

多面体の隠線消去の一手法*

中前栄八郎** 西田友是**

Abstract

In this paper we describe an algorithm for hidden line elimination of polyhedra. We divide a concave polyhedron into the suitable convex polyhedra, and deal with a set of them.

The merits of this algorithm are as follows. 1) The input data are so simple that the errors are decreased exceedingly. 2) The procedure for hidden line elimination is so simple, because a contour of each convex polyhedron is convex, too. 3) The design for the structures are very easy, as the position and size of each convex polyhedron is able to modify individually. 4) The figures on the plane of an object are to be dealt on the same routine as the inner edges.

1. はじめに

三次元図形を二次元平面上にディスプレイする際の、隠れた部分を消去することの必要性が指摘されて以来¹⁾、三次元物体の隠線消去について多くの論文が発表されてきた^{2)~12)}。すなわち、稜線の凹凸と面の向きの性質を利用した分類を行ない、線分と線分による判定方法が試みられ、隠線消去問題を飛躍的に発展させた^{2), 3)}。また多面体を構成する平面と稜線との間の性質を用いた方法、および面の相互関係を利用する方法が開発された^{7)~11)}。一方、多面体を凸平面に分割して面の交差判定を簡便にする方法が試みられた¹²⁾。

筆者らは、任意の多面体を凸多面体に分割して入力することにより、面の表裏の判定を容易にすると同時に、凸多面体の輪郭線の性質を利用してその領域の判定を簡易にした。また内線(3.参照)をその凸多面体上の図柄と同様に扱うことにより互いに独立した凸多面体における隠線判定が不要となり、処理時間を短縮することができた。本論文では、平面上に線分で構成される図柄をも処理する隠線消去のアルゴリズムについて述べ、適用例をあげてその有用性を示す。本アルゴリズムの特長を要約すると次のようである。(1) 任意の形状の多面体を表示するための入力はめんどろな作業で誤りを生じやすいが、これを凸多面体に分割し、直方体等使用頻度の多いものについては入力形式を標準化することにより、データ・エラーを極度に減

少できる。(2) 凸多面体の集合として取り扱うことにより隠線消去のアルゴリズムが簡単となり、計算時間の短縮が可能になる。(3) 建造物等の設計の場合、凸多面体に分割することにより、検討の対象となる凸多面体の大きさの変更または原点移動が簡易に行なえるため、アレンジが容易になる。(4) 平面上の図柄の隠線消去が簡易で、広範な実用面に応用できる。

2. データ構造

凸多面体、面および頂点は階級構造とし、それぞれのデータ構造は行列形式とする。頂点は三次元座標で、また面は物体の外部からみて右回りの頂点番号で与える。なお平面上に図柄のある場合はその図柄の属する面番号と、図柄の頂点の三次元座標の並びで与える。この場合、各図柄は一筆書きを1単位とする。頂点・面・図柄は入力順に番号付けをし、図2.1の例で

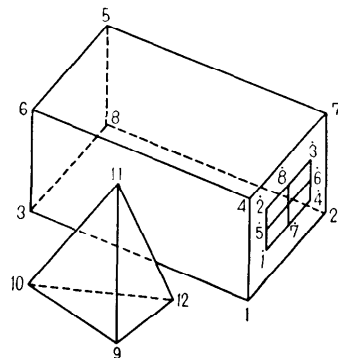


図 2.1 凸多面体と図柄
(Convex polyhedra and figures)

* An Algorithm for Hidden Line Elimination of Polyhedra, by Eihachiro Nakamae and Tomoyuki Nishita (Faculty of Engineering, Hiroshima University)

** 広島大学工学部

表 2.1 凸多面体のデータ構造
(Data structure of convex polyhedra)

〔Ⅰ〕				〔Ⅱ〕					
物体	頂点	面	図柄	面 構成 頂点					
1	8	6	3	1	1	4	7	2	
2	12	10	3	2	2	7	5	8	
⋮	⋮	⋮	⋮	3	8	5	6	3	
				4	3	6	4	1	
				5	4	6	5	7	
				6	1	2	8	3	
				7	9	10	11	0	
				8	9	11	12	0	
				9	10	9	12	0	
				10	11	10	12	0	
				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

