1U-5

Extremal surface のポリゴンメッシュ化

川田 洋平 † 杉浦 秀高 † 三浦 憲二郎 ††
† 静岡大学大学院 理工学研究科 †† 静岡大学工学部 機械工学科

1 緒言

近年，ポリゴンを用いたモデリングに比べてレンダリングや形状変形を高速に行うことができるので，surfel を用いた point-based geometry により形状を表現することが試みられている．しかしながら，surfel のみで定義された曲面は，厳密には曲面を定義したとはいえず，完全な曲面の情報が得られるわけではない．

そこで，本研究では完全に曲面を定義するために，surfel 群から extremal surface を生成する．さらに入出力時のファイルサイズの軽減や他のアプリケーションとの形状データの受け渡しのためにポリゴン化することを目的とする．

2 自由曲面の生成

従来の自由曲面の生成法と今回用いた自由曲面の生成法の違いを述べる．さらに実際の自由曲面生成手順についても述べる．

2.1 比較

従来の自由曲面の生成方法にはレベルセット，ラジアル基底関数などに代表される陰関数曲面や，スプライン，細分割曲面などに代表されるパラメトリック曲面を使用する方法が用いられてきた．これらの方法は大局的な形状を得るのに適している．

一方，今回の研究で使用した方法は曲面の surfel 群よりエネルギー関数を求め，それにより曲面を決定する．こうして得られる曲面を extremal surface と呼ぶ [1]．Extremal surface は局所的な形状を得るのに適している．Extremal surface を用いた理由としては，point-based geometry から曲面を生成するために，局所的な曲面定義法のほうが望ましいと考えられるからである．

任意の関数 $n : R^3 \to P^2$ と $e : R^3 \times P^2 \to R$ は n と e の extremal surface を以下のように定義する．

$$S = \{x \mid x \in arglocalmin_{y \in l_{x,n(x)}} e(y, n(x))\}$$

ここで $arglocalmin_y$ は y の極小値，$l_{x,n(x)}$ は x を通り方向が $n(x)$ の直線である．

2.2 extremal surface

Extremal surface を生成するためには，いくつかの段階を踏む必要がある．まず，観察点を surfel の周りに配置する．その観察点を移動させることにより extremal surface 上の点を決定するわけだが，それを探索する方向を決定する必要がある．それは，次の式により決定される．

$$n(x) = \sum_i a_i \theta_N(x, p_i)$$

ここで，$\theta_N(x, p_i)$ は，

$$\theta_N(x, p_i) = \frac{e^{-d^2(x,p_i)/h^2}}{\sum_j e^{-d^2(x,p_j)/h^2}}$$

となる正規化されたガウス重み関数である．また，x は観察点の座標，p_i は surfel の座標，a_i は surfel の法線方向ベクトル，$d(a, b)$ は a, b 間のユークリッド距離，h はガウス関数の係数である．ここで，a_i には正負の二つの方向があるが，どちらを用いてもかまわない．

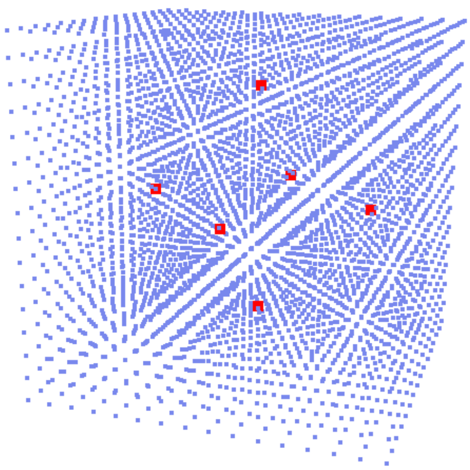

図 1: 観察点の配置．

Polygon mesh making about extremal surface
† Yohei KAWATA, Hidetaka SUGIURA
†† Kenjiro T. MIURA
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University (†)
Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University (††)
3-5-1 Johoku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561, Japan

この式を用いて探索方向 $n(x)$ を決定した後，extremal surface の位置を特定する．それには以下の式を用いてエネルギー関数 $E(x,a)$ を求める必要がある．

$$E(x,a) = \sum_i d_M(p_i,a_i,x)\theta_N(x,p_i)$$

ここで，$d_M(p_i,a_i,x)$ は以下の式で示される．

$$\begin{aligned} d_M(p_i,a_i,x) &= \langle (x-p_i,a_i) \rangle^2 \\ &+ c||(x-p_i) - \langle (x-p_i),a_i \rangle a_i||^2 \end{aligned}$$

