 3 D—LOGO を用いた作図題を考えることにする。

LOGO

LOGO はピアジェ (Piaget) による心理学説「子どもは、自分の経験を通して、自発的に学習をする」の研究を背景とし、彼と共同研究を行った教育心理学者ペパート (Papert) により MIT (マサチューセッツ工科大) で 1967 年に大型コンピュータ上に開発されたプログラム言語である。1970 年、タートルグラフィックス (亀) が組み込まれ今日の形となった。LOGO は幼児教育のツールとして開発されたもので、リスト処理、成長機能、図形処理タートルグラフィックスを有し、以後 LOGO を用いた各種教育用システムが開発されている。記憶容量が大でしかも低価格という集積回路素子の実現により、パーソナルコンピュータの上でも LOGO を使用できる態勢となり注目されている。また LOGO は比較的簡単な言語であり、幼児から大人に至る幅広いユーザが対象となり、数学の知識が乏しい小学生にも作図などに利用されている^{1), 2)}。

3 D—LOGO は Version 1.0 が 1985 年にユニー (株) バイナス事業部より発売された言語で、現在 Version 2.0 が開発されている。3 D—LOGO には、上述の LOGO を基礎に、平面図形はもとより、三次元空間における立体像を透視図の形で、またアニメーション的に描き出すのに便利な命令が用意されている^{3), 4)}。

3 D—LOGO の諸機能には、リスト処理、図形処理、数値処理、文字処理等が含まれているが、ここでは「操作することによってコンピュータの働きを理解する」という目的に従い、図形処理を利用した学習課題を提示す

ることに止める。

3 D—LOGO の環境 3 D—LOGO は MS—DOS 上で動作するように作られており、MS—DOS のシステムプログラムを含め 386 キロバイトの記憶容量を必要としている。

3 D—LOGO の特徴 3 D—LOGO では、上述のように立体図形を透視図の形で表現することが基本になっており、その為の道具として 16 個のタートル (turtle) が用意されている。それぞれのタートルを制御して CRT ディスプレイ上に軌跡を描かせたり、タートルに視点を与えることができる。また 16 個のウィンドウ毎に 1 個ずつのタートルを割り当てて、個別に図形処理を行わせることができる。

3. 3 D—LOGO を用いた計算機処理学習

3 D—LOGO を用いて基礎図形から応用図形へと学習が深まるように選んだ作図題およびこれに対応した計算機の処理結果を以下に示す。

なお、今回使用した計算機システムの構成は次の通りである。

- (1) 本体：PC—9801VX、主メモリ 640 キロバイト
- (2) CRT ディスプレイ：NEC、N5913L
- (3) プリンタ：NEC、PC—PR201V