〔Ⅲ〕			
頂点	三次元座標		
1	x_1	y_1	z_1
2	x_2	y_2	z_2
3	x_3	y_3	z_3
⋮	⋮	⋮	⋮

は表 2.1 の形式で記憶する。表 2.1 の〔Ⅰ〕の物体行列には各物体の面・頂点・図柄の最後の番号を登録する。

2.1 入力データ

一般の凸多面体は頂点座標および面で与える。この際、座標の原点位置は任意に選ぶことができ、座標の原点を自由に移動することができる。一方、使用頻度の多い形状のものは標準化して取り扱うのが便利である。筆者らは平行六面体（図 2.1 の頂点 1～4 の 4 頂点のみの入力）と n 角柱で近似した円柱（上下の円の中心座標、半径および n の入力）、および平面（頂点の座標の並びの入力）等を用意した。また同形の凸多面体または図柄が複数個並ぶときは、その原点の変化分とくり返し個数を入力するようにした。

2.2 頂点および面の接続関係

面は閉じた線分から構成されていることを利用して表 2.1〔Ⅱ〕の面行列から表 2.3 の接続行列を求めることができる。表 2.3〔Ⅰ〕は各頂点（たとえば P_i ）から分岐している稜線の頂点番号（ P_j ）を与える。表 2.3〔Ⅱ〕は各稜線 $[P_i, P_j]$ （ P_i から P_j に向かう）を含む面番号を記憶するもので、表 2.3〔Ⅱ〕1 行目を例にとれば、表 2.2〔Ⅰ〕の $[P_1, P_4]$, $[P_1, P_3]$, $[P_1, P_2]$ を含む面番号 S_1, S_4, S_6 が順次格納される。次に稜線 $[P_i, P_j]$ は $[P_j, P_i]$ と同調していることを用いて、表 2.3〔Ⅱ〕から表 2.3〔Ⅲ〕の $[P_j, P_i]$ を含む面番号はただちに求まる。この際 $i > j$ のものについては処

表 2.2 図柄のデータ構造
(Data structure of figures)

図柄	属す面	点	点	三次元座標		
1	1	4	1	x_1	y_1	z_1
2	1	6	2	x_2	y_2	z_2
3	1	8	3	x_3	y_3	z_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表 2.3 接続頂点と接続面
(Adjacent vertex and faces including them)

頂点		1	2	3	4	.....
接続頂点	Ⅰ	4	1	8	7	.....
		3	7	6	1	.....
		2	8	1	6	.....
接続面	Ⅱ	1	1	3	1	.....
		4	2	4	4	.....
		6	6	6	5	.....
面	Ⅲ	4	•	6	5	.....
		6	1	3	•	.....
		1	2	•	4	.....

理する必要はない。なお $[P_j, P_i]$ が求まらない場合はデータ・エラーである。

3. アルゴリズム

多面体の面のうち、視点を向いている面を表の面、反対向きの面を裏の面とし、表の面と表の面の稜線を内線、表と裏の面の稜線を輪郭線分、そのつながりを輪郭線と定義する。周知のように輪郭線は必ず閉じ、内線と輪郭線分が見える可能性のある線分である。本論文では凸多面体の集合を扱っているから、輪郭線は凸多角形で、かつ表の面の方向にたどると右回りになる。ここで二次元上の輪郭線を面、内線をその面にある図柄と考える。また凸多面体単体では輪郭線分はけっして交わらず、輪郭線と内線はすべて可視である。

2 個の凸多面体の輪郭線の間には図 3.1 に示す三つ

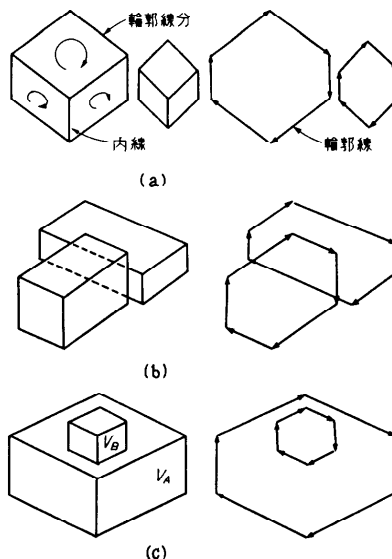


図 3.1 凸多面体の相互関係
(Correlation of convex polyhedra)

の場合が存在し、それぞれの関係に応じた処理を必要とする。

(1) 輪郭線が交わらない場合(接する場合も含む)

