

レンダリング画像のボリューム化とその応用に関する研究

STUDY ABOUT APPLICATIONS OF VOLUME DATA GENERATED FROM RENDERING IMAGES

宮地英生

Hideo Miyachi

博士 (工学) サイバネットシステム株式会社 (〒101-0022 東京都千代田区神田練堀町 3, miyachi@cybernet.co.jp)

Volume data handling has become easy as computer performance goes up. I propose the data conversion from surface data to volume data by using a rendering because the treatment of volume data is easier than the surface data. This paper describes the conversion method and introduces two kinds of applications with the method.

Key Words: Visual Fusion, Visualization, Volume data, CFD

1. はじめに

従来, CGによる可視化の最終結果がレンダリング画像であった。しかし, 計算機が高速になりボリュームデータのハンドリングが容易になってきたため, レンダリング画像をボリューム化して利用する方法が実用的になってきた。これまで, ボリュームレンダリングが直交等間隔のボクセルデータにしか適用できないため, 非構造格子やBFCの差分格子のシミュレーション結果をボリューム化し, ボリュームレンダリングにより可視化する場合があった。本稿では, そのようなレンダリングを目的としたボリューム化ではなく, レンダリング画像を出発点としたボリューム化アプリケーションを提案する。今日, カメラの高性能化, CTスキャンの普及で, 3次元画像データが増え, 実験分野において, それらボリュームデータに対する分析技術が高度化している。ポリゴンデータをボリューム化することにより, それらの資産を有効活用できると考えている。

2. ビジュアルフュージョン

デジタルデータは年々増加の一途を辿る。デジタル情報を活用したCAEは一般となり, 試作無しでモノが開発できるようになってきた。そのプロセスにおいてソフトウェア間のデータの標準化, データの変換は大きな課題である。異なったソフトウェア, 例えば, CADとデザイン検討用のCGソフトウェアは, 利用目的が異なるため, 取り扱うデータの内容も異なる。したがって, 両者が扱うデータを単純に相互に変換できないからである。例えば, CADで扱う材料情報は, 加工工程のCAMにとっては重要な情報だが, 意匠検討には不要である。一方, 意匠検討で重要な色情報はCADやCAMにとっては重要でない。また, 機械のアームが動く情報は機構解析では重要だが, CADやCAMでは扱えない。

しかし, 「人間が見る」というステップに焦点をあて

たとき, これらは単純なものとなる。可視化処理の最終段階ではグラフィックスボードに, ボリュームデータ又はサーフェスデータが転送され, それらがレンダリングにより画像化され, ディスプレイに表示される。その段階では, 全ての情報が無次元の「表示されるための情報」になっている。この段階では, 複数のソースから供給されたデータをボリュームからサーフェス, サーフェスからボリュームに変換し, 両者を合成して扱うことが容易となる。筆者は, その概念をビジュアルフュージョンと名づけた(図1)^[1]。

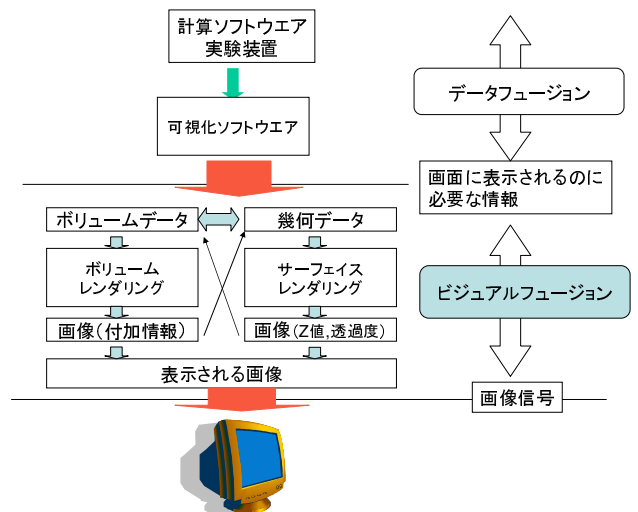


図1 ビジュアルフュージョンの概念

ボリュームからサーフェスへの変換は, 一般に等値面処理で行われるが, サーフェスからボリュームへの変換はあまり行われない。それはボリューム化した時, データ量が膨大になるからである。

