

多面体を用いた濃度関数モデルによる形状モデラ

4Q-12

助台良之 小堀研一 久津輪敏郎
大阪工業大学

1. はじめに

最近の家電などの製品形状は複雑な曲面により構成される滑らかなデザインが多く採用されている。曲面を多く有する形状を表現するモデルとして、メタボール^[1]などに代表される濃度関数モデルがある。しかし、濃度関数モデルを実際の製品形状のデザインに用いるときには取り扱うことができる形状が球だけであることが多く、またデータ量が多いため計算コストが高いという問題があった。

本稿では対話的な速度での形状操作が可能である濃度関数モデルを用いた形状モデラの構築を目的とし、濃度関数モデルにおける濃度計算の高速化手法を示す。

2. Octreeによる濃度表現

濃度関数モデルではプリミティブを配置する3次元空間をスカラー場と考え、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。以後空間のスカラー量を濃度と呼ぶ。一般に濃度関数モデルで形状作成する際、いくつかプリミティブを配置した後、最後にまとめて空間全体の濃度を求める方法が行われている。しかし、試行錯誤を伴う製品形状のモデリングにおいては、空間の濃度を計算機に保持しておき、形状操作を行う部分のみ濃度を計算し、データの更新を行うことで計算コストを抑えることができる。

本研究では空間の濃度を保持するためにOctantの

各頂点に濃度を保持したOctreeを採用した。濃度変化が急激である空間はOctantを細分割し、濃度変化がなだらかな部分ではOctantの分割回数を少なくする。濃度変化に応じたOctantの分割を行うことで少ないデータ量で空間の濃度を表現し、計算コストを抑えることができる。

3. 凸多面体を用いたプリミティブ

本研究では凸多面体を用いたプリミティブを導入することで、濃度関数モデルで取り扱うことができる形状を拡張した。まず、プリミティブは形状を決定するためのコア部分と周辺の空間に濃度を与える影響範囲部分に分けられる。コア内部では濃度を1とし、影響範囲部分ではコア表面からの距離の減少関数によって空間に濃度を与える。空間にプリミティブを配置した際の空間の濃度を求めるには、コアを構成する要素である頂点、稜線、面から一番近い要素を探索し、その最短要素と濃度を求める点との距離を用いることで濃度を計算する。

濃度を求めるために必要な最短要素の探索は文献[2]の手法を応用した。探索の出発点として図1(a)で示すように凸多面体の任意の1つの要素に注目する。これを注目要素Aとする。また、網かけの領域は、濃度を求める点に対して、Aが最短要素となる

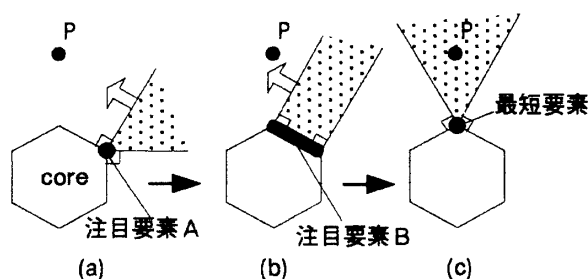


図1 最短要素の探索

A Geometric Modeler Using Density Function Model
Represented by Polyhedra

Yoshiyuki Sakedai, Ken-ichi Kobori, Toshiro Kutuwa
Osaka Institute of Technology

16-1 Omiya Asahi-ku Osaka-City Osaka 535 Japan

領域である。網掛けの領域に対して濃度を求める点Pの位置を判定する。網掛けの外側の領域にPが存在する場合は同図(b)に示すように注目要素をAに隣接する要素Bに移し、同様の判定を順次行う。同図(c)に示すように網掛けの領域に点Pが入ったとき、注目要素を最短要素として判定し、距離を求めて濃度を計算する。このアルゴリズムではコア形状を構成する全ての要素について判定を行わないため、面数が増えてもほぼ一定の処理時間で探索を行うことができるという利点を有する。

4. 最短要素の継承

Octreeの特徴を生かしてノード間で最短要素の継承を行うと、探索を高速に行うことが可能となる。まず図2(a)の頂点Qの濃度を求めるには、Qに対する最短要素の探索が行われる。次にOctantを分割する必要がある、同図(b)に示す子Octantに処理を移す場合を考える。子Octantの頂点Rの濃度を求める際に、Qで求めた最短要素を探索の出発点として用いると、同図(c)のようにRの最短要素はQの最短要素に隣接する要素であるため、探索は要素を1度移すだけで終了する。

以上のように、親Octantで求めた最短要素を子Octantに継承し、継承した要素を子Octantの最短要素の探索の出発点として用いると、少ない探索回数で最短要素を求めることができる。分割が進んだ小さなOctantに関しては探索回数を少なく抑えることができるため、結果として全体の濃度計算の負荷の増加を抑えることができる。

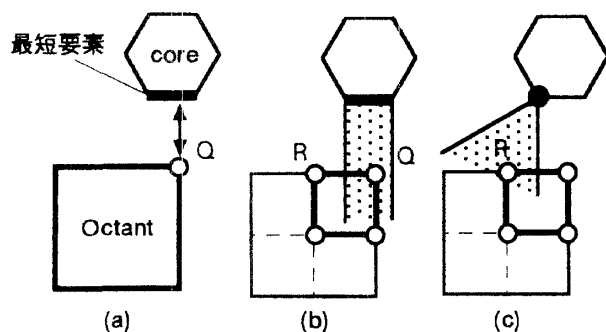


図2 最短要素の継承

5. 実験

本研究の有効性を検証するために、立方体、8角柱、16角柱、32角柱の生成に要する時間とOctantの各分割レベルにおける平均探索回数を計測した。結果を表1に示す。なお実験で用いた計算機はSGI社のIndy (R4400SC, 150MH)である。また、本手法を実装した形状モデラで作成した形状例を図3に示す。

表1 実験結果

形状	生成時間 (秒)	分割レベルにおける 平均探索回数 (回)		
		レベル1	レベル4	レベル7
立方体	0.24	2.32	1.57	1.04
8角柱	0.30	3.58	2.06	1.23
16角柱	0.32	5.89	3.06	1.40
32角柱	0.37	11.68	4.73	1.75

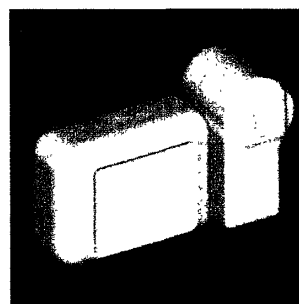


図3 モデリング例

6. おわりに

濃度計算の高速化手法を用いることにより、対話的な速度での形状操作が可能であることが明らかになった。これにより、1つのプリミティブを配置するごとにリアルタイムに形状を計算し、結果を表示することができる形状モデラを構築することができた。

参考文献

- [1] 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, 電子情報通信学会誌, Vol J68-D, No.4, pp.718-725 (1985)
- [2] M.C.Lin, J.F.Canny: A Fast Algorithm for Incremental Distance Calculation, Proc. IEEE IRCA, pp.1008-1014 (1991)