両者は独立であり、したがって不可視線を生じない。

(2) 輪郭線が交わる場合 いずれか一方の輪郭線および内線に不可視線を生じる。この場合は輪郭線の交点で凸多面体の前後関係を求め、手前の凸多面体の輪郭線と隠される凸多面体の内線との交差判定を行ない、不可視線を求める。

(3) 一方の輪郭線が他方の輪郭線を囲む場合

凸多面体 V_B の任意の頂点とそれを囲む V_A の面との関係から V_A, V_B の前後関係を求める。もし V_A が手前なら V_B は不可視であり、 V_B が手前なら V_B の輪郭線と V_A の内線との交差判定を行ない、不可視線を求める。

なお、図柄は内線と同様に取り扱うことができる。

3.1 座標変換

視点はみようとす点(注視点)からの距離 R 、視線と xz 平面との角 θ および xy 平面との角 φ で与える。

透視面は注視点 P_f を含み、視線に垂直な平面とする。いま図 3.2 に示すように、 P_f をみているときの点 $P(x, y, z)$ の透視面上での位置を $P'(x', y', z')$ とし、視点および注視点をそれぞれ $P_0(x_0, y_0, z_0)$, $P_f(x_f, y_f, z_f)$ とすると、次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= R \cos \varphi \cdot \cos \theta \\ y_0 &= R \cos \varphi \cdot \sin \theta \\ z_0 &= R \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

したがって、 P' は次式で表わされる。

$$(x' \ y' \ z')^T = 1/(x x_0 + y y_0 + z z_0 - R^2)$$

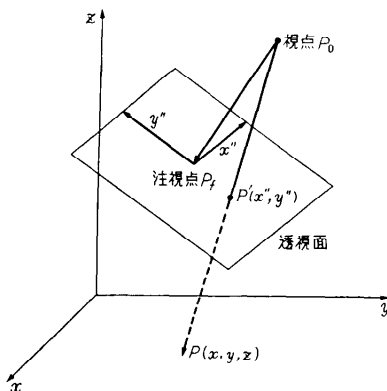


図 3.2 座標系 (Co-ordinate system)

$$\begin{aligned} & \cdot \begin{bmatrix} -(y_0^2 + z_0^2) & x_0 y_0 & z_0 x_0 \\ x_0 y_0 & -(x_0^2 + z_0^2) & z_0 y_0 \\ x_0 z_0 & y_0 z_0 & -(x_0^2 + y_0^2) \end{bmatrix} \\ & \cdot \begin{bmatrix} x - x_f \\ y - y_f \\ z - z_f \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

これを透視面が $x''y''$ 平面となるように回転すると、

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ -\cos \theta \cdot \sin \varphi & -\sin \theta \cdot \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \\ & \cdot \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。視点を R, θ, φ で定義したのは直観的に定めやすいことと、 xy 面に垂直な方向からみたときに、 xz 平面に対する $x''y''$ 軸の方向を定めるためである。なお図柄の頂点については、表の面に属するものだけについて座標変換を行えばよい。

3.2 面の向きの判定と稜線の分類

凸多面体を考えているから面はすべて凸多面体であり、面は物体外部からみて右回りに定義しているから、透視面上で右回りなら表の面である。したがって面が $[P_1 P_2 P_3 \dots]$ で構成されているとすると、 $\angle P_1 P_2 P_3$ は凸であるから $(P_2 - P_1) \times (P_3 - P_1)$ の向きで表裏の判定が可能である。すなわち、式(4)の $f_{1,2}(P_3)$ が正なら表の面であり、負またはゼロなら裏の面である。この面の表裏の相互関係から稜線を分類する。すなわち表 2.3 の接続行列から稜線とそれを含む面がわかるから、おのおのの凸多面体について内線および輪郭線分を求め、輪郭線分の方角を利用して輪郭線を求める。

3.3 輪郭線の交差判定

二次元上の点 $P(x, y)$ が線分 $[P_1 P_2]$ の右半平面上に存在するには次式が正であることが必要である。

$$f_{1,2}(P) = - \begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{vmatrix} = a_1 x + b_1 y + c_1 \quad (4)$$

図 3.3 に示す線分 $[P_1 P_2]$ と $[P_3 P_4]$ が交わるには、 $[P_3 P_4]$ の左右に P_1, P_2 が、また $[P_1 P_2]$ の左右に P_3, P_4 が存在すればよい。したがって、二線分が交わる条件は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{sgn} f_{1,2}(P_3) &= -\operatorname{sgn} f_{1,2}(P_4) \\ \operatorname{sgn} f_{3,4}(P_1) &= -\operatorname{sgn} f_{3,4}(P_2) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