【作図題 1】図 1 に示すように原点から右 60° の方向に 200 離れた点 A から点 B まで直線を描け。

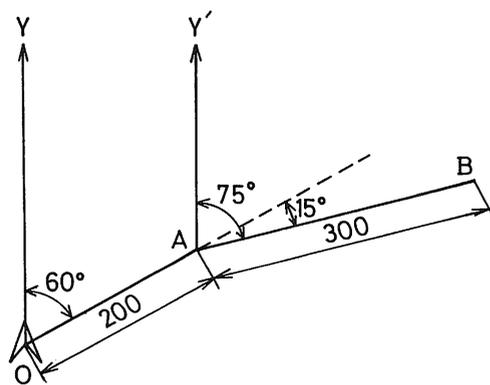


図 1 線分 A B の位置

(解) キーボードから打込むプログラムは次の通り。

RT 60 ↙ …… タートルを \overrightarrow{OA} 方向に向かせる。

PU FD 200 ↙ …… ペンを上げ、前進。

RT 15 ↙ …… タートルを \overrightarrow{AB} 方向に向かせる。

PD FD 300 ↵ ……ペンを下げ、前進。
HOME ↵ ……ペンを上げ、タートルを原点に。

【作図題 2】図 2 に示す C 点を中心、半径 200 の円を描け。

(解) プログラムは次の通り。
RT 60 PU FD 300 ↵
PD CIRCLE 200 ↵
HMOE ↵

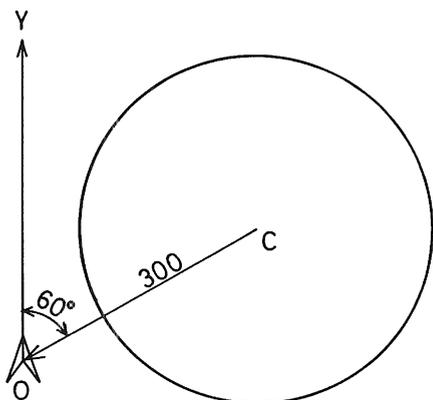


図 2 円の中心位置

【作図題 3】三角形 ABC を描け。ただし頂点の座標は次の通りである。

A (100, 50), B (400, 50), C (300, 200)

