

濃度関数モデルの高速生成手法

3H-5

助台良之 小堀研一 久津輪敏郎
大阪工業大学

1. はじめに

濃度関数モデルは人体、動物、植物などの自然物など全体的に丸みのある曲面を多く持つ形状を容易に作成することができる。代表的な濃度関数モデルとして Blobby Model^[1] やメタボール^[2] などがある。

従来の濃度関数を用いたモデラでは、いくつかのプリミティブを設定した後、バッチ处理的に計算して物体を生成してきた。しかし、この方法では濃度計算に時間を要し、最終形状の予測が困難であるという欠点があった。そこで本研究では、空間を濃度値により分類し、濃度計算が必要な部分を限定した。また、データ構造として Octree を採用し、空間の濃度変化に応じて分割を決定して計算量の軽減を図った。この2つの方法により濃度計算の高速化を行い、1つのプリミティブを置くごとにリアルタイムに形状を表示することで、ユーザーの望む形状に近づけることができるモデラを実現した。

2 濃度関数モデルの定義

濃度関数モデルではプリミティブが置かれている3次元空間を1つのスカラー場と考え、その空間内のスカラー量を決定することにより物体を表現する。以後、空間内のスカラー量を濃度と呼ぶ。3次元空間の各点における濃度の値は0から1までとし、形状を規定するため0から0.5までを形状外部、0.5から1までを形状内部、0.5を形状表面と定義する。

プリミティブは形状を決定するためのコア部分と、その周辺の空間に濃度を与える影響範囲部分に分けられる。ここでプリミティブによって与えられる濃度を ρ とする。 ρ の値はコア内部では $\rho = 1$ とし、影響範

囲部分ではコア表面からの距離による減少関数として表す。本研究で扱うコア形状は楕円体と立方体である。立方体の場合、コア表面からの距離は立方体を構成する面、稜線、頂点のうち最も濃度を求める点から近いものを用いる。なお、プリミティブを濃度分布よりプリミティブ外部、濃度が0~0.5の部分、濃度が0.5~1の部分、コアの部分の4つのエリアに分類し、それぞれエリア0, 1, 2, 3とする。

3. 濃度計算の高速化手法

3次元空間のすべての点において濃度計算を行うと非常に計算時間がかかり、対話的な操作での形状作成が不可能となる。そこで濃度計算が必要な空間を限定することで処理を高速化する。例として和演算の場合の濃度計算を説明する。

図1に示すようにあらかじめ空間内にプリミティブAが配置され濃度計算されており、そこにプリミティブBの濃度を加算し、計算結果の濃度を求める場合を考える。なお、プリミティブA, Bのエリア0, 1, 2, 3の部分それぞれ $A_0, A_1, A_2, A_3, B_0, B_1, B_2, B_3$ とする。

プリミティブを移動している状態での濃度計算は新たに物体表面となり、面が生成される可能性のある部分のみ計算を行う。この場合和演算であるので A_2, A_3, B_2, B_3 は濃度の計算を行っても明らかに物体内部である。また A_0 と B_0 , A_0 と B_1 , A_1 と B_0 が重なる部分は濃度の計算を行っても物体外部であるので計算の必要がない。よって、新たに面が生成される可能性のある部分は図1(a)に示す A_1, B_1 が重なる部分だけである。

次にプリミティブの位置を決定したときの濃度計算において、 B_3 の部分は必ず濃度が1となるので濃度計算は必要ない。また、 B_0 の部分は濃度は全く変化しない。よってプリミティブBを配置する際は、図1(b)に示す A_1, A_2 と B_1, B_2 が重なる部分だけ濃度計算を行う。