いま凸多面体 V, V' の輪郭線を考え、各線分に対

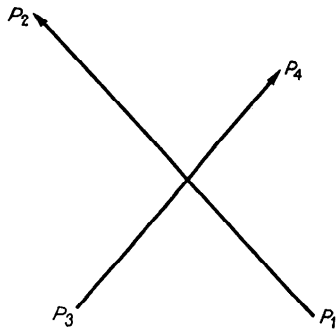


図 3.3 線分の交差
(Intersection of segments of lines)

する相手側の輪郭頂点の左右の判定を示す PL 行列および LP 行列を求める。ここで PL および LP は次式による。

$$\left. \begin{aligned} PL(i, j) &= \text{sgn } f_{i, i+1}(P_j) \\ LP(i, j) &= \text{sgn } f_{j, j+1}(P_i) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

なお PL, LP 行列はトース構造とする。図 3.4 を例にとると PL および LP 行列は同図の行列で示される。 PL 行列には次の性質がある。

- (1) PL 行列の列に 1 を含まないものが一つでも存在すると、 V と V' は独立である (図 3.5 (a) 参照)。
- (2) 行列の要素に -1 を含まない場合は V が V' を囲む (図 3.5 (b) 参照)。
- (3) -1 を含まない列の線分は交点をもたない (たとえば図 3.4 *印の列)。
- (4) 行に -1 を含まない頂点は、他方の輪郭線に

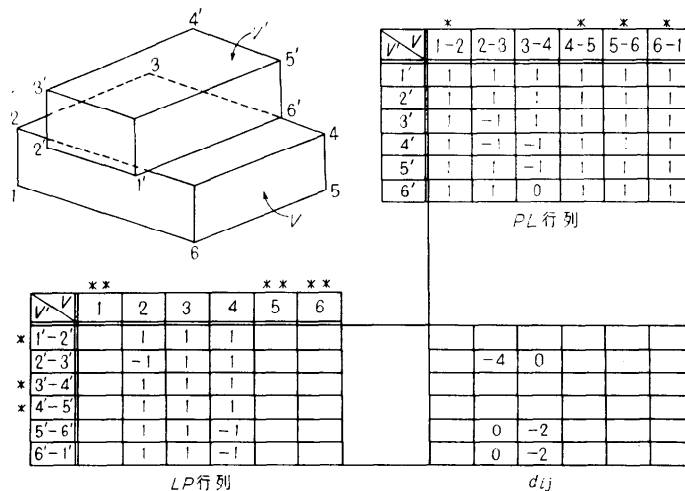


図 3.4 輪郭線の交差判定 (Decision of intersection of two contours)

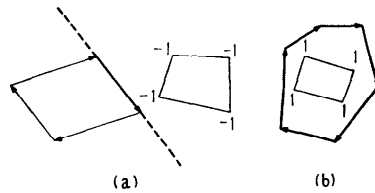


図 3.5 輪郭線の包含関係
(Relation of enclosure between two contours)

囲まれる。

LP 行列についても同様な性質があり、行と列が入れ替わるだけである。

したがって、 PL, LP 行列を作成する段階で (1) が存在すればただちに次の手順に移る。また PL 行列 (または LP 行列) が完成した段階で (2) が存在すれば、同じく次の手順へ移る。交わる可能性のある線分は次式の変換を行ない、交わる線分を求める。

$$d_{ij} = (LP(i, j+1) - LP(i, j)) \cdot (PL(i+1, j) - PL(i, j)) \quad (7)$$

ここで、

$$d_{ij} = \begin{cases} -4: [P_i P_{i+1}] \text{ と } [P_j P_{j+1}] \text{ が交わる} \\ -2: \text{線分に頂点が重なる} \\ -1: \text{頂点と頂点が重なる} \\ 0: \text{交差しない} \end{cases} \quad (8)$$

