

## 3次元表示における遮へい処理

北海道職業訓練短期大学校 印刷技術科（画像情報処理科） 森 邦彦  
 北海道職業訓練短期大学校 印刷技術科（画像情報処理科）学生  
 現在 (株)日本電気テクノマーケティング 野 開 正 樹

## “A Study of Hidden Algorithm for three Dimensional Display”

Kunihiko Mori, Masaki Nobiraki

**要 約** 3次元曲面をワイヤーフレーム表示手法を用いて2次元表示デバイス上に表示する際の簡易な遮へい処理を提案している。通常ワイヤーフレーム手法における遮へい処理は、線と面との対応で考慮されるが、本研究ではより平易に処理が行えるように点と面との対応で考慮している。さらに、考慮する面を一般的な多角形ではなく3角形に限定することにより、よりアルゴリズムを簡単なものとしている。

## I はじめに

コンピュータグラフィックスによる2次元デバイス上での3次元表示手法は、ディスプレイ、プリンター、プロッター等の安価な2次元表示デバイスが主流の今日において、きわめて重要な手法である。一般的に画像を扱う処理では計算量が膨大となるため、従来は非常に高価な計算機を必要としたが、近年計算機とその利用技術の発達により、様々な分野で研究がなされている<sup>1)~3)</sup>。映画、テレビ等でもよく見かけるように、コンピュータグラフィックスとは計算機により画像を生成する技術であり、特に3次元表示の際のコンピュータグラフィックスに欠かすことのできない技術の1つとして遮へい処理手法<sup>4),5)</sup>がある。この遮へい処理とは2次元平面に3次元情報を表示する際、奥の面、あるいは線、点を表示しないようにする技術である。すなわち、2次元平面上での奥行き感の表現手法の一つであり、この他に透明効果、輝度差 (depth cue)、陰づけ (shading)、投影処理 (shadowing)、動的効果 (dynamic effect)、等がある<sup>6)</sup>。今回は、3次元曲面の3次元表示における遮へい処理の簡易な1手法を考察したので報告する。

## II 遮へい処理

本研究では、扱う対象を3次元曲面としているため、表示手法としては最もポピュラーなワイヤーフレーム手法を用いた。ワイヤーフレーム手法の場合、遮へい処理

は厳密には線と面、あるいは面と面に対して規定されるが、ここでは簡易さのために点と面に対して遮へい処理を行った。すなわち、ワイヤーフレームの3次元表示上において、表示するかどうかの対象点と任意の参照点を

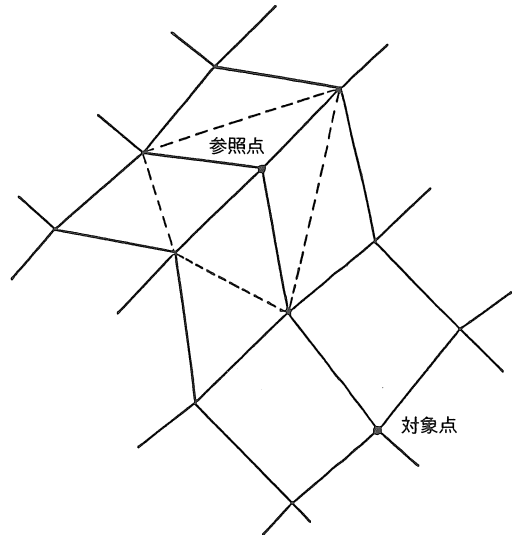


図1 簡易遮へい処理における点と面の関係  
 —参照点を中心として4つの面（三角形）を形成  
 各面と対象点の遮へい関係を調べる

考え、図1のように参照点を中心として形成される4つの三角形のうち1つと対象点との間で遮へい関係を調べる。対象点が任意の三角形によって遮へいされていると判断されたとき、対象点からフレームラインを表示しない。面を三角形に固定しているため、実際の遮へい処理

では非常に簡単なアルゴリズムで済む。

また、遮へい処理には種々のアルゴリズムが提案されており、Sutherland らによるとこれらは3つに大別される<sup>8)</sup>。第1は3次元物体が投影される2次元スクリーン上で判定する画像空間アルゴリズム (image space algorithm)、第2は3次元空間上で判定する物体空間アルゴリズム (object space algorithm)、第3に表示対象となる全ての面または物体について視点に対する前後関係を示す優先順位をつける優先順位アルゴリズム (priority algorithm) がある。本研究では簡易な遮へいアルゴリズムを目的としているため、「MIN-MAX テスト」、「簡易見込み角積算法」、「表裏テスト」の3つのアルゴリズムを用いた。このうち、「MIN-MAX テスト」と「簡易見込み角積算法」は画像空間アルゴリズムに属し、「表裏テスト」は物体空間アルゴリズムに属するものである。

