

K11 サブディビジョンを用いた3次元不規則メッシュの階層近似

Ahrary Alireza 奥田正浩[†] 水谷直喜 佐々木重信 村松正吾 周杰 菊池久和

新潟大学工学部電気電子工学科 [†]北九州市立大学国際環境工学部情報メディア工学科

1. はじめに

近年インターネットで3次元モデルの利用者の増に伴い、効果的な3次元モデルの編集、加工、処理技術に関する研究が盛んに行われている。その一つとして、不規則な3次元メッシュを完全規則メッシュに変換(リメッシュ)することでこれらの各種処理を容易にする技術が注目を浴びている。

リメッシュに関する今までの研究では、より規則的な幾何学表現を作成することを目的としている。これらの研究[1][2]では3次元モデルをカットし、2次元にマッピングするうえでいくつかの欠点がある。

最新の研究[1]では完全規則メッシュで表現ができたが、処理に時間がかかり、2次元から3次元モデルへマッピングする時にひずみが生じるという欠点がある。本研究では逐次的にメッシュ数を増やし原3次元モデルを近似するという階層型手法を取り入れることでそれらの欠点を克服することを目的とする。また、本研究では3次元のまま処理が可能という利点がある。

2. 提案アルゴリズム

基本的に表面幾何学は不規則な三角形メッシュでモデル化される。メッシュのデータ構造は頂点と三角形の配列から構成され、各三角形が三つの頂点インデックスリストを参照する。

本研究で提案する方法として、まず図1(a)のようなオリジナルメッシュを図1(b)のように1回サブディビジョンした4面体の中に入れる。

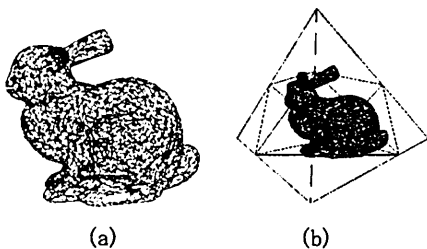


図1 入力モデル

次に4面体上に存在する頂点とオリジナルメッシュ上の面との距離計算を行い、4体面上の頂点を計算したオリジナルメッシュ上の面まで移動させる。その後4体面をさらにサブディビジョンし、新しくできた頂点とオリジナルメッシュ上の面との距離を

計算する。この近似曲面とオリジナルメッシュとの誤差がある閾値以下になるまでこの処理を繰り返す。

2. 1 点と面の距離計算

図2では始点 \vec{P} が4面体上にある頂点であり、三角形 $V_1V_2V_3$ はオリジナルメッシュ上の任意の三角形を意味とする。始点 \vec{P} からベクトル \vec{v} の方向に伸びる直線 $\vec{P}+n\vec{v}$ と $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$ が張る平面との交点 \vec{P}_0 を
$$\vec{P}_0 = \vec{P} + n\vec{v} \quad \dots\dots(1)$$
 のように求める。

$$\vec{P}_0 = \vec{P} + n\vec{v} = \vec{V}_1 + a(\vec{V}_2 - \vec{V}_1) + b(\vec{V}_3 - \vec{V}_1) \quad \dots\dots(2)$$
 と書ける。

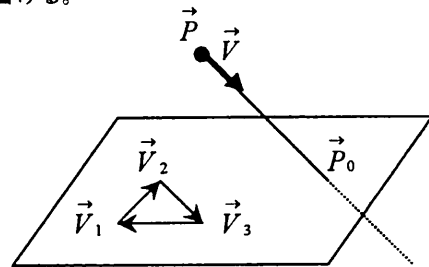


図2 点と面の距離計算

次に式(2)を満たす a, b, n を求める。ここで $\vec{v}_n (n=1, 2, 3)$ は原点からのベクトルである。 $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$ などの X, Y, Z の座標を V_{1x}, V_{12x} などとおくと式(2)は

$$\begin{pmatrix} V_{12x} & V_{13x} & -V_x \\ V_{12y} & V_{13y} & -V_y \\ V_{12z} & V_{13z} & -V_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_x - V_{1x} \\ P_y - V_{1y} \\ P_z - V_{1z} \end{pmatrix} \quad \dots\dots(3)$$

となる。

式(3)を解くと a, b, n を求めることができる。次のステップでは交点 \vec{P}_0 が三角形 $V_1V_2V_3$ 内に入るための条件を求める。式(2)を書き換えると

$$\vec{P}_0 = (1-a-b)\vec{V}_1 + a\vec{V}_2 + b\vec{V}_3 \quad \dots\dots(4)$$

上式において、 \vec{P}_0 が $V_1V_2V_3$ 内に入るためには a, b が

$$\begin{cases} 0 \leq 1-a-b \leq 1 \\ 0 \leq a \leq 1 \\ 0 \leq b \leq 1 \end{cases} \quad \dots\dots (5)$$

