

4 N - 3

ネットワークモデルを用いた
パラメトリック曲面の交差判定

藤村真生 小堀研一 久津輪敏郎
大阪工業大学

1 はじめに

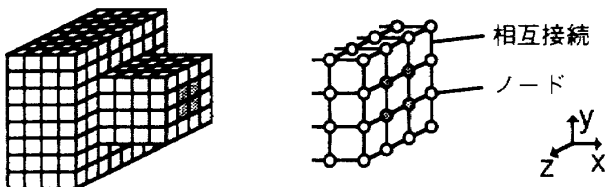
本稿では、パラメトリック曲面の1種であるベジエ曲面の交差判定を高速に実行する手法について提案する。ベジエ曲面の交差判定は、CGシステム等において頻繁に必要となる処理である。しかし正確な交差判定を実現するためには収束計算が必要となり、処理時間に問題がある。

筆者らは、空間分割モデルによってCADシステムを構築するためのデータ構造として、ネットワークモデル⁽¹⁾を提案した。ネットワークモデルはデータ数を少なく抑えてかつ立体集合演算を高速に行なうことが可能な空間分割モデル⁽²⁾の一種である。

本稿ではパラメトリック曲面をネットワークモデルに変換し、ネットワークモデルの高速な交差判定を用いてパラメトリック曲面の交差を高速に判定する手法について説明する。また、パラメトリック曲面の交差判定手法として、 u 、 v 方向に均一に分割する方法と4分木を用いる方法を取り上げ、これらの近似によって得られる微小多角形を用いた交差判定との処理時間を比較する実験を行った。

2. ネットワークモデル

空間分割モデルは、3次元形状をボクセルと呼ばれる微小な立方体の集合として表現する。ネットワークモデルは形状表面のボクセルのみを形状のデータとして保持するモデルである。しかし形状表面の



a. 形状 b. 右側先端部の接続の様子
図1 ネットワークモデル

ボクセルのみを離散的な状態で保持しただけでは、形状に対する任意の点の内外判定ができず立体集合演算に応用することは不可能である。そこで図1に示すように形状表面に存在するボクセルを双方向のポインタによって接続し、形状表面においてネットワークを構成することによりこの問題を解決した。

ネットワークモデルは形状内部の情報を持たないので扱うボクセルの数が少なく、かつ総てのボクセルが均一のサイズであるから、形状の内部のデータを保持するボクセルモデルや異なる大きさのボクセルを持つオクトリーモデルと比較して形状に回転・移動を施す幾何演算に適した形状モデルとなる。

3. ネットワークモデルを用いた交差判定

ネットワークモデルを用いたパラメトリック曲面の交差判定処理は、図2に示した手順により実行される。個別の処理について詳しく述べる。

3.1. 外包直方体、凸包による交差判定

最初に2つのパラメトリック曲面の外包直方体を求め、これらの交差判定を実行する。この時外包直方体が交差していれば、その交差領域の座標値を求め、後の交差領域の探索処理において用いる。

