

### 3次元頭部形状の三角パッチ表現に関する検討

上川 伸彦 加藤 誠巳

(上智大学理工学部)

近時、コンピュータ・ハードウェアの長足の進歩により3次元コンピュータ・グラフィクスが身近なものとなって来た。この3次元コンピュータ・グラフィクスにおいて複雑な3次元物体を表現する場合、通常その表面を三角パッチで記述することが広く行なわれている。物体を正確に表現するためにはできるだけ小さい三角パッチを用いることが望ましいが、描画速度の面からは三角パッチはできるだけ大きくして数を減少させることが要求される。このような要求から複雑な形状をしているところは小さな三角パッチで、形状変化の少ないところは大きな三角パッチで表現することが考えられる。本論文では頭部形状および球面を対象として特徴断面を抽出し、その特徴断面中からさらに特徴点を抽出することにより組織的に三角パッチを形成する手法について述べ、実際に適用した例を示すことにより本手法の有効性を明らかにしている。

## A Method of Forming Triangular Patches for Human Head

Nobuhiko KAMIKAWA Masami KATO

Faculty of Science and Technology, Sophia University

7-1, Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102 Japan

Recently, due to the rapid progress of computer hardware, the 3 dimensional computer graphics have become quite familiar. In order to represent a complicated 3 dimensional object using 3DCG, its surface is usually described by a number of triangular patches. To depict an object accurately, smaller triangular patches are preferable. In regard to the drawing speed, however, larger and less triangular patches are required. To compromise the conflicting requirements, it is proposed that the complex portion is represented by small patches and the smooth portion by large ones. This paper describes a new method in which at first the characteristic cross sections of a 3 dimensional object such as a human head and a spherical surface are extracted and then characteristic points are selected by thinning. Because the characteristic points are located on either one of the characteristic cross sections, triangular patches are formed systematically. The effectiveness of the proposed method is demonstrated by several examples.

# 1 まえがき

近年のコンピュータ・ハードウェアの著しい進歩により3次元コンピュータ・グラフィックスは、テレビ番組、CM、映画などに積極的に活用され、また個人レベルにおいてもパソコンで表示するなど、ますます身近な存在となりつつある。しかしながら、高解像度の3次元CG画像を高速に画面表示することは、パソコンレベルでは未だ問題がある。また情報量も膨大なため、通信を行なうのにも不利である。それ故に、表示すべき物体表面をできるだけ少ない数の三角パッチを用いて近似することによって処理時間、使用メモリ、伝送時間等の削減が期待できる。

3次元コンピュータ・グラフィックスにおいて、物体の曲面を三角パッチを用いて近似することは従来から行なわれている [1]～[4]。その際、形状変化の少ない部分と複雑な部分で、同じ大きさの三角パッチを用いると、三角パッチが小さすぎると処理時間、使用メモリが多く必要となる。一方、三角パッチが大きすぎると十分な物体表現が不可能となる。そのため、形状変化の少ない部分は大きな三角パッチで、形状が複雑な部分は小さな三角パッチで表現するというように、形状変化に応じた三角パッチに分割することが望まれる。本論文では、法線ベクトル内積値を用いて、3次元形状データを形状変化に応じた大きさの三角パッチに分割する手法について述べる。

