

等角投影法を用いた立体形状入力システム[†]

安居院 猛^{††} 中嶋 正之^{††} 羽生田 千春^{††}

3次元のコンピュータ・グラフィクスにおいては、そのデータの入力方法が大きな問題となる。現在一般的に行われている、三面図をもとに、マニュアルで数値を入力する方法は、大変な労力を要する。本論文では、3次元空間を2次元平面上に表現するのに最も簡便な方法である、等角投影法を用いて、3次元データを入力する方法について報告する。等角投影法の特徴としては、主軸方向の長さが一定であり、計測ができること、主軸によって作られる平面に平行な面では、楕円が同じ縦横比で表現できることなどが挙げられ、不等角投影法などに比較して立体データの入力が容易である。ここでは、等角投影法を用いて開発した3次元入力システムの構成と、建築物設計例について示す。

1. はじめに

3次元物体を対象とするコンピュータ・グラフィクスの分野においては、対象立体データをどのように効率よく入力するかが大きなテーマとなっている。

まず、データを入力しようとする物体が、実際に存在している場合、データ入力の方法としては、その寸法を計測して、キーボードから入力する方法や、3次元ディジタイザ（座標読み取り装置）による方法があげられる。

また、正視投影図によって物体が表現されている場合、キーボードによる入力や、平面ごとに2次元のディジタイザによって入力する方法をとることが多い。

しかし、いずれの方式も入力する人間側の労力の負担が大きい。他の方法としては、3面図を入力し、人工知能的に3次元立体を再構成する方法も試みられているが、実用化レベルには達していない¹⁾。

そこで、本論文では、比較的ユーザに負担をかけないマンマシンインタフェースの改善を目的として、軸測投影法の1種である等角法を用いて2次元のディジタイザから直接3次元立体データを入力する方法について提案する。

2. 等角投影法について

データの入力を対話形式で行うためには、入力された結果を理解しやすいように表しておく必要がある。すなわち、3次元空間上の物体をディスプレイ上に表現するためには、物体をなんらかの方法で2次元平面

に投影しなければならない。

投影法には、各種の方法があるが、正視投影法は、設計者にとっては、最も一般的であるが、複雑な図面では、直観的でないという欠点をもつ。

一方、斜投影法は、形が正しく表現されず、一般的でないと考えられる。

また、軸測投影によるものでは、全体の形は理解しやすいが、奥行きのあるものでは、形が現実的でない。

透視投影法によるものは、形が自然であるが、描くのが難しい。

以上のような、それぞれの特徴に対して、コンピュータ・グラフィクス分野での物体の表現においては、次のような条件があげられる。

- 1) 物体を表現する際にスケッチを描く²⁾。
- 2) スケッチをもとにデータを入力するには描きやすいことが必要である。

以上の点を考慮して、軸測投影法のうちでも簡便で一般的と考えられる、等角投影法を用いることにした。

等角投影法では、図1に示すように、3次元空間上の、直交軸 X, Y, Z 軸は、投影後に互いに等しい角度で交わる。これらを主軸と呼び、それぞれを X_p, Y_p, Z_p 軸とする。また、実寸に対しての縮尺率が 0.816 となり、主軸方向の寸法が等しい。このため、等測投影法とも呼ばれ、主軸方向では、寸法の測定が可能であり、正確に描くことができる。

3. 等角投影法による立体形状の基本的な入力方法

3.1 基準点の設定

等角投影法により立体形状を計算機に入力する基本

[†] Solid Object Input System by Conformal Projection Method by TAKESHI AGUI, MASAYUKI NAKAJIMA and CHI HARU HANYUDA (Imaging Science and Engineering Laboratory, Tokyo Institute of Technology).

^{††} 東京工業大学工学部画像情報工学研究施設

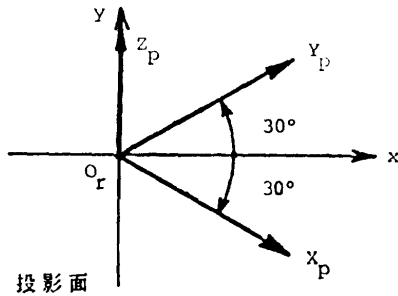


図1 等角投影法による投影面

Fig. 1 Projective plane by conformal projection method.

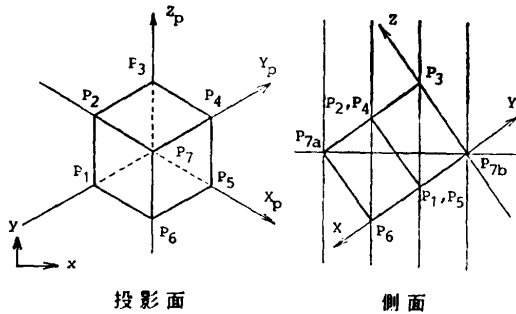


図2 投影面上の座標と3次元座標との対応

Fig. 2 Correspondence between points on projective plane and those 3-D coordinates.