ただし、 LP 行列で (3) の独立線と独立線の間の頂点にあたる列は求める必要はない (たとえば、図 3.4 LP 行列の * 印)。

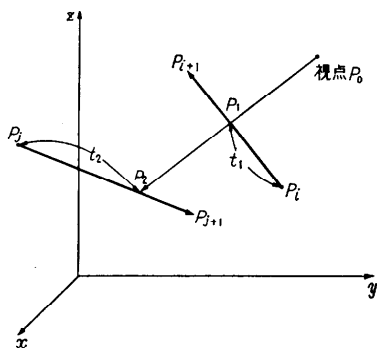


図 3.6 凸多面体の手前判定 (Decision of distance from convex polyhedra to visual point)

3.4 凸多面体の前後判定

(1) 輪郭線が交わる場合 (図 3.1 (b))

輪郭線の交点で凸多面体の前後関係を判定する。図 3.6 に示すように、交差輪郭線分の頂点から交点までの比を t とすると、三次元での V の $[P_i P_{i+1}]$ 上の交点 P_1 と V' の $[P_j P_{j+1}]$ 上の交点 P_2 の位置ベクトルは次式で与えられる。

$$\begin{aligned} P_1 &= P_i \cdot (1-t_1) + P_{i+1} \cdot t_1 \\ P_2 &= P_j \cdot (1-t_2) + P_{j+1} \cdot t_2 \quad 0 < t_1, t_2 < 1 \end{aligned} \quad (9)$$

ここで視点を $P_0(x_0, y_0, z_0)$ とすると、 P_0, P_1, P_2 は同一直線上にあり、 $P_1 - P_0$ と $P_2 - P_0$ の向きの関係から P_1, P_2 すなわち V と V' の前後関係が判明する。すなわち両者の内積をとると、

$$d_r = (P_1 - P_0) \cdot (P_2 - P_0) \quad (10)$$

となる。なお x 軸に投影しても位置関係は変化しないから、 x 成分のみを考えて次式で判定する。

$$d_{rx} = (x_1 - x_0) \cdot (x_2 - x_0) \quad (11)$$

$d_{rx} = 0$ の場合は他の成分で判定すればよい。したがって d_r が正ならば V' が手前であり、 d_r が負ならば V が手前である。 $d_r = 0$ の場合は図 3.7 に示すように V の面 S と V' の稜線 $[P_j P_{j+1}]$ との関係で判

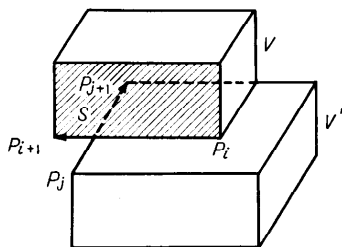


図 3.7 凸多面体の面と輪郭線分の関係 (Relation between face and segment of contour)

定する。

面 $S(P_1, P_2, P_3, \dots)$ は表の面で、かつ $\angle P_1 P_2 P_3$ は凸であるから、点 P と面 S との前後関係は次式から求めることができる。

$$\Delta_r(P) = - \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} \quad (12)$$

すなわち、 Δ_r が正ならば点 P は面 S の視点側の空間にある。稜線 $[P_j P_{j+1}]$ の領域への出入りは後述の式(14)の Δ_s で判定できるから、

$$\begin{cases} d_r' = \Delta_s \cdot \Delta_r(P_{j+1}) \\ d_r'' = -\Delta_s \cdot \Delta_r(P_j) \end{cases} \quad (13)$$

とすると、

$$d_r' > 0 \cup d_r'' > 0: V' \text{ が手前}$$

$$d_r' < 0 \cup d_r'' < 0: V \text{ が手前}$$

$$d_r' = 0 \cap d_r'' = 0: V \text{ の } [P_i P_{i+1}] \text{ と } V' \text{ の } S' \text{ を用いて判定する}$$

(2) 輪郭線が他の輪郭線を囲む場合 (図 3.1 (c))

V が V' を囲む場合は、 V' の任意の頂点 P を囲む V の面 S との前後関係によって判定すればよい。すなわち、式(12)を用いると次の関係が得られる。

$$\Delta_r(P) \begin{cases} > 0: V' \text{ が手前} \\ < 0: V \text{ が手前} \\ = 0: \text{他の頂点で判定} \end{cases}$$

3.5 輪郭線と内線の交差判定

V が V' を隠す場合は、 V の輪郭線と V' の内線との交点を求めればよい。この際、 V' の内線と交わる可能性のある輪郭線分は、 V' の輪郭線内に存在する V の輪郭線分のみである。いま式(5)の符号に従って PL, LP 行列を作成すると、次の性質がある。

(1) PL 行列で 1 を含まない列が一つでも存在す

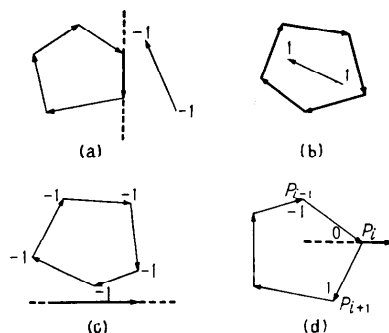


図 3.8 輪郭線と内線の関係 (Relation between contour and inner edge)

れば、内線は独立である (図 3.8 (a)).