(解) PU SETPOS [100, 50, 0] ↵
PD SETPOS [400, 50, 0] ↵
SETPOS [300, 200, 0] ↵
SETPOS [100, 50, 0] ↵
HOME ↵

【作図題 4】図 3 の線分 \overline{AB} = 200 を底辺にもつ正三角形を描け。

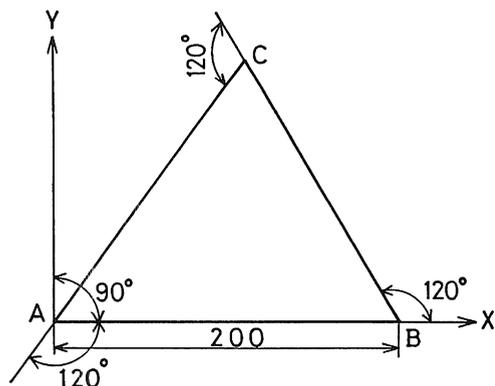


図 3 正三角形の作図

(解) PT 90 PD ↵
REPEAT 3 [FD 200 LT 120] ↵
…… [] 内の命令を 3 回繰り返す。
HOME ↵

【腕だめし 1】上例を参考に、任意の正多角形を描いて見よ。

【腕だめし 2】REPEAT 命令を利用し、星の形を描いて見よ。

【作図題 5】Y 軸を中心軸とし、底円の半径 100、底角 60° の直円錐を描け。ただし底面は X-Z 平面上にあるものとする。

(解)
1) はじめに、図 4 に示すような正三角形を描くプログラムを手続き語 'SANKAKU' という名前で登録する。プログラムは次の通り。

TO SANKAKU ↵
RT 90 PD FD 100 LT 120 ↵
REPEAT 2 [FD 200 LT 120] ↵
FD 100 LT 90 ↵
END ↵

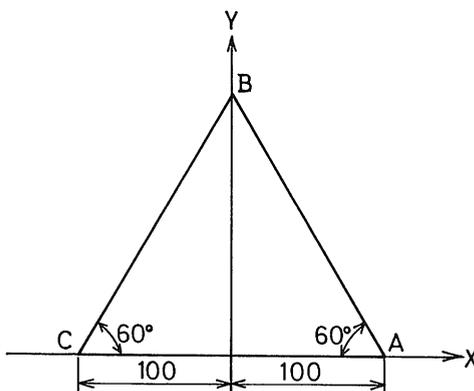


図 4 正三角形

2) 上記プログラムを試行する。

SANKAKU ↵

3) タートルの翼面を 10° ずつ右に傾けては 'SANKAKU' を繰り返す。

REPEAT 18 [SANKAKU RR 10] ↵
ディスプレイに描かれた映像を図 5 に示す。

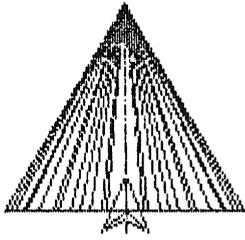


図5 直円錐

〔作図題6〕前題における直円錐の中心軸を手前(Z軸方向)に20°傾けた図を描け。

(解) UP 20 REPEAT 18(SANKAKU RR 10)↵
描かれた映像を図6に示す。

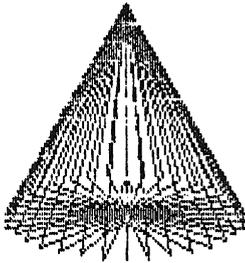


図6 軸を20°傾けた直円錐

〔腕だめし3〕作図題5を参考にして、円柱や球を描いてみよ。

〔作図題7〕図7に示すような立体の等角投影図を描け。

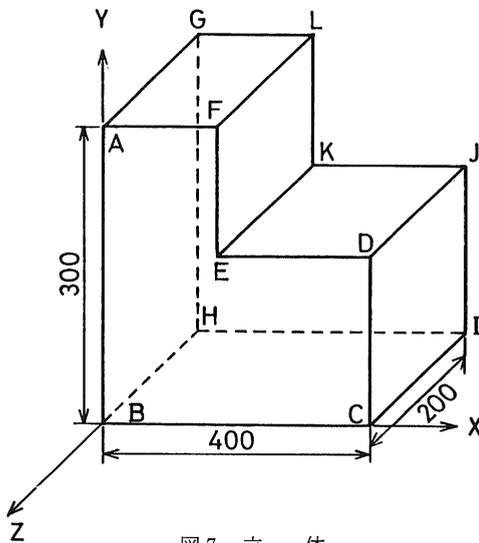


図7 立体

(解)

図7の立体図形は6個の長方形, ABHG, BCIH, CIJD, DJKE, EKLF, FLGAの各辺の集まりと考える。陰線部を考慮して長方形ABHGおよびBCIHは青色で、その他の長方形は黄色で描いてみる。同一軌道を再び辿る場合、後の線色が優先することを考慮に入れてタートルを制御する。

プログラムの一例を次に示す。

①手続き語 'HOUKEI' の登録。(図8参照)

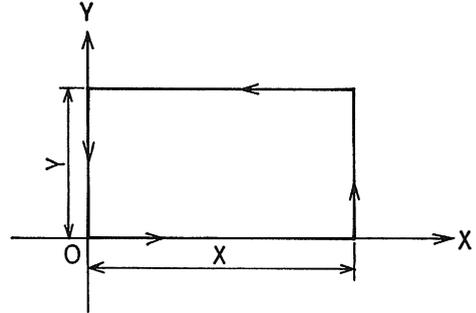


図8 長方形

```
TO HOUKEI :X :Y ↵
  RT 90 FD :X ↵
  LT 90 FD :Y ↵
  LT 90 FD :X ↵
  RT 90 BK :Y ↵
```

END ↵

②試行例

```
HOUKEI 100 200 ↵
```

③立体図形の作図 プログラムは次の通り。

PU FD 300 RR 90 DN 180 ↵……ABHGを描く準備としてタートルをA点に移し、タートルの姿勢を整える。

SETPC 1 PD HOUKEI 200 300 ↵……ペンを青に変え、ABHGを描く。

```
PU FD 300 DN 90 ↵
PD HOUKEI 200 400 ↵ } ……BCIHを描く。
```

```
PU FD 400 DN 90 ↵
```

SETPC 6 PD HOUKEI 200 200 ↵……ペンを黄に変え、CIJDを描く。

```
PU FD 200 DN 90 ↵
PD HOUKEI 200 300 ↵ } ……DJKEを描く。
```

```
PU FD 300 UP 90 ↵
PD HOUKEI 200 100 ↵ } ……EKLFを描く。
```

```
PU FD 100 DN 90 ↵
PD HOUKEI 200 100 ↵
```

PU FD 100 UP 90 RL 90 BK 300 ↵ ……
 タートルをB点に移し、機首をY軸方向、垂直翼を3点
 A, B, Cを含む面に垂直な状態にする。