を満たす必要がある。

2. 2 三角形の内外判定

1回目の点と面の距離計算ではベクトル \vec{p} の方向をオリジナルメッシュの中心方向とする。しかし、2回目以降には1回目の計算で新しくできた頂点の法線方向にベクトル \vec{p} 伸ばすので、オリジナルメッシュの三角形とそれとの内外判定が必要となる。

ここで、点 \vec{P} から三角形の頂点へのベクトルを

$$\begin{cases} \vec{N}_{V_1V_2} = \vec{P}V_1 \times \vec{P}V_2 \\ \vec{N}_{V_2V_3} = \vec{P}V_2 \times \vec{P}V_3 \\ \vec{N}_{V_3V_1} = \vec{P}V_3 \times \vec{P}V_1 \end{cases} \quad \dots\dots (6)$$

により求める。ただし、三角形 PV_1V_2 の法線を $\vec{N}_{v_1v_2}$ 、三角形 PV_2V_3 の法線を $\vec{N}_{v_2v_3}$ 、三角形 PV_3V_1 の法線を $\vec{N}_{v_3v_1}$ とする。

次に頂点 \vec{P} の法線を \vec{N}_p として、 \vec{N}_p と $\vec{N}_{v_1v_2}$ 、 $\vec{N}_{v_2v_3}$ および $\vec{N}_{v_3v_1}$ までの内積をとり、 \vec{N}_p と $\vec{N}_{v_1v_2}$ 、 $\vec{N}_{v_2v_3}$ および $\vec{N}_{v_3v_1}$ とのベクトルの向きを調べる。三角形の内部にある場合は、 \vec{N}_p と $\vec{N}_{v_1v_2}$ 、 $\vec{N}_{v_2v_3}$ および $\vec{N}_{v_3v_1}$ の向きがすべて同じになる。外部にある場合は、どれかが \vec{N}_p と逆向きになる。

3. シミュレーション結果

今回は、3次元モデルBunnyをオリジナルメッシュの入力モデルとして使用する。図1(b)のように1回サブディビジョンした4面体の中にオリジナルメッシュを入れ、提案した方法で4体面上に存在する頂点とオリジナルメッシュ上の面との距離計算を行う。ただしここでのベクトル \vec{p} をオリジナルメッシュの中心方向にとする。そして、4体面上の頂点を計算したオリジナルメッシュ上の面まで移動させる。この結果は図3(a)で示している。

次は図3(a)をサブディビジョンし、新しくできた頂点とオリジナルメッシュ上の面との距離計算を計算する。これ以降は、ベクトル \vec{p} の方向を頂点 \vec{P} の法線方向とする。頂点 \vec{P} の法線ベクトルはこの頂点と接しているすべての三角形の法線ベクトルの平均ベクトルである。そして、頂点 \vec{P} とオリジナルメッシュの三角形の内外判定を行う。もし、

\vec{p} はオリジナルメッシュの三角形上であれば移動させない。オリジナルメッシュの三角形の内側や外側である場合は面上に来るように移動させる。オリジナルメッシュとの誤差がある閾値より小さくなるまでこの処理を繰り返す。その結果を図3で示す。

しかし、表1で示したとおり、再構成した完全規則メッシュはオリジナルメッシュより頂点や面の数が増えている。

Model	Original mesh	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
#faces	2915	16	64	256	1024	4096	16384
#vertices	1494	10	34	130	514	2050	8194

表1 メッシュの面数と頂点数

4. まとめ

本研究では不規則で境界がないオリジナルメッシュを完全規則メッシュに再構成することを確認した。今後は再構成したメッシュの簡略化や境界があるモデルの完全規則メッシュに再構成することについての検討を行う予定である。

参考文献

[1] X.Gu, S.Gortler, H.Hoppe, "Geometry images", *ACM SIGGRAPH'02*, pp.355-361, 2002.
 [2] E.Praun, H.Hoppe, "Spherical parametrization and remeshing", *ACM SIGGRAPH'03*, pp.340-349, 2003.
 [3] 千葉則茂, 土井孝男, 3次元CGの基礎と応用, サイエンス社, 1997年4月.

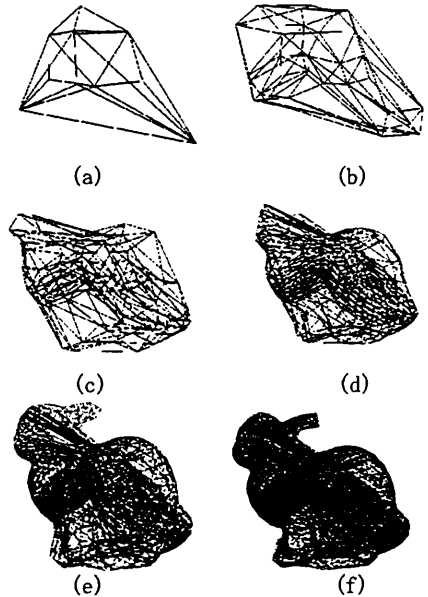


図3 再構成までの流れ