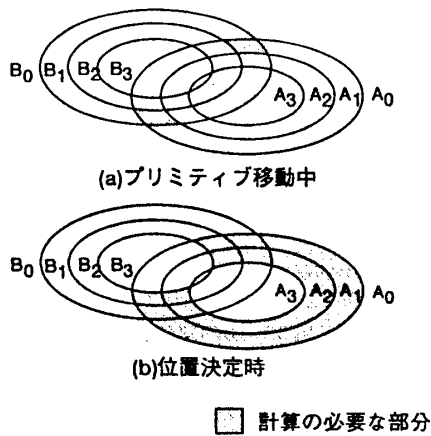


図1 濃度計算

三次元空間の濃度の表現方法として Voxel があるが、Voxel はデータ量、計算量が膨大になりリアルタイムな処理が期待できない。そこで本研究では濃度の表現として Octree を採用し、Octant の各頂点に濃度を保持することで 3 次元空間の濃度を扱う。また Octant は内部に含まれている 3 次元空間の濃度によって与えられた全てのエリアをエリア情報として保持する。

Octant の分割終了条件は (1) Octant が単一のエリア情報を保持するとき、(2) 隣接した 2 つのエリア情報を保持するとき、(3) 最大分割レベルに到達したときであり、いずれかの条件に該当するまで Octant の分割を再帰的に行う。通常は Octant の頂点を調べることで Octant のエリア情報を決定するが、Octant の中に小さなプリミティブが存在する場合など頂点だけではエリア情報を決定できない場合が存在する。この場合、Octant とプリミティブとの交差判定を行うことで Octant のエリア情報を決定する。この手法により濃度変化に対応した Octree の分割を行い、データ量を抑え、計算を高速に行うことができる。

4. 実験結果

本研究の有効性を検証するために図 2 に示す実験形状の生成に要する時間を計測した。実験形状のプリミティブ数は 3 つである。本稿で提案した手法を用いて比較を行った実験結果を表 1 に示す。実験では全空間もしくは計算部分を限定して濃度計算を行い、データ表現方法として Voxel もしくは Octree を用いて比

較を行った。データサイズは Voxel の場合は $128 \times 128 \times 128$ 、Octree の場合は最大分割回数を 7 とし、比較を行った。なお実験に用いた計算機は SGI 社の Indy (R4400SC, 150MHz) である。また、本手法を実装したモデラで作成した形状例を図 3 に示す。

表1 実験結果

濃度計算 データ表現	全空間	計算部分を限定	
		Voxel	Octree
実行時間	13.14	6.91	0.90

(単位は秒)

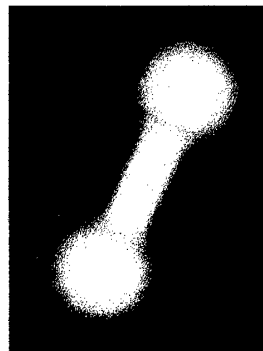


図2 実験形状

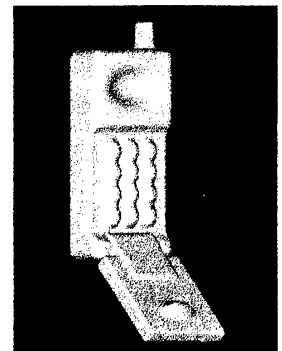


図3 モデリング例

5. おわりに

本研究では濃度関数モデルの高速化手法を提案した。濃度計算が必要な空間を限定して、その空間のみ濃度計算を行い、Octree の分割を空間の濃度変化に対応することでデータ量を抑え、処理を高速化することができた。これにより、リアルタイムに形状を作成し、ユーザーの望む物体を容易に形成することができる。現在扱うことができるプリミティブの形状は楕円体と立方体であるので、今後はプリミティブの拡張を行いたい。

参考文献

- [1] F.F.Blinn, A Generalization of Algebraic Surface Drawing, ACM Transaction on Graphics, Vol.1, No.3, pp.235-256, 1982
- [2] 西村, 平井, 河合, 河田, 白川, 大村, 分布関数による物体モデリングと画像生成の一手法, 電子通信学会論文誌, VolJ68-D, No.4, pp.718-725, 1985