(2) PL 行列で -1 を含まない列に相当する輪郭線分は交わらない.

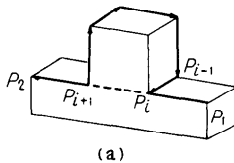
(3) PL 行列が -1 を一つも含まないならば、内線は輪郭線に囲まれる (図 3.8 (b)).

(4) LP 行列が異符号を一つも含まないならば、内線は独立である (図 3.8 (c)).

ここで交点をもつ可能性のある場合は式 (7) の変換を行ない、交わる線分を求める必要がある. $d_{ij} = -2$ のときは頂点 P_i と線分は重なるが、内線の輪郭線に対する出入りは次のように判定すればよい. すなわち, $LP(i+1) - LP(i-1)$ が -2 ならば P_i で内線は輪郭線の領域にはいり、 2 なら輪郭線の領域から出る (図 3.8 (d) 参照).

3.6 ghost line の消去

物体を凸多面体に分割した場合、同一表面の切り口は消去する必要がある. 特別の場合 (切り口が視線と一致) を除いて、ghost line は輪郭線分と内線で構成される. したがって輪郭線分と内線が接し、かつ同一平面上にあるものは消去する必要がある. 図 3.9 を例にとると、その PL 行列は (b) となり、 $PL(1, i) = PL(2, i) = 0$ ならば $[P_i P_{i+1}]$ と $[P_i P_2]$ が接する. また $PL(1, i-1)$ と $PL(2, i+1)$ の符号によって重なる部分 (P_i と P_{i+1} の間) が判明する. すなわち $PL(1, i-1)$ および $PL(2, i+1)$ の値 ($1, -1$ または 0) に従って、表 3.1 の各要素の頂点間を消去す



(a)

線分	...	P_{i-1}, P_i	P_i, P_{i+1}	P_{i+1}, P_{i+2}	...
P_1	...	-1	0	1	...
P_2	...	1	0	-1	...

(b) PL 行列

図 3.9 ghost line の消去
(Elimination of ghost line)

表 3.1 ghost line の判定
(Decision of ghost line)

	$PL(1, i-1)$	$PL(2, i+1)$
1	P_1	P_2
-1	P_i	P_{i+1}
0	$P_i (= P_i)$	$P_i (= P_{i+1})$

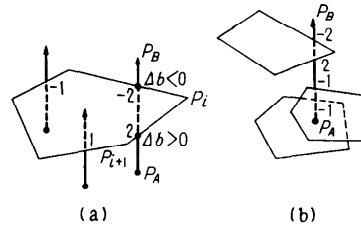


図 3.10 不可視線分
(Invisibility of segment of line)

ばよい.

3.7 不可視部分の判定

輪郭線は凸多角形であるから、線分との交点はたかだか 2 個で、図 3.10 (a) に示す三通りしかない. また、輪郭線は常に右回りであるから、 $[P_A P_B]$ の不可視部分の判定は $(P_{i+1} - P_i) \times (P_B - P_A)$ の向きで判明する. これは交点を求める式の分母の値であり、次式の関係を得る.

$$\Delta_b = - \begin{vmatrix} x_{i+1} - x_i & y_{i+1} - y_i \\ x_B - x_A & y_B - y_A \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} > 0: P_B \text{ 側が不可視} \\ < 0: P_A \text{ 側が不可視} \\ = 0: \text{平行条件} \end{cases} \quad (14)$$

なお、他の輪郭線とも交点をもちうるから (図 3.10 (b) 参照), 出入りの指標 I_0 を交点間の比とともに記憶する必要がある. すなわち交点数を k とすると、 I_0 は次式で示される.

$$I_0 = k \cdot \text{sgn } \Delta_b \quad (15)$$

図に描かせる際は、この線分のすべての交点を P_A に近い順に並べかえ、 -1 の個数を P_A 点の不可視度数とし、交点を通過するたびに出入りの指標を加えると度数がゼロのところから可視部分となる.

