

三次元物体のコンピュータによる創成とその応用

名古屋大学 島田 静雄 (工・土木)
田嶋 太郎 (教養・附)
加藤 雅史 (工・土木)
伊藤 義人 (工・土木)

1. 幾何モデルの考へ方

構造物の設計・製作・施工という一連の技術活動というのは、幾何学的に見れば「三次元的な形状の形や寸法を扱っている」とは気がつくであろう。土木構造物の寸法は機械部品にくらべ、概して巨大であるから、試しに見本を作って検討する、という実用的な手段を取ることは不可能である。必然的に、われわれの思考の中に空間的なイメージを想像し、机上での検討に頼らざるを得ない。つまり、設計作業の大部分は、計算と主として作業によるざるを得ない。この思考を助けるために、コンピュータを利用して三次元の物体のモデルを作成しよう、というのがわれわれの説明しようとする幾何モデルである。

具体的な説明の例としては、プレキャスト・コンクリートの部材を創成することに考へるのがわかり易い。コンクリートは任意の立体的な形状を作ることはできるが、幾何学的な定義は、表面がすべて多角形の平面で構成される多面体として考へる。つまり、 n 個の面、 e 個の辺、 v 個の頂点があり、それぞれトポロジ的な属性と、座標値のような数値とを持つ。設計の実務においては、その他の部材名、材料種類、日付、などのようなデータを従える。このようなデータのすべてをコンピュータの記憶領域に作成しおいて、必要に応じて処理に用いる。この種の要望は自動設計における基本的課題であるが、著者らは穂坂・木村の提案によるデータ構造を採用し、この処理に使用可能な「プログラム・パッケージ」GEOMAPを完成する作業を行った。以下に示すプログラムの説明は、このデータ構造と共通のデータ源とした、殆んど独立に実行し得る処理を示したものである。

2. 基本となる多面体(Body)の創成 P-series

データの作製を簡単にするために、直方体、正多面体、回転体のような幾何学的に単純な三次元物体のモデルは、Pライシアルを持つ一群のサブルーチンによって容易に創成できるように考へられている。これを作り出す三次元の物体をBodyと呼ぶことにしている。作成の際のアルゴリズムは、次の三通りが用意されている。

- (1) ある平面図形(多角形)を、軸のまわりに回転させた位置に頂点のある多面体。
- (2) 幾つかの平面を与え、面を切り出して作成する多面体。
- (3) 幾つかの頂点座標を与え、その頂点をつなぐ面の多角形を定義して作成する多面体。

3. Bodyの移動・変形を行なわせる処理 G-series

幾つかの、あらかじめ作成されたモデル(Body)には、拡大・縮小・平行移動・回転、などの操作を加えて空間の所定の場所に位置せよとさせる。これは幾何学的な座標変換の応用である。ただし、この処理においては、座標系の定義が大切であり、全体座標系・局部座標系それぞれについて注意深く定義される。

4. 機械加工・組立を行なわせる処理 M-series

著者のプログラム GEOMAPにおいて、最も優れた機能の一つが、このMライシアルを持つ一群のサブルーチンの機能である。これは幾何学的には二つ以上のモデルの和・差・積などを相等するもの

あるが、機械加工における切断・透接・穴あけなどになる。先のP, Qのプログラム群と組み合わせで使用することにより、簡単に複雑な形状の三次元物体のモデルを作成することが出来る。

5. ディスプレイに使用可能なプログラム群 D および H-series

三次元の物体を思想的に想像するといつても、何らかの図に助けを借りて現実的にとらえることが出来る。コンピュータの中には作られた幾何モデルを制作させるためのプログラムとして、D, H, 並にF E Iニヤルと可成り名称のプログラム群が作成されている。これは、GEOMAPの処理の任意の段階で使用して、現在処理されている三次元の物体の形状を見る事が出来る。特に会話型のプログラムと組み合わせると、CRT上に図をかかせながら処理を進める上で、極めて有効である。

D-seriesのプログラムは、GEOMAPの目的以外に、一般的に自動作用に利用できるように作成されている。

H-seriesのプログラムは、三次元の物体の隠れ線処理、コントラスト表現などが幾つかのレベルで組み込まれていて、会話型処理に適合する計算速度の早いものも選択できるようにになっている。作用の種類としては、透視図のほかに平行投影・斜投影など任意に選択することが出来るので、工業製図に活用することが出来る。なお製図においては、寸法・記号なども別途にかき込む必要がある。図学的な用途として展開図も用意されている。作用は上記と同様、つまり二次元の図形においては、図を見ながら拡大・縮小・平行移動・回転などの処理を経て、作用領域の任意の位置に納めることが必要になる。これは会話型のプログラムと組み合わせると計画されている。