このプログラムによる映像を図9に示す。

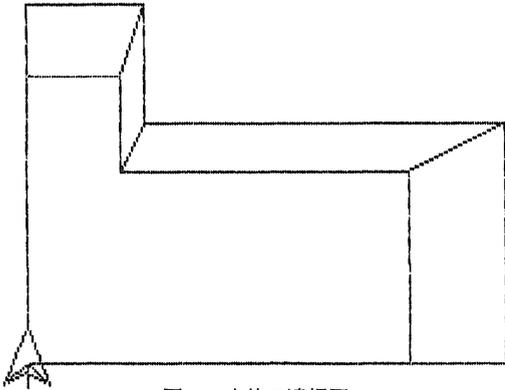


図9 立体の遠視図

④等角投影図への転換

透視図法を映像の基本としている3D-LOGOを用いて等角投影図を作図する一方法として、③で作図した立体を斜め前方無限遠に視点(タートル)を移動して、平行投影したかのようにする。ただし、タートルの可動空間は一辺の長さ32,000の立方体内に限られており、また遠くより立体を平行投影したかのようにする場合には、SETMAG命令を用いて映像を拡大する必要がある。プログラムを次に示す。

TOWAPDS(1 1 1)UP 180 ↵ ……空間座標(1, 1, 1)の方向にタートルを向け、さらに機首を反転して(-1, -1, -1)の方向に向ける。

SETEYE 1 BK 10000 ↵ ……視点をタートル0号からタートル1号に移し、タートル1号を10,000だけ後退させる。

SETMAG 10 ↵ ……映像拡大率を1から10倍に変える。

以上の結果得られた映像を図10に示す。

⑤立体図形の回転

③で示したプログラムを手続き語'RITTAI'の名で登録しておく、次のように立体を任意の角度に置き換えることが容易にできる。例えばY軸を中心に45°手前に回す場合を次に示す。

DRAW ↵ ……画面消去、タートルを初期状態に。

RR 45 RITTAI ↵

これにより得られた映像を図11に示す。

〔余題1〕視点の位置を連続的に動かす例として、トンネルに視点が入って行く場合を想定したプログラムを

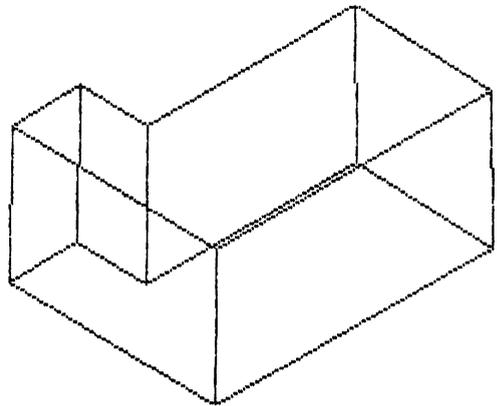


図10 立体の等角投影図

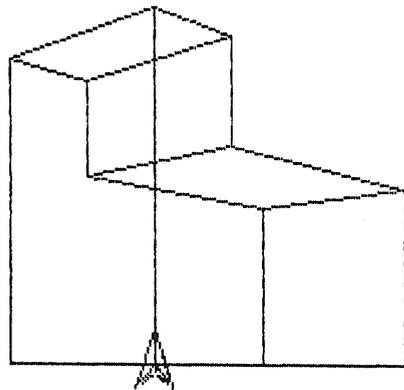


図11 45°回転した立体

次に示す。

DRAW ↵

LT 90 ↵

REPEAT 100 (PD ARC 50 180 LT 180
 PU MD 20) ↵ ……半径50の半円を-Z軸方向に互に20ずつの距離間隔を置いて100個作り、トンネルを構成する。

