

形状の位相構造に基づいたポリゴンデータからの曲面の生成

2V-5

廣瀬和樹[†] 品川嘉久[†][†] 東京大学

1 はじめに

3次元CGの応用が広がるにつれて、今後、自然物などの複雑な曲面を持つ物体をモデリングする需要が増えると考えられる。曲面の多い形状を一からモデリングするには、現在一般的に用いられているポリゴンによる方法では作業が困難であり、曲面をベースにした新たなCADシステムが必要となる。しかし、その際、従来からの技術が無駄にしないためには、既存のポリゴンデータを有効に活用するための、ポリゴンから曲面への変換手法も同時に必要となる。

近年、レーザー測定装置などによって曲面の多い形状をあらかじめ測定し、得られた密なポリゴンメッシュから形状を損なわずに、少ない枚数のB-スプライン等のパッチに変換して元の曲面を再構成する研究も多く行なわれているが、これも同様の技術とみなすことができる。

2 本研究の目的

本研究では、これらの背景を踏まえ、任意のポリゴンデータから曲面を生成するための一手法を提案する。また、本手法は次のようなことを主要な目的としている。

- 元のポリゴンの形状を極力忠実に再現する
- 生成された曲面が容易にエディット可能
- ポリゴンデータの疎密に関わらず効果を発揮する

また、生成される曲面としてはB-スプライン曲面を用いる。複雑な位相構造を持った物体にどのように曲面のパッチを構成するかは難しい問題であり、手動を含め様々な方法[1, 2]が提案されているが、本研究では、物体に高さ関数を導入し、そこから得られる位相情報によって領域を自動的に分割する方法を用いる。また、曲面のフィッティングに関しては、正方メッシュを作成する方法[1]を採用する。

3 位相情報について

本研究では形状の位相構造を把握するために、レーブグラフと呼ばれるものを用いる。まず物体が埋め込まれている3次元空間の座標上に、高さ（通常はZ座標）を定義する。この高さの軸に直交する平面で物体表面を輪切りにすると、いわゆる等高線ができるが、この等高線の連結成分を一つの点として表すことにより得られるグラフがレーブグラフである。（図1）

また、このレーブグラフの頂点に相当する部分は、物体表面の局所座標系から高さZを返す関数 $h: R^2 \rightarrow R$ を考えたとき、各成分による偏微分が0になる点（特異点）となる。このような特異点には、頂上点、谷底点、鞍点がある。

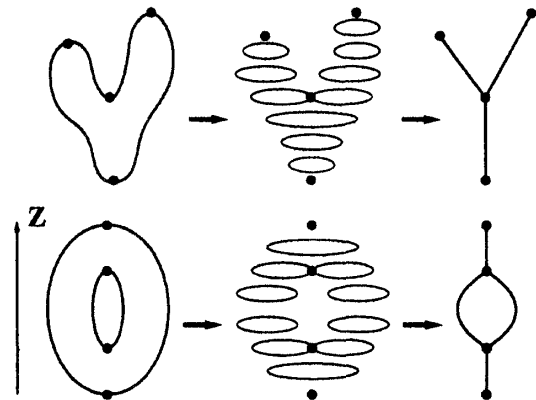


図1: 元の形状と特異点（左）、等高線（中）、得られるレーブグラフ（右）

このレーブグラフとモース理論を応用することにより、形状の符号化を行なうことが可能である[3]。本研究では、最終的にはこの符号化法に準ずるデータの生成を目指し、物体から得られたレーブグラフの情報をもとに、データを各ユニットに分割し、曲面の領域を設定する。

4 手法の説明

4.1 概要

先述のレーブグラフの辺に相当する部分を元の物体から一つ抜き出したとき、等高線は常に一重の輪（円

と同相) になっていることは定義より明らかである。この部分を一つのユニットとして扱う。一部(頂上点と谷底を含むもの)を除けば、各ユニットはシリンダ状の領域となっているので、パッチを比較的簡単に構成できる。(図2)