として、まず、3次元空間上のある1点 $P(X, Y, Z)$ を、2次元平面であるタブレットから入力することを考える。なお、本節以降、3次元座標と2次元座標を区別するために、3次元空間上の座標を大文字で表し、2次元の投影面上の座標は小文字で表す。

等角投影法による投影面上のある1点を選ぶと、この点に対応する3次元空間上の座標は、図2における点 $P7a, P7b$ のように、1点には定まらない。したがって、このように投影面から3次元データを入力する場合、座標値を決定するためには、まず3次元座標が既知である基準点を定め、これに対する投影面上での相対的な位置によって、座標値を求める。

すなわち、図3に示すように、投影面上のある点 $po(i_0, j_0)$ を基準点としたとき、次に指定できる点の方向を6方向に限定する。これにより、例えば図3の投影面において、次に指定する点の基準点からの方向を1で示す向きとするならば、対応する3次元空間上では Y 座標値が増加する。

タブレット上での2次元座標の指定に必要な初期値は、3次元空間上の基準点の座標 (i_0, j_0) である。2次元平面上で、同じ点をオペレータがタブレットから2

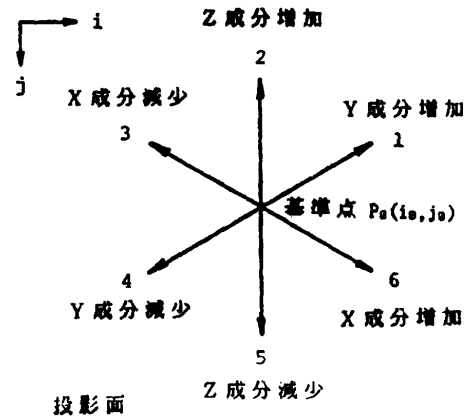


図3 投影面上での方向限定

Fig. 3 Directional limit on projective plane.

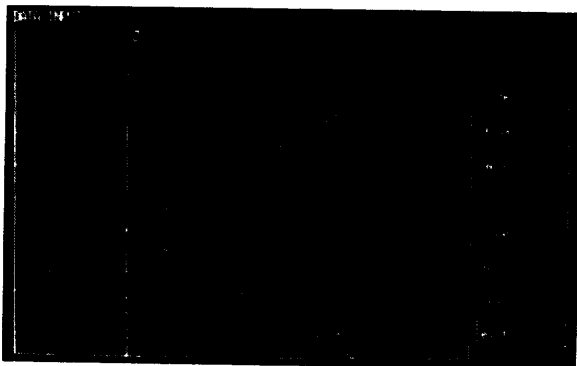
度指定したときには、この点をデータとし、その他の場合のうち、図3に示した方向の限定を満たしているときには、指定された点をパス (path) として、各方向に応じて、3次元空間上の座標値を変化させる。

3.2 3次元空間上の頂点と稜線の入力

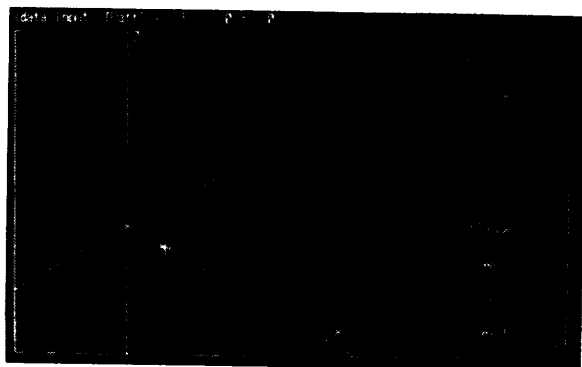
データ入力の前段階として、補助線となるメッシュを描いておく。次に、図4(a)のようにCRT画面のどの位置を3次元空間上での原点とするかを指定して、主軸を描く。データ入力における初期状態は、原点 $O_r(0, 0, 0)$ を基準点とする。例えば、原点を始点として、点 $P(5, 4, 3)$ を終点とする稜線を作成したいときは、図4の(b)(c)(d)のような手順でデータを入力する。すなわち、図4(a)において、投影面上の原点の位置を再び指定すると、稜線の始点座標として $(0, 0, 0)$ が登録され、投影面上のこの位置が基準点になる。次に、基準点から、図3に示した限定方向のうち2で示す方向に、補助メッシュの座標で5マス移動した位置を指定すると、図4(b)のように、3次元座標は X 座標が5増加して、パス・データ $(5, 0, 0)$ が得られる。さらに、 $(5, 0, 0)$ を基準点として、図3の1で示す方向へメッシュの4マス分だけ移動した位置を指定すると、図4(c)のパス・データ $(5, 4, 0)$ が得られる。同様に、 Z 方向の座標を変化させて図4(d)のような $(5, 4, 3)$ のパス・データを得て、最後に投影面上のこの位置を再び指定すると、稜線の終点となる3次元座標 $(5, 4, 3)$ が得られる。