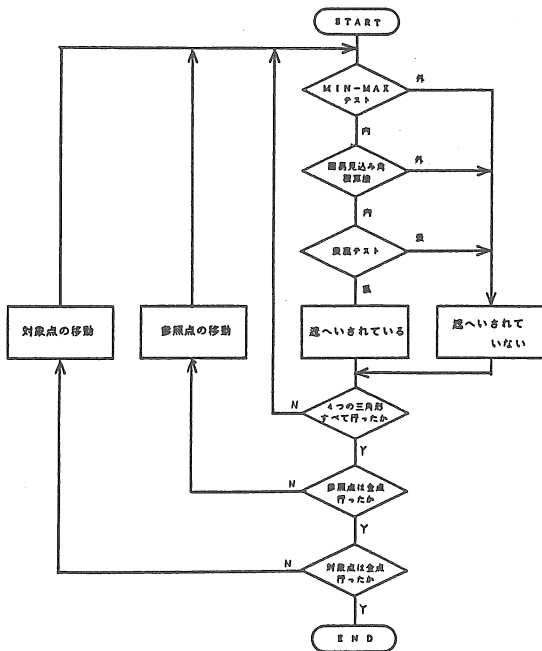


図2 簡易遮へい処理の概略フロー

本研究で提案する、遮へい処理のプロチャートを図2に示す。1つの対象点と1つの参照点の遮へい関係を調べ、ついで参照点を移動し、最終的には全点に関して調べる。この時参照点を中心として4つの三角形を形成するため、厳密に全点に関して行くと遮へい処理が2重になる。このため、本研究では参照点をとびとびに移動させることによってこれを避けている。以下に、各アルゴリズムについて述べる。

### 1. MIN-MAX テスト

前節で述べた、参照点を中心とする任意の三角形の1つを考え、各々の頂点の x, y 座標の最大値、最小値をとり、各頂点を通る四角形を形成する。そして、対象点はその四角形の外にあるか、内にあるかを判断するものである。処理対象が四角形と対象点であるため、対象点の座標値と四角形頂点座標の最大値、最小値を比較するだけでよい。

この処理では、対象点が多角形の外にある場合は、考えている三角形には明らかに遮へいされることはないので、次に述べる判断を行う必要はない。しかしながら内にある場合、遮へいされるかどうかはまだ判別がつかない。

### 2. 簡易見込み角積算法

この処理は、全節の「MIN-MAX テスト」が対象点と三角形の間のラフな関係を調べているのに対して、厳密に三角形の内にあるかどうかを判断するものである。

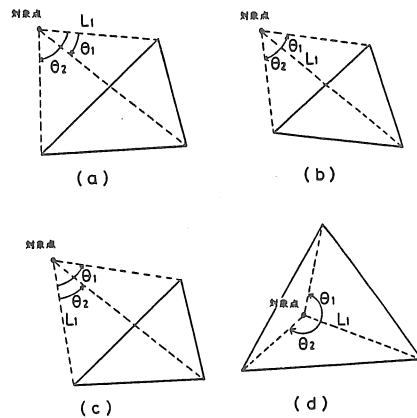


図3 簡易見込み角積算法

(a)~(c) : すべて対象点が面の外にあるが、 $L_1$ のとりかたが異なる。

(d) : 対象点が面の内にある。

図3(a)-(d)のような対象点と考えている三角形の任意の頂点とを直線で結び、それを  $L_1$  とする。次に、他の2点に対しても同様に、それらを  $L_1, L_2$  とする。さらに、 $L_1$  と  $L_2$  の間を  $L_3$  とする。この  $\theta_1$  と  $\theta_2$  は共にその絶対値が  $180^\circ$  以内となるようにとる。このため  $\theta_1$  と  $\theta_2$  が同符号であれば対象点は外と判断できる (図3(a), (c))。異符号のとき、 $\theta_1$  と  $\theta_2$  の和が  $180^\circ$  未満では対象点が三角形の外にあり (図3(b))、 $180^\circ$  以上では三角形の内にある (図3(d)) ことが判る。すなわち、次式の判断を行う。

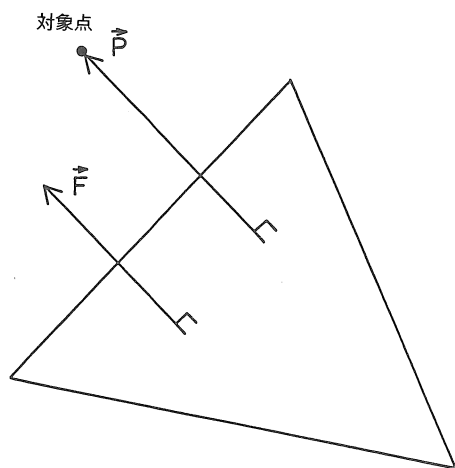
$$\begin{aligned} |\theta_1| + |\theta_2| \geq 180^\circ &\rightarrow \text{内} \\ |\theta_1| + |\theta_2| < 180^\circ &\rightarrow \text{外} \end{aligned} \quad (1)$$

この処理は画像空間上で判断しているため、対象点が考えている三角形の内であると判断されたとしても、物体空間上での前後関係は判らない。

### 3. 表裏テスト

前節の「簡易見込み角積算法」において、対象点が考えている三角形の内であると判断されたとき、本処理により表裏を判断し、最終的に対象点が遮へいされる点かそうではないのかを判断する。

