

## 論文の内容の要旨

論文題目    Practical Volume Graphics  
(実用的なボリュームグラフィックス)

氏    名    大和田 茂

自然界にある全ての物体には内部にボリューム的な構造があり、その構造が物体の挙動を支配している。そのため、医学診断やシミュレーションの目的では、すでにボリュームデータが広く用いられている。一方、映画や仮想現実、エンターテインメント用途では今もってサーフェスグラフィックスが主に用いられている。これは、必要なデータ量が小さくなるためと、実在しない形状を容易に作成することができるためだと考えられる。実際、このような対象に対しては、サーフェスグラフィックスで十分だと信じられている。しかしながら、実際には、サーフェスグラフィックスの限界が、逆にアプリケーションの限界を作り出しているためである。本論文では、ユーザーが簡単かつ直感的にボリュームモデルを作成できるシステムをいくつか提案する。というのも、ボリュームデータの一般化を妨げている最大の要因はモデリングシステムの欠如にあると我々は考えているからである。

一般にボリュームデータと呼ばれるものには二つの種類がある。一つはテクスチャ付きボリュームデータ (Textured Volume Data) であり、これは色や透明度などの視覚的的属性を直接保持するものである。もう一つは陰的ボリュームデータ (Implicit Volume Data) であり、通常はスカラー値を返す場関数の形をとり、等値面によりサーフェスを定義するものである。

陰的ボリュームデータは通常サーフェスモデルを表現するために使われるが、それでも物体の位相変化を自然に扱える、形状のソリッド性が自動的に保たれる (自己交差が起こらない) など、すでに単純なサーフェスモデルに比べて多くの有利な点がある。我々はまず、この陰的表現を用いたスケッチベースモデラーを提案する。このシステムを用いれば、ユーザーは一時的切断などの直感的操作により簡単に穴のあいた物体や中空な物体を作ることができる。我々はこの研究において、データ表現にボリュームを用いると、既存システムにおける自己交差などの問題を簡単に解決することができる、という事を示そうと試みた。

現在では、最も重要なボリュームデータソースは CT や MR スキャナーなどの医用デバイス、および、物体を実際にスライスしてキャプチャーするスライサーである。結果は通常ボクセルと呼ばれる、空間内に等間隔に配置されたサンプリング点集合にそれぞれ属性値を格納したものになる。このデータは単なるサンプル点の集合であるために物体の形状情報がなく、これを他の目的に用いようと思うと、この中から自分にとって重要な領域だけを取り出すことが必要になる場合が多い。この取り出し操作は画像セグメンテーションと呼ばれ、極めて多くの応用がある。例えばこの情報を用いて可視化パラメータを制御したり、ボリュームデータと効率的にインタラクションすることなどが可能である。しかしながら、セグメンテーションは自動化の困難な処理であり、また、人手で情報を加えるにも、対象がボリュームデータであるために、直感的なインターフェースのデザインが非常に困難になる。我々はボリュームキャッチャーという非常にシンプルにセグメンテーションを行うユーザーインターフェースを提案する。これまでの、物体を一旦切ってからシードポイントを設定したり、輪郭を描いたりするのに比べ、非常に簡単にセグメンテーションを行うことが可能である。このシステムは、初心者が既存のボリュームデータを利用する際に役立つほか、医者が可視化パラメータをコントロールする際などにも用いることがで

きる。

コンピュータの性能が向上した現在においても、ボリュームデータのサイズの大きさは依然として問題である。これは特に、ゲームや仮想空間など、インタラクティブ性が、モデルの精密さや正しさよりも重要な用途においてより顕著である。これらの応用においては、視覚的効果の度合いと、必要な計算資源の量のバランスが大事であるため、様々な選択肢があることが大切である。我々はメモリ効率がよく、リアルな断面画像を生成できる新たなデータ表現形式を提案する。このシステムは、ユーザーが物体を切断すると、あらかじめ用意された二次元画像を参照し、テクスチャ合成技術を用いて断面画像を生成する。この際に、三次元の陰関数を断面上でサンプリングして合成を制御することにより、あたかもボリュームテクスチャが三次元的に分布しているかのような画像を生成することが可能になる。二次元画像は三次元のボクセルデータよりもはるかに量が小さく、また、三次元陰関数もボクセルではなく、放射状のプロファイルを持つ基底関数の和(Radial Basis Function)として表現している。そのため、このデータはコンパクトであり、これまでデータ量の問題によりボリュームデータが使えなかったエンターテインメント用途などにも広く用いられる可能性がある。また、二次元画像は三次元ボリュームデータに比べてはるかに簡単に得ることができるため、モデリングが簡単になるという利点もある。

我々はボリュームグラフィックスには新たなコンテンツを生み出す大きな可能性があると感じている。そこで、この論文の最後に、ここまで述べてきたシステムをデータソースとして使うことのできるインタラクティブなコンテンツを示す。これは料理を対象としたもので、ユーザーは自由曲線や画面内に表示されるナイフなどを用いて食材を自由に切断することができる。このコンテンツを通じて、我々はボリュームグラフィックスが新たなコンテンツを生み出し得るということだけでなく、ボリュームデータとインタラクションするためにはユーザーインターフェース上の工夫が大いに必要であることを示すことを試みた。ここで提案された切断手法は、料理だけでなく、より広範囲のボリュームデータにも応用が可能であると考えている。

この論文ではボリュームデータのモデリングシステムの可能性を探った。なぜなら、使いやすいモデリング手法こそが、今後のボリュームグラフィックスの発展に最も必要だからである。我々は、ボリュームグラフィックスがサーフェスグラフィックスと同様、誰でも当たり前用いる不可欠な要素技術となることを願っている。