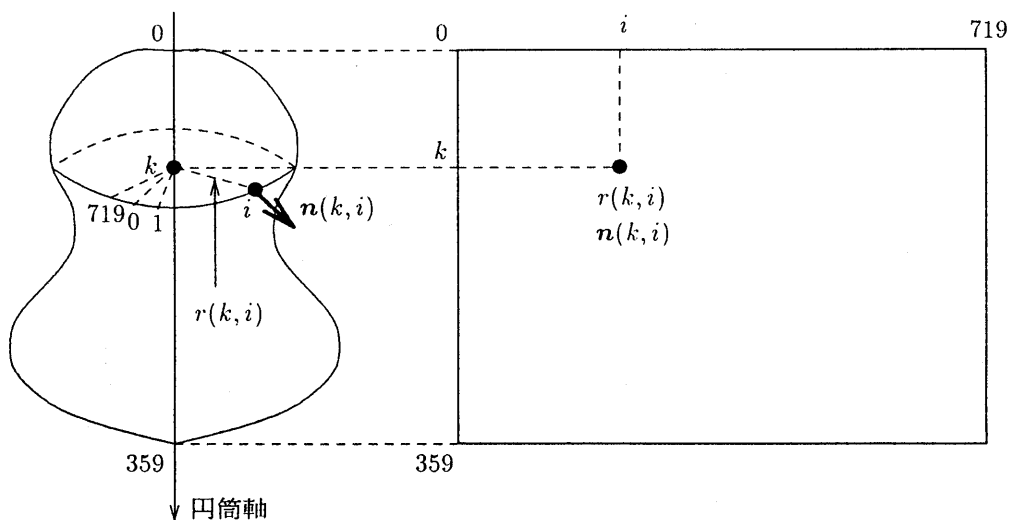


図 1 円筒座標系

## 2 使用した 3 次元データ

本論文の目的は 3 次元立体計測された頭部形状を精度に応じてできるだけ少ない数の三角パッチで表現することにあるが、頭部形状に近く、かつ対称性の高い球面をも対象とし、本手法の汎用性を明らかにした。3 次元データは図 1 に示すように円筒座標系で表現し、円筒軸方向を 360 分割、円筒軸回りを 720 分割し、円筒軸座標  $k$ 、円筒軸回り座標  $i$  の各々に対し、円筒軸からの距離  $r(k, i)$  が与えられれば 3 次元立体の形状は規定される。図 2 に 3 次元立体計測されたアグリッパの頭部石膏像データの例 (図の各点には円筒軸からの距離でなく輝度を与えている) を示す。図 1 に示す円筒座標  $(k, i)$  にはその円筒軸からの距離  $r(k, i)$  だけでなく、後で述べる処理で必要とされるその点の単位法線ベクトル  $n(k, i)$  も持たせている。座標  $(k, i)$  なる点  $Q$  の法線ベクトル  $n(k, i)$  は図 3 に示すように、近傍 8 個の点で 8 個の三角パッチを作り、各三角パッチの単位法線ベクトルの平均をとったもので定義する。ここで法線ベクトル  $n(k, i)$  の大きさは 1、即ち正規化されているものとする。



図 2 円筒座標展開したデータの例

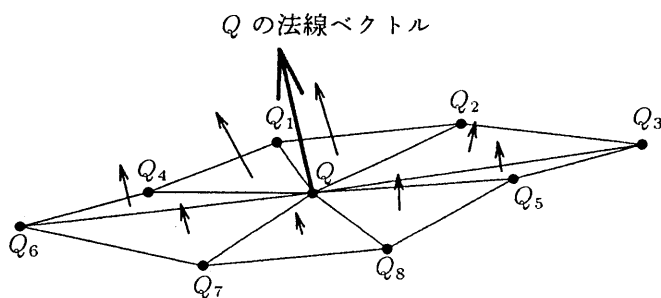


図 3 法線ベクトルデータの形成

### 3 特徴点抽出の方法

#### 3.1 特徴断面の抽出

図4に示すように円筒軸座標  $k$  なる円筒軸に垂直な断面を断面  $k$  と呼ぶことにするとき、断面  $k$  と断面  $l$  の法線ベクトル内積総和  $S(k, l)$  を次式で定義する。

$$S(k, l) = \sum_{i=0}^{719} \mathbf{n}(k, i) \cdot \mathbf{n}(l, i)$$

360 ある断面のなかから表現すべき形状の精度に応じて特徴を有する断面のみを残し、他の断面を間引くことにより、データ量の圧縮を図ることを考える。

まず、1 番目の特徴断面としては断面 0 を採用する。一般に  $p$  番目の特徴断面として断面  $k_p$  が採用されたとすると、 $p+1$  番目の特徴断面は次のようにして求められる。 $S(k_p, k_p+q)$  ( $q = 1, 2, \dots$ ) を順次計算し、その値が初めて与えられた閾値  $\theta_1$  より小さくなったときの  $q$  を  $q_p$  とすると、断面  $k_p + q_p$  が  $p+1$  番目の特徴断面となる。このような操作を  $k_p + q_p$  が 359 を越すまで繰り返すことにより、特徴を表すと考えられる断面が抽出される。

#### 3.2 特徴断面からの特徴点の抽出

3.1 の処理により  $m$  枚の特徴断面が抽出されたとする。各特徴断面は円筒軸回りに 720 個のデータを有しているので、この内から特徴を表す点のみを抽出し、他は間引くこととする。図5に示すように、 $p$  番目の特徴断面を断面  $k_p$  であるとするとき、この断面中の 1 番目の特徴点としては円筒軸回り座標が 0 のものを採用する。一般に  $r$  番目の特徴点として円筒軸回りの座標が  $i_r$  の点が採用されたとすると、 $r+1$  番目の特徴点は  $\mathbf{n}(k_p, i_r) \cdot \mathbf{n}(k_p, i_r+s)$  ( $s = 1, 2, \dots$ ) を順次計算し、その値が初めて与えられた閾値  $\theta_2$  より小さくなったときの  $s$  を  $s_0$  とすると点  $i_r + s_0$  が  $r+1$  番目の特徴点となる。このような操作を  $i_r + s_0$  が 719 を越すまで繰り返すことにより特徴点が抽出される。