それでも, 実写の世界において, 複数の方向から被写体を撮影し, 物体をデジタル化するイメージベースモデ

リング^[2]が盛んである。ここでは一例として、図2に、シルエット法による写真からの3次元形状復元^[3]の概念を示す。

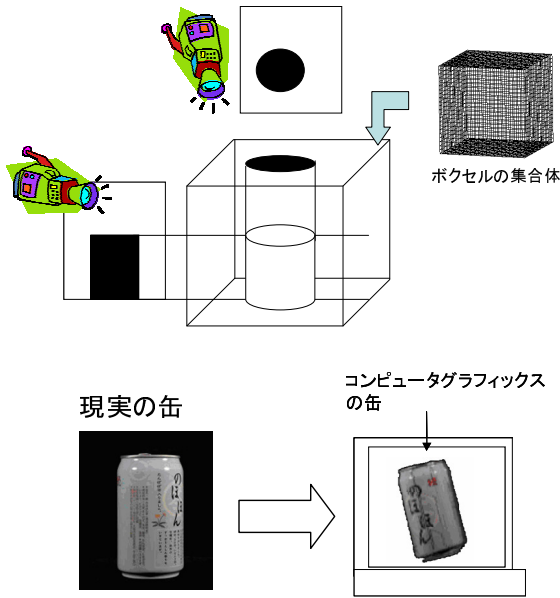


図2 シルエット法による3次元形状復元

この作業では、カメラのキャリブレーションが重要である。一方、CGにおいてカメラは正確に配置でき、レンズの特性も考慮不要なので、任意のソフトウェアでレンダリングされた画像から、同様の手法で3次元復元することが容易に実現できる。

表面だけでなく内部を含むデータは、医療用CT、工業用CT、共焦点顕微鏡などから複数の断面画像として取得され、ボリュームデータとして処理されている。これを模倣し、サーフェイスデータの断面画像をレンダリングで取得してボリューム化することで、その後処理に対して実写で使われる各種処理が流用可能となる。

本稿では、サーフェイスデータ(STL)からCGで断面画像を生成、ボリューム化する手法の提案と、その応用事例について紹介する。

3. ボリューム化

STLからボリュームデータ作成のプロセスを図3に示す。これは腎臓のSTLデータをボリューム化例である。

まず、STLデータから断面図を取り出す。これにより等高線図のような画像が複数取得できる。断面図の生成は一般的だが、ここではAVS/Expressのortho_sliceモジュールを用いて断面図を作成している。

次に各断面図に対して内部を塗りつぶす処理を施す。塗りつぶしルーチンは、画像処理のラベリング処理のラベルの付け方を少し工夫したものである。ここでは、一番外側のラベルを1として、そこに隣接するものはラベル3、さらに、それに隣接する画像は3とする。これにより、外側から内外判定が行われることになる。

1が外側とすれば、2は外から中への境界、3は内部となる。中空の場所があった場合、中から外への境界はラベル3が与えられ、以下、何重になっても同様の順序でラベルが付く。最後に2, 3, 4のラベルを内部として塗りつぶすことで内外の判定が完了する(図4)。