3.3 ワイヤフレーム・モデルの入力

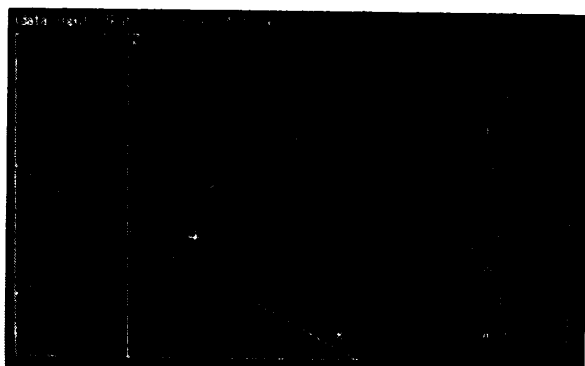
稜線データを入力する際に、最初の基準点として常に原点を用いると、稜線入力のたびに稜線の始点位置まで上記の手順で座標値を移動しなければならず、操作が冗長になる。これを避けるために、ある稜線を入



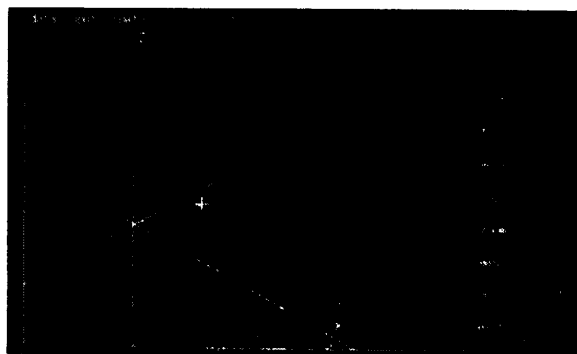
(a) 原点の指定



(b) X座標を変化させた状態



(c) Y座標を変化させた状態



(d) Z座標を変化させた状態

図4 稜線の入力手順

Fig. 4 Edge input process.

力するとき、最初に指定した投影面上の位置 p が、既に入力されているある3次元データ P を投影した位置と一致する場合、 p および対応する3次元データ P を次の基準点とする。これによりワイヤフレーム・モデルが容易に入力されることになる。

3.4 サーフェイス・モデルの基本入力

サーフェイス・モデルでは、面の境界、つまり面ループの集合が形状データであるときみなすことができる。図5に示すように、面の稜線に方向づけを行い、面ループとする。投影後の面ループが始点から見て時計回りのとき、この面を可視面、反時計回りのとき、不可視面とする。

すべての面について、面ループを入力すると、同じ稜線を2度ずつ入力しなければならず、非効率である。これに対処するために、入力されていない稜線だけを加えて、新しい面データを生成できるような次に述べるアルゴリズムを採用した。

まず始めに、可視、不可視を考慮した基準となる閉じた面を入力する。この面ループに加えて新たな稜線を入力してゆき、新しく閉じた面が構成されたとき、基準面と位相的に同じ側になるように、新しい面の向きを定める。具体的には、新しい面の、基準面と共有する稜線について、基準面の稜線の方向を逆にしたものを、新しい面の稜線の向きとし、この向きを、新しい面のループに適用する。各稜線が、ある2面に共有されるまでこの操作を繰り返す。

以上のアルゴリズムを繰り返し、各面を入力することによりサーフェイス・モデルを構成することができる。

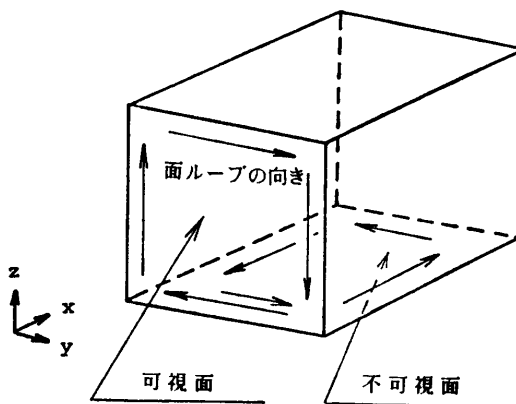


図5 面ループと可視、不可視の関係

Fig. 5 The relation between plane loop and visibility.