ここで，c はスケール係数と呼ばれる 0〜1 の値で，この値の違いにより生成される曲面の形状が変化する．

このようにしてエネルギー関数 $E(x,a)$ を探索方向 $n(x)$ において計算し，その極値を調べる．そこが extremal surface 上の点となる．これを多くの観察点群から計算することにより，extremal surface 上の点をその数だけ特定することができる．本研究では，極値を求めるために brent の方法を用いた．これは，与えられた関数に対して 1 次方向にある 3 点（2 点目は他の 2 つよりも値が小さい）をとり，その 3 点を通る放物線よりその極小値を求め，その値による関数上の点と 1，2 点目の 3 点より同様の操作を行い，それが収束するまで繰り返して極値を求める方法である．

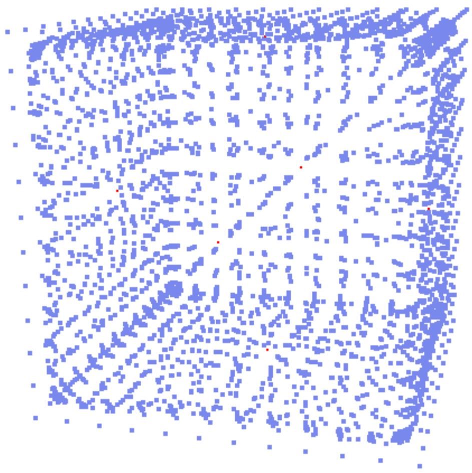

図 2: Extremal surface の特定.

2.3 re-tiling

先の方法で extremal surface 上の点を特定することはできた．しかしながら，場所によって点密度が大きく異なり，そのままポリゴンを生成すると大きな偏りができてしまうことがありうる．これを解消するため，本研究では re-tiling[2] を用いた．

Re-tiling とは，ある点において適当な半径を決定し，その半径内に存在する各々の点との距離に応じて反発力を計算し，それにより点を再配置する方法である．反発力は，基準となる点に近いほど大きく，距離

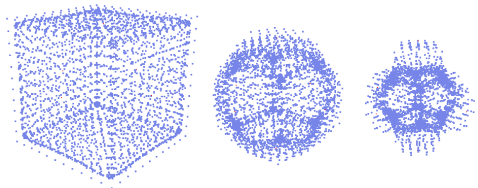

図 3: スケール係数の違いによる形状の変化．左：スケール係数が 1 の時の形状　中央：スケール係数が 0.5 の時の形状　右：スケール係数が 0 の時の形状

が大きくなると直線的に減少し，影響半径を超えると 0 となる．これを各々の点に対して行い，その結果より良い点の配置を得ることができる．

3 ポリゴン化

Re-tiling により均等に点を配置した後，ポリゴン化を行う．各頂点から任意数の近傍点を算出し，それより minimum spaning tree を構築し，ポリゴンを作成した．

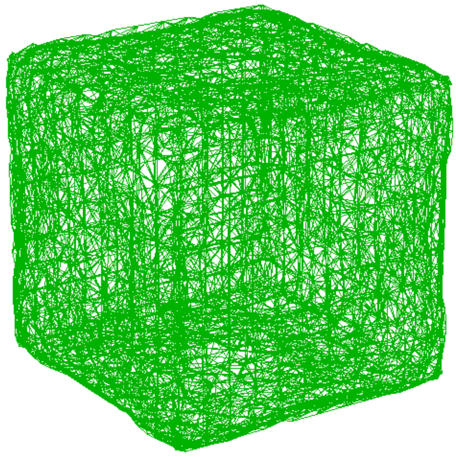

図 4: ポリゴン化.

4 今後の展望

今回の研究において，点群，及び surfel 群より extremal surface 上の点を決定し，ポリゴンを生成することができた．今後の研究においては，より多くの形状に対して extremal surface を適用していく．また，今回の研究ではトポロジーについて考慮していないので，トポロジーを考慮してポリゴンを生成する方法を模索していく．

参考文献

[1] Nina Amenta, and Yong Joo Kil, “Defining Point-Set Surfaces,” SIGGRAPH 2004, pp.264-270, 2004.

[2] Greg Turk, “Re-Tiling Polygonal Surfaces,” Computer Graphics Vol.26 No.2(SIGGRAPH 92), pp.55-64, July 1992.