以上のアルゴリズムの概略を示すフローチャートを図 3.11 に示す.

4. 適用例と結果

前節までに記述したアルゴリズムに基づいた適用例を図 4.1~4.3 に示す. 図 4.1 は本プログラムで用意している標準形物体の集合で構成した例であり、図 4.2 は直方体が一定間隔で配列されている場合である. 図 4.3 は実際の中学校の鳥観図で、窓等は図柄として取り扱い、階段およびグランドは平面として入力している. なお、本例の計算にあたっては FACOM 230/60 とプロッタを使用した. 各例の処理時間を表 4.1 に示す. 同表の計算時間区分は図 3.11 によって

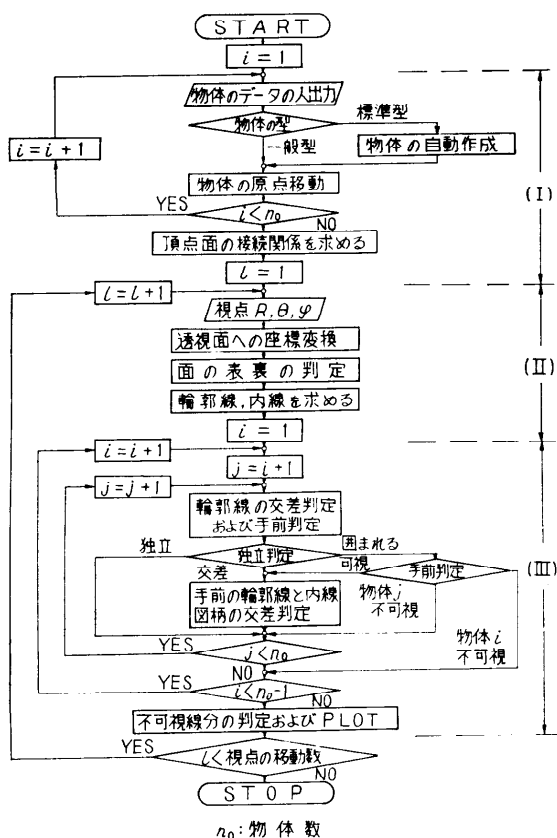


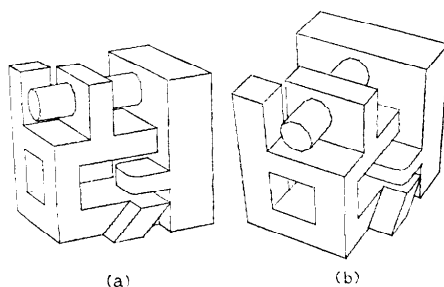
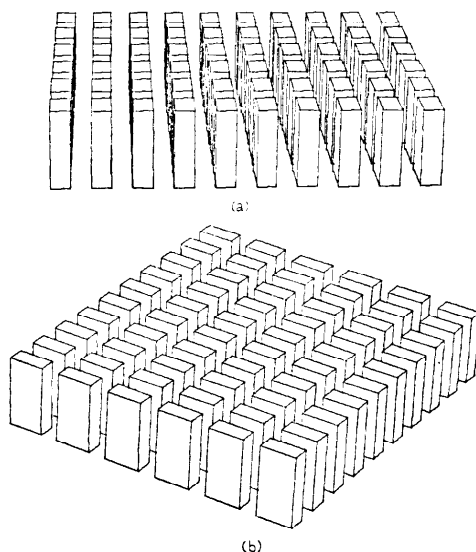
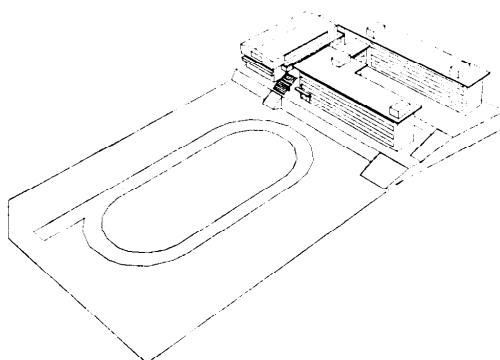
図 3.11 流れ図 (Flow chart)

表 4.1 計算時間 (Computing time)