4. 物体の形状限定による簡易入力の方法

3章では、ワイヤフレーム・モデルの立体形状を等角投影法を用いて入力するための、基本的なアルゴリズムについて述べた。本アルゴリズムを用いることにより、2次元平面であるタブレットから、多面体の形状データをCRTディスプレイで直接確認しながら入力することができる。しかし、等角投影法を利用することにより、物体の形状を単一の投影図で表せるという利点を持つ反面、図2に示したように、投影図上の座標からは3次元空間上の点が一意に決定できないために、投影図から3次元データを入力するためには、3次元空間上の座標値を、 X, Y, Z 方向のそれぞれごとに変化させていく必要があり、物体の形状によっては作業が煩雑となる。この問題に対処するために、本論文ではふたつの方法を検討する。

そのひとつは、入力しようとする物体の形状を限定することによって、投影面上のある点の座標から、3次元空間上のその点の座標を直接決定する手法である。他の方法は、物体を、単純な形状をもつ部品の集合とみて、各部品の形状データを入力した後に、これらに対して移動、複製などの編集を行い、物体の形状を構成するものである。これについては、次章で述べる。

4.1 簡易入力のための形状限定

本節では、物体の形状を限定する方法のうち、サーフェイス・モデルを構成する形状データについて、入力する面ループの形状を限定することによって、等角投影図から物体の形状データを簡便に入力する手法について述べる。

投影面上の2次元データから3次元空間での座標値が一意に定まるためには、3次元データ側の未知数をひとつ減らす必要がある。そのために本節では、 X, Y, Z 座標のうち、ひとつの座標値を固定して、これにより定まる平面上にデータが存在するとして、入力を行う。さらに、その平面上で入力しようとする面ループの形状は、初心者オペレータにも使えるように、座標軸に平行な辺からなる長方形に限ることにする。

以上の限定条件により、投影面上の2次元座標から、3次元空間上の座標が直接決定できる。そして、次に述べるように、ある面ループを入力する場合、ループの始点を指定した後は、1回の座標指定だけでひとつの面ループが入力できることになる。以下、立体形状の簡易入力の具体的なアルゴリズムを示す。

まず、入力しようとする面ループを含む平面が、3

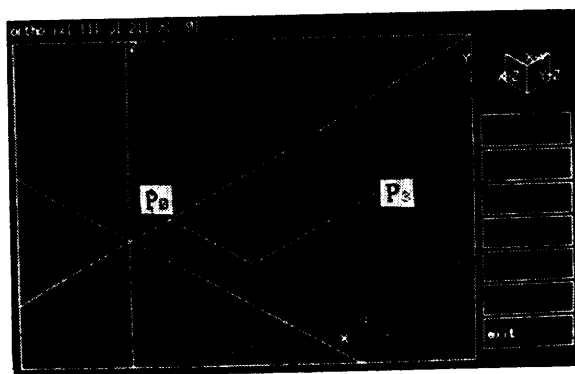


図6 簡易入力による面ループの入力
Fig. 6 Input of plane loop by simple process.

次元空間上の $X-Y$ 平面、 $Y-Z$ 平面、 $Z-X$ 平面のうちのどれと平行であるかを指定する。次に、前章で述べた基本入力のアルゴリズムを用いて、3次元空間上の長方形をした面ループのうち、ひとつの頂点を指定して始点 P_0 とする。 P_0 に対して、長方形の対角線方向の頂点 P_3 の2次元座標をタブレット上で指定することにより、 P_3 の3次元座標を得る⁵⁾。

基本入力では、タブレット上のスタイラスがペン・ダウンしていないときは、スタイラスの位置に対応する画面上に、カーソルが表示されるが、本入力アルゴリズムでは P_3 を指定する際にカーソルの代わりに、図6に示すように、スタイラスの位置を P_3 とし、 P_0, P_3 を対角線とする長方形を投影したものが描かれる。この長方形は、スタイラスの動きに応じて長方形が変化する。この手法は、マン・マシン・インタラクションの手法のひとつで、ラバー・バンド (rubber band) とよばれている³⁾。ラバー・バンドを用いることにより、入力しようとする面の大きさを感覚的に理解できると考えられる。

4.2 面对称な物体の入力法

本節では、3次元空間上のある平面に対して面对称な物体を取り上げ、その等角投影図を描くことにより、ワイヤフレーム・モデルの立体形状データを生成する手法について述べる。