外包直方体が交差していた場合、曲面を定義している制御点群によってそれぞれの凸包を生成し、こ

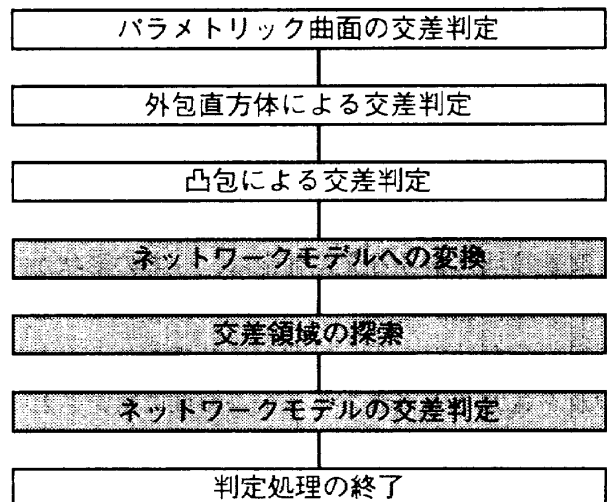


図2 交差判定処理の流れ

れらによる交差判定を実行する。

3.2. ネットワークモデルへの変換

パラメトリック曲面をネットワークモデルに変換する。まずパラメトリック曲面の制御点から、曲面をネットワークモデルに変換するために必要となる u , v 方向の分解精度を求める。この分解精度の間隔で u , v のパラメータを変化させ、サンプル点を生成する。これらの3次元座標を算出し、プロットすればネットワークモデルへの変換は終了する。

この時、曲面の分解精度はネットワークモデルの精度から決定される。従ってネットワークモデルの精度は曲面を表現するために必要な精度としておく必要がある。今回の実験では、曲面上に生成されるサンプル点の間隔と4分木によって生成される微小多角形のサイズがほぼ同一となる精度とし、曲面の形状に応じてそれぞれ設定した。

3.3. 交差領域の探索と交差判定

物体の存在する空間中でパラメトリック曲面が交差する可能性を持つのは、3.1において求めた外包直方体の交差領域に限定される。この領域は一般に全空間の領域と比較してごく小さな領域となる。従って交差判定に使用するネットワークモデルのボクセルを外包直方体の交差している領域のみに限定し、高速な交差判定を実現する。交差判定は最初にネットワークモデルを構成する1点から外包直方体の交差領域を探索する処理を行う。探索が交差領域に及んだ後は交差領域の内部のみで交差判定を実行するという2段階の手順により実行する。

外包直方体の交差領域の探索処理は、ボクセルの座標値と交差領域の座標値の大小判定により実行する。ネットワークモデルが空間分割モデルであることから、ボクセルの座標値と交差領域の座標値の大小判定は高速に実行することができる。

交差領域における交差判定は、一方の形状から得られる座標値がもう一方の形状に含まれているかを判定するだけである。処理が単純であり、かつ処理の及ぶ範囲が外包直方体の交差領域に限定されることから、この処理も高速に実行できる。

4. 実験結果および考察

ネットワークモデルを用いた曲面の交差判定の有

効性を検証する実験を行った。比較のため、曲面を u , v 方向に均一に分割した形状を用いた交差判定と、4分木を使用した形状を用いた交差判定の実験をあわせて行った。

実験ではSGI社のIndy (R4400,150MHz) を用いた。複数のパラメトリック曲面を上記の3つの手法によって変換する時間を含め、交差判定が終了するまでの処理時間を比較した。

実験に用いた曲面の組は3種類であり、各組について曲面は2~4枚程度である。グラフでは処理時間の平均を示している。

図3のグラフから、ネットワークモデルを用いた手法が最も高速に処理を終了することがわかる。

処理時間の内訳から、均一に分割する場合には形状を変換する処理は最も高速であるが、交差判定には最も多くの時間を要している。また4分木を用いた手法とネットワークモデルを用いた手法は変換に要する時間がほぼ等しくなるが、交差判定の処理時間ではネットワークモデルを用いた本手法が高速に実行できることがわかる。

5. おわりに

ネットワークモデルを用いた曲面の交差判定は、均等分割や4分木構造を用いた場合と比較して交差判定を高速に実行できることが明らかとなった。

今後の課題として、曲面の形状に応じて自動的にサンプル点の間隔とネットワークモデルの分割精度を決定することがあげられる。

参考文献

- (1) 藤村, 小堀, 久津輪: "高速演算可能なネットワーク空間分割グラフィックスモデルの提案と評価", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J80-D-II, No3, pp.783-790(1997).
- (2) F.Foley, A.VanDam, S.Feiner & J.Hughes: "Computer Graphic Principles and Practice Second Edition", Addison Wesley Publishing Company, pp.533-562(1990).