HOME ↵ ……上で作成したトンネルは残して置き、タートルのみを初期状態にもどす。

DN 90 BK 300 SETEYE 1 ↵ ……タートル1号をZ軸に沿って300前方に移し、原点方向に機首を向かせ、視点を0号から1号に移す。

REPEAT 50 (FD 11) ↵ ……視点をトンネルに向って11の距離ずつ50回前進させる。

以上のプログラム完了時の映像を図12に示す。

〔余題2〕次のプログラムからはどんな映像が出て来るであろうか？

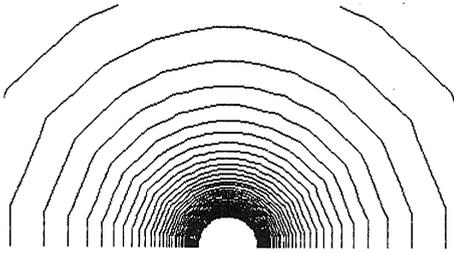


図12 トンネルの中へ

```

TO HARI :NAGA ↵
  RT 90 PD FD :NAGA * 0.5 LT 120 ↵
  REPEAT 2 [FD :NAGA LT 120] ↵
  FD :NAGA * 0.5 LT 90 ↵
END ↵
TO IRO :N ↵
  SETPC :N PD HARI 100 PU MD 20
  ↵
END ↵
DRAW ↵
PU MD 700 FD 10 ↵
PD REPEAT 9 [CIRCLE 10 RR 19] ↵
HOME ↵
REPEAT 5 [IRO 1 IRO 2 IRO 3 IRO
4 IRO 5 IRO 6 IRO 7] ↵
HOME ↵
DN 90 BK 300 SETEYE 1 ↵
REPEAT 90 [FD 11] ↵

```

4. 学習方法

学習者2人に1台程度にコンピュータシステム（本体＋フロッピーディスク・ドライバ、CRT カラーディスプレイ）が用意されているものとする。3.で述べた作図題に入る前の準備としては、必要な知識、例えば電源の位置、最小限必要な機器の名称、MS-DOSの起ち上げ方法、3 D-LOGOの呼び出し、画面表示への切替、停止・終了の方法、リスト訂正の方法等編集に必要な最小限の知識を予め現物に即して学習者に与えておく。ワークブックには、電源投入以後のコンピュータと学習者との対話の全記録を記載し、学習者がワークブックに従って独力で計算機を操作し、学習を進めて行けるように配慮する。

5. おわりに

中学校技術・家庭科の新領域「情報基礎」に含まれるコンピュータ操作への導入的学習として、市販の三次元図形処理用プログラム言語の一つである3 D-LOGOによる作図題を提示した。すなわち3 D-LOGOをパーソナルコンピュータ PC9801のMS-DOS上で利用することにより、中学校の低学年でも、比較的容易にコンピュータを操作していろいろな図形をCRTディスプレイ上に描くことができることを、7つの基本的な作図題の流れを通して示した。

この8月、数名の中学校一年生男子に、本文と類似の作図題をワークノートの形式で与えたところ、これまでキーボードを扱ったことのない生徒も大変興味を示し、特にREPEAT命令を用いた正多角形の作図に積極的に取り組む姿が見られた。中には多少の経験を持つ生徒もあり、LOGOは初めてであったが星形図形の作図にも意欲的に取り組んで、時間内にこれを完成することができた。高学年に進むと、座標系による表示や二平方定理が理解できるので、3 D-LOGOの活用範囲も広がるものと考えられる。

3 D-LOGOは‘ベーシック’と同様対話的言語であり、タートルの姿勢や位置の移動を指示する少数の簡単な命令語だけで容易に映像が描き出されるため、コンピュータの初期の学習の時期に適したツールの一つであるといえる。著者の一人は3 D-LOGOを設計・製図の学習に役立つことを示している⁵⁾。3 D-LOGOは花卉のような対称的幾何学図形や渦巻き模様のデザインにも偉力を発揮するものと考えられる。

参考文献

- (1) 渡邊 茂, 正田英介, 矢田光治: マイクロコンピュータハンドブック, オーム社, pp.517-518, 1985.
- (2) 萩谷昌己: LOGOのはなし, インターフェース, 第9巻(第6号), pp.298~301, 1983.
- (3) ユニー(株)バイナス事業部: 3 D-LOGO PROGRAMMING MANUAL, 1985.
- (4) ユニー(株)バイナス事業部: 3D-LOGO REFERENCE MANUAL, 1985.
- (5) 大國博昭, 永島正治: 技術科にコンピュータグラフィックスを利用した教材開発 (I) —製図教育での図法学習への応用—, 日本産業技術教育学会中国支部第16回大会研究発表要旨, p.7, 昭和62.