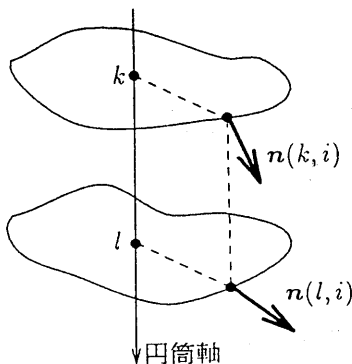


図4 特徴断面の抽出

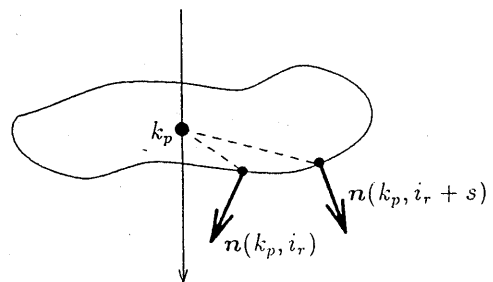


図5 特徴点の抽出

## 4 三角パッチ生成の方法

3で述べた以外の方法でも3次元物体の特徴点を抽出することは種々考えられるが、抽出された特徴点のいずれの3点を選んで三角パッチを生成すべきか、という問題は未だ解決されていないように見受けられる。本論文では特徴断面をまず抽出しているので、特徴点は互いに平行な平面を成す複数枚の特徴断面のいずれかに含まれているので、三角パッチを組織的に形成することが可能である。以下その方法について述べる。

図6(a)に示すように特徴断面 $k_p$ 上の隣接する特徴点を $P_1$ 、 $P_2$ とすると、 $P_1P_2$ を底辺とし、特徴断面 $k_{p+1}$ 上の特徴点の一つを頂点とする三角パッチを形成するのであるが、特徴断面 $k_{p+1}$ 上のどの特徴点を選ぶかは次のようにして決定する。即ち、 $P_1P_2$ の中点を $P_0$ とすると、 $P_0$ からの距離が最も近いものを選ぶことにする。するとこの場合 $Q_3$ が選ばれ $\triangle P_1P_2Q_3$ が三角パッチを形成する。断面 $k_p$ 上の全ての隣接する二つの特徴点に対して同様の操作を行なうと、例えば図6(b)のように特徴断面 $k_{p+1}$ に含まれる特徴点で取り残されるものが出て来ることがある。このように取り残された特徴点は図6(c)に示すように他の三角パッチと交差しないように特徴断面 $k_p$ 上の特徴点と結ぶことにより三角パッチを形成すればよい。

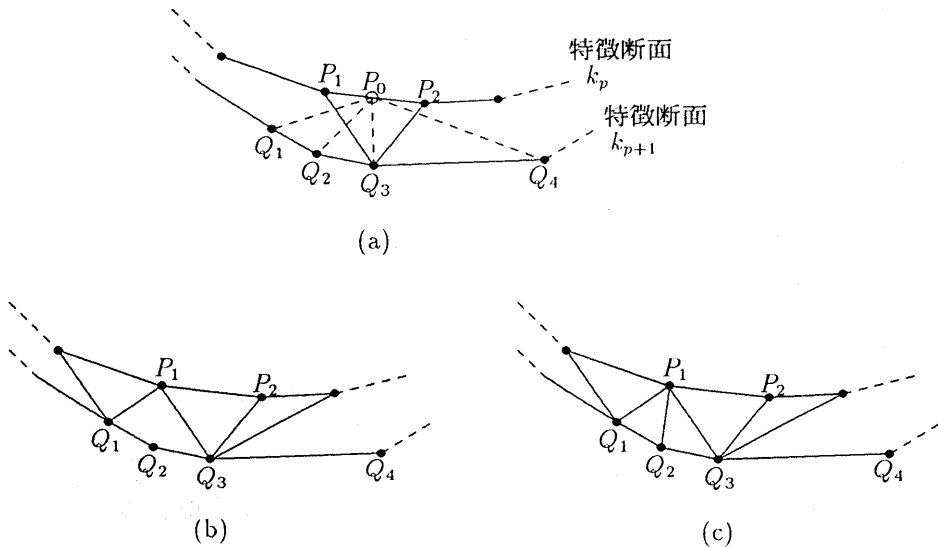


図6 三角パッチ生成の方法

## 5 実行例

上述の手法を適用して3次元物体表面を三角パッチに分解した実行例を、球面の場合に対し図7、8に、アグリッパ像の頭部形状の場合に対し図9、10に示す。図11はアグリッパ像の原データの全部の点を用いて三角パッチを生成しシェーディングを施した場合を示す。

