

全周型距離画像からの階層化適応型三角形パッチ生成

5V-1

内山晋二 山本裕之 田村秀行

キャノン(株)情報メディア研究所

1. はじめに

三角形パッチによる形状表現は、対象物体の表面形状の計測データから形状モデルを自動的に作成する用途に広く用いられている。我々は、効率的な形状表現のために物体表面の曲率に応じて三角形パッチの大きさを変化させた適応型三角形パッチ法[1]や、立体構造を反映した三角形メッシュを生成するドロネー網利用法[2,3]を提案してきた。

本稿では、適応型三角形パッチを階層的に生成する手法を述べる。この結果得られる階層的な形状データの階層を、表示系の要求により切り替えることで、高機能なグラフィック表示が達成できる。さらに、対象を全周から計測した全周型距離画像に適用した結果を用いて、本手法の評価を行なった。

2. 適応型三角形パッチの階層化

適応型三角形パッチ表現は、表面形状に応じて適応的に三角形パッチの大きさを変化させ、形状表現の忠実さを保ちつつポリゴン数を減少させる方法である。ここでは、以下に述べるように各解像度での合成稜線素マップを用いることで、形状モデルが表現できる最高の曲率(緻密さ)を段階的に変化させた適応型三角形パッチを階層的に生成する。

【複数解像度距離画像の生成】

入力距離画像のノイズ・高周波成分を除去し複数解像度の距離画像を生成するには、距離画像をFFTした結果に次式を掛け合わせ、その結果を逆FFTする。

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_f^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_f^2}\right) \quad (1)$$

$\sigma_f$ は、 $T/\sigma_f = 4 \times 2^n$ で与えられる。ここで、 $T$ は画像の大きさである。 $n = 1..N$ と変化させながらこの処理を適用し、結果画像から $2^n$ 画素間隔で間引くことにより $N$ 枚の解像度の異なる画像を生成する。

さらに、逆FFTされた各画像中で8近傍画素の平面近似を行ない、その結果から各解像度での法線ベ

クトルを求める。

【稜線素の生成】

各解像度の距離画像で、図1に示すように注目画素の周りの画素BとCの法線ベクトルの間の角度が予め定めた値(本論文に示す結果では $20^\circ$ )より大きな場合、画素AとDの間に稜線素となるルーフエッジを設定する。さらに、画素BとCの間の距離が一定値を越える場合も、稜線素となるジャンプエッジを画素AとDの間に設定する。

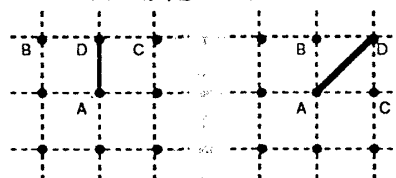


図1 稜線素の抽出

【稜線素マップの合成】

高解像度側の情報を優先して、低解像度のマップから順次高解像度の稜線素マップと合成する。合成の途中結果も保持し、 $(N-1)$ 枚の合成稜線素マップを生成する。ついで各合成稜線素マップで定められた長さ以下の孤立稜線素を除去する。

【三角形パッチの生成】

上述で得られる各合成稜線素マップから、三角形メッシュを作成する。ここでは、稜線素の線分を三角形の辺として固定しながら、それらの端点を母点とするドロネー網(拘束疑似ドロネー網)を作成し[2,3]、三角形メッシュとする。通常のドロネー網ではルーフエッジやジャンプエッジを含んだ三角形メッシュが生じる問題があるのに対し、拘束疑似ドロネー網はこの問題を解消した手法である。最後に、三角形メッシュの頂点に $n=1$ 階層の距離画像から三次元座標値と法線ベクトルを格納することで三角形パッチによる形状表現を生成する。

3. 実験結果

本手法を全周型距離画像へ適用した。図2は入力距離画像である。この図では、全周からの距離画像を横軸を回転角、縦軸を物体の高さ、各画素の値を回転軸からの半径として三次元平面で表現している。これをもとに各階層で拘束疑似ドロネー網を生成し、そのうち最高階層の結果を図3に示す。

このようにして適応型三角形パッチを階層的に作成した最終結果をワイヤーフレーム表示したのが、

Hierarchical Shape Recovery with Adaptive Meshes  
Shinji Uchiyama, Hiroyuki Yamamoto,  
and Hideyuki Tamura  
Media Technology Laboratory, Canon Inc.  
890-12, Kashimada, Saiwai-ku, Kawasaki, Kanagawa  
211, Japan