4.1節で述べたように、投影面上の2次元座標から、3次元空間上のもとの座標を直接決定するためには、3次元データに対してある限定条件を加える必要がある。本節では、物体が面对称であるという制限を用いて3次元座標を決定するアルゴリズムについて提案する。

図7に、面对称な図形を示す。物体が対称となる平面を対称面 s とし、 s を表す式をたとえば $X=0$ とし

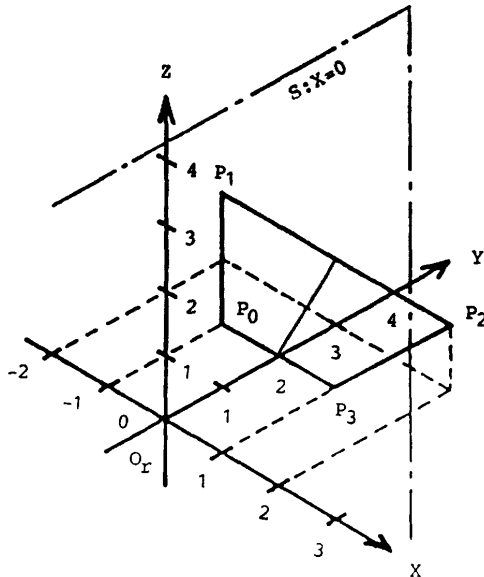


図7 面対称な図形
Fig. 7 Figure of planar symmetry.

たとき、ある頂点 $P_1(X_1, Y_1, Z_1)$ と、対称面 s について P_1 に対称な頂点 $P_2(X_2, Y_2, Z_2)$ の関係は、次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= -X_2 \\ Y_1 &= +Y_2 \\ Z_1 &= +Z_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

P_1 と P_2 の投影面上での位置を、図3に示した座標系により表し、それぞれ $p_1(i_1, j_1)$, $p_2(i_2, j_2)$ とすると、次式が求まる (付録参照)。

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= -X_2 = E(i_1 - i_2)/(2A) \\ Y_1 &= Y_2 = E(i_1 + i_2)/(-2B) \\ Z_1 &= Z_2 = \frac{ADE}{2BC}(i_1 + i_2) - \frac{F}{2C}(j_1 + j_2) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$j_1 - j_2 = \frac{BDE}{AF}(i_1 - i_2) \quad (3)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} k &= 1, 2 \\ A &= \cos(\theta) \\ B &= \sin(\theta) \\ C &= \cos(\phi) \\ D &= \sin(\phi) \\ E &= \sqrt{3} F = \text{const.} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4)式における θ は Z 軸回りの回転角で、 -45° , ϕ は X 軸回りの回転角で、 35.26° で与えられる⁵⁾。

以上のように、形状データを入力しようとする物体が、面対称な場合、頂点と稜線の情報をもつ2次元の等角投影図から、もとの3次元データを求めることができ、ワイヤフレーム・モデルが生成できる。

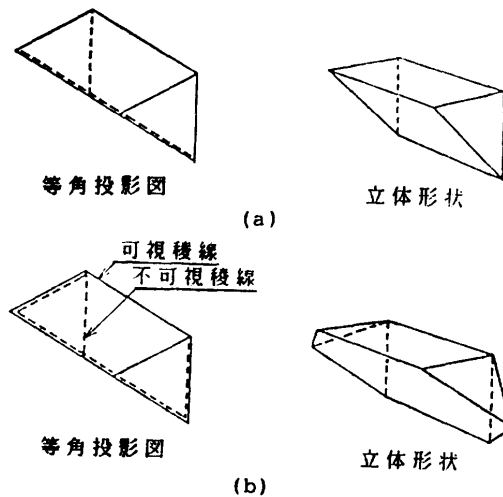


図8 投影図が等しく立体形状の異なる物体の例
Fig. 8 Examples of different objects that are same projection.

【面対称物体のデータ入力アルゴリズム】

タブレット上で2次元の等角投影図を描く際に、図8に示すように稜線が重なると、投影図は同一でも立体形状が異なる場合がある。これに対処するため、稜線を可視稜線と、不可視稜線に区別して入力する。

以下に、そのアルゴリズムを示す。

(1) 等角投影図の入力

対称面 s を、 $X=0$ として、 s について面対称な物体を、オペレータがタブレット上で描く。すなわち、スタイラスで頂点の位置と稜線の接続関係を指定して、等角投影図を入力する。等角投影図の入力に際しては、オペレータは単に2次元の稜線を入力するだけで、3次元座標との対応を考慮する必要はなく、したがってこの段階では、計算機は3次元の情報をもたない。可視稜線と不可視稜線の指定は、図9に示すようにメニューにより行う。