最後に、それらを重ね合わせてボリュームデータを構築する。

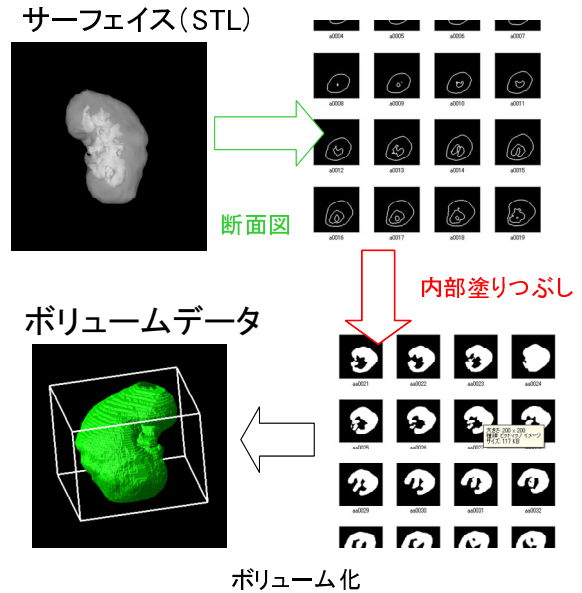


図3 STLからボリュームデータ作成のプロセス

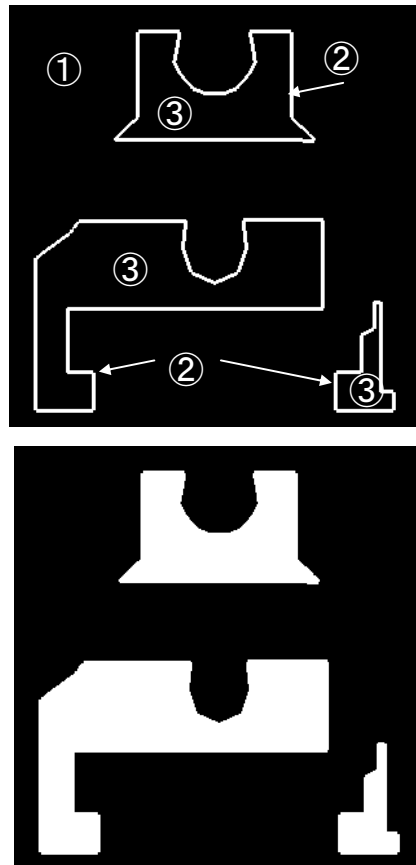


図4 塗りつぶし処理例

もともと3次元のデータを二次元化して、再び3次元に戻っているように見えるが、ボリューム化されたことでいくつかの応用が可能となる。

4. アプリケーション

4.1 差分表示

ボリューム化されたデータは演算が容易になる。ボリューム化した段階で精度が悪くなるという問題はあるが、適切な精度でボリューム化ができれば、簡単に複数の可視化結果の差分を取り出すことができる。

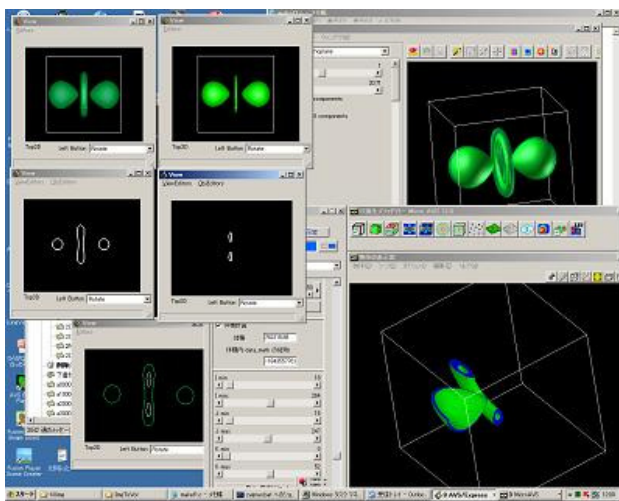


図5 2レベルの等値面の差分表示

図5は、水素分子の3次元電子密度分布に対して異なるレベルの等値面を2つ生成し、その差分を取り出した様子を示している。図5の右下のウィンドウに表示されているのが差分ボリュームである。図5の左上のように2つのウィンドウに並べて表示しているだけでは判らない微妙な差が、差分計算を行うことで明確に見ることができる。また、差分体積も計算できる。

4.2 粒子法による流体解析の粒子初期配置

医療用、工業用のCTスキャンデータから数値解析を行う場合がある。通常、スキャンデータから面を生成し、そこから空間や内部に対して従来のプリプロセッサで自動格子生成を行う。このとき、最も詳細な情報が必要な部分に合った精度で均等にスキャンするため、データが増えすぎる傾向にある。ポリゴンリダクションにより、平たい場所、変化の少ない場所の格子を粗くする必要があるが、粒子法の場合、基本的には均等に粒子を配置する。したがって、ボリューム化処理は、そのまま粒子の初期配置情報になる[4]。

サンプルとして、図6に示すような矩形容器の左半分には80%水が入っている初期状態をモデルした。このあと、中央の仕切りを外して、流体が左右に揺れる様子をシミュレーションすることを念頭においている。

ここでは、流体部に粒子を並べることに加え、境界上

に粒子を配置する必要がある(図7)。これらは別々に処理し、最後にボリューム間演算によって両者を統合する。

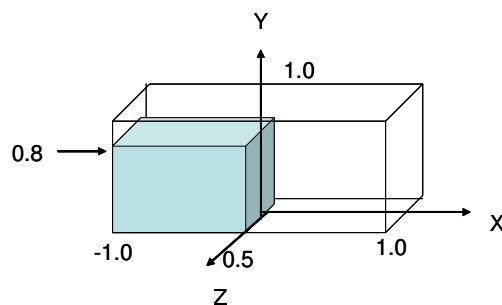
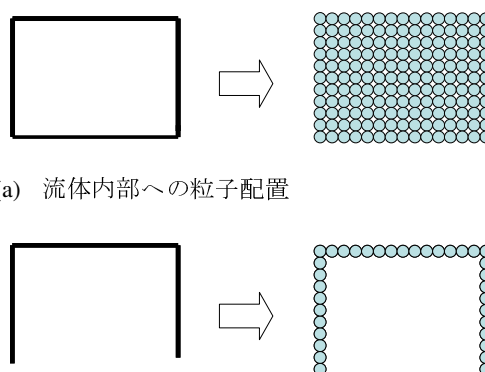