考えている三角形の面の法線ベクトル $\vec{F}$ と、そのベクトルに平行な対象点の線分ベクトル $\vec{P}$ を考えたとき(図4参照)、2つのベクトルの内積が正であれば表、負であれば裏と判断することができる。



$$\begin{aligned} \vec{F} \cdot \vec{P} \geq 0 &\rightarrow \text{表} \\ \vec{F} \cdot \vec{P} < 0 &\rightarrow \text{裏} \end{aligned} \tag{2}$$

図4 表裏テスト

(2)式により裏と判断された対象点は、最終的に考えている三角形に遮へいされており、この対象点からの4つのフレームラインは表示対象から外される。

### 4. 処理結果

本報告で提案している簡易遮へい処理を用いて、実際に3次元表示を行った。図5のデフォーカス像をTVカメラより入力し、64×64に標準化した濃度分布をここで提案している簡易遮へい処理により3次的に表示した。図6(a)-(d)に結果を示す。図6は視点をz軸から15°~70°に変化させたものであり、30°以降から遮へい効果が出ている。本処理では、冒頭に述べたように線と面との遮へい関係をみているのではなく、点と面であるため、不必要に消去されているラインが存在する。すな

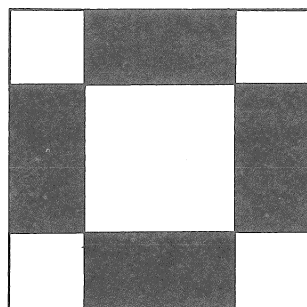


図5 処理原画

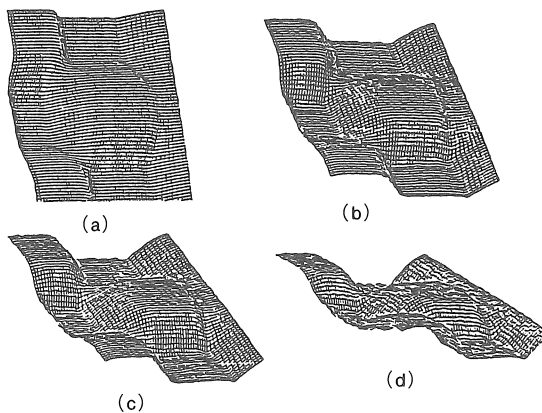


図6 処理結果

—図5の入力図形を64×64に標準化し、濃度分布の3次元表示を行った。

- (a) z軸から15°方向よりみる。
- (b) " 45° "
- (c) " 60° "
- (d) " 70° "

わち、この処理ではラインの一部が、ある任意の面に遮へいされているとき、ライン全体を消去している。

### III まとめ

3次元曲面を2次元表示デバイス上に表示する際の簡易遮へい処理を提案し、動作させた。本処理では、点と面の遮へい関係のみをみているため、表示結果は必ずしも美的感覚に秀でたものではない。しかしながら、非常に簡易なアルゴリズムであり、従来方法より処理速度も向上している。また、今後のプログラムの改良により、より一層の処理速度の改善が期待される。

使用したハードウェアはNDG-MV/7800システム、出力装置としてレーザプリンタ及びX-Yプロッタ、言語はFORTRN、一部C、および図形表示ライブラリとしてGKS(Graphical Kernel System)<sup>7)</sup>を使用した。また、3次元から2次元への投影アルゴリズムは参考文献[9]を参照した。

なお、本研究は昭和62年度北海道職業訓練短期大学校

印刷技術（画像情報処理）科の卒業研究の一環として行われたものである。本研究で使用している簡易遮へい処理のプログラムは卒業研究で作成されたものであり、本論文も野開正樹の卒業論文の一部を引用している。

### 参考文献

- 1) 千葉則茂、村岡一信、三沢雅一、斉藤伸自：‘CGにおけるデジタル地形モデルのための補間’、情報処理学会論文誌、28. 1121(1987)
- 2) 岡田稔、横井茂樹、鳥脇純一郎：‘3次元ランダムフラクタルを利用した不均質材料のテクスチャ表現’、情報処理学会論文誌、28.1148(1987)
- 3) 小松功児：‘キャラクターアニメーションのための人体の曲面モデル’ 情報処理学会論文誌、29.7(1988)
- 4) Sutherland, I. E.: ‘Ten Unsolved Problems in Computer Graphics’、Datamation, 12.22(1966)
- 5) 中前栄八郎、西田友是：‘3次元コンピュータグラフィックス’、pp113-pp146 (昭晃堂)
- 6) 川合 慧：‘基礎グラフィックス’、pp38-pp40 (昭晃堂)
- 7) F. R. A. Hopgood, D. A. Duce, J. R. Gallop and D. C. Sutcliffe: ‘Introduction to the Graphical Kernel System’ (Academic Press)
- 8) I. E. Sutherland, R. E. Sproull and P. A. Schumacker: ‘A Characterization of Ten Hidden Surface Algorithms’、Datamation,6,155(1974)
- 9) 川合 慧：‘基礎グラフィックス’、pp82-pp107(昭晃堂)