入力された稜線の情報に基づき、以下の処理を行う。各頂点と稜線に図10に示すような番号付けを行い、表1に示すような2次元の頂点および稜線の情報を得る。ただし、図10中の(破)は破線を、(実)は実線を示す。表1において頂点6は不可視稜線からのみ構成されているので、不可視頂点である。

各頂点に接続している稜線を調べると、表1からそれぞれの頂点は3本の稜線から構成されていることがわかり、入力された投影図が多面体ならば、各頂点は少なくとも3本の稜線からなるので、本例では、各頂点は空間上の頂点と1対1に対応し、空間上の頂点数は投影図の頂点数と等しい。

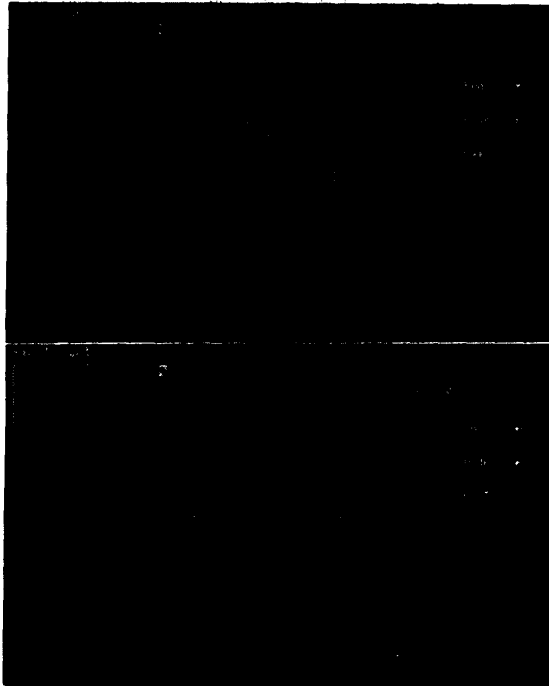


図9 面対称な物体の等角投影図の入力
Fig. 9 Conformal projection input of planar symmetric object.

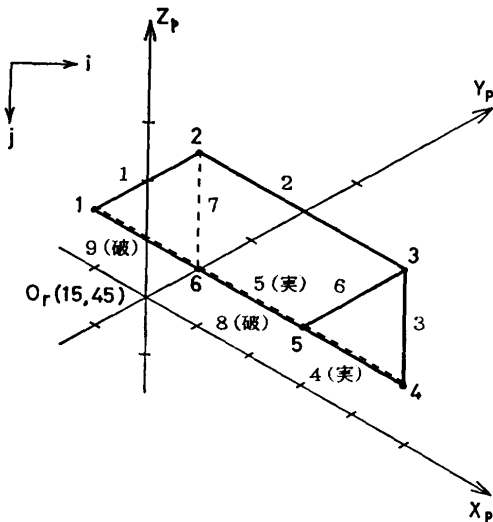


図10 図9の入力例に対する頂点および稜線の番号付け
Fig. 10 Numbering the vertexes and edges for input example of Fig. 9.

(2) 対称点の対の作成

対称点の対とは、式(2)を満たすような、投影面上の頂点の対を指す。図10の例では、式(2)を満たす頂点の組が表2に示すように {2, 3} および {1, 4, 5, 6} のように2組でき、それぞれの組ごとに2頂点を

表1 頂点座標と頂点を構成する稜線
Table 1 Vertex coordinates and edge line composing to vertex.

頂点番号	投影面での座標 (i, j)	i-j	可視稜線	不可視稜線
1	10, 30	-20	1, 5	9
2	20, 20	0	1, 2	7
3	40, 40	0	2, 3, 6	なし
4	40, 60	-20	3, 4	8
5	30, 50	-20	6, 4, 5	なし
6	20, 40	-20	なし	7, 8, 9

表2 対称点の対となる候補頂点の組み合わせ
Table 2 Combinations of candidate vertices making pairs of symmetric points.

候補頂点の組み合わせ	対称点の対となる 候補頂点の組									
	2, 3			1, 4, 5, 6						
	対称点の対		三次元座標	対称点の対		三次元座標				
	-	+	X Y Z	-	+	X Y Z				
ケース1	2	3	10	15	0	1	4	15	10	-5
						6	5	5	10	-5
ケース2	2	3	10	15	0	1	5	10	5	0
						6	4	10	15	-10
ケース3	2	3	10	15	0	1	6	5	0	5
						5	4	5	20	-15

表3 対称面について同じ側の頂点の接続テスト
Table 3 Connectivity test of vertices existing on the same side of the symmetric plane.

