

## 空間分割モデルにおける幾何演算についての一考察

7Q-2

藤村真生 小堀研一 久津輪敏郎  
大阪工業大学

## 1. はじめに

従来よりCADの分野において物体形状を表現する際には、その構成要素である点・線・面などを用いて表現する形状分割モデルが多く用いられている。形状分割モデルは形状を表現するために必要な情報量が少ないため幾何演算処理に適した形状モデルである。しかし複雑な幾何演算を行なうため処理負荷・安定性に問題がある。そこで近年、物体形状の表現手法としてデータ構造の簡単な空間分割モデルが見直されている。空間分割モデルはデザイナーが操作しやすい形状モデルであるが、データ量が大きく幾何演算には不向きであると考えられている。本発表では、空間分割モデルにおける物体形状の集合演算処理及び拡大・縮小・移動・回転などの幾何演算処理について、実験・考察を行なう。

## 2. 空間分割モデル

空間分割モデルは3次元の形状を微小な立方体の集合として表現する手法である。

## 2.1. ボクセルモデル

ボクセルモデルは空間分割モデルの中で最も基本的な表現手法である。空間を $x$ ,  $y$ ,  $z$ の3軸方向に均一に分割し、ボクセルと呼ばれるそれぞれの立方体が物体の内部であるか外部であるかという情報によって3次元形状を表現する。

## 2.2. オクトツリーモデル

オクトツリーモデル<sup>1)</sup>は形状に応じて大きなボクセルで表現できる部分は大きなボクセルによって、

また細かな表現が必要な部分は小さなボクセルで表現する。このため、モデル精度を等しくした場合にはボクセルモデルと比較して扱うデータ数を少なく抑えることが可能となる。

この性質を利用することにより立体集合演算の際の計算回数や、形状データを保存する際のファイルサイズを削減することが可能となる。

## 2.3. ネットワークモデル

本発表で提案するのは、形状表面に存在するボクセルのみを図1に示すように双方向のポインタによって接続し、形状を表現するモデルである。これをネットワークモデルと呼ぶ。

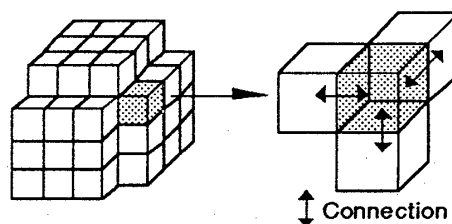


図1 ネットワークモデルの相互接続の様子

本モデルは形状を表現するのに必要な最小限のデータによって形状を表現するため、オクトツリーモデルよりもデータ数を軽減させることができる。

また、形状内部のデータを持たず形状表面の接続状態のみを保存しているためオクトツリーモデルと比較しても幾何演算に適したデータ構造であると考えられる。

## 2.4. データ量の比較

上記3種のデータ構造を用いて8種類の形状(AからH)を表現するために必要なデータ量の比較を図2に示す。なお形状は空間に対し3軸方向に各々1/256の精度を持つものによって表現することとした。この結果では、オクトツリーモデルにおいてボクセルモデルの6%程度、またネットワークモデル

A Study for Geometric Operation of Spatial-Partitioning Representations

Masao Fujimura, Ken-ichi Kobori, Toshiro Kutsuwa

Osaka Institute of Technology

16-1 Omiya Asahi-Ku Osaka-City Osaka 535, Japan

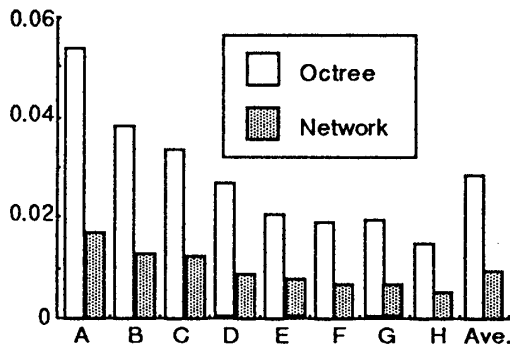
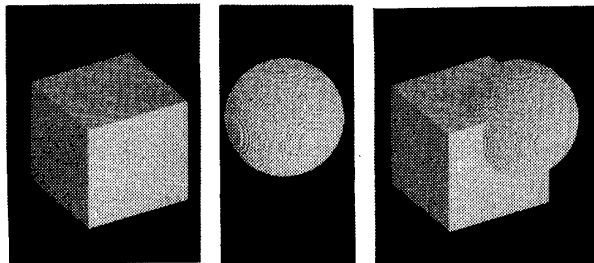


図2 データ量の比較 (Voxelを1とする)

では2%程度のデータ数によって形状が表現できることがわかる。

### 3. 立体集合演算

前章であげた3種類の空間分割モデルを用いて、形状同士の立体集合演算を行なった。実験で行なった演算は、2つの形状の論理積・論理和及び一方の形状からのもう一方の形状を削除する演算である。写真1にネットワークモデルによる立方体形状と球形状の論理和の例を示す。



a. 立方体      b. 球      c. 演算結果

写真1 立体集合演算例

それぞれのデータ構造によって集合演算処理に要した時間の比較を図3に示す。実験はSGI社のIndy (R4400SC,150MHz) を用いて行なった。

結果より、3種類のモデルとも最も時間のかかる場合においても処理は約1秒程度で終了し、またオクトツリーモデルとネットワークモデルを用いた場合は、形状によっては0.3秒で処理を完了することが明らかとなった。これは対話的な処理において実用的な処理時間であると考えられる。

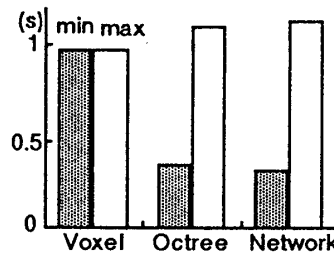


図3 立体集合演算に要する時間

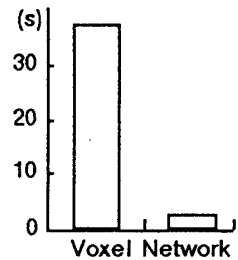


図4 幾何演算に要する時間

### 4. 幾何演算

今回の実験では、拡大・縮小・移動・回転などの幾何演算に応じた4×4のマトリクスを用意し、空間分割モデルによって表現された3次元形状に対しアフィン変換を施した。結果の処理時間を図4に示す。

オクトツリーモデルを用いた場合、幾何演算を行なう際にはすべてのデータを一度ボクセルデータに変換してから処理する必要がある<sup>2)</sup>。このため実験はボクセルモデルとネットワークモデルのみで行なった。

結果より、ボクセルモデルを用いた場合では実用的な時間で処理することは困難であるが、ネットワークモデルを用いた場合の処理は1秒から3秒程度で完了した。

### 5. おわりに

従来より一般に形状操作には不向きであると言われている空間分割モデルであるが、本研究により立体集合演算についてはほぼ実用的な速度が得られることがわかった。またネットワークモデルを用いることにより幾何演算についてもより高速に処理することが可能である。

今後はネットワークモデルの冗長部分を削除するようなデータ構造の改良と、それを用いた3次元モデルを開発する予定である。

### 参考文献

- 1) Foley, van Dam, Feiner and Hughes: "Computer Graphics Principles and Practice Second Edition", Addison-Wesley Publishing Company, pp.533-562, 1990.
- 2) Juyang Weng, Narendra Ahuja: "Octrees of Objects in Arbitrary Motion: Representation and Efficiency", Computer Vision, Graphics, and Image Processing 39, pp.167-185, 1987.