6. 三次元物体の常数計算のプログラム群 J-series

設計計算に直接必要とされる常数として、三次元物体の重心位置・体積・慣性モーメント・主軸方向・表面積などは極めて重要である。複雑な形をしたコンクリート・プレキャスト部材に活用するときは、重心位置は物を水平に吊下げる際のフックの位置などに使用でき、体積は重量のみならず、コンクリート容量に利用される。表面積は、たとえばペンキ塗りの面積を求めるのに用いられる。二次元図形においては、面積、重心・慣性モーメント・主軸の計算は部材断面計算に活用される。また、二つ以上の図形の合成による組み合わせも可能にしていて、合成断面の設計計算に活用することが出来る。

7. 標準用のプログラム E-series

たとえば、鋼橋の設計においては、その全体にっして一つの工事名のある部材がある。これは幾つかの部材があり、輸送・製作・組立の単位ごとに名称や記号がつけられる。部材は更に単品で集合で組立てられ、それぞれ材料からの切り出し、加工の対象となる。このように、幾つかのモデル相互に論理的な関連をつけるとき、ある性質のものを選択して処理させたい。たとえば、同じ材質の同じ板厚の材料リストさせる、という目的に沿って、データ構造とプログラムの準備である。

8. プログラム言語と使用コンピュータ

GEOMAPのプログラム・パッケージは、上に述べたような幾つかのセット化されたプログラムの組で構成され、これを動かすための共通制御用プログラムの下で動作するようになっている。このパッケージの最初の版は木村によつて作られ、これは名古屋大学に提供を受け、数回が改良・追加をして開発中のものがある。名古屋大学大型計算機センターには二つの計算機システムがあるが、システムの違いにより、殆んど同じプログラムが使用できるように注意深く作られた。プログラムは、JIS 2000 FORTRANに適合するように作られ、システムに関係する変更が最小限になるように作られている。プログラムやCRTのような作図装置に依存するプログラムはD, H seriesに含まれるが、この場合も装置の相違によるプログラム変更は少なく計画されている。

プログラムの長さは全部で約2万枚に達し、また新しい機能の追加が予定されている。サブルーチンの長さは一プログラムの長さは、なるべくリストページ、約50行以内になるように考案されているが、長くてもリスト3〜4ページ以内で計画されている。サブルーチンの数はしたがって約300を超えている。記憶領域の小さいミニコンを使用する場合には、必要最小限のプログラムを結合して、処理目的に合った単能のプログラムを作成することができる。通常は、強力なLinkage Editorの助けを借りて、オーバーレイ構造にプログラムを編集して、記憶領域の節約を計画できるようにサブルーチンそのものが作られている。先に示したP, G, M, D, Hなどのイニシヤルは、この目的の差はつけられている。

コンピュータの記憶領域には、プログラムと同時に、幾何モデル作製のデータ領域が必要である。この寸法は、創成される三次元物体の複雑さにはほぼ比例した領域が必要である。大体の見積りは、面・辺・頂点の数の合計を8倍した実数領域が必要であって、直方体の場合には約20倍である。オーバーレイ構造にするには、プログラムの領域に約10k語を割り、残りをすべてデータ用に使うことができる。データ領域を効率的に利用するため、ファイル処理に使用するポインタ・アドレス方式のコアの記憶領域の利用にも採用している。外部記憶装置との効率的な運用を試みている。