	対称面について同じ側の頂点の接続テスト						対称点の対の接続テスト		結果
	対称面に対する側				未使用の稜線	対称点の対の接続テスト			
	X<0		X>0			対称点の組	稜線		
	頂点の組	稜線	頂点の組	稜線					
ケース1	2-1	1	3-4	3	2	2-3	2	不適	
	2-6	7	3-5	6	5	1-4	なし		
	1-6	9	4-5	4	8	6-5	なし		
ケース2	2-1	1	3-5	6	2	2-3	2	適合	
	2-6	7	3-4	3	5	1-5	5		
	1-6	9	5-4	4	8	6-4	8		
ケース3	2-1	1	3-6	なし	2	2-3	2	不適	
	2-5	なし	3-4	3	4	1-6	9		
	1-5	5	6-4	8	7	5-4	4		

組み合わせ、表2に示すように、対称点の対を構成すると、本例では、1から3までの三つのケースが考えられる。表2で、各対の頂点の-, +の符号は、対称面である X=0 に対して頂点がどちらの側に存在する

かを表す。

(3) 頂点の3次元座標を得る。

(2)により、対称点の対が得られると、式(2)により、その対の3次元座標が求まる。

表2に各対称点の対に対して求めた3次元座標値を併記する。

(4) 対称点について同じ側の頂点の接続テスト

(2), (3)で導かれた三つのケースのそれぞれについて、対称面に対して同じ側の頂点どうしを接続したものが(1)で得られた稜線の情報を満たすかどうかを調べる。表3にその内容を示す。このテストの結果、登録された稜線のうちまだ未使用のものがある場合は、対称点どうしを接続して、稜線となるかを調べる。最後に(1)による稜線の情報と本テストで頂点を接続した線分の情報が一致するかを調べ、一致しない場合は次のケースに対して本テストを実行する。

図10の例では、ケース2が適合し、このときの対称点の対からこの物体のワイヤフレームによるデータが構成される。

以上のように、ある平面对称な物体の場合、ワイヤフレーム・モデルが生成できるが、対称点の候補となる組の中ですべての頂点对の組合せを調べているので、候補となる頂点数が増すと、 n^2 のオーダーで計算時間が増加してしまい、一般的な物体に利用するには問題になる。したがって、あまり複雑な物体のデータ入力には適さないが、単一の投影図から3次元データの入力が行えるために、特に物体を構成する面の法線ベクトルが座標軸に対して傾いている場合、三面図から各投影図の対応点を指定してデータを入力する方法に比べて有利であるといえる。

5. 編集機能

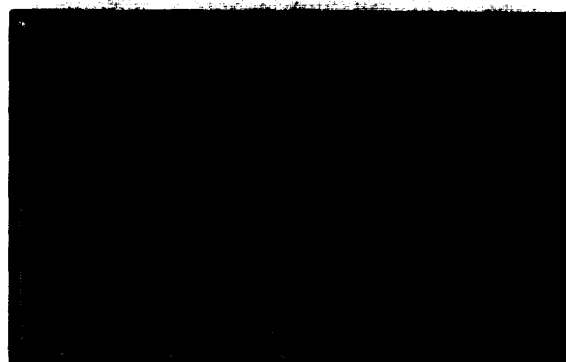
立体データを容易に構成する方法として、単純な形状をもつ部品を組み合わせる方法が広く利用されている。ここでは、物体を単純な形状をもつ部品の集合とみて、各部品を編集して物体の形状データを作成する方法について述べる。

部品を編集する手法としては、ソリッド・モデルの論理演算によるもの⁴⁾が知られているが、本節では基本的な編集機能だけを考え、部品どうしが貫通するというような干渉はおこらないものとし、さらに部品の移動は平行移動に限るものとする。

部品を編集するために、セグメント(segment)の概念を導入する。すなわち、ひとつの部品を示す形状



(a) 複写前



(b) 複写後

図11 セグメントを移動し、複写した例
Fig. 11 Example of moved segment copy.

