

3次元体表面上の点群を用いた形状生成法

岡山大学環境理工学部 学生会員（○古谷隆志 真鍋友和）正会員（谷口健男）

1. はじめに

近年電算機シミュレーションが多用されるようになったが、その実用化を妨げている理由の1つとして、解析対象系の形状入力と有限モデル作成の困難さが挙げられる。2次元領域の形状はその外周を一巡する点（辺）列を、3次元ではその表面を覆う三角形群を入力すれば良い。近年の計測技術の向上は3次元体表面上の任意位置の座標を計測することを可能にさせたが、このことは3次元体表面上に置かれた点群を用いて、表面を覆う三角形群の作成さえ開発できれば形状入力が可能となることを示している。本研究では、以上のことから3次元体表面上の点群を用いて、その表面を覆う三角形群を作成する手法を提案する。

2. 表面点の分類

物体表面は滑らかな面の集合で構成されていると仮定する。滑らかな面とは、角張った所のない面を言う。例えば球体は全て滑らかな面である。その表面上に適切に置かれた点群を用いた表面生成を考える。点群しか与えられない場合、点間の距離だけが利用できる唯一の情報である。滑らかな表面上の1点PはPとその近傍点で作られる三角形の上に位置すると考えられる。しかし、図1に示すような刃の先の様に滑らかな2つの面が鋭角をもって接続する折り目線に近い点pでは、点Pの近傍点としてPの位置する面A上の点（黒丸で表される点）以外に面B上の点（白丸で表される点）も拾い上げられる。よって、Pとその近傍点でもって三角形を作ろうとすると、面A上の点Pを覆う三角形だけを作れるとは限らないことは自明である。

このように、表面の形状を作成するとき重要なのは、滑らかな面と滑らかな面が合わさる折り目部上の点（図1の◎点）や、尖った頂点の点周りに表面を作成するときであり、そこでの表面生成作業が非常に困難・煩雑になる。これまでに参考文献[3]の研究などで折り目部、頂点部周辺の表面作成が試みられてきたが、あまり良い結果が得られない。その理由は、図1で示した様に折り目部や尖った頂点部（以降端部と呼ぶ）付近では、他の面上の点が近くなることから、滑らかな面を近傍情報のみで作ることが出来ないことによる。そこで本研究では、刃先のように異なる面上の2点が近傍位置にある場合には、それらを結合して表面三角形を作成しないように、端部を構成する点列を他の滑らかな面上の点から識別し、個々の滑らかな面を作成（三角形で覆うこと）した後、次いで端部に位置する点列を使って既に作られた滑らかな面を結合する方法を提案する。

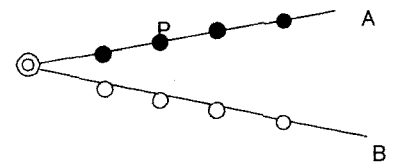


図1

端部を構成する点列（特徴点）検出には、参考文献[1]に提案されている手法を改良する。まず、点 p_i （注目点）の近傍点 q_i の中心位置 c_i と（2）により定義される相関性マトリックス C_i を求める。 i は取得した近傍点の数である。

$$c_i = \frac{1}{|N_i|} \sum_{q \in N_i} q \quad (1)$$

$$C_i = \frac{1}{|N_i|} \sum_{q \in N_i} (q - c_i)(q - c_i)^T \quad (2)$$

C_i より特徴点の可能性を測定する固有値、固有ベクトルを求め、求められた固有値の最小のものに対応する固有ベクトルを e_0 とする。

求めた e_0 と c_i により c_i の平面が表される。この平面より平均屈曲を求める。図4は、点 p_i と c_i の平面、そして、平均屈曲のラインを示す。図4にて、点線で示される曲線が平均屈曲のラインでありその線と c_i の平面が交差する点と p_i との距離は、 p_i からの各近傍点の距離の平均値 a_i となる。