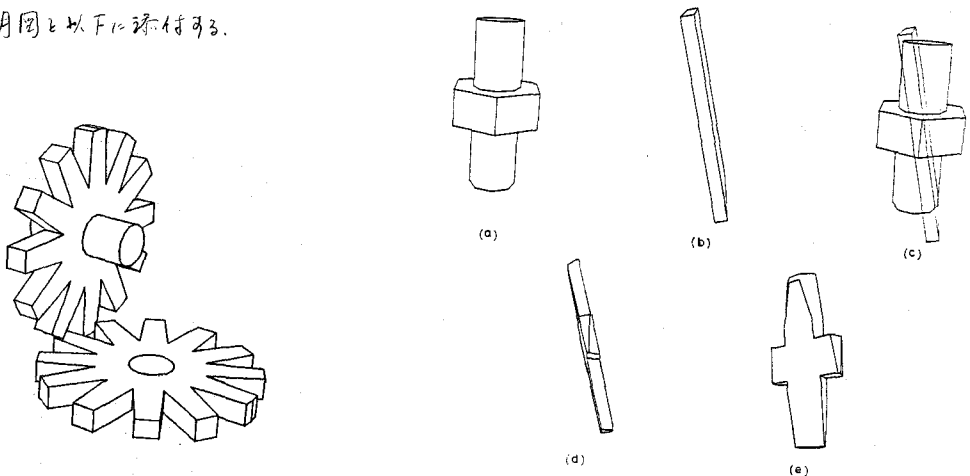
9. TSSの利用と会話型プログラム

GEOMAPはバッチ処理によって実行可能であるが、望むべくはグラフィック・ターミナルを介した会話型の応答によって処理を進めるのが最も望ましい形態である。この目的に沿うため、先に示したP, G, D, ...のプログラム群は、それぞれ会話の応答に司るコマンドを持つたプログラムによって同様の呼び出されるようにも組み込むことができる。種々のリストのカーソル、エラーが生じた時の回復処理が組み込まれている。なお、GEOMAPの主要なプログラムには、エラーが生じた時、その場所のコード番号を持つた、エラー処理用のプログラムを呼び出すように構成してあり、一切の入出力を含まない。このため、READ/WRITE 関数の入出力の種類がカード入力、TSSのコマンド、その他に変更されても、プログラムの修正がほんの僅かの部分で訂正するだけでよいように作成されている。

あとがき

本研究は昭和53/54年度文部省科学研究費の補助を受けこれを記して感謝の意を表したい。

説明図と以下に添付する。



```

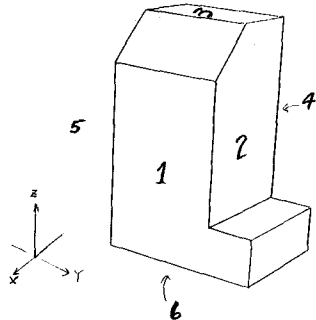
CALL=?
(DPIN)
DEVICE NO=?
( 118002500
*
**
CALL=?
(DCAMO
(CAMERA NAME=?
(CAMERA1
EYE POINT(X,Y,Z)=?
( 30.0 20.0 10.0
FILM HALF WIDTH=?
( 40.0
*
**
CALL=?
(PPOST
TOP CELL IS NEW(O) OR OLD(1)=?
( 0
NAME=?
(LABC
POSITION COORDINATES READ
( 2.0 2.0 3.0
( 2.0 -3.0 3.0
( 0.0 2.0 5.0
( 0.0 -3.0 5.0
( -3.0 2.0 5.0
( -3.0 -3.0 5.0
( 2.0 -3.0 -5.0
( 2.0 4.0 -5.0
( 2.0 2.0 -3.0
( -3.0 4.0 -5.0
( -3.0 4.0 -3.0
( -3.0 2.0 -3.0
( -3.0 -3.0 -5.0
*
**
CALL=?
(PMDPL
NAME=?
(LABC
NOS. OF VERTICES READ (EACH 8)
( 1 1 10 13 5 3
( 2 9 8 11 12 4
( 3 6 14 7 2 4
( 4 4 3 5 6
( 5 9 12 13 10
( 6 7 14 11 8
( 7 2 1 3 4
( 8 2 7 8 9 10 1
( 9 5 13 12 11 14 6 9999
( 0
*

```

```

CALL=?
(DVIEW
CAMERA NAME=?
(CAMERA1
*
**
CALL=?
(DPROJ
CAMERA NAME=?
(CAMERA1
PROJ MODE(O---?)=?
( 1
*
**
CALL=?
(HVHJD
NAME OF BODY OR WORLD=?
(LABC
NAME OF CAMERA=?
(CAMERA1
TREE MODE(O,1,2,3,4)=?
( 0
DASH LINES(NO=0,YES=1)=?
( 1
DEVICE READY(YES=0,NO=1)=?
( 1
*
**
CALL=?
(DPROJ
CAMERA NAME=?
(CAMERA1
PROJ MODE(O---?)=?
( 2
*
**
CALL=?
(DMOVE
IMAGE CENTER TO (X,Y)=?
( 13.0 0.0
MOVING MODE(IMOD)=?
( 1
*
**
CALL=?
(HVHJD
NAME OF BODY OR WORLD=?
(LABC
NAME OF CAMERA=?
(CAMERA1
TREE MODE(O,1,2,3,4)=?
( 0
DASH LINES(NO=0,YES=1)=?
( 1
DEVICE READY(YES=0,NO=1)=?

```



```

** INPUT DATA ** (MULIST
BODY NAME=?
(LAAA
*
** INPUT DATA ** (
BODY VOLUME=? 260.000
SURFACE AREA=? 268.192
CENTRE OF GRAVITY=?
(-0.571 -0.231 -0.474
MOMENT OF INERTIA AGAINST GCEN
525.373947 4.935498 -87.029711
4.935498 732.820496 -246.794268
-87.029711 -246.794268 216.495720
** PRINCIPAL AXES **
0.99256 0.10111 -0.06778
-0.11077 0.98114 -0.15833
0.05049 0.16472 0.98505
** MINIMUM BOX COORDINATES
-3.000 -3.000 -5.000
** MAXIMUM BOX COORDINATES
2.000 4.000 5.000
*
** INPUT DATA ** CALL=?
END
END OF PARTIAL *

```