	凸多面体数	頂点数	面数	図柄数	計算時間(秒) (図 3.11 参照)		
					I	II	III
図 4.1 (a)	11	116	80	0	0.67	0.13	0.33
図 4.1 (b)	11	116	80	0	0	0.13	0.44
図 4.2 (a)	60	480	360	0	2.49	0.48	3.70
図 4.2 (b)	60	480	360	0	0	0.47	5.09
図 4.3	30	216	158	43 (184点)	2.14	0.24	1.90

表 4.2 文献の計算時間
(Computing time of references)

文献	頂点数	面数	計算時間(秒)	使用計算機
2)	168	106	約 80.	IBM 7040
3)	92	74	約 5.	CDC 6600
7)	640	480	約 100.	IBM 360/75
12)	—	127	2.79	CDC 6500
12)	—	127	2.42	CDC 6500
12)	—	79	3.68	CDC 6500
12)	—	79	3.51	CDC 6500

図 4.1 標準化した凸多面体の集合
(Set of standardized convex polyhedra)図 4.2 60 個の直方体の配列
(Array of 60 cuboids)図 4.3 中学校の鳥観図
(Bird's-eye view of junior high school)

いる。

計算時間について若干の考察を加えると、表 4.1 (Ⅲ)において、輪郭線と輪郭線の交差判定は凸多面体の数を n_0 とすると、 $n_0(n_0-1)/2$ 回必要である。また一般的には凸多面体の数が増加するに従って独立なものが増加するが、これは物体の形状、配置および視点の位置によって非常に変化する。凸多面体の独立判定にはほとんど時間を要しないから、(Ⅲ)の所要時間は凸多面体の交差数に比例する。また (Ⅰ), (Ⅱ) の所要時間はほぼ頂点数に比例する。なお (Ⅰ) の所要時間の大半は入力データの入出力によるものである。参考として 2, 3 の文献の計算時間を表 4.2 に示す。もちろん、計算例の物体構成の相異、図柄の有無、また使用計算機の能力も異なるため、単純な比較を行なうことは避けるべきであるが、従来の方法に比べて可成処理時間が短く、物体数の多いものに対しても十分使用可能であり、実用に供しうるものと考ええる。

謝辞 本論文の作成にあたり、資料を提供していただいた中電技術コンサルタント株式会社、計算機を使用させていただいた広島大学計算センターおよび九州大学大型計算機センターの各位に深謝します。

参 考 文 献

- 1) I. E. Sutherland: "Computer Graphics-Ten Unsolved Problems", *Datamation*, Vol. 12, No. 5, p. 22~27 (May. 1966).
- 2) R. Galimberti & U. Nontanari: "An algorithm for hidden line elimination", *Comm. ACM*, 12, p. 206~211 (Apr. 1969).
- 3) P. P. Loutrel: "A solution to the hidden-line problem for computer-drawn polyhedra", *IEEE Trans. Computers*, Vol. c-19, p. 205~213 (March. 1970).
- 4) J. L. Encarco: "Ein Programmsystem für räumliche Darstellungen auf Displays", *elektronische Datenverarbeitung*, 7/70, p. 315~326.
- 5) 上内: "三次元 Hidden-Line 問題について", *情報処理*, Vol. 11, No. 3, p. 144~157 (1970).
- 6) 上内: "図形処理における輪郭線について", *情報処理*, Vol. 11, No. 5, p. 274~284 (1970).
- 7) 大森: "多面体の隠線消去問題", *情報処理*, Vol. 12, No. 9, p. 534~542 (1971).
- 8) 高橋嘉光: "Hidden Line Elimination Problem", *情報処理学会, グラフィックス・ディスプレイ報告集*, p. 39~50 (1970).
- 9) 高橋栄: "Hidden Line Algorithm とデータ構造", *情報処理学会, グラフィックス・ディスプレイ報告集*, p. 51~65 (1970).
- 10) 出沢: "三面図から立体形成のためのグラフィックディスプレイ", *情報処理学会, グラフィックス・ディスプレイ報告集*, p. 66~84 (1970).
- 11) 中前・西田: "三次元物体の Hidden Line の処理の一手法", *電気学会全国大会*, p. 1919~1920 (1971).
- 12) F. J. Mcgrath: "A method for eliminating hiddenlines with polyhedra", *Simulation*, p. 37~41 (Jan. 1971).

(昭和 46 年 12 月 23 日受 付)

(昭和 47 年 1 月 24 日再受付)