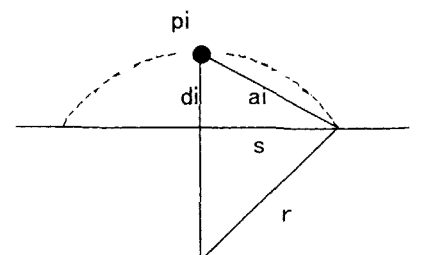


図4 屈曲ラインを示すモデル

また, r は屈曲半径を表す. そして, 屈曲 k_i は $1/r$ であることから, 図 4 から (4) 式が求められる. そして, k_i の最大値 $k_{\max}$ を求め, (5) 式で定義される屈曲関数を求めることができる.

$$di = |e_0'(p - ci)| \quad (3) \quad ki = \frac{2di}{ai^2} \quad (4)$$

$$\omega_{ki} = 1 - \frac{k_i}{k_{\max}} \quad (5) \quad \omega_{bi} = \frac{\gamma_i}{2\pi} \quad (6)$$

また, 別のアプローチにより, 端部の可能性を評価する関数を (6) 式に示す. γ は, 線分 $pi-q_1$ からすべての線分 $pi-q_x$ ($x=2 \sim$ 近傍点数) の内角を求め, この操作を q_1 から q_x までについてすべて行い, それにより求めた内角の総和である. 図 5 に pi と 1 つの q_j により得られる内角のモデルを示す.

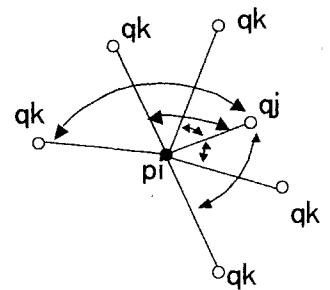


図 5 pi と 1 つの q_j から得られる内角のモデル

3. 表面形状の生成

表面生成は以下のプロセスから成る.

(1) 特徴点の抽出

前節で提案した特徴点の抽出法で特徴点を選び出す.

(2) 滑らかな面の作成

与えられた点群から特徴点を取り出す. その後, 特徴点により囲まれた滑らかな面 (部分的な面) 上にある点を 1 つ取りだし, その点を P とする. その点周りに P と P の近傍点を用いて表面三角形を作成する. 図 6 にそのモデルを示す. このとき近傍点として特徴点を用いない. この操作を特徴点, または表面三角形の作成に使用した点を P として用いず, 全ての点について行う. これだけでは, 滑らかな面に穴があいた形になるため, この穴埋めを行い, 全ての滑らかな面 (部分的な面) についての面張り (三角形形で覆うこと) を終える.

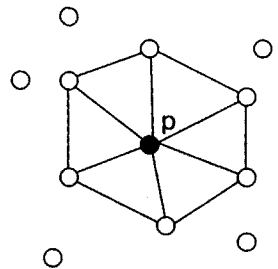


図 6 表面三角形作成モデル

(3) 特徴点を使った全表面の作成

(2) により作成した滑らかな面 (部分的な面) の端の辺と特徴点を用いて, 端部の表面三角形を作成する. これにより全ての面に表面三角形が作成できる.

4. 結論

本研究では, 表面上の点座標のみのデータから特徴点の検出と表面形状を作成する方法を提案した. この方法は衣服を作るように, 対象とする 3 次元体表面の滑らかな部分表面を別個に生成した後, 折れ曲がり部でそれらを縫い合わせる. この新しい方法によって, 従来の方法で困難であった刃先の様に二つの面が鋭角で結合されている場合などに対してもその表面生成が可能と成った.

参考文献

- 1) Stefan Gumhold, Xinlong Wang & Rob Macleod. Feature Extraction from point clouds. Proceedings, 10th International Meshing roundtable, Sandia National Laboratories, pp. 293-305, October 7-10 2001.
- 2) 山下優耶 「任意 3 次元体の形状入力と要素分割に関する研究」 修士論文 2001.2