

制御ポリゴンのための形状簡略化の一手法

金谷 孝之^{†, ‡} 西尾 孝治[‡] 小堀 研一[‡]

[†] 広島国際大学

[‡] 大阪工業大学

1. はじめに

細分割曲面^{[1][2]}は制御ポリゴンと呼ばれる少量のポリゴンで構成された粗い形状をある規則に基づいて再帰的にポリゴンを分割することによって、滑らかな形状を作成する手法である。一方、形状簡略化^{[3][4]}は多量のポリゴンで構成された詳細な形状に対し、ある規則に基づいて、頂点、稜線、および面を削除することによって、データ量の少ない粗い形状を作成する手法である。そこで、元形状に対して形状簡略化処理を行うことによって細分割曲面用の制御ポリゴンを得ることができれば、データの圧縮や転送効率の向上、表現能力の向上につながる。

細分割曲面用の制御ポリゴンを得ることを目的とした研究としては、H.Hoppe^[2]、H.Suzuki^[5]、金井^[6]、川原田^[7]などの研究が挙げられる。しかし、それらはエネルギー関数や前処理のため計算コストが大きい場合や、体積が大きく変化する場合がある。そこで我々は計算コストを抑えて、体積の変化が少ない制御ポリゴン生成のための手法を提案する。

2. アルゴリズム

本稿では三角形メッシュの組合せからなる多面体の3次元CGデータを処理対象とし、ハーフエッジデータ構造を用いて表現している。

“A Method of Model Simplification for Control Polygon”

Takayuki KANAYA^{†, ‡} Koji NISHIO[‡] Ken-ichi KOBORI[‡]

[†] Hiroshima International University

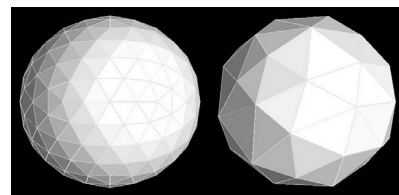
555-36 Gakuendai, Kurose, Hiroshima, 724-0695, Japan

[‡] Osaka Institute of Technology

1-79-1 Kitayama, Hirakata, Osaka, 573-0196, Japan

2.1 形状簡略化

形状簡略化の処理として M.Garland^[4]らによって提案された QEM 法を使って形状簡略化する。例えば、図 1 (a) に示すような形状に対して QEM 法を適応すると、図 1 (b) のようになる。ただし、形状簡略化率は 25% である。



(a) 元形状 (b) QEM 法適応後

図 1. 球形状に QEM 法を適応した例

2.2 SLP 行列の作成

形状簡略化後の形状の各頂点に対して H.Suzuki^[5]らによって提案された Subdivision Limit Position (以下、SLP と略す。)を計算する。ある頂点 P_i の SLP P_i は式 (1) を用いて求められる。

$$p_i^\infty = (1 - k\chi)p_i + \chi \sum_{j \in i^*} p_j \quad (1)$$

ただし、 k は各頂点における価数、 P_j は P_i に接続する各稜線の P_i と反対の頂点、などは文献[5]を参照。

形状簡略化後の形状を構成する頂点群を V_A とし、式 (1) によって求まる SLP の頂点群を V_B とする。各頂点から SLP を求める各々の式をまとめ、行列 M を用いて表現すると式 (2) のように表現することができる。

$$V_B = MV_A \quad (2)$$

2.3 頂点の対応付け

元形状と形状簡略化形状との対応を取る。形状簡略化後のある頂点 P_A とそれに対する SLP

P_B を通る半直線を求める。この半直線と元形状との交点を図2に示すように求め、 P_C とする。交点が複数ある場合は、 P_A と P_B からの距離の和を求め、その中で最短のものを P_C とする。また、交点群を V_C とする。

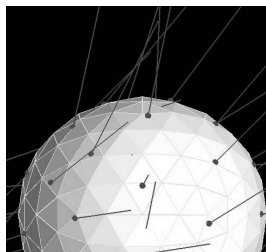


図2 半直線と交点

ここで、式(2)の左辺 V_B を V_C とみなし、式(3)のように書くことができる。

$$V_C = MV_A \quad (3)$$

V_A の頂点数を n とすると、連立 n 元一次方程式を解くことによって、 V_A の頂点位置を求めることができ、その V_A を制御ポリゴンの頂点座標とする。

3. 実験結果および考察

本手法をAT互換機(Pentium 700MHz, 256MB RAM)上に実装して実行した一例を図3に示す。ただし、今回は制御ポリゴンに対して4-to-1細分割処理手法^{[1][2]}を1回だけ行うこととし、形状簡略化率を25%とした。

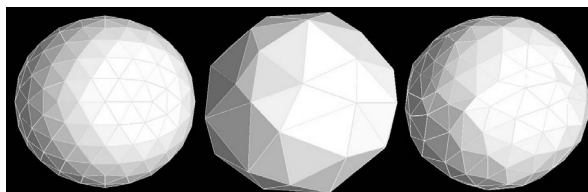
また、生成した制御ポリゴンに対して細分割曲面処理を1回施したときの体積を元形状の体積に対する変化率で表した結果を表1に示す。変化率が小さいほど体積誤差が少ない。

また計算量については、川原田^[7]らの手法同様に対応点を n とすると、 $O(n^2)$ が必要となる。しかし、我々は n 自体を減少させることによって、計算コストを抑えた。

4. おわりに

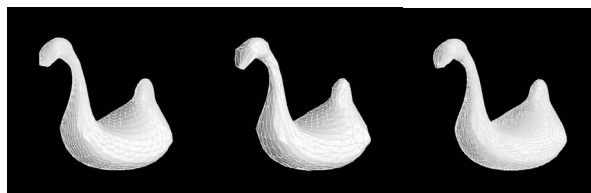
本稿では、形状簡略化後の頂点のみで処理を行うため計算コストを抑え、体積の変化が少ない制御ポリゴン生成のための手法を提案した。

Sphere



元形状 制御ポリゴン 細分割曲面

Swan



元形状 制御ポリゴン 細分割曲面

図3. 実験結果の一例

表1. 体積評価

	QEMのみ	本手法
Sphere	12.24%	4.03%
Swan	1.18%	0.36%

今後の課題としては、更に体積の誤差や計算コストの軽減、細分割回数を増加した場合にも対応したアルゴリズムの確立などが挙げられる。

謝辞

本研究は笹川科学研究助成にご支援頂き行いました。深く感謝致します。

参考文献

- [1] C. Loop et al.: "Smooth Subdivision Surfaces Based on triangles", Master's thesis, University of Utah, Department of Mathematics, (1987)
- [2] H. Hoppe et al.: "Piecewise Smooth Surface Reconstruction", Proc.SIGGRAPH94, pp.295-302 (1994)
- [3] D. Leubke et al.: "LEVEL of DETAIL FOR 3D GRAPHICS", Morgan Kaufmann Publisher, (2002)
- [4] M. Garland et al.: "Surface Simplification Using Quadric Error Metrics", Proc.SIGGRAPH97, pp.209-216 (1997)
- [5] H. Suzuki et al.: "Subdivision Surface Fitting to a Range of Points", Proc. 7th Pacific Graphics International Conference, pp.158-167 (1999)
- [6] 金井:「ポリゴンから細分割曲面への自動変換システムの開発細分割曲面の連続的多重解像度表現」情報処理学会研究報告, Vol.2000, No.78, 99-CG-100, pp. 19-24 (2000)
- [7] 川原田他:「細分割曲面フィッティングによるメッシュデータの圧縮」情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.77, 2002-CG-108, pp. 1-6 (2002)