図6 粒子法シミュレーションのモデル図



(a) 流体内部への粒子配置

(b) 境界上への粒子配置

図7 2種類の粒子配置

図7の(a),(b)はボリューム間の演算処理をする前に、3次元の収縮および膨張処理を入れることがある。図7では、境界上の粒子配置は1層しかないが、多層にする場合は膨張処理を施す。

また、流体部の外側に境界条件を与える場合、図7(a)に収縮処理を施す(図8)。ボリューム演算処理で、収縮前から収縮後の差を取ると1層の境界部分が残るので、そこに境界のIDを割り当てることができる。

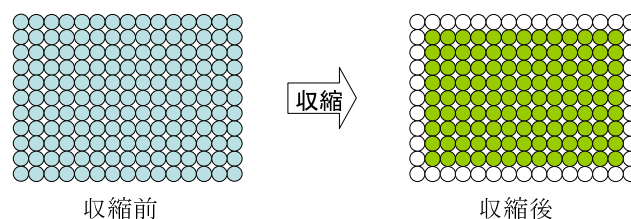


図8 収縮処理

これらの処理を経て、図6のモデルに対応する粒子法の初期粒子配置データを生成した結果が図9である。

ここでは3種類のIDが付いた粒子が配置されている。

ID=0: 固体壁境界(赤色)は、矩形容器の面上に3層で配置されている。

ID=1：流体・気体境界（青色）は，流体部の周辺で，固体境界壁に接しない部分に配置されている。
ID=2：流体部（水色）は，流体部で気体境界以外の部分に配置されている。

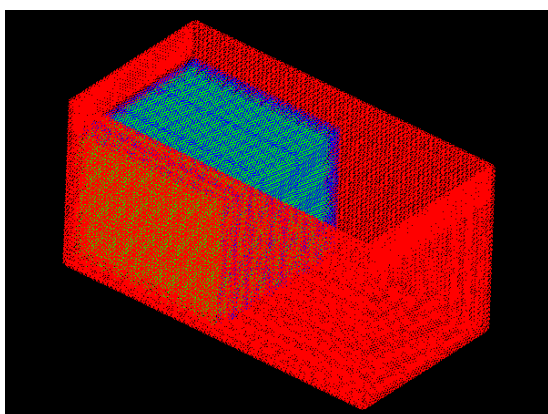


図9 粒子情報の初期配置

現在，この初期配置を用いた計算を実行中である。

この方法は，粒子法だけでなく，六面体要素によるFEM計算の初期格子としても利用できると考えている。

5. まとめ

STLのサーフェイスデータから断面図をレンダリングすることでボリュームデータに変換する方法を紹介し，それを用いたアプリケーション事例を示した。差分表示事例では，並べて表示して見比べるだけでは判断が難しい2つの等値面可視化結果の差分画像を表示し，差分体

積を計算することができた。粒子法の初期配置事例では，ボリューム化に加え，境界上への粒子配置，さらに，圧縮・膨張などの画像処理とボリューム間演算処理を組み合わせることで境界条件を付加した粒子配置を実現した。ボリュームデータは，サーフェイスに比べてデータ間演算が容易などの有利な点がある。レンダリングを用いたボリューム化は，ポスト処理だけでなく，幅広い応用が期待できると思われる。

謝辞：粒子法の初期配置の事例について有益なアドバイスを頂きました九州大学の浅井光輝准教授に感謝いたします。

参考文献

- 1)宮地英生：問題解決環境としての可視化システムの開発，東京大学大学院工学研究科機械工学専攻博士論文，2006
- 2)Jagersand, M., Burschaka, D., Cobzas, D., Dodds, Z., Hager, G. and Yerex, K., Recent Methods for Image-based Modeling and Rendering, IEEE Virtual Reality 2003 Tutorial 1,2003
- 3)Miyachi, H and Sakamoto, N. : Data Reduction by Applying Image-Based Modeling and Rendering Technique to CG models, Journal of Visualization, Vol.8, No.4 , pp.331-338, 2005
- 4)越塚誠一:粒子法 計算力学レクチャーシリーズ5,丸善 ,2005