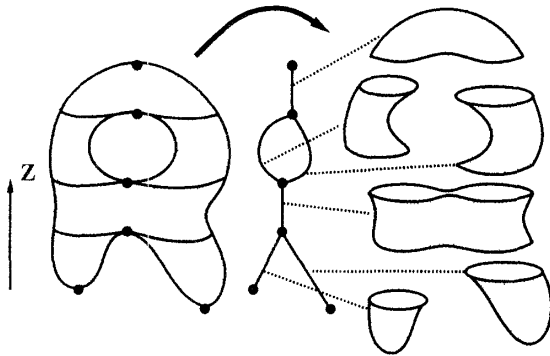


図2: ユニットへの分解と、レーブグラフの辺との対応

作業の流れとしては、以下のようになる。

- 特異点を検出し、レーブグラフを構成する
- 検出された特異点を含む Z 軸に垂直な平面でデータを切断し、各ユニットに分割する。
- 各ユニットにおいて正方メッシュを構成する
- それぞれに B-スプラインのパッチを張る
- 各ユニットを連続性を保つように再び接続する

4.2 メッシュの生成とフィッティング

フィッティングの前処理として、まず、元のポリゴンデータに近い正方メッシュをユニット全体に張りつける。この処理によって、B-スプラインのフィッティング自体の計算を軽減させることができる。

メッシュ上の各点を $P_{u,v}$ ($0 \leq u < U, 0 \leq v < V$) とすると、各 $P_{u,v}$ の座標は以下のようにして得られる。(図3) (U, V の値は、そのユニット自体の持つ頂点数に応じて設定される。)

- ユニット自体を Z 座標に垂直な平面で高さを V 等分し、断面 S_v ($v = 0, \dots, V-1$) を得る
- 次に断面 S_v を U 等分し、その分点を $P_{u,v}$ ($u = 0, \dots, U-1$) の座標とする
- 最終的にメッシュの各辺の長さが均等になるように断面の位置、分点の位置を補正する

得られるメッシュは環状になる。(つまり、 $P_{U-1,v}$ と $P_{0,v}$ は接続されているものとする。) また、 v の値が同じ $P_{u,v}$ は全て同一 Z 座標上に乗ることになってしまうが、これは、最終的にエディットする際に、任意の断面を取りやすくすることを念頭に置いているためである。実際に一つのユニットに対しメッシュを生成した例を図4に示す。

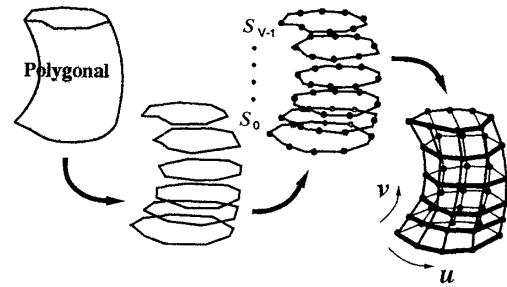


図3: 正方メッシュの生成

5 おわりに

本研究は物体に高さ関数を導入し、位相情報を用いることで物体の領域を分割し、曲面を構成することを試みている。

今後の課題としては、

- 各ユニットの再接続の際の各接合部での連続性を確保する方法の確立
- メッシュの構成方法の改良
- メッシュにリラクゼーション等の処理を施すことによる曲面の滑らかさの向上
- 形状を生かすため、B-スプライン以外の関数も試してみる

などが挙げられる。

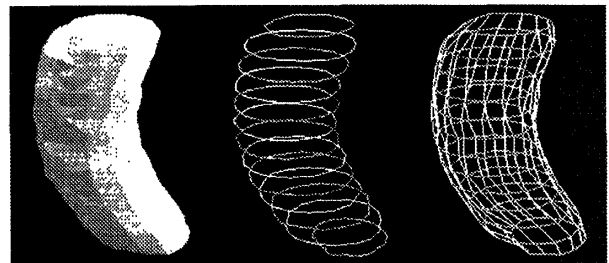


図4: メッシュの生成例

参考文献

- [1] V. Krishnamurthy, M. Levoy. "Fitting Smooth Surfaces to Dense Polygon Meshes." *Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH'96)*, pp.313-324, August 1996.
- [2] M. Eck, H. Hoppe. "Automatic Reconstruction of B-Spline Surfaces of Arbitrary Topological Type." *Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH'96)*, pp.325-334, August 1996.
- [3] Y. Shinagawa, L. Kergosien, T. L. Kunii. "Surface Coding Based on Morse Theory" *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol 11, 5:66-78, September 1991.