データの集合を1セグメントとして、移動、複写を各セグメントごとに行えるようにする。

図11(a)に、セグメントの移動操作を行った例を示し、図11(b)に(a)の複写を行った例を示す。

6. 等角投影法による立体入力システム

以上述べた等角投影法による立体入力を効果的に行うシステムを設計した。計算機は、16ビットのパーソナルコンピュータに数値演算プロセッサを装着して高速化を実現した。

図12は、本システムを用いて建築物のデータを入力した例であり、図13は、その隠面処理および陰影付を行った結果である。

プログラムは、MS-DOS上のC言語により作成し、ソースプログラムの大きさは、データ入力処理部を除いた部分で約1,600行であり、データ入力処理部の各処理モジュールごとの大きさは、ワイヤフレーム・モデルの基本入力モジュールが約200行、面对称物体の入力モジュール、サーフェイス・モデルの基本入力モジュール、および簡易入力モジュールがそれぞれ約

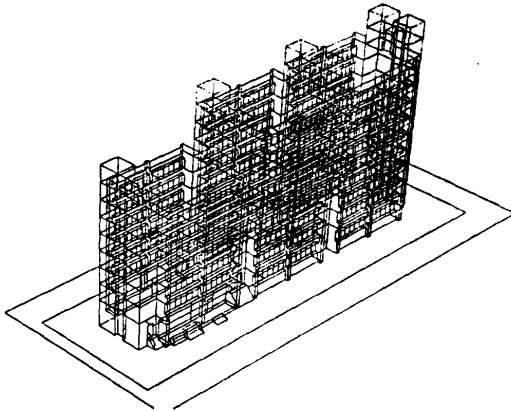


図 12 ワイヤフレーム・データの射影変換による出力例
Fig. 12 Output example of projective transformation of wire-frame data.



図 13 隠面処理による複数ファイルの形状データ出力例
Fig. 13 Output example of 3-D object by hidden surface removal.

600 行であった。

7. ま と め

等角投影法を用いて、3次元データを入力するシステムを試作した。本報告では、等角投影法による立体形状の入力方法として、ワイヤフレーム・モデル、サーフェイス・モデルおよび形状の限定による簡易入力の方法について具体的に述べた。ここで提案した方法は、キーボードから数値データを入力する方法にくらべ、直接視覚的にデータを入力できるため、操作する人間の負担が軽減されると考えられる。

今後の課題としては、表面が多角形状から構成される立体のみならず、丸みを帯びた曲面の効果的な入力方法について検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) Sakurai, H. and Gossard, D.C.: Solid Model Input through Orthographic Views, *ACM-SIGGRAPH*, Vol. 17, No. 3, pp. 243-252 (1983).
- 2) 福井幸男: 3次元図形入力用ソフトウェアの機能と構成, 昭和59年度製品科学研究所研究成果発表資料, pp. 5-8 (1984).
- 3) Foley, J.D. and Van Dam, A.V.: *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley, Massachusetts (1982).
- 4) 例えば, "Special Issue on Solid Modelling", *IEEE CG & A*, Vol. 2, No. 5 (1982).
- 5) 中嶋, 安居院, 羽生田: 等角投影法を用いた簡易な立体形状入力システムの試作, 情報処理学会「グラフィクスとCAD」シンポジウム, pp. 101-110 (1985).

付 録

ある頂点 $P_k(X_k, Y_k, Z_k)$ の投影面上の二次元座標を $p_k(x_k, y_k)$, 等角投影面上の座標を (i_k, j_k) とすると次式が求まる。

$$\left. \begin{aligned} x_k &= AX_k - BY_k \\ y_k &= -BDX_k + ADY_k + CZ_k \\ x_k &= Ei_k \\ y_k &= -Fj_k \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.1})$$

ただし $k=1, 2$

(1)式と(A.1)式を合わせると、全部で11式が構成できる。一方未知数は、 X_k, Y_k, Z_k, x_k, y_k の10個であるから、この方程式を解くことにより、(2)式が求まり、かつ(3)式で与えられる i_k と j_k の拘束条件が求まる。

(昭和61年2月17日受付)

(昭和61年10月8日採録)



安居院 猛

昭和34年東京工業大学工学部電気卒業。昭和39年同大学院博士課程修了。現在、同大像情報工学研究施設教授。制御理論、印写機器、コンピュータ・アニメーションなどの研究に従事。工学博士。52, 55, 60年度日本印刷学会論文賞受賞。著書「画像工学の基礎」(昭晃堂), 「コンピュータグラフィクスの技法」(新オーム文庫)。



中嶋 正之 (正会員)

昭和44年東京工業大学工学部電気卒業。昭和50年同大学院博士課程修了。同年同大勤務。現在、同大画像情報工学研究施設助教授。コンピュータ・グラフィクス、画像処理の研究に従事。工学博士。52, 55, 60年度日本印刷学会論文賞受賞。著書「画像工学の基礎」(昭晃堂), 「パソコングラフィクス入門」(オーム社)。



羽生田千春

昭和58年早稲田大学理工学部機械卒業。同年東京工業大学・総合理工学研究科物理情報工学専攻入学。計算機を用いた画像構成の研究に従事。昭和60年同修了。同年(株)セイコーエプソン入社。現在に至る。