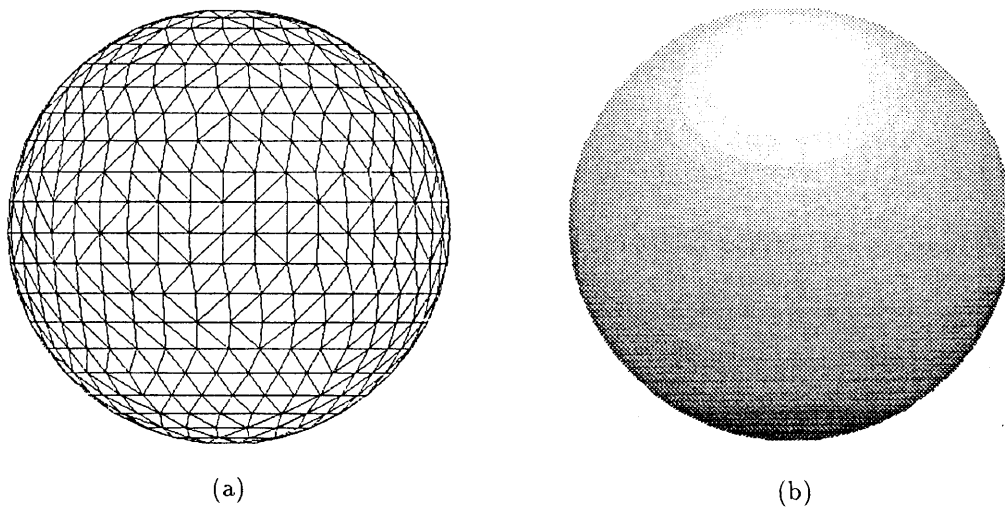


図7 球面：特徴点数 = 604 個、三角パッチ数 = 1196 個 (a) ワイヤフレームモデル  
(b) シェーディングモデル

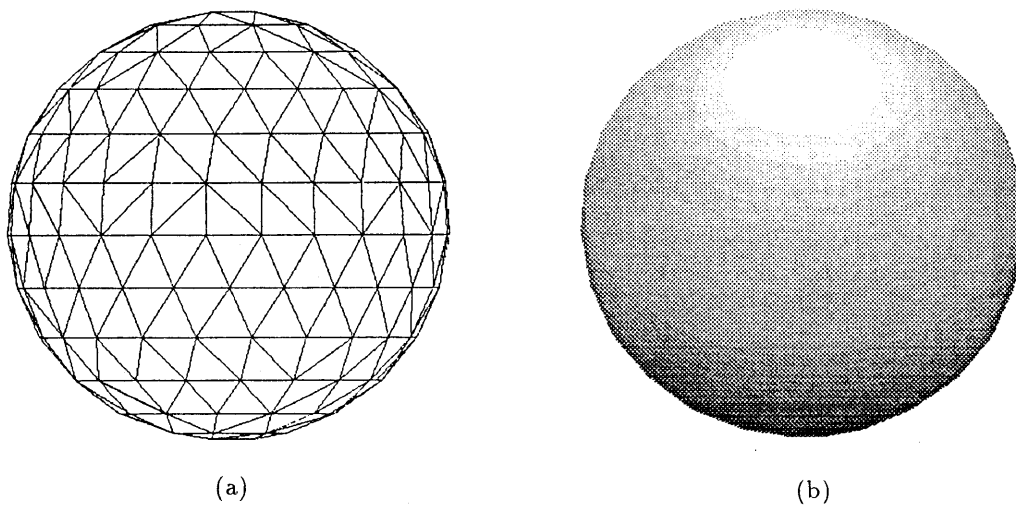
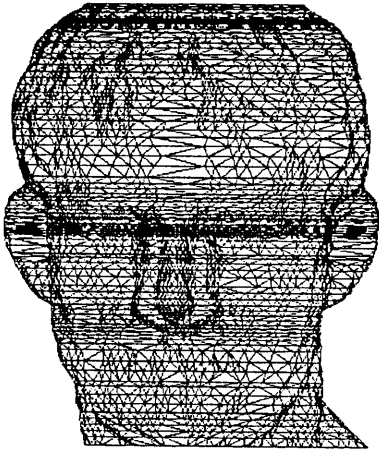
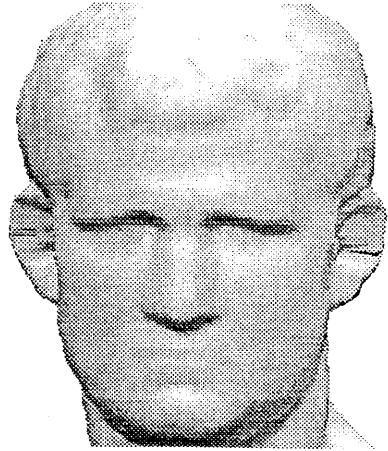