図4である。図5は、この最高階層のデータと、31744個の均一な大きさの三角形パッチをシェーディング

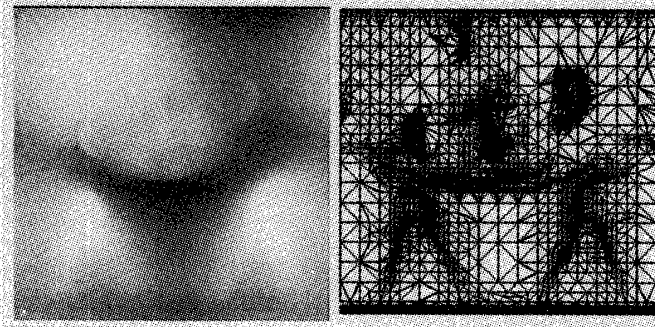


図2 全周型距離画像

図3 最高階層の拘束疑似ドロネー網

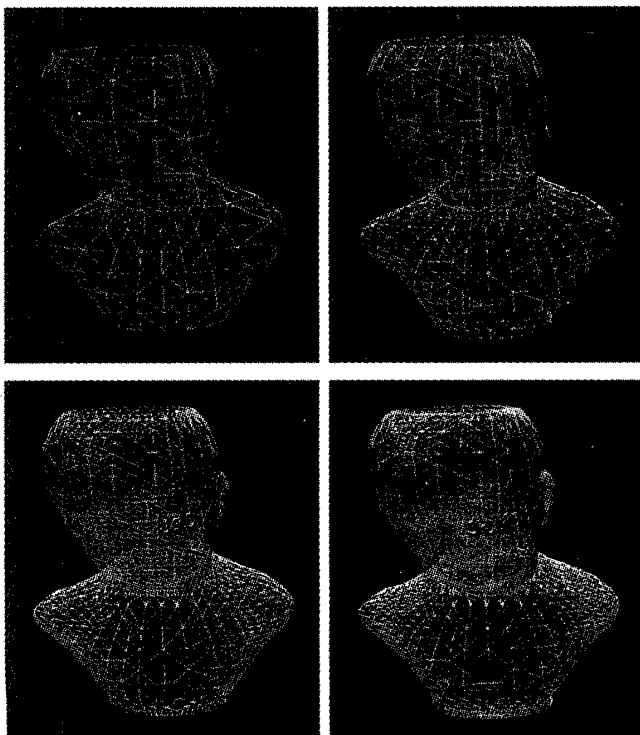
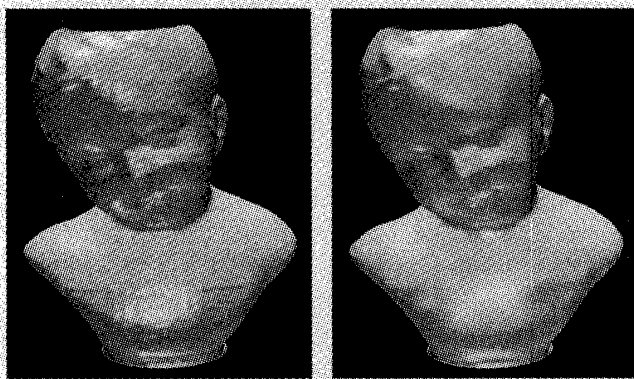


図4 階層化適応型三角形パッチ



(a) 均一メッシュ (b) 最高階層適応型パッチ

図5 シェーディング結果比較

ング表示したものである。適応型パッチは6236個の三角形で構成されているものの、同等の形状表現能力を有していることがわかる。さらにグラフィックワークステーションを用いた立体表示において、約5倍の速度向上が得られた。

階層化データもあわせて、形状の表現能力を客観的に評価したものが図6である。これまで、形状モデルの評価として元データとの体積誤差がしばしば利用されてきた[1]。ここでは、レンダリング結果の評価として、三角形パッチからフォンシェーディング手法により求めた法線ベクトルと、元データの法線ベクトルの角度差を評価基準とした。これは、物体表面が完全拡散面であると仮定すると、観察者が観察する光の強度は入射光と面の法線のなす角度にのみ依存するためである。この図から明らかなように、適応型三角形パッチでは、単純にデータを間引いて作成した三角形パッチに比べ、同じ評価値を得るために必要なパッチ数を大幅に減少させることができる。

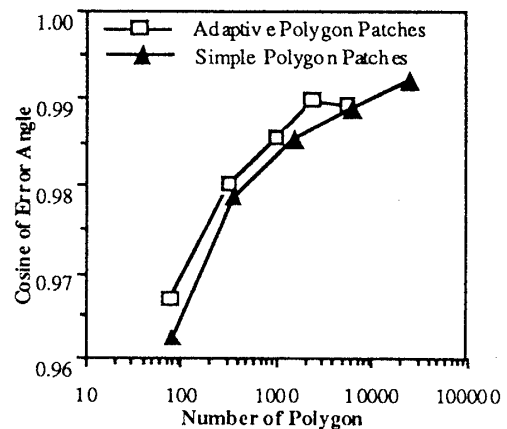


図6 法線ベクトル誤差による評価

#### 4. まとめ

本稿で述べた階層化適応型三角形パッチによる形状表現は、その階層を切り替えることでリアルタイムグラフィック表示に利用される[4]。

#### 参考文献

- [1]北村他：“複数解像度の距離画像を用いた三角形パッチによる物体表面の再構成”，第23回画像工学コンファレンス, 13-3 (1992).
- [2]山本他：“ドロネー網を用いた三次元形状のポリゴンパッチ生成法(2)”，1994信学春期全大, 発表予定(1994).
- [3]内山他：“ドロネー網を用いた三次元形状のポリゴンパッチ生成法(3)”，1994信学春期全大, 発表予定(1994).
- [4]大島他：“視覚特性を利用したリアルタイムグラフィック表示”，情報処理学会第46回全国大会, 5V-2(1994).