図8 球面：特徴点数 = 208 個、三角パッチ数 = 410 個 (a) ワイヤフレームモデル  
(b) シェーディングモデル

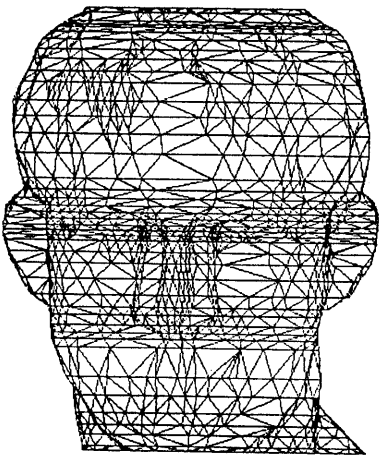


(a)

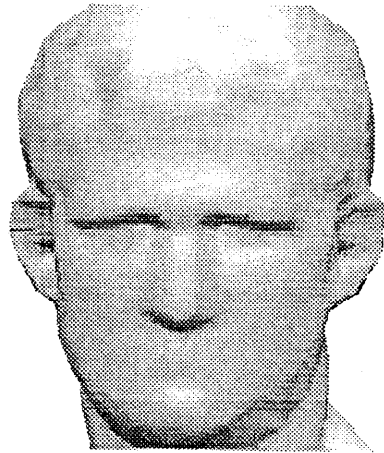


(b)

図 9 アグリッパ像：特徴点数 = 7759 個、三角パッチ数 = 15420 個 (a) ワイヤフレームモデル (b) シェーディングモデル



(a)



(b)

図 10 アグリッパ像：特徴点数 = 2190 個、三角パッチ数 = 4319 個 (a) ワイヤフレームモデル (b) シェーディングモデル

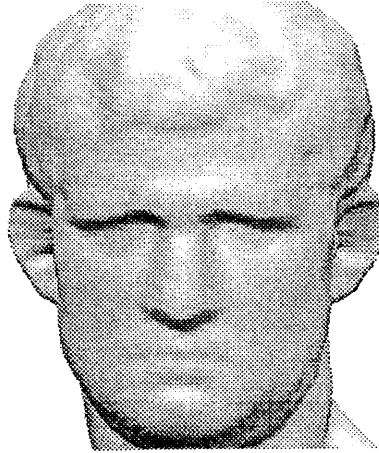


図 11 全データを用いたアグリッパ像のシェーディングモデル：特徴点数 = 257040 個、三角パッチ数 = 512640 個

## 6 むすび

本論文では、3次元頭部形状のデータ量を、出来るだけ特徴を損なうことなく減少させ、三角パッチで表現する一手法について述べた。ここでは、特徴断面の抽出の基準として法線ベクトル内積総和なるものを用いたため、細かいところの特徴が反映されにくい場合や、必要以上に細かい無駄な点を残してしまう場合が生じる欠点があるが、三角パッチの生成が容易に行なえるという利点がある。

今後、細かいところの特徴が反映されるように断面内の内積値の分布等を考慮して特徴断面を決定すること、人間の頭部には形状が複雑な部分(目、耳等)とそうでない部分(後頭部等)があるので、適当な領域に分割して領域毎に特徴断面を決定すること、などについて更に検討を加える予定である。

最後に、有益な御討論を戴いた本学マルチメディアラボの諸氏に謝意を表す。

## 参考文献

- [1] M.E. Agishtein, A.A. Migdal: "Smooth Surface Reconstruction from Scattered Data Points", *Comput & Graphics* Vol.15, No.1, pp.29-39, 1991.
- [2] F.Schröder, Patrick Roßbach: "Managing the Complexity of Digital Terrain Models", *Comput & Graphics* Vol.18, No.6, pp.775-783, 1994.
- [3] 内山、山本、田村: "全周型距離画像からの階層化適応型三角パッチ生成", 情処第48回全大, 5V-1(平06-03).
- [4] 大島、山本、田村: "視覚特性を利用したリアルタイムグラフィック表示", 情処第48回全大, 5V-2(平06-03).